

Maadoitusverkon dokumentointi verkkotietojärjestelmään

Kalle Koskela

Opinnäytetyö

Marraskuu 2017

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Koskela, Kalle	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä 28.11.2017
	Sivumäärä 34	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Maadoitusverkon dokumentointi verkkotietojärjestelmään		
Tutkinto-ohjelma Automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Vesa Hytönen		
Toimeksiantaja(t) Keuruun Sähkö Oy		
Tiivistelmä <p>Uudistunen sähkömarkkinalain myötä verkkoyhtiöt ovat tehneet suuria investointeja sähköjakeluverkkoon. Kasvat investoinnit näkyvät sähkön siirtohinnoissa, ja verkkoyhtiöt ovatkin tehneet erilaisia säästötoimenpiteitä verkon ylläpitokustannusten pienentämiseksi. Tällainen on esimerkiksi laajan maadoitusjärjestelmän rakentaminen. Sen avulla voidaan helpottaa määräaikaistarkastuksia, verkon suunnittelua sekä lisätä turvallisuutta ja tuoda taloudellisia etuja. Keuruun Sähkö Oy:n tavoite oli saada dokumentointimalli maadoitusjärjestelmille heidän verkkotietojärjestelmänsä.</p> <p>Työ toteutettiin Trimble NIS -Verkkotietojärjestelmään, joka on Keuruun Sähkö Oy:n käytössä. Maadoitusverkon dokumentointia varten luotiin uusi ryhmä ja ryhmään lisättiin dokumentointia varten piirrosmerkit maadoitusjärjestelmän komponenteille. Lisäksi maadoitusjärjestelmän dokumentointia varten luotiin työohje ja esimerkkityö Suotujoen alueella olevalle laajalle maadoitusjärjestelmälle.</p> <p>Maadoitusjärjestelmän dokumentointiin saatiin luotua toimiva dokumentointimalli ja sitä voidaan hyödyntää laajan maadoitusjärjestelmän dokumentointiin, maadoitusjärjestelmän komponenttien dokumentointiin ja sähköjakeluverkon suunnitteluun.</p> <p>Maadoitusjärjestelmän dokumentoinninmallintaminen vastaa Keuruun Sähkö Oy:n tavoitteita ja se voi hyödyntää työn tuloksia jokapäiväisessä työssä. Jatkossa suunnittelijat voivat piirtää suunnitelmiin täsmälliset maadoituselektrodit. Myös laajan maadoitusjärjestelmän todentaminen Keuruun Sähkö Oy:n verkossaan helpottuu.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Maadoitusjärjestelmä, Laaja maadoitusjärjestelmä, Trimble NIS, Verkkotietojärjestelmä		
Muut tiedot		

Author(s) Koskela, Kalle	Type of publication Bachelor's thesis	Date 28.11.2017 Language of publication: Finnish
	Number of pages 34	Permission for web publication: x
Title of publication Documentation of earth connections in network information system		
Degree programme Automation Engineering		
Supervisor(s) Vesa Hytönen		
Assigned by Keuruun Sähkö Oy		
Abstract <p>Because of the modernized electrical market law, network companies have made big investments in their electricity distribution system. Growing investments are visible at the transmission prices of electricity, and electrical network companies have made different savings to bring down the maintenance expenses of the grid, e.g. build a global earthing system. It helps with scheduled examination, network designing as well as increase safety and economic benefits. The goal of Keuruun Sähkö Oy was to achieve an easy documentation simulation to earthing connections at their network information system.</p> <p>Task was implemented with Trimble NIS network information system used by Keuruun Sähkö Oy. For the documentation of the earthing connections a new group was created and new characters at ground components were added to the new group. Along with that, the work instructions and example work were created for the earth connections to global earthing system at Soutujoki area.</p> <p>A functioning documentation model was created for the documentation of the earthing system and it can be utilize at the documentation of global earthing system, its system components documentation and network designing.</p> <p>The documentation simulation of earthing system meets the goals of Keuruun Sähkö Oy and it can utilize in their daily tasks. In the future, the engineers can draw exact earth conductors at their designs. It also becomes easier to authenticate the global earthing system at the network of Keuruun Sähkö Oy.</p>		
Keywords/tags (subjects) earthing system, global earthing system, Trimble NIS, network information system		
Miscellaneous		

Sisältö

1	Johdanto	3
2	Maadoitusverkko	4
2.1	Maadoitusten perusteet	4
2.2	Laajan maadoitusjärjestelmän määrittely.....	5
2.3	Maadoituselektrodit.....	8
2.3.1	Vaatimukset.....	8
2.3.2	Vaakamaadoituselektrodi.....	9
2.3.3	Pystymaadoituselektrodi.....	9
2.4	Muuntamoiden maadoitusjärjestelmät.....	10
2.4.1	Puistomuuntamo	10
2.4.2	Pylväsmuuntamo	11
3	Verkkotietojärjestelmä.....	14
3.1	Yleistietoa verkkotietojärjestelmistä.....	14
3.2	Tietojen hallinta.....	14
3.3	Trimble NIS -Verkkotietojärjestelmä.....	16
4	Opinnäytetyön toteutus	18
4.1	Työn aloitus	18
4.2	Lajin määritelmä.....	18
4.3	Piirrosmerkkien luonti	19
4.4	Uuden lajin luonti	20
4.5	Lisätyt lajit	23
5	Ohjeistus ja esimerkkityö.....	27
5.1	Ohjeistus maadoitusverkon dokumentointiin	27
5.2	Esimerkkialue.....	27
6	Pohdinta.....	29
	Lähteet	31
	Liitteet.....	32

Kuviot

Kuvio 1. Vaakamaadoituselektrodi	9
Kuvio 2. Pystymaadoituselektrodi esitettynä vaakatasossa	10
Kuvio 3. Puistomuuntamon maadoitukset.....	11
Kuvio 4. Pylväsmuuntamon maadoitukset.....	13
Kuvio 5. Tietokantapohjainen tietojärjestelmä.....	15
Kuvio 6. Verkkotietojärjestelmän linkit muihin tietojärjestelmiin.....	16
Kuvio 7. Trimble NIS -verkkotietojärjestelmän yleisnäkymä	17
Kuvio 8. Symbol Editor -ohjelma	19
Kuvio 9. Class editor -ohjelma	20
Kuvio 10. Lisätyt piirrosmerkit .pdl-aulussa.....	21
Kuvio 11. Lajin tietojen lisäys	22
Kuvio 12. Ryhmien lisäys lajille.....	22
Kuvio 13. Kuvaustapa lajille.....	23
Kuvio 14. Muuntamon maadoituskisko	24
Kuvio 15. PJ-jakokaappi ja maadoituskisko.....	24
Kuvio 16. Eri vaakamaadoituselektrodeja käytössä.....	25
Kuvio 17. Lisätyt attribuutit.....	25
Kuvio 18. Pystymaadoituselektrodi.....	26
Kuvio 19. Muuntamoiden perusmaadoitukset	27
Kuvio 20. Dokumentoitu maadoitusverkko	28

Taulukot

Taulukko 1. Maadoituselektrodien tyypit ja mitat.....	8
---	---

1 Johdanto

Uudistunen sähkömarkkinalain myötä verkkoyhtiöt ovat tehneet suuria investointeja sähköjakeluverkkoon. Kasvat investoinnit näkyvät sähkön siirtohinnoissa, ja verkkoyhtiöt ovatkin tehneet erilaisia säästötoimenpiteitä verkon ylläpitokustannusten pienentämiseksi. Tällainen on esimerkiksi laajan maadoitusjärjestelmän rakentaminen. Kun alueella on laaja maadoitusjärjestelmä helpottaa se määräaikaistarkastuksia, verkon suunnittelua sekä lisää turvallisuutta ja tuo taloudellisia etuja. Tämän työn tavoitteena oli toteuttaa Keuruun Sähkö Oy:lle sen verkkotietojärjestelmään uusi maadoitusverkon dokumentointimalli. Verkkoon dokumentoituna heidän on helpompi todistaa alueella olevan laaja maadoitusjärjestelmä. Myös maadoitusjärjestelmän piirtäminen suunnitelmiin onnistuu ja helpottaa suunnitelman tulkitsemista. Apuna käytettiin SFS 6001 standardia sekä aiheeseen liittyviä dokumentteja kuten Verkostosuosituksia RJ 19:06 ja TJ 1:05.

Opinnäytetyössä perehdyttiin laajaan maadoitusjärjestelmään sekä muihin maadoitusten kannalta oleellisiin komponentteihin ja rakenteisiin, sekä tutustuttiin niitä koskeviin standardeihin ja säädöksiin. Keuruun Sähkö Oy:n käytössä on Trimble NIS - verkkotietojärjestelmään, jota hyödynnettiin laajan maadoitusverkon dokumentoinnissa.

Opinnäytetyön toimeksiantaja Keuruun Sähkö Oy on verkkoyhtiö, joka toimii Keski-Suomessa Keuruun, Multian ja Petäjäveden alueella. Keuruun Sähkö Oy:n toiminta jakautuu eri liiketoimintayksiköihin, sähköverkkopalveluun, sähköasennuspalveluun ja sähkömyyntipalveluun, jotka sijaitsevat Keuruun Sähkö Oy:n pääkonttorilla Keuruulla Yliahon teollisuusalueella. Lisäksi sillä on kaksi tytäryhtiötä Radiki Oy ja Keuruun Lämpövoima Oy. Henkilöstöä koko konsernissa on noin 50. Sähköverkkoa sen alueella on noin 1700 kilometriä, muuntamoita vajaa 600 kappaletta ja noin 8900 käyttöpaikkaa.

2 Maadoitusverkko

2.1 Maadoitusten perusteet

Maadoitukset ja potentiaalintasaukset ovat tärkeä osa sähköverkkoa. Sähköturvallisuuden kannalta katsottuna maadoituksen tärkein tehtävä on suojata käyttäjää.

Tämä toteutuu noudattamalla standardia SFS 6001, joka määrittelee kriteerit maadoitusjärjestelmän jokaiseen vaiheeseen eli suunnittelulle, asennukselle, testaamiselle ja kunnossapidolle.

Sähköturvallisuuden näkökulmasta maadoituksen tarkoituksena on

- torjua vaarallisten jännitteiden siirtyminen järjestelmien välillä
- estää vaarallisten valokaarien, kipinöiden ja vuotovirtojen syntyminen
- aikaansaada toimintaedellytykset vika- ja maasulkusuojaukselle (D1-2012, 275.).

Maadoitusjärjestelmän mitoituksen olennaiset tekijät ovat vikavirran suuruus, vian kestoaika sekä maaperän ja maadoituselektrodin ominaisuudet. (SFS-käsikirja 601, 2015, 95.).

