

Satu Nakari

Palvelukeskus ja pj-verkon reaaliaikainen kytkentätila

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

22.11.2015

Alkusanat

Aloitin työskentelyn Suomen Energia-Urakointi Oy:n palvelukeskuksessa maaliskuussa 2015, jolloin palvelukeskusta ryhdyttiin perustamaan. Haluan kiittää Suomen Energia-Urakointi Oy:tä hyvän insinööriyön aiheen antamisesta. Insinööriyön ohjaajana työpaikaltani toimi projektipäällikkö Jussi Niemi ja Metropolia Ammattikorkeakoulusta lehtori Sampsa Kupari. Työpaikaltani myös Veli-Pekka Lehtikangas osallistui insinööriyön ohjaamiseen. Kiitän Jussi Niemeä, Sampsa Kuparia ja Veli-Pekka Lehtikangasta hyvisistä neuvoista ja kannustavasta ohjauksesta insinööriyön tekemisen aikana.

Helsingissä 22.11.2015

Satu Nakari

Tekijä(t) Otsikko	Satu Nakari Palvelukeskus ja pj-verkon reaaliaikainen kytkentätila
Sivumäärä Aika	28 sivua + 2 liitettä 22.11.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja(t)	Projektipäällikkö Jussi Niemi Lehtori Sampsa Kupari
<p>Tämä insinöörityö tehtiin Suomen Energia-Urakointi Oy:lle. Insinöörityön tarkoituksena oli luoda kuvaus palvelukeskuksen toimintaperiaatteista ja luoda ohje pienjännitteisen sähköjakeluverkon reaaliaikaisesta kytkentätilan ylläpitämisestä.</p> <p>Palvelukeskus perustettiin, koska Helen Sähköverkot Oy halusi ryhtyä seuraamaan pienjänniteverkon sähköjakelun keskeytysaikoja.</p> <p>Insinöörityössä hyödynnettiin tilaajan ja palveluntarjoajan käytännön kokemuksia, sekä tilaajan antamia vaatimuksia pienjänniteverkon reaaliaikaisen kytkentätilan ylläpitämisestä. Tuloksena saatiin kuvaus palvelukeskuksen toiminnasta ja käytännön ohje pienjänniteverkon reaaliaikaisen kytkentätilan ylläpitämisestä.</p> <p>Työssä käytiin läpi pienjänniteverkon periaatteellista rakennetta ja pienjänniteverkossa käytettävien komponenttien, kuten kaapeleiden ja jakokaappien ominaisuuksia. Työssä tarkasteltiin pääasiassa maakaapeloitua kaupunkisähköverkkoa ja ilmajohtoverkkoa käsiteltiin lyhyesti.</p> <p>Helsingin sähköverkkoon liittyvät vikapuhelut tulevat palvelukeskukseen, joten vikatilanteiden hoitaminen on merkittävä osa palvelukeskuksen toimintaa. Insinöörityössä käsiteltiin vian ilmenemistä ja vian paikantamista sähköverkossa, sekä käytiin läpi teoriaa symmetristen ja epäsymmetristen vikavirtojen laskemisesta sekä vikatilanteiden aiheuttajista pienjänniteverkossa. Lisäksi selvitettiin, miten vikatilanteet hoidetaan palvelukeskuksessa.</p> <p>Reaaliaikaisen kytkentätilan ylläpitäminen on vianhoidon lisäksi toinen palvelukeskuksen ensisijaisista tehtävistä. Reaaliaikaista kytkentätilan ylläpitämistä ei ole aiemmin toteutettu pienjänniteverkossa. Työssä esiteltiin, miten pienjänniteverkon reaaliaikaisen kytkentätilan ylläpitäminen toteutetaan palvelukeskuksessa ja mitä ohjelmia palvelukeskus käyttää.</p>	
Avainsanat	Pienjänniteverkko, reaaliaikainen kytkentätila, palvelukeskus

Author(s) Title	Satu Nakari Service Center and Low-voltage Network Real-time Connection status
Number of Pages Date	28 pages + 2 appendices 22 November 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructor(s)	Jussi Niemi, Project Manager Sampsa Kupari, Senior Lecturer
<p>This thesis was made for Suomen Energia-Urakointi Oy. The purpose of the thesis was to create a description of the service center operating principles, and help to create low-voltage electricity distribution network in real-time to maintain the connection status. The service center was established because the Helen Electricity Networks Ltd wanted to start following the low-voltage electricity distribution network interruption times.</p> <p>In this thesis the client's and the service provider's practical experience, and standards issued by the customer concerning low-voltage network real-time connection status maintenance, were utilized. The result is a description of the service center operations and practical instructions for maintaining the low-voltage network real-time connection status.</p> <p>In this thesis the structure of the low-voltage network and low-voltage components used in the network, such as cables and distribution cabinets, are explained. The study examines mainly the underground urban electricity network. Overhead networks are discussed briefly.</p> <p>Fault calls that are related to the Helsinki electricity network, come to the service center, so the management of fault conditions is a significant part of the service center activity. This work discusses the occurrence of the fault and the fault locating in electricity network, and goes through the theory of calculating symmetrical and unsymmetrical fault current, together with fault causes in the low-voltage network. In addition, how fault situations are handled in service center is clarified.</p> <p>Maintaining a real-time connection status is one of the main priorities of the service center. Maintaining a real-time connection status has not been previously carried out in low-voltage network. As a result, this thesis presents how maintaining the low-voltage network's real-time connection status is carried out in the service center and what kind programs service center is using.</p>	
Keywords	low-voltage network, Real-time connection status, service center

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Pienjänniteverkko	2
2.1	Rengasverkko	2
2.2	Säteittäinen verkko	3
2.3	Ulkovalaistusverkon rakenne	4
2.4	Käytössä olevat maakaapelit ja ilmajohdot	6
2.5	Jakokaapit	11
3	Vian vaikutukset verkossa ja vian hakeminen käytännössä	13
3.1	Vian ilmeneminen	13
3.2	Vian paikantaminen käytännössä	14
3.3	Vikavirtojen laskeminen	17
4	Palvelukeskus	19
4.1	Reaaliaikainen kytkentätila	19
4.2	Palvelukeskuksen tehtävät	20
4.2.1	Pj-verkon kytkentätilan hallinta	21
4.2.2	Ulkovalaistusverkon kytkentätilanhallinta	22
5	Palvelukeskuksen käytössä olevat ohjelmat	23
5.1	Trimble DMS-käyttötukijärjestelmä	23
5.2	Trimble NIS-verkkotietojärjestelmä	24
5.3	KeyMap	24
5.4	KeyUV	25
5.5	Merlin-puhelinjärjestelmä	25
6	Yhteenveto	26
	Lähteet	27
	Liitteet	
	Liite 1. Kytkentäohjelman askeltaminen	

Liite 2. Kytöntäsuunnitelma

Lyhenteet

DMS Distribution Management System

HSV Helen Sähköverkot Oy

Kj Keskipännite

NIS Network Information System

Pj Pienjännite

SEU Suomen Energia-Urakointi Oy

1 Johdanto

Tämä insinööriyö tehtiin Suomen Energia-Urakointi Oy:lle (SEU). SEU on vuonna 1998 perustettu yhtiö, joka tekee sähköverkon rakennus- ja korjaustöitä muun muassa Helen Sähköverkot Oy:lle, Vantaan Energia Sähköverkot Oy:lle, Lahti Energia Oy:lle ja Helsingin kaupungin rakennusvirastolle. Verkon rakennus- ja korjaustöiden lisäksi SEU:n palveluihin kuuluvat katuvalo- ja liikennevalotyöt sekä suunnittelu- ja kartoituspalvelut. SEU:n palveluksessa on yhteensä noin 180 työntekijää kolmella eri paikkakunnalla. SEU:n toimipaikat sijaitsevat Helsingissä, Espoossa ja Lahdessa. SEU:n liikevaihto vuonna 2014 oli 36,7 M€.

Palvelukeskus perustettiin, koska Helen Sähköverkot Oy (HSV) halusi ryhtyä seuraamaan pienjänniteverkon sähkönjakelun keskeytysaikoja sekä ylläpitämään pienjänniteverkon reaaliaikaista kytkentätilaa. Pienjänniteverkon reaaliaikaisen kytkentätilan ylläpitäminen palvelukeskuksessa aloitettiin keväällä 2015. Reaaliaikaisen kytkentätilan ylläpitäminen on täysin uusi palvelu Helsingissä, ja sen tarjoajana on Suomen Energia-Urakointi Oy. Reaaliaikaisen kytkentätilan ylläpitämisen ensisijaisena tavoitteena on saada kerättyä tietoa sähkönjakelun keskeytysten kestoajoista, sekä helpottaa vikatilanteiden selvittämistä ja korjaamista.

Insinööriyön tavoitteena on kuvata palvelukeskuksen toimintaperiaatteet ja luoda ohje pienjänniteverkon reaaliaikaisesta kytkentätilan ylläpitämisestä ja muista palvelukeskukselle kuuluvista tehtävistä. Insinööriyössä käydään läpi, miten palvelukeskuksessa toimitaan vikatilanteissa ja käsitellään lyhyesti symmetristen ja epäsymmetristen vikavirtojen laskemisen perusteita. Työssä esitellään myös, miten vikaantunut kohta voidaan paikantaa maakaapelista ja mistä viat yleisimmin johtuvat. [22.]

