

Anton Silvo

# Tietomallisuunnittelun lähtötietojen jakaminen verkkorajapinnan avulla

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

17.4.2014

Tekijä Otsikko	Anton Silvo Tietomallisuunnittelun lähtötietojen jakaminen verkkorajapinnan avulla
Sivumäärä Aika	38 sivua + 1 liite 17.4.2014
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Infrarakentaminen
Ohjaajat	Projektipäällikkö Veli-Pekka Koskela Lehtori Mervi Toivonen
<p>Tämä opinnäytetyö tehtiin Ramboll Finland Oy:n toimeksiannosta.</p> <p>Tietomallinnus tekee tuloaan infrastruktuurin suunnitteluun, rakentamiseen ja ylläpitoon Suomessa. Nykytilanteessa suunnitteluun tarvittavien lähtötietojen siirtäminen tapahtuu tiedostopohjaisesti suunnittelijan aineistopyyntöjen perusteella, mikä on erityisesti suurissa hankkeissa työlästä eikä tue tietomallinnuksen tarjoamia mahdollisuuksia työprosessien kehittämiseksi. On olemassa verkkorajapintoja, joilla paikkatietoa voidaan siirtää suoraan tiedon haltijan tietokannasta asiakkaan ohjelmistoon, mahdollistaen aina ajantasaisen lähtötiedon käyttämisen.</p> <p>Työn tavoitteena oli tutkia Web Feature Service (WFS)- ja Web Map Service (WMS)-rajapintatekniikoita ja arvioida niiden soveltuvuutta suunnittelun lähtötietojen siirtämiseen. Erityishuomion kohteena olivat vesihuollon johtokartat, ja toisena tavoitteena oli laatia ehdotus Helsingin kaupungin Kaupunkimittausosastolle niiden julkaisemiseksi rajapinnan kautta. Tutkimusmenetelmä oli kirjallisuustutkimus sekä asiantuntijoiden haastattelut.</p> <p>Tulokset olivat kaksijakoiset. Johtokarttojen julkaisu verkkorajapinnalla vaatisi nk. sovelluskeeman laatimisen WFS-rajapinnan tiedonsiirtoon käyttämälle XML-pohjaiselle GML-kielelle (<i>Geography Markup Language</i>). Teknisiä haasteita merkittävämmäksi osoittautuivat vakiintuneet toimintatavat. Tietomallinnuksen tavoitetaan, integroituun tiedonhallintaan, on vielä matkaa, ja tiedonsiirron standardit sekä käytännöt ovat vielä kehitystilassa.</p>	
Avainsanat	tietomalli, lähtötieto, rajapinta, web feature service, WFS

Author Title	Anton Silvo Transfer of source information of information model based design via a web interface
Number of Pages Date	38 pages + 1 appendix 17 April 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil engineering
Specialisation option	Infrastructure engineering
Instructors	Project manager Veli-Pekka Koskela Lecturer Mervi Toivonen
<p>This thesis was commissioned by Ramboll Finland.</p> <p>Building information modeling (BIM) is gaining its first footholds in the process of designing, building and maintaining infrastructure in Finland. Nowadays the source information that forms the basis of the design process, is transferred as files detached from databases according to information requests from the designing engineer. This method is inefficient and labour-intensive, particularly in large projects, and is unsupportive of the work methods promoted by information modeling. Web-based interfaces exist for transferring geo-spatial data directly from the data owners' databases into the client application, allowing direct use of up-to-date source information.</p> <p>The goal of this thesis was to investigate the Web Feature Service (WFS) and Web Map Service (WMS) interfaces and assess their applicability to the transfer of specific types of infrastructure design source data, particularly pipe network maps. If this was proven to be feasible, another goal was to make a proposition to the City Survey Division of the Helsinki Real Estate Department on publishing the pipe network maps on a WFS interface. The methods used were literature review and interviews with related experts and officials of the City Survey Division.</p> <p>The results were twofold. Publishing pipe network maps in a useful format would require developing an application scheme for the Geography Markup Language (GML), an XML-based format supported by the WFS interface. A greater challenge than the technical ones turned out to be the current processes and practices, which are yet to develop into the integrated data management model of the BIM vision. Universal standards for data transfer are still in the development phase.</p>	
Keywords	source information, web feature service, WFS, interface

# Sisällys

## Käsitteet ja lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Työn taustaa	1
1.2	Tutkimusongelma, menetelmä ja tavoitteet	2
1.3	Tietomallisuunnittelu	3
1.3.1	Infrahankkeiden suunnitteluprosessi	3
1.3.2	Piirtopöydältä tietomallinnukseen	4
1.3.3	Tietomallinnus	4
1.3.4	Suunnitteluohjelmistot	5
1.3.5	Tiedonsiirto	6
1.3.6	Visualisointi	6
2	Suunnittelun lähtötiedot	7
2.1	Maastomalli	8
2.1.1	Pintamalli	8
2.1.2	Mittausmenetelmät	9
2.1.3	Maaperämalli	10
2.2	Rakenteet ja järjestelmät	10
2.2.1	Johtotiedot	11
2.2.2	Muut olemassa olevat rakenteet	12
2.3	Temaattiset aineistot ja viiteaineisto	12
2.4	Lähtötietomalli	13
2.4.1	Aineiston hankinta ja dokumentointi	14
2.4.2	Aineiston muokkaus	14
2.4.3	Lähtötilanteen mallinnus	15
2.4.4	Lähtötietomallin päivitys	15
2.4.5	Pisara-radon lähtötietomalli	16
2.5	Vaatimukset lähtötiedoille	17
2.5.1	Koordinaatisto	17
2.5.2	Formaatit	18
2.5.3	Lähtötietojen tarkkuus	18
2.6	Lähtötietokonsultti	19
3	Tiedonsiirto	20
3.1	Tiedonsiirron kehitys	20

3.1.1	Haasteet	20
3.1.2	Nykytila	21
3.1.3	Tavoitetila	21
3.1.4	INSPIRE-direktiivi ja KRYSP-hanke	22
3.2	Tiedonsiirtoformaatit	23
3.3	XML-formaatit	24
3.3.1	LandXML ja Inframodel	24
3.3.2	GML	25
3.3.3	KuntaGML	26
3.3.4	CityGML	26
4	Rajapinnat	28
4.1	Yleistä	28
4.2	Web Feature Service	28
4.3	Web Map Service	29
4.4	Julkaisu ja vastaanotto	29
4.5	Soveltuvat aineistot	30
4.6	Käyttösovellukset	31
4.7	Lähtötietopalvelin	31
4.7.1	Novapoint DCM	32
5	Yhteenveto	33
5.1	Johtopäätökset	33
5.2	Rajapintojen tulevaisuus	34
5.3	Loppusanat	35
	Lähteet	36
	Liitteet	
	Liite 1. WFS-rajapinnan käyttö AutoCAD Map 3D-ohjelmalla	

## Käsitteet ja lyhenteet

CityGML	GML-kielen sovellus kaupunkimallien kuvaamiseen
dgn	Bentleyn Microstation-ohjelman natiivi piirustusformaatti
dwg	Autodeskin AutoCAD-ohjelman natiivi piirustusformaatti
GIS	<i>Geographic Information System</i> , paikkatietojärjestelmä
GML	<i>Geography Markup Language</i> . XML-pohjainen kieli maantieteellisen paikkatiedon kuvaamiseen
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i> . Tiedonsiirtoformaatti rakennusten ja taitorakenteiden tietomalleille
Inframodel	Pohjoismainen sovellus LandXML-formaatista
KuntaGML	Kuntaliiton luoma GML-sovellus kantakarttojen ja kaavojen kuvaamiseen
LandXML	Pohjoisamerikkalainen infran tietomallien tiedonsiirtoformaatti
OGC	<i>Open Geospatial Consortium</i> . Kansainvälinen paikkatietoalan standardeja kehittävä yhteisö
WFS	<i>Web Feature Service</i> . Rajapinta vektorimuotoisen paikkatiedon siirtämiseen
WMS	<i>Web Map Service</i> . Rajapinta kuvamuotoisten karttojen siirtämiseen

# 1 Johdanto

## 1.1 Työn taustaa

Tämä insinööryö tehdään Ramboll Finland Oy:n toimeksiannosta. Ramboll Finland on tanskalaisen Ramboll Group-konsernin tytäryhtiö, jonka toimialoja ovat infrarakentamisen, talorakentamisen, ympäristöalan sekä yritysjohton konsultointipalvelut. Ramboll Finlandin liikevaihto vuonna 2012 oli 111 miljoona euroa ja se työllistää noin 1400 ihmistä Suomessa 21 toimipisteessä. Ramboll Group työllistää noin 10 000 henkilöä 21 maassa.

Infrarakentamisen hankkeiden suunnittelussa ollaan siirtymässä tietomallisuunnitteluun. Tietomallisuunnittelu on jo käytössä eräissä pilottihankkeissa sekä erityisesti Liikenneviraston suurissa väylähankkeissa. Tietomallisuunnittelussa eri tekniikkalajit luovat kuvamuotoisten suunnitelmien sijaan tietomalleja, jotka yhteen koottuna sisältävät kaikki hankkeen rakentamiseen ja elinkaareen liittyvät tiedot ja josta kukin toimija saa käyttöönsä tarvitsemansa tiedot haluamassaan muodossa. Suunnittelutyö alkaa lähtötietojen hankkimisesta. Lähtötietoja ovat esimerkiksi alueen pohjakartat, asemakaavat, maaperätiedot, sekä tiedot olemassa olevista rakenteista, kuten kunnallistekniikasta. Osa lähtötiedoista tuotetaan itse mittauksien avulla, ja osa saadaan käyttöön niitä hallinnoivalta taholta.

Lähtötietojen hallinnointi on merkittävä osa suunnitteluprojektin laadunhallintaa. Suurissa hankkeissa tiedot päivittyvät jatkuvasti, kun uutta tietoa saadaan mittauksista ja lähtötietoina toimivia suunnitelmia valmistuu. Kaikkien suunnittelijoiden pitäminen ajan tasalla muodostuu työlääksi. Olisi edullista, jos mahdollisimman monet lähtötiedoista olisivat saatavilla suoraan verkkopalvelimelta sen sijaan, että ne lähetetään erikseen suunnittelijalle, joka joutuu sitten huolehtimaan niiden jakamisesta ja oikeasta käytöstä.

Paikkatiedon jakamiseen on jo olemassa ns. rajapintateknologioita, joita voidaan käyttää suoraan suunnitteluohjelmien käyttöliittymästä. Näistä tärkeimmät ovat WMS- ja WFS-rajapinnat, jotka ovat standardoituja määrittelyjä paikkatiedon siirtämiseen kuva- (WMS) tai vektorimuodossa (WFS). Lisäksi suunnittelun lähtötietoaineistojen siirtämiseen on kehitetty palvelin pohjaisia ohjelmia ja järjestelmiä, joilla aineistoja voidaan ylläpitää ja jakaa käyttäjille.

Tiedonsiirrossa merkittävään osaan nousee tiedon tallennusformaatti. Suunnittelutyössä on käytetty suunnitteluohjelmistojen omia natiiviformaatteja, ja paikkatietoja on tallennettu omissa formaateissaan. Tietomallinnuksen ja ohjelmistojen välisen tiedonsiirron kehittyessä on syntynyt tarpeita yhteisille tiedonsiirtoformaateille, jotka ovat ohjelmistoriippumattomia ja sovellettavissa tiedon eri käyttötarkoituksiin paikkatiedosta suunnittelun kautta rakentamiseen ja ylläpitoon asti.

## 1.2 Tutkimusongelma, menetelmä ja tavoitteet

Tämän insinööriyön keskeisimpänä sisältönä on tutkia, onko suunnittelussa käytettävien lähtötietoaineistojen siirto mahdollista nykyisillä käytössä olevilla WMS- ja WFS-rajapinnoilla, jotka on kehitetty alun perin maantieteellisen paikkatiedon siirtämiseen. Työn kannalta on olennaista eritellä erilaiset lähtötietoaineistot ja niissä käytettävät tiedonsiirtoformaattit, jotta soveltuvuutta rajapintojen kanssa voi arvioida aineistokohtaisesti. Rajapintojen toiminnallisuutta kokeillaan käytännössä, ja rajapinnan käytöstä on laadittu käytännönläheinen selostus, joka on insinööriyöraportin liitteenä. Rajapintojen tutkimisen lisäksi työssä tarkastellaan lähtötietoaineistojen hallinnan kokonaisuutta tietomallipohjaisen suunnittelun näkökulmasta. Tähän kokonaisuuteen kuuluvat tietomallisuunnittelun lähtötiedoille asettamat vaatimukset, uudet tietomallien tiedonsiirtoformaattit sekä lähtötietojen hallintaan kehitetyt uudet ratkaisut, kuten palvelinperusteiset hallintajärjestelmät sekä lähtötietomallin kokoaminen.

Työn tutkimusmenetelmänä ovat kirjallisuustutkimus sekä asiantuntijoiden haastattelut. Tietoa on kerätty kirjallisuudesta, ohjeista, aiemmista opinnäytetöistä sekä erilaisista dokumenteista ja työtä varten on haastateltu ohjelmistotoimittajan sekä Helsingin kaupungin paikkatieto-osaston asiantuntijoita.



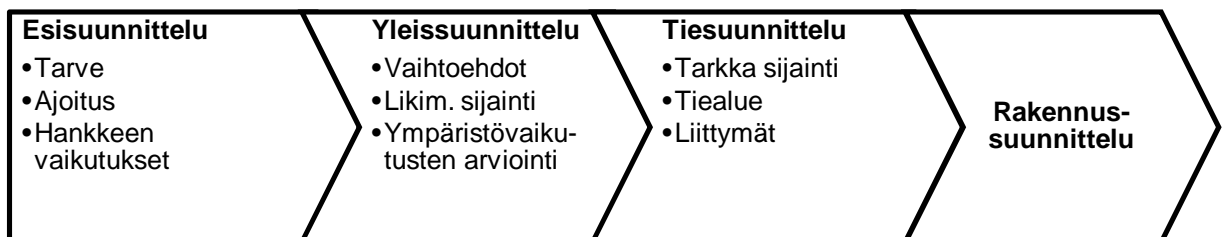
## 1.3 Tietomallisuunnittelu

### 1.3.1 Infrahankkeiden suunnitteluprosessi

Infrastruktuuria on yksinkertaistetusti sanottuna ihmisten, tavaroiden, energian ja tiedon liikkeen mahdollistavat rakenteet. Infrarakentamista sanotaan yleisesti myös maa- ja vesirakentamiseksi. Infrastruktuuria hallinnoivat pääasiassa julkiset tahot, joita ovat valtion viranomaiset, kuten Liikennevirasto, sekä kunnat, vesilaitokset ynnä muut julkisessa omistuksessa olevat yhteisöt. Infrastruktuuria voidaan luokitella esimerkiksi seuraavasti:

- Tiet, kadut ja niihin liittyvät pysäköinti ym. liikennerekenteet
- Radat
- Vesirakenteet
- Vesihuoltoverkostot
- Energiaverkostot
- Tietoliikenneverkostot
- Terminaalit, kuten satamat ja lentoasemat
- Maarakenteet, kaatopaikat ym.

