



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

TERO ANTTILA

Pienkiinteistön sähkösuunnitelmat

Omakotitalon ja puusepän verstaan
sähkösuunnitelmat

SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOTEKNIIKAN
TUTKINTO-OHJELMA
2025

TIIVISTELMÄ

Anttila, Tero: Pienkiinteistön sähkösuunnitelmat – Omakotitalon ja puusepän verstaan sähkösuunnitelmat
Opinnäytetyö, AMK
Sähkö- ja Automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Huhtikuu 2025
Sivumäärä: 53

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä tarvittavat suunnitelmat ja piirustukset omakotitaloon ja puusepän verstaaseen, joita voidaan käyttää myöhemmin tulevaisuudessa pienkiinteistön rakentamisessa. Työssä käytiin läpi paloilmoinjärjestelmien vaatimuksia, yleiskaapelointia sekä kiinteistön sähköjärjestelmien suunnittelussa tarvittavia laskelmia. Lisäksi työssä perehdyttiin käyttöönottomittauksiin ja pöytäkirjaan, mitä voidaan käyttää oppaana mittauksia tehdessä.

Opinnäytetyön suunnitelmat tehtiin CADMATIC Electric -ohjelmistolla, jolla saatiin tehtyä tarvittavat piirustukset. Tukimateriaalina työssä käytettiin sähköalan standardeja ja määräyksiä koko projektin ajan.

Työssä käytiin läpi lisäksi sähköverkkoon liitettyä aurinkosähköjärjestelmää, perehdyttiin aurinkosähköjärjestelmän suunnitteluun liittyviin asioihin, kuten kartoitus, suunnittelu ja toteutus teorian näkökulmasta. Työssä tutkittiin myös sähköauto latausjärjestelmän vaatimuksia ja mahdollisuuksia sen hyödyntämiseen kiinteistössä tulevaisuuden varalta.

Opinnäytetyön lopputuloksesta tuli selkeä ja hyvin onnistunut kokonaisuus pienkiinteistön sähköjärjestelmien suunnittelusta, jossa pääsin perehtymään standardeihin ja käsikirjoihin. Opinnäytetyön tekoprosessi onnistui mielestäni hyvin.

Avainsanat: omakotitalo, sähkösuunnitelmat, aurinkosähköjärjestelmä, sähköauton latauspiste, käyttöönotto

ABSTRACT

Anttila, Tero: Electrical plans for a small property – House and carpenters workshop plans
Bachelor's thesis
Electric and automation
April 2025
Number of pages: 53

This thesis focused on creating the necessary plans and drawings for a house and a carpenter's workshop, which can be used in the future when building a small property. The thesis covered the requirements for fire alarm systems, general cabling, and the calculations needed for planning the property's electrical systems. It also examined commissioning measurements and the related documentation, which can be used as a guide when carrying out those measurements.

The plans were made using CADMATIC Electric software, which was used to produce all the required drawings. Electrical standards and regulations were used as reference material throughout the project.

The thesis also examined a solar power system connected to the electrical grid. It covered the key parts of designing such a system, including site assessment, planning, and how it would be carried out in theory. On top of that, the study explored the requirements for an electric vehicle charging system and its potential use on the property in the future.

Overall, the thesis turned out to be a clear and successful overall package for planning electrical systems for a small property. Through which I had the opportunity to dive into relevant standards and manuals. In my opinion, the thesis process went well.

Keywords: house, electrical plans, solar power system, electric vehicle charging, commissioning

SISÄLLYS

| | |
|---|----|
| 1 JOHDANTO | 6 |
| 1.1 Eettinen tarkastelu..... | 7 |
| 2 SÄHKÖSUUNNITTELU | 8 |
| 2.1 Sähköpiirustukset ja kaapelointi | 8 |
| 2.2 Yleiskaapelointi | 9 |
| 2.3 Paloilmoitinjärjestelmä..... | 11 |
| 2.4 Laskelmat | 12 |
| 2.4.1 Huipputeho | 12 |
| 2.4.2 Kuormitusvirta..... | 13 |
| 2.4.3 Pääsulakekoko ja liittymiskaapeli..... | 14 |
| 2.5 Keskukset..... | 14 |
| 2.5.1 Omakotitalon pääkeskus | 15 |
| 2.5.2 Verstaan pääkeskus | 16 |
| 3 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄ..... | 17 |
| 3.1 Sähköverkkoon liitetty järjestelmä (ON-GRID) | 18 |
| 3.2 Kartoitus | 19 |
| 3.3 Suunnittelu | 20 |
| 3.4 Toteutus | 21 |
| 3.5 Aurinkosähköjärjestelmän asennukset ja virheet..... | 23 |
| 3.6 Käyttö ja hyödyt..... | 25 |
| 3.7 Laskelmat | 25 |
| 4 SÄHKÖAUTON LATAUSJÄRJESTELMÄ..... | 26 |
| 4.1 Lataustavat..... | 26 |
| 4.1.1 Lataustapa 1 | 26 |
| 4.1.2 Lataustapa 2 | 27 |
| 4.1.3 Lataustapa 3..... | 27 |
| 4.1.4 Lataustapa 4..... | 28 |
| 4.2 Suunnittelu | 28 |
| 4.3 Laskelmat | 29 |
| 5 KÄYTTÖÖNOTTO | 30 |
| 5.1 Omakotitalon ja puusepänverstaan käyttöönotto..... | 30 |
| 5.1.1 Tarkastukset | 31 |
| 5.1.2 Testaukset ja mittaukset | 31 |
| 5.2 Aurinkosähköjärjestelmän käyttöönotto | 31 |
| 5.2.1 Tarkastukset | 32 |

| | |
|--|----|
| 5.2.2 Testaukset ja mittaukset | 32 |
| 5.3 Sähköajoneuvon latausjärjestelmän käyttöönotto | 33 |
| 5.3.1 Tarkastukset | 33 |
| 5.3.2 Testaukset ja mittaukset | 33 |
| 6 YHTEENVETO..... | 34 |
| LÄHTEET | 35 |
| LIITTEET | 37 |

1 JOHDANTO

Omakotitalojen ja pienteollisuuden, kuten puusepänverstaiden, sähköjärjestelmät ovat yhä monimutkaisempia ja vaativimpia. Sähköautojen yleistyminen ja uusiutuvan energian, kuten aurinkoenergian, hyödyntäminen asettavat uusia vaatimuksia sähköverkolle. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella omakotitalon ja puusepänverstaan sähkösuunnitelmat, joihin tulee omat sähkömittarit ja keskukset. Pienkiinteistölle laaditaan alustavat, teoriapohjaiset suunnitelmat aurinkosähkö- ja sähköauton latausjärjestelmistä. Opinnäytetyössäni olen hyödyntänyt ChatGPT-tekoälysovellusta ideoiden hakemiseen sekä apuna englanninkielisen tekstin kääntämisessä.

Opinnäytetyössä esitelty pienkiinteistö on suunniteltu alustavasti, rinnetontille merenrantaa, jossa olisi hyvät mahdollisuudet hyödyntää aurinkosähköjärjestelmää. Kyseiset rakennukset on suunniteltu rakennettavaksi rinnakkain jolloin saadaan hyödynnettyä molempien rakennusten katto tilaa aurinkosähköjärjestelmälle.

1.1 Eettinen tarkastelu

Tässä opinnäytetyössä keskitytään sähkösuunnitelmiin, aurinkösähköjärjestelmän alustavaan suunnitteluun, sähköajoneuvon latausjärjestelmiin ja niihin liittyviin määräyksiin sekä käydään läpi tarvittavat mittaukset teoriassa. Vaikka opinnäytetyö ei kohdistu suoranaisesti ihmisiin, on työssä silti huomioitu eettinen toiminta työssä mukana olleiden henkilöiden kanssa. Tutkimuksessa on kunnioitettu henkilöiden yksityisyyttä ja sananvapautta, sekä henkilöiden mielipiteitä joita projektissa käytiin läpi on käsitelty luottamuksella sekä anonyymisti. Opinnäytetyössä käsitellyistä tiedoista ei kerätty henkilötietoja ja mukana olleiden henkilöiden kanssa luotiin avoin ja luottamuksellinen suhde. Opinnäytetyössä keskityttiin vertailemaan eri laitteiden ja laitteistojen teknisiä ominaisuuksia. Opinnäytetyössä ei kerätty henkilötietoja, ja tutkittavilta on kysytty suostumus. Kaikki kerättävä tieto käsiteltiin anonyymisti ja luottamuksella ilman henkilötietoja, keskittyen teknisiin ominaisuuksiin. (Tutkimuseettinen neuvottelukunta, 2023).

2 SÄHKÖSUUNNITTELU

Sähköjärjestelmien suunnittelussa tulee ottaa huomioon sähköturvallisuusmääräykset sekä käyttäjien energiatarpeet. Omakotitalossa tavallinen sähkökuorma koostuu valaistuksesta, kodinkoneista, ja lämmitysjärjestelmästä. Puusepänverstaassa taas vaaditaan raskaampaa sähkökuormaa koneiden ja laitteiden käytön takia. Sähköjärjestelmien suunnittelu aloitetaan kartoittamalla omakotitalon ja verstaan sähkötarpeet. Tämän jälkeen tehdään sähköpiirustukset, jotka sisältävät kaapeleiden reititykset, pistorasioiden ja valaistusten sijainnit sekä pää- ja mittauskeskusten paikat ja kytkennät. Sähkösuunnitelmat toteutetaan CADMATIC-ohjelmistolla.

2.1 Sähköpiirustukset ja kaapelointi

Sähköpiirustuksissa nähdään pistorasioiden, valaisimien, kytkimien, data- ja antennirasioiden sijainnit sekä kaapelireitit. Keskusten sijainnit ja keskusten kytkennät löytyvät myös piirustuksista. Asunnon piirustukset löytyvät liitteistä 1-8, ja verstaan piirustukset löytyvät liitteistä 9-13. Suunnitelmia tehdessä täytyi ottaa huomioon sähköstandardit SFS 6000, ja mitä standardit sanovat sähkökojeiden paikkasijoittelusta.

Rakennusten kaapeloinnit perustuvat SFS 6000 -standardiin. Omakotitalon ja verstaan valaistuksen kaapelointi suunniteltiin tapahtuvan MMJ -tyyppisillä kaapeleilla, jos tyyppissä on mainittu S, se merkitsee maadoitusta, joka on väritään keltavihreä. Suunnitelmassa on käytetty kaapelia 3x1,5 S jossa on kolme johdinta, kaapelin määrittelee asennettava valaisinkuorma, sekä miten valaisimien kytkennät suunnitellaan piirustuksissa. Kaapelien johdinvärit ovat ruskea, musta ja harmaa, jotka ovat vaihevärit ja sininen johdin, jota käytetään nollajohtimena. Pistorasioiden kaapelointi suunniteltiin MMJ 3x2,5 S -kaapelilla ja voimavirtapistorasiat MMJ 5x2,5 S -kaapelilla kolmivaihevirrann vuoksi. Pistorasioilla, kytkimillä ja muilla sähkökojeilla on esitetty omat asennuskorkeudet ja paikat, jotka on esitetty tarkemmin käsikirjassa rakennusten sähköasennuksista. (D1-2022 käsikirja, s.409.)

2.2 Yleiskaapelointi

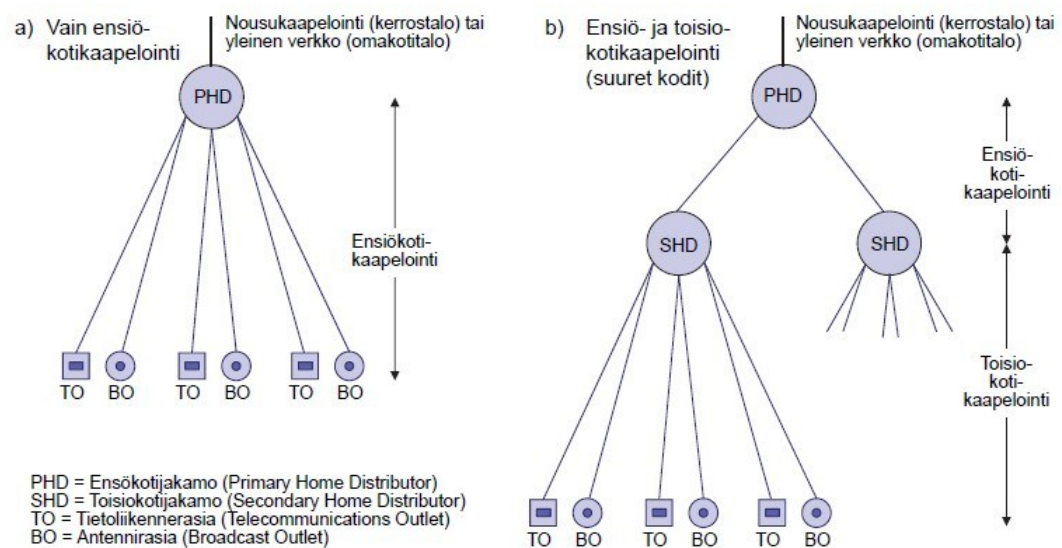
Yleiskaapelointi on määritelty standardissa EN 50173-4, jossa lähtökohtana kotien yleiskaapeloinnille on tukea tietoliikennetekniikan ICT-sovelluksien lisäksi myös joukkoliikennetekniikan BCT-sovelluksia. Kotien yleiskaapeloinnin rakenne ja toiminnalliset osat on esitetty kuvassa 1. Kotien yleiskaapeloinnissa käytettävät perustyyppin kaapelit ovat parikaapeli, optinen kaapeli ja koaksiaalinen kaapeli. Yleisen viestintäverkon liityntäkaapeli ja omakotitalon kotikaapelointi liitetään suoraan omakotitalon talo-/kotijakamossa. (ST 16, 2019, s.61-63.)

