

HYBRIDIAURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄ OMAKOTITALOON

Kallio Yrjö

Opinnäytetyö
Tekniikka ja liikenne
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Insinööri (AMK)

2019

Tekniikka ja liikenne
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Yrjö Kallio	Vuosi	2019
Ohjaaja	Ins. Seppo Penttinen		
Toimeksiantaja	Lapin Akkumailma Oy		
Työn nimi	Hybridiaurinkosähköjärjestelmä omakotitaloon		
Sivu- ja liitesivumäärä	37 + 13		

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella sekä toteuttaa hybridiaurinkosähköjärjestelmä toimeksiantajalle, jotta tulevaisuuden järjestelmien asennukset helpottuisivat. Kyseessä on pilottiprojekti, josta saadaan kerättyä paljon arvokasta tietoa. Samalla toimeksiantaja saa konkreettista mittausdataa järjestelmän kannattavuudesta sekä mitoittamisesta.

Työn teoriaosuudessa käydään läpi aurinkosähköjärjestelmän eri komponenttien toimintaperiaatetta sekä mitoitusta, jotta järjestelmästä saadaan toimiva ja kustannustehokas.

Projektiosuudessa tullaan käymään läpi työhön liittyviä yksityiskohtia, jotka on hyvä huomioida asennuksessa. Suunnittelun jälkeen asennus toteutetaan kokonaisuudessa alusta loppuun, jo olemassa olevan aurinkosähköjärjestelmän rinnalle.

Technology, Communication and Transport
Electrical Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Yrjö Kallio	Year	2019
Supervisor	Seppo Penttinen, B.Eng		
Commissioned by	Lapin Akkumailma Oy		
Subject of thesis	Hybrid Solar System for a house		
Number of pages	37 + 13		

The purpose of this thesis was to design and install a hybrid photovoltaic-electric system for the client in order to help the installations of future systems. This is a pilot project that will help to gather a lot of valuable information. At the same time, the customer receives concrete measurement data on the profitability and sizing of the system.

The theoretical part of the thesis deals with the operation and sizing of different components of a photovoltaic system to make it functional and cost-effective.

The project section covers work-related design details that should be taken into consideration during installation. After the planning, the installation will be completed from start to finish, it operates alongside the existing photovoltaic system.

Key words Solar energy, solar panel, hybrid technology

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	8
2	ENERGIANTUOTANTO SUOMESSA	9
3	LAINSÄÄDÄNTÖ JA LUVAT	11
3.1	Toimenpidelupa	11
3.2	Liittämislupa sähköverkkoon	11
3.3	Sähkötyöt	12
3.3.1	Käyttöönottotarkastus	12
4	AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN TOIMINTAPERIAATE JA LAITTEET ..	13
4.1	Valosähköinen ilmiö	13
4.2	Aurinkopaneelit	13
4.3	Säädin tai invertteri	15
4.3.1	Säädin	15
4.3.2	Invertteri	15
4.4	Turvalaitteet	16
4.4.1	Turvakytkin	16
4.4.2	Ylijännitesuojaus	17
4.4.3	Ylivirtasuojaus	17
5	HYBRIDI-AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄ	18
6	KÄYTÄNNÖN PROJEKTI	21
6.1	Mitoitus	21
6.2	Suunnittelu	22
6.3	Toteutus	24
6.3.1	Johdotus	24
6.3.2	Aurinkopaneelit	26
6.3.3	Invertteri	27
6.3.4	Sähkökeskus	29
6.4	Aurinkosähköjärjestelmän käyttöönottotarkastuspöytäkirja	32
7	KEHITTYNEEMMÄN ASTEEN AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄT JAKELUVERKOSSA	35

7.1	Smart grid	35
7.2	LVDC verkko.....	36
8	POHDINTA.....	37
	LÄHTEET.....	38
	LIITTEET	40

ALKUSANAT

Haluan kiittää Lapin Akkumaailmaa opinnäytetyön aiheesta sekä yhteisistä vuosista aurinkosähkön parissa. Toivon että yhteistyö tulee jatkumaan valmistumisenikin jälkeen.

Rovaniemellä 6.12.2019

Kallio Yrjö

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

Off-grid	Sähkösiirtoverkosta irti oleva sähköntuottojärjestelmä
On-grid	Sähkösiirtoverkossa oleva sähköntuottojärjestelmä
LVDC	Low Voltage Direct Current, pienjännite tasasähkö
UPS	Uninterruptible Power Supply, keskeytymätön virransyöttö
Smart Meter	Kaksisuuntainen mittari virrankulutuksen tallennukseen
DC	Direct current, tasavirta
AC	Alternating current, vaihtovirta
kWp	Kilowattiipikki (aurinkopaneeleissa)
$\text{Cos}\varphi$	Jännitteen ja virran vaihekulma $\text{cos}\varphi$
MPPT	Maximum Power Point Tracking, Hakkuritekniikalla toimiva lataussäädin

1 JOHDANTO

Aurinkosähköjärjestelmiä asennetaan Suomessa kiihtyvää tahtia. Syitä tälle ovat koko ajan alenevat hinnat järjestelmissä sekä ympäristöystävällinen tapa tuottaa sähköä itselleen ja saada vielä hyvitystä myydystä ylijäämästä. Vaikka Lapissa ei aurinko paista kaamosaikaan paljoakaan, on nyt kehitetty ratkaisu Froniuksen toimesta. Tällä ratkaisulla normaaliin verkkovirtaa tuottavaan omakotitalon aurinkosähköjärjestelmään lisätään valmistajan uusin innovaatio eli akusto. Hybridiaurinkosähköjärjestelmän akustomoduuli sekä invertteri ovat kuitenkin niin uusia sekä ja kalliita, ettei moni edes tiedä uuden tekniikan ja laitteistojen olemassaoloa. Siksi onkin hyvä tilaisuus tuoda uutta tekniikka ihmisten parempaan tietouteen pilotti- sekä opinnäytetyön avulla.

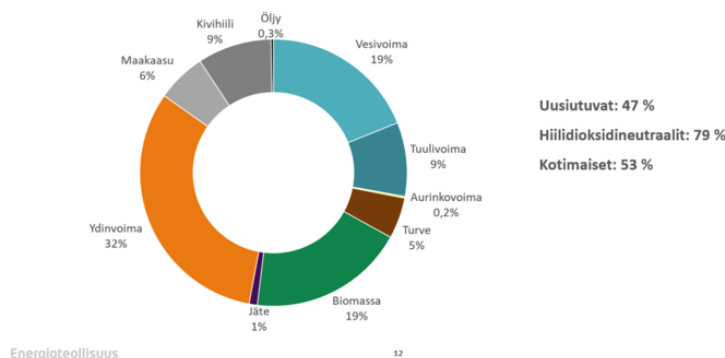
Järjestelmä toteutetaan yhteistyössä Lapin Akkumaailman kanssa. Kyseinen yhtiön on toteuttanut aurinkosähköjärjestelmiä ympäri Lappia nelisen vuotta ja kysyntä kasvaa tiivistä vauhtia. Tavoitteena onkin rakentaa toimiva hybridi-aurinkosähköjärjestelmä pilottityönä toimeksiantajan kotiin, jolloin järjestelmän hyötyjä sekä ongelmia pystytään seuraamaan tiivisti työn valmistumisen jälkeenkin.

Työn teoriaosuudessa käydään läpi aurinkosähköjärjestelmän eri komponenttien toimintaperiaatetta sekä mitoitusta, jotta järjestelmästä saadaan toimiva ja kustannustehokas. Kun taas projektiosuudessa tullaan käymään läpi työhön liittyviä yksityiskohtia, jotka on hyvä huomioida asennuksessa. Suunnittelun jälkeen asennus toteutetaan kokonaisuudessa alusta loppuun, jo olemassa olevan aurinkosähköjärjestelmän rinnalle.

2 ENERGIANTUOTANTO SUOMESSA

Kuviosta 1 saadaan selville energialähteittäin Suomessa tuotetun sähkön osuudet. Aurinkovoimaa on erittäin pieni osa koko tuotannosta eli alle prosentti (0,2 %), sillä suurien järjestelmien rakentaminen on hankalaa. Kuitenkin pienempien järjestelmien määrä on koko ajan kasvussa, ja tulevaisuudessa aurinkovoima tulee olemaan vieläkin suurempi osa sähköntuotantoa. Maailmanlaajuisesti kapasiteetin kaksinkertaistuminen on laskenut moduulien hintaa jopa 20 prosenttia. Kun kapasiteetti kaksinkertaistuu, hinta laskee viidenneksen. Aurinkosähköjärjestelmän hinnan voimakkaan alentumisen myötä aurinkosähköstä on tullut edullisin uusi sähköntuotantomuoto lähes kaikkialla maailmassa. Toki ydinvoima sekä vesivoima tulevat edelleenkin olemaan pääasialliset energialähteet joustavuuden sekä käytettävyyden takia. (Energiateollisuus 2018.)

Sähköntuotanto energialähteittäin 2018 67 TWh

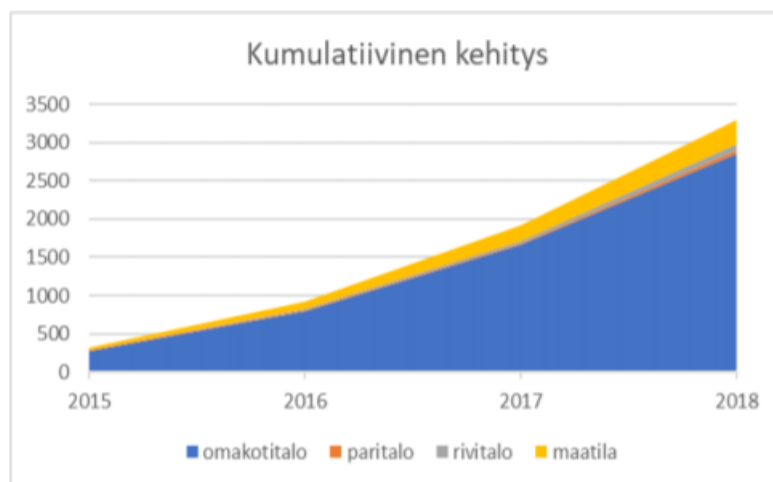


Kuvio 1 Sähkön tuottamisen käytettävät eri energialähteet ja niiden osuudet sähköntuotannosta (Energiateollisuus 2018)

Vesivoiman osuus ja merkitys vaihtelee tuntuvasti sen mukaan, millainen vesitilanne kulloisellakin vuodella on. Vesiteiden varsilla on Suomessa hyvinkin paljon voimaloita, jolloin hyvinä vuosina kotimaisen vesivoiman osuus nousee keskimääräistä korkeammalle. Sähkö tuodaan myös skandinavistista maista, kuten Ruotsista sekä Norjasta. Näin ollen vesitilanne heijastuu aina myös fossiilisten polttoaineiden, kuten hiilen käyttöön sähköntuotannossa. (Energiateollisuus 2018.)

Suomessa sähköntuotanto on moneen muuhun Eurooppalaiseen maahan verraten hyvin hajautettua. Sitä tuotetaan 120:n eri yrityksen voimin yli 400:ssa eri voimalaitoksessa, joista yli puolet ovat vesivoimalaitoksia. Etuja monista eri lähteistä tuleville sekä hajautetulle sähkön tuotannolle on sähkön hankinnan varmuus. (Energiateollisuus 2018).

Aurinkosähkö on 100 prosenttisesti uusiutuva energianlähde. Tästä syystä se on myös ekologinen vaihtoehto erikokoisille kiinteistöille omakotitaloista kerrostaloihin ja aina suuriin liike- ja julkisiin rakennuksiin. Kaikissa näissä kiinteistöissä auringon tuottamaa sähköä voidaan käyttää kaikkiin sähkölaitteisiin, joihin invertterin tuottama teho riittää. Jos katsotaan vuosittain asennettujen aurinkosähköjärjestelmien määrää, on verkkoon kytkettyjen laitteistojen määrä 2016 vuodesta lähtien kaksinkertaistunut joka vuosi. Jos kasvutahti jatkuu, Suomessa käytetystä sähköenergiasta tuotetaan yksi prosentti (nyt 0,2%) aurinkovoimalla vuonna 2022. Tämä voidaan todeta kuviosta 2. (LUT University 2019.)



