

Luomanen Henri

Kiinteistöjen sähköliittymien mitoitus, vertailu ja laskenta

Opinnäytetyö

Kevät 2019

SeAMK Tekniikka

Automaatiotekniikan koulutusohjelma

SeAMK 

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Automaatiotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Sähköautomaatio

Tekijä: Henri Luomanen

Työn nimi: Kiinteistöjen sähköliittymien mitoitus, vertailu ja laskenta

Ohjaaja: Marko Hietamäki

Vuosi: 2019 Sivumäärä: 39 Liitteiden lukumäärä: -

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä helppokäyttöinen mitoitus tiedosto suunnittelun avuksi ja verrata erilaisten sähkösuunnitteluohjelmien oikosulkulaskentaa ja tehon laskentaa. Lopputuloksena saadun tiedoston laskettuja arvoja verrattiin muihin ohjelmiin ja kiinteistöjen todellisiin kulutusarvoihin.

Opinnäytetyön laskentakaavat perustuivat pääosin standardien kaavoihin. Lopullisen tiedoston tekemiseen käytettiin apuna esimerkkejä edellisiin projekteihin tehdyistä mitoitus tiedostoista.

Lopputuloksena saatiin tehtyä tiedosto, joka on käyttäjäystävällinen ja helposti muokattavissa jokaiseen projektiin. Tiedostoa pystytään hyödyntämään yksinkertaisten asennusten kaapelien mitoitukseen ja suojausten laskentaan.

Avainsanat: sähkösuunnittelu, laskenta, mitoitus

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Automation Engineering

Specialisation: Electric Automation

Author: Henri Luomanen

Title of thesis: Dimensioning, Comparison and Calculation of the Electricity Connections of Real Estates

Supervisor: Marko Hietamäki

Year: 2019 Number of pages: 39

The objective of the thesis was to make an easy-to-use dimensioning file to help with the planning and to compare the short circuit and power calculations of different electrical wiring design programs. As a result there was a file the values of which were compared with other programs and with the real consumption values of real estates.

The calculation formulas of the thesis were mainly based on the formulas in the standards. The final file was made with the help of the examples of the dimensioning files made for previous projects.

As the final result there was a file which is user-friendly and which can easily be modified to suit any project. It is possible to utilise the file for the dimensioning of cables and the calculation of protection in simple installations.

Keywords: electrical wiring design, calculations, sizing

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuva- ja taulukkoluetelo	6
Käytetyt termit ja lyhenteet	8
1 JOHDANTO.....	9
1.1 Työn tausta	9
1.2 Työn tavoite.....	9
1.3 Työn rakenne	9
1.4 Toimeksiantajan esittely	10
2 KOMPONENTIT	11
2.1 Mitoitettavat komponentit	11
2.1.1 Sulake.....	12
2.1.2 Kaapelit.....	12
3 SÄHKÖN TUOTANTO	15
4 JAKELUJÄRJESTELMÄT	16
5 LIITTYMÄN KOKO	18
5.1 Huipputeho.....	18
5.1.1 Huipputehon määrittäminen pinta-alasta.....	19
5.1.2 Yksittäisen huoneiston huipputehon määrittäminen	20
5.1.3 Rakennuksen huipputehon laskenta yhden huoneiston huipputeholla ja tasauskertoimella	22
5.2 Oikosulkuvirta ja jännitealenema.....	24
5.2.1 Liittymisjohdon valitseminen ja suojalaitteiden oikosulkuvirta arvot	24
5.2.2 Jännitealeneman määrittäminen	29
6 MITOITUSTIEDOSTO.....	32
6.1 Lähtötietojen keräys	32
6.2 Tehon mitoitus.....	33
6.3 Jännitealenema.....	34

6.4 Oikosulkuvirta.....	35
7 YHTEENVETO.....	36
7.1 Vertailu käytössä olevaan ohjelmistoon	36
7.2 Pohdinta.....	36
7.3 Jatkokehitysmahdollisuus.....	36
LÄHTEET.....	38

Kuva- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Yrityksen logo	10
Kuva 2. Johdonsuojakatkaisija	11
Kuva 3. gG-sulake	11
Kuva 4. Asennustavat	13
Kuva 5. Axmk-kaapeli	13
Kuva 6. Mcmk-kaapeli.....	14
Kuva 7. Amka-kaapeli.	14
Kuva 8. Sähkönsiirto	15
Kuva 9. TN-C-järjestelmä	16
Kuva 10. TN-S-järjestelmä.	17
Kuva 11. TN-C-S-järjestelmä.	17
Kuva 12. Tasauskertoimen riippuvuus huoneistojen määrästä.	22
Kuva 14. Laskenta yli 15 huoneiston kerrostaloon.....	33
Kuva 15. Laskenta pieneen rivitaloon	33
Kuva 16. Laskenta omakotitaloon	34
Kuva 17. Rivitalon tehon määrittäminen yhden huoneiston perusteella.....	34
Kuva 18. Esimerkkilaskenta jännitealenemasta	34
Kuva 19. Esimerkkilaskenta oikosulkuvirroista ja maksimikaapeli pituuksista.....	35

Taulukko 1. G52.1 Jännitteenalenema	29
Taulukko 2. johdonsuojakatkaisijoiden pienimmät toimintavirrat ja vaaditut mitatut arvot.....	25
Taulukko 3. johdonsuojakatkaisijoiden pienimmät toimintavirrat ja vaaditut mitatut arvot.....	26
Taulukko 4. gG-sulakkeiden pienimmät toimintavirrat ja vaaditut mitatut arvot.....	27

Käytetyt termit ja lyhenteet

L1	Vaihejohdin (ruskea)
L2	Vaihejohdin (musta)
L3	Vaihejohdin (harmaa)
PE	Maajohdin
N	Nollajohdin
PEN	Yhdistetty nolla- ja maajohdin

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Yritys antoi tehtäväksi selvittää heidän käytössään olevista ohjelmistoista ja erilaisista Excel-tiedostoista, miten pystyttäisiin laskemaan kiinteistöjen tehoja ja oikosulkuarvoja, jotka vastaisivat kohteen valmistuttua mitattuja arvoja.

Lasketuilla arvoilla mitoitetaan syöttökaapeli ja keskus kiinteistöihin, joten on tärkeää, että lasketut tulokset vastaisivat todenmukaisia arvoja. Tuloksien vääristyessä kaapelien ja keskusten mitoitus menee väärin ja jälkikäteen vaihdettuna ne saattavat tuottaa suuria laskuja kiinteistöjen omistajille. Ylimitoittaminen ei myöskään ole järkevää taloudellisesti.

1.2 Työn tavoite

Työn tavoitteena on tehdä helppokäyttöinen Microsoft Excel -mitoitustiedosto suunnittelun tueksi. Tavoitteena on myös verrata tehtyä tiedostoa jo olemassa oleviin ohjelmiin ja verrata, mistä saadaan luotettavimmat arvot.

1.3 Työn rakenne

Ensimmäisessä luvussa on johdanto. Johdannossa käydään läpi työn tausta, tavoitteet ja rakenne. Luvussa esitellään myös työn toimeksiantaja.

Toisessa luvussa kerrotaan mitoitettavista komponenteista. Komponenttien rakenne, toiminta, merkitys sähkösuunnittelussa ja sähköturvallisuudessa käydään lävitse luvussa.

Kolmannessa ja neljännessä luvussa käydään lyhyesti lävitse sähköntuotanto ja erilaisten jakelujärjestelmien erilaisuus ja merkitys.

Viidennessä luvussa kerrotaan mitoittamisen teoriasta. Luvussa käydään lävitse tehon mitoittaminen erilaisilla tavoilla sekä oikosulkuvirran merkitys kytkennöissä.

Kuudennessa luvussa syvennyttään itse työhön. Siinä kerrotaan, kuinka työtä on tehty ja miten erilaiset laskennat on suoritettu.

