

INFRAMODEL3-FORMAATIN KÄYTTÖ KONEOHJAUK-
SEN APUNA VT 19 SEINÄJOEN ITÄINEN OHITUSTIE -
HANKKEESSA

Vähätiitto Jussi

Opinnäytetyö
Tekniikka ja liikenne
Maanmittaustekniikka
Insinööri (AMK)

2018

Tekniikka ja liikenne
Maanmittaustekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Jussi Vähätiitto	Vuosi	2018
Ohjaaja	Timo Karppinen		
Toimeksiantaja	Lapin AMK		
Työn nimi	Inframodel3-formaatin käyttö koneohjauksen apuna Vt 19 Seinäjoen itäinen ohitustie -hankkeessa		
Sivu- ja liitesivumäärä	70 + 2		

Opinnäytetyön tavoitteena oli kertoa inframodel3-formaatin käytöstä suuressa väylähankkeessa maanmittausalan toimijan näkökulmasta. Suurena väylähankkeena tässä työssä oli Vt 19 Seinäjoen itäinen ohitustie -hanke. Inframodel-formaatin käyttöä on yleensä tutkittu työnjohdon näkökulmasta, mutta tässä työssä haluttiin erityisesti keskittyä sen käyttöön mittausalan henkilöstön näkökulmasta. Inframodel3-formaatin laajojen käyttömahdollisuuksien takia työssä paneuduttiin sen käyttöön koneohjausmallinnuksessa. Koneohjausmallin käyttöä kuvattiin koneohjausmallin teko-ohjeella. Työssä paneuduttiin myös Inframodel-projektin taustoihin ja sisältöön. Näiden lisäksi työssä haluttiin tuoda esiin hyvän suunnitteluaineiston tärkeys ja se, kuinka se nopeuttaa koneohjausmallin mallinnusprosessia.

Työssä kuvattu koneohjausmallin teko-ohje tehtiin menetelmillä, joita käytettiin Vt 19 -hankkeella saatavilla olleesta aineistosta. Koneohjausmallin teko-ohje perustui myös opinnäytetyön laatijan hankkeella hankittuihin kokemuksiin sekä hankkeesta pitkään vastanneen tietomallikoordinaattorin haastatteluun. Koneohjausmalli voidaan tehdä monella eri tavalla, riippuen yleensä lähtöaineistosta, minkä takia tämän työn ohjeen etenemis- prosessi ei välttämättä kelpaa sellaisenaan moneen muuhun tilanteeseen. Inframodel-tiedonhaku on tapahtunut pääasiassa verkkolähteistä, koska aiheesta ei ollut saatavilla kovinkaan paljoa kirjallisuutta.

Työn tuloksena syntyi tutkimus Inframodel-formaatin käytöstä, historiasta ja sisällöstä. Työssä ei pyritty perehtymään Inframodelin tietoteknilliseen sisältöön, vaan sen sisältöön yleisellä tasolla. Päätuotteena syntyi esimerkkiohje, joka on esitelty työn viimeisessä luvussa.

Technology, Communication and
Transport
Degree Programme of Land Surveying
Bachelor of Engineering

Author	Jussi Vähätiitto	Year	2018
Supervisor	Timo Karppinen		
Commissioned by	Lapin AMK		
Subject of thesis	Usage of the Inframodel3 Format in a Vt 19 Seinäjoki eastern bypass road project		
Number of pages	70 + 2		

The objective of this thesis was to describe the usage of the Inframodel3 format in a large road engineering project from the land surveyor's point of view. The Vt 19 Seinäjoki eastern bypass road project was the large road engineer project in this thesis. The usage of the Inframodel format was mainly studied from the site management's perspective, so the aim was to study it precisely from the land surveyor's point of view. Due to the wide usage of the Inframodel3 format the main focus was on machine control modelling. An example of a machine control model was presented. The purpose of the thesis was also to discuss the background of the Inframodel projects and the present situation. In addition the importance of a good plan data and how much it speeds up the modelling of the machine control model were discussed in this thesis.

The example of the machine control model was discussed based on the data from the Vt 19 project. An example of the machine control model was also based on the author's experiences and information model coordinator's interviews. Because of the different base data possibilities there is no one and only way to make machine control model. Thus, the method used in this thesis can only apply in the Vt 19 project. The research was based on the Internet sources, because the literature about the topic was scarce.

The result was a report about the usage, history and contents of the Inframodel format. The information technology of the Inframodel was not concentrated on in this thesis, but the contents in general. The main result was an example of the machine control model.

Key words infrastructure modelling, Inframodel3, information
model, machine control model

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	8
2 SATELLIITTIPAIKANNUS	10
2.1 Yleistä	10
2.2 GNSS.....	10
2.2.1 GPS.....	11
2.2.2 GLONASS.....	12
2.2.3 Galileo	12
2.2.4 COMPASS	13
2.3 Satelliittipaikannusmenetelmät	13
2.3.1 Absoluuttinen paikannus	14
2.3.2 Differentiaalinen paikannus	15
2.3.3 Suhteellinen mittaus	16
3 KONEOHJAUS	18
3.1 Yleistä	18
3.2 Koneohjausjärjestelmän toimintaperiaate	18
3.3 Tukiasemat	19
4 KONEOHJAUKSESSA TOIMIVAT LAITEVALMISTAJAT	21
4.1 Scanlaser – Leica Geosystems	21
4.2 Topgeo Oy	21
4.3 Novatron	21
4.4 Trimble.....	22
5 INFRAMODEL3-FORMAATTI	23
5.1 Yleistä	23
5.1.1 Tietomalli.....	24
5.1.2 LandXML.....	25
5.2 Sisältö	26
5.3 Inframodel3-formaatin sisällön suositukset.....	28
5.4 Pilotti	31
5.5 Testaus suunnitteluohjelmistoissa	31
5.6 Tausta.....	33
5.6.1 IM1	34

5.6.2	IM2	34
5.6.3	IM4	35
6	VT 19 SEINÄJOEN ITÄINEN OHIKULKUTIE	37
6.1	Hanke	37
6.2	Inframodel3-formaatin käyttö VT 19-hankkeessa	37
6.3	Tiedonsiirron kehitys hankkeessa	38
6.4	Käyttö koneohjausmalleissa	43
7	POHDINTA	66
	LÄHTEET	68
	LIITTEET	70

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

BIM	Building Information Model eli suomeksi tietomalli.
C/A-koodi	GPS-signaalin kantoaaltoon moduloitu siviilikäyttöön tarkoitettu salaamaton koodi. (Laurila 2012, 292.)
Compass	Kiinalainen satelliittipaikannusjärjestelmä, jonka odotetaan tulevan toimintakuntoon vuonna 2020. (Maanmittauslaitos 2017.)
Galileo	Eurooppalainen siviilikäyttöön tarkoitettu satelliittinavigointijärjestelmä, joka on ollut kehitteillä viimeisen vuosikymmenen. (Maanmittauslaitos 2017.)
Glonass	Venäjän oma satelliittipaikannusjärjestelmä, joka oli aluksi sotilaskäyttöön tarkoitettu, mutta nyt laajennettu maa- ja meriliikenteeseen, maanmittaukseen ja muihin kuluttajatarpeisiin. (Maanmittauslaitos 2017.)
GNSS	Nimitys, jota käytetään maailmanlaajuisesti kaikille satelliittipaikannusjärjestelmille, tulee sanoista Global Navigation Satellite System. (Laurila 2012, 289.)
GPS	Yhdysvaltalainen alun perin sotilaskäyttöön tarkoitettu satelliittipaikannusjärjestelmä, jota rahoittaa ja ylläpitää Yhdysvaltain puolustusministeriö. (Maanmittauslaitos 2017.)
GT	Pistemäinen vektoritiedostoformaatti.
InfraBIM	On numerointi- ja nimeämiskäytäntöohje, jonka on tarkoitus palvella infra-hankkeita koko elinkaaren ajan. (BuildingSMART 2017, 4.)

Inframodel	Infra-alalle suunnattu tiedonsiirtoformaatti, joka on toteutettu yhteistyönä suomalaisten infra-alan toimijoiden kanssa.
LandXML	Infra-alan tarpeita varten kehitetty tiedonsiirtostandardi. (Horn 2013, 13.)
P-Koodi	GPS-signaalin kantaaltoon moduloitu sotilaskäyttöön tarkoitettu koodi. (Laurila 2012, 286.)
RAFO	Pistemäinen vektoritiedosto formaatti, jota Plaana Oy käytti Vt 19-hankkeen alkuvaiheessa.
RTK	Reaaliaikainen kinemaattinen mittaus (Real Time Kinematic), jossa tunnetulla pisteellä oleva vertailuvastaanotin lähettää toiselle liikkeessä olevalle vastaanottimelle vaihehavaintoja. (Laurila 2012, 315.)
SBG GEO	Pistemäinen vektoritiedosto formaatti, jota käytettiin Vt19 -hankkeessa taiteviiva aineiston tiedonsiirrossa työkoneisiin, joissa oli Leica Geosystems'in 3D-koneohjausjärjestelmä.
TRM	Leica Geosystems'in Vt 19-hankkeessa käyttämä tiedonsiirtoformaatti 3D-pintamalli aineistoille työkoneisiin.
TSV	Tientausviiva jota käytetään, kun on kyse valmiista suunnitellusta pinnasta.
XML	eXtensible Markup Language on tekstimuotoinen tiedonsiirtoformaatti. (Hämäläinen 2014, 24.)

1 JOHDANTO

Infra-alan sekä yleisesti rakentamisen ongelmana ovat olleet lukuisat erilaiset tiedonsiirtoformaattit. Rakentamisessa ja erityisesti infra-alan suunnittelijatoimistoilla voi olla käytössä heidän omia formaatteja, jotka vaikeuttavat jo entisestään olemassa olevaa ongelmaa. Infra-alalla tälle ongelmalle on pyritty löytämään ratkaisu Inframodel-formaatista, jonka olisi tarkoitus olla tiedonsiirtostandardi Infra-alan toimijoiden välille.

Painetta kehitykselle ovat myös luoneet koko ajan kehittyvä tietomallinnus sekä työnjohdon tarve päästä helpommin käsiksi suunnitteluaineistoon sekä toteutuneeseen mittausdataan. Yhä tärkeämpään osaan noussut laaduntarkkailu on vauhdittanut siihen soveltuvan tiedonsiirtoformaatin kehittymistä. Inframodel-formaattia on kehitetty myös tätä näkökulmaa ajatellen, jolloin se soveltuukin myös erinomaisesti laaduntarkkailuun.

Tässä työssä oli tarkoitus tutustua syvemmin Inframodel-formaatin sisältöön, sen kehitykseen sekä alkuaskeleisiin. Inframodelin taustasta käydään läpi sen alkuvaiheet, eri kehitysversiot sekä itse Inframodel3-formaatti. Inframodel-formaatin ideana on tuoda kokonaisen työmaan tai työmaan osan tiedot yhtenäisenä kokonaisuutena tietopakettina. Tietopaketin sisällössä voi olla eroavaisuuksia riippuen työmaan tarpeista. Yleisesti Inframodelilla voidaan siirtää muun muassa varusteita, geometrioita, taiteviivoja sekä pintamalleja.

Työssä paneudutaan myös Vt 19 Seinäjoen ohitustiellä käytössä olleen Inframodel3-formaatin ongelmiin, kehitykseen ja lopputuotteeseen. Suurimpana ongelmana oli työmaan alussa esiintynyt tiedonsiirtovaiheessa tapahtunut Inframodel-tiedoston pirstaloituminen. Inframodelin käytettävyys ja laatu kehittyi Vt 19-projektin aikana suurin harppauksin alun ongelmista lopun täydelliseen käytettävyyteen. Lopputuotteen käytettävyys esitellään työn lopussa koneohjausmallin luonti-ohjeessa. Ohjeessa käydään läpi Vt 19 Seinäjoen ohitustiellä käytössä ollutta periaatetta luoda koneohjausmalli. Mallin luonnissa käytettiin 3D-Win-ohjelmistoa.

Työn aihe alkoi kehkeytyä opinnäytetyöntekijän omista kokemuksista Vt 19 - hankkeesta sekä omasta, jo ennen opintojen alkua syttyneestä kiinnostuksesta infra-alaan sekä sitä kautta 3D-työkoneohjaukseen. Inframodelin käytön hyvät kokemukset tarjosivat erinomaisen tilaisuuden paneutua syvemmin laadukkaaseen suunnitteluaineistoon ja tutkia sen kehitystä historiasta nykypäivään. Työn tarkoituksena onkin ollut kertoa, kuinka paljon hyvä suunnitteluaineisto nopeuttaa työntekoa infratyömaalla sekä tuottaa esimerkki siitä, miten sitä voidaan käyttää hyväksi koneohjausmallin tekovaiheessa.

2 SATELLIITTIPAIKANNUS

2.1 Yleistä

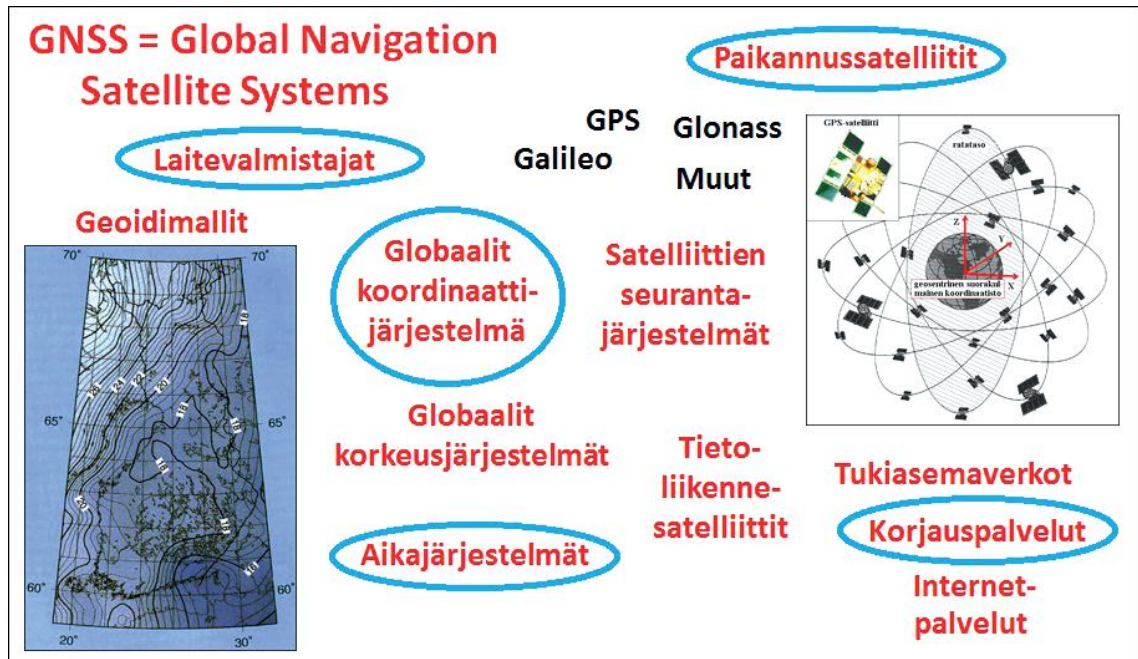
Satelliittipaikannuksessa paikannetaan vastaanotin satelliittijärjestelmien lähettämien radiosignaalien perusteella. Tänä päivänä yleisimpiä satelliittijärjestelmiä ovat yhdysvaltalaisen GPS (Global Position System) ja venäläisten GLONASS (Globalnaja Navigatsionnaja Sputnikovaja Sistema). Ajanmääritys toimii satelliittipaikannuksen perustana eli aika, joka määritetään satelliittipaikannuksessa, on satelliitin signaalin lähdön ja signaalin vastaanoton välinen aikaväli, jolla saadaan vastaanottimen ja satelliitin välinen etäisyys. Jo neljällä etäisyydenmittauksella saadaan laskettua vastaanottimen paikkakoordinaatit kolmiulotteisesti maailmanlaajuisessa koordinaattijärjestelmässä sekä aikaero vastaanottimen kellon ja satelliittijärjestelmän ajan välillä. (Maanmittauslaitos 2017.)

Satelliittipaikannuksen ympärillä tapahtuu tällä hetkellä todella paljon. Lukuisia määriä sovelluksia, vaatimustasojen nousu sekä häiriöiden ehkäiseminen ajavat GPS- ja GLONASS-järjestelmät ahtaalle pakottaen ne uudistumaan. Tämän takia GPS- ja GLONASS-järjestelmiä uudistetaan, jotta ne palvelisivat paremmin nykypäivän paikannussovelluksia vaikeissa olosuhteissa. Tämä on tehty lisäämällä lähetystaajuuksia ja signaalien komponentteja. Näiden kahden järjestelmän lisäksi käyttöön on tulossa Euroopan Galileo ja Kiinan Compass. Kun saadaan useat järjestelmät yhtä aikaa käyttöön, on mahdollista lisätä paikannustarkkuutta ja luotettavuutta. (Maanmittauslaitos 2017.)

2.2 GNSS

Satelliittipaikannusta on pitkään kutsuttu pelkästään GPS-paikannukseksi, mutta nykyään sitä osataan jo kutsua GNSS-paikannukseksi tai toiselta nimeltään satelliittipaikannukseksi. Sana GNSS tulee sanoista Global Navigation Satellite System. System-sanalla tarkoitetaan usein satelliittipaikannuksen kansainvälistymiseen Systems. Eli nimi siis viittaa monikansalliseen satelliittipaikannusjärjes-

telmään, koska nykyään satelliittipaikannus ei nojaa pelkästään GPS-järjestelmän varaan. Satelliittipaikannus voidaankin omaksua eräänlaiseksi paikannuksen infrastruktuuriksi (Kuvio 1; Laurila 2012, 289.)



Kuvio 1. GNSS paikannuksen infrastruktuuria havainnollistava kuva (Laurila 2012, 289)

2.2.1 GPS

GPS-järjestelmä on Yhdysvaltain puolustusministeriön ylläpitämä, rahoittama ja 32:sta maata kiertävästä satelliitista koostuva satelliittipaikannusjärjestelmä. Nämä satelliitit kiertävät noin 20 200 km korkeudessa ja ne lähettävät signaaleja kahdella eri taajuudella L1 (1575,42 MHz) ja L2 (1227,6 MHz). GPS-järjestelmään on tarkoitus lisätä signaalien taajuuksiin myös L5 (1176,45 MHz). Kantaaltoon moduloituna GPS-järjestelmän signaaleissa on C/A- ja P-koodi, joista C/A -koodia käytetään L1 taajuuden kanssa siviilikäytössä. P-koodi on tarkempi ja on vain sotilaskäytössä. Näiden lisäksi kantaaltoon on moduloituna navigointi-informaatio, jossa tulee tietoa satelliittien kiertoradoista, kellovirheistä ja yleistilasta. Tällä informaatiolla saadaan selville satelliitin sijainti, joka tarkoittaa, että eri satelliiteista saatavan navigaatioinformaation avulla saadaan selville signaalin kuluaika, josta taas pystytään laskemaan vastaanottimen sijainti, nopeus ja aika. (Maanmittauslaitos 2017.)

Paikannustarkkuus GPS-järjestelmällä on välillä millimetristä kymmeneen metrihin. Paikannustarkkuuden vaihteluun vaikuttavat toimintaympäristöt, sääolosuhteet ja käytetyt vastaanotintekniikat. Vastaanotintekniikoissa vaikuttavina tekijöinä ovat esimerkiksi seuraavat: onko vastaanotin yksi- vai kaksitaajuuksinen, käytetäänkö koodi- vai vaihemittausta tai onko käytössä yksi tai useampi vastaanotin. Eli voidaan sanoa, että mitä kalliimpaa ja monimutkaisempaa tekniikka on, sitä tarkempi on paikannustarkkuus. Erittäin tarkkaan mittausresoluutioon päästäkseen mittauksen on tapahduttava hyvissä ja esteettömissä signaaliolosuhteissa. (Maanmittauslaitos 2017.)

2.2.2 GLONASS

GLONASS-järjestelmä on Venäjän ylläpitämä satelliittinavigointijärjestelmä, joka on GPS-järjestelmän tapaan alun perin sotilaskäyttöön tarkoitettu paikannusjärjestelmä, mutta myöhemmin laajennettu maa -ja meriliikenteeseen, maanmittaukseen sekä lopulta kuluttajatuotteisiin. Se eroaa siten GPS-järjestelmästä, että sen satelliittisignaalit lähetetään omilla taajuuksillaan. Satelliitit sijaitsevat kolmella eri ratatasolla ja kiertävät maapalloa noin 19 000 kilometrin korkeudessa. GLONASS-järjestelmän on tarkoitus siirtyä tulevaisuudessa käyttämään vain yhtä lähetystaajuutta, jolloin sen paikannustarkkuus ja yhteiskäyttöisyys muiden järjestelmien kanssa paranee. (Maanmittauslaitos 2017.)

2.2.3 Galileo

Galileo-järjestelmä on Euroopan oma satelliittinavigointijärjestelmä, jota on kehitetty viimeiset vuosikymmenet. Viivästyksen syitä Galileon käyttöönotossa ovat olleet muun muassa yhteensopivuusongelmat esimerkiksi Yhdysvaltain GPS-järjestelmän kanssa ja tämän lisäksi ongelmia on ollut rahoituksen sekä kehitysprosessin kanssa. Galileon kehityksen pariin alulle ajatus Euroopan omasta satelliittipaikannusjärjestelmästä, joka on riippumaton Yhdysvaltain ja Venäjän sotilaallisista järjestelmistä. Euroopassa onkin ajateltu, että riippuvuus muista järjestelmistä vaikuttaa suoranaisesti Euroopan turvallisuuteen ja siksi tuo epävarmuutta satelliittipaikannussovelluksiin. (Maanmittauslaitos 2017.)

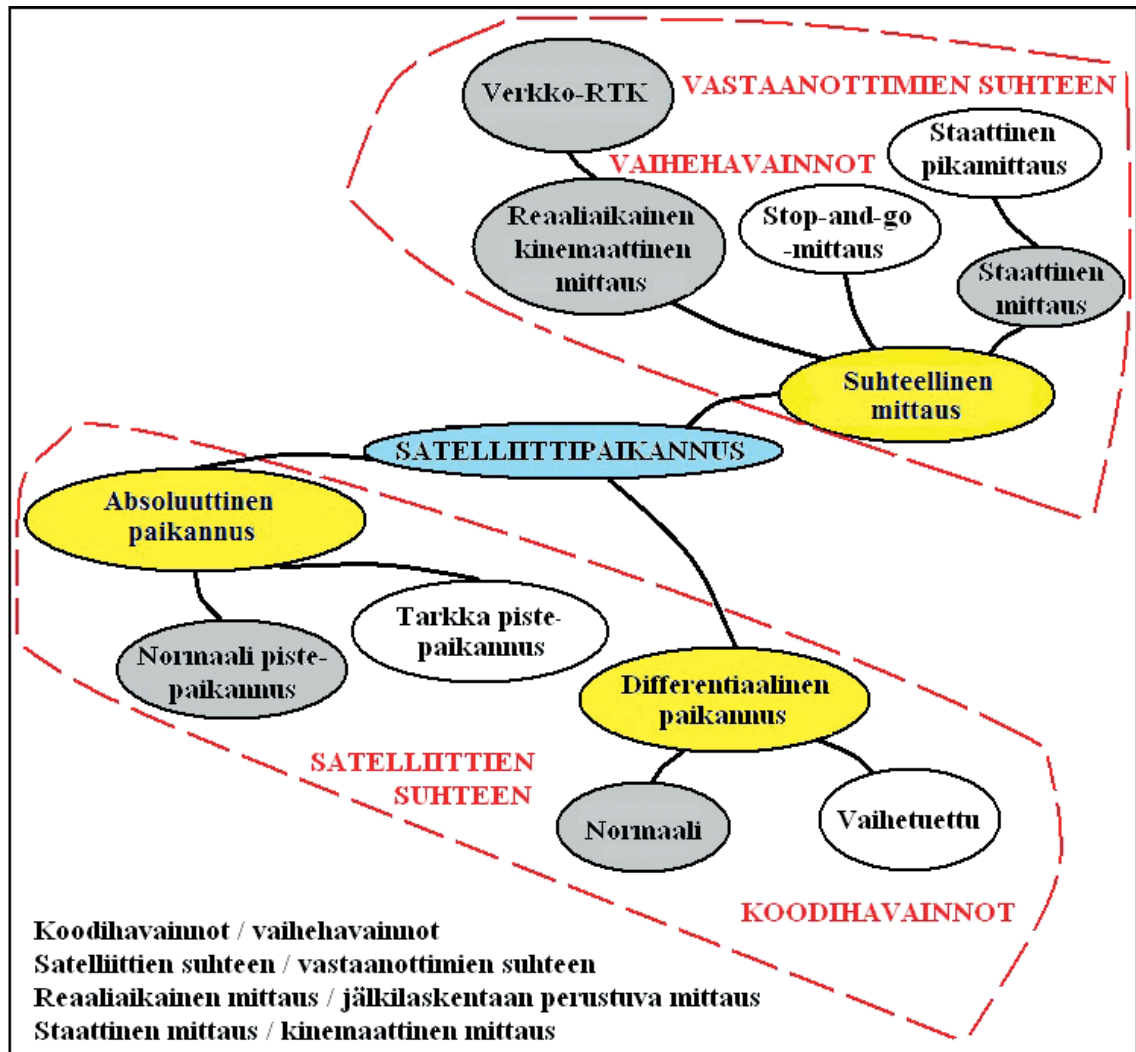
Tulevaisuudessa Galileo-järjestelmän koko tulee olemaan noin 30 satelliittia, jotka kiertävät maata 23 000 kilometrin korkeudessa kolmella eri ratatasolla. Galileon satelliitit tulevat käyttämään lähetystaajuutena samaa taajuutta kuin GPS-satelliitit, mutta erottuen kuitenkin käyttämällä eri kooditekniikkaa. Sen toiminta on arvioitu alkavan vuosien 2018-2020 välillä. (Maanmittauslaitos 2017.)