Kuvio 2 Ennuste aurinkosähkön pientuottajien kasvusta Carunan verkossa vuosina 2015-2018. (Sallinen, K. 2019, 9. Aurinkosähkö nyt ja lähivuosina Carunan sähkönjakeluverkossa)

3 LAINSÄÄDÄNTÖ JA LUVAT

Aurinkosähköjärjestelmiä koskevat luvat sekä määräykset on selvitettävä, ennen kuin järjestelmää lähdetään hankkimaan kohteisiin, joissa järjestelmä on tarkoitus liittää sähkönjakeluverkkoon. On myös otettava huomioon paikallisen jakeluverkonomistajan erilliset vaatimukset järjestelmän kannalta.

3.1 Toimenpidelupa

Suunnittelun alkuvaiheessa on hyvä varmistaa kunnalta, onko tarvetta toimenpidelupaan. Suurimmaksi osaksi toimenpide- tai rakennuslupia ei tarvita Aurinkosähköjärjestelmiin. (Motiva 2019c).

3.2 Liittämislupa sähköverkkoon

Jotta aurinkosähköjärjestelmän voi kytkeä verkkoon, tarvitaan asiakkaan omalta sähköverkkoyhtiöltä liittämislupa. Aurinkosähköjärjestelmien toimijat, jotka tekevät avaimet käteen - ratkaisuja, hoitavat usein yhteydenoton verkkoyhtiöön asiakkaan puolesta.

Paikalliseen verkkoyhtiöön kannattaa olla yhteydessä jo suunnitteluvaiheessa. Sieltä saa tarkat ohjeet aurinkosähköjärjestelmän liittämisestä verkkoon sekä sähköverkkoliitännän että laitteiston muiden ominaisuuksien teknisistä vaatimuksista. Voimassa olevia lakeja, asetuksia, standardeja ja ohjeita noudattamalla varmistetaan, ettei sähköverkossa työskenteleville asentajille aiheudu hengenvaaraa ja että verkon jännitteen laatu pysyy riittävän hyvänä sekä asiakkaalle että naapureille. Asennustyöt saa tehdä vain sähköalan ammattilainen. Näin ollen myös paikallinen verkkoyhtiö pystyy tarkastamaan, että sähkönmittausjärjestelmä on kykenevä mittaamaan sähkön kulkua myös toiseen suuntaan ja että verkon mitoitus kestää pientuotantoa.

Tässä tapauksessa esimerkiksi Rovakaira Oy haluaa varmistua pientuotantolaitteiston vaatimukset pientuotannon yleislomakkeella ja koska laitteisto asennetaan normaalin sähköverkon rinnalle, on todennäköistä, että laitteisto ajoittain tuottaa sähköä enemmän kuin kiinteistössä kulutetaan. Ylijäämä sähkölle pitää olla ostaja. (Rovakaira 2019.)

3.3 Sähkötyöt

Sähkötyöt verkkoon kytketyissä (AC 230V) aurinkosähköjärjestelmissä saa tehdä vain sähköasennusoikeudet omaava yritys. Järjestelmille on tehtävä aina käyttöönottotarkastus. Sähköurakoitsija tarkastaa aina itse asennukset ennen käyttöönottoa. Ulkopuolinen varmennustarkastus ei ole pakollinen alle 35 A nimellisvirran asennuksissa omakotitaloissa ja vapaa-ajan asunnoissa. (Motiva 2019a.)

3.3.1 Käyttöönottotarkastus

Jotta Sähköasennuksen tai asennuskokonaisuuden osa voidaan ottaa käyttöön, on sille tehtävä käyttöönottotarkastus sekä käyttöönottotarkastuksesta pöytäkirja. Tarkastuksen tekijäksi hyväksytään sähköalan ammattihenkilö.

Käyttöönottotarkastuspöytäkirjalle ei ole säädetty mitään tarkkaa muotoa, mutta seuraavat asiat on kuitenkin löydettävä:

- kohteen yksilöintitiedot: mitä on tehty ja missä
- sähkölaitteiston rakentajan ja sähkötöiden johtajan nimi ja yhteystiedot
- selvitys sähkölaitteiston säännösten ja määräystenmukaisuudesta
- sovelletut standardit
- yleiskuvaus käytetyistä tarkastusmenetelmistä
- tarkastusten ja testausten tulokset
- tarkastuksen tekijän allekirjoitus.

Käyttöönottotarkastuspöytäkirja luovutetaan lopuksi tilaajalle. (Tukes 2019.)

4 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN TOIMINTAPERIAATE JA LAITTEET

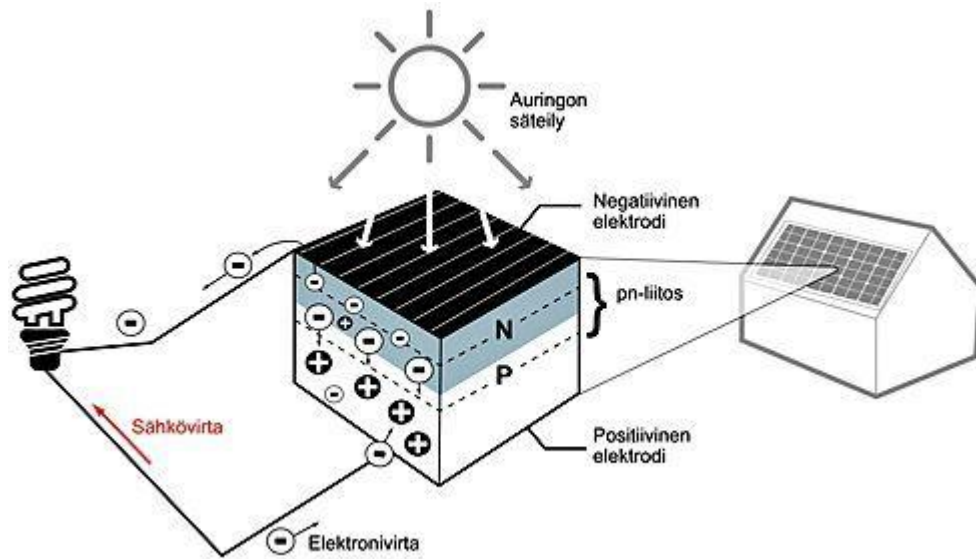
Aurinkosähköjärjestelmissä päivänvalo muutetaan suoraan sähköksi käyttäen hyväksi puolijohtavasta materiaalista valmistettuja paneeleita. Järjestelmissä on myös muita komponentteja sekä toimilaitteita, joita tarkastellaan tarkemmin seuraavaksi.

4.1 Valosähköinen ilmiö

Tällä hetkellä kaikki puolijohdetekniikkaan perustuvat aurinkokennot käyttävät hyväkseen vuonna 1887 löydettyä valosähköistä ilmiötä. Valosähköinen ilmiö perustuu fysikaaliseen reaktioon, jossa sähkövaraus purkautuu johtavan kappaleen pinnalta, kun siihen kohdistetaan valoa. Tämä perustuu siihen, että sähkömagneettinen säteily kykenee irrottamaan johtavan kappaleen pinnalta elektroneja, joista syntyy sähköinen varaus. Tätä varausta kutsutaan fotovirraksi. (HY University 2019.)

4.2 Aurinkopaneelit

Aurinkokennot muuttavat auringon tuottaman säteilyn fotovirraksi. Kennon raaka-aineena käytetään yleisemmin piitä tai galliumarsenidia, jotka molemmat kuuluvat teollisesti muokattuna puolijohteisiin. Näin ne pystyvät luovuttamaan elektroneja, josta syntyy potentiaaliero kennon ylä- ja alapinnan välille. Kuviosta 3 voidaan havaita tyypillinen aurinkopaneelin rakenne.



Kuvio 3 Puolijohdemateriaaliin perustuvan aurinkokennon toimintaperiaate (Motiva 2017)

Aurinkopaneeli koostuu liitántärsiasta, lasilevystä, alumiinisesta kehiksestä sekä yhdestä tai useammista kennoista. Aurinkopaneelit siis muodostuvat yhdestä tai useasta pienestä kennosta, jotka kytketään sarjaan, sillä yksittäinen kenno pystyy ainoastaan tuottamaan noin 0.5 VDC:n varauksen. Virta riippuu säteilyn määrästä sekä kennon pinta-alasta. Aurinkopaneelien määrä määräytyy järjestelmän lopullisen tehon ja mitoituksen mukaan.

Paneelien teho vaihtelee 50 - 300W riippuen paneelin koosta sekä käytetystä tekniikasta. Yleisesti voidaan sanoa, että yksikidepaneelilla on parempi huipputeho, joka laskee nopeasti, jos säteily ei ole suoraa tai paneeli ei valaistu kokonaan. Monikidepaneelit ovat parempia keräämään hajasäteilyä, mutta eivät pysty hyödyntämään suoraa säteilyä yhtä tehokkaasti kuin yksikiteiset paneelit. Erot jäävät kuitenkin vuositasolla melko minimaalisiksi. Useimmiten asennetaan kuitenkin monikidepaneeleita, sillä järjestelmän toiminta-aika pitenee, kun järjestelmä tuottaa vielä hajasäteilläkin. (Motiva 2019b.)

4.3 Säädin tai invertteri

Säädin tai invertteri vastaa paneeleilta tulevan tasasähkön muuttamisesta käytettävämpään sekä stabiilimpaan muotoon. Säädintä käytetään silloin, kun aurinkosähköjärjestelmä liitetään esimerkiksi ilman sähköliittymää olevaan mökkiin eli Off-grid asennuksessa. Invertteri asennetaan taas järjestelmiin, jotka ovat jo sähkönjakeluverkon piirissä eli puhutaan niin sanotusta On-grid-asennus. Invertteri ei kuitenkaan pysty varastoimaan energiaa mihinkään vaan muuttaa sen vastaamaan jakeluverkon arvoja, täten tuottaen vaihtosähköä suoraan kodin kulutuslaitteille.

4.3.1 Säädin

Säätimen on tarkoitus muuttaa paneelien tuottama jännite sopivaan tasoon. Offgrid järjestelmissä säädin vastaa siitä, että paneelien tuottama korkeampi jännite pystytään muuttamaan 12.6VDC, joka pystytään varastoimaan mökki-, linkkimasto- sekä saaristo- ja erämaakohteissa akkuun tai akustoon. Säädin siis toimii akuille laturina sekä kulutukseen menevän tasasähkön ohjaajana.

4.3.2 Invertteri

Invertteri poikkeaa säätimestä niin, että tasasähkö on tarkoitus muuttaa vaihtosähköksi, jota kaikki kodin sähkölaitteet voivat käyttää. Jotta tätä vaihtosähköä pystytään hyödyntämään jakeluverkon rinnalla, on sen tahdistuttava olemassa olevaan verkkoon. Pienemmät invertterit toimivat yhdellä vaiheella ja suuremmat kolmella vaiheella. 3-vaiheinvertteriä on järkevää käyttää yleensä noin 3 kilowatin kohdalla, koska muuten virta kasvaa liian isoksi ja joudutaan käyttämään suuremmalla poikkipinnalla olevia kaapeleita sekä suurempia sulakkeita. (Motiva 2019a.)

Järjestelmän suojaus on toteutettava niin, että se sulakkeet laukeavat ylikuormasta eikä kaapeli vahingoitu. Sulakekoon laskennassa on tiedettävä laitteiston nimellisvirta, jonka mukaan sulakkeet mitoitetaan. Sulakkeita voi joutua silti pienentämään, jos asennettavan järjestelmän syöttökaapeli on pitkä ja liian suuri

sulake ei pala tarpeeksi nopeasti. Tämä voi pahimmillaan johtaa laitteiston tai kaapelin rikkoontumiseen. Nimellisvirta saadaan laskettua seuraavalla kaavalla.

$$P = U * I * \cos\varphi \quad (1)$$

Missä

P	on	teho (w)
U	on	jännite (v)
I	on	virta (A)
Cosφ	on	Jännitteen ja virran vaihekulma cosφ

4.4 Turvalaitteet

Jotta aurinkosähköjärjestelmän käyttö olisi turvallista järjestelmän omistajalle sekä ulkopuolisille, on järjestelmään asennettava turvalaitteita, jotka takaavat oikeanlaisen toiminnan sekä erotuksen vikatilanteissa tai jonkun ulkopuolisen tahon tarvittaessa.

