



# **0,4 kV liittymien kehittäminen**

Ylikuormitussuojaus ja liittymisjohdot

Ville Tapio

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2013  
Sähkötekniikan ko.  
Sähkövoimatekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Sähkötekniikan koulutusohjelma  
Sähkövoimatekniikka

VILLE TAPIO:

0,4 kV liittymien kehittäminen  
Ylikuormitussuojaus ja liittymisjohdot

Opinnäytetyö 58 sivua, joista liitteitä 2 sivua  
Huhtikuu 2013

---

Työssä tutkittiin JE-Siirto Oy:n verkkotietojärjestelmän (Power Grid) antamia tuloksia, joissa 0,4 kV:n liittymisjohdon ylikuormitussuojasulakkeiden (pääsulakkeiden) nimellisvirta oli suurempi, kuin mitä ko. johdinlajille nykymääräysten mukaan sallitaan. Tällaisia liittymiä oli yli 200 kappaletta, ja kaikille niistä oli tarkoitus löytää jokin toimenpide, jolla ongelma voitaisiin ratkaista.

Työssä keskityttiin liittymien ylikuormitussuojaukseen. Myös oikosulkusuojaus ja maadoitus käsiteltiin, sillä ne liittyvät olennaisesti liittymän suojaamiseen. Suojausta tarkasteltiin enimmäkseen kaapeleiden näkökulmasta, mutta myös AMKA -verkon sulakesuojaus tarkistettiin tämän päättöyön yhteydessä. Työssä tarkasteltava verkko on Jyväskylän kantakaupungin alueella, joten liittymät ovat suurimmaksi osaksi kaapeliliittymiä.

Työn liittymissä ilmeni erilaisia ongelmia ja niihin erilaisia ratkaisuja. Yleensä ongelma liian suurista ylikuormitussuojasulakkeista ratkesi asennusaikaisten standardien myötä. Jos ylikuormitussuojasulakkeet ovat asennusten aikaisten standardien mukaiset, voidaan suojaus nykyisinkin hyväksyä. Osaan liittymistä määritellään sopimus tulevaisuudessa uudestaan. Näin menetellään tehopohjaisissa sopimuksissa ja sellaisissa tapauksissa, joissa asiakkaan nykyistä pääsulakekokoa muutetaan. Osaan liittymistä joudutaan liittymisjohto saneeraamaan tulevaisuudessa, jotta asiakas voi pitää haluamansa pääsulakekoon. Saneerausajankohta määräytyy ympäröivän verkon iästä sekä liittymän asennustavasta. Osassa liittymistä oli sellaisia asennuksia, jotka ovat nykystandardien mukaan kiellettyjä. Tällaisista asennuksista halutaan verkkoyhtiöissä päästä mahdollisimman nopeasti eroon.

---

Asiasanat: liittymä, liittymisjohto, ylikuormitus, pienjännite

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Electrical engineering  
Power engineering

**VILLE TAPIO:**  
Developing the 0,4 kV connections  
Overload protection and line connections

Bachelor's thesis 58 pages, appendices 2 pages  
April 2013

---

The purpose of this study was to examine the results given by a grid information system (Power Grid). In these carefully retrieved results, the rated current of an overload fuse of a connection was greater than what is allowed for the given line connection by modern standards. The goal was to figure out what to do with over 200 cases with main fuses that are oversized by modern standards.

The focus in this study was on overload protection but short-circuit protection and grounding system of a connection were addressed as well. Most of the line connections in this study were cable connections. In downtown area, which this study focused on, cables are preferred over overhead lines. However, a few overhead lines appeared in this study, so protection was also dealt with from that perspective.

Various different problems occurred with the connections in this study, and the solutions were diverse too. In most cases, the size of the overload fuses was inside the limits of the standards which were in use at the time when the connection was installed. If this applied to a connection, the fuses are accepted today as well. In other cases, the contract has to be redefined, or the line connection has to be renewed.

---

Key words: connection, line connection, overload, low voltage

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	PIENJÄNNITELIITTYMIEN SUOJAAMINEN YLEISESTI .....	8
2.1	Pienjänniteliittymän suojaaminen sulakkeilla .....	8
2.1.1	Maadoitus.....	11
2.1.2	Ylikuormitussuojaus .....	12
2.1.3	AMKA -verkon sulakesuojaus.....	14
2.2	Liittymisjohdon mitoittaminen .....	16
2.3	Rinnakkaiset kaapelit.....	18
2.4	Kaapelien esittely.....	22
3	SULAKKEIDEN VALINTA .....	25
3.1	Sulakkeita koskevat säännöt .....	25
3.2	Vanhemmat sähköturvallisuusmääräykset.....	26
4	SANEERAUS .....	32
5	TYÖN KULKU .....	34
5.1	Tietokoneohjelmat .....	34
5.1.1	Power Grid (PG) .....	34
5.1.2	Ellarex ja EDM .....	36
5.2	Työn kulku yleisesti.....	38
5.3	Erikoistapaukset.....	42
5.3.1	Rinnakkaiset mutta erilaiset kaapelit liittymisjohtona .....	43
5.3.2	EDM:n arviointi .....	44
5.3.3	Suurvirtajärjestelmä .....	46
5.3.4	Ketjutetut liittymät .....	48
5.3.5	Johdon jatkaminen toisen kiinteistön sisällä .....	49
6	KUSTANNUKSET .....	51
7	POHDINTA.....	53
	LÄHTEET.....	55
	LIITTEET .....	57
	Liite 1. PG:n antamia arvoja johtimille ja niitä suojaaville sulakkeille (lyhennetty).....	57
	Liite 2. Osa Jyväskylän Energian myynti- ja siirtohinnoista .....	58

**LYHENTEET JA TERMIT**

EDM	tuntimittaustietojen hallintajärjestelmä
Ellarex	asiakastietojärjestelmä
EPR	eteenipropeenikumi (eriste)
käyttöpaikka	kiinteistö tai rakennus tai muu paikka, jossa liittymän sähköä käytetään (yhdessä liittymässä voi olla monta käyttöpaikkaa esim. kerrostalon eri asunnot)
liittymissopimus	sopimuksella asiakas saa oikeuden liittyä jakeluverkkoon
liittymä (sähköliittymä)	sähköliittymällä tarkoitetaan asiakkaan liittymistä jakeluverkkoon
PEX	silloitettu polyeteeni (eriste)
PG	Power Grid -verkkotietojärjestelmä
PVC	polyvinyylidikloridi (eriste)
runkojohto	runkojohdolla syötetään PJ -verkossa jakokaappeja muuntamolta tai liitetään muuntamoita tai jakokaappeja toisiinsa

## 1 JOHDANTO

Työssä perehdyttiin JE-Siirto Oy:n käyttämään Power Grid -verkkolaskentaohjelman antamiin tuloksiin, joiden mukaan 0,4 kV liittymisjohtimen ylikuormitussuojasulakkeen nimellisvirta oli suurempi kuin johdinlajille on nykymääräysten mukaan sallittu. Tällaisia ongelmia sisältäviä liittymiä oli pitkälle kolmatta sataa ja kaikki JE-Siirto Oy:ssä liittymisjohtona käytetyt johdinlajit olivat tarkastelun alla. Kaikille liittymille oli tavoitteena löytää jokin ratkaisu, millä edetä.

Johtimille sallitaan SFS 6000 -standardin mukaan tietty kuormitettavuus johtimen poikkipinnasta, valmistusmateriaaleista ja asennustavasta riippuen. Verkkolaskentaohjelma PG toimii vain yksien (eli nykyisten) standardien mukaan. Näin ollen, kun ylikuormitussuojalaskentaa suoritetaan ohjelmalla, se ilmoittaa ongelmaa suojauksessa, vaikka asennusten aikaisien standardien mukaan suojaus olisikin asianmukainen. Muitakin syitä ongelmalle löytyy, mutta vanhat standardit olivat yleisin selitys.

Suojausta tarkastellaan tässä työssä suurimmaksi osaksi kaapelien näkökulmasta, sillä JE-Siirto Oy:n verkossa ne ovat hyvin yleisiä. PJ -verkon kaapelointiaste JE-Siirto Oy:ssä vuonna 2012 oli 95 % (Komulainen, Sähköverkko). Ilmajohdoja on muutamassa liittymässä, joten niidenkin suojaus käsitellään tässä työssä. Suojausta tarkastellaan enimmäkseen ylikuormituksen osalta, mutta muitakin liittymän suojauksen näkökulmia sivutaan. Kaapeloidun liittymän ylikuormitussuojana toimivat liittymän pääsulakkeet. Oikosulkusuojana toimivat sulakkeet muuntamalla tai jakokaapilla. Liittymisjohdon suojauksen velvoitteet määräytyvät verkkoyhtiölle sähköturvallisuuslaista.

Sähköturvallisuuslain (14.6.1996/410) 5 § määrittää seuraavaa: Sähkölaitteet ja -laitteistot on suunniteltava, rakennettava, valmistettava ja korjattava niin sekä niitä on huollettava ja käytettävä niin, että:

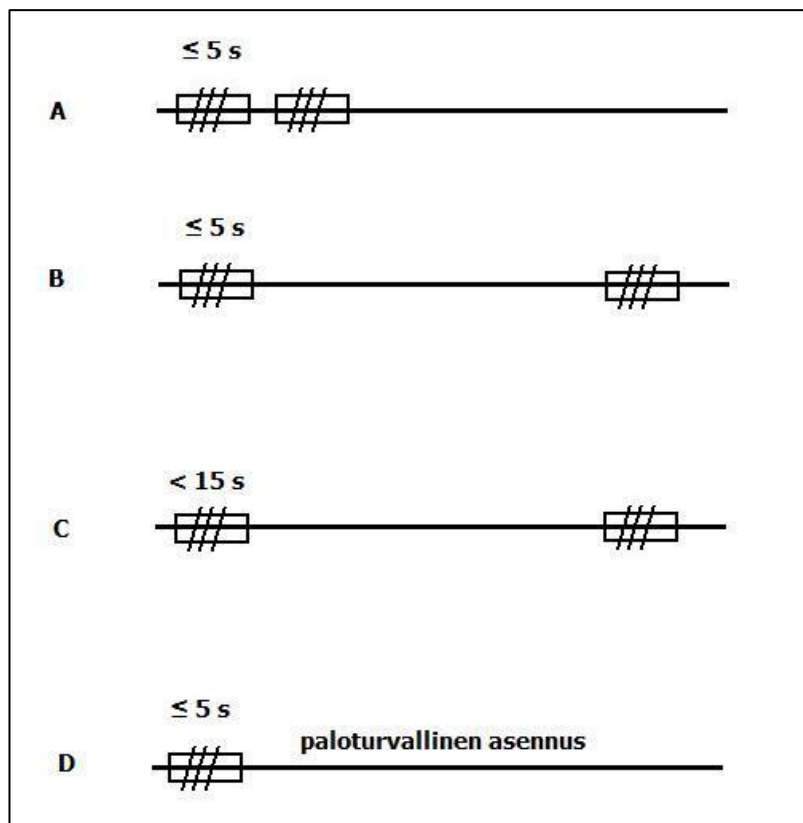
- 1) niistä ei aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa;
- 2) niistä ei sähköisesti tai sähkömagneettisesti aiheudu kohtuutonta häiriötä; sekä
- 3) niiden toiminta ei häiriinny helposti sähköisesti tai sähkömagneettisesti. (Sähköturvallisuuslaki)

Työ tehtiin JE-Siirto Oy:lle, joka on osa Jyväskylän Energia -konsernia. JE-Siirto Oy:n hallinnoima verkko kattaa Jyväskylän kantakaupungin alueen. Yhtiö vastaa mm. verkon suunnittelusta, rakennuttamisesta, ylläpidosta ja asiakkaiden liittamisestä tähän jakelualueensa sähköverkkoon. Vuonna 2011 JE-Siirto Oy siirsi PJ -verkossa asiakkailleen 402 GWh energiaa ja vuoden huipputeho oli 119 MW. Liittymiä yhtiöllä on yli 9500 kpl. (Komulainen, Sähköverkko) Asiakas ei voi sähkön siirtohintaa kilpailuttaa, ja energiamarkkinavirasto valvoo sähkön siirtohinnan kohtuullisuutta (JE-Siirto Oy).

## 2 PIENJÄNNITELIITTYMIEN SUOJAAMINEN YLEISESTI

### 2.1 Pienjänniteliittymän suojaaminen sulakkeilla

Sulakkeilla suojataan liittymää oikosulun, ylivirran ja kosketusjännitteen varalta (SA 2:08). Suojauksen tarkoituksena on myös saavuttaa selektiivinen poiskytkentä verkossa, eli vikapaikka rajataan mahdollisimman tarkasti pois verkosta siten, ettei verkon muilta osilta katkea syöttö. Liittymän suojauksessa käytettäviä ylivirtasuojia ovat ylikuormitus- ja oikosulkusuojat. Molempaan tehtävään käytetään gG -tyypin sulakkeita (ABB kahvasulakkeet). Kaapeloiduilla runkojohdoilla ei ylikuormitussuojausta vaadita, mutta liittymisjohdoilla ylikuormitussuojauksen poisjättäminen aiheuttaisi vaaraa, joten suojaus vaaditaan (SA 4:09). Joka tapauksessa ylikuormitussuojausta on suositeltavaa ja taloudellista käyttää, jotta vältetään henkilöiden, omaisuuden ja itse johtimen vaurioilta ylikuormitustilanteissa. Myös oikosulkusuojaus vaaditaan liittymisjohdoille aina (SFS 6000-131.5). Kuvassa 1 on esitetty verkostosuosituksen SA 4:09, mukaan tehtyä jaotteleua johdon suojauksen toteuttamisesta.



Kuva 1. Johdon suojauksen toteuttaminen.



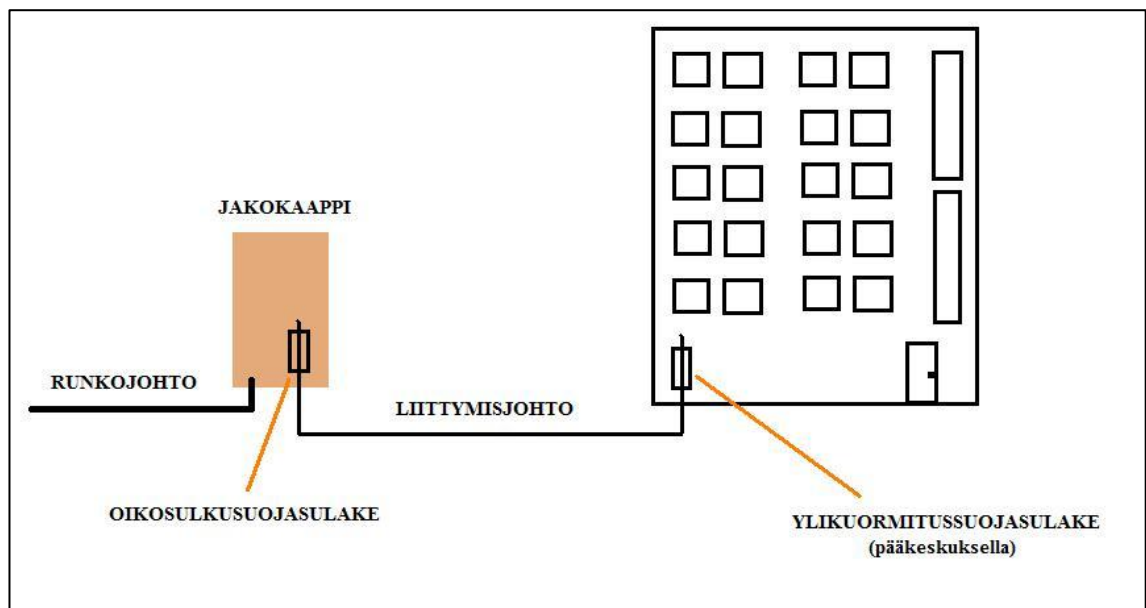
Jos oikosulku- ja ylikuormitussuojat ovat johdon alkupäässä (kuvan 1 kohta A), ei johdon reitille aseteta lisävaatimuksia. Yleensä ylikuormitussuoja on kuitenkin taloudellisempaa asettaa johdon loppupäähän. Tällöin liittymisjohdossa tapahtuva oikosulku ei kuormita ylikuormitussuojaa, ja vain oikosulkusuoja toimii. Kohdan A suojauksesta voisi käyttää esimerkkinä AMKA -johdon suojausta, missä alkupään sulake toimii mahdollisesti sekä oikosulku- että ylikuormitussuojana. Kuvan 1 kohta B kuvaa JE-Siirto Oy:ssä käytettävää liittymisjohdon suojaamistapaa. Oikosulkusuoja on johdon alkupäässä ja ylikuormitussuoja loppupäässä liittytjän pääkeskuksella. Oikosulkusuoja on mitoitettu toimimaan alle viiden sekunnin, ja asennusreitille ei aseteta lisävaatimuksia verkostosuosituksen SA 4:09 mukaan. JE-Siirto Oy:ssä liittymisjohdot vaaditaan kuitenkin asennettavaksi palonkestävästi (Sähköliittymät / tekniset ohjeet).

Kuvan 1 kohdalle C asetetaan lisävaatimuksia. Kohta C on samanlainen kuin kohta B, mutta kohdassa C oikosulkusuoja on mitoitettu toimimaan alle 15 sekunnissa. Tällaista menettelyä voitiin käyttää ennen 1.4.2008 rakennetuissa liittymisjohdoissa ja silloin, kun liitytään jakeluverkkoon, joka on rakennettu ennen 1.4.2008 (SFS 6000 Liite 801A). Tässä suojaustavassa täytyy oikosulkusuojauksessa noudattaa taulukoiden 1 ja 2 arvoja. Samoin liittymisjohdon asennus täytyy olla palonkestävä ja liittymisjohdon poikkipinta vähintään 16 mm<sup>2</sup> alumiinia tai 10 mm<sup>2</sup> kuparia (SFS 6000-8-801.434). Oikosulun tapahduttua tällaisessa kohdan C liittymisjohdossa, täytyy sen kunto tarkastaa ja kaapelien kohdalla täytyy myös mitata eristysresistanssi ennen kuin kaapeli voidaan ottaa uudelleen käyttöön. Jos liittymisjohdossa havaitaan vaurioita, se vaihdetaan. (SFS 6000-8-801.434) Kuvan 1 kohtaa D voidaan käyttää esim. runkojohtona toimiville kaapeleille, jos ne ovat paloturvallisesti asennettuja. Tällöin ylikuormitussuoja voidaan jättää pois. Suurimmat oikosulkusuojan sallitut nimellisvirrat kahdella eri oikosulun kestoajalla näkyvät taulukossa 1.

**Taulukko 1. Oikosulkusuojiin sallitut nimellisvirrat kahdella eri poiskytkentäajalla (SFS 6000 taul. 801B).**

Kaapelin poikkipinta (mm <sup>2</sup> )		gG -tyyppisen sulakkeen suurin mitoitusvirta (5 s < poiskytkentäaika < 15 s)	gG -tyyppisen sulakkeen suurin mitoitusvirta (poiskytkentäaika ≤ 5 s)
Kupari	Alumiini		
10	16	100 A	125 A
16	25	125 A	160 A
25	35	160 A	200 A
35	50	200 A	250 A
50	70	250 A	315 A
70	95	315 A	400 A
95	120	400 A	500 A

Keskijänniteverkko suojataan ylivirta- ja maasulkusuojauksella, jotka toteutetaan suojarileillä. KJ -verkon yksittäiset laitteet suojataan laitekohtaisilla suojarileillä tai sulakkeilla. (Mielonen) Keskeytyskustannukset ovat PJ -verkossa pienemmät kuin KJ -verkossa, joten suojaamalla PJ -verkkoa on taloudellisempaa käyttää edullisempia sulakkeita (Lakervi & Partanen). Kuvassa 2 on esitetty periaatteellinen kuva liittymän suojaamisesta oikosululta ja ylikuormitukselta sulakkeilla. Kuvassa liittymisjohdon oikosulkusuoja on jakokaapilla ja ylikuormitussuojana toimivat liittymän pääsulakkeet.