Viimeisessä luvussa on yhteenveto työstä. Yhteenveto käsittelee työn tuloksia, sen ongelmia ja kehitysmahdollisuuksia.

1.4 Toimeksiantajan esittely

Toimeksiantaja toimii Granlund Pohjanmaa Oy, joka on Granlund Oy:n tytäryhtiö. Granlund Pohjanmaa Oy on Pohjanmaan suurin talotekniikan asiantuntijayritys, jonka palveluihin kuuluu LVI- ja sähkösuunnittelu, rakennusautomaatiosuunnittelu ja rakennusautomaatiojärjestelmien etäseurantapalvelut. Asiakkaita ovat kunnat, kaupungit, rakennusliikkeet, teollisuuden yritykset, sairaanhoitopiirit ja Senaatti-kiinteistöt. Toimipaikkoja Granlund Pohjanmaalla on Seinäjoella, Vaasassa ja Kokkolassa. Granlund Pohjanmaa Oy ensimmäinen toimipaikka on avattu Vaasaan jo vuonna 1972. (Granlund Seinäjoki [Viitattu 16.1.2019].) Granlund Oy on perustettu vuonna 1960, vuonna 2017 yritys työllisti noin 800 ihmistä ympäri Suomen. (Granlund meistä [Viitattu 5.12.2018]; Granlund tunnusluvut ja johto [Viitattu 9.2.2019].)



Kuva 1. Yrityksen logo (Granlund Oy [Viitattu 16.1.2019]).

2 KOMPONENTIT

2.1 Mitoitettavat komponentit

Tässä luvussa kerrotaan mitoittavien komponenttien toiminnasta ja merkityksestä sähkösuunnittelussa. Luvussa kerrotaan myös johdonsuojakatkaisijan ja sulakkeen sähköturvallisuudesta.



Kuva 2. Johdonsuojakatkaisija (Ensto [Viitattu 27.12.2018]).



Kuva 3. gG-sulake (UTU [Viitattu 27.12.2018]).

2.1.1 Sulake

Sulakkeita on käytetty 1990-luvulle asti yleisenä ylikuorma- ja oikosulkusuojana. Johdonsuojakatkaisija on syrjäyttänyt monissa kohteissa perinteiset tulppa- tai kahvasulakkeet, mutta sulakkeiden hyvien ominaisuuksien vuoksi niitä käytetään vielä yleisesti suojalaitteena. (Tiainen 2010, 32-70.)

Sulakkeiden toiminta perustuu niiden sisällä olevaan metallinauhaan tai -lankaan, joka on suunniteltu kestäväksi nimellisvirtaa. Virran ylittäessä nimellisvirran metallinauha tai -lanka sulaa poikki, ja avaa näin virtapiirin. Sulakkeiden toiminta-aikaan vaikuttavat sulakkeen nimellisvirran ylittymisen kesto ja sen suuruus. (Sulakkeet 10.12.2009.)

Sulakkeen ja johdonsuojakatkaisijan kaksi tärkeintä tehtävää on estää virtapiirin ylikuumentuminen ja turvata virtapiirissä olevien laitteiden käyttäjiä. Virtapiirin ylikuumentuminen johtuu yleensä sähkölaitteen vikaantumuksesta tai ylikuormituksesta. (Sulake on virtapiirin heikoin kohta [Viitattu 27.12.2018].)

Yhteenvetona voidaan todeta, että on todella tärkeää mitoittaa sulake jo suunnitteluvaiheessa oikean kokoiseksi, koska sulakkeen koko tulee vaikuttamaan siitä lähtevän kaapelin kokoon. Suurempi sulake tarvitsee halkaisijaltaan suuremman kaapelin ja näin ollen tuo lisää kustannuksia. Alimitoitettuna sulake ei tule pysymään päällä. Mikäli kaapeli on mitoitettu alimitoitettun sulakkeen mukaan, joudutaan pahimmassa tapauksessa myös kaapelikin vaihtamaan. Kaapelin vaihto jälkeenkäin on usein hankalaa ja kallista.

2.1.2 Kaapelit

Ylivirtasuojan nimellisvirran koko määrää paljolti tulevan kaapelin koon. Kaapelia mitoittaessa tulee myös huomioida kaapelin tuleva asennustapa. Erilaisia asennustapoja on neljä.

Asennustapa	Selitys
A	Uppoasennus
C	Pinta-asennus
D	Asennus maahan
E	Asennus vapaasti ilmaan

Kuva 4. Asennustavat (perustuu Tiainen 2010, 45-46)

Kaapelia valittaessa on tärkeää, että kaapeli täyttää sille asetetut toiminnalliset vaatimukset. Paloturvallisuustekijät on otettava myös huomioon. Asennusolosuhteet ja asennustapa täytyy myös huomioida kaapelin valinnassa. Kaapeli täytyy mitoittaa ja valita siten, että se tulee riittämään myös tulevaisuudessa. (Autio 2004, 57.)

Seuraavassa on esitetty yleisimmät liittymiskaapelit:

Axmk on 1 kV:n voimakaapeli. Tätä käytetään kiinteään asennukseen sisällä ja ulkona, sekä voidaan asentaa myös maahan auraamalla (Prysmian Group 2013, 78).



Kuva 5. Axmk-kaapeli (Reka [Viitattu 27.12.2018]).

Mcmk on 1 kV:n voimakaapeli. Tätä käytetään kiinteään asennukseen sisällä, maassa ja ulkona (Tiainen 2017, 199.)



Kuva 6. MCMC-kaapeli (Prysmian Group [Viitattu 27.12.2018]).

Amka on riippukierrekaapeli, jossa johtimet ovat alumiinia. Asennus vapaasti ilmaan. (Tiainen 2010, 52).

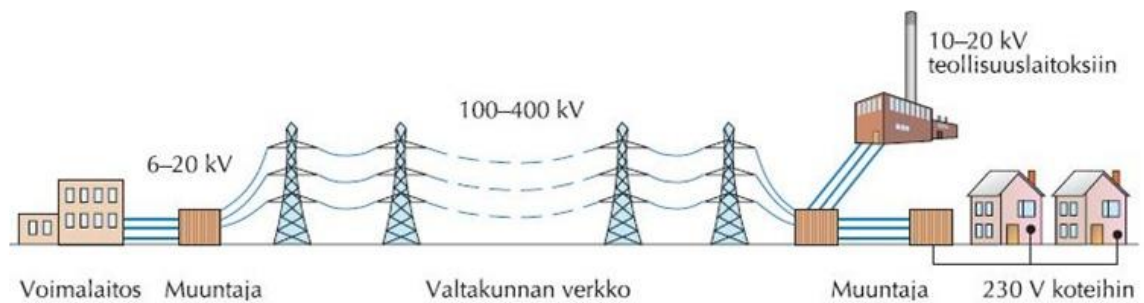


Kuva 7. Amka-kaapeli (Finnparttia Sähkötukku [Viitattu 10.3.2019]).

3 SÄHKÖN TUOTANTO

Sähköä tuotetaan Suomessa usealla erilaisella energialähteellä ja tuotantomuodolla. Tämän hetken suurimmat tuotannon energialähteet ovat ydinvoima, kivihili, maakaasu, vesivoima ja puupolttoaineet. Suomessa on noin 400 voimalaitosta, joista yli puolet on vesivoimalaitoksia. Lähes kolmannes sähköstä tuotetaan yhteistuotantona lämmöntuotannon yhteydessä. Näin saadaan jopa 90 % polttoaineen energiasta muutettua lämmöksi ja sähköksi (Sähköntuotanto 2016.)

Kiinteistöihin sähkö siirtyy sähköntuottajilta kanta- ja jakeluverkkoa pitkin. Kantaverkossa sähköntuottajat siirtävät sähköä sähkönsiirto- ja teollisuusyrityksille. Jakeluverkossa sähkönjakelusta vastaa sähkönsiirtoyhtiö (Sähkönsiirto 2016.) Kuviossa kahdeksan on esitetty sähkönsiirto-prosessi.