4.4.1 Turvakytkin

Tärkein turvalaite aurinkosähköjärjestelmissä on turvakytkin, jolla pystytään erottamaan järjestelmä turvallisesti sähköverkosta. Turvakytkin täytyy sijoittaa järjestelmään siten, että verkkoyhtiöllä ja esimerkiksi palokunnalla on mahdollisuus erottaa järjestelmä turvallisen työskentelyn varmistamiseksi.

Turvakytkintä valittaessa on tärkeää selvittää, että se kykenee kaikinapaisesti katkaisemaan invertteriltä tulevan tehon. Se on yleensä merkitty turvakytkimen kylkeen olevaan taulukkoon, josta selviää käytettävä jännite, virta sekä teho. Esimerkiksi Katkon valmistamissa tuotteissa se on merkitty seuraavasti: AC-23/400V 25A/11kW. AC-23/690V 25A/22kW.

4.4.2 Ylijännitesuojaus

Järjestelmissä ylijännitesuojaus tasavirtapuolella ei ole pakollinen, mutta suuremmissa yli 8kW järjestelmissä on jo yleensä tehtaalla asennettu ylijännitesuojat suojaamaan invertterin herkkää elektroniikkaa salamaniskuilta. Nämä onkin hyvä tarkistaa aina ukkosen jäljiltä, sillä jos moduuli havahtuu ylijännitteeseen, se katkaisee virtapiirin suunnitellusti. Froniuksen inverttereissä näiden moduuleiden kautta kulkee valvontapistoke, joka havaitsee hajoamisen ja ilmoittaa siitä vikakoodilla näyttöpäätteessä.

4.4.3 Ylivirtasuojaus

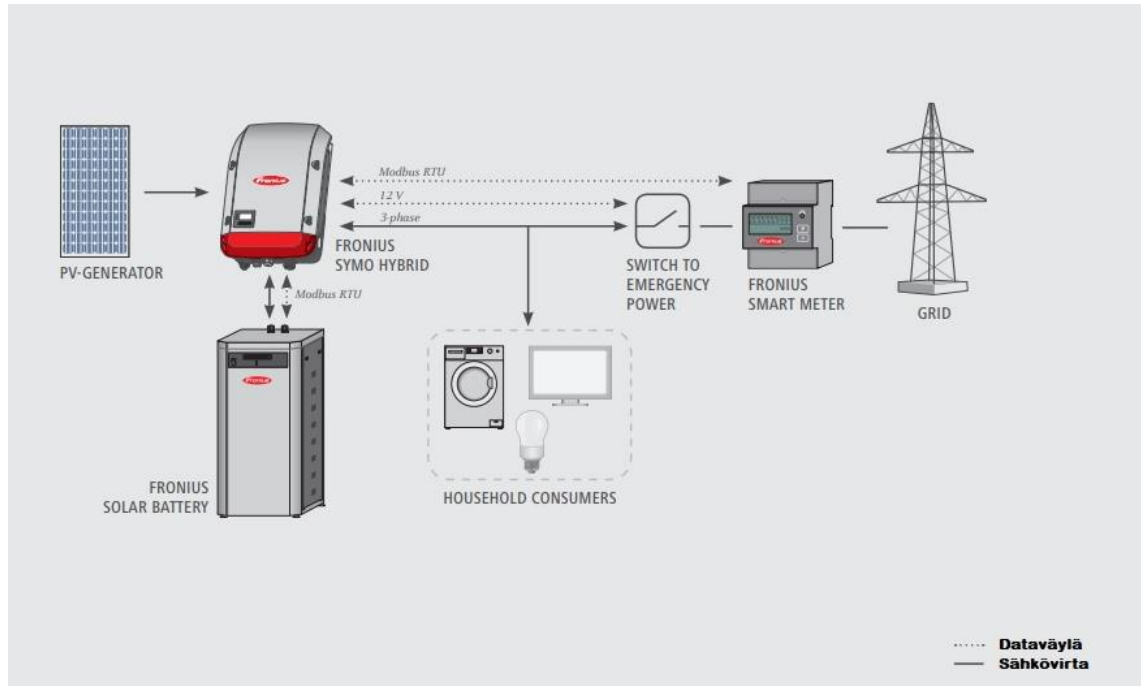
Mikäli kaapelin jatkuva virtakestoisuus on vähintään 1,25-kertainen oikosulkuvirtaan nähden, voidaan ylivirtasuojaus jättää pois. On kuitenkin huomioitava, että sähköinen irtikytkentä on oltava myös DC-puolella. Useissa vaihtosuuntaajissa on itsessään DC-kytkin, mutta tilanteessa, jossa vaihtosuuntaaja ei ole paneelin välittömässä läheisyydessä, voidaan suositella asennettavaksi turvakytkin myös tasasähköpuolelle paneeliketjun välittömään läheisyyteen.

5 HYBRIDI-AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄ

Hybridi-aurinkojärjestelmä perustuu siihen, että siinä ovat molemmat on-grid-sekä off-grid-piirteet. Periaatteessa tämä tarkoittaa akkuvarmennettua on-grid-järjestelmää, johon on lisätty sähkökeskukseen asennettava Smart meter, joka määrittää optimaalisimman tavan tuottaa sähköä. Smart meter siis antaa invertterille käskyn, ladataanko akkuja vai muutetaanko ylimääräinen osa kiinteistön sähkönkäyttöön.

Järjestelmä pystyy myös käyttämään pelkkää akustoa hyväkseen aikana, jolloin aurinkopaneelit eivät tuota mitään. Hyvänä lisänä järjestelmästä löytyy myös niin sanottu hätätilamoodi, joka erottaa liittymän tarpeelliset johdonsuojakatkaisijat, kuten kylmälaitteet sekä valaistuksen irti sähköverkosta. Näin ollen invertterin tuottama sähkö akustolta ei katoa sähkönsiirtoverkkoon vaan jää ainoastaan järjestelmän omistajan käytettäväksi. Järjestelmän rakenne on esitetty kuviossa 4

On kuitenkin tärkeä huomioida, että tällaisessa hätätilamoodissa on tärkeää pudottaa kaikki suuri kuorma pois, kuten lämmitys, kodinkoneet sekä suuren käynnistysvirran omaavat kulutuslaitteet. Näin toiminta-aika saadaan mahdollisimman pitkäksi sekä moodi toimimaan, sillä akusto sekä invertteri eivät mene moodiin, jos kuormaa on liikaa. Moodin vaihtuessa koko laitteisto käy jännitteettömänä, joten tällainen ratkaisu ei sovellu korvaamaan keskeytyksettömiä ratkaisuja kuten UPS-laitteita (Uninterruptible Power Supply, keskeytymätön virransyöttö) tai sähkökatkosta sammuvia laitteistoja.



Kuvio 4 Hybridi-aurinkosähköjärjestelmän pääkaavio (Fronius 2019)

Akustomoduuli (Kuvio 5) muodostuu litium-rautafosfaattikenoista (LiFePO₄), jotka on jaoteltu 1,2 kWh moduuleihin ja joita voidaan myöhemmin lisätä samaan yksikköön. Täydellä yksiköllä saadaan luotua jopa 9,6 kWh:n kapasiteetti. Akusto kestää noin 8000 sykliä ennen kuin akuston kapasiteetti alkaa pudota täydestä 100% varauskyvystä. Akut eivät myöskään tyhjene koskaan aivan täydellisesti, vaan akustoon jää noin 7% kapasiteettiä suojaamaan sitä syväpurkausta vastaan, joka aiheuttaa useasti toistettuna akuston kapasiteetin putoamisen entistä nopeammin. Froniuksen akustomoduuli pystyy lataamaan sekä luovuttamaan itsestään virtaa 16 ampeeria. Kaikissa moduuleissa virta pysyy samana mutta jännite nousee sitä mukaa, kun siirrytään järeämpiin moduulin kapasiteetteihin, vertaa 3,6 kWh 120-170V ja 9,6 kWh 320-460V.

Moduulissa on myös älykäs valvonta, joka päättää, mitä akuston kanssa tehdään: meneekö akusto virransäästömodeihin vai hätätilamodeihin. Myös jokaista kennoa seurataan erillään varmistaen turvallisen sekä tehokkaan latautumisen ja purkamisen.



Kuvio 5 Akustomoduuli (Sunsolar 2019)

6 KÄYTÄNNÖN PROJEKTI

Projektin tarkoituksena on lisätä omakotitalon nykyisen 5KWh:n aurinkosähköjärjestelmän rinnalle lisäksi toinen saman tehoinen hybridi-aurinkosähköjärjestelmä. Työssä tullaan käyttämään Lapin akkumaailman jälleenmyymiä Froniuksen invertteriä ja akustomoduulia sekä aurinkopaneeleita.

6.1 Mitoitus

Mitoitus on yksi tärkeimpiä seikkoja aurinkosähköjärjestelmän hankinnassa. Tärkein on mitoittaa järjestelmä vastaamaan vuosittaista kulutusta, joka on ajateltu kattaa aurinkosähköllä. Syy tälle on järjestelmän takaisinmaksuaika, joka pitäisi saada katettua hyvin mitoitettussa järjestelmässä noin 15 vuodessa.

Suunnitelmana on mitoittaa vanhan aurinkosähköjärjestelmän rinnalle hybridi-järjestelmä. Uudelle hybridi-invertterille lisätään 13 kpl 300W aurinkopaneeleita (Liite 3 ja 4). Näin saadaan hyötysuhdetta lisättyä, sillä Froniuksen hybridi-invertteri pystyy sekä lataamaan akustomoduulia että invertoimaan sähköä kodin kulutuslaitteistolle

Järjestelmien mitoitukseen on käytetty kulutuksen vuosiarviota, sillä se on asiakkaan helppo löytää sähkönsiirtolaskusta ja on tarkempi kuin laskettu kulutusarvio, sillä kiinteistöjen eristävyys sekä lämmityskeinot ovat kehittyneet vuosien saatossa. Mitoituksessa on myös tärkeä huomioida, että järjestelmä mitoitetaan pääsääntöisesti omaan kulutukseen, mutta esimerkiksi Suomessa kesällä kulutus uusissa taloissa on niin vähäistä, että ylimääräinen sähkö saadaan myytyä takaisin sähkönmyyntiyhtiölle. On kuitenkin huomioitava, ettei ylijäämästä makseta niin hyvin, että järjestelmän ylimitoitus olisi kannattavaa. Nyrkkisääntönä voidaankin pitää seuraavaa mitoitusta:

- 1 kW, 2 kW, 3 kW 80–120 m² omakotitalo, jossa maalämpö, suorasähkö tai kaukolämpölämmitys. Sähkön vuosikulutus 10 000 - 20 000 kWh/a.
- 4 kW, 5 kW yli 120 m² omakotitalo, jossa suorasähkölämmitys. Sähkön vuosikulutus 20 000 - 30 000 kWh/a.

- 5 kW - 10 kW Yli 150m² omakotitalo, jossa öljy- tai suorasähkölämmitys. Sähkön vuosikulutus yli 30 000 kWh/a.
- 10 kW, 15 kW, 20 kW – kerrostalot, toimistot, yritykset, maatalousrakennukset

Projektin omakotitalon vuosikulutus on 26585 kWh/vuosi, joten kustannustehokkaimman järjestelmän koko on 5kWp. Näin ollen asennuspaikan mukainen piikkiteho tulee olemaan 800-900kWh/kWp, jolloin vuotuinen tuotto on noin $5.00\text{kWp} \cdot 900\text{kWh} = 4500 \text{ kWh/a}$. Edellä mainittua lukua käytettiin hybridijärjestelmän invertterin valintaan. Invertteriksi valikoituikin aikaisemmista kohteista hyväksi todettu merkki Fronius. Valmistajan valikoimista löytyi Symo Hybrid 5.0-3-S, joka mahdollistaa akuston liittämisen järjestelmään. (Liite 1 ja 2)

Alkuperäisestä suunnitelmasta poiketen järjestelmään asetetaan valmius akustolle, sillä Fronius julkaisee 2020 Tammikuussa uudet akustot, joten vanhoja malleja ei ole tällä hetkellä enää saatavilla. Samalla invertteriin tulee uusi ohjelmistopäivitys, mikä mahdollistaa muidenkin valmistajien tarjoamien akustojen käytön myös hätätilamoodissa, mikä ei tähän asti ole ollut mahdollista. Tämä on johtunut siitä, että Froniuksen akusto käyttää korkeampaa jännitettä omassa akustossaan.

