



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Harri Helenius

Aggregaatilla varustetun aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu ja toteutus kesämökille

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkövoimatekniikka

Insinöörityö

13.11.2020

Tekijä(t) Otsikko	Harri Helenius Aggregaatilla varustetun aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu ja toteutus kesämökille
Sivumäärä Aika	51 sivua + 21 liitettä 13.11.2020
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Sähkötekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja(t)	Lehtori Osmo Massinen
<p>Insinööriyö tehtiin omalle kesämökille. Työn tehtävänä oli suunnitella ja toteuttaa kesämökille aurinkosähköjärjestelmä, joka on riittävä kesäisin käytettävään vapaa-ajan asuntoon. Järjestelmässä on kytkettynä myös aggregaatti, jota voidaan tarvittaessa käyttää.</p> <p>Mökkiä ei ole kytketty valtakunnan sähköverkkoon. Järjestelmä on ns. off grid -malli, eikä sitä ole tarkoitus kytkeä valtakunnan verkkoon.</p> <p>Mökillä oleskellaan pääasiassa kevään ja syksyn välisenä aikana, eli pääasiassa silloin, kun auringonvaloa on saavilla. Syksyllä käyttö rajoittuu pääasiassa viikonloppuihin. Aurinkopaneelien tulee pystyä lataamaan siihen kytketty akusto viikolla täyteen viikonloppukäyttöä ajatellen kesäajan lisäksi myös keväällä ja syksyllä. Akusto tulee mitoittaa siten että se kattaa pilvisenäkin viikonloppuna ns. normaalikäytön.</p> <p>Kesämökistä ei ollut aikaisempia pohjapiirustuksia tai sähkösuunnitelmia olemassa, vaan ne tehtiin osana tätä insinööriyötä. Suunnitelmat tehtiin CADS Electric -ohjelmistolla.</p> <p>Järjestelmän suunnittelua ja asennusta varten tutustuttiin markkinoilla oleviin vaihtoehtoihin. Aurinkopaneeliratkaisujen tarjoajia on nykyään markkinoilla yhä enemmän. Tarjonta ja laitteiden yleistymisen laskee järjestelmien hintoja. Kasvavan kysynnän ja tarjonnan vuoksi myös teknistä kehitystä laitteistoissa tapahtuu jatkuvasti. Kuluttajien asenne aurinkopaneelien hankintaan on myös koko ajan muuttumassa alkuaikojen epäilystä positiivisempaan suuntaan.</p> <p>Suunnitelmien jälkeen järjestelmä asennettiin kesämökille. Eri asennusvaiheet kuvataan opinnäytetyössä. Asennusvaiheen jälkeen voitiin monitoroinnin ja käyttökokemusten jälkeen todeta, että järjestelmä toimii niin kuin suunniteltiin. Pilviselläkin viikolla aurinkopaneelit lataavat akuston täyteen viikonloppukäyttöä varten. Auringon paistaessa paneeliston, akuista saatavaa energiaa ei juurikaan tarvita, vaan suoraan paneeleista tuleva energia riittää hyvin. Kesäaikana aggregaatin käyttötarve on vähäinen.</p>	
Avainsanat	aurinkoenergia, aurinkosähkö, aggregaatti, lataussäädin

Author(s) Title	Harri Helenius Solar Energy System Design and Installation to a Summerhouse
Number of Pages Date	51 pages + 21 appendices 13 November 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and Automation Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructor(s)	Osmo Massinen, Senior Lecturer
<p>The purpose of this thesis work was to plan and install a photovoltaic system to a private summerhouse. The summerhouse is mainly used from spring to autumn: typically, between March and November. The aim of this bachelor's thesis was to select most suitable solution for the purpose, meaning that it should be expanded in the future for potentially demanding power consumption needs. There will also be a power generator installed in the system to give electricity to a water pump, in order to pump water from the lake nearby. Whenever the generator is turned on, it also charges the batteries via battery charger integrated in the system. There were not any previous layout pictures, schematic diagrams, or electrical designs regarding the summerhouse. All of them had to be designed and made for the assembly purposes. The design was made by using CADS Electric program.</p> <p>The system to be designed is so called off-grid installation which is not connected to the local electrical network. Off-grid solar systems are independent and used locally. Because of their structure and nature, any shutdowns of the grid do not affect them. The power delivered from the solar panels can load the batteries connected and can be used later, or immediately if needed. The battery had to be designed so that the capacity should be enough for the cloudy weekend as well.</p> <p>In order to find applicable photovoltaic components for the system, the study of the market was carried out. Regarding various solar systems, nowadays lots of information can be found on the internet. In addition to studying from the internet, there were also interviews with importers to get information for selecting the suitable components to the installation.</p> <p>After designing, the installation was made. Different stages of installation are presented in this thesis. As a result, it was monitored that the installed system can produce power as much as it was designed to do. Monitoring shows that even on cloudy days during a week, the panels can load the batteries for the weekend use easily. When present and panels generating their peak power, no electricity from the batteries needs to be taken. The need to use the generator during summer is minimal.</p>	
Keywords	off-grid, on-grid, solar energy, generator,cads

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Auringonsäteilyn määrä sekä tuotantokapasiteetti Suomessa	2
3	Suunniteltava asennuskohde	4
4	Aurinkosähköjärjestelmän laitteet	5
4.1	Akusto	7
4.2	Lataussäätimet	10
4.3	Johdot	12
4.4	Muut tarvittavat osat ja komponentit	13
5	Mökin aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu	14
6	Vertailua sähköliittymän ja Off-Grid järjestelmän suhteen	36
7	Aurinkosähköjärjestelmän asennus	36
7.1	Aurinkopaneelien asennus ja sarjaan kytkentä	36
7.2	Aurinkopaneelin ja MPPT-säätimen johdotuksen asennus ja kytkentä	42
7.3	Kaapelin mittaustarkistus	43
7.4	Akuston, säätimen, invertterin ja RK 12VDC:n asennus ja kytkentä	45
8	Aurinkopaneeliston alkuvaiheen käyttöönottokokemuksia	47
9	Yhteenveto	48
	Lähteet	49

Liitteet

- Liite 1. Invertterin ja MPPT-säätimen asennusohje, kaapelien kokotaulukko
- Liite 2. Johtojen kuormitettavuudet, D1-2017
- Liite 3. Erotuskytkimet
- Liite 4. Aggregaatin teho- ja virta-arvot
- Liite 5. Johdonsuojakatkaisijan toimintarajat
- Liite 6. Kaapeleiden likimääräiset impedanssit, D1-2017
- Liite 7. SFS 6000-5-52:2017, liite 52G, jännitteenalenema sähkökäyttäjän asennuksessa
- Liite 8. SFS 6000-7-712:2017, 712 Aurinkosähköjärjestelmät, 712.1 Soveltamisala
- Liite 9. Hanover Solar GmbH aurinkopaneeliesite
- Liite 10. Sähkökeskuksen kytkentäohje, RK12VDC
- Liite 11. Alijännitesuoja kytkentäohje
- Liite 12. Asennusvalmis ryhmäkeskus, HARJU
- Liite 13. Tasopiirros, alakerran sähkösuunnitelma, 12VDC
- Liite 14. Tasopiirros, yläkerran sähkösuunnitelma, 12VDC
- Liite 15. Tasopiirros, alakerran sähkösuunnitelma, 230VAC invertteri
- Liite 16. Tasopiirros, yläkerran sähkösuunnitelma, 230VAC invertteri
- Liite 17. Tasopiirros, alakerran sähkösuunnitelma, 230 VAC aggregaatti
- Liite 18. Tasopiirros, yläkerran sähkösuunnitelma, 230 VAC aggregaatti
- Liite 19. Ryhmäkeskus 230VAC aggregaatti
- Liite 20. Ryhmäkeskus 12VDC
- Liite 21. Järjestelmäkaavio

Lyhenteet

AC	Alternating Current. Vaihtovirta.
AUTO CAD	Computer-aided Design. Tietokoneavusteinen suunnittelu.
BMS	Battery Management System. Lithium-säädin joka säättää akun optimaalista latausta.
DC	Direct Current. Tasavirta.
LED	Light-Emitting Diode. Puolijohdekomponentti, joka säteilee valoa kun siihen johdetaan sähkövirta.
MMJ	Muovi-Muovi-Johto rakenteinen sähkökaapeli.
MPPT	Maximum Power Point Tracking. Säädintekniikka, jossa latausvirta ja jännite pidetään optimaalisena.
Off-Grid	Valtakunnan sähköverkosta irti oleva sähkönsyöttöjärjestelmä.
On-Grid	Valtakunnan sähköverkkoon kytketty sähkönsyöttöjärjestelmä.
PWM	Pulse Width Modulation. Säädintekniikka, jossa jännitettä tai virtaa pilkotaan.

1 Johdanto

Aurinkoenergian hyödyntäminen erilaisissa sähkövoimaa tarvitsevilla laitteistoilla ja kiinteistöissä on yleinen suuntaus. Motivan mukaan aurinkosähkön hinta on halventunut jo pidemmän aikaa. Tällä hetkellä käynnissä olevassa Aurinkosähköä kotiin -kampanjassa avaimet käteen -toimitusten keskihinta on alle 1900 €/kW. Omakotitaloon ja lomiasuntoon riittää keskimäärin noin muutaman kilowatin laitteisto. [1.]

Yritykset ovat tähän myös heränneet, ja aurinkovoimaratkaisuja on tällä hetkellä paljon tarjolla. Internetissä on eri yritysten tekemiä laskureita, joihin kuluttaja voi määrittellä kulutustarvettaan, ja laskurit laskevat annettujen tietojen perusteella arvion, minkä tyyppisen ja hintaisen laitteiston he voivat kuluttajalle tarjota.

Savon Aurinkoenergian mukaan tyypillisimmällään verkkoon kytketty aurinkopaneelijärjestelmä sisältää noin 12 kpl 300 W:n paneelia ja säätimen sähköverkkoon kytkemiseksi. Hintaa tällaisen noin 4 kW:n järjestelmän asennukselle laitteineen tulee noin 8000–10000 euroa. [2.]

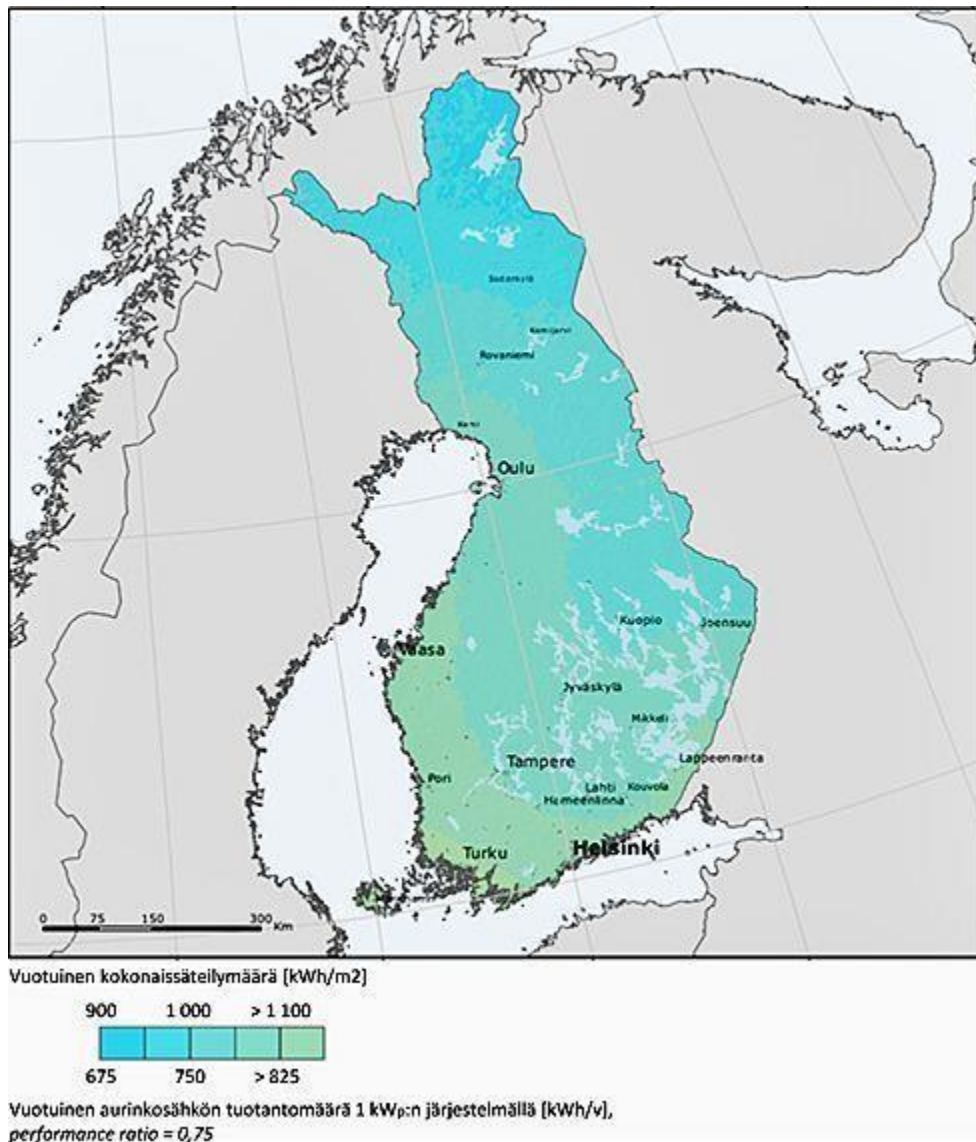
Ylen tuoreen selvityksen mukaan 2021 vuoden alussa taloyhtiöiden on mahdollista käyttää asentamiensa aurinkopaneelien tuotto myös asukkaiden tarpeeseen. Tähän saakka mahdollisuutta ei ole ollut, vaan energian tuotto on pitänyt ohjata kiinteistön yleisten alueiden sähkötarpeen käyttöön. Mahdollisesti ylijääneen energiakapasiteetin myyminen energiayhtiölle ei ole yleensä ollut kannattavaa maksettavan arvonnalisäveron vuoksi. Uuden lakimuutoksen ansiosta kerrostalokiinteistöissä aurinkosähköjärjestelmän takaisinmaksuaika lyhenee ja tekee järjestelmien asennuksen investointimielessä osakkaille houkuttelevammaksi. [3.]

Aurinkopaneelien hyödyntäminen asumisratkaisuissa on yleistynyt muun muassa siksi, että paneelien hinnat ovat halventuneet sekä aurinkoenergiatekniikkaa on kehitetty etenevässä määrin. Lisäksi fossiilisen energian käyttö ja sen aiheuttama ympäristökuormitus ohjaa ihmisten ostokäyttäytymistä enemmän vihreän energian suuntaan. Suomessa on alueita ja kyläyhteisöjä, jotka ovat alkaneet kantaverkosta riippumattomina itse tuottaa sähköä omiin tarpeisiinsa tuuli- ja aurinkovoimaa hyödyntäen. Energiayhtiöiden perimä sähkön siirtomaksu voi olla varsinkin kesälomamökkiläiselle tekijä, joka motivoi hankkimaan oman verkosta riippumattoman energialähteen aurinkoenergiaa hyödyn-

täen. Toisaalta kysynnän ja ostokäyttötymisen tuoma liikevaihdon kasvu aurinkoenergiaratkaisuja tarjoaville yrityksille on myös alentanut hintatasoa. Lisäksi yritysten lisääntymisen mukana kilpailu on vaikuttamassa hintatasoon. [4.]

2 Auringonsäteilyn määrä sekä tuotantokapasiteetti Suomessa

Auringosta maahan tulevassa säteily koostuu hajasäteilystä ja suoraan tulevasta säteilystä. Hajasäteily koostuu ilmakehän ja pilvien heijastamasta säteilystä ja maasta heijastuvasta säteilystä. Suomessa kokonaissäteilyn osalta hajasäteilyn osuus on merkittävän suuri. Aurinkopaneelinen hyödyntämisessä kääntyy puhe usein auringon suuntaa seuraaviin järjestelmiin. Tällaiset järjestelmät kuitenkin Suomessa eivät ole taloudellisesti kannattavia, koska ne perustuvat suoran säteilyn hyödyntämiseen. Tästä syystä yleensä aurinkopaneeli(t) asennetaan kiinteään kallistuskulmaan. Aurinkopaneelin asennuksessa kallistuskulman lisäksi on tärkeää huomioida hajasäteilyn määrä, koska esimerkiksi kiiltävistä kattopinnoista ja vedestä mahdollisesti saatava hajasäteily voi hetkellisesti lisätä kokonaissäteilyä jopa yli 20 %. Etelä-Suomessa auringonvalon vuotuinen vaakasuoralle pinnalle kohdistuva säteily määrä on Ilmatieteen laitoksen mukaan noin 980 kWh/m². Sodankylässä vastaava lukema on 790 kWh/m². Aurinkopaneelit kannattaa suunnata 45 asteen kulmassa kohti etelää, koska silloin hyödynnettävän säteilyn määrää voidaan lisätä vuositasona noin 20–30 prosenttia verrattuna vaakasuoraan asennustapaan. Kuvassa 1 näkyvät säteilymäärät optimaalisesti kallistetuille pinnoille Suomessa eri vyöhykkeillä. [5.]



Kuva 1. Suomessa auringon säteilyn määrä optimaalisesti kalistetulle ja suunnatulle pinnalle [5].

Energiaviraston ja Sähköalan asiantuntijoiden SIL ry:n tekemän selvityksen mukaan vuonna 2019 aurinkosähkön tuotantokapasiteetin kasvu oli 64 % verrattuna edellisvuoteen. Tarkastelujaksolla verkkoon kytkemätöntä aurinkokapasiteettia oli noin 20 MW asennettuna noin 50 000 pientaloon tai vapaa-ajan asuntoon. [6; 7.]

Tässä työssä ei ole tarkoitus tarkastella auringon rakennetta tarkemmin. Siitä löytyy internetistä ja kirjallisuudesta tietoa paljonkin. Lisäksi aurinkoenergialaitteistojen teknisten yksityiskohtien tarkasteluun on teknistä tietoa saatavilla paljon kyseisten laitteiden valmistajien ja jälleenmyyjien kotisivuilta.

3 Suunniteltava asennuskohde

Tässä opinnäytetyössä suunnitellaan ja toteutetaan Varsinais-Suomessa sijaitsevaan kesämökkiin aurinkovoimaa hyödyntävä sähköjärjestelmä. Työssä kartoitetaan kesämökillä tarvittava sähkömäärä ja sen tarpeen täyttämiseen tarvittava aurinkosähköjärjestelmä. Työssä on myös vertailtu aurinkosähköjärjestelmän asennuskuluja ja käyttökuluja sekä takaisinmaksuaikaa verrattuna siihen, jos kesämökki kytketään valtakunnan verkkoon.

Auringonvalon hyödyntämiseksi paneelit tulee asentaa siten, että valolla on niihin mahdollisimman esteetön kulku. Kätevintä on asentaa paneelit tontilla olevan vajan katolle, koska katto on 45 asteen kulmassa pystyakseliin nähden ja osoittaa suoraan etelään. Kuvasta 2 näkyy aurinkopaneelien asennuskohdaksi suunniteltu vaja sekä kesämökki.

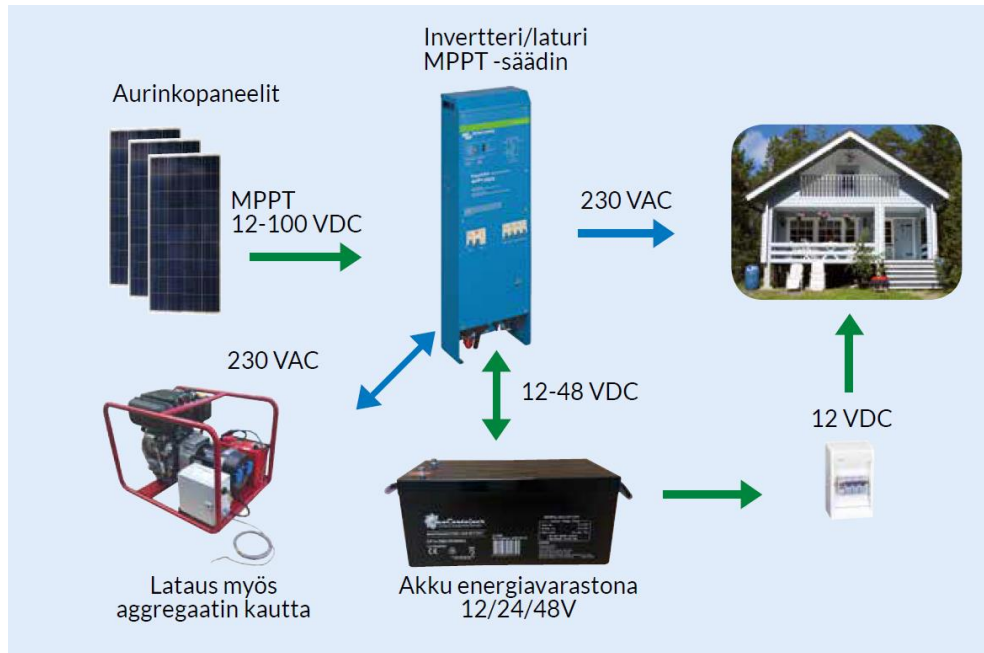


Kuva 2. Kesämökki ilmakuva.

Aurinkopaneelien tuottamaa energiaa käytetään pääasiassa kahdella tavalla: On-grid- tai off-grid-järjestelmissä. On-grid-järjestelmässä käyttäjä on kytkeytynyt valtakunnan sähköverkkoon ja aurinkoenergiaa käytetään sähköverkon rinnalla ja ylimääräinen sähkö voidaan syöttää verkkoon. Off-grid-järjestelmässä käyttäjä ei ole kytkeytynyt valtakunnan sähköverkkoon, vaan aurinkoenergia käytetään heti auringon säteiden osuessa aurinkopaneeliston tai energia varastoidaan akustoon, josta se voidaan käyttää tarvittaessa myöhemmin.

Kesämökki on suunniteltu käytettäväksi vapaa-ajalla ja sitä käytetään pääsääntöisesti kevään ja loppusyksyn välisenä aikana. Kesämökki on varustettu varaavalla takalla:

ruoka valmistetaan kaasulla tai grillillä. Jääkaappi on kaasukäyttöinen. Järjestelmään myös kytketään jo olemassa oleva aggregaatti tarpeenmukaista käyttöä varten. Aggregaattia voidaan tarpeen mukaan käyttää mm. veden järvestä pumppaamiseen sekä erilaisten työkonien käyttöön. Aggregaattia käytettäessä siihen kytketty automaattilaturi aina varaa aurinkojärjestelmän akkuja samanaikaisesti. Kuvassa 3 on esitetty periaate. [8.]



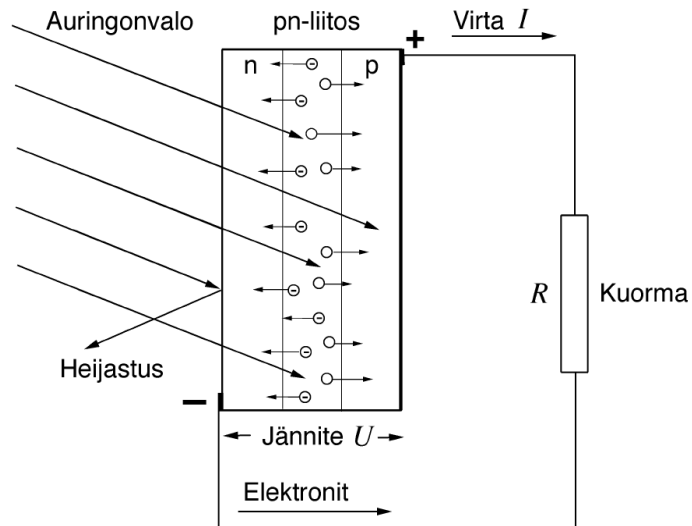
Kuva 3. Aurinkosähköjärjestelmän periaatekuva [8].