Standardi SFS 6001 antaa toiminnallisille vaatimuksille neljä huomioitavaa peruskriteeriä, jotka maadoitusjärjestelmän rakenteen on täytettävä. Maadoitusjärjestelmän sen kaikkine komponentteineen ja potentiaalintasauksineen on pystyttävä vikatilanteessa purkamaan ja jakamaan vikavirta ylittämättä varasuojauksen toiminta-aikaan perustuvia mekaanisia sekä termisiä suunnitteluraja-arvoja. Maadoitusjärjestelmän suorituskyvyn on oltava riittävä. Sen tulee kyetä estämään laiteviat, jotka voivat johtua maadoitusjännitteen noususta, suurista hajavirroista, joita ei ole suunniteltu vikavirran kulkureitiksi ja potentiaalieroista joita voi esiintyä maadoitusjärjestelmässä. Maadoitusjärjestelmä on suunniteltava siten, että käytössä olevien katkaisijoiden ja suojareleiden kosketus- ja askeljännitteet sekä siirtyvät potentiaalit pysyvät laitteiden normaaleina toiminta-aikoina sallituissa jänniterajoissa. Maadoitusjärjestelmän tulee pysyä toimintakuntoisena sen koko oletetun tai suunnitellun eliniän. Korroosiosta ja mekaanisesta rasituksesta johtuvat vaikutukset tulee tarpeen vaatiessa ottaa huomioon. Seuraavassa materiaaleittain riittävät poikkipinta-alat korroosiokestävyyden ja mekaanisen lujuuden takaamiseksi:

- kuparilla 16 mm²
- alumiinilla 35 mm²
- teräksellä 50 mm². (SFS-käsikirja 601, 2015, 96.)

2.2 Laajan maadoitusjärjestelmän määrittely

Laajalle maadoitusjärjestelmälle ei ole annettu tarkkaa määrittelyä, mutta yhdistämällä standardia SFS 6001, Verkostosuositusta RJ 19:16 ja Verkostosuositusta TJ 1:05 voidaan hahmotella minkälainen laajan maadoitusjärjestelmän tulisi olla. Toisaalta niiden tietoja ei voida pitää aivan aukottomina, koska tietojen tulkitsemisessa voi olla eri näkökulmia. Joka tapauksessa seuraavaksi on listattu edellä mainituista standardeista ja suosituksista tietoa laajasta maadoitusjärjestelmästä. Näiden asioiden avulla on mahdollista saada käsitys minkälainen laajan maadoitusjärjestelmän tulisi olla. Seuraavat kohdat tulevat oleellisesti esille laajassa maadoitusjärjestelmässä, ja moni seuraavana mainituista asioista on otettu esille useammassakin julkaisussa:

Laaja maadoitusjärjestelmä on yhtenäinen maadoitusjärjestelmä. Se toteutetaan liittämällä paikalliset maadoitusjärjestelmät yhteen. Paikallisten maadoitusjärjestelmien läheisyys ja niiden yhteen liittäminen takaa sen, ettei vaarallisia kosketusjännitteitä ilmene. (SFS-käsikirja 601, 2015, 27.)

Laajan maadoitusjärjestelmän alueella on vain hieman tai ei ollenkaan potentiaali eroja. Tähän perustuu myös laajan maadoitusjärjestelmän määritelmä. (SFS-käsikirja 601, 2015, 140.)

Laaja maadoitusjärjestelmä voi syntyä jo kolmen muuntopiirin maadoituksista. Tämä kuitenkin edellyttää, että niiden maadoitusverkko muodostaa tiheän ja verkkomaisen maadoitusalueen. Jokaisen muuntamon on liityttävä usealla (2-3) kytköksellä laajaan maadoitusjärjestelmään. Helpoiten kytkökset syntyvät suurjännitekaapeleiden kautta lähimuuntamoihin. Lisäksi pienjänniteverkon kautta saa helposti muodostettua useita kytköksiä laajaan maadoitusjärjestelmään. (Verkostosuositus TJ 1:05, 9.)

Laajan maadoitusjärjestelmän yhdysjohtimina toimivat:

- suurjännitekaapeleiden keskusköydet ja vaipat
- PEN -johtimet pienjänniteverkon maakaapeleissa ja ilmajohdoissa
- muut erilliset, muuntamoita yhdistävät elektrodit ja maadoitusjohtimet.
- keskijänniteilmajohdon pylväisiin rakennetuilla maadoitusjohtimilla voi muuntamoiden maadoitukset tarpeen vaatiessa yhdistää toisiinsa (Maadoituskirja 2014, 70; Verkostosuositus RJ 19:16, 6).

Laajan maadoitusjärjestelmän maadoituksina voidaan käyttää sähköasemien, pienjänniteverkon, muuntamoiden ja liittymien maadoituksia. Taajamissa on yleisesti liitetty 110/20 kV (tai 10 kV) sähköasemien maadoitukset laajaan maadoitusjärjestelmään. (Verkostosuositus RJ 19:16, 6.)

Laajasta maadoitusjärjestelmästä tulee olla käytettävissä seuraavat dokumentit. Perusteet laajan maadoitusjärjestelmän käytöstä, järjestelmän kannalta olennaiset sähköasemien maadoitukset, sähköasemien väliset maadoitukset, selvitys sähköasemien keskinäisten maadoitusten yhdistämisistä ja vahvistus yhdistysten tarkastamisesta sekä selvitys potentiaali eroista. (SFS-käsikirja 601, 2015, 154.).

Se mitä muuntopiirejä kukin laaja maadoitusjärjestelmä sisältää ja miten muuntopiirien maadoitukset on yhdistetty, tulee olla yksiselitteisesti esitetty verkkotietojärjestelmässä tai/sekä verkkokartoissa. (Verkostosuositus TJ 1:05, 9.).

Jokaiselle uudelle muuntopiirille on rakennettava asennusstandardien mukaiset maadoitukset muuntamolle ja verkolle. Laaja maadoitusjärjestelmä ei poikkea tästä. (Verkostosuositus RJ 19:16, 7.)

Jos maadoitusjärjestelmän kokonaismaadoitusimpedanssi täyttää ehdon $U_E \leq 2 \times U_{Tp}$ voi laajan maadoitusjärjestelmän muodostaa muuntopiirien verkosta.

U_E = maadoitusjännite

U_{Tp} = sallitun kosketusjännitteen arvo

Tulkinta jätetään tässä tapauksessa verkonhaltijalle. (Verkostosuositus RJ 19:16, 7.)

Tyypillisiä sijainteja ja esimerkkejä laajalle maadoitusjärjestelmälle ovat SFS-käsikirja 601:n mukaan seuraavat:

- Sähköasemaa ympäröivät rakennukset on varustettu perusmaadoituselektrodilla ja maadoitusjärjestelmät ovat yhdistetty keskenään esim. pienjännitejärjestelmän maadoituksen tai kaapelivaippojen välityksellä.
- Sähköasema syöttää kaupungin keskustaa, muuta tiheästi rakennettua aluetta tai laajaa teollisuusaluetta.
- Sähköasema syöttää aluetta, jonka maadoituselektrodit ovat kytketty toisiinsa pienjännitejärjestelmän maadoitusten kautta.
- Sähköaseman lähellä on määritelty lukumäärä muita sähköasemia.
- Sähköasemalta saada alkunsa määritelty lukumäärä pitkiä maadoituselektroneja.
- Sähköaseman liittynät on toteutettu maadoitusvaikutusta omaavilla kaapeleilla.
- Sähköasemat liitetään järjestelmään, jossa suurjänniteverkon neutraalijohdin maadoitetaan useasta pisteestä. (SFS-käsikirja 601 2015, 140.)

Keuruun Sähkö Oy:llä 110 kV:n ja 20 kV:n maadoitusjärjestelmät eivät ole yhteydessä. Tässä yhteydessä 110 kV verkkoon ei tarvitse laajan maadoitusjärjestelmän osalta kiinnittää huomiota, koska Keuruun Sähkö Oy:n sähköasemille tulevaa 110 kV:n verkkoa hallinnoi Sähkö Virkeät Oy eli SäVi. (Boman 2012, 8.)

Näitä tietoja yhdistämällä voidaan laajalle maadoitusjärjestelmälle antaa seuraavat perusvaatimukset:

- Sen tulee olla verkkomainen (ei rivimäinen ketju muuntajia).
- Siinä on eri jännitetasoa yhdistettynä (110 kV, 20 kV, 400/230 V).
- Siinä on vähintään kolme (3) lähekkäin olevaa muuntopiiriä.
- Muuntamo tulee liittää usealla (vähintään 2-3) yhteydellä muihin laajassa maadoitusjärjestelmässä olevaan muuntamoihin.
- Yhteydet on toteutettava ketjuttamalla.
- Yhdysjohtimina toimivat mm. muuntamoiden, PJ-verkon, sähköasemien ja liittymien maadoitukset.
- Muuntamoiden maadoitukset voi yhdistää pylväisiin rakennettujen maadoitusjohtimien (ilmajohtojen) kautta tarpeen vaatiessa.
- Lisäksi jokaiselle muuntopiirille on tehtävä standardin vaatimusten mukainen maadoitus, vaikka muuntamo kytketään laajaan maadoitusjärjestelmään.

2.3 Maadoituselektrodit

2.3.1 Vaatimukset

Maadoituselektrodi on se osa sähköverkosta, joka on sähköisesti yhteydessä maahan. Standardissa SFS 6001 on velvoittava liite C, jossa on esitetty taulukko 1. Siinä on esitetty maadoituselektrodeille vaaditut minimimitat materiaaleittain. Näin taataan riittävä mekaaninen lujuus ja korroosionkestävyys.

Taulukko 1. Maadoituselektrodien tyypit ja mitat (SFS-käsikirja 601, 2015, 114)

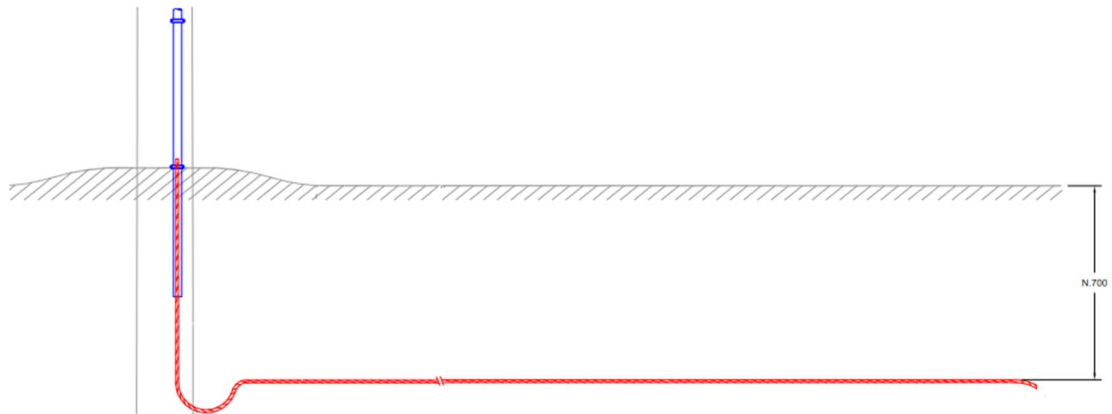
Materiaali		Elektrodin tyyppi	Vähimmäismitta				
			Ydinosa		Pinnoite/vaippa		
			Halkaisija mm	Poikkipinta mm ²	Paksuus mm	Yksittäinen arvo µm	Keskiarvo µm
Teräs	Kuumasinkitty	Nauha ^b		90	3	63	70
		Profiili (ml. levy)		90	3	63	70
		Putki	25		2	47	55
		Sauvaelektrodin pyörötanko	16			63	70
		Vaakamaadoituselektrodin pyöreä lanka	10				50
	Lyijyvaipalla ^a	Vaakamaadoituselektrodin pyöreä lanka	8			1 000	
	Päällystetyllä kuparivaipalla	Sauvaelektrodin pyörötanko	15			2 000	
	Elektrolyytti-kuparivaipalla	Sauvaelektrodin pyörötanko	14,2			90	100
Kupari	Paljas	Nauha		50	2		
		Vaakamaadoituselektrodin pyöreä lanka		25 ^c			
		Köysi	1,8 ^d	25 ^c			
		Putki	20		2		
	Tinattu	Köysi	1,8 ^d	25 ^c		1	5
	Sinkitty	Nauha		50	2	20	40
	Lyijyvaipalla ^a	Köysi	1,8 ^d	25 ^c		1 000	
		Pyöreä lanka		25 ^c		1 000	
^a Ei sovellu asennettavaksi suoraan betoniin. Lyijyn käyttöä ei suositella ympäristösyistä. ^b Valssattu tai leikattu nauha pyöristetyin reunoin. ^c 16 mm ² poikkipintaa voidaan käyttää erityisolosuhteissa, joissa kokemuksen mukaan korroosion ja mekaanisen vaurioitumisen riski on vähäinen. ^d Yksittäiselle langalle.							