Infrarakenteet voivat olla rakenteellisesti hyvin erilaisia, mutta niiden suunnitteluprosessi noudattaa pääpiirteittäin samoja periaatteita. Suunnittelu alkaa tarpeen selvittämisestä ja etenee vaiheittain yleissuunnittelusta yksityiskohtaiseen suunnitteluun ja lopulta rakennussuunnitteluun. Kuvassa 1 on esitetty tien suunnittelun vaiheet. Muiden väylähankkeiden, kuten ratojen ja vesiväylien suunnittelu noudattaa pääpiirteittäin samanlaista vaiheistusta, vaikka vaiheita nimitetään eri nimillä ja ne sisältävät hieman eri asioita. Katujen suunnittelu on suoraviivaisempaa, ja siinä tehdään katusuunnitelma asemakaavan sekä liikennesuunnitelman pohjalta, jonka jälkeen siirrytään rakennussuunnitteluun. [1, s.10-19.]



Kuvio 1. Tiehankkeen suunnitteluvaiheet [1, s. 12-13.]

Suunnittelu on vaiheittain tarkentuvaa. Infrasuunnittelulle on ominaista, että sekä lähtötietojen että suunnitelmien tarkkuus kasvavat työn edetessä. Edellisessä vaiheessa tarkentuneet lähtötiedot ja suunnitelmat toimivat seuraavan vaiheen lähtökohtana. Infrasuunnittelulle on tyypillistä myös monialaisuus. Hankkeeseen osallistuu tyypillisesti useiden tekniikkalajien suunnittelijoita, jotka toimivat hankkeen pääkonsultin projektinjohton alaisena. Tiehankkeeseen voi liittyä tieteknisen suunnittelun lisäksi esimerkiksi geoteknistä suunnittelua sekä silta-, valaistus- ja maisemasuunnittelua. Projektinjohto kuuluu yleensä hankkeen pääasialliseen tekniikkalajiin. Tietotekniikkaa käytetään koko prosessin ajan, mutta käsiteltävät aineistot ja käytettävät ohjelmistot vaihtelevat. Suunnitteluvaiheen alkuvaiheessa käyttö painottuu lähtötilanteen sekä paikkatietojen analysointiin, ja suunnittelun edetessä siirrytään kohteen mallintamiseen sekä dokumenttien tuottamiseen. [1, s. 10-11, 19-20.]

### 1.3.2 Piirtopöydältä tietomallinnukseen

Tietotekniikkaa on käytetty infrahankkeiden suunnittelussa jo vuosikymmeniä. Aluksi tietokoneita käytettiin erilaisten laskentojen suorittamiseen. Suunnitelmat tehtiin piirtämällä käsin paperille tai muovikalvolle, ja myös suunnittelun lähtötietoja käsiteltiin paperilla. Tietokoneiden kehittyminen 1980-luvulla johti tietotekniikan käytön lisääntymiseen ja erilaisia suunnittelun apuohjelmia kehitettiin enemmän. 1990-luvulla tietokoneiden käyttö oli vakiintunutta, ja suunnittelutyössä alettiin siirtyä tietokoneavusteiseen suunnitteluun eli CAD-suunnitteluun, jossa suunnitelmadokumentteja tuotetaan piirustusohjelmien avulla. Suunnittelu ei kuitenkaan ollut ”älykäästä”, vaan tuotetut dokumentit olivat pelkkiä geometrisistä objekteista koostuvia kuvantoja suunnittelukohteesta. Tietoteknologian voimakas kehitys 2000-luvulla on johtanut tietomallipohjaisten suunnitteluohjelmistojen kehittymiseen ja yleistymiseen. [1, s. 24-26.]

### 1.3.3 Tietomallinnus

Tietomallinnus tunnetaan myös käsitteillä tuotetietomallinnus sekä BIM, *Building Information Modeling*. Tietomalli sisältää suunniteltavan kohteen geometriatietojen lisäksi objekteihin liitettyä ominaisuus- eli metatietoa. Ominaisuustieto voi sisältää tietoja kohteen tyypistä, merkityksestä, rakenteellisista ominaisuuksista ja muista tiedoista, kuten suunnittelijasta ja rakentajasta. Tietomallissa suunnittelukohteen tiedot keskitetään

yhteen kokonaisuuden kattavaan malliin, josta voidaan ohjelmistoilla tuottaa tarvittuja dokumentteja, laskentoja ja simulaatioita. Tietomallipohjaisissa ohjelmistoissa erilaiset mallinnus-, piirto- laskentatoiminnot yhdistyvät kokonaisuudeksi, jota voidaan käyttää koko suunnitteluprosessin ajan. Tietomallisuunnittelu mahdollistaa kokonaisuuden hallinnan ja muutosten tekemisen suunnitelmiin nopeasti ja helposti. [1, s. 27]

Tietomallien käyttö on laajentumassa suunnittelutoimistosta koko hankkeen elinkaareen. Rakentamisessa ollaan ottamassa käyttöön koneohjaus- ja automaatiojärjestelmiä, jotka mahdollistavat rakentamisen suoraan tietomallin perusteella ilman paperisia dokumentteja, mikä kasvattaa työn tarkkuutta ja tehokkuutta. Rakennetusta kohteesta tehdään toteumamalli, jota voidaan hyödyntää kohteen ylläpidossa sekä tulevien korjausten suunnittelussa. [2, s. 13.]

Infrahankkeiden tietomallinnusta on Suomessa kehitetty Infra FINBIM -työpaketissa, joka kuuluu rakennetun ympäristön tietomallinnusta kehittävään PRE-ohjelmaan (*built environment process re-engineering*). Ohjelman on käynnistänyt rakennetun ympäristön strategisen huippuosaamisen keskittymä RYM Oy. Infra FINBIM -hankkeen tavoitteina on ollut edistää tietomallintamisen käyttöönottoa ja kehittää ohjeistusta tietomallintamisen käytäntöjen yhtenäistämiseksi. Työpaketin tuloksina on luotu InfraBIM-sanasto ja -nimikkeistö sekä Inframodel 3 -tiedonsiirtoformaatti. InfraBIM-sanastoon on koottu infrarakentamisen tietotekniikkaan liittyvää käsitteistöä ja termejä. InfraBIM-nimikkeistön tarkoituksena on vakioda infrarakenteiden ja inframallien nimeämis- ja numerointikäytännöt Infra2006-nimikkeistöön pohjautuen. Inframodel 3 on LandXML-tiedonsiirtoformaattiin perustuva tietomalliformaatti, joka on sovellettu pohjoismaiseen tietomallinnuskäyttöön. Inframodelia käsitellään kohdassa 3.3.1. [18.]

#### 1.3.4 Suunnitteluohjelmistot

Suunnitteluohjelmistoja on saatavilla useilta ohjelmistoyrityksiltä erilaisiin tarkoituksiin. Ohjelmat voidaan karkeasti jakaa piirto-ohjelmiin ja tietomallipohjaisiin suunnitteluohjelmiin, mutta jako ei ole yksiselitteinen. Piirto-ohjelmista kaksi yleisimmin käytössä olevaa ovat amerikkalaiset Autodeskin AutoCAD sekä Bentleyyn Microstation, joista jompikumpi on käytössä lähes kaikissa yrityksissä sekä julkishallinnon yksiköissä. Niiden perusversiossa on monipuoliset piirtotyökalut, ja monet suunnitteluohjelmistot toimivat niiden perustalla käyttäen samaa graafista käyttöliittymää. Suunnitteluohjelmissa on piirustustoimintojen lisäksi työkaluja erilaisten infrarakenteiden suunnitteluun ja mal-

lintamiseen. Ohjelmistoille on tyypillistä modulaarisuus eli se, että eri tekniikkalajeille on eri toiminnallisuuksia sisältäviä ohjelmamoduuleja, joita voidaan ottaa käyttöön tarpeen mukaan. Esimerkiksi tiensuunnitteluun, vesihuollon suunnitteluun sekä kunnallisen paikkatiedon ja kaavojen laadintaan on omat räätälöidyt moduulinsa. Suomessa yleisiä tietomallinnusohjelmia ovat muun muassa Autodeskin AutoCAD Map 3D sekä Civil 3D, Vianovan Novapoint-tuoteperhe, CityCAD sekä Tekla Civil. Ohjelmistojen käytettävyyttä Suomessa määrittelee suomalaisten ja eurooppalaisten suunnittelunormien ja standardien sekä tulostuksessa käytettävien ulkoasumäärittelyjen sisältyminen ohjelmiin. [1, s. 28-31.]

### 1.3.5 Tiedonsiirto

Tiedonsiirrolla tarkoitetaan suunnitteluun käytettävien tietojen sekä suunnittelutyön tuloksena syntyvän tiedon siirtoa hankkeen eri osapuolten ja vaiheiden välillä. Perinteinen tiedonsiirron menetelmä on suunnitelmatulosteiden toimittaminen, mutta se ei palvele nykyaikaista suunnittelu- ja rakentamisprosessia hyvin. Suunnitteluohjelmistojen yleistyminen on tuonut mukanaan suuren määrän ohjelmille ominaisia ns. natiiviformaatteja, jotka eivät yleensä ole luettavissa muilla ohjelmilla. Aiemmillä yhteisillä formateilla geometriatiedon siirtäminen on onnistunut, mutta tietomallinnuksessa keskeisten objektien ominaisuustiedon siirto on ollut vaikeaa. Tämän lisäksi käytännöt tiedonsiirrossa ovat vaihdelleet tilaajasta ja suunnittelijasta riippuen. Paperisiin suunnitelmiin on edelleen jouduttu turvautumaan. Nämä lähtökohdat ovat luoneet tiedonsiirtoon haasteen, johon vastaaminen on ollut olennainen osa tietomallinnuksen kehitystä. Suomessa työn keskeisimpiä tuloksia on avoimen Inframodel-tietomalliformaatin käyttöönotto sekä tiedonsiirron pelisääntöjen luominen. Tiedonsiirtoa käsitellään työn luvussa 3. [1, s. 45-46.]

### 1.3.6 Visualisointi

Visualisointi on suunnitelmien ja tietomallien esittämistä havainnollisessa ja helposti ymmärrettävässä muodossa. Tietomalli mielletään usein kolmiulotteiseksi virtuaalimalliksi kohteesta, mutta tietomallilla tarkoitetaan koko rakenteen digitaalista tietokokonaisuutta, ja kauniin näköisessä mallissa on kyse visualisoinnista. Suunnittelutyötä ei pääsääntöisesti tehdä visuaalisessa muodossa, vaan suunnitteluohjelman käyttöliittymä muistuttaa yleensä perinteisen piirto-ohjelman näkymää. Suunnitteluohjelmissa on

yleensä sisäänrakennetut työkalut visualisointien luomiseksi. Visualisointia voidaan käyttää infrahankkeiden esittelyyn hankkeen eri osapuolille, joista kaikki eivät osaa tulkita teknisiä piirustuksia. Visualisoinnit ovat usein kauniita ja havainnollisia ja auttavat esimerkiksi päättäjiä ja kuntalaisia ymmärtämään, mistä hankkeessa on kyse, mikä on ratkaisevaa onnistuneen kommunikoinnin kannalta. Visualisointia voidaan käyttää myös esimerkiksi valaistuksen ja maisemoinnin suunnitteluun. [1, s. 68-80.]

## 2 Suunnittelun lähtötiedot

Lähtötiedot muodostavat perustan suunnittelutyölle. Niiden tarkoituksena on tuottaa riittävän kattava kuva suunnittelualueen nykytilasta. Suunnittelija toimii ratkaisuja tehdessään lähes ainoastaan lähtöaineistonsa varassa, joten ajantasaisten, kattavien ja tarkkojen lähtötietojen kerääminen on suunnittelutyön tärkeä työvaihe, joka mahdollistaa laadukkaiden suunnitelmien tekemisen. Kuitenkin infrasuunnittelulle on ominaista lähtötietoihin liittyvät epävarmuustekijät ja lähtötietoaineiston tarkentuminen suunnitteluvaiheiden aikana tehtävien tutkimusten ja suunnitelmien kautta. Lähtötiedot siis päivittyvät jatkuvasti ja edellisen suunnitteluvaiheen suunnitelmat muodostavat osan seuraavan vaiheen lähtötiedoista. Osa lähtöaineistoista on rekisteritietoa tai paikkatietoaineistoa, joka saadaan niiden haltijalta. Osa on itse tuotettua tarkentavaa mittaus tietoa. Lähtöaineistoa ovat myös erilaiset viiteaineistot, kuten selvitykset ja suunnitelmat. [1, s. 32.]