4 Aurinkosähköjärjestelmän laitteet

Aurinkosähkö tuotetaan aurinkopaneeleilla ja siihen kytketyllä säädinyksiköllä. Säädinyksikkö muuntaa aurinkopaneeleilta saatavan jännitteen ja virran käyttäjän tarpeisiin sopivaksi. Aurinkopaneeli tuottaa virtaa ja jännitettä ainoastaan auringon säteilyn vaikutuksesta. Pimeässä pitääkin käyttää tarvittaessa muita sähkölähteitä, esimerkiksi aggregaattia.

Aurinkopaneelin toiminta perustuu puolijohdetekniikkaan. Valohiukkasten eli fotonien päästessä aurinkopaneelin ohuen pintakerroksen läpi pn-liitokseen ne muodostavat elektroniaukkopareja. Positiivisesti varautuneet aukot kulkeutuvat p-puolelle ja negatiivisesti varautuneet elektronit n-puolelle. Kun nämä puolet yhdistetään ulkoisen johtimen

kautta, niin elektronit pyrkivät kulkemaan tätä johdinta pitkin p-puolelle muodostaen sähkövirran. Sähkövirta katkeaa, kun valo ei enää osu aurinkopaneeliin. Kuvassa 4 on kuvaus aurinkopaneelin toimintaperiaatteesta. [9.]



Kuva 4. Aurinkopaneelin toimintaperiaate [9].

Fyysiseltä ominaisuudeltaan aurinkopaneelit pääasiassa jaotellaan moni- ja yksikiteisiksi paneeleiksi (kuva 5).



Kuva 5. Vasemmalla monikidepaneeli. Oikealla yksikidepaneeli.

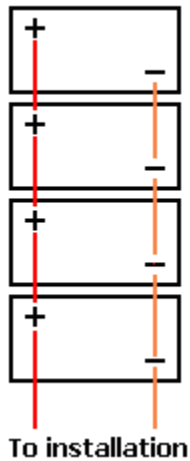
4.1 Akusto

Tarkoituksensa soveltuvan oikeanlaisen akuston valinta on toiminnan kannalta oleellinen asia. Akusto varastoi tarvittavan virran. Akuston tarkoituksenmukaisuus määrittelee koko off-grid-järjestelmän toimivuuden. Akkutyyppejä on monenlaisia. Oikean akkutyypin valintaan on hyvä kiinnittää huomiota suunnittelu- ja valintavaiheessa. Akun pitää kestää käytössä pitkään, jopa kymmenen vuotta. Akusto on järjestelmän taloudellisen järkevyyden kannalta mietittävä huolella. Akustoa suunniteltaessa on mietittävä, mikä on akkujen käyttötarkoitus, sijoituspaikka, tyypillinen mökin käyttötapa/-aste sekä tulevaisuuden suunnitelmat aurinkosähköjärjestelmän osalta. Akusto on pitkäikäinen hankinta, joka tulisi jo alkuvaiheessa miettiä siten, että sen koko riittää myös muutaman vuoden päähän. Jos akusto osoittautuu liian pieneksi, niin sitä ei voi lisätä esimerkiksi vuoden käytön jälkeen, vaan se täytyy siinä tapauksessa vaihtaa isompaan. Tämän takia alkuvaiheessa ennen hankintaa tulee tarkkaan miettiä tuleva virrankulutustarve, kuinka monta ampeerituntia tarvitaan. Tärkeää on myös varmistua, että akusto täyttyy säännöllisesti täyteen. Akusto tulisi miettiä siten, että normaalin mökkikäynnin aikana sen nimelliskapasiteetista käytetään maksimissaan noin 40 %. Akun elinikään vaikuttaa moni muukin tekijä, kuten ympäröivä lämpötila, huoltotoimet sekä ajan mukana tapahtuva sulfatoituminen. Akkuja ei saa säilyttää pitkiä aikoja kuormitettuna ilman latausta, eivätkä ne saa olla kovassa kylmyydessä vajaatäyttöisinä. On huolehdittava, että kuormituksen jälkeen akut saavat aina riittävän latauksen. Akusto on monesti off-grid-järjestelmässä kallein investointi. [10.]

Koko aurinkosähköjärjestelmää suunniteltaessa alkuvaiheessa on päätettävä, minkälaisia akkujännitettä tullaan käyttämään valaistuksessa ja kulutuslaitteissa. Tyypillisimmillään vaihtoehtoina ovat 12 VDC:n, 24 VDC:n ja 48 VDC:n järjestelmät. Akkujen kytkentätapa määrittyy valinnan mukaan. Valittu akkujännite määrittelee myös invertterin valinnan. Invertterit ovat yleisesti kytkettävissä 12 VDC:n tai 24 VDC:n käyttöjännitteeseen. Akkujännitettä on mahdollista muuntaa tarvittaessa alaspäin 12 volttiin erillisellä konvertterilla. Kokonaiskulutuksen kannalta kuitenkin erilaiset muuntimet lisäävät järjestelmässä jännitehävikkiä sekä sähkökytkentöjen määrää.

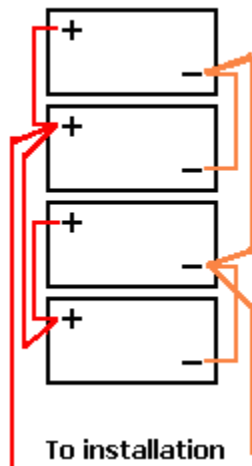
Akkujännitteen valinnan jälkeen on akkuja kytkettäessä huomioitava oikea kytkentätapa. Jos akkuja tarvitaan useita, enemmän kuin kaksi kappaletta, kytkentätapaan pitää kiin-

nittää huomiota. Kuvassa 6 akkunavat on kytketty rinnankytkentään. Akustoa purettaessa tai ladattaessa ensimmäinen, alin akku purkautuu ja latautuu eniten. Vastaavasti ylin akku purkautuu ja latautuu vähiten. Englantilainen SmartGauge Electronics tutki akkujen kytkentätapoja ja sai alla olevia mittaustuloksia liittyen kytkentätapoihin.



Kuva 6. Akkujen rinnankytkentä [11].

Kuvan 6 mukaisessa kytkennässä akkujen sisäinen resistanssi on 0,02 ohmia, kaapelien resistanssi 0,0015 ohmia ja kokonaiskuorma akustolla 100 ampeeria. Mittatulosten mukaan alimmainen akku tuottaa 35,9 ampeeria, toiseksi alimmainen 26,2 ampeeria, toiseksi ylimmäinen 20,4 ampeeria ja ylimmäinen 17,8 ampeeria. Jotta akuston kaikki akut kuormittuisivat ja latautuisivat optimaalisesti, niin tutkimuksen mukaan kannattaa käyttää kytkennässä kuvassa 7 olevaa kytkentätapaa. Lisäksi akkujen pitkäaikaisen kunnossa pysymisen varmistamiseksi riittävän paksujen ja lyhyiden kaapelien käyttö on suositeltavaa. [11.]



kuva 7. Akkujen suositeltava kytkentätapa [11].

Ei akkutyypit jakaantuvat tyypillisesti kahteen eri ryhmään: avoimiin ja suljettuihin akkuihin.

Avoimiin akkuihin pitää lisätä aika-ajoin elektrolyttinestettä, sekä latauskaasujen synty-
misen takia niiden sijoitteluun pitää kiinnittää enemmän huomiota kuin suljettuihin akkui-
hin. Avoimet akut kestävät yleensä hyvin syväpurkausta, ja ne ovat monesti edullisempi
vaihtoehto kuin muut akkutyypit. Avoimet akut eivät ole asentovapaita vaan ne pitää aina
asentaa oikein päin pystyasentoon. Niiden sijoittelussa tulee huomioida, että niihin pitää
pystyä lisäämään akkuvettä helposti sekä niiden tuuletus tulee varmistaa. Avoimiin ak-
kuihin kuuluvat myös putkilevyakut, jotka kestävät jopa 75 %:n syväpurkua.

Suljettuja akkutyyppejä ovat geeli-, AGM- ja lithiumakut.

AGM-akku on lyijyhappoakku, jossa elektrolyytti on imeytetty lasivillaerottimeen, eli happo ei
ole vapaassa nestemäisessä muodossa. Akku voidaan asentaa myös kyljelleen. Siisteys ja
huoltovapaus ovat AGM-akun kiistattomia etuja verrattuna perinteiseen lyijyhappoakkuun.

Geeliakut ovat muuten samanlaisia, mutta elektrolyytti on imeytettynä hyytelömäiseen
aineeseen.

Lithiumakut ovat paljon kevyempiä kuin avoimet akut. Lithiumakkuja voidaan syvä pur-
kaa useasti ilman että ne siitä kärsivät. Niiden kapasiteetti tuottaa virtaa on AGM- ja
geeliakkuja huomattavasti suurempi. Keveys, syväpurkausmahdollisuus ja se, että ne
ovat vielä aika uusia tuotteita markkinoilla tekevät lithiumakuista vielä noin kaksi kertaa

kalliimman hankinnan verrattuna ampeerituntiominaisuuksiltaan vastaaviin AGM- tai geeliakkuihin. Lithiumakku kestää hyvin pakkasta. Se ei kuitenkaan lataudu pakkasessa. Siksi sen valinta talvisin usein kylmillään olevaan kohteeseen on aina harkittava erikseen. Lithiumakussa pitää varaamista varten olla latausta säätävä BMS-järjestelmä. Järjestelmä suojaa akkua yllilatautumiselta, yllämmöltä ja liialliselta alijännitteeltä. [12; 13; 14; 15.]

4.2 Lataussäätimet

Lataussäätimen tehtävänä on muuntaa aurinkopaneeleilta tuleva jännite ja virta akustolle ja käyttöjännitteelle sopivaksi. Sen avulla akusto ladataan oikeaan käyttöjännitteeseen akustolle turvallisella tavalla. Lataussäätimen tehtävä on ladata ja ylläpitää akuston jännite mahdollisimman optimaalisena. Akuston käyttöä maksimoimiseksi oikeanlainen lataustapa on käyttäjälle taloudellisin vaihtoehto.

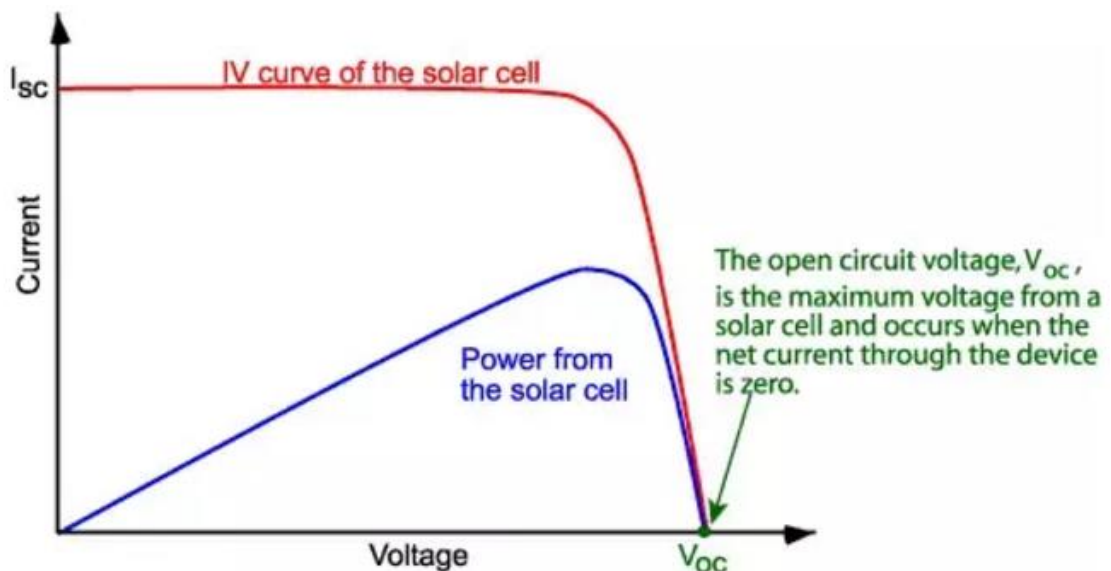
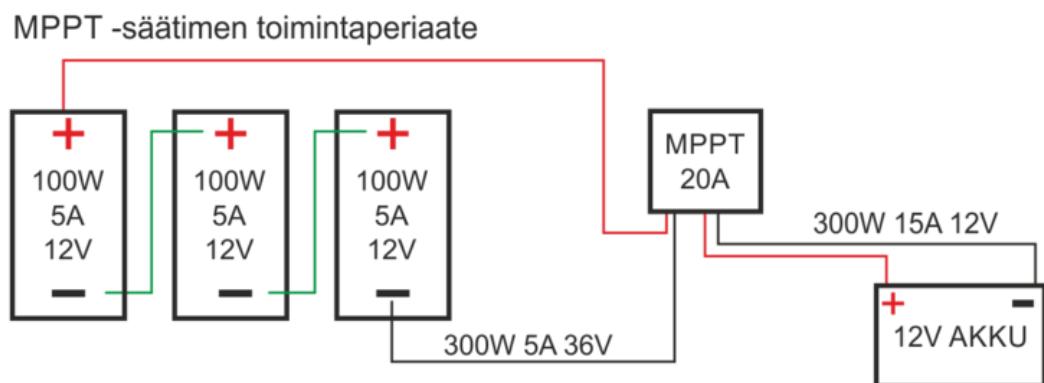
Tällä hetkellä tyypillisimpiä off-grid-järjestelmissä käytettäviä lataussäätimiä ovat PWM- ja MPPT-säätimet.

PWM-säädintekniikkaa (Pulse Width Modulation) käytetään vielä yleisesti aurinkopaneelijärjestelmissä. PWM-säädin on käytännössä jännitettä pilkkova hakkuri. PWM-säätimen avulla ei saavuteta samoja etuja kuin MPPT-säätimillä. Niihin syötetään 12 V:n jännitettä ja paneelien on oltava jännitteeltään 12 V, jolloin tehon lisäämiseksi paneeleita on kytkettävä rinnan. Tämä kasvattaa tehon siirrossa tarvittavan kaapelien osalta poikkipinta-alaa ja tulee kaapelien kustannusten osalta kalliimmiksi kuin MPPT-säädintyyppin käyttö.



Kuva 8. MPPT-säädin [14].

MPPT-säädintä (Maximum Power Point Tracking) käytettäessä aurinkopaneelit voidaan kytkeä sarjaan. Lisäksi paneelien ei tarvitse olla nimellisjännitteeltään 12 V vaan voidaan käyttää suuremmalla nimellisjännitteellä olevia paneeleita. Sarjaan kytkennän takia paneeliston jännite kasvaa paneelijännitteiden summana paneelivirran pysyessä samana. Tämä mahdollistaa ohuempien ja halvempien kaapelien käytön tehon siirtoon verrattuna siihen, jos paneelit kytkettäisiin rinnankytkentään, jolloin vastaavasti paneelisten tuottama virta kasvaisi. MPPT-säätimessä säädinyksikkö säätelee latausjännitettä ja latausvirtaa valo-olosuhteiden ja kuorman suhteen siten, että paneeliston jännite on koko ajan maksimitehopisteessä tarvittavan ulostulovirran suhteen. Alla olevassa kuvassa on toimintaperiaate kuvattuna. [10; 17.]



Kuva 9. MPPT -säätö [10; 17].

4.3 Johdot

Jotta tehosiirrosta jännitteen alenema olisi mahdollisimman pieni tulee aurinkopaneeliston ja lataussäätimen välisessä kytkennässä käyttää tarkoitukseen sopivaa kuparijohdotusta. Koska kuparijohdot ovat kalliita niin hintakin kasvaa vastaavasti suuremmaksi, mitä paksumpaa kuparijohdotusta käytetään. Aurinkopaneelit on yleensä varustettu 4 tai 6 mm²:n kytkentäkaapeloinnilla, joten on mielekästä käyttää poikkipinnaltaan vastaavaa johdotusta tehon siirtoon. Koska suunniteltavassa järjestelmässä tullaan käyttämään MPPT-säädintä, ja paneelisto on sarjaan kytkettävissä, voidaan teho siirtää jännitesirtona, jolloin kaapelien 6 mm² poikkipinta-ala jännitehäviön tai kuormitettavuuden suhteen ei ole ongelma.

Mökin sisäisessä DC-johdotuksessa on tarkoitus käyttää MMJ 3x2,5S -kaapelointia siltä varalta, jos jossain vaiheessa tuleekin tarve muuntaa käyttöjännite 230 AC:hen.

Akuston rinnankytkentä tehdään 25 mm² kuparikaapeleilla. Akuston ja lataussäätimen välisen kaapelointi tehdään lataussäätimen asennusohjeesta saatavilla kaapelointitiedoilla, joiden mukaan käytetään 35 mm² kuparikaapelia. Akustoon kytkettävän invertterin DC-syöttökaapeli valitaan invertterin asennusohjeen mukaisesti ja siinä käytetään 35 mm² kaapelia (liite 1).

Asennettavien johdotusten kuormitettavuuksien arviointiin käytetään käsikirjan D1-2017 taulukkoa (liite 2) eri kaapelien virtakestoisuuksista. Taulukossa 1 johdinpinta-alaltaan erilaisien kaapelityyppien virtakestoisuuksia.

Taulukko 1. Johtojen kuormitettavuudet

Johtojen kuormitettavuudet (A) eri asennustavoilla				
Pinta-ala (mm ²)	A	C	D	E
Kupari				
1,5	14	18,5	26	19
2,5	19	25	35	26
4	24	34	46	36
6	31	43	57	45
10	41	60	77	63
16	55	80	100	85
25	72	102	130	107
35	88	126	160	134
50	105	153	190	162

4.4 Muut tarvittavat osat ja komponentit

Jotta energian kulutus olisi mahdollisemman vähäistä, valaistuksessa tullaan käyttämään käyttöjännitteeltään 12 VDC:n LED-valaisimia. Osa valaisimista on valmiiksi LED-tyyppisiä, osa on E27- tai E14 kannalla varustettuja perusvalaisimia, jolloin on helppoa asentaa niihin sopivat LED-lamput (kuva 10).



Kuva 10. E27-kannalla varustettu LED-lamppu

Jakorasioina, kytkiminä, ja pistorasioina käytetään normaaleja 230 VAC:n järjestelmässä käytettäviä komponentteja.

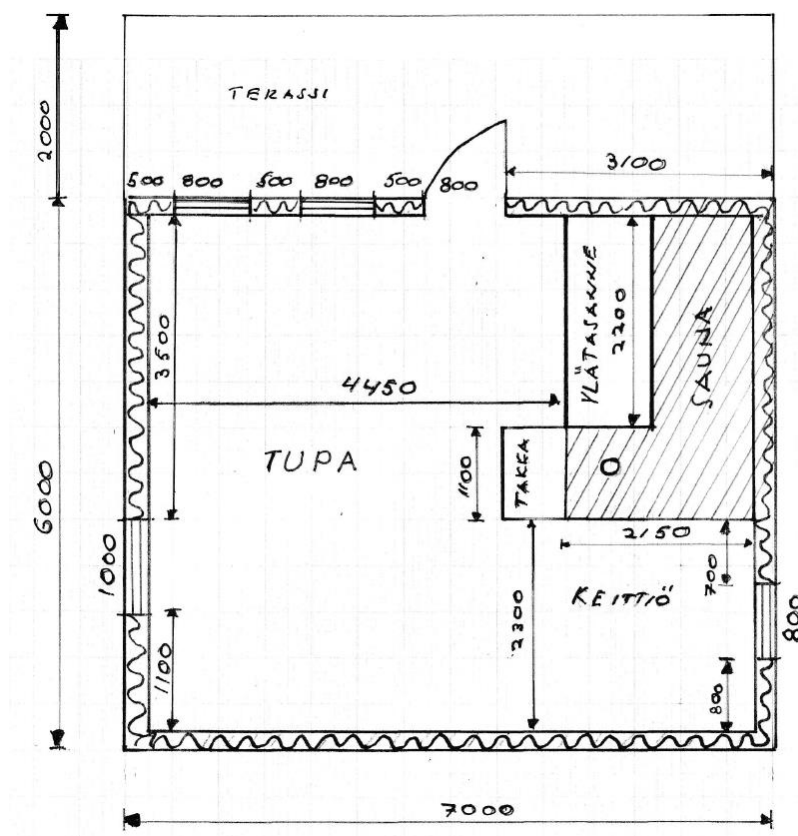
Akun, paneelin ja invertterin erotuskytkimenä käytetään venetekniikassa yleisiä kytkimiä. Venekäyttöön suunnitellut kytkimet ovat turvallinen varma valinta mökkikäytössä. Samalla tavalla paneelin, akuston ja invertterin oikosulkusuojauksessa käytetään autotekniikassa yleisesti käytössä olevia sulakekoteloita ja sulakkeita (kuva 11 ja liite 3).



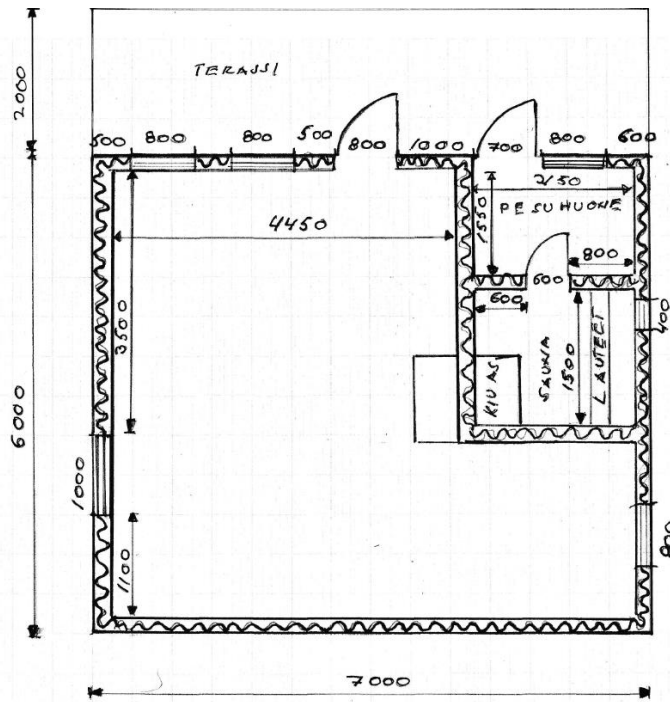
Kuva 11. Erotuskytkimet.

5 Mökin aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu

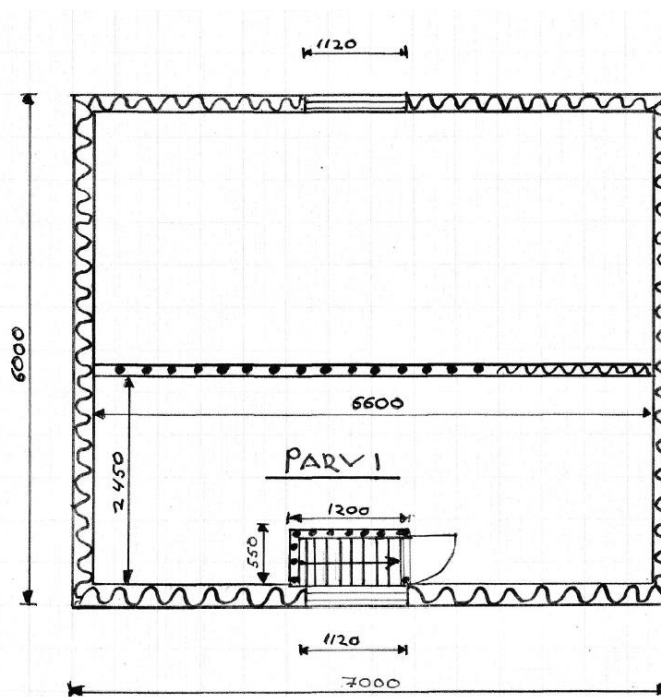
Suunnittelukohteesta ei ollut mitään pohjapiirustuksia, asemakuvia tai sähkösuunnitelmia olemassa. Jotta suunnitelmia sähkön kulutustarpeen, tarvittavien komponenttien ja sähköasennusten suhteen pystyttiin laatimaan tuli asennuskohteeseen ensin laatia pohjapiirustukset ja piirtää niihin sähkösuunnitelmat. Työ aloitettiin mittaamalla kesämökin mitat ja piirtämällä mittojen perusteella pohjapiirros mökistä. Ensimmäiset pohjapiirroksiset piirrettiin käsin mm-paperille. Mökin pohjapiirroksiset piirrettiin mittakaavassa 1:50. Alla ovat kuvat piirretyistä pohjapiirroksista.