Se, kuinka paljon maadoituselektrodia tarvitaan, riippuu maaperän ominaisresistanssista. Maadoitus tulisi toteuttaa mahdollisimman johtavaan maaperään, jotta elektrodipituus saataisiin pidettyä mahdollisimman lyhyenä. (Maadoituskirja 2014, 129.)

2.3.2 Vaakamaadoituselektrodi

Vaakamaadoituselektrodi (ks. Kuvio 1) on mitä luultavammin yleisin maadoituselektrodi mitä sähköverkoissa käytetään. Se asennetaan yleensä kaapeliojiin verkon rakentamisen yhteydessä tai aurataan maahan. Vaakamaadoituselektrodit tulisi asentaa routarajan alapuolelle eli vähintään 0,7 metrin syvyyteen. (Maadoituskirja 2014, 58.)

Jos elektrodi on alueella, josta lumi poistetaan talvella, elektrodi joutuu routivaan maahan. Maadoitusresistanssit ovat talvisaikaan huonompia kuin kesällä. Myös maanpinnan johtavuus huononee lumen ja roudan takia (lisäresistanssi). Lisääntyneen resistanssin takia eivät vaaralliset kosketusjännitteet johdu henkilön kautta maahan. Henkilöturvallisuus on näin ollen suunnilleen samaa luokkaa koko vuoden ympäri. (Maadoituskirja 2014, 58.)



Kuvio 1. Vaakamaadoituselektrodi (Headpower 2001, muokattu)

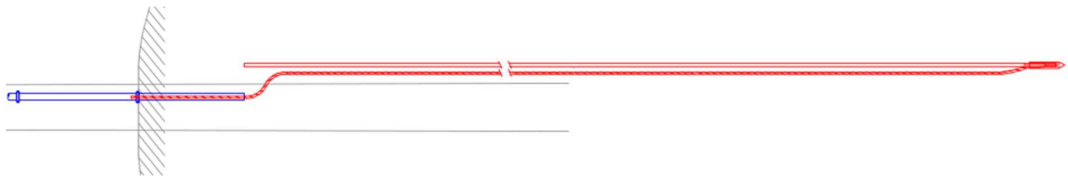
2.3.3 Pystymaadoituselektrodi

Pystymaadoituselektrodien maadoitusresistanssi on vaakamaadoituselektrodeja vaakaampi. Tämä johtuu siitä, että routa ei pääse vaikuttamaan pystymaadoituselektrodiin. Pystymaadoituselektrodeja käytetään, jos maan resistiivisyys on parempi syvemmällä maaperässä tai pintamaa on huonosti johtavaa täyttömaan takia esim. tiealueet. Niitä käytetään myös alueilla, joissa on usein kaivuutöitä ja on suuri riski vaakaelektrodin katkeamiselle. (Maadoituskirja 2014, 58-59.)

Pystyelektrodien rakenne on seuraavan lainen (ks. kuvio 2.)

- terästanko joka on pinnoitettu kuparilla
- terästangon halkaisijan on oltava vähintään 15 mm
- saattomenetelmällä asennettu kupariköysi (Maadoituskirja 2014, 59.).

Saattomenetelmässä kupari asennetaan sitomalla se teräksiseen saattotankoon, jolla se työnnetään syvyyteensä. Myös saattotanko jätetään maahan. (Maadoituskirja 2014, 59.).



Kuvio 2. Pysty- ja vaakamaadoituselktrodi esitettynä vaakatasossa (HeadPower 2003, muokattu)

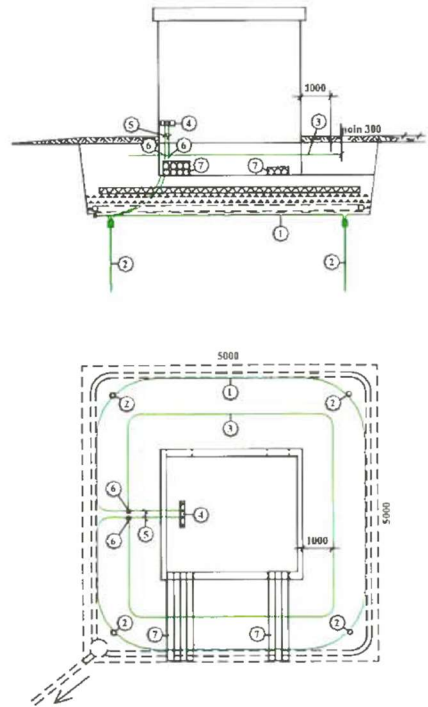
2.4 Muuntamoiden maadoitusjärjestelmät

2.4.1 Puistomuuntamo

Puistomuuntamoille on aina rakennettava maadoituselektrodi. Jos näyttää, että maadoituksia täytyy parannella, voi sen toteuttaa kaapeliojiin tai jakokaapeille asennettavilla maadoituselektrodilla sekä erikseen kaivettavilla maadoituselektrodeilla. Muuntamoille tulee kuitenkin aina asentaa seuraavat maadoitukset. (Maadoituskirja 2014, 66.)

- Asennetaan muuntamon maadoituskisko maadoitus- ja suojamaadoitusjohtimiseen. (ks. kuvio 3).
- Asennetaan potentiaalinojauselektrodi 300 mm:n syvyydelle maan pinnasta ja 1 m:n etäisyydelle muuntamon seinistä. Jos rakennusvaiheessa ei tiedetä täyttääkö maadoitusimpedanssi ehdon $U_E \leq 2 \times U_{TP}$ rakennetaan potentiaalinojauselektrodi.
- Muuntamon maadoituselektrodi asennetaan perustuksen pohjalle. Sitä voidaan tarvittaessa parantaa syvämaadoituksin. Koko järjestelmä elektrodien johtimien osalta rakennetaan ehjäksi lenkiksi. Tällä tavalla sen eheys voidaan todeta mittaamalla. (Maadoituskirja 2014, 66-67.)

1. Maadoituselektrodi Cu 25
2. Pysty maadoitus
3. Potentiaalinhjauselektrodi Cu 25
4. Muuntamon maadoituskisko
5. Maadoitusjohtimet Cu 25
6. Potentiaalinhjauksen liitos
7. Kaapeliputkitus



Kuvio 3. Puistomuuntamon maadoitukset (Maadoituskirja 2014, 66.)

2.4.2 Pylväsmuuntamo

Pylväsmuuntamolle rakennetaan seuraavanlainen maadoitus (ks. kuvio 4.):

Pylvään runkoa pitkin maahan asennetaan suurjännitteen suojamaadoitusjohdin, joka jatkuu maassa pylvään tyvimaadoituselektrodiksi ja kytketään vaakamaadoituselektrodiin. Tähän suojamaadoitusjohtimeen tulee kytkeä kaikki suojamaadoitettavat osat eli muuntaja (kannesta että pohjasta), harukset, pylväserottimen runko sekä johdon orsi (jos sellainen on asennettu). (Maadoituskirja 2014, 68.)

Muuntajan n-navan järjestelmämaadoituksena toimii kaksi poikkipinnaltaan 25 mm² kuparijohdinta. Joista toinen asennetaan n-navasta suoraan maahan ja toinen tuodaan muuntajan n-napaan haaralla suojamaadoitusjohtimesta. Muuntajan n-navasta suoraan maahan asennettu johdin asennetaan myös tyvimaadoituselektrodiksi ja liitetään vaakamaadoituselektrodiin. (Maadoituskirja 2014, 68.)

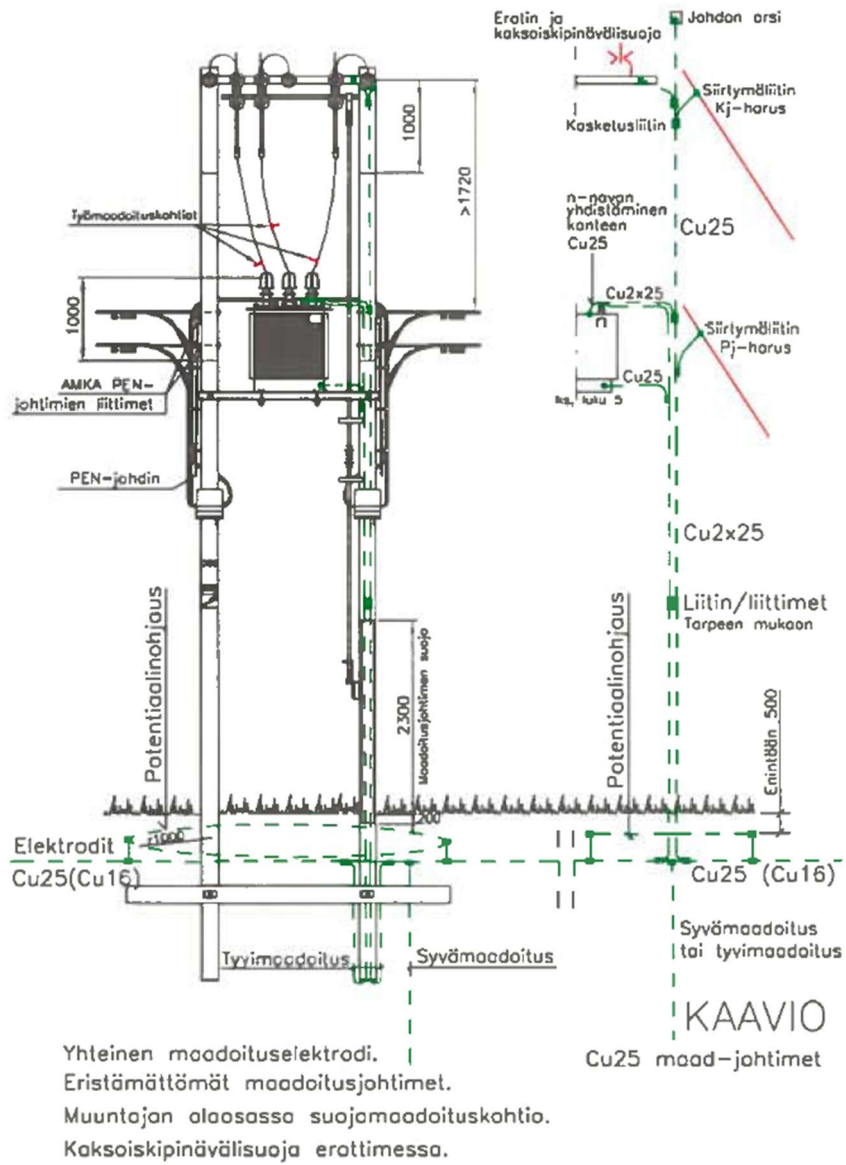
Tyvimaadoitus voidaan tarvittaessa korvata syvämaadoituksella (pystymaadoituksella). Jos uusiin asennuksiin liittyy muuntamopylväiden pystytys, voidaan näihin kohteisiin yleensä asentaa tyvimaadoitukset. (Maadoituskirja 2014, 68.)