Kuva 2. Periaatteellinen kuva liittymisjohdoin suojaamisesta sulakkeilla.

Runkojohdon ylikuormitussuojana toimivat liittymien pääsulakkeet. Näiden pääsulakkeiden virta-arvojen summan on oltava pienempi tai yhtä suuri kuin runkojohdon kuormitettavuus. Tällöin ei runkojohdolla tarvitse käyttää erillistä ylikuormitussuojaa. Taulukossa 2 on esitetty SFS 6000 -standardista oikosulkusuojauksen mitoitusohjaavia arvoja. Näillä arvoilla mitoittaessa poiskytkentäaika saattaa ylittää 5 sekuntia ja nykyisin SFS 6000 -standardin mukaan liittymisjohdolla on oikosulku poistettava alle 5 s (SFS 6000-8-801.411.3.2). Yli 5 s poiskytkentäaikoja voidaan käyttää jakeluverkossa verkon haltijan harkinnan mukaan (SFS 6000-8-801.434).

Taulukko 2. Pienin oikosulkuvirta, jonka mukaan oikosulkusuoja voidaan mitoittaa (SFS 6000 taul. 801A).

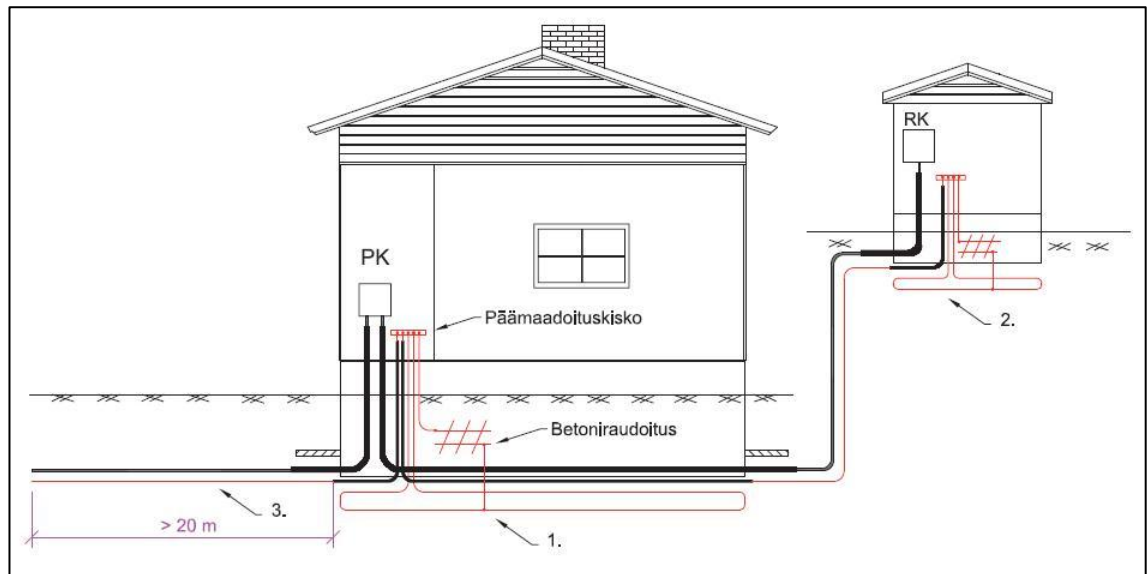
Oikosulkusuoja	Pienin yksivaiheinen oikosulkuvirta jakeluverkossa
gG tyyppin sulake $I_N \leq 63 \text{ A}$	$2,5 \times I_N$
gG tyyppin sulake $I_N > 63 \text{ A}$	$3,0 \times I_N$

Yksivaiheinen oikosulkuvirta, joka on pienin ja siksi suojauksen kannalta oleellinen oikosulkuvirta, saadaan laskettua esimerkiksi verkostolaskentaohjelmalla. Tässä työssä on käytetty verkostolaskentaohjelmaa niissä tapauksissa, missä oikosulkuvirtaa on tarkasteltu.

Jakeluverkonhaltijan (JE-Siirto Oy) puolesta verkko mitoitetaan siten, että pääsulakkeilla oikosulkuvirta katkaistaan 5 sekunnissa ja oikosulkuvirta on kuitenkin vähintään 250 A pääkeskuksella (Mielonen). Tämä juontaa juurensa siitä, että ryhmäjohtojen suojana mahdollisesti oleva 16 A C-tyypin johdonsuojakatkaisija toimisi riittävän nopeasti kohdullisilla pääjohdon ja ryhmäjohtojen pituuksilla (SFS 6000-8-801.411.3.2).

### **2.1.1 Maadoitus**

JE-Siirto Oy:n suositusten mukaan maadoituselektrodi vaaditaan asennettavaksi jokaiseen rakennukseen, jossa on kiinteitä sähköasennuksia (Pientalorakentajan opas). Maadoitus toteutetaan paljaalla ja poikkipinnaltaan  $16 \text{ mm}^2$  kuparisella johtimella, joka asennetaan rakennuksen perustuksiin tai maahan perustusten alle (perusmaadoituselektrodi). Mahdollisuuksien mukaan maadoituselektrodi liitetään myös betoniraidoituksiin perustuksissa jokaiselta rakennuksen sivulta. Vaihtoehtoisesti rakennukseen voidaan yhdistää vähintään 20 metrin pituinen maadoituselektrodi ( $16 \text{ mm}^2$  kuparia), joka voi kulkea liittymiskaapelin kanssa samassa ojassa (SFS 600-5-54D2). Tätä maadoitustapaa voidaan käyttää, jos ensin kuvattu tapa ei ole mahdollinen. Kuvasta 3 selviää tarkemmin maadoituksen toteutus pientalorakentamisessa.



Kuva 3. Maadoituksen toteutus pientalorakentamisessa (Pientalorakentajan opas).

Kuvan 3 kohdassa 1. rakennuksen alla kiertävä perusmaadoituselektrodi on yhdistetty betoniraudoitukseen ja päämaadoituskiskoon ( $16 \text{ mm}^2$  kuparijohtimella). Kohdan 2. rakennuksessa on myös kiinteitä sähköasennuksia, joten sille asennetaan oma maadoituselektrodi. Kohdassa 3. on liittymisjohdon kanssa samaan ojaan asennettuna yli 20 metrin pituinen maadoituselektrodi. Edellä mainittuja periaatteita noudattamalla saadaan rakennukselle aikaiseksi standardin mukainen maadoitus (myös yli 200 m pitkille liittymisjohdoille) (Pientalorakentajan opas).

### 2.1.2 Ylikuormitussuojaus

Määriteltäessä johtimille sallittuja kuormitettavuuksia, on tavoitteena saada aikaan kaapelien eristysten tasainen vanheneminen (SA 2:08). Pienellä virralla kaapeli vanhenee hitaammin ja suurella virralla nopeammin. Johtimen eristysten vanheneminen voi helposti johtaa oikosulkuun. Ylikuormitussuojan on tarkoitus katkaista virta ennen kuin johdin tai sen eristykset tai liitokset vaurioituvat lämmön vaikutuksesta, ja myös johtimen ympäristöä on tarkoitus suojella kuumuudelta ylikuormitussuojalla (St kortisto ST 53.14). JE-Siirto Oy:ssä nykyisin käytettävät pienimmät liittymisjohdot ovat poikkipinnoiltaan  $25 \text{ mm}^2$  alumiinia. Yksi liittymisjohto voi koostua myös useammasta erilaisesta ja eripituisesta kaapelista. Tällaisia liittymisjohtoja voi syntyä, esim. kaapelin vaurioitumisen ja sen korjauksen takia. Usein liittymisjohto saatetaan saneerata asiakkaan tontin rajalle asti esim. katutöiden yhteydessä, ja tällöin liittymisjohdon tontin osuus säilyy

entisellään. Tällaisissa tapauksissa liittymisjohdon kuormitettavuus tarkastellaan kuormitettavuudeltaan heikoimman siinä esiintyvän johdintyyppin mukaan, ja ylikuormitus-suojat valitaan sen mukaisesti.

Kaapeleiden ylikuormitussulakkeita valitessa käytettiin taulukkoa, joka löytyy verkko-tietojärjestelmästä (PG). Taulukko on tässä työssä (lyhennettynä) liitteenä 1. Taulukko on koottu PG:lle SFS 6000 -standardin ja verkostosuosituksen mukaisesti, ja siinä on noudatettu SFS 6000 -standardin kohdan 5-52 asennustapaa ”E” (monijohdinkaapeli vapaasti ilmassa). Vanhempien asennusten yhteydessä käytin eri kuormitustaulukoita riippuen asennuksen ajankohdasta. Tätä selostetaan tarkemmin kappaleessa 3.2 Vanhemmat sähköturvallisuusmääräykset.

Palonkestävästi asennettuja kaapeleita voidaan myös hätäylikuormittaa maksimissaan 50 h yhtäjaksoisesti ja enintään 500 h kaapelin elinaikana verkostosuosituksen SA 2:08 mukaan. Hätäylikuormitus vanhentaa kaapelia nopeammin ja PVC -eristeisillä kaapeleilla ei sallita normaalia korkeampia johtimen lämpötiloja hätäylikuormituksessaan (SA 2:08). Taulukossa 3 on esimerkkejä hätäylikuormitettavuudesta kahdelle erilaiselle kaapelille. Hätäylikuormitus ei saa olla säännöllistä ja maa-asennuksissa se lisää kaapelia ympäröivän maan kuivumisriskiä huomattavasti (SA 2:08). Kaapelia ympäröivän maan kuivuminen heikentää maa-aineksen lämmönjohtokykyä ja näin heikentää kaapelin kuormitettavuutta.

**Taulukko 3. Kahden kaapelin hätäylikuormitettavuuksia esimerkkinä (SA 2:92).**

Kaapeli	Kuormitettavuus (A)	Hätäylikuormitettavuus (A)	
		maassa kesällä	muuntamossa
AXMK 4x120	220	245	295
APAKM 3x120+120	245	255	250

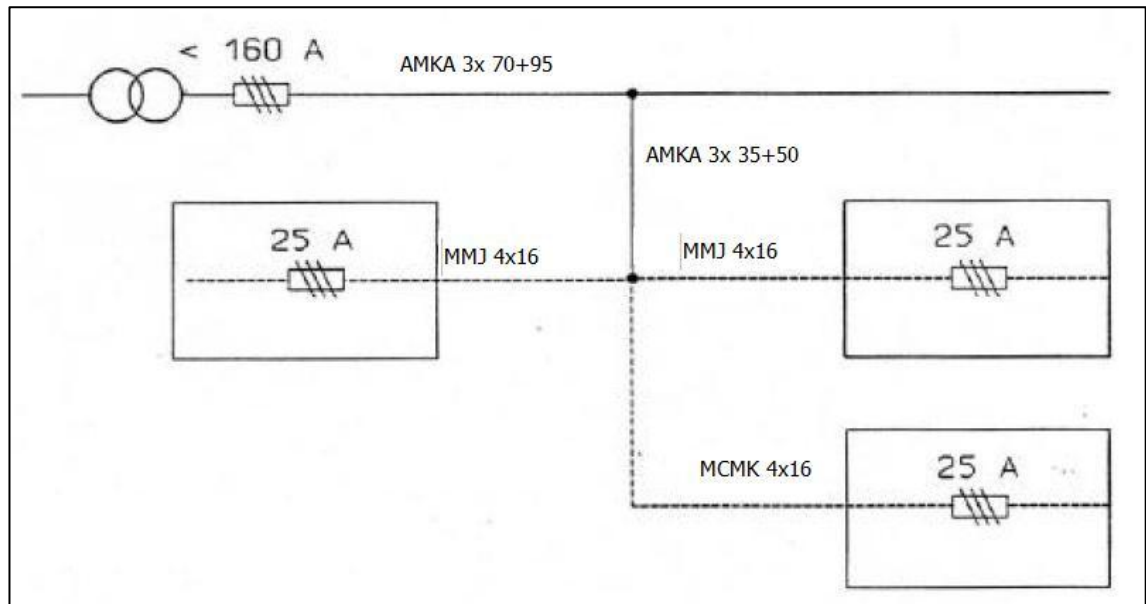
Ilmajohdoille ei sallita hätäylikuormitusta, sillä niiden lämpöaikavakio on pieni (SA 2:08). Pienen aikavakion omaavat ilmajohdot ylikuumentuvat liian nopeasti, eikä hätäylikuormitus ole mahdollista. JE-Siirto Oy:ssä hätäylikuormitettavuutta käytetään viikatapauksissa rinnakkaisille kaapeleille (jos toinen kaapeleista vioittuu), mutta ei niinkään yksittäisille kaapeleille (Mielonen).

### 2.1.3 AMKA -verkon sulakesuojaus

Ilmajohtoja runkojohtona esiintyi vain muutamassa tapauksessa tässä työssä tarkasteltavissa liittymissä, ja samoin liittymisjohtona erittäin vähän. Tämä johtuu pitkälti siitä, että JE-Siirto Oy:n verkko on pääosin kaupunkialueella, jossa kaapelin käyttöä suositetaan. AMKA -riippukierrekaapelia ei saa vuoden 2007 jälkeen tehdyissä asennuksissa päättää rakennuksen seinään, ellei kyseessä ole muuntamo tai kaapelin käyttö ei ole muuten mahdollista (esim. maaperän takia) (SFS 6000-8-801.434).

Liittymisjohtona toimiva AMKA -johto täytyy suojata aina ylikuormitussuojalla, joka asennetaan johdon alku- tai loppupäähän (SA 4:09). Oikosulkusuojana (myös haaroittuville johdoille tai liittymisjohdoille) toimii yleensä runkojohdon oikosulkusuoja, ja ylikuormitussuojana liittymän pääsulakkeet, kuten kaapeleillakin. AMKA -verkossa runkojohdon oikosulkusuojan mitoituksessa on otettava huomioon siihen kytkettyjen liittymisjohtojen poikkipinnat. Jos liittymisjohdon poikkipinta on pieni, on runkojohdon oikosulkusuojan mitoitusvirran myös oltava pieni. Yleisin tapa on, että runkojohtoon liitettävä liittymisjohto mitoitetaan AMKA- johdon oikosulkusuojan mukaisesti, tai liittymisjohdolle asennetaan oma sulake runkojohdon liitokseen (Mielonen). Kun AMKA -johto on runkojohtona, voi sen ylikuormitussuojana toimia yhteisesti monen liittymän pääsulakkeet. Tällöin näiden liittymien pääsulakkeiden yhteenlaskettu kuormitettavuus ei saa ylittää runkojohtona toimivan AMKA -johdon kuormitettavuutta.

Käytännön (nykyisin vanhentunut) toteutus AMKA -verkosta näkyy kuvassa 4. AMKA -johto viedään lähelle rakennusta, ja itse rakennukseen liitytään MMJ -kaapelilla. Runkojohtona AMKA 3x35+50 -johdolle sallitaan 100 A ylikuormitussuojasulakkeet, joten kaikkien siihen liittyvien kuluttajien pääsulakkeiden summa tulee olla enintään 100 A, jos runkojohdolla ei ole erillistä omaa ylikuormitussuojaa. Kuvan esimerkki on muokattu verkostosuosituksesta SJ 1:94. Esimerkissä liittymien pääsulakkeiden summa on 75 A.



Kuva 4. Esimerkki AMKA -verkosta (SJ 1:94, muokattu).

Taulukossa 4 on esitetty AMKA -johdon maksimikuormitettavuuksia ( $I_z$ ) eri lämpötiloissa ja sitä suojaavan gG-tyyppin ylikuormitussuojasulakkeen nimellisvirtoja ( $I_n$ ). Maksimi kuormitettavuus esitetään eri lämpötiloissa, sillä maksimi kuorman osuessa esim. talvipakkasille, voidaan johtoa kuormittaa enemmän kuin kesän helteillä.

Taulukko 4. AMKA -johdon suurin sallittu jatkuva kuormitusvirta ja ylikuormitussuojasulakkeen nimellisvirta ympäristön lämpötilan mukaan (SJ 1:94).

AMKA	Ympäristön lämpötila (max. Kuormituksessa) (°C)											
	10		15		20		25		30		40	
	kuorm. $I_z$ (A)	gG $I_n$ (A)	kuorm. $I_z$ (A)	gG $I_n$ (A)	kuorm. $I_z$ (A)	gG $I_n$ (A)	kuorm. $I_z$ (A)	gG $I_n$ (A)	kuorm. $I_z$ (A)	gG $I_n$ (A)	kuorm. $I_z$ (A)	gG $I_n$ (A)
1 x 16+25	89	63	84	63	80	63	75	63	70	50	65	50
3 x 16+25	83	63	78	63	74	63	70	50	65	50	60	50
3 x 25+35	106	80	101	80	95	80	90	63	84	63	77	63
3 x 35+50	136	100	129	100	122	100	115	80	107	80	99	80
3 x 50+70	165	125	157	125	148	125	140	100	130	100	120	100
3 x 70+95	212	160	202	160	191	160	180	125	167	125	155	125
3 x 120+95	295	250	280	200	265	200	250	200	233	200	215	160

Taulukosta 4 nähdään, että esimerkiksi AMKA 120+95 -johdon ylikuormitussuojan nimellisvirta saa 10 °C lämpötilassa olla 250 A ja 40 °C lämpötilassa 160 A. Tämä on merkittävä ero, ja se voidaan tarvittaessa ottaa suunnittelussa huomioon.

## 2.2 Liittymisjohdon mitoittaminen

Liittymisjohto on jakeluverkon runkojohdosta lähtevä johdin, joka johtaa liittymän pääkeskukselle, eikä siinä saa olla haaroituksia (SFS 6000-801.434). JE-Siirto Oy:ssä liittymisjohto määritellään asiakkaan kuormitustietojen mukaisesti ja tiedossa olevat kuormituksen kasvut otetaan huomioon. Myöhemmin tapahtuvat ennustamattomat kuormituksen kasvut aiheuttavat aina liittymisjohdon koon uudelleen arvioinnin. Tarvittaessa liittymisjohto vaihdetaan. (Mielonen)

Jännitteenaleneman kasvaminen ja oikosulkuvirran pieneneminen asettavat rajansa liittymisjohdon pituudelle. Liian pitkä kaapeli alentaa jännitettä liikaa (yli 10 %), ja myös yksivaiheinen oikosulkuvirta pitkän johdon päässä voi olla liian pieni suojausten toiminnan kannalta (Lakervi & Partanen). Pitkillä johtopituuksilla joudutaan valitsemaan näistä syistä paksumpi kaapeli kuin mitä kuormitus vaatisi. Tässä työssä kuitenkin liittymisjohdot ovat verrattain lyhyitä, joten niiden pituus ei aiheuta ongelmaa.

Taulukosta 5 nähdään eristeaineiden suurimpia käyttölämpötiloja. Eristeaineen lämmönkestoisuus määrittelee johtimen kuormitettavuuden, sillä itse johtimen metalli kestää eristeeseen verrattuna suuria lämpötiloja vaurioitumatta. Maahan asennettujen johdinten kuormitettavuus on SFS 6000 -standardissa esitetty käyttäen johtimen lämpötilana 65 °C, vaikka esim. PEX tai EPR eristeet kestävät suurempiakin lämpötiloja. Suurempi johtimen lämpötila (yli 65 °C) voi aiheuttaa ympäröivän maa-aineksen kuivumista ja sen lämpöresistiivisyyden kasvamista. (SFS 6000-5-523.1) Tämä taas hidastaa kaapelin jäähtymistä ja alentaa kaapelin kuormitettavuutta, kuten aiemmin todettiin. Tässä työssä kaikkien kolmen vaiheen oletetaan olevan tasaisesti kuormitettu. Taulukko 5 on lyhennetty SFS 6000 -standardin taulukosta 52-4. Taulukossa käyttölämpötilat on esitetty pelkästään eristeiden osalta, joten lisäksi on varmistettava myös, että esim. johdinten liitokset ja ympäristö kestää johtimen käyttölämpötilan.

