

**SAVONIA**

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# SÄHKÖKESKUKSET OSANA SÄHKÖSUUNNITTELUA

TEKIJÄ Räsänen Pasi

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä Pasi Räsänen	
Työn nimi Sähkökeskukset osana sähkösuunnittelua	
Päiväys 22.5.2023	Sivumäärä/Liitteet 29/0
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Sitowise Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön aiheena oli laatia toimeksiantajalle ohje, joka pitää sisällään asioita, joita tulisi ottaa huomioon sähkökeskuksiin liittyen kiinteistöjen sähkösuunnittelussa. Työn tavoitteena oli muodostaa tilaajayritykselle tiivis tietopaketti, joka pitää sisällään sähkökeskuksiin liittyvää teoriaa, standardien asettamia vaatimuksia, sekä käytännössä hyviksi havaittuja asioita. Näiden tavoitteiden perustana on lisätä sähkösuunnittelijoiden tietoa sähkökeskuksiin liittyen, sekä yhtenäistää toimintatapoja sähkökeskusten suunnitteluun liittyvissä asioissa.</p> <p>Ohjeen laatimiseen ja siihen kootun tiedon hakemiseen on käytetty erilaisia menetelmiä, kuten haastatteluja, vertailuja ja standardeihin tutustumista. Työn tekijällä on työelämässä hankittua käytännön kokemusta sähkökeskuksiin liittyen, joten ohjeen laadinnassa on hyödynnetty myös tätä kautta tehtyjä käytännön havaintoja.</p> <p>Työn tuloksena tilaajayritykselle syntyi havainnollistava ohje, joka pitää sisällään kattavasti teoriaa ja erityisesti käytännön tietoa sähkökeskuksiin liittyen. Ohjeen laatimisen ohessa luotiin myös asuinrakennusten huipputehon laskemiseen soveltuva Excel-laskuri, jolla on mahdollista laskea myös sähköautojen latauspaikkojen tehontarve. Varsinainen ohje ja laskuri eivät ole julkisia.</p>	
Avainsanat sähkökeskus, oikosulkuvirta, huipputeho, standardi	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Electrical and Automation Engineering	
Author Pasi Räsänen	
Title of Thesis Switchboards as Part of Electrical Planning	
Date 22 May 2023	Pages/Appendices 29/0
Client Organisation /Partners Sitowise Oy	
<p><b>Abstract</b></p> <p>The topic of the thesis was to create a guide for the client, which contains things related to switchboards that should be taken into account in the electrical design of properties. The goal of the work was to create a compact information package for the customer company, which includes the theory related to switchboards, the requirements set by the standards and things found to be good in practice. The basis of these goals is to increase the knowledge of electrical engineers regarding switchboards, as well as to unify operating methods in matters related to the design of switchboards.</p> <p>Different methods, such as interviews, comparisons and getting to know the standards, were used to prepare the guide and to retrieve the information compiled in it. The author of the thesis has practical experience gained in working life related to switchboards, so the practical observations were also used in the preparation of the instructions.</p> <p>As a result of the thesis, an illustrative guide was created for the customer company, which contains comprehensive theory and especially practical information related to switchboards. Along with the preparation of the instructions, an Excel calculator was also created for calculating the peak power of the residence, with which it is also possible to calculate the power demand of charging points for electric cars. The actual instructions and counter are not public.</p>	
<p><b>Keywords</b> switchboard, peak power, standard, short circuit current</p>	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	7
2	SÄHKÖKESKUKSIA KOSKEVAT STANDARDIT JA MÄÄRÄYKSET .....	8
2.1	Standardit .....	8
2.2	Sähköturvallisuuslaki .....	9
3	KESKUKSIEN TEKNINEN MITOITUS.....	10
3.1	Huipputehon laskeminen asuinrakennuksissa .....	10
3.2	Paikoitusalueiden huipputeho .....	11
3.3	Huipputeho muissa rakennuksissa .....	12
4	KESKUSRAKENTEET .....	13
4.1	Kehikkokeskus .....	13
4.2	Kotelokeskus .....	14
4.3	Kennokeskus .....	15
5	DOKUMENTIT .....	16
5.1	Pääkaavio.....	16
5.2	Pääkaavion etulehti .....	18
5.2.1	Osio A Sähkötekniset tiedot .....	20
5.2.2	Osio B Kotelointi- ja asennustiedot.....	20
5.2.3	Osio C Hyväksyttäminen ja merkinnät .....	20
5.2.4	Osio D Kalustus- ja kaapelointitiedot .....	20
6	OIKOSULKUVIRRAT .....	21
6.1	Oikosulkutilanteet .....	21
6.2	Lyhytaikainen mitoituskestovirta .....	23
6.3	Sysäysoikosulkuvirta .....	25
6.4	Ehdollinen mitoitusoikosulkuvirta .....	26
7	YHTEENVETO.....	28
	LÄHTEET .....	29

## KUVALUETTELO

Kuva 1. Esimerkki kehikkokeskuksesta (Norelco Oy, 2022).....	13
Kuva 2. Esimerkki kotelokeskuksesta (Norelco Oy, 2022).....	14
Kuva 3. Esimerkki kennokeskuksesta (Norelco Oy, 2022).....	15
Kuva 4. Pääkaavio.....	17
Kuva 5. Pääkaavion etulehti.....	19
Kuva 6. Oikosulkutilanteet .....	21
Kuva 7. Tasavirtatekijän arvon $m$ määrittävä kuvaaja (ABB TTT-Käsikirja 2000-07, 2000).....	24
Kuva 8. Vaihtovirtatekijän $n$ määrittävä kuvaaja (ABB TTT-Käsikirja 2000-07, 2000) .....	24
Kuva 9. Sysäyskertoimen arvon $k$ määrittävä kuvaaja (ABB TTT-Käsikirja 2000-07, 2000) .....	25
Kuva 10. Virranrajoituskäyrästä ABB:n gG sulakkeille (ABB Oy).....	27

## KÄSITTEET JA LYHENTEET

A	Virta
V	Voltti
W	Watti
IP-Luokka	Tiiveys luokka
LVI	Lämpö, vesi, ilma
LVIA	Lämpö, vesi, ilma, automatiikka
Maasulku	Vaihtoehtoinen nimitys yksivaiheiselle oikosululle
Prospektiivinen oikosulkuvirta	Virran tehollisarvo oikosulussa
Oikosulkuvirta	Virta, joka kulkee johtimissa oikosulkutilanteessa
Dynaaminen oikosulkuvirta	Vaihtoehtoinen nimitys mitoitusvirran huippuarvolle
Terminen oikosulkuvirta	Vaihtoehtoinen nimitys lyhytaikaiselle mitoituskestovirralle
Kiinteistön huipputeho	suurin mahdollinen sähkötehon tarve, jota kiinteistö voi vaatia tietyissä olosuhteissa.
Ehdollinen mitoitusoikosulkuvirta	Suojalaitteella rajoitettu prospektiivinen oikosulkuvirran tehollisarvo, jonka sähkökeskus kestää suojalaitteen toimita-ajan verran

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Sitowise Oy, jonka toimesta myös ehdotus opinnäytetyöaiheelle on saatu. Työn tarkoituksena on muodostaa ohje toimeksiantajalle, joka pitää sisällään asioita, joita tulisi ottaa huomioon sähkökeskuksiin liittyen kiinteistöjen sähkösuunnittelussa. Lisäksi ohje antaa lukijalle tietoa ja havainnollistaa miten eri valinnat sähkösuunnittelussa vaikuttavat lopputulokseen sähkökeskusten osalta.

Tämän opinnäytetyön julkisessa osiossa käydään läpi merkittävimpiä tekijöitä, jotka vaikuttavat sähkökeskusten turvallisuuteen ja toimintaan yleisesti. Olennainen huomioon otettava standardi sähkökeskusten suunnittelussa on pienjännitejakokeskuksia koskeva standardisarja IEC 61439. Edellä mainitun standardin lisäksi sähkökeskuksia ja laitteistoja suunniteltaessa tulee ottaa huomioon myös sähköturvallisuuslaki 1135/2016.

Opinnäytetyön tilaajayritykselle jäävässä salattavassa ohjeessa perehdytään tarkemmin ja käytännönläheisemmin yleisimpiin sähkökeskuksissa esiintyviin ongelmiin ja kysymyksiin, joita sähkösuunnittelijalle voi tulla vastaan kiinteistön sähköjä suunnitellessa. Näitä ovat mm, keskuksen mitoitus, fyysisen koon hahmottaminen ja siihen vaikuttavat tekijät, tilavaraukset, oikosulkukestoisuudet, keskus rakenne, tilaluokitukset, standardit ja pääkaavion muodostaminen. Ohjeen lisäksi tilaajayrityksen käyttöön luotiin myös asuinrakennuksien huipputehon laskemiseen soveltuva Excel-laskuri, jolla on mahdollista laskea vaivattomasti myös sähköautojen latauspaikkojen tehontarve ja ottaa tämä huomioon myös sähkökeskusten mitoituksessa tulevaisuuden tarpeita varten.