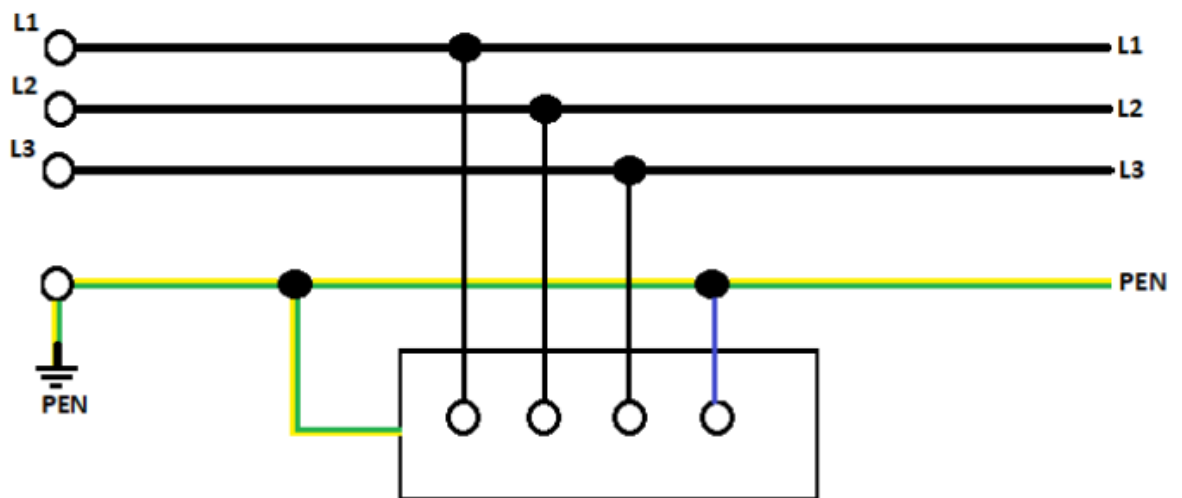
Kuva 8. Sähkönsiirto (Kouvola [Viitattu 4.3.2019]).

4 JAKELUJÄRJESTELMÄT

Sähkönjakeluverkoissa käytetään useita erilaisia jakelujärjestelmiä, jotka jaotellaan maadoitustavan ja jännitteisten johtimien mukaan. Vaihtosähköjärjestelmät voivat olla yksi-, kaksi- tai kolmivaihejärjestelmiä. Useissa vaihtosähköjärjestelmissä jännitteisten johtimien lisäksi käytössä on maan potentiaalissa oleva virallinen paluujohtin. (Jakelujärjestelmät [Viitattu 22.1.2018].)

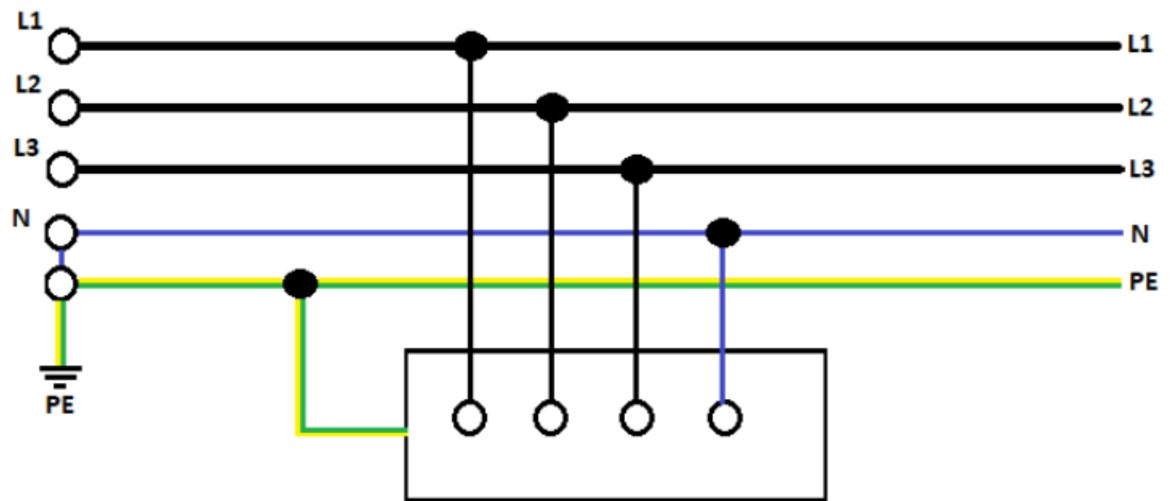
TN-järjestelmä on jakelujärjestelmätyyppi ja ne ovat yleisesti käytössä kuluttaja-asennuksissa. Kiinteistöissä tulee käyttää liittymän jälkeen erillistä PE- ja N-johdinta koko asennuksen ajan. Ennen 1990-lukua tehdyt kiinteät asennukset tehtiin käyttäen PEN-johdinta. (Jakelujärjestelmät [Viitattu 28.12.2018].)

TN-C on järjestelmä, missä käytetään nolla- ja suojajohtimena samaa johdinta koko järjestelmässä eli PEN-johdinta (Jakelujärjestelmät [Viitattu 28.12.2018]).



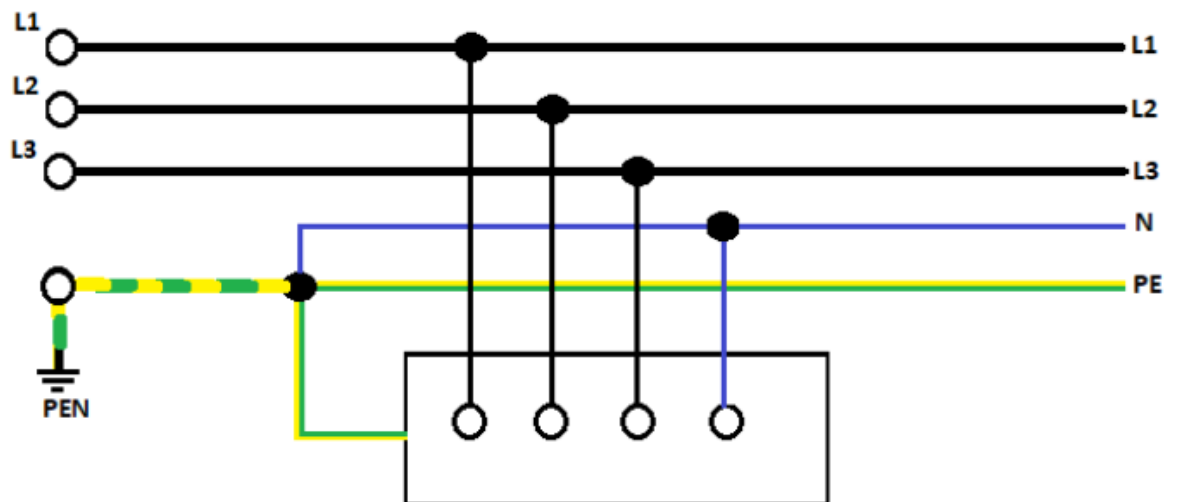
Kuva 9. TN-C-järjestelmä (perustuu Jakelujärjestelmät [Viitattu 28.12.2018]).

TN-S on järjestelmä, missä käytetään erillisiä nolla- ja suojajohtimia koko järjestelmän ajan (Jakelujärjestelmät [Viitattu 28.12.2018]).



Kuva 10. TN-S-järjestelmä (perustuu Jakelujärjestelmät [Viitattu 28.12.2018]).

TN-C-S on järjestelmä, missä osassa järjestelmässä käytetään PEN-johdinta ja osassa käytetään erillisiä PE- ja N-johtimia (Jakelujärjestelmät [Viitattu 28.12.2018]).