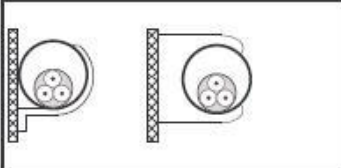
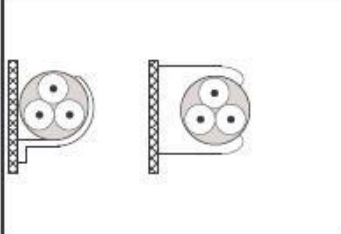
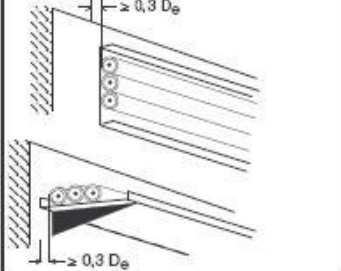
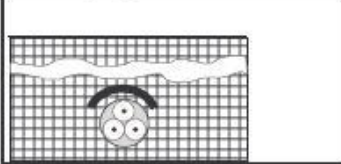
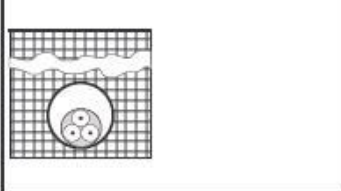


Taulukko 5. Eri eristeaineiden suurimpia käyttölämpötiloja (SFS 6000 taul. 52-4, muokattu).

Eristeen laji	Lämpötilan raja-arvo (°C)
PVC	70 johtimessa
PEX tai EPR	90 johtimessa
Mineraali (PVC:llä päällystetty tai paljas ja kosketeltavissa)	70 vaipassa
Mineraali (paljas, ei kosketeltavissa eikä kosketuksissa palaviin materiaaleihin)	105 vaipassa

Kaapelin lämpenemiseen vaikuttavat ympäristön olosuhteet saattavat vaihdella johdon asennusreitillä. Tällöin mitoitus tehdään asennusreitin huonoimman olosuhteen mukaan (SFS 6000-5-A.52.2.1). Johtimien kuormitettavuus eri asennustavoilla voidaan katsoa SFS 6000 -standardista liitteestä 52A, joka on opastava liite kaapelien kuormitettavuuteen. Referenssiasennustapoja on luokiteltu kyseisessä liitteessä aakkosellisesti A:sta G:hen. Asennustavat vaikuttavat johtimen kuormitettavuuteen ympäristön lämmönjohdavuuden kautta. Taulukossa 6 on verkostosuosituksesta SA 4:09 otettu taulukko, joka on lyhennetty SFS 6000 -standardista. Taulukossa näkyy yleisimmät käytössä olevat asennustavat. Asennustapojen lisäksi kuormitettavuuteen vaikuttavat esim. eristeen tyyppi, ympäristön lämpötila ja ympäröivän maan lämpöresistiivisyys. Näistä tekijöistä tulee korjauskertoimia kaapelin kuormitettavuudelle ja ne tulee huomioida kaapelia mitoitettaessa.

Taulukko 6. Esimerkki referenssiasennustavoista (SA 4:09).

	Kaapeli pinnalle asennetussa putkessa	B
	Kaapeli on asennettu puuseinälle siten, että kaapelin ja pinnan väli on pienempi kuin $0,3 \times$ kaapelin halkaisija. Kaapeli on kiinnitetty kivirakenteiselle seinälle tai asennettu sen sisään.	C
	Rei'ittämättömällä hyllyllä	C ja taulukon A.52-17 kohta 2
	Vaipalliset yksijohdin- tai monijohdinkaapelit suoraan maassa	D
	Monijohdinkaapeli umpinaisessa johtokanavassa tai putkessa maassa	D

Tässä työssä on kuitenkin kaapelin kuormitettavuutta ja ylikuormitussuojaa mietittäessä käytetty PG:stä löytyvää taulukkoa (liite 1), kuten aiemmin todettiin. Kyseisen liitteen taulukon tiedot on käytössä JE-Siirto Oy:llä PG:n laskennassa. Taulukosta selviää johdinten sallittuja kuormitettavuuksia ja suurimmat johdinkoolle sallitut sulakekoot. Vanhempien asennusten osalta on tulkittu asennusten aikaisia standardeja ja määräyksiä, ja niitä selvennetään lisää kappaleessa 3.2 Vanhemmat sähköturvallisuusmääräykset.

### 2.3 Rinnakkaiset kaapelit

Liittymiä voidaan syöttää rinnakkaisilla kaapeleilla, jos liittymässä vaaditaan paljon virtaa. Ylikuormitus- ja oikosulkusuojauksista mitoittaessa täytyy jokaiselle rinnakkaiselle johdolle saada aikaan toimiva suojaus. Rinnakkaisia liittymisjohtoja ei saa haaroittaa,

eikä niissä saa olla erotus- tai kytkinlaitteita (D1). Jos liittymiskaapeleita asennetaan useampi rinnakkain, täytyy niiden ylikuormitussuojauksessa huomioida myös johtimien jatkuvaa kuormitusta heikentävä korjauskerroin. Korjauskerroin huomioidaan, koska kaapelit lämmittävät toisiansa ja näin heikentävät toistensa kuormitettavuutta. Kerroin määräytyy taulukon 7 mukaan. Taulukon arvot ovat pysyneet samanlaisina sähköturvallisuusmääräysten ja standardien vaihtuessa ja ne pätevät suoraan maahan asennettuihin kaapeleihin. JE-Siirto Oy:ssä kaapelit asennetaan suoraan maahan ja rinnakkaisten kaapelien välimatka on noin 70 mm (Komulainen). Seuraava taulukko on lyhennelmä sähköturvallisuusmääräysten A 1-89 taulukosta 25.2-10.

**Taulukko 7. Korjauskerroin maahan asennetuille useille vierekkäisille kaapeleille (A 1-89 taul. 25.2-10).**

Kaapelien vapaa välimatka (mm)	Vierekkäisten kolmijohdin- tai yksijohdinkaapelien lukumäärä			
	2	3	4	5
	Korjauskerroin			
0	0,79	0,69	0,63	0,58
70	0,85	0,75	0,68	0,64
250	0,87	0,79	0,75	0,72

Esimerkkinä voidaan laskea erään liittymän kuormitettavuus ja sallitut ylikuormitussuojasulakkeet taulukon 7 avulla. Liittymisjohtona ovat 3 x APAKM120 -kaapelit ja asennus on tehty vuonna 1987. Tässä asennuksessa noudatetaan A 1-80 sähköturvallisuusmääräyksiä, joiden mukaan APAKM120 -kaapelia voidaan kuormittaa jatkuvasti 275 ampeerin virralla (taulukko 10 kappaleessa 3.2). Kun kaapeleita on asennettu kolme rinnakkain, saadaan korjauskertoimeksi 0,75 tai 0,69 riippuen siitä halutaanko kaapelien välillä olevaa maa-ainesta huomioida. Näin yhden kaapelin kuormitettavuudeksi saadaan kaapelien välissä oleva maa-aines huomioiden:

$$0,75 * 275 \text{ A} \approx 206 \text{ A}$$

tai jos maa-aines jätetään huomioimatta (eli kaapelit koskettavat toisiaan):

$$0,69 * 275 \text{ A} \approx 190 \text{ A}$$

Laskentaan täytyy huomioida vielä sulakkeista johtuva korjauskerroin (1,45 / 1,6), josta puhutaan edempänä kappaleessa 3.1 Sulakkeita koskevat säännöt. Tällä tavalla yli-

kuormitussuojasulakkeiden nimellisvirralle saadaan kuitenkin molemmissa tapauksissa 160 A arvot taulukon 11 mukaan (edempänä kappaleessa 3.2). Kaikille kolmelle johdolle voidaan siis laittaa 160 A ylikuormitussuojasulakkeet ja yhteiskuormitus on 3 x 160 A.

Todellisuudessa rinnakkaisten kaapelien impedanssin reaktiivinen osuus aiheuttaa virran epätasaista jakautumista johdinten kesken paksuilla kaapeleilla. Kahdella rinnakkaisella johdolla, joilla on sama pituus ja poikkipinta, voi virran jakautuminen olla jopa luokkaa 70 / 30 %. (D1) Tällaista epäedullista asetelua rinnakkaisten kaapelien kesken pyritään jo suunnitteluvaiheessa välttämään ja tämä tulee käytännössä esiin suurvirtajärjestelmissä, joista puhutaan kappaleessa 5.3.4 Suurvirtajärjestelmät. Kahdella tai kolmella rinnakkaisella tavallisella liittymisjohdolla ei tällaista virran epätasaista jakautumista esiinny, elleivät johtimet ole keskenään merkittävästi erimittaisia tai poikkipinnaltaan eri paksuisia. Kuormitusvirran voidaan olettaa jakautuvan tasaisesti liittymisjohtojen kesken (puhuttaessa monijohdinkaapeleista), jos ne ovat samaa materiaalia, niillä on sama poikkipinta ja sama pituus, eikä niissä ole haaroituksia (SFS 6000-5-523.7).

Kahdella rinnakkaisella kaapelilla voidaan vielä käyttää yhteisiä sulakkeita, mutta silloin täytyy varmistua oikosulkusuojauksen toimivuudesta (SA 4:09). Jos kuormitus jakautuu tasaisesti rinnakkaisten johdinten kesken, voidaan niille käyttää D1 -käsikirjan mukaan yhteistä ylikuormitussuojasulaketta. Jos taas rinnakkaisten kaapelien virrat poikkeavat toisistaan yli 10 %, täytyy saman käsikirjan mukaan jokaisella johdolla olla oma ylikuormitussuojasulake, ja sen mitoittaminen täytyy tehdä erikseen. JE-Siirto Oy:ssä kahdelle, tai useammalle, rinnakkaiselle kaapelille asetetaan omat ylikuormitussuojasulakkeet. Virranjako johdinten kesken voidaan laskea johdinten impedanssien mukaan. Kolmella rinnakkaisella johtimella laskenta voidaan suorittaa seuraavalla kaavalla:

$$I_{a1} = \frac{I_a}{Z_1/Z_1 + Z_1/Z_2 + Z_1/Z_3} \quad (1)$$

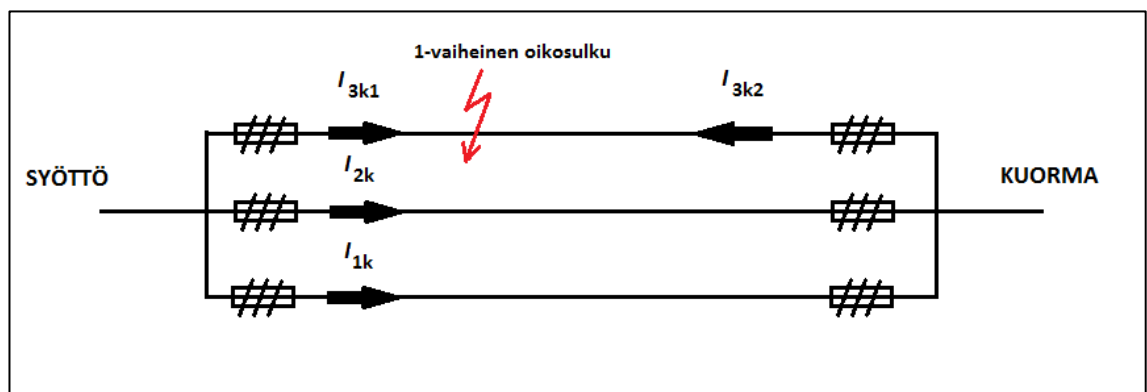
, jossa

$I_a$  on virtapiirin mitoitusvirta

$I_{a1}$  on johtimen 1 mitoitusvirta

$Z_1, Z_2$  ja  $Z_3$  ovat johtimien 1,2 ja 3 impedanssit. (D1)

Jos johdinten impedanssit ovat samat, virta jakautuu tasaisesti johdinten kesken. Virran jakautuminen suositellaan varmistettavaksi mittaamalla (D1). Kun rinnakkaisia kaapeleita on kolme tai enemmän, asennetaan oikosulku- ja ylikuormitussuojasulakkeet verkostosuosituksen SA 4:09 mukaan kullekin kaapelille erikseen. Kolmella kaapelilla, joilla on yhteinen sulakesuojaus, on SFS 6000 -standardissa vaaditun oikosulkusuojauksen toimivuuden osoittaminen hankalaa. Kolme (tai enemmän) rinnakkaista kaapelia täytyy suojata oikosululta erikseen jokaisen johdon kummastakin päästä (D1). Tällaista suojausta havainnollistetaan seuraavassa kuvassa.



Kuva 5. Kolmen rinnakkaisen johtimen suojaaminen oikosululta.

Kuvassa 5 on havainnollistettu suojauksen kannalta hankalinta tapausta eli yksivaiheista oikosulkua yhdessä rinnakkaisista johtimista. Virta pääsee kulkemaan oikosulkukohtaan johdon kummastakin päästä ( $I_{3k1}$  ja  $I_{3k2}$ ) rinnakkaisten johtojen kautta. Jos oikosulku tapahtuu johdon alkupäässä, syötön puolen oikosulkusuojan kautta kulkee suurempi oikosulkuvirta kuin kuorman puolen oikosulkusuojan kautta. Tämä sen takia, koska johtimien impedanssit rajoittavat virran kulkua. Johdon (jossa oikosulku tapahtuu) alkupäässä oleva sulake siis luultavasti toimii ensimmäisenä, mutta loppupään sulakkeen kautta kulkee vielä virtaa oikosulkuun.

Hankaluuksia tuottaa oikosulun keston pitäminen alle vaaditun viiden sekunnin. Kahden ehjän johtimen kautta kulkevat oikosulkuvirrat  $I_{2k}$  ja  $I_{1k}$  eivät välttämättä ole tarpeeksi suuria laukaisemaan ehjien johdinten oikosulkusuojia. Vaihtoehtona tällaiselle suojaukselle voisi olla yksi katkaisija yhteisesti kaikille johdoille. Jos yhden rinnakkaisista kaapeleista (johdin, missä oikosulku tapahtuu) oikosulkusuojaus toimii, voi se jäädä huomaamatta käytännössä, sillä liittymälle tulee sähköä edelleen kahdesta muusta rinnak-

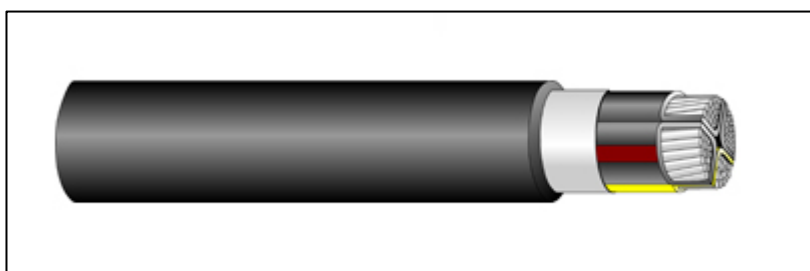
kaisesta kaapelista. Katkaisijan käyttö on siis suositeltava vaihtoehto monien rinnakkaisten johtojen suojaamisessa.

## 2.4 Kaapelien esittely

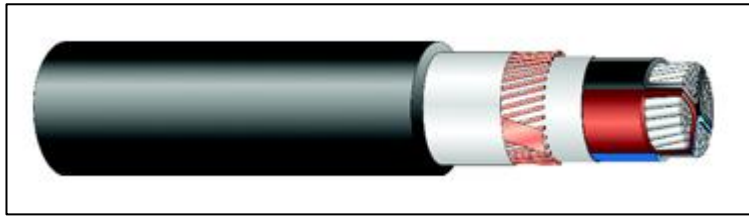
Tässä kappaleessa esitellään tässä työssä esiintyneet yleisimmät kaapelityypit. Työssä esiintyi monia eri poikki pintaisia kaapeleita, mutta yleisesti kaapelien poikkipinnat olivat välillä 10...185 mm<sup>2</sup>. Kaapelien valinnassa otetaan nykyisen siirrettävän tehon lisäksi huomioon tulevaisuuden kasvuvuara sekä oikosulkuvirran mahdollinen kasvu tulevaisuudessa. Myös asennustapa vaikuttaa olennaisesti kaapelien kuormitettavuuteen. JE-Siirto Oy:ssä kaapelit asennetaan suoraan maahan. Putkeen tai kouruun kaapelit asennetaan vain, kun lisäsuojaa tarvitaan (esim. tien alituksissa) (Komulainen).

Taloudellisuutta ajateltaessa suositaan ns. suosituimmuskaapeleita. Nämä ovat poikkipinnaltaan yleisimpiä kaapelityyppejä, ja niitä on yleensä jatkuvasti saatavilla. Suosituimmuskaapeleina käytetään vain muutaman eri poikkipinnan kaapeleita. (Mielonen) Saman poikkipintaista kaapelia käytetään siis erikokoisille pääsulakkeille. Suosituimmuskaapelit ovat kokonaisratkaisuna edullisimpia käyttää. Niitä käytettäessä toimitusajat lyhenevät, käsittely- ja varastointikustannukset pienenevät ja asennus helpottuu ja yksinkertaistuu (Alatalo).

Nykyisin JE-Siirto Oy:ssä käytetään pääosin metallivaipatonta AXMK -kaapelia. Se on PEX -eristeinen alumiinivoimakaapeli, joka siis eristemateriaalinsa ansiosta kestää korkeampia lämpötiloja kuin PVC -eristeiset kaapelit (kuten aiemmin taulukossa 5 todettiin). Kuva 6 on havainnollistava kuva AXMK -kaapelista ja kuva 7 AXCMK -kaapelista, jossa on kuparinauhasidos. Kuparinauhasidos toimii PE -johtimena AXCMK -kaapelissa ja AXMK -kaapelissa on PEN -johdin.

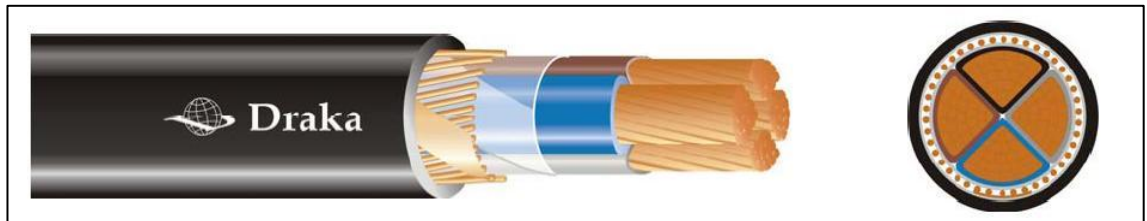


Kuva 6. AXMK -alumiinivoimakaapeli (Reka).

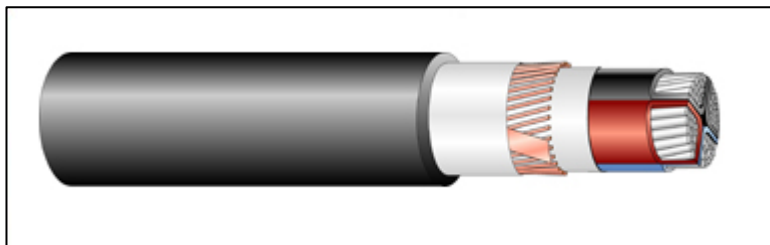


Kuva 7. AXCMK -alumiinivoimakaapeli (Reka).

