

Jere Lehtonen

VAPAA-AJAN ASUNNON SÄHKÖSANEERAUS JA
AURINKOENERGIAN HYÖDYNTÄMINEN

Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma
2018

VAPAA-AJAN ASUNNON SÄHKÖSANEERAUS JA AURINKOENERGIAN HYÖDYNTÄMINEN

Lehtonen, Jere
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma
Huhtikuu 2018
Ohjaaja: Ylinen, Marko
Sivumäärä: 30
Liitteitä: 12

Asiasanat: sähkösuunnittelu, saneeraus, aurinkosähkö, vapaa-ajan asunto

Tämän opinnäytetyön aiheena on sähkösuunnitelman laatiminen Porissa sijaitsevaan vapaa-ajan asuntoon. Työssä perehdytään sähkösuunnitteluun, sekä sähköasennuksia koskeviin uusimpiin määräyksiin. Lähtökohtana suunnittelulle oli 1970 vuonna rakennettu n. 90 m² yksikerroksinen sähkölämmitteinen mökki. Sähkösuunnitelma toteutetaan käyttämällä uusimpia sähkömääräyksiä. Sähkösuunnitelman dokumentteihin kuuluvat tasopiirustukset, keskuskaaviot, lämmitinluettelo, valaisinluettelo, piirustusluettelo sekä aurinkosähköpiirustukset. Tämän opinnäytetyön tuloksena tuotettiin vaaditut dokumentit, joiden perusteella voidaan kohteen sähkösaneerauksen asennukset toteuttaa.

ELECTRICAL RENOVATION OF THE SECONDARY RESIDENCE AND UTILIZATION OF SOLAR ENERGY

Lehtonen, Jere

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Electric and Automation Engineering

April 2018

Supervisor: Ylinen, Marko

Number of pages: 30

Appendices: 12

Keywords: Electrical engineering, renovation, solar electricity, secondary residence

The purpose of this thesis was to conduct an electrical plan for a secondary residence in Pori. Thesis focuses on the electrical design and the latest regulations on electrical installations. The base for planning was the 1970s built approximately 90 m² electric-heated cottage with one floor. Electrical plan must be implemented using the latest electrical installation orders. The documents of this thesis include the electrical drawings, switchboard schemes, heater fixture list, light fixture list, drawing list and solar electricity drawings. In the result of this thesis necessary documents were produced and electrical renovation installations can be carried out with it.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	SÄHKÖSUUNNITELMA	6
2.1	Vanhat sähköasennukset	6
2.2	Sähköstepiirustus	6
2.3	Johdotuspiirustus.....	8
2.4	Lämmityspiirustus.....	9
2.5	Keskuskaavio	9
2.6	Maadoituskaavio	10
2.7	Paloilmoitinjärjestelmä	11
3	SÄHKÖTEKNISET LASKELMAT	12
3.1	Sähköliittymän mitoitus	12
3.2	Syötön automaattinen poiskytkentä	13
3.3	Jännitteenalenema	18
4	AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU	19
4.1	Aurinkopaneeli.....	19
4.2	Muut laitteet	19
4.3	Aurinkosähköjärjestelmän rakenne.....	20
4.4	Järjestelmän mitoittaminen	21
4.5	Sijoittaminen	26
4.6	Kannattavuus.....	27
5	LUETTELOT JA SÄHKÖTYÖSELITYS.....	28
5.1	Piirustusluettelo.....	28
5.2	Valaisinluettelo	28
5.3	Lämmitinluettelo.....	29
5.4	Sähkötyöselitys	29
6	YHTEENVETO	30
	LÄHTEET.....	31
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia toimiva sähkösuunnitelma sähkölämmitteeseen vajaa-ajan asuntoon ja perehtyä aurinkosähkön hyödyntämiseen osana sähköjärjestelmää. Suunnittelun lähtökohtana oli kohteeseen tehtävän saneerauksen yhteydessä tehtävä sähkösaneeraus ja samalla sähköistyksen päivittäminen voimassa olevien määräysten ja asetusten mukaiseksi. Sähköasennuksia suunniteltaessa kohteeseen otettiin huomioon asiakkaan toiveet ja tarpeet, joiden avulla toteutettiin sähkösuunnitelma. Opinnäytetyön aiheeksi rajattiin aurinkosähköjärjestelmän rakenne ja suunnittelu sekä sähkösuunnittelu, johon kuului myös sähkötekniset laskelmat, joilla varmistuttiin jo olemassa olevan liittymän pääsulakkeiden olevan sopivat myös sähkösaneerauksessa tehtävien sähköistys uudistuksien jälkeen. Tämän kohteen sähköistys toteutetaan käyttämällä vain pääkeskusta, joka on sijoitettu rakennuksen ulkoseinustalle. Kohteessa on lisäksi erillinen myöhemmin rakennettu saunarakennus, jossa sijaitsee oma ryhmäkeskus, mutta saunarakennus ei kuulu tähän saneeraukseen. Työssä hyödynnetään uusimpia suunnitteluohjelmistoja, joilla pystytään toteuttamaan hyvin koko sähkösuunnittelu. Pohjakuva tehdään CADS House-ohjelmistolla ja tasopiirustukset tehdään CADS Electric-ohjelmistolla.

2 SÄHKÖSUUNNITELMA

2.1 Vanhat sähköasennukset

Ennen varsinaisen suunnitelman aloittamista perehdyttiin kohteeseen tarkemmin. Kyseinen Porissa sijaitseva yksikerroksinen n.90 m² vapaa-ajan asunto, joka on rakennettu 1970-luvulla, jonka sähköistyksestä ei ole dokumentoituna yhtään sähköpiirustuksia. Vuosien saatossa lisääntynyt sähköntarve ja rakennuksen lisäsiivekkeen rakentamisen yhteydessä tehtyjen muutosten ja lisäyksien sähköuudistuksien sähköpiirustusten puuttuminen hankaloittaa tilanteen kartoittamista. Vanhoista ryhmyksistä ja kaapeloinneista ei juurikaan ole mahdollista hyödyntää edes niitä hyväkuntoisia osuuksia, jotka ovat nykyisten standardien mukaisia. Nykyisiä standardeja vastaavien johdotusten ja kytkentöjen selvittämiseen kuluisi niin paljon aikaa, että katsottiin järkevämmäksi uusia kaikki.

2.2 Sähköpisteiirustus

Sähkösuunnitelman aloitus vaiheessa ensimmäisenä tehtiin sähköpisteiirustus, jossa esitetään kiinteistön kaikki suunnitellut sähköpisteet ilman niiden johdotuksia ja ryhmämerkintöjä. Sähköpisteiirustusta tehdessä on hyvä tuntea suunniteltava kohde, koska sähköpisteiden sijoittamisessa on otettava huomioon tilojen käyttö tarkoitus ja sitä kautta otettava huomioon sähköpisteiden käytettävyys. Erityisesti on kiinnitettävä huomiota siihen, että sijoitettavat pistorasiat, kytkimet ja valasimet eivät jää ovien tai kalusteiden taakse niin, että ne eivät ole hyvin käytettävissä. Sähköpisteet on mahdollista tehdä joko pinta- tai uppoasennuksena. (Tiainen 2017, 187.) Sähkösuunnitelmaa tehtäessä oli tiedossa, että kaikki sähköistys tullaan uusimaa, mutta vielä ei ollut täyttä varmuutta tullaanko myös väliseinät aukaisemaan. Ulkoseinustojen eristys tullaan uusimaan, joten päädyttiin tekemään suunnitelmaan sähköasennukset uppoasennuksena, jos väliseiniä ei saneerauksessa aukaista, tullaan niihin kohdistuvat sähköasennukset tekemään käyttämällä johtolistoja. Sähköpisteiirustus on esitettyä liitteessä 1.

Vapaa-ajan asunnoissa sähköverkkoon liitetään sähkölaitteita kiinteästi ja pistorasioilla. Kiinteästi sähköverkkoon liitettäviä sähkölaitteita ovat esimerkiksi kiuas ja liesi.

Pistorasioiden sijoittamisessa on hyvä miettiä tilan käyttötarkoitusta ja asukkaiden käyttötarpeita usein ongelmana on, että niitä on liian vähän tai ne sijaitsevat väärällä korkeudella tai väärissä paikoissa. Voidaankin ajatella enemmän liian paljon kuin liian vähän, jotta välttyttäisiin jatkojohtojen ja haaroittimien ylimääräiseltä käytöltä. Asukkaiden tulisikin osata itse arvioida omien tarpeidensa mukaan tarvittava pistorasioiden määrä. Pistorasioiden sijoittamisessa on hyvä myös huomioida huonekalujen sijoittamiset ja mahdollisesti tulevaisuudessa huone järjestys saattaa muuttua. Pistorasioiden määrää suunniteltaessa voidaan keittiön kohdalla lähtökohtana pitää, että pistorasioita olisi varattuna keittiön jokaista pistotulppaliitäntäistä laitetta kohden, jotta voitaisiin välttyä jatkuvalta tulppien irrottelulta. (Sähköopas www-sivut 2018.)

Sähkösuunnitelmassa pistorasian asentaminen jääkapille tehdään, sijoittamalla pistorasia jääkaapin yläpuolelle niin, että sitä voi käyttää vain sähkön syöttöön jääkaapille, sitä ei tarvitse suojata vikavirtasuojalla, koska vikavirtasuojaus voidaan jättää pois pistorasioista jotka syöttävät määrättyä erityistä laitetta, jonka sähkösyötön katkeaminen voi aiheuttaa suurta haittaa. Lisäksi astianpesukoneelle sijoitetaan omapistorasiansa sen lähettyville allaskaappiin. Tiettyjen yksittäisten laitteiden sähkösyöttöön asennettujen pistorasioiden, joita ei ole lisäsuojattu vikavirtasuojalla, tulee sijaita niin, että sen luokse helposti pääseminen ei ole mahdollista laitteen ollessa paikoillaan. Tällaisten pistorasioiden asennuksesta tulee käydä selkeästi niiden käyttötarkoitus ilmi, mutta jos näin ei ole tulee pistorasian yhteydessä käyttää opaskilpeä, joka kertoo selkeästi mille laitteelle kyseinen pistorasia on tarkoitettu. (Tiainen 2017,113; Tiainen 2013, 88.)

Valaistuspisteitä suunniteltaessa on huomioitava ensimmäisenä tilan käyttötarkoitus ja sen pohjalta tilan asettamat vaatimukset. Sisätiloissa valaistuspisteet tulee sijoittaa niin, että koko tilassa on hyvä ja riittävä valaistus. Valaistuksella pyritään luomaan viihtymisen ja näkemisen suhteen mahdollisimman mukavat ja hyvät olosuhteet. Valaistuksen ohjaukseen käytettävät kytkimet on sijoitettava siten, että niiden käyttö on esteetöntä ja helppoa, kun tullaan ja poistutaan huoneesta. (AMK www-sivut 2018.) Sähkösuunnitelmaa tehtäessä ei ollut tiedossa käyttöön tulevia kattovalaisimia, joten päädyttiin niiden osalta lisäämään suunnitelmaan valaisinpistorasiat.

2.3 Johdotuspiirustus

Johdotuspiirustus on yksi kiinteistön sähköjärjestelmien tärkeimmistä osista ja sen suunnittelussa ja toteutuksessa on erittäin tärkeää tietää ja tuntea kiinteistö. Lisäksi on tunnettava kiinteistöissä käytettävät ja asennettavat sähkökytkennät, kuten valaistuskennät. Johdotukseen tulee merkitä sähköpisteiden sijainti, käytettävien johtimien lukumäärä ja johtimien koko. Lisäksi piirustukseen tulee myös merkitä valaistus- ja pistorasiaryhmät. Suunnitteluvaiheessa ryhmittelyä tehtäessä voidaan ajatella enintään kymmenen kulutuspiirteen yleisohjetta, joten saman sulakkeen perään voidaan kytkeä noin kymmenen kulutuspiirteitä. Ryhmittelyssä tulee pyrkiä kuorman jakamiseen mahdollisimman tasaisesti kolmen vaiheen kesken. (Tiainen 2017; AMK www-sivut 2018.)

Ensimmäisenä vaiheena johdotuspiirustuksen suunnittelussa on harkittava, millä tavalla kaapelit asennetaan. Kaapeleiden asennustapoja ovat pinta- tai uppoasennus, joiden erivaihtoehtoja ovat esimerkiksi putketon pinta- tai uppoasennus sekä putkitettu uppoasennus. Lisäksi vaihtoehtoina on monet erilaiset johtokanavat ja sähkölistajärjestelmät. Uppoasennuksissa useasti suositaan putkitettua asennusta, koska se mahdollistaa johtimien lisäämisen putkeen tai viallisten johtimien korvaamisen uusilla. Johdotuksen suunnittelussa tulee myös pyrkiä käyttämään mahdollisimman lyhyitä kaapelivetoja, koska kaapelit ovat kalliita ja mitä pidempi kaapelin veto on sitä suuremmaksi jännitteen alenema kasvaa. Liian pitkä kaapeli voi myös aiheuttaa tilanteen, jossa syötön automaattisen poiskytkennän ehdot eivät enää toteudu. (Tiainen 2017, 194 - 197; Tiainen 2013, 177 - 178.)

Asennukset olivat suunnittelun alkuvaiheessa päätetty tehdä uppoasennuksena, joten päädyttiin johdotuksessa käyttämään putkellista uppoasennustapaa. Kaapeleina käytetään Drakan mmj asennuskaapeleita. Tämän kohteen johdotuspiirustus on esitetty liitteessä 2.

2.4 Lämmityspiirustus

Kiinteistön kaikki suunnitellut lämmityselementit, anturit, termostaatit, lämmityspatterit ja niiden ryhmitykset ja johdotukset esitetään lämmityspiirustuksessa. Lämmityspiirustukseen merkittiin myös erilämmityselementtien tehot ja muut yksityiskohtaiset tiedot. Lämmitysryhmiä suunniteltaessa on myös kiinnitettävä erityistä huomiota kuormituksen jakamiseen tasaisesti eri vaiheiden kesken, koska se on iso osa kokonaissähkökulutuksesta kiinteistöissä ja täten saadaan kuormitettua kaikkia kolmea vaihetta symmetrisesti.

