

SÄHKÖISEN TALOTEKNIIKAN SUUNNITTELUOHJEISTUS



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Sähkö- ja automaatiotekniikka, insinööri (AMK)

Kevät 2022

Teemu Markkula

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Tekijä Teemu Markkula

Työn nimi Sähköisen talotekniikan suunnitteluohjeistus

Ohjaaja Timo Väisänen

Tiivistelmä

Vuosi 2022

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa aloittelevalle sähkösuunnittelijalle selkeä ohjeistus sähkösuunnitteluun liittyvistä suunnittelutavoista, mitoituksista sekä järjestelmistä.

Tavoitteena oli tutkimusluonteisesti etsiä tarvittavaa tietoa sähkösuunnittelussa huomioon otavista asioista. Opinnäytetyö tehtiin yhteistyössä Sähköasennus Salminen Oy:n kanssa, jonka palveluihin sähköurakoinnin ohella kuuluu myös sähkösuunnittelu.

Työssä käsiteltiin suunnittelun alkuvaiheessa huomioon otavia lähtötietojen ja asiakkaan tarpeiden kartoituksessa selvitettäviä asioita. Käsiteltävinä aiheina oli myös erilaisia lähestymistapoja suunnittelun toteutukseen. Myös suunnittelun eri vaiheissa vaadittavat laskelmat ja mitoitukset huomioitiin työn tietopohjaa kerättyä. Eri järjestelmissä huomioon otavista kohteista kerättiin tärkeimpiä suunnitteluun liittyviä asioita.

Opinnäytetyön tuloksena tuotettiin aloittelevalle suunnittelijalle selkeä ja tiivistetty tietopohja sähköisen talotekniikan suunnittelun alalle. Kerätty tietopohja toimii jatkossa yrityksessä aloittelevien suunnittelijoiden työtä avustavana koosteena.

Avainsanat Sähkösuunnittelu, talotekniikka, standardit

Sivut 32 sivua

Electrical and Automation Engineering

Author Teemu Markkula

Subject Design guidelines for electrical building technology

Supervisors Timo Väisänen

Abstract

Year 2022

This thesis was written for a novice electrical designer with instructions on electrical design methods, calculations and systems. The aim was to provide research-based information on issues to be considered in electrical design. The thesis was commissioned for Sähköasennus Salminen Oy, which in addition to electrical contracting, also offers electrical design.

The work dealt with the issues to be taken into account in the initial design phase and to serve the customer's needs. Different approaches to design implementation were also addressed. The calculations and dimensions required at different stages of the design process were also examined when collecting the knowledge base for the work. Of the issues to be considered with different systems, the most important issues to be considered in the design process were collected into this thesis.

As a result of the project, a clear and concise knowledge base was produced for the novice designer. In this thesis a high amount of information covers the field of electronic building technology design. The knowledge base collected will serve as a data base to assist the work of novice designers in the company.

Keywords electrical design, building technology, standards

Pages 32 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Sähkösuunnittelu.....	2
2.1	Suunnittelun valmistelu	2
2.1.1	Tarvekartoitus	2
2.1.2	Lähtötiedot.....	3
2.1.3	Sähköisen talotekniikkasuunnittelun lähtökohdat	3
2.1.4	Järjestelmäpohjainen suunnittelu.....	4
2.1.5	Tilapohjainen suunnittelu	6
2.1.6	Ominaisuuspohjainen suunnittelu	6
2.2	Tekniset laskelmat ja mitoitukset	7
2.2.1	Liittymätehon määrittely	7
2.2.2	Johdon kuormitettavuus	9
2.2.3	Automaattinen poiskytkentä	11
2.2.4	Jännitteenalenema.....	15
2.2.5	Loistehon kompensointi.....	18
2.2.6	Selektiivisyys.....	20
2.3	Sähköisen talotekniikan järjestelmät.....	22
2.3.1	Valaistus	22
2.3.2	Kulutuskojeet	25
2.3.3	Pääjakelureitit	26
2.3.4	Yleiskaapelointi	27
2.3.5	Savunpoisto.....	28
2.3.6	Yhteisantenni	28
2.3.7	Rakennusautomaatio	29
2.3.8	Paloilmoitus.....	30
3	Yhteenveto	31
	Lähteet.....	33

1 Johdanto

Opinnäytetyössä tarkoituksena on toteuttaa ohjeistus sähköisen talotekniikan suunnittelussa huomioon otettavista asioista. Ohjeistuksella voidaan helpottaa uuden henkilöstön perehdytystä yksinkertaisella tavalla sähkösuunnittelun käytäntöihin. Tarkoituksena on saada lukijalle ymmärrys sähkösuunnittelussa käytettävissä olevista suunnittelutavoista sekä suunnittelussa käytettävistä teknisistä laskelmista ja mitoituksista. Työssä esitetään myös sähköisen talotekniikan pääjärjestelmien osalta tärkeimpiä huomioon otettavia asioita. Esille tuodaan myös standardeja sekä ST-kortteja, joista tarvittaessa löytää perussuunnittelun tueksi myös tarkempaa aihekohtaista tietoa.

Ohjeistusta toteutetaan sillä tarkoituksella, että se olisi hyödynnettävissä rakennuskohteesta riippumatta. Ohjeistus rajataan Sähköasennus Salmisen käyttötarpeiden mukaiseksi, mutta huomioidaan myös laajennusmahdollisuudet siihen lisättävien järjestelmien osalta. Ohjeistuksessa tuotetaan yksinkertaistettua tietopohjaa tutkimuspohjaisena työnä. Tuotetulla ohjeistuksella voidaan myös parantaa nykyisiä ongelmakohtia yrityksen suunnittelutavoissa. Opinnäytetyö toteutetaan yhteistyössä Sähköasennus Salminen Oy:n kanssa.

Sähköasennus Salminen Oy tunnetaan ammattitaitoisena ja luotettavana paikallisena toimijana Pirkanmaan alueella. Yritys on aloittanut toimintansa vuonna 2002. Yrityksen kasvaessa nousujohteisesti yhtiömuoto muutettiin osakeyhtiöksi. Yritys johtajien omistuksessa oleva perheyritys. Yritys työllistää vakituisesti 14 henkilöä. Palveluina ovat kaikki sähköön ja tietoliikenteeseen liittyvät tehtävät suunnittelusta kunnossapitoon. Laadukkaalla asentaja- ja insinööriosaamisella yrityksen on mahdollista toteuttaa myös haastavia ja suuriakin kohteita. Suurimpia yrityksen vahvuuksia on asiakkaan yksilöllinen palvelu, projektien kokonaisuuksien hallinta sekä vahva ammattitaito. (Sähköasennus Salminen Oy, 2022)

2 Sähkösuunnittelu

Sähkösuunnittelun varsinaisia tehtäviä ovat käyttäjän tarpeiden ymmärtäminen, projekteissa vaadittavien selvitysten tekeminen, tekniset mitoitus, laitteistojen valinnat, dokumentointi sekä yhteistoiminta hankkeen muiden osapuolien ja suunnittelualojen kanssa. Suunnitteluun voivat liittyä erilaiset valvontatehtävät ja tarkastukset. Teknisten ratkaisujen etsiminen, joilla voidaan asiakkaan tarpeet ja toivomukset toteuttaa, kuuluu myös sähkösuunnittelija tehtäviin. (Harsia ym., 2004, s.9)

Rakennushankkeissa sähkösuunnittelijan tehtävänä on toimia teknisenä asiantuntijana, joka esittää vaihtoehtoja huomioiden kohteen ominaisuudet ja vaatimukset. Suunnitelmat luodaan käyttäen hyväksytyjä ratkaisuvaihtoehtoja, että toimivan kokonaisuuden toteutus on mahdollista. Suunnittelijan tulee seurata alalla tapahtuvaa kehitystä ja tarjota asiakkaille uusia ratkaisuja. Tehtäviin kuuluu myös kokonaisuuksien ymmärtäminen sekä ratkaisujen löytäminen huomioiden hankkeiden eri osapuolien vaatimukset. (Harsia ym., 2004, s.92)

2.1 Suunnittelun valmistelu

2.1.1 Tarvekartoitus

Tarvekartoituksen tarkoituksena on tuoda esille kohteen omistajan sekä käyttäjän vaatimat asiat toiminnalleen. Kartoituksessa esille tulleilla selvityksillä luodaan pohja suunnittelulle. Tarvekartoituksen vaiheessa ei ole sähkösuunnittelijalle ennalta määrättyjä tehtäviä. (Harsia ym., 2004, s.55)

Sähkösuunnittelijaa kuitenkin käytetään usein tekemään teknisiä ja taloudellisia laskelmia, joilla voidaan arvioida hankkeen investointi- sekä käyttökustannuksia. Myös energian hankintaan ja kohteen käyttöön liittyviin peruskysymyksiin voidaan sähkösuunnittelijalta pyytää vastauksia. Sähkösuunnittelijoiden esimerkkitehtäviä voivat olla suunniteltavien tilojen kartoitus, kohteen tietojen kerääminen ja analysointi. Voidaan myös avustaa suunnittelutavoitteiden määrittelyssä ja arvioida alan kehityksen vaikutuksia suunnitteluun. (Harsia ym., 2004, ss.55-58)

2.1.2 Lähtötiedot

Erilaisia rakennuskohteen lähtötietoja tarvitaan aina. Lähtötietojen selvitys ja tarkistaminen on syytä tehdä tarpeeksi varhaisessa vaiheessa. Lähtötiedoista selviää usein asioita, joilla on vaikutuksia kohteen kustannuksiin, aikataulutukseen ja lupa-asioihin. (Harsia ym., 2004, s.55)

Erytyspalveluksilla pyritään täydentämään perustietoja ja tiedot myös usein päivittyvät hankkeen edetessä. Perustietoihin kuuluu esimerkiksi lupa-asiat, rakennuksen pinta- alatiedot, kohteen kunto, tilankäyttö, käyttökustannustiedot sekä sopimukset. Käyttäjältä vaadittavia lähtötietoja ovat mahdolliset kohteen toiminnan kuvaukset, prosessit, henkilökunnan määrä, koneet, laitteet ja käyttöajat. (Harsia ym., 2004, s.55)

2.1.3 Sähköisen talotekniikkasuunnittelun lähtökohdat

Kehitys on muuttamassa teknologiaa suurelta osin järjestelmien integroitumiseen, jolloin väyläpohjaiset ratkaisut antavat siihen mahdollisuuden. Suunnittelussa tulee ottaa huomioon yhä tarkemmin tilan käyttöön liittyvät asiat, eikä ainoastaan yksittäisten järjestelmien tarpeet. Suunnittelijalta vaaditaan laajaa ymmärrystä suuristakin kokonaisuuksista ja myös monen eri talotekniikan osa-alueen ymmärrystä. (Harsia ym., 2004, s.130)