Kuva 11. TN-C-S-järjestelmä (perustuu Jakelujärjestelmät [Viitattu 28.12.2018]).

5 LIITTYMÄN KOKO

Kiinteistön huipputeho määrittää sähköliittymään tarvittavat pääsulakkeet, joiden mukaan määräytyy liittymismaksu ja sähköenergian ja -siirron perusmaksut. Alimitoitettu liittymä voi aiheuttaa turhia sähkökatkoksia, pääsulakkeiden ylikuormituksessa. Ylimoitettu liittymä aiheuttaa turhia käyttökustannuksia (Asuinkiinteistön tehojen määrittely [Viitattu 3.1.2019].)

Sähköliittymän mitoitus on teknis-taloudellinen optimointitehtävä. Sähkön saannin varmuus, tulevaisuuden sähkötehon tarpeet ja muutostarpeet on huomioitava. Sähköliittymän ylimitoittaminen ei ole taloudellisesti järkevää. Mitoitukseen vaikuttavat rakennuksen käytön ja käyttötarkoituksen lisäksi järjestelmä- ja laitevalinnat. Energiatehokkailla valinnoilla pystytään vaikuttamaan myös ympäristöön (Rakennuksen sähköverkon ja liittymän mitoittaminen 15.4.2001.)

5.1 Huipputeho

Huipputehon P_{max} arviointitavat eli huipputehon laskentamallit pohjautuvat pinta-alasta ja peruskuormasta riippuvaan kuormitukseen eli pinta-alatehoon sekä arvioidaan sähkölaitteiden samanaikaisen käytön todennäköisyys (Rakennuksen sähköverkon ja liittymän mitoittaminen 15.4.2001).

Yksittäisen huoneiston huipputehoon vaikuttaa keskeisesti kiukaan vuorottelu, varustelutaso ja lämmitystapa. Huipputeho pystytään määrittelemään asuinrakennuksissa arvioimalla yksittäisen huoneiston huipputeho ja sen jälkeen laskemalla muiden huoneistojen huipputehot yhteen siten, että kuormitusten eriaikaisuus huoneistoissa otetaan huomioon eli käytetään sopivaa tasauskerrointa (Tiainen 2010, 13.)

5.1.1 Huipputehon määrittäminen pinta-alasta

Osiassa esitetään, miten erilaisten kiinteistöjen huipputeho voidaan määrittää kiinteistön pinta-alan perusteella. Kaikki seuraavat kaavat ovat ST kortistossa 13.31 esitetyjä kaavoja.

P_{max} = huipputeho, kW

P_{va} = vakio, jonka suuruus riippuu kohteen koosta, kW

A_{krs} = kerrosala, m^2

$A_{läm}$ = lämmitetty pinta-ala, m^2

Rivi- ja kerrostalojen huipputeho lasketaan seuraavilla kaavoilla (Rakennuksen sähköverkon ja liittymän mitoittaminen 15.4.2001).

- ilman kiukaita $P_{max} = P_{va} + 17 \times A_{krs}/1000$, missä (1)
- $P_{va} = 65$ kW, jos A_{krs} on vähintään $2500 m^2$. Pienemmissä kohteissa P_{va} korvataan arvolla $P_v = A_{krs}/2500 \times P_{va}$, P_v vähintään 30 kW. (2)
- huoneistokohtaiset kiukaat $P_{max} = P_{va} + 24 \times A_{krs}/1000$, missä $P_{va} = 90$ kW (3)

Rivitalojen, joissa on 5 – 15 huoneistoa huipputeho lasketaan seuraavilla kaavoilla (Rakennuksen sähköverkon ja liittymän mitoittaminen 15.4.2001).

- Ei sähkölämmitystä, kiuas on $P_{max} = 30 + 26 \times A_{läm}/1000$ (4)
- Suora sähkölämmitys ja kiuas $P_{max} = 30 + 64 \times A_{läm}/1000$, käyttöveden lämmitys yöllä tai jatkuvana (5)
- Suora sähkölämmitys ja kiuasvaraus tai kiuas $P_{max} = 30 + 49 \times A_{läm}/1000$, käyttöveden lämmitys yöllä. (6)

Omakotitalot ja rivitalot, joissa maksimissaan neljä huoneistoa huipputeho lasketaan seuraavilla kaavoilla (Rakennuksen sähköverkon ja liittymän mitoittaminen 15.4.2001).

- Ei sähkölämmitystä, kiuas on $P_{max} = 7,5 + 26 \times A_{läm}/1000$ (7)
- Suora sähkölämmitys ja kiuas $P_{max} = 7,5 + 64 \times A_{läm}/1000$, käyttöveden lämmitys yöllä tai jatkuvana (8)
- Suora sähkölämmitys ja kiuasvaraus tai kiuas $P_{max} = 7,5 + 49 \times A_{läm}/1000$, käyttöveden lämmitys yöllä. (9)

Pysäköintialueiden huipputeho lasketaan seuraavalla kaavalla (Rakennuksen sähköverkon ja liittymän mitoittaminen 15.4.2001).

- Pysäköintialue $P_{pys} = 10 + 0,5 \times N_{auto}$, missä (10)

P_{pys} = pysäköintialueen huipputeho, kW

N_{auto} = lämmitettyjen autopaikkojen lukumäärä

5.1.2 Yksittäisen huoneiston huipputehon määrittäminen

Tässä osiossa esitetään, miten yksittäisen huoneiston huipputeho lasketaan. Seuraavat kaavat ovat ST kortiston 13.31 esitettyjä kaavoja.

Huoneiston perussähköistys, jossa on sähkökiuas. Huipputeho lasketaan seuraavalla kaavalla (Rakennuksen sähköverkon ja liittymän mitoittaminen 15.4.2001.)

$$P_{hmax} = p_{val} \times A_h/1000 + P_{kk} + P_{kev}, \text{ missä} \quad (11)$$

p_{val} = valaistuskuorma, 10 W/m²

A_h = huoneiston pinta-ala, m²

P_{kk} = kojekuorma, kW

P_{kev} = kiukaan ei-vuoroteltu osa, kW

P_{kk} arvo määritetään seuraavasti:

$A_h \leq 75 \text{ m}^2 \rightarrow P_{kk} = 6,0 \text{ kW}$, mikäli $A_h > 75 \text{ m}^2 \rightarrow P_{kk} = 7,5 \text{ kW}$

tai seuraavalla kaavalla:

$$P_{kk} = 6,0 + 20 \times A_h / 1000 \quad (12)$$

Huoneiston perussähköistys, jossa on suora sähkölämmitys, sähkökiuas ja LVV. Huipputeho lasketaan seuraavalla kaavalla (Rakennuksen sähköverkon ja liittymän mitoittaminen 15.4.2001.)

$$P_{hmax} = P_{hläm} + P_{aläm} + P_{LVV} + P_{kev} + (p_{val} + P_{kk} \times A_h / 1000), \text{ missä} \quad (13)$$

$P_{hläm}$ = sähkölämmityksen teho, kW

$P_{aläm}$ = auto lämmityksen teho, kW

P_{LVV} = lämminvesivaraajan teho, kW

A_h = huoneiston pinta-ala, m^2

P_{kev} = kiukaan ei-vuoroteltu osa, kW

P_{kk} = kojekuorma, 3 kW

p_{val} = valaistuskuorma, 10 W/m^2

Huoneiston perussähköistys, jossa on varaava sähkölämmitys, sähkökiuas ja LVV. Huipputeho lasketaan seuraavalla kaavalla (Rakennuksen sähköverkon ja liittymän mitoittaminen 15.4.2001.)

$$P_{hmax} = P_{hläm} + P_{aläm} + P_{LVV} + P_{kev} + (p_{val} + P_{kk} \times A_h / 1000), \text{ missä} \quad (14)$$