Potentiaalinhjauselektrodi asennetaan 1 m etäisyydelle pylväistä ja upotetaan enintään 0,5 m syvyydelle. Potentiaalinhjauselektrodi liitetään kahdesta pisteestä vaakasuoraan maadoituselektrodiin (Maadoituskirja 2014, 68.)

Jos potentiaalinhjauselektrodi sekä vaakasuora maadoituselektrodi eivät ole alttiina korroosiolle tai mekaaniselle vaurioitumiselle voivat ne olla poikkipinnaltaan myös 16 mm² kuparijohdinta. Kaapeliojaan asennetun vaakasuoran elektrodin poikkipinnan tulee kuparijohtimella olla 25 mm². (Maadoituskirja 2014, 68.)

Pylvään kyljessä kulkevat kaksi 25 mm² poikkipinnan kuparijohdinta pitää suojata 2,3 m:n korkeudelle. Suojaputken yläpuolelle voidaan tarvittaessa asentaa liittimet, jos rakentamismenetelmä sitä vaatii. (Maadoituskirja 2014, 68.)

Kalliolle asennettaville pylväille ei tarvitse asentaa potentiaalinhjausta. Mahdollisimman lähelle muuntamoaa täytyy kuitenkin rakentaa maadoituselektrodi ylijännitesuojauksen takia. Se voidaan asentaa tätä varten rakennetulle erilliselle pylväälle. Tässä tapauksessa täytyy elektrodin muotoon kiinnittää huomiota. (Maadoituskirja 2014, 68.)



Kuvio 4. Pylväsmuuntamon maadoitukset (Maadoituskirja 2014, 67.)

3 Verkkotietojärjestelmä

3.1 Yleistietoa verkkotietojärjestelmistä

Automaattista tietojenkäsittelyä on hyödynnetty sähköjakeluverkkojen tietojen hallintatehtävissä jo 1960-luvulta lähtien. Kohteena olivat aluksi erilaiset laiterekisterit. Kun laiterekistereille luotiin yhteys laskutustietoihin ja lisättiin verkon topologiaa (johto-osien kytkeytyminen toisiinsa) kuvaavia tietoja. Pystyttiin suorittamaan mm. oikosulku- ja tehonjakolaskelmia. Suomessa keskijänniteverkon seurantalaskenta alkoi yleistyä 1970-luvun alkuvuosina. (Lakervi & Partanen 2008, 261, 265.)

Käsiteltäessä laajoja alueita, joilla voi olla satoja asiakkaita, monia muuntamoita ja satoja kilometrejä pienjänniteverkkoa, on tähän käyttöön tarkoitettujen tietokoneohjelmien käyttäminen jopa välttämätöntä. Nykyisin verkkotietojärjestelmiin tehdään pienetkin suunnittelut ja simuloinnit, koska näin tietoja on helppo käsitellä ja niiden tulos on helposti muokattavissa sekä dokumentoitavissa suoraan verkkotietojärjestelmään. (Lakervi 2008, 261.)

3.2 Tietojen hallinta

Tietokantaperiaatteen pohjalta toteutettu järjestelmä muodostuu tietokannasta, tietokannan hallintajärjestelmästä ja tarvittavista ohjelmista. Tietokanta osaa hyödyntää kerran sinne tallennetun tiedon eri sovelluspäädissä, esim. suunnittelussa ja laskutuksessa. Tämä onnistuu, koska tietokanta ja ohjelmat on erotettu toisistaan. Näin sama tieto on monen eri käyttäjän saatavilla (ks. kuvio 5.). Verkko-yhtiöillä tietokannat ovat yleensä laajoja, koska samaan tietokantaan voidaan tallentaa monien eri osa-alueiden tietoja, mm. asiakastietoja, kulutusmalleja ja verkon komponentteja. Verkkotietojärjestelmät poikkeavat muista tietojärjestelmistä myös siinä mielessä, että ne sisältävät paljon erilaisia suunnittelutoimintoja. (Lakervi 2008, 265-267.)

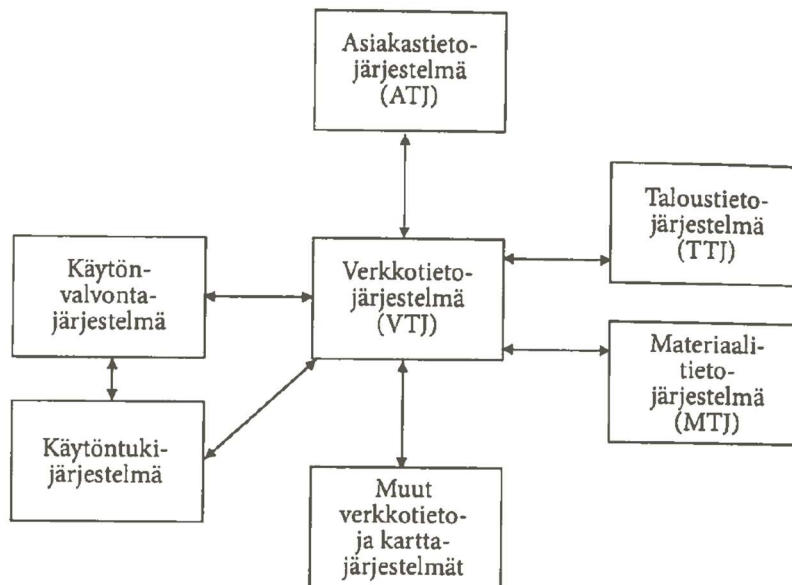


Kuvio 5. Tietokantapohjainen tietojärjestelmä (Lakervi 2008, 266.)

Verkkotietojärjestelmiin yhdistetään yleensä muutkin verkkoyhtiöllä käytössä olevat tietojärjestelmät (ks. kuvio 6.). Tällaisia järjestelmiä ovat yleisesti järjestelmät, jotka sisältävät asiakas-, liittymä- ja energiatietoja. Esimerkiksi energiatietoja voidaan hyödyntää verkon suurimman kulutuksen simulointiin. (Lakervi 2008, 265-266.)

Myös käytöntukijärjestelmän liittäminen verkkotietojärjestelmään on yleistä. Käytöntukijärjestelmä parantaa verkon käyttövarmuutta ja hallintaa häiriötilanteissa. Käytöntukijärjestelmä simuloi kaaviolla verkon komponentteja (muuntajat, johtimet ja erottimet) ja näyttää senhetkisen reitin virralle. Käyttämällä kauko-ohjattavia erotinasemia, vikavirran mittaukseen kytkettäviä suojarkeitä ja vianilmaisimia yhdessä käytöntuki- ja verkkotietojärjestelmän kanssa saadaan verkkoon aiheutunut vika nopeasti paikannettua ja haitan määrä asiakkaille minimoitua. (Lakervi 2008, 153.)

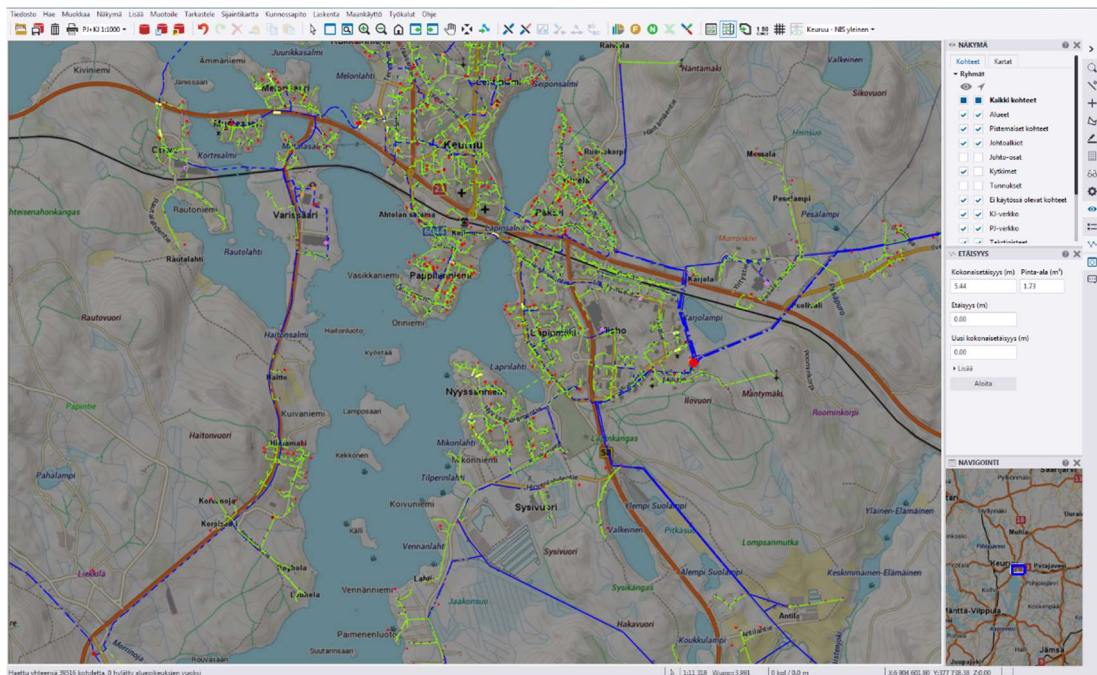
Verkkotietojärjestelmään sisältyy monenlaisia eri sovelluksia. Yleisesti verkkotietojärjestelmä sisältää kaikki toimet suunnittelun toteuttamiseksi. Ne kuitenkin vaihtelevat sähköyhtiöittäin, sillä ne räätälöidään yhtiöiden tarpeiden mukaan. Yleisiä sovelluksia ovat yleis-, suunnittelu-, käyttö- ja kunnossapito-ohjelmat. Tarkasteltaessa ja suunniteltaessa sähköverkkoa tärkeimmät työkalut ovat laskenta- ja suunnittelu-sovellukset. (Lakervi 2008, 267.)



Kuvio 6. Verkkotietojärjestelmän linkit muihin tietojärjestelmiin (Lakervi 2008, 267.)

3.3 Trimble NIS -Verkkotietojärjestelmä

Trimble NIS on eri infrastruktuurin alueille suunnattu verkkotietojärjestelmä, ja se sisältää myös mallin, joka on suunnattu verkkoyhtiöiden toimintaa ajatellen. Malli on rakennettu muodostumaan älykkästä verkkomallista sekä siihen yhdistetystä paikkatietotoiminnallisuuksista. Trimble NIS:ssä tulee sisään rakennettuina ominaisuuksina verkon topologia sekä tuki kohteiden elinkaarelle. Yksistään malli tukee sähköverkkoja ja on tarpeen tullen laajennettavissa ulkopuolisilla tiedoilla esimerkiksi asiakas- ja gps-kordinaattitiedoilla. Trimble NIS muodostuu toimintasovelluksista ohjelmassa. Ne ovat verkon suunnittelu ja rakentaminen, ominaisuudenhallinta, verkostolaskenta, verkkoinvestointien hallinta ja kunnossapito. Yleisnäkymä Trimble NIS - verkkotietojärjestelmästä on kuviossa 8. (TRIMBLE 2017.)



