

Oula Lapinkangas

## **RIVITALOKOHTEN SÄHKÖSUUNNITELMA**

# **RIVITALOKOHTEN SÄHKÖSUUNNITELMA**

Oula Lapinkangas  
Opinnäytetyö  
Syksy 2016  
Sähkötekniikan koulutusohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Sähkötekniikan koulutusohjelma, sähköinen talotekniikka

---

Tekijä(t): Oula Lapinkangas  
Opinnäytetyön nimi: Rivitalokohteen sähkösuunnitelma  
Työn ohjaaja: Esa Silomaa  
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2016  
Sivumäärä: 43 + 23 liitettä

---

Tässä opinnäytetyössä käsitellään erään pääkaupunkiseudulle rakennettavan viidestätoista asunnosta koostuvan rivitalokohteen sähkösuunnittelun etene- mistä. Työn toimeksiantajana oli kempeläläinen yritys Elvak Oy. Työn tavoit- teena oli toteuttaa kohteeseen vaatimusten mukainen ja kustannustehokas säh- kösuunnitelma ja dokumentoida se. Työstä rajattiin pois projektin edetessä piir- rettävät muutos- ja loppukuvat. Työn sähkösuunnitelma noudattaa standardin SFS 6000 vaatimuksia.

Kohteen kuvauksessa kiinteistöstä selostetaan projektin hahmottamiseksi oleel- lisiä tietoja, minkä jälkeen raportti etenee tehdyn suunnittelutyön mukaisessa järjestyksessä alkaen aluekaapeloinnin ja -valaistuksen suunnittelusta jatkuen aina kiinteistön sähköverkon mitoittamiseen. Työssä käytettiin sähkökuvien piir- tämiseen MagiCAD Electrical -suunnitteluohjelmistoa ja kiinteistön sähköverkon mitoituksessa apuna toimi FebDok-niminen sovellus.

Sähkösuunnitelmat saatiin valmiiksi hyvissä ajoin sovitun suunnitelman mukai- sesti. Valmiit dokumentit suunnitelmista on liitteenä, ja niitä sisältyi projektiin yh- teensä 23 kappaletta. Tilaaja on määritellyt liitteet salaisiksi, eikä niitä julkaista tämän opinnäytetyön mukana.

---

Asiasanat: sähkösuunnittelu, sähköistys, sähköpiirustukset

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	5
2 KOHTEEN KUVAUS	6
3 SÄHKÖSUUNNITELMAT	8
3.1 Piirustukset	9
3.1.1 Aluekaapelointi ja -valaistus	9
3.1.2 Tasopiirustukset	12
3.2 Kaaviot	15
3.2.1 Keskusten pääkaaviot	15
3.2.2 Ohjauspiirikaavio	20
3.2.3 Nousujohtokaavio	21
3.2.4 Maadoituskaavio	22
3.2.5 Tele- ja turvajärjestelmät	23
3.3 Luettelot	28
3.3.1 Piirustusluettelo	28
3.3.2 Valaisinluettelo	28
3.3.3 Lämmitinluettelo	29
3.4 Mitoitus	30
4 YHTEENVETO	39
LÄHTEET	40
LIITTEET	42

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi kempeleläinen yritys Elvak Oy. Elvak on vuonna 2009 perustettu yritys, joka tarjoaa talotekniikan suunnittelu- ja urakointipalveluita ympäri Suomea. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Kempeleessä, jonka tiloja toimeksiantaja tarjosi myös opinnäytetyön tekemistä varten. Opinnäytetyön tekohetkellä yrityksellä on 35 työntekijää, joista 12 toimii sähkösuunnittelijana.

Opinnäytön tarkoituksena on tehdä sähkösuunnitelmat pääkaupunkiseudulle rakennettavaan rivitalokohteeseen. Työn tehtävänä on suunnitella kohteen sähköistys ja laatia tarvittavat dokumentit tilaajan toiveiden mukaisesti määräaikaan mennessä. Opinnäytetyö rajattiin kiinteistön sähköverkon suunnitteluun tarvittavien piirustusten ja dokumenttien luomiseen sekä verkon mitoittamiseen. Kohteeseen suunnitellaan tarvittavat tele- ja turvajärjestelmät sekä koko kiinteistön kattava sähköjakelujärjestelmä. Muutos- ja loppupiirustusten teko rajattiin tästä opinnäytetyöstä pois.

Työssä toteutetaan seuraavat suunnitelmat/dokumentit:

- piirustus- ja valaisinluettelo
- oikosulkulaskelmat
- aluekaapelointi ja -valaistus
- maadoitus- ja nousujohtokaaviot
- tasopiirustukset talo A - E, piharakennukset, VSS ja tekninen tila
- jakokeskuksien pää- ja ohjauspiirikaaviot
- antenni- ja yleiskaapelointijärjestelmät.

Opinnäytetyö toteutettiin toimeksiantajan tiloissa Kempeleessä. Toimeksiantaja antoi käyttöön työssä tarvittavat laitteet ja ohjelmistot. Suunnittelutyön keskeisimmässä osassa toimi MagiCad-ohjelma, jolla varsinaiset piirustukset tuotettiin, sekä FebDok-niminen, pienjänniteverkon mitoittamiseen tarkoitettu ohjelma.

## 2 KOHTEEN KUVAUS

Sähkösuunnitelman kohteena toimi viidestätoista asunnosta koostuva rivitalokohde pääkaupunkiseudulla. Asunnot on jaettu viiteen taloon, joissa jokaisessa on kolme kaksikerroksista asuntoa (kuva 1). Asuntojen koko vaihtelee 70 m<sup>2</sup>:n ja 85 m<sup>2</sup>:n välillä, joten kaikkien asuinrakennusten yhteenlaskettu huoneistoala on 1200 m<sup>2</sup>. Asuntojen makuuhuoneet, pesuhuone ja sauna sijaitsevat yläkerrossa. Keittiö, olohuone ja kodinhoitohuone ovat ensimmäisen kerroksen huoneita. Lisäksi isoimmissa asuinnoissa vaatehuone on lisätty eteisen yhteyteen. Jokaisesta asunnosta löytyy yläkerrasta kaksi parvekettä sekä alakerran olohuoneesta takapihalle avautuva reilu viiden neliön kokoinen terassi. Talojen eteläisellä julkisivulla sijaitsevat asuntokohtaiset autokatokset. Jokaiselle asunnolle on varattu yksi katoksellinen autopaikka.

Kohde sijaitsee mäkisellä tontilla, minkä seurauksena jokainen talo sekä jokaisen talon asunto porrastetaan eri korkeudelle. Korkeuserot tulee huomioida myös sähkösuunnitelmia tehtäessä. Rakennusten sijoitus ja korkeuserot selviävät arkkitehdin piirtämästä asemakuvasta (liite 1).

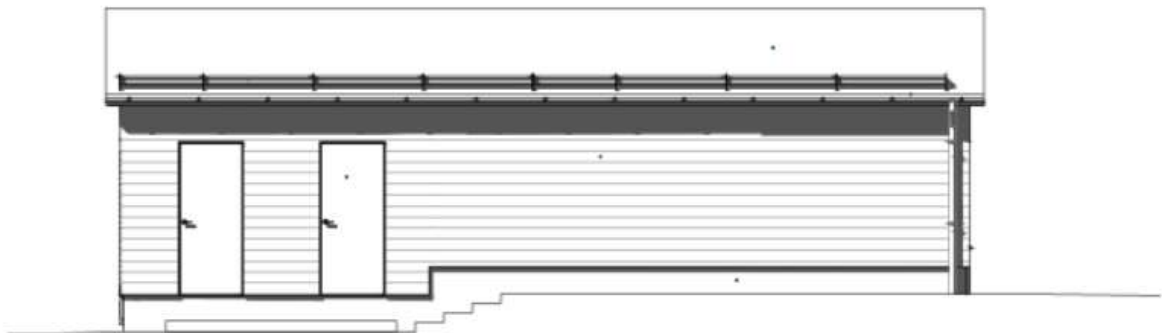


*KUVA 1. Asuinrakennuksen julkisivu länteen*

Tontille rakennetaan asuinrakennusten lisäksi viisi piharakennusta, joista neljä toimii asukkaiden varastoina (kuva 2). Varastoiden päätyihin rakennetaan pyöräkatokset, jonne asukkaat saavat pyöränsä sateelta suojaan. Yksi piharakennus on muita kookkaampi, ja sinne sijoitetaan väestönsuoja, tekninen tila sekä asukkaiden yhteinen jätekatos (kuva 3).



*KUVA 2. Piharakennus, pohjoissivu*



*KUVA 3. Piharakennus/VSS, pohjoissivu*

Rakennukset kootaan tehtaalla valmiiksi rakennetuista elementeistä, mikä mahdollistaa kustannus- ja rakennustehokkaan rakentamisen. Tehtaalla valmiiksi kasattavien seinäelementtien vuoksi täytyi sähkösuunnittelussa erityistä huomiota kiinnittää sähköpisteiden sijoitteluun ja kaapelointireitteihin.

### 3 SÄHKÖSUUNNITELMAT

Työ aloitettiin perustamalla projektille oma kansio. Kansioon tuotiin arkkitehdin tekemä asemapiirros ja tasokuvat rakennuksista. Suunnittelutyön pohjana käytettiin arkkitehdin piirtämiä DWG-kuvia, joiden päälle sähköpisteet ja kaapelointi sijoiteltiin.

Suunnitelmien tekeminen aloitettiin aluekaapeloinnin ja -valaistuksen suunnittelulla. Aluekaapeloinnin jälkeen siirryttiin rakennusten sisäpuolisen sähköistykseen suunnitteluun aloittaen asuinrakennuksista. Kun asuinrakennusten tasokuvat olivat valmiita, tehtiin suunnitelmat myös piharakennuksien sähköistyksestä. Sähköpisteiden ja niille piirrettyjen johdotusten valmistuttua piirrettiin sähkökaaviot. Kaavioista ensimmäisenä otettiin käsittelyyn keskuskaaviot. Piirrettäviä keskuksia projektiin sisältyi yhteensä 18 kappaletta. Keskuskuvien lisäksi kaavioita tehtiin nousujohdoista sekä maadoituksista. Viimeisenä piirrettiin kuvat tele- ja turvajärjestelmistä, joita kyseisessä projektissa olivat antenni ja yleiskaapelointi. Palojärjestelmä on tässä kohteessa niin suppea, ettei nähty tarpeelliseksi tehdä siitä omaa erillistä kuvaa, vaan paloilmamaisimet lisättiin sähkötasokuviin.

Jotta voitiin varmistua kaapelipoikkipintojen riittävydestä ja suojalaitteiden vaatimustenmukaisesta toiminnasta, laskettiin piirien oikosulkuvirratt ja varmistettiin suojalaitteiden toiminta-ajat FebDok-nimisellä mitoitus- ja laskentaohjelmalla. Laskentaa varten täytyi verkkoyhtiöltä saada tiedot liittymäpisteen sijainnista ja liittymäpisteen oikosulkuvirrasta. Kysely lähetettiin sähkösuunnittelun edetessä rakentamiskohteen paikalliselle verkkoyhtiölle aluekaavion kera. Aluekaavioon pyydettiin merkitsemään sähköliittymän liittymispiste ja oikosulkuvirta.

Liittymän lähtötietojen saavuttua täydennettiin tiedot piirustuksiin ja tarkastettiin suunnitelmien vaatimustenmukaisuus. Mitoitusohjelman mukaan tehtiin tarvittavat korjaukset suunnitelmiin ja kuvista tehtiin tulostustiedostot PDF-muotoon. Kuvat tulostettiin ja niiden ulkoasun varmistettiin olevan halutun mukainen, minkä jälkeen suunnitelmat olivat valmiita lähetettäväksi eteenpäin. Myöhemmin piirrettävät muutos- ja loppukuvat tehdään tämän opinnäytetyön ulkopuolella työn rajauksen ja aikataulullisten syiden vuoksi.



### **3.1 Piirustukset**

Piirustukset-kohtaan on kerätty sähkökuvat, jotka on piirretty mittakaavassa, ja niiden pohjana toimii arkkitehdin piirtämät pohjakuvat. Kuvista selviää suunnittelujen sähköpisteiden sijainti ja niiden kaapelointi.