## 2 SÄHKÖKESKUKSIA KOSKEVAT STANDARDIT JA MÄÄRÄYKSET

Sähkökeskusten sijoittelua ja niiden teknisiä ominaisuuksia suunniteltaessa sähkösuunnittelijan tulee huomioida, että ne täyttävät standardit ja viranomaismääräysten vaatimukset. SFS-käsikirjassa 640 on laadittu kootusti sähkökeskuksia koskevat standardit. Standardien ja niiden sovellusohjeiden lisäksi käsikirjaan on koottu ajan saatossa hyviksi havaittuja tapoja ja käytäntöjä.

Standardien lisäksi sähkölaitteistojen ja asennusten tulee täyttää sähköturvallisuus laissa asetetut vaatimukset. Olennaiset turvallisuusvaatimukset täyttyvät, kun suunnittelu ja asennukset toteutetaan standardit huomioon ottaen.

### 2.1 Standardit

Olennainen huomioon otettava standardi sähkökeskusten suunnittelussa on pienjännitejakokeskuksia koskeva standardisarja IEC 61439. Standardisarja sisältää käyttöolosuhteita, rakennetta, teknisiä tunnusmerkkejä ja todentamista koskevat vaatimukset. Erityisiin käyttöolosuhteisiin tarkoitetuille keskuksille on olemassa omat standardit, joissa on annettu omat erityisvaatimukset riippuen käyttopaikasta. Tällaisia ovat esimerkiksi laivoihin sijoitetut keskuksat, joiden erityisvaatimukset on annettu standardissa IEC 60092-302.

Standardisarja IEC 61439 pitää sisällään kuusi osaa, jotka ovat:

- SFS-EN 61439-1 Pienjännitekeskukset. Osa 1: Yleisvaatimukset
- SFS-EN 61439-2 Pienjännitekeskukset. Osa 2: Ammattikäyttöön tarkoitetut kojeistot
- SFS-EN 61439-3 Pienjännitekeskukset. Osa 3: Maallikoiden käyttöön tarkoitetut kojeistot
- SFS-EN 61439-4 Pienjännitekeskukset. Osa 4: Erityisvaatimukset työmaakeskuksille
- SFS-EN 61439-5 Pienjännitekeskukset. Osa 5: Jakeluverkkokeskukset
- SFS-EN 61439-5/AC Pienjännitekeskukset. Osa 1: Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 5: assemblies for power distribution in public networks

(Suomen Standardoimisliitto SFS ry, 2023)

IEC 61439 standardisarjan olennaisin osa sähkökeskuksia suunniteltaessa on SFS-EN 61439-1, sillä tämä asettaa yleisvaatimukset pienjännitejakokeskuksille. Ainoastaan tämän standardin pohjalta sähkökeskuksia ei tule suunnitella, sillä huomioon tulee ottaa myös standardisarjan osat 2–5.

(Suomen Standardoimisliitto SFS ry, 2020)

Yleisvaatimuksia sisällään pitävien standardien lisäksi sähkökeskuksia suunniteltaessa tulee ottaa huomioon myös vaihtosähköenergian mittausta koskevat standardit, sillä pääasiassa jokaisen kiinteistön sähköenergia on mitattu verkonhaltijan myyntimittauksella. Vaihtosähköenergian mittausta koskevat vaatimukset ja määräykset on esitetty standardeissa SFS 2529 ja SFS 3381.



SFS 2529 standardissa on määritetty vaatimukset ja mitat energiamittareiden alustoille ja SFS 3381 puolestaan pitää sisällään vaatimukset koskien mittalaitteistoja.

## 2.2 Sähköturvallisuuslaki

Väärin toimivat sähkölaitteet tai laitteistot voivat aiheuttaa pahimmassa tapauksessa hengenvaaraan niiden käyttäjälle ja tästä syystä niiden suunnittelun ja asennuksen tulee noudattaa sähköturvallisuuslakia. Sähköturvallisuuslaki 1135/2016 toimii perussäädöksenä, joka koskee sähkötöiden tekemistä, asennuksia, sähkölaitteita- ja laitteistoja. Laki on laadittu varmistamaan sähkölaitteen- ja laitteiston turvallisuus käyttäjälle ja sen sähkömagneettinen yhteensopivuus. Standardeja noudattamalla laitteistot ja asennukset täyttävät sähköturvallisuus laissa määritellyt olennaiset turvallisuusvaatimukset. (Finlex, 1135/2016 Sähköturvallisuuslaki, 2016)

Sähkölaitteita- ja laitteistoja, jota laki koskee, on määritelty sähköturvallisuuslain 2 § 1 momentissa. Tällaisia sähkölaitteita- tai laitteistoja ovat sähkön tuottamisessa, siirrossa ja jakelussa käytetyt laitteet, jotka voivat aiheuttaa vahingon vaaraa. Lisäksi lakia sovelletaan sähkölaitteisiin- ja laitteistoihin, joilla on sähkömagneettisia ominaisuuksia, jotka voivat aiheuttaa häiriötä. (Finlex, 1135/2016 Sähköturvallisuuslaki, 2016)

Sähköturvallisuuslain 6 § 1:ssä on määritetty sähkölaitteita- ja laitteistoja koskevat yleiset vaatimukset. Sähkölaitteiden- ja laitteistojen on täytettävä sähköturvallisuuslain vaatimat määräykset niin, että niistä ei aiheudu hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa. Lisäksi niiden toiminta ei saa häiriintyä sähköisistä tai sähkömagneettisista tekijöistä, eikä ne saa aiheuttaa sähkömagneettisesti kohtuutonta häiriötä. Nämä tekijät on otettava huomioon suunniteltaessa, rakennettaessa, valmistettaessa ja korjattaessa sähkölaitteita- ja laitteistoja. (Finlex, 1135/2016 Sähköturvallisuuslaki, 2016)

Sähköturvallisuuslain 1135/2016 luku 2 ja sen momenteissa 9–28 § on määritetty vaatimukset koskien sähkölaitteita. Tällaisia sähkölaitteita ovat laitteet, jotka toimivat nimellisjännitealueella 50–1000 V vaihtosähköä, tai vaihtoehtoisesti 75–1500 V tasasähköä. Jännitealueiden lisäksi 9–28 §:ää sovelletaan sähkölaitteisiin, joiden fyysiset ominaisuudet voivat aiheuttaa tai lisätä sähkömagneettisia päästöjä ylittäen tason, jolla on vaikutusta radio- ja televiestintälaitteiden toimintaan. Sähkömagneettisia päästöjä lisäävien laitteistojen lisäksi 9–28 §:ää sovelletaan myös laitteistoihin, joiden toiminta voi heikentyä kohtuuttomasti niiden altistuessa tavanomaisesti esiintyville sähkömagneettisille häiriöille. (Finlex, 1135/2016 Sähköturvallisuuslaki, 2016)

### 3 KESKUKSIEN TEKNINEN MITOITUS

Sähkökeskusten mitoituksessa puhutaan niiden nimellis- tai mitoitusvirrasta  $I_n$ . Nimellisvirta  $I_n$  on kokonaisvirta, joka keskuksen pääpiirien on kyettävä siirtämään siten, että yksittäisten osien lämpötilan nousu ei ylitä standardissa SFS-EN 61439-1 annettuja raja-arvoja. Näin ollen nimellisvirta on suurin sallittu kuormitusvirta, joka voidaan siirtää keskuksen avulla. (Sähköinfo Oy, 2021)

Pääkeskusten nimellisvirta määritetään kiinteistön huipputeholaskelman avulla. Kiinteistön huipputeho tarkoittaa suurinta mahdollista sähkötehon tarvetta, jota kiinteistö voi vaatia tietyissä olosuhteissa. Tämä voi esimerkiksi tapahtua, kun kiinteistön sähkölaitteet ovat käynnissä samaan aikaan, kuten ilmastointilaitteet, valot hissit ja muut sähkölaitteet. Tässä huomioon ottaen kuitenkin laitteistot, jotka eivät ole käytössä samanaikaisesti, kuten lämmitys ja jäähditys. Huipputehon määrittäminen voidaan suunnittelun alussa toteuttaa useammalla menetelmällä, kuten hyödyntäen muiden kohteiden mittaustietoja, käyttäen lineaarisia laskentamalleja, sekä saneerauskohteissa käyttäen kiinteistön omia mittaustietoja. (Sähköinfo Oy, 2021)

Suunnittelun edetessä aiemmin tehdyt huipputeholaskelmat kannattaa kuitenkin tarkastaa, kun lopulliset laitetiedot ja tilaratkaisut ovat tiedossa. Kiinteistön huipputeho on myös tärkeä tieto sähköyhtiölle, jotta ne voivat mitoittaa sähköverkon kapasiteetin oikein ja varmistaa, että sähköä riittää kaikille asiakkaille. (Sähköinfo Oy, 2021)

#### 3.1 Huipputehon laskeminen asuinrakennuksissa

ST kortistossa 13.31 on annettu kaavoja, joilla voidaan laskea alustava arvio asuinrakennuksen huipputehosta. Kaavat perustuvat kokemukseräiseen laskentamalliin, jotka on laadittu sähkölaitosyhdistyksen kuormitusmittausten pohjalta. (Sähköinfo Oy, 2021)