Suunnittelun lähtötietoja ovat esimerkiksi:

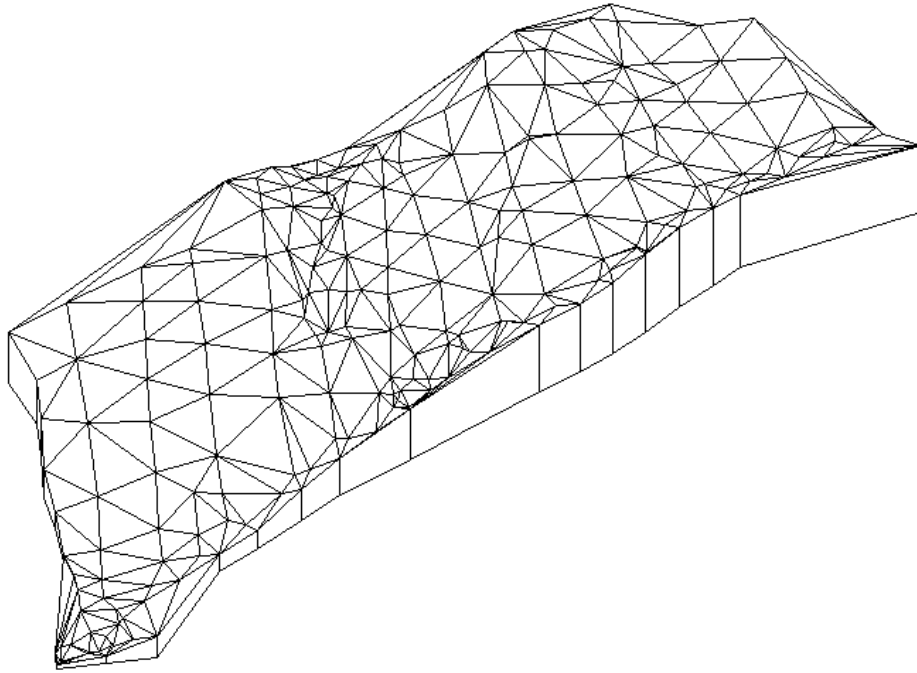
- maastomalli
- maaperä- ja pohjatutkimustiedot
- johtokartat
- pohjakartta
- kaava-aineistot
- ilmakuvat
- mittausaineistot. [1, s. 22.]

## 2.1 Maastomalli

Maastomalli sisältää digitaalisessa muodossa tiedot suunnittelualueen maastonmuodoista ja muista ominaisuuksista. Se voi sisältää lisäksi tietoja esimerkiksi väylistä, rakenteista, rakennuksista ja teknisistä järjestelmistä. Yleinen termi maastomallille on *Digital Terrain Model*, DTM. Yksinkertaisimmillaan maastomalli koostuu pelkästä maanpinnan korkeusmallista. Sitä voidaan täydentää maalajikerrosten ja kalliopinnan malleilla, väylien, verkostojen ja rakenteiden malleilla sekä ilmakuvilla. Maastomalli ei ole sinänsä kolmiulotteinen "virtuaalitodellisuus" vaan piste- ja ominaisuustietoa sisältävä tietokanta, mutta siitä voidaan suunnitteluohjelmilla luoda kolmiulotteisia visualisointeja.

### 2.1.1 Pintamalli

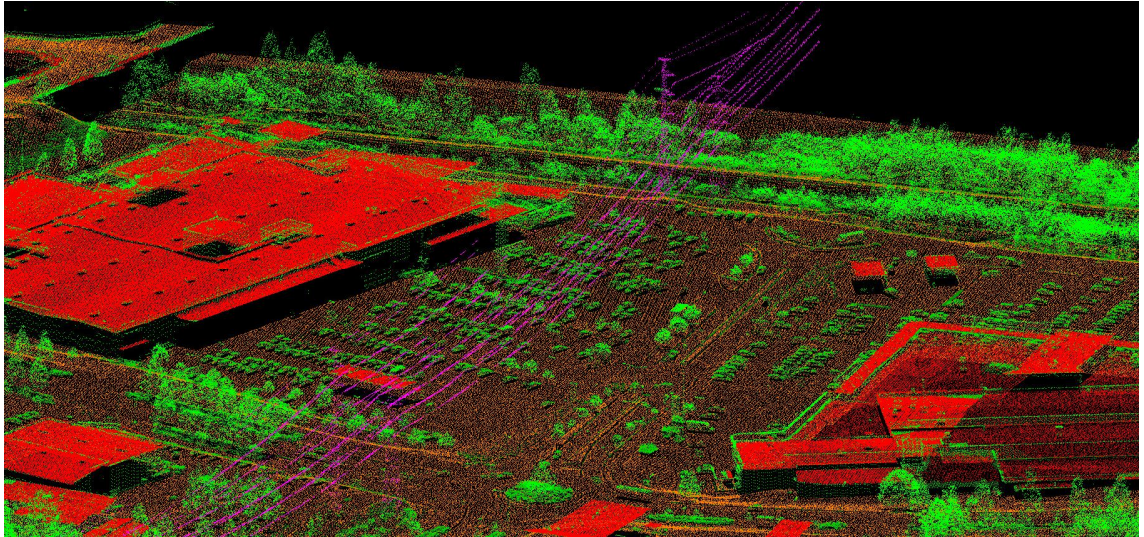
Pintamalli on maastomallin osa, joka kuvaa maanpinnan korkeutta. Vain korkeustietoa sisältävästä maastomallista käytetään myös nimitystä korkeusmalli. Pintamalli perustuu usein valmiiseen korkeusaineistoon, joita löytyy muiden muassa Maanmittauslaitoksesta sekä kuntien paikkatieto-osastoilta. [1, s. 32-33.] Pintamalli voidaan myös luoda maanpinnan mittaustiedoista. Mittaamalla tuotettu pisteaineisto on käsiteltävä ja muokattava, jotta siitä voidaan tehdä pintamalli. Esimerkiksi laserkeilauksen tuottamia miljoonia pisteitä ei ole järkevää käyttää malliin suoraan, vaan niistä valitaan halutun tyyppiset pisteet ja aineistoa supistetaan interpoloimalla korkeuspisteitä halutuin välimatkoin. Yleensä riittävä pistetiheys on kolme metriä. [2, s. 20.] Korkeuspisteistä muodostetaan maanpintaa kuvaava kolmioverkko (kuva 1), jossa pinta koostuu korkeuspisteitä yhdistävien viivojen muodostamista kolmiosta. Kolmioverkon luonti tapahtuu suunnitteluohjelmistolla annettujen parametrien mukaan. Pisteaineistosta voidaan osoittaa taiteviivoja esimerkiksi teiden reuna- ja keskilinjolle kolmioinnin ohjaamiseksi. Kolmioverkon erikoistapaus on rasterimalli, jossa korkeuspisteet muodostavat tasavälisen ruudukon. [1, s. 38-39.]



Kuva 1. Yksinkertainen kolmioverkkopinta

### 2.1.2 Mittausmenetelmät

Maastomallin luomiseksi ja täydentämiseksi voidaan tehdä mittauksia. Yleisiä mittausmenetelmiä ovat laserkeilaus sekä perinteinen maastokartoitus. Laserkeilauksessa laitteistolla mitataan automaattisesti suuri määrä pisteitä. Pisteaineistoa käsittelemällä voidaan muodostaa tarkka ja kattava pintamalli sekä rakenteiden malleja (kuva 2). Keilaus voidaan tehdä maan pinnalta tai lentokoneesta. [1, s. 33.] Viime aikoina on kokeiltu myös pienten lennokkien, kuten ns. nelikopterien, käyttöä laserkeilauksessa varsin hyvin tuloksin [15]. Perinteinen mittaus eli maastokartoitus tapahtuu takymetrillä tai GPS-laitteella. Menetelmä on varsin työläs, mutta sillä saadaan tarkkaa tietoa erikoiskohteista, kuten reunalinjoista, kaivoista ynnä muista rakenteista. Pistemittauksen ja laserkeilauksen yhdistelmällä saadaan luotua tarkka maastomalli. [1, s. 34.]



Kuva 2. Laserkeilausaineisto, jossa pisteiden värit ilmaisevat kohdeluokituksen

### 2.1.3 Maaperämalli

Maastomalliin voidaan luoda maaperätiedoista pintamallit maalajikerrosten rajoille sekä kallion pinnalle hyvin samaan tapaan kuin korkeusmalli. Maaperämallien luomisessa voidaan käyttää maaperäkartoja, pohjatutkimuksia ja muita tutkimuksia. Maaperämallien luomisessa haasteena on tutkimuspisteiden, kuten kairausten, vähäinen määrä ja vaihteleva peittävyys. Pisteistä suoraan luotavien kolmioverkkojen tarkkuus onkin varsin suuripiirteinen, mikä luo epävarmuutta erityisesti massamäärien laskentaan. Harvoista kairauspisteistä ei kannata luoda kolmioverkkoa, vaan sisällyttää tiedot maastomalliin pistemäisinä [4, s.39]. Usein maaperämalleja päivitetään työmaalta saatavien mittausten ja havaintojen perusteella [1, s. 38].

## 2.2 Rakenteet ja järjestelmät

Maastomallin tarkentamiseksi siihen voidaan liittää malleja eri rakenteista ja järjestelmistä. Mallinnettavat rakenteet voivat olla tyypiltään olemassa olevia tai suunniteltuja. Yleisiä infrasuunnittelussa hyödynnettäviä malleja ovat väylämallit, kunnallistekniikan verkostomallit sekä taitorakenteiden kuten siltojen ja tunnelien mallit. Myös ympäröivät rakennukset tai kasvillisuutta voidaan mallintaa, varsinkin jos tarkoituksena on tuottaa havainnollisia visualisaatioita. Mallinnettavat kohteet voidaan yleensä kuvata pistemäisinä, viivamaisina tai aluemaisina. Pistemäisiä kohteita voivat olla esimerkiksi kaivot,



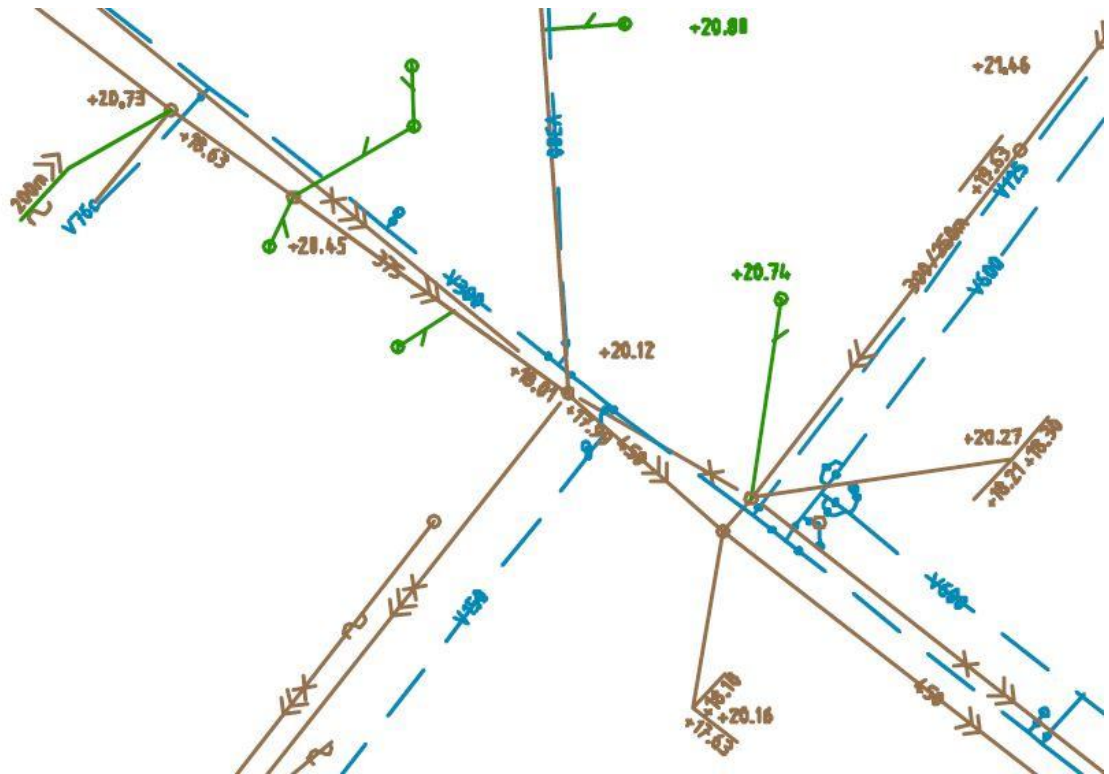
liikennemerkkit ja muut varusteet. Viivamaisia kohteita ovat muun muassa teiden geometriat sekä maanalaiset johdot. [1, s. 43-44.]

### 2.2.1 Johtotiedot

Johtotiedot ovat infrahankkeiden suunnittelussa olennainen lähtötieto. Erityisen tärkeässä osassa ne ovat katujen, vesihuollon ja muun kunnallistekniikan suunnittelussa, sillä kaupunkialueilla maan alla on yleensä runsaasti olemassa olevia johtoja ja rakennettavat järjestelmät liittyvät yleensä jossain kohdassa olemassa oleviin.

Johtojen sijaintitiedot on kuvattu johtokartoissa, joissa johdot on kuvattu viivoin ja kaivot sekä varusteet erilaisin symbolein. Johtokartasta käy ilmi ainakin verkoston osien sijainti tasossa. Kartoissa olevan korkeustiedon määrä vaihtelee, mutta yleensä ainakin viettoviemäreiden vesijuoksujen korkeudet sekä kaivojen kansien korkeudet on merkitty karttoihin. Vesijohdoista, paineviemäreistä ja kaapeleista pitäisi nykykäytännön mukaan löytyä taitekohtien korkeustiedot, mutta tiedot ovat usein puutteellisia. Tällöin joudutaan tekemään oletuksia johtojen syvyydestä maanpinnan suhteen. Esimerkiksi vesijohdon voidaan olettaa kulkevan kahden metrin syvyydessä ja kaukolämmön sekä sähkö- ja telekaapeleiden 0,5 - 1,0 m syvyydessä. [17.]

Johtokarttoja ylläpitää yleensä verkoston omistaja tai kunnallinen taho. Esimerkiksi Helsingissä Kaupunkimittausosaston johtotietopalvelu ylläpitää vesihuoltoverkoston, kaukolämpöverkoston, telekaapeleiden sekä yksityisten sähkökaapeleiden karttoja. Helsingin Energia ylläpitää oman sähkönjakeluverkostonsa karttaa ja toimittaa sen johtotietopalveluun. Kartat on jaettu kantakartan mukaiseen lehtijakoon yhden kilometrin ruudukolla. Uusien johtojen kartoittaminen on urakoitsijan tehtävä. Vesihuollosta vastaava Helsingin seudun ympäristöpalvelut (HSY) ylläpitää myös omia verkostokarttojaan, mutta suunnittelun lähtötietoina käytetään pääsääntöisesti kaupungin ylläpitämiä karttoja. [17.]