2 Pienjänniteverkko

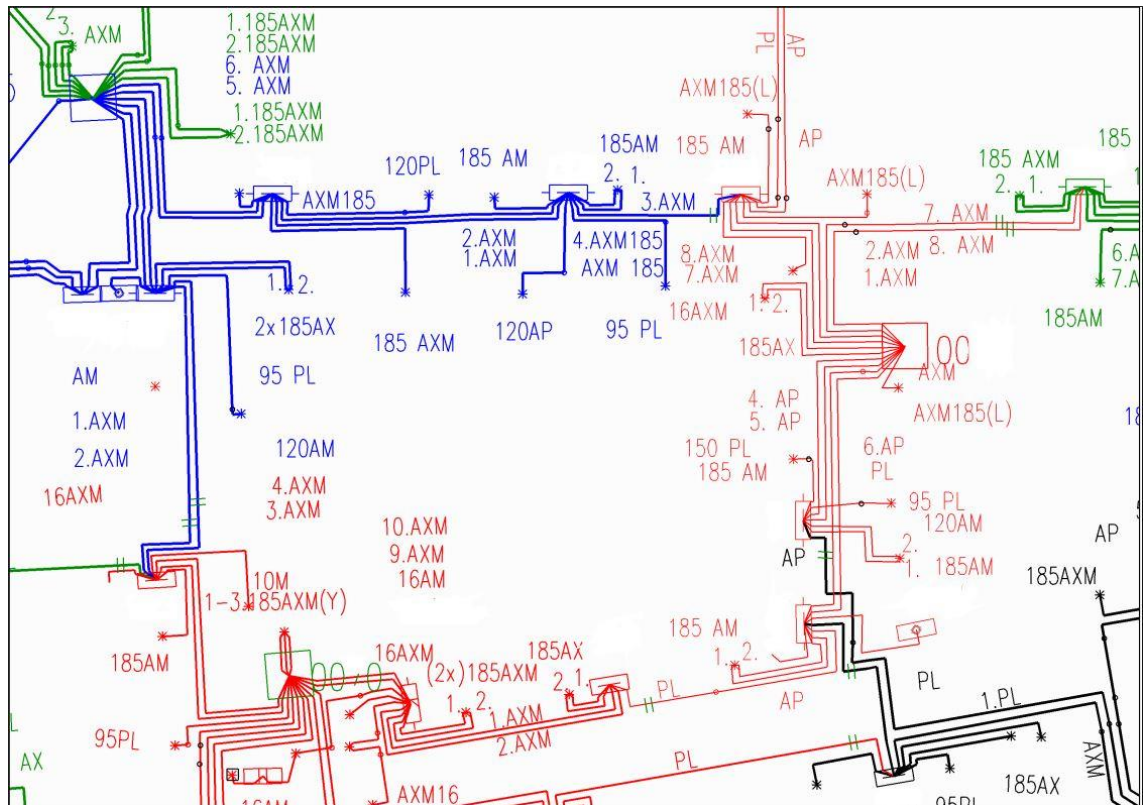
2.1 Rengasverkko

Pienjänniteverkkoa syötetään kolmivaiheisilla jakelumuntajilla, ja verkon pääjännitteenä käytetään tavallisesti 400:aa voltia. Haja-asutusalueilla voidaan käyttää pääjännitteenä myös 1:tä kilovoltia, koska se mahdollistaa suurempien tehojen siirron. Pj-verkon suojauksessa käytetään tavallisesti sulakkeita. Sulakkeet sijoitetaan muuntamossa ja jakokaapissa lähdön kaikkiin vaihejohtimiin. Suojamaadoitus toteutetaan PEN-johtimella.

Pienjänniteverkot voidaan jakaa rengasverkkoihin ja säteittäisiin verkkoihin. Rengasverkossa sähköllä on useampi kulkureitti, joten verkon vikatilanteet ovat harvinaisempia ja sähkönjakelu kuluttajille on varmempaa. Rengasverkossa vioista aiheutuvat sähkönjakelukeskeytykset asiakkaille ovat kestoltaan lyhyempiä kuin säteittäisessä verkossa, koska sähköä voidaan syöttää eri suunnasta muuttamalla jakorajoja.

Kaupungeissa ja taajamissa pj-verkko on rakennettu rengasverkoksi ja se on toteutettu pääsääntöisesti maakaapeloinnilla. Jakeluverkkomuuntaja syöttää jakokaappeja, joista lähtevät syötöt kuluttajille. Muuntamoiden välille jakokaappeihin on rakennettu varayhteyksiä sähkökatkoksien varalta. Jakorajoja muuttamalla voidaan kytkeä tarvittaessa useampi muuntopiiri yhteen.

Kuvassa 1 on esitetty kaaviokuvana pj-verkon periaatteellisesta reitityksestä rengasverkossa. Kuvassa muuntamot on kuvattu neliöinä ja jakokaapit sekä katuvalokaapit on kuvattu suorakulmioina. Maakaapelit on kuvattu yhtenäisellä viivalla. Tavallisesti muuntamot ja jakokaapit ovat numeroituja. Kuvassa voidaan nähdä kolme eri muuntopiiriä. Muuntopiirit ovat kuvattuna eri väreillä, jotta pystytään näkemään mitä osaa verkosta muuntaja syöttää. Jakorajat on merkitty kahdella poikittaisella vihreällä viivalla. [1.]

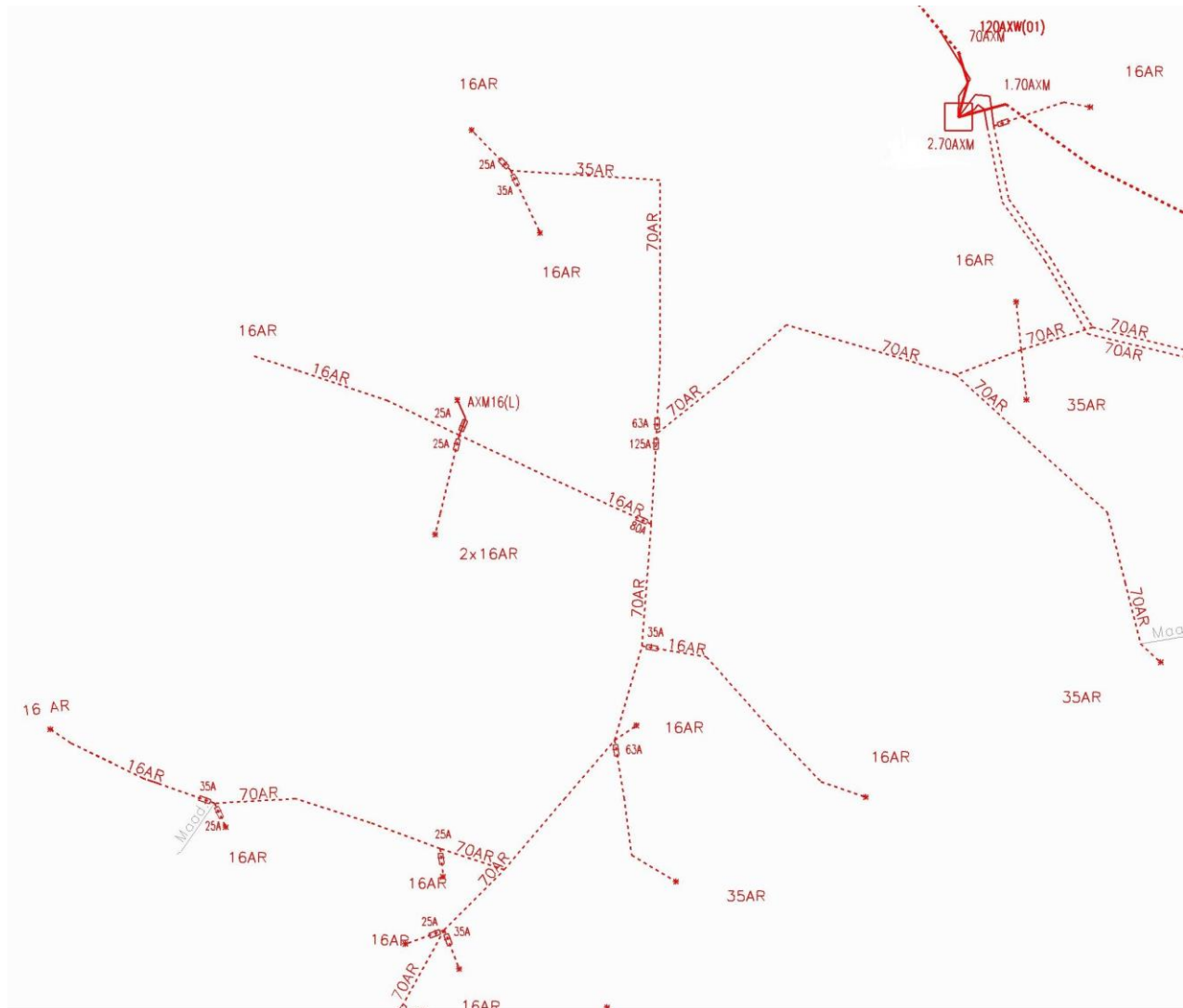


Kuva 1. Pj- verkon kaaviokuva rengasverkosta

2.2 Säteittäinen verkko

Haja-asutusalueilla pj-verkon rakenne on tavallisesti säteittäinen. Haja-asutusalueilla pj-verkko on toteutettu usein ilmajohdoilla, joita syöttää pylväsmuuntamo. Haja-asutusalueilla maakaapelointi on yleistynyt, koska sillä pystytään välttämään esimerkiksi luonnonilmiöiden aiheuttamat sähkönjakelun keskeytykset. Maakaapelointia edistävät myös tiukentuneet määräykset sähkönjakelun keskeytysajoista. Uudistunut sähkömarkkinalaki edellyttää sähköverkkoyhtiöitä parantamaan sähkönjakeluntoimitusvarmuutta asiakkaille.

