

Mikko Ojakoski

**AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMIEN HUOLTO- JA KUNNOSSAPI-
TOSUUNNITELMA**

AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMIEN HUOLTO- JA KUNNOSSAPITOSUUNNITELMA

Mikko Ojakoski
Insinöörityö
Kevät 2020
Energiatekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Energiatekniikan tunkinto-ohjelma

Tekijä: Mikko Ojakoski

Opinnäytetyön nimi suomeksi: Aurinkosähköjärjestelmien huolto- ja kunnossapito-ohjelma

Työn ohjaaja(t): Jukka Ylikunnari

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2020

Sivumäärä: 47 + 3 liitettä

Työn tavoitteena oli tehdä toimiva ja kannattava liiketoimintarakenne aurinkosähköjärjestelmien huoltoon ja kunnossapitoon. Aurinkosähköjärjestelmien huolto- ja kunnossapito-ohjelma antaa hyvän kuvan mahdollisen huolto-ohjelman tarpeista, rakenteesta ja kustannuksista. Työ tehdään tutkimustyönä, jossa myös suoritetaan alustavia tarkastuskäyntejä kustannusrakenteen luomiseksi. Työ tehtiin Oulun Sähkönmyynti Oy:n tilauksesta.

Huolto- ja kunnossapito ollut jo pitkään oma segmentti sähköntuotannossa ja nyt on aika tuoda se aurinkosähkötuotantoon, että saadaan jatkossakin aurinkosähköä energiatehokkaasti koko järjestelmän elinkaaren ajan. Työssä haetaan toimivaa mallia jo toiminnassa hyväksi todetuista käytö ja kunnossapito-ohjelmista Euroopasta.

Työssä suoritettu vuositarkastus, varaosien ja työntekijöiden kustannukset antoivat pohjaa kannattavuuslaskuille, joiden perusteella todetaan huolto- ja kunnossapitosuunnitelma kannattavaksi liiketoiminnaksi. Oulun Sähkönmyynti Oy:lle suoritettu työ on pohja, jota voi käyttää huolto-ohjelman kehittämiseen ja jolla helpottaa huolto-ohjelman tuomista aurinkosähkötoimituksien rinnalle omaksi segmentiksi.

Asiasanat: aurinkosähkö, huolto,

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Energy Technology

Author: Mikko Ojakoski

Title of thesis: Photovoltaic system service and maintenance program

Supervisor: Jukka Ylikunnari

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2020

Pages: 47 + 3 appendices

The aim of the thesis was to make a functional and profitable business structure for maintenance and servicing of solar photovoltaic systems. The photovoltaic system service and maintenance program gives a good idea of the needs, structure and cost of a potential maintenance program. The work will be done in the form of research, which will also include preliminary verification visits to establish the cost structure. The work was commissioned by Oulun Sähkönnmyynti Oy.

Service and maintenance has long been a separate segment in power generation, and now is the time to bring it into solar power generation to continue to provide solar power efficiently throughout the system's life cycle. The work seeks a workable model of already proven operational and maintenance programs in Europe.

The annual inspection of the work, the cost of spare parts and employees provided the basis for the profitability calculations, which are used to establish a service and maintenance plan as a profitable business. The work done for Oulun Sähkönnmyynti Oy is a base that can be used to develop a maintenance program and make it easier to bring the maintenance program into a separate segment alongside solar power supplies.

Keywords: photovoltaic, maintenance,

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
2 AURINKOSÄHKÖVOIMALOIDEN HUOLTO- JA KUNNOSSAPITO	9
2.1 Huolto ja kunnossapito maailmalla	9
2.2 Huolto- ja kunnossapitokustannukset maailmalla	11
3 HUOLTO- JA KUNNOSSAPITOSUUNNITELMA	14
3.1 Ennakoiva vuosihoito ja valmistelu	14
3.2 Vaihtosuuntaajat	14
3.3 Aurinkopaneelit	16
3.4 Kattotelineet	16
3.5 AC- ja DC-kaapelointi	19
3.6 Läpiviennit	21
3.7 Turvakytkimet	22
4 TURVALLISUUS	23
4.1 Sähkötyöturvallisuus	23
4.2 Työskentely katolla	24
4.3 Paloturvallisuus	24
5 HUOLTOLAITTEISTO JA SEURANTAJÄRJESTELMÄT	25
5.1 Seurantajärjestelmät	25
5.2 SMA Sunny Portal	25
5.3 Mittarit ja testilaitteet	25
5.4 Lämpökamera	26
5.5 FLIR- ja Fluke-lämpökamerat	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
6 VARAOSAT	30
7 ROOLIT JA VASTUUT	32
7.1 Henkilöstö	32
7.2 Koulutus	33
7.3 Ulkopuoliset palvelut	33
8 LIIKETOIMINTASUUNNITELMA	34

8.1 Liikeidea	34
8.2 Resurssit ja osaaminen	34
8.3 Tavarantoimittajat	34
8.4 Rakenne ja verkostot	35
8.5 Asiakkaat ja markkinat	35
8.6 Kilpailutilanne	36
8.7 Palvelut ja tuotteet	36
8.8 Huoltosopimus	38
8.9 Huoltotoimet	38
8.10 Vikatilanteessa	39
9 TULOVIIRAT	40
9.1 Kuluttajat	41
9.2 Yritykset	42
9.3 Kannattavuus	42
10 RISKIEN ARVIOINTI	43
11 YHTEENVETO	44
LÄHTEET	45
LIITTEET	
Liite 1 Pelastuskortti	
Liite 2 Vuositarkastus	
Liite 3 Vuositarkastusraportti	

1 JOHDANTO

Aurinkosähkö- eli PV-voimaloiden (photovoltaic) osuus sähköntuotannossa on kasvanut maailmalla ja myös Suomessa merkittävästi viime vuosina. Suomessa aurinkosähkön osuus sähköntuotannossa on noin 0,2 prosenttia. Kasvavan uusiutuvan energian kysynnän ja suosion vuoksi, uusiutuvat energialähteet ovat ottamassa isompaa osaa Suomen sähköntuotannosta, minkä takia kasvaa aurinkosähkön tarve jatkossakin. (1.)

Yksi syy miksi aurinkosähkön pientuotanto on kasvanut Suomessa kovalla vauhdilla, on Business Finlandin tarjoama energiatuki. Energiatuen keskeisenä tarkoituksena on edistää uusien ja innovatiivisten ratkaisujen kehittämistä Suomessa, jotta energiajärjestelmä menisi kohti vähähiilisyyttä. Business Finland tarjoaa yrityksille energiatukea, jota myönnetään investointi ja selvityshankkeisiin, jotka edistävät Suomen uusiutuvan energian tuotantoa ja käyttöä. Energiatukea myönnetään kaiken kokoisille yrityksille ja yhteisöille, kuten kunnille, seurakunnille ja säätiöille. (2.)

Termodynamiikan toisen perussäännön mukaan prosessit ovat muuttuvia. Muutumisesta seuraa kulumista, josta seuraa puolestaan rikkoontumista. Huolto- ja kunnossapito on keino vastustaa tätä rikkoontumista. Aurinkosähkövoimaloiden kannattavuuden kannalta on tärkeää, että voimalat on mitoitettu oikein ja niiden käyttö on optimaalista. Tehokkaalla käytöllä tarkoitetaan, että aurinkosähkövoimalat ovat käynnissä koko elinkaarensa ajan. Siihen voidaan vaikuttaa tehokkaalla kunnossapidolla, joka tarkoittaa, että kunnossapitäjät osaavat laatia mahdollisimman järkevät kunnossapitostrategiat ja toteuttaa ne niin, että voimalan energiatehokkuus pysyisi mahdollisimman hyvänä. (3, s. 11 – 14.)

Kasvavien aurinkosähkövoimalatoimituksien vuoksi on tärkeää alkaa suunnittelemaan toimivaa huolto- ja kunnossapito-ohjelmaa, että voimalat saadaan pidettyä energiatehokkaina koko laitoksen elinkaaren ajan. Voimaloiden huoltotarve on ollut melko pientä tähän mennessä ja huoltoja on tehty vasta joihinkin satunnaisiin aurinkosähkövoimaloihin. Voimaloiden takuuajojen ollessa lopussa voi asiakkaalle tulla pienenkin vian korjaaminen kalliiksi. Aurinkosähkötuotanto on

melko nuori teknologia Suomessa, joten PV-voimaloiden todellisesta huoltotarpeesta ei vielä tiedetä juuri mitään, mutta Euroopassa aurinkosähkölaitosten toimittamisen rinnalle on syntynyt kokonaan uusi segmentti huollosta ja kunnossapidosta.

Tämän opinnäytetyö tehdään toimeksiantajan Oulun Energian tytäryhtiön Oulun Sähkönmyynnin työntekijän aloitteesta. Työn tavoitteena on tehdä huolto- ja kunnossapitosuunnitelma PV-voimaloille. Tarkoituksena on tehdä työstä valmis malli, jota voidaan hyödyntää mahdollisesti Oulun Energian PV-voimaloiden huoltoon ja kunnossapitoon tehokkaasti, kannattavasti ja asiakkaalle huolettomasti.

Oulun Sähkönmyynti Oy on Suomen johtava aurinkosähkövoimaloita toimittava yritys. Oulun Energian ensimmäinen aurinkosähköjärjestelmä valmistui vuonna 2015 Oulun Ruskoon sanomalehti Kalevan katolle. Onnistunut toimitus vaikutti ratkaisevasti yrityksen päätökseen lähteä B2B-aurinkosähköliiketoimintaan. Yrityksen päätös lähteä mukaan aurinkoliiketoimintaa on osoittautunut kannattavaksi. Oulun Sähkönmyynti onkin tuplannut vuosittain toimituksiensa määrän ja vuonna 2019 aurinkopaneeleita toimitettiin jo 6,9 MW:n edestä. (4.)

2 AURINKOSÄHKÖVOIMALOIDEN HUOLTO- JA KUNNOSSAPITO

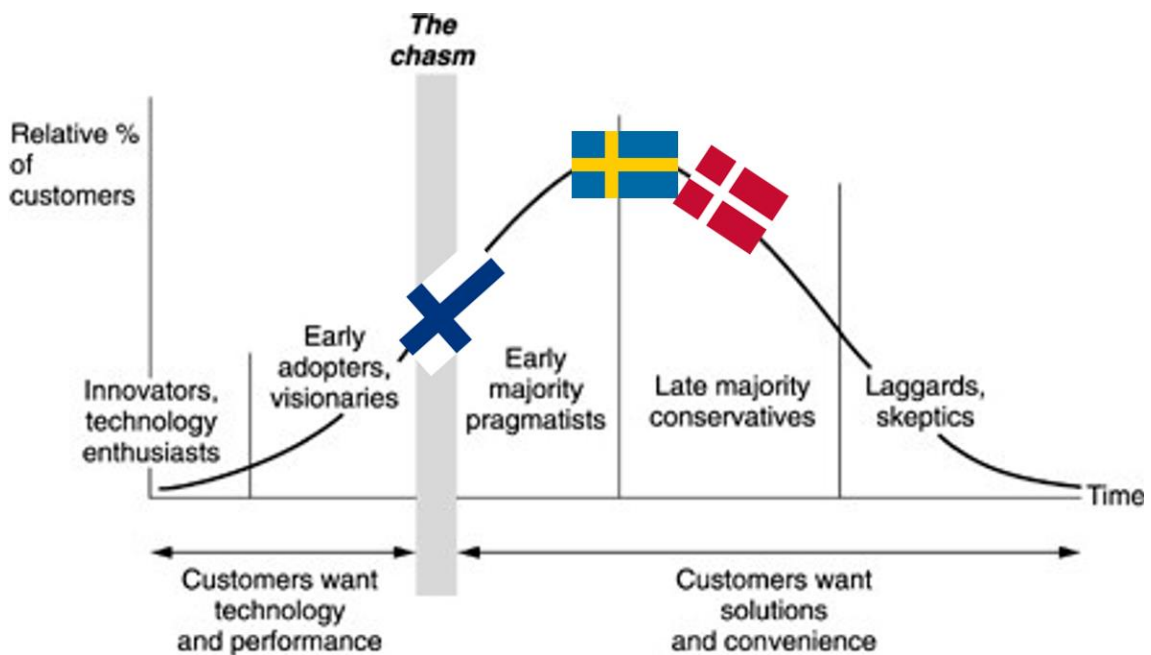
Aurinkosähköjärjestelmän pitkän jopa yli 30 vuoden elinkaaren edellytyksenä on laadukkaat komponentit, asennustyö ja kunnossapito. Kun mahdollisuudet tuottaa enemmän energiaa aurinkovoiman kautta kasvaa, tarve ylläpitää voimalaitoksia tulee yhä tärkeämmäksi. Tyypillinen aurinkosähkövoimala pystyy toimimaan 20 - 30 vuotta. Vaikka aurinkovoimala ei tarvitse yhtä paljon huoltoa muihin voimaloihin verrattuna, niin käyttö- ja kunnossapitokysymyksiin on silti puututtava tietyissä vaiheissa. Kuten mikä tahansa voimalaitos, myös toiminnassa oleva aurinkovoimala vaatii ylläpitoa. Aurinkovoimalan vanhentuessa kunnossapidosta tulee yhä tärkeämpää pitämään laitoksen toimintakyky ennallaan. Laitoskoon kasvaessa jokaisen uuden hankkeen myötä, kehittäjät odottavat parempaa suorituskykyä, joten laitoksen käytöstä ja kunnossapidosta on tullut tärkeämpää, koska se vaikuttaa laitoksen yleiseen kannattavuuteen ja IRR-arvoihin (Internal Rate of Return) merkittävästi. (5.)