Kuva 1 Ote johtokartasta, jossa on esitetty vesijohdot sekä hule- ja jätevesiviemärit

### 2.2.2 Muut olemassa olevat rakenteet

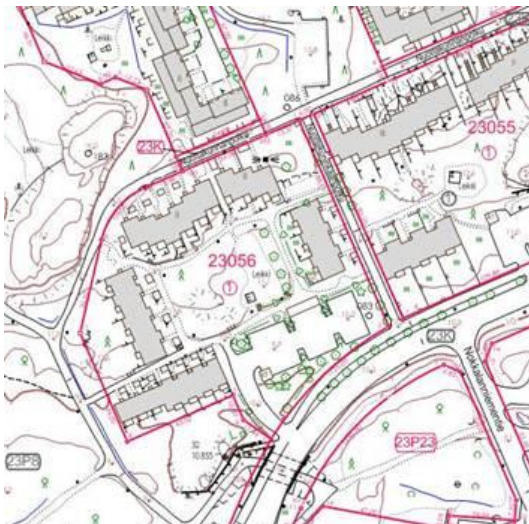
Suunnittelualueella olevista rakenteista on hankittava riittävät tiedot sen mukaan, miten ne vaikuttavat tehtäviin ratkaisuihin. Olemassa olevia rakenteita ovat rakennukset, väylät niihin liittyvine varusteineen, taitorakenteet kuten sillat ja tukimuurit, vesirakenteet sekä maanalaiset tilat. Olevista rakenteista ei yleensä ole valmista mallinnettua tietoa, vaan ne on mallinnettava karttatiedon, alkuperäisten suunnitelmien ja kartoitusten perusteella. [2, s.21.]

### 2.3 Temaattiset aineistot ja viiteaineisto

Temaattisilla aineistoilla tarkoitetaan karttoja, kaava-aineistoja sekä muita paikkatietoaineistoja. Ne kuvaavat maastoon sidottuja mutta ei-fyysisiä kohteita, kuten hallinto- ja kaava-alueiden sekä tonttien rajoja, nimistöä ynnä muuta. Lähtötietoaineistoon liitetään yleensä ainakin pohjakartta ja asemakaavakartta, jotka ovat kuntien ylläpitämää aineis-

toa. Pohjakartan tarkoitus on toimia tulostettujen suunnitelmien pohjana [3, s. 7]. Helsingissä suunnittelun pohjakarttana käytetään kantakarttaa (kuva 3), johon on topografian lisäksi merkitty ajantasaiset kaavarajat, kiinteistöjen tietoja ja nimityksiä [17]. Itse suunnittelutyössä kartat auttavat maaston hahmottamisesta, mutta etenkin korkeustietoa niistä ei kannata ottaa, sillä korkeuskäyrät on tarkoitettu visuaalisesti tulkittaviksi. Pintamallin muodostamiseen korkeuskäyrästä liittyy ongelmia ja sitä tulisi välttää [1, s. 32]. Kadulle varattu tila määritellään asemakaavakartassa. Liikennesuunnitelmasta käy tarkemmin ilmi kadun suunniteltu poikkileikkaus ja esimerkiksi pysäköintialueiden, suojateiden ja istutusten paikat.

Viiteaineistoa ovat muut dokumentit ja aineistot, jotka liittyvät suunniteltavaan hankkeeseen. Sellaisia voivat olla erilaiset selvitykset, lausunnot ja suunnitelmat. Oma viiteaineistotyyppinsä ovat ortoilmakuvat, jotka voidaan projisoida maan pintamalliin maaston paremmaksi havainnollistamiseksi. [2, s. 22.]



Kuva 3. Esimerkki kaupungin kantakartasta

## 2.4 Lähtötietomalli

Lähtötietomallilla tarkoitetaan hankkeen nykytilaa digitaalisessa muodossa kuvaavien tietojen laadultaan varmistettua ja dokumentoitua kokonaisuutta. Se sisältää edellä lueteltujen aineistojen lisäksi tietoja itse aineistosta ja on ennen kaikkea tarkasti jäsennetty tapa luokitella ja käsitellä tietoja. Seuraavaksi kuvataan lähtötietomallin luomisprosessi vaiheittain. [2, s. 18.]

### 2.4.1 Aineiston hankinta ja dokumentointi

Aineistot hankitaan niitä hallinnoivalta taholta. Nykypäivänä vakiintunut menetelmä on aineistopyyntö niiden ylläpitäjälle. Ylläpitäjä irrottaa aineistosta suunnittelualuetta kattavan palan ja toimittaa sen sähköisesti. Aineistolle myönnetään käyttöoikeus, joka koskee yleensä vain kyseessä olevaa hanketta ja on voimassa määräajan. [17.] Mikäli mahdollista, aineistot tilataan tietomallipohjaisessa formaatissa ja oikeassa koordinaattijärjestelmässä muokkaustoimenpiteiden minimoimiseksi [7].

Vastaanotettu aineisto tallennetaan ns. raaka-ainekansioon vakioidun rakenteen mukaisesti. Tiedostot tallennetaan sellaisinaan alkuperäisillä nimillä eikä niihin tehdä muutoksia raaka-ainekansiossa. InfraFINBIM-hankkeessa määritelty kansiorakenne on seuraavanlainen:

- A. Maastomalliaineisto
- B. Maaperämalliaineisto
- C. Rakenteet ja järjestelmät
- D. Kartta- ja paikkatietoaineisto
- E. Viiteaineisto

Aineiston tallentamisen jälkeen sen alkuperätiedot sekä muut metatiedot dokumentoidaan mahdollisimman tarkasti. Dokumentoinnin tarkoituksena on varmistaa aineiston laatu ja hallita sen ajantasaisuutta. Dokumentoitavia tietoja ovat muun muassa aineiston tunnistetiedot, päiväys, lähde, omistaja, lähdeformaatti ja -koordinaatisto, tarkkuus-taso, vastaanottopäivämäärä ja vastaanottaja. Tiedot kirjataan yhteen taulukkotiedostoon. [7, s.8-9.]

### 2.4.2 Aineiston muokkaus

Eri lähteistä kootut lähtötiedot harmonisoidaan eli muokataan yhtenäiseen muotoon, jotta niiden hyödyntäminen suunnittelussa on mahdollisimman sujuvaa. Lähtötietomallille luodaan kansiorakenne, joka on päätasoltaan samanlainen kuin edellä mainittu raaka-ainekansio. Alakansioita luodaan ja nimetään tarkoituksenmukaisesti aineistojen tyyppin mukaan. Tiedostot kopioidaan raaka-ainekansiosta vastaavaan lähtötietokansioon ja nimetään yhtenäisesti siten, että tiedoston nimestä käy ilmi sen sijainti kansiorakenteessa ja sen sisältämän aineiston tyyppi. Kansioihin sijoittelun jälkeen tiedostoille

tehdään tarvittavat harmonisointitoimenpiteet. Toimenpiteitä voivat olla koordinaatistomuunnokset, tiedostoformaattien yhdenmukaistaminen, aineistojen yhdistely ja rajaus sekä mallien laatiminen maastosta, maaperästä ja olemassa olevista rakenteista. Aineistolle tehdyt toimenpiteet dokumentoidaan, aineistolle tehdään laadunvarmistus ja aineiston tiedoista laaditaan tietomalliselostus. [7, s.10-12.]

#### 2.4.3 Lähtötilanteen mallinnus

Lähtötilanteen mallinnus tarkoittaa tietomallien laatimista lähtötietoaineiston pohjalta. Mallinnettavista kohteista luodaan tietomalli, joka tallennetaan siirtotiedostona tietomallikansioon InfraFINBIM-vaatimusten mukaisessa formaatissa. Mallinnettavat kohteet ja mallinnuksen tarkkuustaso riippuvat hankkeen asettamista vaatimuksista. Mallinnus voi käsittää ainakin seuraavia toimenpiteitä:

- maanpinnan kolmioverkon luominen
- maaperämallin luominen
- olemassa olevien väylien mallintaminen
- maanalaisten verkostojen mallintaminen
- rakennusten ja taitorakenteiden mallintaminen
- maanalaisten tilojen mallintaminen.

#### 2.4.4 Lähtötietomallin päivitys

Lähtötietomalli kootaan ennen hankkeen suunnittelun alkua. Suunnittelutyön aikana tehdään usein tarkentavia mittauksia, kuten pohjatutkimuksia sekä maaston ja rakenteiden kartoituksia. Nämä muuttuneet lähtötiedot on sisällytettävä lähtötietomalliin ja tietomalleja päivitettävä niiden mukaiseksi. Näin seuraava suunnitteluvaihe voidaan aloittaa oikeiden ja ajantasaisten lähtötietojen varassa. Suunnittelun tuloksena syntyvät suunnitelmat ja suunnittelumallit toimivat myös seuraavien suunnitteluvaiheiden lähtötietoina, mutta niitä ei sisällytetä lähtötietomalliin, joka kuvaa alueen nykytilaa. Tietomallintamisen tavoitteena on tulevaisuudessa palvella hankkeen koko elinkaarta myös rakentamisen ja kunnossapidon aikana. Lähtötietomallin päivitys ja siirto elinkaaren seuraaville toimijoille tapahtuisi yhdessä eri vaiheissa syntyvien tietomallien kanssa. [7, s. 18.]

#### 2.4.5 Pisara-radon lähtötietomalli

Esimerkkinä lähtötietomallin kokoamisesta tarkastellaan Pisara-radon lähtötietomallia. Pisara-rata on Helsingin kantakaupunkiin rakennettava tunnelissa kulkeva lähiliikenne-rata, jolla on kolme asemaa: Rautatientori, Hakaniemi ja Töölö. Radan tarkoituksena on vähentää Helsingin päärautatieaseman ratapihan kuormitusta ja helpottaa kanta-kaupungin vaihtoyhteyksien järjestämistä. Hankkeen suunnittelu tapahtuu tietomallipohjaisesti.

Pisara-radon lähtötietomalliin on mallinnettu koko suunnittelualue, joka on laajuudeltaan ja mallinnettavien kohteiden lukumäärältään poikkeuksellinen. Malli sisältää maastomallin, maaperä- ja kalliomallin, rakennukset, maanalaiset verkostot ja maanalaiset tilat. Hankkeen lähtötietokonsulttina toimii Ramboll Finland Oy, joka on kerännyt, harmonisoinut ja dokumentoinut lähtötiedot. Kaikki aineistopyynnöt käsitellään lähtötietokonsultin kautta. Nykytilanteen mallintamisen on tehnyt Vianova Systems Finland Oy. Lähtötietomalli toimii pääasiallisesti tilaajan työkaluna suunnitteluttamisessa, suunnitelmien yhteensovittamisessa sekä sidosryhmätyöskentelyssä [15].

Lähtötietomallin maastomalli perustuu Helsingin kaupungin laserkeilattuun kolmioverkkoaineistoon. Täydentäviä mittauksia on tehty paikallisesti. Maaperämalliin on käytetty olemassa olevia maaperä- ja kalliotietoja, joita täydennetään suunnittelutyön aikana pohjatutkimuksin. Maanalaisten tilojen mallit on saatu valmiiksi kolmiulotteisina Helsingin kaupungilta [15]. Maanalaiset verkostot on mallinnettu verkostokarttojen perusteella. Johtotietojen epätarkkuuden vuoksi osa johdoista mallinnetaan tilavarauksina, joiden sisällä johto todennäköisesti sijaitsee. Tarkemmittauksia tehdään tarvittaessa kriittisistä kohdista, joissa on törmäyksen vaara.

Varsinainen suunnittelutyö tapahtuu mallipohjaisesti kunkin tekniikkalajin omilla ohjelmistoilla. Suunnitelmat liitetään lähtötietomalliin suunnittelutyön edetessä yhteensopivissa formaateissa.

Hankkeessa on käytössä internetissä toimiva lähtötietojen ylläpitojärjestelmä, joka sisältää koko lähtötietoaineiston metatietoineen. Järjestelmä toimii Vianovan kehittämällä ja ylläpitämällä palvelinjärjestelmällä, joka on suunniteltu lähtötietojen ja tietomallien jakamiseen. Järjestelmään on rakennettu hakukone, joka mahdollistaa aineistojen haun metatietojen perusteella. Malleja voi esikatsella verkkoselaimessa kuka tahansa

käyttäjä ilman tietokoneelle asennettua erikoisohjelmistoa. Hallintajärjestelmän suurin hyöty on, että ajantasaiset lähtötiedot ovat välittömästi saataville kaikille lukuisista suunnittelijoista. Tiedot on kuitenkin suunnittelutyötä varten kopioitava suunnittelijan tietokoneelle. Jokaisen on siis itse huolehdittava ajantasaisten lähtötietojen lataamisesta ja käytöstä. [14.]

## 2.5 Vaatimukset lähtötiedoille

### 2.5.1 Koordinaatisto

Infrahankkeiden suunnitelmat tehdään lähes aina yleiseen karttakoordinaattijärjestelmään paikalliskoordinaatiston sijaan. Syitä tähän ovat suunnittelualueiden laajuus sekä niissä käytettävien lähtöaineistojen suuri lukumäärä. Yhtenäinen koordinaatisto mahdollistaa suunnitelmien ja aineistojen yksiselitteisen kohdistamisen ja helpottaa hankkeen tiedonsiirtoa. [1, s. 22.] Muissa koordinaattijärjestelmissä olevat aineistot on muunnettava siihen tarkoitetuilla paikkatieto-ohjelmistoilla. Hankkeessa käytettävän koordinaatiston määrittelee yleensä tilaaja. Koordinaatistot ovat suorakulmaisia ja niiden yksikkö on metri. Nykyisissä koordinaattijärjestelmissä esitetään ensin x- eli itäkoordinaatti ja sitten y- eli pohjoiskoordinaatti.