2.2.4 COMPASS

COMPASS-järjestelmä on kiinalaisten kehitteillä oleva satelliittinavigointijärjestelmä, jonka on tarkoitus olla samanlainen kuin Yhdysvaltain GPS-järjestelmän. Sen on tarkoitus käsittää 35 satelliittia, joista viisi kiertäisi geostationäärisillä radoilla, jotta ne voivat lähettää globaalien paikannussatelliittijärjestelmien virhekorjausinformaatiota. Tätä osuutta kutsutaan Beidouksi. Sen on tarkoitus olla toimintakuntoinen vuonna 2020. (Maanmittauslaitos 2017.)

2.3 Satelliittipaikannusmenetelmät

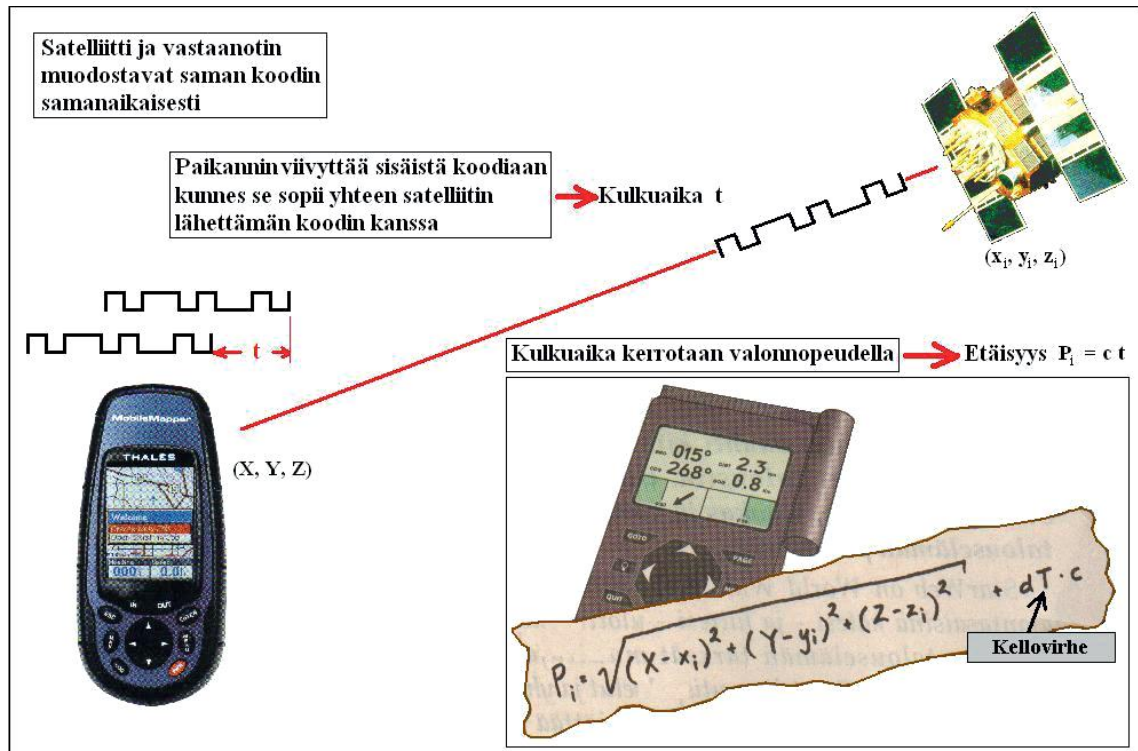
Satelliittipaikannus voidaan jakaa kolmeen perusmittaustapaan (Kuvio 2) eli absoluuttiseen paikannukseen, differentiaaliseen paikannukseen ja vaihehavaintoihin perustuvaan suhteelliseen mittaukseen. Näiden paikannustapojen välillä saadaan erot käytettävien havaintosuureiden, systemaattisten virheiden korjaamistekniikoiden ja havaintolaitteiden määrällä. (Laurila 2012, 293.)



Kuvio 2. Havainnollistava kuva kolmesta satelliittipaikannus tavasta (Laurila 2012, 294)

2.3.1 Absoluuttinen paikannus

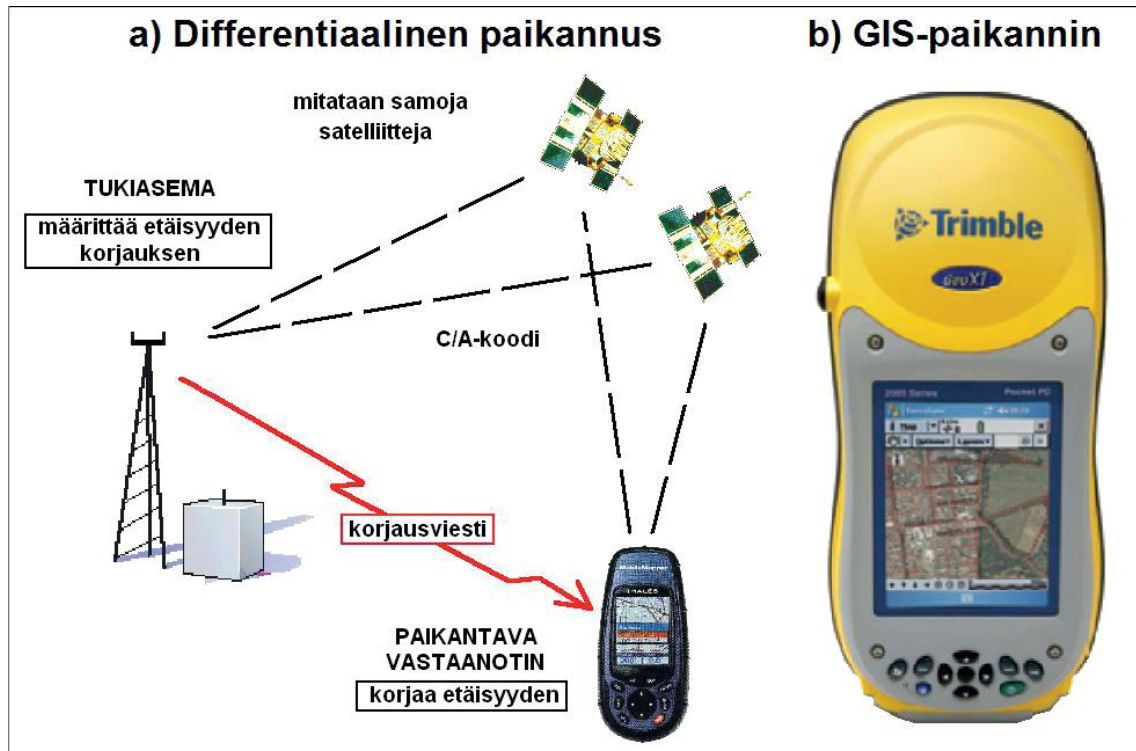
Absoluuttinen paikannus on näistä kolmesta peruspaikannustavasta yleisin, koska se soveltuu tarkkuudeltaan, laitteiston hinnoiltaan ja tekniikaltaan harrastekäyttöön sekä ajoneuvojen navigointisovelluksiin. Absoluuttisessa paikannuksessa käytetään hyväksi vähintään kolmea satelliittia ja sen etäisyyden mittaus tapahtuu mittaamalla satelliitin signaalin kulku-aika C/A-koodin avulla käyttäen hyväksi signaalin viivytystekniikkaa (Kuvio 3). Koska paikannuksessa käytetään hyväksi signaalin kulkuajan mittausta, niin mittauksessa käytettävien kellojen on oltava tarkkoja. Näillä tekijöillä paikannustarkkuudeksi saadaan alle kymmenen metriä. (Laurila 2012, 293-295.)



Kuvio 3. C/A-koodin käyttö absoluuttisessa paikannuksessa (Laurila 2012, 297)

2.3.2 Differentiaalinen paikannus

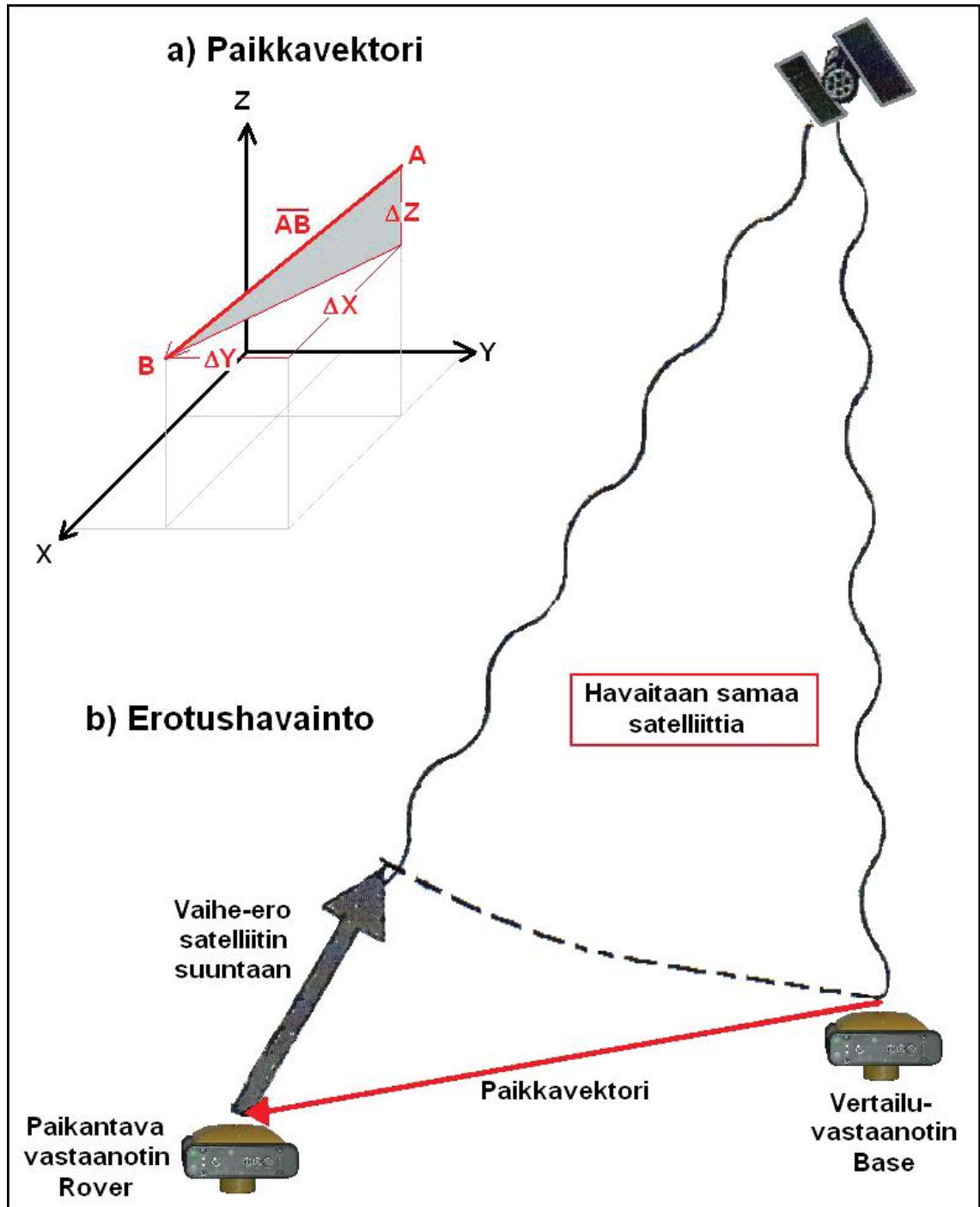
Differentiaalisessa paikannuksessa, kuten absoluuttisessakin, käytetään hyväksi C/A-koodia. Tämän lisäksi mukaan mittaukseen tulee tukiasema, joka sijaitsee tunnetulla pisteellä. Tukiasema mittaa etäisyyttä sekä laskee satelliittien tunnettujen koordinaattien etäisyyttä ja laskee havaintopaikan (Kuvio 4). Näistä saadaan aikaan virhe, jonka tukiasema lähettää vastaanottimelle, ja tämän jälkeen vastaanotin korjaa mitatun etäisyyden tällä virheellä, jolloin saadaan tulokseksi korjattu etäisyys. Tällä periaatteella differentiaalinen paikannustekniikka pääsee < 1m paikannustarkkuuteen, minkä takia sitä käytetään merenmittauksessa, ammattimaisessa auto- ja laivaliikenteessä sekä yleisessä paikkatiedon keruussa. (Laurila 2012, 299-301.)



Kuvio 4. Differentiaalisen paikannuksen toimintaperiaate (Laurila 2012, 300)

2.3.3 Suhteellinen mittaus

Suhteellinen mittaus perustuu vaihehavaintoon, jonka periaate eroaa kahdella tavalla absoluuttisesta ja differentiaalisesta paikannuksesta. Suhteellisessa mittauksessa käytetään etäisyyden mittauksessa kantoaaltoa, toisin kuin differentiaalisessa ja absoluuttisessa paikannuksessa sekä tämän lisäksi vastaanottimella on vertailuvastaanotin, jota käytetään vastaanottimen sijainnin määrittämiseen (Kuvio 5). Tällä periaatteella on mahdollista saavuttaa jopa millimetritarkkuus, mutta tämä ei kuitenkaan toteudu, koska satelliittien ratoja ei tunneta samalla tarkkuudella ja ilmakehän virhevaikutukset ovat lähes hallitsemattomia. Näiden seurauksena todellinen tarkkuus liikkuu < 0.05 m luokassa. Suhteellista mittausta käytetään geodesian, geofysiikan, mittaus- ja kartoitustekniikan sekä koneohjauksen tehtävissä. (Laurila 2012, 295-302.)



Kuvio 5. Suhteellisen mittauksen periaate (Laurila 2012, 303)

3 KONEOHJAUS

3.1 Yleistä

Koneohjaus tarkoittaa mittausjärjestelmää kaivinkoneessa, millä opastetaan kaivinkoneenkuljettajaa kaivamaan tiettyyn tavoitetasoon. Toisin sanoen työsuunnitelmat näkyvät kolmiulotteisena kaivinkoneen ruudulla, josta kuljettaja seuraa tavoitetasoa verrattuna käytäntöön. Tämä näkyy työn kannattavuuden paranemisena, sekä auttaa säästämään aikaa, materiaaleja ja polttoainetta. Se mahdollistaa työn suorittamisen ilman maastoon merkintää, koska työmaan korko on aina tiedossa kaivinkoneen kauhan huulella. (Novatron 2017.)

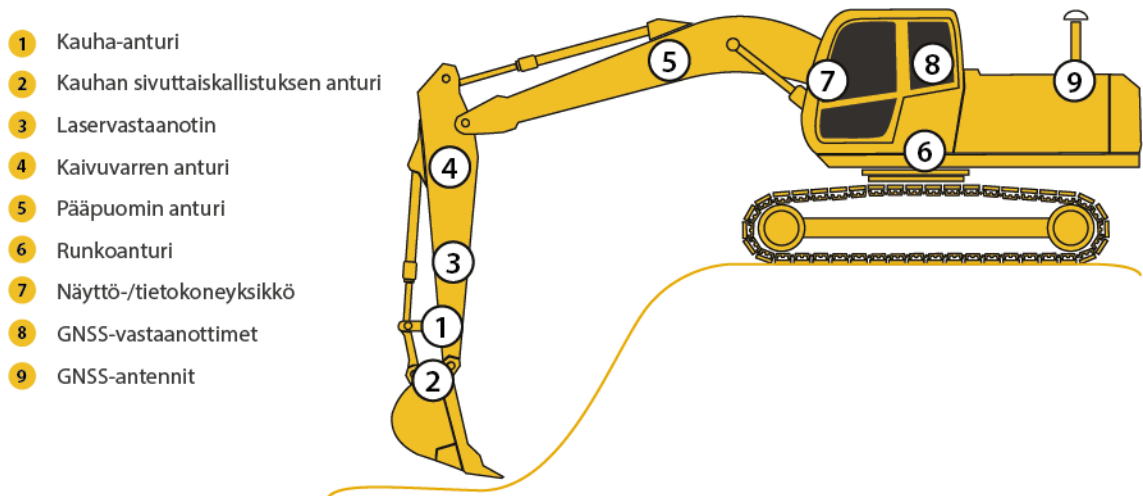
Suomi ja Pohjoismaat ovat olleet edelläkävijöitä työkoneautomaation saralla. Jo vuonna 2010 Suomessa oli käytössä 250 koneohjausjärjestelmää. Uusi teknologia on mahdollistanut tuottavuuden paranemisen infrarakentamisessa. Työkoneiden sovelluksien kehittyminen maarakentamisen käytännöllisiksi työkaluiksi on vaatinut satelliittipaikannusteknologian tarkkuuden ja luotettavuuden parane- mista 2000-luvulla. (Tierakennusmestari 2017.)

3.2 Koneohjausjärjestelmän toimintaperiaate

Työkoneessa on paikannuslaitteet, tietokoneet ja anturijärjestelmä. Mallit, eli suunnitelma-aineisto tuodaan digitaalisessa muodossa työkoneeseen, jolloin työkoneen sisällä olevasta päätteestä nähdään tuodusta suunnitelma-aineistosta luotu malli ja pystytään seuraamaan kaivinkoneen kauhan todellista korkoa verrattuna teoreettiseen malliin. Opastavissa sovelluksissa, joita käytetään kaivinkoneissa, kuljettaja tekee kaikki liikkeet, mutta esimerkiksi tiehöylissä on käytössä automatiikka, joka liikuttaa höylän terää automaattisesti, jolloin höylän kuskin ei tarvitse kuin seurata näyttöpäätteestä näkyviä lukemia. (Tierakennusmestari 2017.)

Koneohjaus perustuu RTK-GNSS-satelliittipaikannukseen ja yleensä työmailla käytetään joko tukiaseman tai verkkokorjauspalvelun tuottamaa korjaussignaalia, jonka avulla pystytään saavuttamaan jopa senttimetriluokan tarkkuus. Koneohjausjärjestelmä koostuu erilaisista anturoista, näyttö- ja tietokonelaitteista sekä

satelliittivastaanottimista (Kuvio 6) Niiden määrä riippuu kuitenkin jonkin verran työkoneesta. (Novatron 2017a.)

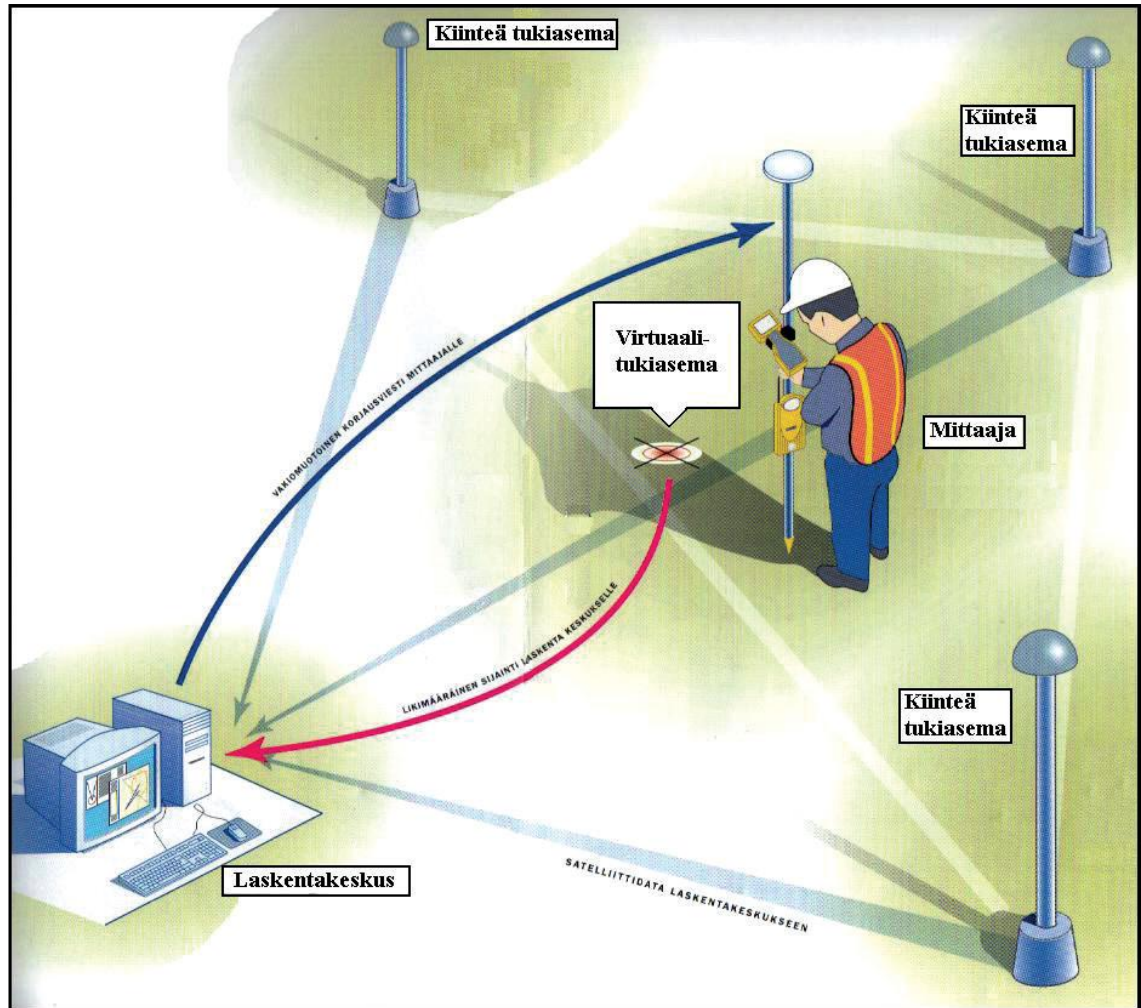


Kuvio 6. Koneohjausjärjestelmän komponentit (Novatron 2017a)

3.3 Tukiasemat

Tukiaseman tehtävänä koneohjauksessa on lähettää korjausviestiä sen kuuluualueen sisällä oleville työkoneille, jotka on varustettu koneohjausjärjestelmillä. Eri laitevalmistajilla on tukiasemiin eri kokoonpanoehdotelmia, mutta yleisesti tukiasemat koostuvat GNSS-lautasesta, radioantennista, radiosta ja paikannusyksiköstä. Joissakin laitevalmistajien paketeissa paikannusyksikkö ja radio on konfiguroitu yhteen, jolloin ne toimivat saman käyttöjärjestelmän avulla. (Karjainen 2016.)

Kiinteän tukiaseman lisäksi käytetään virtuaalitukiasema -ratkaisua. Virtuaalitukiasema tarkoittaa tukiasemaa, jonka virtuaalitukiasema järjestelmä laskee virtuaalisesti lähelle mittaajaa. Virtuaalitukiasema perustuu kiinteiden tukiasemien verkkoon (Kuvio 7), jossa jokainen tukiasema sekä mittaajan satelliittipaikannin lähettävät satelliittidataa laskentakeskukseen. Tätä korjausdataa laskentakeskus prosessoi ja käyttää virtuaalisen tukiaseman laskemiseen lähelle mittaajaa, tämän lisäksi laskentakeskus lähettää mittaajalle korjausdataa. (Laurila 2012, 321.)



Kuvio 7. Trimblen VRS-järjestelmän toimintaperiaate (Laurila 2012, 321)

4 KONEOHJAUKSESSA TOIMIVAT LAITEVALMISTAJAT

4.1 Scanlaser – Leica Geosystems

Leica Geosystems on yritys, joka toimii koneohjauksen ja maanmittauksen saralla. Se tunnetaan vielä työmailla nimellä Scanlaser. Leica Geosystems ja Scanlaser yhdistyivät yhdeksi palvelun välittäjäksi vuonna 2014, jonka yhteydessä siirrettiin käyttämään nimeä Leica Geosystems Oy. (Wikman 2017.) Leica Geosystems pystyy tarjoamaan erilaisia koneohjausratkaisuja rakennusosalalle. Ne tarjoavat tarkan, helppokäyttöisen, laajennettavan sekä kestävä ratkaisun työmaille ja niiden ansiosta saadaan työt valmiiksi aikataulussa ja pysytään budjetissa. Ratkaisuja löytyy muun muassa paikannustarpeeseen työmailla, kaivuutarpeeseen, tasaustyötehtäviin, porauksiin ja paalutuksiin sekä levitystöihin. (Leica Geosystems 2017.)

4.2 Topgeo Oy

Topgeo Oy on maan- ja rakennusmittausratkaisujen valmistaja, jonka päämies Topcon Corporation on maanmittausalan suurimpia valmistajia. Topgeo Oy on perustettu jo vuonna 1987, mikä tekee siitä alalla pisimpään Suomessa työskennelleen yrityksen. (Topgeo 2017a.) Topgeolla on tarjonnassa integroituja 3D-koneohjausratkaisuja sekä perinteisiä korkeusjärjestelmäratkaisuja. Perinteisessä ratkaisussa (Topcon Standard GPS) hyväksikäytetään 24 Navstar-GPS-satelliittia, mutta sillä ei ole mahdollista tehdä RTK-mittauksia 24h/vrk. Topcon GPS+ -järjestelmä käyttää hyväksi Navstar-satelliittien lisäksi myös 13 GLONASS -satelliittia, näiden ansiosta sillä on riittävä määrä satelliitteja RTK-mittauksiin. Kolmannessa vaihtoehdossa käytetään hyväksi laserlähettä, joka mahdollistaa edellisistä ratkaisuista poiketen jopa millimetritarkkuuden. (Topgeo 2017b.)