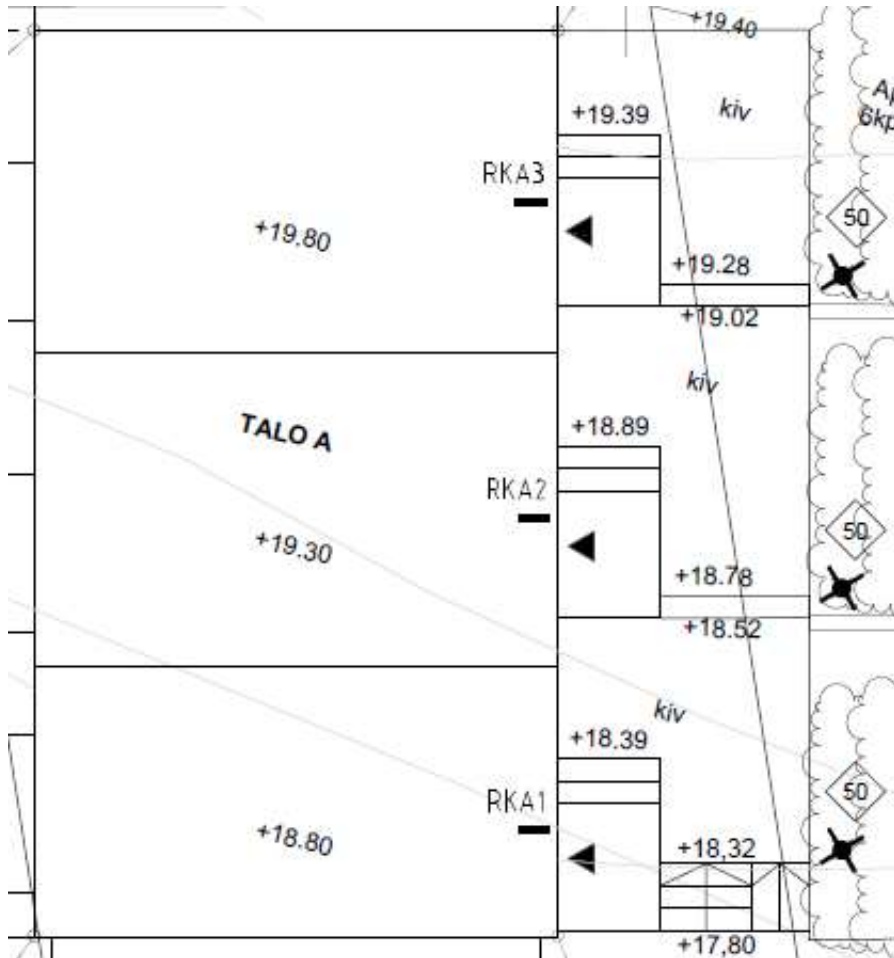
#### **3.1.1 Aluekaapelointi ja -valaistus**

Kuvien piirtäminen aloitettiin aluekaapeloinnin ja -valaistuksen suunnittelulla arkkitehdin piirtämään asemapiirroksen. Aluekaapelointi ja -valaistuskuvasta selviää kaikki rakennusten ulkopuoliset komponentit, maakaapelointi sekä keskusten sijainti. Asemapiirros on tavallisesti mittakaavassa 1:200, 1:500 tai joissain suurissa kohteissa jopa 1:1000. Kyseinen asemakuva oli mittakaavassa 1:200. Koska aluekaapelointi ja -valaistuspiirroksessa ei tarvitse kuvata rakennusten ulkopuolisia alueita yhtä laajasti kuin alkuperäisessä arkkitehdin piirtämässä asemakuvassa, voitiin kuva suurentaa ja mittakaavaa muuttaa 1:100:aan. Tämä selkeyttää aluekaapeloinnin hahmottamista kyseisestä piirustuksesta.

Jotta piirtäminen päästiin aloittamaan, perustettiin uusi projekti ja luotiin ensimmäinen tyhjä kuva. Kuva nimettiin yrityksen nimeämiskäytännön mukaan: S0101 - ALUEKAAPELOINTI JA -VALAISTUS. Kuvaan linkitettiin arkkitehdin piirtämä asemakuva xref-tiedostoksi. Xref-linkitys mahdollistaa sen, että alkuperäisen tiedoston muokkauksen yhteydessä tehdyt muutokset tulevat näkyviin myös kaikissa muissa kuvissa, joihin alkuperäinen DWG-kuva on linkitetty xref-tiedostoksi.

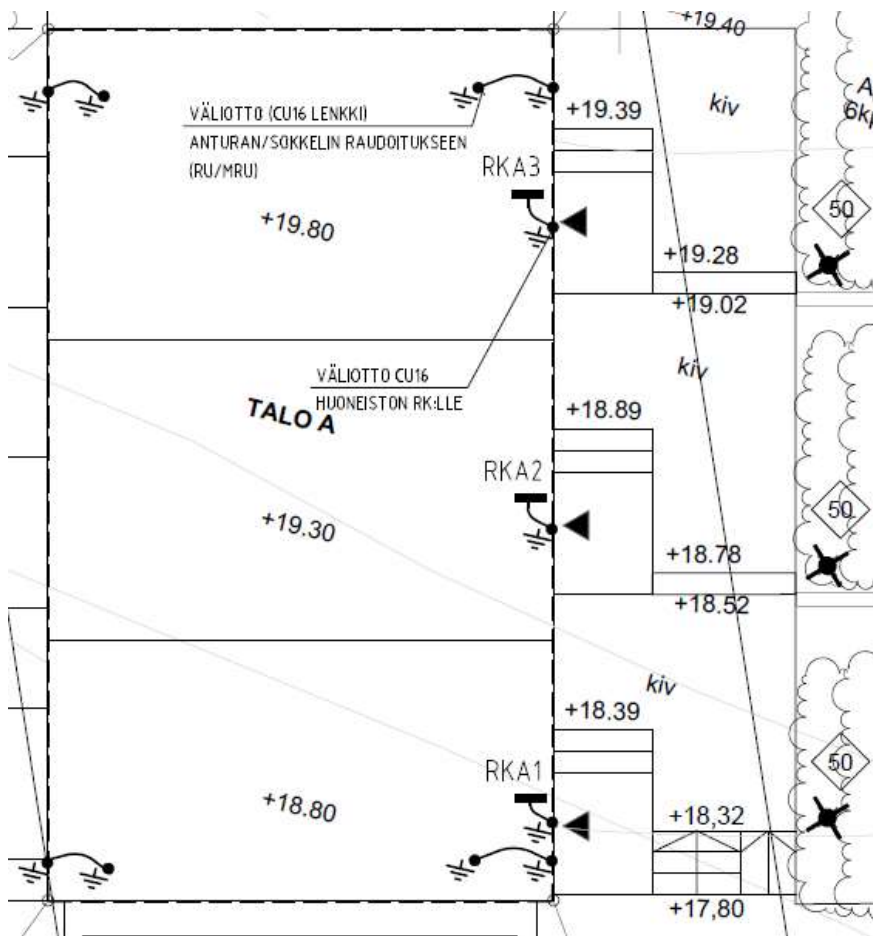
Aluekaapelointi ja -valaistussuunnittelu aloitettiin piirtämällä asuntojen ryhmäkeskukset paikoilleen ja nimeämällä ne. Myös pääkeskus, monimittarikeskus ja väestönsuojan jakokeskus piirrettiin paikoilleen. Kyseiset keskukset sijoitettiin piharakennukseen nro 2. Sähkökeskukset pyritään sijoittamaan kaapeloinnin kannalta keskeiselle paikalle, koska keskuksen sijainnilla voidaan vaikuttaa merkittävästi kaapelireitteihin ja kaapelointipituuksiin. Keskusten löydettyä paikansa lisättiin kuvaan pihavalistus, joka toteutetaan pihavalopylväillä. Pihava-

laistuksen suunnittelussa on tärkeä huomioida alueen käyttötarkoitus, jotta keskeisimmät kulkureitit saadaan valaistua. Tavoitteena on saada miellyttävä ja tasainen valaistus piha-alueelle, mikä mahdollistaa alueella liikkumisen myös pimeään aikaan. Aluevalaistuksen suunnittelu toteutettiin yhteistyössä arkkitehdin kanssa (kuva 4).



KUVA 4. Ryhmäkeskusten ja pihavalojen sijoittelu, Talo A

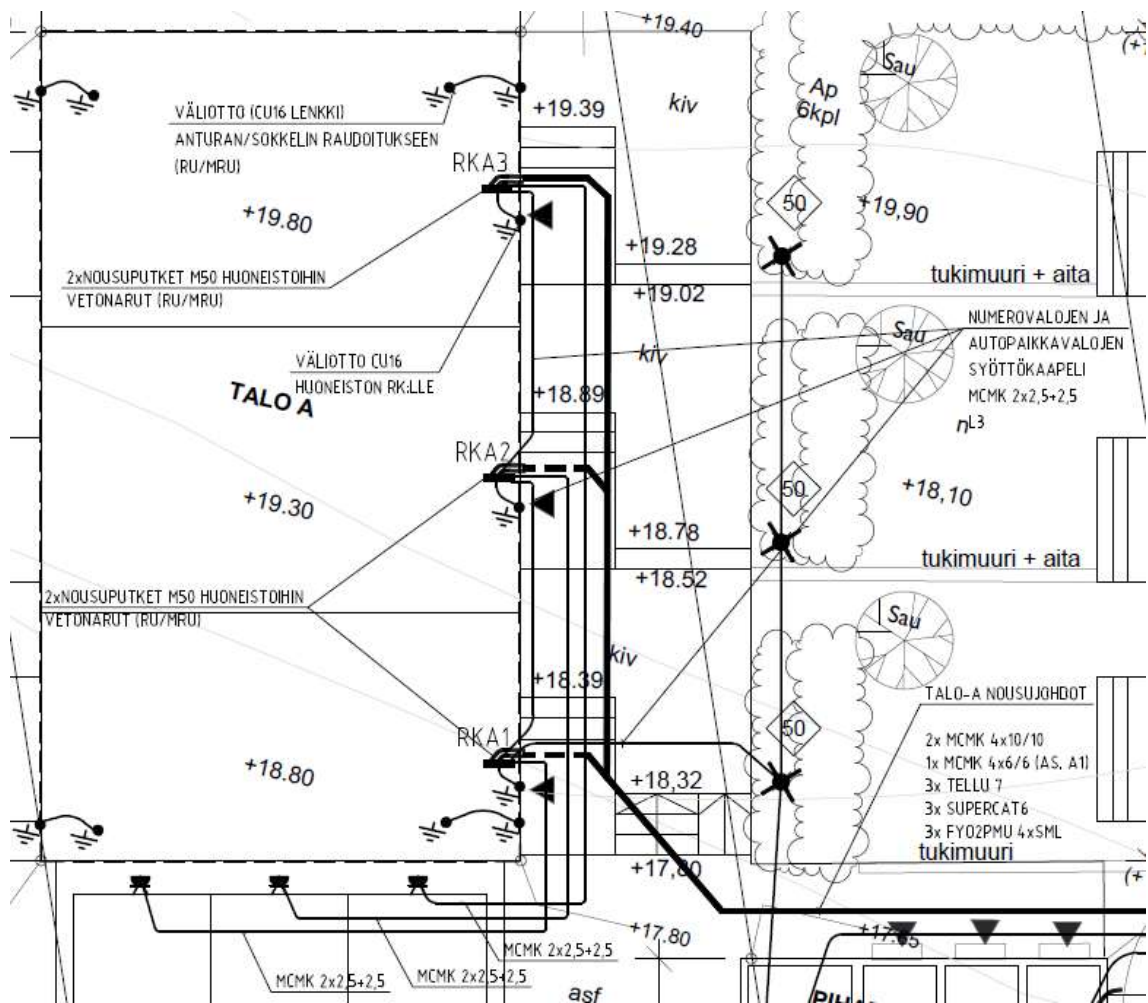
Seuraavaksi kuvaan lisättiin maadoituselektrodit, jotka sijoitetaan maahan rakennusten perustuksien alle. Kuvaan merkattiin myös tarvittavat väliotot perustuksen raudoitukseen sekä keskuksille (kuva 5).



KUVA 5. Maadoitus, Talo A

Viimeisenä aluekaapelointi ja -valaistuspiirrokseen lisättiin keskuksien nousujohtot, sokkelien alitusputket ja pihavalaistuksen kaapelointi. Nousujohtot piirrettiin kaapelipaketteina, jotta kuva pysyisi paremmin luettavana eikä puuroutuisi liiasta kaapelien/viivojen määrästä.

Tavoitteena oli tehdä sähkösuunnitelmista mahdollisimman kustannustehokkaita, joten asuntojen numerovalot ja autopaikkojen lämmityspistorasiat haaroitettiin pihavalaistuksen kanssa samasta ryhmästä, jotta kaapelointikustannuksissa säästettäisiin. Autokatosten lämmityspistorasiat ja niiden kaapelointi kuvattiin myös piirrokseen, jotta asennusvaiheessa huomioitaisiin niiden toteutuksen olevan maakaapeleilla (kuva 6). Lopullinen aluekaapelointi ja -valaistuskuvana on liitteenä 5.

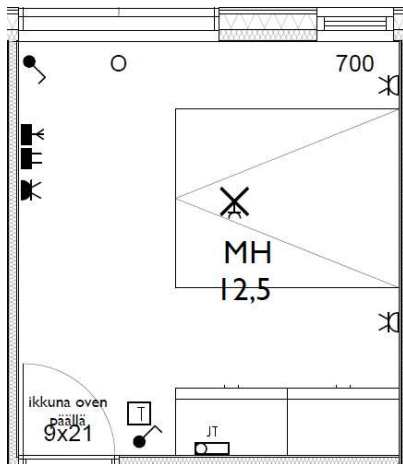


KUVA 6. Valmis aluekaapelointi ja -valaistus, Talo A

### 3.1.2 Tasopiirustukset

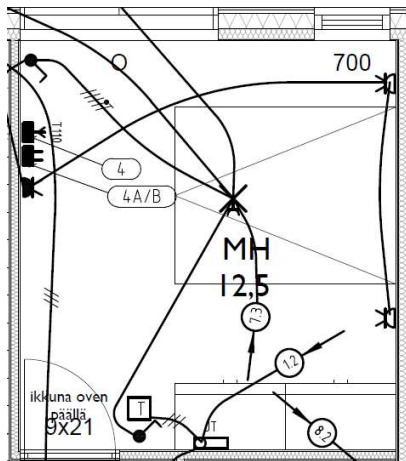
Tasopiirustuksissa kuvataan rakennusten sisäpuoliset johtotiet, sähköpisteet ja niiden johdotus. Tasopiirustuksissa esitetään myös tele- ja turvajärjestelmien pisteet ja laitteet sekä järjestelmätunnus, mutta niiden johdotus esitetään yleensä erillisissä jokaista järjestelmää erikseen koskevassa kuvassa, jotta yksittäiset piirustukset pysyisivät paremmin luettavina. Tasokuviin merkitään laitteiden asennusta koskevat tiedot mm. asennustapa ja -korkeus, ryhmää syöttävä keskus ja valaisimien sekä lämmittimien positionumerot. Myös piirrosmerkien selitykset lisätään kuvan reunaan. Tasokuvat on syytä piirtää selkeiksi ja ymmärrettäväksi, että asennusvaihe sujuisi kuvien osalta jouhevasti ja turhilta

epäselvyyksiltä välttyttäisiin. Sähkötasojen piirtäminen aloitettiin asunnon A1 sähköpisteiden sijoittelulla (kuva 7).