Kuva 12. Mökin alakerran pohjapiirustus, 1:50.



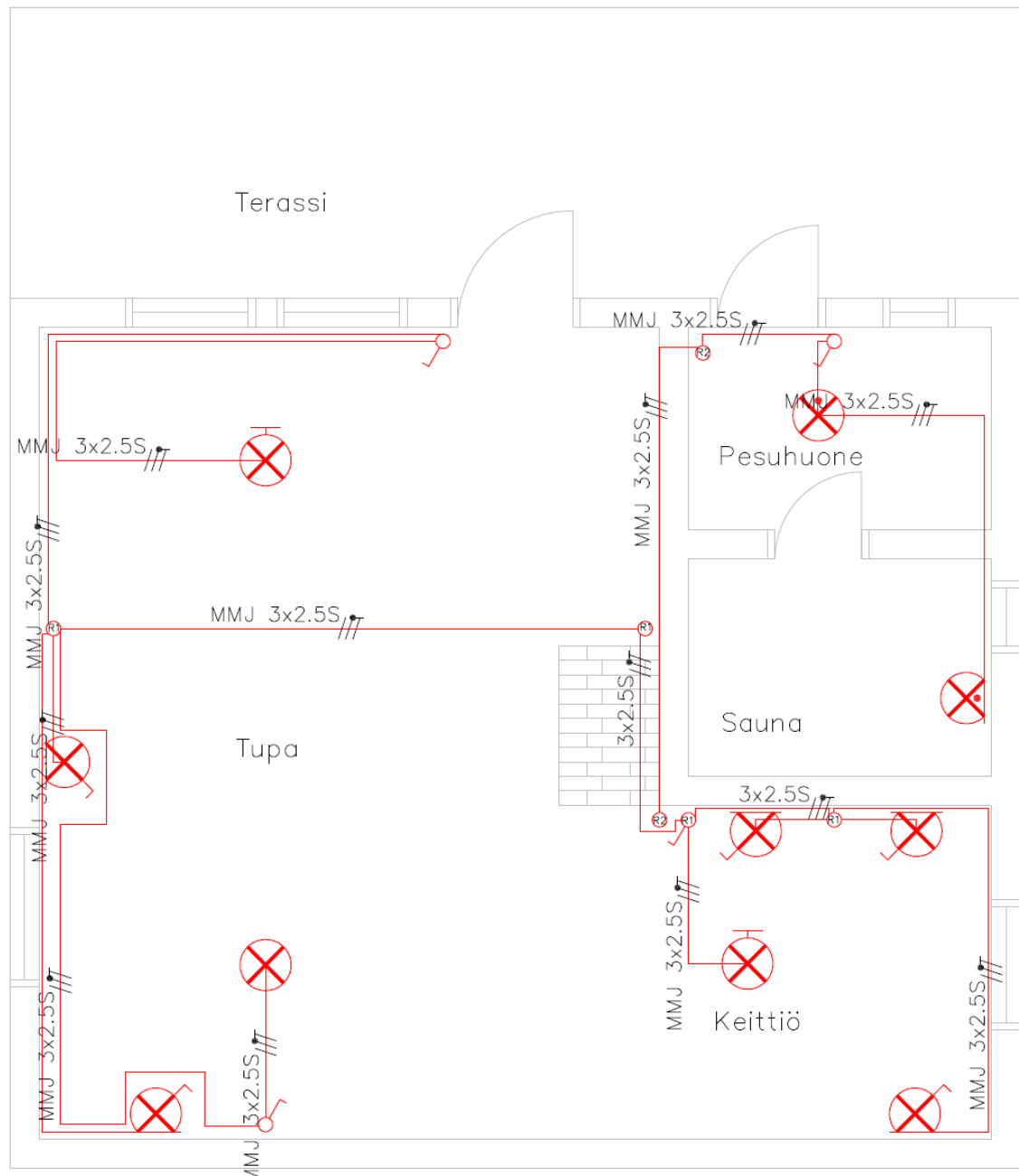
Kuva 13. Mökin alakerran saunan pohjapiirustus, 1:50.



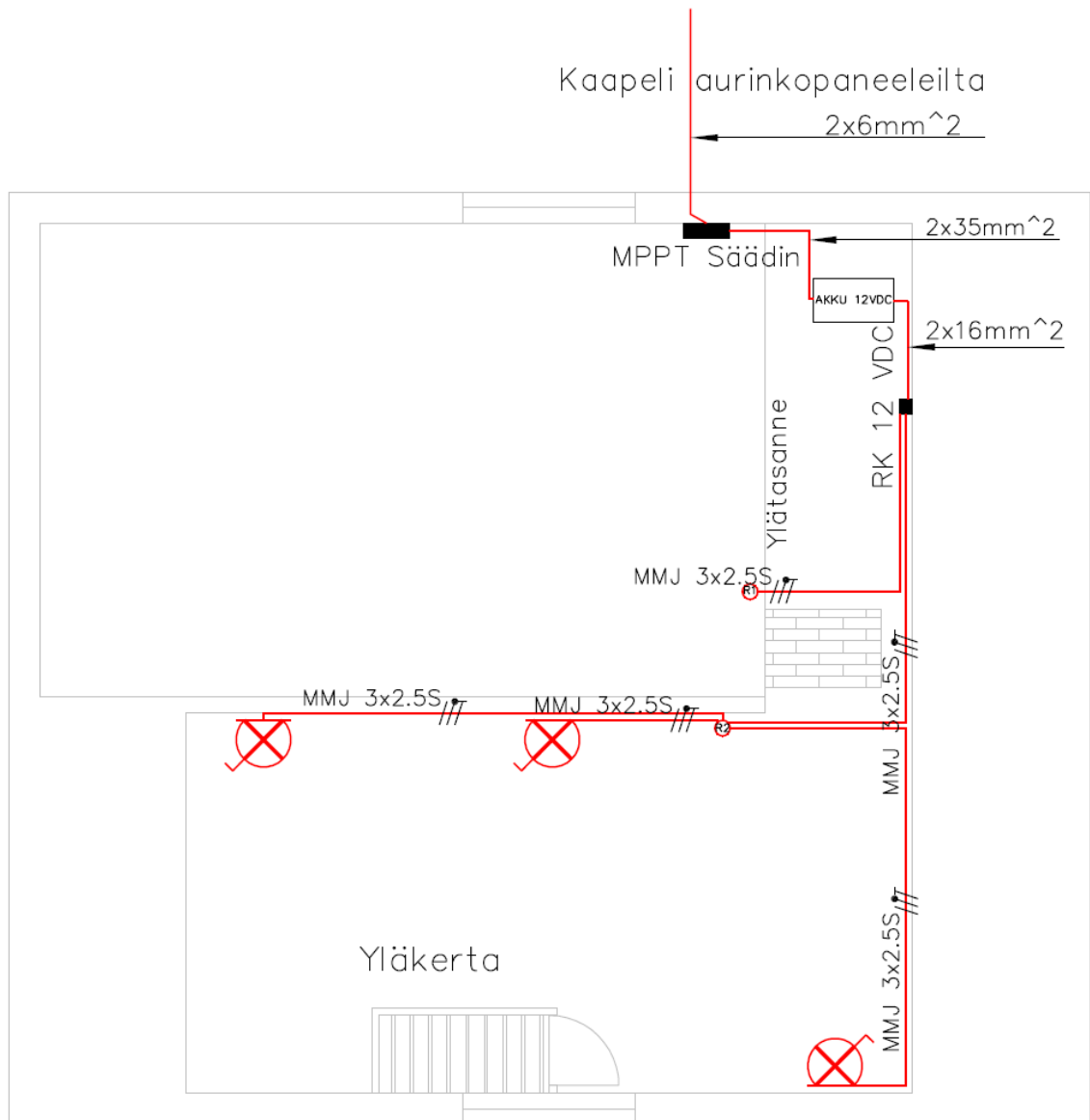
Kuva 14. Mökin parven pohjapiirustus, 1:50.

Pohjapiirustuksista suunniteltiin ja piirrettiin tasokuvat sähkösuunnitelmiksi. Pohjapiirroksat piirrettiin Autocad Draw -sovelluksella. Pohjakuviin piirrettiin sähkösuunnitelmat CADMATIC EAC18 Electrical Layout -sovelluksella kerroksittain ja sähköjärjestelmittäin

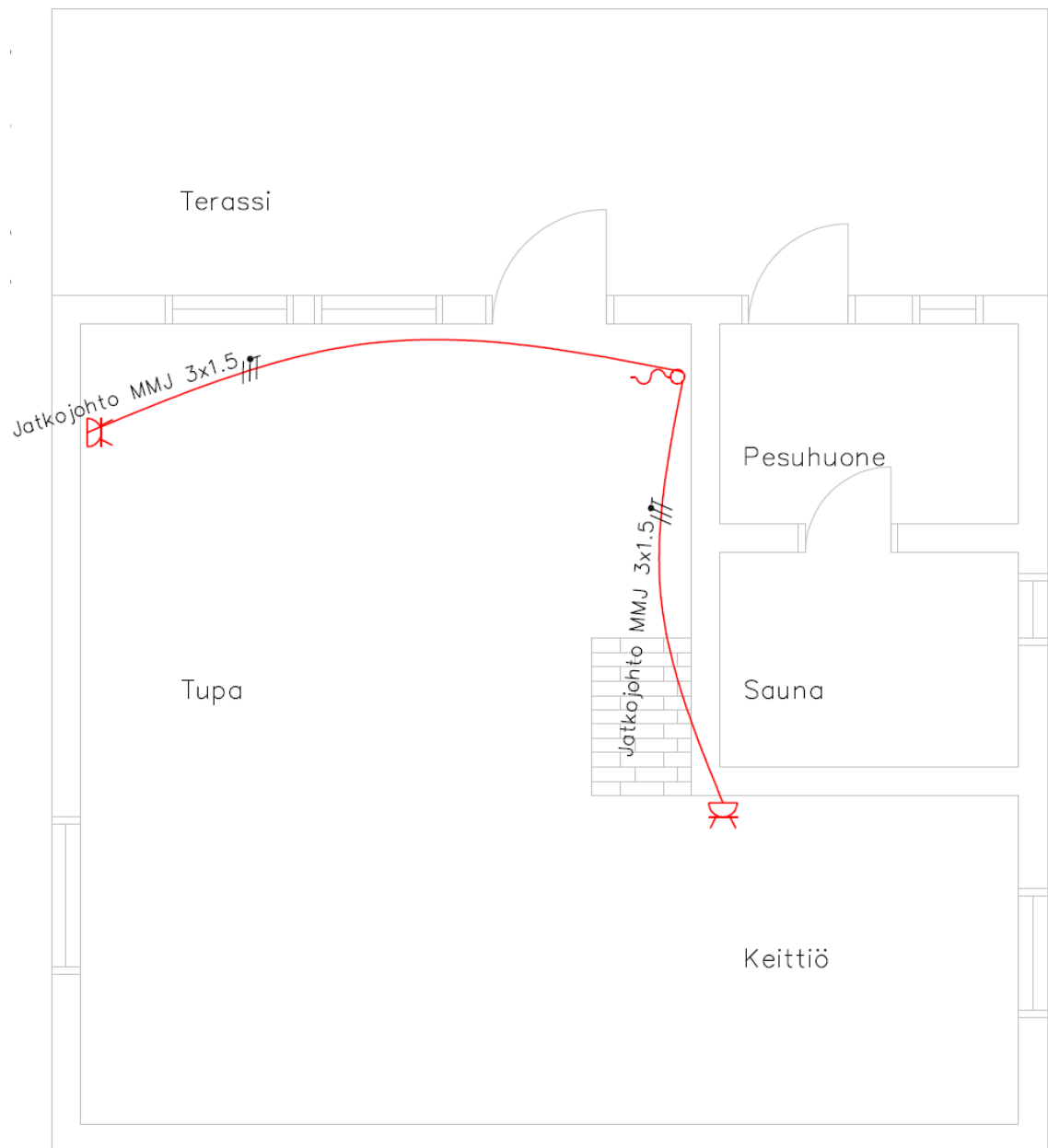
liittyen siihen, onko kyseessä aggregaatin, invertterin vai tasajännitekeskuksen syöttämä sähköverkko. Alla on piirrettynä sähkösuunnitelmien tasokuvat eri sähköjärjestelmille (kuvat 15–20).



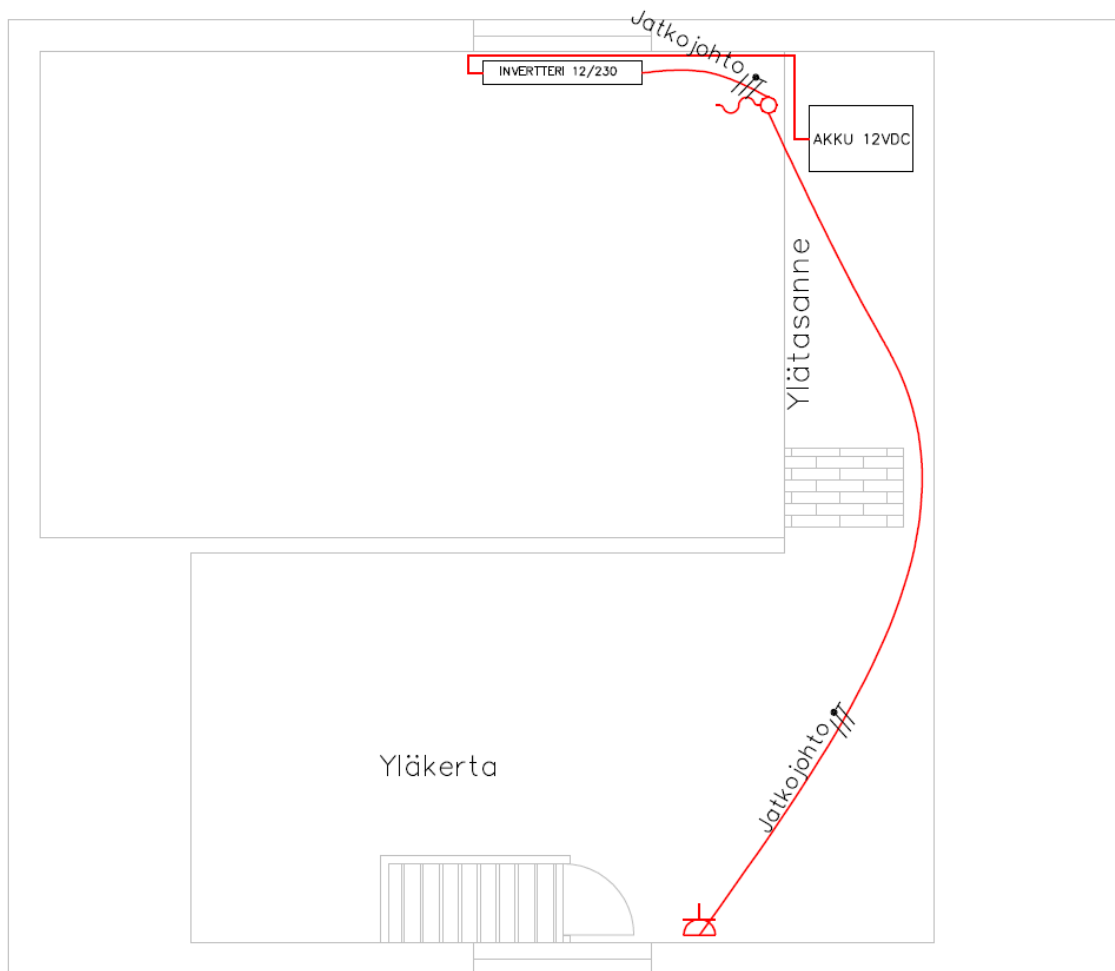
Kuva 15. Alakerran sähkösuunnitelman tasopiirustus 12VDC.



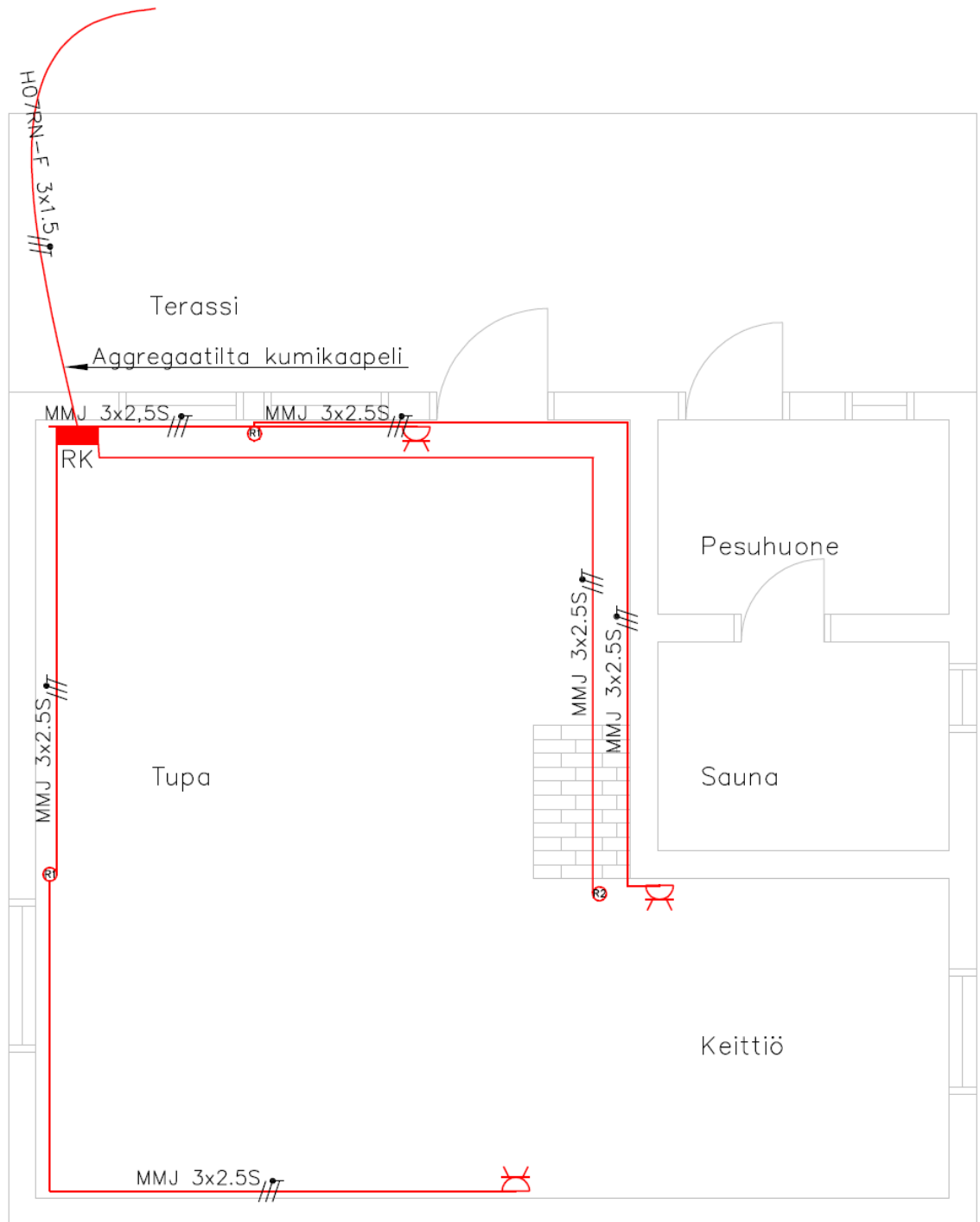
Kuva 16. Yläkerran sähkösuunnitelman tasopiirustus 12VDC.



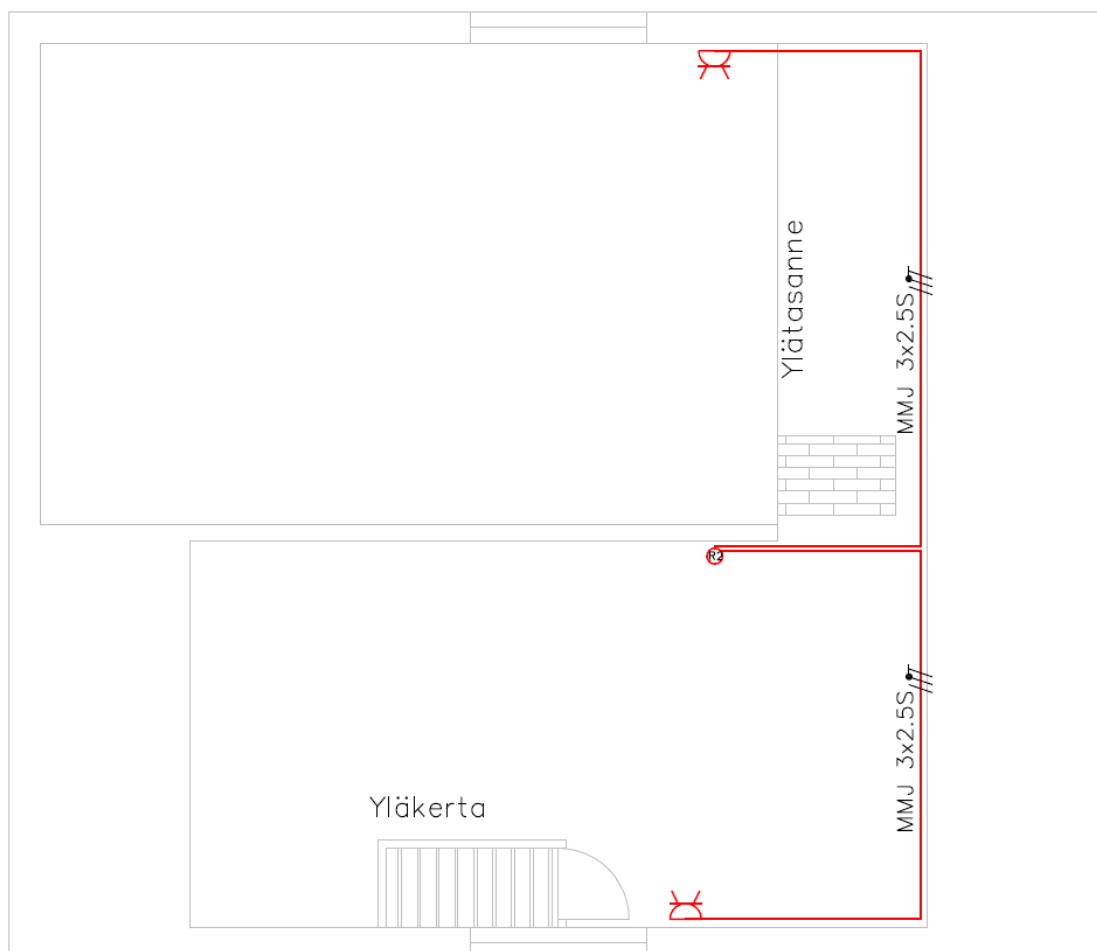
Kuva 17. Alakerran sähkösuunnitelman tasopiirustus 230VAC -invertteri.



Kuva 18. Yläkerran sähkösuunnitelman tasopiirustus 230VAC -invertteri.



Kuva 19. Alakerran sähkösuunnitelman tasopiirustus 230 VAC -aggregaatti.



Kuva 20. Yläkerran sähkösuunnitelman tasopiirustus 230 VAC -aggregaatti.