Kuvio 7. Trimble NIS -verkkotietojärjestelmän yleisnäkymä

Verkon suunnittelun ja rakentamisen avulla hallitaan kaikenlaisten ja -kokoisten töiden suunnittelu ja toteutus. Sovelluksen avulla voidaan tunnistaa ja tarkastella verkon heikkoja osia ja tutkia verkon saneerausta tekniseltä, taloudelliselta sekä luotettavuuden kannalta. Suunnitteluominaisuudella hallitaan tarkka sähkötekninen suunnittelu yksittäisistä kaapeleista aina suuriin verkkoprojekteihin kattavia verknomallinustyökaluja käyttäen. Rakentamisominaisuudella voidaan määrittää verkon rakentamiseen vaadittavia materiaaleja ja toimenpiteitä sekä hallita kustannuksia. Rakentamisessa tarvittavat tiedot voi luoda automaattisesti sähköteknisistä verkkosuunnitelmista. (TRIMBLE 2017.)

Ominaisuudenhallintaa hyödyntämällä voi tarkastella ja analysoida sähköverkkoa monipuolisesti eri näkökulmista. Näitä ovat tilaa, kuntoa, määrää, sijaintia, ikää, alueellisia kulutuksia ja kehitystrendejä analysoivat toiminnot. Niistä saatavilla tiedoilla voidaan hyödyntää ja laskea verkon arvo sekä jälleenhankintakustannukset. Tulosten avulla on myös helppo tehdä perusteltuja investointipäätöksiä. (TRIMBLE 2017.)

Verkostolaskentaa käyttämällä voidaan tarkastella käytössä olevan ja suunnitellun verkon teknisiä mitoituksia ja varmistaa, että komponentit täyttävät säädetyt mää-

räykset. Tätä varten ohjelmassa on laskentatoimintoja tehonjaolle, oikosulku- ja maasulkulaskennoille ja luotettavuuslaskennalle. Näin verkko saadaan mitoitettua optimaaliseksi turvallisuuden ja käytön kannalta. Myös verkon tarkastaminen on helpompaa. (TRIMBLE 2017.)

Verkkoinvestointien hallinnalla käsitellään investointien hallinnassa käytettäviä tietoja. Tällaisia tietoja ovat budjetit sekä toteutuneet ja ennakoidut kustannukset. Sovelluksella voidaan myös tutkia investointien vaikutusta verkon arvoon. (TRIMBLE 2017.)

Kunnossapidon avulla voidaan suunnitella ja aikatauluttaa tarkastus-, korjaus- ja kunnossapitotyöt joko budjettiin tai resursseihin painottaen. Kunnossapidon avulla saatuja tietoja voidaan yhdistää esimerkiksi investointisuunnitteluun. (TRIMBLE 2017.)

4 Opinnäytetyön toteutus

4.1 Työn aloitus

Opinnäytetyön tehtävänä oli uuden dokumentointimallin luonti maadoitusjärjestelmien dokumentointiin. Opinnäytetyö lähti liikkeelle suunnittelupalaverilla, jossa keskusteltiin opinnäytetyön tavoitteista ja toteutusmahdollisuuksista Keuruun Sähkö Oy:n suunnittelijoiden ja Trimblen konsultin kanssa. Palaverissa mietittiin miten maadoitusjärjestelmä olisi dokumentoitava verkkoon ja mitä piirrosmerkkejä maadoitusjärjestelmään tulisi tarvitsemaan. Mietimme myös mitä ominaisuuksia uusilla piirrosmerkeillä tulisi olla ja miten ne olisi helpoin lisätä olemassa olevan verkon rinnalle pilaamatta kokonaiskuvaa. Tämän jälkeen alkoi teorian tiedon keräys ja laajan maadoitusjärjestelmän standardien tutkinta siitä, miten se olisi dokumentoitava.

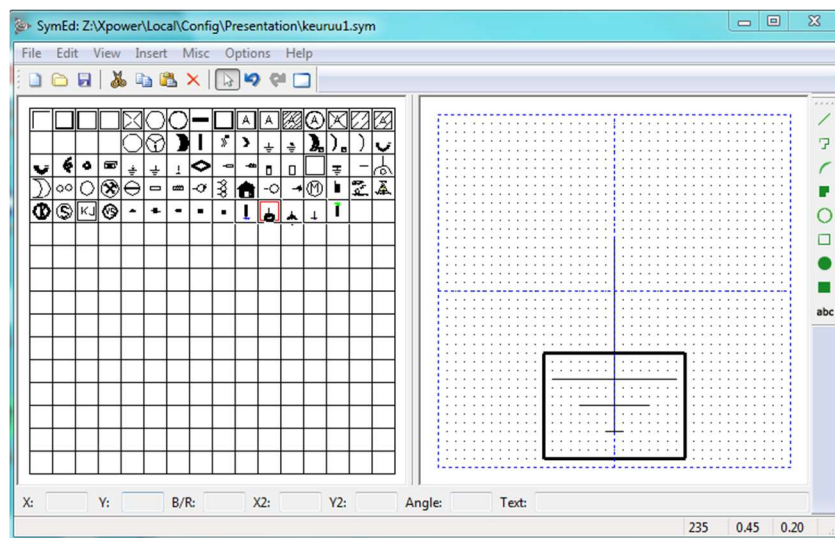
4.2 Lajin määritelmä

Trimblessä lajeja käytetään luokittelemaan verkon komponentteja ja ne todentavat verkon komponentteja piirrosmerkein. Niiden toimintaperiaate ohjelmassa on

seuraavanlainen. Tietokannassa laji on verkon komponentin omaisuutta. Kaikilla verkon komponenteilla on oma lajinsa. Jokainen laji viittaa tietokantatauluun, joka määrittää verkon komponentin tyyppin niille komponenteille jotka kuuluvat lajiin. Esimerkiksi se miltä ne näyttävät kartalla. Jokaiselle verkon komponentilla voi olla monta eri lajia. Niillä voi olla samat arvot ja tiedot, mutta niiden piirrosmerkit ovat erilaiset ja ne voidaan ladata kartalle näkyviin erikseen.

4.3 Piirrosmerkkien luonti

Uusien lajien luonti alkoi piirtämällä tarvittavat piirrosmerkit. Tähän käytettiin Trimblen Symbol Editor -ohjelmaa (ks. kuvio 9). Tällä ohjelmalla luotiin piirrosmerkit joita käytetään myöhemmin lajien symboleina. Tällä ohjelmalla piirretään ainoastaan pisteisiä kohteita ja viivamaiset kohteet määritetään erikseen jo olemassa olevasta taulusta.



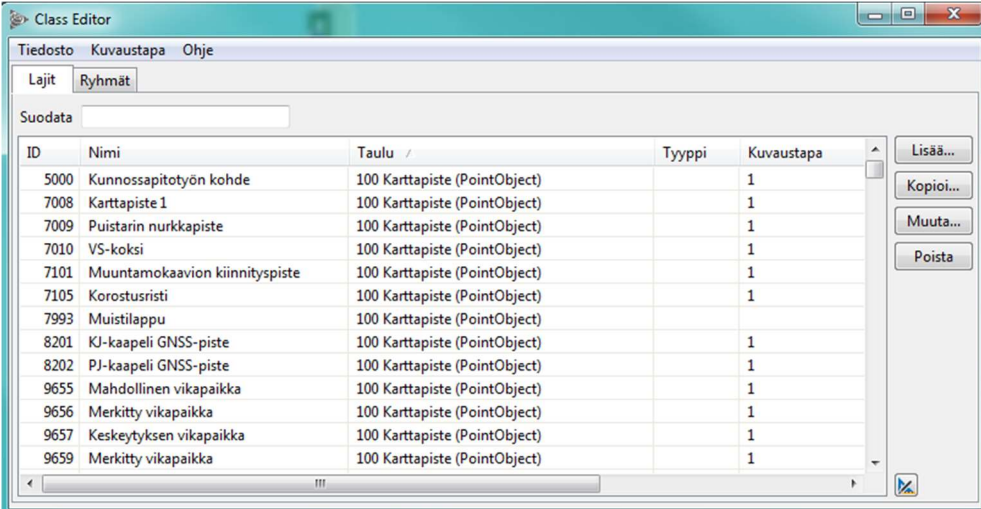
Kuvio 8. Symbol Editor -ohjelma

Uuden piirrosmerkin tekeminen alkaa valitsemalla tyhjä muistipaikka ja aloittamalla piirtäminen. Piirto-ominaisuuksilla voidaan lisätä ja piirtää suoria viivoja, kuvioita, täyttöä ja tekstiä. Piirrettyjä viivoja ja muotojen attribuutteja pystyy muokkaamaan. Viivojen väriä, tyyppiä (yhtenäinen viiva tai erityyppiset katkoviivat) ja viivan leveyttä pystyy muokkaamaan. Muotojen täytössä voi valita värin ja täytön tyyppin. Myös piir-

rosmerkkien kirjoitusasua voi muokata. Jos jokin tietty väri tai teksti kuuluu vakiorakenteeseen ja se halutaan toistaa tietyllä tavalla, määritetään tarvittavat värit ja tekstit tässä vaiheessa. Valmis piirros tallennetaan symbolitauluun, ja samaa piirrosmerkkiä voidaan käyttää monella eri lajilla.

4.4 Uuden lajin luonti

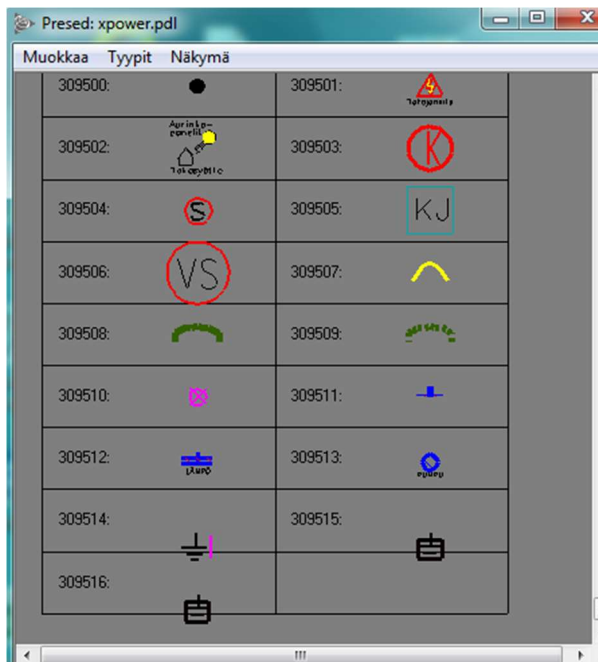
Uudet lajit luodaan olemassa oleviin tauluihin joihin Trimble NIS viittaa. Tätä varten on Class Editor -ohjelma (ks. kuvio 9). Tällä ohjelmalla voidaan tehdä loput määrittelyt, niin uudet lajit saadaan Trimble NIS:n käyttöön. Ennen uusien lajien luontia täytyy aiemmin tehdyt piirrosmerkit lisätä tauluihin ohjelman käyttöön. Symbolit ja viivat tallennetaan .pdt-tiedostomuotoon ja viittaukset lajien ja kuvaustapojen välillä tallennetaan .pdm-muotoon. Trimble NIS käyttää .pdl-kuvaustapa tiedostoa jolla se viittaa .pdt- ja .pdm-tiedostoihin. Kuviossa 11 on .pdl-taulu.



