

# **Trimble NIS-verkkotietojärjestelmä**

Ville Teivainen

Opinnäytetyö

Toukokuu 2017

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), Automaatiotekniikan koulutusohjelma

Sähkövoimatekniikka

Tekijä(t) Teivainen, Ville	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä 29.05.2017
	Sivumäärä 37 + 4	Julkaisun kieli Suomi
		Verkkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi <b>Trimble NIS-verkkotietojärjestelmä</b>		
Tutkinto-ohjelma Automaatiotekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Pasi Puttonen		
Toimeksiantaja(t) Jyväskylän ammattikorkeakoulu		
Tiivistelmä  <p>Tiukentuneen sähkömarkkinalain vuoksi verkkoyhtiöt ovat tehneet merkittäviä investointeja sähköjakelujärjestelmään parantaakseen jakelun varmuutta. Nämä investoinnit ovat näkyneet myös positiivisesti työmarkkinoilla. Erilaisten suunnitteluohjelmistojen osaaminen on tänä päivänä tärkeä taito, joka on myös huomioitu koulutuksessa.</p> <p>Jyväskylän ammattikorkeakoulu on ottamassa Trimble NIS-verkkotietojärjestelmää käyttöön, joka on Suomessa valtakunnallisesti käytössä verkkoyhtiöillä sekä urakointiyrityksillä. Tavoitteena oli valmistaa opetusmateriaalia ohjelmiston käyttöön liittyen. Keski-Suomen alueella toimivia verkostosuunnittelua tekeviä yrityksiä haastateltiin kyselylomakkeen avulla, ja kartoitettiin mitä opetuksessa olisi syytä ottaa esille.</p> <p>Tässä kehitystutkielmassa verkostosuunnittelun teoriaan perehdyttiin ja ohjelmiston käyttöä opiskeltiin käytännössä. Tulokseksi valmistui opetusvideoita helpottamaan ohjelman käyttöä. Videot koostuivat ohjelman peruskäytöstä, sekä mitoitus esimerkeistä.</p> <p>Videot helpottavat huomattavan paljon uuden käyttäjän kuormitusta, koska verkkotietojärjestelmät ovat laajoja ja monimuotoisia suunnitteluohjelmistoja. Eikä ohjelman käytöstä ole juurikaan saatavissa materiaalia eikä opetusvideoista muutoin, kuin palveluntarjoajilta.</p>		
Avainsanat ( <a href="#">asiasanat</a> )  Verkkotietojärjestelmä, Trimble NIS, Verkostosuunnittelu		
Muut tiedot		

Author(s) Teivainen, Ville	Type of publication Bachelor's thesis	Date 29.05.2017  Language of publication: Finnish
	Number of pages 37 + 4	Permission for web publication: x
Title of publication <b>Trimble NIS network information system</b>		
Degree programme Automation Engineering		
Supervisor(s) Puttonen, Pasi		
Assigned by JAMK University of Applied Sciences		
Abstract  <p>Because of the tightened electricity market law, network companies have made significant investments in the electricity distribution system to improve the reliability of distribution. These investments have also positively reflected on the labor market. Knowledge of different design software is today an important skill that has also been taken into account in education.</p> <p>JAMK University of Applied Sciences is introducing the Trimble NIS network information system, which is used in nationwide by Finnish network companies and contractors. The aim was to produce teaching materials related to the use of the software. To survey what the lessons should cover, companies in the field of network design in Central Finland were sent a questionnaire.</p> <p>In this research, the network design theory was familiarized with, and the use of software was studied in practice. Video tutorials were created to ease the learning process of the software. The videos consisted of basic use of the program and dimensioning examples.</p> <p>The videos make it much easier for the new user to learn the use of the software since the network information systems present extensive and complex design software. There is hardly any material or educational video available for the program except for service providers.</p>		
Keywords/tags ( <a href="#">subjects</a> ) Network information system, Trimble NIS, Network design		
Miscellaneous		

## Sisältö

Käsitteet ja lyhenteet .....	4
1 Johdanto .....	5
2 Tutkimuksen suunnitteluasetelma .....	6
3 Suomen sähkönjakelujärjestelmä .....	8
3.1 Sähköverkon rakenne .....	8
3.2 Sähköverkon vaatimukset muuttuneet .....	9
3.3 Verkostosuunnittelun pääperiaatteet ja mitoitusperusteet .....	10
3.3.1 Kuormitettavuus .....	11
3.3.2 Jännitteenalenema .....	12
3.3.3 Oikosulkuvirta .....	12
3.3.4 Sähköverkon suojaus .....	13
4 Verkkotietojärjestelmät .....	13
4.1 Yleistä .....	13
4.2 Tiedonhallinta .....	14
4.3 Trimble NIS .....	17
5 Haastattelut .....	18
5.1 Toteutus .....	18
5.2 Tutkimuskysymysten analysointi .....	19
6 Videomateriaalit .....	20
6.1 Trimble käynnistäminen ja aloitus .....	21
6.1.1 Suunnitelman luonti .....	21
6.1.2 Tietokannan lataaminen .....	22
6.2 Ominaisuuksien esittely .....	22
6.2.1 Kohteiden haku .....	23
6.2.2 Reunaikkunat .....	23
6.2.3 Verkkonavigaattori .....	24
6.2.4 Verkkotopologia .....	24

	2
6.2.5 Jännitteenalenema .....	25
6.3 Kohteiden lisääminen .....	25
6.4 Mitoitus esimerkit .....	28
7 Pohdinta .....	34
Lähteet.....	36
Liitteet .....	38

## Kuviot

Kuvio 1. Sähköverkon rakenne (Sähkön siirto 2003.) .....	8
Kuvio 2 Monta syytä investoida sähköverkkoihin (Energiateollisuus 2017.).....	10
Kuvio 3 Tietokanta periaatteella toimiva tietojärjestelmä (Lakervi 2008, 261. Muokattu).....	15
Kuvio 4 Verkkotietojärjestelmän yhteydet muihin tietojärjestelmiin (Lakervi 2008, 261. Muokattu).....	16
Kuvio 5 Trimble NIS-verkkotietojärjestelmä (Trimble 2017.) .....	17
Kuvio 6 Tutkimuskysely lomake .....	20
Kuvio 7 Kuvankaappaus suunnitelman luonnista .....	21
Kuvio 8 Tietokantojen kuvakkeet (Käyttäjäkoulutus 1, 2017. Muokattu.) .....	22
Kuvio 9 kuvankaappaus Trimblen pääikkunasta .....	23
Kuvio 10 Verkkotopologian dynaaminen väritys lähdöittäin .....	24
Kuvio 11 Jännitteenaleneman väritysseloste.....	25
Kuvio 12 Johtoalkio ja johto-osa ohjelmassa .....	26
Kuvio 13 Kohdistumerkinnot .....	26
Kuvio 14 Kuvankaappaus muuntajan oletuskaaviosta.....	27
Kuvio 15 kuvankaappaus ensimmäisestä mitoitusmerkistä.....	28
Kuvio 16 Kulutustiedot liittymälle .....	29
Kuvio 17 Tehonjaon laskentatulokset .....	31
Kuvio 18 Oikosulku laskentatulokset .....	32
Kuvio 19 kuvankaappaus toisesta esimerkistä.....	33
Kuvio 20 Jakokeskuksen kytkimet .....	33

## Taulukot

Taulukko 1 Velanderin kaavan kertoimia (Lakervi 2008. Muokattu.).....	30
---	----

## Käsitteet ja lyhenteet

AMKA	Alumiiniriippukierrekaapeli
Johto-osa	Kattaa johtimen tiedot
Johtoalkio	Kertoo johtimen todellisen reitin
<i>K</i> -aste	Muuntajan käyttöaste
SaaS	Software as a Service
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
Trimble NIS	Trimble Network Information System
Verkkotopologia	Kuvastaa kuinka verkon eri solmupisteet ovat kytkettyinä toisiinsa
<i>Al</i>	Alumiini
$\cos \phi$	Tehokerroin
<i>Cu</i>	Kupari
<i>I</i>	Virta [A]
<i>IK1min</i>	Minimi yksivaiheinen oikosulkuvirta
<i>IK3max</i>	Maksimi kolmivaiheinen oikosulkuvirta
<i>mm<sup>2</sup></i>	Kaapelin poikkipinta-ala
<i>P</i>	Teho [W]
<i>U</i>	Jännite [V]
<i>Uh</i>	Jännitteenalenema

## 1 Johdanto

Maakaapeloinnin määrä tulee lisääntymään merkittävästi lähitulevaisuudessa uudistuneen sähkömarkkinalain vuoksi. Nykypäivänä verkostosuunnittelussa keskeisessä osassa on verkkotietojärjestelmien tuntemus ja tietotekninen osaaminen. Tämä näkyy myös suunnitteluohjelmistojen ja verkkotietojärjestelmien opetuksen lisääntyneenä määrin oppilaitoksissa.

Opinnäytetyön tarkoituksena on käyttöönottaa Trimble NIS-verkkotietojärjestelmä Jyväskylän ammattikorkeakoulun opetusympäristössä. Tavoitteena on valmistaa opetusmateriaalia Suunnittelu työkalut- sekä Sähkön tuotanto ja jakelu-opintojaksoille, jotka kuuluvat Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelman opintoihin. Tavoitteena on luoda opetusmateriaalit niin, että ne vastaavat mahdollisimman hyvin työelämässä vaadittuja tietoja ja taitoja. Tähän tavoitteeseen hyödynnetään asiantuntijahaastatteluja.

Työn valintaan vaikutti koulun tarve kyseiseen tutkimukseen sekä henkilökohtainen mielenkiinto aiheesta, koska Trimble NIS on valtakunnallisesti verkostosuunnittelua tekevissä yrityksissä käytössä, ja ohjelman osaaminen katsotaan eduksi alalle työllistyessä. Aiheesta on tehty samankaltainen tutkimus ja kehitystyö Tampereen ammattikorkeakoululla vuonna 2016.

Opinnäytetyöstä uskon olevan hyötyä koululle, koska opetusmateriaalia ei aiheesta ennestään löydy. Valmistaa opetusmateriaalia pystytään hyödyntämään mahdollisesti uusissa kursseissa tulevaisuudessa, joissa käytetään työkaluina kyseistä verkkotietojärjestelmää. Kun koulutusta annetaan jo opintojen aikana helpottaa se myös yritysten taakkaa koulutusten suhteen, koska vastavalmistuneilla työelämään siirtyessä on jo hyvät perustiedot ja valmiudet verkkotietojärjestelmistä.



## 2 Tutkimuksen suunnitteluasetelma

Tutkimuksen tarkoituksena on Trimble NIS-verkkotietojärjestelmän käyttöönotto opetusympäristössä sekä tavoitteena luoda opetusmateriaalia koulutusohjelman käyttöä varten niin, että se vastaa työelämässä vaadittavia osaamistarpeita. Aiheesta ei ollut aikaisemmin opetusmateriaalia Jyväskylän ammattikorkeakoulussa eikä tutkimuksen tekijällä ollut aikaisempaa kokemusta verkkotietojärjestelmästä eikä työelämässä vaadittavista osaamisalueista verkostosuunnittelusta.

Tästä tavoitekuvauksesta ja tutkimusongelmasta muodostui seuraavanlaiset tutkimuskysymykset, joihin tässä työssä vastataan:

- Mikä on verkkotietojärjestelmien funktio verkostosuunnittelussa?
- Mitä osaamistarpeita työelämässä vaaditaan verkkotietojärjestelmistä?

Ensimmäiseen tutkimuskysymykseen vastataan työssä tutustumalla teoriassa Suomen sähkönjakelujärjestelmään, verkostosuunnitteluun ja sen mitoitusperusteisiin sekä verkkotietojärjestelmiin. Verkkotietojärjestelmien käytöstä haastatellaan yrityksiä, joilla Trimble NIS on käytössä. Haastatteluilla kartoitetaan osaamistarpeita Trimblen käytön suhteen sekä kerätään tietoa, mitä keskeisiä asioita ohjelmistoon ja verkostosuunnitteluun liittyen olisi hyvä tuoda esille opetuksessa. Nämä edellä mainitut asiat muodostavat tämän työn tietoperustan, jonka avulla empiirinen osuus toteutetaan.

Opinnäytetyö on luonteeltaan kehitystutkimus. Tämän työn lähestymistavaksi valikoitui kvalitatiivinen eli laadullinen tutkimusmenetelmä. Kananen (2010, 37.) kertoo kirjassaan seuraavaa laadullisesta tutkimusmenetelmästä. Kvalitatiivinen tutkimus auttaa ymmärtämään ilmiötä, eli mistä tässä on kyse. Laadullinen tutkimus soveltuu parhaiten tilanteisiin, jossa ilmiöstä ei ole aikaisempaa tietoa tai kun tutkittavasta kohteesta halutaan saada syvälinen näkemys. Kvalitatiivisessa tutkimusmenetelmässä aineistonkeruu tapahtuu dokumenttien, haastatteluiden, kyselyiden sekä havainnointia hyödyntäen. Näiden edellä olevien seikkojen vuoksi luontevin valinta tutkimusmenetelmäksi on laadullinen.

Tiedonkeruuna käytetään jo olemassa olevia lähdekirjallisuutta sekä internetissä löytyviä aineistoja ja artikkeleita. Haastatteluiden avulla pyritään keräämään tietoa asiakokonaisuuden sisäistämiseksi sekä tukemaan teoretietoa. Oleellisena aineistonkeruuna on myös verkkotietojärjestelmän itsenäinen käytännön harjoittelu sekä opiskelu.

Haastatteluiden toteutus ja haastattelukysymykset esitetään työssä sekä analysoidaan mitä kysymyksillä haetaan. Haastattelutulokset esitellään liitetiedostossa. Työn pohdinta-osiossa käsitellään tuloksien ja haastatteluiden luotettavuutta. Haastatteluiden luotettavuutta arvioidaan saturaationa. Kananen (2015, 115.) toteaa kirjassaan seuraavaa. Laadullisessa tutkimuksessa ei ole tarkkaan määriteltyä eikä täsmällisiä tulkintasääntöjä aineiston analyysissä eikä luotettavuuden määrittämisessä. Saturaatiota voidaan käyttää luotettavuuden arvioinnissa laadullisessa tutkimusmenetelmässä. Saturaatiolla tarkoitetaan kylläntymistä eli sitä, että vastaustulokset eri lähteiltä alkavat toistumaan samankaltaisina.