Rivi- ja kerrostalojen huipputeho ilman huoneistokohtaisia kiukaita voidaan laskea seuraavalla kaavalla

$$P_{max} = \frac{P_{vk} + 17 * A_{ka}}{1000} \quad (1)$$

missä  $P_{max}$  on huipputeho,  $A_{ka}$  on kerrosala ja  $P_{vk}$  on vakio. Vakion  $P_{vk}$  suuruus riippuu kohteen kerrosalasta  $A_{ka}$  ja asuntojen määrästä. Mikäli asuntoja on 15 tai enemmän, tai kerrosalan  $A_{ka}$  ollessa suurempi kuin  $2500 \text{ m}^2$  käytetään vakion  $P_{vk}$  arvona 65 kW. Muussa tapauksessa vakio  $P_{vk}$  arvo korvataan arvolla  $P_{vkk}$ , voidaan laskea kaavalla

$$P_{vkk} = \frac{A_{ka}}{2500 * P_{vk}} \quad (2)$$

missä  $P_{vkk}$  on vakion  $P_{vk}$  korvaava arvo, jonka tulee kuitenkin olla vähintään 30 kW. (Sähköinfo Oy, 2021)

Mikäli kohteessa on huoneistokohtaiset kiukaat, voidaan kohteen huipputeho laskea kaavalla

$$P_{max} = \frac{P_{vk} + 24 * A_{ka}}{1000} \quad (3)$$

Pieniksi rivitaloiksi luetaan talot, joissa on enintään 15 asuntoa. Pienten rivitalojen huipputehon laskentaan vaikuttaa lämmitetyn pinta-alan lisäksi käyttöveden lämmitysajankohta, huoneiston lämmitysmuoto ja onko huoneistossa sähkökiuas. Pienen rivitalon, jossa on sähkökiuas ja sen lämmitysmuotona on jokin muu kuin sähkölämmitys huipputeho voidaan laskea kaavalla

$$P_{max} = \frac{30 + 26 * A_{lp}}{1000} \quad (4)$$

missä  $A_{lp}$  on lämmitetty pinta-ala. Pienen rivitalon huipputeho tilanteessa, jossa lämmitysmuotona on suora sähkölämmitys, huoneistoissa on kiukaat ja käyttöveden lämmitys tapahtuu jatkuvasti tai yöllä voidaan laskea kaavalla

$$P_{max} = \frac{30 + 64 * A_{lp}}{1000} \quad (5)$$

Mikäli huoneistoissa ei ole kiukaita, lämmitysmuotona on suora sähkölämmitys ja käyttövedenlämmitys tapahtuu yöllä, saadaan pienen rivitalon huipputeho laskettua kaavalla

$$P_{max} = \frac{30 + 49 * A_{lp}}{1000} \quad (6)$$

.(Sähköinfo Oy, 2021)

### 3.2 Paikoitusalueiden huipputeho

Eryteisesti sähköautojen lisääntyessä tulee myös paikoitusalueen tehontarve ottaa huomioon, kun lasketaan kiinteistön huipputehoa. Sähköautojen latauksen vaatimaa tehontarvetta laskiessa kannattaa ottaa huomioon mahdollisesti käytettävissä oleva älykäs sähköajoneuvojen latausjärjestelmä. Tällaisessa tapauksessa on mahdollista jättää latausjärjestelmän vaikutus huomioimatta kokonaan, erityisesti kun kyseessä on asuinkohteet, joissa latausajat ovat pitkiä. (Sähköinfo Oy, 2021) Laissa 733/2020, rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä ja latauspistevalmiuksilla sekä automaatio- ja ohjausjärjestelmillä, on määritelty vähimmäisvaatimukset koskien sähköautonlatausta (Finlex, 733/2020 Laki rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä ja latauspistevalmiuksilla sekä automaatio- ja ohjausjärjestelmillä, 2020).

Paikoitusalueiden huipputeho tilanteessa, jossa autopaikeille varataan lämmitysmahdollisuus, voidaan laskea kaavalla

$$P_l = 10 \text{ kW} + 0,5 \text{ kW} * n_p \quad (7)$$

missä  $P_l$  on lämmitysmahdollisuudessa varattujen autopaikkojen huipputeho ja  $n_p$  on lämmitettyjen autopaikkojen lukumäärä. Paikoitusalueet, jossa varaudutaan sähköajoneuvojen vähimmäislatausvarauksella, voidaan laskea kaavalla

$$P_{sv} = 10 \text{ kW} + P_H * n_p \quad (8)$$

missä  $P_H$  on latausjärjestelmän huipputeho, joka vaihtelee 1,0–3,0 kW/latauspiste välillä.  $P_H$  lopulliseen käytettävään arvoon vaikuttaa autopaikkojen lukumäärä, autojen energiantarve -20 °C lämpötilassa, lataustapahtumien ajoittuminen ja henkilöliikennetutkimuksen mukaiset ajosuoritteet. (Sähköinfo Oy, 2021)

Sähköajoneuvojen mahdollinen tehontarve latauksessa voidaan arvioida myös ottamalla huomioon haluttu ajosuorite latauskerralla suhteessa latauskerran aikaan. Tässä tapauksessa sähköajoneuvojen latauspaikkojen huipputeho voidaan laskea kaavalla

$$P_{lataus} = \frac{m * 0,20 \frac{\text{kWh}}{\text{km}} * n_p}{t} \quad (9)$$

missä  $P_{lataus}$  on latauspaikkojen huipputeho,  $m$  on haluttu ajosuorite latauskerralla ja  $t$  on latauskerran aika. (Sähköinfo Oy, 2021)

### 3.3 Huipputeho muissa rakennuksissa

Kohdassa 3.1 esitetyt kaavat soveltuvat erikokoisten asuinrakennusten huipputehon arviointiin, näillä kaavoilla ei kuitenkaan voida laskea arvioita esimerkiksi julkisten rakennusten vaatimaa tehontarvetta. Tämä johtuu eri käyttötarkoituksiin rakennettujen kiinteistöjen vaihtelevasta laitekannasta. Verratessa asuinkiinteistöä ja koulurakennusta, esimerkiksi koulurakennuksen valaistus ja LVI-laitteisto yleensä vaativat merkittävästi enemmän tehoa kuin asuinkiinteistössä. (Sähköinfo Oy, 2021)

Muissa kuin asuinrakennuksissa huipputeho lasketaan summaamalla eri sähkölaitteiden teho yhteen ja kertomalla saatu tulos laajennusvaralla. Tällöin huipputeho voitaisi laskea kaavalla

$$P_{max} = P_k * (P_{LVIA} + P_{valaistus} + P_{laitteet} + P_{auto} + P_{lämmitys} + P_{muut}) \quad (10)$$

missä  $P_{max}$  on huipputeho,  $P_k$  on varauskerroin, jolla varaudutaan mahdollisesti tiedossa oleviin sähkölaitteistojen laajennustarpeisiin.  $P_{LVIA}$  on LVIA-laitteiden yhteenlaskettu sähköteho,  $P_{valaistus}$  on valaistuksen yhteenlaskettu teho,  $P_{laitteet}$  on laiteluettelosta saatu laitteiden yhteenlaskettu teho,  $P_{auto}$ , on autopaikoitusalueen yhteen laskettu teho,  $P_{lämmitys}$  on sähkölämmityksien yhteen laskettu teho ja  $P_{muut}$  on muiden mahdollisesti suuren tehon omaavien laitteiden kuormitukset.

Tässä tulee kuitenkin ottaa huomioon ennen lukujen kaavaan sijoittamista, että eri laitteiden teho on kerrottu tasoituskertoimella. ST 13.31 kortistossa on esitetty tasoituskertoimet eri laitteistoille. Tasoituskerroin perustuu ajatukseen, että kaikkia laitteita ei käytetä samanaikaisesti, kuten esimerkiksi kiinteistön kaikki valot eivät ole päällä yhtä aikaa. (Sähköinfo Oy, 2021)

## 4 KESKUSRAKENTEET

Keskusvalmistajien valikoimista löytyy useita erilaisia keskusrakenteita eri käyttötarkoituksiin. Keskusrakenteen määrittää pitkälti asennuspaikan sijainti ja keskuksen nimellisvirta. Pääasiassa pienjännitekeskukset jakautuvat kolmeen kategoriaan, jotka ovat kehikko, kotelo ja kennokeskukset.

### 4.1 Kehikkokeskus

Kehikkokeskukset ovat kevyempirakenteisia kuivien tilojen keskuksia, joita käytetään tyypillisesti kiinteistöjen jakokeskuksina. Kehikkokeskusten kotelointiluokka vaihtelee välillä IP 20-31. Kehikkokeskusten rakenne on kosketussuojattu ja käyttötoimenpiteitä vaativat komponentit, kuten esimerkiksi johdonsuojakatkaisijat on sijoitettu kansien läpi, jolloin ne ovat käytettävissä kansia avaamatta. Kehikkokeskusten kannet on mahdollista varustella saranoilla tai ilman, kiinnitysmuotona ruuvi tai salpa. Nimellisvirraltaan kehikkokeskuksia valmistetaan 1000 A:iin saakka ja ne voidaan kiinnittää joko seinään, tai vaihtoehtoisesti jättää lattialle seisoviksi, yläpäästä tukien.