Säteittäisessä verkossa sähköä syötetään kuluttajille vain yhdestä suunnasta, joten esimerkiksi verkon alkupäässä tapahtuva vika vaikuttaa kaikkiin kuluttajiin. Säteittäistä verkkoa käytetään yleisesti haja-asutusalueilla. Kuvassa 2, on esitetty säteittäisen verkon rakenne. Kuvan kaksi oikeassa yläkulmassa on muuntamo, joka syöttää verkkoa. Ilmajohdot on kuvattu katkoviivoin. [1.]



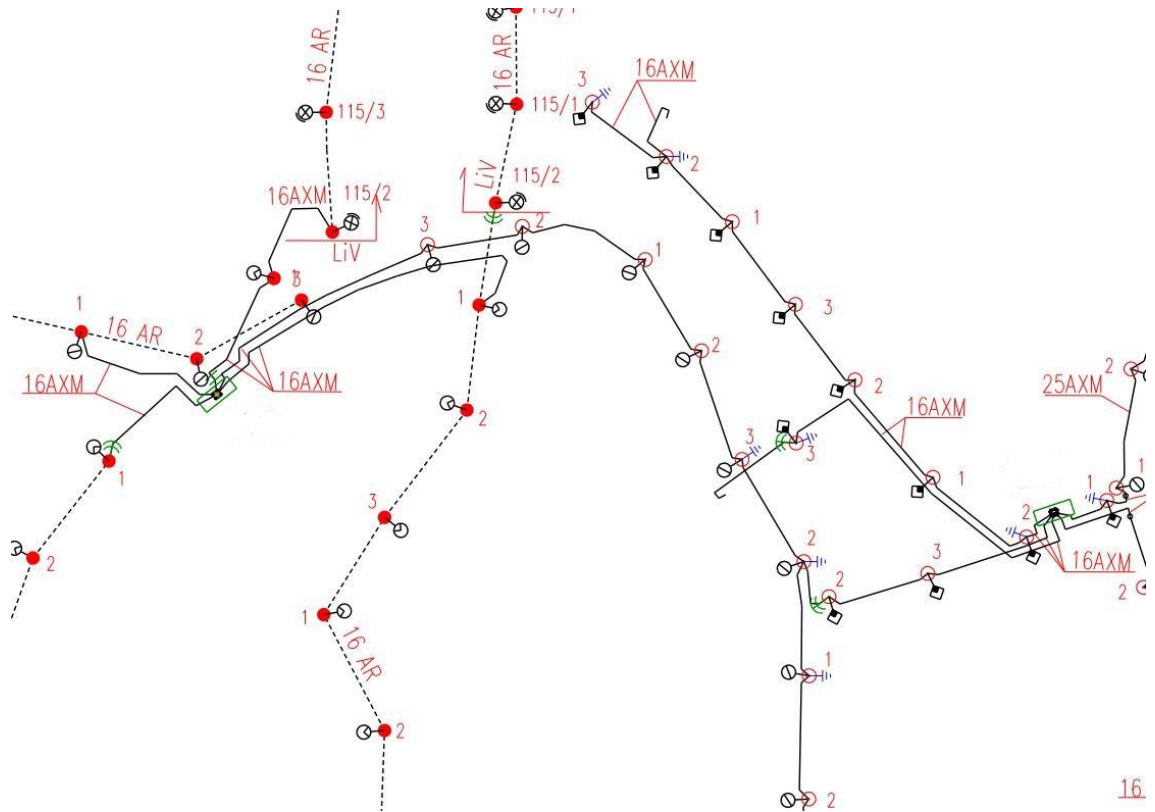
Kuva 2. Pj-verkon kaaviokuva säteittäisestä verkosta

2.3 Ulkovalaistusverkon rakenne

Maakaapelilla toteutettua ulkovalaistusverkkoa syötetään katuvalokeskuksilla. Katuvalokeskukset saavat puolestaan syöttönsä jakokaapista tai suoraan muuntamosta. Ilmajohtoverkossa käytetään pylvääseen asennettavia katuvalokeskuksia, jotka saavat syöttönsä AMKA-linjasta tai jakokaapista. Vaiheet on jaettu ulkovalaisimiin niin, että jokaista valaisinta syötetään yhdellä vaiheella. Vaiheet on jaettu tasaisesti kaikille valaisimille.

Jokaisessa katuvalokeskuksessa on oma sähkömittari, koska lain mukaan kaikki myytävä sähkö on mitattava. Ulkovalaistusverkkoa voidaan ohjata useilla erilaisilla ohjauks-

laitteilla, kuten verkkokäskylaitteella, kellokytkimellä tai ohjauslaitteella. Verkkokäskylaitteet ja kellokytkimet ovat vanhaa tekniikkaa, ja ne tullaan korvaamaan ohjauslaitteilla. Ohjauslaite sijaitsee katuvalaistuskäpissä. Kuvassa 3 on kaaviokuva katuvalaistusverkon rakenteesta. Ympyrän vieressä oleva numero 1–3 kertoo, miltä vaiheelta valaisin saa syötön. [13.]



Kuva 3. Kaaviokuva ulkovalaistusverkosta

2.4 Käytössä olevat maakaapelit ja ilmajohtot

Kaapelin tehtävänä on siirtää tarvittu sähköenergia ja –teho haluttuun kohteeseen mahdollisimman taloudellisesti. Kaapeleiden johtimien on oltava riittävän paksuja, jotta ne kykenevät siirtämään tarvittavan sähköenergian. Kaapelin eristeen tulee olla myös tarpeeksi vahva, jotta sen läpilyöntikestoisuus on riittävä.

Kaapelit suositellaan asennettavaksi vähintään 0,7 metrin syvyyteen. Kaupunki alueella asennussyvyyteen vaikuttavat muun muassa kaukolämpöverkko, vesiputket ja kaasuputket. Asennussyvyyttä voidaan pienentää, jos kaapelin suojaamiseen käytetään mekaanista suojaa, kuten esimerkiksi suojaputkea tai -kouruja. Helsingissä kaapeleiden suojaamiseen käytetään aina suojaputkea tai -kouruja.

Riippuen kaapelin käyttötarkoituksesta sen johdin voi olla tehty yhdestä tai useammasta langasta ja se on muotoiltu soikeaksi, pyöreäksi, sektorimaiseksi tai konsentriseksi. Valmistusvaiheessa johtimet on voitu tiivistää valssaamalla, joten johtimen poikkipinnalla tarkoitetaan sähköistä poikkipinta-alaa, ei geometristä poikkipinta-alaa. Yleisimpiä Helsingin pienjänniteverkossa käytettyjä johtimen poikkipinta-aloja ovat: 185 mm^2 , 70 mm^2 ja 35 mm^2 . Yleisesti käytettyjä standardin mukaisia johdin poikkipinta-aloja ovat: 50, 95, 150 ja 240 mm^2 .

Pienjänniteverkon maakaapeleina käytetään muovi- tai paperieristeisiä kaapeleita. Paperieristeisiä kaapeleita ei enää asenneta, vaan kaikki asennettavat kaapelit ovat muovieristeisiä. Johdinmateriaalina käytetään uusissa asennuksissa lähes aina alumiinia.

Muovieristeenä käytetään tavallisesti polyvinylikloridia (PVC), silloitettua polyeteeniä (PEX) tai polyeteeniä (PE). Nykyään asennettavat maakaapelit ovat muovieristeisiä. Muovieristeisiä maakaapeleita ruvettiin asentamaan 1940-luvulla. Yleisimmin käytettyjä muovieristeisiä maakaapeleita ovat AXMK, AMCMK ja AXCMK. AXMK-maakaapeli on muovieristeisistä kaapeleista yleisin Helsingissä käytössä oleva maakaapeli. Sen rakenne on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4. AXMK-maakaapeli [3.]

AMCMK on muovieristeinen maakaapeli, jossa on alumiinijohtimet ja konsentrisen nol-lajohdin. Konsentrisen nol-lajohdin koostuu kuparilangoista ja kuparinauhasidoksesta. AMCMK:n rakenne on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. AMCMK-maakaapeli [18.]

Paperieristeisissä maakaapeleissa eristepaperi on tehty pitkäkuituisesta sulfaattisellu-loosasta. Se on leikattu nauhoiksi ja kierretty tietyllä jännityksellä kerroksittain johtimen päälle niin, että päällekkäisten paperien saumat ovat limittäin. Paperieriste on kyllästet-ty puhdistetulla ja evakuoidulla kyllästysmassalla, sitkomassalla tai öljyllä.

Ensimmäiset maakaapelit, joita asennettiin, olivat paperieristeisiä maakaapeleita. Pa-perieristeisiä maakaapeleita on asennettu 90-luvun alkupuolelle asti, jonka jälkeen siir-ryttiin asentamaan muovieristeisiä maakaapeleita. Yleisimmin käytettyjä paperieristei-siä kaapeleita ovat APAKM, jossa johtimet ovat alumiinia, ja PLKVJ, jossa johtimet ovat kuparia.

