

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto LUT
LUT School of Energy Systems
Sähkötekniikka

Visa Korhonen

Infrahankkeen johto- ja kaapelitietojen lähtötietomallin luominen

Diplomityö

2019

53 sivua, 23 kuvaa ja 3 taulukkoa.

Tarkastajat: professori Jero Ahola
 tutkijaopettaja Antti Kosonen

Hakusanat: Tietomallintaminen, BIM, rautatiet, infrarakentaminen

Kaapeli- ja risteämätiedon hallinta rautatiealueilla on hajanaista ja monin osin puutteellista, minkä vuoksi infrarakennusurakoiden yhteydessä kuluu kohtuuttomasti aikaa ja resursseja selvitystyön tekemiseen. Puutteellisista ja vanhentuneista kaapelitiedoista aiheutuu myös merkittäviä kustannuksia kaapelivaurioista johtuen. Tietomallit voivat olla osa ongelman ratkaisua, sillä niihin voidaan tallentaa keskitetysti tietoa helposti päivitettävässä muodossa, jolloin kaapelitietojen hajanaisuuden ja paikkansapitämättömyyden ongelmasta voidaan päästä eroon.

Tämän työn tarkoituksena oli luoda kaapelitietojen lähtötietomallin ohjeistus, jonka tarkoituksena on toimia ohjeena kaapeli- ja risteämätietojen oikeaoppiseen kartoitukseen ja dokumentointiin laajalla infrahankkeella. Ohjeistus pohjautuu Väyläviraston julkaisemiin ohjeistuksiin, ja siinä tarkennetaan, sekä esitetään käytännön esimerkkejä kaapelitietojen dokumentoinnista erityisesti rautatiealueella.

Ajantasaiset kaapeli- ja risteämätiedot hyödyttävät infrarakennushankkeen kaikkia osapuolia, niin tilaajaa, suunnittelijoita, rakennusurakoitsijaa kuin kunnossapitäjääkin. Rakennushankkeen aikana luotu ja päivitetty kaapelitietomalli voidaan luovuttaa radan kunnossapitäjän ylläpidettäväksi ja hyödynnettäväksi, sekä siitä on hyötyä alueella tulevaisuudessa tapahtuvissa rakennushankkeissa.

ABSTRACT

Lappeenranta-Lahti University of Technology LUT
LUT School of Energy Systems
Electrical Engineering

Visa Korhonen

Creating a building information model for cable management for a infrastructure project

Master's thesis

2019

53 pages, 23 figures and 3 tables.

Examiners: Professor Jero Ahola
Associate professor Antti Kosonen

Keywords: Building Information Modeling, BIM, railways, infrastructure construction

The documentation of cables and cable intersections in railway areas is incoherent and many times inadequate. This causes resource and time losses in infrastructure projects due to unnecessary research work. Inadequate and outdated cable information regarding cables also causes cable damages that could be avoided. Building infra models could be a part of the solution, since they can be used to centrally store information in an easily updatable form.

The scope of this master's thesis was to create guidelines for cable management infra models, which serve as a guide when mapping and documenting cables in a large infrastructure project. Created Guidelines are based on Finnish Transport Infrastructure Agency's guidelines and they are meant to clarify and present practical examples about cable data documentation specially in railway environment.

Up to date cable and cable intersection data benefits all parties of an infrastructure project including clients, designers, contractors and maintenance services. The information model created and updated during an infrastructure project can be handed over to maintenance services to be further updated and to be made used of. The model created also benefits future projects.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö tehtiin yhteistyössä Väyläviraston ja työpaikkani Weladon kanssa. Haluan kiittää Väylävirastolta Tarmo Savolaista työn ohjauksesta, sekä Tommi Rosenvallia ja Joonas Hämäläistä LUIMA-hankkeen johdossa työn mahdollistamisesta. Weladolta kiitokset erityisesti Kimmo Laatuselle työn ohjaajana toimimisesta ja hyvistä neuvoista, sekä koko LUIMA-hankkeella toimiville työkavereilleni mukavasta työympäristöstä ja kannustuksesta.

Lappeenrannan teknillisestä yliopistosta kiitokset menevät Jero Aholalle ja Antti Kososelle työn ohjaamisesta ja tarkastamisesta.

Kiitokset perheelleni, jolta kiinnostus tekniikan alalle suuntautumiseen on alun alkaen lähtenyt tuesta työn ja koko opintojeni aikana, sekä tyttöystävälleni kärsivällisyydestä työpäivien venähtäessä pitkiksi. Lopuksi kiitokset myös opiskelukavereilleni, jotka ovat pitäneet huolen siitä, että elämää on myös opiskelun ulkopuolella.

SISÄLLYSLUETTELO

Käytetyt merkinnät ja lyhenteet

1.	Johdanto.....	7
1.1	Työn tavoitteet.....	7
1.2	Työn rakenne.....	8
2.	Teoria.....	9
2.1	Tietomallit.....	9
2.2	Kaapelit ja putket rautatieympäristössä.....	14
2.3	Nykytilanne kaapeli- ja johtotiedon hallinnassa.....	19
2.4	Kaapelitietomallien hyödyntäminen muilla sektoreilla.....	22
3.	Kaapelinäyttökoordinaattori -hankinnan toteuttaminen.....	28
3.1	Taustatietoa projektien kilpailuttamisesta infrahankkeilla ja LUIMA-hankkeesta..	28
3.2	Vaatimukset palveluntuottajalle.....	32
3.3	Hankinnan toteutus ja seuranta.....	35
4.	Tietokantapohjaisen kaapelitiedon hallinnan ohjeistuksen luominen.....	37
4.1	Lähtökohdat ja päämäärä.....	37
4.2	Työympäristö.....	38
4.3	Kartoituksen toimintamalli.....	39
4.4	Väyläviraston omistamien kaapeleiden ja laitteiden kartoitus.....	41
4.5	Muiden kaapeli- ja laiteomistajien kohteiden kartoitus.....	43
4.6	Kaapelivauriot.....	44
4.7	Valokuvat.....	45
4.8	Kansiorakenne.....	46
5.	Tietomallin jatkokehitys.....	47
5.1	Kaapelitietojen kartoitus ja mallintaminen laajemmassa mittakaavassa.....	47
5.2	Kaapelitietomallin jatkokehitys.....	49
5.3	Kaapelitiedon hallinnan tulevaisuus.....	51
6.	Johtopäätökset.....	52
	Lähteet.....	54

KÄYTETYT MERKINNÄT JA LYHENTEET

BIM	Building Information Model
GNSS	Global Navigation Satellite System, satelliittipohjainen paikannusjärjestelmä
KSE	Konsulttitoiminnan yleiset sopimusehdot
LUIMA	Luumäki-Imatra ratahanke
NIBS	National Institute of Building Sciences
PDF	Portable Document Format, dokumenttien ja kuvien tiedostomuoto
RITA	Riihimäki-Tampere ratahanke
TIFF	Tagged Image File Format, kuvien tallennuksen tiedostomuoto
TURVA	Ratatyöturvallisuuspätevyys, Väyläviraston valtuuttaman kouluttajan myöntämä pätevyys työskennellä rautatiealueella
VR	Valtion rautatiet
VRS	Virtual Reference Station, virtuaalinen tukiasema
XML	Extensible Markup Language, tekstiformaatti

1. JOHDANTO

Suomen rautatieverkoston yhteyteen on asennettu valtava määrä niin rautatiejärjestelmään liittyviä, kuin kolmansienkin osapuolten kaapeleita. Näiden kaapeleiden olemassaolon ja sijaintitiedon dokumentointiin on historian saatossa ollut kirjavia käytäntöjä, ja vaikka ohjeistukset kaapeleiden merkitsemisestä ja dokumentoinnista ovat olemassa, on niiden noudattamisessa ollut parantamisen varaa. Nykytilanteessa kaapelitiedon hallinta rautatiealueella on hyvin hajanaista, ja tietoa rautatiejärjestelmän kaapeleista täytyy etsiä useista eri paikoista, kuten Väyläviraston ja VR:n ylläpitämistä arkistoista, sekä risteämäluetteloista. Oma lukunsa ovat kolmansien osapuolten kaapelit ja putket, joiden sijaintitiedot tulee selvittää aina kyseisten kaapeleiden omistajilta. Samalla alueella saattaa sijaita usean eri toimijan kaapeleita ja putkia, jolloin niiden sijaintien selvittämiseen ja useiden kaapelinäytöjen järjestämiseen kuluu kohtuuttomasti resursseja. Diplomityö on toteutettu yhteistyössä Väyläviraston ja Welado Oy:n kanssa.

1.1 Työn tavoitteet

Tämän diplomityön tavoitteena on luoda Väyläviraston hankintoja varten lähtötietomalliohjeistus, jossa ohjeistetaan käytännön tasolla, miten infrahankkeella kaapeli- ja putkitiedot tulee dokumentoida tietokantapohjaisesti ja viedä tietomalliin, jotta hankkeen päättymisen jälkeen hankealueelta olisi olemassa yhtenäinen, yhdessä mallissa oleva aineisto. Tietomallista tulee näkyä kaikki rataan liittyvät, sekä kolmansien osapuolten kaapelit. Lisäksi tavoitteena on, että risteämäluettelot olisivat ajantasaisia ja myös käytöstä poistettut, eli niin sanotut ”kylmät” kaapelit olisivat selkeästi dokumentoituna.

Diplomityössä vastataan seuraaviin kysymyksiin:

- Mitä tietomallit ovat ja mihin niitä voidaan hyödyntää infrarakentamisessa?
- Mikä on kaapelitietojen hallinnan nykytilanne rautatiealueilla?
- Miten kaapelit ja putket tulee kartoittaa ja dokumentoida tietokantapohjaisesti rautatiealueella?
- Mitä mahdollisuuksia kaapelitiedon tietokanta- ja tietomallipohjaiselle hallinnalle on tulevaisuudessa?

1.2 Työn rakenne

Työn teoriaosuudessa käsitellään ensin yleisesti tietomallintamista käsitteenä, sen käyttökohteita, sekä mahdollisuuksia niiden hyödyntämiseen rautatieympäristössä. Luvussa käsitellään myös rautatieympäristössä sijaitsevia kaapeleita ja putkia, sekä kaapelitiedon hallinnan nykytilannetta. Lopuksi osiossa käsitellään tietomallintamista ja digitaalista tiedonhallintaa muilla rakentamisen sektoreilla.

Kolmannessa luvussa käsitellään Väyläviraston tilaaman Luumäki-Imatra (LUIMA) -ratahankkeeseen kuuluva kaapelinäyttökoordinaattorihankinta, jossa olen työskennellyt hankinnan kilpailuttamisessa ja projektin seurannassa työssäni. Luvussa luodaan yleiskatsaus hankintojen kilpailuttamiseen laajoilla infrahankkeilla, sekä perehdytään vaatimuksiin, mitä kaapelinäyttökoordinaattorille on asetettu kaapeleiden mittaamisesta, dokumentoinnista, sekä kaapelinäyttöjen järjestämisestä. Varsinaisen ohjeistuksen jälkeen luvussa viisi luodaan katsaus kaapeleiden tietomallintamisen mahdollisuuksiin tulevaisuudessa. Lopuksi viimeisessä luvussa tehdään yhteenveto työstä ja sen suorittamisesta.

2. TEORIA

Tässä luvussa käsitellään yleisesti tietomallien käsitettä, niiden syntyä, sekä tietomalleihin liittyvää termistöä. Tietomalleja on alettu hyödyntämään rakennusten ja infrakohteiden toteuttamisessa, mutta monin paikoin niiden täyttä potentiaalia ei vielä hyödynnetä. Tietomalleihin perehdytään kirjallisuuskatsauksen avulla ja niitä käsitellään lähinnä yleisellä tasolla työn laajuus huomioiden. Diplomityö keskittyy pääasiallisesti rautatiealueella sijaitsevien kaapeleiden hallintaan, joten luvussa käydään läpi mitä kaikkia kaapeleita, johtoja, sekä putkia rautatieympäristössä sijaitsee, sekä miten ne nykyisellään on dokumentoitu ja hallinnoitu.

Luvussa perehdytään myös kaapelitiedon hallinnan nykytilanteeseen rautatieympäristössä, sekä pureudutaan ongelma-kohtiin, joita nykytilanne aiheuttaa niin radan kunnossapidollisista kuin infrarakennushankkeenkin näkökohdista. Rataympäristön lisäksi luodaan katsaus siihen, miten muilla sektoreilla hyödynnetään tietomalleja, sekä millaisia hankkeita kaapelitiedon digitointiin ja yleensä tietomallintamiseen infra-alalla on käynnissä.

2.1 Tietomallit

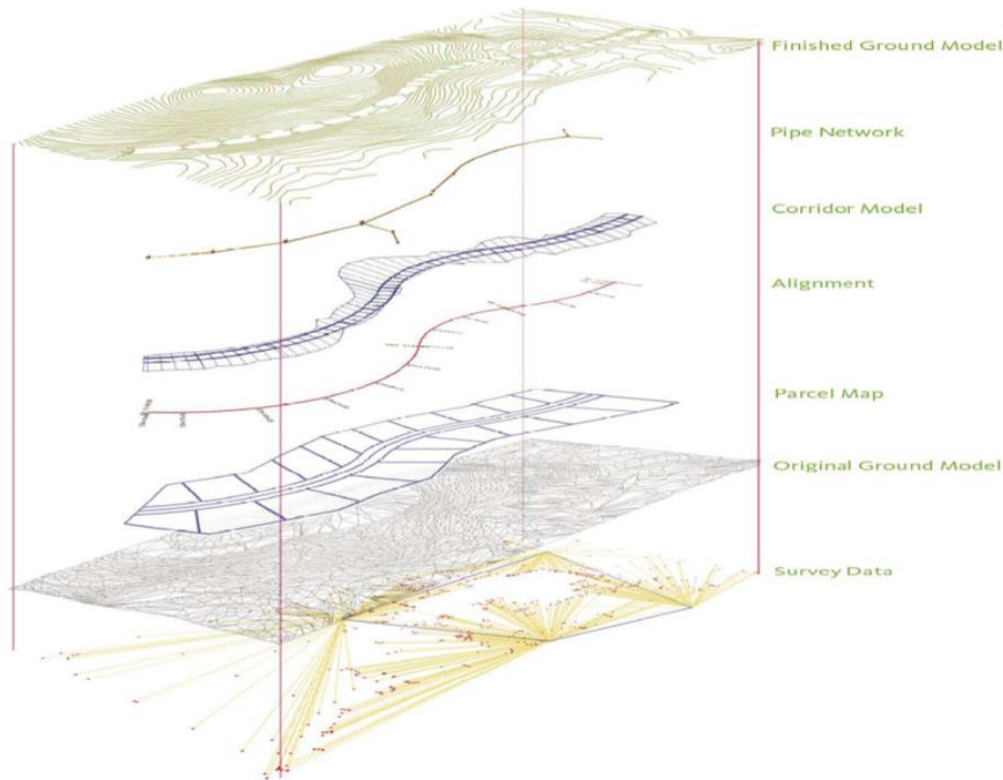
Tietomallilla tarkoitetaan kohteen, oli se sitten rakennus tai muu infrakohte, sekä sen rakentamisprosessin koko elinkaaren aikaista tietojen kokonaisuutta digitaalisessa muodossa. Tietomallin tarkoituksena on yhdistää kaikki suunnittelun, rakentamisen ja ylläpidon aikana kerätty tieto yhteen kolmiulotteiseen malliin, josta se on vaivattomasti hyödynnettävissä. (RIL, 2019). Tietomallin tulee olla sellaisessa muodossa, että sitä voidaan käsitellä useilla laitteilla, ja sen tulee olla tiedostomuodossa, joka on yhteisesti sovittu standardi alalla. Projektitasolla tietomallia voidaan hyödyntää tiedonhallintaan. Kaikki projektin osapuolet pääsevät käyttämään projektin muiden osapuolten tietomalliin tallentamaa aineistoa. (National Institute of Building Sciences, 2019)

Etuna perinteiseen dokumenttipohjaiseen toimintatapaan tietomallinnuksessa kaikki tieto on tallennettuna yhteen paikkaan useiden eri piirustusten ja dokumenttien sijaan, ja tarvittavat dokumentit voidaan aina tulostaa valitsemalla tietomallista halutut osat. Näin esimerkiksi työvaihekohtaisia kuvia voidaan valita mallista suppeammalla tietosisällöllä, mikä helpottaa niiden tulkintaa ja tekee samalla kuvien lukemisesta työmaalla selkeämpää. Toinen merkittävä etu tietomallissa perinteiseen toimintatapaan nähden on, että mallista voidaan tuottaa tarvittavia dokumentteja joko automaattisesti tai

puoliautomaattisesti. Näin varmistutaan samalla myös siitä, että tuotetut dokumentit eivät ole ristiriidassa keskenään. Samalla voidaan varmistua siitä, että määrällistat vastaavat mallissa esitettyjä määriä, mikä puolestaan auttaa tekemään tarkempia hankintoja ja arvioimaan kustannuksia. (RIL, 2019)

Kaikki 3D mallit eivät automaattisesti ole tietomalleja, sillä tietomalleihin tulee aina sisältyä muuta kuin pelkkä visualisointi mallinnettavasta kohteesta. Perinteisessä suunnittelussa kaksiulotteisia malleja yhdistelemällä luodaan kolmiulotteinen (3D) esitys. Tietomalliin tulee aina sisältyä määrällinen tieto käytettävistä objekteista, jossa on mahdollista helposti muokata niiden sijaintia tai kokoa valitsemalla kyseinen objekti ja muuttamalla sen tietoja. Lisäksi tietomalliobjektiin tehtyjen muutosten tulee automaattisesti siirtyä näkymästä toiseen. (Eastman et al. 2011, s. 19) Tietomalliin tulee myös mallintaa komponenttien attribuuttitiedot, kuten materiaali, mekaaniset tai sähköiset ominaisuudet, sekä tieto mahdollisesta asennusjärjestyksestä. (Tekla, 2019)

Tietomallien tuottamiseen on olemassa useita suunnitteluohjelmia, ja suuremmilla hankkeilla on usein eri suunnittelualoja, joiden tuottamat mallit tulee kytetä koostamaan yhdeksi kokonaisuudeksi, eli yhdistelmämalliksi. Tämän takia tarvitaan yhteinen siirtomuoto, jotta mallinnetut objektit saadaan koottua. Kaksi yleisimmin käytössä olevaa avointa formaattia tietomallintamisessa ovat rakennusten ja taitorakenteiden kuten siltojen mallintamisessa käytetty IFC-formaatti, sekä infrapuolella hyödynnettävä LandXML-formaatti. (RIL, 2019). Vuonna 2019 päivitettyissä Yleisissä inframallinnusvaatimuksissa (jäljempänä YIV2019) tosin todetaan, että tietyiltä toiminnoiltaan edellä mainitut avoimet formaatit ovat ominaisuuksiltaan riittämättömiä. Tietomalleihin siirtymässä ollessa tietoa joudutaankin siirtämään vielä esimerkiksi suunnittelujärjestelmien omissa natiiviformaateissa tai dwg-formaatissa (YIV2019, 2019). XML (Extensible Markup Language) on World Wide Web Consortiumin kehittämä tekstiformaatti, jossa tiedon merkitys voidaan kuvata itse tiedon kanssa (W3C, 2016). LandXML puolestaan on XML-pohjainen tiedostomuoto, jolla voidaan siirtää mittaus- ja suunnittelumatietoa (Syrjä, 2018). LandXML-formaatissa tiedosta tietomalliin rakentuminen on esitetty kuvassa 2.1.



