



Galina Bart

Sähkösuunnitteluohje korkean rakentamisen näkökulmasta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (YAMK)

Talotekniikka

Opinnäytetyö

19.11.2023

Tiivistelmä

Tekijä:	Galina Bart
Otsikko:	Sähkösuunnitteluohje korkean rakentamisen näkökulmasta
Sivumäärä:	58 sivua + 6 liitettä
Aika:	19.11.2023
Tutkinto:	Insinööri (YAMK)
Tutkinto-ohjelma:	Talotekniikka
Ammatillinen pääaine:	Sähköinen talotekniikka
Ohjaajat:	Lehtori Jarno Nurmio Kehitysjohtaja Juha Kiviniemi

Opinnäytetyö on tutkimus korkean rakentamisen sähkö- ja tietoliikennetekniikasta. Tavoitteena on selvittää korkean rakentamisen sähkösuunnittelun ominaispiirteitä, laatia tämän pohjalta sähkösuunnitteluohjetta sekä perehtyä tutkielmassa opinnäytetyön tekijälle itselleen uusiin asioihin.

Tutkimus on perustaltaan laadullinen, se perustuu empirian ja teorian käyttämiseen eli monimenetelmällisen metodin yhdistelmään. Aihetta tutkitaan rakennustieto- ja sähkötietokortistojen ohjeiden, määritelmien, standardien ja alan kirjallisuuden avulla. Tutkimuksessa on myös hyödynnetty opinnäytetyön tekijän omaa, kollegojen ja rakennusalan asiantuntijoiden osaamista ja työkokemusta.

Opinnäytetyössä kartoitetaan korkeassa rakentamisessa vaadittavat sähkö- ja tietoliikennejärjestelmät sekä tarkastellaan ja kerätään yhtenäistä tietoa erityispiirteistä. Tutkimuksessa selvitetään, mitä on huomioitava suunniteltaessa sähkö- ja tietoliikennejärjestelmiä.

Tutkimuksen päätavoitteena on löytää ja tunnistaa korkean rakentamiskohteen sähkösuunnitteluun liittyvät keskeiset eroavaisuudet verrattuna mataliin rakennuksiin. Tutkimuksen tavoite liittyy myös suunnitteluprosessin kehittämiseen, läpikäynnin helpottamiseen sekä parantamiseen.

Avainsanat: korkea rakentaminen, sähkösuunnitteluohje

Abstract

Author: Galina Bart
Title: Electrical Design Instructions in High-rise Construction
Number of Pages: 58 pages + 6 appendices
Date: 19 November 2023

Degree: Master of Engineering
Degree Programme: Building Services Engineering
Professional Major: Electrical Engineering for Building Services
Supervisors: Jarno Nurmio, Senior Lecturer
Juha Kiviniemi, Development Director

This thesis aimed to study the electrical and telecommunication technology in high-rise constructions to identify the characteristics of electrical design in high-rise constructions and write an electrical design guideline based on this.

The study was qualitative, based on using both empirical and theoretical data. Instructions, definitions, standards, data from building information and electrical information cards was used in the thesis. Furthermore, the experience of experts in the construction industry was used in the study.

The thesis mapped the electrical and telecommunications systems required in high-rise constructions and examined and collected uniform information. The study established the details that must be considered when planning electrical and telecommunication systems.

The thesis found and identified the key differences in the electrical design of high-rise construction sites compared to low-rise construction sites. Thus, the planning process can be developed, which facilitates, and improves the process.

Keywords: high-rise building, electrical design instructions

Sisällys

Käsitelista

1	Johdanto	1
1.1	Tutkimuksen tausta	1
1.2	Tutkimuksen tavoitteet	1
1.3	Tutkimuksen rajaukset	2
1.4	Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen rakenne	3
2	Korkean rakentamisen tausta	4
2.1	Nykyinen tilanne	4
2.2	Korkea rakentaminen Suomessa ja maailmassa	5
2.3	Korkean rakentamisen määritelmä	6
3	Ohjeet, määräykset ja standardit	7
4	Sähkö- ja telejärjestelmien ominaispiirteiden kuvaus	8
4.1	Sähkötekniset tilatarpeet ja johtoreiitit	8
4.2	Sähkönjakelujärjestelmä	14
4.2.1	Varmennettu sähkönjakelujärjestelmä	17
4.3	Kiinteistön sisäiset viestintäverkot	19
4.3.1	Yleiskaapelointijärjestelmät	21
4.3.2	Yhteisantennijärjestelmät	24
4.3.3	Sisäantennijärjestelmät	28
4.3.4	VIRVE- verkko	32
4.3.5	GSM- matkaviestinjärjestelmä	34
4.4	Paloturvallisuusjärjestelmät	35
4.4.1	Palovaroitin- ja paloilmoinjärjestelmä	37
4.4.2	Poistumisvalaistus	38
4.4.3	Savunpoistojärjestelmä	40
4.4.4	Sammutusvesijärjestelmät	40
4.4.5	Palomieshissi ja evakuointihissi	41
4.5	Salama- ja ylijännitesuojaus	44
4.6	Lentoestevalaistus	50
4.7	Ovipuhelinjärjestelmä	51

5 Yhteenveto	54
Lähteet	55
Liitteet	
Liite 1: Nousujohtokaavio.	
1. Asuntojen sähköjakelu on toteutettu jakelukiskolla.	
2. Asuntojen sähköjakelu on toteutettu kaapeleilla.	
Liite 2: Yleiskaapelointiverkon toteutuksen periaate.	
Liite 3: Yhteisantenniverkon toteutuksen periaate.	
Liite 4: Monioperaattoriverkon toteutuksen periaate.	
Liite 5: Turvalaistussjärjestelmän periaatekaavio.	
Liite 6: Paloturvallisuuslaitteiden syötön toteutus ennen pääkytkintä, mallikaavio.	

Käsitelista

Sitowise Oy	Suomalainen talonrakentamisen ja infrarakentamisen konsulttiyhtiö
Traficom	Liikenne- ja viestintävirasto
M65	Viestintäviraston määräys 65 kiinteistön sisäverkoista ja teleurakoinnista
ST-kortti	Sähkötikortti on ammattitietolähde, jonka aihealue sisältää määritelmät, ohjeet, menetelmät ja esimerkkimallit
RT-kortti	Tietoa ja ohjeita sisältävä ammattitietolähde rakennussuunnitteluun
SFS	Suomen Standardisointiliitto SFS ry on standardisointin keskusjärjestö Suomessa
E_{ca} , D_{ca-s2} , $d2$, $a2$	Kaapeleiden paloluokka
OS2	Yksimuotoisen valokuidun kategoria
VIRVE	Viranomaisradioverkko, jonka toiminta perustuu TETRA-standardiin
TETRA	Terrestrial Trunked Radio, digitaalinen puheradioverkko
Erillisverkot Oy	Suomen Erillisverkot Oy toimii Virve 2 -palveluoperaattorina viranomaisasiakkaille ja muille käyttäjille

VAK	Rakennusautomaation valvonta-alakeskus
SPOK	Savunpoiston ohjauskeskus
LPL	Lightning Protection Level, salamasuojaustaso
SPD	Surge Protective Device, ylijännitesuojauslaite
LPS	Lightning Protection System, salamasuojausjärjestelmä

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö on tarkoitettu korkeiden rakennusten sähkösuunnittelua tekeväälle. Tässä luvussa kuvataan tutkimuksen tausta, tavoitteet, rajaukset ja tutkimusmenetelmät sekä tutkimuksen rakenne. Tutkimuksen tausta toimii perusteena tutkimuksen tarpeellisuudelle.

Tutkimuksen aihe-ehdotus on saatu työnantajalta Sitowise Oy:ltä, joka on toivonut tutkimuksen kautta saada aloittelevia suunnittelijoita opastavaa sähkösuunnitteluohjetta. Tutkimus koostuu kirjallisuustutkimuksesta sekä kirjoittajan ja alan asiantuntijoiden kokemuksista. Näiden pohjalta tutkija on koonnut tarpeellista sekä merkityksellistä tietoa samaan kokonaisuuteen, jota ei vain aloittelevat suunnittelijat, mutta myös projektipäällikkö voivat käyttää hyödyksi suunnitteluprosessissa ja suunnitteluohjeistuksessa. Tätä opinnäytetyötä voidaan käyttää myös tilaajan konsultoinnissa.

1.1 Tutkimuksen tausta

Nykyään suunnittelutyöllä on paljon tavoitteita, joihin monesti liittyy myös haasteita. Suunnittelua halutaan nopealla aikataululla ja suunnitteluun liittyvät erityispiirteet on tunnistettava nopeasti. Tämä yhdistelmä tuo haasteita erityisesti nuoremalle suunnittelijalle, jolla ei ole vielä tarpeeksi osaamista suunnittelutyön kokonaisuudesta.

Sitowise Oy on suurin suomalainen talon- ja infrarakentamisen asiantuntijatalo. Sitowise suunnittelee älykkäitä kaupunkeja ja elämisen tiloja, joissa arki on tahditettu kestäväälle pohjalle. Yritys toimii kolmella liiketoiminta-alueella: talosuunnittelu, infrasuunnittelu sekä digitaaliset ratkaisut. (Sitowise 2022)

1.2 Tutkimuksen tavoitteet

Opinnäytetyö on tarkoitettu avuksi ensisijaisesti aloittelevalle sähkösuunnittelijalle, jolla ei ole kovin paljon kokemusta. Samalla työ voi toimia myös tukena

sähkösuunnittelua ohjaavalle projektipäällikölle. Tavoitteena on luoda sähkösuunnitteluprojektin toteutukseen tietopohja, jonka avulla parannetaan suunnittelunaikaisen työn sujuvuutta, suunnitteluprosessin työtuntien tehokasta käyttöä sekä tuotetaan selkeät ja laadukkaat suunnitelmat. Lopputuloksena on tarkoitus saada toimiva suunnitteluohje, joka tukee kumpaakin käyttäjäryhmää.

Esitetyt tavoitteet vaikuttavat ensisijaisesti tilaajan sekä työnantajan tyytyväisyyteen. Tutkimuksen tavoite liittyy myös suunnitteluprosessin kehittämiseen, sen läpikäynnin helpottamiseen sekä parantamiseen. Tutkimuksen päätavoitteena on tunnistaa korkean rakentamiskohteen sähkösuunnitteluun liittyvät keskeiset haasteet, joita ei ilmaannu matalien rakennusten kohdalla.

Työn tarkoituksena on selvittää korkean rakennuksen sähkö- ja tietoliikennejärjestelmien rakentamista sekä tarkastella ja kerätä yhtenäistä tietoa sähkösuunnittelussa huomioitavista asioista.

Työssä tarkastellaan korkean rakentamisen määritelmää ja määräyksiä sekä sähkö- ja tietoliikennejärjestelmien ominaispiirteitä. Opinnäytetyöhön sisällytetään näkökulmia eri järjestelmistä ja uusista määräyksistä.

1.3 Tutkimuksen rajaukset

Opinnäytetyö on rajattu korkean rakennuksen erityispiirteisiin, joita ilmaantuu suunnittelussa. Sähkö- ja tietoliikennejärjestelmien sekä laitteiden yksityiskohdat jäävät työn ulkopuolelle. Korkean rakennuksen suunnittelussa on omat erityispiirteensä verrattuna matalan rakennuksen suunnitteluun, mutta molempien suunnittelussa on edelleen paljon yhteisiä piirteitä, joita ei käsitellä kyseisessä työssä. Myös teknisten osa-alueiden haasteiden ratkaiseminen jää tämän työn ulkopuolelle.

1.4 Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen rakenne

Tutkimus toteutetaan hyödyntäen laadullisia tutkimusmenetelmiä, joista tässä opinnäytetyössä käytetään kirjallisuustutkimusta, asiantuntijoiden kokemusta ja osallistuvaa havainnointia.

Työssä tarkastellaan ja analysoidaan kirjallisuusaineistoa, joka jaetaan erilaisiin merkityskokonaisuuksiin ja tutkittavan aiheen eri aspekteihin. Analyysissä tehdään aineiston monitahoinen ja yksityiskohtainen tarkastelu.

Kirjallisuuskatsaus toteutetaan ensin yleisellä tasolla ja sitten yksityiskohtaisesti. Kirjallisuuskatsaus on sisällytetty myös järjestelmäkohtaisiin kuvauksiin. Kirjallisuuskatsauksen lisäksi tutkimusta tuetaan myös asiantuntijoiden kokemuksilla, joiden avulla tutkimuksen teoriaa täydennetään.

Kirjallisuustutkimus toteutetaan käyttäen

- kuntaohjeita
- määräyksiä
- sähkötietokortistoa (ST-ohjekortteja)
- rakennustietokortistoa (RT-ohjekortteja)
- standardeja.

Kirjallisuuskatsauksen tarkoitus on myös esittää suunnittelijalle, mistä löytyvät vastaukset kysymyksiin, jotka ilmenevät korkeiden rakennusten sähkösuunnittelun aikana.

Opinnäytetyö koostuu viidestä luvusta. Ensimmäisessä luvussa esitetään tutkimuksen yleistä tietoa. Toisessa luvussa tarkastellaan korkean rakentamisen määritelmää sekä ominaispiirteitä. Kolmannessa luvussa käydään läpi korkeaa rakentamista koskevaa kirjallisuutta yleisellä tasolla. Neljännessä luvussa käydään läpi korkean rakennuksen järjestelmät yksityiskohtaisesti edellisen luvun yleisten tietojen perusteella. Tämä luku on kertova sekä ohjaava. Jokaista järjestelmää koskeva alaluku on jaettu kolmeen alateemaan:

- järjestelmän määritelmä ja kuvaus
- järjestelmää koskevat ohjeet, määräykset ja standardit sekä niiden tiivistetty esitys
- järjestelmän ominaispiirteet ja suunnittelussa huomioon otavat erityispiirteet.

Viidennessä luvussa esitellään johtopäätökset ja ehdotetaan jatkotutkimusaiheet. Työn lopuksi on esitetty lähdeviiteluettelo, jota suunnittelija voi käyttää hyödyksi niin sanottuna ohjekarttana.

2 Korkean rakentamisen tausta

2.1 Nykyinen tilanne

Nykyä päivän ja huomisen modernissa maailmassa rakennukset tarjoavat maksimaalisen turvallisuuden, kuluttavat vähän resursseja rakentamisen ja käytön aikana, ja ne ovat joustavasti mukautuvia tuleviin vaatimuksiin. Talotekniikan järjestelmien älykäs integraatio tarjoaa optimaalisen turvallisuuden ja energiatehokkuuden sekä ympäristön kannalta yhteensopivuuden ja joustavuuden yhdistettynä maksimaaliseen mukavuuteen. Sähkönjakelu-, rakennusautomaatio-, paloturvallisuus- ja turvajärjestelmien räätälöity kokonaisratkaisu luo rakennukselle lisäarvoa, jota asiakas odottaa. (Hopf 2012: 6)

Matalaan rakentamiseen verrattuna, korkea rakentaminen asettaa tiukempia vaatimuksia kaikille suunnittelualoille ja vaatii

- suunnitelmien esittämistä tavanomaista aiemmassa vaiheessa
- lisäselvitykset ja perustelut ns. esisuunnittelua
- laadunvarmistusta
- poikkeuksetta ulkopuolista tarkastusta
- korkeaan rakentamiseen soveltuvia tekniikoita ja materiaaleja
- käytön ja huollon turvallisuutta
- peruskorjausten huomioon ottamista.

Korkeiden rakennusten suunnittelussa suuri huomio kohdistetaan paloturvallisuuteen. Rakennustekniset turvallisuusvaatimukset tiukkenevat korkeuden kasvassa.

2.2 Korkea rakentaminen Suomessa ja maailmassa

Tällä hetkellä maailman korkein rakennus on Dubaihin vuonna 2009 valmistunut Burj Khalifa, jonka korkeus on 825 metriä. Rakennuksessa on toimistotiloja, asuntoja sekä hotelli. (Wium 2022) Alla on lueteltuna muutamia maailman korkeimpia rakennuksia, joilla on korkea käyttöaste ja joiden käyttötarkoituksena on majoitus tai työskentely.

- Burj Khalifa, 825 m, yht. 164 kerrosta, toimistoja, asuntoja, hotelli, Dubai, Yhdistyneet Arabiemiirikunnat, 2009
- Shanghai Tower, 632 m, yht. 130 kerrosta, hotelli, toimistotiloja, Shanghai, Kiina, 2015
- Abraj Al Baitin kellotorni, 601 m, yht. 123 kerrosta, hotelli, asuntoja, myymälöitä, Mekka, Saudi-Arabia, 2012
- Ping An Finance Centre, 599,1 m, yht. 120 kerrosta, toimistotiloja, Shenzhen Kiina, 2017
- Lotte World Tower, 554,5 m, yht. 129 kerrosta, hotelli, asuntoja, toimistotiloja, myymälöitä, Soul Etelä-Korea, 2017. (Wium 2022)

Suomessa korkea rakentaminen on yleistymässä, ja nykyään isoista kaupungeista löytyy ainakin yksi korkea rakennus. Tällä hetkellä Suomen korkein asuinrakennus on Helsingin Kalasatamaan vuonna 2019 valmistunut Majakka, jonka korkeus on 134 metriä (Wium 2022). Alla on lueteltuna muutamia Suomen korkeita rakennuksia:

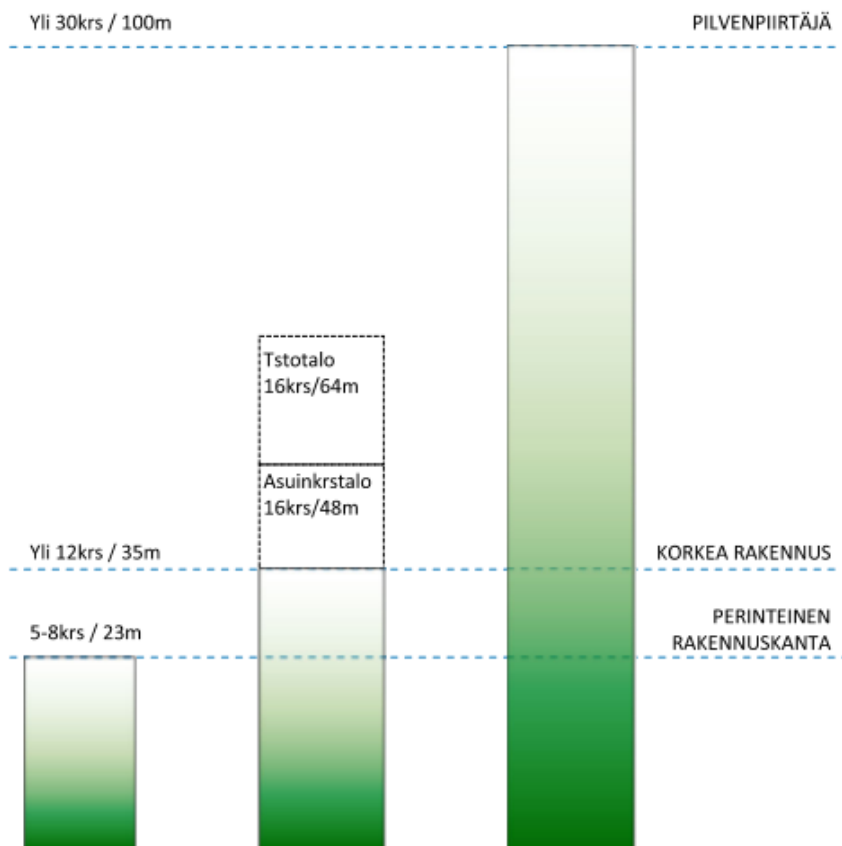
- Majakka, 134 m, yht. 35 kerrosta, asuintalo, Helsinki, 2019
- Loisto, 124 m, yht. 32 kerrosta, asuintalo, Helsinki, 2021
- Lumo One, 120 m, yht. 31 kerrosta, asuintalo, Helsinki, 2022. (Thynell 2023)

Suomessa on tällä hetkellä rakentamisvaiheessa useata korkeita taloja: esimerkiksi Helsingin Kalasatamaan vuonna 2025 valmistuva Horisontti, joka on 111

metriä korkea, 26-kerroksinen toimistorakennus (Thynell 2023), sekä Helsingin Vuosaaren vuonna 2024 valmistuva Atlas, joka on 120 metriä korkea, 33-kerroksinen asuinrakennus (Rakennuslehti 2021). Korkeammat asuinrakennukset, niin kutsutut pilvenpiirtäjät, keskittyvät tällä hetkellä Helsinkiin.

2.3 Korkean rakentamisen määritelmä

Suomessa korkeaksi rakennukseksi, niin sanotuksi tornitaloksi, luokitellaan rakennus, jossa on vähintään 12 kerrosta tai joka on yli 35 metriä korkea (Tampereen kaupunki 2015: 9). Kuvassa 1 on esitetty Tampereen kaupungin esittämä rakennuksen korkeuden luokittelu.



