



Jarkko Laurila

Rivitalon sähkösuunnitelma

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

4.4.2025

Tiivistelmä

Tekijä:	Jarkko Laurila
Otsikko:	Rivitalon sähkösuunnitelma
Sivumäärä:	36 sivua + 20 liitettä
Aika:	4.4.2025
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine:	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat:	Lehtori Jarno Nurmio

Opinnäytetyön aiheena oli laatia sähkösuunnitelma valitusta mallikohteesta Metropolian sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelmaa varten. Suunnitelmaa on tarkoitus käyttää osana opetusohjelmaa Sähköurakointi-nimisellä kurssilla, jossa harjoitellaan urakka- ja määrälaskentaa sähkösuunnitelmasta. Suunnitelman kohteeksi valikoitui Metropolian CAD-pohjaisista suunnitelmamalleista sähkölämmiteinen viisiasuntainen rivitalo. Edellinen vastaava työ oli tehty Metropolialle sähkölämmitteisestä omakotitalosta.

Työ olisi ollut mahdollista tehdä samasta kohteesta kuin aiempikin insinöörityö vain päivittämällä sähköasennukset tähän päivään. Kuitenkin työn mielenkiintoisuuden ja haastavuuden takia kohteeksi on valittu toinen mallikohde. Suunnitelman sähköasennukset on pyritty suunnittelemaan kuunnellen rakennusmääräyksiä ja hyväksi katsottua asennustapaa. Vastaavasti suunnitelman tietotekniset järjestelmät on pyritty suunnittelemaan mukaillen Liikenne- ja viestintäviraston määräyksiä. Kohteen sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien asennusten tuotemallit on otettu aiemmin Metropolialle valmistuneesta ”Pientalon sähköasennusten tuotetietokanta”-nimisestä opinnäytetyöstä.

Kohteesta valmiita arkkitehtikuvia oli asemapiirustus sekä tasopiirustukset kellarikerroksesta ja asuinkerroksesta. Asuinhuoneistot ovat yhdessä tasossa. Kyseisiin piirustuksiin on sijoitettu sähköasennusten suunnitelmat sähköpisteineen ja kaapelointineen. Vastaavasti kohteesta on laadittu asema- ja tasopiirustuksia täydentävät järjestelmäkaaviot, piirikaaviot, pääkaaviot sekä määräluettelot. Kohteesta on laadittu myös teho- ja suojauslaskelmat, joilla on varmistettu suunnitelman asennusten toimivuus.

Valmis suunnitelma palvelee jatkossa Metropolian sähkö- ja automaatiotekniikan opetusohjelmaa mallityönä. Suunnitelmasta saa yleiskäsityksen yhdestä näkemyksestä, kuinka toteuttaa pienen rivitalokohteen sähköasennukset. Piirustusten PDF-tulosteista opiskelijoiden on tarkoitus laskea sähköasennustuotteiden määrät. Myöhemmässä vaiheessa kurssia suunnitelman CAD-tiedostoja voidaan käyttää sähköiseen määrälaskentaan ja verrata tuloksia käsin laskettuihin tuloksiin.

Avainsanat:	CAD, Cadmatic, sähkösuunnitelma, määrälaskenta, urakalaskenta
-------------	---

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author:	Jarkko Laurila
Title:	The Electrical Design of a Rowhouse Estate
Number of Pages:	36 pages + 20 appendices
Date:	4 April 2025
Degree:	Bachelor of Engineering
Degree Programme:	Electrical and Automation Engineering
Professional Major:	Electrical Power Engineering
Supervisors:	Jarno Nurmio, Senior Lecturer

The purpose of this thesis work was to create an electrical plan for a selected model site for use of the Electrical and Automation Engineering degree program at Metropolia UAS. The plan is intended to be used as course material on the course Electrical Contracting, where students practice estimating contracts and quantities based on electrical plans. The chosen model site was a five-unit row house with electric heating, selected from Metropolia's CAD-based design models. A previous similar project had been carried out for Metropolia, focusing on a single-family house with electric heating.

It would have been possible to base the work on the same site as the previous engineering thesis by simply updating the electrical installations to current standards. However, to increase the project's interest and challenge, a different model site was selected. The electrical installations for the plan were designed with attention to building regulations and established best practices. Similarly, the information technology systems in the plan were designed to comply with the guidelines issued by the Finnish Transport and Communications Agency. The product models for the electrical and IT system installations were sourced from a prior Metropolia thesis titled "Product Database for Electrical Installations in Small Houses."

The architectural drawings available for the project included a site plan and floor plans for the basement and residential floors. The residential units are on a single level. Electrical installation plans, including electrical points and cabling, were added to these drawings. Additionally, system diagrams, circuit diagrams, main diagrams, and bill of quantities were prepared to complement the site and floor plans. Power and protection calculations were also carried out to ensure the functionality of the planned installations.

The completed plan will serve as a model project for Metropolia's Electrical and Automation Engineering course Electrical Contracting. It provides an overview of one approach to implementing electrical installations for a small row house project. Using the PDF printouts of the drawings, students will calculate the quantities of electrical installation products. Later in the course, the plan's CAD files can be utilized for digital quantity estimation, allowing students to compare those results with manually calculated ones.

Keywords:	Cadmatic, Electrical Design, Mass Calculation, Contract Calculation
-----------	---

Sisällys

Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
2	Suunnitelman asiakirjat	1
2.1	Asiakirjaluettelo	1
2.2	Liittymän mitoitus ja tekniset laskelmat	2
2.2.1	Huipputehon, liittymäkoon ja liittymiskaapelin mitoitus	3
2.2.2	Liittymäkoon mitoitus	5
2.2.3	Asuntojen etusulakkeiden ja nousujohtojen mitoitus	6
2.2.4	Oikosulkusuojauslaskelmat	7
2.3	Asemapiirustus	13
2.4	Asennuspiirustukset	16
2.4.1	Sähkötekniisten järjestelmien piirustukset	16
2.4.2	Lämmityspiirustukset	18
2.4.3	Tietotekniisten järjestelmien piirustukset	19
2.5	Keskuskaaviot	20
2.5.1	Pääkeskuksen pääkaavio	21
2.5.2	Ryhmäkeskusten pääkaaviot	23
2.6	Järjestelmäkaaviot	24
2.6.1	Maadoituskaavio	25
2.6.2	Nousujohtokaavio	26
2.6.3	Antennikaavio	27
2.6.4	Yleiskaapelointikaavio	28
2.7	Piirikaaviot	30
2.8	Luettelot	31
2.8.1	Valaisinluettelo	32
2.8.2	Lämmitinluettelo	33
2.8.3	Määrälaskentaluettelo	33
3	Yhteenveto ja päätelmät	35
	Lähteet	36

Liitteet

Liite 1: 050824-0-100 Asiakirjaluettelo

Liite 2: 050824-0-200 Liittymäkoon mitoitus ja muut tekniset laskelmat

Liite 3: 050824-1-100 Asemapiirustus

Liite 4: 050824-2-200 Asennuspiirustus K.krs Vahvavirta- ja valaistuspiirustus

Liite 5: 050824-2-201 Asennuspiirustus K.krs Lämmityspiirustus

Liite 6: 050824-2-202 Asennuspiirustus K.krs Telepiirustus

Liite 7: 050824-3-200 Asennuspiirustus 1.krs Vahvavirta- ja valaistuspiirustus

Liite 8: 050824-3-201 Asennuspiirustus 1.krs Lämmityspiirustus

Liite 9: 050824-3-202 Asennuspiirustus 1.krs Telepiirustus

Liite 10: 050824-4 Maadoituskaavio

Liite 11: 050824-5 Nousujohtokaavio

Liite 12: 050824-6 Antennikaavio

Liite 13: 050824-7 Yleiskaapelointikaavio

Liite 14: 050824-8 Lämmityspiirikaavio SLY1.2

Liite 15: 050824-9-100 Pääkaavio SPK

Liite 16: 050824-9-101 Pääkaavio RK As.A

Liite 17: 050824-9-102 Pääkaavio RK As.B-E

Liite 18: 050824-10 Valaisinluettelo

Liite 19: 050824-11 Lämmitinluettelo

Liite 20: 050824-12 Määrälaskentaluettelo

Lyhenteet ja käsitteet

CAD:	<i>Computer aided design</i> . Tietokoneavusteinen suunnittelu.
Cadmatic:	Kotimainen tietokoneavusteinen suunnitteluohjelmisto.
Coax:	Lyhenne ja yleisnimitys <i>koaksiaali</i> - eli antennikaapelille.
Ensto:	Alun perin kotimainen sähköasennustuotteiden valmistaja. Nykyään Ensto on osittain osa Legrand-konsernia verkonrakennustuotteita lukuun ottamatta.
gG-sulake	Tulppavaroke, joka ruuvataan varokekannen kanssa varokkeeseen. Yhdistetty ylivirta- ja oikosulkusuoja sähkötekniikassa.
Jaotin:	Antenniverkon osa, joka jakaa antenniverkon esimerkiksi kahteen osaan. Tällöin puhutaan 2-jaottimesta.
Resistiivinen:	Pääasiassa sähkövastuksia sisältävä kuormitus, jossa ei ole ollenkaan loistehoa. Tällöin tehokerroin on lähes yksi.
ST-kortti:	Sähköinfo Oy:n julkaisema ja ylläpitämä <i>Sähkötietokortti</i> .

1 Johdanto

Opinnäytetyön aiheena oli laatia rivitalon sähkösuunnitelma Metropolian sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelman tulevia kursseja varten. Suunnitelmaa tullaan käyttämään jatkossa Sähköurakointi-kurssilla, jossa harjoitellaan urakkalaskennan muodostamista aidosta suunnitelmasta ja sen pohjalta urakkatarjouksen laadintaa. Edellinen vastaavaan tarkoitukseen käytetty suunnitelma oli tehty kymmenen vuotta sitten, mutta tähän päivään tultaessa suunnitelman versio oli huomattavan vanhentunut eikä siitä ollut mahdollista laskea sähköasennustuotteiden määriä sähköisesti oikein. Sen takia Metropolia tilasi uuden insinöörityön aiheesta, ja tähän tavoitteeseen on tarkoitus vastata uudella suunnitelmalla uudesta kohteesta.

Suunnitelma on laadittu Cadmatic-suunnitteluohjelmiston uusimmalla 2024 lanseeratulla ohjelmistoversiolla ja pohjakuvina on käytetty Metropolian oppimismateriaaleihin kuuluvaa mallikohdetta. Suunnitelmassa on lisäksi hyödynnetty aiempaa opinnäytetyönä valmistunutta pientalon sähköasennusten tuotetietokantaa. Se on vähentänyt työmäärää muuten varsin laajasta aiheesta ja vapauttanut työtilaa antaen mahdollisuuden keskittyä enemmän suunnittelullisiin näkökohtiin. Suunnitelmassa on pyritty löytämään asennusteknisesti yksinkertaisia, edullisia ja toimivia ratkaisuja kuten nykyään varsin kilpaillulla talonrakennusalalla suurin osa kohteista tehdään.

2 Suunnitelman asiakirjat

2.1 Asiakirjaluettelo

Rivitalokohteen sähkösuunnitelman ensimmäinen asiakirja on asiakirjaluettelo, jossa on esitetty suunnitelman kaikki asiakirjat. Asiakirjaluettelo on tehty suunnitteluohjelmisto Cadmaticilla, mutta esimerkiksi Word- ja Excel-tiedostojen tiedot on kirjattu asiakirjaluetteloon käsin. Jotta piirustuksen dokumentit pysyvät

järjestyksessä, on jokainen asiakirja tai piirustus numeroitu omalle piirustusnumerolleen. Piirustusnumeron kautta Cadmatic myös muodostaa asiakirjaluettelon sillä tehdyistä piirustuksista, jotka ovat projektitietokannassa. Esimerkkiotteena on kaappaus suunnitelman asiakirjaluettelosta kuvassa 1.

	Liite 1: Asiakirjaluettelo 050824-0-100		REV.	PVM.
050824-0-100	Asiakirjaluettelo	1/1		01.01.2025
050824-0-200	Liittymäkoon mitoitus ja muut tekniset laskelmat	5		01.01.2025
050824-1-100	Asemapiirustus Sähkö- ja tietotekniset järjestelmät ja johdotus	1		01.01.2025
050824-2-200	Asennuspiirustus K.krs Sähkötekniset järjestelmät ja johdotus	1		01.01.2025
050824-2-201	Asennuspiirustus K.krs Lämmitysjärjestelmät ja johdotus	1		01.01.2025
050824-2-202	Asennuspiirustus K.krs Tietotekniset järjestelmät ja johdotus	1		01.01.2025
050824-3-200	Asennuspiirustus 1.krs Sähkötekniset järjestelmät ja johdotus	1		01.01.2025
050824-3-201	Asennuspiirustus 1.krs Lämmitysjärjestelmät ja johdotus	1		01.01.2025
050824-3-202	Asennuspiirustus 1.krs Tietotekniset järjestelmät ja johdotus	1		01.01.2025
050824-4	Maadoituskaavio	1/1		01.01.2025
050824-5	Nousujohtokaavio	1/1		01.01.2025
050824-6	Antennikaavio	1/1		01.01.2025
050824-7	Yleiskaapelointikaavio	1/1		01.01.2025
050824-8	Lämmitys piirikaavio SLY1.2	2/2		01.01.2025
050824-9-100	Pääkaavio SPK	1/4		01.01.2025
050824-9-100	Pääkaavio SPK	2/4		01.01.2025
050824-9-100	Pääkaavio SPK	3/4		01.01.2025
050824-9-100	Pääkaavio SPK	4/4		01.01.2025
050824-9-101	Pääkaavio RK As.A	1/3		01.01.2025
050824-9-101	Pääkaavio RK As.A	2/3		01.01.2025
050824-9-101	Pääkaavio RK As.A	3/3		01.01.2025
050824-9-102	Pääkaavio RK As.B-E	1/3		01.01.2025
050824-9-102	Pääkaavio RK As.B-E	2/3		01.01.2025
050824-9-102	Pääkaavio RK As.B-E	3/3		01.01.2025
050824-10	Valaisinluettelo	1/1		01.01.2025
050824-11	Lämmitinluettelo	1/1		01.01.2025
050824-12	Määräskenteluettelo	3		01.01.2025

Kuva 1. Rivitalon sähkösuunnitelman asiakirjaluettelo.

Asiakirjaluettelossa on välistys jokaisen piirustustyyppin välillä. Luettelossa on omat sarakkeet piirustusnumerolle, piirustuksen nimelle, sivumäärälle, revisiolle sekä suunnittelupäivämäärälle. Asiakirjaluettelosta on helppo luoda kokonaiskatsaus koko suunnitelmaan, ja se auttaa jäsentämään suunnitelmakokonaisuutta.

2.2 Liittymän mitoitus ja tekniset laskelmat

Uutta asuinkiinteistöä suunniteltaessa on tärkeää mitoittaa sähköjärjestelmän pääkomponentit riittävän vahvoiksi, jotta taataan riittävä tehokapasiteetti kulu-
tuspisteissä sekä vikasuojauksen nopea ja selektiivinen toiminta. Seuraavissa

alaotsakkeissa on esitetty, kuinka tehotiedot on arvioitu mukaillen Sähkötietokorttia 13.31 [1] ja kuinka valitut kaapelit ja keskukset toimivat vikatilanteessa laskennan pohjalta. Syyt jo suunnitteluvaiheessa sekä ylikuormitus- että oikosulkulaskelmille pohjautuvat SFS 6000 -pienjännitesähköasennusstandardiin, jossa korostetaan, että suunnitteluvaiheessa on jo laskelmin perustettava näkemykset sähköjärjestelmän toimivuudesta. Tämä on tehtävä ennen kaikkea siksi, että rakennusvaiheessa havaitut puutteet sähköisessä suojauksessa on huomattavasti kalliimpaa ja vaikeampaa korjata [2, s. 26]. Jos näin ei kuitenkaan toimi, on vikasuojauksen toiminta todettava käyttöönottomittauksilla valmiista asennuksista.

Tämä kuvitteellinen rivitalokohde on sijoitettu Helen Sähköverkon alueelle Helsingin kaava-alueelle. Se tarkoittaa, että etäisyys sähköverkkoyhtiön jakokaapille on verrattain pieni, samoin tiheään sijoitetut puistomuuntamot takaavat, että oikosulkuvirrat liittymispisteessä ovat suuria. Se puolestaan helpottaa kohteen vikasuojauksen toteutusta, koska kohteessa ei tarvitse kantaa huolta siitä, ovatko oikosulkuvirrat normaaleilla suojalaitteilla suojatuissa ryhmäjohtoissa riittävät ilman erityistoimia.

2.2.1 Huipputehon, liittymäkoon ja liittymiskaapelin mitoitus

Liittymän laskennallinen huipputeho (kaava 1) saadaan arvioimalla kiinteistön huipputuntiteho laskennallisesti. Moderniin kiinteistöön kuuluu asentaa myös sähköautonlatausjärjestelmä, joten tässä kohteessa on suunniteltu toteutettavan autolataus ja -lämmitys yhteiskäyttöltililla. Niiden huipputehoa on myös arvioitu huipputeholaskelmassa. Suunniteltava kohde on sähkölämmitteinen, ja lämmitettävä pinta-ala on 590 neliömetriä. Kiinteistön huipputehoon vaikuttaa siis talotyyppistä muodostuva perusosa sekä lämmitysmuodosta sekä kiukaasta saatava kerroin lämmitetylle pinta-alalle.

$$Ph = 30 \text{ kW} + 64 * \frac{Al_{\text{läm}}}{1000} = 30 + 64 * \frac{590,4}{1000} = 67,8 \text{ kW}, \text{ jossa} \quad (1)$$

$A_{\text{läm}}$ = lämmitetty pinta – ala (m^2), tässä kohteessa 590,4 m^2

$P_h = \text{laskennallinen huipputeho (kW)}$

Saatuun kiinteistön huipputehoon lisätään vielä autopaikkojen laskennallinen huipputeho (kaava 2), jonka kaava saadaan myös ST-kortista 13.31 [1]. Tässä kohteessa autopaikkojen lukumäärä on 5, ja halutuksi ajosuoritteeksi on arvioitu 150 km per lataus ja latausajaksi yöaikaan 10 tuntia.

Autopaikkojen huipputeho lasketaan seuraavasti:

$$P_{\text{autolataus}} = \frac{\text{haluttu ajosuorite latauskerralla (km)} \cdot \frac{0,20 \text{ kWh}}{\text{km}} \cdot n_{\text{auto}}}{\text{latauskerran aika } h} \quad (2)$$

$$= \frac{150 \text{ km} \cdot 0,20 \frac{\text{kWh}}{\text{km}} \cdot 5}{10 \text{ h}} = 15 \text{ kW} \quad , \text{ jossa}$$

$P_{\text{autolataus}} = \text{autopaikkojen yhteenlaskettu huipputeho (kW)}$

$\text{haluttu ajosuorite latauskerralla (km)}$

$= \text{tässä kohteessa } 150 \text{ km per autopaikka}$

$\text{latauskerran aika } h = \text{tässä kohteessa pääasiassa yöaika, } 10 \text{ h yöllä}$

$n_{\text{auto}} = \text{autopaikkojen lukumäärä, tässä kohteessa } 5 \text{ kpl}$

Yhteenlaskettu huipputeho on kiinteistön ja autopaikkojen huipputehojen summa. Osassa kohteita näitä kahta ei tarvitse laskea erikseen vaan autopaikat voidaan mitoittaa kiinteistön huipputehoon suoraan. Tässä kohteessa on kuitenkin laskettu autopaikkojen tehohuippu erikseen. Yhteenlaskettu huipputeho 82,8 kW on saatu esitetyn kaavan 3 mukaisesti.

$$P_{\text{htot}} = P_h + P_{\text{autolataus}} = 67,8 \text{ kW} + 15 \text{ kW} = 82,8 \text{ kW} \quad , \text{ jossa} \quad (3)$$

$P_{\text{htot}} = \text{Liittymän kokonaishuipputeho eli}$

$\text{yhteenlaskettu kiinteistön ja autopaikkojen huipputeho}$

$$P_h = \text{Laskennallinen huipputeho (kW)}$$

$$P_{\text{autolataus}} = \text{Autopaikkojen yhteenlaskettu huipputeho (kW)}$$

Huipputeholla on suuri merkitys liittymäkoon ja pääkeskuksen nimellisvirran valintaan. Lisäksi huipputeho vaikuttaa myös liittymiskaapelin valintaan.

2.2.2 Liittymäkoon mitoitus

Liittymäkoko ja liittymiskaapeli mitoitetaan verkkoyhtiön ohjeistuksen mukaan. Liittymän huipputehon aikainen kuormitusvirta lasketaan kolmivaihetehosta johdetulla kaavalla (kaava 4), jossa tehokertoimena käytetään arvoa 0,96, kun kohteessa kuormat ovat pääasiassa resistiivisiä lämmityskuormia, joiden tehokerroin on yksi. Kohteessa on myös ylipäänsä vähän loistehoa tuottavia laitteita, kuten sähkömoottoreita, minkä takia lähellä yhtä oleva tehokerroin on relevantti.

$$I_h = \frac{P_{\text{htot}}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = \frac{82800W}{\sqrt{3} \cdot 400V \cdot 0,96} = 124,5 A, \text{ jossa} \quad (4)$$

U = verkon pääjännite, pienjännitteellä, 400V

$\cos\varphi$

= tehokerroin, tässä ST kortin 13.31 mukaan voidaan käyttää arvona 0,96,

kun loistehon määrä on verrattain pieni.

Valitaan siis liittymäkooksi seuraavan pykälän pienin mahdollinen sulakekoko 3x160 A gG1. Helen Sähköverkon liittymisjohto-ohjeistuksen mukaan 3x160A:n liittymäkoon mukainen liittymiskaapeli on AXMK 4x185S. Kyseinen liittymäkoko mahdollistaa myös 30 %:n laajennusvaran nykyiseen 82,8 kW:n huipputehoon nostamatta sulakekokoja. Samalla pääkeskus mitoitetaan suunnitelmassa nimellisvirraltaan 250 ampeeriin. Nykyinen liittymiskaapeli AXMK 4x185S mahdollistaa myös liittymäkoon noston tarvittaessa aina 250 ampeeriin saakka, jos esimerkiksi autopaikkojen latauslaitteita halutaan päivittää tehokkaammiksi. Kuvassa 2 on esitetty Helen Sähköverkon alueella käytettävät liittymät ja kaapelit.

Pääsulake (A)	Liittymisjohtolaji ja koko (mm ²)	Kaapelikohtainen asennustila kotelossa (mm)	Kaapelikohtainen asennustila varokekotelon ulkopuolella (mm)	Kaapelikohtainen alusta
1 x 16	AXMK 4 x 35 S	150	700	00/000 tai tulppa
3 x 25	AXMK 4 x 35 S	150	700	00/000 tai tulppa
3 x 35	AXMK 4 x 35 S	150	700	00/000 tai tulppa
3 x 50	AXMK 4 x 35 S	150	700	00/000 tai tulppa
3 x 63	AXMK 4 x 35 S	150	700	00/000 tai tulppa
3 x 80	AXMK 4 x 70 S	200	700	00
3 x 100	AXMK 4 x 70 S	200	700	00
3 x 125	AXMK 4 x 70 S	200	700	00
3 x 160	AXMK 4 x 185 S	300	900 (700*)	1 tai 2
3 x 200	AXMK 4 x 185 S	300	900 (700*)	1 tai 2
3 x 250	AXMK 4 x 185 S	300	900 (700*)	1 tai 2
2 (3 x 160)	2 kpl AXMK 4 x 185 S	300	900 (700*)	1 tai 2
2 (3 x 200)	2 kpl AXMK 4 x 185 S	300	900 (700*)	1 tai 2
2 (3 x 250)	2 kpl AXMK 4 x 240 S	400	900 (700*)	2
3 (3 x 200)	3 kpl AXMK 4 x 240 S	400	900 (700*)	2
3 (3 x 250)	3 kpl AXMK 4 x 300 S	400	900 (700*)	2
4 (3 x 250)	4 kpl AXMK 4 x 300 S	400	900 (700*)	2

Kuva 2. Helen Sähköverkon alueella käytettävät liittymäkoot ja liittymiskaapelit [3].