*KUVA 7. Makuuhuoneen sähköpisteiden sijoittelu, asunto A1*

Kun asuntojen molempien kerroksien sähköpisteet oli sijoitettu paikoilleen, piirrettiin kuvaan johdotus. Sähkötasojen suunnittelussakin noudatettiin tilaajan toiveita pitää järjestelmä yksinkertaisena ja kustannustehokkaana, mutta toimivana (kuva 8).

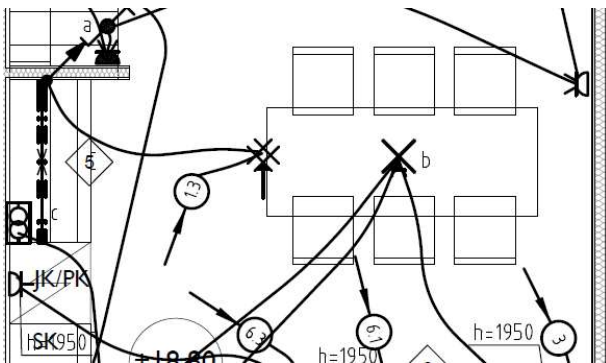


*KUVA 8. Makuuhuoneen sähköpisteet johdotettuna, asunto A1*

Pistorasioiden, kytkimien ja valaisimien lisäksi sähkötasokuviin on piirretty tele- ja turvajärjestelmäpisteiden sijainti, jotta mahdollisessa putkitus/kojerasioiden asennusvaiheessa ei eri järjestelmille tarvittavat kojerasiat jää asentamatta.

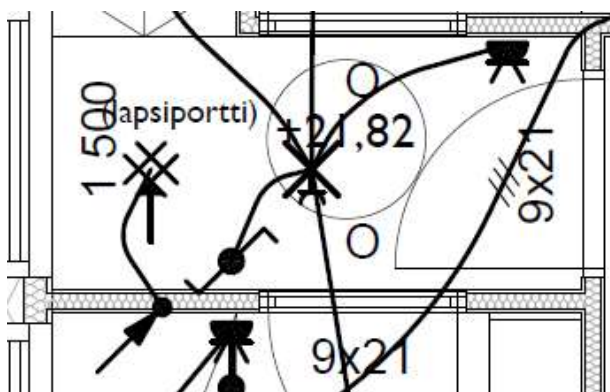
Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta velvoittaa, että kaikki 1.2.2009 jälkeen rakennettavien uudisasuntojen palovaroittimien on toimittava verkkovirralla (1, s. 34). Sisäasiainministeriön asetuksen mukaan vuoden 2010 alusta tuli voimaan määräys, jonka mukaan asunnon jokaisen kerroksen alkavaa 60:tä huoneneeliötä kohden on oltava vähintään yksi palovaroitin (2, 3. §).

Edellä mainitun määräyksen mukaan on jokaisen asunnon molempiin kerroksiin piirretty verkkovirralla toimiva palovaroitin. Sähkönsyöttö tuodaan alakerran palovaroittimelle, joka sijaitsee ruokailutilassa. Palovaroittimet saavat käyttöjännitteensä asunnon ryhmäkeskuksen ryhmältä 1.3 (kuva 9).



KUVA 9. Alakerran palovaroitin, asunto A1

Alakerran palovaroittimelta sähkönsyöttö jatketään eteenpäin yläkerran palovaroittimelle. Yläkerrassa palovaroitin on sijoitettu aulatilaan keskelle asuntoa (kuva 10).



KUVA 10. Yläkerran palovaroitin, asunto A1

## **3.2 Kaaviot**

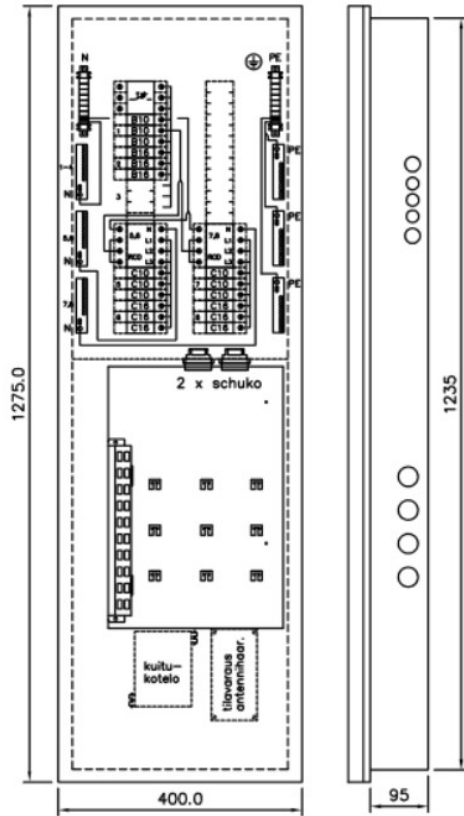
Kaaviossa kuvataan järjestelmän komponenttien keskinäiset yhteydet piirrosmerkein. Kaaviot ovat havainnollistavia kuvia, jotka antavat lisätietoa esimerkiksi käytettävistä laitteista ja kaapeleista. Kaaviot eroavat taso- ja aluepiirustuksista myös sillä, että ne piirretään todella harvoin todelliseen mittakaavaan.

### **3.2.1 Keskusten pääkaaviot**

Keskuksien pääkaavion tarkoitus on esittää keskuksen tekniset tiedot, rakenne, komponentit kuten sulakkeet, kuormakytkimet, vikavirtasuojat ja sähkömittarit. Pääkaaviosta selviää myös sähköryhmien numerointi, kuvaus sekä syöttävän kaapelin tyyppi ja poikkipinta-ala. Suunnitteluvaiheessa on tärkeää mitoitaa käytettävät kaapelit ja suojalaitteet oikein, jotta laitteisto on selektiivinen ja verkon suojaus toteutuu vaatimusten mukaan riittävän nopeasti. Myös laajennusvaraa on hyvä jättää keskukseseen tulevia muutos- ja lisäyksiä varten.

### **Ryhmäkeskukset**

Ensimmäisenä otettiin käsittelyyn asuntojen ryhmäkeskusten pääkaaviot. Asuntoihin valittiin kaksiosainen keskus, jonka alaosa on varattu IT-laitteiden käyttöön. Näin saatiin kaikki huoneistojen sähkötekniiset järjestelmät sijoitettua samaan keskuskoteloon, eikä antenni- ja yleiskaapelointijärjestelmille tarvita omaa koteloa. Kaikissa asunnoissa voitiin käyttää samanlaista ryhmäkeskusta (kuva 11).



KUVA 11. Asuntojen ryhmäkeskusten naamakuva

Koska ryhmäkeskus oli valmiista mallistosta, välttyttiin komponenttien piirtämiseltä pääkaavioon. Valmiiseen pääkaavioon lisättiin vain ryhmännumeroa vastaavan lähdön kuvaus sekä kaapelityyppi (kuva 12). Myös kellokytkin lisättiin autolämmityspistorasioiden ryhmään, jotta autolämmityspistorasioita voidaan ohjata ja ajastaa asunnon sisältä.

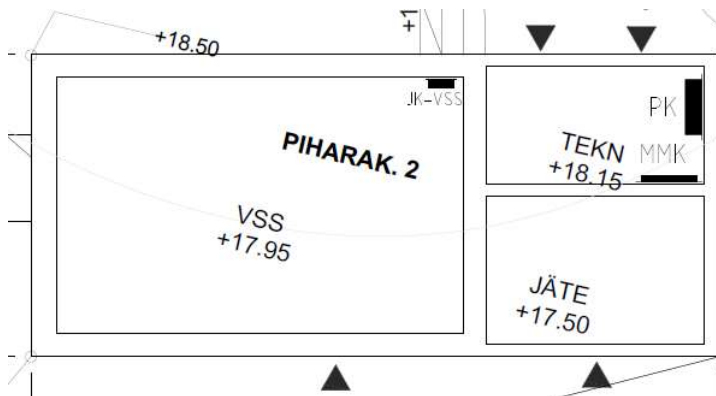


KUVA 12. RKA1:n pääkaavio



## Monimittarikeskus

Monimittarikeskus sisältää kaikkien viidentoista asunnon sähkömittarit, joiden avulla asuntojen yksilöllistä sähkönkulutusta voidaan tarkkailla. Monimittarikeskus saa syöttönsä pääkeskukselta. Pääkeskukselta tuleva syöttö jaetaan asunnoille meneviin lähtöihin ja jokainen lähtö varustetaan omalla sähkömittarilla. Monimittarikeskus sijaitsee pääkeskuksen tavoin piharakennuksen teknisessä tilassa, josta asuntojen syöttökaapelit lähtevät asuntoihin maakaapeleilla (kuva 13).



KUVA 13. PK:n, MMK:n ja JK-VSS:n sijoitus

Asuntojen ryhmäkeskusten ollessa nimellisvirraltaan samankokoisia voitiin kaikki lähdöt piirtää samanlaisiksi. Ainoastaan syöttökaapelin poikkipinta-ala vaihtelee. Jokaisen asunnon lähdössä on sähkömittari ja lähtöä suojaava 3x25 A:n sulake (kuva 14).

	Nro	Kaavio	Kuvausteksti	Sulake A/A	Virta A	Teho kW	Kaapeli
	0		PÄÄKYTKIN 125A, PÄÄJOUHTO PÄÄKESKUKSELTA PK				AMCMK 4x70/21
	1		NOUSUJUHTO RKA1 A1 SÄHKÖNMITTAUS	25/25			MCMK 4x6+6
	2		NOUSUJUHTO RKA2 A2 SÄHKÖNMITTAUS	25/25			MCMK 4x10+10
	3		NOUSUJUHTO RKA3 A3 SÄHKÖNMITTAUS	25/25			MCMK 4x10+10
	4		NOUSUJUHTO RKB1 B1 SÄHKÖNMITTAUS	25/25			MCMK 4x6+6

KUVA 14. MMK:n pääkaavio

## Pääkeskus

Pääkeskus on nimensäkin mukaan kiinteistön suurin keskus ja sijaitsee yleensä omissa sähkötilassa, tai sitten se sijoitetaan tekniseen tilaan muun tekniikan kanssa. Myös kyseisen kohteen pääkeskuksen sijoitettiin tekniseen tilaan.

Pääkeskukseen kytketään kiinteistön rajalla olevasta sähköliittymän jakokaapista vedettävä liittymisjohto. Pääkeskuksessa sijaitsee pääsulakkeet, jonka koon perusteella myös liittymän koko ja sen seurauksena hankintahinta määräytyy. Pääsulakkeet mitoitetaan kiinteistön huipputehon perusteella. Koska kyseessä on 15 asunnosta koostuva alle 2500 neliön kerrosalainen asuinrakennus, käytettiin huipputehon määrittämisessä kaavaa 1 (3, s. 4).

$$P_h = B_x + 24A/1000 \quad \text{KAAVA 1}$$

$$P_h = \text{Huipputeho (kW)}$$

$$B_x = 50,31 \text{ (kW)}$$

$$A = \text{Kerrosala (m}^2\text{)}$$

Huipputeho muutettiin virraksi kaavalla 2. Tulokseksi saatiin 121 ampeeria, minkä perusteella valitaan 125 A:n pääsulakkeet. Lähtötiedot syötettiin Excel-pohjaan, jossa kaavat olivat valmiina. Valmis laskentataulukko nopeuttaa suunnittelijan töitä, kun huipputehon määrittämistä ja pääsulakkeiden kokoa ei tarvitse joka kerta käsin laskea (kuva 15).

$$I = P_h/U \quad \text{KAAVA 2}$$

$$I = \text{Virta (A)}$$

$$U = \text{Jännite (U)}$$

SAUNALLINEN							
A=	1397,5 m2	Ph=	83,85 kW	Bx=B14/2500*B		121,0 A	
B=	90 kW						
Bx=	50,31 kW						

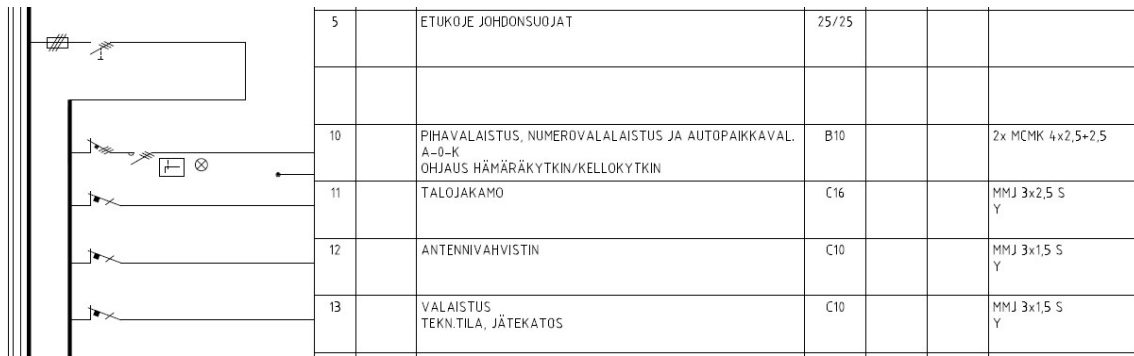
KUVA 15. Huipputehon laskenta, Excel

Keskuksen nimellisvirran selvittämisen jälkeen voitiin keskuksen pääkaavio piirtää loppuun asti (kuva 16). Pääkaavioon piirrettiin pääkeskuksesta lähtevät pääjohdot monimittarikeskukselle ja väestösuojan keskukselle. Myös keskukselta suoraan lähtevät ryhmäjohdot lisättiin kuvaan. Suoraan keskukselta lähtevien ryhmien sähkönkulutus on ns. kiinteistösähköä, jonka maksaa taloyhtiö ja se sisältyy asukkaiden yhtiövastikkeeseen. Tällaisia ryhmiä/kojeita ovat mm. piharakennusten ja -alueiden valaistus, piharakennusten pistorasiat, kaukolämmön lämmönsiirrin, talojakamon kojeet ja antennivahvistin.