Kuva 1. Rakennuksen korkeuden luokittelu (Tampereen kaupunki 2015: 9).

Helsingin kaupungin ohjeiden mukaan rakentamisessa on noudatettava korkean rakentamisen ohjekortteja, kun rakennus on 16 kerrosta kellarikerrokset mukaan lukien tai sen yli. Paloteknisten järjestelmien osalta ohjekortteja on noudatettava aina, kun rakennus ylittää 56 metriä. (Korkean rakentamisen rakentamistapaohje 2018)

Oulussa rakennusten korkeus luokitellaan matalahkon rakennuskannan takia eritavalla. Korkeaksi rakennukseksi luokitellaan jo yli 9-kerroksisia rakennuksia tai joiden julkisivun korkeus ylittää 27 metriä (Oulun kaupunki 2014).

3 Ohjeet, määräykset ja standardit

Tässä luvussa tarkastellaan yleisellä tasolla korkeaa rakentamista koskevaa kirjallisuutta, joka yleensä ohjaa suunnittelua yksityiskohtaisempiin vaiheisiin.

Helsingin kaupunki on julkaissut ohjekortiston, jonka tarkoitus on ohjata suunnittelualoja erillisselvityksiin. Kortisto löytyy kaupungin nettisivustolta nimellä Korkean rakentamisen rakentamistapaohje 2018, ja ohjetta voidaan soveltaa myös muiden kuntien korkeiden rakennusten suunnittelussa. (Korkean rakentamisen rakentamistapaohje 2018)

Ohje sisältää ohjekortit kriittisten suunnittelualojen osa-alueille, jotka ovat tärkeitä korkeassa rakentamisessa ja jotka vaativat poikkeavia toimintoja ja/tai toimintojen aikataulutusta. Ohjekortit selventävät korkeaan rakentamiseen vaadittavat lisäselvitykset. Kortisto sisältää yleiset kortit YL sekä neljän osa-alueen kortit: rakennekortit RAK, talotekniikkakortit LVI, palokortit PAL ja akustiikkakortit AKU. Korteissa on esitetty suunnittelun ja rakentamisen lisävaatimukset korkeassa rakentamisessa. (Korkean rakentamisen rakentamistapaohje 2018: YL-00) Ohjekorteissa ei ole suoraan sähkösuunnitteluun liittyviä vaatimuksia, mutta sähkösuunnittelua ohjaavat esimerkiksi paloturvallisuussuunnitelmat, jotka noudattavat ohjekorttien vaatimuksia.

Sähkösuunnittelussa noudatetaan pienjänniteasennuksia käsittelevää standardia SFS 6000 sekä ko. standardia selventävää ST-ohjekortistoa.

Tietoliikennejärjestelmien suunnittelussa noudatetaan Traficomien määräystä 65 kiinteistön sisäverkoista ja teleurakoinnista sekä myös ko. määräystä selventävää ST-ohjekortistoa.

ST-korttien nimet mainitaan järjestelmää käsittelevissä luvuissa.

Tekniset järjestelmät kehittyvät ja uudistuvat jatkuvasti, ja uudet toteutustavat tulevat vanhentuneiden tilalle, joten suunnittelijan on seurattava ja tarkistettava voimassa olevat ohjeet ja vaatimukset.

4 Sähkö- ja telejärjestelmien ominaispiirteiden kuvaus

Sähkö- ja tietotekniset järjestelmät suunnitellaan ja toteutetaan tekniikan nykytilanteeseen ja voimassa olevien määräysten mukaisesti. Hankekohtaiset vaatimukset tulee täyttää.

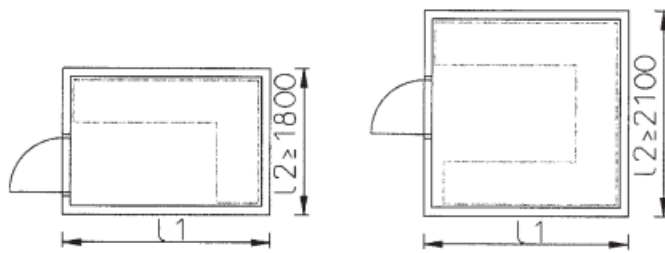
4.1 Sähkötekniset tilatarpeet ja johtoreitit

Korkeiden rakennusten sähkösuunnittelussa on huomioitava tekniikan sijoittelu, jotta kaapelipituudet ja -poikkipinnat pysyisivät sallittujen arvojen raameissa.

Tekniset tilat rakennetaan päällekkäin ja samansuuruisiksi, jotta tekniikka saadaan kulkemaan mahdollisimman suoraviivaisesti alhaalta ylöspäin. Johtoreitinä käytetään tavallisesti pystysuuntaista nousukuilua, joka sijoitetaan teknisten tilojen yhteyteen. Tekniset tilat sijoitetaan tyypillisesti rakennuksessa keskeiseen paikkaan. (Koivisto & Hakala 2015: 61)

Sähkön jakelun kannalta keskeinen paikka on rakennuksen pääkeskustila, jossa tehdään liityntä sähkön jakeluverkkoon ja josta jaetaan sähköt eteenpäin rakennuksen sisällä. Tilan mitoituksessa huomioidaan liittymiskaapeleille

tarvittava asennustila sekä läpimeno rakennukseen sisään. Liityntäkaapelit tuodaan tyypillisesti tontin rajalta tai muuntamolta pääkeskustilaan suojaputkessa. Suojaputken halkaisija on 110 tai 160 mm, riippuen kaapelin poikkipinnasta. Sähköverkon haltija määrittelee liittymiskaapeleiden määrän, tyyppin ja koon rakennuksen liittymistehon mukaan. Pääkeskustilan koko voidaan arvioida kuvassa 2 (s. 9) esitetyn mitoitusohjeen sekä taulukon 1 (s. 9) mukaan (Koivisto & Hakala 2015: 18).



Vapaa korkeus vähintään 2600 mm, saneerauskohteissa 2200. L1 = pituus, L2 = leveys

Kuva 2. Pääkeskustilan mitoitusohje (Koivisto & Hakala 2015: 18).

Tilan vapaa korkeus on vähintään 2600 mm. Taulukossa 1 on esitetty pääkeskustilan seinäpintojen yhteinen minimipituus rakennuksen bruttoalan mukaan.

Taulukko 1. Pääkeskustilan minimilitantarve rakennuksen bruttoalan mukaan (Koivisto & Hakala 2015: 18)

Rakennuksen tai osan bruttoala m ²	Julkiset rakennukset m	Liike-rakennukset m	Toimisto- ja majoitus-rakennukset m	Kevyen teollisuuden rakennukset m
1 000	6,6	7,8	6,6	7,2
2 000	7,2	8,4	7,8	8,4
3 000	7,8	9,0	9,0	9,0
4 000	8,4	10,0	11,5	10,0
5 000	8,4	11,5	12,0	11,5
6 000	9,0	12,0	13,0	12,0
7 000	10,0	13,0	14,0	13,0
8 000	10,5	14,0	15,0	14,0
9 000	11,5	15,0	16,0	15,0
10 000	12,0	16,0	17,0	16,0
20 000	16,0	21,0	21,0	19,0
30 000	19,0	24,0	27,0	24,0
40 000	21,0	30,0	30,0	27,0
50 000	24,0			30,0

Yhteinen pituus on laskettu periaatteella $2 \times (L1 + L2)$. Tätä mitoitusohjetta voidaan käyttää myös jakokeskustilojen mitoituksessa. Erillisessä keskustilassa seinän ja keskuksen välinen etäisyys on oltava minimissään 800 mm. (Koivisto & Hakala 2015: 18)

Pääkeskustilaan sijoitetaan myös turvaloketus, joten sille on varattava asennustilaa vähintään 300 x 600 x 1000 mm (Koivisto & Hakala 2015: 70).

Rakennuksen tietoliikennejärjestelmien keskeisenä paikkana toimii talojakamo, ja se on yleisen kiinteän tietoliikenneverkon ja rakennuksen sisäverkkojen rajapinta. Liittymiskaapelit tuodaan rakennukseen tontin rajalta suojaputkia käyttäen. Tyypillisesti teleliittymiskaapeleita varten varataan 110 mm halkaisijaltaan olevaa suojaputkea jokaista teleoperaattoria varten. Eli talojakamo on paikka, jossa yhdistetään kiinteistön nousukaapelointi ja teleoperaattoreiden liittymiskaapelit. Talojakamotilan mitoituksessa voidaan käyttää ST-käsikirjassa 35 esitettyä ohjetta. Seuraavassa taulukossa 2 on esitetty asuinkiinteistöihin varattavien talojakamotilojen minimikoot.

Taulukko 2. Asuinkiinteistön talojakamotilan minimikoko riippuen huoneistojen lukumäärästä. (Koivisto & Hakala 2015: 31)

Huoneistojen lukumäärä	Kaappien/telineiden lukumäärä	Talojakamotilan mitat, m ²
10	1	2,2 × 2,0 m
20	1	2,2 × 2,0 m
50	1	2,2 × 2,0 m
100	1...2	2,2...3,0 × 2,0 m
200	2	3,0 × 2,0 m
500	3	3,8 × 2,0 m
1000	4	4,6 × 2,0 m

Huomautus 1: Taulukossa on kaappi-/telinekooksi oletettu 800 mm × 2000 mm × 600 mm (leveys × korkeus × syvyys). Pienissä talojakamoissa riittää luonnollisesti pienempi kaappi, esim. seinäkaappi.
 Huomautus 2: Mitoituksessa on oletettu, että parikaapelit päätetään 24-porttisiin 1U:n paneeleihin ja optiset kuidut 48-porttisiin 1U:n paneeleihin.

Jakamotilan vähimmäiskorkeus on 2,6 metriä ja SFS-EN 50174-1 standardin mukaan erilliseen jakamotilaan asennettavien kaappien edessä on oltava vähintään 1,2 m tilaa kytkentöjä varten (Koivisto & Hakala 2015: 22).

Korkeiden rakennusten talojakamotilaan on varattava erillinen kaappi teleoperaattoreiden laitteita varten.

Talojakamolle ja sähköpääkeskustilalle on järjestettävä keskeiset paikat rakennuksesta, jotta kaapelit voidaan asentaa kerrosten välille selkeästi ja mahdollisimman suoraviivaisesti, ilman jyrkkiä mutkia. Asuinkiinteistöihin on sähkötyöturvallisuussyistä hyvä varata erillinen tila talojakamolle.

Talojakamoon asennetaan myös yhteisantennijärjestelmän laitteet, joille on varattava 600 x 600 x 2000 mm tila (Koivisto & Hakala 2015: 20).

Korkeisiin asuinkerrostaloihin kuitenkin rakennetaan, alimmasta kerroksesta ylimpään, tyypillisesti nousukuilu, joka toimii myös teknisenä tilana jokaisen kerroksen kohdalla. Näin tekniikka voidaan hajauttaa tasaisesti ja järkevästi kerroksiin.

Nousukuilua käytetään sekä sähkö- että telejärjestelmien johtoteinä, ja siksi kuiluun on järjestettävä erilliset nousutilat sähkö- ja telejärjestelmien kaapeleille.

Kuilun yhteydessä olevaan tekniseen tilaan voidaan sijoittaa seuraavat laitteet:

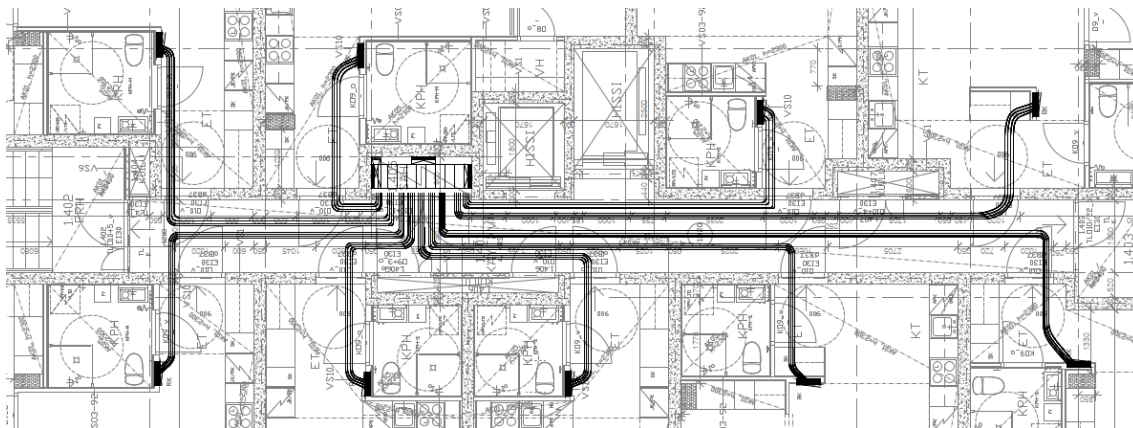
- monimittarikeskukset, joita voi olla useampia korkeassa asuinkerrostalossa
- kiinteistökeskus
- savunpoistokeskus
- alijakamot, joita voi olla useampia korkeassa asuinkerrostalossa
- yhteisantenniverkon tähtipisteet
- virtakisko ja siihen liittyvät syöttökotelo ja virranottimet
- aurinkosähkön invertteri sekä turvakytkimet.

Näin nousukuilun yhteydessä olevan teknisen tilan kokoon vaikuttavat tilaan asennettavien laitteiden todelliset koot. Nousukuilun koon mitoituksessa on otettava huomioon myös alimmasta kerroksesta lähtevä kaapelimäärä ja kaapeleille tarvittava määrä kaapelihyllyjä. Kaapelireiteissä on huomioitava myös kaapeleiden taivutussäteet, selväpiirteinen järjestely sekä kiinnitys. (Koivisto & Hakala 2015)

Nousukuilu on myös kerroskaapeloinnin keskityskohta, jossa tehdään tarvittavat väliliitännät. Korkeiden asuinkerrostalojen kerroskaapelit, nousukuilusta asuntoihin, tuodaan tyypillisesti paikallavaluholvissa, johon on asennettava riittävä putkitus. Alle on lueteltu esimerkkiputkitus yhden asunnon ja nousukuilun välille:

- 1 kpl JM32 asunnon syöttökaapelille
- 1 kpl JM32 asunnon heikkovirtakaapeleille
- 1 kpl JM25 asunnon IV-koneen syötölle
- 1 kpl JM25 laajennusvara.

Kuvassa 3 on esitetty yhden asuinkerroksen nousukuilun ja asuntojen välinen putkitusperiaate.



Kuva 3. Putkitusperiaate nousukuilusta asuntoihin.

Putkien määrä ja koko on kuitenkin tarkistettava tapauskohtaisesti. Putkitus tehdään tyypillisesti lattiassa kerrosta alempana olevaan keskukseen.

Suunniteltaessa tilavarauksia on huomioitava tulevan laajennuksen tarve. Tilojen on oltava kooltaan sen kokoisia, että niissä voidaan ongelmitta suorittaa laitteiden sekä kaapeleiden asennukset, käyttö ja ylläpito.

Tilavarausten suunnittelua tukevat ohjeet ovat:

- ST-käsikirja 35, Sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien tilavaraukset
- ST 51.06, Palonkestävä johtojärjestelmä palon aikana toimiviksi tarkoitetuille järjestelmille
- ST 51.13, Kaapelihyllyt, -tikkaat ja valaisinripustuskiskot
- ST 51.17, Sähkökaapelit ja paloturvallisuus
- ST 51.18.01, Sähköläpivientien äänieristäminen
- ST 51.18.02, Sähköläpivientien paloeristäminen
- ST 53.34, Jakokeskuksen suunnittelussa ja valmistuksessa huomiioon otettavia asioita.

Tilavarauksia täydentävää tietoa on esitetty myös seuraavissa luvuissa, joissa käydään syvällisemmin läpi järjestelmäkohtaiset kuvaukset.

4.2 Sähkönjakelujärjestelmä

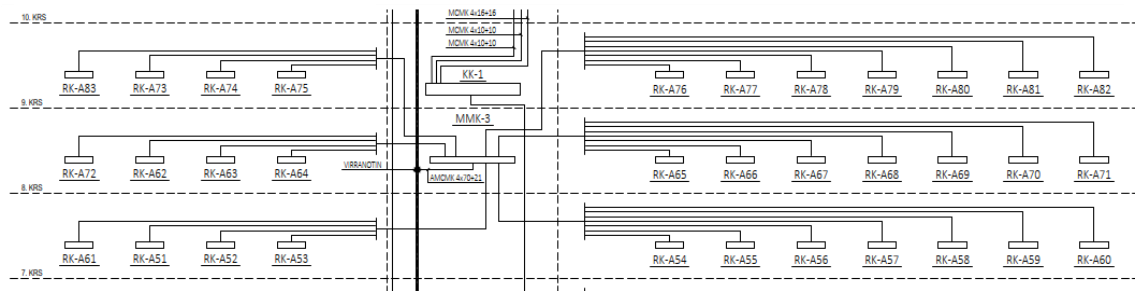
Rakennuksen sähkönjakelujärjestelmällä toimitetaan sähköä sähköverkkoyhtiön verkosta loppukäyttäjälle ja se sisältää liittymispisteen, sähköpääkeskuksen, jakelukeskukset, pääty pisteet sekä niiden välisen kaapeloinnin. Rakennus liitetään kunnalliseen jakeluverkkoon riippuen kiinteistön sähköenergian tarpeesta, joko muuntamon tai jakokaapin kautta. Muuntamon tyyppinä voi olla kohteen tontilla oleva kuluttajamuuntamo tai tontin vieressä oleva puistomuuntamo. Kuluttajamuuntamo voidaan sijoittaa rakennukseen tai erilliseen muuntamorakennukseen. Kuluttajamuuntamon hankinnan tarvetta arvioidaan sähköverkon ja liittymän mitoituksen yhteydessä. Huipputehon ollessa jo 250 kW, on tutkittava muuntamon tarvetta. Huipputehon ollessa alle 500 kW pienjänniteverkkoon liittyminen on edullisempi vaihtoehto. Esimerkiksi yhden korkean 300 huoneiston kerrostalon huipputeho voi ylittää 500 kW:n rajan; tässä tapauksessa suunnittelijan on arvioitava mahdollisen muuntamoninvestoinnin kannattavuutta. (Kuluttajamuuntamot 2018: 2–3)

Rakennuksen sähköpääkeskus saa syöttönsä muuntamosta. Sähköpääkeskuksesta sähkö jakautuu monimittari-, nousu- ja/tai jakokeskusten välillä ja näistä eteenpäin loppukäyttäjälle. Kiinteistön tyypilliset sähkökeskukset voidaan jakaa seuraaviin:

- Pääkeskus, joka syöttää seuraavia pienempiä sähkökeskuksia.
- Kiinteistökeskus, joka on tarkoitettu palvelemaan kiinteistön tarpeita.
- Nousukeskus, joka on tarpeellinen suurissa kohteissa.
- Monimittarikeskus, joka voi olla tarpeen, kun kiinteistössä on paljon käyttäjiä, esim. asuinrakennukset tai toimistorakennukset.
- Ryhmäkeskus, loppukäyttäjän tai tietyn järjestelmän tarpeita palveleva keskus.

Korkeiden rakennusten sähkönjakelujärjestelmään kuuluvat laitteistot on hajautettava kerrokseen, jotta kaapelipituudet pysyvät sallittujen arvojen sisällä. Näin esimerkiksi 150 huoneiston kerrostaloon on suunniteltava useampi monimittarikeskus, joita voidaan sijoittaa esim. kolmen kerroksen välein. Liitteessä 1

sivulla 1 on esitetty 16-kerroksisen asuinrakennuksen nousujohtokaavio, jossa monimittarikeskukset on sijoitettu alavyöhykkeellä kolmen kerroksen välein ja ylävyöhykkeellä kahden kerroksen välein. Lisäksi rakennuksen puoliväliin 9. kerrokseen on sijoitettu toinen kiinteistökeskus, joka palvelee kiinteistön ylempiä kerroksia. Kuvassa 4 on esitetty kolmen eri kerroksen huoneistojen sähkönjakeluperiaate.



Kuva 4. Korkean rakennuksen huoneistojen sähkönjakeluperiaate.

Kuvan monimittarikeskus MMK-3 palvelee 7.–9. kerroksen asuntoja, ja kiinteistökeskus KK-1 palvelee kiinteistön laitteita 9. kerroksesta ylöspäin.

Pääkeskuksen ja monimittarikeskusten välinen nousujohtokaapelointi voidaan toteuttaa joko kaapeleilla tai jakelukiskolla.

Kaapeleilla toteutettavassa nousujohtojärjestelmässä on otettava huomioon kaapelipituudet, joten esimerkiksi ylimpien kerrosten keskusten syöttökaapelin koko on tyypillisesti suurempi kuin alimpien kerrosten; oikosulkuvirrat ja jännitteenalenema pysyvät sallituissa rajoissa. Kaapeleiden koot ja määrä vaikuttavat hyllyjen ja läpimenojen mitoitukseen. Paksumpien kaapeleiden taivutussädevaatimukset vaikuttavat myös edellä mainittuihin mitoituksiin.