6.2 Suunnittelu

Suunnittelussa on otettava huomioon asennettavan kohteen sijainti sekä paneelien suuntaus. Tällä on suuri merkitys järjestelmän tuoton kannalta, ja yleisimmin suuntaus kannattaa toteuttaa etelään päin, sillä aamuaurinko on tuottoisin vaihe päivästä ja energian määrä laskee päivää ja iltaa kohti koko ajan, kun aurinko laskee. Iltakuuden aikaan energiaa saadaan enää murto-osa talteen auringon hajasäteilyn sekä matalan kulman takia.

Jotta paneelien tuotto saadaan optimaaliseksi, on myös huomioitava paneelien kallistuskulma. Riippuen kohteen leveyspiiristä optimaalinen kallistuskulma on noin 30-50 astetta. Aste nousee suuremmaksi mitä pohjoisemmassa ol-

laan. Seuraavasta taulukosta voidaan todeta miten, nämä edellä mainitut asiat vaikuttavat järjestelmän sähköntuotantoon.

Taulukko 1 Aurinkopaneelien suuntaus verrattuna tehokkuuteen (Perälä 2017, 63)

Kulma (°) vaakasuonesta pystysuoraan	Vaa'assa	Länsi				Etelä				Itä				
		90	75	60	45	30	15	0	-15	-30	-45	-60	-75	-90
0°	0°	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83
10°	10°	82	84	86	88	89	90	90	89	88	86	84	82	80
20°	20°	81	85	89	92	94	95	95	94	92	89	85	81	77
30°	30°	80	85	90	94	97	98	99	98	97	94	90	86	80
40°	40°	78	85	90	94	97	99	100	99	98	95	90	85	79
50°	50°	75	82	88	93	96	98	99	98	97	93	89	83	76
60°	60°	71	78	85	90	93	95	96	95	93	90	85	79	72
70°	70°	66	73	80	85	88	90	91	90	88	85	80	74	67
80°	80°	60	67	73	79	81	83	83	83	81	78	74	68	60
90°	90°	53	60	65	69	72	74	74	74	72	70	65	60	53

Helsinki, optimikulma 40°

Yksi suunnitelman ongelmia tulee olemaan hätätilamoodin tiettyjen johdonsuojakatkaisijoiden, kuten valaistuksen sekä kotitalouslaitteiden rinnakkaissyöttö. Tämä on suunniteltava niin, että virta ei palaudu sähköpääkeskuksen kautta takaisin syöttökiskoon ja johdonsuojakatkaisijoihin, josta virta kulkee taas kaikille kulutuslaitteille.

Tämä tullaan toteuttamaan sähköpääkeskuksen erottamisella invertteristä sekä hätätilamoodiin valituilla johdonsuojakatkaisijoilla. Erottaminen tapahtuu kontaktorilla, joka on normaalisti kiinni. Kun jakeluverkosta häviää sähkö, niin kontaktori pysyy edelleen kiinni, mutta aukeaa invertterin antamasta käskystä, jolloin sähkö jää vaan tarpeellisille osille. Jotta erotus olisi luotettava, on kontaktorilta tuotava kärkitieto apukoskettimelta invertterille. Näin ollen kärkitieto toimii samalla lupatietona aloittaa sähköntuottaminen hätätilamoodissa.

Kun kohteen sekä laitteiden tiedot ovat selvillä, on yleisesti hyvä käydä tekemässä työmaakatselmus. Näin ollen kaapelireittejä sekä laitteiden sijoituspaikkoja on helppo suunnitella sekä sopia yhdessä asiakkaan kanssa.

6.3 Toteutus

Projektin työnosuutta tarkastellaan tarkemmin tässä osiossa. Kappaleet on jaettu eri komponenttien ympärillä tapahtuviin asennuksiin, joista kerrotaan tarkemmin.

6.3.1 Johdotus

Invertterin syötöksi valittiin MMJ 5x6S, jolloin laajennus on mahdollinen niin, ettei syöttökaapelia, joka menee sähkökeskukseen, tarvitse vaihtaa. Invertteri tarvitsee myös datayhteyden sekä ohjauskaapelin, jotta hätätilamoodi voidaan toteuttaa. Kaapeleiksi valikoitui tähän projektiin Cat-6 datakaapeli sekä ohjaukseen MMO 7x1,5S. Näin ollen datayhteys sähkökeskuksessa olevaan Smart meteriin hoituu datakaapelilla ja releiden ohjaukset sekä kärkitiedot pystytään tuomaan suuremman poikkipinnan omaavalla kaapelilla.

Kaapelointi toteutettiin välikatolla, jossa on käyttöullakko. Kaikki kaapelit asennettiin kattoristikoiden väliin tulevaan johtokouruun, jolloin asennuksesta saatiin turvallinen sekä siisti. (Kuva 1)



Kuva 1 Kaapelikanava ullakolla

6.3.2 Aurinkopaneelit

Projekti lähdettiin toteuttamaan asentamalla aurinkopaneelit omakotitalon katolle. Aurinkopaneeleiksi tähän projektiin valikoituivat Amerisolarin valmistamat (300 W) monokristallikidepaneelit. Tämä oli tilaajan toive, sillä paneelien pinta on musta. Näin ollen se sulautuu saumattomasti mustaan peltikattoon, kuvassa 2 voidaan nähdä asennetut aurinkopaneelit. Paneelien asennuksessa on otettava huomioon asennettavan katon materiaali, sillä kiinnikkeet vaihtelevat sen mukaan. Kiinnikkeiden valinnassa on myös huomioitava, että ne kestävät suunnitellun lumi sekä tuulikuorman. Lapissa voi tulla lunta jopa puoli metriä ja riippuen lumen kosteudesta lumi voi painaa jopa 215kg/m^2 . Tätä lukua käytetään myös rakentamismääräysten pohjana Rovaniemen alueella.

Paneelien asennuksen yhteydessä on tärkeää suojata paneelit sekä asennuskehysten runko salamaniskuilta sekä muilta haitallisilta jännitteiltä. Suojaus toteutetaan 16mm^2 poikkipinnalla olevalla keltavihreällä suojajohtimella, joka liitetään kehysten runkoon. Näin kaikki runkoon kosketuksissa olevat paneelit, sekä itse kehys maadoittuvat. Samalla kattoasennuksien johtavat osat saadaan samaan maapotentiaaliin, kun suojajohdin viedään sekä kytketään talon sähkökeskuksessa olevaan maadoituskiskoon.

Paneelien johdotuksen avuksi Froniuksen kotisivuilta löytyy laskuri, jonka avulla on helppo suunnitella paneelien johdotus. Konfiguraattori näyttää monenko paneelien ketju, voidaan muodostaa yhdelle MPPT Trackerille sekä kuinka paneelien keskeiset liitokset olisi järkevä toteuttaa. Kaapelointi tapahtuu 6mm^2 poikkipinnaltaan olevalla aurinkosähkö tasavirtakaapelilla, jonka luokitus riittää 1000 V:iin asti.



Kuva 2 Aurinkopaneelit katolla

6.3.3 Invertteri

Koska Froniuksen Invertteri on kotelointiluokitukseltaan IP68, pystytään invertteri asentamaan myös ulkoseinälle. Tämän projektin osalta invertteri asennettiin takaterassin räystään alle, kuten kuvassa 3. Ulkoasennuksen hyvänä puolena voidaan mainita invertterin parempi hyötysuhde viileillä keleillä, sillä laitteen elektroniikka sekä itse invertteri pysyvät viileänä, jolloin lämpöhäviöiden määrä putoaa.

On kuitenkin syytä huomata, että sijoituspaikka on valittava niin, että akuston ja invertterin välimatka saadaan pidettyä mahdollisimman lyhyenä, jolloin kaapeleista aiheutuvat häviöt saadaan minimoitua. Akustot on kuitenkin sijoitettava palo-osastoituun tekniseen tilaan, jossa on asianmukainen ilmanvaihto. Tässä

tapauksessa talon ulkoseinään tullaan tekemään läpiviennit siinä vaiheessa, kun akusto tarkentuu.



Kuva 3 Inverteri ulkoseinässä

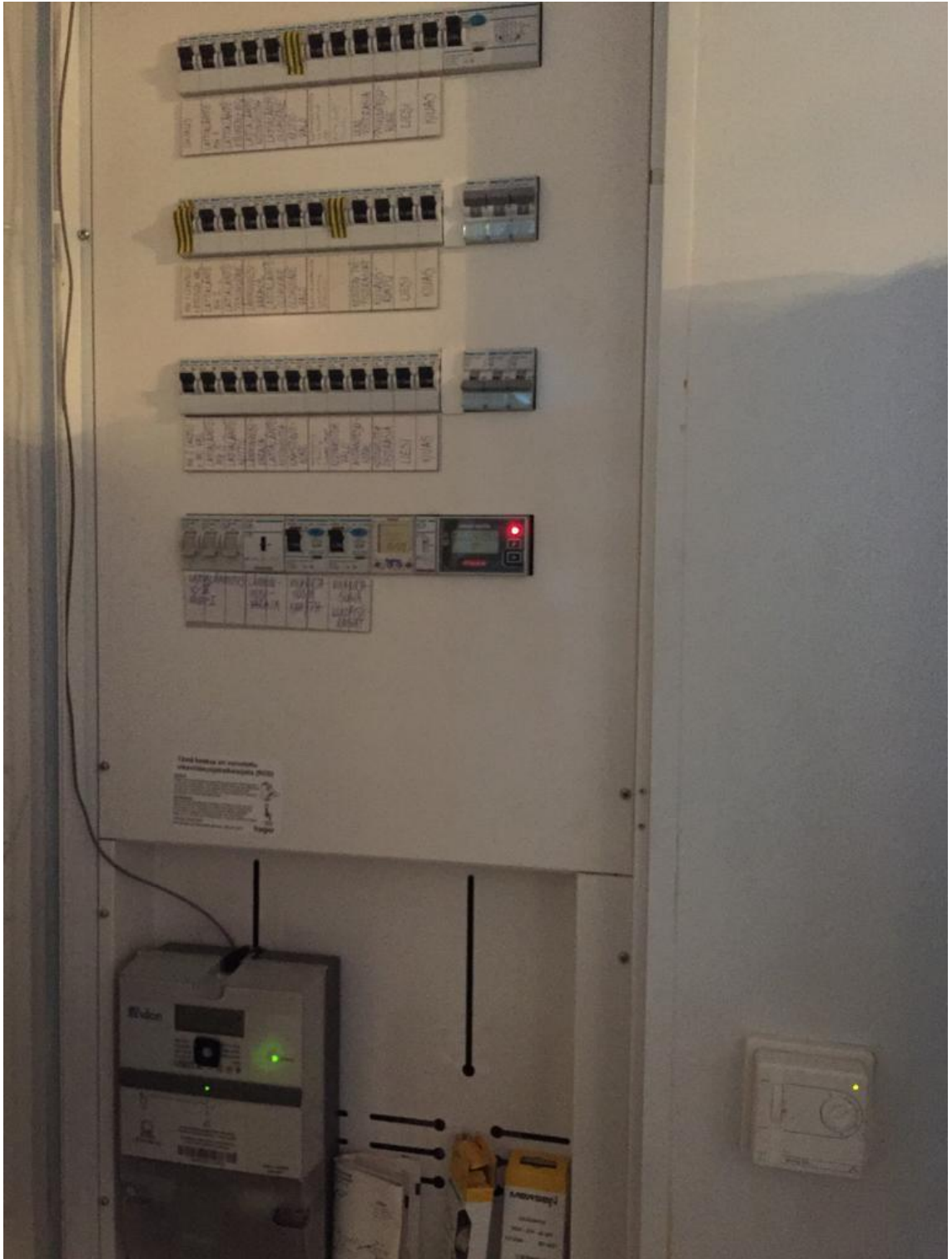
Koska kyseessä on hybridi-inverteri, on toinen MPPT-trackereistä varattu akuston käyttöön, jolloin aurinkopaneeleilta on tuotava ainoastaan yksi ketju (string).

6.3.4 Sähkökeskus

Sähkökeskukseen tulee asentaa aurinkosähköjärjestelmälle omat ns. pääsulakkeet. Tässä projektissa sulakkeiksi valikoituivat 20A johdonsuojakatkaisijat. Nämä määräytyivät asennettavan kaapelin mukaan, jota on tarkoitus suojata sulakkeilla.