Rakennusten sähkötekniiset ratkaisut ovat perinteisesti perustuneet moniin eri järjestelmiin ja suunnittelussa on valittu tarvittavat järjestelmät asiakkaan toivomusten ja tarpeiden täyttämiseksi. Tilojen ja käyttäjien ominaisuusvaatimusten kasvaessa, tilojen ohjausten merkitys korostuu varsinkin rakennusautomaation osalla. Vaikutus näkyy myös muiden sähköisten järjestelmien suunnitteluissa. Suurimman vaikutuksen käyttäjien vaatimukset ovat tehneet käyttökustannuksiin ja tilojen viihtyvyyteen. Rakennusautomaation avulla voidaan vaikuttaa energiatehokkuuteen esimerkiksi tarkemman lämmönsäädön avulla tai rajoittamalla tarpeettomia käyttöaikoja. Nykyisin käyttäjälle annetaan myös mahdollisuus vaikuttaa tilojen toimintaan, jolloin saadaan merkittävästi parannettua viihtyvyyttä. (Harsia ym., 2004, s.130)

Suunnitelmissa tulisi välttää esittämästä vaatimuksia laitteiden ja järjestelmien osalta joiden toiminta on riippuvaisia toisistaan, elleivät ne ole selvästi parempia käytettäväksi

määritetyillä ominaisuuksilla. Sähkönjakelun ja käyttöjärjestelmien osalta suunnittelu tulisi kohdentaa järjestelmäpohjaisiin lähestymistapoihin. Otettaessa sähköjakeluverkko esimerkiksi, niin mitoitusperusteiden ilmaisu tehdään laitteiden ja järjestelmien osalta keskusten ja kojeiden nimellisarvoilla ja kaapeleiden tyypeillä. Valaistuksen osalta suunnittelussa ei tarkempia ominaisuuksia ilmoiteta, vain ainoastaan valaisinmallit. Rakennusautomaation ja tietojärjestelmien suunnittelussa korostetaan laatuvaatimuksia sekä tuodaan niiden seikkoja enemmän esille. Nämä johtavat teknisiin vaatimuksiin laitteistoissa ja ohjelmistoissa. (Harsia ym., 2004, s.130)

Sähkösuunnittelu sisältää useita ratkaisuja ja ominaisuuksia. Erityisesti tietojärjestelmät sisältävät suunnittelun osalta omia erityisiä piirteitään. Myös rakennusautomaatio on selvästi suunnittelussa siirtynyt omaksi tehtäväkseen. Tekniikan kehittyessä sekä järjestelmien integroitua on pääsuunnittelijat yhä tärkeämmässä roolissa. (Harsia ym., 2004, s.136)

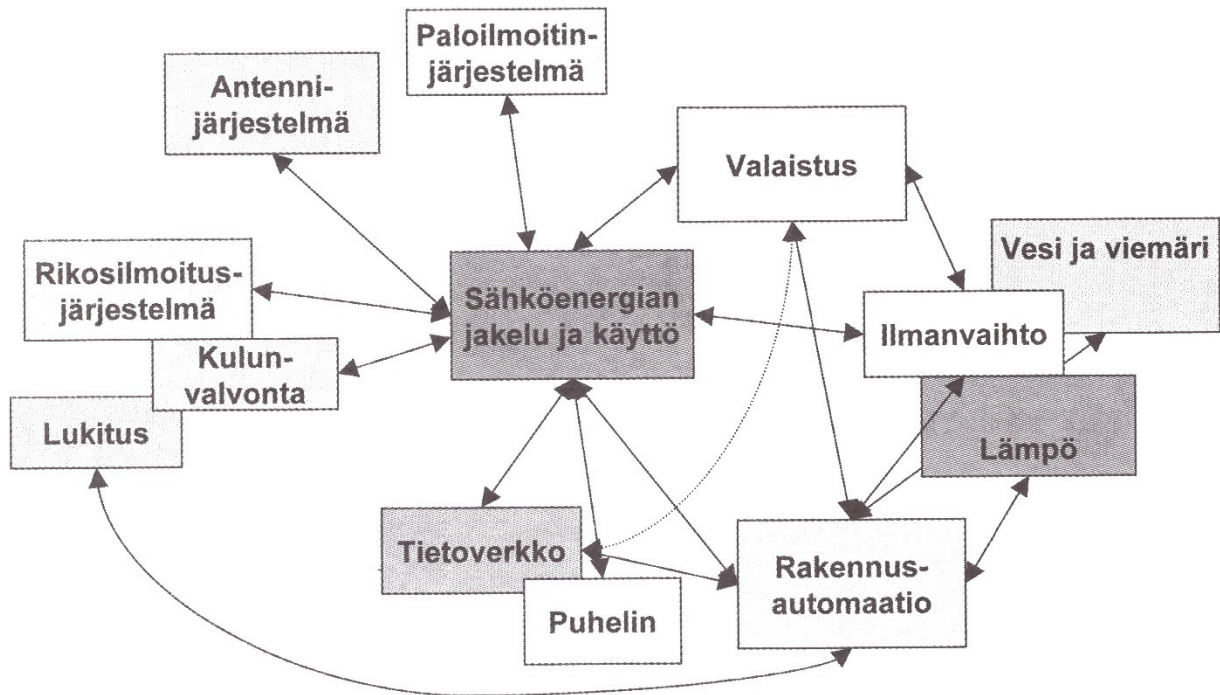
2.1.4 Järjestelmäpohjainen suunnittelu

Järjestelmäpohjaisen suunnittelun tarkoitus on määrittää järjestelmät asiakkaan tarpeisiin esimerkiksi LVI, sähkö, tele, kulunvalvonta ja palohälytys. Järjestelmäpohjaisen suunnittelun avulla voidaan hyödyntää aiemmin kokeiltuja ja hyväksi todettuja ratkaisuja, joiden hyödyntäminen seuraavissa projekteissa on mahdollista. Tällöin suunnittelijalla tekee päätöksen ratkaisujen valinnasta projektin varhaisessa vaiheessa. Esimerkkijärjestelmänä toimii rakennusautomaatio, joissa voi olla suljettuja järjestelmiä. Tällöin asiakas on voinut sitoittaa käyttämään aiemmin hankittua järjestelmää ja siitä ainoana ulospääsynä on koko järjestelmän uusiminen tai laajennustilanteessa erillisen kilpailevan järjestelmän käyttö. (Harsia ym., 2004, s.131)

Kiinteistön käyttäjien antamalla lähtötiedoilla liittyen haluttuun valaistukseen, lämmönohjaukseen jne. avulla voidaan tehdä valintoja tarvittavista järjestelmistä. Ulkoiset ominaisuudet muodostuvat järjestelmien määrittämisen jälkeen, kuten esimerkiksi keskuskeskukset, kaapeloinnit, laitteet ja niiden sijoittelut. Ulkoiset ominaisuudet toimivat määräävinä tekijöinä järjestelmien sisäisille toiminnallisille piirteille, esimerkiksi laitteiden keskinäisessä kommunikoinnissa ja tiedonsiirrossa. (Harsia ym., 2004, s.131)

Jos suunnittelua tehdään järjestelmäpohjaisella tavalla, se antaa mahdollisuuden siirtyä nopeammin laitetasoille ja näin projektin eteneminen on nopeampaa. Järjestelmäpohjaisella tavalla suunniteltaessa järjestelmät käsitellään omina prosesseina ja eri osat liittyvät toisiinsa (Kuva 1) vain niiden vaatimilla rajapinnoilla. Tällä tavoin järjestelmiä on vaikeaa ja kallista liittää toiminnallisesti yhteen. (Harsia, 2004, s.131)

Kuva 1 Talotekniikka järjestelmien toisiinsa liittyminen (Harsia ym., 2004, s.132).



Käyttäjän tarpeet huomioidaan järjestelmien tarjoamien mahdollisuuksien mukaisesti. Tämä mahdollistaa tilanteen, jossa järjestelmällä on käyttämättömiä ominaisuuksia sekä asiakkaan tarvitsemien ominaisuuksien puutteita. Näin toimivuus taloteknisenä kokonaisuutena heikkenee huomattavasti. (Harsia ym., 2004, s.132)

Järjestelmäpohjainen tapa suunnitella soveltuu parhaiten rakentamiseen, missä aikataulut ovat väljät, rakentamisen aikaisia muutoksia on vähän sekä urakkakokonaisuudet ovat selkeät. Edellytyksenä on, että lähtötiedot ovat selkeät ja ne ovat saatavilla varhaisessa vaiheessa. (Harsia ym., 2004, s.132)

2.1.5 Tilapohjainen suunnittelu

Järjestelmäpohjaisen suunnittelun sijasta voidaan käyttää tilapohjaista suunnittelua, missä mietitään tilojen tarpeet ja niiden toiminnot. Tarpeiden määrittely koostuu tilakokonaisuuksista ja niihin asetetuista käyttäjien tarpeista. Tilapohjaisen suunnittelun lähtökohdaksi on siirtää tarkastelun painopiste toteutettavien tilojen näkökulmaan. Tilojen mallinnuksen avulla asiakkaan on helpompaa saada heidän tarpeitaan vastaava tuote. (Harsia ym., 2004, s.132)

Tilojen suunnittelu voidaan aloittaa siinä vaiheessa, kun tilojen vaatimukset ja tarpeet ovat selvillä yksityiskohtaisesti. Tarkempien piirustusten toteutus aloitetaan vasta suurempien rakentamiseen liittyvien linjausten selvittyä. Tilapohjaisella suunnittelulla voidaan toteuttaa muutosjoustavat suunnitelmat suunnittelijan ja tilaajan näkökulmasta. (Harsia ym., 2004, s.132)

Tilapohjaisessa suunnittelussa tarvekartoituksen tulee pohjautua tilojen käytön analysointiin sekä tilakokonaisuuksiin. Suunnitteluvirheistä suurin osa aiheutuu heikkojen lähtötietojen ja tavoitteiden johdosta. Suunnittelijan on myös erotettava lähtötietojen joukosta, mitkä asiat ovat epävarmoja tai faktaa. Vaikutuksensa tekee myös se, kuinka paljon loppukäyttäjä osallistuu toteutukseen. (Harsia ym., 2004, s.132)

