



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Jari Ala

Vantaan kaupungin kantakartan vesi- alueiden paikkatiedon perusparannus ja pintamallinnus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Maanmittaustekniikka

Insinöörityö

17.9.2020

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Jari Ala Vantaan kaupungin kantakartan vesialueiden paikkatiedon perusparannus ja pintamallinnus 52 sivua 17.9.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	maanmittaustekniikka
Ohjaajat	lehtori Jussi Laari kartastoinsinööri Natalia Lindfors
<p>Tämän työn tavoitteena on tutkia menetelmiä ja tuottaa Vantaan kaupungin paikkatietokannan vesialueaineistosta topologisesti yhtenäinen ja pintamallinnettu tuote, jolle rakennetaan uusi tietomalli. Aineiston lopullinen sijoituspaikka tulisi olemaan Vantaan kaupungin käyttämä MATTI-tietojärjestelmä. Työ suoritettiin tavoitteena automatisoida prosessi mahdollisimman pitkälle.</p> <p>Insinöörityössä käsitellään työn vaiheita, aluksi pohjustamalla ja selvittämällä yleistä lähtötilannetta ja tarpeita aineiston muokkaamiseen. Uusi vesialueaineisto muokattiin MicroStationin Stella-lisäosalla kaupungille tuotettua kantakartta-aineistoa. Lähtöaineiston muokkaukseen käytettiin hyödyksi Feature Manipulation Engine -sovellusta, jolla luotiin sarja työvaiheita aineiston käsittelyyn. Lopullisena aineistomuotona oli ArcGis-geotietokanta.</p> <p>Alueellistamisen jälkeen työssä selostetaan pintamallinnuksen luomista eri menetelmillä ja aineiston laadun vertailua alkuperäiseen. Loppuvaiheessa esitetään aineistolle kehitettyä tietomallia, siihen sisällytettäviä tietoja ja lopuksi pohdintaa ja kehitysehdotuksia jatkoksi työn saattamiseksi julkaisukuntoon.</p> <p>Insinöörityön päätteeksi saatiin aikaan kaupungin käyttöön topologisesti yhtenäinen ja nykytilannetta kuvaava vesialueaineisto, jossa paikkatieto voidaan liittää monikulmiopolygoneihin, jota voidaan käyttää tulevaisuudessa analyysiin, kaavoitukseen ja kaupunkisuunnitteluun sekä tuleviin 3D kaupunkimalleihin. Pintamallinnettuna tämänkaltaisen aineisto on ensimmäisiä koko kaupungin kattavia vesistötietoja Suomessa.</p>	
Avainsanat	FME, polygoni, pintamallinnus, MicroStation, ArcGis

Author Title Number of Pages Date	Jari Ala Improvement of Geographic Data and Surface Modelling of Water Bodies in the City of Vantaa 52 pages 17 September 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Land Surveying
Instructors	Jussi Laari, Principal Lecturer Natalia Lindfors, Cartography Engineer
<p>The aim of this project was to define a way to model a comprehensive spatial database regarding the bodies of water in the City of Vantaa. The central idea was to be able to apply the city's own data resources and software, enabling the processing of current data into polygonal features from vertex lines using automatic procedures with minimal manual involvement.</p> <p>This process included experimentation with different methods of surface modeling so that the polygonal features of the water bodies would be set at a correct elevation. The elevation was to closely resemble the real-life situation.</p> <p>The method used in the project was to build a series of workflows with the Feature Manipulation Engine, converting the CAD-format MicroStation data towards ArcGis Pro software and file geodatabase format it utilizes. This process not only transformed and modelled data into a more presentable form, but also included the creation of attributes and the extraction and attachment of data from primary sources.</p> <p>The result of the project was a topologically unified polygonal database. The elevations were derived from airborne LIDAR scans. The end results can be improved and utilized in analysis, city planning, zoning and in future 3D urban models.</p>	
Keywords	FME, polygon, surface modelling, MicroStation, ArcGis

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Lähtökohdat	2
2.1	Julkisen hallinnon suositukset	3
2.2	Maanmittauslaitoksen ja Suomen Ympäristökeskuksen resurssit	4
2.3	Muiden kaupunkien tilanne	6
2.3.1	Vesialueiden alueellistamisen hyödyt	6
2.3.2	Mahdolliset käyttökohteet Vantaan kaupungilla	7
3	MATTI-järjestelmä	8
3.1	Järjestelmän kuvaus	8
3.2	MATTI-järjestelmän käyttöönotto 2020	9
4	Suunnittelu ja käytettävät sovellukset	10
4.1	ArcGIS Pro	10
4.1.1	Shapefile	10
4.1.2	File Geodatabase	11
4.2	FME	12
4.3	MicroStation	13
5	Prosessin kulku	14
5.1	Vesistöjen erottaminen kantakartasta	14
5.2	Elementtien yhdistäminen ja alueellistaminen FME-sovelluksessa	15
5.3	Prosessoidun aineiston korjaus ja yksinkertaistaminen	17
5.4	Pintamallinnus	20
5.4.1	Digitaalinen korkeuspintamalli ja mallintaminen pistepilvestä.	21
5.4.2	Pintamallinnuksen korjaus ja parantaminen	22
5.4.3	Keskilinja-pintamallinnus	24
5.4.4	Korkeuskäyrien mukainen pintamallinnus	26
5.5	Eroavaisuudet mallinnusten välillä	27

5.6	Erot mallinnusten ja alkuperäisen kantakartta-aineiston välillä	28
5.7	Karttaesityksen korjaaminen ja muuttaminen shapefileksi	30
5.7.1	Ylimääräisten ja virheellisten kohteiden poistaminen	32
5.7.2	Jyrkkien mallinnuserojen haku	33
5.7.3	Maanalaisten kohtien esitys ja luominen	34
5.8	Ojat ja muut epäselvät kohteet	35
6	Tiedon siirto ja tietomallin kehittäminen	37
6.1	Ominaisuustietojen luonti	38
6.1.1	Taulukkoon liitettävät tiedot	39
6.1.2	Ominaisuustietojen liittäminen ja määrittely	40
6.1.3	Erisnimet ja niiden liittäminen	41
6.2	File Geodatabasen luominen	43
7	Paikkatiedon laaduntarkkailu ja ylläpito	44
8	Johtopäätökset	45
8.1	Kantakartan kohteiden muokattavuus ja nykytila	45
8.2	Feature Manipulation Enginen soveltuvuus ja ModelBuilderin käyttö	47
9	Yhteenveto	49
	Lähteet	51

Lyhenteet

CAD	Lyhenne sanoista Computer Assisted Design. Yleisnimi tietokoneavustetun suunnittelun ohjelmistoille.
DEM	Digital Elevation Model, digitaalinen maastomalli on pintamalli, joka muodostuu pistemäisistä geometriatiedoista, joilla kullakin on x-, y- ja z-koordinaatti.
DGN	Lyhenne sanasta "design". Tietokoneavusteiseen suunnitteluun käytettyjen sovellusten tiedoston tallennusmuoto, jonka on suunnitellut Bentley Systems.
ESRI	Environmental System Research Institute. Vuonna 1969 perustettu ohjelmistoalan yritys, jonka päätuotteena ovat erilaiset paikkatietotekniikkaan keskittyvät ratkaisut.
FME	Feature Manipulation Engine. Safe Software -yrityksen tuottama tiedonkäsittelyyn sovellus, jolla voidaan muuttaa ja muokata dataa eri tiedostomuotoihin.
GDB	Geodatabase on tietokanta, joka on suunniteltu varastoimaan, selaamaan ja muokkaamaan paikkatietoa. Tekniikkaan on sisällytetty myös SQL-tietokantakyselyihin käytettyä tekniikkaa.
JHS	Julkishallinnon suositukset. 31.12.2019 toimintansa päättäneen Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunnan julkaisema ohjeistus käytäntömallista ja standardeista eri toimialoilla.
LAS	Pistepilviaineiston tallennusformaatti, jolla voidaan jakaa kolmiulotteista koordinaattiaineistoa.
MATTI	Maankäytön toimintamalli ja tietojärjestelmä. Vantaan kaupungin organisaatiossa käytetty yhtenäinen tiedonhallintajärjestelmä.

- SQL Structured Query Language on 1970-luvulla IBM-yrityksen kehittämä tietokannan kyselykieli, jota käytetään yleisesti tietokantahakuun paikkatietotekniikassa.
- TIN Triangulated Information Network eli kolmioverkkomalli on epäsäännöllisten pisteiden välillä muodostettu vektorimalli, jolla voidaan simuloida maanpinnan muotoja koordinaattipiteiden avulla

1 Johdanto

Tämän insinööriyön tarkoituksena on selvittää prosessia, jonka avulla voidaan päivittää ja mallintaa Vantaan kaupungin kartoitetut vesistöalueet MicroStation StellaMap -ohjelmiston ympäristöstä. Tällä hetkellä rantaviivaa kuvaava tieto on digitoitu paperikartoista ja piirrostieto on epäyhtenäistä, ilman ominaisuustietoja. Alueellistaminen tukee Vantaan kaupungin tavoitetta parantaa paikkatiedon yleistä laatua.

Vantaan kantakartan kohteita oli viety jo olemassa olevia kohteita ArcGIS Pro -kantakarttaan, mutta tiedot olivat puutteellisia ja kuvaavat tiedot epäyhtenäisiä ja sotkuisia, paikoin jopa virheellisiä. Valta-osa nyt kantakartalla olevista kohteista olivat pelkkiä viivavektoreita.

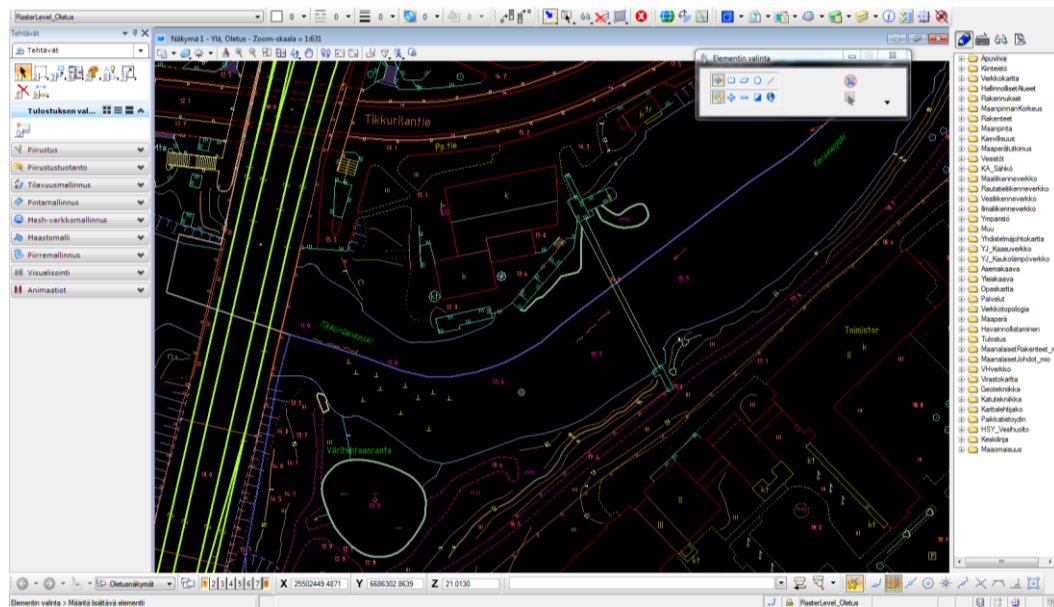
Tavoitteena on luoda topologisesti ja ominaisuustietojen kannalta eheä aineisto Vantaan kaupungin vesialueista, joihin lukeutuvat myös aiemmin kartoittamatta jääneet maanalaiset vesialuekohteet, kuten sillat ja ojarummut. Työn aikana tutkin keinoja ja prosesseja, miten voitaisiin muuntaa data-aineistoa mahdollisimman pitkälle automatisoidusti ja saattaa olemassa oleva aineisto toivotulle tasolle hyödynnettäväksi. Samalla tästä voidaan tehdä johtopäätöksiä siitä, onko projektin loppuun vieminen alkuperäisellä kantakartta-aineistolla kannattavaa.

Työ toteutettiin Vantaan mittausosaston tilauksesta.

2 Lähtökohdat

Vantaan kaupungin kantakartta on tietokannassa, ja se on jaettu noin 300 yhden neliökilometrin laajuiseen karttalehteen. Karttoja on digitoitu 1980-luvulta alkaen sähköiseen muotoon Vantaan kaupungin tietojärjestelmiin suoraan paperikartoista jäljentämällä tai stereoilmakuvista kartoittamalla. Kantakarttaa (kuva 1) on ylläpidetty MicroStation Stella-sovelluksella täydennyskartoituksilla ja ilmakuviin johdetuilla piirroksilla 2000-luvulla. Nyt, siirryttäessä uuteen tietojärjestelmään ja uusien paikkatietostandardien yleistyessä on todettu entisten paikkatietomateriaalien ylläpidon ja laadun käsittelyyn tarkoitetut menetelmät riittämättömiksi. Nykyinen tieto on kopioitu viivamuotoisina vektoreina, ja vain murto-osa siitä on aluemonikulmioina. Osasyynä kohteiden yhtenäisyyden kannalta tähän on ollut ohjaavien kohdemääritelmien ja laatuvaatimusten puute. Toinen, yksinkertainen syy on ollut myös se, että mitään laajamittaista korjausta ei ole aineistolle tehty aikaisemmin. MicroStation on koettu tähän tehtävään puutteelliseksi.

Paikkatiedossa tulisi kaupungin tarpeiden mukaisesti olla lisättyjä ominaisuustietoja, että tieto pystyttäisiin esittämään paremmin. Ominaisuustiedot auttavat myös aineiston erittelyssä ja tulkinassa yksilöimällä kohteita monipuolisemmin. Pääasiallinen tavoite on työssä se, että lopputulos olisi topologisesti ja alueellisesti johdonmukainen.



Kuva 1. Kuvakaappaus Vantaan kantakartasta MicroStationissa, Kulttuuritalo Vernissan kohdalta.

MicroStation on toiminut pääasiallisena sovelluksena kartoituksessa ja kartan ylläpidossa. Sovelluksen lisäosalla on suora yhteys Vantaan kaupungin palvelintietokantoihin, josta käyttäjät voivat noutaa karttatietoa ja tulostaa karttatuotteita eri standardimalleilla. Tulevaisuudessa tehtävään olisi tarkoituksena käyttää ArcGis Pro-ohjelmaa ja sinne siirrettyjä reaali-aikakohteita on jo olemassa, mutta niiden laatu ja yhtenäisyys luonnonkohteista on heikko, etenkin vesistöalueiden kohdalla. Vastaavanlaista paikkatietoaineiston päivitystä ja perusparannusta tässä mittakaavassa on aiemmin tehty tiealueiden keskilinjojen vektorointityössä vuodelta 2016. Jyri Moisio kirjoittama insinööri työ ”Vantaan liikenneväylien keskilinjojen vektorointi eri tarkoituksiin” kuvaa tätä prosessia. [1.] Sekä tässä työssä että äsken mainitussa on hyödynnetty paljon Feature Manipulation Engine -sovellusta lähtötietojen muokkaamiseen ja erittelyyn.

2.1 Julkisen hallinnon suositukset

Julkisen hallinnon suosituksia paikkatiedon laadusta ja määrittelystä on julkaistu muutamia yleisluontoisia esityksiä. Suurin osa säädöksistä liittyy paikkatietopalveluiden ylläpitoon, tietoaineistojen yksilöintiin ja niiden dokumentointiin. Tehtävän kannalta oleelliset suositukset viittaavat laadunhallintaan ja tiedon tallentamiseen ja muuntamiseen.

Julkishallinnon suosituskokoelmassa nro 160 määrittellään viitekehys paikkatiedon laadunhallintaan ja arviointiin. Tarkoittaen tässä tapauksessa tietoaineiston tuotannon hyvää suunnittelemista, jotta aineisto olisi topologisesti yhtenäinen ja sisältää kaiken tarpeellisen informaation käyttötarkoitusta silmällä pitäen.

Vantaan vesistöjen alueellistamisessa on juuri tärkeää keskittyä mahdollisimman yhtenäiseen paikkatietoaineistoon, jotta sen hyödyntäminen tulevaisuudessa olisi kaupungin karttatuotannossa ja paikkatiedossa helpompaa. JHS 160 asiakirjassa myös ilmaistaan, että tiedon laadun parantaminen on organisaation vastuulla sen suorituskyvyn parantamiseksi ja asiakkaiden tarpeiden täyttämiseksi.

JHS 160 antaa myös ohjeistuksia siitä, kuinka paikkatiedon laatua voidaan arvioida ulkoisesti vakuuttavalla tavalla. Koska tietoaineisto tulee lähinnä kaupungin omaan käyttöön, on laadunarviointi tehtävä itsenäisellä vertailulla. Päätöksentekoa varten tarvitaan vertailulukuja ja arvioita aineistosta. [2.]

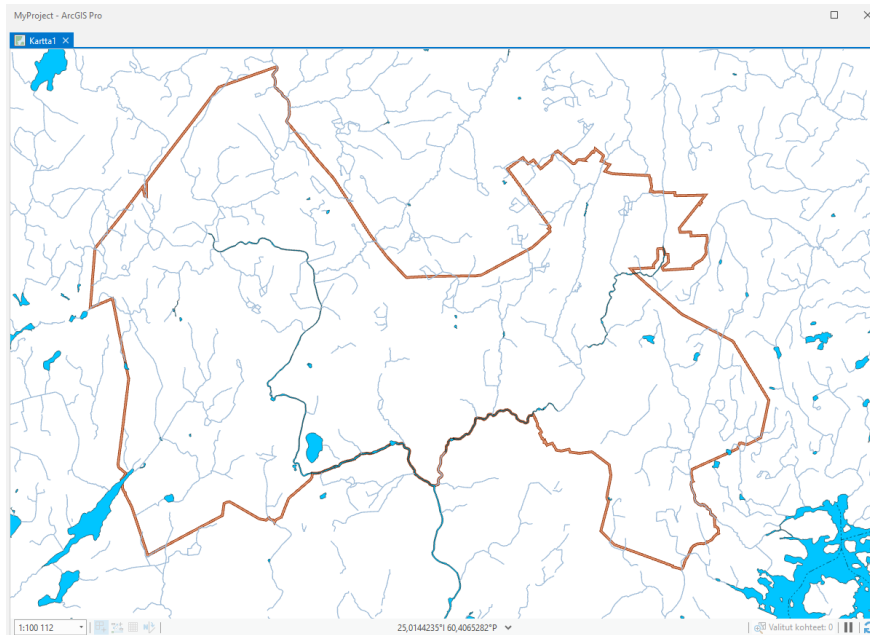
Julkishallinnon suosituksessa nro 162 selvitetään suosituksia, miten paikkatietoa tulee mallintaa tiedonsiirtoa varten. Vaikka suositukset eivät koske tiedontuottajan sisäisiä malleja, on sen kuvaama peruste eri tietomallien välisestä yhteydestä aiheellinen. Tässä työssä tärkeintä on se, että tietomalli ja paikkatieto voidaan tulostaa FME:llä useampaan eri malliin. Toinen tärkeä ohjeistus huomioidaan käsitemallin luomisesta ja tiedonsiirrosta ja skeemojen tuottamisesta, mitä projektissa tarvitaan. Vesialueiden mallien määrämutoiseen esittämiseen tarvitaan yhtenäiset nimitykset ja ne tulee tuottaa sellaisessa, muodossa, että ne ovat nopeasti muutettavissa muihin tiedostomuotoihin mahdollisimman pienellä tiedon hävikillä. [3.]

Julkishallinnon suositukset eivät koske kuntien sisäisiä tietomalleja tai informaatiota, jota käytetään vain niiden omaan toimintaan. Suosituksissa pyydetään kuitenkin huomioidaan näitä ohjeita omassa toiminnassa.

2.2 Maanmittauslaitoksen ja Suomen Ympäristökeskuksen resurssit

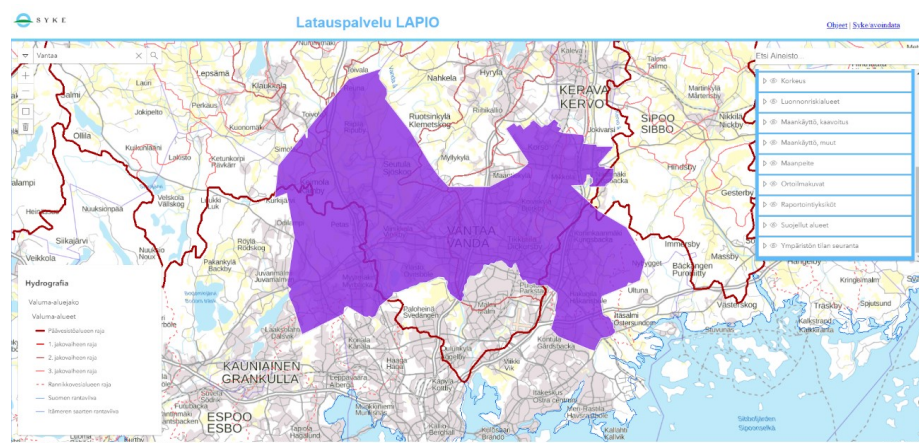
Maanmittauslaitos on luonut ja ylläpitänyt maanlaajuisesti omaa maastokartta-aineistoa, jota saa ladata vapaasti sen omasta Avoimien aineistojen Tiedostopalvelusta. MML:n karttatietoa on paikkatietovektoreina karttalehtijaon mukaisesti, josta muodostetaan erilaisia karttatulosteita. Aineistossa on kuvattu Suomen jokia, järviä ja puroja yleistyksellä. Vesialueista on otettu myös huomioon suurimmat ojat. Kuva 2 on esimerkki aineiston tasosta ja antaa hyvin osviittaa siitä, millaisia kohteita Vantaan kaupungin tulisi sisällyttää omaan aineistoonsa.

Kuitenkin Maanmittauslaitoksen aineisto on ilman yksilöiviä ominaisuuksia. Attribuutit ovat vähäisiä ja puutteellisia. Samalla pienempien kohteiden ja alueiden yleistyksset, luultavammin johtuen koko aineiston mittakaavasta, ovat Vantaan kaupungin alueella liian suuria käytettäväksi sellaisenaan. Maanmittauslaitoksen aineistosta ei voida johtaa mallia omaan tietomalliin käytettäväksi sellaisenaan. [4.]