Asuntokohteissa pääkeskuksen ja monimittarikeskusten väliset nousut voidaan toteuttaa asuntojen määrästä riippuen yhdellä tai useammalla jakelukiskolla, riippuen asuntojen määrästä. Jakelukiskojen käyttö tuo mukanaan merkittäviä etuja verrattuna kaapeleihin:

- korkea käyttöturvallisuusaste
- palokuorma on n. 20 % pienempi
- helppo ja nopea asennus
- muuntojoustavuus
- kevyempi painoltaan
- kustannustehokkuus helpon asennuksen ja käytön ansiosta
- pieni tilantarve, pienempi kaapelihyllyjen määrä.

Asuinkohteiden jakelukiskoilla tyypillisesti syötetään monimittarikeskuksia, jotka hajautetaan kerroksiin. Kisko saa syöttönsä pääkeskukselta syöttökotelon kautta ja monimittarikeskukset liitetään kiskoon virranottimien avulla. Näin jakelukiskon tilavarauksessa on huomioitava kiskon syöttökotelon sekä virranottimien koot.

Sähkönjohtojärjestelmän valinnan peruseriaatteet on esitetty SFS-EN 6000-1 standardissa, joka käsittelee kaapeleita, niiden liittämistä, tukemista, kiinnittämistä sekä suojausta. (SFS 6000-5-52:2022, s. 7)

Johtojärjestelmän valinnassa on huomioitava myös kustannustehokkuus. Esimerkiksi asuntokohteissa on hyvä arvioida jakelukiskon käytön kannattavuutta. Liitteessä 1 sivulla 1 on esitetty 16-kerroksisen asuinkerrostalon nousujohtokaavio, joka on toteutettu jakelukiskolla, ja saman liitteen sivulla 2 on esitetty toisen 16-kerroksisen asuinkerrostalon nousujohtokaavio, joka on toteutettu kaapeleilla. Näistä kahdesta tapauksesta kaapeleilla toteutettu nousujohtojärjestelmä on kustannukseltaan edullisempi vaihtoehto.

Nousukuilun palo-osastointi vaikuttaa järjestelmän kustannuksiin. Mikäli nousukuilu on yhtä ja samaa palo-osastoa, niin jakelukiskon käyttö on kannattavaa. Mikäli nousukuilu on jaettu useampaan palo-osastoon, tulee palokatkoja osastojen mukaisesti. Palokatkot on esitettävä sähkösuunnitelmissa, koska jakelukiskojen palokatkokappaleet vaikuttavat merkittävästi järjestelmän kokonaiskustannuksiin, eli jakelukiskon käytön kustannuskannattavuus on varmistettava.

Standardin SFS 6000 osa 5–52 on olennainen kiinteistön sähköjakelujärjestelmän suunnittelun kannalta. Järjestelmän suunnittelua tukevat myös alla luetellut ST-kortit:

- ST 13.31, Rakennuksen sähköverkon ja pienjänniteliittymän mitoittaminen
- ST 51.13, Kaapelihyllyt, -tikkaat ja valaisinripustinkiskot
- ST 51.06, Palonkestävä johtojärjestelmä palon aikana toimiviksi tarkoitetuille järjestelmille
- ST 53.34, Jakokeskuksen suunnittelussa ja valmistuksessa huomiioon otettavia asioita.

4.2.1 Varmennettu sähköjakelujärjestelmä

Varmennettu sähköjakelujärjestelmä on järjestelmä, joka syöttää ihmisen turvallisuudelle tärkeitä laitteita. Kaikki sähkökäyttöiset henkilöturvallisuuteen liittyvät laitteet, kuten turvavalaistus, hissit pelastajille ja ihmisten evakointiin, sisäradioviestintä turvahenkilöstölle, vedenpaineen nousujohteet, palovaroitin- ja palontorjuntajärjestelmät, turvallisuuden kannalta tärkeä ilmanvaihto ja kaasu-hälytysjärjestelmät sekä kulunvalvonnan ja kulunvalvontaa estojärjestelmät on kytkettävä jännitelähteen valmiustilaan (Hopf 2012: 12). Tyypillisesti varmennettu sähköjakelujärjestelmä sisältää jännitelähteen ja kaapeloinnin kulutuskojeelle.

Jännitelähteinä voivat olla akustot, paristot, generaattorit ja erilliset jakeluverkon syötöt, jotka ovat riippumattomia normaalista jakelusta (Hakanen 2005: 54). Näin esimerkiksi poistumistievalaistus-, paloilmoin- ja savunpoistojärjestelmien toiminta mahdollisen palon aiheuttaman sähkökatkoksen aikana voidaan turvata akustoilla. Poistumisvalaistusjärjestelmän tapauksessa akustot ovat tyypillisesti laitekohtaisia ja paloilmoin- ja savunpoistojärjestelmät ovat keskusakustollisia.

Rakennuksen sähkön syötön varmennustarve perustuu yleensä viranomaisten vaatimukseen, käyttäjän toiveisiin sekä taloudellisiin aspekteihin, ja liittyy joko henkilöturvallisuuteen tai omaisuuden turvaamiseen, tai molempiin

yhtäaikaisesti. Lainsäädännössä ja määräyksissä on myös vaatimuksia sähkön varmennukselle. (Hakanen 2005: 27)

Korkeiden asuinkerrostalojen varavoimajärjestelmän käyttötarkoitus perustuu pääsääntöisesti turvasyöttöjärjestelmien käyttövarmuuteen ja ko. järjestelmiin asetettuihin vaatimuksiin.

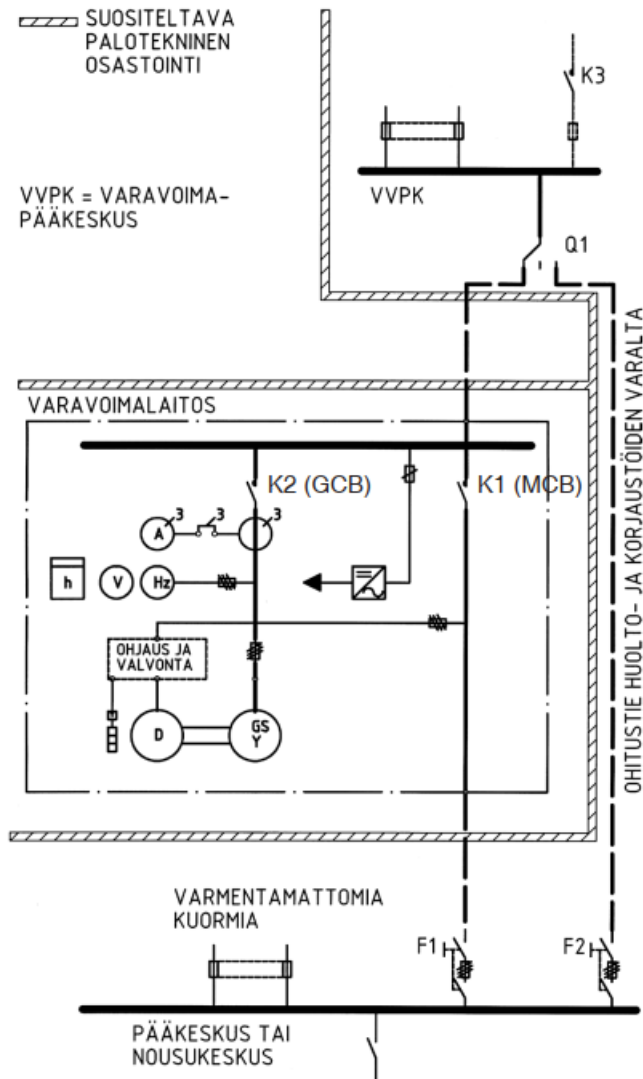
Paloturvallisuuslaitteisto, kuten

- sprinklerin pumppu
- kuiva- ja märkänousun paineenkorotuspumppu
- palomieshissi
- koneellinen savunpoisto

voidaan syöttää varavoimakoneen avulla, jotta paloturvallisuuslaitteistot ovat toimintavalmiudessa myös sähkökatkotilanteessa. Normaalisti varavoimakone on valmiustilassa, mutta sen jälkeen, kun verkkosähkö on katkennut, valvonta-automatiikka antaa käynnistyskomennon varavoimakoneelle. Varavoimakone liitetään tyypillisesti varavoimakuormitukseen ja sen liittäminen rakennuksen kiinteään jakeluverkkoon toteutetaan varavoimakeskuksen tai niin sanotun syötönvaihtokeskuksen kautta (Hakanen 2019: 14).

Varavoimakoneen generaattorin kokoa määriteltäessä täytyy tuntea varavoimalla tuetun verkon rakenne ja kuormat. Verkon rakenteella tarkoitetaan tässä lähinnä pistorasioita ja niitä syöttäviä alakeskuksia nousujohtoineen. Generaattorin oikosulkuvirta on tyypillisesti noin 3 kertaa nimellisvirta, ja tämän takia on hyvin usein tarkasteltava pistorasioita syöttävät sulakkeet ja varokeautomaatit ja niiden jälkeiset kaapelit erityisen huolella.

Kuvassa 5 on esitetty yksinkertainen varavoimaverkon pääkaaviomalli.



Kuva 5. Varavoimaverkon pääkaaviomalli (Hakanen 2019: 38).

Varavoimajärjestelmän tekniset vaatimukset ovat pääsääntöisesti normaali-jake-lua vastaavia. Varavoiman pääjakelulle on suosituksena omat kaapelirei-rit; myös asennukset tehdään normaali-jake-lun asennustapoja vastaavasti.

Sähkösuunnittelua tukevaa tietoa löytyy kattavasti ST- käsikirjasta 31.

4.3 Kiinteistön sisäiset viestintäverkot

Viestintäverkot ovat tarkoitettu datan välitykseen/välittämiseen. Sisäisessä vies-tintäverkossa data siirretään tai jaetaan johtimia pitkin valo-, sähkö- tai

radiosignaalien välityksellä. Kiinteistöihin tai rakennuksiin datan välitystä varten rakennetaan kiinteä sisäverkko, joka muodostuu alue-, nousu-, kerros- ja kotikaapeloinnista sekä signaalien siirtolaitteista. Kiinteistön sisäverkot liitetään yleisen viestintäverkon osaksi. Sisäiset viestintäverkot voivat koostua yleiskaapelointijärjestelmistä, yhteisantenniverkoista ja -järjestelmistä sekä muista antennijärjestelmistä.

Traficomien määräys 65 asettaa vaatimukset sisäverkkojen suunnittelulle, rakentamiselle ja ylläpidolle. Määräystä noudatetaan aina, kun rakennetaan uutta tai kun kunnostetaan vanhaa asuinkiinteistöä, toimitilakiinteistöä ja julkista kiinteistöä sekä televisiolähetysten antennivastaanottoa omakotitaloissa. (Kiinteistön sisäverkko 2023)

Määräykseen on selostettu tarkemmat yleiskaapelointi- ja yhteisantennijärjestelmien tekniset vaatimukset, kuten vaatimukset

- verkkojen rakenteesta
- teknisestä laadusta, suorituskyvystä ja luotettavuudesta
- turvallisuudesta ja suojaamisesta
- mittauksista
- dokumentoinnista.

Määräys 65 velvoittaa kiinteistön omistajaa tai haltijaa, rakentajaa ja rakennuttajaa, suunnittelijaa ja teleurakoitsijaa. (Ristilä & Erkkilä 2023: 1–2)

Kiinteistön keskeinen piste tiedonsiirron kannalta on talojakamo, jossa tapahtuu liittyminen yleiseen optiseen liittymäverkkoon. Operaattorit tuovat liittymiskaapelit talojakamoon ja asennettavat aktiivilaitteet sisäverkon ja yleisen verkon yhdistämistä varten. Asuinkerrostalokiinteistöihin sekä toimitilakerrostalokiinteistöihin suositellaan asennettavaksi vähintään 24-kuituinen kaapeli (Koivisto 2020: 24).

Määräyksen 65 mukaan jokaiseen huoneistoon on asennettava kotijakamo, johon tähtimäisesti päätetään kaikki huoneiston tele- ja antennirasiat. Kotijakamoon on asennettava

- optinen kaapeli, jossa 4 kpl yksimuotoista kuitua
- vähintään kategorian 6 parikaapeli
- koaksiaalikaapeli.

Kotijakamot on asennettava myös toimitiloihin sekä kerhotiloihin samalla periaatteella kuin asuinhuoneisiin. (M65 E/2022)

Sisäverkot ovat rakenteeltaan tähtiverkkoja jokaisen jakamon nähden, ja niiden laitteet ja komponentit asennetaan samaan tilaan ja kaapelit vedetään samoja reittejä pitkin (Ristilä & Erkkilä 2023: 8).

Sisäverkkojen kaapeleiden paloluokka valitaan asennuskohteen ja -ympäristön mukaan, esimerkiksi asuinkerrostaloissa sallitaan E_{ca} -paloluokan kaapeleiden käyttö ja toimistorakennuksissa D_{ca-s2} , d2, a2.

Kohdassa 4.3.1 ja 4.3.2 on esitetty sisäverkkojen erityisvaatimukset sekä verkkojen kaapeloinnin esimerkkimallit.

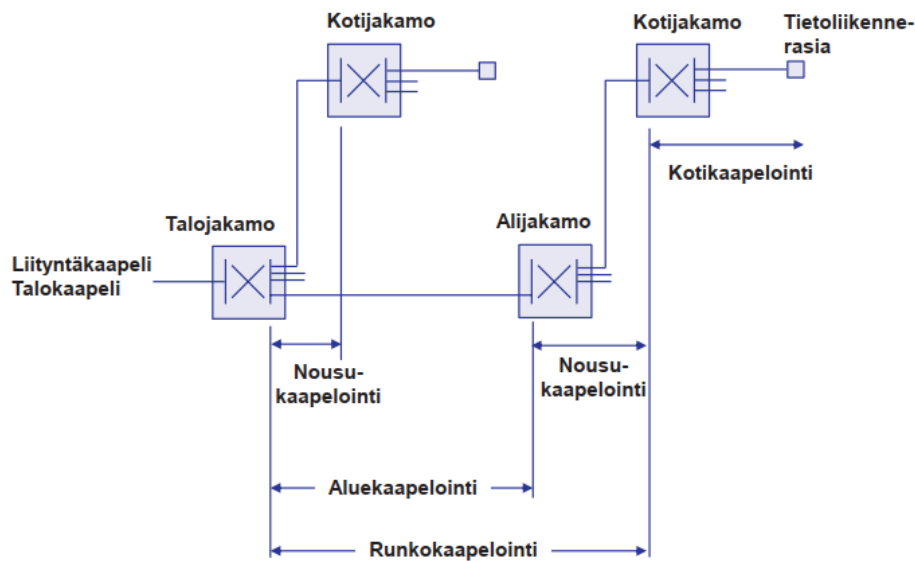
4.3.1 Yleiskaapelointijärjestelmät

Yleiskaapelointijärjestelmä on parikaapeleilla sekä kuitukaapeleilla toteutettu kiinteistön sisäinen viestintäverkko, joka on tarkoitettu tiedonsiirtoa varten. Järjestelmä mahdollistaa muun muassa laajakaistayhteyden, erilaiset sähköiset viestintäpalvelut, kiinteistöjen valvonta- ja ohjausjärjestelmien liittämisen yhdeksi kokonaisuudeksi. (Kiinteistön sisäverkko 2023).

Sähkönimikkeistön mukainen järjestelmätunnus on T130.

Korkean rakennuksen yleiskaapelointijärjestelmä koostuu tyypillisesti talojakamosta, alijakamosta tai useammasta alijakamosta, kotijakamoista ja

tietoliikennesasioista sekä näiden välisestä runkokaapeloinnista ja kotikaapeloinnista. Runkokaapelointi käsittää nousukaapeloinnin ja aluekaapeloinnin yhdistelmän tai pelkästään nousukaapeloinnin. Aluekaapelointi rakennetaan talojakamosta alijakamoon, nousukaapelointi rakennetaan talo- tai alijakamosta kotijakamoon, ja kotikaapelointi rakennetaan kotijakamosta tietoliikennesasiaan. Alijakamoa tarvitaan silloin, kun nousukaapeloinnin pituus ylittää 90 metriä. (Koivisto 2019: 307) Kuvassa 6 on esitetty asuinkiinteistön yleiskaapeloinnin perusrakenne.



Huom.: Runkokaapelointi on yleisnimitys alue- ja nousukaapeloinnille sekä niiden yhdistelmälle.

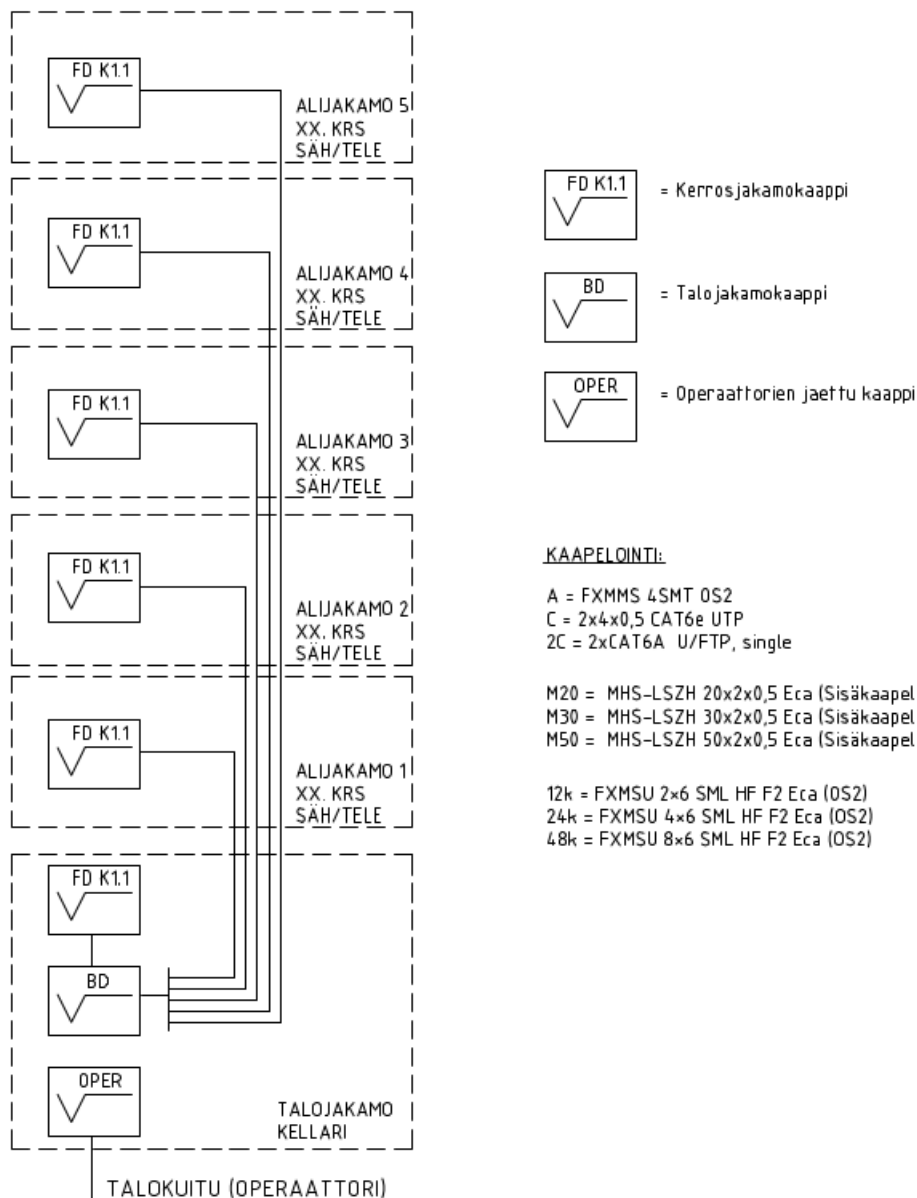
Kuva 6. Asuinkiinteistön yleiskaapeloinnin perusrakenne (Koivisto & Reinikainen 2023: 8; Koivisto 2019: 307).

Yleiskaapelointijärjestelmä rakennetaan parikaapeloinnilla sekä optisella kaapeloinnilla.

Aluekaapelointiosuudella parikaapelointi toteutetaan joko teleparikaapeleilla tai kategorian 6 parikaapelilla. Alijakamon kaapeleiden parimäärien on oltava vähintään saman verran kuin kotijakamoiden määrä. Alijakamossa tehdään nousu- ja aluekaapeloinnin väliset ristikytkennät.