Kuva 2.1 LandXML tietomallin rakentumisperiaate (LandXML.org, 2016).

Kaapeleille LandXML tiedostoformaattissa ei ole olemassa omia elementtejä, mutta ne voidaan siirtää PlanFeatureina samaan tapaan kuin esimerkiksi aidat, kaiteet ja puomit esitetään tietomalleissa. Kaapeleita voidaan käsitellä viivamaisina kohteina, ja niihin voidaan liittää haluttuja tietoja kuten kaapelin omistaja, tyyppi, tunnus ja tilavaraus, eli kaapelin paksuus.

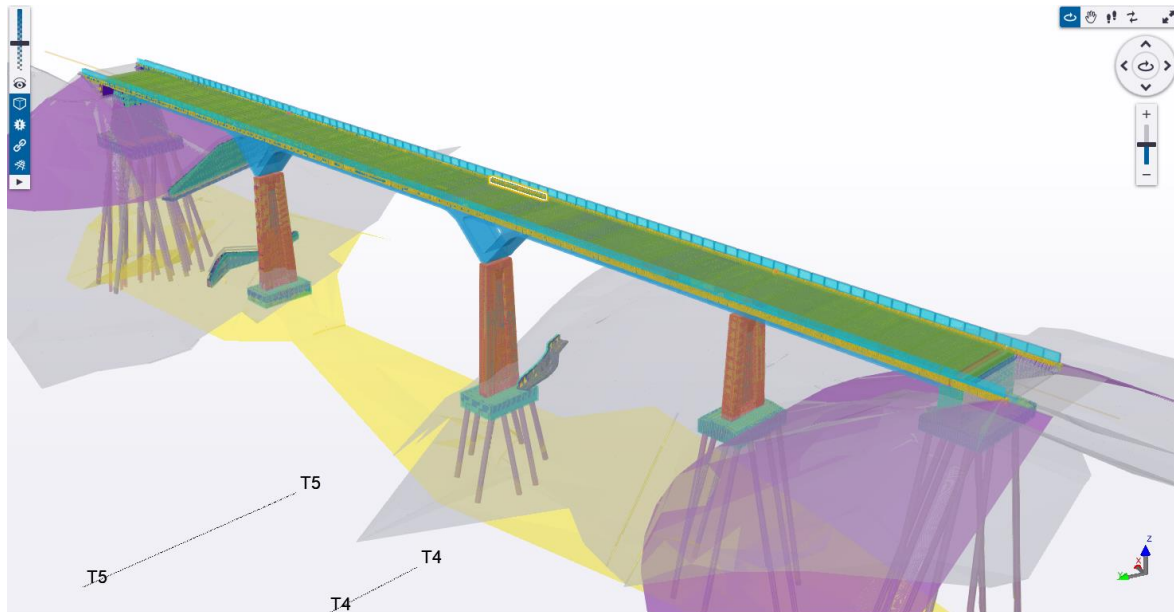
Tietomalleja käytetään etenkin rakennusten kustannusten arviointiin, mutta niitä voidaan käyttää myös infrakohteissa. Mallia luodessa rakennusmateriaalien hinta voidaan yhdistää tietomalliin ja näin luoda samalla automaattisesti kustannusarvio kohteen materiaaleista, jota voidaan hyödyntää kohteen kokonaiskustannusten arvioinnissa. (Eastman, Liston, Sacks, Teicholz, 2011. s. 22) Näin ollen on mahdollista luoda useita eri vaihtoehtoja, joista voidaan päättää kustannustehokkain ratkaisu. Etuna perinteisille paperille tehtäville suunnitelmille tai kaapelikartoille on myös tietomallien helppo päivitettävyyden, koska muutokset päivittyvät helposti tietomallin muihinkin osiin.

Hankkeen toteutumisen jälkeinen ylläpito helpottuu myös tietomallintamisen myötä, koska tietomalliin voidaan kerätä kaikki tieto käytetyistä materiaaleista, huolto-ohjeista, sekä myös valokuvat esimerkiksi rakennustyön valmistuttua piiloon jäävistä rakenteista. Tietomallin luoneen urakoitsijan luo-

vuttaessa ylläpitotietomallin tilaajalle, jää myös tälle ajan tasalla oleva tieto kohteesta. Tilaajan hallinnoimiin alkuperäisiin suunnitelmiin on voinut tulla muutoksia, joiden asianmukaisesta dokumentoinnista ei aina voida varmistua.

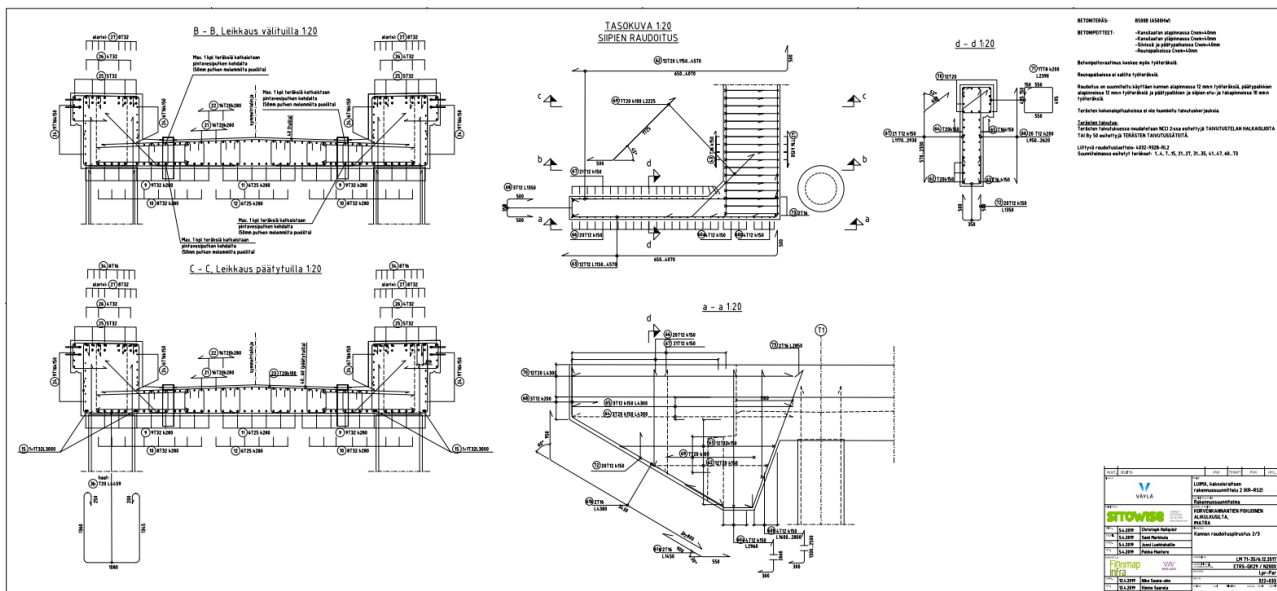
Haasteena tietomallien käyttöönotossa on niiden suuri eroavaisuus nykyisin käytössä olevaan CAD-pohjaiseen suunnitteluun. Jotta tietomalleja voitaisiin hyödyntää tehokkaasti, henkilökuntaa ja etenkin suunnittelijoita on koulutettava käyttämään tietomalleja. Yksistään tämä ei riitä, vaan mikäli halutaan, että tietomalleja hyödynnetään laajasti suunnittelussa, on myös tilaajaorganisaatioiden sitouduttava hyväksymään tietomallien käyttäminen suunnittelussa, toteuttamisessa ja ylläpidossa, sekä kunnossapitopuolen sitouduttava hyödyntämään ja päivittämään heille luovutettua tietomallia työnsä tukena.

Rautateihin liittyvissä hankkeissa tietomallien hyödyntäminen on vielä vähäistä, ja vaikka esimerkiksi rautatiesilloista nykyään luodaankin sekä suunnitelmamallit, että rakennustyön edistyessä toteutumamallit, ovat tietomallit käytössä lähinnä suunnittelun ja havainnollistamisen tukena. Itse rakennustyössä käytettävät suunnitelmat ovat edelleen CAD-pohjaisia PDF-muotoon tuotuja kuvia, joissa yhteen piirustukseen tehdyt muutokset eivät automaattisesti siirry muihin, vaan ne tulee siirtää manuaalisesti. Kuvassa 2.2 on esitetty Saimaan kanavan ratasillan tietomalli Teklan Trimble Connect -ohjelmasta otetussa kuvakaappauksessa. Tietomallin avulla saadaan luotua kolmiulotteinen näkymä, jota voidaan tarkastella mistä tahansa kulmasta, ja näkymään voidaan valita juuri ne rakennusosat, joita kulloinkin halutaan tarkastella. Mallista voidaan esimerkiksi valita näkyviin ainoastaan sillan pilarit ja niiden raudoitukset, mikäli halutaan tarkastella, miten raudoitukset on suunniteltu sillan rakenteissa toteutettavaksi. Lisäksi jokaista rakenneosaa voidaan tarkastella erikseen ja siihen liittyy attribuuttitietoja kuten materiaali- tai mittatietoja.



Kuva 2.2 Kuvakaappaus Teklan Trimble Connect -ohjelmasta. Kuvassa Saimaan kanavan uuden ratasillan tietomalli.

Varsinainen rakennustyön toteutus tapahtuu ratarakentamisessa vielä perinteisten kaksikulotteisten suunnitelmien pohjalta, kuten kuvassa 2.3 on esitetyn raudituspiirustuksen perusteella. Tietomallien rooli on vielä tällä hetkellä toimia rakennusaikana lähinnä informatiivisina havainnollistamistyökaluina, mutta toteuman mukaan rakennettuja tietomalleja voidaan kuitenkin tulevaisuudessa hyödyntää esimerkiksi korjaus- tai muutostöissä.



Kuva 2.3 Sillan kannen raudituspiirustus.

2.2 Kaapelit ja putket rautatieympäristössä

Puhuttaessa rautatieympäristöstä on tärkeää tietää mitä kaikkea siihen kuuluu pelkän ratapenkereen ja sen päällä sijaitsevien ratakiskojen lisäksi. Aluksi tulee määritellä mitä kaikkia osia rautatiejärjestelmässä on, jotta voidaan käsitellä rautatieympäristöä laajempänä kokonaisuutena. Rautatiejärjestelmä koostuu rataverkosta, sekä kaikista siihen liittyvistä rakennuksista, laitteista ja järjestelmistä, joita tarvitaan rautatieliikenteen mahdollistamiseksi ja turvaamiseksi. Lisäksi rataverkolla liikkuva kalusto, kuten veturit, vaunut ja erilaiset radan kunnossapitoon ja rakentamiseen liittyvät työkoneet ovat osa rautatiejärjestelmää. Tarkemmin määriteltynä rautatiejärjestelmän rakenteet sisältävät radan alus- sekä päällysrakenteen, sähköradan kaikkine komponentteineen, turvalaitteet, vahvavirtalaitteet, merkit, matkustaja- ja tavaralaiturit, rautatiesillat ja muut rakenteet, kuten tukimuurit, kalusteet, opasteet ja asema- sekä turvalaiterakennukset. (Liikennevirasto, 2018a)

Rautatieympäristössä on edellä mainittujen rautatiejärjestelmän komponenttien lisäksi runsaasti erilaisia niin rautatiejärjestelmään liittyviä kaapeleita kuin myös kolmansien osapuolten johtoja, kaapeleita, sekä myös vesi-, kaasu- ja muita putkia. Liikennepaikoilla ja ratapihoilla radansuuntaiset kaapelit on yleensä sijoitettu radan vieressä kulkeviin kaapelikouruihin kunnossapidon helpottamiseksi ja kaivutöiden välttämiseksi, mikäli tulee tarve lisätä tai poistaa olemassa olevia kaapeleita alueelta. Kaapelikourujen lisäksi myös kaapelikaivoja käytetään etenkin siellä, missä kaapelit vaihtavat radan puolta, eli tekevät radan alituksia tai haarautuvat esimerkiksi turvalaitetiloihin. Kaapelikaivoihin jätetään yleensä kaapeleiden asennusvaiheessa kiepille ylimääräistä kaapelia, mikäli myöhemmin ilmenee tarvetta siirtää kaapelia. Näin välttyään kaapelijatkosten tekemiseltä, mikä usein vaikuttaa junaliikenteeseen etenkin turvalaittekaapeleiden osalta. Liikennepaikkojen ja ratapihojen ulkopuolisilla alueilla, eli niin kutsutuilla linjaosuuksilla kaapelit on useimmiten kaivettu tai aurattu ratapenkereeseen, sillä kaapelikanavien rakentaminen pitkille linjaosuuksille on kallista ja hidasta verrattuna auraamiseen. Mikäli kaapeleiden reitteihin tai pituuksiin tarvitsee tehdä muutoksia, on niitä linjaosuuksilla muutoinkin helpompi toteuttaa kaivamalla kaapelit esiin kuin usein useampiraiteisilla ja vilkkaamilla liikennepaikoilla. Kolmansien osapuolten kaapeleita, joita kulkee usein radan suuntaisesti ovat esimerkiksi teleoperaattoreiden omistamat tietoliikennekaapelit.

Radan suuntaisten kaapeleiden lisäksi rautatieympäristössä kulkee paljon myös poikkisuuntaisia kaapeleita, jotka voivat olla radan alituksia alikulkusiltojen kohdilla tai alitusputkissa, radan suuntaisista kaapeleista haarautuvia kaapeleita, tai ylikulkusilloilla silloissa kulkevia radan ylityksiä. Poikkisuun-

taisia kaapeleita on niin rautatiejärjestelmään liittyviä, eli Väyläviraston omistamia kuin kolmansienkin osapuolien omistamia kaapeleita. Ratahallintokeskuksen (nykyinen Väylävirasto) julkaisussa B 13 Yleisohje johdoista ja kaapeleista Ratahallintokeskuksen alueella risteämä, joka sijaitsee rautatiealueella, määritellään seuraavasti: *"Risteämällä tarkoitetaan ilmajohtoa tai maakaapelia, tai niihin liittyvää rakennetta, joka sijaitsee rautatiealueella. Se saattaa ylittää tai alittaa raiteen tai pelkästään kulkea rautatiealueella, pylväissä, rakennuksissa tai muissa rakenteissa (kuten tie- tai alikulkusillat, kaapelikanavat ym.)"* (RHK, 2004, s. 3). Risteämää varten on sitä rakentavan tahon tehtävä suunnitelma, josta käy ilmi muun muassa risteämän rakentamispaikka suhteessa rataan ja ratapylväisiin, risteämän tyyppi ja käyttö, asennustapa, reitti, sekä rautatiealueelle tulevat laitteet ja rakennelmat kuten jakokaapit tai muut vastaavat. Mikäli risteämän suunnitelmat hyväksytään Väylävirastossa, suorittaa risteämäluvan hakija tarvittavat lupamaksut ja saa näin ollen luvan rakentaa risteämänsä rautatiealueelle. Lupa voi liittyä myös esimerkiksi junaturvallisuuteen tai tiedossa oleviin suunnitelmiin liittyviä erityisehtoja. Radan kanssa risteävien maakaapeleiden asennuksessa tulee käyttää kanavaa tai putkea, jotta kaapeli voidaan tarvittaessa vaihtaa tai poistaa ilman rataan vaikuttavia kaivutöitä. Rautatiealueen yli- ja alikulkusilloille asennettaville kaapeleille tulee myös hakea risteämäluvat. (RHK, 2004, s. 4–12)

Kolmannen osapuolen kaapelin haltijan poistaessa risteämäluvan saaneen kaapelinsa käytöstä, tulee tämän irtisanoa risteämälupansa kirjallisesti ja poistaa asentamansa kaapeli, johto tai putki asetettuna määräaikaan, ellei muutoin ole sovittu. Mikäli poistaminen ei ole mahdollista maakaapeleiden tapauksessa, tulee ne katkaista rautatiealueen molemmiin puolin ja eristää niiden päät maapotentialin leviämisen estämiseksi. Myös kaapelin tai johdon omistajuuden muutoksesta tulee ilmoittaa risteämäluvan myöntäjälle, jotta risteämäluparekisteri pysyy ajantasaisena. (RHK, 2004, s. 6)

Kuvassa 2.4 on esitetty ote (Luumäki)-(Lappeenranta)-(Imatra T)-Parikkala rataosan sähköjohtojen ja kaapeleiden risteämälueetelosta. Luettelosta löytyy tieto, millä liikennepaikalla tai liikennepaikkavälillä kyseinen risteämä sijaitsee, risteämän ratakilometri, risteämäluvan myöntämispäivämäärä, tyyppi, risteämälaji (S tarkoittaa sähköjohtoa tai maakaapelia), onko kyseessä radan ylitys (YL) vai alitus (AL), kuvaus kaapelin tyypistä ja mahdollisista lisätiedoista, sekä kyseisen risteämäluvan numero. Taulukosta on poistettu risteämälupien haltijoiden osoitteet taulukon selkeyttämiseksi. Kuten risteämälupaluettelosta voidaan todeta, on risteämälupia myönnetty paljon ja risteämiä näin ollen tiheässä. Luettelossa on risteämiä todella pitkältä aikaväliltä ensimmäisten ollessa 1930-luvulta ja vii-

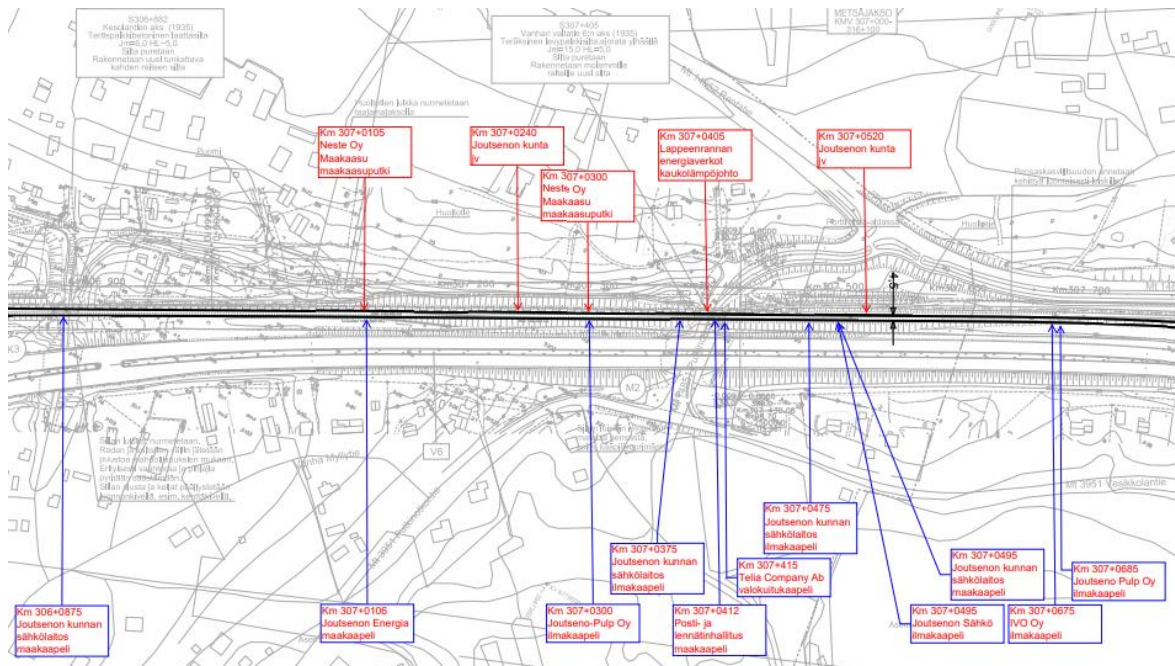
meisimpien kyseisellä listalla vuodelta 2016. Kuten edellisessä kappaleessa on mainittu, tulisi käytöstä poistetuista risteämäluvista ilmoittaa risteämärekisterin ylläpitäjälle. Käytännössä ilmoitusta käytöstä poistetusta kaapelista ei useinkaan tehdä. Tämän takia vanhat käytöstä poistetut kaapelit, jotka omistavaa yritystä tai tahoja ei välttämättä ole ollut olemassakaan vuosikymmeniin, jäävät roikkumaan luetteloon. Myöskään kaapeleiden siirroista ei useinkaan ilmoiteta, jolloin edelleen käytössä olevien kaapeleiden risteämätiedot voivat olla virheellisiä.