4.3 Novatron

Novatron Oy on suomalainen Pirkkalassa sijaitseva maarakennuskoneiden koneohjausjärjestelmiin erikoistunut yritys, joka on perustettu vuonna 1991. Heidän asiakaskuntaansa ovat maarakennusurakoitsijat, konemyyjät ja konevalmistajat Suomessa ja ulkomailla. Tunnetuimmat tuotteet ovat Xsite EASY ja Xsite PRO,

jotka ovat kaivinkoneiden mittaus- ja paikannusjärjestelmiä. Lisäksi yritys tarjoaa koneohjausjärjestelmien käyttämistä tukevaa ohjelmistoa ja palvelua. Kaivinkoneiden lisäksi koneohjausjärjestelmiä on saatavilla puskukoneisiin ja pyöräkuormaajiin sekä ohjelmistoja työmaanhallintaan. (Novatron 2017b.)

4.4 Trimble

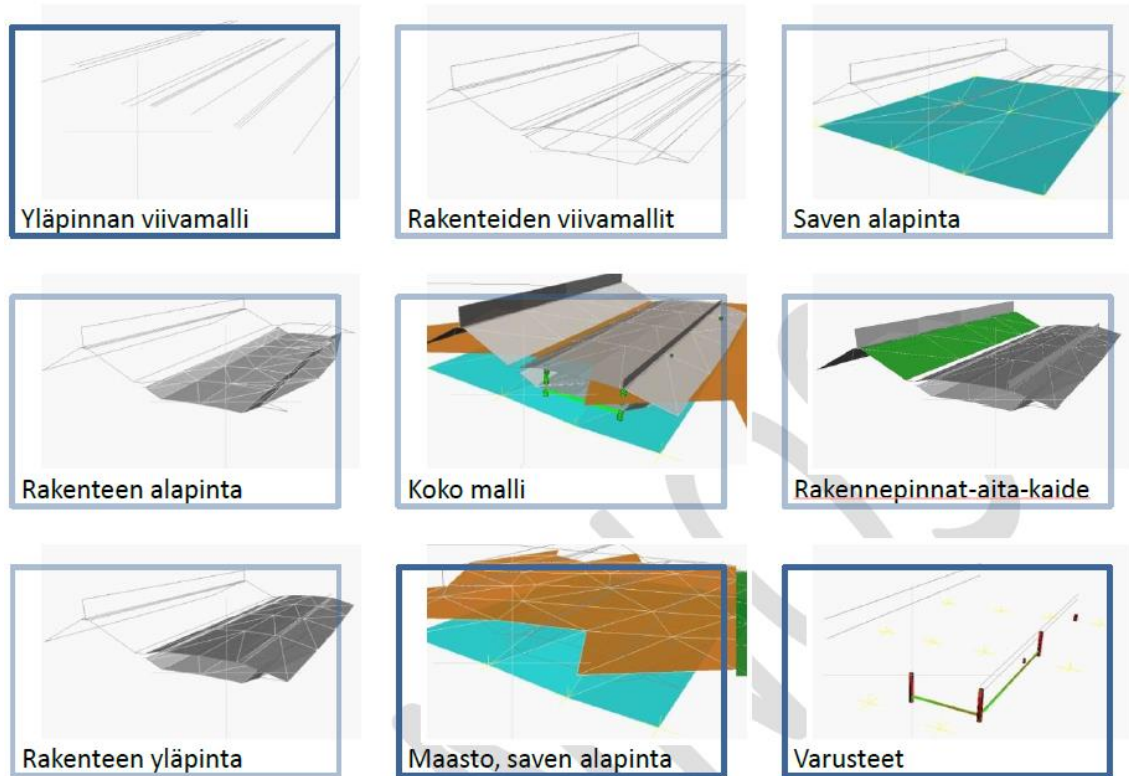
Trimble on maailmanlaajuisesti tunnettu satelliittipaikannuslaitteiden välittäjä, jonka tuotemyynnistä Suomessa vastaa Geotrim Oy. Tuotevalikoimaan kuuluu maasto- ja rakennusmittaus laitteet, koneohjausautomaatio ratkaisut sekä GPS-paikannuksen laitteet. Myynnin ja maahantuonnin ohella Geotrim tarjoaa huoltoa sekä muita oheispalveluita. Trimblellä on tarjolla monenlaisia ratkaisuja 2D- ja 3D-sovelluksiin. 3D-järjestelmät toimivat GNSS-satelliittivastaanottimella tai takymetriohjauksella ja 2D-sovellukset toimivat laserlähettimellä tai tunnetulla korkopisteellä. Erona muihin palveluntarjoajiin Trimble on tehnyt tiivistä yhteistyötä ja kehittäneet koneohjausjärjestelmiä maarakennuskoneita valmistavan Caterpillarin kanssa. Tästä huolimatta Trimblen koneohjausjärjestelmät ovat saatavilla myös muihinkin työkonemerkkeihin. (Nieminen 2011, 24-25.)

5 INFRAMODEL3-FORMAATTI

5.1 Yleistä

Inframodel3 on avoin formaatti infratietojen siirtoon. Se perustuu kansainvälisesti käytettyyn LandXML-standardiin. Tähän standardiin on tehty laajennuksia, jolloin on syntynyt Inframodel-formaatti. XML-formaatti sisältää tietoa ja se kuvaa tiedon merkitystä eli se on merkintäkieli. Itse Inframodel3-formaatilla pyritään kattamaan infra-alan suunnitteluohjelmien ja konesovelluksien tarpeet luomalla yhtenäinen sisältö sekä tekemällä suunnittelu- ja toteutusmallien tiedonsiirto-ohjeet. XML-formaatin mukanaololla pyritään luomaan yhtenäiset tallennusmuodot sekä saavuttamaan suunnittelutoimistoille riippumattomuus eri ohjelmistoista. (Hämäläinen 2014, 24.) Inframodel3-formaatti toteutettiin osana InfraFINBIM työpakettia. (InfraBIM 2018) Vuosina 2010-2013 toteutettiin RYM Oy:n PRE-ohjelma, jonka oli tarkoitus tuoda kiinteistö-, rakennus- ja infra-alalle uusia toimintatapoja sekä liiketoimintamalleja, tämän ohjelman yksi työpaketeista oli InfraFINBIM työpaketti. (Virtanen 2011, 15.)

Muita Inframodel-formaatin käytön tuomia tavoitteita ovat sisältövirheiden välttäminen, sisällön monikäyttöisyyden parantaminen, tiedon säilyminen, tiedon hakemisen helpottaminen, käsittelyvaiheiden automatisoiminen sekä integraation helpottaminen. Suurimmat hyödyt Inframodel-tiedonsiirrossa ovat niiden käytäntöjen yksinkertaistuminen, virheiden ja tiedon hukkumisen väheneminen sekä metatietojen välittäminen eli tarkemmin dataan liittyvän informaation siirto. Inframodel-tiedosto on tekstimuotoinen, jonka ansiosta sitä voidaan avata sekä katella esimerkiksi selaimella tai tekstieditorilla. Sitä voidaan myös muokata tekstieditorilla, mutta tämä ei ole suositeltua, koska toimijoiden välisen luottamuksen tulisi säilyä toimittaessa ja vastaanottaessa. Kuviossa 8 on esimerkki Inframodel-tiedoston sisällöstä. (Hämäläinen 2014, 24-25.)



Kuvio 8. Inframodel-tiedoston sisältö (PRE InfraFINBIM Inframodel-ryhmä 2013, 7)

5.1.1 Tietomalli

Tietomalli-sanalla kuvataan rakennuksen tai infrarakenteen digitaalista muotoa, mikä pitää sisällään koko elinkaaren aikaiset tiedot. Tietomallilla voidaan määrittää rakennuksen ja rakenteen geometria tai esittää ne kolmiulotteisesti. Tuotemallinnus on mahdollista toteuttaa parhaimmassa tapauksessa niin, että suunnittelutiedot kulkevat koko hankkeen läpi alustavasta suunnittelusta yläpitoon, tätä prosessia kuvataan kuviossa 9. Inframallista luotu tuotemalli mahdollistaa suunnitelman kolmiulotteisen tarkastelun tai kaksiulotteisen katselun piirustusten kautta. (InfraTM 2017a, 5.) Inframallintaminen on käsitteenä paljon vaikeammin määriteltävissä oleva kuin talonrakentamisessa käytettävät mallit. Inframallista voidaan erottaa erilleen esimerkiksi sillat ja meluesteet, joita kutsutaan taitorakennepaikkojen tietomalleiksi. Inframalli on laaja, jonka takia on vielä pitkä matka siihen, että saamme kokonaista väyläverkostoa kattavan tietomallin yhteen pakettiin. (Liikennevirasto 2017.)

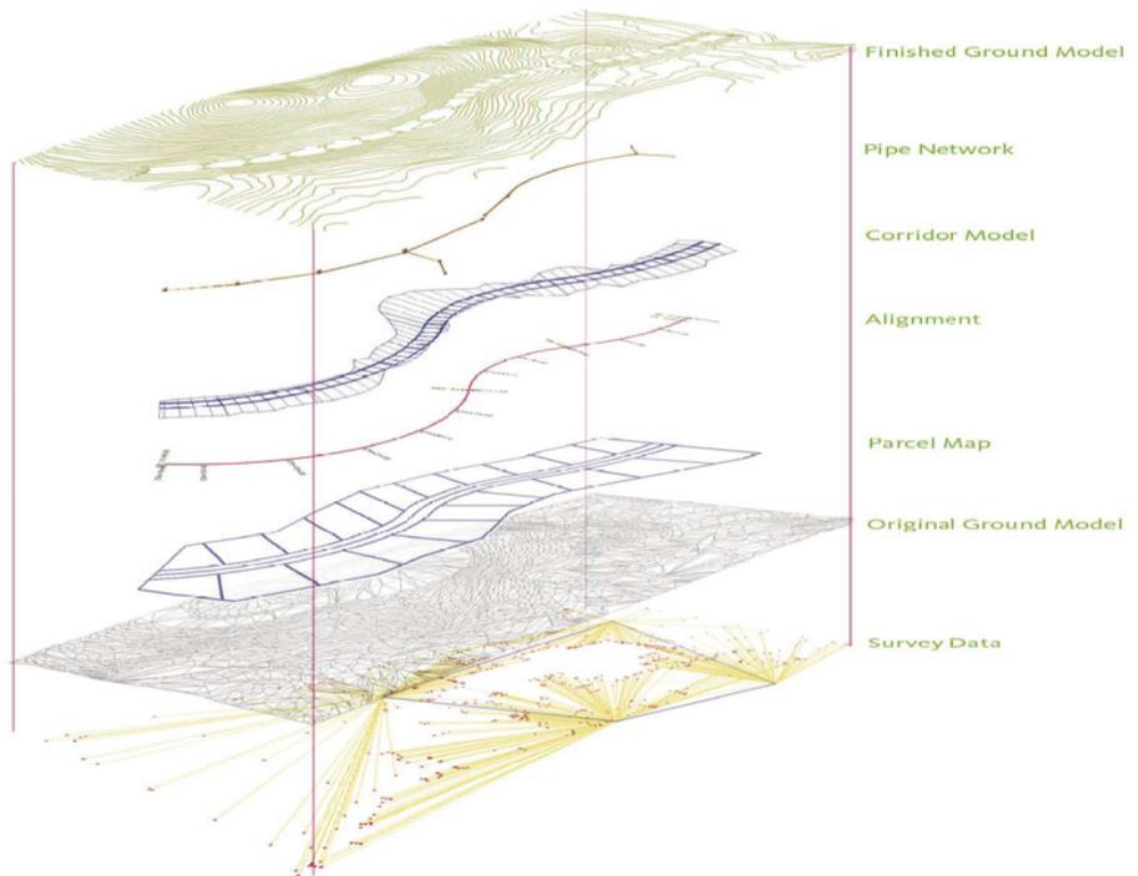


Kuvio 9. Tuotemallin koko elinkaari (InfraTM 2017, 5)

5.1.2 LandXML

LandXML on Infrarakennusalan tarpeita varten kehitetty LandXML-tiedonsiirtoformaatti, jota on alettu kehittää jo vuonna 1999. Kehitystyö alkoi, koska suunnittelu- ja mittaustyö tarvitsivat Infra-alalle omiin tarpeisiinsa sopivan tiedonsiirtoformaatin. LandXML:n idea on tallentaa tekstitiedostona suunnittelu- ja maanmittaustietoa hierarkkiseen järjestykseen, jolloin se on ymmärrettävää tietoa myös ihmiselle. LandXML-formaatti toimii siten, että sille on tehty malli, joka on muokattavissa sekä luettavissa aikaisemmilla versioilla. Se on niin kutsuttu avoin formaatti, jolloin se ei ole riippuvainen minkään yrityksen intresseistä tai mistään

ohjelmasta. (Horn 2013, 13.) Vuonna 2014 LandXML-standardista julkaistiin versio 2.0, joka on vielä vedosvaiheessa (working draft). Kuvio 10 esittää LandXML sisällön. (LandXML 2017a.)



Kuvio 10. LandXML pääpiirteet (LandXML 2017b)

5.2 Sisältö

Seuraavassa on lueteltu Inframodel3-formaatin sisältämät tiedot. Ensiksi on lueteltu kokonaisuus ja sen alla mitä kokonaisuus sisältää.

Suunnitelman yleistiedot

- projekti
- suunnitelma
- ohjelmisto
- yksiköt

- koordinaattijärjestelmät

Perusaineisto

- maastomallin ja maaperämallin pinnat
- pisteet ja viivat sekä näiden lajikoodaus
- kolmiopinnat
- Liikenneväylät (tie, rata, katu ja vesiväylät)
 - geometrialinjat
 - rakenne taiteviivoja pinnoittain ryhmiteltyinä sekä kolmiopintoina
 - mitoitusparametritietoja informaationa

Vesihuoltoverkostot

- kaivot (laitteet)
- putket
- ominaisuudet
- rummut

Aluesuunnittelu

- pintamaiset rakenteet
- maisemoinnit ja läjitykset

Pohjanvahvistus

- pintamaiset rakenteet
- vastapenger, ylipenger, massanvaihto

Rata

- kilometripaalutus
- kallistus
- vaihteet

Varusteet

- kaiteet
- aidat

- jalustat (valaispylväät)

InfraBIM-nimikkeistö / rakennusosanimikkeistö

- kaikki pinnat, viivat ja muut kohteet. (PRE InfraFINBIM Inframodel-ryhmä 2013, 6.)

Laajuudestaan huolimatta Inframodel3 ei sisällä kaikkea vaadittavaa. Se ei sisällä seuraavia rakenteita tai tietoja: paalut, paalulaatat, pilaristabilointi sekä varusteiden ominaisuustiedot (vesihuolto ja kuivatus pois lukien). Lisäksi siitä puuttuvat liikennemerkkit, viitat, suunnistustaulut, tiemerkinnot, tarkkuus/toleranssitiedot ja määrälaskentatiedot. Inframodel3 sisältää vielä muutamia puutoksia, joita ovat materiaalitiedot tai maalajikerrosten ominaisuustiedot sekä versiointi tai revisiointi tiedoston sisällä. Ohjelma kehittyy koko ajan ja todennäköistä on, että sen sisältö tulee laajenemaan jatkossa. Näiden lisäksi Inframodel3-formaattia ei käytetä pohjatutkimusten siirtoon, eikä silta- ja muiden taitorakenteiden tietomallipohjaiseen tiedonsiirtoon. (PRE InfraFINBIM Inframodel ryhmä 2013, 8.)

5.3 Inframodel3-formaatin sisällön suositukset

inframodel3-formaatin sisällössä on tiettyjä vaatimuksia. Kun kuvataan sijainteja ja etäisyyksiä käytetään yksikkönä metriä, pinta-alojen ja tilavuuksien yksikkönä neliometriä ja kuutiometriä ja suunnan ja kulmamuuoksissa gradia (gonia). Yleis-tietoina tulee olla ainakin nimi tai tunnus. Koordinaatti- ja korkeusjärjestelmän nimet tulee selvittää sekä käytetyt lajiluokitusjärjestelmät, joita ovat perusaineisto (maastomallin ja maaperämallin kohteet ja pinnat) ja suunniteltujen kohteiden luokitus. Vapaaehtoinen lajiluokitusjärjestelmä on lähdejärjestelmä. Lähdeohjelmistolla täytyy olla nimi ja versio sekä inframodelin toimittavan yrityksen nimi, toimittajan nimi (etunimi, sukunimi), sähköpostiosoite ja tulostuksen aikaleima. (PRE InfraFINBIM Inframodel ryhmä 2013, 9.)

Inframodelissa on käytössä eri lajiluokitus- ja nimikkeistöjärjestelmiä, joita tulee käyttää. Liikenneviraston mittausohjetta (Liikennevirasto 18/2011) käytetään tie- ja ratahankkeiden maastotietojen koodiluettelona. Koodiluetteloina ovat terrain-Coding=Tielaitos ja surfaceCoding=Tielaitos muodot, joita käytetään kuvaamaan

perusaineiston eli maastomallin ja maaperämallin kohteita ja pintoja. Inframodel3 rakennusosanimikkeistönä käytetään InfraBIM-nimikkeistöä ja Infram2006-rakennusosanimikkeistöä. Suunnitellut kohteet tulee luokitella InfraCoding=InfraBIM mukaisesti, mitkä joko sisältää rakennusosanimikkeistön päätason nimikkeen tai InfraBIM-nimikkeen. Lähdejärjestelmälle ei ole pakollista lajiluokitusta, mutta sitä olisi hyvä käyttää silloin, kun luokitukset eivät ole riittäneet kuvaamaan riittävästi kohdetta. (PRE InfraFINBIM Inframodel ryhmä 2013, 9-10.)

Inframodel3-formaatin tavoitteena isoissa suunnitteluhankkeissa on, että aineisto jaettaisiin seuraaviin osa-alueisiin: maastomalli, maaperämallin pinnat, vesihuolto/ kuivatus kokonaisuudet, varusteet ja laitteet kokonaisuuksittain tai teknikalajeittain. Jakoon tulisi ottaa mukaan vielä kaikki väylät tai väylittäin: geometriat, rakennekerrosten viiva- ja pintamallit yksinä kokonaisuuksina. Todellisuudessa suurissa hankkeissa tarpeet ovat erilaisia ja onkin tärkeä sopia, miten tiedonsiirto tapahtuu. Esimerkkinä, suunnittelija voi toimittaa väylärakenteiden koneohjausmallit toteutusmalliohjeen mukaisesti (Väylärakenteen toteutusmallin vaatimukset ja -ohjeet). Toinen esimerkki voisi olla maastomallin eri mittausaineistot, niitä olisi hyvä erottaa toisistaan seuraavasti: likimalli, tarkka maastomalli ja täydennysmittaukset. (PRE InfraFINBIM Inframodel ryhmä 2013, 10.)

Maastomalli/kartoitusaineisto olisi hyvä jakaa eri ryhmiin (Surface) tai sitten tiedostojen alkuperäisen tarkkuuden mukaan, joita voivat olla esimerkiksi ilmakuvista mitatut, laserkeilatut tai sitten maastossa mitatut pisteet. Kalliopinta-aineistot tulisi jakaa avokalliopisteisiin ja tulkittuihin pisteisiin, jolloin tämä erottelu tehdään luokituskoodeina tai aineiston jaolla. Aineiston jako tehdään kahteen eri ryhmään (Surface) tai tiedostoon sekä näiden kahden ryhmän lisäksi voidaan vielä erikseen sopia pisteet jaettavaksi vielä tarkempiin ryhmiin, kuten porakoneella varmistettu, koekuoppa, kairauksen tulkinta, maatutkauksen tulkinta tai joku muu tulkinta. Maakerrosrajapinnat tms. maaperämallin pinnat voidaan tulostaa kaikki samaan tiedostoon omina pintoina tai pinnat erikseen omiin tiedostoihin. Perusaineisto sisältää edellä mainittujen pintojen pisteet ja viivat, kolmiopinnat saataan lähettää eri tiedostona, jos tiedoston koko kasvaa liian suureksi, kuvio 11 esittää perusaineisto esimerkin. (PRE InfraFINBIM Inframodel ryhmä 2013, 10.)

Aineisto	Esimerkki
Maastomalli/maastokartoitus	mmalli.xml kiikku_mmalli_ilmakuva.xml mmalli_laser.xml mmalli_kolmiot.xml
	osa1_mmalli_ilmakuva.xml osa2_mmalli_ilmakuva.xml
Maaperämalli	kalliopinta.xml kalliopinta_avo.xml, kalliopinta_tulkittu.xml savenalapinta.xml kalliopinta_kolmiot.xml
	maaperamalli.xml - pintojen nimet tiedostossa vastaavasti "Maanpin- ta", "Kalliopinta", "Saven_ap"

Kuvio 11. perusaineisto esimerkki Inframodel 3 (PRE InfraFINBIM Inframodel ryhmä 2013, 11)

Väylätietojen nimeämisessä suositellaan käytettäväksi mahdollisimman lyhyttä nimeä, mikä on tunnistettavissa vaihtoehdon tai yksilöivän tunnisteiden avulla (esimerkiksi M123_ve2). Inframodel tiedonsiirrossa käytetään aina yhtä jatkuvaa mittalinjaa ja tasausta. Mittalinjan koodi on 101 ja radan mittaraiteen koodina käytetään 111, nämä koodit tulevat InfraBIM-koodistosta ja nimeämisessä olisi hyvä käyttää sisältöä kuvaavaa tietoa ('Mittalinja' tai 'ml'; 'Mittaraide' tai 'mr'). Kilometri-paalutus tulee olla liitettynä mittaraiteeseen, ja kaikissa muissa geometrialinjoissa, viivaketjuissa sekä pinnoissa käytetään myös InfraBIM-luokituksen mukaista nimikkeistöä, tiedostojen nimeämisperiaatteesta esimerkki kuviossa 12. Kuivatus eli vesihuolto verkostot pyritään siirtämään koko hankkeen laajuisena tiedostona, mutta suurissa hankkeissa tiedostojen jakaminen suunnitteluosuukittain voi kuitenkin tulla käytännöllisemmäksi. Kaivoille ja laitteille käytetään koko aineiston kattavaa yksilöllistä nimeä. (PRE InfraFINBIM Inframodel ryhmä 2013, 11-12.)

Aineisto	Esimerkki
Geometriat, viivamalli	rakennemalli.xml (kiikku_rakennemalli.xml)
	tiet_rakennemalli.xml rata_rakennemalli.xml
	osa1_tiet_rakennemalli.xml osa1_tiet_rakennemalli.xml
Kolmiopinnat väylittäin	Kiikku_vt18_rakennepinnat_kolmiot.xml M123_rakenteenyp_kolmiot.xml M123_rakenteenap_kolmiot.xml

Kuvio 12. Väylätietojen nimeämisesimerkki (PRE InfraFINBIM Inframodel ryhmä 2013, 11)

5.4 Pilotti

Liikennevirasto oli päättänyt InfraFINBIM -kehityshankkeen yhteydessä, että heidän projekteissaan tulee käyttää Inframodel3-tiedonsiirtoformaattia vuonna 2014. Laajempi testaus isolla rakennustyömaalla oli tekemättä, joten Inframodel3-formaattia päätettiin pilotoida Kokkola-Ylivieska kaksoisraide -projektilla osuudella Riippa-Eskola RU2. Hankkeessa tehtiin toteutusmallit Inframodel3-muodossa väylien ja kuivatusrakenteiden osalta. Hankkeessa oli tarkoitus kokeilla IM3-muotoisen rakennemallin sopivuutta suunnittelu-, toteutus-, laadunvarmistus- ja kunnossapitoprosessin kannalta. Mallipohjaisen suunnitelma-aineiston sopivuutta testattiin IM3-formaatin, mallinnusohjeiden ja -vaatimusten sekä nimikkeistön osalta. Näiden lisäksi pyrittiin selvittämään, minkälaisia puutteita IM3-formaatissa tuotetun toteutusmallin hyödyntämisessä havaitaan sekä määritellä toteutusmallin sisältö ja kuinka sitä saadaan käytettyä hyväksi kunnossapidossa. (Liikennevirasto 2015, 3-6.)

5.5 Testaus suunnitteluohjelmistoissa

Projektissa Inframodel3-formaatti suunniteltiin ohjelmalla Tekla Civil versio 13.2-00, joka oli projektin lopulla päivittynyt versioon 14.1-02. Tekla Civil antaa mahdollisuuden sisällyttää Inframodel-tiedostoon koko hankkeen toteutusmallit niin

kolmioverkkoina kuin taiteviivoina. Näiden lisäksi samaan tiedostoon pystyttiin vielä lisäämään geometrialinjat ja varusteet. Inframodeliin pystyttiin sisällyttämään ratahankkeissa tärkeät ratatiedot, kuten vaihteet, raiteen kallistuksen tiedot ja kilometripaalutus. Muita tietoja, joita pystyttiin lisäämään toteutusmalliin, olivat rakennelaajennukset, kuten poikkileikkausparametrit (muun muassa päällysrakenneluokka ja alusrakenteiden kantavuusluokka) sekä lisätietoja vesihuollon varusteista. (Liikennevirasto 2015, 11.)

Yksi pilotin päätavoitteista oli testata Inframodel3-muotoisen toteutusmallin toimivuutta suunnitteluohjelmistossa eli 3D-Win-ohjelmistossa, joka on vakiintunut ohjelmisto työmailla. Eli 3D-Win-ohjelmiston oli kyettävä lukemaan suunnittelijalta tulevaa Inframodel3-aineistoa sekä kirjoittamaan se ulos siirrettäväksi työkoneisiin. Työmaalla testattiin sisään luvun osalta erilaisia kokoonpanoja, kuten kaikki radan rakennepinnat, niiden kolmioverkkoina, taiteviivat sekä geometriat. 3D-Win-testeissä huomattiin kuitenkin, että aineisto on pilkottava pienempiin kokonaisuuksiin ohjelmiston ominaisuuksista johtuen. Tämä saattaa johtaa siihen, että siirtovaiheessa riski oleellisen tiedon katoamiseen kasvaa. Tämän takia päädyttiin siihen ratkaisuun, että työkoneautomaation vastuuhenkilö teki työmaalle toimitetusta Inframodel3-taiteviivoista koneohjausmallin. (Liikennevirasto 2015, 13.)