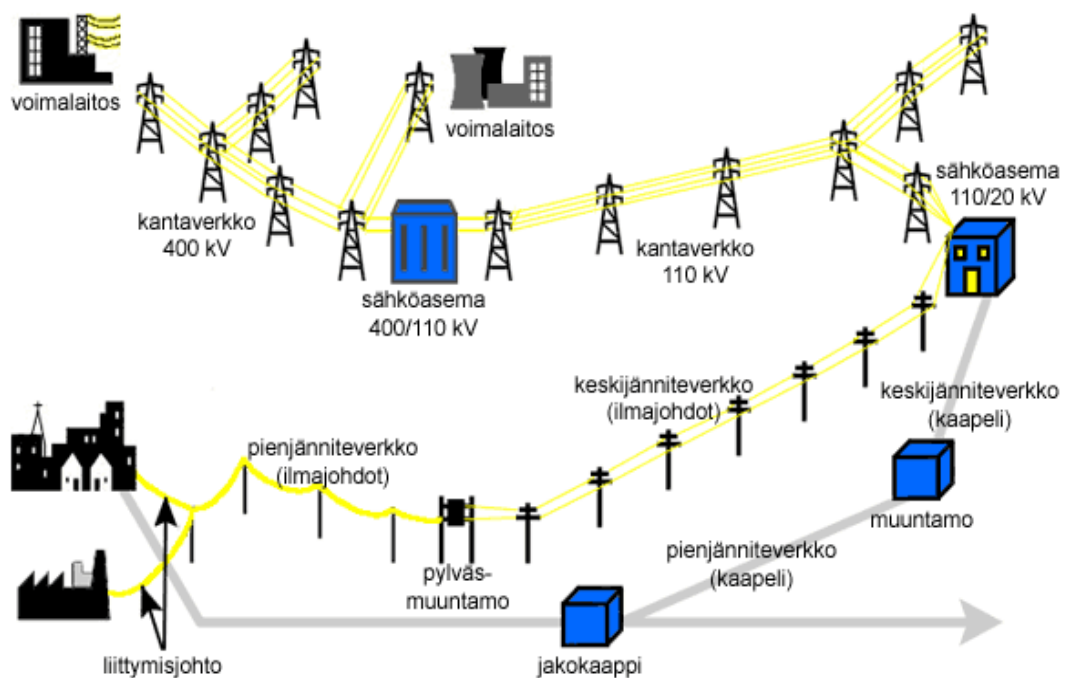
### 3 Suomen sähkönjakelujärjestelmä

#### 3.1 Sähköverkon rakenne

Sähköverkon pääasiallisena tehtävänä on siirtää joko sähkövoimansiirtojärjestelmän kautta tuleva tai jakeluverkkoon liitettyjen voimalaitosten tuottama sähköenergia kuluttajille. Sähkön jakelujärjestelmä koostuu niin sanotuista primäärikomponenteista joita ovat alueverkko (110 kV, 45 kV), keskijänniteverkko (20 kV) ja pienjänniteverkko (0,4 kV), sähköasemat (110/20 kV, 45/20 kV) sekä jakelumuuntamot (20/0,4 kV). Sähkön siirrossa käytetään suuria jännitetasoja, jotta siirtohäviöt pysyisivät pieninä, koska virran kasvaessa johtimissa kasvavat myös kuormitushäviöt. Jakelujärjestelmään kuuluu myös paljon erilaisia sekundäärikomponentteja ja –järjestelmiä.

Muun muassa näitä ovat erilaiset suojaireleet ja apujännitejärjestelmät sähköasemilla, käytönvalvonta- ja –tukijärjestelmät käyttökeskuksissa, tiedonsiirto- ja radiopuhelinjärjestelmät sekä monet muut suuret tietojärjestelmät. Kuviossa 1 on havainnollistava kuva sähköverkon rakenteesta ja siihen kuuluvista primäärikomponenteista.

(Lakervi & Partanen 2008, 11.)



Kuvio 1. Sähköverkon rakenne (Sähkön siirto 2003.)

Sähkönjakeluverkko voi olla rakenteeltaan kahdenlainen, joko silmukkaverkko tai säteittäisverkko. Jakeluverkkoja käytetään pääasiassa aina säteittäisenä. Verkon häiriöiden rajoittaminen on yksinkertaisempaa, oikosulkuvirrat ovat pienempiä ja suojaus sekä jännitteensäätö ovat helpommin toteutettavissa. Pienjänniteverkko rakennetaan yleensä aina säteittäisenä rakennuskustannuksien vuoksi. Taloudellisista syistä olisi myös järkevää rakentaa keskijänniteverkkokin samalla tavalla. Yleisimmin näin ei kuitenkaan ole, vaan keskijänniteverkko rakennetaan keskeisiltä osiltaan silmukoiduksi, mutta renkaita käytetään avoimina. Silmukoinnilla parannetaan verkon käyttövarmuutta erilaisissa vika- ja huoltotilanteissa sekä saadaan jännitteenalenema ja energiahäviöt pienemmiksi. (Mts. 13)

### 3.2 Sähköverkon vaatimukset muuttuneet

Suomessa oleva sähköjakelujärjestelmä on tulevaisuudessa suurten muutoksien edessä. Useat varmasti muistavat vuonna 2010 hellekesän päätteeksi muodostuneet sekä 2011 joulukuussa olleet myrskyt, jotka aiheuttivat suuria vahinkoja sähköjakelussa. Pelkästään kesän 2010 myrskyt aiheuttivat jossain muodossa sähkökatkoksia noin 480 000 asiakkaalle, pisin yksittäinen jakelukatkos oli kestoaltaan noin 1000 tuntia. Vikojen paikannus ja korjaus kesti useita viikkoja sekä verkkoa jouduttiin uudelleen rakentamaan. Tämä aiheutti laajalti keskustelua maakaapeloinnin osuuden lisäämisestä sähköjakelussa, koska Suomessa etenkin keskijänniteverkon sähköjakelussa valtaosa on vielä ilmajohtona joihin ympäristön olosuhteet voivat radikaalisti vaikuttaa. (Energiaviraston raportti, 2011.)

Syy-seuraussuhteena sähkömarkkinalakia kiristettiin vuonna 2013. Voimaan tullessa sähkömarkkinalaissa esitettiin, ettei myrsky tai lumikuorma saa aiheuttaa asemakaava-alueilla yli 6 tunnin eikä muilla alueilla yli 36 tunnin keskeytystä. Vaatimuksien on tarkoitus tulla voimaan niin, että vuoden 2019 loppuun mennessä keskeytysaikojen on täytyttävä vähintään 50 %:lla asiakkaista, vuonna 2023 75 %:lla ja loput asiakkaat vuoden 2028 loppuun mennessä. (Finlex, 2013.)

Tiukentunut sähkömarkkinalaki on aiheuttanut suuria haasteita verkkoyhtiöille maakaapelointiosuuden lisäämisessä. Tämän lisäksi huomattavan iso osa ikääntyneistä ilmajohdoista on uusittava vuoteen 2020 mennessä. Näiden syiden

takia viime vuosina on sähkön jakeluverkkoon investoitu erittäin paljon. Vuonna 2017 Energiavirasto julkaisi raportin, jossa kerrottiin että vuonna 2016 sähköverkkoa investoitiin 850 miljoonalla eurolla. Nämä suuret investoinnit näkyvät myös positiivisesti lisääntyneenä määrin työmarkkinoilla. Etenkin sähköalalla tämä näkyy asennus- sekä suunnittelutöiden kasvavana määrin. Energiaviraston arvioinnin mukaan vuoteen 2028 mennessä sähköverkkoa investoidaan noin 8,6 miljardilla eurolla. Näiden investointien odotetaan työllistävän noin 3500 henkilöä joka vuosi seuraavan 10 vuoden ajan eri puolella Suomea. Kuviossa 2 on esiteltyä ajatuskarttana syyt joiden takia sähköverkkoon on syytä investoida. (Energiateollisuus 2017, verkkosivut.)



Kuvio 2 Monta syytä investoida sähköverkkoihin (Energiateollisuus 2017.)

### 3.3 Verkostosuunnittelun pääperiaatteet ja mitoitusperusteet

Tänä päivänä sähköstä on tullut välttämätön tarve yhteiskunnalle, jolloin pitkäaikaiset keskeytykset ja häiriöt voivat aiheuttaa suuriakin haittoja. Tämän takia sähköverkon on toimittava mahdollisimman hyvin, ja ilman suurempia ongelmia myös vikati-

lanteiden aikana. Sähköverkon suunnittelun tärkeimpiä tavoitteita on listattuina seuraavassa luettelossa. (Elovaara. J. & Haarla. L. 2011a, 73.)

- sähkönsiirto ja -jakelu eivät saa aiheuttaa vaaraa ihmisille eikä omaisuudelle tai rajattomasti häiritä ympäristöä
- siirron ja jakelun on oltava luotettavaa, eli tavallisimmat verkossa esiintyvät viat eivät saa aiheuttaa sähköntoimituksen keskeytymistä
- verkon komponenttien on oltava pitkäikäisiä ja luotettavia, ja niiden on kestävä verkossa esiintyvät mekaaniset ja sähköiset rasitukset
- sähkönsiirron ja -jakelun on oltava taloudellista, eli verkkoon ei investoida enempää kuin on tarvetta sekä häviöiden on oltava mahdollisimman vähäiset

Sähkönjakeluverkkojen suunnittelun keskeisin tavoite on aina löytää teknisesti sellainen ratkaisu, jossa kokonaiskustannukset pitkällä aikavälillä jäävät mahdollisimman pieniksi. Suunnitteluiden aikaväli voi olla pisimmillään jopa kymmeniä vuosia. Ennen rakentamisajankohtaa voidaan johdoille tehdä aluevaraukset taajamaan jo 20 – 30 vuotta aikaisemmin. Verkostosuunnittelun vaiheita ovat pitkän aikavälin kehittämissuunnitelma, kohdesuunnittelu, maastosuunnittelu, rakennesuunnittelu ja työsuunnittelu. Sähkötekniistä suunnittelua tehdessä on tiettyjä reunaehtoja, jotka pitää toteutua eivätkä kustannukset saa mennä näiden ehtojen edelle. Alla olevassa luettelossa on esiteltyä sähkötekniiseen suunnitteluun liittyviä reunaehtoja. (Lakervi 2008, 63.)

- sähköturvallisuuden liittyvien määräysten tulee toteutua
- suojauksen toimivuuden liittyvien määräysten tulee toteutua
- jännitteenalenema ei saa olla sallittua suurempi
- johtojen termistä kestoisuutta ei saa ylittää
- johtojen tulee olla oikosulkukestoisia

### 3.3.1 Kuormitettavuus

Sähköverkkoyhtiöissä kuormituksen ajallisen vaihtelun tunteminen on tärkeää, kun tehdään verkon teknistä mitoitus. Jakeluverkkojen sähkötekniinen suunnittelu alkaa siitä, että arvioidaan eri kuormitusten suuruudet ja niiden kasvuprosentit alueittain.

Näiden kuormituksen arvioiden perusteella pystytään tarkistamaan maksimikuormat sekä verkon riittävyyttä maksimikuormien siirtämiseen. Teho on hetkellinen suure, joka vaihtelee jatkuvasti verkossa. Tehoja ei yleisesti tilastoida kovin tarkasti, mutta kulutetut energiat tunnetaan paremmin. Tänä päivänä ”älykkäässä” sähköverkossa kulutusasiakkailla sijaitsevat energiamittarit ovat helpottaneet huomattavasti käytetyn energian kulutuksen seuranta. Vuoden ajasta riippumatta voidaan energiankulutuksen perusteella saada tarkat tehollat, jolloin kuormituksen ennustaminen on helpottunut ja ovat entistä luotettavampia. (Elovaara 2011a, 73.)

### 3.3.2 Jännitteenalenema

Jännitteen suuruus on tärkeä laatutekijä sähkön loppukäyttäjille. Liian alhainen tai korkea jännitetaso voi aiheuttaa sen, että jokin laitteisto ei toimi kunnolla. Jännitteenalenema on johdon alku- ja loppupäässä olevien jännitteiden välinen erotus. Jakeluverkoissa jännitteenalenema on keskijännitejohdon, jakelumuuntajan ja pienjännitejohdon jännitteenalenemien summa. Suurvoimansiirtoverkoissa syntyvät alenemat eivät näy sähkönkäyttäjillä, koska keskijänniteverkkoa syöttävissä muuntajissa on automaattiset käänkytkimet jännitteen säätämiseksi. Suomessa verkkoyhtiön ja asiakkaan verkon liittymiskohdassa vaihejännitteen ei tulisi muuttua verkon normaaleissa käyttöolosuhteissa enempää kuin  $230\text{ V} +6 / -10\%$ . Nämä arvot ja ohjeistukset perustuvat SFS-EN 50160 laatustandardeihin sekä sähköalalla määritettyihin ohjeistuksiin. Jakeluverkoissa sen sijaan verkkoyhtiöt määrittävät itse yleensä yleisohjeet sallituille jännitteenaleneman arvoille pj- ja kj-verkoille. Tyypillisesti nämä ovat maaseutuverkoissa 5-10 % ja kaupunkiverkoissa alle 5 %. (Lakervi 2008, 38.)

### 3.3.3 Oikosulkuvirta

Eristysvian tai ulkoisen tekijän (esimerkiksi katkenneen oksan) vuoksi voi virtapiiri jakeluverkoissa sulkeutua suoraan, valokaaren tai muun vikaimpedanssin kautta. Oikosulussa virta kasvaa normaalia kuormitusvirtaa huomattavasti suuremmaksi. Oikosulku voi sattua kahden tai kolmen vaihejohtimen välille. Vikatilanne voi myös syntyä johtimen ja maan välille, jota kutsutaan maasuluksi. Verkon tähtipisteen maadoitustapa vaikuttaa siihen, syntyykö maasulussakin suuri vikavirta. Edellä mainitut vikatilanteet voivat aiheuttaa henkilövahinkoja, johtojen ja laitteiden liiallista lämpe-

nemistä sekä erilaisia häiriötä ja keskeytyksiä sähkönjakeluun. Oikosulkuvirtojen laskentatulosten perusteella voidaan määrittellä oikosulkusuojaus ja tarkastella laitteiden mekaanista kestoisuutta, katkaisijoiden katkaisukykyä sekä oikosulkuvirran aiheuttamia lämpötilamuutoksia johtimille ja laitteille. (Lakervi 2008, 28.)

### 3.3.4 Sähköverkon suojaus

Jakeluverkon suojaus toteutetaan pääasiassa aina joko rele- tai sulakesuojauksella. Voimalaitokset sekä sähkö- ja kytkinasemat varustetaan katkaisijoilla sähköverkossa tapahtuvien vikojen varalta, jotta vioittunut verkon osa saadaan erotettua muusta verkosta. Suojareleitä käytetään katkaisijoiden ohjaamiseen. Releet tarkkailevat sähköverkon tilaa. Suojarele on normaalitilassa niin kauan, kuin sen tarkkailema suureen arvo ei ohita määritettyä toiminta-arvoa. Kun verkossa tarkkailtavan suureen arvo ohittaa toiminta-arvon, rele havahtuu. Kun rele on havahtuneena tietyn toiminta-ajan, se antaa laukaisukäskyn katkaisijalle, lähettää hälytyksen tai molemmat. Keski-jänniteverkossa sekä suuremmilla jännitetasoilla käytetään relesuojausta. (Korpinen 2017, sähköverkon automaatio ja suojaus; Elovaara 2011b, 344.)