Kuva 2. Kuvakaappaus Maanmittauslaitoksen paikkatietoaineiston vesistöistä Uudellamaalla karttalehdeltä L41. Vantaan kaupungin rajat lisättyä esityksen selkeyttämiseksi.

Suomen Ympäristökeskus ylläpitää verkossa omaa latauspalvelua LAPIOta (kuva 3). Latauspalvelussa on informaatiota vesistöistä erillisenä hydrografian aineistona, jokien ja järvien lisäksi näiden rajatut valuma-alueet sekä uomaverkostot. Tämä tietomateriaali on hyödyllistä isompien alueiden vesistöjen ja vesiekologian yhteenliittymisen analysoinnissa. Nämä resurssit palvelevat kuitenkin enemmän ympäristöalan tutkimusta, eikä siitä ole suuremmalti kuntateknistä sovellutusta. [5.]



Kuva 3. Kuvakaappaus LAPIO-latauspalvelusta, jossa Vantaa on korostettu hakusanalla. Punaisilla viivoilla merkitty valuma-alueiden rajat.

2.3 Muiden kaupunkien tilanne

Työssä lähetin avoimella sähköpostikyselyllä kahdeksalletoista Suomen kunnan mittaus- ja paikkatieto-osastoille kyselyn siitä, ovatko kaupungit luoneet vastaavanlaisia prosesseja ja tuotteita heidän omaan paikkatietokantaansa. Samalla kysymyslistaan sisältyi yleisluonteisia kysymyksiä käytettävistä ohjelmistoista, ilmakuviin ja laserkeilausaineistojen hyödyntämisestä vesialueiden kartoituksessa ja kartoitustoiminnassa yleensä. Vastaus saatiin kahdeksalta kaupungilta, jotka olivat Espoo, Helsinki, Kerava, Kuopio, Kuusamo, Lahti, Oulu ja Rovaniemi. Yleisesti kunnilla ja kaupungeilla on hyvin eritasoista dataa ja aineistoa vesialueista.

Suurimmalla osalla kyselyyn vastanneista kunnista vesistöt on esitetty pelkällä viivatiellä rantaviivojen mukaan, jota on luotu yleensä ilmakuviin ja vanhoista kantakartoista piirrettyinä. Suurimmilla kaupungeilla, kuten Espoolla, tietoa oli alueellistettu opaskarttaa varten, jota ylläpidetään kunnan omilla resursseilla. Pienemmissä paikkakunnissa hyödynnetään enemmän Maanmittauslaitoksen tai erilaisten konsulttipalveluiden tuottamaa materiaalia. Kuitenkin yhdelläkään kunnalla ei ole luotu kattavaa kolmiulotteista pintamallia, ja harvoilla oli aineistoa tai mahdollisuuksia sellaista luoda. Jos korkeusdataa on rantaviivoihin kytketty, niin sitä ei ole esitetty kolmiulotteisessa ympäristössä, esimerkiksi Keravan kaupungin tapauksessa rantaviivoilla on annettu kokonaisuudessaan tietty korkeustaso. Kunnilla on kuitenkin kyselyn pohjalta pääteltäessä ainakin toivetta tuottaa tietoa kolmiulotteiseksi kaupunkimallinnusta varten.

Paikkatiedon ja mallien hallintaan kunnilla oli käytössä useampia erilaisia sovelluksia, mutta yleisimpänä olivat Trimble Locust -paikkatietojärjestelmä ja TerraSolid-tuoteperheen ilmakuviin ja ilmalaserkeilausaineiston käsittelyyn tarkoitettuja ohjelmia. Kunnilla oli myös yleisesti käytössä 3D-Win-maastomittausohjelma sekä MapInfo-, ArcGis- ja QGis-paikkatietosovellukset aineiston käsittelyyn. [6; 7.]

2.3.1 Vesialueiden alueellistamisen hyödyt

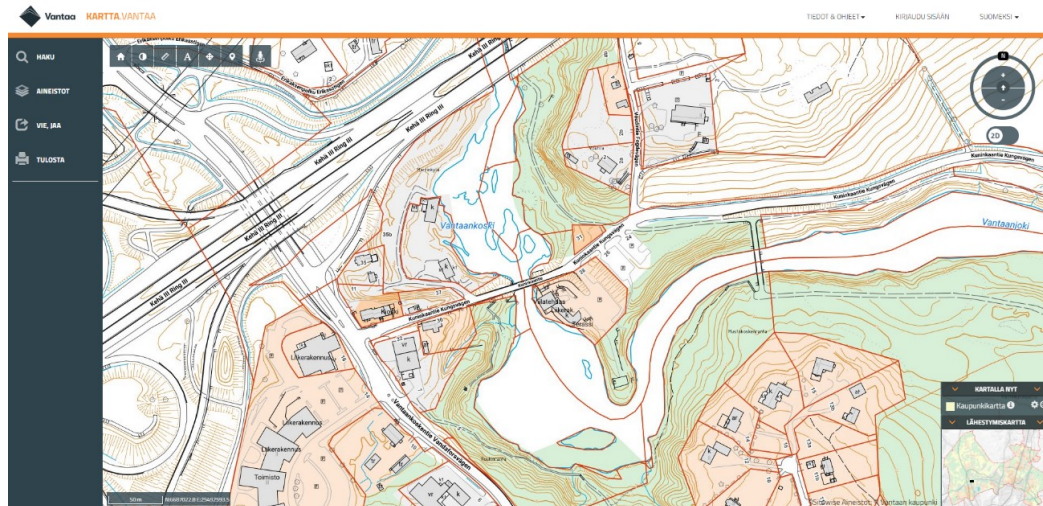
Kyselyssä kysyttiin myös, mitä hyötyä kunnan kannalta on ylläpitää tämäntyyppistä tietoa ja miksi se on tärkeää juuri heille. Yleisesti tietoa on hyödynnetty lähinnä karttaesityksissä ja kantakartoissa niiden havainnollistamiseksi, sillä ilman tarkkaa vesialuetietoa

ovat esitykset puutteellisia. Kunnat ja kaupungit pitävät tärkeänä sitä, että kohteet voidaan esittää aluemaisesti topologisen eheyden vuoksi ja siksi, että voidaan suorittaa paikkatietoanalyysyjä, kuten pinta-alojen mittaamisia, tilavuuksien tutkimuksia ja vastavia. Näistä voidaan jalostaa mahdollisesti muita tietotuotteita. Kyselyn perusteella kunnilla ja kaupungeilla on rajoitetusti käyttöä kolmiulotteiselle, pintamallinnetuille aineistolle, vaikkakin he tunnustavat sen tuomat hyödyt tulevaisuuden kannalta, kun suunnitellaan kolmiulotteisia kaupunkimalleja tai tuotetaan hulevesimalleja. Tähän mahdollisuuteen vaikuttavat kuntien vesistöjen määrä ja niiden sijoittuminen keskeisille paikoille. [6.]

2.3.2 Mahdolliset käyttökohteet Vantaan kaupungilla

Vantaan kaupungin eri osastoilla on koettu olevan hyötyä vesikohteiden alueellistamisesta. Aiheesta kysyttiin Vantaan kaupunkisuunnittelun ja kaavoituksen osastolta mieltä pidettä projektin lopputuloksen käyttökohteista. Asema- ja yleiskaavoituksessa vesistöjen, ja muidenkin samankaltaisten alueiden, esittäminen monikulmiopolygoneina on tärkeää teemakarttojen tuottamiseen, kun halutaan suunnitella kaavarunkoa tai tehdä yleissuunnittelua kaavoituksessa. [8.] Kaupungin kaavoitusosasto on myös yhtä mieltä muiden kaupunkien kanssa siitä, että vesialueiden polygoneista olisi hyötyä korkeuserojen havainnollistamisessa analyysyjä varten [9].

Vantaan karttatuotannossa on myös tarvetta vesialueille, kuten muillakin kaupungeilla yleisesti, yhtenäisen ja selkeiden karttaesitysten luomiseksi. Esimerkiksi Vantaan Karttapalvelussa (kuva 4) suurimmilla mittakaavoilla vesialueita ei esitetä sinisellä värillä, vaan pelkillä rajaviivoilla, kuten MicroStationin lähtöaineistossa. Tämä saattaa aiheuttaa tulkintaongelmia ja heikentää kartan luettavuutta, kun lähtöaineistona käytetään MicroStationissa tuotettua piirrosta. Karttapalvelua ollaan tämän työn kirjoittamishetkellä uusimassa [10], ja sen laadun parantamiseksi tarvitaan yhtenäisempiä vesialueita nykyisten viivakohteiden sijaan, mikä on koettu ongelmaksi palvelun laadun kannalta.



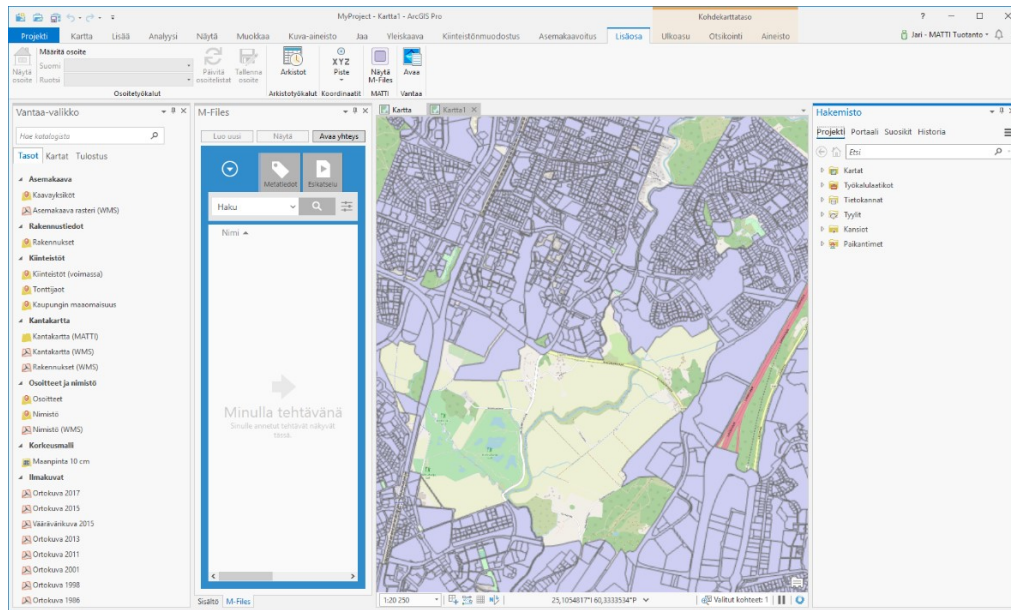
Kuva 4. Kuvakaappaus Vantaan karttapalvelusta, Vantaankosken kohdalta 26.5.2020.

3 MATTI-järjestelmä

3.1 Järjestelmän kuvaus

MATTI-järjestelmä on Esri Finland Oy:n ja M-Files Oy:n yhteistyössä kehittämä paikka- ja karttatiedon, toiminnanohjauksen ja prosessienvälön sekä dokumenttien hallinnoinnin tietotekninen työkalu. Järjestelmää on kehitetty vuodesta 2016 lähtien yhdessä alihankkijan Civilpoint Oy:n kanssa, jonka vastuulla on ollut kunnallistekniikan suunnitteluhjelmistojen luonti. [11.] Työkalu on suunniteltu Vantaan kaupungille kattavana digitaalisen maankäyttöön, kaavoitukseen, infran, ympäristökeskuksen ja rakennusvalvonnan toimialoille ja tuovat uuden toimintamallin kaupungin käyttöön. Projektin tavoitteena on tuottaa Vantaalle tietomallipohjainen suunnittelu-ympäristö, jossa kaupungin maankäyttöä voidaan hallinnoida kootusti tietyillä sovelluksilla, mitkä ovat integroitu toisiinsa. Sovelluksissa paikkatietoa ja kaavoitusta hallinnoidaan ArcGIS Pro -ohjelmalla, joka on yhdistetty MATTI-järjestelmän tietokantoihin pilvipalvelun avulla. [12.] Tavoitteena on karsia vanhoja järjestelmiä, jotka eivät ole suoraan yhteensopivia keskenään ja valvoa työnkulkua reaaliajassa ja sitä, miten työntekijät pystyvät itseohjautumaan töissä omien tehtävien pariin.

Prosessinkulun avulla kunkin vaiheen vastaava työntekijä saa tietoonsa, koska hänen oma vaiheensa on alkamassa toiminnanohjauksen hallinnan antamalla ilmoituksilla. Tällä tavalla asiantuntijoilla on aina käytössä ajantasainen tieto, ja se löytyy tehtäväkohtaisesti keskitetysti. MATTI-järjestelmässä voidaan myös liittää dokumentteja ja tietoa reaalitajassa kiinni vastaavaan paikkatietoon, kuten esimerkiksi kiinteistöhallintaan tai rakennuslupiin liittyviä asiakirjoja. (Kuva 5.)



Kuva 5. Vantaan kaupungin paikkatietomateriaali ja M-Files- tehtävähallinta lisäosina ArcGIS Pro:n karttanäkymässä vasemmalla laidalla. Oikeassa yläkulmassa MATTI-järjestelmän kirjautumistiedot ja kansiopolun nimi, mihin käyttäjällä on oikeus tehdä muokkauksia (MATTI Tuotanto).

3.2 MATTI-järjestelmän käyttöönotto 2020

Matti-järjestelmä on myöhästynyt noin puolella vuodella käyttöönoton suunnitellusta päivämäärästä. Vanhoja sovelluksia käytetään yhä rinnakkain MATTI-järjestelmän kanssa, ainakin toistaiseksi siirtymäajalla. Erilaisten tiedostomuotojen vuoksi vanhemmat ohjelmat pysyvät käytössä, mutta jatkossa pienemmässä mittakaavassa eikä niitä enää käytetä uusien tietojen luomiseen kaavoituksessa tai kartoituksessa.

Vuoden 2020 julkaisua kohti on edetty asteittain siirtämällä noin puolentoista edeltävän vuoden aikana eri maankäytön ja mittauksen kokonaisuuksia järjestelmään aloittamalla

14. joulukuuta 2018 kiinteistömuodostuksen hallinnoinnista. Yleis- ja asemakaavoitus, kaupunkimallit, johtokartat ja rakennuslupien hallinnointi neljä kuukautta myöhemmin. Lopullisessa käyttöönotossa siirretään julkisten kaupunkitilojen suunnittelu, kunnossapito ja lupavalvonta MATTI-järjestelmään. Lopputuloksena kaupungilla on saada maankäytössä uusi toimintamalli ja tietojärjestelmä, jossa yhdistetään kattavuus, tietoaineisto, uudet työtavat ja paikkatieto. [13.]

4 Suunnittelu ja käytettävät sovellukset

Alussa suunniteltiin perehdytyksen kautta työkalut, mitä käytettäisiin kantakartan vesistöaineiston parantamiseen ja esittämiseen. Päämäärän saavuttamiseksi oli tutustuttava eri menetelmiin kohteiden alueellistamiseksi käyttämällä olemassa olevia sovelluksia. Kantakartan kohteet olivat suurimmaksi osaksi viivoina sekä pisteinä, ja vain murto-osa niistä oli alueellistettu jo ennen ArcGIS Pron käyttöön siirtymistä.

4.1 ArcGIS Pro

ArcGIS Pro on yhdysvaltalaisen Esri-yhtiön kehittämä, uudistettu versio ArcMap-paikkatietosovelluksesta, joka pohjautuu C++-ohjelmointikieleen ja joka on kehitetty 64-bittisenä entiseen 32 bittiin verrattuna. Suurina eroina aiempaan, korvattavaan ArcMapiin on sovelluksen mahdollisuus yhdistää verkkoon, mikä mahdollistaa materiaalin lataamisen ja jakamisen sekä yksinkertainen, syväoppiva tekoäly prosessointien ja analyysien tueksi. Sovellukseen on myös kehitetty tehokkaita kaksi- ja kolmiulotteisia mallinnus- ja analysointityökaluja, ja ne toimivat paremmin pistepilviaineiston ja kolmiulotteisten mallien kanssa, kuin aikaisemmat ArcMap-versiot. ArcGIS Pro tukee myös Python-kielellä tehtyä ohjelmointia ja käyttäjien valmistamia työkaluja sekä lisäosia. [14.]

4.1.1 Shapefile

Kuten muillakin paikkatietosovelluksilla yleensä, ArcGIS Pron tiedon tallennus- ja jakelumuoto on Esrin vuonna 1998 standardisoima shapefile-formaatti. Avoin, vektoripohjainen, pisteiden, viivojen ja monikulmioiden graafinen tiedostomuoto, jolla spatiaalista informaatiota tallennetaan paikkaan sidottuna. Shapefile koostuu vähintään kolmesta eri

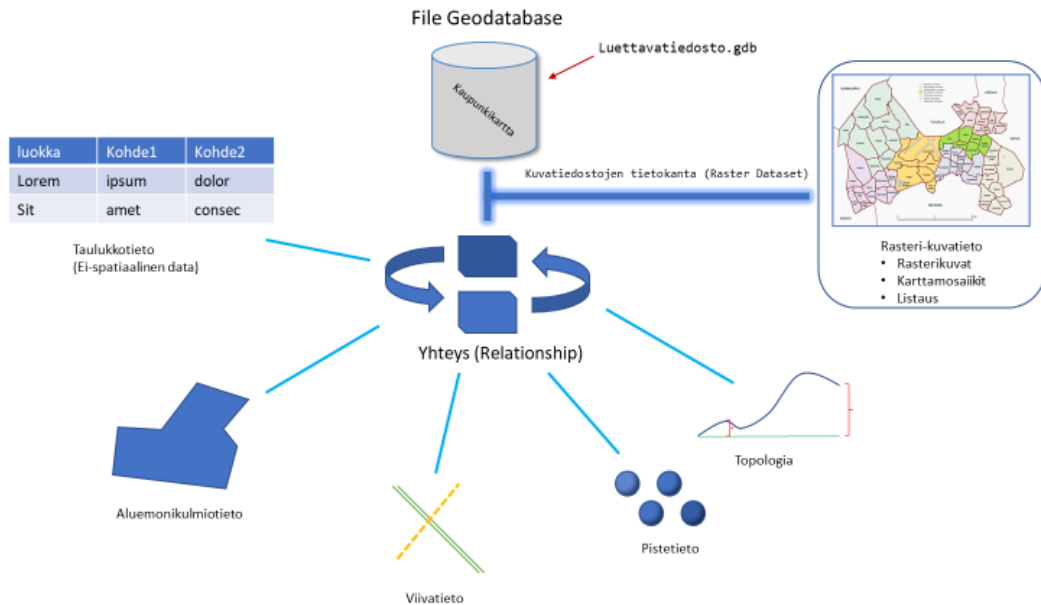
tiedostosta, pääasiallinen shapefile-tiedosto .shp, sisällysluettelotiedosto .shx sekä dBASE-tietokanta-tiedosto .dbf-päätteellä. Nämä kolme eri tiedostoa linkittyvät luettelossa indeksinumerolla toisiinsa. Tämä määrittää yksittäisten vektoreiden, elementtilistan ja tietokannan ominaisuustietojen suhteen keskenään. Karttaesityksissä shape-tiedosto voidaan myös projisoida eri koordinaatistoihin ja se skaalautuu myös paremmin eri mittakaavoihin, kuin tavallinen karttakuva. Eri esitystapoja varten työtilassa voidaan muuttaa tiedon esitystapaa, esimerkiksi värityksellä ne luokkien tietojen mukaan erivärisiksi (tässä tilanteessa, vaikkapa joet ja järvet värjättäisiin sinisen eri sävyillä). [15.]

Shapefile-muodossa esitettyä ja tallennettua tietoa käytetään monilla aloilla nykyaikaisessa maanmittaustekniikassa ja geoinformatiikassa, ja siihen liittyvässä asiantuntija-tehtävissä se on yksinkertainen tiedon tallennusmuoto.

4.1.2 File Geodatabase

File Geodatabase (tiedoston paikkatietokanta) on Esrin paikkatieto-ohjelmistojen tiedontallennusmuoto, jonka lyhenne on gdb. Tieto linkittyy kantaan ja siihen voidaan tallentaa dataa useassa eri muodossa. Sen maksimi tallennuskapasiteetti on noin yhden teratavun verran. Tämä tallennusmuoto on siis ideaali kokoamaan ja järjestelemään suuria määriä spatiaalista ja ei-spatiaalista informaatiota ja välttämään tietojen, tiedostojen ja lähteiden hajaantumisen johtuvia ongelmia yksittäisissä projekteissa kuvan 6 esittämän mallin mukaisesti. File Geodatabase on myös suunniteltu käytettäväksi vanhemmilla Esrin paikkatietosovelluksilla, kuten ArcMap.

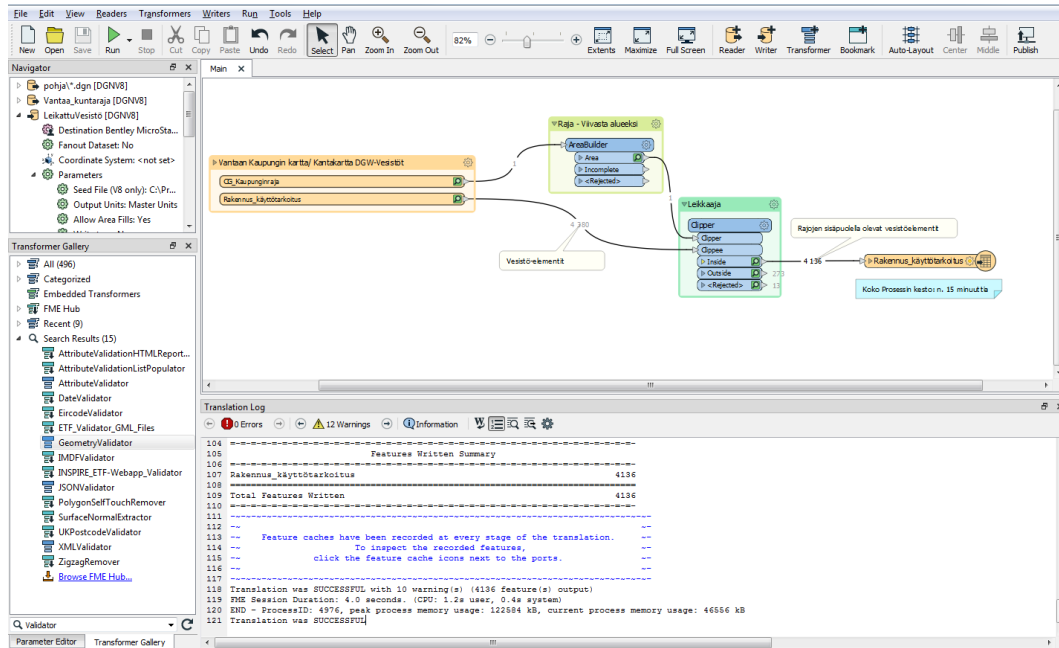
Geodatabase-tiedostoa voi lukea useampi käyttäjä samaan aikaan, jos heillä on tietokantayhteys siihen. Samanaikaisia muokkaajia tietokannan eri osille voi olla vain yksi, useamman muokkaajan tulee muokata kukin erillistä tietopakettia. Geodatabase koostuu järjestelmän SQL-kyselytaulukoista ja käyttäjän itsensä luomasta tiedosta. Tietokantaan voidaan tallentaa käyttäjän omia, Python-ohjelmointikielellä kirjoitettuja työkaluohjelmia, joita voidaan hyödyntää omissa työtiloissa. [16.]