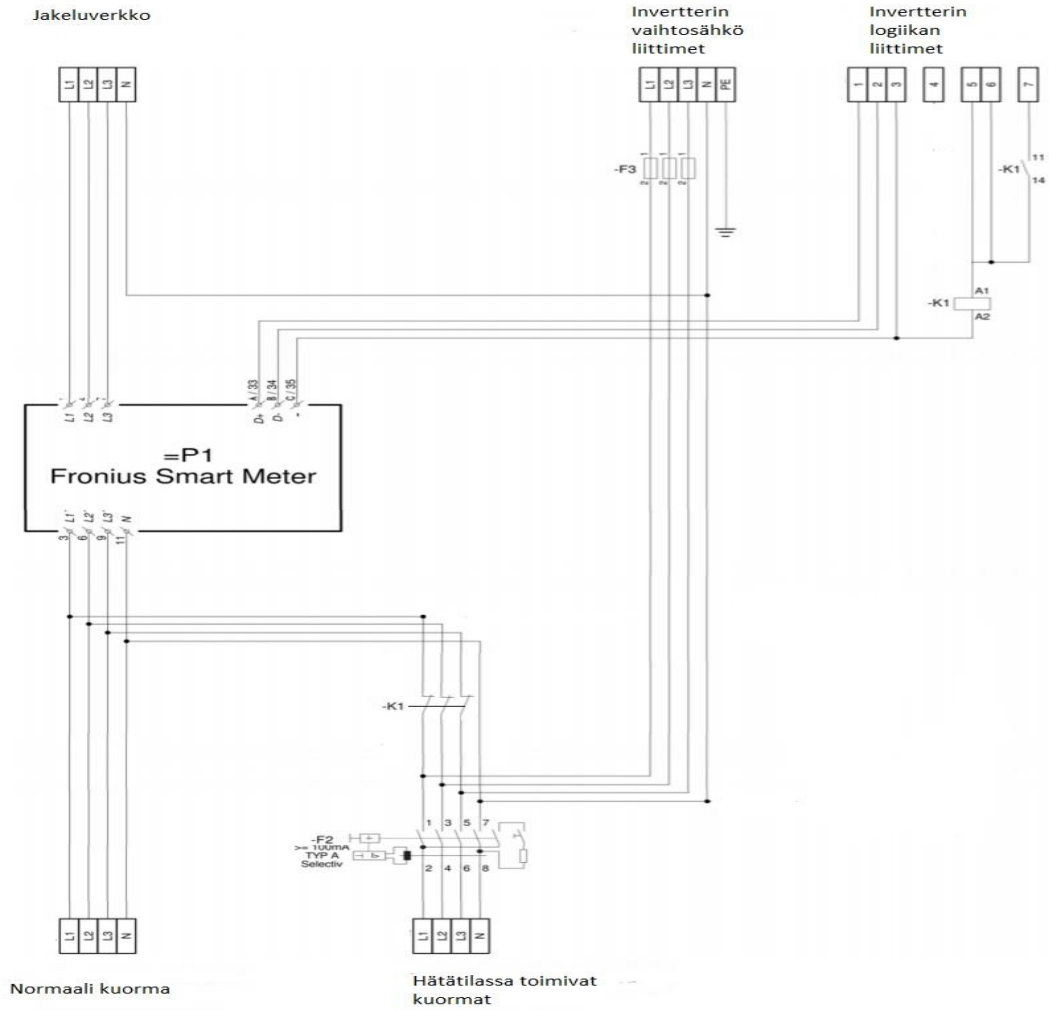
Hätätilamoodia varten keskukseen asennettiin myös rele, jonka kautta keskus saadaan tarvittavia johdonsuojakatkaisijoita/kulutuskojeita lukuun ottamatta erotettua jakeluverkosta. Näin ollen kuormaa saadaan rajoitettua niin, että hätätilamoodi pystytään toteuttamaan tehokkaasti sekä turvallisesti. Kuten alla olevasta kuvasta 4 voidaan huomata, ovat aurinkosähköön liittyvät johdonsuojakatkaisijat asennettu erilleen muista talon johdonsuojakatkaisijoista. Nämä tul- laan vielä merkitsemään listan sisälle tulevaan lappuun, josta voidaan todentaa kulutuskoje sekä sulakkeen koko.

Keskuksessa tehtävät muutokset on hyvä tehdä jännitteettömänä, sillä Smart meter on asennettava keskuksen sähkömittarin jälkeen syöttävälle puolelle, jotta Smart meter pystyy havaitsemaan virran sekä muiden sähköisten käsitteiden kulkua järjestelmässä. Mittarin asennuspaikka on valittava niin, että se sijaitsee heti jakeluverkon syötön jälkeen, jotta hätätilamoodille tarvittavat tiedot saadaan luotettavasti vietyä invertterille.



Kuva 4 Sähköpääkeskuksen asennukset

Invertterin logiikan liittimet on konfiguroitu niin että liitin 5 syöttää 12VDC jännitteen sähkökeskuksessa olevalle releen kelalle, josta releen apukoskettimilta saadaan avaustieto. Näin ollen invertteri tietää kytkeytyvänsä pois jakeluverkosta. Tämän jälkeen Invertteri vielä varmistaa tilanteen Smart meteriltä. Näin ollen invertterille on myönnetty lupa tuottaa sähkö takaisin keskukseen, kun kaikki ehdot ovat täyttyneet. Kuviosta 5 voidaan nähdä piirikaavio.



Kuvio 5 Hybridiaurinkosähköjärjestelmän piirikaavio

6.4 Aurinkosähköjärjestelmän käyttöönottotarkastuspöytäkirja

Sähköinfo on laatinut sivuilleen tarkan pöytäkirjan (ST 55.36) koskien aurinkosähköasennuksia, johon voi ostaa käyttöoikeuden. Projektissa käytettiin edellä mainittua käyttöönottotarkastuspöytäkirjaa. Pöytäkirjasta voidaan todeta käytettyjen komponenttien tiedot sekä muita mitattavia suureita koskien asennuksia. Tärkein osio on kuitenkin vaihtosähköä koskevat asennukset, sillä niiden turvallisuus sekä oikeanlainen toiminta on taattava jokaisessa asennuksessa riippumatta sen laajuudesta tai tyypistä.

Pöytäkirjan ensimmäinen osio käsittelee perustietoja. Näihin kuuluu laitteistonrakentajan sekä sähkötöiden johtajan yhteystiedot. Näiden lisäksi on tärkeää, että kohde pystytään yksilöimään.

Aistinvaraista tarkastusta suoritetaan koko asennuksen ajan aina käyttöönottoon asti. Tämä sisältää kaikki vaatimukset, standardin mukaiset asennukset sekä suojauksiin liittyvät asiat. Samalla myös kaapelien sekä asennettavien laitteiden kuntoa sekä havaittavia puutteita tarkastellaan. Myös laitteiston sekä kaikkien komponenttien merkinnät kuuluvat tähän osioon.

Testaukset aloitetaan paneelien ominaisuuksilla. Tähän osioon määritellään paneelien valmistaja sekä muut paneelia koskevat suureet. Seuraavaksi pöytäkirjassa puhutaan ylivirtasuojauksesta, jota toteutetaan hyvin vähän pienemmissä asennuksissa. Tämä johtuu siitä, että standardi antaa vaihtoehdon sille, jos käytettävän kaapelin virrankestoisuus on riittävä. Näin ollen ei ylivirtasuojausta ei tarvitse toteuttaa erikseen. Paneeliketjun kaapelointiin otetaan kantaa kaapelityypin sekä sen pinta-alan verran. Samassa osiossa määritetään myös suojajohtimen poikkipinta. Paneeliketjun testaukset ovat hyvin yksinkertaiset. Käyttöönottotesterillä mitataan eristysvastus positiivisen navan ja maan sekä negatiivisen navan ja maan välillä. Froniuksen invertteri seuraa myös toimiesaan tätä suuretta ja katkaisee virran, jos paneeliketjun eristysresistanssi laskee alle määritetyn tason. Myös napaisuus on tarkistettava jokaisen paneeliketjun tulojohtimista.

Invertterin ominaisuuksista määritetään sen valmistaja, malli sekä teho. Näiden lisäksi on merkattava myös käytettyjen vaiheiden lukumäärä sekä invertterin sarjanumero. Jotta invertteri voidaan liittää verkkoon, on sen toiminnan noudatettava SFS-EN 50438 standardia. Froniuksessa tämä on toteutettu niin, että käyttöönotto konfiguroinnissa valitaan maa, jossa laitteistoa käytetään, jolloin invertteri lataa suoraan sen maan standardia vastaavat asetukset. Kun käyttöönotto on kaikilta muilta osin suoritettu, voidaan järjestelmä käynnistää, jolloin

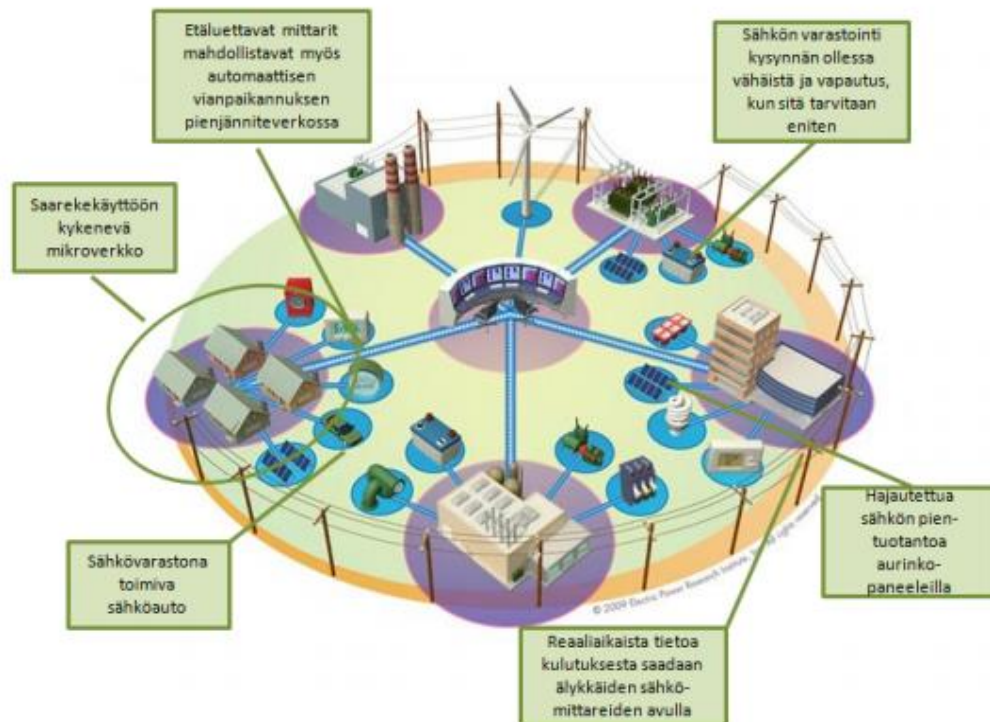
pystytään vielä testaamaan invertterin toiminta, kun se on kytketty verkkoon ja yhteys jakeluverkkoon katkeaa.

Myös vaihtosähköasennuksien osalta on täytettävä käyttöönottotarkastuspöytäkirja. Tähän olemme käyttäneet myös sähköinfor tekemää pohjaa (ST 51.21.05). Alkuun täytetään yrityksen sekä kohteen tiedot, jonka jälkeen täytetään asennusta koskevat kohdat, joihin tässä tapauksessa kuuluu aistinvaraiset tarkastukset sekä mitattavat tarkastukset. Aurinkosähköjärjestelmissä on mitattava suojajohtimen jatkuvuus, kaapeleiden eristysresistanssi, syötön automaattinen poiskytkentä sekä kiertosuunnan tarkastus.