Kesämökkiä käytetään pääasiassa vapaa-ajan käytössä. Siellä pitää pystyä käyttämään normaalissa vapaa-ajankäytössä tarvittavia sähköisiä laitteita: puhelinta pitää pystyä lataamaan, siellä tulee olla riittävä valaistus, TV:tä pitää voida katsoa jne. Lisäksi siellä pitää pystyä käyttämään ja lataamaan tyypillisimpiä sähkötyökaluja. Jo olemassa olevaa aggregaattia halutaan käyttää mahdollisimman vähän, lähinnä saunavesien pumppaamiseen. Koska käyttötarve painottuu paljonkin ilta-aikaan tms. aikaan, jolloin ulkona on hämärää tai pimeää, niin energian varastointi tätä käyttöä varten on suunnittelun kannalta ehkä merkityksellisintä. Sähkön määrän kartoittamiseksi laskettiin yhteen tarvittavien laitteiden, kodinkoneiden ja valaistuksen käyttämä teho. Taulukossa 2 on listattuna tarvittavat laitteet ja niiden kuluttama teho (W). Jotta akusto ja paneelisto voidaan mitoittaa käyttötarkoitusta vastaavaksi, tulee arvioida eri laitteiden kulutus. Osaa laitteista ja valoista käytetään enemmän kuin toisia. Esimerkiksi kahvia keitetään tyypillisesti noin kaksi kertaa päivässä, johon kuluu aikaa yhteensä noin 20 minuuttia. Mikroaaltouunia ei välttämättä käytetä mökillä oloaikana ollenkaan, tai kerran päivässä noin viisi minuuttia.

TV:n katselu rajoittuu pääasiassa ilta-aikaan ja on noin kolme tuntia päivässä päällä. Edellä olevista tiedoista, kokemuksesta ja päättelystä koottiin taulukko 2, josta selviävät laitteiden määrät, niiden tarvitsema teho (W) sekä niiden aiheuttama kulutus (Wh) (taulukko 2).

Taulukko 2. Kulutuslaitteiden tehot (W).

Kulutuslaite	Määrä	Teho(W)/ kpl	Teho yhteensä(W)	Kulutus (h) arvio	Kulutus (Wh) arvio
Kattovalaisin 12VDC	4	5	20	3	60
Seinävalaisin 12VDC	9	5	45	4	180
TV	1	35	35	3	105
Invertteri	1	8	8	12	96
Puhelimen lataus	3	10	30	4	120
Akkulaturi	1	700	700	Ei lasketa akuille	
Kahvinkeitin	1	1000	1000	0,3	300
Mikroaaltouuni	1	1300	1300	0,1	130
Vesiautomaatti	1	1100	1100	Ei lasketa akuille	
Yhteensä			4238		991

Arvioitavan sähkönkulutuksen perusteella pystytään laskemaan tarvittavan akkukapasiteetin määrä (Ah/Wh). Koska suunnittelun alkuvaiheessa tiedetään, että on mahdollista saada edullisesti tarkoitukseen soveltuvia geeliakkuja, joiden vaihto tulevaisuudessa AGM-akuiksi ei tuota ongelmia, niin lasketaan tarvittava akkukapasiteetti viikonloppukäyttöä varten edellä mainituille geeliakuille. Kulutusten arvioinnista lisäksi nähdään, että osa yksittäistä laitteista kuluttaa huomattavasti enemmän tehoa kuin toiset. Lisäksi käyttöjännitteet vaihtelevat. Tehdään jako, mitkä laitteet kytketään 12 VDC:n järjestelmään, mitä laitteita käytetään invertterillä ja mitä laitteita jo olemassa olevalla aggregaatilla. Tuleva akkukapasiteetti pitää siis mitoittaa muiden kuin aggregaatilla käytettävien laitteiden kulutusta varten. Aggregaatti on 1-vaihemallinen ja sen jatkuva teho on 2,8 kVA. Vesiautomaatin voimanlähteeksi valitaan aggregaatti, joten sen vaatimaa tehoa ei tarvitse akkumitoituksessa huomioida. Lisäksi akkulaturi on kiinteästi kytkettynä järjestelmään siten, että aggregaattia käytettäessä se lataa akustoa, joten sitä ei tarvitse akkumitoituksessa huomioida. Koska osa laitteista - TV, kahvinkeitin, mikroaaltouuni - ovat käyttöjännitteeltään 230 AC:tä, niin niitä tullaan käyttämään joko invertterillä tai aggregaatin kautta tarvittaessa. TV:tä tullaan käyttämään kuitenkin ainoastaan invertterillä.

Akkumitoitukseen tulee siis laskea mukaan kaikki muut paitsi akkulaturin ja vesiautomaatin tarvitsema sähköenergia.

Kokonaiskulutustarpeeksi 991 Wh/vrk saadaan taulukosta 2. Pyöristetään arviota hieman ylöspäin ja käytetään akkukapasiteetin arviona 1000 Wh/vrk.

Wattitunnit (Wh) voidaan muuntaa ampeeritunneiksi (Ah) kaavalla

$$\frac{Wh}{U} = Ah \quad (1)$$

Sijoittamalla saadaan

$$\frac{1000Wh}{12V} = 83,3 Ah$$

Jos mökillä ollaan viikonloppu eli kaksi vuorokautta, niin kokonaisenergiatarpeeksi tulee

$$2 \times 83,3 Ah = 166,6 Ah$$

Jotta ilman latausta voitaisiin kulutuslaskelman mukaan olla mökillä koko viikonloppu, niin tarvitsee laskea tarvittava akkukapasiteetti sen mukaan, että käytetään ainoastaan 40 % akkukapasiteetista. Ohessa akkukapasiteetin tarve laskettuna:

$$\frac{166,6Ah}{0,4} = 416,5Ah$$

Koska akut latautuvat kuitenkin pilvisenäkin päivänä akkupaneelien avulla sekä aggregaattiakin käytetään jonkin verran vesien pumppaamiseen, ja se lataa käydessään akkuja, niin valitaan akkukapasiteetiksi 6 x 65 Ah akkuja yhteensä 390 Ah. Wattitunneiksi muutettuna saadaan:

$$390Ah \cdot 12V = 4680 Wh$$

Aggregaatin nimellisvirta on 12,2 A. Jos aggregaattia käytetään yli 3 kW:n kuormalla, aggregaatin ylikuormitussuoja laukeaa ja sähkötkatkeavat. Aggregaatin ylikuormitussuoja toimii myös oikosulkusuojana. Ylikuormitustilanteen takia joudutaan aggregaatti sammuttamaan ja käynnistämään uudelleen. Aggregaatin ylikuormittamisen estämiseksi aggregaattikäyttöä varten kesämökkiin suunniteltiin ryhmäkeskus aggregaatin pistora-siaryhmiä varten. On käyttäjäturvallisempää, että ylikuormitussuojana toimiva johdon-suojakytkin laukeaa ryhmäkeskuksesta kuin että ylikuormitustilanteessa aggregaatti sammuu ja joudutaan käynnistämään uudelleen. Ryhmäkeskus suunniteltiin 1-vaihe-käyttöä varten, siihen suunniteltiin ryhmille yhteinen pääkatkaisija ja vikavirtasuojaja (liite 19).

Keskuksen suunnittelemista varten piti mitoittaa siihen tulevat johdonsuojakytkimet automaattisen poiskytkennän varmistamiseksi. Koska sisäjohtoksessa on tarkoitus käyttää MMJ 3x2,5 -johtoja, niin taulukosta 1 selviää, että virtakestoisuus riittää. Johdonsuojakytkimet mitoitettiin siten, että ne toimivat tarvittaessa ylikuormitussuojina ja laukeavat termisen laukaisun raja-arvon täytyessä. Mitoituksessa tulee ottaa huomioon, että mahdollinen laukaisu tapahtuu tarvittaessa kuitenkin vasta noin yhden tunnin kuluttua siitä, kun aggregaatin syöttämää ryhmää kuormitetaan. Aggregaatin nimellisvirtaa 12,2 ampeeria pidetään suunnittelussa arvona, jonka yli keskusta ja siten aggregaattia ei kuormiteta. Johdonsuojakatkaisijoiksi valitaan C8-tyyppiä olevat johdinsuojat. Tällöin termisen laukaisun toimintaraja-arvoksi 1 tunnin käytön kohdalla saadaan:

$$8A \times 1,45 = 11,6A$$

Virta-arvo on alhaisempi kuin aggregaatin nimellisvirta. Seuraavaksi lasketaan, paljonko keskukselta otetaan virtaa pistorasiaryhmille. Alakerran pistorasiaryhmää R1 tullaan käyttämään mikroaaltouunia tai kahvinkeitintä varten. Tyypillisimmillään tehoa käytetään noin 1000–2000 wattia kerrallaan. Virraksi I saadaan 2000 W kulutuksella kaavan 2 mukaan.

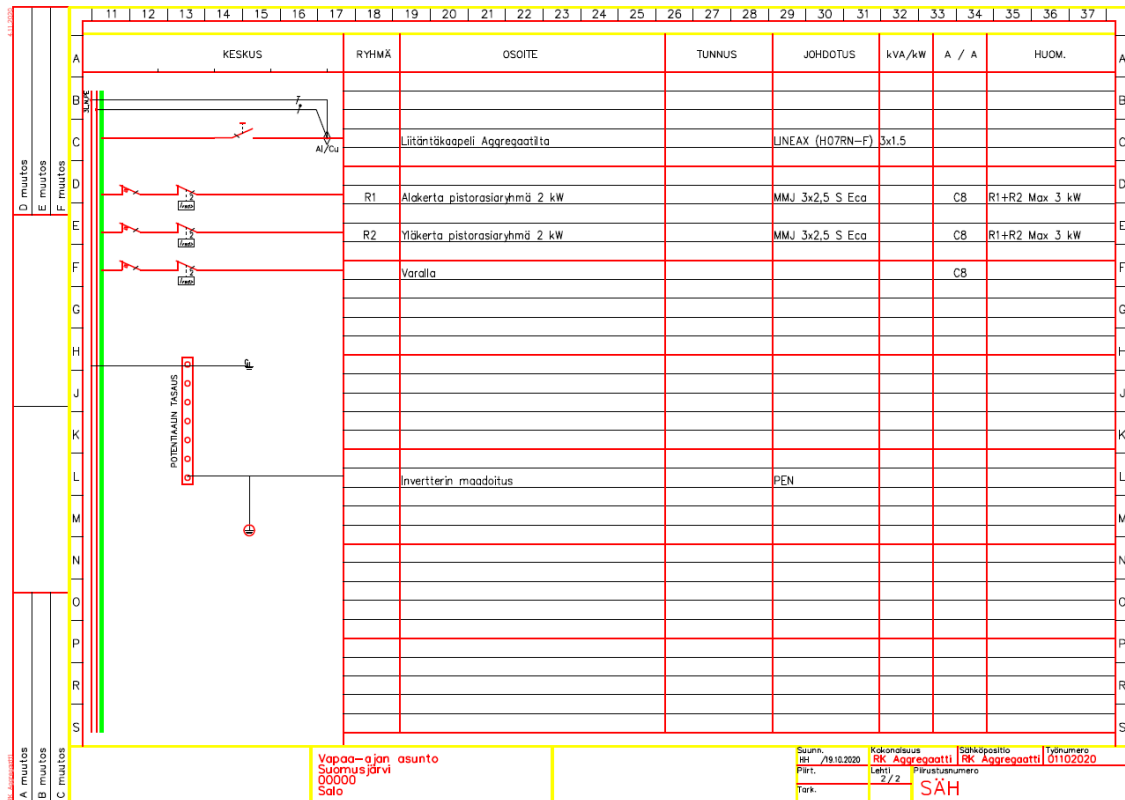
$$I = \frac{P}{U} \quad (2)$$

Sijoittamalla:

$$\frac{2000W}{230V} = 8,7A$$

Myös yläkerran pistorasiaryhmää R2 tullaan kuormittamaan maksimissaan 2000 W:n kuormalla. Laskelman perusteella voidaan todeta, että C8 -johdonsuojakatkaisijat soveltuvat käyttötarkoitukseen. Käytössä pitää huomioida se, että pistorasiaryhmiä samalla aikaa kuormitettaessa kuormavirtojen nousu aiheuttaa johdonsuojakatkaisijoiden toiminnan ja virran katkaisun (liite 5).

Aggregaatin syöttämää sähköä varten suunniteltiin ryhmäkeskus mökin pistorasioita varten. Kuvassa 21 ryhmäkeskuksen kytkentäkaavio.



Kuva 21. Ryhmäkeskus 230 VAC-aggregaatti.

12 voltin valaisimille tarkoitettussa sisäjohtotuksessa käytetään myös MMJ 3x2,5 -johtotusta. Mahdollisia oikosulkutilanteita varten syöttävän laitteiston ja kaapeloinnin suojaamiseksi suunniteltiin 12 VDC:n keskus sopivilla johdonsuojakatkaisijoilla. Koska 12 voltin keskus tulee syöttämään resistiivisiä kuormia, niin johdonsuojakatkaisijoina käytetään B-tyyppin katkaisijoita. Lisäksi 12 V:n tasopiirustuksista ja liitettävien laitteiden tehoarvoista voidaan nähdä, minkälaisia virtakuormia ryhmiin kohdistuu. Suunnitelmissa ryhmät on jaettu kahteen eri ryhmään: R1 ja R2. Ryhmiin on tarkoitus kytkeä suunnittelu-kohteen valaisimet. Kumpaankin eri ryhmään sijoitetaan keskenään noin yhtä suuret tehokuormat.

Alla on erotettu eri kuormat:

Ryhmä R1: 8 valaisinta x 5W/valaisin = 40 W

Ryhmä R2: 5 valaisinta x 5W/valaisin = 25 W

Ryhmä R1 tehosta laskettuna saadaan johtimessa kulkeva virta:

$$\frac{40W}{12V} = 3,33A$$

Taulukosta 1 nähdään, että virrankeston suhteen MMJ 3x2,5 -kaapelia voi hyvin käyttää.

Lasketaan jännitehäviö kaapelille. D1-2017-kirjasta sivun 96 taulukosta 41.6. (liite 6) saadaan resistanssiarvoksi MMJ 3,25 -kaapelille: $R=8,77E-3 \Omega/m$.

12 V:n tasopiirustuksista saadaan, että pisin reitti kaapeloinnissa 12 V:n keskukselta on noin 10 metriä. Mitatulla arvolla lasketaan kaapelin resistanssi R:

$$R=8,77E-3 \Omega/m * 2 * 10m = 0,175\Omega$$

Kaapelin yli muodostuvaksi jännitehäviöksi saadaan $3,33A * 0,175\Omega = 0,58V$. Suhteelliseksi jännitehäviöksi tulee $0,58V/12V * 100\% = 4,83\%$. Lukema on standardien sisällä. Suurimpana sallittuna suhteellisena jännitteen alenemana pienjänniteasennuksissa (liite 7) pidetään 6 %:n arvoa pienjänniteasennuksessa, joka on syötetty yksityisestä teholähteestä.

Vastaavasti voidaan laskea tehohäviö kaavalla:

$$P = I^2 R \quad (3)$$

Sijoittamalla saadaan $P=(3,33A)^2 * 0,175\Omega=1,94W$. Suhteelliseksi tehohäviöksi valaisinryhmän osalta tulee laskelman mukaan:

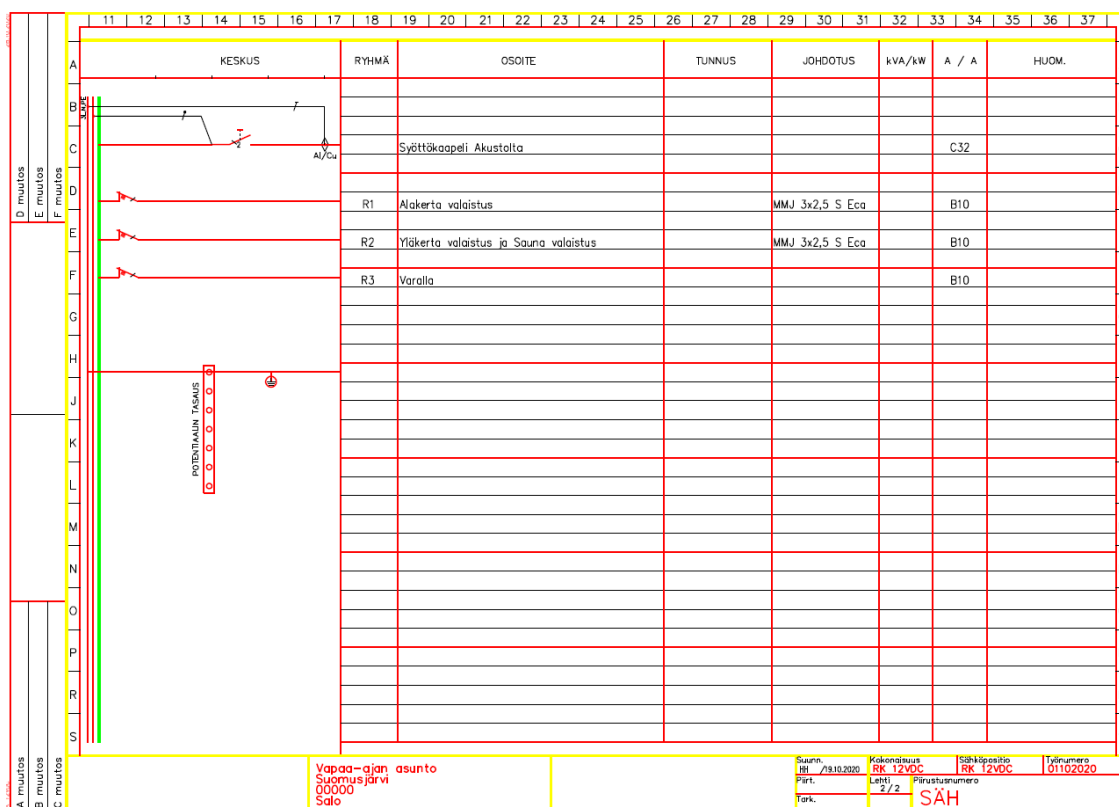
$$1,94W/40W * 100\% = 4,85\%$$

Lukemat ovat niissä rajoissa, että MMJ 2,5S -kaapelia kannattaa 12 V:n järjestelmän sisäjohtotuksessa käyttää. Paksumpaa kaapelia käytettäessä jännite- ja tehohäviö olisivat pienempiä. Ohuempia johdotuksia ei kannata käyttää. Johdotuksessa tulee huomioida, että 12 V:n kaapeloinnissa kannattaa tehohäviöiden välttämiseksi pitää johtopituuudet mahdollisimman lyhyinä.

Yllä olevasta laskelmasta selviää, että johtimissa suunniteltu virta tulee olemaan alle 10 ampeeria. Saadulla tiedolla mitoitetaan keskuksen johdonsuojakatkaisijat siten, että niiden virtakestoisuus tulee jatkossakin riittämään, ja lisäksi niin, että ne toimivat oikosul-

kutilanteessa oikein. Mitoitusta varten pitäisi tietää akuston oikosulkuvirta. Akkuvalmistajien sivuilta saadaan suuntaa-antavia tietoja. Koska kulutusarvion mukaan saatiin va-
littavaksi akkukapasiteetiksi 12V / 390Ah voidaan akkuvalmistajien sivuilta arvioida ak-
kujen oikosulkuvirta. Oikosulkuvirta voidaan arvioida useiksi tuhansiksi ampeereiksi, jo-
ten oikosulkuehto täyttyy ehdottomasti; 10 ampeerin johdonsuojakatkaisija toimii oiko-
sulkutilanteessa. Lisäksi johdon kuormitettavuus MMJ 2,5 -kaapelilla on käytettävään
nimellisvirtaan nähden riittävä. [22.]

Alla on kuva 22 suunnitellusta 12 VDC:n ryhmäkeskuksesta.



Kuva 22. 12 VDC ryhmäkeskus.

SFS 6000-7-712:2017 -standardisarjan osa käsittelee erikoistilojen ja asennusten vaati-
muksia aurinkosähköjärjestelmien osalta. Standardin 712.1 soveltamisalan mukaan
siinä määritellään aurinkosähkögeneraattorin sähköasennuksia, jonka tarkoitus on toi-
mia osittain tai koko sähköasennuksen rinnalla ja syöttää sähköenergia jakeluverkkoon
tai paikalliseen sähköjakeluun. Vaatimuksia aurinkosähkögeneraattoreille, joissa on ak-
kuja tai muita energiavaroja, ovat harkittavana. Vaikka sähköverkosta irti kytkettyjen

laitteistojen asennusvaatimukset ovat vielä harkittavana, on turvallisuuden ja huollettavuuden kannalta perusteltua noudattaa verkkoon kytkettävien aurinkosähköjärjestelmien standardeja myös akuilla varustetuissa järjestelmissä. Turvallisuuden takaamiseksi laitteiden asennuksessa on noudatettava valmistajien asennusohjeita (liite 8).

Akkujen laitteistokytkennöissä tulee huolehtia siitä, että laitteet voidaan turvallisesti sähköisesti irtikytkä toisistaan huoltotoimia varten. Aurinkopaneelisten lataussäätimestä irti kytkemistä varten on hyvä asentaa erotuskytkin. Samoin invertterin syöttöpuolelle on tarkoituksenmukaista asentaa erotuskytkin. Akkujen ja kuorman väliin on hyvä asentaa alijännitesuoja akkujen tyhjentymisen estämiseksi.

Akkujen riittävää latausta varten selvitetään, kuinka paljon paneelitehoa tarvitaan, jotta akusto saadaan ladattua täyteen kesämökin pääasiallisina käyttökuukausina kevään ja syksyn välillä. Paneelitehon laskemiseksi täytyy ensin laskea latausvirta, mikä tarvitaan akuille viikonloppukäytön jälkeen, jos aikaisemmin laskettu 4680 Wh eli 416,5 ampeerituntia on kaikki kulutettu. AGM- ja geeliakkujen turvallisesti ja tehokkaasti lataamiseksi on suositeltavaa käyttää akuston kokonaisampeerituntimäärästä noin 15–25 %:n latausvirta-arvoa. Lisäksi AGM- ja geeliakuilla on noin 85–90 %:n hyötysuhde eli ladattavaan ampeerituntimäärään tulee lisätä lisäksi noin 10 %, jolloin ladattavaksi Ah-määräksi tulee noin 460 Ah. Latausvirta-arvoksi saadaan 20 %:n latausvirralla 93 A. Kun tunnetaan latausvirta, niin akkujen täyteen lataamiseen kuluva aika saadaan kaavasta:

$$T = \frac{Ah}{A} \quad (5)$$

Siinä T on lataamiseen kuluva aika. Sijoittamalla saadaan $T=460Ah/93A=4,9$ h eli noin viisi tuntia. Käytännössä 93 A latausvirtaa jatkuvana ei voida järkevästi aurinkopaneeleista saada viiden tunnin ajan, joten lasketaan, kuinka paljon aurinkopaneelien pitäisi tuottaa wattitunteja, jotta viiden päivän aikana 460 Ah saataisiin ladattua. Akuston kapasiteetti, joka pitää ladata täyteen on $460Ah * 12V = 5520$ Wh. Tämä jaettuna viidelle päivälle on 1104 Wh/päivä. Eli aurinkopaneelista pitää saada viikon ajanjaksolla energiaa keskimäärin 1,1 kWh/päivä

Taulukosta 3 nähdään Ilmatieteen laitoksen sivuilla olevasta taulukosta mitatut keskimääräiset kokonaisenergiat auringon säteilystä 45 astetta kallistetuille pinnoille. Etelään kallistettujen pintojen arvoista voidaan todeta, että keskimäärin vuodessa saadaan aurinkoenergiaa (kWh/m²) Etelä-Suomessa 1210,9 kWh:ta. Lasketaan tarvittava paneelituotto oletuksella, että kuukaudessa keskimäärin saadaan mökillä aurinkoenergiaa 140

kWh/m². Laskemalla saadaan päivittäiseksi auringon säteilemäksi aurinkoenergiaksi 4,67 kWh/m². [19.]

Aurinkopaneelin hyötysuhde määritellään jakamalla nimellisteho sen pinta-alalla ja standardiolosuhteiden säteily määrällä (1 000 W/m²). Esimerkiksi nimellisteholtaan 280 Wp:n ja pinta-alaltaan 1,5 m²:n aurinkopaneelin hyötysuhde voidaan laskea seuraavasti: 280 Wp / (1,6 m² x 1 000 W/m²) ≈ 17,5 %.