LUVAN HAKIJA	LIIKENNEP AIKKA	RISTEÄMÄ RATAKM	LUPAPVM	RISTEÄMÄTYPPI	LAJI	YL/AL	KUVAUS	LUPANRO
Oy Hackman Ab	Lrs-Jts	0305+0360	12.4.1985	Ilmakaapeli	S	YL	Maakaapeli ?????, ilmakaapeli 33 kV	Stt 277/423/85
Joutsenon kunta	Lrs-Jts	0305+0378	13.6.1988	Siltakaapelit	S	AL	tievalaistus	K-S rtp 12/423/88
Suomen Kantaverkko OY J	Joutseno	0305+0380	3.3.1998	Ilmakaapeli	S	YL	Ilmakaapeli 2x110kV	I-S sa 21/541/98
Nokia Oy	Jts	0306+0000	15.8.1983	Maakaapeli	S	AL	Maakaapeli 10 kV/380/220 V	Stt 4275/423/83
NOKIA CHEMICALS	Jts tehdasalue	0306+0000	15.6.1988	Maakaapeli	S	AL	Maakaapeli 10 kV/0.4 kV	K-S rtp 13/423/88
Posti- ja lennätinhallitus	Jts-Rah	0306+0570	11.7.1977	Maakaapeli	S	AL		Ko 4133/432/77
Joutsenon kunnan Sähkölaitos	Jts-Rah	0306+0875	16.11.1979	Maakaapeli	S	AL	tievalaistus, Maakaapeli 380/220 V	Stt 4497/423/79
Joutsenon Sähkö	Jts-Rah	0307+0106	16.11.1979	Maakaapeli	S	AL	Maakaapeli 20 kV	Ko 4823/423/76
Joutseno-Pulp Oy	Jts	0307+0300	23.10.1968	Ilmakaapeli	S	YL	Ilmakaapeli 380/220 V	Stt 1676
Posti- ja lennätinhallitus	Jts-Rah	0307+0412	3.3.1976	Maakaapeli	S	AL		Ko 5087/432/75
Joutsenon Sähkö	Jts	0307+0495	26.2.1953	Ilmakaapeli	S	YL	Ilmakaapeli 20 kV	Stt 369/285
Joutsenon kunnan Sähkölaitos	Jts-Rah	0307+0495	13.10.1982	Maakaapeli	S	AL	tievalaistus, Maakaapeli 380/220 V	Stt 4360/423/82
IVO Oy	Jts	0307+0675	8.4.1971	Ilmakaapeli	S	YL	Ilmakaapeli 110 kV	Ko 2207/1263
Joutseno-Pulp Oy	Jts	0307+0685	8.4.1971	Ilmakaapeli	S	YL	Ilmakaapeli 30 kV	Ko 2274/1264/71
Joutsenon kunnan Sähkölaitos	Jts-Rah	0307+0775	9.8.1982	Ilmakaapeli	S	YL	kertamaksu 1 pylvas, Ilmakaapeli 20 kV/380/220 V	Stt 4211/423/82
Nokia Oy	Jts-Rah	0308+0648	23.2.1984	Maakaapeli	S	AL	Maakaapeli 380/220 V	Stt 371/423/84
Joutsenon Sähkö	Jts-Rah	0308+0827	16.11.1976	Ilmakaapeli	S	YL	Ilmakaapeli 20 kV	Ko 4824/423/76
Joutsenon Energia OY	Joutseno	0308+0827	26.5.1993	Maakaapeli	S	AL		Kv sa 7/642/93
Ab Kaukas Fabrik	Jts-Rah	0309+0124	3.8.1938	Ilmakaapeli	S	YL	Ilmakaapeli 35 kV	Ko 927
IVO Oy	Jts-Rah	0309+0707	9.9.1976	Ilmakaapeli	S	YL	Ilmakaapeli 110 kV	Ko 4563/423/76
IVO Oy	Jts-Rah	0309+0720	9.9.1976	Ilmakaapeli	S	YL	Ilmakaapeli 110 kV	Ko 4562/423/76
Joutsenon Sähkö	Jts-Rah	0310+0000	19.11.1946	Ilmakaapeli	S	YL	Honkal.Sahan raid.km1+293/1+476m, Ilmakaapeli 20 kV	Kos 2086/1363
Joutsenon Sähkö	Jts-Rah	0310+0000	19.11.1946	Ilmakaapeli	S	YL	Honkalahden Sahan raide km 1 + 244 m, Ilmakaapeli 20 kV	Kos 2086/1364
Joutseno-Pulp Oy	Jts	0310+0000	1.9.1952	Maakaapeli	S	AL	Pulpin raide 2559 m Jts.sta, Maakaapeli 220 V	Stt 1793/911
Joutseno-Pulp Oy	Jts-Rah	0310+0244	2.7.1956	Maakaapeli	S	AL	Maakaapeli 6 kV/2*380/220 V	Stt 1403/684
Joutsenon Sähkö	Jts-Rah	0310+0711	24.11.1932	Maakaapeli	S	AL	Maakaapeli 220/380 V	Ko 888/2161
Joutsenon Sähkö	Jts-Rah	0310+0799	24.11.1932	Maakaapeli	S	AL	Maakaapeli 220/380 V	Ko 888/2161
TELE Imatra	Jänhialä	0313+0626	19.4.1991	Maakaapeli	S	AL		Kv sa 17/642/91
Joutsenon Energia OY	Jänhialä	0313+0720	26.1.2001	Maakaapeli	S	AL		I-S sa 365/541/01
Joutsenon kunnan Sähkölaitos	Jts-Rah	0313+0770	17.11.1981	Maakaapeli	S	AL	Maakaapeli/Ilmakaapeli 380/220 V	Stt 4519/423/81
Joutsenon kunnan Sähkölaitos	Jts-Rah	0314+0470	9.4.1984	Ilmakaapeli	S	YL	kertamaksu 6 maapistettä, Ilmakaapeli 20 kV	Stt 3191/423/84
Joutsenon Sähkö	Jts-Rah	0315+0750	24.7.1978	Ilmakaapeli	S	YL	Ilmakaapeli 20 kV	Stt 4394/423/78
Joutsenon Sähkö	Jts-Rah	0315+0996	11.12.1968	Maakaapeli	S	AL	Maakaapeli 380/220 V	Stt 2040
TELE Imatra	Jts-Rah	0317+0452	19.4.1989	Maakaapeli	S	AL		Kv sa 5/432/89

Kuva 2.4 Ote sähköjohtojen risteämäluvuettelosta (Luumäki)-(Lappeenranta)-(Imatra T)-Parikkala rataosalta.

Risteämät esitetään rakennushankkeilla, kuten esimerkiksi tässäkin työssä myöhemmissä luvuissa käsiteltävässä Luumäki-Imatra ratahankkeessa myös suunnitelmakartta-aineistossa. Tällä tavoin risteämät havainnollistuvat myös maastoon ja niiden tarkempi sijainti on helpompi määrittellä. Kartalla esitetyt risteämät ovat erityisen tärkeitä alueella tehtävien rakennusurakoiden, kuten toisen raiteen rakentamisen kannalta, sillä laajoissa kaivutöissä tulee tietää kaikki mahdolliset kaapelit, joita urakka-alueelta löytyy. Kuvassa 2.5 on esimerkkinä esitetty Joutsenossa ratakilometriviälillä km 306+400–307+800 sijaitsevat risteämät (ratakilometri ilmoitetaan kilometrinä Helsingin päärautatieasemalta kasvaen pohjoiseen päin mentäessä. Lisäksi rataosuus tulee ilmoittaa, sillä samat ratakilometrit voivat sijaita usealla rataosuudella (Liikennevirasto, 2011, s. 11)). Suunnitelmakartasta voidaan todeta, että erityisesti taajamien läheisyydessä olevilla rata-alueilla risteämiä on runsaasti, sillä

alueella on niin kunnallistekniikkaa, valokuitukaapeleita, tehtaiden kaapeleita kuin maakaasuputkia-kin.



Kuva 2.5 Suunnitelmapaketti, jossa näkyvät alueella sijaitsevat kaapeliristeämät.

Käytöstä poistetuista, eli niin kutsutuista kylmistä kaapeleista aiheutuu ongelmia, mikäli risteämälueilla tehdään kaivu- tai rakennustöitä, jotka vaikuttavat maassa oleviin kaapeleihin. Mikäli tietoa kaapelin käytöstä poistosta ei ole ilmoitettu risteämälueeteluun, joudutaan jokaisen kaapelin kohdalla selvittämään sen nykyinen omistaja, jolta tieto kaapelin tilasta saadaan. Etenkin vanhojen risteämien kohdalla omistajan selvittäminen voi usein olla haastavaa kaapeleiden omistavan tahon lakkauttamisen ja yhteystietojen vanhentumisen takia. Pahimmassa tapauksessa tuntemattomat kaapelit voivat viivästyttää kaivu- tai rakennustöitä, sillä kaikkiin tuntemattomiin kaapeleihin on suhtauduttava kuten ne olisivat edelleen käytössä. Kaapeleiden jatkoksista ja siirroista vastaa niiden omistaja, eikä esimerkiksi rataa kohdistuvia rakennustöitä suorittava urakoitsija voi omin päin mennä katkaisemaan tai jatkamaan kaapeleita. Tästä aiheutuu turhaa selvitystyötä, kustannuksia ja virheellisistä kaapeleiden sijaintien tiedoista myös mahdollisia kaapelivaurioita, jotka voitaisiin välttää ajan tasaisilla risteämälueeteluilla.

Risteämälueeteluihin ilmoitettujen risteämien lisäksi rataverkolla on myös luvattomia risteämiä, eli kaapeleita, johtoja tai putkia, joiden asennuksesta radan poikkisuuntaisesti ei ole tehty asiaankuuluvaa risteämälupahakemusta. Tällaisia risteämiä ovat etenkin radan alittavien alikulkusiltojen kohdilla

alikulkevien teiden varten asennetut kaapelit. Nämä ovat erityisen ongelmallisia, sillä mikäli risteämistä ei ole virallista tietoa muualla kuin sen omistajalla, on kyseisestä kaapelista mahdotonta järjestää etukäteen kaapelinäyttöä tiedon puuttuessa. Näin ollen kaapelin olemassaolo saatetaan huomata vasta sen vaurioituessa kaivutyön yhteydessä, mistä voi aiheutua vahinkoa kaapelin omistajalle, hänen liiketoiminnalleen ja asiakkailleen, sekä kaapelin katkaiselle urakoitsijalle. Onkin siis ensiarvoisen tärkeää, että kaikkien risteämien asentamista valvotaan ja huolehditaan, että toimitaan asiaan kuuluvan lupamenettelyn kautta. Risteämien käytöstä poistamisesta ilmoittamisen valvonta on vaikeampi tehtävä, mutta sitä voisi yrittää ratkaista esimerkiksi viiden vuoden välein massana kaikille risteämälupien haltijoille lähetettävällä kyselyllä. Samalla yhteystietojen ajantasaisuus parantuisi.

Rautatieympäristöön asennettavat kaapelit tulee merkitä merkkipaaluin, siten että reitti on radan läheisyydestä katsottuna paikallistettavissa. Paalut tulee sijoittaa kaapelireitin suunnan muutoksien kohdille ja suorille osuuksille noin 100 metrin välein. Kuvassa 2.6 on esitetty esimerkkinä Riihimäki-Lahti rataosuudella sijaitseva kaapelin merkkipaalu.



Kuva 2.6 Rata-alueella sijaitsevan kaapelin merkkipaalu.

Alituksissa merkit on asetettava molemmille puolille rataa (RHK, 2004, s. 12). Kaapeliojaan kaapelia kaivettaessa tai aurattaessa kaapelin yläpuolelle 0,2–0,4 m syvyydelle maanpinnasta tulee asettaa ohut varoitusnauha, jotta kaapelia osataan kaivutöitä tehdessä varoa (RHK, 2001, s. 13). Esimerkki Riihimäki-Tommola kuitukaapelointiurakan aurauksen yhteydessä asennetusta kaapelinauhasta on esitetty kuvassa 2.7.



Kuva 2.7 Ratapenkkään auratusta kaapelista kertovan varoitusnauhan asennusta.

Nämä säännökset koskevat niin rautatiejärjestelmään kuuluvia, kuin kolmansienkin osapuolten kaapeleita. Kokemus on kuitenkin osoittanut, että tätä käytäntöä noudatetaan vaihtelevasti, ja monin paikoin asiaankuuluvat merkit puuttuvat kokonaan tai ovat puutteellisia.

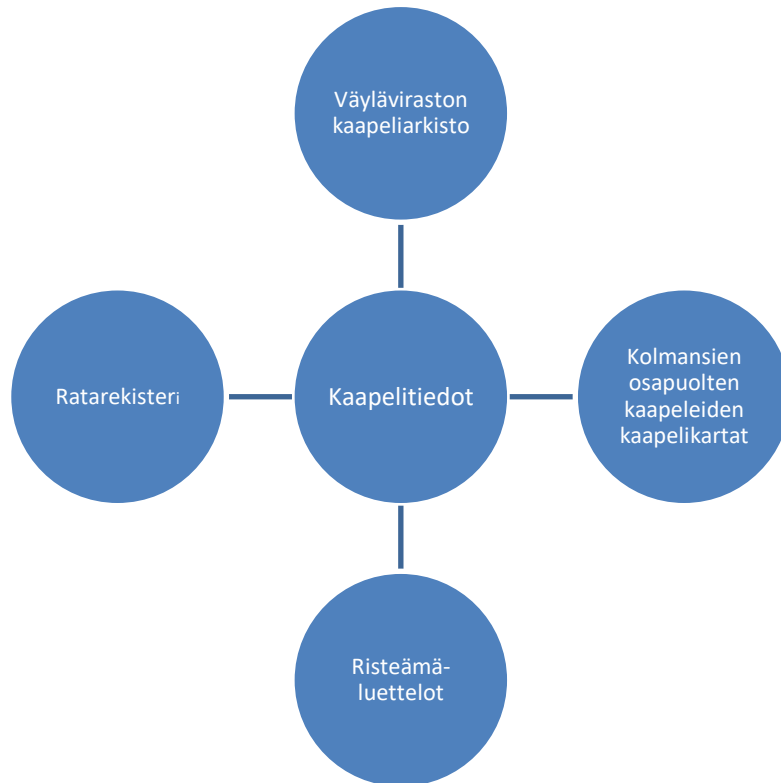
2.3 Nykytilanne kaapeli- ja johtotiedon hallinnassa

Kuten jo johdannossa on mainittu, on johtotietojen hallinta nykytilanteessa ongelmallista. Tiedot kaapeleista ja risteämisistä ovat hajallaan eri tahojen omissa järjestelmissä ja kartoissa, eikä niitä yhdistävää mallia tai tietopankkia ole nykyisellään olemassa. Tämä muodostuu ongelmaksi esimerkiksi rakennustöiden yhteydessä, kun kaapelinäyttöjen tilaamisesta huolimatta maan sisältä saattaa löytyä kaapeleita, joiden olemassaolosta ei ole ollut tietoa tehdystä selvitystyöstä huolimatta.

Väyläviraston kaapeleiden hallinta on keskitetty kaapelikarttarekisteriin, jossa oleva aineisto koostuu projekteille tuotetuista kaapelikartoista. Arkistosta löytyvä aineisto on hajanainen, ja samoilta alueilta löytyy useita kartoja, joiden ulkoasu ja sisältö vaihtelee. Lisäksi vanhempi aineisto on tallennettu tiedostomuotoihin, kuten PDF- tai TIFF (Tagged Image File Format)-formaatteihin, jotka eivät suoraan mahdollista nykyaikaista tiedonhallintaa. Tämä johtuu osittain siitä, että vuoteen 1996 asti kartoitukset tehtiin mittanauhan avulla ja kartat piirrettiin käsin. Uudempi aineisto on tallennettu 2-ulotteisiin Autocad-kuviin, ja niiden mittaukset on tehty takymetri- tai GNSS (Global Navigation Satellite System) -mittauksina. Kaapelikarttarekisterin kartat on dokumentoitu ratateknisten piirustusohjeiden mukaisesti, ja aineistolle on olemassa pääsääntöisesti aikaan sidottu tieto. Kaikkia päivityksiä ei kuitenkaan ole viety rekisteriin, joten aineiston ajantasaisuudesta ei ole tietoa. (Leppänen, 2019)

Ratarekisterin lisäksi tietoja rata-alueella sijaitsevista kaapeleista hallinnoivat myös kolmannet osapuolet, joiden omien kaapeleiden sijaintitiedot ovat tallennettuna heidän omiin järjestelmiinsä. Usein näiden kaapeleiden kaapelinäytöt on ulkoistettu jollekin kaapelinäyttöryitykselle, jolta tieto kaapeleiden sijainneista löytyy. Samalla kaapelinäyttöryityksellä voi olla näytettävänä useita, ja joissain tapauksissa jopa kaikki tietyllä rataosuudella sijaitsevat kolmansien osapuolten kaapelit. Usein kolmansien osapuolten kaapelit kuitenkin jakautuvat useammalle kaapelinäyttöryitykselle, joilta kaikilta tulee pyytää kaapelinäyttö ennen töiden aloittamista. Kaapelinäyttöjen järjestäminen on aikaa vievää, sillä usein pystytään näyttämään vain yksittäisiä kaapeleita kerralla.

Yksi suurimmista ongelmista nykytilanteessa on risteämäluetteloiden paikkansapitämättömyys. Luvussa 2.2 on kerrottu, että risteämäluvan omistajan tulisi aina ilmoittaa risteämän muutoksista tai käytöstä poistosta, mutta monissa tapauksissa tämä on jäänyt tekemättä. Voi siis olla, että risteämäluettelossa on edelleen vuosikymmeniä sitten käytöstä poistettuja kaapeleita, jotka edelleen näkyvät aktiivisina. Tämä aiheuttaa turhaa työtä rakennustyön yhteydessä, kun kaapelia täytyy varoa kaivettaessa. Esiin kaivettuja kaapeleita täytyy suojata vaurioilta ja kaikkiin kaapeleihin suhtaudutaan lähtökohtaisesti niin kuin ne olisivat käytössä, mikäli muuta tietoa ei ole saatavilla. Kylmien kaapeleiden suojaamisesta ja siirtämisestä aiheutuu turhia kustannuksia, jotka ajantasaisilla risteämätiedoilla voitaisiin välttää. Kuvassa 2.8 on esitetty, miten kaapelitietojen hallinta tällä hetkellä jakaantuu.