Pienjännitejakeluverkossa suojaus toteutetaan sulakkeella. Sulake sijoitetaan jakelumuntamon jakokaapin jokaisen lähdön vaihejohtimiin. Sulakkeeseen on asetettu sulakelanka, jonka kautta virtapiirin virta kulkee. Ylivirran vaikutuksesta lanka sulakkeessa lämpenee niin paljon, että se saavuttaa sulamispisteensä, jonka seurauksena se höyrystyy ja katkaisee virtapiirin. Jakokaappiin sijoitettu sulake mitoitetaan niin, että se kestää kuormitusvirran, mutta toimii myös riittävän nopeasti verkoston loppupäässä tapahtuvasta yksivaiheisesta oikosulusta. (Lakervi 2008, 163; Elovaara 2011b, 245.)

## 4 Verkkotietojärjestelmät

### 4.1 Yleistä

Verkostosuunnittelun tehostamisen apuvälineinä käytetään erilaisia verkkotietojärjestelmiä. Verkkotietojärjestelmät ovat laajoja ja monipuolisia tietojärjestelmiä, ne sisältävät valtavan määrän dataa sekä niissä yhdistyy monipuoliset suunnittelu ja

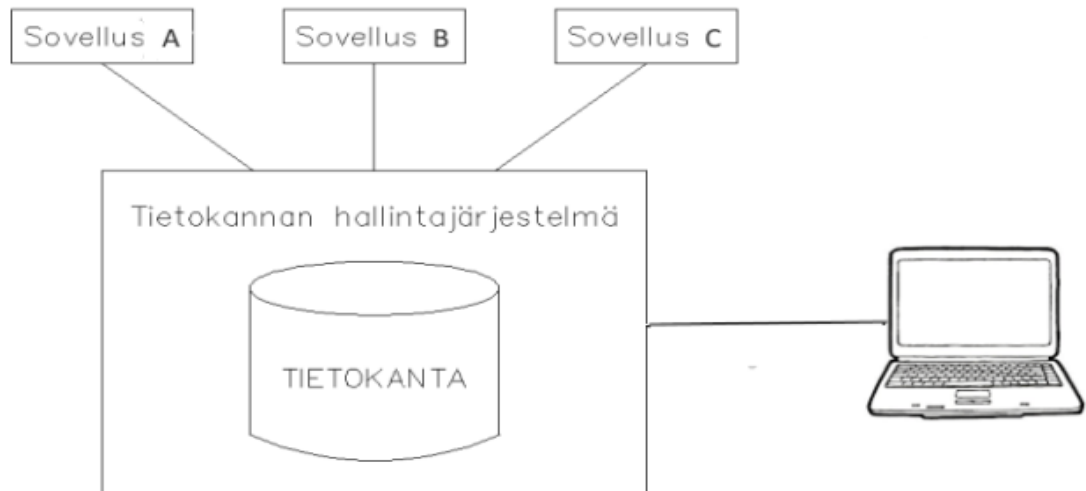


dokumentointi mahdollisuudet. Kun tehdään laajamittaista verkostosuunnittelua, jossa kohteena on satoja asiakastietoja ja laajan alueen verkon saneerausta. On tähän tarpeeseen tehtyjen ohjelmistojen käyttö välttämätöntä. (Lakervi 2008, 261.)

Ensimmäiset verkkotietojärjestelmät otettiin käyttöön jo 1960-luvulla. Ne olivat aluksi hyvin pelkistettyjä ja niitä pääasiassa käytettiin verkossa olevien laitteiden tietojen rekisteröimiseen. Tietomäärän kasvaessa, laitteiden tietojen avulla pystyttiin kuvaamaan verkon rakenne. Rakenteessa olevien tietojen sekä asiakkaiden laskutustiedoissa olevien kuormituksen ja tehon tarpeen perusteella voitiin suorittaa tehonjako sekä oikosulkuvirtalaskelmia. Nykyiset verkkotietojärjestelmät ovat graafisia tietokantaperusteella olevia, joissa käyttöliittymä on karttapohjainen. (Lakervi 2008, 265.)

## 4.2 Tiedonhallinta

Verkkotietojärjestelmät on toteutettu tietokantaperusteella, joissa yhdistyy tietokanta, tietokannan hallinnointi sekä sovellukset. Tämä on mahdollistanut sen, että verkkotietojärjestelmät voivat sisältää paljon tietoa sekä niitä voidaan soveltaa moneen eri käyttöön suunnittelussa. Tämän lisäksi, että verkkotietojärjestelmät ovat monimuotoisia suunnittelujärjestelmiä. Ne ovat myös tietopankkeja, joissa yhdistyvät erinomaiset dokumentointitoiminnot. Tietojärjestelmissä olevat tiedot ovat yleensä erikseen, mutta niitä voidaan käyttää sovelluksissa. Kuviossa 2 on esitettyä tietokantaperiaate. (Lakervi 2008, 265.)



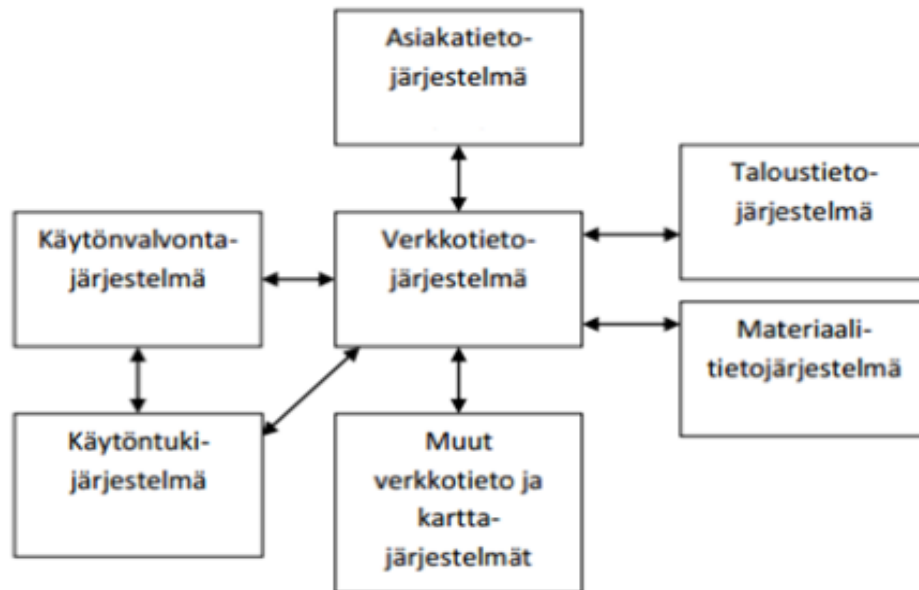
Kuvio 3 Tietokanta periaatteella toimiva tietojärjestelmä (Lakervi 2008, 261. Muokattu)

Verkkotietojärjestelmiin yhdistyvät myös monet muut tietojärjestelmät, jotka ovat verkkoyhtiöillä käytössä. Tällaisia järjestelmiä ovat asiakastietojärjestelmät, jotka sisältävät energia-, liittymä- ja asiakastiedot. Näistä tiedoista energiatietojen avulla voidaan laskea verkon kuormitus sekä nämä toimivat myös laskutuksen perusteena. (Lakervi 2008.)

Käytöntukijärjestelmän avulla voidaan parantaa verkon käyttövarmuutta ja siirtokapasiteetin täysmittaista käyttöä. Käytöntukijärjestelmän laskentatoimintojen avulla voidaan häiriötilanteen aikana selvittää reaaliaikaisesti varayhteyksien käyttömahdollisuudet niin, että asetetut vaatimukset verkon suojaukselle ja jännitteen laadulle täyttyvät. Vianpaikannustoimintojen avulla pystytään nopeuttamaan verkoissa esiintyvien oikosulkujen paikantamista ja erottamista. Se mittaa sähköasemilla sijaitsevien lähtöjen ja kiskojen virta- ja jännitetietoja sekä kytkinlaitteiden tilatietoja. (Lakervi 2008, 153.)

SCADA käytönvalvontajärjestelmän päätoimintoja ovat tapahtumatietojen sekä verkon kytkentätilanteen hallinta, kauko-ohjaukset, -mittaukset, -asettelut ja raportointi. SCADA toimii sähköjakelun prosessitietokoneena, jonka avulla saadaan reaaliaikaista tietoa sähköjakeluprosessista ja sen kautta toteutetaan monia toimintoja. Keskeisin ero käytönvalvontajärjestelmän ja käytöntukijärjestelmän välillä on niiden ”älykkyydessä”. Käytönvalvontajärjestelmä kerää ja välittää tehokkaasti tietoa ja oh-

jauksia, mutta siinä on vain vähän erilaisia analyysi- ja päättelyominaisuuksia, kun taas käytöntukijärjestelmä sisältää monipuolisesti näitä ominaisuuksia. Materiaalitietojärjestelmässä olevan materiaalikustannustietoja hyödynnetään, kun tehdään teknistaloudellisia laskelmia. Muita tietojärjestelmiä ovat maanmittauslaitoksen ja kaupunkien karttajärjestelmistä saatavia erilaisia taustakarttoja. (Lakervi 2008, 235.)

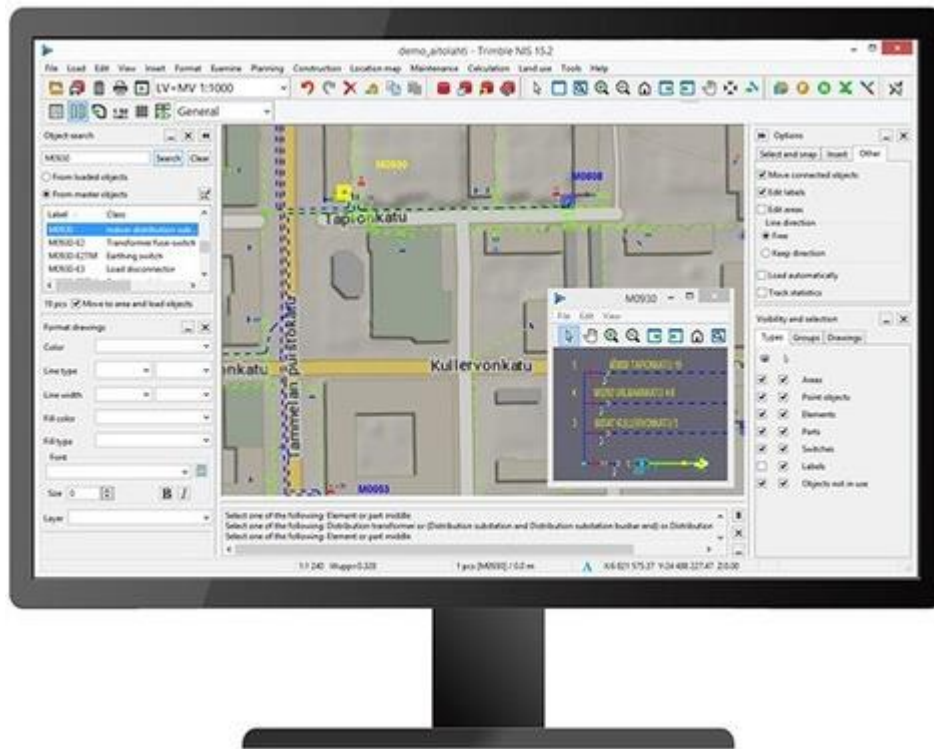


Kuvio 4 Verkkotietojärjestelmän yhteydet muihin tietojärjestelmiin (Lakervi 2008, 267. Muokattu)

Verkkotietojärjestelmiin sisältyy monenlaisia sovelluksia, jotka ovat välttämättömiä verkostosuunnittelun läpiviennin kannalta. Tyypillisesti näitä ovat erilaiset yleis-, suunnittelu-, rakentaminen-, käyttö- ja kunnossapitosovellukset. Se mitä sovelluksia verkkotietojärjestelmät sisältävät vaihtelevat yleensä ohjelmiston valmistajan sekä sähköyhtiöiden tarpeiden mukaan. Sähköistä verkostosuunnittelua tehdessä tärkeimmät sovellukset ovat suunnittelijalle ylläpito-, suunnittelu- sekä laskentaso-vel- lukset. (Lakervi 2008, 267.)

### 4.3 Trimble NIS

Trimble NIS-verkkotietojärjestelmä on sähköyhtiöiden liiketoimintaan suunnattu järjestelmä, joka on Trimble Oy:n kehittämä. Järjestelmä koostuu älykkästä verkkomallista ja siihen integroidusta paikkatietotoiminnallisuuksista. Se on suunniteltu verkko-omaisuuksien dokumentointiin sekä hallintaan. Mallin sisäänrakennettuja ominaisuuksia ovat verkon topologia ja tuki kohteiden elinkaarelle. Trimble NIS tukee sähköverkoja, ja se on täydennettävissä ulkopuolisilla tietojärjestelmien tiedoilla, kuten asiakas ja materiaalitiedoilla. Trimble NIS sisältäviä sovelluksia ovat verkostolaskenta, verkon suunnittelu ja rakentaminen, omaisuudenhallinta, verkkoinvestointien hallinta sekä kunnossapito. Yleiskuva Trimble NIS:stä on esitetty kuviossa 5. (Trimble 2017.)



Kuvio 5 Trimble NIS-verkkotietojärjestelmä (Trimble 2017.)

Verkostolaskennan avulla voidaan tehdä nykyisten ja uusien suunniteltujen sähköverkkojen tekninen mitoitus, jonka avulla varmistetaan että sähkönjakelun vaatimukset täyttyvät verkon komponenteissa. Sovelluksen avulla voidaan tehdä niin ikään tehonjakolaskennat sekä oikosulku- ja maasulkulaskennat. (Trimble 2017.)

Verkon suunnittelulla ja rakentamisella tuetaan kaikkia verkon suunnittelutyyppisiä. Luotettavuuspohjainen verkostanalyysi, joka tunnistaa verkossa olevat heikot osat ja voi simuloida teknisestä, taloudellisesta ja luotettavuuden näkökulmasta. Tämä tukee strategista pitkän tähtäimen suunnittelua. Rakentamisvaiheessa sovelluksella hallitaan verkon rakentamisen materiaaleja, toimenpiteitä ja kustannuksia. Rakentamisen tiedot luodaan automaattisesti sähköteknisistä verkkosuunnitelmista. (Trimble 2017.)