2.1.6 Ominaisuuspohjainen suunnittelu

Nimensä mukaisesti ominaisuuspohjainen suunnittelu alkaa siitä, minkälaisia toimintoja asiakas haluaa tai tarvitsee. Rakentamisen hankkeissa on monenlaisia tahoja, joiden tarpeisiin suunnittelijan on vastattava suunnitelmissaan. Asiantuntijaosaaminen korostuu, kun suunnittelun alkupäässä tarjotaan asiakas- ja käyttäjälähtöistä palvelua. Suunnittelun alkupäässä tehdään kohteen palvelutason, elinkaaren tuottojen ja kustannusten sekä myös rakennettavan ympäristön kannalta tärkeimmät päätökset suunnittelun osalta. (Harsia ym., 2004, s.134)

Perinteisin tavoin suunnittelijat ovat tottuneet luomaan mallinnuksia ja piirrettyjä suunnitelmia, jotta rakentaminen on mahdollista. Rakentamisen prosesseissa on mukana useita tahoja, jotka eivät työskentele rakentamisen parissa päivittäin. Esitettäessä heille

rakentamiseen liittyvää teknistä dokumentaatiota, ei nämä anna selkeää kuvaa kohteesta. Tämä johtaa siihen, että tilan käyttäjän on vaikea kertoa mielipiteitään suunnitteluvaiheessa. (Harsia ym., 2004, s.134)

Tilojen ominaisuuksia on käsiteltävä tavoilla, jotta kaikkien osapuolten on helppo ymmärtää haluttuja tarpeita oikean lopputuloksen saavuttamiseksi. Suunnittelijan on ymmärrettävä ominaisuuksia, jotka ovat helposti aistittavissa. Näiden ominaisuuksien vaikutus on suuri tilanteessa, jossa ihmisen on vaikeampi ymmärtää teknistä dokumentointia. Asiantuntevan suunnittelijan kohdalla on edellytyksenä, että pystyyään näkemään tiloja monesta eri roolista. Näin voidaan ajatella miltä kohde tuntuu ja näyttää myös asiakkaan näkökulmasta. (Harsia ym., 2004, s.134)

Kun käyttäjän toiminnot ovat esitettynä, voidaan tilojen ominaisuudet muodostaa, jonka jälkeen suunnittelija voi asettaa tavoitteita esimerkiksi valaistuksen suunnitteluun. Kohteet suunnitellaan kokonaisuutena taloteknisten järjestelmien osalta, jotka tulee yhdessä toteutettuna tuottaa kohteen kuvauksessa esitetty lopputulos. (Harsia ym., 2004, s.135)

2.2 Tekniset laskelmat ja mitoitukset

2.2.1 Liittymätehon määrittäminen

Yksi tärkeimmistä rakennusten sähkösuunnitteluun liittyvistä asioista on sähköverkon ja liittymän mitoittaminen. Alimitoitettu liittäminen rajoittaa käyttöä, kun taas ylimitoitettu liittäminen aiheuttaa rakentamisen vaiheessa ylimääräisiä kuluja sekä lisää käyttökustannuksia. Liittäminen tulisi mitoittaa riittävän suureksi huomioiden myös tulevaisuuden mahdollisesti kasvavat käyttöasteet. (ST 13.31, 2022, s. 1)

Sähköliittymien vähimmäisvaatimukset suunnitteluun, urakointiin, toimitukseen sekä käyttöön määritellään Sähkömarkkina-asiassa 588/2013, Sähkökäyttöpaikkojen liittymisehdossa LE 2019 sekä Verkkopalveluehdossa VPE 2019. Useimmissa tapauksissa jakeluverkonhaltijan toimitusrajan eli liittymiskohtana on tontin raja. Tästä pisteestä eteenpäin on sähkösuunnittelijan määriteltävä liittymisjohto. Sähköpääkeskuksen sijoituksessa on huomioitava jakeluverkonhaltijan ohjeita. (ST 13.31, 2022, s. 2)

Sähköverkkoyhtiöillä on yhtiökohtaisia ohjeistuksia, jotka ovat suunnittelijoiden käytettävissä. Yleisesti ohjeet ovat samanlaisia, mutta yhtiöiden välisiä eroja on dokumentoinneissa, teknisissä toteutuksissa sekä kaapelivalinnoissa. Sähkösuunnittelussa onkin tärkeää noudattaa paikallisen verkkoyhtiön ohjeita, jolloin välttyään ylimääräisiltä muutostöiltä rakennusvaiheessa. (ST 13.31, 2022, s. 3)

Määritettäessä huipputehoa on huomioitava, että pääsulakkeiden nimellisvirtaa tai sovittua liittymistehoa ei voida ylittää edes hetkellisesti. Ympäristöministeriön asetuksen (1010/2017) 32§:n mukaan suunniteltavissa kohteissa on huomioitava mahdollisuudet, joilla voitaisiin pienentää huipputehon tarvetta sekä parantaa sähkötehon ohjattavuutta. (ST 13.31, 2022, s. 3)

Alustavat arviot sähköliittymästä voidaan tehdä pelkästään rakennuksen laajuuden ja käyttötarkoituksen mukaan. Huipputehohon vaikuttavia asioita ovat valaistus, LVI-järjestelmät ja siihen kuuluvat laitteet, sekä varustelutaso. Huipputehoa mitotettaessa huomioidaan kaikki laitteet, jotka ovat samanaikaisesti käytössä. Mitoituksessa huomioidaan myös erilaiset yksittäiset koneet, joita käyttäjällä on suunnittelun alkuvaiheessa tiedossa. (ST 13.31, 2022, s. 4)

Kohteesta riippuen huipputehoa voidaan arvioida kolmella eri menetelmällä ja laskutavalla. Kaksi ensimmäistä laskentatapaa kohdistuu asuinkiinteistöihin. Kuormitusmittausten perusteella on laadittu kokemusperäiset laskentamallit, joita soveltamalla saadaan asuinkiinteistöjen huipputehot laskettua. Laskentaan soveltuvia kaavoja on useita riippuen asuinkiinteistöjen huoneistojen määrästä, varustelutasosta sekä lämmitystavoista. ST-kortti 13.31 toimii suunnittelussa mitoitusapuna sisältäen kaikki tarvittavat kaavat. (Tiainen & Orrberg, 2020, s.15)

Suuremmissa rakennuksissa kuten koulu-, toimisto-, kokoontumis- ja teollisuusrakennuksissa, huipputehojen vaihtelut ovat huomattavasti suurempia, kuin asuinkiinteistöissä. Näissä kohteissa huipputehon laskenta tulee tehdä tapauskohtaisesti. Huomioon on otettava kohteen käyttötarkoitus, laitekanta, sekä laitteiden ohjaukset ja käyttö. Merkittävimpiä sähköenergiaa kuluttavia järjestelmiä ovat valaistus sekä LVI-laitteet. Kohdekohtaisesti tulee myös huomioida aina muut suuritehoiset laitteet ja järjestelmät.

Pienjänniteliittymän sähköteho voidaan laskea seuraavalla yhtälöllä. (Tiainen & Orrberg, 2020, s.24)

Kaava 1 PJ-liittymän sähköteho

$$P_M = P_x * (P_i + P_v + P_{lvi} + P_{k+l} + P_{lämm} + P_{muut})$$

Kaavassa:

P_M = Mitoittava sähköteho

P_x = Kerroin, voidaan varautua tulevaisuuden sähkötehon lisäykseen

P_i = Ilmanvaihto sähköteho

P_{lvi} = Muiden LVI laitteiden sähköteho

P_{k+l} = Kojeiden ja laitteiden yhteenlaskettu sähköteho

$P_{lämm}$ = Sähkölämmityksen teho

P_{muut} = Muut sähkötehon laskentaan vaikuttava laitteet

2.2.2 Johdon kuormitettavuus

Kuormitusvirta ja siitä johtuva johtimen lämpeneminen määrittelee johtimen poikkipinnan jännitteisissä virtapiireissä. Erilaisille johtimille on määritelty suurin sallittu lämpötila, joka määrittää johdon kuormitettavuuden. Sallittua lämpötilaa ei saa ylittää, koska pieni lämpötilan ylitys saattaa alentaa johdon käyttöikää vanhentamalla eristettä tai suurempi yllilämpö voi jopa tehdä tulipalovaaran. (Tiainen & Orrberg, 2020, s.57)

Kuormitettavuuteen vaikuttaa johtimen materiaali, eristeaine, ympäristön lämpötila, virtapiirien etäisyys ja asennuksen tapa. Myös johdon jäähtymisominaisuudet vaikuttavat kuormitettavuuteen. Erilaisille johtimille sallitut jatkuvan käytön lämpötilat on esitetty taulukossa (Taulukko 1). (Tiainen & Orrberg, 2020, s.57)

Taulukko 1 Johtimille sallitut lämpötilat (Tiainen & Orrberg, 2020, s.57).

Eristyksen laatu	Suurin sallittu lämpötila °C
Polyvinyylikloridi (PVC)	70 (johtimessa)
Silloitettu polyeteeni (PEX) ja eteeni-propeenikumi (EPR)	90 (johtimessa)
Mineraali (PVC:llä päällystetty tai paljas ja kosketeltavissa)	70 (vaipassa)
Mineraali (paljas, ei kosketeltavissa eikä kosketuksissa palaviin materiaaleihin)	105 (vaipassa)

Johtimien kuormitettavuuteen tarvitaan aina tietoa myös sallituista kuormitusvirroista, jolloin pelkästään sallitut lämpötilat eivät riitä. Kuormitustaulukoissa on käytetty pohjana standardisarjaa 60287 ja standardia IEC 60364-5-523. Kuormitustaulukoissa referenssiolosuhteina käytetään ilmanlämpötilaa +30 °C, maan lämpötilaa +20 °C sekä maan lämpöresisiivisyytenä 2,5 m/W. (Tiainen & Orrberg, 2020, s.58)

Muita tärkeitä johdon mitoituksen määrittäjiä ovat taloudellisuus, jännitehäviöt sekä rajoitukset, jotka virtapiiriin suurin sallittu impedanssi asettaa. Käyttämällä yksivaihepiireille samoja sallittuja arvoja kuin kolmivaihepiireille, voidaan yksinkertaistaa kuormitettavuustaulukoiden käyttöä. Seuraavaa taulukkoa (Taulukko 2) voidaan käyttää ohjeellisena useissa tapauksissa ilman tarkkaa mitoitusta. Taulukot sisältävät seuraavat arvot: uppoasennus (asennustapa A), pinta-asennus (asennustapa C), maa-asennus (asennustavat D1 ja D2), ja vapaasti ilma-asennus (asennustapa E). Arvoja käytetään PVC-eristeissä kolmivaihepiireissä, jolloin voidaan käyttää niitä myös yksivaihepiireissä sekä PEX-eristeisissä kaapeleissa. Mikäli tehdään tarkemmat mitoitukset, voidaan PEX kaapeleissa ja yksivaiheisissa kaapeleissa käyttää hiukan suurempia virta-arvoja ja lämpötiloja. Myös kaapelin valmistajien erityisohjeet on huomioitava. (Tiainen & Orrberg, 2020, s.58)

Taulukko 2 Johtojen kuormitettavuudet eri asennustavoilla (Tiainen & Orrberg, 2020, s.59).