The screenshot shows the 'Class Editor' window with a table of classes. The table has columns for ID, Nimi, Taulu, Tyyppi, and Kuvaustapa. The data is as follows:

ID	Nimi	Taulu	Tyyppi	Kuvaustapa
5000	Kunnossapitotyön kohde	100	Karttapiste (PointObject)	1
7008	Karttapiste 1	100	Karttapiste (PointObject)	1
7009	Puistarin nurkkapiste	100	Karttapiste (PointObject)	1
7010	VS-koksi	100	Karttapiste (PointObject)	1
7101	Muuntamokaavion kiinnityspiste	100	Karttapiste (PointObject)	1
7105	Korostusristi	100	Karttapiste (PointObject)	1
7993	Muistilappu	100	Karttapiste (PointObject)	1
8201	KJ-kaapeli GNSS-piste	100	Karttapiste (PointObject)	1
8202	PJ-kaapeli GNSS-piste	100	Karttapiste (PointObject)	1
9655	Mahdollinen vikapaikka	100	Karttapiste (PointObject)	1
9656	Merkitty vikapaikka	100	Karttapiste (PointObject)	1
9657	Keskeytyksen vikapaikka	100	Karttapiste (PointObject)	1
9659	Merkitty vikapaikka	100	Karttapiste (PointObject)	1

Kuvio 9. Class editor -ohjelma



Kuvio 10. Lisätyt piirrosmerkit .pdl-taulussa

Kun uudet symbolit on lisätty, voidaan palata Class Editor-ohjelmaan (ks. kuvio 9) ja lisätä uudet lajit. Jokaiselle uudelle lajille annetaan ID, jolla lajia myöhemmin ohjelmassa käsitellään. Jokaista ID-numeroa voidaan käyttää kerran. Jokaiselle lajille määritetään myös taulu. Myöhemmin ohjelmassa laji löytyy tästä taulusta. On hyvä varata tietyt taulut tietyntylaisille piirrosmerkeille ja pyrkiä saamaan taulun alle järjestyksessä olevia ID-numeroita. Tämä auttaa pitämään tauluja selvänä ja helpottamaan hakutoimintojen käyttöä. Taulu antaa myös sinne lisätyille lajeille toimintoja, jotka sen tietoihin on määritetty. Tällaisia toimintoja ovat esimerkiksi yleistietoihin tallennettavat tiedot (ks. kuvio 11) Lajille annetaan myös kuvaava nimi, joka tulee näkyviin ohjelmassa. Jokaisen lajin pitää kuulua myös johonkin tyyppiin. Tyyppi on yleensä normaali, mutta voidaan myös luoda lajeja, jotka ovat käytössä vain tietyissä toiminnossa (esim. kunnossapito).

Uuden lajin luonti

Lajin tiedot Ryhmät Kuvaustapa

Tyyppi: Normaali

Taulu: 100 Karttapiste (PointObject)

ID: 235 Suositukset...

Nimi: Puistomuuntamo|maadoitus

Kuvaus:

Huomautus:

Aktiivisessa käytössä

OK Hyväksy Peruuta

Kuvio 11. Lajin tietojen lisäys

Jokainen laji lisätään myös ryhmään (ks. kuvio 13). jokainen ryhmä voi sisältää eri lajeja ja tauluja. Ryhmiä käytetään lataamaan samankaltaisia kohteita tietokannasta tai suorittamaan toimenpiteitä niille ilman, että kyseistä toimenpidettä tarvitsee tehdä jokaiselle kohteelle erikseen. Maadoitusjärjestelmälle päätettiin luoda oma ryhmä, johon kaikki maadoituskomponentit muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta lisätään.

Uuden lajin luonti

Lajin tiedot Ryhmät Kuvaustapa

Näytä ryhmät, joihin laji on lisätty tai joista se on poistettu

Ryhmät, joihin laji on lisätty tai joista se on poistettu

Sisältötyy...	ID	Nimi	Kuvaus
laji	83	pj_kj_1_500	Suunnitelmatyyppi PJ-
laji	40	Maadoitusverkko	
laji	7	hae5511	PJ-ylläpito

Vapaat ryhmät

ID	Nimi	Kuvaus
13	Johto-osat	
14	20/0.4 kV muuntajat	
15	KJ-verkko lähdöt	
20	SKJ-johtopisteet	
30	Tekstipisteet	
31	Karttapisteet	
85	DMS_EPC	DMS EPC:n hakuryhmä
1003	KJ-verkko topologia	KJ-verkon topologia

Kopioi... Poista ryhmäytunnukset

OK Hyväksy Peruuta

Kuvio 12. Ryhmien lisäys lajille

Lajille määritetään myös kuvaustapa (ks. kuvio 13), joka on se piirrosmerkki, joka aiemmin tallennettiin tauluun. Samalla myös määritellään väri, täyttö tarvittaessa ja tekstin koko, joilla lajia toistetaan Trimblessä. Koska maadoitusverkko on uusi ryhmä ja sitä voidaan hallita erikseen, kuten PJ- ja KJ-verkko, maadoitusverkolle valittiin va-

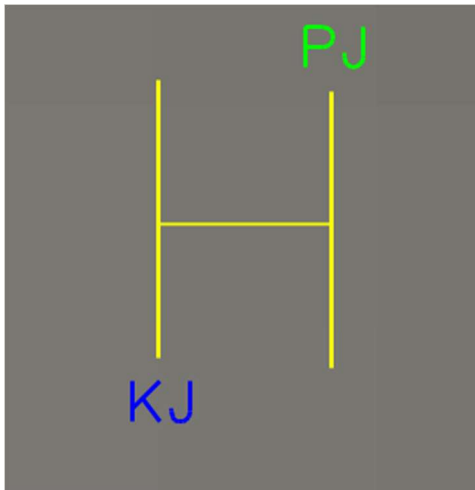
kiöväri, jota kaikki siihen kuuluvat komponentit toistavat. Värinä päätettiin pitää violetti, joka oli jo ennestään käytössä ohjelmassa olevissa maadoituselektrodeissa. Väri valittiin myös siksi, että verkkotopologia ei toistanut väriä muualla johtoalkioissa (kaapeleiden ja johtimien sijainti kartalla), se erottui karttapohjasta eikä sekoittanut yleisnäkymää. Vaakamaadoituselektrodeissa päädyttiin myös käyttämään jo valmiiksi olevia muotoja viivoissa eli yhtenäinen viiva ilmajohdossa ja katkoviiva maahan asennettavissa johtimissa. Yleisnäkymä ja maadoitusverkon tulkitseminen haluttiin pitää selkeänä ja tästä syystä päädyttiin toistamaan maadoituskiskot käyttäen keltaista väriä violetin sijaan.



Kuvio 13. Kuvaustapa lajille

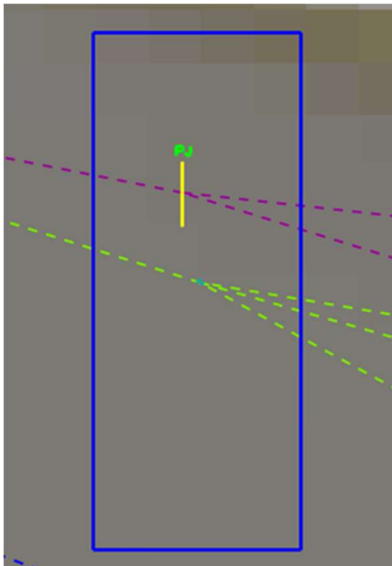
4.5 Lisätyt lajit

Maadoitusverkosta haluttiin tehdä selkeä. Tätä helpottamaan tehtiin maadoituskiskot, joita asennetaan muuntamoihin ja jakokaappeihin maadoituksen solmukohtiin. Yhden selkeän kiskostorakenteen teko muuntamoille ei onnistunut, koska pistemäisillä kohteilla on vain yksi solmukohta, johon maadoituselektrodit voisi kytkeä. Tästä johtuen luotiin KJ- ja PJ-maadoituskisko erikseen ja niiden yhdistämiseksi luotiin erillinen Cu-maadoituskisko. Näistä kolmesta lajista piirretään muuntamolle maadoituskiskosto (ks. Kuvio 14).



Kuvio 14. Muuntamon maadoituskisko

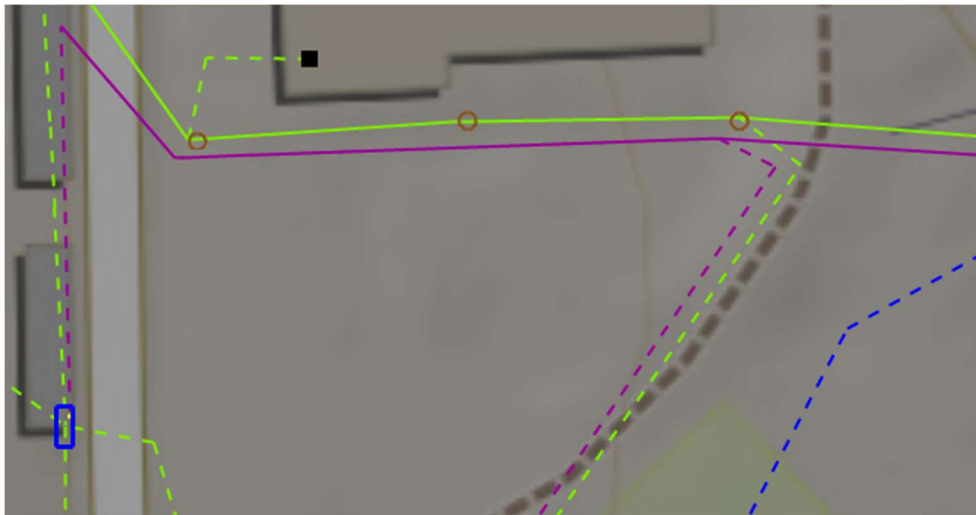
PJ-maadoituskiskoa käytetään myös erikseen jakokaapeilla (ks. kuvio 15).



Kuvio 15. PJ-jakokaappi ja maadoituskisko

Vaakamaadoituselektrodilajeiksi päädyttiin lisäämään Keuruun Sähkön käyttämiä kuparisia poikkipinnoiltaan 16 ja 25 mm²:n vaakamaadoituselektrodeja. Ne kuitenkin nimettiin maadoitusjohtimiksi. Tämä siitä syystä, että ammattikielessä näistä käytetään maadoitusjohdin-nimitystä. Vaakamaadoituselektrodeihin luetaan myös kupari/alumiini-johdin, jota käytetään maadoituksen siirtämiseen ilmajohtona pylväisiin asennettuna. Myös pystymaadoituselektrodille luotiin oma lajinsa ja se toteutettiin myös pienessä koossa, jotta sitä voidaan tarvittaessa käyttää alueilla, missä kulkee paljon kaapeleita. Lisäksi tein yhteistyötä Trimblen asiakaspalvelun Keuruun Sähkön

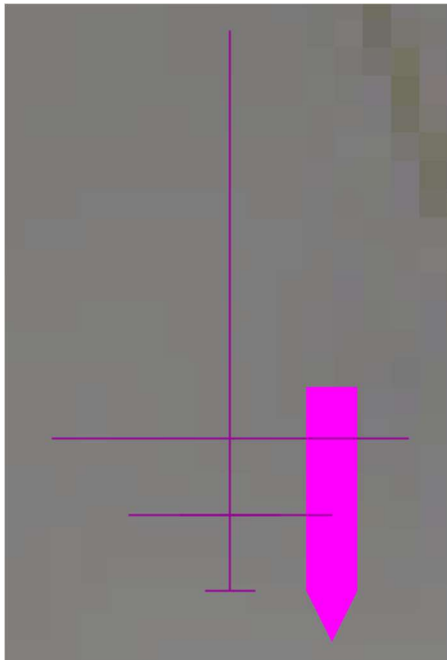
yhteyshenkilön Joonas Larinkarin kanssa, ja hän lisäsi vaakamaadoituselektrodien ominaisuuksiin vapaisiin attribuutteihin johtimen rakenteen (esimerkiksi köysi tai rengas), rinnankytketyt johtimet (dokumentointi selkeytyy) ja kokonaispituuden, joka voidaan antaa tarvittaessa. Nämä muutokset tehtiin Cu16- ja Cu25-maadoitusjohtimien lajeihin taulussa eli nämä ominaisuudet eivät näy muissa taulun lajeissa. Tämä aiheuttaa kuitenkin ongelman, jos halutaan lisätä uusi vaakamaadoituselektrodilaji. Jos samat vapaat attribuutit halutaan uusiin lajeihin, joudutaan ne lisäämään Trimblen henkilökunnan toimesta. Käytettyjä vaakamaadoituselektrodeja on kuviossa 16 ja lisätyt attribuutit näkee kuviossa 17.