Aluekaapelointiosuudella optinen kaapelointi toteutetaan yksimuotokuiduilla siten, että jokaista huoneistoa varten asennetaan vähintään neljä kuitua sekä jakamoiden välille vähintään kuusi kuitua. Kotijakamoiden kuidut jatketaan aluekaapeloinnin kuituihin yleensä alijakamossa hitsaamalla, talojakamoon asti.

(Koivisto & Reinikainen 2023: 8)



Kuva 7. Korkean asuinkerrostalorakennuksen aluekaapeloinnin periaate.

Aluekaapelointi on mahdollista toteuttaa pelkällä optisella kaapeloinnilla, mikäli kiinteistöön on saatavilla "Kuitu kotiin" -liittymiä eli FTTH-liittymiä (Koivisto &

Reinikainen 2023: 8). Uusin määräys 65 E/2022 kuitenkin suosittelee kategorian 6 parikaapeloinnin asentamista jokaiseen asuinhuoneistoon, vaikka FTTH-liittymä olisi saatavilla. (MPS 65)

Suunnittelua tukevat ohjeet ovat:

- ST- käsikirja 16, Yleiskaapelointijärjestelmät
- ST 681.10, Toimitilakiinteistöjen yleiskaapelointijärjestelmät. Suunnitteluohje
- ST 681.11, Asuinkiinteistöjen yleiskaapelointijärjestelmät. Suunnitteluohje
- ST-ohjeisto 3, Tiedonsiirtokaapelin valinta
- ST 681.12, Selostusesimerkit S2010-nimikeistön mukaan. T130, Yleiskaapelointijärjestelmät (toimitilakiinteistö)
- ST 681.13, Selostusesimerkit S2010-nimikkeistön mukaan. T130, Yleiskaapelointijärjestelmät (asuinkiinteistö).

4.3.2 Yhteisantennijärjestelmät

Korkean rakennuksen sisäinen yhteisantenniverkko liitetään yleensä kaapeli-tv-operaattorin verkkoon kuitukaapeleilla ja verkko rakennetaan tähtimäisesti koaksiaalikaapeleilla niin, että jokaiseen kotijakamoon tuodaan oma koaksiaalikaapeli. Kotijakamo on tähtipiste, josta viedään erillinen kaapeli jokaiselle antennirasiialle. Antenniverkko muodostuu päävahvistimesta sekä passiivisista komponenteista, kuten jakovahvistimista, jaottimista, haaroittimista ja antennirasioista.

Sähkönimikkeistön mukainen järjestelmätunnus on T110.

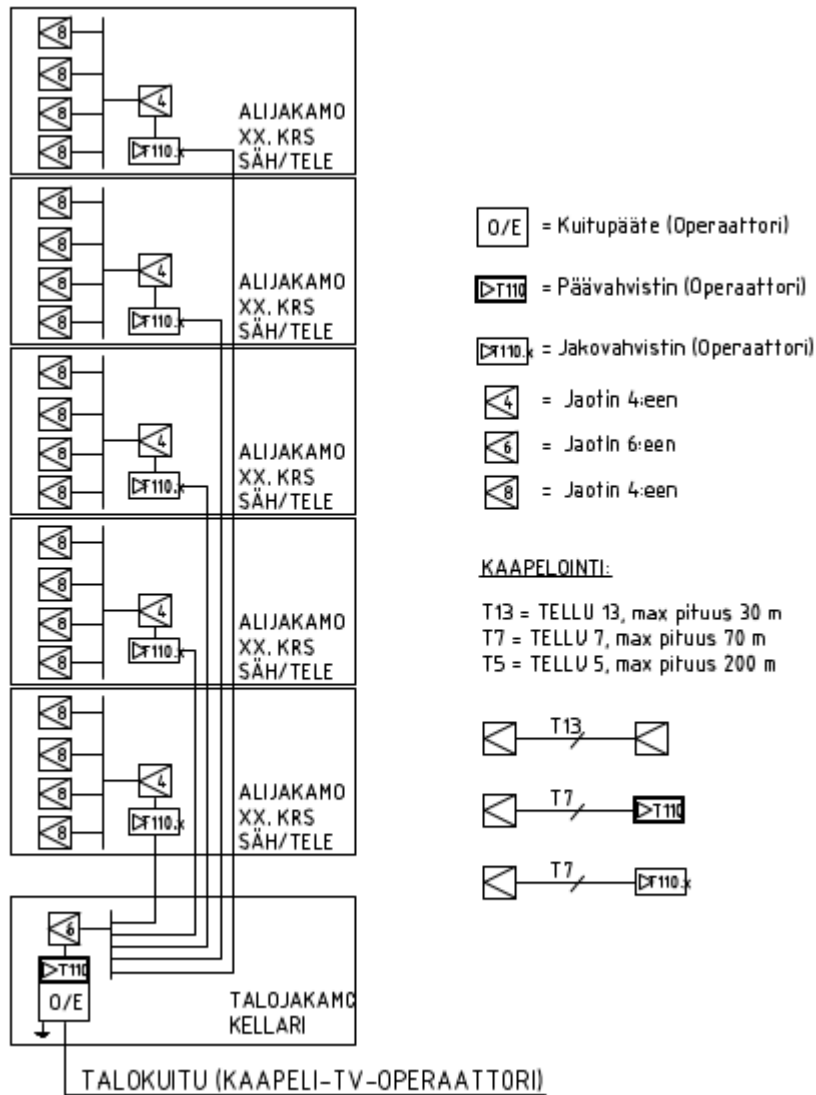
ST-kortissa 621.10 on kattavat ohjeet antennijärjestelmän suunnittelua varten. Traficom suosittelee noudattamaan kyseistä korttia järjestelmän suunnittelussa. Tässä luvussa luetellaan tärkeimmät asiat korkean rakennuksen näkökulmasta.

Suunnittelussa on huomioitava, että korkeiden rakennusten asuntojen määrä on suuri; siksi isot tähtipisteet on jaettava pienempiin. Jokainen tähtipiste syötetään

omalla vahvistimella eli niin sanotulla jakovahvistimella. Hyvänä sääntönä voidaan pitää, että yksi jakovahvistin palvelee 25–30 asuntoa. (Ristilä & Erkkilä 2023: 8)

Määräys 65 vaatii, että antennijärjestelmässä on käytettävä koaksiaalikaapelia läpi koko järjestelmän, talojakamosta antennirasiaan asti. Nousukaapeloinnissa talojakamon ja alijakamoiden välille sekä rakennusten välille että saman rakennuksen sisällä kuitenkin sallitaan optisen yksimuotokuidun käyttö. Tässä tapauksessa on asennettava vähintään yksi koaksiaalikaapeli ja kuusi optista yksimuotokuitua tai vaihtoehtoisesti vähintään kolme koaksiaalikaapelia. (M65 E/2022)

Korkeassa rakennuksessa, jossa tekniset tilat ovat jokaisessa kerroksessa, vahvistimet voidaan hajasijoittaa eri kerroksiin, esimerkiksi kolmen kerroksen välein. Tähtipisteet sijoitetaan lähemmäksi antennirasioita, jolloin kaapelimäärä pienenee. Kuvassa 8 (s. 25) on esimerkki 160 huoneiston verkon runkokaapeloinnin periaatteesta.



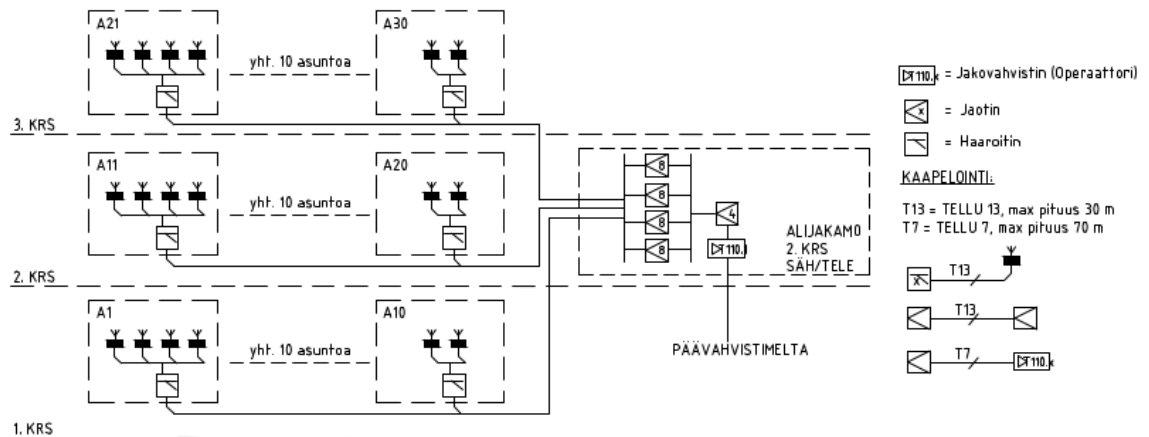
Kuva 8. Esimerkki 160 huoneiston runkokaapeloinnista ja jakamoiden komponenteista.

Esimerkkikuvan verkossa on päävahvistin ja viisi jakovahvistinta. Päävahvistin on sijoitettu kellarin talojakamoon ja jakovahvistimet on sijoitettu kerroksiin niin, että yksi jakovahvistin palvelee kolmen kerroksen asuntoja. Runkoverkossa on käytetty tarpeenmukaisia jaottimia ja runkokaapelina paksumpaa kaapelia esim. Tellu 7 (Antennijärjestelmät 2023: 87).

Jakamoiden laitteet ja komponentit asennetaan erilliseen lukittavaan koteloon. Jokaista jakamoa varten on asennettava vähintään 2-osainen pistorasia. Tähtipisteet on maadoitettava MK 6 mm²:n kuparikaapelilla. Talo- ja alijakamoissa

käytetään jaottimia ja kotijakamoissa haaroittimia (Antennijärjestelmät 2023: 44).

Runkokaapeloinnin komponentti- ja kaapelikapasiteetti on laskettava huoneistojen määrän mukaisesti. Kuvassa 9 on yhden alijakamon nousukaapelointiperiaate, joka kattaa 30 huoneiston tarpeet.



Kuva 9. Esimerkki 30 huoneiston nousukaapeloinnista.

Määräyksen mukaan jokaiseen asuinhuoneistoon, keittiö mukaan lukien, on asennettava vähintään yksi antennirasia (M65 E/2022). Huoneistojen haaroittimien tyypit valitaan kyseisen huoneiston antennirasioiden määrän mukaisesti.

Alle on lueteltu passiivisen verkon ominaisuudet suunnittelussa huomioitavaksi:

- verkko suunnitellaan aina tähtimäiseksi jokaisen jakamon osalta
- verkon taajuusalue 5–1280 MHz
- paluusuuntakelpoisuus 5–65 MHz
- antennirasian ulostulo 60–80 dBuV (47-1280 MHz)
- antenniverkon aiheuttama vaimennus
 - 47 MHz:llä on vähintään 25 dB
 - 1000 MHz:llä saa olla enintään 45 dB
- tasoerot antennirasiassa < 15 dB.

Antenniverkon mitoitus on tehtävä suunnittelun alkuvaiheessa, silloin kun vahvistinten, huoneistojen kotijakamon sekä antennirasioiden sijoituspaikat ovat jo tiedossa. Vaimennuslaskelmalla varmistetaan verkon toiminta. Asuinkerrostalojen antenniverkon vaimennukset lasketaan tyypillisesti vahvistimelta lähimpään sekä kauimpaan antennirasiaan 47 MHz:llä sekä 1000 MHz:llä. Antenniverkon aiheuttama vaimennus on oltava vähintään 25 dB 47 MHz:llä ja enintään 45 dB 1000 MHz:n taajuudella, ja signaalin tasoero 47 ja 1000 MHz:n taajuuksien välillä saa olla enintään 15 dB (Antennijärjestelmät 2023: 123).

Liitteessä 3 on esitetty korkean asuinkerrostalon yhteisantennijärjestelmän periaatekaavio.

Määräyksessä 65 säädetään myös verkon suojaamisesta. Jakamoiden, metallisten telineiden ja koteloiden, komponenttien sekä verkon kaapeleiden metalliset suojakerrokset on maadoitettava. Talo-, ali- sekä kotijakamoihin on asennettava potentiaalintasauskiskot, joihin liitetään tarvittavat potentiaalintasausjohtimet. Kotijakamon potentiaalintasauskisko on yhdistettävä jakokeskuksen PE-kiskoon MK 6 mm²:n kuparikaapelilla.

Talo- ja alijakamoihin on asennettava vähintään neljä sähköpistorasiaa esimerkiksi kahteen mitoitusvirrallaan 16 A:n syöttöryhmään. Kotijakamoihin on asennettava vähintään kaksi sähköpistorasiaa esimerkiksi vähintään yhteen mitoitusvirrallaan 10 A:n syöttöryhmään. Suunnitelmissa on myös hyvä mainita kotijakamon asennuspinta-alan koko, jonka on oltava vähintään 0,24 m² ja hyötösyvyydeltä 90 mm päätelaitteiden asennukselle ja sisäverkkojen asiakirjojen säilytykselle. (M65 E/2022: 12–13)

4.3.3 Sisäantennijärjestelmät

Tässä luvussa käydään läpi vain sähkösuunnittelun kannalta tärkeimmät asiat, joita on hyvä ottaa huomioon. Matkaviestinjärjestelmien suunnittelua toteuttaa tyypillisesti aiheeseen perehtynyt, koulutettu ja valtuutettu asiantuntija.

Monioperaattoriverkon tarkoituksena on mahdollistaa kyseisten operaattoreiden matkaviestinpalvelujen laadukas ja sujuva käyttö kiinteistöissä.

Matkaviestinjärjestelmiä tarvitaan tietoliikenteeseen käyttäjien välillä. Matkaviestintä tapahtuu radiosignaalien välityksellä, jolloin radiosignaalia heikentävät rakenteet on huomioitava rakennushanketta suunniteltaessa. Tässä puhutaan sisätilojen matkaviestinten sisäkuuluvuudesta. Rakennuksen sisäkuuluvuuteen vaikuttavat seinien ja ikkunalasien rakenteet, myös tukiasemien sijainnit, korkeuserot sekä ympäristön tiheys. Sisäkuuluvuusongelma on nykyään yleinen rakennusten energiatehokkuusvaatimusten johdosta, joten myös korkeiden rakennusten sähkö- ja telesuunnitelmissa on varauduttava sisäantenniverkon rakentamiseen. (Opas matkapuhelinverkkojen sisätilakuuluvuudesta 2019: 2–3)

Sisäkuuluvuusongelmat ja -häiriöt ilmenevät kaikkien matkaviestinoperaattoreiden verkoissa ja, tämä koskee kaikkia verkkotyyppejä. Sisäkuuluvuusongelma voidaan ratkaista ensisijaisesti rakennuksen sienien ja ikkunoiden materiaalivaihtamalla sekä tekemällä aukkoja radiosignaalin läpäisemistä varten. Mikäli rakenteellisilla ratkaisuilla ei ole mahdollista saavuttaa riittävän hyvää signaalin tasoa, niin sisäkuuluvutta saadaan parannettua rakentamalla sisäantenniverkko. Traficom suosittelee arvioimaan kerrostalokohteiden sisäantenniverkon tarvetta jo suunnittelun varhaisessa vaiheessa. (Opas matkapuhelinverkkojen sisätilakuuluvuudesta 2019: 4)

Sisäantenniverkon suunnittelussa noudatetaan ST-kortin 625.10 ohjeita (Opas matkapuhelinverkkojen sisätilakuuluvuudesta 2019: 3).

Sisäantenniverkon sähkönimikkeistön mukainen järjestelmätunnus on T170.

Sisäantenniverkon tarpeeseen vaikuttaa myös kiinteistön käyttötarkoitus, joten esimerkiksi maanalaisiin parkkihalleihin pelastusviranomaisen vaatii toimivan VIRVE-verkon.

Uudisrakentamisessa sisäkuuluvuutta varmistetaan alkukartoituksella, kun rakennuksen ulkoseinät ja ikkunat ovat jo paikoillaan.

Sisäantenniverkkoja voidaan toteuttaa erikseen eri operaattoreille tai rakentaa kiinteistöön yhteinen sisäantenniverkko mahdollistamaan kaikkien operaattorien palvelut. Tällaista yhteisverkkoa kutsutaan monioperaattoriverkoksi (MoSi), johon operaattorit voivat liittyä. Yhteiseen sisäantenniverkkoon voidaan liittää myös viranomaisverkko VIRVE sekä ammattikäyttöön tarkoitettu Ukkoverkot. Yhteisen sisäantenniverkon rakentamisessa on tärkeä huomioida operaattoreiden vaatimukset. (Pekonen 2015: 3) Kytkemällä operaattoreiden tukiasemat ja/tai toistimet monioperaattoriverkkoon saadaan toimivat radioverkot. Virveverkosta kerrotaan tarkemmin seuraavassa luvussa 4.3.4.

Sisäantenniverkko rakennetaan kaksisuuntaiseksi, ja verkko koostuu passiivisista komponenteista, kuten yhdistelyelementeistä (hybridi), tehonjakajista, koaksiaalikaapeleista ja antenneista. Passiivinen sisäantenniverkko kytketään operattoreiden aktiivilaitteisiin.

Korkeiden rakennusten matkaviestinjärjestelmien toteutus kannattaa sisällyttää kokonaisrakennushankkeeseen, jossa on otettava huomioon mahdollisten sisäantenniverkkojen tila- ja johtotietarpeet. Sisäantenniverkon tarvetta ja laajuutta selvitetään tarvekartoituksessa. Sisäantenniverkon suunnittelun toteuttaa erillishankintana aiheeseen perehtynyt asiantuntija. Sähkösuunnitelmissa voidaan kuitenkin ottaa huomioon toteutukseen tarvittavat varaukset.

- Sisäantenniverkkoon syötettävät matkaviestinjärjestelmät eli kiinteistöön tulevien operaattorien määrä (DNA, Telia, Elisa, Virve).
- Laitetilaan varataan tila 1–4 telineelle (1 teline/operaattori). Telineen koko riippuu operaattorien aktiivilaitteista joko 600 × 600 × 1000 mm (21U) toistimia varten tai 600 × 600 × 2000 mm (42U) tukiasemia varten. Taulukossa 3 (s. 30) on esitetty tilantarve huoneistojen määrän mukaisesti.
- Laitetilan ilmastointi ja jäähdytys, jotta operaattorien aktiivilaitteiden lämpökuorma saadaan kompensoitua.
- Riittävät kaapelireitit ja kaapeleiden läpiviennit laitetilasta sähkökeskukselle, talojakamolle ja katolle.
- Operaattoreiden laitteiden sähkönsyöttöjen tarpeet.
 - Sähkönsyöttöryhmät 1-vaiheinen 16 A jokaista toistinta varten ja 3-vaiheinen 25 A jokaista tukiasemaa varten.

- Sähkönsyöttö mahdollisuuksien mukaan varmennettu tai katkoton UPS-varmistuksella.
- Laitetilaan on asennettava potentiaalintasauskisko tai -liitin. Jokainen teline on liitettävä potentiaalintasauskiskoon erikseen. Standardin SFS6000-4-44 mukaan Cu- johtimien vähimmäispoikkipinnat 4 mm², jos teline ≤ 21U ja Cu 16 mm², jos teline ≤ 42U. Useamman telineen laittilan potentiaalintasauskisko on liitettävä 25 mm² Cu-johtimella maadoituskiskoon.
- Laitetila on lukittava ja tilaan on järjestettävä esteetön kulku huoltoa varten sekä valtuutetulle huoltoyhtiölle että operaattoreille. (Pekonen 2015: 14)

Tilavarauksen mitoituksessa voidaan käyttää ST 625.10 ohjekortissa esitettyä taulukkoa 3.