Sähkölämmityksen asentaminen on lämmitysmuodoista yksi edullisimmista ja yksinkertaisimmista ja on siksi yleinen juuri vapaa-ajan asunnoissa. Vapaa-ajan asunnot ovat usein vain osan vuodesta aktiivisessa käytössä ja tämän vuoksi niiden lämmitysmuodoksi soveltuu erittäin hyvin suora sähkölämmitys. Suora sähkölämmitys voi olla lattia-, katto- tai sähköpatterilämmitys tai niiden yhdistelmä, joiden lisäksi usein on käytössä tulisija tai häviölämmön talteenotto. Sähköpatterilämmitys on yleisimmin käytetty sähkölämmitysratkaisu. Yleensä patterit sijoitetaan ikkunoiden alapuolelle, jossa ne poistavat myös vetoa. (Sähköopas www-sivut 2018.)

Saneerauksen yhteydessä päätettiin tähän kohteeseen uusia samalla vanhat sähköpatterit uusiin. Sähkösuunnitelmaan tehtiin lämmityspiirustus suunnitelma suoralla sähkölämmityksellä. Kohteeseen on jo viime vuosina asennettu pattereiden tueksi ilmalämpöpumppu, joka on vielä erittäin hyvä kuntoinen ja toimiva, joten se päätetään jättää edelleen tukemaan sähkölämmitystä. Lämmityspiirustus kohteesta on esitetty liitteessä 3.

2.5 Keskuskaavio

Keskuskaaviosta tulee löytyä keskuksen perustiedot ja siihen liitetyt kaapelit. Keskuskaaviossa esitetään myös keskuksen komponentit, joita ovat esimerkiksi energiankulutusmittari, pääkytkin, suojalaitteet kuten johdonsuojakatkaisija, kontaktorit riviliittimet ja merkkivalot. Keskuskaaviossa esitetään suojalaitteiden tyypit ja koot, johtolähtöjen kaapelit ja osoitteet. (Tiainen 2017, 190.)

Keskuskaavion suunnitteluvaiheessa tulee varmistaa ryhmälähtöjen oikeanlainen suojaus. Lisäsuojauksena käytettävä vikavirtasuojaus tulee olla pistorasioita syöttävissä piireissä, poikkeuksia lukuun ottamatta sekä nykymääräysten mukaan vikavirtasuojaus on oltava myös asuinrakennusten valaistusryhmiä syöttävissä piireissä. (Tiainen 2017, 113.)

Keskuskaavio on tärkeä osa sähkösuunnitelmaa ja rakennuksen dokumentaatiota, koska sen avulla on mahdollista laitteistojen sujuva käyttö ja vianetsintä vika tilanteissa. Keskuskaavion on myös syytä olla ajan tasalla, jotta siitä voidaan todeta suunnitelman ja käytettyjen kytkentöjen vastaavuus. Keskuskaaviota käytetään myös käyttöönottotarkastuksen yhteydessä, jotta saadaan selvitettyä käytetyt suojalaitteet ja kaapelit sekä niiden paikkansa pitävyys asennusten ja suunnitelmien suhteen. (Tiainen 2017, 342-360.)

Sähkösaneerausta suunniteltaessa ei ollut vielä varmuutta tullaanko pääkeskus vaihtamaan kokonaan uuteen vai tullaanko kaikki muutokset tekemään vanhaan keskukseen. Pääkeskuksen suunniteltu keskuskaavio on esitetty liitteessä 4.

2.6 Maadoituskaavio

Sähköturvallisuuden kannalta erittäin tärkeässä asemassa sähkölaitteistoa ovat maadoitukset ja potentiaalintasaukset. Maadoitusten päätarkoituksena on rajoittaa vikatapauksissa ilmeneviä askel- ja kosketusjännitteitä. Varsinaisen maadoituselektrodin ohella kiinteistöjen maadoituksiin liittyy myös potentiaalintasausjärjestelmä. Maadoituksen tehtävä on myös vaarallisten jännitteiden siirtyminen eri järjestelmien välillä, Estää vaarallisten kipinöiden, vuotovirtojen ja valokaarien syntyminen sekä luoda toimintaedellytykset maasulku- ja vikasuojauksille. Lisämaadoituksilla ja potentiaalintasauksilla voidaan myös parantaa järjestelmän käyttö ja häiriösuojausta. (Tiainen 2017, 287; Tiainen 2013, 101.)

Kiinteistön maadoitus- ja potentiaalintasauskytkennät esitetään maadoituskaaviossa. Maadoituskaaviossa esitetään käytetyt maadoitusmenetelmät. Pääkeskuksessa

keskuksen PEN-kisko yhdistetään pääpotentiaalintasauskiskoon kytkemällä ne yhteen, johon kytketään maadoitus- ja potentiaalintasaus johtimet. (Tiainen 2013, 102-112.) Sähkösuunnitelman maadoituskaavio on esitetty liitteessä 5.

2.7 Paloilmoitinjärjestelmä

Paloilmoitinjärjestelmää suunniteltaessa on huomioitava säädöksiä ja määräyksiä palovaroittimien asentamisesta, jonka mukaan kiinteistöissä on oltava palovaroitin jokaista huoneistoalan alkavaa 60 m² kohden ja ne ovat asennettava niin, että ne reagoivat tulipalosta aiheutuneeseen savuun riittävän aikaisessa vaiheessa. Suunnitelmaa tehtäessä tulee huoneistoalan lisäksi huomioida turvattavan tilan erityistä syttymisvaaraa aiheuttavat toiminnot ja tilan muoto, kun suunnitellaan palovaroittimien sijoittamista ja määrää. Paloilmaisimien suunnittelussa tulee myös huomioida hälytysäänen kuuluvuus kiinteistön kaikkiin osiin, joissa yleisesti ottaen oleskellaan. (ST 662.50 2018, 2; Tiainen 2017, 75.)

Paloilmoitinjärjestelmää valittaessa on huomioitava määräysten mukaisuus, kun kyseessä on uudisrakentaminen tai korjausrakentaminen, jolloin tietyissä tilanteissa paloilmaisimien asennuksessa vaaditaan niiden kytkeminen sähköverkkoon. Määräys koskee asuinrakennuksia, joille on haettu rakennus lupaa 1.2.2009 tai sen jälkeen. Määräykset koskevat myös vapaa-ajan asuntoja, jotka täyttävät säädöksessä mainittavat vaatimukset. (Tukes [www-sivut](http://www.tukes.fi) 2018; ST 662.50 2018, 2-4.) Tässä tapauksessa oli kyseessä vain saneeraus, jossa ei tulla tekemään laajennuksia, joten paloilmaisimien kytkemistä sähköverkkoon ei vaadita. Paloilmaisimiksi päädyttiin valitsemaan paristokäyttöinen optinen palovaroitin, joita tulla sijoittamaan tupaan ja makuhuoneisiin.

3 SÄHKÖTEKNISET LASKELMAT

3.1 Sähköliittymän mitoitus

Rakennusten sähkösuunnitelman tärkeimpiä asioita on sähköliittymän mitoittaminen. Ylimoitettuna sähköliittymä aiheuttaa rakennusvaiheessa ylimääräisiä kustannuksia, kun taas alimitoitettuna se rajoittaa rakennuksen käyttöä. Suunnitteluvaiheessa on hyvä ajatella tulevaisuutta ja pyrkiä mitoittamaan sähköliittymä niin, että se on riittävän suuri tulevaisuuden tarpeille, mutta ei kuitenkaan olisi liian suuri. Liittymän ylimitoittaminen on tarpeetonta ja ei olisi taloudellisesti kannattavaa. (ST kortti 13.31 2018, 1.)

Sähköliittymän mitoituksessa on ensimmäisenä selvitettävä kiinteistön huippukuormitus, jonka avulla saadaan laskettua kuormitusvirta, jonka perusteella määräytyvät pääsulakkeet. Asunto on varuste suoralla sähkölämmityksellä, joten sen huippukuormitus saadaan laskettua kaavalla 1. (ST kortti 13.31 2017.)

Kaava 1

$$P_h = P_{koje} + P_{valaistus} + P_{kev} + P_{hlam} + P_{alam} + P_{lvv}$$

jossa

P_{koje}	on 3 kW
$P_{valaistus}$	on $10\text{W/m}^2 * A_{huoneisto}$ (valaistuskorma)
P_{kev}	on Kiukaan vuorottelematon osa nimellistehosta
P_{hlam}	on Sähkölämmityksen yhteenlaskettu nimellisteho
P_{alam}	on Autolämmityksen teho
P_{lvv}	on Lämminvesivaraajan teho

$$P_h = 3\text{kW} + 0,9\text{kW} + 0\text{kW} + 8,5\text{kW} + 0\text{kW} + 0\text{kW} = 12,4\text{kW}$$

Huippukuormituksen tehon laskemisen jälkeen, voidaan sen avulla laskea kuormitusvirta, jonka mukaan liittymän pääsulakkeiden koko voidaan valita. Virta saadaan laskettua käyttämällä kolmivaihetehon kaavaa 2.

Kaava 2

$$P = \sqrt{3} * U * I * \cos\varphi$$

jossa

P	on verkosta otettava pätöteho
U	on pääjännite
I	on vaihevirta
$\cos\varphi$	on tehokerroin

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos\varphi} = \frac{12,4kW}{\sqrt{3} * 400V * 0,95} = 18,84 A$$

Koska tarkkaa tehokerrointa ei ole tiedossa, joten voidaan arvioida kaavaan $2 \cos \varphi = 0,95$. Kun ratkaistaan kaavasta virta kääntämällä kaava muotoon. Laskujen perusteella saadaan vaihevirralle arvoksi noin 19 A, josta voidaan päätellä liittymän pääsulakkeiden kooksi 25 A. Koska kyseessä on saneeraus kohde, voidaan laskelmien perusteella todeta jo olemassa olevan pääkeskuksen pääsulakkeiden olevan oikean kokoiset myös saneerauksessa tehtävien sähköistys uudistusten jälkeen.

Seuraavana sähköliittymän mitoituksessa tulee valita pääsulakkeiden mukaan sopiva syöttökaapeli. Jakeluverkkoon liittyminen tapahtuu liittymisjohdolla, joka voi olla maakaapeli tai ilmajohto. Liittymisjohdolla kiinteistön sähköverkko liitetään jakeluverkkoon. (Tiainen 2013, 48.)

3.2 Syötön automaattinen poiskytkentä

Syötön automaattinen poiskytkentä on yleisimmin asennuksissa käytetty vikasuojausmenetelmä. Suojausmenetelmän päätarkoituksena on estää ihmisiä tai eläimiä joutumasta kosketuksiin eristysvian aiheuttaman vaarallisen kosketusjännitteen kanssa niin kauan, että siitä aiheutuisi vaaraa heille. Jotta suojausmenetelmä toimii kunnolla, on kosketusjännite ja vikavirta kytkettävä pois siihen sopivalla suojalaitteella. Syötönautomaattinen poiskytkentä on toteuduttava standardin SFS 6000 määrittelemässä ajassa. (Tiainen 2017, 84 – 85.)

Syötön automaattisen poiskytkennän toimivuus voidaan tarkastaa mittaamalla pienin oikosulkuvirta suojajohtimen ja vaiheen välisessä viassa. Vaihtoehtoisesti syötön automaattisen poiskytkennän toiminta voidaan tarkastaa suunnitteludokumentteihin kuuluvista suojauslaskelmista ja todeta asennuksen vastaavan suojalaitteiden ja johtopituuksien osalta suunnitelmia. Laskelmien lisäksi syötön automaattisen poiskytkennän toimivuus on syytä tarkastaa vähintään kontrollimittauksilla, jolloin voidaan varmistua tehtyjen suojalaskelmien oikeellisuudesta. (Tiainen 2017, 256.)

Sähköverkon impedanssi voidaan laskea liittymän yksivaiheisen oikosulkuvirran avulla, jonka verkko yhtiö antaa. Verkkoyhtiön antamana I_k arvo tässä kohteessa on vain 164 A.

Kaava 3

$$I_k = \frac{c * U}{\sqrt{3} * Z_t}$$

jossa

I_k	on pienin yksivaiheinen oikosulkuvirta
c	on kerroin 0,95, joka ottaa huomioon jännitealeneman su- lakeissa, johdoissa, liittimissä, kytkimissä jne.
U	on pääjännite
Z_t	on taustaverkon impedanssi

$$Z_t = \frac{c * U}{\sqrt{3} * I_k} = \frac{0,95 * 400 \text{ V}}{\sqrt{3} * 164 \text{ A}} = 1,3378 \Omega$$

Sähköverkon impedanssi saadaan laskettua, kun ratkaistaan kaavasta 3 Z_t ja sijoitetaan kaavaan tiedossa olevat arvot. Kiinteistön erillisille ryhmäkeskuksille lasketaan pääkeskuksen ja ryhmäkeskuksen välillä kulkevan nousukaapelin impedanssi. Kaapelin impedanssin laskemiseksi tulee selvittää johtimien impedanssit kaavalla 4.

Kaava 4

$$Z_{syöt} = 2 * l * z$$

jossa

Z _{syöt}	on kaapelin impedanssi
l	on kaapelin pituus kilometreinä
z	on johtimen impedanssi

Kohteessa ei tulla uusia ryhmäkeskuksia lisäämään vaan käytössä on rakennuksessa sijaitseva pääkeskus, jota käytetään ryhmien sähkön syöttöön. Kohteessa on erillinen saunarakennus, jossa on oma ryhmäkeskus. Nousukaapeli on jo asennettu eikä siihen tulla muutoksia tekemään. Laskemalla voidaan selvittää kuitenkin kyseisellä keskuk-sella vaikuttava impedanssi.

Nousukaapelin pituus on 30 metriä. Sijoittamalla yhtälöön tiedetyt arvot, saadaan las-kettua nousukaapelin impedanssi. Laskemalla yhteen nousukaapelin ja sähköverkon impedanssit kaavalla 5 saadaan selville Z_v eli saunarakennuksen ryhmäkeskuksella vaikuttavan impedanssin suuruuden.

Kaava 5

$$Z_v = Z_t + 2 * l * z = 1,3378 \Omega + 2 * 0,03 \text{ km} * 3,660 \Omega/\text{km} = 1,5574 \Omega$$

Johtimien poikkipinta A/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

Taulukko 1. Johtimien impedanssit (Tiainen 2012, 96)

Saunarakennuksen keskuksen oikosulkuvirta saadaan laskettua sijoittamalla Z_v kaavaan 3 Z_t :n tilalle, jolloin keskuksen oikosulkuvirraksi saadaan 140 A. Kohteen sähkösaneraus koskee mökki rakennusta, jossa pääkeskus sijaitsee, jolloin ei oteta huomioon saunarakennuksen keskusta vaan lasketaan pääkeskusta koskevat laskelmat käyttämällä laskettua taustaverkon impedanssia. Pääkeskuksen oikosulkuvirta on 164 A. Pienimmät sallitut oikosulkuvirrat, joilla syötön automaattinen poiskytkentä toimii vaaditussa ajassa, voidaan katsoa taulukosta 2. Kun tiedetään keskuksella vaikuttava impedanssi, suurimmat sallitut ryhmäjohtojen pituudet, joilla syötön automaattisen poiskytkennän ehdot toteutuvat saadaan laskettua käyttämällä kaavaa 6. (Tiainen 2017, 93 - 96.)