Kuva 1 näkyy kotien ICT- ja BCT-kaapeloinnin perusrakenne ja kaapelointitopologia. Kuvassa on kaksi kaaviota, jotka esittävät kotien tietoliikennekaapeloinnin rakenteita:

- a) Vain ensiökotikaapelointi: Yksinkertaisempi rakenne, jossa PHD (Primary Home Distributor) jakaa yhteydet suoraan tietoliikenne- ja antennirasioille (TO ja BO).
- b) Ensiö- ja toisiokotikaapelointi: Monimutkaisempi rakenne, jota käytetään esimerkiksi suuremmissa kodeissa. PHD jakaa yhteydet SHD-yksikölle (Secondary Home Distributor), joka jakaa edelleen yhteydet TO- ja BO-rasioille.

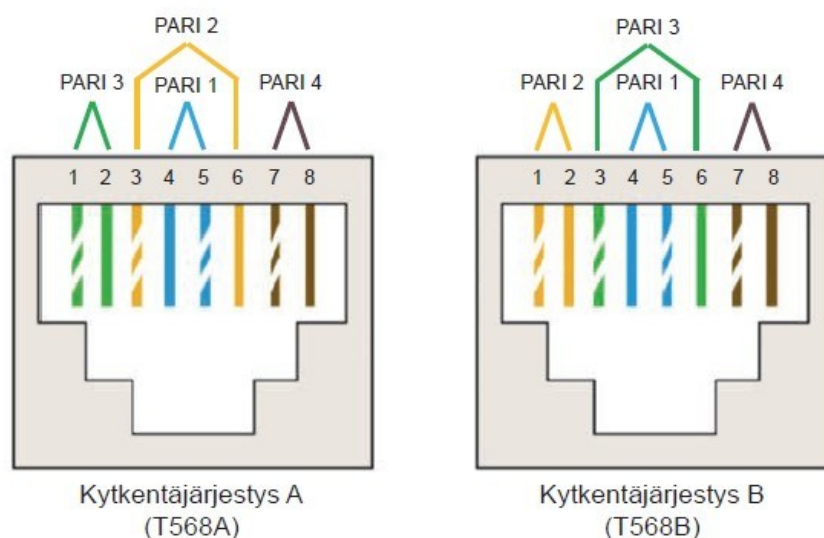
Kaapelit yhdistävät keskusjakopisteitä (PHD ja SHD) talon sisäisiin liitäntäpisteisiin. Kuvassa käytetään tunnisteita:

- PHD = Primary Home Distributor (Ensiökotijakamo)
- SHD = Secondary Home Distributor (Toisiökotijakamo)
- TO = Telecommunications Outlet (Tietoliikennesasia)
- BO = Broadcast Outlet (Antennirasia)



Kuva 1. Kotien ICT- ja BCT-kaapeloinnin perusrakenne ja kaapelointitopologia. a) vain ensiökotikaapelointi, b) ensiö- ja toisiökotikaapelointi (ST 16, 2019, s.62).

Yleiskaapeloinnissa suunniteltiin käytettäväksi CAT-6a F/FTP -parikaapelia, jossa on neljä parikaapelia värikoodattuna, ja datarasioissa suunniteltiin käytettäväksi RJ-45-liittimiä, joista löytyy kytkentäjärjestys vaihtoehdot A ja B (kuva 2). Datakaapeloinnilla saadaan tehtyä kattavat kotiverkot omakotitaloon ja puusepänverstaaseen. Verstaan verkkoyhteydessä suunniteltiin käytettäväksi samaa CAT-6a F/FTP -parikaapelia ja RJ-45-liittimiä.



Kuva 2. RJ45-naarasliittimen kosketinjärjestys, parien ryhmittely ja kytkentätavat A ja B (ST 16, 2019, s.393).

Omakotitalon antennijärjestelmä suunniteltiin tähtimäiseksi, kuten uusien asuntojen määräykset sanovat. Samat määräykset pätevät myös yleiskaapeloinnin suunnittelussa. Kaapeleiden valinnassa on huolehdittava, että myös kaapelit täyttävät määräyksen 65 ja ovat standardien vaatimat. Antennikaapelointi suunniteltiin Tellu 13 -koaksiaalikaapelilla ja standardien vaatimilla antennirasioilla.

2.3 Paloilmoitinjärjestelmä

Paloilmoitinjärjestelmillä on omat lait ja standardit (Laitestandardi EN 54 ja Pelastuslaki (379/2011)), jossa määrätään rakennuksen omistajan, haltijan ja toiminnanharjoittajan velvollisuuksista. Laki pelastustoimen laitteista (10/2007)) velvoittaa tekemään paloilmalaitteiden asennukset ja suunnittelut niin, että ne toimivat luotettavasti ja asianmukaisesti. (ST 10, 2020, s.13.)

Paloilmalaitteiden suunnittelussa täytyy ottaa huomioon, että uusiin sähköverkkoon kytketyihin asuinrakennuksiin pitää asentaa paloilmalaitteet, jotka pitää olla sähköverkkoon kytkettäviä paloilmalaitteita. Paloilmalaitteet pitää asentaa huonekohtaisesti sekä isommissa tiloissa vähintään yksi paloilmalaitteesta jokaista alkavaa 60 m² kohden. Paloilmalaitteiden on täytettävä standardin SFS-EN 14604 paloilmalaitteiden vaatimukset ja niiden vaatimustenmukaisuudet osoitetaan CE-merkinnällä, joista löytyy tarkemmin ST-kortistosta (ST 662.50 Paloilmoittimet, 2018, s. 4-5). Paloilmalaitteille on olemassa yleisohjeet, mihin korkeuteen ne voidaan asentaa sekä mihin kohtaan ne voidaan lisätä. Nämä riippuvat täysin suunniteltavasta tilasta. Paloilmalaitteiden ohjeet jättävät paljon tulkinnan varaa järjestelmien suunnitteluun. (ST 10, 2020, s.123-139.)

Omakotitaloon suunniteltiin optiset ilmaisimet, jotka voidaan liittää verkkovirtaan, ja joissa on vara-akut sähkökatkojen varalta. Pienteollisuusrakennuksen paloilmoitinjärjestelmässä täytyy ottaa huomioon mahdolliset hienopöly-/pölyhaitat, jotka voivat aiheuttaa vääriä hälytyksiä verstaassa. Paloilmalaitteiden kaapeleina voidaan käyttää joko MMJ- tai KLM-tyyppistä kaapelia. Myös

poistumistiemerkinnot on piirretty verstaan piirustuksiin, sekä verstaan tekniiseen tilaan on lisätty paloilmaisin.

2.4 Laskelmat

Jotta saatiin oikean kokoiset pääsulakkeet ja liittymiskaapelit, täytyi ensin laskea omakotitalon ja verstaan huipputehot, josta sitten saatiin laskettua kuormitusvirrat. Seuraavissa kappaleissa on esitetty nämä laskelmat.

2.4.1 Huipputeho

Omakotitalon huipputeho lasketaan käyttämällä jatkuvatoimisen sähkölämmityksen laskukaavaa (ST 13.31) Omakotitalon huipputehossa ei kuitenkaan oteta huomioon auton lämmitystä / sähköajoneuvon latausta eikä sähkökiuasta. Ajoneuvon lataus on suunniteltu verstaan yhteyteen ja omakotitaloon on suunniteltu puukiuas. Seuraavassa kaavassa (1) on esitetty huipputehon laskentakaava.

$$P_h = P_{koje} + P_{valaistus} + P_{kev} + P_{hlam} + P_{alam} + P_{lrv} \quad (1)$$

P_h = Omakotitalon huipputeho kW

P_{koje} = Kojekuorma 3 kW

$P_{valaistus}$ = Valaistuskuorma 10 W/m^2 * huoneiston pinta-ala

P_{kev} = Kiukaan vuorottelematon nimellisteho kW

P_{hlam} = Sähkölämmityksen nimellisteho kW

P_{alam} = Auton lämmitys / sähköajoneuvon lataus kW

P_{lrv} = Lämminvesivaraajan teho kW

Kaava (1)

$$P_h = 3 \text{ kW} + 10 \text{ W/m}^2 * 125 + 0 + 8 \text{ kW} + 0 + 3 \text{ kW}$$

$$P_h = 15,25 \text{ kW}$$

Verstaan koneiden ja sähkölaitteiden sähköteho on noin 17 kW maksimikuormitukseltaan, jos kaikkia koneita käytetään samanaikaisesti. Verstaan yhteyteen suunniteltiin sähköajoneuvon latauspiste, joka on 6 kW, joten koko verstaan sähkötehoksi tulee 23 kW. On kuitenkin hyvä ottaa huomioon, ettei sähköajoneuvon latauspistettä ja kaikkia verstaan koneita käytetä samanaikaisesti, niin todellinen sähköteho tulee olemaan käytössä pienempi.

2.4.2 Kuormitusvirta

Kuormitusvirralla varmistetaan sähkölaitteiden oikeanlainen kuormitus käyttäen kolmivaihejärjestelmän laskukaavaa (2).

$$P = \sqrt{3} * U * I * \cos \varphi \quad (2)$$

P = Huipputeho

U = Pääjännite

I = Vaihevirta

$\cos \varphi$ = Tehokerroin

Kaava (2)

Omakotitalon kuormitusvirta

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos \varphi} = \frac{15,25 \text{ kW}}{\sqrt{3} * 400 \text{ V} * 0,95} = 23,17 \text{ A}$$

Kaava (2)

Verstaan kuormitusvirta

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos \varphi} = \frac{23 \text{ kW}}{\sqrt{3} * 400 \text{ V} * 0,95} = 34,94 \text{ A}$$

2.4.3 Pääsulakekoko ja liittymiskaapeli

Omakotitalon pääsulakekooksi valittiin 3x25 A ja verstaaseen tulee 3x35 A pääsulakkeet sähkölaitteiden ja sähköajoneuvon latausaseman vuoksi. Keskuksien liittymiskaapeleiksi valikoitui AXMK 4x25 S -kaapeli, joka valittiin Pori Energian Sähköliittymät – tekniset ohjeet -taulukon mukaan (taulukko 1). Liittymiskaapelit tuodaan omakotitalon pääkeskukseen ja verstaan pääkeskukseen keskushuoneeseen. Kiinteistöön suunniteltiin kaksi mittakeskusta, koska niin saadaan mitattua verstaan ja omakotitalon kulutus erikseen, koska verstaasta voidaan käyttää myös laskutettavaan työhön.

Taulukko 1. Liittymisjohdot pääsulakeittan (Pori Energia, 2020).

| Pääsulake (A) | Liittymisjohto |
|-----------------|----------------|
| 3x25 A – 3x35 A | AXMK 4x25 S |
| 3x63 A | AXMK 4x35 S |
| 3x100 - 160 A | AXMK 4x95 S |
| 3x200 A | AXMK 4x185 S |
| 3x250 A | AXMK 4x240 S |

2.5 Keskukset

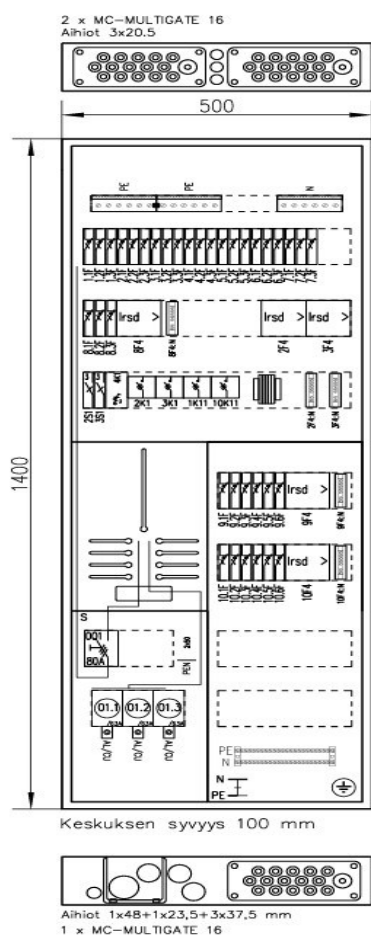
Sähkökeskukset ovat standartoituja ja mitoitettuja. Sähkökeskuksen suunnittelussa ja valinnassa hyvä muistisääntö on, että keskukset suunnitellaan niin, että niissä on vähintään 25 % ylimääräistä tilaa, mitä tarve vaatii mahdollisia myöhäisempiä lisäyksiä varten.