$P_{hläm}$ = sähkölämmityksen teho, kW

$P_{aläm}$ = auto lämmityksen teho, kW

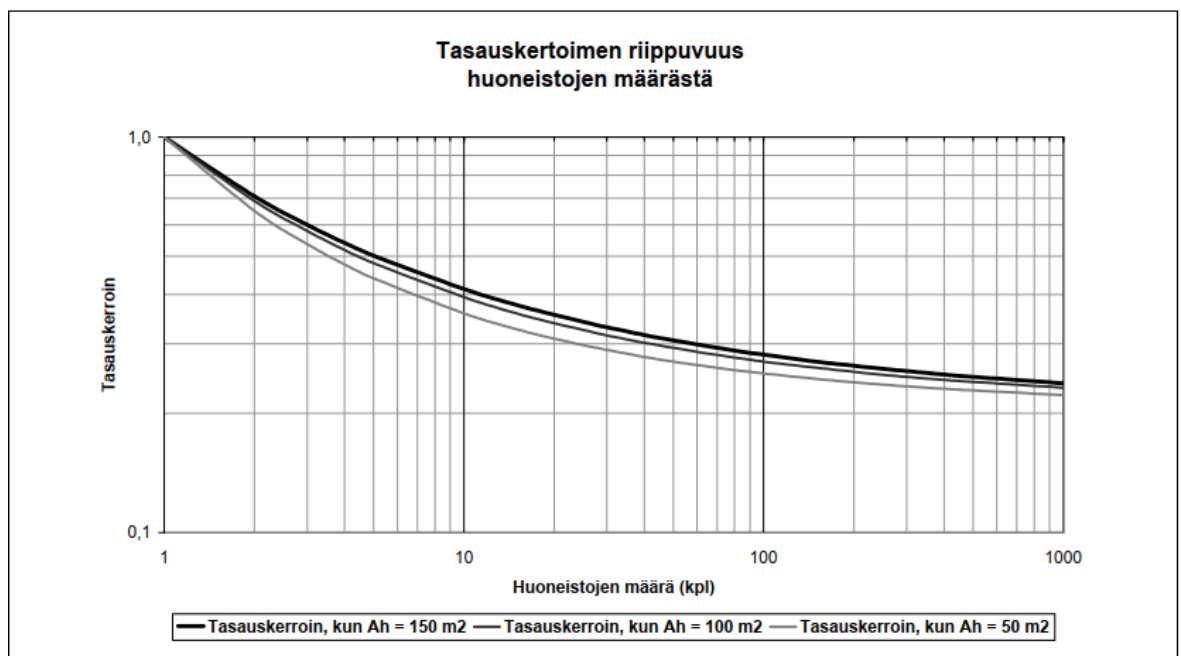
P_{LVV} = lämminvesivaraajan teho, kW

A_h = huoneiston pinta-ala, m^2

P_{kev} = kiukaan ei-vuoroteltu osa, kW

P_{kk} = kojekuorma, 3 kW

p_{val} = valaistuskuorma, $10 W/m^2$



Kuva 12. Tasauskertoimen riippuvuus huoneistojen määrästä ympäristöön (Rakennuksen sähköverkon ja liittymän mitoittaminen 15.4.2001).

5.1.3 Rakennuksen huipputehon laskenta yhden huoneiston huipputeholla ja tasauskertoimella

Huipputehon P_{max} arviointi voi perustua siihen, että määritetään yhden ”keskimääräisen” huoneiston huipputeho P_{hmax} . Huoneiston huipputeho kerrotaan rakennuk-

sen huoneistojen lukumäärällä N_h ja suoritetaan lopuksi eriaikaisesta käytöstä johdettu tasaus eli arvioidulla tasauskertoimella $C(N_h)$ kerronta (Rakennuksen sähköverkon ja liittymän mitoittaminen 15.4.2001.)

$$P_{max} = C(N_h) \times N_h \times P_{hmax}, \text{ missä} \quad (15)$$

P_{max} = rakennuksen huipputeho, kW

$C(N_h)$ = huoneistojen välillä tasauskerroin

N_h = huoneistojen määrä

P_{hmax} = yhden huoneiston huipputeho, kW

Tasauskerroin voidaan arvioida kuviosta 12 tai laskea seuraavasti:

$$C(N_h) = C_{min} + (1 - C_{min}) \times \{1/[1 + \log(N_h)/\log(A_h)]\}, \text{ missä} \quad (16)$$

$C(N_h)$ = tasauskerroin, kun huoneiston keskimääräinen pinta-ala A_h ja huoneistomäärä N_h

C_{min} = minimi tasauskerroin, tätä pienemmäksi tasauskerroin ei laske, vaikka huoneistojen määrä nousisi kuinka suureksi

Huoneistojen pinta-ala A_h lasketaan seuraavasti:

$$A_h = A_{krs}/N_h, \text{ missä}$$

A_{krs} = rakennuksen kerrospinta-ala, m^2

5.2 Oikosulkuvirta ja jännitealenema

Luvussa kerrotaan liittymisjohdon valitsemisperusteista ja johdonsuojakatkaisijoiden ja sulakkeiden laskennalliset ja mitatut oikosulkuvirta arvot. Luvussa esitetään myös jännitealeneman standardia ja laskentakaavoja jännitealeneman määrittämiseksi.

5.2.1 Liittymisjohdon valitseminen ja suojalaitteiden oikosulkuvirta arvot

Kiinteistön tehontarve on usein ensisijainen valintaperuste liittymisjohdolle. Kuormitusmitoituksessa varmistetaan muiden ehtojen täytyminen (Rakennuksen sähköverkon ja liittymän mitoittaminen 15.4.2001.)

Rakennusryhmän tai rakennuksen yhteisen liittymisjohdon mitoitus- ja valintaperusteet ovat samat kuin muidenkin tehoa siirtävien kaapeleiden:

- mekaaninen kestävyys
- kuormitusvirran kestävyys
 - Johdon täytyy olla riittävän paksu, jottei se ylikuumene kuormitusvirrasta.
- oikosulkuvirran kestävyys
 - Johdon täytyy olla riittävän paksu, jottei se ylikuumene oikosulkuvirrasta.
 - Johdon täytyy olla riittävän luja mekaanisen vaurioitumisen estämiseksi.
 - Käynnistysvirran aiheuttama jännitehäviö ei saa olla lyhytaikaisesti liian suuri.
- oikosulkutapauksissa riittävän oikosulkuvirran turvaaminen
 - Oikosulkuvirran oltava tarpeeksi suuri vian nopean pois kytkennän turvaamiseksi.
- jännitehäviön rajoittaminen
 - Normaalin käyttövirran aiheuttama jännitehäviö ei saa olla pitkäaikaisesti liian suuri. (Rakennuksen sähköverkon ja liittymän mitoittaminen 15.4.2001.)

Tulppasulakkeiden ja johdonsuojakatkaisijoiden suojausehtoien toteutumisen tarkastamiseksi on selvitettävä pienin sallittu oikosulkuvirran arvo, jolla valittu suoja-laite toimisi vaaditussa ajassa (joko 5,0 tai 0,4 sekunnissa). Mitattujen oikosulkuvirtojen täytyy olla 25 % suurempia kuin suojalaitteiden toimintavirrat. Tämä johtuu siitä, että oikosulun aikainen lämpötila on suurempi kuin mittauslämpötila. Seuraavissa taulukoissa on esitetty eri suojalaitteiden pienimmät oikosulkuvirrat eri toiminta-aikoina. (Tiainen 2017, 92-94.)