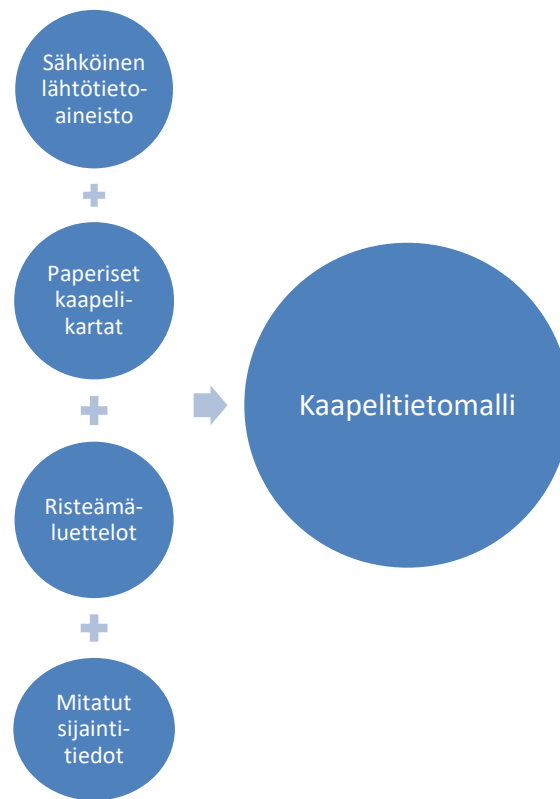


Kuva 2.8 Kaapelitietojen hallinnan nykytilanne.

Ongelmakohta nykyisessä kaapelitiedon hallinnassa on myös siinä, että tieto on esimerkiksi risteämäluetteloissa usein kerättyä Excel-tiedostoihin ja sidottu ratakilometrijärjestelmään, eikä koordinaattipohjaisesti, joten tietoja on vaikea siirtää karttamalleihin. Lisäksi tiedon ajantasaisuudesta ei aina ole varmuutta. On myös mahdollista, että vanhojen risteämien kohdalla ratakilometri on voinut muuttua radan oikaisun seurauksena, jolloin pahimmassa tapauksessa koko ratakilometriä ei enää ole olemassa. Ratateknisissä ohjeissa kerrotaan rataoikaisuista seuraavasti: *"Oikaisun kilometrien määrä määritetään niin, että oikaisun viimeisen ratakilometrin pituus on välillä 500–1500 m. Suurempien oikaisujen kohdalla voi rata lyhentyä niin, että jokin käytössä ollut kilometrinumero jää kokonaan pois. Uusi ratalinja voi myös pidentyä niin, että sama tunnus tulisi usealle ratakilometrille. Tällöin tunnuksiin lisätään kirjaimia alkaen A, B, ... tunnusten saamiseksi yksilöiviksi."* (Liikennevirasto, 2010). Näidenkin tilanteiden kannalta olisi siis huomattavasti parempi siirtyä käyttämään koordinaattipohjaista järjestelmää risteämien dokumentoinnissa, jotta risteämät eivät olisi riippuvaisia ratakilometrijärjestelmästä.

Hajanaisesta kaapelitiedonhallinnasta on rautatieympäristössä tarkoitus siirtyä kohti yhtenäistä, tietokantapohjaista kaapelitietomallia, joka kokoaa kaikki eri lähteistä saatavat tiedot yhdeksi kokonaisuudeksi. Periaate on esitetty kuvassa 2.9 Tähän sisältyy niin sähköisessä muodossa oleva aineisto,

paperisista kaapelikartoista digitoitu aineisto, risteämäluetteloista saatava tieto kuin maastosta mitatut todelliset sijaintitiedot. Näistä tiedoista saadaan koostettua aina tietyltä alueelta yksi malli Väyläviraston, suunnittelijoiden, rakennusurakoitsijoiden, sekä kunnossapitäjän käytettäväksi.



Kuva 2.9 Siirtyminen kohti yhtenäistä kaapelitietomallia.

2.4 Kaapelitietomallien hyödyntäminen muilla sektoreilla

Tietomallien hyödyntäminen johtotietojen hallinnassa eri aloilla on myös murrosvaiheessa. Vuonna 2018 julkaistussa Joonna Siivosen diplomityössä Sähköjakeluverkon tietomallipohjaisen suunnittelun suuntaviivat on tutkittu tietomallien hyödyntämistä sähköverkkoyhtiö Elenian kaapelitiedon hallinnassa. Siivonen on luetellut työssään keskeiset toimenpiteet tietomallipohjaisen suunnittelun käyttöönoton edistämiseksi: *"Havaitun perusteella keskeisimmät toimenpiteet ovat; (1) verkon dokumentoinnin kehittäminen tietomallien näkökulmasta, (2) verkkoyhtiöiden osallistuminen alan standardointiin ja toimintatapojen kehittämiseen, (3) tiedonsiirtorajapintojen kehittäminen, 4) uuden tekniikan ja toimintatapojen pilotointi"*. Samoja toimenpiteitä voidaan soveltaen hyödyntää myöskin rataympäristössä tietomallipohjaista johtotietojen hallintaa käyttöönottaessa. Tavoitteena on, että kaikki uudet rataympäristöön asennettavat johdot ja kaapelit dokumentoitaisiin attribuuttitietoineen

tarpeeksi yksityiskohtaisesti, jotta tietomallit voitaisiin tulevaisuudessa ottaa käyttöön. Tämä edellyttää yhteistyötä kaapeleiden omistajien, niiden asentavien tahojen, alueella mahdollisesti toimivien urakoitsijoiden ja alueiden kunnossapitäjien välillä.

Sähköverkkoyhtiöillä on käytössä omia verkkotietojärjestelmiään, joissa kaapelitietoja on esitetty hieman tietomalleja muistuttavaan tapaan. Näissä tietojärjestelmissä ei kuitenkaan esimerkiksi sijaintitieto ole usein tietomallintamisen vaatimalla tasolla ja kaapeleiden todellisia mittoja ei ole verkkotietojärjestelmän käytön kannalta mielekästä esittää niiden todellisessa koossa, vaan kuhunkin näky-mään skaalautuvasti. Tämän takia verkkotietojärjestelmien dataa ei voida suoraan käyttää tietomalleissa ja yhteisrakentamisessa, koska sijaintitiedot olisivat virheellisiä. Sähköverkkoyhtiöillä tietomallien hyödyntämisen yksi haaste liittyy myös siihen, mitkä tiedot ovat oleellisia kussakin tilanteessa. Mikäli tietomallia hyödynnetään verkon kunnossapitoon oman yrityksen sisäisesti, on tärkeää, että siihen sisältyy sähköiset arvot, kun puolestaan yhteisrakentamiseen (usean eri toimijan kanssa samalla työmaalla tapahtuva toiminta) tärkeimmät tietomallista saatavat tiedot ovat komponenttien fyysiset sijaintitiedot ja todellinen koko. Näin voidaan välttyä turhilta kaapelivaurioilta, kun kaikki alueella töitä tekevät osapuolet ovat tietoisia kaapeleiden sijainneista yhteisen tietomallin ansiosta. (Siivonen, 2019)

Tietomalleja ja koneohjausta voidaan käyttää apuna sähkökaapeleiden maakaapeloinnissa, sillä esimerkiksi asennetun kaapelin syvyyskoordinaattia voidaan verrata maanpinnan korkeuteen ja näin olen tarkistaa kaapeloinnissa vaadittujen syvyysvaatimusten täyttyminen. Koneohjaus ja sen tuottama tieto tietomalliin myös mahdollistaa tarkan ja reaaliaikaisen työmaan etenemisen seurannan. Samaa tekniikkaa voidaan hyödyntää myös ilmajohtoilla, mikäli ne ovat laserkeilattuja. Näin voidaan tarkastella kiellettyjä rakenteita, kuten liian lähelle rakennusta asennettua ilmajohtoa. (Siivonen, 2019)

Väylävirasto on myös aloittanut Velho-allianssihankeeseen, jonka tavoitteena on yhdistää kaksi pääkonaisuutta, tiestöjärjestelmä, eli nykyinen tierekisteri ja suunnitelma- ja toteumatietovarasto. Suunnitelma- ja toteumavarasto palvelee kaikkia väylämuotoja, eli teitä, ratoja ja vesiväyliä. Hanke toteutetaan vuosien 2019–2020 aikana. Toteutuessaan siitä saadaan synergiaetuja sekä toiminnallisen, että teknisen toteutuksen kannalta, ja kokonaisuus muodostaa rungon Väyläviraston väyläverkkojen tiedonhallintaan. (Väylä, 2019)

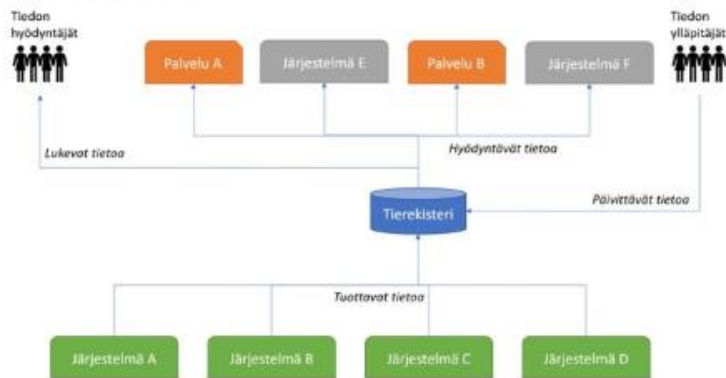
Hankkeen taustana on tiestöjärjestelmäkokonaisuuden uudistuksen tarve, sillä nykyiset järjestelmä-ratkaisut eivät mahdollista kaikkia uusia tiedonhallinnan menetelmiä, joita tulevaisuudessa tarvitaan. Hanke toteutetaan allianssimallilla, sillä näin voidaan luoda avoin toimintaympäristö innovaatioille ja uusille ideoille. Hanke on osa Väyläviraston digitalisaatiohanketta. Allianssihankeeseen kuuluu Väyläviraston lisäksi Sitowise, Ramboll ja Solita. Velho-allianssin tavoitekokonaisuudet voidaan jakaa neljään osaan, jotka on esitelty tarkemmin alla olevassa taulukossa 2.1. (Väylä, 2018)

Taulukko 2.1 Velho-järjestelmän tavoitekokonaisuudet (Väylä, 2018).

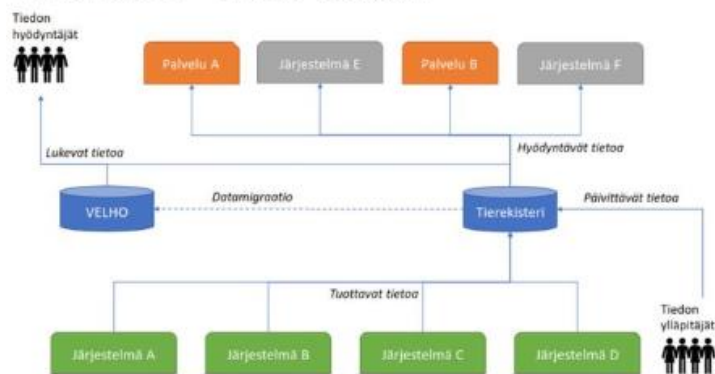
Laatu ja käytettävyys	Integraatiot ja modulaarisuus	Yhteistyö	Elinkaaren hallinta
<ul style="list-style-type: none"> •Tietosisällön puolesta eheä ja yhteiskäyttöinen •Tuntee laadukkaan tietosisällön tasot •Helppokäyttöinen •Selkeä ja käyttäjää ohjaava käyttöliittymä 	<ul style="list-style-type: none"> •Integroituu prosesseihin ja mahdollistaa tiedon automaattisen tallentamisen •Ketterä järjestelmä, joka mahdollistaa nopeat muutokset ja kehityksen seurannan 	<ul style="list-style-type: none"> •Velho sitoo yhteen prosessit ja toimijat niin järjestelmäkuin henkilötasollakin 	<ul style="list-style-type: none"> •Tiedon elinkaaren eri vaiheiden hallinta mahdollistaen historia-, nyky- ja suunnitelmätietojen ylläpidon ja jakelun

Velho-järjestelmäperhe pyritään rakentamaan pilvipalvelupohjaiseksi ja käyttöliittymät tulevat olemaan mahdollisimman helposti käytettäviä selainpohjaisia sovelluksia. Pilvipohjaista ratkaisua verrattuna perinteiseen järjestelmävastaavan ylläpitämään palvelinratkaisuun puoltavat muun muassa riippumattomuus toimintaympäristön muutoksista, kustannustehokkuus, skaalautuvuus, toimintavarmuus ja tietoturvallisuus. Lisäksi pilvipalvelut ovat ketteriä ja niitä on helppo kehittää ilman riippuvuutta palveluntarjoajan ylläpitämästä palvelimesta. Kuvassa 2.10 on esitetty nykytilanne tietiedon hallinnassa ja siirtyminen vaiheittain kohti VELHO-järjestelmää. Tavoitteena on aluksi ottaa VELHO-järjestelmä nykyisen tierekisterin rinnalle ja kasvattaa hankkeen edetessä VELHO-järjestelmän osuutta tiedonhallinnassa ennen siirtymistä siihen kokonaan.

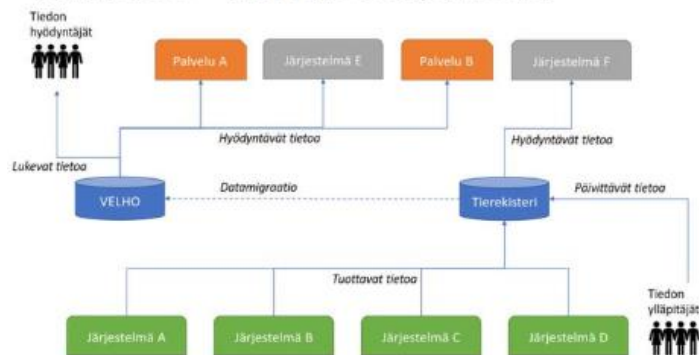
NYKYTILANNE



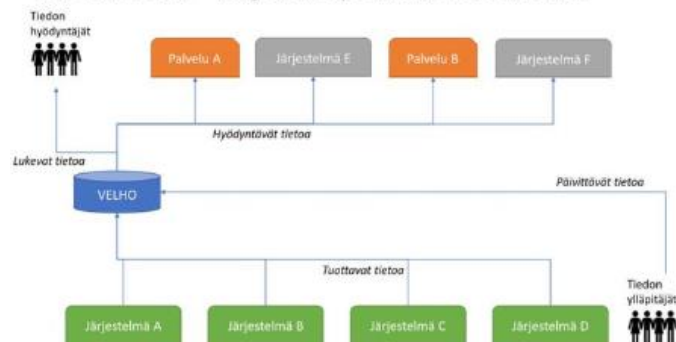
Välitavoite 1 – VELHO mukaan



Välitavoite 2 – VELHO:lle isompaa roolia



TAVOITETILA – Kirjoitusoperaatiot VELHO:lle



Kuva 2.10 VELHO-järjestelmän vaiheittainen käyttöönotto.

Rakennuksien rakentamishankkeilla on myös toteutettu vastaavia hankkeita. Gravicon Oy:n yhteyspäällikkö Matti Kohijoen kanssa käydyssä puhelin- ja sähköpostikeskusteluissa kävimme läpi Graviconin kehittämää Modelspace-ohjelmistoa. Ohjelmiston tavoitteena on kattaa koko rakentamishankkeen elinkaari aina suunnittelusta rakennusvaiheeseen ja edelleen rakennuksen ylläpitoon. Ohjelmiston käytöstä saadaan hyötyä, sillä se edistää tiedonkulkua yli yritysrajojen, sekä tarjoaa ratkaisuja hankejohtamisen haasteisiin, kuten ongelmatilanteiden ennakointiin, sekä aikataulujen ja kustannusten hallintaan. Hankkeiden eri osapuolet, jotka hyötyvät avoimesta ja läpinäkyvästä tiedonkulkusta ja tiedon keskittämisestä hankkeen eri vaiheissa on esitetty kuvassa 2.11. (Kohijoki, 2019)



Kuva 2.11 Modelspace-ohjelmistosta hyötyvät tahot eri rakennusvaiheissa (Kohijoki, 2019).

Modelspacen kaltaisten ohjelmistojen tavoitteena on siirtyä suunnitelma- ja toteumatietojen jake- lusta sähköpostin ja kansipohjaisten projektipankkien välityksellä kohti visuaalisempaa ja keskite- tympää esitystä, josta tieto löytyy helposti. Suurissa rakennuskohteissa esimerkiksi suunnitelmia kertyy valtava määrä, ja niiden eri revisioiden ja päivitysten koottu hallinta voi perinteisillä kei- noilla olla hankalaa, mistä koituu kustannuksia ja aikatauluviivästyksiä toteuttamisvaiheessa. Tieto- mallipohjaiset ohjelmistoratkaisut tarjoavat selkeämpää ja dynaamisempaa hallintaa, ja tiedon histo- rian todennettavuus on helpompaa.

Modelspace on otettu käyttöön onnistuneesti esimerkiksi Espoon tilapalveluissa useiden vakiintu- neiden kohteiden, kuten päiväkotien ja koulujen rakentamisen apuna, sillä samoja pohjia (template) voidaan hyödyntää uusia kohteita rakentaessa. Tällä menetelmällä on saatu kustannussäästöjä, kun jokaiselle samantyyppiselle kohteelle ei aina tarvitse kartoittaa erikseen samoja lähtötietoja ja vaati- muksia. Muita Modelspacea hyödyntäviä hankkeita ovat esimerkiksi Kuopion yliopistollisen sairaa- lan yhteyteen rakennettu psykiatriatalo, sekä Suomen yliopistokiinteistöjen Medisiina D-hanke.