Omakotitalon pääkeskus, PK1, on merkitty yhdeksi mittakeskukseksi, josta saadaan vedettyä koko talon valaistukset, pistorasiat, kodinkoneet ja muut lämmitysjärjestelmät. Verstaan pääkeskus PK2 on kiinteistön toinen mittakeskus, josta vedetään tarvittavat sähköt verstaaseen mm. valaistukseen, sähkökoneisiin ja sähköauton lataukseen. Keskukset valittiin sen mukaan, että niissä on valmiiksi riittävästi tilaa jo suunnitelluille laitteille ja asennuksille sekä

ylimääräistä tilaa mahdollisia muutoksia ja lisäyksiä varten, joita tulevaisuudessa voi tulla. Pienkiinteistöön tarvittavat keskuksat valittiin UTU:n keskuksista.

2.5.1 Omakotitalon pääkeskus

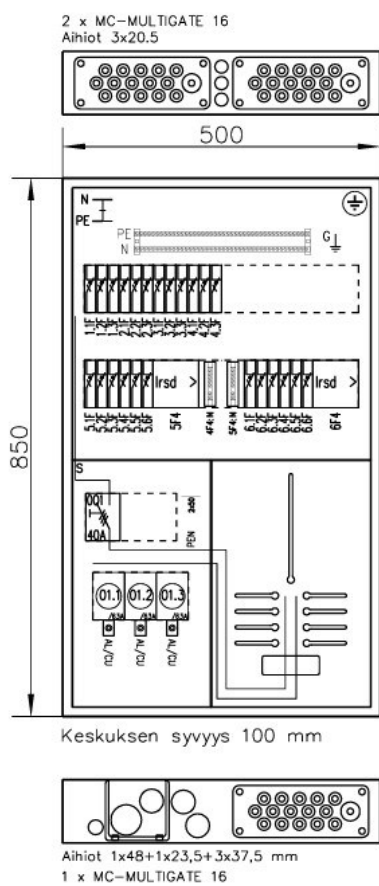
Omakotitalon pääkeskukseen tulee oma sähkömittari ja keskuksiksi valikoitui UTU:n BOXER3836+SLY1.2J2T-mittakeskus IP30 (kuva 3), SLY 1.2-kytkennällä, In 50 A, 2-T, joka on valmis keskus nimellisvirraltaan 50 A. Johdonsuojakatkaisijoita keskuksessa on valmiiksi 36 kpl, joista 21 kpl on C-10 A ja 15 kpl C-16 A johdonsuojia ja keskuksessa on 5 kpl vikavirtasuojia (4-nap. 30 mA 25 A). Tyhjiä paikkoja keskuksessa on 35 kpl. Keskuksen SLY 1.2-kytkentä on jakeluverkkoyhtiöiden yhteinen suositus sähkölämmityksen ohjaamiseen. (UTUgroup, n.d., a.)



Kuva 3. Omakotitalon pääkeskus, BOXER3836+SLY1.2J2T-mittakeskus IP30 (UTUGroup, n.d., a).

2.5.2 Verstaan pääkeskus

Verstaan pääkeskukseksi valikoitui UTU:n BOXER3424P63V-mittakeskus IP30, In 35 A, 1-T (kuva 4), joka on nimellisvirraltaan 35 A. Johdonsuojakatkaisijoita keskuksessa on valmiiksi 24 kpl, joista 9 kpl on C-10 A ja 15 kpl C-16 A johdonsuojia, sekä keskuksessa on 2 kpl vikavirtasuojia (4-nap. 30 mA 25 A). Tyhjiä paikkoja keskuksessa on 12 kpl, joista osa on jo suunniteltu käytettäväksi sähköajoneuvon latausta varten. (UTUgroup, n.d., b.)



Kuva 4. Verstaan pääkeskus, BOXER3424P63V-mittakeskus IP30 (UTUgroup. n.d., b).

3 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄ

Aurinkosähkön käyttö on viime aikoina tullut yhä suosittumaksi ja on kasvussa koko ajan, minkä vuoksi aurinkosähköjärjestelmän lisääminen pienkiinteistöihin on tullut hyväksi lisäksi vähentämään sähkön ostoa sähköverkosta. Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelussa ja toteutuksessa on huomioitava monta eri tekijää, jotka käydään tarkemmin läpi SFS 607 -käsikirjan standardit aurinkosähköjärjestelmiin, joka sisältää yksityiskohtaisemmat standardit ja vaatimukset aurinkosähköjärjestelmän suunnitteluun, käyttöönottoon, dokumentointiin, toteutukseen, käyttöön ja ylläpitoon. (ST 40, 2023, s.9.)

Aurinkosähköjärjestelmien liittäminen sähköverkkoon edellyttää aina oikeutta sähkötoihin, johon tarvitaan vähintään S2-sähköasennusoikeudet. Koska kyseessä on monijohdinasennus- ja johdinjärjestelmä, niin aurinkosähköjärjestelmälle täytyy tehdä käyttöönottotarkastukset ja mittaukset niin kuin muillekin kiinteille sähköasennuksille. Käyttöönottotarkastukset ja mittaukset käydään tarkemmin läpi käyttöönotto-osiossa.

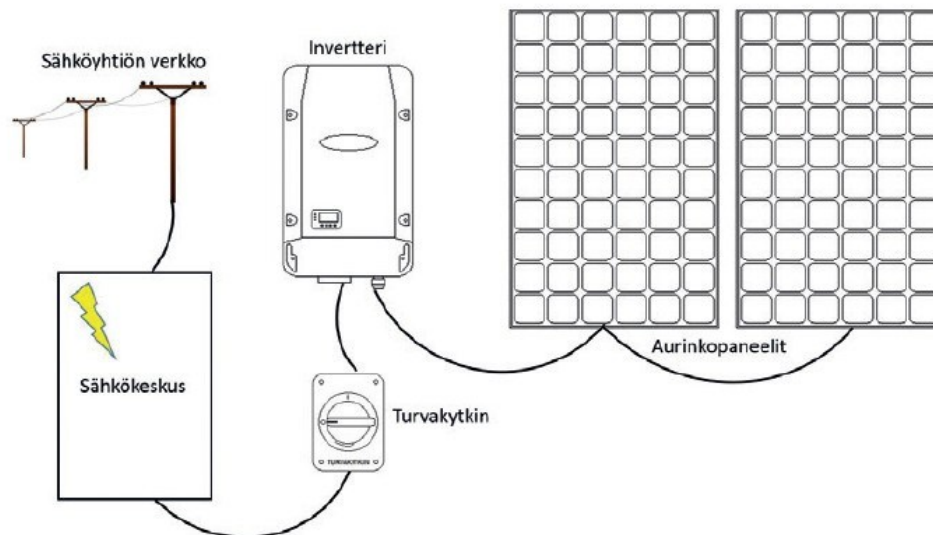
Aurinkosähköjärjestelmä (aurinkovoimala) perustuu aurinkopaneeleihin, jotka muodostuvat aurinkokennoista, jotka muuttavat auringosta tulevan säteilyn sähköenergiaksi. Aurinkopaneelit koostuvat joko sarjaan kytketyistä tai yksittäisissä tapauksissa rinnan kytketyistä yksittäisistä aurinkokennoista ja niistä saadaan koottua laajempia aurinkosähköjärjestelmiä liittämällä useampi paneelit yhteen. Auringosta saatu energia saadaan hyödynnettyä kiinteistössä aurinkopaneelien ja invertterin avulla.

Aurinkosähköjärjestelmät voidaan jakaa kahteen ryhmään, ON-grid- ja OFF-grid-järjestelmiin, joista ON-grid-järjestelmässä aurinkopaneelit on kytketty sähköverkon lisäksi kohteeseen (omakotitaloon, verstaaseen), ja OFF-grid-järjestelmässä aurinkopaneelit on liitetty invertterin lisäksi akustoon. Akuston avulla siitä saadaan itsenäinen järjestelmä, jota ei ole liitetty sähköverkkoon. Sähköverkkoon liitetyssä järjestelmässä (ON-grid) käytettävä sähkö otetaan ensisijaisesti aurinkoenergiasta. Jos kulutus on suurempi kuin, mitä

järjestelmästä saadaan, otetaan tarvittava lisäsähkö sähköverkosta. Kun sähköverkkoon liitetty aurinkosähköjärjestelmä on enimmillään 100 kVA, puhutaan pientuotannosta, jolloin tarkoitetaan, että tuotettu sähkö kulutetaan pääasiassa tuotantopaikassaan. (Tukes. n.d., a.)

3.1 Sähköverkkoon liitetty järjestelmä (ON-GRID)

ON-GRID-järjestelmä (kuva 5) on sähköverkon kanssa rinnan toimiva järjestelmä, jossa aurinkosähköjärjestelmä syöttää yleiseen sähköverkkoon liitettyä laitteistoa. Näin sähköverkko toimii ikään kuin energiavarastona. Aurinkosähköjärjestelmän mitoittaminen on helppoa, koska ei tarvitse välittää sähkön vaikutuksesta kuormitukseen tai toimivatko suojaukset. On-grid-järjestelmän pääkomponentit ovat aurinkopaneelit telineineen, verkkoon syöttävä vaihtomuuntaja varavoimakäytön mahdollisuudella tai ilman sekä erillinen varavoimatilan-teen mahdollistava lisälaite. Aurinkopaneelit tuottavat tasasähköä ja vaihtosuuntajalla se muutetaan vaihtosähköksi, jonka täytyy laadultaan vastata jakeluverkon standardeja. (ST 40, 2023, s. 56-57.)



Kuva 5. On-grid-järjestelmän laitteiden periaate (ST 40, 2023, s. 57).

3.2 Kartoitus

Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu lähtee liikkeelle kartoituksesta, jossa selvitetään, onko aurinkosähköjärjestelmän hankinta kannattavaa niin teknisestä kuin taloudellisestakin näkökulmasta. Täytyy myös huomioida kiinteistön sähköverkko ja rakennuksen rakenteelliset osiot, joihin kyseinen järjestelmä asennettaisiin, sekä onko aurinkosähköjärjestelmän toteuttaminen mahdollista. Kartoituksen tekijän olisi hyvä olla alan asiantuntija, jonka tekemän kartoituksen perusteella tehdään päätös, kannattaako aurinkosähköjärjestelmän hankintaa jatkaa suunnitteluvaiheeseen. (Talotekniikka info, n.d.)

Kartoituksessa on tarkoitus selvittää seuraavia asioita:

- Alueellinen rakennusvalvonta
 - Aurinkosähköjärjestelmään liittyvät rakennusvalvonnan vaatimukset ja lupa-asiat.
- Jakeluverkkoyhtiö
 - Jakeluverkkoyhtiön erityisvaatimukset tuotantolaitokselle.
- Kiinteistön sähköverkko
 - Kiinteistöverkon rakenne: keskuksien sijainti, liittymän koko.
 - Keskuksien kuormitettavuus (nimellisvirrat), laajennettavuus ja sijainti kiinteistössä.
 - Aurinkosähköjärjestelmän mahdolliset vaikutukset sähkö- ja paloturvallisuuteen, keskusten ja nousujohtojen ylikuormittumisen varalta.
 - Älykkäät talotekniset järjestelmät ja tietoliikenneyhteydet, joita hyödynnetään aurinkosähköjärjestelmän käytössä varmistamaan sen toiminnan.
- Rakenteet
 - Aurinkosähköjärjestelmän katolle asennettavuuden näkökulmasta täytyy tehdä silmämääräinen arvio vesikaton kunnosta.
 - On otettava huomioon johtoreitit ja niiden mahdolliset vaikutukset rakenteisiin läpivientien ja paloturvallisuuden osalta.
 - Aurinkosähköjärjestelmän ja sen laitteiden sijoittamisesta käytön ja paloturvallisuuden kannalta.

- Kiinteistön energiakulutus ja ohjaus
 - Kiinteistön energiakäytön kuormitusprofiili, kulutuslaitteet ja kuormat.
- Taloudellinen kannattavuus
 - Kannattavuudessa järjestelmän alustava mitoitus.
 - Paneelien sijoitus ja määrä.
 - Alustavat kannattavuuslaskelmat. (Talotekniikka info, n.d.)