Suomessa on aiemmin ollut käytössä kartastokoordinaatistojärjestelmä (KKJ), minkä lisäksi kunnilla on ollut omia aiempaan VVJ-järjestelmään perustuvia koordinaatistojaan. Vuonna 2005 siirryttiin maastokartoituksessa ETRS-TM35FIN-koordinaatistoon, joka tunnetaan myös nimellä EUREF-Fin. Se kattaa koko maan, mutta tarkkuutta vaativissa pienen mittakaavan töissä syntyvien mittakaavakorjausten vuoksi useissa kunnissa käytetään ETRS-GKn-tasokoordinaatistoa. [11.] Se käyttää eri karttaprojektiota ja sen keskimeridiaanina toimiva pituuspiiri voidaan valita vapaasti ja ilmaistaan koordinaatiston nimessä n-kirjaimen tilalla. Esimerkiksi pääkaupunkiseudun kunnissa on siirrytty vuonna 2012 käyttämään ETRS-GK25-koordinaattijärjestelmää. [12.]

Aineistoissa on käytetty useita eri korkeusjärjestelmiä ylläpitäjästä ja aikakaudesta riippuen. Suomessa on käytetty NN-, N43- ja N60- sekä N2000-järjestelmiä. [1, s. 35.] N2000-järjestelmä on tulossa käyttöön koko maassa, ja pääkaupunkiseudulla se otettiin käyttöön yhdessä ETRS-GK25-koordinaatiston kanssa [12].

## 2.5.2 Formaattit

Lähtötiedot toimitetaan nykypäivänä käytännössä aina sähköisessä muodossa. Suunnittelun, rakentamisen ja paikkatietopalveluiden aloilla on kuitenkin käytössä lukuisia eri ohjelmistoja, jotka säilövät ja siirtävät tietoa monissa eri formaateissa. Tietoformaattien yhteensopivuus muodostaa yhden suurimmista hidasteista tietomallinnuksen käyttöön- otolle ja kehittymiselle. Nykyisin tietoa on paljon kaksi- tai kolmiulotteisina piirustuksina, joissa on yleisesti käytössä Autodeskin dwg- ja Bentleyyn dgn-formaatti. Tietomallinnus- ohjelmistojen kehitys on tapahtunut järjestelmätoimittajakohtaisesti, joten ne käyttävät omia formaattejaan tiedon käsittelyyn ja säilömiseen. Yhdellä ohjelmistolla tuotettua tietomallia ei ole voinut siirtää kaikilta osin toiseen ohjelmistoon. Etenkin objektien omi- naisuustietojen siirrossa on ollut ongelmia. Temaattiset aineistot eli kartat, kaavat ja muu paikkatieto ovat yleensä dwg- tai dgn-formaatissa. InfraBIM-suositusten mukaan niissä tulisi kuitenkin siirtyä ensisijaisesti käyttämään KuntaGML-formaattia. Keski- Euroopassa on yleistynyt kaupunkimallien kuvaamiseen kehitetty CityGML. GML- tietomalliformaatteja käsitellään tarkemmin kohdassa 3.3. [2, s.29.]

## 2.5.3 Lähtötietojen tarkkuus

Infrahankkeiden suunnitteluprosessi on vaiheittain tarkentuva. Esi- ja yleissuunnittelu- vaiheissa tutkitaan eri vaihtoehtoja ja laaditaan alustava suunnitelma valitusta vaihto- ehdosta. Tällöin suunnitelmat ovat suuripiirteisiä, eikä niissä mennä teknisiin yksityis- kohtiin. Suunnittelutyökin tapahtuu näissä vaiheissa lähinnä piirto-ohjelmia apuna käyt- täen. Hankekohtaisia lisämittauksia ei välttämättä ole vielä suoritettu, joten suunnitte- lussa tukeudutaan niihin aineistoihin, joita tilaajalta on saatavilla. Tällöin suunnittelun lähtötiedoiksi voi vähimmillään riittää pelkkä karttakuva ja suuripiirteinen korkeusmalli. Suunnittelutyön edetessä suunnitelmat tarkentuvat vaiheittain, joten luonnollisesti myös vaatimukset lähtötietojen tarkkuudelle kasvavat. Suunnitteluohjelmistojen käyttöönotto on omalta osaltaan lisännyt tarkkuusvaatimuksia, koska niiden tuottamien dokumentti- en ja tietomallien tarkkuustaso ja kattavuus on suuri. Tietomallisuunnittelu voi edellyt- tää esimerkiksi olemassa olevien rakenteiden mallinnusta, vaikka aiemmin ne saatettiin vain kuvata karttojen avulla. [1, s. 19-20.]

Lähtötietojen tarkkuus heijastuu suoraan lopullisten suunnitelmien laatuun, koska suunnittelija tekee ratkaisunsa pääosin niiden varassa. Lähtötietojen tarkkuuteen sisäl- tyy siksi riskejä, jotka suunnittelijan on tunnistettava. Millimetritason tarkkuuteen kyke-



nevällä ohjelmistolla työskenneltäessä voi syntyä illuusio lähtötietojen vastaavasta tarkkuustasosta, jolloin ensinnäkin saatetaan tehdä vääriä ratkaisuja epätarkkojen oletusten varassa ja toiseksi tehdään turhaa työtä keskityttäessä liian pieniin yksityiskohtiin, joita joudutaan muuttamaan lähtötietojen tarkentuessa viimeistään rakentamisvaiheessa, kun työmaan todellisuus ei vastaa suunnitelmia. Suurinta epätarkkuus on maanalaisia olosuhteita kuvaavissa lähtötiedoissa, joita ovat maaperätiedot sekä johtotietokartat. Maaperätiedot perustuvat kairauksiin, joita on tehty suhteellisen harvaan eikä aina kattavasti. Kuitenkin maalajikerroksiset ja kallionpinta mallinnetaan yhtenäisiksi kolmiopinnoiksi, jolloin kairauspisteiden väliset tiedot perustuvat interpolointiin. Varsinkin kallionpinnassa saattaa kuitenkin olla suuria paikallisia vaihteluita, joita ei voi ennustaa interpoloimalla. Johtotietojen tarkkuus puolestaan vaihtelee muutamista senttimetreistä jopa useisiin metreihin [17], mutta niiden esitystapa johtokartassa on sama. Johtotietojen tarkkuutta onkin vaikea arvioida johtokartan ulkoasusta, jossa se ilmenee yleensä puuttuvina korkeuslukemina. Erityisesti paineellisten johtojen sekä sähkö- ja tietoliikennekaapelien korkeuslukemat puuttuvat tyypillisesti kokonaan. Kaapeleita lisäksi siirretään usein katutöiden yhteydessä ilman, että uusia sijainteja mitataan ja ilmoitetaan kaapeleiden omistajalle [17]. Tietomallintamisen kannalta ongelma voidaan ottaa huomioon mallintamalla putket sijaintitarkkojen viivaobjektien sijaan tilavarauksina, jotka voivat olla nauhamaisia tai kotelomaisia riippuen siitä, koskeeko epätarkkuus vain korkeustietoa vai myös sijaintitietoa. Lähtötietoaineiston tarkkuustaso on FINBIM-ohjeessa määritelty yhdeksi aineiston metatiedoista, mutta mallinnusohjeissa ei toistaiseksi oteta kantaa epätarkkojen rakenteiden mallintamiseen. [14.]

## 2.6 Lähtötietokonsultti

Lähtötietoaineistoja on lukuisia, ne ovat eri formaateissa ja eri koordinaatistoissa. Lisämittausten myötä syntyy uusia aineistoja, ja osa aineistoista vanhenee. Suurissa hankkeissa lähtötietojen ja niiden versioiden määrä kasvaa valtavaksi ja suunnittelu-työhön osallistuu monia osapuolia. Lähtötietojen hallinta muodostuu ratkaisevaksi lopputuloksen laadun kannalta, eivätkä tilaajan resurssit riitä kaikkien toimijoiden lähtötietojen pitämiseen ajan tasalla. Tällöin hankkeeseen on otettava lähtötietokonsultti, joka huolehtii lähtötietojen dokumentoinnista, harmonisoinnista sekä jakelusta. Lähtötietojen hallinnan työkaluna voidaan käyttää projektipankki-tyyppistä lähtötietojen hallintajärjestelmää, kuten luvussa 2.4.5 esitellyssä Pisara-radon hankkeessa on käytössä. Lähtötietojen hallintajärjestelmiä ja -palvelimia käsitellään myös kohdassa 4.7.

### 3 Tiedonsiirto

#### 3.1 Tiedonsiirron kehitys

Tiedonsiirto on tärkeä osa infran suunnittelu-, rakentamis- ja ylläpitoprosessia. Tiedonsiirron merkitys on suurimmillaan suunnittelun alussa lähtötietojen hankinnassa sekä siirryttäessä suunnittelusta rakentamiseen ja rakentamisesta ylläpitoon. Tiedonsiirrossa on suuri kehityspotentiaali suunnittelun ja rakentamisen sekä infraomaisuuden hallinnan prosessien tehostamiseen. [1, s. 45.]

##### 3.1.1 Haasteet

Tiedonsiirron haasteet voidaan tiivistää kahteen viitekehykseen: tiedonsiirtoon eri teknisten järjestelmien välillä ja tiedonsiirtoon hankkeen eri osapuolten välillä eri hankevaiheissa. Kussakin haasteiden luonne on hieman erilainen; ensin mainitussa puhtaasti tekninen, mutta viimeksi mainitussa kyse on teknisten seikkojen lisäksi käytäntöihin liittyvistä asioista.

Suunnittelutyön tehokkuus kärsii tiedonsiirron ongelmista. Lukuisten formaattien ja järjestelmien vuoksi kaikkea tietoa ei aina ole mahdollista siirtää. Lisäksi tarkentuvia lähtötietoja ei päivitetä kaikille osapuolille ja koota päivitetyksi kokonaisuudeksi. Näiden tekijöiden vuoksi samaa tietoa tuotetaan hankkeen edetessä useaan kertaan. [1, s. 91.]

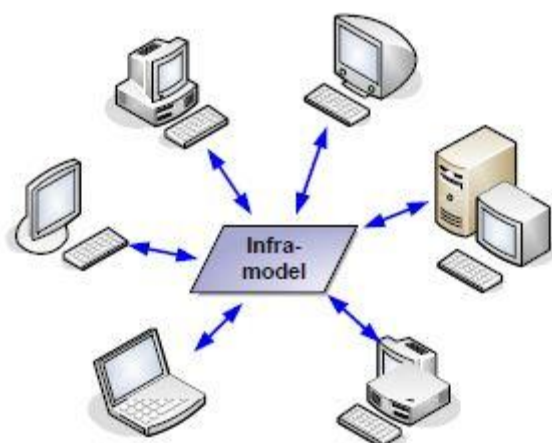
Tiedonsiirto rakentamisvaiheesta ylläpitovaiheeseen on vajavaista. Suunnittelu- ja toteutusvaiheessa syntyy paljon tietoa, mutta sen tallennustapaa ja tiedosta vastaavaa tahoja ei usein ole määrätty. Työmaiden toteumatiedot ovat usein vähintäänkin vaatimattomia, vaikka laatutietojen kerääminen on usein urakoitsijan velvollisuutena. Varsinaisten toteumamallien tekoa ei nykyään edellytetä, vaikka ne olisivat erittäin hyödyllisiä infrastruktuurin ylläpidossa ja korjausten suunnittelussa. Erityisesti vaikeasti havainnoitavien maanalaisista rakenteiden tiedot olisi hyvä tallentaa nykyistä tarkemmin. [5, s. 21.]

### 3.1.2 Nykytila

Tiedonsiirron kehityksen lähtötilannetta voidaan kuvata siten, että tietoa siirretään toimijoiden ja järjestelmien välillä dokumenttipohjaisesti. Tieto on teksti- ja kuvamuodossa erilaisissa tiedostoissa. Jotkut osapuolet voivat käyttää tietomallinnusta sisäisesti oman suunnittelunsa työkaluna, mutta tietomalleja ja niiden sisältämää ominaisuustietoa ei siirretä. Lähtöaineiston hankinta perustuu aineistopyyntöihin niiden haltijalta. Ominaista dokumenttipohjaiselle tiedonsiirrolle on, että tietoa kopioidaan paljon dokumentista toiseen ja muutokset vaativat kaikkien dokumenttien päivittämistä erikseen. [10.]

### 3.1.3 Tavoitetila

Tiedonsiirron seuraava taso, johon nykyisillä tietomallipohjaisen suunnittelun kehityshankkeilla pyritään, on tietomalliin perustuva tiedonsiirto (kuva 4). Tällä tasolla käytetään avoimia tiedonsiirtoformaatteja, joilla saadaan siirrettyä mahdollisimman paljon tietoa eri järjestelmistä. Tiedonsiirron ja tietomallinnuksen tietosisällöt ja menetelmät on vakioitu, ja osapuolten toimintatavat tukevat tietomallien käyttöä. Tietoa jaetaan keskitetysti lähtötieto- ja suunnitelmapalvelimien avulla. Myös työmaiden prosessien yhtenäistäminen kuuluu tähän esimerkiksi koneautomaation ohjeistusten kehittämisen kautta. Suomessa ollaan siirtymässä tälle tasolle, mutta kaikilta osin sitä ei vielä ole saavutettu. [10.]



Kuva 2 Tiedonsiirto avoimen tiedonsiirtoformaatin avulla [10.]

Tietomallipohjaisen tiedonsiirron tavoitetasolla tietomallit ovat avoimia ja yhtenäisiä. Tietomallit perustuvat kansainvälisiin standardeihin ja ne ovat täysin ohjelmistoriippumattomia. Mallin käyttö on mahdollista eri järjestelmissä hankkeen koko elinkaaren ajan. Tietojen siirto tapahtuu kaikissa vaiheissa standardinmukaisilla rajapinnoilla, joiden avulla eri osapuolten tietovarannot ovat kaikkien saavutettavissa (kuva 5). Suunnittelun lähtötietoja pystytään hakemaan näistä tietovarannoista metatietopohjaisesti ja ne pystytään lukemaan suoraan suunnittelun lähtötietomalliksi. Hankkeen eri vaiheiden suunnitelmamallit ja rakentamisen lopputulosta kuvaava toteumamalli tallennetaan omiin tietovarastoihinsa. Nämä tiedot ovat edelleen käytettävissä kunnossapidossa, ja myös ylläpidon aikana kertyvä mittaus- ja seurantatieto tallentuu tietovarantoon. [5, s. 28-29.]