Kuvassa 1 on esitetty Norelco Oy:n valmistama kehikkokeskus, jonka tuotenimi on NorLine 800 ja rakennimenimi NKC. Kuvasta 1 nähdään hyvin, kuinka käyttötoimenpiteitä vaativat komponentit on sijoitettu kansien läpi, kyseessä on lattialle seisovaksi asennettava malli, joka tulee tukea myös keskuksen yläpäästä seinään kiinnittäen.



Kuva 1. Esimerkki kehikkokeskuksesta (Norelco Oy, 2022)

## 4.2 Kotelokeskus

Kotelokeskukset ovat kennokeskuksia kevyempirakenteisia kosteiden tilojen keskuksia, joita käytetään tyypillisesti tilanteissa, joissa vaaditaan korkeampaa IP-luokitusta. Kotelokeskusten kotelointiluokka vaihtelee välillä IP 34-55. Kotelokeskuksissa käyttötoimenpiteitä vaativat komponentit, kuten esimerkiksi johdonsuojakatkaisijat on sijoitettu kansien alle omiin koteloihin, jotka ovat kansia avatessa kosketussuojattuja. Kotelokeskusten kaikki kannet ovat saranoituja ja kiinnitysmuotona on salpa. Nimellisvirraltaan kotelokeskuksia valmistetaan 1000 A:iin saakka ja niiden kiinnitysmuotona on tyypillisesti seinäkiinnitys.

Kuvassa 2 on esitetty Norelco Oy:n valmistama kotelokeskus, jonka tuotenimi on NorPower 1250 ja rakenn nimi EHR. Kuvia 1 ja 2 vertaillen huomataan, kuinka kotelokeskuksessa käyttötoimenpiteitä vaativat komponentit, kuten esimerkiksi johdonsuojakatkaisijat on sijoitettu kansien alle omiin koteloihin, eivätkä ne tule kannen läpi, kuten kuvan 2 esitettyssä kehikkokeskuksessa.



Kuva 2. Esimerkki kotelokeskuksesta (Norelco Oy, 2022)

### 4.3 Kennokeskus

Kennokeskukset ovat kehikko- ja kotelokeskuksia raskaampia rakenteeltaan ja niitä käytetään tyypillisesti kiinteistöjen nousu- ja pääkeskuksina. kennokeskusten kotelointiluokka vaihtelee välillä IP 20-55, joten ne soveltuvat hyvin niin kuiviin, kuin kosteisiin tiloihin. Kennokeskuksissa käyttötoimenpiteitä vaativat komponentit, kuten esimerkiksi johdonsuojakatkaisijat on mahdollista sijoittaa IP-luokasta riippuen kansien läpi, tai vaihtoehtoisesti kansien alle omiin kosketussuojattuihin koteloihin. Kennokeskusten kaikki kannot ovat saranoituja ja kiinnitysmuotona on salpa. Nimellisvirraltaan kennokeskuksia valmistetaan aina 5000 A:iin saakka. Kennokeskukset asennetaan lattialle vapaasti seisoviksi niiden painon takia.

Kuvassa 3 on esitetty Norelco Oy:n valmistama kennokeskus, jonka tuotenimi on NorPower 5000 ja rakenn nimi EHKE.



Kuva 3. Esimerkki kennokeskuksesta (Norelco Oy, 2022)

## 5 DOKUMENTIT

Pääkaavio, tai vaihtoehtoisesti toisella nimityksellä tunnettu keskuskaavio on kaavio, jossa on esitetty keskuksen eri komponentit, niiden väliset yhteydet ja järjestelmän toiminta selkeällä ja yksinkertaisella tavalla. Pääkaaviossa on myös esitetty oleellisemmat tiedot sähkökeskuksesta ja siihen liittyvistä vaatimuksista. Pääkaavio on tärkeä dokumentti, joka auttaa ymmärtämään sähköjärjestelmän toimintaa ja suunnittelemaan sen komponentit oikein.

Pääkaavion lisäksi sähkökeskuksen dokumentteihin kuuluu myös piirikaaviot. Piirikaavio on kaavio, jossa kuvataan komponenttien liitännöiden sijoittelua ja niiden välisiä kytkentöjä. Piirikaavio muodostuu symboleista, kuten pääkaavio, mutta piirikaaviossa eri komponenttien väliset yhteydet ja toiminta on esitetty yksityiskohtaisemmin.

### 5.1 Pääkaavio

Pääkaavion laadinnassa käytetään erilaisia symboleja ja merkintöjä, jotka kertovat mitä eri komponentit ovat ja miten ne on kytketty toisiinsa. Esimerkiksi kuormakytkintä merkitään erilaisella symbolilla kuin johdonsuojakatkaisijaa tai kontaktoria. Lisäksi kaikki keskuksessa olevat komponentit on nimikoitu eri merkinnöin, joka auttaa ymmärtämään minkälaisia komponentteja keskus sisältää.

Pääkaavion laatimisessa ja esitystavoissa on eroja riippuen suunnittelutoimistosta, mutta pääperiaate on sama kaikissa. Kuvassa 4 on esimerkki pääkaaviosta, josta on nähtävillä mitä komponentteja kyseinen keskus sisältää, komponenttien numeroinnit, johdonsuojakatkaisijoiden laukaisukäyrät, kaapelointitiedot, syötettävän laitteen teho ja mahdollinen muutosrevisio. Kuvan 4 esimerkki pääkaaviossa on nähtävillä jakokeskuksissa tyypillisesti esiintyviä komponentteja, kuten yksi- ja kolmevaiheisia johdonsuojakatkaisijoita, vikavirtasuojia, yhdistelmäsuojia, kontaktoreita, merkkilamppuja ja ohjauskytkimiä.

Kuvassa 4 esitetyn pääkaavion alareunassa on tila, johon kirjataan projektikohtaiset tiedot, suunnittelijatoimiston logo, suunnittelija, tarkastaja, sekä muutosrevisio ja sen päivämäärä. Nämä tiedot täytetään keskuskohtaisesti.



	Nro	Nimitys	Teho kW	Suoja A / A	Kaapeli	Rev											
		Nousujohto PK:ta			AMCMK 4x95/29												
	1	Ohjaus		C10													
	2	Vara		C16													
	3	Vara		C16													
	4	Vara		C16													
	5	K-0-A kytkin		C16													
	6	K-0-A kytkin		C16													
	7	K-0-A kytkin		C16													
	8	Pistorasiat		C16	MMJ 3x2,5 S												
	9	Pistorasiat		C16	MMJ 3x2,5 S												
	10	Valaistus		C10	MMJ 3x1,5 S												
	11	Valaistus		C10	MMJ 3x1,5 S												
	12	Valaistus		C10	MMJ 3x1,5 S												
	13	Vara		C16													
14	Vara		C16														
MUUTOS			SISÄLTÖ														
				<table border="1"> <tr> <td>SIJAINN.</td> <td>PIIRIT.</td> <td>LEHTI</td> <td>KESKUS</td> </tr> <tr> <td>PR8</td> <td>PR8</td> <td>2 / 2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>TARK.</td> <td>HYV.</td> <td>PIIR.NO</td> <td></td> </tr> </table>	SIJAINN.	PIIRIT.	LEHTI	KESKUS	PR8	PR8	2 / 2		TARK.	HYV.	PIIR.NO		
SIJAINN.	PIIRIT.	LEHTI	KESKUS														
PR8	PR8	2 / 2															
TARK.	HYV.	PIIR.NO															

Kuva 4. Pääkaavio

## 5.2 Pääkaavion etulehti

Pääkaavion etulehdellä sähkösuunnittelija määrittää keskukselle lähtötiedot ja vaatimukset. Näitä vaatimuksia ja lähtötietoja ovat mm. merkintätavat, oikosulkukestoisuusvaatimukset, komponentteihin liittyvät vaatimukset, nimellisvirta ja keskusrakenteeseen liittyvät tiedot. Edellä mainittujen tietojen ja pääkaavion perusteella kojeistovalmistajayrityksen edustama kojeistosuunnittelija suunnittelee keskuksen.

Kuvassa 5 on nähtävillä esimerkki pääkaavion etulehdestä, jota tarkastellessa voidaan havaita mitä lähtötietoja se sisältää. Kuvassa 5 esitetyn pääkaavion etulehden alareunassa on tila, johon kirjataan projektikohtaiset tiedot, suunnittelutoimiston logo, suunnittelija, tarkastaja, sekä muutosrevisio ja sen päivämäärä kuten pääkaavion muilla sivuilla.

Pääkaavion etulehden ulkoasu voi vaihdella suunnittelutoimistosta ja suunnitteluohjelmistosta riippuen.