MCMK -kuparivoimakaapeli on PVC -eristeinen. MCMK -kaapelia on yleisesti käytetty 60-luvulta 90-luvulle asti JE-Siirto Oy:ssä. Tässä työssä esiintyi paljon varsinkin MCMK 10 -kaapelia. Kuvassa 8 on havainnollistava kuva MCMK -kaapelista. Samasta kaapelista on käytössä alumiininen versio AMCMK, jossa on kuparinauhasidos. AMCMK -kaapelia käytettiin eniten 70- ja 80-luvuilla. AMCMK -kaapeli on esitetty kuvassa 9.



Kuva 8. MCMK -kuparivoimakaapeli (Draka).



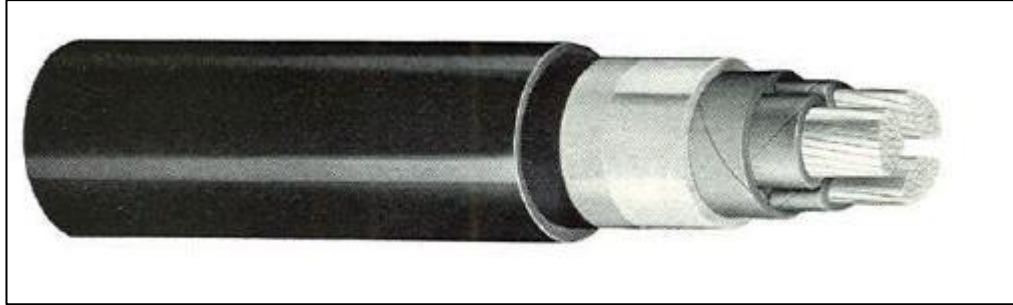
Kuva 9. AMCMK -alumiinivoimakaapeli kuparinauhasidoksella (Reka).

AMMK -kaapelia käytetään erityisesti suurvirtakaapelijärjestelmissä, joista puhutaan edempänä kappaleessa 5.3.4 Suurvirtajärjestelmät. AMMK on alumiininen yksijohdinkaapeli, jossa on PVC -eristys. AMMK -kaapeli on esitetty kuvassa 10.



Kuva 10. Alumiininen AMMK -yksijohdinkaapeli erityisesti suurille virroille (Alatalo).

Enimmäkseen 60- ja 70-lukujen asennuksissa käytetty paperieristeinen APAKM -kaapeli on esitetty kuvassa 11.



**Kuva 11. APAKM -kaapeli (Alatalo).**

50- ja 60-luvuilla käytetyssä PLKVJ -kuparivoimakaapelissa on armeeraus vanneteräksestä, lyijyvaippa sekä paperieristys. PLKVJ -kaapeli on esitetty kuvassa 12.



**Kuva 12. PLKVJ -kaapeli (Alatalo).**

PJ -verkkoa suunniteltaessa kaapelit sijoitetaan siten, ettei niitä asenneta muiden verkkojen (esim. vesijohtoverkon) päälle tai alle pitkittäissuunnassa. Kaapelit asennetaan noin 70 cm syvyyteen, jos mahdollista. Matalammat asennukset suojataan esim. putkella tai betonikourulla. Kaapeleita asennettaessa on myös huomioitava taivutussäteet sekä minimilämpötilat, missä kaapeleita voidaan käsitellä ja taivuttaa. Kaapeleita voidaan tosin tarvittaessa lämmittää kylmässä asentamista varten. Minimilämpötilat vaihtelevat +5..-20 °C. (Mielonen)



### 3 SULAKKEIDEN VALINTA

#### 3.1 Sulakkeita koskevat säännöt

Liittymisjohtojen ylikuormitussuojana käytetään gG-tyyppin sulakkeita. Ne ovat yleiskäyttöön tarkoitettuja sulakkeita ja niitä käytettäessä selektiivisyys yleensä toimii, kun sulakkeiden nimellisvirtojen suhde on 1:1,6. (ABB Kahvasulakkeet) Ylikuormitussuojasulakkeita mitoitettaessa voidaan käyttää seuraavaa SFS 6000 -standardin mukais- ta kaavaa:

$$I_B \geq I_n \geq I_Z \quad (2)$$

Kaavassa 2  $I_B$  vastaa piirin mitoitusvirtaa,  $I_n$  sulakkeen nimellisvirtaa ja  $I_Z$  johtimen kuormitettavuutta. Kun ylikuormitussuojaus toteutetaan sulakkeilla, ei voida suoraan valita sulakkeen kokoa johtimen kestävyysmukaan. Sulakkeilla täytyy huomioida ns. ylempi sulamisrajavirta, joka on sen virran suuruus, millä sulake palaa varmasti noin tunnissa. Tämä virta on suurempi kuin 1,45-kertainen sulakkeen nimelliseen virtaan nähden. Sulakkeen valintaa voidaan helpottaa seuraavalla kaavalla:

$$k * I_n \leq 1,45 * I_Z \quad (3)$$

, jossa

$I_n$  on sulakkeen nimellisvirta

$I_Z$  on johtimen sallittu jatkuva kuormitettavuus

$k$  on sulakkeen ylempään sulamisrajavirran ja sulakkeen nimellisvirran suhde. (D1)

gG-tyyppin sulakkeilla kerroin  $k$  määräytyy taulukon 7 mukaan. Näin toteutettu suojaus ei välttämättä katkaise virtaa, jos kyseessä on esim. pitkäaikainen, pieni ylikuormitustilanne. Siksi standardin SFS 6000 kohdan 433.1 mukaan oletetaan, että piirit suunnitellaan siten, ettei niissä tapahtuisi pientä ylikuormitusta usein.

Taulukko 7. Kertoimen  $k$  määrytyminen sulakkeen nimellisvirran mukaan (D1).

kertoimen $k$ arvo	sulakkeen nimellisvirta $I_n$
2,1	$\leq 4 \text{ A}$
1,9	$> 4 \text{ A}$
1,6	$\geq 16 \text{ A}$

Tässä työssä kaikki sulakkeet olivat nimellisvirraltaan yli 16 A, joten kerroin  $k$  saa arvon 1,6. Näin ollen sulakkeen nimellisvirta  $I_n$  määrytyy seuraavan kaavan mukaan:

$$I_n \leq \frac{1,45}{1,6} * I_z \quad (4)$$

Ylikuormitussuojasulakkeiden valinnassa täytyy myös muistaa, että johtimen asennustapa vaikuttaa johtimen kuormitettavuuteen  $I_z$ . Kun johtimen kuormitettavuus alenee, täytyy myös ylikuormitussuojasulakkeen kokoa pienentää vaatimusten mukaan.

Sulakesuojauksessa on tärkeää myös tarkastaa sulakkeen katkaisukyky ja sen riittävyys. 500 V kahvarokkeiden katkaisukyky on 50 kA, ellei valmistaja ole ilmoittanut suurempaa arvoa (usein 100 kA) (St kortisto ST 53.14). Katkaisukyky ei ole esteenä tässä työssä esiintyvälle ylikuormitussuojille, sillä kuormitusvirrat ovat paljon pienempiä mitä sulakkeen katkaisukyky sallii. Oikosulkusuojassa ja oikosulkuvirrassa päästään suurempiin arvoihin, mutta niissäkin ollaan silti kaukana 50 kA:sta.

### 3.2 Vanhemmat sähköturvallisuusmääräykset

Vanhemmissa asennuksissa johtimen kuormitettavuutta tarkastellaan sen ajan sähköturvallisuusmääräysten mukaan. Jos asennusten aikaiset määräykset sallivat asennuksissa käytetyn (nykystandardien mukaan liian suuren) sulakkeen, ei sulakekokoa tarvitse pienentää vaan voidaan noudattaa asennusten aikaisia määräyksiä. Ennen vuotta 1981 tehdyissä asennuksissa noudatettiin tässä työssä NOKIA:n VOIMAKAAPELIT JA ASENNUSJOHDOT -kirjan eri johtimille sallittuja kuormituksia (taulukossa 8) (Alatalo). Tässä kirjassa asennusvaihtoehtoina oli joko ”maassa” tai ”ilmassa”. Tässä työssä noudatettiin asennustapaa ”maassa”. Taulukossa 8 ”PVC” ja ”Paperi” viittaavat johtimessa käytettyyn eristeeseen.

Taulukko 8. Sallittu jatkuva kuormitusvirta ampeereina 1 kV johdoille (Alatalo taul. 21).

Johtimen poikkipinta mm <sup>2</sup>	Ilmassa		Maassa		Johtimen poikkipinta mm <sup>2</sup>	Ilmassa		Maassa	
	PVC	Paperi	PVC	Paperi		PVC	Paperi	PVC	Paperi
Kupari	1)	2)	1)	2)	Alumiini	3)	4)	3)	4)
1,5	17	23	26	29	-	-	-	-	-
2,5	24	31	35	39	2,5	19	-	27	-
4	33	41	46	52	4	26	-	36	-
6	43	51	57	63	6	33	40	44	49
10	59	70	77	86	10	46	55	60	67
16	83	94	100	115	16	65	74	78	90
25	110	120	130	145	25	85	95	100	115
35	135	150	160	175	35	105	115	125	135
50	160	180	190	210	50	125	140	150	165
70	210	230	240	260	70	160	180	185	205
95	250	275	285	310	95	195	215	220	240
120	290	315	325	350	120	225	245	255	275
150	330	365	370	400	150	260	285	290	310
185	380	410	420	450	185	295	320	330	350
240	450	480	480	525	240	350	375	375	410
300	510	560	550	595	300	400	430	430	465
1) MMK, MCMK, MLJRM					3) AMMK, AMKCMK				
2) PLKM, PLKVJ, PLKPJJ					4) HPLKM, HPLKVJ, HPLKPJJ, PYLKVJ, PLKVJ, PLKPJJ				

Edellisestä taulukosta (taulukosta 8) saatavia johtojen kuormituksia vertailtiin taulukoon 9, josta saadaan valittua kyseisille johtimille gG-tyyppin ylikuormitussuojasulakkeet. Vanhempaa taulukkoa sulakkeiden nimellisvirroille ei ennen vuotta 1981 asennetuille liittymisjohdoille ollut käytössä, joten työssä käytettiin D1 käsikirjasta rakennusten sähköasennuksille löytyvää taulukkoa. Näin kuitenkin ollaan turvallisella puolella sulaketta mitoittaessa, sillä sallitut kuormitukset ovat tiukentuneet ajan saatossa.

**Taulukko 9. Johtojen kuormitettavuudet käytettäessä gG-tyyppin sulakkeita ylikuormitussuojana (D1 taul. 43.1).**

gG -tyypin sulakkeen nimellisvirta $I_n$ (A)	Johdon sallittu kuormitus (A)
6	8
10	13,5
16	18
20	22
25	28
32	35
35	39
40	44
50	55
63	70
80	88
100	110
125	138
160	177
200	221
250	276
315	348
400	441

Vuosien 1981–1990 aikana tehtyjen asennusten kohdalla noudatettiin A 1-80 sähköturvallisuusmääräysten mukaisia kuormitettavuuksia. Sallitut kuormitettavuudet kaapeleille ovat miltei samat kuin taulukossa 8. Taulukossa 10 on esitetty lyhennetty versio A 1-80 sähköturvallisuusmääräyksissä esitetyistä kuormitettavuuksista erityyppisille kaapeleille. Asennustapoina olivat näissäkin määräyksissä joko ”maassa” tai ”ilmassa”. Liitetymskaapeleille noudatettiin jälleen asennustapaa ”maassa”.

Taulukko 10. Johtimien sallittuja kuormitettavuuksia (A 1-80 taul. 25.2-2.).

Johtimen poikkipinta (mm <sup>2</sup> )	Kuormitusvirta (A)				Johtimen poikkipinta (mm <sup>2</sup> )	Kuormitusvirta (A)			
	ilmassa		maassa			ilmassa		maassa	
Kupari	PVC	Paperi	PVC	Paperi	Alumiini	PVC	Paperi	PVC	Paperi
1,5	17	23	26	29	-	-	-	-	-
2,5	24	31	35	39	2,5	19	24	27	30
4	33	41	46	52	4	26	32	36	41
6	43	51	57	63	6	33	40	44	49
10	59	70	77	86	10	46	55	60	67
16	83	94	100	115	16	65	74	78	90
25	110	120	130	145	25	85	95	100	115
35	135	150	160	175	35	105	115	125	135
50	160	180	190	210	50	125	140	150	165
70	210	230	240	260	70	160	180	185	205
95	250	275	285	310	95	195	215	220	240
120	290	315	325	350	120	225	245	255	275
150	330	365	370	400	150	260	285	290	310
185	380	410	420	450	185	295	320	330	350
240	450	480	480	525	240	350	375	375	410
300	510	560	550	595	300	400	430	430	465

Taulukosta 10 saatavia johtojen sallittuja kuormituksia vertailtiin taulukkoon 11, josta saadaan valittua kyseisille johtimille gG-tyyppin ylikuormitussuojalakkeet sähköturvallisuusmääräysten A 1-80 mukaisesti.

Taulukko 11. Johtojen kuormitettavuudet käytettäessä gG-tyyppin sulakkeita ylikuormitussuojana (A 1-80 taul. 25.2-15.).

gG -tyypin sulakkeen nimellisvirta $I_n$ (A)	Johdon sallittu kuormitus (A)
10	14
16	20
20	25
25	32
35	41
50	58
63	73
80	93
100	116
125	146
160	185
200	232
250	292
315	366
400	464

Vuosien 1991–2000 aikana tehtyjen asennusten kohdalla noudatettiin A 1-89 sähköturvallisuusmääräysten mukaisia kuormitettavuuksia. Kyseisestä määräyksestä noudatettiin

asennustapaa B, johon katsotaan kuuluvaksi ”pinta-asennus (myös putkessa) lyhyine läpivienteineen, hyllyasennus lyhyine läpivienteineen, uppoasennus kivirakenteissa (betoni, tiili yms.) ja asennus nousukuilussa tai kaapelikanavassa”. (A 1-89) Vuosien 1991–2000 välillä on tullut muitakin sähköturvallisuusmääräyksiä, mutta niissä ei ole SFS 600 -standardin mukaan merkittävää muutosta tämän työn kannalta verrattuna sähköturvallisuusmääräykseen A 1-89 (SFS 6000 LIITE 802A). Sähköturvallisuusmääräyksessä A 1-89 sallitut kuormitukset johtimille näkyvät taulukossa 12.

**Taulukko 12. Johtimien sallittuja kuormitettavuuksia (A 1-89 taulukko 25.2-2).**

	Johtimen poikkipinta mm <sup>2</sup>	Kuormitusvirta (A)		
		Asennustapa A	Asennustapa B	Maassa
Alumiini	16	46	64	78
	25	61	83	100
	35	75	105	125
	50	90	125	150
	70	115	155	185
	95	135	190	220
	120	155	220	255
	150	180	250	290
	185	205	285	330
	240	240	330	375
	300	280	380	430
Kupari	1,5	14	14	26
	2,5	20	20	35
	4	26	26	46
	6	33	33	57
	10	45	62	77
	16	59	82	100
	25	78	107	130
	35	96	135	160
	50	115	160	190
	70	145	200	240
	95	175	245	285
	120	200	280	325
	150	230	320	370
	185	265	365	420
	240	310	425	480
300	360	490	550	

Edellisen taulukon kuormituksia vertailtiin taulukkoon 13, josta voitiin valita kyseisille johtimille ylikuormitussuojasulakkeet. Taulukko 13 on lyhennetty A 1-89 sähköturvallisuusmääräysten taulukosta 25.2-19.

**Taulukko 13. Johtojen kuormitettavuudet käytettäessä gG-tyyppin sulakkeita ylikuormitussuojana (A 1-89 taul. 25.2-19).**

gG -tyypin sulakkeen nimellisvirta $I_n$ (A)	Johdon sallittu kuormitus (A)
6	8,5
10	14
16	19
20	24
25	30
32	38
35	41
40	47
50	58
63	73
80	93
100	116
125	146
160	185
200	232
250	292
315	366
400	464

Uudempien asennusten kohdalla noudatettiin SFS 6000 -standardia. JE-Siirto Oy:ssä noudatetaan uusia standardeja aina uusissa asennuksissa tai esim. kun vanha liittymisjohto vaihdetaan uuteen, riippumatta siitä liitytäänkö vanhaan verkkoon vai ei.

## 4 SANEERAUS

SFS 6000 -standardin kohdan 802 mukaan kaapelin vaihtaminen samanlaiseen kaapeliin määritellään korjaustyöksi (SFS 6000-8-802.130.1). Vanhentuneita, alkuperäisen asennuksen mukaisia standardeja voidaan noudattaa vanhojen asennusten korjaustöissä, jos turvallisuusvaatimukset täyttyvät (SFS 6000-8-802.130.2). Muutos- ja laajennustöissä noudatetaan voimassa olevia määräyksiä ja standardeja. Näin ollen, jos esimerkiksi vaihdetaan vanha MCMK 10 -kaapeli uuteen AXMK 25 -kaapeliin, on se muutostyö ja siihen on noudatettava nykyisiä standardeja.

Jos vanhaa kaapelia on jatkettu uudella kaapelilla ja liitytty uuteen rakennukseen, voidaan sanoa, että kyse on laajennustyöstä. Tällöin noudatetaan siis nykyisin voimassa olevia standardeja. Ollaan kuitenkin lain turvallisella puolella, jos kaikissa asennuksissa noudatetaan nykyisin voimassa olevia määräyksiä ja standardeja. JE-Siirto Oy:n uusissa asennuksissa noudatetaan uusia standardeja, riippumatta siitä liitytäänkö vanhaan runkojohtoon ja riippumatta siitä, onko kyse korjaustöistä (Mielonen).

Kuten aiemmin todettiin, uusissa liittymissä rakennukseen saa liittyä ilmajohtolla vain poikkeustapauksissa (esim. jos maaperään ei voida kaapelia asentaa). Kun ilmajohtoa jatketaan kaapelilla pääkeskukselle (vain 25–35 A liittymissä), käytetään liittymisjohtona AXMK 4 x 25 S -kaapelia uusissa liittymissä (Sähköliittymät / tekniset ohjeet). JE-Siirto Oy:ssä käytetään uusiin asennuksiin liittymisjohdoille ja PJ -johdoille pääasiassa AXMK -kaapeleita. JE-Siirto Oy:ssä nykyisin käytössä olevat sulakekoot sekä niille suositellut liittymiskaapelityypit näkyvät taulukossa 14.



Taulukko 14. JE-Siirto Oy:n liittymäluokat ja liittymisjohdot (Sähköliittymät / tekniset ohjeet).

Liittymäluokka (A)	Liittymisjohto (kaapelit)	Liittymisjohto (ilmajohto-osuudella)
3 x 25	AXMK 4 x 25 S	AMKA 3 x 35AI+50AI
3 x 35	AXMK 4 x 25 S	AMKA 3 x 35AI+50AI
3 x 63	AXMK 4 x 25 S	AMKA 3 x 35AI+50AI
3 x 100	AXMK 4 x 95 S	-
3 x 125	AXMK 4 x 95 S	-
3 x 160	AXMK 4 x 95 S	-
3 x 200	AXMK 4 X 185 S	-
3 x 250	AXMK 4 X 185 S	-
3 x 315	2 x AXMK 4 X 185 S	-
3 x 400	2 x AXMK 4 X 185 S	-
3 x 600	3 x AXMK 4 X 185 S	-
3 x 800	AXMK 4 X 185 S, suurvirtajärjestelmä tai kisko	-
3 x 1000	Suurvirtajärjestelmä tai kisko	-
3 x 1250	Suurvirtajärjestelmä tai kisko	-

Vaikka liittymisjohto olisikin hieman vanha, voi sen saneeraamista estää esim. kohteessa vasta uusittu piha tai muu remontti. Liittymisjohdon saneeraaminen edellyttäisi pihan kaivuuta ja toisaalta myös läpiviennit talon sisällä voivat aiheuttaa esteettisiä ongelmia. Näitä asioita täytyy miettiä kohteen saneeraustarvetta määriteltäessä.

