

Tuomo Hietala

# Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Auto- ja kuljetustekniikka

Insinöörityö

2.5.2017

Tekijä Otsikko	Tuomo Hietala Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu
Sivumäärä Aika	24 sivua + 13 liitettä 2.5.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Auto- ja kuljetustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Autosähkötekniikka
Ohjaaja(t)	Lehtori Vesa Linja-aho Toimitusjohtaja Tapio Kotka, Tavujoki Oy
<p>Tässä insinööriyössä suunniteltiin pienjänniteverkkoon kytketty aurinkosähköjärjestelmä. Työn lähtökohdaksi oli hyödyntää valmiiksi hankittuja aurinkopaneeleja ja suunnitella niiden pohjalta toimiva aurinkovoimala autokorjaamorakennukseen. Työ tehtiin Tavujoki Oy:n toimeksiantona. Aurinkosähköjärjestelmä suunniteltiin Aarnio Racing Oy:n korjaamorakennukseen.</p> <p>Insinööriyön tavoitteena oli valita käytettävät komponentit, toteuttaa sähkösuunnittelu ja luoda järjestelmän asennukseen ja ylläpitoon tarvittavat dokumentit. Tärkeä kriteeri oli järjestelmän laajennettavuus tulevaisuudessa.</p> <p>Opinnäytetyön tekeminen vaati sähkösuunnitteluohjelman käytön opettelemisen. Sähköpiirustusten tekemiseen käytettiin CADS Electric -ohjelmaa. Aurinkosähköjärjestelmiä koskevat määräykset täytyi selvittää alan standardeista ja tutustua muihinkin sähkösuunnittelua koskeviin vaatimuksiin. Oli mietittävä myös, millainen järjestelmä olisi kohdekiinteistöön sopiva. Näiden tietojen pohjalta valittiin sopivat komponentit, joista tehtiin tiedusteluja tuotoimittajia tapaamalla ja sähköpostilla. Lisäksi laadittiin valmiiksi standardien mukaiset raporttipohjat ja muut dokumentit käyttöönottotarkistusta varten.</p> <p>Kaikki työn tuloksena saadut dokumentit ovat liitteenä. Tuloksia voidaan hyödyntää seuraavissa aurinkosähköprojekteissa. Järjestelmän mitoitusta ja komponentteja toki joudutaan skaalaamaan kuhunkin käyttökohteeseen sopivaksi. Raporttipohjat kelpaavat useimmissa tapauksissa sellaisenaan.</p>	
Avainsanat	aurinkosähkö, sähkösuunnittelu, testiraportti

Author Title	Tuomo Hietala Design of a Photovoltaic System
Number of Pages Date	24 pages + 13 appendices 2 May 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automotive Engineering
Specialisation option	Automotive Electronics Engineering
Instructors	Vesa Linja-aho, Senior Lecturer Tapio Kotka, Managing Director, Tavujoki Oy
<p>This Bachelor's thesis describes the design of a photovoltaic system. The system will be connected to the low voltage grid. This thesis was commissioned by Tavujoki Oy. The starting point of the work was to utilize the solar panels that had been purchased earlier. The objective was to plan the solar power plant for the car repair shop of Aarnio Racing Oy.</p> <p>The aim of the Bachelor's thesis was to select the components to be used, to implement the electrical design and to create the necessary documentation for installation and maintenance of the system. An important criterion for the design was that it would be possible to extend the system in the future.</p> <p>The study was carried out as follows. Firstly, the regulations of the photovoltaic systems had to be investigated in the standards of the industry. Secondly, a decision had to be made what kind of photovoltaic system would be suitable for the target property. Thirdly, the appropriate components were selected by meeting the equipment suppliers and by e-mail. In addition, the test report templates and other documentation were prepared for the commissioning inspection.</p> <p>CADS Electric program was used to design the electrical diagrams and the layout pictures. All the documents received as the result of the design work are included as appendices of the thesis. The results can be utilized in the following photovoltaic projects. The system dimensioning and components must, of course, be scaled to suit each application. The report templates are in most cases suitable as such.</p>	
Keywords	photovoltaic, electrical design, test report

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Käytettävät standardit	2
2.1	SFS 6000-7-712:2012	2
2.2	SFS-EN 62446-1:2016	2
2.3	IEC 62548:2016	2
3	Asennuskohde	3
4	Komponentit	4
4.1	Aurinkopaneelit	4
4.2	Vaihtosuuntaaja	7
4.3	Laitekotelot	10
4.3.1	DC-keskus	10
4.3.2	AC-keskus	11
4.4	Erotuslaitteet	12
4.5	Kaapelit	14
4.5.1	Tasasähkökaapeli	14
4.5.2	Vaihtosähkökaapeli	14
5	Paneeliketjujen mitoitus	16
5.1	Aurinkopaneeliketjujen jännite	16
5.2	Aurinkopaneeliketjujen ylivirtasuojaus	17
6	Raportit	19
7	Yhteenveto	20
	Lähteet	22

## Liitteet

Liite 1. Dokumenttiluettelo

Liite 2. Järjestelmäkaavio

Liite 3. DC-keskus

Liite 4. DC-layout

Liite 5. AC-keskus

Liite 6. AC-layout

Liite 7. Maadoituskaavio

Liite 8. Kokoonpanopiirustus

Liite 9. PV-osa- ja kaapeliluettelo

Liite 10. Aurinkosähköjärjestelmän dokumentaatio

Liite 11. Tarkastussertifikaatti

Liite 12. Aistinvaraisen tarkastuksen raportti

Liite 13. Aurinkosähköpaneeliston testiraportti

## 1 Johdanto

Moni yritys on huomannut aurinkosähköenergian potentiaalin. Oikein mitoitettuna ja toteutettuna järjestelmä on kannattava sijoitus. Taloudellisen näkökulman lisäksi aurinkosähkö on hauskaa ja muodikasta. [1, s. 7.] Uusiutuvalla energialla voidaan luoda sopivaa imagoa yritykselle ja muutenkin lisätä sen kiinnostavuutta.

Tämä insinööri työ on tehty Tavujoki Oy:n toimeksiantona. Työssä suunniteltiin pienjänniteverkkoon kytketty aurinkosähköjärjestelmä Aarnio Racing Oy:n korjaamorakennukseen. Lähtökohtana oli, että kohdeyritys oli hankkinut valmiiksi erän aurinkopaneeleja ja halusi tilata niitä hyödyntävän toimivan aurinkovoimalakokonaisuuden.

Työn tarkoitus oli suunnitella aurinkosähköjärjestelmä, jossa hyödynnettäisiin valmiiksi hankittuja aurinkopaneeleja. Suunnittelutyössä tuli kuitenkin ottaa huomioon, että järjestelmää on voitava myöhemmin laajentaa muillakin paneeleilla. Insinööri työnsä tavoitteena oli koota tarvittavat lähtötiedot, tehdä komponenttivalinnat ja laatia kaikki dokumentaatio aurinkosähköjärjestelmän asennusta ja käyttöönottoa varten.

Insinööri työnsä ei ollut tarkoitus käsitellä valosähköilmiötä eikä aurinkopaneelien toimintaperiaatetta. Pääasia oli keskittyä sähkötekniisiin ratkaisuihin ja oikeiden komponenttien valitsemiseen. Mitoitusta käsiteltiin vain siinä mielessä, että järjestelmän laajennusmahdollisuus toteutui tilaajan toiveiden mukaisesti aina 10 kW:iin asti.

Ensiksi insinööri työnsä toteutus vaati perehtymistä aurinkosähköjärjestelmiä koskeviin vaatimuksiin ja niitä koskeviin standardeihin. Toiseksi oli mietittävä, millainen järjestelmä olisi kohdekiinteistöön sopiva. Näiden tietojen pohjalta valittiin sopivat komponentit, missä oli apuna sähköpostitiedustelut ja osatoimittajien tapaamiset. Lopuksi tehtiin sähköpiirustukset ja tarvittavat raporttipohjat käyttöönottotarkistusta varten. Kaikki projektiin sisältyvät dokumentit on luetteloitu liitteessä 1.

## 2 Käytettävät standardit

### 2.1 SFS 6000-7-712:2012

Standardi SFS 6000-7-712:2012 on nimensä mukaisesti standardisarjan 6000 osa, joka käsittelee valosähköisten tehonsyöttöjärjestelmien erityisvaatimuksia. Siinä selitetään aurinkosähköjärjestelmiin liittyvät yleiset termit ja määritelmät. Standardissa kerrotaan myös käytettävät suojausmenetelmät sekä sähkölaitteiden ja niiden asentamista koskevat vaatimukset. Se sisältää 11 sivua ja pohjautuu standardiin CENELEC HD 60364-7-712:2005. [2.]

### 2.2 SFS-EN 62446-1:2016

Sähköverkkoon kytkettyjen aurinkosähköjärjestelmien dokumentaatio, kunnossapito ja testauksen vaatimukset esitellään standardissa SFS-EN 62446-1. Se on tarkoitettu sähköverkkoon kytkettyjen aurinkosähköjärjestelmien suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden käyttöön. Siinä määritellään kaikki informaatio, joka pitää antaa asiakkaalle, kun sähköverkkoon kytketty aurinkosähköjärjestelmä on valmis. Käyttöönottestit ja tarkastuskriteerit sekä niistä tehtävä dokumentaatio käydään tässä standardissa lävitse. Tuotettavien dokumenttien avulla todistetaan, että asennus on turvallinen ja toimii tarkoituksenmukaisesti. Samoja ohjeita voidaan käyttää myös järjestelmälle tehtävissä määräaikaistarkastuksissa.

Standardi SFS-EN 62446-1 ei käsittele kuitenkaan järjestelmiä, jotka sisältävät energia-  
varastoja kuten akkuja tai hybridijärjestelmiä eikä myöskään keskittäviä aurinkosähköjärjestelmiä. [3.]

### 2.3 IEC 62548:2016

Aurinkosähköjärjestelmän suunnitteluun tarkoitettua kattavaa standardia ei löydy suomenkielisenä, mutta IEC 62548 käsittelee asiaa laajasti englanniksi. Siinä asetetaan vaatimukset käytettäville aurinkosähköpaneelille, johdotukselle, suojalaitteille, kytkimille ja maadoituksille. Vaihtosuuntaajia käsitellään vain turvallisuusnäkökulmasta. Akkuihin tai muihin energiavarastoihin ei tässä oteta kantaa. [4.]

Standardin tarkoitus on tuoda ilmi aurinkosähköjärjestelmien turvallisuusasioiden erityispiirteet. Korkeajännitteisessä tasavirrassa piilee monia vaaroja, joita normaalin vaihtovirran kanssa ei tule edes ajatelleeksi. Yksi esimerkki tästä on valokaaren pysyminen päällä pienilläkin virroilla.

### 3 Asennuskohde

Aurinkosähköjärjestelmä suunniteltiin asennettavaksi Mäntsälän Hautjärvellä sijaitsevan Aarnio Racing Oy:n korjaamorakennukseen. Vuoden 2016 aikana korjaamorakennuksen sähkökulutus oli 17 850 kilowattituntia. Vuosikulutuksen arvioitiin pysyvän suurin piirtein saman suuruisena lähitulevaisuudessaakin. Yksi huomioitava seikka oli, että kiinteistössä voisi ladata mahdollisesti hankittavaa sähköautoa, mikä nostaisi kulutusta. Jos autolla ajettaisiin esimerkiksi 18 000 kilometriä vuodessa, nostaisi se sähkökulutusta noin 4000 kilowattituntia. Aurinkosähkön käyttäminen lataamiseen olisi järkevää, sillä auto olisi korjaamorakennuksella usein päiväsaikaan eli silloin kun aurinkosähkövoimala tuottaa. [1, s. 89.]

Nykyinen korjaamorakennus on valmistunut vuonna 2015 ja siinä on käytössä normaali TN-S-järjestelmä. Lyhenne TN-S tarkoittaa, että järjestelmän yksi piste on yhdistetty maahan ja jännitteelle alttiit osat ovat yhdistetty tähän maadoitettuun pisteeseen. S-kirjain kertoo nolla- ja suojamaadoitusjohtimien olevan kaksi erillistä johdinta. Ne erkanevat toisistaan pääkeskuksessa. Verkon pääjännite on 400 V ja taajuus 50 Hz. [5, s. 63 – 68.] Rakennettavan aurinkosähkövoimalan liittyminen muuhun verkkoon tapahtuu pääkeskuksella, joka sijaitsee korjaamorakennuksen ulkopuolella eteläseinällä. Kiinteistön sähköliittymä on varustettu 25 A:n pääsulakkeilla.

Asennuskohteen lämmitys ja tarvittaessa jäähdytys tapahtuu ilmalämpöpumpulla. Aurinkoenergian käyttö tekee ilmalämpöpumpun jäähdytysominaisuuden käyttämisestä mielekästä, sillä jäähdytystä tarvitaan juuri silloin, kun aurinkovoimala toimii tehokkaimmin, eli kesällä. Kun aurinkopaneelit tuottavat enemmän energiaa kuin kiinteistössä käytetään, voidaan ylijäämä sähköä käyttää jäähdytykseen eikä sitä tarvitse myydä verkkoon epäedulliseen hintaan.

Aurinkopaneelit asennetaan korjaamorakennuksen katon etelälapelle. Paneelien kallistuskulma on sama kuin katonkin eli tässä tapauksessa 18 astetta. Atsimuuttikulma



eli vaakatason kulma on noin 200 astetta mitattuna myötöpäivään pohjoissuunnasta aloittaen. Asennussuunnasta johtuen paneeliston paras tuotto on odotettavissa hieman puolen päivän jälkeen.

## 4 Komponentit

### 4.1 Aurinkopaneelit

Kohteeseen oli valmiiksi hankittu SolarTechnicsin SN44Wp aurinkopaneeleita 30 kappaletta. Mallinimensä mukaisesti niiden ilmoitettu nimellisteho standardiolosuhteissa on 44 wattia. Standardiolosuhteet määritellään siten, että auringon säteilyenergian määrä on  $1000 \text{ W/m}^2$ , lämpötila  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  ja ilmassa 1,5. Ilmassa (Air Mass) on yksikötön suure, joka kuvaa ilmakehän vaikutusta auringon säteilyn kulkuun. Se on suhde, joka kertoo säteilyn todellisen kulkureitin pituuden verrattuna pystysuoraan matkaan merenpinnan tasosta koko ilmakehän läpi. [6.]