### 5.2.1 Osio A Sähköteknilliset tiedot

Pääkaavion etulehdellä osiossa A sähkösuunnittelija määrittelee nimensä mukaisesti keskuksen sähköteknilliset tiedot. Keskuksen sähköteknilliset tiedot ovat tärkeässä asemassa, kun mitoitetaan sähkökeskusta, sekä sen oikosulkukestoisuutta. Mitoituksessa tarvittavan nimellisvirran  $I_N$  ja keskuksen oikosulkukestoisuuden määrittelevien termisen oikosulkuvirran  $I_{CW}$  ja dynaamisen oikosulkuvirran  $I_{pk}$  lisäksi pääkaavion etulehden osiossa A on esitetty nimellisjännite  $U_e$ , poikkeava tasoituskerroin, jakelujärjestelmä, teho, kiskoston tiedot, sekä ohjaus- ja apujännitteisiin liittyvät vaatimukset.

### 5.2.2 Osio B Kotelointi- ja asennustiedot

Pääkaavion etulehden osiossa B on esitetty vaatimukset koskien sähkökeskuksen fyysisiä ominaisuuksia. Näitä ominaisuuksia ovat mm. keskuksen IP-luokka, asennustapa, pintakäsittely, kaapelikui-lujen lukumäärä ja normaaleja käyttötoimenpiteitä suorittava taho. Edellä mainittujen ominaisuuksien lisäksi osiossa B esitetään myös keskuksen sijoituspaikkaan liittyvät tiedot, joita ovat keskuksen maksimikoko ja ympäristön lämpötila.

### 5.2.3 Osio C Hyväksyttäminen ja merkinnät

Pääkaavion etulehden osassa C sähkösuunnittelija määrittelee keskuksen hyväksyttämiseen ja merkintöihin liittyvät vaatimukset. Merkinnöillä tarkoitetaan tässä tapauksessa kojeiden, johtimien, kenttien, lähtöjen ja liittimien merkintöjä. Merkintälajin lisäksi on määriteltä kilpien materiaali.

Kun tarkastellaan kuvaa 5 huomataan, että osan C kohdissa 2, 4, 6 ja 7 on mahdollisuus, että merkinnät toteutetaan erillisen ohjeen mukaan. Mikäli merkinnöille on asetettu vaatimus toteuttaa erillisen ohjeen mukaan, löytyy tarkemmat määritelmät koskien merkintöjä esimerkiksi sähkötyöselostuksesta.

### 5.2.4 Osio D Kalustus- ja kaapelointitiedot

Pääkaavion etulehden osiosta D löytyy komponenttien kalustukseen- ja kaapelointitietoihin liittyvät määritelmät. Kohdissa 1–6 on esitetty vaatimukset koskien kalustusta ja mittarointia. Kohdissa 7–11 on määriteltä lähtötiedot kaapeloinnille, kuten syöttökaapelille- tai kiskolle ja sen tulosuunnalle, muiden keskukselta lähtevien kaapeleiden lähtösuunnalle, sekä kaapeleiden liittämiseksi.

## 6 OIKOSULKUVIRRAT

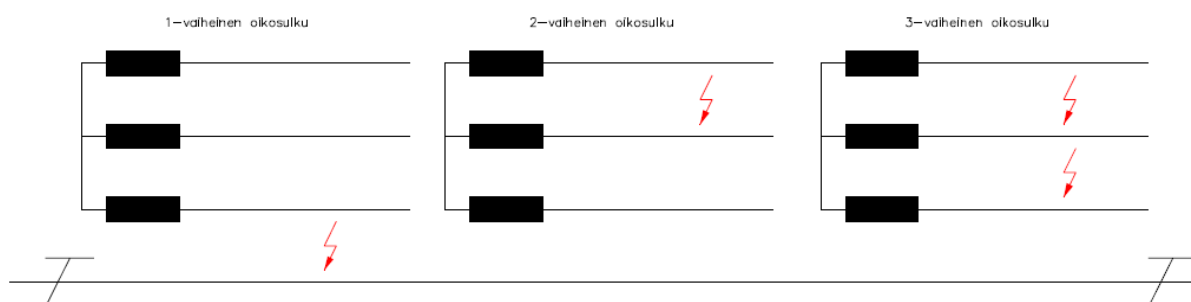
Oikosululla tarkoitetaan yleensä ei haluttua tilannetta, jossa sähköpiirin kahden eri potentiaalipisteen välille syntyy yhteys. Oikosulun syynä voi olla useita tekijöitä, kuten vaurioituneet johtimet, virheelliset asennukset tai komponenttiin ilmennyt vika. Sähkökeskuksista puhuttaessa oikosulku voi muodostua keskusta syöttävässä kaapelissa tai keskuksen sisäisissä komponenteissa tai johdoissa.

Oikosulun syntyessä piirin läpikulkeva virta kasvaa merkittävästi, johtuen kiskojen ja johtimien joutumisesta käytännössä vastuksettomaan kontaktiin keskenään. Oikosulusta muodostuva oikosulkuvirta johtaa piirin ylikuormittumiseen, joka puolestaan aiheuttaa lämpenemistä ja mekaanisia rasituksia piirin johtimille, komponenteille ja niiden ympäristölle. Tästä syystä sähköjärjestelmät on ensisijaisen tärkeää suojata tilanteeseen sopivalla suojalaitteella, kuten esimerkiksi sulakkeella tai katkaisijalla. Oikosulkuvirran suuruus riippuu verkon rakenteesta, jossa vaikuttavia tekijöitä ovat mm. jakelu- ja maununtaja, sekä kaapelien paksuus ja pituus. (ABB TTT-Käsikirja 2000-07, 2000)

Sähkökeskus tulee suunnitella ja toteuttaa niin, että se kestää oikosulun ilmetessä siihen kohdistuvat termiset ja dynaamiset rasitukset niiden mitoitusarvojen puitteissa. Tässä voidaan kuitenkin ottaa huomioon oikosulkuvirtaa rajoittavat tekijät, kuten esimerkiksi sulakkeet. (Suomen Standardoimisliitto SFS ry, 2020)

### 6.1 Oikosulkutilanteet

Oikosulkutapauksia voi olla kolmenlaisia, riippuen siitä millainen oikosulkutilanne on kyseessä. Kolmi-vaihejärjestelmässä on mahdollista, että oikosulku tapahtuu kolmen- tai kahden vaihejohtimen välillä. Näitä tapauksia kutsutaan kolmi- tai kaksivaiheiseksi oikosuluksi. Yksivaiheinen oikosulku muodostuu, kun vaihejohdin yhdistyy nolla- tai maajohtimen kanssa, tätä tilannetta voidaan kutsua myös nimellä maasulku. Kuvassa 6 on esitetty eri oikosulkutilanteet, vasemmalta lukien yksi-, kaksi- ja kolmevaiheinen oikosulkutilanne.



Kuva 6. Oikosulkutilanteet

Kiinteistöjen sähkösuunnittelussa on ensisijaisen tärkeää tietää sähköverkon oikosulkuvirrat eri pisteissä, jotta sähköverkkoon liitetyt laitteistot ja kaapelit voidaan mitoittaa oikein. Sillä myös oikosulkuvirtojen perusteella oikein mitoitettut laitteistot ja kaapelit ovat turvallisen ja toimivan järjestelmän perusta.

Vikasuojauksen ja järjestelmään liitettävien laitteiden mitoituksessa ja määrittelyssä tulee sähkösuunnittelijalla olla tiedossa kolmi- ja yksivaiheinen oikosulkuvirta järjestelmän eri pisteissä. Jotta oikosulkuvirta laskelmat voidaan tehdä, tulee sähkösuunnittelijan tietää kiinteistöön liitettävän sähkönsyötön perustiedot. Nämä perustiedot saadaan yleensä jakeluverkon haltijalta, joka ilmoittaa kolmi- ja yksivaiheisen oikosulkuvirran arvot liittymäpisteessä. Laskelmien tekemisessä käytetään yleensä siihen tarkoitettuja ohjelmia, sillä perinteisesti käsin laskemalla tämä voi osoittautua työlääksi ja aikaa vieväksi.

Oiva tapa oikosulkuvirtojen laskentaan on käyttää Theveninin menetelmää, jossa oikosululle tehdään yksinkertainen sijaiskytkentämalli. Tässä tapauksessa sijaiskytkentämallilla tarkoitetaan tilannetta, jossa piirin komponentit korvataan oikosulkuimpedansseilla ja vikapaikkaan sijoitetaan ekvivalenttinen jännitelähde. Theveninin menetelmää käyttäen oikosulkuvirta lasketaan kaavalla

$$I_k'' = \frac{c * U_n}{\sqrt{3} \sqrt{R_k + X_k}} = \frac{c * U_n}{\sqrt{3} Z_k} \quad (11)$$

missä  $U_n$  on syöttävän verkon jännite,  $R_k$  on resistanssi verkossa,  $X_k$  on reaktanssi verossa,  $Z_k$  on impedanssi vikapaikasta katsottuna ja  $c$  on IEC 60909 standardin mukainen jännitekerroin 1,05, kun lasketaan maksimioikosulkuvirtaa nimellisjännitteellä 230 V/400 V. Minimioikosulkuvirtaa laskettaessa käytetään arvoa 0,95, nimellisjännitteen ollessa 230 V/400 V. Jännitekertoimen merkitys laskutoimituksessa on ottaa huomioon jännitteen alenema oikosulkutapauksessa. Minimi- ja maksimioikosulkuvirrat eri oikosulkutilanteissa voidaan laskea kaavoja 12–14 hyödyntäen, muuttaen ainoastaan jännitekerroimen  $c$  arvoa. (ABB TTT-Käsikirja 2000-07, 2000)