Kuvio 16. Eri vaakamaadoituselektrodeja käytössä

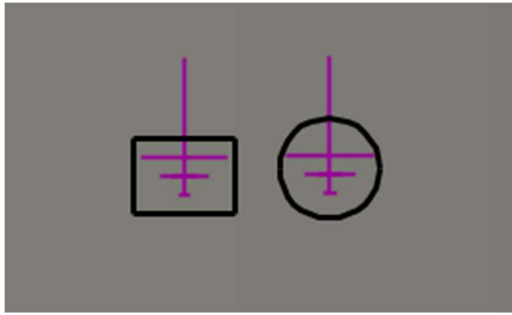
Kuvio 17. Lisätyt attribuutit

Pystymaadoituselektrodi (ks. kuvio 18) sai ryhmänsä taulusta valmiiksi yleistietoihin annettavat poikkipinta-alan, kokonaispituuden, rinnakkain kytkettyjen lukumäärän, materiaalin ja rakenteen. Pystymaadoituselektrodista luotiin myös pienempi versio käytettäväksi paikoissa, joihin normaalikokoinen on liian suuri piirrettäväksi. Tällainen paikka voi olla jakokaapin yhteydessä.



Kuvio 18. Pystymaadoituselektrodi

Muuntamoiden perusmaadoituselektrodeille tehtiin myös omat lajinsa (ks. kuvio 19). Koska pylväs- ja puistomuuntamon maadoituselektrodi eroavat toisistaan, niiden piirrosmerkkeihin lisättiin ympyrä kuvaamaan pylväsmuuntamoa ja neliö puistomuuntamoa. Näin ne vastaavat esitystavaltaan muuntamoiden ulkoasua. Vaikka 1-pylväsmuuntamon ja 2-pylväsmuuntamon maadoitukset eroavat hieman toisistaan, ei niille päädytty lisäämään omia lajejaan. Keuruun Sähkön jakeluverkossa on myös monta kymmentä vuotta sitten asennettuja muuntajia, ja niiden maadoitusten rakenteet voivat poiketa selvästi nykyään asennettavien muuntajien maadoitusten rakenteista. Tämä tarkoittaa, että muuntamoiden lajit kuvaavat vain muuntamon perusmaadoituksia ja niiden olemassa oloa eivätkä ota niiden rakenteisiin kantaa.



Kuvio 19. Muuntamoiden perusmaadoitukset

5 Ohjeistus ja esimerkkityö

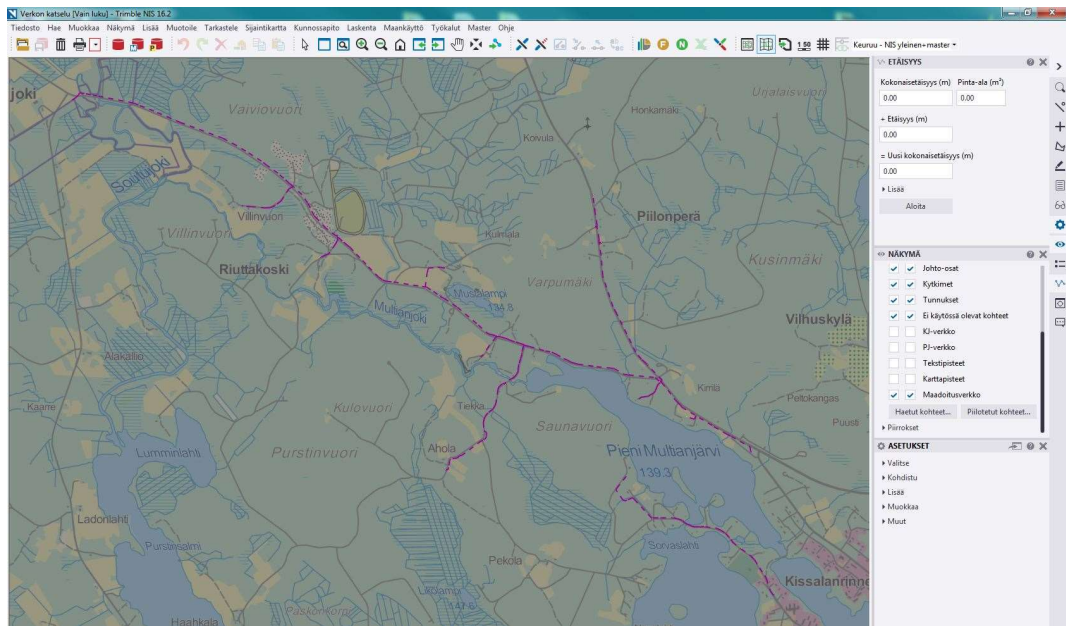
5.1 Ohjeistus maadoitusverkon dokumentointiin

Maadoitusjärjestelmiä ei ole ennen dokumentoitu näin tarkasti, joten siksi sitä varten luotiin lyhyt ohjeistus maadoitusverkon dokumentointiin Keuruun Sähkön käyttöön. Vaikka kyseessä on työohje, voidaan sitä hyödyntää myös uusien suunnittelijoiden perehdytyksessä.

Ohjeistuksessa on käsitelty lyhyesti, miksi maadoitusjärjestelmän dokumentointi on tärkeää ja miten se helpottaa määräaikaistarkastuksia, suunnittelua ja laajan maadoitusjärjestelmän todentamista. Ohjeistuksessa kerrotaan myös mistä maadoitusjärjestelmän dokumentointiin käytettävät lajit löytyvät. Jokaisesta lajista on myös kerrottu, miten niitä tulisi käyttää ja mitä tietoja niille olisi hyvä tapauskohtaisesti lisätä. Ohjeistuksessa on myös kuvia helpottamaan ohjeiden tulkittamista ja antamaan neuvoja dokumentointiin. Ohjeistus löytyy liitteestä 1.

5.2 Esimerkkialue

Opinnäytetyöhön kuului myös määritetyn alueen dokumentointi verkkotietojärjestelmään esimerkkinä. Täksi alueeksi päädyttiin valitsemaan laaja maadoitusjärjestelmä Soutujoen alueelta Multian kunnasta. Myös Multian keskustaan samaan aikaan saaneerattu verkko dokumentointiin. Tämä osa verkosta on rakennettu vuonna 2016, ja siitä oli käytössä tarvittavat suunnitelmat. Näiden dokumenttien pohjalta oli hyvä dokumentoida maadoitusjärjestelmät verkkotietojärjestelmään. Valmis esimerkkialueen verkkokartta on esitetty kuviossa 20.



Kuvio 20. Dokumentoitu maadoitusverkko

6 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda mahdollisuus maadoitusjärjestelmän dokumentointiin verkkotietojärjestelmään. Lisättyjen toimintojen avulla on helppo todentaa ja piirtää alueella olevat maadoituselektrodit. Sekä todentaa, jos alueella on käytössä laaja maadoitusjärjestelmä. Työhön toi lisää laajuutta maadoitusverkon dokumentoinnin ohjeistuksen luominen ja esimerkkialueen dokumentointi Trimble NIS -verkkotietojärjestelmään.

Teoriaosuudessa perehdyttiin maadoitusjärjestelmiin ja sen eri osiin sekä Trimble NIS -verkkotietojärjestelmään. Maadoitusjärjestelmissä teoria koostuu pääosin olemassa olevista standardeista ja suosituksista. Vaikka maadoitusjärjestelmät ovat sisältyneet omiin opintoihin koulussa tuli yllätyksenä, miten paljon uutta tietoa niistä saattoi löytää eri lähteiden kautta. Myös se yllätti, kuinka vähän laajaan maadoitusjärjestelmään otettiin kantaa eikä siitä ollut tarjolla yksiselitteistä ohjetta.

Työn toiminnallisessa osuudessa tavoitteena oli luoda selkeä maadoitusjärjestelmien dokumentointimalli. Työohje suunnittelijoiden käyttöön, ja sen avulla voidaan perehdyttää maadoitusjärjestelmän dokumentointiin. Sekä dokumentoida esimerkkityönä Suotujoen alueella olevat maadoituselektrodit, jotka muodostavat laajan maadoitusjärjestelmän.

Dokumentointimallin suunnittelussa täytyi kerätä tietoa maadoitusjärjestelmistä ja miettiä, miten ja mitä niistä dokumentoitaisiin verkkoon. Vaikein osuus dokumentointimallin luonnissa oli uusien lajien lisäys ja Trimblen ohjelmointimateriaalin sisäistäminen, että pystyi sujuvasti selostamaan, kuinka jokin toimenpide vaikuttaa lajeihin ja kuinka Trimble NIS käyttää tallennettuja tietoja. Opinnoissa ei ollut perehdytty Trimble NIS -suunnitteluohjelmaan vaan toimeksiantaja oli perehdyttänyt minut ohjelman käyttöön ennen opinnäytetyön aloitusta. Työohjeessa keskityin lyhyesti maadoitusjärjestelmien dokumentointien tärkeyteen ja ohjeistuksesta pyrin luomaan selkeän ja ytimekkään, kun kerron mitä ja kuinka käyttää kutakin lajia oikeassa paikassa.

Esimerkki dokumentoinnissa piirsin vuonna 2016 rakennetun alueen Soutujoella. Tältä alueelta oli työsuunnitelmat ja ohjeistukset olemassa, joten maadoitusjärjestelmä oli hyvä piirtää niiden pohjalta.

Tavoite, joka opinnäytetyölle asetettiin toimeksiantajalta, saavutettiin. Tuloksena saatiin toimiva dokumentointimahdollisuus, työohje ja dokumentoitu esimerkkialue. Opinnäytetyö täydentää Keuruun Sähkö Oy:n verkkotietojärjestelmää ja verkon dokumentointia. Tulevaisuudessa toimeksiantaja voi hyödyntää maadoitusjärjestelmän dokumentointimallia jokapäiväisessä työssä. Jatkossa suunnittelijat voivat piirtää suunnitelmiin täsmälliset maadoituselektrodit. Myös laajan maadoitusjärjestelmän todentaminen Keuruun Sähkö Oy:n verkossaan helpottuu. Sitä voidaan hyödyntää myös määräaikaistarkastusten yhteydessä ja uusien muuntopiirien käyttöönotto tarkastuksissa. Jos verkkotietojärjestelmään lisättäisiin tarpeelliset tekniset tiedot ja kaavat laskuja varten, voitaisiin tutkia esimerkiksi muuntopiirin kokonaisuudoitusimpedanssia jo suunnitteluvaiheessa. Tämä jatkokehitys vaatisi kuitenkin valtavan työmäärän ja yhteistyötä eri tahojen kesken, että toteutus olisi mahdollista.