Käytännössä aurinkopaneelit harvoin toimivat standardiolosuhteissa. Paneelien vertailun vuoksi ja järjestelmän mitoituksen kannalta on kuitenkin tärkeää, että standardiolosuhteet on määritetty. Laskennallinen teho käytettäville 30 paneelille standardiolosuhteissa lasketaan kaavan 1 mukaisesti.

$$30 \text{ kpl} * 44 \frac{\text{W}}{\text{kpl}} = 1320 \text{ W} = 1,32 \text{ kW} \quad (1)$$

Asennusta varten korjaamorakennuksen katolle tehtiin puujalustat, joiden varaan paneelit kiinnitettiin pienten alumiinisten kiinnityslevyjen avulla (kuva 1). Paneeleissa itsessään ei ole minkäänlaista metallirunkoa, vaan niiden ulkokuori muodostuu ainoastaan lasista. Asennustavasta ja paneelityypistä johtuen ei katolla tehtävää potentiaalintasausta tarvita. [7.] Muiden suojohtimien reititykset selviävät Maadoituskaaviosta (liite 7).



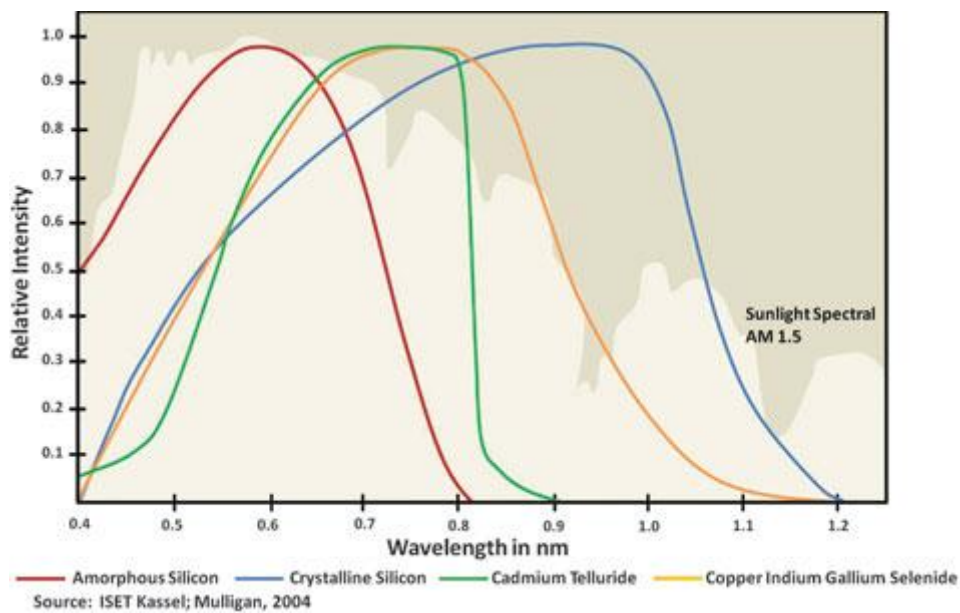
Kuva 1. Aurinkopaneelien asennus korjaamorakennuksen katolle puujalustalle.

Aurinkopaneelien asennuskulmaksi tuli sama kuin katon harjallakin eli 18 astetta. Paneelien mekaanisen asennuksen suunnittelu eikä myöskään toteutus sisältynyt insinööriyöhön, mutta jälkeenpäin ajatellen puujalustat olisi voinut toteuttaa niinkin, että paneelien pystykulma olisi muodostunut suuremmaksi. Suomessa suurin mahdollinen vuosituotanto saavutetaan, kun paneelit asetetaan 40–50 asteen kallistuskulmaan. [1, s. 120.]

Kyseiset aurinkopaneelit perustuvat ohutfilmitekniikkaan, joka koostuu amorfisesta piistä. Ohutfilmitekniikan käyttö on suhteellisen harvinaista aurinkosähköjärjestelmissä ja sen markkinaosuus valmistetuista paneeleista on noin 10%:n luokkaa. [8.]

Amorfisella piillä (a-Si) voidaan pinnoittaa erilaisia materiaaleja, kuten alumiinia tai ohutta muovikalvoa. Tämän tekniikan avulla voidaan tehdä joustavia tai kaarevia aurinkopaneeleja sellaisiin paikkoihin, joihin suora ja jäykkä levy ei sovellu. Kyseinen tuotantotapa on myös hyvin edullinen verrattuna kiteisestä piistä valmistettuihin paneeleihin. Tuotantoprosessi kuluttaa myös huomattavasti vähemmän energiaa. Ohutfilmipaneeli tuottaa suunnilleen vuodessa yhtä paljon energiaa kuin sen valmistamiseen on käytetty. Kiteisillä piipaneeleilla vastaavan energiamäärän tuottoon menee kaksi vuotta. [9, s. 13.]

Pilviset päivät ja lämpimät olosuhteet eivät haittaa amorfisesta piistä tehtyjä ohutfilmipaneelien toimintaa yhtä pahasti kuin kidepaneeleita, vaan niiden tuotto pysyy korkealla silloinkin. Vaikka pilvisenä päivänä ei maan pinnalle tulekaan paljon näkyvää valoa on silti lyhytaaltoisen ja UV-valon määrä korkea. A-Si-paneeli on tehokkaimmillaan juuri lyhyillä aallonpituuksilla (kuva 2) ja siksi sen toiminta ei huonone pilviselläkään säällä. [10.]

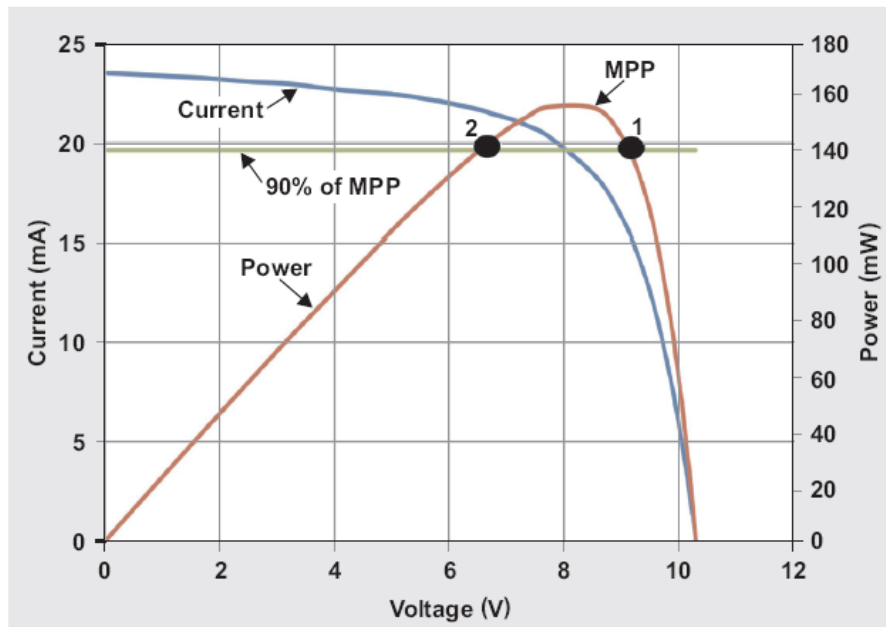


Kuva 2. Eri aurinkopaneelityyppien suhteellinen intensiteetti aallonpituuden funktiona [11.].

Ohutfilmipaneelien hyötysuhde on melko alhainen, vain noin 7 %, minkä vuoksi niitä hyödyntävät aurinkosähköjärjestelmät vaativat enemmän asennuspinta-alaa pyrittäessä samaan tehoon kuin kiteisten piipaneelien avulla. Hyötysuhde huononee ajan myötä, ja niiden tekninen käyttöikä jää yleensä alhaisemmaksi. [9, s. 14.]

## 4.2 Vaihtosuuntaaja

Vaihtosuuntaajalla eli invertterillä on merkittävä rooli koko aurinkosähköjärjestelmän toiminnassa. Se on osattava mitoittaa sopivaksi niin tehoiltaan kuin jännitetasoiltaan. Tähän projektiin valittiin käytettäväksi Omronin KP100L. Laitteen maksimiteho on tilaajan vaatimuksen mukainen eli 10 kW, ja siihen on mahdollista kytkeä kolme eri tasajännitetuloa sen omaavien kolmen MPPT (Maximum Power Point Tracking) -säätimien johdosta. MPPT on järjestelmä, joka etsii oikeaa jännitettä, jolla paneelikenttä toimii suurimmalla mahdollisella teholla. Aurinkopaneelilla on tietynlainen ominaiskäyrä eli virtakuvaaja jännitteen funktiona. Maksimitehopiste on se kuvaajan piste, jossa jännitteen ja virran tulo saavat suurimman arvon. [12.] Kuvassa 3 nähdään esimerkki paneelin ominaiskäyrästä ja tehokuvaajasta.



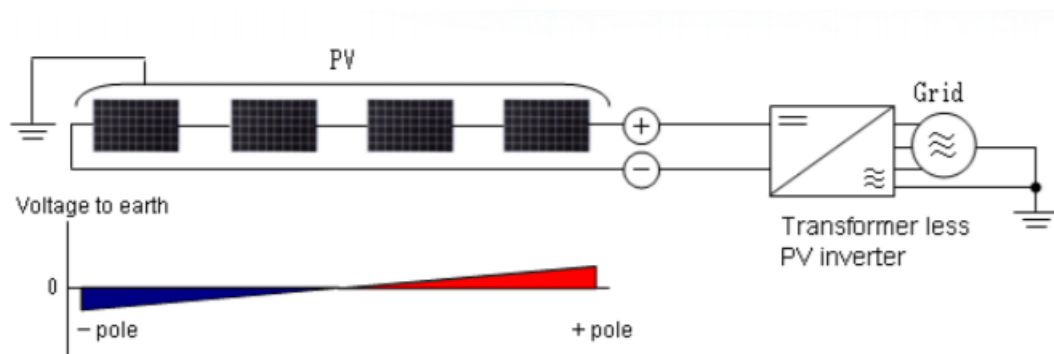
Kuva 3. Jännitteen vaikutus aurinkopaneelin tehoon. Sininen käyrä kuvaa aurinkopaneelin virtaa sen jännitteen funktiona. Punainen käyrä taas kuvaa paneelin tehoa jännitteen funktiona. Maksimitehopiste saavutetaan punaisen käyrän huipulla. [13.]

Invertterin syöttöpuoli on kolmivaiheinen, eli sillä voidaan tuottaa energiaa kaikkiin kiinteistöissä oleville sähkölaitteille. Invertterin valintaan päädyttiin pääasiassa siksi, että laite mahdollistaa monia eri järjestelmän laajentamisvaihtoehtoja.

Ensiasennuksessa vaihtosuuntaajasta otetaan vain yksi tasajännite- eli DC-tulo käyttöön. Jokaiseen tuloon voidaan kytkeä 5,5 kW:n aurinkopaneelisto, joten suunniteltu

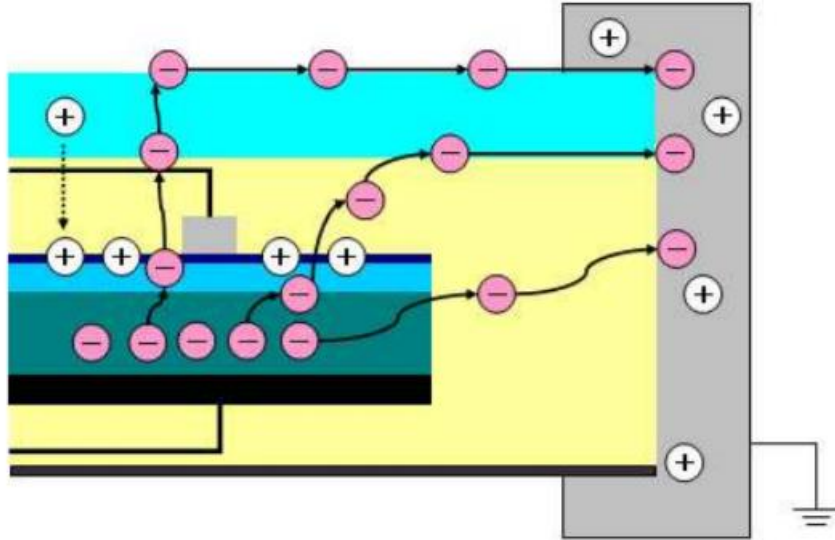
1,32 kW ei ylitä tätä rajaa. Järjestelmää laajennettaessa voidaan muihin tuloihin kytkeä eri määrä paneeleita tai kokonaan toisentyyppisiä paneeleita, niiden häiritsemättä toisiinsa. Erilliset DC-tulot mahdollistavat myös paneelitojen sijoittamisen eri paikkaan. Yksi paneelikenttä voidaan suunnata esimerkiksi itään ja toinen länteen. Näin pystytään tuottamaan aurinkosähköä tasaisemmin läpi koko päivän. Tuotetun energian kokonaismäärä tosin pienenee, mutta taloudellinen hyöty paranee, koska tuotettu sähkö saadaan suuremmalla todennäköisyydellä käytettyä itse eikä sitä tarvitse myydä sähköverkkoon. [1, s. 121.]

Omron KP100L on muuntajaton vaihtosuuntaaja, jossa on erityinen järjestelmä, joka pyrkii ehkäisemään PID:ltä (Potential Induced Degradation). Tämä tarkoittaa aurinkopaneelissa tapahtuvaa rappeutumista, joka johtuu potentiaalierosta. Koska invertteri on muuntajaton, ei kumpaakaan tasajännitepuolen johdinta voida maadoittaa. Tämä johtaa siihen, että aurinkopaneeliston miinuspuolella on negatiivinen varaus maatasoon nähden ja toisaalta pluspuolella positiivinen varaus (kuva 4).



Kuva 4. Muuntajattoman invertterin kytkentä ja sen aiheuttamat potentiaalierot [14].

Jos aurinkokenno on negatiivisesti varautunut sitä ympäröivään metallirunkoon nähden, on kennon sisällä olevilla elektroneilla taipumus pyrkiä purkautumaan sieltä ulos suurempaa potentiaalia kohti (kuva 5).



Kuva 5. Negatiivinen potentiaaliero aurinkokennon ja rungon välillä aiheuttaa elektronien karkaamista [14].

Elektronien karkaaminen aurinkokennosta aiheuttaa pienen vuotovirran. Tämä vuotovirta häiritsee kennon toimintaa ja on suoraan pois sen tuottamasta tehosta. TÜVRheinland on testannut Omronin PID-järjestelmää, ja niistä löytyy dokumentit Omronin verkkosivuilta. [15. ja 16.]

Insinööriyössä suunniteltava 10 kW:n järjestelmä luokitellaan mikrotuotantolaitteistoksi. Mikrotuotantolaitos on varustettava suojalaitteilla, jotka kytkevät järjestelmän irti verkosta, jos verkkosyöttö katkeaa tai jännite tai taajuus poikkeaa sähköverkon normaaleista arvoista. Käytännössä suojaus toteutetaan vaihtosuuntaajalla, sillä se valvoo tuottamansa sähkön laatua. Suojaustasolle eli syötön katkaisemiselle on olemassa raja-arvot, mutta esimerkiksi saksalaisen vaatimusdokumentin VDE-AR-N 4105:2011-8 täyttävät laitteistot kelpaavat sellaisenaan kytkettäväksi. [17.] Projektissa käytetty Omron KP100L täyttää kyseiset vaatimukset ja soveltuu siten kytkettäväksi verkkoon.

