



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Antti Raatikainen

AURINKOENERGIAN SOVELTUVUUS SEINÄJOEN KESKUSSAIRAALLE

Tekniikka
2020

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Antti Raatikainen
Opinnäytetyön nimi	Aurinkoenergian soveltuvuus Seinäjoen keskussairaalle
Vuosi	2020
Kieli	suomi
Sivumäärä	88 + 4 liitettä
Ohjaaja	Jukka Hautala

Tämä opinnäytetyö suoritettiin Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiirille. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää millainen aurinkosähköjärjestelmä soveltuisi Seinäjoen keskussairaalalle. Opinnäytetyössä tutkitaan tarkemmin, montako aurinkopaneelia saataisiin Seinäjoen keskussairaalan katoille, minkä tehoisia aurinkopaneelit olisivat, mitä aurinkopaneelit maksaisivat, mitä tukia saataisiin aurinkopaneeleille ja paljonko, sekä mikä on aurinkopaneelien elinikä ja takaisinmaksuaika. Työssä huomioidaan varasähköjärjestelmän tarve, tarvittavat luvat aurinkopaneelien asennuksiin, sekä aurinkopaneelien toiminta hätätilanteissa.

Tutkimustyö jakautui asiakirjatutkimukseen, kesällä 2020 tehtyyn kenttätutkimukseen ja syksyllä 2020 tehtyihin haastatteluihin ja kyselyihin. Saatua tutkimusaineisto käsiteltiin ja tämä tutkimusraportti kirjoitettiin loppuvuonna 2020.

Tutkimuksessa on AutoCAD:lla tehtyt aurinkopaneelisuunnitelmat Seinäjoen keskussairaalan katoille. AutoCAD-piirustuksista huomataan, miten Seinäjoen keskussairaalassa voidaan hyödyntää aurinkoenergiaa. Tutkimusaineistona käytettiin Ilmatieteenlaitoksen tuottamaa säteilydataa Seinäjoen Pelmaan säähavaintoasemalta. Vertailua tehtiin aurinkopaneelien toiminnasta sairaaloissa, joissa on aurinkopaneelit, sekä kysytyjen tarjousten perusteella.

Tutkimuksessa havaittiin, että Seinäjoen keskussairaalalle on mahdollistaa asentaa aurinkosähköjärjestelmä. Seinäjoen keskussairaalan katoille aurinkopaneelien asennussuunnittelu tuotti hankaluutta, sillä katoilla oli paljon erilaisia koneita ja laitteistoja. Puutteelliset rakennuspiirustukset Seinäjoen keskussairaala-alueelta vaikeuttivat asennussuunnittelua.

ABSTRACT

Author	Antti Raatikainen
Title	Suitability of Photovoltaic System for Seinäjoki Central Hospital
Year	2020
Language	Finnish
Pages	88 + 4 Appendices
Name of Supervisor	Jukka Hautala

This thesis was done for The Hospital District of South Ostrobothnia. The goal for this research was to clarify what kind of photovoltaic system would be suitable for Seinäjoki Central Hospital. In this thesis it was investigated accurately the number of solar panels to be installed on the roofs of the central hospital, the required output the solar panels, cost of the solar panels, need and availability support for solar panels, the lifespan of the solar panels and the payback time. The thesis pays attention to backup power system, to licenses that are needed for the installations and to the operation of solar panels in emergency situations.

The research was divided into documentary research phase, to field researches on the summer 2020 and to interviews and queries on the autumn of 2020. The research material was studied, and this report was written in the end of 2020.

The research includes the plans for solar panels on the roofs of the central hospital made by AutoCAD. From these AutoCAD designs it is possible to see how the central hospital of Seinäjoki could utilize solar energy. The research material consisted of radiation data from the Finnish Meteorological Institute from the area of Seinäjoki's Pelmaa weather observation station. In research there is a comparison of operation of solar panels in such hospitals that use solar panels and a comparison of quotations for the solar panels for the central hospital.

The research proved that it is possible to mount a photovoltaic system to the Central hospital of Seinäjoki. It was difficult to do plans for assembly on the roofs of central hospital, because there are much different kinds of equipment and instruments on the roof. In addition, inadequate building drawings of Seinäjoki Central hospital caused difficulties.

Keywords Photovoltaic system, solar panels, Central hospital of Seinäjoki, The Hospital District of South Ostrobothnia

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	8
2	SEINÄJOEN KESKUSSAIRAALAN KAMPUSALUE.....	10
3	AURINKOENERGIA	16
	3.1 Laki, säädökset, standardit.....	16
	3.2 Luvat ja tuet aurinkopaneeleille.....	17
	3.3 Verkkoyhtiön vaatimukset.....	18
	3.4 Takuut ja vakuutukset aurinkopaneeleille	20
	3.5 Turvatoimet aurinkopaneeleille	20
	3.6 TIER-luokka	22
	3.7 Auringonsäteily.....	23
	3.8 Aurinkosähköjärjestelmän komponentit	30
	3.9 Erilaiset aurinkopaneelit yleisesti	40
	3.10 Aurinkopaneelien suuntaus ja kallistus.....	49
4	AURINKOPANEELIEN MÄÄRÄ SEINÄJOEN KESKUSSAIRAALAN KATOILLE.....	51
	4.1 Aurinkosähköjärjestelmien suunnitteluperusteita.....	51
	4.2 Aurinkosähköjärjestelmien asennusteoriaa.....	52
	4.3 Aurinkosähköjärjestelmien sijoitus Seinäjoen keskussairaalan katoilla. 54	
	4.4 Seinäjoen keskussairaalan rakennuskohtainen suunnittelu.....	56
5	HAASTATTELUT JA KYSELYT	64
	5.1 Espoon sairaalan haastattelu	64
	5.2 Kuopion yliopistollisen sairaalan haastattelu.....	66
	5.3 Seinäjoen keskussairaalan vieressä olevan Y-talon haastattelu.....	68
	5.4 Espoon sairaalan, Kuopion yliopistollisen sairaalan ja Seinäjoen Y-talon haastattelut.....	69
6	TARJOUKSET AURINKOPANEELEISTA.....	71
	6.1 Aurinkopaneelien vertailu.....	71

6.2 Aurinkopaneelien kannattavuus.....	74
7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	76
LÄHTEET.....	81

LIITTEET

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. Seinäjoen keskussairaala (Lähde: Seinäjoen keskussairaala).	10
Kuva 2. Seinäjoen keskussairaalan rakennusosat kirjainten mukaan.	11
Kuva 3. Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiirin jäsenkunnat. /10/	13
Kuva 4. Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiirin organisaatiokaavio. /70/	14
Kuva 5. Seinäjoen keskussairaalan kampusalue ylhäältä päin. /93/	15
Kuva 6. Aurinkosähköjärjestelmästä ilmoittava merkki. /96/	19
Kuva 7. Auringon säteilyenergia ilmakehässä. /2, s. 9/	26
Kuva 8. Auringonsäteilyn säteilymäärät eri kuukausina.	27
Kuva 9. Auringonsäteily Suomessa. /94/	28
Kuva 10. Erilaisia aurinkopaneeleja. /2, s. 12/	42
Kuva 11. On-grid aurinkosähkön periaate. /2, s. 44/	45
Kuva 12. Verkkoon kytkettävien aurinkopaneelien asennus.	46
Kuva 13. Aurinkopaneelien kytkentäkaavio. /2/	46
Kuva 14. Logistiikan varjojen pituuden arviointia sun shadow calculatorilla.	53
Kuva 15. Seinäjoen keskussairaalan asemapiirustus.	55
Kuva 16. Aurinkopaneelien suunnitelma logistiikalle.	57
Kuva 17. P-kattojen aurinkosähkön mahdollisuus.	58
Kuva 18. Aurinkopaneelien suunnitelma H-rakennukselle.	59
Kuva 19. Aurinkopaneelien suunnitelma G-rakennukselle.	60
Kuva 20. F-laajennusosan aurinkopaneelisuunnitelma.	61
Kuva 21. Aurinkopaneelien suunnitelma F-rakennusosalle.	62
Taulukko 1. Auringonsäteilyn säteilymäärän vertailua.	29
Taulukko 2. Säteilymäärän vertailu seitsemän vuoden ajalta.	30
Taulukko 3. Yleisten kennotyyppien ominaisuuksia.	41
Taulukko 4. Aurinkopaneelien hyötysuhteen muutokset Suomessa.	48
Taulukko 5. Kahden eri aurinkopaneelitoimittajan vastausten vertailua.	71

LIITELUETTELO

LIITE 1. Sairaaloiden haastattelupohja

LIITE 2. Laskelma aurinkosähkön ensimmäisen vuoden tuotosta Seinäjoen keskussairaalalla

LIITE 3. Esimerkki takaisinmaksuajan laskemisesta omalla Excel-kannattavuuslaskurilla

LIITE 4. Aurinkosähköjärjestelmän urakkakysely

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri. Opinnäytetyön antajana toimi tukipalveluista tukipalvelujohtaja Jari Hakala ja sähköhuoltopäällikkö sekä sähkötekniikan toimintayksikön johtaja Risto Loppi. Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää millainen aurinkosähköjärjestelmä sopisi Seinäjoen keskussairaалalle ja tarkemmin sanottuna kuinka paljon aurinkopaneeleita olisi mahdollista asentaa Seinäjoen keskussairaалalle, minkä tehoisia aurinkopaneelit olisivat, paljonko aurinkopaneelit maksaisivat, mikä olisi aurinkopaneeleiden takaisinmaksuaika, aurinkopaneelien elinikä, varasähköjärjestelmän tarve ja millaisia tukia saataisiin aurinkopaneeleille sekä mitä lupia aurinkosähköjärjestelmän asentaminen tarvitsisi? Lisäksi työssä huomioidaan pelastuslaitoksen toimintasuunnitelma mahdollisten tulipalojen varalta.

Opinnäytetyön aihe on ajankohtainen, sillä valtioneuvoston selonteon 7/2017 mukaan lämmön sekä sähkön tuotannon on oltava lähes päästötöntä vuoteen 2030 mennessä. Aurinkopaneelit kytkettäisiin Seinäjoen keskussairaalan yleiseen käyttöön lisäämään Seinäjoen keskussairaalan omaa sähkön tuottoa uusiutuvalla energialla. Aurinkoenergiaa hyödyntämällä saadaan pienennettyä hiilijalanjälkeä sekä lisättyä uusiutuvan energian käyttöä, mikä vähentää riippuvuutta fossiilisista energianlähteistä. Aurinkopaneeliin investoimalla saa tuotettua itse sähköenergiaa, jolla pystytään leikkaamaan ostettavan sähköenergian hintaa. Valitsin aiheen, koska tutkittava aihe on mielenkiintoinen, ajankohtainen ja kehittävä.

Opinnäytetyössä ei perehdytä aurinkokeräimiin, jotka tuottavat aurinkolämpöä vaan tutkitaan vain aurinkopaneeleita, jotka tuottavat aurinkosähköä. Toimeksiantajan kanssa on sovittu, että aurinkopaneelien asennuksia tutkitaan vain kattoperusteisille asennuksille, vaikka maa- ja seinäasennukset ovat myös mahdollisia aurinkopaneelien asennuskohteita. Työ koskee laajuudessaan lähestulkoon koko Seinäjoen keskussairaalan kampusaluetta pois lukien Y-talo,

joka on Seinäjoen keskussairaalan vierellä oleva oma kiinteistönsä sekä Terveysteknologiakeskus Mediwest.

Opinnäytetyön alussa esitellään toimeksiantajan organisaatio, aurinkoenergia ja aurinkoenergiaan liittyvät käsitteet yleisesti. Opinnäytetyö jatkuu aurinkosähköjärjestelmän mitoitusten suunnitteluna Seinäjoen keskussairaalan katoille ja haastattelujen läpikäymisellä aurinkosähköjärjestelmien toimivuudesta. Työn lopuksi vertaillaan erilaisia aurinkopaneeleita eri aurinkopaneelien toimittajilta ja käydään läpi johtopäätökset.

2 SEINÄJOEN KESKUSSAIRAALAN KAMPUSALUE

Seinäjoen keskussairaala, vanhalta nimeltään Etelä-Pohjanmaan keskussairaala, kuuluu Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiirin toiminta-alueeseen. Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiiriin kuuluu 18 jäsenkuntaa, joissa on asukkaita yhteensä noin 200 000. Jäsenkunnat toimivat Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiirin rahoittajina.
/10/

Seinäjoen keskussairaala sijaitsee Huhtalan kaupunginosassa. Seinäjoen keskussairaalan aluetta kutsutaan Seinäjoen keskussairaalan kampusalueeksi.

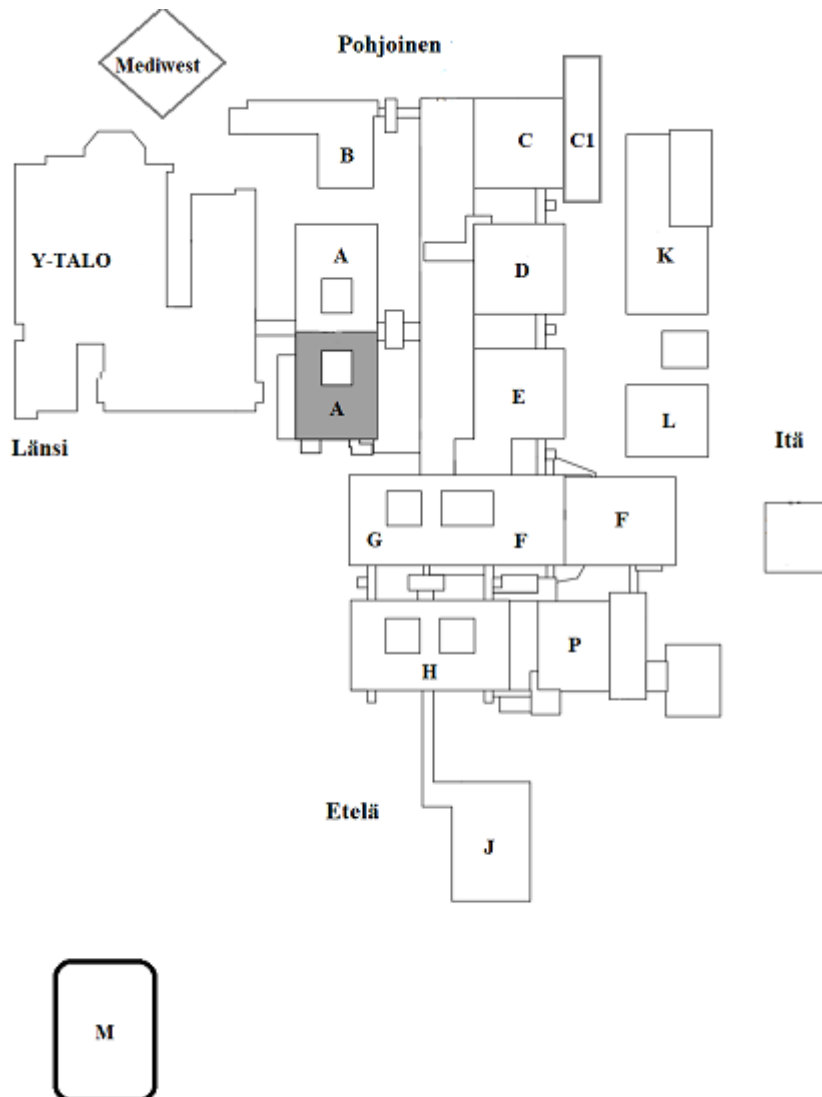


Kuva 1. Seinäjoen keskussairaala (Lähde: Seinäjoen keskussairaala).

Kuvasta yksi nähdään miltä Seinäjoen keskussairaalan kampusalue näyttää ja miltä Seinäjoen keskussairaalalle rakennetut rakennukset näyttävät. Tämä ilmakuva on otettu koillisen suunnasta. Kohderakennukset sijaitsevat mäen päällä aurinkoisella paikalla, eikä varjostavia puita ei ole lähetyvillä.

Seinäjoen keskussairaala on suurikokoinen laitos, johon sisältyy monta eri rakennusosaa. Seinäjoen keskussairaalan rakennusosiin kuuluvat A-, B-, C-, D-, E-, F-, G-, H-, J-, K-, L-, P-, ja Y-rakennusosat. Lisäksi Seinäjoen keskussairaalalla

on rakennusvaiheessa oleva M-talo. Seinäjoen keskussairaalan rakennukset ovat 4 – 5 kerroksisia. Yhden kerroksen korkeus on noin 4 metriä.



Kuva 2. Seinäjoen keskussairaalan rakennusosat kirjainten mukaan.

Kuvassa kaksi on Seinäjoen keskussairaalan rakennusosat kirjainten mukaan. Piirroksessa on myös rakenteilla oleva M-talo. Rakennusten osat on rakennettu sairaala-alueelle pohjois-etelä -akselilla.

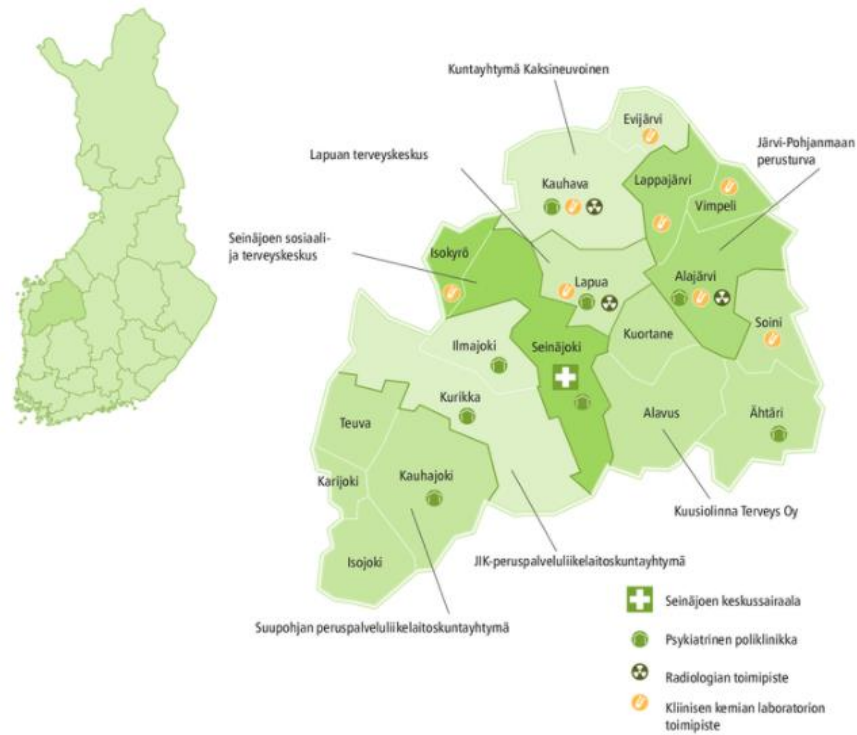
Paikalta katsottuna Seinäjoen keskussairaalan katot ovat tasaisia lukuun ottamatta M-talon kattoa. Useat katot ovat täynnä koneita ja laitteita, jotka hankaloittavat aurinkojärjestelmien mitoitusta. Koneet ja laitteet Seinäjoen keskussairaalassa ovat

esimerkiksi lauhduttimia, poistoilmapuhaltimia ja kattoikkunoita. Seinäjoen keskussairaalassa katot on rakennettu siten, että korkeammat katot ovat etelän suunnassa ja matalammat katot ovat pohjoisen suunnassa. Korkeammat katot etelän suunnassa ovat aurinkopaneelien varjostuksen kannalta riskitekijä pohjoisosassa oleville katoille, sillä pienikin varjo aurinkopaneeleille voi heikentää aurinkopaneelien tuotantoa merkittävästi. Puunvarjoista ei ole haittaa Seinäjoen keskussairaalalle, sillä sairaalan katot ovat todella korkeita ja sairaala on rakennettu korkealle maastoon. /57/

Seinäjoen keskussairaalassa eniten sähkövirtaa kuluttavia laitteita ovat:

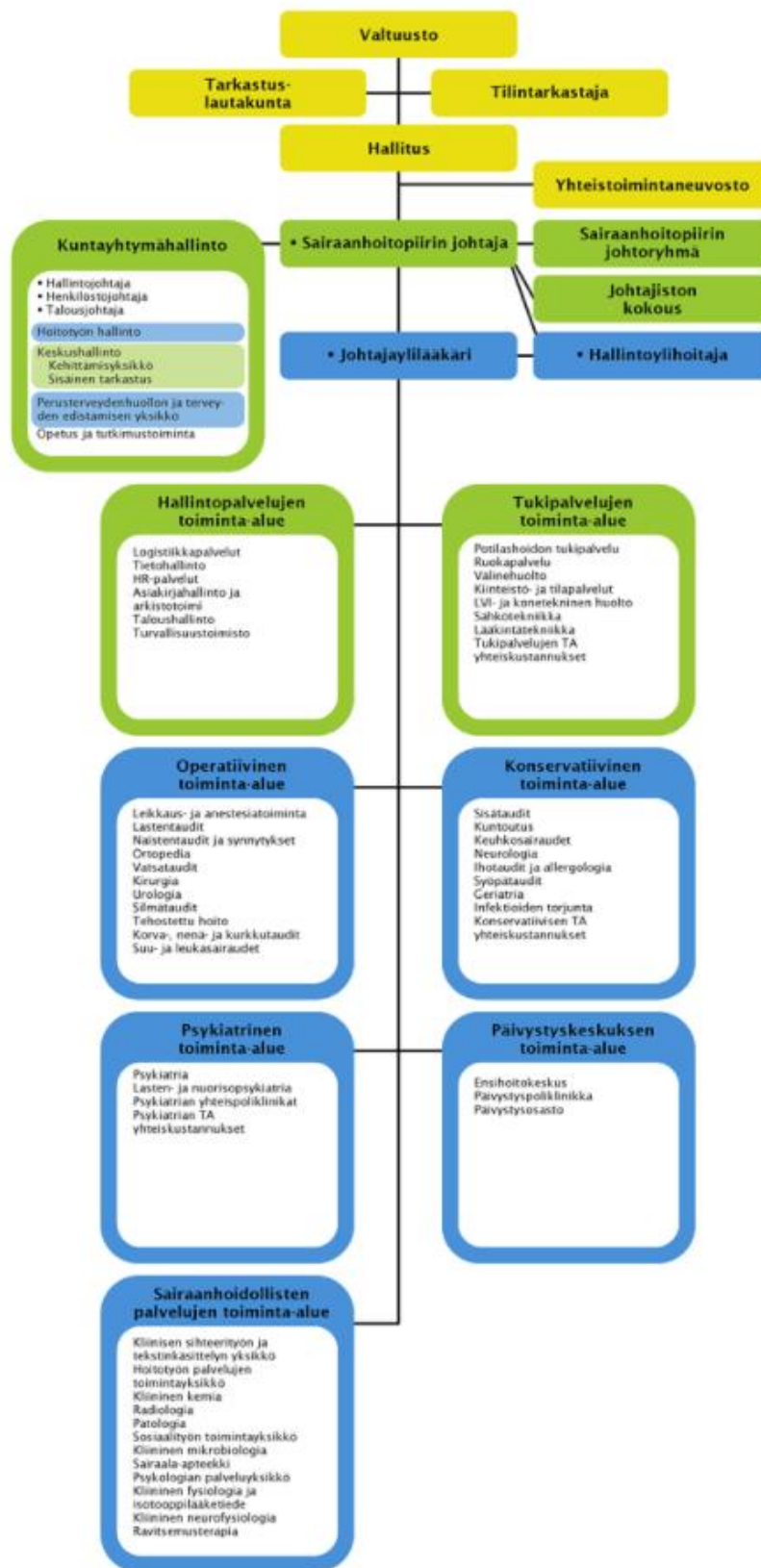
- Jäähdytyskoneet, sisältäen keskusjäähdytyksen ja rakennuskohtaisen jäähdytykset
- Lämmöntalteenoton laitteistot
- Välinehuolto laitteineen, kuten klaavit, pesukoneet ja desinfiointilaitteet
- Keskitetyt paineilmalaitteet
- IV-laitteet
- Laboratoriolaitteet, kuten röntgen ja magneetti.
- Suurtalouskeittiölaitteet, kuten uunit, padat ja höyrykeittimet
- Pyykki ja jätejärjestelmän laitteet.

Röntgen ja magneetti ovat keskussairaalla laitteita, joissa on hetkellinen tehontarvehuippu. Vaasan sähkö Oy myy Seinäjoen keskussairaalle sähköenergian, jonka Seinäjoen energia Oy jakaa Seinäjoen keskussairaalalle. Seinäjoen keskussairaala käyttää lämmitykseen kaukolämpöä. Viime vuosien aikana Seinäjoen vuosittainen sähköenergian kulutus on ollut välillä 16,5–17,5 GWh/a. Kantasairaalan kuuluu Seinäjoen keskussairaalan kampusalue. lukuun ottamatta Y-talo ja rakennusvaiheessa oleva M-talo. Y-talo ja M-talo ovat siis omia kiinteistöjä.



Kuva 3. Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiirin jäsenkunnat. /10/

Kuvassa kolme näkyvät Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiirin jäsenkunnat. Sairaanhoitopiiriin kuuluu 18 jäsenkuntaa. Etelä-Pohjanmaan keskuskaupunki on Seinäjoki ja siellä sijaitsee sairaanhoitopiirin keskussairaala, jota kutsutaan Seinäjoen keskussairaalaksi.



Kuva 4. Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiirin organisaatiokaavio. /70/

Kuvassa neljä on Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiirin organisaatiokaavio. Organisaatiokaavio auttaa muodostamaan kuvan yrityksen rakenteesta, jotta voidaan ymmärtää organisaation toimintaa. Organisaatio kaaviosta nähdään yrityksen rakenne, kuka on kenen alainen ja työvastualueet. Tämä opinnäytetyö tehdään tukipalvelujen toiminta-alueelle, mutta aurinkosähkö hyödyttää koko Seinäjoen keskussairaala.



Kuva 5. Seinäjoen keskussairaalan kampusalue ylhäältä päin. /93/

Kuvasta viisi nähdään miltä näyttää Seinäjoen keskussairaalan kampusalue ylhäältä päin. Kuvassa on etelä alhaalla ja pohjoinen ylhäällä. Aurinkopaneelien asennuksille on katoilla tilaa, mutta varmistukseksi on paikan päällä käytävä mittaamassa vapaat tilat aurinkopaneeliasennuksille ja varjostavat kohteet, jotka voivat haitata aurinkopaneelien tuottoa varjostuksilla.

3 AURINKOENERGIA

3.1 Laki, säädökset, standardit

Aurinkosähköjärjestelmiä tehdessä on noudatettava sähköasennuksia koskevia lakeja, asetuksia ja määräyksiä. Velvoittavin laki on sähköturvallisuuslaki (1135/2016). Oleellimmat standardit ovat SFS 600-1 -käsikirjan SFS 6000 – standardit pienjänniteasennuksiin. SFS 600-1 sisältää myös standardin valosähköisistä tehonsyöttöjärjestelmistä. Lisäksi aurinkosähköjärjestelmiin löytyy standardit SFS 607 -käsikirjasta. SFS 607 -käsikirja sisältää yksityiskohtaisemmin vaatimukset suojauksiin, johdinmitoituksiin, järjestelmien rakenteeseen ja laitevalintoihin. Standardit mitä SFS 607:2015 sisältää ovat SFS 6000-7-712 pienjänniteasennukset, SFS-EN 62446 sähköverkkoon kytketyt PV-järjestelmät, SFS-EN 61724 valosähköisen järjestelmän suorituskyvyn valvonta ja SFS-EN 50438 tekniset vaatimukset yleisen pienjännitejakeluverkon kanssa rinnan toimiville mikrogeneraattoreille. /2, 90/

VDE-AR-N-4105: Saksan yleisen pienjännitejakeluverkon kanssa rinnan toimivan mikrotuotantolaitteiston vaatimukset kuuluu huomioida, sillä kun aurinkosähköjärjestelmä täyttää tämän vaatimuksen, on lupa liittää aurinkosähköjärjestelmä Suomen yleiseen sähköverkkoon. Invertterin eli verkkoonliityntälaitteen kuuluu täyttää tämän VDE-normin vaatimukset ja/tai standardin SFS-EN 50438 vaatimukset.