2.1 Huolto ja kunnossapito maailmalla

Euroopassa aurinkosähkövoimaloiden käytöstä ja ylläpidosta on muodostunut oma segmentti aurinkosähkövoimalatoimitusten rinnalle, koska huoltotyöt työllistävät jo monia huollon ammattilaisia. Huoltoja suoritetaan säännöllisesti ennakkoivana huoltona pääosin silmämääräisesti. Myös säännöllisiä fyysisiä tarkastuksia tehdään, jotta mahdollisen myrskyn vahingot voidaan välttää. Vuotuinen huoltosuunnitelma sisältää luettelon tarkastuksia, jotka tulisi suorittaa säännöllisesti. Korjaava ylläpito kattaa viallisten laitteistojen huollon ja mahdollisen tehdastakuun alaisen vaihdon. Epätavallisen ja suuren huollon sattuessa asiakkaalla tulee olla kiinteä kausihintainen huoltosopimus, muuten huoltourakoitsija ei välttämättä korvaa tapahtunutta. Lisäpalveluna voidaan myydä paneelientien lähelle jäävän kasvillisuuden hallinta tai aurinkomodulien puhdistus. (6.)

Aurinkosähköliiketoiminta on muissa Pohjoismaissa Suomea edellä noin 5 vuotta (kuva 1). Oulun Sähkönmyynnin vuonna 2016 tehdyn liiketoimintasuunnitelman

mukaan, aurinkoliiketoiminta saavuttaa huippunsa noin 2021 - 2023. Tällöin aurinkosähkövoimaloiden toimittamisen kasvun huippu on saavutettu, joten jatkuvuutta ja luotettavuutta liiketoiminnan tulolähteenä energiatehokkaalle aurinkosähkölle on kehitettävä. (7.)



KUVA 1. Suomen aurinkosähköliiketoiminta on noin 5 vuotta muita pohjoismaita perässä (7).

Ammattimainen käyttö- ja huoltosopimus varmistaa, että aurinkosähkövoimala ylläpitää korkeaa ja jatkuvaa energiatehokasta suorituskykyä läpi voimalan elinkaaren. Kaikki aurinkoenergian parissa työskentelevät ovat tunnustaneet, että huolto-ohjelma vähentää mahdollisesti riskejä ja vaikuttaa positiivisesti aurinkosähkövoimalan tuotantoon. Huoltopalveluiden kehittäminen on tärkeää ja laiminlyöminen on taas todella riskialtista. Aurinkosähköteollisuus on vielä nuori teollisuus, joka kehittyy myös palvelusegmentissä. (6.)

2.2 Huolto- ja kunnossapitokustannukset maailmalla

Verrattuna muihin sähkötuotantotekniikoihin aurinkosähkövoimalaitoksilla on alhaiset huolto- ja kunnossapitovaatimukset. PV-laitoksen asianmukainen ylläpito on kuitenkin välttämätöntä sekä sähkön saannin, että laitoksen energiatehokkaan elinkaaren takaamiseksi. Optimaalisten toimintojen on oltava tasapainossa tuotannon maksimoinnin ja kustannusten minimoinnin välillä. Huolto- ja kunnossapitosopimus on ratkaisevan tärkeä tekijä määriteltäessä projektin toiminnan ja ylläpidon parametreja voimalan elinkaaren aikana. Jos näiden tehtävien suorittamiseen otetaan huoltourakoitsija, on tärkeää, että kaikki ennaltaehkäisevää ja korjaavaa kunnossapitoa, suorituskyvyn seuranta ja raportointia koskevat vaatimukset ilmoitetaan selvästi sopimuksessa, samoin kuin toimintojen suorittamistiheys. Tämän avulla urakoitsijan suorituskyky voidaan mitata ja tarvittaessa kyseenalaistaa (8, s. 125.).

On normaalia, että huoltourakoitsija takaa laitoksen toiminnan sopimuksen voimassaoloaikana. Jos urakoitsija ei noudata velvoitteitaan ja johtaa siihen, että laitos toimii alle taatun arvon, omistaja voi vaatia korvausta menetettyjen tulojen kattamiseksi. (8, s. 125.)

Huolto- ja kunnossapitosopimuksen kustannukset ja korvaukset jaotellaan yleensä seuraaviin osiin:

- kiinteät palkka- ja maksupäivät
- palvelujen palkkiot ja menot.

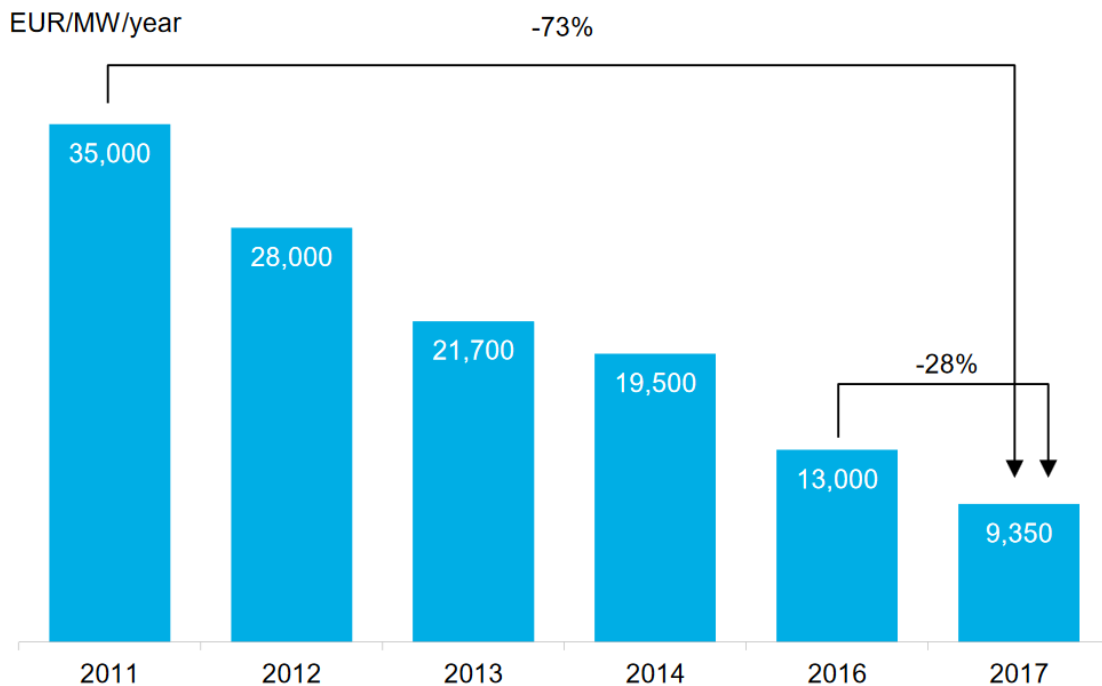
Kiinteäpalkkio määrittelee maksun peruspalveluista, jotka urakoitsijan on tarjottava huolto- ja kunnossapitosopimuksen nojalla. Tässä osassa tulisi olla seuraavat tiedot:

- kiinteä hinta toimitettua kilowattia kohden.
- maksurakenne

Muiden palveluiden palkkioihin sisältyy sopimuksen ulkopuolella olevien palvelujen maksaminen. Tähän tulisi sisältyä:

- palvelujen tason määrittäminen
- sovitut hinnat palveluille
- mahdolliset lisäkulut
- tarvittavat varaosat ja komponentit (8, s. 131 – 132.)

Huolto- ja kunnossapitokustannukset ovat laskeneet Euroopassa vuoden 2011 35 000 €/MW/a huoltohinnasta, vuoteen 2017 mennessä noin 73 % 9 350 €/MW/a (kuva 2). Kustannukset ovat laskenut palveluntarjoajien kilpailun, kehittyneen teknologian ja sähkön hintakehityksen vuoksi. Kaiken kattavaan huoltosopimukseen kuuluu seuranta, määräaikaishuolto, paneelien puhdistus (kerran vuodessa), ympäristöhuolto (kerran vuodessa) ja korjaava huolto. Korjaava ja säännöllinen kunnossapito on huolto-ohjelmien suurimpia menoeriä. (9.)



KUVA 2. Huollon ja kunnossapidon hintakehitys (9, s. 1)

Esimerkiksi vuonna 2017 Iso-Britanniassa kaiken kattavan huollon (kuva 3) hinta on ollut noin 6 000 – 10 000 €/MW/vuosi. Kalleimmillaan huolto on ollut Italiassa, jossa huoltohintaa on noussut, jopa 35 000 €/MW/vuosi. (9, s. 3.)

3 HUOLTO- JA KUNNOSSAPITOSUUNNITELMA

Uusiutuvan energian kasvava kysyntä johtaa tilanteeseen, jossa kysyntään on vastattava ja markkinarako on täytettävä. Tähän moni energiyhtiö on ottanut yhdeksi keinoksi myydä ja rakentaa aurinkosähkövoimaloita. PV-voimaloiden huoltotarpeet ovat pysyneet hallussa, koska aurinkopaneeleissa ei ole paljoa liikkuvia osia, mutta huoltotarpeita kyllä löytyy. Voimaloiden kasvavan määrän vuoksi tarvitaan toimiva ja kannattava huolto-ohjelma, että huoltotarpeisiin voidaan jatkossakin vastata.

3.1 Ennakoiva vuosihuolto ja valmistelu

Ennakoivalla huollolla varmistetaan aurinkosähkövoimalan energiatehokas toiminta, kuin myös laitteiston pitkäikäisyys ja tuottotakuu. Säännöllisesti tarkastettu ja huollettu järjestelmä on turvallinen järjestelmän omistajalle, sen parissa työskenteleville ja sivullisille. Ennakoiva huolto- ja kunnossapitokäynti olisi hyvä sijoittaa keväälle, jotta mahdollisesti talvella syntyneet vahingot saadaan heti korjattua.

Ennakoivan vuositarkastuksen valmistelu aloitetaan tarkistamalla etäseurantaohjelmistosta, onko aurinkosähkövoimala toiminut oikein ja onko aurinkosähkövoimala tuottanut sähköä tuotto-odotuksien mukaisesti. Jos järjestelmä on käynyt vikatilassa, selvitetään vikakoodi ja tarkistetaan koodin osoittama vika paikan päällä. Alue-/talokohtainen turvallisuusohje selvitetään ja sitä noudatetaan huoltokäynnillä. Voimalan omistajalle ilmoitetaan huoltokäynnin ajankohta vähintään 2 päivää aikaisemmin, tai parhaimmassa tapauksessa sovitaan jo edellisen vuoden käynnillä sopiva aika. Sijoittelukuva ja aurinkosähköjärjestelmän vuositarkastus lomake tulostetaan tarkastuskäynnille mukaan. Vuositarkistuslomakkeen mukaisesti tarkistetaan kaikki siinä mainitut aurinkosähköjärjestelmän osat.