Johtimen nimellis- poikkipinta (mm ²)	SFS 6000:n mukaiset asennustavat				
	A	C	D1	D2	E
Kupari					
1,5	13	17,5	18	19	18,5
2,5	17,5	24	24	24	25
4	23	32	30	33	34
6	29	27	50	54	60
10	39	57	50	54	60
16	52	76	64	70	80
25	68	96	82	92	101
35	83	119	98	110	126
50	99	144	116	130	153
70	125	184	143	162	196
95	150	223	169	193	238
120	172	259	192	220	276
150	196	299	217	246	319
185	223	341	243	278	364
240	261	403	280	320	430
300	298	464	316	359	497
Alumiini					
16	41	59	52	53	61
25	53	73	64	59	78
35	65	90	77	83	76
50	78	110	91	99	117
70	98	140	112	122	150
95	118	170	132	148	183
120	135	197	150	169	212
150	155	227	169	189	245
185	176	259	190	214	280
240	207	305	218	250	330
300	237	351	247	282	381

2.2.3 Automaattinen poiskytkentä

Syötön poiskytkentä vikasuojauksessa tulee säännösten mukaan enintään 32 A kiinteästi asennettuja laitteita syöttävillä ryhmäjohtoilla tapahtua enintään 0,4 sekunnissa.

Ryhmäjohtoilla jotka syöttävät pistorasioita 0,4 A säännön koskiessa enintään 63 A ryhmäjohtoja. (ST 53.25, 2018, s.3)

Pääjohtoilla ja suuremmilla ryhmäjohtoilla sallittu poiskytkentäaika on enintään 5.0 sekuntia. Käyttöönottovaiheessa pitää tarkastaa vikasuojauksen toteutuminen mittaamalla

oikosulkuvirta ja vertaamalla saatua arvoa virtaan, jota suojalaiteen toiminta edellyttää. Normaalisti suojaus pitäisi toteuttaa ylivirtasuojauksella, mutta jos oikosulkuvirta ei ole riittävä, voidaan vikavirtasuojaa käyttää suojauksessa. Suunnitteluvaiheessa kannattaa laskemalla selvittää oikosulkuvirran suuruus, jolloin samalla tarkastetaan suunnitelman toteutuminen käyttöönottovaiheessa. Haastavin tilanne vikasuojauksen kannalta on UPS:n jälkeissä verkossa. Tällöin ainoa mahdollisuus toimivuuden toteamiseksi on laskemalla. (Tiainen & Orrberg, 2020, ss.109-110)

Suojauksen suunnittelussa toimivuuden selvittämiseksi edellytetään määrittämään pienin yksivaiheinen oikosulkuvirta. Malleja laskennasta löytyy esim. standardissa IEC 60909. Aluksi tarvitaan lähtötietona jakeluverkkoyhtiöltä pienin oikosulkuvirta liittymän luona. Seuraavaa kaavaa käyttäen yksinkertaistetaan laskentaa, jolloin menetelmä voi aiheuttaa 10 % laskentavirheen. Virhe kuitenkin tapahtuu turvalliseen suuntaan, eli laskettu oikosulkuvirta on todellista oikosulkuvirtaa pienempi. (Tiainen & Orrberg, 2020, s.111)

Kaava 2 Oikosulkuvirta

$$Ik = c * \frac{U}{\sqrt{3}} * Z$$

Kaavassa:

Ik = pienin yksivaiheinen oikosulkuvirta (A)

c = kerroin 0,95 joka ottaa huomioon jännitteenaleneman liittimissä, johdoissa, sulakkeissa, kytkimissä jne.

U = pääjännite (V)

Z = virtapiirin kokonaisimpedanssi, sisältäen jakelumuuntajaa edeltävä impedanssi, muuntajan impedanssista sekä muuttajan jälkeisten johtimien impedanssista.

Yksinkertaistuksena on se, että osaimpedanssit lasketaan yhteen, jolloin todellinen impedanssi on pienempi, kuin laskettu arvo ja vikavirta on suurempi. Alle 70 mm² johtimilla

reaktanssi voidaan jättää huomiotta ja käyttää impedanssin arvona resistanssin arvoa.

Ilmajohdoilla pitää reaktanssi kuitenkin ottaa huomioon. (Tiainen & Orrberg, 2020, s.111)

Seuraavassa taulukossa (Taulukko 3) esitetään ominaisimpedanssin arvot (Ω/km) erikokoisille kaapeleille. Näitä resistanssiarvoja voidaan myös käyttää johtimille, jotka on asennettu putkiin. Johtimilla reaktanssiarvot pitää kertoa kahdella. Arvot koskevat nelijohdinkaapeleita, mutta myös pienipoikkipintaisilla 3- ja 5-johdinkaapeleilla, joilla on pieni reaktanssi, voidaan käyttää impedanssiarvoja. Seuraavan taulukon arvot ovat likimääräisarvoja. (Tiainen & Orrberg, 2020, s.111)

Taulukko 3 Kaapeleiden impedanssit Ω/km , johdinlämpötila 80°C (Tiainen & Orrberg, 2020, s.112).

Johtimen poikkipinta A/mm^2	Kupari			Alumiini		
	Resistanssi r	Reaktanssi x	Impedanssi z	Resistanssi r	Reaktanssi x	Impedanssi z
4 x 1,5	14,620	0,115	14,620			
4 x 2,5	8,770	0,110	8,770			
4 x 4	5,480	0,107	5,480			
4 x 6	3,660	0,100	3,660			
4 x 10	2,244	0,094	2,246			
4 x 16	1,415	0,090	1,418	2,324	0,090	2,326
4 x 25	0,898	0,086	0,902	1,489	0,086	1,492
4 x 35	0,652	0,083	0,657	1,086	0,083	1,089
4 x 50	0,482	0,083	0,489	0,796	0,083	0,800
4 x 70	0,336	0,082	0,346	0,551	0,082	0,557
4 x 95	0,244	0,082	0,257	0,398	0,082	0,406
4 x 120	0,195	0,080	0,211	0,316	0,800	0,326
4 x 150	0,155	0,080	0,174	0,258	0,080	0,270
4 x 185	0,125	0,800	0,148	0,207	0,080	0,222
4 x 240	0,095	0,079	0,111	0,133	0,079	0,155
4 x 300	0,078	0,079	0,111	0,133	0,079	0,155

Kaava 3 Suurin johtopituus

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

Kaavassa:

l = johdon pituus

c = kerroin 0,95

U = pääjännite (V)

I_k = oikosulkuvirta

Z_v = impedanssi ennen suojalaitetta

z = suojattavan johtimen impedanssi (Ω/km)

Mittaamalla oikosulkuvirtoja, voidaan tarkastaa suojausheitojen toteutuminen. Tällöin oikosulkuvirtojen tulee olla 25 % suurempia kuin suojalaitteissa olevat toimintarajavirrat. Seuraavista taulukoista (Taulukko 4, Taulukko 5) käyvät ilmi suojalaitteiden toimintarajavirrat sekä vaadittavat oikosulkuvirrat mitattuina. (Tiainen & Orrberg, 2020, s.113)

Taulukko 4 Johdonsuojakatkaisijoiden oikosulkuvirrat (Tiainen & Orrberg, 2020, s.113).

Johdonsuojakatkaisijoiden pienimmät toimintavirrat ja vaaditut mitatut arvot				
Nimellisvirta	B-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo	C-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo
A	A	A	A	A
6	30	37,5	60	75
10	50	62,5	100	125
16	80	100	160	200
20	100	125	200	250
25	125	156,3	250	312,5
32	160	200	320	400
50	250	312,5	500	625
63	315	393,8	630	787,5
80	400	500	800	1000
125	625	781,3	1250	1562,5

Taulukko 5 Mitatut oikosulkuvirrat gG-sulakkeilla (Tiainen & Orrberg, 2020, s.115).

Pienimmät toimintavirrat sulakkeille ja vaaditut mitatut arvot				
Nimellisvirta	gG-sulake 0,4 s	Vaadittu mitattu arvo	gG-sulake 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo
A	A	A	A	A
2	16	20	9	11,3
4	32	40	18	22,5
6	46,5	58,2	28	35
10	82	102,5	46,5	58,2
16	110	137,5	65	81,3
20	145	181,3	85	106,3
25	180	225	110	137,5
32	270	337,5	150	187,5
35			165	206,3
40	315	393,8	190	237,5
50	470	587,5	250	312,5
63	550	687,5	320	400
80			425	531,3
100			580	725
125			715	893,8
160			950	1187,5
200			1250	1562,5
250			1650	2062,5
315			2200	2750
400			2840	3550
500			3800	4750
630			5100	6375

2.2.4 Jännitteenalenema

Standardin SFS 50160 mukaan yleisessä jakeluverkossa sallitaan jännitteen alenemaa siten, että joka viikon aikana 90 % jännitteen tehollisarvojen 10 minuutin keskiarvoista pitää olla $U_n \pm 10\%$ (Tiainen & Orrberg, 2020, s.137). Liittymän sähköverkossa SFS 6000 standardin mukaan sallitaan 5 % jännitteen alenema ja suositus valaistuskörmän jännitteenalenemana on 3 %. Mikäli syöttö tulee yksityisestä teholähteestä, vastaavat suositukset ovat 8 % ja 6 %. (ST 52.34, 2017, s.5)

Asennusten pääjohtojen ollessa yli 100 metriä, voidaan jännitteenalenemaa suurentaa 0,005 % aina 100 m ylittävän pituuden metriä kohti. Se ei kuitenkaan saa olla suurempi kuin 0,5 % ilman tätä lisäystä. Voidaan kuitenkin hyväksyä suurempiakin alenemia esimerkiksi

mootoreilla käynnistyksen aikana ja muilla laitteilla, joiden käynnistysvirta on suuri. (Tiainen & Orrberg, 2020, s.137)

Jännitteenalenemien laskukaavat:

Kaava 4 Tasajännite

$$\Delta U = I * 2 * r * l$$

Kaava 5 Yksivaiheinen vaihtojännite

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

Kaava 6 Kolmivaiheinen vaihtojännite

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

Kaavojen \pm merkistä + käytetään induktiivisella kuormalla ja – kapasitiivisella kuormalla

Kaava 7 Suhteellisen jännitteenaleneman kaava

$$\Delta u = \frac{\Delta U}{(U_n * 100\%)}$$

Kaavoissa:

ΔU = jännitteenalennema volteissa (v)

I = kuormitusvirta (A)

l = johdon pituus (m)

r = ominaisresistanssi (Ω/m)

x = ominaisreaktanssi (Ω/m)

U_n = nimellisjännite

φ = jännitteen ja virran vaihekulma

Δu = suhteellinen jännitteen alenema

Jännitteenaleneman laskemiseen tarvitaan tietoja johtojen ominaisresistansseista ja induktansseista. Myös johtojen valmistajalta saatavat tiedot auttavat, mikäli laskelmien pitää olla tarkkoja. Seuraavasta taulukosta (Taulukko 6) selviävät erilaisten johtojen ominaisresistanssit ja reaktanssit 20 °C lämpötilassa. (Tiainen & Orrberg, 2020, s.138)

Taulukko 6 Johtimien ominaisresistanssit ja reaktanssit (Tiainen & Orrberg, 2020, s.138).