Kaava 6

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

jossa

l	on johtopituus kilometreinä
c	on kerroin 0.95
U	on pääjännite
I_k	on vaadittu oikosulkuvirta
Z_v	on impedanssi ennen suojalaitetta
z	on johtimen impedanssi

$$l = \frac{\frac{c * U}{\sqrt{3} * I_k} - Z_v}{(2 * z)} = \frac{\frac{0,95 * 400 \text{ V}}{\sqrt{3} * 50 \text{ A}} - 1,3378 \Omega}{(2 * 14,620 \Omega/\text{km})} = 0,104 \text{ km}$$

Pienimmät toimintavirrat johdonsuojakatkaisijoille ja vaaditut mitatut arvot				
Nimellisvirta	B-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo	C-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo
A	A	A	A	A
6	30	37,5	60	75
10	50	62,5	100	125
13	65	81,3	130	162,5
16	80	100	160	200
20	100	125	200	250
25	125	156,3	250	312,5
32	160	200	320	400
50	250	312,5	500	625
63	315	393,8	630	787,5
80	400	500	800	1 000
125	625	781,3	1 250	1 562,5

Taulukko 2. Pienimmät vaaditut oikosulkuvirrat johdonsuojakatkaisijoille (Tiainen 2012, 93)

Seuraavassa taulukossa on esitetty tämän kohteen suurimmat sallitut johtopituudet eri johdonsuojakatkaisijoilla. Pituudet on laskettu kaavalla 6. Ryhmäjohdoissa automaattisen poiskytkennän tulee toimia 0,4 s. Pääkeskuksen pienen oikosulkuvirran vuoksi ei C16A johdonsuojakatkaisijalla saada riittävää oikosulkuvirtaa, joten käytetään 16 A ryhmissä B16A johdonsuojakatkaisijoita. Rakennuksen pisin ryhmä oli 2.2, jonka ryhmäjohdon pituus oli 31 metriä, joten voidaan todeta automaattisen poiskytkennän edellytyksien toteutuvan.

Johdonsuoja- katkaisija	Johtimen poikkipinta	Maksimi kaapelipituus
B10A	1,5mm ²	104m
C10A	1,5mm ²	29,3m
B16A	2,5mm ²	80m
C16A	2,5mm ²	2m

Taulukko 3. Sallitut ryhmänjohto pituudet

3.3 Jännitteenalenema

Mikäli tilaajan kanssa on erikseen sovittu, tulee sähkösuunnitelmaa tehtäessä selvittää jännitteenalenema. Sähkölaitteiston liittymiskohdan ja sähkölaitteen välillä jännitteen alenema ei saisi olla suurempi kuin 4 % sen nimellisjännitteestä SFS 6000 standardin mukaan. Jännitteen alenema tulee laskea sähkölaitteen ja liityntäpisteen väliltä. (Tiainen 2013, 175-176.)

Kaava 7 Yksivaiheisella vaihtojännitteellä

$$\Delta U = I * 2 * l * (r \cos \varphi \pm x \sin \varphi)$$

Kaava 8 Kolmivaiheisella vaihtojännitteellä

$$\Delta U = I * l * \sqrt{3} * (r \cos \varphi \pm x \sin \varphi)$$

Jossa

ΔU	on jännitteenalenema voltteina (V)
I	on kuormitusvirta (A)
l	on johdon pituus (km)
r	on ominaisresistanssi (Ω/km)
x	on ominaisreaktanssi (Ω/km)
φ	on jännitteen ja virran välinen vaihdekulma

$$\begin{aligned} \Delta U &= I * 2 * l * (r \cos \varphi \pm x \sin \varphi) \\ &= 10\text{A} * 2 * 0,0311\text{km} * (14,62 * 0,95 + 0,115 * 0,31) = 8,66\text{V} \end{aligned}$$

Eri ryhmäjohtojen jännitteenalenemat lasketaan erikseen kaikilla poikkipinta-aloilla. Suunnitelman perusteella pisin 1,5 mm²:n kaapeli oli 31.1 m pitkä ja se on yksivaiheinen ryhmäjohto, joten sen jännitteenalenema saadaan laskettua kaavalla 7. Pisimmän 1,5mm²:n kaapelin jännitteen alenemaksi saatiin 8,66 V, joka on 3,77 %, joten se on suositusten mukainen. Pisin 2,5 mm²:n kaapeli oli ulkopistorasia ryhmä, jonka jännitteen alenemaksi saadaan laskettua 7,44 V, joka on 3,24 %.

4 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU

4.1 Aurinkopaneeli

Aurinkopaneelien sähkön tuotanto ja toiminta perustuvat puolijohdemateriaalien ominaisuuksiin sekä auringon säteilyyn, josta hyödynnettävä säteily pääosin on UV (ultravioletti) – NIR (lähi-infrapuna) -alueella. Maantieteellisestä sijainnista johtuen Suomen vuotuinen säteilyn määrä vaihtelee melko suuresti ja se on keskiarvoltaan Etelä-Suomessa noin 980 kWh/m², kun taas Pohjois-Suomessa säteilyn määrä on noin 750 kWh/ kWh/m². Tarkasteltaessa auringon säteilyä valosähköisessä ilmiössä se irrottaa alkuaineen, joka on useimmiten aurinkosähkön tapauksessa piin (Si) pinnalta elektroni. Aurinkopaneeli pystyy tuottamaan sähkövirtaa, kun auringosta saapuva fotoni luovuttaa energiansa elektronille ja saa sen liikkeelle, jolloin se muodostaa jännitteen kennon ylä- ja alapinnan välille. Suunniteltaessa aurinkokennoja pyritään siihen, että saataisiin tyhjennysalueelle suurin osa säteilystä, jolloin syntyy sähkövirta. Kun aurinkokennoihin lisätään kontakti, saadaan siitä elektronit talteen sekä muodostettua siitä sähkövirtaa. (ST-käsikirja 40, 9 – 11.)

Useimmiten kaupallisissa aurinkopaneeleissa käytetään yksi- tai monikiteisiä piikennoja, jotka ovat teollisesti työstetty aurinkopaneeliksi, jotka muuntavat auringonsäteilyn suoraan sähköksi. Aurinkopaneelit koostuvat kennoista, lasilevystä sekä alumiini-kehystä. Kun kytketään kennoja tarpeellinen määrä sarjaan, saadaan tuotettua tarvittava jännite. Lasilevyillä suojataan kennot päältä sekä kennot ovat neliön muotoisia ja ne asennetaan vierekkäin riveihin asennustelineisiin. (Perälä 2017, 43; Aurinkoteknillinenyhdistys WWW-sivut, 2018.)

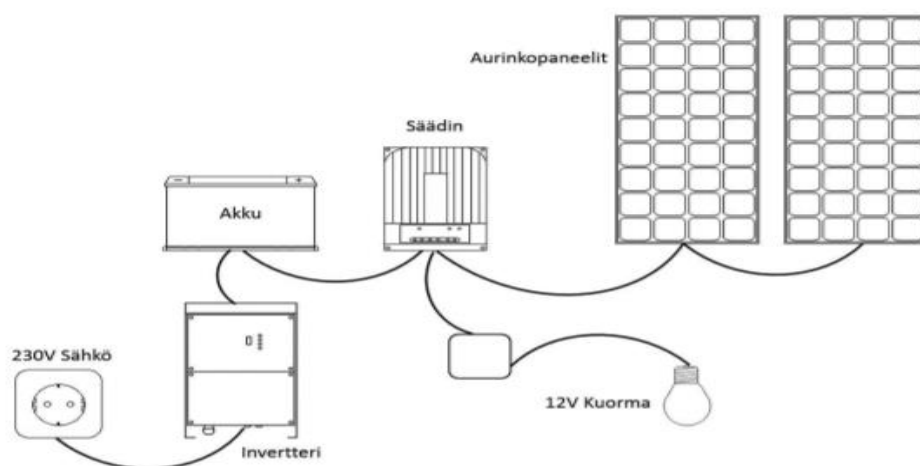
4.2 Muut laitteet

Aurinkosähköjärjestelmän laitteisiin ja järjestelmän kokoonpanoon vaikuttavia tekijöitä on hyvin paljon ja suurin on järjestelmän toteutustapa. Off-grid- ja on-grid-järjestelmien välinen ero muodostaa suurimman eron. Off-grid-järjestelmässä tuotettu sähköenergia käytetään paikallisesti tai varastoidaan myöhempää käyttöä varten akusto-oon joka muuttaa järjestelmää olennaisesti. On-grid-järjestelmässä tuotettu

sähköenergia käytetään heti mutta, jos järjestelmä tuottaa enemmän sähköä kuin paikallisesti pystytään käyttämään, ylijäämä sähköenergia myydään sähköverkkoon. Aurinkosähköjärjestelmän muita laitteita ovat esimerkiksi aurinkopaneelien telineet, invertteri, turvakytkin, liittimet, jakorasia, kaapelit ja varoitustarrat takasähköstä. (ST-käsikirja 40.)

4.3 Aurinkosähköjärjestelmän rakenne

Aurinkosähköjärjestelmää suunniteltaessa on ajateltava kiinteistön käyttötarkoitusta ja tarpeita. Suunnitelma vaiheessa mitoitusmenetelmien valinnassa oleellisimpia tekijöitä on taloudelliset tekijät, käyttäjän tarpeet, käytävissä olevat asennuspaikat sekä ympäristöolosuhteet. Vapaa-ajan asunnolle aurinkosähköjärjestelmää suunniteltaessa tulee huomioida järjestelmän toimivuus, kun käyttötarve on vain kausiluontoista. Tällöin paras vaihtoehto on off-grid-järjestelmä, joka tunnetaan myös nimillä saareke- ja mökkijärjestelmä. Mökkijärjestelmän toimintaperiaate on sen toiminta omana verkkoonaan ja sen ylimääräinen energia varastoidaan akustoon. Mökkijärjestelmän laitteistoon kuuluu yleisesti aurinkopaneelit ja niiden johtimet, aurinkopaneelisäätimet, tasasähköjärjestelmä ja sen jakelu, akusto ja akkusulake, 230 VAC vaihtosuuntaajasta ja sen jakelusta, vikavirtasuojauksesta ja johdotuksesta, maadoituksesta sekä laajoissa järjestelmissä myös generaattorista. (ST-käsikirja 40, 43 – 45.)



Kuva 1. Mökkijärjestelmä periaate kuva. (ST-käsikirja 40, 45)

Järjestelmän tuottamaa sähköä voidaan käyttää samanaikaisesti tai sitä varastoidaan akustoon, josta sitä voidaan myöhemmin käyttää. Järjestelmää koko vaihtelee runsaasti suunniteltavasta kohteesta sekä sähkön käytöstä riippuen. Järjestelmän mitoituksessa useimmiten on vaarana alimitoittaminen. (ST-käsikirja 40.)

JÄRJESTELMÄN LAITTEET				JÄRJESTELMÄN OMINAISUUDET	
Minimi aurinkosähkö	Suuri akusto ja invertteri	Aggregaatti	Tuulimylly	Syötön jatkuvuus (varavoima)	Suuren tehon syöttö
×				Heikko: kunnes akut tyhjä	Heikko: Suuritehoisia laitteita (yli 2300 W) ei voi käyttää yleensä ollenkaan.
×	×			Heikko/kohtalainen: riippuu siitä, miten paljon akkuja ostetaan ja mitkä ovat kulutukset	Heikko/kohtalainen: Normaaliin pistorasiaan kytkettävät laitteet toiminevat kaikki, mutta laitteiden yhteiskäyttö voi olla rajoittunutta.
×		×		Kohtalainen: kunnes akut ja polttoaine loppuvat.	Hyvä: Aggregaatti on (kustannus)tehokkain keino saada hetkelliset suuret tehot käyttöön esimerkiksi työkonessa.
×			×	Hyvä: Tuulimyllyn avulla energiaa saadaan "aina". Pienellä akustolla katkoksia voi syntyä.	Heikko: Tuulimyllyn vaikutusta ei pysty huomioimaan suurten tehojen kannalta.
×		×	×	Hyvä: Laaja järjestelmä, joka on varmistettu monin tavoin.	Hyvä: Aggregaatilla suuren tehon saaminen on aina varmistettu.
€€	€€€	€	€€€€		

Taulukko 4. Järjestelmäkokonaisuuksien toiminta (ST-käsikirja 40, 46)

4.4 Järjestelmän mitoittaminen

Off-grid-järjestelmää mitoittaessa on laskettava kohteessa olevat järjestelmään kytkettävät kuormat sekä niiden päivittäiset käyttötunnit. Laskelmien perusteella saadaan arvioitu käytettävä energian määrä, jonka perusteella saadaan laskettua tarvittava huipputeho sekä akuston kapasiteetti. Mitoituksessa on myös huomioitava laitteiden käyttöjännitteet, mitä laitteita tullaan käyttämään 230 VAC:n jännitteellä sekä mitä laitteita käytetään 12/24/48 VDC jännitteellä. (ST-käsikirja 40, 82.)

Kaava 9 Tasasähkökuorman energiankulutus päivässä

$$E_{\text{tasa}} = P_{\text{tasa}} * t$$

Kaava 10 Vaihtosähkökuorman energiankulutus päivässä

$$E_{vaihto} = P_{vaihto} * t * k$$

joissa

P_{tasa}	on laitteen teho
t	on käyttötuntimäärä
E_{tasa}	on laitteen energiankulutus
P_{vaihto}	laitteen teho
E_{vaihto}	laitteen energiankulutus
k	on vaihtosähkökuormitusten kerroin 1.1

$$E_{tasa} = 12 \text{ W} * \frac{3 \text{ h}}{\text{vrk}} = 36 \text{ Wh/vrk}$$

Kuormituksen laskennassa on huomioitava kaikki kuormat sekä niiden tarvitsemat päiväenergiat, jonka jälkeen kaikki järjestelmään kytkettäväksi ajateltujen laitteiden lasketut päivittäiset energiankulutukset lasketaan yhteen. Kyseisessä kohteessa aurinkosähköjärjestelmää oli harkittu hyödynnettävän ilmalämpöpumpun vaihtoehtoisena sähkönsyöttönä sekä muutaman valaisimen kytkennästä, joita syötettäisiin 12 VDC:n pienoisjännitteellä. Tasasähkökuorman laskenta voidaan tehdä käyttämällä laitteen tehona 4 W ledivaloja, joita otetaan mitoituksessa huomioon kolme valaisinta. Tunnetut arvot sijoitetaan kaavaan 9.

$$E_{vaihto} = 1000 \text{ W} * \frac{3 \text{ h}}{\text{vrk}} * 1,1 = 3300 \text{ Wh/vrk}$$

Vaihtosähkökuorman laskennassa otetaan huomioon ilmalämpöpumppu, jonka otto-teho on maksimissaan 1 kW ja sitä tullaan käyttämään noin kolmen tunnin ajan vuorokaudessa. Sen vuorokautinen energian tarve saadaan laskettua vaihtosähkökuorman kaavalla 10.