3.2 Vaihtosuuntaajat

Vaihtosuuntaajan eli invertterin tehtävä on muuntaa auringosta saatava tasavirta sähköverkkoon vaihtovirraksi. Invertteri joudutaan luultavasti vaihtamaan kerran

aurinkopaneelien eliniän aikana. Vaihtotyö kytkentöineen kuuluu huolto -ja kunnossapidon urakoitsijalle, jos on voimassa oleva sopimus. (5.)

Vaihtosuuntaajat ovat suurin vikojen lähde teollisen koon PV-voimalaitoksissa. Invertterin kustannukset ovat noin 5 - 10 % aurinkosähkövoimalaprojektista. Onkin tärkeää ylläpitää toimittajan lisätakuita, että voidaan huoltaa PV-voimaloita kannattavasti. (5.)

Invertterit tuottavat käynnissä ollessaan paljon lämpöä, joten invertterin ympärillä on hyvä olla tarpeeksi tilaa. Ennakoivan huollon yhteydessä on hyvä tarkistaa, että vaihtosuuntaajan ympärille tai päälle ei ole kertynyt ylimääräistä tavaraa (kuva 4). Invertterin päältä tulee puhdistaa pölyt ja katsoa että invertterin led-valot toimivat oikein. Inverttereistä käydään läpi silmämääräisesti liittimet ja, että varoitustarrat ovat pysyneet paikoillaan. Aurinkosähkövoimalaitoksen teknisten piirustusten kunto tarkistetaan ja vaihdetaan uusiin tarvittaessa.



KUVA 4. SMA core1 vaihtosuuntaajan ympäristö on siisti ja tilava, mikä takaa optimaalisen toiminnan (4).

3.3 Aurinkopaneelit

Puolen vuoden välein suoritetaan tarkistus, että kytkennät ovat puhtaat, vahingoittumattomat, kunnolla kiinni ja, että ruostetta ei ole. Paneelien lasipinnan voi puhdistaa tarvittaessa käyttäen puhdasta, pehmeää vettä ja pehmeää sientä tai rättiä. Mietoa, hankaamatonta puhdistusainetta voi käyttää tarvittaessa. Rikkinäisiä aurinkopaneelia ei saa yrittää puhdistaa. Aurinkopaneelit puhdistetaan aikaisin aamulla lasin lämpöshokin välttämiseksi. (10, s. 11.)

Aurinkopaneeleilla on vuosikymmenien käyttöikä niiden stabiilin kiderakenteen ansiosta. Aurinkopaneelien rakenne on kestävä, mutta suuret mekaaniset rasitukset, kuten lumi, paneelin päältä kävely tai taivuttelu voivat rikkoa paneelin ja aiheuttaa niin sanottuja mikrovaurioita. (10.)

Sisäinen korroosio tapahtuu, kun kosteus tunkeutuu aurinkopaneeliin. Aurinkopaneelien on oltava ilma- ja vesitiiviit. Tämän saavuttamiseksi paneelien komponentit (lasikerros, aurinkokennot ja takalevy) laminoidaan tyhjiössä. Laminoinnin rikkoontuminen tarkoittaa laminoitujen komponenttien irtoamista. Myös väärin asennettu tai huono laatuinen aurinkopaneelin takamuovi voi aiheuttaa kosteuden tunkeutumisen tai kuplien muodostumisen. Kosteus johtaa korroosioon, joka tulee näkyviin paneelin tummempina pisteinä. Tämä alkaa usein paneelin reunasta ja voi vakavuudesta riippuen levitä koko aurinkopaneeliin. Erityisesti moduulin metallia johtavan osan korroosio johtaa paneelin tuotannon merkittävään vähenemiseen. Paneelin tuotanto vähenee suorassa korrelaatiossa näiden tummempien (syöpyneiden) alueiden kanssa. Erityisesti lasisubstraattien avulla valmistetut kehyksettömät / ohutkalvoiset PV-paneelit voivat kärsiä kosteus- ja korroosio-ongelmista. (11.)

3.4 Kattotelineet

Kattotelineitä on monenlaisia ja suurin osa asennuksista toimitetaan kelluvalla tasakattotelineellä. Myös katon myötäisiä telineitä on olemassa. Tasakattoasennuksissa voidaan käydä helposti kokeilemassa, ovatko aurinkopaneelin telineet

ja kiinnikkeet pysyneet paikoillaan, mutta katonmyötäisissä asennuksissa voidaan joutua tarkastelemaan asennusta vain silmämääräisesti, koska katon kaltevuus voi olla niin jyrkkä, ettei sinne pääse turvallisesti. Ensimmäisenä katolle saavuttaessa tehdään silmämääräinen tarkastus, että paneelikentässä (kuva 5) ei ole tapahtunut muutoksia.



KUVA 5. Paneelikentän suoruus on yksi keino, jolla voi tarkistella kattotelineiden mahdollista liikkumista (4).

Aurinkopaneelientä käydään silmämääräisesti läpi. Lisäksi aurinkopaneeleista tarkistetaan väli- ja päätykiinnikkeet ja jos kiinnikkeitä on löysällä, ne kiristetään (kuva 6). Tämä on tärkeää, että aurinkopaneelit pysyvät katolla kovallakin tuulella ja mahdollisen myrskyn sattuessa.



KUVA 6. Tarkastetaan aurinkopaneelin kiinnitys (12.)

Mittaamalla päätykiinnikkeitten (kuva 7) sijoittuminen aurinkopaneelin telineellä, jotta saadaan mahdollisista paneelikentän liikkumisesta lisätietoja.



KUVA 7. Tarkistetaan, päätykiinnikkeen etäisyys kattojalan reunasta, ettei paneelikenttä ole liikkunut (12).

Tarkistetaan, että lisäpainot (kuva 8) ovat pysyneet oikealla paikallaan kattoprofiilin päällä. Kattoprofiilin alle laitettava kumimatto on profiilin levyinen, joten on helppo huomata, jos matto on siirtynyt.



KUVA 8. Tarkistetaan, että painokivet on pysynyt profiilissa ja profiilin alusmatto on paikoillaan (4).

3.5 AC- ja DC-kaapelointi

Aurinkopaneelikaapeli eli DC-kaapelit, tehdään laadukkailla kaksoiseristetyllä UV-säteilyä kestävillä DC-kaapeleilla (kuva 9), joka on valmistettu standardin SFS-EN 50618:2015 mukaisesti.



KUVA 9. Kaksoiseristetty UV-säteilyn kestävä aurinkopaneelikaapeli (13.)

Kaapelit sijoitetaan rakennusvaiheessa mahdollisimman vähäkulkuisille paikoille. Näin DC-kaapelointi pysyy hyvässä kunnossa ja käyttöiän pitäisi olla noin 25 vuotta normaaliolosuhteissa. Ennakoivalla huoltokäynnillä DC-kaapeloinnista (kuva 10) tarkastetaan liitännät ja mahdolliset hankaumat silmämääräisesti. (13.)



KUVA 10. DC-kaapelointi (4)

AC-kaapeloinnille tehdään silmämääräinen tarkastus mahdollisten hankaumien varalta. Liittimille ja merkinnöille tehdään myös silmämääräinen tarkastus, jos mahdollista katsotaan liitoksien hapettumat myös sähkökeskuksesta, mutta keskuksen tarkastukseen tarvitaan asiantunteva ja koulutettu sähköasentaja. AC-kaapeloinnin liittimien tarkistamisessa keskuksesta joudutaan käyttämään sähköä alhaalla, mistä on oltava yhteydessä kiinteistön omistajaan ja tästä syystä tehdäänkin vain vikatilanteessa.

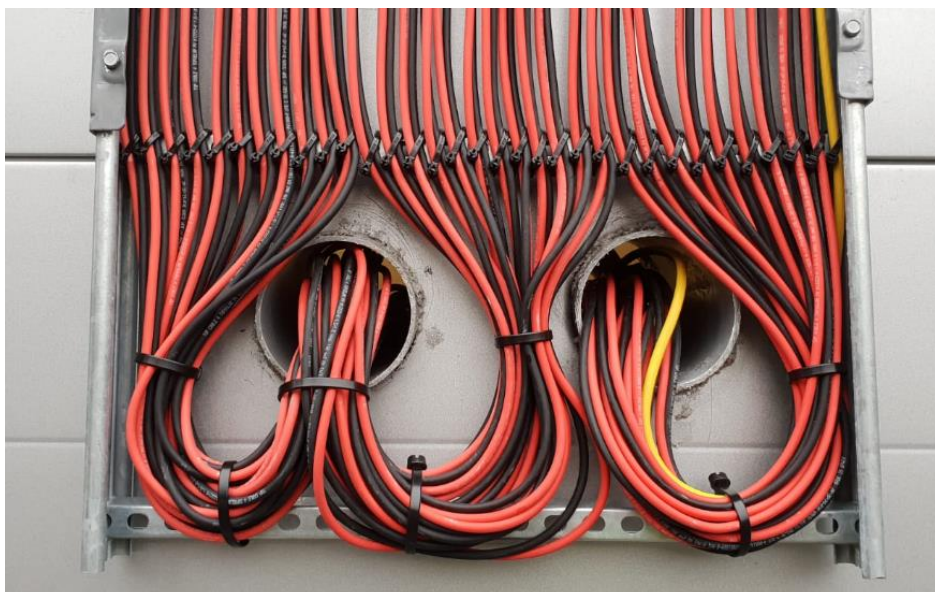
Maadoitusjohdot tarkistetaan hankaumien varalta. Myös maadoituksen liittimet tarkistetaan mahdollisten hapettumien tai ruosteen varalta. Lopuksi katsotaan, että kaapelimerkinnät (kuva 11) ovat pysyneet paikallaan. Jos merkinnät ovat irronneet tai muuten kuluneet ne korvataan uudella merkinnällä.



KUVA 11. DC-kaapelien johtomerkinnot (4)

3.6 Läpiviennit

DC- ja AC- kaapelointi tarkistuksen yhteydessä tarkastetaan myös mahdolliset läpiviennit (kuva 12), jos läpiviennille pääsy on turvallisesti mahdollista. Läpiviennit tarkistetaan silmämääräisesti. Läpiviennin lähellä olevaa seinää tulee tarkistaa, mahdollisten kosteus vaurioiden varalta. Mahdollisen kosteusvaurion sattuessa käynnistetään korjaustyöt välittömästi lisävaurioiden välttämiseksi



KUVA 12. DC- kaapelien läpiviennit (4)

Läpivienneistä on tärkeä tarkistaa läpivientiputkien ja seinän välissä käytettävän tiivistemassan kunto. Tiivistemassan kunnon heikentyessä myös kosteusvahingon vaara kasvaa. Jos tiivistemassan kunto on huono tarkastuksen yhteydessä, vanha tiivistemassa poistetaan ja pursotetaan tilalle uusi tiivistemassa.

3.7 Turvakytkimet

Aurinkosähköjärjestelmissä on kahdenlaisia turvakytkimiä, sekä AC- että DC-puolella. AC-puolen turvakytkin erottaa voimalan muusta sähköverkosta. DC-puolen turvakytkin taas aurinkopaneelit invertteristä. Silmäämääräisesti tarkistetaan, että turvakytkimet ovat mekaanisesti ehjiä eikä kosteus ole päässyt koteloon. Tarvittaessa kytkimiä voi käänellä, jos on epäily turvakytkimen toiminnasta.

4 TURVALLISUUS

Turvallisuus on huolto- ja kunnossapitotöissä ehdoton ykkösprioriteetti. Siksi onkin tärkeää, että sopimuksissa määritetään turvallisuusvastuulliset. Kaikki työntekijät ovat velvollisia valvomaan ja raportoimaan työkohteissa turvallisuudesta. Koska suurin osa aurinkosähkövoimaloista sijoitetaan rakennuksien katolle, on sieltä aina putoamisvaara, joten siellä työskenneltäessä on oltava erityisen tarkkana. Jokaisella työntekijällä tulee olla voimassa oleva työturvallisuuskortti. (14.)