2.2.3 Asuntojen etusulakkeiden ja nousujohtojen mitoitus

Jotta asuntojen sulakekoot ja nousujohtot pääkeskuksen ja ryhmäkeskusten välillä saadaan mitoitettua, on laskettava asuntojen peruskuorma. Se muodostuu huoneistokohtaisesta peruskuormituksesta (kaava 5), joka on 7,5 kilowattia, sekä asunnon pinta-alaan liittyvästä osasta, jonka kertoimena toimii 64 kohteessa, jossa on suora sähkölämmitys, sähkökiuas ja käyttöveden lämmitys jatkuvasti tai yöllä. Laskenta tapahtuu mukaillen Sähkötietokorttia 13.31 [1]. Kun asunnon pinta-ala, joka on 99 m², tunnetaan, saadaan seuraava yhtälö.

$$P_h = 7,5 \text{ kW} + 64 * \frac{A}{1000}, \text{ jossa} \quad (5)$$

P_h = Huoneiston huipputeho

7,5 kW = huoneistokohtainen peruskuormitus

A = huoneiston pinta – ala

$$P_h = 7,5 \text{ kW} + \frac{64 * 99 \text{ m}^2}{1000} = 13,836 \text{ kW}$$

Verkkoyhtiön pienin kolmivaiheinen käyttöpaikkakoko on 3x25A, ja se mahdollistaa 17 kW:n tehonsiirron. Näin voidaan todeta, että 3x25A riittää tässäkin kohteessa asuntojen etusulakkeiksi. Nousujohdoksi on valittu tässä kohteessa kuparivoimakaapelia edullisempi alumiinivoimakaapeli AMCMK 4x16/10, joka kestäisi suuremmankin etusulakekoon kaapelivalmistaja Rekan taulukon mukaisesti. Kuparia nousujohdossa on ainoastaan konsentrinen maadoitusjohdin. Kuvan 3 taulukossa annettu virta-arvo 61 ampeeria on merkitty.

Tekniset tiedot	3x300/88	4x16/10	4x25/16	4x35/16
Kuormitettavuus				
Kaapelit ilmassa (25°C)				
kaksi kuormitettua johdinta, johdin 70 °C A	457	76	93	115
kolme kuormitettua johdinta, johdin 70 °C A	396	63	81	100
Kaapelit ilmassa (30°C)				
kaksi kuormitettua johdinta, johdin 70 °C A	439	73	89	111
kolme kuormitettua johdinta, johdin 70 °C A	381	61	78	96
Kaapelit maassa (15 °C ja 1,0 K.m/W), asennussyvyys 0,7 m				
Kaapelit maassa, johdin 65 °C A	430	78	100	125
Kaapelit maassa (20 °C ja 2,5 K.m/W), asennussyvyys 0,7 m				
Kaapelit maassa, johdin 70 °C A	282	53	69	83
Kaapelit maassa suojaputkessa, johdin 70 °C A	247	50	64	77
Suurin terminen oikosulkuvirta 1 s aikana				
Vaihe (alku 70 °C, loppu 160 °C) kA	21,6	1,2	1,8	2,6
Kosketussuoja (alku 60 °C, loppu 250 °C) kA	14,0	1,6	2,5	2,5

Kuva 3. AMCMK-kaapelien kuormitettavuudet eri asennustavoilla [4].

2.2.4 Oikosulkusuojauslaskelmat

Huipputeholaskelmien ja liittymän mitoituksen lisäksi kohteesta on tehtävä myös oikosulkulaskelmat. Jakeluverkkoyhtiöltä saatu pienin yksivaiheinen oikosulkuvirta liittymispisteessä on 2300 A. Siitä eteenpäin oikosulkusuojausajan toimivuus on todettava laskemalla ja kohteen valmistuessa myös mittaamalla. Tässä esitetään kootusti vikasuojauslaskelmat pääkeskukselta kauimmaiseen kulutus-pisteeseen. Syöttävän verkon oikosulkuimpedanssi (kaava 6) lasketaan oikosulkujännitteen ja -virran osamääränä:

$$Z_k = \frac{U_k}{I_k} = \frac{219 \text{ V}}{2300 \text{ A}} = 0,09522 \Omega \text{ , jossa} \quad (6)$$

$Z_k = \text{oikosulkuimpedanssi}$

$U_k = \text{oikosulkujännite, arvona käytetään } 219V$

$I_k = \text{oikosulkuvirta, arvona liittymispisteessä } 2300A$

Liittymiskaapelin AXMK 4x185S impedanssi (kaava 7) saadaan laskemalla kaapelipituuden ja kaapelin impedanssin tulo. Käytettyjen kaapelien impedanssiarvot löytyvät D1 Käsikirjan taulukosta 41.6 [2, s. 91]. Ote siitä on taulukossa 1.

Taulukko 1. Kaapeleiden likimääräisiä impedansseja johdinlämpötilassa 80 astetta [2, s. 91].

Poikki-pinta mm ²	Kupari resis-tanssi r	Kupari reak-tanssi x	Kupari impe-danssi z	Alumiini resis-tanssi r	Alumiini reak-tanssi x	Alumiini impe-danssi z
4x1,5	14,620	0,115	14,620			
4x2,5	8,770	0,110	8,770			
4x4	5,480	0,107	5,480			
4x6	3,660	0,100	3,660			
4x10	2,244	0,094	2,246			
4x16	1,415	0,090	1,418	2,324	0,090	2,326
4x25	0,898	0,086	0,902	1,489	0,090	1,492
4x35	0,652	0,083	0,657	1,086	0,086	1,089
4x50	0,482	0,083	0,489	0,796	0,083	0,800
4x70	0,336	0,082	0,346	0,551	0,083	0,557
4x95	0,244	0,082	0,257	0,398	0,082	0,406
4x120	0,195	0,080	0,211	0,316	0,082	0,326
4x150	0,155	0,080	0,174	0,258	0,080	0,270
4x185	0,125	0,080	0,148	0,207	0,080	0,222
4x240	0,095	0,079	0,124	0,162	0,079	0,180

4x300	0,078	0,079	0,111	0,133	0,079	0,155
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

$$Z_{j1} = l * z = 0,0267km * \frac{0,222\Omega}{km} = 0,011855\Omega , jossa \quad (7)$$

l = kaapelin pituus (km)

Z_{j1} = kaapelin poikkipinta – alaa vastaava impedanssi $\frac{\Omega}{km}$

Näin ollen oikosulkuvirta (kaava 8) pääkeskuksessa on 2045 A. 160 A:n gG-sulake vaatii 5,0 sekunnin poiskytkentäajalla 950 A laskennallista oikosulkuvirtaa. Tämä ehto täyttyy, pääkeskuksessa vikasuojaus toimii. Kuvassa 3 on esitetty gG-sulakkeiden pienimmät sallitut oikosulkuvirrat.

$$I_{kpK} = \frac{U_k}{Z_k + Z_j} = \frac{219V}{0,09522\Omega + 0,011855\Omega} = 2045A , jossa \quad (8)$$

I_{kPK} = oikosulkuvirta pääkeskuksessa

160 A:n gG-sulake vaatii 5,0 sekunnin poiskytkentäajalla 950 A laskennallista oikosulkuvirtaa. Tämä ehto täyttyy reilusti, ja pääkeskuksessa vikasuojaus toimii. D1 Käsikirjan taulukossa 41.5 on esitetty gG sulakkeiden pienimmät sallitut oikosulkuvirrat [2, s. 89]. Ote oikosulkuvirroista on taulukossa 2.

Taulukko 2. gG-sulakkeiden pienimmät toimintavirrat [2, s. 89].

Nimellisvirta A	gG-sulake 0,4 s	Vaadittu mi- tattu arvo	gG-sulake 5,0 s	Vaadittu mi- tattu arvo
2	16	20	9	11,3
4	32	40	18	22,5
6	46,5	58,2	28	35
10	82	102,5	46,5	58,2
16	110	137,5	65	81,3
20	145	181,3	85	106,3
25	180	225	110	137,5
32	270	337,5	150	187,5
35	-	-	175	218,8
40	315	393,8	190	237,5
50	470	587,5	250	312,5
63	550	687,5	320	400
80			425	531,3
100			580	725
125			715	893,8
160			950	1187,5
200			1250	1562,5
250			1650	2062,5
315			2200	2750
400			2840	3550
500			3800	4750
630			5100	6375

Lasketaan seuraavaksi suojauksen toimivuus pääkeskuksesta kauimmaisella ryhmäkeskuksella eli RK E:llä Pääkeskuksen oikosulkuimpedanssi saadaan laskemalla oikosulkujännitteen ja -virran jakolasku. Nousujohdon AMCMK4x16/10 pituuden avulla saadaan sen impedanssi. Ryhmäkeskuksen RK E oikosulkuviraksi saadaan 676 A. 25 A:n gG-sulake vaatii nousujohtotason (5s) poiskytkennällä 110 A laskettua oikosulkuvirtaa, joten suojaus toimii kauimmaisella ryhmäkeskuksella.

$$Z_{kp_k} = \frac{219V}{2045A} = 0,1071 \Omega$$

$$Z_{j_2} = 0,0474km * \left(\frac{(2,326+2,246)\Omega}{km} \right) = 0,2167 \Omega$$

$$I_{kRKE} = \frac{219V}{0,2167\Omega+0,1071\Omega} = 676 A \quad , \text{ jossa}$$

$$Z_{kp_k} = \text{pääkeskuksen oikosulkuimpedanssi } (\Omega)$$

$$Z_{j_2} = \text{nousujohdon AMCMK 4x16/10 impedanssi } (\Omega)$$

$$I_{kRKE} = \text{oikosulkuvirta ryhmäkeskuksessa E (A)}$$

Lasketaan oikosulkuvirran riittävyys vielä huoneiston E kauimmaisella pistorasialla eli keittiön valaistusryhmään kytketyllä pistorasialla ryhmässä 8.1. Oikosulkuimpedanssi ryhmäkeskuksella E saadaan keskuksen oikosulkujännitteen ja -virran suhteena.

$$Z_{krke} = \frac{219V}{676A} = 0,3239 \Omega \quad , \text{ jossa}$$

$$Z_{krke} = \text{oikosulkuimpedanssi ryhmäkeskuksessa E } (\Omega)$$

Ryhmäjohdon pituus saadaan laskettua suunnitelmasta määrälaskennan avulla. Asennusjohdon pituus on 16 metriä. 3x1,5S-ryhmäjohdon poikkipinta-ala saadaan D1 Käsikirjan taulukosta 41.6. Kaapelipituuden ja -impedanssin tulona

saadaan kaapelin oikosulkuimpedanssi. Oikosulkuvirta kauimmaisella pistorasi-
alla saadaan oikosulkujännitteen ja ryhmäkeskuksen ja asennusjohdon suh-
teena.

$$Z_{j3} = 0,016km * 2 * 14,62 \frac{\Omega}{km} = 0,4678 \Omega$$

$$I_{kpr} = \frac{219V}{(0,46784+0,32396)\Omega} = 277 A > 100A (C10) \quad , \text{ jossa}$$

$$Z_{j3} = \text{asennusjohdon } 3 \times 1,5S \text{ impedanssi } (\Omega)$$

$$I_{kpr} = \text{oikosulkuvirta ryhmän 8.1 pistorasiassa } (A)$$

277 A kauimmaisella pistorasialla täyttää vaaditun ryhmäjohtotason oikosulku-
virtavaatimuksen 100 A (0,4 s). Näin voidaan todeta kohteen suojauksen toimi-
vuus. C-tyyppin johdonsuojakatkaisijoiden pienimmät toiminta-arvot löytyvät D1
käsikirjan taulukosta 41.4a [2, s. 88]. Ote oikosulkuvirroista johdonsuojakatkaisi-
joille on taulukossa 3.

Taulukko 3. Pienimmät oikosulkuvirrat johdonsuojakatkaisijoille [2, s. 88].

Nimellisvirta A	B-tyyppi 0,4 s ja 5 s A	Vaadittu mi- tattu arvo A	C-tyyppi 0,4 s ja 5 s A	Vaadittu mi- tattu arvo 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	235	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	1000
125	625	781,3	1250	1562,5

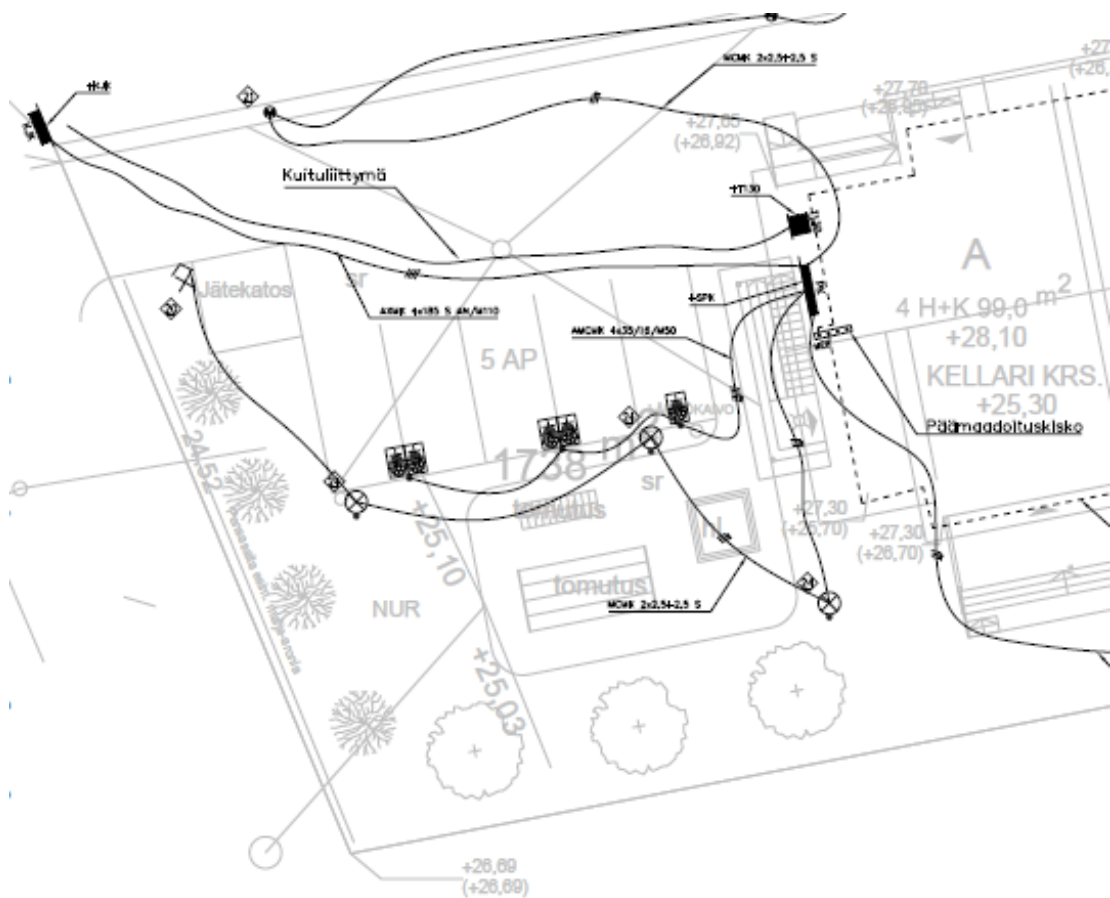
2.3 Asemapiirustus

Arkkitehdin tekemään arkkitehtipohjaan lisätään sähköasennusten lisäksi oma sähkönimiönsä piirustukseen oikeaan alalaitaan seitsemän millimetrin etäisyydelle molemmista reunoista, vaikka pohjassa olisi valmis arkkitehtinimiö. Asemapiirustuksessa, jossa halutaan korostaa kohteen sähköasennuksia, voidaan sammuttaa arkkitehtipohjan tasoja, jotka ovat epäolennaisia, kuten mittaviivoja ja tai korkeuskäyrämerkintöjä.

Tärkeintä sähkösuunnitelman asemapiirroksessa on esittää maakaapeleiden kaapelireitit, jotta niiden sijainti on dokumentoinnin jälkeen helposti todettavissa, jos kohdetta täytyy myöhemmin saneerata. Niiden lisäksi on hyvä esittää tontilla sijaitsevat sähköpisteet, jotka sijaitsevat rakennuksen ulkopuolella. Niitä ovat

esimerkiksi autolämmitystolpat ja latauspisteet ja pihavalaisinpylväät. Myös pääkeskukset, pääpotentiaalintasauskisko sekä perustusmaadoituselektrodi kuuluu esittää asemakuvassa [5].

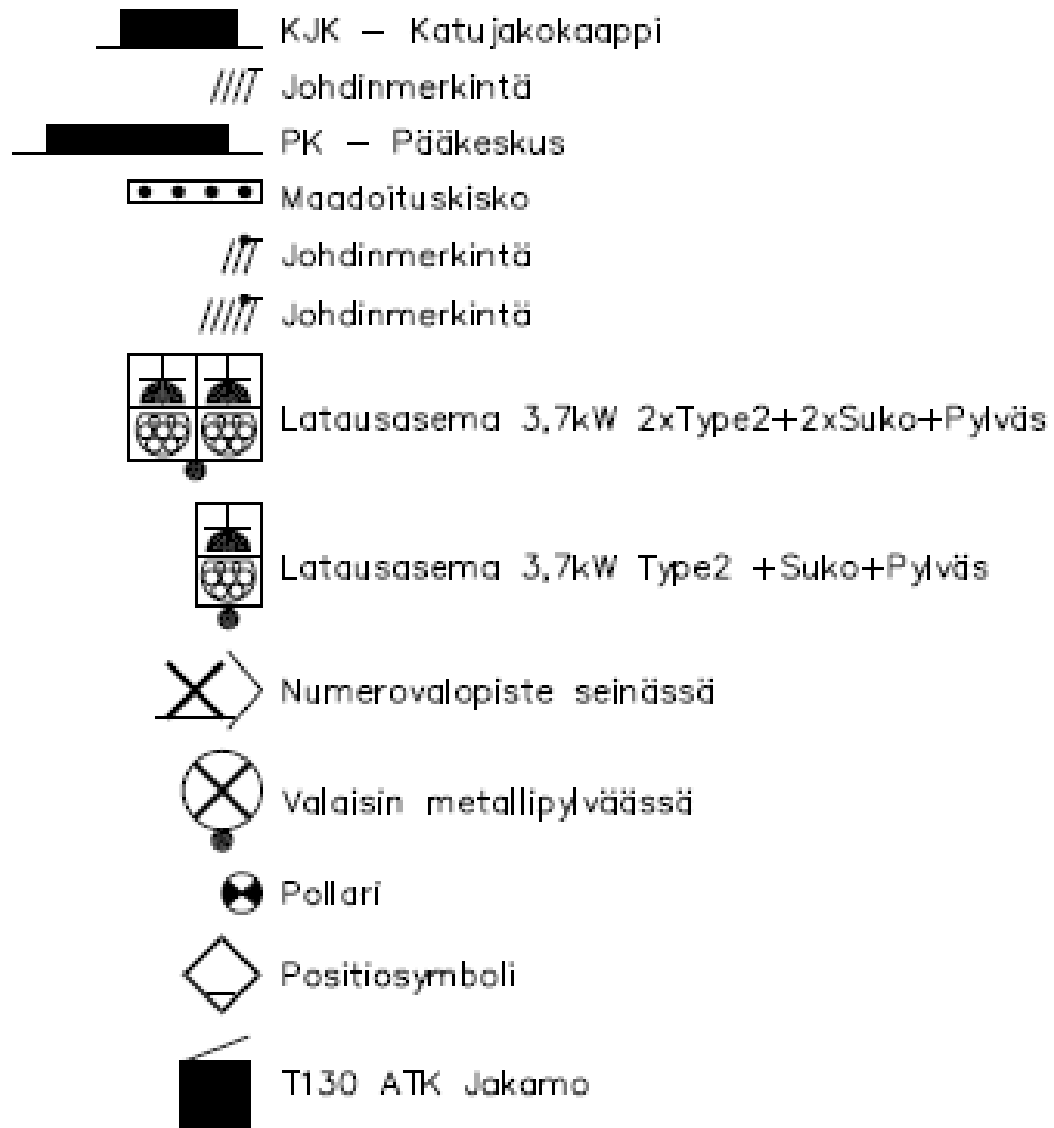
Tämän rivitalokohteen asemapiirroksessa on esitetty liittymispisteestä talon tekniseen tilaan tulevat pääjohdot sekä autolämmitys- tai lataustolpat, pihavalistus, perustusmaadoituselektrodi sekä päämaadoituskisko. Keskukset ja maa-kaapelit on merkitty viiteviivoilla sekä pihavalistuspylväiden valaistusposi-tiomerkinnot on merkitty valaisimien yhteyteen. Kuvassa 4 on ote kohteen asemapiirustuksen sähköasennuksista.



Kuva 4. Ote sähkösuunnitelman asemapiirroksista.

Mittakaavana asemapiirroksessa voidaan käyttää esimerkiksi 1:200. Koska on kyse pienemmästä kohteesta, on tässä kohteessa käytetty asemakuvan mitta-kaavana 1:100. Asemapiirustuksen yhteyteen on liitetty myös sähköpisteiden

kuvausluettelo, jossa selostetaan piirustuksessa käytetyt piirrosmerkit. Kuvassa 5 on rivitalokohteen asemapiirustuksen sähköpisteiden kuvausluettelo, josta selviää tuotemallien mukaiset sähköpistekuvaukset symboleineen. Se helpottaa kuvan lukemista esimerkiksi työkohteessa.



Kuva 5. Asemapiirustuksen sähköpisteiden kuvausluettelo.

Kuvausluettelo koostuu pääasiassa katujakokaapista, pääkeskuksesta, maadoituskiskosta sekä piha-alueen sähköasennuspisteistä ja niiden merkinnöistä.