Saneeraustarve määriteltiin tätä työtä tehdessä asennuksen luonteen ja asennuksen iän mukaan. Jos kyseessä on esim. ketjutettu liittymä (joista puhutaan edempänä), on saneeraustarve suuri. Jos taas liittymän pääsulakkeet ovat yhtä porrasta isommat kuin johdinlajille sallitut, ei saneerauksella ole polttava kiire. Myös saneerattavien liittymien lähiverkkoa tarkasteltiin saneeraustarpeen laajuuden määrittämiseksi. Jos saneerattava kohde on vanha ja sen ympäröivät liittymät tai sitä syöttävä muuntajat ovat vanhoja, on taloudellista saneerata koko muuntopiiri kerralla (Komulainen). Jos taas ympäröivä verkko on suhteellisen uutta verrattuna saneerattavaan kohteeseen, täytyy saneerauksen ehkä odottaa joitakin vuosia. Kriittisissä tapauksissa kohteita saneerataan yksittäinkin.

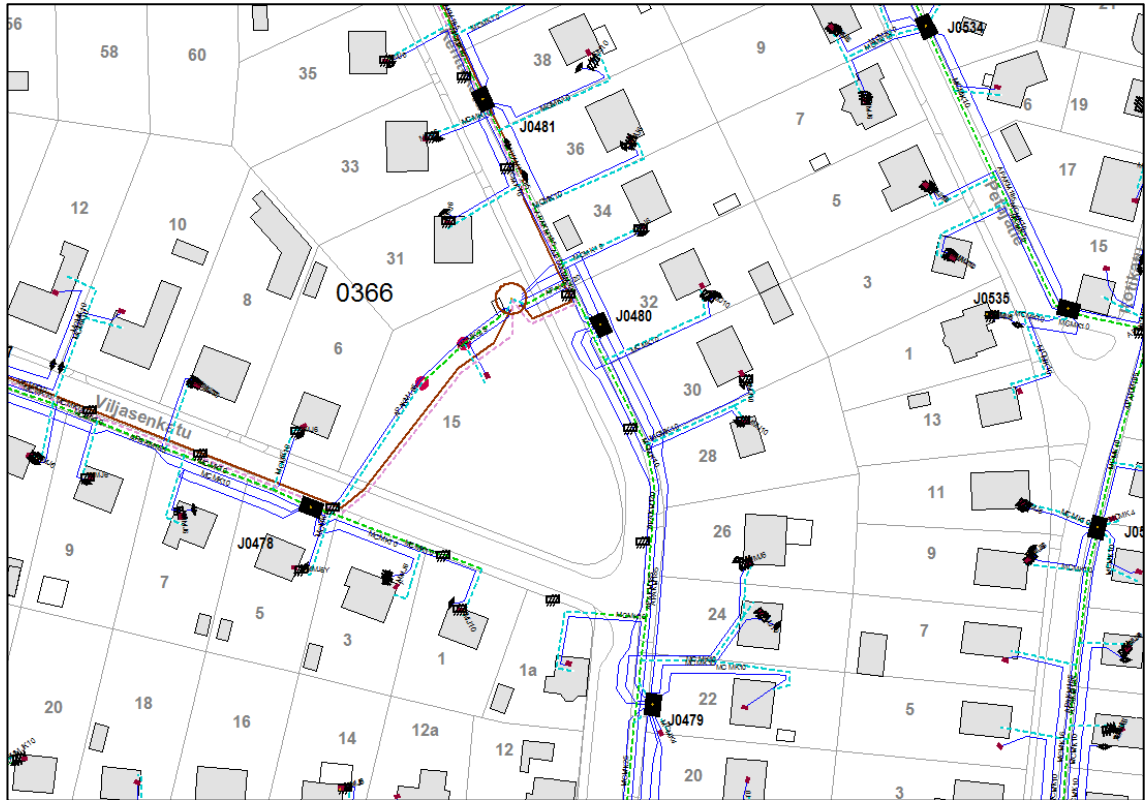
## 5 TYÖN KULKU

### 5.1 Tietokoneohjelmat

#### 5.1.1 Power Grid (PG)

PG on verkkotietojärjestelmä, jota käytetään sähköverkon suunnittelussa. Sähköverkko on kuvattu PG:llä komponenteittain. Verkon eri osien kytkennät ja kytkentämahdollisuudet on esitetty, kuten ne verkossa todellisuudessa on. Verkkokomponentit on kuvattu erilaisilla symboleilla, ja jokaiselta komponentilta löytyy tietoa sen valmistajasta, asennusvuodesta, tyypistä jne. PG:llä voidaan tehdä verkostosuunnitelmia tai simuloida jo olemassa olevaa verkkoa eri tilanteissa. Verkkotietojärjestelmän perusteella tiedetään, mikä on verkon sähköinen tila esim. suojauksen toimivuuden ja kuormitusten kannalta. (Komulainen)

PG:ltä voidaan laskea ja tarkastella koko JE-Siirto Oy:n verkkoa. Kuvassa 13 on esitetty yleisnäkymä PG:ltä. Näkymää voidaan tarkentaa huomattavasti tai toisaalta katsoa koko kaupunkia yhdellä ruudulla. Tässä työssä PG:llä keskityttiin esim. yhteen muuntajaan tai liittymään, mutta myös laajempaa tarkastelua käytettiin mm. liittymiä ympäröivän verkon tarkastelussa.



Kuva 13. Yleisnäkymä PG:ltä, jossa näkyy useita jakokaappeja sekä liittymiä ja yksi muuntamo.

Tässä työssä PG:tä käytettiin ongelmallisten liittymien paikantamiseen ja kyseisten liittymien kaapeleiden asennusympäristön tarkistamiseen. PG:ltä selviää mm. minkälaisista kaapeliosuuksista liittymisjohto mahdollisesti koostuu, onko kyse ketjutetusta liittymästä ja liittymän eri kohteiden asennusvuodet. Ohjelmasta voidaan hakea myös arvio kohteen sähkönkulutuksesta. Esimerkki tällaisesta näkymästä on kuvassa 14.

Kulutustiedot

Liittymä: 2006962  
Lähde: YHTEENVETO  
Tallennetut tiedot

Ylimäärätetty tehokerroin

	Kuormituskäyrä	Käyttöpaikkojen lkm	Vuosienergia (MWh)	Huipputeho (kW)	Loisteho (kVAr)	Muodostettu
1	11	1	16.8 MWh	0.0 kW	0.0 kVAr	27.11.2012 01:29:11
2	2	39	54.8 MWh	0.0 kW	0.0 kVAr	27.11.2012 01:29:11
3	3	1	4.4 MWh	0.0 kW	0.0 kVAr	27.11.2012 01:29:11
4	28	3	20.8 MWh	0.0 kW	0.0 kVAr	27.11.2012 01:29:11
5	<b>Yhteensä:</b>	<b>44</b>	<b>96.8 MWh</b>	<b>0.0 kW</b>	<b>0.0 kVAr</b>	

Liittymän tiedot

1 Asuminen: erit. pieni kulutus

Vuosienergia (MWh)

Huipputeho (kW)

Loisteho (kVAr)

Tehokerroin

Käyttöpaikkojen lkm

Monista

Kuva 14. Esimerkki PG:n antamista kulutustiedoista liittymälle.

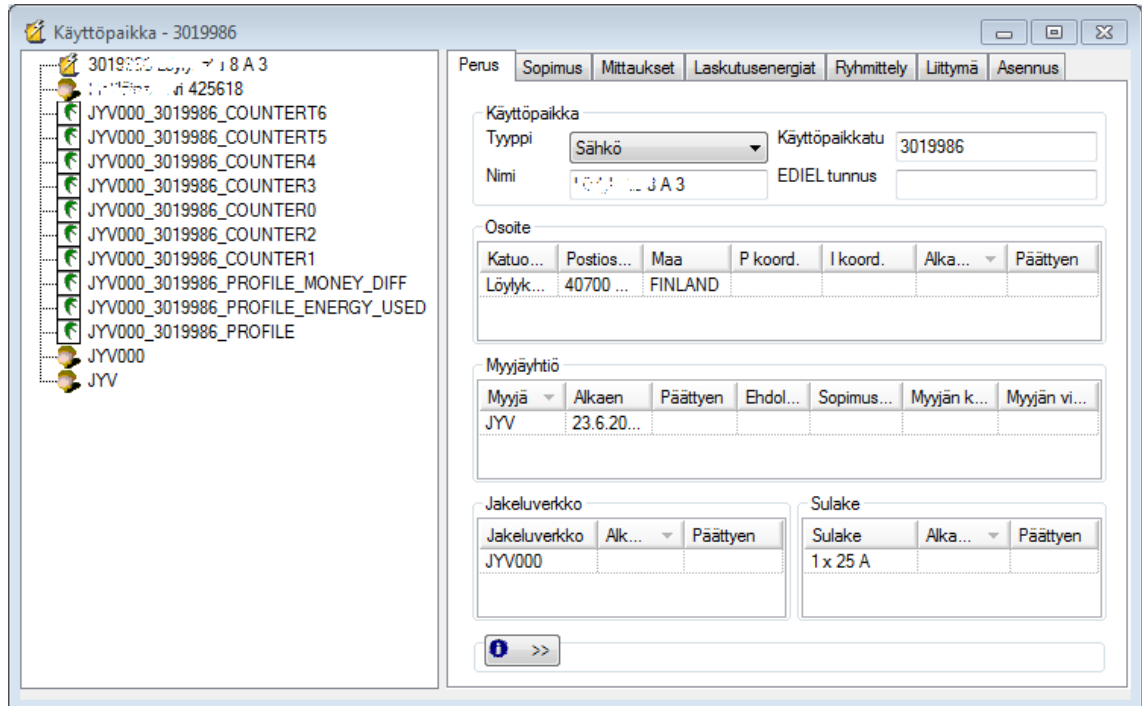
Ikkunasta selviää liittymän (pääkeskus) numero, sekä eri käyttöpaikkojen (ryhmäkeskusten) lukumäärä ja kuormituskäyrien mukaiset arvioidut huipputehot. Arvio ei ole välttämättä todellisuutta vastaava, ja tärkeämpää onkin huomioida käyttöpaikkojen lukumäärät (esim. kerrostalon asuntojen lkm.) ja niiden tyypit (asuminen, kiinteistöt, teollisuus...). Näiden avulla voidaan suunnittelussa arvioida todellista kulutusta.

### 5.1.2 Ellarex ja EDM

Ellarex on Jyväskylän Energia Oy:llä käytössä oleva asiakastietojärjestelmä, jolla JE-Siirto Oy:n asiakkaiden kulutus- ja laskutustietoja hallitaan. Tässä työssä järjestelmästä haettiin liittymien pääsulakkeiden tietoja, sekä siirtotuotteita käyttöpaikoille. Siirtotuote kuvastaa JE-Siirto Oy:n siirtämän energian tuotenimikettä (esim. tehosähkö, kausisähkö 125 A jne..). Järjestelmästä nähdään, montako käyttöpaikkaa liittymällä on, sekä käyttöpaikkatunnukset.

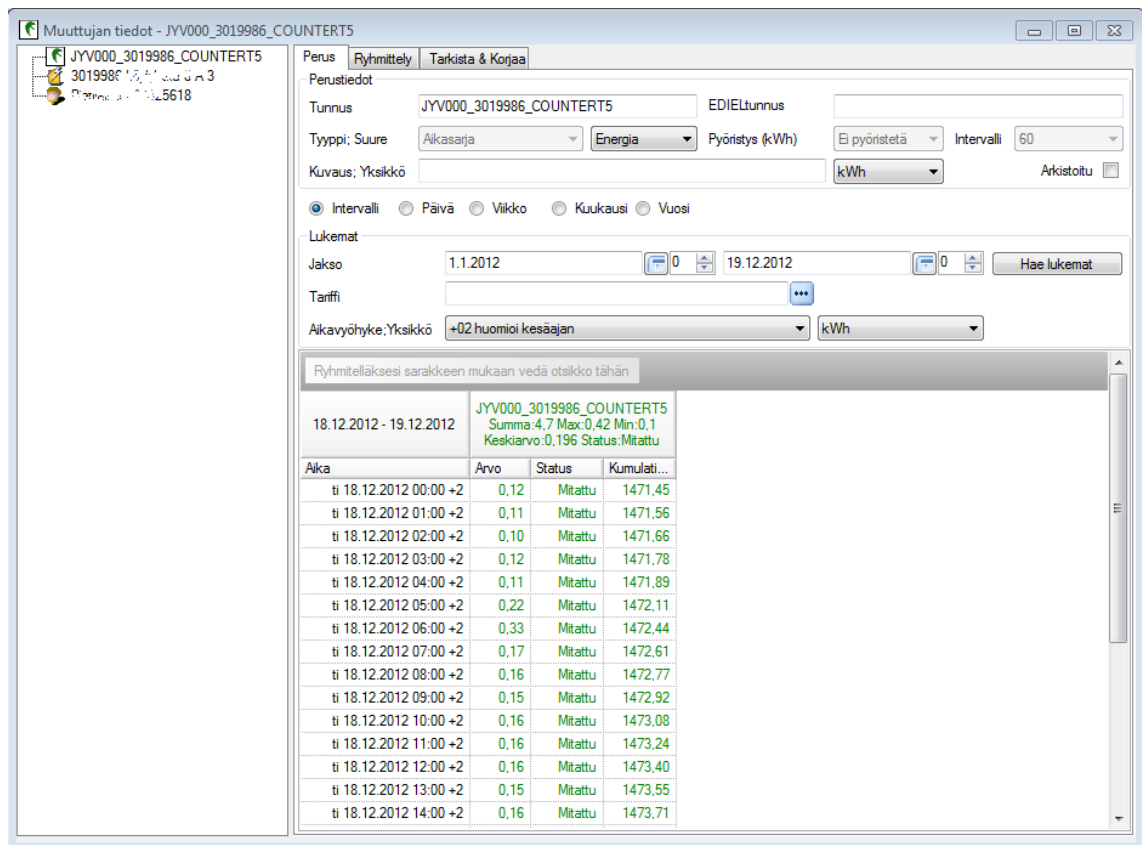
Käyttöpaikkatunnuksilla voidaan tarkastella kohteen kulutusta EDM:ltä. EDM on JE-Siirto Oy:ssä käytetty tuntimittautustietojen hallintajärjestelmä, joka kehitettiin etäluettavien mittarien tietojen hallitsemiseen. Kulutusmittareilta tulee tietoa niin laajalti, ettei Ellarex:illa yksinään voisi sitä hallita. EDM:ltä voidaan lukea mittareita miltei reaaliajassa. Tämä helpotti liittymien sähkönkulutuksen huippujen määrittämistä, mikä on

tärkeää ylikuormitussuojasulakkeiden koon valinnan kannalta. Ylikuormitussuojasulakkeet määritellään nimenomaan huipputehojen mukaan. Kulutus näytetään EDM:llä aina tunnin keskiarvon mukaan. Kuvassa 15 on esillä yleiskuva EDM:stä. Ikkunassa on auki käyttöpaikan (esim. kerrostaloasunto) mukaiset perustiedot. Osoite- ja nimitiedot on sotkettu epäselviksi kuvasta tietoturvasyistä.



Kuva 15. Käyttöpaikan ikkuna avoinna EDM:ssä.

Vasemmalla valikossa näkyvistä kuvallisista ikoneista päästään tarkastelemaan mittarin lähettämää dataa. Eri ikoneista voidaan tarkastella kulutusta eri mittauksista (kumulatiivinen pätöteho, pätöteho tunneittain, loisteho jne.). Seuraavassa kuvassa on avattu näkymä, josta tarkkaillaan erään käyttöpaikan pätötehon kulutusta tunneittain.



Kuva 16. Erään käyttöpaikan pätöteho tunneittain EDM:ltä katsottuna.

Osa tuntimittaustietojen lukemista voi olla arvioita kulutuksesta ja osa lukemista voi olla syötettyjä. Eri lukemat erotetaan toisistaan väreillä. Esimerkiksi vihreät lukemat ovat todellisia mittaustuloksia ja keltaiset ovat arvioita. Jos mittausarvo puuttuu kokonaan, se merkitään punaisella.

## 5.2 Työn kulku yleisesti

Alussa PG:n avulla tehtiin lista, jossa on kaikki liittymisjohdot, joilla ylikuormitus-suojasulakkeet ovat isommat mitä kyseiselle johdinlajille nykyisin sallitaan. Tämän listan pohjalta liittymille kerättiin tietoa JE-Siirto Oy:n sopimuksista ja tietojärjestelmistä. Sopimuksista tarkastettiin minkä kokoinen sulake liittymän pääkeskuksella saisi olla, ja jos sopimusta ei löytynyt, tai siinä ei ollut tietoa sulakkeiden koosta, tarkastettiin sulakkeiden todellinen koko.

Monet 50- ja 70-luvuilla tehdyt sopimukset ovat tehoon perustuvia, jolloin liittymän koko ilmoitettiin vain tehon mukaan ottamatta kantaa pääsulakkeiden kokoon. Tällöin

pääsulakkeiden koko piti käydä tarkastamassa paikanpäällä. Samoin, jos tietojärjestelmien välillä (PG, Ellarex ja EDM) oli ristiriitaa, täytyi sulakkeet käydä tarkastamassa. Tarkastuksia paikan päällä ei voitu tehdä kaikille kyseenalaisille tapauksille, sillä kohteita oli paljon ja aikaa rajallisesti.

Sellaisten liittymien pääsulakkeita, joissa oli vain yksi käyttöpaikka, tarkasteltiin vielä lisäksi seuraavalla tavalla: kun etäluettavia mittareita aikaisempina vuosina asennettiin, tarkastettiin samalla kohteiden mittauksen etusulakkeiden kokoja. Näitä sulakkeiden tietoja voitiin käyttää tässä työssä hyväksi sellaisissa paikoissa, joissa käyttöpaikan pääsulake (mittauksen etusulake) oli sama, kuin liittymän pääsulake. Toisin sanoen sellaisissa liittymissä, joissa oli vain yksi käyttöpaikka. Esim. kerrostalojen (joissa on monta käyttöpaikkaa) pääsulakkeista ei saatu tietoa tätä kautta. Ne jouduttiin erikseen tarkastamaan paikan päällä, jos pääsulakkeiden todellisesta koosta ei oltu varmoja.

Nämä mittarien asennuksen yhteydessä kerätyt tiedot löytyivät EDM:ltä ja niihin voitiin tässä kohtaa luottaa. Yhden käyttöpaikan liittymien pääsulakkeita ei käyty erikseen tarkastamassa paikan päällä, vaikka tiedot eri tietokannoissa (PG, Ellarex ja EDM) olisivatkin olleet ristiriidassa keskenään.

Kun pääsulakkeita käytiin tarkastamassa paikan päällä, poistui osa ongelmallisista liittymistä. Tämä sen takia, että tietojärjestelmään merkityt sulakekoot olivat järjestelmässä virheellisesti liian suuria ja todellisuudessa pääsulakkeet olivat kooltaan määräysten mukaisia liittymisjohdolle. Ensin tehopohjaisten sopimusten sallitut sulakekoot täytyi kuitenkin määrittää, jotta voitiin määrittää suurin piirtein, kuinka isot sulakkeet liittymällä voi olla.