Taulukko 1. johdonsuojakatkaisijoiden pienimmät toimintavirrat ja vaaditut mitatut arvot (Tiainen 2017, 93)

Nimellis- virta A	B-tyyppi 5,0s ja 0,4s A	Vaadittu mi- tattu arvo A	C-tyyppi 5,0s ja 0,4s A	Vaadittu mi- tattu arvo A
6	30	37,5	60	75
10	50	62,5	100	125
13	65	81,3	130	162,5
16	80	100	160	200
20	100	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 2. johdonsuojakatkaisijoiden pienimmät toimintavirrat ja vaaditut mitatut arvot (Tiainen 2017, 93)

Nimellis- virta A	D-tyyppi 5,0s ja 0,4s A	Vaadittu mitattu arvo A	K-tyyppi 5,0s ja 0,4s A	Vaadittu mitattu arvo A
6	120	150	72	90
10	200	250	120	150
13	260	325	156	195
16	320	400	192	240
20	400	500	240	300
25	500	625	300	375
32	640	800	384	480
50	1000	1250	600	750
63	1260	1575	456	945
80	1600	2000	960	1200
125	2500	3125	1500	1875

Taulukko 3. gG-sulakkeiden pienimmät toimintavirrat ja vaaditut mitatut arvot (Tiainen 2017, 94)

Nimellisvirta	gG-sulake	Vaadittu mitattu arvo	gG-sulake	Vaadittu mitattu arvo
A	0,4s	A	5,0s	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			125	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
600			5100	6375

Mitoitusvirta liittymisjohdolle lasketaan normaalisti tehokertoimen ja rakennuksen huipputehon avulla:

$$I_{max} = P_{max} / (1,73 \times U_p \times \cos \varphi), \text{ missä} \quad (17)$$

P_{max} = liittymisjohdon mitoitusteho, kW

U_p = verkon pääjännite, 0,4kV

$\cos \varphi$ = kuormituksen perusaallon (50Hz) tehokerroin. (Rakennuksen sähköverkon ja liittymän mitoittaminen 15.4.2001.)

5.2.2 Jännitealeneman määrittäminen

Jännitealenema liittymispisteen ja minkään kuormituspisteen välillä ei pitäisi olla suurempi kuin taulukon 4 arvot verrattuna asennuksen nimellisjännitteeseen. (SFS 6000-5-52:2017, 67).

Taulukko 4. G52.1 Jännitealenema (SFS 6000-5-52-2017, 67)

Asennuksen tyyppi	Valaistus- käyttö %	Muu käyttö %
A – Pienjänniteasennus, joka on syötetty yleisestä jakeluverkosta	3	5
B – pienjänniteasennus, joka on syötetty yksityisestä teholähteestä ^a	6	8
<p>^a Suositellaan, että niin pitkälle kuin mahdollista ryhmäjohtojen jännitealenema ei ylitä asennustyyppille A annettuja arvoja.</p> <p>Kun asennuksen pääjohdot ovat pitempiä kuin 100 m, näitä jännitealenemia voidaan kasvattaa 0,005 % johdon 100 m ylittävän pituuden metriä kohti. Ilman tätä lisäystä se ei saa olla suurempi kuin 0,5 %.</p> <p>Jännitealenema määritellään sähkölaitteen tehontarpeen mukaan käyttäen soveltuvin osin tasoituskertoimia, tai käyttäen piirien suunniteltuja virtoja.</p>		

HUOM.1 Jännitealenema voi olla seuraavissa tapauksissa suurempia kuin taulukossa 4:

- Moottoreilla käynnistyksen aikana
- Muilla laitteilla, joilla on suuri käynnistysvirta (SFS 6000-5-52:2017, 67.)

Edellä mainituissa kohdissa jännitealenema voi olla suurempi edellyttäen, että jännitteen vaihtelut säilyvät arvoissa, jotka on määritelty asianomaisissa laitestandardeissa (SFS 6000-5-52:2017, 67.)

HUOM.2 Seuraavia tilapäisiä tilanteita ei huomioida jännitealenemassa:

- jännitetransientit
- epänormaalien käytön aiheuttamat jännitteen vaihtelut (SFS 6000-5-52:2017, 67.)

Jännitealenema voidaan määrittellä käyttämällä seuraavaa kaavaa (SFS 6000-5-52:2017, 67.):

$$u = b \left(\rho_1 \frac{L}{S} \cos \varphi + \lambda L \sin \varphi \right) I_B \quad (18)$$

jossa

u = jännitealenema voltteina

b = kerroin, joka on 1 kolmivaiheisille ja 2 yksivaihepiireille piireille

HUOM.3 Kolmivaihepiirejä, joita kuormitetaan yksivaiheisesti, käsitellään yksivaihepiireinä. (SFS 6000-5-52:2017, 67-68).

ρ_1 on johdinmateriaalin resistiivisyys normaalikäytössä (normaalissa käyttölämpötilassa) so. 1,25 kertaa resistiivisyys 20 °C lämpötilassa, tai 0,0225 $\Omega \text{mm}^2 / \text{m}$ kuparille ja 0,036 $\Omega \text{mm}^2 / \text{m}$ alumiinille

L on johtojärjestelmän pituus metreinä

S on johtimien poikkipinta mm^2 :nä

$\cos \varphi$ on tehokerroin. Jos ei ole tiedossa tarkkoja tehokertoimen arvoja, sen oletetaan olevan 0,8 ($\sin \varphi = 0,6$)

λ johtimen reaktanssi johtimen pituusyksikköä kohden. Jos ei ole tiedossa tarkkoja arvoja, reaktanssin oletetaan olevan 0,08 $\text{m}\Omega / \text{m}$

I_B suunniteltu virta ampeereina

$$\text{Jännitteenalenema prosentteina on: } \Delta u = 100 \frac{u}{U_0} \quad (19)$$

U_0 jännite vaiheen ja nollan välillä voltteina.

HUOM.4 Pienoisjännitepiireissä ei ole tarpeen täyttää taulukon 4 mukaisia vaatimuksia muissa käytöissä kuin valaistus (esim. ovikello, ohjaus, oven avaus jne.) edellyttäen, että on tarkistettu laitteiden toimivan oikein (SFS 6000-5-52:2017, 68).

6 MITOITUSTIEDOSTO

Toimeksiantajalle tehty mitoistiedosto tehtiin Microsoft Excel -ohjelmalla. Tämä siksi, että ohjelmisto löytyy jokaisen omalta koneelta ja on muokattavissa jokaiselle projektille. Microsoft Excel -ohjelmisto on myös tuttu työkalu työntekijöille ja kaikki osaavat käyttää sitä hyvin. Ohjelman käyttöön ei tarvita erillistä koulutusta kuten muissa verkonlaskentaohjelmistojen käytössä.

Oikeanlainen verkonlaskentaohjelmiston käyttö vaatii perehtymistä ja koulutusta, jotta virheitä ei tulisi. Projekteissa on usein monta ihmistä tekemässä, eikä riitä, että yksi henkilö hallitsee ohjelmiston. Pahimmassa tapauksessa lasketut arvot eivät ole luotettavia ja voivat aiheuttaa suuria ongelmia, mikäli ohjelmistoa ei hallita. Ongelmaksi muodostuu, että yhden henkilön kouluttaminen ei ole järkevää ja monen henkilön kouluttaminen on kallista.

6.1 Lähtötietojen keräys

Tiedostoon haluttiin vertailutaulukko, josta verrata laskennallisia tuloksia todellisiin mitattuihin arvoihin. Verkkoyhtiöltä kysyttiin erilaisten kiinteistöjen kulutustietoja, joiden sähkötkiinteistöihin oli suunnitellut Granlund Pohjanmaa Oy. Verkkoyhtiöltä saatiin mitatut tehonkulutukset, joita verrattiin mitoitettuihin pääsulakkeisiin ja mitoitettuun keskuksen.

Taulukkoon kerättiin kohteiden maksimikulutus kuukaudelta, koko, huoneistojen määrät, liiketilat, mitoitettu pääsulake ja keskus. Taulukkoon laskettiin myös tehonkulutus neliölle ja yksittäiselle huoneistolle, jos käyttäjä mitoittaa neliöteholla tai yksittäisellä huoneella.