Kuva 6. File Geodatabasen yleisrakenne. Kaikki shapefile-tallennusmuotoon liitetty informaatio ja topologia yhdistyy toisiin relaation kautta samaan geodatabase-tiedostoon. Rasterit, kuten karttakuvat, linkittyvät erillisellä datapaketilla ulkoisesti tietokantaan yhteydellä.

4.2 FME

Feature Manipulation Engine, lyhennettynä FME, on Safe Softwaren kehittämä visuaalisella käyttöliittymällä varustettu työkaluohjelmisto (kuva 7), jolla käyttäjät voivat muuntaa, kääntää ja muokata dataa sekä ratkaista tiedostojen yhteensopivuusongelmia ilman ohjelmointiosaamista. Ohjelmiston etuna on sen kyky lukea ja kirjoittaa useisiin satoihin eri tiedostomuotoihin ja mahdollisuus muuntajien (transformers) avulla yhdistellä, analysoida ja muokata niitä monimuotoisesti. Sovellus on ollut pitkään yleisesti paikkatietoasiantuntijoiden käytössä sekä yksityisissä yrityksissä, julkis- ja valtionhallinnon tehtävissä, että järjestöjen piirissä maailmalla. Ohjelma on tärkeä väline silloin, kun halutaan nopeasti muokata dataa erilaisiin käyttökohteisiin tai eri sovellusten käsiteltäväksi ja kun halutaan liittää yhteen erilaisia tietolähteitä tai liittää niihin uutta informaatiota, esimerkiksi sijaintikoordinaatteja. [17.]



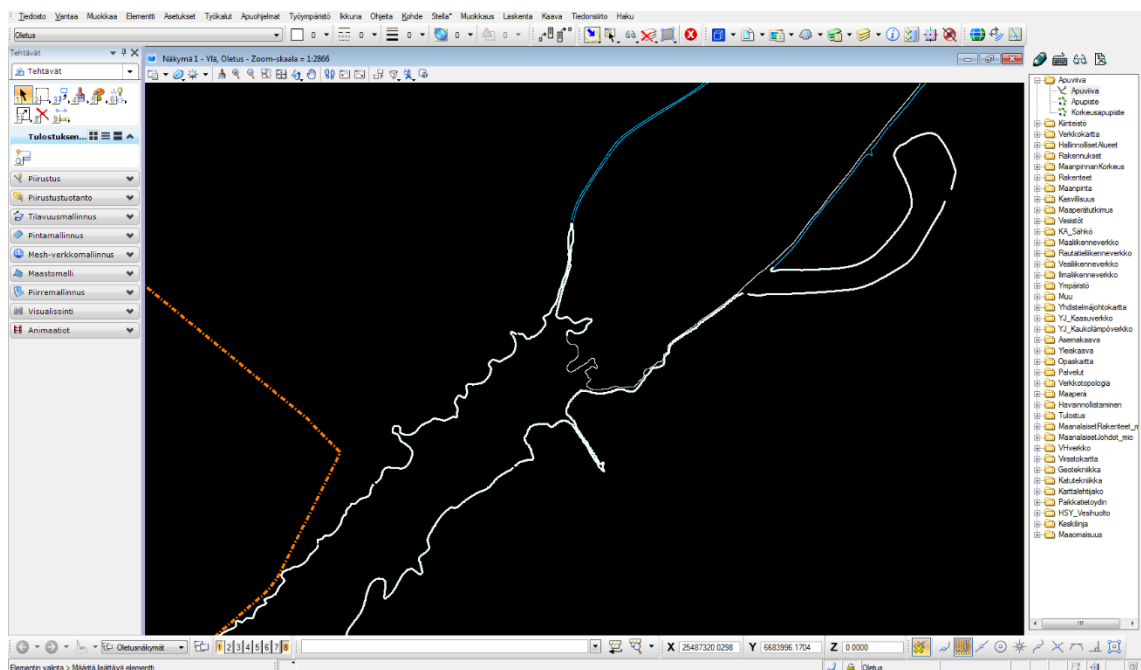
Kuva 7. Kuvakaappaus FME-työtilasta, jossa lukijat vasemmalla, muuntajat sinisellä keskellä ja kirjoittaja on oikealla. Kuvan työtilassa kantakartan vesialuekohteet leikataan ja rajataan kaupunginrajojen mukaan.

4.3 MicroStation

Yhdysvaltalaisen Bentley Systemsin alun perin vuonna 1987 julkaisema MicroStation tietokoneavusteisen suunnittelun CAD-ohjelmisto. MicroStation-ohjelmistolla käyttäjä pystyy tuottamaan tarkkoja malleja sekä kaksi- että kolmiulotteisessa ympäristössä. Ohjelmisto on rakentamisen, arkkitehtuurin, teollisuuden, infrastruktuurin ja maanmittauksen työkalu, kun halutaan tehdä tarkkoja mallipiirroksia eri kohteista. Viimeisin versio sovelluksesta on yhä päivittyvä MicroStation V8i, joka on julkaistu vuonna 2008 ja päivittyy yhä edelleen. MicroStation on ollut suosittu ja yleinen sovellus etenkin tarkepiirroksien tuottamisessa ja paikatiedossa kuntatekniikan kartoittamisessa ja esittämisessä. [18.] MicroStation-sovelluksella on Vantaan kaupunkimittauksessa digitoitu kartta-aineistoa melkein heti, kun mikrotietokoneet yleistyivät kaupungin mittauksissa 90-luvun alussa Vantaan mittauslaitoksen historiikin mukaan [19].

5 Prosessin kulku

Alussa ryhdyin selvittämään prosessin yleistä kulkua ja vaiheita, jolla työ toteutettaisiin. Pian kävi selväksi, että FME-sovellus olisi välttämätön jo olemassa olevan tiedon esityksen muokkaamiseen. Työn alkuvaiheessa tehtiin päätös keskittyä kohteisiin, jotka voidaan yksiselitteisesti esittää aluekohteina. Kohteet, kuten kapeat ojat ja kosteikot, eivät kuuluneet lähtökohtaisesti tähän selvitykseen mukaan, elleivät ne olleet välttämättömiä kokonaisuuden kannalta. Työssä hyödynnettiin alkujaan kaupungin dgn-tiedostoista löytyneitä resursseja (kuva 8), ja työssä oli tavoitteena saada yhtenäinen ja totuutta mahdollisimman hyvin vastaava tietomalli koottua.

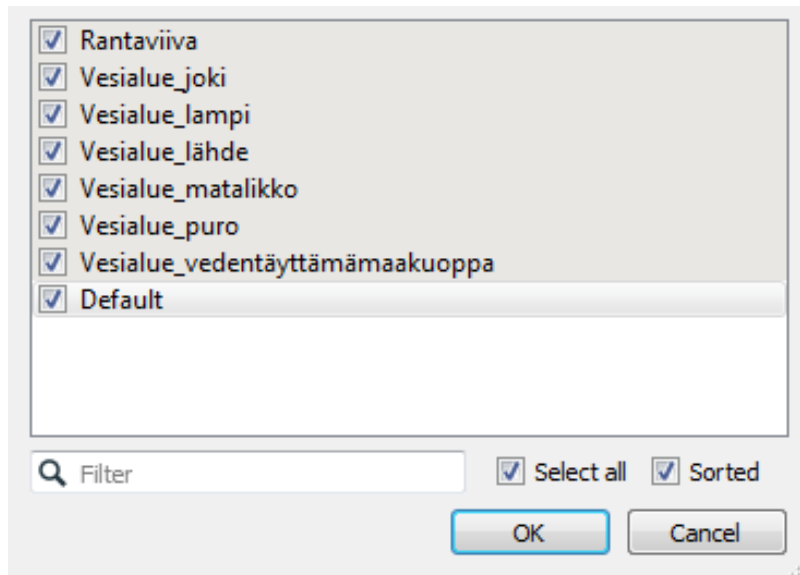


Kuva 8. Pitkäjärven ja siihen johtavien purojen Vantaan puoleinen rantaviiva piirrettynä neljällä erilaisella viivaelementillä alkuperäisessä aineistossa. Kuvasta huomaa myös mahdollisten rantarakennelmien ja viivojen välisten eroavaisuuksien aiheuttamia rakoja.

5.1 Vesistöjen erottaminen kantakartasta

Ensimmäiseksi erotettiin FME-sovelluksessa tietokannasta kuvan 9 mallin mukaisesti hakusanalla määriteltynä erikseen kaikki vesistöön viittaavat nimet, joilla Vantaan kaupungin kartta-aineistoa on tuotettu MicroStation-sovelluksella. Koska jokainen yhden neliökilometrin karttalehti oli erikseen tallennettu ulkoiselle palvelimelle, ohjelman lukijaa

(Reader) käskettiin selaamaan kaikki karttalehdet läpi yksitellen ja kokoamaan ne yhteen tiedostoon. Tietojen ja elementtien yhtenäistämässä edettiin askel askeleelta kirjoittamalla uusi, paranneltu tiedosto, jota hyödynnettiin seuraavassa prosessissa. Tällä tavoin pystyin varmistamaan ja valvomaan helpommin prosessien kulkua ja arvioimaan sitä, miten projekti etenee. Jotta prosesseissa kohde-elementtien z- korkeus ei haittaisi käsittelyä, pudotettiin kaikki kohteet nollakoordinaatteihin.



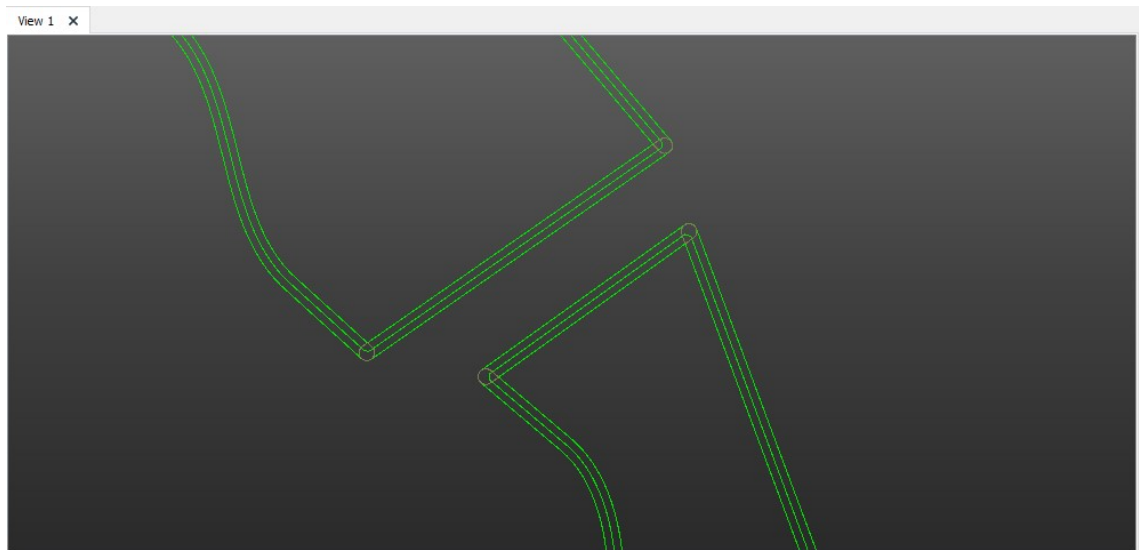
Kuva 9. FME-listaus elementtien nimistä, jotka eroteltiin Vantaan kantakartan dgn-tiedostosta

5.2 Elementtien yhdistäminen ja alueellistaminen FME-sovelluksessa

MicroStationissa luodut karttatiedot eivät olleet aina absoluuttisesti yhtenäisiä ja kartta- viivojen välissä oli rakoja. MicroStationin omat toiminnot eivät tunnista vierekkäisiä viivoja, jos niiden päätekoordinaatit eivät täsmää täydellisesti keskenään. Snapper-muuntajalla FME:ssä pystyin liittämään joitain viivoja keskenään päätepisteiden välisellä yhdistämisellä. Tällä tavoin saatiin alkuvaiheessa monet viivoista suuremmiksi kokonaisuusiksi.

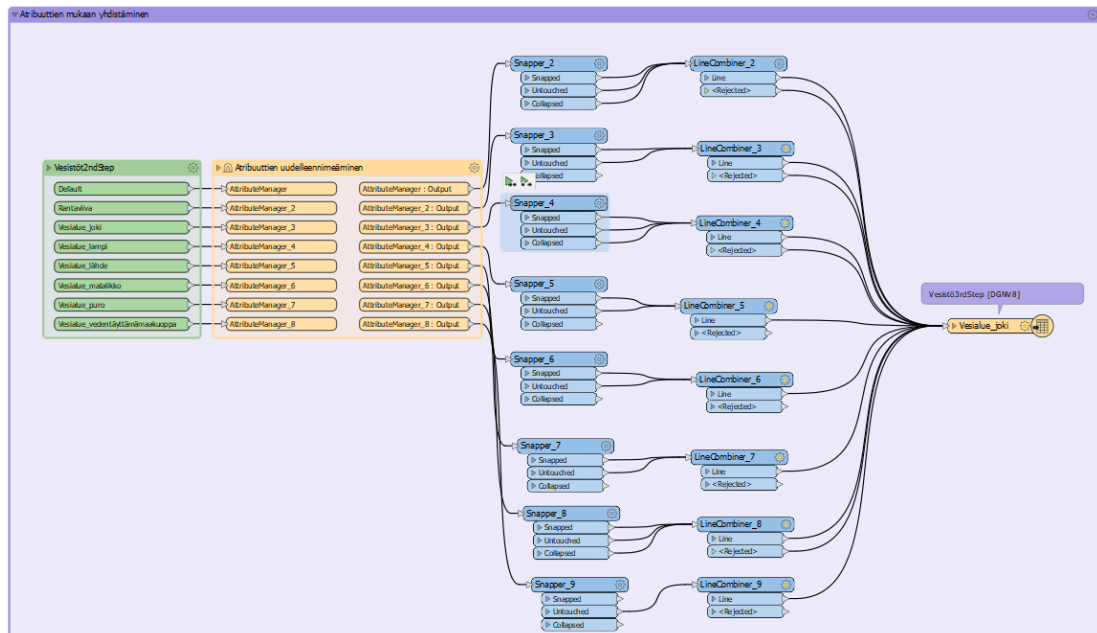
Puskuroinnilla ja puskureiden häivyttämisellä saatiin pienimmät, vaikeasti havaittavat väliä kurottua. Puskuroinnissa käytettiin vain muutaman senttimetrin arvoja, jotta rantaviivojen muoto ei vääristyisi liikaa. Viivojen muoto palautettiin käyttämällä keskilinja-

muuntajaa (Centerline), ja ”ankkuroimalla” ne vanhoihin viivavektoreihin takaisin Ancho-redSnapper-muuntajalla kuvassa 10 esitetyllä tavalla. Tällä tavoin saatiin karsittua pois valtaosa leveämmistäkin raoista rantaviivoissa, kuten esimerkiksi laiturirakennelmien tai puron jokeen liittymisen kohdilta. Puskuroinnin etuna oli myös se, että vesistöjen liittymäkohdat ja päätepiisteet saatiin kiinni toisiinsa vain saman puolen rantaviivan kohdalta, mikä ei olisi välttämättä onnistunut Snapper-muuntajalla.



Kuva 10. FME-kuvakaappaus. Rantaviivat puskuroituna 20 senttimetrin arvolla, jonka jälkeen niiden päällekkäisyydet on häivytetty Dissolver-muuntajalla. Puskuroitujen alueiden keskellä on uudelleen muodostettu, yhtenäinen rantaviiva tehtynä CenterLineReplacerillä.

Jotkin kohteet tuli kuitenkin yhdistää tarkasti vain vastaaviin kohteisiin kiinni. Ratkaisuksi tälle tein prosessin, jossa viivat jaetaan ja yhdistetään vastaavan `fme_feature_type`-ominaisuuden mukaan. Tällä tavoin varmistin, että kohteet yhdistyvät vain samantyyppisiin (kuva 11) kohteisiin, huolimatta niiden välisestä etäisyydestä. Näin vältetään virheellisiltä yhdistymisiltä ja saadaan tiiviisti toistensa lähellä olevat kohteet linkitettyä paremmin keskenään.



Kuva 11. Kuva FME-prosessista, jossa kohteet liittyvät keskenään vain samannimiisiin kohteisiin. Kohteet jaetaan ominaisuusluokan nimen mukaan.

Saaret ja muut veden ympäröimät alueet erottelin DonutBuilder-muuntajalla, mikä erottaa alueiden rajaamat reikäkohteet attribuutilla, jotka suodatetaan AttributeFilterin avulla pois. DonutBuilder-muuntajalla on mahdollisuus myös leikata pois heti luodut reiät, mutta tuloksen varmistamiseksi koin paremmaksi tehdä suodatuksen erikseen.

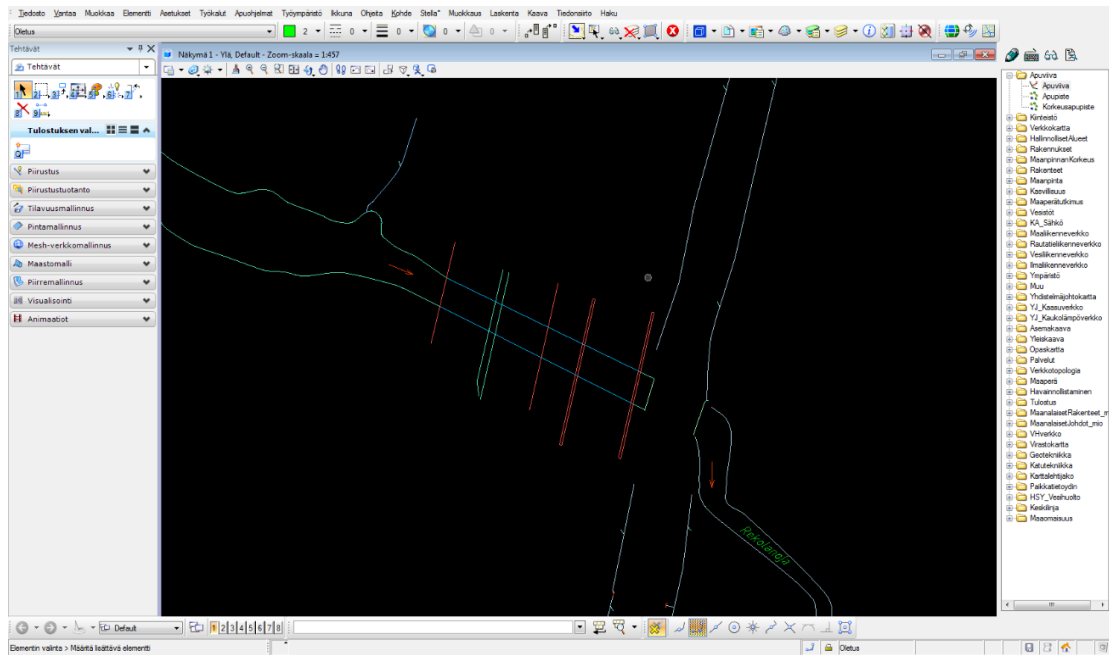
5.3 Prosessoidun aineiston korjaus ja yksinkertaistaminen

Prosessien edetessä huomasi, että FME onnistui hyvin korjaamaan pienimpiä virheitä ja yhdistämään viivavektoreita toisiinsa. Kuitenkin prosessissa viivojen välille tuli paikoin väärin yhdistettyjä viivoja, pistekohteiksi kutistuneita elementtejä, ominaisuutta muuttaneita viivoja ja muita vastaavanlaisia virheitä. Näiden virheiden paikkaaminen automaattisesti olisi turhan monimutkaista, ellei jopa mahdotonta, joten päätin tehdä muokkauksia käsin (kuva 13). Käsin muokkauksessa poistettiin ylimääräisiä tai väärin liittyneitä kohteita sekä alun perinkin väärässä tasossa piirrettyjä symboleita. Käsin korjauksessa myös liitettiin kaikki siltojen ja rakennelmien alle jääneet välit suoraan yhteen ja parannettiin ankkuroinnissa huonosti simuloituja kaaria uudelleen käsittelyä varten. Vantaan kaupunginrajojen leikkaamat vesialueet korjasin kopiaimalla osia kaupunginrajan piirrosta, ja liitin ne osaksi vesialuetta. Sivusiirrosta tapahtunutta virhettä en paikoin

korjannut, ellei ero ollut ilmiselvä. Suurin osa sivuheitoista ankkuroinnissa oli kuitenkin luonnossa parin senttimetrin luokkaa. Nyrkkisääntönä sivuttaisvirheen tarkkuudessa oli viiden senttimetrin ero. Sitä kapeampia eroja en huomionut tai korjannut liittäessä viivoja uudestaan yhteen, siirtämällä kulmapisteitä kiinni alkuperäiseen kohteeseen MicroStation-työtilassa korjattaessa kuvan 12 kaltaisia virheitä.