4.1 Sähkötyöturvallisuus

Jokaisella sähkön parissa tai läheisyydessä työskentelevällä tulee olla suoritettu SFS 6002 sähkötyöturvallisuuskoulutus hyväksytysti. Sähkötyöturvallisuuskoulutus edesauttaa työnantajan työturvallisuuslain (738/2002) 14. §:n mukaisen sähkötyöturvallisuus-koulutusvelvoitteen täyttymistä sähköalan työntekijöille. (14.)

Sähkötyöturvallisuutta valvoo käytönjohtaja, joka määritetään valvomaan voimalan käyttöä ja sen läheisyydessä työskenteleviä. Käytönjohtaja valvoo tai huolehtii omasta ja sähkölaitteiston omistajan puolesta seuraavia asioita:

- tiheät huolto- ja kunnossapitokäynnit
- vikojen ja puutteiden korjaaminen
- kunnossapitohenkilökunnan pätevyys
- henkilökunnan opastus
- huoltodokumentointi.
- sähkölaitteistojen määräaikaistarkastukset.
- käyttöönotto- ja varmennustarkastukset
- teknisten piirustusten toimittaminen haltijalle.

Aurinkosähköjärjestelmän haltijan ja käytönjohtajan on välttämätöntä sopia käytönjohtajan vastuista kirjallisesti. Sopimuksessa määritetään kummankin osapuolen vastuut ja tehtävät. Käytönjohtaja valvoo järjestelmää joka tapauksessa säädösten ja määräysten mukaisesti. (14.)

4.2 Työskentely katolla

Harjakatoilla työskenneltäessä on käytettävä aina valjaita. Tasakatolla työskenneltäessä on alue ympäröitävä lippusiimalla tai käytettävä valjaita. Telinevalmistajalta Soltop EU:lta löytyy yksi ratkaisu Duraclick HSS fall protection system, jota hyödynnetään jatkossa huolto- ja kunnossapitotöissä. (15.)

4.3 Paloturvallisuus

Todennäköisyys aurinkosähköjärjestelmästä aiheutuneelle tulipalolle on vähäinen. Tulipalot ovat olleet Suomessa hyvin harvinaisia, mutta toteutuessaan paloriski on aina vakava seurauksiltaan. Palavasta aurinkopaneelistä syntyy myrkyllisiä savukaasuja, sammuttaminen on haasteellista ja sammutukseen käytetystä vedestä syntyvät vahingot voivat olla merkittäviä. (16.)

Todennäköisimmät palon syttymissyyn ovat valokaaret, oikosulut ja kuumat pisteet. Tarkastuskäynnillä etsitään mahdollisia paloturvallisuusriskejä ja miten niitä voidaan välttää. Hyvä apuväline on lämpökamera, jolla voidaan etsiä aurinkopaneeleista mahdollisia kuumia pisteitä. Lämpökameraan tutustutaan tarkemmin luvussa 5.4. (16.)

Paloturvallisuutta varten on tehty pelastuskortti (liite 1) Oulun Sähkönmyynnin toimesta. Pelastuskortti on hyväksytetty Suomessa toimivilla paloviranomaisilla, Suomen suurimpaan katolla olevaan aurinkosähköjärjestelmään, jonka on toimitanut Oulun Sähkönmyynti Oy. Pelastuskortti sijoitetaan kiinteistön paloilmoituskeskukselle tai muualle mistä pelastusryhmä sen helposti löytää.

5 HUOLTOLAITTEISTO JA SEURANTAJÄRJESTELMÄT

Nykyään otetaan käyttöön yhä enemmän ja yhä suurempia aurinkosähkövoimaloita. Laatuvaraus on pitkän aikavälin luotettavuuden kulmakivi, jotta voidaan maksimoida taloudelliset ja energiatehokkaat tuotot. Tämän takia on yhä tärkeämpää löytää vikojen lähde mahdollisimman nopeaa. Tästä syystä kenttätekniset tarkastukset, kuten lämpökameralla kuvaaminen, otetaan käyttöön laadun arvioimiseksi ja tutkittaessa aurinkopaneelien suorituskykyä paikan päällä. Huomioon otettaviin laitteisiin kuuluu esimerkiksi lämpökamera ja erilaisia mittareita. (5.)

5.1 Seurantajärjestelmät

Aurinkosähkövoimaloiden seurantajärjestelmiä on monenlaisia, mutta tässä työssä ei käydä kaikkia näistä ohjelmista läpi, vaan keskitytään Oulun Sähkönmyynnin käyttämiin järjestelmiin. Seurantajärjestelmiä voidaan hyödyntää huolto-ohjelmassa, että saadaan ajankohtaista tietoa järjestelmästä ulos. Vähimmäisvaatimuksena seurantajärjestelmällä on hälyttää ja ilmoittaa näistä vastuuhenkilölle sähköpostitse aurinkosähköjärjestelmästä:

- yhteys katkennut
- tuotanto pysähtyy
- huono suorituskyky.

5.2 SMA Sunny Portal

Oulun Sähkönmyynnillä käytössä olevat vaihtosuuntaajan mallit ovat saksalaisen SMA:n valmistamia. Näillä vaihtosuuntaajilla on ilmainen seurantaohjelma, joka asennetaan asennuksen yhteydessä. SMA Sunny Portal sovelluksella voidaan seurata aurinkosähkövoimaloiden sähköntuotantoa, säästöjä ja päästöjä. Sovellus ilmoittaa käyttäjälle myös mahdollisista vikatilanteista.

5.3 Mittarit ja testilaitteet

Mittarien ja testuslaitteiden ensisijainen tehtävä on auttaa asennus- ja huoltohenkilöstöä varmistamaan sähköjärjestelmien ja -laitteiden luotettavuus, tehok-

kuus ja kannattavuus. Ne ovat työkaluja, joiden avulla mittaukset voidaan suorittaa silmämääräisten tarkastusten sijasta sähkökomponenttien ja järjestelmien toimivuuden määrittämiseksi. Tämän luokan laitteet voivat vaihdella yksinkertaisista kädessä pidettävistä tuotteista tarkkoihin laboratorioinstrumentteihin. Kaikki laitteet edellyttävät kuitenkin tietotaitoa, että niitä voidaan käyttää tulosten analysointiin oikein. Mahdollisia mittausvälineitä ovat lämpökamerat, virta-, jännitemittarit ja erilaiset aurinkosähkövoimala käyttöön tarkoitetut mittarit. (5.)

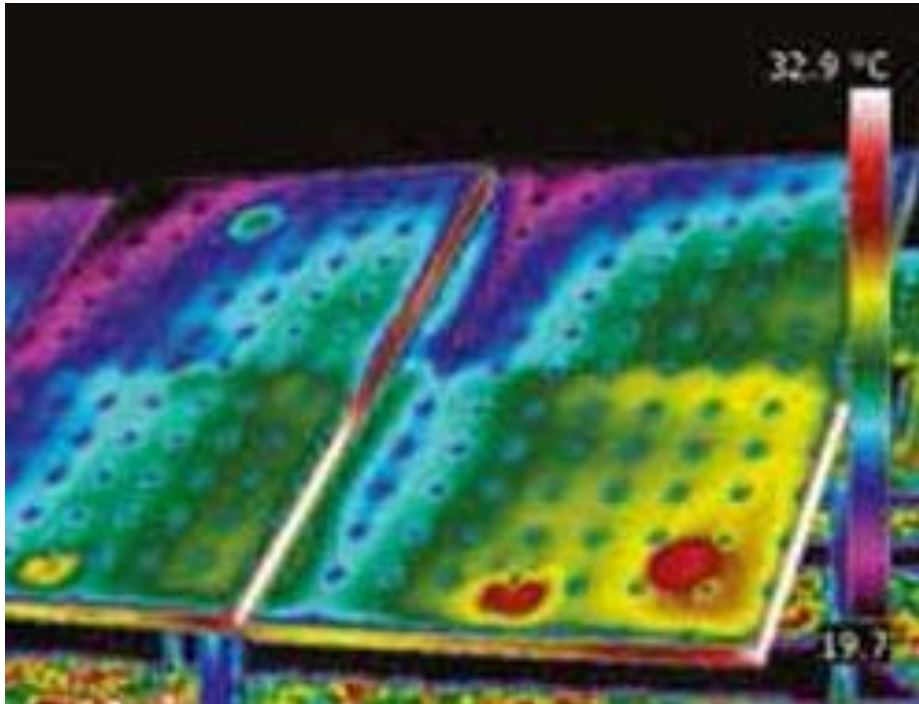
5.4 Lämpökamera

Lennokkiin asennettua infrapunakuvakameraa käytetään teollisuudessa usein aurinkojärjestelmien laadun ja turvallisuuden tarkastamiseen. Tämä tekniikka voi paljastaa moduulivikoja, kuten avoimen piirin ja oikosulun aiheuttamat alijonovirheet, ohitusdiodien viat ja muita vikoja. (17.)

Kaikki aurinkopaneelit on lasitettu, mikä aiheuttaa ongelmia lämpökuvauksessa, koska lasi ei ole täysin läpinäkyvää infrapunaspektrissä. Sen sijaan lämpökamera havaitsee alla olevien kennojen lämpötilaolosuhteet vain lasin läpi, joten lämpötilaherkkyys täytyy olla ≤ 80 mK. Pidemmistä etäisyyksistä mitattaessa on käytetty korkearesoluutioista kameraa, jonka terminen resoluutio on 320×240 pikseliä tai jopa 640×480 pikseliä, ja usein on aiheellista olla 6 tai 14 asteen kaukoputki. (17.)

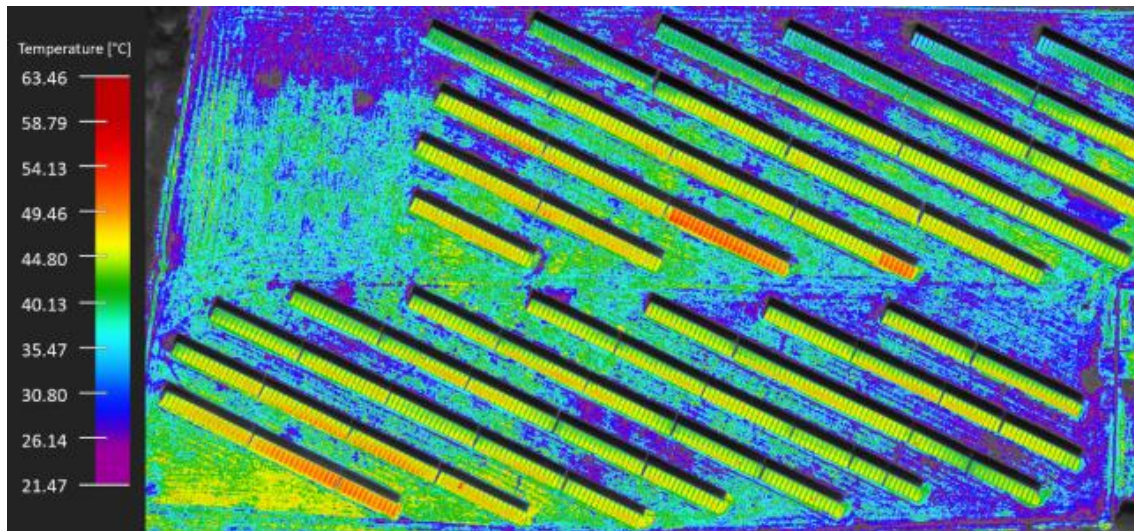
Aktiivisella vianetsinnällä ja hyvällä ylläpidolla aurinkopaneelit voivat tuottaa sähköä energiatehokkaasti monien vuosien ajan. Mahdollisessa vikatilanteessa lämpökameralla voidaan etsiä vikakohtia paneelikentistä nopeasti. Lämpökameraa on hyvä käyttää ilmasta käsin, koska terminen poikkeavuus on suositeltavaa havaita katselukulmassa 70° - lähes 90° suhteessa paneelin pintaan. Tämä sulkee pois kädessä pidettävien lämpökameroiden käytön. Drone-lämpökamera täyttää helposti kulmavaatimukset. Sääolosuhteet, jotka voivat vaikuttaa merkittävästi mittauksen tarkkuuteen, tulee ottaa huomioon. Ihanteellinen ympäristön lämpötila mittaukseen on 25°C ja auringon paistaessa 1000 W/m^2 . Näissä olosuhteissa paneelien säteily on riittävän korkea heijastamaan kaikkia havaittuja virhetyppejä. (18.)