Nro	Kaavio	Kuvausteksti	Sulake A/A	Virta A	Teho kW	Kaapeli
		PÄÄMAADOITUSKISKO MEB				MK 50
		PE-N EROTUSKOHTA				
		PÄÄKYTKIN 125A, PÄÄVAROKE, TALOJOHTO	100/125			AXMK 4x70 S
01		KL-MITTAUS	10/25			MMJ 3X1,5 S
02		PÄÄJOHTO MITTAUSKESKUS MMK1	80/125			AMCMK 4x70/21 Y
03		ETUKOJE PK1.01 (KIINTEISTÖ) MITTAUS (TILAVARAUS VM 100/5/2 LK0,2 S) PULSSILUENTA VARAUS	63/125 (10/25)			
		SYÖTTÖ KIINTEISTÖN KESKUSOSA				

KUVA 16. PK:n pääkaavio

Pääkeskuksen rakenne eroaa aikaisemmin esitellyistä keskuksista mm. siten, että johdonsuojakatkaisijat on suojattu etukojeella (kuva 17). Etukojeella voidaan rajoittaa sen perässä olevien sulakkeiden/johdonsuojakatkaisijoiden dynaamista oikosulkuvirtaa (4, s.16). Kun suojiin kohdistuvaa oikosulkuvirtaa rajoitetaan etukojeella, laskee samalla suojiin kohdistuvaa oikosulkukatkaisukykyvaatimus. Pienemmällä katkaisukykyvirralla varustettujen suojiin rakenne on kevyempi, ja näin ollen ne ovat myös edullisempia. Markkinoilla olevia johdonsuojakatkaisijoita on saatavilla ainakin 6 kA:n, 10 kA:n, 15 kA:n ja 20 kA:n katkaisukyvyllä varustettuna, hieman vaihdellen valmistajan mukaan.



KUVA 17. Etukoje 25A, johdonsuojakatkaisijat

Toinen etukojeella saatava hyöty on keskuksen parempi selektiivisyys. Selektiivisyydellä pyritään rajaamaan vikatilanteessa aiheutuvat sähköverkon häiriöt mahdollisimman pieniksi. Etukojeella varmistetaan, että vian tai suuren kuormitushuipun sattuessa ennen pääsulakkeita laukeaa selektiivisyyden mukaan pienemmät suojat. Näin koko kiinteistön sähköverkko ei kaadu paikallisen ylikuormitus- tai vikatilanteen sattuessa. Selektiivisyyttä voi tarkastella valmistajien tekemistä valmiista taulukoista ja kaavioista, joista selviää selektiivisyyden toteutuminen käytettävillä suojilla.

### Jakokeskus VVS

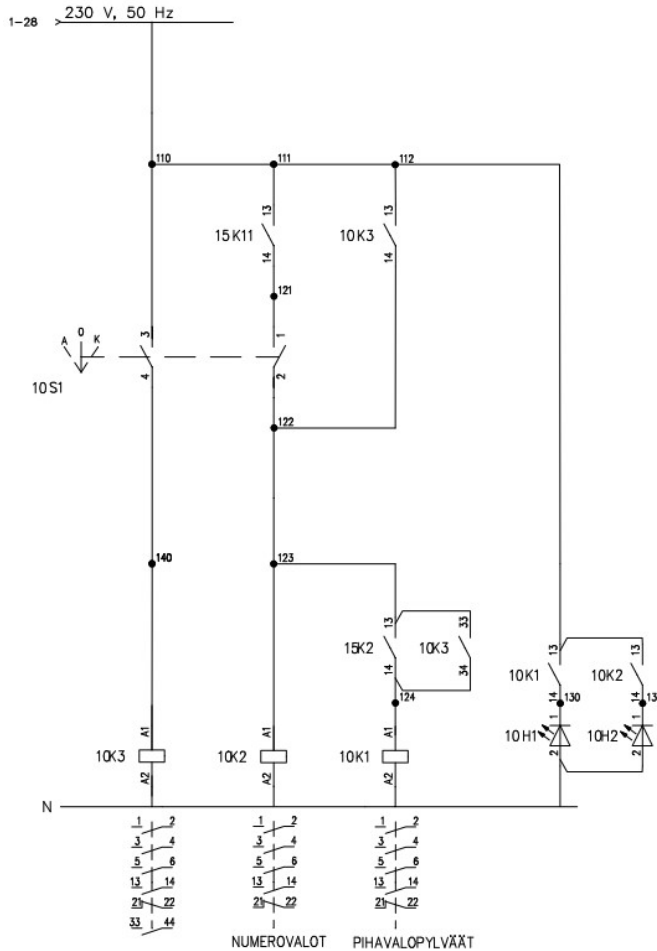
Väestönsuojan sähköistys tehtiin ST-kortin 51.30 mukaan. Sisäasianministeriön asetukseen 506/2011 mukaan väestönsuoja on varustettava omalla verkkoon liitettävällä ryhmäkeskuksella (5, s. 2). Ryhmäkeskukseen liitettiin väestönsuojan valaistus, pistorasiat, ilmanvaihtolaite, lämmitysjärjestelmän jakotukki ja jätettiin tilavaraus varavoiman liitännälle.

#### 3.2.2 Ohjauspiirikaavio

Ohjauspiirikaaviossa esitetään sähköpiiriin kuuluvat komponentit ja niiden väliset kytkennät sekä riviliittimet. Yleensä pyritään siihen, että jokaisen ryhmän tai kojeen ohjaus näkyy yhdellä piirustuslehdellä.

Kiinteistön osalta ohjauspiirikaavio tarvittiin vain pääkeskukselta lähtevien ulkovalojen ohjauksesta. Pihavalopylväät ja asuntojen numerovalot kuuluvat samaan ryhmään. Ohjauspiirikaavio piirrettiin siten, että numerovalot ovat aina

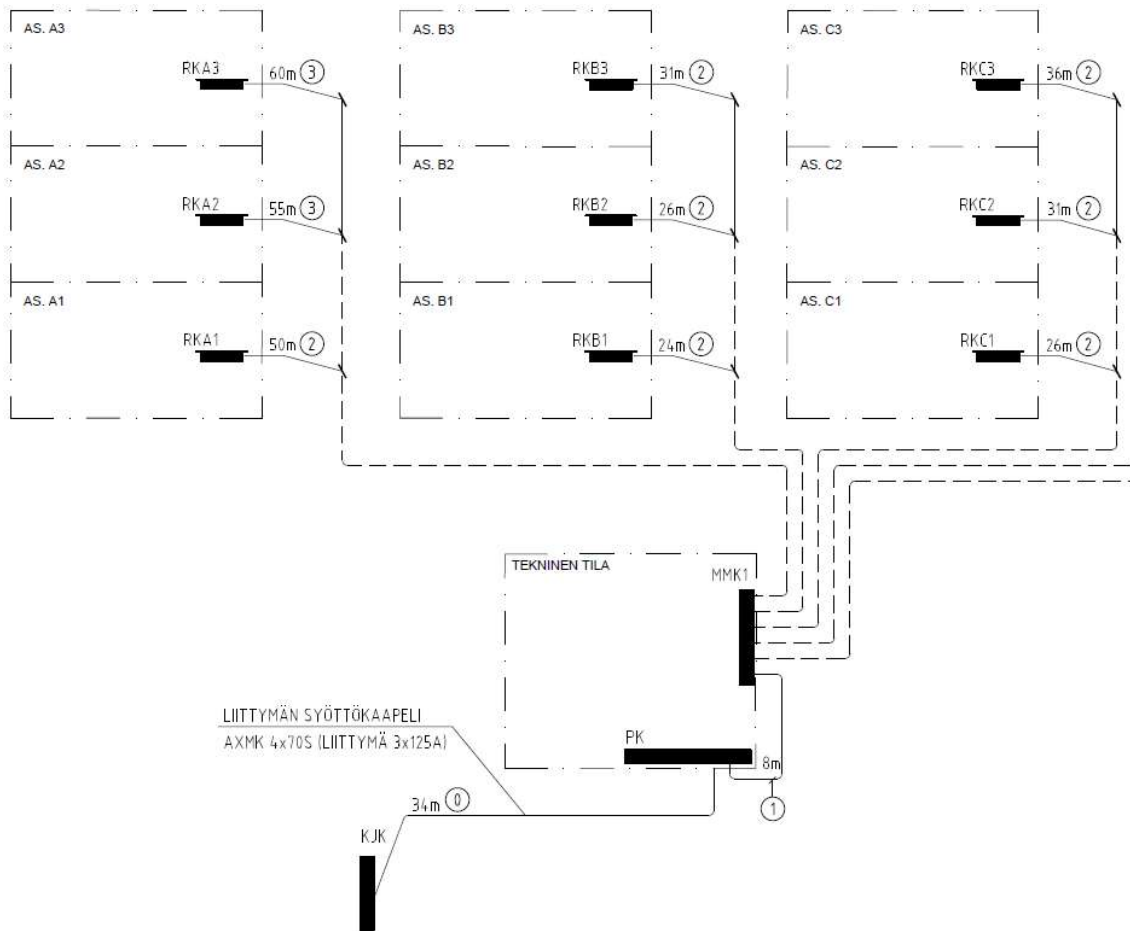
päällä hämärällä ja pihavalopylväät ovat lisäksi ohjelmoitavana sammumaan yöllä kellon avulla. Kuvassa 18 on osa ohjauspiirikaavion pihavalaistuksen ohjauksesta. Ohjauspiirikaavio löytyy kokonaisuudessaan liitteestä 17.



KUVA 18. Pihavalaistuksen ja numerovalojen ohjaus

### 3.2.3 Nousujohtokaavio

Nousujohtokaavio on periaatekuva sähkönjakelujärjestelmästä. Muiden kaavioiden tapaan myös nousujohtokaavio on periaatekuva, eikä sitä piirretä mittakaavassa. Nousujohtokaaviosta selviää jakokeskusten sijainti, niiden väliset kaapeloinnit, kaapelityypit ja sähkönjakeluverkon liittymispiste. Nousujohdot muodostavat merkittävän osan sähköurakan kustannuksista, joten niiden pituus on hyvä merkitä urakkalaskentaa varten nousujohtokaavioon. Kaapelipituudet ovat hyödyksi myös verkon mitoitusvaiheessa (Kuva 19).