Nykyisin yhteiskunnassa pyritään siirtymään vähähiilisiin toimintatapoihin. Aurinkoenergia tarjoaa yhden mahdollisuuden vähähiiliseen energiantuotantoon. Vähähiilisillä energiamuodoilla pyritään saavuttamaan EU:n energiapolitiikan tavoitteet. EU energiapolitiikan tavoitteena on käyttää uusiutuvia energialähteitä 32 % vuoteen 2030 mennessä. EU:n energiapolitiikasta on tullut tavoitteet edistää energiansäästöä, energiatehokkuutta, energiaan liittyviä innovointeja, tutkimuksia ja kilpailukykyä. Lisäksi unionissa on varmistettava energian toimitusvarmuus, energiaverkkojen yhteenliittäminen ja taattava energian sisämarkkinoiden toimivuus. /1, 3, 5, 6, 8/

Kun halutaan investoida aurinkopaneeleihin, on aurinkopaneelien täytettävä IEC-standardit. IEC-standardit ovat sähköalan standardeja. Tällöin kannattaa varmistaa, että:

-Ovatko aurinkopaneelit CE-merkittyjä eli ovatko aurinkopaneelit hyväksytyjä markkinoitavaksi EU:n markkina-alueelle.

-Täyttävätkö aurinkopaneelit EN 60904-3 / EN 61215 standardien vaatimukset.

-Ovatko aurinkopaneelit II-suojaluokan mukaisia.

-Mikä on aurinkopaneelien valmistusmaa ja valmistaja, muun muassa luokittelu standardin selvittämiseksi.

-Mitkä ovat aurinkopaneelien todelliset takuut ja takuiden sisällöt ja vastuuhenkilöt. Lisäksi vielä aurinkopaneelin käyttöjännite ja maksimijännitteen kesto. /66/

3.2 Luvat ja tuet aurinkopaneeleille

Työ- ja elinkeinoministeriö myöntää harkinnan perusteella tukea innovatiivisiin energiahankkeisiin. Energiatukea voi saada Työ- ja elinkeinoministeriöltä, kun kyseessä on investointi tai selvityshanke. Energiatukihakemus lähetetään Rahoituskeskukseen. Energiatukea on mahdollista saada, kun energiajärjestelmä tulee edistämään uusiutuvan energian käyttöä tai tuotantoa, säästämään energiaa tai tehostamaan energian käyttöä tai tuotantoa, tai muulla tavoin tekemään energiajärjestelmä vähähiiliseksi. Energiatukea hankittaessa on huomioitava, että tuki voidaan myöntää hankkeeseen, jota ei tehtäisi ilman energiatukea. Energiatukea hakiessa hankkeella ei saa olla päälaitetilausta, sitovaa investointipäätöstä, rakentamistyön aloittamista koskevaa päätöstä tai mitään muuta pitävää sitoumusta, joka johtaisi hankkeen peruuttamisessa hankkeen taloudelliseen menetykseen. Energiatuen määrä yrityksille ja kunnille on 20 % 1.5.2019 alkaen. Investoinnin tulee olla yli 10 000 €, jotta energiatuki voidaan myöntää. Vastaavasti omakotitaloihin voi saada kotitalousvähennyksen aurinkopaneelien asennuksen osuudesta. / 4, 7, 12, 23, 52, 56, 73, 81, 91/

Energiatukea on mahdollista saada Seinäjoen keskussairaalalle työ- ja elinkeinoministeriöltä, kun kyseessä on aurinkovoiman tuottaminen.

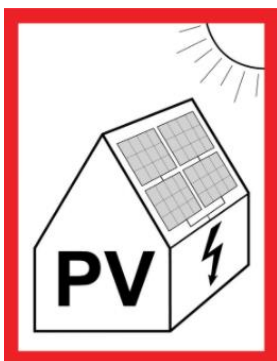
Rahallista tukea voidaan saada tavanomaisiin tekniikan hankkeisiin energiatehokkuussopimukseen liittyneille yhteisöille ja yrityksille. ESCO-hankkeista voidaan saada tukea myös, jos yhteisö tai yritys ei kuulu energiatehokkuussopimukseen. ESCO-hankkeen enimmäismäärä on 15 %. Uuden teknologian ESCO-hankkeille tuki voi olla jopa 40 %. /73, 86/

Aurinkosähkö järjestelmää hankittaessa saattaa olla, että tarvitaan toimenpidelupa tai rakennuslupa tai välttämättä ei kumpaakaan. Luvat pystyy varmistamaan oman kunnan rakennusvalvonnasta. Verkkoon kytkemisen osalta on lupa varmistettava jakeluverkon haltijalta, jolle on toimitettava aurinkosähkölaitteiston ja vaihtosuuntaajan perustiedot. Rakennuslupa tai toimenpidelupa onkin hoidettava ennen projektin aloittamista ja jakeluverkonhaltijaan oltava yhteydessä projektin alkuvaiheessa. /2, 23, 59, 70/

Tällä hetkellä luvat ovat kuntakohtaisia tarvitaanko aurinkosähköjärjestelmien kytkemiseen lupa rakennus- tai pelastusviranomaiselta. Kun tähän ei vaadita lupamenettelyä kaikissa kunnissa niin osa aurinkosähköjärjestelmistä saattaa jäädä tarkastamatta ja näin aurinkosähköjärjestelmien turvallisuuteen ei kiinnitetä niin paljon huomiota. /88, 89/

3.3 Verkkoyhtiön vaatimukset

Invertterin on oltava VDE-AR-N-4105-suojausstandardin mukainen Saksan asetuksilla. Sähköurakoitsijan, joka asentaa aurinkosähköjärjestelmän sähköt on omattava Tukes-numero. Rakennukset, joissa on aurinkosähköjärjestelmä, on merkittävä kuvan kuusi mukaisella merkillä sähköasennuksen liittymiskohdassa, energian mittauskohdassa ja sähkökeskuksessa.



Kuva 6. Aurinkosähköjärjestelmästä ilmoittava merkki. /96/

Aurinkosähköjärjestelmälle on oltava turvakytkin, jolla saa katkaistua aurinkopaneelien syöttämän sähköntuotannon invertterissä. Kiinteistön sähkökeskuksista on löydettävä takasyöttövaara-varoituskyltit ja pääkeskuksesta on löydettävä ohjeet, miten invertteri kytketään verkosta irti. Takasyöttö tarkoittaa sitä, kun mikrotuotantolaitos saattaa syöttää sähköverkkoon sähköä, vaikka syöttävä lähde olisikin jännitteetön. Mikrotuotantolaitos tarkoittaa tuotantolaitosta, jossa ensisijaisesti tuotettu sähkö pyritään käyttämään omaan käyttöön kulutuskohteessa. Mikrotuotantolaitoksessa sähkö liittyy sähköverkkoon suurimmillaan 16 ampeerin sulakkeilla. /2, 44, 46, 47/

Aurinkopaneelit, jotka kytketään sähköverkkoon tarvitsevat luvan verkkoyhtiöltä. Verkkoyhtiö antaa luvan aurinkosähköjärjestelmän kytkemisestä, kun aurinkosähköjärjestelmän laitteet ovat standardien mukaisia ja kun sähkötyöt on tehnyt ja tarkastanut sähköalan ammattilainen. Aurinkopaneeleilla tuotettua sähköenergiaa voidaan myydä liitettyyn sähköverkkoon, jos sähkön myyjä on sopinut aurinkosähkön tuottajan kanssa ylijäämänsähkön myymisestä. Jos sähköllä ei ole ostajaa on sähköenergian syöttäminen verkkoon kielletty. Sähköenergian mittaus tapahtuu sähköverkkoyhtiön mittareilla tunneittain. Mittauksesta ei peritä kuluja. /14, 25, 44/

3.4 Takuut ja vakuutukset aurinkopaneeleille

Aurinkopaneelijärjestelmät ovat hyvin pitkäikäisiä, joten aurinkopaneeleille on syytä tarkistaa takuu ja vakuutus mahdollisuudet. Mahdollisia takuita aurinkojärjestelmille ovat tehontuottotakuu, materiaali- ja valmistusvirhetakuu, asennusjärjestelmätakuu ja invertterin laitetakuu. Takuut hieman saattavat vaihdella takuulajista, takuun pituudesta ja asennusfirmasta riippuen. Yleensä kannattaa varmentaa, että aurinkopaneelien tehontuottotakuu olisi 25 vuodelle, asennusjärjestelmätakuu sekä materiaali- ja valmistevirhetakuu olisi 10 vuodelle ja invertterin laitetakuu olisi viidelle vuodelle. /24, 58, 72/

Tehontuottotakuu varmistaa aurinkopaneelien toimivuuden siten, että aurinkopaneelit tuottavat tehoa sen määrän mitä on luvattu. Materiaali- ja valmistusvirhetakuu takaa aurinkopaneelien sisäiset kytkennät toimiviksi ja aurinkopaneelin oikeaksi materiaaliksi sekä oikein standardein tehdyksi. Asennustelineille on saatavissa asennusjärjestelmätakuu, joka kattaa asennustelineiden kestävyuden. Invertterin laitetakuu varmentaa invertterin toimivuuden, jotta aurinkoenergiaa saadaan tuotettua ja muutettua turvallisesti tasasähköstä vaihtosähköksi.

3.5 Turvatoimet aurinkopaneeleille

Aurinkosähköjärjestelmä asennetussa kohteessa ei saa aiheuttaa uhkaa paloturvallisuudelle. Häätötilanteita varten on tärkeä tehdä selvitykset, miten esimerkiksi tulipalossa aurinkopaneelien syöttö invertterille saadaan katkaistua. Myös mahdolliset pelastusreitit kannattaa suunnitella palomiehille etukäteen. Erittäin selkeä tapa on suunnitella kontaktori turvalliseen ja helposti löydettävään paikkaan, josta aurinkopaneelien syötön saa hätätötilanteissa kytkettyä pois päältä. Pelastushenkilöstölle on perehdytettävä miten aurinkosähkökaapelit kulkevat kiinteistössä hätätötilanteiden varalta. Hätätötilanteissa tulee huomioida sähköiskujen vaarat. Mahdollisessa tulipalossa on päästävä helposti sammuttamaan aurinkopaneelien syöttö invertterille. Aurinkosähkövoimalan ilmoittaminen pelastuslaitokselle on tärkeää, sillä pelastushenkilöstö voi tehdä aurinkosähköjärjestelmän tarkastuksia ja kohdevierailuja. Ennen

aurinkosähköjärjestelmän hankintaa ja ennen aurinkosähköjärjestelmän kytkemistä verkkoon pitää pelastushenkilöstön kanssa tarkistaa pelastus- ja huoltoreitit. Näin harjoitukset ennen mahdollista tulipaloa minimoisi riskien määriä. Aurinkopaneelit tuottavat hätätilanteissakin jännitettä, vaikka energia ei menisi invertterille. Käytännössä jännitteen tuoton saisi pois, jos aurinkopaneelit peittäisi jollakin materiaalilla. Aurinkosähköjärjestelmien alle voitaisiin kehittää rullalla oleva peite, jolla saataisiin automatisoidusti tai käsin levitettyä peite aurinkopaneelien päälle. Tilaa olisi mahdolliselle peitteelle, kun aurinkopaneelit olisivat kulmassa ja aurinkopaneelien alle saataisiin jonkinlainen peite. Kehityskohde voisi olla peitteen kehittäminen aurinkopaneeleille, jolla saataisiin aurinkopaneelin jännitteet pois turvallisella tavalla ennen mahdollisia pelastustöitä. /2, 83/

Hätätilanteita varten laaditaan pelastusviranomaiselle kirjallinen selostus aurinkosähköjärjestelmään kuuluvasta kohteesta. Etelä-Pohjanmaan pelastuslaitoksen palomestarin haastattelun mukaan pelastusviranomaisille riittää lyhyt A4-sivun kokoinen selostus siitä, missä aurinkosähköjärjestelmä on, miten aurinkosähköjärjestelmä toimii, mitä kautta pääsee aurinkosähköjärjestelmän luokse ja missä invertterit ja turvakytkimet sijaitsevat. Lisäksi selostukseen tulee sisällyttää, kuka on vastuussa aurinkosähköjärjestelmästä ja aurinkopaneelien toiminnasta sekä vastuuhenkilön puhelinnumero. /88/

Pelastusviranomaiset menevät pelastuskohteeseen kuin pelastuskohteeseen riippumatta siitä, mitä on edessä. Tästä syystä on invertterin löydyttävä paikasta, minne on helppo mennä ja käyttö- ja turvaohjeiden on löydyttävä komponenteille ja lisäksi on oltava tiedot aurinkosähköjärjestelmän luo pääsystä. Myös piirustukset aurinkosähköjärjestelmistä on hyvä olla lähettyvillä. /88/

Tulipalojen aikaan aurinkopaneeleita on vaikea saada virrattomaksi. Aurinkosähköjärjestelmässä kaapelit, sähkölaitteet ja mahdolliset akut ovat paloherkkiä. Tästä syystä ammattilaisten kuuluisi asentaa aurinkopaneelit aurinkosähköjärjestelmään ja tehdä suunnitelmat mahdollisten tulipalojen varalle. Aurinkosähköjärjestelmäkohteiden luokse asennettaisiin etuoville kontaktorit, joilla saataisiin palon tai mahdollisen uhan aikana katkaistua aurinkopaneelien

virran syöttö yhdellä napautuksella. Piirustukset aurinkopaneeleista olisi hyvä olla helposti saatavilla mahdollisten tulipalojen varalta. Pelastuslaitoksilla ei ole vielä paljoa kokemusta, kuinka sammutustyöt tehdään tulipalojen ollessa aurinkopaneelien läheisyydessä. /31, 83/

Turvallisuussyistä normaalisti sähköverkkoon kytketty aurinkosähköjärjestelmä kytkeytyy pois päältä sähkökatkojen aikaan, kun sähköä ei ole saatavilla sähköverkosta. Aurinkosähköjärjestelmän voi suunnitella toimivaksi lisätoimenpiteillä niin, että se toimii varavoimalähteenä sähkökatkojen aikaan. Seinäjoen keskussairaalassa tämä tarkoittaisi sitä, että aurinkopaneelit tuottaisivat sähkökatkon aikana osan sähköstä ja loput tulisi varavoimalaitteiston kautta. /95/

3.6 TIER-luokka

Aurinkopaneelivalmistajia listataan TIER-luokituksiin. TIER-luokituksista 1-luokka on kaikista luotettavin. TIER-1-luokkaan listataan vain maailman laadukkaimmat aurinkopaneelivalmistajat. TIER-1-luokkaan paneelivalmistajista pääsee vain 2 %. TIER-1-luokassa valmistajat:

- Hallitsevat tuotantoketjun täysin
- Käyttävät edistynyttä robotiikkaa
- Investoivat voimakkaasti kehitykseen ja tutkimukseen
- Omaa pitkän moitteettoman historian.

Aurinkopaneelivalmistajaa etsittäessä tämä on hyödyllinen tieto, sillä TIER-1-luokkaan pääsevät vain luotettavimmat aurinkopaneelien toimittajat. TIER-luokista vain luokka 1 on virallinen ja luokat 2 ja 3 eivät ole virallisia, vaikka valmistajat käyttävät niitä. Aurinkopaneelien hankinta kannattaa tehdä yritykseltä, jonka liiketoiminta todennäköisesti jatkuu aurinkopaneelien elinkaaren ajan. Yritys, jolla toiminta jatkuu aurinkopaneelien elinkaaren ajan, vastailee aurinkopaneelien käytön aikaisiin kysymyksiin ja hoitaa takuuasiat. Huolella ja hyvin valitun aurinkopaneelien toimittajan kanssa on helppo puhua järjestelmän laajentamisesta

ja uusien tuotteiden lisäämisestä järjestelmään. TIER-1-luokkaan kuuluvia aurinkopaneelien valmistajia ovat muun muassa JA Solar, Trina Solar, Canadian Solar, Suntech ja Vikram Solar. /8, 48, 72, 76, 77/

3.7 Auringonsäteily

Aurinkopaneelien suosio on kasvanut voimakkaasti ja tulee kasvamaan koko ajan. Auringosta saatavaa energiaa tulee maapallolle 14,5 sekunnissa saman verran mitä koko maailma päivän aikana tarvitsee. Energian talteen ottaminen aurinkopaneeleilla on tehokasta ja yksinkertaista. Aurinkosähköjärjestelmän aurinkopaneelit tuottavat sähköenergiaa auringon paistaessa aurinkopaneeliin. Aurinkopaneelit ovat erittäin pitkäikäisiä, luotettavia ja kestäviä. Aurinkopaneeleilla tuotettu sähköenergia pienentää riippuvuutta fossiilisiin polttoaineisiin. Aurinkopaneeleilla tuotettu sähköenergia on ympäristöystävällistä sähköenergiaa ilman haitallisia päästöjä. Haitallisista päästöistä esimerkiksi kasvihuonekaasu hiilidioksidi (CO₂) lämmittää maapallon ilmastoa. Aurinkoenergian hyödyntämisellä käyttäjät pystyvät pienentämään tätä hiilidioksidin syntymistä ilmakehäämme. Hiilidioksidin tuotannon hillitseminen estää ilmaston lämpenemistä. Aurinkoenergian valitseminen tuo maahamme kotimaista energiaa, jolloin emme ole niin riippuvaisia ulkomailta tuodusta energiasta. Käyttöön otettu aurinkopaneelijärjestelmä, joka on asennettu kulutuspaikalle, ei tuo siirtohäviöitä. Aurinkopaneelijärjestelmät tuottavat hiilineutraalia, puhdasta sähköenergiaa, jolla pienennetään kulutuskohteen sähkölaskua. Aurinkopaneeleita saa useisiin eri käyttötarkoituksiin sekä eri kokoisina aurinkopaneeleina. /2, 8, 20, 25, 44, 49, 58, 62, 63/

Aurinkoenergia on uusiutuva energialähde, joten aurinkoenergiaa hyödyntämällä päästään fossiilisten polttoaineiden käytöstä eroon. Aurinkoenergia on päästötön ja ympäristöystävällinen energianlähde. Aurinkoenergia on peräisin säteilyenergiasta. Auringon vuosittainen säteilyn energiamäärä on maapallon kokonaisenergiankulutusta 8000 – 10 000 kertaa suurempi. Näin ollen aurinkoenergiaa hyödyntämällä aurinkopaneeleilla saadaan ilmaista energiaa talteen. Auringosta saatavaa energiaa ei tarvitse itse tuottaa. Auringon säteilyn

intensiteetti HA on noin 73MW/m^2 . Auringon säteilyn intensiteetistä noin $1367\text{--}1370\text{W/m}^2$ tulee ilmakehän ylärajalle ja on samalla maan pinnalle saapuvan säteilyn teoreettinen yläraja. Tätä maanpinnalle tulevaa ylärajan säteilyä kutsutaan aurinkovakioksi, jonka tunnus on SC. Tästä säteilyn määrästä maanpinnalle tulee käytännössä noin 1000 W/m^2 . /2, 6, 20, 26, 49, 50, 79, 80/

Auringonsäteily on suoraan auringosta tulevaa säteilyä ja hajasäteilyä. Hajasäteily muodostuu ilmakehän ja pilvien heijastamasta säteilystä sekä maasta heijastuvasta säteilystä. Maasta tuleva hajasäteily muodostuu vedestä, lumesta, kiiltävistä kattopinnoista ja maasta tulevista heijasteista. Suomessa hajasäteilyllä on merkittävä osuus kokonaissäteilystä. Aurinkopaneelien toiminnan kannalta ei ole merkitystä sillä onko aurinkopaneelille tuleva säteily hajasäteilyä vai suorasäteilyä. Talvisin aurinkopaneelille tuleva kokonaissäteily saattaa nousta hetkellisesti jopa yli 20 prosentilla, jos lumesta tuleva heijastus on otettu huomioon aurinkosähköjärjestelmän kallistuskulmissa ja sijoittelussa. Aurinkopaneelit tuottavat sähköenergiaa parhaiten kesäkuukausina. /2, 11, 28, 51

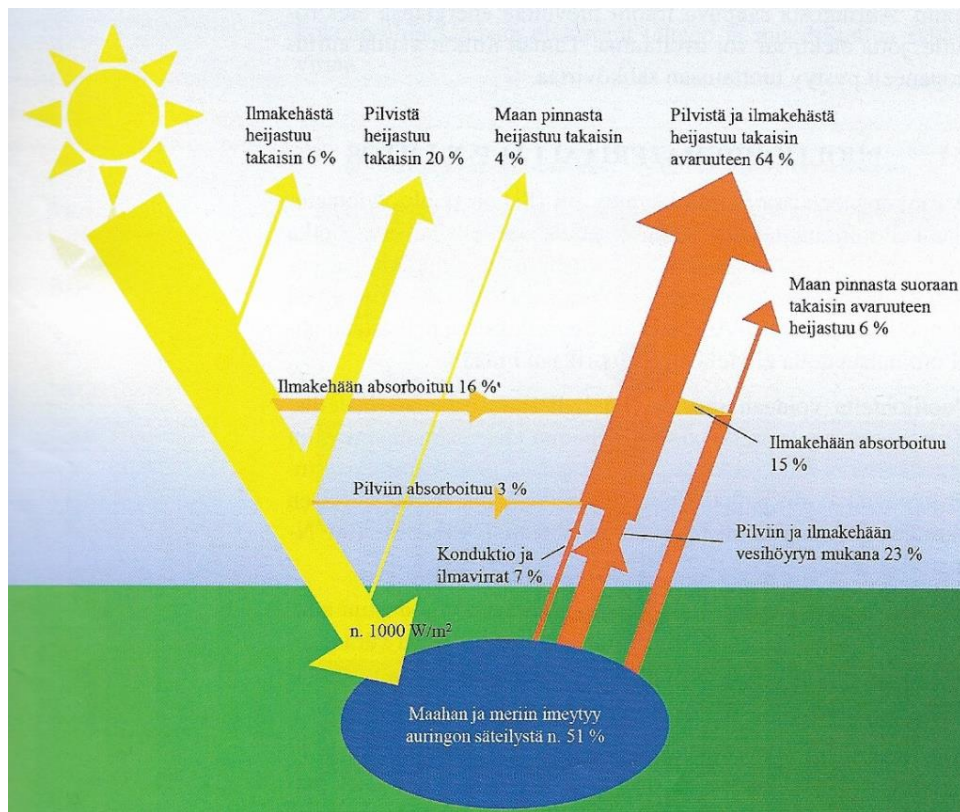
Kokonaisuutta tarkastellen aurinkopaneelilla saadaan tuotettua sähköenergiaa hyvin maaliskuusta marraskuun puoleen väliin asti, sillä auringonsäteilyä on silloin Suomessa riittävästi aurinkoenergian tuottamiseen. Aurinkosähkön tuottamisen yksi hyvä puoli Suomessa on alhainen vuotuinen keskilämpötila, sillä aurinkopaneelit tuottavat sähköenergiaa paremmin viileässä ilmalämpötilassa, kuin lämpimässä ilmalämpötilassa. Suomessa vuotuinen säteily määrä vaihtelee sijainnin mukaan. Auringonsäteilyn määrän ero etelän ja pohjoisen välillä on melko suurta. Etelä-Suomessa auringonsäteilyä tulee vuodessa vaakapinnalle noin 1000 kWh säteily määrä neliömetrille. Maantieteellisen sijainnin vuoksi Etelä-Suomessa ja Länsi-Suomessa auringonsäteily on parempaa aurinkosähkön tuottamiselle, kuin Pohjois- ja Itä-Suomessa. Etelä-Suomessa aurinkosähköä voidaan tuottaa vuosittain saman verran, kuin Pohjois-Saksassa. Auringonsäteily koostuu hiukkasista, joita kutsutaan fotoneiksi. /2, 11, 20, 23, 25, 26, 28, 34, 37, 49, 51, 73, 81/

Auringonvalossa olevien fotonien osuessa aurinkopaneelin puolijohdemateriaaliin fotonit vapauttavat energiaansa aurinkokennojen elektronien käyttöön.

Puolijohdemateriaali on aurinkopaneeleissa piitä. Elektronit, jotka ovat saaneet fotoneilta energian, muodostavat aurinkokennojen virtajohtimiin sähkövirran. Näin ollen päivän valon osuessa aurinkokennon puolijohteeseen aurinkokennojen elektronit lähtevät liikkumaan aurinkokennoissa, mistä tulee tasasähköä muodostava ilmiö. /2, 13, 20, 26, 33, 37, 51/

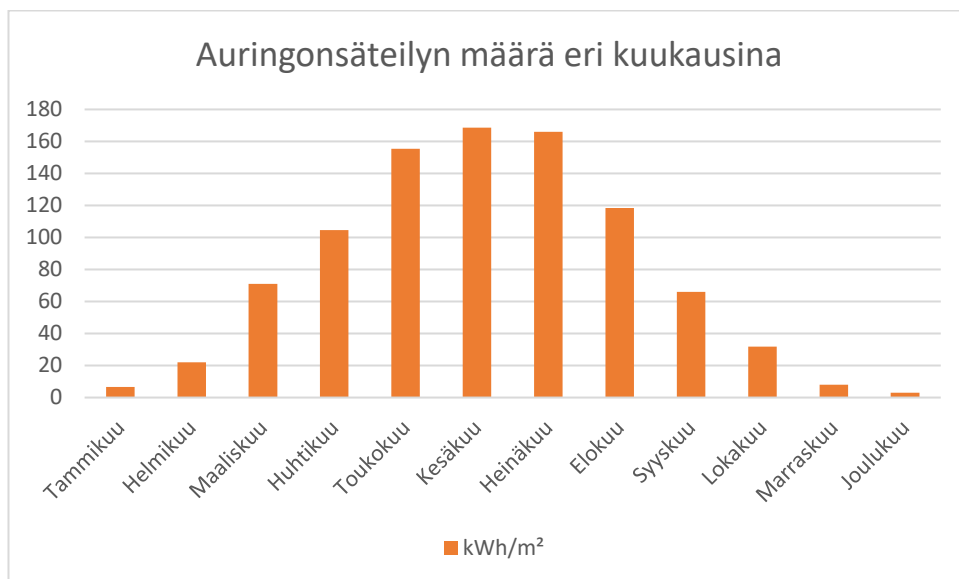
Lämpötila vaikuttaa aurinkopaneeliin. Kälässä ilmassa aurinkopaneelin hyötysuhde kasvaa ja kuumassa ilmassa hyötysuhde laskee. Aurinkopaneelit eivät tuota aurinkoenergiaa lämmöllä, vaan auringonsäteilyllä. Pakkasella aurinkopaneelien hyötysuhde kasvaa, vaikka auringonsäteily aurinkopaneeliin on vähäisempää. Suomessa on pienet lämpöahiöt, sillä Suomessa ei ole niin korkeita lämpötiloja, kuin esimerkiksi Afrikassa. /15, 20, 23, 34/

Kuvasta seitsemän nähdään, miten auringonsäteily kulkee ilmakehässä. Maanpinnalle tuleva säteily ei ole joka paikassa sama, sillä maanpinnalle tulevaan säteilyyn vaikuttaa maantieteellinen sijainti ja ilmakehän olosuhteet. Kuvasta seitsemän nähdään myös, miten auringon säteilyenergia kulkee ilmakehässä ja kuinka paljon tulevan auringonsäteilyn määrästä imeytyy maahan ja meriin. Tämä määrä on noin 51 % auringonsäteilystä ja se on käytettävissä aurinkopaneelille.