Lämpökamerat pystyvät osoittamaan useita ongelmia. Kuten kennojen viat (epäpuhtaudet, kaasutaskut tai halkeamat), väliaikaiset varjostukset (lika, pilaantuminen, kosteus ja lintujen ulosteet), viallisen ohitusdiodin tai vialliset liitännät. Suurin osa ongelmista näkyy kuumana tai kylmänä kohtana. Kuvassa 13 näkyy punaisia kohtia, joissa vialliset yhdysliittimet ovat saaneet kohdan lämpiämää kuumemmaksi kuin muu paneeli.



KUVA 13. Vialliset yhdysliittimet (18)

Kuvista näkee selvästi, kuinka helposti ongelma pystyy paikantamaan lämpökameralla. Lämpökameran nopeuden ansiosta on helppoa ja nopeaa paikantaa ongelma kohdat isoistakin voimaloista (kuva 14). Lämpökuvaaminen antaa kuitenkin vain suuntaa antavia tuloksia ja täydellinen sähköinen tarkastus on tehtävä varmistumista varten. (18.)



KUVA 14. Aurinkosähkövoimala lennokilla kuvattuna (19).

FLIR (kuva 16) ja Fluke (kuva 15) lämpökameroita myydään SLO-verkkokaupassa, jonka asiakas Oulun Sähkönmyynti on. Nämä kamerat ovat kädessä pidettäviä ja ominaisuuksiltaan riittävän tehokkaita aurinkopaneelien vikojen paikantamiseen. Fluke FLK lämpökamera, jossa on kiinteä tarkennus ja resoluutio 320 x 240. (20.)



KUVA 15. Fluke FLK-TIS40 9Hz (20)

FLIR E4 Lämpökamera, jossa on käytettävissä WiFi yhteys, jolla saadaan suora yhteys FLIR Tools+ ohjelmistoon. FLIR tuotemerkillä on paljon PV-mittauksiin soveltuvia työkaluja (21).



KUVA 16. FLIR E4 Lämpökamera 80x60 WiFi (21)

6 VARAOSAT

Varaosien hallinta on luontainen ja olennainen osa huolto-ohjelmaa, jonka tulisi varmistaa, että varaosat ovat saatavissa ajoissa korjaamaan kunnossapitoon aurinkoenergiälaitoksen seisokkien minimoimiseksi. Varaosien hallinnassa on otettava huomioon seuraavat seikat:

- varaosan maksaja
- varaston sijainti.

Jos on paras käytäntö, että voimalan toimittaja on vastuussa varaosavarastojen täydentämisestä, se ei välttämättä ole vastuussa toimituksen kaikista kustannuksista. Jotkut voimaloiden omistajat vaativat, että huoltourakoitsijat ovat täysin vastuussa kaikkien varaosien kustannuksista huoltomaksun puitteissa, mutta kustannustehokkaampana lähestymistapana olisi sopia kuuluvista kustannuksista. (6, s. 56.)

Mukana olevat varaosat ovat niitä, joista huoltourakoitsija vastaa maksusopimuksen puitteissa. Poissuljettuja varaosia ovat ne, joiden korjauskustannuksista vastaa omistaja eivätkä ne kuulu huoltourakoitsijan kustannettavaksi. Tämä on joustava lähestymistapa, jonka avulla omistaja ja huoltourakoitsija voivat sopia, mitkä varaosat kuuluvat mihin luokkaan. Se antaa molemmille osapuolille mahdollisuuden olla varma kustannustasosta ja tasapainottaa tätä omaisuuden omistajan riskinottohalun kanssa. Poissuljettujen varaosien tapauksessa omistusoikeus siirtyy omaisuuden omistajalle päivänä, jona huoltourakoitsija saa maksun niistä. (6, s. 56.)

Yleensä ei ole taloudellisesti mahdollista varata varaosia kaikista mahdollisista laitoksen osista. Siksi huoltourakoitsijan ja omaisuuden omistajan tulisi määritellä tiettyjen taloudellisesti järkevien varaosien varastotasot (taulukko 1) (6, s. 56.).

TAULUKKO 1. Varastointijärjestelyt

VARASTOINTI				
Aurinkopaneelit	Varastopaikka	Takuuaika (vuotta)	100 %Huoltosopimus	Huoltosopimus
Recom 310W	Kasarmi	15	x	x
Eurener 280W	Oritkari	15	x	x
Invertterit				
SMA STP 3.0-10.0	Aurinkoinsinöörit	5 - 15	x	x
SMA STP 15000tl-30	Aurinkoinsinöörit	5 - 20	x	x
SMA STP 25000tl-30	Aurinkoinsinöörit	5 - 20	x	x
SMA Core 1	Aurinkoinsinöörit	5 - 20	x	x
Telineet				
ECO 20°	Oritkari		x	
Lorenz	Kasarmi		x	
Orima	Kasarmi		x	
Sähkötuotteet				
DC-kaapelit	Onnshop		x	x
AC-kaapelit	Onnshop		x	
Sulakkeet	Onnshop		x	
Turvakytkimet	Onnshop		x	

Tietyt varaosapalvelut kuuluvat huoltosopimuksen piiriin, jotta mahdollisia epäselvyyksiä ei voi syntyä tulee sopimuksissa olla tarkkana. Jos vahingoittunut tuote on rikkoontunut muulla kuin normaalikäytöllä, tulee korvaus muualta kuin huoltourakoitsijalta.

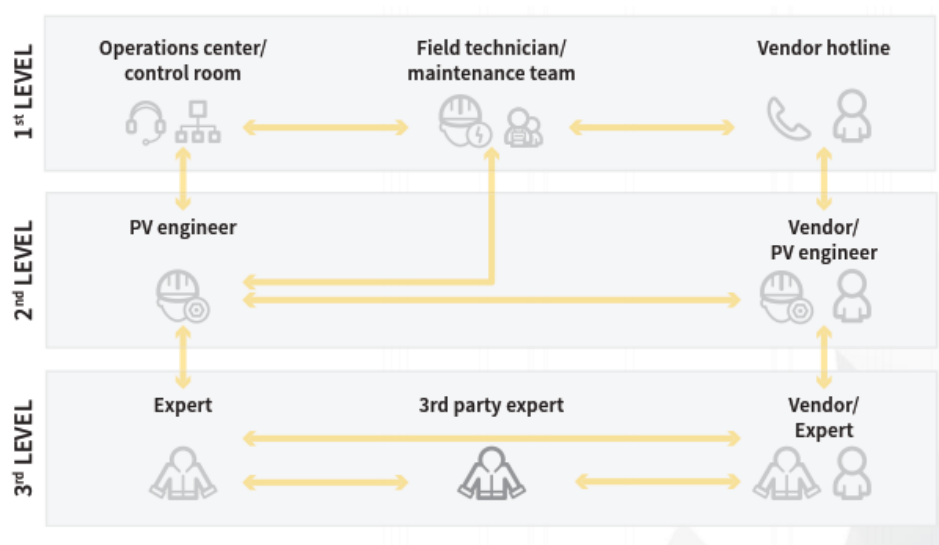
7 ROOLIT JA VASTUUT

Vastuut tulee jakaa oikein ja selkeästi eri sidosryhmille. Huolto-ohjelman aloitusvaiheessa on tärkeää, että sopimuksissa määritellään mahdollisimman tarkasti soveltamisala, oikeudet, kunkin osapuolten velvoitteet ja yleinen työtilausten hallinta. Kaikilla sidosryhmillä tulee olla hyvä ymmärtäminen sekä teknisistä, että taloudellisista näkökohdista onnistuneen ja vaikuttavan toiminnan varmistamiseksi. Tärkein osa on palvelujen toteuttaminen. Tämän takia projektinhoitajalla tulee olla tarvittavat tekniset taidot valvomaan operaatiota. Huolto ja kunnossapitourakoitsijalla on tarvittavat taidot arvioida kustannuksia ja priorisoida niiden päätökset. (6, s. 16)

7.1 Henkilöstö

Tärkeää huolto-ohjelman rakentamisessa on, että määritetään tarkasti jokaiselle osa-alueelle vastuuhenkilöt. Huolto-ohjelman keskiössä on käytönjohtaja, joka pitää huolta kaikkien työntekijöiden pätevyydestä, huolehtii huolto-ohjelman aikataulutuksista ja järjestelmien laillisuusvaatimuksista. Huolto-ohjelman mahdollinen rakenne (kuva 17) on hyvä olla yksinkertainen, jotta vikatilanteisiin voidaan vastata nopealla aikataululla.

Vastuuhenkilö(t) ↔ Asiakaspalvelu ↔ Asentajat ↔ Asiakas



KUVA 17. Henkilöstörakenne (6, s. 39)

Tarvittaessa asennuspäällikön tai käytönjohtajan vastuuta voidaan keventää ottamalla uusi vastuuhenkilö joko alaiseksi tai samalla statuksella. Asentajia voidaan kouluttaa tarvittaessa lisää.

7.2 Koulutus

Koulutus nostaa tärkeyttään huolto- ja kunnossapitosuunnitelmaa tehtäessä. Aurinkosähkövoimaloiden huoltohenkilökunta tulee olla hyvin perillä huollettavista järjestelmistä. Oulun Sähkönmyynti kouluttaa tarvittavan määrän henkilöstöä huolto-ohjelmaan.

7.3 Ulkopuoliset palvelut

Tarvittaessa voidaan ostaa ulkopuolisia palveluita erikoisammattilaisilta. Jos nähdään tarpeelliseksi säästää hankinnoissa, esimerkiksi lämpökuvauskohterin ammattilentäjiä voidaan tilata paikan päälle kuvaamaan isompia voimaloita. Mahdolliset aliurakointiyritykset tulevat ulkopuolelta ja ne tulee kilpailuttaa parhaimman hinnan vuoksi.

8 LIIKETOIMINTASUUNNITELMA

Oulun Sähkönmyynti Oy on toimittanut auringosta sähköä tuottavia voimaloita noin 5 vuoden ajan. Iso osa asennetuista voimaloista alkaa olla huollon tarpeessa ja kysyntä tulee kasvamaan vuosien karttuessa, jo valmiiksi huollettujen aurinkosähkövoimaloiden lisäksi. Toimitetuissa voimaloissa on ollut huollon tarvetta. Ne ovat olleet ensimmäisten liiketoimintavuosien asennuksia, joten ennustettavissa on, että huoltotarpeet vain kasvavat. Tähän kysyntää etsitään nyt ratkaisua Oulun sähkönmyynnissä ja siksi tässä opinnäytetyössä tehdään suuntaa antava liiketoimintasuunnitelma aurinkosähkövoimaloiden huolto- ja kunnossapito-ohjelmalle.

8.1 Liikeidea

Huoletonta aurinkosähköä! Mahdollisen vikatilanteen sattuessaa reagoidaan nopeasti. Aurinkosähkövoimalan käytön aikana suoritetaan ennakkoivaa ylläpitoa ja huoltoa, jotta aurinkosähkövoimalat toimivat elinkaarensa mahdollisimman energiatehokkaasti. Huolehditaan aurinkosähkövoimalan korjaus- ja ylläpitotöistä sekä varaosien saatavuudesta. Aurinkopaneeleiden asennustyölle annetaan tarvittavat takuut, jotta takuun antaja vastaamassa huollosta, jos jotain tapahtuisi vaikkapa 9 vuoden päästä toimituksesta.

8.2 Resurssit ja osaaminen

Oulun Sähkönmyynniltä määritetään vastuuhenkilö(t), joka toimii käytönjohtajana, jonka pääasiallisena tehtävänä on valvoa voimaloiden käyttöä ja koordinoita mahdolliset huolto- ja kunnossapitotyöt. Resursseja kuluu alkuun myös asentajien kouluttamiseen. Kaikki mahdolliset PV-voimaloiden tarkastusmittaukset tulee opettaa asentajille standardin SFS-EN 61829:2016 mukaisesti.