Kuva 3 Integroitu tiedonsiirto tietovarastoista rajapinnan avulla [10.]

#### 3.1.4 INSPIRE-direktiivi ja KRYSP-hanke

Inspire-direktiivi on vuonna 2007 voimaantunut Euroopan Unionin direktiivi. Sen tavoitteena on kehittää jäsenmaiden paikkatiedon hallintaa ja käyttöä. Se asettaa puitteet julkisten tahojen paikkatietojen käytölle ja saatavuudelle ja velvoittaa jäsenmaat kehittämään paikkatietoaineistojaan ja niitä tarjoavia palveluitaan määräaikoihin mennessä. Direktiivin mukaan paikkatietoja hallinnoivien viranomaisten on laadittava aineistojaan koskevat metatiedot ja liitettävä ne yleiseen hakupalveluun sekä tarjottava aineistonsa tarkasteltavaksi ja siirrettäväksi tietoverkossa, käytännössä tarkoittaen rajapintojen käyttöönottoa. Direktiivin myötä Suomessa säädettiin vuonna 2009 laki paikkatietoinfrastruktuurista, ja direktiivin toteutusta seuraa maa- ja metsätalousministeriö. [29.]

Kunnan rakennetun ympäristön sähköiset palvelut- eli KRYSP-hanke on Kuntaliiton johtama jatkokehityshanke, joka aloitettiin vuonna 2009 KuntaGML-hankkeen valmistuttua. Sen tavoitteena on kehittää edelleen kuntien paikkatietoaineistoihin liittyviä sähköisiä palveluja esimerkiksi lupaprosessien siirtämiseksi verkkoon ja rajapintojen avulla toteutettavaksi. [30.]

### 3.2 Tiedonsiirtoformaattit

InfraBIM-ohjeiden mukaan tieto on tallennettava siten, että sen hyödyntäminen on mahdollista. Ensisijaisesti on käytettävä avoimia tiedonsiirtoformaatteja tiedon monipuolisen käytön mahdollistamiseksi ja työskentelyn tehokkuuden kasvattamiseksi. Tämänhetkiset avoimet formaatit eivät kuitenkaan kykene siirtämään kaikkea tarvittavaa tietoa. Eri mallinnusohjelmistojen mallinnusperiaatteet ja sisäinen tiedonkäsittely ovat erilaisia. Avoimen tiedonsiirtoformaatin lisäksi tarvitaan siksi muita yleisiä formaatteja sekä ohjelmien omia natiiviformaatteja. Tiedon alkuperäisformaatti on olennainen metatieto, ja tallentamisen sekä arkistoinnin pitäisi tapahtua myös natiiviformaatissa, jotta kaikki tiedot säilyvät. InfraBIM-ohjeissa määrätään suunnittelun lähtötietojen siirtoformaateista taulukon 1 mukaisesti. [6, s.7.]

Taulukko 1. Vaatimukset lähtötietojen formaatille [2, s. 29]

Aineisto	Ensisijainen formaatti	Toissijainen formaatti
Maastomalli	Inframodel/LandXML	Tielaitos
Maaperämalli	Inframodel/LandXML	Tielaitos
Pohjatutkimukset	Infra-formaatti	
Putkiverkostot	Inframodel/LandXML	dwg/dgn
Kaapeliverkostot	dwg/dgn	
Rakennukset	dwg/dgn	
Sillat	IFC	dwg
Pohjakartat	KuntaGML	dwg/dgn
Kaavakartat	KuntaGML	dwg/dgn
Paikkatieto		dwg/dgn
Ortokuvat		ecw/jpeg2000
Ilmakuvat		tiff

### 3.3 XML-formaatit

XML (*extensible markup language*) on merkintäkieli, jossa tietoa kuvataan tekstimuodossa ja tiedon merkitys sekä siihen liittyviä metatietoja on liitettävissä tiedon yhteyteen. XML-kieliä käytetään useissa tietoteknisissä sovelluksissa. Ne soveltuvat hyvin tiedon siirtämiseen internetin välityksellä. XML-kielille on ominaista muunneltavuus ja laajennettavuus. [1, s. 48]

#### 3.3.1 LandXML ja Inframodel

LandXML on 2000-luvulla kehitetty yleinen ohjelmistoriippumaton tiedonsiirtoformaatti infrastruktuurin tietomallien siirtoon ohjelmistojen välillä. Se perustuu XML-standardiin, mikä mahdollistaa tietomalleihin sovellettuna geometrioiden ja niihin liittyvän meta- eli ominaisuustiedon kuvaamisen. LandXML sisältää infrahankkeen tiedot hierarkisena puurakenteena, jonka päätason elementtejä ovat mittauspistetieto, maastomalli, ositus, väylägeometriat, väylämalli, putkiverkostomalli sekä valmis pintamalli. Useimmissa suunnitteluohjelmistoissa on tuki LandXML-siirtotiedostojen kirjoitukseen ja lukemiseen. [1, s. 48.]

LandXML-kielestä on kehitetty pohjoismainen sovellus, Inframodel, jonka viimeisin kehitysversio on Inframodel 3 (IM3). Inframodelin käyttöönottoa koordinoidaan PRE-hankkeen InfraTM-osahankkeessa. Formaatti sallii LandXML:ää useamman tietotyypin siirron ja mahdollistaa useampien ominaisuustietojen liittämistä tietoon. Formaatti tallentaa yhteen tiedostoon seuraavia tietotyyppejä:

- Suunnitelman yleistiedot
- Maasto- ja maaperämallin kolmioverkot ja pisteet
- Väylien geometrialinjat, rakenne taiteviiva- ja kolmioaineistona sekä mitoitustietoa
- Vesihuoltoverkon putket, kaivot ja laitteet ominaisuustietoineen
- Maisema- ja aluesuunnitelmien pinnat
- Pohjanvahvistuksen pinnat
- Väylien varusteet
- Radan tiedot: paalutus, kallistus, vaihteet
- Objektien tiedot InfraBIM-nimikkeistön mukaan luokiteltuna.

Inframodelin avulla ei voida kuvata kaikkia rakenteita ja tietoa, kuten rakennuksia, taitorakenteita, pohjatutkimustietoa, paalutuksia, liikennemerkkejä sekä tiemerkinntöjä. Myöskään esimerkiksi materiaaleihin sekä mallin tarkkuuteen liittyviä ominaisuustietoja ei ole mahdollista kuvata. Taitorakenteiden tiedonsiirtoon käytetään talojen tietomallinnuksessa yleistä ifc-formaattia. Pohjatutkimustietoa siirretään suomalaisella Infra-pohjatutkimusformaattilla. [9, s. 5-8.]

Inframodel on merkittävä edistysaskel aiempiin tekstipohjaisiin tiedonsiirtoformaatteihin verrattuna ja mahdollistaa erilaisia infrarakenteita sisältävän kohteen kuvaamisen yhdessä siirtotiedostossa. Inframodelin rajoitteena on kuitenkin suunnitteluohjelmien erilaiset mallinnuslogiikat, minkä takia siitä ei voi suoraan lukea väylämallia ohjelmiin. Tulevaisuudessa tavoitteena on kehittää yhtenäinen infra-tuotetietomalli, joka yhtenäistää suunnitteluohjelmien sisäiset mallinnusmenetelmät. Tämä mahdollistaa tietomallien lukemisen suoraan ohjelmaan verkkorajapinnan kautta (ks. kohta 3.1.3). [1, s. 52-53.]

### 3.3.2 GML

GML eli *Geography Markup Language* on XML-merkintäkieleen perustuva avoimen lähdekoodin merkintäkieli maantieteelliselle paikkatiedolle. Sen on määritellyt kansainvälinen paikkatietoalan kehitystä edistävä yhteenliittymä Open Geospatial Consortium (OGC). GML on ISO-standardoitu numerolla ISO 19136. GML:ää käytetään paikkatieto-ohjelmien mallinnuskielenä sekä erilaisten internetin yli toimivien paikkatietosovellusten tiedonsiirtokielenä. Tietomallien XML-kielten, kuten LandXML:n ja Inframodelin tavoin GML on muunneltavissa ja soveltuu käyttöön monenlaisten ohjelmien ja sovellusten kanssa. GML-objektien merkitys on määritelty ns. skeemassa, joka sisältää tiedot tiedostossa kuvattujen geometriaobjektien eli pisteiden, viivojen ja alueiden tyypeistä ja niille määriteltävissä olevista ominaisuustiedoista. GML-kielelle on mahdollista rakentaa sovelluskeemoja, joilla kieltä voidaan muokata eri käyttötarkoitusten edellyttämien objektien kuvaamiseen. [19.]

### 3.3.3 KuntaGML

KuntaGML on GML-merkintäkielen sovellus, joka on kehitetty kunnallisen paikkatiedon kuvaamiseen. Kielen kehitys käynnistettiin Kuntien paikkatietopalvelu-projektissa vuonna 2001 Suomen Kuntaliiton toimesta, ja hanke toteutettiin Kuntaliiton, Tekesin, kuntien, konsulttiyritysten sekä ohjelmistotoimittajien yhteistyönä. 1990-luvulla tapahtunut tietojärjestelmien ja paikkatietoalan kehitys loi tarpeita yhtenäistää kuntien tietovarantojen käyttöä. Hankkeen tavoitteena oli yhtenäistää kuntien paikkatietosisältöjä ja niiden mallinnustapaa ja saattaa ne paremmin saataville luomalla yhteinen standardoitu palvelurajapinta sekä siihen liittyvä toiminnallisuus paikkatieto-ohjelmistoihin. Tarkoituksena oli lisätä paikkatietojen hyödyntämistä eri toimialoilla ja viranomaisten kesken, helpottaa tiedonsiirtoa sekä nykyaikaistaa tietovarantojen hallinnointia. KuntaGML-hankkeessa määriteltiin GML-kielelle sovelluskeema ja rajapintatoiminnallisuus, jonka jälkeen hankkeessa mukana olleet ohjelmistoyritykset toteuttivat ne tuotteisiinsa. [3, s. 31-33.]

KuntaGML-hankkeessa tehtiin XML-kielen sovelluskeemat kuntien kantakarttojen sekä asemakaavakarttojen kuvaamiseksi. Skeemassa on määritelty karttojen rakenne, käytetty sanasto sekä aineistoon liittyvien metatietojen määrittelyt. Hankkeessa on määritelty rajapintatoiminnallisuus, joka sisältää aineistojen metatietopalvelun, WFS-standardilla toimivan vektorimuotoisen rajapinnan, WMS-standardilla toimivan rasterikuvamuotoisen rajapinnan sekä aineiston latauspalvelun. [3, s. 36-38.]

KuntaGML-hanke valmistui vuonna 2008, ja jatkotavoitteena oli laajentaa aineistotyyppien määrittelyjä koskemaan muita maankäytön paikkatietoja sekä johtokarttoja. Vuoteen 2014 mennessä näitä laajennuksia ei ole toteutettu. [22.]

### 3.3.4 CityGML

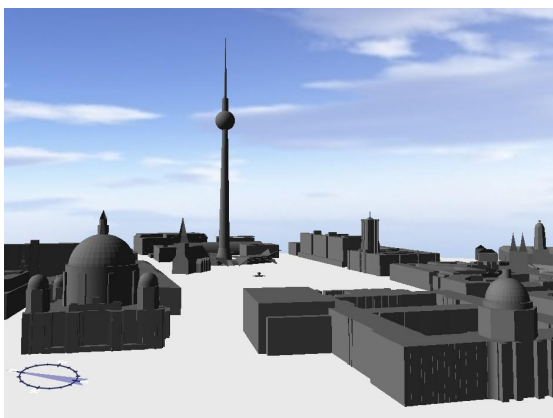
CityGML on Open Geospatial Consortiumin standardoima GML-kielestä sovellettu avoin merkintäkieli kolmiulotteisten kaupunki- ja maisemamallien mallinnukseen ja tiedonsiirtoon. Kielen avulla voidaan kuvata kolmiulotteisia kohteita ja määritellä niiden ominaisuustietoja, merkityksiä, keskinäisiä suhteita ja ulkoasua. Määritellyjä kohteita ovat maastomalli, rakennukset, sillat, tunnelit, vesistöt, kasvillisuus, joukkoliikenneinfrastruktuuri sekä katujen varusteet. CityGML soveltuu yksittäisten rakennusten kuvaamisesta laajojenkin alueiden kuvaamiseen. Kielen käyttötarkoituksiksi on visu-



alisoinnin lisäksi tarkoitettu erilaisten analyysien ja simulaatioiden, kuten energia- tai liikennemallinnuksen, sekä kaupallisten sovellusten mahdollistaminen. CityGML on käytössä muun muassa useissa Keski-Euroopan maissa, jossa sillä on tärkeä rooli tietomallinnukseen siirtymisessä kiinteistö- paikkatieto- ja rakennusaloilla. [23.]

CityGML on suunniteltu skaalautuvaksi siten, että kohteille on viisi yksityiskohtaisuuden tasoa. Näin voidaan mallintaa laajoja alueita suuripiirteisellä tarkkuudella ja sisällyttää samaan malliin yksityiskohtaisempaa tietoa halutuista kohteista siten, että kokonaisuuden sujuva tarkastelu on edelleen mahdollista eikä mallin käsittelystä tule raskasta. Rakennusten automaattinen mallinnus yksinkertaisella tasolla on mahdollista suoraan kiinteistötietojen perusteella. Tarkempia malleja saadaan yhdistämällä malliin tietoa lasermittauksista ja ilmakuvista. Suurimmalla tarkkuudella kohteet mallinnetaan CAD-ohjelmistolla. [25.]

CityGML toimii WFS-rajapinnan kanssa, mutta rajapintatoiminnallisuus on toteutettu vain kokeiluluontoisesti. Kieltä tukee useat kaupalliset paikkatieto-ohjelmistot, joista Suomessa yleisessä käytössä on ainakin Bentley Map. [20.]