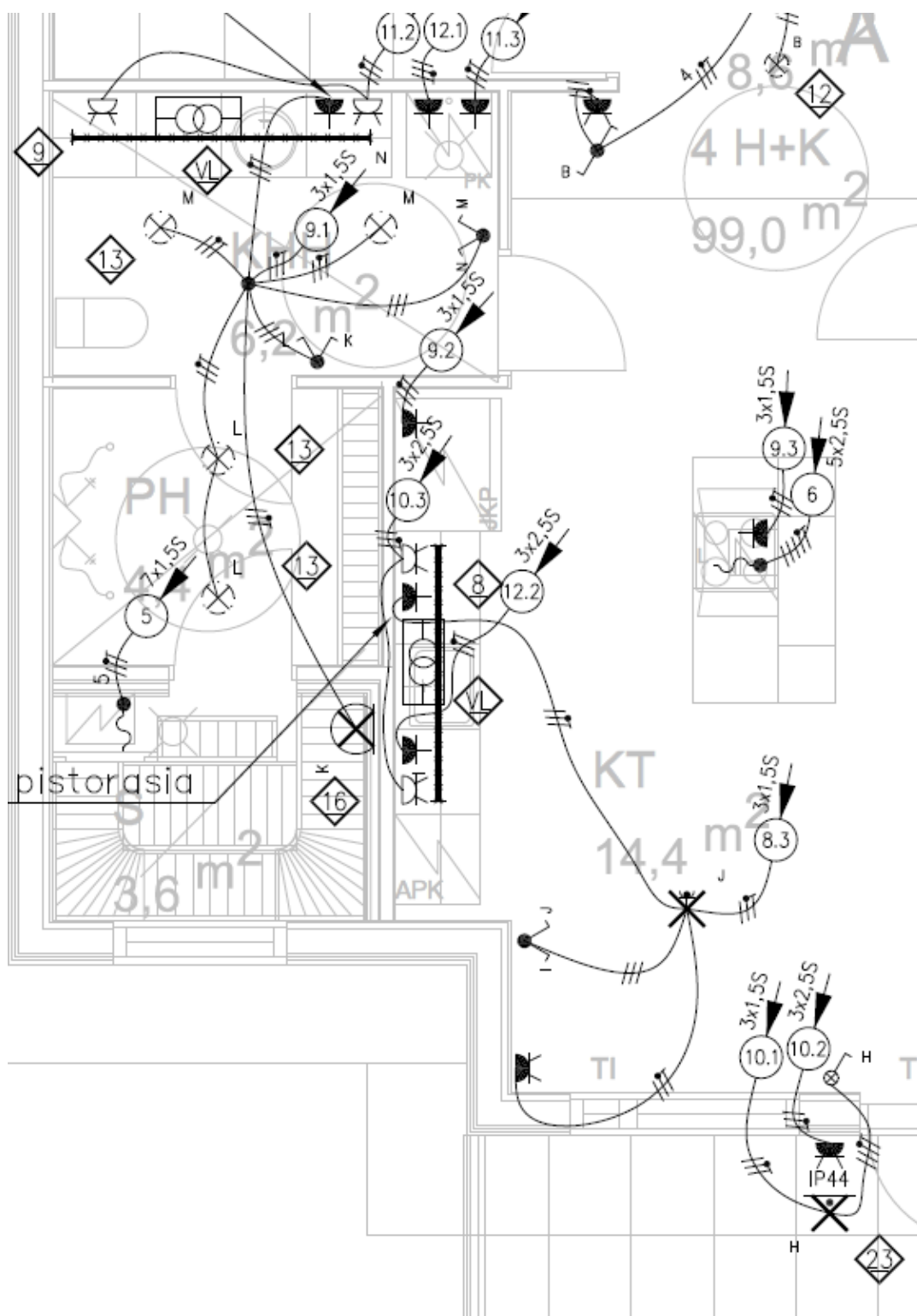
Piha-alueen asennukset koostuvat pääasiassa pihavalaisimista sekä autolämmitys- tai lataustolpista.

2.4 Asennuspiirustukset

Asennuspiirustukselle kuuluu periaatteessa kaksi päätehtävää. Toinen niistä koskee sähköpisteiden sijoitusta, toinen johtojärjestelmien asennusta. Tässä suunnitelmassa sähköpisteet on esitetty samassa kuvassa yhdessä johdotusten kanssa, mikä selkeyttää piirustusten lukua, kun piirustukset on jaettu järjestelmien perusteella osiin. Asennuspiirustukset on laadittu sekä kellarikerroksesta että varsinaisesta asuinkerroksesta. Asennuspiirustukset on jaettu molemmissa kerroksissa kolmeen eri osaan: ensimmäisessä osassa esitetään sähkötekniiset järjestelmät johdotuksineen, toisessa sähkölämmitysjärjestelmät ja niiden johdotus sekä kolmannessa osassa tietotekniiset järjestelmät johdotuksineen. Tietoteknisten järjestelmien piirustuksiin kuuluvat tässä kohteessa antenni- ja yleiskaapelointiasennukset, palovaroitinasennukset sekä ovikellojärjestelmä. Mittakaavana asennuspiirustuksissa on käytetty yleistä mittakaavaa 1:50.

2.4.1 Sähkötekniisten järjestelmien piirustukset

Sähkötekniisten järjestelmien piirustuksissa näkyviä asennuksia ovat pistorasiat, valaistuspisteet sekä esimerkiksi kiukaan ja liedan asennukset. Valaisimien kytkentäryhmät ja valaisinpositiot on merkitty kuviin, mikä helpottaa kuvan lukemista esimerkiksi työmaalla. Kaapeleiden tunnuksien, johdinmerkinnät ja ryhmänumeroinnit on myös tärkeä huomioida. Tässä kohteessa kaapelit on merkitty lyhyesti, kuten 3x1,5S, mikä vie vähemmän tilaa kuvassa ja antaa samalla asentajalle mahdollisuuden vaikuttaa siihen, tekeekö kohteen uppoasennukset ML-johtimilla vai kaksoiseristetyillä muovikaapeleilla. Asennukset on ryhmitelty pitkälti niin, että asuinhuoneiden valaistus ja pistorasiat ovat samassa ryhmässä ja keittiö- ja WC-tiloihin sekä terassille on sijoitettu pistorasiat C16-yhdistelmäkatkaisijan taakse omaksi ryhmäkseen suurempaa tehoa vaativille laitteille. Kuvassa 6 on ote asunnon A keittiö- ja kylpyhuonetilojen sähköasennuksista.



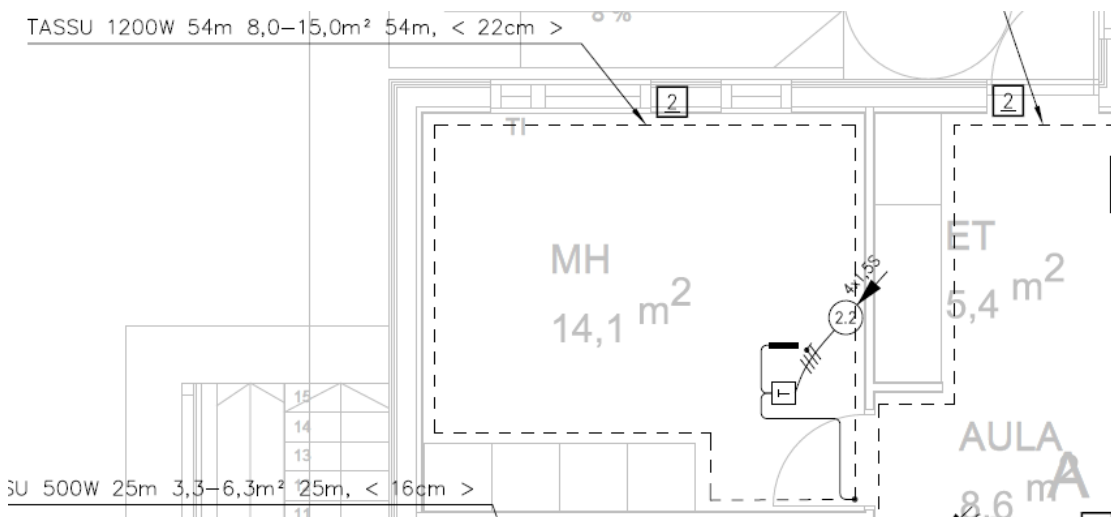
Kuva 6. Asennuspiirustuksen keittiön ja kylpyhuonetilojen sähköasennukset.

Tärkeintä asennuspiirustuksessa on suunnitelman asennusten toimivuus, luettavuus sekä ryhmäjohtojen järkevä ryhmittely. Hyvä piirustuksen luettavuus helpottaa huomattavasti asentajan työtä työkohteessa. Vastaavasti

sähköasennusten järkevä ryhmittely helpottaa asuinhuoneiston omistajaa arjen askareissa, kun esimerkiksi keittiöstä ja kodinhoitohuoneesta löytyy riittävä määrä järkevästi ryhmiteltyjä pistorasioita ja valaisimia. Niillä taataan riittävä teho kodin laitteille ja koneille saman aikaisesti sekä hyvä työskentelyvalaistus.

2.4.2 Lämmityspiirustukset

Kohteen asuintilojen lämmitys on suunniteltu toteutettavaksi lattialämmityskaapeleilla. Toissijaisten kellaritilojen lämmitys puolestaan on suunniteltu tehtävän termostaattisilla sähkölämmityspattereilla. Asuinkerrosten lämmityspiirustuksen lukua helpottamaan lämmityskaapeleista on piirretty näkyviin vain reunaviivat. Lisäksi kuviin on merkitty tyypittämättömät lattialämmitystermostaatit sekä anturien sijainti sekä johdotus. Lämmityskaapeleina kohteessa on käytetty sähkötuotteiden valmistaja Enston Tassu-sarjan lämmityskaapeleita ja Taso-sarjan lämmityspattereita. Pienempien huoneiden lämmityksiä on ketjutettu, jotta lämmitysryhmiä ei tulisi kohtuuttomasti. Syötöt lattialämmityksille asuintiloissa on suunniteltu vedettävän 4x1,5S-kaapelilla, mikä mahdollistaa lämmittimien pudotustoiminnon. Yleistilojen pattereita ei ole varustettu lämpötilan pudotuksella. Kuvassa 7 on ote asunnon A makuuhuoneen lattialämmityksestä.



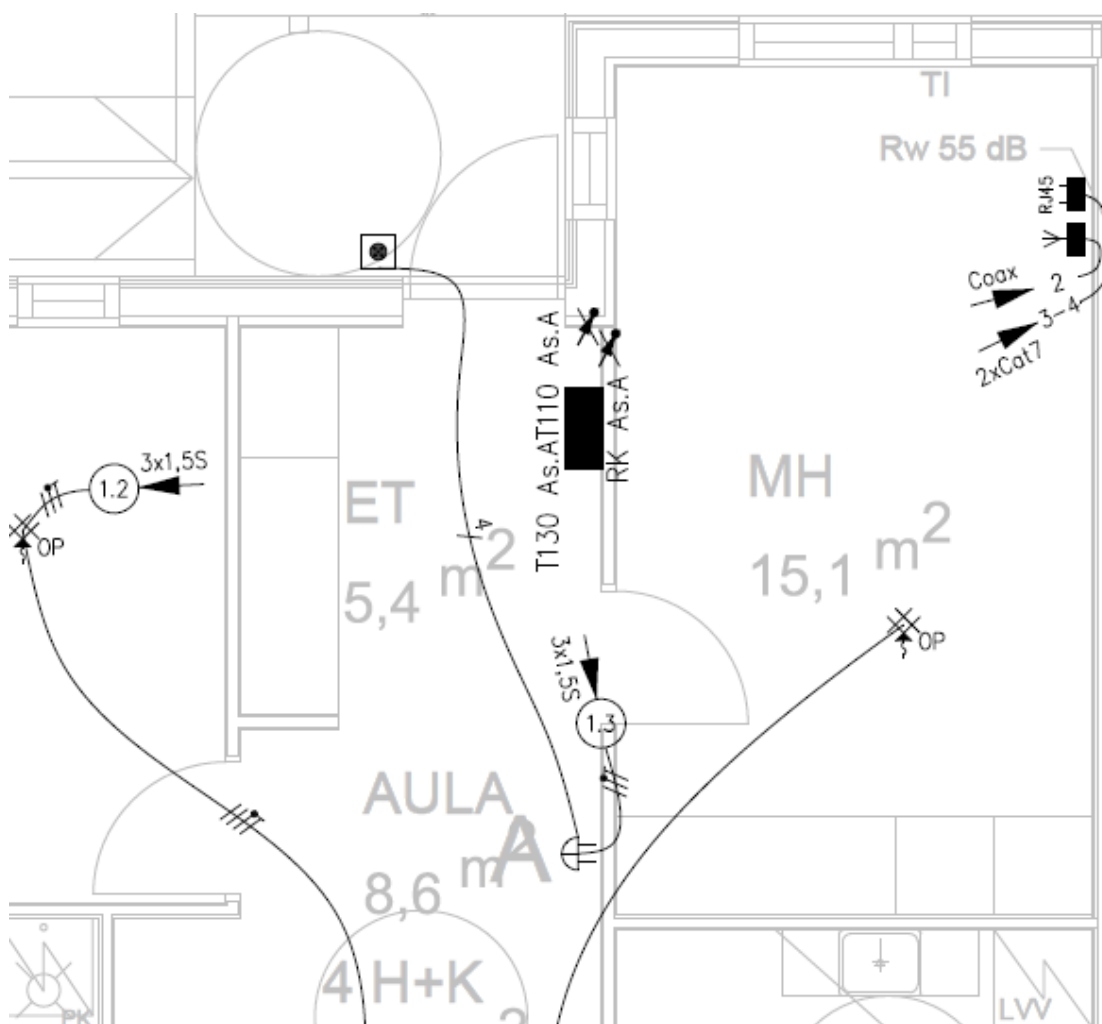
Kuva 7. Asuinhuoneiston lämmityspiirustuksen asennuksia.

Myös lämmityspiirustuksissa korostuu piirustuksen luettavuus ja asennusten järjestyksen ryhmittely ja kuormien vaiheistuksien tasaus. Luettavuuden takia lämmityskaapeleista on piirretty vain reunaviiva, mikä parantaa kuvan selkeyttä. Vastaavasti reunaviivan käyttö siirtää lattialämmityskaapelin asettelun vastuuta asentajan suuntaan, koska havainnollisena tietona toimii vain järjestelmän laskema ja viiteviivalla merkitty asennusväli lämmityskaapelille.

2.4.3 Tietoteknisten järjestelmien piirustukset

Rivitalokohteen sähkösuunnitelman tietoteknisten järjestelmien asennuspiirustuksiin kuuluvat antenni- ja yleiskaapelointipisteet johdotuksineen, palovaroittimet sekä ovikellojärjestelmä. Jokaiseen asuinhuoneeseen on sijoitettu antenniasia ja kaksiosainen tietoliikennesasia Liikenne- ja viestintäviraston määräyksen 65 mukaisesti [6]. Kaapelointityyppeinä on käytetty kaksinkertaista kategorian 7 tietoliikennekaapelia sekä yleisnimitystä Coax antennikaapelille. Antennikaapeli voidaan tyypittää asennusvaiheessa sisäasennusantennikaapeliksi.

Ovikellojärjestelmä on toteutettu jännitemuuntajallisella järjestelmällä, jossa vahvavirtasyöttö on kytketty ovikellomuuntajaan ja ovikellopainikkeen ja kumistimen väli on kaapeloitu KLM-tyyppisellä heikkovirtakaapelilla. Palovaroittimia on sijoitettu yksi jokaiseen huoneeseen Onnettomuustutkintakeskuksen suosituksen [7] mukaan. Vähimmäisvaatimus kattaa ainoastaan yhden varoittimen per alkava 60 neliömetriä. Kuvassa 8 on esimerkki huoneiston A tietoteknisistä järjestelmistä johdotuksineen.



Kuva 8. Tietoteknisten järjestelmien asennusten sijoittelua ja johdotuksia.

Kuvasta on luettavissa ryhmiteltyt antenni- ja yleiskaapelointiasennukset. Lisäksi kuvaan on merkitty keskusten sekä tietoteknisten järjestelmien nousujohdojen paikat. Palovaroittimien sekä ovikellon syötöt tulevat ryhmäkeskukselta, ja sen takia ryhmäkeskussymboli on myös sytytetty.

2.5 Keskuskaaviot

Keskuskaaviot eli sähkökeskusten pääkaaviot pitävät sisällään sähkölaitteistojen päävirtapiirien pääkomponentit, jotka esitetään oikeassa järjestyksessä alkaen keskukselle tulevasta syötöstä päättyen järjestyksessä nousu- ja asennusjohtoihin, jotka on porrastettu suojalaitteiden koon ja tyyppin mukaan pienimmästä suurimpaan. Pääkaavion tehtävänä on olla yksinkertaistus

asennettavista sähköasennuksista; ja sen takia se tehdään yksiviivapiirroksena, johon merkitään pääasiassa vain kytkin- ja suojalaitteet keskuksien ulkopuolisten asennusten osalta. Keskuksessa itsessään sijaitsevat komponentit, kuten pistorasiat, keskuksen sisällä kuitenkin merkitään keskuskaaviokuvaan. Piirustuksen koko on tyypillisesti A4 tai A3. Yksi pääosa keskuskaaviota on sen kansilehti, johon suunnittelija merkitsee haluamansa nimellisarvot keskukselle sekä asennustavan, kotelointiluokan, kaapeleiden tulosuunnan ja kytkennän [5].

Keskuskaavion perusteella sähkökeskusvalmistaja sitten kasaa keskuksen komponenteista ja toimittaa kohteeseen. Tällöin asentajan tehtäväksi jää ainoastaan keskuksen ulkopuolisten johtojen kytkentä keskukseen. Toisaalta ryhmäkeskustasolla käytetään myös valmiita keskuksia eikä ryhmäkeskusta välttämättä tilata tietynlaisena projektiin. Paljon riippuu myös kustannuskysymyksistä, onko keskus taloudellisesti järkevää teettää muutaman keskuksen sisältävään pientalokohteeseen vai käyttääkö tukusta saatavaa vakiokeskusta.

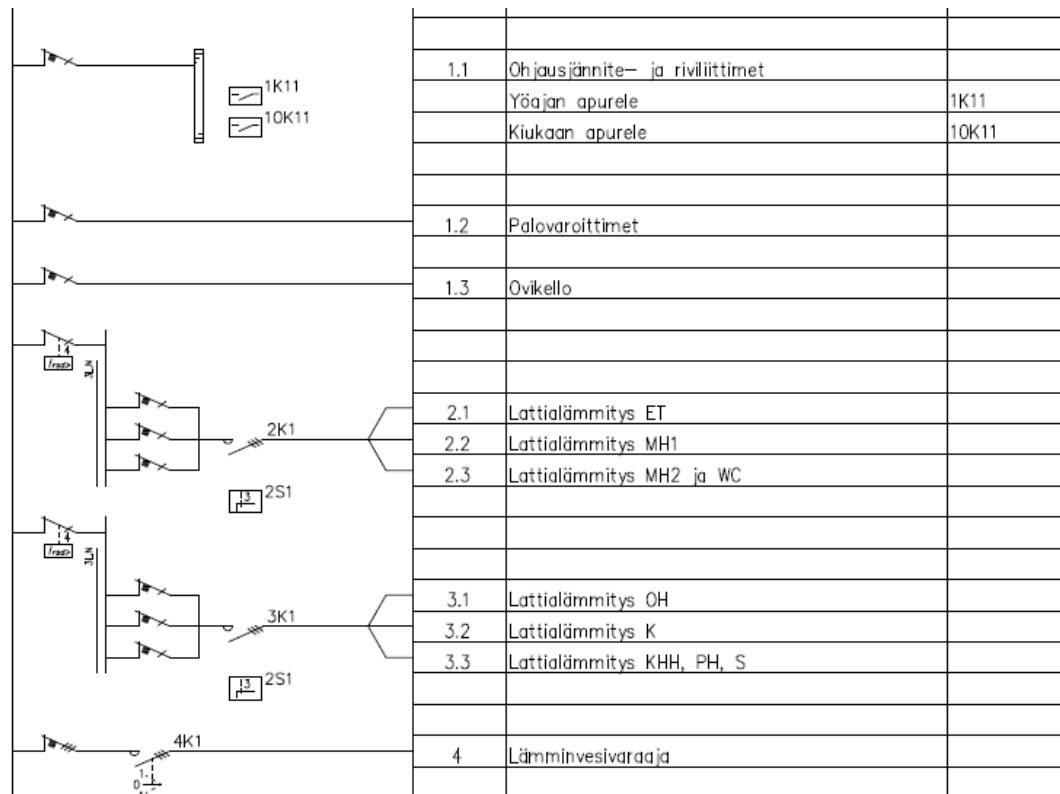
2.5.1 Pääkeskuksen pääkaavio

Tämän rivitalokohteen pääkeskus on suunniteltu kestämään 250 ampeerin jatkuvakestoisen virta. Keskuksen rakenne on kehikko, joka on edullisin pinta-asenteinen tehdasvalmisteinen keskustyyppi. Keskuksen kansilehteen on kirjattu vaaditut nimellisarvot, joissa on erityisesti haluttu huomioida syöttökaapelin ja muiden kaapelien tulosuuntaa ja kytkentätapaa. Tässä keskuksessa pää- ja ohjauskaapelit kytketään riviliittimiin. Kuvassa 9 on ote pääkeskuksen kansilehdestä.

1. NIMELLISJÄNNITE / -VIRTA / -TAAJUUS	400 V 250 A 50 Hz
2. TERMINEN OIKOSULKUKESTOISUUS	10 kA
3. TASATTU- / ASENETTU TEHO / COSFI	— kW 82,8 kW — cosfi
4. OHJAUSJÄNNITEKISKOT	☒ EI ☐ ON JÄNNITE 230 V VIRTA 10 A
5. AC-KISKOT TAI JOHTIMET	☐ L1,N ☐ L1,N,PE ☐ L1,L2,L3,N ☒ L1,L2,L3,N,PE
1. KESKUSLAJI	☐ KENNO ☐ KOTELO ☒ KEHIKKO
2. ASENNUSTAPA	☒ PINTA ☐ UPPO KOTEL. LUOKKA IP 30
3. KIINNITYS	☐ LATTIA ☒ SEINÄ
4. OVILAITE	☐ LUKKO ☐ SALPA
5. LATT.SEIS.KESK. POHJALEVYT	☒ AVOIN ☐ PALONKESTÄVÄ
6. MAALAUUS	☒ VAKIO ☐ ERIKOIS
7. MITAT	KORKEUS: 2070 LEV.: 1600 SYV.: 250
1. KALUSTUSTYYPPI	☒ KIINTEÄ ☐ ULOSV. ☐ ULOSOT.
2. KALUSTUSTAPA	☒ YKSIKKÖ ☐ KESKITETTY
3. MERKKILAMPUT	☐ HEHKU ☐ HOHTO ☒ LEDI
4. MITTAUKSEN TOIMITTAJA	☒ SÄHKÖLAITOS ☐ VALMISTAJA
1. SYÖTTÖKAAPELI	☐ YLHÄÄLTÄ ☒ ALHAALTA
2. PÄÄKAAPELIT	☒ YLHÄÄLTÄ ☐ ALHAALTA ☐ KOJEISIIN ☒ RIVIL.
3. OHJAUSKAAPELIT	☒ YLHÄÄLTÄ ☐ ALHAALTA ☐ KOJEISIIN ☒ RIVIL.
1. TUNNUSKILVET	☒ VALM.NORM. ☐ ERILL.OHJE
2. KOJEMERKINNÄT	☒ JUOKSEVA ☐ KENNOKOHT. ☐ ERILL.OHJE

Kuva 9. Pääkeskuksen pääkaavion kansilehti teknisillä tiedoilla.

Tässä keskuksessa on samassa keskuksessa sekä mittarialustat verkkoyhtiön energiamittareille ja riviliittimet asuntojen nousujohdoille sekä mitattu kiinteistö-osa, jonne on sijoitettu yleistilojen ja piha-alueiden asennusten suojalaitteet. Ku-
vassa 10 on ote pääkeskuksen mitatuista lähdöistä.



Kuva 11. Ote ryhmäkeskuksen sähkölämmitysryhmien pääkaaviosta.