Työmaalle tulleet Inframodel3-muotoiset taiteviivat olivat koodattu ja nimetty InfraBIM-nimikkeistön mukaisesti. Ennen kuin valmis malli toimitettiin eteenpäin, se piti tarkastaa työmaalla käytössä olleella laadunvarmistusprosessikuvauksen mukaisilla kymmenen kohdan tarkastuksilla. Suurimmat virheet, joita havaittiin mallin luontivaiheessa, olivat taiteviivojen yhdistäminen, jolloin viivat eivät olleet yhtenäisiä purkamisen jälkeen ja väärin koodien korjaaminen. Aineistosta kirjoitettiin kolme erilaista toteutusmallia, taiteviiva-aineisto, kolmioverkkomalli ja Inframodel3-koneohjausmalli. Varusteiden (kaivot ja putket) kohdalla yritettiin koneohjausmalli kirjoittaa Inframodel3-formaatissa, jolloin varusteet näkyvät pipenetworks-elementtinä. 3D-Winillä ei kyetty kirjoittamaan tähän muotoon varusteita, joten niiden testausta ei voitu suorittaa tämän pilotin aikana. (Liikennevirasto 2015, 13-14.)

3D-Winin lisäksi Inframodel3-formaattia testattiin muissakin suunnitteluohjelmissa, joita olivat SBG Geo Professional ja Trimble Business Center -ohjelmistot. Pää tarkoituksena oli testata, kuinka Trimble Business centerissä onnistui Inframodel3-formaatin muunnos kyseisen palvelun tarjoajan omaan formaattiin. SBG Geo Professionalin kanssa voitiin mennä syvemmälle ja testata ohjelman ominaisuuksia Inframodel3-formaatin sisällön käsittelyssä. Trimble Business Centerin kanssa ei kohdattu mitään ongelmia formaatin muunnoksessa, mutta SBG Geo Professionalin kanssa tuli vastaan joitain ongelmia. Inframodel3-formaatti saatiin luettua ohjelmaan sisään, mutta ohjelma ei tunnistanut, mikä viiva on geometriaa ja mikä taiteviivaa, joten aineiston virheetön laatiminen korostuu SBG Geo Professionalia koneohjausmallin luontiin käytettäessä. (Liikennevirasto 2015, 15-16.)

Hankkeessa käytettiin koko työmaan alueella taustakarttoja, koska kyseisessä hankkeessa sijaitsi paljon tärkeitä kaapeleita ja nämä kaapelit pyrittiin sijoittamaan mahdollisimman laajasti näihin taustakarttoihin. Kaapelit kartoitettiin kaapelinäytön jälkeen ja sen jälkeen ne sijoitettiin työkoneessa näkyvään taustakarttaan, jolloin työkoneen kuljettaja pystyi havaitsemaan ne. Novatron pystyi myös urakoitsijan pyynnöstä kehittämään järjestelmän, joka varoittaa työkoneenkuljettajaa, kun hän lähestyy ratatyön suojausalueita (RSU), joka myös oli mallinnettu koko hankkeen pituudelta. (Liikennevirasto 2015, 20.)

5.6 Tausta

Inframodel-hanke käynnistettiin osana Tekesin Infra-teknologiaohjelmaa 2001-2005. Sen tarkoituksena oli helpottaa tiedonsiirtoa eri suunnittelujärjestelmien välillä sekä yhtenäistää ja luoda yhtenäinen formaatti eri suunnittelujärjestelmien välille. Tämän hankkeen tuloksena syntyi Inframodel-formaatti, jota käytettiin tiedonsiirtomenetelmänä suunnitelmatietojen siirrossa. Sen on tarkoitus olla kaikille infra-alalla toimiville avoin tiedonsiirtoformaatti. Ensimmäinen virallinen versio 1.0 Inframodel-formaatista julkaistiin vuoden 2006 maaliskuussa. Esimerkiksi Tiehallinto ja Ratahallinto, jotka muodostavat nykyään Liikenneviraston, vaativat hank-

keissaan Inframodel-formaatin käyttöä suunnitelmatietojen toimittamisessa. Inframodel-formaatin kehitys ja laajennusta jatketaan jatkuvasti ja tällä hetkellä tästä vastaa Rakennustietosäätiö RTS. (Junnonen 2009, 46.)

5.6.1 IM1

Inframodel-projekti starttasi osana 'INFRA Rakentaminen ja palvelut 2001-2005'-teknologiaohjelmaa ja Inframodel-projekti toteutettiin pääosin vuonna 2003 (1.8.2002 – 31.12.2003). Hankkeen pääkoordinaattorina toimi VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka ja muina toteuttavina osapuolina olivat Tekla Oyj, Sito-yhtiöt ja Viasys Oy. Inframodelin tarkoituksena oli yksinkertaisesti tehostaa Infrahankkeiden välisten osapuolten tiedonsiirtoa. Hankkeen alussa haluttiin selvittää, kuinka suuria tiedonsiirron ongelmat ovat, joten tehtiin kysely ohjelmiston toimittajille ja konsulteille. Kyselyn tuloksena tiedonsiirtoformaattien aiheuttamat ongelmat kuluttavat työajasta ohjelmistotoimittajien mukaan 10-30 % ja konsulttien mukaan 1-15 %. (VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka 2004, 2, 4-5.)

Inframodel-projektissa pääpaino oli tiedonsiirron suurimmissa ongelma-alueissa, joita olivat karttatieto ja suunnitelmapiiirustukset, tasojakojen ja tiedostomuotojen määrittely, linjaus- ja tasaustiedot (sisältäen vesijohto- ja viemäriverkoston tiedot), maastomallit ja maaperämallit, pohjatutkimukset, poikkileikkaustiedot ja materiaalit, joita toimitetaan maanmittauslaitokselle sekä otsikkotiedot siirtotiedostoille. Projektin tulokset voidaan jakaa kahteen pääosaan, joita ovat: nykyisten tiedonsiirtoformaattien ohjeistus ja yhtenäistäminen sekä LandXML-standardin tarkastelu määrättyiltä osilta. Hankkeessa kuunneltiin hankkeen kaikkien osapuolten mielipiteitä. Näitä osapuolia ovat asiakkaat, urakoitsijat, suunnittelukonsultit, ohjelmistotoimittajat, viranomaiset ja julkiset organisaatiot. (VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka 2004, 5-6.)

5.6.2 IM2

Inframodel2-projekti jatkoi paneutumista Infra-alalla ilmenneisiin tiedonsiirto vaikeuksiin, joita ovat muun muassa lukuisat tiedonsiirtoformaattit, niiden vaihtelevat

käyttötavat, puutteelliset määrittelyt ja jo ennalta sovituista formaateista poikkeaminen. Inframodel2-projektissa kehittämisen kohteena oli suunnitteluvaiheen tiedonsiirto. Tuloksena toteutettiin ja määriteltiin uusi dokumentoitu tiedonsiirtostandardi Inframodel2-formaatti, joka tehosti väylätietojen tiedonsiirtoa suunnittelujärjestelmien välillä. Projektissa toteutettuja osa-alueita olivat: otsikkotiedot (projekti, suunnitelma), vaaka- ja pystygeometria, pinnat (yleensä), yleinen väyläsuunnittelu, tie/katusuunnittelu (tarkennukset), ratasuunnittelu (tarkennukset), vesihuolto, vesiväylät (tarkennukset), aluesuunnittelu, ympäristösuunnittelu, georakenteet ja LandXML-skeeman IM2-laajennukset. (Inframodel2 loppuraportti 2006, 5, 8.)

Inframodel1 verrattuna Inframodel2 toi uutena tiedonsiirtomahdollisuutena vesihuoltoverkostojen siirtämisen. Uutena asiana tämän projektin aikana tuli myös aktiivinen yhteistyö LandXML-organisaation kanssa ja tämä projekti vaikutti myös LandXML-standardi 1.1 kehitykseen. Projektin toteutti osittain sama kokoonpano kuin aikaisemman eli Sito Oy, Tekla Oyj ja Vianova systems Finland Oy. Näiden lisäksi VTT teki projektin dokumenttiosuuden sekä antoi oman panoksensa tiedonsiirtoformaatin määrittelyyn. Inframodel2-projektin kesto oli 15 kuukautta (1.1.2005 – 31.3.2006), mutta sen kehittäminen alkoi jo ennen projektin virallista aloitusta 2004 syksyllä Inframodel1-projektin jälkeen. (Inframodel2 loppuraportti 2006, 6-7, 9.)

5.6.3 IM4

Inframodelin uusin versio (IM4) julkaistiin vuonna 2016, jolloin myös toteutukset ohjelmistoihin käynnistyivät. Toteutusryhmän tavoitteena on saada Inframodel4 käytettäväksi laajemmin vuoden 2017 aikana. (BuildingSMART 2017.) Uuden Inframodel kehittämisessä ovat olleet mukana Finnmap Infra, It-Pie, Nosto Consulting, Novatron, Sito, Tekla, Vianova Systems Finland ja VTT. Inframodel4-formaattiin aivan uusina elementteinä tulevat toteumatiedot ja pilari- ja massastabilointi. Jo Inframodelin3-versiossa käytössä ollut uudet verkkolajit kokevat käytön laajennuksen, jonka lisäksi ominaisuustietojen laajennuksen kokee maaperämallit, pintarakenteet, päällysrakenne, uudet verkkolajit, jalustat, maakaapelit sekä

kaiteet ja aidat. Lisäksi on koettu tarpeelliseksi tarkentaa nimikkeistöä koordinaattijärjestelmissä, maaperämalleissa ja geometrialinjoista. (Inframodel_4_uudet_osat 2017, 1, 5.)

6 VT 19 SEINÄJOEN ITÄINEN OHIKULKUTIE

6.1 Hanke

Seinäjoen itäisen ohikulkutie -hankkeen tavoite oli rakentaa 18,5 km mittainen keskikaiteellinen ohituskaistatie Ilmajoen Rengonkylästä Seinäjoen Nurmoon. Projekti toteutettiin kahdessa vaiheessa, jossa ensimmäisen osan pituus oli 16 kilometriä ja toisen osan pituudeksi jäi näin 2,5 kilometriä. Hankkeen taustalla oli saada Seinäjoen läpikulkeva autoliikenne siirtymään pois kaupungin keskustasta, koska kaupungin asukasmäärä on kasvussa sekä kaupungin läpi kulkee päivittäin 5600-17 500 autoa, joista kymmenesosa on raskasta liikennettä. Hanke toteutettiin niin kutsuttuna ST-urakkana eli suunnittele ja toteuta -urakkana. Koko urakan kustannusarvioksi annettiin 74 miljoonaa euroa, josta ensimmäisen vaiheen määrä oli olla 57 miljoonaa euroa. Hankkeeseen sisältyi yhteensä 25 uutta siltaa, 5,6 kilometriä meluaitoja ja kaiteita, 6,2 kilometriä meluvalleja sekä uutta kevyenliikenteenväylää 8,4 kilometriä. (ELY-keskus 2017.)

Seinäjoen itäisen ohikulkutien hankkeessa tarkoituksena oli toteuttaa koko projekti mahdollisimman pitkälti tietomallintamisen avulla (BIM). Tietomallinnus on kohdennettu silta-, kaapelointi-, valaistus- ja liikenteenohjaussuunnitelmiin suunnittelu- sekä toteutustiedon päivittämisen osalta. Mallinnusta käytettiin myös tien mitoituksen suunnittelussa hyväksi. Näiden lisäksi mallinnustietoja käytettiin hyväksi kustannuslaskelmia, aikatauluja ja kolmiulotteisia visualisointeja tehdessä. Tietomallinnusta hyödynnettiin rakentamisen eri vaiheissa, esimerkiksi työkoneiden kuljettajat saivat paremmin mittatietoa tietomallista, jota he pystyivät käyttämään työnsä tueksi. Kun kaikki suunnittelu- ja toteutustiedot on mallinnettu ja ylläpitäjän käytettävissä, hankkeesta tulee paljon kustannustehokkaampi. (ELY-keskus 2017.)

6.2 Inframodel3-formaatin käyttö VT 19-hankkeessa

Hankkeen tarkoituksena oli toteuttaa koko hanke tietomallipohjaisesti (suunnittelusta toteutukseen), joka tarkoittaa koneohjaukseen avointa Inframodel3-tiedostoa. Jos hanke onnistuisi tietomallintamisen laadun kehittämisessä, oli urakoitsi-

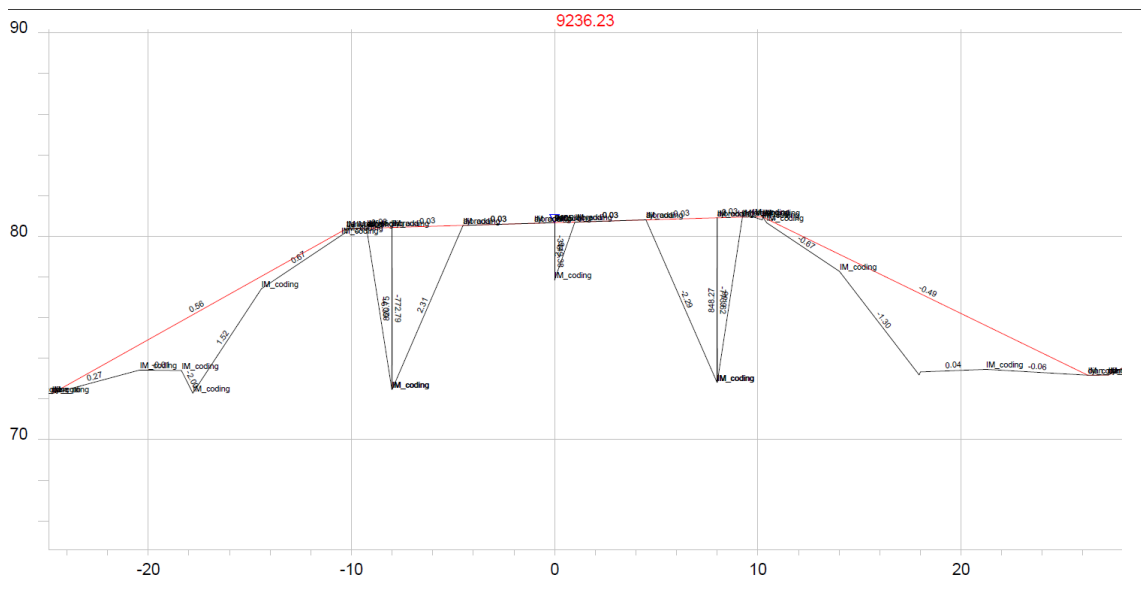
jalle luvassa bonus tilaajan toimesta. Näihin bonuksiin pääsyvaatimuksena oli toimia tilaajan asettamien arvojen/tavoitteiden edistämiseksi, ja hankkeen tulee toteutua näiden tavoitteiden mukaisesti, esimerkiksi sähköinen aineisto oli toteutettava Inframodel3-formaatissa. (Hämäläinen 2014, 45-46.)

Tietomallipohjaisen suunnittelun tavoitteet oli tilaajan osalta jaettu kolmeen osaan. Ensimmäiseksi tilaaja vaati, että koneohjausmallien siirron työmaalle tulisi tapahtua sähköisesti LandXML-standardin mukaisella tavalla, jolloin se soveltuu suoraan koneohjaukseen käytettäväksi. Mallit tulisi olla yhdistettyinä pintamalleina sekä alueittain pilkottuina. Toisena kohtana olivat siltojen tietomallit, siltojen tietomallipohjaiset suunnitelmat tuli olla hyväksyttävissä mallipohjaisesti. Näiden mallipohjien tuli noudattaa Liikenneviraston siltasuunnitelmien tarkastus- sekä sillansuunnittelun tietomalliohjetta. Kolmantena tavoitteeksi tilaaja oli asettanut sen, että eri suunnittelualueiden tietomallit on oltava eroteltuina ja koordinoitumalla yhdistettynä erikseen tarvittavaa katselua varten. (Hämäläinen 2014, 46.)

6.3 Tiedonsiirron kehitys hankkeessa

Tiedonsiirto rakennepinnoissa tapahtui pääasiassa suoraan suunnittelijalta mittaushenkilöstölle ja Skanska Infralle. Mittaushenkilöstö oli taho, joka muokkasi aineiston lopulliseen muotoon, minkä takia he halusivat suunnitteluaineiston suoraan heille käsittelyyn. Projektit voidaan toteuttaa monella eri tapaa tiedonsiirron osalta, mutta tässä projektissa nähtiin ja koettiin tämä toteutustapa parhaaksi. Projektissa oli myös käytössä projektipankki (buildercom), jossa näkyi kaikki hankkeeseen liittyvä aineisto sähköisenä, poissulkien väylän sähköiset pintatiedot, jotka tulivat suoraan mittaushenkilökunnalle. Buildercomiin ladattiin valmiit mallit, joita käytettiin työmaan työkoneissa, kun mittaushenkilöstö oli saanut ne valmiiksi. Tämä tehtiin sen takia, että projektin johdolla oli käytössä samat mallit kuin työkoneissa ja jotta toteutunutta pintaa voitiin verrata suunniteltuun. (Harju 2017.)

Hankkeen alkuvaiheessa Inframodel3-formaatin siirrossa tapahtui jonkinlaisia ongelmia. Näitä ongelmia olivat rakennepintojen sekoittuminen tiedonsiirtovaiheessa ohjelmasta toiseen. Inframodel3 sisälsi kaikki tiettyä tieosuutta koskevat rakennepinnat, jolloin nämä pinnat eivät kuitenkaan olleet siirtyneet ongelmitta tietomallikoordinaattorille asti. Kyseiset rakennepinnat näyttivät tiedoston purkamisen jälkeen epäselviltä ja rakennekerrokset saattoivat poiketa selkeästi tavanmukaisesta tien poikkileikkaustylistä. Ongelma ilmenee hyvin kuviossa 13, jossa punainen viiva on rafo-tiedoston taiteviiva ja tumma viiva kuvaa inframodel3-paketin taiteviivoja sen purkamisen jälkeen (Harju 2017). Todennäköisenä aiheuttajana pidetään mittausalanohjelmistoa 3D-Winiä. (Hämäläinen 2014, 49-50.)



Kuvio 13. Ongelmat Inframodel3-formaatin tiedonsiirrossa

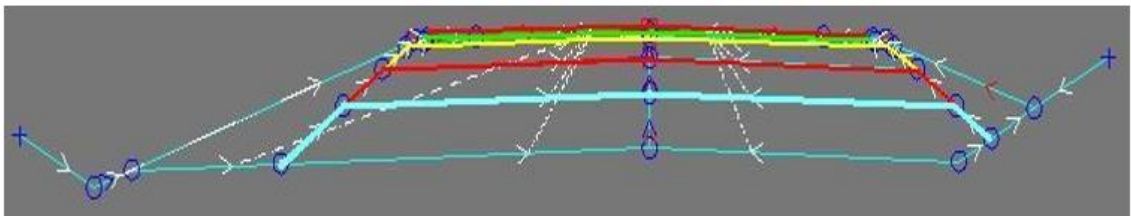
Tämä ongelma saatiin kuitenkin ratkaistua, mittaushenkilöstön, suunnittelutoimiston ja Liikenneviraston tiiviin yhteystyön ansiosta. Suurimpana korjaustoimenpiteenä ennen kuin edes Inframodel-tiedonsiirtoa yritettiin toden teolla saada toimimaan, oli kehittää suunnittelijalta tulevaa aineistoa vähemmän virheitä sisältäväksi. Näitä virheitä olivat muun muassa pitkillä tieosuuksilla esiintyvä taiteviivojen paljous, tarkoittaen, että samassa esimerkiksi kantavan kanttia kuvaavan taiteviivan kohdalla saattoi olla kymmenen eri viivaa. Tämä osaltaan hidasti kehitysprojektia sekä mittaushenkilöstön aineiston jatkojalostusta edelleen työkoneseen sopivaksi aineistoksi. Hanke pääsi jo melkein puoleen väliin, ennen kuin

kyseinen ongelma oli ratkaistu. Ongelman ratkettua eri teiden ja osuuksien kaikki rakennepinnat saatiin toimitettua LandXML-pakettina. (Harju 2017.)

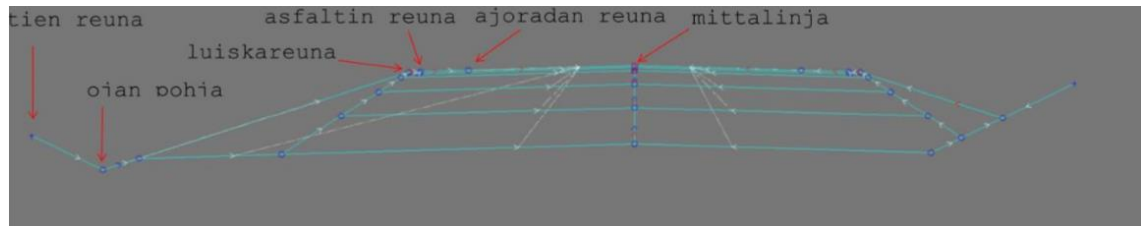
Infamodelin-tiedonsiirrossa esiintyneiden ongelmien takia alkuvaiheessa rakennepinnat lähetettiin yksi rakennepinta tiedostoa kohden gt-muodossa, jossa tiedoston loppupäättteenä oli rafo. Nämä tiedostot eivät noudattaneet InfraBIM-nimikkeistöä, mutta olivat ymmärrettäviä. Kuviossa 14 näkyy esimerkki rafo-tiedostosta. Tämän lisäksi pintojen taiteviivat eivät sisällä InfraBIM-nimikkeistön mukaista nimeämis-periaatetta. Esimerkkinä päällysrakenteen yläpinnan nimet tien keskeltä tien reunaa (vasemmalle) kohden ovat: mittalinja, ajoradan reuna, asfaltin reuna, luiskareuna, ojanpohja ja tienreuna (kuvio 15). (Hämäläinen 2014, 50.)

Myöhemmässä vaiheessa, kun Inframodelin-tiedonsiirto ongelmat oltiin saatu ratkaistua, saatiin myös opinnäytetyön liitteenä löytyvät InfraBIM-nimikkeistöt käyttöön hankkeelle. Aikaisemmat tieosuudet päivitettiin vastaamaan InfraBIM-nimikkeistöä, vaikka ne olivat jo toteutuneet. Tämä päivitys tehtiin Liikenneviraston vaatimuksesta, jotta hankkeelle saatiin yhtenäinen ja liikenneviraston vaatima Infra nimikkeistö aineistoille. (Harju 2017.)

- Väylä_plv_7002.rafo päällysrakenteen yläpinta
- Väylä_plv_7003.rafo päällysrakenteen alapinta
- Väylä_plv_7105.rafo kantavan yläosa 1
- Väylä_plv_7107.rafo jakavan yläosa 1
- Väylä_plv_12020.rafo massanvaihtokaivanto, rak.pinta.



Kuvio 14. Esimerkki rafo tiedostojen nimeämisestä (Hämäläinen 2014, 50)



Kuvio 15. Esimerkki rafo-tiedoston taiteviivojen nimeämisestä (Hämäläinen 2014, 50)

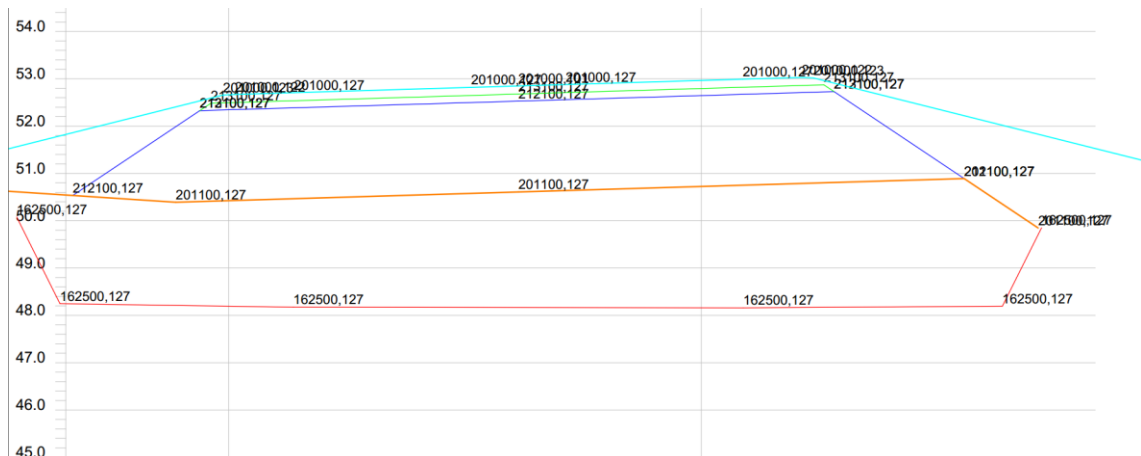
Sen jälkeen, kun ongelmat oltiin saatu ratkaistua ja Inframodel3-formaatti saatiin toimimaan hankkeella, aineisto oli jo niin toimivaa, että se voitiin suoraan jalostaa koneohjausmalliksi. (Harju 2017.) Inframodel3-pakettiin sisältyi seuraavat tiedot Vt 19 -hankkeella:

- irtilouhittu rakenne, yläpinta
- jakava kerros, yläpinta
- massanvaihtoon kuuluva kaivanto
- sitomaton kantava kerros
- väylärakenteen alapinta
- ylin yhdistelmäpinta.

Kyseiset aineistot tulivat taiteviiva-aineistona sekä kolmioituna pintana, joista sisällöstä esimerkki kuviossa 16. Kuviossa 17 on esimerkki poikkileikkaus-aineiston sisällöstä 3D-Win-ohjelmistossa. Kuviossa 17 näkyy eri värein rakennekerrokset, vaaleansininen – ylin yhdistelmäpinta, vihreä – sitomaton kantava kerros, sininen – jakava kerros, oranssi – väylärakenteen alapinta ja punainen – massanvaihtoon kuuluva kaivanto. Lisäksi kuviossa 17 näkyvät InfraBIM mukaiset nimikkeet, joissa ensimmäiseksi esiintyy pintatunniste ja jälkimmäisenä numerona on taiteviivan koodi.