Taulukko 3. Tilantarve sisäantenniverkolle ja siihen liitettäville operaattoreiden aktiivilaitteille ja sähkönvarmistukselle. (Pekonen 2015: 14)

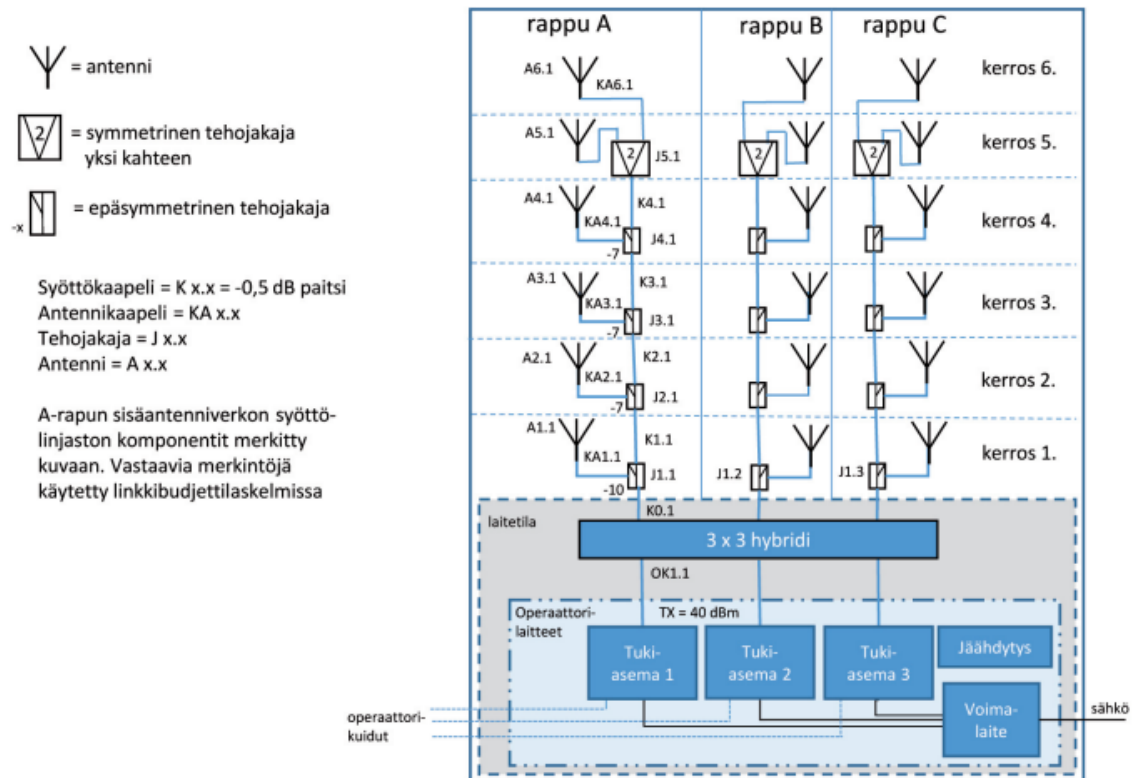
Huoneiston lukumäärä	Kaappien määrä	Kaapin koko
20–50 (ei sähkön varmistusta)	2	2 × (600 × 600 × 2000) mm
51–150 (sähkön varmistus)	4	4 × (600 × 600 × 2000) mm
> 150	n × 4 (useita tiloja)	n × 4 × (600 × 600 × 2000) mm

Korkeissa rakennuksissa, jotta vaimennukset pysyvät rajoissa, operaattoreiden aktiivilaitteet hajasijoitetaan. Hajasijoitettujen laitetilojen välille asennetaan kuitukaapelit.

Sisäantenniverkon toteutuksessa on noudatettava:

- järjestelmän suunnitelmaa
- suunnitteluohjetta ST 625.10
- viestintäviraston M65 ohjeistusta soveltuvin osin
- STUK (Säteilyturvallisuuskeskuksen) antenniasennusohjetta
- erillisverkkojen asennusohjetta
- operaattoreiden ohjetta.

Sisäantenniverkon periaatekaavio on esitetty kuvassa 10.



Kuva 10. Periaatteellinen sisäantenniverkon verkkokuva (Pekonen 2015: 6).

Suunnittelussa noudatetaan standardin SFS 6000-5-52 mukaisia paloturvallisuutta koskevia vaatimuksia.

4.3.4 VIRVE- verkko

Virve-verkko on erillisellä taajuusalueella toimiva puheradioverkko (Tetra), joka on suunnattu/tarkoitettu viranomaisten käyttöön, kuten pelastus-, sosiaali-, terveys- ja poliisitoimeen sekä turvallisuuskriittiseen toimintaan. Virve-verkon avulla viestintä tapahtuu tehokkaasti, suojatusti ja turvallisesti. Viranomaisverkkoa käytetään sekä päivittäisessä yhteistyössä että kriisitilanteissa. Viranomaisverkon pitää toimia sekä ulkotiloissa että sisätiloissa, jotta pelastustoimintaa voidaan suorittaa tehokkaasti, luotettavasti ja turvallisesti. (Virve-palvelut 2023)

Pelastusviranomaisen antaa määräyksen kohteen Virve-verkon sisätilakuuluvuuden toteuttamisesta pelastuslain 109§ 2011/379 säädösten mukaisesti. Kohteita, joihin pelastusviranomaisen voi määrätä Virven sisätilakuuluvuutta ovat esimerkiksi maanalaiset parkkihallit, isot julkiset tilat, kuten kauppakeskukset, korkeat asuin- ja toimistorakennukset, terveydenhuollon tilat ja hoitolaitokset, eli ne kohteet, jotka ovat kriittisiä henkilöturvallisuusriskin ja pelastustoiminnan kannalta. (Virve-palvelut 2023)

Rakennukseen laaditaan viranomaisverkon kuuluvuuden tarvekartoitus, joka toteutetaan rakennuslupahakemuksen yhteydessä. Pelastustoimen viestijärjestelmien toteutus on vaatimuksena Helsingin korkean rakentamisen rakentamistapaohje 2018- ohjekorttien mukaisesti yli 56 metriseen rakennukseen. (Korkean rakentamisen rakentamistapaohje 2018)

VIRVE-verkon kuuluvuus varmistetaan kuuluvuuskartoituksella, kun rakennuksen runko ja ulkovaippa ovat jo paikoillaan. VIRVE-verkon suunnittelussa sovelletaan pelastuslaitoksen ohjetta, esimerkiksi Länsi- Uudenmaan pelastuslaitoksen ”Viranomaisverkko VIRVEN suunnittelu ja asentaminen” -ohjetta. Rakennuksen mahdolliset kuuluvuuskatvealueet määritellään yhdessä pelastusviranomaisen kanssa. Rakennukseen toteutetaan yleensä VIRVE-verkon kattavuus, pois lukien pienet varastot ja tekniset tilat. Kyseisen ohjeen mukaan kuuluvuus varmistetaan pääkäyttötiloissa, kulkureiteillä, porrashuoneissa, sekä pelastus- ja sammutustyön kannalta tärkeissä tiloissa. (Viranomaisverkko Virven suunnittelu ja asentaminen 2012)

Viranomaisverkon toiminnasta sekä ylläpidosta ja kehityksestä vastaa Erillisverkot Oy, jolla on kattavat ja tarkemmat lisätiedot ja ohjeistukset (Viranomaisverkko Virven suunnittelu ja asentaminen 2012).

Lisätiedoksi se, että nykyinen Virve-verkko on muuttumassa laajakaistaiseksi Virve 2- verkoksi. Virve-verkko toimii Tetra- radioverkossa ja uusi Virve 2- verkko toimii Elisan laajakaistaisissa 4G- ja 5G- radioverkoissa. (Sisäverkon rakentamisen ohjeet 2023)

Yleensä Virve-verkko toteutetaan monioperaattoriverkon osana, ja sen toteutuksessa huomioitavat asiat on esitetty edellisessä luvussa 4.3.3, mutta verkko voidaan toteuttaa itsenäisenäkin. Esimerkiksi erääseen kerrostaloilla ympäröityyn parkkihalliin on toteutettu sisääntenniverkko, joka parantaa sisäkuuluvuutta poistumisreitillä parkkihallista, ympäröivien asuintalojen kautta. Liitteessä 4 on Virve-verkon esimerkkisuunnitelma, joka kattaa neljän kerrostalon kellarikerrosten ja maanalaisen parkkihallin viranomaistarpeet.

Sisätilakuuluvuuden suunnittelua tukee sähkötyökortti ST- 625.10. Ohjeita löytyy myös Traficom Oy:n sekä Erillisverkot Oy:n sivuilta.

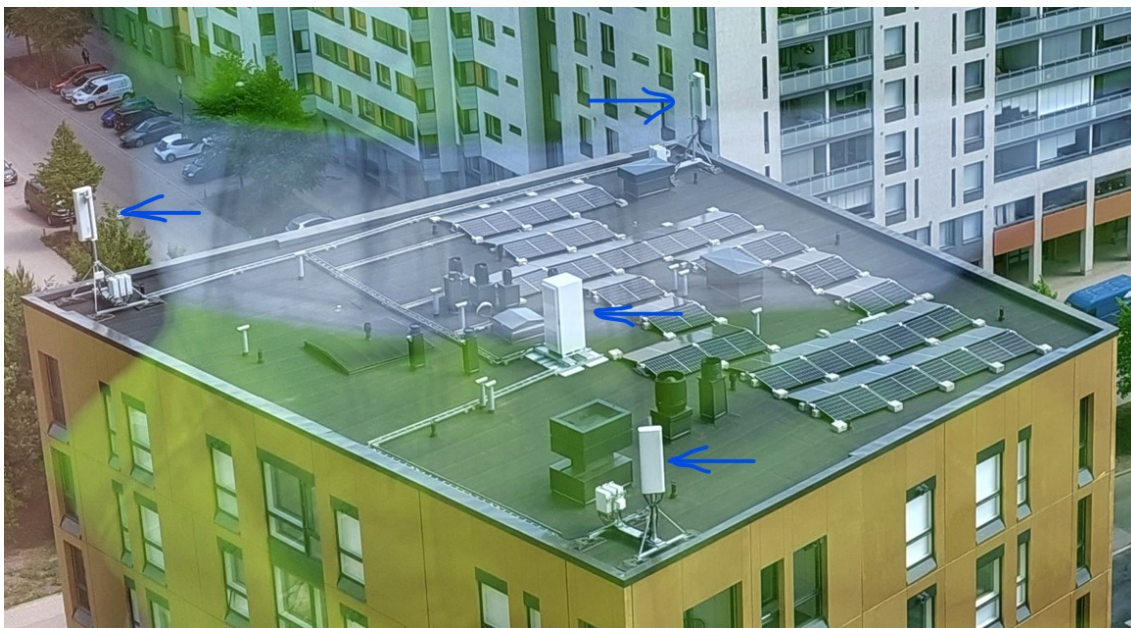
4.3.5 GSM- matkaviestinjärjestelmä

Lähes koko Suomen kattava verkko, joka palvelee niin sanottua langatonta puhelin- ja mobiililaajakaistaliittymää. Matkapuhelinverkkojen laajentamista varten operaattorit voivat tarvita tukiasemien asennusta rakennuksen katolle. Näin voidaan tehdä esimerkiksi uuteen asuin-/asutusalueeseen, jossa signaali heikenee uusien rakennusten, korkeuserojen ja kasvillisuuden myötä. Verkon toimivuuden parantamiseksi operaattori voi sijoittaa tarvittavan määrän tukiasemia alueelle tai esimerkiksi rakennuksen vesikatolle. Tukiasemalaitteet ja voimallajärjestelmä asennetaan tyypillisesti kerrostalon katolle ulkolaitekaappiin. Tällöin operaattoreiden laitteille on varattava:

- Sähkönsyöttö, joka on tyypillisesti 3x25 A, voidaan ottaa esim. pää- tai mittarikeskukselta.
- Varaus energialaitoksen mittarille.
- Kaapelireitit ja läpiviennit nousukaapeloinnille teletilasta vesikatolle sähkö-, kuitu- ja maadoituskaapeleita varten.
- Kaapelihyllyt vesikatolle, yleensä sisältyvät operaattorin urakkaan.
- Kaapelireitti teletilaan operaattorin kuitua varten.

Kuvassa 11 on esitetty taloyhtiön vesikatolle asennetut matkaviestinjärjestelmän laitteet. Kokonaisuus sisältää vesikaton keskeiseen paikkaan sijoitettu

laitekaappi, kolme GSM- antennia ja laitteiden väliset kaapelihyllyt sekä kaapeloinnit.



Kuva 11. Matkaviestinjärjestelmän laitteet asennettuna vesikatolle.

Edellä mainitut asiat on huomioitava sähkösuunnittelun yhteydessä erillistehtävänä, ja tarvittavat varaukset on hyvä olla ennen urakkalaskentaa. Tyypillisesti matkaviestinjärjestelmän tarve selviää työmaan käynnistymisen jälkeen.

4.4 Paloturvallisuusjärjestelmät

Rakennuksen paloturvallisuudesta säädetään ympäristöministeriön asetuksessa 848/2017, jossa on esitetty tekniset vaatimukset. (YMa 848/2017)

Paloturvallisuusjärjestelmien toteutus on perusteltu Suomen rakentamismääräyskokoelmassa. Järjestelmien avulla turvataan pelastustoimijoiden toimintaa henkilöiden pelastamisessa sekä tulipalon sammuttamisessa. (E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2011: 33)

Korkeiden rakennusten tapauksessa rakennusvalvontaviranomainen määrää rakennusluvassa laadittavaksi erityissuunnitelmia, jotka toimitetaan

rakennusvalvontaviranomaiselle. Erityissuunnitelmia ovat esimerkiksi rakenne-, LVI- ja paloturvallisuussuunnitelma, suunnitelma paloilmoitinjärjestelmistä ja koneellisesta savunpoistosta, merkki- ja turvavalaistussuunnitelma sekä sammu-
tusautomaatika- ja rakennusautomaatiosuunnitelma (Palomies- ja evakuointi-
hissit 2021: 1).

Palokonsultti ja/tai palotekninen suunnittelija yhdessä paloviranomaisen kanssa laatii paloteknisen suunnitelman, jonka tarkoitus on antaa yleiskuva rakennuksen paloteknisistä järjestelyistä suunnittelijoille, käyttäjille ja viranomaisille. Suunnitelma selventää paloturvallisuusjärjestelmien toimintoja sekä sähkötekniisiä vaatimuksia. Tämä tarkoittaa sitä, että sähkösuunnittelua ohjaa palotekninen suunnitelma. Vaikka korkeita rakennuksia varten laaditaan palotekninen erityissuunnitelma, sähkösuunnittelijan on tarkastettava myös yleiset suunnitteluohjeet.

Tyypilliset palotekniset laitteistot ja -järjestelmät ovat

- palovaroitin ja/tai paloilmoitin
- savunpoistolaitteisto
- palomieshissi
- sammutuslaitteistot
- viestijärjestelmät.

Tulipalon aikana toimivat järjestelmät kaapeloidaan aina palonkestävästi käyttämällä palonkestäviä kaapeleita tai palorasituksesta riippumattomissa eri palosastoissa. Kaapeloinnissa on huomioitava turvajärjestelmille standardissa SFS 6000-5-56 asetetut vaatimukset. Mahdollisen palon aiheuttaman sähkökatkoksen tapahtuessa turvajärjestelmien tulee toimia akustolla tai muulla varmennetulla virtalähteellä.

Suunnittelua tukevaa tietoa löytyy ohjekortista ST 51.06 Palonkestävä johtojärjestelmä palon aikana toimiviksi tarkoitetuille järjestelmille.

Seuraavissa luvuissa käydään tarkemmin läpi järjestelmäkohtaiset määritelmät, tekniset vaatimukset ja sähkösuunnittelussa huomioon otettavat asiat sekä esitetään järjestelmien periaatemallit.

4.4.1 Palovaroitin- ja paloilmoitinjärjestelmä

Palovaroitin

Korkeiden asuinkerrostalojen huoneistot varustetaan sähköverkkoon kytketyillä palovaroittimilla. Palovaroittimia sijoitetaan vähintään 1 kappale alkavaa 60 m²:ä kohden, kuitenkin vähintään 1 kpl/asunto. Palovaroittimet sijoitetaan asuntoon keskeiselle ja korkeimmalle paikalle, esimerkiksi olohuoneeseen tai eteistilaan. Lisäksi tilojen geometria on huomioitava, esim. usean makuuhuoneen huoneistossa varoittimia sijoitetaan myös makuuhuoneisiin. Palovaroittimet sijoitetaan kuitenkin siten, että vikahälytysten estyminen tulee huomioiduksi: esimerkiksi keittiön läheisyyteen tai IV-tulokanavan läheisyyteen niitä ei tule sijoittaa. Palovaroittimien toiminta sähkökatkon aikana varmennetaan laitekohtaisin akuin. Palovaroittimen sähkönsyöttö otetaan tyypillisesti huoneiston ryhmäkeskuksesta.

Paloilmoitin

Korkea asuinrakennus voidaan varustaa myös automaattisella paloilmoittimella, esimerkiksi silloin, kun rakennukseen on määrätty automaattinen sammutuslaitteisto. Tässä tapauksessa järjestelmään sisällytetään paloilmoitinkeskus, joka toimii sammutuslaitteiston hälytyksen välittäjänä. Paloilmaisimet sijoitetaan paloilmoittimen suunnitteluohjeiden mukaisesti, mutta rakennusta ei tarvitse tällöin suojata kattavasti paloilmoittimella.

Sähkösuunnittelussa noudatetaan ST- ohjeiston 1 paloilmoittimen suunnittelu- ja toteutusohjetta. Lisätietoa ja tarkempia ohjeita sähkösuunnitteluun löytyy myös ST- käsikirjasta 10.

Sähkösuunnittelija laatii paloilmoittimen suunnitteluperusteeksi elinkaarikirjan yhdessä pelastusviranomaisen kanssa aina kun kohteeseen on määrätty paloilmoinjärjestelmä.

4.4.2 Poistumisvalaistus

Poistumisvalaistus liittyy henkilöturvallisuuteen ja sen tarkoitus on helpottaa ja nopeuttaa rakennuksesta poistumista poikkeus- ja hätätilanteissa. Poistumisreitit on varustettava ulosohjausmerkeillä sekä turvavaloilla.

Poistumisvalaistuksen tarve perustuu seuraaviin lakeihin ja asetuksiin:

- Pelastuslaki 379/2011 (luku 3 ja 112 §)
- Sisäasiainministeriön asetus rakennusten poistumisteiden merkitsemisestä ja valaisemisesta SMA 805/2005
- Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta YMa 848/2017
- Laki pelastustoimen laitteista 10/2007. (Jumppanen ym. 2019: 10)

ST-käsikirjan 36 mukaan yli 8-kerroksiset rakennukset on varustettava poistumisopasteiden ja poistumisreitien valaistuksella (Jumppanen ym. 2019: 50).

Pääpoistumisalueet ja uloskäytävät esitetään paloteknisen suunnitelman pää- ja liitepiirustuksissa sekä arkkitehdin pääpiirustuksissa. Rakennuksen yleiset tilat huomioon ottaen, poistumisreitit varustetaan vaatimukset täyttävällä poistumisvalaistuksella ja poistumisreittivalaistuksella ulos asti. Poistumisvalaistus muodostuu jatkuvasti valaistusta poistumisopasteista sekä poistumisreittien valaistuksesta, joka käynnistyy, kun tavallinen valaistus joutuu epäkuuntoon. Poistumisopasteissa huomioidaan katseluetäisyys.

Järjestelmä toteutetaan palonkestävällä johtojärjestelmällä tai valaisimet varustetaan valaisinkohtaisella varavirtalähteellä. Esimerkiksi asuinkohteissa järjestelmän toiminta turvataan vähintään tunnin ajaksi.

Suunnittelussa on huomioitava myös, että uloskäytäviin ja palosulkuihin saa sijoittaa, ilman erityistä suojausta, vain kyseistä tilaa palvelevia tarpeellisia sähkölaitteita. Ne voivat olla esimerkiksi valaisimia, pistorasioita ja kytkimiä, porrashuonetta palveleva savunpoistokeskus, sekä niitä laitteita syöttäviä johtojärjestelmiä. Muut uloskäytävään sijoitettavat sähköasennukset ja johtojärjestelmät sekä palava-aineiset tai palavaeristeiset asennukset tulee suojata vähintään EI 30-luokan rakennusosin. Uloskäytävään johtavat ovet on oltava avattavissa ilman avainta. Mahdolliset sähkölukitukset (kiinnipitolaite) varustetaan oven vie-reen sijoitettavilla hätäavauspainikkeilla.

Liitteessä 5 on esitetty 16. krs:n poistumisvalaistusjärjestelmän periaatemalli. Liitteen asuinkohteeseen on valittu järjestelmä, jonka valaisimet ovat osoitteellisia ja varustettu akuilla.

Kohteen tilavarausta tehtäessä on huomioitava turvavalokeskuksen koko sekä tarvittavat tilat kaapelointia varten. Sähkökeskukseen tai sen läheisyyteen on varattava tila sähkövalvontayksikölle.

Sähkönimikkeistön mukainen järjestelmätunnus on S610.

ST-käsikirja 36 antaa perustietoja poistumisvalaistuksen ja poistumisreittivalaistuksen suunnitteluun, asennukseen ja kunnossapitoon. Käsikirjasta löytyy kattavaa tietoa poistumisvalaistuksen teknisistä ratkaisuista. (Jumppanen ym. 2019)

Muut suunnittelua tukevat ohjeet ovat:

- ST 59.10, Turvavalistus ja poistumisopasteet. Suunnittelu
- ST-ohjeisto 08, Poistumisvalaistus ja poistumisreittivalaistus
- ST 70.34.01, Selostusmallipohja, S610 Poistumisvalaistusjärjestelmä.

4.4.3 Savunpoistojärjestelmä

Savunpoistojärjestelyiden ensisijainen tarkoitus on mahdollistaa tulipalon jälki-
tuuletus. Savunpoistoa voidaan käyttää myös sammutustoiminnan helpottami-
seen.