Sopimuksen mukaisen liittymän tehon kautta voidaan laskea suuripiirteinen virta liittymälle ja virran kautta voidaan valita ylikuormitussuojasulakkeet. Virran laskeminen voidaan tehdä kaavalla:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U} \quad (5)$$

, jossa

$P$  on liittymän teho (maksimiteho sopimuksessa)

$I$  on liittymän tehon kautta saatava maksimivirta

$U$  on pääjännite (400 V).

Edellisessä kaavassa (5) ei huomioida loistehon vaikutusta, mutta sillä ei ole suurtakaan merkitystä asumiseen liittyvissä kohteissa. Tähän työhön käytettäviä tehokertoimia voisivat olla verkostosuosituksen SA 4:09 mukaan pienimpänä pienteollisuusalueen tehokerroin  $\cos \varphi = 0,75$  ja suurimpana asuminen sähkölämmityksellä  $\cos \varphi = 0,96$ . Toisaalta liittymäkoot eivät ole lähekkäin toisiaan (esim. 63 A, 100 A ja 125 A), joten jos virta on suurin piirtein tiedossa, voidaan määrittää liittymän koko riittävän tarkasti.

Liittymissä tarkasteltiin kolmea merkittävää asiaa, jotka vaikuttavat siihen saneerataanko liittymisjohto vai ei. Ensinnäkin sitä ovatko liittymän pääsulakkeet liian isot sopimukseen vertailtaessa. Vaihdamalla pääsulakkeet pienempiin, vältytään saneeraukselta. Seuraavaksi tarkasteltiin sitä, ovatko sulakkeet asennushetken standardien mukaisia ja näin ollen nykyisinkin johdinlajille sallittuja. Kolmanneksi tarkasteltiin liittymän kuluusta, jonka mukaan voitiin ehkä ehdottaa asiakkaalle sulakekoon vaihtamista pienempään. Ehdotus voitiin tehdä, jos kulutus oli huomattavasti pienempää kuin mitä pääsulakkeista olisi mahdollisuus ottaa läpi.

Tässä työssä tarkastelun kohteena oli nimenomaan tuntikohtainen maksimi teho reilun vuoden ajalta, eikä vuosikulutus tai keskimääräinen kulutus. Liittymän teho nähtiin EDM:stä etäluettavien mittarien tuottaman informaation perusteella. Työssä tarkkailin vuosien 2012 ja 2013 kulutusta 1.1.2012 alkaen. Kaikilla liittymillä ei ollut tietoa vuoden 2012 alusta lähtien tai edes kesästä 2012 lähtien, sillä etäluettavat mittarit ovat suhteellisen uusia.

Yhtenä lisätarkasteluna oli vielä ns. ketjutetut liittymät (tai muunlaiset asennukset), jotka eivät ole enää nykyisten standardien mukaan sallittuja. Tällaisista asennuksista pyritään JE-Siirto Oy:ssä pääsemään eroon mahdollisimman nopeasti. Ketjutetuista liittymistä ja muista erikoisista asennuksista puhutaan lisää kappaleessa 5.3. Taulukossa 15 on esitetty muutama liittymä ja siihen liittyviä tietoja, joita työssä on käytetty. Muitakin tietoja liittymiin käytettiin tämän työn aikana, mutta seuraavaan taulukkoon on poimittu oleellisimpia kohtia.



Taulukko 15. Esimerkki työn liittymiin kerätystä tiedoista.

Liittymä	Liittymän tunnus	Osoite	Asiakas	Sopimuksen mukaiset pääsulakkeet (A)	PG:n ilmoittama pääsulake (A)	Johtotyyppi
1	XXXX	XXXX	XXXX	250	250	AMCMK185
2	XXXX	XXXX	XXXX	250	250	AMCMK185
3	XXXX	XXXX	XXXX	Sopimuksessa ei lue liittymän kokoa	200	PLKVJ70
4	XXXX	XXXX	XXXX	8 kVA (ehdotus pääsulakkeeksi 35 A)	63	MCMK10
5	XXXX	XXXX	XXXX	35 A (sopimuksessa liittymisjohtona MCMK16)	35	MCMK6
Liittymä	Asennusvuosi	Tarkastetut sulakkeet (A)	Sallittu sulakekoko johdolle nykystandardien mukaan (A)	PG:llä ilmoitetut sulakkeet liian isot sopimukseen vertailtaessa (tehopohjaiset sopimukset)	Ellarex käyttöpaikan pääsulake (jos vain yksi käyttöpaikka)	Ellarex siirtotuote (jos vain yksi käyttöpaikka)
1	1977		200		250 A	xPJteho2
2	1980		200		250 A	xKS160
3	1962	200	160		200 A	xPJteho1
4	1985		50	43,5 kW (16 A -> 11 kW)	63 A	xYS063
5	1964		25		25 A	xKS025
Liittymä	Asentajien viesti EDM:stä (tähän sulakekokoon voidaan luottaa)	Tehohuippu (kW)	Sallitut sulakkeet v. x..1980 (NOKIA) mukaan (A)	Sallitut sulakkeet v. 1981..1990 (A1-80) mukaan (A)	Sallitut sulakkeet v. 1991..1997 (A1-89) mukaan (A)	Kommentti
1		75	250 ok			ok
2	<b>3x160A</b>	55	250 ok			ok, ellarexissä eroava siirtotuote
3		80	200 ok			ok, mutta sopimuksessa ei lue kokoa
4		0,48		63 ok		ok, paitsi sopimukseen nähden liian isot sulakkeet
5	<b>3x25A</b>	alle 20				ketjutettu liittymä ja vanha -> remonttiin (25 A sulakkeet ok!)

Liittymiin ja liittymissopimuksissa ilmenneille ongelmille löytyi eri ratkaisuja riippuen ongelman luonteesta. Taulukko 16 selventää näitä ongelmia ja niiden ratkaisuja. Normaalityypisessä liittymisjohdon ylikuormitusuojasulake oli asennusten aikaisten standardien mukainen, ja sen takia nykyisinkin sallittu.

Taulukko 16. Työssä esiintyneitä ongelmia ja niille toteutettavat ratkaisut.

<b>Ongelma</b>	1) Liittymälle ei löydy sopimusta tai sopimuksessa ei määritellä liittymän kokoa	2) Sopimuksen mukaiset pääsulakkeet eivät suojaa liittymisjohtoa ylikuormalta
<b>Ratkaisu</b>	1) Asiakkaan kanssa tehdään liittymissopimus, johon suunnittelija määrittelee koon nykyisen liittymiskaapelin kuormituskestoisuuden mukaan	2) Liittymisjohto saneerataan, jos asiakkaan kulutuksen mukaan ei voida pääsulakkeita pienentää
<b>Ongelma</b>	3) Tehopohjaiset liittymissopimukset	4) Asiakkaan pääsulakkeet ovat liian isot sopimukseen nähden
<b>Ratkaisu</b>	3) Jos nykyinen liittymiskaapeli ei salli asiakkaan nykyisen kokoista pääsulaketta niin liittymän koko määräytyy liittymässä olevan heikoimman kohdan mukaan	4) Sulakkeet vaihdetaan pienempiin tai solmitaan uusi sopimus (mikäli asiakas haluaa säilyttää nykyisen sulakekokonsa)

Kun liittymän sopimusta ei löydy tai siinä ei määritellä liittymän kokoa (ongelma 1), täytyy suunnittelijan määritellä liittymälle uusi koko. Tällöin suunnittelija tarkistaa myös liittymän sähkökäyttötiedot. Kulutustietojen pohjalta suunnittelija voi tarkemmin määritellä liittymän uutta kokoa. Suunnittelija ei siis keskity pelkästään pääsulakkeen, pääkeskuksen sekä liittymisjohdon ja sen liitosten kuormitettavuuden mukaan määräytyvään liittymän kokoon. Jos liittymiskaapeli saneerataan sen takia, etteivät sopimuksen mukaiset pääsulakkeet suojaa liittymisjohtoa ylikuormitukselta (ongelma 2), joutuu JE-Siirto Oy investoimaan ko. liittymiskaapelin.

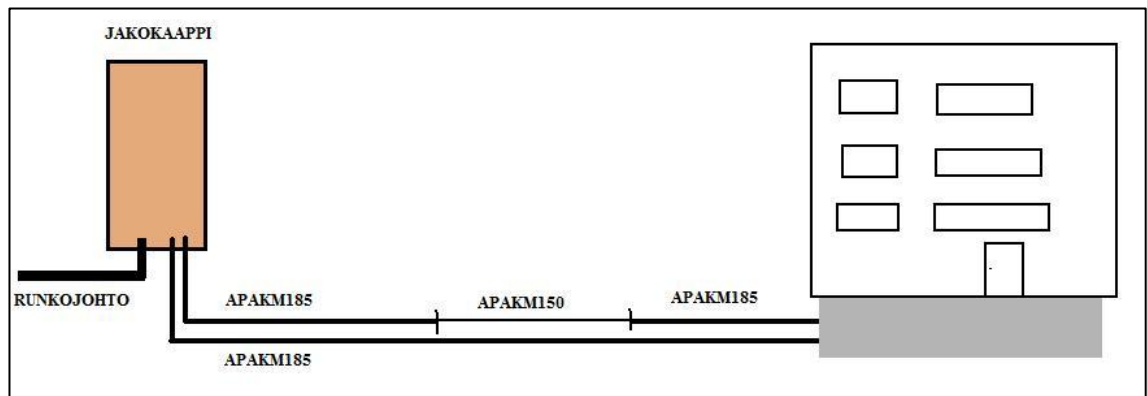
### 5.3 Erikoistapaukset

Työssä esiintyi erilaisia erikoistapauksia, joihin täytyi paneutua hieman syvällisemmin, jotta ratkaisu ongelmaan löytyi. Monessa tapauksessa sulakkeet olivat todellisuudessa pienemmät kuin mitä PG ilmoitti. Näin ollen ongelma liian suurista ylikuormitus-suojasulakkeista poistui, kun oikeat tiedot sulakkeiden koosta syötettiin asiakastietojärjestelmään, josta tiedot siirtyvät PG:lle. Osassa työssä esiintyvistä liittymistä oli kuitenkin

kin muita asioita, jotka vaativat lisätarkastelua asennuksen luonteesta johtuen. Näitä liittymiä käsitellään tässä kappaleessa.

### 5.3.1 Rinnakkaiset mutta erilaiset kaapelit liittymisjohtona

Eräässä liittymässä oli asennettu kahta kaapelia rinnakkain. Toisena kaapelina oli APAKM185 ja toisena kaapelina kahta eri kaapelia APAKM185 sekä APAKM150. Asennus on erikoinen juuri sen takia, että siinä on kahta eri kaapelia rinnakkain syöttämässä samaa liittymää. Ylikuormitussuojasulakkeet eivät olleet liian suuret liittymisjohtoille, mutta se PG:n versio, jota tässä työssä käytettiin, käsittelee tällaisia tapauksia virheellisesti, ja tämän takia ilmoittaa ongelmasta sulakkeiden kanssa. Liittymän ylikuormitussuojana ovat 2 x 200 A sulakkeet tai yksi 400 A sulake yhteisenä molemmille kaapeleille. Kuvassa 17 on havainnollistettu asennusta.



Kuva 17. Liittymiskaapelin asennus, jossa kahta eri kaapelikokoa rinnakkain.

Jos molemmalla kaapelilla on omat 200 A sulakkeet, ovat ne sallitun kokoiset, sillä ne käyvät ylikuormitussuojana pienemmälle APAKM150 -kaapelille. Jos molemmille kaapeleille on yhteinen 400 A sulake, voisi periaatteessa virranjaon kautta tulla isommalle tai pienemmälle kaapelille ongelmaa kuormitettavuuden kanssa. Virta jakautuu tässä tapauksessa kaapelien kesken kuitenkin hyvin tasaisesti, vaikka toisessa johtimessa onkin pätäkä ohuempaa kaapelia. Tämä voidaan todentaa laskemalla virranjaon avulla pahin tapaus, eli se, missä toinen rinnakkainen kaapeli on koko pituudeltaan ohuempaa APAKM150 -kaapelia ja toinen kaapeli koko pituudeltaan paksumpaa APAKM185 -kaapelia.

Reaktansseilla ei ole tässä laskennassa suurta merkitystä, kuten aiemmin luvussa 5.2 todettiin. APAKM185 -kaapelin resistanssi on noin 0,183  $\Omega/\text{km}$  ja APAKM150 -kaapelin resistanssi on noin 0,211  $\Omega/\text{km}$ . Nyt voidaan laskea rinnakkaisista kaapeleista paksumman kaapelin kautta kulkeva virta (suurempi virta):

$$I_{185} = \frac{R_{150}}{R_{\text{kok}}} * I_{\text{kok}} \Rightarrow \frac{0,211 \Omega/\text{km}}{0,183 \Omega/\text{km} + 0,211 \Omega/\text{km}} * I_{\text{kok}} \approx 0,536 * I_{\text{kok}} \quad (6)$$

, jossa

$I_{185}$  on APAKM185 kaapelin kautta kulkeva virta

$R_{150}$  on APAKM150 kaapelin resistanssi

$R_{\text{kok}}$  on molempien kaapelien yhteisresistanssi

$I_{\text{kok}}$  on rinnakkaisten johdinten yhteisvirta.

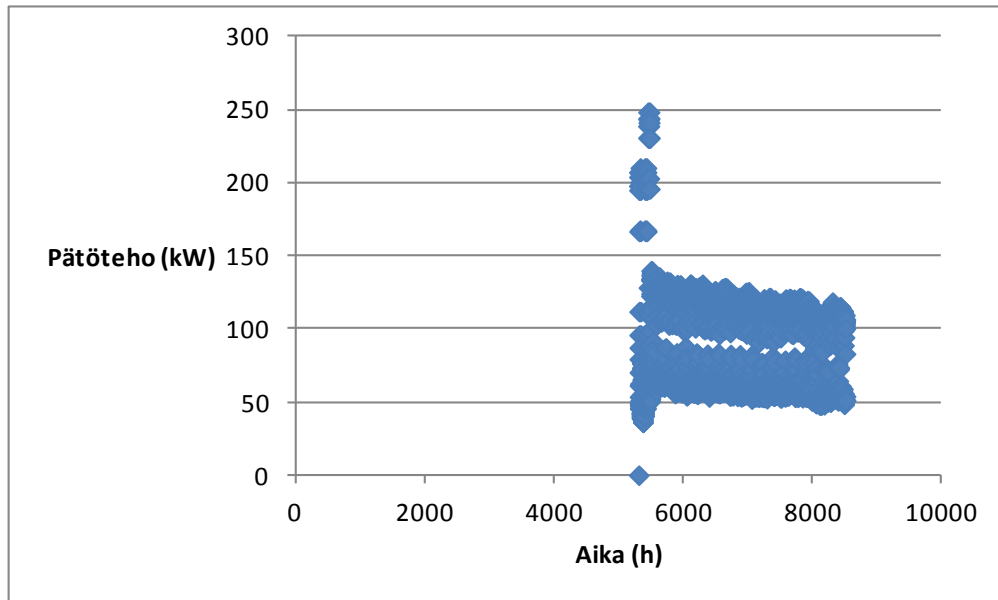
Laskentatuloksesta voidaan tulkita, että paksumman kaapelin kautta kulkee noin 53,6 % kokonaisvirrasta. Virta siis jakautuu hyvin tasaisesti rinnakkaisten kaapelien kesken. Kyseisessä asennuksessa rinnakkaiset kaapelit ovat suurimmaksi osaksi samaa kaapelia ja pieni APAKM150 -kaapelin pätkä vaikuttaa virran jakautumiseen tällöin vielä vähemmän kuin äskeisessä laskutoimituksessa. Todellisuudessa ollaan siis vielä lähempänä virran tasaista jakautumista. Näin voidaan todistaa, että myös yhteinen 400 A sulake kävisi ylikuormitussuojana tähän asennukseen.

### 5.3.2 EDM:n arviointi

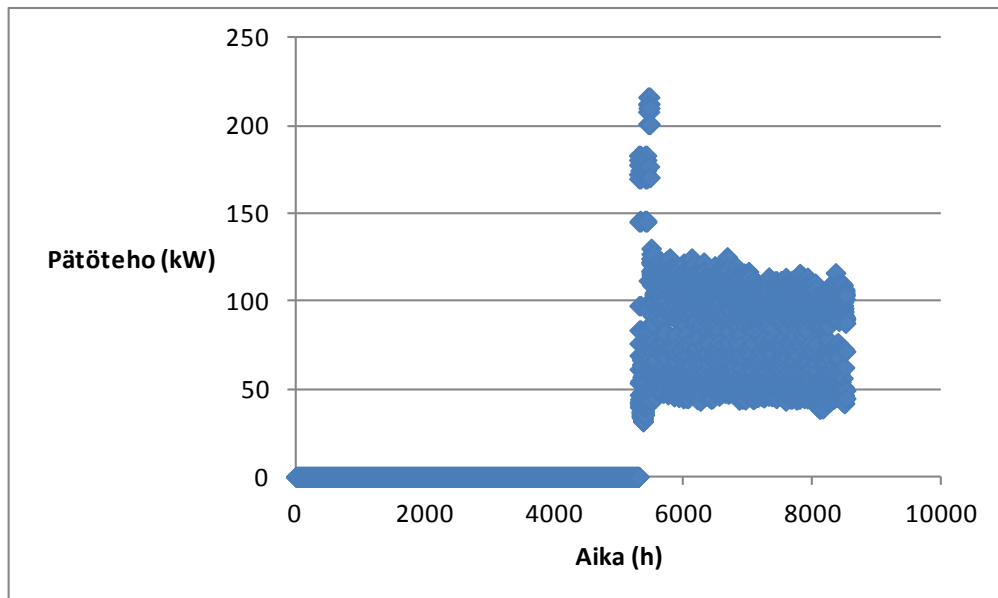
EDM:n kanssa oli tapaus, jossa uudet etäluettavat mittarit oli asennettu kohteeseen vuoden 2012 loppukesästä. EDM arvioi kohteen kulutusta ensin vähän aikaa, kunnes saatiin oikeita mittaustuloksia kulutuksesta. Arviointi osui kuitenkin paljon yläkanttiin ja näytti siltä, että liittymä ottaa liian suurta tehoa verrattuna liittymisjohtojen poikkipintaan. Arvioinnin tuloksia on esitetty seuraavissa kuvaajissa (kuviot 1 ja 2). Pystyakselilla on päätötehon kulutus ja vaaka-akselilla tunnit (noin yksi vuosi).

Alkuvuodesta ei ole arviointeja kulutuksesta, eikä mittaustuloksia, joten kulutus näyttäisi olevan nollassa. Todellisuudessa kulutusta oli alkuvuonnakin, mutta se ei näy etäluet-

tavista mittareista, sillä niitä ei oltu vielä asennettu. Kuvaajissa on pisteitä erittäin paljon (joka tunnille oma), mutta tärkeintä on huomata korkeimmat kulutuksen huiput mittauksen alussa. Nämä korkeat kulutukset olivat arvioita, ja ne vääristivät kulutusta huomattavasti miltei kaksinkertaistaen kulutuksen huippua verrattuna todelliseen kulutukseen.



Kuvio 1. Esimerkki 1 etäluettavien mittarien antamista kulutustiedoista.