7 KEHITTYNEEMMÄN ASTEEN AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄT JAKELUVERKOSSA

7.1 Smart grid

Tulevaisuudessa voi olla, että tulevaisuudessa tulemme näkemään niin sanotun Smart grid ratkaisun eli älykkään sähköverkon (Kuvio 6). Näin ollen esimerkiksi erilliset kerrostalot tuottavat virtaa yhteiseen virtapankkiin, josta sitä voidaan käyttää kulutukseen. Jos tällainen ratkaisu pystytään toteuttamaan tarpeeksi suuressa mittakaavassa, voidaan ratkaisulla pienentää sähkönsiirtoverkon kulutushuippuja. Näistä koituu isoissa kiinteistöissä kuluja, sillä suuremmat sähköliittymät hinnoitellaan nykyään piikkitehon mukaan. Jotta kulutushuippuja saadaan pienemmäksi, on käytettävä nopeasti reagoivia voimalaitoksia, kuten vesivoimalaitoksia. Sillä pyyntiä pystytään lisäämään esimerkiksi aikaan, jolloin suurin osa työikäisistä ihmisistä saapuu kotiin ja alkaa laittaa ruokaa tai katsomaan televisiota (klo17-19). (Sarvaranta 2010)



Kuvio 6 Esimerkki älykkäästä sähköverkosta (Sarvaranta 2010, 10)

7.2 LVDC verkko

Tyypillinen sähköjakeluverkko on 20 kV:n vaihtosähköinen keskijänniteverkko, jota syötetään 110 kV:n sähkönsiirtoverkosta. 20kV verkkoon kytketty jakelumuuntaja muuttaa kuluttajalle liian suuren jännitteen pienemmäksi, jolloin se on normaalien kulutuskojeiden hyödynnettävissä. Enston LVDC-syöttöyksikkö (Low Voltage Direct Current) on kytketty 20 kV -keskijänniteverkkoon muuntajan välityksellä, joka muuttaa vaihtojännitteen ± 750 V tasajännitteeksi ja syöttää sen kuluttajalle LVDC-verkon kautta. Ennen kuluttajaa tasasähköverkko muutetaan takaisin vaihtosähköiseen muotoon 230VAC. Kuviosta 7 selviää LVDC verkon kaavio (Ensto 2019)



Kuvio 7 LVDC verkon rakenne (Ensto 2019)

LVDC verkon muihin etuihin kuuluu sähköautojen lataus suoraan LVDC verkosta, sekä mikrotuotannon, kuten tuulivoiman sekä aurinkosähkön liittäminen myös hajautettuna suoraan tasajänniteverkkoon. Tasajännitteen vuoksi myös akustoa pystyttäisiin hyödyntämään sähköenergian varastointiin. Tasajänniteverkko on myös hyvä suodattamaan kaikki harmoniset häiriöt sekä epälineaariset kuormat, joka auttaa taas sähkönsiirtoverkkoa pysymään puhtaana kokonaissä-
röistä sekä mahdolliselta vinokuormalta.

8 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoitus oli tuottaa toimeksiantajalle toimiva hybridaurinkosähköjärjestelmä pilottiprojektina helpottamaan tulevia asennuksia. Näin ollen normaaleihin asennuksiin verrattuna voitiin huomata tarpeelliset muutokset hybridi aurinkosähköjärjestelmän mitoitukseen sekä asennuksen laajuuteen.

Projektin edetessä vastaan tuli erinäisiä haasteita, joista suurimpana voidaan mainita akuston hankinta, jota jouduttiin siirtämään projektin valmistumisen ulkopuolelle. Froniukselta sekä muilta valmistajilta julkaistaan tammikuussa 2020 uudet akustot, jotka tulevat olemaan hankintahinnalta sekä käytettävyydeltään parempia kuin nykyiset tarjolla olevat.

Projektiin liittyvä taustatutkimus toi myös esiin uusia näkökulmia aurinkosähkötekniikkaan sekä käyttökohteita, joihin on mahdollista toteuttaa hybridi aurinkosähköjärjestelmä.

LÄHTEET

Energiateollisuus 2018. Perustietoa energia-alasta. Sähköntuotanto. Viitattu 4.5.2019 https://energia.fi/perustietoa_energia-alasta/energiantuotanto/sahkontuotanto

Ensto 2018. Tasasähköön perustuvan LVDC-älyverkon liitännäyksiköt mahdollistavat irrallisen saarekeverkon käytön. Viitattu 4.4.2019 <https://www.ensto.com/fi/yhtio/uutiset-ja-media/artikkelit/lvdc-artikkeli-osa-3/>

Ensto 2019. Verkon rakennus. Viitattu 4.4.2019. <https://www.ensto.com/fi/verkonrakennus/lvdc-alyverkko/>

Fronius Installations instructions 2019 015-12082019

Fronius Operating Instructions 2019 018-28022019

HY University. 2019. Työohje valosähköilmiö, 1 (viitattu 2.3.19) https://www.helsinki.fi/sites/default/files/atoms/files/hyluma-f2k-tyoohje_valosahkoilmio_4.pdf

LUT University, Aurinkoenergia ja aurinkosähkö Suomessa 2019. Viitattu 2.3.2019 https://www.lut.fi/uutiset-/asset_publisher/h33vOeufOQWn/content/aurinkoenergia-ja-aurinkosahko-suomessa

Motiva 2019a Aurinkosähkön hankinta ja asennus. Viitattu 4.3.2019 https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/hankinta_ja_asennus/verkkoon_kytetty_vai_verkkoon_kytkeaton_jarjestelma

Motiva 2019b Ratkaisut, aurinkosähköt teknologiat. Viitattu 5.5.2019 https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelmat/aurinkosahkoteknologiat

Motiva 2019c Toimenpidelupa. Viitattu 29.7.2019 <https://aurinkosahkoakotiin.fi/tarvittavat-luvat/>

Perälä R. 2017. Aurinkosähkö Suomessa. Helsinki: Alfamer. Viitattu 8.9.2019

Rovakaira 2019. Palvelut, Omatuotanto. Viitattu 29.7.2019 <https://www.rovakaira.fi/Palvelut/Omatuotanto>

Sallinen, K. 2019. Aurinkosähkö nyt ja lähivuosina Carunan sähkönjakeluverkossa

Sarvaranta, A. 2010. Älykkäät sähköverkot Suomessa ja Euroopassa. Viitattu 29.7.2019 https://energia.fi/files/665/Alykkaat_sahkoverkot_Suomessa_ja_Euroopassa.pdf

Tukes 2019. Sähköasennusten käyttöönottovaiheen tarkastukset Viitattu 15.9.2019 <https://tukes.fi/sahko/sahkoasennusten-kayttoonottovaiheen-tarkastukset>

Sunsolar 2019. Aurinkosähkökuvasto

LIITTEET

- Liite 1. Invertterin datasheet
- Liite 2. Aurinkopaneelien datasheet
- Liite 3. Aurinkosähkö käyttöönottopöytäkirja (Ensimmäinen sivu poistettu tietosuojan vuoksi)
- Liite 4. Vaihtosähkö käyttöönottopöytäkirja (Ensimmäinen sivu poistettu tietosuojan vuoksi)

Liite 1 1(2), Invertterin datasheet

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

FRONIUS SYMO HYBRID
The flexible choice for individual storage solutions






SnapInverter technology



Integrated data communication



Dynamic Peak Manager



Smart Grid Ready



Zero feed-in



Multi Flow Technology

With power categories ranging from 3.0 to 5.0 kW, the Fronius Symo Hybrid allows surplus energy from a photovoltaic system to be stored in various batteries.

The Fronius Symo Hybrid is compatible with the Fronius Solar Battery as well as storage devices from other manufacturers, such as LG Chem or BYD, and thus the ideal hybrid inverter. Intelligent Multi Flow Technology enables AC and DC coupling of battery storage. In addition, loads are supplied at the same time as the battery is being charged – even in emergency power mode.

TECHNICAL DATA FRONIUS SYMO HYBRID

INPUT DATA	SYMO HYBRID 3.0-3-S	SYMO HYBRID 4.0-3-S	SYMO HYBRID 5.0-3-S
Number of MPPT trackers		1	
Max. PV input power	5.0 kW	6.5 kW	8.0 kW
Max. input current ($I_{dc,max}$)		1 x 16 A	
Max. short circuit current, module array		24 A	
DC input voltage range ($U_{dc,min} - U_{dc,max}$)		150 - 1000 V	
Feed-in start voltage ($U_{dc, start}$)		200 V	
Usable MPP voltage range		150 - 800 V	
Number of DC connections (PV)		2	

BATTERY INPUT	SYMO HYBRID 3.0-3-S	SYMO HYBRID 4.0-3-S	SYMO HYBRID 5.0-3-S
Maximum output power to battery		Depends on connected Battery	
Maximum input power from battery		Depends on connected Battery	

OUTPUT DATA	SYMO HYBRID 3.0-3-S	SYMO HYBRID 4.0-3-S	SYMO HYBRID 5.0-3-S
AC nominal output ($P_{ac,r}$)	3,000 W	4,000 W	5,000 W
Max. output power	3,000 VA	4,000 VA	5,000 VA
Max. power from grid to battery	3,000 VA	4,000 VA	5,000 VA
Max. AC output current ($I_{ac,max}$)		8.3 A	
Grid connection (voltage range)		3-NPE 400 V / 230 V or 3-NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %)	
Frequency (frequency range)		50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)	
Total harmonic distortion		< 3 %	
Power factor (cos $\phi_{act,r}$)		0.85 - 1. ind. / cap.	

Liite 1 2(2), Invertterin datasheet

TECHNICAL DATA FRONIUS SYMO HYBRID

GENERAL DATA	SYMO HYBRID 3.0-3-S	SYMO HYBRID 4.0-3-S	SYMO HYBRID 5.0-3-S
Dimensions (height x width x depth)		645 x 431 x 204 mm	
Weight		19.9 kg	
Degree of protection		IP 45	
Protection class		1	
Overvoltage category (DC / AC) ¹⁾		2 / 3	
Inverter design		Transformerless	
Cooling		Regulated air cooling	
Installation		Indoor and outdoor installation	
Ambient temperature range		-25 +60°C	
Permitted humidity		0 - 100 %	
Max. altitude		2,000 m (as unrestricted voltage range)	
DC PV connection technology		2x DC+ and 2x DC- screw terminals 2.5 - 16 mm ²	
DC battery connection technology		1x DC+ and 1x DC- screw terminals 2.5 - 16 mm ²	
AC connection technology		5 pin AC screw terminals 2.5 - 16 mm ²	
Certificates and compliance with standards		VDE AR N 4105, ONV / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1	
Emergency power function		Yes ²⁾	
EFFICIENCY	SYMO HYBRID 3.0-3-S	SYMO HYBRID 4.0-3-S	SYMO HYBRID 5.0-3-S
Max. efficiency (PV - grid)	97.2 %		97.9 %
Max. efficiency (PV - battery - grid)	> 98.0 %	> 98.0 %	> 98.0 %
Europ. efficiency (PV - grid)	95.2 %	95.7 %	96.0 %
MPP adaptation efficiency		> 99.9 %	
COMPATIBLE BATTERIES	AVAILABLE MODELS		BACK-UP POWER
BYD ³⁾	Battery-Box II 6.4, 7.7, 9.0, 10.2, 11.5		Yes, 3-phase
LG CHEM ⁴⁾	RESU 70H, 100H		No
Fronius Solar Battery	Solar Battery 4.5, 6.0, 7.5, 9.0, 10.5, 12.0		Yes, 3-phase

¹⁾ Testing to IEC 62109-1

²⁾ Not available with LG Chem RESU

³⁾ Fronius Checkbox 500V is mandatory

⁴⁾ Coming soon

Further information regarding the availability of the inverters in your country can be found at www.fronius.com.

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

THREE BUSINESS UNITS, ONE GOAL: TO SET THE STANDARD THROUGH TECHNOLOGICAL ADVANCEMENT.

What began in 1945 as a one-man operation now sets technological standards in the fields of welding technology, photovoltaics and battery charging. Today, the company has around 4,550 employees worldwide and 1,241 patents for product development show the innovative spirit within the company. Sustainable development means for us to implement environmentally relevant and social aspects equally with economic factors. Our goal has remained constant throughout: to be the innovation leader.