Opinnäytetyö oli antoisa prosessi kokonaisuudessaan. Sen aikana sain opiskella Trimble NIS -verkkotietojärjestelmän toimintaa sen eri osa-alueilla ja harjoitella sen käyttöä syvemmin, kuin olin aikaisemmin tehnyt. Maadoitusjärjestelmistä opin paljon uutta, vaikka ne ovat kuuluneet opintoihin. Esimerkiksi laajasta maadoitusjärjestelmästä ja muuntamoiden maadoitusjärjestelmistä opin paljon uutta mm. niiden rakenteista ja vaatimuksista. Opinnäytetyö auttoi minua ymmärtämään tämänkaltaisen suunnitteluprosessien kulkua ja vaatimuksia sekä kehitti itsenäistä työskentelyä.

Lähteet

Boman, T. 2012. Laajan maadoitusjärjestelmän määrittäminen Keuruun Sähkö Oy:n verkkoon. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu, Sähkötekniikan koulutusohjelma.

D1-2012. 2013. Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. 20.p. Espoo: Sähköinfo Oy.

Energiateollisuus ry. Verkostosuositus TJ 1:05. Sähkönjakeluverkkojen maadoitusmittaukset. Helsinki: Adato Energia Oy.

Energiateollisuus ry. Verkostosuositus RJ 19:16. Muuntopiirien ja pylväserotinasemien maadoitukset SFS 6001 / 2015 mukaan. Helsinki: Adato Energia Oy.

Maadoituskirja. 2014. 6. uud.p. Espoo: Sähköinfo Oy.

Lakervi, E. & Partanen, J. 2008 Sähkönjakelutekniikka. Helsinki: Otatieto.

Larinkari, J. 2017. Keskustelu Trimblestä. Sähköpostiviesti 18.10.2017. Vastaanottaja K. Koskela. Vapaitten attribuuttien lisääminen ja taulujen toiminta.

Pystymaadoituselektrodi. 2003. PDF -dokumentti. Headpower. Viitattu 25.10.2017. <https://rakenne.headpower.fi/fileattachments/nein/pictures/8543.pdf>

SFS käsikirja 601. 2015 Suurjännitesähköasennukset ja ilmajohtot. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Vahvistettu 10.8.2015.

Trimble NIS Administrator's Guide. 2016. Trimble Oy.

Trimble NIS käyttäjän käsikirja. 2016. Trimble Oy.

Trimble NIS. 2017. Trimble Oy Viitattu 1.10.2017. <http://utilities.trimble.fi/trimble-nis-sahkoverkoille.html>

Vaakamaadoituselektrodi. 2001. PDF -dokumentti. Headpower. Viitattu 25.10.2017. <https://rakenne.headpower.fi/fileattachments/nein/pictures/8541.pdf>

Liitteet

Liite 1. Työohje

Maadoitusverkon dokumentointiohje

Maadoitusverkon selkeyden takia on maadoitusverkko hyvä dokumentoida käyttämällä piirrosmerkkejä, jotka selkeyttävät ja todentavat kytkentöjä oikeellisesti sekä mahdollistavat tulkinnan laajasta maadoitusverkosta alueella. Tämä tapahtuu seuraamalla seuraavia ohjeita ja kuvia.

Maadoitusverkossa käytettävät komponentit löytyvät seuraavista valikoista:

Viivamaiset kohteet löytyvät seuraavalla tavalla. Valitse yläpalkista Lisää>Viivamainen kohde>Karttaviiva. Tästä valikosta löytyy Cu16- ja Cu25-maadoitusjohtimet, muuntajalla käytettävä Cu-maadoituskisko sekä pylväsväleille asennettava Cu/Al-maadoitusjohdin.

Pistemäiset kohteet löytyvät Lisää>Pistemäinen kohde>Maadoituselektrodi. Tämä valikko sisältää muuntamoiden perusmaadoitukset, muuntamoiden PJ- ja KJ-maadoituskiskot, pystyymaadoituselektrodit ja PJ- ja KJ-maadoituselektrodit

Dokumentointi

Valitaan karttaviiva valikosta Cu-maadoituskisko ja piirretään sitä pätkä muuntamoon. Lisätään pistemäisistä kohteista PJ- ja KJ-maadoituskisko Cu-maadoituskiskon eri päihin kuvan 1 vastaavalla tavalla. Lisätään puisto- tai pylväsmuuntajalle perusmaadoitus (kuva 1). Muuntajalle lisätyn maadoituskiskoston lisäksi jakokaapeille piirretään PJ-maadoituskisko helpottamaan maadoitusten tulkintaa ja yhtenäisyyttä.

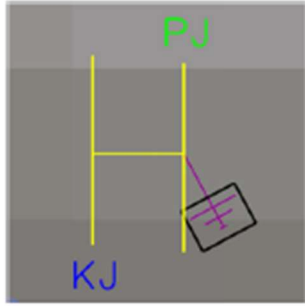
Valitse karttaviivoista Cu16- tai Cu25-maadoitusjohdin. Piirrä muuntajien väliset maadoitukset (huomioi AHXAMK-W:n keskusköysi) ja kytket ne KJ-maadoituskiskon solmukohtaan (kuva 2). Maadoitusjohtimia piirrettäessä voidaan yhdensuuntaiset johtimet piirtää yhdellä johtimella ja lisätä sen ominaisuuksiin "Vapaat attribuutit" välilehdelle rinnankytkettyjen johtimien lukumäärä (kuva 6). Lisää rinnankytketyt johtimet ensimmäiselle viivalle ja piirrä "jatka lisäämistä valitulla" toiminnolla. Näin samat tiedot tulevat koko matkalle, eikä niitä tarvitse lisätä erikseen. Piirrä samoilla maadoitusjohtimilla myös PJ-verkkoon tulevat jakokaappien väliset maadoitukset kytkien ne muuntamoiden ja jakokaappien PJ-maadoituskiskon solmupisteeseen (kuva 2 ja 3). Muista piirtää myös maadoitusten kautta toisiin muuntopiireihin syntyvät yhteydet. Samasta valikosta löytyy myös pylväsväleille asennettava Cu/Al-maadoitusjohdon (kuva 4). Muista myös lisätä johtimen "Vapaat attribuutit" välilehdelle tarvittavat tiedot, jos johtimen rakenne on jollain tavalla poikkeava (kuva 6). Kuvassa 9 on esitetty miten yhdensuuntainen 20 kv:n keskusköysi ja runkokupari kulkevat jakokaapin kohdalla, kun jakokaappi liitetään runkomaadoitukseen.

Piirrä myös erilliset maadoitukset joiden dokumentointi sijainnin tai rakenteen perusteella on oleellista (kuva 8). Tällaisia voivat olla esimerkiksi pystyymaadoituselektrodit, joiden piirrosmerkki löytyy maadoituselektrodi valikosta. Pystyymaadoituselektrodin laitekornttiin olisi hyvä kirjata poikkipinta-ala ja kokonaispituus (kuva 5). Kokonaispituus voidaan kirjata myös tunnuksen ja asettaa se pystyymaadoituselektrodin viereen kuvan 7 mukaan.

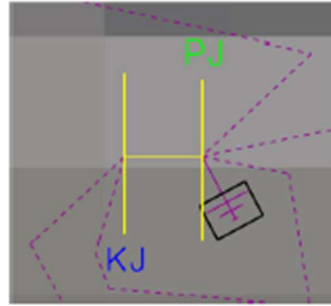
Myös muut erilliset maadoitukset onnistuvat piirtää Cu16- ja 25-maadoitusjohdinten avulla. Lisää tarvittavat tiedot maadoituselektrodin rakenteesta "Vapaat attribuutit" välilehdelle (kuva 6).

KJ- ja PJ-maadoituselektrodit ilmaliinjoille tulee kuitenkin piirtää kaikissa tapauksissa.

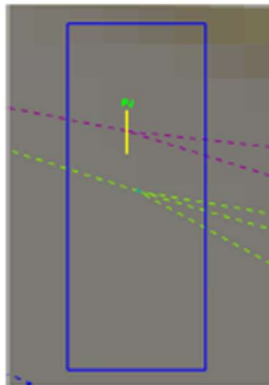
[Älä kytkä maadoituksia kiinni johtoalkioihin, muuntajiin tai muuntamo kiskoihin.](#)



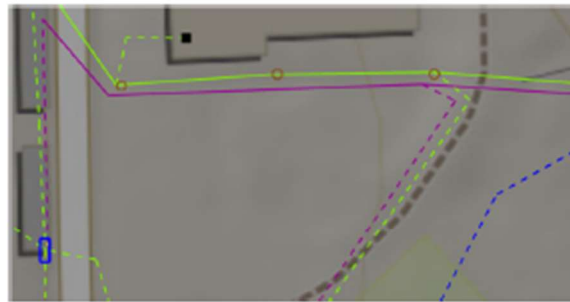
Kuva 1



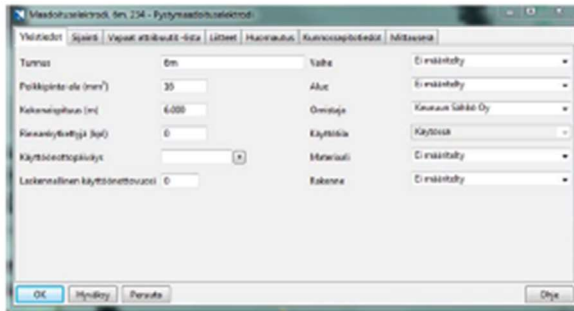
Kuva 2



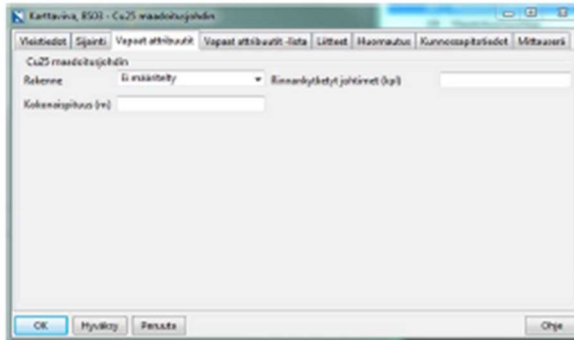
Kuva 3



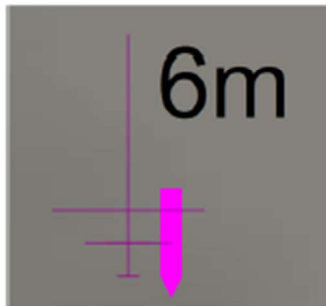
Kuva 4



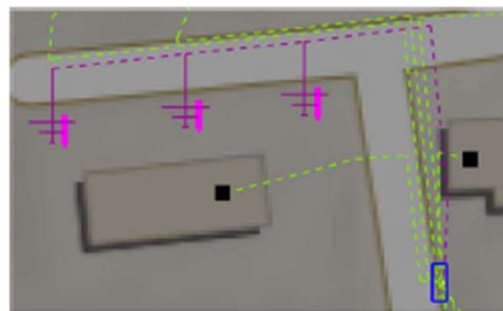
Kuva 5



Kuva 6



Kuva 7



Kuva 8