Oikosulkuvirtojen suuruus riippuu verkon impedanssien suhteesta, mutta yleensä oikosulkuvirta on suurin kolmivaiheisessa oikosulussa. Koska kolmivaiheinen oikosulkuvirta muodostaa suurimman vikavirran, se on näin ollen epäedullisin tilanne oikosulkutilanteista ja tästä syystä sitä käytetään yleensä mitoitusperustana. Mitoitusperustana käytettävästä kolmivaiheisen oikosulkuvirran tehollisarvosta voidaan käyttää myös nimitystä prospektiivinen oikosulkuvirta  $I_{cp}$ . (Ensto, 2008)

Kolmivaiheisessa oikosulussa kaikki vaiheet ovat kytkeytyneenä toisiinsa kuvassa 6 esitetyllä tavalla. Kolmivaiheinen oikosulku on yleensä symmetrinen ja sen oikosulkuimpedanssi näin ollen muodostuu myötäimpedansseista. Kolmivaiheinen oikosulkuvirta voidaan laskea hyödyntäen Theveninin yhtälöä, kaavalla

$$I_{k3} = \frac{c * U_n}{\sqrt{3} Z_1} \quad (12)$$

missä  $I_{k3}$  on kolmivaiheinen oikosulkuvirta,  $U_n$  on pääjännite,  $Z_1$  on myötäkomponenttiverkon impedanssi ja  $c$  on IEC 60909 standardin mukainen jännitekerroin 1,05, kun lasketaan maksimioikosulkuvirtaa nimellisjännitteellä 230 V/400 V. Minimioikosulkuvirtaa laskettaessa käytetään arvoa 0,95, nimellisjännitteen ollessa 230 V/400 V. (ABB TTT-Käsikirja 2000-07, 2000)

Kaksivaiheisessa oikosulussa kaksi vaihetta kytkeytyy yhteen kuvassa 6 esitetyllä tavalla. Toisin kuin kolmivaiheinen oikosulku, kaksivaiheinen oikosulku on epäsymmetrinen ja tällöin vasta- ja myötäim-pedanssit ovat erisuuruiset. Vasta- ja myötäim-pedanssien ollessa erisuuruiset kaksivaiheinen oiko-sulkuvirta kahden vaiheen välillä ilman maakosketusta lasketaan kaavalla

$$I_{k2} = \frac{c * U_n}{|Z_1 + Z_2|} \quad (13)$$

missä  $I_{k2}$  on kaksivaiheinen oikosulkuvirta,  $U_n$  on pääjännite,  $Z_1$  on myötäkomponenttiverkon impe-danssi,  $Z_2$  on vastakomponenttiverkon impedanssi ja  $c$  on IEC 60909 standardin mukainen jännite-kerroin 1,05, kun lasketaan maksimioikosulkuvirtaa nimellisjännitteellä 230 V/400 V. Minimioikosul-kuvirtaa laskettaessa käytetään arvoa 0,95, nimellisjännitteen ollessa 230 V/400 V. (ABB TTT-Käsikirja 2000-07, 2000)

Yksivaiheista oikosulkuvirtaa laskettaessa tulee ottaa vasta- ja myötäim-pedanssien lisäksi huomioon myös nollaimpedanssien vaikutus. Yksivaiheista minimioikosulkuvirran arvoa tarvitaan tarkastellessa esimerkiksi automaattisen poiskytkennän toteutumista. Yksivaiheisessa oikosulkutilanteessa vaihe kytkeytyy maahan kuvassa 6 esitetyllä tavalla. Yksivaiheinen oikosulkuvirta voidaan laskea hyödyn-täen Theveninin yhtälöä, kaavalla

$$I_{k1} = \frac{\sqrt{3}c * U_n}{|Z_1 + Z_2 + Z_0|} \quad (14)$$

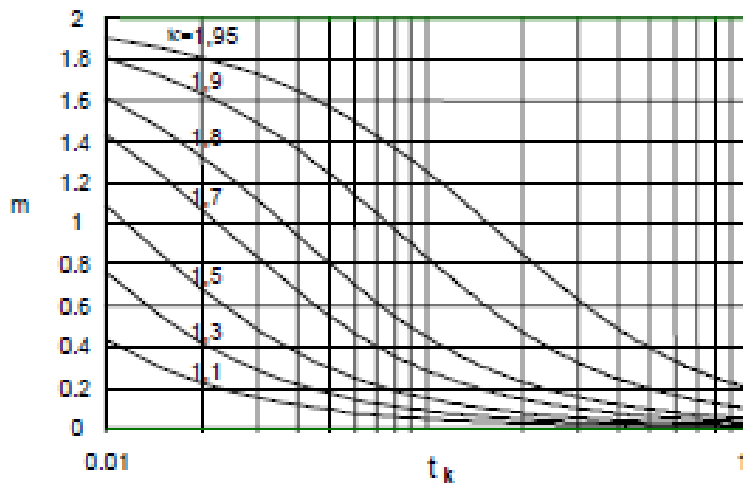
missä  $I_{k1}$  on yksivaiheinen oikosulkuvirta,  $U_n$  on pääjännite,  $Z_1$  on myötäkomponenttiverkon impe-danssi,  $Z_2$  on vastakomponenttiverkon impedanssi,  $Z_0$  on nollakomponenttiverkon impedanssi ja  $c$  on IEC 60909 standardin mukainen jännitekerroin 1,05, kun lasketaan maksimioikosulkuvirtaa nimel-lisjännitteellä 230 V/400 V. Minimioikosulkuvirtaa laskettaessa käytetään arvoa 0,95, nimellisjännit-teen ollessa 230 V/400 V. (ABB TTT-Käsikirja 2000-07, 2000)

## 6.2 Lyhytaikainen mitoituskestovirta

Lyhytaikainen mitoituskestovirta tai toiselta nimitykseltään terminen oikosulkuvirta, on oikosulkuvir-ran arvo, jolla kuvataan oikosulkuvirran aiheuttamaa tietyn ajan mittaista termistä rasitusta, joka määrittää oikosulkukestoisuusvaatimuksen komponenteille. Terminen oikosulkuvirta voidaan ilmoit-taa eri kesto ajoille, mutta yleisimpänä määritelmänä on 1 sekunnin arvo. Sähkökeskukset ja niiden komponentit tulee mitoittaa niin, että ne kestävät termisen oikosulkuvirran aiheuttamat termiset ra-sitteet, kuten lämpötilan nousun oikosulkutilanteessa. Mikäli pääkaavion etulehdellä ei ole ilmoitettu sähkökeskuksen termisen oikosulkuvirran kestoisuusvaatimusta, keskuksen tulee siitä huolimatta täyttää sille asetetut vähimmäisvaatimukset. Vähimmäisvaatimukset sähkökeskusten oikosulkukes-toisuuksille on esitetty mm. SFS-käsikirjassa 640 ja ST kortissa 70.21, joka pitää sisällään sähkökes-kuksia koskevat vaatimukset ja toimitusohjeet (Sähköinfo Oy, 2022). Terminen oikosulkuvirta 1 se-kunnin ajalle voidaan laskea kaavalla

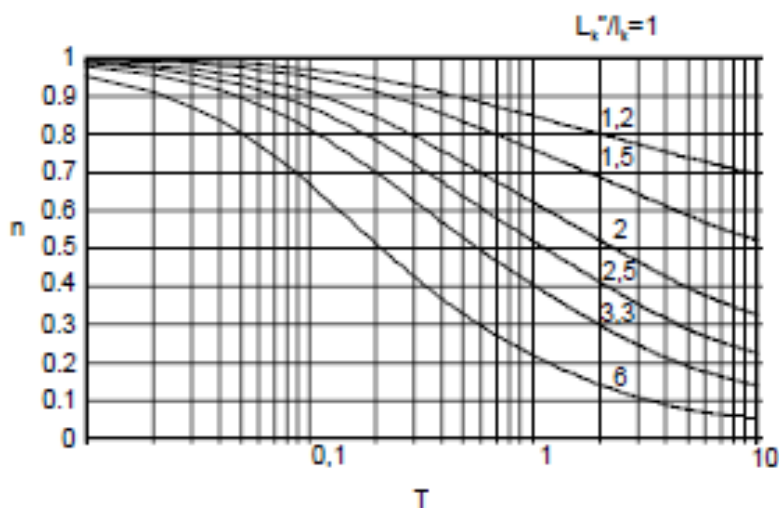
$$I_{cw1s} = I_k'' * \sqrt{m + n} \quad (15)$$

missä  $I_{cw1s}$  on terminen oikosulkuvirta 1 sekunnin aikana,  $I_k''$  on alkuoikosulkuvirta,  $m$  on tasavirtatekijä ja  $n$  on vaihtovirtatekijä. Kuvassa 7 on esitetty kuvaaja, josta voidaan määrittää tasavirtatekijän  $m$  arvo, tämä arvo riippuu vian sysäyskertoimesta ja kestoajasta (ABB TTT-Käsikirja 2000-07, 2000).