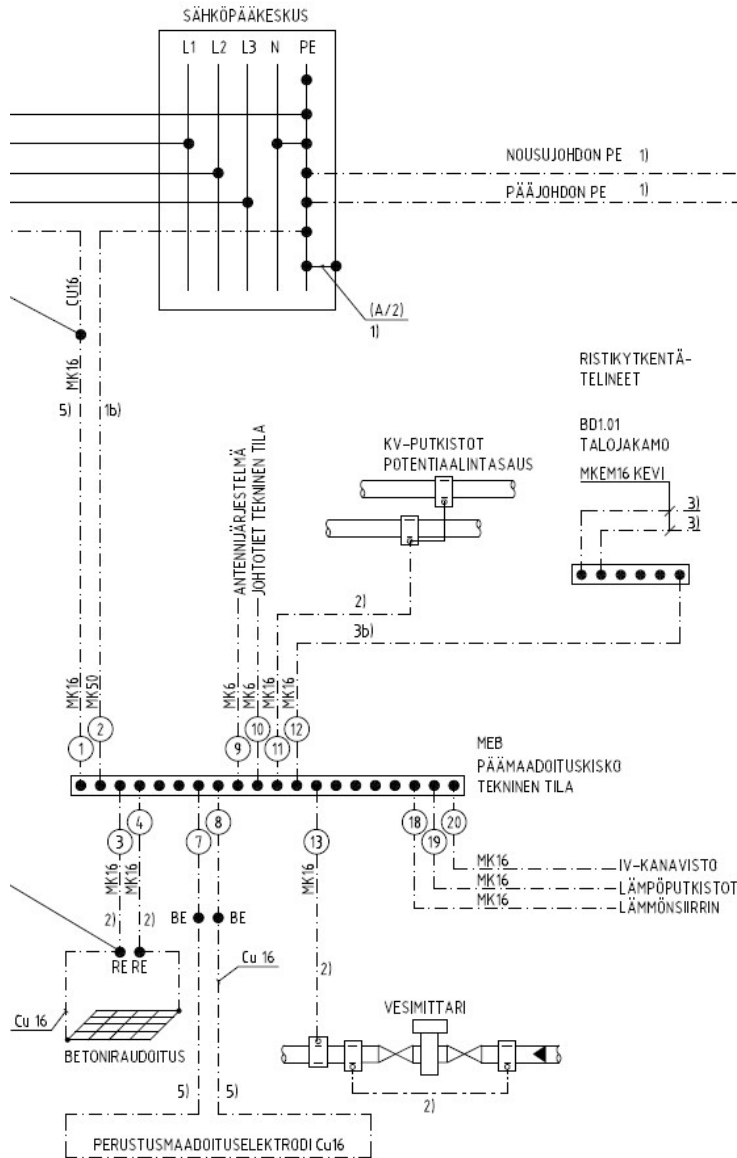
KUVA 19. Nousujohtokaavio

### 3.2.4 Maadoituskaavio

Maadoituskaaviossa esitetään rakennuksen maadoitusverkon rakenne. Siitä selviää maadoituskiskot, maadoitus- ja potentiaalintasausjohtimet sekä niiden poikkipinta-alat. Kaavioon on kuvattu myös maadoitettavat kohteet, kuten vesi- ja ilmastointiputket, betoniraudoitus, kaapelihyllyt ja johtokourut.

Kohteen maadoitussuunnitelma ja -kaavio on tehty ST-kortin 53.21 mukaan, jonka tarkoitus on selkeyttää sähköasennuksia koskevan SFS 6000 -standardin maadoitukselle ja potentiaalintasaukselle asettamia vaatimuksia. Jokaiselle rakennukselle tehtiin omat perustusmaadoituselektrodit. Myös perustusten betoniraudoitus merkattiin maadoitettavaksi. Muita maadoitettavia kohteita olivat talo-

jakamo, kaukolämpö- ja vesiputkistot, iv-kanavat, antennijärjestelmä sekä jakokeskukset ja niiden yhteydessä olevat IT-tilat. Kuvassa 20 näkyy maadoituskaaviosta leikattu kuva päämaadoituskiskosta ja siihen liitetyistä kaapeleista.



KUVA 20. Maadoituskaavion rakenne, päämaadoituskisko

### 3.2.5 Tele- ja turvajärjestelmät

Jokainen tele- ja turvajärjestelmä esitetään omassa piirustuksessaan. Järjestelmien kuvat voivat olla rakennuksen pohjakuvaan sijoitettuna ja mittakaavaan

piirrettynä kuten sähkötasokuvat. Silloin mittakaava pyritään valitsemaan niin, että koko järjestelmä saadaan kuvattua yhdelle paperille.

Toinen yleinen tapa järjestelmien esitykselle on nousujohtokuvan tyylinen kaavio, josta selviää järjestelmän pisteiden suuntaa antava sijainti sekä käytettävät komponentit ja kaapelit. Tässä työssä järjestelmät kuvataan kaavion muodossa.

Yleisimpiä kiinteistöjen tele- ja turvajärjestelmiä ovat mm.

- ajannäyttöjärjestelmä
- antennijärjestelmä
- kameravalvontajärjestelmä
- kulunvalvontajärjestelmä
- ovipuhelinjärjestelmä
- paloilmoitinjärjestelmä
- savunhallintajärjestelmä
- yleiskaapelointijärjestelmä
- äänentoisto- ja kuulutusjärjestelmä.

Asuinrakinteistöissä tele- ja turvajärjestelmät rajoittuvat tavallisesti antenni- ja yleiskaapelointijärjestelmiin, niin myös tässä kohteessa.

### **Antennijärjestelmä**

Käytetty antennijärjestelmä kohteessa on tähti 1000, ja se toteutettiin ST-käsikirjan 12 mukaan. Tähti 1000:ssa passiivinen jakoverkko mitoitetaan 5 - 1000 MHz:n taajuusalueelle ja kaapeleiden vaimennukset lasketaan tämän alueen mukaan. Passiivisen jakoverkon vaimennus muodostuu käytettävistä kaapeleista ja rasioista. Kaapeleiden vaimennus on riippuvainen käytettävästä taajuudesta, kun taas rasioiden vaimennus on taajuudesta lähes riippumaton. (6, s. 128.)

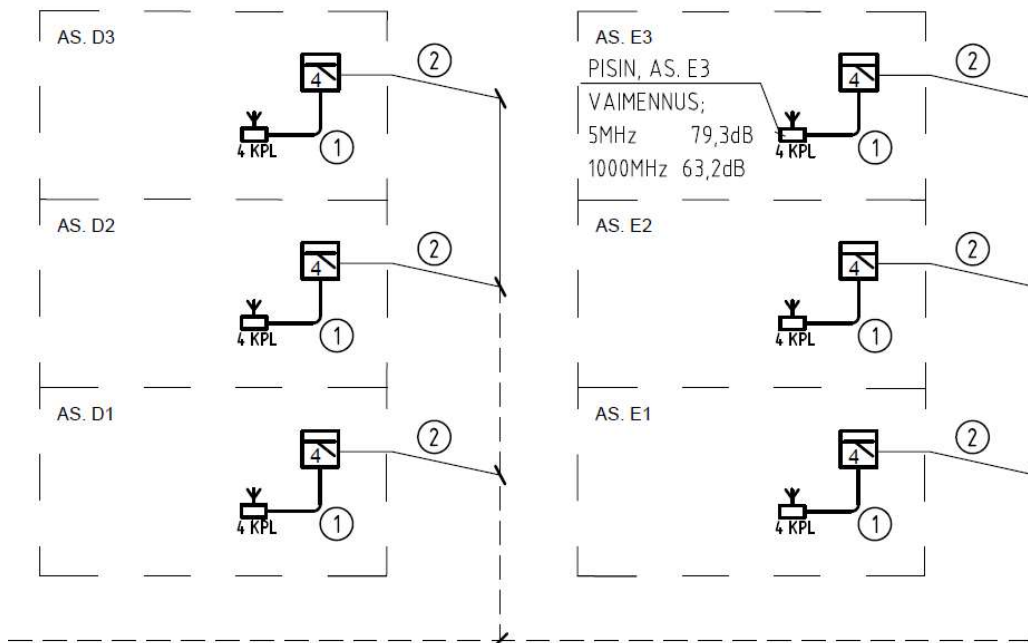
Teleoperaattorin liittymiskaapeli tuodaan ja kytketään teknisessä tilassa sijaitsevaan talojakamokaappiin. Talojakamon jälkeen on antennijärjestelmän päävahvistin, jolla säädetään signaalin taso halutuksi. Vahvistettu signaali jaetaan jaotimilla 16 osaan, joista 15 menee asuinhuoneistolle ja yksi väestönsuojaan.



Koska jokaisessa asunnossa on neljä antennipistettä, haaroitetaan jaettu signaali asuntojen ryhmäkeskuksien IT-tilassa neljään osaan. Teknisen tilan jaottimelta asuntojen haaroittimille kaapelina käytetään tellu 7:ää. Haaroittimien jälkeen asuntojen sisäpuolinen johdotus toteutetaan tellu 13 -kaapeleilla.

Jotta antennijärjestelmä on määräysten mukainen, täytyy antennirasioiden vaimennus laskea. Laskenta tapahtuu vähentämällä vahvistimen lähtötasosta tarkasteltavana olevan pisteen kaikkien kaapelien ja rasioiden vaimennukset. Vahvistimen lähtötason oletetaan olevan 105 dB $\mu$ V ja rasioiden hyväksyty signaalitaso 47 - 1000 MHz:n taajuusalueella on 60 - 80 dB $\mu$ V. Jos signaalitaso ei ole määräysten mukainen, voidaan siihen vaikuttaa säätämällä vahvistimen lähtötasoa, muuttamalla verkon rakennetta tai vaihtamalla käytettyjen kaapelien tyyppiä. (6, s.129.)

Kohteen antennijärjestelmän signaalitaso laskettiin syöttämällä käytettävät rasiat ja kaapelit laskentataulukkoon, josta tarkasteltiin signaalitason määräysten mukaisuutta. Antenniverkko todettiin määräysten mukaiseksi ja pienimmän sekä suurimman vaimennuksen omaavan pisteen signaalitaso merkattiin antennijärjestelmäkaavioon (kuva 21).

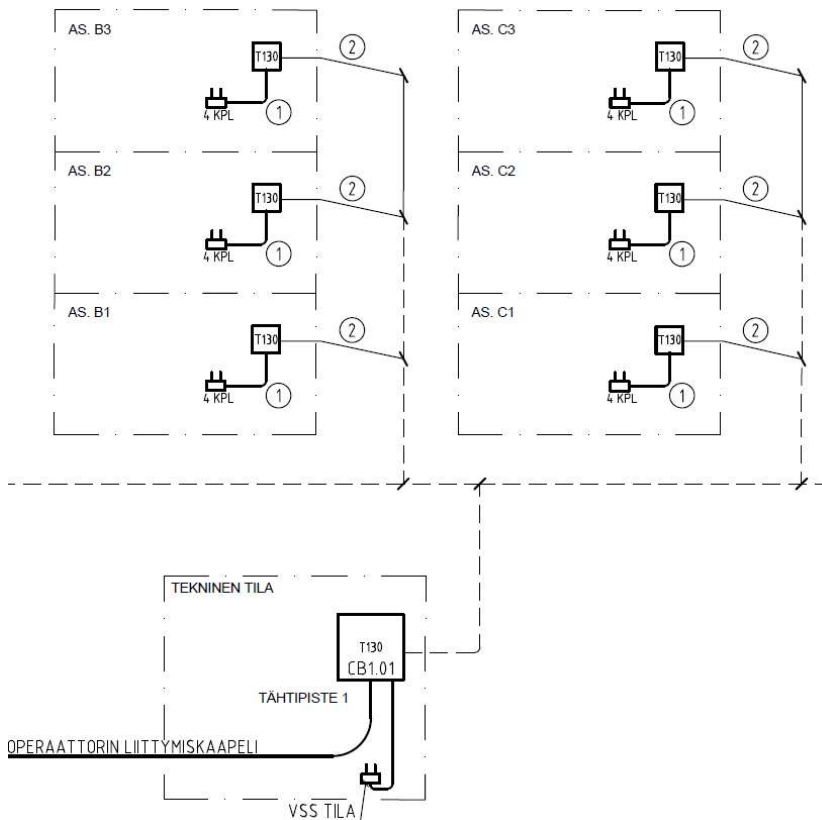


KUVA 21. Kauimmaisen pisteen signaalitason merkintä antennikaavioon

## Yleiskaapelointijärjestelmä

Yleiskaapelointijärjestelmän toteutus on samankaltainen kuin antenniverkon. Nousukaapelit teknisen tilan talojakamosta asuntojen kotijakamoille toteutetaan FY02PMU FTTH 4xSML -yksimuotokuidulla sekä Supercat 6 U/UTP 4p -parikerrotyllä kaapelilla. Jokaisessa asunnossa on neljä ATK-pistettä. Pisteiden ja kotijakamoiden välinen kaapelointi tehdään CAT 6 -kaapelilla.

Koska yleiskaapelointi- ja antennikaavio ovat hyvin samankaltaisia, voitiin jo valmiiksi piirrettyä antennikaaviota käyttää yleiskaapelointikaavion pohjana. Kaavioista selviää käytettävät kaapelityypit, rasioiden ja jakamoiden lukumäärät sekä niiden huonekohtaiset sijainnit (kuva 22). Sähkötasopiirustuksissa esitetään yleiskaapelointi- ja antennijärjestelmän komponenttien tarkempi sijainti, mutta niiden kaapelointi on jätetty piirustusten selkeyttämisen vuoksi tasokuvista pois. Sähkötieto ry:n julkaisemasta ST-käsikirja 16:sta (yleiskaapelointijärjestelmät) löytyy kattavasti ja yksityiskohtaisesti tietoa mm. yleiskaapeloinnin standardeista, määräyksistä, suunnittelusta ja asennuksista.