Invertterissä on RS485-sarjaliikenneliitäntä, jonka avulla on mahdollista kerätä muun muassa tuotantotietoja. Tuotantotiedot oli ajatuksena tilastoida ja ladata pilveen, josta asiakas voisi seurata niitä Internet-yhteyden avulla. [18.]

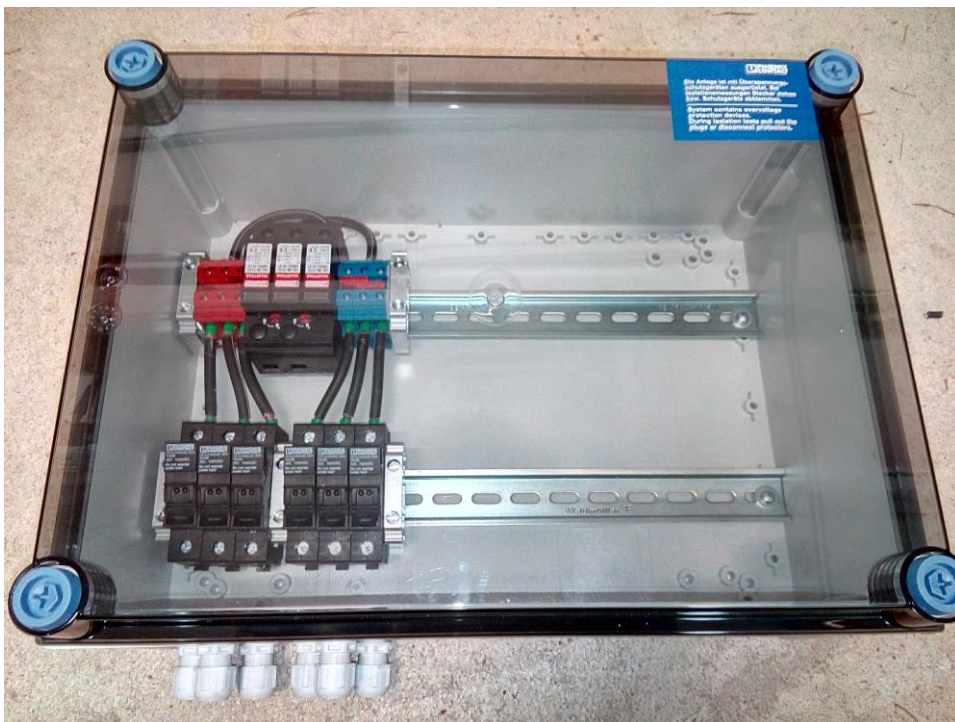


## 4.3 Laitekotelot

### 4.3.1 DC-keskus

Tasajännitepuolelle asennetaan tässä projektissa vain yksi laitekotelo korjaamorakennuksen sisätiloihin. Katolle ei haluta asentaa paneeliketjukaapeleiden yhdistämisasiota sulakkeineen, vaan jokainen paneeliketju tuodaan omaa kaapelia käyttäen sisätiloihin. Asennukseen kuuluu enemmän johdinta, mutta järjestelmän huollettavuudesta tulee käytännöllisempää. Lisäksi järjestelmästä tulee toimintavarmempi, kun ylimääräisiä komponentteja ei ole ulkona sään armoilla. Vaatimus ylivirtasuojalaitteiden helposta tavoitettavuudesta on määrätty myös IEC 62548:2016 standardissa. [4, s. 37.]

Laitekoteloksi valittiin Fiboxin polykarbonaattikotelo, jonka mitat ovat 400 \* 300 \* 170 mm (kuva 6). Kotelo ylimitoitettiin ensiasennukseen nähden kolminkertaiseksi, jotta sinne mahtuu myös mahdollisessa järjestelmän laajenuksessa tarvittavat komponentit. Tähän DC-keskukseen sijoitettiin jokaisen paneeliketjukaapelin sulakkeet, ylijännitesuoja ja paneeliketjukaapeleiden rinnankytkennän mahdollistavat riviliittimet. Kaikkien keskuksessa käytettävien komponenttien tulee olla soveltuvia korkealle tasajännitteelle. Tyypillisesti aurinkosähköosien nimellisjännite on 1000 VDC.



Kuva 6. DC-keskus esikasattuna ennen asennusta.

Kotelon tulee olla avattavissa vain työkalun tai avaimen avulla sen sisältämien sulakepesien vuoksi [4, s. 42.]. Sulakepesät ovat sormin avattavia, ja näin ollen on vaara, että sormi osuu jännitteellisiin osiin. Huomioitavaa on myös, että mikäli tasajännite-erotuskytkin on huolimattomuussyistä jäänyt kiinni-asentoon, piirissä kulkee virta. Jos sulakepesän avaa virrallisena, on suuri riski valokaaren syntymiselle.

Edellä mainituista syistä johtuen on olennaista, että keskus varustetaan riittävin varoitusmerkein ja siihen on pääsy ainoastaan opastetuilla henkilöillä. [4, s. 10.] DC-keskuksen piirikaavio on liitteessä 3 ja sijoittelukuva varoitusmerkkeineen liitteessä 4.

#### 4.3.2 AC-keskus

Vaihtojännitepuolen kaapiksi valittiin 14 moduulin laitekotelo (kuva 7). Se on tarkoitettu asentamaan DC-keskukseen ja invertterin viereen samalle seinälle. AC-keskus voitiin suunnitella sellaiseksi, ettei sille tarvitse tehdä mitään muutoksia, jos järjestelmää lähdetään laajentamaan. Kaappiin asennetaan 300 mA:n laitesuojaukseen tarkoitettu vikavirtasuoja, ylijännitesuoja, syöttävää kaapelia suojaavat johdonsuojakatkaisijat ja suojamaakisko. AC-keskuksen piirikaavio on esitetty liitteessä 5 ja sijoittelukuva liitteessä 6.



Kuva 7. AC-keskus valmiina asennettavaksi.



Vaikka standardi SFS 6000-7-712 ei velvoitakaan asentamaan ylivirtasuojaa syöttökaapelin invertterin puoleiseen päähän [2, s. 6], päätettiin se sinne kuitenkin laittaa. Johdonsuojakatkaisijaa ei välttämättä tarvittaisi AC-keskuksessa, koska syöttökaapelin vikaantuessa invertteri kytkeytyy automaattisesti pois päältä. Irti kytkeytyminen tapahtuu, kun invertteri huomaa verkkojännitteen kadonneen kaapelista. Työssä haluttiin kuitenkin pelata varman päälle ja asentaa johdonsuojakatkaisija, koska sen tuoma lisäkustannus on olematon. Vikavirtasuoja ja ylijännitesuoja on valittu invertterin valmistajan ohjeiden mukaisesti. [18.]

#### 4.4 Erotuslaitteet

Standardi SFS 6000-7-712 vaatii kytkimet, joilla invertteri on erotettavissa tasa- ja vaihtosähköosasta [2, s. 7]. Tässä aurinkosähköjärjestelmässä käytetään kolmea eri kytkintä, jotka näkyvät kuvassa 8. Yksi kytkin on erottamassa tasasähköosan vaihtosuuntaajasta. Toinen kytkin erottaa sekä invertterin AC-keskuksesta, että AC-keskuksen pääkeskuksesta. Kolmas kytkin on korjaamon ulkoseinällä erottamassa koko aurinkosähköjärjestelmän pääkeskuksesta. Erotuslaitteiden sijainnit selviävät järjestelmäkaaviosta (liite 2).



Kuva 8. Aurinkosähköjärjestelmässä käytettävät erotuslaitteet. Vasemmalla on tasasähköosan, keskellä AC-keskuksen ja oikealla pääkeskuksen kytkin.

Käytössä olevassa invertterissä on kolme erillistä tasavirtatuloa, jolloin sinne voidaan kytkeä yhteensä kuusi johdinta. Kaikkien johtimien katkaisemiseen tarvittavaa kuusi-napaista kytkintä ei löydetty, joka olisi täyttänyt tarvittavan jännitetason ja ollen samalla kustannustehokas. Projektiin valittiin nelinapainen kytkin, jolla voidaan ottaa käyttöön invertterin kaksi tasavirtatuloa. Ensiasennuksessa käytetään vain yhtä tasavirtatuloista.

AC-keskukselle valittiin kuusinapainen kytkin, joka erottaa AC-keskuksen sekä invertteristä, että pääkeskuksesta. Näin täytettiin vaatimus siitä, että vaihtosuuntaaja saadaan erotettua koko vaihtosähköosasta ja samalla sisäseinällä oleva AC-keskus erotetaan ulkona olevasta pääkeskuksesta. Tästä syystä AC-keskukselle ei tule takajännitettä pääkeskuksesta eikä erillistä opastetta erotuslaitteen toisesta sijainnista tarvita. Lisäksi huoltotoimenpiteet ovat selkeämpi ja turvallisempi tehdä, kun erotuskytkimet ovat samassa tilassa huoltokohteen kanssa.

Standardisarjassa SFS 6000 vaaditaan erotuslaite, jolla valosähköjärjestelmä saadaan erotettua jakeluverkosta [19, s.10]. Tähän tarkoitukseen soveltuva kytkin asennetaan pääkeskukselle ulkotiloihin. Se varustetaan kilvellä, joka selkeästi osoittaa sen toimintatarkoituksen. Molemmat vaihtovirtapuolen kytkimet on valittu siten, ettei niitä tarvitse

vaihtaa, vaikka järjestelmää laajennettaisiin, koska niiden nimellisvirta ylittää suurimman virran, jonka invertteri kykenee tuottamaan maksimiteholla.

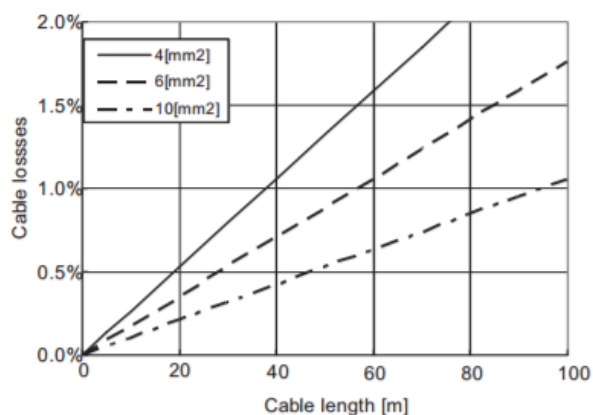
## 4.5 Kaapelit

### 4.5.1 Tasasähkökaapeli

Tasasähkökaapeleiden valinta tehdään aurinkopaneelien suurimman mahdollisen oikosulkuvirran perusteella. Standardin SFS 6 000-7-712 mukaan kaapelin ylikuormitus-suojausta ei tarvita, jos kaapelin jatkuva kuormituksen kesto on vähintään 1,25 kertaa aurinkopaneeliketjun oikosulkuvirta. Ulkona oleva tasajännitettäkaapeli altistuu sään vaikutuksille, siispä sen on kestävä tuulta, jään muodostumista, lämpötilan vaihtelua ja auringon säteilyä. Maasulkujen ja oikosulkujen riski on pyrittävä tekemään mahdollisimman pieneksi, siksi on hyvä käyttää vaipallisia yksijohdinkaapeleita. [2, s. 6–7.]

### 4.5.2 Vaihtosähkökaapeli

Invertterin ja pääkeskuksen välille tulevana syöttökaapelina voidaan käyttää normaalia viisijohtimista MMJ:tä. Tarkoitus on valita syöttökaapeli ja johdonsuojakatkaisijat siten, että ne riittävät myös silloin kun aurinkopaneeleja lisätään ja invertteristä otetaan maksimiteho. Kaapelin mitoitus tehdään SFS 6000-standardin mukaan. Myös invertterivalmistaja Omronilla on omat suosituksensa käytettävälle kaapelille. Ajatus on, ettei kaapelia, jonka tehohäviö on yli 1 %, käytettäisi. [18.] Omronin käyttöohjekirjassa on käyrästä, josta häviön voi tarkistaa helposti kaapelin poikkipinta-alan ja pituuden avulla (kuva 9).



Kuva 9. Syöttökaapelin tehohäviö pituuden funktiona [19].

Asennuskohteessa tarvittava kaapelin pituus on noin 15 metriä, joten 4 mm<sup>2</sup>:n kaapelilakin häviöt jäisivät reilusti alle yhden prosentin. 4 mm<sup>2</sup>:n kaapelin saatavuus on Suomessa melko heikkoa, joten seuraava pienempi kaapelikoko on 2,5 mm<sup>2</sup> ja seuraava suurempi 6 mm<sup>2</sup>. Syöttökaapeli suojataan 20 A:n C-tyypin johdonsuojakatkaisijoilla, minkä takia vaarana on, että 2,5 mm<sup>2</sup>:n kaapeli jää liian pieneksi. 6 mm<sup>2</sup>:n kaapelin eduksi voidaan laskea myös se, että se sisältää valmiiksi riittävän kokoisen suojajohtimen ylijännitesuojia ajatellen, eikä sitä tarvita erikseen. [21.]

Johdonsuojakatkaisijan standardin mukainen toiminta selvitettiin laskemalla kaavan 2 ja 3 mukaisesti. Korjaamorakennuksen sähköliittymän pääsulakkeiden koko on 25 A, ja SFS 6000 vaatimusten mukaan tällöin pienimmän oikosulkuvirran täytyy olla vähintään 250 A [22, s. 4]. Ensin lasketaan impedanssi pääkeskuksella kaavasta 2 [5, s. 95].

$$Z_v = \frac{c * U}{\sqrt{3} * I_{kPK}} \quad (2)$$

$c$  on kerroin 0,95, joka ottaa huomioon jännitteenaleneman liittimissä, johdoissa, sulakkeissa, kytkimissä jne.

$U$  on pääjännite, (400 V).

$I_{kPK}$  on yksivaiheinen oikosulkuvirta pääkeskuksella, (250 A).

$$Z_v = \frac{0,95 * 400V}{\sqrt{3} * 250A} = 0,877 \dots \Omega$$

Suurin sallittu johdonpituus lasketaan kaavan 3 mukaisesti [5, s. 96]:

$$l = \left( \frac{c * U}{\sqrt{3} * I_k} - Z_v \right) / (2 * z) \quad (3)$$

$I_k$  on oikosulkuvirta, joka aiheuttaa automaattisen poiskytkennän vaaditussa ajassa, (200 A) [5, s. 93].