Kuva 12. Ankkuroidun viivan ja alkuperäisen kantakarttakohteen välinen vertailu. Kuvasta näkyy, että tiiviimmät kaarteet ja mutkat ovat puskuroinnin ja ankkuroinnin aikana leikkautuneet ja oikaistu.

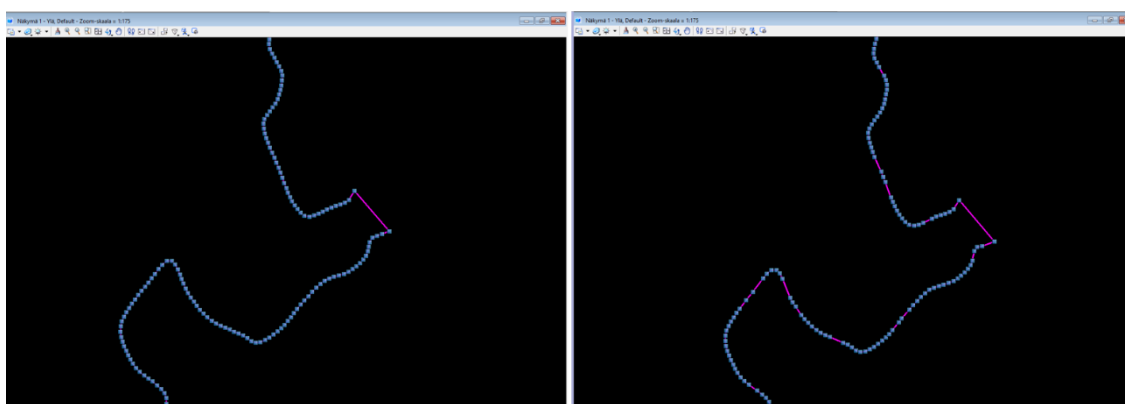


Kuva 13. Punaisella viivalla on kuvattu sillat. Niiden alla kulkevan purouoman viivat on yhdistetty toisiinsa käsin jatkamalla elementtiviivaa MicroStationin omilla työkaluilla. Myöhemmin koko tiedoston yhteen liitetyt viivat on sulautettu toisiinsa FME-sovelluksessa LineCombiner-työkalulla.



Käsin muokkauksen jälkeen onnistuin vähentämään FME-sovelluksella elementtien lukumäärän alun 4 000 kohteesta alle tuhanteen, mikä on jo huomattava parannus lähtökohdista. Käsinkorjauksessa tuli myös huomioida se, että päällekkäisiä viivoja ei saisi olla, vaan kaikki yksiköt tulisi sulauttaa toisiinsa ja yhdistää kulmapisteistä keskenään. Niiden erittely ja jako tehtäisiin jälkepäin ottamalla huomioon yleisesti määritellyt rajat.

Viimeiseksi vaiheeksi MicroStationissa ennen pintamallinnusta, yleistin alueiden muotoja, sillä ne koostuivat turhan monesta kulmapisteestä. Prosessien aikana alumuodot saivat itselleen ylimääräisiä kulmapisteitä, mikä suuremmissa tai tarkemmin kartoituissa kohteissa nousi tuhansiin kappaleisiin, eteenkin silloin kun kyseessä oli kaareva segmentti, joka oli luotu kaaritangentti-työkaluilla. Yksi esimerkki tästä oli tarkkaan kartoitettu Silvolan tekojärvi, jossa kulmapisteitä oli vajaa 20 000 kappaletta. FME-sovelluksessa tarkoilla parametreilla yleistämällä voitiin poistaa tarpeettomia pisteitä ilman, että alueiden ja muotojen geometria vääristyisi liikaa alkuperäisestä.

Käyttämällä Generalizer-muuntajaa kahdesti eri algoritmeilla pienillä arvoilla, ensiksi harventaen yleisesti pisteiden määrää ja loppuvaiheessa käyttämällä Douglas–Peuckerin algoritmia, putosi kulmapisteiden määrä useilla tuhansilla. Douglas-algoritmin tavoitteena on löytää kaarevalle murtoviivalle mahdollisimman samankaltainen muoto pienemmällä määrällä segmenttejä ja kulmapisteitä (kuva 14), ja tätä algoritmia käytetään hyödyksi useissa paikkatietosovelluksissa ja kartografiassa. [20, s. 97–98.] Lisäetuna, tiedostokoko kutistui kuudennekseen alkuperäisestä, kun prosessoitavien elementtien ja kulmapisteiden määrä laski (kuva 15). Pintamallinnuksessa tiedostokoko kuitenkin nousi jälleen kaksinkertaiseksi sen vuoksi, koska malli sai kolmiulotteisen pintamallin ja kulmapisteet korkeusarvoja. Siitä kerrotaan lisää luvussa 5.4 Pintamallinnus.



Kuva 14. Ennen ja jälkeen -havaintokuva harvennusalgoritmien tuloksista. Rantaviiva Silvolan tekojärvestä.

 testiVesialue20	26.2.2020 10:11	Bentley MicroStati...	2 789 kt
 ValmiitVesialueetKokoava	21.2.2020 12:07	Bentley MicroStati...	14 786 kt

Kuva 15. Kuvakaappaus prosessoitujen vesialueiden tiedostokoosta ennen ja jälkeen yksinkertaistamisen. Tiedostokoko putosi 18,9 prosenttiin alkuperäisestä.

5.4 Pintamallinnus

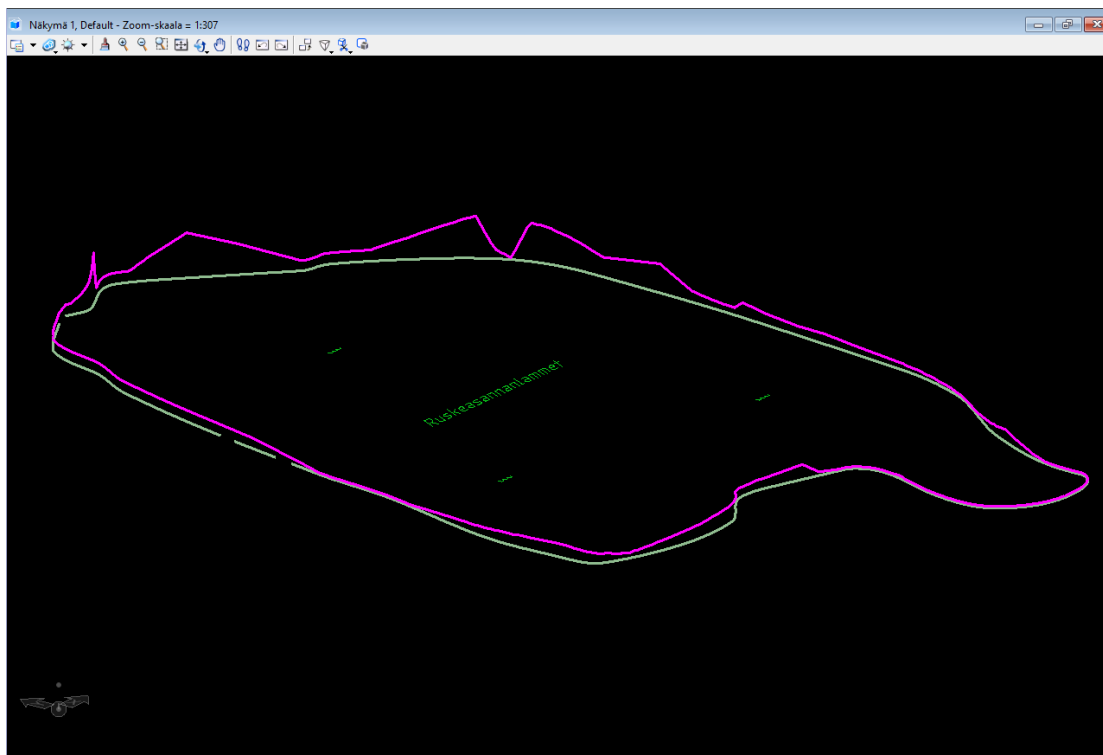
Työn alkuvaiheessa päätettiin luoda tarkka korkeusmalli uusimmasta ilmalaserkeilatusta aineistosta. Päätin hyödyntää korkeudenmäärittelyssä vuonna 2019 valmiiksi saatua, luokiteltua ilmalaserkeilausaineistoa. Pintamallinnuksessa FME-prosessissa syötetystä pistepilviaineistosta muodostetaan TIN-kolmioverkko, jossa pisteiden väliin jäävälle

tyhjälle tilalle määritetään korkeus interpoloimalla se verkon vektoreista muodostuvasta digitaalisesta maastomallista.

Pintamallinnuksessa työn aikana kokeilin kolmea erilaista menetelmää pintamallin luomiseen. Ensimmäinen menetelmä oli mallintaa valmiita alueet suoraan kulmapisteiden kohdalta maanpintamalliin, toinen menetelmä oli luoda alueista keskilinja-aineisto, joka mallinnetaan ja käytetään referenssinä z-arvoille varsinaisille kohteille. Kolmas menetelmä oli kokeilla luoda pintamalli kantakartan korkeuskäyrien mukaan, koska niihin oli MicroStation-ympäristössä sisällytetty korkeustietoa. FME-sovellus pystyy tunnistamaan korkeuskäyrien tietoa prosessoinnissa (contour lines) korkeuden määrittelemiseksi.

5.4.1 Digitaalinen korkeuspintamalli ja mallintaminen pistepilvestä.

Kolmioituun pintamalliin levittämällä kulmapisteet saavat itsellensä z-arvon interpoloimalla TIN-mallin kolmioista. Tätä varten käytössä oli jo keilausaineistosta eroteltu maanpinnan avainpisteet (model key points), jossa pisteet oli harvennettu viiden senttimetrin korkeuseroilla ($\delta z \geq 5 \text{ cm}$). Tästä huolimatta, kulmapisteiden korkeudenmäärittelyssä kuitenkin oli eroavaisuuksia vierekkäistenkin pisteiden välillä, mikä teki vesistöjen reunoista epätasaisia ja heittelehtiviä kuvassa 16 olevan esimerkin mukaisesti. Tämä johtui juuri pistepilven ja kantakartta-aineiston eroavaisuuksista, sillä rantaviiva ja sen tulkinta on voinut muuttua ajan kuluessa ja koska rantakasvillisuus että maastonmuodot peittävät rantaviivoja. Tarkkoja arvoja varten tuli kehittää parempi menetelmä, jonka avulla saataisiin rantaviivat lähelle vedenpinnan arvoa.



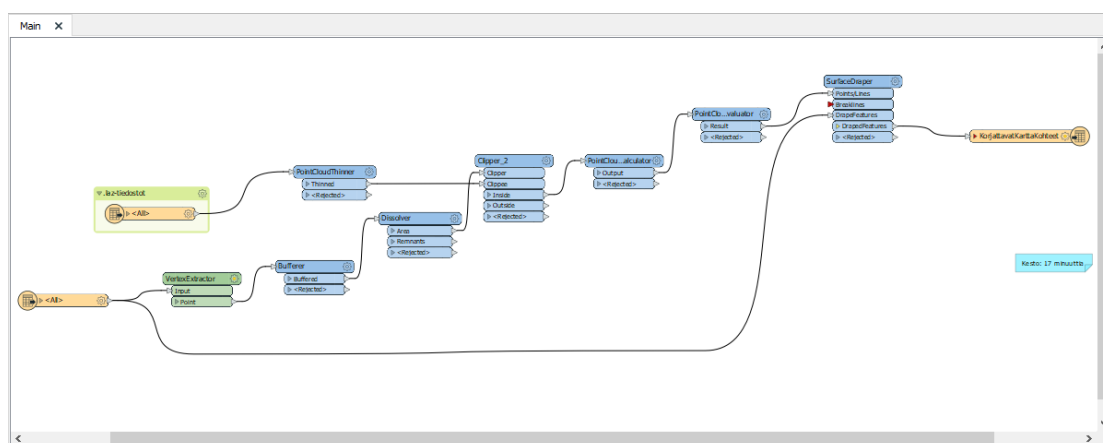
Kuva 16. Pintamallinnuksen jälkeinen tulos korostettuna vaaleanpunaisella sivusta katsottuna kantan karttakohteen yllä. Puuston ja rantakasvillisuuden tuomat virhekorkeudet näkyvät yksittäisten pisteiden ”piikkeinä”.

5.4.2 Pintamallinnuksen korjaus ja parantaminen

Paikkatietoinsinööri Markus Kalson kanssa käydyn pohdinnan aikana päätelimme, mikä olisi mahdollisesti paras tapa korjata pintamallinnuksessa syntyneitä virheellisiä korkeustietoja. Muiden kaupunkien käytänteistä mallia ottaen päätin, että kaikki seisovan veden kohteet (kuten järvet ja lammet) saisivat yhden vakiokorkeuden kaikille kulmapisteille, mutta virtaavan veden kohteet määritettäisiin maastonmuotojen mukaan siten, että malli olisi mahdollisimman tasainen ja mukailisi yleisesti korkeuskallistuksia. [21.] Tätä varten päätin luoda leikatut ja harvennetut pistepilvet vesialueiden ympäriltä puskuroimalla alueen tarkalleen vesialueiden rantaviivojen mukaan.

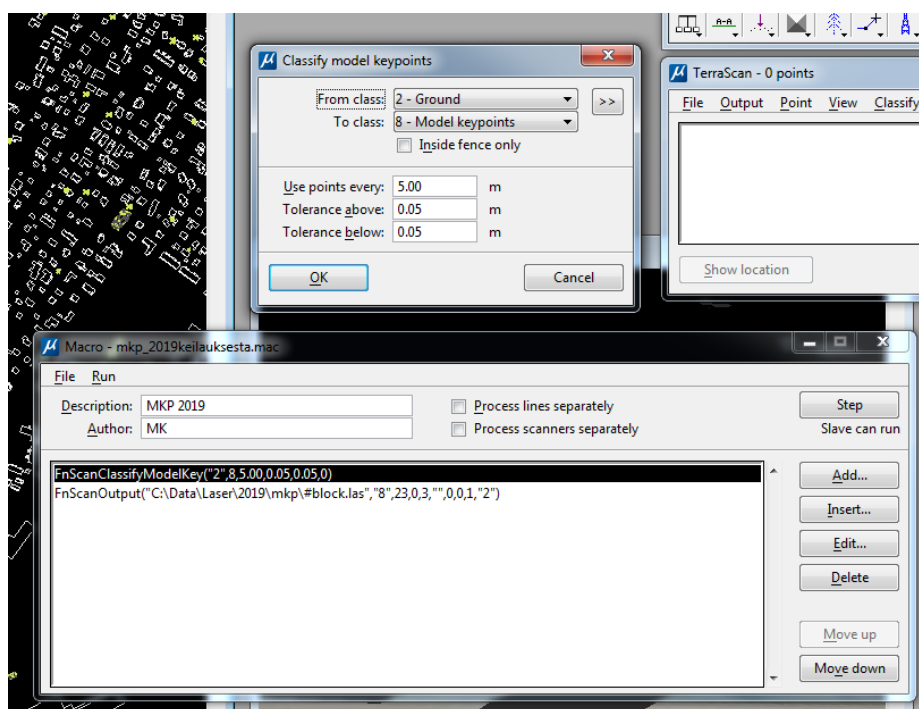
Puskuroimalla viisi metriä muokatuista alueista saadaan pienempi otanta pistepilven alueista kantan karttakohteiden ympäriltä. Prosessin tutkimisen aikana huomattiin, että mahdollisesti paras tapa saada tarkka, tasainen korkeus kulmapisteelle nykyisenmallisilla mallin avainpisteiden toleranssiarvoilla (kuva 18) oli eristää niiden lähialueelta pienellä,

noin metrin otannalla kulmapisteitä. Topologian yhtenäisyyden kannalta olisi hyödyllistä poimia pisteiden alimmat kohdat, jotta mahdolliset rantakasvillisuuden tuomat virheet voidaan minimoida ja varmistetaan se, että piste saa arvoksi TIN-mallissa vedenpinnan korkeutta parhaiten kuvaavan arvon (kuva 17). Puskureiden väliset päällekkäisyydet purettiin FME:ssä häivyttämällä niiden väliset rajat, jotta vierekkäisten pisteiden välille ei muodostuisi huomattavia eroja, jos yksittäisten pisteotantojen välillä on turhan suuri ero. Tällä myös säästettiin aikaa FME-prosessin läpiviennissä, sillä päällekkäisille kohteille ei tullut jaettavia pisteitä analysoitavaksi.



Kuva 17. FME:n prosessikaavio, jolla leikataan pistepilvestä vain vesialueiden kulmapisteiden puskurin alla olevat pisteet, joista muodostetaan uusi pintamalli. Kullekin leikatulle pistepilviotannalle haetaan z.min-arvo PointCloudStatisticsCalculator-muuntajalla (toiseksi viimeinen oikealla) ja asetetaan tämä arvo kaikkien pisteiden arvoksi.

Näiden korjausten jälkeen pintamallinnuksen laatu parani huomattavasti. Yksittäisten kulmapisteiden väliset erot pienenivät, eikä suurimmassa osassa dataa ollut räikeitä hypähdyksiä tai virheellisesti mallinnettuja kohteita. Jotkut kapeimmista puroista mallintuivat hieman heikommin kuin järvet ja joet, sillä niiden välille muodostui paikoin jyrkkiä pudotuksia. Järvien ja lampien rannat taasen eivät mallintuneet suoraan tasaisesti samaan korkeuteen, ja joillain jokivarren kohdilla vastakkaiset rantaviivat olivat eri tasossa noin 10—50 senttimetrin erolla. Näiden virhekohteiden etsimiseen ja korjaamiseen tuli kehittää oma FME-prosessi, jota selvitetään lisää myöhemmissä luvuissa.



Kuva 18. Maanpinnan pistepilven Model Keypoint -luokittelun toleranssiarvot. Avainpiste tulee luoda vähintään viiden metrin välein tai kun korkeuden muutos on viisi senttimetriä.

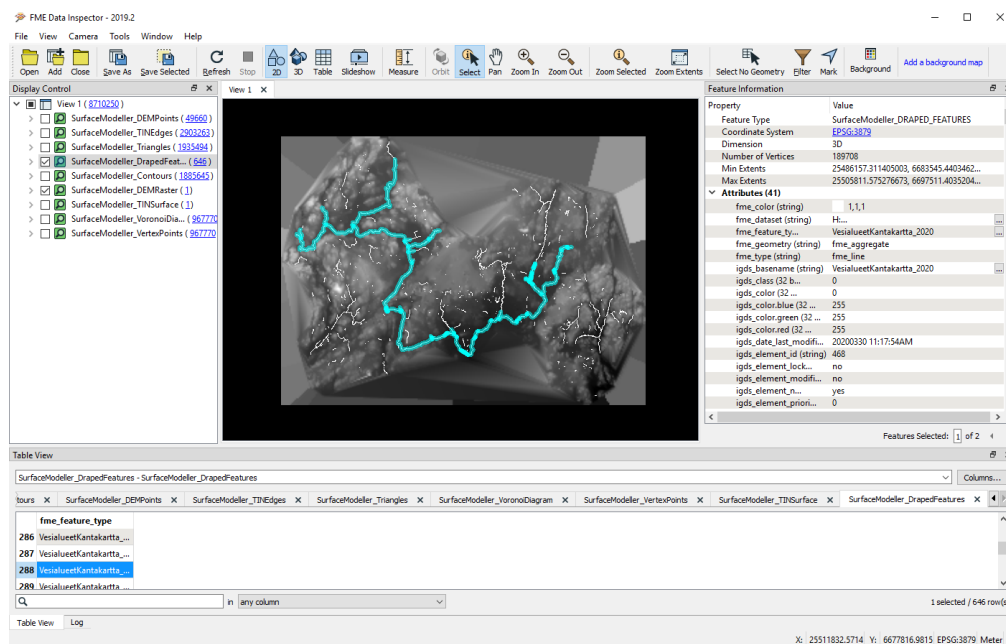
5.4.3 Keskilinja-pintamallinnus

Vaikka kulmapisteiden mallintamisella saatiin hyviä tuloksia aikaan, koko aineistossa oli yksittäisiä kohteita, joiden pintamallinnus ei onnistunut toivotulla tavalla. Syynä tähän saattoivat olla muuntajissa käytetyt parametrit, jotka eivät soveltuneet kyseisen elementin lähtökohtiin tai Lidar-aineistoon. Jotkin kapeammat puoret ja jyrkillä pudotuksilla kulkevat koskialueet olivat useimmiten vaikeita mallintaa johdonmukaisesti. Samalla paikoin mallinnuksessa vastakkaisilla rannoilla saattoi olla lievää kallistusta siten, että toinen puoli rannasta kulki muutamia senttimetrejä korkeammalla kuin toinen.

Yhtenä ratkaisuvaihtoehtona ongelmaan päätin kokeilla keskilinja-aineiston pintamallintamista suunnitelman alussa. Valmiista alueista luodaan kokonaiset, likimääräiset keskilinjat. Nämä linjat pintamallinnetaan pistepilven mukaisesti, ajatuksena että vesialueiden ympärillä olevalla keilauspisteistä tyhjällä välillä interpoloituu tarkka vedenpinnan korkeus, johon keskilinja sijoittuu (kuva 19). Aineistossa ei veden pinnalla ollut laserkeilauspisteitä, joten rantaviivojen välille levittäytyvä taso olisi todenmukainen vedenpinnan korkeuden kanssa.

Keskilinjoiosta muodostettiin rinnakkaiset viivat kahden metrin etäisyydellä molemmille puolille FME:n OffsetCurveGenerator-muuntajalla. Kaikista kolmesta linjasta otettiin kulmapisteet VertexExtractor-muuntajalla esiin. Nämä pisteet ajettiin maanpintamalliin, jotta pisteet saavat yksilölliset korkeusarvot käytettäväksi uuteen pintamalliin. Tämä uusi pintamalli luotiin juuri näistä kulmapisteistä. Ajatuksena oli kokeilla luoda harvempi pintamalli vain vesialueiden ympäriltä, jotta virheheijastusten ja vierekkäisten pisteiden tuomat vaikutukset kolmiopintamallille pienenevät.

Tuloksena mallinnus oli rosoisempi ja epätasaisempi rantaviivojen kohdalta kuin korjatussa edeltävässä mallissa. Kantakarttakohteisiin verrattuna kapeammassa kohteissa, kuten pienissä oja- ja järjäläisissä, korkeusero saattoi olla useita metrejä, johtuen luultavammin pisteiden välisen interpoloinnista ja muutoksista uusien korkeuspisteiden välillä. Jouduin toteamaan, että keskilinjän korkeuden mukainen pintamallinnus ei ollut käytännössä yhtä toimiva kuin teoriassa suunnittelin.