Omaisuuksienhallinnan avulla voidaan tehdä sähköverkojen monipuolinen analysointi. Ominaisuudessa olevia ominaisuustietoja, kuten tila, kuntoa, määrää, sijaintia, ikää, alueellisia kulutuksia ja kehitystrendejä voidaan analysoida. Näistä saatujen tietojen perusteella voidaan omaisuuden nykyarvo ja jälleen hankintakustannukset laskea. (Trimble 2017.)

Verkkoinvestointien avulla budjetit sekä ennakoit ja toteutuneet kustannukset sekä muut hallinnassa tarvittavat tiedot löytyvät yhdestä paikasta ja päivittyvät automaattisesti. (Trimble 2017.)

Kunnossapito-sovelluksen avulla voidaan suunnitella ja aikatauluttaa korjaus-, tarkastus- ja kunnossapitotyöt. Kunnossapidosta kerätyistä tiedoista voidaan yhdistää verkko-omaisuuden muihin ominaistietoihin analysointia varten. (Trimble 2017.)

## **5 Haastattelut**

### **5.1 Toteutus**

Tutkimushaastattelun kohderyhmänä olivat pääasiassa Keski-Suomen alueella olevat verkkoyhtiöt sekä urakointiyrietykset, jotka työskentelevät verkostosuunnittelun parissa. Suorien yhteystietojen haasteellisuuden vuoksi osa kohderyhmästä tavoitettiin puhelimitse ja osa suoraan sähköpostiviestillä. Haastattelun tekijällä ei ollut saatavilla käyttäjälistaa yrityksistä, joilla Trimble NIS-verkkotietojärjestelmä on käytössä.

Kattavien haastatteluvastauksien saamisen kannalta olisi kaikista parhain vaihtoehtotavata henkilökohtaisesti kohderyhmä, jolloin haastattelutilanteen aikana ilmenisi mitä todennäköisimmin tarkentavia lisäkysymyksiä. Tämän kaltainen haastatteluti-

lanne olisi kuitenkin äärimmäisen vaikea toteuttaa jo pelkästään kohderyhmien työkiireiden vuoksi. Haastatteluiden toteutustavaksi valikoitui lopulta sähköpostin välityksellä lähetettävä kyselylomake. Tämä oli järkevin vaihtoehto haastatteluiden onnistumisen kannalta, koska lomakkeeseen vastaamiseen ei mene kuin hetki aikaa sekä haastateltava voi tehdä sen sopivana ajankohtana.

Kyselylomakkeen luomiseen hyödynnettiin Surveymonkey internetsivustoa. Surveymonkey yritys on globaalisti toimiva verkkopohjaisten kyselytutkimusratkaisuiden toimittaja jota miljoonat yritykset, organisaatiot ja yksityishenkilöt käyttävät. Tämä oli luontevin vaihtoehto, koska palvelimella on mahdollista luoda ilmainen suppeampi kyselytutkimus, joka tässä tapauksessa palveli hyvin. Kyselytutkimuksesta luotiin linkki, joka lähetettiin sähköpostiviestin yhteydessä kohderyhmille.

## 5.2 Tutkimuskysymysten analysointi

Tutkimushaastatteluiden tarkoituksena oli kerätä tietoa verkostosuunnittelusta ja Trimble NIS-verkkotietojärjestelmien käytöstä, jota voidaan hyödyntää opetuksessa. Haasteellisin osuus kysymyksiä tehdessä oli niiden muotoilu. Tavoitteena oli kuitenkin saada mahdollisimman paljon tietoa kerättyä kysymysten avulla. Mikäli kysymysten määrä olisi kasvanut liian suureksi – olisi se mitä luultavimmin vaikuttanut vastaustuloksien saantiin olennaisesti. Sähköpostiviestit ovat yleisesti ottaen helposti sivuutettavissa, jos haastattelut olisi liian vaikea toteuttaa tai se olisi liian aikaa vievää – näkyisi tämäkin todennäköisesti vastaustuloksien vähäisyydessä.

Kysymyksiä valmiiseen lomakkeeseen tuli yhteensä 7 kappaletta. Kysymyksissä kartoitettiin mitä osaamistarpeita voitaisiin vastavalmistuneelta odottaa sekä minkälaisia harjoituksia ja lähestymistapaa olisi järkevää käyttää opetuksessa. Vaikein vastattava kysymys oli luultavasti 4, jossa pyrittiin verkostosuunnitteluun liittyen kartoittaa olisiko jotain muita asioita mitä olisi syytä tuoda opetuksessa esille. Mikäli haastateltava ei ole käynyt Jyväskylän ammattikorkeakoulun sähkö- ja automaatiotekniikan linjaa tai opiskelusta on jo aikaa paljon – voi tähän kysymykseen vastaaminen olla haasteellista. Kuviossa 6 on esiteltynä valmis kyselytutkimus-lomake.

1. Mitä osaamistaitoja vastavalmistuneelta voitaisiin odottaa Trimblen käytön suhteen?

2. Minkälaista lähestymistapaa Trimblen opetuksessa käyttäisit henkilölle, joka ei ole aikaisemmin ohjelmistoa käyttänyt?

3. Millaisia suunnitteluharjoituksia tulisi teettää?

4. Onko jotain erityisiä seikkoja mitä olisi hyvä tuoda esille opetuksessa, joihin verkostosuunnittelua tehdessä törmää yhtenään? Tai jotain muuta mitä ei ehkä koulun näkökulmasta osata pitää ajankohtaisena?

5. Mitkä ovat teille tyypillisiä suunnitteluprojekteja, joissa Trimble NIS on käytössä? Teettekö pj-verkon vai kj-verkon suunnittelua tai molempia?

6. Vuonna 2013 sähkömarkkinalaki uudistui, mikä on johtanut maakaapeliosuuden lisääntymiseen sähkön jakeluverkoissa. Miten tämä on näkynyt teillä verkostosuunnittelussa? Mitä haasteita se on tuonut?

7. Uskotko teille olevan hyötyä siitä, että Trimble NIS-verkkotietojärjestelmistä aletaan antamaan koulutusta jo opintojen aikana?

Kuvio 6 Tutkimuskysely lomake

## 6 Videomateriaalit

Tässä osiossa käydään läpi haastattelujen vastauksia, ja niiden pohjalta valmistunut opetusmateriaali. Työstä syntyy videomateriaalia, jota voidaan hyödyntää Trimble käytön opettelussa. Videoiden sisältö koostuu haastatteluista saaduista vastauksista

sekä tämän työn tekijän näkökulmasta oleellisista asioista, mitä on hyvä tuoda esille opetuksessa. Vastauksissa nousi esille mm. seuraavia seikkoja:

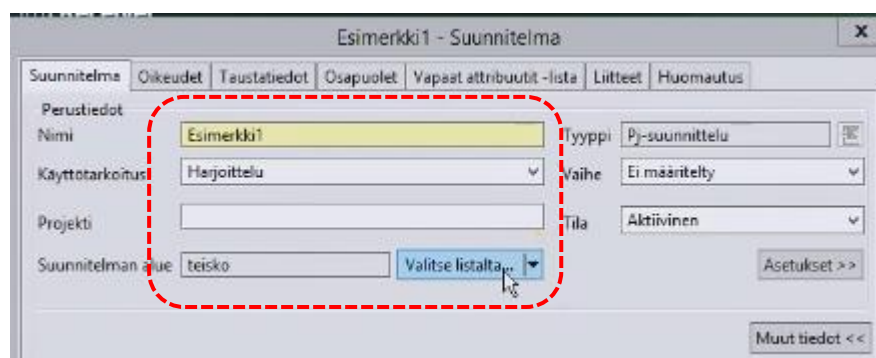
”Yleisen tason ymmärtäminen ohjelman toiminnasta eli mitä tarkoittaa suunnitelma, masterajo, tulostaminen ja reunaikkunoiden sisältö. Ymmärtäminen ja käyttäminen on eri asia. Kunhan on tietoinen ohjelman toiminnasta, käyttöä voi alkaa opetella. Komponenttien hierarkian ymmärtäminen (eli mikä on pistemäinen kohde ja mikä viivamainen.)” (Asiantuntija B 2017.)

”Korostaa sitä, mikä on johtoalkion ja johto-osan ero ja mitä vaaditaan, että laskenta toimii (johdot kytkettyinä jakokeskuksen kytkimillä, johtoalkioilla on luotuna johto-osat.) Laskenta pitää toimia, jotta ohjelma toimii. Kiinnittää huomiota siihen, miten suunnitelma tarkastetaan, että löydetään virheet, jotka estävät masterajon.” (Asiantuntija B 2018.)

## 6.1 Trimble käynnistäminen ja aloitus

### 6.1.1 Suunnitelman luonti

Trimble käynnistetään Gerakon Saas-palvelimen kautta, joka vaatii tunnuksen sekä salasanan. Ohjelman käynnistyttyä ensimmäisenä luodaan suunnitelma, kuten monissa muissa mitoitusohjelmissakin. Suunnitelmaa luodessa pitää siihen määrittää nimi, käyttötarkoitus sekä alue.



Kuvio 7 Kuvankaappaus suunnitelman luonnista



### 6.1.2 Tietokannan lataaminen

Ohjelman perusikkunan käynnistyttyä suunnitelman luonnin jälkeen pitää master-tietokanta ladata, jolloin jo olemassa olevan verkon saa ladattua käytettäväksi. Jyväskylän ammattikorkeakoululla on käytössä yhteislisenssi Tampereen ammattikorkeakoulun kanssa. Ohjelmaan on ladattu jo aikaisemmin Tampereen sähköverkosta kuvaava master-tietokanta, johon on muun muassa muutettu liittymätiedot. Tätä versiota voidaan käyttää harjoitteluun, ja se eroaa yrityksissä käytössä olevista Trimble NIS ohjelmista huomattavista. Symbolit saattavat olla hieman erinäköisiä sekä erilaisia taustakarttoja ei ole saatavissa. Luonnollisesti tästä ohjelmasta ei myöskään voida olla yhteydessä muihin tietojärjestelmiin, joten käyttötarkoitus on suppeampi. Kuviossa 8 on esiteltyä tietokantojen kuvakkeet. Ladattavia tietokantoja on yhteensä 4, jotka ovat masterin lisäksi suunnitelma ja alueet.

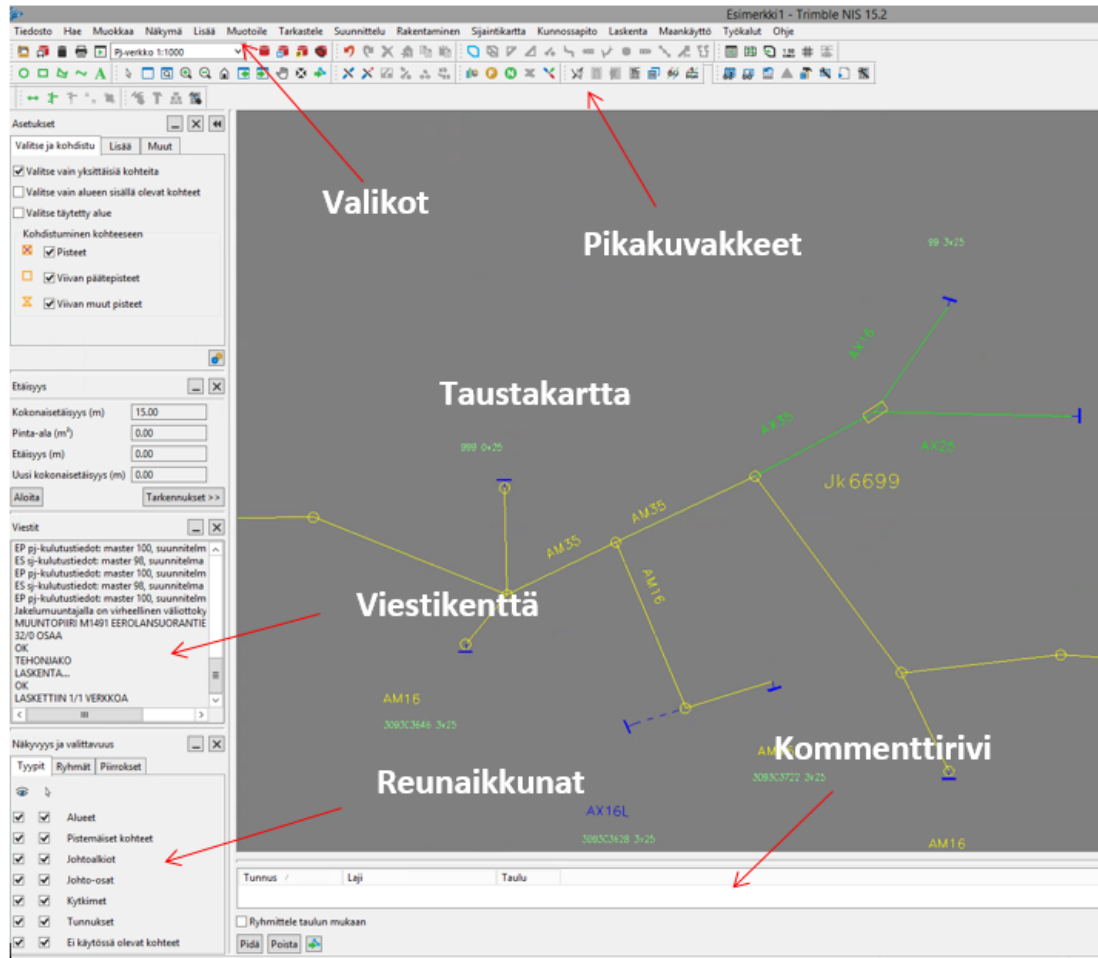
Tietokannasta ei ole välttämättä järkevää ladata kuin se verkon osa johon on tekevässä muutoksia. Kun kartalla liikutaan, ohjelma hakee automaattisesti verkkoa jatkuvasti lisää. Tämä voi vaikuttaa siihen, että ohjelman käyttäminen on raskasta.



Kuvio 8 Tietokantojen kuvakkeet (Käyttäjäkoulutus 1, 2017.)

## 6.2 Ominaisuuksien esittely

Ominaisuuksien esittelyssä käydään läpi erilaisia toimintoja sekä valikkoja mistä voi tehdä mitään. Seuraavien alalukujen kohdalla käydään tarkemmin oleellisia toimintojen esittelyjä, jotka ovat hyödyllisiä ohjelman käytön kannalta.



Kuvio 9 kuvankaappaus Trimblen pääikkunasta

## 6.2.1 Kohteiden haku

Kohteiden haun avulla voidaan käyttöä helpottaa suunnattomasti. Kun tietokannassa on kokonaisen kaupungin sähköverkkoa kuvaava kartta - on tämän toiminnon osaa-minen erityisen hyödyllistä. Ohjelmassa voidaan hakea käyttöpaikkaa tai erikseen muuntajaa tai muuta komponenttia, jonka mukaan haku toimii.