APAKM on paperieristeinen maakaapeli, jossa alumiinijohtimet on kerrattu yhteen pa-peritäyttein. Kaapelissa on alumiinivaippa, jonka suojana on korroosionestokerros ja muovivaippa. APAKM:n rakenne on esitetty kuvassa 6.



Kuva 6. APAKM- maakaapeli [18.]

PLKVJ on paperieristeinen maakaapeli, jonka johdinmateriaalina on käytetty kuparia. PLKVJ maakaapelia on enää hyvin vähän käytössä. Kaapelin eristetyt johtimet on kerrottu yhteen paperitäyttein, ja paperi on kyllästetty valumattomalla kyllästysöljyllä. Kaapelin vaippa on lyijyä, jonka päällä on armeeraus. Armeeraus koostuu bitumista ja paperista, joiden jälkeen on kaksi teräsnauhaa. Teräsnauhan päällä on bitumi- ja juutti-kerros. PLKVJ:n rakenne on esitetty kuvassa 7.



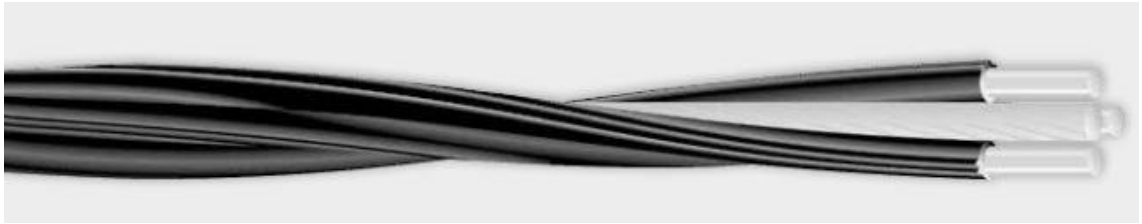
Kuva 7. PLKVJ maakaapeli [18.]

Paperikaapelia käsiteltäessä on varottava, ettei kaapeli taivu liikaa. Liiallinen taivutus voi aiheuttaa nollajohtimena toimivan alumiinin katkeamisen tai vaurioitumisen. Paperikaapelin taivuttaminen liian alhaisessa lämpötilassa voi johtaa paperieristeen repeytymiseen. Tämän takia varsinkin talvella paperikaapelia on lämmitettävä ennen sen käsittelyä.

Pienjänniteilmajohdot on toteutettu AMKA-riippukierrehdollalla. Johto on ripustettu puupylväisiin kannatusköyden varaan, ja sen korkeus maasta on vähintään 4 metriä ja tiestä 5,5 metriä. Etäisyys rakennukseen vaakasuunnassa tulisi olla 0,5 metriä, mutta parvekkeen, ikkunan tai muun vastaavan aukon kohdalla etäisyys on oltava 1,25 metriä.

AMKA-riippukierrehdosta käytetään paljon maaseudulla ja taajamissa katujen, teiden ja lenkkipolkujen valaistusverkoissa. AMKA-riippukierrehdon vaihejohtimet on eristetty mustalla säänkestävällä PE- muovilla ja vaihejohtimet on kierretty paljaan alumiiniköy-

den ympärille, joka toimii sekä kannatusköytenä että PEN- johtimena. AMKA- riippukierrehjon rakenne on esitetty kuvassa 8.



Kuva 8. AMKA- riippukierrehjohto [11.]

Suomessa eniten käytetty johtotyyppi on ilmaakaapeli. Sitä on vuoden 2014 tilaston mukaan asennettuna 132 437 kilometriä. Taulukossa 1 on esitetty, kuinka paljon avojohto-, ilmaakaapeli- ja maakaapeliverkkoa on Suomessa. Taulukossa 2 on esitetty Helsingin pj-verkon johtopituudet. Taulukosta 2 voidaan nähdä, että suurin osa Helsingin pj-verkosta on maakaapelia.

Taulukko 1. Pienjänniteverkon johtopituudet vuonna 2014 [2.]

400:n V verkko	km
Avojohto	6736
Ilmakaapeli	132 437
Maakaapeli	98 478
Johtopituus yhteensä	236 978

Taulukko 2. Pienjänniteverkon johtopituudet Helsingissä vuonna 2014 [21.]

400:n V verkko	km
HSV:n omistamat pj-maakaapelit	4349,1
Ilmakaapelit	108,4
Johtopituus yhteensä	4457,5

Kaapelin kuormitettavuuteen vaikuttavat kaapelin asennustapa, harmoniset yliaallot, erikokoisia johtimia sisältävät kaapeliryhmät ja ryhmät, joissa on useita piirejä. Normaaliosuhteina Suomessa käytetään ympäristön lämpötilana ilmassa +25 °C ja maassa +15 °C. Maan lämpöresistiivisyyden katsotaan olevan 1,0 k m/W. Suurin sallittu johtimen käyttölämpötila on PVC- ja PEX eristeisille pj-kaapeleille 70 °C ja PEX eristeisille kaapeleille erityisolosuhteissa 90 °C. Kaapelien kuormitettavuuksia on esitetty taulukossa 3. [7;8;9;10;11;17;12;19]

Taulukko 3. Pj-kaapeleiden kuormitettavuuksia ja terminen oikosulkukestoisuus [9;10;11]

Kaapeli	Kuormitettavuus maassa, johdin +70 °C [A]	Kuormitettavuus ilmassa, johdin +70 °C [A]	Suurin sallittu yhden sekunnin oikosulkuvirta [kA]
AXMK 4x185S	330	285	17,4
AMCMK 3x185+Cu57	330	285	14,0
AMKA 3x70+95	-	180	4,5
AMKA 3x120+95	-	250	7,8

2.5 Jakokaapit

Jakokaapit ovat osa pienjännitteistä sähköjakeluverkkoa, ja ne saavat syöttönsä muuntamosta. Jakokaapit voivat toimia pienjänniteverkossa jakorajoina. Jakorajojen avulla voidaan kytkeä tarvittaessa useampi muuntopiiri yhteen, esimerkiksi vikatilanteissa tai muuntamosaneerauksissa. Jakokaapeista lähtevät myös liittymien syöttöjohdot.

Jakokaapit asennetaan teiden varsille niin, että niiden luokse on helppoa päästä. Jakokaapin sivuun kiinnitetään yleensä merkkitanko, jolla pyritään saamaan kaappi näkyvämmän paremmin talvella ja pimeällä. Nykyään Helsingissä jakokaappeja on asennettu myös rakennusten sisälle, mikä on melko poikkeavaa perinteiseen verkonrakentamiseen nähden. Tällaista asennustapaa on käytetty esimerkiksi Kalasatamassa ja Länsi-Satamassa. Kuvassa 9 on esitetty kolme erityyppistä jakokaappia. Kuvassa vasemmalla on betonijalustainen SST:n valmistama jakokaappi, ylhäällä oikealla Kabeldonin valmistama jakokaappi ja alhaalla oikealla Triaxin valmistama jakokaappi.



Kuva 9. SST-betonijalustainen jakokaappi, Kabeldon ja Triax

3 Vian vaikutukset verkossa ja vian hakeminen käytännössä

3.1 Vian ilmeneminen

Tyypillisesti vika huomataan pienjänniteverkossa, kun sähköt puuttuvat kokonaan tai osittain. Tilanteet, joissa nollajohto on vikaantuneena, ilmenevät jännitevaihteluna. Kuvassa 10 on esimerkki vikaantuneesta maakaapelista. Kyseinen vika ei ole kaivuaurio.

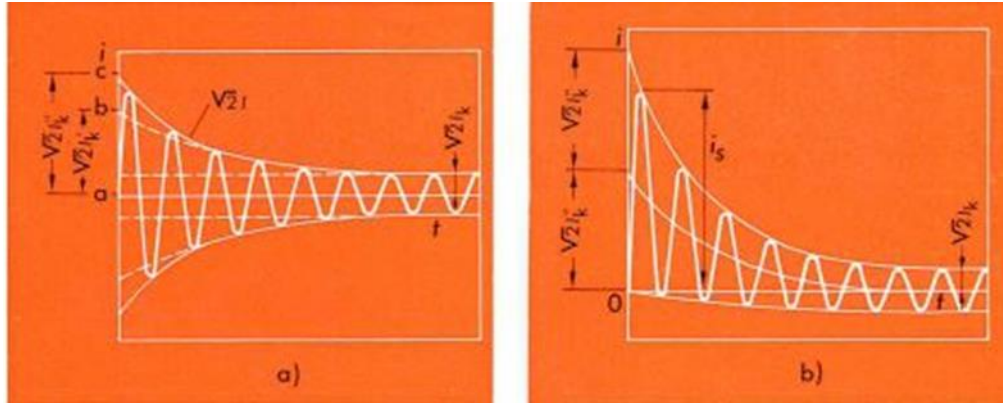


Kuva 10. Vikaantunut maakaapeli

Vikoja maakaapeliverkossa aiheuttavat muun muassa ylikuormitus, vialliset laitteet, ilkkivalta ja eristyksen haurastuminen sekä maankaivutyöt. Ilmajohdoverkossa vikoja aiheuttavat poikkeukselliset sääolosuhteet, kuten myrsky ja ukkonen, sekä lumi- ja jääkuormat.