Nimi	Muokauspäivä	Tyyppi	Koko
Maasto- ja karttasovelluksen pinnat_Irtilouhittu rakenne, yläpinta.mm.xml	29.10.2017 11.18	XML-asiakirja	119 kt
Maasto- ja karttasovelluksen pinnat_Irtilouhittu rakenne, yläpinta.xy.xml	29.10.2017 11.18	XML-asiakirja	119 kt
Maasto- ja karttasovelluksen pinnat_Jakava kerros, yläpinta.mm.xml	29.10.2017 11.18	XML-asiakirja	142 kt
Maasto- ja karttasovelluksen pinnat_Jakava kerros, yläpinta.xy.xml	29.10.2017 11.18	XML-asiakirja	142 kt
Maasto- ja karttasovelluksen pinnat_Massanvaihtoon kuuluva kaivanto.mm.xml	29.10.2017 11.18	XML-asiakirja	47 kt
Maasto- ja karttasovelluksen pinnat_Massanvaihtoon kuuluva kaivanto.xy.xml	29.10.2017 11.18	XML-asiakirja	47 kt
Maasto- ja karttasovelluksen pinnat_Sitomaton kantava kerros, yläpinta.mm.xml	29.10.2017 11.18	XML-asiakirja	154 kt
Maasto- ja karttasovelluksen pinnat_Sitomaton kantava kerros, yläpinta.xy.xml	29.10.2017 11.18	XML-asiakirja	154 kt
Maasto- ja karttasovelluksen pinnat_Väylärakenteen alapinta.mm.xml	29.10.2017 11.18	XML-asiakirja	241 kt
Maasto- ja karttasovelluksen pinnat_Väylärakenteen alapinta.xy.xml	29.10.2017 11.18	XML-asiakirja	241 kt
Maasto- ja karttasovelluksen pinnat_Ylin yhdistelmäpinta.mm.xml	29.10.2017 11.18	XML-asiakirja	740 kt
Maasto- ja karttasovelluksen pinnat_Ylin yhdistelmäpinta.xy.xml	29.10.2017 11.18	XML-asiakirja	740 kt

Kuvio 16. esimerkki Inframodel3-formaatin sisällöstä



Kuvio 17. Inframodel3-formaatin taiteviiva sisältö avattuna taiteviivapoikkileikkauksen ikkunassa

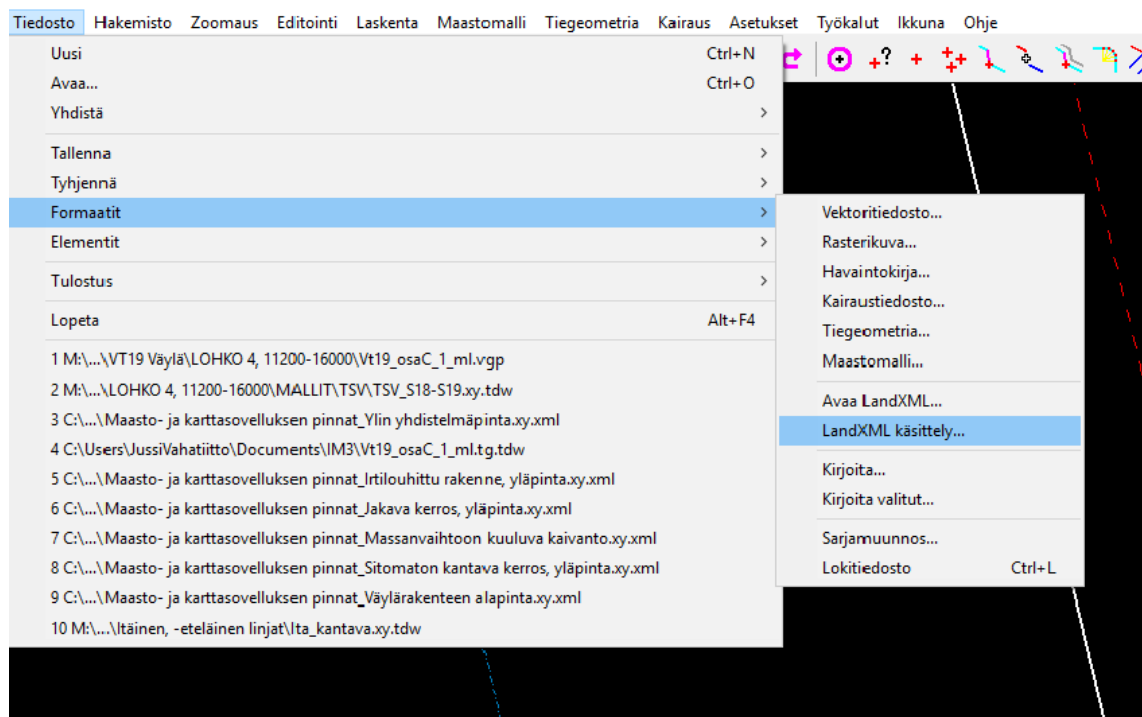
Vt 19 -hankkeeseen rakennettiin paljon valaisinpylväitä, kaivoja, rumpuja ja kaihteita, mutta näitä ei sisällytetty Inframodelin sisältöön tässä hankkeessa. Tarkoitus oli keskittyä kehittämään Inframodel3-formaattia tien rakennekerrosten sekä tien rakentamisen toteutuksen osalta. Väylä haluttiin rakentaa mahdollisimman tehokkaasti ja sen takia keskityttiin kehittämään Inframodel3-formaattia palvelemaan tätä tavoitetta mahdollisimman hyvin. Tämän johdosta varusteet ja kuivatus toimitettiin gt-formaattina, eli pistemäisenä tiedosto-formaattina mittaushenkilöstölle. (Harju 2017.)

6.4 Käyttö koneohjausmalleissa

Vt 19 -hanke oli tarkoitus toteuttaa tietomallipohjaisesti ja tästä johtuen koneohjaus oli suuressa osassa koko hankkeessa. Skanskalla oli sopimus Leica Geosystems:n kanssa koneohjaustarvikkeiden, tukiasemien toimittamisesta, asennuksesta ja huoltamisesta. Leican mukana tuli myös heidän oma pilvipalvelunsa (Icontelematics) koneohjausmallien siirtoon ja ylläpitoon. Valmis malli siirrettiin Icontelematics:iin, josta jokainen kyseisellä hankeosalla ollut työkone pystyi käyttämään sitä. Ennen kuin kone sai uusimmat palveluun ladatut aineistot käyttöönsä, heidän täytyi suorittaa synkronointi palvelun kanssa uudestaan, jotta he saivat näkyviin työkoneissaan uusimmat mallit.

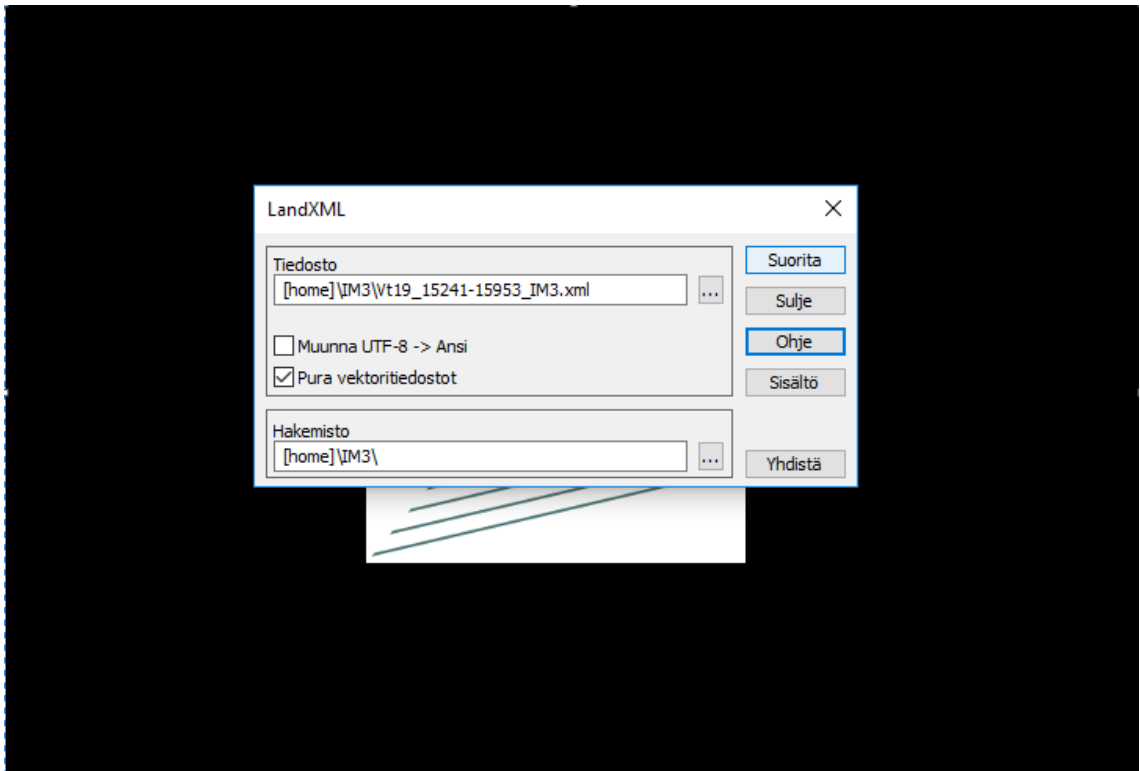
Seuraavaksi esitellään esimerkkitilanne koneohjausmallin luomisesta alusta loppuun. Malli on tarkoitus tehdä Vt 19 -hankkeen väylän paaluväliltä 15241-15953, joka on Hankeosa 1 loppupuolta. Malli tehdään ylimmästä yhdistelmäpinnasta eli TSV-aineistosta. Esimerkkiaineiston tekoon käytetään 3D-Win-ohjelmistoa, jota käytetään maanmittaus tiedon käsittelyyn ja tuottamiseen (3D-system 2017).

Ensimmäiseksi puretaan Inframodel3-paketti 3D-win-ohjelmistolla seuraavasti Tiedosto->Formaatti->LandXML käsittely (Kuvio 18).



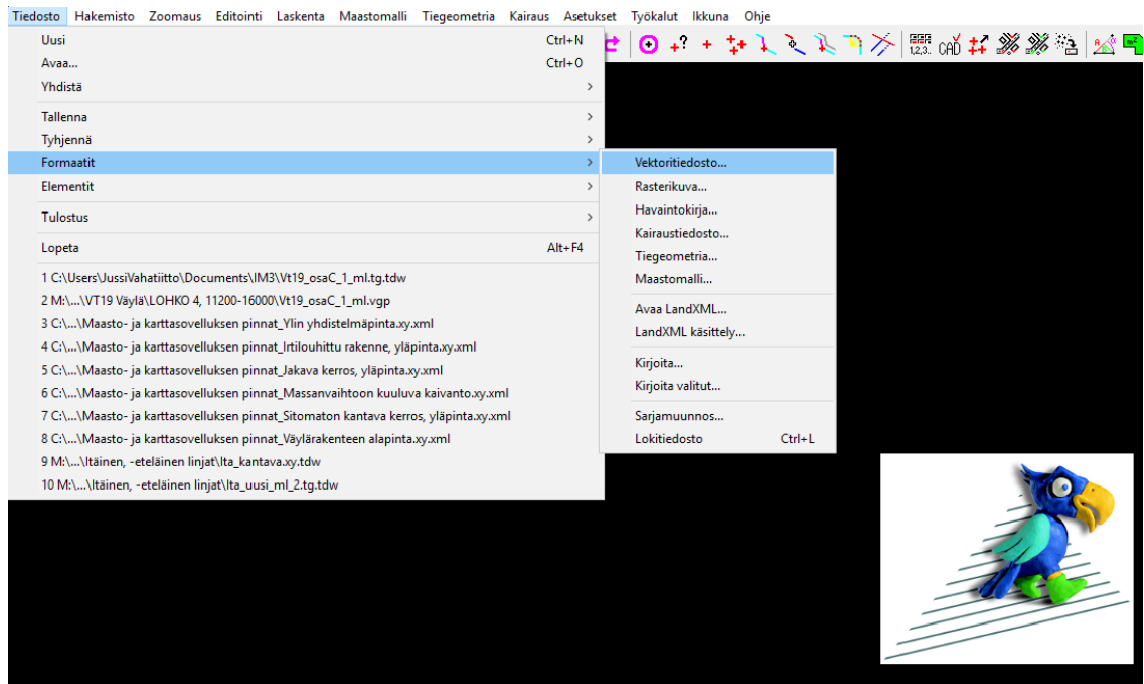
Kuvio 18. Inframodel3-formaatin purku 3D-Winillä

Kun tämä on tehty, valitaan kohtaan Tiedosto Inframodel3-formaatin sijainti eli missä kansiossa paketti sijaitsee. Tämän jälkeen laitetaan kohtaan ”Pura vektoritiedostot” -valinta päälle, millä puretaan tiedosto vektorimuotoon, jolloin sitä on helpompi käsitellä. Lopuksi ennen ”Suorita” -komennon aloittamista valitaan kohtaan ”Hakemisto” kansio, johon Inframodel3-formaatti halutaan purkaa. Kuva LandXML käsittelyikkunasta löytyy Kuviosta 19.

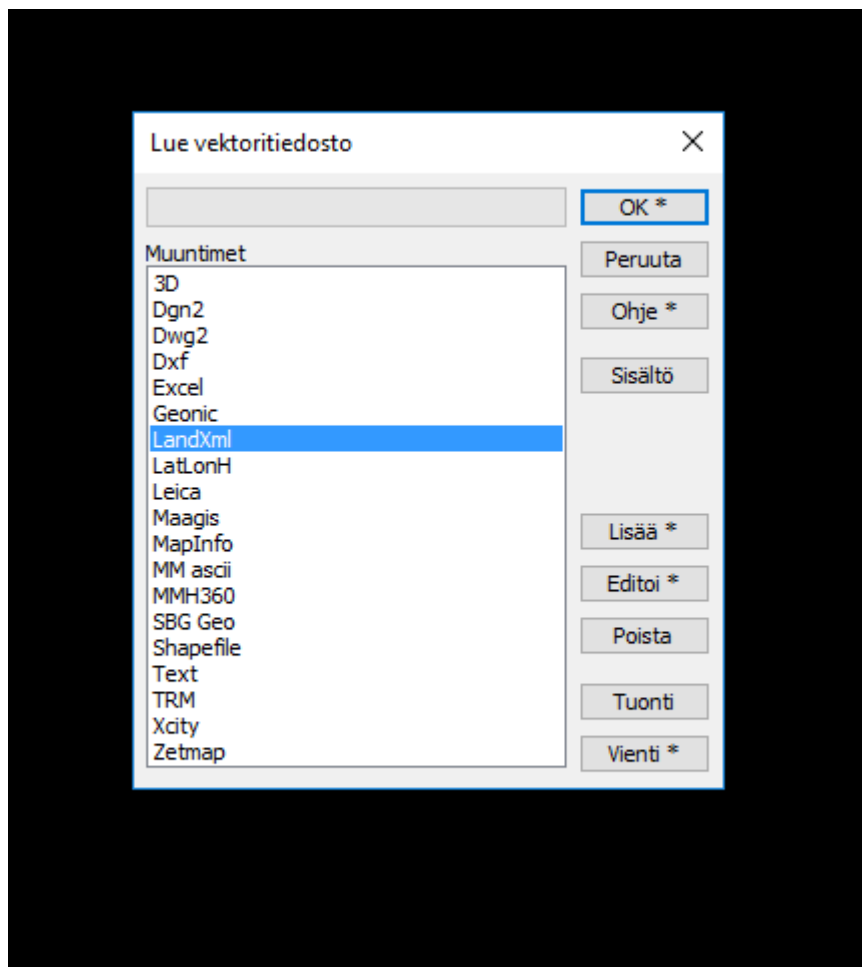


Kuvio 19. LandXML käsittely ikkunan sisältö

Tiedoston purkamisen jälkeen avataan ylimmän yhdistelmäpinnan taiteviiva-aineisto valitsemalla ”Tiedosto->Formaatti->Vektoritiedosto” (Kuvio 20), aukeavasta ikkunasta valitaan ”LandXML” (Kuvio 21) ja painetaan ”ok”.

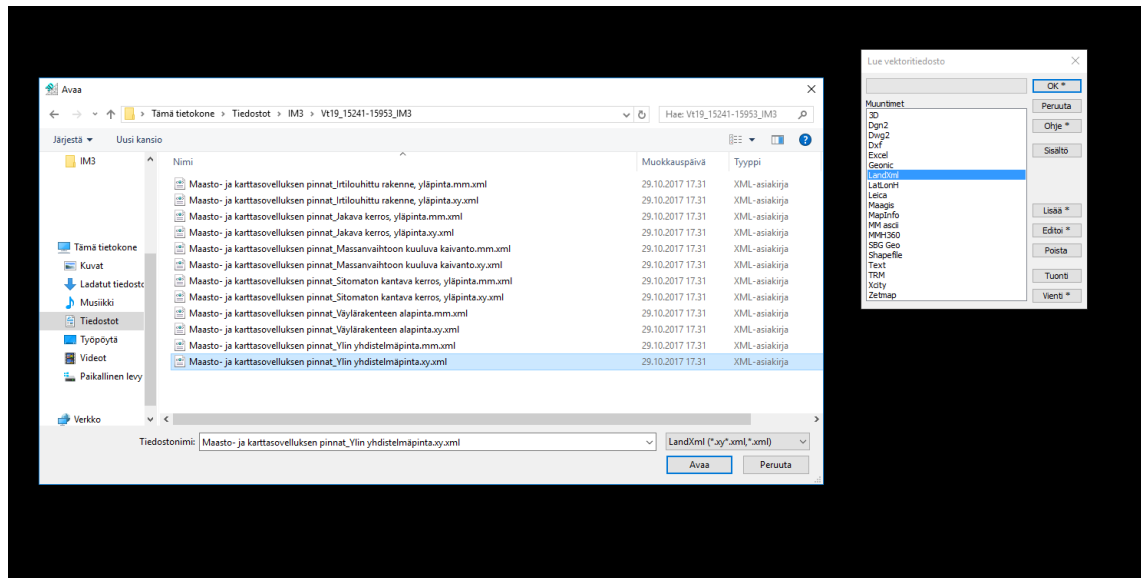


Kuvio 20. Vektoritiedoston avaaminen



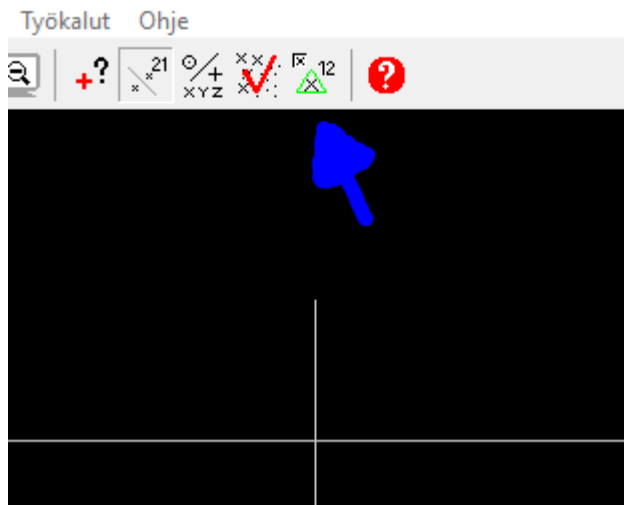
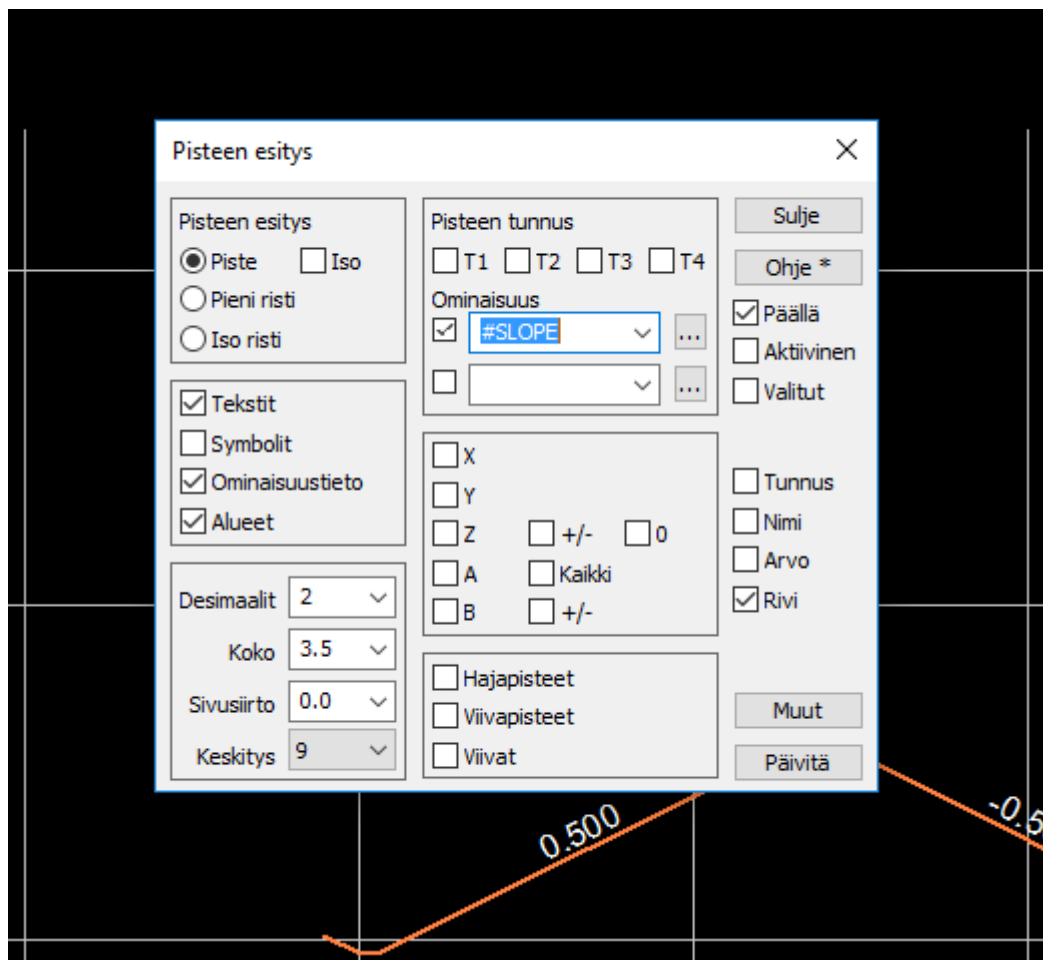
Kuvio 21. Vektoritiedoston formaatin valinta ikkuna

Tämän jälkeen aukeaa ikkuna, mistä etsitään haluttu xml-tiedosto, joka halutaan avata (Kuvio 22). Tässä esimerkin tapauksessa valitaan tiedosto ”Maasto- ja karttasovelluksen pinnat_Ylin yhdistelmäpinta.xy.xml”, joka on taiteviiva-aineisto.



Kuvio 22. xy-tiedoston valinta

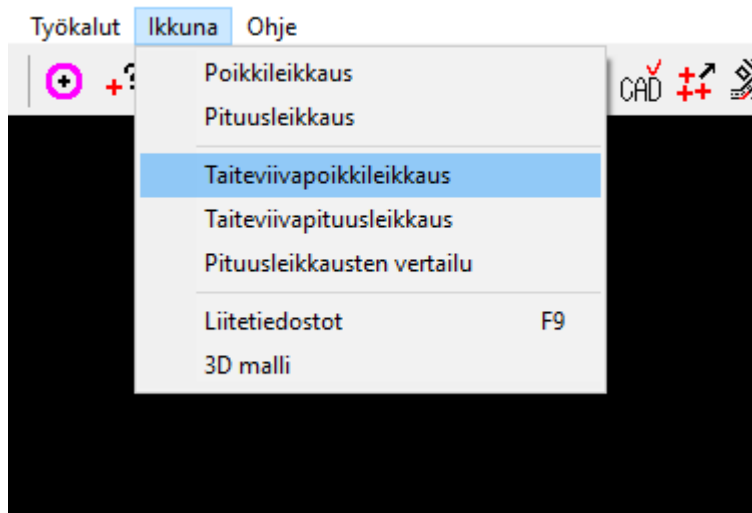
Ensimmäisenä tehtävänä on hyvä katsoa taiteviiva-aineisto läpi ”Taiteviivapoikkileikkaus” -toiminnolla, jotta voidaan heti havaita ”karkeat” virheet. Ennen tätä kannattaa vielä hakea mittalinja-tiedosto aktiiviseksi elementtilistalle, koska tämä helpottaa ”taiteviivapoikkileikkaus” -toiminnon käyttöä. Näitä karkeita virheitä voivat olla esimerkiksi kallistuksen ”heittelehtiminen”, jolla tarkoitetaan esimerkiksi sitä, että väylän kallistus vaihtelee pienellä matkalla 0,03->0,015->0,045 välillä. Tämän kohdan havainnollistamista auttaa huomattavasti, kun valitaan valikosta pisteen piirtoasetukset (Kuvio 23) ja sieltä lokero ”Pisteen tunnus”, johon kirjoitetaan ensimmäiseen ”Ominaisuus” tietueeseen ”#SLOPE” (Kuvio 24).

Kuvio 23. Pisteen piirtoasetukset valintaKuvio 24. Pisteen piirtoasetus ikkuna

Tällainen tilanne on saattanut tulla, kun suunnittelija on luonut rakennepinta aineistoa, jolloin heidän oma ohjelmistonsa on jättänyt rakennepinnan reunoille

”haamupisteitä”, jotka saavat aikaan virheellisen tiedoston ja kallistuksen vaihtelun. Kyseiseen ongelmaan ei ole tehtävissä mittaushenkilöstön ohjelmistolla mitään, joten ainoa ratkaisu on pyytää suunnittelijaa lähettämään uusi aineisto.

”Taiteviivapoikkileikkaus” -toiminto löytyy valikosta ”Ikkuna->Taiteviivapoikkileikkaus” (Kuvio 25).