Laskemalla saadaan, että 280 watin paneeli 17,5 %:n hyötysuhteella tuottaa keskimäärin päivässä: 4670Wh*0,175 ≈817Wh. Koska halutaan varmistua, että paneelit latautuvat pilvisenäkin päivänä, ja koska paneelien hinnat ovat tulleet alaspäin, ja asennukseen suunnitellulla katolla on hyvin tilaa, valitaan neljä kappaletta 280 W:n paneeleita eli tehoa yhteensä 1120 W. Energian tuotoksi saadaan 4*817 Wh/päivä eli yhteensä noin 3270 Wh.

Taulukko 3. Mitatut keskimääräiset kokonaisenergiat auringon säteilystä 45 astetta kallistetuille pinnoille [19].

Kuukausi	P	Ko	I	Ka	E	Lo	L	Lu
Tammikuu	5,2	5,2	6,2	10,7	13,1	10,7	6,3	5,2
Helmi	15,4	15,8	23,5	37,3	44,3	36,8	22,6	15,6
Maaliskuu	38,1	44,4	66,3	94,9	106,7	90,3	63,1	42,5
Huhtikuu	51,5	73,7	108,8	143,4	154,9	142,7	114,3	72,8
Toukokuu	71,8	106,9	148,9	178,3	183,0	171,8	147,3	100,3
Kesäkuu	91,9	115,2	148,0	163,6	167,6	168,4	156,1	120,2
Heinäkuu	83,0	117,4	156,1	183,6	189,8	187,5	169,1	117,6
Elokuu	60,0	87,2	123,5	150,5	152,1	136,9	113,7	78,7
Syyskuu	34,8	47,1	76,2	110,8	126,9	112,3	81,3	46,9
Lokakuu	17,1	18,1	25,6	37,2	44,3	38,7	26,9	18,5
Marraskuu	6,2	6,2	8,0	14,0	17,0	13,9	8,1	6,2
Joulukuu	3,6	3,6	4,2	8,8	11,2	9,1	4,6	3,6
Koko vuosi	478,5	640,8	895,4	1133,2	1210,9	1119,1	913,3	628,1

Internetistä on saatavilla aurinkosähköjärjestelmän mitoittamiseen soveltuvia suunnitteleohjelmia. Aurinkopaneelin valinta perustuu aina osittain arvioon, koska aurinkoisten päivien tarkkaa lukumäärää ei voi etukäteen tietää. Ohjelmistot käyttävät pitkän ajan keskiarvoja laskennassa. Käytetään suosittua PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM -sivuston ohjelmisto [19]. Ohjelmistoon voidaan syöttää muun muassa paneelien asennuspaikkakunta, akuston tiedot, päiväkulutus wattitunteina kallistus ja azimuuttikulma. Ohjelma laskee arvion tarvittavasta paneelitehosta. Kuvassa 23 on malli laskelmasta. Mallilaskelmaan syötettiin arvot, jotka oli jo aiemmin kyseisellä laskentaohjelmalla laskettu.

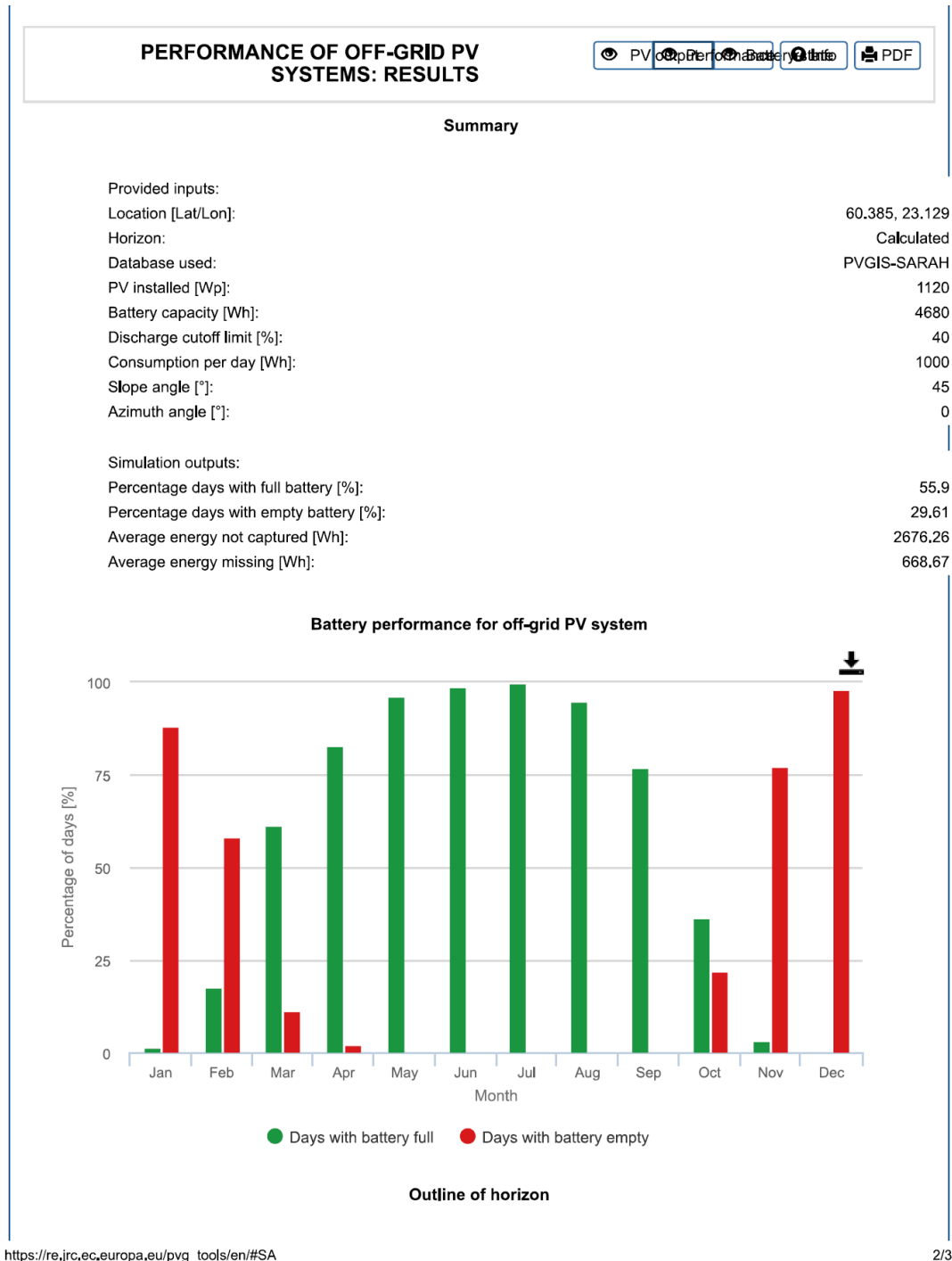
Akkujen kapasiteetti 4680 Wh

Asennettu paneeliteho 1120 W

Päivittäinen arvioitu kulutus 1000 Wh

Kallistuskulma 45°

Azimuuttikulma 0°



Kuva 23. Laskentatulos tarvittavasta akkukapasiteetista ja paneelitehosta [19].

Laskelmien ja datalehtien tutkimisen jälkeen valitaan paneelitehoksi 1120 wattia. Lataussäädin valitaan siten, että siinä on mahdollisuus paneelitehon lisäämiseksi, jos jatkossa tulee tarvetta lisäteholle. Lataussäätimeksi valitaan Victron Energyn 250/85 MPPT -säädin. Kytkeytynä 12 V:n akkuihin siihen pystyy kytkemään 250 V:n paneelijännitteen ja siitä saadaan akuille latausvirtaa 85 A. Paneeleiksi valitaan saksalaiset Hanover Solar

GmbH:n paneelit. Valikoimasta valitaan 4 kpl 280 W:n paneeleita. Yhden paneelin jännite on 32,50 voltia. Sarjaan kytkennässä saadaan paneelijännitteeksi n. 130–140 voltia optimiolosuhteissa (liite 1 ja liite 9).

Paneelien tuottama virta saadaan kaavasta:

$$I = \frac{P}{U} \quad (5)$$

Sijoittamalla virraksi saadaan:

$$I = \frac{1120W}{130V} = 8,6ADC$$

Paneelien ja säätimen välien välimatka on noin 20 metriä. Koska tiedetään että paneelivirta on 8.6 ampeeria ja asennustapana paneelikaapelille on maahan upotus, D, niin virtakestoisuustaulukosta selviää, että asennukseen suunnitellun 6 mm²:n monisäikeisen kuparikaapelin virtakestoisuus 57 ampeeria riittää erittäin hyvin. Lasketaan vielä kaapelille jännitealenema:

6 mm²:n kaapelin resistanssi taulukosta on 3,66E-3 Ω/km.

Asennukseen suunnitellun kaapelin resistanssiksi R saadaan laskemalla:

$$R = 3,66E-3 \Omega/m * 2 * 20m = 0,146 \Omega$$

Jännitteen alenemaksi saadaan:

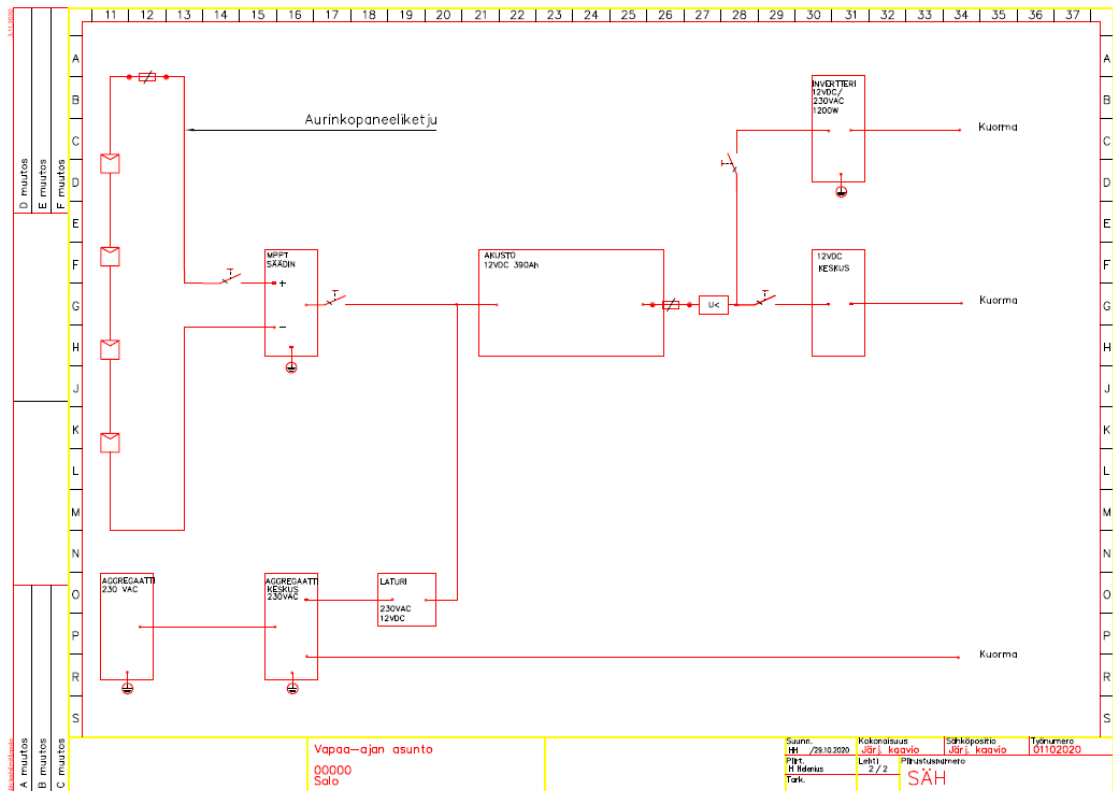
$$U = 0,146\Omega * 8,6A = 1,26 VDC.$$

Suhteellinen jännitteenalenema on:

$$\frac{1,26V}{130V} * 100\% = 0,97\%$$

Saadun laskutuloksen perusteella 6 mm²:n kaapelia voidaan käyttää.

Kun suunnitelma järjestelmästä oli valmis, piirrettiin siitä järjestelmäkaavio CAD-suunniteluohjelmalla (kuva 24 ja liite 21).



Kuva 24. Järjestelmäkaavio.

Mökistä ja vajasta ei ollut olemassa julkisivukuva, joten sellainen piirrettiin Sketchup-ohjelmaa käyttäen. Julkisivukuvaan piirrettiin aurinkopaneelit vajan katolle sekä aurinkopaneelilta lähtevä johdotus mökille. Alla ovat havainnekuvat suunnitellusta aurinkopaneelien asennuksesta (kuvat 25 ja 26).



Kuva 25. Havainnekuva mökistä ja vajasta edestäpäin.



Kuva 26. Havainnekuva mökistä ja vajasta takaapäin.

Suunnittelun jälkeen oli selvillä, minkälaiset laitteet asennukseen tullaan valitsemaan.

Paneeleiksi valittiin 4 kpl 280 W paneeleita

Lataussäätimeksi Victron MPPT 250 / 85 -säädin

Invertteriksi Phoenix 1200W 12-230V

Akuiksi Teknoware EA024 12V/65 Ah 6 kpl

Alla taulukossa 3 ja 4 ovat tarvittavat laitteet ja tarvikkeet.

Taulukko 3. Sähkötarvikkeet.

SÄHKÖTARVIKKEET					
Pos	Tuote	Valmistaja	Määrä	Yksikköhinta	Rivihinta
010	SW Standard 280 W paneeli 20 V		4	120	480
020	Victron Smartsolar MPPT 250/85 aurinkopaneelisäädin	Victron	1	900	900
030	Sinusinvertteri Phoenix 1200W 12-230V	Victron	1	457	457
040	Victron Battery Protect BP-65	Victron	1	53	53
050	Aurinkopaneelin kaapeliliittimet	Weidmueller	2	3,5	7
060	SW Aurinkosähkökeskus 12V sisältäen pääkytkin 32A C käyrä	Hager	1	59	59
	3 kpl 10A automaattisulake B käyrä, valmiiksi kytketty				
070	Famatel 12 moduulikotelo	Famatel	1	33	33
080	Pääkytkin 40A, 3-napainen	CHINT	1	16,9	16,9
090	Vikavirtasuojaja 25A, 1-vaiheinen	Schneider	1	44,9	44,9
100	Johdonsuojakatkaisija 6A, C-tyyppi	ABB	2	18,95	37,9
110	Virtakisko 1-vaihe, 12 moduulille	ABB	1	4,5	4,5
120	Pistorasia Jussi, pinta-asenteinen, 2-osainen	ABB	4		
130	Saunavalaisin LED, 12V 5W, IP44, pinta-asenteinen	Axel	1	24,9	24,9
140	Messinkivalaisin 12V, LED, 5W, pinta-asenteinen		5	34,9	174,5
150	Valokytkin, 1-osainen, IP 54, pinta-asenteinen		4	5,9	23,6
160	Asennuskaapeli MMJ 3x2,5 S Draka 50 M	Draka	100	2,24	224
170	Aurinkopaneelikaapeli 2x6mm		25	3,2	80
180	Kaapelinsuojakouru 25x2500mm Al	Purso	3	12,9	
190	Alumiini kiinnike 25mm		10	0,78	7,8
200	Sähköasennusputki JAPP 20 Al, 3m	Purso	2	6,95	13,9
210	Putkenpää JAPP 20	Opal	4	0,49	1,95
200	Kutistesukka 7x305mm 7 kpl pussi		1	2,99	2,99
210	Kaapelinpää, 16mm		30	0,99	29,7
220	Jakorasia, IP54		10	2,7	27
230	Rasialiitin WAGO 2os		10	0,78	7,8
240	Rasialiitin WAGO 3os		10	1,04	10,4
230	Kaapelinpää 35mm		10	1,49	14,9
240	AGU sulakepesä		1	8,99	8,99
250	AGU sulake 40A		2	1,49	2,99
260	ANL-70/35 sulakepesä		1	17,9	17,9
270	ANL - 20/10 sulakepesä		1	8,99	8,99
280	ANL Sulake 30A		2	2,49	4,99
290	Päävirtakytkin 300A		1	19,9	19,9
300	Akkukaapeli 16mm punainen		10	3,9	39
310	Akkukaapeli 16mm musta		10	3,9	39
330	Alasvalo, LED, 12V, 300LM, 400K, W?		1	17,9	17,9
330	Ruuvikiinnike TC 8-12		10	0,69	6,9
330	Naulakiinnike TC 8-12		100	0,18	18
360	Rasialiitin WAGO 5 os		10	1,21	12,1
370	Automaattisulake 10A, C-käyrä		3	7,25	21,75
380	Akkulaturi 12V/25A	CTEK	1	300	300
390	Akku 12V/65Ah EA024	Teknoware	6	150	900
					4155,05

Taulukko 4. Kiinnitystarvikkeet.

KIINNITYSTARVIKKEET					
Pos	Tuote	Valmistaja	Määrä	Yksikköhinta,	Rivihinta, eur
010	Kestopuu 48x48mm ruskea		12m	1,5	18
020	pultit, mutterit, korilaatat RST		1	70	70
030	Johdinside, musta, 280x4,8mm	Schneider	40	0,15	6
					94

Jotta asennusvaiheessa ei jouduttaisi kesken asennusta hakemaan puuttuvia komponentteja, osa tarvittavien asennustuotteiden määrästä arvioitiin ns. ”yläkanttiin”.

6 Vertailua sähköliittymän ja Off-Grid järjestelmän suhteen

Vapaa-ajan asunnon sähköverkkoa hallinnoi Caruna Oy. 25A:n pienjänniteliittymän asentaminen kesämökkiä varten vyöhyke 1 asennusmaksun mukaan on arvonlisäveron kanssa 2640 euroa. Lisäksi rakennuttajalle tulee maksettavaksi kalliit maakaapelointikulut eli liittymäkaapelin ja kaapeliojan kaivaminen. Lisäksi kustannuksina tulee mittauskeskuksen hankinta ja asentaminen. Verkkoyhtiö laskuttaa vielä sähkömittarin asennuksesta sekä jännitteen kytkemisestä liittymiskaapeliin. Lisäksi vaikka mökillä ei olla paikalla, laskuttaa verkkoyhtiö 25,80 euroa /kk siirtomaksua sähkön kulutuksen lisäksi. Mökillä kulutus on maltillista liittyen aikaisemmin laskettuun kulutukseen, joten kilowattituntihinnat eivät tulisi kalliiksi.

Sähköverkkoon liittymismaksu asennuksineen tässä laskentamallissa on suunnilleen samanhintaista kuin aurinkosähköjärjestelmän hankinta. Aurinkosähköjärjestelmän hintaa tosin tässä esimerkissä pudottaa se, että aggregaatti oli hankittu jo aikaisemmin. Vastaavan aggregaatin hinta on noin 2600 euroa.

Aurinkosähkön asentaminen tuo etuna sen, että sähkökatkoista mökkialueella ei tarvitse välittää eikä verkkoyhtiöltä ei ole tulossa laskuja sähkön kulutukseen liittyen. Aurinkosähköjärjestelmässä ei ole paljokaan huollettavia osia, paneeleilla on noin 25 vuoden tehotakuu. Akut joudutaan uusimaan noin 7 vuoden välein. Laiterikkoja voi tietysti aina tulla järjestelmään ja laitteita voi joutua sen takia uusimaan. [18; 19; 20.]

7 Aurinkosähköjärjestelmän asennus

7.1 Aurinkopaneelien asennus ja sarjaan kytkentä

Aurinkopaneelien asennuksessa voidaan käyttää valmiita asennustelineitä tai tehdä itse asennukseen sopivat telineet esimerkiksi puusta. Tässä työssä aurinkopaneelit suunniteltiin asennettavaksi ulkovajan aaltopeltiseen harjakattoon. Harjakaton lape on suunnattuna etelään ja kallistuskulma on noin 45 astetta. Koska suuntaus ja kallistuskulma

katon osalta oli sähkön tuottoa ajatellen kunnossa sekä kattorakenteet kestäviä, niin paneelien asennukseen suunniteltiin käytettäväksi kestopuurakennetta. Lisäksi tällä tavoin säästettiin asennustelineiden osalta asennuskustannuksissa.

Asennusta varten hankittiin poikkipinta-alaltaan 48 x 48 mm paksua ja 2,5 metriä pitkää kestopuukankea. Katolle asennusta varten aurinkopaneelit asennettiin maassa kestopuihin vaakatasoon, kaksi paneelia kehikkoa kohden, alumiinisesta reunakehikostaan kestopuihin haponkestävillä pulteilla, aluslevyillä ja lukkomuttereilla lujan ja kestävä kiinnityksen varmistamiseksi. Ennen asennustapaa suunniteltiin ja varmistettiin, että paino asennustelinettä kohden ei tule suureksi, ja että paneeleita ei saada nostamalla katolle asennettua. Aurinkopaneeleihin ja kestopuurakenteisiin mitattiin ja porattiin aaltokaton pellityksen ja tukirakenteiden mitoituksen mukaan sopiviin kohtiin reiät pultteja varten. Aurinkopaneelien alumiinikehyksiin reikiä poratessa varmistauduttiin huolella, että itse paneelin ei tule vaurioita reikiä poratessa. Aurinkopaneelit kiinnitettiin haponkestävillä pulteilla kehikkopuihin. Kehikot joihin aurinkopaneelit oli kiinnitetty, nostettiin vajan seinää vasten pystyyn. Kehikkoihin kiinnitettiin taljat, joiden avulla nostettiin kehikot paneeleineen katolle ja kiinnitettiin kehikko katon tukirakenteisiin haponkestävillä pulteilla. Aurinkopaneelien katolle kiinnityksen jälkeen paneelit kytkettiin paneelien johdoituksissa valmiina olevien liittimien avulla keskenään sarjaan (kuvat 27–36).



Kuva 27. Peltikaton aaltorakenne.



Kuva 28. Peltikaton tukirakenteita.



Kuva 29. Aurinkopaneelien tukipuurakenteiden mitoitus.



Kuva 30. Aurinkopaneelin alumiinikehikko asennusreikineen.



Kuva 31. Aurinkopaneelien tukipuurakenteita asennusreikineen.



Kuva 32. Aurinkopaneelit kiinnitetty tukipuurakenteeseen.



Kuva 33. Aurinkopaneelien nostovalmistelu vajan katolle.



Kuva 34. Aurinkopaneelit asennettuna kattoon kiinni.



Kuva 35. Aurinkopaneelien johdotusta ennen kytkentää.



Kuva 36. Aurinkopaneelien johdotusta kytkettynä.

Aurinkopaneelien valmistajan teknisen tiedon mukaan paneelit on sarjaan kytkennässä suojattava 20 ampeerin sulakkeella. Tämä huomioitiin kytkennässä. Lisäksi huoltotoimia varten asennettiin huoltokytkin, jotta paneelit saadaan tarvittaessa kytkettyä irti säätimestä turvallisesti. Sulakepesä ja huoltokytkin asennettiin sääsuojakoteloon turvalliseen paikkaan katon harjan alle (kuva 37).



Kuva 37. Aurinkopaneelien sulakesuojus ja huoltokytkin sääsuojakotelossa.

7.2 Aurinkopaneelin ja MPPT-säätimen johdotuksen asennus ja kytkentä

Aurinkopaneelien ja ohjausyksikön välinen kaapelointi tehtiin 6 mm²:n kaapelia käyttäen. Kaapelin pituus aurinkopaneelilta ohjausyksikölle on 20 m. Vajan seinässä kaapeli suojattiin alumiinikourulla. Vajan ja mökin välille kaivettiin oja ja aurinkopaneelikaapeli asennettiin kesämökin ja vajan välisellä etäisyydellä maahan 50 cm:n syvyyteen. Maa-asennuksessa käytettiin asennussuojaputkea. Mökin seinässä kaapeli suojattiin alumiinisella asennuskourulla. Seinän läpivientiä varten puuseinään porattiin reikä ja kaapeli asen-

nettiin seinän läpi 20 mm:n alumiiniputkella. Seinän läpi mentäessä on riski, että kesämökkikäytössä mahdollisesti seinärakenteiden sisällä kulkevat hiiret ja muut mahdolliset jyrsijät voivat helposti pureskella suojaamatonta johtoa aiheuttaen vahinkoa sähköjärjestelmille (kuva 38).