## 6.2.2 Reunaikkunat

Reunaikkunoiden avulla voidaan vaikuttaa kohteiden näkyvyyteen ohjelmassa. Isois-sa muuntopiireissä on huomattavan paljon erilaisia kohteita havaittavissa, jolloin näillä asetuksissa voidaan laittaa väliaikaisesti kohteita piiloon joka selkeyttää visuaalisesti käyttöä. Kuten aikaisemmin mainittiin. Ohjelma hakee verkkoa jatkuvasti tie-tokannasta eli lisää kohteita kartalla liikkuessa. Vaikka reunaikkunoista nämä olisivat

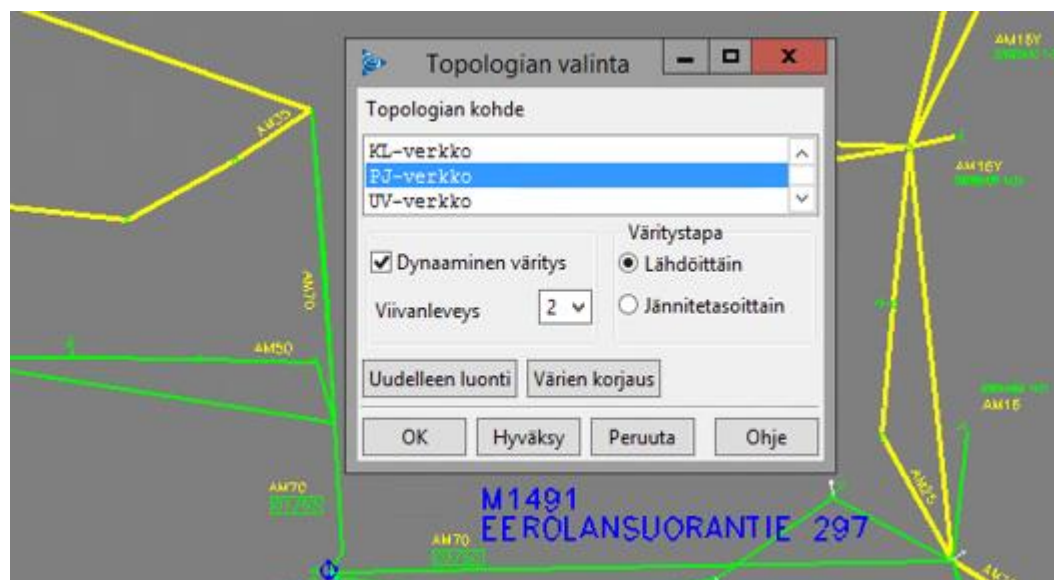
valittuna, niin etteivät ne näkyisi kartalla. Ohjelma kuitenkin hakee ne samalla, ja ne ovat käytettävissä välittömästi kun valintaa muutetaan.

### 6.2.3 Verkkonavigaattori

Verkkonavigaattorin avulla voidaan tarkastella valmiita piirejä sekä niissä sisältyviä kohteita. Tämä myös toimii verkon virheiden etsimisessä. Navigaattori havaitsee erilaiset rakennevirheet, jotka voivat estää verkon laskemista.

### 6.2.4 Verkkotopologia

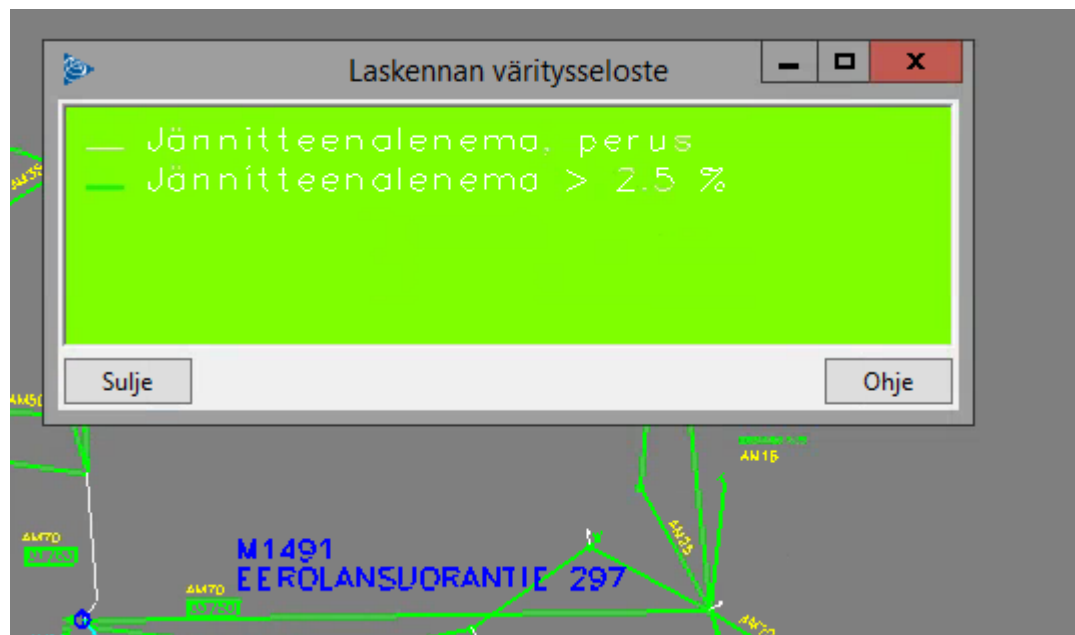
Verkkotopologialla tarkoitetaan sähköverkon rakennetta eli kuinka eri verkonosat ovat kytkettyinä toisiinsa. Ohjelmassa on mahdollista käyttää verkkotopologia toimintoa, jolloin voidaan dynaamisesti värittää kuvion 10 kaltaisesti verkko. Siinä on esitettyinä muuntajan lähtöjen mukaan väritys. Oletuksena valkoinen on aina jännitteetön. Väritys on myös mahdollista määrittää jännitetasojen mukaan. Tämä toiminto selkeyttää huomattavasti käyttöä, jos on muuntopiiri missä on todella paljon lähtöjä tai muutoin paljon muuntopiirejä samalla alueella esimerkiksi keskustan alueilla.



Kuvio 10 Verkkotopologian dynaaminen väritys lähdöittäin

### 6.2.5 Jännitteenalenema

Ohjelmassa on mahdollista tarkistella verkon jännitteenalenamaa, jossa verkko värityy dynaamisesti samankaltaisesti kuin verkkotopologiassa. Jännitteenalenemaa voidaan tarkastella värityksen avulla, kun verkosta on suoritettu tehonjako jossa myös jännitteenaleneman laskenta on suoritettu. Ohjelmassa on olemassa useita eri väri- valintoja kohteille, jotka riippuvat jännitteenaleneman suuruudesta. Kuviossa näkyvät alle 2,5 %:lla valkoisena ja yli 2,5 %:lla vihreänä muita väri- vaihtoehtoja ovat ainakin yli 5 %:lla keltainen.



Kuvio 11 Jännitteenaleneman väritysseloste

### 6.3 Kohteiden lisääminen

Ohjelmassa kohteiden lisääminen eli uuden suunnitelman piirtäminen on suhteellisen helppoa. Siinä on laajat ja helposti ymmärrettävät valikot, josta löytää ohjelmassa käytössä olevat verkon komponentit. Vaikkakin uusien kohteiden lisääminen on varsin mutkatonta, liittyy tähän myös paljon asioita jotka pitää tietää jotta laskenta on mahdollista suorittaa. Kun johto-osuuksia lisätään pitää alkioireitille luoda aina johto-osa. Näiden erona on se, että alkioireitti kuvastaa johto-osuuden todellista reittiä ja johto-osa kattaa kaiken tiedon mitä se johdintyyppi pitää sisällään. Ohjelmassa

on määriteltynä eri kaapelityypeille oikeat tekniset tiedot, joita ohjelma käyttää johto-osuuksien laskennassa. Kuviossa 12 on kuvankaappaus ohjelmasta, jossa esiteltyinä miltä johtoalkio ja johto-osa näyttäivät todellisuudessa ohjelmassa. Väärrien kohteiden lisäyksen jälkeen, ohjelmassa on helppo korjata vaihtamalla lajia. Eli kaapelityypit voidaan esimerkiksi vaihtaa tällä tavalla, jolloin piirrosta ei tarvitse suorittaa uudestaan.



Kuvio 12 Johtoalkio ja johto-osa ohjelmassa

Muita oleellisia asioita suunnitelman piirtämisessä on ymmärtää mitä ovat pistemäiset ja viivamaiset kohteet. Pistemäisillä kohteilla tarkoitetaan muuntajia, sähköasemia, pylväitä, sulakkeita, liittymiä sekä monia muita komponentteja. Viivamaisilla kohteilla tarkoitetaan mm. johtimia, karttaviivoja ja kiskostoja.

Kun ohjelmassa lisätään pistemäisiä ja viivamaisia kohteita on niissä oltava erityisen huolellinen, jotta pisteet kytkeytyvät toisiinsa. Kohteiden lisääminen jälkeen voi suunnitelma näyttää näennäisesti niin, että pisteet ovat kytkeytyneet toisiinsa vaikka todellisuudessa eivät ole. Ohjelma ilmoittaa tällöin rakennusvirheestä, kun laskentaa aletaan suorittamaan. Kuviossa 13 on otettu kuvankaappaus asetuksista kohdistusmerkinnöistä.

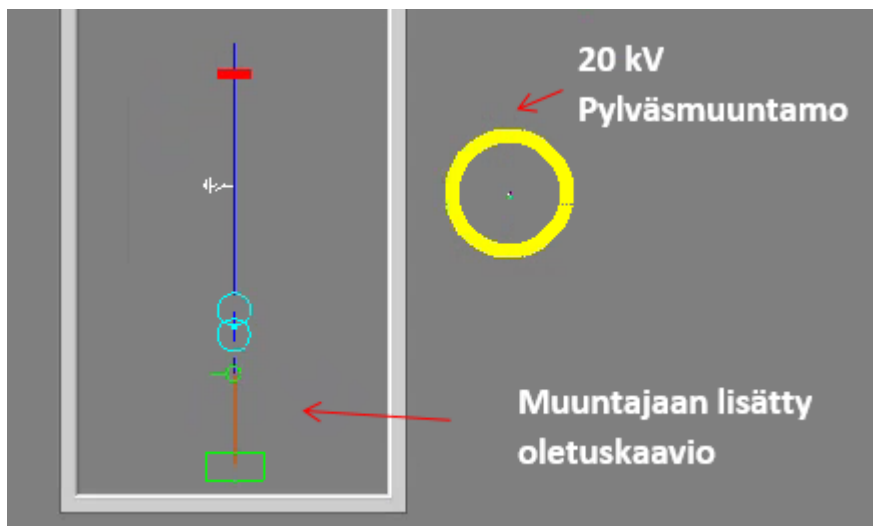


Kuvio 13 Kohdistumerkinnät

Ohjelman käytössä huomasi, ettei kohdistus kohteeseen aina onnistunut jostain syystä. Tämän onnistui kuitenkin kiertämään sillä tavoin, että kohde kopioitiin ja liitettiin uudestaan suunnitelmaan jolloin kohdistuminen onnistui.

Symbolien opettelussa kannattaa hyödyntää pääikkunan alhaalla olevaa kommenttiriviä, joka on esiteltyä kuviossa 9. Ohjelma sisältää erittäin paljon symboleja eikä näiden kaikkien opetteleminen ulkoa ole välttämättä välttämätöntä. Viemällä hiiren kursorin symbolin kohdalle ja klikkaamalla se valituksi, se näyttää kommenttirivissä symbolin tyyppin.

Ohjelma poikkeaa siinä mielessä paljon monista muista mitoitusohjelmista, koska siinä pitää esimerkiksi sähköasemille ja muuntajille lisätä kaaviot symbolien sisälle. Eli pelkästään muuntajan mitoituksessa ei riitä, että syöttää ohjelmaan komponentin laitetiedot. Muuntajille on olemassa oletuskaaviot ohjelmassa, jotka löytyvät valikoista. Kuviossa 14 on esiteltyä 20 kV pylväsmuuntamolle lisätty oletuskaavio. Kaavio pitää sisällään ylhäältä alaspäin katsottuna erottimen, maadoituserottimen, kiskoalkion, jakelumuuntajan, virtamuuntajan sekä jakokeskuksen. Jakelumuuntajaan lisätään erikseen muuntajan tekniset tiedot ja jakokeskukseen lisätään lähdöt sekä määritetään erikseen jokaiselle lähdölle sulake.

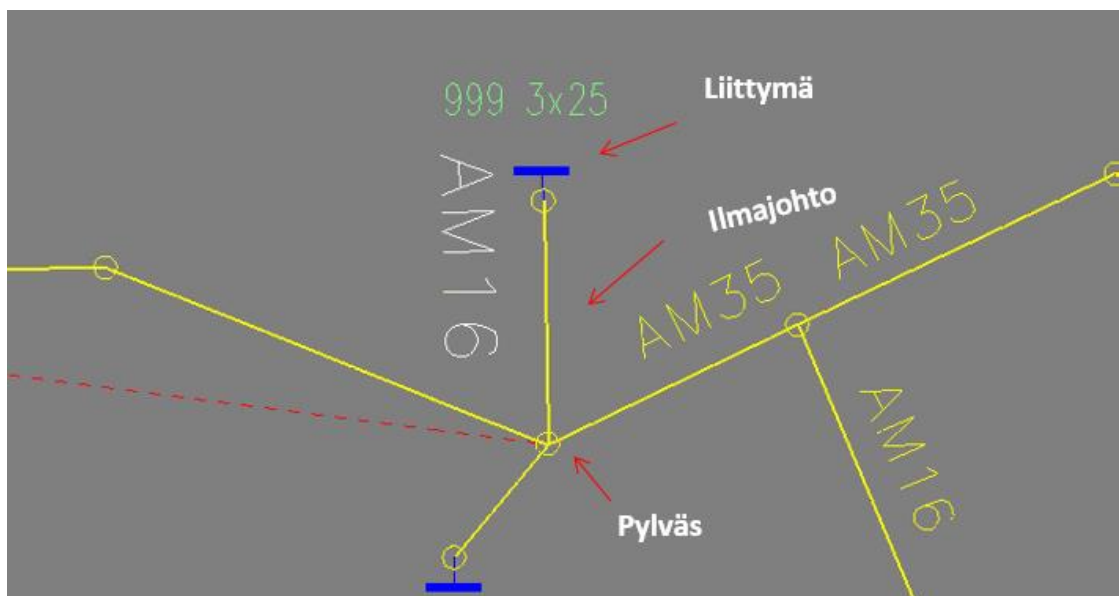


Kuvio 14 Kuvankaappaus muuntajan oletuskaaviosta

## 6.4 Mitoitusesimerkit

”Suunnitteluharjoitukset tulisivat olla hyvin saman tyyppisiä mitä käytännössäkin tulee vastaan. Varmaan yleisin tilanne on, että asiakas tilaa liittymän johonkin sijaintiin. Eli suunnitellaan uuden liittymän toteutus vanhaan verkkoon taajama/haja-asutusalueella. Vanhan verkon vahvistustarpeita ilmenee myös säännöllisesti, joten siihen liittyvät harjoitukset olisivat hyödyllisiä. Toisaalta harvemmin eteen tulevia verkon suunnittelutilanteita olisi hyvä ainakin jollakin tasolla ”mieltä”, esimerkiksi uuden kaava-alueen tms. verkon rakenne.” (Asiantuntija B 2017.)