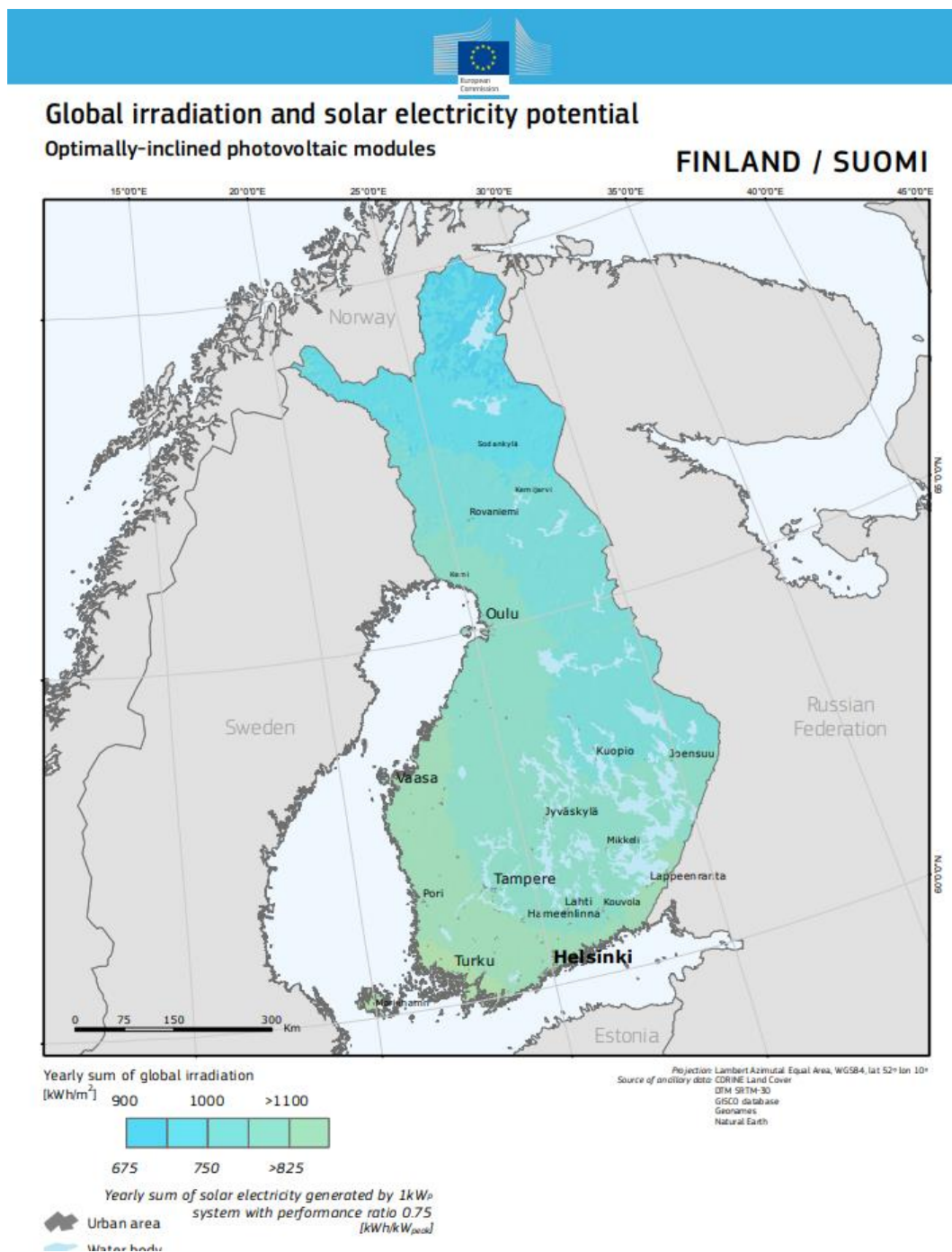
Kuva 7. Auringon säteilyenergia ilmakehässä. /2, s. 9/

Auringonsäteilydata Seinäjoen alueelta on saatu Ilmatieteenlaitokselta. Ilmatieteenlaitoksen antama data on Seinäjoen Pelmaalta. Pelmaalta mitattu auringonsäteilydata on noin 30 kilometrin päässä Seinäjoen keskussairaalaan. Tämä auringonsäteilydata kelpaa hyvin käytettäväksi tässä työssä, sillä auringonsäteilyn määrä ei muutu merkittävästi näin suppealla alueella. Työssä on käytetty Ilmatieteenlaitoksen dataa auringonsäteilyn laskemiseksi Seinäjoen alueella. 10 vuoden keskiarvon laskennan perusteella Seinäjoella maanpinnalle tulevan kohtisuoran auringonsäteilyn suuruus on 921,4 kWh/m².



Kuva 8. Auringonsäteilyn säteilymäärät eri kuukausina.

Kuvasta kahdeksan nähdään, miten auringonsäteilyn määrä vaihtelee eri kuukausina. Kesällä aurinkopaneeleista saadaan enemmän energiaa, sillä aurinkopaneelit tuottavat sitä enemmän energiaa mitä enemmän auringonvaloa aurinkopaneelit saavat käyttöönsä. kWh/m²-määrät on tuotettu kuvaan 10 vuoden keskiarvolla. Kuva on tuotettu ilmatieteenlaitoksen antamasta datasta.



Kuva 9. Auringonsäteily Suomessa. /94/

Kuvassa yhdeksän ei ole kumminkaan huomioitu paikallista säätä ollenkaan, kuten pilvisyyttä, joten todelliset säteilyarvot ovat tästä kuvan esittämästä säteilyarvoista hiukan pienempiä. Aurinkopaneelijärjestelmää suunniteltaessa kannattaa kysyä dataa auringonsäteilystä Suomessa toimivilta säälaitoksilta. Työssä on vertailtu ilmatieteenlaitokselta saatua dataa Euroopan unionin antamaan dataan. Paikallisen

säälaitoksen mittaamia tietoja voidaan pitää tarkempina, koska niissä on mukana paikallissään vaikutukset. Suuruusluokkana molempien tiedot vahvistavat toistensa informaatiota. Euroopan unionin data on PVGIS-sivustolta.

Taulukko 1. Auringonsäteilyn säteilymäärän vertailua.

Kuukausi	Euroopan unioni kWh/m ²	Ilmatieteenlaitos kWh/m ²
Tammikuu	5,13	7,0
Helmikuu	18,32	21,6
Maaliskuu	64,44	65,0
Huhtikuu	96,84	92,6
Toukokuu	136,93	143,2
Kesäkuu	159,4	160,2
Heinäkuu	134,11	145,0
Elokuu	101,01	102,0
Syyskuu	65,64	67,1
Lokakuu	29,86	31,4
Marraskuu	7,1	8,6
Joulukuu	2,51	3,6
Yhteensä	821,29	847,1

Taulukossa yksi on Seinäjoen auringonsäteilyn säteilyarvot eri kuukausina. Vertailuarvot ovat vuodelta 2016, sillä Euroopan unioni ei ole päivittänyt

säteilyarvoja vuoden 2016 jälkeen. Kun säteilyarvot heittävät yhtenä vuonna näin paljon, niin useampana vuonna ero on paljon suurempi.

Taulukko 2. Säteilymäärän vertailu seitsemän vuoden ajalta.

Vuosi	Euroopan unioni kWh/m ²	Ilmatieteenlaitos kWh/m ²
2016	821,29	847,1
2015	863,67	856,5
2014	888,35	915,8
2013	906,61	977,2
2012	835,32	902,7
2011	869,00	948,4
2010	874,97	949,2
Yhteensä	6059,21	6396,9
Keskiarvo	865,60	913,8

Taulukosta kaksi nähdään seitsemän vuoden auringonsäteilyn määrä Seinäjoella Euroopan Unionin ja Ilmatieteenlaitoksen ilmoittamien arvojen mukaan. Huomataan myös, että jo seitsemän vuoden keskiarvojen ero on todella suuri. Tämän vuoksi laskelmissa kannattaa käyttää Ilmatieteenlaitoksen todellisempia arvoja.

3.8 Aurinkosähköjärjestelmän komponentit

Aurinkosähköjärjestelmään kuuluvat pääkomponentit ovat aurinkopaneelit, aurinkopaneelien kiinnitystelineet, sähkökaapelit, vaihtosuuntaajat eli toiselta

nimeltään invertterit tai invertterin sijasta lataussäädin ja akusto. Aurinkosähkön komponentit yhdessä muodostavat aurinkosähköjärjestelmän. Järjestelmän laitteiden määrä riippuu täysin suunnitellusta järjestelmästä, sillä esimerkiksi akkua ei tarvita aurinkosähköjärjestelmän mukaan, jos järjestelmä tuottaa vaihtosuuntaajan kautta vaihtosähköä yrityksen tarpeisiin. /13, 26/

Aurinkopaneeli

Yksi aurinkopaneeli muodostuu useista sarjaankytketyistä aurinkokennoista. Aurinkopaneeleista löytyvä W_p tarkoittaa tehon huippuarvoa (Watt-peak). Tehon huippuarvoa käytetään silloin, kun halutaan ilmaista nimellisteho. Tehon huippuarvo tarkoittaa tehoa, minkä aurinkopaneeli voi enimmillään tuottaa standardiolosuhteissa. Tehon huippuarvo saadaan, kun aurinkopaneeli on pystysuuntaisesti 35 asteen kulmassa ja auringonsäteilyteho on 1000 W/m^2 . Standardiolosuhteissa STC (Standard Test Condition) aurinkopaneelien nimellistehot on määritetty laboratoriossa, jossa aurinkokennon lämpötila on 25°C ja säteily määrä on 1000 W/m^2 . Tämä tarkoittaa sitä, että aurinkopaneeli tuottaa nimellistehon verran sähköenergiaa mikä on ilmoitettu aurinkopaneelin tiedoissa, kun lämpötila on 25°C ja auringosta tuleva säteily määrä on 1000 W/m^2 . Aurinkosähköjärjestelmissä tehoista puhutaan yleensä huippuarvona. Huippuarvo merkitään aurinkosähköjärjestelmissä yleensä lyhenteellä kWp. /15, 23, 49, 58, 70, 72/

Nimellistehon avulla voidaan määrittää aurinkopaneelien hyötysuhde (%), kun tiedetään aurinkopaneelin nimellistehon (W_p) lisäksi paneelin pinta-ala (m^2) ja säteily määrä (W/m^2). Aurinkopaneelin kohdistuvasta auringon säteilyenergiasta saadaan aurinkopaneelin hyötysuhteen verran energiaa muutettua sähköenergiaksi.

$$\eta = W_p / (A \cdot \varphi), \text{ jossa } \eta = \text{aurinkopaneelin hyötysuhde} \quad (1)$$

W_p = aurinkopaneelin nimellisteho

A = aurinkopaneelin pinta-ala

φ = Säteily määrä

Aurinkopaneelien sähköenergian tuottoa voidaan arvioida helposti. Aurinkovoimalan vuosituotto lasketaan aurinkopaneelista löytyvällä nimellisteholla, jolloin tämä vuosituotto on nimellisteho kertaa vuosittainen valoisa aika. Valoisa aika riippuu maantieteellisestä sijainnista ja vuodenajasta. Suomessa aurinkopaneelit tuottavat energiaa kaikista parhaiten kesäkuukausina. Kesäkuukausina valoisa aika on talvikuukausien valoistaa aikaa pidempi ja keskipäivällä aurinko paistaa talveen verrattuna korkeammalta, jolloin ilmakehässä tapahtuva hajasäteily jää pienemmäksi ja maanpinnalle saapuva suorasäteily on suurempi, kuin talvella. /23, 34, 54/

Aurinkosähköjärjestelmän käytössä olevien aurinkopaneelien lämpötila voi käytössä kasvaa helposti 70°C:seen asti. Pienikin lämpötilan nousu heikentää aurinkosähköjärjestelmän tuotantoa. Kun lämpötila ylittää standardisoidun lämpötilan, joka on 25° C niin aurinkopaneeli alkaa tuottamaan vähän lämpöhäviöitä. Tuotanto heikentyy noin prosentilla, kun lämpötila on noussut pari astetta yli 25°C. /2/

Aurinkopaneelien valitsemisessa on kiinnitettävä huomiota paneelien laatuun sekä aurinkopaneelien standardeihin. Aurinkopaneelien kaikkien osien on oltava korkealaatuisia, kestäviä ja paloturvallisia. Tilattaessa aurinkopaneeleita on varmistuttava aurinkopaneelien kestävydestä Suomen olosuhteissa. Aurinkopaneelien laaduissa on eroja, mutta valmistusmaa ei kerro kuinka hyvälaatuinen kyseinen aurinkopaneeli on. /20, 26/

Aurinkopaneeleissa on havaittu paljon ongelmia ja testauksien mukaan aurinkopaneelien todelliset tehot voivat heittää valmistajan luvatuista tehoista jopa 10–20 %. Tästä syystä on hyvä vertailla eri valmistajien eri aurinkopaneeleita. Markkinoilla kaikissa tuoteryhmissä on mahdollinen laaturiski, kuten aurinkopaneeleissakin. Aurinkopaneelien ongelmia on mahdollista korjata ja mitata. Yleisesti ottaen halvassa tuotannossa on riski vikoihin, koska halvalla tehtyjä aurinkopaneeleita ei aina testata kunnolla. Aurinkopaneelien vikojen havaitsemiseen on olemassa lämpökameralla varustettuja droneja, jotka ovat tehokas apu aurinkopaneelien vikojen etsimisessä. Lämpökamera havaitsee

viallisissa aurinkopaneeleissa ylimäärästä lämpöä, josta tiedetään aurinkopaneelin olevan viallinen. /29/

Lumikuormastandardin mukaisesti aurinkopaneelit on kiinnitettävä aurinkopaneelin pitkiltä sivuilta, eikä aurinkopaneelien kulmista. Tasakatto perusteisessa asennuksessa on huomioitava lumikuorman lisäksi paneelien kiinnitystelineiden kuorma, lisälumikuorma mikä tulee asennustavasta ja muut mahdolliset kuormat, jotka voivat tulla esimerkiksi kattojen korkeuseroista. Nämä kuormat muodostavat yhdessä kattoon kohdistuvan kokonaiskuorman. /78/

Aurinkopaneeleja investoidessa on tärkeää, että on takuut aurinkopaneeleille, sillä pitkä matka logistiikassa voi tuoda aurinkopaneeleille riskin. Tämä riski on aurinkopaneelien kolhiintuminen ja rikkoutuminen. Yksi vaikeasti havaittava vaara aurinkopaneelien kuljetuksissa on aurinkopaneelien mikromurtumat. Mikromurtumia on vaikea havaita paljain silmin. Mikromurtumat ovat pieniä murtumia aurinkopaneelien tärkeissä osissa. Mikromurtumia saattaa tulla aurinkopaneeleihin jo pienestäkin ylimääräisestä kolahduksesta. Pienetkin mikromurtumat saattavat heikentää aurinkopaneelien tuotantoa, jolloin aurinkopaneelien kuljetuksien jälkeen on syytä tarkastaa aurinkopaneelien kunto. Aurinkopaneelien tuotannon määrästä pitäisi pystyä näkemään toimivatko aurinkopaneelit ja invertteri yleensä ilmoittaa onko aurinkopaneeleissa vikoja. Tässä on yksi syy miksi aurinkopaneeleille kannattaa varmistaa takuut ja sopia mahdollisista tarkastus ja huoltokäynneistä tai pyytää aurinkopaneelien huoltoon koulutusta. Koulutus on suotavaa, sillä aurinkopaneeleissa voi olla isoja jännitteitä ja tästä syystä vain ammattilaisen on syytä hoitaa aurinkopaneelien viat ja huollot. Laitteita millä vikoja voi havaita aurinkopaneeleista on drone, joka kuvaa lämpöä tai muunlainen lämpökamera, joka soveltuu aurinkopaneelien vikojen etsimiseen.

Mikromurtumia voi tulla aurinkopaneeleihin myös huonoista telineistä, joiden pitäisi kantaa lumikuormaa. Tällaiset telineet, jotka eivät kestä pohjoisen suuria lumikuormia on suunniteltu Keski-Euroopassa. Keski-Eurooppalaisissa telineissä ei ole huomioitu pohjoisen runsaslumisista talvia. Suomalaiset ovat keksineet tähän

telineen, joka kestää suuriakin lumikuormia. Tukitelineet ovat suuri osa aurinkopaneelijärjestelmää, jolloin myös tuenta on tehtävä riittäväksi, jotta aurinkopaneelit kestäisivät lumen ja tuulen. Riittävän painava tukiteline pystyy pitämään aurinkopaneelit katossa ja paikallaan. Aurinkopaneelien kulman asettelussa voidaan tämä lumikuorma huomioida. Kun aurinkopaneelit asennetaan riittävän jyrkkään kulmaan, pitäisi lumen valua itse pois aurinkopaneelien päältä. /76/

On huomioitava, että aurinkosähkön tuottoon vaikuttaa myös aurinkopaneelien lämpötila, kulma mihin korkeuteen ja ilmansuuntaan aurinkopaneelit on suunnattu, aurinkopaneelien pinnan puhtaus, lumipeitteisyys ja vuotuiset vaihtelut. Tämän vuoksi on tärkeää huolehtia, että aurinkopaneelit ovat kuivan siitepölyisen kauden aikana puhtaita. Aurinkopaneelin pinnalla oleva lika pienentää aurinkopaneelin tehon tuottoa samaan tapaan, kuin aurinkopaneelin pintaan osuva varjo. Yleensä kumminkin luonnon sadevesi huolehtii aurinkopaneelien pintojen puhdistuksesta, eikä niille juuri tarvita erillistä puhdistusta. Tarvittaessa on mahdollista puhdistaa aurinkopaneelit aurinkopaneeleihin suunnatuilla puhdistusaineilla, mutta näitä puhdistusaineitakin on käytettävä olemassa olevien sääntöjen mukaisesti. Aurinkopaneelien päälle jäänyt lumi voidaan puhdistaa aurinkopaneelien päältä, mutta jyrkkään asennetut aurinkopaneelit eivät kerää lunta, koska lumi pääsee tippumaan itsestään pois. Tarvittaessa talvella aurinkopaneelien päältä voi puhdistaa lunta, jos halutaan talvella parempaa tuottoa. Lumea puhdistettaessa on tutustuttava käyttöohjeeseen, kuinka lumi puhdistetaan pois aurinkopaneelien päältä. Lumi, jonka voi puhdistaa harjalla aurinkopaneelien päältä, on oltava suoja- tai pakkaslunta. Jos aurinkopaneelin pintaan on jäänyt lunta, ei sitä kannata yrittää puhdistaa, sillä jäätyneen lumen poistamisesta tulee aurinkopaneelien pintoihin helposti naarmuja. /44, 55, 58, 69, 72, 81/

Aurinkopaneelit eivät tarvitse ylimääräisiä huoltotoimenpiteitä, jos sade pyyhkii pölyn ja lian aurinkopaneeleista eikä aurinkopaneelien päälle keräänny lunta. Aurinkopaneeleita voi vuoden tai kahden vuoden välein pestä, mikä parantaa aurinkopaneelien tuottoa hieman. Aurinkopaneelit saattavat tarvita puhdistusta, jos sateita ei ole riittävästi ja linnut jättävät jätöksinsä aurinkopaneeleihin. /67, 70/

Kiinnitystelineet

Aurinkopaneelien kiinnitystelineitä on lukuisia erilaisia eri asennustyyliihin. Asennustyyli riippuvat siitä asennetaanko aurinkopaneelit katolle, seinään vai maahan. Asennustyyliin vaikuttaa katoilla katon kulmat ja materiaalit. Aurinkopaneelit, jotka asennetaan tasakatolle tarvitsevat kiinnitystelineet, joilla tehdään aurinkopaneeleihin haluttu asennuskulma. Kattoon, joka on valmiiksi lappeellaan, ei yleensä laiteta kiinnitystelineitä suuntaamista varten. Lappeissa aurinkopaneelien kiinnitystelineet tulevat kattoon, jotteivät aurinkopaneelit pääse tippumaan maahan. Tärkeintä on, että aurinkopaneelit ovat tiukasti tuettuja niin, etteivät aurinkopaneelit pääse irtoamaan kiinnitystelineistä pois. Kiinnitysjärjestelmän on sovellettava Suomen sääolosuhteisiin, sekä kiinnitysjärjestelmän on oltava asennusturvallinen niin, ettei se aiheuta katolle vahinkoja. /44, 48, 60, 73, 84/

Invertteri

Invertterillä on monia nimiä, millä invertteriä voidaan kutsua, riippuen mitä asiaa halutaan invertterissä korostaa. Tyypillisiä nimiä invertterille ovat esimerkiksi vaihtosuuntaaja ja verkkoinvertteri. Invertteri eli toiselta nimeltään vaihtosuuntaaja on laite, jolla voidaan muuntaa tuotettua tasavirtaa vaihtovirraksi. Tasavirta kirjoitetaan usein lyhennetyksi DC, joka tulee englannin kielen sanoista direct current. Vastaavasti vaihtosähkö kirjoitetaan usein AC, joka tulee sanoista alternating current. /2, 13, 24, 44, 45, 48, 72/

Aurinkosähköä tuottavat aurinkopaneelit tuottavat tasasähköä. Tasasähköä voidaan hyödyntää kodinkoneisiin ja laitteisiin, jotka eivät ole kytkettynä sähköverkkoon. Sähköverkko kuljettaa vaihtosähköä. Haluttu vaihtovirta saadaan tasasähköä tuottavista aurinkopaneeleista vaihtosuuntaajan (invertteri) avulla. Invertterin avulla aurinkopaneeleista tuotettua tasasähköä voidaan muuntaa vaihtosähköksi ja lähettää vaihtosähkönä verkkoon, mutta tuotettua sähköä kannattaa hyödyntää omaan käyttöön. /2, 13, 24, 44, 45, 48, 72/

Tasavirran muuttaminen vaihtovirraksi on välttämätöntä, kun halutaan aurinkopaneelien tuottavan energiaa sähköverkkoon yleiseen käyttöön, jossa sähköenergiaa käytetään poistamaan ostettavan sähköenergian hintaa. Muunnettu vaihtovirta voidaan syöttää käytettäväksi sähköverkkoon. Invertteri kuuluu aina aurinkosähköjärjestelmän mukaan, kun aurinkosähköjärjestelmä on kohteessa missä aurinkosähköjärjestelmä on kiinni valtakunnallisessa sähköverkossa. Invertterin hyötysuhde vaikuttaa aurinkosähkön tuottavuuteen. Invertterin elinikä on yleensä ottaen puolet pienempi, kuin aurinkopaneelin elinikä, joten invertterin elinikänä pidetään 15 vuotta. Tämä tarkoittaa, että kannattaa varautua uuden invertterin ostoon, silloin kun aurinkopaneelit ovat olleet käytössä melkein 15 vuotta. Invertterin kustannus on 15 vuotena alkuinvestoinnista yleensä 6–10 %. Mitä suurempi aurinkosähköjärjestelmä niin sitä pienempi prosenttimäärä on invertterin hinta 15 vuotena. /2, 13, 15, 44/

Suunnitteluvaiheessa invertteri kannattaa valita kolmivaiheiseksi invertteriksi, jotta aurinkosähköjärjestelmän tuottamaa energiaa voidaan käyttää täysimittaisesti laitteissa, jotka tarvitsevat paljon tehoa. Yleisimmin inverttereissä on mukana vaihtosuuntaajan lisäksi muita lukuisia toimintoja, kuten suojalaitteet, säätimet ja kytkimet. Inverttereiden asennuksessa on syytä varmistaa, että inverttereiden lämpöhäviöt pääsevät vapaasti haihtumaan tarpeeksi tilavassa ympäristössä. Tämä siksi, koska invertterit, jotka ylittävät 40°C asteen lämpötilan alkavat rajoittaa toimintaansa. Inverttereiden toimintalämpötila-alue on väliltä -25°C – +60°C. /44/

Seinäjoen keskussairaalassa invertterit asennettaisiin IV-konehuoneisiin, joten liian alhaisesta lämpötilasta ja kosteudesta ei olisi haittaa inverttereille. IV-konehuone tarkoittaa ilmanvaihtokonehuonetta. Yleisesti ottaen invertterit toimivat korkeilla hyötysuhteilla, mutta valitettaessa invertteriä kannattaa hankkia korkean hyötysuhteen invertteri, jolloin aurinkopaneelien tehojen tuotoille ei tule häviötä. Lisäksi invertteri kannattaa hankkia luotettavalta suuremmalta toimijalta, joka on erikoistunut inverttereihin. Invertterin kytkeminen on helpointa silloin, kun invertteri on standardin VDE-AR-N-4105 mukainen. /2, 24, 44, 48, 58, 72/

Verkkoinvertterin eli vaihtosuuntaajan kuuluu olla standardinmukainen, ominaisuuksiltaan monipuolinen, laadukas ja pitkäikäinen, 3-vaiheinen, sekä laajennettavissa oleva. Laajennettavissa oleva tarkoittaa, että invertteriin on mahdollisuus hankkia lisälaitteita, kuten tuoton seuranta. Invertteriksi on myös hyvä valita vähän suurempi mitä tarvitsee, jos aurinkopaneelien määrää halutaan lisätä nykyisestä aurinkopaneelien määrästä. Inverttereiden halutuimpia ominaisuuksia ovat hyvä hyötysuhde, jolla muunnetaan saatu aurinkosähkö verkkosähköksi, invertterin asennusmahdollisuus pihalle ja sisälle sekä hyvä aktiivinen ja passiivinen jäähdytys invertterille. Lisäksi on hyvä olla invertteihin nettiliitäntä, jotta aurinkopaneelien sähkön tuottoa voidaan seurata. /2, 13, 24, 44, 45/

Invertterien laadukkaita ja vakiintuneita valmistajia, joihin voi luottaa ovat esimerkiksi SMA ja Fronius. Vähäisistä invertterien vioista ja nopeista palveluista takuutapauksissa SMA ja Fronius on saanut luotettavuutta. ABB:n invertterit muuttavat tasasähkön vaihtosähköksi käyttäjiensä käyttöön, mutta ABB:n invertterien mittareissa on ongelmia, sillä mittarit eivät näytä oikein sähköntuottolukemia. Tästä syystä ABB:n invertteihin on jouduttu ostamaan erillisiä mittareita, jotka mittaavat paljonko aurinkopaneelit tuottavat sähköenergiaa kulutuskohteen käyttöön. /27, 30, 48, 72/

Akusto

Aurinkosähkön tuottamaa tasasähköä voidaan tarvittaessa varastoida akkuihin. Jotta aurinkosähkön varastoiminen olisi kannattavaa on järjestelmän tuotettava tarpeeksi paljon tehoa. Akkujen elinikä pidetään puolet aurinkopaneelin eliniästä. /13, 15/

Seinäjoen keskussairaalassa on toukokuussa 2018 otettu käyttöön varavoimaratkaisu, joka varmistaa laajan päivystyksen toimivuuden sairaalan toiminnoissa kaikissa tilanteissa. Varavoima ratkaisuna toimii DRUPS laitteisto. DRUPS tulee sanoista Diesel Rotary Uninterruptible Power Supply Systems. DRUPS tarkoittaa pyörivällä generaattorilla ja dieselmoottorilla varustettua UPS-laitetta. DRUPS:ia voidaan kutsua katkottomaksi varavoimakoneeksi. Seinäjoen

keskussairaalalle käyttöön otettu laitteisto takaa katkottoman varmistuksen sähkökatkojen varalta. Kyseinen laitteisto toimii dieselmoottorilla, joka pystyy tuottamaan Seinäjoen keskussairaalalle sähköenergian pidemmissäkin sähkökatkoissa. Laitteisto on toimintavalmiudessa koko ajan. Dieselmoottorin lisäksi laitteisto on tehty huimamassasta. Huimamassa tarkoittaa tässä tapauksessa liike-energialla pyörivää massaa. Huimamassa pyörittää generaattoria ennen, kuin dieselmoottori käynnistyy. Seinäjoen keskussairaalan DRUPS koostuu kolmesta dieselmoottorikäyttöisestä generaattorista, joiden teho on 1500 kW. /9, 17, 18, 19, 85/

On erittäin tärkeää suojata yritysten ja laitosten energiansaanti mahdollisten sähkökatkojen ja sähkön riittämättömyyden varalta. Seinäjoen keskussairaala on hankkinut varavoimaa suojaamaan päivystyksen sähkön saannin vuorokauden ympäri poikkeusolojen ja sähkökatkojen aikana. Näin turvataan ympärivuorokautinen hoidon saanti. Valmiiksi käyttöön otettu varajärjestelmä on riittävä turvaamaan välttämättömän sähköenergian saannin, joten tässä työssä ei ole tarpeellista suunnitella akkuja turvaamaan energiansyöttöä tai varavoiman lähdettä Seinäjoen keskussairaalle.

Kaapelit

Kaapelit aurinkosähköjärjestelmissä ovat aurinkopaneeleilta tulevat kaapelit inverttereille ja inverttereiltä lähtevät kaapelit sähkökeskukselle. Aurinkosähköjärjestelmän sähkökaapeleiden on oltava erityisiä paneelistokaapeleita, jotka on tarkoitettu aurinkopaneelien kaapelointiin tai muuten kestäviä asennuskaapeleita. Kaapelit, mitkä on asennettu katoille, ovat alttiina sääolosuhteille enemmän, kuin sisätiloissa olevat kaapelit. Tästä syystä kaapelit on valittava standardien mukaan eli riittävät kaapelit muuttuviin sääolosuhteisiin ja mekaanisesti kestävät kaapelit. Invertterille menevien kaapeleiden on täytettävä standardin SFS 6000-5-52 mitoitusperiaatteet. /2, 44, 48/

Turvakytkin

Turvakytkintä voidaan kutsua myös nimellä erotuskytkin. Verkkoyhtiö vaatii aurinkosähköjärjestelmiin turvakytkiminen, jolla voidaan hätätilanteissa sammuttaa aurinkopaneeleiden virran syöttö. Turvakytkin toimisi myös tilanteessa, missä aurinkopaneeleille pitäisi tehdä huoltotoimenpiteitä ilman sähköiskun vaaraa. Yleisiä paikkoja turvakytkimille ovat invertterin vierusta ja oven vieret. Turvakytkintä ei saa sijoittaa paikkaan, minne ei helposti päästä, kuten lukollisten ovien taakse. /44, 48/

Ensimmäinen turvakytkin on asennettava lähelle aurinkopaneeleita ja toinen turvakytkin invertterin lähelle. Toinen turvakytkin pitäisi olla niin lähellä aurinkopaneeleita, kun olla voi. Tämä on perusteltuna sillä, että olisi vain hyvin pieni matka jännitteellä, eikä jännite ulottuisi kauas. Mitä vähemmän jännitteellisiä osia niin sitä pienempi on vakava vaara palomiehille heidän liikkueessaan katolla pelastus- tai sammutustehtävissä. /87, 88/

Suomessa turvakäyttöön tarkoitetut DC-kytkimet eivät ole pakollisia. Ulkomailla niitä käytetään edellä mainittuun tarkoitukseen. Tällaista ulkomailla käytettyä kytkintä kutsutaan palomiehen kytkimeksi. /88/

Vikavirtasuoja

Vikavirtasuoja toimii sähköasennuksissa suojauksena, jottei virta pääse virtaamaan asennuksista ihmiseen tai muualle ei haluttuun paikkaan. Toiminta perustuu summavirran mittaukseen, missä sähkölaitteeseen tulevan vaihejohtimen virran on palattava takaisin nollajohdinta tai muita vaihejohtimia pitkin, jolloin yhteenlaskettu summavirta on normaali tilanteissa nolla. Jos virta kulkee väärää reittiä, niin virta poikkeaa nollasta. Vikavirtasuoja toimii myös silloin, kun sulake tai katkaisija ei toimi ja kosketetaan rikkiäisen laitteen jännitteeseen osaan. /74/

Potentiaalintasauskaapeli

Potentiaalintasauskaapelilla on tärkeä tehtävä toimia sähköasennusten turvallisuuden, häiriöttömyyden ja toiminnan varmistamisessa.