Vuorokausikulutusta 3336 Wh vastaava akkujen ampeerituntimäärä olisi 12 V akkuja käyttämällä 278 Ah, joka ei kuitenkaan vielä ole riittävä, koska akkujen varausta ei saisi purkaa kokonaan. Akkuja mitoittaessa olisi hyvä suunnitella varauksen olevan kaksinkertainen, jos halutaan ettei sähkö lopu pilvisenä päivänä. Tässä kohteessa

akkujen hyvä kapasiteetti olisi 550 Ah. Kohde on vapaa-ajan asunto, joten sen käyttö ei ole päivittäistä voidaan mitoituksessa panostaa akkukapasiteettiin ja tinkiä paneelitehosta. Tällöin paneeleilla on aikaa varata akkuja silloin kun niille ei ole käyttöä. (Perälä 2017, 85.)

Mitoitettaessa järjestelmää lasketaan 230 VAC:n kuorma kuitenkin käyttäen suunnitellun invertterin tuottamaa maksimitehoa 2000 W, joka on 230 VAC järjestelmän huipputeho. Kohteessa halutaan vain tarkastella aurinkosähkön hyödyntämisen mahdollisuuksia, joten päätettiin selvittää kohteen tarpeisiin sopiva järjestelmä. 2 kW aurinkosähköjärjestelmä akuilla, joiden kapasiteetti vähintään 550 Ah. Akuiksi valikoitui 250 Ah AGM akkuja, joita sijoitetaan kolme kappaletta, jolloin saadaan akkukapasiteetiksi 750 Ah. Akkuja lataamaan valikoitui Naps Solarin 300 watin nimellistehoinen aurinkopaneeli, joita asennettaisiin kaksi kappaletta. Akkujen latausta varten tarvitaan MPPT/100/50-lataussäädin, joka mahdollistaa 100 V maksimi paneelijännitteen ja 50 A maksimi latausvirran. Kohteessa on harjakatto, johon valitaan sopivat aurinkopaneelien asennustelineet.

Järjestelmän kaapeleiden mitoitus on suunnitteluvaiheen yksi tärkeimmistä vaiheista, koska pienten jännitteiden takia virrat ovat suuria sekä johdoissa syntyvä jännitehäviö ei saa viedä suurta osaa akkujännitteestä. Johdoissa tapahtuvaa jännitehäviötä saadaan pienennettyä tehokkaasti pitämällä johdot mahdollisimman lyhkäisinä. Tämä voidaan mahdollistaa sijoittamalla paneelit ja akut lähelle säädintä, koska niiden välillä olevissa johtimissa on suurimmat virrat. (Perälä 2017, 94.)

Aurinkopaneelit kytketään sarjaan, joten niiden jännite saadaan laskettua kertomalla paneelien nimellisjännite paneelien määrällä. Näiden aurinkopaneelien nimellisjännitteeksi on ilmoitettu 38.7 V, joten sarjaan kytkettynä niiden jännite on 77 Vdc. Paneelien maksimi teho on 300 W per paneeli, joten niiden yhteen laskettu teho on 600 W. Kun tiedetään paneelien maksimi teho sekä niiden jännite saadaan laskettua kaapeleissa kulkeva virta sijoittamalla ne kaavaan 11.

Kaava 11

$$I = \frac{P}{U}$$

jossa

I	on kaapeleissa kulkeva virta
P	on paneelien teho
U	on paneelien jännite

$$I = \frac{P}{U} = \frac{600 \text{ W}}{77 \text{ Vdc}} = 7,8 \text{ A}$$

Laskulla saadaan selvitettyä kaapelissa kulkevan virran maksimiarvo, joka on tässä järjestelmässä 7,8 A. Aurinkosähköjärjestelmissä paneeleilta tulevan kaapelin suurin sallittu jännitehäviö on 0,5 V. Tavoiteresistanssi saadaan laskettua jännitehäviön ja johtimissa kulkevan virran avulla kaavalla 12. (Perälä 2017, 97.)

Kaava 12

$$R = \frac{Uh}{I}$$

jossa

R	on tavoiteresistanssi
Uh	on sallittu jännittehäviö
I	on kaapeleissa kulkeva virta

$$R = \frac{Uh}{I} = \frac{0,5 \text{ V}}{7,8 \text{ A}} = 0,064 \Omega$$

Paneelilta tulevan kaapelin vaaditun poikkipinta-alan laskemista varten on useita eri kaavoja, joissa tulee huomioida akkujärjestelmän meno- ja paluujohtimien yhteinen pituus sekä kuparin resistanssiarvo, joka on noin 0,017 Ω . Mökkijärjestelmissä useimmiten johtimet ovat kuparia, mutta toinen tehokas johdinmetalli on alumiini. (Perälä 2017, 98.) Kaapelin vaadittava poikkipinta-ala saadaan laskettua sijoittamalla tunnetut arvot kaavaan 13.

Kaava 13

$$A = Rk * \frac{l}{R}$$

jossa

A	on poikkipinta-ala
Rk	on kuparin resistanssiarvo
l	on kaapelin pituus
R	on tavoiteresistanssi

$$A = Rk * \frac{l}{R} = 0,017 \Omega * \frac{30 \text{ m}}{0,064 \Omega} = 8 \text{ mm}^2$$

Kaapelin vaadittu poikkipinta-ala on 8 mm^2 , joten järjestelmään sopiva kaapeli olisi 10 mm^2 . Sopiva kaapeli voisi olla MCMK 4x10/10, jolloin kaapelissa olisi tulevaisuudessa myös laajennusvaraa.

Ilmalämpöpumpulle vaaditaan 230 VAC jännite tulee sitä varten järjestelmään invertteri, jolle tulee mitoittaa oma kaapeli. Invertteri kytketään järjestelmään vasta akkujen jälkeen, on sen jännite 12 V. Invertterin kaapelissa kulkeva virta saadaan laskettua virran kaavalla, jolloin 2000 W teholla saadaan virraksi noin 167 A. Jännitehäviö invertterin kaapelissa saa suurimmillaan olla 0,1 V. (Perälä 2017, 97.) Invertteri on hyvä asentaa mahdollisimman lähelle akkuja, jotta saadaan minimoitua kaapeleissa tapahtuva jännitehäviö. Invertteri asennetaan aivan akkujen viereen ja kaapeleina käytetään usein inverttereiden mukana tulevia kaapeleita, jotka ovat useilla merkeillä metrin pituisia 50 mm^2 kaapeleita. Lasketaan kuinka suuri jännitehäviö, tulee kyseisillä johtimilla kaavalla 14.

Kaava 14

$$U_h = I * Rk * \frac{l}{A} = 167 \text{ A} * 0,017 \Omega * \frac{1 \text{ m}}{50 \text{ mm}^2} = 0,057 \text{ V}$$

Jännitehäviö invertterin ja akkujen välisissä johdoissa on 0,057 V, joten johtimia voidaan käyttää asennuksessa.

Aurinkosähköjärjestelmän mitoituksessa on vielä laskettava vaihtosähkökeskukselle sopiva syöttökaapeli. Vaihtosähköä tuotetaan invertterin avulla, joten järjestelmän maksimiteho on 2000 W ja jännite 230 VAC, jolloin virraksi saadaan 8.7 A. Syöttökaapeli asennettaisiin pinta-asennuksena, jolloin riittävä syöttökaapeli olisi 1,5 mm² kuparikaapeli, jonka suurin sallittu kuormitettavuus olisi 18,5 A. (Tiainen 2017, 226.) Syöttökaapelia valittaessa on hyvä ajatella tulevaisuutta ja mahdollisuutta järjestelmän laajentamiseen, joten syöttökaapeli on hyvä ylimitoittaa, jotta saadaan kasvatettua kuormitettavuutta. Mahdollinen järjestelmän tulevaisuuden laajeneminen huomioon ottaen olisi sopiva syöttökaapeli valita laskennallista hieman isommaksi, joka tässä kohteessa voisi olla 6 mm² kaapeli, joka kasvattaisi kuormitettavuuden 43 A. (Tiainen 2017, 226; Perälä 2017, 102.)

4.5 Sijoittaminen

Aurinkopaneelien asennuksessa on kiinnitettävä huomiota kohteen sijaintiin, mahdollisiin varjostuksiin, paneelien suuntaukseen, kallistuskulmaan sekä lämpötilaan. Paneelit on hyvä sijoittaa niin, että niihin paistaa aurinko mahdollisimman pitkään sekä mahdollisimman kauan päivän aikana. Kuten edellä on jo mainittu, kohteessa paneelit asennettaisiin mökin katolle, joka on useimmissa kohteissa hyvä sijoituspaikka, koska katolla on usein vähemmän varjostuksia sekä paneelit sulautuvat lappeelleen asennettuina katon muotoon, eivätkä ne häiritse normaalia asumista. Varjostuksilla on suuri vaikutus paneelien sähköntuotannossa, koska jos paneelit jää edes osittain varjoon jää ainakin osa tuotannosta saamatta, jolloin pahimmassa tapauksessa koko ketjun jännite putoaa niin paljon, ettei säätö enää kykene toimimaan ja koko tuotanto loppuu. Suuntauksessa paneelit asennettaisiin katon lappeiden suuntaisesti, jolloin ne on suunnattu lähes suoraan etelään ja kallistuksena olisi katon oma kaltevuus, joka on noin 30°. Paneelien sijoittamisessa katolle on hyvänä puolena mahdollisuus asentaa akusto, laitesäädin, invertteri ja keskukset seinustan viereen sijoitettavaan laitekaappiin, jolloin johdotuksista tulee mahdollisimman lyhkäisiä. (Perälä 2017, 87-94.)

4.6 Kannattavuus

Aurinkosähkö järjestelmän kannattavuus rakentuu monista tekijöistä joiden summa antaa suuntaa järjestelmän kannattavuudesta. Suurimpia vaikutuksia ovat järjestelmän komponenttien hinnat sekä suunnittelu, asennus ja ylläpito kustannukset. Kannattavuutta on arvioitava järjestelmän koko käyttöiän ajalta, jolloin tärkeäksi muodostuu myös kohteen tuotantopotentiaali. (ST-käsikirja 40, 60.)

Aurinkosähkö järjestelmän hyödyntäminen kyseisessä kohteessa ei ole tällä hetkellä järkevää, koska kohteen käyttö on niin epäsäännöllistä ja kausi luonteista, että kyseisen järjestelmän asentaminen jo olemassa olevan sähköliittymän lisäksi ei olisi käyttötarkoituksen vuoksi kustannuksia reilusti alentamaan. Aurinkosähkö järjestelmällä saataisiin tuotettua kesäkuukausina ilmalämpöpumpulla viilennykseen sekä viileiden kesailettojen lämmitykseen tarvittava sähköenergia, mutta sillä ei voisi korva täysin ilmalämpöpumpun sähkönsyöttöä. Järkevin vaihtoehto on kytkeä aurinkosähkö ohjaamaan ilmalämpöpumppua ulkoyksikköä, kun akkuvaraus on riittävä, kun taas akkujenvaraus laskee alle 40 %:n on ilmalämpöpumpun ohjaus otettava sähköverkosta sisäyksikön kautta.

Aurinkosähkö järjestelmiä saa ostettua avaimet käteen periaatteella, jolloin vastaan järjestelmän hinta liikkuu 3000 - 5000 € välillä. Suuntaa antava järjestelmän takaisinmaksuaikaa saadaan laskettua, kun tiedetään järjestelmän vuosituoton arvio, joka kyseisellä järjestelmällä on 1700 kwh luokkaa, joka kuitenkin arvion mukaan tulee kokemaan 0,5 % vuotuisen tuotannonmäärän aleneman. Kohteen vuotuinen energiakulutus on epäsäännöllisen käytön takia hyvin vaihtelevaa, mutta viime vuosina se on ollut 3000kWh:n luokkaa, johtuen pääsääntöisesti talven käyttämättömyydestä. Ostosähkön hinnaksi oletetaan 10,0 snt/kWh, joka sisältää sähkön siirto, myynti ja verot tätä voidaan hyödyntää laskiessa hintaa aurinkosähkön tuottamalle sähkölle, koska tämän verran säästöä saadaan aurinkosähköllä itsetuotettua ja käytettyä kWh kohden. Oletetun vuosituotannon arvo oletetulla ostosähkönhinnalla ja vuotuisella tuotantomäärän alenemalla on 102 €. Järjestelmän hankintahinnaksi oletetaan 4000 €, jolloin suoraksi takaisin maksu ajaksi saataisiin noin 39 vuotta.

Kohteessa voidaan saada aurinkoenergiaa hyödyntämällä aikaiseksi joitakin säästöjä, mutta tässä saneerauksessa aurinkoenergian hyödyntämistä ei viedä toteutus asteelle. Kohteessa on jo sähköliittymä, joten tässä vaiheessa aurinkoenergian lisääminen ei olisi kannattavaa. Mikäli aurinkoenergiaa hyödynnettäisiin olisi järkevintä mitoittaa järjestelmä niin, että sillä saataisiin katettua lähes kaikki sähkönkulutus, koska kulutus on vähäistä. Kohteeseen tehtiin myös aurinkosähkösuunnitelman piirustukset asiakkaan haluamien tarpeiden mukaisesti, jotka ovat esitetty liitteissä 8 ja 9.

5 LUETTELOT JA SÄHKÖTYÖSELITYS

5.1 Piirustusluettelo

Piirustusluettelo on luettelo, johon tulee listata kaikki kohteeseen tehtyjen piirustusten ja piirikaavioiden tiedot. Piirustusluetteloä voisi sanoa piirustusten sisällysluetteloksi. Piirustusluettelo saadaan tehtyä, kun kohteen muut dokumentit ovat tehtyinä, jotta saadaan koottua niistä tarvittavat tiedot. Piirustusluettelossa esitettäviä tietoja ovat esimerkiksi piirustuksen nimi, päivämäärät, mittakaavat, suunnittelijat, piirustusnumerot sekä sivumäärät. Piirustusnumerot kertovat samalla piirustusten paikan sähkösuunnitelman dokumenttikansiossa. Piirustusten ja työkohteen numeroinnista ei ole mitään yleistä sääntöä, miten se tulisi tehdä. Tämän kohteen piirustusluettelo on esitetty liitteessä 10.