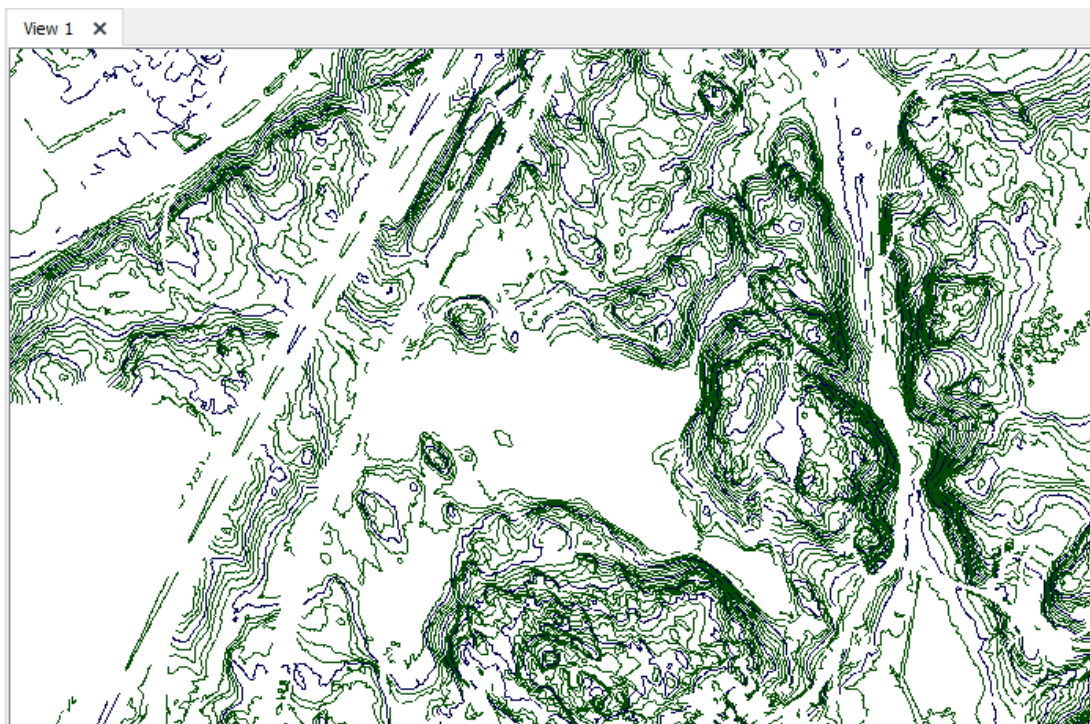
Kuva 19. Kuvakaappaus FME-sovelluksen Data Inspector -näkyvästä. Kuvassa näkyy pintamallinnettu keskilinja-aineisto. Valkoiset viivat kuvassa ovat aluekohteista laskettuja keskimääräisiä linjoja, pohjalla varjokuvarasteri Vantaan kaupungin ilmalaserkeilauksen pistepilvestä.

5.4.4 Korkeuskäyrien mukainen pintamallinnus

Vantaan kantakartta-aineistoon sisältyvät myös kartan korkeuskäyrät ja niiden välikäyrät, jotka on asetettu korkeuteen tasaisin välein ja arvoin. Yksi Feature Manipulation Engine -sovelluksen mahdollistama pintamallinnuksen tapa on käyttää korkeuskäyriä (contours). Kantakartan aineistosta tuotujen korkeuskäyrien välille interpoloitiin arvot samanlaisella menetelmällä, kuten kahdessa aikaisemmassakin pintamallinnuksessa. Korkeuskäyriä oli mallinnuksessa mukana noin 227 000.

Tässä mallinnuksessa ajatuksena oli kokeilla aineiston saattamista vastaavaan korkeuteen muiden kantakarttakohteiden kanssa. Korkeuskäyrät myös leikkautuvat tarkasti vesialueiden ympäriltä siten, että alle ei jää korkeusarvoja haittaamaan korkeuden määrittystä. Etuna on myös se, että tyhjiä väliä interpolointi on suoraviivaisempi prosessi kuin maanpintapisteistä määriteltynä ja sen määrittämisessä ei ole mukana kasvillisuuden tuomia epätarkkuuksia.

Lopputuloksena pintamallinnus noudatti odotetusti melko hyvin alkuperäistä aineistoa. Mitään suurimittaisempia eroja tai epätasaisuuksia ei löytynyt eri osuuksien väliltä. Mallinnuksen tuloksissa kohteet kuitenkin asettuivat ylipäänsä hieman korkeammalle kuin kantakartan kohteissa, mikä johtui siitä, että vesikohteiden reunat ovat matalammalla kuin korkeuskäyrien interpoloimat kohteet. Tämä menetelmä on toimiva täydentämään aikaisempaa pistepilvimallinnusta niillä paikoilla, joissa se on epätarkka. Parempaa mallintamista varten tarvitaan kuitenkin yhtenäisempi korkeuskäyräaineisto, jossa myös vesialueiden sekä rakenteiden tuomat korkeusmuutokset huomioidaan paremmin aineistossa. Kuvassa 20 on esitetty erottuvat lähiympäristön rakenteet, kuten ajotiet ja talot sekä järvi katkenneina korkeuskäyräviivoina ja tyhjinä alueina.



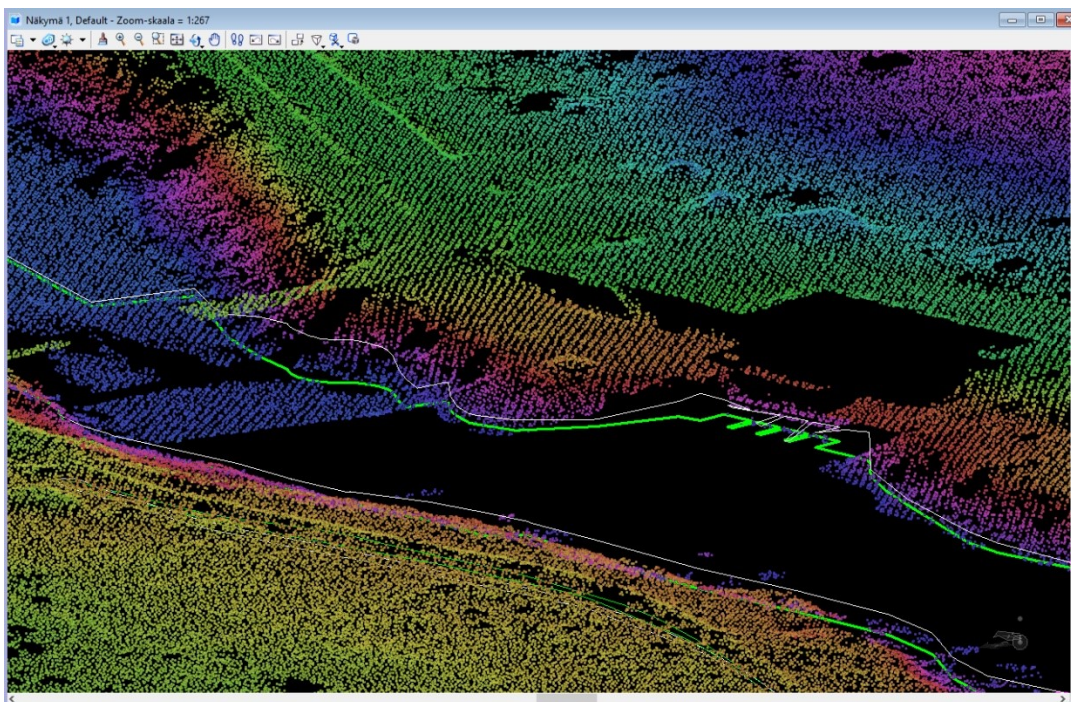
Kuva 20. Kuvakaappaus kartan korkeuskäyräaineistosta Kuusijärven ympäristöstä FME Data Inspector -sovelluksen näkymässä.

5.5 Eroavaisuudet mallinnusten välillä

Erot pintamallinnusten välillä tutkittiin myös FME-prosessilla. Sama aineisto pintamallinnettiin kukin eri menetelmällä, joten kulmapisteiden määrä pysyi samana. Erottelin kunkin aineiston kulmapisteet ja spatiaalisella yhteenliittymällä yhdistin eri mallinnusten pisteet toisiinsa. Tällä tavalla pystyin luomaan vertailuaineiston, jolla voitiin keskenään tarkastella korkeuseroja eri pintamallien tuloksia keskenään. FME-prosessi kirjoitti tiedot excel-taulukkoon, josta näkyivät arvoina kahden vertailupisteen korkeudet kahdessa mallinnuksessa, niiden erotus, keskiarvo, mediaani ja koko aineiston keskihajonta. Näistä määritelmistä voitaisiin tutkia oleellimmat erot mallinnusten välillä ja hyödyntää näitä tietoja myös kantakartta-aineistoon vertaamisen kanssa (kuva 21). Keskenään vertaamisella haettiin vastuuksia siihen, kuinka yhdenmukaisia keskimäärin mallinnustulokset olivat ja myös kokeilla FME:n soveltuvuutta vertailujen tekemisessä.

Aineistosta päätelin, että mallinnuksen kulmapisteiden korkeuserot olivat keskimäärin puolen metrin erolla toisistaan, mutta yksittäisten pisteiden tai kohteiden malleissa

saattoi olla metrienkin eroja. Näistä vertailuista ei voida määrittellä tulosten yleistä tarkkuutta, mutta vastaisuudessa voidaan mallintamisen eroja vertailla samalla menetelmällä kohdekohtaisesti.

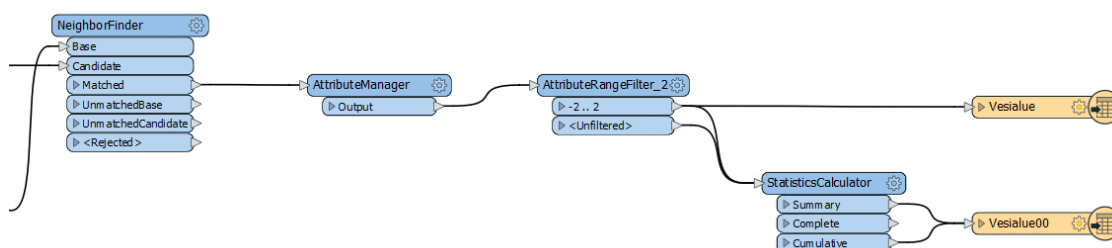


Kuva 21. Ohuella valkoisella viivalla alkuperäinen Vantaanjoen pintamallinnus suoraan mallin avainpisteistä muodostetusta DEM-rasterista. Vihreä, paksumpi viiva on korjatun pintamallinnuksen tulos, Pitkälän vedenottamon kohdalla.

5.6 Erot mallinnusten ja alkuperäisen kantakartta-aineiston välillä

Loin omalla FME-prosessilla vertailun, jolla pystyttäisiin tutkimaan lopullisen aineiston mallinnuksen luotettavuutta z-arvoissa alkuperäiseen kantakartta-aineistoon. Vertailin keskenään kaikkia kolmea dgn-tiedostoa Vantaan tietojärjestelmien kantakartta-aineistoon. Tulokset tulostettiin kokonaisuudessaan kolmeen excel-taulukkoon, joista nähtäisiin mallinnusten vertailun tulokset kootusti. Näitä tarvitaan tulevaan päätöksentekoon siitä, onko pintamallinnus tarpeeksi tarkkaa käytettäväksi *ad hoc*. Vertailutuloksien tuottaminen noudattaa myös luvussa 2.1 mainittua Julkisen hallinnon suosituksen nro 160 organisaation sisäistä vertailua. Tulosten pohjalta saatiin päätelmä, että mallinnus onnistui pääpiirteiltään hyvin alkuperäisen, kulmapisteen kohdalta tehdyn otannan kautta.

FME-prosessilla erotin kulmapisteet sekä luodusta aineistosta että kantakartan kohteista. Tämän jälkeen prosessissa karttakohteet hakevat kahden metrin etäisyydeltä itselleen lähimmän naapuripisteen toisesta aineistosta NeighborFinder-muuntajalla ja luovat uuden luokan, johon lasketaan kunkin parin z-arvojen erotus. Korjatulle, alueellistellulle aineistolla on kokonaisuudessaan noin 260 000 kulmapistettä. Kantakartta-aineistossa, MicroStationista kopioituna on 787 770 kulmapistettä, joista 585 951 z-arvo on korkeampi kuin 0,1 metriä (toisin sanoen, kohteella on ylipäättänsä korkeusarvo). Naapuruus löytyi kussakin kolmessa aineistossa noin kahdelle kolmasosaa pisteitä kuvan 22 esittelemällä prosessilla.



Kuva 22. Tulosvertailun FME-prosessin loppupää. AttributeRangeFilter_2 erottelee kulmapiste-parien korkeuseron arvon mukaan tarkimmat arvot kahden metrin hajonnalla.

Taulukkoon tulostettiin eri koordinaattiparien arvoja, joista tärkeimmät yksittäisten parien kohdalla olivat kahden pisteen korkeuden erotusta kuvaava `_Z_JoinValue` ja pisteiden etäisyyttä luonnossa `_distance`, metreissä viiden desimaalin tarkkuudella. Näillä arvoilla voidaan todeta kulmapisteen korkeusero etäisyys huomioon ottaen. Koko aineiston tuloksia kuvaavat taulukon loppupäässä olevat pisteen mediaaniarvo, keskiarvo sekä keskihajonta. Kirjoitin taulukkoon kumulatiivisten tulosten lisäksi erikseen vielä yhden rivin koko aineiston tuloksista erikseen korostettuna.

Näitä arvoja vertailemalla voidaan päätellä, että kaikista tarkin malli arvojen perusteella oli korkeuskäyrien mukainen pintamallinnus. Mallinnuksessa oli kuitenkin ongelmia rantaviivan tasaisuuden kanssa, sillä korkeuskäyrien interpolointi rantaviivojen poikki aiheutti paikoin aaltomaisia poikkeamia ja peräkkäisten kulmapisteiden Z-korkeus ei aina ollut yhdenmukainen ja sen ylläpitäminen ja korjaaminen maanpinnan laserkeilausaineistolla on yksinkertaisempaa kuin luomalla varta vasten tuotettua

korkeuskäyräaineistoa. Tämän vuoksi päätettiin, että korjattu pintamallinen mukainen korkeus oli yleisesti parempi tapa saada yhdenmukainen aineisto.

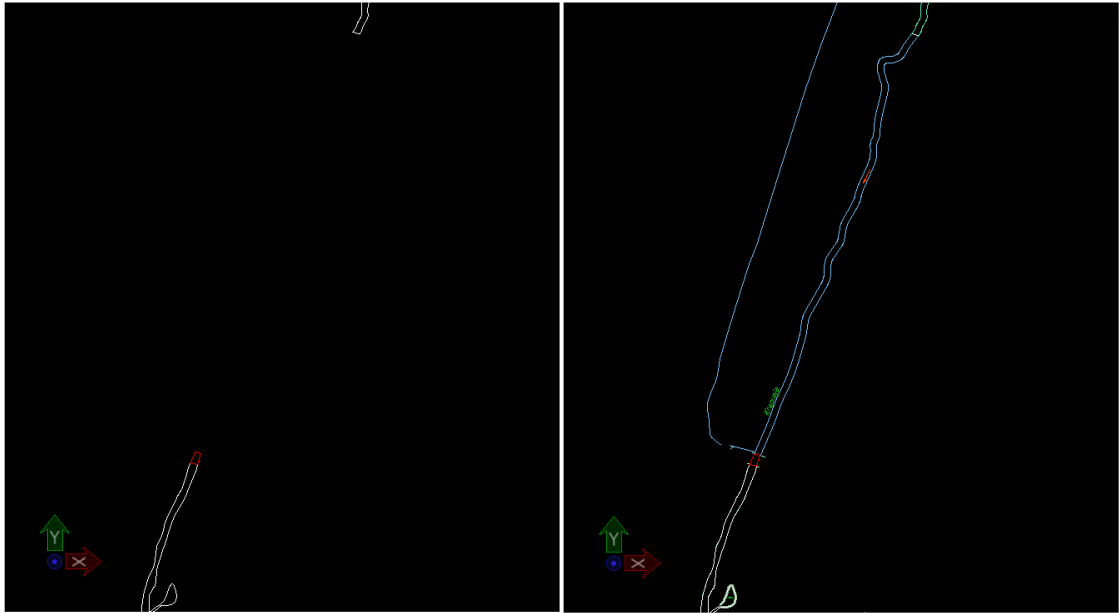
Yleisenä johtopäätöksenä tuloksista (kuva 23) voi päätellä, että Vantaan aineistoa hyödyntämällä on hyvät mahdollisuudet saada tarkkaa, todellisuutta vastaavaa mallinnettua aineistoa. Mallinnuksen tavan valintaan vaikuttaa paljolti lähtöaineiston laatu, ja se heijastuu mahdolliseen lopputulokseen.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	x	y	z	join_x	join_y	join_z	Z_JoinValue	distance	angle	closest_candidate_x	closest_c
148730	25490753.011599995	6685901.505800009	24.200000000000003	25490753.011560343	6685901.505777719	24.232486646279426	-0,0325	0,00005		209,3413945	25490753,01
148731	25505607.6286	6685642.408999992	21.900000000000002	25505607.974354688	6685642.283327782	21.93247106306553	-0,0325	0,36789		340,0252023	25505607,97
148732	25502247.5497	6686301.634899998	10.100000000000001	25502247.38548262	6686301.554837785	10.132459182524682	-0,0325	0,18269		205,990993	25502247,39
148733	25491519.46889999	6693337.416899991	28	25491519.030915648	6693337.640843625	28.032363752245903	-0,0324	0,49192		152,9191073	25491519,03
148734	25503815.931400016	6687986.929399991	15,8	25503815.9313938	6687986.929395651	15.832299952360402	-0,0324	0,00001		214,915198	25503815,93
148735	25506925.7959	6692321.903999993	24,6	25506925.795853523	6692321.903881141	24.62326890145302	-0,0324	0,00005		202,078399	25506925,76
148736	25499240.893499997	6689733.122499991	35,6	25499240.893546008	6689733.122501675	35.6324905701266	-0,0323	0,00005		2,095874032	25499240,89
148737	25503814.617400005	6688417.5885	15,9	25503814.592890292	6688417.48332433	15.932345657587053	-0,0322	0,15710		261,0243864	25503814,59
148738	25506630.754799998	6684921.993199993	13	25506630.83995615	6684922.048394317	13.032343013978005	-0,0322	0,10148		32,94945941	25506630,84
148739	25500763.851600006	6686708.24000001	10,9	25500763.851631686	6686708.240034027	10.932337073540689	-0,0322	0,00005		47,03781806	25500763,85
148740	25500760.754999995	6686706.084500004	10,9	25500760.755031317	6686706.08452024	10.932337073540689	-0,0322	0,00004		32,86573898	25500760,76
148741	25500765.385400012	6686711.844099985	10,9	25500765.3854201	6686711.844111713	10.932337073540689	-0,0322	0,00002		30,24982984	25500765,39
148742	25500763.93540001	6686710.572600007	10,9	25500763.935388664	6686710.572580506	10.932337073540689	-0,0322	0,00002		239,8547859	25500763,94
148743	25504915.124200013	6682989.566799998	29.400000000000002	25504915.124220416	6682989.566761736	29.43231513605512	-0,0322	0,00004		298,0687228	25504915,12
148744	25502870.74000001	6689167.93139999	18.900000000000002	25502870.739956364	6689167.931394952	18.93231301445961	-0,0322	0,00004		185,5838937	25502870,74
148745	25488168.903699994	6694547.114899992	36,5	25488168.903712086	6694547.114898936	36.5323	-0,0322	0,00001		353,8894824	25488168,9
148746	25490132.99300001	6686341.59790001	22,8	25490132.825100508	6686342.00363447	22.832283700537683	-0,0322	0,49310		112,4805652	25490132,83
148747	25490134.042400002	6686339.180500007	22,8	25490134.843456354	6686339.543081897	22.832283700537683	-0,0322	0,41357		118,7529651	25490133,84
148748	25490131.108400013	6686344.655100012	22,8	25490131.37528043	6686344.34274211	22.832283700537683	-0,0322	0,41884		310,5107704	25490131,38
148749	25490133.734800007	6686339.8056	22,8	25490133.818912014	6686339.602385963	22.832283700537683	-0,0322	0,21993		292,485077	25490133,82
148750	25490132.717300013	6686342.177600003	22,8	25490132.825100508	6686342.00363447	22.832283700537683	-0,0322	0,20466		301,7850002	25490132,83
148751	25490131.4829	6686344.169199992	22,8	25490131.37528043	6686344.34274211	22.832283700537683	-0,0322	0,20420		121,8045072	25490131,38
148752	25503815.217199996	6688420.332399989	15,9	25503815.217174884	6688420.332366045	15.932279489986683	-0,0322	0,00004		233,5054465	25503815,22
148753	25504655.256999996	6688729.003800011	16,6	25504655.25698785	6688729.003736654	16.63225912365293	-0,0322	0,00005		254,3521843	25504655,26
148754	25499274.220300008	6689644.952600002	35,6	25499274.220217225	6689644.952623998	35.63225348931717	-0,0322	0,00004		41,4006379	25499274,22
148755	25504890.580200005	6690513.160299993	23,3	25504890.580931492	6690513.05903856	23.332203181886673	-0,0322	0,10188		263,8656425	25504890,57
148756	25495360.487899996	6688672.402900005	33,6	25495360.487931082	6688672.402897518	33.63220016987324	-0,0322	0,00001		347,059412	25495360,49
148757	25488825.716400005	6683969.789199997	26.200000000000003	25488825.358576514	6683969.616011746	26.232193437075615	-0,0322	0,39753		205,8272002	25488825,36

Kuva 23. Kuvakaappaus tulostetusta Excel-taulukosta, jossa näkyvät koordinaattiarvot ja vertailun tulokset värjättyinä. Sarake ”_Z_JoinValue” on alueellistetun aineiston pisteen korkeusero kantakartan vastaavaan pisteeseen. Sarake ”_distance” kertoo, kuinka kaukana kantakartan vastaava piste on metreissä? Taulukossa on käytetty muotoilua, jolla kumpikin näistä arvoista saa punaisen liukuväriin, arvon ollessa etämällä nollasta.