Johtimien poikkipinta A/mm ²	Kupari		Alumiini	
	Resistanssi	Reaktanssi	Resistanssi	Reaktanssi
	r	x	r	x
4 x 1,5	11,80	0,115		
4 x 2,5	7,07	0,110		
4 x 4	4,42	0,107		
4 x 6	2,95	0,100		
4 x 10	1,81	0,094		
4 x 16	1,14	0,090	1,87	0,090
4 x 25	0,72	0,086	1,20	0,086
4 x 35	0,53	0,083	0,88	0,083
4 x 50	0,39	0,083	0,64	0,083
4 x 70	0,27	0,082	0,44	0,082
4 x 95	0,20	0,082	0,32	0,082
4 x 120	0,16	0,080	0,25	0,080
4 x 150	0,13	0,080	0,21	0,080
4 x 185	0,10	0,080	0,17	0,080
4 x 240	0,08	0,079	0,13	0,079
4 x 300	0,06	0,079	0,11	0,079

Kaava 8 Vaihtoehtoinen kaava jännitteenalenema.

$$u = b * \left(1 * \frac{L}{S} * \cos\phi + \lambda * L * \sin\phi \right) * IB$$

Kaavassa:

u = jännitteenalenema voltteina

b = 1 vaiheisen ja 2 vaiheisen piirin kerroin

Kolmivaihepiirejä käsitellään yksivaihepiireinä, joiden nollajohtimen virta ei kumoudu

ρ_1 = johdinmateriaalin resistiivisyys normaalissa käyttölämpötilassa

$\cos\phi$ = johtojärjestelmän pituus metreissä

$\cos\phi$ = johtimien poikkipinta-ala mm²:inä

$\cos\phi$ = tehokerroin

λ = johtimen reaktanssi pituusyksikköä kohti

IB = suunniteltu virta ampeereina

Kaava 9 Jännitteenalenema prosentteina

$$\Delta u = 100 * \left(\frac{U}{U_0} \right)$$

U_0 = jännite vaiheen ja nollan välillä voltteina

2.2.5 Loistehon kompensointi

Sähköverkon suunnittelussa on otettava huomioon loistehon vaikutukset mitoitukseen.

Kaikki verkossa käytettävät komponentit on mitoittava kokonaisvirran eli näennäistehon

mukaisesti. Näennäisteho koostuu pätötehosta ja loistehosta. Häviötehon yhtälö on $I^2 * R$. Kokonaisvirta on mitoituksen tärkein tekijä, koska häviöt ovat suoraan verrannollisia virran neliöön. (Tiainen & Orrberg, 2020, s.31)

Tietyissä laitteissa mm. moottorit, muuntajat ja tietyn tyyppiset purkauslamput tarvitsevat pätötehon lisäksi myös loistehoa magneettikentän ylläpitämiseen. Loistehoa hallitaan ja säädellään erilaisilla tavoilla. Näitä kompensatiolaitteita ovat esimerkiksi kondensaattoriyksiköt, kiinteät kondensaattoriparistot ja estokelaparistot. Kompensointilaitteina käytetään myös yliaaltosuodattimia, aktiivisuodattimia, kolmannen yliaallon suodattimia, sekä tyristorikytkettyjä kompensointeja. (Tiainen & Orrberg, 2020, s.32) Nykyisin käytetään useimmiten automaattisia estokelaparistoja, jotka mittaavat verkon tehokerrointa ja säätää kompensointitehoa automaattisesti tarpeen mukaan.

Kun kuormitukset ovat epälineaarisia, verkkoon tulee yliaaltovirtoja, jolloin sähkönlaatu huononee. Tämä myös lisää häiriöiden ja vikojen mahdollisuutta. AC ja DC käytöt, UPS laitteet, purkauslamput ja sähkösuotimet ovat kyseisen kaltaisia epälineaarista kuormitusta aiheuttavia laitteita. Kuormitukset, jotka ovat kolmivaiheisia, aiheuttavat parittomia yliaaltotaajuuksia. Vastaavasti taas yksivaiheisten kuormitusten aikana tulee kolmansia yliaaltoja ja sen kerrannaisia. Näitä tuottavat esimerkiksi IT-laitteet ja purkauslamput. (Tiainen & Orrberg, 2020, s.32)

Kompensointi toteutetaan yksittäisesti eli laitekohtaisesti, kojeryhmäkohtaisesti tai keskitetysti. Kompensoinnissa on otettava huomioon kustannukset investoinneista ja toisaalta sähkön hinta. Myös jakeluverkon mitoitus vaikuttaa kompensointitavan valintaan. (Tiainen & Orrberg, 2020, s.32)

Kompensoinnin avulla saavutetaan useita etuja verkossa, jossa syntyy loistehoa ja yliaaltoja. Kompensoinnin avulla siirtokapasiteetti verkostossa paranee sekä jännitteenalema ja muut häiriöt pienenevät. Myös yliaaltosuodatuksella jännitteen säröily pienenee. (Tiainen & Orrberg, 2020, s.32)

Kaava 10 Tehokerroin

$$\cos\varphi = P/\sqrt{P^2 + Q^2}$$

Kaava 11 Tehokerroin sinimuotoisella virralla

$$P.F = P/\sqrt{P^2 + Q^2 + D^2}$$

Kaavoissa:

$\cos\varphi$ = tehokerroin

$P.F$ = tehokerroin sinimuotoisella virralla

P = pätöteho (kW)

Q = loisteho (kvar)

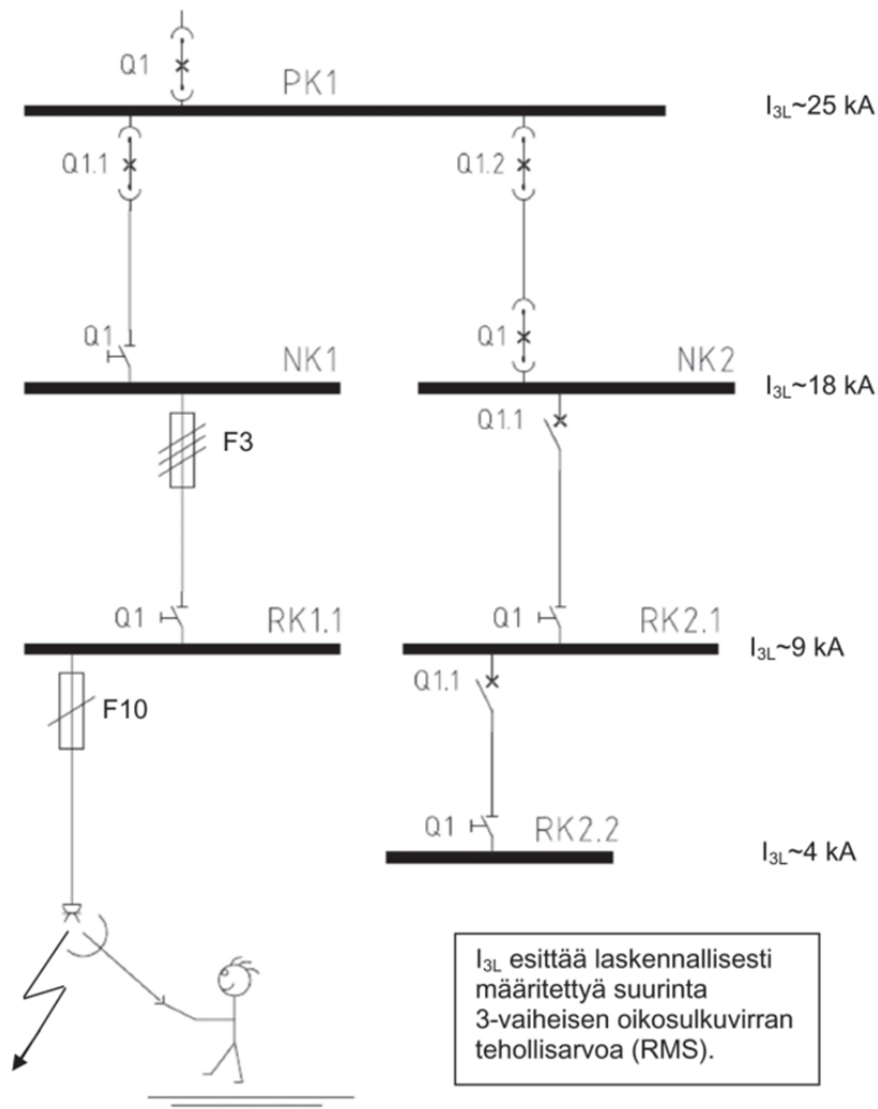
D = säröteho

2.2.6 Selektiivisyys

Sähköverkon suojauksen selektiivisyys merkitsee sitä, että mahdollisessa ylikuormitus tai vikatilanteessa suojalaite toimii siten, että se erottaa vain osan verkosta jännitteettömäksi jättäen muun osan verkkoa käyttöön. SFS 6000 standardin mukaan ei selektiivisyyttä suojaukselta vaadita. Kuitenkin on olemassa erityistiloja, kuten lääkintätilat, joihin on asetettu standardissa tiukemmat vaatimukset. Näissä ryhmäjohtoissa tapahtuva oikosulku ei saa aiheuttaa ylivirtasuojien toimintaa syötön puolella. Myös karjankasvatuksessa ilmanvaihdon vikatilanteissa pitää virtapiirien toimia selektiivisesti. (Tiainen & Orrberg, 2020, s.125)

Normaalisti vian tapahtuessa jossain ryhmäjohdossa esimerkiksi laitevikana, vikavirta kulkee sarjassa olevien suojien läpi. Kuvassa (Kuva 2) vikavirran kulkiessa ryhmäjohtoa suojaavan sulakkeen F10, nousukeskuksen sulakkeen F3 ja pääkytkimen sekä pääkeskuksessa sijaitsevien lähtökatkaisijan ja pääkatkaisijan kautta. Kun suojaus on toteutettu selektiivisesti, suojat ovat valittu ja aseteltu tavalla, jolloin vikapaikan etupuolella oleva ryhmäjohtoon suoja (F10) sulake toimii eli palaa. Muiden keskusten rinnakkaisten suojausten ei pidä toimia erimerkkikuvan tilanteessa. (ST 53.13, 2017, s.2)

Kuva 2 Selektiivisyys (ST 53.13, 2017, s.2).