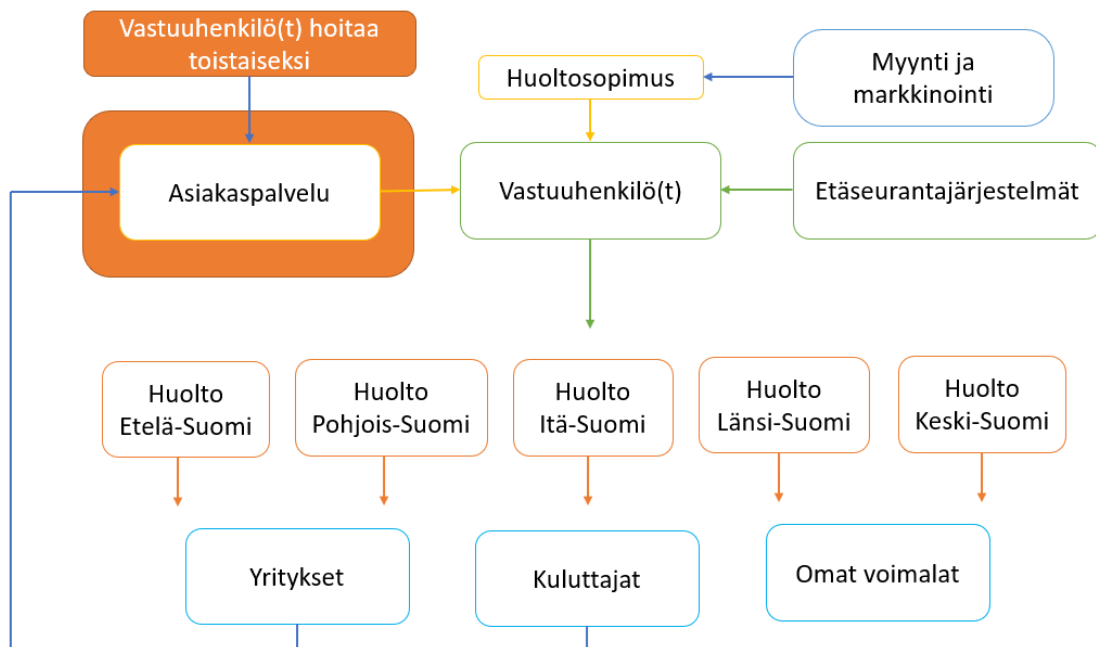
8.3 Tavarantoimittajat

Tavarantoimittajien kanssa pitää olla hyvät ja toimivat sopimukset, siitä kuinka mahdollisissa vikatilanteissa toimitaan, jotta tavara saadaan mahdollisimman no-

peaan perille. Tavarantoimittajat ovat yksi tärkeimmistä kumppaneista. Siksi onkin tärkeää olla perusteellisesti perillä jokaisen tuotteen takuuehdoista ja mahdollisista tyyppivioista, että saadaan kaikki hyöty tavarantoimittajista.

8.4 Rakenne ja verkostot

Huolto- ja kunnossapito-ohjelman rakenteeksi yksi esimerkki on kuvan 18 suunnitain rakenne. Tässä huolto-ohjelman mallissa on yksi selkeä vastuuhenkilö, joka huolehtii jokaisen osallistujan pätevyydestä ja muidenkin ohjelman osien toimivuudesta kuin myös varaosien ja takuiden saatavuudesta.



Kuva 18. Huolto- ja kunnossapito-ohjelman rakenne

Vastuuhenkilö(t) on kaiken tapahtuman keskellä ja pitää toiminnan sujuvuudesta huolen.

8.5 Asiakkaat ja markkinat

Huolto-ohjelman asiakkaina on yritykset, kuluttajat ja Oulun Sähkönmyynnin omat aurinkosähkövoimalat. Yritykset ja kuluttajat, jotka ovat ostamassa, ovat

ostaneet aurinkosähköjärjestelmän tai haluavat toisen yrityksen asentamaan voimalaan huoltosopimuksen. Suomessa aurinkosähkö on vielä melko nuori teknologia, joten todellisia huoltotarpeita ei vielä voida kuin ennustaa. Suuntaa voidaan ottaa muusta Euroopasta, jossa on herätty tähän tilanteeseen, että huoltovapaurinkosähkövoimalat tarvitsevatkin huoltoa ja kunnossapitoa. Siksi siellä on luotu oma segmentti käyttöön ja kunnossapitoon. Markkinat ovat siis kasvamassa jo olemassa olevien lisäksi. (6.)

8.6 Kilpailutilanne

Suurin osa kilpailijoista myy aurinkosähkövoimaloille 5 vuoden laitevalmistajien takuuta, jota ei välttämättä myönnetä jokaiselle komponentille. Monet yritykset mainostavat aurinkopaneeleita huoltovapaina. Hakukoneista katsottuna aurinkosähkövoimaloiden huoltopalveluita ei myynyt kuin muutama yritys ja yhdellä oli tarjolla erillinen huoltosopimus, joka oli hankala löytää heidän sivustoiltaan.

8.7 Palvelut ja tuotteet

Ideana myydä asiakkaalle huoletonta aurinkosähköä. Yhteyden asiakaspalveluun saa asiakasnumeron (kuva 19) kautta, jotta asiakas voi tilata lisäpalveluita tai ilmoittaa mahdollisesti järjestelmän ohi menneen vian. Tuotteina on ennakkoihuolto, korjaavahuolto, ennakkoiva ylläpito, ylimääräinen huolto ja mahdolliset lisäpalvelut. Huolto- ja kunnossapito-ohjelma tehdään standardin SFS-EN 62446-1:2016 mukaisesti.



KUVA 19. Aurinkopalveluiden tekninen tuki (4)

Tuotteina on huoltosopimus, joka ylläpitää voimalan toimintaa. Lisätuotteina myydään lisäpalveluita ja ylimääräistä huolto työtä. Tuotteeseen määritetään sopimukseen kuuluvat huolto- ja lisätyöt (taulukko 2).

TAULUKKO 2. Esimerkki huolto-ohjelman korvaus vastuista

	Vuositarkistus/huoltosopimus
Ennakoiva-huolto	Kuuluu vuositarkistuksen piiriin, jossa arvioidaan muiden huoltotoimenpiteiden tarvetta.
Korjaava-huolto	Kuuluu normaalin kulumisen piiriin. Vaihdetaan rikkiöntyneet osat tarvittaessa.
Ylläpito	Kuuluu normaalin kulumisen piiriin. Vaihdetaan rikkiöntyneet osat tarvittaessa.
Luonnon ilmiöt	Ei kuulu
Lisätyöt	Tilataan asiakaspalvelunumerosta
Vastuut	Varaosat kustannetaan virheen tekijän vakuutuksesta tai omasta vakuutuksesta.

Huoltosopimuslaskuri (taulukko 3) antaa automaattisesti hinnan, kun siihen laite-
taan voimalan teho.

8.8 Huoltosopimus

Huoltosopimukseen kuuluu aurinkosähkövoimalan osat, jotka ovat kriittisiä voim-
alan toiminnalle ja kuluneet normaalikäytöllä. Aurinkopaneelien puhdistus ei
kuulu tähän sopimukseen, mutta voidaan ostaa lisätöinä tarvittaessa. Ylimääräi-
set huollot ja lisätyöt voidaan tilata asiakaspalvelunumerosta (kuva 17), joka lii-
mataa asennuksen yhteydessä invertterin kylkeen.

8.9 Huoltotoimet

Ennaltaehkäisevät huoltotoimet ovat kunnossapidon ydinpalvelut aurinkosähkö-
voimalalle. Se käsittää säännölliset visuaaliset ja fyysiset tarkastukset, samoin
kuin mittaustoiminnot, jotka suoritetaan kaikilla tietyillä taajuuksilla avainkom-
ponenteille, jotka ovat välttämättömiä käyttöohjeiden noudattamiseksi ja laittei-
den valmistajien antamissa tarkistus suosituksissa. Laitteiden ja komponentteja
koskevia takuita ylläpidetään. Mittauksissa tulee noudattaa standardin SFS-EN
61829:2016 mukaisia määräytyksiä. Tekninen kokemus ja asiaankuuluvat etäseu-
rantatiedot optimoivat aurinkosähkövoimalan toimintaa. Huolto- ja kunnossapito-
sopimukseen tulee sisältyä näiden palvelujen laajuus ja jokainen tehtävän yksi-
tyiskohta. Ennakoivahuolto tehdään etukäteen sovituin väliajoin. Tarkistukset
suoritetaan mielellään joka vuosi, mutta kuitenkin vähintään kahden vuoden vä-
lein vuodessa. Tarkastuksesta kirjoitetaan asianmukaiset raportit, jotta seuraa-
vana vuonna nähdään mahdolliset huomiot mitä seurata seuraavalla käynnillä.
Raportit toimitetaan laitoksen omistajalle, jotta omistaja on perillä tehdyistä toi-
menpiteistä. (6, s. 44.)

Korjaavahuolto kattaa suoritettut toiminnot kunnossapitoryhmä aurinkosähkölai-
toksen palauttamiseksi järjestelmä, laite tai komponentti tilaan, missä se pystyy
toimimaan oikein. Korjaavahuolto tapahtuu vian havaitsemisen jälkeen, joko etä-
ohjauksella tai paikan päällä. Korjaushuolto sisältää kolme päätoimintaa:

- vian syy ja sijainti
- väliaikainen korjaus
- korjaus ja varaosat.

Työtehtävissä, joissa PV-laitoksen on oltava sammutettuna, aikataulun mukaisen korjaavan huollon suorittaminen yöllä tai pilvisellä säällä olisi paras mahdollinen käytäntö (6, s. 46).

Ennakoiva ylläpito perustuu aurinkosähkövoimalaitoksista kerätyistä tiedoista kulueneiden vuosien aikana, jonka perusteella voidaan arvioida laitteiden elinkaarta ja näin varautua siihen tai huoltamalla estää varaosien tarpeen (6, s.47).

Aurinkosähkövoimaloihin vaikuttavilla luonnonilmiöillä mukaan lukien voimakkaat tuulet, myrskyt, tornadot, maanjäristykset, lumi ja ukonilmat synnyttävät ylimääräistä huoltoa. Näiden tapahtumien sattuessa, vakuutukset korostavat tärkeyttä (6, s. 48).

Aurinkosähkövoimalan huolto ja kunnossapitoon voidaan ostaa erilaisia lisäpalveluita tarvittaessa. Lisäpalveluita ovat esimerkiksi aurinkopaneelien puhdistus, lumien tiputus katolta ja voimalan ympäristöstä huolehtiminen. Mahdollisia pieniä sähköitäkin voidaan myydä lisätöinä. (6, s. 49.)

8.10 Vikatilanteessa

Aliurakointi- ja tavarantoimitussopimuksia tehdessä tulee olla tarkkana vastuista ja, siitä mikä tahoo korvaa vikatilanteessa minkäkin varaosan. Jos kyseessä on asennusvirhe, sopimuksen tulee kattaa se asennuksia hoitaneen yrityksen laskuun. Järjestelmän toimituksesta vastuussa oleva yritys hoitaa varaosat ja työntekijät omaan laskuunsa tai vakuutukseensa. Kun jokin osa menee rikki normaalilla käytöllä, tulee selvittää, kuka on vastuussa tämän osan korvauksesta. Selvitetään, koska asennettu, minkälaiset takuut tuotteella, meneekö omasta varastosta vai toimittaako tavarantoimittaja tarvittavat osat. Kirjanpitoa pitää kehittää näitä tapahtumia varten.

9 TULOVIRRAT

Aurinkosähkövoimalan elinkaari (kuva 18) koostuu suureksi osaksi käyttö- ja kunnossapitovaiheesta, josta tällä hetkellä moni suomalainen aurinkosähkötoimittaja ei hyödy juuri mitenkään. Ongelmana on aurinkosähkössä ollut, ettei siitä saada kuin kertakorvaus. Aurinkosähkövoimaloiden toimituksesta ja huollosta yritetään tehdä pysyvä ja luotettava liiketoiminta tulevaisuudessa.



KUVA 18. Aurinkosähkövoimalaitoksen elinkaari (6)

Huolto- ja kunnossapito-ohjelman kuukausimaksut ovat pääasiallinen kassavirta. Kuukausimaksut suhteutetaan voimalan kokoon €/kWp, sekä määritetään tarvittaessa pohjahinta sopimukseen, johon lisätään €/kWp hinta. Tulovirtaa tulee myös huoltopalvelujen lisätöistä, joita myydään asiakasvaiheen kautta. Myyntitilanteessa suositellaan aurinkopaneelien pesun ostoa ammattilaisilta vähintään 5 vuoden välein. Suoritetun vuositarkastuksen (liite 3) perusteella voi laskea suuntaa antavia kuluja, joista voi tehdä myyntitilanteeseen helppokäyttöinen huoltosopimuksen hintalaskuri (taulukko 3.).