Kuva 38. Aurinkopaneelikaapelin maahan asennus ja suojaus.

7.3 Kaapelin mittaustarkistus

Jotta paneelit, säädin ja akusto voidaan kytkeä turvallisesti yhteen, tarkistettiin mittamalla, että johdotukset eivät ole oikosulussa keskenään. Lisäksi mitattiin johdotusten vastusarvot ja verrattiin arvoja suunniteltuihin. Vastusarvo mitattiin kytkemällä johtimen toisen pään johdot yhteen ja mitattiin toisesta päästä vastusarvo (kuva 39 ja 40).



Kuva 39. Sisäjohtotuksen mittaus.



Kuva 40. Aurinkopaneelijohtimen vastusmittaus.

Aiemmin saadun laskutuloksen mukaan saatiin, että pisimmän 12VDC -ryhmän vastusarvo R on $0,175 \Omega$. Mittatulokseksi saatiin $0,2 \Omega$. Mittari voi pyöristää arvoa myös ylöspäin. Voidaan todeta, että saatu tulos vastaa suunniteltua.

Aiemmin saadun laskutuloksen mukaan saatiin, että paneelikaapelin vastusarvo R on $0,146 \Omega$. Mittatulokseksi saatiin $0,1 \Omega$. Mittari voi pyöristää arvoa myös alaspäin. Voidaan todeta, että saatu tulos vastaa suunniteltua.

Mittausten perusteella oikosulkuja ei ole, kaapelien mitatut arvot ovat lähellä suunniteltuja arvoja ja asennus voidaan turvallisesti tehdä.

7.4 Akuston, säätimen, invertterin ja RK 12VDC:n asennus ja kytkentä

Aurinkosähköjärjestelmän lataussäädin asennettiin seinälle hyvin tuulettuvaan paikkaan. Aurinkopaneelijärjestelmän akusto asennettiin mökissä suojaiseen paikkaan ylätasanteelle. Suojainen paikka takaa sen, että oikosulkuilanteita eikä muitakaan vaaratilanteita pääse akuston sijainnin osalta syntymään. Haluttiin myös varmistaa, että akut ovat hyvin tuuletetussa paikassa. Akkuina käytettiin napajännitteeltään 12 V:n hyytelöakkuja. Akut kytkettiin rinnakkain. Rinnakkainkytkentä varten tehtiin 25 mm^2 :n kaapelia käyttäen. Positiivisten napojen yhdistämiseen käytettiin punaista ja negatiivisten napojen kytkentään mustaa kaapelia. Lataussäädin kytkettiin kaapeleilla akustoon ja aurinkopaneelit lataussäätimeen. 12 voltin keskuksiksi valittiin valmis keskus, johon tarvittavat johdonsuojakytkimet olivat valmiiksi asennettuina (kuva 41, 42 ja liite 10).



Kuva 41. 12V:n lataussäätimen ja akuston kytkentä.

Akuston ja 12 V:n ryhmäkeskuksen syötön välille kytkettiin alijännitesuoja varmistamaan, että akut eivät pääse syväpurkautumaan. Lisäksi akuston ja 12 V:n ryhmäkeskuksen välille asennettiin pääkatkaisin, josta saadaan kytkettyä 12 V:n kuorma pois ja päälle tarvittaessa (kuva 42 ja liite 11).



Kuva 42. Alijännitesuoja ja pääkatkaisin 12V:n ryhmäkeskuksen välillä.

Inverteri asennettiin seinälle. Sen 12 VDC:n syöttöpuolelle asennettiin erotuskytkin mahdollisia huoltotoimia varten (kuva 43).

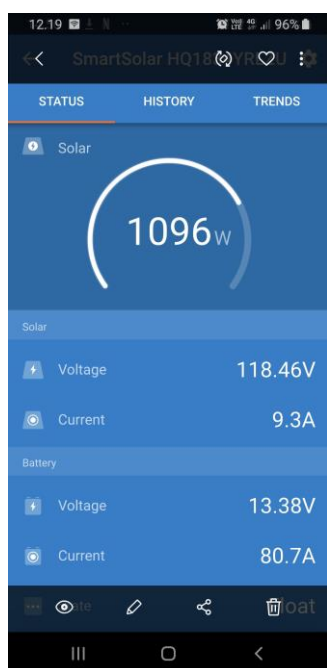


Kuva 43. Inverteri asennettuna.

230 V:n keskusta aggregaatille ei ole vielä asennettu, joten siitä ei ole asennusdokumentaatiota olemassa. Sopiva mökkikeskus (liite 12) on kuitenkin valittuna asennusta varten. Asennusvaiheessa siinä valmiina olevat johdonsuojakytkimet joudutaan vaihtamaan laskelmien mukaisesti C8 -mallisiksi. Aggregaatti on kuitenkin käytössä ja sillä voidaan ladata akkuja tarvittaessa.

8 Aurinkopaneeliston alkuvaiheen käyttöönotkokokemuksia

Aurinkojärjestelmän asennuksen jälkeen saatujen käyttökokemusten mukaan järjestelmä toimii hyvin. Aurinkoisella ilmalla paneelisto antaa hyvin tehoa. Kuvasta näkee, että auringon valon osuessa paneelistoon ja kuormitettaessa järjestelmää noin 1 kW:n kuormalla voidaan paneelistosta ottaa kaikki tarvittava teho. Ohessa on monitorointikuva laitteiston tuottamasta tehosta. Laitteiston suorituskykyä voidaan monitoroida puhelimella Bluetooth-yhteydellä tai tarvittaessa internetissä, jos niin halutaan. Kuvan tilanteessa aurinkopaneelisto syöttää 9,3 A:n latausvirtaa, paneelistorännite on 118,46 VDC ja MPPT-säädin syöttää kuormaan tai akustoon 80,7 ampeeria tasavirtaa. Jos akusto on jo täyteen latautunut ja järjestelmää kuormitetaan esimerkiksi invertterin kautta, niin monitoriohjelmasta selkeästi näkee, miten auringosta saatava sähköteho käytetään suoraan kulutukseen. Akustojännite on jo 13,38 V, ja säädin syöttää silti kuormaan yli 80 ampeeria. Monitorointitilanteessa käytetään pölynimuria noin 800 watin teholla invertterin kautta (kuva 44).



Kuva 44. Aurinkopaneelitehon monitorointi Bluetooth-yhteydellä.

9 Yhteenveto

Aurinkopaneelijärjestelmän suunnittelu ja asennus kesämökille oli mielenkiintoinen projekti. Suunnittelun ja asennuksen aikana sai paljon lisätietoa akkutekniikasta, aurinkopaneeleista, latureita ja säätimistä. Työssä tutustuttiin laitteistovalmistajien eri ratkaisuihin. Koska järjestelmä suunniteltiin ja asennettiin omaa käyttöä varten, niin oli ensiarvoisen tärkeää, että laitteisto on laadukas teholtaan laajennettavissa. Asennettua järjestelmää voidaan helposti kasvattaa tulevaisuudessa paneelitehoa lisäämällä. Asennettua 1120 watin tehoa voidaan säädintä vaihtamalla kasvattaa 4900 wattiin muuntamalla akkujännite 48 volttiin. Käyttökokemukset järjestelmästä ovat olleet positiivisia. Suunniteltu käyttöaste kevään ja loppusyksyn väliselle ajalle on täyttynyt; paneelit ovat hyvin tuottaneet tarvittavan mökkisähkön.

Työn aikana selvisi, miten tärkeä osa-alue akusto on laitteiston toiminnan kannalta. Akkuteknologian kehittyminen ja akkujen halpeneminen omalta osaltaan luultavasti tulevaisuudessa lisää verkosta irti olevien mökkiläisten määrää.

Aurinkopaneelijärjestelmän hankintakustannus on edelleen monelle kynnys, jota on vaikea ylittää. Moni kokee helpommaksi, turvallisemmaksi ja varmemmaksi ratkaisuksi valtakunnan sähköverkkoon liittymisen. Monia ihmisiä arveluttaa uudet energiaratkaisut ja niiden hallinta voidaan kokea vaikeaksi. Järjestelmien kiintyvä hankinta ja kiinnostus aurinkojärjestelmiä kohtaan kuitenkin kertoo sen, että paneeleita tullaan näkemään kiinteistöjen katoilla etenevissä määrin. Vihreiden arvojen nouseva kannatus omalta osaltaan tulee lisäämään aurinkosähkön käyttöä. Tällä hetkellä tämä on nähtävissä valtakunnan mediassa usein. Lähes viikoittain lehdissä tai muussa mediassa on uutisia aurinkovoiman hyödyntämisestä.

Lähteet

1. Omakotitalo ja loma-asunto pyörivät puhtaasti aurinkosähköllä – hinnat ovat olleet jo pitkään laskussa. 2018. Verkkoaineisto. Päivänlehti. <<https://www.paivanlehti.fi/omakotitalo-ja-loma-asunto-pyorivat-puhtaasti-aurinkosahkolla-hinnat-ovat-oleet-jo-pitkaan-laskussa>>. Luettu 15.9.2020.
2. Voutilainen, Arttu. 2020. Toimitusjohtaja, Savon Aurinkoenergia Oy, Kuopio. Puhelinkeskustelu 23.10.2020.
3. Aurinkopaneelit katolle ja sähkösäästöt tilille. 2020. Verkkoaineisto. Yle uutiset <<https://yle.fi/uutiset/3-11595312>>. Luettu 20.10.2020.
4. Massinen, Osmo. 2019. Lehtori, Metropolia Ammattikorkeakoulu Oy, Helsinki. Keskustelu 18.12.2019.
5. Auringonsäteilyn määrä Suomessa. 2020. Verkkoaineisto. Motiva. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringonsateilyn_maara_suomessa>. Luettu 1.9.2020.
6. Aurinkoenergia: Suomi 2020. Verkkoaineisto. Aurinkoteknillinen yhdistys ry. <https://www.sil.fi/site/assets/files/2527/esitys_6_aurinkoenergia_2020_aty_christer_nyman.pdf>. Luettu 25.9.2020.
7. Aurinkosähkön tuotantokapasiteetti jatkoi kasvuaan vuonna 2019 - vuosikasvua 64 prosenttia. 2020. Verkkoaineisto. Energiavirasto. <<https://energiavirasto.fi/-/aurinkosahkon-tuotantokapasiteetti-jatkoi-kasvuaan-vuonna-2019-vuosikasvua-64-prosenttia>>. Luettu 12.9.2020.
8. Aurinkoenergiaa kotiin ja Mökille. Verkkoaineisto. 2020. SW Energia Oy. <https://www.swenergia.fi/media/tiedostot/sw_katalogi_20_etusivuilla.pdf>. Luettu 1.8.2020.
9. Aurinkopaneelit. Verkkoaineisto. Suntekno Oy. <<http://suntekno.bonsait.fi/resources/public/tietopankki/paneelit.pdf>>. Luettu 1.8.2020.

10. Tietosivut. Verkkoaineisto. 2020. SW Energia Oy. <<https://www.swextra.fi/tietosivut>>. Luettu 2.3.2020.
11. How to correctly interconnect multiple batteries to form one larger bank. Verkkoaineisto. 2020. SmartGauge Electronics. Merlin Equipment Ltd. <Interconnecting Multiple Batteries to Form One Bank>. Luettu 1.1.2020.
12. Havukainen, Anssi. 2020. Tekninen edustaja, SW Energia Oy, Helsinki. Keskustelu 2.4.2020.
13. Battery Management System BMS 12/200. Verkkoaineisto. 2020. Victron Energy B.V. <<https://www.victronenergy.fi/battery-management-systems/battery-management-system-bms-12-200>>. Luettu 14.4.2020.
14. SmartSolar Charge Controllers. Verkkoaineisto. 2020. Victron Energy B.V. <<https://www.victronenergy.fi/upload/documents/Datasheet-SmartSolar-charge-controller-MPPT-250-60-up-to-250-100-EN-.pdf>>. Luettu 5.4.2020.
15. Battery Manegement System. 2020. Verkkoaineisto. Lithium Balance. <<https://lithiumbalance.com/>>. Luettu 13.4.2020.
16. Akut. 2020. Verkkoaineisto. Akku-Ässä Oy. <<https://www.aurinkopaneelit.info/akut>>. Luettu 27.1.2020.
17. How does maximum power point tracking (MPPT) work? 2018. Verkkoaineisto. Solar Choice. <<https://www.solarchoice.net.au/blog/how-does-maximum-power-tracking-work>>. Luettu 25.10.2020.
18. Concorde AGM-akut. 2020. Verkkoaineisto. Reps Oy Ab. <<http://www.reps.fi/datasheetsandmanuals/concorde-ominaisuudet.pdf>>. Luettu 25.10.2020.
19. Photovoltaic Geographical Information System. 2020. Verkkoaineisto. European Commission. <https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#SA>. Luettu 20.3.2020.

20. Auringon kokonaissäteilyenergia 45 astetta kallistetulle pinnalle eri ilmansuuntiin. 2012. Verkkodokumentti. Ilmatieteenlaitos. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/documents/30106/359229/Vantaa_pystypinnat45_TRY2012.pdf/4176d0bf-a3a8-471e-aa5e-4bf64c619795>. Luettu 3.5.2020.
21. Opas omakotitalon ja vapaa-ajan asunnon sähköistykseen. 2020. Verkkodokumentti. Caruna Oy. <https://images.caruna.fi/web_caruna_rakentajan_sahkomuistio_fi.pdf>. Luettu 4.4.2020.
22. Verkkopalveluhinnasto Caruna Oy 1.11.2019. Verkkodokumentti. Caruna Oy. <https://images.caruna.fi/verkkopalveluhinnasto_caruna_oy_1.11.2019.pdf?1Wn8AS6lczc5XKpMX_pPFnAcoThQcHdR>. Luettu 4.4.2020.
23. Battery Internal Resistance & Short Circuit Current. 2020. Verkkodokumentti. Blue Box Batteries. <<https://www.blueboxbatteries.co.uk/blog/battery-internal-resistance-short-circuit-current-47#.X6KoaGgzaMo>>. Luettu 10.1.2020.

Specifications, 150V models continued

SmartSolar charge controller	MPPT 150/85	MPPT 150/100
Battery voltage	12/24/48V Auto Select (36V: manual)	
Maximum battery current	85A	100A
Nominal PV power, 12V 1a,b)	1200W	1450W
Nominal PV power, 24V 1a,b)	2400W	2900W
Nominal PV power, 36V 1a,b)	3600W	4350W
Nominal PV power, 48V 1a,b)	4900W	5900W
Max. PV short circuit current 2)	70A (max 30A per MC4 conn.)	
Maximum PV open circuit voltage	150V absolute maximum coldest conditions 145V start-up and operating maximum	
Peak efficiency	98%	
Self consumption	Less than 35mA @ 12V / 20mA @ 48V	
Charge voltage 'absorption'	Default setting: 14.4V / 28.8V / 43.2V / 57.6V	
Charge voltage 'float'	Default setting: 13.8V / 27.6V / 41.4V / 55.2V	
Charge voltage 'equalization'	Default setting: 16.2V / 32.4V / 48.6V / 64.8V	
Charge algorithm	multi-stage adaptive (eight preprogrammed algorithms) or user defined algorithm	
Temperature compensation	-16mV/°C / -32mV/°C / -64mV/°C	
Protection	Battery reverse polarity (fuse, not user accessible) PV reverse polarity / Output short circuit / Over temperature	
Operating temperature	-30 to +60°C (full rated output up to 40°C)	
Humidity	95%, non-condensing	
Maximum altitude	5000m (full rated output up to 2000m)	
Environmental condition	Indoor, unconditioned	
Pollution degree	PD3	
Data communication port	VE.Direct or Bluetooth	
Remote on/off	Yes (2 pole connector)	
Relay (programmable)	DPST AC rating: 240VAC/10A DC rating: 4A up to 30VDC, 1A up to 50VDC	
Parallel operation	Yes (not synchronized)	
ENCLOSURE		
Colour	Blue (RAL 5012)	
PV terminals 4)	35mm ² / AWG2 (Tr models), or three pairs of MC4 connectors (MC4 models)	
Battery terminals	35mm ² / AWG2 or three sets of MC4 connectors	
Protection category	IP43 (electronic components) IP22 (connection area)	
Weight	4,5kg	
Dimensions (h x w x d)	Tr models: 216 x 295 x 103mm MC4 models: 246 x 295 x 103mm	
STANDARDS		
Safety	EN/IEC 62109-1	
1a) If more PV power is connected, the controller will limit input power. 1b) The PV voltage must exceed Vbat + 6V for the controller to start. Thereafter the minimum PV voltage is Vbat + 1V. 2) A higher short circuit current may damage the controller in case of reverse polarity connection of the PV array. 3) Default setting: OFF 4) MC4 models: several splitter pairs may be needed to parallel the strings of solar panels		

6. Specifications, 250V models

SmartSolar charge controller	MPPT 250/60	MPPT 250/70	MPPT 250/85	MPPT 250/100
Battery voltage	12/24/48V Auto Select (36V: manual)			
Maximum battery current	60A	70A	85A	100A
Nominal PV power, 12V 1a,b)	600W	700W	850W	1050W
Nominal PV power, 24V 1a,b)	1200W	1400W	1700W	2100W
Nominal PV power, 36V 1a,b)	1800W	2100W	2550W	3150W
Nominal PV power, 48V 1a,b)	2400W	2800W	3420W	4200W
Max. PV short circuit current 2)	35A (max 30A per MC4 70A (max 30A per MC4			
Maximum PV open circuit voltage	250V absolute maximum coldest conditions 245V start-up and operating maximum			
Peak efficiency	99%			
Self consumption	Less than 35mA @ 12V / 20mA @ 48V			
Charge voltage 'absorption'	Default setting: 14.4V / 28.8V / 43.2V / 57.6V (adjustable)			
Charge voltage 'float'	Default setting: 13.8V / 27.6V / 41.4V / 55.2V (adjustable)			
Charge voltage 'equalization'	Default setting: 16.2V / 32.4V / 48.6V / 64.8V (adjustable)			
Charge algorithm	multi-stage adaptive (eight preprogrammed algorithms) or user defined algorithm			
Temperature compensation	-16mV/°C / -32mV/°C / -64mV/°C			
Protection	Battery reverse polarity (fuse, not user accessible) PV reverse polarity / Output short circuit / Over temperature			
Operating temperature	-30 to +60°C (full rated output up to 40°C)			
Humidity	95%, non-condensing			
Maximum altitude	5000m (full rated output up to 2000m)			
Environmental condition	Indoor, unconditioned			
Pollution degree	PD3			
Data communication port	VE.Direct or Bluetooth			
Remote on/off	Yes (2 pole connector)			
Relay (programmable)	DPST AC rating: 240VAC/10A DC rating: 4A up to 30VDC, 1A up to 50VDC			
Parallel operation	Yes (not synchronized)			
ENCLOSURE				
Colour	Blue (RAL 5012)			
PV terminals 3)	35 mm ² / AWG2 (Tr models) Two pairs of MC4 connectors (MC4 models 250/60 and 250/70) Three pairs of MC4 connectors (MC4 models 250/85 and 250/100)			
Battery terminals	35 mm ² / AWG2			
Protection category	IP43 (electronic components) IP22 (connection area)			
Weight	3 kg 4,5 kg			
Dimensions (h x w x d)	Tr models: 186 x 260 x 95 mm Tr models: 216 x 295 x 103 mm MC4 models: 216 x 260 x 95 mm MC4 models: 246 x 295 x 103 mm			
STANDARDS				
Safety	EN/IEC 62109-1			
1a) If more PV power is connected, the controller will limit input power. 1b) The PV voltage must exceed Vbat + 5V for the controller to start. Thereafter the minimum PV voltage is Vbat + 1V. 2) A higher short circuit current may damage the controller in case of reverse polarity connection of the PV array. 3) Default setting: OFF 4) MC4 models: several splitter pairs may be needed to parallel the strings of solar panels				

High start-up power

Needed to start loads such as power converters for LED lamps, filament lamps or electric tools.

ECO mode

When in ECO mode, the inverter will switch to standby when the load decreases below a preset value. It will switch on and check every few seconds, adjustable, if the load has increased again.

Remote on/off connector

A remote on/off switch can be connected to a two pole connector or between battery plus and the left hand contact of the two pole connector.

LED diagnosis

A red and a green LED indicate inverter operation and status of the different protections.

To transfer the load to another AC source: the automatic transfer switch

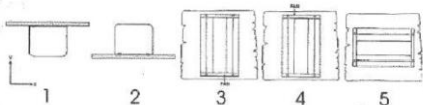
For our low power inverters we recommend our Filax Automatic Transfer Switch. The Filax features a very short switchover time (less than 20 milliseconds) so that computers and other electronic equipment will continue to operate without disruption.

Available with different output sockets

Schuko, UK (BS-1363), ALU/NZ (3112) or IEC-320 (male plug included)

3. Installation

3.1 Location of the inverter



- | | |
|---|---|
| 1 Ceiling mounting (inverted) | Not recommended |
| 2 Base mounting | OK |
| 3 Vertical wall mounting, fan at bottom | OK (beware of small objects falling through the ventilation openings on top). |
| 4 Vertical wall mounting, fan on top | Not recommended |
| 5 Horizontal wall mounting | OK |

For best operating results, the inverter should be placed on a flat surface. To ensure a trouble free operation of the inverter, it must be used in locations that meet the following requirements:

- Avoid any contact with water. Do not expose the inverter to rain or moisture.
- Do not place the unit in direct sunlight. Ambient air temperature should be between -20°C and 40 °C (humidity < 95% non condensing). Note that in extreme situations the inverter's case temperature can exceed 70 °C.
- Do not obstruct the airflow around the inverter. Leave at least 10 centimetres clearance around the inverter. When the inverter is running too hot, it will shut down. When the inverter has reached a safe temperature level the unit will automatically restart again.

3.2 Connection to the battery

In order to utilize the full capacity of the product, batteries with sufficient capacity and battery cables with sufficient cross section should be used. See table:

	12/250	24/250	48/250	12/375	24/375	48/375
Minimum battery cap.	30 Ah	20 Ah	10 Ah	40 Ah	30 Ah	15 Ah
Internal DC fuse	60A	30A	25A	80A	40A	25A
Recommended DC cable cross-section (mm ²)						
0 - 1,5 m	4 mm ²	2,5 mm ²	1,5 mm ²	6 mm ²	4 mm ²	2,5 mm ²
1,5 - 3 m	6 mm ²	4 mm ²	2,5 mm ²	10 mm ²	6 mm ²	4 mm ²

	12/500	24/500	48/500	12/800	24/800	48/800
Minimum battery cap.	60 Ah	40 Ah	20 Ah	100 Ah	50 Ah	30 Ah
Internal DC fuse	120A	60A	30A	200A	120A	80A
Recommended DC cable cross-section (mm ²)						
0 - 1,5 m	6 mm ²	6 mm ²	4 mm ²	16 mm ²	6 mm ²	4 mm ²
1,5 - 3 m	10 mm ²	10 mm ²	6 mm ²	25 mm ²	10 mm ²	6 mm ²

	12/1200	24/1200	48/1200
Minimum battery cap.	150 Ah	60 Ah	30 Ah
Internal DC fuse	200A	150A	80A
Recommended DC cable cross-section (mm ²)			
0 - 1,5 m	25 mm ²	10 mm ²	6 mm ²
1,5 - 3 m	35 mm ²	16 mm ²	10 mm ²

The inverters are fitted with an internal DC fuse (see table above for rating). If the DC cable length is increased to more than 1,5m, an additional fuse or DC circuit breaker must be inserted close to the battery.

Reverse polarity connection of the battery wires will blow the internal fuse and can damage the inverter. The internal fuse is not replaceable.

3.3 Connection to the load

Never connect the output of the inverter to another AC source, such as a household AC wall outlet or a generator.