3.3 Suunnittelu

Aurinkosähköjärjestelmän suunnitteluvaiheessa täytyy ottaa huomioon, että järjestelmä on turvallinen ja käyttäjien tarpeet on otettu huomioon, sekä järjestelmän täytyy olla vaatimustenmukainen. Aurinkosähköjärjestelmän kokonaisuus on hyvä suunnitella niin, että järjestelmä on energiatehokas ja tuotettu energia saadaan hyödynnettyä koko kiinteistössä tehokkaasti. Lisäksi järjestelmän suunnittelijalle on määriteltyjä tehtäviä ja vastuita, jotka löytyy asetuksesta Yma 718/2020 (Ympäristöministeriön asetus eräiden rakennusten teknisten järjestelmien energiatehokkuusvaatimuksista). Suunnittelun jälkeen Aurinkosähköjärjestelmä on hyvä kilpailuttaa, jotta saadaan varmistettua kilpailukykyiset hinnat. (Talotekniikka info, n.d.)

Suunnitteluvaiheen osapuolien vastualueet:

- Erityissuunnittelu YMa 718/2020
 - Vastuussa järjestelmän kokonaissuunnittelusta ja hallinnasta: Kiinteistön tehokkaan energiatuotannon ja energiankäytön suunnittelu ja todentaminen.
 - Tuotannon ja kulutuksen ohjaus- ja optimointimahdollisuudet.
 - Aurinkosähköjärjestelmän taloudellisen kannattavuuden mitoitus ja energiatehokkuus.

- Järjestelmätekniinen suunnittelu
 - Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu käyttäjien tarpeiden perusteella ja komponenttien valinta.
 - Järjestelmän toiminnallisuus: kaapelointi, erotus, paneeliketjut, oikosulku- ja ylivirtasuojaus, jännitteenalenema ja toiminnallinen maadoitus, yms.
 - Asennustekniikka: paneelien kiinnitys, asennustelineet, yms. (tuuli- ja lumikuormalaskelmat).
- Sähkötekniinen suunnittelu
 - Aurinkosähköjärjestelmän sähkö- ja paloturvallinen toiminta kiinteistöverkon rinnalla: keskusten kuormitettavuus, johtoreitit, laitteiden sijoitus, nousujohtojen ylikuormitussuojaus ja potentiaalitasaus.
 - Energiasuunnittelun vaatimusten toteutussuunnittelu, tietoverkkoyhteydet, relelähdöt kuormanohjaukseen yms.
 - Älykkäät talotekniset tietoliikenneyhteydet ja järjestelmät.
- Rakennesuunnittelu
 - Kuormitettavuuslaskelmat ja vesikaton kuntoarviointi.
 - Läpivientien vaikutukset kattorakenteisiin sekä niiden turvallinen ja olosuhteiden ylläpitävä toteutus. (Talotekniikka info n.d.)

3.4 Toteutus

Toteutusvaiheessa aurinkosähköjärjestelmä toteutetaan suunnitelmien mukaan niin, että se on turvallinen ja toimiva järjestelmä, jossa huomioidaan sähkö- ja paloturvallisuuteen liittyvät määräykset. Järjestelmän toteutuksesta vastaa yleisesti sähköurakoitsija, joka vastaa työ- ja sähkötyöturvallisuudesta sekä sähköturvallisuudesta. Järjestelmän toteutusvaiheessa huomioitavia asioita, jotka liittyvät aurinkosähköjärjestelmän turvallisuuteen ja käytännön toteuttamiseen ovat:

- Sähkötyöturvallisuus
 - Asennukset saa suorittaa vain hyväksytty ja pätevoitynyt sähköurakoitsija, joka on Tukesin sähköurakointirekisterissä.

- Sähköturvallisuuslaki 1135/2016.
- Sähkötyöturvallisuusstandardi SFS 6002.
- Sähköturvallisuus
 - Aurinkosähköjärjestelmä on vaatimusten mukainen (STL 1135/2016, SFS 6000).
 - Sähköturvallisuuslain velvoittama käyttöönottotarkastuksen suorittaminen.
 - Alueellisen jakeluverkkoyhtiön vaatimukset ja laitevalmistajan asennusohjeiden noudattaminen.
 - Asennuksissa huomioitava esim. tarvittavat erotuskytkimet, pelastuslaitoskortit, käyttöohjeet, varoituskyltit, irtikytkentäohjeet yms.
- Paloturvallisuus
 - Aurinkosähköjärjestelmä on vaatimusten mukainen (SFS 6000, ympäristöministeriön asetus paloturvallisuudesta 848/2017).
 - Alueellisen rakennusvalvontaviranomaisen vaatimukset.
 - Alueellisen pelastusviranomaisen vaatimukset.
 - Laitetoimittajan asennusohjeiden noudattaminen.
- Palonkestävät asennukset
 - Komponenttien oikeaoppinen mitoitus.
 - Invertterin ja erotuskytkimien taakse sijoitettava palosuojalevyt.
 - Kaksoiseristetty DC-kaapelointi.
 - Paloturvallisuuden huomioiminen johtoreiteissä.
 - DC-liittimien yhteensopivuuden varmistaminen.
 - Paloluokkien huomioiminen tilojen asennuksissa.
- Ilmoitukset ja sopimukset
 - Pientuotannon liittymisilmoitus jakeluvarkkoyhtiön kanssa, jonka hoitaa sähköurakoitsija.
 - Jakeluverkkoyhtiö antaa uuden käyttöpaikkatunnuksen käyttäjälle sähkön myyntiä varten.
 - Käyttäjä tekee myyntisopimuksen energiayhtiön kanssa hyväksytyn pientuotantoilmoituksen jälkeen.
 - Aurinkosähköjärjestelmän kytkeminen jakeluverkkoon jakeluverkkoyhtiön luvan jälkeen.

- Käyttöönotto ja luovutusdokumentit
 - Loppupiirustusten sekä käyttö- ja huoltodokumenttien, jotka sähköurakoitsijan on laadittava vähintään SFS- EN 62446-1 mukaisesti, luovutus käyttäjälle.
 - Sähköurakoitsija luovuttaa käyttöönottotarkastusmittaukset ja käyttöönottotarkastuspöytäkirjan käyttäjälle.
 - Töiden suunnitelmanmukaisuuden todentaminen ja dokumentointi ympäristöministeriön asetuksen 718/2020 mukaisesti, minkä hoitaa rakennusvaiheen vastuhenkilö.
 - Palonaikaisen pelastustoiminnan turvallisuuden parantamiseksi aurinkosähköjärjestelmästä on laadittava kohdekortti, jonka tekee sähköurakoitsija, ja kohdekortti toimitetaan alueelliselle pelastuslaitokselle kiinteistön haltijan toimesta.
 - Sähkölaitteiston haltija vastaa, että järjestelmä on käyttöönotettu ja dokumentoitu sekä arkistoi dokumentoinnin. (Talotekniikka info n.d.)

3.5 Aurinkosähköjärjestelmän asennukset ja virheet

Aurinkosähköjärjestelmien asennuksissa ja pöytäkirjoissa on havaittu paljon puutteita ja virheitä, joita on syytä tarkastella. AURISKI-Tuloanalyysi-hankkeessa kartoitettiin 60 pienen kokoluokan aurinkosähköjärjestelmää, joissa yleisin kohteen liittymäkoko oli 3 x 25 A, mikä on oletettavaa pienen kokoluokan aurinkosähköjärjestelmillä. Hankkeessa oli huomioitu aurinkosähköjärjestelmän asennusvuosi, joka vaikuttaa vaatimukseen, koska osa järjestelmistä oli rakennettu ennen 1.1.2023, jolloin uusi painos SFS 6000 -standardista julkaistiin. Vaatimukset ovat hieman erillaisia riippuen siitä, onko rakennettu järjestelmä tehty ennen vai jälkeen vuotta 2023. (AURISKI, 2025.)

Suurimmassa osassa kohteista (62 %) asennukset oli tehty kokonaan sähköasentajan toimesta. Osassa kohteista (25 %) ilmeni, että järjestelmät on asennettu vain osittain sähköasentajan toimesta, ja lopuissa kohteissa ilmeni, että paneeleita ei ole välttämättä asentanut sähköalan ammattilainen.

Järjestelmien käyttöönottotarkastuspöytäkirjoissa oli huomattu, että vain 65 %:in pöytäkirjoista oli merkitty molemmat AC- ja DC-puolien mittaustulokset. Osassa oli tehty vain AC-puolen mittaukset. Tarkastetuista kohteista 17 %:ssa puuttui käyttöönottotarkastuspöytäkirja kokonaan, sekä monen kohteen pöytäkirjoista puuttui yksi tai useampi tieto, joita olivat: tieto käytetyistä mittauslaitteista, käyttöönottotarkastuksen tekijän allekirjoitus, sähkötöiden johtajan nimi ja yhteystiedot, sähkölaitteiston rakentajan nimi ja yhteystiedot sekä kohteen yksilötiedot. AC- ja DC-puolen tarkastuksissa ja testeissä yleisimmät puutteet olivat, kiertosuunnan mittausten tulosten puuttuminen, toimintatestien tekeminen, potentiaalintasauksen toiminnan testaaminen ja paneeliketjun toiminta- ja oikosulkuvirran mittauksen puuttuminen. Käyttöönottotarkastuspöytäkirjassa täytyy olla viittaus tarkastushetkellä käytettyyn voimassa olevaan standardiin. Vuosina 2022-2024 asennetuista järjestelmistä, joissa käyttöönottopöytäkirja oli saatavilla, vain 57 %:ssa pöytäkirjoista oli viittaukset oikeisiin standardeihin. (AURISKI, 2025.)

Aurinkosähköjärjestelmien dokumentoinnissa ja merkinnöissä on merkittäviä puutteita. Tarkastetuista kohteista vain 5 % oli dokumentoinnin ja merkintöjen osalta vaatimustenmukaiset. Kohteista 58 %:ssa oli vähäisiä puutteita ja merkittävästi puutteita oli 37 %:ssa kohteista. Positiivista tutkituissa kohteista oli, että suurin osa täytti suojausvaatimukset, ja tutkituista kohteista vain 15 %:ssa löytyi puutteita. Yleisesti sanoen järjestelmät oli suojattu vaatimustenmukaisesti ja asiallisesti pois lukien yksittäiset tapaukset. Laitteiston erottaminen vaihto- ja tasasähköpuolelta vaatimukset toteutuivat erittäin hyvin lukuun ottamatta muutamaa kohdetta. Katolle asennettujen järjestelmien kiinnitykset telien ja paneelien valilla olivat hyvällä tasolla, vaikka kaapeleiden kiinnityksissä oli puutteita. (AURISKI, 2025.)

3.6 Käyttö ja hyödyt

Aurinkosähköjärjestelmällä saadaan hyödynnettyä auringosta saatu energia ja vähennettyä sähkön ottoa sähköverkosta. Samalla saadaan pienennettyä lämmitysjärjestelmien ja kulutuslaitteiden sähkön kulutusta sekä sähkölaskua kiinteistössä. Hyvin suunniteltu ja toteutettu aurinkosähköjärjestelmä on turvallinen, käyttäjäystävällinen ja toimintavarma sekä vaatii vain vähän huoltotoimenpiteitä käyttäjältä. (Talotekniikka info, n.d.)

Aurinkosähköjärjestelmän käyttö pienikiinteistössä tapahtuu niin, että auringon säteiden osuessa aurinkopaneeleihin kerätty energia siirretään invertterin ja turvakytkimen kautta sähkökeskukseen, josta sähkö saadaan kulutuslaitteille. Aurinkoenergiaa voidaan käyttää myös sähköauton latauksessa hyödyksi. Mahdollinen ylituotettu sähköenergia, jonka aurinkopaneelit ovat tuottaneet, voidaan myydä sähköverkkoyhtiölle. Aurinkosähköjärjestelmän mitoittaminen kannattaa tehdä niin, että se on riittävä kiinteistön sähkötarpeisiin. Invertterin avulla saadaan muutettua aurinkopaneeleista tuleva tasasähkö ja muutettua se 230 V vaihtosähköksi. Suurimmassa osassa aurinkosähköjärjestelmistä sähkö muutetaan kolmivaiheiseksi 400 Vac.

3.7 Laskelmat

Aurinkosähköjärjestelmän laskelmissa kannattaa ottaa huomioon mahdolliset lumi-, ja tehokuormat sekä kannattavuus-, kustannus- ja mitoituslaskelmat. Järjestelmän suunnittelun apuna voidaan käyttää eri laskelmaohjelmia ja -sovelluksia, mm. Finsolar-kannattavuuslaskuri tai PVGIS-sovellus, jonka avulla saadaan tehtyä simuloinnin lisäksi kiinteistön tuntitason kulutustiedot ja saada arvio omaan käyttöön menevästä kulutusosuudesta. PVGIS on aurinkoenergian laskentaohjelma, jonka avulla pystytään huomiomaan kiinteistön säteilymäärä, paneeliston tyyppi, kallistuskulmat, häviöt, suuntaukset ja varjostukset. Paneelien ja invertterien valintaan kannattaa käyttää aina ohjelmistoa. Jopa kokeneenkin mitoittajan on hyvä hyödyntää valmistajan laskentaohjelmaa, joita ovat esim. Solar Edge Designer, K2 Base, Helioscope, SMA Sunny Design. (ST 40, 2023, s. 87 & 96-98.)