Aikaselektiivisyys merkitsee sitä, että sarjassa olevien suojiin toiminta-aikoja on toisiinsa nähden porrastettu eli hidastettu sopivasti. Tällöin jakelun loppupään suojalla on toiminta-aika lyhyempi kuin alkupään suojilla. Tähän päästään valitsemalla suojat toimintakäyrien mukaan sekä toiminnan hidastamisella. Näin suojiin välillä saavutetaan aikaselektiivisyys. (Tiainen & Orrberg, 2020, s.126)

Virtaselektiivisyys merkitsee sitä, että vikapaikan mukaan vikavirta vaihtelee. Syötön ollessa lähellä vikapaikkaa, vikavirta on suurempi, kun taas kaukana syötöstä vikavirta jää pieneksi. Tällöin voidaan selektiivisyys saavuttaa asettamalla vikaa edeltävä suoja sopivan epäherkäksi. (Tiainen & Orrberg, 2020, s.127)

Aikaselektiivisyys on kuitenkin paras ja helpoin tapa saavuttaa selektiivisyys.

Sarjakytkennöissä joissa on useita suoja, loppuu kuitenkin usein käytettävissä oleva aika kesken. Silloin samalle toiminta-ajalle on mahdollista asetella peräkkäisiä suoja, mikäli on tiedossa riittävän tarkasti vikavirtatasot. (Tiainen & Orrberg, 2020, s.127)

Myös suuntaselektiivisyyttä voidaan käyttää jakeluverkkotasolla silloin kun verkko on rakennettu renkaana tai eri puolilla verkkoa on useita syöttölähteitä. Tätä suojaustapaa voidaan käyttää myös pienjännitepuolella. Tällöin suojareleillä valvotaan virran suuntaa sekä vikavirran suuruutta. Tämän perusteella rengasverkosta voi suojaus erottaa vain vioittuneen osan kun muu verkko jää käyttöön. (ST 53.13, 2017, s.4)

Sulakkeet ovat yleensä paras tapa päästä riittävään selektiivisyyteen. Sulakkeiden koot pitää valita oikein suhteessa toisiinsa, eikä saa käyttää liian suuria sulakekokoja oikosulkuvirtaan nähden. Peräkkäisten sulakkeiden välissä pitää olla yleensä vähintään yksi sulakekoko selektiivisyyden kannalta. Eli peräkkäisten sulakkeiden nimellisvirtojen suhde on oltava siten vähintään 1,6 : 1. (Tiainen & Orrberg, 2020, s.129)

Huonona puolena sulakkeille voidaan todeta niiden suuret toleranssit ja toiminta pienellä ylikuormalla nimellisvirtaan nähden. Tästä johtuen järjestelmää usein ylimitoitetaan eikä kaapelien kuormitettavuutta voida täysin hyödyntää. Toisaalta taas hyvänä puolena sulakkeissa on hyvä virranrajoituskyky. Tämä taas parantaa laitteiden ja kojeistojen mitoitusvaatimuksia sekä helpottaa selektiivisyyden saavuttamista. (Tiainen & Orrberg, 2020, s.130) Sulakkeiden käyttö vähentää keskusten huoltotarvetta ja tekee niiden käytöstä selkeämpää ja yksinkertaisempaa (ST 53.13, 2017, s.5).

2.3 Sähköisen talotekniikan järjestelmät

2.3.1 Valaistus

Valaistuksen suunnittelu toteutetaan yhteistyössä arkkitehdin ja sisustuksesta vastaavien henkilöiden kanssa. Lähökohtana valaistussuunnittelussa tulee ensisijaisesti olla tilojen ominaisuudet sekä niiden käyttö, eikä valotekniset asiat. (ST 58.04, 2017, s.9)

Yksityiskohtaista valaistuksen suunnittelun sisältöä ja kulkua kuvataan VAL12 valaistuksen suunnittelun tehtäväluettelossa.

Valaistussuunnittelussa on huomioitava rakennuksen sille asettavat vaatimukset ja tarpeet. Muut talotekniset järjestelmät sekä niiden vaatimat tilantarpeet on myös otettava huomioon valaistusta suunnitellessa. Valaistussuunnitteluun vaikuttavia asioita ovat myös turva- ja AV-järjestelmät, käyttäjän tarpeet ja toiveet sekä mahdollinen muuntojoustavuus. Huomioitavaa on myös asennustavat, materiaalit, kustannukset, huollettavuus ja energiankulutus. (ST 58.04, 2017, s.10)

Lähtötiedot mitä valaistussuunnittelussa tarvitaan ovat arkkitehdin vaatimukset, sisustukselliset asiat, tilojen koko, päivänvalon määrä, käyttötarkoitukset sekä tilaluokitukset. Lähtötietoina tarvitaan myös muiden talotekniikkajärjestelmien suunnitelmat sekä tiedot valaistuksen laatutasosta ja kustannustasosta. (ST 58.04, 2017, s.3)

Valaistukseen ja sen toimivuuteen vaikuttavia asioita ovat valaistavien huoneiden muodot ja mitat sekä pintamateriaalien heijastavat ominaisuudet. Materiaalien heijastukertoimissa ja heijastustavoissa on suuria vaihteluita. Ikkunat ja niiden lasimateriaalit sekä tilojen muut aukot ja ovet vaikuttavat myös valaistuksen toimintaan. Aukot joista pääsee tilaan päivänvaloa, ovat merkittäviä tekijöitä valaistussuunnittelua tehtäessä. LVIS-tekniikan sijoittelu sekä kiinteät ja siirrettävät kalusteet vaikuttavat myös valaistuksen toimivuuteen. (ST 58.04, 2017, s.3)

Valaistustavat voidaan jakaa suoraan ja epäsuoraan valaistukseen. Suoran valaistuksen tarkoittaessa valotehoa, joka suunnataan suoraan valaistavalle pinnalle. Epäsuoraa valaistusta käytettäessä valotehoa tuotetaan valaistavalle pinnalle toisen heijastavan pinnan kautta. Näiden valaistustapojen väliin jää myös useita muita tapoja toteuttaa valaistusta, joille nimityksinä on esimerkiksi puoliepäsuora- ja puolisuora valaistus (ST 58.04, 2017, s.4)

Valaistus valitaan tilan luonteen mukaan, jolloin tärkeää on huomioida mitä valaistaa, valaistuksen paikat sekä niiden suuntaus. Itse valonlähteen kohdalla on hyvä huomioida valon sävyyn ja luminanssiin liittyvät asiat. Myös valaistavien tilojen mitat, pintamateriaalit, ikkunoiden määrät sekä toiminnot, joita tiloissa suoritetaan on huomioitava. (ST 58.04, 2017, s.4)

Suunnittelussa otetaan myös huomioon valaistukseen liittyvät ohjaukset, jotka voidaan toteuttaa automaattisesti tai antaa mahdollisuus käyttäjän hallita ohjausta.

Käyttökohteeseen soveltuva ohjauksen tapa on riippuvainen valaistavasta tilasta sekä käyttötavasta. Liiketunnistuksella toteutetut ratkaisut ovat järkevin tapa hoitaa käytävien sekä kauttakuljettavien tilojen valaistuksen ohjausta. Työhuoneissa parhaat ratkaisut saadaan toteutettua päälle-pois kytkennöillä tai automatiikkaa hyödyntäen läsnäolotunnistimilla. (ST 58.04, 2017, s.8)

Ohjauksen tarkoituksena on luoda vaaditun käyttötarpeen mukainen tunnelma tai viihtyvyys. Myös energiaa ja käyttökustannuksia voidaan säästää tarkoin harkituilla valaistuksen ohjauksilla. (ST 58.04, 2017, s.8)

Valaistusta suunniteltaessa on huomioitava myös mahdollisen turvalaistuksen tarve. Varalla olevalla valaistuksella tarkoitetaan valaistusta, jonka tarkoituksena on tuottaa tarvittava valomäärä lähes normaalin toiminnan jatkumiseen muun valaistuksen virransyötön häiriintyessä. Varavalaistukseen kuuluu turvalaistus ja poistumistievalaistus, joilla varmistetaan tarvittavien toimintojen tekeminen sekä tiloista turvallinen poistuminen hätätilanteessa. (ST 58.04, 2017, s.6)

Turvalaistuksissa noudatetaan standardia SFS-EN 1838 ja poistumisvalaistuksissa standardia SFS-EN 50172. Suunnitteluun liittyen ohjeena voidaan pitää ST-ohjeisto 08. (ST-Ohjeisto 08, 2021, s.7)

Standardissa SFS-EN 12464-1 määritellään sisätyötilojen valaistusvaatimukset alkaen normaalinäkökykyisten henkilöiden näkömukavuuksista ja näkötehokkuuden tarpeista. Ulkotyöpaikkojen valaistusta vastaavasti SFS-EN 12464-2. Turva- ja poistumistievalaistusta koskien on standardi SFS-EN 1838 sekä SFS-EN 50172. (ST 58.04, 2017, s.2)

Valaistuksen suunnittelussa tulee ottaa huomioon myös valaistustekniset laatutekijät. Näistä tärkeimmät ovat valaistusvoimakkuus, luminanssi, häikäisy, värintoisto sekä värilämpötila. (ST 58.04, 2017, s.2)

Valaistusvoimakkuudella tarkoitetaan pinnoille osuvaa valaistuksen määrää. Se on valaistuksen tehokkuuden suure ja yksikkönä toimii luks (lx). Luksin yksikkö on luumeneita

per neliometri. Sisävalaistuksessa luksimäärät vaihtelevat sadan ja tuhannen luksin voimakkuuksissa. Valaistusvoimakkuus on tärkein ja käytetyin arviointikriteerit valaistussuosituksissa ja standardeissa. (ST 58.04, 2017, s.2)

Pintoihin osuvasta valomäärästä osa heijastuu pois ja tätä kutsutaan luminanssiksi. Luminanssi ilmaisee kohteen pinnan pintakirkkauden sekä valotiheyden. Kandela per neliometri on luminanssin yksikkö. (ST 58.04, 2017, s.2)

Valaistuksen pahimpia epäkohtia on häikäisy. Häikäisyä voi aiheutua, joko suoraan valonlähteestä tai epäsuorasti heijastuksena kiiltävästä pinnasta. Päivänvalo on myös yksi merkittävimmistä häikäisyn aiheuttajista sisätiloissa. Tyypillisesti sisätilojen haitallista häikäisyä arvioidaan häikäisyindeksien avulla. (ST 58.04, 2017, s.3)

Valaistuksen väriominaisuutena värilämpötila kertoo valon värisävyn, joka vaihtelee 2000 ja 7000 välillä. Värisävyn yksikkönä toimii kelvin (K). Alle 3300 K värisävyjä pidetään lämpiminä ja yli 5300 K viileinä sävyinä. (ST 58.04, 2017, s.3)

2.3.2 Kulutuskojeet

Kulutuskojeisiin kuuluvat esimerkiksi pistorasiat ja kytkimet. Näille on annettu yleisiä ohjeistuksia ST-kortissa 51.22. Hyvänä sähkösuunnittelun työkaluna toimii myös ST-käsikirja 34, jossa käsitellään hyviä asennutapoja.