3.4 Remote on/off connector

A remote on/off switch can be connected to the two pole connector. Alternatively, the left hand contact of the connector can be switched to battery positive: useful in automotive applications, wire it to the ignition contact.

Note that also the front switch needs to set to either On or ECO for the inverter to start.

3.5 Configuration

The inverter is ready for use with the factory settings (see specifications), and can be configured with a computer (VE.Direct to USB interface cable needed), Apple and Android smartphones, tablets and other devices (VE.Direct to Bluetooth Smart dongle needed).

TAULUKKO 52.1. Johtojen kuormitettavuudet (A) eri asennustavoilla.

Johtimen nimellispoikki- pinta (mm ²)	SFS 6000:n mukaiset asennustavat			
	A	C	D	E
Kupari				
1,5	14	18,5	26	19
2,5	19	25	35	26
4	24	34	46	36
6	31	43	57	45
10	41	60	77	63
16	55	80	100	85
25	72	102	130	107
35	88	126	160	134
50	105	153	190	162
70	133	195	240	208
95	159	236	285	252
120	182	274	325	292
150	208	317	370	338
185	236	361	420	386
240	278	427	480	456
300	316	492	550	527
Alumiini				
16	43	62	78	65
25	56	77	100	83
35	69	95	125	102
50	83	117	150	124
70	104	148	185	159
95	125	180	220	194
120	143	209	255	225
150	164	240	280	260
185	187	274	330	297
240	219	323	375	350
300	257	372	430	404

ETUSIVU » VENEELY » VENEEN SÄHKÖTARVIKKEET » KYTKIMET JA RELEET

Päävirtakytkin 300A /24V irrotettava avain
38-6517



- Muovia
- Irrotettava avain
- 2x10 mm napaa
- Pinta-asennus
- 300 A/24 V jatkuva, hetkellinen 1000 A (5 s)
- IP54

ETUSIVU » VENEELY » VENEEN SÄHKÖTARVIKKEET » KYTKIMET JA RELEET

Päävirtakytkin 200A /24V
38-6516



- Muovia
- Kiinteä avain
- 2 x 10 mm napaa
- Pinta-asennus
- 200 A/24 V jatkuva, hetkellinen 1000 A (5 s)
- IP54

Dimensions and Weight

Model		EU30is
Description code		EZGF
Length	(Stand type) (Wheel type)	655 mm (25.8 in) 655 mm (25.8 in)
Width	(Stand type) (Wheel type)	445 mm (17.5 in) 480 mm (18.9 in)
Height	(Stand type) (Wheel type)	555 mm (21.9 in) 570 mm (22.4 in)
Dry weight	(Stand type) (Wheel type)	59 kg (130 lbs) 61 kg (134 lbs)

Engine

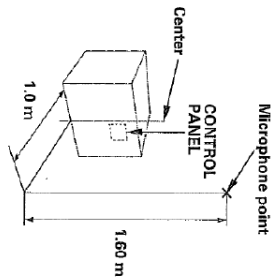
Model		GX200
Engine type		4-stroke, overhead valve, single cylinder
Displacement		196 cm ³ (12.0 cu-in)
Bore X Stroke		68 X 54 mm (2.7 in X 2.1 in)
Compression ratio		8.5:1
Engine speed		3,500 rpm (with eco throttle switch OFF)
Cooling system		Forced air
Ignition system		Transistorized magneto
Oil capacity		0.55 qt (0.58 US qt, 0.48 Imp qt)
Fuel tank capacity		13.0 qt (3.43 US gal, 2.86 Imp gal)
Spark plug		BPR5ES (NGK) W16EPR-U (DENSO)

Generator

Model		EU30is
Type		F, G, GW, B U
Rated Voltage (V)		230
Rated Frequency (Hz)		50
Rated Amperes (A)		12.2
Rated Output (kVA)		2.8
Max Output (kVA)		3.0
DC rated output		Only for charging 12 V automotive batteries. 12 V, 12 A

Noise

Model		EU30is
Type		U
Sound pressure level (LpA) According to 98/37/EC		76 dB
Guaranteed sound power level (LWA) Tested by 2000/14/EC		91 dB



NOTE:
Specifications are subject to change without notice.

Laukaisukäyrät ja käyttö

Johdonsuojakatkaisijoita käytetään suojaamaan kaapeleita ja johtimia ylikuormituksesta ja oikosuluilta.

Niissä on kaksi erilaista laukaisumekanismia:

- hidastettu terminen laukaisu ylivirtasuojana
- magneettinen laukaisu oikosukusuojana

Normit:

DIN VDE 0641 osa 11 / 8.92, EN 60 898, IEC 898

Suosituksia laukaisukäyristä B, C ja D ja uudet VDE-määräykset DIN VDE 0100, osa 430 / 11.91 lisäehtineen ovat pohjana kaapeleiden ja johtimien ylikuormitussuojan järjestämisessä.

Siihen kuuluu:

Suojaus ylikuormituksen aiheuttamaa liiallista lämpenemistä vastaan on varmistettu, kun seuraavat ehdot täyttyvät:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 I_z$$

I_b Virtapiirin nimellisvirta, kuormitus
 I_z Johtimen tai kaapelin sallittu kuormitettavuus
 I_n Ylivirtasuojan nimellis- tai asetteluarvo
 I_2 Ylivirtasuojan havahtumisvirta (suurempi koestusvirta)

$$I_n \leq I_z$$

Laukaisukäyrien B, C ja D johdonsuojakatkaisijoita valittaessa tulee ehdon $I_n \leq I_z$ joka tapauksessa täyttyä.

Käyttö:

Laukaisukäyrä B:

Ensisijaisesti asuinrakennusten valo- ja pistorasiaryhmien kaapeleiden ja johtimien suojaksi.

Laukaisukäyrä C:

Erityisesti kaapeleiden ja johtimien suojaamiseen silloin, kun kuormalla suuri kytkentävirta (mikroaaltouunit, moottorit jne)

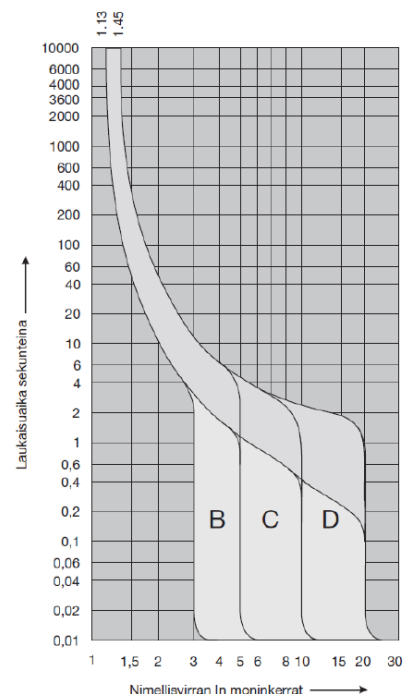
Laukaisukäyrä D:

Kaapeleiden ja johtimien suojaksi erityisen suurille kytkentävirroille (hitsausmuuntajat, moottorit jne)

Johdonsuojakatkaisijoiden laukaisuominaisuudet

(määritelty ympäristölämpötilassa 30°C)

Normit	Laukaisukäyrä	Terminen laukaisu		Laukaisuaika	Sähkömagneettinen laukaisu		Laukaisuaika
		pieni koestusvirta I_1	suuri koestusvirta I_2		pitää	laukaisee	
DIN VDE 0641 osa 11 / 8.92 EN 60 898	B	$1,13 \times I_n$	$1,45 \times I_n$	> 1 h < 1 h	$3 \times I_n$	$5 \times I_n$	> 0,1 s < 0,1 s
	C	$1,13 \times I_n$	$1,45 \times I_n$	> 1 h < 1 h	$5 \times I_n$	$10 \times I_n$	> 0,1 s < 0,1 s
IEC 947-2	D	$1,13 \times I_n$	$1,45 \times I_n$	> 1 h < 1 h	$10 \times I_n$	$20 \times I_n$	> 0,1 s < 0,1 s

**Laukaisukäyrät: B / C EN 60 898
D IEC 947-2**

TAULUKKO 41.6. Kaapeleiden likimääräisiä impedansseja (Ω/km) johdinlämpötilassa $80\text{ }^\circ\text{C}$.

Johtimien poikkipinta mm^2	Kupari			Alumiini		
	Resistanssi r	Reaktanssi x	Impedanssi z	Resistanssi r	Reaktanssi x	Impedanssi z
4 × 1,5	14,620	0,115	14,620			
4 × 2,5	8,770	0,110	8,770			
4 × 4	5,480	0,107	5,480			
4 × 6	3,660	0,100	3,660			
4 × 10	2,244	0,094	2,246			
4 × 16	1,415	0,090	1,418	2,324	0,090	2,326
4 × 25	0,898	0,086	0,902	1,489	0,086	1,492
4 × 35	0,652	0,083	0,657	1,086	0,083	1,089
4 × 50	0,482	0,083	0,489	0,796	0,083	0,800
4 × 70	0,336	0,082	0,346	0,551	0,082	0,557
4 × 95	0,244	0,082	0,257	0,398	0,082	0,406
4 × 120	0,195	0,080	0,211	0,316	0,080	0,326
4 × 150	0,155	0,080	0,174	0,258	0,080	0,270
4 × 185	0,125	0,080	0,148	0,207	0,080	0,222
4 × 240	0,095	0,079	0,124	0,162	0,079	0,180
4 × 300	0,078	0,079	0,111	0,133	0,079	0,155

Liite 52G
(opastava)
Jännitteenalenema sähkökäyttäjän asennuksessa

Maksimijännitteenalenema

Jännitteenalenema liittymispisteen ja minkään kuormituspisteen välillä ei pitäisi olla suurempi kuin taulukon G.52.1 arvot verrattuna asennuksen nimellisjännitteeseen.

Taulukko G.52.1 Jännitteenalenema

Asennuksen tyyppi	Valaistuskäyttö %	Muu käyttö %
A - Pienjänniteasennus, joka on syötetty suoraan yleisestä jakeluverkosta	3	5
B - Pienjänniteasennus, joka on syötetty yksityisestä teholahteesta*	6	8

* Suositellaan, että niin pitkälle kuin mahdollista ryhmäjohtojen jännitteenalenema ei ylitä asennustyyppille A annettuja arvoja. Kun asennuksen pääjohdot ovat pitempiä kuin 100 m, näitä jännitteenalenemia voidaan kasvattaa 0,005 % johdon 100 m ylittävän pituuden metriä kohti. Ilman tätä lisäystä se ei saa olla suurempi kuin 0,5 %.

Jännitteenalenema määritellään sähkölaitteen tehontarpeen mukaan käyttäen soveltuvin osin tasoituskertoimia, tai käyttäen piirien suunniteltuja virtoja.

HUOM. 1 Suurempi jännitteenalenema voi olla hyväksyttävä:

- moottoreilla käynnistyksen aikana
- muilla laitteilla, joilla on suuri käynnistysvirta

edellyttäen kummassakin tapauksessa, että jännitteen vaihtelut säilyvät arvoissa, jotka on määritelty asianomaisissa laitestandardeissa.

HUOM. 2 Seuraavat tilapäiset tilanteet on suljettu pois

- jännitetransientit
- epänormaalin käytön aiheuttamat jännitteen vaihtelut

Jännitteenalenema voidaan määritellä käyttämällä seuraavaa kaavaa:

$$u = b \left(\rho_l \frac{L}{S} \cos \varphi + \lambda L \sin \varphi \right) I_B$$

jossa

- u on jännitteenalenema voltteina
- b kerroin, joka on 1 kolmivaiheisille ja 2 yksivaihepiireille piireille

HUOM. 3 Kolmivaihepiirejä, joissa nolajohdinten virta ei kumoudu (kuormitettu yksivaiheisesti) käsitellään yksivaihepiireinä.

- ρ_l on johdinmateriaalin resistiivisyys normaalikäytössä (normaalissa käyttölämpötilassa) so. 1,25 kertaa resistiivisyys 20 °C lämpötilassa, tai 0,0225 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ kuparille ja 0,036 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ alumiinille
- L on johtojärjestelmän pituus metreinä
- S on johtimien poikkipinta mm^2 :nä
- $\cos \varphi$ on tehokerroin. Jos ei ole tiedossa tarkkoja tehokertoimen arvoja, sen oletetaan olevan 0,8 ($\sin \varphi = 0,6$)

- λ johtimen reaktanssi johtimen pituusyksikköä kohden. Jos ei ole tiedossa tarkkoja arvoja, reaktanssin oletetaan olevan 0,08 $\text{m}\Omega/\text{m}$

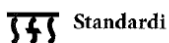
- I_B suunniteltu virta ampeereina

Jännitteenalenema prosentteina on:

$$\Delta u = 100 \frac{u}{U_0}$$

- U_0 jännite vaiheen ja nollan välillä voltteina.

HUOM. 4 Pienisjännitepiireissä ei ole tarpeen täyttää taulukon G.1 mukaisia vaatimuksia muissa käytöissä kuin valaistus (esim. ovikello, ohjaus, oven avaus jne.) edellyttäen, että on tarkistettu laitteiden toimivan oikein.



SESKO ry
SESKO Standardization in Finland

Vahvistuspäivä
2017-08-18

SFS 6000-7-712:2017

1 (20)

SFS/ICS 27.160; 29.020; 91.140; 29.290

Pienjännitesähköasennukset. Osa 7-712: erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Aurinkosähköjärjestelmät

712 Aurinkosähköjärjestelmät

712.1 Soveltamisala

Standardi SFS 6000-7-712 koskee aurinkosähkögeneraattorin sähköasennuksia, jonka tarkoitus on toimia osittain tai koko sähköasennuksen rinnalla ja syöttää sähköenergia jakeluverkkoon tai paikalliseen sähköjakeluun.

Tässä osassa aurinkosähkögeneraattoria kuten mikä tahansa sähkölaitetta käsitellään vain siltä osin, kun kyse on sen valinnasta ja käytöstä sähköasennuksen osana.

Aurinkosähköjärjestelmän sähköasennus alkaa aurinkosähköpaneelistä tai joukosta toisiinsa paneelin valmistajan toimittamilla kaapeleilla sarjaan kytkettyjä aurinkosähköpaneeleita, ja päättyy käyttäjän sähköasennuksen tai jakeluverkon liittymiskohtaan.

Tämän standardin vaatimukset koskevat:

- sähköasennusta syöttäviä aurinkosähkögeneraattoreita, joita ei ole liitetty yleiseen sähköjakeluverkkoon
- yleisen sähköjakeluverkon kanssa rinnan sähköasennusta syöttäviä aurinkosähkögeneraattoreita
- aurinkosähkögeneraattoreita, jotka syöttävät sähköasennusta sähköjakeluverkon kanssa vaihtoehtoisesti
- tarkoituksenmukaista yhdistelmää edellä mainituista.

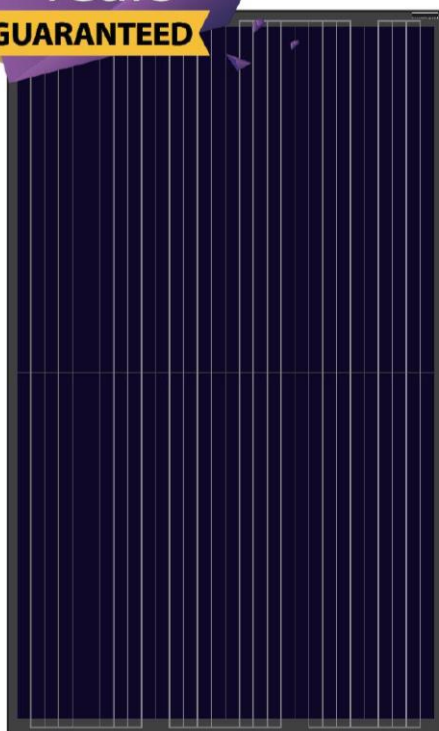
Vaatimukset aurinkosähkögeneraattoreille, joissa on akkuja tai muita energiavarastoja ovat harkittavana.

712.2 Velvoittavat viittaukset

Standardin soveltamisen kannalta tarpeelliset viittaukset on esitetty SFS-käsikirjan 600-1-2 liitteessä B.



25
Years
GUARANTEED



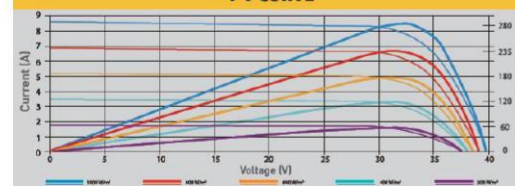
ELECTRICAL DATA

Item No.	Pmax	Vmpp	Imp	Voc	Isc
HS280P-30	280W	32.50V	8.54A	38.80V	9.25A
HS275P-30	275W	32.30V	8.50A	38.50V	9.17A
HS270P-30	270W	32.10V	8.47A	38.20V	9.00A
HS265P-30	265W	31.40V	8.44A	38.00V	8.95A
HS260P-30	260W	31.00V	8.40A	37.80V	8.85A

MECHANICAL CHARACTERISTICS

Solar Cell	polycrystalline (156 x 156 mm)
Cells Quantity	60 (6 x 10)
Dimensions	1650 x 992 x 35 mm
Glass	3.2 mm tempered glass
Frame	black anodized aluminium alloy
Junction Box	TUV Certified IP68
Series Fuse Rating	20A
Maximum System Voltage	1500V DC TUV
Output Cables	900 mm / 4.0 mm ²
Test Standard Condition	AM=1.5 E=1000/ m ² TC=25°C
NOCT	45°C +/- 2°C
Temperature Coefficients: Pmax -0.43%/°C; Voc -0.32%/°C; Isc 0.05%/°C	

I-V CURVE



<p>HANOVER NEW ENERGY PTY LTD 7 Koorabel Place Baulkham Hills NSW 2153 AUSTRALIA +61 (0) 881 215 838</p>	<p>PT. HANOVER SOLAR INDONESIA Jalan Budi Kemuliaan Blok VI, Luuk Baja, Batam 29432 INDONESIA +62 (0) 811 776 8838</p>		<p>HANOVER SOLAR GmbH Herrenstrasse 13 D30159 Hannover GERMANY +49 (0) 511 711 090 0539</p>	<p>HANOVER SOLAR BV Vijfhuizenberg 185 4708 AJ Roosendaal NETHERLANDS +31(0) 165 203 842</p>
---	---	--	--	---

S-W Energia Oy
 Turun Teknologiakeskus, ElectroCity
 Tykistökatu 4 B 5krs, 20520 Turku

30.5.2011
 Asennusohje
 1/2

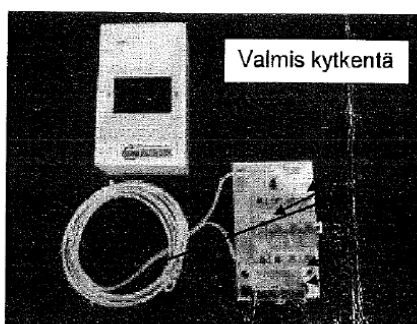
SW Sähkökeskuksen kytkentäohje

Valmis kokonaisuus sisältää:

- Kotelo
- 1 kpl 40 A kytkin (pääkytkin)
- 3 kpl 10 A automaattisulake
- Kytkentärima
- Akkukaapeli

Asennus:

1. Avaa kotelo
2. Kiinnitä ensimmäiseksi vasemmalta päin pääkytkin, sen jälkeen automaattisulakkeet kokojärjestyksessä. Kytkin ja sulakkeet kiinnittyvät kiskoon napsauttamalla.
3. Kiinnitä kytkimen ja sulakkeiden alaosaan kytkentärima, joka yhdistää komponentit keskenään. Kytkin ja sulakkeet kytketään ainoastaan sähköjärjestelmän positiiviseen puoleen.
4. Kytke akkukaapelin + napa pääkytkimen yläosaan kuvan osoittamalla tavalla. Kaapelin - napa kytketään kytkimen ja sulakkeiden alla olevaan kytkentäkiskoon.
5. Tee aukot kaapelia varten koteloon.
6. Kulutuslaitteille on kolme 10 A piiriä. Kytkentä tapahtuu siten että polariteetin + napa kytketään sulakkeiden yläpuolelle ja - napa kytketään alla olevaan kytkentäkiskoon. Kun kytkennät on tehty, kytke akkukaapeli akkuun ja aseta pääkytkin sekä automaattisulakkeet on-asentoon. Laitteille tulee nyt virtaa.



- + napa laitteille kytketään sulakkeiden yläosaan
- + napa akulta pääkytkimen yläosaan
- Akkukaapeli kytketään suoraan akkupankkiin
- Kytkin ja sulakkeet yhdistetään alaosasta liittinrimalla
- - napa akulta ja laitteille kytketään alaosan kytkentäkiskoon.

Puh: 010 666 7696
 Fax: 010 666 7699

info@swenergia.fi
www.swenergia.fi

Rev08 27-03-2017

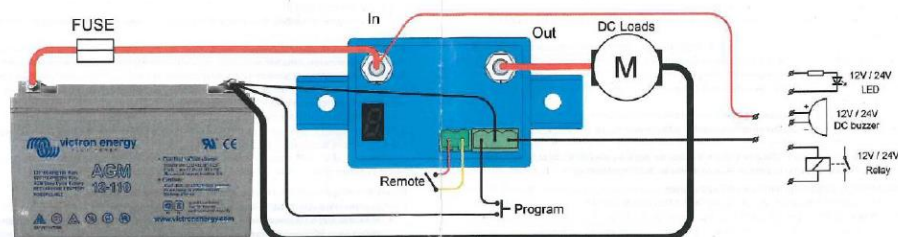


Figure 1: Connection diagram of the BP-65

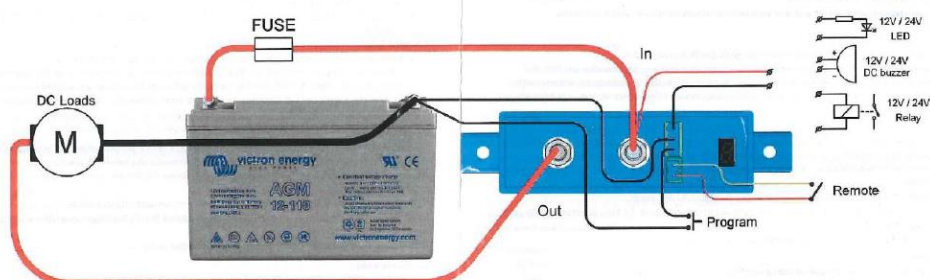


Figure 2: Connection diagram of the BP-100 and BP-220

- 1.1 ALARM
- 1.2 GND
- 1.3 PROG
- 2.1 REMOTE (remote switch can also be connected between pin 2.1 and battery plus)
- 2.2 REMOTE + (protected against short circuit with internal 10kΩ series resistor)

Figure 3: Connectors and pin numbering

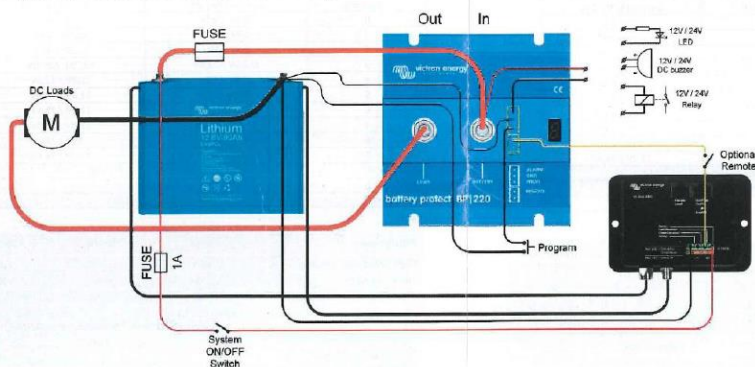


Figure 4: System with Li-ion battery

Note: The BP will disengage when its control input becomes free floating. If the battery voltage recovers after disconnecting (which will happen when no other loads are connected to the battery), the output of the Ve.Bus BMS will become high and the BP will re-engage after 30 seconds. After 3 attempts to re-engage, the BP will remain disengaged until battery voltage has increased to more than 13V (resp. 26V) during at least 30 seconds (which is a sign that the battery is being recharged). The under voltage thresholds and alarm output of the BP are inactive in this mode.