Potentiaalintasauskaapeli toimii maadoituksena. Maadoitus tarvitaan kosketusjännitesuojaukseen, ylijännite- ja ukkossuojaukseen sekä sähköasennusten häiriösuojaukseen. Vaatimukset, jotka koskevat maadoituksia on esitettynä rakennusten pienjänniteasennusten osalta standardisarjassa SFS 6000. Potentiaalintasauksella tarkoitetaan sähköistä liitintää sähköä johtavien osien välillä ja sen tarkoituksena on saada tasapotentiaali. /75/

Sähkökeskus ja johdonsuojakytkimet

Sulakkeet eli johdonsuojakytkimet ovat aurinkosähköjärjestelmän kannalta oleellisia, sillä sulakkeet liittävät aurinkosähköjärjestelmän sähkökeskukseen. Kun sulakkeet ovat paikalla sähkökeskuksessa saadaan aurinkopaneeleista tuotettu sähkö käytettäväksi. Sähkökeskukselta saatu aurinkosähkö jakautuu tasaisesti kulutuskohteen kaikille kolmelle sähkövaiheelle. Sähkökeskuksina voidaan käyttää tukkureilta ja toimittajilta saatavia yksinkertaisia vakiokeskuksia. Yksinkertaisia vakiokeskuksia voi tarpeen mukaan varustella. Suuremmassa aurinkosähköjärjestelmässä, missä on useita paneeliryhmiä, voi olla suotavaa tehdä erilliselle ulkoiselle paneeliketjulle tai osapaneelistolle oma liitintä- ja ylijännitesuojauksetkotelot. Tämä helpottaisi silloin, kun paneelisto tarvitsisi huoltoja tai asennuksia, sillä vain huoltoa tarvitseva paneelisto voitaisiin poistaa lähettämästä virtaa sähkökeskukselle. Liitintä- ja ylijännitesuojauksetkotelot toimisivat siis hyvin kytkiminä, silloin kun yksittäisiä aurinkopaneeleita tai ryhmiä pitäisi erottaa aurinkosähköjärjestelmästä huoltojen ajaksi. Tämä toimisi hyvin myös vikatilanteissa, jolloin ei tarvitsi sammuttaa kaikkien aurinkopaneelien toimintaa turvakytkimestä. Vaan vain ne paneeliketjut, jotka tarvitsevat huollon. /2, 48/

3.9 Erilaiset aurinkopaneelit yleisesti

Aurinkopaneelit ovat nimensä mukaisesti auringonsäteilystä sähköenergiaa tuottavia paneeleita. Aurinkopaneelit tuottavat puhdasta aurinkosähköä auringon säteilyenergiasta. Aurinkopaneelisiin osuessaan säteilyenergia muuttuu tasavirraksi. Aurinkopaneelit on yleensä valmistettu piistä. Pii, tunnukselta Si, on puolijohdemateriaali. Puolijohdeita ovat sellaiset yhdisteet ja alkuaineet, joissa virta

kulkee eristeitä paremmin, mutta johteita huonommin. Virran tunnus on I ja yksikkö ampeeri. Aurinkopaneeleilla on monia kutsumanimiä, kuten PV-paneeli, PV-moduuli ja englannista tulleet sanat PV Panel, PV Module, ja Solar Panel. Aurinkopaneelit on valmistettu sarjaankytketyistä aurinkokennoista. Eri lukumäärillä aurinkokennoja saadaan valmistettua eri tehoisia aurinkopaneeleita. Aurinkopaneeleista on olemassa lukuisia eri kennoja, joista yleisimmät ovat moni- ja yksikiteiset piikennot. Yksikiteisiä piikkennoista käytetään myös nimitystä monocrystalline silicon, joka tulee englannin kielestä. Englannin kielestä tulee myös monikiteiselle piille nimitys, joka on polycrystalline silicon. Näiden kennojen lisäksi on olemassa ohutkalvotekniikassa hyödynnettyjä amorfisia piikkennoja sekä CdTe- ja CIGS-kennoja. Aurinkosähköteknologiat voidaan luokitella kolmeen eri sukupolveen, joista ensimmäiseen sukupolveen kuuluvat yksi- ja monikiteiset piikennot, joita kaupallisessa käytössä on 90 %. Toiseen sukupolveen kuuluvat ohutkalvokennot ja kolmanteen sukupolveen kuuluvat tutkimusasteessa olevat aurinkokennot. Jokaisella materiaalilla aurinkokennoissa on erilaiset ominaisuutensa ja etunsa, joten eri materiaaleilla tehdyt aurinkokennotyypit soveltuvat eri tavoin eri ratkaisuihin. Yleisimmin kaupattavat aurinkopaneelit ovat moni- ja yksikiteisiä piikkennoja. /2, 25, 33, 44, 49, 62, 63/

Taulukko 3. Yleisten kennotyyppien ominaisuuksia.

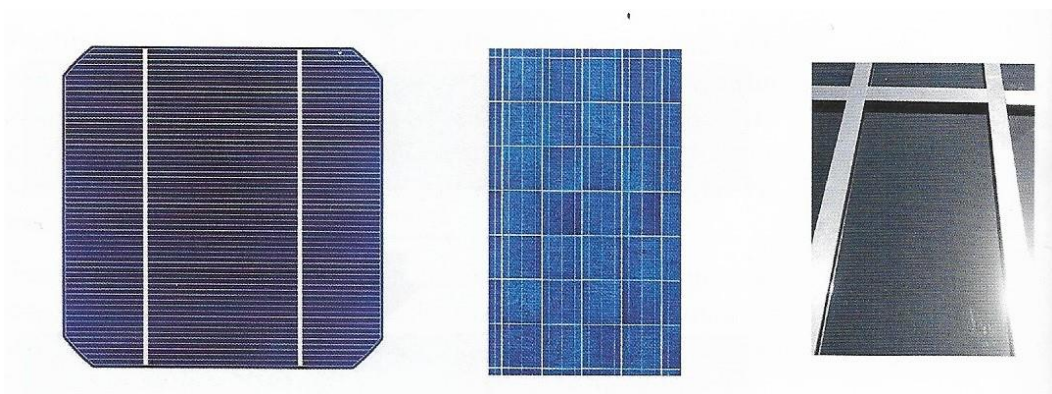
Ominaisuudet	Kiteinen pii		Ohutkalvo			Orgaaninen
	Monikiteinen	Yksikiteinen	Amorfinen pii	CIS/CIGS	CdTe	
Hyötysuhde (%)	13-16 %	15-20 %	5-10 %	7-16 %	7-16%	3-5 %
Lämpötilan vaikutus (STC) tehoon (%/+1°C)	-0,42	-0,4	-0,1...-0,3	-0,35...-0,40	-0,25...-0,36	...
Mekaaninen kestävyys	hauras	hauras	joustava	joustava	joustava	joustava
Varjostus	herkkä	herkkä	sietää	sietää	sietää	sietää
Käyttöikä (vuotta)	30+	30+	30+	30+	30+	0,5-3
Hinta	€€	€€€	€€€	€€€	€€€	€

Taulukosta kolme nähdään eri kennotyyppien ominaisuuksia aurinkopaneeleissa. Yrityksille myydään pääasiassa kiteisestä piistä valmistettuja aurinkopaneeleita. Yksikiteinen pii on hyötysuhteeltaan monikiteistä piitä parempi, mutta ero ei ole kovin suuri. Yksikiteisestä piistä valmistettu kenno maksaa enemmän mitä monikiteinen pii, mutta hyvästä kannattaa maksaa, jos halutaan aurinkopaneeleista sähköä hyvällä hyötysuhteella.

Ohutkalvopaneeleissa materiaaleina käytetään mikrokiteistä piitä tai amorfista piitä, CdTe-yhdisteitä ja CIGS-yhdisteitä. CdTe-kennoja ei juurikaan käytetä hirveästi myrkyllisyyden vuoksi. Ohutkalvokennot ovat hyvä hyötysuhteisia lukuun ottamatta amorfista piitä. Yksi- ja monikiteisestä piistä valmistetut kennot ovat hyötysuhteeltaan parempia, kuin ohutkalvokennot sekä yleisemmin ja enemmän kaupallisesti käytettyjä aurinkokennoja. /2, 33/

Taulukossa kolme orgaaniset paneelit ovat uusinta sukupolvea, mutta orgaanisissa kennotyypeissä on hyvin pieni hyötysuhde ja käyttöikä. Orgaaniset kennot ovat hyvin taipuvaisia ja orgaanisia kennoja voidaan käyttää sisustuksessa esimerkiksi seinä- ja ikkunapinnoille, mainostauluihin ja laitteisiin. Orgaaniset kennot eivät ole hyviä suureen asennuskohteeseen, missä järjestelmän käyttöajaksi tarvitaan useampia kymmeniä vuosia. /65/

Yleisimmät kaupalliset aurinkopaneelit ovat kiteisestä piistä. Monikiteisiä- ja yksikiteisiä kennoja myydään paljon. Taulukosta kolme huomataan kiteisellä piillä olevan parhain hyötysuhde. Yksikiteinen kenno on hieman parempi ja kalliimpi, kuin monikiteinen pii. Monikiteinen pii valmistetaan yksikiteisin piin hionta- ja leikkuujätteistä. Yksikiteisellä piillä on todettu parempi hyötysuhde, koska kennoja ei ole valmistettu hionta ja leikkuujätteistä, kuten monikiteisessä piissä. Monikiteisen piikennon hyötynä on yksikiteiseen piikennoon verrattuna hajasäteilyn talteen ottaminen.



Kuva 10. Erilaisia aurinkopaneeleja. /2, s. 12/

Kuvassa kymmenen on yksikiteinen aurinkopaneeli, monikiteinen aurinkopaneeli ja ohutkalvo aurinkopaneeli. Kuvasta nähdään eri aurinkopaneelien ulkonäöt. Kuvassa aurinkopaneelit eivät ole samoissa mittasuhteissa.

Aurinkopaneelien toiminta kehittyy jatkuvasti. Aurinkopaneeleista on kehitelty half-cut aurinkopaneeli. Half-cut-aurinkopaneeli on aurinkopaneeli, josta aurinkokennot on leikattu kahteen osaan. Half-cut-aurinkopaneelissa on tästä syystä normaaliin aurinkopaneeliin verrattuna kaksinkertainen määrä aurinkokennoja. Leikkaamalla aurinkokenno kahtia aurinkopaneelin kestävyys ja suorituskyky paranee. Half-cut-aurinkopaneeli saa kestävyyttä, kun aurinkokennot on puolitetty kahteen osaan ja näin aurinkokennot kestävät paremmin pienen koon takia mekaanista rasitusta. Mekaaninen rasitus aiheuttaisi aurinkopaneeleihin murtumia. Mekaaninen rasitus aurinkopaneeleihin olisi mahdollinen kuorma, jota ei ole suunniteltu aurinkopaneelin kestäväksi. Kun aurinkopaneeleihin ei kohdistu mekaanista rasitusta niin aurinkopaneelista tulee pitkäikäisempiä. Puolitetut aurinkokennot puolittavat myös aurinkokennojen virran puoliksi. Puolitetun virran seurauksena aurinkokennon hyötysuhde paranee, resistiiviset häviöt pienenevät eli sähkön johtavuus paranee sekä hukkalämmön määrä vähenee. Half-cut-aurinkopaneelin hyötysuhde parantuisi myös, sillä half-cut-aurinkopaneelit kestäisivät paremmin aurinkopaneeleihin kohdistuvia varjostuksia. Half-cut-aurinkopaneelit voisivat toimia Seinäjoella paikassa missä on enemmän varjoa. Toisena esimerkkinä on uusi löydös, josta tutkimukset eivät ole tasolla, missä valmiita aurinkokennoja päästäisiin testaamaan. Tässä aurinkokennossa matkittaisiin perhosten siipien rakennetta, sillä perhosten siivistä matkittu nanorakenne vähentäisi aurinkopaneeleissa heijastusta, mikä johtaisi aurinkopaneelin maksimivirran kasvuun. Maksimivirran kasvu näkyisi aurinkopaneelien energian tuotossa, jolloin aurinkopaneelit tuottaisivat enemmän energiaa. Kolmantena esimerkkinä on kaksipuolinen aurinkopaneeli, jolloin aurinkopaneelin molemmat puolet tuottaisivat energiaa 5 – 10 % paremmin, kuin yksipuolinen aurinkopaneeli. Tämä prosenttimäärä tulisi kannattavaksi aurinkopaneelien elinikään nähden. Neljäntenä esimerkkinä on musta suomalainen aurinkopiikkenno, joka tuottaa enemmän aurinkosähköä, kuin sininen aurinkokenno. Lisäksi musta aurinkopaneeli säilyttäisi tehonsa pidempään, kuin sininen

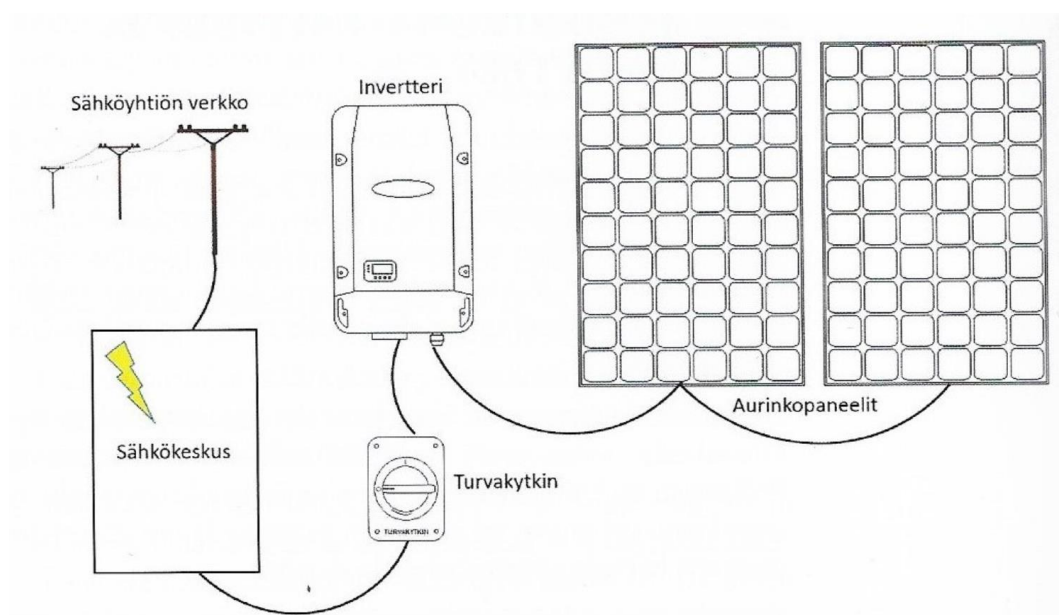
aurinkokenno. Musta aurinkokenno soveltuisi ottamaan auringonsäteilyä paremmin, kun aurinko paistaa matalalta ja näin ollen musta aurinkokenno sopii myös talviolosuhteisiin paremmin, kuin sininen aurinkokenno. Ongelmana on, ettei mustia aurinkopaneeleita valmisteta vielä tarpeeksi riittävällä tasolla, jotta mustat aurinkopaneelit pääsisivät markkinoille. /34, 38, 40, 41, 42, 43/

Mustan aurinkokennon soveltuvuutta on testattu mustasta väristä, joka sitoo itseensä lämpöä värinsä perusteella enemmän, kuin sininen aurinkokenno. Mustasta aurinkokennosta ei ole kumminkaan testattu vielä paljonko lämpöhäviöt nousisivat, sillä musta väri kerää lämpöäkin paremmin, kuin sininen aurinkokenno. Sinisestä ja mustasta aurinkokennosta olisi sopivaa tehdä vertailuja myös lämpenemisen aiheuttamien häviöiden suhteen, jolloin nähtäisiin kokonaisuudessaan hyötysuhteiden erot. Jos musta aurinkokenno tuottaa enemmän aurinkosähköä paremmalla ajanjaksolla ja säilyttää tehonsa paremmin, kuin sininen aurinkokenno niin olisiko musta half-cut-aurinkopaneeli kaikista parhain mahdollisuus hyötysuhteen suhteen. Toisaalta talvikäytön aikana ilman lämpötila on matala, eikä lämpeneminen välttämättä ole silloin ongelma. Myös tätä asiaa pitäisi tutkia aurinkopaneelikokeissa tai pitkäaikaisseurannassa. Sinisistä aurinkopaneeleista on eniten käyttökokemuksia ja tehtyjä tutkimuksia verrattuna mustaan aurinkopaneeliin ja mustasta half-cut-aurinkopaneelistä on toistaiseksi vähemmän tutkimustietoa.

Aurinkopaneelit on tehty sarjaan- tai rinnankytketyistä aurinkokennoista. Aurinkokennot laitetaan yhteen paneelikehyksen sisälle ja kennojen päälle sijoitetaan läpäisevä suojalasi, josta auringonsäteily pääsee läpi. Riippuen aurinkokennoista voidaan tehdä kennoja, joilla on eri suuruinen virta ja jännite. Aurinkopaneelin jännite saadaan laskettua aurinkokennojen määrällä, jotka ovat sarjaankytkettyjen kennojen jännitteiden summa. Kokonaisvirta rinnan kytketyissä kennoissa saadaan, kun lasketaan rinnan kytkettyjen aurinkokennojen virrat yhteen. /13/

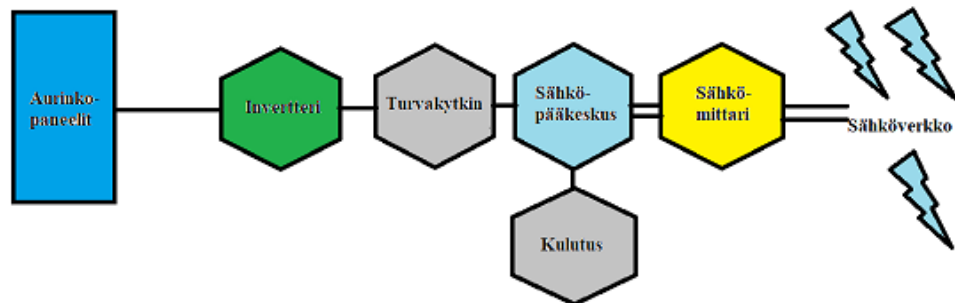
Aurinkopaneeleita on eri kokoisia, tehoisia ja eri materiaaleista tehtyjä. Nämä kaikki tekijät vaikuttavat aurinkopaneelien hintaan ja laatuun. Kun useita

aurinkopaneeleita on kytketty sarjaan, muodostavat nämä aurinkopaneelit paneeliketjun. Paneeliketjussa aurinkopaneelit tarvitsevat vierekkäisiin aurinkopaneeleihin tilaa 22–24 millimetriä. 22–24 millimetrin väli käytetään tukipaloille, jotka pitävät aurinkopaneelit paikallaan ja kiinni toisissaan. Näin ei aurinkopaneelien lämpölaajeneminen pääse puristamaan paneeliketjun keskellä olevia aurinkopaneeleita. Yksi yleinen sarjaankytketty määrä aurinkopaneeleita on 10–21 kappaleen väliltä. Kun 10–21 aurinkopaneelia kytketään sarjaan niin jännite nousee tällaisessa paneelistossa 300–1000 volttiin. /23, 44/



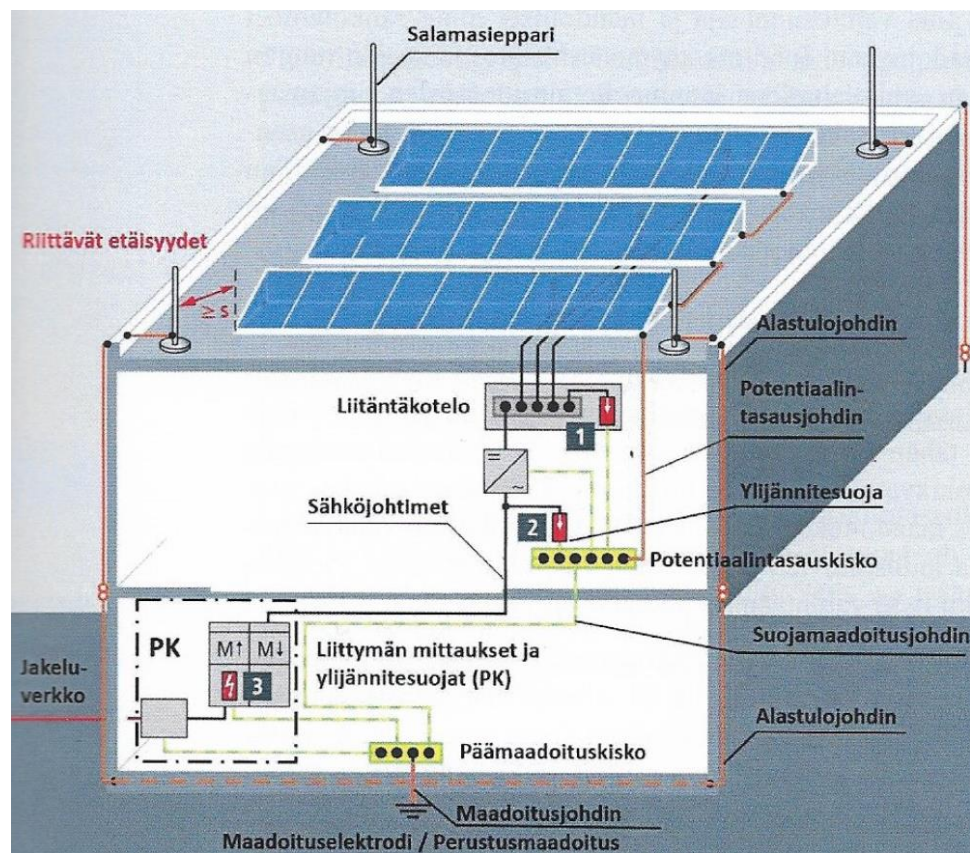
Kuva 11. On-grid aurinkosähkön periaate. /2, s. 44/

Kuvassa 11 on aurinkosähkön on-grid-periaate kuvattuna. On-grid tulee englannin kielestä ja tarkoittaa verkkoon kytkettyä sähköjärjestelmää. On-grid-aurinkosähköjärjestelmässä aurinkopaneelit tuottavat sähköenergiaa, niin kauan kuin aurinkopaneelit saavat auringonvaloa. Sähkön kulutuksen ollessa korkeampi, kuin sähkön tuoton, loput sähkön tarpeesta otetaan sähköverkosta. Verkkoinvertteri ohjaa verkosta otettavaa sähköä, silloin kuin joudutaan ostamaan sähköverkosta omaan käyttöön sähköenergiaa. Seinäjoen keskussairaalan suuren sähköenergian kulutuksen vuoksi sähköenergia mitä ei saada aurinkopaneeleista ostetaan sähköverkosta. Aurinkopaneelit Seinäjoen keskussairaalassa pienentävät ostosähköenergian tarvetta. /35, 49/



Kuva 12. Verkkoon kytkettävien aurinkopaneelien asennus.

Kuva 12 näyttää missä kohdassa aurinkosähköjärjestelmää on sähkömittari. Kuvassa on esitetty myös kuvasta 11 puuttuva sähkönkulutus. Aurinkopaneelien ja invertterin väliin tulisi asentaa DC-kytkimet.



Kuva 13. Aurinkopaneelien kytkentäkaavio. /2/

Kuvassa 13 näkyy miten aurinkopaneelit kuulu kytkeä aurinkosähköjärjestelmäkohteisiin. Aurinkopaneelit kytketään verkkoon ammattilaisen toimesta, jotta aurinkosähköjärjestelmästä saadaan luotettava ja standardien ja määräysten mukainen. Erityisen tärkeää on asentaa eri puolille kattoja salamasiapparit, sillä ukkonen voi rikkoa aurinkopaneelit herkästi ilman asianmukaista suojausta.

Yleisesti ottaen aurinkopaneelit kestävät 30 vuoden elinikään, mutta aurinkopaneelien hyötysuhde pienentyy hieman koko elinkaaren ajan. Aurinkopaneelien tehontuotto heikkenee vuodessa noin 0,5 %. Aurinkopaneelisiin on mahdollista saada tehontuottotakuu, mutta ehdot vaihtelevat aurinkopaneelien tehontuottotakuun osalta. Useimmiten varmistetaan, että aurinkopaneelit tuottavat käyttöönottopäivämäärästä alkaen 10 vuotta eteenpäin tehoa, joka on valmistajan ilmoittamasta tehosta vähintään 90 %. Samalla periaatteella aurinkopaneelin 25-vuotisikä on tehon tuotettava 80 % valmistajan ilmoittamasta nimellistehosta. /2, 8, 20, 25, 44, 49, 58, 62, 63/

Aurinkopaneelien tehojen tuottojen varmistamiseksi on aurinkopaneeleja asennettaessa käytettävä puhtaita viiltosuojakäsineitä, sillä käsistä jää helposti aurinkopaneelien heijastuksenestopintaan rasvainen kämmenen tai sormenjälki, joka heikentää aurinkopaneelin sähköenergian tuottoa. Viiltosuojakäsineet auttavat myös aurinkopaneelien kantamisessa kohteeseen, sillä aurinkopaneelien reunat ovat melko ohuita ja teräviä.

Aurinkosähköjärjestelmiä asennettaessa tulee noudattaa standardia SFS 6000, osa 7-712. Sähköturvallisuuslain mukaisesti kaikki sähkölaitteistot on tarkistettava ennen käyttöönottoa. Asennuksen jälkeen aurinkosähköjärjestelmään kytkemiseen kuuluu tehdä standardin SFS-EN 62446-1 Aurinkosähköjärjestelmät mukainen käyttöönottotarkastus, jota ennen aurinkosähköjärjestelmää ei saa kytkeä toimintaan. /2, 96/

Taulukko 4. Aurinkopaneelien hyötysuhteen muutokset Suomessa.

Aurinkopaneelijärjestelmän hyötysuhde kasvaa	Aurinkopaneelijärjestelmän hyötysuhde laskee
Aurinkopaneelien sijainnin ollessa etelässä tai lännessä sijainnissa	Aurinkopaneelien sijainnin ollessa pohjoisessa tai idässä
Aurinkopaneelien kennopintojen osoittaessa etelään	Aurinkopaneelin kennopintojen osoittaessa pohjoiseen
Asennuskulman noustessa 30–45 asteeseen	Asennuskulman laskiessa alle 30 asteen
Aurinkopaneelin Wp noustessa	Aurinkopaneelien Wp laskiessa
Aurinkopaneelin hyötysuhteen noustessa	Aurinkopaneelin hyötysuhteen laskiessa
Invertterin hyötysuhteen noustessa	Invertterin hyötysuhteen laskiessa
Auringon paistaessa korkealta	Auringon paistaessa matalalta
Aurinkoisessa ja viileässä säässä	Pilvisessä ja lämpimässä säässä
Aurinkopaneelien pysyessä viileinä	Aurinkopaneelien kumentuessa
Varjottomissa olosuhteissa	Varjoisissa olosuhteissa
Kun aurinkopaneelien pinta on puhdas siitepölystä ja lumesta	Kun aurinkopaneelien päällä on lunta tai siitepölyä
Kun aurinkopaneelit ovat ehjiä	Kun aurinkopaneeleissa on vikoja
Kun aurinkokennot puolitetaan	Kun aurinkokennot ovat puolittamattomia
Aurinkopaneelien ollessa mustia	Aurinkopaneelien ollessa sinisiä
Aurinkosähkökaapeleiden ollessa hyvä hyötysuhteisia ja mitoitettuna riittävän kokoisiksi aurinkosähköjärjestelmään nähden	Aurinkosähkökaapeleiden ollessa pieni hyötysuhteisia ja väärin mitoitettuina aurinkosähköjärjestelmään

Taulukosta kolme näkee mitkä asiat vaikuttavat aurinkopaneelien hyötysuhteeseen.