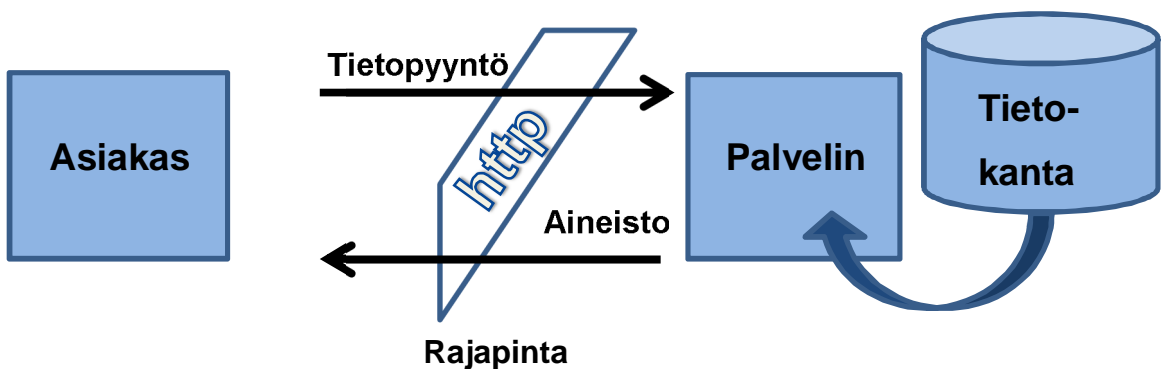


Kuva 4. Berliinin CityGML-malli, jossa rakennuksia on eri yksityiskohtaisuustasoissa

## 4 Rajapinnat

### 4.1 Yleistä

Tässä luvussa käsiteltävät rajapinnat ovat Web Service -tekniikkaan perustuvia palvelurajapintoja. Web Service -rajapinta toteuttaa asiakkaan ja palvelimen välisiä tietopyyntöjä tarvitsematta tietoja kummankaan sisäisestä toiminnasta (kuvio 2). Web Service -palveluiden tiedonsiirto tapahtuu XML-kielen avulla http-protokollalla. Ne ovat luonteensa vuoksi sovellettavissa hyvin erilaisiin palveluihin ja tarkoituksiin. [3, s.15.]



Kuvio 2. Verkkorajapinnan periaate

### 4.2 Web Feature Service

Web Feature Service (WFS) on Web Service-tekniikan sovellus maantieteellisen tiedon siirtämiseen. Se on standardoitu numerolla ISO 19142. WFS-rajapinnan tiedonsiirtoformaattina on oletusarvoisesti GML-kieli, mutta sitä voidaan kuitenkin käyttää muidenkin XML-kielten, kuten KuntaGML:n ja CityGML:n kanssa, koska rajapinta ei käsittele siirrettävää tietoa, vaan sen tulkinta tapahtuu vastaanottavassa ohjelmassa. Rajapintaa ylläpitää paikkatiedon julkaisuohjelmisto, jolla on yhteys haluttuihin tietokanta-aineistoihin. WFS-rajapinnalla on http-yhteysosoite, johon tietoja kyselevä sovellus ottaa yhteyden. Rajapintapalvelimen tarjoamat kohdeluokat on ryhmitelty ns. tasoiksi, jotka ovat esimerkiksi yhdentyypistä paikkatietosisältöä. [3, s. 26-27.]

WFS-rajapinnan toiminta perustuu seuraaviin kyselevän sovelluksen lähettämiin kysyihin:

- Metatietokysely (GetCapabilities), jolla saadaan tiedot palvelun sallimista kyselyistä ja sen sisältämistä kohdeluokista tietoineen
- Tietomallikysely (DescribeFeatureType), joka antaa tiedot tietyn kohdeluokan ominaisuuksista
- Paikkatietokysely (GetFeature), joka tuottaa halutut tiedot GML-muotoisena viestinä

WFS-rajapinnan erikoissovellus on Transactional Web Feature Service (WFS-T), joka sallii kyselytoimintojen lisäksi kohteiden muokkaamisen, lisäämisen ja poistamisen.

#### 4.3 Web Map Service

Web Map Service (WMS) on WFS:n kaltainen paikkatiedon välitysrajapinta, jonka standardinumero on ISO 19128. Sen toiminnallisuus vastaa pitkälti WFS-rajapintaa, mutta tiedonsiirtomuotona on rasterikuvaformaatti GML-muotoisen vektoritiedon sijaan. Kuvaformaatti voi olla esimerkiksi jpg, png tai gif. Aineisto, josta kuva muodostetaan, voi olla vektori- tai kuvamuotoista. Kuvaan liitetään tietoja aineiston sisällöstä, sijainnista, koordinaatistosta ja muista metatiedoista, jolloin vastaanottava sovellus pystyy sijoittamaan palvelun tuottaman karttakuvan oikein. [3, s. 25.]

#### 4.4 Julkaisu ja vastaanotto

WFS- ja WMS-rajapintojen ylläpito tapahtuu siihen tarkoitetuilla paikkatietojen julkaisuohjelmistoilla. Soveltuvia Suomessa käytettäviä ohjelmia ovat muiden muassa Bentley Geo Web Publisher sekä Novapoint Map Web. Ohjelmistot mahdollistavat erilaisten aineistojen ja mallien yhdistelyn ja tuottamisen vektori- tai kuvamuotoon. Jotkin julkaisuohjelmat mahdollistavat muiden rajapintojen ketjuttamisen siten, että osa julkaistavasta aineistosta on omalla palvelimella ja osa haetaan toisaalta rajapinnan kautta. [25; 26.]

Rajapintapalveluiden käyttötoiminnallisuus on toteutettu useisiin paikkatieto- sekä suunnitteluohjelmistoihin. WMS-toiminnallisuus on yleisempi, koska kuvatiedostojen esittäminen on yksinkertaista eikä vaadi sisäänrakennettua tukea käytettävälle XML-sovelluskeemalle kuten WFS. WFS-palveluiden osalta on huomattava, minkä sovelluskeemojen tuki ohjelmistossa on. Kaikki tukevat GML-tiedonsiirtoa, mutta esimerkiksi KuntaGML on toteutettu vain joihinkin Suomessa käytettävistä ohjelmistoista. [3.]

#### 4.5 Soveltuvat aineistot

Mahdollisuuksia WFS-rajapinnoilla siirrettävälle aineistolle määrittelee ennen kaikkea tiedonsiirtoformaattien antamat mahdollisuudet ja niiden rajapintatoiminnallisuuden toteutus. WMS-rajapinnoilla merkitsevää on julkaisuohjelman tukemat aineistot. Seuraavaksi käydään läpi kohdassa 3.3 esitellyt XML-pohjaiset tiedonsiirtoformaatit rajapintatoiminnallisuuden näkökulmasta.

GML-formaatti on WFS-standardin oletusarvoinen tiedonsiirtoformaatti, joten sitä tukevat kaikki WFS-palvelulla varustetut ohjelmistot. GML-kieli sinänsä käsittää pääasiassa standardoidut määrittelyt geometrioiden ja objektien kuvaamiseen, joten sillä voidaan kuvata hyvin laajasti erilaisia geometrioista sekä pisteistä koostuvia aineistoja, joissa objektit voidaan nimetä vapaasti eikä niiden välillä ole hierarkioita. Esimerkiksi maanpintaa voidaan kuvata korkeuskäyrinä, mutta varsinaisen kartan kuvaaminen symboleineen ja lukuisine objektityypeineen on hankalaa ilman erityistä sovelluskeemaa [17]. [19.]

KuntaGML on hankkeen ensimmäisessä vaiheessa sovellettu pohjakartoille sekä asemaavakartoille, ja kieli sisältää niiden objektien määrittelyt. Muiden aineistojen, kuten johtokarttojen, kuvaaminen ei tässä vaiheessa luotettavasti onnistu [17]. Lisäksi kielen käyttö edellyttää KuntaGML:n toteutusta käytettävässä ohjelmistossa [3].

CityGML-mallien siirtämiseen WFS-palvelulla on tehty joitakin kokeiluluontoisia ohjelmistosovelluksia, mutta yleisessä käytössä niitä ei toistaiseksi ole [27].

LandXML:lle ja Inframodelille ei ole toteutettu WFS-toiminnallisuutta, vaikka WFS-standardi sen teoriassa sallisi. Formaateilla tuotettujen tietomallien siirrossa käytetään perinteisiä tiedonsiirtomenetelmiä. Rajapintojen toteutus hankkeen osapuolten ja tieto-

varantojen haltijoiden välille on infran tietomallinnuksen kehityksen tulevaisuuden tavoite, mutta vielä ei tiedetä, toteutuuko se WFS-tekniikalla ja XML-pohjaisella tiedonsiirtoformaattilla. [16.]

#### 4.6 Käyttösovellukset

WFS-rajapintojen käyttö on toistaiseksi rajallista infran suunnittelussa. Paikkatietoalalla tekniikka tunnetaan paremmin, ja se on otettu käyttöönkin joissakin sovelluksissa. KuntaGML:n laajamittainen käyttöönotto, siihen suunniteltujen tietosisältölaajennusten toteuttaminen ja kuntien paikkatietoaineistojen yhtenäistäminen todennäköisesti toisi WFS-palvelut yleisempään käyttöön.

WMS-palvelut ovat laajemmin käytössä. Kuvamuotoinen tiedonsiirto sallii monipuolisemman aineistojen siirron. Infran suunnittelussa palveluita ei kuitenkaan käytetä laajamittaisesti, koska kuvamuodossa aineistot eivät sovellu CAD-ohjelmistoilla tehtävään tarkkaan suunnittelutyöhön. Käyttö keskittyy paikkatietoalan sovelluksiin. Kunnat ovat julkaisseet paikkatietoaineistojaan julkisesti tarkasteltavaksi verkossa toimiviin palveluihin. Lisäksi useampia aineistoja, mukaan lukien johtokarttoja, on käytössä kuntien sisäisissä WMS-palveluissa, jossa niitä hyödynnetään esimerkiksi kaavoituksessa sekä maankäytön ja ympäristötoimialan työskentelyssä. [17.]

#### 4.7 Lähtötietopalvelin

Lähtötietopalvelin on järjestelmä, jolla hankkeen lähtötietoja jaetaan osapuolten kesken. Nykyisin käytössä olevat järjestelmät ovat ns. projektipankkityyppisiä. Ne liittyvät usein lähtötietomalleihin, joita on toteutettu eräissä pilottihankkeissa, kuten kohdassa 2.4.5 käsitellyssä Pisara-radon lähtötietomallissa. Lähtötietomallin koostamisprosessiin kuuluva aineistojen harmonisointi ja dokumentointi palvelee aineiston jakamista lähtötietopalvelimen kautta hyvin, vaikka lähtötietomallin voi toteuttaa myös ilman sähköistä jakamiskanavaa. Lähtötietopalvelimissa on valmius esimerkiksi WMS-pohjaisen aineiston tarkastelun toteutukseen. Tulevaisuudessa rajapintojen käyttö palvelimilla lisääntyy, ja tietomallien käytön tavoitetilassa tiedostopalvelimen käytöstä voidaan siirtyä kokonaan rajapintojen käyttöön tietovarantojen hyödyntämisessä. [5; 14.]

#### 4.7.1 Novapoint DCM

Novapoint Quadri<sup>DCM</sup> on Vianova Systemsin kehittämä tietomallinnusta palveleva palvelinjärjestelmä. Sen tarkoituksena on säilöä tietomalleja ja hallinnoida niiden tarkastelua ja muokkausta. Järjestelmässä käyttäjien sallittu vuorovaikutus tietomalleihin määritellään tehtävän perusteella. Tehtävä voi olla esimerkiksi katselu tai muokkaus. Tiedonsiirto palvelimen ja käyttäjän välillä tapahtuu internetin kautta tavanomaisella web-palvelinratkaisulla. Quadri<sup>DCM</sup>-palvelin liittyy läheisesti Novapoint DCM -perusohjelmaan, joka on tarkoitettu tietomallien tarkasteluun, yhdistämiseen ja hallintaan. Suunnittelija saa ohjelman avulla palvelimelta käyttöönsä tarvitsemansa tiedot. Tietokannasta muodostetaan paikallinen työkopio, ja valmiit suunnitelmat mallit voidaan ladata siirtotiedostoina takaisin palvelimelle. Suunnittelutyö tapahtuu kuten aiemmin Novapoint-ohjelmiston suunnittelumoduuleilla. Novapoint DCM:ssä on yksinkertaiset perusmallintamistyökalut, joilla voidaan helposti luoda pinta- ja objektimalleja. Esimerkiksi vesihuoltoverkostot voitaisiin mallintaa nopeasti kolmiulotteisesta murtoviiva-aineistosta. Novapoint DCM tukee WMS-palvelinten käyttöä esimerkiksi ortoilmakuvien liittämiseksi aineistoon. WFS-tukea ei tämänhetkisessä versiossa ole. Norjassa ja Ruotsissa tilaajat ovat ottamassa käyttöön DCM-palvelimia, joilla pintamalleja sekä mittausdataa toimitetaan suunnittelijoille ja suunnittelijat toimittavat valmiita suunnitelmia. [14; 28.]

## 5 Yhteenveto

### 5.1 Johtopäätökset

Tämän insinööriyön ydinkysymyksenä oli, onko johtotietokarttojen siirtäminen mahdollista nykyisellä rajapintatekniikalla. Vastaus osoittautui sekä myönteiseksi että kielteiseksi. Kaikki edellytykset johtotietojen, kuten muunkin vektorimuotoisen suunnittelun lähtötietoaineiston, siirtämiseen on olemassa, mutta ongelmana on standardien ja tekniikoiden käyttöönotto, aineistojen hallinnoinnin hajanaisuus sekä rajapintapalveluiden riittämätön kysyntä.

Suurin tekninen haaste olisi GML-sovelluskeeman laatiminen johtokartoille. Se on kirjattu KuntaGML-hankkeen jatkotavoitteeksi, mutta sen toteutuksesta ei ole tietoa, ja KuntaGML:n käyttöönotto on toistaiseksi ollut vaihtelevaa. Helsingin kaupunki ei ole ottanut sitä käyttöön, vaan käsittelee aineistojaan Bentleyyn ohjelmien käyttämässä dgn-formaatissa. Todennäköistä lienee, ettei KuntaGML nouse kansallisen standardin asemaan. Ulkomailla on kuitenkin kehittymässä muita ratkaisuja kunnallisen paikkatiedon hallintaan ja jakamiseen. Niistä merkittävänä mainittakoon CityGML-kaupunkimalliformaatti, joka on jo käytössä useissa Keski-Euroopan maissa. Kansainvälisesti käytettävillä ratkaisuilla on paremmat edellytykset tulla yleisiksi standardeiksi, koska niiden kehitystyöhön käytetään enemmän resursseja ja suurilla mailla on vaikutusvaltaa standardien käyttöönotossa.