5.7 Karttaesityksen korjaaminen ja muuttaminen shapefileksi

Muokkauksen aikana huomasi, että joitakin kohteita jäi puuttumaan alueiden välistä. Jotkin purouomat eivät tulleet mukaan käsittelyyn siitä syystä, että ne oli luokiteltu oja-kohteiksi, jotka karsittiin jo pois prosessoinnin alussa. Kuvan 24 tapaiset poisjääneet kohteet lisäsin käsin kopioimalla ja liittämällä ne kartta-aineistoon erilliseen tiedostoon, jonka prosessin erikseen samoilla menetelmillä ja mallintamalla ne uuteen korkeusmalliin. Tämän jälkeen luotu tiedosto sulautettiin pääasialliseen tiedostoon MicroStationissa.



Kuva 24. Krakanojan yksi osuus sinisellä viivalla, oikeanpuoleisessa kuvassa on jäänyt pois prosessoinneista, sillä se on luokiteltu MicroStationissa ojat-tasolle. Se tulee muokata ja liittää erikseen varsinaiseen aineistoon.

Toinen korjauskohde oli järvien ja muiden seisovan veden altaiden korkeuden määrittäminen. Noudattamalla Espoon kaupungin toimintamallia, josta mainittiin sähköpostikyselyyn vastattaessa, päätin määrittää näille pintamallin kulmapisteiden korkeuksien keskiarvon koko järven korkeudeksi. Tällä tavalla voitiin korjata pintamallinnuksen tuottamat virheet ja yhdenmukaistaa niiden tulokset, jotta järvien pinta olisi mahdollisimman tasainen. Näiden korjausten jälkeen koko aineisto oli valmis siirrettäväksi ArcGis Pro -ympäristöön shapefile-tiedostona, jotta muokkaamista voidaan jatkaa tarpeen tullen tällä sovelluksella. Muokkauksia voitaisiin tehdä molemmilla ohjelmilla ja siirtää tietoa toistensa välillä. Tätä varten loin oman FME-prosessin, jossa oli lukija ja kirjoittaja kummallekin tiedostomuodolle välivaiheiden avulla ja koota aineisto lopulliseen tiedostoon. Näin esimerkiksi ArcGis Prossa tehdyt muokkaukset shapefile-tiedostoon siirtyvät MicroStationin dgn-tiedostoon ja päinvastoin.

Vantaan kartastotoimen toivomuksena oli myös jaotella kohteita pienempiin osiin ja yksiköihin erilaisten kohteiden ominaisuuksien mukaan, kuten koskiin ja liittyviin puroihin ja ojiin. [22.] Nämä kohteet jaoin kahteen osaan ArcGis-ympäristössä muotoilemalla kohteet uudelleen ja kirjoittamalla FME-prosessissa korjaukset takaisin MicroStationiin. Nämä kohteet määriteltiin yksinkertaisesti kartan nimistön ja ominaisuustietojen mukaan

vapaasti arvioimalla. Leikkauksessa varmistettiin se, että pisteet täsmäivät keskenään, jolloin voidaan ylläpitää topologista yhtenäisyyttä, kuten kuvassa 25 on esitetty.



Kuva 25. Kuvassa näkyvä lampialue, joka on erotettu Kylmäojasta leikkaamalla alue molemmista päistä.

5.7.1 Ylimääräisten ja virheellisten kohteiden poistaminen

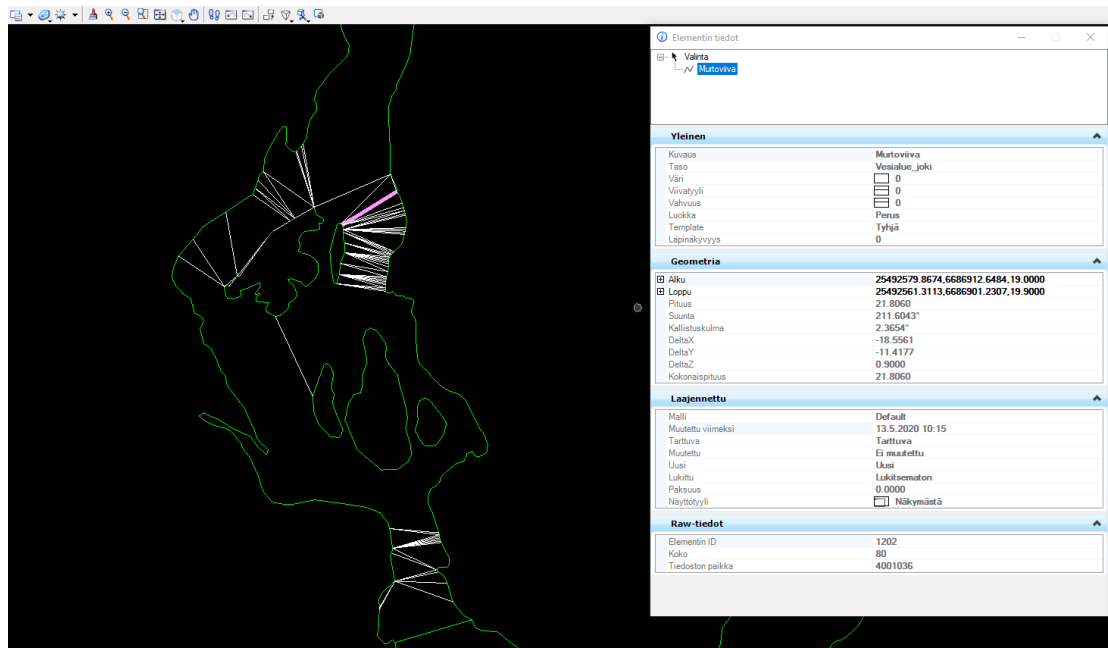
Yleisten parannusten jälkeen päätin tehdä yhtenäisen korjauksen FME-prosessilla, jolla kohteista poistettaisiin väärin yhdistyneitä viivoja ja pisteitä, päällekkäisyyksiä ja merkityksettömän kokoisia, alle yhden neliömetrin alueita. Yhteen FME-työtilaan liitin Spike-Remover-muuntajan, jonka säädin suodattamaan kohteina kaikki kulmat, jotka olivat vähintään yhden metrin pitkiä ja kulmaltaan korkeintaan kaksi astetta. Pienet kohteet suodatin laskemalla ja asettamalla kohteiden pinta-alat uudeksi ominaisuusluokaksi ja suodattamalla pois AttributeRangeFilter-muuntajalla alle yhden neliön kohteet, mikä myös poisti piste- ja viivakohteita, joita oli muodostunut prosessien aikana kutistumalla kokoon.

Huonosti yhdistyneet kohteet yhdistin toisiinsa käsin liittämällä. Yleinen ongelma oli vesialueen osien yhdistyminen pelkästään yhdellä kulmalla viereiseen elementtiin, luomalla eräänlaisia halkeamia vesien välille. Tässä tarkastuksessa etsin piikkipisteitä FME:n työkaluilla eri asetuksilla, jotka merkittiin pisteillä aineistoon. Jos kohde oli jäänyt kahteen osaan, sen yhteen liittäminen onnistui ArcGis Prossa "Sulauta"-työkalulla.

5.7.2 Jyrkkien mallinuserojen haku

Omalla FME-prosessilla pyrin etsimään kartasta kulmapisteiden väliltä vastakkaisilta puolilta tietyn toleranssiarvon ylittäviä korkeuseroja. Näiden erojen nopeaan havaitsemiseen kehitin lyhyen TINGenerator-mallintajaa, joka luo kolmioverkkomallin kulmapisteiden kohdalle. Kulmapisteet, jotka kulkevat alueellistettujen kohteiden ulkopuolella, suodatettiin pois samalla vesialueaineistolla, jotta jäljelle jäivät vain vastakkaisille rannoille piirtyneet viivat. Jotta vain suurimmat erot rantojen välillä erottuisivat muista, suodatettiin DeltaZ-arvon mukaan kaikki ne viivat, joiden korkeusero jäi alle 25 senttimetriin. Suodattamisen jälkeen kohteita erotettiin 5 057 kappaletta, joskin moniin kulmapisteisiin liittyi enemmän kuin yksi viiva, joten huonolaatuisten kulmapisteiden määrä on pienempi. Tullee myös huomioida, että jotkin tangenteista ovat yhdistyneet sellaisiin pisteisiin, jotka ovat luonnostaan matalammalla, esimerkiksi joen uomien laskuissa pituussuunnalla, jolloin korkeuseroa ei huomioida.

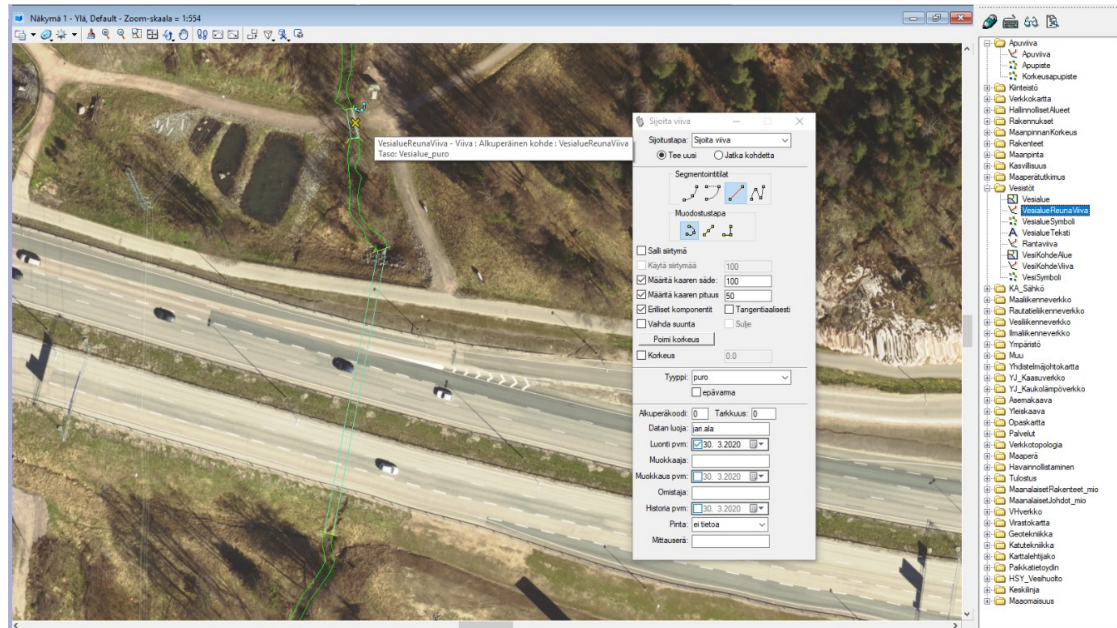
Kohteista voitiin nyt helpommin erottaa kulmapisteitä tai kohteita, joiden pintamallinnus on tavalla tai toisella ollut keho kuvassa 26 näkyvällä tavalla. Erillisessä käsittelyssä voidaan paikata näiden kohteiden pintamallinnus parempilaatuiseksi erottamalla ne aineistosta omaan tiedostoon ja käsittelemällä ne uusilla parametreilla. Yksittäisten kulmapisteiden muokkaaminen oikeaan korkeuteen olisi turhan työläs prosessi MicroStationissa, mutta ArcGis Pro ohjelmalla kulmapisteiden arvoja on helpompi määrittää tarpeen mukaan. Järvikohteiden tapauksessa mallinnuksen korjaus tehtiin asettamalla standardiarvo elementtikorkeudeksi joko MicroStationilla tai ArcGis Prolla.



Kuva 26. Vantaankosken uoman korkeuseroja korostavat viivatangentit. Elementin ominaisuustiedoissa lukeva DeltaZ-arvo kertoo alku- ja päätepisteen välisen korkeuseron metreissä.

5.7.3 Maanalaisen kohtien esitys ja luominen

Maanalaisina vesikohteina tässä työssä ovat kunnallisteknisiä ojarumpuja ja rumpuputkia, joita käytetään veden siirtämiseen ja kanavointiin maanpinnan alla. Maanalaiset kohteet luotiin käsin MicroStationissa. Vantaan kaupungilla ei ollut kantakartta- eikä johtoverkkomateriaalissa kuvattuna maanalaisia vesikohteita, mutta kantakartassa ojarumpujen suuaukot oli piirretty symboliikalla. Nämä elementit tulisi käsitellä itsenäisesti ja liittää jälkikäteen muuhun aineistoon mukaan. Maanalaiset kohteet tutkittiin kantakartta-aineistosta selaamalla ja tutkimalla ilmakuvamateriaalia. Vain ne kohteet, jotka voitiin todeta varmasti ja selkeästi yhteenkuuluviksi, yhdistettiin ja muodostettiin käsin kuvan 27 esittämällä tavalla. Luotu aineisto koostui 60 eri kohteesta, jotka liitettiin myöhemmin erillisellä nimityksellä muuhun aineistoon, jotta sen yhtenäisyys pysyisi tyydyttävänä. Maanalaiset kohteet eivät muodosta omaa erillistä kohdeluokkaa yhtenäisessä aineistossa, mutta paikkatietoaineiston ominaisuustietotaulussa niitä erotellaan erillisellä luokalla, jossa kuvataan kohteen osan vertikaalinen suhde maanpinnasta. Arvoksi tällöin asettaen joko ”maan päällä” tai ”maan alla”. Myöhemmin kohteet jaettiin MicroStationissa omiin tasoihinsa, jotka nimettiin ”Vesialue” ja ”MaanalainenVesialue”.



Kuva 27. Maanalaisten rumpuputkien tallentaminen ja yhdistäminen tehtiin vertaamalla aineistoa ilmakuviin ja kartoitettujen putkien päiden sijainteihin. Väliaikaisena arvona piirtämissä käytettiin Stella Map -lisäosan arvoa Vesialue_puro. Myöhemmin vesialueet ja maanalaiset vesialueet eroteltiin omiin tasoihinsa MicroStationissa.

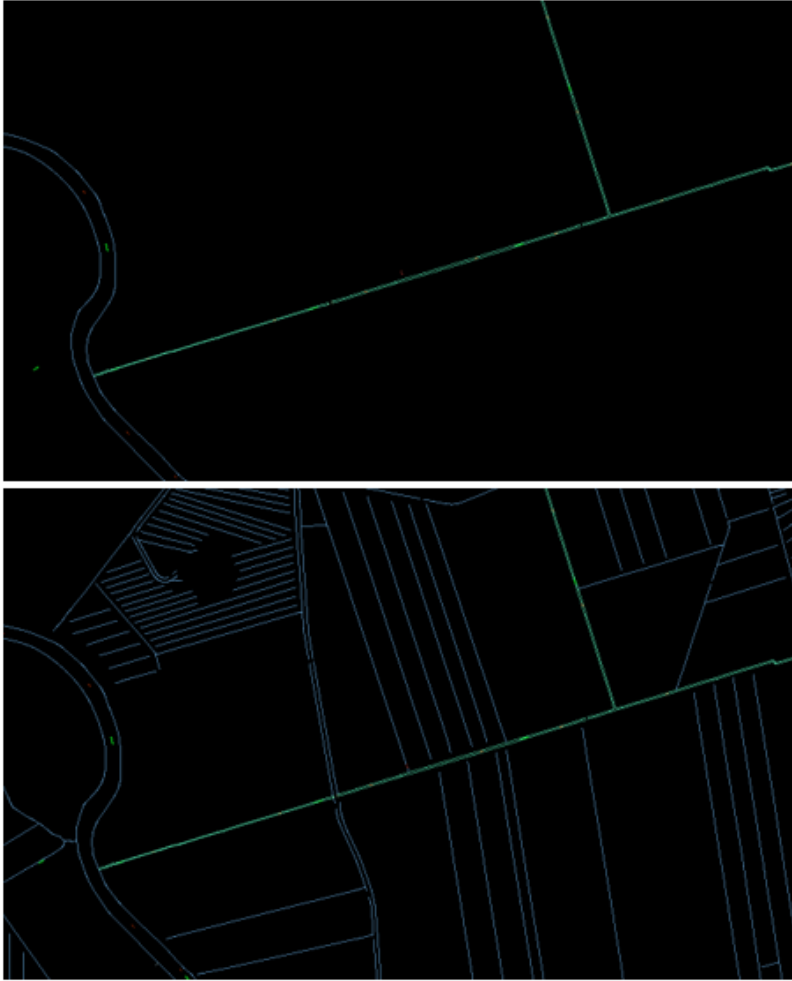
Koska tietoa maanalaisista vesistökohteista oli niukasti, koin tärkeämmäksi keskittyä koko aineiston yhtenäisyyteen. En keksinyt yksinkertaista prosessia, jolla työn olisi luotettavasti voinut automatisoida FME:llä, minkä vuoksi piirtäminen ja kartoitus tehtiin digitoimalla hiirellä. Kokeilin yhdistää viivasymboleita naapuruuden mukaan FME-prosessilla, mutta lopputuloksista tuli epätarkkoja ja virheellisiä. Kaikkien ojarumpujen tarkan kartoituksen vaatima työmäärä olisi tämän työn lopputuloksen ja kokonaisuuden kannalta tarpeetonta. Maanalaisten kohteiden pintamallinnusta ei tarvinnut tehdä, sillä liittämällä ja linkittämällä kohteet valmiiksi korkeusmallinnettuihin kohteisiin saadaan niille oikea korkeus. Tämä myös sen vuoksi, että on luonnollista, että ojarummut kulkevat maanpinnan alapuolella, jotta mahdollisissa tulevissa kolmiulotteisissa kaupunkimalleissa nämä ”leikkautuvat” maastomallin läpi oikeaoppisesti.

5.8 Ojat ja muut epäselvät kohteet

Kuten aiemmin mainittu, oja ei tässä työssä tulla käsittelemään saatikka alueellistamaan samanlaisessa käsittelyssä kuin muita kantakartan vesistökohteita. Syynä tähän ovat ojien epä johdonmukainen kartoitus ja kartalle sijoittaminen.

Ojaksi on kantakartassa luokiteltu kohteina kaikki keinotekoisesti rakennetut, vettä johdamaan suunnitellut avokaivanteet. Kuitenkin suurimman osan ajasta monet näistä pysyvät kuivina ja ovat selkeästi osa maatalousmaan tai katujen hulevesikuivatusta. Lisäksi kantakarttatiedossa on useita virheellisesti piirrettyjä kohteita, joissa selkeästi luonnon muovaama puro on piirretty ojana tai päinvastoin. Kantakartassa yli kaksi metriä leveät ojat on piirretty kahdella rinnakkaisella viivalla rajaamaan penkereitä, mikä on paikoin aiheuttanut sekaannusta juuri puron ja ojan väillä. Käsittelyvaiheessa kuitenkin tutkin ja erotin muutamia ojiksi määriteltyjä kohteita, jotka olivat tarpeellisia kohteiden yhtenäisyyden kannalta. Samalla ojien prosessointi yhdessä muiden vesialuekohteiden kanssa haittaisi karttaesitystä ja tiedon käsittelyä. Näillä perusteilla ojien käsittely, vaikkakin kantakartassa se onkin merkitty osaksi vesistöjä, ei ole mielekästä vaan se vaatisi erillisen prosessin (kuva 28).

Tästä huolimatta ojakohteet, jotka ovat nyt muokatussa aineistossa tulleet tavalla tai toisella mukaan, ovat osana insinööriyössä olevaa projektia. Näitä kohteita yleensä ovat ne ojat, jotka on jäljennetty aiemmin MicroStationissa puro-luokkaan tai ne kohteet, jotka ovat topologisen yhtenäisyyden kannalta liitetty mukaan käsin alkuperäisestä aikaisemmissa kappaleissa mainitulla tavalla. Vesialueiden esittämisessä muussa kartta-aineistossa, kuten Vantaan karttapalvelussa, ojakohteiden alueellistaminen ei ole tarpeen kartan luettavuuden ja käytettävyyden kannalta.



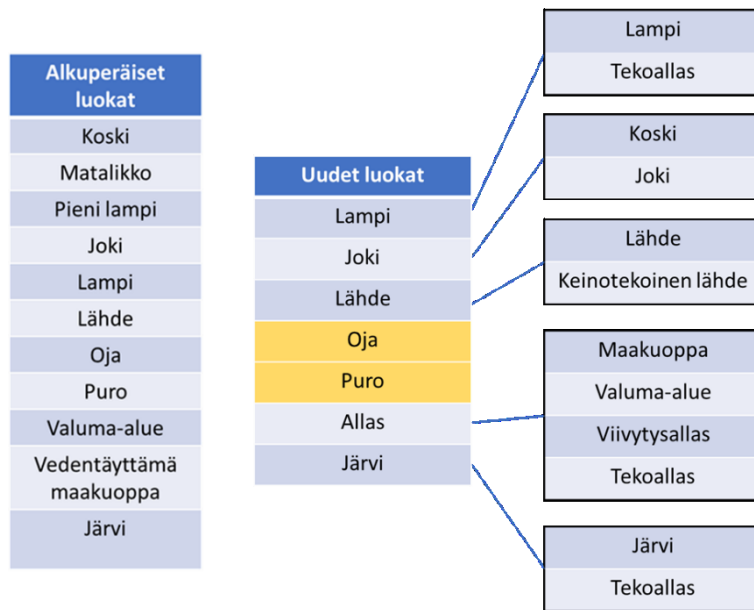
Kuva 28. Kantakarttakuva MicroStationissa kokoavasta purosta (vaaleanvihreä), mikä kerää oijien valumavettä Vantaanjokeen. Ylemmässä kuvassa on esityksestä piilotettu "Vesi-alue_oja"-nimetyt kohteet (vaalenasinisellä), jotka näkyvät alemmassa kuvassa.

6 Tiedon siirto ja tietomallin kehittäminen

Kun kohteet oli alueellistettu ja siirretty, seuraavaksi tuli tietomallin kehittäminen ja tietojen liittäminen aineistoon. Työ ei tullut tämän insinööriyön kirjoittamisen aikana lopullisesti valmiiksi, mutta suurin osa pohjatyöstä ja aineiston perusta oli jo koottuna.