Jälkimmäisessä erityisen hyödyllisiä ovat olleet tilavaatimusten hallintaan liittyvät toiminnot, jotka korvaavat tuhansien Excel-tiedostojen selaamisen. (Kohijoki, 2019)

3. KAAPELINÄYTTÖKOORDINAATTORI -HANKINNAN TOTEUTTAMINEN

LUIMA -hankkeella on törmätty haasteisiin kaapelitiedon paikkansapitämättömyyden kanssa, ja kaapelitietojen selvittämiseen on kulunut kohtuuttomasti resursseja. Kuten edellisissä luvuissa on jo käyty läpi, ovat hankealueen kaapeleiden kaapelitiedot hajanaisesti eri järjestelmissä ja sijainneissa. Monilta osin dokumentoidut tiedot ovat vanhentuneita eivätkä enää pidä paikkaansa. Tästä syystä hankkeelle on päätetty toteuttaa hankinta, jossa kilpailutetaan ulkoinen kaapelinäyttökoordinaattori, jonka tehtävänä on koota kaikki LUIMA -hankealueelta oleva kaapelitieto yhteen paikkaan, sekä mitata maastossa kaapeleiden ja putkien todelliset sijainnit. Tehtävään kuuluu niin Väyläviraston, kuin kolmansienkin osapuolten omistamien kaapeleiden dokumentointi. Kaapelitietojen lisäksi myös risteämälueet tulee saattaa ajantasaiseksi, sillä monet kaapeli- ja putkiristeämät eivät enää ole käytössä. Ne ovat jääneet risteämälueeseen, koska risteämien omistajat eivät ole peruneet risteämälueensa risteämän käytöstä poistumisen jälkeen. Tehtävään valitun kaapelinäyttökoordinaattorin tulee viedä mittaustulokset digitaaliseen, tietokantapohjaiseen muotoon ja Infrakit-sovellukseen, sekä ratakisteriin, jotta aineisto on määrätyn muotoisessa formaatissa ja käytettävissä myös tulevaisuudessa helposti ilman tarvetta tilata paperisia kopioita ja turhaa selvitystyötä kaapeleiden omistajien selville saamiseksi. Hankinnan tavoitteena on siis yhteneväisen kaapelitietomallin luominen koko hankealueesta, joka voidaan luovuttaa radan kunnossapitäjän hyödynnettäväksi sekä päivitettäväksi. Tässä luvussa perehdytään ensin yleisesti hankintojen kilpailuttamiseen laajoilla infrahankkeilla sekä LUIMA-ratahankkeeseen, jonka jälkeen syvennytään palveluntuottajalle asetettuihin vaatimuksiin hankinnan toteuttamiseksi. Lopuksi käydään läpi kaapelinäyttökoordinaattorihankinnan kilpailuttamista ja toteutuksen seuranta hankinnan alkuvaiheessa. Hanke toteutetaan vuosien 2019–2022 välisenä aikana.

3.1 Taustatietoa projektien kilpailuttamisesta infrahankkeilla ja LUIMA-hankkeesta

Infrahankkeella tarkoitetaan rakennushanketta, jonka kohteena on liikenneyhteyksiin, energia- ja vesihuoltoverkostoihin, tai teollisuusinvestointien maa- ja vesirakentamiseen liittyvät kohteet. Tyypillistä infrahankkeille on niiden pitkäkestoisuus, investointien korkea hinta ja laajat ihmisten elinympäristöä muuttavat vaikutukset. Erona esimerkiksi talonrakennushankkeisiin, infrarakennushankkeet vaikuttavat merkittävästi laajemmalla alueella. Infrahankkeet voidaan ryhmitellä uusinvestointeihin, joissa rakennetaan kokonaan uutta infraa, kapasiteetinlisäyshankkeisiin, kuten olemassa olevien väylien laajentamiseen esimerkiksi rakentamalla toinen raide olemassa olevan viereen, sekä ylläpitoin-

vestointeihin, joissa ylläpidetään ja korjataan olemassa olevaa infraa. Ominaista laajoille infrahankkeille on niiden monimutkaisuus, minkä takia hankkeiden toteuttamiseksi vaaditaan laajaa ja monipuolista osaamista, sekä yhteistyötä eri tekniikkalajien välillä. (Siipo, 2004)

Laajuutensa vuoksi infrahankkeet eivät ole ainoastaan yhden yrityksen toteutuksen käsissä, vaan hankekokonaisuus jakautuu usein esimerkiksi projektinjohtoon, mittauksiin ja tutkimuksiin, rakennussuunnitteluun, sekä rakennusurakoihin. Näiden lisäksi infrahankkeelle voi kuulua myös muita asiantuntijapalveluita, jotka eivät sisälly edellä lueteltuihin, kuten esimerkiksi tiedottamiseen ja viestintään liittyvä ulkoinen konsultti. Laajojen infrahankkeiden, kuten tie- ja ratahankkeiden, tilaajana toimii usein valtiollinen tai kunnallinen toimija. Valtiollisia toimijoita ovat esimerkiksi Väylävirasto ja ELY-keskukset. Tilaajaorganisaatiolla ei aina ole riittäviä resursseja toteuttaa kaikkia hankkeeseen liittyviä projektinhallinnallisia tehtäviä, joten hankkeille kilpailutetaan rakennuttajakonsultti, jonka tehtävänä on huolehtia yhteistyössä tilaajan kanssa hankekokonaisuuteen kuuluvien osien kilpailuttamisesta, seurannasta, laskutuksen seurannasta, valvonnasta ja turvallisuudesta.

Osaprojektien, olivat ne sitten suunnittelua, mittausta, tai rakentamista, hankintaan on kolme päätapaa, joita jokaista säätelee julkisten hankintojen hankintalaki: Avoin hankintamenettely, rajoitettu hankintamenettely tai suora hankinta. Esimerkiksi suuret rakennusurakat, joita toteuttavia yrityksiä on Suomessa useita, toteutetaan useimmiten avoimena hankintana. Avoimen hankinnan kansallinen kynnyсарvo on 60 000 euroa. Rajoitettua menettelyä, jossa tarjouspyyntö lähetetään vain muutamille valituille yrityksille, käytetään, kun kyseessä on jokin tietyn tyyppistä osaamista vaativa hankinta, jonka suorittamiseen kykeneviä yrityksiä tiedetään olevan vain muutamia. Suora hankintana puolestaan voidaan tilata esimerkiksi pienehköjä tutkimuksia, jotka suorittavasta yrityksestä on hyviä kokemuksia esimerkiksi aiemmilta vastaavilta projekteilta tai hankkeilta, tai joita suorittavia yrityksiä tiedetään olevan vain yksi. (Laki julkisista hankinnoista ja käyttöoikeussopimuksista 1397/2016)

LUIMA -hanke on alkanut vuonna 2016 ja hankealue on kokonaisuudessaan noin 75 kilometriä pitkä. Hankkeen on määrä valmistua vuonna 2023. Hanke koostuu kahdesta osasta, joista ensimmäinen on Joutseno-Imatra välille rakennettava uusi kaksoisraide, jonka pituus on noin 21 kilometriä. Tähän kokonaisuuteen kuuluu 12 uutta siltaa, sekä kahden sillan levennys. Toinen suurempi kokonaisuus on perusparannus Luumäki-Joutseno välille. Lisäksi hankkeeseen kuuluu osana Karjalan radan sillat -korjausvelkaohjelmaa uuden ratasillan rakentaminen Saimaan kanavan yli Lappeenrannassa, uuden

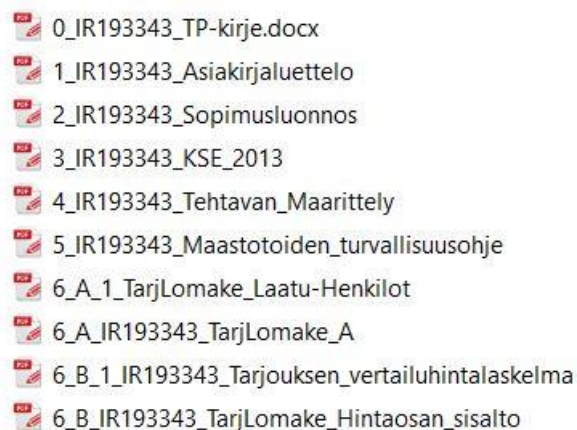
Mansikkakosken ratasillan rakentaminen Vuoksen yli Imatralla ja vanhan Vt6 alikulkusillan uusiminen Joutsenossa. Kokonaiskustannusarvio hankkeelle on 189 M€. Kuvassa 3.1 on esitetty hankealue ja siihen kuuluvat osuudet. (Väylä, 2019)



Kuva 3.1 LUIMA-hankkeen esittelykartta (Väylä, 2019).

Yhtenä hankintana osana LUIMA-hanketta toteutetaan vuosien 2019–2022 aikana kaapelinäyttökoordinaattorihankinta, jonka tarjouspyynnön laatiminen, kilpailuttaminen ja työn alkuun saattamisen seuranta on myös osa tätä diplomityötä. Hankinnan tarkoituksena on saada ajantasainen tieto kaikista hankealueella sijaitsevista kaapeleista, johdoista ja putkista, sekä päivittää luvussa 2.2 käsitelty risteämäluettelo ajan tasalle. Näiden tehtävien lisäksi kaapelinäyttökoordinaattorin toimenkuvaan kuuluu kaikkien hankealueella tarvittavien kaapelinäyttöjen suorittaminen rakennusurakoitsijoiden tilauksesta. Nykytilanteessa hankkeella täytyy selvittää erikseen jokaisen kaapelin kohdalla kuka kyseisen kaapelin omistaa ja tilata useita kaapelinäyttöjä eri toimijoilta, jotta kaikki kaapelit saadaan näytettyä ja merkittyä maastoon. Tästä aiheutuu ylimääräistä selvitystyötä ja riski siitä, että osa kaapeleista jää näyttämättä. Merkkaamattomat kaapelit puolestaan vaurioituvat herkästi kaivutöiden yhteydessä. Mitatut kaapelitiedot kerätään yhteen malliin ja ne ovat käytettävissä Infrakit -sovelluksen kautta. Infrakittiin voidaan kaapelitietojen lisäksi linkittää työkoneiden ja laitteistojen reaaliaikaiset sijainnit, sekä lisätä valokuvia ja tietoa esimerkiksi mahdollisista kaapelivauriokohteista tai muista ongelmakohtista. Näin saadaan luotua yhtenäinen kaapelimalli koko hankealueen kaapeleista, joka voidaan hankkeen valmistuessa luovuttaa radan kunnossapitäjälle kunnossapidossa hyödynnettäväksi

ja päivitettäväksi. Infrakit-sovelluksesta kerrotaan lisää luvussa 4. Lisäksi mikäli esimerkiksi myös Luumäki-Joutseno välille rakennetaan kaksoisraidetta tulevaisuudessa, on alueelta tällöin valmiiksi olemassa ajantasaiset kaapelitiedot, eikä niiden hankkimiseen tarvitse kuluttaa resursseja. Hankinta siis palvelee sekä LUIMA-hanketta, että myös tulevaisuuden kunnossapitoa ja rakennusurakoita. Julkista projektia tai hankintaa Väylävirastolle kilpailuttaessa seurataan Väyläviraston ohjeistuksia kilpailuttamisesta. Jokaisesta hankinnasta tulee laatia tietyn protokollan mukaiset hankinta-asiakirjat, jotta hankinta on lainvoimainen. Hankintaa varten laaditaan aina tarjouspyyntökirje, jonka liitteenä ovat sitä tarkentavat asiakirjat, kuten mitä yleisiä alalla käytettäviä sopimusehtoja hankinnassa noudatetaan, tarkentava tehtävänmäärittely, henkilöstöltä vaadittavat pätevyudet, mahdollinen alustava työsuunnitelma, sekä tietysti hintalomake, jonka pohjalta tarjoushinta muodostuu. Tarkentavien liitteiden määrä vaihtelee hankinnan mukaan, ja esimerkiksi silta- tai ratarakennusurakalle laaditaan erillinen tarjouspyyntö kuin asiantuntijatehtävälle. Kaapelinäyttökoordinaattorihankkeessa tarjouspyyntökirjeen liitteinä ovat kuvan 3.2 mukaisesti esimerkiksi hankinnassa noudatettavat konsulttitoiminnan yleiset sopimusehdot (KSE 2013), tehtävän tarkempi määrittely ja turvallisuusohje maastossa työskentelyyn. Lisäksi palveluntuottajalle on määriteltä vähimmäisvaatimuksia, joiden täytyminen tulee ilmoittaa tarjouspyynnössä omalla lomakkeellaan.



Kuva 3.2 Kaapelinäyttökoordinaattorihankinnan tarjouspyynnön dokumenttiluettelo.

Voittavan tarjouksen valinta määräytyy tarjouskyselyn valitun toteutustavan mukaan joko halvimman tarjoushinnan tai laatupisteytyksen ja hinnan yhteispisteistä. Laatupisteytyksen perusteena voi olla esimerkiksi tarjoajan referenssit aikaisemmista projekteista tai tarjoajan tarjouspyynnössä esittämä projektisuunnitelma. Näiden pohjalta tilaaja arvioi ja pisteyttää kunkin tarjoajan, ja laskee yhteispisteet hinta- ja laatuosan perusteella. Kaapelinäyttökoordinaattorihankinnassa voittavan tar-

jouksen valinta perustui halvimpaan hintaan, kunhan tarjoaja pystyi osoittamaan hankinnan vähimmäisvaatimuksien täyttyvän. Hankinnan vähimmäisvaatimuksista on kerrottu tarkemmin seuraavassa luvussa 3.2.

Kaapelinäyttökoordinaattorihankinnan laadun varmistamiseksi tarjouspyyntö on jaettu optiovuosiin, siten että palveluntuottajia on tarjouspyynnössä pyydetty erittelemään hinta jokaiselle vuodelle aikavälillä 2019–2022. Näin ollen, mikäli työn laatu ei vastaa haluttua, voidaan optiovuodet jättää käyttämättä ja valita toinen palveluntuottaja toteuttamaan hankintaa. Optiovuosien käyttämisestä sovitaan yhdessä palveluntuottajan kanssa. Tavoitteena kuitenkin on, että koko hankinta pystytettiin toteuttamaan yhden palveluntuottajan kanssa. Uuden toimijan perehdyttäminen tehtävään ja hankkeelle vaatii ylimääräistä työtä, eikä tällöinkään ole takuuta tehtävän suorittamisen laadun parantumisesta.

3.2 Vaatimukset palveluntuottajalle

Kaapelinäyttökoordinaattorin toimeen kuuluu erilaisia tehtäviä ja vastuita. Tehtävät voidaan jakaa karkeasti neljään osa-alueeseen, jotka etenevät aikajärjestyksessä. Työ alkaa lähtötiedon koostamisella ja täydentämisellä, jonka jälkeen palveluntuottaja siirtyy maastoon mittaamaan kaapeleita lähtötiedon perusteella. Mitattu aineisto viedään tietomalliin, josta se on helposti saatavilla yhdestä paikasta. Samalla palveluntuottaja päivittää risteämäluettelon ajantasaiseksi. Mittaukset ajoitetaan niin, että hankkeella käynnissä olevien ja käynnistyvien urakoiden alueet mitataan ensimmäisenä, jotta niistä voidaan järjestää kaapelinäyttöjä. Kaapelinäyttökoordinaattorin tehtäviä hoitavan palveluntuottajan tehtävät on esitelty tarkemmin ja koostetusti taulukossa 3.1.

Taulukko 3.1 Kaapelinäyttökoordinaattorin tehtävät.

Lähtötiedot	Mittaus ja dokumentointi	Risteämät	Kaapelinäytöt
<ul style="list-style-type: none"> •Kaapeli- ja johtotietojen lähtötietojen vastaanottaminen ja tarkistaminen •Puutteellisten lähtötietojen täydentäminen 	<ul style="list-style-type: none"> •Kaikkien hankealueella sijaitsevien kaapeleiden mittaaminen •Mittausdatan vieminen tietomalliin •Kaapelivaurioiden dokumentointi •Ajantasaisen kaapeli- ja johtotiedon ylläpito ja hallinta •Kaapeli- ja johtoreittitietojen toimittaminen rekisteriin 	<ul style="list-style-type: none"> •Risteämäluettelon ajantasaistaminen •Risteämien valokuvaaminen ja vienti malliin •Käytöstä poistettujen risteämien poistaminen risteämäluettelosta 	<ul style="list-style-type: none"> •Väyläviraston hallinnoimien, sekä kolmansien osapuolten kaapeleiden näyttäminen •Näytettyjen kohteiden dokumentointi •Näyttötiedon uudelleennäytöt

Toimeksiannossa määriteltiin, että kaapelinäyttökoordinaattorihankintaa varten tulee varata kaksi henkilöresurssia, jotka toimivat pääsääntöisesti täysipäiväisenä hankkeella mittaamassa maastossa kaapeleiden sijainteja, päivittämässä niitä Infrakit-malliin Väyläviraston ohjeistuksen mukaisesti, sekä näyttämässä niin Väyläviraston hallinnoimia, kuin kolmansienkin osapuolten kaapeleita maastossa rakennusurakoitsijoille. Pätevyysvaatimuksena palveluntuottajan henkilöstölle asetettiin vuoden kokemus rautatieympäristössä työskentelystä. Kaikki vaatimukset palveluntuottajalle on esitetty taulukossa 3.2.

Taulukko 3.2 Kaapelinäyttökoordinaattorihankinnan vaatimukset palveluntuottajalle.

Yleiset vaatimukset	Laitteistovaatimukset	Turvallisuusvaatimukset
<ul style="list-style-type: none"> • Henkilöstöllä tulee olla vähintään vuoden kokemus rautatieympäristöstä • Palveluntuottajan tulee tutustua tilaajan puolesta toimitettavan aineiston lisäksi kaapelikarttoihin esim. teknisissä tiloissa • Tehtävään tulee nimetä kaksi henkilöstöresurssia, joita ei saa vaihtaa ilman tilaajan suostumusta 	<ul style="list-style-type: none"> • Laitteiston tulee olla yhteensopiva Infrakit-sovelluksen kanssa • Laitteiston tulee kyetä toimimaan VRS-palvelun kautta • Myös kylmät kaapelit, sekä vesi-, viemäri- ja kaasuputket tulee kyetä näyttämään ja kartoittamaan 	<ul style="list-style-type: none"> • Henkilöstöllä on oltava TURVA -pätevyys • Myös turvamiespätevyys vaaditaan molemmilta henkilöiltä • Palveluntuottajan tulee varmistaa, että rata-alueella työskenneltäessä siihen on asianmukaiset luvat

Palveluntuottajalla on vastuu järjestää kaapelinäytöt seitsemän vuorokauden kuluessa urakoitsijan tilauksesta. Tällä joudutetaan kaapelinäyttöjen järjestämistä, sillä normaalisti kaapelinäyttöjä järjestävien tahojen osalta näyttöjen tilausaika on vähintään 14 vuorokautta ennen haluttua ajankohtaa. Tämäkin osaltaan voi auttaa kaapelivaurioiden vähentämisessä, sillä näytöt järjestyvät nopeammin ja aikataulullisista syistä ilman asianmukaista kaapelinäyttöä suoritettu kaivaminen vähenee.

Vaatimuksena hankinnassa käytettävälle laitteistolle asetettiin valmius toimia VRS-palvelun kautta. VRS tulee sanoista "Virtual Reference Station", eli järjestelmä luo mittauspisteen läheisyyteen virtuaalisen tukiaseman, joka yhdistyy maanlaajuiseen VRS-tukiasemaverkkoon, joka koostuu kolmiomaisista alueista. Tarkkoihin mittauksiin vaaditaan yhteys vähintään kolmeen VRS-tukiasemaan. (GIS Resources, 2019)

Suomen VRS-verkon tukipisteitä on havainnollistettu kuvassa 3.3 VRS-verkon avulla saadaan tarkempaa mittausdataa, sillä virtuaalinen tukiasema lyhentää etäisyyttä tukiasemiin ja pienentää näin ollen mittausvirhettä. VRS-laitteistoilla voidaan päästä 1–2 cm mittaustarkkuuteen, joka kaapeleiden

sijaintien kohdalla on riittävä tarkkuus. Vertailun vuoksi korjaamattomalla GPS-signaalilla tarkkuudeksi saadaan ainoastaan 2–10 metriä, joka on täysin riittämätön tarkkuus kaapeleiden sijaintitietojen dokumentoimiseksi. (Tötterström, 2010)



Kuva 3.3 VRS-tukiverkosto Suomessa (Tötterström, 2010).