Ryhmäkeskusten sähkölämmitysryhmät ovat vikavirtasuojattuja kytkin- ja kontaktoriohjattuja lähtöjä. Käyttökytkimet on integroitu keskuksen kanteen. Keskuksessa on myös apureleet yösähköohjaukselle sekä kiukaan tilatiedolle, joka toimii kuorman pudotuksen ohjaajana. Tieto yö- ja päivä sähkösähköstä tulee ohjauskaapelia pitkin.

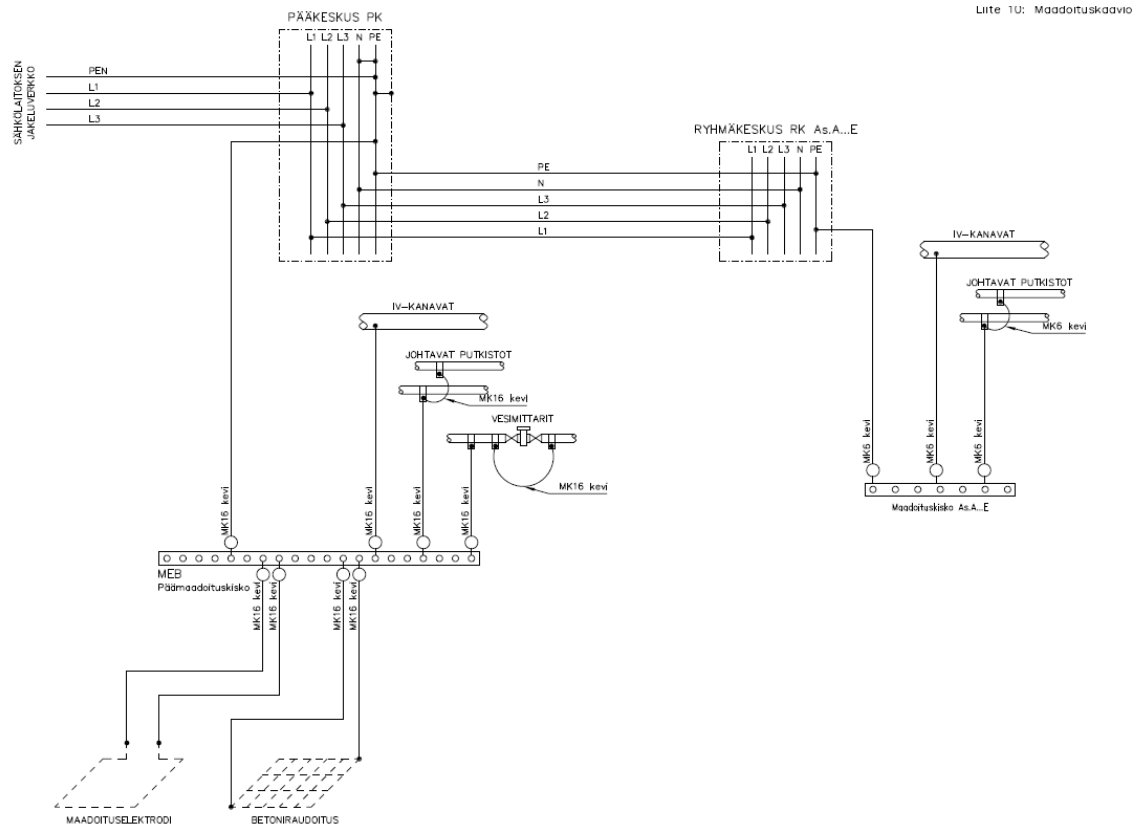
2.6 Järjestelmäkaaviot

Järjestelmäkaavioiden päätehtävä on tukea asennuspiirustuksia ja yksinkertaistaa sähköjärjestelmien rakennetta, jotta kokonaiskuvan suunnittelusta verkosta saa pikaisemmin. Järjestelmäkaaviot eivät ole mittakaavassa, vaan oleellisempaa niissä on esittää rakenteen pääkomponentit, kuten keskuksat, sähköpisteet, ja kaapelit, havainnollisessa muodossa. Tästä kohteesta on laadittu asennuspiirustuksia täydentävät järjestelmäkaaviot niin maadoituksien, nousujohtojen kuin antenni- ja yleiskaapelointijärjestelmienkin osalta.

2.6.1 Maadoituskaavio

Maadoituskaaviossa esitetään suunnittelukohteen sähköverkon pää rakenne eli keskukset ja niiden väliset yhteydet sekä yhteys päämaadoituskiskoon. Lisäksi maadoitus- ja potentiaalintausjärjestelmien osalta esitetään laitteiston maadoitettavat osat ja maadoituksiin käytetyt kaapelit poikkipintoineen. Rakennuksen johtavat metalliosat on lähtökohtaisesti aina yhdistettävä maadoitusjohtimella maadoitusjärjestelmään. Sähkölämmitteisessä rivitalokohteessa maadoitusjärjestelmään kuuluu taloperustuksen betoniraudoitus, johtavat vesi- ja viemäriputket, ilmanvaihtokanavat, vesijohtoliittymä, kaapelihyllyt, antennijärjestelmä sekä perustusmaadoituselektrodi [5].

Pääasiassa maadoitusjohtimena käytetään keltavihreää Cu16-johdinta, mutta maadoituselektrodi on Cu16-avokuparijohdin. Asuntojen maadoituksissa käytetään Cu6-kevi-johdinta. Maadoitusjohtimen poikkipinnan on oltava aina vähintään puolet syöttävän verkon suojajohtimesta [4, s. 295]. Maadoitusjärjestelmä on tärkeä, jotta estetään kosketusjännitteiden syntyminen paljailla metallipinoilla. Kuvassa 12 on ote suunnitelman maadoituskaaviosta, joka on tehty muokkaamalla valmista Cadmatic-ohjelmiston maadoituskaaviopohjaa.



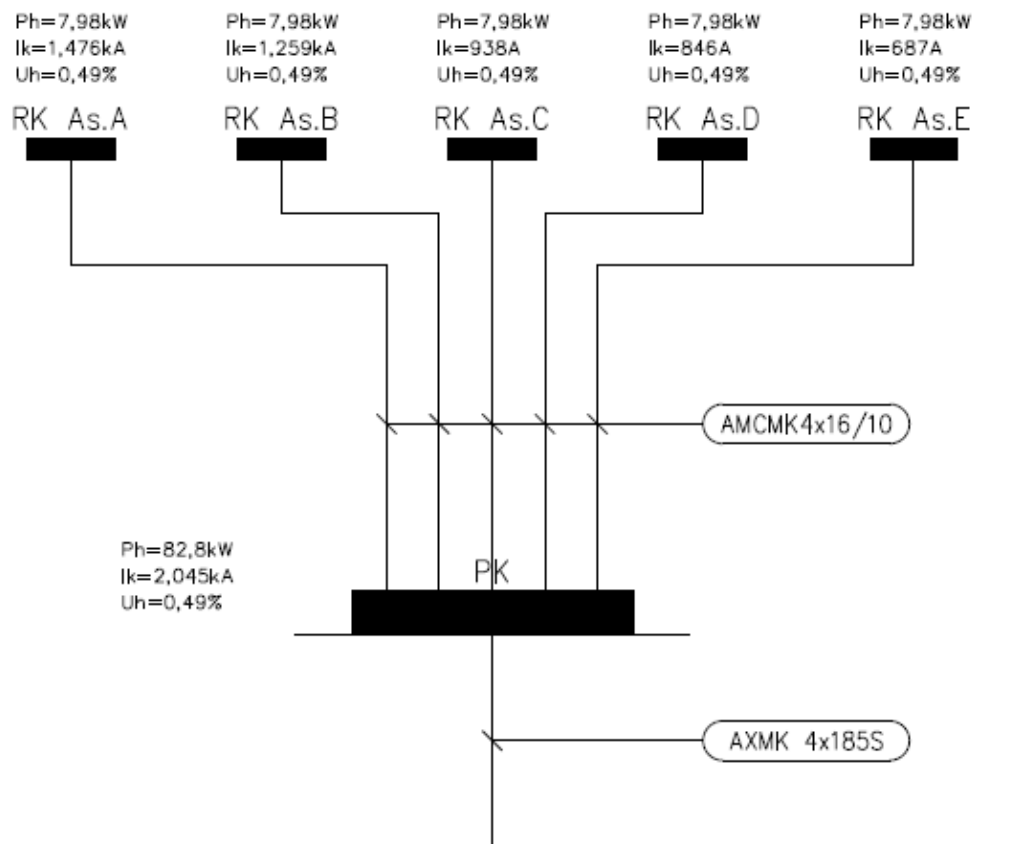
Kuva 12. Suunnitelman maadoituskaavio.

Maadoituskaaviosta on luettavissa maadoitettavat rakenteet, sähköverkon rakenne sekä käytetyt maadoitusjohtimien poikkipinnat. Maadoituskuparina käytetään HK16-avokupariköyttä, joka on leikattu 25 metrin vakiomittaan. Muuten maadoitusjohtimena käytetään keltavihreää MK-rakenteista joko Cu16- tai Cu6-eristettyä johdinta.

2.6.2 Nousujohtokaavio

Sähkösuunnitelman nousujohtokaaviossa esitetään kohteen pääjakelujärjestelmän pääkomponentit eli pääjohdot ja sähkökeskukset. Lisäksi sähkökeskusten yhteyteen on liitetty teknisten laskelmien tulokset keskuksien huipputehon, oikosulkuvirtojen ja suhteellisten jännitteen alenemien osilta. Tyypillisesti nousujohtokaavio laminoidaan ja sijoitetaan sähköpääkeskustilan seinälle varsinkin isommissa asuinkohteissa. Tämän kohteen sähkötekniset laskelmat on tehty täysin

käsin ja saadut arvot on sijoitettu nousujohtokaavioon sekä aiempaan laskelmaosioon. Kuvassa 13 on ote kohteen nousujohtokaaviosta.



Kuva13. Ote suunnitelman nousujohtokaaviosta laskelmilla.

Nousujohtokaavioon on merkitty laskelmien osalta arvioitua huipputehot keskuksista lähtevien asennuksien osalta, lasketut oikosulkuvirrat sekä suhteelliset jännitteen alenemat. Tulokset on saatu pelkästään käsin lasketuista arvoista. Lisäksi kuvaan on merkitty keskuksia syöttävät pää- ja nousujohtot.

2.6.3 Antennikaavio

Antennikaavion tulee sisältää järjestelmän pääkomponentit eli päävahvistin kaapeliverkossa, jaottimet, haaroittimet ja antennipisteet. Myös käytetyt kaapelityypit on syytä esittää kuvassa. Lisäksi antennijärjestelmän kaaviossa tulee esittää

vaimennuslaskelma johtohaarojen vaimennuksista [5] . Tässä suunnitelmassa vaimennuslaskelma on tehty erillisenä Excel-taulukkona. Taulukossa 4 on antennijärjestelmän vaimennuslaskelma.

Taulukko 4. Antennijärjestelmän vaimennuslaskelma.

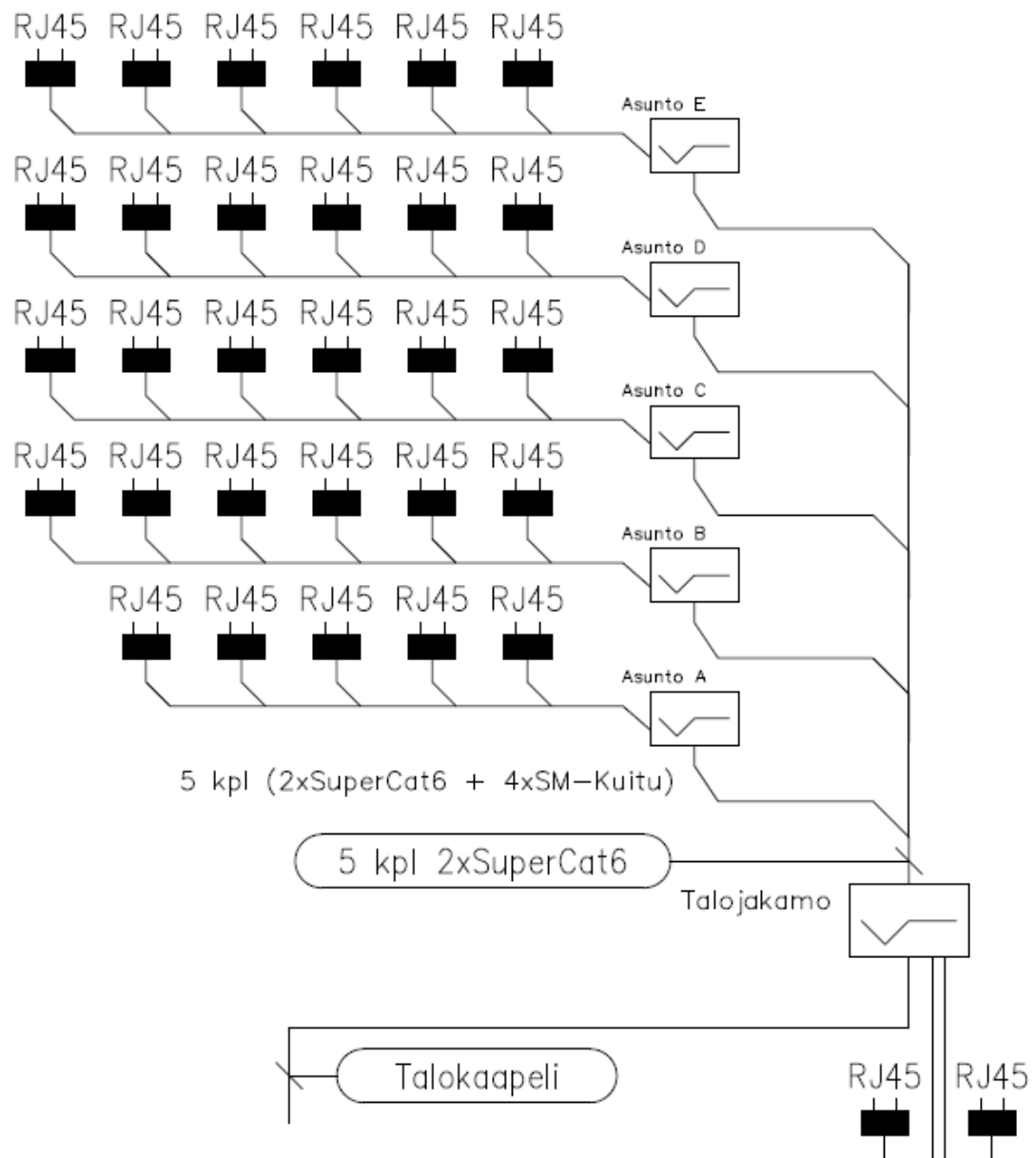
	Kaa- peli/m	Kaapeli- vaimen- nus/dB		Jaotin/d B	Haaroi- tin/dB	Ra- sia/d B	Vaimennus/dB		
		47 MHz	1000 MHz				47 MH z	1000 MHz	Ero
As. A	9,7	0,39	2,23	15	14	1	30, 4	32,2	1,8
As. B	15,3	0,61	3,52	15	14	1	30, 6	33,5	2,9
As. C	28,3	1,13	6,51	15	14	1	31, 1	36,5	5,4
As. D	33,8	1,35	7,77	15	14	1	31, 4	37,8	6,4
As. E	46,9	1,88	10,79	15	14	1	31, 9	40,8	8,9

Vaimennuslaskelmaan on kirjattu asuntojen antenninousujohtojen kaapelipituu-
det sekä jaottimien, haaroittimien sekä rasioiden tuomat lisävaimennukset. Vai-
mennukset on laskettu sekä 47 megahertsin että 1000 megahertsin taajuuksilla.

2.6.4 Yleiskaapelointikaavio

Telejärjestelmien syöttökaapelien toimittamisesta kohteeseen niin antenni- kuin yleiskaapelointijärjestelmänkin osalta vastaa teleoperaattori. Syöttö talolle tulee kuitua pitkin eikä mediamuuntimien suunnittelu kuulu tähän urakkaan. Niihin ei ole otettu kantaa tässä suunnitelmassa ollenkaan. Yleiskaapelointikaaviosta on kuitenkin luettavissa kohteen tietoliikennesiirasioiden määrät sekä käytetyt pää-
kaapelit. Jokaiseen asuntoon on suunniteltu kahden tietoverkkomaakaapelin

lisäksi SM-kuitukaapeli, jotka päätetään ryhmäkeskuksen IT-osan kuitupääteko-
teloon. Kuvassa 14 on ote suunnitelman yleiskaapelointikaaviosta.



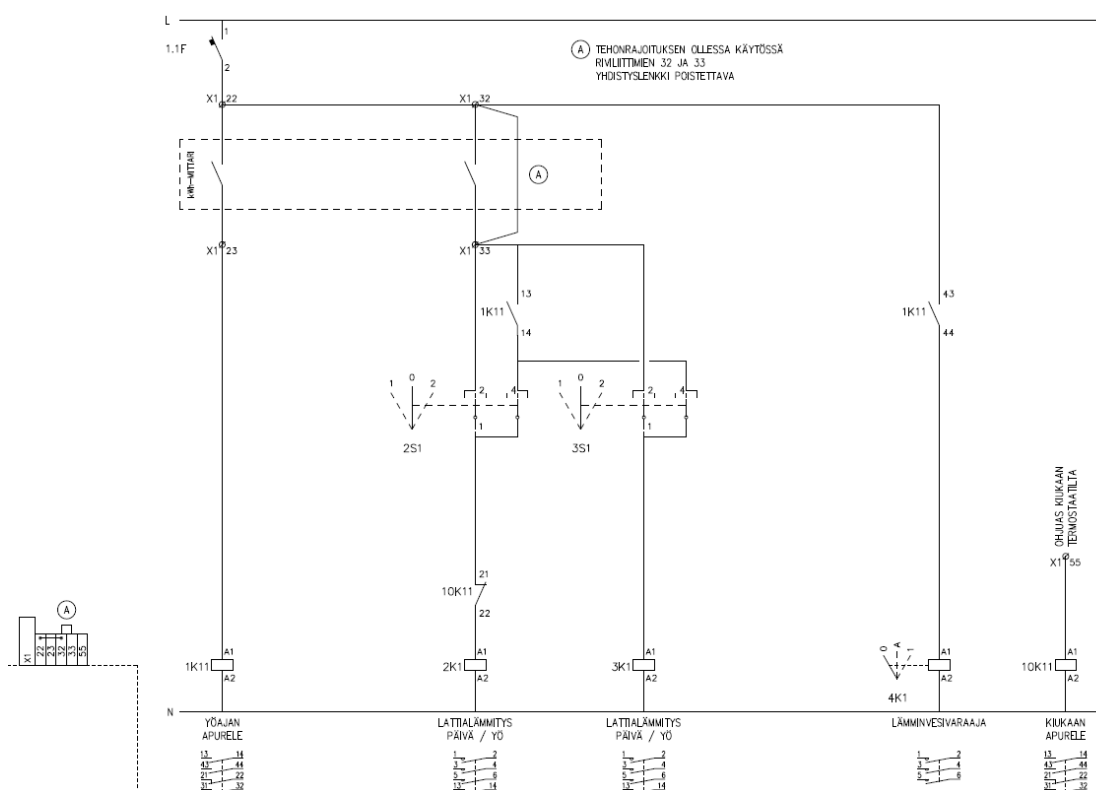
Kuva 14. Suunnitelman yleiskaapelointikaavio.

Yleiskaapelointikaavioon on merkitty jakamot, jakamoiden väliset kaapeloinnit sekä tietoliikennesiirtojen määrät. Yleiskaapelointiasennuksista ei laadita erillistä vaimennuslaskelmaa.

2.7 Piirikaaviot

Piirikaavioiden tarkoitus on esittää sähkölaitteiston toimintaperiaate ja komponenttien kytkennät, jotta laitteiston käyttöönotto sujuu ongelmitta. Piirikaavio on myös tärkeä ohjenuora esimerkiksi vikatilanteessa, jolloin järjestelmästä saa nopeasti kokonaiskäsityksen ja vikapaikka on helppo rajata. Pääpaino piirikaavioissa on ohjauspiirin puolella, mutta myös päävirtapiiri voidaan kuvata yksiviivapiirroksena. Kontaktorit, releet, kytkimet, merkkilamput ja varokkeet on numeroitu sekä piirustuksessa että itse keskuksessa, jotta niiden paikallistaminen on helppoa. Jokaisella komponentilla on myös oma tunnuskirjaimensa selvyys vuoksi. Myös riviliittimet numeroidaan. Tyypillisen piirikaavion lukusuunta on ylhäältä alas, ja siinä vaihekisko on ylhäällä ja nollakisko alhaalla, tulostuksena A4 kokoinen arkki [5].

Tämän kohteen sähkösuunnitelman piirikaavioihin kuuluu ainoastaan asuntojen lämmitysohjausta koskeva piirikaavio. Suunnitelman rivitalokohteeseen on suunniteltu varaava sähkölämmitys. Huoneistoissa käyttöveden lämmitys tapahtuu lämminvesivaraajalla, sekä jokaisessa huoneistossa on sähkökiuas. Jotta huoneistojen etusulakekoot saadaan pidettyä 3x25 A:ssa, on sähkökeskus varustettava sähkölämmitysyksiköllä, joka huolehtii tehon riittävydestä huipputehotunteina. Keskus on varustettu yöajan apureleellä, jonka avulla sähkölämmityskuormia voidaan siirtää käyttökytkimillä halvemmille yötunneille. Lisäksi lämminvesivaraajan toiminta on automaattiasennolla ajoitettu yölle. Kohteessa on myös kiuasristeily, jonka avulla osa lämmityskuormista putoaa pois kiukaan lähtiessä päälle. Kuvassa 15 on ote asuinhuoneiston lämmitysjärjestelmien ohjauspiirikaaviosta.



Kuva 15. Ote suunnitelman lämmitysohjauskaaviosta.

Ohjauspiirikaavioon on merkitty asuntojen ryhmäkeskusten ohjaussulake, kyt-
kinlaitteet, releistykset, kontaktorit sekä liitin- ja kosketinpatat selventämään jär-
jestelmän toimintaperiaatetta.

2.8 Luettelot

Rivitalokohteen sähkösuunnitelman luetteloihin kuuluvat valaisinluettelo, lämmitinluettelo ja koko suunnitelman määrälaskentaluettelo. Valaisin- ja lämmitinluettelot on laadittu suoraan Cadmatic-ohjelmalla ja tulostettu A4-vaakatulosteina. Ohjelma on itse kerännyt tyypitetyistä valaisin- ja lämmitintuotemalleista tuotteiden teho- ja tyyppitiedot, jolloin sähköurakoitsijan on helppo tehdä tarvikehankinnat urakkaan. Määrälaskenta tapahtuu uudessa Cadmaticissä ohjelman puolella, mutta laskentatiedot on vietävä erilliseen Excel-tiedostoon, jotta tietoja voidaan käsitellä. Myös muita tiedostomuotoja on saatavilla, esimerkiksi Adminet ja Broker urakkalaskentaohjelmistoihin.

2.8.1 Valaisinluettelo

Valaisinluettelo esittää luettelon niistä valaisimista, jotka asennetaan kohteeseen. Tässä kohteessa valaistusjärjestelmät on suunniteltu niin sanotuilla tyypitetyillä komponenteilla eli jokaisen valaisimen yhteydessä on määritelty valaisimen tarkka merkki ja malli sekä sähkönumero, jolla tuotteen löytää jälleenmyyjien varastoista. Tyypitetyt valaisimet rajaavat sähköurakoitsijoiden mahdollisuuksia tarjota omia tuotteitaan, mikä tarjouskilpailussa puolestaan kaventaa tarjouksien suuruuseroja verrattuna tyypittämättömiin suunnitelmiin.