Työ alkoi nykyisten MicroStation-kohteiden nimistön tutkimisella, jonka pohjalta suunniteltiin uudet arvot ja attribuutit kohteille uuteen aineistoon. Osa attribuuteista pystyttiin tuottamaan automaattisesti FME:n omilla muuntajilla ja muokkaamaan niitä tarpeen vaatiessa, osa taas irrotettiin kantakartta-aineistosta pistetietona.

6.1 Ominaisuustietojen luonti



Kuva 29. Alkuperäisten Stella Map -tasojen nimet Vantaan kaupungin vesialuekohteista vasemmanpuoleisessa listassa. Keskellä uudet luokkanimet ominaisuustietoihin tietomalliin ja niiden oikealla puolella mahdollinen aliluokka, jolla kuvataan tarkemmin yksittäistä kohdetta. Keltaisella värjättyillä kohteilla ei ole omia aliluokkia.

Kantakartasta kopioitiin FME-prosessilla Stella Map -tasojen käyttämät luokkanimet sekä symbolit vesialueille "Rantaviiva"-luokkaa lukuun ottamatta ja se muunnettiin pistetiedoksi shapefile-tiedostoon. Pisteet kohdeluokille muodostettiin viivatiedoista CenterpointExtractor-muuntajalla. Koska viivat olivat harvoin suoria, oli koko kohteen ulottuvuuden mukainen keskipiste geometrinen massakeskipiste. Siksi pisteiden vieminen aluekohteisiin kiinni on välttämätöntä AnchoredSnapper-muuntajalla, jotta spatiaalinen relaatio saadaan tehtyä.

Ominaisuustiedot lueteltiin prosessissa erilleen keskenään ja niille määritettiin uudet nimet kuvan 29 esittämällä tavalla. Osa nimistä siirtyi suoraan uuteen nimistöön, ja osa pistekohteista liitettiin osaksi muita jakamalla ne AttributeRenamer-muuntajien läpi, jolloin määritellylle lähteelle määritettiin uusi nimi. Jotkin kohdenimistä määritettiin ominaisuustiedoissa aliluokaksi. Niin sanotut aliluokat jätiin täydentämättä aineistoon vielä tässä vaiheessa, sillä niiden määrittäminen tulee tehdä paikkatiedon ylläpidossa. Luokkanimiksi määrittelin Kohdetyyppi ja Ominaisuus, joihin arvot sijoitetaan. Logiikkana luokkien jakamiseen kahteen osaan oli siinä, että kohteiden erilaisia osia ja

ominaisuuksia voitaisiin eritellä paremmin toisista samankaltaisista kohteista. Esimerkiksi ”tekoallas”-alaluokalla voidaan erottaa Silvolan tekojärvi muista Vantaan kaupungin järvistä.

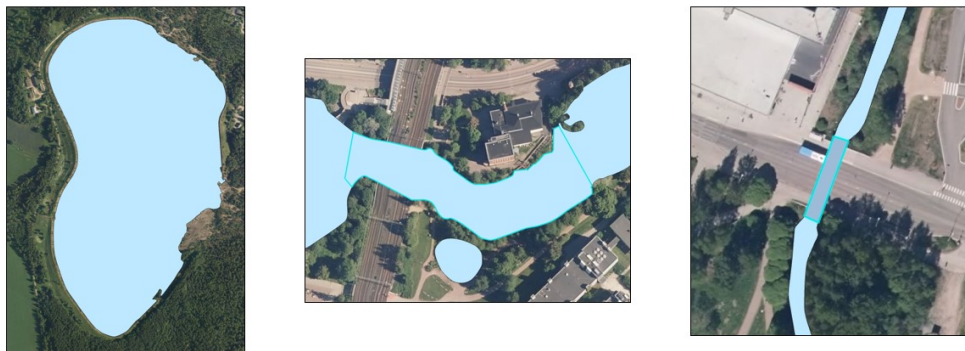
Luokkien yleinen määrittely suunniteltiin yhdessä ehdotusten pohjalta, jotta aineisto olisi mahdollisimman yksinkertainen ja sisällyttäisi vain ne tiedot, joita voidaan nopeasti luoda tai liittää aiemmista aineistoista. Tietomallin pohja luotiin excel-taulukolla kuvassa 30 näkyvällä tavalla, ideoimalla hyödyntämällä tietolähteiden omia arvoja ja vertaamalla sitä jo muihin MATTI-järjestelmässä oleviin aineistoihin.

6.1.1 Taulukkoon liitettävät tiedot

Suunnittelun ja karsinnan lopputuloksena päätettiin, että lopulliseen tietomalliin erisnimien ja kohteen ominaisuuksien lisäksi sisällytetään kustakin kohteesta korkeustieto, korkeimman ja matalimman pisteen korkeus ja niiden välinen ero, pinta-ala neliömetreissä sekä sen suhde maanpintaan, luvun 5.7.3 kuvaamalla tavalla. Kohteen yleinen korkeustieto määrittyy korkeimman kohdan mukaan, mutta tietoa käytetään lähinnä seisovan veden kuvaamiseen. Korkeuserolla kuvataan virtaavan veden kulkua.

Korkeus- ja pinta-aratiedot laskettiin FME:n omilla työkaluilla numeroarvoiksi, kun taas muut luokkien arvot määritettiin merkkijonoiksi. Näiden lisäksi viimeisimmän muokkauksen päivämäärä lisättiin aineistoon omassa luokassa, mikä onnistuu myös FME:ssä kirjoittamalla SQL-funktio.

Kohdetyyppi	Kohdeominaisuus	Vertikaalisuhde	Nimi suomeksi	Namn på svenska
Järvi	Tekoallas	maan päällä	Silvolan tekojärvi	Sillböle bassäng
Joki	Koski	maan päällä	Tikkurilankoski	Dickursbyfors
Puro	Puro	maan alla	Rekolanoja	Räckhalsbäcken

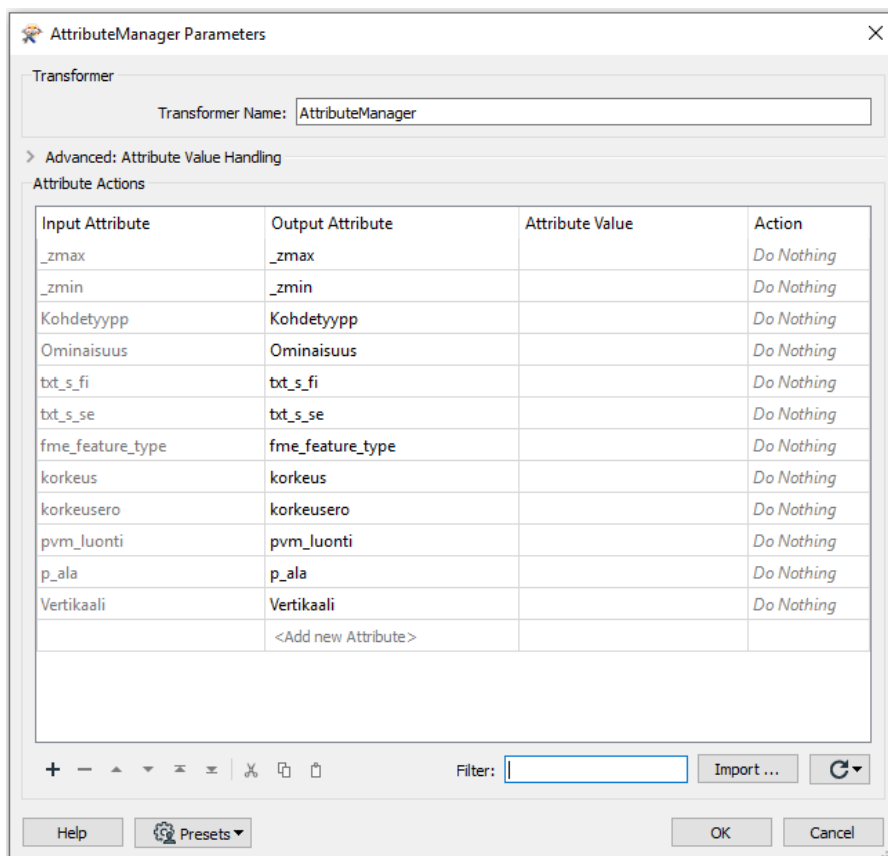


Kuva 30. Esimerkki tietomallista, siihen lisättävistä ominaisuustiedoista ja kolmesta kohteesta, joita esimerkissä kuvataan viidellä eri kohdeluokalla.

6.1.2 Ominaisuustietojen liittäminen ja määrittely

Kohteisiin liitettiin ominaisuustiedot pistearvoista spatiaalisella yhteenliittymällä. Ominaisuustietotaulu järjestettiin AttributeManager-muuntajalla ja SpatialJoin-muuntajalla jaettiin arvot sarakkeisiin. Nimiarvojen liittämisessä menetelmä toimi kohtuullisen hyvin, mutta kohdetyyppien ominaisuudet, kuten purot ja joet, vaihtelivat paikoin muutamissa isommissa kohteissa. Tämä sen vuoksi, koska yhteen aluekohteeseen oli liittynyt useampi erityyppinen piste, joista vain ensimmäinen kirjoitettiin tauluun (kuva 31).

Maanalaisille kohteille ei pistetietoa luotu, mutta niiden arvot muutettiin käyttämällä FME-prosessissa hyödyksi kohteiden naapuruutta kopioimalla viereisen kohteen arvoja, kuten nimen ja ominaisuuden. Vertikaalisuhteen arvoa ei luonnollisesti muutettu.



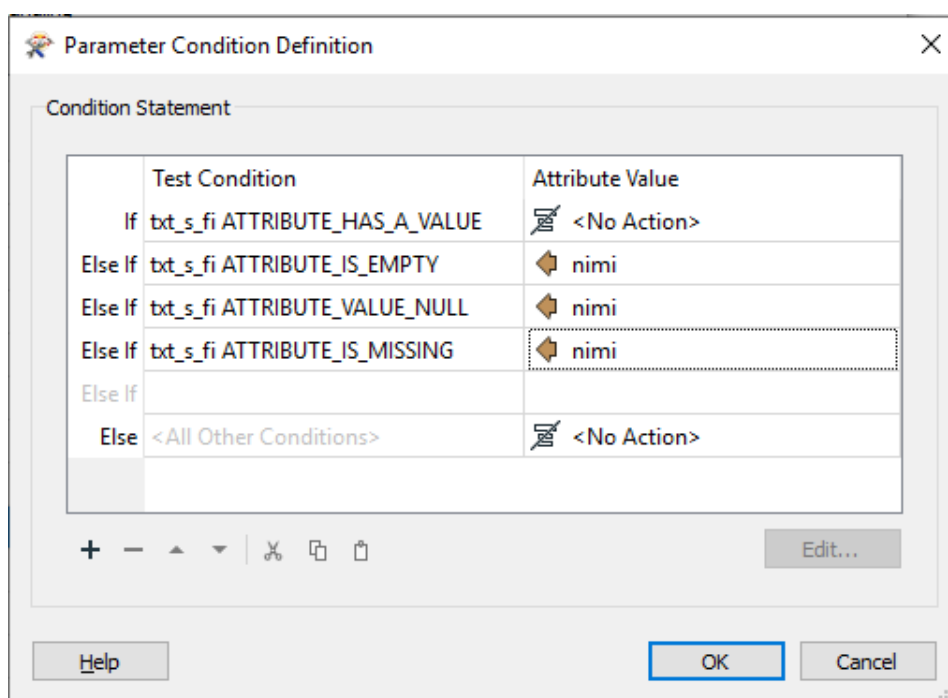
Kuva 31. AttributeManager-muuntajan asetusten muokkausnäkö. Attribute Value -sarakeeseen voidaan määrittää joko tietty vakioarvo tai johonkin sääntöön perustuva arvo tai arvot.

6.1.3 Erisnimet ja niiden liittäminen

Pyrin liittämään erisnimet paikoilleen spatiaalisella yhteenliittymällä tulostamalla kanta-kartasta vesistönimet, samalla tavalla kuin muutkin ominaisuustiedot. Se onnistui vain osittain, ja yhdeksi ongelmaksi muodostui se, että aineistossa sekä ruotsinkieliset että suomenkieliset nimet olivat erillisinä pistekohteina samassa aineistossa. Tiedostoissa olevassa fme_text_string-ominaisuustiedossa on myös kohteiden tyyppejä mukana erisnimien lisäksi, esimerkiksi "Valuma-alue", "lampi" tai vastaava. Käsin korjatessa ArcGis Prolla pystyin muokkaamaan kohteita ja nimeämään niitä uudelleen. Tämä työ ei kuitenkaan valmistunut täysin työn aikataulun puitteissa. Spatiaalisella liittämyksellä sain yhdistettyä nimet suoraan noin 220 kohteeseen.

Täydellisen aineiston luomiseen tarvitaan luultavammin käsin kirjoittamista ja arvojen syöttämistä tiettyjen sääntöjen mukaisesti. Tämä siitä syystä, että samaan dgn-tiedosto-luokkaan oli kirjoitettu sekä suomen- että ruotsinkielisiä nimiä. FME-sovelluksella ei voi tunnistaa tekstiarvon kieltä, jolla voitaisiin erotella kieliasut tai eri kielet toisistaan. Täytyy myös muistaa, että suurimmalla osalla kohteista ei ole omia erisnimiä, esimerkiksi golfkenttien vesiesteillä, täytetyillä maakuopilla tai hulevesien hallintaan tai imeytykseen käytettävillä vesialtailla. Lisäksi tekstikohteiden joukossa oli monia yleisnimiä ja lyhen- teitä karttakohteille, kuten "valuma-alue" tai "lpi". Nämä nimet korvattiin tyhjillä arvoilla suodattamalla AttributeFilter-muuntajalla vastaavanlaiset tekstiarvot ja asettamalla niille null-arvo.

Tietomallissa luokkien nimeksi annettiin suomen- ja ruotsinkielisille kohteille txt_s_fi ja txt_s_se kuvassa 32 näkyvällä tavalla. Jos kohteella ei ollut omaa erisnimeä, kohta jä- tettiin tyhjäksi.

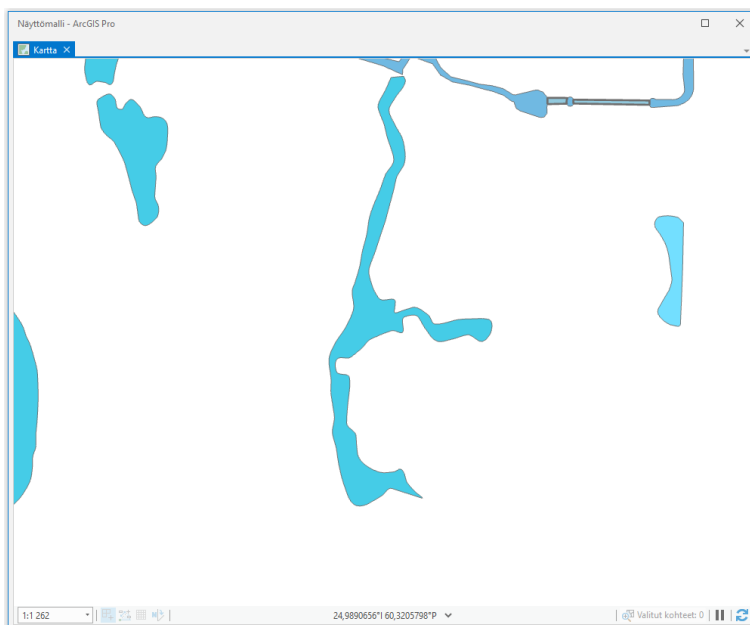


Kuva 32. Esimerkkiparametri erisnimien liittämistä suomenkielistä merkijonoa kuvaavaan attribuuttiin "txt_s_fi". Spatiaalisella liitännällä haettiin erillisistä pistetiedoista Vantaan kaupungin vesialueiden erisnimet. Jos kyseisellä kohteella on jo arvo, sitä ei muuteta liittämällä toista uudestaan.

6.2 File Geodatabasen luominen

Lopuksi kun sain aineiston kasattua ja muotoiltua tyydyttävälle tasolle, järjestin luodun aineiston uuteen geotietokantaan, jonka voi jakaa muille käyttäjille. Luomalla tyhjässä työtilassa uusi gdb-tiedosto, voidaan tietoa siirtää projektien välillä hyödyntämällä tietokantalinkkiä ja välittämällä tätä kautta paikkatietoaineistoa. Siirsin alkuperäisessä työtilassa luodut alueet uuteen tietokantaan käyttämällä ArcGisin geoprosessointityökaluja. [23] Samoilla työkaluilla pystyin tallentamaan myös layer-tiedoston työtilasta, johon tuli mukaan myös yhtäläinen symbolimuotoilu. Layer-karttatasotiedosto tallentaa työtilan ulko-osun ja siinä käytetyn symboliikan ja lähdetietojen tiedostopolun, millä voidaan helpommin jakaa vastaavanlainen työtila muiden käyttäjien kanssa. [24.]

Geotietokannan jakaminen eri töiden välillä auttaa tiedostojen jakamisessa. Koin sen luontevaksi menetelmäksi projektin taltiointiin. Myöhemmin työtä viimeistellään julkaisukuntoon ennen lähettämistä MATTI-järjestelmään julkaistavaksi. Layer-tiedostossa myös värjättiin vesialueet (kuva 33) niiden pääluokan sekä vertikaalisuhteen mukaisesti sinisen eri sävyillä, jotta käyttäjän olisi helpompi erottaa toisistaan erityyppiset vesistökohteet.

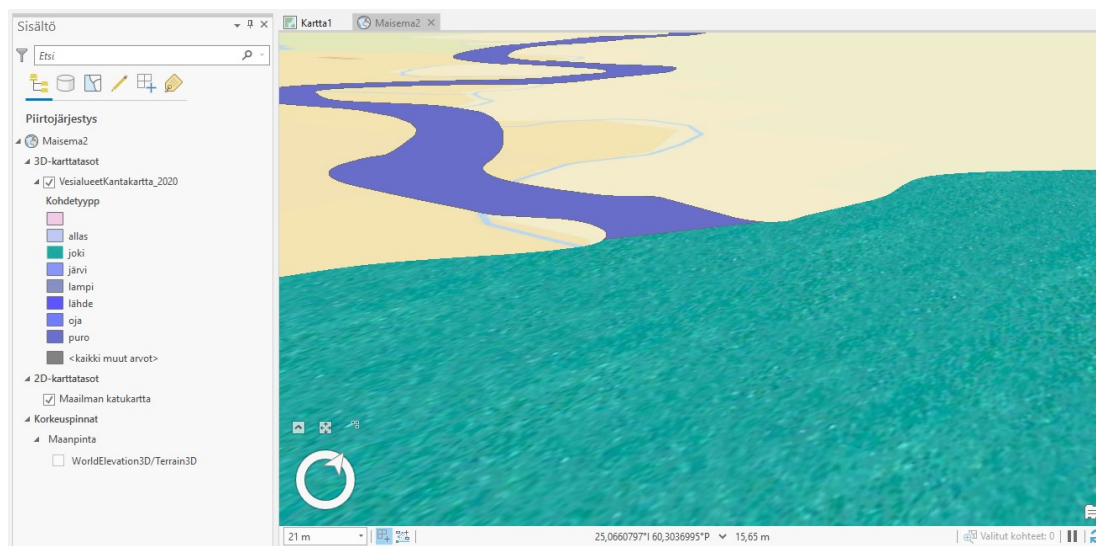


Kuva 33. Yksityiskohta paikkatietoaineistosta ArcGIS Prossa, jossa seisovan veden kohteet on kuvattu syaanilla, ja virtaavat purot on kuvattu harmaansinisellä. Maan alla kulkevien vesien kohteilla on paksummat, harmaat reunaviivat.

7 Paikkatiedon laaduntarkkailu ja ylläpito

File Geodatabasen koostamisen ja valmiin aineiston keräämisen jälkeen tuleva ylläpito ja laadunvalvonta tehdään tapauskohtaisesti käyttäjien toimesta, todennäköisimmin ArcGis Pro -ympäristössä. Aineiston ylläpidossa tullaan vastaisuudessa tekemään siten, että lisättävät ja muokattavat aineistot kirjoitetaan väliaikaisesti omaan tiedostoonsa ja käsitellään Feature Manipulation Enginellä. Pintamallinnuksessa yhtenäistämiseen käytetään samanlaisia menetelmiä, kuin on aiemmin ehdotettu, sillä erotuksella, että seisovan veden alueille kirjataan tietty korkeus valmiiksi. Yksittäisten, lisättävien ja korjattavien kohteiden pintamallinnuksessa voidaan hyödyntää karttalehtijakoa Lidar-aineiston käyttämisessä, koska se mahdollistaa yksilöllisemmän käsittelyn ja parametrit FME-prosesseissa.

Aineistoa kootessa löysin vielä paikoin pieniä purokohteita ja muutamia lampiin rinnastettavia kohteita (mm. maakuoppia ja golfkenttien vesiesteitä), joita oli jäänyt pois aineistosta tai kokonaan kartoittamatta. Aineiston viimeistelyä varten julkaisukuntoon tulee paikantaa nämä ja liittää ne mukaan korjattavan aineiston materiaaliin. Topologinen eheys varmistetaan (kuva 34) yhdistämällä kohteet yhteisistä kulmapisteistä, jotta vektorien välillä ei synny huomattavia eroja tai rakoja joko piirroksessa tai pintamallinnuksessa.



Kuva 34. ArcGis Pron kolmiulotteisen maiseman viistokuvakaappaus puron ja joen yhteenliittymästä. Topologinen yhtenäisyys tulee varmistaa myös kolmiulotteisesti. Taustakarttasteri on nollakorkeudessa pallopinnalla, vesialueet ovat suhteellisella korkeudella pinnasta z-arvojen mukaan.