Osa taulukossa kolme esitetyistä asioista on sellaisia, ettei käyttäjä itse pysty

vaikuttamaan niihin. Taulukko kolme pätee sekä uusille että vanhoille aurinkopaneeleille.

3.10 Aurinkopaneelien suuntaus ja kallistus

Jotta aurinkopaneeleista saadaan mahdollisimman suuri hyöty, on aurinkopaneelit suunnattava aurinkoon päin, eikä vaakatasoon. Aurinkosähkön tuotto perustuu aurinkosähköjärjestelmän sijaintiin suhteessa auringon kiertorataan. Sähköenergian tuottoon vaikuttavat aurinkopaneelien pintaan tulevat varjot, katon kallistuskulman aste ja suunta mihin katto osoittaa. Näin ollen järjestelmän sähköenergian tuoton pystyy arvioimaan tarkasti. Haastetta aurinkosähköjärjestelmän tuoton arvioimiseen tulee vuosien ja vuorokausien vaihteluista. Vaihteluita tulee erilaisista sääilmiöistä, kuten pilvisyydestä, sateisuudesta ja tuulisuudesta, jotka vaikuttavat aurinkosähköjärjestelmän tuottoon. /2/

Jotta aurinkopaneeleista saadaan mahdollisimman suuri hyöty, on aurinkopaneelit suunnattava etelän suuntaan ja pystysuuntaisesti aurinkoon päin. Etelään suunnatut aurinkopaneelit saavat päivässä pidemmän ajan auringonvaloa ja etelään suunnatut paneelit ottavat auringosta suurimman hyödyn päiväsaikaan, sillä päivällä auringonsäteilyn teho on suurempaa, kuin auringon noustessa tai laskiessa. Kun puhutaan aurinkopaneelien suuntauksesta ilmansuuntien mukaan, käytetään etelästä 0° , idästä -90° ja lännestä $+90^\circ$. Aurinkopaneelit voidaan halutessa asentaa osoittamaan itään tai länteen, jos energiaa tarvitsevan laitteiston maksimi kulutuspiikki on aamulla tai illalla. Suuremmassa mittakaavassa, missä halutaan vuoden ympäri tuottaa enemmän energiaa, on kannattavaa asentaa aurinkopaneelit osoittamaan etelän suuntaan. Etelään suunnatut paneelit tuottavat parhaiten energiaa, kun taas itään ja länteen suunnatut aurinkopaneelit tuottavat 25 % vähemmän energiaa, kuin etelään suunnatut aurinkopaneelit. /2, 60/

Lukuisissa sovelluksissa missä arvioidaan aurinkopaneelien asennuskulmaa, käytetään sanaa azimuth. Azimuth tulee englannin kielestä ja tarkoittaa suomeksi atsimuuttia, josta käytetään joskus sanaa variaatio. Atsimuutti tarkoittaa asteina poikkeamaa, joka mitataan etelän 0 asteen suunnasta. Aurinkopaneelien mitoittamiseen ja suuntaukseen kannattaa käyttää aikaa, jotta aurinkopaneeleista

saadaan mahdollisimmin suuri hyöty. Varjostuksia huomioon otettaessa on kiinnitettävä huomiota myös aurinkopaneelien omiin varjostuksiin, sillä aurinkopaneelirivi tuottaa helposti varjon seuraavalle aurinkopaneeliriville. /2, 68/

Aurinkopaneelien kallistuskulmasta puhuttaessa käytetään sanaa horisontaali, joka tulee englannin sanasta horizontal. Kallistuskulmasta 0° voidaan ajatella, että aurinkopaneeli on asennettu tasakatolle aurinkokennopuoli osoittaen taivasta kohtisuoraan ylöspäin ja aurinkopaneeli 90° kallistuskulmassa on pystyssä aurinkokennopuoli osoittaen suoraan esimerkiksi pohjoisesta etelään. Parhain asennuskulma on Suomessa 30–45 asteen väliltä. Tällöin aurinkopaneelit tuottavat energiaa tasaisesti keväästä syksyyn. Jos aurinkopaneelit on asennettu pieneen asennuskulmaan niin keskikesän tuotto voi olla suurempi, kuin 30–45 asteessa, mutta keväällä ja syksyllä kulutus olisi pienempää. Näin ollen 30–45 asteen asennuskulmalla vuosittainen saatava energia on suurempi, kuin pienellä kallistuskulman asteella. Aurinkopaneelit mitkä asennetaan pienempään kulmaan, jotta saataisiin keskikesällä enemmän energiaa, on huono valinta, koska kesä voi olla pilvinen ja sateinen, jolloin pienellä kallistuskulmalla hyötysuhde on huono. /2, 60, 61, 68, 69, 84/

4 AURINKOPANEELIEN MÄÄRÄ SEINÄJOEN KESKUSSAIRAALAN KATOILLE

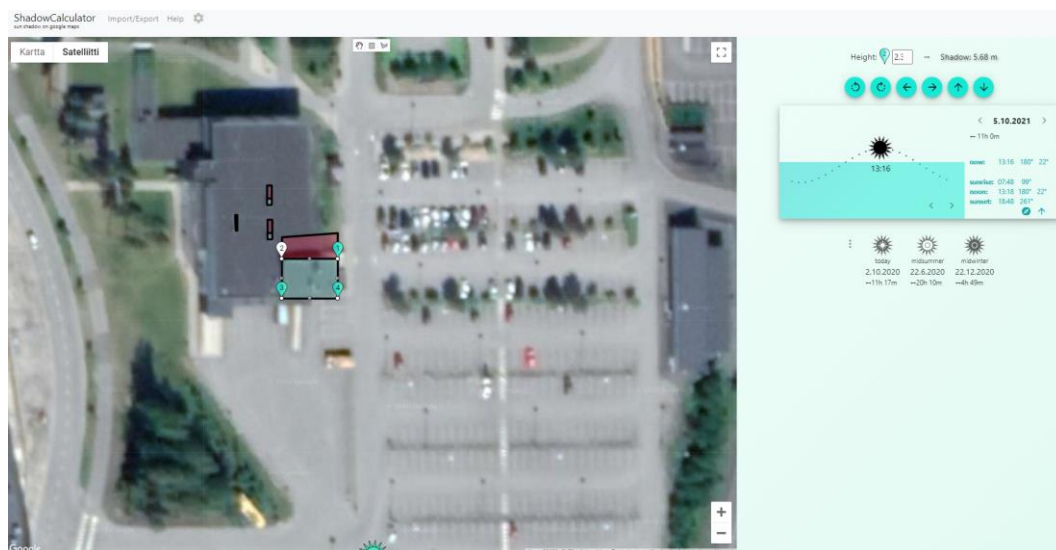
4.1 Aurinkosähköjärjestelmien suunnitteluperusteita

Aurinkosähköjärjestelmän mitoittaminen on tarkkaa ja tärkeää, jotta aurinkopaneeleista saataisiin mahdollisimman suuri hyöty, eikä käytetty investointiraha menisi hukkaan. Aurinkopaneelijärjestelmän mitoituksen peruskohtana on, että mahdollisimman suuri osa asennettujen aurinkopaneelien tuotosta pystyttäisiin käyttämään omassa kulutuksessa, eikä sähköverkkoon jäisi sähköä myytäväksi. Suunniteltaessa aurinkopaneeleja katolle on otettava huomioon varjot, ilmansuunnat ja räystäskorkeus. Nämä kaikki vaikuttavat aurinkopaneelien sähköenergian tuottamiseen, asennuskulman valitsemiseen ja käytettävissä olevan pinta-alan hyödyntämiseen. Lisäksi on hyvä pohtia, mihin halutaan aurinkopaneeleista tulevan sähköenergian menevän, eli mitkä laitteet kuluttaisivat asennettua aurinkoenergiaa. Normaalisti laitteet, jotka kuluttavat tasaisesti sähköenergiaa kellonajoista riippumatta, ovat hyviä kohteita aurinkosähkölle. Seinäjoen keskussairaalassa tuotettu sähköenergia menisi yleiseen käyttöön. /24, 53, 57/

Asennettaessa aurinkopaneeleita tasakatolle on huolehdittava, että aurinkopaneeleista kattoon tuleva pintapaine ei ylitä sallittua kuormaa. Järjestelmä on mitoittettava niin, että katoilla oleva vesi pääsee virtaamaan vapaasti viemäreihin eikä aurinkopaneelien tukipilarit tai muu aurinkopaneeleita kannattava järjestelmä estä vettä valumasta pois katoilta. Kiinnittäessä aurinkopaneeleita katoille Suomessa on varmistuttava, että aurinkopaneelit on tehty Suomen talviolosuhteisiin ja aurinkopaneelit on kehitetty vaatimusten mukaan Suomen lumikuormastandardin mukaisesti. Lisäksi aurinkojärjestelmää hankittaessa kannattaa varmistua, että aurinkopaneelien asennustelineet ovat Suomen talviolosuhteet kestäviä. Aurinkopaneelijärjestelmät, joita ei ole suunniteltu kestäväksi Suomen talviolosuhteita saattavat hapettua ajan mittaan. /22, 24/

4.2 Aurinkosähköjärjestelmien asennusteoriaa

Ennen aurinkosähköjärjestelmien suunnittelua asennuskohteisiin, on tärkeä arvioida asennuskohteeseen tulevien varjojen pituutta ja suuntaa, jos asennuskohteen lähellä on varjostavia kohteita. Sovellus millä varjostukset on arvioitu, on Google maps -pohjainen sun shadow calculator. Sun shadow calculator tulee englannin kielestä ja tarkoittaa suomennettuna aurinkovarjolaskinta. Aurinkovarjolaskin sovellusta on käytetty ilmentämään aurinkopaneelien asennusalueet, jotta löydetään varjoton paikka aurinkopaneeleille. Aurinkovarjolaskimen käyttöä varten pitää olla mitattuna varjostavien kohteiden mitat. Logistiikkakeskuksen katolla suurin varjostava kohde katolla oli IV-konehuone, joka varjostaa paljon logistiikkakeskuksen kattoa, paitsi kesäkuukausina. Tarkempien varjoalueiden havainnoimiseksi on mitattu myös kolme katolta löytyvää savunpoistoluukkua. Aurinkopaneelien yleinen pituus on noin metri, jolloin on otettu aurinkopaneelien pituus varjoissa huomioon, sillä etelään päin asennetuista aurinkopaneeleista tulee helposti varjoa aina aurinkopaneelirivin takana oleville aurinkopaneeliriveille. Mitatuilla varjostavien kohteiden korkeuksilla, leveyksillä ja pituuksilla on piirretty aurinkovarjolaskimeen todellisen kokoiset varjostavat alueet ja näin on pystytty seuraamaan kuinka auringonvalo peittää eri vuorokausien ja eri vuodenaikojen aikana rakennuksen kattoja varjostuksilla. Tämä netistä vapaaseen käyttöön löytyvä sun shadow calculator on hyvä sovellus varjostuksien mittaamiseen, jos mitattavat varjostavat kohteet ovat paikoissa mistä on helppo mitata varjostavien kohteiden korkeudet. Näin vapaasti käytettävällä sovelluksella on tekijän helppo havainnollistaa varjostavat kohteet ja säästää aikaa. Sun shadow calculatoriin tutustuminen vie käyttäjältä vain hetken oppia, kuinka calculatoria käytetään. Sun shadow calculatorin varjolaskentamekanismi perustuu maantieteelliseen sijaintiin, auringonkiertorataan, kellonaikaan ja vuodenaikaan. Kuvassa 14 on arvioitu logistiikan katolle tulevien varjojen pituutta ja suuntaa.



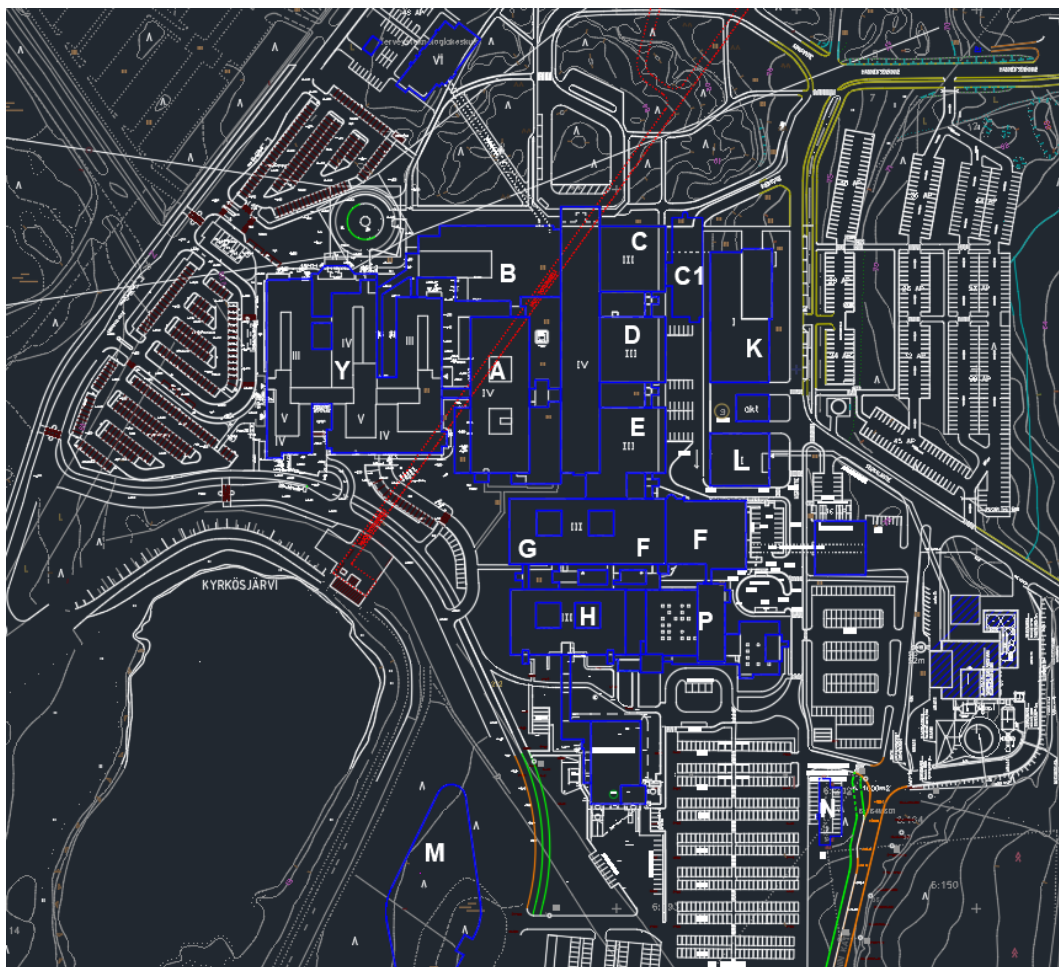
Kuva 14. Logistiikan varjojen pituuden arviointia sun shadow calculatorilla.

Aurinkopaneelit kannattaa mitoittaa niin, että saadaan suurin hyöty kesäaikana, jolloin aurinko paistaa korkeimmalta, tehokkaimmin ja pidemmän ajan päivässä. Aurinkopaneeleita on mahdoton suunnitella niin, että aurinkopaneelit ovat vuoden ympäri auringon noustessa auringon laskuun asti auringonvalossa, joten aurinkopaneelien mitoituksissa aurinkopaneelit on erityisesti suunniteltava niin, että paneelit tuottavat auringonvalosta energiaa mahdollisimman pitkän ajan päivästä. Erityisesti kello 9 – 15 ovat aurinkopaneelien tuotolle täydellistä aikaa. Auringosta saadaan eniten energiaa aurinkopaneeleilla, kun aurinko on noussut ja siitä hetkestä melkein auringonlaskuun asti. Talvisin aurinkopaneeleihin tulee valoa vain muutaman tunnin ajan, sillä auringon paistaa matalalta, joten tästä syystä aurinkosähköjärjestelmät eivät tuota talvella paljoa sähköä. Talvella tuotanto sijoittuu noin kello 11 – 16 väliseen aikaan. Talvella aurinkopaneelit tuottavat vähän energiaa, mutta jos paneeleista halutaan talvella sähköä, niin suurempi kallistuskulma sopii tähän. Tämä siksi, koska auringon paistaessa matalalta aurinkopaneelit pääsevät paremmin kosketuksiin auringonsäteilyn kanssa. Kesäajalle suunnatut aurinkopaneelit suureen horisontaaliin kulmaan tuottavat silti paremmin energiaa läpivuoden, kuin matalaan kulmaan asennetut aurinkopaneelit. Tässä suunnitelmassa aurinkopaneelit on laskettu 35 asteen kulmaan, jolloin aurinkopaneelirivien väliin riittää kaksi metriä. Tällöin tuotanto sijoittuisi parhaiten vuosittaiselle ajalle 28.02 – 13.10. 45 – 46 astetta on parhain hyötysuhteelle PVGIS-

laskurin mukaan ja tällöin aurinkosähköjärjestelmä tuottaisi ajalla 19.03 – 25.09. 35 ja 45 asteen aurinkopaneelirivien väliin tulevan huoltoväylän ja varjovälin pituus on laskettu kaavalla $\tan(\text{numero asteissa}) = \text{summa}$. Tällöin aurinkopaneelin pituus alakulman tasosta yläkulman tasoon olisi (summa) metriä korkea. Tehtävässä on syötetty (summa) metreissä vastaamaan korkeaa rakennusta, jolloin sun shadow calculatorista ja saatu tieto, kuinka kauaksi aurinkopaneelirivin varjo ylittäisi halutun kulman asteessa. Tällä saadulla korkeudella pystytään laskemaan kuinka kauas varjo yltää, kun tiedetään auringonpaisteen kulma ja korkeus. PVGIS-laskurilla voidaan arvioida valitulle kulmalle, paljonko valittuun kulmaan asennetut aurinkopaneelit tuottaisivat sähköenergiaa. PVGIS-laskuri on hyvä riittävä työkalu arvioimaan hyvä asennuskulma aurinkopaneeleille sähkön tuotantomäärän mukaan. 35 asteen kulmassa aurinkopaneelin alakulman tasosta korkeus aurinkopaneelin yläkulman tasoon olisi 0,70 metriä ja 45 kulman asteessa korkeus olisi metrin.

4.3 Aurinkosähköjärjestelmien sijoitus Seinäjoen keskussairaalan katoilla

Kuvassa 15 on Seinäjoen keskussairaalan asemapiirustus, josta nähdään tarkemmin rakennusosien rakennusmuodot ja rakennusten pinta-ala. H-rakennuksen alapuolella oleva rakennus on logistiikkakeskus. Logistiikkakeskuksesta käytetään myös nimitystä J-rakennusosa.



Kuva 15. Seinäjoen keskussairaalan asemapiirustus.

Seinäjoen keskussairaalla on tutustuttu rakennusosien sijainteihin, rakennusten materiaaleihin ja rakennusten muotoihin sekä samalla kartoitettu, mitkä elementit varjostavat ja mihin aikaan päivästä. Aurinkopaneelisuunnitelmien ja aurinkopaneelien piirtämisen helpottamiseksi asennuskohteet on kuvattu järjestelmäkameralla Seinäjoen keskussairaalan katoilla. Seinäjoen keskussairaalan katoilla on mitattu aurinkopaneeleille soveltuvissa kohteissa varjostavien elementtien pituus, leveys ja korkeus. Varjostavien elementtien mittoja on käytetty varjostuksien tutkimiseen, sillä mitat on syötetty Google-pohjaiseen sun shadow calculatoriin. Varjostuksien arvioimisessa hankaloittavia tekijöitä oli vesikattokuvien puutteellisuus, rakennuskorkeuksien uupuminen rakennepiirustuksissa, IV-konehuoneiden sijainti, runsas lauhduttimien ja poistoilmapuhaltimien määrä, kattoikkunoiden määrä ja muut varjostavat

elementit. Paikanpäältä katsottuna katot J, P, H, F, G ja K ovat hyvässä sijainnissa, jossa varjostuksista ei ole paljon haittaa, kun järjestelmä mitoitetaan sopivaksi. J, P, H, F, G ja K katoilla on pinta-alaa käytettävissä enemmän, kuin lähikatoilla. Muiden rakennusten (A, B, C, D, E, L) katot rajattiin pois liian pienten asennustilojen ja rakenteiden varjostuksien vuoksi.

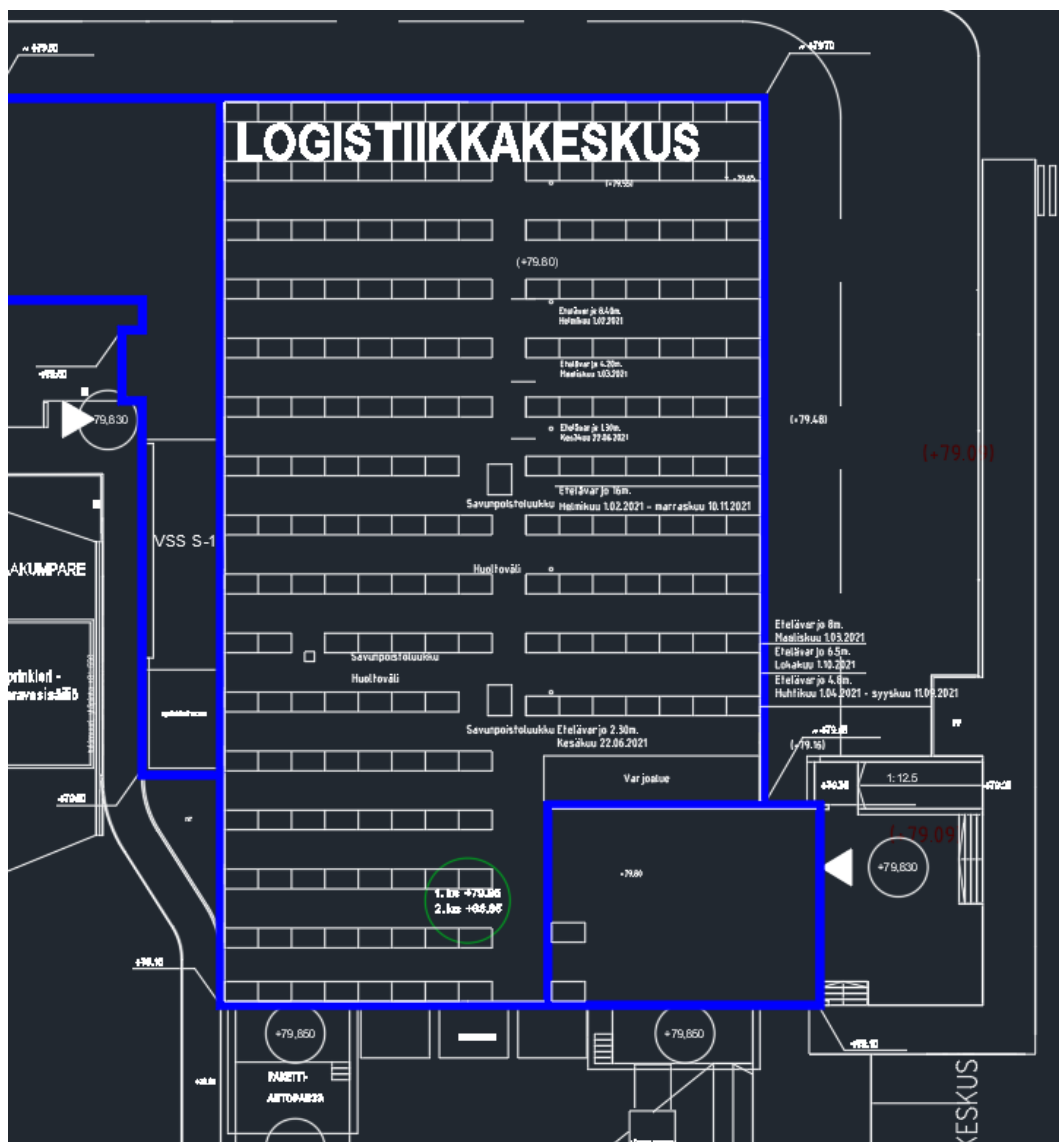
Kattojen hyötykuorma vaihtelee 1,5 ja 2,5 kN/m² välillä. Sairaalan kaikkiin kattoihin on tehty kantava paikallavalettu teräsbetonilaatta, jonka päälle on tehty leca-sora katto. Aurinkopaneelien painot ovat yleensä noin 20 kilogrammaa ja aurinkopaneelien maksimi pituus on yhden metrin ja maksimi leveys kaksi metriä. 1,5kN/m² kestää näin 152,95 kilogrammaa painoa. Näin ollen katot tulevat kestäämään aurinkopaneelien asentamisen. Painoa tulee myös kiinnitystelineistä ja mahdollisista painoista. Painoa on suunniteltava aurinkopaneeleille niin, että aurinkopaneelit kestäisivät suurenkin tuulen nopeuden.

Aurinkopaneelisuunnitelmia on helppo muuttaa tarvittaessa. Muuttaminen riippuu aurinkopaneelin pituus kertaa leveys mitasta. Jos aurinkopaneelin mitat ovat pienemmät, kuin 1700 mm x 1000 m aurinkopaneeleita voidaan saada lisää ja aurinkopaneelit saavat lisää tilaa lämpölaajentumiseen sekä tukipaloille, joita tulee aina kahden aurinkopaneelin väliin. Väli tukipaloille on noin 22 mm – 24 mm. Jos taas aurinkopaneelien mitat kasvavat mitoista 1700 mm x 1000 mm saattaa paneeleita tulla vähemmän, mutta aurinkopaneelien määrä ei varsinaisesti kerro tuotanto määrää mitä aurinkopaneeleista saadaan, sillä yhden aurinkopaneelin tuotanto riippuu pitkälti aurinkopaneelien tehoista.

4.4 Seinäjoen keskussairaalan rakennuskohtainen suunnittelu

Logistiikkakeskus

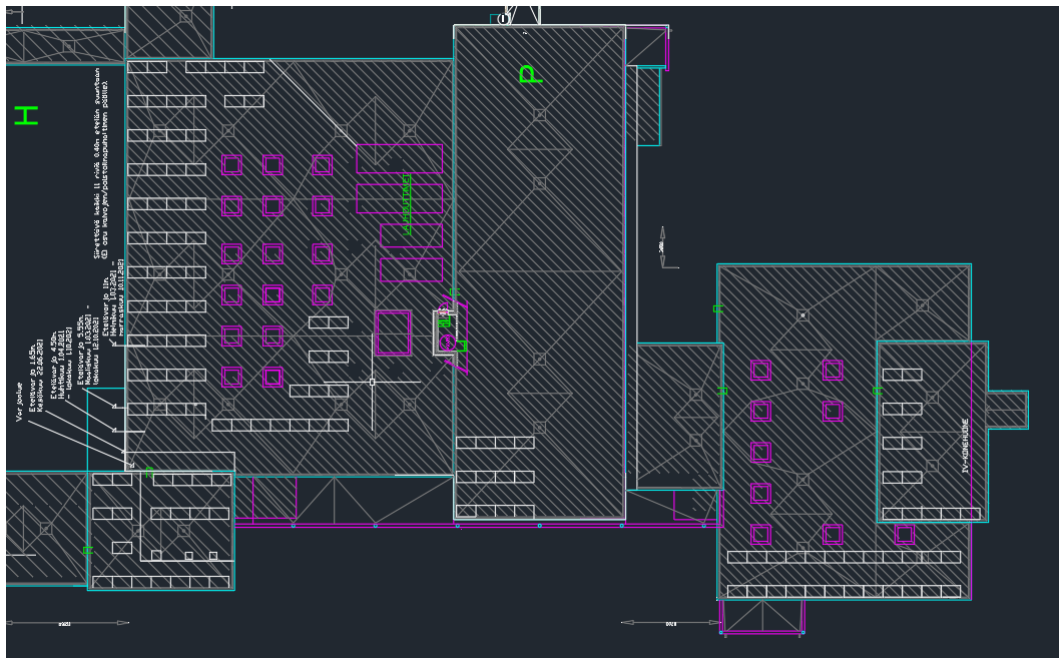
Logistiikkakeskuksella aurinkopaneeleita olisi yhteensä 205 kappaletta aurinkopaneeleita. Kuvassa 16 erityisesti huomioitavaa on varjoalue. Logistiikkakeskuksen (J) katolla on hyödynnetty IV-konehuoneen kattoa.