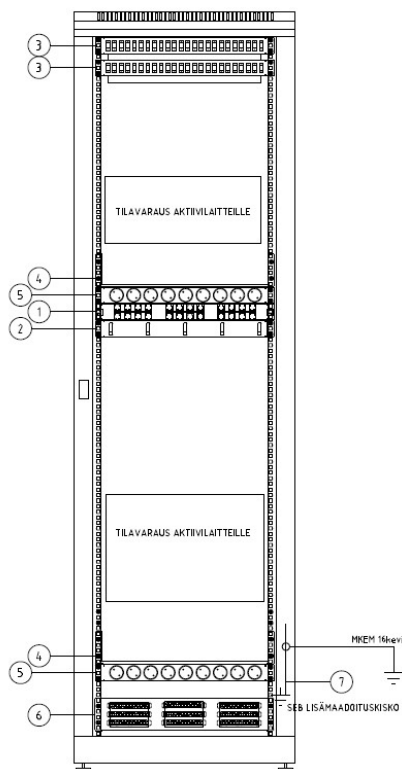


KUVA 22. Kuvankaappaus yleiskaapelointijärjestelmäkaaviosta

Yleiskaapelointikaavion lisäksi tehtiin kuva talojakamosta. Asuinkiinteistöihin on aina varattava tila talojakamolle. Talojakamo on laitetila, jossa yleinen viestintäverkko ja kiinteistön sisäverkko liitetään yhteen. Suunnitelmat tehtiin viestintäviraston määräyksen 65 B/2016M perusteella, mikä asettaa perusvaatimukset talojakamoille. (7). Kiinteistön talojakamo sijoitettiin nousu- ja pääkeskuksen kanssa samaan tekniseen tilaan.

Talojakamokaaviosta esitetään jakamon mitat, rakenne ja sen sisältö. Kaavioon voidaan antaa lisätietoja tehtävistä mittauksista, merkinnöistä tai esimerkiksi asennusjärjestelyistä. Suunniteltu talojakamo on kuvan 23 mukainen, ja se sisältää seuraavat komponentit:

- 24-linjaisen paneelirungon (1) ja ohjuripaneelin rj-45-liittimille (2)
- 2 kpl 24-linjaista duplex-valokuitupaneeleja (3)
- 2 kpl laitehyllyjä (4)
- 2 kpl 9-osaisia pistorasiapaneeleja (5)
- 150p-asennusrunko liittymiskaapelia varten (6)
- maadoituskisko (7).



KUVA 23. Talojakamon naamakuva

### 3.3 Luettelot

Sähköpiirustusten ja kaavioiden piirtämisen jälkeen tehtiin tarvittavat luettelot. Projektiin sisältyviä luetteloita ovat piirustus-, valaistus ja lämmitinluettelo.

#### 3.3.1 Piirustusluettelo

Kun suunnitelmat ovat valmiita, tehdään projektiin kuuluva piirustusluettelo liitettäväksi muiden piirustusten joukkoon. Piirustusluettelo toimii ikään kuin sisällysluettelona projektin piirustuksille ja siitä selviää lueteltuna kaikki projektiin kuuluvat dokumentoidut piirustukset. Jokaisella dokumentilla on oma numeronsa, joka määräytyy piirustuksen laatijan numerointi/nimeämiskäytännön mukaan. Luettelosta selviää piirustusnumeron lisäksi piirustuksen nimi, päivämäärä ja käytetty mittakaava. Luetteloon voi halutessaan lisätä edellisten lisäksi myös muita piirustusta koskevia olennaisia tietoja ja esimerkiksi huomautuksia koskien kyseistä piirustusta. Kuvassa 24 on yksi mahdollinen piirustusluettelon toteutustapa.

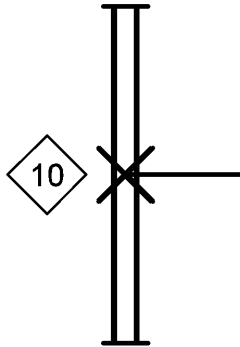
Piirustus-nro	Laadinta pvm	Rev	Muutos pvm	Piirustuksen sisältö	Mitta-kaava	Tiedosto-nimi	Jakelu			Huomautus
							RU	SU	AU	
S0002	14.12.2016			OIKOSULKULASKELMAT		S0002.pdf				
S0101	25.11.2016			ALUEKAAPELOINTI JA -VALAISTUS	1:100	S0101.dwg				
S0200	25.11.2016			NOUSUJOHTOKAAVIO		S0200.dwg				
S0300	25.11.2016			MAADOITUSKAAVIO		S0300.dwg				
S2010-1	25.11.2016			SAHKÖPISTEET TALO-A	1:50	S2010.dwg				
S2010-2	25.11.2016			SAHKÖPISTEET TALO-B	1:50	S2010.dwg				
S2010-3	25.11.2016			SAHKÖPISTEET TALO-C	1:50	S2010.dwg				
S2010-4	25.11.2016			SAHKÖPISTEET TALO-D	1:50	S2010.dwg				
S2010-5	25.11.2016			SAHKÖPISTEET TALO-E	1:50	S2010.dwg				
S2010-6	25.11.2016			SAHKÖPISTEET VSS. TEKN TILA	1:50	S2010.dwg				
S2010-7	25.11.2016			SAHKÖPISTEET PIHARAKENNUKSET	1:50	S2010.dwg				
S5000	25.11.2016			VALAISINLUETTELO		S5000.xls				
S6000	25.11.2016			PÄÄKAAVIO PK		S6000.dwg				
S6000-01	25.11.2016			OHJAUSPIIRIKAAVIO PK		S6000-01.dwg				
S6001	25.11.2016			MONIMITTARIKESKUS MMK1 PÄÄKAAVIO		S6001.dwg				
S6100	25.11.2016			RYHMÄKESKUS RKA1-3, RKB1-3, RKC1-3, RKD1-3 JA RKE 1-3		S6100.dwg				
S6400	25.11.2016			PÄÄKAAVIO VSS-TILA		S6400.dwg				
S9110	25.11.2016			ANTENNIJÄRJESTELMÄ		S9110.dwg				
S9130	25.11.2016			YLEISKAAPELOINTIJÄRJESTELMÄ		S9130.dwg				
S9130-10	25.11.2016			TALOJAKAMO CB1.01		S9130-10.dwg				

KUVA 24. Kuva projektin piirustusluettelosta

#### 3.3.2 Valaisinluettelo

Valaisinluetteloon listataan kaikki projektissa käytettävät valaisimet. Luetteloon merkitään valaisimen positio, valmistaja, tyyppi, teho, lukumäärä, valaisimeen

yhteensopiva lamppu, asennustapa, suojausluokka sekä mahdolliset huomautukset koskien valaisinta. Jokainen valaisinmalli varustetaan piirustuksissa positionumerolla, jotta suunnitelman mukainen valaisin asennettaisiin oikeaan paikkaansa. Sähkötasopiirustuksissa valaisimen viereen merkataan positionumero. Numero sijaitsee kärjellään olevan neliön sisällä (kuva 25). Sama positionumero löytyy kyseisen valaisimen kohdalta valaisinluettelosta (kuva 26).



KUVA 25. Valaisin ja positionumero

Pos. nro	Valmistaja	Valaisintyyppi	Lamppu	Teho/W	Asennustapa	IP-Luokka	Yht. [kpl]	Huomautus
6	Kalustetoimitus	Led-nauha 1,0m	LED		X	IP21	15	
13	Online	GENESIS II 12W/840 820LM	LED	1x15	C	IP54	30	
10	Alppilux	Monix Slim AMS2490-N T5 2X49W O	T5	2x49	C	IP44	5	
34	Airam	CESTUS OVAL M/60W MUSTA	LED	1x1	W	IP65	15	10) 11)
17	Ensto	AVH11.2	A60/E27	1x28	S	IP44	15	5) 6)
19	Airam	CESTUS OVAL M/60W MUSTA	LED	1x1	W	IP44	30	11)
12	Online	GENESIS II 12W/840 820LM RADAR	LED	12	C	IP54	42	
33	Ensto Alppilux	AVN260LGHLED	led	1x8	W	IP54	2	
3	Tammiholma	TVP-005 OXFORD LED	LED		X	IP44	15	1)
4	Tammiholma	TVP-005 OXFORD LED	LED		X	IP44	15	1)
5	Kalustetoimitus	Led-nauha 1,2m	LED		X	IP21	5	
50	Karlux	TLS PT-A 70 MU	70 HSE	1x70	P	IP44	17	9)

KUVA 26. Positionumero valaisinluettelossa

### 3.3.3 Lämmitinluettelo

Lämmitinluettelo on yleensä lähes identtinen valaisinluettelon kanssa sillä erotuksella, että valaisimien tilalla on sähkölämmittimet. Lämmitinluettelossa on valaisinluettelon tavoin ilmoitettu lämmittimen positionumero, valmistaja, tyyppi, teho, asennustapa, koteloitiluokka ja lämmittimien määrä. Koska kyseinen kiinteistö on kytketty kaukolämpöön, ei muita sähkölämmittimiä sähkökiukaan lisäksi tarvita.

### 3.4 Mitoitus

Keskeisin sähköasennusten turvallisuutta koskeva viranomais määräys on KTMP 1193/1999. Se sisältää olennaiset sähkölaitteistoa koskevat turvallisuusvaatimukset sekä kertoo, miten vaatimukset voidaan toteuttaa. SFS 6000 on sähkö- ja elektroniikka-alan standardisointijärjestö SESKO ry:n valmisteleva pienjännitesähköasennuksia koskeva standardi, jota noudattamalla täytetään edellä mainitun kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksen vaatimukset sähkölaitteistojen turvallisuudesta. (8, s. 3.)

Standardi SFS 6000:n osa 1 korostaa sitä, että sähkölaitteiston suojausta koskevat perusvaatimukset täytyy varmistaa jo suunnitteluvaiheessa laskelmin tai joltain muuta tapaa käyttäen. Suojauksen perusvaatimuksilla tarkoitetaan ensisijaisesti vikasuojauksen ja ylivirtasuojauksen toteutumista. Ylivirtasuojaus jaetaan ylikuormitussuojaukseen ja oikosulkusuojaukseen. Standardi SFS 6000 ei sisällä ehdottomia vaatimuksia jännitteenalenneman tai suojauksen selektiivisyyden tarkastamisesta suunnitteluvaiheessa, mutta se on silti suositeltavaa. (9, s. 34.)

Projektin sähkölaitteiston suojauksen perusvaatimukset tarkastettiin ja todettiin suunnittelun lopuksi. Tätä varten työkaluna käytettiin FebDok-nimistä sähköverkon mitoitusohjelmaa.

FebDok on vuonna 1991 julkaistu pienjänniteasennusten mitoitukseen ja dokumentointiin tarkoitettu ohjelma, jota voidaan käyttää asuin-, toimisto- ja liikerrakennusten, sairaaloiden sekä teollisuusrakennusten sähköasennusten laskentaan ja dokumentointiin. Ohjelma tarkastaa, että suunniteltu sähköverkko noudattaa standardin SFS 6000 vaatimuksia. (10.)

Mitoitus aloitettiin käynnistämällä FebDok-sovellus ja luomalla uusi projekti. Ensimmäisenä määritetään laitteiston perustiedot, joita ovat mm. jakelujärjestelmä, järjestelmäjännite, verkkotaajuus, laskelmien aloituspiste sekä jännitteenalennemasta ilmoitettava varoitustaso. Koska standardi SFS 6000 ei sisällä velvoittavia rajoja pienjänniteverkon jännitteenalennemasta, voidaan hälytysrajoja muuttaa.

Standardi suosittaa normaalista pienjänniteverkosta syötettävälle laitteelle jännitteenalenemaksi korkeintaan viisi prosenttia. Vastaavasti valaistukselle suositellaan enintään kolmen prosentin jännitteenalenemaa. (9, s. 233.)

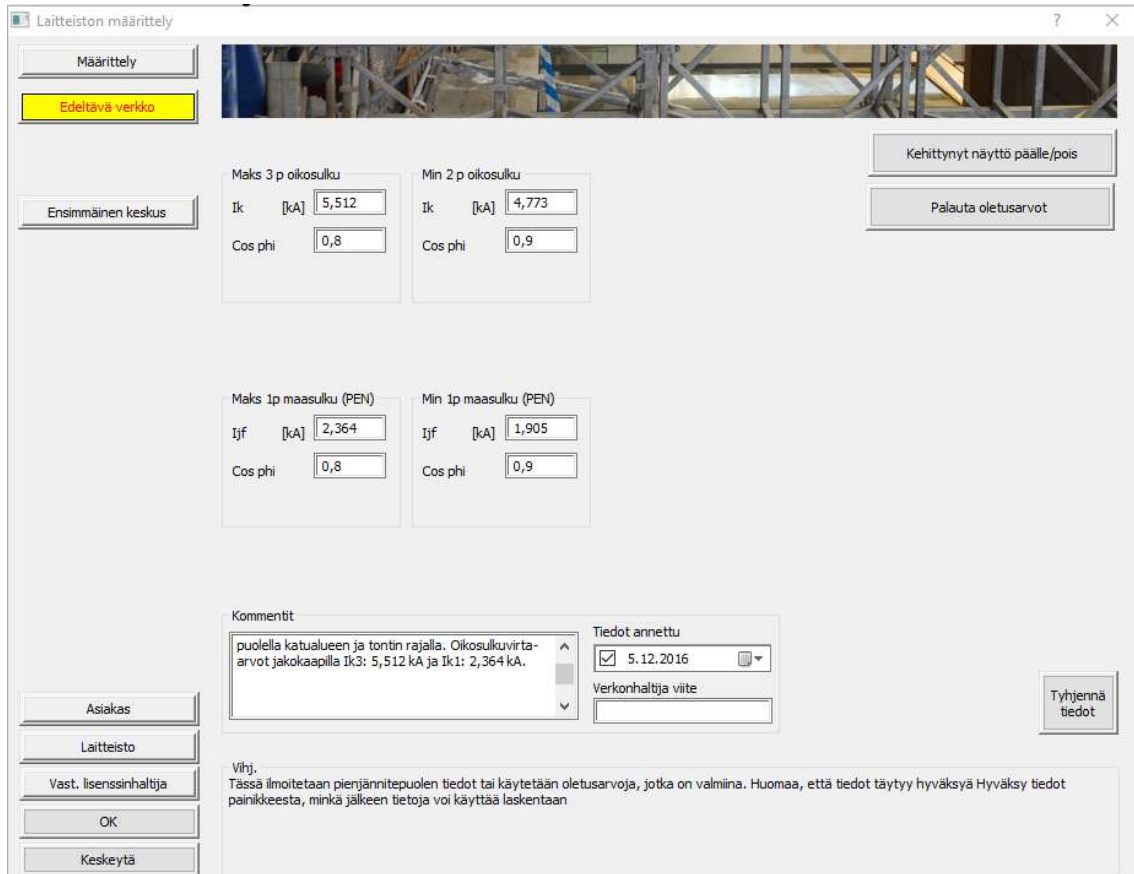
Lähtötiedot ilmoitettiin kuvan 27 mukaisesti. Jakelujärjestelmänä toimii TN-C-S ja laskelmat aloitetaan pääkeskukselta (Jakelupisteeltä/liittymiskohdasta). Jännitteenalenema varoitustasot jätettiin ohjelman oletusarvoiksi.