4 SÄHKÖAUTON LATAUSJÄRJESTELMÄ

Sähköajoneuvojen suosio kasvaa koko ajan, minkä vuoksi latausjärjestelmien lisääminen pienkiinteistöihin on tullut tarpeelliseksi lisäksi sähköajoneuvon lataamiseen. Sähköajoneuvojen latausjärjestelmät vaativat erityistä suunnittelua, koska niiden käyttämä sähkön määrä on merkittävä, ja latausratkaisujen täytyy olla sekä turvallisia että käyttäjäystävällisiä. Sähköajoneuvon latausjärjestelmän suunnittelussa tarkastellaan erilaisten latausratkaisujen vaikutusta sähköverkon kuormitukseen. Latauspisteiden oikea mitoitus ja turvallisuusmääräykset, kuten sulakkeiden ja johdonsuojakatkaisimien mitoitus, ovat olennaisia osia suunnittelussa. Tässä osiossa käydään läpi lataustavat, suunnittelu ja laskut uuden pienkiinteistön sähköautolatauksen osalta, missä tulee ilmi miten sähköajoneuvon latausjärjestelmä on mitoitettu. (ST 41, 2022, s. 4 & 10.)

4.1 Lataustavat

Sähköajoneuvoilla on neljä eri lataustapaa, jotka on esitetty standardissa SFS-EN IEC 61851-1. Ne kategorisoidaan käyttötarkoituksen, tehon, kytkentätavan ja vaihtosähkö-/tasasähköominaisuuksien mukaan:

- Lataustapa 1, MODE 1:
- Lataustapa 2, MODE 2: (Hidaslataus, AC-Lataus).
- Lataustapa 3, MODE 3: (Peruslataus, AC-Lataus).
- Lataustapa 4, MODE 4: (Teho-/Pika-/Suurteholataus, DC-Lataus). (ST 41, 2022, s.46.)

4.1.1 Lataustapa 1

Sähköajoneuvon liittäminen sähköverkkoon käyttäen lataustapaa 1 saa käyttää korkeintaan 16 A ja 250 V yksivaiheista tai 480 V kolmivaiheista standardisoitua pistorasiaa, tehoa syöttäviä johtimia ja suojamaadoitusjohtimia. Sähköajoneuvon latauksessa käytetään sukopistorasiaa tai normaalia

kolmivaiheista pistorasiaa. Lataustapaa käytetään kevyiden sähköajoneuvojen latauksessa. (ST 41, 2022, s. 48.)

4.1.2 Lataustapa 2

Sähköajoneuvon liittäminen sähköverkkoon käyttäen lataustapaa 2 saa käyttää korkeintaan 32 A ja 250 V yksivaiheista tai 480V kolmivaiheista standardisoitua pistorasiaa, tehoa syöttäviä johtimia ja suojamaadoitusjohtimia. Sähköajoneuvon latauksessa käytetään sukopistorasiaa tai normaalia kolmivaiheista pistorasiaa. Lataustapaa käytetään vain tilapäisessä käytössä esimerkiksi, jos varsinaisen lataustavan (lataustapa 3) kaltaista latauspistettä ei ole käytettävissä. Lataustavan 2 latauskaapelissa tulee olla tarvittavat suojalaitteet, ja sitä käytettäessä suositellaan enintään 8 A latausvirtaa. (ST 41, 2022, s. 48.)

Lataustavasta 2 käytetään myös nimitystä hidas lataus, AC-lataus, jossa latauksen johdoissa on suojalaitteyksikkö, joka kytkee latauspistokkeen jännitteelliseksi vasta, kun se on kytketty sähköajoneuvoon ja tekee siitä samalla turvallisen käyttää. Suojalaitteyksikköön on valmiiksi rakennettu vikavirtasuojaja ohjauselektronikka, joka lähettää sähköajoneuvolle pulssisuhdemuloidulla signaalilla tiedon siitä, kuinka suuren latausvirtan ajoneuvo saa ottaa. (ST 41, 2022, s. 51.)

4.1.3 Lataustapa 3

Sähköajoneuvon liittäminen sähköverkkoon käyttäen lataustapaa 3 on sähköajoneuvojen latausjärjestelmä, jonka latausvirta voi olla 6 A – 63 A, jolloin saadaan lataustehoksi 1,4 kW – 43 kW. Latausjärjestelmässä ohjaustoiminnot ulottuvat kiinteästi sähköverkkoon liitettyyn latauslaitteeseen, joka on erityisesti suunniteltu sähköajoneuvon lataukseen. Lataus tapahtuu kolmivaiheisesta pistorasiasta, joka on tarkoitettu sähköajoneuvojen lataukseen, joka perustuu standardiin SFS-EN 62196-2. (ST 41, 2022, s. 51.)

Lataustavasta 3 käytetään myös nimitystä peruslataus, AC-lataus, jonka latausjärjestelmän tiedonsiirtoväylällä varmistetaan sähköajoneuvon oikea kytkytyminen latauspisteeseen, ja latauksen kuormitusta pystytään ohjaamaan yhden ampeerin portaissa. (ST 41, 2022, s. 51.)

4.1.4 Lataustapa 4

Sähköajoneuvon liittämisessä sähköverkkoon käyttäen lataustapaa 4 käytetään ajoneuvon ulkopuolista laturia. Laitteen ohjaustoiminnot ulottuvat kiinteästi sähköverkkoon liitettyyn latauslaitteeseen. Ulkopuolinen laturi syöttää tasasähköä, ja se on erityisesti suunniteltu sähköajoneuvojen lataukseen. Lataus tapahtuu pistokkeesta, joka on tarkoitettu sähköajoneuvojen lataukseen ja perustuu standardiin SFS-EN 62196-3. (ST 41, 2022, s. 53.)

Lataustavasta 4 käytetään myös nimitystä teholataus, pikalataus, DC-lataus. Siinä sähköajoneuvon akunhallintajärjestelmä kertoo latausasemalle, kuinka suurella latausvirralla akustoa saa syöttää. Samalla latausasema säätää kolmivaihesuuntaajan pulssisuhdetta säätämällä lähtöjännitettään sellaiseksi, että akkuun tulee juuri tarvittava virta. Myös latausasema voi säätää lataustehoja pienemmäksi. (ST 41, 2022, s. 47.)

4.2 Suunnittelu

Latausjärjestelmän suunnittelu on hyvä aloittaa kokonaiskuvan hahmottamisella ja täyttää ST-kortiston lomake 51.93, Sähköajoneuvojen latausjärjestelmän tarvekartoitus. Suunnittelussa on hyvä selvittää latauspisteen käyttötarkoitus: tarvittavat ajosuoritteet ja missä latausajassa halutaan sähköajoneuvon latautuvan. Näitä voidaan käyttää latausjärjestelmän tehon mitoituksessa ja latauslaitteen valinnassa. On toki hyvä huomioida myös käyttäjien tarpeet ja ajoneuvojen lukumäärä. Latausjärjestelmän turvallisuuden kannalta kannattaa ottaa huomioon asennusolosuhteet, asennetaanko latauslaite ulos, katokseen vai sisälle. Kannattaa katsoa myös latausjärjestelmän teho, jakelun kapasiteetti ja mahdollisen kuormanhallinnan tarpeellisuus sekä latausjärjestelmän

suojaukset, sijoitetaanko ne latausasemaan vai muualle, ja onko järjestelmällä vaikutuksia muihin asennuksiin. (ST 41, 2022, s. 81.)

Suomessa suositellaan käytettäväksi ensisijaisesti lataustapoja 3 ja 4. Tähän pienkiinteistöön suunniteltiin jatkuvaan käyttöön tuleva sähköajoneuvon latauspiste, joten lataustavaksi valittiin lataustapa 3, peruslataus. Latauspisteen suunnittelussa täytyy ottaa huomioon, että jokainen latauspiste suunnitellaan omaksi virtapiiriksi eli oman ylivirtasuojan ja vikavirtasuojan taakse. Latauspiste täytyy olla suojattu vähintään 30 mA:n A-tyyppin vikavirtasuojalla, ja lataustapojen 3 ja 4 latausasemilla pitää olla sähköinen tai mekaaninen järjestelmä, jolla estetään kytkemästä tai irrottamasta pistotulpaa, ellei pistoketta tai pistorasiaa ole kytketty irti syötöstä. Ulos asennettu latauspiste tulee olla vähintään IP44 kotelointiluokaltaan. Latauspiste ja käyttölaitteet tulisi asentaa 0,5-1,5 metrin korkeuteen sekä mahdollisimman lähelle auton pysäköintipaikkaa. (ST 41, 2022, s. 46., 64–65.)

4.3 Laskelmat

Sähköajoneuvon latauspaikan mitoitus toteutetaan seuraavalla kaavalla ja se suunnitellaan käytettäväksi yhden auton latauspisteeksi (ST 13.31):

$$P_{\text{sähköajoneuvojen lataus}} = \frac{\text{haluttu toiminta säde latauskerralla (km)} * 0,20 \text{ kWh/km} * n_{\text{auto}}}{\text{latauskerran aika (h)}} \quad (3)$$

Kaava (3)

$$P_{\text{sähköajoneuvojen lataus}} = \frac{60 \text{ km} * 0,20 \text{ kWh/km} * 1 \text{ auto}}{5 \text{ h}} = 2,4 \text{ kWh/km}$$

5 KÄYTTÖÖNOTTO

Käyttöönnotossa tehdään tarvittavat mittaukset SFS 6000-6-61 -standardin mukaan ja kojeiden ja laitteiden toiminnan tarkastus sekä tarvittaessa huoltosuunnitelma. Käyttöönnotot käydään vaiheittain läpi, jotta saadaan varmistettua sähköasennusten olevan turvallisia ja standardien mukaisia. Tämä pitää sisällään omakotitalon ja puusepänverstaan pääkeskukset ja niistä vedettyjen kojeiden tarkastukset ja mittaukset sekä aurinkosähköjärjestelmän ja sähköautonlatausjärjestelmän tarkastukset ja mittaukset. Käyttöönnototarkastuksen tekijän on oltava sähköalan ammattilainen, joka tuntee työhön liittyvät määräykset ja ohjeet.

5.1 Omakotitalon ja puusepänverstaan käyttöönnotto

Omakotitalon ja puusepänverstaan sähköjärjestelmät ovat samankaltaiset, joten samat mittaukset pätevät molemmissa. Käyttöönnototarkastuksissa ja mittauksissa voidaan käyttää apuna ST-pöytäkirjamallia 51.21.05. Käyttöönnottopöytäkirjassa on tultava esille seuraavat tiedot:

- Kohteen tunnistetiedot
- Sähkölaitteiston asentajan ja sähkötöiden johtajan nimi ja yhteystiedot
- Selvitys sähkölaitteiston säädösten- ja määräystenmukaisuudesta
- Käytetyt standardit
- Yleiskuvaus tarkastusmenetelmästä
- Tarkastusten ja mittausten tulokset
- Tarkastuksen suorittajan allekirjoitus
- Tarkastukseen käytetty mittauslaite. (ST 33, 2018, s. 9-38.)

5.1.1 Tarkastukset

Aistinvaraiseen tarkastukseen kuuluu silmämääräinen tarkastus, jossa tarkistetaan kaikki asennetut kojeet, laitteet sekä asennusetäisyydet. Tarkastukseen kuuluu: merkinnät, dokumentaatio, mekaaniset ja vettä vastaan tehdyt suojaukset sekä kosketus- ja palosuojaukset.

5.1.2 Testaukset ja mittaukset

Käyttöönottomittaukset tehdään standardin SFS-EN 61557 mukaisella laitteella. Apuna voidaan käyttää käyttöönottotarkastuspöytäkirjaa ST 51.21.06 ja käyttöönottotarkastuskirjan täyttöohjetta ST 51.21.05.

Jännitteettömänä tehtäviä mittauksia ovat:

- Suojajohtimien jatkuvuus
- Eristysresistanssi.

Jännitteellisenä tehtävät mittaukset ovat:

- Silmukkaimpedanssi
- Oikosulkuvirta
- Vikavirtasuojien testaus
- Kolmivaihe sähköjärjestelmissä tarkistetaan myös kiertosuunta (L1, L2, L3).

5.2 Aurinkosähköjärjestelmän käyttöönotto

Aurinkosähköjärjestelmät eroavat tavanomaisista vaihtovirtapiireistä siten, että valosähköisen paneeliston tasasähköpiirit ovat päivänvalon ja voimakkaan keinovalon vaikutuksesta aktiivisina. Niitä ei voida siis tehdä käytännöllisin keinoin yleensä jännitteettömiksi ennen testien suorittamista. Testien suorittamiseen liittyy sähköiskun ja valokaaren vaara, joten on tärkeää ymmärtää kokonaisuus ennen töihin ryhtymistä. Aurinkosähkölaitteistot on tarkistettava ennen käyttöönottoa sähköturvallisuuslain SFS 6000-6 ja SFS 62446-1 -standardien mukaisesti.