Kuva 7. Tasavirtatekijän arvon  $m$  määrittävä kuvaaja (ABB TTT-Käsikirja 2000-07, 2000)

Kuvassa 8 on esitetty kuvaaja, josta voidaan määrittää vaihtovirtatekijän  $n$  arvo, joka määritetään oikosulkuvirran alkuarvon ja pysyvän arvon suhteesta. Mikäli lasketaan pienjänniteverkon oikosulkuvirtoja, tasa- ja vaihtovirtatekijöiden summaksi voidaan määrittää 1. (Ensto, 2009)



Kuva 8. Vaihtovirtatekijän  $n$  määrittävä kuvaaja (ABB TTT-Käsikirja 2000-07, 2000)

Terminen oikosulkuvirta voidaan laskea myös pienemmille ajoille kuin 1 sekunti. Pienentäessä kesto-aikaa, komponenttien oikosulkukestoisuusvaatimus pienenee. Terminen oikosulkukestoisuus muille kuin 1 sekunnin ajalle voidaan laskea kaavalla



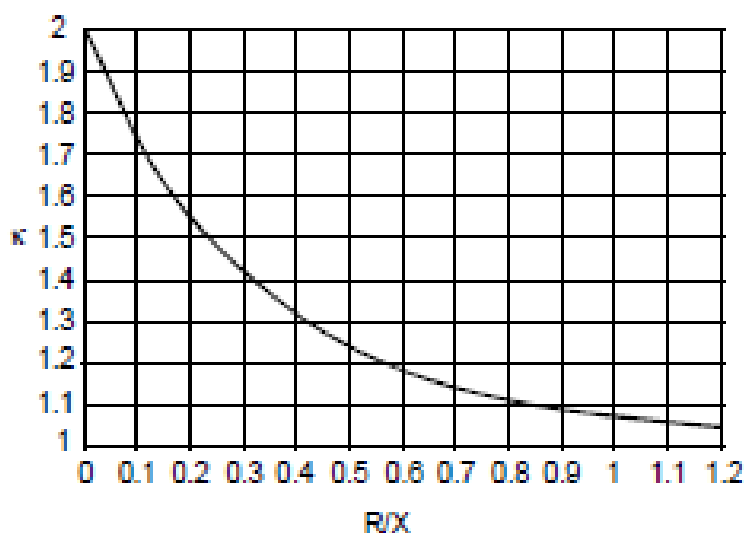
$$I_{cwxs} = I_{cw1s} * \sqrt{I_{tk}} \quad (16)$$

missä  $I_{cwxs}$  on terminen oikosulkuvirta halutulle ajalle,  $I_{cw1s}$  on yhden sekunnin terminen oikosulkuvirta ja  $I_{tk}$  on vian kesto aika. (Ensto, 2009)

### 6.3 Sysäsoikosulkuvirta

Sysäsoikosulkuvirta tunnetaan myös nimityksellä dynaaminen oikosulkuvirta. Dynaamisella oikosulkuvirralla tarkoitetaan suurinta oikosulkuvirran hetkellisarvoa. Sähkökeskusten mitoituksessa sysäsoikosulkuvirralla kuvataan sähkökeskusten dynaamista oikosulkukestoisuutta. Dynaaminen oikosulkuvirta altistaa esimerkiksi sähkökeskuksen laitteet ja kiskotot mekaanisille voimille. (Suomen Standardoimisliitto SFS ry, 2020)

Dynaamista oikosulkuvirtaa laskettaessa tulee tiedossa olla sysäyskerroin. Kuvassa 9 on esitetty kuvaaja, josta nähdään sysäyskerroimen arvo, joka riippuu oikosulkuvirtapiirin resistanssin ja reaktanssin suhteesta.



Kuva 9. Sysäyskerroimen arvon  $k$  määrittävä kuvaaja (ABB TTT-Käsikirja 2000-07, 2000)

Kun tiedetään sysäyskerroimen arvo, voidaan dynaaminen oikosulkuvirta laskea kaavalla

$$I_{pk} = k * \sqrt{2} I_k'' \quad (17)$$

missä  $I_{pk}$  on dynaaminen oikosulkuvirta,  $k$  on sysäyskerroin ja  $I_k''$  on alkuoikosulkuvirta (ABB TTT-Käsikirja 2000-07, 2000). Dynaamisen oikosulkuvirran arvo voidaan laskea myös ilman sysäyskerrointa  $k$ . Standardissa SFS-EN 61439-1, joka koskee pienjännitesähkökeskusten yleisiä vaatimuksia, on esitetty vaihtoehtoinen tapa laskea dynaaminen oikosulkuvirtavaatimus sähkökeskukselle vaihtosähkösovelluksissa. Standardi ohjeistaa määrittelemään dynaamisen oikosulkuvirtavaatimuksen

kertomalla oikosulkuvirran tehollisarvo standardin määrittelemällä kertoimella  $n$ . Tässä tapauksessa dynaaminen oikosulkuvirta voidaan laskea kaavalla.

$$I_{pk} = I_k'' * n \quad (18)$$

missä  $I_{pk}$  on dynaaminen oikosulkuvirta,  $I_k''$  on alkuoikosulkuvirta ja  $n$  Standardissa SFS-EN 61439-1 määritelty tasasähkösovellusten huippukerroin. Mikäli dynaaminen oikosulkuvirta lasketaan huippukerrointa käyttäen, tulee valmistajan ja käyttäjän sopia huippukertoimen arvo. (Suomen Standardoimisliitto SFS ry, 2020)

Mikäli pääkaavion etulehdellä ei ole ilmoitettu sähkökeskuksen dynaamisen oikosulkuvirran kestoisuusvaatimusta, keskuksen tulee siitä huolimatta täyttää sille asetetut vähimmäisvaatimukset. Vähimmäisvaatimukset sähkökeskusten oikosulkukestoisuuksille on esitetty mm. SFS-käsikirjassa 640 ja ST kortissa 70.21, joka pitää sisällään sähkökeskuksia koskevat vaatimukset ja toimitusohjeet. (Sähköinfo Oy, 2022)

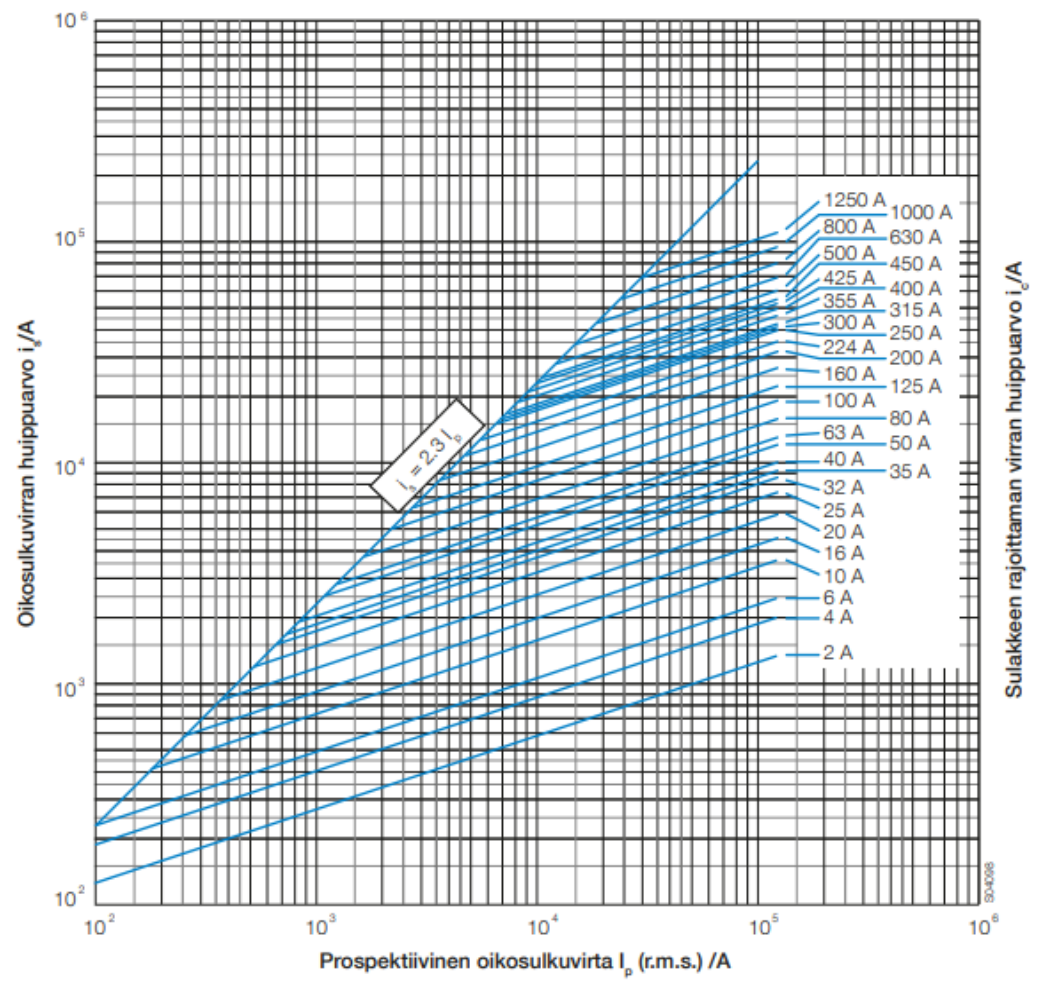
#### 6.4 Ehdollinen mitoitusoikosulkuvirta

Oikosulkuvirtaa on mahdollista rajoittaa eri menetelmillä, pienjänniteverkossa käyttäen esimerkiksi sulakkeita tai kompaktikatkaisijoita. Sulakkeen huippuvirranrajoitus perustuu sulakelangan sulamiseen ja kompaktikatkaisijan mm. sen nopeaan toiminta-aikaan. Sulakkeita käytetään yleisimmin oikosulku- ja ylivirtasuojina, johtuen niiden kustannustehokkuudesta ja helppokäyttöisyydestä.