Rakennuksen savunpoiston järjestelyä säädetään ympäristöministeriön asetuk-
sessa 848/2017 42 §:ssä. (YMa 848/2017)

Savunpoiston selvitys sisällytetään yleensä palotekniseen suunnitelmaan. Selvi-
tyksessä kuvataan savunpoiston tarkoitus ja toimintaperiaatteet. Palotekniseen
suunnitelmaan esitetään tarkasti myös laitteiston tekniset vaatimukset, laukaisu-
ja ohjauspisteet, asennustavat, kannakointitavat, palosuojaus sekä järjestelmän
toiminta-aika.

Savunpoisto voidaan toteuttaa

- painovoimaisena käsin avattavien ikkunoiden ja/tai luukkujen kautta
- painovoimaisena kaukolaukaistavan savunpoistoikkunan kautta
- koneellisena, käynnistettävä savunpoiston ohjauskeskukselta (SPOK:lta).

Kaukolaukaistavien savunpoistoikkunoiden toimilaitteet toteutetaan akkuvar-
mennuksella tai varavirransyötöllä ja kaapelointi toteutetaan palonkestävänä
johtojärjestelmänä. Savunpoistopuhaltimien virransyöttö varmistetaan varavoi-
makoneella tai ottamalla virransyöttö ennen pääkytkintä. Savunpoiston ohjauk-
set tapahtuvat pääosin porrashuoneen sisäänkäyntitasolta ohjauskeskuksesta.
Liitteessä 6 on esitetty pääkaavion osa, jossa virransyötöt on otettu ennen pää-
kytkintä.

4.4.4 Sammutusvesijärjestelmät

Rakennuksen kiinteä vesiputkijärjestelmä eli niin sanottu nousujohto on tarkoi-
tettu sammutusveden siirtämiseen. On olemassa kaksi nousujohdon tyyppiä,

kuiva- ja märkänousujohto. Molemmat ovat rakenteeltaan samanlaisia, mutta kuivanousun tapauksessa vedensaanti toteutuu palokunnan sammutusauton säiliöstä, ja märkänousun vedensaanti tukeutuu rakennuksen omiin järjestelmiin, esim. rakennuksen rakennuspalopostista tai katupalopostista. (Kiinteiden sammutusvesiputkistojen suunnittelu ja toteutus 2019: 1)

Nousujohdon tyypin vallinta määritellään myös pelastuslaitoksen suunnitteluohjeessa. Lähtökohtana kaikkiin yli 8-kerroksisiin rakennuksiin, joissa sisäänkäynnin ja ylimmän kerroksen lattiatasen korkeusero on vähintään 24 metriä, on rakennettava kuivanousujohto. Märkänousujohto on rakennettava kaikkiin rakennuksiin, joissa sisäänkäynnin ja ylimmän kerroksen lattiatasoero on yli 40 metriä. (Kiinteiden sammutusvesiputkistojen suunnittelu ja toteutus 2019: 4)

Tapauskohtaisesti, kun rakennuksen korkeusero jää alle 100 metrin, märkänousu on mahdollista korvata paineenkorotuspumpulla varustetulla kuivanousulla (Kiinteiden sammutusvesiputkistojen suunnittelu ja toteutus 2019: 4). Paineenkorotuspumppu auttaa tuottamaan tarvittavan painetason sammutusvesiputkistoon. Paineenkorotuspumppua käytetään myös märkänousussa.

Järjestelmän tyypin tarkempi tekninen toteutustapa kuvataan paloteknisessä sekä LVI-suunnitelmassa.

Ympäristöministeriön asetuksen rakennusten paloturvallisuuden 39§:n mukaisesti korkea rakennus on varustettava automattisella sammutuslaitteistolla aina kun rakennuksen korkeus ylittää 56 metriä. (YMa 848/2017)

4.4.5 Palomieshissi ja evakuointihissi

Palomieshissillä tarkoitetaan hissiä, jota pelastuslaitos voi käyttää omassa pelastus- ja sammutustoiminnassaan apuna. Hissin on täytettävä palomieshissille asetetut toiminnalliset ja tekniset vaatimukset, jotka eroavat tavanomaisen hissin vaatimuksista. Vaatimukset perustuvat ympäristöministeriön asetukseen rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017 (41§). Korkeissa rakennuksissa

palomieshissin on palotilanteessa tarkoitus palvella kaikkia maanpäällisiä kerroksia, myös maanalaisissa tiloissa kaikkia maanalaisia kerroksia. (Palomies- ja evakuointihissit 2021: 3)

RakMK osassa E1 määrätään yli 16-kerroksiset rakennukset varustettavaksi hissillä, joka mahdollistaa pelastus- ja sammutustyöt (E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2011). Tyypillisesti rakennus varustetaan palomieshissillä, kun sisäänkäyntitason ja ylimmän lattiatason välinen korkeusero on yli 38 metriä.

Evakuointihissiä käytetään palotilanteessa liikkumis- ja toimintarajoitteisten kuljettamiseen turvalliseen paikkaan. Evakuointihissin avulla mahdollistetaan myös kaikkien henkilöiden poistuminen korkeista rakennuksista. (Palomies- ja evakuointihissit 2021: 3) Evakuointihissiä käytetään poistumistienä. Evakuointi hissien avulla on aika uusi ratkaisu, myös maailmanlaajuisesti, joten vakiintuneita käytäntöjä tekniselle toteutukselle ei vielä ole (Palomies- ja evakuointihissit 2021: 14).

Standardi SFS-EN 81-72 kuitenkin määrittelee vaatimuksia hisseille, joita voidaan käyttää sekä palontorjunta- että evakuointitarkoituksiin palomiesten valvonnassa.

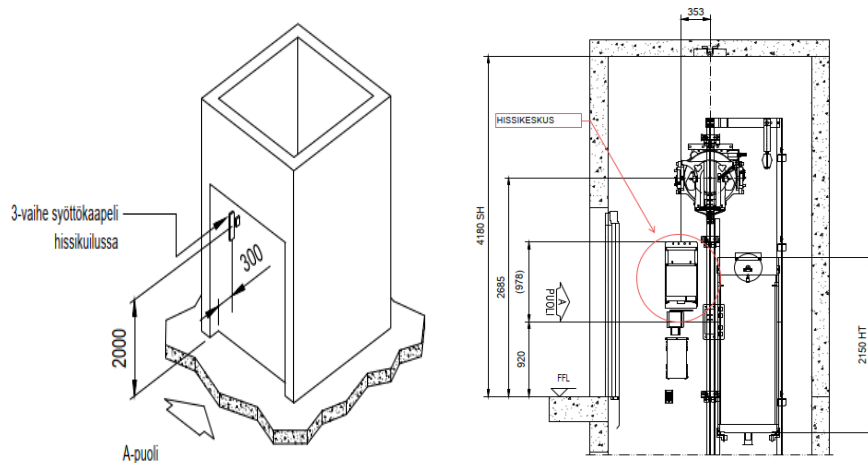
Palotekninen suunnittelija laatii palomieshissistä lisäselvityksen, joka pohjautuu SFS-EN 81-72 standardin vaatimuksiin. Suunnitelmasta saadaan oleelliset huomioitavat asiat sähkösuunnitteluun.

Tärkeimmät aiheet, jotka on huomioitava sähkösuunnittelun kannalta:

- sähkönsyöttökaapelin halkaisija on nostokoneiston moottorin koon mukainen
- syöttökaapelin reitti ja läpiviennit
- syöttökaapelin palosuojaus
- sähkönsyötön turvaaminen
- hissikuilun savunhallinta

- viestiyhteydet.

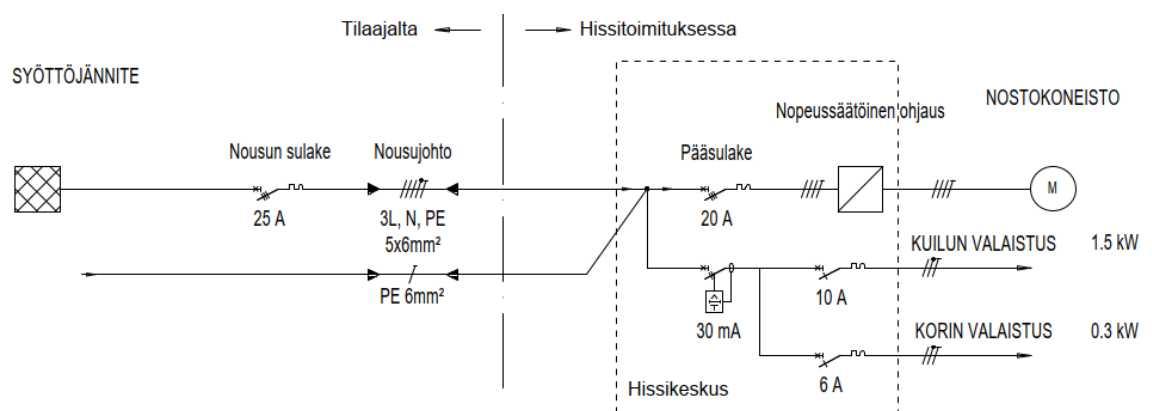
Hissikeskuksen tyypillinen sijoituspaikka on ylimmän kerroksen hissikuilussa. Kuvassa 12 on esitetty hissikuilu ylimmän kerroksen kohdalla. Vasemmalla puolella leikkauskuvassa on hissin koneisto ja sähkökeskus ja oikealla puolella on esitetty, mihin kohtaan syöttökaapeli tuodaan hissikeskusta varten.



Kuva 12. Hissilaitteiden periaatesijoitus ja syöttökaapelin tuontipaikka hissikuiluun.

Palomieshissin syöttökaapelin asennusreitti on erityisesti tarkistettava, jos nousukuilun ja hissikuilun välillä on poistumistie.

Kuvassa 13 on hissien sähköistyksen periaatemalli.



Kuva 13. Esimerkki palomieshissin sähköistyksestä.

Mikäli kohteeseen on tulossa varavoimakone, palomieshissin virtalähteenä toimii kahdennettu sähkösyöttö, jossa ensisijainen normaaliolojen sähkösyöttö otetaan kiinteistön sähkösyötöstä ja jossa toissijainen poikkeustilanteiden sähkösyöttö otetaan varavoimakoneelta. Sähkösyöttö siirtyy varavoimalle automaattisesti. Toissijaisen sähkösyötön virtalähde ja automaattinen kytkinlaite on sijoitettava palolta suojatulle alueelle.

Mikäli kohteeseen ei ole tulossa varavoimakonetta, sähkösyötön turvaaminen voidaan toteuttaa myös ottamalla virta ennen pääkytkintä, jolloin varmistetaan toissijainen sähkösyöttö. Liitteessä 6 on esitetty pääkaavion osa, jossa palomieshissin syöttö on otettu ennen pääkytkintä.

4.5 Salama- ja ylijännitesuojaus

Rakennusten salamansuojajärjestelmän tarkoitus on vangita salama, johtaa sen virta turvallisesti maahan, haihtua maahan ja suojata ihmisiä, rakennuksia, rakennelmia sekä laitteita salamaniskusta aiheutuneilta vahingoilta ja toissijaisilta vaikutuksilta. Salama on yksi tuhoisimmista luonnon ilmiöistä, joten on olennaista suojella ihmisiä, ympäristöä ja infrastruktuureja sen vaikutuksilta sekä turvata palvelujen jatkuvuus sekä suojella aineellisia ja kulttuuriomaisuuksia. (Koech 2023)

Salamaniskulla voi olla vahingollisia ja tuhoisia vaikutuksia rakennukseen, jos sitä ei suojata. Salamanisku voi aiheuttaa erilaisia vahinkoja, kuten ihmishengen vaaran, sähköiskun, palovamman, tulipalon, räjähdyksen sekä sähkö- ja elektroniikkalaitteiden vaurioitumisen. Vahinkojen laajuus riippuu rakennuksen käyttötarkoituksesta. Näin esimerkiksi sairaalat ovat riskialtteimpia kohteita, ihmishenkeä ylläpitävien ja kalliiden laitteiden vikaantumisen takia. Laitteiden vikaantuminen aiheutuu rakennuksen sähköverkossa olevasta ylijännitteestä, joka syntyy salamaniskusta. (SFS-EN 62305-1:2011: 14–17)

Rakennusten salamasuojausta käsitellään kattavasti SFS-EN 62305 standardissa. SFS-EN 6000-4-44 standardin luvussa 443 määritellään vaatimukset

sähköasennusten ylijännitteiden rajoittamisesta. Standardin osassa 5–53 luvussa 534.4 ohjeistetaan ylijännitesuojien valintaan ja asentamiseen.

Suomen lainsäädännössä ei ole salama- ja ylijännitesuojausta koskevia vaatimuksia, ei sähköturvallisuuslaissakaan (1135/2016), eikä sähkölaitteistojen turvallisuutta koskevassa asetuksessa (1434/2016) oteta suoraan kantaa salamasuojaukseen. Näin salamasuojauksen tarpeellisuudesta ja suojaustasosta päättää useimmiten rakennuksen rakennuttaja, omistaja ja/tai käyttäjä. (Sjögren 2020: 21) Suomessa kuitenkin tietyille rakennustyypeille, kuten räjähdetarasteille, palavan nesteen säiliöille ja arvorakennuksille, edellytetään salamasuojausta (SFS-EN 6000-4-44: 11).

Rakennusten salamasuojauksen tarve ja suojaustaso selvitetään riskianalyysin avulla. Riskianalyysissä selvitetään salamaniskun todennäköisyyttä, joka määrittyy seuraavien mukaan

- rakenteen tyyppi
- rakennuksen tyyppi
- rakennuksen käyttäjien määrä
- rakennuksen sijainti
- rakennuksen ympäristö.

Salamasuojausstandardissa SFS-EN 62305-1 määrittää menetelmät rakennuksen riski-indeksin laskemiseksi, jotta voidaan määrittää vaadittu suojaustaso ja salamasuojausjärjestelmän tyyppi. Lisäksi salamasuojauksen valinnan yhteydessä on selvitettävä myös suojauksen taloudellista kannattavuutta.

Salamasuojaustasot jaetaan neljään eri suojaustasoihin LPL I–IV, jossa LPL I on vaativin suojaustaso, jonka on kestävä korkean energian salaman vaikutuksia. Taulukossa 4 (s. 46) on esitetty LPL-suojaustasot ja niille asetetut vaatimukset.

Taulukko 4. LPL suojaustasot ja niiden vaatimukset (Aro & Lempinen 2020: 7)

Suojaustaso LPL	Salamavirta (kA)	Sieppausto- dennäköisyys (%)	Verkkomene- telmän silmä- koko (m)	Pallomenetel- män säde R (m)	Alastulojohti- mien väli (m)
I	3-200	98	5 x 5	20	10
II	5-150	95	10 x 10	30	10
III	10-100	88	15 x 15	45	15
IV	16-100	81	20 x 20	60	20

SFS-EN 62305-1 standardissa on esitetty suojaustasojen suositukset eri rakennustyypeille seuraavasti:

- LPL I Ydinvoimalat, puolustusovellukset ja konesalit
- LPL II Teollisuuden EX-tilat, tietoliikennemastot ja yli 100 m korkeat kerrostalot
- LPL III Sairaalat, kirkot, museot, julkiset rakennukset, koulut, konttorit, liikekeskukset, pumppuasemat, yli 10 kW valosähköjärjestelmät, hotellit ja yli 22 m korkeat kerrostalot
- LPL IV Muut riskiarvioinnin perusteella suojattavat kohteet (Aro & Lempinen 2020: 7).

Edellä mainitun mukaan korkeat rakennukset kuuluvat suojaustasoille LPL II ja LPL III.

Salamasuojausjärjestelmä voi koostua sisäisestä (SPD) suojauksesta tai sisäisestä ja ulkoisesta (LPS) samanaikaisesti. Ulkoista suojausta käytetään vähentämään fyysisiä vaurioita, ja se johtaa rakennukseen kohdistuneen salamavirran hallitusti ja turvallisesti maahan.

Ulkoinen suojausjärjestelmä koostuu yhdestä tai useammasta salamasuojatangosta, kahdesta tai useammasta alastulojohtimesta ja maadoitusjärjestelmästä. On olemassa passiivinen ja aktiivinen järjestelmä.

Passiivisessa suojausjärjestelmässä käytetään tyypillisesti useampia salamasuojaustankoja sekä alastulojohtimia, riippuen rakennuksen suojaustasosta. Salamasuojaustankojen määrä riippuu myös katossa olevien rakennelmien määrästä ja sijainnista. Esimerkiksi korkean rakennuksen katolla voi olla muita

suojausta tarvittavia rakennelmia ja laitteita, kuten ilmastointilaitteita, aurinkosähkön laitteita ja erilaisia antennejä. Suojauksen tarkoituksena on muodostaa suojattu alue niin, että salamanisku osuu tankoihin, eikä suojattuun rakennelmaan. Suoja-alueen koko riippuu siitä, kuinka korkealle salamasuojaustanko on mahdollista asentaa. Suoja-alueen suunnittelussa käytetään SFS-EN 62305 standardissa määriteltyä verkko-, pallo- tai suojakulmamenetelmää sekä taulukossa 4 (s. 45) esitettyjä etäisyyksiä. Menetelmiä saa käyttää itsenäisenä tai niiden yhdistelmiä. Katolle asennetaan myös taulukon 4 (s. 45) mukaisesti johtamista muodostuva verkko, joka toimii myös salamanvangitsijana. (Sjögren 2020: 84–87)

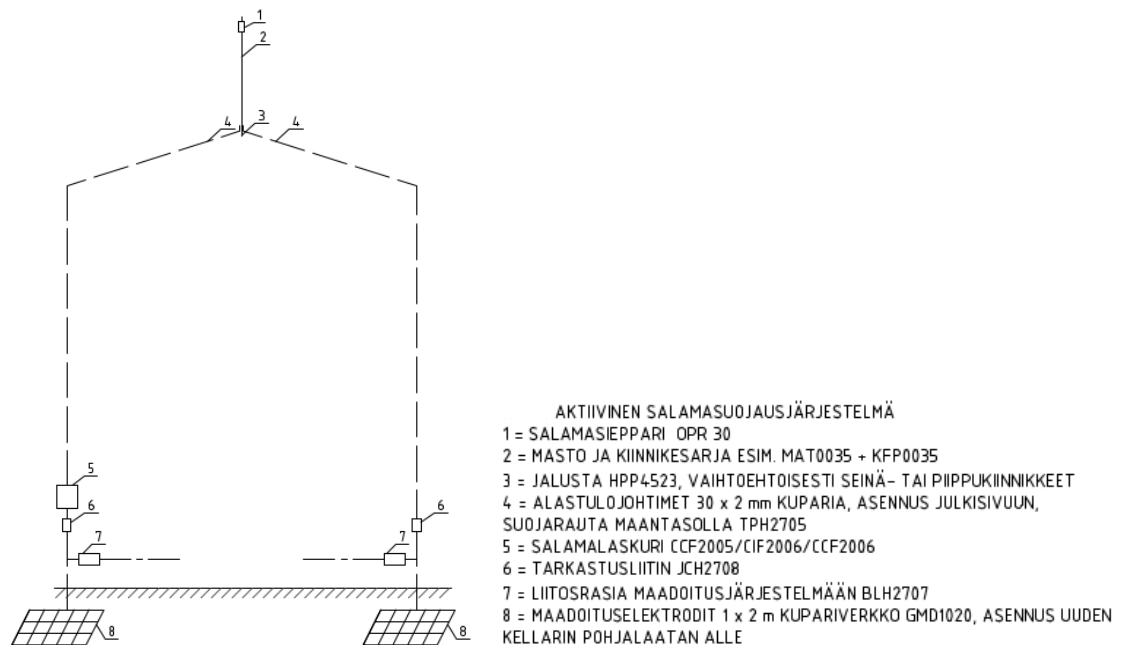
Salamasuojaustangot, johdinverkot ja mahdollisesti muut johtavat rakenteet, joita voidaan käyttää salamanvangitsijoina, on yhdistettävä alastulojohtimiin. Alastulojohtimien etäisyydet toteutetaan suojaustason mukaan ja se riippuu rakennuksen ympärysmitasta. Lisäksi yli 20 m korkeissa rakennuksissa alastulojohtimet on yhdistettävä vaakasuoralla johtimella salamavirtojen potentiaalintasausta varten. Vaakasuorajohtimet on asennettava 20 m välein. (Sjögren 2020: 95)

Alastulojohtimien sijoituksessa on huomioitava

- minimietäisyys rakennuksessa olevaan aukkoon, esimerkiksi ovi tai ikkuna, on oltava 0,5 m
- maksimissaan 0,2 m rakennuksen nurkasta
- etäisyys alastulojohtimen ja seinäpinnan välillä on vähintään 10 cm jokaisessa kohdassa, jos kiinnityspinta on tulenarka (esim. puuta)
- suojaetäisyydet rakennuksen sisällä oleviin sähkölaitteisiin ja sähköä johtaviin rakenteisiin ylilyöntien estämiseksi
- alastulojohteen etäisyyttä muihin maadoitettuihin järjestelmiin tulee tarkkailla koko asennusmatkalla. (Sjögren 2020: 93)

Etäisyyksien noudattaminen voi tuoda haasteita etenkin korkeiden asuinrakennusten julkisivun pinnalle asennettavan alastulojohdinjärjestelmän toteutukseen. Tällöin voidaan vaihtoehtoisesti käyttää hyväksi rakennuksen omia teräsrakenteita.