Kuva 16. Aurinkopaneelien suunnitelma logistiikalle.

P-rakennus

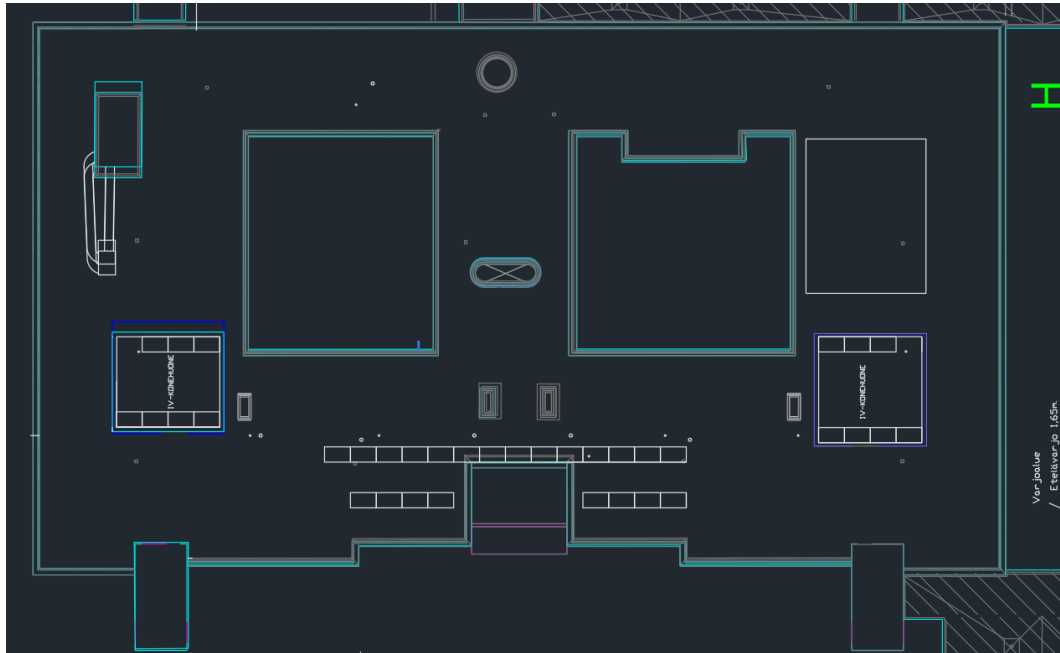
Aurinkopaneeleita olisi P-rakennusosan eri katoilla yhteensä 131 kappaletta. Kuvassa 17 erityisesti huomioitavaa on varjoalue. P-rakennuksen katoilla on hyödynnetty IV-konehuoneiden kattoja.



Kuva 17. P-kattojen aurinkosähkön mahdollisuus.

H-rakennus

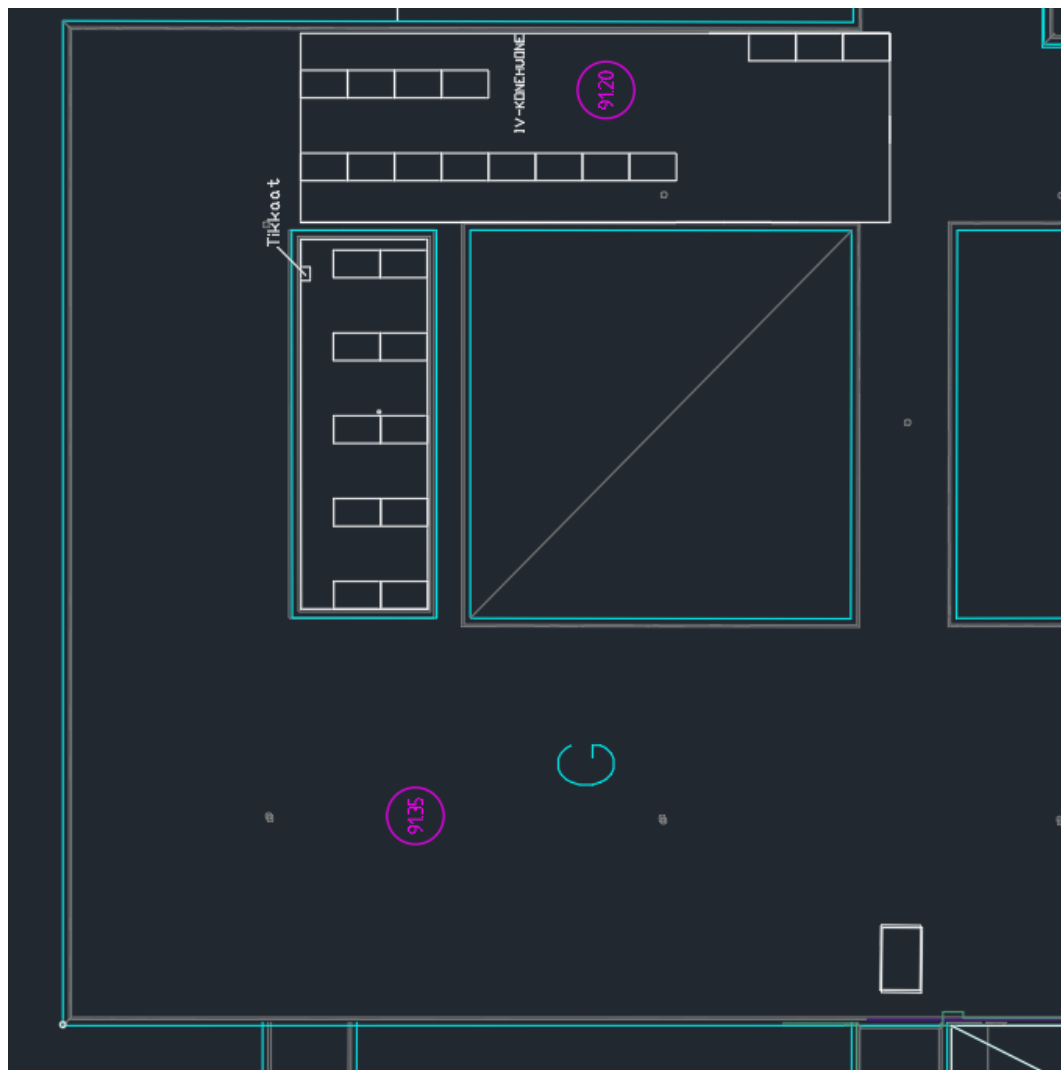
H-rakennuksella olisi aurinkopaneeleita yhteensä 36 aurinkopaneelia. Kuvassa 18 H-rakennuksen katolla on hyödynnetty IV-konehuoneiden kattoja. IV-konehuoneen katoilla aurinkopaneeleita olisi 14 kpl.



Kuva 18. Aurinkopaneelien suunnitelma H-rakennukselle.

G-rakennus

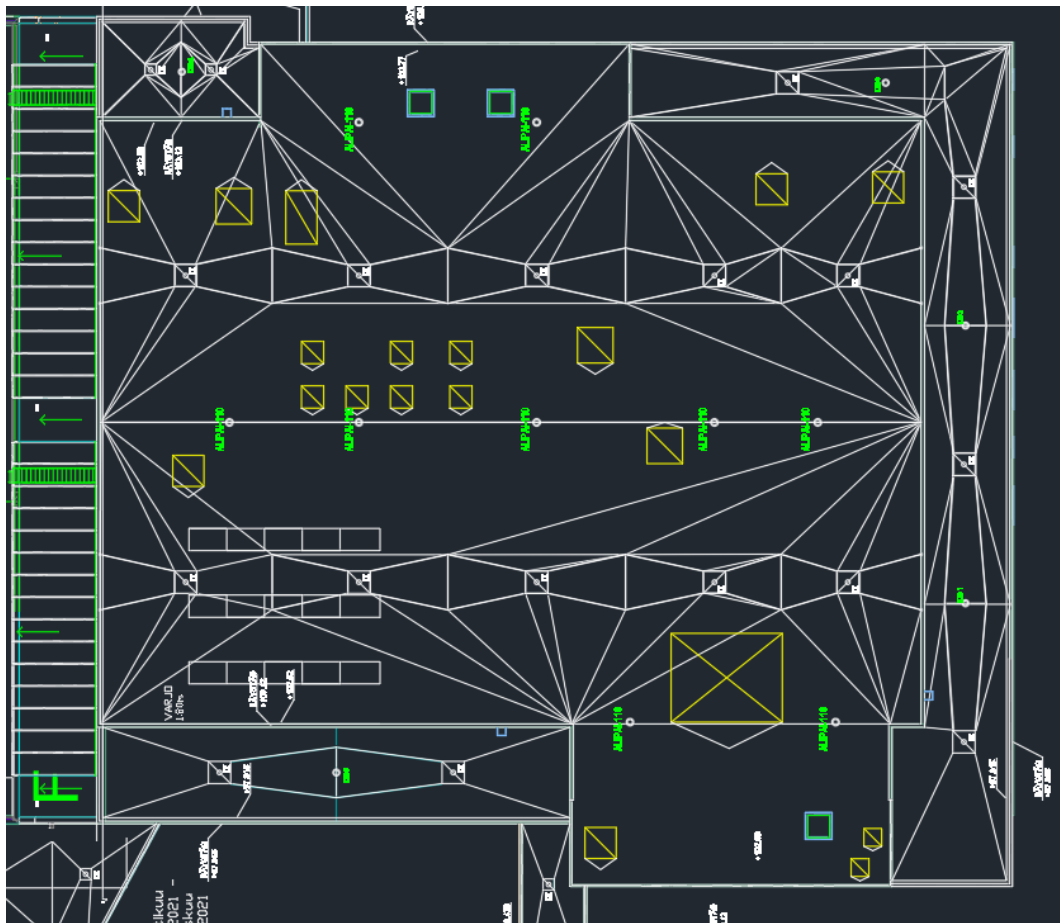
G-rakennuksella olisi aurinkopaneeleita 25 kappaletta. Kuvassa 19 G-rakennuksen katolla on hyödynnetty IV-konehuoneiden kattoja. Tikkaiden ja aurinkopaneelien väliin on mitoitettu huoltotöitä varten sopivan kokoinen kulkuväli.



Kuva 19. Aurinkopaneelien suunnitelma G-rakennukselle.

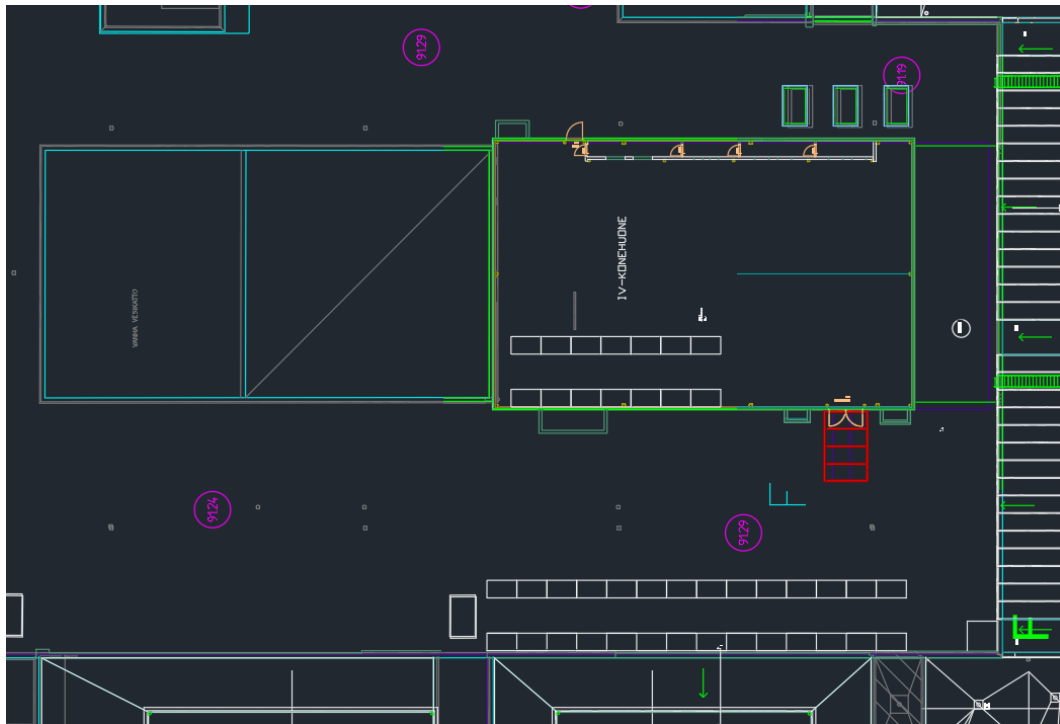
F-rakennusosat

Yhteensä F-rakennusosilla aurinkopaneeleita olisi 57 kappaletta. F-laajennusosalla aurinkopaneeleita olisi yhteensä 15 kappaletta. Niiden asennuspaikat näkyvät kuvan 20 vasemmassa alareunassa. Kuvan 20 F-laajennusosa liittyy vasemmasta reunasta kuvan 21 esittämään F-rakennukseen. Salamasuojaus on tärkeää laajentaa koko Seinäjoen keskussairaalan kattavaksi, sillä tällä hetkellä salamasuojaus on toteutettu vain F-laajennusosan katolle. Salamasuojauksen nykyinen alue varmistaa vain F-laajennusosan.



Kuva 20. F-laajennusosan aurinkopaneelisuunnitelma.

F-rakennuksessa aurinkopaneeleita olisi 42 kappaletta. Näistä 14 olisi asennettu IV-konehuoneen katolle. F-rakennuksen kuvaan 21 liittyy kuvan oikeasta reunasta kuvan 20 laajennusosa.



Kuva 21. Aurinkopaneelien suunnitelma F-rakennusosalle.

K-rakennus

K-rakennuksen katolla on tilaa aurinkopaneeleille. Kuitenkaan K-rakennukseen ei ole kannattavaa asentaa aurinkopaneeleita, sillä auringon liikkeen mukaan ympäröivien rakennusten eri suunnista tulevat varjot pienentäisivät aurinkopaneelien tuottoa. Lisäksi K-rakennuksen katolle asennettavat aurinkopaneelit tulisi suojata erillisellä suoja-aitauksella ulkopuolisten varalta, sillä katolle on helppo päästä.

M-rakennus

M-rakennus on rakennusvaiheessa, joten M-rakennuksen aurinkopaneelien asennusmahdollisuutta ei pääse tutkimaan tarkemmin paikan päällä. Kuvasta 15 näkyy, että M-rakennuksella kuitenkin olisi mahdollista pinta-alaa aurinkopaneeleille, mutta M-rakennuksen vapaa pinta-ala pitäisi käydä varmistamassa rakennusvaiheen loputtua. M-rakennuksen asennusmahdollisuutta voisi myöhemmin tutkia.

Seinäjoen keskussairaala kokonaisuutena

Yhteensä aurinkopaneeleita olisi 454, jotka olisivat asennettu J, H, P, F ja G katoille. Ylemmissä kuvissa on yksi mahdollisista suunnitelmista, kuinka aurinkopaneelit voitaisiin asentaa Logistiikkakeskuksen (J) ja P, H, G, F katoille. Kaikki mitoitus aurinkopaneelille on tehty niin, että aurinkopaneelit tuottavat hyvin sähköenergiaa tammikuun puolesta välistä marraskuun puoleen väliin asti. Aurinkopaneelit on piirretty kuviin valkoisina suorakulmioina. Aurinkopaneelit on piirretty kuviin koolla 1700 mm x 1000 mm. Aurinkopaneelit on piirretty edellä mainitulla koolla, koska 1700 mm x 1000 mm on hyvin yleinen koko aurinkopaneelille sekä usein käytetty mitta aurinkopaneelijärjestelmissä. Aurinkopaneelit olisivat asennetut 35 asteen kulmaan. Kuviin numerot 15 – 20 aurinkopaneelit on suunniteltu suorakulmioiden muodostamiin riveihin ja pari erillistä aurinkopaneelia olisi IV-konehuoneen katolla, sillä IV-konehuoneen katto on korkealla ja katon eteläreunalle kaksi asennettua aurinkopaneelia ottaisi auringonvaloa lähes koko päivän käyttöönsä. Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelussa on huomioitava huoltoväylät aurinkopaneelille ja muille katoille löytyville laitteille. Aurinkopaneelirivien välillä on tällaisessa suunnitelmassa kaksi metriä, joka riittää hyvin huoltoväylille sekä aurinkopaneelirivien varjostuksille, jottei aurinkopaneelirivit varjosta aina seuraavaan aurinkopaneeliriviin. Logistiikkakeskuksen katolle isoin mahdollinen varjo tulisi IV-konehuoneen varjostuksesta. IV-konehuoneen varjostus tulisi muulle katoille, koska IV-konehuone on rakennettu korkeammalle mitä muu katto. Aurinkopaneelit on kuvassa sijoitettu paikkoihin missä aurinkopaneelit saisivat valoa ja tuottaisivat sähköenergiaa. Kuviin numerot 16, 17 ja 20 on piirretty etelä-pohjoissuunnassa varjo-alue, joka merkitsee alueen, jonka sisälle ei auringonvalo paista koskaan. Kuvissa 16 ja 17 on merkitty vaakaviivoin, minne asti IV-konehuoneen varjo osuisi eri kuukausien aikaan. Vaakaviivojen avulla pystytään helposti suunnittelemaan kuinka monta aurinkopaneelia olisi kytketty sarjaan ja mihin sijaintiin. Tietty määrä sarjaankytkettyjä aurinkopaneeleita asetettaisiin omaan ryhmänsä kuukausittaisten varjojen mukaan.

5 HAASTATTELUT JA KYSELYT

Lähteisiin perustuvan teorian ja Seinäjoen keskussairaalalla tehdyn kenttätutkimuksen lisäksi tutkimusaineistoa hankittiin haastatteluilla ja kyselyillä. Haastattelut ja kyselyt tehtiin syksyllä 2020. Aineistot ovat tekijän hallussa.

Tutkimuksessa haastateltiin aurinkopaneeleita käyttäviä sairaaloita, jotta näiltä saataisiin käyttökokemukset aurinkopaneelien sairaalakäytöstä. Kirjalliset haastattelut aurinkopaneeleista ja aurinkopaneelien toimivuudesta (Liite 1) lähetettiin Espoon sairaalalle, Kuopion yliopistolliselle sairaalalle ja Seinäjoen Y-talolle. Kaikki vastasivat haastattelukysymyksiin.

Poikkeustilanteiden turvallisuusnäkökohtien selvittämiseksi haastateltiin pelastusalan asiantuntijoita. Haastattelut aurinkopaneeliin liittyvistä pelastustoimista tehtiin puhelimitse Etelä-Pohjanmaan pelastuslaitoksen palotarkastajalle/kemikaalitarkastajalle ja palomestarille. Haastattelut aurinkopaneeliin liittyvistä pelastustoimista tehtiin marraskuussa 2020. /87, 88/

Seinäjoen alueen tarkkojen säteilyarvojen selvittämiseksi kysyttiin Ilmatieteenlaitokselta auringonsäteilyn kokonaissäteilydataa Seinäjoella. Säteilyarvoja käytettiin tutkimuksessa selvittämään, paljonko aurinkopaneelit voisivat tuottaa aurinkoenergiaa Seinäjoen keskussairaalalle eri kuukausina. Aurinkopaneelien tuottoarvioita käytettiin tutkimuksessa kannattavuuslaskentaan.

Aurinkopaneelien kustannusarvioita kysyttiin viideltä eri aurinkopaneelien toimittajalta (Liite 4). Kyselyiden tarkoituksena oli selvittää aurinkosähköjärjestelmien takaisinmaksuajat. Vastaukset saatiin kahdelta aurinkopaneelien toimittajalta, joiden vastauksia vertailtiin keskenään (taulukko 4, sivu 69).

5.1 Espoon sairaalan haastattelu

Haastattelu (Liite 1) mukaan Espoon sairaalassa 546 kappaletta aurinkopaneeleita ovat tuottaneet 155,6 kWp:n nimellisteholla eräänä vuonna 362 826 kWh. Espoon sairaalan aurinkosähköjärjestelmä on jaettu seitsemään eri lohkokon, joiden tuotot

ovat yhteensä tämä edellä mainittu 362 826 kWh. Aurinkopaneelit ovat nimellisteholtaan 285 kWp. Aurinkopaneelien fyysiset mitat Espoossa ovat 1650 x 991 x 40 mm. Hyötysuhteiltaan aurinkopaneelit ovat 17,4 %. Aurinkopaneelimerkki Espoossa on JA-Solar JAM6(L)60-285. Aurinkopaneelit ovat 2014 vuosimallia. Espoon sairaalassa aurinkosähköjärjestelmä on ollut käytössä kesäkuusta 2016 alkaen. Aurinkopaneelien eliniän odotus on 25 – 30 vuotta.

Aurinkopaneeleista ei ole otettu talviajalta tuottotietoa vaan pelkästään vuoden kokonaiskulutustieto. Espoon sairaalassa aurinkopaneelit ovat tuottaneet vajaa 2 % kokonaistehon tarpeesta. Espoon sairaalla aurinkoenergian tuotto syötetään suoraan sähköverkkoon, joten tuotetulla aurinkoenergialla pienennetään tarvittavaa sähkön ostoenergiämäärää. Aurinkopaneelit ovat toimineet Espoon sairaalalla odotetusti, sillä ne ovat tuottaneet ensimmäiset vuodet lasketun energiamäärän. Pidemmällä ajanjaksolla aurinkopaneelin tuotto tulee kuitenkin hiipumaan. Espoon sairaalan aurinkopaneelit asensi GreenEnergy Finland Oy

Espoon sairaala on hankkinut aurinkopaneelit ei-fossiilisen energian hyödyntämiseen. Lisäksi Espoon sairaala on julkisena toimijana eturintamassa hyödyntämässä ilmaisenergiälähteitä.

Vika- ja ongelmatilanteissa aurinkopaneelit toimivat niin kauan, kuin aurinkosähköjärjestelmän invertterit ja kaapelointi kestävät. Espoon sairaalalla on myös varavoima- ja katkeamaton (ups) sähkösyöttöjärjestelmä. Aurinkopaneelit syöttävät Espoon sairaalassa verkkoon sähköä, silloinkin kun olisi sähkökatko. Kumminkaan Espoon sairaala ei ole riippuvainen aurinkopaneelien toiminnasta.

Espoon sairaalassa aurinkopaneelit tarkistetaan kerran vuodessa. Jos ne ovat olleet likaisia niin pinnan pyyhkiminen on riittänyt. Jos puustoa ei ole lähettyvillä niin periaatteessa aurinkopaneelien puhdistuksesta ei tule ongelmaa, sillä sade huuhtoo liat pois.

Aurinkopaneeliasennuksista ei ole tullut mitään erityistä huomioitavaksi mitä pitäisi huomioida asennuksia tehdessä. Aurinkopaneelien hankinnassa tai asennuksissa ei myöskään olisi tarvinnut tehdä mitään toisin.

Espoon sairaala olisi valmis investoimaan uudelleen samanlaiseen aurinkosähköjärjestelmään, sillä heillä on kattopinnoilla vapaata tilaa aurinkopaneeleille, eikä Espoon sairaalalla ole jäähdytyskompressorien lauhduttimia. Fortumin kaukokylmälaitos tuottaa heille tarvittavan jäähdytystehon.

Espoon sairaalan yksi huomio aurinkoenergiaan liittyen on, että ABB:n inverttereissä on sellainen ongelma, etteivät invertterit aina anna tuottolukemia rakennusautomaatiojärjestelmään. Tämän vuoksi Espoon sairaala on joutunut ostamaan inverttereiden syöttöihin erillismittarit mittaamaan tuottolukemia. ABB ei ollut saanut korjattua energiakulutustietoja toimimaan kunnolla.

5.2 Kuopion yliopistollisen sairaalan haastattelu

Haastattelu (Liite 1) mukaan Kuopion yliopistollisella sairaalalla on kolmella eri katolla yhteensä 698 kappaletta aurinkopaneeleita. Nämä aurinkopaneelit muodostavat yhdessä 181,48 kWp tehon. Paneelimerkki on Aventia Argos AVN260EP-60. Näiden aurinkopaneelien fyysiset mitat ovat 1650 x 992 x 40 mm. Aurinkopaneelien nimellisteho on 260 Wp. Aurinkopaneelien hyötysuhteeksi on luvattu 15,88 %. Aurinkopaneelit ovat olleet käytössä kesästä 2016 alkaen. Oletuksena aurinkopaneelien elinikä on 25 – 30 vuotta. Aurinkopaneelit Kuopion yliopistollisessa sairaalassa ovat vuosimallia 2016. Kuopion yliopistolliselle sairaalalle aurinkopaneelit on asentanut Lem-Kem Oy.

Aurinkopaneelit ovat tuottaneet sähköenergiaa joka kuukausi talvella 2019 – 2020. Tähän on vaikuttanut se, että aiempina talvina aurinkopaneelit ovat olleet 3 – 4 kuukautta lumen peitossa. Talvella 2019 – 2020 Kuopion yliopistollisen sairaalan aurinkopaneelien sähköenergian tuotto on ollut noin 12 800 kWh. Aiemmat talvet aurinkopaneelit ovat tuottaneet vain joitakin satoja kWh per talvi. Talvien tuotoilta ei ole varsinaista seurantaä käytettävissä mittariongelmiä vuoksi.

Aurinkopaneelit ovat tuottaneet Kuopion yliopistollisen sairaalan käyttöön vuonna 2017 114 538 kWh, vuonna 2018 124914,5 kWh, vuonna 2019 127 969 kWh ja vuonna 2020 146 559 kWh. Näiden neljän vuoden keskiarvo vuosittaiselle tuotolle on 128 495,125 kWh. Aurinkopaneelien tuoton pitäisi laskea vuodessa noin 0,5 %, mutta näiden vuosien tuottolukemista huomataan aurinkopaneelien tuoton kasvu vuosittain. Tämä tilasto perustuu mielestäni muuttuviin sääolosuhteisiin eri vuosina. Näin ollen voidaan tulkita, että aurinko on paistanut lähivuosina enemmän, kuin aiempina vuosina. Ilmastonmuutoksella voi olla tähän saatavaan auringonsäteilyyn vaikutusta. Tilastosta ei kumminkaan nähdä vuosittaista alenemaa, joten välttämättä aurinkopaneelit eivät tuota joka vuosi vähemmän energiaa mitä edeltävänä vuonna on aurinkopaneeleista saatu. Tämä tuo aurinkopaneelien tuoton alenemiseen epävarmuutta, vaikka todellisesti aurinkopaneelit kuluvat käyttövuosien aikana pikkuhiljaa. Vuosittaisella alenemalla ei siis ole tämän tilaston perusteella välttämättä merkitystä.

Aurinkopaneelit on ilmeisesti hankittu Kuopion yliopistolliselle sairaalalle imago syistä. Aurinkopaneelit tuottavat 3 % koko Kuopion yliopistollisen sairaalan tarpeesta. Aurinkopaneelien tuotot on kohdistettu Kuopion yliopistollisessa sairaalassa sairaalan omaan käyttöön, sillä sairaaloissa on kesäaikana suuri jäähdytystarve ja samoin hoitotyöhön tarvittavat laitteet ovat yhä enemmän suuria sähkönkuluttajia. Aurinkopaneelit ovat toimineet Kuopion yliopistollisessa sairaalassa odotetusti.

Aurinkopaneelit on jaettu Kuopion yliopistollisessa sairaalassa kuuteen piiriin. Jokaisessa piirissä on oma invertteri. Vika- tai ongelmatilanteissa kukin silmukka kytkeytyy irti tuotosta (17 – 21 aurinkopaneelia kerrallaan).

Kuopion yliopistollisessa sairaalassa aurinkopaneelit eivät ole tarvinnet varsinaisesti huoltotoimenpiteitä. Aurinkopaneelien asennusten jälkeen ensimmäisenä talvena oli 15 kappaletta aurinkopaneeleita mennyt rikki. Aurinkopaneelit olivat menneet rikki, kun aurinkopaneelien kehys oli luistanut laminoidun lasin ympäriltä pois ja lasi oli taipunut lumikuormasta. Syynä oli ilmeisesti se, että aurinkopaneelien tukijalat olivat päässeet liikkumaan. Silloin oli

yhden pienemmän katon koko tuotanto poissa käytöstä lähes kaksi kuukautta. Rikkoutuneet aurinkopaneelit ja koko kyseisen katon paneelien tuenta uusittiin silloin takuuseen. Kumminkaan aurinkopaneelien käytöstä ja asennuksista ei ole mitään erityistä huomioitavaa, mitä pitäisi tehdä toisin asennuksia tehdessä. Myöskään hankinnassa ei ole ollut tarpeita toimia toisin.