Ehdollisella mitoitusoikosulkuvirralla tarkoitetaan suojalaitteella rajoitettua prospektiivista oikosulkuvirran tehollisarvoa, jonka sähkökeskus kestää suojalaitteen toimita-ajan verran (Suomen Standardoimisliitto SFS ry, 2020). Sähkökeskusten mitoitusperustana käytetään prospektiivista oikosulkuvirtaa, mutta joissain tapauksissa sähkökeskukset on järkevää mitoittaa kustannussyistä ehdollisen oikosulkuvirran mukaan. Mitoitus perustuu tässä tapauksessa sähkökeskusta suojaavan sulakkeen tai katkaisijan oikosulkuvirran rajoituksen perusteella. Kun sähkökeskuksen mitoitus tehdään ehdollisen oikosulkuvirran perusteella, voidaan mm. komponentit mitoittaa pienemmillä oikosulkukestoisuuksilla, jolloin keskuksen kokonaishintaa saadaan laskettua.

Kun puhutaan ehdollisesta mitoitusoikosulkuvirrasta, sulakkeen ollessa sähkökeskusta suojaava laite, käytetään merkintää  $I_{CF}$ . Kompaktikatkaisijan ollessa keskusta suojaava laite käytetään merkintää  $I_{CC}$ . Sulakkeen huippuvirran rajoitus voidaan määrittää sulakevalmistajien antamien käyrästöjen avulla. Kuvassa 10 on esitetty esimerkiksi ABB:n gG sulakkeiden virranrajoitus käyrästä, josta voidaan lukea sulakkeen rajoittama oikosulkuvirran huippuarvo ja prospektiivinen oikosulkuvirta haluttu sulakekoon mukaan. Eri valmistajien kompaktikatkaisijoille on olemassa omat virranrajoitus käyrästöt, jotka vaihtelevat katkaisijoiden ominaisuuksien mukaan.

## Virranrajoitus, 500 V, gG- sulakkeet OFAF\_H\_, koot 000...4/4a



Kuva 10. Virranrajoituskäyrästä ABB:n gG sulakkeille (ABB Oy)

## 7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön aiheena oli laatia ohje toimeksiantajalle, joka pitää sisällään asioita, joita tulisi ottaa huomioon sähkökeskuksiin liittyen kiinteistöjen sähkösuunnittelussa. Työn tavoitteena oli muodostaa tiivis tietopaketti tilaajayritykselle, joka pitää sisällään sähkökeskuksiin liittyvää teoriaa, standardien asettamia vaatimuksia, sekä käytännössä hyviksi havaittuja asioita

Työn tuloksena tilaajayritykselle syntyi 44 sivun mittainen ohje, joka pitää sisällään kattavasti teoriaa ja erityisesti käytännön tietoa sähkökeskuksiin liittyen. Ohjeen sisältö keskittyy pääasiallisesti sähkösuunnittelijan täyttämään pääkaavion etulehteen ja siihen kuinka eri valinnat siinä vaikuttavat varsinaiseen lopputulokseen sähkökeskuksen osalta. Näitä asioita on havainnointu ohjeessa konkreettisesti esimerkiksi tyyliä, jos asetat keskukselle vaatimuksen  $x$ , se vaikuttaa keskuksen kokoonpanoon seuraavalla tavalla. Ohjeessa on myös kerrottu perusteluita eri valinnoille standardit huomioon ottavasta näkökulmasta.

Pääkaavion etulehden täyttämisen lisäksi ohje sisältää teoriaa ja hyviksi havaittuja esitystapoja erilaisiin tilanteisiin, kuten esimerkiksi pääkaavion laadintaan ja numerointiin. Teoriaosuus pitää sisällään tietoa mm. oikosulkuvirtoihin, keskuksen mitoitukseen ja keskusrakenteisiin liittyen. Sähkökeskuksen mitoitukseen liittyvää osiota laatiessa tehtiin myös Excel-laskuri, jolla on mahdollista laskea asuinrakennusten huipputehon tarve. Excel-laskuriin on syötetty tarvittavat kaavat asuinrakennusten- ja paikoitusalueiden huipputehon laskentaa varten. Laskuri laskee myös keskukselle tarvittavan nimellisvirran tehon perusteella.

Vaikka tekijällä oli ennestään paljon käytännössä opittua tietoa sähkökeskuksiin liittyen, ohjetta laatiessa ja siihen tietoa hakiessa tuli paljon uutta asiaa, erityisesti oikosulkuvirtoihin liittyen. Ohjeen laatimisen alussa haastavaksi osoittautui sen pitäminen käytännön läheisenä ja yksinkertaisena, ilman että se sisältäisi turhaa nippelitietoa. Työn edetessä tyyli tähän kuitenkin löytyi ja lopputulokseen oltiin tyytyväisiä.

Ohjeen sisältö on pääkaavion laadinnan ja siihen liittyvien asioiden osalta varsin kattava, mutta ei sisällä tietenkään kaikkea sähkökeskuksiin liittyvää. Kehitystyö jatkuu ja tulevaisuudessa ohjetta tul- laan täydentämään hyödylliseksi ilmenevien asioiden osalta. Tällaisia asioita voisi esimerkiksi olla mm. valokaarivalvonta.

## LÄHTEET

- ABB Oy. *Tekninen esite(verkkodokumentti)*. Haettu 12. 5 2023 osoitteesta Pienjännitekojeet, esite OF1FI 11-09:  
<https://library.e.abb.com/public/6bac18b236fde340c1257927002efd8c/1SCC317002C1801.pdf>
- ABB TTT-Käsikirja 2000-07*. (2000).
- Ensto. (6. 11 2008). *Oikosulkuvirran tehollisarvo*. Haettu 11. 5 2023 osoitteesta  
<https://web.archive.org/web/20181105083555/http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/material/attachments/vanhaamk/etuotanto/0705016/5hZP7X8Vj/Icp.pdf>
- Ensto. (11. 6 2009). *Terminen oikosulkuvirta*. Haettu 11. 5 2023 osoitteesta  
<https://web.archive.org/web/20190214165657/http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/material/attachments/vanhaamk/etuotanto/0705016/5hZP7YE9C/Ith.pdf>
- Finlex. (16. 12 2016). *1135/2016 Sähköturvallisuuslaki*. (Edita Publishing Oy) Haettu 6. 5 2023 osoitteesta  
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161135>
- Finlex. (29. 9 2020). *733/2020 Laki rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä ja latauspistevalmiuksilla sekä automaatio- ja ohjausjärjestelmillä*. (Edita publishing Oy) Haettu 6. 5 2023 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2020/20200733>
- Norelco Oy. (2022). *Pienjännite keskuskeskukset/NorPower 1250 Keskusjärjestelmä*. Haettu 7. 5 2023 osoitteesta  
<https://www.norelco.fi/fi/tuote/norpower-1250-kotelokeskusjarjestelma>
- Norelco Oy. (2022). *Pienjännitekeskuskeskukset/NorLine 800 keskusjärjestelmä*. Haettu 7. 5 2023 osoitteesta  
<https://www.norelco.fi/fi/tuote/norline-800-keskusjarjestelma>
- Norelco Oy. (2022). *Pienjännitekeskuskeskukset/NorPower 5000 kennokeskusjärjestelmä*. Haettu 7. 5 2023 osoitteesta  
<https://www.norelco.fi/fi/tuote/norpower-5000-kennokeskusjarjestelma>
- Suomen Standardoimisliitto SFS ry. (2020). *SFS-EN 61439-1 Pienjännitekeskuskeskukset. Osa 1: Yleisvaatimukset*. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS ry.
- Suomen Standardoimisliitto SFS ry. (4. 25 2023). *SFS Online*. (Suomen Standardoimisliitto SFS ry) Haettu 6. 5 2023
- Sähköinfo Oy. (17. 11 2021). *ST 13.31 Rakennuksen sähköverkon ja pienjänniteliittymän mitoittaminen*. Haettu 6. 5 2023 osoitteesta <https://www.sahkoinfo.fi/>
- Sähköinfo Oy. (16. 6 2022). *ST 70.21 Sähkökeskuksia koskevat vaatimukset ja toimitusohjeet*. Haettu 12. 5 2023 osoitteesta <https://www.sahkoinfo.fi/>