Aurinkosähköjärjestelmissä voidaan käyttää yhtä tai useampaa pöytäkirjamallia: aurinkosähköjärjestelmän ja yksittäisen invertterin syöttöjohdon tarkastus ST-pöytäkirjamalli 55.36 tai yksittäisen syöttöjohdon laajempi vaihtosähköosan tarkastus ST-pöytäkirjamalli 51.21.05 tai 51.21.06. Verkkoon liitetyissä järjestelmissä tulee tarkistaa vähintään invertterin syöttökaapeli vaihtosähköpiiristä, jos vaihtosähköjakelua ei muuteta. (ST 40, 2023, s. 158.)

5.2.1 Tarkastukset

ST -käyttöönottopöytäkirjamallista 55.36 löytyy aistinvaraisesti tarkistettavat asiat, jossa on huomioitu SFS-EN 62446-1 -pöytäkirjamallin lisäksi standardin SFS 6000-7-712 vaatimukset. Siinä käsitellään seuraavat kohdat laajemmin:

- Yleiset järjestelmiltä vaaditut asiat
- Tasasähköjärjestelmän asennukset
- Suojaus sähköiskulta ja ylijännitteeltä
- Vaihtosähköjärjestelmä (liityntä yleiseen jakeluun)
- Merkinnät ja tunnistaminen.

5.2.2 Testaukset ja mittaukset

Mittauksia varten tulisi olla aurinkoinen päivä, ja paneelien olisi hyvä pysyä samoissa olosuhteissa mittausten aikana. Mittauksissa käydään läpi:

- Paneelien napaisuuden tarkastus
- Paneeliketjujen avoimen piirin jännitteen (U_{oc}) mittaus
- Paneeliketjujen oikosulkuvirran (I_{sc}) mittaus tai normaalin toimintavirran tilanteen todentaminen
- Paneeliston eristysresistanssi
- Paneeliston potentiaalintasauksen jatkuvuus. (ST 40, 2023, s. 160.)

5.3 Sähköajoneuvon latausjärjestelmän käyttöönotto

Käyttöönottotarkastus tulee tehdä latausasemaan, kuten kaikkiin kiinteisiin asennuksiin, ja siinä voidaan käyttää Sähköajoneuvojen latausjärjestelmän käyttöönottopöytäkirjaa, ST-pöytäkirjamalli 51.91. Latausaseman toimintatarkastus tulee toteuttaa laitevalmistajan ohjeiden mukaan, mutta latausaseman suojalaitteiden tarkastus tekee tähän poikkeuksen. Latausaseman syöttökaapelille tehdään käyttöönottotarkastus. (ST 41, 2022, s. 113.)

5.3.1 Tarkastukset

Aistinvaraiseen tarkastukseen kuuluu silmämääräinen tarkastus latausasemaan ja vikavirtasuojaan, joka sijaitsee keskuksessa, johon latausasema on kytketty. Aistinvaraiseen tarkastukseen kuuluu myös: merkinnät, dokumentaatio, mekaaniset ja vettä vastaan tehdyt suojaukset sekä kosketus- ja palosuojaukset.

5.3.2 Testaukset ja mittaukset

Sähköajoneuvon latausjärjestelmän mittauksissa käydään läpi seuraavat mittaukset joilla varmistetaan järjestelmän toimivuus:

- Suojajohtimien jatkuvuus
- Eristysresistanssin
- Vikavirtasuojan testaus
- Latausasemassa voi olla valmiiksi vikavirtasuojaus, joka tulee myös tarkastaa ja mitata. (ST 41, 2022, s. 113.)

6 YHTEENVETO

Tässä työssä käsiteltiin omakotitalon ja puusepänverstaan sähkösuunnitelmia, ja piirustusten tekemistä sekä yleiskaapelointia, paloilmajärjestelmää ja laskuja, joita tarvitaan suunnittelussa. Työssä tuli esille sähköalan eri standardeja ja säädöksiä, oli kyse sitten omakotitalon, puusepänverstaan, aurinkosähköjärjestelmän tai sähköauton latausjärjestelmän suunnittelusta.

Työssä käsiteltiin sähköasennuksiin kuuluvat pakolliset käyttöönottomittaukset, tarkastukset ja pöytäkirjat. Aurinkosähköjärjestelmän teoreettisessa suunnittelussa saatiin selville, kuinka monta eri tekijää pitää ottaa huomioon ennen, kun päästään varsinaiseen aurinkosähköjärjestelmän suunnitteluvaiheeseen, jos se todetaan taloudellisesti kannattavaksi jatkaa.

Tämä työ tarjoaa hyvän kokonaiskuvan sähkösuunnittelusta ja piirustuksista. Sain työtä tehdessä myös hyvän perustan aurinkosähköjärjestelmien kartoitukseen ja suunnitteluun sekä siihen, mitä eri vaiheita järjestelmien suunnittelu sisältää. Sähköautojen lataustapoja on monia erilaisia ja niissä on eroavaisuuksia, jotka vaikuttavat latausjärjestelmän suunnitteluun. Työssä tuli esille, että sähköauton lataustapa 3 on suositeltu valinta pienkiinteistön päivittäiseen sähköauton lataukseen.

Työn lopputuloksesta tuli hyvin onnistunut ja selkeä kokonaisuus. Työssä sain perehdyttyä aurinkosähkö- ja sähköautojenlatausjärjestelmään kokonaisuudessaan. Työssä kävin läpi eri standardeja ja käsikirjoja, joista sain tietoa, mitä järjestelmien suunnittelussa tarvitsee ottaa huomioon. Omakotitalon ja puusepänverstaan sähköpiirustusten tekemisessä käytettiin CADMATIC Electrical -ohjelmistoa. Ohjelmisto tuli hyvin tutuksi ja sain hyvän pohjan sähkösuunnitteluun opinnäytetyötä tehdessä. Opinäytetyössä käytin lähteinä sähköalan eri käsikirjoja ja standardeja sekä alan eri verkkosivuja, mistä löytyi hyvin tarpeellisia tietoja. Käyttämäni lähteet olivat ajantasaisia ja luotettavia.

LÄHTEET

AURISKI. (2025). Loppuraportti. <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2025032822138>

D1. (2022). Käsikirja rakennusten sähköasennuksista.

Pori energia. (2020). Sähköliittymät – tekniset ohjeet 12-2020. tekniset-ohjeet-12-2020---sahkon-toimittaminen-ja-liittymat.pdf haettu 15.11.2024.

Sesko ry. (2023). Sähköajoneuvojen lataussuositus. <https://sesko.fi/standardointi/sahkoautot-ja-latausjarjestelmat/lataussuositus/> haettu 17.9.2024.

ST 10. (2020). Paloilmoitinjärjestelmät. Sähkötieto. <https://severi.sahkoinfo.fi>

ST 16. (2019). Yleiskaapelointijärjestelmät. Sähkötieto. <https://severi.sahkoinfo.fi>

ST 33. (2018). Rakennusten sähköasennusten tarkastukset. Sähkötieto. <https://severi.sahkoinfo.fi>

ST 40. (2023). Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus. Sähkötieto. <https://severi.sahkoinfo.fi>

ST 41. (2022). Sähköajoneuvot ja latausjärjestelmät. Sähkötieto. <https://severi.sahkoinfo.fi>

ST 662.50. (2018). Palovaroittimet. Sähkötieto. <https://severi.sahkoinfo.fi>

Talotekniikka info. (n.d) Aurinkosähköjärjestelmän liittäminen osaksi kiinteistöä. Talotekniikkainfo. <https://talotekniikkainfo.fi/ratkaisut-etusivu/aurinkosahkojarjestelman-liittaminen-osaksi-kiinteistoa> haettu 20.11.2024

Tukes. (n.d.,a) Aurinkosähköjärjestelmät. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). <https://tukes.fi/sahko/sahkotyot-ja-urakointi/aurinkosahkojarjestelmat> haettu 14.11.2024.

Tukes. (n.d.,b) Aurinkosähköjärjestelmien asennuksissa tehdään paljon virheitä. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). <https://tukes.fi/-/aurinkosahkojarjestelmien-asennuksissa-tehdään-paljon-virheitä#ff84a11f> haettu 14.11.2024

Tutkimuseettinen neuvottelukunta. (2023). Ihmiseen kohdistuvan tutkimuksen eettiset periaatteet ja ihmistieteiden eettinen ennakoarviointi Suomessa. <https://tenk.fi/fi/ajankohtaista/hhk-2023-ohje-julkaistu>. haettu 15.4.2024

UTUGroup. (n.d.,a) Mittauskeskus IP30, pinta- ja uppoasennukseen, SLY1.2 -kytkennällä, In 50A, 2-T. UTU. <https://www.utugroup.com/fi/tuotteet/mittauskeskus-ip30-pinta-ja-uppoasennukseen-sly1-2-kytkennalla-in-50a-2-t/> haettu 16.12.2024

UTUGroup. (n.d.,b) Mittauskeskus IP30, pinta- ja uppoasennukseen, In 35A, 1-T. UTU. <https://www.utugroup.com/fi/tuotteet/mittauskeskus-ip30-pinta-ja-uppoasennukseen-in-35a-1-t/> haettu 16.12.2024

LIITTEET

- Liite 1. Sähköselostus
- Liite 2. Sähköpiirustus
- Liite 3. Johdotuspiirustus valaistusjärjestelmä
- Liite 4. Johdotuspiirustus pistorasiat ja puolikiinteät asennukset
- Liite 5. Paloilmoitinpiirustus
- Liite 6. Yleiskaapelointi- ja antennipisteet
- Liite 7. Keskuskaavio
- Liite 8. Maadoituskaavio
- Liite 9. Sähköpiirustus
- Liite 10. Johdotuspiirustus valaistusjärjestelmä ja pistorasiat
- Liite 11. Paloilmoitinpiirustus
- Liite 12. Keskuskaavio
- Liite 13. Maadoituskaavio

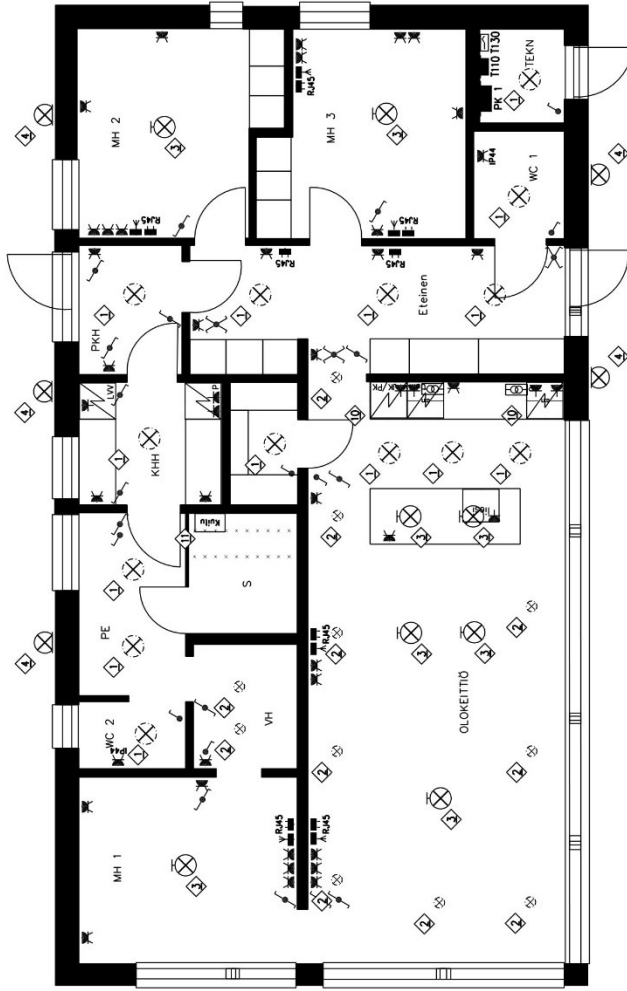
LIITE 1

SÄHKÖSELOSTUS

Pienkiinteistö

LIITE 2

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla



Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

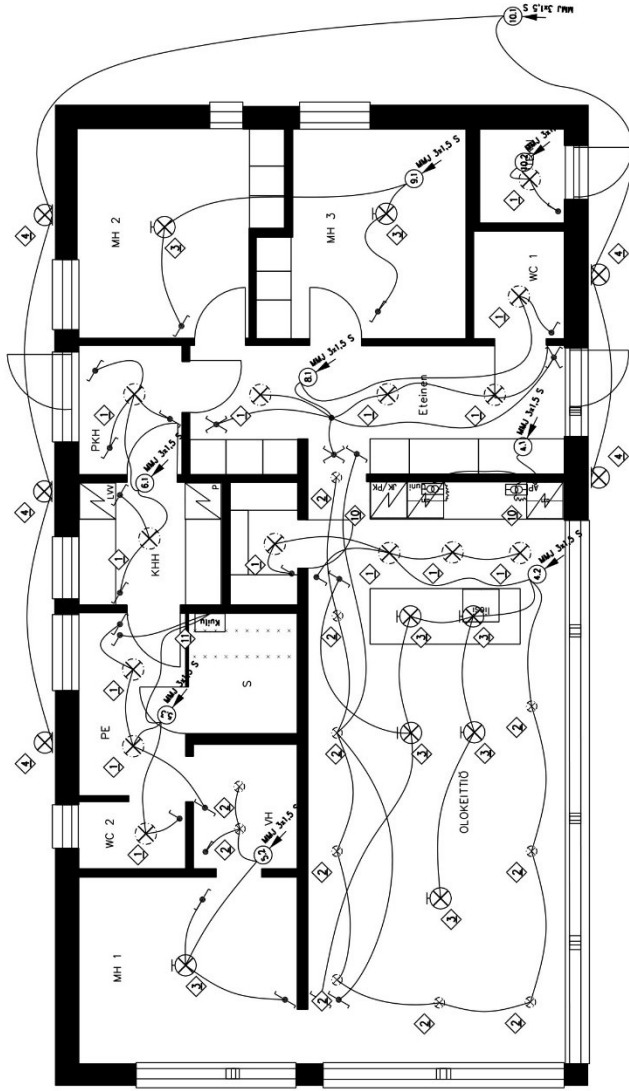
Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