KUVA 27. FebDok, laitteiston määrittely

Kiinteistön oikosulkuvirtojen laskemista varten tarvitaan kiinteistöä syöttävän sähköverkon oikosulkuarvot. Liittymäpisteen oikosulkuarvoja käytetään laskennan pohjana, joista kiinteistön sähköverkon oikosulkuvirtoja lähdetään laskemaan. Jotta verkon mitoitus voidaan aloittaa, täytyy tiedossa olla liittymäpisteen oikosulkuvirrat. Oikosulkuvirrat saadaan verkon haltijalta, joka tässä tapauksessa oli Helen sähköverkko Oy. Kysely liittymän lähtötiedoista tehtiin sähköpostin välityksellä verkon haltijalle. Liittymätietokyselyyn verkon haltijalta saatiin

vastaukseksi liittämipisteen ja jakokaapin sijainti sekä suurin kolmivaiheinen ja yksivaiheinen oikosulkuvirta. Lähtötiedot kirjattiin kommentit -kohtaan, josta ne voidaan nopeasti tarkastaa.

Suurimman yksi- ja kolmivaiheiden oikosulkuvirran syöttämisen jälkeen ohjelma laskee automaattisesti pienimmän kahden vaiheen välisen oikosulkuvirran sekä pienimmän maavikavirran (kuva 28).



**KUVA 28.** Oikosulkuvirtojen kirjaus

Seuraavaksi siirryttiin ensimmäisen keskuksen määrittelyyn Ensimmäinen keskus-välilehden alta. Tässä tapauksessa järjestelmän ensimmäinen keskus on liittymän jakokaappi. Jakokaapille määriteltiin L1-L2-L3-N-vaihejärjestys ja jakelutyypiksi TN-C-S. Jakokaapille ruksattiin vielä maadoituselektrodi (kuva 29).



Laitteiston määrittely

Määrittely

Edeltävä verkko

Ensimmäinen keskus

Tunniste: LIITTYMISPISTE

Lämpötila jakokeskuksessa: 30

Kuvaus: JAKOKAAPPI

Vaihejärjestys jakelussa: LIITTYMISPISTE

L1-L2-L3  
 L1-L2-L3-N  
 L1-L2  
 L1-N  
 L1-L2-N  
 L1-L3  
 L2-N  
 L1-L3-N  
 L2-L3  
 L3-N  
 L2-L3-N

Jakelutyyppi

TN-S  
 TN-C-S  
 TN-C  
 IT  
 TT  
 DC

Kuormitustiedot

Ib [A]: 0

Cos phi: 0,9

Pn [kW]: 0

Sn [kVA]: 0

Ylijännitesuoja

Asennettu

Maadoituselektrodi:  Maadoituselektrodi

Tyyppi: Tanko

Potentiaalintasaus:  Potentiaalintasaus

Kommentit

Jakokeskuksen käyttö

Amm. tait.  
 Maallikko

Standardin EN 60439 mukaan maallikoiden käytössä olevien jakokeskusten tulevan syötön ylivirtasuojan suurin nimellisarvo on 250 A ja lähtevien piirien enintään 125 A. Rajoitukset eivät koske sähköalalla ammattitaitoisia tai opastettuja henkilöitä.

Vihj.  
On hyvä laittaa tarkentava teksti laitteiston tunnistamiseksi. Kuvaus voi sisältää sijaintitiedon, jolloin käyttäjän on helpompi tunnistaa dokumentti

Asiakas

Laitteisto

Vast. lisenssinhaltija

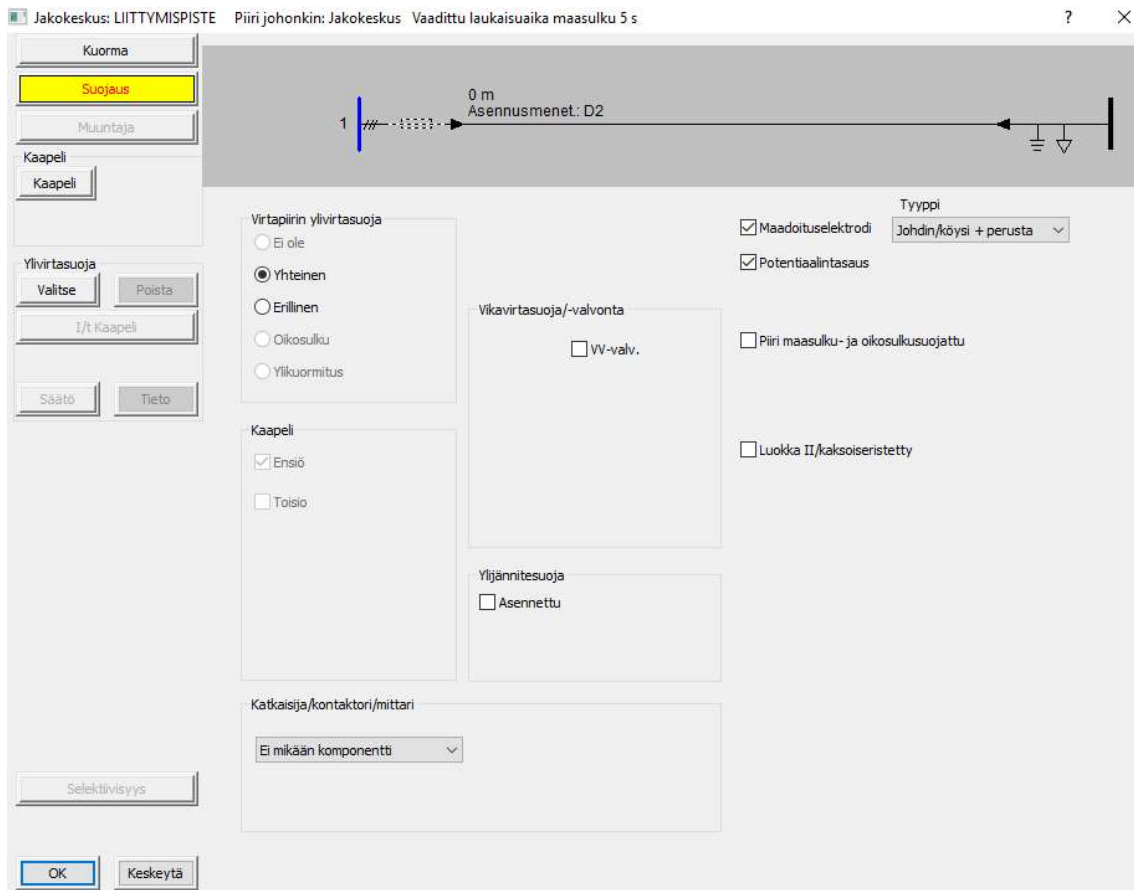
OK

Keskeytä

KUVA 29. Ensimmäinen keskus, jakokaappi

Muutetut tiedot hyväksyttiin ja siirryttiin nousujohtoverkon määrittämiseen. Juuri kirjattuja lähtötietoja päästään muuttamaan tarvittaessa Laitteiston määrittely-painikkeesta.

Päänäkymään ilmestyneeseen liittymäpisteeseen lisätään seuraavaksi pääkeskus, Uusi jakokeskus-painikkeesta. Keskukselle määritetään tunniste- ja kuormatiedot, jonka jälkeen Suojaus-valikosta valitaan mitä suojaustapoja on käytössä. Pääkeskuksen ylivirtasuojaus merkataan toteutuvaksi yhdellä suojalla, joka on tässä tapauksessa 125 A:n gG-sulake. Muita suojuuksia ei pääkeskukselle tule (kuva 30).



KUVA 30. Pääkeskus, suojien valinta

Suojaustyyppin jälkeen siirrytään kohtaan Kaapeli, josta valitaan keskusta syöttävä liittymisjohto. Kaapelille valitaan asennustapa, ympäristön lämpötila, pituus sekä merkataan mahdolliset muut tarvittavat korjauskertoimet. Valitse kaapelipainikkeesta päästään valitsemaan käytettävä kaapelityyppi. Alueella käytettävän liittymisjohdon tyyppi ja poikkipinta-ala tulee tarkastaa verkon haltijalta. Helenin liittymisjohto taulukosta nähdään, että 3x125 A:n pääsulakkeille käytetään 4x70S-alumiinikaapelia. Suurempia pääsulakkeita käytettäessä olisi myös kaapelipoikkipinta-ala kasvanut huomattavasti suuremmaksi (kuva 31).

Pääsulake (A)	Nimellinen siirtokyky (kVA)	Liittymisjohtolaji ja koko (mm <sup>2</sup> )	Asennustila kotelossa (mm)	Varokotelon ulkopuolella (mm)	Alusta
3 x 25 3 x 35	17 24	AXMK 4 x 35 S	100	700	00/tulppa
3 x 50 3 x 63	34 43	AXMK 4 x 35 S	150	700	00/tulppa 00
3 x 80 3 x 100 3 x 125	55 69 86	AXMK 4 x 70 S	200	700	00
3 x 160 3 x 200	110 138	AXMK 4 x 185 S	300	900(700*)	2(1)

KUVA 31. Helen liittymisjohdot

Kaapelin valinnan jälkeen valikon oikeassa reunassa ohjelma näyttää syntyvät jännitteenalenemat sekä niiden perusteella kyseisen kaapelin maksimipituuden. Pääkeskuksen kaapelivalinta on kuvan 32 mukainen.

KUVA 32. Liittymisjohto

Kaapelivalinnan jälkeen vuorossa on ylivirtasuojauksen valinta. FebDokin suoja-laitekirjasto on hyvin laaja ja sieltä löytyy usean valmistajan suojalaitteita. Suojaksi valittiin 125A:n gG sulake. Kun suojalaite on valittu ohjelma näyttää I/t Kaapeli-ikkunassa suojan tiedot, suojalaitteen näkemät vikavirrat ja poiskytkentäajat. Ruutuihin ilmestyy korostusvärit, jos arvoissa on jotain huomioitavaa tai ne eivät ole SFS 6000 -standardin mukaisia (kuva 33).