Kuopion yliopistollisessa sairaalassa on käynnissä nelivaiheinen Uusi Sydän-rakennushanke, joka ulottuu vuosille 2018 – 2025. Jokaisessa hankkeessa Kuopion yliopisto tarkastelee erikseen esimerkiksi aurinkoenergian käytön. Periaatteessa aurinkoenergian hyödyntämiselle ei ole estettä Kuopion yliopistollisessa sairaalassa, mutta tapaus päätetään aina erikseen, kun selvitykset asiasta on tehty.

Huomioita aurinkoenergiaan liittyen on se, että invertterit kuuluvat olennaisena osana aurinkosähköjärjestelmään. Aikaisemmin mainitun ensimmäisen paneelivaurion lisäksi ABB:n inverttereissä on ollut ongelmaa. Ongelma on, että inverttereissä on silloin tällöin tippunut sisäinen kalenteri pois nykyhetkestä hetkeen 1.1.2000. Tämä ongelma ei vaikuta sähköenergian tuottoon vain selainpohjaisen raportointiohjelman tuotantotietoihin. Selainpohjaisen raportointiohjelman tuotantotiedot eivät ole riittävän luotettavia. Aina olisi tarkistettava, että kaikki kuusi invertteriä ovat toiminnassa mukana. Lisäksi tuotantohistoriatiedot ovat väärin, sillä väärän päiväyksen tuotantotietoja ei saa palautetuksi oikealle päivämäärälle.

5.3 Seinäjoen keskussairaalan vieressä olevan Y-talon haastattelu

Haastattelu (Liite 1) mukaan Seinäjoen Y-talolla on käytössään 245 kappaletta aurinkopaneeleita. Aurinkopaneelien tehot ovat 275 W. Yhdessä nämä aurinkopaneelit muodostavat aurinkosähköjärjestelmän teholtansa 67,38 kW.

Aurinkopaneelit ovat Luxor aurinkopaneeleita, joiden hyötysuhde on 16,94 %. Fyysiset mitat ovat 1640 x 992 x 35 mm. Aurinkopaneelit Y-talolla ovat vuosimallia 2019. Aurinkopaneelit ovat olleet Y-talolla käytössä vuoden. Aurinkopaneeleilla on 15 vuoden tuotetakuu ja 25 vuoden lineaarinen suoritustakuu. Aurinkopaneelit asensi Y-talolle Kiwatti Oy.

Aurinkopaneelit ovat toimineet talviaikaan normaalisti, vaikka energian tuotto on minimaalista marras-helmikuussa. Talviaikaan marraskuu- helmikuu aurinkopaneelit ovat tuottaneet energiaa yhteensä noin 1575 kWh. Aurinkopaneelien ensimmäisen vuoden tuotto on ollut noin 50 MWh, joka on saatu Y-talon käyttöön kokonaan.

Aurinkopaneelit on hankittu Y-talolle, sillä vihreillä arvoilla tuotettu sähköenergia soveltuu hyvin sairaalakiinteistöihin. Aurinkoenergian tuotto on kohdistettu Y-talolla kiinteistön sähkönjakelujärjestelmään. Aurinkopaneelit ovat toimineet odotetusti vaikka ensimmäisen vuoden kokemuksella vuosituotto on jäänyt noin 20 % alle laitevalmistajan tuottotakuusta. Aurinkopaneelit eivät ole tarvinneet huoltotoimenpiteitä. Erityisiä huomioita ei ole mitä pitäisi huomioida aurinkopaneelien asennuksia tehdessä. Hankinnassa tai asennuksissa ei mitään olisi tarvinnut tehdä toisin.

Vika- tai ongelmatilanteissa aurinkosähköjärjestelmän automatiikka katkaisee sähköntuotannon automaattisesti, kun kiinteistön sähköverkkoon tulee sähkökatko. Paneelisto on jaettu kolmeen toiminnalliseen lohkoon, joista jokaiseen on turvakytkin. Turvakytkimillä voidaan sähköntuotanto erottaa myös manuaalisesti kiinteistön sähköverkosta. Aurinkosähköjärjestelmään on lisäksi liitetty palomiehen kytkimet pelastuslaitosta varten.

Y-talolta oltaisiin valmiita investoimaan uudelleen samanlaiseen aurinkosähköjärjestelmään. Y-talolta ollaan sitä mieltä, että järjestelmän takaisinmaksuaika on järkevällä tasolla, vaikka ensimmäisen vuoden tuottotavoitteesta onkin jääty jälkeen. Muita huomioita aurinkoenergiaan liittyen ei Y-talolta ole.

5.4 Espoon sairaalan, Kuopion yliopistollisen sairaalan ja Seinäjoen Y-talon haastattelut

Aurinkopaneeleita käytetään pääasiassa auringosta saatavan ilmaisen energian hyödyntämiseen. Sairaalahaastatteluista huomataan, että aurinkopaneeleita on paljon eri tehoisia, hyötysuhteisia, kokoisia. Aurinkosähköjärjestelmän tuottoon

vaikuttaa järjestelmän koko ja sijainti. Espoolla on käytössä TIER-1-aurinkopaneelit, joita ei ole Kuopion ja Seinäjoen sairaaloissa. Toistaiseksi ei ole huomattavissa aurinkopaneelien kehitystä tehoissa vuosimallien suhteen. Aurinkopaneelien käyttäjästä ei ole huomattavissa sähköenergian tuoton vuosittaista alenemaa. Aurinkopaneelien talvituotoista huomataan, ettei talvisin saada paljoa sähköenergiaa, mutta jonkin verran kuitenkin.

Sairaaloilta kysyttiin aurinkopaneelien asennusliikkeet, jotka ovat asentaneet heille aurinkopaneelit. Tämän tarkoituksena oli saada selville toimijat, joilla on kokemusta sairaala-asentamisesta. Kaikki sairaalat kertoivat asennustyön tehneet asennusliikkeet.

Sairaaloiden on hyvä tehdä yhteistyötä lääketieteellisten hoitojen lisäksi myös tekniikan alalla. Sairaaloiden kesken voitaisiin jakaa esimerkiksi aurinkopaneelien tai uusiin laitteisiin tehtyjen investointien tuloksia. Näin kaikki eivät ostaisi esimerkiksi samanlaista invertteriä, jossa on toimintaa haittaava vika. Tai jos jokin sairaala on ostanut samanlaisen viallisen invertterin, niin jaettaisiin tieto siitä, miten järjestelmä saadaan toimimaan halutulla tavalla esimerkiksi asentamalla toimiva mittari järjestelmään.

6 TARJOUKSET AURINKOPANEELEISTA

Syksyllä 2020 tehtiin kyselyt viidelle aurinkopaneelien toimittajille. Kyselyn kohteet valittiin sairaaloiden haastattelujen tulleiden tietojen perusteella sekä internet-lähteiden perusteella. Vastaukset saatiin kahdelta aurinkopaneelien toimittajalta. Vastausten määrä jäi pienehköksi, mutta niitä vertailemalla saadaan määritettyä takaisinmaksuajat vastausten mukaisilla järjestelmillä. Nämä tulokset osoittavat Seinäjoen keskussairaalan suunnitteleman investoinnin suuruusluokan.

6.1 Aurinkopaneelien vertailu

Aurinkopaneelien kaupan käynnissä isoissa asennuskohteissa käytetään yksikkönä useimmiten €/ Wp. Pienissä asennuskohteissa on yleisempää puhua €/ aurinkopaneeli määrittelyllä. Tämän vuoksi laajoissa investoinneissa €/Wp on parempi mittayksikkö.

Taulukko 5. Kahden eri aurinkopaneelitoimittajan vastausten vertailua.

	Nimetön 1	Nimetön 2
Aurinkosähköjärjestelmän hinta (alv 0 %)	95 340 €	135 000 €
Aurinkosähköjärjestelmän hinta (alv 24 %)	118 222 €	167 400 €
Aurinkosähköjärjestelmän koko	136 kWp	152 kWp
Aurinkopaneelien osuus investoinnista	-	noin 45 000 €
Aurinkopaneelin yksikköhinta	-	noin 100 – 105 € alv 0

20 % energiatuella aurinkosähköjärjestelmän hinta (alv 0 %)	76 272 €	108 000 €
20 % energiatuella aurinkosähköjärjestelmän hinta (alv 24 %)	94 577 €	133 920 €
Invertterin vaihdon osuuskustannuksen arvio elinkaaren aikana (6 – 10 % alkuinvestoinnin hankintahinnasta).	7100 – 11 800 €	8100 – 13 500 €
Sähköntuotto käyttöönottovuodesta 30 vuoteen	136 824 – 118 313 kWh	154 967 – 134 001 kWh
Takaisinmaksuaika (alv 0 %)	noin 5,5 vuotta	noin 8 vuotta
Takaisinmaksuaika (alv 24 %)	noin 6,5 vuotta	noin 10 vuotta
Aurinkopaneeli	Suntech	Trina Solar
Aurinkopaneelin teho	300 Wp	335 Wp
Aurinkokennotyyppi	-	Yksikidepaneeli
Aurinkopaneelin hyötysuhde	-	19,9 %
Aurinkopaneelin koko	-	1698 x 1004 x 35 mm

Valmistusmaa	Kiina, Australia	Kiina, Vietnam, Thaimaa, Japani, Singapore tai Intia
Lumikuorman kesto	5400 Pa (pascal) etuosa 3800 Pa (pascal) takaosa	5400 Pa (pascal)
Invertterien määrä ja hinta	-	-
Inverttereiden teho ja malli	Useita vaihtoehtoja	-

Taulukossa neljä on vertailtu kahta eri aurinkopaneelitoimittajaa, jotka on nimetty anonymiteetin vuoksi nimille Nimetön 1 ja Nimetön 2. Nimetön 1 kertoi myytävien aurinkopaneelien tehojen nousevan 540 Wp ensi vuonna. Nimetön 1 myisi aurinkopaneeleja 0,70 €/Wp, jolloin 1 kW olisi 700 €. Laskennallisesti Nimetön 2 käyttää noin 0,90 €/Wp, jolloin 1 kW olisi noin 900 €. Molemmat tarjoavat yksikiteisestä piistä valmistettuja aurinkopaneeleita. Näin voidaan päätellä, että Nimetön 1 aurinkopaneelit olisivat kannattavampia. Nimetön 2 ilmoitti tarvittaessa auttavansa lupien hankinnassa.

Nimetön 1:llä 118 221,6 € maksavien paneelien takaisinmaksuaika 20 % energiatuella olisi tällöin noin 6,5 vuotta sisältäen yhden invertterin vaihdon elinkaaren puolessa välissä, kun on otettu huomioon alv 24. Järjestelmän takaisinmaksuaika 20 % energiatuella alv 0 olisi noin 5,5 vuotta. Näin lyhyt takaisinmaksuaika on kannattava aurinkopaneelien yleiseen elinikään nähden.

Nimetön 1 ja Nimetön 2 myyvät TIER-1-luokkaan kuuluvia aurinkopaneeleita. Molemmat ovat luotettavia toimittajia. Nimetön 2:lla on myös kokemusta aurinkopaneeli asennuksista sairaalassa. Nimetön 1 ja Nimetön 2 aurinkopaneelit ovat IEC-standardisoituja.

6.2 Aurinkopaneelien kannattavuus

Aurinkopaneelijärjestelmän kannattavuuteen vaikuttavat:

- Sähköenergian ostohinta veroineen
- Sähkönsiirron ostohinta.
- Kiinteistön sähkönkulutus tunneittain.
- Ostosähkön verojen ja hintojen muutokset.
- Investointituki ja investoinnin laskentakorko
- Aurinkosähkön oman käytön määrä
- Sähkön ylijäämän myyntihinta verkkoon
- Aurinkosähköjärjestelmän käyttöikä
- Aurinkosähköjärjestelmän sijainti vaikuttaa.
- Aurinkosähköjärjestelmän tuoton vuosittainen vähenemä ja muut huoltokulut. /56/

Sähkön hinta muodostuu sähköenergian veroista, hinnasta ja verkkopalvelun hinnasta. Sähköhintojen osuudet voivat vaihdella kulutuksen ja sähkön käyttöpaikan perusteella. Taloudellinen kannattavuus on helppo laskea, kun tiedetään sähkön verollinen kokonaishinta. Aurinkopaneelien säästö voidaan laskea kaavalla vuosituottoarvio kertaa sähkön kokonaishinta. Pääoman vuosittainen tuotto voidaan laskea, kun tiedetään säästö määrää. Näin ollen pääoman vuosittainen tuotto on säästö määrää jaettuna paneelijärjestelmän hinta. Takaisinmaksuaika voidaan laskea, kun tiedetään aurinkosähköjärjestelmän hinta ja yllä oleva säästön hinta vuodessa. Näin takaisinmaksuaika on aurinkosähköjärjestelmän hinta jaettuna säästön määrä vuodessa. Työssä ei kuitenkaan tarvinnut huomioida taloudellista kannattavuutta, aurinkopaneelien käytöstä tulevia säästöjä tai pääoman vuosittaista tuottoa. /39, 82/

Seinäjoen keskussairaala luovutti tutkimusmateriaaliksi 1.12.2019 – 30.11.2020 sähkön kulutuksen tuntidatan. Vertaamalla tätä dataa suunnitellun mukaisen aurinkosähköjärjestelmän laskennalliseen tuottoon voitiin todeta, ettei siitä syntyisi sähköverkkoon myytävää ylijäämäsähköä (Liite 2). Täten kannattavuuslaskelmaan ei tule mukaan huomioitavaksi ylijäämäsähkön myyntihintaa eikä myyntituottoa.

Työhön on kehitetty Excel-laskuri (Liite 3), josta näkee, mikä on aurinkopaneelijärjestelmän takaisinmaksuaika, kun tiedetään sähköntuottoarvio (kWh) ja sähkön hinta (snt/kWh). Sähköntuottoarvioon on huomioitu vuosittainen tuoton vähenemä 0,5 % ja sähkön hintaan sähköhinnan nousu 2 % vuodessa. Kaavassa vain näitä kahta arvoa muuttamalla saadaan selvitettyä aurinkosähköjärjestelmän takaisinmaksuaika. Eri aurinkosähköjärjestelmien vertailussa on käytetty itsetehtyä Excel-kannattavuuslaskuria sekä Finsolarin sivuilta löytyvää kannattavuuslaskuria. Seinäjoen keskussairaalan sähkön ensimmäisen vuoden hinnaksi on laskettu 11,673 snt/kWh, joka muodostuu sähköenergian ostohinnasta, energiaperusteisesta sähkön siirtohinnasta ja sähkövero ja huoltovarmuusmaksusta. Sähköenergian ostohinnasta ja energiaperusteisesta sähkön siirtohinnasta on käytetty vuoden keskihintaa.

Kannattavuuslaskurit osoittivat, että tutkimuksen mukaisilla aurinkopaneeleilla ja hinnoilla järjestelmän takaisinmaksuajaksi tulisi 5 – 10 vuotta. Tutkimuksessa käytetty laskentamalli sisältää invertterin vaihdon yhden kerran järjestelmän elinkaaren aikana. Nykyisten aurinkopaneelien elinikä on noin 30 vuotta ja invertterin elinikä on noin 15 vuotta.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Projektissa käytetyt tutkimusmenetelmät ovat olleet asiakirjatutkimus, haastattelut, kenttätutkimus ja kyselyt. Resurssit ovat riittäneet. Aikataulussa on pysytty hyvin. Työtä hankaloittivat useat varjostavat kohteet Seinäjoen keskussairaalan katoilla. Työtä hankaloitti myös puutteelliset rakennuspiirustukset, sillä työssä on jouduttu itse piirtämään IV-konehuoneita ja selvittämään piirustuksiin missä sijaitsee esimerkiksi mahdolliset lauhduttimet ja poistoilmapuhaltimet.

Työssä käytetyt lähteet ovat virallisia ja kaupallisia tietolähteitä. Virallisia lähteitä ovat esimerkiksi Suomen laki ja Ilmatieteenlaitos. Tällaiset viralliset lähteet ovat luotettavia tutkimustyön tietolähteitä. Kaupallisia tietolähteitä ovat esimerkiksi Helen Oy ja Vattenfall Oy. Näiden kaltaisissa kaupallisissa tietolähteissä on syytä huomioida, että niiden esittämä tieto voi olla yksipuolista ja kaupankäyntiä tukevaa.

Muita tietolähteitä ovat olleet haastattelut, sanomalehdet ja kirjat. Haastateltavat henkilöt ovat olleet oman toimialansa asiantuntijoita ja heidän lausuntojaan voidaan pitää luotettavina. Sanomalehtien antama informaatio on riippuvainen toimittajan asiantuntemuksesta ja siksi sanomalehdet voivat olla tietolähteenä vaihtelevia. Kirjoista toinen on tietokirja ja toinen opetushallituksen hyväksymä oppikirja. Näitä molempia voidaan pitää luotettavana tietolähteenä.

Seinäjoen keskussairaалalle sopisi yhtenä vaihtoehtona tutkimuksen mukainen 454 aurinkopaneelista muodostuva aurinkosähköjärjestelmä sijoitettuna 6 eri rakennusosan katoille, jotka ovat J, H, P, G, F ja F-laajennusosien katot. Tutkimuksessa esiintyvät aurinkopaneelit ovat 300 Wp- ja 335 Wp -tehoisia. Tutkimuksesta saadut aurinkopaneelien hinta-arviot ovat 95 340 – 135 000 €. Tutkimuksen mukaisilla aurinkopaneeleilla ja hinnoilla järjestelmän takaisinmaksuaika olisi 5 – 10 vuotta. Nykyisten aurinkopaneelien elinikä on noin 30 vuotta. Aurinkosähköjärjestelmä ei korvaa jo olemassa olevaa DRUPS-varasähköjärjestelmää. Aurinkosähköjärjestelmän rakentamiseen on haettavissa erilaisia tukimuotoja, kuten energiatuki ja ESCO-hanke. Sopiva tukimuoto on tarkistettava erikseen. Aurinkosähköjärjestelmän rakentamiseen tarvittavat luvat

pitää tarkistaa Seinäjoen rakennusvalvonnasta ja pelastusviranomaisilta, kun rakennuskohteen suunnittelua aloitetaan.

Seinäjoen keskussairaalassa ei saataisi korvattua sähköenergian kulutusta aurinkopaneeleilla kokonaan, mutta aurinkopaneelien käytöllä saataisiin suuret säästöt aurinkopaneelien elinikään huomioiden. Seinäjoen keskussairaalan katoilla on vapaata pinta-alaa mitä voisi käyttää aurinkopaneelien investointiin. Seinäjoen keskussairaala toimisi julkisena esimerkkinä aurinkopaneelien investoijana.

Uusien rakennusosien alkuvaiheen suunnittelussa aurinkopaneelien investointien huomioon ottaminen saattaa laskea aurinkopaneelien investointiin käytettävää rahamäärää ja siksi on hyvä suunnitella aurinkopaneelit katolle muiden toimijoiden kanssa samaan aikaan. Uusia rakennuksia ja remontteja tehdessä kattojen laitteisto kannattaa suunnitella niin, ettei eteläsuuntaan tule korkeimmat kohdat ja varjostavat kohteet, jos myöhemmin on tarkoitus investoida aurinkopaneelisiin ja halutaan varmaa tuottoa.

Seinäjoen keskussairaalassa aurinkosähköjärjestelmien luokse päästäisiin IV-konehuoneiden kautta, mistä saataisiin invertterin lähellä olevat turvakytkimet laukaistua. Oiva opaste aurinkosähköjärjestelmien luokse olisivat huomiokyltit, jotka voitaisiin sijoittaa IV-konehuoneiden etuovien eteen ja vielä IV-konehuoneisiin tarkentamaan mitä kautta pääsee katoille. Aurinkopaneelien vastuuhenkilö olisi tarvittaessa valmiina antamaan lisäapua tarvittaessa palokunnalle, jos pelastusviranomaisilla on jotain kysyttävää aurinkosähköjärjestelmästä ja näin vastuuhenkilön kanssa voitaisiin sopia aurinkosähköjärjestelmän tarkastuksista.

Tässä työssä tehtyä aurinkosähköjärjestelmän suunnittelua on tarpeen jatkaa paneeliketjujen teknisellä suunnittelulla muun muassa paneeliketjujen sarjaankytkennän osalta. Tätä työtä voisi jatkaa myös selvittämällä sopisiko Seinäjoen keskussairaalan M-katolle aurinkopaneeleita, kun M-rakennus on valmistunut rakennusvaiheesta. Samaan aiheeseen voisi tehdä tutkielman paljonko omaa uusiutuvan energian tuottoa saataisiin lisättyä aurinkopaneelien maa- ja

seinäasennuksin. Lisäksi voisi selvittää aurinkovoiman käyttömahdollisuuden asiakkaiden parkkipaikoilla lämmittämään autoja.

Aurinkopaneeleita on olemassa lukuisia eri tehoisia, joten on monia vaihtoehtoja valita, minkälaisen aurinkosähköjärjestelmän haluaa. Tyypillisesti aurinkopaneelien tehojen kasvaessa myös aurinkopaneelien kustannushinta nousee. Näin ollen voidaan päätellä, että aurinkopaneelin hinta on kalleimmillaan silloin, kuin aurinkopaneeli on tehty yksikiteisestä piikennosta ja aurinkopaneelin teho on korkeimmillaan. Kuitenkin tällaisiin aurinkopaneeleihin kannattaa investoida, sillä silloin saadaan korkea hyötysuhde aurinkopaneeleille. Nykyään aurinkopaneelit ovat tehoiltansa tyypillisesti 280w – 550 Wp väliltä. Aurinkopaneelit ovat kehittyneet koko ajan, mutta ei kovin suurella vauhdilla, sillä 300 watin lähellä olevia aurinkopaneeleita on ollut paljon käytössä yrityksillä ja omakotitaloilla. Aurinkopaneelien tehot riippuvat aurinkopaneelien fyysisistä mitoista. Esimerkiksi suureen aurinkopaneeliin mahtuu paljon aurinkokennoja, jolloin tehojen määrä nousee.

Aurinkopaneelien tehojen lisääntyessä useimmiten myös aurinkopaneelin koko fyysisissä mitoissa suurenee hieman. Aurinkopaneelien koon kasvamisen vuoksi asennuspinta-alaa tarvittaisiin enemmän. Täten asennettavien aurinkopaneelien määrä vähenee. Tämä ei kuitenkaan haittaa, sillä aurinkopaneelien suurempi teho kompensoi asennustilan puutteesta aiheutuvan hävikin.

Talvisin aurinkopaneelit, jos pysyvät puhtaina lumesta, tuottavat energiaa paremmin läpi vuoden. Myös jyrkkään asennuskulmaan asennetut aurinkopaneelit ottavat paremmin aurinkoenergiaa käyttöönsä talvisin. Tästä syystä jyrkempi kallistuskulma on parempi aurinkopaneeleille. Talvisin aurinkopaneelien tuotto on pientä ja silloin auringonpaisteen aikaan on kaikista suurimmat varjot, jos aurinko sattuu paistamaan matalalta. Näin myös talvella aurinkopaneeliriveihin saattaisi osua varjoja, jotka saattaisivat häiritä talven tuotantoa. Talven hyvänä puolena on kirkas viileä sää, jolloin lämpöhäviöitä ei pitäisi muodostua aurinkopaneeleihin.

Aurinkopaneeleista saadaan paremmin energiaa läpi vuoden, kun aurinkopaneelit on suunnattu riittävän jyrkkään kallistuskulmaan. 35 – 45 kulman aste on hyvä, kun

halutaan tuottaa paljon energiaa. Kumminkin 45 kulman aste olisi hieman parempi PVGIS-sivuston mukaan. 45 kulman asteessa vain aurinkopaneelien varjojen pituudet kasvavat enemmän, jolloin väli aurinkopaneelirivistä seuraavaan aurinkopaneeliriviin kasvaa. 35 asteen kulma tuottaisi ajalla 28.02 – 13.10 ja 45 asteen kulma tuottaisi ajalla 19.03 – 25.09.

Aurinkopaneelien asennuskulmista voidaan tehdä varmistukseksi vertailu, jossa tarkistetaan, onko 45 asteen kulma oikeasti parempi kuin 35 astetta. Tähän vertailuun tarvitaan esitieto kumpi asennuskulmista olisi parempi aurinkosähköjärjestelmälle ja aika, milloin järjestelmä erityisesti tuottaisi sähköenergiaa. Kun tiedetään nämä kaksi asiaa, voidaan mennä vertailua varten PVGIS-sivustolle, jossa syötetään järjestelmän teho (kWp) laskuriin ja otetaan tuottoarvot 35 ja 45 asteen kulmassa. Tämän jälkeen katsotaan kuukausittaiset tuotot aurinkosähköjärjestelmästä ja poistetaan laskuista ne kuukaudet, jolloin aurinkosähköjärjestelmän ei kuuluisi varjojen perusteella tuottaa sähköenergiaa. Tarvittaessa kuukauden tuoton voi jakaa puoliksi, jos aurinkosähköjärjestelmän tuotto alkaisi kuukauden puolesta välistä. Kämmenlaitteen laskinta käyttämällä saadaan varmin arvio miten paljon aurinkosähköjärjestelmän pitäisi vähimmillään tuottaa, tietyssä kulmassa, jos sääolosuhteet sallivat tuoton. Tällä laskelmalla on saatu, kumpi kallistuskulmista on parempi aurinkosähköjärjestelmälle ja Seinäjoen keskussairaallalle onkin saatu paremmaksi kulmaksi 35 astetta. Tämä on hyvä kulma käytettäväksi Seinäjoen keskussairaalle, sillä varjojen pituudet pienenisivät ja energiaa saataisiin paremmin läpi vuoden. Myös talvella saataisiin jonkun verran energiaa varjoista huolimatta, sillä aurinkopaneelit tuottavat energiaa myös hajasäteilystä, eikä välttämättä suorasäteilyä tarvita. Arviot mitä näistä testeistä saadaan, on lähellä todellisia arvioita, mutta ei 100 % tarkkoja. Riippuen vuodesta miten aurinko paistaa, millaiset sääolosuhteet ovat ja kauanko aurinkosähköjärjestelmä on ollut käytössä. Kumminkaan aurinkopaneelin nimellistehoa ei voi tuotto ylittää, vaikka lämpötila ja säteily aurinkopaneeliin olisi täydellinen.

Aurinkopaneeleihin voi saada 20 % energiatauen. Aurinkopaneeleihin voi kysyä vakuutuksia. Aurinkopaneelien ja muiden komponenttien takuut ja standardit on

aina varmistettava. Asennukset on tarkistettava ennen aurinkosähköjärjestelmän käyttöönottoa ja takuut asennuksille kannattaa varmistaa.

Tutkimustyö osoitti, että aurinkosähköjärjestelmän arviointiin pitäisi kehittää työkalu, jossa on aurinkopaneelien asennussijainti, asennuskulma, säteilyenergia, aurinkopaneelien tehot ja muut kannattavuuteen vaikuttavat tekijät samassa työkalussa. Nykyään aurinkosähköjärjestelmän arvioimiseen joutuu käyttämään monta eri sovellusta ja tietolähdettä, jotta saadaan tuotettua kohteeseen tehokas järjestelmä.

Aurinkovoiman lisäksi voisi olla yksi tutkimusaihe tuulienergian käytöstä Seinäjoen keskussairaalan lähialueella: minne turbiinit sijoitettaisiin, mitä asennustyö maksaisi ja miten paljon aurinko- ja tuulienergialla saataisiin tuotettua energiaa Seinäjoen keskussairaalan tarvitsemasta määrästä. Lisäksi Seinäjoen keskussairaalan lähellä olevasta vesiturbiinista voisi soveltaa tehtävän, miten hätätilanteissa saataisiin uusiutuvalla energialla tuotettua energiaa Seinäjoen keskussairaalan tarpeisiin, jos DRUPS ei toimisi ja vesiturbiini saataisiin kytkettyä Seinäjoen keskussairaalle. Myös tutkielmat kaikista muistakin energiamuodoista voisivat olla hyviä lisäaiheita, kuten aurinkolämpö, biovoimalaitoksen hyödyntäminen, ledivalojen käyttäminen.

Uusina kehittämiskohteina olisivat aurinkopaneelien tasajännitteen katkaiseminen. Tutkimuksessa selvitettäisiin, miten aurinkopaneelien virran tuotto saataisiin katkaistua hätätilanteissa. Yksi tapa aurinkopaneelien tasajännitteen katkaisuun voisi olla uudenlainen systeemi missä etälaukaisimella saataisiin paneeliketjujen päästä invertterille menevät liitokset irtoamaan toisistansa. Tämä edellyttäisi aurinkosähkökaapeleiden tarkkaa merkitsemistä ja piirustusten tekemistä, jotta liitoksien yhteen laittaminen olisi helppoa. Myös mahdollinen turvapeite aurinkopaneelien toiminnan lopettamiseksi on tarpeellinen kehityskohde. Yhtenä kehittämisen aiheena olisi säännöt aurinkosähköjärjestelmille Suomessa siten, että rakennus- tai pelastusviranomaisen vaatisi turvakytkimen käyttöä aurinkosähköjärjestelmässä sekä antaisi luvat aurinkosähköjärjestelmän kytkemiseen.