5.2 Valaisinluettelo

Valaisinluettelossa listataan kaikki sähkösuunnitelmassa käytettävät valaisimet sekä niiden tiedot. Luettelossa listattavia tietoja ovat esimerkiksi valasimen tyyppi, valmistaja, positio, teho, lukumäärä sekä valaisinta koskevat mahdolliset huomautukset. Valaisimien positiotunnuksen avulla osataan asentaa suunnitelmaa vastaavat valaisimet oikeaan paikkaan. Valaisinluettelo on myös helpottamassa valaisimien tilaamista työmaalle rakennusvaiheessa ja sen avulla saadaan tilattu oikeat ja tarvittava määrä valaisimia. Tämän kohteen valaisinluettelo on esitetty liitteessä 7.

5.3 Lämmitinluettelo

Lämmitinluettelo on vastaava luettelo kuin valaisinluettelo, tällä kertaa luettelossa esitetään kohteen eri sähkölämmittimet. Lämmitinluettelossa ilmoitetaan kohteen lämmityselementit sekä niiden tiedot, kuten esimerkiksi valmistaja, tyyppi, teho, sähkönumero, lukumäärä sekä lämmityselementtiä mahdollisesti koskevat huomautukset. Lämmitinluettelon tarkoituksena on myös varmistaa, että työmaalle saadaan tilattua sellaiset lämmittimet kuin ollaan suunniteltu. Tämän kohteen lämmitinluettelossa on esitetty kohteeseen asennettavat uudet sähköpatterit sekä jo entuudestaan asennettu ilmalämpöpumppu. Tämän kohteen lämmitinluettelo on esitetty liitteessä 6.

5.4 Sähkötyöselitys

Sähkötöistä on kirjoitettava kirjallinen selostus, jota sanotaan sähköselostukseksi. Sähköselostuksen on kirjattava kohteen yleistiedot, esimerkiksi rakennuskohde sekä sen sijainti ja laajuus, urakkaan kuuluvat osa-alueet sekä yhteystiedot urakan kaikista suunnittelijoista, valvojasta ja urakoitsijasta. Sähköselostuksessa on esitettävä kaikki asennettavat järjestelmät sekä niihin kuuluvat sähkötekniset ratkaisut. Yleensä sähköselostus sisältää laatuvaatimukset sekä mitä asennustapaa, sähkökalusteita sekä kaapeleita asennuksissa tullaan käyttämään.

Tämän sähkösaneerauksen sähköselostus on esitetty liitteessä 12.

6 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia toimiva sähkösuunnitelma vapaa-ajan asuntoon, jonka käyttö on pääasiassa kesäisin. Työssä saatiin luotua voimassa olevien määräysten ja asetusten mukainen toimiva sähkösuunnitelma kohteeseen. Sähkösuunnittelussa onnistuttiin tavoitteiden mukaisesti ja sähkösuunnitelmaa tullaan käyttämään kohteen saneerauksen yhteydessä tehtävässä sähkösaneerauksessa.

Sähkösuunnitelma alkoi pohja kuvan piirtämisellä, koska kohteesta ei ollut ajantasaista pohjakuvaa, jota oltaisiin voitu hyödyntää. Haasteellisinta työssä oli toimivan pohjakuvan tekeminen, johon itse sähkösuunnitelma tehtiin. Toimiva ja oikeassa mitakaavassa pohjakuva mahdollisti tarkan ja huolellisen sähkösuunnittelun tekemisen. Koko Cads Electric ohjelman käyttäminen oli minulle entuudestaan melko tuntematonta ja projektin aikana ohjelma tuli minulle hyvin tutuksi ja sen käyttö ja tuntemus parani huomattavasti projektin aikana.

Haasteellisinta sähkösuunnitelmaa tehtäessä oli sähköpisteiden sijoittaminen ja tarvittavan määrän arviointi. Pistorasioiden sijoittamisessa pyrittiin sijoittamaan mahdollisimman runsaasti, jotta voidaan välttyä turhien jatkojohtojen käytöltä. Pistorasioiden sijoittamisessa pyrittiin myös huomioimaan tulevaisuuden tarpeita koko ajan kasvavan elektroniikkalaitteiden määrän vuoksi.

Valaistusta mietittäessä haasteellisinta oli oikeanlaisten valaisimien valinta kohteeseen, koska tarvittava valomäärä on hyvin vaihtelevaa kausiluonteisen käytön vuoksi. Valaisimien valinnassa päädyttiinkin asentamaan halutuille valaisin paikoille valaisinpistorasiat, jotta asiakkaan on itse mahdollista valita ja vaihtaa haluamansa valasimet tulevaisuudessa. Valaistuksen ohjauksessa kytkimet sijoitettiin siten, että niiden käyttäminen on mahdollisimman helppoa ja sujuvaa, tullessa ja poistuttaessa huoneista.

Aurinkosähkön hyödyntämistä kohteessa harkittiin ennen saneerauksen aloittamista, mutta lopulta tultiin siihen tulokseen, että tällä hetkellä sen hyödyntämiselle ei ole halukkuutta ja sähköistys toteutetaan vain verkkosähköllä.

LÄHTEET

Amk.fi www-sivut 2018. Viitattu 5.3.2018. <http://www2.amk.fi>

Aurinkoteknillinenyhdistys www-sivut 2018. viitattu 10.3.2018. <http://www.aurinkoteknillinenyhdistys.fi/>

Perälä, R. 2017. Aurinkosähköä. Helsinki: Alfamer / Karisto Oy.

ST-käsikirja 40, 2017. Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST 13.31, 2015. Rakennuksen sähköverkon ja pienjänniteliittymän mitoittaminen. Espoo: Sähköinfo Oy

ST 662.50, 2009. Palovaroittimet. Espoo: Sähköinfo Oy.

Sähköopas www-sivut 2018. Viitattu 7.3.2018. <http://www.sahkoopas.com>

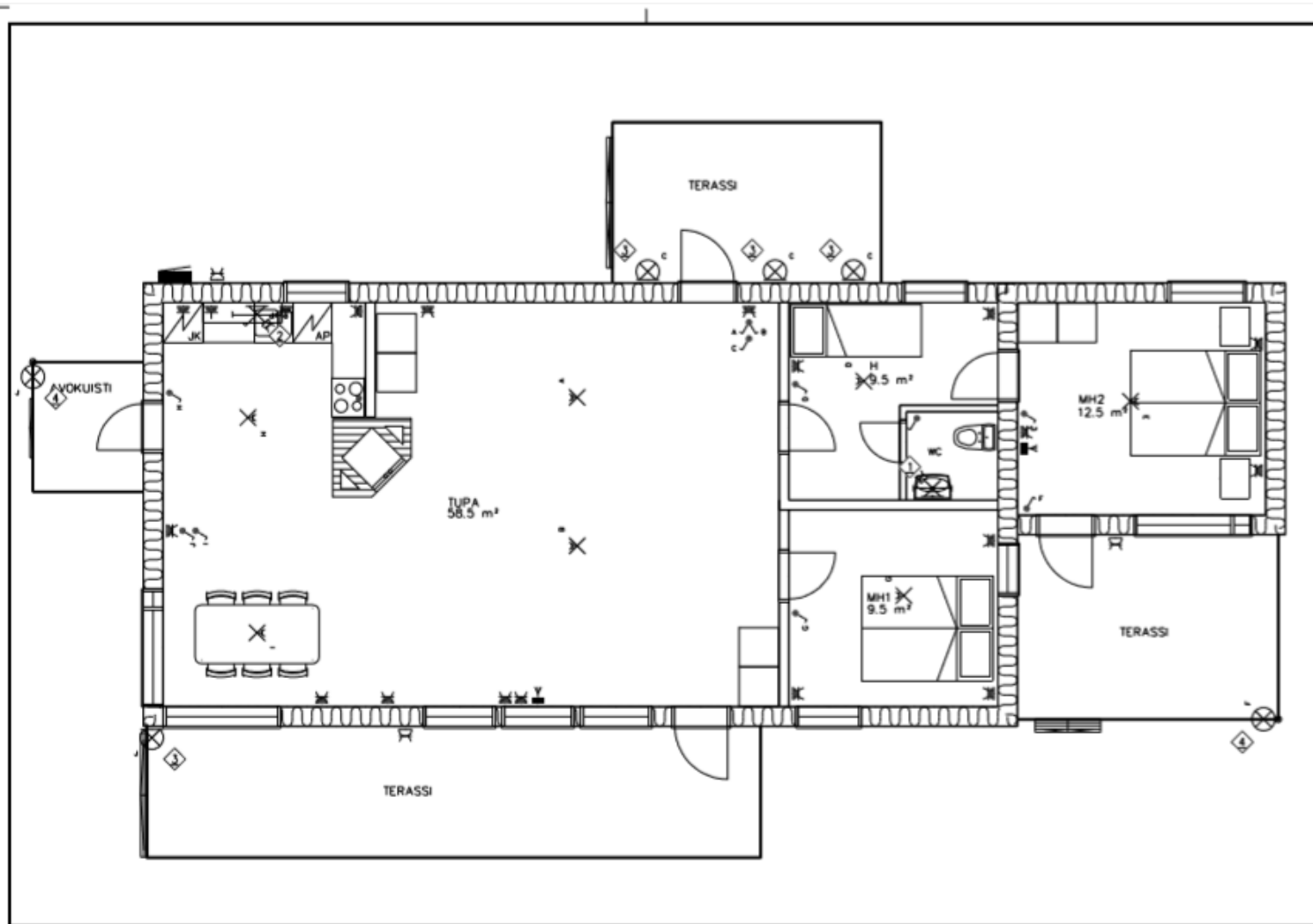
Tiainen, E. 2012. Käsikirja rakennusten sähköasennuksista D1. Espoo: Sähköinfo Oy.

Tiainen, E. 2013. Sähköasennukset 1. Espoo: Sähköinfo Oy.

Tiainen, E. 2017. Käsikirja rakennusten sähköasennuksista D1. Espoo: Sähköinfo Oy.

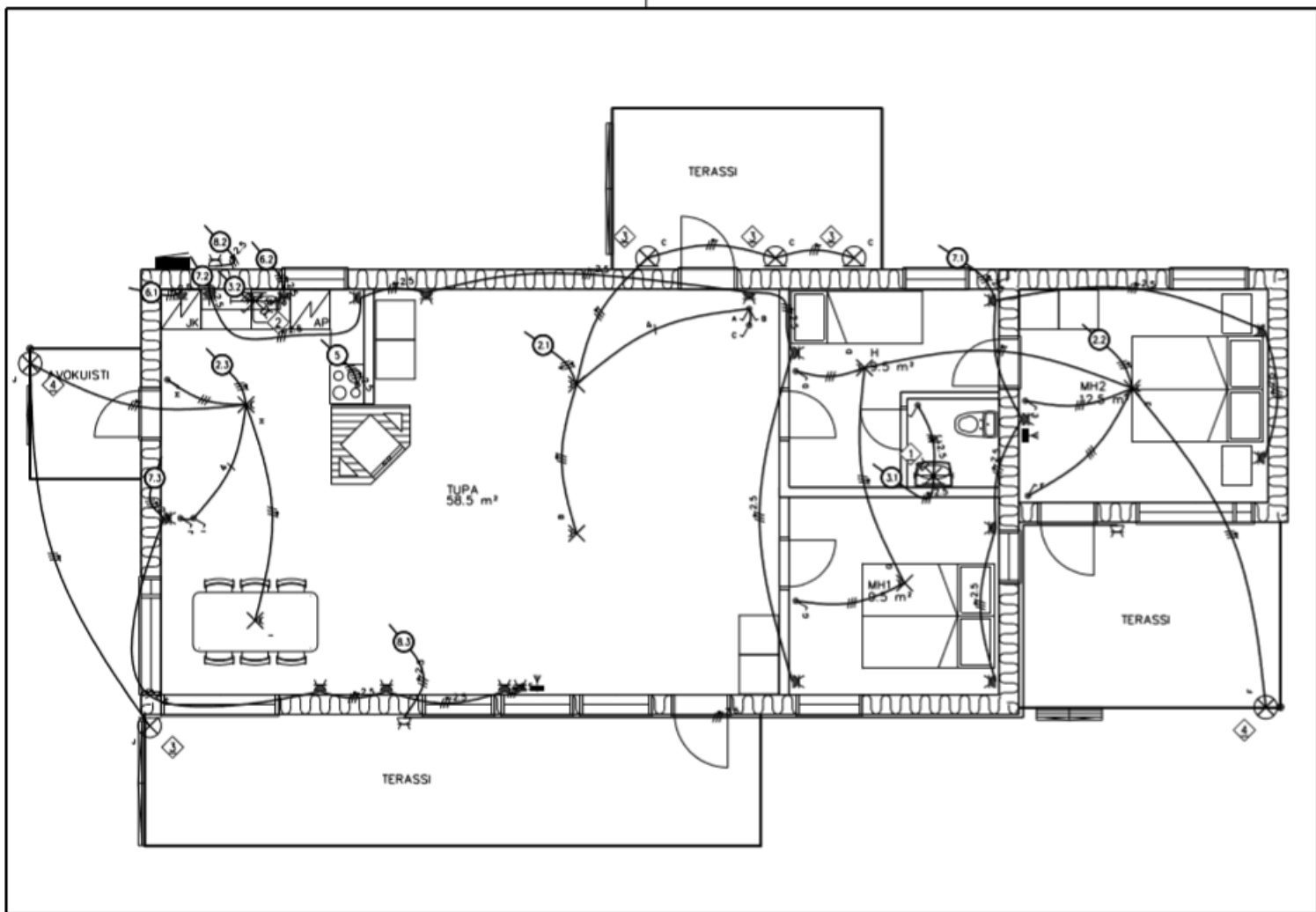
Tukes www-sivut 2018. Viitattu 14.3.2018. <http://www.tukes.fi>