TAULUKKO 3. Esimerkki huoltosopimuksen hintalaskurista

	kWp	€/a	Pohjahinta €	Yhteensä/a
< 10 kWp	5	60,00 €	150	210,00 €
< 0,5 MWp	150	1 800,00 €	50	1 850,00 €
> 0,5 MWp	500	6 000,00 €	0	6 000,00 €
> 2 MWp	2000	24 000,00 €	0	24 000,00 €

Tarvittavat komponentti- ja huoltokulut lasketaan, joista saadaan laskettua hinta €/kWp/vuosi. Laskuissa on käytetty hypoteettisesti 12 €/kWp/a (taulukko 3), jonka avulla saadaan laskettua järjestelmän huoltosopimuksen hinta. Laskurilla voi laskea nopeasti huoltosopimuksen mahdolliset kustannukset jo myyntitilanteessa. Laskuri on tehty nopeuttaakseen myyntitilannetta. Laskurista saa järjestelmän koon ilmoitettua hinnan ja maksuerän suuruuden.

9.1 Kuluttajat

Kuluttajille tarjotaan toimituksen jälkeen aloituspakettia, joka maksaa tietyn pienemmän summan. 2 vuoden päästä hinta nousee ja jatkuu määräaikaisena enintään 10 vuotta. Takuuaika asennukselle on 2 vuotta, jonka jälkeen suositellaan ottamaan vähän kalliimpi ja kattavampi huoltosopimus. Myös aurinkopaneelien puhtaanapito lisäpalveluna myydään. Minimihinta määritetään lisäpalveluille (taulukko 4).

TAULUKKO 4. Arvonlisäveroton kuluttajahinnasto

Teho (kWp)	Kuukausihinta	Vuosihinta	Lisätyöt käynti
< 10 kWp	16,5€	99€	198€

Vuositarkastuksen yhteydessä tehtävät sähkötyöt ja lisätyöt veloitetaan vain tuntitaksalla. Lisätöinä menee myös mahdolliset pienet sähkötyöt, mutta ne pitää

tilata vaiheen kautta, että asentaja osaa tuoda tarvittavat varaosat ja työkalut mukanaan. Huolto- ja kunnossapito-ohjelman vuosimaksut voi maksaa, joko sopivissa erissä tai yhdellä vuosimaksulla.

9.2 Yritykset

Yrityksille tarjotaan aurinkosähköjärjestelmän toimituksen yhteydessä mahdollisesti aluksi vähän halvempaa huolto-ohjelmaa, josta jatketaan määräaikaishuoltosopimuksella enintään 10 vuotta. Voidaan tarjota alkuun esimerkiksi 3 - 6 kuukauden ilmaista huoltopakettia, jos sovitaan 5 - 10 vuoden määräaikainen huoltosopimus. Huolto-ohjelmaa myydään kiinteällä vuosihinnalla aurinkosähkövoimalan, jonka hinta määräytyy tehon perusteella (taulukko 5).

TAULUKKO 5. Esimerkki vuosihinnasta ja kustannuksilta lisätyökäynniltä

Teho (kWp)	Norm kuukausihinta	Lisätyöt käynti (3h)	Vuosihinta
10-14	99€	99€	198€

Vuositarkastuksen ajankohdat sovitaan hyvissä ajoin ja mahdolliset lisätyöt tilataan asiakasnumeron (kuva 17) kautta.

9.3 Kannattavuus

Kannattavuuslaskenta suoritettiin 2019 toimitetuilla aurinkovoimaloilla. Laskuissa otettiin huomioon työntekijät, varaosat, valvonta ja mahdolliset vakuutukset. Laskuissa todettiin huolto-ohjelma kannattavaksi ja tätä työtä käytetään huolto-ohjelman pohjana. Taloon palkattava asentaja on kalliimpi kuluerä, mutta asentajan koko työaika ei kuluisi pelkästään huoltotöihin, joten se vapauttaisi insinöörejä ja päälliköitä muihin töihin. Tietenkin näissä on otettava huomioon, että Oulun Sähkömyynnillä on jo kattava aurinkotarvikevarasto tällä hetkellä, joten se ei vaadi lisärahoitusta.

10 RISKIEN ARVIOINTI

Aurinkosähköjärjestelmien huolto- ja kunnossapito-ohjelman suurimmat riskit ovat turvallisuudessa, johon kiinnitetään erityistä huomiota aina katolla tai sähkön parissa työskennellessä.

Taloudelliset riskit ovat aina läsnä, kun liiketoimintaan ryhdytään. Aurinkosähköjärjestelmien huolto-ohjelmassa riskit eivät ole kovin suuret, koska alkuinvestointeja ei juuri tarvitse tehdä.

Taloudellisia riskejä aurinkosähköjärjestelmien huolto- ja kunnossapito-ohjelmassa otetaan, jos aletaan heti aluksi palkkaamaan uusia asentajia. Suositeltavaa olisi käyttää aluksi ulkopuolisia asentajia. Liiketoiminnan kasvaessa huolto- ja asennustöihin palkataan oma asentaja.

Laskelmien mukaan oletetaan, että kaikille vuonna 2019 toimitetuille järjestelmille myytiin huolto- ja kunnossapito-ohjelma. Laskelmista selvisi, että työntekijän palkkaus muodosta riippumatta huolto-ohjelma on kannattava. Kaikista kustannuksista ei voida vielä tässä vaiheessa tietää.

Riskit ovat yleisellä tasolla melko pienet, koska Oulun Sähkönmyynnin aurinkotarvikevarasto ei vaadi juuri päivityksiä ja on jo tällä hetkellä huolto-ohjelman vaatimalla tasolla. Huolto-ohjelman vakuutukset tulee hoitaa kuntoon, että vältetään luonnonilmiöiden tuhojen kustannuksilta.

11 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoite oli tehdä aurinkosähköjärjestelmien huolto- ja kunnossapito-ohjelma. Työn pääpainona oli selvittää kasvavaan aurinkosähköjärjestelmien huolto-ohjelman kustannusrakenne, henkilöstö ja mahdolliset alkuinvestoinnit, joita tarvitaan huolto-ohjelman lanseeraamiseksi.

Työssä suoritettiin vuositarkistus Oulun Sähkönmyynnin sopimus aurinkosähköjärjestelmälle, että saatiin vertailuarvoja tutkimustyönä löydettyjä hintoja vastaan ja niin päästiin laskemaan huolto-ohjelman kannattavuuksia.

Laskelmien mukaan oletetaan, että kaikille vuonna 2019 toimitetuille järjestelmille myytiin huolto- ja kunnossapito-ohjelma, joista selvisi, että työntekijän palkkausmuodosta riippumatta huolto-ohjelma on kannattava. Kaikista kustannuksista ei voida vielä tässä vaiheessa tietää. Kustannusrakenne muodostuu oikeille urilleen vasta huolto-ohjelman käyttövaiheessa, jotta voidaan ottaa tilastollisesti huomioon yllättävimmätkin menot ja tulot.

Huolto ja kunnossapito on monessa Euroopan maassa muodostunut omaksi aurinkoliiketoiminnan segmentiksi ja niin on nyt aika tehdä myös Suomessa.

LÄHTEET

1. Energiavuosi 2019 Sähkö. 2020. Energiateollisuus. Saatavissa: <https://energia.fi/julkaisut/tilastot/sahkotilastot> Hakupäivä: 15.2.2019
2. Energiatuki. 2020. Business Finland. Saatavissa: <https://www.businessfinland.fi/suomalaisille-asiakkaille/palvelut/rahoitus/energiatuki/> Hakupäivä: 25.1.2020
3. Kunnossapito. Järviö, Jorma. 2007. 4. painos. Hamina: KP-Media Oy.
4. Projektit. 2020. Oulun Sähkönmyynti Oy. 2020.
5. Operation & Maintenance Testing Equipments. 2018. Saur Energy International Saatavissa: <https://www.saurenergy.com/solar-energy-articles/operation-and-maintenance-for-pv-testing-equipments> Hakupäivä: 15.1.2020
6. Operation & Maintenance, Version 4.0. 2020. SolarPower Europe. Saatavissa: <https://www.solarpowereurope.org/om-best-practice-guidelines-version-4-0/> Hakupäivä: 16.1.2020
7. Aurinkoliiketoimintasuunnitelma. 2016. Oulun Sähkönmyynti Oy.
8. Utility-Scale Solar Photovoltaic Power Plants, A Project Developer's Guide. 2015. International Finance Corporation. Saatavissa: <https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/a1b3dbd3-983e-4ee3-a67b-cdc29ef900cb/IFC+Solar+Report+Web+08+05.pdf?MOD=AJPERES&CVID=kZePDPG> Hakupäivä: 19.2.2020
9. Trends in PV O&M Pricing. 2018. Bloomberg NEF. Saatavissa: <https://www.solar-trade.org.uk/wp-content/uploads/2018/12/2.-J.-Chase-Bloomberg-New-Energy-Finance-Trends-in-PV-OM-Pricing.pdf> Hakupäivä: 19.2.2020
10. Installation Guide IEC. 2019. Recom. Saatavissa: <https://recom-solar.com/wp-content/uploads/2018/09/RECOM-IEC-Installation-guide-Rev.05-2018-V.5.pdf> Hakupäivä: 5.2.2020

11. O&M strategies for finding module-level defects. 2018. PV-Tech. Saatavissa: <https://www.pv-tech.org/guest-blog/om-strategies-for-finding-module-level-defects> Hakupäivä: 1.3.2020
12. Duraclick Mountingsystem South – Assembly-Instructions. 2015. Soltop EU GmbH Saatavissa: <https://www.soltop.eu/en/mounting-systems/duraclick-sr.html> Hakupäivä: 29.1.2020
13. Aurinkopaneelikaapeli. 2020. Onninen Saatavissa: <https://onnshop.onninen.fi/top-cable-aurinkopaneelikaapeli-hf-h1z2z2-k-1x6-1kv-mu-k500-dca/p/CAG067?term=aurinkopaneelikaapeli> Hakupäivä: 3.2.2020
14. Sähkölaitteiston haltija ja käytön johtaja. 2020. Tukes. Saatavissa: <https://tukes.fi/sahko/sahkolaitteistot/sahkolaitteiston-haltija-ja-kaytonjohtaja>
15. HSS-Fall protection system. 2020. Soltop EU GmbH Saatavissa: <https://www.soltop.eu/en/hss-fall-protection-system.html> Hakupäivä: 5.3.2020
16. Aurinkosähköjärjestelmien turvallisuusohje. 2020. Lähitapiola. Saatavissa: <http://public.egate.fi/lahitapiola/lahitapiola/fi/tiedostot/228425/> Hakupäivä: 6.3.2019
17. O&M strategies for finding module-level defects, 2018. PV-Tech. Saatavissa: <https://www.pv-tech.org/guest-blog/om-strategies-for-finding-module-level-defects>
18. Thermal Imaging Cameras. 2020. Test Meter Group Limited. Saatavissa : <https://www.test-meter.co.uk/thermal-imaging-cameras/> Hakupäivä: 1.3.2020
19. Thermodiagnosis of Photovoltaic Power Plants. Workswell. Saatavissa: <https://www.drone-thermal-camera.com/drone-uav-thermography-inspection-photovoltaic/> Hakupäivä 21.1.2020
20. Fluke Lämpökamera. 2020. Saatavissa: <https://verkkokauppa.slo.fi/fi/lampo-kamera-flk-tis40-9hz-6752366> Hakupäivä: 6.3.2020

21. Flir lämpökamerat. 2020. Saatavissa: <https://verkkokauppa.slo.fi/fi/lampokamera-flir-e4-lampokamera-80x60-wifi-6708112?q=Flir> Hakupäivä: 6.3.2020