3.3 Hankinnan toteutus ja seuranta

Tarjouskilpailun voittajan kanssa järjestetään sopimuskatselmus, jossa käydään läpi tarjouspyynnön liitteenä toimitettu sopimusluonnos ja työn suorittaminen. Sopimuskatselmuksen tavoitteena on varmistaa, että sopimuksen molemmilla osapuolilla on yhteneväinen käsitys työn toteuttamisesta. Tämän jälkeen voidaan allekirjoittaa sopimus hankinnan toteuttamisesta. Ennen maastomittauksiin ryhtymistä järjestetään palaveri, johon osallistuu rakennuttajan ja palveluntuottajan lisäksi alueella kaapeleita omistavat tahot. Tässä palaverissa voidaan keskustella tarkemmin kaapeleiden ja putkien sijainneista, sekä myös luovuttaa lisäaineistoa etenkin kolmansien osapuolten kaapeleista. Olemassa oleva kaapelitietoaineisto viedään Infrakit-malliin ja luovutetaan palveluntuottajalle, jonka pohjalta kaapelimitauksia voidaan alkaa suorittamaan. Lisäksi myös työn turvallisuuden liittyvät asiat käydään läpi erillisessä turvallisuuden aloituskokouksessa ennen kuin töitä on lupa aloittaa maastossa.

Väylävirastolla on vuoden 2019 loppuun asti sopimus ratarekisterin kanssa, jonka tarkoituksena on saattaa kaapelitiedon hallintaa ajantasaiseksi. Tämän sopimuksen pohjalta mittausaineistoa voidaan lähettää ratarekisteriin, jossa se arkistoidaan ja aineistosta voidaan tuottaa myös DWG-kuvia. Ratarekisterin kanssa yhteistyössä järjestetään myös maastokoulutus palveluntuottajalle oikeaoppisen mittausdatan luomisesta, jolla varmistetaan, että mittausdatan laatu ja muoto vastaavat ratarekisteriin toimitettavan aineiston vaatimuksia.

Kuten kaikissa muissakin Väyläviraston tilaamissa hankinnoissa ja urakoissa, myös tähän hankintaan kuuluu säännöllisin väliajoin järjestettävät työmaakokoukset, joissa käydään läpi työmaakokousten välillä tapahtuneet työt, mahdolliset turvallisuuspoikkeamat, laskutustilanne, sekä muita käytännön asioita. Näiden kokousten lisäksi myös maastossa suoritetaan työnaikaista valvontaa, jossa varmistetaan, että työ tehdään ohjeistusten mukaisesti, siinä käytetään henkilökohtaisia suojarusteita ja turvamieskäytäntöä noudatetaan työn turvallisuuden varmistamiseksi.

Diplomityön aikataulun takia kartoitustyöt maastossa eivät vielä ehdi alkamaan ennen työn valmistumista. Tavoitteena kuitenkin on, että työt lähtevät etenemään tässä työssä käsiteltyjen ohjeistuksien mukaisesti, jolloin hankinnan päättymisen jälkeen hankealueelta olisi käytössä ajantasaiset kaapelitiedot, päivitetty risteämäluettelo, sekä rakennusurakoiden yhteydessä esiintyviä kaapelivaurioita oltaisiin pystytty merkittävästi vähentämään.

4. TIETOKANTAPOHJAISEN KAAPELITIEDON HALLINNAN OHJEISTUKSEN LUOMINEN

Tietokantapohjaisen kaapelitiedonhallinnan ohjeistuksen tavoitteena on yhdistää Väyläviraston aiemmin julkaistuista ohjeistuksista löytyvät vaatimukset kaapelitiedon dokumentoinnista, sekä käytännön ohjeistus siitä, miten kaapelit tulee käytännössä mitata ja dokumentoida infrahankkeella. Näin saadaan yhtenäiset, Väyläviraston ohjeistuksien mukaiset kaapelitietojen tietokantapohjaiset mallit infrahankkeilta.

Seuraavissa kohdissa käydään läpi ohjeistuksen lähtökohta ja päämäärä, esitellään Infrakit-sovellus, jolla kaapeleiden kartoittaminen voidaan toteuttaa, sekä annetaan esimerkit, miten kaapeli- ja laitetiedot tulee kartoituksen yhteydessä dokumentoida. Luvussa on myös esitetty esimerkki kansiorakenteen toteutuksesta, joka tulee toteuttaa Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot mittausohjeet -dokumentin mukaisesti. Vastaavan tietokantapohjaisen tiedonhallinnan voi toteuttaa myös muilla vastaavilla sovelluksilla kuin Infrakitillä, mutta se on valittu tähän työhön sen käytön vuoksi RITA (Riihimäki-Tampere ratahanke) - ja LUIMA -hankkeilla. Ohjeistuksen luomisessa on avustanut Welado Oy:stä Kimmo Laatonen ja Eija Prittinen.

4.1 Lähtökohdat ja päämäärä

Ajantasainen tieto rautatiealueella sijaitsevista kaapeleista ja risteämisistä on edellytys turvalliselle ja kustannustehokkaalle rautatierakentamiselle. Vanhentunut ja paikkaansa pitämätön kaapelitieto aiheuttaa kaapelivaurioita ja kustannuksia niin rakennusurakoitsijalle, kunnossapitäjälle kuin kaapelin omistajillekin, oli kyseessä sitten Väyläviraston tai kolmannen osapuolen omistama kaapeli. Lisäksi rikkoutuneista kaapeleista voi olla merkittävää haittaa junaliikenteelle, tai kolmansien osapuolten kaapeleiden tapauksessa esimerkiksi teleyhteyksille.

Ohjeistus toimii apuvälineenä tilaajalle ja rakennuttajakonsultille suunniteltaessa hanketta alueelle, josta ei vielä ole olemassa tietomallipohjaisia kaapelitietoja ja myös palveluntuottajalle näitä kaapelitietomalleja tuottaessa. Ohjeistus perustuu Mittausohjeeseen tie- ja ratahankkeiden maastotiedoista, Liikenneviraston ohjeita 18/2011.

Ohjeistuksessa on kuvattu, miten olemassa oleva kaapelitieto tulee dokumentoida tietomallipohjaiseksi, sekä missä tiedostomuodoissa ja miten maastossa mitattu mittausdata saadaan yhdistettyä yhdeksi lähtötietomalliksi, jonka pohjalta infrahankkeella voidaan toteuttaa kaapelitiedon hallintaa, sekä järjestää rakennusurakoille kaapelinäyttöjä.

Lähtötietomallia luodessa ensimmäiseksi on selvitettävä mitä olemassa olevaa dokumentaatiota hankealueen kaapeleista, johdoista ja putkista on olemassa, sekä kuinka ajantasaista kyseinen tieto on. Dokumentoidut kaapelit tai risteämät voivat olla käytöstä poistettuja, ja etenkin kolmansien osapuolten tapauksessa ainut keino selvittää, onko kaapeli enää käytössä, on olla yhteydessä kaapelin tai putken omistavaan tahoon.

4.2 Työympäristö

Tavoitteena kaapelitietomallille on, että se on mahdollisimman helposti käytettävissä käytössä olevasta laitteistosta riippumatta. Järjestelmän, johon kaapelitiedot mallinnetaan, tulee olla pilvipohjainen ja käytettävissä verkkoselaimen kautta, jolloin käyttäjältä ei vaadita erillisiä ohjelmistoja. Lisäksi kaapelitietojen tarkastelu maastossa helpottuu, kun tietomallia pystytään käyttämään mobiililaitteilla, kuten tableteilla. Käytettävän palvelun tulee mahdollistaa lähtötiedon vieminen eri tiedostomuodoista, sekä ominaisuustietojen ja valokuvien lisääminen kaapeleiden sijaintitietojen lisäksi. Väyläviraston tilaamalla RITA- ja LUIMA -ratahankkeilla on käytetty Infrakit-pilvipalvelusovellusta kaapelitietojen hallintaan, sillä se täyttää edellä mainitut vaatimukset. Lisäksi Infrakit-palveluun on mahdollista lisätä valokuvia esimerkiksi kaapelikaivoista, -jatkoksista ja -vaurioista, sekä metatietoja kaapeleiden ominaisuuksista. Pohjakartaksi voidaan valita katu-, ortoilmakuva- tai taustakartta, joista jälkimmäisessä on esitetty myös kiinteistöjen numerot.

Laajalle infrahankkeelle on suotavaa kilpailuttaa ulkopuolinen kaapelinäyttökoordinaattori, jonka tehtäviin kuuluu:

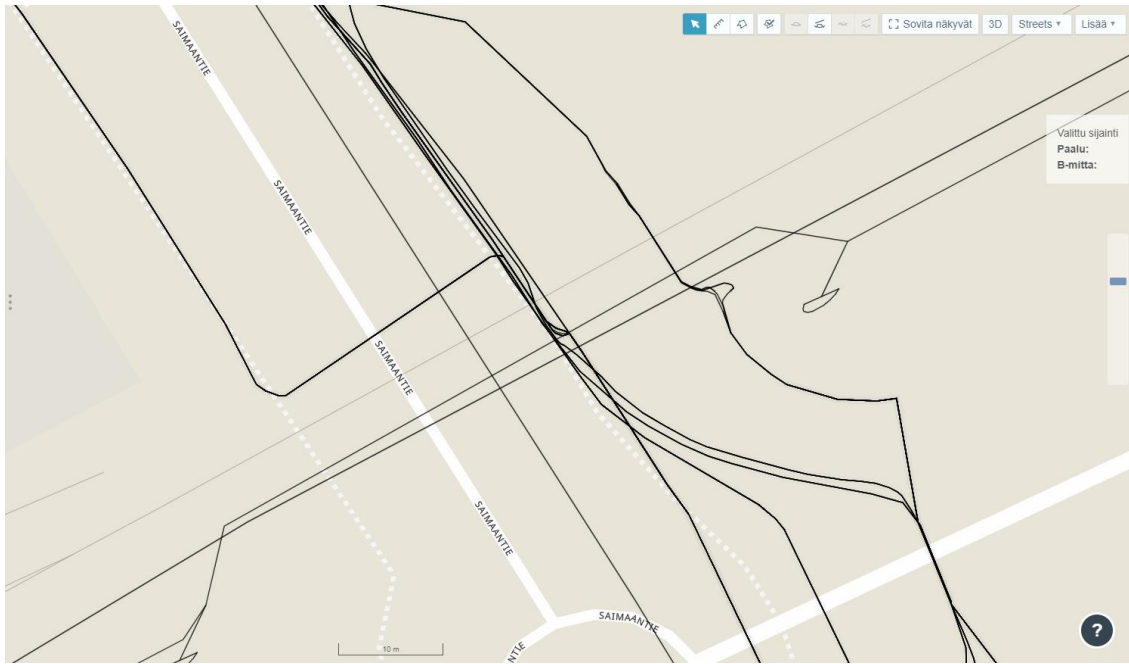
- Digitoida ja viedä tietomalliin hankealueelta olemassa oleva kaapelitieto. Tarkat sijainnit tulee korjata malliin, kun kaapeleiden todelliset sijainnit on mitattu maastossa.
- Mitata ja dokumentoida lähtötietomalliin tarkka sijaintitieto x, y, z -koordinaatistossa kaikista alueella sijaitsevista Väyläviraston hallinnoimista kaapeleista
- Mitata ja dokumentoida lähtötietomalliin hankealueella sijaitsevat kolmansien osapuolten kaapelit, ja näiden lisäksi risteämien sijainnit Väyläviraston hallinnoimien maa-alueiden rajalle asti.

- Toimia linkkinä urakoitsijoiden ja kaapelinomistajien välillä, sekä järjestää kaikki tarvittavat kaapelinäytöt hankealueella toimivien urakoitsijoiden tilauksesta.

Kaapeleiden kartoittamisesta on hyötyä myös varsinaisen infrahankkeen päättymisen jälkeen, sillä ajantasainen kaapelitietomalli voidaan luovuttaa radan kunnossapitäjän hyödynnettäväksi ja ylläpidettäväksi. Näin ollen kertaalleen mitattu ja yhteen paikkaan koostettu kaapelitieto saadaan myös tulevaisuudessa pysymään ajantasaisena. On myös tärkeää, että alueelle asennettavat uudet kaapelit ja nykyisten kaapeleiden ja laitteiden sijainteihin tehtävät muutokset dokumentoidaan ja viedään malliin tiedon paikkansapitävyyden varmistamiseksi.

4.3 Kartoituksen toimintamalli

Hankkeelle valitun kaapelinäyttökoordinaattorin tai kaapelikartoittajan tehtäviin kuuluu selvittää olemassa olevat kaapelitiedot yhteistyössä tilaajan ja rakennuttajan kanssa, sekä viedä nämä tiedot pohjatiedoksi kaapelitietomalliin. Myös kaapeli- ja putkiristeämät hankealueelta tulee selvittää ja olla yhteydessä niiden omistajiin, jotta saadaan tieto risteämien ajantasaisuudesta, käytöstä poistetuista risteämistä, sekä mahdollisista muutoksista risteämien sijainteihin tai risteämälupiin. Kuvassa 4.1 on esitetty lähtötietoaineistoa Infrakit-mallissa. Tässä vaiheessa kaikki kaapelit on piirretty yksinkertaisesti viivoilla ilman metatietoja, mutta ohjelmasta voi valita mitkä kaapelit kulloinkin halutaan näyttää, jolloin saadaan näkymään esimerkiksi ainoastaan turvalaitekaapelit. Tämä vaatii sen, että kustakin kaapelityypistä on olemassa oma tiedostonsa. Tavoitteena on, että ylläpitoon siirtyvään malliin saataisiin myös tieto kunkin kaapelin tyypistä, ominaisuustiedot esimerkiksi paksuudesta, sekä malliin liitetyt valokuvat mahdollisista kaapelijatkoksista, -risteämistä ja -vaurioista.



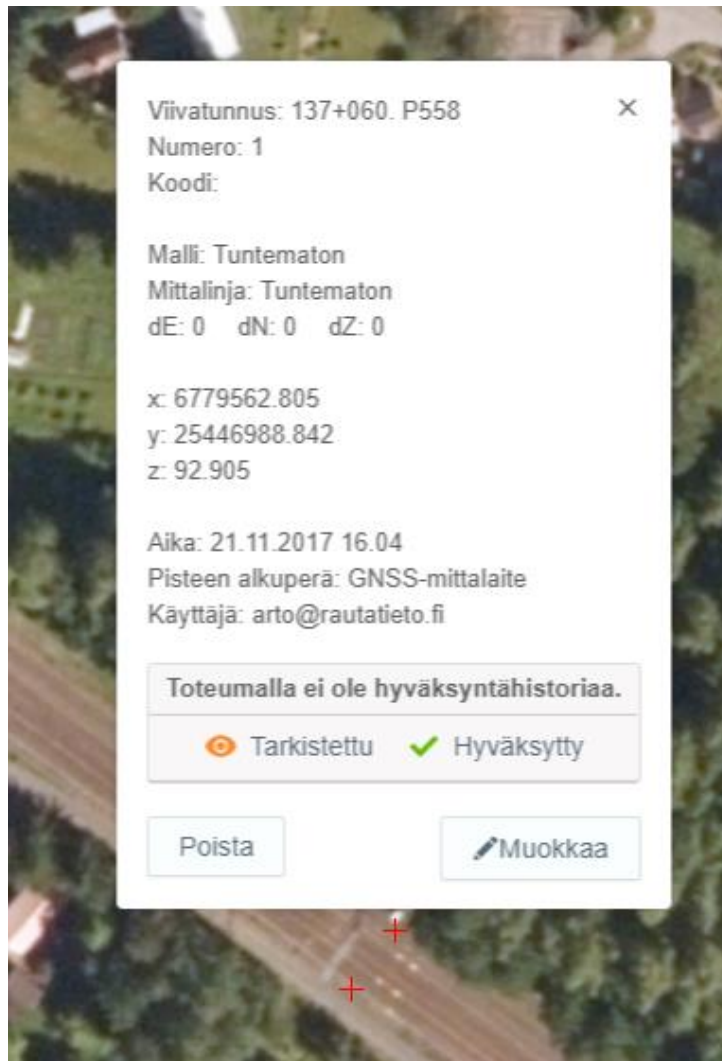
Kuva 4.1 Kaapeleiden ja risteämien lähtötiedot Infrakit-mallissa.

Pohjatiedon selvittämisen jälkeen kartoittajan tulee siirtyä maastoon, ja mitata sekä dokumentoida kaikki rautatiealueilla sijaitsevat kaapelit, johdot, sekä putket. Kaapeleiden tarkkojen sijaintitietojen mittaamista ja dokumentointia varten kartoittajalla tulee olla käytössään laitteisto, joka kykenee toimimaan VRS-palvelun kautta, jotta kaapeleiden sijaintitiedolle saadaan riittävä tarkkuus. Infrakitin tapauksessa kaapelit kartoitetaan siihen linkittyvällä RTK-korjausta hyödyntävällä GNSS-mittalaitteella. Kaapeleiden sijaintimittauksista saatu mittausdata tulee tallentaa ASCII-muotoisessa GT-formaatissa, josta se on hyödynnettävissä ja tallennettavissa useilla eri järjestelmillä. Esimerkiksi DWG-kuvia voidaan luoda GT-formaatissa olevasta mittausdatasta, ja näin ollen hyödyntää ja yhdistää kaapelitietoja esimerkiksi suunnitelma-aineistoihin. Mittauksissa tuotettu aineisto tulee toimittaa myös ratarekisteriin, jotta kaapelitiedot saadaan arkistoitua yhteen paikkaan ja oikeaan tiedostomuotoon.

4.4 Väyläviraston omistamien kaapeleiden ja laitteiden kartoitus

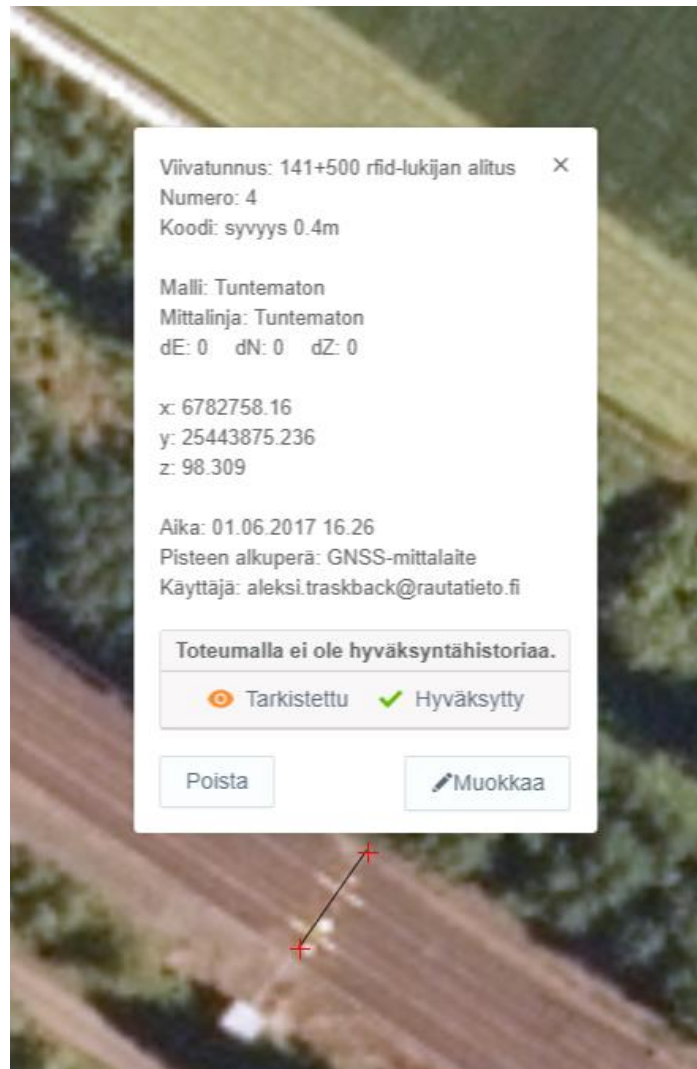
Kartoittaessa ratalaitteita tai muita Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot -mittausohjeen koodiluettelossa mainittuja kohteita, kirjoitetaan viivatunnukseen kohteen sijainti muodossa km+m, sekä kohteen perustieto. Koodiksi tulee joko maastomittausohjeen mukainen koodi tai syvyys, mikäli se katsotaan merkittäväksi kohteen sijainnin kannalta. Kuvissa 4.2 ja 4.3 on esitetty esimerkkinä opastinmaston ja kaapelin putkituksen merkitseminen.