LIITE 1



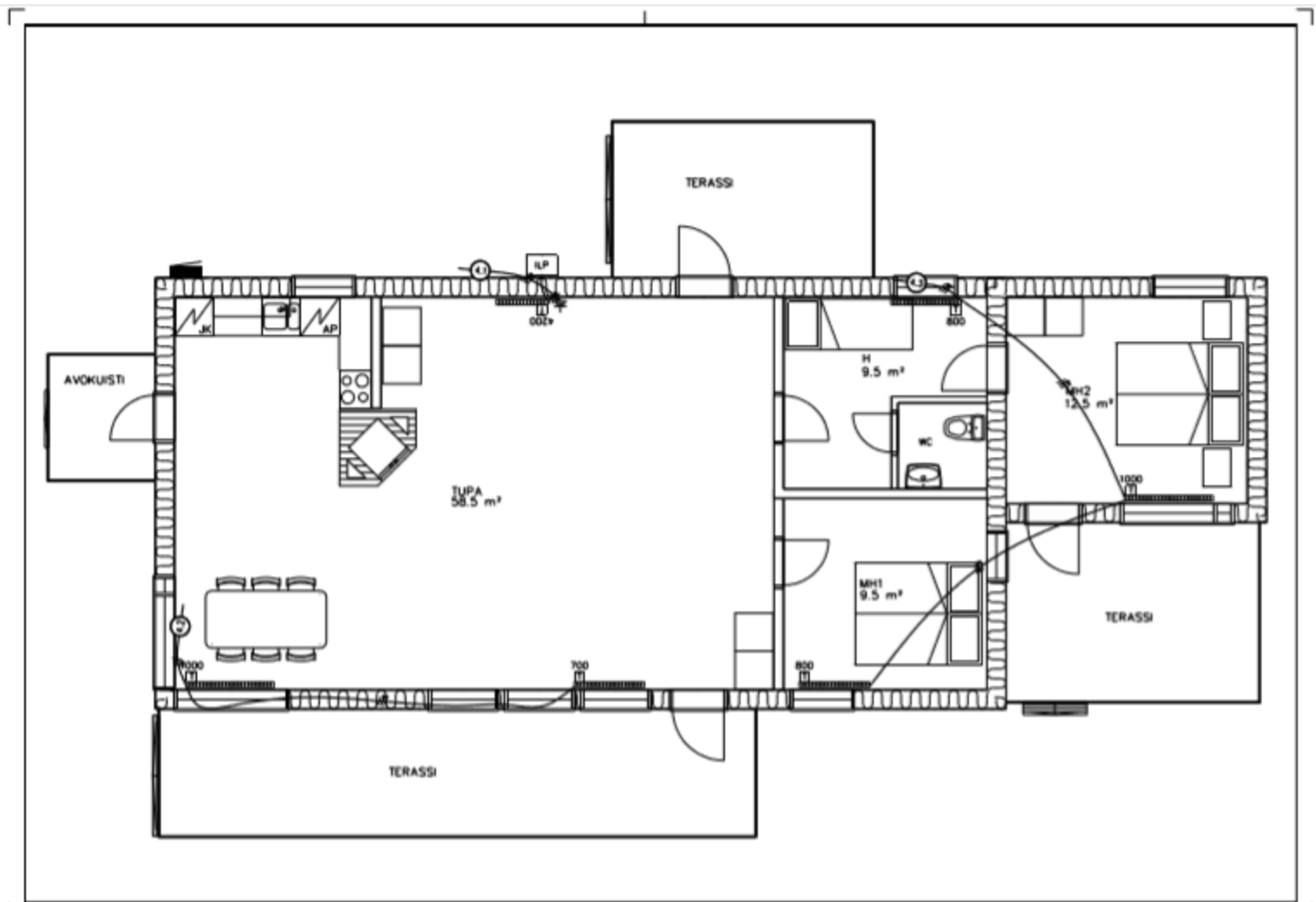
Tunn.	Lukum.	Muutos	Kortti./Tila	Tontti	Rno	Viranomaisen merkintä	
			Pori			SANEERAUS	
						SÄHKÖPIIRRUSTUS	
						Mökki	Sähköpiirustus
							MK: 1:50
						Pvm 29.1.2018	Työnumero
						Piirt.	Tilaajan numero
						Suunn. Lehter	1234
						Tark.	Piirustusnumero
						Mit. nro	Muutos
						Lehti	SÄH 110

LIITE 2



Tunn.	Lukum.	Muutos	Nimim. Pum	
K.osa/Kylä	Kortti./Tie	Tontti	Rno	Vironomaisten merkintöjä
Pori				
SANEERAUS			SÄHKÖPIIRRUSTUS	
Mökki			Johdotuspiirustus	MK: 1:50
	Pum	29.1.2018	Työnumero	Täpöjen numero
	Piirt.		12345	
	Suunn.	Leh.Jer		
	Tark.			
	Yht.Nö		111	
	Lehti			
			SÄH	Muutos

LIITE 3



Tunn. Lukum. Muutos				Nimik. Pvm	
Kassa/Kyylä	Kortti./Tila	Tonit	Rno	Viranomaisen merkintä	
Pori				SANEERAUS	
Mökki				SÄHKÖPIIRRUSTUS	
				Lämmityspiirustus	
				Mk: 1:50	
				Pvm 29.1.2018	
				Työnnumero	
				Tilaajan numero	
				1234	
				Pöytänumero	
				Muutos	
				SÄH	
				112	

LIITE 4

		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37									
		KESKUS						RYHMÄ	OSOITE	TUNNUS	JOHDOTUS	kVA/kW	A / A	HUOM.																							
D muutos E muutos F muutos	A	PEKA																																			
	B	IR							Liittymisjohto		AXMK 4x25																										
	C	3.2							Päävarokkeet					A/25																							
		KESKUKSEN SINETÖITY OSA																																			
A muutos B muutos C muutos	D	3.1						1	Nousujohto saunarakennus		MCMK 4x6/6			B20																							
	E	3.2						2.1	Valoistus		MMJ 3x1.5 S	1.6		B10																							
	F	3.2						2.2	Valoistus		MMJ 3x1.5 S	1.6		B10																							
	G	3.2						2.3	Valoistus		MMJ 3x1.5 S	1.6		B10																							
	H	3.2						3.1	Pelikaappi		MMJ 3x2.5 S			B16																							
	I	3.2						3.2	Työpistevalo		MMJ 3x2.5 S			B16																							
	J	3.2						3.3	Varo		MMJ 3x2.5 S			B16																							
	K	3.2						4.1	Lämmitys ILP		MMJ 3x1.5 S	1.1		B10																							
	L	3.2						4.2	Lämmitys K, Oh		MMJ 3x1.5 S	1.7		B10																							
	M	3.2						4.3	Lämmitys MH,MH,H		MMJ 3x1.5 S	2.6		B10																							
	N	3.2						5	Liesi		MMJ 5x2.5 S	9		B16																							
	O	3.2						6.1	JK		MMJ 3x2.5 S	2.3		B16																							
	P	3.2						6.2	AP		MMJ 3x2.5 S	3.6		B16																							
	R	3.2						6.3	Varo		MMJ 3x2.5 S			B16																							
	S	3.2						7.1	Pistorasiat MH		MMJ 3x2.5 S	3.6		B16																							
	3.2						7.2	Pistorasiat Keittiö/OH		MMJ 3x2.5 S	3.6		B16																								
	3.2						7.3	Pistorasiat K/OH		MMJ 3x2.5 S	3.6		B16																								
	3.2						8.1	Varo		MMJ 3x2.5 S			B16																								
	3.2						8.2	Ulkopistorasia		MMJ 3x2.5 S	3.6		B16																								
	3.2						8.3	Ulkopistorasiat		MMJ 3x2.5 S	3.6		B16																								

Mökki
Opinnotyö

Suunn.
Lehti/30.1.2018

Piir.

Tark.

Kokonaisuus

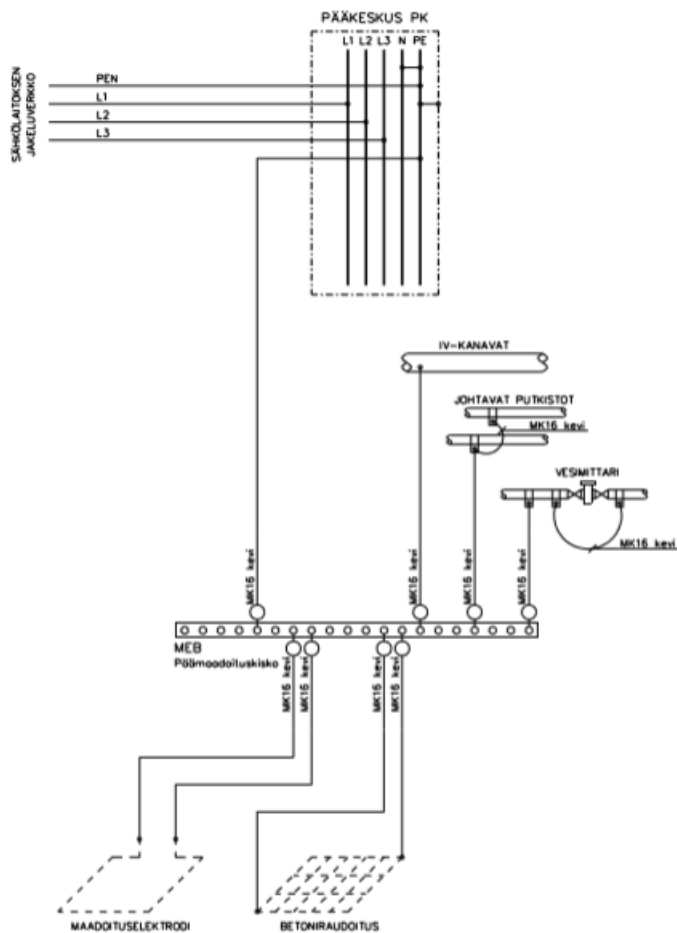
Lehti
2/2

Sähkösopimus
PK

Piirustusnumero

SÄH 113

Työnumero
12345



Tunn.	Lukum.	Muutos			Nimi	Pvm
K.osa/Kyö	Kortti/Tila	Tontti	Rno	Viranomaisten merkintä		
Pori				SANEERAUS	SÄHKÖPIIRUSTUS	MK:
Mökki				Mökki	Opinnäytetyö	
CADS	Pvm	29.1.2018	Työnumero	Tilaajan numero		
	Piiri	LehJär	12345			
	Suunn.	LehJär				
	Tark.					
	Yht.NB		SÄH	114	Piirustusnumero	Muutos
	Lehti					

LIITE 6

		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37			
A	LÄMMITIN														Sähköpiirustus	YHT	MUUTOS	HUOM!													
	B	LÄMMITTIMEN VALMISTAJA	LÄMMITTIMEN TYYPI	MAKSI	TEHO W	TERMOSTAATTI																									
C	10	Ensto Finland Oy	LISTA7		700																										
C	11	Ensto Finland Oy	TAS08		800																										
C	12	Ensto Finland Oy	TAS010		1000																										
D	13	Hitachi	Ilmalämpöpumppu		1100																										
E																															
F																															
G																															
H																															
J																															
K																															
L																															
M																															
N																															
O																															
P																															
R																															
S																															
A muutos		Mökki Opinnäytetyö														Suunn. /30.1.2018		Kokonaisuus		Sähköpiirustus		Työnumero 12345									
B muutos																Pirt.		Lehti 1/1		Pirustusnumero		117									
C muutos																Tark.															

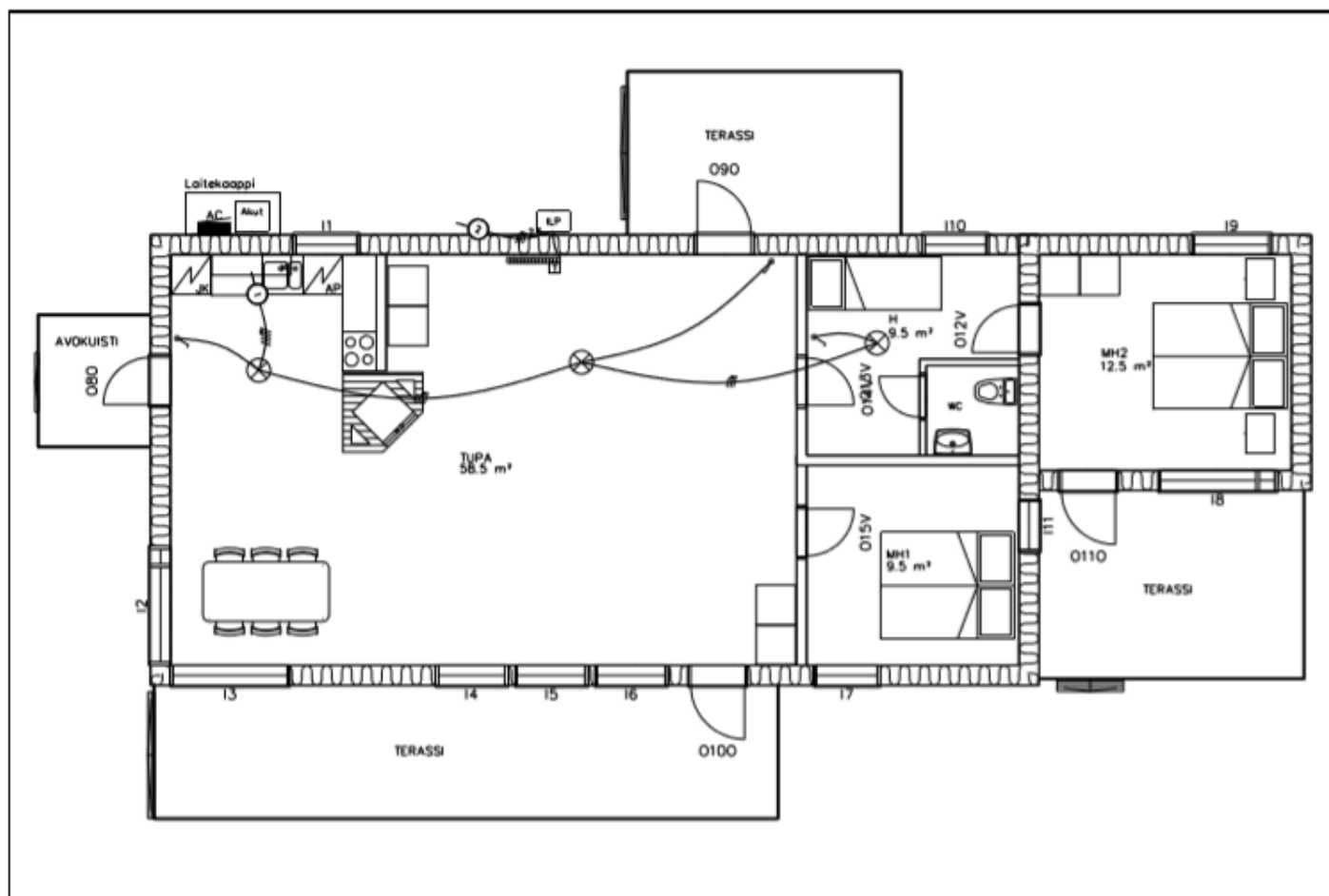
LIITE 7

		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37			
		VALAISIN																													
A	POSTIO	VALAISIMEN VALMISTAJA	VALAISIMEN TYYPPI	HÄIKÄISY-SUOJA	TEHO W	LAMPPU	ASENN. TAPA	LIITÄNTÄ VESIKANO	KOMPEN-SOINTI	Sähköpiirustus	LKM. YHT.	MUUTOS	HUOM!																		
B	1	Airam	T8/26 10,5W/840 590 G13 59cm							1															1						
C	1	Polario	Duall 2060 vas VVS 2-os peili							1															1						
C	2	Airam	HANDY 11W/840 PR+KYT VA							1															1						
D	3	Noortrade	PL-1200 MU-RU 75W IP43 E27 SOI							4															4						
D	4	Noortrade	PL-1200 MU-RU 75W IP43 E27 SOI							2															2						
E		Schneider Electric	Valaisinpistorasia							7															7						
E																															
F																															
G																															
H																															
J																															
K																															
L																															
M																															
N																															
O																															
P																															
R																															
S																															
		Mökki Opinnäytetyö										Suunn. /30.1.2018					Kokonaisuus					Sähköpiirros					Työnumero 12345				
												Pirtt.					Lehti 1/1					Pirstusnumero 118									
												Tark.																			