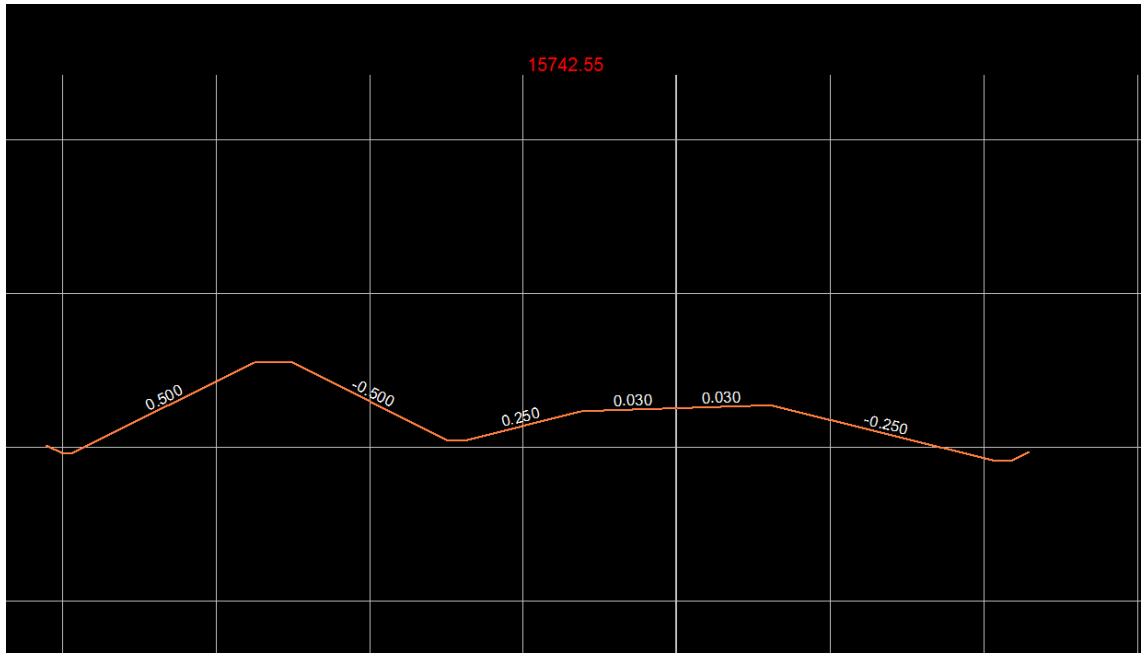


Kuvio 25. Taiteviivapoikkileikkaus ikkunan valinta

Sen jälkeen ruudulle avautuu uusi ikkuna, jossa näkyy valitun kohdan poikkileikkaus-näkymä. Tällaista työtä tehdessä olisi hyvä olla kaksi näyttöä käytettävissä, jolloin taiteviivapoikkileikkaus-ikkuna voidaan avata toiselle näytölle, kun toisella näytöllä tutkitaan aineistoa. Poikkileikkauksen valinta menee seuraavalla periaatteella: hiiren vasemmalla painikkeella painetaan taiteviiva-aineiston jommaltakummalta puolelta ja sen jälkeen vastakkaiselta puolelta. Jos mittalinjaa ei olisi käytössä, periaate menisi seuraavasti: poikkileikkaus-ikkunassa näkyisi silloin se puoli poikkileikkaus-ikkunan vasemmalla puolella, miltä puolelta valintaa lähdetään tekemään ensimmäiseksi ruudulla. Mutta nyt, kun meillä on mittalinja käytössä, valinta voi tapahtua vapaamuotoisemmin, jolloin ohjelma automaattisesti luo kuvan paalutuksen suuntaan eli katse on kohti paalutuksen loppupäätä (Kuvio 26 ja Kuvio 27).

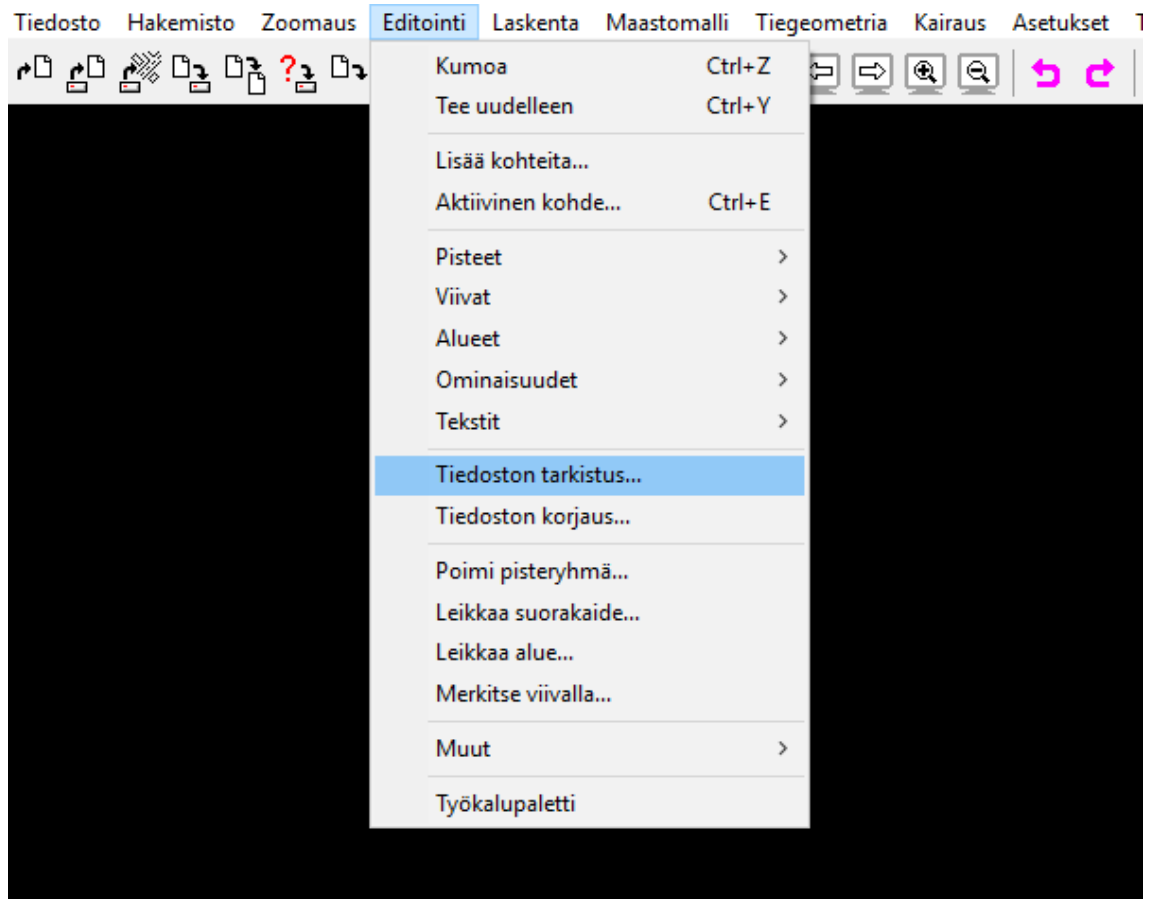


Kuvio 26. Taiteviivapoikkileikkaus näkymän valinta

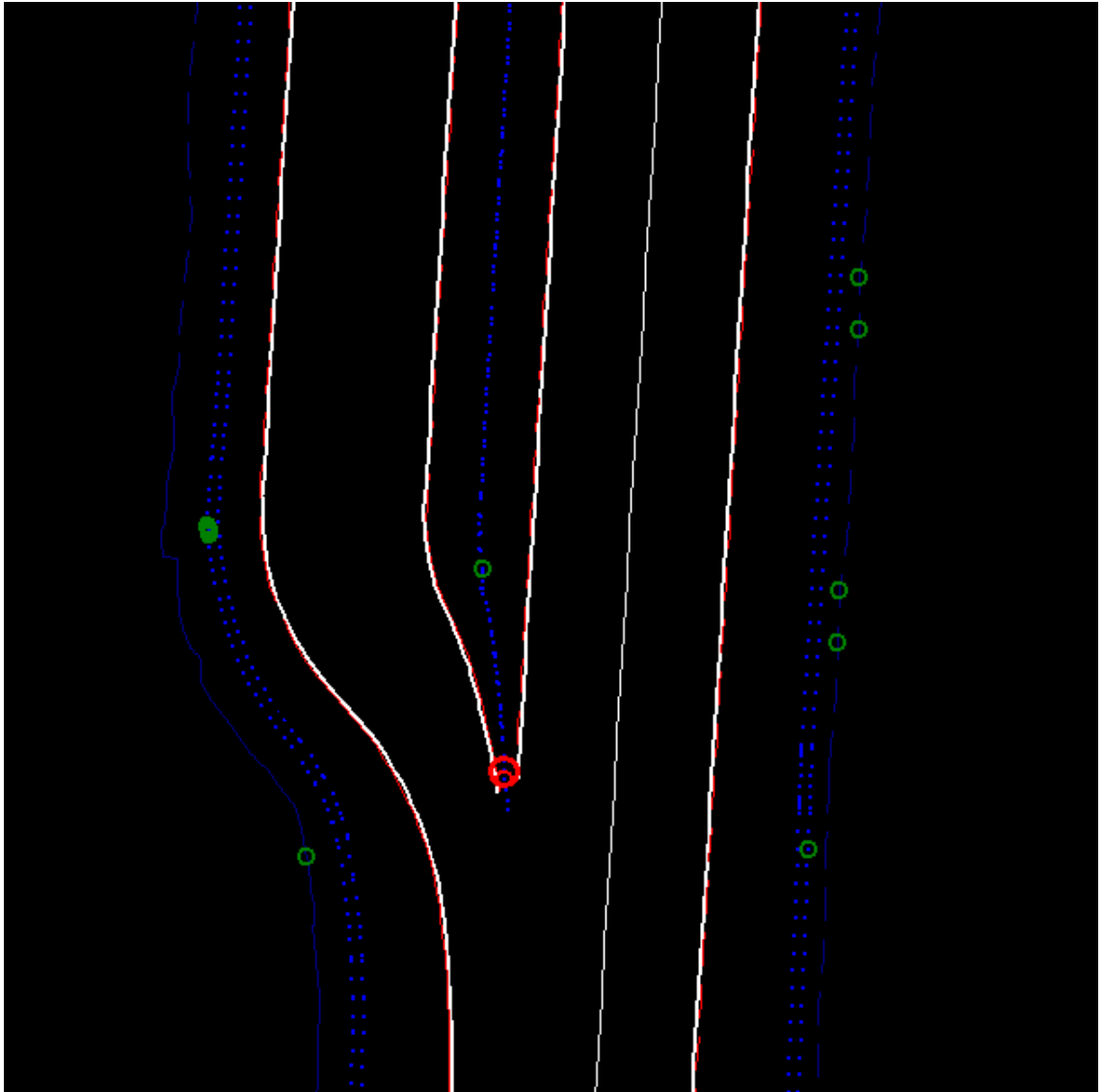


Kuvio 27. Taiteviivapoikkileikkaus näkymä

Poikkileikkausikkunalla tarkastelun jälkeen, voidaan alkaa tarkastamaan tiedoston virheitä 3D-winin tiedoston tarkistus toiminnolla. Polku toimintoon on "Editointi->Tiedoston tarkistus" (Kuvio 28). Toiminto listaa tiedostosta löytyneet virheet jo valmiiksi vakavuusjärjestykseen, jossa vakavimmat virheet ovat ylimpänä ja lievemmat virheet alempana. Ruudulla on myös nähtävissä virheiden vakavuus, koska toiminto antaa vakavimmille virheille punaisen värin ja lievemille vihreään (Kuvio 29).



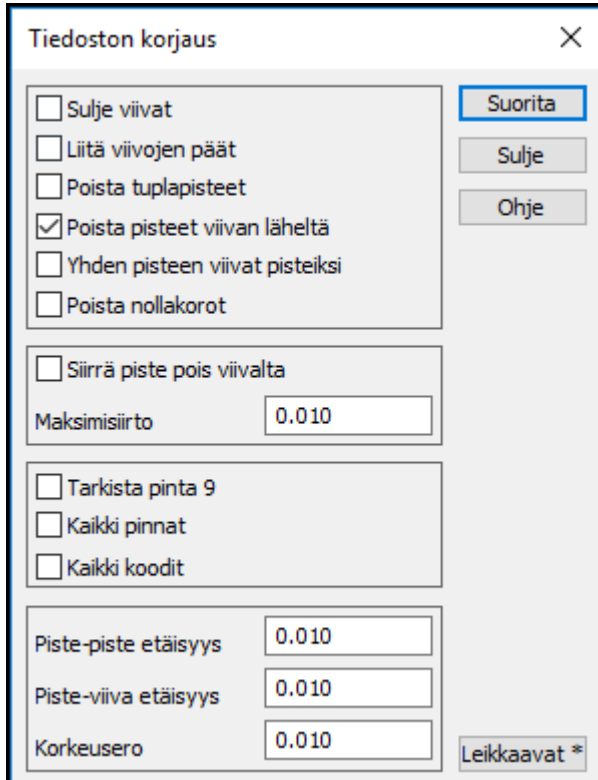
Kuvio 28. Tiedoston tarkistus toiminnon valinta



Kuvio 29. Tiedoston tarkistus toiminnon virheet ruudulla

Suurimmat virheet, jotka vaikuttavat koneohjausmallin lopputulokseen, ovat suuret korkovirheet. Eli tiedostosta pyritään karsimaan niin kutsutut "virhepisteet" pois, jotka voivat muuttaa koneohjausmallin lopputulosta. Pisteiden korjaus tapahtuu joko manuaalisesti tai sitten voidaan käyttää "Tiedoston korjaus" -toimintoa, joka näkyy kuviossa 28 "Tiedoston tarkistus" -toiminnon alapuolella (Editointi -> Tiedoston korjaus). "Tiedoston korjaus" -toiminnolla voidaan poistaa kaikki samantyyppiset virheet kerralla, joista kuviossa 30 valittuna "poista pisteet viivan läheltä". Kyseinen toiminto ei kysele "Suorita" -komennon jälkeen varmistusta vain tekee halutun toiminnon ja poistaa kaikki valitun laiset pisteet tiedostosta. Tämän takia olisi suotavaa käydä manuaalisesti läpi listasta epäilyttävät pisteet. Tämä onnistuu katsomalla listasta suuret heitot dZ-arvosta, joka näkyy kuviossa

31, jonka jälkeen voidaan suorittaa ”zoomaus” -toiminto halutun pisteen kohdalla, jolloin ”tarkistus” -toiminto tuo ruudulle keskitettynä valitun pisteen. Tilannetta voidaan tarkastella joko ”Taiteviivapoikkileikkaus” -toiminnolla (Kuvio 25), tai sitten kolmioinnin jälkeen 3D-ikkunassa, mikä käydään myöhemmin tässä ohjeessa.



Tiedoston korjaus

Sulje viivat

Liitä viivojen päät

Poista tuplapisteet

Poista pisteet viivan läheltä

Yhden pisteen viivat pisteiksi

Poista nollakorot

Siirrä piste pois viivalta

Maksimisiirto

Tarkista pinta 9

Kaikki pinnat

Kaikki koodit

Piste-piste etäisyys

Piste-viiva etäisyys

Korkeusero

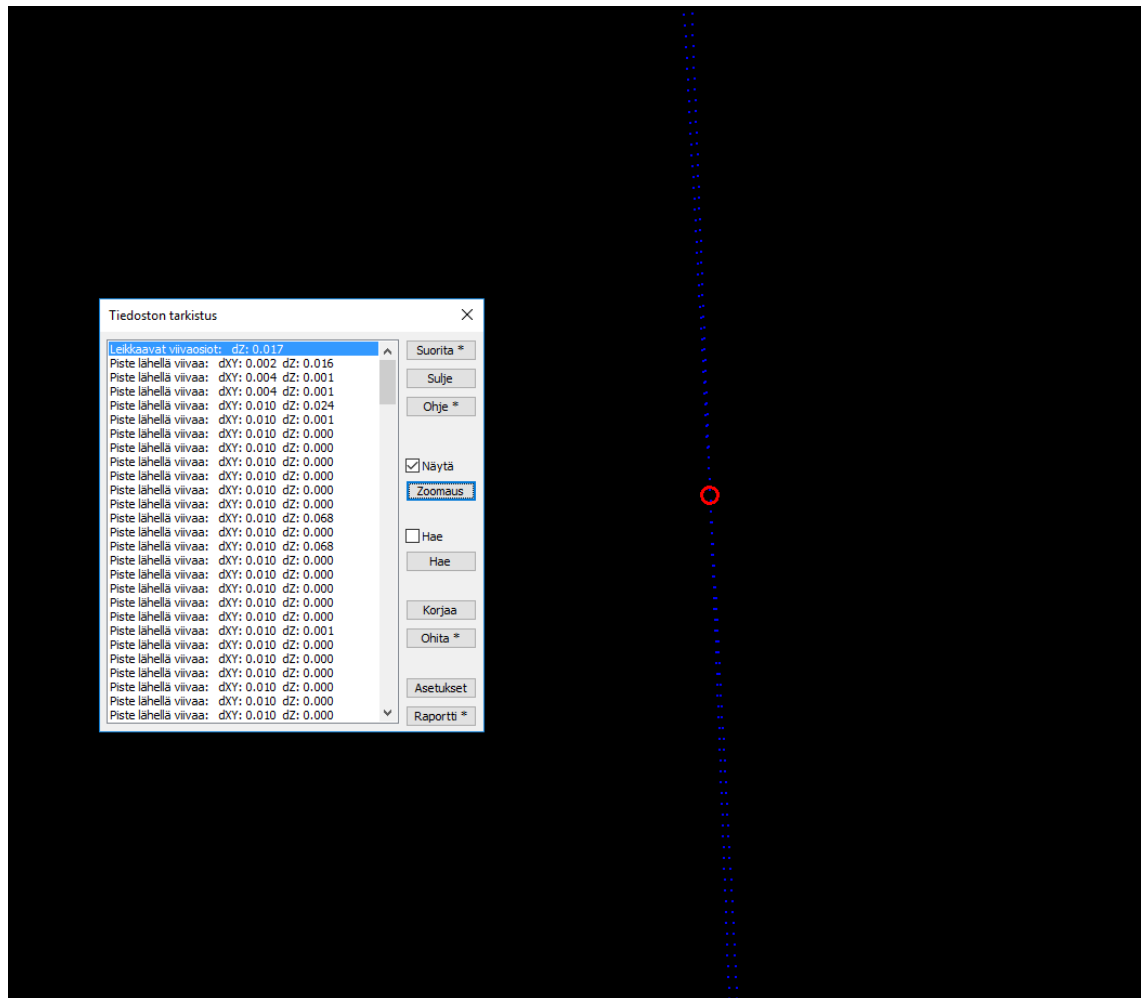
Suorita

Sulje

Ohje

Leikkaavat *

Kuvio 30. Tiedoston korjausikkuna



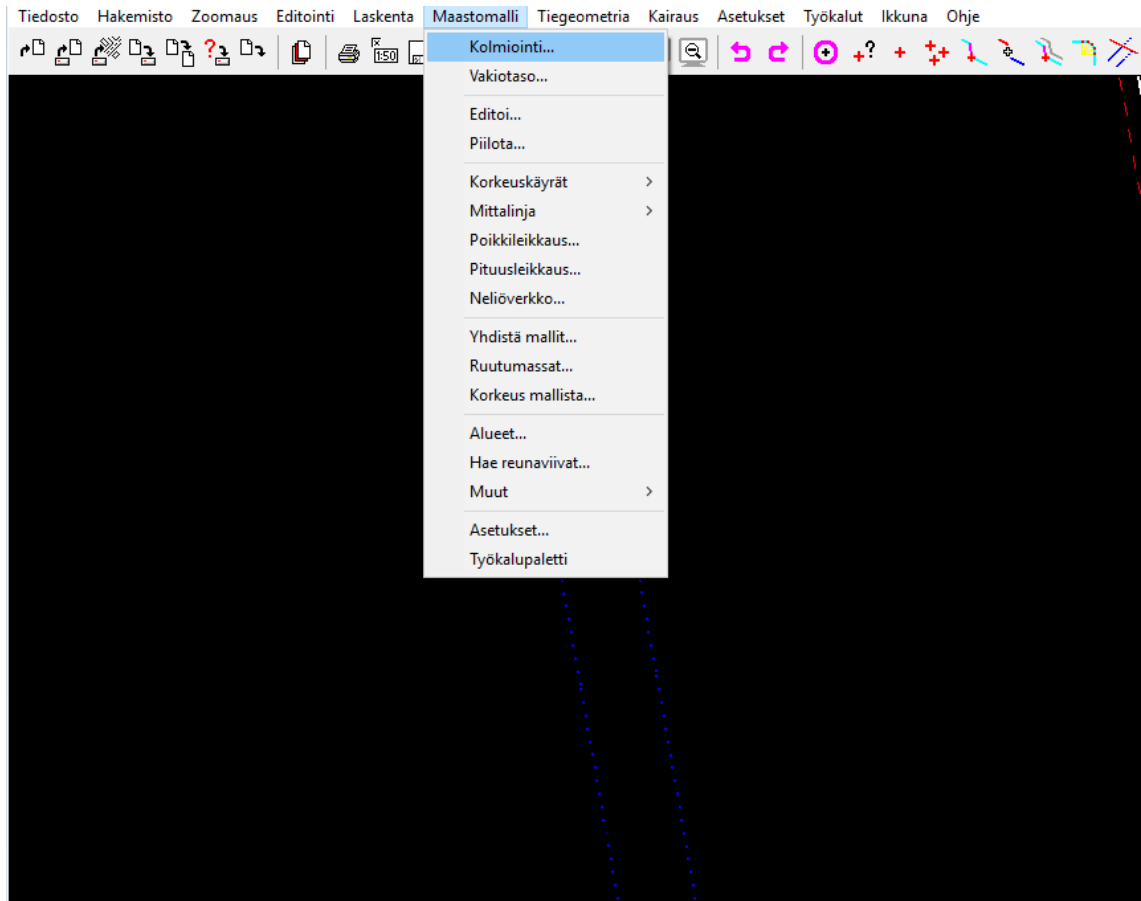
Kuvio 31. Tiedoston tarkistusikkuna

Toinen tarkastelun alla oleva asia tarkistuksessa on risteävät viivat. Kyseinen virhe ilmenee kartalla tilanteessa, jossa kaksi taiteviivaa leikkaavat toisensa (Kuvio 31). Tilanteeseen on ainoastaan yksi ratkaisu eli katkaista viiva kyseiseltä kohdalta ja pyrkiä yhdistämään viivat tavalla, jolla ne eivät enää leikkaa toisiaan. Monet leikkaavat viivat eivät ole vakavia virheitä, jos kyseessä on esimerkiksi ojanpohjan taiteviivat, jotka vaihtavat puolia. Vt 19 -hankkeessa monessa tilanteessa ojanpohjat eivät olleet teräviä, jolloin pohjalle tuli yleensä puolen metrin mittainen tasainen pohja, jonka takia "Tiedoston tarkistus" -toiminto ilmoitti "viivapiste lähellä toista" -virhettä. Vakavuuden huomaa viimeistään siinä vaiheessa, kun valmista mallia tarkastellaan 3D -ikkunassa.

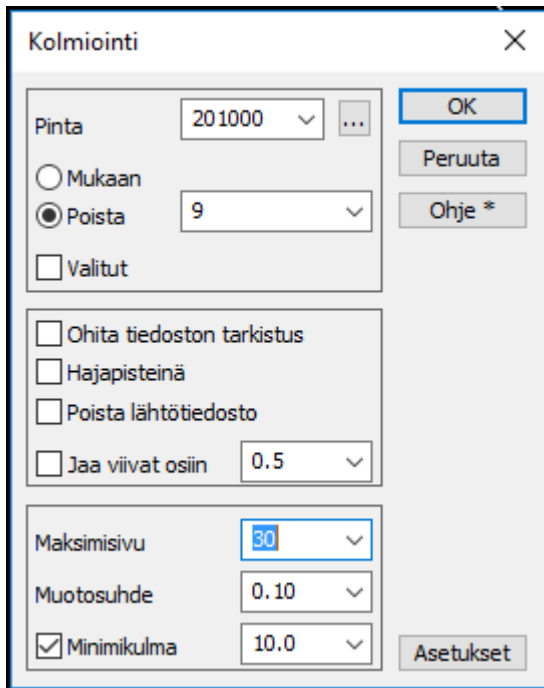
Projektin alkuvaiheessa, kun Inframodel3-formaatti ei ollut vielä lopullisessa kunnossa, suurin työtä aiheuttava tekijä oli päällekkäiset viivat. Eli kun tiedosto pu-

rettiin 3D-Win-ohjelmalla, saattoi jonkin kerroksen reunalta löytyä samalta kohdalta lukuisia viivoja. Nämä virheet löytyivät myös "Tiedoston tarkistus" -toiminnolla, jonka jälkeen ylimääräiset viivat poistettiin. Toinen työllistävä virhe alkuvaiheessa oli viivojen katkonaisuus. Tämänkin "Tiedoston tarkistus" -toiminto ilmoitti virheenä, jolloin viivat katkaistiin kohdalta, jossa näkyi vihreä tai punainen ympyrä ja sen jälkeen viivat yhdistettiin. Yhdistämisen jälkeen käytettiin "Tiedoston korjaus" -toiminnon "Poista tuplapisteet" -toimintoa, jolloin toiminto poisti kaikki hajapisteiksi jääneet pisteet katkaistulta kohdalta.