Taulukko 5. Osa vertailutaulukosta

Mitoitettu pääsulake	Mitoitettu keskus	Laskettu liittymäteho	Mitattu huipputeho	Kiinteistön koko	Huoneistojen lukumäärä	Liiketilat	Teho / huoneisto	Neliöteho
250	400	120	44,5	1837	36		1,2	24,2
200	250	130	50,6	1768	35	1	1,5	28,6
250	250	148	86,3	2422	38		2,3	35,6

6.2 Tehon mitoitus

Tehon mitoitus pyrittiin tekemään mahdollisimman helppokäyttöiseksi käyttäjälle. Käyttäjä antaa vain tarvittavat arvot, eikä pääse muokkaamaan kertoimia tai vaki-
oita. Teho lasketaan tiedostossa joko kiinteistön neliöiden avulla tai yksittäisen huoneiston tehon perusteella. Laskukaavoina käytettiin ST-kortiston kaavoja 1 – 15.

KERROS- TAI RIVITALO, JOSSA YLI 15 HUONEISTOA					
			$A_{krs} = \text{kerrosala [m}^2\text{]} =$	3000	m ²
1	ILMAN KIUKAITA:		$P_{max} = P_{v2} + 17 \times A_{krs} / 1000 =$	116	kW
2	HUONEISTOKOHTAISET KIUKAAT:		$P_{max} = P_{v2} + 24 \times A_{krs} / 1000 =$	162	kW
	JOS A_{krs} ON PIENEMPI KUIN 2500 m ² KORVATAAN P_{v2} ARVOLLA:		$P_v = A_{krs} / 2500 \times P_{v2} =$	Ei huomioida	kW
					<-- OLTAVA VÄH. 30kW

Kuva 13. Laskenta yli 15 huoneiston kerrostaloon

PIENET RIVITALOT (=HUONEISTOJA 5-15)					
			$A_{ism} = \text{lämmitetty pinta-ala [m}^2\text{]} =$	1800	m ²
1	EI SÄHKÖLÄMMITYSTÄ + KIUAS		$P_{max} = 30 + 26 \cdot A_{ism} / 1000 =$	76,8	kW
2	SUORA SÄHKÖLÄMMITYS + KIUAS (Käyttöveden lämmitys jatkuvan tai yöllä)		$P_{max} = 30 + 64 \cdot A_{ism} / 1000 =$	145,2	kW
3	SUORA SÄHKÖLÄMMITYS + KIUAS / KIUASVARAUS (Käyttöveden lämmitys yöllä)		$P_{max} = 30 + 49 \cdot A_{ism} / 1000 =$	118,2	kW

Kuva 14. Laskenta pieneen rivitaloon

OMAKOTITALOT & ERITTÄIN PIENET RIVITALOT (RIVITALO HUONEISTOJA MAX. 4)						
				$A_{\text{läm}} = \text{lämmitetty pinta-ala [m}^2\text{]} =$	250	m ²
1	EI SÄHKÖLÄMMITYSTÄ + KIUAS			$P_{\text{max}} = 30 + 26 \cdot A_{\text{läm}} / 1000 =$	14	kW
2	SUORA SÄHKÖLÄMMITYS + KIUAS (Käyttöveden lämmitys jatkuvana tai yöllä)			$P_{\text{max}} = 30 + 64 \cdot A_{\text{läm}} / 1000 =$	23,5	kW
3	SUORA SÄHKÖLÄMMITYS + KIUAS / KIUASVARAUS (Käyttöveden lämmitys yöllä)			$P_{\text{max}} = 30 + 49 \cdot A_{\text{läm}} / 1000 =$	19,75	kW

Kuva 15. Laskenta omakotitaloon

1 HUONEISTON PERUSSÄHKÖISTYS + SÄHKÖKIUAS						
				$A_h = \text{huoneiston pinta-ala [m}^2\text{]} =$	70	m ²
				$P_{\text{val}} = \text{valaistuskormo [W/m}^2\text{]} =$	8	W/m ²
				$P_{\text{kev}} = \text{kiukaan ei vuoroteltu osa [kW]} =$	2	kW
				$N_h = \text{huoneistojen määrä} =$	5	kpl
				$C(N_h) = \text{tasauserroin, kts. Taulukko alla} =$	0,47	
				$P_{\text{kk}} = 6,0 + 20 \cdot A_h / 1000 =$	7,4	kW
				$P_{\text{hmax}} = P_{\text{val}} \cdot A_h / 1000 + P_{\text{kk}} + P_{\text{kev}} =$	9,96	kW
				$\text{KIINTEISTÖN HUIPPUTEHO} = C(N_h) \cdot N_h \cdot P_{\text{hmax}} =$	23,406	kW

Kuva 16. Rivitalon tehon määrittäminen yhden huoneiston perusteella

6.3 Jännitealenema

Jännitealenema tehtiin samaan tiedostoon erilliselle välilehdelle. Laskentakaavana käytettiin edellä mainittuja kaavoja 18 ja 19. Tiedosto laskee keskusten välisen jännitehäviön prosentteina. Lähtötietoina käyttäjältä pyydetään kaapelin pituus, halkaisija, materiaali ja sulakekoko, näiden perusteella lasketaan jännitehäviö voltteina ja muunnetaan prosentteiksi.

KAAPELIEN MÄÄRÄ	MISTÄ	MISTÄ	MIHIN	MIHIN	KAAPELIN PITUUS [m]	KAAPELIN HALK. [mm ²]	MATERIAALI (A TAI K)	SULAKE[A]	JÄNNITEHÄVIÖ [V]	JÄNNITEHÄVIÖ [%]
	PK		NK		70	125	a	125	2,44	1,06
			NK	RK1	40	125	A	80	3,33	2,51
			NK	RK2	20	70	A	80	3,17	2,44
			NK	RK3	15	70	A	80	2,99	2,36
			NK	RK4	45	125	A	80	3,44	2,55
			NK	PK2	60	240	A	80	3,24	2,47
			PK2	JK1	15	35	K	50	3,66	2,65
			PK2	JK2	15	35	K	50	3,66	2,65

Kuva 17. Esimerkilaskenta jännitealenemasta

6.4 Oikosulkuvirta

Oikosulkuvirran laskenta tehtiin myös erilliselle välilehdelle. Lähtötietoihin pyydetään käyttäjää syöttämään liittymän oikosulkuvirran, jonka verkkoyhtiö ilmoittaa. Lisäksi käyttäjän täytyy ilmoittaa kaapelien halkaisija, kaapelien materiaali, pituudet ja mahdolliset rinnakkaissyötöt.

Näiden arvojen perusteella tiedostolla lasketaan kaapelien yksi- ja kolmivaiheisen oikosulkuvirran minimi- ja maksimiarvo. Tiedostolla lasketaan lisäksi keskukselta B10, C10, B16 ja C16 sulakelähtöjen maksimi johtojen pituus (johdot 1,5 mm² ja 2,5 mm²). Microsoft Excel-taulukosta nähdään suurin etäisyys pistorasioihin ja muihin laitteisiin, jolla suojalaitteet toimivat vikatilanteessa.