Aktiivinen suojausjärjestelmä on myös toimiva vaihtoehto korkeisiin rakennuksiin, koska siinä yleensä riittää yksi siepparitanko, jonka päähän on asennettu sieppauslaite. Myös alastulojohtoja voi olla vain kaksi. Aktiivisen järjestelmän alastulojohtimien asennuksen toteutuksessa on otettava huomioon samat edellä mainitut säännöt. Kuvassa 14 on esitetty aktiivinen salamasuojausjärjestelmä.



Kuva 14. Aktiivisen salamasuojausjärjestelmän periaatemalli.

Alastulojohtimet yhdistetään maadoituselektrodeihin, jotka johtavat salamavirran maahan. Standardissa SFS 6000 osassa 5–44 suositellaan alastulojohtimia liitettäväksi perustusmaadoituselektrodiin, koska betoniin upotetulla maadoituselektrodilla saadaan riittävän hyvä pääpotentialintasaus. Tällä tavalla salamasuojaus liitetään rakennusta kiertävään päämaadoituselektrodiin ja tätä kautta se yhdistetään rakennuksen maadoitusjärjestelmään.

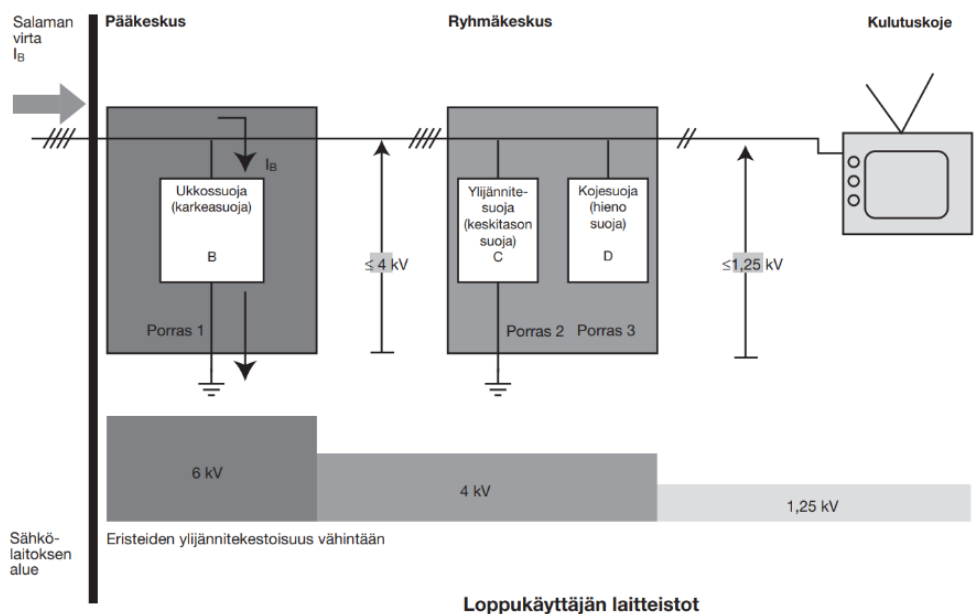
Sisäinen suojaus rajoittaa salamaniskusta aiheutuneen ylijännitteen suuruutta ja sen leviämistä rakennuksen sähkönjakeluverkossa ja tätä kautta välttämään

sähkö- ja elektroniikkalaitteiden vikaantumista. Sisäinen suojaus koostuu selektiivisistä ylijännitesuojalaitteista ja maadoitusjärjestelmästä.

Ylijännitesuojat jaetaan kolmeen tyyppiin:

- Tyyppi 1 (T1) suojaa suoralta salamaniskulta ja se asennetaan paikoihin, joissa salamavirrat ja salaman sähkömagneettiset vaikutukset eivät vaimene esim. pääkeskukset.
- Tyyppi 2 (T2) suojaa salaman toissijaisilta vaikutuksilta paikoissa, joissa salamavirrat ja sähkömagneettiset vaikutukset ovat jo vaimennettuja esim. ryhmäkeskukset.
- Tyyppi 3 (T3) suojaa ylijännitteiltä, jotka ovat jo hyvin vaimennettuja jättäen erittäin alhaiset jäännösjännitteet. Ne asennetaan suojattavan laitteen lähelle. Näillä suojataan tyypillisesti erittäin herkkiä laitteita kuten elektroniikkalaitteita.

Kuvassa 15 on esitetty suojiin selektiivinen asennusperiaate. Suojat asennetaan peräkkäin niin, että suurempitehoinen suoja aina heikompitehoista.



Kuva 15. Ylijännitesuojien selektiivisyyden periaate. (Hager Group 2018: 480)

Kokemukseen pohjautuen voidaan käyttää myös T1+T2 yhdistelmäsuojaa, jolla saadaan kaksinkertainen suojaus salaman ja ylijännitteen vaikutuksilta.

Salamasuojauksen toteutuksen yhteydessä kaikkiin kiinteistöön tuleviin keskuksiin asennetaan ylijännitesuojat tarvittavassa laajuudessa. Ylijännitesuojauksen toiminnasta välitetään hälytystieto kiinteistöautomaatioon.

Sähkönimikkeistön mukainen järjestelmätunnus on S710.

Sähkösuunnittelua tukevaa lisätietoa ja ohjeita löytyy:

- ST 53.16.01, Rakennusten salamasuojaus
- ST 53.16, Rakennusten sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien ylijännitesuojaus
- ST 53.21, Rakennusten sähköasennusten maadoitukset ja potentiaalintasaukset
- Rakennusten salama- ja ylijännite, kirja
- SFS 609- käsikirja.

Apua tarvekartoitukseen sekä suunnitteluun löytyy myös salamasuojausjärjestelmien laitetoimittajilta, joilla on vahva osaaminen ja tietämys aiheesta.

4.6 Lentoestevalaistus

Lentoestevalo on varoitusvalo, joka asennetaan korkeaan rakennukseen tai rakennelmaan varoittamaan ilma-aluksia ilmatilassa olevasta esteestä.

Lentoestevalaisimen tarpeellisuutta on selvitettävä, kun asia koskee korkeita rakennuksia. Ohjekortissa RAK-05 vaadittaviin lisäselvityksiin kuuluu myös lentoestevalaistus.

Ilmailulaitoksen normisarja 1/2000 määrää lentopaikan ulkopuolella olevan lentoesteen merkitsemisestä. Lentoesteen merkitsemisvelvollisuus koskee yli 70 metriä maanpinnasta olevia korkeita esteitä lentopaikan ulkopuolella ja yli 45 metriä maanpinnasta olevia korkeita esteitä, jotka sijaitsevat lentopaikan tai

puolustusvoimien käyttämän maantietukikohdan kiertolähestymisalueella. (Normisarja 1/2000) Tarkemmat vaatimukset on annettu määräyksessä AGA M3-6, joka käsittää lentoesterajoitukset ja lentoesteiden merkitsemisen.

Liikenne- ja Viestintävirasto Traficom antaa ohjeita korkeiden rakennusten lentoesteiden merkitsemisen tarpeellisuudesta. Rakennuttaja tekee lentoestelupahakemuksen liikenne- ja viestintävirastoon, kun kohde ulottuu yli 60 metrin korkeuteen. Liikenne- ja viestintävirasto antaa lentoestelausunnon, jossa on otettu kantaa lentoestevalojen tarpeellisuuteen. (Normisarja 1/2000)

Sähkösuunnitelmissa esitetään valojen asennukseen liittyvät detaljit, esimerkiksi valojen kiinnitys katolla. Valojen sähkönsyöttö kannattaa järjestää katolle asennettavan turvakytkimen kautta. Valojen tilatiedosta on välitettävä huoltoilmoitus valvonta-alakeskukseen. Valot sijoitetaan rakennuksen katon jokaiseen ulkokulmaan. (Auvinen 2023)

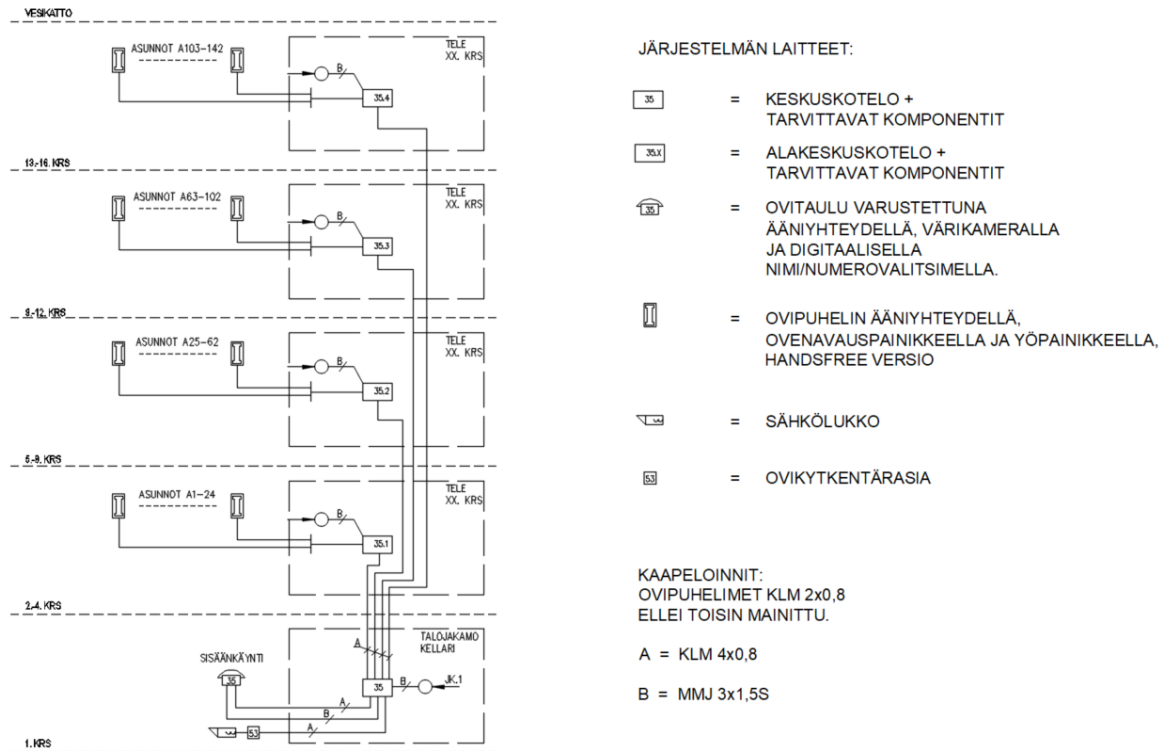
4.7 Ovipuhelinjärjestelmä

Asuinkerrostalo- tai toimistorakennuksiin tarvitaan myös ovipuhelinjärjestelmä, joka mahdollistaa puhe- ja/tai videoyhteyden tilankäyttäjän ja vierailijan välillä sekä ovien etäavaamisen. Esimerkiksi asuinrakennuksissa puhe- ja videoyhteys toteutetaan tyypillisesti porraskäytävän pääulko-oven ovipuhelimesta huoneiston vastauskojeeseen. (Sipilä 2020: 4)

Ovipuhelinjärjestelmä voidaan toteuttaa kiinteällä erilliskaapeloinnilla, käyttämällä kiinteistön yleiskaapelointia tai IP-pohjaisesti, jolloin kaapelointia ei tarvita ovipuhelimen ja vastauskojeen välille. Järjestelmä voi olla täysin itsenäinen tai integroitu muihin kiinteistön järjestelmiin, kuten rakennusautomaatioon tai kulunvalvontaan.

Perinteinen analoginen ovipuhelinjärjestelmä toteutetaan erillisellä kiinteällä parikaapeloinnilla. Rakennettaessa perinteinen ovipuhelinjärjestelmä kiinteistöön, on otettava huomioon vastauskojeiden määrä, kaapelipituudet ja verkon

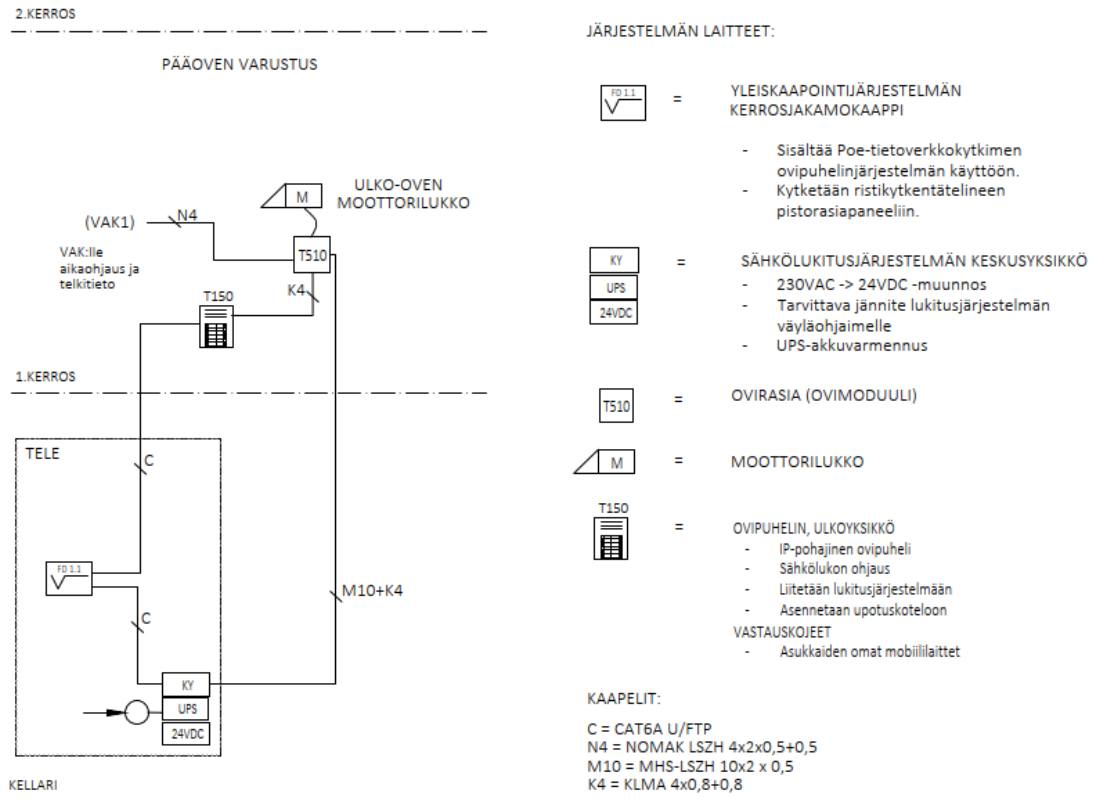
topologia. Verkon topologia voi olla puumainen tai tähtimäinen, riippuen valitun järjestelmätoimittajan vaatimuksista. Kuvassa 14 on esitetty 142 huoneiston ovi-järjestelmän parikaapeloinnilla toteutettu ratkaisu.



Kuva 16. Parikaapeloinnilla toteutetun 142 huoneiston ovipuhelinjärjestelmän periaatemalli.

Periaatemallin ovipuhelinjärjestelmän laitteet on hajautettu eri kerroksiin. Näin talojakamoon on keskitetty järjestelmän pääkomponentit, kuten virtalähteet, tarvittavat kytkimet sekä releohjaimet, ja kerroksiin on sijoitettu alakeskukset, joista muodostetaan yhteys huoneistoihin.

IP-pohjainen ovipuhelinjärjestelmän toiminta perustuu IP-verkkoon ja pilvipalveluun. Järjestelmä voi sisältää vain ovipuhelimen ja sen syöttävän laitteen. Vastuslaitteena toimii tilakäyttäjän oma mobiililaitte. Kuvassa 17 (s. 52) on esitetty IP-pohjaisen järjestelmän esimerkkimalli.



Kuva 17. IP-pohjainen ovipuhelinjärjestelmän periaatemalli.

Toteuttamalla ovipuhelinjärjestelmän IP-pohjaisena, asuintoihin ei tarvita erillistä ovipuhelimeen liittyvää kaapelointia tai laitteistoa.

Sähkönimikkeistön mukainen järjestelmätunnus on T150.

Suunnittelua tukevat ohjeet ovat:

- ST 610.12, Ovipuhelinjärjestelmät
- ST 610.12.01, Selostusmallipohja, T150 Ovipuhelinjärjestelmä.

Aiheesta löytyy myös tietoa ST-käsikirja 18:sta.

5 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli tarkastella korkeiden rakennusten ominaispiirteitä ja laatia suunnitteluohjetta Sitowise Oy:n käyttöön. Työn aikana käytiin järjestelmäkohtaisesti läpi korkeiden rakennusten osalta olennaisimpia kohtia, joita on otettava huomioon sähkö- ja tietoliikennesuunnittelussa.

Työn laajuuden takia kirjallisuuden tutkimusta tehtiin ensin yleisellä tasolla niin, että tutkittiin ensin aineistoja korkeasta rakentamisesta. Järjestelmäkohtaisiin aiheisiin syventymisen jälkeen tutkimusta joutui pilkkomaan pienempiin alueisiin ja vaiheistamaan työn etenemistä. Työssä kiinnitettiin erityisesti huomiota asuin-kerrostalojen suunnitteluun, koska tällä hetkellä Suomessa on enemmän kokemusta nimenomaan asuintornitalojen rakentamisen puolella. Työtä täydentämällä sitä voidaan hyvin soveltaa myös muiden kohteiden suunnitteluun.

Työn haasteina olivat tietämyksen niin sanotut katvealueet, jotka vaativat syvällisemmän tutkimuksen, perehtymisen sekä selvittelyn, joten työn aikataulussa pysyminen oli aina haasteellista. Lisäksi työtä kirjoittaessa huomattiin, että korkea rakentaminen Suomessa on vielä kehityksen alkuvaiheessa.

Lopputuloksena saatiin kattava tietopaketti korkeiden rakennusten sähkö- ja tietoliikennesuunnittelun avuksi. Jatkossa työtä voidaan täydentää ulkopuolelle jääneiden järjestelmien osalta. Lisäksi työtä on tarkoitus jakaa osiin järjestelmäkohtaisiin ohjeisiin ja tuoda ohjeet Sitowise Oy:n sisäiseen palveluohjeet-järjestelmään suunnittelijan käyttöön.

Opinnäytetyön tekijän näkemys on, että tutkimuksen tietopaketti on tärkeä ja hyödyllinen etenkin aloitteleville sähkösuunnittelijoille. Tutkimus myös vahvisti ja kehitti edelleen opinnäytetyön tekijän omaa osaamista.

Lähteet

Auvinen, Mikko. 2023. Asiantuntijahaastattelu. Espoo.

Aro, Martti & Lempinen, Tuomas. 2020. Rakennusten salamasuojaus. ST 53.16.01. Suunnitteluohje. ST-kortisto: Sähkötieto ry.

E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2011. Rakennusten paloturvallisuus. Määräykset ja ohjeet. Ympäristöministeriö.

Erkkilä, Vesa ym. 2023. Antennijärjestelmät. ST-käsikirja 12. Suunnitteluohje. ST-kortisto: Sähkötieto ry.

Hager Group. 2018. Keskusjärjestelmät. Tuoteluettelo. Verkkoaineisto. https://utu.adeonapim.com/api/categories/03/file/category_catalogue/original?language=fin. Luettu 7.10.2023.

Hakanen, Pertti (toim.). 2019. Varavoimakoneet ja -laitokset. ST-käsikirja 31. Espoo: Sähkötieto ry.

Hakanen, Pertti (toim.). 2005. Varmennetut sähkönjakelujärjestelmät. ST-käsikirja 20. Espoo: Sähkötieto ry.

Hopf, Siegbert. 2012. Totally Integrated Power. Application Models for the Power Distribution. High-rise Buildings. Verkkoaineisto. Siemens Aktiengesellschaft. <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:be92c21ad6e49169510b2e95f50063a3b0ab2bd6/application-model-for-high-rise-buildings.pdf>. Luettu 1.9.2023.

Jumppanen, Jarmo; Hainari, Harri; Hongisto, Pasi. 2019. Poistumisvalaistus. ST-käsikirja 36. Espoo: Sähkötieto ry.