- Opastinmasto (730):
 - Viivatunnus: kilometrisijainti ja opastimen tunnus
 - Koodiksi voi antaa Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot mittausohjeen mukaisesti 730



Kuva 4.2 Opastinmaston merkitseminen.

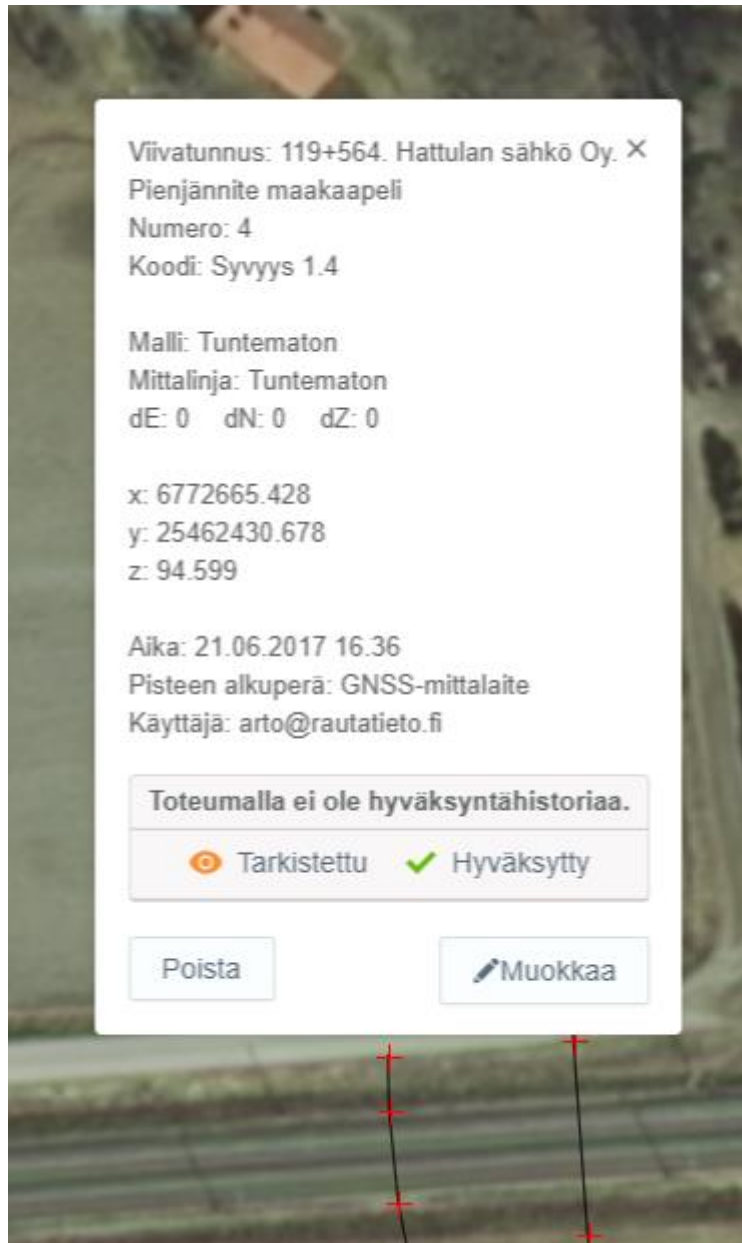
- Kaapelin putkitus (704)
 - Viivatunnus: kilometrisijainti ja tarkentava tieto
 - Koodiksi merkataan kaapelin syvyys



Kuva 4.3 Kaapelin putkituksen merkitseminen.

4.5 Muiden kaapeli- ja laiteomistajien kohteiden kartoitus

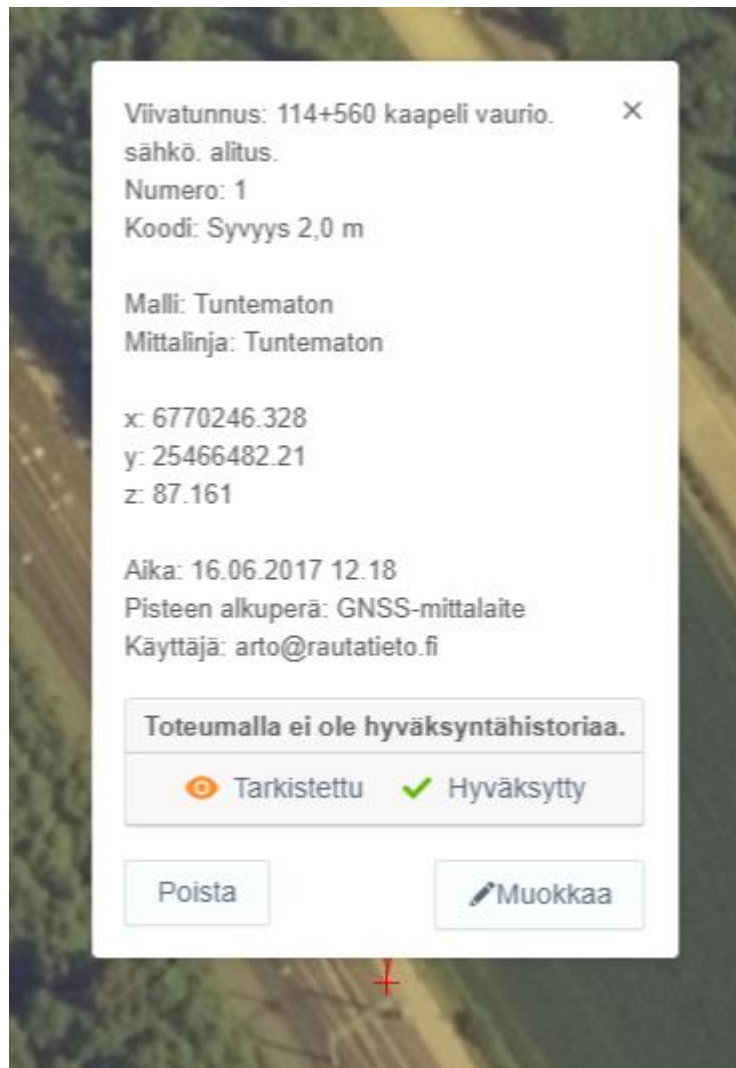
Kartoitettaessa kolmansien osapuolten kaapeleita tai laitteita kirjataan viivatunnukseen kaapelin sijainti ratakilometrijärjestelmässä muodossa km+m, sekä kaapelin perustiedot, kuten sen omistaja ja kaapelin tyyppi. Koodiksi tulee tällöin kaapelin asennussyvyys. Kuvassa 4.4 on esitetty esimerkki.



Kuva 4.4 Kolmannen osapuolen omistaman kaapelin merkitseminen.

4.6 Kaapelivauriot

Kaapelikartoituksessa ilmi tulleita, tai rakennustyön aikana sattuneita kaapelivaurioita kartoitettaessa viivatunnukseksi kirjataan vaurion sijainti ratakilometrijärjestelmässä muodossa km+m, sekä lyhyt seloste vauriokohteesta. Koodiksi kirjataan kaapelin asennussyvyys kohdassa, jossa vaurio on tapahtunut. Kuvassa 4.5 on esimerkki kaapelivaurion merkitsemisestä.



Kuva 4.5 Kaapelivaurion merkitseminen.

4.7 Valokuvat

Infrakittiin tulee myös ladata valokuvat tarvittavista kohteista, kuten kaapelivaurioista ja muista vauriokohteista, siirrettävistä kaapeleista, risteämisistä, kaapelikaivoista, sekä jatkoksista. Kuvien kuvaukseen kirjataan sijainti ratakilometrijärjestelmässä muodossa km+m, sekä kaapelin tai laitteen omistaja ja tarvittavat lisätiedot kohteesta. On erityisen tärkeää, että kuvat tallennetaan oikeaan kohdekansioon. Kuvassa 4.6 on esimerkki kuvan lisäämisestä.

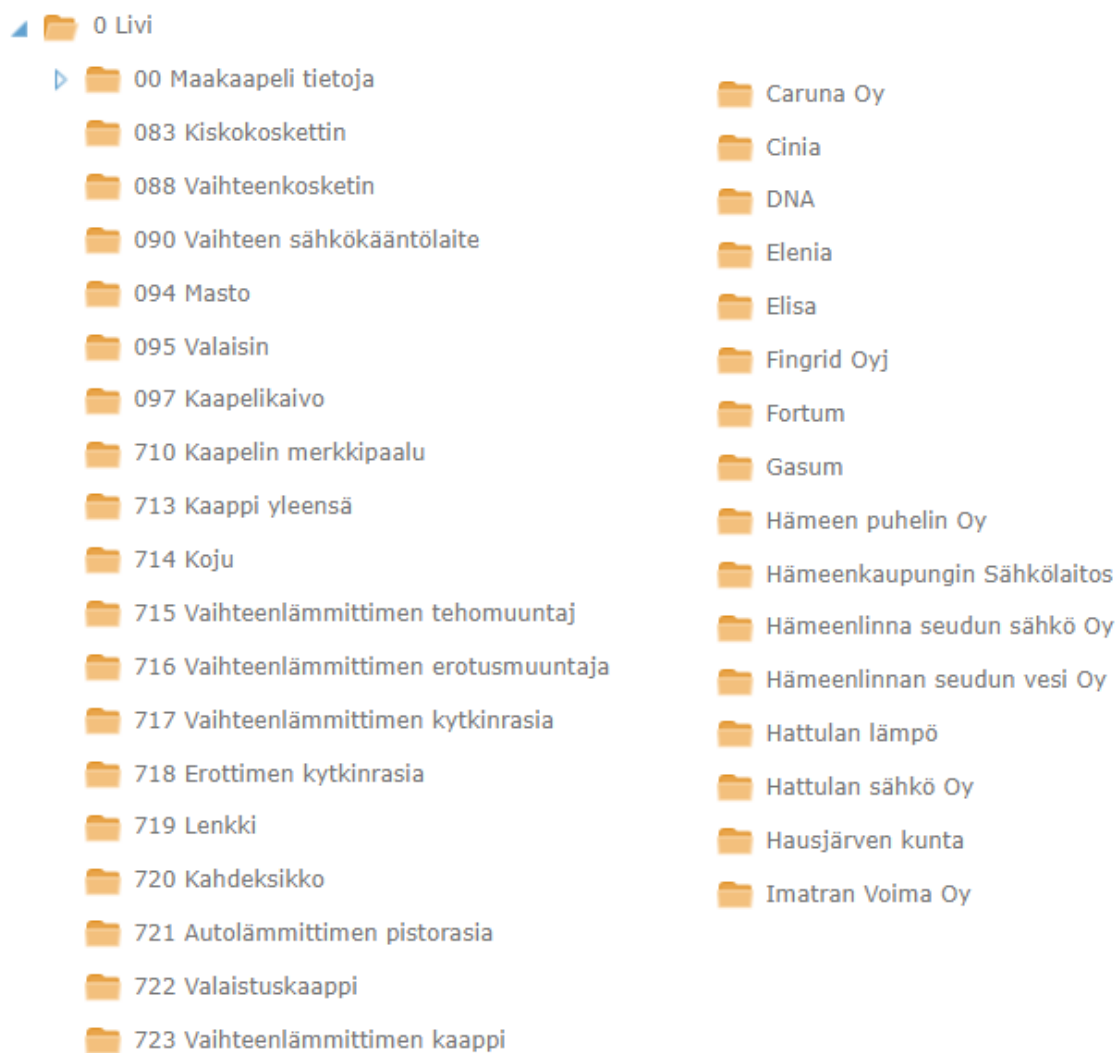


Kuva 4.6 Valokuvan lisääminen Infrakit-malliin.

4.8 Kansiorakenne

Mittausaineisto, valmiit kaapelikartat, sekä muut kaapelitiedonhallintaan liittyvä aineisto ja dokumentit tallennetaan Infrakitiin. Kansiorakenteessa tulee jaotella Väyläviraston omistamat kaapelit ja laitteet Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot mittausohjeet -koodiluettelon mukaisesti. Muiden laitteiden ja kaapeleiden jaottelu tapahtuu niitä omistavien tahojen mukaisesti.

Infrakitistä löytyy myös omat kansionsa poikkeamille, kaapelivaurioille, vanhoille, käytöstä poistetuille kaapeleille, sekä muille tarvittaville kokonaisuuksille. Kartoituspisteet, eli toteumapisteet vie- dään Infrakitiin oikean kansion alle, ja aineistolle valitaan, millä mittalaitteella kyseinen piste on tuo- tettu. Mittalinja- ja mallivalinta jätetään tyhjäksi. Kuvassa 4.7 on esitetty esimerkki kansioraken- teesta.



Kuva 4.7 Esimerkki Infrakitin kansiorakenteesta.

5. TIETOMALLIN JATKOKEHITYS

Infrahankkeen yhteydessä toteutetun kaapelitietomallin luomisen jälkeen on ensiarvoisen tärkeää, että tuotettu malli pidetään ajantasaisena myös jatkossa, jotta alkutilanteen kaltaiseen hajanaisen tiedonhallinnan tilaan ei päädytä uudelleen. Tavoitteena on, että luodut kaapelitietomallit luovutetaan niiden ajantasaistamisen jälkeen ylläpitäjälle, joka huolehtii kaapelitietojen muutosten päivittämisestä tietomalliin. Tässä luvussa käydään vaihtoehtoja eri ylläpitovaihtoehtoiksi.

Tietomallista on hyötyä myös varsinaisen rakennushankkeen jälkeen radanpidosta vastaaville tahoille. Kunnossapitäjä hyötyy mallista tehdessään kunnossapitotöitä, jotka vaativat kaivua. Sähköisessä muodossa olevaa kaapelitietoa voidaan hyödyntää myös kaivinkoneiden koneohjauksessa. Tämä auttaa osaltaan entistä enemmän välttämään kaapelivaurioita. Väylävirastolle on tärkeää, että kaapelitieto löytyy keskitetysti yhdestä paikasta ja ajantasaisena, jotta uusia hankkeita ja hankintoja suunnitellessa suunnitelmat saadaan tehtyä paikkansapitävillä tiedoilla, mikä vähentää työnaikaista suunnittelu- ja selvitystyötä. Tämä alentaa osaltaan myös kustannuksia tulevaisuudessa, vaikka itse mallin luomisesta ja kartoituksesta kustannuksia syntyykin.

Luvussa käydään läpi myös mahdollisuutta kaapelitietomallien laajentamiseen koko Suomen rataverkon kattavaksi ja mahdollisuuksia kaapelitietomallin laajentamiseen muita radan osia koskevaksi. Näitä tietoja voidaan käyttää tulevaisuudessa esimerkiksi kunnossapitosopimuksia kilpailuttaessa ja uusia hankintoja suunnitellessa.

5.1 Kaapelitietojen kartoitus ja mallintaminen laajemmassa mittakaavassa

Laajemmassa mittakaavassa kaapelitiedon ajantasaistaminen voitaisiin tulevaisuudessa tehdä koko Suomen rataverkon kattavasti. Suomen rataverkko kattaa 5926 kilometriä, josta 3270 kilometriä on sähköistettyä rataosuutta (Väylä, 2016). Rataverkon laajuuden huomioon ottaen, kaapelitietojen kartoittamista ja dokumentointia ei luonnollisesti ole mahdollista toteuttaa kerralla, eikä tehtävää voi antaa ainoastaan yhden toimijan toteutettavaksi.

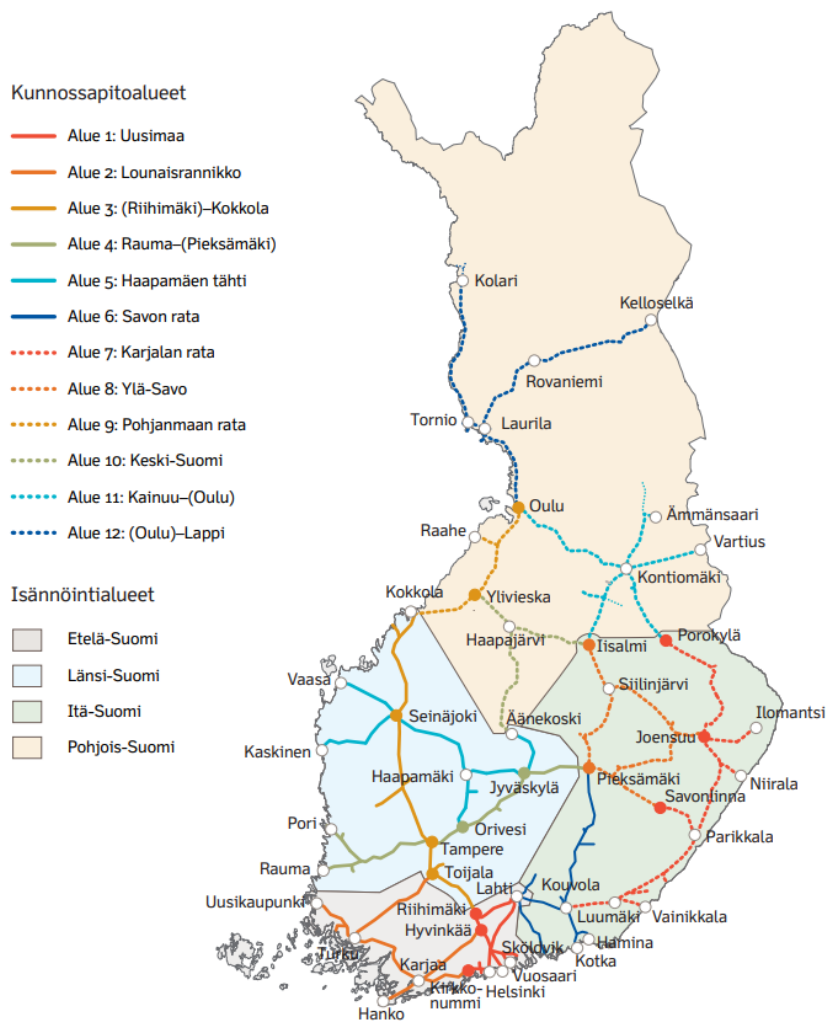
Yksi mahdollisuus tehtävän suorittamiseksi voisi olla alueelliset mallit, jossa kaapelitietomallin toteuttaminen jaettaisiin urakoihin esimerkiksi rataosuuskohtaisesti, jolloin kaapelitietomalli luotaisiin kerralla muutaman kymmenen kilometrin mittaisilta osuuksilta. Tällöin rataosuuksien kaapelitietojen tarvetta voitaisiin priorisoida tulevia rakennushankkeita ajatellen. Myös liikennemäärät vaikuttavat

tärkeysjärjestykseen, sillä esimerkiksi puutteellisesta dokumentoinnista kaivutöiden yhteydessä aiheutunut turvalaitekaapelivaurio ja siitä muodostunut liikennehaitta aiheuttaa huomattavasti enemmän kustannuksia ja haittaa vilkkaasti liikennöidyillä rataosuuksilla kuten pääkaupunkiseudulla kuin se aiheuttaisi hiljaisella, sähköistämättömällä rataosuudella.