Victron Energy B.V. / De Paal 35 / 1351 JG ALMERE / The Netherlands
Phone: (+31) (0)36 535 97 00 / Fax: (+31) (0)36 535 97 40 / www.victronenergy.com / e-mail: sales@victronenergy.com

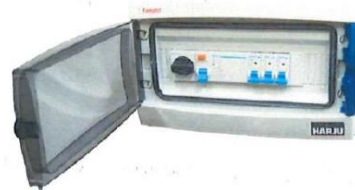


asennusvalmis ryhmäkeskus 93948

- Pinta-asennettava.
- Helppo asentaa, soveltuu sekä sisälle että ulos.
- Mahdollisuus lisätä helposti komponentteja (varatila 2 moduulia).
- Käyttötarkoitus: esimerkiksi autotallit, piharakennukset ja mökit.
- Valmistettu Suomessa.

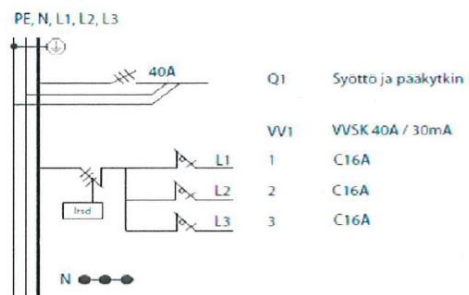
Tekniset tiedot:

- Kotelointiluokka IP65
- Iskunkestävyys IK08
- Nimellisvirta 40 A
- Suojaeristetty 2-luokka
- Lämpötila-alue alhaalla ja ylhäällä
- Mitat: 217x307x105 mm

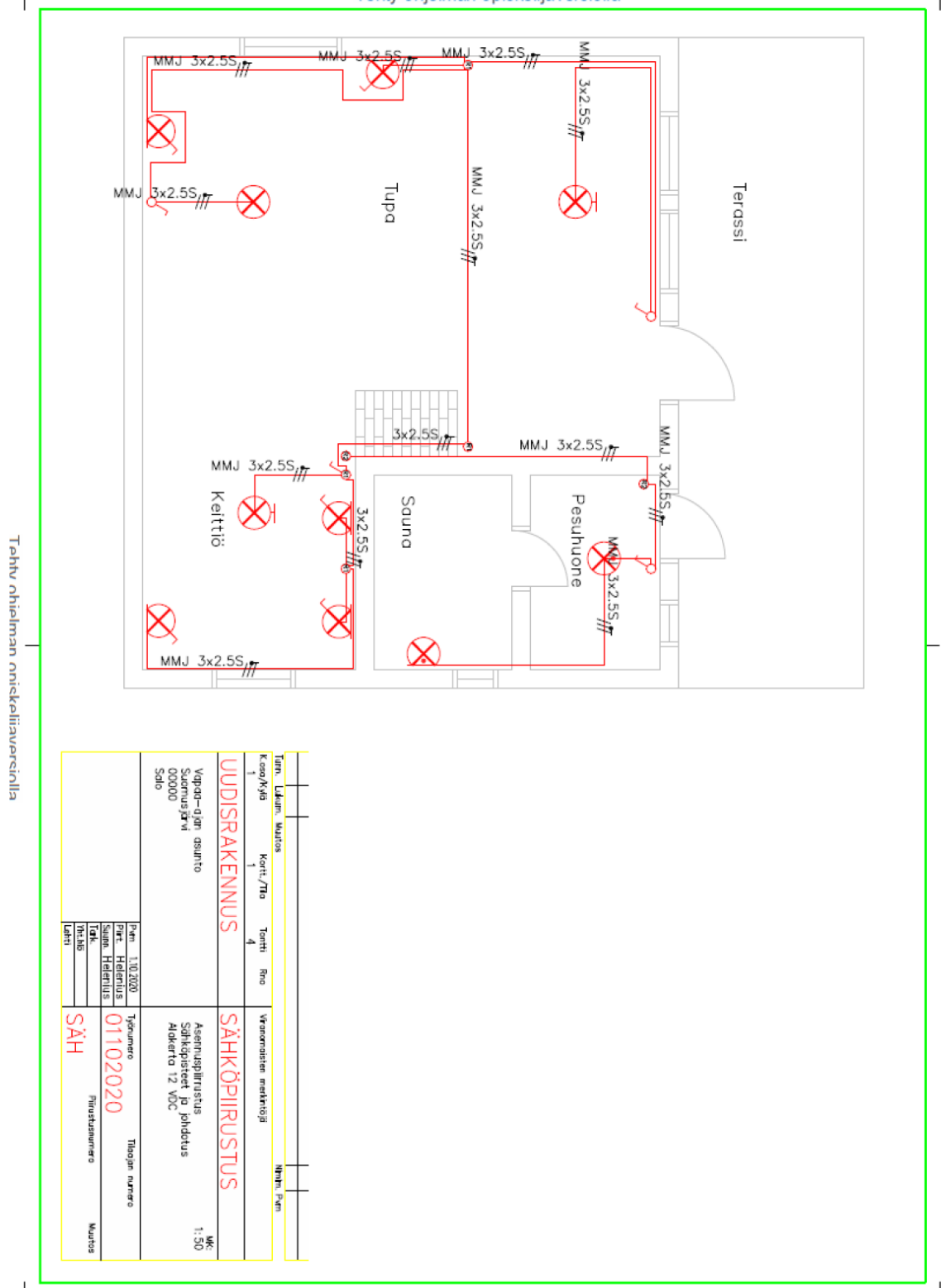


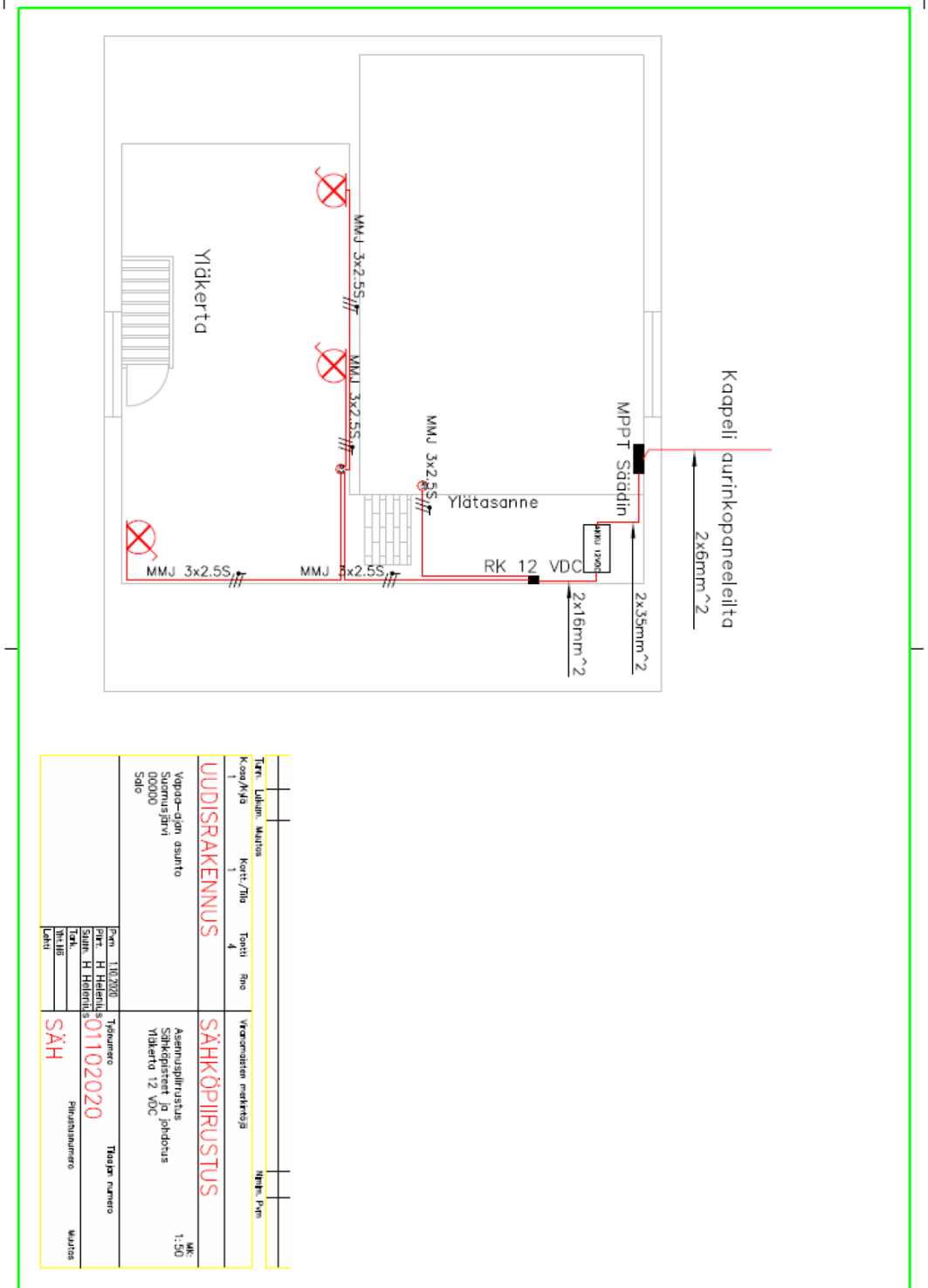
Keskuskomponentit:

- Pääkytkin 40A, 3-napainen
- Vikavirtasuojakytkin 4-napainen 40A/30 mA, jonka takana 3 kpl johdonsuojakattaisijoita C16 A
- N- ja PE-kisko.

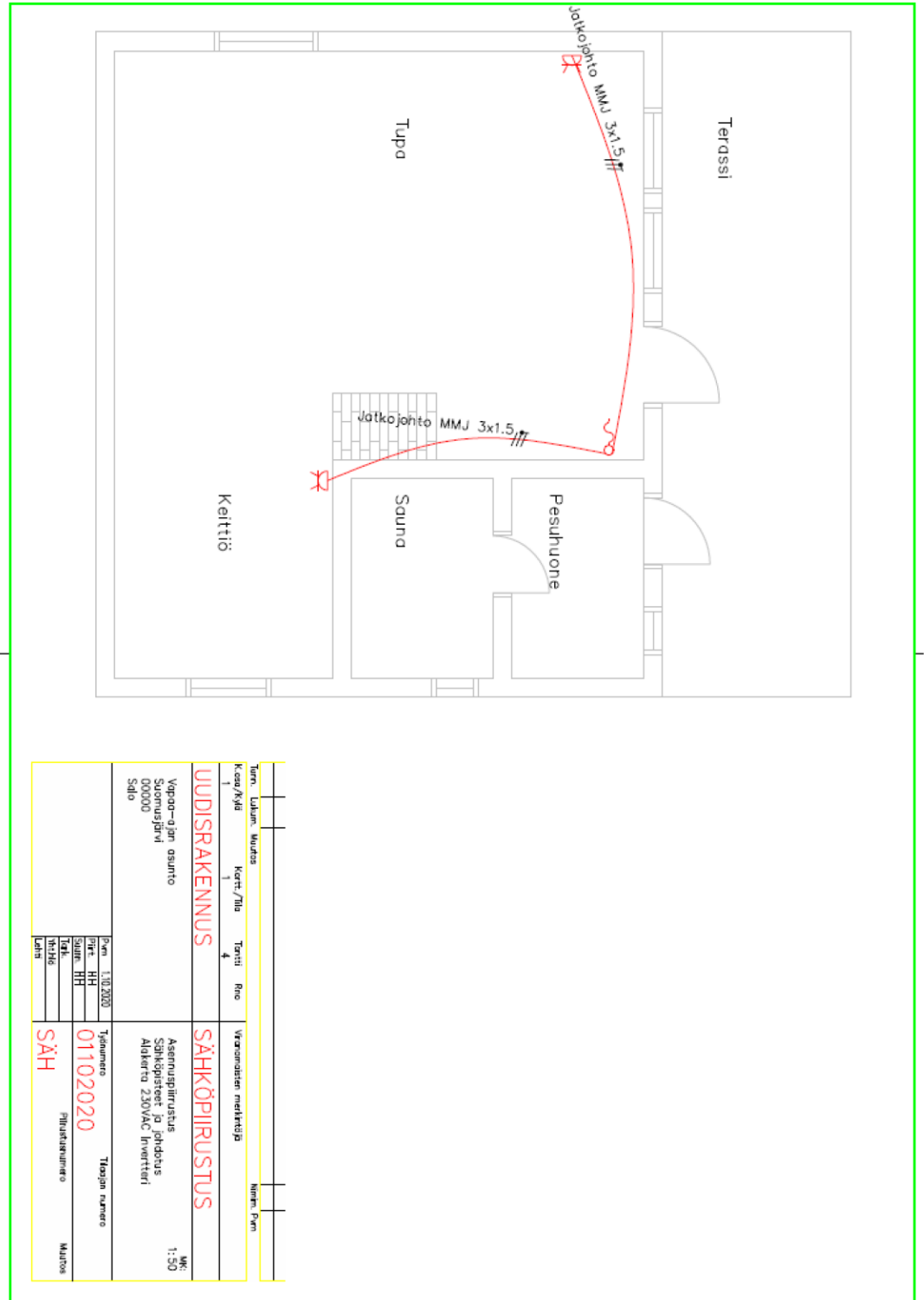


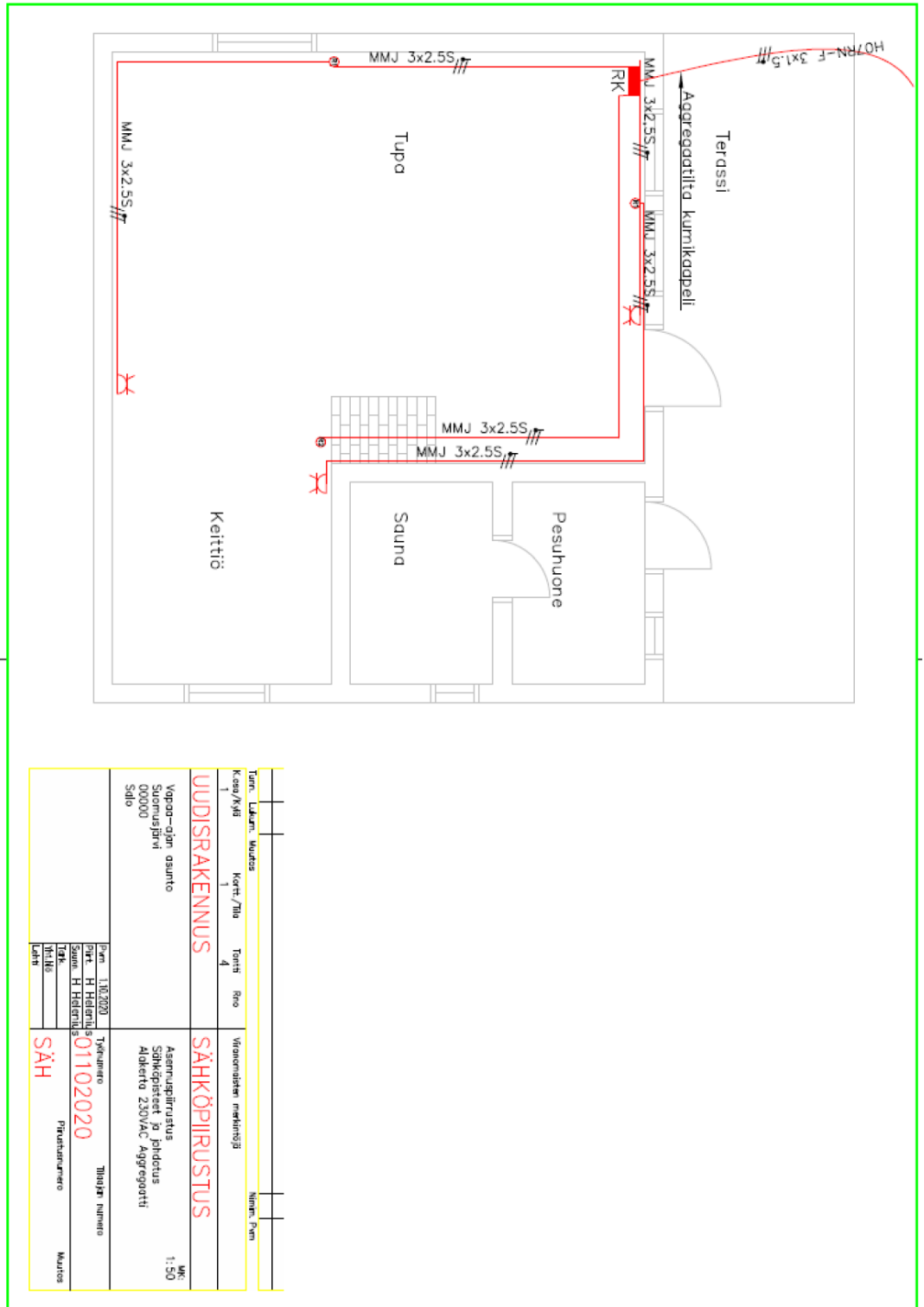
Valmistuttaja:
Kauppahuone Harju Oy
Myllypuronkatu 30
33330 Tampere



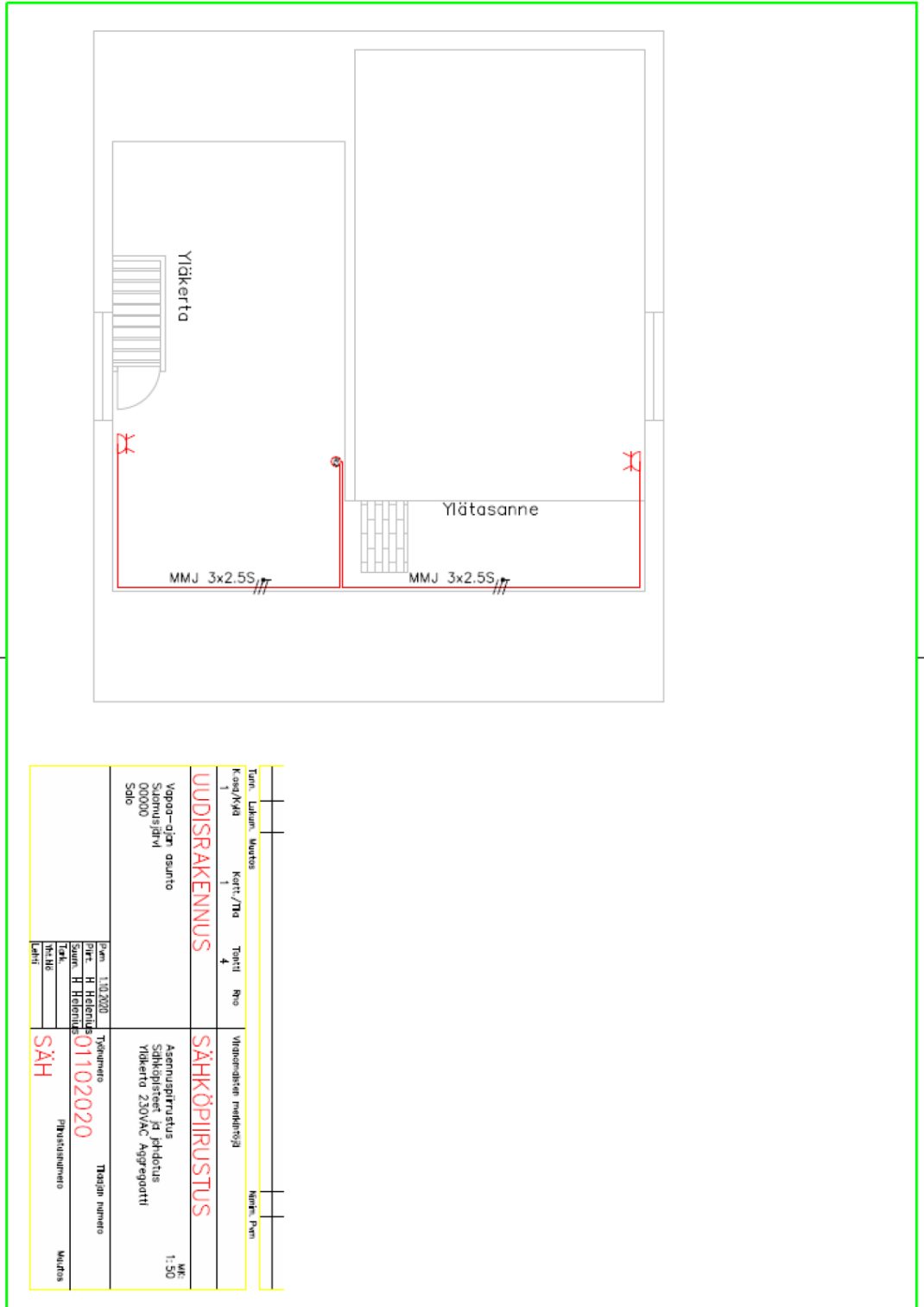


Talon Lohkon Muutos	Kerros/Tila	Tontti	Sivu	Yleinen merkitys	Maan. Pvm
1	1	4			
UUDISRAKENNUS				SÄHKÖPIIRUSTUS	Ma: 1:50
Vapaa-ajan asunto Suunnitelma 00000 Salo				Asennuspiirustus Sähköpiirit ja johdotus Yläkerta 12 VDC	
Pien. 1/10/2018		Talonno.		Talonno.	
Suun. H. Heikkinen		01102020		Pilausnumero	
Tark. H. Heikkinen		SÄH		Muutos	
Yll. J.B.					
Lähtö					





Tunnus	Uudisrakennus	Sähköpiirustus
Kerros/Alue	Kerros/Alue	Kerros/Alue
1	1	4
UUDISRAKENNUS		SÄHKÖPIIRUSTUS
Vapaa-ajan asunto Suomusjärvi 00000 Salo		Asennuspiirustus Sähköpiiret ja johdotus Aluekohta 230VAC Aggregaatti
Päivä	1.10.2020	Tekijä
Projektin johtaja	H. Heikkinen	01102020
Tekijä	H. Heikkinen	
Yhteyshenkilö		
Lahti		SÄH
		Projektiluku
		Muutos



Tunnus	Lukuma	Muutos	Kartti	Määr.	Toteut.	Riipp.	Muutosten mallitunnus	Kartti	Pvm
1				1		4			
UUDISRAKENNUS							SÄHKÖPIIRUSTUS		
Vapaan-ajan asunto Suomenkaty 1 00000 Suola							Asennuspiirustus Sähköpiirustus ja johdotus Yläkerta 230VAC Aikajonotit		
Pvm: 1.10.2020							Tilaajan numero		
Piir: H. Helenius							01102020		
Suor: H. Helenius							Pihatuusnumero		
Teh: Hie							SÄH		
Latti:							Määrös		

A muutos		D muutos	
B muutos		E muutos	
C muutos		F muutos	
S		11	
R		12	
P		13	
O		14	
N		15	
M		16	
L		17	
K		18	
J		19	
H		20	
G		21	
F		22	
E		23	
D		24	
C		25	
B		26	
A		27	
		28	
		29	
		30	
		31	
		32	
		33	
		34	
		35	
		36	
		37	

RHYHMÄ	OSOITE	TUNNUS	JOHDOTUS	KVA/KW	A / A	HUOM.
	Lititehdikopelli Aggregaatilla		LINEAX (H07RN-F) 3x1,5			
R1	Aikertta pistosasiyryhmiä 2 kW		MMU 3x2,5 S Ecq		C8	R1+R2 Max. 3 kW
R2	Yläkerta pistosasiyryhmiä 2 kW		MMU 3x2,5 S Ecq		C8	R1+R2 Max. 3 kW
	Vaerialla				C8	
	Invertterin määrittämis		PEN			

Vapaa-ajan asunto	Suunnitelman numero	Kokonaissuunnitelman numero	SBK-kohtainen numero	Yhtymän numero
00000	00000	2/2	SAH	01102020
Salo				

Suunnitelman nimi	7/19.12.2020	Kokonaissuunnitelman numero	2/2	Yhtymän numero	01102020
SBK-kohtainen numero		SAH			