Kolmivaiheisessa sähköverkossa oikosulkuvirrat voivat olla symmetrisiä tai epäsymmetrisiä. Symmetrisessä oikosulkuvirrassa virran arvo on suurimmillaan vian alussa, jonka jälkeen se vaimenee jatkuvan tilan oikosulkuvirran suuruiseksi. Symmetrisessä oikosulkuvirrassa tasavirtakomponenttia ei esiinny. Kolmivaiheisessa sähköverkossa oikosulkuvirta voi olla symmetrinen ainoastaan yhdessä vaiheessa kerrallaan. Symmetrisen oikosulkuvirran käyttäytymistä on havainnollistettu kuvassa 11.

Epäsymmetrinen oikosulkuvirta koostuu vaihtovirta- ja tasavirtakomponentista. Tasavirtakomponentti vaimenee aikavakion τ mukaan, jonka suuruus riippuu jännitteen hetkelisarvosta oikosulun syntymishetkellä. Vaihtovirtakomponentti vaimenee eksponentiaalisesti aikavakioilla τ'' ja τ' . Esimerkkikaavat on esitetty kappaleessa 3.3. [15.]



Kuva 11. Symmetrinen ja epäsymmetrinen oikosulkuvirta [7.]

3.2 Vian paikantaminen käytännössä

Maakaapelivikoja voidaan hakea esimerkiksi syöksyaaltogeneraattorilla. Syöksyaaltogeneraattori syöttää kaapeliin tasajännitteellä jännitepulsseja. Tyypillinen syöksyaaltogeneraattorista saatava jännite on enimmillään 32 kV, ja sitä pystytään säätämään tarpeen mukaan, riippuen kaapelityypistä. Kaapelia saa kuormittaa kolminkertaisella jännitteellä kaapelin nimellisjännitteestä. Syöksyaaltogeneraattoria käytetään tapauksissa, joissa vikaantunut kohta on maan alla, esimerkiksi kaapeliin tehdyssä jatkoksessa.

Syöksyaaltogeneraattori kytketään kaapeliin maan ja vaiheen välille tai kahden eri vaiheen välille. Kun generaattori on kytketty, etsitään vikakohtaa maamikrofonin avulla. Vikakohtassa generaattorin syöttämä jännite purkautuu kaapelista osittain ulos ja aiheuttaa äänen, jonka pystyy kuulemaan maamikrofonin avulla.

Maamikrofonissa on kiinni mittari ja kuulokkeet. Mittarin lukeman perusteella voidaan vikaantunut kaapelin osa paikantaa melko tarkasti. Kuvassa 12, on esitetty erään valmistajan maamikrofoni ja siihen liittyvät muut komponentit, kuten mittari ja kuulokkeet.

Mahdollista vikapaikkaa haettaessa kannattaa kiinnittää huomiota siihen, onko esimerkiksi kaapeleiden kulkureitin päällä tehty asfalttitoita, tai muita töitä, joiden seurauksena kaapelit olisivat voineet vaurioitua. Vikaantuneen kohdan hakemista hankaloittavat jalankulkijat ja muu liikenne, sillä näistä aiheutuvat äänet kuuluvat maamikrofonilla hyvin selvästi, minkä takia vikakohdasta kuuluvaa ääntä on vaikea erottaa. Ylimääräiset äänet vaikeuttavat merkittävästi vikakohdasta lähtevän äänen havaitsemista. Tämän takia vilkkaasti liikennöidyillä alueilla vikojen hakeminen suoritetaan usein aamuyöllä, kun muuta liikennettä on mahdollisimman vähän. [6.]



Kuva 12. Maamikrofoni ja siinä kiinni oleva paikannuslaite, sekä kuulokkeet.

Vikavirtojen laskeminen

Vikavirtojen laskemiseen on useita eri tapoja: laskennan voi suorittaa esimerkiksi solmupisteperiaatteella, Theveninin menetelmällä tai tietokoneohjelmalla. Laskentatapa riippuu siitä, minkälainen vika on kyseessä. Esimerkiksi laskenta solmupisteperiaatteella on käyttökelpoinen, jos kuormitus on epäsymmetrinen tai johdin on katkennut. Tarkat menetelmät vikavirtojen laskentaan löytyvät standardista IEC 60909.

Laskenta Theveninin menetelmällä soveltuu hyvin oikosulkuvirtojen laskemiseen teollisuusverkoissa. Laskennassa saadaan selville myös vaihekulmat. Theveninin menetelmällä laskettaessa valitaan jännitelähteeksi E_{Th} juuri ennen vikakohtaa. Kaksivaiheisessa viassa jännitteeksi valitaan pääjännite (U_N) ja yksivaiheisessa viassa vaihejännite (U_V). Todelliset lähteet oikosuljetaan.

Vikavirtaa laskettaessa

- määritetään vikavirran lauseke
- laaditaan sijaiskytkennät tarvittavista komponenteista
- yksinkertaistetaan sijaiskytkennät: sähköverkko voidaan kuvata yksivaiheisella sijaiskytkennällä. Sijaiskytkennässä tärkeitä komponentteja ovat: kuormat, johdot, generaattorit ja muuntajat.
- lasketaan vikavirta. Laskettaessa on huomioitava eri jänniteportaati eli on päätettävä, mille jännitteelle virrat lasketaan, ja redusoidaan valittuun jännitteeseen muiden jänniteportaiden arvot

Oikosulkuvirran symmetriaan vaikuttaa tasavirtakomponentin suuruus ja tasavirtakomponentin suuruuteen vaikuttaa oikosulkuvirran syntyhetki. Epäsymmetrinen oikosulkuvirta ajan t funktiona voidaan laskea Yhtälöllä 1. Yhtälössä 1 ensimmäinen termi on oikosulkuvirran vaihtovirtakomponentti ja seuraava termi on oikosulkuvirran tasavirtakomponentti.

$$i_k(t) = \hat{u}/z_k [\sin(\omega t + \alpha - \varphi_k) - e^{-1/\tau} \sin(\alpha - \varphi_k)] \quad (1)$$

\hat{u} = sinimuotoisen jännitteen huippuarvo

z_k = oikosulkupiirin vaiheimpedanssi

ω = kulmataajuus

t = aika oikosulun alkuhetkestä

α = jännitteen vaihekulma oikosulun alkuhetkellä

φ_k = impedanssin vaihekulma

τ = aikavakio

Maadoitetussa verkossa voi esiintyä kolmi-, kaksi- ja yksivaiheisia oikosulkuja. Näiden laskentakaavat on esitetty alla. Kolmivaiheinen symmetrinen oikosulkuvirta voidaan laskea Yhtälöllä 2.

$$I_{K3} = \frac{c \cdot U_N}{\sqrt{3} Z_1} \quad (2)$$

c = jännitekerroin. Kertoimen c arvo riippuu siitä, lasketaanko suurinta vai pienintä oikosulkuvirtaa, ja se määräytyy nimellisjännitteen mukaan.

U_N = nimellisjännite vikapaikassa

Z_1 = oikosulkupiirin myötäimpedanssi

Kahden vaiheen välinen symmetrinen vikaresistanssiton oikosulkuvirta lasketaan yhtälöllä 3.

$$I_{K2} = \frac{c \cdot U_N}{Z_1 + Z_2} \quad (3)$$

U_N = nimellispääjännite

Z_1 = oikosulkupiirin myötäimpedanssi

Z_2 = oikosulkupiirin vastaimpedanssi

Yksivaiheinen symmetrinen oikosulkuvirta lasketaan yhtälöllä 4.

$$I_{K1} = \frac{\sqrt{3}cU_N}{Z_1+Z_2+Z_0} \quad (4)$$

Z_0 = oikosulkupiirin nolaimpedanssi [14, s.14]

4 Palvelukeskus

4.1 Reaaliaikainen kytkentätila

Reaaliaikaisella kytkentätilan ylläpitämisellä tarkoitetaan sähköverkon kytkentätilan ylläpitämistä ajan tasalla. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että verkossa tehdyt kytkentätilan muutokset ja rakennustyöt kirjataan käytöntukijärjestelmään mahdollisimman nopeasti kytkennän suorittamisesta.

Tilaajan näkökulmasta reaaliaikainen kytkentätilan ylläpitäminen helpottaa sähköverkon ylläpitoa ja suunnittelua, sekä parantaa muun muassa työturvallisuutta. Lisäksi reaaliaikaisella kytkentätilan ylläpitämisellä pyritään seuraamaan sähkönjakelun keskeytysten määrää asiakkailta ja keskeytysten kestoajoja. Sähkömarkkinalain mukaan pisin sallittava yksittäinen sähkönkäytön keskeytys taajamassa on 6 tuntia ja haja-asutusalueella 36 tuntia.

Urakoitsijan näkökulmasta reaaliaikainen kytkentätilan ylläpitäminen helpottaa vikatilanteissa vian selvittämistä ja tämän seurauksena vian korjaaminen nopeutuu, koska verkon tila on käytöntukijärjestelmässä sama, kuin todellinen kytkentätilanne maastossa. Reaaliaikainen kytkentätilan ylläpitäminen mahdollistaa sen, että nähdään käytöntukijärjestelmän kautta helposti, mihin muuntopiiriin asiakas tai verkon komponentti kuuluu. Esimerkiksi vikatilanteissa jakorajojen muuttamisen seurauksena jakokaappia syöttävä muuntaja vaihtuu.