| | | | | | |
|---------------------|---------------|-----------|-----|----------------------|-----------|
| Proj. Luonn. Muutos | Kortti/Itse | Työlli | Roo | Vuorokauden merkintä | Maan. Pvm |
| Koodi/Kyö | UUDISRAKENNUS | | | | |
| ASUNTO JA VERSTAS | | | | | |
| SÄHKÖPISTEPIIRUSTUS | | | | | |
| Pvm. | 21.7.2005 | Työnumero | | Taustan numero | |
| Piir. | JA | Suunn. TA | | Piirustuksen numero | |
| Tekn. | | | | | |
| Maailma | | | | | |
| Yht. | | | | | |
| SÄH | | | | | |
| | | | | | Muutos |
| | | | | | 1:50 |

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

LIITE 3

Tetty ohjelman opiskelijaversiolla



Tetty ohjelman opiskelijaversiolla

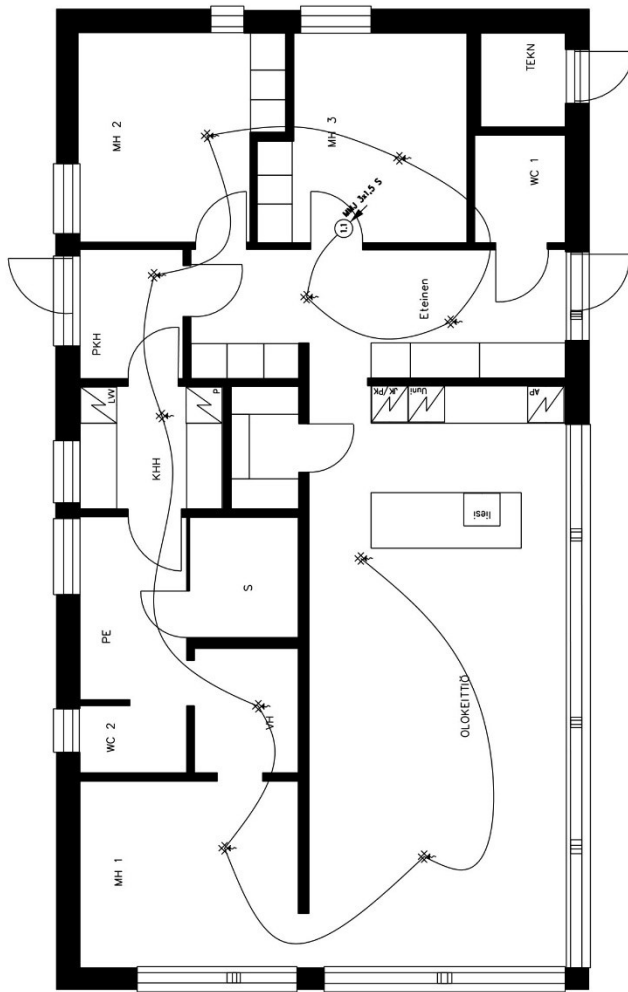
Tetty ohjelman opiskelijaversiolla

| | | | | | | | |
|-------------------|-----------|--------------------|--------|---------------------|----------------------|--------|-----|
| Talon nimi | Muutos | Kerros/Taso | Tontti | Roo | Vuorokauden merkintä | Kaikki | Pvm |
| Koodi/Kyö | | | | | | | |
| UUDISRAKENNUS | | JOHDOTUSPIIRUSTUS | | | | | |
| ASUNTO JA VERSTAS | | Vaihtusjärjestelmä | | | | | |
| Pvm | 21.7.2005 | Työnumero | | Taajon numero | | | |
| Päiv. | JA | Suunn. JA | | Piirustuksen numero | | | |
| Tark. | | LM/IT | | Muutos | | | |
| SÄH | | | | | | | |

Tetty ohjelman opiskelijaversiolla

LIITE 5

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla



Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

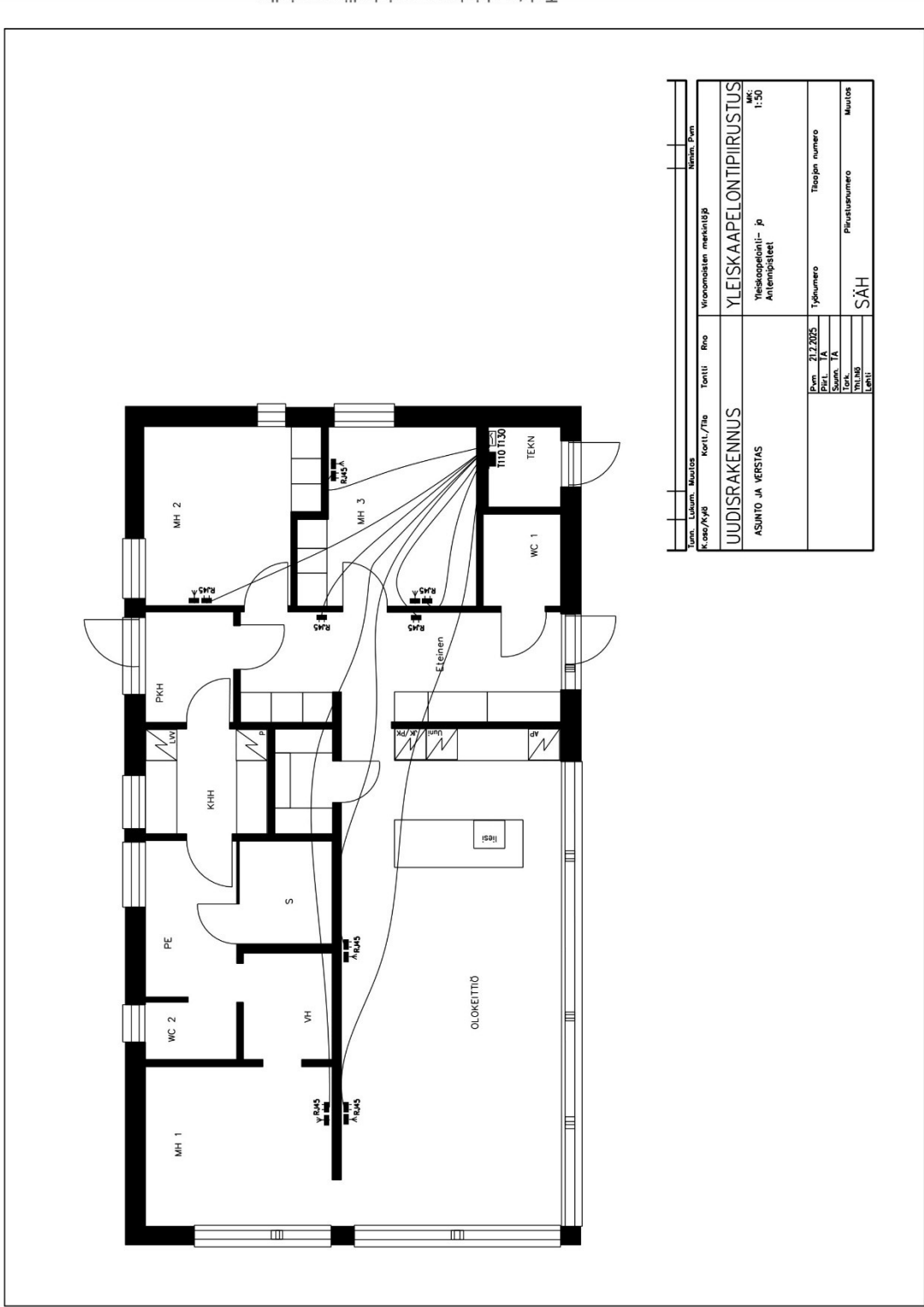
Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

| | | | | | | |
|-------------------|-----------|-------------------|----------------|--------|----------------------|--------|
| Talon nimi | Muutos | Kerros/Tas | Tontti | Roo | Vuorokauden merkintä | Muutos |
| Koodi/Kylä | | | | | | |
| UUDISRAKENNUS | | JOHDOTUSPIIRUSTUS | | | | |
| ASUNTO JA VERSTAS | | Paloerottimet | | | | |
| Pvm. | 21.7.2005 | Työnumero | Työpiirinumero | | | |
| Piir. | JA | Suunn. | TA | Muutos | | |
| Tekn. | | Plussanumero | SÄH | | | |
| Maail. | | | | | | |
| Luovi. | | | | | | |

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

LIITE 6

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla



Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

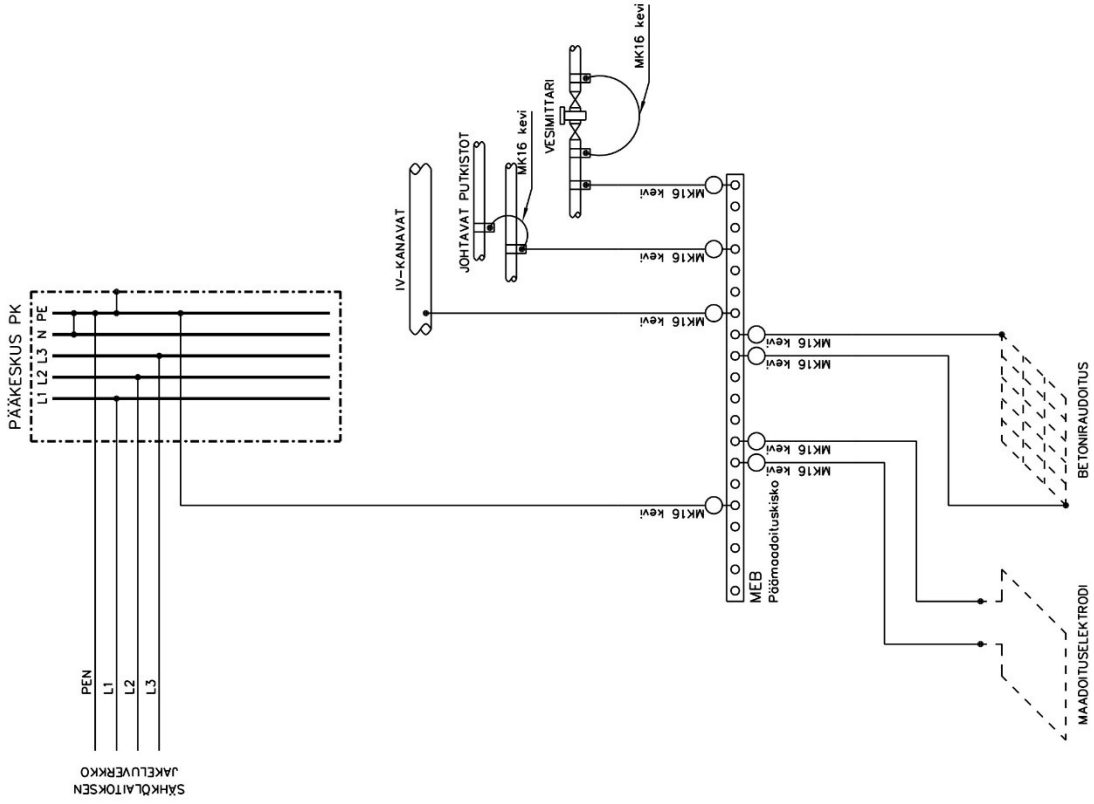
Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

| | | | | | | |
|-------------------|-----------|---------------------------------|-------|----------------|-------------------------|-----------|
| Proj. Luom. | Muutos | Kortti/Tab | Tosit | Roo | Vuorokauden merkintä | Maan. Pvm |
| Koodi/Kyö | | | | | YLEISKAAPELONTIPIRUSTUS | |
| UUDISRAKENNUS | | Yleiskapelelin- ja Antennistöet | | | | |
| ASUNTO JA VERSTAS | | 1:50 | | | | |
| Pvm. | 21.7.2005 | Työnumero | | Työajan numero | | |
| Päiv. | JA | Suunn. JA | | Pirstusnumero | | |
| Tark. | | SÄH | | Muutos | | |
| Yht. | | | | | | |
| LM/IT | | | | | | |