$z$  on suojattavan johtimen impedanssi, (3,660  $\Omega$ /km) [5, s. 96].

$$l = \frac{\frac{0,95 * 400V}{\sqrt{3} * 200A} - 0,877 \dots \Omega}{2 * 3,660 \frac{\Omega}{\text{km}}} = 0,0299 \dots \text{ km} \approx 30 \text{ m}$$

Koska laskusta saatu johtopituus on enemmän kuin asennuskohteessa toteutettava, voidaan todeta, että johdon automaattinen poiskytkentä toteutuu vaaditusti 0,4 sekunnissa [23, s. 7]. Lisäksi tulee selvittää johdon jatkuva kuormitettavuus. Syöttökaapeli asennetaan lämpöeristettyyn seinään upotettuun putkeen, jolloin se vastaa SFS 6000 -standardisarjan referenssiasennustapaa A. Putkessa ei kulje muita kaapeleita. Standardin taulukosta B52.2 kolmelle kuormitetulle kuuden neliömillimetrin johtimelle saadaan kuormitettavuudeksi 31 A. Asennuskohteen korkeimmaksi lämpötilaksi arvioidaan 30 °C, jolloin kuormitettavuus pitää kertoa vielä korjauskertoimella, joka saadaan taulukosta B52.14. Se on 0,94.

$$31 \text{ A} * 0,94 = 29,14 \text{ A} \quad (4)$$

Tuloksena saatu johtimen jatkuva kuormitettavuus ylittää reilusti johdonsuojakatkaisijan mitoitusvirran (20 A), joten valittu johdinpoikkipinta-ala soveltuu käytettäväksi [24, s. 31 – 49].

Kaikkien projektissa tarvittavien komponenttien ja kaapeleiden tiedot ovat esitetty PV osa- ja kaapeliluettelossa (liite 9).

## 5 Paneeliketjujen mitoitus

### 5.1 Aurinkopaneeliketjujen jännite

Valituksi tulleen Omronin KP100L-vaihtosuuntaajan tasajännitepuolen toimintajännitealue on 200 – 850 VDC. Nimellisjännite on 585 VDC. Käytössä olevien SolarTechnics SN44Wp paneeleiden avoimen piirin maksimijännite standardiolosuhteissa on 63 V. Ensisiasennuksessa paneeleita on tarkoitus käyttää 30 kappaletta. Kun ne jaetaan kolmeen paneeliketjuun, yhden pituudeksi tulee 10 paneelia. Paneeliketjun maksimijännite standardiolosuhteissa lasketaan kaavalla 5.

$$U_{OC \text{ ARRAY}} = U_{OC \text{ MOD}} * M \quad [4, \text{s. } 16.] \quad (5)$$

$U_{OC \text{ MOD}}$  on aurinkopaneelin avoimen piirin jännite standardiolosuhteissa (63 V).

$M$  on sarjaan kytkettyjen aurinkopaneelien määrä (10 kpl).

$$U_{OC\ ARRAY} = 63\text{ V} * 10 = 630\text{ V}$$

Valmistajan ilmoituksen mukaan paneelin avoimen piirin jännite muuttuu ympäristön lämpötilan mukaan  $-0,33\text{ \%}/^{\circ}\text{C}$ . Asennuskohteen matalimmaksi mahdolliseksi lämpötilaksi oletetaan  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Lasketaan korkein mahdollinen paneeliketjun avoimen piirin jännite kaavalla 6.

$$U_{OC\ ARRAY\ CORRECTED} = -0,33\frac{\%}{^{\circ}\text{C}} * \Delta t * U_{OC\ ARRAY} + U_{OC\ ARRAY} \quad [4, \text{ s. } 40.] \quad (6)$$

$$U_{OC\ ARRAY\ CORRECTED} = -0,33\frac{\%}{^{\circ}\text{C}} * (-35\text{ }^{\circ}\text{C} - 25\text{ }^{\circ}\text{C}) * 630\text{ V} + 630\text{ V} = 754,74\text{ V}$$

Suurin mahdollinen jännite ei saa ylittää invertterin suurinta toimintajännitettä. Käytettävä jännite kannattaa kuitenkin olla mahdollisimman korkea, koska häviöt ovat pienemmät. Lisäksi jos jännitettä pienennettäisiin lisäämällä paneeliketjujen lukumäärää, täytyisi varokkeita ja muita laitteita lisätä vastaavasti ja tästä koituisi lisäkustannuksia.

Valmistajan tietojen mukaan standardiolosuhteissa paneelista saadaan paras teho, kun sen toimintajännite on  $48\text{ V}$ . Koko paneeliketjun suljetun piirin jännite standardiolosuhteissa lasketaan:

$$48\text{ V} * 10 = 480\text{ V} \quad (7)$$

Yllä laskettu toimintajännite osuu hyvin invertterivalmistajan antamaan haarukkaan ja sallii myös reilun poikkeamisen ihannearvosta.

## 5.2 Aurinkopaneeliketjujen ylivirtasuojaus

Paneeliketjujen ylivirtasuojauksen mitoitukseen esitetään vaatimukset IEC 62548 -standardissa. Tässä projektissa on tarkoitus asentaa kolme paneeliketjukaapelia rinnan, joten ylivirtasuojaus on syytä toteuttaa. Suoja vaaditaan jokaisen paneeliketjukaapelin plus- sekä miinusjohtimeen. Suojaukseen käytetään aurinkosähköjärjestelmiin tarkoitettuja sulakkeita, joiden nimellisjännite on  $1000\text{ V}$ . Suojalaitteen nimellisvirta  $I_n$  määritellään kaavan 8 mukaisesti.

$$1,5 * I_{SC\ MOD} < I_n < 2,4 * I_{SC\ MOD} \quad [4, \text{ s. } 35.] \quad (8)$$

$I_{SC\ MOD}$  on aurinkopaneelin oikosulkuvirta standardiolosuhteissa

Aurinkopaneelivalmistajan tietojen mukaan paneelin oikosulkuvirta standardiolosuhteissa on 1,08 A, joten  $I_n$  mitoitetaan:

$$1,5 * 1,08 \text{ A} < I_n < 2,4 * 1,08 \text{ A}$$

$$1,62 \text{ A} < I_n < 2,59 \text{ A}$$

Nimellisvirraltaan 2 A:n sulake osuu saatujen arvojen väliin. Vaikka valittu 6 mm<sup>2</sup>:n aurinkopaneelikaapeli kestäisikin suurimman oikosulkuvirran helposti (kuva 10), on paneeliketjukohtaiset sulakkeet asennettava, sillä aurinkopaneelien omia kaapeleita ja sisäisiä rakenteita ei ole suunniteltu mahdolliselle ylivirrälle.

Kaapelien mitoitus taulukko

PANEELILTA SÄÄTIMELLE,

kaapelin minimi poikkipinta mm<sup>2</sup>      Matka (m)

A	5	10	15	20	25	30
2	0,31	0,63	0,94	1,25	1,56	1,88
4	0,63	1,25	1,88	2,50	3,13	3,75
6	0,94	1,88	2,81	3,75	4,69	5,63
8	1,25	2,50	3,75	5,00	6,25	7,50
10	1,56	3,13	4,69	6,25	7,81	9,38
12	1,88	3,75	5,63	7,50	9,38	11,25
14	2,19	4,38	6,56	8,75	10,94	13,13
16	2,50	5,00	7,50	10,00	12,50	15,00
18	2,81	5,63	8,44	11,25	14,06	16,88
20	3,13	6,25	9,38	12,50	15,63	18,75
25	3,91	7,81	11,72	15,63	19,53	23,44
30	4,69	9,38	14,06	18,75	23,44	28,12
35	5,47	10,94	16,41	21,88	27,34	32,81

Kuva 10. Aurinkopaneelikaapeleiden mitoitus taulukko [25.].

Aurinkopaneeliketjukaapeleiden rinnanyhdistämisen jälkeen ei enää erillistä ylivirtasuojausta tarvita, koska käytetty 6 mm<sup>2</sup>:n kaapeli kestää kaikkien kolmen ketjun suojalaitteiden yhteenlasketun virran:

$$3 * 2 \text{ A} = 6 \text{ A}$$

(9)

Aurinkopaneelien lämpötila voi käytössä nousta jopa 40 °C korkeammaksi kuin ulkoilman lämpötila. Jos ulkoilman suurimmaksi mahdolliseksi lämpötilaksi oletetaan asennuskohteessa 30 °C, paneelien lämpötila voi ylimmillään olla 70 °C. Aurinkopaneelivalmistajan mukaan paneelin oikosulkuvirta kasvaa lämpötilan noustessa 0,09 %/°C. Suurin mahdollinen oikosulkuvirta lasketaan käyttäen referenssinä standardiolosuhteiden lämpötilaa (25 °C):

$$0,09 \frac{\%}{^{\circ}\text{C}} * (70^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}) * 1,08 \text{ A} + 1,08 \text{ A} = 1,123.. \text{A} \approx 1,12 \text{ A} \quad (10)$$

Virran muutos ei ole kovin suuri, eikä se aiheuta toimenpiteitä suunnittelussa, kuten esimerkiksi paneeliketjusulakkeiden valinnassa. Lopputulemana jokaisen ketjun molempiin kaapeleihin päätettiin laittaa 2 A:n gPV-tyyppiset varokkeet. Aurinkopaneeliketjut ovat tarkoitus sijoittaa moottorikorjaamon katolle liitteen 8 kuvaamalla tavalla.

## 6 Raportit

Aurinkosähköjärjestelmän dokumentointivaatimukset käsitellään standardin SFS-EN 62446-1:2016 neljännessä luvussa. Vaadittu informaatio tulee olla käyttäjän, tarkastajan ja kunnossapito henkilökunnan saatavilla esimerkiksi käyttö- ja huolto-ohjeissa.

Liitteessä 10, Aurinkosähköjärjestelmän dokumentaatio, kirjataan ylös kaikki tarvittava tieto järjestelmästä. Perustietoja ovat muun muassa laitteiston mitoitus teho, aurinkosähköpaneelien ja inverttereiden valmistaja, malli ja lukumäärä, käyttöönottopäivä ja asennuskohteen osoite. Lisäksi selvillä tulee olla suunnittelija- ja asentajayritys, niiden yhteystiedot ja yhteystiedot. Samassa liitteessä listataan myös paneeliketjujen tiedot ja kaikki käytettävät sähkölaitteet ja kaapelit. [3, s. 11.]

SFS-EN 62446-1:2016 standardin viidennessä luvussa on ohjeet verkkoon kytketyille aurinkosähköjärjestelmille vaadituille tarkastuksille. Käyttöönottotarkastukset sekä säännöllisin väliajoin suoritettavat määräaikaistarkastukset tulee suorittaa työhön pätevä henkilö. Käyttöönottotarkastus tehdään, kun uusi asennus, vanhan laajennus tai muutos on valmis. Järjestelmää ei saa ottaa käyttöön ennen käyttöönottotarkastusta. [3.]



Tarkastussertifikaatissa (liite 11) osoitetaan järjestelmän suunnittelusta, asennuksesta, tarkastuksesta ja testauksesta vastuussa olevat tahot. Aistinvaraisen tarkistuksen raportissa (liite 12) tarkistetaan, että käytetyt sähkölaitteet ja asennustavat ovat vaadittujen standardien mukaisia. Aurinkosähköpaneeliston testiraportissa (liite 13) esitetään mitaustulokset, jotka tarkistuksessa saadaan.

Edellä mainittujen tarkastuksien lisäksi tulee aurinkosähköjärjestelmän vaihtojänniteosalle tehdä SFS 6000-6 -standardin mukainen käyttöönottotarkastus ja sen vaatimat pöytäkirjat. [26.]

## 7 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli suunnitella aurinkosähköjärjestelmä, jossa hyödynnettäisiin valmiiksi hankittuja aurinkopaneeleja, mutta järjestelmää voisi kuitenkin myöhemmin laajentaa muillakin paneeleilla. Tämä tavoite saatiin toteutettua oikealla invertterivalinnalla. Nyt invertterin muihin tasajännitetuloihin voidaan lisätä täysin toisistaan riippumattomia paneelikenttiä. Yksi idea oli, että kattopinta-alan loppuessa yksi kenttä voitaisiin tehdä maan pinnalle omaan telineeseensä pienen matkan päähän rakennuksesta.

Työ oli mielenkiintoinen ja haastava, sillä aikaisempaa kokemusta sähkösuunnittelusta ei juuri ollut. Opinnäytetyön aikana tuli muun muassa perehtyä sähkösuunnitteluohjelman (CADS Electric) käyttöön. Aurinkosähköjärjestelmiä koskevat määräykset täytyi selvittää alan standardeista ja tutustua muihinkin hyvinä pidettyihin sähkösuunnittelu- ja asennustapoihin.

Järjestelmän asentamiseen tarvittavat sähköpiirustukset, komponenttihankinnat ja käyttöönottotarkistuspöytäkirjapohjat ehdittiin tekemään ennen opinnäytetyön kirjoittamista. Kaikki dokumentit ovat opinnäytetyön liitteinä. Seuraava toimenpide onkin asentaa järjestelmä loppuun ja tehdä käyttöönottotarkastus. Jos aurinkovoimala olisi ehditty ottaa käyttöön, olisi siitä voitu kerätä tuotantotietoja ja todentaa niiden avulla järjestelmän toimivuus.

Insinöörityön aikana huomattiin, että vaikka aurinkovoimala ei olekaan kovin monimutkainen järjestelmä, vaatii se silti paljon suunnittelua ja vaatimusten huomioon ottamista.

Ensimmäisen järjestelmän suunnittelu alusta loppuun on aikaa vievää, mutta se kannattaa, koska saatuja tuloksia voidaan hyödyntää seuraavissa vastaavissa projekteissa. Suurinta osaa komponenteista voi käyttää tulevissakin kohteissa. Lähinnä paneelien ja invertterin tehoa muuttamalla saadaan järjestelmää skaalattua tilanteeseen sopivaksi. Piirikaaviot ovat käytettävissä miltei sellaisenaan; lähinnä paneelikenttää ja tasajännitekeskusta täytyy muokata. Johdinten ja niiden suojalaitteiden mitoitus täytyy toki aina tarkistaa erikseen.

Opinnäytetyön aihe on ajankohtainen, koska aurinkopaneeleiden hinta on laskenut niin alhaiseksi, että se on tehnyt aurinkosähköinvestoinneista kannattavia. Uusiutuvat energiantuotantotavat ja ekologisuus ovat muutenkin pinnalla eri medioissa ja omavaraisuuden edistäminen on nykypäivän trendi. [27.]