LÄHTEET

- /1/ Vähähiiliset tiekartat 2035. Hankkeet ja säädösvalmistelu. Ajankohtaisia hankkeita. Helsinki. Työ- ja elinkeinoministeriö. Viitattu 14.5.2020. <https://tem.fi/tiekartat/>
- /2/ Lehto, I., Liuksiala L., Lähde, P., Olenius M., Orrberg M., & Ylinen M. 2019. Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus. 4. painos. Espoo. Sähköinfo Oy.
- /3/ Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030. Keskeiset lähtökohdat ja tavoitteet. Helsinki. Työ- ja elinkeinoministeriö. Viitattu 24.5.2020
<https://tem.fi/documents/1410877/3570111/Kansallinen+energia-+ja+ilmastostrategia+vuoteen+2030+24+11+2016+lopull.pdf/a07ba219-f4ef-47f7-ba39-70c9261d2a63/Kansallinen+energia-+ja+ilmastostrategia+vuoteen+2030+24+11+2016+lopull.pdf>
- /4/ Energiatuki. Vastuualueet. Energia. Energia- ja investointituet. Energiatuki. Helsinki. Työ- ja elinkeinoministeriö. Viitattu 28.5.2020. <https://tem.fi/energiatuki>
- /5/ Energiapolitiikka: yleiset periaatteet. Faktatietoja Euroopan unionista. Euroopan parlamentti. Viitattu 29.5.2020. <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/fi/sheet/68/energiapolitiikka-yleiset-periaatteet>
- /6/ Uusiutuvat energialähteet. Faktatietoja Euroopan unionista. Euroopan parlamentti. Viitattu 29.5.2020. <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/fi/sheet/70/uusiutuvat-energiالاhteet>
- /7/ L 28.12.2017. Valtioneuvoston asetus energiatuen myöntämisen yleisistä ehdoista vuosina 2018–2022. Säädös säädöstietopankki Finlexin sivuilla. Viitattu 30.5.2020. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2017/20171098#P5>
- /8/ Aurinkoenergia on erinomainen valinta. Miksi valitsisin aurinkoenergian? Finnwind. Viitattu 08.6.2020. <https://finnwind.fi/aurinkoenergia/>
- /9/ Varavoimaratkaisu laajan päivystyksen sairaalan vaativiin tarpeisiin. Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri. Viitattu 08.6.2020. <https://www.kwset.fi/fi/epshp/>
- /10/ Jäsenkunnat. Organisaatio. Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri. Viitattu 08.6.2020. <http://www.epshp.fi/sairaanhoitopiiri/organisaatio/jasenkunnat>
- /11/ Auringon säteilyn määrä Suomessa. Aurinkosähkön perusteet. Motiva Oy. Viitattu 10.6.2020. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_p_usteet/auringonsateilyn_maara_suomessa

- /12/ Energiatuki. Suomalaisille asiakkaille. Palvelut. Rahoitus. Energiatuki. Helsinki. Business Finland. Viitattu 15.6.2020.
<https://www.businessfinland.fi/suomalaisille-asiakkaille/palvelut/rahoitus/energiatuki/>
- /13/ Auringosta sähköä. Ratkaisut. Uusiutuva energia. Helsinki. Motiva Oy. Viitattu 16.6.2020.
https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_p_erusteet/auringosta_sahkoa
- /14/ Ylijäämäsiähkön myynti. Ratkaisut. Uusiutuva energia. Helsinki. Motiva Oy. Viitattu 18.6.2020.
https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelman_kaytto/ylijaamasahkon_myynti
- /15/ Aurinkosähköjärjestelmän teho. Ratkaisut. Uusiutuva energia. Aurinkosähkö. Järjestelmän valinta. Motiva Oy. Viitattu 18.6.2020.
https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/aurinkosahkojarjestelman_teho
- /16/ Aurinkosähkötuotannon taloudellinen tukeminen. Uusiutuva energia. Aurinkosähkö. Järjestelmän valinta. Motiva OY. Viitattu 19.6.2020.
https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/aurinkosahkotuotannon_taloudellinen_tukeminen
- /17/ DRUPS- JA RUPS-laitteistot. Varavoimalaitteet. kW-set. Viitattu 01.7.2020.
<https://www.kwset.fi/fi/varavoimalaitteet/drups-laitteistot/>
- /18/ Drups-järjestelmät. Ups-laitteet. Coromatic. Viitattu 01.7.2020.
<https://coromatic.fi/ups-laitteet/drups-jaerjestelmaet/>
- /19/ Machinery Oy on solminut edustussopimuksen Euro-Dieselin kanssa. Ajankohtaista. Machinery. Viitattu 15.7.2020.
https://machinery.fi/machinery/ajankohtaista/machinery-oy-on-solminut-edustussopimuksen-euro-dieselin-kanssa_1.07
- /20/ Usein kysytyt kysymykset. Aurinkosähköstä Suomessa. Helsinki. Naps Solar Systems Oy. Viitattu 13.7.2020 <https://napsolar.com/fi/aurinkosahko/usein-kysytyt-kysymykset>
- /21/ Diesel Rotary UPS System (DRUPS) in Dual Output Operation. Euro-Diesel. YouTube. Viitattu 1.07.2020. <https://www.youtube.com/watch?v=PFcCJVIg2G8>
- /22/ Aurinkopaneeli yritykset. Aurinkopaneelien asennus painoperusteisesti tasakatolle. Aurinkopaneelitarjous.fi. Viitattu 22.7.2020.
<https://aurinkopaneelitarjous.fi/aurinkopaneeli-yritykset>

- /23/ Aurinkopaneeli. Aurinkopaneeli UKK. Aurinkopaneelitarjous.fi. Viitattu 22.7.2020. <https://aurinkopaneelitarjous.fi/aurinkopaneeli/index>
- /24/ Aurinkopaneeli. Osto-opas. Vattenfall. Viitattu 24.7.2020. <https://www.vattenfall.fi/aurinkopaneeli/aurinkopaneelien-osto-opas/>
- /25/ Tietoa aurinkosähköstä. Solarvoima. Viitattu 02.9.2020. <https://solarvoima.fi/tietoa-aurinkosahkosta/>
- /26/ Aurinkosähkö. Naps Solar Systems Oy. Viitattu 13.9.2020. <https://napsolar.com/fi/aurinkosahko>
- /27/ Puustinen, P. 2020. Ylläpitopäällikkö. Espoon kaupunki/Tilapalveluliikelaitos. Haastattelu 30.9.2020
- /28/ Aurinkopaneelit toimivat Suomessa hyvin. Suomela.fi. Viitattu 4.10.2020. <https://www.suomela.fi/aurinkopaneelit-toimivat-suomessa-hyvin/>
- /29/ T&T: Aurinkopaneeleissa vilppiä ja harhaanjohtamista. Verkkouutiset.fi. Viitattu 11.10.2020. <https://www.verkkouutiset.fi/tt-aurinkopaneeleissa-vilppia-ja-harhaanjohtamista/#1d7ba945>
- /30/ Horttanainen, J. 2020. Kiinteistöpalvelujen valvoja. Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri. Haastattelu 14.10.2020
- /31/ Holopainen, H. 2020. Sähkö tekee aurinkopaneeleista tulipalossa vaarallisen – erityisesti tee-se-itse -asennukset huolestuttavat. Uutiset. yle.fi <https://yle.fi/uutiset/3-11230928>
- /32/ Suomella on hyvät mahdollisuudet kestäväen kehityksen mukaiseen ekologiseen jälleenrakentamiseen. Helsinki. Valtioneuvosto. Viitattu 18.11.2020. <https://valtioneuvosto.fi/marinin-hallitus/hallitusohjelma/hiilineutraali-ja-luonnon-monimuotoisuuden-turvaava-suomi>. 7.11
- /33/ Aurinkosähköteknologiat. Motiva. Viitattu 8.11.2020. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelmat/aurinkosahkoteknologiat
- /34/ FAQ aurinkopaneeli usein kysyttyä. Finnwind. Viitattu 8.11.2020 <https://finnwind.fi/aurinkopaneeli-usein-kysyttya/>
- /35/ Verkkoonkytkettävät järjestelmät on-grid. Sunwind. Sunwind.fi. Viitattu 10.11.2020. <https://www.sunwind.fi/product/category/?cap=193>
- /36/ Luomaranta, T. 2020. Toimitusjohtaja. Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri/MRC Mediwest Research Center Oy. Haastattelu 11.11.2020
- /37/ Miten aurinkosähkö tuotetaan? Aurinkopaneelien toimintaperiaate. Vattenfall. Viitattu 18.11.2020. <https://www.vattenfall.fi/sahkosopimukset/tuotantomuodot/aurinkovoima/>

/38/ Koistinen, A. 2018. Mullistava suomalainen aurinkokenno voi tuottaa sähköä jopa talvipäivänä – Tehdasvalmistus olisi mahdollista, vain valmistaja puuttuu. Uutiset. Yle.fi. <https://yle.fi/uutiset/3-10396028>

/39/ Aurinkosähköjärjestelmän hankinta on kannattava investointi. Lumo Energia Oyj. Viitattu 18.11.2020. <https://www.lumoenergia.fi/aurinkopaneelit/aurinkopaneelien-hankinta-on-kannattava-investointi/>

/40/ Half-cut parantaa aurinkopaneelien hyötysuhdetta, suorituskykyä ja kestävyyttä Half-cut aurinkopaneeli – mitä tarkoittaa half-cut? Viitattu 19.11.2020. <https://aurinkopaneelitarjous.fi/blog/half-cut-parantaa-aurinkopaneelin-hy%C3%B6tysuhdetta-suorituskyky%C3%A4-ja-kest%C3%A4vytt%C3%A4>

/41/ Half-cut aurinkopaneelit. Aurinkocenter. Viitattu 19.11.2020. <https://www.aurinkocenter.fi/info/half-cut-aurinkopaneelit>

/42/ Pitkäranta, P. Viitattu 2020. Oulun yliopiston tutkimus: Perhosten siivistä on löytynyt ratkaisu tehokkaampaan aurinkoenergiaan. Uutiset. Yle.fi <https://yle.fi/uutiset/3-11414880>

/43/ Aurinkopaneeleista tehtiin lupaava havainto: Kaksipuolisuus parantaa tehoa hämmästyttävällä tavalla. mtvuutiset. Viitattu 19.11.2020. <https://www.mtvuutiset.fi/artikkeli/aurinkopaneeleista-tehtiin-lupaava-havainto-kaksipuolisuus-parantaa-tehoa-hammastyttavalla-tavalla/7843656>

/44/ Kysymyksiä aurinkosähköstä. Aurinkovirta.fi. Viitattu 20.11.2020 <http://www.aurinkovirta.fi/aurinkosahko/kysymyksia/>

/45/ Invertteri. Aurinkovirta.fi. Viitattu 20.11.2020 <https://www.aurinkovirta.fi/aurinkosahko/aurinkovoimala/invertteri/>

/46/ Sähköliittymän toimitusta koskevat ohjeet. Seiverkot Oy. Viitattu 21.11.2020. <https://seiverkot.fi/wordpress/wp-content/uploads/2020/04/Sa%CC%88hko%CC%88liittyma%CC%88n-toimitusta-koskevat-ohjeet.pdf>

/47/ Mikrotuotantolaitoksen kytkeminen. Sähköala.fi. Viitattu 21.11.2020 https://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/Asennussuositukset/kytkennat_ja_liitannat/fi_FI/8-2011/

/48/ Aurinkopaneelien hankintaopas. Helen.fi. Viitattu 21.11.2020. https://www.helen.fi/globalassets/aurinko/aurinkopaneelien_hankintaopas.pdf

/49/ Usein kysytyt kysymykset. Green Connect Oy. Viitattu 21.11.2020. <http://greenconnect.fi/aurinkoshkjrstelmt#new-page-23>

/50/ Miten aurinkopaneeli toimii? Solarvoima.fi. Viitattu 22.11.2020
<https://solarvoima.fi/miten-aurinkopaneeli-toimii/>

/51/ Aurinkoenergia on uskomaton voimavara. Powera.fi. Viitattu 22.11.2020
<https://www.powera.fi/aurinkoenergia-on-uskomaton-voimavara>

/52/ Yritykset. JTJ-Solar Oy. Viitattu 22.11.2020 <https://www.jtj-solar.fi/yritykset/>

/53/ Aurinkosähköjärjestelmän mitoitus. Ratkaisut. Uusiutuva energia. Helsinki. Motiva Oy. Viitattu 22.11.2020
https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/hankinta_ja_asennus/aurinkosahkojarjestelman_mitoitus

/54/ Mitä tarkoittaa aurinkopaneelin nimellisteho? Miten aurinkopaneelien tuotto arvioidaan? Viitattu 22.11.2020
<https://aurinkopaneelitarjous.fi/blog/mit%C3%A4-tarkoittaa-aurinkopaneelin-nimellisteho-miten-aurinkopaneelien-tuotto-arvioidaan>

/55/ Aurinkosähköjärjestelmän mitoitus, asennus ja huolto. Nivos.fi. Viitattu 22.11.2020 <https://www.nivos.fi/aurinkosahkojarjestelman-mitoitus-asennus-ja-huolto>

/56/ Aurinkosähköjärjestelmien hintatasot ja kannattavuus. Finsolar.net. Viitattu 22.11.2020 <https://finsolar.net/kannattavuus/aurinkosahkon-hinnat-ja-kannattavuus/>

/57/ Aurinkosähköjärjestelmän kannattava mitoitus. Finsolar.net. Viitattu 22.11.2020. <https://finsolar.net/kannattavuus/aurinkosahkon-hinnat-ja-kannattavuus/aurinkosahkojarjestelman-kannattava-mitoitus-2/>

/58/ Usein kysyttyä aurinkopaneeleista. Vattenfall.fi. Viitattu 22.11.2020
<https://www.vattenfall.fi/asiakaspalvelu/usein-kysytyja-kysymyksia/usein-kysyttya-aurinkopaneeleista/>

/59/ Lupa-asiat. Ratkaisut. Uusiutuva energia. Helsinki. Motiva Oy. Viitattu 22.11.2020.
https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/ennen_jarjestelman_hankintaa/lupa-asiat

/60/ Aurinkopaneelien asentaminen. Ratkaisut. Uusiutuva energia. Helsinki. Motiva Oy. Viitattu 22.11.2020.
https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/hankinta_ja_asennus/aurinkopaneelien_asentaminen

/61/ Aurinkopaneelien sijoitus ja suuntaus. Aurinkosähkökotiin.fi. Viitattu 22.11.2020. <https://aurinkosahkoakotiin.fi/aurinkopaneelien-sijoitus-ja-suuntaus/>

/62/ Aurinkopaneelit. Arevasolar.fi. Viitattu 22.11.2020.
<http://www.arevasolar.fi/fi/aurinkopaneelit>

/63/ Aurinkopaneeli. Arevasolar.fi. Viitattu 22.11.2020.
<http://www.arevasolar.fi/fi/aurinkopaneeli>

/64/ Lehto, H. Viitattu 22.11.2020. Kannattaako hankkia aurinkopaneelit? Asiantuntija laskee mikä on aurinkopaneelien takaisinmaksuaika. Uutinen. Keskipohjanmaa.fi. <https://www.keskipohjanmaa.fi/uutinen/567985>

/65/ Uskoisitko että tämä on aurinkopaneeli? Suomela.fi. Viitattu 22.11.2020.
<https://www.suomela.fi/aurinkopaneeli-sisustuselementtina>

/66/ Paneelin rakenne. Suntekno.fi. Viitattu 22.11.2020.
<http://suntekno.bonsait.fi/fi/page/26>

/67/ Vallin, H. Viitattu 23.11.2020. Onko se edes mahdollista? Nakkila hankki aurinkovoimalan, joka ei maksa juuri mitään. Uutinen. Satakunnankansa.fi
<https://www.satakunnankansa.fi/a/14121512>

/68/ Niinivuo, S. Viitattu 23.11.2020. Älä osta aurinkopaneeleita turhaan – järjestelmiä myydään myös paikkoihin, joihin ne eivät sovellu. Uutinen. Taloussanommat. <https://www.is.fi/taloussanommat/oma-raha/art-2000006563492.html>

/69/ Hyödyllistä tietoa aurinkopaneeleista. Keravanenergia.fi. Viitattu 23.11.2020.
<https://www.keravanenergia.fi/fi/energiarempa/aurinkopaneelit/hyodyllista-tietoa-aurinkopaneeleista/>

/70/ Organisaatio. Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri. Viitattu 08.6.2020.
<https://www.epshp.fi/sairaanhoitopiiri/organisaatio>

/71/ Karvonen, R. Viitattu 23.11.2020. Lumikuorma saattaa rikkoa aurinkopaneelin – suomalaiset insinöörit kehittivät talven kestävän ratkaisun. Uutinen. Maaseuduntulevaisuus.fi. <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/tiede-tekniikka/artikkeli-1.1150176>

/72/ Aurinkopaneeleilla uusiutuvaa energiaa omalta katolta. Helen.fi. Viitattu 23.11.2020. <https://www.helen.fi/aurinkopaneelit/aurinkopaneelipaketit>

/73/ Aurinkoenergian hyödyntäminen Suomessa. Caverion.fi. Viitattu 23.11.2020.
<https://www.caverion.fi/jarjestelmat-ja-tuotteet/sahkoistys/aurinkosahko>

/74/ Vikavirtasuoja. STEK.fi. Viitattu 23.11.2020.
<https://stek.fi/sahkoasennuksen-suojausperiaatteet/vikavirtasuoja/>

/75/ Rakennuksen sähkölaitteistojen maadoitukset. Sähköala.fi. Viitattu 23.11.2020.
https://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/artikkelit/asennukset/fi_FI/maadoitukset/

/76/ BloombergNEF PV Module Tier 1 List Methodology. BloombergNEF. Viitattu 23.11.2020.

https://data.bloomberglp.com/bnef/sites/4/2012/12/bnef_2012-12-03_PVModuleTiering.pdf

/77/ Aurinkopaneelimme. Lumme-energia.fi. Viitattu 23.11.2020.

<https://www.lumme-energia.fi/aurinkosahko/laadukkaat-aurinkopaneelimme>

/78/ Suomen lumikuormastandardin vaatimukset aurinkopaneelien painolliselle tasakattoasennukselle. Finnwind.fi. Viitattu 23.11.2020.

<https://finnwind.fi/suomen-lumikuormastandardin-vaatimukset-aurinkopaneelien-painolliselle-tasakattoasennukselle/>

/79/ Auringon säteily ja kirkkausvaihtelut. Ilmatieteenlaitos.fi Viitattu 25.11.2020.

<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/sateily-ja-kirkkausvaihtelut>

/80/ Lampila, J. Viitattu 25.11.2020. Auringon potentiaali. Uutinen.

Energiatalous.fi. <https://www.energiatalous.fi/?p=305>

/81/ Vuorela, J. Viitattu 25.11.2020. Totta vai tarua: aurinkoenergian tuotanto Suomessa kannattaa, vaikka täällä on pimeää, pilvistä ja talvella lunta.

<https://www.helen.fi/asiakaspalvelu/ajankohtaista/arjessa/aurinkoenergia/totta-vai-tarua>

/82/ Sähkön ostajalle. Energiavirasto.fi. Viitattu 25.11.2020.

<https://energiavirasto.fi/sahkon-ostaminen>

/83/ Nopea toiminta esti vakavamman onnettomuuden Launeen Prismassa:

Tulipalo syttyi todennäköisesti aurinkosähköjärjestelmästä. Päijät-Hämeen pelastuslaitos. Viitattu 25.11.2020. <https://www.phpela.fi/nopea-toiminta-esti-vakavamman-onnettomuuden-launeen-prismassa-tulipalo-syttyi-todennakoisesti-aurinkosahkojarjestelmasta/>

/84/ Aurinkopaneelien asentaminen. Ratkaisut. Uusiutuva energia. Helsinki.

Motiva Oy. Viitattu 25.11.2020.

https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/hankinta_ja_asennus/aurinkopaneelien_asentaminen

/85/ Huhtinen, M., Korhonen, R., Pimiä, T., & Urpalainen S. 2016. Voimalaitostekniikka. 3.painos. Helsinki. Opetushallitus.

/86/ ESCO-hankkeiden tuki. Ratkaisut. Energiakatselmustoiminta. Helsinki.

Motiva Oy. Viitattu 28.11.2020.

https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiakatselmustoiminta/tem_n_tukemat_energia_katselmukset/katselmus_ ja_investointituet/esco-hankkeiden_tuki

/87/ Lahma, S. 2020. Palotarkastaja/kemikaalitarkastaja. Etelä-Pohjanmaan pelastuslaitos. Puhelinhaastattelu 26.11.2020

/88/ Hietalahti, M. 2020. Palomestari. Etelä-Pohjanmaan pelastuslaitos. Puhelinhaastattelu 26.11.2020

/89/ Happonen, J. Viitattu 26.11.2020. Uusi laki tuli voimaan: Nyt aurinkopaneelien käyttö on helpompaa, lupaa ei välttämättä enää tarvita. Uutinen. Aamulehti.fi. <https://www.aamulehti.fi/kotimaa/art-2000007251930.html>

/90/ L 1135/2016. Sähköturvallisuuslaki. Säädös säädöstietopankki Finlexin sivuilla. Viitattu 01.12.2020. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161135>

/91/ L 30.12.2010/1396. Laki uusiutuvilla energialähteillä tuotetun sähkön tuotantotuesta. Viitattu 01.12.2020. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2010/20101396>

/92/ Kannattavuuslaskurit. Finsolar.net. Viitattu 4.12.2020. <https://finsolar.net/kannattavuus/kannattavuuslaskurit/>

/93/ Paikkatietoikkuna. Paikkatietoikkuna.fi. Viitattu 01.6.2020. <https://kartta.paikkatietoikkuna.fi/>

/94/ EU Science hub. The European Commission's science and knowledge service. Viitattu 20.07.2020. <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>

/95/ Verkkoon liitetty aurinkosähköjärjestelmä. Ratkaisut. Uusiutuva energia. Helsinki. Motiva Oy. Viitattu 19.12.2020. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/tarvittava_laitteisto/verkkoon_liitetty_aurinkosahkojarjestelma

/96/ Aurinkosähköjärjestelmät. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). Viitattu 20.12.2020. <https://tukes.fi/sahko/sahkotyot-ja-urakointi/aurinkosahkojarjestelmat>

LIITE 1. Sairaaloiden haastattelupohja

1. Kuinka monta aurinkopaneelia on aurinkosähköjärjestelmässänne?

2. Mikä on koko aurinkosähköjärjestelmänne teho?

3. Minkä merkkiset ovat aurinkopaneelinne?

4. Minkä kokoiset ovat aurinkopaneelinne mitoiltaan (leveys, pituus, korkeus)?

5. Minkä tehoiset ovat aurinkopaneelinne?

6. Kuinka kauan aurinkosähköjärjestelmänne on ollut käytössä?

14. Minkä niminen asennusfirma asensi teille aurinkopaneelit?

15. Mikä sai Teidät hankkimaan aurinkopaneelit?

16. Mihin olette kohdistaneet aurinkoenergian tuoton sairaalassanne?

17. Ovatko aurinkopaneelit toimineet odotetusti?

18. Miten aurinkopaneelien toiminta on toteutettu vika- tai ongelmatilanteissa, kuten tulipalon, ukkosen tai valtakunnallisen sähkökatkoksen aikaan?

19. Ovatko aurinkopaneelinne tarvinneet huoltotoimenpiteitä? Jos on niin mitä? Viekö kauan, jos aurinkopaneelinne ovat tarvinneet huoltotoimenpiteitä?

20. Onko aurinkopaneelien käytöstä ja asennuksista tullut mieleen mitään erityistä huomioitavaa, mitä pitäisi huomioida asennuksia tehdessä?

21. Olisiko aurinkopaneelien hankinnassa tai asennuksissa pitänyt tehdä jotain toisin?

22. Olisitteko valmiit investoimaan uudelleen samanlaiseen aurinkosähköjärjestelmään, joka on juuri käytössänne? Jos olisitte niin miksi? Jos ette olisi niin miksi?

23. Onko muita huomiota aurinkoenergiaan liittyen?

Kiitos vastauksistanne!

LIITE 2. Laskelma aurinkosähkön ensimmäisen vuoden tuotosta Seinäjoen keskussairaalalla

=JOS(G11-C11<0;0;G11-C11)												
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
Aurinkosähköjärjestelmän mitoituksen arvioimiseksi täytä lähtötiedot punaisiin soluihin:												
4	Aurinkosähköjärjestelmän koko tehona Wp		152090	Wp								
5	Aurinkosähköjärjestelmän hyötysuhde % (suhde, jolla säteily määrä saadaan talteen)		20	%								
6	Kiinteistön vuorokausikohtaisesta sähkönkulutuksesta maksimiosuus, jonka voi tuottaa omalla aurinkosähköllä %		100	%								
7	Järjestelmän koko paneelin pinta-alana m2		773,975568	neliometriä								
8												
9												
10	Kuukaudet	Päivien määrä kuukaudessa	Kiinteistön kuukausikohtainen sähkönkulutus kWh/kk	Auringonsäteily kWh/m2/pv sijainnin mukaan	Sähkön ostohinta €/kWh/kk	Aurinkosähkön ylijäämän myyntihinta €/MWh/kk	Aurinkosähkön tuotanto kWh/kk	Aurinkosähköä omaan käyttöön kWh	Aurinkosähköä myyntiin kWh	Sähkön ostotarve kWh	Omaan käyttöön tuotetun aurinkosähkön arvo €	Sähkön myyntitulot €
11	Tammikuu	31	1564000	0,32	0,1	20,0	1528	1528	0	1562472	178,35 €	0,00 €
12	Helmi	28	1389000	1,10	0,1	20,0	4744	4744	0	1384256	553,75 €	0,00 €
13	Maaliskuu	31	1495000	2,44	0,1	20,0	11650	11650	0	1483350	1 359,92 €	0,00 €
14	Huhtikuu	30	1427000	3,96	0,1	20,0	18298	18298	0	1408702	2 135,89 €	0,00 €
15	Toukokuu	31	1480000	5,41	0,1	20,0	25831	25831	0	1454169	3 015,24 €	0,00 €
16	Kesäkuu	30	1471000	5,63	0,1	20,0	26014	26014	0	1444986	3 036,63 €	0,00 €
17	Heinäkuu	31	1499000	5,60	0,1	20,0	26738	26738	0	1472262	3 121,13 €	0,00 €
18	Elokuu	31	1501000	4,09	0,1	20,0	19528	19528	0	1481472	2 279,54 €	0,00 €
19	Syyskuu	30	1405000	2,54	0,1	20,0	11736	11736	0	1393264	1 369,99 €	0,00 €
20	Lokakuu	31	1367000	1,18	0,1	20,0	5634	5634	0	1361366	657,67 €	0,00 €
21	Marraskuu	30	1441000	0,50	0,1	20,0	2310	2310	0	1438690	269,68 €	0,00 €
22	Joulukuu	31	1455000	0,20	0,1	20,0	955	955	0	1454045	111,47 €	0,00 €
23	Yhteensä	365	17494000				154967	154967	0	17339033	18 089,3 €	0,0 €
24												
25	Aurinkosähköjärjestelmän vuosituotto			154967	kWh/v							
26	Aurinkosähkön myynnin tai ylijäämän osuus %			0	%							

LIITE 4. Aurinkosähköjärjestelmän urakkakysely

1. Paljonko aurinkopaneelit maksaisivat?
2. Aurinkosähköjärjestelmän avaimet käteen -investointikustannus €
(laitteet ja asennus) alv-hinta ja hinta ilman arvonlisäveroa?
3. Mikä on yhden aurinkopaneelin yksikköhinta?
4. Mikä on näiden aurinkopaneelien alkuperämaa?
5. Mikä on aurinkokennotyyppi?
6. Minkä tehoisia aurinkopaneelit olisivat?
7. Mikä on aurinkopaneelien hyötysuhde %?
8. Mikä on aurinkopaneelien pituus, leveys, korkeus ja paino?
9. Kuinka paljon aurinkopaneelit kestäisivät lumikuormaa?

10. Sisältyisikö urakkaan tarvittavien lupien hoito aurinkopaneelien asennuksien kannalta?

11. Montako invertteriä tulisi mukaan ja mitä ne maksavat? Invertterit tulee sijoittaa konehuoneisiin.

12. Mikä on inverttereiden teho, malli ja hinta?