Further information about all Fronius products and our global sales partners and representatives can be found at www.fronius.com

v09 May 2018 EN

Fronius India Private Limited
GAT no 312, Nanekarwadi
Chakan, Taluka - Khed District
Pune 410501
India
pv-sales-india@fronius.com
www.fronius.in

Fronius Australia Pty Ltd.
90-92 Lambeck Drive
Tullamarine VIC 3043
Australia
pv-sales-australia@fronius.com
www.fronius.com.au

Fronius UK Limited
Maidstone Road, Kingstons
Milton Keynes, MK10 0BD
United Kingdom
pv-sales-uk@fronius.com
www.fronius.co.uk

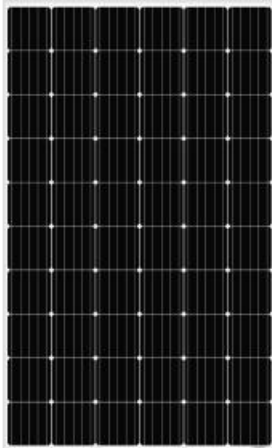
Fronius International GmbH
Froniusplatz 1
4600 Wels
Austria
pv-sales@fronius.com
www.fronius.com

Liite 2 1(2), Aurinkopaneelien datasheet



AS-6M30 PERC

MONOCRYSTALLINE MODULE



ADVANCED PERFORMANCE & PROVEN ADVANTAGES

- High module conversion efficiency up to 19.05% by using Passivated Emitter Rear Contact (PERC) technology.
- Low degradation and excellent performance under high temperature and low light conditions.
- Robust aluminum frame ensures the modules to withstand wind loads up to 2400Pa and snow loads up to 5400Pa.
- High reliability against extreme environmental conditions (passing salt mist, ammonia and hail tests).
- Potential induced degradation (PID) resistance.
- Positive power tolerance of 0 ~ +3 %.

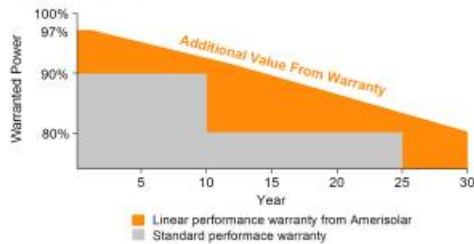
CERTIFICATIONS

- IEC61215, IEC61730, IEC62716, IEC61701, CE, CQC, CGC, ETL(USA), JET(Japan), J-PEC(Japan), Kemco(South Korea), KS(South Korea), MCS(UK), CEC(Australia), FSEC(FL-USA), CSI Eligible(CA-USA), Israel Electric(Israel), InMetro(Brazil), TSE(Turkey)
- ISO9001:2008: Quality management system
- ISO14001:2004: Environmental management system
- OHSAS18001:2007: Occupational health and safety management system

Passionately
committed to
delivering innovative
energy solution

SPECIAL WARRANTY

- 12 years limited product warranty.
- Limited linear power warranty: 12 years 91.2% of the nominal power output, 30 years 80.6% of the nominal power output.



Liite 1 2(2), Aurinkopaneelien datasheet

ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT STC							
Nominal Power (P_{max})	280W	285W	290W	295W	300W	305W	310W
Open Circuit Voltage (V_{oc})	38.8V	39.0V	39.2V	39.4V	39.6V	39.8V	40.0V
Short Circuit Current (I_{sc})	9.37A	9.45A	9.53A	9.62A	9.70A	9.79A	9.88A
Voltage at Nominal Power (V_{mp})	31.6V	31.8V	32.0V	32.2V	32.4V	32.6V	32.8V
Current at Nominal Power (I_{mp})	8.87A	8.97A	9.07A	9.17A	9.26A	9.36A	9.46A
Module Efficiency (%)	17.21	17.52	17.83	18.13	18.44	18.75	19.05
Operating Temperature	-40°C to +85°C						
Maximum System Voltage	1000V DC						
Fire Resistance Rating	Type 1 (in accordance with UL1703)/Class C (IEC61730)						
Maximum Series Fuse Rating	15A						

STC: Irradiance 1000W/m², Cell temperature 25°C, AM1.5

ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT NOCT							
Nominal Power (P_{max})	207W	211W	215W	218W	222W	226W	230W
Open Circuit Voltage (V_{oc})	35.7V	35.9V	36.1V	36.3V	36.5V	36.7V	36.9V
Short Circuit Current (I_{sc})	7.59A	7.65A	7.72A	7.79A	7.86A	7.93A	8.00A
Voltage at Nominal Power (V_{mp})	28.8V	29.0V	29.2V	29.4V	29.6V	29.8V	30.0V
Current at Nominal Power (I_{mp})	7.19A	7.28A	7.37A	7.42A	7.50A	7.59A	7.67A

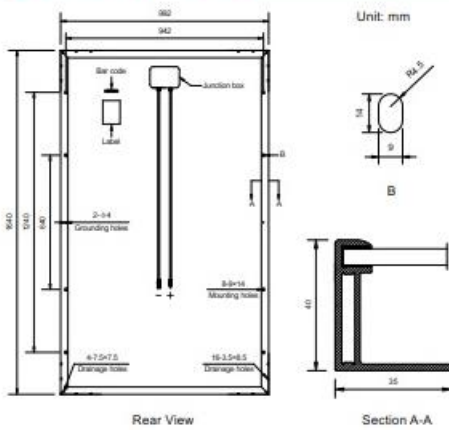
NOCT: Irradiance 800W/m², Ambient temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s

MECHANICAL CHARACTERISTICS	
Cell type	Monocrystalline PERC 156.75x156.75mm (6x6inches)
Number of cells	60 (6x10)
Module dimensions	1640x992x40mm (64.57x39.06x1.57inches)
Weight	18.5kg (40.8lbs)
Front cover	3.2mm (0.13inches) tempered glass with AR coating
Frame	Anodized aluminum alloy
Junction box	IP67, 3 diodes
Cable	4mm ² (0.006inches ²), 1000mm (39.37inches)
Connector	MC4 or MC4 compatible

TEMPERATURE CHARACTERISTICS	
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45°C±2°C
Temperature Coefficients of P_{max}	-0.39%/°C
Temperature Coefficients of V_{oc}	-0.29%/°C
Temperature Coefficients of I_{sc}	0.052%/°C

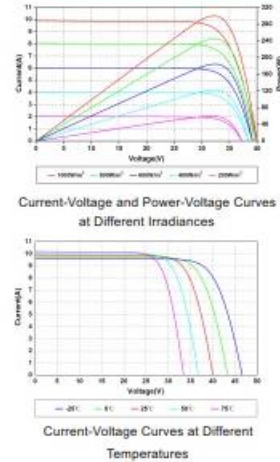
PACKAGING	
Standard packaging	26pcs/pallet
Module quantity per 20' container	312pcs
Module quantity per 40' container	728pcs(GP)/784pcs(HQ)

ENGINEERING DRAWINGS



Specifications in this datasheet are subject to change without prior notice.

IV CURVES



Amerisolar and Amerisolar logo denoted with ® are registered trademarks of Worldwide Energy and Manufacturing USA Co., Ltd.

Liite 3 2(5), Aurinkosähkö käyttöönottopöytäkirja

5.11.2019

Sähköinfo Severi

1 AISTINVARAINEN TARKASTUS (KATSO OHJE)

Sähköjärjestelmän turvallisuusvaatimukset toteutuvat SFS 6000 mukaisesti ja muiden sähköasennusten käyttöönottotarkastus (pöytäkirjamalli ST 51.21.05) on suoritettu

 Kunnossa Ei sisälly

Huom!

Tasasähköjärjestelmän asennukset

a) SFS 6000-7-712 vaatimusten mukaiset

 Kunnossa Ei sisälly

Huom!

b) Komponenttien mitoitus on riittävä (jännite, virta, ylijännite...)

 Kunnossa Ei sisälly

Huom!

c) Toteutuksessa on käytetty kaksoiseristystä tai pienisjännitettä (SELV, PELV)

 Kunnossa Ei sisälly

Huom!

d) Kaapellen vahingoittumisriski on minimoitu

 Kunnossa Ei sisälly

Huom!

e) Johtojärjestelmä on ympäristöolosuhteiden mukainen

 Kunnossa Ei sisälly

Huom!

f) Paneelissa ei ole ylivirtasuojia: kaapellen virtamitoitukset ovat riittävät

 Kunnossa Ei sisälly

Huom!

g) Paneelissa on ylivirtasuojat: suojien mitoitus on tarkistettu

 Kunnossa Ei sisälly

Huom!

h) Erotus- ja kytkentälaitteet on asennettu ja ne ovat mitoitettu invertterin huippuarvoilla

 Kunnossa Ei sisälly

Huom!

i) Mahdollisten estodiodien estojännite ja virtakestoisuus ovat riittävät

 Kunnossa Ei sisälly

Huom!

j) Toiminnallisen maadoituksen kanssa on invertterissä oltava sähköinen erotus

 Kunnossa Ei sisälly

Huom!

Suojaus ylijännitteeltä ja sähköiskulta

a) B-tyyppin vikavirtasuojaa on käytettävä tarvittaessa

 Kunnossa Ei sisälly

Huom!

b) Johtimien pituudet ovat mahdollisimman lyhyitä ja ne kulkevat lähekkäin

 Kunnossa Ei sisälly

Huom!

c) Paneeliston ja/tai telneiden suojamaadoitus ja potentiaalitasaus

 Kunnossa Ei sisälly

Huom!

d) Järjestelmän ylijännitesuojaus on toteutettu

 Kunnossa Ei sisälly

Huom!

e) Salamasuojusjärjestelmä on huomioitu järjestelmän toteutuksessa

 Kunnossa Ei sisälly

Huom!

Vaihtosähköjärjestelmä (liityntä yleiseen jakeluun)

a) Invertterin erotuskytkin on asennettu

 Kunnossa Ei sisälly

Huom!

b) Järjestelmän laitteet on asennettu oikein kuorman ja syötön suhteen

 Kunnossa Ei sisälly

Huom!

c) Invertterin asetukset on tehty paikallisten vaatimusten mukaisesti

 Kunnossa Ei sisälly

Huom!

Merkinnät ja tunnistaminen<https://severi.sahkoinfo.fi/item/6024?search=aurinkosahko>

2/5

Liite 3 3(5), Aurinkosähkö käyttöönottopöytäkirja

5.11.2019

Sähköinfo Severi

a) Kaikki virtapiirit, suojalaitteet, kytkimet ja liittimet on merkitty Huom!	<input checked="" type="checkbox"/> Kunnossa	<input type="checkbox"/> Ei sisälly
b) Tasasähkökytkentärasioissa on varoitusmerkinnät Huom!	<input checked="" type="checkbox"/> Kunnossa	<input type="checkbox"/> Ei sisälly
c) Vaihtosähköpuolen erotuskytkimien merkinnät Huom!	<input checked="" type="checkbox"/> Kunnossa	<input type="checkbox"/> Ei sisälly
d) Jakelun liitännäisteissä on kaksos-/takasyötön varoituskilvet Huom!	<input checked="" type="checkbox"/> Kunnossa	<input type="checkbox"/> Ei sisälly
e) Kaapelointi- ja johdotuskaavio on saatavilla kohteessa Huom!	<input type="checkbox"/> Kunnossa	<input checked="" type="checkbox"/> Ei sisälly
f) Häätäpysäytyksen ohjeet on esitetty kohteessa Huom!	<input type="checkbox"/> Kunnossa	<input checked="" type="checkbox"/> Ei sisälly
g) Kaikki tunnuukset ja kilvet on kiinnitetty käyttöä kestäväällä tavalla Huom!	<input checked="" type="checkbox"/> Kunnossa	<input type="checkbox"/> Ei sisälly

Liite 3 4(5), Aurinkosähkö käyttöönottopöytäkirja

5.11.2019

Sähköinfo Severi

2 TESTAUKSET (KS. TESTAUSOHJE)

Paneeliketju		1	2	3	4
Paneelien ominaisuudet	Paneelien valmistaja	Amerisol			
	Paneelien tyyppi	AS-6M30			
	Paneelien määrä	20			
	Uoc (STC, V) / Paneeli	32.2			
	Isc (STC, A) / Paneeli	9.17			
	Paneeliketjun ylivirtasuojaus	Suojan tyyppi			
	Nimellisvirta (A)				
	DC-nimellisjännite (V)				
	Katkaisukyky (kA)				
Paneeliketjun kaapelointi	Kaapelityyppi	Solarfle			
	+/- johtimien poikkipinta, mm ²	6			
	Suojamaadoitus- ja/tai potentiaalintasausjohtimien poikkipinta, mm ²	16			
Paneeliketjun testaukset ja mittaukset	Napaisuuden tarkistus (+/-)	ok			
	Uoc (V)	50			
	Isc (A)	1			
	Auringon säteilivoimakkuus	50			
Paneeliketjun eristysresistanssi	Testijännite (V)	500			
	Pos - Maa (MΩ)	199.9			
	Neg - Maa (MΩ)	199.9			
Invertterin ominaisuudet	Valmistaja	Fronius			
	Malli	Symo Hyb			
	Teho	5			
	1- tai 3-vaihe	3			
	Sarjanumero				
	Syötetyt vaiheet	L1,L2,L3			
	Invertterin verkkoonliityntästandardi	SFS-EN 50438 Suomi, tai			
	VDE-AR-N 4105 2011-8, tai	x			