## Lähteet

- 1 Käpylehto, Janne. 2016. Auringosta sähköt kotiin, kerrostaloon ja yritykseen. Helsinki: Into Kustannus Oy.
- 2 SFS 6000-7-712. Pienjännitesähköasennukset. 2012. Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Valosähköiset tehonsyöttöjärjestelmät. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 3 SFS-EN 62446-1. Aurinkosähköjärjestelmät. Vaatimukset dokumentaatiolle, kunnossapidolle ja testaamiselle. 2016 Osa1: Sähköverkkoon kytketyt järjestelmät. Dokumentaatio, käyttöönototestit ja tarkastus. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 4 IEC 62548 Photovoltaic (PV) arrays – Design requirements. 2016. Geneve: International Electrotechnical Commission.
- 5 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. 2012. Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 6 Test Method for Photovoltaic Module Power Rating. Verkkodokumentti. Florida Solar Energy Center. <[http://www.fsec.ucf.edu/en/publications/pdf/standards/FSECstd\\_202-10.pdf](http://www.fsec.ucf.edu/en/publications/pdf/standards/FSECstd_202-10.pdf)> Tammikuu 2010. Luettu 14.3.2017.
- 7 Keskustelu autoelektroniikan lehtorin Vesa Linja-ahon kanssa 14.4.2017.
- 8 Solar Markets. Verkkodokumentti. Four Peaks Technologies. <[http://solarcell-central.com/markets\\_page.html](http://solarcell-central.com/markets_page.html)> Luettu 8.4.2017.
- 9 Technical Application Papers No.10 Photovoltaic plants. Verkkodokumentti. ABB. <[http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/c71c66c1f02e6575c125711f004660e6/d54672ac6e97a439c12577ce003d8d84/\\$FILE/Vol.10.pdf](http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/c71c66c1f02e6575c125711f004660e6/d54672ac6e97a439c12577ce003d8d84/$FILE/Vol.10.pdf)> Huhtikuu 2010. Luettu 12.2.2017.
- 10 Advantages Make Thin Film Solar Panels Shine. Verkkodokumentti. SolarTown. <<https://solartown.com/learning/solar-panels/advantages-make-thin-film-solar-panels-shine/>> 22.10.2012. Luettu 18.3.2017.
- 11 Fundamentals of using solar for battery powered applications. Verkkodokumentti. Technews Publishing. <<http://www.dataweek.co.za/43190n>> 22.8.2012. Luettu 18.3.2017.
- 12 Maximum power point tracking. Verkkodokumentti. Wikipedia. <[https://en.wikipedia.org/wiki/Maximum\\_power\\_point\\_tracking](https://en.wikipedia.org/wiki/Maximum_power_point_tracking)> 8.3.2017. Luettu 15.4.2017.

- 13 Embedded PV MPPT. Verkkodokumentti. Dynamai. < <http://www.dynamai.eu/index.php/en/research-innovation/embedded-pv-mppt> > 2014. Luettu 15.4.2017.
- 14 Omron PID-preventive transformerless PV inverter White Paper. Verkkodokumentti. Omron Corporation. <<https://www.filepicker.io/api/file/HUOB3a6jTpb-DqRpxG3U>> 1.4.2013. Luettu 7.1.2017.
- 15 TUV Recovery test report. Verkkodokumentti. Omron Corporation. < <https://industrial.omron.fi/fi/products/kp100l#downloads> > 2017. Luettu 7.1.2017.
- 16 TUV PID preventive test report. Verkkodokumentti. Omron Corporation. < <https://industrial.omron.fi/fi/products/kp100l#downloads> > 2017. Luettu 7.1.2017.
- 17 Energiateollisuus ry:n suosittelema yleistietolomake: Mikrotuotantolaitteiston liittäminen verkkoon. Verkkodokumentti. Energiateollisuus ry. < [http://energia.fi/files/1515/Mikrotuotannon\\_yleistietolomake\\_paivitetty\\_20170101.pdf](http://energia.fi/files/1515/Mikrotuotannon_yleistietolomake_paivitetty_20170101.pdf) > 1.1.2017. Luettu 18.2.2017.
- 18 KP100L-OD Grid Connect Photovoltaic Inverter Users Manual. Verkkodokumentti. Omron Corporation. < <https://actecolar.dk/media/documents/F2ABB98FF6DB.pdf>> Elokuu 2012. Luettu 7.1.2017.
- 19 SFS 6000-5-55. Pienjännitesähköasennukset. 2012. Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Muut sähkölaitteet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 20 15 SMG-4450 Luento 6 Aurinkosähkö. Aki Korpela. 2012. Verkkodokumentti. Tampereen teknillinen yliopisto. < <http://www.tut.fi/smg/tp/kurssit/SMG-4450/2012/luento6.pdf>> 31.8.2012 Luettu 16.4.2017.
- 21 Installation Instruction SurgeController V 20-C/1...; V20-C/1+NPE...; V 20-C/2...; V 20C/2+NPE... Asennusohje. OBO Bettermann GmbH & Co. 9.12.2009. Luettu 16.4.2017.
- 22 SFS 6000-8-801. Pienjännitesähköasennukset. 2012. Eräitä asennuksia koskevat täydentävät vaatimukset. Jakeluverkot. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 23 SFS 6000-4-41. Pienjännitesähköasennukset. 2012. Suojausmenetelmät. Suojaus sähköiskulta. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 24 SFS 6000-5-52. Pienjännitesähköasennukset. 2012. Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Johtojärjestelmät. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 25 Eurosolar Tuotekuvasto 2014-2015. Verkkodokumentti. Aurinkosähkötalo Eurosolar Oy. <<http://www.eurosolar.fi/tuoteluettelo/tuoteluettelo-2014.pdf>> Luettu 8.4.2017.

- 26 SFS 6000-6. Pienjännitesähköasennukset. 2012. Tarkastukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 27 Aurinko paistaa kukkaraan – yksityinenkin voi myydä aurinkopaneelinsa tuottamaa sähköä Verkkodokumentti. YLE. < <http://yle.fi/uutiset/3-9466662>> 19.2.2017. Luettu 17.4.2017.

## Dokumenttiluettelo

Projekti Nro: #1

Kohde: Aarnio Racing

Asiakas: Lare

Maa: Finland

## PV systeemi dokumenttiluettelo



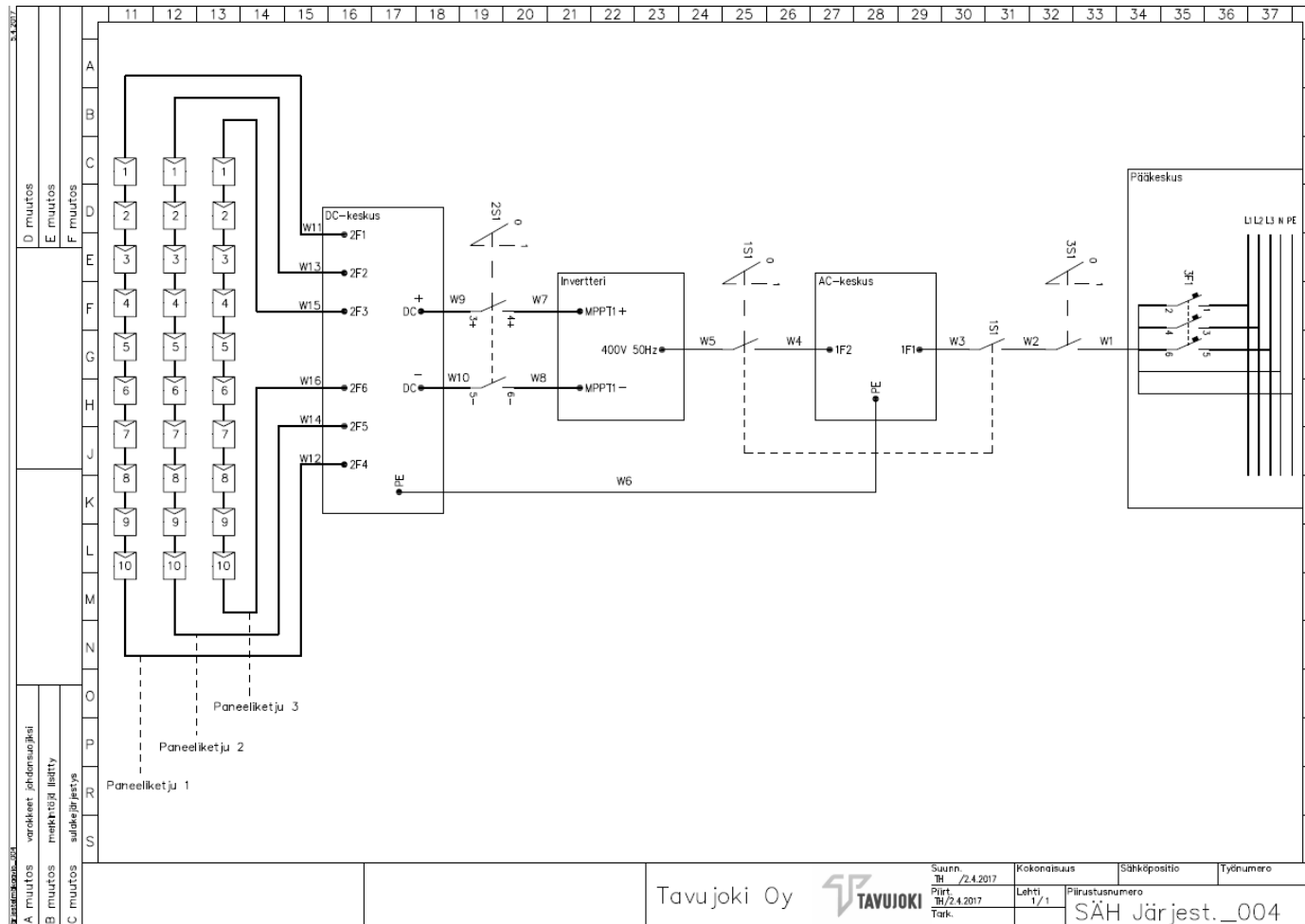
Päivämäärä: 7.4.2017

Hyväksynyt: Tuomo Hietala

Versio nro: 1

Dokumentin nimi	Lehtien määrä	Tiedostotyyppi	Huomioitavaa
<b>Sähköpiirustukset</b>			
Järjestelmäkaavio	1	CADS-kuva (.drw)	
DC_Keskus	1	CADS-kuva (.drw)	
DC_Layout	2	CADS-kuva (.drw)	Sisältää varoituskyltit
AC_Keskus	1	CADS-kuva (.drw)	
AC_Layout	4	CADS-kuva (.drw)	Sisältää varoituskyltit
Maadoituskaavio	1	CADS-kuva (.drw)	
Kokoonpano	1	CADS-kuva (.drw)	
<b>Luettelot</b>			
PV osa ja kaapeliluettelo	2	Excel -taulukko (.xlsx)	
<b>Raportit</b>			
Aurinkosähköjärjestelmän dokumentaatio	4	Word -asiakirja (.docx)	
Tarkastussertifikaatti	1	Word -asiakirja (.docx)	
Aistinvaraisen tarkistuksen raportti	4	Word -asiakirja (.docx)	
Aurinkosähköpaneeliston testiraportti	2	Word -asiakirja (.docx)	