LIITE 8

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

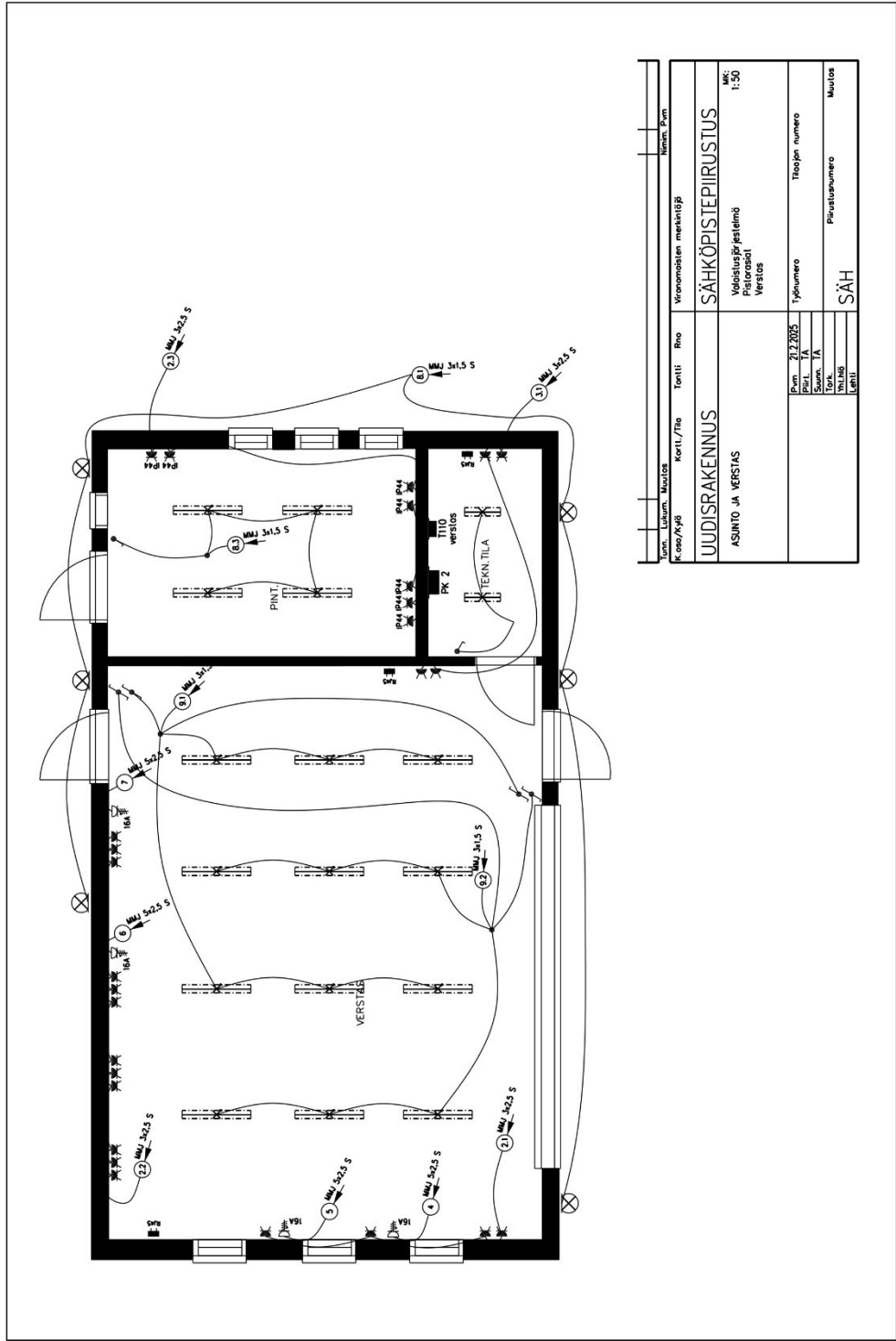
Tehty ohjelman opiskelijaversiolla



Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

| | | | | | | | |
|-------------------|--------|--------|---|-----------|------------------------------|--------|-----|
| Tunn. | Lukum. | Muutos | Tontti | Rno | Viranomaisen merkintöjä | Nimim. | Pvm |
| | | | Kortti./Tila | | | | |
| UUDISRAKENNUS | | | MAADOITUSKAAVIO | | MK: 1:1 | | |
| ASUNTO JA VERSTAS | | | MAADOITUSKAAVIO TN-S JÄRJESTELMÄ 4- Johtiminen liittymisjohto Asunto | | Työnumero Tilaajan numero | | |
| | | | Pvm | 21.2.2025 | Piiirustusnumero | | |
| | | | Piirt. | T.A | Muutos | | |
| | | | Suunn. | T.A | Piiirustusnumero | | |
| | | | Tork. | | Muutos | | |
| | | | Yht. | tiib | SÄH | | |
| | | | Lehti | | | | |

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla



| | | | | | | |
|-------------------|---------|--------|---------------------------|-----|-----------------------|------------|
| Kassa | Luovut. | Muutos | Reitti / Tila | Roo | Viivomönten merkintä | Siuna. Pvm |
| Kassa/KP6 | | | | | SÄHKÖPIIRUSTUS | |
| UUDISRAKENNUS | | | Vaihtoehtoisen määrittely | | | |
| ASUNTO JA VERSTAS | | | Pistorasat | | | |
| | | | Verstas | | | |
| | | | Työnumero | | | |
| | | | Tilaajan numero | | | |
| | | | Suunn. JA | | | |
| | | | Tark. | | | |
| | | | Muutos | | | |
| | | | Päivänumero | | | |
| | | | SÄH | | | |

LIITE 12

| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | | | | |
|---|--------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|---|--------|-------------|--------|-------|-------|----|----|----|--|--|--|--|
| A | KESKUS | | | | | | | | | | | RYHMÄ | OSOITE | TUNNUS | JOHDOTUS | kVA/kW | A / A | HUOM. | | | | | | | |
| B | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | | | | | | | | | | | | 1.1 | palloilmaitin ryhmä verstas Pint. tekn.tila | | MMJ 3x1,5 S | | C10 | | | | | | | | |
| E | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| F | | | | | | | | | | | | 2.1 | pistorasiaryhmä verstas | | MMJ 3x2,5 S | | C16 | | | | | | | | |
| G | | | | | | | | | | | | 2.2 | pistorasiaryhmä verstas työpöytä | | MMJ 3x2,5 S | | C16 | | | | | | | | |
| H | | | | | | | | | | | | 2.3 | pistorasiaryhmä Pint. | | MMJ 3x2,5 S | | C16 | | | | | | | | |
| I | | | | | | | | | | | | 3.1 | pistorasiaryhmä tekn.tila käytävä | | MMJ 3x2,5 S | | C16 | | | | | | | | |
| J | | | | | | | | | | | | 3.2 | Varalla | | | | | | | | | | | | |
| K | | | | | | | | | | | | 3.3 | Varalla | | | | | | | | | | | | |
| L | | | | | | | | | | | | 4 | 3-vaihe pistorasia | | MMJ 5x2,5 S | | C16 | | | | | | | | |
| M | | | | | | | | | | | | 5 | 3-vaihe pistorasia | | MMJ 5x2,5 S | | C16 | | | | | | | | |
| N | | | | | | | | | | | | 6 | 3-vaihe pistorasia työpöytä | | MMJ 5x2,5 S | | C16 | | | | | | | | |
| O | | | | | | | | | | | | 7 | 3-vaihe pistorasia takaovi | | MMJ 5x2,5 S | | C16 | | | | | | | | |
| P | | | | | | | | | | | | 8.1 | ulkovalaisimet ryhmä verstas | | MMJ 3x1,5 S | | C10 | | | | | | | | |
| Q | | | | | | | | | | | | 8.2 | valaisimet Tekn.tila | | MMJ 3x1,5 S | | C10 | | | | | | | | |
| R | | | | | | | | | | | | 8.3 | valaisimet Pint. | | MMJ 3x1,5 S | | C10 | | | | | | | | |
| S | | | | | | | | | | | | 9.1 | valaisimet ryhmä 1 verstas | | MMJ 3x1,5 S | | C10 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | 9.2 | valaisimet ryhmä 2 verstas | | MMJ 3x1,5 S | | C10 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | 9.3 | Varalla | | | | | | | | | | | | |

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

D muutos

E muutos

F muutos

C muutos

B muutos

A muutos

Suunn. /A /21.2.2025

Pirt. /A

forh.

Kokonaisuus Verstas

Lehti 2/2

Sähköposito PK 2

Piirustusnumero

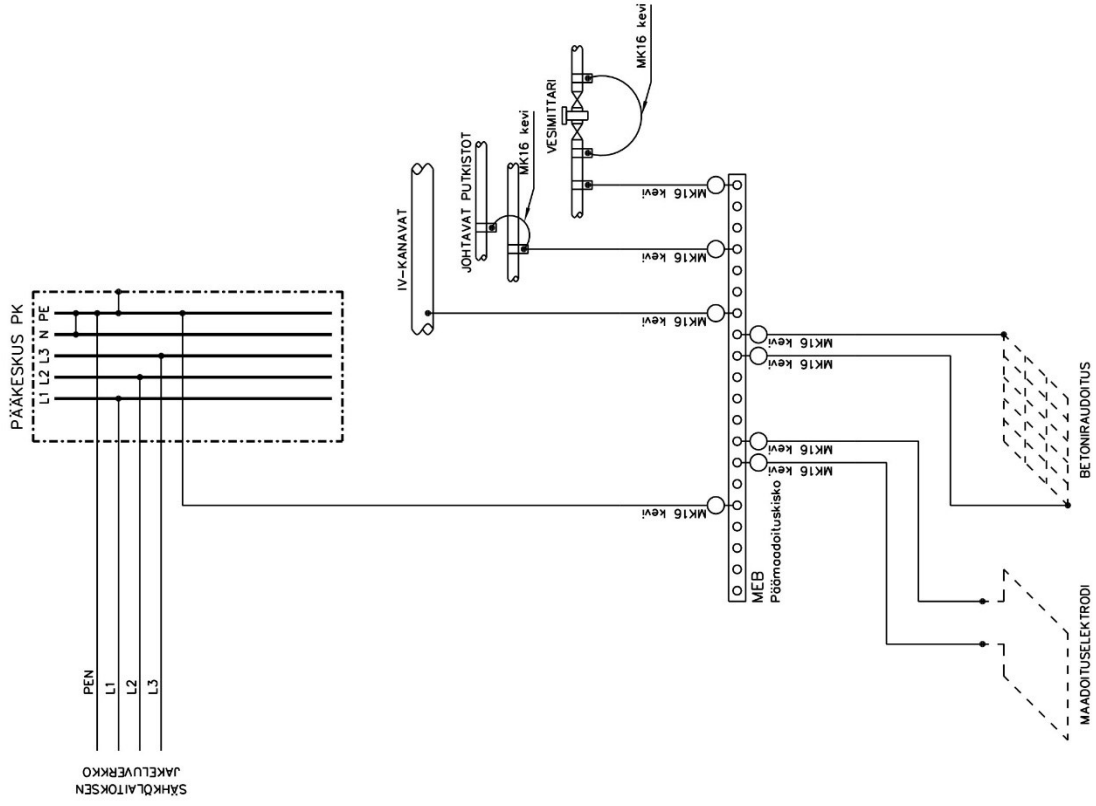
SÄH

Työnumero

Pääkaavio PK2

ASUNTO JA VERSTAS

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla



| | | | | | | | |
|-------------------|--------|--------|--|-----|-------------------------|--------|-----|
| Tunn. | Lukum. | Muutos | Tontti | Rno | Viranomaisen merkintöjä | Nimim. | Pvm |
| | | | Kortti./Tila | | | | |
| UUDISRAKENNUS | | | MAADOITUSKAAVIO | | MK: 1:1 | | |
| ASUNTO JA VERSTAS | | | MAADOITUSKAAVIO TN-S JÄRJESTELMÄ 4-Johdellinen liittymisjohto Verstas | | | | |
| Pvm | | | Työnumero | | Tilaajan numero | | |
| Pirtt. TA | | | | | | | |
| Suunn. TA | | | | | | | |
| Tork. | | | | | | | |
| Yht. lsb | | | | | | | |
| Lehti | | | | | | | |
| CADMATIC | | | SÄH | | Piirustusnumero | | |
| | | | | | Muutos | | |