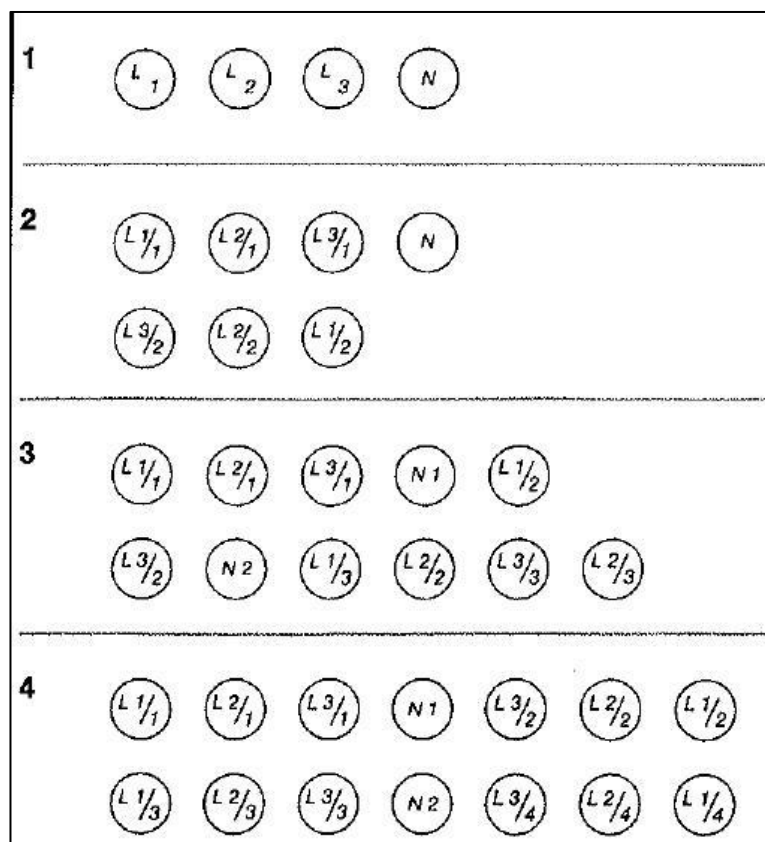
Kuvio 2. Esimerkki 2 etäluettavien mittarien antamista kulutustiedoista.

Todellinen kulutus oli kuitenkin paljon pienempää kuin alun arviot ja liittymisjohtojen kuormitus oli alle sallittujen rajojen. Vaikka EDM arvioi kulutusta vain hetken, kuormitukseen tuli piikkejä, jotka nostivat kuormituksen maksimiarvoa. Todellista kulutusta selvitetessä EDM:n arvioimat kulutuspiikit täytyi sulkea pois tarkastelusta. Tämä ku-

lutuksen arvioinnin epätarkkuus huomioidaan jatkossa JE-Siirto Oy:ssä, kun kohteiden kulutusta tarkastellaan EDM:ltä.

### 5.3.3 Suurvirtajärjestelmä

Entisen Nokia Kaapeli Oy:n luettelossa tätä järjestelmää kutsutaan 1 kV kaapelijärjestelmäksi (Nokia 1 kV). Järjestelmää voidaan käyttää suurissa liittymissä (tässä kauppakeskus), ja se on rakennettu vain yhtä liittymää varten. Järjestelmä asennetaan siten, että yhdelle vaiheelle on 1...4 yksijohdinkaapelia rinnakkain ja vierekkäisten kaapeleiden välillä on noin puolet kaapelin halkaisijasta oleva ilmaväli. Kuvassa 18 on havainnollistettu kaapelointia. Kaapelien asennusjärjestyksellä on merkitystä, kun tarkkaillaan kaapelien tasaista kuormitusta ja kun useita kaapeleita asennetaan rinnakkain. Tällöin kaapelien impedanssit vaikuttavat kuormituksen jakautumiseen kaapelien kesken. Kuvan 18 osoittama asennusjärjestys on siis tärkeä. Jos saman vaiheen osajohtimet asennetaan vierekkäin, johtaa se kuormituksen liialliseen epätasaisuuteen (Nokia 1 kV).



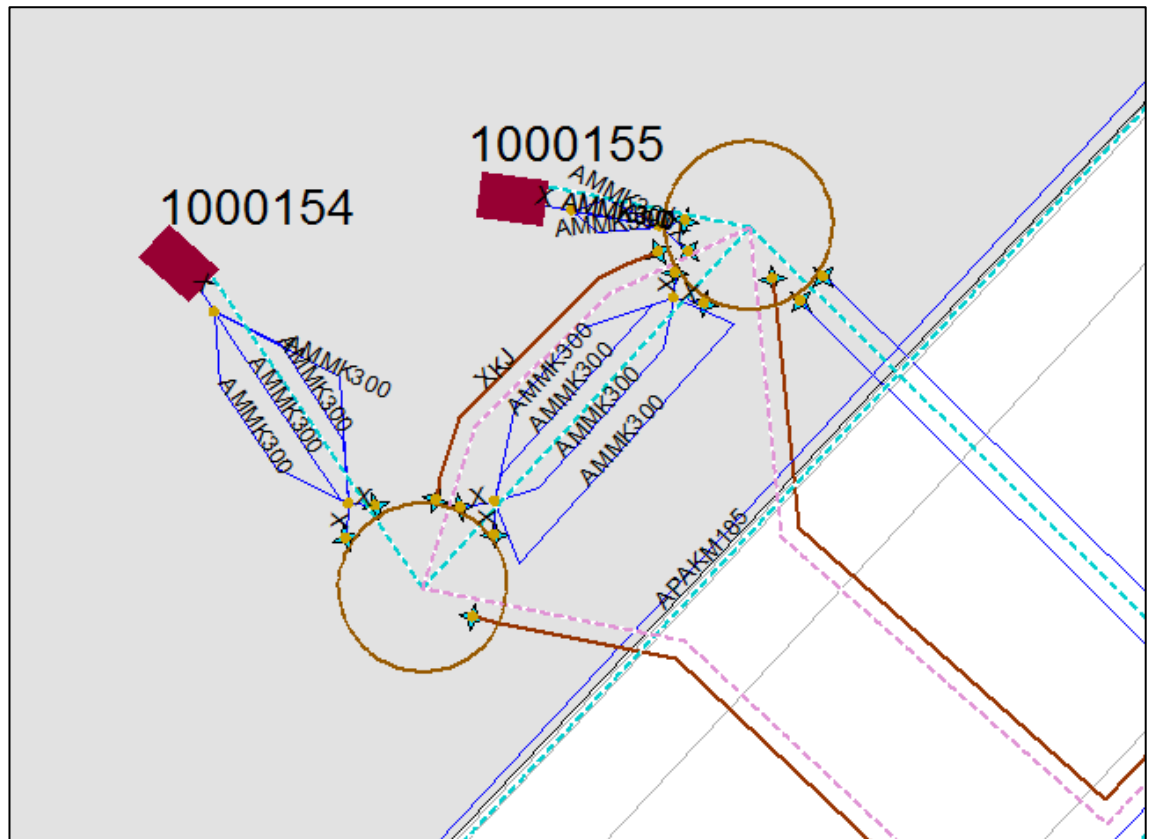
Kuva 18. Kaapelijärjestelmien asennusjärjestys (Nokia 1 kV).

1 kV kaapelijärjestelmässä käytetään AMMK150-, AMMK300- ja AMMK800 -kaapelityyppejä. (Nokia 1 kV) Esimerkkinä voitaisiin käyttää vaikka kahta AMMK300 -kaapelia vaihetta kohden ja yhtä AMMK300 -kaapelia nollajohtimena ja näin ollen saadaan taulukon 17 mukainen 900 A:n kuormitettavuus (järjestelmän nimi XZB 23). Ei ollut tiedossa, onko asennus tehty pysty- vai vaaka-asennuksena, joten tarkkailtiin kuormitukseltaan heikompaa pystyasennusta. Seuraavan taulukon sarake ”Asennuskuvio” viittaa edellisen kuvan (kuva 18) asennuskuvioihin.

**Taulukko 17. Kaapelijärjestelmän kuormitusarvoja (Nokia 1 kV).**

Järjestelmän nimi	Kaapelien lukumäärä ja poikkipinta AMMK 0,6 / 1 kV	Asennuskuvio	max. Virta (A)	
			vaaka-asennuksessa	pystyasennuksessa
XZB 11	3x1x150 + 1x150	1	320	300
XZB 13	3x1x300 + 1x300	1	500	480
XZB 23	3x2x300 + 1x300	2	950	900
XZB 33	3x3x300 + 2x300	3	1250	1150
XZB 43	3x4x300 + 2x300	4	1750	1600
XZB 48	3x4x800 + 2x800	4	3400	3100

Kuvassa 19 näkyy PG:n näkymä kaapelijärjestelmästä kahdelle liittymälle sekä muuntajien välissä. Kaapelijärjestelmä on dokumentoitu PG:lle siten, ettei siitä ehkä suoraan selviä, montako kaapelia asennuksessa oikeasti on. Tämä täytyy tietää tai päätellä. Kuvan 19 kohteessa on XZB43 -kaapelijärjestelmä. Jokainen AMMK 300 -johdin siis vastaa kolmea johdinta todellisuudessa ja nollajohtimia ei huomioida. Tässä on tietty järki siinä mielessä, että kaapelit yleensäkin piirretään yhtenä viivana PG:lle (ei kaikkia vaihteita erikseen). Ja hahmotus voisi olla vielä sekavampaa, jos liittymään olisi piirretty kaikki 14 johdinta muuntajalta keskukselle.



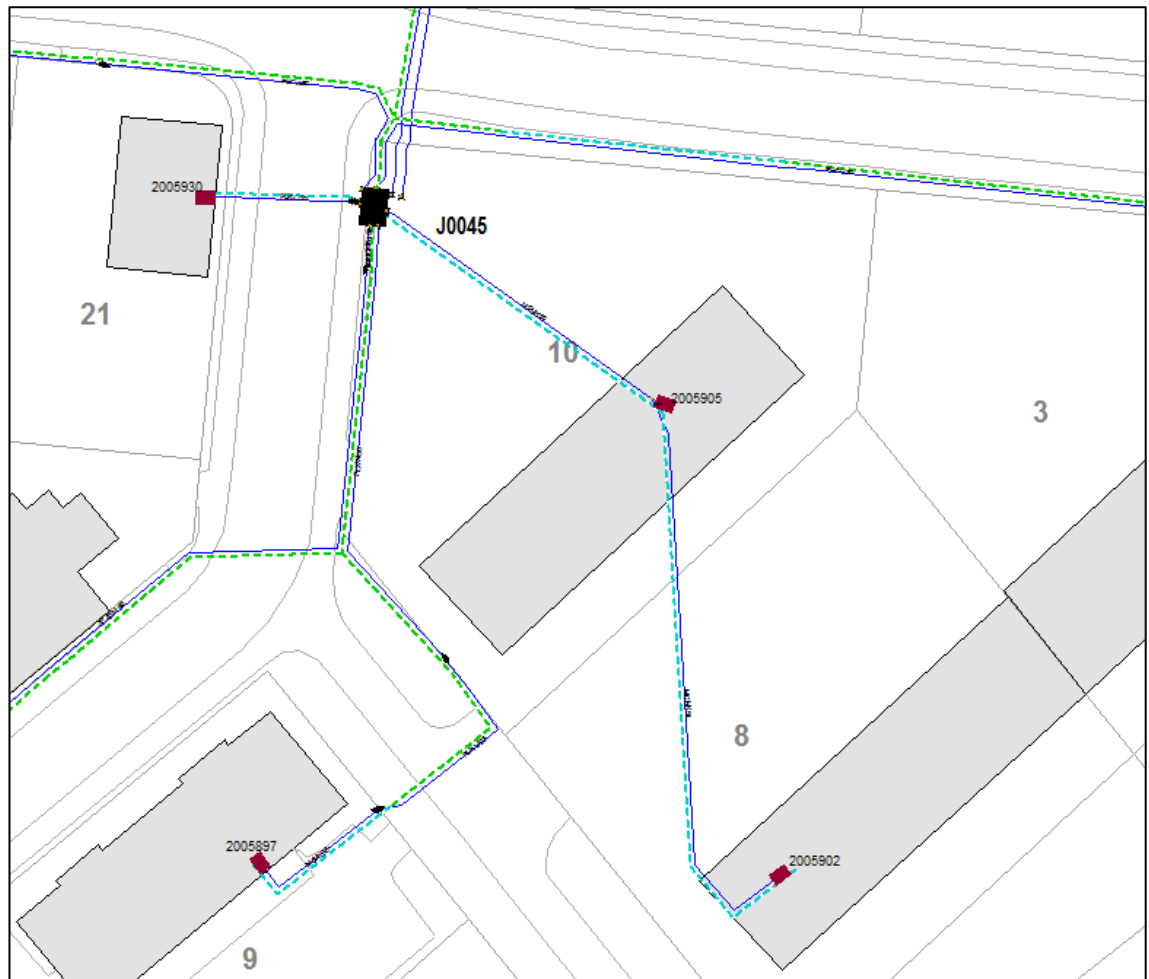
Kuva 19. Kolme eri XZB43 kaapelijärjestelmää PG:llä.

Kuvan 19 kiinteistöön on liitetty todellisuudessa kolmella eri kaapelijärjestelmällä. Kun kaikki kolme järjestelmää ovat yhden sopimuksen alla, liittymän kokonaisteho ylittää 1600 kVA. Tällöin liittymän sähköjärjestelmälle vaaditaan asiakkaan puolesta käyttöjohtaja (KTMP 5.7.1996/516). Käytön johtaja vaaditaan senkin takia, että kolmessa muuntajassa on yli 1000 V nimellisjännitteisiä osia (20/0,4 kV muuntajat). Kiinteistö on ennen ollut teollisuuskäytössä ja siitä on jälkepäin tehty kauppakeskus. Tämä selittää kolmen muuntajan läsnäolon samassa rakennuksessa.

### 5.3.4 Ketjutetut liittymät

Työssä esiintyi ketjutettuja liittymiä, joissa jakokaapilta tai muuntajalta lähtevä liittymisjohto johti ensimmäisen rakennuksen kautta toiseen rakennukseen. Kuvassa 20 on esimerkki PG:n näkymästä eräästä ketjutetusta liittymästä. Kuvasta nähdään, kuinka kaksi muuta liittymää johtavat vain yhteen rakennukseen, mutta yksi liittymä jatkaa ensimmäiseltä rakennukselta toiselle.



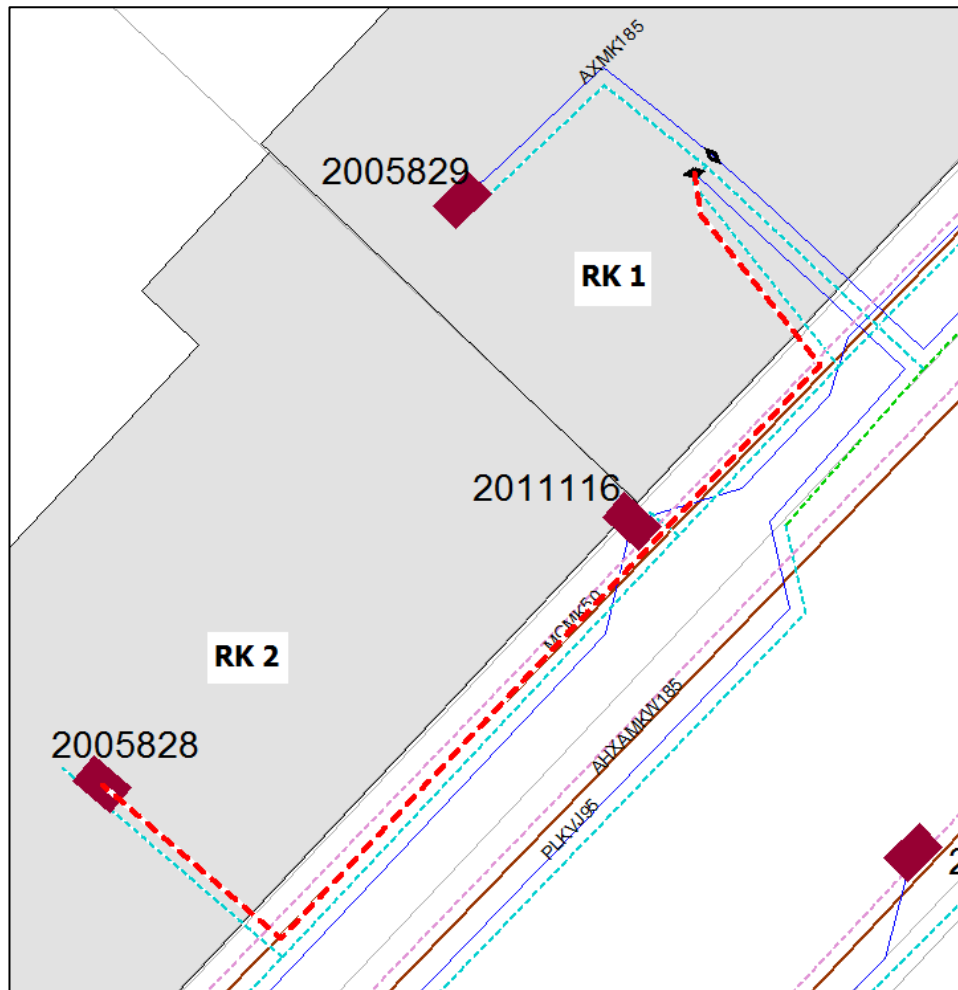


Kuva 20. Esimerkki ketjutetusta liittymästä PG:llä.

SFS 6000 -standardin kohdan 801.434 mukaan liittymisjohto on jakeluverkon runkojohdosta lähtevä johdin, joka johtaa liittymän pääkeskukselle, eikä siinä saa olla haaroituksia. Näin ollen tällainen ketjutettu liittymä on nykystandardien vastainen. JE-Siirto Oy saneeraa kaikki tällaiset liittymät omalla jakelualueellaan tulevaisuudessa.

### 5.3.5 Johdon jatkaminen toisen kiinteistön sisällä

Eräässä kohteessa liittymiskaapelin jatkamiskohta on toisen rakennuksen sisällä. Tämä ei nykyisin ole sallittua turvallisuussyistä. Kuvassa 21 selvennetään tilannetta. Kuvassa ensimmäinen rakennus, jonka sisällä johdinta jatketaan, on merkitty RK1, ja rakennus, jonka liittymisjohdosta on kyse, on merkitty RK2.



Kuva 21. Tapaus missä liittymisjohtoa on jatkettu toisen rakennuksen sisällä.

Jos rakennuksessa RK1 on esim. remonti ja sähköt pitää katkaista, täytyy myös rakennuksen RK2 sähköt katkaista. Muuten rakennukseen RK1 jää jännitteet päälle rakennuksen RK2 liittymisjohdon takia. Tämä on selvä turvallisuusriski (Mielonen). Tällainen asennus on jääne entisestä asennuksesta, jossa kummatkin rakennukset oli ketjutettu keskenään liittymisjohdolla. Ketjutus on purettu, mutta rakennuksen RK1 ”sähkökaappia” käytetään jakokaappina. (Mielonen) Tällaiset asennukset pyritään JE-Siirto Oy:ssä pikimmiten muuttamaan nykyaikaisiksi.

## 6 KUSTANNUKSET

Kaikkein edullisin vaihtoehto JE-Siirto Oy:lle on se, että asennus noudattaa vanhempaa, asennuksen aikaista standardia, jolloin liittymisjohdolle ei tarvitse tehdä mitään. Tällöin PG:n antaman laskennan ilmoitus liian suuresta ylikuormitussuojasta johdinlajille on aiheeton. Seuraavaksi edullisin on se, jos asiakas suostuu vaihtamaan pääsulakkeidensa kokoa pienempään. Näin ollen vain sulakkeet pitäisi vaihtaa. Tällöin asiakkaan oikeus alkuperäiseen sulakekokoon säilyy, mutta siirtomaksut ovat pienemmät pienemmällä liittymäkoolla.