4.2 Palvelukeskuksen tehtävät

Palvelukeskus perustettiin, koska HSV halusi ruveta seuraamaan asiakkaille aiheutuvien sähkönjakelun keskeytysten kestoajoja. Keskeytysaikoja pystyy seuraamaan myös tietyn tyyppisillä sähkömittareilla, mutta Helsingissä tätä mahdollisuutta ei tällä hetkellä ole. Lisäksi palvelukeskus pitää yllä pj-verkon reaaliaikaista kytkentätilaa, ja vastaa asiakkaille suunnatusta vikakeskuspalvelusta arkisin kello 7–18 välisenä aikana. Kaikki asiakasyhteydenotot kirjataan käytöntukijärjestelmään ja puhelut äänitetään. Viikonloppuisin vikapuhelut ohjautuvat käyttökeskukseen.

Palvelukeskus kirjaa vikailmoituksen käytöntukijärjestelmään asiakkaan ilmoittaessa viasta, jolloin järjestelmä luo ilmoitukselle oman ID-numeron. Tarvittaessa luodaan vikailmoitukselle vikakeskeytys, mikäli jokin osa sähköverkosta on jännitteettömänä vian takia. Vikakeskeytys luodaan käytöntukijärjestelmässä, avaamalla tarvittavat kytkimet reaali-tilassa, minkä seurauksena ohjelma luo vialle keskeytys ID: n. Kun vikakeskeytys on luotu käytöntukijärjestelmässä, se tulee näkymään Helenin verkkosivuilla. Verkkosivuilla on kartta, josta selviää, missä päin Helsinkiä on sähköttömiä asiakkaita ja kuinka monta sähköttömiä asiakasta on.

Palvelukeskuksen tehtävänä on hoitaa vian korjaaminen ja työnohjaus. Palvelukeskus kertoo asentajalle, minkälaisesta viasta asiakas on ilmoittanut, ja tulostaa asentajalle vian korjaamista varten tarvittavat dokumentit. Tarvittavia dokumentteja ovat: sähköverkon kaaviokuva vika-alueelta, työmääräin, kaappikortit ja kytkentäsuunnitelma. Kaappikorteissa on esitettyä jakokaapin tai muuntamon pienjännitelähtöjen osoitteet ja kaapelityypit. Liitteessä 2 on esimerkki asentajalle annettavasta kytkentäsuunnitelmasta.

Palvelukeskuksen tehtäviin kuuluu myös asiakasneuvonta, kuten ohjeistus sähkömittarin käytössä, sekä ohjeistus sulakkeiden ja vikavirtasuojan tarkistamisessa. Tilanteessa, jossa vika on sähkömittarissa, puhelu käännetään Helenin asiakaspalveluun. Sähkömittareihin liittyviä vikoja hoidetaan palvelukeskuksessa vasta klo 16:n jälkeen, sitä ennen sähkömittarivioista vastaa toinen urakoitsija.

Palvelukeskuksen tehtävänä on pitää yhteyttä Helen sähköverkkojen käyttökeskukseen tarvittaessa. Kaikki viat, joiden seurauksena suuri määrä asiakkaita on ilman sähköä,

on ilmoitettava käyttökeskukseen. Myös keskijänniteverkkoon liittyvät viat, esimerkiksi kaivuvauriot kj-kaapeleissa, tulee ilmoittaa käyttökeskukseen.

4.2.1 Pj-verkon kytkentätilan hallinta

Palvelukeskus pitää yllä pienjänniteverkon reaaliaikaista kytkentätilaa Trimble DMS -käytöntukijärjestelmällä, johon palvelukeskuksessa toimivalla kytkennänjohtajalla on askellusoikeudet. Askeltamisella tarkoitetaan verkolla tehtävien kytkentätoimenpiteiden simuloimista käytöntukijärjestelmässä ennen varsinaisen kytkennän suorittamista paikalliskytkijän toimesta. Kaikista pj-verkolla tehtävistä kytkentätehtävistä tulee olla työsuorituksesta vastaavan urakoitsijan kytkentäsuunnitelma. Kaikki pj-verkossa tehtävät kytkentätoimenpiteet on askellettava ennen varsinaisen kytkentätoimenpiteen aloittamista. Kytkentäohjelmaa askellettaessa on tarkoitus varmistua kytkennän tarkoituksenmukaisuudesta, ehkäistä virheellisiä asiakaskeytyksiä, kytkeä suunnitellun mukaisia erotinlaitteita ja parantaa työturvallisuutta. Kytkentäohjelmaa askellettaessa käytöntukijärjestelmään kirjautuu, mihin aikaan sähkön syöttö on katkaistu asiakkaalta ja mihin aikaan sähköt on palautettu asiakkaalle. Näin saadaan kerättyä tietoa sähkönjakelun keskeytyksen kestoajoista asiakkaille.

Sähkönjakelun keskeytyksien hallinta ja tilastointi suoritetaan Trimble DMS -käytöntukijärjestelmässä. Suunnitelluille pj-verkon sähkönjakelun keskeytyksille luodaan järjestelmään suunnitelma, jolle ohjelma luo oman ID-numeron. Suunnitelmaan liitetään verkossa tehtävät kytkentätoimenpiteet siinä järjestyksessä, kuin ne todellisuudessa aiotaan tehdä. Tämän jälkeen kytkentäsuunnitelma askelletaan simulointitilassa, jotta voidaan varmistua siitä että kytkennöillä saavutetaan haluttu lopputulos. DMS -käytöntukijärjestelmän ollessa simulointi-tilassa tehtävät kytkennät näkyvät vain käyttäjän omalla tietokoneella eivätkä toimenpiteet tallennu järjestelmään.

Varsinaisia kytkentätoimenpiteitä tehdessään asentaja soittaa palvelukeskukseen ja ilmoittaa, mitä kytkentätoimenpiteitä hän aikoo tehdä ja mihin suunnitelmaan ne liittyvät. Palvelukeskus kirjaa käytöntukijärjestelmään, mitä kytkentätoimenpiteitä on tehty askeltamalla kytkentäohjelman reaalityössä. DMS-käytöntukijärjestelmän ollessa reaalityössä kaikki tehdyt kytkentätoimenpiteet kirjautuvat järjestelmään ja näkyvät kaikilla ohjelman käyttäjillä. Pj-verkossa tehtävät kytkentätoimenpiteet ovat yleensä jonova-

rokekytkimien asennon muutoksia kiinni tai auki. Liitteessä 1 on yksinkertainen esimerkki tilanteesta, jossa asentaja soittaa palvelukeskukseen ja palvelukeskus askeltaa suunnitellun kytkentäohjelman. Liitteessä 2 on puolestaan esimerkki asentajalle annettavasta kytkentäsuunnitelmasta.

Vikatilanteen alkaessa luodaan käytöntukijärjestelmään vikailmoitus. Tilanteissa, joissa jokin verkonosa on jännitteetön, luodaan käytöntukijärjestelmään vikailmoituksen lisäksi vikakeskeytys. Vikakeskeytys luodaan tekemällä vikaantunut verkonosa jännitteetömäksi käytöntukijärjestelmässä. Näin saadaan luotua vialle ID-tunnus, joka liitetään vikailmoitukseen. Vikailmoituksessa tulee käydä ilmi, minkälainen vika on kyseessä ja missä se sijaitsee sekä ilmoittajan nimi ja yhteystiedot. Sähkönjakeluhäiriön sattuessa vian selvityskytkennät tulee askeltaa DMS-käytöntukijärjestelmässä mahdollisimman todellisina, reaaliaikaisesti ja oikeassa toimintajärjestyksessä. Vianselvityksen edetessä, keskeytystilannetta pyritään pitämään mahdollisimman ajantasaisena liittämällä keskeytyksen tapahtumia mahdollisimman reaaliaikaisesti. Vikatilanteen päättyessä palvelukeskuksen operaattori huolehtii, että keskeytys on dokumentoitu oikein ja validoi keskeytyksen. Validointitoimenpiteellä tarkoitetaan keskeytyksen siirtämistä operatiivisesta keskeytystietokannasta keskeytyshistoriatietokantaan.

Uusiin liittymäpisteisiin tai muihin komponentteihin, joita ei vielä ole tietokannassa tehtävät kytkentätilan muutokset on kirjattava DMS:n vikailmoituksiin. Sama koskee väliaikaisia liittymiä, kuten esimerkiksi tapahtumasähköjä ja työmaakeskuksia.

4.2.2 Ulkovalaistusverkon kytkentätilanhallinta

Palvelukeskus ylläpitää ulkovalaistusverkon verkkokarttaa ja digitoi kaikki verkkoon tehtävät jakorajamuutokset, erillisen ulkovalaistusverkon digitointiohjeen mukaisesti verkkotietojärjestelmään. Digitoinnilla tarkoitetaan verkkoon tehtävien muutosten merkitsemistä verkkotietojärjestelmään. Ulkovalaistusverkon kaikki kytkennät tulee olla tehtynä viimeistään ennen valojen syttymistä, mutta kiiretilanteissa myöhempikin ajankohta on mahdollinen.

Palvelukeskus kirjaa ulkovalaistukseen liittyvät viat keyUV- järjestelmään. Vikatilanteissa vikakohdat merkitään verkkokartalle poikkeustilamerkinillä. Poikkeustilamerkinään kirjataan, minkälainen vika on havaittu. Merkinnässä oltava kyseisen vikailmoituk-

sen KeyUV- järjestelmän ID-numero. Kun vian korjaus on suoritettu, poistuu poikkeustilamerkintä verkkokartalta.