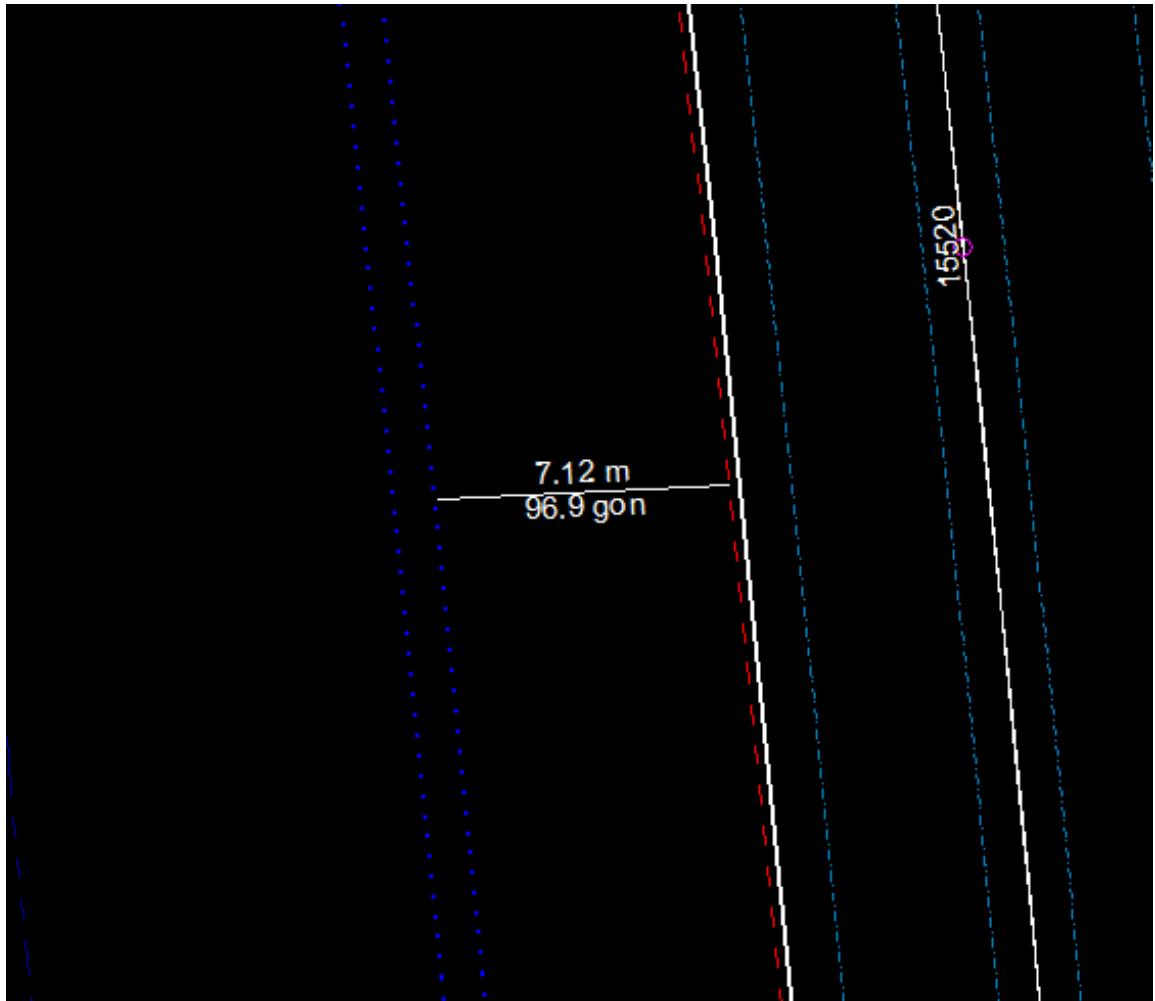
Kun tiedosto oli kelvollisessa kunnossa, voitiin aloittaa tiedoston kolmiointi. Eli ohjelma luo kolmiopisteverkon tiedostossa olevien taiteviivapisteiden tai hajapisteiden välille, jolloin siitä muodostuu kolmiulotteinen pintamalli. Kolmiointi löytyy valikosta "Maastomalli -> Kolmiointi" (Kuvio 32). Kolmiointin asetuksista muokataan yleensä maksimisivua (Kuvio 33) kasvattamalla tai pienentämällä, riippuen siitä kuinka suuria reikiä tiedostossa on. "Maksimisivu" -toiminto tarkoittaa kolmion sivun maksimipituutta eli jos maksimipituudeksi valitaan 15 ja tiedostossa on monta yli 15 metrin pisteeltä pisteelle väliä, tulee kolmiointiin paljon reikiä. Tämän takia olisi hyvä mitoittaa ennen kolmiointia mittaamalla pisteiden välisiä etäisyyksiä silmämääräisesti sekä 3D-Winin mittaus -toiminnoilla joita ovat esimerkiksi "eromitat" -toiminto (Laskenta -> Eromitat) tai painamalla "ctrl" sekä "alt" pohjaan jonka jälkeen voidaan hiiren vasenta painiketta pitämällä pohjassa mitata haluttu etäisyys (Kuvio 34). Tai sitten voidaan suoraan kokeilemalla kolmioida tiedosto esimerkiksi käyttämällä maksimisivua 15, jolloin nähdään jääkö tiedostoon paljon reikiä. Mahdollisimman pienellä maksimisivun mitalla säästetään aikaa kolmiointin siivoamiselta.



Kuvio 32. Kolmioinnin valinta



Kuvio 33. Kolmiointi-ikkuna maksimisivun muokkaus



Kuvio 34. Viivojen välisen etäisyyden mittaus

Viivan jakaminen osiin (Kuvio 35) on hyvä toiminto, jos lähtöaineistossa on viivoissa pitkät pistevälit. Inframodel3-aineistossa viivat ovat jo valmiiksi kolmioitavassa muodossa, mikä tarkoittaa, että taiteviivat ovat lyhyellä pistevälillä. Ainoa muokattava kohta "Maksimisivu" -toiminnon lisäksi on minimikulma (Kuvio 36), joka piilottaa automaattisesti kaikki mallin reunoilla olevat kolmiot, joissa kulma on valittua pienempi. Kun "Minikulma" -valintaruutuun kirjoitetaan esimerkiksi arvo 15, niin toiminto piilottaa kaikki kolmiot reunaviivojen ulkopuolelta, joilla on kulma pienempi kuin 15 astetta. Automaattisesti piilotetut kolmiot saa näkyviin kolmionnin editointi toiminnolla "Maastomalli -> Editoi" (Kuvio 37).

Kolmiointi ×

Pinta ...

Mukaan

Poista

Valitut

Ohita tiedoston tarkistus

Hajapisteinä

Poista lähtötiedosto

Jaa viivat osiin

Maksimisivu

Muotosuhde

Minimikulma

Kuvio 35. Kolmiointi-ikkuna viivan jako osiin

Kolmiointi ×

Pinta ...

Mukaan

Poista

Valitut

Ohita tiedoston tarkistus

Hajapisteinä

Poista lähtötiedosto

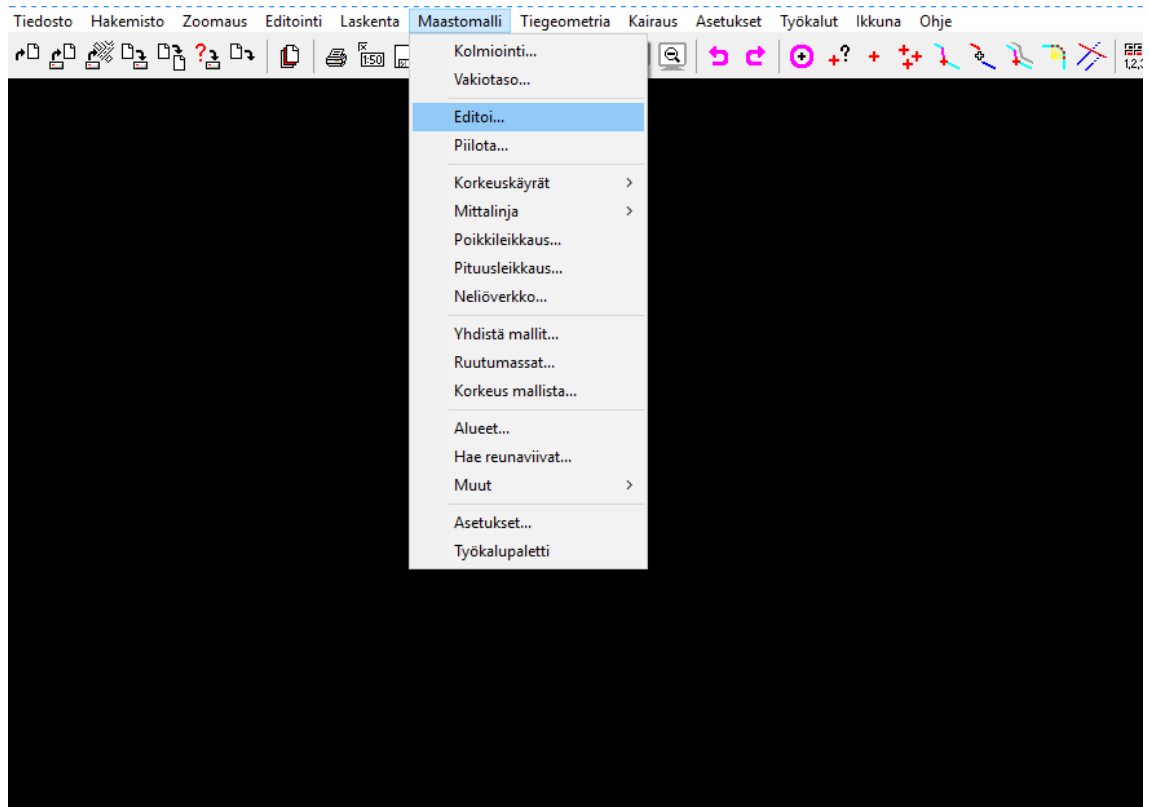
Jaa viivat osiin

Maksimisivu

Muotosuhde

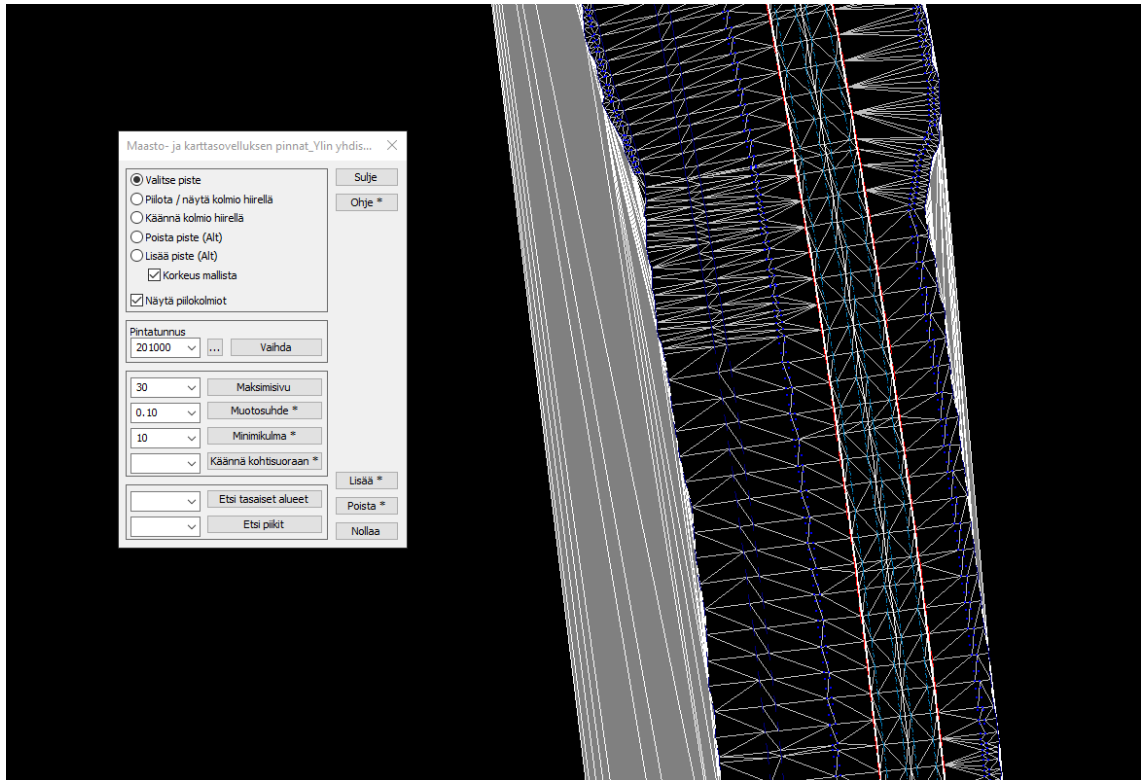
Minimikulma

Kuvio 36. Kolmiointi-ikkuna minimikulma

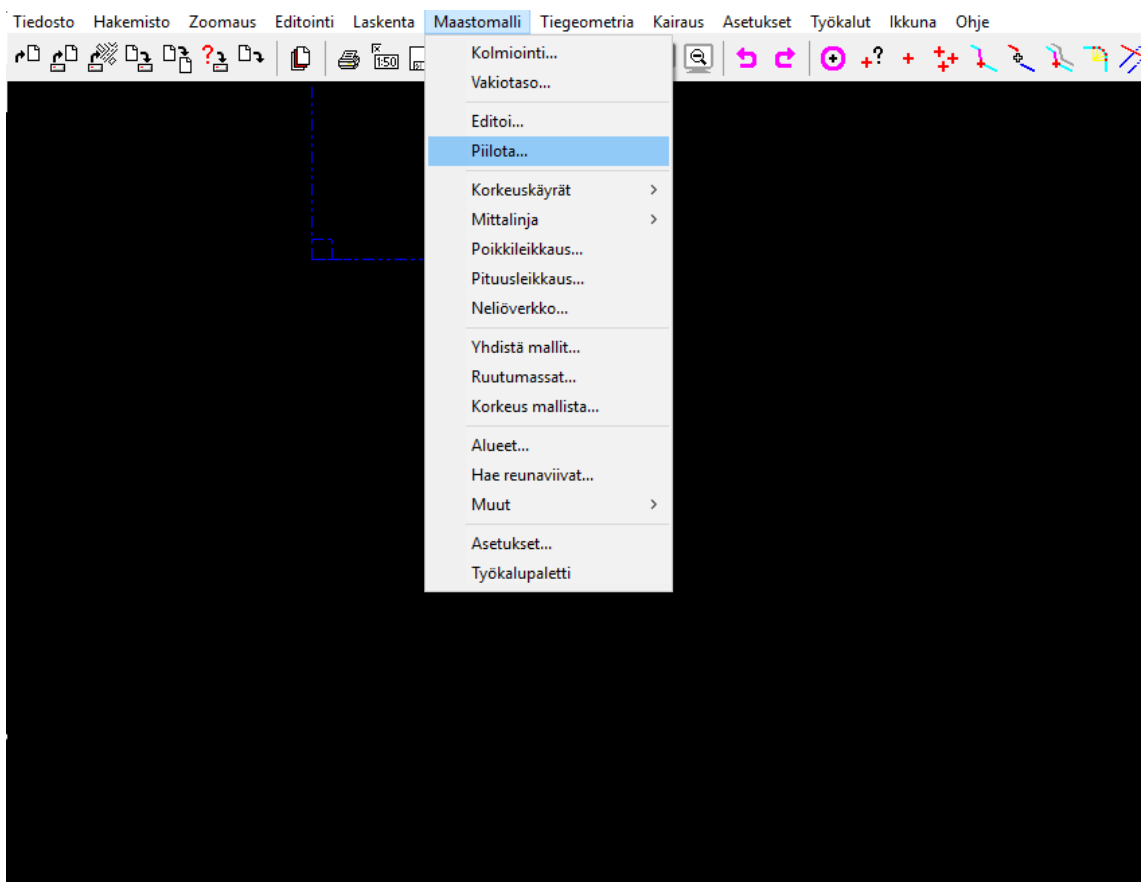


Kuvio 37. Maastomallin editointi

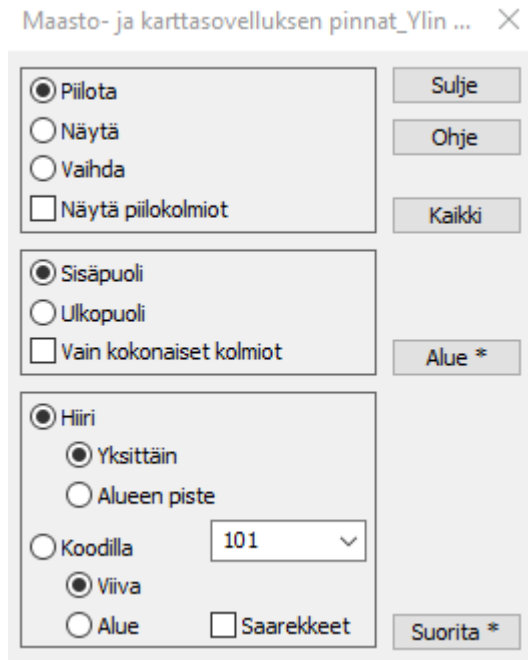
Kun kolmiointi on suoritettu, kannattaa ensimmäiseksi tarkastaa mitä kolmioita on piilotettu automaattisesti, jos on käytetty ”Minimikulma” -toimintoa (Kuvio 36). Maastomallin ”Editointi” -toiminnon valikosta valitaan kohta ”näytä piilokolmiot” aktiiviseksi (Kuvio 38), jolloin ohjelma näyttää piilotetut kolmiot maalattuna näytöllä. Sen jälkeen tarkastetaan, onko ohjelma piilottanut joitain tärkeitä kolmioita. Jos on, voidaan kolmiointi suorittaa uudestaan ilman minimikulman käyttöä. Yleensä ei ole, joten toiminto nopeuttaa mallin siistimistä. Mallin siistiminen tapahtuu piilottamalla ylimääräiset kolmiot, jotka muodostuvat väleille, joita ei ole tarkoitus kolmioida tai saada mukaan malliin. Kolmioiden piilottaminen tapahtuu toiminnolla ”Maastomalli -> Piilota” (Kuvio 39). ”Piilota” -valikosta valitaan sitten toiminto ”Piilota” aktiiviseksi (Kuvio 40). Piilottaminen tapahtuu joko menemällä poistettavan kolmion päälle ja painamalla hiiren vasemmalla näppäimellä sen päältä (Kuvio 41). Tai sitten, jos on paljon poistettavia kolmioita vierekkäin, voidaan painaa ”Shift”-näppäin pohjaan, jolloin vetämällä ja samalla pitämällä hiiren vasenta näppäintä pohjassa, saadaan maalattua suurempi alue kerralla (Kuvio 42).