Toinen vaihtoehto kaapelitietomallien aikaansaamiseksi olisi yhdistää velvoite kaapelitietojen mitaamisesta alueellisiin kunnossapitosopimuksiin. Kaikkien kunnossapitoalueiden kunnossapitosopimukset kilpailutetaan viiden vuoden välein, mutta eri alueiden kilpailutukset tapahtuvat porrastetusti eri vuosina, eli kaikkien alueiden kilpailutukset eivät tapahdu saman vuoden aikana (Väylä 2018).

Suomen rataverkon kunnossapitoalueet on esitetty kuvassa 5.1.

Liikenneviraston kunnossapito- ja isännöintialueet



Kuva 5.1 Suomen rataverkon kunnossapitoalueet (Liikennevirasto, 2018).

Kaapelitietojen kartoitus voitaisiin liittää osaksi kunnossapitosopimusta, jolloin sen kustannusvaikutuksetkin voisivat olla matalammat kuin erillisen toimijan kilpailutuksen mallissa. Tällä tavoin saataisiin etua siitä, että alueella toimisi jo valmiiksi kyseisen alueen tuntevaa henkilöstöä, joka liikkuu päivittäin kunnossapitoalueella. Kaapeleiden mittauksesta ja malliin viemisestä aiheutuisi tietysti lisääntyneitä henkilöstö- ja laitteistokustannuksia, mutta tällä tavoin menettelemällä kokonaiskustannukset todennäköisesti saataisiin kaikkein alhaisimmaksi. Samoin rahoitusta eri kunnossapitoalueiden kaapeleiden kartoittamiseksi voisi olla mahdollista saada paremmin, kun kunnossapitosopimuksia kilpailuttaessa eri vuosina radan kunnossapitoon asetetut määrärahat jakautuisivat tasaisemmin. Toteutuakseen tämä malli vaatii luonnollisesti tahtoa valtiolliselta taholta, jotta ylimääräinen rahoitus kaapeleiden kartoittamiseksi saataisiin järjestettyä.

5.2 Kaapelitietomallin jatkokehitys

Nykytilanteen dokumentointi on vasta ensimmäinen askel keskitetyssä kaapelitiedon hallinnassa ja ylläpidossa. Kuten aiemmissa kappaleissa on käyty läpi, tulee ajantasainen ja mitattu kaapelitieto luovuttaa ylläpitäjälle, jonka tehtävänä on hallita kaapelitietoa, sekä jakaa kaapelitietoja niitä tarvitseville tahoille. Tämä käsittää rakennusurakoitsijat, kunnossapitäjän ja muut kaapelitietoja tarvitsevat tahot.

Yhtenä vaihtoehtona on aiemmissa luvuissa esitetty, että kaapelitietomalli luovutettaisiin kunnossapitäjälle, mutta se ei ole ainut mahdollinen toimintatapa. Mikäli todetaan, että kunnossapitäjällä ei ole intressiä, resursseja tai osaamista kaapelitietojen hallintaan, voidaan se ulkoistaa myös erilliselle kaapeliverkon isännöitsijäpalvelulle. Isännöintipalveluun tulisi kuulua tietokanta, josta löytyvät kaikki alueen kaapelit ominaisuustietoineen, sekä kaapelipäätteet, -jatkot, ja -kaivot. Isännöitsijäpalveluilla olisi velvollisuus toimittaa tilauksesta kaapelitietoja. Puolestaan tilaajalla ja tämän sidosryhmillä olisi velvollisuus toimittaa tiedot muutoksista kaapeliverkossa isännöintipalveluun. Erityisen tärkeää on, että tiedot muutoksista toimitetaan sovittujen käytäntöjen mukaisesti eli oikeassa tiedostoformaatissa sovittuun projektipankkiin tai sähköpostiosoitteeseen. Tällainen tilanne tulee eteen esimerkiksi, kun ratapenkkään aurataan uutta kaapelia, jonka sijaintitiedon mittaa asennusvaiheessa auraustyön suorittanut urakoitsija tai sen jälkeen erillinen mittakonsultti. On siis tärkeää, että kaikilla rata-alueella ja radan lähellä tehtävissä kaapeleihin ja putkiin vaikuttavissa töissä toimivilla yrityksillä on tiedossa menettelyohjeet kaapelitiedon dokumentoinniksi ja oikeaan paikkaan toimittamiseksi.

Ensimmäisen vaiheen jälkeen, jossa rata-alueen kaapelit on saatu dokumentoitua ja mallinnettua seuraavana askeleena kaapelitietomallia voisi alkaa laajentamaan kattamaan myös muita osia rautatieverkosta, kuten sähköratakomponentteja, sekä erityisesti laitetilojen dokumentointia kaapeloinnin osalta. Tällä hetkellä tietomallinnuksessa sähköradasta mallinnetaan ainoastaan sähköratapylväät perustuksineen, ja nekin mallinnetaan usein pistekoordinaattina, johon sijoitetaan sähköratapylvään malli. Tietomalleissa ei siis ole toistaiseksi olemassa valmiita malleja sähköratapylväiden orsille, ajo-langalle, m-johdolle, tai muille sähkörataan liittyville komponenteille. Myös turvalaitteisiin liittyvät kaapelit, kuten opastimille menevät kaapelit voitaisiin viedä samaan malliin. Kuvassa 5.2 on esitetty esimerkki sähköratapylväistä ja opastimista tietomallissa. Kuvakaappaus on otettu Trimble Connect -ohjelmasta LUIMA-hankkeen Siltaurakka 3:n tietomallista.



Kuva 5.2 Sähköratapylväitä ja opastimia tietomallissa.

5.3 Kaapelitiedon hallinnan tulevaisuus

Luvussa 4 kuvatun ohjeistuksen noudattamisen seuranta on ensiarvoisen tärkeää tulevaisuudessa, jotta nykyisen kaltaiseen tilanteeseen, jossa kaapelitiedot ovat hajallaan sekalaisissa formaateissa ei päädytä uudelleen. Vaikka ohjeistukset laadukkaaseen tiedonhallintaan ovat olleet olemassa jo pitkään, on niiden noudattamattomuus aiheuttanut sen, että tietyillä alueilla kaapelit on asennettu ohjeistuksien vastaisesti. Kartoitusten yhteydessä selvinneiden paikkojen sijainnit, joissa kaapelit ovat esimerkiksi asennettu liian pintaan tai väärin paikkoihin, tulee tuoda rehellisesti julki ja dokumentoida selkeästi. Näin voidaan välttyä kaapelivaurioilta tulevaisuudessa, kun ongelmakohtat on tunnistettu jo etukäteen.

Kartoitetut ja dokumentoidut alueet tulee jakaa niin kutsutussa loppumallissa kahteen osaan: paljon kaapeleita sisältäviin alueisiin, joilla kaapelinäytöt on ehdottomasti järjestettävä ja niiden tulee olla laadukkaita, sekä joissa kaivutyö tulee suorittaa erityistä varovaisuutta noudattaen, ja alueisiin, joilla on mahdollista kaivaa vapaammin. Jälkimmäiseen sisältyvät alueet, joilla ei ole rata-alueella sijaitsevia kanavoimattomia käytössä olevia kaapeleita, vaan korkeintaan käytöstä poistettuja kaapeleita, jotka voidaan huoletta kaivaa rakennustyön yhteydessä ylös. Samassa yhteydessä voitaisiin selvittää mihin paikkoihin uusia kaapeleita on mahdollista asentaa tulevien kaapelointitarpeiden yhteydessä. Nykyisinkin on käytössä kaivinkoneissa olevia koneohjausjärjestelmiä, joilla voidaan kaivaa esimerkiksi tiettyyn syvyyteen asti. Tietomallit mahdollistavat myös kaapelitietojen viemisen näihin koneohjausmalleihin. Koneisiin on myös mahdollista asentaa näyttölaite, joka näyttää kaapelit suoraan kaivutyön yhteydessä.

Nykytilanteessa kaapelinäytöt on monesti ulkoistettu erillisiin kaapelitietoa hallitseviin yrityksiin, joilla ei välttämättä ole laisinkaan paikallistuntemusta, eikä näin ollen x, y -koordinaattia tarkempaa tietoa kaapeleiden sijainneista. Tämä johtaa kaapelinäytön huonoon laatuun, kun näyttäjällä ei ole tietoa esimerkiksi liian pintaan asennetuista kaapeleista. Kaapelinäyttäjän tulisikin osata lukea maastoa ja tunnistaa paikat, joissa kaapelit on asennettu ohjeistuksien vastaisesti. Tällaisia paikkoja löytyy etenkin siltojen ja muiden erikoisrakenteiden kohdilla.

6. JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän työn tarkoituksena oli tuottaa ohjeistus tietokantapohjaisen kaapelitietomallin toteuttamisesta laajalla infrahankkeella. Työ aloitettiin perehtymällä kirjallisuuskatsauksen avulla tietomalleihin yleisellä tasolla. Tietomallit ovat olleet osana etenkin rakennusinfran rakentamista jo 2000-luvun alkupuolelta lähtien, mutta vasta viime vuosina ne ovat alkaneet pikkuhiljaa tulla osaksi yleistä käytäntöä myös tie- ja ratarakentamisen puolella. Tietomallien perimmäisenä tarkoituksena on yhdistää rakentamisen koko elinkaari yhteen malliin aina suunnittelusta ylläpitoon, kun nykytilanteessa nämä usein ovat omia erillisiä kokonaisuuksiaan. Ongelmana nykytilanteessa on, että tieto ei aina kulkeudu alkuperäisestä suunnitelmasta ylläpitoon asti.

Rautatiepuolella on törmätty samankaltaisiin ongelmiin, joissa kaikki tarvittava tieto ei löydy yhdestä paikasta, vaan etenkin kaapelitiedot ovat hajallaan eri organisaatioiden hallussa vaihtelevissa tiedostomuodoissa, kuten kaapelikartat PDF-muodossa ja risteämäluettelot Excel-tiedostossa. Tiedon hajanaisuuden lisäksi myös sen paikkansapitävyydestä ei ole varmuutta ja etenkin kaapeli- ja putkiristeämien kohdalla risteämäluetteloista saattaa löytyä lähes sata vuotta vanhoja kaapeliristeämiä, joiden risteämälupia ei ole asianmukaisesti purettu risteämien poistuessa käytöstä. Tämän vuoksi rakennus- töitä tehdessä joudutaan varomaan ja selvittämään käytössä olevien kaapeleiden lisäksi myös vanhoja, käytöstä poistettuja kaapeleita ja putkia. Tästä aiheutuu turhia kustannuksia, kaapelirikkoja ja ajanhukkaa niin tilaajalle, rakennusurakoitsijoille kuin kaapeleiden omistajillekin.

Ohjeistukset kaapeleiden ja risteämien oikeaoppiselle asentamiselle ja dokumentoinnille ovat olleet olemassa jo pitkään, mutta ongelmaksi on muodostunut niiden vastaiset asennukset. Lisäksi etenkin risteämien kohdalla ongelmana ovat luvattomat risteämät, joissa esimerkiksi rautatien alikulkusillan yhteyteen on asennettu kaapeli tai putki, jolle ei ole haettu asianmukaista risteämälupaa. Tätä ongelmaa lähdettiin purkamaan tässä työssä luomalla ohjeistus kaapelitiedon tietokantapohjaisesta hallinnasta, jossa yhdistyy Väyläviraston aiemmista ohjeista koottu tieto ja RITA -hankkeelta saadut positiiviset kokemukset ja toimintamallit kaapelitietojen tietomallipohjaisesta hallinnasta. Alustaksi kaapelitietojen hallintaan valikoitui selainpohjainen Infrakit-sovellus, joka mahdollistaa kaapelitietojen viemisen malliin useista eri tiedostomuodoista, sekä maastossa toteutettujen kaapeleiden kartoitusten tulosten viemisen suoraan malliin, kunhan ne on tallennettu oikeassa tiedostomuodossa, joka ratapuolella yleisesti on tekstimuotoinen GT-formaatti. Infrakitin etuina on tiedon helppo hallinta, mahdollisuus lisätä ominaisuustietoja kaapeleihin ja ratalaitteisiin, sekä valokuvien lisääminen malliin esimerkiksi kaapelivaurio tai -jatkoskohdilta.

Luumäki-Imatra ratahankkeella toteutetaan vuosien 2019–2022 aikana kaapelinäyttökoordinaattori-hankinta, joka pureutuu myöskin kaapeleiden hajanaisen tiedonhallinnan ongelmaan. Hankinnan kilpailuttamisen valmistelu, sekä työn alkuun saattaminen otettiin osaksi tätä diplomityötä, sillä se liittyy kiinteästi koko työn aihepiiriin, ja projektissa päästään heti hyödyntämään työssä valmistunutta ohjetta kaapelitietojen mallintamisesta. Kaapelinäyttökoordinaattorin tehtäviin kuuluu nimensä mukaisesti kaapelinäyttöjen järjestäminen ja lisäksi kaapelitietojen kartoittaminen niin olemassa olevista lähtötiedoista kuin paikan päällä maastostakin mitattuna

Diplomityön aihe löytyi sopivasti juuri, kun kaapelinäyttökoordinaattorin hankintaa oltiin suunnittelemassa, joten siitä muovautui luonnollinen osa työtä. Työssä päästiinkin hyödyntämään kaapelinäyttökoordinaattorihankintaan valmisteltua materiaalia, ja kyseisestä hankinnasta oli suuri apu myös ohjeistuksen tekemisen aikana. Suurimmat haasteet työn tekemiselle olivat aikataulullisia, sillä diplomityön kirjoittamisen ajankohdan sattuessa kesälle, oli kaikista kiivain ratarakentamisen kausi käynnissä ja tehtävänä oli paljon myös muita töitä ja maastossa tapahtuvien rakennustöiden valvontaa. Kaiken kaikkiaan kuitenkin onnistuttiin siinä, mitä työltä alun perin haettiin, ja työstä varmasti tulee olemaan hyötyä myös tulevaisuuden Väyläviraston hankkeissa, mikä olikin yksi suurimmista tavoitteista työn tekemiselle.

LÄHTEET

Eastman, C., Liston, K., Sacks, R., Teicholz, P. 2011. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. Second Edition. John Wiley & Sons, Inc..

GIS Resources, 2019. How VRS works? [verkkosivusto]. [Viitattu 29.7.2019].

Saatavilla: <http://www.gisresources.com/how-vrs-work/>

Kohijoki, M. 2019. Yhteyspäällikkö, Gravicon Oy. Sähköpostikeskustelu Modelspace-ohjelmistosta 9.8.2019.

Laki julkisista hankinnoista ja käyttöoikeussopimuksista 1397/2016. Annettu Helsingissä 29.12.2016.

Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161397#Pidp447376848>

LandXML.org, 2016. What is LandXML? [verkkosivusto]. [Viitattu 3.6.2019]

Saatavilla: <http://www.landxml.org/About.aspx>

Leppänen, M. 2019. Väyläviraston kaapelitietojen hallintarekisteri. [Powerpoint esittely].

Liikennevirasto, 2010. Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 2. Radan geometria. s. 70

Saatavilla: <http://www.doria.fi/handle/10024/121406>

Liikennevirasto, 2017. Radan kunnossapito- ja isännöintialueet Suomen kartalla. [verkkosivusto]. [Viitattu 14.8.2019].

Saatavilla: <https://vayla.fi/rataverkko/kunnossapito>

Liikennevirasto, 2018a. Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 1. s. 6-7 [Viitattu 25.5.2019]

Saatavilla: <http://www.doria.fi/handle/10024/161517>

Liikennevirasto, 2018b. Radan kunnossapidon kilpailutus. [verkkosivusto]. [Viitattu 6.8.2019].

Saatavilla: <https://vayla.fi/palveluntuottajat/hankinnat/rataurakat>

National Institute of Building Sciences, 2019. BIM Standard - United States: What is a BIM? [verkkosivusto]. [Viitattu 28.5.2019].

Saatavilla: <https://www.nationalbimstandard.org/faqs#faq1>

Ratahallintokeskus, 2001. Ratahallintokeskuksen julkaisuja B7: Maakaapeleiden kaivu- ja asennusohjeet. [Viitattu 28.5.2019].

Saatavilla: https://julkaisut.vayla.fi/pdf4/rhk_b7_maakaapeleiden_kaivu_asennusohjeet.pdf

Ratahallintokeskus. 2004. Yleisohje johdoista ja kaapeleista Ratahallintokeskuksen alueella. [Viitattu 27.5.2019]

Saatavilla: https://julkaisut.vayla.fi/pdf7/rautatieohjeet_web.pdf

RIL, 2019. Tietomallinnus [verkkosivusto] [Viitattu 21.5.2019]

Saatavilla: <http://ril.easypage.fi/fi/alan-kehittaminen/tietomallinnus.html>

Siipo, J. 2004. Infrahankkeen hallinta – politiikkaa ja tekniikkaa. Tiehallinnon selvityksiä 14/2004.

Saatavilla: <https://julkaisut.vayla.fi/pdf/3200866nfranhankkeenhall.pdf>

Syrjä, 2018. LandXML-tiedostojen luku. [verkkodokumentti]. [Viitattu 4.6.2019].

Saatavilla: <http://www.3d-system.net/wiki/index.php/tiedosto/formaatit/20-landxml-tiedostojen-luku>

Väylävirasto. 2019. Luumäki-Imatra ratahanke [verkkosivusto] [Viitattu 9.6.2019]. Saatavilla:

<https://vayla.fi/luumaki-imatra-ratahanke>

Taimela, R. 2011. Raidegeometrian suunnittelu. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 22/2011. [Viitattu 30.6.2019].

Saatavilla: https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/Its_2011-22_raidegeometrian_suunnittelu_web.pdf

Tötterström, S. 2010. Katsaus VRS-teknologian nykytilaan ja tulevaisuuteen. *Maankäyttö* 2010/3, s. 8-11

Väylävirasto, 2019. Rataverkko. [verkkosivusto]. [Viitattu 6.8.2019].

Saatavilla: <https://vayla.fi/rataverkko>

Väylävirasto, 2019. Velho-allianssi. [verkkosivusto]. [Viitattu 4.7.2019].

Saatavilla: <https://vayla.fi/hankkeet/digitalisaatiohanke/tieverkon-kunnonhallinta/velho-allianssi>

Väylävirasto, 2018. Velho-allianssin toteutusvaiheen hankesuunnitelma. [verkkodokumentti]. [Viitattu 4.7.2019].

Saatavilla: <https://vayla.fi/hankkeet/digitalisaatiohanke/tieverkon-kunnonhallinta/velho-allianssi>

W3C, 2016. Extensible Markup Language (XML). [verkkosivusto]. [Viitattu 4.6.2019].

Saatavilla: <https://www.w3.org/XML/>