Ulkovalaistusverkolla työskentelevä työryhmä on yhteydessä palvelukeskukseen, ja palvelukeskus tekee verkon digitointimuutokset työryhmän ohjeiden mukaisesti. Digitointimuutokset tehdään verkkotietojärjestelmään vasta sitten, kun todelliset kytkennät on suoritettu.

5 Palvelukeskuksen käytössä olevat ohjelmat

5.1 Trimble DMS-käytöntukijärjestelmä

Trimble DMS-käytöntukijärjestelmä on tarkoitettu jakeluverkon kytkentätilan valvontaan ja ylläpitoon sekä häiriötilanteiden hallintaan. Kytkentätilannetta voi hallita suurjännite-, keskijännite-, ja pienjänniteverkoissa. Järjestelmässä on kuvattuna pienjännite-, keskijännite-, ja suurjänniteverkon periaatteellinen reititys ja kytkinlaitteet sekä asemat. DMS käytöntukijärjestelmässä ei voi muuttaa komponenttien ominaisuustietoja. Vikatilanteissa järjestelmään luodaan uusi vikailmoitus, johon on kirjattava muun muassa vian ilmoittajan nimi ja yhteystiedot sekä vikapaikan osoite. Lisäksi vikailmoitukseen on kirjattava, minkälainen vika on havaittu ja mitä toimenpiteitä sen korjaamiseen vaaditaan.

Trimble DMS-käytöntukijärjestelmässä luodaan sähkönjakelun vikakeskeytykset ja kytkentäohjelmat tulevia asennustehtäviä varten. Ennen varsinaisen kytkennän suorittamista kytkentätoimenpiteet askeletaan järjestelmässä. Askelluksen tarkoituksena on varmistua kytkentöjen tarkoituksenmukaisuudesta, ehkäistä virheellisiä sähkönjakelukeskeytyksiä ja parantaa työturvallisuutta.

DMS-käytöntukijärjestelmässä voidaan laskea myös verkon kuormitettavuusaste. Kuormitettavuusasteen laskeminen on erityisen tärkeää esimerkiksi vikatilanteissa, kun jakorajoja joudutaan yhtäkkiä muuttamaan.

Trimble DMS:n keskeisiä hyötyjä ovat muun muassa sähkönjakelun laadun paraneminen, suurhäiriötilanteiden parempi hallinta, reaaliaikainen pj-verkon hallinta sekä laajat keskeytysraportit ja –tilastot. [4.]

5.2 Trimble NIS-verkkotietojärjestelmä

Trimble NIS verkkojärjestelmä koostuu älykkäästä verkkomallista ja siihen integroiduista paikkatietotoiminnoista. Verkkojärjestelmässä voidaan suorittaa esimerkiksi verkostolaskentaa, ja hallita sähköverkon investointeja sekä kunnossapitoa.

Trimble NIS-verkkotietojärjestelmä on tarkoitettu sähköverkon dokumentointiin ja hallintaan. Trimble NIS verkkotietojärjestelmällä voidaan luoda uutta pysyvää sähköverkkoa ja muuttaa olemassa olevaa verkkoa. Trimble NIS käyttää samaa tietokantaa ja verkkomallia kuin Trimble DMS-käyttötukijärjestelmä. NIS verkkotietojärjestelmässä tehdyt muutokset, kuten esimerkiksi uuden liittymäpisteen lisääminen, päivittyvät DMS käyttötukijärjestelmän tietokantaan. Lisäksi NIS verkkojärjestelmässä voidaan muokata jo olemassa olevien komponenttien tietoja, kuten esimerkiksi jakokaapin kytkintietoja.

Verkkotietojärjestelmän hyötyjä ovat muun muassa turvallinen ja tehokas ulkopuolisten käyttäjien pääsy tietojärjestelmään ja sähköverkon tietojen sisällyttäminen helposti yhteen järjestelmään. [5.]

5.3 KeyMap

KeyMap on Keypron kehittämä sovellus, joka toimii verkkoselaimen kautta. Ohjelmalla voidaan tarkastella muun muassa Helsingin pj- ja kj-verkon periaatteellista reititystä, televerkkoa, kaapeliputkituksia, kartoituskohteita, kaukolämpöverkkoa ja viemäriverkostoa.

Sähkön kannalta tärkeimpiä toimintoja ovat kaapelien ja kaapeliputkien sijaintien paikannus, kartoitustiedot sekä muuntamoiden ja jakokaappien lähtöjen kytkintiedot. Ohjelmasta voidaan esimerkiksi tulostaa kaappikortteja ja nähdä, missä järjestyksessä kaapelit kulkevat putkituksissa. KeyMap käyttää samoja tietoja kuin Trimble NIS-verkkotietojärjestelmä.

5.4 KeyUV

KeyUV vikatietojärjestelmää käytetään ulkovalaistusverkon vikailmoitusten kirjaamiseen ja vikojen seurantaan. Tietojärjestelmä toimii verkkoselaimen kautta, ja se on reaaliaikainen.

Vikakohta merkitään verkkokartalle ja KeyUV järjestelmä luo vialle ID- numeron. Vian kiireellisyys on merkitty värillä. Hengenvaaraa aiheuttavan vian tila on merkitty punaisella värillä, ja kyseinen vika on korjattava mahdollisimman pian saman päivän aikana vian ilmoittamisesta. Vika, jonka tila on merkitty keltaisella värillä, on korjattava mahdollisimman pian, mutta ei välttämättä samana päivänä. Tällaisia vikoja ovat esimerkiksi ryhmäviat, joissa kokonainen katu/alue on pimeänä. Viat, jotka eivät ole erityisen kiireellisiä, tulee korjata neljän päivän aikana vian ilmoituksesta. Tällaisten vikojen tila on merkitty vihreällä värillä. Kun viankorjaus on suoritettu, palveluntarjoaja poistaa vikatilamerkin verkko-kartalta.

5.5 Merlin-puhelinjärjestelmä

Merlin- puhelinjärjestelmä perustuu IP- pohjaiseen SAP Contact Center-ohjelmistoon ja se toimii tietokoneen kautta. Puhelinjärjestelmään kirjautuminen vaatii internetyhteyden. Puhelinjärjestelmään voi olla kirjautuneena samaan aikaan useampi henkilö, mistä on hyötyä erityisesti ruuhka-aikana.

Järjestelmään on tallennettu useampi puhelinnumero, joihin asiakkaat ja muu henkilökunta voivat soittaa. Järjestelmä tallentaa kaikki puhelut ja niiden kestoajat. Puhelinjärjestelmän avulla voidaan seurata puheluiden määrää ja vastaamiseen kulunutta aikaa.

Puhelinjärjestelmän avulla on myös mahdollista siirtää puheluita toiseen numeroon. Palvelukeskuksessa tätä toimintoa käytetään esimerkiksi silloin, kun asiakas soittaa palvelukeskukseen ja haluaa keskustella sähkösopimus-asioista, tällöin puhelu siirretään asiakaspalveluun. [16.]

6 Yhteenveto

Insinööriyössä selvitettiin mitä reaaliaikainen kytkentätilan ylläpitäminen on ja miten se toteutetaan palvelukeskuksessa. Reaaliaikaista kytkentätilan ylläpitämistä ei ole aiemmin toteutettu pj-verkossa, joten sen periaatteista oli hyvä luoda kuvaus.

Palvelukeskus perustettiin, jotta HSV pystyisi seuraamaan asiakkaille aiheutuvia sähköjakelun keskeytysaikoja. Palvelukeskus toimii arkipäivisin klo 7 –18 välisenä aikana ja palvelun tarjoajana on Suomen Energia-Urakointi Oy. Työssä esitettiin mitä tehtäviä palvelukeskukselle kuuluu. Palvelukeskuksen tehtäviin kuuluu vikailmoitusten kirjaaminen ja pj-vikakeskeytysten luominen käytöntukijärjestelmään. Palvelukeskus hoitaa vikojen korjaamista antamalla asentajille vikaa koskevat tiedot ja tarvittavat dokumentit. Palvelukeskuksen tehtäviin kuuluu myös asiakasneuvonta.

Pienjänniteverkon reaaliaikaisen kytkentätilan ylläpitämiseen käytetään Trimble DMS-käytöntukijärjestelmää. Pj-verkossa tehtäville kytkennöille on tehtävä kytkentäsuunnitelma käytön tukijärjestelmään, ja suunnitelma on askellettava ennen varsinaisen kytkentätoimenpiteen aloittamista. Askeltamisella varmistutaan kytkentöjen tarkoituksenmukaisuudesta. Reaaliaikaisella kytkentätilan ylläpitämisellä helpotetaan myös vianselvitystyötä ja nopeutetaan vian korjaamista. Vianselvitystyö ja vian korjaaminen nopeutuu, kun verkon tila on käytöntukijärjestelmässä sama kuin todellinen kytkentätilanne maastossa.

Maakaapeliverkossa vikoja aiheuttavat muun muassa ylikuormitus, vialliset laitteet, ilkkivalta ja eristyksen haurastuminen, sekä maankaivutyöt. Ilmajohtoverkossa esiintyvät viat johtuvat pääasiassa sääolosuhteista.