Mitoitusesimerkkiä suunniteltaessa hyödynnettiin yllä olevaa vastausta, joka saatiin haastateltavalta. Ensimmäisessä esimerkissä lisättiin pylvältä ilmajohto liittymälle kuvion 15 mukaisesti. Mitoituksia tehdessä käytin ST-kortiston liittymän mitoitusopasta sekä VirtuaaliAMK:ta hyväkseen. ST-kortisto on peräisin vuodelta 2001, jossa eivät välttämättä kaikki asiat enää pidä täysin paikkansa. Seuraavissa kappaleissa on kuitenkin tarkoitus hieman käydä läpi valintoja sekä liittymän mitoitusta käsin. Tarkoituksena ei ollut tehdä harjoitustyötä vaan ohjelman käyttöön liittyvää opetusmateriaalia.



Kuvio 15 kuvankaappaus ensimmäisestä mitoitusesimerkistä

Kun lisätään liittymiä, pitää ne merkitä kulutusasteiksi. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että sinne lisätään kulutustiedot. Kulutustiedoissa on valmiina kulutusryhmä-

valikko, josta voidaan määrittellä minkä tyyppinen kiinteistö tai asunto on. Tämän valinnan mukaan ohjelma valitsee kertoimet, kun tehdään huipputehon mitoitus. Lähtökohtaisesti työtä tehdessä ei ollut lähtöarvoja eikä mitään muutakaan vertailukohdetta. Näin ollen alkuarvot esimerkeissä heitettiin puhtaasti ”hatusta”.

Kiinteistön tyyppiä valikoitui vapaa-ajan asunto sähkölämmityksellä. Vuosienergiaksi määritettiin 15 000 kWh, josta ohjelma laski huipputehoksi 6,11 kW. Kuviossa 16 on esiteltynä kulutustiedot.

ATJ-as...	Ryhmän nimi	Käyttöpai...	Energia...	Teho (k...	Kerrosala (...)	Perustuu	Mittaukset
404	Vapaa-ajan asunt...	0	15000	6.11	0	Vuosiene...	

Kuvio 16 Kulutustiedot liittymälle

Huipputehot voidaan myös arvioida Velanderin kaavaa hyödyntäen. (Lakervi 2008.)

$$P_{\max} = k_1 \cdot W + k_2 \cdot \sqrt{W} \quad (1)$$

missä

$P_{\max}$  = huipputeho kilowatteina [kW].

$W$  = vuosienergia megawattitunteina [MWh].

kertoimet perustuvat käytännön kokemusten sekä mittauksen perusteella tehtyihin arviointeihin.



Taulukko 1 Velanderin kaavan kertoimia (Lakervi 2008. Muokattu.)

Sähkön käyttäjäryhmä	K1	K2
Kotitalous	0,29	2,50
Sähkölämmitys	0,22	0,90
Palvelu	0,25	1,90

$$0,22 \cdot 15 \text{ MWh} + 0,90 \cdot \sqrt{15} \text{ MWh} = 6,79 \text{ kW} \quad (2)$$

Velanderin kaavalla laskettaessa se antaa likimain oikeanlaisia arvoja. Trimble käyttää laskennoissa kuitenkin huomattavasti tarkempia arvoja, jolloin laskentatuloksissa on jonkin verran heittoa.

Kun määritellään liittymien pääsulakkeiden kokoa, I virran arvo lasketaan huipputehosta. Kaavan 3 mukaisesti.

$$I_{max} = \frac{P_{max}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \phi} \quad (3)$$

missä

$U$  = verkon pääjännite (400V)

$\cos \phi$  = kuormituksen tehokerroin

Kun ei ole tarkkaan tiedossa tehokerrointa, joka kertoo pätötehon suhteen näennäistehtoon, voidaan käyttää kerrointa 0,95. Tämä on asumisessa käytetty yleiskerroin.

Kaavalla 2 lasketusta huipputehosta voidaan laskea virta kaavan 4 mukaisesti.

$$\frac{6,79 \text{ kW}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 0,95} = 10,2 \text{ A} \quad (4)$$

Huipputehosta laskettu virta on 10,2 A. Pienin mahdollinen pääsulake liittymissä on 3x25 A. Todellisuudessa riittäisi huomattavasti pienemmätkin sulakkeet. Sulakkeiden ylirajoitus mahdollistaa ainakin kulutuskojeiden lisäyksen tulevaisuudessa.

Esimerkkiä tehdessä valikoitui liittymisjohdoksi AMKA 3x16+25, joka on alumiiniriip-pukierre ilmakaapeli. Minimi liittymisjohtojen välillä on huomattavia eroja paikka-kunnittain ja verkkoyhtiöittäin. Kuitenkin liittymisjohdot mitoitetaan aina SFS 6000-8-801 mukaisin suojavaatimuksin. Koska pääsulakekooksi valittiin 3x25 A, pitäisi tällöin liittymisjohdon olla vähintään 3x25 mm<sup>2</sup> Al tai 3x16 mm<sup>2</sup> Cu, jossa oli tapahtunut virhe joka huomattiin vasta jälkeenpäin videota tarkistettaessa. Nykypäivänä harvemmin enää tehdään uusia liittymien lisäyksiä ilmajohtoina etenkin kaupunki alueille. Esimerkiksi Helsingin Energia ja Vantaan Energia Oy eivät hyväksy uusia liittymiä ilmajohtoilta. (ST-kortisto 2001.)

Valmiin piirin jälkeen voidaan suorittaa verkon laskenta. Optioista on mahdollista määrittää mitä laskentatuloksia lasketaan ja esitetään tuloksissa. Kuviossa 17 on esiteltynä tehonjaon laskentatulokset.

Alkusolmun tunnus	Loppusolmun tunnus	Johtolaji	Pit (m)	Etäis (m)	Sulake (A)	I (A)	K-aste (%)	Ph (kW/km)	Aika (V)	Uh (%)	Aika (%/10kW)	Uhk (%/10kW)	A	B	C	D	E	F	G	H
L Ä H T Ö : 1871-50																				
VIIMEISIMMÄN LASKENNAN TULOKSET																				
2	3	PJ-KISKO	1	1	74	7	0.0	2636	228	2.8	2636	0.7								
L Ä H T Ö : 01																				
3	01	AM70	8	9	63	40	22	1.3	641	228	2.8	2636	0.7							
4	30	AM70	47	56	63	40	22	1.3	641	228	3.0	2636	0.8							
30	31	AM50	169	225	35	25	18	0.7	641	226	3.7	641	1.6							G
30	32	AM70	115	171	35	25	14	0.5	100	227	3.4	2636	1.2							G
32	33	3093B6044	AM35	253	424	35	25	22	0.9	100	222	5.4	2636	2.9						G
31	34	3093A4084	AMC35	34	259	35	25	23	0.9	641	226	3.9	641	1.9						G
L Ä H T Ö : 03																				
3	03	AM70	251	252	50	50	28	2.2	2636	223	5.0	2636	1.5							
5	6	3093A4466	AM16	47	299	25	1	1	0.0	135	223	5.0	2636	2.2						G
5	7	AM25	159	411	50	5	5	0.0	135	223	5.3	2636	3.0							
5	8	AM16	100	352	50	0	0	0.0	838	223	5.0	2636	2.9							
5	9	AM70	89	341	50	46	26	1.8	2636	222	5.6	2636	1.9							
9	10	AM35	139	480	50	32	28	1.7	2636	219	7.0	2636	2.9							
9	11	3093C3620	AM16	81	422	25	18	25	0.9	2636	220	6.5	2636	3.1						G
10	12	AM35	23	503	50	25	22	1.0	2636	218	7.2	2636	3.0							
10	13	3093C3646	AM16	12	492	25	0	1	0.0	838	218	7.0	2636	3.0						G
10	14	999	AM16	21	501	25	10	14	0.3	2636	218	7.1	2636	3.2						G
12	15	AM16	35	538	50	11	16	0.4	838	218	7.4	2636	3.6							
12	16	AM35	30	533	50	18	15	0.4	2636	218	7.3	2636	3.2							
16	17	1	AX35	26	559	50	16	12	0.3	2636	218	7.4	2636	3.4						
16	18	AM35	48	581	50	3	3	0.0	135	218	7.4	2636	3.6							
18	19	3093C3840	AM16	55	636	25	0	1	0.0	838	218	7.4	2636	4.4						G
18	20	3093C3726	AM16	21	602	25	3	5	0.0	135	218	7.4	2636	3.9						G
17	2.2	21	66	AX25	15	574	35	10	9	0.2	2636	217	7.5	2636	3.6					G
17	2.1	22	99	AX16	10	569	25	8	11	0.2	2636	217	7.5	2636	3.6					C
15	23	3093C3722	AM16	18	556	25	4	5	0.0	838	218	7.4	2636	3.8						G
15	24	3093C3628	AX16L	10	548	25	9	12	0.2	838	218	7.4	2636	3.7						G
8	25	3093C3520	AM16	23	375	25	0	0	0.0	838	223	5.0	2636	3.3						G
8	26	3093A3408	AM16	18	370	25	0	0	0.0	838	223	5.0	2636	3.2						G
7	27	3093D5560	AM16Y	75	486	25	12	16	0.2	135	221	5.9	2636	20.3						G
7	28	3093B5428	AM16Y	17	428	25	0	0	0.0	135	223	5.3	2636	15.8						G
7	29	3093B5424	AM16	41	452	25	2	3	0.0	838	223	5.3	2636	3.6						G
Huomautuskoodien selitykset																				
A - I > verkon sulake			E - Sulake > johdon sallittu ylikuormitusuoja																	
B - I > liittymän sulake			F - Rinnankytketty johto-osuus																	
C - Epäselektiivinen sulakekoko			G - Liittymisjohto																	
D - Rinnankytken rakennevirhe			H - I > taloudellinen rajavirta																	

Kuvio 17 Tehonjaon laskentatulokset

Laskentatuloksissa näkyy koko muuntopiirin lähdöt, joita on yhteensä 3 kappaletta. Laskentatuloksissa esiintyy määritettyjen sulakkeiden lisäksi kuormitusvirta, joka on tässä tapauksessa 10 A kuten aikaisemmassa laskennassa tuli esille. K-aste(%), kertoo muuntajan käyttöasteen. Huomautuskoodin G kirjain kertoo johtimen tyyppin eli liittymisjohto. Jännitteenaleneman poikkeuksellisen korkea arvo johtuu yksinomaan

siitä, että olemassa olevaan piiriin lisättiin paljon lisää kuormitusta. Yleisesti ottaen, kun piirissä jännitteenalenema kasvaa liikaa kuorman lisääntyessä. On tällöin syytä miettiä kaapelin koon muuttamista tai uuden syöttävän muuntajan lisäämistä.

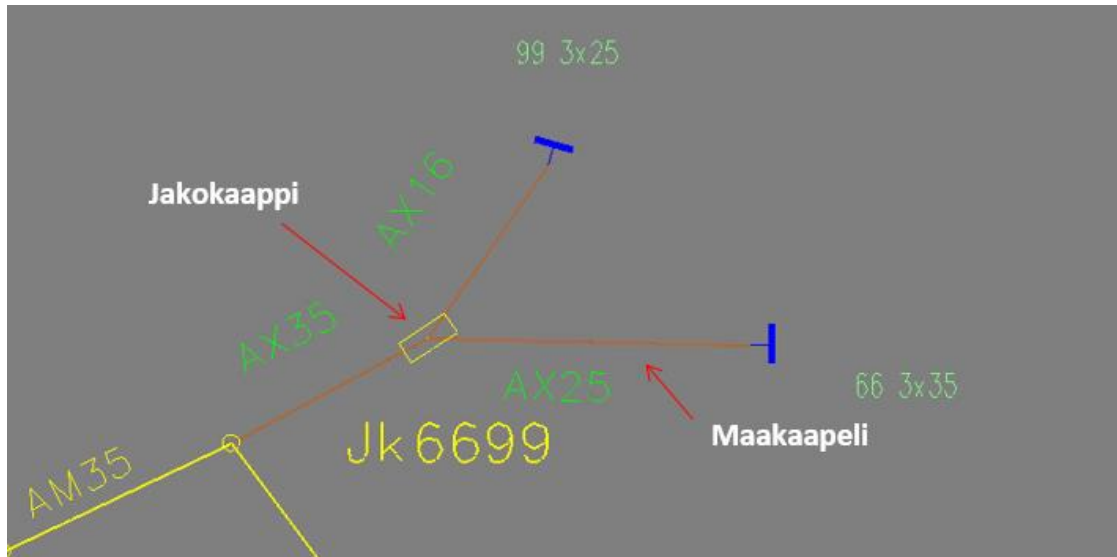
Kun laskentaoptioista on valittuna oikosulku. Ohjelma laskee minimi ja maksimi oikosulkuvirrat. Pienin yksivaiheinen oikosulkuvirta liittymissä pitää olla vähintään 250 A, joka tässä tapauksessa täyttyy. Oikosulkuvirtojen lisäksi laskentatuloksissa näkyy muuntajan jakokeskukselle määritetyt lähtöjen sulakkeet sekä johto-osuuksien pituudet muuntajalta liittymälle. Ilmoituskoodit näkyvät johto-osuuksien kohdalla, jos mitoituksissa on jotain vialla. Kuten kuviossa 18 on havaittavissa, joidenkin johto-osuuksien kohdalla on huomautus liian hitaasta sulakkeesta.