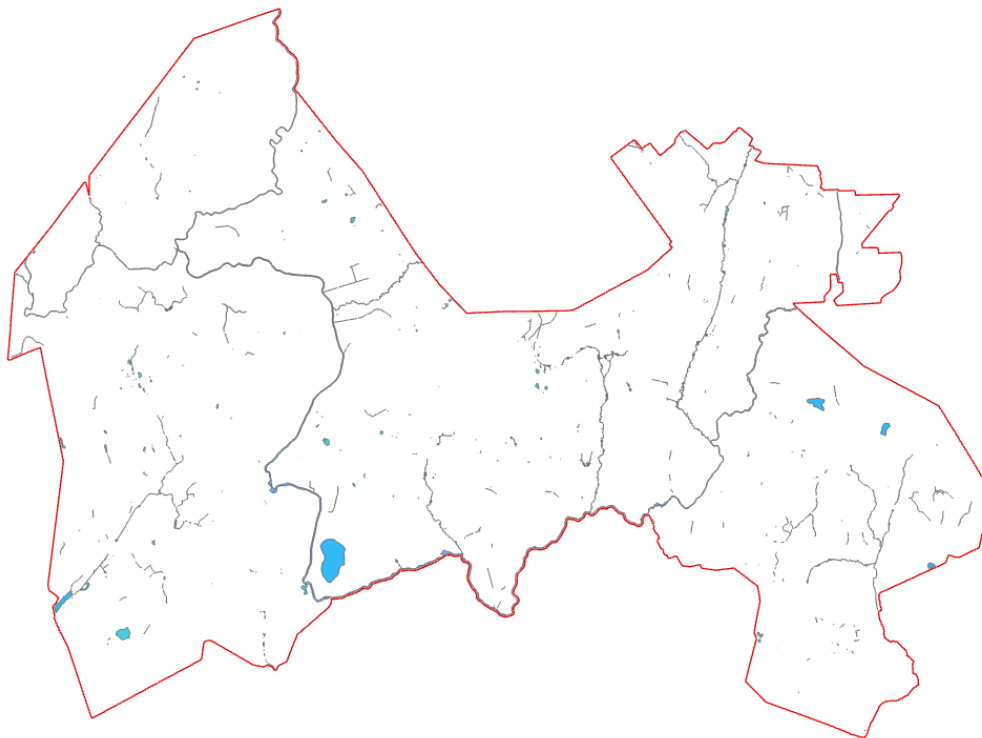
Lopullinen tallennuspaikka tulee olemaan Esri Finlandin ylläpitämä Geodatabase SQL Server, jonka pohjana toimii Microsoft SQLServer 2016. MATTI-palvelussa tietokannan tietoja poimii ja siirtää ArcGis Server palvelinsovellus, ja sen kautta myös ylläpidetään ja muokataan paikkatietoa työpöytäsovelluksilla. [25; 26.] Tällä tavoin voi useampi käyttäjä olla mukana viimeistelemässä projektia ja muokkaamassa aineistoa samaan tietokantalahteeseen.

8 Johtopäätökset

8.1 Kantakartan kohteiden muokattavuus ja nykytila

Yleisenä lopputuloksena voin todeta, että Vantaan kaupungin aineisto on kattava ja helposti muokattavissa tämäntyyppiseen käyttötarkoitukseen. FME-prosesseilla saatiin aikaan yhtenäinen ja mahdollisimman tarkasti pintamallinnettu aineisto vesialueista, jota voidaan jatkossa jalostaa ja hyödyntää kokonaisuutena verrattuna aikaisemmin rantaviivoina esitettyyn vastaavaan. Ylläpito ja parannus on mahdollista toteuttaa kokonaisuutena, ja aineistoa voidaan nyt käyttää myös kolmiulotteisissa kaupunkimalleissa. Resursseja tähän työhön on käytettävissä kohtuullisesti sekä sovellusten että lähtöaineistojen kannalta. Suurin työ nykyiselle aineistolle tulee luultavammin olemaan tietojen liittäminen ja yhdistäminen alkuperäisistä lähteistä.

Aineisto on nykytilassa melko lähellä kantakartan alkuperäistä aineistoa (kuva 35), mutta ylläpidossa tulee tarkastaa, vastaavatko kohteet välttämättä luonnossa olevaa tilaa (kuva 36). Esimerkiksi Vantaalla patorakenteiden purkaminen jokien varrella ja ojarumpujen asentaminen muokkaavat vesistöjen ulottuvuuksia, joten aineistoa tulee ajoittain muokata ja tarkastaa ilmakuvilla tai kartoituksilla. Kantakartta-aineiston alkuperäisen digitoinnin aikana on paikoittain tapahtunut muutoksia. Aineistossa on myös myöhemmin tehtävä päätös siitä, liitetäänkö matalikot ja enimmäkseen kuivana pysyttelevät alueet ja ojat osaksi aineistoa myöhemmin. Yleisesti voi olla hyödyllistä yhdistää ja supistaa yksittäisten ojaelementtien määrää ja harkita liitettäväksi ne ojat, jotka ovat liittyneenä muihin vesistökohteisiin.



Kuva 35. Alueellistetut Vantaan kaupungin vesialueet ArcGis Pro -näkyssä.



Kuva 36. Ilmakuva Pitkäjärvestä. Vesikasvillisuus ja osittainen vesistön umpeutuminen on tehnyt rantaviivasta epäselvän.

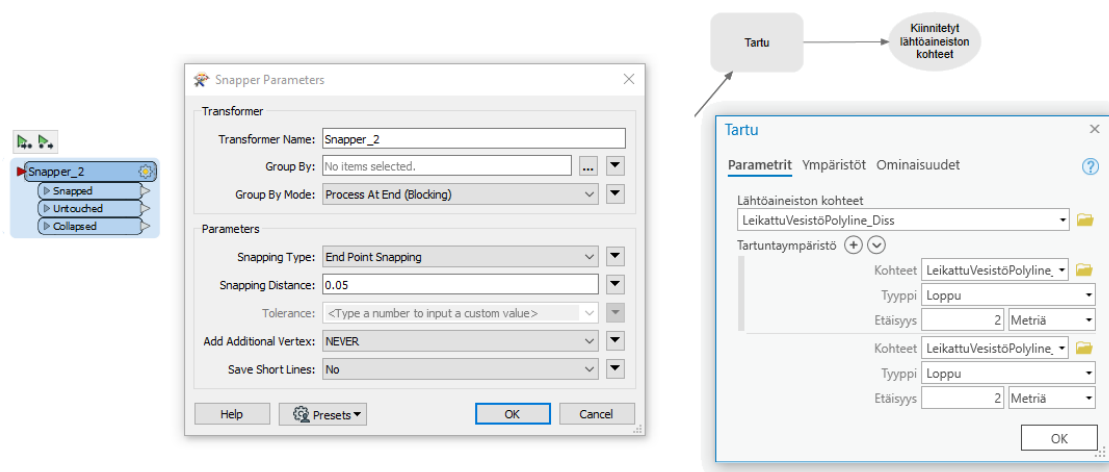
Vastaisuudessa kokemuksen pohjalta tulisi pintamallinnus tehdä karttalehtiäon mukaisesti kohdekohtaisesti, jotta pintamallinnuksen parametreja voidaan tarpeen tullen parantaa ja muokata kullekin kohteelle erikseen. Täten saataisiin helpommin ja nopeammin prosessoitua siistimpi pintamallinnettu aineisto. Nykyisen aineiston mallinnuksen korjaus tehdään, kuten aiemmin mainittu, tapauskohtaisesti.

Tuotteen julkaisussa tulee varmistaa, että aineisto on yhteensopiva ja kuvantuu oikealla tavalla kaupungin karttapalveluun, siten että karttatason muiden merkintöjen ja vesialueet asettuvat oikein keskenään. Kun luodaan kolmiulotteista kaupunkiympäristöä, täytyy varmistua siitä, että kohteet asettuvat oikein pintamalliin ja määrittelemällä tapa aineiston esitetykseen pintamallissa ja tutkia ristiriitaisuudet.

8.2 Feature Manipulation Enginen soveltuvuus ja ModelBuilderin käyttö

Feature Manipulation Engine on yleistyökaluna ollut toimiva aineistokorjauksessa, että muokkauksessa ja projektissa olennainen osa työn edistymistä. Automatisoiduilla työmallilla on saatu luotua yhtenäinen paikkatietomalli ja -aineisto mahdollisimman pienellä työmäärällä. Kuitenkin standardisoitujen prosessien luominen on osoittautunut haastavaksi, sillä lähtöaineiston suuren koon ja laadun määrittämät ongelmat vaihtelevat paljon. Yksi toimiva ratkaisu ei välttämättä suoraan toimi muissa aineistoissa, esimerkiksi rakennusten tai katualueiden tiedoissa, eikä automatisaation aiheuttamilta virheiltilä voida välttyä. Aineiston käsittelyssä on ajoittain jouduttu tekemään korjauksia, josta voidaan jatkaa seuraavalla, itsenäisellä prosessilla.

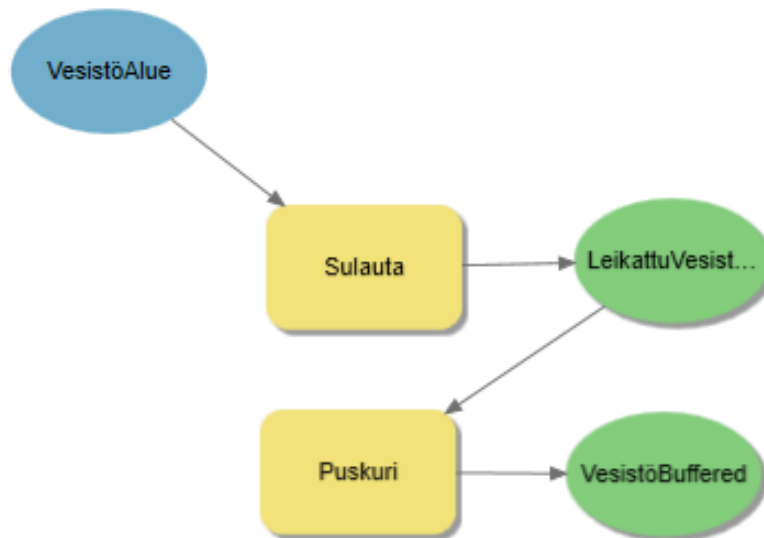
Koska aineistoa käytetään ja muokataan tulevaisuudessa enimmäkseen ArcGis -sovelluksella, on nopea katsaus sen omiin valmiuksiin tiedon käsittelyssä paikallaan. Geoprosessointityökaluissa on laaja valikoima erilaisia Python-koodilla ohjelmoituja toimintoja, jolla paikkatietoa voidaan muokata. Yhtenä ominaisuutena sovelluksessa voidaan käyttää FME-sovelluksen kaltaista ModelBuilder-työalustaa (kuva 37), jolla voidaan luoda omia työkaluja helposti visuaalisessa mallinnuspohjassa. Geoprosessointiin tarkoitettut työkalut voidaan täten liittää yhteiseen prosessikaavioon, jolla saadaan jaksotettua saman aineiston käsittelyyn vaadittavat vaiheet. Valmis tulosaineisto tallentuu vakiona työtilan omaan geotietokantaan ja ModelBuilderillä tuotettu malli tallennetaan työkalupaketina myöhempiä käyttöä varten työtilaan. [27.]



Kuva 37. Kuvakaappaus FME:n Snapper-muuntajasta ja ArcGisin Tartu-työkalusta ja niiden parametrituudusta. Näiden työkalujen toimintaperiaate keskenään on lähes identtinen.

Prosessien luominen ModelBuilder-työtilassa on periaatteessa samankaltainen kuin FME:llä. Toisin kuin FME, ModelBuilder on luotu prosessoimaan lähinnä spatiaalista tietoa yleisimmässä ArcGisn tunnistamissa tiedostomuodoissa. Geoprosessoinnin työkalujen avulla voidaan muokata joitakin kohteiden ominaisuuksia jaksoittain. Kokeilussani koin sen hyväksi työkaluksi, kun halusin tehdä pieniä analyysyjä aineistolla tai korjaamalla joitain attribuuttien tietoja. Kuitenkin suurempien työtilojen luominen, jota luotiin FME:llä, osoittautui hankalaksi. Käyttöliittymässä kohteiden suhteiden yhdistäminen ja tulosten jatkoprosessointi oli mielestäni epäselvää, ja monet työkalut, joita käytettiin alkuperäisessä projektissa, joko puuttuivat tai olivat lukittuna lisenssin takana. Ottaen huomioon työn laajuuden voi olla mahdollista, että ModelBuilder ei välttämättä riitä yksinään tietojen muokkaamiseen. Yksittäisiin työvaiheisiin se on turha, sillä samat geoprosessoinnin vaiheet voidaan suorittaa karttaesityksessä suoraan työkalujen avulla.

ModelBuilder soveltuu täten enemmänkin paikkatietoanalyysiin, joissa on tarvetta hyödyntää tietolähteitä kartan elementeistä kuvassa 38 esitettyyn tapaan. FME:n eduksi myös osoittautuvat laajemmat yhteisön luomat palvelut ja työkalut sekä tuki netin käyttäjäfoorumeilla. ModelBuilder-työtilaa voidaan kuitenkin hyödyntää jatkossa vesialueiden paikkatiedon korjaamisessa ja attribuuttien muokkaamisessa yksittäisissä tapauksissa. Sen tuomat mahdollisuudet tarvitsevat laajempaa tutkimista, kuin tässä insinööriyössä.



Kuva 38. Esimerkki työtilasta, joka on luotu ModelBuilderillä. Vesialueen rantaviivojen osat sulautetaan yhteen ja ne puskuroidaan. Sinisellä lähtöaineisto, keltaisella geoprosessointityökalut ja vihreällä edeltävän vaiheen tulostettu aineisto.

9 Yhteenveto

Insinööriyössä tavoitteena oli tutkia keinoa vesialueiden alueellistamiseen ja paikkatiedon luontiin sekä ylläpitoon. Työhön kuului myös tietomallin luonti ja alustava tietojen liittäminen ja luonti. Projektin aikana tutkittiin myös sitä, onko aineiston muokkaaminen näillä prosesseilla kannattavaa ja realistista käyttämällä kaupungin omia resursseja.

Työn alussa oli ilmeistä, että tietojen muokkaamisessa Feature Manipulation Engine on kaivattu sovellus, jos halutaan saada CAD-aineistoa muokattua paikkatietojärjestelmiin sopivalla tavalla ja tuottaa haluttuja pintamalleja. Tärkeimpinä tavoitteina oli tuottaa yhtenäinen topologinen esitys ja mahdollistaa yhdenmukainen vesialueiden kuvaus. Työn aikana päästiin vaiheittain lähemmäksi näitä tavoitteita yhdistelemällä ja kokeilemalla. Yksi haastavimmista vaiheista oli tarkan pintamallinnuksen suunnitteleminen, jolle käytettiin paljon aikaa tutkimuksessa kolmen eri menetelmän kokeilemisessä. Lopputuloksena koettiin pistepilvimallinnuksen olevan parhaiten totuutta kuvaava, mutta sopivien arvojen ja prosessien löytämisessä oli paljon hakemista.

Työn lopputulos on mielestäni oikein hyvä, ja olin yllättynyt, kuinka suoraviivaisesti, loppujen lopuksi, aineiston muokkaaminen toiseen tiedostomuotoon oli. Yrityksen ja erehdyksen kautta vähitellen selvisi oikea prosessi ja menetelmä, jolla saatiin alkuperäistä materiaalia vastaava lopputulos. Kuitenkin jouduin toteamaan, että täysin automatisoitu prosessi alusta loppuun oli epätodennäköistä saavuttaa, etenkin ilman virheitä prosesseissa. Standardisoitujen muokkaustyötilojen luominen vaatii tulevaisuudessa puhtaalta pöydältä suunnittelemista optimointia varten, etenkin kun halutaan siirtää dataa MicroStationin CAD-muotoon ArcGis Pron ympäristöstä. Toinen ratkaistava pulma on se, kuinka aineisto voidaan parhaiten esittää kolmiulotteisessa kaupunkimallissa oikeaoppisesti? Tähän ongelmaan en löytänyt yksinkertaista ratkaisua työn edetessä, minkä vuoksi päätin keskittyä aineiston yhtenäisyyteen ja tietomallin rakentamiseen.

Jatkovaiheessa työtä tullaan muokkaamaan ja kehittämään eteenpäin ennen ensimmäisten versioiden sisällyttämistä MATTI-järjestelmään ja julkaisemista. Näihin toimiin kuuluvat täydentävät lisäykset puuttuvista vesialueista, ojarummuissa kulkevista vesistä sekä virheiden paikkauksia. Tulevaisuudessa analyysejä ja tutkimuksia varten on mahdollista laajentaa tietomallia esimerkiksi lisäämällä merkintä veden virtaussuunnasta. Lisää kehityskohteita ilmenee varmasti sen jälkeen, kun aineisto esitetään muille kuntatekniikan ja kaupunkiympäristön osastoille tutkittavaksi.

Tässä insinöörityössä pystyin laajentamaan osaamistani ja ymmärtämään paremmin paikkatietoaineiston luomiseen tarvittavia työvaiheita. Paransin myös taitojani Feature Manipulation Engine -sovelluksen käytössä, joka on tärkeä työkalu paikkatietotekniikan ammattiosaamisessa. Tässä työssä oli mahdollisuus luoda uusi malli nykyaikaisesta kolmiulotteisesta karttatiedon esityksestä, joka voi hyvinkin olla ensimmäinen laatuaan Suomessa. Toivon, että tämä työ voi toimia esimerkkinä muille kaupungeille ja kunnille, jotka haluavat parantaa omaa vesistöjen paikkatietoaineistoa ja niiden esitystä. Käyttömahdollisuudet kaupunkisuunnittelussa ja aluetutkimuksissa ovat rajattomat.

Lähteet

- 1 Moisio, Jyri. 2016. Vantaan liikenneväylien keskilinjoiden vektorointi eri tarkoituksiin. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 2 Julkishallinnon suositus 160. Paikkatiedon laadunhallinta. Asiakirja. 2006.
- 3 Julkishallinnon suositus 162. Paikkatietojen mallintaminen tiedonsiirtoa varten. Asiakirja. 2007.
- 4 Avoimien aineistojen tiedostopalvelu. Verkkoaineisto. Maanmittauslaitos. <<https://tiedostopalvelu.maanmittauslaitos.fi/tp/kartta?lang=fi>>
- 5 Latauspalvelu LAPIO. Verkkoaineisto. Suomen Ympäristökeskus. <<https://paikkatieto.ymparisto.fi/lapio/latauspalvelu.html>>
- 6 Usean eri kaupungin ja kunnan maanmittaustoimi. Sähköpostikysely. 20.2.2020.
- 7 Örn, Ossi. Kaupunkimittausinsinööri. Vantaan kaupunki. Haastattelu. 6.3.2020.
- 8 Kuusisto, Terhi. asemakaava-arkkitehti. Vantaan kaupunki. Sähköpostikysely. 15.4.2020.
- 9 Olkkola, Anne. asemakaava-arkkitehti. Vantaan kaupunki. Sähköpostikysely. 16.4.2020.
- 10 Lampinen, Pekka. 2020. Vantaan kaupunkikartan julkaisu WMS-palveluna Geoserver-palvelinohjelman avulla. Insinööriyön esitystilaisuus. 11.5.2020.
- 11 Vantaan kaupunki luo parempaa elinympäristöä paikkatietopohjaisella järjestelmäkokonaisuudella. Yritysreferenssi. Esri Finland. <<https://www.esri.fi/fi-fi/tietoa-meista/referenssit/vantaan-kaupunki-luo-parempaa-elinymparistoa-paikkatietopohjaisella-jarjestelmakokonaisuudella>> Luettu 22.6.2020.
- 12 Vantaan kaupungin maankäytön prosessit uudelle aikakaudelle. 2019. Verkkoaineisto. Esri Finland. <<https://www.esri.fi/fi-fi/tietoa-meista/uutiset/vantaan-maankayton-prosessit-uudelle-aikakaudelle>> Luettu 22.2.2020.
- 13 Kaupunkimittauksen kehittämispäivä. Seminaarin luentokalvot. 20.1.2020.
- 14 ArcGis Pro – Uuden sukupolven paikkatietohjelmisto. Verkkoaineisto. Esri Finland. <<https://www.esri.fi/fi-fi/tuotteet/arcgis-pro/yleiskuvaus>> Luettu 4.3.2020.

- 15 ESRI Shapefile Technical Description – An ESRI White Paper. Heinäkuu 1998. Esri. Valkoinen kirja. <<https://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/shapefile.pdf>> Luettu 4.3.2020.
- 16 What is a file geodatabase? Verkkoaineisto. Esri. <<https://pro.arcgis.com/en/pro-app/help/data/geodatabases/manage-file-gdb/file-geodatabases.htm>> Luettu 6.3.2020.
- 17 FME Desktop – Ohjelmisto datan muuntamiseen ja integraatioon. Spatialworld. Verkkoaineisto. <<https://spatialworld.fi/fi/fme/fme-desktop/>> Luettu 1.6.2020.
- 18 Microstation – Advance Beyond CAD. Bentley Systems. Verkkoaineisto. <<https://www.bentley.com/en/products/product-line/modeling-and-visualization-software/microstation>> Luettu 1.6.2020.
- 19 Vantaan kaupunkimittauksen museotila. Kaupungin mittausosaston historiikin aikajana. 2018.
- 20 Gonzalez, Ruben; Marín, Carlos; Romero, Lorenzo; Martínez, Oscar. 2008. Design and Modeling to Generalized Linear Elements in a Vector Formatted Cartographic. International Journal of Advancements in Computing Technology 6, s. 96-108.
- 21 Kalso, Markus. Paikkatietoinsinööri. Vantaan kaupunki. Kehityskeskustelu. 19.2.2020.
- 22 Lindfors, Natalia; Örn, Ossi. Vantaan kaupunki. Palaveri. 25.3.2020.
- 23 Create a file geodatabase. Verkkoaineisto. Esri. <<https://pro.arcgis.com/en/pro-app/help/data/geodatabases/overview/create-a-file-geodatabase.htm>> Luettu 10.6.2020.
- 24 Saving layers and layer packages. Verkkoaineisto. Esri. <<https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/map/working-with-layers/saving-layers-and-layer-packages.htm>> Luettu 15.6.2020.
- 25 Örn, Ossi. Kaupunkimittausinsinööri. Vantaan kaupunki. Palaveri. 16.6.2020.
- 26 MATTI Järjestelmäarkkitehtuuri - Toteutusvaiheen kuvaus. 30.12.2019. Tekninen dokumentaatio. Esri Finland.
- 27 Saunders, Leah. Getting Started with ModelBuilder. 13.7.2011. Esri International User Conference, San Diego. Verkkoaineisto. <<https://www.youtube.com/watch?v=HToosBTfvcvA>> Katsottu 18.6.2020.