PELASTUSLAITOSKORTTI

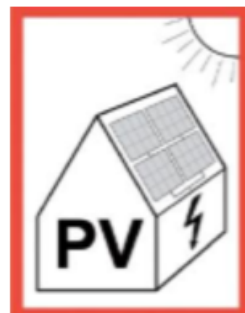
Antero Aurinkoisen - Aurinkovoimala

Osoitetiedot

Aurinkovoimalanteho: 2MWp

Invertteriteho: 1750kW, SMA STP CORE1 34kpl ja STP2500TL 2kpl

Käyttöpaikka: 123456789



Tehtävä	Kuvaus
Huomioitavaa	- Aurinkovoimala sammutetaan hätätilanteessa HÄTÄSEIS –napista, jolloin se ei syötä enää sähköä kiinteistöön AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄ ON KÄYTÄNNÖSSÄ AINA JÄNNITTEELLINEN, KUN SE SAA VALOA - Jännite järjestelmässä <1 000 V_{DC}
Varoetäisyydet	Turvaväli suorasuihkuputkella vähintään 5 m Turvaväli sumusuihkuputkella vähintään 1 m - Vahingoittuneisiin paneeleihin, <u>inverttereihin</u> ja kaapeleihin tulee pitää vähintään 1 metrin turvaväli
Haitalliset kaasut	- Aurinkosähkijärjestelmän komponentit voivat palaessaan lisätä haitallisten kaasujen määrää - Hengitys tulee suojata - Ilmastointi tulee sammuttaa
Muut	- Merkitty paikantamiskaavioon: - Olet tässä → Punainen piste - Aurinkovoimalan HÄTÄSEIS
Yhteydet	- Jakeluverkkoyhtiö, Oulun Energia - Järjestelmätoimittaja, Oulun Sähkönmyynti Oy p. 020 7101 003, aurinkomyynti@oulunenergia.fi

Aurinkosähköjärjestelmän vuositarkastus

Kohde: _____

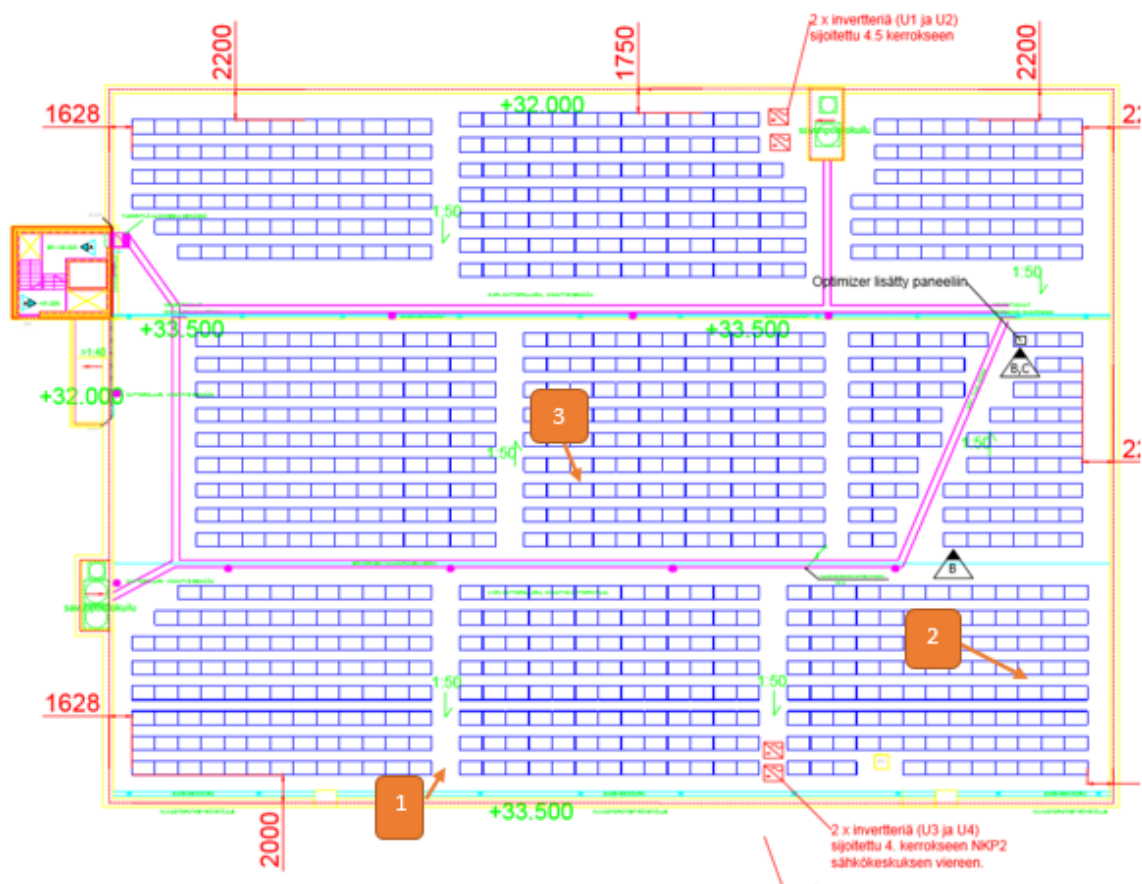


Päivämäärä: _____

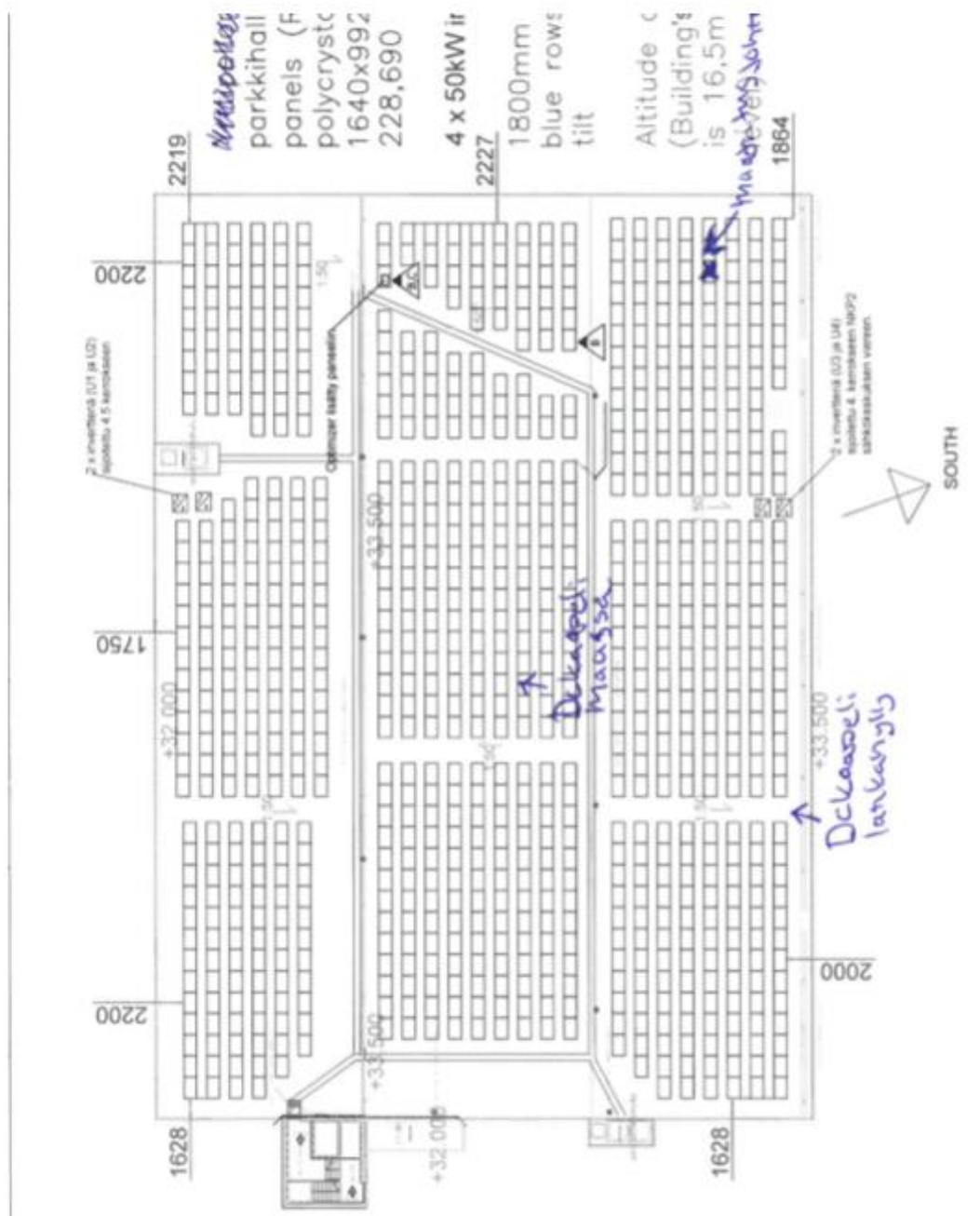
Tarkastaja: _____

Invertteri(t)	OK	Huomiot
Ympäristö		
Pölyt		
Toimiiko led-valot		
Liittimet		
Teknisten piirrustusten kunto		
Varoitustarrat		
Johdotus		
DC-johdotus		
-Merkinnät		
-Hankaumat		
AC-johdotus		
-Merkinnät		
-Hankaumat		
Liittimet		
Maadoitus		
-Hankaumat		
-Liittimet		
Aurinkopaneelit		
Lämpökameralla mahdolliset vuotokohdat		
Tarkistetaan väli- ja päätykiinnikkeet		
Puhdistus (Lisätöinä --> laskutus alkavatunti)		
Kattotelineet		
Silmämääräinen paneelikentän tarkistelu		
Onko matto pysynyt kattoprofiilin alla		
Onko paneelikenttä pysynyt paikoillaan		
Tuulipelti		
Läpiviennit		
Tiivistemassa		
Seinä läpiviennin ympäristössä		
Turvakytkimet		
AC-turvakytkimen tarrat		
DC-turvakytkimen tarrat		
Silmämääräinen tarkistelu		
Liittimet		
Pääkeskus		
Tarrat		
Pääkytkimen tarrat		
Lisäraportti		

Suoritettu vuositarkistusraportti Oulun Sähkönmyynnin sopimusvoimalaitokselle. Huomiokohdat merkattu sijoittelukuvaan, tarkennettu alapuolelle, kuin myös tämän hetkinen tila.



1. DC-kaapeli oli karannut lankahyllystä. KORJATTU
2. DC-kaapeli oli kattoa vasten. KORJATTU
3. Maadoitusjohto oli kattoa vasten. KORJATTU
4. Pääkeskuksen tarrat puuttuivat. TOIMITETAAN



Aurinkosähköjärjestelmän vuositarkastus



Kohde: OSM Sopimusvoimala

Päivämäärä: 4.3.2020

Tarkastaja: Mikko Ojakoski

Invertteri(t)	OK	Huomiot
Ympäristö	XXXXX	
Pölyt	XXXXX	Puhdistettu Puhdistettu
Toimiiko led-valot	+++++	
Liittimet	+++++	
Teknisten piirustusten kunto	+++++	
Varoitustarrat	+++++	
Johdotus		
DC-johdotus	X	Yksi johto katkoa vasten ↑ korjattu
-Merkinnät	X	
-Hankaumat	X	
AC-johdotus		
-Merkinnät	X	
-Hankaumat	X	
Liittimet	X	
Maadoitus		Yksi johto katkoa vasten ↑ korjattu
-Hankaumat	X	
-Liittimet	X	
Aurinkopaneelit		
Lämpökameralla mahdolliset vuotokohdat	Ei voitu	tarkistaa sinä tällä
Tarkistetaan väli- ja päätykiinnikkeet	X	
Puhdistus (Lisätöinä → laskutus alkavatunti)	—	
Kattotelineet		
Silmämääräinen paneelientän tarkistelu	X	
Onko matto pysynyt kattoprofiilin alla	X	
Onko paneelienttä pysynyt paikoillaan	X	
Tuulipelti	—	
Läpiviennit		
Tiivistemassa	X	
Seinä läpiviennin ympäristössä	X	
Turvakytkimet		
AC-turvakytkimen tarrat	X	
DC-turvakytkimen tarrat	X	
Silmämääräinen tarkistelu	X	
Liittimet	X	
Pääkeskus		
Tarrat	X	
Pääkytkimen tarrat	X	
Lisäraportti		