Alkusolmun tunnus	Loppusolmun tunnus	Johtolaji	Pit (m)	Etäis (m)	Ik3 (A)	Ik1 (A)	SulA (A)	SulL (A)	Ikmin /In	Aika (s)	H U O M A B C D E F G H I
L Ä H T Ö : 1871-50											
VIIMEISIMMÄN LASKENNAN TULOKSET											
2	3	PJ-KISKO	1	1	1591	1455			0.0	999.9	A H
L Ä H T Ö : 01											
3	01	AM70	8	9	1591	1416	63	63	20.5	0.0	
4	30	AM70	47	56	1567	1200	63	63	18.6	0.0	
30	31	AM50	169	225	1432	606	63	63	9.6	0.0	G
30	32	AM70	115	171	1432	823	63	63	13.1	0.0	G
32	33	3093B6044	253	424	1149	327	63	63	5.2	7.9	G H
31	34	3093A4084	34	259	935	481	63	63	7.6	0.7	G
L Ä H T Ö : 03											
3	03	AM70	251	252	1591	661	50	50	13.2	0.0	
5	6	3093A4466	47	299	996	452	50	50	9.0	0.0	G
5	7	AM25	159	411	996	318	50	50	6.4	3.3	
5	8	AM16	100	352	996	329	50	50	6.6	2.8	
5	9	AM70	89	341	996	540	50	50	10.8	0.0	
9	10	AM35	139	480	863	348	50	50	7.0	2.0	
9	11	3093C3620	81	422	863	323	50	50	6.5	3.1	G
10	12	AM35	23	503	612	328	50	50	6.6	2.9	
10	13	3093C3646	12	492	612	326	50	50	6.5	2.9	G
10	14	999	21	501	612	312	50	50	6.2	3.6	G
12	15	AM16	35	538	583	278	50	50	5.6	5.4	
12	16	AM35	30	533	583	305	50	50	6.1	3.9	
16	17	1	26	559	549	286	50	50	5.7	4.8	
16	18	AM35	48	581	549	275	50	50	5.5	5.7	
18	19	3093C3840	55	636	501	221	50	50	4.4	11.3	G H I
18	20	3093C3726	21	602	501	252	50	50	5.0	8.1	G H
17	2.2	21	66	574	522	272	50	50	5.4	5.9	C G H
17	2.1	22	99	569	522	272	50	50	5.4	6.0	C G H
15	23	3093C3722	18	556	504	257	50	50	5.1	7.5	G H
15	24	3093C3628	10	548	504	264	50	50	5.3	6.8	G H
8	25	3093C3520	23	375	579	294	50	50	5.9	4.4	G
8	26	3093A3408	18	370	579	301	50	50	6.0	4.1	G
7	27	3093D5560	75	486		231	50	50	4.6	10.3	G H I
7	28	3093B5428	17	428		293	50	50	5.9	4.5	G
7	29	3093B5424	41	452	574	263	50	50	5.3	6.8	G H
Huomautuskoodien selitykset											
A - 1. nollausehto ei voimassa				E - Sulake > johdon sallittu oikosulkusuojaja							
B - 1. nollausehto asiakkaan verkossa				F - Rinnankytketty johto-osuus							
C - Epäselektiivinen sulakekoko				G - Liittymisjohto							
D - Rinnankytkennän rakennevirhe				H - Liian hidas suojaus							
I - Liian pieni liittymän oikosulkuvirta											

Kuvio 18 Oikosulku laskentatulokset

Toisessa mitoitus esimerkissä tehtiin samankaltainen liittymälaskenta, mutta siihen lisättiin jakokaappi, josta lähti maakaapelit liittymille. Tämän tarkoituksena oli näyttää kuinka jakokaappi lisätään verkkoon ja mitä siihen pitää määrittellä, jotta mitoitus

onnistuu. Seuraava esimerkki toteutettiin hyvin samalla tapaa kuin edellinenkin, koska lähtöarvoja ei ollut. Kuviossa 19 on esiteltyä havainnollistava kuva esimerkistä.



Kuvio 19 kuvankaappaus toisesta esimerkistä

Jakokaapille lisättiin 50A sulake, ja liittymät 1 ja 2 määritettiin alilähdöksi. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että samaan jakokaapin päälähdölle lisättyyn jonovarokkeeseen kytketään myös alilähtöjen kaapelit.

Jakokeskuksen kytkimet: Jk6699

Tunnus	Kiskoliitäntä	Sulake	Sulakealusta	Lähdön suunta	Vapaa	Tila	Johdon tu
1	Suoraan ki...				Ei	kiinni	AX35
2	Sulakkeet	50	JONOVAROKE...		Kyllä	kiinni	
2.1				liittymä 1	Ei	alil. kiinni	AX16
2.2				liittymä 2	Ei	alil. kiinni	AX25

Kuvio 20 Jakokeskuksen kytkimet

## 7 Pohdinta

Tavoitteena oli siis tehdä opetusmateriaalia Trimblen käytöstä Jyväskylän ammattikorkeakoululle, jota voidaan hyödyntää tulevaisuudessa kursseilla. Asiantuntijahaastatteluiden avulla kerättiin tietoa ohjelman käyttöön liittyen sekä tiedosteltiin minkälaisia suunnitteluharjoitukset tulisivat olla. Näiden pohjalta työstä sain tehtyä mielestäni tarpeeksi seikkaperäisiä videoita ohjelman käytöstä. Videoita syntyi yhteensä 5 kappaletta, joiden yhteiskesto oli noin 25 minuuttia. Videoiden lisäksi työn tutkimusosioista tehtiin erillinen tekstitiedosto, joka helpottaa videoihin tutustuesssa. Videot on suunnattu ehkä enemmänkin opettajille kuin oppilaille, mutta liittymien mitoituksista on myös helposti muokattavissa harjoitustyöt opiskelijoille.

Työ oli lähtökohtaisesti äärimmäisen hankala toteuttaa. Ohjelmiston käytöstä ei löytynyt juurikaan tietoa, kuin palveluntarjoajilta saamaa materiaalia. Nämäkin vasta, kun lisenssi saatiin koululle käyttöön. Tämän lisäksi en ollut aikaisemmin käyttänyt ohjelmistoa ja sen opettelu tuli tehtyä ns. ”kantapäähän kautta”, koska varsinaista ulkopuolista apua ei ollut missään vaiheessa saatavilla. Mitoitusharjoituksia tehdessä tuli vastaan lukuisia ongelmia, jotka selvitin Trimblen käsikirjaa hyödyntämällä.

Haastattelut olivat pienoinen pettymys. Olisin toivonut, että yrityksiä olisi kiinnostanut osallistua aktiivisemmin kyselyiden vastailuihin. Jo pelkästään, että sai kontaktin oikeisiin henkilöihin vaati paljon taustatyötä ja aikaa. Soittelu ja viestit mukaan lukien lähestyin 15:sta yritystä kohti. Vastauksia sain lopulta kerättyä 4:ltä yrityksen yhteyshenkilöltä. Luultavasti, jos olisin aluetta levittänyt Keski-Suomen ulkopuolelle olisi haastatteluvastauksia voinut saada enemmänkin. Vastaustuloksista Surveymonkeyssa oli esitettyinä käytetty kesto aika vastauksille, nämä olivat keskimäärin noin 20 – 30 minuuttia. Joka tämäkin kertoo ehkä sen ettei vastauksiin ollut kuitenkaan niin helppoa vastata, kuin etukäteen odotin. Saaduista vastauksista oli kuitenkin suuresti apua, ja se mahdollisti että työn pystyi suorittamaan loppuun asti.

Haastatteluvastauksia pitäisin luotettavana, vaikka haastattelut toteutettiin täysin anonyyminä. Monissa vastauksissa korostettiin perusasioiden opettelua ohjelman käytöstä. Jälkikäteen mietittäessä, ymmärrän täysin minkä takia vastauksissa tuotiin esille näitä seikkoja. Mitoituksia ei pysty ohjelmistossa suorittamaan ilman, että nämä asiat ovat yksinkertaisesti opittuina. Pelkästään tämäkin seikka mielestäni tukee haastatteluvastauksien luotettavuutta.

Kehitystoimenpiteitä ohjelmaan liittyen löytyy paljon, jos Jyväskylän ammattikorkeakoulu päättää ottaa Trimblen käyttöön. Itse pitäisin järkevänä vaihtoehtona silloin verkostosuunnittelun opetuksen määrän lisäämistä. Ohjelmaan liittyen olisi hyvä saada Jyväskylän sähköverkosta samankaltainen tietokanta kuten Tampereesta on tehty. Tästä olisi suuresti etua, kun lähetään suunnittelemaan harjoitustyötä. Symbolien opettelu olisi helpompaa, koska olemassa oleva sähköverkko tunnetaan ja harjoitustyössä voisi vaikka käydä tutustumassa kyseisiin kohteisiin koulun lähistöllä sekä suunnitella todenmukaisempi työkokonaisuus. Haastatteluissa tuli myös esille seuraavanlaisia verkostosuunnitteluun liittyviä kehitysehdotuksia:

”Ilmajohtoverkon rakenteet ja laitteet, kuten orret, eristimet, harukset, ja erottimet sekä puistomuuntamoiden kojeistot pitäisi ottaa koulutukseen. Myös maakaapeloinnin suhteen kaivuutekniset asiat voisi käydä läpi.” (Asiantuntija B 2017.)

Työ oli hyvin pitkä prosessi kokonaisuudessaan, mutta samalla myös antoisa ja opettavainen. Verkostosuunnitteluun liittyvä teoria oli jo ennestään tuttua, mutta siihen tuli työtä tehdessä tutustuttua huomattavasti syvällisemmin kuin aikaisemmin. Verkostosuunnitteluun pyrittäessä koen olevani hyvin etuoikeutettu, että sain opetella ohjelman käyttöä laajemmin kuin mitä kursseilla yleensä pääsee ohjelmistoihin tutustumaan.

## Lähteet

Asiantuntija A, 2017. Trimble NIS tutkimuskysely.

Asiantuntija B, 2017. Trimble NIS tutkimuskysely.

Asiantuntija C, 2017. Trimble NIS tutkimuskysely.

Asiantuntija D, 2017. Trimble NIS tutkimuskysely.

Elovaara, J & Haarala, L. 2011. Sähköverkot 1. Gaudeamus Helsinki University Press / Otatiето. Viitattu 27.2.2017.

Elovaara, J & Haarala, L. 2011. Sähköverkot 2. Gaudeamus Helsinki University Press / Otatiето. Viitattu 27.2.2017.

Energiäteollisuus materiaalipankki 2017. Verkojulkaisu. Viitattu 5.3.2017.  
[https://energia.fi/ajankohtaista\\_ja\\_materiaalipankki/materiaalipankki/sahkoverkkoy\\_htiot\\_varautuvat\\_ylijaamalla\\_sahkoverkon\\_uudistamisen\\_investointeihin.html](https://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/sahkoverkkoy_htiot_varautuvat_ylijaamalla_sahkoverkon_uudistamisen_investointeihin.html)

Finlex sähkömarkkinalaki 588/2013. Viitattu 27.2.2017.  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130588>

Kananen, J. 2010. Opinnäytetyön kirjoittamisen käytännön opas. 2010. Jyväskylä: Taitto & paino – Tampereen Yliopistopaino Oy – Juvenes Print. Viitattu 21.2.2017.

Kananen, J. 2015. Kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännön opas. Jyväskylä: Taitto & paino – Suomen Yliopistonpaino Oy – Juvenes Print. Viitattu 21.2.2017.

Kesän 2010 myrskyt sähköverkon kannalta raportti. 2011. Energiaviraston verkkojulkaisu. Viitattu 14.1.2017.  
[https://www.energiavirasto.fi/documents/10179/0/Kes%C3%A4n+2010+myrsky+raportti\\_lopullinen+2.pdf/8b69b8d1-c89d-428c-a3c2-4e2ab5321ddf](https://www.energiavirasto.fi/documents/10179/0/Kes%C3%A4n+2010+myrsky+raportti_lopullinen+2.pdf/8b69b8d1-c89d-428c-a3c2-4e2ab5321ddf)

Lakervi, E & Partanen, J. 2008. Sähkönjakelutekniikka. Gaudeamus Helsinki University Press / Otatiето.

Rakennuksen sähköverkko, 2008. Virtuaali. Verkojulkaisu.

<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/030503/1113391235042/1113391621636/1150111126448/1150111210984.html>

Rakennuksen sähköverkon ja liittymän mitoittaminen, 2001. Sähkötieto

ry.[http://www.oamk.fi/~pekkar/kevat\\_2016\\_aineisto/Raksan\\_sahko/Mitoitustehtava/Lahde3\\_Liittymän\\_mitoittaminen.pdf](http://www.oamk.fi/~pekkar/kevat_2016_aineisto/Raksan_sahko/Mitoitustehtava/Lahde3_Liittymän_mitoittaminen.pdf)

Sähkön siirto, 2003. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu ja Motiva Oy. Verkojulkaisu. Viitattu 20.1.2017

[http://elearn.ncp.fi/materiaali/kainulainens/energiaverkko/energian\\_siirto/sahkonsiirto.htm](http://elearn.ncp.fi/materiaali/kainulainens/energiaverkko/energian_siirto/sahkonsiirto.htm)

Sähköverkon automaatio & suojaus, N.d. Korpinen, L. Verkojulkaisu. Viitattu 27.2.2017.

[http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt\\_opus/5sahkoverkon\\_automatio\\_ia\\_suojaus.pdf](http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/5sahkoverkon_automatio_ia_suojaus.pdf)

Trimble Oy verkkosivut 2017. Viitattu 1.3.2017. <http://utilities.trimble.fi/trimble-nis-sahkoverkoille.html>

Trimble käyttäjäkoulutus 1, 2017. Trimble Oy. Koulutusmateriaali.



## Liitteet

### Liite 1. Asiantuntija A

#### K1: Mitä osaamistaitoja vastavalmistuneelta voitaisiin odottaa Trimblen käytön suhteen?

Trimble on kokonaisuutena varsin laaja ja monitahoinen ohjelmakokonaisuus, ja johon vielä eri verkkoyhtiöiden erilaiset toimintamallit ja heille räätälöidyt Trimble-kokonaisuudet tuovat oman lisähaasteensa. Toisaalta tietyt perusasiat säilyvät samoina taustalla. Näkisin, että näiden perusasioiden ymmärtäminen ja tarvittaessa niiden soveltaminen on tärkeintä. Perusasioiksi katsoisin Trimblen "sisäisen rakenteen" viivamaisten kohteiden osat ja alkiot sekä niiden ero ja käyttötarkoitus verrattuna pistemäisiin kohteisiin. Näihin kaikkiin myös jonkinlaista käsitystä, että mitä tietoja vähintään pitää olla annettu esim. verkostolaskentaa varten ja mihin mikään vaikuttaa. Myös kyky muodostaa muodostaa verkon kuva käyttäen mallikirjastoa ja/tai suoraan yksittäisistä komponenteista.

Pitäisin hyödyllisenä myös jonkintasoista ymmärrystä eri Trimblen osakokonaisuuksiin, että vähintään tietää millä tavalla mahdollisiin käyttötarkoituksiin Trimblestä on mahdollista saada "apua" (maankäyttö, DMS, verkonlaskenta, tiedonhaku käyttöpaikan kautta, kunnossapitotiedot & kunnossapito-osio jne.). Taustalla pitäisi myös olla jonkinlaista ymmärrystä, että minkä suuruusluokan arvoja voi missäkin tilanteessa verkossa voi esiintyä, ettei vain sokeasti usko mitä ohjelma antaa.

#### K2: Minkälaista lähestymistapaa Trimblen opetuksessa käyttäisit henkilölle, joka ei ole aikaisemmin ohjelmistoa käyttänyt?