Usein on tarpeellista suorittaa kohdekohtainen määrittely. Saatavilla olevien ohjeistusten tarkoituksena on helpottaa kohdekohtaisia määrittelyjä. Tiloissa, joista on toteutettu tarkasti mallinnettuja piirustuksia esimerkiksi kalustuksesta, voidaan huomioida kytkimien, pistorasioiden yms. sijoituksia jo tarkemmin suunnitteluvaiheessa. Kytkimien, painikkeiden ja pistorasioiden pistekohtaisessa suunnittelussa on hyvä huomioida kiinteistön yhdenmukaisuus. Näiden sijoitukselle voi rakennuksen rakenteet asettaa monia vaatimuksia, jotka on myös huomioitavat jo suunnitteluvaiheessa. (ST 51.22, 2013, s.1)

Sähkösuunnitelmissa on syytä tuoda esille sähkökalusteiden asennuskorkeuksia, jotka ilmoitetaan yleensä alimman rasian tai alimman kytkimen keskelle. Korkeuksien esittäminen tuo suunnitteluvaiheessa niin käyttäjälle selkeää kuvaa tilasta, kuin myös helpottaa

asennusvaiheen toteutusta. Asennuskorkeudet on merkittävä piirustuksiin yksiselitteisellä tavalla epäselvyyksien välttämiseksi. Jo aiemmin mainitut poikkeavuudet huonekohtaisiin sähkökalusteiden asennuskorkeuksiin voi johtua niin rakenteista, kuin myös erilaisita kalusteratkaisuista. Nämä tilanteet edellyttävät soveltamaan ohjeistuksissa (Taulukko 7) annettuja korkeuksia. (ST 51.22, 2013, s.2)

Taulukko 7 Yleiset asennuskorkeudet (ST 51.22, 2013, s.2).

Asennuskorkeudet yleensä	Lattiasta mm
Ohjauspisteet	
Kytkimet	1000
Termostaatit, merkinantokojeet yms.	1400
Palohälytyspainike	1700
Ilmanvaihdon hätäpysäytyspainike	1700
Pistorasiat, telepisteet	
Asuinhuoneet	200
Pesu- ja kylpyhuone (tapa 1)	800 tai 1000
Pesu- ja kylpyhuone (tapa 2)	1700
Pesu- ja kylpyhuone, kodinasennusten niin vaatiessa, esim. pesutorni	1900
Siivous	1000 tai 1800
Porrashuone, kellarikäytävä	1800
Parveke (tapa 2)	1700
Keittiön työpöytätaaso	1000 tai 1200
Astianpesukone (viereisessä kaapissa)	300
Kylmäkaappiyhdistelmä	2200
Liesituuletin	1800
Lieden pistorasia, liitinrasia tai keittiön pistorasiaryhmän jakorasia lieden takana	300
Mikroaaltouuni	1600

2.3.3 Pääjakelureitit

Pääjakelureiteillä tarkoitetaan sähkösuunnitelmissa olevia kaapelihyllyjä tai kaapelitikkaita. Reittien valinnat ja mitoitus on suunniteltava ja asennettava standardin SFS-EN 6000-5-52 mukaisesti. Tilannekohtaisesti käytettävissä on erilaisia hyllyratkaisuja, joita ovat esimerkiksi levyhyllyt, tikashyllyt sekä valaisinripustuskipit. Hyllymallit ovat jaoteltu kuormituksen

osalta ryhmiin, jotka tulee suunnittelussa huomioida. Varsinkin tikashyllyjen valikoimassa löytyy monen eri kuormitustason ratkaisuja. Yleisimpänä kaapelireittien materiaalina käytetään korroosiosuojattua terästä. (ST 51.13, 2017, s.1)

Pääjakelureittien osalta suunnitelmissa on huomioitava risteytykset muun talotekniikkasuunnittelun kanssa. Suunnittelussa on myös selvitettävä hyllyrakenteiden kuormitusvaatimuksia, reittien koot ja materiaalit, kiinnitystavat, läpiviennit sekä kojeiden ja valaisimien kiinnitystavat jakelureitteihin. Myös potentiaalintasaus sekä hyllyjen sijoitus toisiinsa nähden on huomioitava. (ST 51.13, 2017, s.2)

2.3.4 Yleiskaapelointi

Yleiskaapelointi on kokonaisuus, joka kuuluu kiinteistöjen perusjärjestelmiin. Se toimii tiedonsiirron alustana ja kykenee toteuttamaan monipuolisia tehtäviä. Jatkuvasti kasvavat tiedonsiirtonopeudet luovat jatkuvasti enemmän haasteita yleiskaapelointien toteutukseen, jonka seurauksena myös järjestelmän suunnitteluun. Yleiskaapeloinnilla toteutettava tiedonsiirtoverkko tulee rakentaa standardeihin määritetyllä tavalla. Yleiskaapelointien osalta standardeihin on määritelty kaikki osa-alueet suunnittelusta käyttöönottomittauksiin. (Harsia ym., 2004, s.136)

Sähkösuunnittelun yhteydessä toteuttava yleiskaapelointijärjestelmän suunnitelma voidaan toteuttaa omana järjestelmäkohtaisena suunnitelmana, huomioiden kuitenkin muidenkin järjestelmien suunnitelmat. Yleiskaapelointiverkkoa käyttävät laitteet ja järjestelmät tulee olla selvillä suunnittelua aloitettaessa. Näin saadaan sijoitettua kohteessa tarvittavat liityntäpisteet oikeille paikoilleen. Jakamoiden välisiin kaapelointeihin tulee myös kiinnittää erityistä huomiota. (Harsia ym., 2004, s.136)

Yleiskaapelointisuunnitelmissa pyritään määrittelemään yksityiskohtaisesti asiat, joilla on vaikutusta kaapelointien toteutukseen. Suunnitelmissa määritellään, mihin standardin luokkaan yleiskaapelointiverkon suorituskyky pitää riittää ja tämän mukaan valitaan tietyn kategorian kaapelit ja laitteet. Myös kaapeleiden määrät, pituudet ja pari- tai kuitumäärät määritetään ST-korttien 601.01 sekä 601.02 mukaisesti. Tietoliikennesiirtojen, jakamoiden ja laitehuoneiden määrät ja sijainnit myös tulee esittää suunnitelmissa. Suunnitelmissa on myös esitettävä yleiskaapelointien jakamoiden vaatimat sähkönsyötöt,

potentiaalintasaukset, paloturvallisuusvaatimukset, kaapeleiden paloluokitukset sekä varavirransyötöt. (ST-Käsikirja 16, 2019, s.259)

2.3.5 Savunpoisto

Savunhallintajärjestelmien laitteiston suunnittelussa on noudatettava SFS-EN 12101 mukaista standardia siten, että kokonaisuudessaan laitteisto täyttää kullekin laitteelle asetetut palotilanteiden mukaiset vaatimukset. Sähköinen savunhallintajärjestelmä tulee suunnitella turvajärjestelmänä, jolloin koko järjestelmän on oltava palonkestävä tai palolta suojattu. (ST 51.06, 2020, s.9) Savunhallintajärjestelmä voidaan suunnitella järjestelmäkohtaisena suunnitelmana muuhun sähkösuunnitteluun yhdistettynä. Yhtymäkohtia sähkösuunnitelmiin tulee usein kaapeloinnin ja ohjausten kanssa. (Harsia ym., 2004, s.142)

Savunpoistojärjestelmän laitteiden sijoittelu ja suojaus koskee pääosin järjestelmän moottoreita ja toimilaitteita, jotta palon alkuvaiheessa kyseisten laitteiden toiminta voidaan turvata (ST 666.10, s.4). Huomioon otettavia asioita savunpoistojärjestelmän suunnittelussa on myös laitteiden kunnossapitoon ja huoltoon liittyvät asiat, jotta tilanteesta riippuen korjaustyöt onnistuu helposti ja turvallisesti. Savunpoiston suunnittelua ja mitoitusta on käsitelty tarkemmin rakennusten savunhallinnan kirjassa RIL 232-2020:ssa, joka perustuu savunhallintastandardiin. (ST 666.10, 2019, s.6)

Savunpoisto- ja paloteknisen järjestelmän suunnittelussa sähkösuunnittelijan tehtäviin kuuluvat laitteistojen sähköistys- ja ohjaussuunnitelmien tekeminen. Tehtäviin kuuluvat myös seuraavien kaavioiden ja luetteloiden luominen. Näitä ovat toimintakaaviot, pääkaaviot jakokeskuksista ja ohjauskeskuksista, piirikaaviot sekä kaapeliluettelot. Suunnitelmissa on myös huomioitava laitteistojen sijoituspaikat sekä toiminta-ajat ja palonkestoisuusominaisuudet. (ST 666.10, 2019, s.5)

2.3.6 Yhteisantenni

Antennijärjestelmiä suunniteltaessa on suunnittelijalla oltava riittävä määräysten ja standardien tuntemus. Antennijärjestelmän suunnitelmien ja asennusten on noudatettava viranomaisten määräystä 65. (ST-Käsikirja 12, 2021, s.97)

Määräys 65 koskee kaikkia yleiseen viestintäverkkoon liitettäviä kiinteistön sisäisiä verkkoja sekä järjestelmiä. Määräystä voidaan soveltaa asuinkiinteistöön, toimitilakiinteistöön ja julkisiin kiinteistöihin. Määräystä sovelletaan uudisrakentamisessa, saneerauksessa ja kunnossapidossa.