18.1.2018

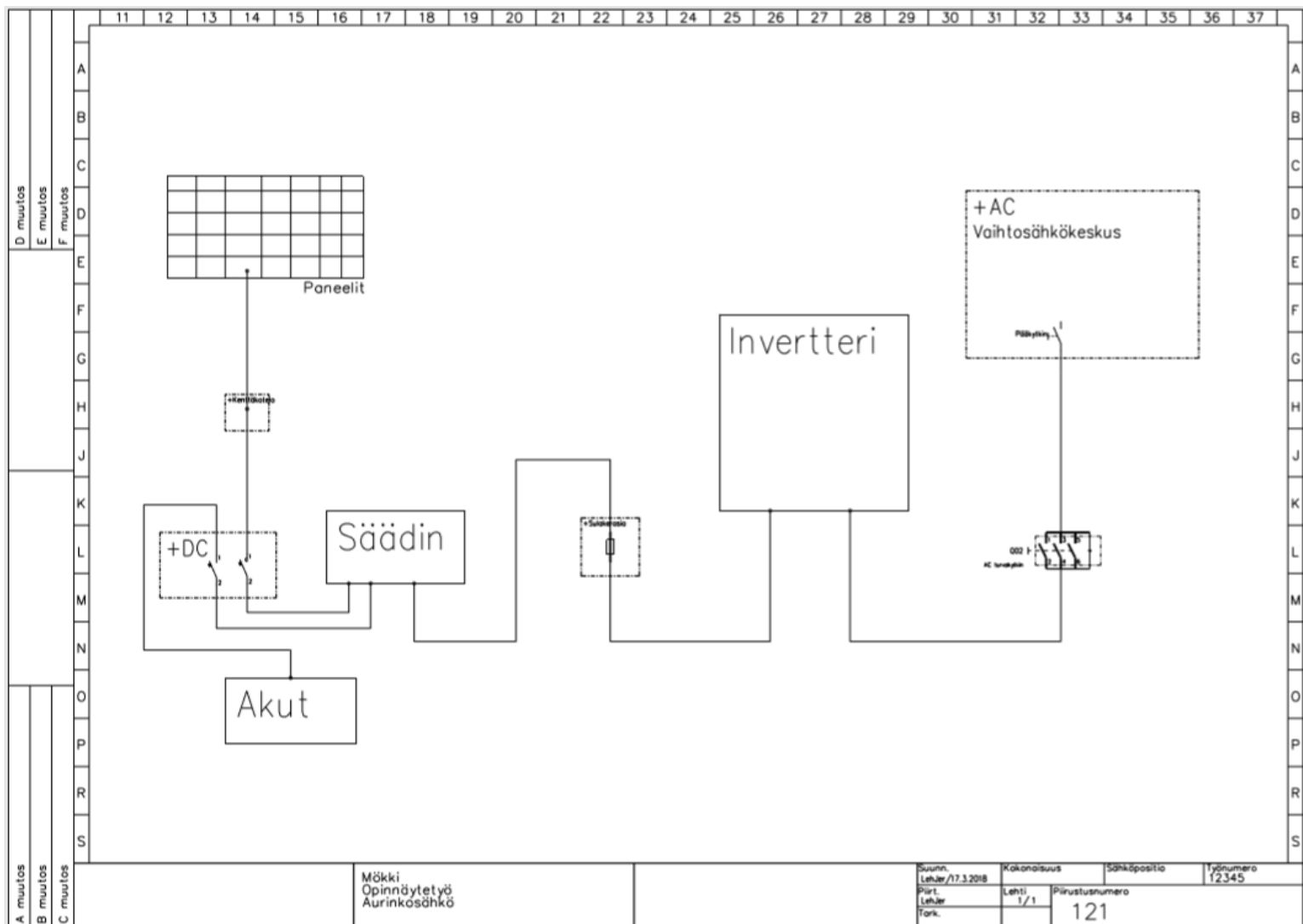
D muutos
E muutos
F muutos

A muutos
B muutos
C muutos



Tunn. Luok. Muutos			Näkök. Pvm		
Kassa/KyB	Kortti./Tila	Tontti	Rno	Vierasmestien merkintä	
Pori					
SANEERAUS			SÄHKÖPIIRUSTUS		
Mökki Opinnoitetty Aurinkosähkö			Aurinkosähköpiirustus		
			Pvm 16.1.2018	Työnumero	Tilauksen numero
			Piir. Lehter	12345	
			Suunn. Lehter		
			Tark.		
			Mittaus		
			Lehti	120	Muutos

LIITE 9



LIITE 10

RIVI NO.	PIIRUSTUSNUMERO	NIMITYS	MUUTOS		HUOM.
			REV.	PVM.	
1	100	Piirustusluettelo		17.3.2018	
2	110	Sähköpiirustus		29.1.2018	
3	111	Johdotuspiirustus		29.1.2018	
4	112	Lämmityspiirustus		29.1.2018	
5	113	Pääkeskusaavio		30.1.2018	
6	114	Maadoituskaavio		29.1.2018	
7	117	Lämmitinluettelo		30.1.2018	
8	118	Valaisinluettelo		30.1.2018	
9	120	Aurinkosähköpiirustus		16.3.2018	
10	121	Aurinkosähkökaavio		17.3.2018	
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					

D muutos	E muutos	F muutos	Mökki Opinnäytetyö	Summ.	Sähköpositio	Työno 12345
				Piir.	Lehti	Piirustus n:o
				Lehler	1/1	100
A muutos	B muutos	C muutos		Tark.		

LIITE 11

Sähkötekniset laskelmat CADS-Electric

Ryhmä	Osoite	Johdotus	Kaapelipituus (m)	Max kaapelipit. (m)	Teho (kW)	Ylivirtasuojaja (A)	Oikosulkuvirta (A)
1	Nousujohto saunarakennus	MCMK 4x6/6	0.0	118.8	0.0	B 20	0
2.1	Valaistus	MMJ 3x1.5 S	17.7	105.8	1.6	B 10	119
2.2	Valaistus	MMJ 3x1.5 S	31.1	105.8	1.6	B 10	98
2.3	Valaistus	MMJ 3x1.5 S	17.0	105.8	1.6	B 10	120
3.1	Peilikaappi	MMJ 3x2.5 S	20.8	81.2	0.0	B 16	129
3.2	Työpistevalo	MMJ 3x2.5 S	4.7	81.2	0.0	B 16	155
3.3	Vara	MMJ 3x2.5 S	0.0	81.2	0.0	B 16	0
4.1	Lämmitys ILP	MMJ 3x1.5 S	9.3	105.8	1.1	B 10	137
4.2	Lämmitys K, Oh	MMJ 3x1.5 S	15.3	105.8	1.7	B 10	123
4.3	Lämmitys MH,MH,H	MMJ 3x1.5 S	23.9	105.8	2.6	B 10	108
5	Liesi	MMJ 5x2.5 S	5.8	81.2	9.0	B 16	153
6.1	JK	MMJ 3x2.5 S	4.9	81.2	2.3	B 16	154
6.2	AP	MMJ 3x2.5 S	4.5	81.2	3.6	B 16	155
6.3	Vara	MMJ 3x2.5 S	0.0	81.2	0.0	B 16	0
7.1	Pistorasiat MH	MMJ 3x2.5 S	21.2	81.2	3.6	B 16	129
7.2	Pistorasiat Keittiö/OH	MMJ 3x2.5 S	21.0	81.2	3.6	B 16	129
7.3	Pistorasiat K/OH	MMJ 3x2.5 S	14.7	81.2	3.6	B 16	138
8.1	Vara	MMJ 3x2.5 S	0.0	81.2	0.0	B 16	0
8.2	Ulkopistorasia	MMJ 3x2.5 S	5.3	81.2	3.6	B 16	154
8.3	Ulkopistorasiat	MMJ 3x2.5 S	27.8	81.2	3.6	B 16	121

Jere Lehtonen

jere.lehtonen@student.samk.fi

SÄHKÖSELOSTUS

KESÄMÖKKI

PORI

A YLEISTIEDOT KOHTEESTA	3
A1 RAKENNUSKOHDE JA SEN TIEDOT	3
A2 KÄYTTÖ	3
A3 RAKENNUSSUUNNITTELIJA	3
A4 LVI-SUUNNITTELIJA	3
A5 SÄHKÖSUUNNITTELIJA	3
B1 ULKOPUOLISIIN VERKOSTOIHIN LIITTYMINEN	4
B2 LIITTYMIENMAKSUT	4
B21 SÄHKÖLIITTYMÄ	4
B22 PUHELINLIITTYMÄT	4
B23 ANTENNILIITTYMÄT	4
C TYÖMAAVAATIMUKSEET	4
C1 SÄHKÖTYÖT TYÖNAIKAISESTI	4
D SÄHKÖENERGIAN KÄYTTÖ- JA JAKELUJÄRJESTELMIEN TIEDOT	4
D1 KOHTEESSA NOUDATETTAVAT SUORITUSOHJEET	4
D11 URAKAN SISÄLTÖ	4
D12 ASIAKIRJOJEN PÄTEVYYSJÄRJESTYS	5
D13 SÄÄDÖSPERUSTEISET TARKASTUKSET	5
D14 VASTAANOTTO	5
D141 Rakennuttajan suorittamat tarkastukset	5
D142 Koestukset ja tarkistusmittaukset	5
D144 Käytön opastus	6
D15 TOTEUTUS- JA SUUNNITTELUVAIHEEN DOKUMENTOINTI	6
D151 Piirustuksienkustannukset	6
D16 JÄRJESTELMIEN ASENNUSOHJEET KOHDEKOHTAISESTI	6
D161 Tarvikkeet	6
D162 Pistorasioiden, kytkimien yms. laitteiden sijoitus	6
D163 Työn suorittamista koskevat ohjeet	6
D165 Merkintätarvikkeet ja merkinnät	7
D166 Johdotukset sekä niiden varusteet	7
D167 Rasioinnit ja putkitukset	7
S2 SÄHKÖPÄÄJAKELUJÄRJESTELMÄT	7
S3 LAITTEISTOJEN JA LAITTEIDEN SÄHKÖISTYS	8
S31 LVI-järjestelmien sähköistys	8
S32 Laitteistojen ja laitteiden sähköistys	8
S4 SÄHKÖJÄRJESTELMÄT	8
S41 Pistorasiat	8
S5 VALAISTUS	8
S51 Valaistusjärjestelmä	8
T TIETOJÄRJESTELMÄT	8
T1 KOHDETTA KOSKEVAT SUORITUSOHJEET	8
T2 PUHELINJÄRJESTELMÄT	8
T21 Puhelinjärjestelmä	8
T3 VIESTINTÄJÄRJESTELMÄT	9
T31 Antennijärjestelmät	9
T4 MERKINANTOJÄRJESTELMÄT	9
T5 TURVALLISUUSJÄRJESTELMÄT	9
T51 Palovaroittimet ja paloilmoitinjärjestelmä	9

KOHTEEN YLEISTIEDOT

A YLEISTIEDOT KOHTEESTA

A1 RAKENNUSKOHDE JA SEN TIEDOT

Kohteen nimi: Vapaa-ajan asunto
Osoite: PORI
Rakennus: n.90m²
Laajuustiedot: Yksikerroksinen mökki

A2 KÄYTTÖ

Rakennuttaja:

Puhelin:

Sähköposti:

Käyttjä:

Puhelin:

Sähköposti:

A3 RAKENNUSSUUNNITTELIJA

Suunnittelu:

Puhelin:

Sähköposti:

Yhdyshenkilö:

A4 LVI-SUUNNITTELIJA

Suunnittelu:

Puhelin:

Sähköposti:

Yhdyshenkilö:

A5 SÄHKÖSUUNNITTELIJA

Suunnittelu: Lehtonen Jere

Puhelin:

Sähköposti:

Yhdyshenkilö:

B1 ULKOPUOLISIIN VERKOSTOIHIN LIITTYMINEN

Rakennus on jo liitetty paikallisen jakeluverkkoyhtiön pienjänniteverkkoon.

B2 LIITTYMIENMAKSUT

Rakennuttaja maksaa liittymismaksut suoraan kunkin verkon haltijalle.

B21 SÄHKÖLIITTYMÄ

Liittymisjohdot sisältyvät liittymismaksuun tontin rajalle saakka. Tilaaja huolehtii kustannuksellaan liittymisjohdoista tontin sisäpuolella mittauskeskukselle. Tilaaja asennuttaa mittauskeskuksen.

B22 PUHELINLIITTYMÄT

Mahdollisen liittymismaksun maksaa rakennuttaja.

B23 ANTENNILIITTYMÄT

Mahdollisen liittymismaksun maksaa rakennuttaja.

C TYÖMAAVAATIMUKSEET

C1 SÄHKÖTYÖT TYÖNAIKAISESTI

Kun rakennustyöt kohteessa ovat alkaneet ja talon lopulliseksi jäävä sähköliittymä on toiminnassa vastaa rakennuttaja kohteessa kulutettavan sähköenergian kustannuksista.

Tilaaja huolehtii siitä, että lopullinen sähköliittymä on mahdollisuuksien mukaan käytettävissä rakennustöiden alkaessa.