Kohteen valaisintuotemallit on muodostettu jo aiemmassa Metropolialle tehdyssä opinnäytetyössä. Valaisimet on positioitu ja positionumerointi on avattu valaisinluettelossa, ja se on yhtenevä tasopiirustuksien positiomerkitöihin.

Kohteeseen on suunniteltu paljon LED-nauhallista valaistusta keittiö- ja kylpyhuonetiloihin, ja led-nauhojen virtalähteet on huomioitu suunnitelmassa. Kiinteät valaisimet niin sisä- kuin ulkotiloissakin ovat kiinteän LED-elementin omaavia valaisimia. Määrälaskentaa varten on valaisinluettelosta helppo laskea, kuinka paljon kutakin valaisinta kohteeseen menee. Kuvassa 16 on ote suunnitelman valaisinluettelosta.

POSITIO	VALAISIN										L (V)										LKM YHT	MUUTOS	HUOMI																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
	VALAISIMEN VALMISTAJA	VALAISIMEN TYYPI	HÄIKÄISY-SUOJA	TEHO W	LAMPPU	AS- TAPA	UP- TAPA	UP- TAPA	UP- TAPA	UP- TAPA	1. Kerros	Asemaku	K. Kerros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					

Kuva 16. Suunnitelman valaisinluettelo.

Valaisinluettelosta on luettavissa valaistustuotemallien asennustapa- ja tehotiedot sekä määrät kerroksittain. Valaisimet on tyypitetty suunnitteluvaiheessa, mikä velvoittaa urakoitsijaa laatimaan tarjouksen kyseisillä tuotteilla. Tuotenimien lisäksi lopussa on täsmennys myös tuotteen yleisnimitykseen, jonka

perusteella tuotteet on helppo lajitella esimerkiksi LED-nauhoihin, virtalähteisiin sekä ulko- ja sisävalaisimiin asennustapa huomioiden.

2.8.2 Lämmitinluettelo

Sähkösuunnitelman lämmitinluettelo koostuu asuinhuoneistoihin suunnitelluista lattialämmityskaapeleista sekä kellarikerroksen varastotiloihin suunnitelluista lämmityspattereista. Lämmittimet on tyypitetty, ja valintana on kotimaisen Enston Tassu ja Taso -lämmitinsarja. Termostaattina lattialämmitysasennuksille on käytetty Cadmaticin omaa tyypittämätöntä termostaattia, jonka ohjelma luo osana sarjakomentoja lämmittimiä sijoittaessa. Lämmittimet on helppo laskea tyypeittäin lämmitinluettelosta. Kuvassa 17 on ote kohteen lämmitinluettelosta.

LÄMMITIN																					YHT
LÄMMITTIMEN VALMISTAJA	LÄMMITTIMEN TYYPI	HANKKI	TEHO W	TERMOSTAATTI	1. Kerros	2. Kerros	3. Kerros	4. Kerros	5. Kerros	6. Kerros	7. Kerros	8. Kerros	9. Kerros	10. Kerros	11. Kerros	12. Kerros	13. Kerros	14. Kerros	15. Kerros	16. Kerros	
Ensto	TASSU 1600W 72m 10,7–20,0m ²		1440		4																4
Ensto	TASSU 1200W 54m 8,0–15,0m ²		1080		8																8
Ensto	TASSU 1800W 86m 12,0–22,5m ²		1720		5																5
Ensto	TASSU 440W 20m 2,9–5,5m ²		400		4																4
Ensto	TASSU 500W 25m 3,3–6,3m ²		500		2																2
Ensto	TASSU 800W 38m 5,3–10,0m ²		760		9																9
Ensto	TASSU 240W 11m 1,6–3,0m ²		220		8																8
Ensto	TASSU 600W 29m 4,0–7,5m ²		580		4																4
Ensto	TASSU 700W 35m 4,7–8,8m ²		700		4																4
Ensto	TASO-BT 550W K 40x80		550W			8															8

Kuva 17. Suunnitelman lämmitinluettelo.

Lämmitinluetteloon on merkitty lämmitintuotteiden määrät kerroskohtaisesti, valmistajan tiedot sekä asennusvälin ohje. Lisäksi tehotiedot on helppo lukea luettelosta. Termostaatit ovat tyypittämättömiä komponentteja, joten niiden tietoja ei ole luettavissa luettelosta.

2.8.3 Määrälaskentaluettelo

Kohteen suunnitelmasta on laadittu myös määrälaskentaluettelo, jotta sähkösuunnitelmasta on helppo laskea sähkökalusteiden, keskuksien, kaapeleiden ja muiden tarvikkeiden määrät ennen urakkalaskentatarjousta. Määrälaskenta tapahtuu ohjelmallisesti suoraan suunnitelman tasopiirustusdokumenteista, eikä

tällöin vanhanaikaiseen käsinlaskentaan kulu tunteja. Määrälaskentaluettelossa on eritelty järjestelmän nimitys ja järjestelmän positiotunnus. Myös sähkönumero ja IP-luokka on määritetty, jos sellaiset tiedot vain löytyvät tuotteelta. Lisäksi laskentaan kuuluu sekä kappalemääräisiä asennustuotteita, kuten sähkökalusteet, että myös metrimääräiset tuotteet, kuten kaapelit. Kuvassa 19 on ote kohteen määrälaskentaluettelosta.

Järjestelmä	Kuvaus	Sähkönumero	IP-luokka	Asennustapa	SSCJ\$	Lukumäärä	Yksikkö
Antennijärjestelmä	Antennipistorasia, PL, uppo	7564205	21	F	T110	29	KPL
Antennijärjestelmä, johdotukset	3x1,5S			F	T110 C	2,5	m
Antennijärjestelmä, johdotukset	TELLU 13 HF (FRNC-C)	232182			T110 C	134	m
Antennijärjestelmä, johdotukset	M20				T110 C	14,3	m
Antennijärjestelmä, johdotukset	Coax				T110 C	263,3	m
Kaapelihyllyjärjestelmä	Hylly (300mm, 90/300)				S110	1	KPL
Kaapelihyllyjärjestelmä	Hylly (300mm)				S110	15,8	m
Kiinteistön laitteiden ja laitteistojen sähköistys	Kiukaan liitäntärasia seinässä, puolikiinteä, uppoas.	1152565	IP44	F	S231	5	KPL
Kiinteistön laitteiden ja laitteistojen sähköistys	Lieden liitäntärasia seinässä, puolikiinteä, uppoas.	1152563	IP20	F	S231	5	KPL
Kiinteistön laitteiden ja laitteistojen sähköistys, johdotukset	M50				S231 C	13,4	m
Kiinteistön laitteiden ja laitteistojen sähköistys, johdotukset	AMCMK 4x35/16	622379		maahan+nauha	S231 C	14	m
Kiinteistön laitteiden ja laitteistojen sähköistys, johdotukset	M20				S231 C	12,6	m
Kiinteistön laitteiden ja laitteistojen sähköistys, johdotukset	5x2,5S				S231 C	48,4	m
Kiinteistön laitteiden ja laitteistojen sähköistys, johdotukset	7x1,5S				S231 C	52	m
Laitteiden ja laitteistojen sähköistys	Turvakytkin, 3-napainen	3600456	IP66	S	S23	1	KPL
Laitteiden ja laitteistojen sähköistys	Kojeen asennus max. 12kg,	1347325		S	S23	1	KPL
Laitteiden ja laitteistojen sähköistys	Turvakytkin, 3-napainen	3600456	IP66	S	S23	5	KPL
Laitteiden ja laitteistojen sähköistys, johdotukset	M20				S23 C	0,7	m
Laitteiden ja laitteistojen sähköistys, johdotukset	5x2,5S				S23 C	3,7	m
Laitteiden ja laitteistojen sähköistys, johdotukset	M20				S23 C	4,5	m
Laitteiden ja laitteistojen sähköistys, johdotukset	5x1,5S				S23 C	59,2	m

Kuva 18. Ote määrälaskentaluettelosta.

Määrälaskentaluettelotiedostossa on helppo myös suodattaa eri järjestelmien tiedot ja määrät sekä eritellä ja laskea yhteen tiettyjen positioiden ja nimikkeistöjen tuotteita. Se helpottaa materiaalimenekkien arviointeja ja tarjouksen tekoa tarjousvaiheessa.

3 Yhteenveto ja päätelmät

Opinnäytetyössä tehdyllä sähkösuunnitelmalla vastattiin Metropolian työtilaukseen pientalon sähkösuunnitelmasta, jota voidaan käyttää oppilaitoksen opetus-tarkoituksiin sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelmassa. Kohteen monipuolisuus ja vaativuus ovat samalla vastanneet toiveeseen, jossa suunnitelma pitäisi sisällään monipuolisesti rakennussähköasennuksia kaikki alan määräykset ja vaatimukset huomioiden, jotta kohteessa voisi kuvitella realistisesti asut-tavan. Suunnitelmassa on hyödynnetty Cadmatic-suunnitteluohjelmiston lähes kaikkia sähkösuunnittelusovelluksia sekä toimisto-ohjelmia, jotta piirustukset ja niiden selitteet ja raportointi on saatu kirjalliseen muotoon. Lopputuloksena on saatu kokonaisvaltaisesti toteuttamiskelpoinen rivitalokohteen sähkösuunni-telma, jonka aikakautena voidaan pitää 2020-luvun miljöötä sähköasennustuot-teiden osalta.

Valmis suunnitelma pitää sisällään tärkeimmät perustason asuintalon sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien asennukset. Suurin painoarvo työssä on ollut asema- ja tasopiirustusten asennuksissa, mutta myös niitä tukevat järjestelmä-kaaviot, piirikaaviot, keskuskaaviot sekä luettelot ovat saaneet painoarvoa. Suunnitelman piirustuksissa korostuu luettavuus ja toimivuus, joten niistä säh-köasennustuotteiden määrälaskenta opetuskäytössä on toteutettavissa. Suunni-telman CAD-tiedostoista sähköinen määrälaskenta on myös mahdollinen ja tie-dot ovat siirrettävissä esimerkiksi taulukkolaskentaohjelmaan.

Rivitalokohteen sähkösuunnitelma opinnäytetyöaiheena on opettanut paljon sekä Cadmatic-suunnitteluohjelman toiminnoista että varsinaisista suunnittelu-teknisistä näkökulmista pientalokohdetta suunniteltaessa. Suunnitelma pitää si-sällään monipuolisesti eri järjestelmiä sekä asennustapoja, ja näiden näkökul-mien miettiminen on ollut pääasia työssä. Myös sähkötekkinen mitoitus niin ra-kennuksen sähkötekkinisissä järjestelmissä kuin myös tietoteknisissä järjestel-missä on saanut painoarvoa. Suunnitelman raportointi on puolestaan opet-tanut tiivistämään sisältöä ja jäsentämään käytettyä lähdeaineistoa. Yleisesti ot-taen työssä painottuvat pääainekohtaisilla opintokokonaisuuksilla käydyt asiat ja niiden nivoutuminen yhteen kokonaisuuteen.

Lähteet

- 1 Rakennuksen sähköverkon ja pienjänniteliittymän mitoittaminen. 2021. ST13.31. Sähköinfo.
- 2 Tiainen Esa. 2022. D1-2022: Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. 30. painos. Espoo: Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto.
- 3 Liittymät ja liittymisjohdot. 2020. Verkkoaineisto. Helen Sähköverkko Oy. <<https://www.helensahkoverkko.fi/globalassets/hsv/hsv-pdf/ohjeet/hsv-liittyma-liittymisjohdot-su20120.pdf>>. 1.6.2020. Luettu 05.01.2025.
- 4 AMCMK Alumiinivoimakaapect. 2025. Verkkoaineisto. Reka Kaapeli. <<https://www.reka.fi/datasheet/category/C0063/?dl=1>>. 01.01.2025. Luettu 05.01.2025.
- 5 ST-esimerkit 05 Esimerkkipiirustukset, asuintalo. 2005. ST Esimerkit 05. Sähköinfo.
- 6 Määräys kiinteistön sisäverkoista ja teleurakoinnista. 2023. 65 E/9.1.2023.
- 7 2017-S19 Palovaroittimen toiminnan varmistaminen. 2017. Verkkoaineisto. Onnettomuustutkintakeskus. <<https://turvallisuustutkinta.fi/fi/index/turvallisuussuosituksset/suosituksset/1517504358218.html>>.2.5.2017. Luettu 05.01.2025.

6.2.2025		D muutos	E muutos	F muutos	Tehty ohjelman opiskelijaversiolla		Tehty ohjelman opiskelijaversiolla		
PIIRUSTUSNUMERO		NIMITYS			LEHTI/ LEHTIÄ	MUUTOS		HUOM.	
		Liite 1: Asiakirjaluettelo 050824-0-100 1 (1)				REV.	PVM.		
050824-0-100		Asiakirjaluettelo			1/1		01.01.2025		
050824-0-200		Liittymäkoon mitoitus ja muut tekniset laskelmat			5		01.01.2025		
050824-1-100		Asemapiirustus Sähkö- ja tietotekniset järjestelmät ja johdotus			1		01.01.2025		
050824-2-200		Asennuspiirustus K.krs Sähkötekniset järjestelmät ja johdotus			1		01.01.2025		
050824-2-201		Asennuspiirustus K.krs Lämmitys järjestelmät ja johdotus			1		01.01.2025		
050824-2-202		Asennuspiirustus K.krs Tietotekniset järjestelmät ja johdotus			1		01.01.2025		
050824-3-200		Asennuspiirustus 1.krs Sähkötekniset järjestelmät ja johdotus			1		01.01.2025		
050824-3-201		Asennuspiirustus 1.krs Lämmitys järjestelmät ja johdotus			1		01.01.2025		
050824-3-202		Asennuspiirustus 1.krs Tietotekniset järjestelmät ja johdotus			1		01.01.2025		
050824-4		Maadoituskaavio			1/1		01.01.2025		
050824-5		Nousujohtokaavio			1/1		01.01.2025		
050824-6		Antennikaavio			1/1		01.01.2025		
050824-7		Yleiskaapelointikaavio			1/1		01.01.2025		
050824-8		Lämmitys piirikaavio SLY1.2			1/1		01.01.2025		
050824-9-100		Pääkaavio PK			5		01.01.2025		
050824-9-101		Pääkaavio RK As.A			4		01.01.2025		
050824-9-102		Pääkaavio RK As.B-E			4		01.01.2025		
050824-10		Valaisinluettelo			1/1		01.01.2025		
050824-11		Lämmitinluettelo			1/1		01.01.2025		
050824-12		Määrälaskentaluettelo			3		01.01.2025		

Liittymäkoon mitoitus

Liittymän huipputeho:

Kiinteistö

$$P_h = 30 \text{ kW} + 64 * \frac{A_{\text{läm}}}{1000} = 30 + 64 * \frac{590,4}{1000} = 67,8 \text{ kW} \text{ ,jossa}$$

$$A_{\text{läm}} = \text{Lämmitetty pinta – ala (m}^2\text{), tässä kohteessa } 590,4 \text{ m}^2$$

$$P_h = \text{Laskennallinen huipputeho (kW)}$$

Autopaikat:

$$P_{\text{autolataus}} = \frac{\text{haluttu ajosuorite latauskerralla (km)} * \frac{0,20 \text{ kWh}}{\text{km}} * n_{\text{auto}}}{\text{latauskerran aika h}} = \frac{150 \text{ km} * 0,20 \frac{\text{kWh}}{\text{km}} * 5}{10 \text{ h}} = 15 \text{ kW} \text{ ,jossa}$$

$$P_{\text{autolataus}} = \text{Autopaikkojen yhteenlaskettu huipputeho (kW)}$$

$$\text{haluttu ajosuorite latauskerralla (km)} = \text{tässä kohteessa } 150 \text{ km per autopaikka}$$

$$\text{latauskerran aika h} = \text{tässä kohteessa pääasiassa yöaika, } 10 \text{ h yöllä}$$

$$n_{\text{auto}} = \text{autopaikkojen lukumäärä, tässä kohteessa } 5 \text{ kpl}$$

Yhteenlaskettu huipputeho

$$P_{\text{htot}} = P_h + P_{\text{autolataus}} = 67,8 \text{ kW} + 15 \text{ kW} = 82,8 \text{ kW} \text{ ,jossa}$$

$$P_{\text{htot}} =$$

Liittymän kokonaishuipputeho eli yhteenlaskettu kiinteistön ja autopaikkojen huipputeho
, Tässä tapauksessa 82,8kW

$$P_h = \text{Laskennallinen huipputeho (kW)}$$

$$P_{\text{autolataus}} = \text{Autopaikkojen yhteenlaskettu huipputeho (kW)}$$

Mitoitetaan liittymäkoko ja liittymiskaapeli SFS 6000-5-52 mukaan

Liittymän huipputehon aikainen kuormitusvirta

$$I_h = \frac{P_{htot}}{\sqrt{3} * U * \cos\varphi} = \frac{82800W}{\sqrt{3} * 400V * 0,96} = 124,5A, jossa$$

U = verkon pääjännite, pienjännitteellä, 400V

$\cos\varphi$ = tehokerroin, tässä ST kortin 13.31 mukaan voidaan käyttää arvona 0,96,

kun loistehon määrä on verrattain pieni.

Valitaan siis liittymäkooksi seuraavan pykälän pienin mahdollinen sulakekoko 3x160A gG.

Helen Sähköverkon liittymisjohto-ohjeistuksen mukaan 3x160A liittymäkoon mukainen liittymiskaapeli on AXMK 4x185S. Kyseinen liittymäkoko mahdollistaa jättää myös 30 % laajennusvaraa nykyiseen 82,8kW huipputehoon nostamatta sulakekokoja. Samalla pääkeskus on mitoitettu nimellisvirraltaan 250 ampeeriin. Nykyinen liittymiskaapeli AXMK 4x185S mahdollistaa myös liittymäkoon noston tarvittaessa aina 250 ampeeriin saakka, jos esimerkiksi autopaikkojen latauslaitteita halutaan päivittää tehokkaammiksi.

Taulukon D1 2022: 43.1 mukaan 3x160A sulakekoon kuormitettavuuden minimiarvo on 177A:

Huomioiden asennustavat standardin SFS 6000/5/52: kuormitettavuuden korjauskertoimiksi saadaan taulukosta B52.15 PEX eristeiselle kaapelille lämpötilassa 25 astetta: $k=0,96$.

Se on ainoa korjauskerroin kyseiselle asennustavalle annetuilla lähtötiedoilla, sillä rinnakkaisia voimakaapeleita ei ole vaikuttamassa asennustapaan. Kyseinen asennustapa on taulukon SFS 6000/5/52 A52.3 mukaan D1 eli monijohdinkaapeli on putkessa maassa

Saadaan $\frac{177A}{0,96} = 184,4A$, jonka mukaan valitaan taulukosta 197 ampeerin kohdalta 150mm² poikkipinta-ala alumiinille. Näin voidaan todeta, että liittymisohjeen mukainen 185mm² alumiinikaapeli vastaa kuormitettavuuden minimiarvoa.

Valitaan siis liittymäkooksi 3x160A gG/1.

Ja liittymiskaapeliksi AXMK 4x185S.

Asuntojen Käyttöpaikkojen sulakekoot

Jotta asuntojen sulakekoot ja nousujohdot pääkeskuksen ja ryhmäkeskusten välillä saadaan mitoitettua, on laskettava asuntojen peruskuorma. Se muodostuu huoneistokohtaisesta pohjakuormituksesta, joka on 7,5 kilowattia sekä asunnon pinta-alaan liittyvästä osasta, jonka kertoimena toimii 64 kohteessa, jossa on suora sähkölämmitys, sähkökiuas ja käyttöveden lämmitys jatkuvasti tai yöllä. Laskenta tapahtuu seuraavalla kaavalla:

$$P_h = 7,5 \text{ kW} + 64 * \frac{A}{1000}, \quad \text{jossa}$$

P_h = Huoneiston huipputeho

7,5 kW = huoneistokohtainen peruskuormitus

A = huoneiston pinta – ala

Kun asunnon pinta-ala, joka on 99m², tunnetaan, saadaan yhtälö

$$P_h = 7,5 \text{ kW} + \frac{64 * 99\text{m}^2}{1000} = 13,836\text{kW}$$

Verkkoyhtiön pienin kolmivaiheinen käyttöpaikkakoko on 3x25A, ja se mahdollistaa 17 kW tehonsiirron. Näin voidaan todeta, että 3x25A riittää tässäkin kohteessa asuntojen etusulakkeiksi.

Nousujohdoksi on valittu tässä kohteessa AMCMK 4x16/10, joka kestäisi suuremmankin etusulakekoon kaapelivalmistaja Rekan taulukon mukaisesti.

Oikosulkuvirtalaskelmat

Jakeluverkkoyhtiöltä saatu pienin yksivaiheinen oikosulkuvirta-arvo liittymispisteessä on 2300A. Lasketaan sillä sulakesuojauksen toimivuus pääkeskuksessa, kauimmaisessa ryhmäkeskuksessa sekä kauimmaisen ryhmäkeskuksen kauimmaisessa pistorasiassa.

Syöttävän verkon impedanssi liittymispisteessä tontin rajalla:

$$Z_k = \frac{U_k}{I_k} = \frac{219V}{2300A} = 0,09522\Omega \text{ ,jossa}$$

Z_k = Oikosulkuimpedanssi

U_k = Oikosulkujännite, arvona käytetään 219V

Lasketaan seuraavaksi liittymiskaapelin impedanssi, jotta saadaan laskettua oikosulkuvirta pääkeskuksessa.

Suunnitelman määrälaskennasta liittymiskaapelin AXMK4x185S pituus on 26,7m. 185mm² alumiinijohtimen impedanssi sekä tulo, että paluujohtimella on 0,222Ω/km

$$Z_j = l * z = 0,0267km * \frac{0,222\Omega}{km} = 0,011855\Omega \text{ ,jossa}$$

l=kaapelin pituus (km) ja

z=kaapelin poikkipinta-alan mukainen impedanssi, joka saadaan taulukosta D1 2022/41.6

Oikosulkuvirta pääkeskuksessa:

$$I_{kpK} = \frac{U_k}{Z_k + Z_j} = \frac{219V}{0,09522\Omega + 0,011855\Omega} = 2045A, \text{ jossa}$$

I_{kPK} = Oikosulkuvirta pääkeskuksessa

D1 taulukon 41.5 5 sekunnin poiskytkentäajalla 160A gG sulake vaatii 950A laskettua oikosulkuvirtaa, joka täyttyy siis reilusti. Pääkeskuksen suojaus siis toimii.

Lasketaan seuraavaksi suojauksen toimivuus pääkeskuksesta kauimmaisella ryhmäkeskuksella eli RK E:lla.

Nousujohdon pituus saadaan määrälaskennan avulla, sen pituus on 47,4m

$$\text{Pääkeskuksen oikosulkuimpedanssi } Z_{kp} = \frac{219V}{2045A} = 0,1071\Omega$$

$$\text{Lasketaan nousujohdon impedanssi } Z_j = 0,0474km * \left(\frac{(2,326+2,246)\Omega}{km} \right) = 0,2167\Omega$$

$$\text{Ryhmäkeskuksen RK E oikosulkuvirraksi saadaan } I_{kRKE} = \frac{219V}{0,2167\Omega+0,1071\Omega} = 676A$$

gG25A sulake vaatii nousujohtotason (5s) poiskytkennällä 110A laskettua oikosulkuvirtaa, joten suojaus toimii kauimmaisella ryhmäkeskuksella.