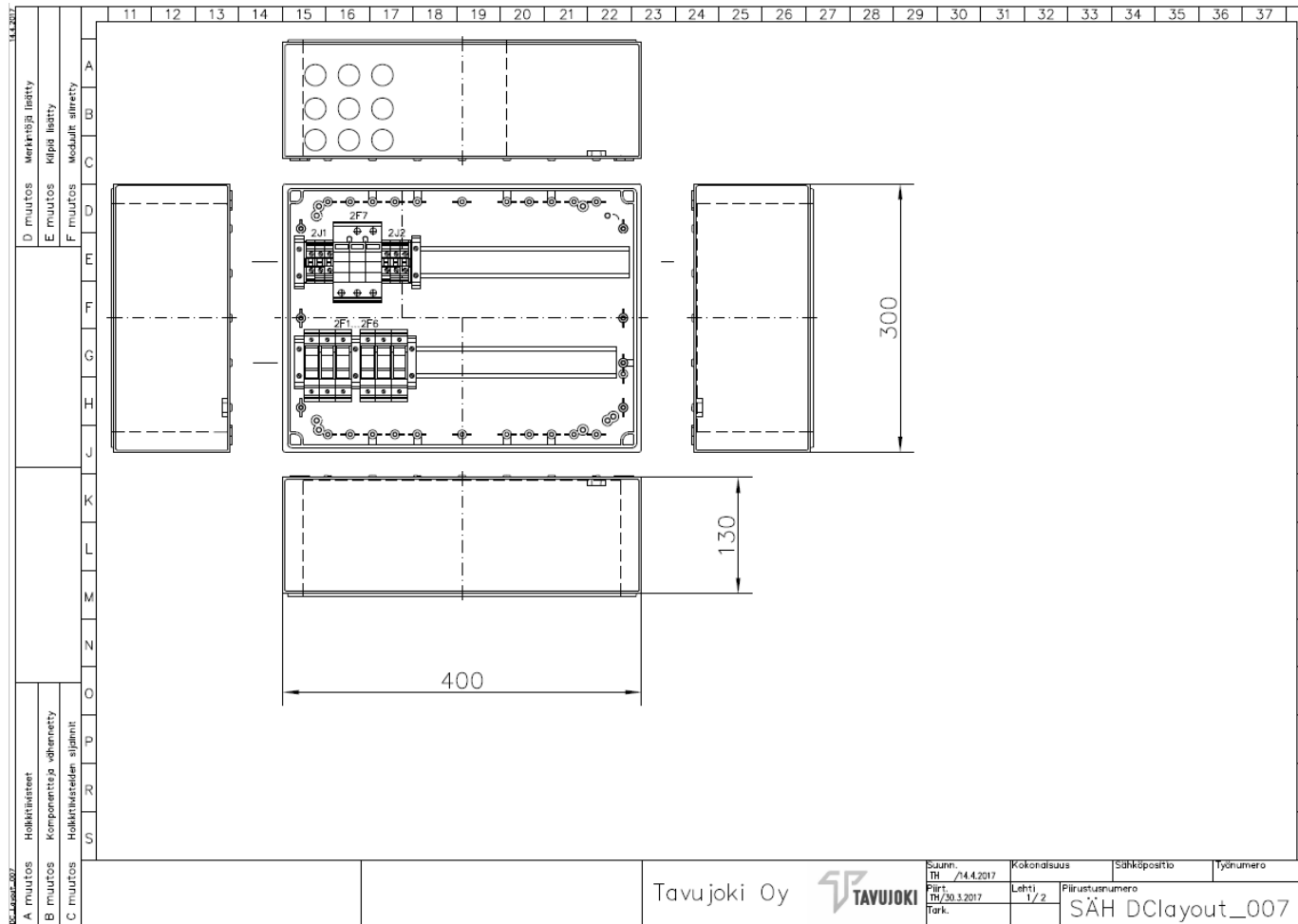
Järjestelmäkaavio

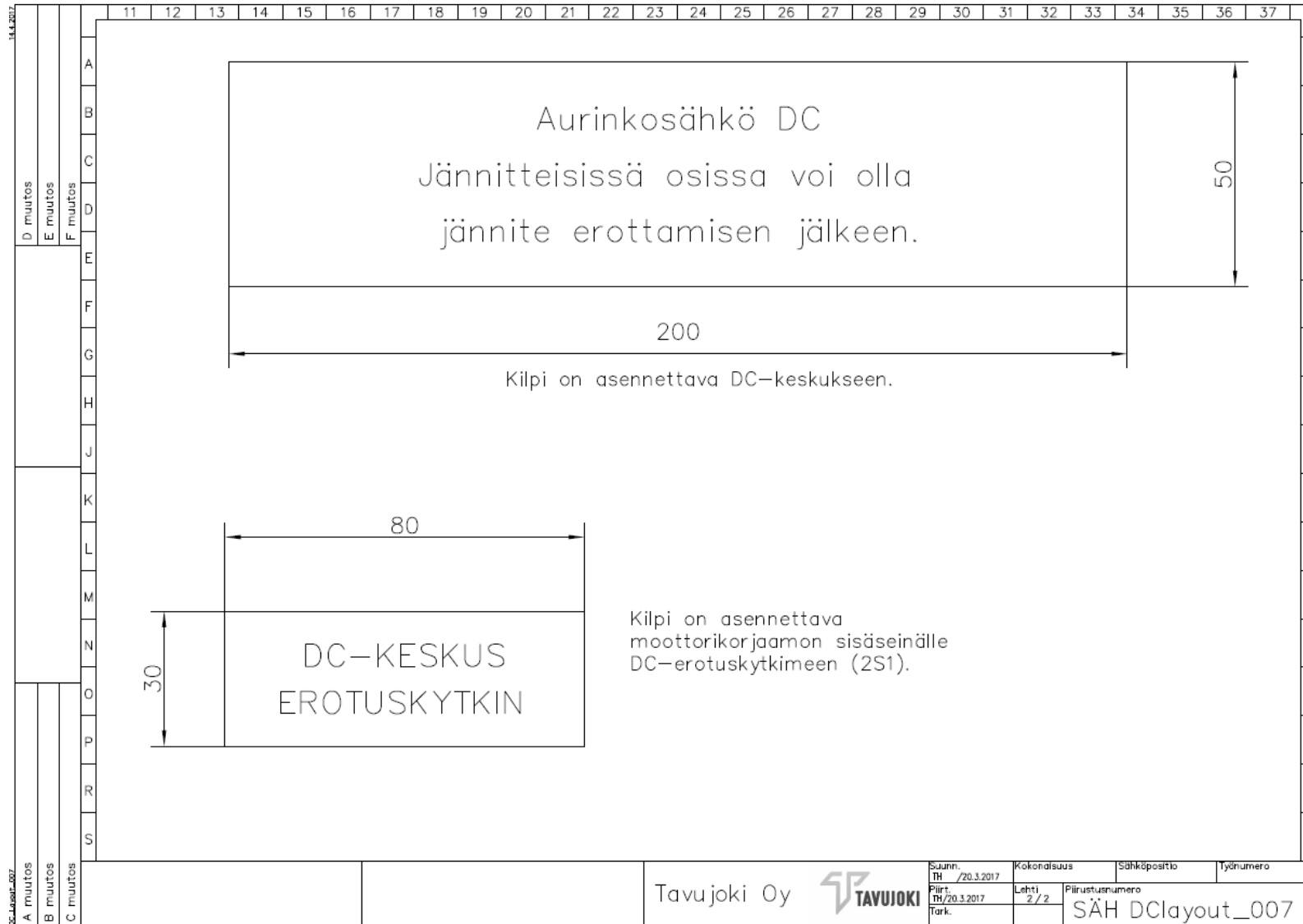




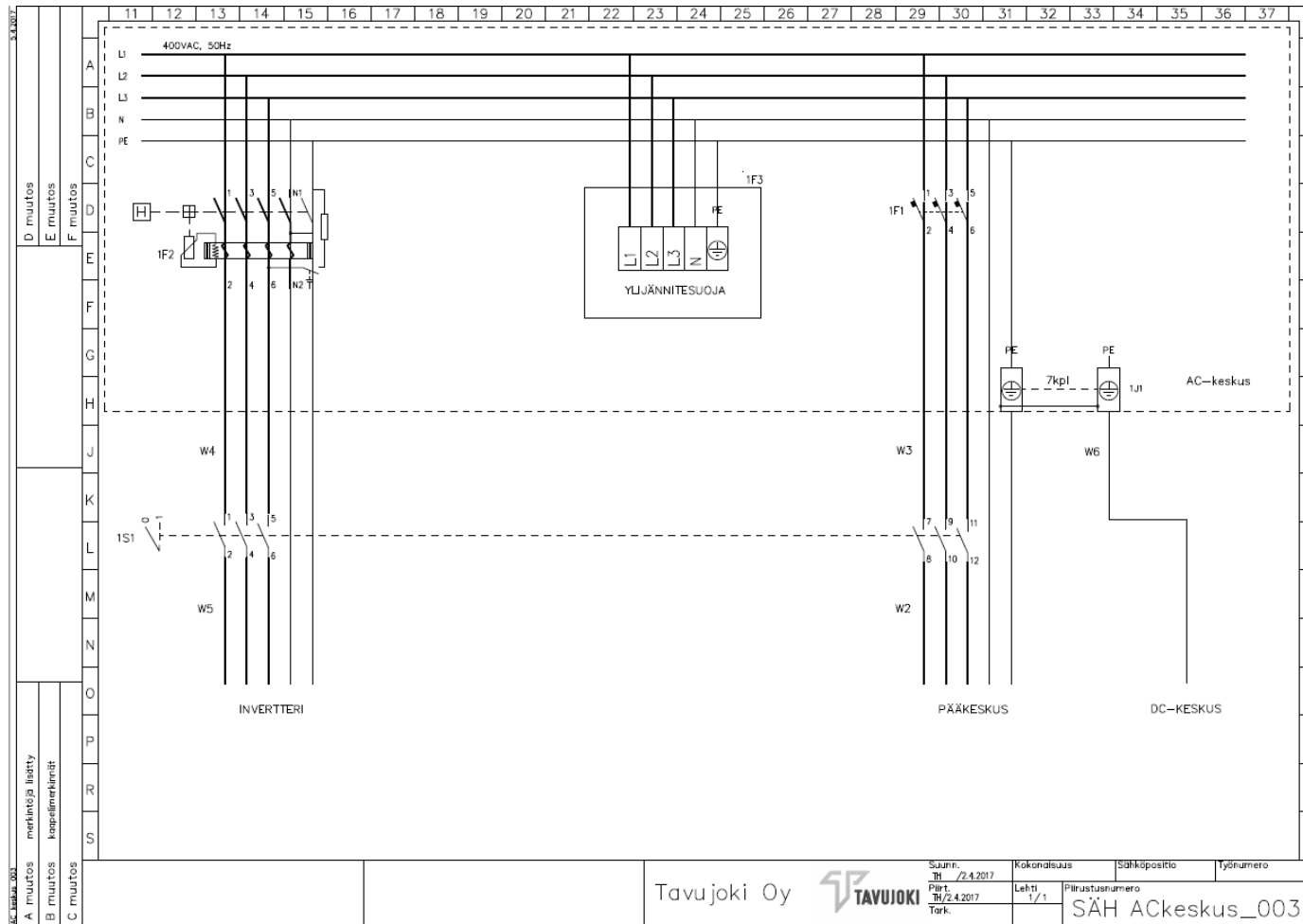


# DC Layout





AC Keskus



AC keskus\_003  
 A muutos  
 B muutos  
 C muutos

merkitseä lisäty  
 kappalemerkit

D muutos  
 E muutos  
 F muutos

Tavujoki Oy



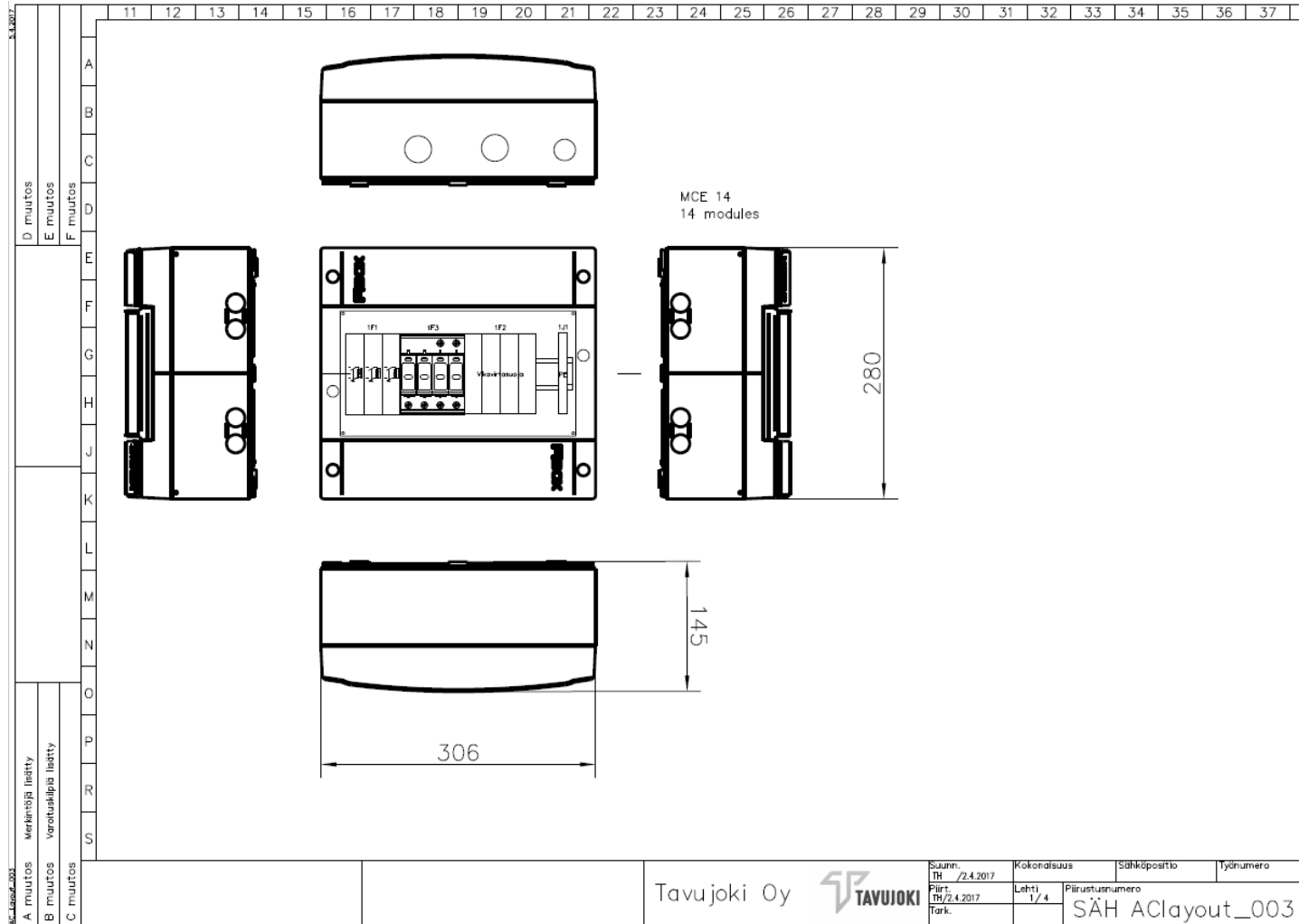
Suunn.  
 JH / 2.4.2017  
 Piir.  
 BH/2.4.2017  
 Tark.


Kokonaisuus  
 Sähköpiirros  
 Työnumero

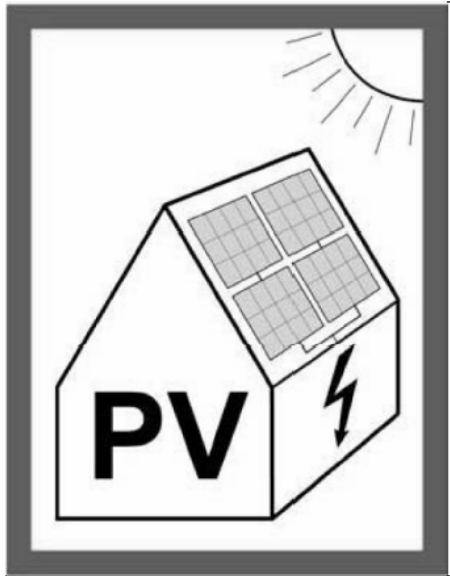
Lehti  
 1/1  
 Piirustusnumero

SÄH ACkeskus\_003

AC Layout



		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
SÄHÄ_003	D muutos	A																											A
	E muutos	B																											B
	F muutos	C																											C
		D																											D
		E																											E
		F																											F
		G																											G
		H																											H
		J																											J
		K																											K
		L																											L
		M																											M
		N																											N
		O																											O
		P																											P
	R																											R	
	S																											S	
A muutos																													
B muutos																													
C muutos																													
																Tavujoki Oy				Suunn. TH /24.2017 Piirr. TH/24.2017 Tark.		Kokonaisuus Lehti 2 / 4		Sähköpostio Piirustusnumero SÄH AClayout_003		Työnumero			



162

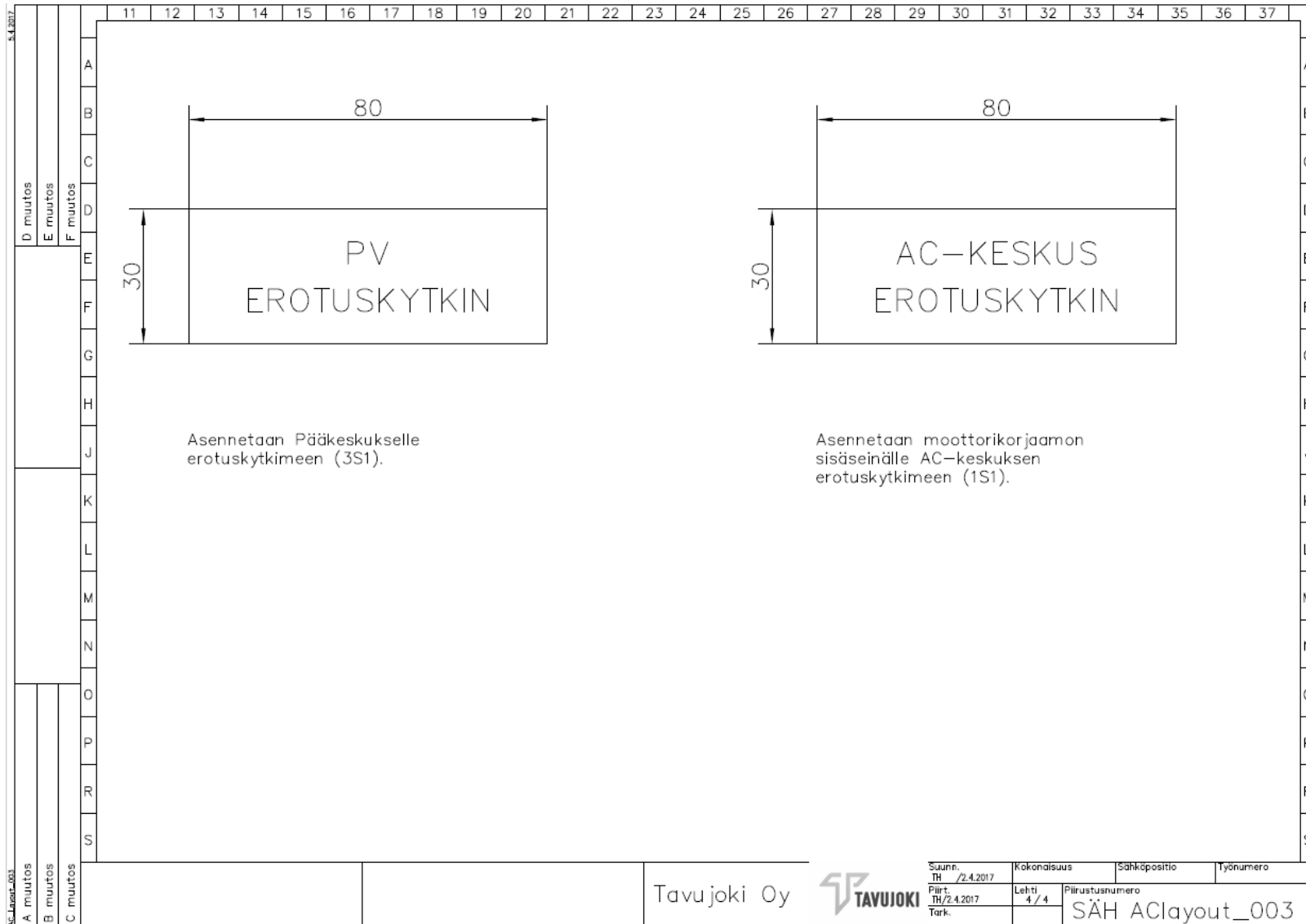
210

Varoituskyltti on asennettava AC- ja Pääkeskukselle.