Aloittaisin verkon yksittäisistä komponenteista, pistemäiset ja viivamaiset kohteet sekä näiden ominaisuuksista. Vähitellen laajentaen mitä niille voi tehdä erilaisilla Trimblen ominaisuuksilla.

#### K3: Millaisia suunnitteluharjoituksia tulisi teettää?

Suunnitteluharjoitukset tulisivat olla hyvin saman tyyppisiä mitä käytännössäkin tulee vastaan. Varmaan yleisin tilanne on, että asiakas tilaa liittymän johonkin sijaintiin. Eli suunnitellaan uuden liittymän toteutus vanhaan verkkoon taajama/haja-asutusalueella. Vanhan verkon vahvistustarpeita ilmenee myös säännöllisesti, joten siihen liittyvät harjoitukset olisivat hyödyllisiä. Toisaalta harvemmin eteen tulevia verkon suunnittelutilanteita olisi hyvä ainakin jollakin tasolla "miettiä", esimerkiksi uuden kaava-alueen tms. verkon rakenne.

#### K4: Onko jotain erityisiä seikkoja mitä olisi hyvä tuoda esille opetuksessa, joihin verkostosuunnittelua tehdessä törmää yhtenään? Tai jotain muuta mitä ei ehkä koulun näkökulmasta osata pitää ajankohtaisena?

*Vastaaja ohitti tämän kysymyksen*

#### K5: Mitkä ovat teille tyypillisiä suunnitteluprojekteja, joissa Trimble NIS on käytössä? Teettekö pj-verkon vai kj-verkon suunnittelua tai molempia?

Molempia, koska eri verkkoyhtiöillä on otettu hieman erilaisia painotuksia ja näkökulmia miten lähestytään sähkömarkkinalain antamia vaateita, ja riippuen kulloisestakin tilaajasta mitä suunnitellaan.

#### K6: Vuonna 2013 sähkömarkkinalaki uudistui, mikä on johtanut maakaapeliosuuden lisääntymiseen sähkön jakeluverkoissa. Miten tämä on näkynyt teillä verkostosuunnittelussa? Mitä haasteita se on tuonut?

Ehkä suurimpana haasteena voisi pitää sopivien reittien löytymistä maakaapelille. Se eri varsinaisesti ole suoraan verkostosuunnittelun ongelma mutta vaikuttaa myös siihen.

#### K7: Uskotko teille olevan hyötyä siitä, että Trimble NIS-verkkotietojärjestelmistä aletaan antamaan koulutusta jo opintojen aikana?

Trimblen tuntemuksesta on ehdottomasti hyötyä.

## Liite 2. Asiantuntija B

### K1: Mitä osaamistaitoja vastavalmistuneelta voitaisiin odottaa Trimblen käytön suhteen?

Kokemus erilaisista teknisen piirtämisen järjestelmistä on hyödyksi. Jakeluverkossa käytettävien johtojen, kaapeleiden, rakenteiden ja laitteiden tietämystä vaaditaan suunnitelmia tehdessä. Kokemus asennus- ja kunnossapitotöistä auttaa ymmärtämään mitä verkko todellisuudessa tulisi näyttää ja miten se rakennetaan.

### K2: Minkälaista lähestymistapaa Trimblen opetuksessa käyttäisitte henkilöille, joka ei ole aikaisemmin ohjelmistoa käyttänyt?

Ensin antaa ohjelman-ohjeet, jotka usein on saatavilla verkkoyhtiöltä tai yritykseltä. Tämän jälkeen ohjastusti neuvoa tai näyttää esimerkkiä ohjelman käytöstä. Usein ohjeista löytyy kaikki neuvot, mutta näitä ei välttämättä osaa etsiä tai hahmottaa jolloin kokeneemmilta vaaditaan apua alussa.

### K3: Millaisia suunnitteluharjoituksia tulisi teettää?

Aloittaisiin pienjännitteellä liittyvien mittarointien dokumentoinnilla ohjastusti, jonka jälkeen voidaan tehdä itsenäisesti ohjeita käyttäen ja neuvoja kysyen esim. ilmajohton muutos maakaapeliin muutamalle liittymälle yhdeltä jakokaapilta. Tästä on hyvä jatkaa kokonaisuun muuntopiireihin ja keskijännitteelle. Myös kokeneempi suunnittelija voi tehdä ra'an paperiversion, miltä suunnitelman tulisi näyttää ja tämä tehdään Trimblellä järjestelmään.

### K4: Onko jotain erityisiä seikkoja mitä olisi hyvä tuoda esille opetuksessa, joihin verkostosuunnittelua tehdessä törmää yhtenäen? Tai jotain muuta mitä ei ehkä koulun näkökulmasta osata pitää ajankohtaisena?

Ilmajohtoverkon rakenteet ja laitteet, kuten orret, eristimet, harukset ja erottimet, sekä puistomuuntamoiden kojeistot pitäisi ottaa mukaan koulutukseen. Myös maakaapeloinnin suhteen kaivuutekniset asiat voisi käydä läpi.

### K5: Mitkä ovat teille tyypillisiä suunnitteluprojekteja, joissa Trimble NIS on käytössä? Teettekö pj-verkon vai kj-verkon suunnittelua tai molempia?

Teeimme sekä KJ-, että PJ-verkon suunnittelua ja urakointia. Tyypillisiä projekteja on maakaapelointi projektit, joissa puretaan nykyinen ilmajohtoverkko. Laajuudeltaan projektit on n. 10muuntopiirin kokoisia.

### K6: Vuonna 2013 sähkömarkkinalaki uudistui, mikä on johtanut maakaapeliosuuden lisääntymiseen sähkön jakeluverkoissa. Miten tämä on näkynyt teillä verkostosuunnittelussa? Mitä haasteita se on tuonut?

Töitä on kovasti, toki kilpailuakin on. Teeimme tällä hetkellä vain rakentamistöitä projekteina, joten maakaapelointia riittää. Haasteena on lupien hankinta ja käytettävien materiaalien muutokset.

### K7: Uskotko teille olevan hyötyä siitä, että Trimble NIS-verkkotietojärjestelmistä aletaan antamaan koulutusta jo opintojen aikana?

Tällä alalla pitäisi riittää töitä jatkossakin ja osaavaa sähköverkostosuunnittelijaa tarvitaan. Verkkoyhtiöistä ainakin Caruna ja Elenia käyttää Trimble NIS ja DMS järjestelmiä eli kaikki näiden verkkoyhtiöiden urakoitsijat(pl. suunnittelu alihankittu) myös vaativat tämän järjestelmän osaamista.

### Liite 3. Asiantuntija C

#### K1: Mitä osaamistaitoja vastavalmistuneelta voitaisiin odottaa Trimblen käytön suhteen?

Yleisen tason ymmärtäminen ohjelman toiminnasta eli mitä tarkoittaa suunnitelma, masterajo, tulostaminen ja reunaikkunoiden sisältö. Ymmärtäminen ja käyttäminen on eri asia. Kunhan on tietoinen ohjelman toiminnasta, käyttöä voi alkaa opetella. Komponenttien hierarkian ymmärtäminen (eli mikä on pistemäinen kohde ja mikä viivamainen).

#### K2: Minkälaista lähestymistapaa Trimblen opetuksessa käyttäisit henkilölle, joka ei ole aikaisemmin ohjelmistoa käyttänyt?

Ensin käydään paperilla (trimblen toimittamat ohjeet) läpi perusasioita (reunaikkunat, valikot), hierarkiaa (viivamainen ja pistemäinen kohde) sekä perustoimintaa (suunnitelman luominen, avaus, oikeudet, tulostaminen), johto-osan ja johtoalkion eron ymmärtäminen.

Tämän jälkeen tehdään harjoitussuunnitelma, jossa tutustutaan edellä käytyihin ohjelman osiin. Suunnitelmassa tärkeintä oppia liikkumaan kartalla ja löytää valikoista tai reunaikkunoista oikeat asiat. Tämän jälkeen tehdä uusi suunnitelma, jossa muutetaan olemassa olevaa verkkoa (vaikka lisätään jakokaappi ja siitä yksi uusi johto ja kuluttaja). Lopuksi tarkistaa topologian ja laskennan avulla onnistuiko suunnittelu, vai tuliko virheitä.

#### K3: Millaisia suunnitteluharjoituksia tulisi teettää?

Perustaa suunnitelma, tehdä olemassa olevaan verkkoon muutoksia (lisätä johtolähtö, jakokaappi, kytkimet jakokaappiin).

Toisessa harjoituksessa tulisi etsiä mitoitukseltaan riittävä pj-johdinkoko ja sulakkeet jollekin olemassa olevalle suunnitelmalle (vaikka se harjoitus ykkösen jakokaappi ja johto). Tällä harjoitellaan siis laskennan käyttämistä. Kolmas harjoitustyö tulisi perehdyttää suunnittelukarttojen tulostukseen, eli miten jakokaapin kaavio saadaan nääkymään kartalla kohteen vierellä, miten johtojen tunnuksat saadaan kartalle ja yleiset tulostamisen määrittelyt (jotta saadaan vaihdettua värejä, viivojen paksuuksia, symboleiden ja tekstien kokoja).

#### K4: Onko jotain erityisiä seikkoja mitä olisi hyvä tuoda esille opetuksessa, joihin verkostosuunnittelua tehdessä törmää yhtenäen? Tai jotain muuta mitä ei ehkä koulun näkökulmasta osata pitää ajankohtaisena?

Korostaa sitä, mikä on johtoalkion ja johto-osan ero ja mitä vaaditaan, että laskenta toimii (johdot kytkettyinä jakokeskuksen kytkimillä, johtoalkioilla on luotuna johto-osat). Laskenta pitää toimia, jotta ohjelma toimii.

Kiinnittää huomiota siihen, miten suunnitelma tarkastetaan, että löydetään virheet, jotka estävät masterajon. Masterajoa ei tarvitse opettaa.

#### K5: Mitkä ovat teille tyypillisiä suunnitteluprojekteja, joissa Trimble NIS on käytössä? Teettekö pj-verkon vai kj-verkon suunnittelua tai molempia?

Verkon suunnittelussa käytetään lähes pelkästään NISsiä (valmiit työtiedot viedään Headpoweriin, jossa tehdään tarvikelistat ja ajetaan yksikkömäärät).

Verkon paikkatiedot sekä komponenttien kunnottiedot ylläpidetään NISsissä. Tarvittaessa NISsiin luodaan uusia symboleita, joilla voidaan havainnollistaa verkon komponentteja tai paikannustietoa (esim. kaapelin paikannuksessa apuna käytettävä sondia kaapeliojassa).

Uudet liittymät ja niiden syöttöjohdot mitoitetaan NISsissä ihan samoin, kuin KJ-saneeraus tai uusi sähköasema releasetteluineen.

Kaikki verkon saneeraukset ja investointikohteet tehdään jo suunnitteluvaiheessa NISsiin ja suunnittelun ja työn aikaiset muutokset päivitetään suunnitelmaan. Tämän vuoksi suunnitelma voidaan ajaa masteriin, kun kohteen työ on valmistunut (voidaan ajaa vaikka osissa masteriin sitä mukaa kun kohde kytketään verkkoon). Helpottaa dokumentointityötä.

#### K6: Vuonna 2013 sähkömarkkinalaki uudistui, mikä on johtanut maakaapeliosuuden lisääntymiseen sähkön jakeluverkoissa. Miten tämä on näkynyt teillä verkostosuunnittelussa? Mitä haasteita se on tuonut?

Verkostosuunnittelussa otetaan jo aikaisessa vaiheessa kantaa siihen, missä kaapeli kulkee, käytetäänkö ilmajohdoteja vai maakaapelia. Milikäli käytetään maakaapelia, tulee huomioida maasulkuvirtojen kompensointi (hajautetuilla yksiköillä, "sammutusmuuntajilla", pyritään kompensoimaan tietyn alueen tuottama maasulkuvirta). Laskentojen tekeminen on lisääntynyt. Kaikki pienjänniteverkko pyritään tekemään maihin siten, että huomioidaan mahdollinen tehon lisäys riittävästi, muttei liioitella (kesämökkikohteet, joissa kulutus lisääntyy helposti kovin nopeasti).

#### K7: Uskotko teille olevan hyötyä siitä, että Trimble NIS-verkkotietojärjestelmistä aletaan antamaan koulutusta jo opintojen aikana?

Ehdottomasti. Jo se, että on nähnyt ohjelman ja tietää mihin sitä käytetään (suunnittelu, konttotietojen ylläpito, laskennat, dokumentointi jne) auttaa harjoittelijan perehdyttämisessä.

## Liite 4. Asiantuntija D

**K1: Mitä osaamistaitoja vastavalmistuneelta voitaisiin odottaa Trimblen käytön suhteen?**

Perus verkkokomponenttien tuntemus sekä yleisesti sähköjako- ja verkko-ologia.

**K2: Minkälaista lähestymistapaa Trimblen opetuksessa käyttäisit henkilölle, joka ei ole aikaisemmin ohjelmistoa käyttänyt?**

Tutustumalla Trimblen ominaisuuksiin ja toimintoihin.

**K3: Millaisia suunnitteluharjoituksia tulisi teettää?**

Tarpeeksi laajoja ja todellisia. Eli pyrittävä harjoittelemaan käyttöä sillä tasolla, että myös työskentely tulevaisuudessa onnistuu.

**K4: Onko jotain erityisiä seikkoja mitä olisi hyvä tuoda esille opetuksessa, joihin verkostosuunnittelua tehdessä törmää yhtenäen? Tai jotain muuta mitä ei ehkä koulun näkökulmasta osata pitää ajankohtaisena?**

Heti suunnittelun alussa otettava huomioon maaston tuntemus. Pyrittävä valitsemaan kaapelireitit ja muuntamoiden paikat heti alkuun tarpeeksi hyvin, jottei suuria muutoksia tarvitse suunnittelun edetessä tehdä.

**K5: Mitkä ovat teille tyypillisiä suunnitteluprojekteja, joissa Trimble NIS on käytössä? Teettekö pj-verkon vai kj-verkon suunnittelua tai molempia?**

Molempia

**K6: Vuonna 2013 sähkömarkkinalaki uudistui, mikä on johtanut maakaapeliosuuden lisääntymiseen sähköjako- ja verkko-ologia. Miten tämä on näkynyt teillä verkostosuunnittelussa? Mitä haasteita se on tuonut?**

Haasteina kaapelireittien mahdollisimman hyvä sopiminen eri osapuolien kesken ja reittivaihtoehtojen tarkastelu kaikkia osapuolia huomioonottavasti.

**K7: Uskotko teille olevan hyötyä siitä, että Trimble NIS-verkkotietojärjestelmistä aletaan antamaan koulutusta jo opintojen aikana?**

Suuresti hyötyä.