Kauimmaisella keittiön valaistusryhmän R8.1 pistorasialla oikosulkuvirtaa on jäljellä seuraavanlaisesti:

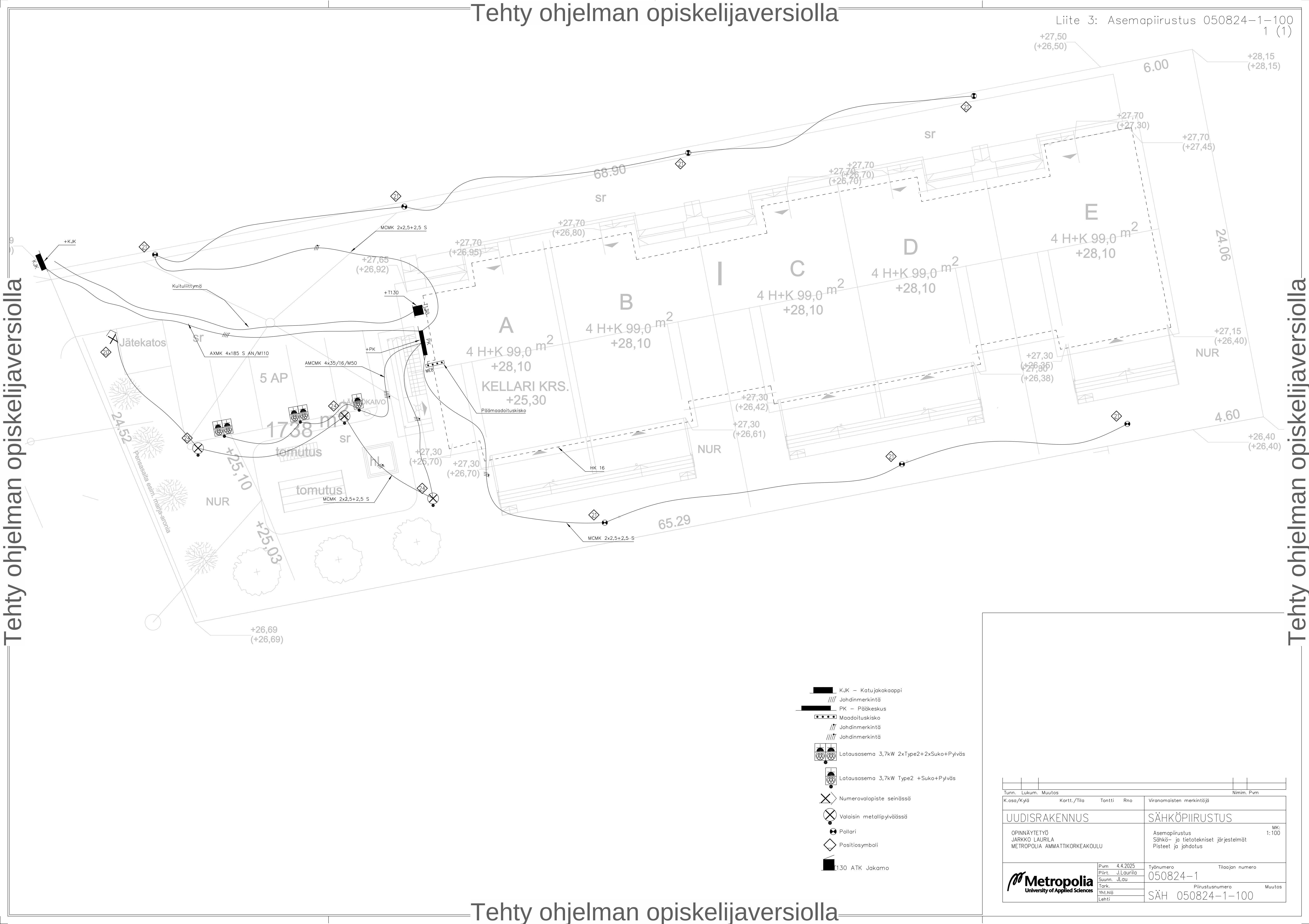
$$\text{Oikosulkuimpedanssi ryhmäkeskuksella E: } Z_k = \frac{219V}{676A} = 0,32396\Omega$$

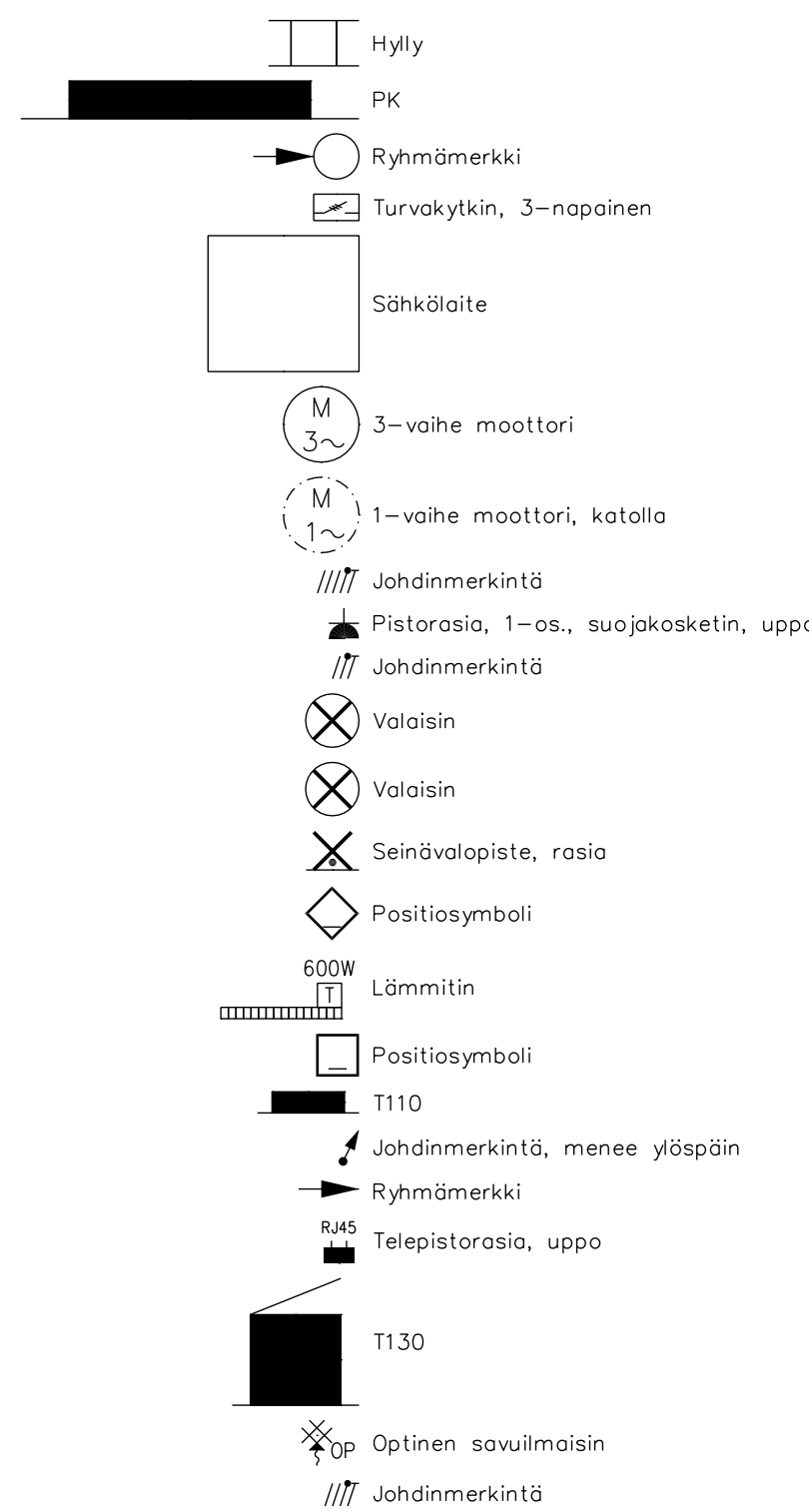
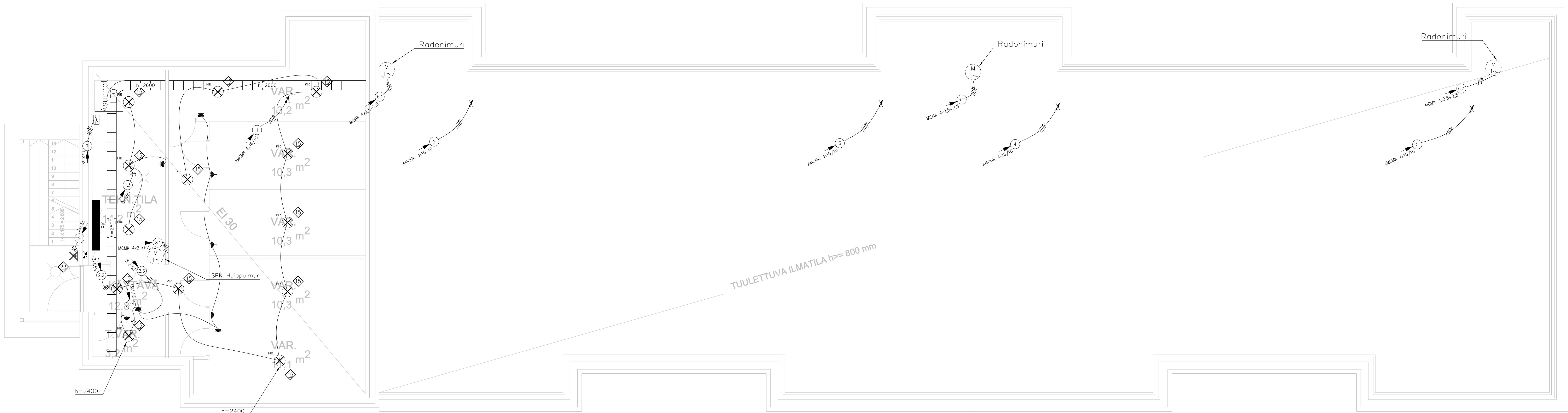
Ryhmäjohtoon pituus määrälaskennalla: 16m

$$\text{Ryhmäjohtoon Cu1,5 impedanssi } Z_j = 0,016km * 2 * 14,62 \frac{\Omega}{km} = 0,46784\Omega$$

$$\text{Oikosulkuvirta kauimmaisella pistorasialla: } I_{kpr} = \frac{219V}{(0,46784+0,32396)\Omega} = 277A > 100A (C10)$$

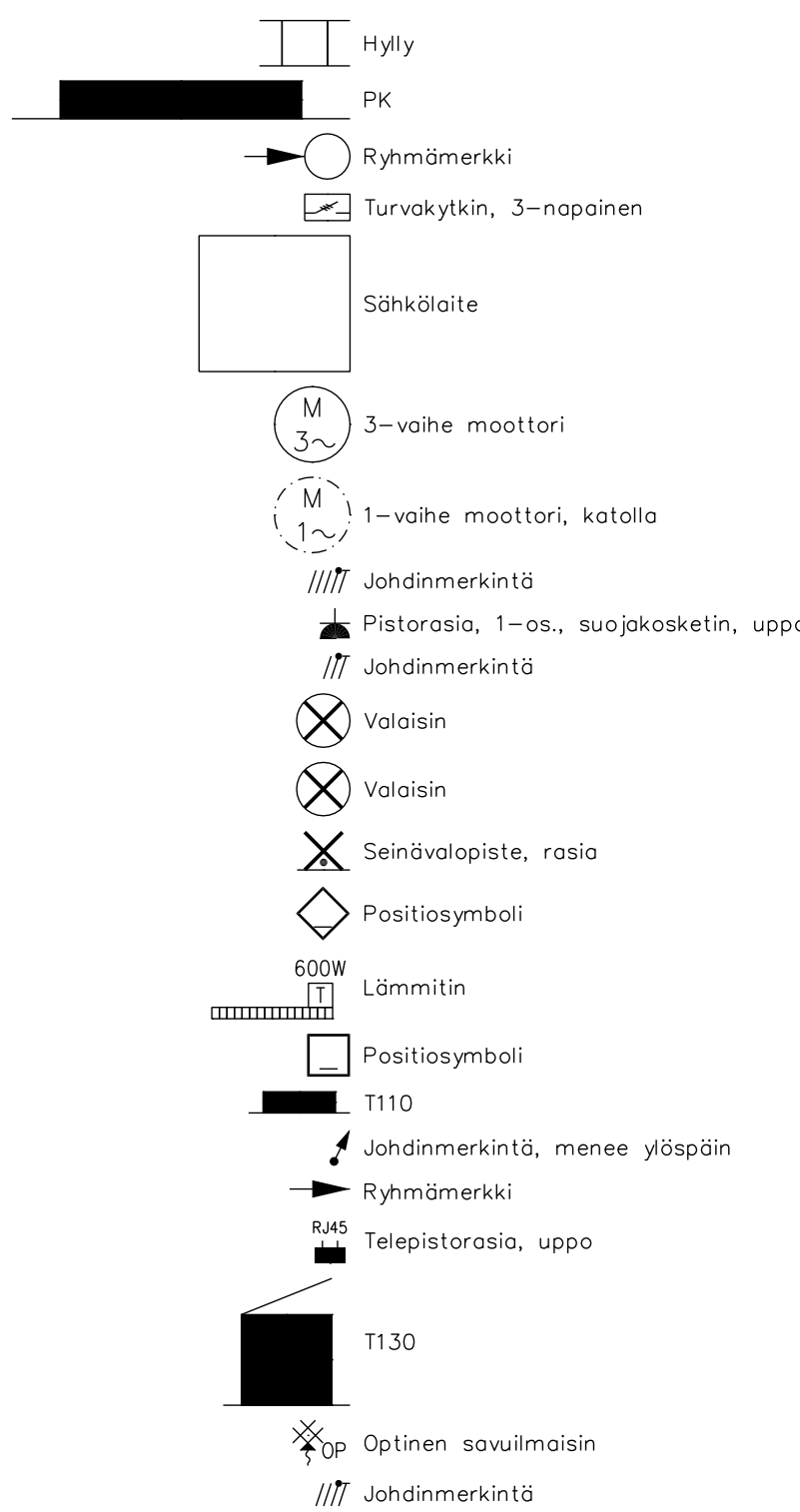
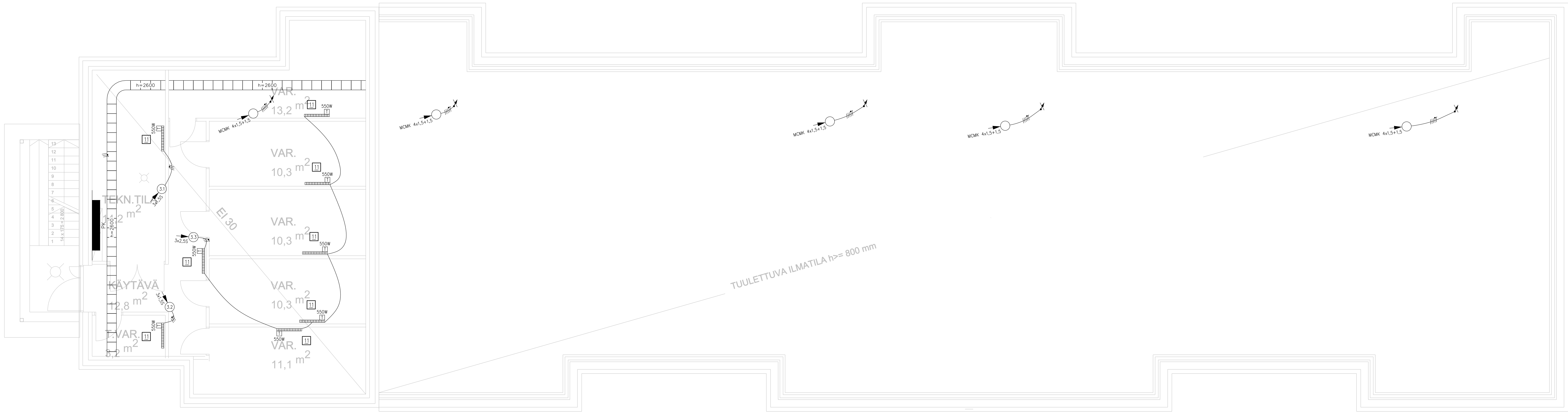
277A kauimmaisella pistorasialla täyttää vaaditun 100A ryhmäjohtotason oikosulkuvirtavaatimuksen 100A (0,4s). Näin voidaan todeta kohteen suojauksen toimivuus.





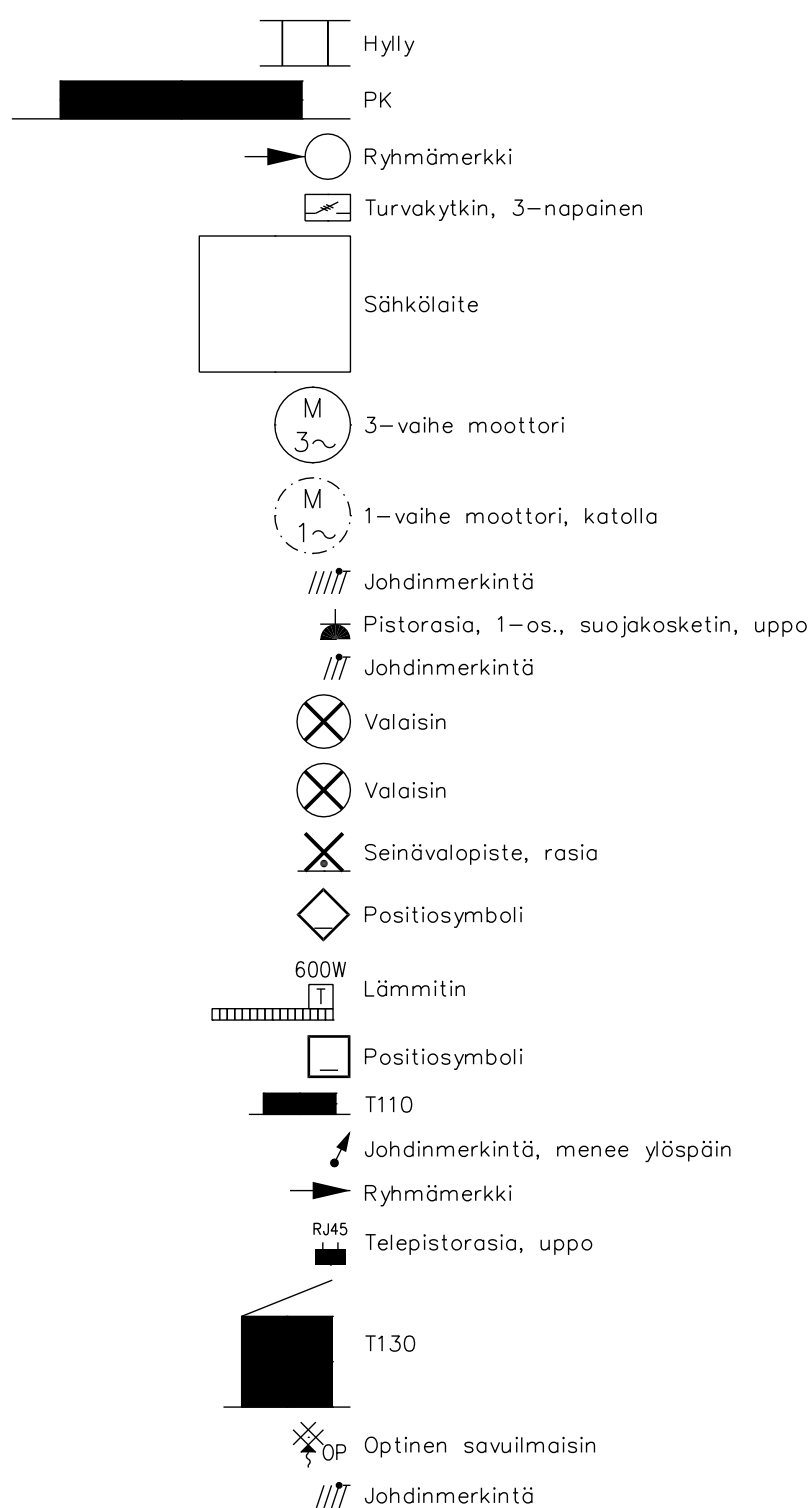
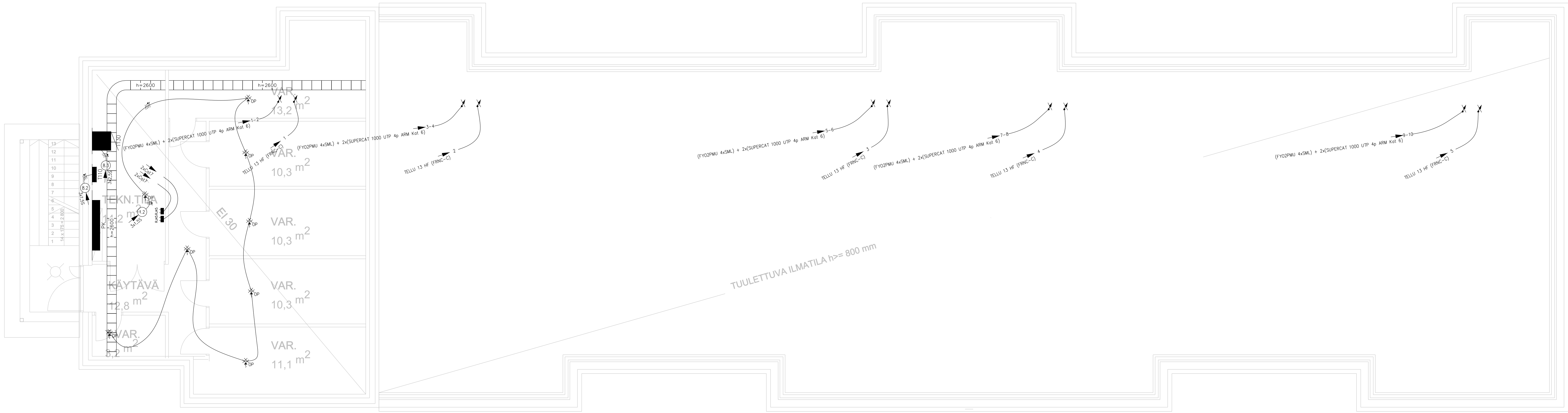
Turn. Lukum. Muutos				Nimim. Pvm	
K.osa/Kytä		Kortti/Tila	Tontti	Rno	Viranomaisen merkintä
UUDISRAKENNUS			SÄHKÖPIIRUSTUS		
OPINNÄYTETYÖ JARKKO LAURILA METROPOLIA AMMATTIKORKEAKOULU			Asennuspiirustus K.krs Sähkötekniiset järjestelmät ja johdotus		
Pvm: 4.2.2025 Pari: J. Laurila Suunn: J. Lau			Työnumero 050824-2		Tilauksen numero
Tark: J. Laurila Lehti:			Pirustusnumero SÄH 050824-2-200		Muutos