3 (4)



4 (4)



AC-Layout\_003  
 A muutos  
 B muutos  
 C muutos

5.4.2017

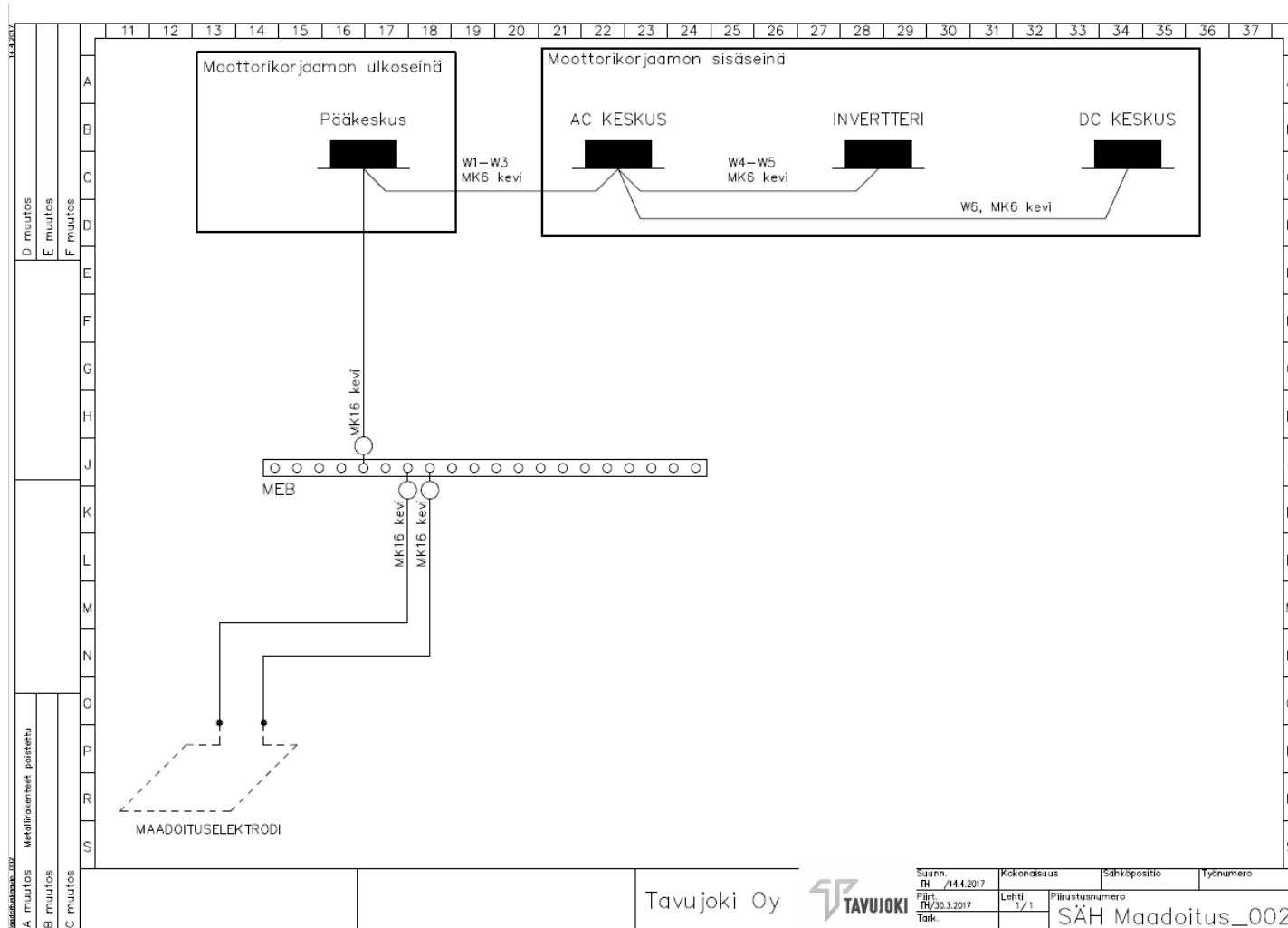
D muutos  
 E muutos  
 F muutos

Tavujoki Oy



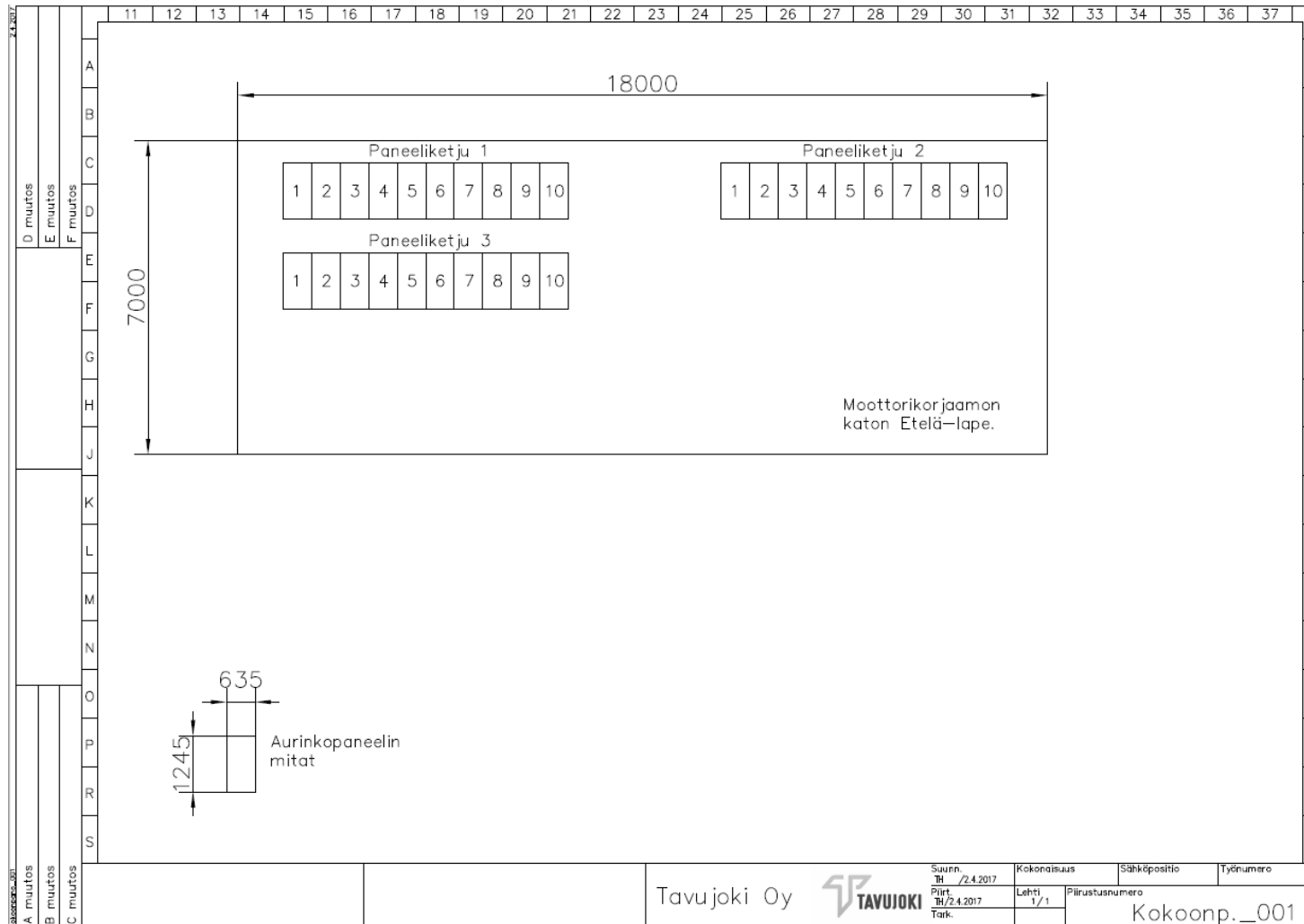
Suunn. TH /2.4.2017	Kokonaisuus	Sähköpositio	Työnumero
Piirt. TH/2.4.2017	Lehti 4 / 4	Piirustusnumero	
Tark.	SÄH ACLayout_003		

Maadoituskaavio





# Kokoonpanopiirustus



## PV osa- ja kaapeliluettelo

Projekti Nro: #1  
 Kohde: Aarnio Racing  
 Asiakas: Lare  
 Maa: Finland

### PV systeemi osaluettelo



Päivämäärä: 5.4.2017

Hyväksynyt: Tuomo Hietala

Versio nro: 1

YKSIKKÖ	SÄHKÖNIMIKE	LAITE	TOIMINTO	KOMMENTTI	VALMISTAJA / TYYPPI	SÄHKÖNUMERO	MÄÄRÄ	HINTA	TOIMITTAJA	NIMELLISVIRTA [A]	NIMELLISJÄNNITE [VAC/VDC]
DC Array Box	DC Box	Kotelo	Kotelo	IP sisä							
DC Array Box	DC Box	Kotelo	Kotelo				1				
DC Array Box	2S1	DC-kytkin	DC erotus katkaisija				1			16	1200VDC
DC Array Box	2F1...2F6	Putkisulake	Suojaus	min.10kpl			6			2	1000VDC
DC Array Box	2F1...2F6	Sulakkeen pidike	Suojaus	min.10kpl			6			30	1000VDC
DC Array Box	2F7	Ukkossuoja	Suojaus				1				1000VDC
DC Array Box	2F7	Varistorit					0				
DC Array Box	2J1	Pun. Riviliitin	liitin	min. 50kpl			3			57	1000VDC
DC Array Box	2J2	Sin. Riviliitin	liitin	min. 50kpl			3			57	1000VDC
DC Array Box		Kytentäsilta		min. 10kpl			4			50	1000VDC
DC Array Box		Stoppari					4				1000VDC
DC Array Box		Päätylevy		min. 50kpl			4				
DC Array Box		Holkitiiviste					10				
Invertteri 1	U1	Invertteri	DC-AC invertteri								
Invertteri					Omron KP100L-OD-EU(A)(GU1)						
Modbus	U2	Ethernet muunnin	Modbus - Ethernet muunnin				1				
AC Box	AC Box	Kotelo	Kotelo	IP sisä							
AC Box	AC Box	Kotelo	Kotelo				1				
MAIN Box	3S1	AC-Kytkin	AC-Turvakytkin				1			25	500VAC
AC Box	1S1	AC/kytkin	AC-erotuskytkin				1			40	400VAC
AC Box	1F1	yhdon suojakatkasi	Suojaus				2			20	400VAC
AC Box	1F2	Vikavirtasuojaja	Suojaus				1			40	400VAC
AC Box	1F3	Ukkossuoja	Suojaus				1				400VAC
AC Box	1F3	Varistori N-PE	suojaus				0				
AC Box	1F3	Varistori L-PE	suojaus				0				
AC Box	1J1	Maadoituskisko					2				
AC Box		Holkitiiviste					2				
Varoituskyltit											
MAIN Box		PV kyltti	varoitus				1				
AC Box		PV kyltti	varoitus				1				
DC Box		Takajännite kyltti	varoitus				1				
Invertteri		Huolto opaste	varoitus				1				
MAIN Box		Erotuskytkin kyltti	opaste				1				
DC Box		Erotuskytkin kyltti	opaste				1				
AC Box		Erotuskytkin kyltti	opaste				1				

Projekti Nro: #1

Kohde: Aarnio Racing

Asiakas: Lare

Maa: Finland

## PV systeemi kaapeliluettelo



Päivämäärä: 5.4.2017

Hyväksynyt: Tuomo Hietala

Versio nro: 1

Rivi	Kaapeli-tunnus	Mistä / Tunnus	Sijainti	Minne / Tunnus	Sijainti	Kaapelityyppi	Halkaisija/mm	Pituus / Määrä [m] / [kpl]	Toimittaja	Sähkönumero
1	W1...W5	Inverteri / U1	Moottorikorjaamo	Pääkeskus / Main Box	Ulkona/Eteläseinä Pääkeskuksen vieressä	MMJ 5x6 SD asennuskaapeli	16.6	50		
7	W6	DC-keskus / DC Array Box	Moottorikorjaamo	AC-keskus / AC Box	Moottorikorjaamo	6mm2 KEVI (35367)		5		
2	W7...W16	Paneelisto	Moottorikorjaamon ulkokatto	DC-keskus, Inverteri / DC Array Box, U1	Moottorikorjaamo	Solarflex-x-Twin sx 6mm2 K1000	7x14	50		
3		Liitin			Moottorikorjaamo	MC4 Solar Uros 4-6mm2		10		
4		Liitin			Moottorikorjaamo	MC4 Solar Naaras 4-6-mm2		10		