Lähteet

- 1 Lakervi, Erkki & Partanen, Jarmo. 2008. Sähkönjakelutekniikka. Helsinki: Ota-tieto.
- 2 Energiateollisuus sähkön keskeytystilastot Verkkodokumentti.
<http://energia.fi/sites/default/files/dokumentit/sahkomarkkinat/Sahkoverkko/keskeytystila_2013.pdf>, luettu 15.6.2015
- 3 AXMK alumiinivoimakaapeli 0,6/1kV 4x185. Verkkodokumentti.
<http://www.reka.fi/products/reko/AXMK_0%2C6_Alumiinivoimakaapeli>http://www.reka.fi/products/reko/AXMK_0%2C6_Alumiinivoimakaapeli>, luettu 12.4.2015
- 4 TrimbleDMS. Verkkodokumentti. <<http://www.tekla.com/fi/tuotteet/trimble-dms>>, luettu 13.4.2015
- 5 TrimbleNIS. Verkkodokumentti. <<http://www.tekla.com/fi/tuotteet/trimble-nis>>, luettu 13.4.2015
- 6 Juha, Auvinen. 2015. Sähköasentaja, Suomen Energia-Urakointi Oy. Asiantuntijahaastattelu 20.5.2015.
- 7 Oy Nokia Ab Kaapelitehdas, Voimakaapelit ja asennusjohdot, Oy Kodaprint Ab, Espoo 1975, ISBN 951-99072-7-0, luettu 10.6.2015
- 8 AMKA-riippukierrejohto. Verkkodokumentti.
<http://www.jyvaskylanenergia.fi/filebank/754-Kaapeleiden_varomisohje_2014_valmis_netiresoluutio.pdf>, luettu 10.6.2015
- 9 Prysmian Alumiinivoimakaapeli AMCMK 0,6/1kV 3x185+57. Verkkodokumentti.
<http://fi.prysmiangroup.com/en/business_markets/markets/pd/download/datasheets/AMC>, luettu 19.5.2015
- 10 Prysmian Alumiinivoimakaapeli AXMK 0,6/1kV 4x185. Verkkodokumentti.
<http://fi.prysmiangroup.com/en/business_markets/markets/pd/download/datasheets/AXMK-PLUS_4joht.pdf>[MK.pdf](http://fi.prysmiangroup.com/en/business_markets/markets/pd/download/datasheets/AXMK-PLUS_4joht.pdf)>, luettu 19.5.2015
- 11 Prysmian AMKA 0,6/1kV. Verkkodokumentti.
<http://fi.prysmiangroup.com/en/business_markets/markets/pd/download/datasheets/AMKA_1kv.pdf>, luettu 19.5.2015
- 12 Kaapeleiden kuormitettavuus. Verkkodokumentti.
<http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/19_1_S%84hk%94johtojen%20mitoittaminen.pdf>, luettu 28.7.2015

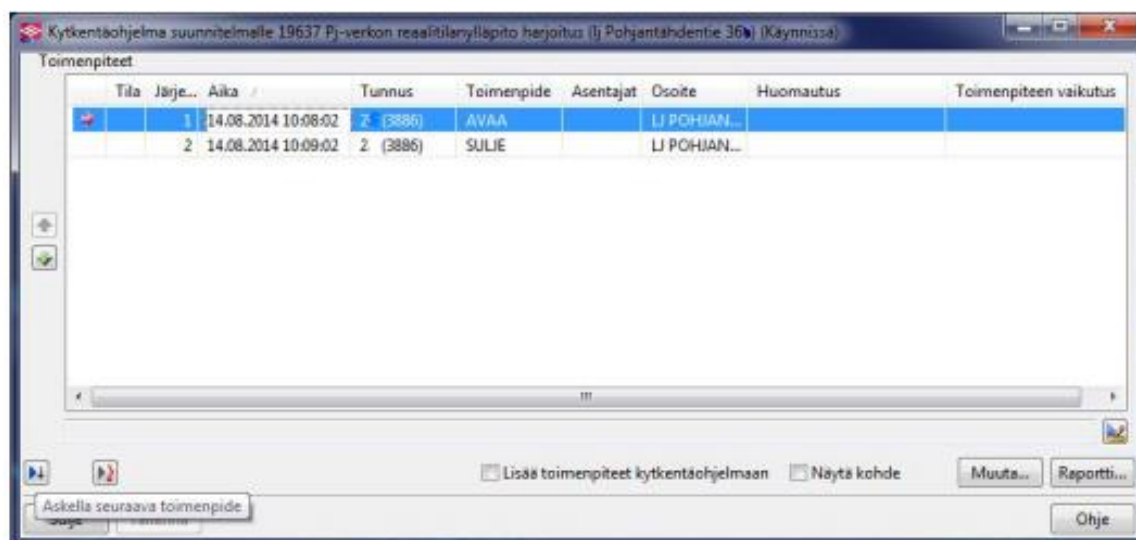
- 13 Erkintalo Jukka, 2011, Katuvalokeskusten kWh- mittaroinnin suunnittelu, insinööriyö, Pori. Luettu 11.5.2015.
- 14 Vikavirtojen laskeminen. Verkkodokumentti.
<<https://noppa.lut.fi/noppa/opintojakso/bl20a0600/luennot/vikavirrat.pdf>>, luettu 30.6.2015
- 15 Sampsa Kupari, 2014, Luentokalvot, Jakelujärjestelmien häiriöt, luettu 25.6.2015
- 16 Merlin ratkaisu. Verkkodokumentti.
<<http://www.merlin.fi/ratkaisu/#.VkNRE00VhYg>>, luettu 15.7.2015
- 17 Reijo, Pelkonen. 2015. Sähköasentaja, Suomen Energia-Urakointi Oy. Asiantuntijahaastattelu 9.11.2015
- 18 Oy Nokia Ab kaapelitehdas, luettelo n:o 3.18 kansio 2 ryhmä 1
- 19 Kaapelin asennus syvyys ja suojaaminen. Verkkodokumentti.
<<http://www.headpower.fi>>, luettu 16.11.2015
- 20 Jukka, Vepsäläinen. 2015. Kyt kentäsuunnitelman askelluksen periaatteet. Helen Sähköverkot Oy
- 21 Jukka, Vepsäläinen. 2015. Pj-johtopituudet. Helen Sähköverkot Oy
- 22 SEU:n henkilöstön määrä. Verkkodokumentti.
<<http://www.seu.fi/yritys/index.php>>, luettu 28.8.2015

Kytkenäohjelman askeltaminen

Esimerkki tilanteesta jossa asentaja soittaa palvelukeskukseen suoritettavasta suunnitellusta pj-kytkennästä.

Kytkenäjohtaja: Helen Sähköverkko Oy palvelukeskus
 Paikalliskytkijä: Asentaja Virtanen. Aloittaisimme kytkenäohjelman ID 19637. Tarkoituksena olisi kytkeä liittymä Pohjantähdentie 36 jännitteettömäksi pääkeskuksen vaihdon ajaksi.

Kytkenäjohtaja: Hetkinen otan kytkenäsunnitelman käyttöön ja haen verkkoalueen näkyville.
 No, niin Tarkoituksena on siis avata erotin 2 jakokaapista 3886. Tällöin liittymä Pohjantähdentie 36 jää jännitteettömäksi. Askellan nyt toimenpiteen.



Kytkenäjohtaja: Kyseinen liittymä menee valkoiseksi/ näyttää olevan jännitteetön. Voit suorittaa kytkenän verkolla.

Paikalliskytkijä: OK, avaan jonovarokeytkimen. Kytkin on auki. Tarkastan vielä jännitteettömyyden jakokaapilla ja asiakkaan pääkeskuksesta. Laitan myös "älä kytke työkäynnissä"- lapun jakokaappiin. Jatkamme kytkenäjä noin 2 tunnin päästä.

Kytkenäjohtaja: Selvä, jatketaan kahden tunnin päästä.
 Palautuskytkennät menevät käänteisessä järjestyksessä samaan periaatteellista protokollaa noudattaen.

[20.]

KytKentäsuunnitelma

Esimerkki asentajalle annettavasta kytKentäsuunnitelmasta.

Perustiedot

ID	24147
Nimi	Kadun verkkotyöt, jakokaapin JK 4500 vaihtotyö
Keskeytyslaji	PJ S1 Oman verkon suunniteltu keskeytys
Versio	1
Aiheuttaja	Ei määritelty
Suunniteltu alkamisaika	20.11.2015 08:00:00
Suunniteltu loppumisaika	20.11.2015 16:00:00
Suunnittelija, pvm	

KytKentämääräys		Mittaustulokset	pvä:
Tilaaaja		L1/N=	L1/2=
Puhelin			
Asema			
Lähtö		L2/N=	L2/3=
Esivaatimukset			
Tilauksen syy	Ei määritelty		
Tekniset palvelut	Ei		
KytKennän johtaja		L3/N=	L3/1=
Työnjohtaja			

Suunnitellut toimenpiteet

Nro	Tunnus	Tyyppi	Toimenpide	Osoite	Huom
1	5 (871)	pj-kytkin	AVAA	JK 4500	
2	3 (920)	pj-kytkin	AVAA	JK 4500	
3	5 (920)	pj-kytkin	AVAA	JK 4500	
4	7 (4500)	pj-kytkin	AVAA	JK 920	
5	5 (4500)	pj-kytkin	AVAA	JK 920	
6	1 (4500)	pj-kytkin	AVAA	LJ Talo 4	
7	3 (920)	pj-kytkin	SULJE	JK 4500	
8	5 (920)	pj-kytkin	SULJE	JK 4500	
9	5 (4500)	pj-kytkin	SULJE	JK 920	
10	7 (4500)	pj-kytkin	SULJE	JK 920	
11	1 (4500)	pj-kytkin	SULJE	LJ Talo 4	
12	5 (871)	pj-kytkin	SULJE	JK 4500	