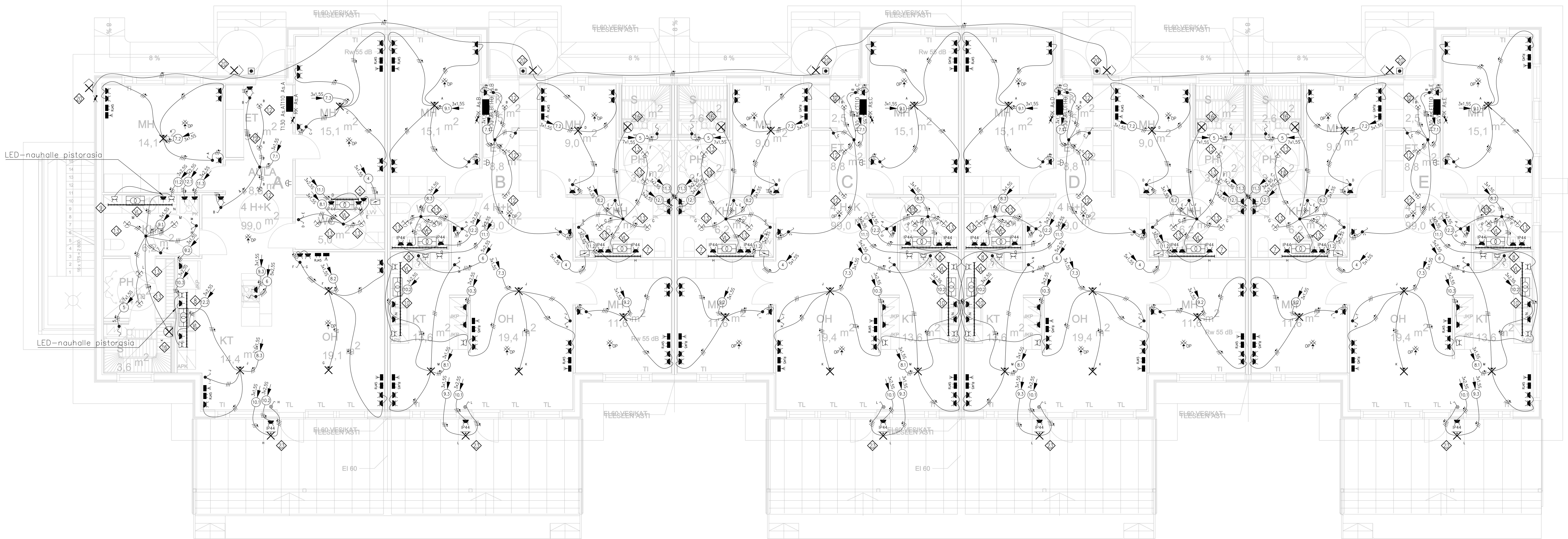
Tunn.	Lukum.	Muutos				Nimim.	Pvm
K.oso/K.ytö	Kortti/Tila	Tontti	Rno	Viranomaisen merkintä			
UUDISRAKENNUS				SÄHKÖPIIRUSTUS			
OPINNÄYTETYÖ JARKKO LAURILA METROPOLIA AMMATTIKORKEAKOULU				Asennuspiirustus K.krs Lämmitysjärjestelmät ja johdotus			MX: 1:50
Pvm: 4.2.2025 Pari: J. Laurila Suunn: J. Laurila				Työnumero 050824-2		Tilaajan numero	
Tark: J. Laurila Tark: J. Laurila Lehti:				Pirustushuone 050824-2-201		Muutos	





Tunn.	Lukum.	Muutos	Kortti/Tila	Tontti	Rno	Viranomaisen merkintä	Nimim.	Pvm
K.osa/Kytä								
UUDISRAKENNUS						TELEPIIRUSTUS		
OPINNÄYTETYÖ JARKKO LAURILA METROPOLIA AMMATTIKORKEAKOULU						Asennuspiirustus K.krs Tietotekniset järjestelmät ja johdotus		MX: 1:50
Pvm: 4.4.2025 Pari: J. Laurila Suunn: J. Laurila						Työnumero 050824-2	Tilaajan numero	
Tark: J. Laurila Lehti:						Piirustusnumero 050824-2-202	Muutos	





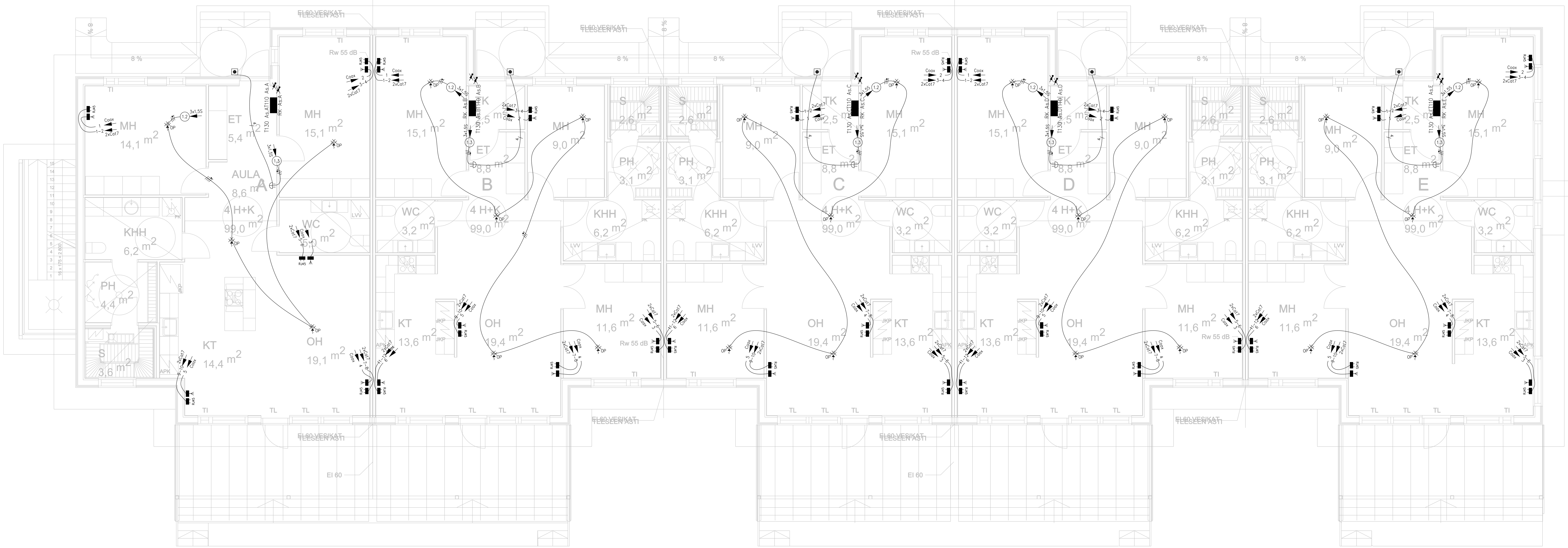
Tunn. Lukum. Muutos				Nimim. Pvm	
K.osa/Kyylä		Kortti/Tila		Tontti	Rno
UUDISRAKENNUS				SÄHKÖPIIRUSTUS	
OPINNÄYTETYÖ JARKKO LAURILA METROPOLIA AMMATTIKORKEAKOULU				Asennuspiirustus 1.krs Sähkötekniiset järjestelmät ja johdotus	
				Mk: 1:50	
					
Pvm 4.4.2025				Työnumero	
Piet. J. Laurila				050824-3	
Suunn. J. Lau				Tilauksen numero	
Tark. M. Hiss				Piirustuksen numero	
Lehti				SÄH 050824-3-200	
				Muutos	

1

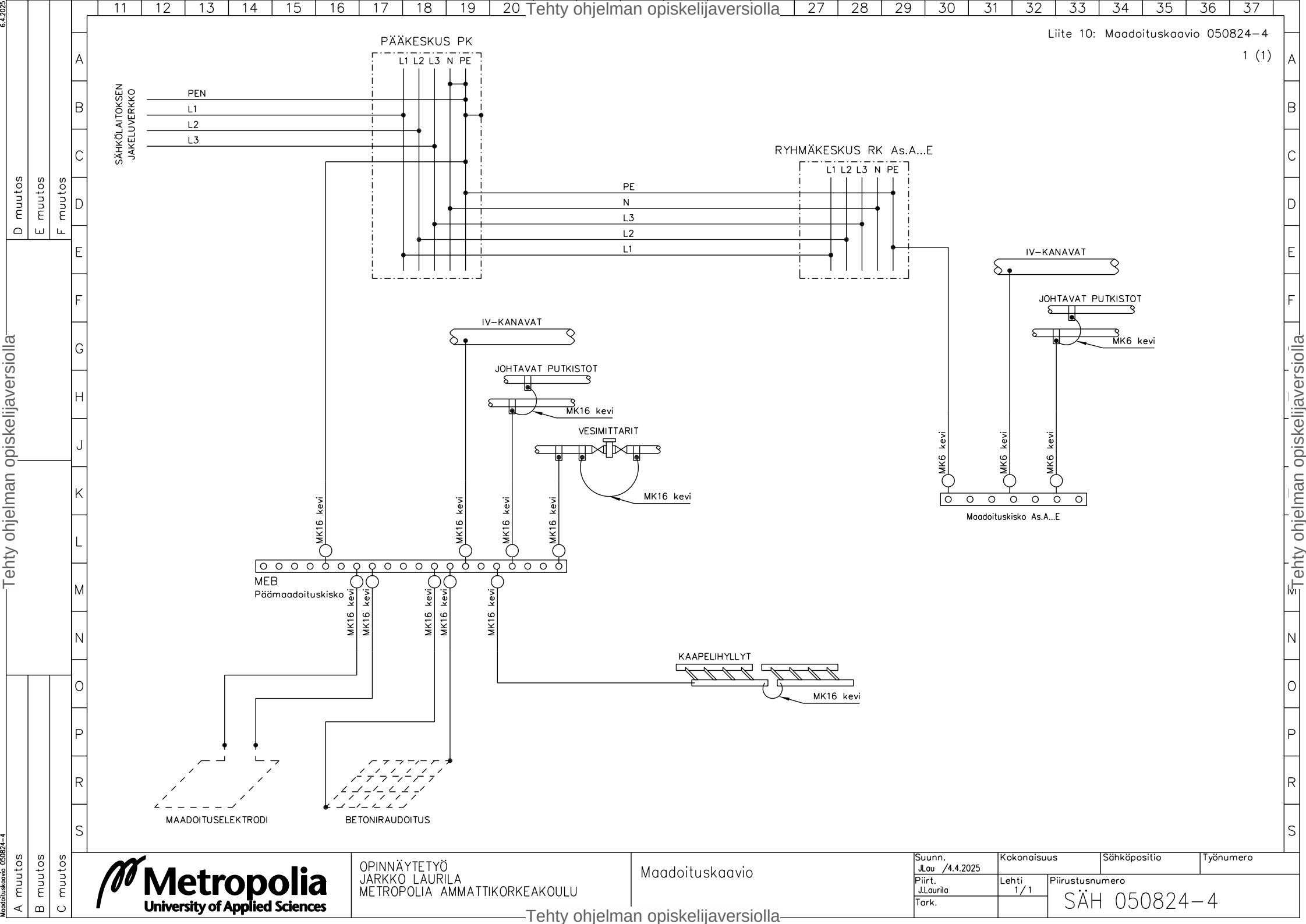
Tehty ohjelman opiskelijaversiolla



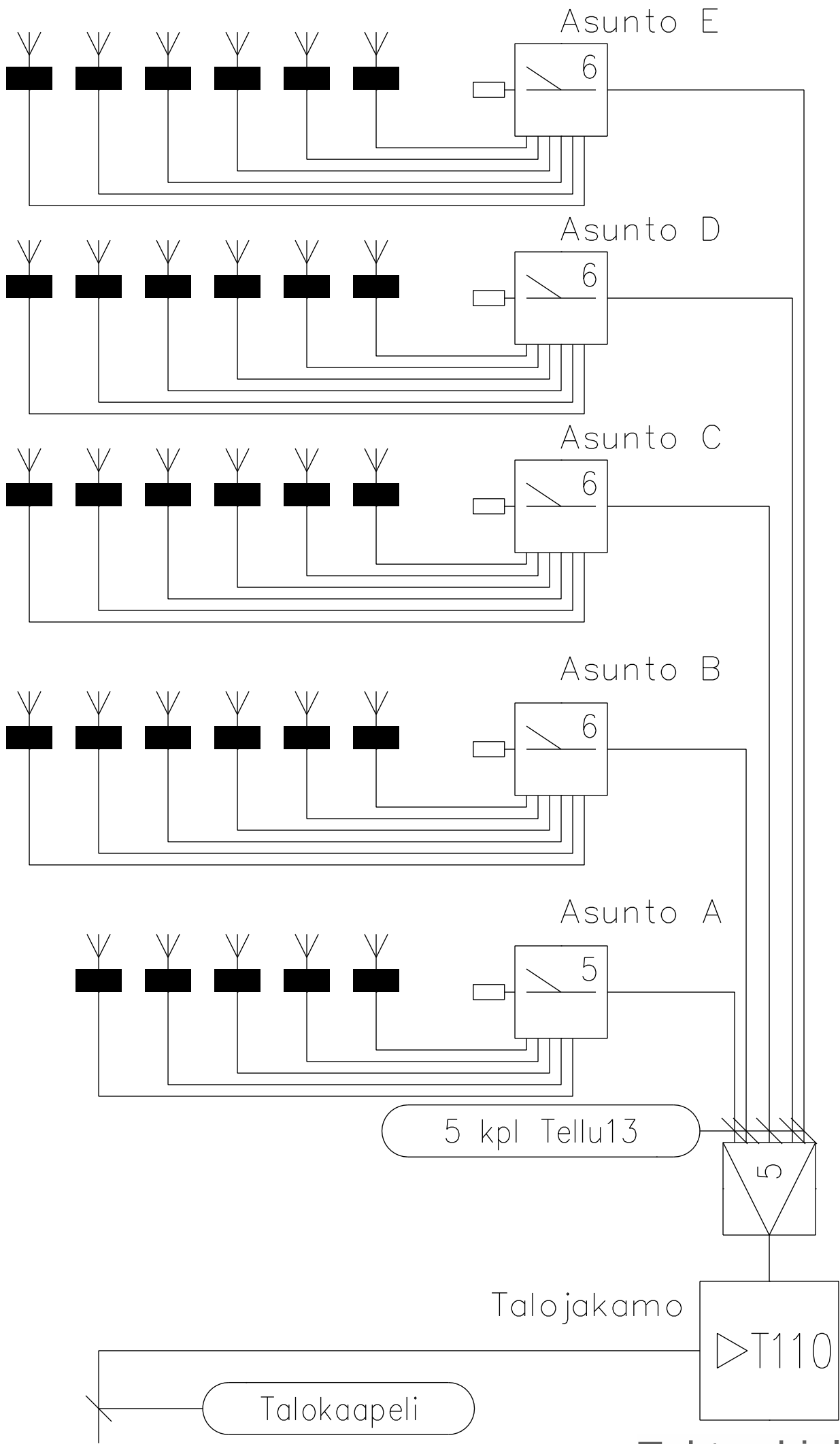
Tunn.	Lukum.	Muutos	Kortti/Tila	Taatti	Rno	Viranomaisen merkintä	Nimim. Pvm
K.osa/Kyis							
SÄHKÖPIIRUSTUS							
OPINNÄYTETYÖ JARVIO LAURILA METROPOLIA AMMATTIKORKEAKOULU						Aseennuspiirustus 1 krs Lämmityspiirustelut ja johdotus	Mk: 1:50
						Pvm 4.4.2025 Piir. J. Laurila Suora: J. La Tark. Hark. CH1	Työnumero 050824-3 Piirustusnumero 050824-3-201 Muutos



Tunn.	Lukum.	Muutos	Kortti / Tila	Tontti	Rno	Nimim.	Pvm
K.osa/K.yt			Kortti / Tila		Rno	Viranomaisen merkintä	
UUDISRAKENNUS			SÄHKÖPIIRUSTUS				
OPINNÄYTETYÖ JARKKO LAURILA METROPOLIA AMMATTIKORKEAKOULU			Asennuspiirustus 1.krs Tietotekniset järjestelmät ja johdotus			MK: 1:50	
			Pvm 4.3.2025 Piet. J. Laurila Suunn. J. Lau		Työnumero 050824-3	Tilaajan numero	
			Tark. T. Hiltunen Lehti		Piirustusnumero SÄH 050824-3-202	Muutos	







▷ 71

Jakoverkon vahvistin

◁

Jaotin

◁

Päättävähaaroitin

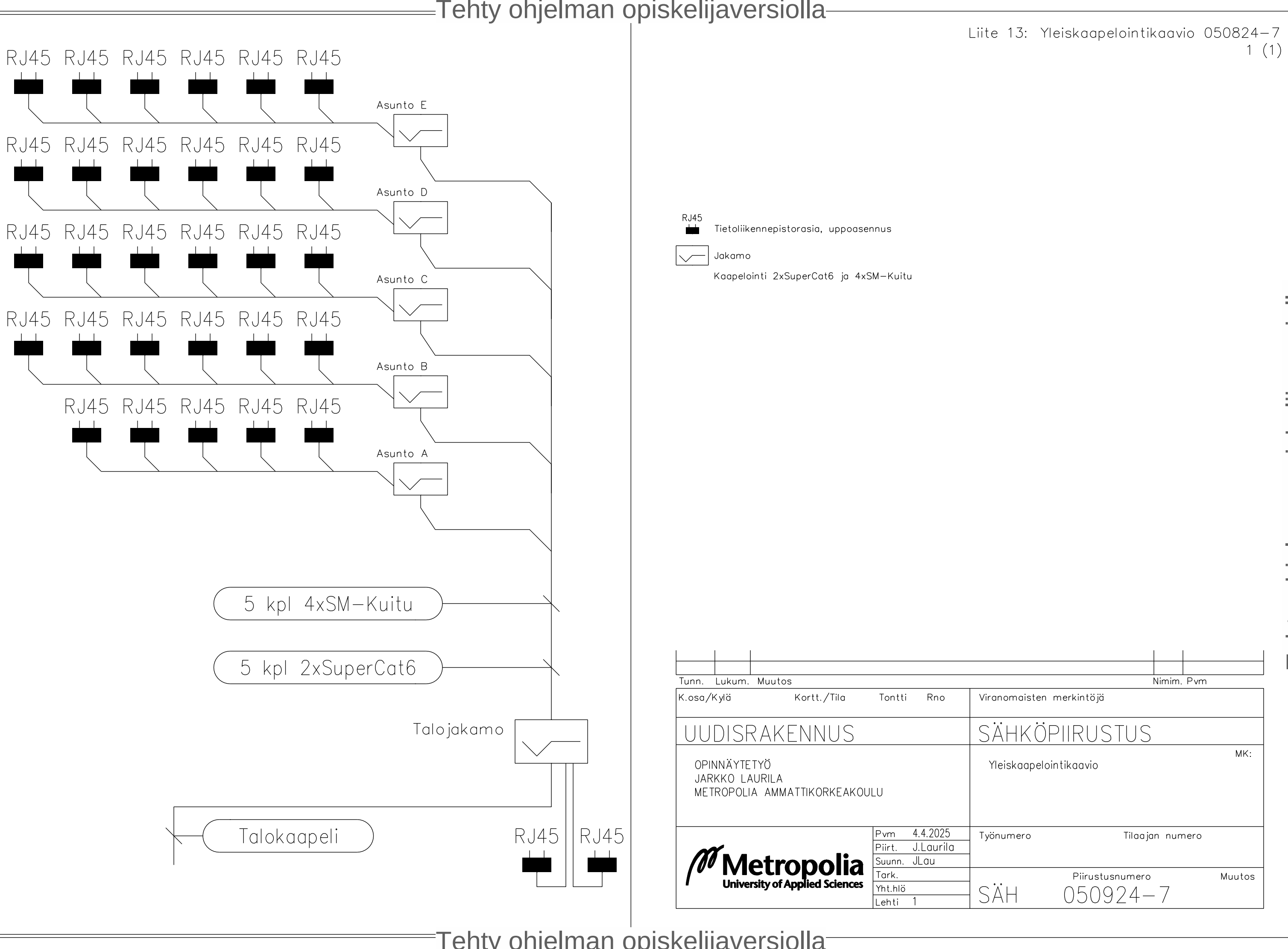
▽

Antennipistorasia, uppo

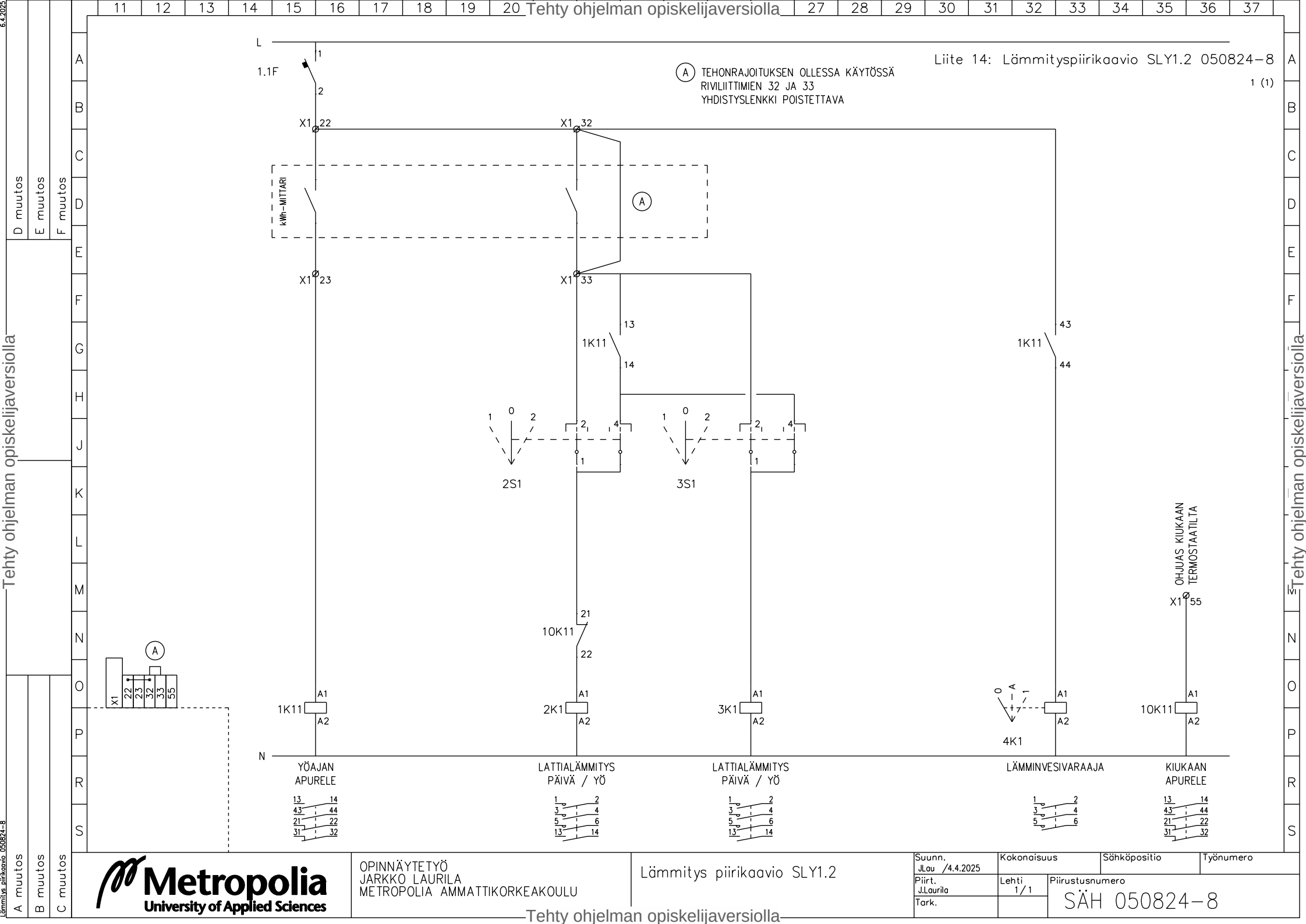
Kaapelointi Tellu 13

Laskennalliset vaimennukset:									
	Kaapeli/m	Kaapelivaimennus/dB		Jaotin/dB	Haaroitin/dB	Rasia/dB	Vaimennus/dB		
		47 MHz	1000 MHz				47 MHz	1000 MHz	Ero
As.A	9,7	0,39	2,23	15	14	1	30,4	32,2	1,8
As.B	15,3	0,61	3,52	15	14	1	30,6	33,5	2,9
As.C	28,3	1,13	6,51	15	14	1	31,1	36,5	5,4
As.D	33,8	1,35	7,77	15	14	1	31,4	37,8	6,4
As.E	46,9	1,88	10,79	15	14	1	31,9	40,8	8,9