## Aurinkosähköjärjestelmän dokumentaatio

### Perustiedot

Projektin tunnus:	Laitteiston mitoitusteho (kW AC): 10
Aurinkosähköpaneelien valmistaja, malli ja lukumäärä: SolarTechnics SN44Wp, 30 kpl	Vaihtosuuntajien valmistaja, malli ja lukumäärä: Omron KP100L, 1 kpl
Asennuspäivä:	Käyttöönottopäivä:
Asiakkaan nimi: Aarnio Racing Oy	Asennuskohteen osoite:

### Järjestelmän suunnittelijan ja asentajan tiedot

Suunnittelija	Yritys: Tavujoki Oy
	Yhteyshenkilö:
	Postiosoite:
	Puhelinnumero:
	Sähköposti:
Asentaja	Yritys:
	Yhteyshenkilö:
	Postiosoite:
	Puhelinnumero:
	Sähköposti:



### Tasasähköosan tiedot

Paneeliketju	Aurinkosähköpaneeli, tyyppi: SolarTechnics SN44Wp Amorfisesta piistä valmistettu ohutfilmipaneeli
	Paneelien kokonaislukumäärä: 30
	Paneeliketjujen lukumäärä: 3
	Paneelien lukumäärä per paneeliketju: 10
Paneeliketjujen ylivirtasuojalaitteet	Tyyppi: gPV -tyypin keraaminen putkisulake, sulakkeen pidike K 10,3 HESILED 1000V - 3211249
	Sijainti: Korjaamorakennuksen sisäseinällä, DC-keskuksessa
	Mitoitus (A): 2
	Tasasähkömitoitus (V): 1000
	Kapasiteetti (kA): 6
Paneeliketjun kaapelointi	Tyyppi: Solarflex-x-Twin sx 6mm <sup>2</sup> K1000
	Koko(mm <sup>2</sup> ): 6
Paneeliketjujen pääkaapeli	Tyyppi: Solarflex-x-Twin sx 6mm <sup>2</sup> K1000
	Koko(mm <sup>2</sup> ): 6
Paneeliston liitântäkeskus	Sijainti: Korjaamorakennuksen sisäseinällä, DC-keskus
Tasasähköerotin	Sijainti: Korjaamorakennuksen sisäseinällä, DC-keskuksen vieressä
	Virta (A): 16
	Jännite (VDC): 1200



Ylijännitesuoja	Tyyppi: VAL-MS-T1/T2 1000DC-PV/2+V-FM - 2801161
	Sijainti: Korjaamorakennuksen sisäseinällä, DC-keskuksessa
	Nimellispurkausvirta (kA): 15
	Enimmäispurkausvirta (kA): 40
	Maksimi käyttöjännite (VDC): 1050
	Suojaustaso: <3kV
	Maadoitusjohdin, tyyppi ja poikkipinta-ala (mm <sup>2</sup> ) KEVI 6mm <sup>2</sup> kuparia

#### Vaihtosähköosan tiedot

Ylivirtasuojalaitteet	Tyyppi: 3-vaiheinen C-tyyppin johdonsuojakatkaisija 3x20A			
	Sijainnit: Korjaamorakennuksen sisäseinällä, AC-keskuksessa sekä ulkoseinällä Pääkeskuksessa			
	Mitoitus (A): 20			
	Kapasiteetti (kA): 6			
Vikavirtasuojalaite	Tyyppi: 4-napainen 300mA vikavirtasuojakytkin, nimellisvirta 40A			
	Sijainti: Korjaamorakennuksen sisäseinällä, AC-keskuksessa			
Vaihtosähkökaapeli	Tyyppi: MMJ 5x6 SD asennuskaapeli			
	Koko(mm2): 6			
Vaihtosähköerottimet	AC-keskus	Sijainti: Korjaamorakennuksen sisäseinällä, AC-keskuksen vieressä	Virta (A): 25	Jännite (V): 400



	Pääkeskus	Sijainti: Korjaamorakennuksen ulkoseinällä, Pääkeskuksen vieressä	Virta (A): 25	Jännite (V): 415
Ylijännitesuoja	Tyyppi: OBO 4V kolmivaiheinen ylijännitesuoja, TN-S			
	Sijainti: Korjaamorakennuksen sisäseinällä, AC-keskuksessa			
	Nimellispurkausvirta (kA): 20			
	Enimmäispurkausvirta (kA): 40			
	Nimelliskäyttöjännite (V): 230			
	Suojaustaso: <1.3kV			
	Maadoitusjohdin, tyyppi ja poikkipinta-ala (mm <sup>2</sup> ) KEVI 6mm <sup>2</sup> kuparia (MMJ 5x6 SD asennuskaapeli)			



### Tarkastussertifikaatti

<b>Aurinkosähköjärjestelmän tarkastussertifikaatti</b>	<input type="checkbox"/> Käyttöönottotarkastus <input type="checkbox"/> Määräaikaistarkastus
--	---

Asiakas		Laitteiston kuvaus	
Laitteiston osoite		Mitoitettu tasasähköteho	
Tarkastus pvm		Sijainti	
		Tarkastetut virtapiirit	

Urakoitsijan nimi ja osoite	IEC 60364-6 tarkastusraportin viite:	
	IEC 60364-6 testiraportin viite:	
	Paneeliston tarkastusraportin viite:	
	Paneeliston testiraportin viite:	

<b>SUUNNITTELU, ASENNUS, TARKASTUS JA TESTAUS</b>	
<p>Minä olen henkilö (me olemme henkilöt) jolla on vastuu (kuten allekirjoituksilla on osoitettu) sähkölaitteiston suunnittelusta, asentamisesta, tarkastamisesta ja testauksesta. Erityisesti alla mainituissa kohdissa on käytetty riittävän ammattitaidon omaavia henkilöitä ja huolellisuutta, kun järjestelmää on suunniteltu, tarkastettu ja testattu. Tällä sertifikaatilla vakuutan että työsuorite, josta olen (me olemme) vastuussa, on toteutettu allekirjoittaneiden parhainta tietämystä käyttäen ja noudattaen.</p>	
Allekirjoitus:  Nimi:  Päiväys:  (Allekirjoittaneiden vastuunalaisuus rajoittuu yllä kuvattuun työsuoritteeseen)	Seuraava tarkastus suositellaan tehtävän ennen seuraavaa pvm:
HUOMAUTUKSET:	





## Aistinvaraisen tarkastuksen raportti

Aurinkosähköjärjestelmän aistinvaraisen tarkastuksen raportti	<input type="checkbox"/> Käyttöönottotarkastus <input type="checkbox"/> Määräaikaistarkastus
Laitteiston osoite	Viite
	Päivämäärä
Tarkastetut virtapiirit	Tarkastaja

### Yleistä

Koko järjestelmä on aistinvaraisesti tarkastettu standardin IEC 60364-6 vaatimusten mukaisesti.

Aistinvaraisen tarkastuksen raportti, joka täyttää IEC 60364-6 vaatimukset on liitteenä.

### Tasasähköjärjestelmä - Yleistä

- Tasasähköjärjestelmä on määritelty, suunniteltu ja asennettu standardisarjan IEC 60364 ja IEC TS 62548:2013 vaatimusten mukaisesti.
- Paneeliston suurin jännite soveltuu käytettäväksi paneeliston sijainnissa.
- Kaikki järjestelmäkomponentit ja kiinnitysrakenteet on valittu ja asennettu kestäämään ulkoisia rasituksia kuten tuuli, lumi, lämpötila ja korroosio.
- Kattokiinnikkeet ja kaapeleiden läpiviennit ovat säänkestäviä (missä on käytetty).

### Tasasähköjärjestelmä - Suojaus sähköiskulta

- Suojaus on toteutettu käyttämällä pienoisjännitettä (SELV / PELV) - kyllä / ei.
- Suojaus on toteutettu käyttämällä luokan II laitteita tai vastaava eristystaso on toteutettu tasasähkö-puolella - kyllä / ei.
- Paneeliketjujen ja paneeliston kaapelit on valittu ja asennettu siten, että oikosulku tai maadoitusvian riski on minimoitu. Tyypillisesti tämä saavutetaan käyttämällä kaapeleita, joissa on vahvennettu eristys (käytetään usein termiä "kaksoiseristys") - kyllä / ei.

**Tasasähköjärjestelmä – Suojaus eristysvikojen vaikutuksilta**

- Galvaaninen erotus on toteutettu vaihtosuuntaajan sisällä tai vaihtosähköpuolella – kyllä / ei.
- Tasasähköasennuksessa on toiminnallisesti maadoitettu johdin – kyllä / ei.
- Paneeliston eristysresistanssin valvonta- ja hälytysjärjestelmä on asennettu – noudattaen IEC TS 62548:2013 vaatimuksia.
- Paneeliston vikavirran valvonta- ja hälytysjärjestelmä on asennettu – noudattaen IEC TS 62548:2013 vaatimuksia.

**Tasasähköjärjestelmä – Ylivirtasuojaus**

- Järjestelmissä, joissa on paneeliketjun ylivirtasuojalaitteet:
  - Paneeliketjun ylivirtasuojalaitteet on asennettu ja määritelty oikein noudattaen IEC TS 62548:2013 vaatimuksia.
- Järjestelmissä, joissa vaihtosuuntaajan (vaihtosuuntaajien) on mahdollista tuottaa takaisinkytkentä paneeliston tasasähkövirtapiireihin:
  - Takavirran arvo on pienempi kuin paneeliketjukaapelin mitoitusvirta ja paneelin varokkeen suurin mitoitusvirta.

**Tasasähköjärjestelmä – Maadoitukset ja potentiaalintasaus**

- Aurinkosähköpaneelien kehysten potentiaalintasaus on asennettu ja määritelty oikein noudattaen IEC TS 62548:2013 vaatimuksia.
- Missä suojamaadoitus ja/tai potentiaalintasausjohtimet on asennettu:
  - suojamaadoitus ja/tai potentiaalintasausjohtimet on niputettu ja asennettu rinnakkain tasasähkö-kaapeleiden kanssa.

**Tasasähköjärjestelmä – Salama- ja ylijännitesuojaus**

- Salamaindusoiman jännitteen pienentämiseksi, johtimien silmukat on pidetty mahdollisimman pieninä.
- Pitkien kaapeleiden suojaus on käytössä (esim. mekaaninen suoja tai ylijännitesuojalaite).
- Missä ylijännitesuojalaitteet on asennettu, asennus noudattaa IEC TS 62548:2013 vaatimuksia.



### Tasasähköjärjestelmä – Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen

- Aurinkosähköpaneelit on mitoitettu järjestelmän suurimman tasajännitteen mukaisesti.
- Kaikki tasasähkökomponentit on mitoitettu jatkuvaan tasasähkökäyttöön ja mitoitus on järjestelmän suurimman tasajännitteen ja virran mukaisesti, kuten on määritelty IEC TS 62548:2013.
- Johdinjärjestelmä on valittu ja asennettu kestävästi ulkoiset rasitukset kuten tuulen ja jään muodostuminen, lämpötila, UV- ja auringonsäteily.
- Paneeliketjujen ja osapaneelitojen eristys ja erotuskeinot on toteutettu noudattaen IEC TS 62548:2013 vaatimuksia.
- Tasasähkökuormanerotin on asennettu vaihtosuuntaajan tasasähköpuolelle noudattaen IEC TS 62548:2013 vaatimuksia.
- Yhteen liitetyt pistokytinten pistotulpat ja pistukat ovat samaa tyyppiä ja saman valmistajan tuotteita täyttäen IEC TS 62548:2013 vaatimukset.

### Vaihtosähköjärjestelmä

- Keinot vaihtosuuntaajan erottamiseksi on toteutettu vaihtosähköpuolella.
- Kaikki erotus- ja kytkinlaitteet on liitetty siten, että aurinkosähköjärjestelmän asennus on kaapeloitu "kuorman" puolelle ja yleisen jakeluverkon "syöttö" puolelle.
- Vaihtosuuntaajan toimintaparametrit on ohjelmoitu noudattaen paikallisia säädöksiä.
- Missä vikavirtasuojalaitteet on asennettu vaihtosuuntaajan vaihtosähköpuolelle, vikavirtasuojan tyyppi valitaan noudattaen IEC TS 62548:2013 vaatimuksia.

### Merkinnät ja tunnistaminen

- Kaikki virtapiirit, suojalaitteet, kytkimet ja liittimet on merkitty standardisarjan IEC 60364 ja IEC TS 62548:2013 vaatimusten mukaisesti.
- Kaikki tasasähkökytkentäkotelon (aurinkosähkögeneraattori ja paneeliston liitäntäkotelot) on merkittävä varoitusmerkinnällä, joka varoittaa kotelon sisällä olevia aktiivisia osia syötetään aurinkosähkö-paneelistosta ja että ne voivat olla jännitteisiä vaikka järjestelmän vaihtosuuntaaja on erotettu sähkönjakeluverkosta.
- Vaihtosähköpuolen erotuskytkin on selkeästi merkitty.
- Kaksoissyötön varoituskilvet on kiinnitetty järjestelmän liitäntäkohtiin.
- Järjestelmäkaavio yksiviivaisena esityksenä on saatavilla kohteessa.



Sivu 4 / 4

- Urakoitsijan tiedot on esitetty asennuskohteessa.
- Pysäytystoimenpiteet on esitetty asennuskohteessa.
- Häätötilanteen toimenpiteet on esitetty asennuskohteessa (missä oleellista).
- Kaikki tunnukset ja kilvet on kiinnitetty käyttöä kestäväällä tavalla.



### Aurinkosähköpaneeliston testiraportti

<b>Aurinkosähköpaneeliston testiraportti</b>	<input type="checkbox"/> Käyttöönottotarkastus <input type="checkbox"/> Määräaikaistarkastus
--	---

Laitteiston osoite	Viite
	Päivämäärä
Kuvaus testattavasta laitteistosta	Tarkastaja
	Testilaitte

Paneeliketju	Paneeliketju	1	2	3
	Aurinkosähköpaneeli			
	Lukumäärä			
Paneeliston parametrit (määrittelyn mukaan)	$V_{oc}$ (stc)			
	$I_{sc}$ (stc)			
Paneeliketjun ylivirtasuojalaite	Tyyppi			
	Mitoitus (A)			
	Tasasähkömitoitus (V)			
	Kapasiteetti (kA)			
Paneeliketjun kaapelointi	Tyyppi			
	Äärijohdin (mm <sup>2</sup> )			
Paneeliketjun testaus	$V_{oc}$ (V)			
	$I_{sc}$ (A)			
	Säteily			
Napaisuuden tarkastus				



Paneeliston eristysresistanssi	Testijännite (V)	
	Positiivinen - Maa (M $\Omega$ )	
	Negatiivinen - Maa (M $\Omega$ )	
Paneeliston erotin	Mitoitus (A)	
	Mitoitus (V)	
	Sijainti	
	Toiminnallinen tarkastus	
Vaihtosuuntaaja	Valmistaja ja malli	
	Sarjanumero	
	Toiminta OK	
Huomautukset		