<https://severi.sahkoinfo.fi/item/6024?search=aurinkosahko>

4/5

Liite 3 5(5), Aurinkosähkö käyttöönottopöytäkirja

5.11.2019 Sähköinfo Severi

joku muu (lisäselvitys)

Inverterin toiminta

Toimii oikein, ei häiriötä

Sähköverkon katkotesti

Erotuskytkimen sijainti

Inverterin yläpuolella

Verkkoon liitetyt järjestelmät: 1 2 3 4

Inverterin ja paneeliston ominaisuudet ovat verkkoyhtiölle toimitetun mikrotuotannon yleistietolomakkeen mukaiset

3 LISÄTIETOJA

Lisätietoja:

4 TARKASTUKSEN TEKIJÄ(T)

Aika ja paikka Allekirjoitus ja nimen selvennys

26.10.2019 Rovaniemi

Aika ja paikka Allekirjoitus ja nimen selvennys

26.10.2019 Rovaniemi

5 TILAAJAN TAI HÄNEN EDUSTAJANSA KUITTAUS

Aika ja paikka Allekirjoitus ja nimen selvennys

Liite 2 2(5), Vaihtosähkö käyttöönottopöytäkirja

4.11.2019

Sähköinfo Severi

1. AISTINVARAINEN TARKASTUS	
a)	Sähköiskulta suojaus <input checked="" type="checkbox"/> Kunnossa <input type="checkbox"/> Ei sisälly
Huom!	
b)	Palosuojaus <input checked="" type="checkbox"/> Kunnossa <input type="checkbox"/> Ei sisälly
Huom!	
c)	Johtimet ja johtojärjestelmät <input checked="" type="checkbox"/> Kunnossa <input type="checkbox"/> Ei sisälly
Huom!	
d)	Suoja- ja valvontalaitteet <input checked="" type="checkbox"/> Kunnossa <input type="checkbox"/> Ei sisälly
Huom!	
e)	Ylijännitesuojat <input type="checkbox"/> Kunnossa <input checked="" type="checkbox"/> Ei sisälly
Huom!	
f)	Erotus- ja kytkentälaitteet <input checked="" type="checkbox"/> Kunnossa <input type="checkbox"/> Ei sisälly
Huom!	
g)	Sähkölaitteiden suojausmenetelmät <input checked="" type="checkbox"/> Kunnossa <input type="checkbox"/> Ei sisälly
Huom!	
h)	Nolla- ja suojajohtimien tunnukset <input checked="" type="checkbox"/> Kunnossa <input type="checkbox"/> Ei sisälly
Huom!	
i)	Piirustukset, varoituskilvet jne. <input checked="" type="checkbox"/> Kunnossa <input type="checkbox"/> Ei sisälly
Huom!	
j)	Tunnistettavuus <input checked="" type="checkbox"/> Kunnossa <input type="checkbox"/> Ei sisälly
Huom!	
k)	Päätteet ja liitokset <input checked="" type="checkbox"/> Kunnossa <input type="checkbox"/> Ei sisälly
Huom!	
l)	Suoja- ja potentiaalintasausjohtimet <input checked="" type="checkbox"/> Kunnossa <input type="checkbox"/> Ei sisälly
Maadoituselektrodin rakenne: <input checked="" type="checkbox"/> Perustusmaadoitus	
Muu, mikä? _____	
Perustelut _____	
m)	Sähkölaitteiston vaatima tila <input checked="" type="checkbox"/> Kunnossa <input type="checkbox"/> Ei sisälly
Huom!	
n)	Yksivalheiset kytkinlaitteet <input type="checkbox"/> Kunnossa <input checked="" type="checkbox"/> Ei sisälly
Huom!	
o)	Erikoistilat <input type="checkbox"/> Kunnossa <input checked="" type="checkbox"/> Ei sisälly
Kohdetta koskevat erikoistilat:	
Lääkintätila	Liite _____
Räjähdyksivaarallinen tila	Liite _____
	Liite _____
Lisätietoja: _____	

Liite 4 3(5), Vaihtosähkö käyttöönottopöytäkirja

4.11.2019

Sähköinfo Severi

2. SUOJAJOHTIMIEN JATKUVUUS (PE-, PEN-, MAADOITUS-, PÄÄ- JA LISÄPOTENTIALINTASAJOHTIMET) Todettu kaikista laitteista ja pistorasioista Suurin resistanssi 0,2 Ω, ryhmässä _____ Jatkuvuus todettu vaatimusten mukaiseksi

Liitteet: _____

3. ERISTYSRESISTANSSIKohde Ryhmä nro R_e/MΩ Huom

Invertteri _____ 199.9 _____

 Eristysresistanssit todettu vaatimusten mukaisiksi PE- ja N-johtimien yhdistys on palautettu mitausten jälkeen entiselleen
Erikoistoimenpiteet mitausten suorittamisessa: _____

Liitteet: _____

4. SYÖTÖN AUTOMAATTINEN POISKYTKENTÄ

	I _k /A	Z _k /Ω	Suojalaite	In/A (suojalaitteet)
Keskus	1100	0,22	Gg 25A	25
Epäedullisin piste (0,4 s)	750	0,53	C 20A	20
Epäedullisin piste (5,0 s)				

 Oikosulkuvirta- ja silmukkaimpedanssiarvot saatu mittaamalla Vikasuojaus on toteutettu vikavirtasuojalla Oikosulkuvirta- ja silmukkaimpedanssiarvot saatu laskemalla Saadut arvot ovat standardin vaatimusten mukaiset

Liitteet: _____

Vikavirtasuojat

Tyyppi ja käyttötarkoitus	Ryhmä nro	Nimellisarvo/mitattu arvo t/ms	IΔn/mA	Painike- testaus
_____	_____	_____	_____	<input type="checkbox"/>

 Toiminnot todettu standardien vaatimusten mukaisiksi

Liitteet: _____

Käyttötarkoitus: VS = vikasuojaus, LS = lisäsuojaus, PS = palosuojaus

5. KIERTOSUUNNAN TARKASTUS Keskus 3-vaihepistorasiat Ei sisälly asennukseen**6. TOIMINTA- JA KÄYTTÖTESTIT** Koneet ja laitteet Toiminnalliset kokonaisuudet Ei sisälly asennukseen**7. JÄNNITTEENALENEMA**

Suurin jännitteenalennema 3 %

 Saatu mittaamalla Saatu laskemalla

Liite 4 4(5), Vaihtosähkö käyttöönottopöytäkirja

4.11.2019

Sähköinfo Severi

8. EMC-SUOJAUS

- Kohteessa on käytetty TN-S -järjestelmää
- Maadoitukset ja potentiaalitasaukset on toteutettu EMC-vaatimusten mukaisesti
- Asennuksissa on noudatettu laitevalmistajien ohjeita
- Laitevalinnoissa on huomioitu asennusympäristön vaatimukset
- Kaapeleiden valinta, sijoittelu ja asentaminen on toteutettu EMC-vaatimusten mukaisesti

Muuta, mitä?

Liitteet:

- Sähkölaitteisto täyttää sähköturvallisuuslain 1135/2016 ja valtioneuvoston asetuksen (1436/2016) sähkömagneettista yhteensopivuutta koskevat vaatimukset

9. HUOLTO- JA KUNNOSSAPITO-OHJELMAN TARVE

- Kohteen kunnossapito-ohjelma Kohteessa on huolto- ja kunnossapito-ohjelma
- vaaditaan Kohteessa on käyttö-, huolto- ja kunnossapito-ohjeet
- ei vaadita Kohteessa on poistumisreititvalaistus
- Kohteessa on poistumisreititvalaistusta koskeva kunnossapito-ohjelma

10. SEURAAVA MÄÄRÄAIKASTARKASTUS

- Tarkastus: määräaikaistarkastuksen ajankohta _____
- vaaditaan
- ei vaadita

Huom!

11. KOHTEEN TOTEUTUKSESSA NOUDATETUT STANDARDIT

Toteutuksessa on noudatettu standardikäsikirjoja SFS 600-1-1 ja SFS 600-1-2 ja

muuta, mitä? VDE-AR-N 4105 2011-8

- Kohde on todettu edellä mainittujen standardien vaatimusten mukaisesti toteutetuksi

12. PALOVAROITTIMET

- Käyttöönottotarkastettaviin asennuksiin ei sisälly palovaroittimia.
- Vakuutamme, että asennetut palovaroittimet täyttävät niille säädöksissä ja määräyksissä asetetut vaatimukset (pelastustoimen laitelaki, asetus palovaroittimien teknisistä ominaisuuksista, sähköturvallisuussäädökset jne.) ja että ne on asennettu ao. suunnitelman mukaisesti.
- Palovaroittimen käyttö- ja huolto-ohjeet on luovutettu.

Selvitys kuinka palovaroittimien virran ja varavirran syöttö on toteutettu:

Lisätietoja:

- Palovaroittimien osalta on laadittu erillinen asennustodistus, jossa on mainittu edellä esitetyt asiat ja joka on tämän pöytäkirjan liitteenä.

13. ECODESIGN ASETUKSEN 2015/1188 VAATIMUSTEN TÄYTTÄMINEN SÄHKÖLLÄ TOIMIVIEN TILALÄMMITTIMIEN OSALTA

Mikäli käyttöönotettavaan uudisrakentamis-, korjausrakentamis- tai huoltokohteeseen on asennettu ihmisten käyttöön/lämpövihtyvyyteen tarkoitettuja sähköllä toimivia tilalämmittimiä kuten, vastuskaapeleilla toteutettuja lattialämmityksiä, kattolämmityksiä tai vastaavia rakenteeseen integroitua lämmittimiä, sähköpattereita, säteilylämmittimiä tai massavaraajia asetuksen 2015/1188 vaatimusten täyttämisen on osoitettava erillisellä pöytäkirjalla (ST 55.05.01).

- Käyttöönottotarkastettaviin asennuksiin ei sisälly asetuksen 2015/1188 piiriin kuuluvia sähkölämmittimiä
- Käyttöönottotarkastettaviin asennuksiin sisälly asetuksen 2015/1188 piiriin kuuluvia sähkölämmittimiä, joiden vaatimustenmukaisuuden osoittamiseksi on laadittu erillinen pöytäkirja (ST 55.05.01), joka on tämän pöytäkirjan liitteenä.

Liite 4 5(5), Vaihtosähkö käyttöönottopöytäkirja

4.11.2019

Sähköinfo Severi

14. TARKASTUKSEN TEKIJÄ(T)

Päiväys

26.10.2019

Allekirjoitus ja nimen selvennys

Päiväys

26.10.2019

Allekirjoitus ja nimen selvennys

Mittauksissa käytetyt mittalaitteet:

Fluke 1663

15. LUOVUTUSMERKINTÄ

a) Ilmoitus kohteen valmistumisesta tehty:



Verkkoyhtiö

Verkkoyhtiön nimi Rovakaira Oy

 b) Käytön opastus

Sovittu pidettäväksi pvm 26.10.2019

 c) Käyttöönottotarkastuspöytäkirja luovutettu liitteineen

Liitteet:

 d) Piirustukset ja muut dokumentit luovutettu

Luettelo piirustuksista ja dokumenteista:

Lisätietoja:

Päiväys

Allekirjoitus ja nimen selvennys

16. TILAAJAN TAI HÄNEN EDUSTAJANSA KUITTAUS

Olen vastaanottanut kohdassa 15, Luovutusmerkintä, ilmoitetut suoritukset.

Pöytäkirja säilytettävä ja tarvittaessa esitettävä koko sähkölaitteiston käyttöajan ajan.

Päiväys

Allekirjoitus ja nimen selvennys

Käyttöönottotarkastuspöytäkirjan täyttöohje, ks. liite 1.
Mittauksissa tarvittavaa perustietoa, ks. liite 2.