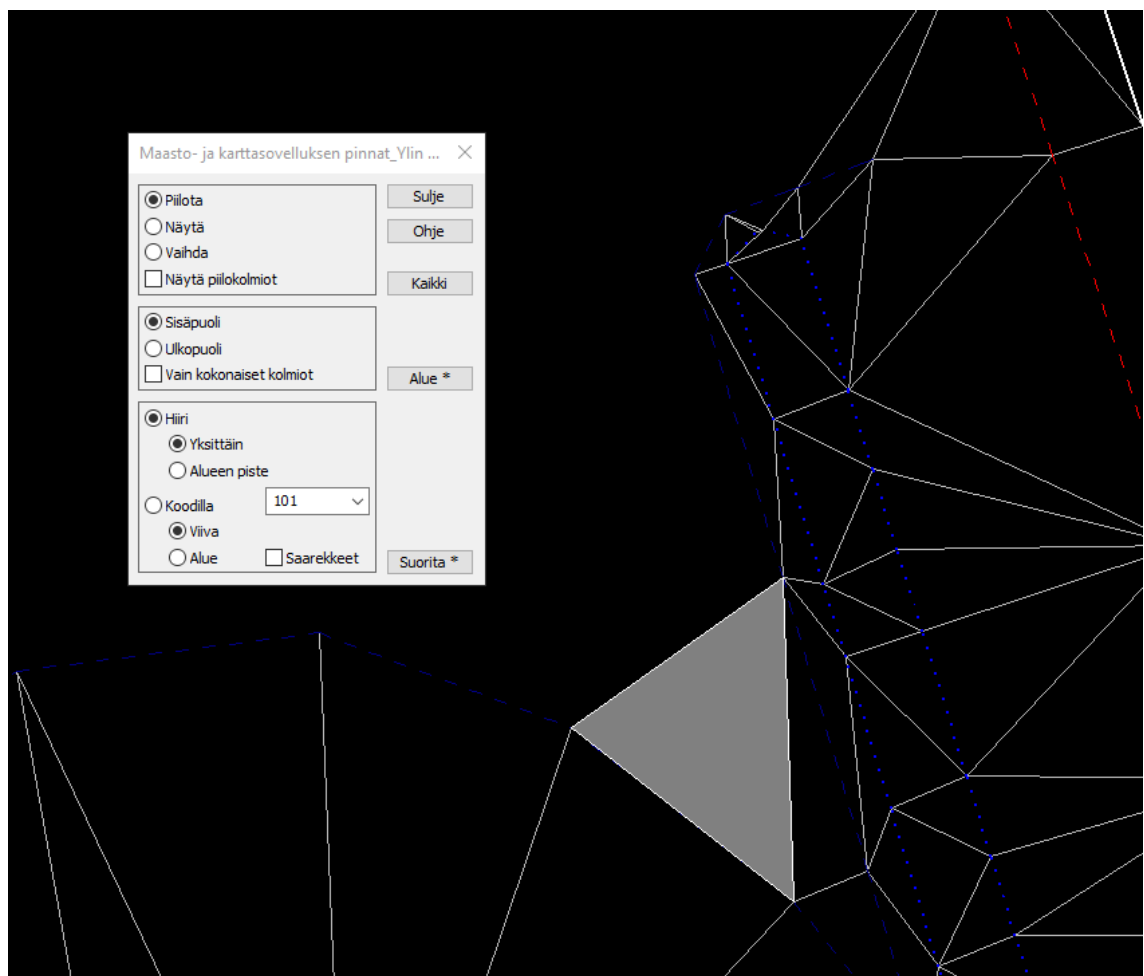
Kuvio 38. Näytä piilokolmiot -toiminto



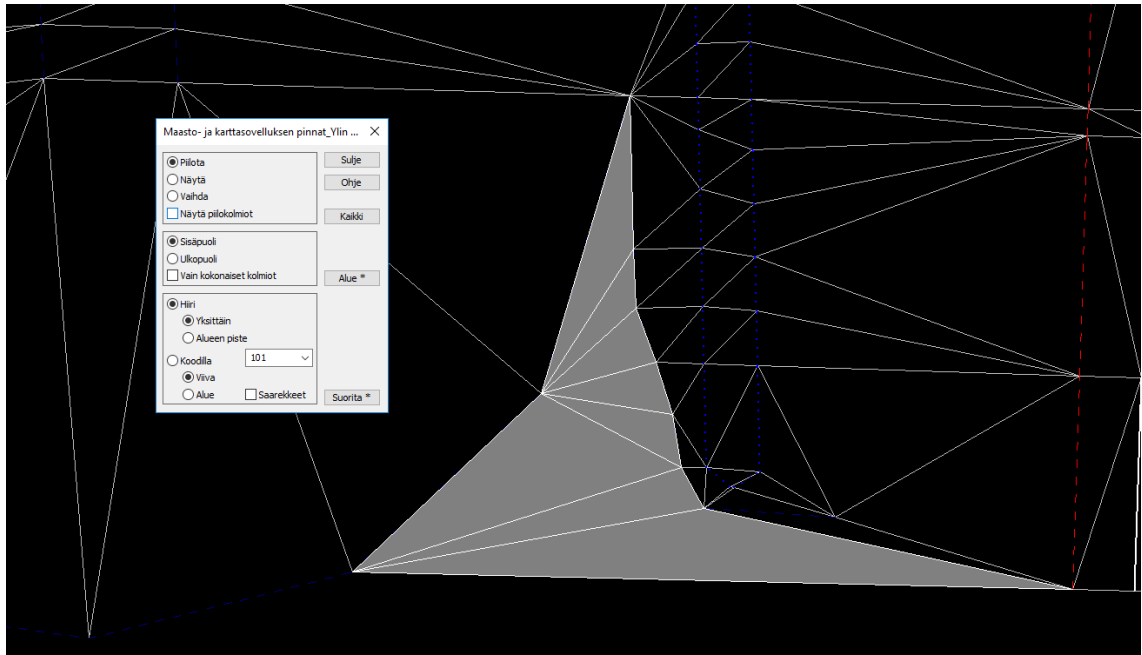
Kuvio 39. Kolmioiden piilotus -toiminto



Kuvio 40. Pilota toiminnon valinta ikkuna

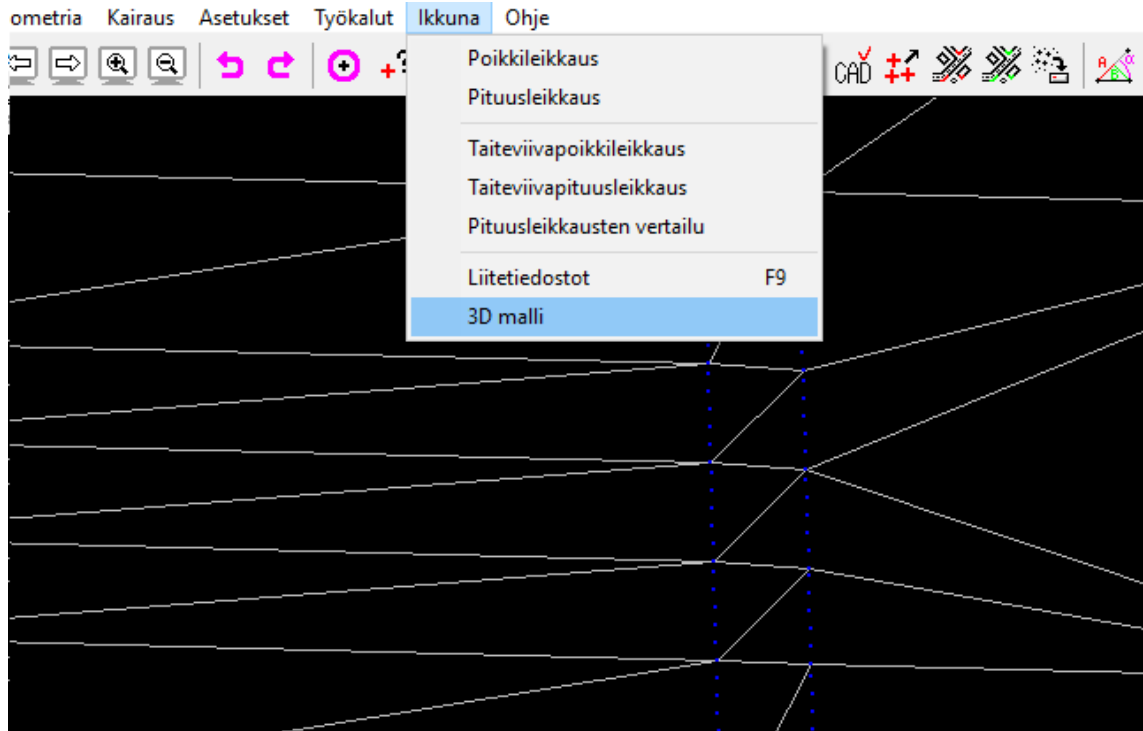


Kuvio 41. Yhden kolmion piilotus

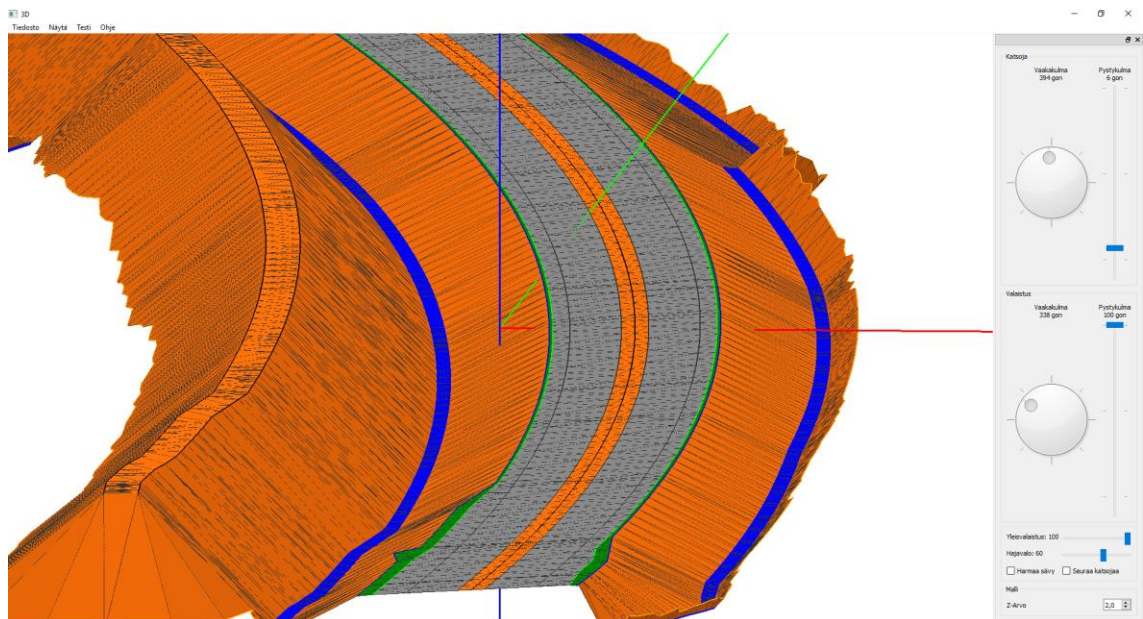


Kuvio 42. Lukuisien kolmioiden piilotus

Kun malli on saatu siistittyä, voidaan sitä alkaa tarkastelemaan 3D-ikkunassa. 3D-ikkunan saa auki "Ikkuna -> 3D malli" reittiä pitkin (Kuvio 43). 3D-mallissa pääsee tarkastelemaan, miltä malli näyttää 3D-maailmassa. Siellä voidaan tutkia mallin oikeellisuutta sekä aikaisemmissa vaiheissa mainittujen virheiden tai korjaustoimenpiteiden vaikutusta malliin sekä sen yleisilmettä (Kuvio 44). Tässä vaiheessa voidaan tehdä malliin vielä korjauksia, jos huomataan silmään pistäviä virheitä, kuten suuria korkeuseroja.



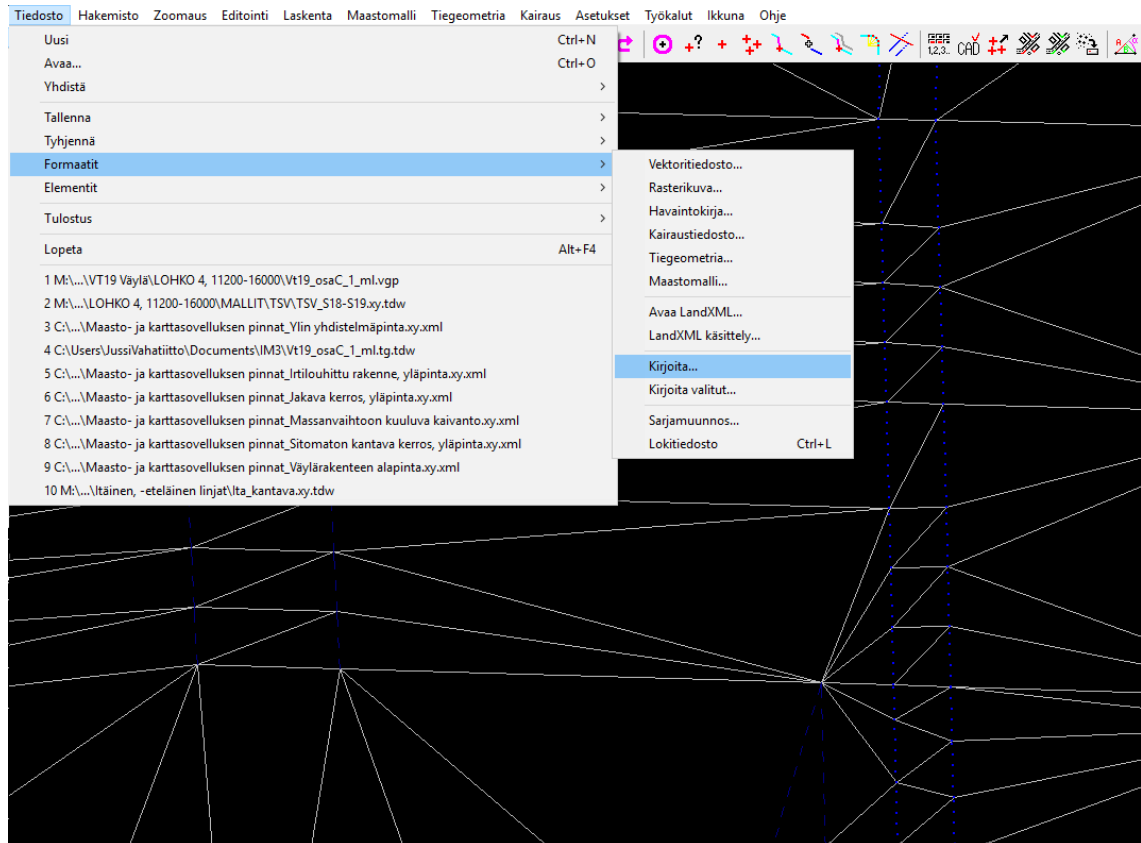
Kuvio 43. 3D-mallin valinta



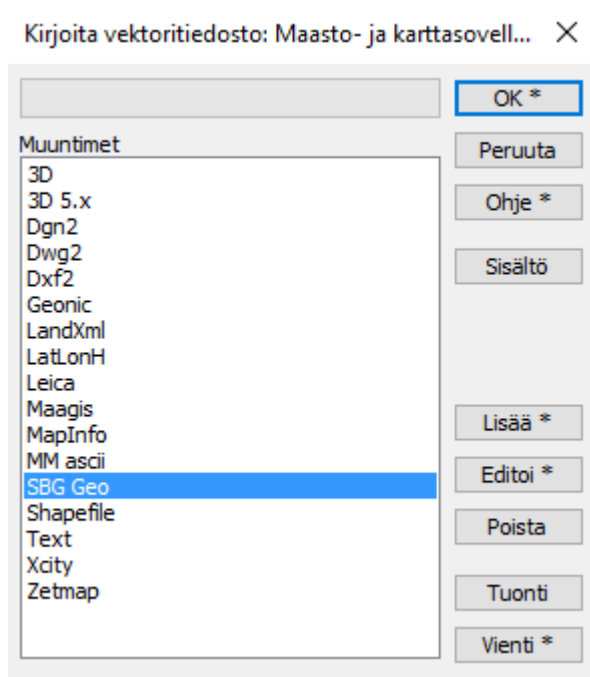
Kuvio 44. 3D-mallin ikkuna

Malli on tämän jälkeen valmis siirrettäväksi työkoneseen. Seuraavaksi malli kirjoitetaan haluttuun formaattiin. Vt 19 -hankkeessa kolmiointi kirjoitettiin trm-formaattiin, ja taiteviiva aineisto SBG geo-formaattiin. Formaatin kirjoitus -toiminto löytyy "Tiedosto -> Formaatit -> Kirjoita" (Kuvio 45). Listasta valitaan haluttu for-

maatti (Kuvio 46) ja jos formaattia ei löydy, niin se voidaan lisätä painamalla ”Kirjoita” -valikossa valintaa ”Lisää”. Tiedoston siirto toteutettiin siirtämällä mallit Icontelematics -palveluun, jolloin työkoneet pystyivät lataamaan mallit käyttöönsä suoraan palvelusta internetyhteyttä hyväksi käyttäen. Jos internetyhteys ei jostain syystä toiminut, voitiin mallit myös toimittaa työkoneille muistitikun avulla.



Kuvio 45. Formaatin kirjoitus -toiminto



Kuvio 46 Formaatin kirjoitustoiminnon valintaikkuna

7 POHDINTA

Opinnäytetyöni aihe oli lopulta helppo valinta, koska henkilökohtaisesti oma maanmittausalan kokemus on rajoittunut pelkästään infra-alalle. Tämän takia lähdin etsimään aktiivisesti aihetta oman työni ympäriltä, koska itselläni oli luontainen halu kehittyä ja syventyä vielä enemmän infra-alaan. Oma kiinnostukseni infra-alaan oli herännyt jo ennen kuin edes hakeuduin maanmittausalalle. Samoin kiinnostus koneohjaukseen oli jo kasvanut ennen kuin aloitin koulun, itse asiassa kiinnostus koneohjausjärjestelmiin oli suurimpia syitä alalle hakeutumiseeni.

Ajatus Inframodelista opinnäytetyön aiheena heräsi työskenneltyä ensimmäistä kertaa vuonna 2015 Vt 19 Seinäjoen ohitustie -hankkeella. En ollut koneohjauksesta vastaavana henkilönä kyseisellä työmaalla, mutta oman palavan kiinnostuksen ansiosta pyrin perehtymään kyselemällä ja omalla ajallani opiskelemalla Inframodel3-formaatin käyttöön. Ensimmäisenä asiana esiin nousikin aineiston käsittelyn helppous, kun asiaa verrataan suunnitteluaineistoon, joka on paljon kaapeampi laajuudeltaan. Halusin tuoda esille sen, miten tärkeää se on koko työmaan kannalta, että suunnitteluaineisto on laadukasta, ja miten se vähentää virheitä, varsinkin koneohjausmallinnuksessa.

Työn tekemiseen ryhdyin ensiksi perehtymällä satelliittipaikannuksen ja koneohjauksen periaatteisiin teoreettisella tasolla, jonka jälkeen pyrin keskittymään ainoastaan Inframodeliin. En halunnut opinnäytetyössäni mennä liian syvälle Inframodelin tietotekniseen sisältöön vaan keskittyä sen mahdollisuuksiin ja periaatteisiin. Vaikeudeksi muodostui teknisen sisällön muuttaminen kirjoitettavaan muotoon. Aiheesta oli myös yllättävän vaikea löytää kirjoitettua lähdeaineistoa aiheen erikoislaatuisuuden takia. Lisäksi halusin esimerkin avulla osoittaa, miten koneohjausmallin tekeminen eteni Vt 19 -hankkeella.

Mielestäni olisi tärkeää, että Inframodel-formaattia saataisiin mahdollisimman laaja-alaisesti käyttöön infra-alalle, koska se helpottaa olennaisesti työmaahenkilöstön toimimista työmaalla. Tulokset ovat jo osoittaneet kuinka paljon koneohjausmallien käyttäminen säästää kustannuksia työmaalla, mutta työnjohdon olisi

myös muistettava, kuinka paljon hyvä suunnitteluaineisto nopeuttaa mallin saatavuutta työkoneille. Lisäksi hyvä aineisto vähentää virheitä mallinnusvaiheessa, jolloin se myös vähentää myöhemmin korjatusta virheestä aiheutuneita kustannuksia. Inframodelia on testattu myös monella muulla osa-alueella toimivaksi ratkaisuksi, kuten esimerkiksi laadunvarmistusprosessissa, joka on työnjohdon näkökulmasta se osa, mihin he pääsevät paremmin käsiksi Inframodelin ansiosta.

Oli mielenkiintoista paneutua ja tutustua Inframodelin historiaan, kuinka se on syntynyt ja mitkä tahot sen syntyyn ovat vaikuttaneet eniten. Koin myös tutustumisen inframodelin käyttömahdollisuuksiin mielenkiitoisena, koska jos pyrin toimimaan tulevaisuudessakin infra-alalla, tieto siitä mitä on mahdollista tehdä, on elintärkeää alati kehittyvässä työympäristössä. Kiinnostus toimia jonkinlaisessa infra-alan työryhmässä kehittämässä alaa eteenpäin kohti toimivampaa työympäristöä, kasvoi olennaisesti tämän opinnäytetyön aikana.

LÄHTEET

3D-system 2017. 3D-Win. Viitattu 29.10.2017 <http://www.3d-system.fi/index.php/3d-win>.

BuildingSMART 2017a. InfraBIM -nimikkeistö (suunnittelu-, mittaus -ja tietomallinimikkeistö) Viitattu 23.12.2017 https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/InfraBIM_nimikkeisto_v1_6.pdf.

BuildingSMART 2017b. Inframodel. Viitattu 16.10.2017 <https://buildingsmart.fi/infrabim/inframodel/>.

ELY-keskus 2017. Sujuvuutta, turvallisuutta ja kasvua. Vt 19 Seinäjoen itäinen ohikulkutie. Viitattu 22.10.2017 <https://www.ely-keskus.fi/documents/10191/230805/VT+19+Sein%C3%A4joen+it%C3%A4inen+ohikulkutie+esite+lokakuu+2013/bd3b9c1f-0da4-433a-bf31-04fcc309bad8>.

Harju, J. 2017. Agnico Eagle Finland. Tuotannonohjaajan puhelin haastattelu 24.10.2017.

Horn, F. 2013. Rakennustuotemallit kalliorakennuskohteiden suunnittelun ja rakentamisen apuvälineinä. Aalto Yliopisto. Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan laitos. Diplomityö.

Hämäläinen, R. 2014. Tietomallinnuksen hyödyntäminen infrahankkeessa. Oulun ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

InfraBIM 2018. InfraBIM-etusivu. Viitattu 8.1.2018 www.rts.fi/infrabim/index.htm.

Inframodel2 Loppuraportti 2006. Viitattu 15.10.2017 http://cic.vtt.fi/projects/inframodel2/material/Published/Reports/IM2_Loppuraportti_luonnos0_8.pdf.

Inframodel_4_uudet_osat 2017. Inframodel 4 uudet ominaisuudet. BuildingSMART Finland. Viitattu 16.10.2017 https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2014/04/Inframodel_4_uudet_osat.pdf.

InfraTM 2010. Tietomallit ja koneohjauskatuhankkeissa. TEKES loppuraportti. Viitattu 23.10.2017 http://www.rts.fi/infrabim/InfraTM_pilotti_Tampere_Oulu_loppuraportti.pdf.

Junnonen, J-M. 2009. Tietotekniikkaa hyödyntävä infrasuunnittelu. Rakennusteollisuuden Kustannus RTK Oy.

Karjalainen, J. 2016. Koneohjaustukiaseman perustaminen. Lapin ammattikorkeakoulu. Maanmittaustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

LandXML 2017a. Spec. Viitattu 24.9.2017 <http://www.landxml.org/Spec.aspx>.

LandXML 2017b. About. Viitattu 24.9.2017 <http://www.landxml.org/About.aspx>.

Laurila, P. 2012. Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet. 4. uudistettu painos. Rovaniemen ammattikorkeakoulun julkaisusarja D nro 3.

Leica Geosystems 2017. Koneohjaus. Viitattu 20.5.2017 http://www.leica-geosystems.fi/fi/Koneohjaus_4677.htm.

Liikennevirasto 2015. Tietomallipohjaisen suunnittelu- ja rakentamisprosessin Inframodel3-pilotti. Pilottiprojektin loppuraportti. Viitattu 2.12.2017 https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lts_2015-17_tietomallipohjaisen_suunnittelu_web.pdf.

Liikennevirasto 2017. Mikä on tietomalli? Viitattu 23.10.2017 <https://www.liikennevirasto.fi/palveluntuottajat/inframallit/mika-on-tietomalli-#.We3zpbpuKzl>.

Maanmittauslaitos 2017. Paikannussatelliittijärjestelmät. Viitattu 21.3.2017 <http://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/teematietoa/paikannussatelliittijarjestelmat>.

Nieminen, J-M. 2011. Koneohjaus maanrakennustyössä. Saimaan Ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikka. Opinnäytetyö.

Novatron 2017a. Mitä on koneohjaus. Viitattu 30.3.2017 <http://novatron.fi/mita-on-koneohjaus/>.

Novatron 2017b. Yritys. Viitattu 21.5.2017 <http://novatron.fi/yritys/>.

PRE InfraFINBIM Inframodel-ryhmä 2013. Inframodel -käyttöön otto-ohje versio 1.0. Viitattu 26.9.2017 http://www.rts.fi/infrabim/infrabim_uusi/Inframodel3-kayttoohje.pdf.

Tierakennusmestari 2017. Työkoneautomaatio hyötykäyttöön – haaste työnjohdolle. Viitattu 30.3.2017 <http://www.tierakennusmestari.com/lehdet/Jaakkola.pdf>.

Topgeo 2017a. Tietoa yrityksestä. Viitattu 21.5.2017 <http://www.topgeo.fi/yritys/tietoa-yrityksesta>.

Topgeo 2017b. Mitä on koneohjaus? Viitattu 21.5.2017 http://www.topgeo.fi/index.php?option=com_content&view=article&id=121&Itemid=126.

Virtanen, J. 2011. Väylähankkeen lähtötietomalli ja sen muodostaminen. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikka. Opinnäytetyö.

VTT Rakennus- ja Yhdyskuntatekniikka 2004. Inframodel loppuraportti – yhteenveto. Viitattu 12.10.2017 http://cic.vtt.fi/projects/inframodel/Documents/infraModel_Yhteenvedo_2004-01-23.pdf.

Wikman, E. 2014. Leica Geosystems Oy ja Scanlaser Oy yhdistävät voimansa 1.7.2014. Viitattu 20.5.2017 http://www.leica-geosystems.fi/thumbs/originals/BMMQ_5239.pdf.

LIITTEET

Liite 1. Ote InfraBIM -nimmikeistö, Johdanto, Liittyviä ohjeita, ohjeet

Liite 2. Ote InfraBIM -nimikkeistö, Yksiajorataisen tien rakennepinnat ja taiteviivat
(1/3)

BuildingSMART Finland

1 Johdanto

Tässä julkaisussa on määritelty InfraBIM-nimekkeistö (BIM = Building Information Model), jossa esitetään infrarakenteiden ja -mallien elinkaaren kattavat numerointi- ja nimeämiskäytännöt. Nimekkeistö perustuu Infra-rakennusosanimikkeistöön ja laajentaa sitä. Julkaisuun tavoitteena on saada yhtenäinen numerointi- ja nimeämiskäytäntö, joka palvelee infrarakenteita ja -malleja koko elinkaaren ajan sen eri vaiheissa: lähtötietojen hankinnassa, suunnittelussa, toteutuksessa, toteuman mittauksessa sekä kunnossapidossa.

Ohjeen versio 1.6 on laadittu buildingSMART Finlandin Infra-toimialaryhmän alaisuudessa osana Inframallintamisen käyttöönottohanketta. Edeltävä versio 1.5 valmistui vuosina 2010-2013 InfraFINBIM-kehityshankkeen yhteydessä. Ohjeen päivittäneeseen työryhmään ovat osallistuneet Sito Oy:n ja Ramboll Finland Oy:n asiantuntijat.

Ohjeessa on esitetty väylärakenteiden (tie, katu, rata, vesiväylä) numerointi- ja nimeämiskäytännöt. Tässä versiossa nimekkeistöä on laajennettu ensisijaisesti peruskaturakenteiden ja vesiväyläverkostojen osalta. Samalla on täydennetty luokitusta reunalinjojen sekä maastomallin ja maaperämallin pintojen osalta.

Ohjetta on päivitetty vastaamaan Infra-rakennusosanimikkeistössä (2014) tulleita muutoksia. Siinä on pyritty huomioimaan myös inframallintamisen tarpeet mm. selkeyttämällä päättason nimekkeiden sisältöä. Lisäksi on kokeiltu luettavuuden parantamista ja visuaalisen ilmeen nostamista havainnollisilla 3D-kuvilla. Ohjeen lopussa on kattava luettelo kaikista Infra-rakennusosanimikkeistön mukaisista InfraBIM-nimekkeistä. Lisäksi ohjeeseen liittyy Excel-taulukko, jossa on esitetty luokitusvastaavuudet sekä myös rakennusosanimikkeet, joilla ei ole InfraBIM-nimekettä.

2 Liittyviä ohjeita

”Tienrakentamisen mittaus suunnitelman laatimisoheje”. Julkaisussa on määritelty tiensuunnittelun eri vaiheissa syntyvän mittausaineiston sisältö ja muoto sekä laatuvaatimukset. Liikennevirasto 2008.

Yleiset inframallivaatimukset YIV. BuildingSMART 2015-2016.

Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot – Mittausohje. Liikenneviraston ohjeita 18/2011.

BuildingSMART Finland

3 Ohjeet

1. Väylärakenne kuvataan rakennepintoina, jotka muodostuvat nimetyistä taiteviivoista. Taiteviivojen numeroinneissa ja nimeämistavassa ei esitetä sijaintia suhteessa väylän mittalinjaan, vaan se voidaan tarkistaa graafisesti. Kaikissa mallinnusvaiheissa käytetään samaa ohjeen nimeämis- ja numeroimiskäytäntöä. Mallinnuksen vaihetta ei esitetä numerokoodissa, vaan sen tulee ilmetä kohteen aineistoa kokonaisuudessaan käsittelevistä metatiedoissa (alkuperätiedoissa). Vaihe on jokin seuraavista: Mitattu, Suunniteltu, Toteutettu.
2. Rakennepinnat määritellään rakennusosien avulla. Infrarakentamisen rakennusosat on esitetty Infra 2014 rakennusosanimikkeistössä. Rakennepintojen numeroinnin ja nimeämisen tulee noudattaa kulloinkin voimassa olevaa nimikkeistöä. Selvyyden vuoksi rakennepinnat voidaan kuitenkin nimetä yksikössä rakennusosanimikkeistöstä poiketen. Rakennekerroksissa ja pengerrakenteissa mallinetaan rakennusosan yläpinta ja vastaavasti leikkauksissa ja kaivannoissa alapinta. Tämä informaatio voidaan sisällyttää rakennepinnan nimeen rakennusosan otsikon perään.
3. Tässä ohjeessa on esitetty tie-, katu-, rata-, vesiväylä- sekä vesihuolto- ja kuivatusrakenteiden tyypilliset rakennepinnat. Vesihuollon osalta ei ole tässä vaiheessa esitetty kaivannon eri kerroksia. Muut mallinnettaviksi tulevat rakennepinnat numeroidaan ja nimetään vastaavasti rakennusosanimikkeistöä noudattaen. InfraBIM -nimikkeistöön on sisällytetty myös suoraan tiettyyn rakennusosaan kuulumattomia pintoja, useista rakennusosista koostuvia yhdistelmäpintoja (mm. ylin / alin). Yhdistelmäpinnoille on määritelty tässä ohjeessa numerotunnukset ja nimet.
4. Rakennusosat on esitetty rakennusosanimikkeistössä pääasiallisesti nelinumeroisella tasolla. Nimikkeistön alemmat erittelytasot kuvaavat yleensä ohjeellisesti rakennusosiin liittyviä ominaisuustietoja (mm. materiaali). Nämä eivät sisälly pinnan tietoihin, vaan ne tulee esittää erillisinä rakennepintaan liittyvinä attribuutteina. Tässä ohjeessa on esitetty esimerkkeinä kaivojen, putkien ja rumpujen attribuuttitiedot (ks. kohta 6).
5. Eri rakennepinnoilla voi olla samannimisiä ja samalla numerokoodilla olevia taiteviivoja. Jokaisesta pinnasta mallinetaan pääsääntöisesti vain ne viivat, joiden kohdalla on rakenteen pinnassa taite. Esimerkiksi ylimmässä yhdistelmäpinnassa maaliviivan kohdalle ei tule taiteviivaa. Toisaalta mittalinjan kohdalla esim. koneohjauksille vaaditaan taiteviiva. Taiteviivojen numerokoodit ja nimet kuvataan tässä ohjeessa ja sen myöhemmin täydentyvissä versioissa. Nyt laaditut numerointi- ja nimeämistavat pohjautuvat ja täydentävät Tie- ja ratahankeiden maastotiedot – Mittausohje -julkaisussa esitettyjä taiteviivamäärittelyjä.

4.1 Yksiajorataisen tien rakennepinnat ja taiteviivat (1/3)