Kiinteiden sammutusvesiputkistojen suunnittelu ja toteutus. 2019. Lup menettelmäohje 2019–2. Verkkoaineisto. Pelastustoimi. <https://pelastustoimi.fi/documents/25266713/61275058/Kiinteiden+sammutusvesiputkistojen+suunnittelu+ja+toteutus.pdf/803e7d53-94ce-f2f8-e48c-2d5988b9e3ee/Kiinteiden+sammutusvesiputkistojen+suunnittelu+ja+toteutus.pdf?t=1617098519765>. Luettu 26.8.2023.

Kiinteistön sisäverkko. 2023. Verkkoaineisto. Traficom. <https://www.traficom.fi/fi/sisaverkot>. Luettu 22.6.2023.

Koeh, Edwin. 2023. Lighting protection system for high-rise buildings. Verkkoaineisto. <https://www.linkedin.com/pulse/lightning-protection-system-high-rise-buildings-edwin-koeh->. Luettu 1.10.2023.

Koivisto, Pekka & Reinikainen, Ville. 2023. ST 681.11. Asuinkiinteistön yleiskaapelointijärjestelmän suunnitteluohje. ST-kortisto: Sähkötieto ry.

Koivisto, Pekka. 2020. ST-käsikirja 24. Optiset liityntäverkot. Suunnitteluohje. Espoo: Sähkötieto ry.

Koivisto, Pekka. 2019. ST-käsikirja 16. Yleiskaapelointijärjestelmät. Suunnitteluohje. Espoo: Sähkötieto ry.

Koivisto, Pekka & Hakala, Paavo. 2015. ST-käsikirja 35. Sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien tilavaraukset. Suunnitteluohje. Espoo: Sähkötieto ry.

Korkean rakentamisen rakentamistapaohje. 2018. Ohjekortit. Verkkoaineisto. Helsingin kaupunki. https://www.hel.fi/static/rakvv/ohjeet/KORKEAN_RAKENTAMISEN_RAKENTAMISTAPAOHJE_OHJEKORTIT.pdf. Luettu 16.4.2023.

Kuluttajamuuntamot. 2018. ST 53.11. Suunnitteluohje. ST-kortisto: Sähkötieto ry.

Määräyksen 65 E/2022 perustelut ja soveltaminen (MPS 65). 2023. Traficom. Verkkoaineisto. <https://www.trafficom.fi/fi/sisaverkot>. Luettu 22.6.2023.

Määräys 65 E/2022 kiinteistön sisäverkoista ja teleurakoinnista (M65E/2022). 2023. Traficom. Verkkoaineisto. <https://www.trafficom.fi/fi/sisaverkot>. Luettu 22.6.2023.

Normisarja 1/2000. Ilmailulaitoksen päätös. Lentopaikan ulkopuolella olevan lentoesteen merkitsemisestä.

Opas matkapuhelinverkkojen sisätilakuuluvuudesta. 2019. Verkkoaineisto. Traficom. <https://www.trafficom.fi/sites/default/files/media/publication/Opas-matkapuhelinverkkojen-sisatilakuuluvuudesta.pdf>. Luettu 20.7.2023.

Oulun kaupunki. 2014. Korkean rakentamisen selvitys. Verkkoaineisto. <https://www.ouka.fi/documents/12610409/18292571/Korkea-rakentaminen-Oulussa-selvitys-10062014-KH.pdf/dfa8f5ae-e958-4901-8102-9e88c3342eba>. Luettu 13.9.2023.

Palomies- ja evakuointihissit. 2021. RT 103366. Rakennustietosäätiö. Rakennustieto Oy.

Pekonen, Jouni. 2015. Matkaviestinjärjestelmien sisäantenniverkot. ST 625.10. Suunnitteluohje. ST-kortisto: Sähkötieto ry.

Rakennuslehti. 2021. Skanska urakoi saksalaisrahastolle 33-kerroksisen tornitalon ja kuittaa urakasta 68 miljoonaa. Verkkoaineisto. Rakennuslehti. <https://www.rakennuslehti.fi/2021/10/skanska-urakoi-saksalaisrahastolle-33-kerroksisen-tornitalon-ja-kuittaa-urakasta-68-miljoonaa/>. Luettu 4.11.2023.

Ristilä, Juha & Erkkilä, Vesa. 2023. Yhteisantennijärjestelmät. ST 621.10. Suunnitteluohje. ST-kortisto: Sähkötieto ry.

SFS 6000-4-44:2022. Pienjännitesähköasennukset. Osa 4–44: Suojausmenetelmät. Suojaus jännitehäiriöiltä ja sähkömagneettisilta häiriöiltä. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS 6000-5-52:2022. Pienjännitesähköasennukset. Osa 5–52: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Johtojärjestelmät. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS 6000-5-53:2022. Pienjännitesähköasennukset. Osa 5–53: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Erottaminen, kytkentä ja ohjaus. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS 6000-5-54:2022. Pienjännitesähköasennukset. Osa 5–54: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Maadoittaminen ja suojajohtimet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN 62305-1:2011. Protection against lightning- part 1: General principles. (IEC 62305-1:2010, modified). Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

Sipilä, Ville. 2020. Ovipuhelinjärjestelmät. ST 610.12. Suunnitteluohje. ST-kortisto: Sähkötieto ry.

Sisäverkon rakentamisen ohjeet. 2023. Viranomaisverkko Virve. Verkkoaineisto. <https://www.erillisverkot.fi/sisaverkon-rakentamisen-ohjeet/>. Luettu 23.7.2023.

Sjögren, Harry. 2020. Rakennusten salama- ja ylijännitesuojaus. Sähköinfo Oy. Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry.

Tampereen kaupunki. 2015. Korkean rakentamisen selvitys Tampereen aluekeskuksissa. Verkkoaineisto. https://www.tampere.fi/sites/default/files/2022-05/Korkea_rakentaminen_aluekeskuksissa.pdf. Luettu 5.7.2023.

Thynell, Tuulia. 2023. Eteläiseen Helsinkiin nousee jälleen uusi tornitalo, 111-metrinen toimistopilvenpiirtäjä. Verkkoaineisto. Yle Uutiset. Rakennukset. <https://yle.fi/a/74-20020877>. Luettu 5.6.2023.

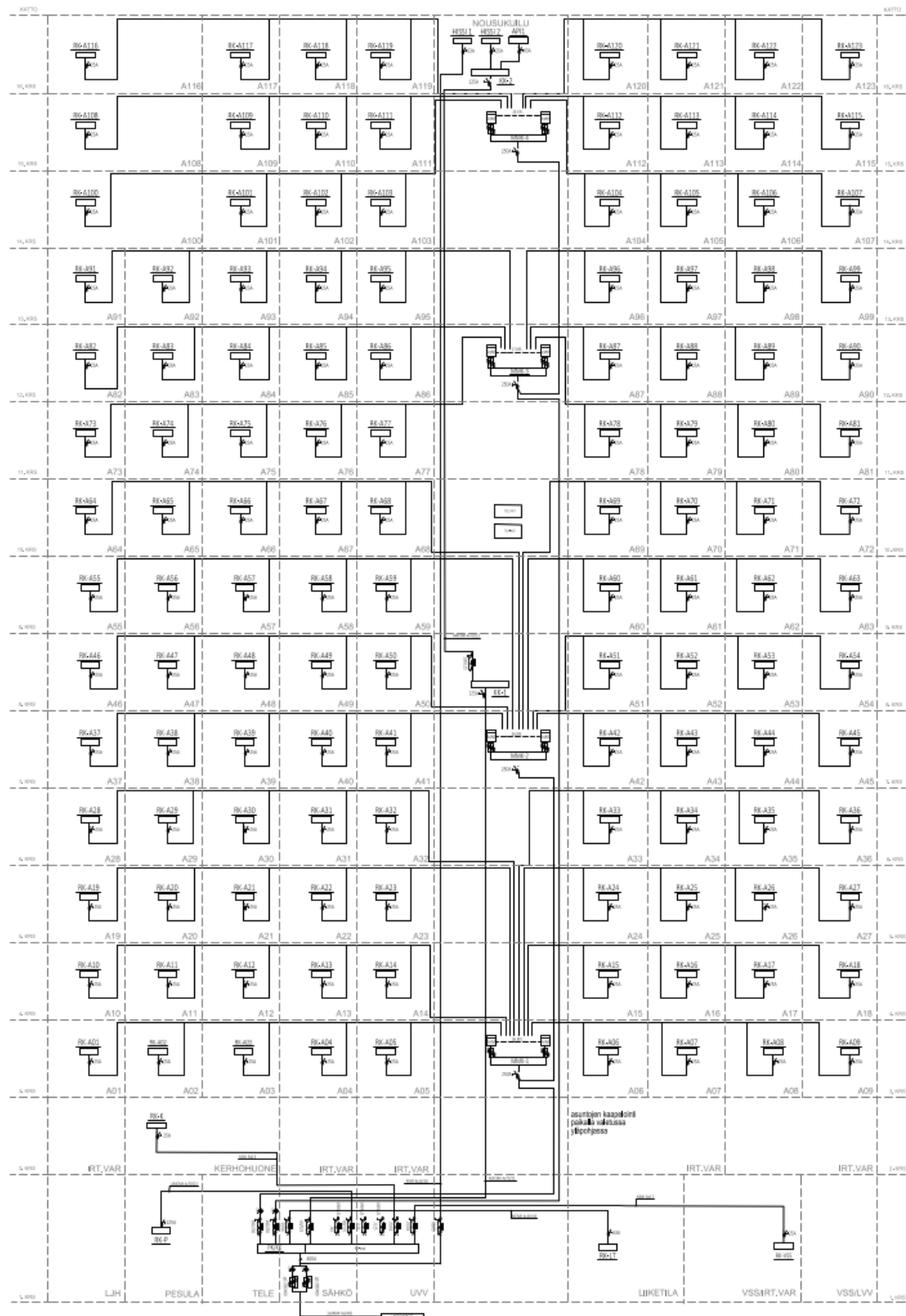
Viranomaisverkko Virven suunnittelu ja asentaminen. 2012. Ohje. Verkkoaineisto. Länsi-Uudenmaan pelastuslaitos. https://pelastustoimi.fi/documents/25266713/61275058/HIKLU_VIRVE_ohje_direktiv.pdf/af75817e-2813-b488-8e70-bfb466bc40cd/HIKLU_VIRVE_ohje_direktiv.pdf?t=1617098516935. Luettu 25.7.2023.

Virve-palvelut. 2023. Viranomaisverkko Virve. Verkkoaineisto. Suomen Erillisverkot Oy. <https://www.erillisverkot.fi/virve-palvelut/>. Luettu 23.7.2023.

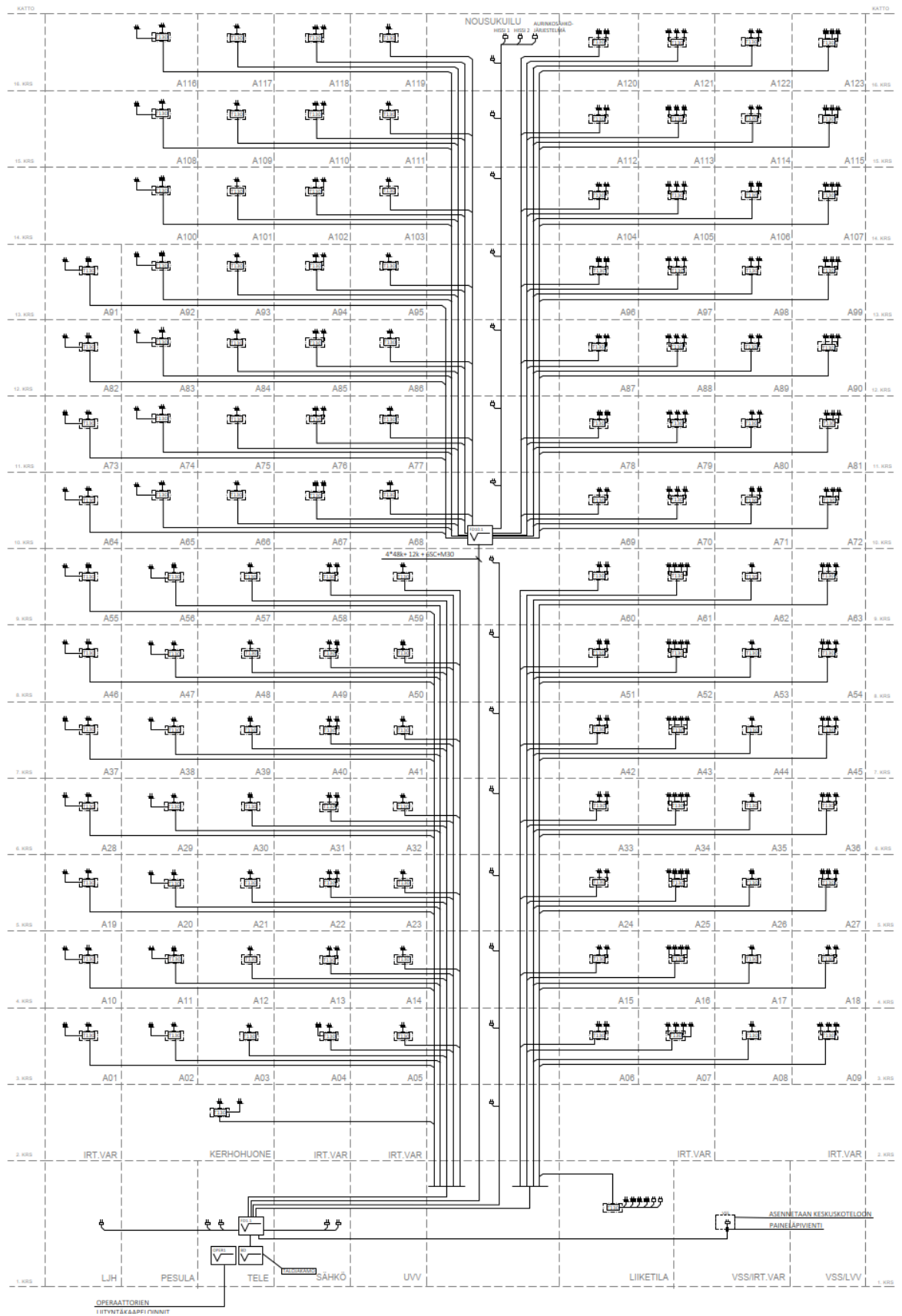
Wium, Marie. 2022. Maailman korkein rakennus. Verkkoaineisto. Tieteen Kuvalehti. <https://tieku.fi/kulttuuri/maailman-korkein-rakennus#Mika-on-Suomen-korkein-rakennus->. Luettu 13.9.2023.

Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta (YMa 848/2017). 2017. 848/28.11.2017.

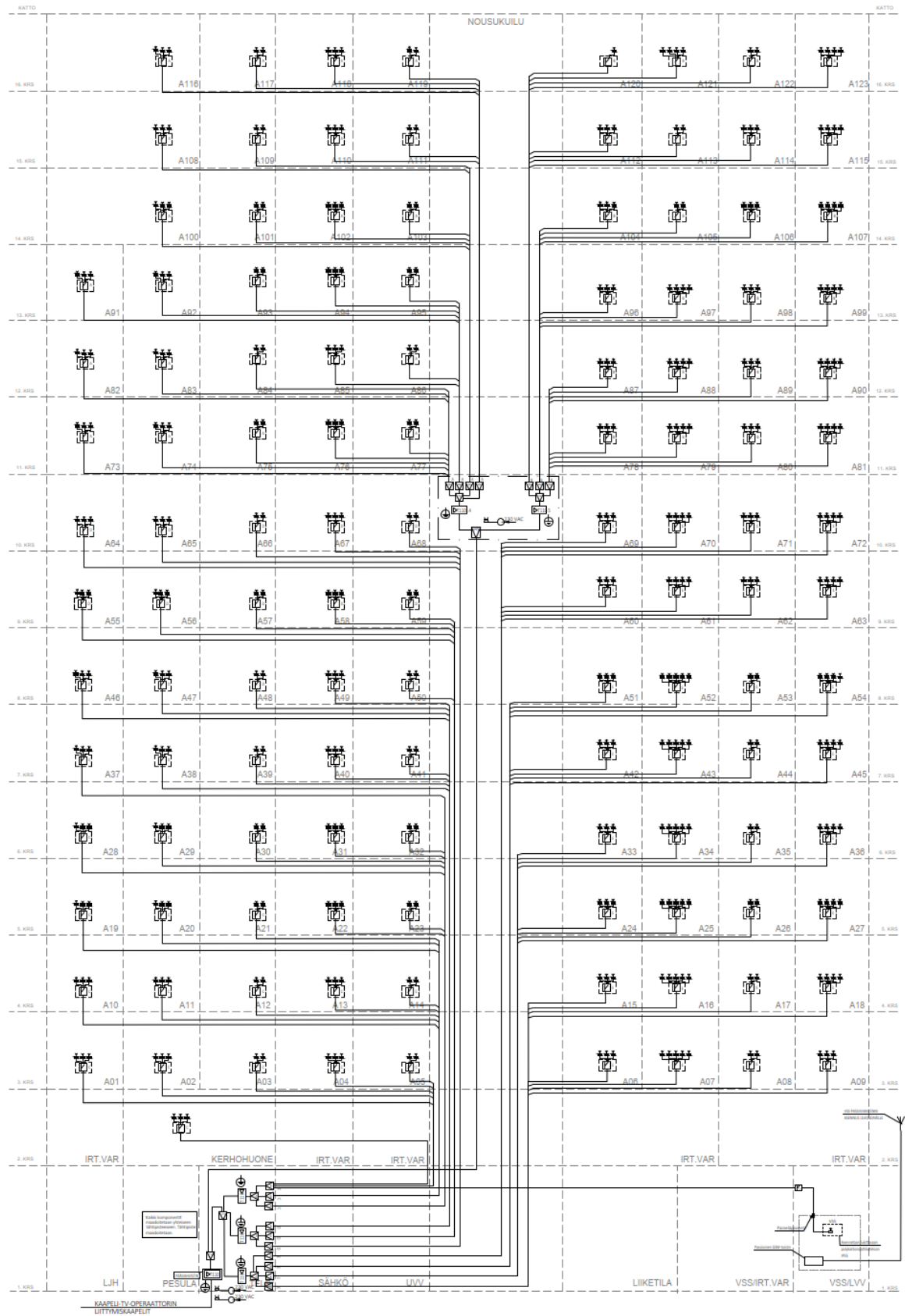
Asuntojen sähköjako on toteutettu kaapeleilla.



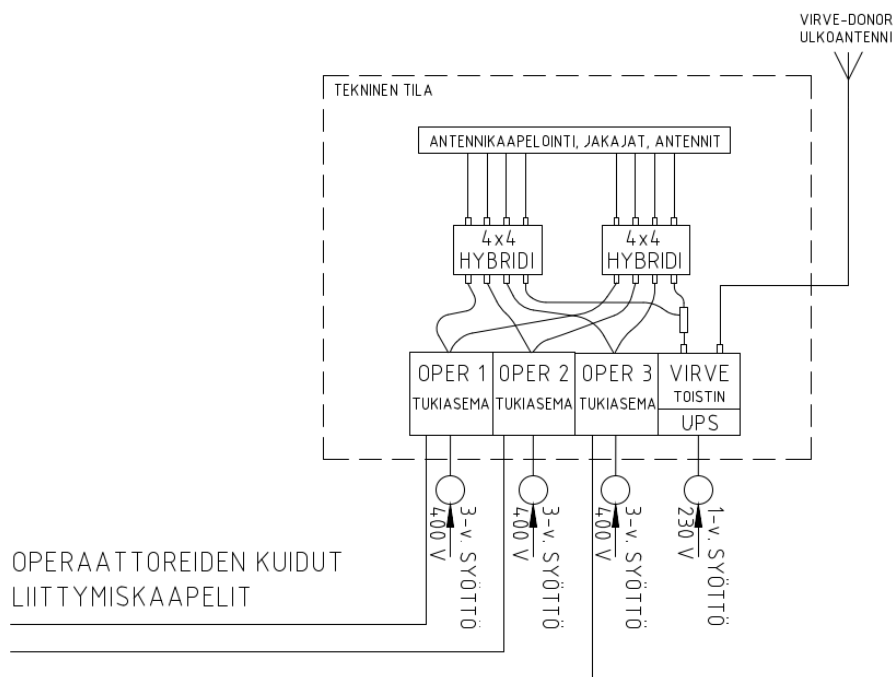
Yleiskaapelointiverkon toteutuksen periaate.



Yhteisantenniverkon toteutuksen periaate.



Monioperaattoriverkon toteutuksen periaate.



SÄHKÖSUUNNITTELUSSA HUOMIOIDAAN:

- TILAVARAUS AVOTELINEILLE
- TUKIASEMIEN SÄHKÖNSYÖTÖILLE
- JOHTOREITEILLE

OPER X TUKIASEMA = Operaattorien avoteline
- 42U 600x600x2000

OPER X TUKIASEMA = Virve-verkon laitteille erillinen avoteline
- 42U 600x600x2000

Turvavalaistusjärjestelmän periaatekaavio.