Urakoitsija vastaa muiden lopulliseksi jäävien sähköasennusten mahdollisesta käytöstä rakennusaikana.

D SÄHKÖENERGIAN KÄYTTÖ- JA JAKELUJÄRJESTELMIEN TIEDOT

D1 KOHTEESSA NOUDATETTAVAT SUORITUSOHJEET

Urakassa on noudatettava Rakennusurakan yleisiä sopimusehtoja YSE 1998. Työ on tehtävä noudattaen sähköturvallisuuslakia ja sen perusteella annettuja normatiivisia ohjeita, mm. SFS 6000-standardisarjan (Pienjännitesähköasennukset) ja SFS 6002-standardin (Sähköturvallisuus) määräyksiä.

D11 URAKAN SISÄLTÖ

Urakka käsittää tarjouspyyntöaineistossa määritellyn vapaa-ajan asunnon rakennuksen sähköasennustyöt ja tarvikkeet valmiiseen käyttökuntoon asennettuna siinä laajuudessa, kun se sähkösuunnitelmassa ja tässä dokumentissa on määritelty tai rakennuttajan kanssa muutoin erikseen sovittu.

D12 ASIAKIRJOJEN PÄTEVYYSJÄRJESTYS

Urakoitsijan ja tilaajan välisessä urakkasopimuksessa määritellään asiakirjojen pätevyysjärjestys.

D13 SÄÄDÖSPERUSTEISET TARKASTUKSET

Säädöspерusteisten tarkastusten kustannukset sisältyvät urakkaan lukuun ottamatta niitä tarkastuksia, jotka sisältyvät rakennusvalvontamaksuun.

D131 Käyttöönottotarkastukset

Urakoitsijan suorittama sähkölaitteiston käyttöönottotarkastus sisältyy urakkaan.

Urakoitsija luovuttaa käyttöönottotarkastusten pöytäkirjat ennen vastaanottotarkastusta rakennuttajalle.

D14 VASTAANOTTO

- Urakoitsija toteuttaa käyttöönottotarkastuksen ennen vastaanottoa.
- Urakoitsija tulee toimittaa tarkepiirustussarja suunnittelijalle viimeistään vastaanottotarkastukseen mennessä.

D141 Rakennuttajan suorittamat tarkastukset

Rakennuttajan katsotaan hyväksyneen työsuorituksen vasta kun hän on vastaanottanut kaikki luovutusdokumentit ja on tarkastanut työsuorituksen ja hyväksynyt sen kirjallisesti.

D142 Koestukset ja tarkistusmittaukset

Ennen jännitteen kytkemistä käyttöönottotarkastukseen kuuluvat mittaukset ja tarkastukset:

- suojajohtimien, PEN-johtimien ja potentiaalintasausjohtimien jatkuvuus
- eristysresistanssimittaukset L1/L2/L3/N-PE (TN-S-järjestelmässä)
- lämmitysjohtojen eristysvastusmittaukset.
- SELV- ja PELV-piirien tai suojaerotettujen piirien erotus

Laitteet saadaan kytkeä jännitteiseksi vasta, kun edellä mainitut mittaukset ja koestukset on suoritettu sekä mahdolliset ilmenneet virheet ovat korjattu.

Seuraavat koestukset ja mittaukset on suoritettava, kun laitteet on kytketty jännitteiseksi:

- syötön automaattisen poiskytkennän toiminnan tarkastus ja varmistus pistokoelunontaisesti, joka on varmistettu suunnittelussa laskennallisesti verkoston toiminta.
- jännitelujuus (laitteille jotka ovat tyyppitestaamattomia tai asennuspaikalla valmistettuja)
- käyttö-, kytkin-, lukitus- ja ohjauslaitteiden toiminnan testaus
- napaisuus, jossa tarkistetaan, että yksinapaiset kytkinlaitteet ovat kytkettynä vaihejohtimeen
- vaihejärjestyksen tarkastus mittaamalla
- toiminnan kokeilu ohjauspiireille
- hälytys- ja valvontapisteiden kokeilu
- sähkötekniisten tietojärjestelmien koestukset ja tarkastukset kunkin järjestelmän kohdalla tässä selostuksessa esitettyjen vaatimusten mukaisesti.

Urakoitsija laatii tarkastuksista ja mittauksista pöytäkirjat, jotka tulee toimittaa ennen vastaanottotarkastusta rakennuttajalle.

D144 Käytön opastus

Urakoitsija luovuttaa rakennuttajalle käytönopastuksen yhteydessä laite- ja järjestelmäkohtaiset huolto- ja käyttöohjeet.

D15 TOTEUTUS- JA SUUNNITTELUVAIHEEN DOKUMENTOINTI

Tarpeen mukaan suunnittelijan tekemää suunnitelmaa täydennetään rakennustyön aikana. Urakoitsija merkitsee kaikki täydennykset ja tehdyt muutokset tarkepiirustuksiin, jotka luovutetaan puhtaaksi piirrettynä tilaajalle töiden valmistuttua.

Urakoitsija toimittaa lopulliset dokumentit rakennuttajalle sähköisesti CD:llä ja paperiversiot tulostettavaksi rakennuttajan ilmoittamaan kopiolaitokseen. Urakoitsija vastaa luovutuspiirustusten puhtaaksi piirtämisen kustannuksista.

D151 Piirustuksienkustannukset

Rakennuttaja toimittaa urakoitsijalle yhden sarjan sopimuspiirustuksista sekä tarvittaessa yhden sarjan paperikopioita muiden alojen piirustuksista.

D16 JÄRJESTELMIEN ASENNUSOHJEET KOHDEKOHTAISESTI

D161 Tarvikkeet

Kaikkien tarvikkeiden tulee olla niitä koskevien, voimassa olevien direktiivien ja määräysten mukaisia. Osoituksena tästä tulee niissä tarvikkeissa ja sähkölaitteissa, joita merkintävollisuus koskee, olla CE-merkintä. Jokaisessa käytettävässä tarvikkeessa tai niiden pakauksessa on vähintään oltava todistus asianomaisesta hyväksynnästä. Kyseisistä tarvikkeista ja laitteista on oltava saatavilla valmistajan vakuutus.

Sähkötarvikkeina tulee käyttää tuotteita, joiden huolto ja varaosien saanti on tulevaisuudessa turvattu. Tarvikkeiden valinnassa tulee ottaa huomioon Suomessa vallitsevat asennusolosuhteet, kuten asennuspaikan soveltuvuus suomalaiseen rakentamistapaan, lämpötila ja muut vastaavat asiat. Urakoitsijan on hyväksyttävä tarvikkeet ja laitteet rakennuttajalla tämän sähköselostuksen eri järjestelmien ohjeiden mukaisesti. Tarvikkeiden on oltava rakenteeltaan ja laadultaan asennusolosuhteisiin tarkoitettuja. Urakoitsija valitsee tarvikkeet tai työmenetelmät itse, ellei piirustuksissa tai sähköselostuksessa ole niitä tarkemmin määritetty.

D162 Pistorasioiden, kytkimien yms. laitteiden sijoitus

Yleisesti

Ellei tässä sähköselostuksessa tai piirustuksissa ole toisin määrätty, noudatetaan sijoituksissa st-korttia 51.22.

Pesuhuoneen, keittiön sekä wc-tilojen osalta ennen asennusta on urakoitsijan tarkistettava sähköpisteiden sijoitus viimeisimpiä kalustekuvia vastaaviksi.

D163 Työn suorittamista koskevat ohjeet

Työn suorittamisessa tulee noudattaa standardisarjan pienjännitesähköasennukset SFS6000 julkaisua ja muutoksia jotka ovat siihen vahvistettuja sekä korttia ST 51.23.

Työn suorittamisessa on aina noudatettava tarkoin kunkin valmistajan ohjeita. Työolosuhteet sekä muut työn suorittamiseen vaikuttavat asiat on tarkistettava aina hyvissä ajoin ennen työn aloittamista.

Urakassa syntyvien jätteiden siirtämisestä työmaan roskalavalle huolehtii urakoitsija.

Urakoitsija suojaa toimittamansa ja asentamansa rasiat likaantumisen estämiseksi kansilla.

D165 Merkintätarvikkeet ja merkinnät

Merkinnöissä tulee noudattaa St korttia 51.25. Merkinnöissä on kuitenkin huomioitava ensisijaisesti suunnittelijoiden ja tilaajan määrittelemät merkintäohjeet ja positioinnit.

D166 Johdotukset sekä niiden varusteet

Kaapeloinnit tehdään uppoasennuksin putkitettuna. Kaapelointi toteutetaan suunnitelmien mukaisesti ja asennuspaikkaan tarkoitetuilla kaapeleilla. Asennuksissa käytetään suunnitelman mukaisia MMJ-johtoja.

D167 Rasioinnit ja putkitukset

Eri järjestelmien mahdolliset seinäpisteet tulee päättää aina kojerasioihin seinävalopisteitä lukuun ottamatta (esim. WC-tilat).

Lisäksi urakassa tulee noudattaa seuraavia asennusohjeita:

- Rasioita ei saa asentaa seinärakenteissa kohdakkain ääneneristyksen heikkenemisen vuoksi.
- Putket ja rasiat asennetaan lämmöneristyksen ja kosteussulun sisäpuolelle.
- Mahdolliset varaputkitukset on esitettävä luovutuspiirustuksissa.
- Erillisiä vesikattolävistyksiä tulee välttää viemällä putkitukset katolle esimerkiksi LVI-lävistyksen yhteydessä.
- Lämpimän ja kylmän tilan väliset putkitukset tulee sisäpuoli tiivistää ilmakierron estämiseksi.
- Putkitukset, jotka mahdollisesti lävistävät liikuntasauaman on asennettava siten, että putket pääsevät hyvin liikkumaan.
- Kaikki asennusputket tulee kiinnittää noin 2,0 metrin välein sekä aina liitosten läheltä.
- Taipuisat muoviputket on kiinnitettävä kaarien molemmin puolin, sekä suorana kiinnitettävä vähintään metrin välein.

S2 SÄHKÖPÄÄJAKELUJÄRJESTELMÄT

S21 400 V jakelujärjestelmät

Yleisesti

Sähkönjakelu kohteessa toteutetaan käyttämällä TN-S-järjestelmää.

Keskuskaaviossa sekä pääjohtokaaviossa on esitetty pääjakelujärjestelmän yksityiskohtaiset tiedot.

Järjestelmään liitetyille laitteille ja kojeille tulee suorittaa käyttöönottoimenpiteet kuten releiden ja katkaisijoiden koestus tai kokeilu.

Ennen käyttöönottoimenpiteiden suorittamista järjestelmän N- ja PE-johtimen välinen eristystila mitataan ja tarkistetaan.

Potentiaalintasaukset ja maadoitukset

Maadoituskaaviosta käy ilmi maadoitettavat järjestelmät ja laitteet sekä maadoituksen tekniset arvot.

Maadoitusjohtimen liitokset on tehtävä käyttäen tarkoitukseen valmistettuja liittimiä ja tarvikkeita sekä liitokset on oltava luotettavia ja korroosionkestäviä.

Putkistoihin asennettavat johdot johtoliitokset tullaan asentamaan niin, ettei venttiilin, mittarin tms. vaihdon yhteydessä niitä tarvitse irrottaa.

S3 LAITTEISTOJEN JA LAITTEIDEN SÄHKÖISTYS

S31 LVI-järjestelmien sähköistys

Urakkaan kuuluu myös sähköpiirustusten mukaisesti ilmanvaihtolaitteiston kytkennät ja kaapelointi. Urakkaan sisältyy lisäksi uusien lämmityspattereiden asentaminen ja kytkeminen sekä termostaattien kaapelointi valmistajan ohjeiden mukaisesti.

S32 Laitteistojen ja laitteiden sähköistys

Tilaajan hankkimien puolikiinteästi tai kiinteästi sähköverkkoon liitettävien sähkölaitteiden kytkentä niiden tarvittavien liitosjohtojen ja tarvikkeiden kanssa kuuluu urakkaan.

S4 SÄHKÖJÄRJESTELMÄT

S41 Pistorasiat

Yleiset ratkaisut ja vaatimukset

Kaikki 1-vaihepistorasiat tulee olla varustettu sulkulaittein.

Kaikki 3-vaihepistorasiat tulee olla 5-napaisia ja niiden vaihejärjestys on oltava sama.

Kohteeseen asennetaan piirustuksiin merkityt pistorasiat kaapelointeineen. Kalusteiden tulee olla voimassa olevien määräysten mukaisia ja asennusympäristöönsä sopivia.

S5 VALAISTUS

S51 Valaistusjärjestelmä

Valaistus toteutetaan suunnitellun tasopiirustuksen mukaisesti.

Valaisimet tulee asentaa huolellisesti noudattaen valmistajan asennusohjeita.

T TIETOJÄRJESTELMÄT

T1 KOHDETTA KOSKEVAT SUORITUSOHJEET

Asennuksissa (antennijärjestelmät, puhelinjärjestelmä, yleiskaapelointijärjestelmä), jotka teleurakointimääräyksissä on määritetty, saa asennuksen suorittaa vain Viestintäviraston rekisteröimä teleurakoitsija.

Sähkötekniisten tietojärjestelmien kaikki laitteet tulee ennen niiden hankkimista hyväksyttää rakennuttajalla.

T2 PUHELINJÄRJESTELMÄT

T21 Puhelinjärjestelmä

Puhelinjärjestelmää ei asenneta.

T3 VIESTINTÄJÄRJESTELMÄT

T31 Antennijärjestelmät

Yleisesti

TV- ja radio-ohjelmien välittämistä varten rakennukseen asennetaan antenniverkko. Antennisignaali vastaanotetaan katolle sijoitetulla harava-antennilla. Antennin asennus, hankinta ja suuntaus kuuluvat urakkaan.

Järjestelmän kaapelit, laitteet, rasiat sekä tarkemmat tiedot on esitetty piirustuksissa. Kaapeleiden asennuksessa tullaan noudattamaan kaapelivalmistajien ohjeita.

T4 MERKINANTOJÄRJESTELMÄT

Merkinantojärjestelmää ei asenneta.

T5 TURVALLISUUSJÄRJESTELMÄT

T51 Palovaroittimet ja paloilmoinjärjestelmä

Yleisesti

Tulipalon nopeaa havaitsemista varten tullaan rakennukseen asentamaan viranomaismääräykset täyttävä palovaroitinjärjestelmä. Noudatetaan valmistajan kaapelointi- ja asennusohjeita. Käytetään vain Suomessa viranomaisten tarkoitukseensa hyväksymiä palovaroittimia.