Määräyksessä 65 määrätään sisäverkon ja siihen liittyvien laittilojen rakenne, tekniset laadut, suorituskyky sekä luotettavuus. Myös turvallisuus, suojaaminen, tarkastukset sekä dokumentointi on huomioitu määräyksessä. (Traficom, 2020)

Suunnittelun alussa on tilaajan kanssa sovittava järjestelmään kuuluvista palveluista sekä käyttöön tulevien antennirasioiden määrästä sekä näiden sijoituksista. Uudet antenniverkot suunnitellaan aina tähtimäiseksi, jolloin jokaiselle rasialle on oma kaapelinsa. (ST-Käsikirja 12, 2021, s.98)

Antennijärjestelmän suunnittelu voidaan tehdä omana järjestelmäkohtaisena suunnitelmana, muun sähkösuunnittelun yhteydessä. Järjestelmän toiminnan kannalta on tärkeää suunnitella verkko riittävän tarkasti ja riittävän laajalle taajuusalueelle. Myöhemmin tehtävien laajennusten varalta on verkkoon varattava riittävät laajennusmahdollisuudet. (Harsia ym., 2004, s.137)

2.3.7 Rakennusautomaatio

Rakennusautomaatio liittyy läheisemmin LVI-järjestelmiin ja on usein erillisenä suunnittelun osa-alueena. Sähkösuunnitteluun rakennusautomaatio liittyy useimmiten ohjausten ja kaapelointien osalta. Kiinteistön automaatio- ja sähkösuunnittelun yhteisiä rajapintoja muodostuu valaistuksen ohjauksien, ilmastoinnin säädön ja monenlaisien hälytysten osalta. (Harsia ym., 2004, s.142)

Kiinteistöön liittyvien prosessi- ja mitoitustietojen avulla voidaan määrittää toimintojen ja ohjausten toteutustavat. Tässä kohtaa myös määritetään liittyvätkö ohjaukset sähkö- vai automaatio-suunnitteluun piiriin. Sähkö- ja automaatio-suunnittelijan on tarkastettava yhteisesti kaikkien järjestelmät suunnitteluvaiheessa, jotta vältetään päällekkäisyyksiltä. Tähän liittyen tarkasteltavia järjestelmiä on esimerkiksi erilliset ohjaukset ja

hälytysjärjestelmät sekä järjestelmät, joiden integrointi muuhun kokonaisuuteen ei aina onnistu, kuten palo- ja rikosilmoitinjärjestelmät. (Harsia ym., 2004, s.143)

Yhteisiä dokumentteja sähkö- ja automaatio suunnitelmien kanssa on logiikkakaaviot, joista löytyy sähkö- ja automaatiourakkaan liittyvät ohjausten suoritustavat ja sijainnit. Sähköurakoitsijalle tuotetaan lisäksi automaatioon liittyvät luettelot kaapeloinneista ja I/O pisteiden kytkentäpisteistä. Yhteisenä rajapintana toimii myös säätökaaviot, joista selviää kaikki kenttälaitteet talotekniikkaan liittyen ja niiden sijainnit sähköurakan kaapelointia varten. Jotta saavutettaisiin onnistunut projektin toteutus myös kiinteistön automaatio suunnittelun osalta on järjestelmäkaavioista selvittävä tarvittavat kaapeloinnin tarpeet myös tiedonsiirtoa varten. Järjestelmäkaaviosta on selvittävä tiedonsiirtoa vaativien komponenttien sijainnit sekä tarvittavat kaapelit liityntää varten. (Harsia ym., 2004, s.143)

2.3.8 Paloilmoitus

Paloilmoitinjärjestelmä ja sen suunnittelu koskee lähes kaikkia toimitilakohteita. Paloilmoitinjärjestelmä voidaan suunnitella järjestelmäkohtaisella suunnittelutavalla muun sähköisen talotekniikan ohella. Tämän suunnitteluun vaaditaan erikoistietämystä järjestelmän eri komponenteista, toimintaperiaatteista sekä käyttöympäristöstään riippuvista ilmaisimien sijoituspaikoista. Huomioitavia asioita ovat mahdolliset toiminnalliset yhteydet. Näitä voivat olla esimerkiksi palo-ovet, savunpoisto tai automaattiset hälytykset hätäkeskukseen. (Harsia ym., 2004, s.139)

Suunnittelussa on huolehdittava, että rakennus täyttää sille asetetut paloturvallisuudelle asetetut tekniset vaatimukset käyttötarkoituksensa mukaisesti. Vaatimukset täyttyvät, kun suunnittelussa ja rakentamisessa noudatetaan ympäristöministeriön asetuksessa 848/2017 esitettyjä luokkia ja lukuarvoja. Suunnittelun ja rakentamisen perustuessa oletettuun palonkehitykseen, voidaan myös täyttää tarvittavat paloturvallisuusvaatimukset.

Ympäristöministeriön asetuksessa olevia paloluokkia ovat P0, P1, P2 ja P3. (ST-Käsikirja 10, 2020, s.26)

Paloluokkaa P0 käytetään, kun suunnittelu toteutetaan osittain tai kokonaan käyttäen oletettua palonkehitystä suunnittelun perustana. Paloluokat P1, P2 ja P3 ovat käytössä, kun rakennus suunnitellaan asetuksen 848/2017 mukaisten luokkien ja lukuarvojen avulla.

Rakennuksessa voidaan käyttää eri paloluokkia edellyttäen, että tulipalon eteneminen estetään palo-osastolta toiseen palomuurilla. (Maankäyttö- ja rakennuslaki, 848/2017 § 4)

3 Yhteenveto

Opinnäytetyön tarkoituksena oli toteuttaa selkeää tietopohjaa helpottamaan kokemattomamman suunnittelijan työtehtävien aloitusta. Aihe tuli vastaan aloitettuani sähkösuunnittelutehtävät ja huomattuani, että tarvittavaa tietoa on paljon ja se on erittäin laajasti levittäytynyt erilaisiin käsikirjoihin ja ohjeistoihin. Aihe syntyi yhteistyössä Sähköasennus Salminen Oy:n kanssa, jotta voitaisiin saada pohjaa uuden suunnittelijan opastukseen suunnittelutehtäviin.

Työn tiettyihin aiheisiin lähdemateriaalin määrä oli erittäin rajallista. Kun taas joihinkin aiheisiin löytyvä tiedon määrä oli niin valtava, että aiheen rajaaminen tiettyyn pisteeseen tuotti alkuun hieman ongelmia. Työstä pyrittiin tekemään tiivis verrattuna useimpien aiheiden runsaaseen tietomäärään nähden. Työn aikana havaitsin, että joistain aiheista on rajattu määrä lähteitä. Tämä siksi, että aiheet ovat suurimmalta osin standardeihin liittyviä ja niistä ei ole löydettävissä muuta tietoa tai kirjallisuutta. Kuitenkin työssä käytetyt lähteet ovat jo itsessään hyviä apuja suunnittelussa, koska käytettyjen lähteiden sisällöstä löytyy vielä lisäksi suuri määrä muuta aiheisiin liittyvää tietoa.

Vaikka lähteiden kanssa oli haasteita, löytyi selkeä linja ohjeistuksen tietopohjan lopulliseen toteutukseen. Päähuomio suunnattiin aiheisiin, joita suunnittelua tehdessä on muistettava.

Opinnäytetyötä tehdessä löytyi paljon uutta asiaa, jonka avulla pystyin syventämään omaa osaamistani. Jo opinnäytetyötä tehdessä aiheiden hyödyntäminen tuli vastaan omissa työtehtävissä. Tästä syystä opinnäytetyön aihe kohdistuikin osuvasti omaan työhöni ja myös tuleviin tarpeisiin työelämässä. Etsiessäni tietoa opinnäytetyötä varten tutustuin myös suureen määrään sähkösuunnitteluun liittyvään tietoon, mitä taas tämän työn osalta ei voinut hyödyntää.

Ohjeistuskäytössä tämän työn laajentaminen on helppoa varsinkin järjestelmien osalta. Näin voidaan ohjeistusta kohdentaa yrityksen tietynlaisiin kohteisiin tai projekteihin.

Työn lopputulokseen olen tyytyväinen. Aiheeseen lähestyminen oli helppoa, koska useimmat aiheista olivat jo ennestään tuttuja useamman vuoden työuran alalla tehneenä.

Opinnäytetyön osalta tavoitteet saavutettiin, kun ohjeistuksen tietopohja on tiiviisti kerättynä.

Lähteet

Harsia, P., Autio, I., Leskinen, M., Piikkilä, V., Savuoja, P., & Välimäki, E. (2004).

Sähkösuunnittelun käsikirja. Sähköinfo Oy

Maankäyttö- ja rakennuslaki 848/2017. <https://tukes.edilex.fi/fi/lainsaadanto/20170848>

ST 13.31. (2022). *Rakennuksen sähköverkon ja pienjänniteliittymän mitoittaminen*.

Sähkötieto ry.

ST 51.06. (2020). *Palonkestävä johtojärjestelmä palon aikana toimiviksi tarkoitetuille järjestelmille*. Sähkötieto ry.

ST 51.22. (2013). *Kytkimien, pistorasioiden yms. sijoitus*. Sähkötieto ry.

ST 53.13. (2017). *Kiinteistön sähköverkon suojaus selektiivisyys*. Sähkötieto ry.

ST 53.24. (2017). *Rinnankytketyt johtimet ja niiden suojaus*. Sähkötieto ry.

ST 53.25. (2018). *Ohjeita vikasuojauksessa enintään 1000 V TN-Järjestelmässä*. Sähkötieto ry.

ST 58.04. (2017). *Ohjeita valaistuksen suunnitteluun ja toteutukseen*. Sähkötieto ry.

ST 666.10. (2019). *Savunhallinnan ohjaus- ja valvontajärjestelmä.Suunnittelu*. Sähkötieto ry.

ST-Käsikirja 10. (2020). *Paloilmoitinjärjestelmät*. Sähkötieto ry.

ST-Käsikirja 12. (2021). *Antennijärjestelmät*. Sähkötieto ry.

ST-Käsikirja 16. (2019). *Yleiskaapelointijärjestelmät*. Sähkötieto ry.

ST-Ohjeisto 08. (2021). *Poistumisvalaistus ja poistumisreittivalaistus*. Sähkötieto ry

Sähköasennus Salminen Oy. (2022). <https://sahkoasennussalminen.fi/yritys/>

Tiainen, E. & Orrberg, M. (2020). *Pienjännitesähkölaitteiston mitoitus*. Sähköinfo Oy.

Traficom. (2020). *Kiinteistön sisäverkko*.

<https://www.traficom.fi/fi/sisaverkot?toggle=M%C3%A4%C3%A4r%C3%A4ys%2065%20kiinteist%C3%B6n%20sis%C3%A4verkoista%20ja%20teleurakoinnista>