Tarkkaillaan esimerkkinä tilannetta, jossa rakennuksessa saisi sopimuksen mukaan olla 100 A pääsulakkeet, mutta jossa onkin 160 A pääsulakkeet. Tällöin asiakkaalla on liian isot sulakkeet sopimukseen nähden ja asiakasta on alilaskutettu. Kuten taulukosta 14 (liittymät ja kaapelit) nähdään, 100 A liittymän ja 160 A liittymän välissä on 125 A liittymä, joten sopimuksen mukaan sallittujen ja asiakkaalla todellisuudessa olevien sulakkeiden kokoero on tässä esimerkkitapauksessa merkittävä. Vuoden aikana tapahtuva tappio verkkoyhtiölle voidaan laskea, kun tiedetään molempien sulakekokojen perusmaksut kuukaudessa. Kausisähköllä 100 A sulakkeilla siirtomaksu on 149,49 €/kk ja 160 A sulakkeilla siirtomaksu on 253,52 €/kk. Siirtomaksujen erotus on:

$$253,52 \text{ €/kk} - 149,49 \text{ €/kk} = 104,03 \text{ €/kk}$$

Tällöin verkkoyhtiö alilaskuttaa kyseistä asiakastaan vuodessa:

$$12 \text{ kk} * 104,03 \text{ €/kk} = 1248,36 \text{ €}$$

Edellisessä laskelmassa ei oteta kantaa kulutuksen määrään, sillä siitä laskutetaan yhtä paljon molemmilla liittymillä, kunhan pysytään kausisähkössä. Edellä mainittuihin hintoihin sisältyy arvonlisävero (24 %). Jyväskylän Energian myynti- ja siirtohinnasto on tässä työssä liitteenä 2.

Jos asiakas haluaa vaihtaa pääsulakkeidensa kokoa suurempaan, toimitaan JE-Siirto Oy:ssä pienjänniteliittymien kohdalla siten, että vanha sopimus puretaan ja uusi sopimus tehdään voimassa olevien liittymissopimusten mukaisesti. Jos asiakas taas haluaa

pientää pienjänniteliittymänsä kokoa, ei liittymien erotusmaksua palauteta asiakkaalle, vaan oikeus vanhaan liittymäkokoon säilyy. Taulukossa 18 on esitetty JE-Siirto Oy:n nettisivuilta löytyvä taulukko liittymien hinnoista. Taulukon hintoihin sisältyy arvonlisävero (24 %). (Tonttiliittymien hinnasto)

**Taulukko 18. Pienjänniteliittymien hintoja (JE-Siirto Oy).**

<b>PIENJÄNNITELIITTYMÄT</b>	
<b>Liittymän pääsulake, A</b>	<b>Liittymismaksu, €</b>
miniliittymä 1 x 10	733
3 x 25	1 796
3 x 35	2 537
3 x 63	4 146
3 x 100	6 964
3 x 125	7 832
3 x 160	9 899
3 x 200	12 103
3 x 250	14 735
3 x 315	20 229
3 x 400	25 283
3 x 600	37 858
3 x 800	48 899
3 x 1000	61 453
3 x 1250	73 823

Liittymisjohdon saneerauksen hinta määräytyy hyvin tapauskohtaisesti. Hintaan vaikuttaa kaivuun kustannukset sekä materiaali- ja työkustannukset. Kaivuun kustannukset vaihtelevat kohteen mukaan erittäin paljon riippuen esimerkiksi siitä kaivetaanko asfaltilla vai kerrostalon pihalla. Kustannuksia aiheutuu myös vaihteleva määrä riippuen siitä, minkälaisia läpivientejä itse kiinteistöissä on, tai millaisia niihin tehdään.

## 7 POHDINTA

Ongelmaisten liittymien käsittelyyn oli monia ratkaisuja riippuen siitä, mitä kaikkia ongelmia milloinkin kyseessä olevaan liittymään sisältyi. Työn alussa oli vaikea määrittellä yksiselitteisiä toimintatapoja, joilla edetä työn edetessä. Monet liittymät vaativat tarkkaa yksilökohtaista tarkastelua ongelmien ratkomiseksi. Loppujen lopuksi kaikille liittymille kuitenkin löytyi suunnitelma, jolla edetä.

Noin 40 % kaikista työssä esiintyvistä liittymistä on asennustensa aikaisten standardien mukaisia, eikä niille tarvitse vielä tehdä välttämättä mitään. Osa näistäkin liittymisjohdoista tullaan kuitenkin saneeraamaan niiden vanhan iän johdosta lähitulevaisuudessa. Hieman alle 20 % työn liittymistä kuuluu äskeiseen 40 %:iin, mutta niissä on lisäksi ristiriitoja tietojärjestelmien välillä tai väärää tietoa tietojärjestelmissä ylikuormitusuojasulakkeiden koosta. Nämä ristiriidat pitää vielä korjata, jotta PG ei turhaan ilmoita liian suurista ylikuormitussuojasulakkeista johdinlajille ko. liittymien kohdalla. Tämän jälkeen JE-Siirto Oy saa selvemmän kuvan ylikuormitussuojauksen toimivuudesta, kun sitä tarkastellaan PG:ltä.

Alle 15 %:iin liittymistä ei löytynyt sopimusta. Näiden liittymien kohdalla sopimus määritellään uudelleen ja se menee neuvotteluun. Sopimus määritellään uudelleen myös liittymille, joissa liittymän pääsulakkeet ovat liian isot sopimukseen nähden. Tällaisia liittymiä oli n. 5 % työssä esiintyvistä liittymistä. Alle 10 % työn liittymistä saneerataan asennuksen luonteen takia. Tuohon 10 %:iin ei ole laskettu niitä liittymiä, jotka saneerataan liittymän iän johdosta. Kun sopimuksia määritellään uudelleen, saattaa myös saneerattavia liittymiä löytyä lisää.

PG:lle lisättiin tämän työn johdosta liittymisjohdon tietueeseen kentät ”ketjutettu liittymä” ja ”vanhat standardit ok”. Ketjutetut liittymät ovat saneerattavia kohteita ja niitä löytyi tämän työn ”ulkopuoleltakin”. Eli vaikka liittymisjohto onkin suojauksen puolesta kunnossa, täytyy se silti saneerata ketjutuksen takia. Kun PG:ltä saadaan nyt suoraan tieto siitä mitkä ovat ketjutettuja liittymiä, voidaan niihin liittyviä kustannuslaskelmia tehdä helpommin.

”vanhat standardit ok” -kenttä on suunnittelun apuna tulevaisuudessa ilmoittamassa siitä, että ko. kentällä merkitty liittymisjohto on suojattu asennustensa aikaisten standardien mukaisesti. Tällöin PG:n antamasta ilmoituksesta ”ylikuormitussuojasulake > johdinlajille sallittu” ei tarvitse välittää. Tämä selviää heti PG:ltä, eikä sitä tarvitse erikseen alkaa tarkastaa. Näin ollen samat liittymät eivät pyöri kerta toisensa jälkeen dokumentoinnin kautta suunnittelupäällikölle, ja häneltä taas suunnittelijoiden kautta dokumentointiin.

Asiakkaalla on tämän työn monessa kohteessa pienemmät sulakkeet, kuin mitä sopimus antaisi myöden ja PG:lle voi näin tulla väärää tietoa pääsulakkeiden koosta. Tulevaisuudessa asiakastietojärjestelmän uusinnassa huomioidaan, että liittymälle tulee omat kenttensä käytössä olevalle pääsulakekoolle ja liittymissopimuksen mukaiselle pääsulakekoolle. Näin PG:lle siirtyy jatkossa oikea tieto liittymiskaapelin suojaustarkasteluun.

## LÄHTEET

A1-80. Sähköturvallisuusmääräykset. 1980. Jyväskylä: Sähkötarkastuskeskus. ISBN 951-9182-60-8

A1-89. Sähköturvallisuusmääräykset. 1989. Jyväskylä: Sähkötarkastuskeskus. ISBN 951-8921-56-3

ABB Oy. 2011. Esite OF1FI 11-09 Kahvasulakkeet, 2...1600 A gG ja aM –tyypit. Luettu 11.2.2013.

[http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/6bac18b236fde340c1257927002efd8c/\\$file/1SCC317002C1801.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/6bac18b236fde340c1257927002efd8c/$file/1SCC317002C1801.pdf)

Alatalo, P. 1975. Voimakaapelit ja asennusjohdot. Espoo: Oy Nokia Ab. ISBN 951-99072-7-0

D1 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. 2006. Tampere: Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry. ISBN 978-952-5600-29-2

Draka NK Cables Oy. 2004. Voimakaapelit 0,6/1 kV kupari: MCMK 0,6/1 kV. Luettu 11.2.2013.

[http://www.draka.fi/draka/Countries/Draka\\_Finland/Languages/suomi/navigaatio/Tuotteet/Kiinteistoverkot/Voimakaapelit/Voimakaap.\\_1kV\\_Cu/MCMK\\_4xA\\_1\\_kV\\_JT\\_D1433.pdf](http://www.draka.fi/draka/Countries/Draka_Finland/Languages/suomi/navigaatio/Tuotteet/Kiinteistoverkot/Voimakaapelit/Voimakaap._1kV_Cu/MCMK_4xA_1_kV_JT_D1433.pdf)

JE-Siirto Oy. Pientalorakentajan opas. Luettu 11.2.2013.

[https://www.jenergia.fi/files/pientalorakentajan\\_opas\\_pieni.pdf](https://www.jenergia.fi/files/pientalorakentajan_opas_pieni.pdf)

JE-Siirto Oy. Sähköliittymät / Tekniset ohjeet. Luettu 11.2.2013.

[https://www.jenergia.fi/files/sahkoliittymat\\_tekniset\\_ohjeet.pdf](https://www.jenergia.fi/files/sahkoliittymat_tekniset_ohjeet.pdf)

JE-Siirto Oy. Tonttiliittymien hinnasto. Luettu 21.2.2013.

[http://www.jyvaskylanenergia.fi/filebank/241-tonttiliittymien\\_hinnasto\\_2013\\_web.pdf](http://www.jyvaskylanenergia.fi/filebank/241-tonttiliittymien_hinnasto_2013_web.pdf)

JE-Siirto Oy. Yrityksen esittely. Luettu 11.2.2013. <https://www.jenergia.fi/je-yhtiot/tytaryhtiot/je-siirto-oy>

Jyväskylän Energia. Hinnasto. Luettu 28.3.2013.

<http://www.jyvaskylanenergia.fi/hinnastot-ja-sopimusehdot>

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähköalan töistä 5.7.1996/516.

Komulainen, K. 2012 ja 2013. JE-Siirto Oy (suunnitteluinsinööri). Haastattelut työn edetessä.

Komulainen, K. 2012. Sähköverkko (PowerPoint). Jyväskylän Energia -yhtiöt.

Lakervi, E. & Partanen, J. 2009. Sähkönjakelutekniikka. 2. uudistettu painos. Helsinki: Otatieto. ISBN 978-951-672-359-7

Mielonen, T. 2012 ja 2013. JE-Siirto Oy (pääsuunnittelija). Haastattelut työn edetessä 2012-2013. Haastattelija Tapio, V. Jyväskylä.

Oy Nokia Ab. n.d. Luettelo No 03.08.03.19. 1 kV:n kaapelijärjestelmät.

Reka Kaapeli Oy. Tuotteet. Luettu 11.2.2013. [www.reka.fi](http://www.reka.fi)

SA 2:08 Pienjänniteverkon ja jakelumuuntajan sähköinen mitoittaminen. 2008. Helsinki: Energiateollisuus ry.

SA 2:92. Pienjänniteverkon ja jakelumuuntajan sähköinen mitoittaminen. 1992. Helsinki: Sähköenergialiitto ry SENER.

SA 4:09 Kaapeloitujen PJ -liittymisjohtojen mitoitus ja suojaus. 2009. Helsinki: Energiateollisuus ry.

SFS 6000. Pienjännitesähköasennukset ja sähkötyöturvallisuus. 2012. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SJ 1:94 AMKA -veikkojen sulakesuojaus. 1999. Helsinki: Sähköenergialiitto ry SENER.

ST 53.14. Ohjeet perinteisten sulakkeiden valinnasta ja käytöstä, alle 1000 V:n sähköjärjestelmät. 2004. Espoo: Sähkötieto ry.

Sähköturvallisuuslaki 14.6.1996/410.



## LIITTEET

Liite 1. PG:n antamia arvoja johtimille ja niitä suojaaville sulakkeille (lyhennetty)

<i>Johtolaadun tunnus</i>	<i>Nimi</i>	<i>Resistanssi ohm/km</i>	<i>Reaktanssi ohm/km</i>	<i>Kuormituskest oisuus (A)</i>	<i>Oikosulkukesto isuus (A)</i>
AMCMK16	AMCMK 3*16+10	2.06399989128	0.0820000022650	80	1500.00000000
AMCMK185	AMCMK 3*185+57	0.180999994278	0.0719999969006	295	13300.00000000
AMKA35	AMKA 3*35+50	0.938000023365	0.104000002146	115	2250.00000000
AMKA70	AMKA 3*70+95	0.479000002146	0.0970000028610	180	4500.00000000
AMKK35	AMKK 4*35	0.938000023365	0.104000002146	115	2250.00000000
AMKK70	AMKK 4*70	0.479000002146	0.0970000028610	180	4500.00000000
AMMK300	AMMK 4*300	0.101000003517	0.0799999982119	460	21600.00000000
APAKM120	APAKM 3*120+120	0.277999997139	0.0619999989867	245	11900.00000000
APAKM95	APAKM 3*95+95	0.324000000954	0.0640000030398	215	8400.00000000
AXCMK16	AXCMK 3*16+10	2.06399989128	0.0780000016093	80	1500.00000000
AXCMK185	AXCMK 3*185+57	0.180999994278	0.0689999982715	330	17500.00000000
AXMK16	AXMK 4*16	2.06399989128	0.0909999981523	64	1680.00000000
AXMK185	AXMK 4*185	0.180999994278	0.0820000022650	330	18800.00000000
MCMK16	MCMK 4*16	1.24000000954	0.0879999995232	59	1800.00000000
MCMK185	MCMK 3*185+95	0.112000003457	0.0719999969006	365	20300.00000000
MMJ16	MMJ 4*16	1.24000000954	0.0879999995232	59	1840.00000000
MMJ6	MMJ 4*6	3.32200002670	0.115000002086	33	714.000000000
PLKVJ25	PLKVJ 3*25+16	0.787000000477	0.0939999967813	120	3490.00000000
PLKVJ95	PLKVJ 3*95+50	0.211999997497	0.0850000008941	275	12800.00000000
<i>Johtolaadun tunnus</i>	<i>Vaihejohtimen poikkipinta (mm<sup>2</sup>)</i>	<i>Runkojohdon ylikuormitusu ojasulake (A)</i>	<i>Runkojohdon oikosulkusuoja sulake (A)</i>	<i>Liittymisjohdon oikosulkusuoja sulake (A)</i>	<i>Liittymisjohdon ylikuormitusu ojasulake (A)</i>
AMCMK16	16	63	125	125	50
AMCMK185	185	250	500	500	200
AMKA35	35	100	200	200	100
AMKA70	70	160	315	315	160
AMKK35	35	80	200	200	80
AMKK70	70	125	315	315	125
AMMK300	300	400	1000	1000	315
APAKM120	120	250	315	315	200
APAKM95	95	200	250	250	160
AXCMK16	16	80	125	125	63
AXCMK185	185	315	630	630	250
AXMK16	16	80	125	125	63
AXMK185	185	315	800	800	250
MCMK16	16	80	160	160	63
MCMK185	185	315	630	630	315
MMJ16	16	63	160	160	63
MMJ6	6	25	80	80	25
PLKVJ25	25	125	200	200	100
PLKVJ95	95	250	400	400	200

## Liite 2. Osa Jyväskylän Energian myynti- ja siirtohinnoista

<b>Myynti- ja siirtohinnoista</b>			
1.1. 2013 alkaen. • Hinnat sisältävät arvonlisäveron (24 %).			
<b>YLEISSÄHKÖ 5</b>			
Mittarin etusulake	Siirto alv 24 %	Sähkö alv 24 %	
Perusmaksu €/kk	1x25-35 A	2,44	2,62
	3x25 A	3,94	2,62
Energiamaksu snt/kWh		2,01	7,13
<b>YLEISSÄHKÖ</b>			
Mittarin etusulake	Siirto alv 24 %	Sähkö alv 24 %	
Perusmaksu €/kk	1x25-35 A	4,59	2,62
	3x25 A	7,44	2,62
	3x35 A	13,16	2,62
	3x50 A	23,19	2,62
	3x63 A	30,97	2,62
	3x80 A	43,30	2,62
	3x100 A	58,75	2,62
Energiamaksu snt/kWh		2,01	7,13
<i>Kaksiuukoisesta päivä-yö-aikajakomallin mittauspalvelusta Yleissiirto-tuotteeseen veloitetaan 1 €/kk.</i>			
<b>KAUSISÄHKÖ</b>			
Mittarin etusulake	Siirto alv 24 %	Sähkö alv 24 %	
Perusmaksu €/kk	3x25 A	18,47	4,03
	3x35 A	33,12	4,03
	3x50 A	57,53	4,03
	3x63 A	81,72	4,03
	3x80 A	115,08	4,03
	3x100 A	149,49	16,94
	3x125 A	192,73	16,94
	3x160 A	253,52	16,94
	3x200 A	328,94	16,94
	3x250 A	418,37	16,94
Energiamaksu talviarki snt/kWh		2,00	7,51
Energiamaksu muu aika snt/kWh		1,12	6,00
<b>PÄIVÄ-YÖ-SÄHKÖ</b>			
	Siirto Hts. Yleissähkö	Sähkö alv 24 %	
Perusmaksu €/kk			4,03
Energiamaksu päivä snt/kWh			7,45
Energiamaksu yö (klo 22-07) snt/kWh			5,65
<b>ENERGIAVERO</b>			
Veroluokka I snt/kWh		2,11172	
Veroluokka II snt/kWh		0,87172	
<b>Pientehosähkö 1-aikainen</b>			
	Siirto alv 24 %	Sähkö alv 24 %	
Perusmaksu €/kk		118,52	11,09
Tehomaksu €/kW, kk		1,69	1,31
Loistehomaksu €/kvar, kk		5,11	
Energiamaksu snt/kWh		1,23	7,96
<b>Pientehosähkö 2-aikainen</b>			
	Siirto alv 24 %	Sähkö alv 24 %	
Perusmaksu €/kk		118,52	11,09
Tehomaksu €/kW, kk		1,69	3,02
Loistehomaksu €/kvar, kk		5,11	
Energiamaksu talviarki snt/kWh		1,81	8,42
Energiamaksu muu aika snt/kWh		1,04	6,70
<b>Tehosähkö 1-aikainen</b>			
	Siirto alv 24 %	Sähkö alv 24 %	
Perusmaksu €/kk		118,52	11,09
Tehomaksu €/kW, kk		1,69	1,31
Loistehomaksu €/kvar, kk		5,11	
Energiamaksu snt/kWh		1,02	7,96
<b>Tehosähkö 2-aikainen</b>			
	Siirto alv 24 %	Sähkö alv 24 %	
Perusmaksu €/kk		118,52	11,09
Tehomaksu €/kW, kk		1,69	3,02
Loistehomaksu €/kvar, kk		5,11	
Energiamaksu talviarki snt/kWh		1,67	8,42
Energiamaksu muu aika snt/kWh		0,87	6,70
<b>Vuosisähkö</b>			
	Siirto alv 24 %	Sähkö alv 24 %	
Energiamaksu snt/kWh		3,89	7,66
<b>Vihreä Energia</b>			
		Sähkö alv 24 %	
Energiamaksu + snt/kWh	Puusähkö	+ 0,30	
	Vesistö	+ 0,30	
	Tuulisähkö	+ 0,60	
<i>Kaikkia sähkötuotteitamme on saatavana Vihreänä Energiana. Energiamaksuun tuleva lisähinta käytetään ympäristöystävällisen sähkön hankintaan.</i>			

(www.jyvaskylanenergia.fi)