Tunn.	Lukum.	Muutos			Nimim.	Pvm
K.osa/Kylä	Kortt./Tila	Tontti	Rno	Viranomaisten merkintöjä		
UUDISRAKENNUS				SÄHKÖPIIRUSTUS		
OPINNÄYTETYÖ JARKKO LAURILA METROPOLIA AMMATTIKORKEAKOULU				Antennikaavio MK:		
		Pvm	4.4.2025	Työnumero		Tilaaajan numero
		Piirt.				
		Suunn.				
		Tark.				
		Yht.hlö				
		Lehti		SÄH		Piirustusnumero 050824–6
						Muutos



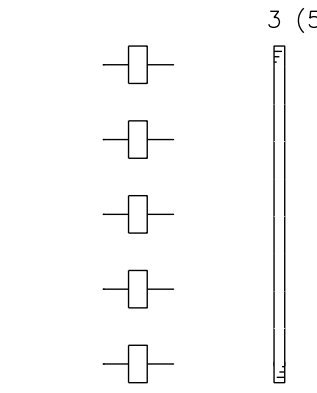
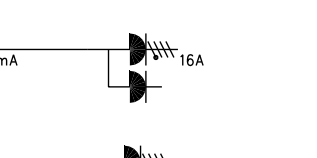
Tehty ohjelman opiskelijaversiolla



D	muutos
E	muutos
F	muutos

A muutos
B muutos
C muutos

A	KESKUS	RYHMÄ	OSOITE	TUNNUS	JOHDOTUS	kVA/kW	A / A	HUOM.	A	
B	Liite 15: Pääkaavio PK 050824-9-100 2 (5)								B	
C	POTENTIAALIN TASAUS KESKUKSEN ULKOPUOLELLA KESKUKSEN SINETOITY OSA		Ks. Maadoituskaavio						C	
D			Maadoitusjohdin		MK16 KeVi				D	
E									E	
F			PE-N Yhdistys						F	
G			Päävarokkeet ja pääkytkin							G
H			Liittymiskaapeli		AXMK 4x185 S		160/250			H
I										I
J										J
K			1 Huoneisto As.A		AMCMK 4x16/10		25/25			K
L			Verkkoyhtiön kWh-mittaus							L
M			2 Huoneisto As.B		AMCMK 4x16/10		25/25			M
N			Verkkoyhtiön kWh-mittaus							N
O			3 Huoneisto As.C		AMCMK 4x16/10		25/25			O
P			Verkkoyhtiön kWh-mittaus							P
R			4 Huoneisto As.D		AMCMK 4x16/10		25/25			R
S			Verkkoyhtiön kWh-mittaus							S
			5 Huoneisto As.E		AMCMK 4x16/10		25/25			
			Verkkoyhtiön kWh-mittaus							
		6 Kiinteistöosa				63/63				
		Verkkoyhtiön kWh-mittaus								

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Tehty ohjelman opiskelijaversiolla	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
A	KESKUS					RYHMÄ	OSOITE					TUNNUS	JOHDOTUS			kVA/kW	A / A		HUOM.			
B	Liite 15: Pääkaavio PK 050824-9-100																					
C						1.1	Lämmityksen ohjaus										B10					
D							Ohjaus asunto A						MCMK 4x1,5+1,5									
E							Ohjaus asunto B						MCMK 4x1,5+1,5									
F							Ohjaus asunto C						MCMK 4x1,5+1,5									
G							Ohjaus asunto D						MCMK 4x1,5+1,5									
H							Ohjaus asunto E						MCMK 4x1,5+1,5									
I																						
J	L2					1.2	Palovaroitin						3x1,5S				B10					
K	L3					1.3	Valaistus ja pistorasia tekninen tila						3x1,5S				C10					
L	L1 C10/30mA					2.1	Valaistus ja pistorasia talovarasto						3x1,5S				C10					
M	L2					2.2	Valaistus kellarikäytävä ja varastot						3x1,5S				C10					
N	L3 C16/30mA					2.3	Pistorasiat kellarikäytävä ja varastot						3x2,5S				C16					
O	L1 C10/30mA					3.1	Lämmityspatteri tekninen tila						3x1,5S				C10					
P	L2 C10/30mA					3.2	Lämmityspatteri talovarasto						3x1,5S				C10					
Q	L3 C16/30mA					3.3	Lämmityspatterit kellarikäytävä ja varastot						3x2,5S				C16					
R						4	3-vaihe pistorasia keskuksessa										C16					
S						4.1	Pistorasia keskuksessa										C16					
						5	3-vaihe pistorasia keskuksessa										C32					



OPINNÄYTETYÖ
JARKKO LAURILA
METROPOLIA AMMATTIKORKEAKOULU

Pääkaavio PK

Suunn.
J.Lau /4.4.2025
Piirt.
J.Laurila
Tark.

Kokonaisuus

Lehti
3 / 5

Sähköpositio
PK
Piiustusnumero

Työnnumero

SÄH 050824-9-100

[illegible]

6.4.2025		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Tehty ohjelman opiskelijaversiolla	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37											
D muutos	E muutos	F muutos	A		KESKUS										RYHMÄ		OSOITE				TUNNUS		JOHDOTUS		kVA/kW	A / A		HUOM.		A				
			B		Liite 16: Pääkaavio As.A 050824-9-101 2 (4)																									B				
																	Pääkytkin									50A				C				
			E		1.1 Ohjausjännite- ja riviliittimet																					B10				E				
					Yöajan apurele												1K11																	
					Kiukaan apurele												10K11													F				
					1.2 Palovaroittimet																		3x1,5S			B10				G				
					1.3 Ovikello																		3x1,5S			B10				H				
			K		2.1 Lattialämmitys ET																		4x1,5S		1.20	B10								
					2.2 Lattialämmitys K																		4x1,5S		1.20	B10								
					2.3 Lattialämmitys KHH, PH, S																		4x1,5S		1.30	B10								
					Käyttökytkin 2S1																													
			N		3.1 Lattialämmitys OH																		4x1,5S		1.80	B10								
					3.2 Lattialämmitys MH1																		4x1,5S		1.20	B10								
					3.3 Lattialämmitys MH2 ja WC																		4x1,5S		1.70	B10								
					Käyttökytkin 3S1																													
					4 Lämminvesivaraaja																		5x1,5S		3.00	B10				P				
					5 Kiuas																		7x1,5S		6.00	B10				R				
					6 Liesi ja keittotaso																		5x2,5S			B16				S				

6.4.2025		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Tehty ohjelman opiskelijaversiolla										27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37														

	KESKUS	RYHMÄ	OSOITE	TUNNUS	JOHDOTUS	kVA/kW	A / A	HUOM.
B	Liite 17: Pääkaavio As.B-E 050824-9-102 2 (4)							
C			Pääkytkin				50A	
D		1.1	Ohjausjännite- ja riviliittimet				B10	
E			Yöajan apurele	1K11				
F			Kiukaan apurele	10K11				
G	L2	1.2	Palovaroittimet		3x1,5S		B10	
H	L3	1.3	Ovikello		3x1,5S		B10	
J		2.1	Lattialämmitys TK ja ET		4x1,5S	0.94	B10	
K		2.2	Lattialämmitys WC ja K		4x1,5S	1.04	B10	
L		2.3	Lattialämmitys MH2, PH ja S		4x1,5S	1.40	B10	
M			Käyttökytkin 2S1					
N		3.1	Lattialämmitys KHH ja MH3		4x1,5S	1.64	B10	
O		3.2	Lattialämmitys MH1		4x1,5S	1.60	B10	
P		3.3	Lattialämmitys OH		4x1,5S	1.80	B10	
R			Käyttökytkin 3S1					
S	4K1	4	Lämminvesivaraaja		5x1,5S	3.00	B10	
		5	Kiuas		7x1,5S	6.00	B10	
		6	Liesi ja keittotaso		5x2,5S		B16	

[illegible]

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

\$SCJ\$	Järjestelmä	Nimitys	Sähkönnumero	IP-luokka	Asennustapa	Määrä	Yksikkö
S110	Kaapelihyllyjärjestelmä	Hylly (300mm, 90r300)				1	KPL
S110	Kaapelihyllyjärjestelmä	Hylly (300mm)				15,8	m
S211_C	Sähköliittymä, johdotukset	M110				24,9	m
S211_C	Sähköliittymä, johdotukset	AXMK 4x185 S AN	622518		maahan+nauha	26,7	m
S222	Pääjakelujärjestelmä	Maadoituskisko (1x20)				1	KPL
S222_C	Pääjakelujärjestelmä, johdotukset	AMCMK 4x16/10	622337			136,2	m
S222_C	Pääjakelujärjestelmä, johdotukset	HK 16	105007			133,7	m
S222_C	Pääjakelujärjestelmä, johdotukset	MCMK 2x2,5+2,5 S	602521		maahan+nauha	60,4	m
S23	Laitteiden ja laitteistojen sähköistys	Turvakytkin, 3-napainen	3600456	IP66	S	6	KPL
S23	Laitteiden ja laitteistojen sähköistys	Kojeen asennus max. 12kg,	1347325		S	1	KPL
S23_C	Laitteiden ja laitteistojen sähköistys, johdotukset	M20				5,3	m
S23_C	Laitteiden ja laitteistojen sähköistys, johdotukset	5x1,5S				59,2	m
S23_C	Laitteiden ja laitteistojen sähköistys, johdotukset	5x2,5S				3,7	m
S231	Kiinteistön laitteiden ja laitteistojen sähköistys	Kiukaan liitántärasia seinässä, puolikiinteä, uppoas.	1152565	IP44	F	5	KPL
S231	Kiinteistön laitteiden ja laitteistojen sähköistys	Lieden liitántärasia seinässä, puolikiinteä, uppoas.	1152563	IP20	F	5	KPL
S231_C	Kiinteistön laitteiden ja laitteistojen sähköistys, johdotukset	M20				12,6	m
S231_C	Kiinteistön laitteiden ja laitteistojen sähköistys, johdotukset	M50				13,4	m
S231_C	Kiinteistön laitteiden ja laitteistojen sähköistys, johdotukset	5x2,5S				48,4	m
S231_C	Kiinteistön laitteiden ja laitteistojen sähköistys, johdotukset	7x1,5S				52	m
S231_C	Kiinteistön laitteiden ja laitteistojen sähköistys, johdotukset	AMCMK 4x35/16	622379		maahan+nauha	14	m
S232	LVI-laitteiden ja -laitteistojen sähköistys	1-vaihe moottori, katolla				1	KPL
S232	LVI-laitteiden ja -laitteistojen sähköistys	3-vaihe moottori				3	KPL
S232_C	LVI-laitteiden ja -laitteistojen sähköistys, johdotukset	MCMK 4x2,5+2,5	602561		F	111,3	m
S24	Sähköliitöntäjäjärjestelmät	Latausasema 3,7kW 2xType2+2xSuko+Pylväs	3408553		PYLVÄS	2	KPL
S241	Pistorasiat	Latausasema 3,7kW Type2 +Suko+Pylväs	3408546	IP34	PYLVÄS	1	KPL
S241	Pistorasiat	Pistorasia, 1-os., suojakosketin, pinta	2506002	IP21	S	4	KPL
S241	Pistorasiat	Kulmapistorasia, 2-os., suojakosketin, pinta	2406004	IP21	S	20	KPL
S241	Pistorasiat	Pistorasia, 1-os., suojakosketin, uppo	2506002	IP21	F	48	KPL
S241	Pistorasiat	Pistorasia, 2-os., suojakosketin, uppo	2506013	IP21	F	99	KPL
S241	Pistorasiat	Pistorasia, 2-os., suojakosketin, uppo. VS	2506013	IP21	F	26	KPL
S241	Pistorasiat	Pistorasia, 2-os., IP44, uppo	2516133	IP44	F	18	KPL
S241	Pistorasiat	Pistorasia, 2-os., IP44, uppo, VS	2516133	IP44	F	5	KPL
S241_C	Pistorasiat, johdotukset	M20				140,4	m
S241_C	Pistorasiat, johdotukset	M50				4,3	m
S241_C	Pistorasiat, johdotukset	3x1,5S				164,9	m
S241_C	Pistorasiat, johdotukset	3x2,5S				422,5	m
S241_C	Pistorasiat, johdotukset	3x2,5S			F	10,1	m
S241_C	Pistorasiat, johdotukset	AMCMK 4x35/16	622379		maahan+nauha	4,3	m
S25	Valaistusjärjestelmät	1-Kytkin, merkkilamppu, VS	2106044	IP21	F	5	KPL
S25	Valaistusjärjestelmät	1-Kytkin, uppo	2106058	IP21	F	18	KPL
S25	Valaistusjärjestelmät	5-kytkin, Kruunukytkin, uppo	2106052	IP21	F	24	KPL
S25	Valaistusjärjestelmät	5-kytkin, Kruunukytkin, uppo, VS	2106052	IP21	F	1	KPL
S25	Valaistusjärjestelmät	6-kytkin, vaihtokytkin, uppo	2106058	IP21	F	9	KPL
S25	Valaistusjärjestelmät	6-kytkin, vaihtokytkin, uppo, VS	2106058	IP21	F	1	KPL
S25	Valaistusjärjestelmät	Jakorasia valaisimille, uppoas.	1152119	IP20	F	15	KPL
S25_C	Valaistusjärjestelmät, johdotukset	M20				179,2	m
S25_C	Valaistusjärjestelmät, johdotukset	3x1,5				79,4	m

S25_C	Valaistusjärjestelmät, johdotukset	3x1,5S				168 m
S25_C	Valaistusjärjestelmät, johdotukset	4x1,5S				90,6 m
S25_C	Valaistusjärjestelmät, johdotukset	5x1,5S				44,3 m
S25_C	Valaistusjärjestelmät, johdotukset	6x1,5S	411371			3,5 m
S251	Sisävalaistusjärjestelmä	Valaisin asennus max 3kg	4129780	IP44	S	4 KPL
S251	Sisävalaistusjärjestelmä	Valaisin asennus max 3kg	4129780	IP44	S	5 KPL
S251	Sisävalaistusjärjestelmä	Valaisin asennus max 3kg	4129781	IP44	S	1 KPL
S251	Sisävalaistusjärjestelmä	Valaisin asennus max 3kg	4129780	IP44	S	1 KPL
S251	Sisävalaistusjärjestelmä	Valaisin asennus max 3kg	4129781	IP44	S	4 KPL
S251	Sisävalaistusjärjestelmä	Valopiste+pistorasia	1130100	IP21	F	29 KPL
S251	Sisävalaistusjärjestelmä	Led-nauhan Virtalähde	4009738	IP20		5 KPL
S251	Sisävalaistusjärjestelmä	Led-nauhan Virtalähde	4009740	IP20		10 KPL
S251	Sisävalaistusjärjestelmä	Valaisin asennus max 3kg	4209538	IP44	S	13 KPL
S251	Sisävalaistusjärjestelmä	Valaisin asennus max 3kg	4126226	IP65	S	5 KPL
S251	Sisävalaistusjärjestelmä	Valaisin asennus max 3kg	4122212	IP44	F	15 KPL
S251	Sisävalaistusjärjestelmä	Valaisin asennus max 3kg	4122218	IP44	F	30 KPL
S251_C	Sisävalaistusjärjestelmä, johdotukset	M20				211,7 m
S251_C	Sisävalaistusjärjestelmä, johdotukset	3x1,5S				495,8 m
S252	Ulkovalaistusjärjestelmä	Valaisin asennus max 3kg+JR, ulko	4512029	IP54	F	6 KPL
S252	Ulkovalaistusjärjestelmä	Valaisin asennus max 3kg, ulko	4512029	IP54	S	7 KPL
S252	Ulkovalaistusjärjestelmä	Valaisin metallipylväässä 3m	4512081	IP44	V	3 KPL
S252	Ulkovalaistusjärjestelmä	Valaisin asennus max 12kg, ulko	4512053	IP54	S	7 KPL
S252_C	Ulkovalaistusjärjestelmä, johdotukset	M20				54,2 m
S252_C	Ulkovalaistusjärjestelmä, johdotukset	3x1,5S				111,4 m
S252_C	Ulkovalaistusjärjestelmä, johdotukset	MCMK 2x2,5+2,5 S	602521		maahan+nauha	134 m
S261	Rakennuksen sähkölämmitysjärjestelmä	Ensto Taso5				8 KPL
S261_C	Rakennuksen sähkölämmitysjärjestelmä, johdotukset	M20				13,6 m
S261_C	Rakennuksen sähkölämmitysjärjestelmä, johdotukset	3x1,5S				5,9 m
S261_C	Rakennuksen sähkölämmitysjärjestelmä, johdotukset	3x1,5S			F	7 m
S261_C	Rakennuksen sähkölämmitysjärjestelmä, johdotukset	3x2,5S				8,2 m
S261_C	Rakennuksen sähkölämmitysjärjestelmä, johdotukset	3x2,5S			F	8,4 m
S261_C	Rakennuksen sähkölämmitysjärjestelmä, johdotukset	MCMK 4x1,5+1,5	602551			132,2 m
S262	Lattialämmitykset	Lattialämmityskaapeli TASSU 240W	8168678			8 KPL
S262	Lattialämmitykset	Lattialämmityskaapeli TASSU 440W	8168680			4 KPL
S262	Lattialämmitykset	Lattialämmityskaapeli TASSU 500W	8168681			2 KPL
S262	Lattialämmitykset	Lattialämmityskaapeli TASSU 600W	8168682			4 KPL
S262	Lattialämmitykset	Lattialämmityskaapeli TASSU 700W	8168683			4 KPL
S262	Lattialämmitykset	Lattialämmityskaapeli TASSU 800W	8168684			9 KPL
S262	Lattialämmitykset	Lattialämmityskaapeli TASSU 1200W	8168687			8 KPL
S262	Lattialämmitykset	Lattialämmityskaapeli TASSU 1600W	8168688			4 KPL
S262	Lattialämmitykset	Lattialämmityskaapeli TASSU 1800W	8168689			5 KPL
S262	Lattialämmitykset	Termostaatti				48 KPL
S262_C	Lattialämmitykset, johdotukset	M20				70,6 m
S262_C	Lattialämmitykset, johdotukset	4x1,5S				340,7 m
T1_C	Viestintä- ja tietoverkkojärjestelmät, johdotukset	M110				24,2 m
T1_C	Viestintä- ja tietoverkkojärjestelmät, johdotukset	FYO2PMU 2x6xSML	217109		maahan+nauha	25,4 m
T110	Antennijärjestelmä	Antennipistorasia, PL, uppo	7564205	21	F	29 KPL
T110_C	Antennijärjestelmä, johdotukset	M20				14,4 m

T110_C	Antennijärjestelmä, johdotukset	3x1,5S			F	2,5 m
T110_C	Antennijärjestelmä, johdotukset	Coax				274,2 m
T110_C	Antennijärjestelmä, johdotukset	TELLU 13 HF (FRNC-C)	232182			134 m
T130	Yleiskaapelointijärjestelmä	Tietoliikennesasia, PL, uppo	7204087	21	F	31 KPL
T130_C	Yleiskaapelointijärjestelmä, johdotukset	M20				21,4 m
T130_C	Yleiskaapelointijärjestelmä, johdotukset	2xCat7				272,1 m
T130_C	Yleiskaapelointijärjestelmä, johdotukset	2xCat7			F	9,3 m
T130_C	Yleiskaapelointijärjestelmä, johdotukset	3x2,5S			F	3,3 m
T130_C	Yleiskaapelointijärjestelmä, johdotukset	FYO2PMU 4xSML	217106			77,3 m
T130_C	Yleiskaapelointijärjestelmä, johdotukset	FYO2PMU 4xSML	217106			21,5 m
T130_C	Yleiskaapelointijärjestelmä, johdotukset	FYO2PMU 4xSML	217106			26,5 m
T130_C	Yleiskaapelointijärjestelmä, johdotukset	SUPERCAT 1000 UTP 4p ARM Kat 6	264022			32,1 m
T130_C	Yleiskaapelointijärjestelmä, johdotukset	SUPERCAT 1000 UTP 4p ARM Kat 6	264022			32,1 m
T130_C	Yleiskaapelointijärjestelmä, johdotukset	SUPERCAT 1000 UTP 4p ARM Kat 6	264022			45,2 m
T130_C	Yleiskaapelointijärjestelmä, johdotukset	SUPERCAT 1000 UTP 4p ARM Kat 6	264022			45,2 m
T130_C	Yleiskaapelointijärjestelmä, johdotukset	SUPERCAT 1000 UTP 4p ARM Kat 6	264022			7,9 m
T130_C	Yleiskaapelointijärjestelmä, johdotukset	SUPERCAT 1000 UTP 4p ARM Kat 6	264022			7,9 m
T130_C	Yleiskaapelointijärjestelmä, johdotukset	SUPERCAT 1000 UTP 4p ARM Kat 6	264022			13,6 m
T130_C	Yleiskaapelointijärjestelmä, johdotukset	SUPERCAT 1000 UTP 4p ARM Kat 6	264022			13,6 m
T130_C	Yleiskaapelointijärjestelmä, johdotukset	SUPERCAT 1000 UTP 4p ARM Kat 6	264022			26,5 m
T130_C	Yleiskaapelointijärjestelmä, johdotukset	SUPERCAT 1000 UTP 4p ARM Kat 6	264022			26,5 m
T310	Ovikellojärjestelmä	Kumistin, Ovikellon soitokello	7025060	IP20	S	5 KPL
T310	Ovikellojärjestelmä	Ovikellon painike, uppo	2104836	IP40	F	5 KPL
T310_C	Ovikellojärjestelmä, johdotukset	M20				23,8 m
T310_C	Ovikellojärjestelmä, johdotukset	3x1,5S				12 m
T310_C	Ovikellojärjestelmä, johdotukset	KLM 4x0,8	291023			26,2 m
T620	Palovaroitinjärjestelmä	Optinen savuilmaisin, pinta	7125355	IP20	S	32 KPL
T620_C	Palovaroitinjärjestelmä, johdotukset	M20				109,2 m
T620_C	Palovaroitinjärjestelmä, johdotukset	3x1,5S				112,7 m
T620_C	Palovaroitinjärjestelmä, johdotukset	3x1,5S			F	3,4 m
T620_C	Palovaroitinjärjestelmä, johdotukset	4x1,5S				16,4 m
T620_C	Palovaroitinjärjestelmä, johdotukset	4x1,5S			F	24,9 m