MISTÄ	MISTÄ	MIHIN	MIHIN	KAAPELIN PITUUS [m]	KAAPELIN HALK. [mm ²]	MATERIAALI (A TAI K)	IMPEDANSSI	I_{k1min} [A]	$I_{dyn min}$ [A]	I_{k1max} [A]	$I_{dyn max}$ [A]	MAX PITUUS B10	MAX PITUUS B16	MAX PITUUS C10	MAX PITUUS C16
PK		NK		70	120	a	0,04	5194,3	8815,1	5467,7	9279,0	148,6	154,0	73,6	75,8
	NK	RK1		40	120	A	0,06	3965,2	6729,1	4173,8	7083,3	148,2	153,2	73,1	75,0
	NK	RK2		20	70	A	0,05	4106,8	6969,4	4322,9	7336,2	148,2	153,3	73,2	75,1
	NK	RK3		15	70	A	0,05	4333,6	7354,4	4561,7	7741,4	148,3	153,5	73,3	75,3
	NK	RK4		45	120	A	0,06	3851,2	6535,8	4053,9	6879,8	148,1	153,1	73,1	74,9
	NK	PK2		60	240	A	0,05	4133,2	7014,2	4350,7	7383,4	148,3	153,3	73,2	75,2
	PK2		JK1	15	35	K	0,06	3483,7	5912,1	3667,1	6223,3	147,9	152,8	72,9	74,6
	PK2		JK2	15	35	K	0,06	3483,7	5912,1	3667,1	6223,3	147,9	152,8	72,9	74,6

Kuva 18. Esimerkkilaskenta oikosulkuvirroista ja maksimikaapeli pituuksista

7 YHTEENVETO

7.1 Vertailu käytössä olevaan ohjelmistoon

Mitoitustiedoston oikeellisuuden varmistamiseksi sitä verrattiin Granlundilla kehitettyyn sovellukseen. Vertailukohteeksi valittiin yksinkertainen kiinteistö, jossa on muutamia sähkökeskuksia. Microsoft Excelillä tehdyllä tiedostolla päästiin melko samoihin arvoihin, kuin sovelluksella. Pienet vääristymät tuloksissa voivat johtua erilaisten kaapeleiden lähtötiedoista, esimerkiksi kaapeleiden impedansseissa on ohjelmien välillä eroja, jotka kertaantuvat riippuen kaapelien pituuksista. Pienestä heittäjästä huolimatta mitoitustiedostolla pystytään arvioimaan suojausten riittävyttä ja laskemaan kiinteistöjen tehoja.

7.2 Pohdinta

Työssä pyrittiin tekemään helppokäyttöinen kaapelien mitoitustiedosto suunnittelun tueksi, jossa mielestäni onnistuttiin melko hyvin. Virheitä laskennassa pyrittiin estämään ja siinä mielestäni onnistuttiin myös hyvin. Tuloksena laskennasta tulee virheilmoitus, jos jotain arvoa ei ole syötetty, tiedoston soluissa on kirjaimia numeroiden sijaan tai jotkin taulukoista katsottavat arvot ovat liian suuria tai pieniä.

7.3 Jatkokehitysmahdollisuus

Tiedostoa pystyisi kehittämään pidemmälle paljonkin. Yksi mahdollisuus olisi, että tehtäisiin erillinen Microsoft Access -tietokanta, johon kerättäisiin erilaisten kaapelien resistansseja, impedansseja ynnä muuta tietoa. Tietokannasta Microsoft Excel hakisi laskuihin halutun kaapelityypin tiedot, joilla laskenta suoritettaisiin. Tätä ei kuitenkaan tähän työhön otettu ajan puutteen vuoksi.

Visuaalisesti tiedostosta saisi näyttävämmän näköisen ohjelmoimalla Microsoft Excel -tiedosto VBA-makrokielellä (= Visual Basic for Applications). VBA-makrokielellä

tiedostoon saisi tehtyä muun muassa valintaruutuja tai alasvetovalikoita, joilla pysyttäisiin mahdollisesti helpottamaan loppukäyttäjän työskentelyä ja estämään virheitä.

LÄHTEET

- Alumiiniriippukierrekaapeli. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Finnparttia Sähkötukku. [Viitattu 10.3.2019]. Saatavana: <https://www.finnparttia.fi/AMKA-3x1625>
- Asuinkiinteistön tehojen määrittely. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Ensto. [Viitattu 3.1.2019]. Saatavana: <http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojak-sot/0705016/1204792797383/1210598828380/1211201267657/1211201297469.html>
- Autio, I. 2004. Kaapeleiden paloturvallisuus. Espoo: Sähköinfo oy
- Axmk voimakaapeli. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. REKA. [Viitattu 27.12.2018]. Saatavana: <https://www.reka.fi/voimakaapelit/alumiinivoimakaapelit/axmk-voimakaapeli>
- Granlund meistä. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Granlund Oy. [Viitattu 5.12.2018]. Saatavana: <https://www.granlund.fi/granlund/meista/>
- Granlund Seinäjoki. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Granlund Oy. [Viitattu 16.1.2019]. Saatavana: <https://www.granlund.fi/yhteys/seinajoki/>
- Granlund tunnusluvut ja johto. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Granlund Oy. [Viitattu 9.2.2019]. Saatavana: <https://www.granlund.fi/granlund/tunnusluvut-ja-johto/>
- Jakelujärjestelmät. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Tampereen ammattikorkeakoulu. [Viitattu 28.12.2018]. Saatavana: <http://tate.blogs.tamk.fi/sahkoinen-talotekniikka/sahkoverkko/tn-jarjestelma/>
- Jakelujärjestelmät. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Tampereen ammattikorkeakoulu. [Viitattu 22.1.2019]. Saatavana: <http://tate.blogs.tamk.fi/sahkoinen-talotekniikka/sahkoverkko/jakelujarjestelmat/>
- Johdonsuojatkaisijat ruuviliittimillä. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Ensto. [Viitattu 27.12.2018]. Saatavana: <https://www.ensto.com/fi/tuotteet/sahkokeskukset/keskusten-lisatarvikkeet/johdonsuojatkaisijat-ruuviliittimilla/>
- Sulakkeet. 10.12.2009. [Verkkosivu]. Ensto. [Viitattu 27.12.2018]. Saatavana: <http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojak-sot/0705016/1204792797383/1210594480264/1210594509783/1210594789763.html>
- MCMK. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Prysmian Group. [Viitattu 27.12.2018]. Saatavana: <https://fi.prysmiangroup.com/node/10398>

Prysmian Group. 2013. Kaapelit. Oulu: Prysmian Group Finland Oy

Rakennuksen sähköverkon ja liittymän mitoittaminen. 15.04.2001. [Verkkosivu]. St kortisto. [Viitattu 11.1.2019]. Saatavana:http://cna.mamk.fi/Public/HHon/S%C3%A4hk%C3%B6asennukset/st_1331.pdf

SFS 6000-5-52:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 5-52: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Johtojärjestelmät. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

Sulake on virtapiirin heikon kohta. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. peda.net. [Viitattu 27.12.2018]. Saatavana:<https://peda.net/valkeakoski/opetuspalvelut/pk/naakankoulu/oppiaineet/fysiikka/fy-suominen/e9k2/2stst/sovhk>

Sähkön siirto. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Peda.net. [Viitattu 4.3.2019]. Saatavilla: <https://peda.net/kouvola/perusopetus/koulut/myllykoskenyhteiskoulu/oppiaineet/fysiikka/fysiikka9/stjk/s%C3%A4hk%C3%B6nsiirto/s%C3%A4hk%C3%B6nsiirto-png>

Sähköntuotanto. 2016. [Verkkosivu]. Energiateollisuus. [Viitattu 28.12.2018]. Saatavana:https://energia.fi/perustietoa_energia-alasta/energiantuotanto/sahkon-tuotanto

Sähköverkon haltijat. 2018. [Verkkosivu]. Energiavirasto. [Viitattu 28.12.2018]. Saatavana: <https://www.energiavirasto.fi/sahkoverkon-haltijat>

Tiainen, S. 2017. D1-2017:Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Espoo: Sähköinfo Oy.

Tiainen, S. 2010. Johdon mitoitus ja suojaus. Espoo: Sähköinfo Oy.

Tulppasulakkeet. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. UTU. [Viitattu 27.12.2018]. Saatavana: <https://www.utu.eu/komponentit/tulppa-ja-putkisulakkeet/tulppasulakkeet-diozed/tulppasulakkeet-diidiidiv>