Jakokeskus: LIITTYMISPISTE Piiri johonkin: Jakokeskus Vaadittu laukaisuaika maasulku 5 s

34 m AMCMK 4x70/21 1 kV  
Asennusmenet: D2

1 ##- 125 A/gG

**Suoja tiedot**

Tunniste: PÄÄSULAKE

Katkaisijaluokka: SULAKKEET

Valmistaja: IEC

Katk. yksikkö: IEC\_GG

Nimellisvirta [A]: 125

Laukaisijaluokka: NH-SULAKE

Laukaisuyksikkö: 125A

Katkaisukyky [kA]: 120 Ic

Maks. pit. suhteessa maasulun poiskytkentään: 95

Kaapelin kuormitettavuus: 176,39

**Suojalaitteen näkemät vikavirrat [kA]**

Ik3p max	5,512
Ik3p max loppu	4,199
Ik3p min	3,637
Ik2p max	4,773
Ik2p max loppu	3,637
Ik2p min	3,149
Ijf max	2,363
Ijf max loppu	1,69
Ijf min	1,241

**Poiskytkentäajat [s]**

Suojan	$k \cdot S^{-1} / I^2$
0,01	0,932
0,01	1,605
0,012	2,14
0,01	1,242
0,012	2,14
0,02	2,854
0,055	1,044
0,209	2,042
0,803	3,787

Paina kenttää vian paikallistamiseksi

OK Keskeytä

KUVA 33. Pääsulakkeen vikavirrat ja poiskytkentäajat

Vaikka suojalaitteiden selektiivisyyttä ei määräysten mukaan tarvitse selvittää, on se hyvä tarkastaa suojalaitteiden valinnan jälkeen Selektiivisyys-painikkeesta. Ohjelma piirtää käytettävien suojien virta-aikakäyrät, joiden perusteella selviää suojien keskinäinen selektiivisyys. Jos suojien selektiivisyys ei toteudu ja järjestelmän toiminnasta halutaan selektiivinen, on käytettäviä suojalaitteita vaihdettava. Suojalaitteita vaihdettaessa on kuitenkin tarkistettava uudestaan, että syötön automaattinen poiskytkentävaatimus toteutuu. Joissain tapauksissa

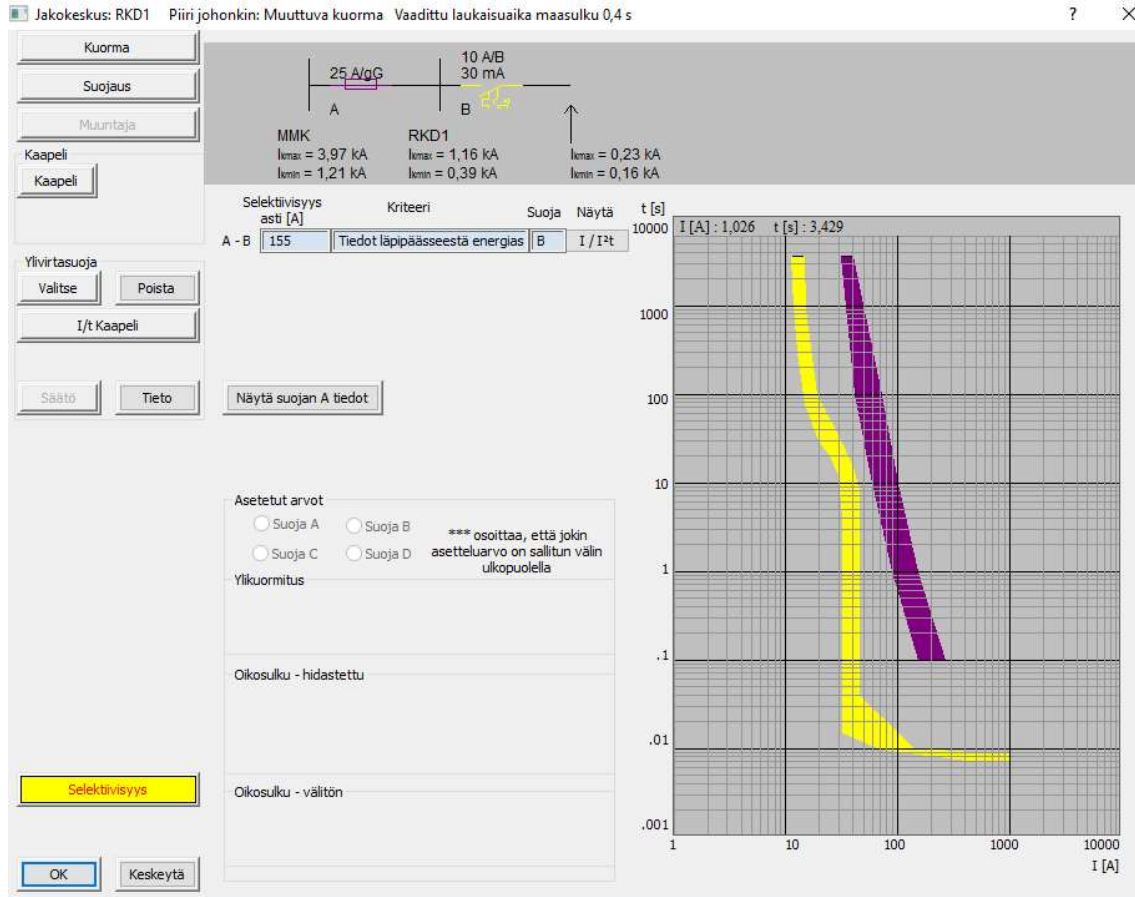
verkon täydellinen selektiivisyys johtaisi kohtuuttomaan ylimitoitukseen, mikä nostaisi myös laitteiston kustannuksia. Tästä syystä verkon täydellinen selektiivisyys jätetään joskus toteuttamatta. Koska pääkeskukselta katsottuna ei peräkäisiä suojalaitteita vielä ole, ei selektiivisyyttä voida tässä kohtaan tarkastella.

Pääkeskuksen perään luodaan mittauskeskus ja mittauskeskukseen ryhmäkeskukset samalla periaatteella kuin pääkeskuskin lisättiin. Aluksi jokaiselle ryhmäkeskukselle valittiin syöttökaapeliksi 6 mm<sup>2</sup>:n kaapeli, mutta laskentavaiheessa täytyi kaapelipoikkipinta-ala kasvattaa osassa asuinnoissa 10 mm<sup>2</sup>:n vahvuiseksi, jotta jännitteenalenema ei kasvaisi liian suureksi. FebDokin avulla määriteltiin 6 mm<sup>2</sup>:n kaapelille maksimipituudeksi 52 metriä, minkä jälkeen kaapeloinnit tehdään 10 mm<sup>2</sup>:n kaapelilla. Näin epäedullisimman pisteen jännitehäviö pysyi neljässä prosentissa (kuva 34).

Parameter	Value
Virtakapasiteetti, Iz [A]	16,5
Kuormavirta, Ib [A]	4
Jännitteenalenema	
Kuormaan [%]	4,06
Viimeiseen jakokeskukseen [%]	2,85
Kaapelin yli [%]	1,34
Maksimipituus [m]	25,6
Jännite kuorman liittimissä [V]	221,6
Kuorman Un [V]	230
Häviö kaapelissa/kiskossa [W]	12,4

KUVA 34. Epäedullisimman pisteen jännitehäviö

Kuvasta 35 nähdään, että ryhmän selektiivisyys toteutuu valituilla suojalaitteilla, koska suojien laukaisukäyrät eivät missään vaiheessa leikkaa toisiaan. Keltainen laukaisukäyrä kuvaa valaistusryhmän 10 A:n johdonsuojakatkaisijaa ja violetti on ryhmäkeskuksen 25 A:n pääsulake.



KUVA 35. Selektiivisyys

Laskelmista tehtiin raportti ja se lisättiin muiden dokumenttien joukkoon. Tarvitavat korjaukset nousujohtojen osalta tehtiin DWG-piirustuksiin ja kuvat tallennettiin PDF-muotoisina. Ensimmäinen versio sähkösuunnitelmien osalta oli näin ollen valmis ja kuvat voitiin lähettää eteenpäin. Myöhemmin kuviin päivitetään mahdolliset asiakkaiden haluamat muutokset sekä sähköasennusten valmistuttua toteutuneet asennukset piirretään puhtaaksi loppukuviin. Muutos- ja loppukuvien piirtäminen tehdään tämän opinnäytetyön ulkopuolella.

## 4 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli tehdä sähkösuunnitelma pääkaupunkiseudulle rakennettavaan rivitalokohteeseen. Suunnitelmissa noudatettiin sähköalan standardia SFS 6000. Sähkösuunnitelmista laadittiin tarvittavat dokumentit, minkä jälkeen valmiit piirustukset tallennettiin helpommin jaettavaan ja tulostettavaan PDF-muotoon.

Työhön sisältyi kiinteistön sähkötekniisten järjestelmien suunnittelu ja dokumentointi. Myös tarvittavat mitoituslaskelmat olivat osa tätä opinnäytetyötä. Ainoastaan projektiin liittyvät muutos- ja loppukuvien tekeminen rajattiin opinnäytetyöstä pois aikataulullisten syiden vuoksi.

Muutoksia tehdään projektin edetessä aina tarvittaessa, kun muutoksia sähköjärjestelmiin tarvitaan esimerkiksi asiakkaan toiveista tai rakennusteknisistä syistä. Kiinteistön valmistuttua piirretään puhtaaksi loppukuvat, joihin on päivitetty kaikki alkuperäisistä suunnitelmista poikkeavat asennukset. Jos koko projektin dokumentointi (sis. muutos- ja loppukuvat) olisi sisältynyt kyseiseen opinnäytetyöhön, olisi sen valmistumisaikataulu venynyt kohtuuttomasti ja työ olisi voitu saattaa päätökseen vasta kohteen valmistuttua. Tästä syystä projektin lopudokumentointi suoritetaan tämän opinnäytetyön ulkopuolella.

Työ kokosi hyvin sähkötekniikan koulutusohjelmassa opitut asiat yhteen, ja niitä pääsi soveltamaan projektin edetessä. Suunnitelmien teko sujui alkuperäisen aikataulun mukaisesti, eikä varsinaisia ongelmia ilmaantunut. Ainoastaan vähäiset lähtötiedot hidastivat hieman suunnitteluprojektin aloittamista.

Tilaaajan vaatimusten mukaan sähkösuunnitelmien täytyi olla valmiita tammikuun alussa 2017. Suunnitelmien teko päätettiin aloittaa hyvissä ajoin jo marraskuussa 2016. Päivittäisen työskentelyn ansiosta tilaaajan vaatimassa aikataulussa pysyttiin hyvin ja valmiit sähkösuunnitelmat päästiin lataamaan kuvapankkiin joulukuun 14. päivä. Työn rajauskin oli onnistunut ja pysyi muuttumattomana projektin edetessä.

## LÄHTEET

1. E1. 2011. Rakennusten paloturvallisuus. Määräykset ja ohjeet 2011. E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Saatavissa: [http://www.finlex.fi/data/normit/37126/E1\\_2011-fi.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/37126/E1_2011-fi.pdf). Hakupäivä 16.12.2016.
2. L 239/2009. Sisäasiainministeriön asetus palovaroittimien sijoittamisesta ja kunnossapidosta. Helsinki. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090239>. Hakupäivä 16.12.2016.
3. ST13.31. 2015. Rakennuksen sähköverkon ja pienjänniteliittymän mitoittaminen. Espoo: Sähkötieto ry.
4. Köykkä, Samuli. 2008. Sähkökeskusten standardin mukainen valmistus. Opinnäytetyö .Satakunta: Satakunnan ammattikorkeakoulu, Sähkötekniikan koulutusohjelma. Saatavilla: [https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/1303/Koykka\\_Samuli.pdf?sequence=1](https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/1303/Koykka_Samuli.pdf?sequence=1). Hakupäivä 16.12.2016
5. ST51.30. 2014. S1-luokan teräsbetoniväestönsuojien sähkö- ja viestintälaitteet sekä asennukset. Espoo: Sähkötieto ry.
6. ST-Käsikirja 12. 2015. Antennijärjestelmät. Espoo: Sähkötieto ry.
7. ST681.11. 2016. Asuinkiinteistöjen yleiskaapelointijärjestelmät. Suunniteluohje. Espoo: Sähkötieto ry.
8. Sähköasennukset. 2012. Osa 1: SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset. SFS-käsikirja 600-1. 1. painos. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS ry.
9. D1-2012 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. 2013. Sähkö- ja teleuraikoitsijaliitto STUL ry. 21. painos. Espoo: Sähköinfo Oy.
10. FebDok. 2016. Nelfo. Saatavissa: <http://nelfo.no/Verktoy/DataverktoyProgramvare/FEBDOK/Febdok-FIN/>. Hakupäivä 19.12.2016.



11. Helen Sähköverkko Oy:n alueella käytettävät liittymisjohdot. 2016. Helen sähköverkko Oy. Saatavissa: [https://www.helensahkoverkko.fi/globalassets/sahkonsiirto/hsv/hsv-liittyma-liittymisjohdot-su20109\\_l1pdf](https://www.helensahkoverkko.fi/globalassets/sahkonsiirto/hsv/hsv-liittyma-liittymisjohdot-su20109_l1pdf). Hakupäivä 19.12.2016.

## **LIITTEET**

Kaikki opinnäytetyön liitteet ovat luottamuksellisia, eikä niitä laiteta julkiseen levitykseen.

Liite 1 ARK ASEMAKUVA

Liite 2 ARK POHJAKUVA

Liite 3 S0000 - PIIRUSTUSLUETTELO

Liite 4 S0002 - OIKOSULKULASKELMAT

Liite 5 S0101 - ALUEKAAPELOINTI JA -VALAISTUS

Liite 6 S0200 - NOUSUJOHTOKAAVIO

Liite 7 S0300 - MAADOITUSKAAVIO

Liite 8 S2010-1 - SÄHKÖPISTEET TALO-A

Liite 9 S2010-2 - SÄHKÖPISTEET TALO-B

Liite 10 S2010-3 - SÄHKÖPISTEET TALO-C

Liite 11 S2010-4 - SÄHKÖPISTEET TALO-D

Liite 12 S2010-5 - SÄHKÖPISTEET TALO-E

Liite 13 S2010-6 - SÄHKÖPISTEET VSS. TEKN. TILA

Liite 14 S2010-7 - SÄHKÖPISTEET PIHARAKENNUS

Liite 15 S5000 - VALAISINLUETTELO

Liite 16 S6000 - PÄÄKESKUS PK PÄÄKAAVIO

Liite 17 S6000-01 - PÄÄKESKUS PK OHJAUSPIIRIKAAVIO

Liite 18 S6001 - MONIMITTARIKESKUS MMK PÄÄKAAVIO

Liite 19 S6100 - RYHMÄKESKUS RKA1-RKE3 PÄÄKAAVIO

Liite 20 S6400 - JK-VSS PÄÄKAAVIO

Liite 21 S9110 - ANTENNIJÄRJESTELMÄ

Liite 22 S9130 - YLEISKAPELOINTIJÄRJESTELMÄ

Liite 23 S9130-10 - TALOJAKAMO CB1.01