Teknisiä kysymyksiä merkittävämpi tekijä rajapintojen käyttöönotossa ovat kuntien, tilaajien ja suunnittelijoiden vakiintuneet toimintatavat. Lähtötietojen siirto aineistopyyntöjen perusteella aineistoista irrotettavina palasina on toistaiseksi toiminut riittävän hyvin. Rajapintojen käyttöönotto edellyttäisi paljon kaikkien osapuolten tiedotusta, ohjeistusta ja koulutusta rajapintojen luonteen ymmärtämiseksi ja niiden käytön oppimiseksi. Kuntien paikkatieto-osastoilla tekniikka osataan ja rajapintoja käytetään jo joissakin kuntien sisäisissä prosesseissa ja julkisen paikkatiedon sovelluksissa. Resurssit eivät kuitenkaan riitä uusien palveluiden kehittämiseen ja markkinointiin, vaan paikkatieto-osastot toimivat palveluidensa käyttäjien tarpeiden mukaan. Rajapintojen käyttö edellyttäisi uusien toimintatapojen sopimista tilaajien ja suunnittelijoiden kesken, jotta syntisi riittävä kysyntä palveluiden ylläpidon kannattavuuden kannalta.

## 5.2 Rajapintojen tulevaisuus

Tämä tutkimustyö johdatti syvälle infran suunnitteluprosessien, tiedonsiirron ja tietomallinnuksen kehitykseen. Työtä tehdessä ja omien suunnittelutyöstä saatujen kokemusten perusteella on käynyt ilmeiseksi, kuinka suuresta muutoksesta on kyse. Infran suunnittelussa siirtyminen tietomallipohjaisiin prosesseihin on alkanut, mutta tavoitellaan on vielä matkaa. Tietomallinnus muuttaa kaikki prosessit suunnittelusta rakentamiseen ja infraomaisuuden hallintaan. Rajapintojen osuus muutoksessa on toistaiseksi pieni. Kehitystyössä keskitytään toistaiseksi tiedonsiirron formaattien ja työskentelytapojen yhtenäistämiseen. Rajapintojen laajemmalle käyttöönotolle on edellytykset vasta, kun tekniikat ja standardit samoin kuin tiedon hallinta hankkeen koko elinkaaren ajan on yhteneväistä. Rajapintatoiminnallisuuden toteuttaminen Inframodel-formaatille nykyisten standardien puitteissa olisi todennäköisesti teknisesti mahdollista, mutta tiedonsiirron prosessit eivät vielä synnytä tarvetta tälle. Inframodel on vain välivaihe siirtymisessä dokumenttipohjaisesta tiedonsiirrosta tiedonsiirtoformaattien kautta integroituihin tietomalleihin.

Rajapinnat tulevat olemaan arkipäivää infran suunnittelussa pitkällä aikavälillä. Käytettävät tekniset ratkaisut ovat kuitenkin nykyisiä monipuolisempia ja mahdollistavat kaikenlaisen tietosisällön siirtämisen. Lähtötietoja, suunnitelmia ja nykytilamalleja hallinnoidaan paikka- ja metatietoperusteisesti. Formaattit eivät enää ole ohjelmistoriippuvaisia, vaan mahdollistavat tietomallin suoran lukemisen mitä erilaisimpiin sovelluksiin. Samaa infratiedon varastoa voivat hyödyntää niin suunnittelijat kuin rakentajat, jotka hyödyntävät suunnitelmamalleja koneautomaatiassa ja palauttavat tietovarantoon työnsä toteutumamallit. Tietomallit tehostavat myös laajempaa yhdyskuntien ja liikennejärjestelmien suunnittelua sekä päätöksentekoa, kun visualisointi- ja analyysityökalut mahdollistavat vaihtoehtojen vertailun ja tulevaisuuden ennustamisen. Tietovarannot avautuvat myös julkiseen ja kaupalliseen käyttöön lisäten hallinnon läpinäkyvyyttä, sujuvoittaen byrokraattisia prosesseja ja synnyttäen uusia liiketoimintamahdollisuuksia.



### 5.3 Loppusanat

Haluan antaa kiitoksen työn ohjaajalle Veli-Pekka Koskelalle mielenkiintoisen tutkimusaiheen antamisesta ja vapaiden käsien antamisesta työn tekemiseen. Työ saattoi synnyttää useampia kysymyksiä kuin vastauksia, mutta ainakin oma asiantuntemukseni aihepiiristä on kasvanut matkan varrella, ja itsenäinen työskentely on toiminut kasvatavana siirtymisriittinä opintielläni, joka ei katkea insinööriksi valmistumiseen.

*Diligentia maximum etiam mediocris ingeni subsidium*

## Lähteet

1. Junnonen, Juha-Matti: Tietotekniikkaa hyödyntävä infrasuunnittelu. Vammalan kirjapaino Oy. Sastamala, 2009. ISBN 978-952-5472-97-4
2. Virtanen, Juuso: Väylähankkeen lähtötietomalli ja sen muodostaminen. Metropolia AMK, 2012. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201204255059>
3. Niilahti, Jussi. Palvelurajapinnat paikkatietojen jakelussa: Case-KuntaGML. Hämeen ammattikorkeakoulu, 2009. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-200904141954>
4. Ahonen, Pete Johtojen ja laitteiden InfraBIM-malli Tampereen Ratapihankadulta. Tampereen teknillinen yliopisto, 2012. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:tty-201206181191>
5. Liikennevirasto. 2013. Infran tietovarantojen hallinta. Verkkojulkaisu. [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lts\\_2013-23\\_infran\\_tietovarantojen\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lts_2013-23_infran_tietovarantojen_web.pdf)
6. Rakennustiedon kotisivut. Infra FINBIM. Mallinnusohjeet, osa 1: Yleiset vaatimukset. Verkkodokumentti. [http://www.infrabim.fi/infrabim\\_uusi/mallinnusohjeita/InfraBIM\\_Mallinnusohjeet\\_OSA1\\_Yleiset%20vaatimukset\\_1%204.pdf](http://www.infrabim.fi/infrabim_uusi/mallinnusohjeita/InfraBIM_Mallinnusohjeet_OSA1_Yleiset%20vaatimukset_1%204.pdf)
7. Rakennustiedon kotisivut. Infra FINBIM. Mallinnusohjeet, osa 2: Lähtötietojen vaatimukset. Verkkodokumentti. [http://www.infrabim.fi/infrabim\\_uusi/mallinnusohjeita/InfraBIM\\_Mallinnusohjeet\\_OSA2\\_Lahtotiedot\\_1.2.pdf](http://www.infrabim.fi/infrabim_uusi/mallinnusohjeita/InfraBIM_Mallinnusohjeet_OSA2_Lahtotiedot_1.2.pdf)
8. Rakennustiedon kotisivut. Infra FINBIM. InfraBIM-sanasto. Verkkodokumentti. [http://www.rts.fi/infrabim/infrabim\\_uusi/infrabim\\_sanasto.html](http://www.rts.fi/infrabim/infrabim_uusi/infrabim_sanasto.html)
9. Rakennustiedon kotisivut. Infra FINBIM. Inframodel3. Verkkodokumentti. [http://www.rts.fi/infrabim/infrabim\\_uusi/Inframodel3-kayttoohje.pdf](http://www.rts.fi/infrabim/infrabim_uusi/Inframodel3-kayttoohje.pdf)
10. Rakennustiedon kotisivut. InfraTM. Paikkatiedon hallinta infran omistajien tietovarastoissa. Verkkodokumentti. [http://www.infrabim.fi/HarriMakela\\_paikkatietom\\_tietoisku.pdf](http://www.infrabim.fi/HarriMakela_paikkatietom_tietoisku.pdf)
11. Maanmittauslaitoksen internet-sivut. Tasokoordinaatistot. Luettu 26.2.2014 <http://www.maanmittauslaitos.fi/kartat/koordinaatit/tasokoordinaatistot>

12. Helsingin kaupungin internet-sivut. Koordinaatti- ja korkeusjärjestelmät. Luettu 26.2.2014.  
<http://www.hel.fi/hki/kv/fi/Kaupunkimittaosasto/Kartat+ja+paikkatiedot/Koordinaatisto>
13. JHS 178 Kunnan paikkatietopalvelurajapinta. Käyttöönotto- ja ylläpitosuunnitelma. Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta, 2010. Verkkodokumentti. [http://www.jhs-suositukset.fi/c/document\\_library/get\\_file?uuid=24e27e3c-062b-43ba-b5c6-e8e314e3a06d&groupId=14](http://www.jhs-suositukset.fi/c/document_library/get_file?uuid=24e27e3c-062b-43ba-b5c6-e8e314e3a06d&groupId=14)
14. Haastattelu, Marketta Wainio ja Petri Louhi, Vianova Systems Finland Oy, 4.2.2014
15. Infra FINBIM-pilottipäivä 9, Metropolia AMK Leppävaara, 6.2.2014
16. Tietomallinnuksen oppisopimuskoulutuksen asiantuntijaluennot, Metropolia AMK Leppävaara 6.2.2014
17. Haastattelu, Timo Tolkki ja Toni Pehkonen, Helsingin kaupunkimittaosasto, 13.2.2014
18. Rakennustiedon kotisivut. InfraBIM-hankkeen sivusto. Luettu 19.3.2014.  
<http://www.rts.fi/infrabim/index.htm>
19. Open Geospatial Consortiumin kotisivut. Geography Markup Language. Luettu 21.3.2014. <http://www.opengeospatial.org/standards/gml>
20. CityGMLwiki. Commercial software. Luettu 28.3.2014.  
[http://www.citygmlwiki.org/index.php/Commercial\\_Software](http://www.citygmlwiki.org/index.php/Commercial_Software)
21. Paikkatietoikkuna. Positio-lehti 3/2011. KRYSP luo pohjaa sähköisille kuntapalveluille. Verkoartikkeli.  
[http://www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi/positio\\_3\\_2011\\_krysp\\_luo\\_pohjaa\\_sahkoisille\\_kuntapalveluille](http://www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi/positio_3_2011_krysp_luo_pohjaa_sahkoisille_kuntapalveluille)
22. Kuntaliiton kotisivut. KuntaGML-hanke. Luettu 25.3.2014.  
<http://www.kunnat.net/fi/asiantuntijapalvelut/mal/verkko-opaat/paikkatiedon-opas/kunta-gml/Sivut/default.aspx>
23. CityGML-hankkeen kotisivut. Luettu 28.3.2014.  
<http://www.citygml.org/index.php?id=1524>
24. CityGMLwiki. Landeshauptstadt Stuttgart. Luettu 28.3.2014.  
[http://www.citygmlwiki.org/index.php/Landeshauptstadt\\_Stuttgart](http://www.citygmlwiki.org/index.php/Landeshauptstadt_Stuttgart)

25. Bentley'n kotisivut. Geo Web Publisher. Luettu 28.3.2014.  
<http://www.bentley.com/fi-FI/Products/Bentley+Geo+Web+Publisher/>
26. Vianovan kotisivut. Novapoint Map-esitys. Verkkodokumentti.  
[http://www.vianova.fi/content/download/4088/45408/version/13/file/Map\\_FIN\\_WEB%5B1%5D.pdf](http://www.vianova.fi/content/download/4088/45408/version/13/file/Map_FIN_WEB%5B1%5D.pdf)
27. CityGMLwiki. Snowflake Web Feature Service. Luettu 28.3.2014.  
[http://www.citygmlwiki.org/index.php/Snowflake\\_Web\\_Feature\\_Services](http://www.citygmlwiki.org/index.php/Snowflake_Web_Feature_Services)
28. Vianova Systems kotisivut. Novapoint Quadri<sup>DCM</sup> System Overview. Verkkodokumentti.  
[http://help.novapoint.com/lib/exe/fetch.php?media=en:np:server:technical\\_documentation:quadri\\_dcm\\_system\\_overview.pdf](http://help.novapoint.com/lib/exe/fetch.php?media=en:np:server:technical_documentation:quadri_dcm_system_overview.pdf)
29. Maa- ja metsätalousministeriön kotisivut. Inspire-direktiivi. Luettu 4.4.2014.  
[http://www.mmm.fi/fi/index/etusivu/maanmittaus\\_paikkatiedot/paikkatietojenyhteiskaytto/inspire.html](http://www.mmm.fi/fi/index/etusivu/maanmittaus_paikkatiedot/paikkatietojenyhteiskaytto/inspire.html)
30. Kuntaliiton kotisivut. Kunnan rakennetun ympäristön sähköiset palvelut. Luettu 4.4.2014.  
<http://www.kunnat.net/fi/asiantuntijapalvelut/tyk/kunnat/hankkeet/krysp/Sivut/default.aspx>

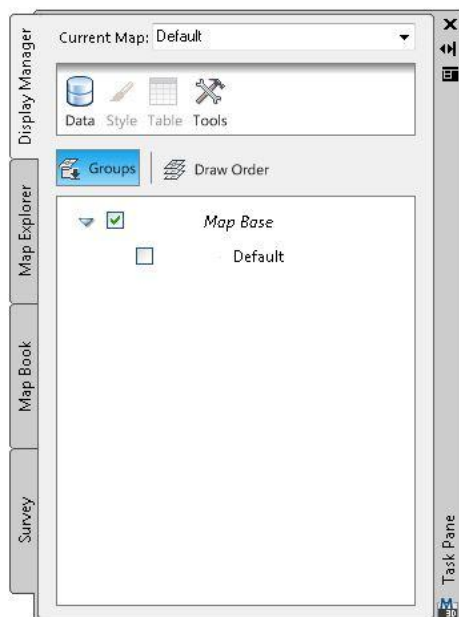
## WFS-rajapinnan käyttö AutoCAD Map 3D-ohjelmalla

WFS eli *web feature service* on tekninen rajapinta, jolla muodostetaan yhteys suunnitteluohjelmasta rajapintapalvelimelle ja tuodaan paikkatietoa vektorigrafiikkana ominaisuuksiedoilla lisättynä. WFS on Open Geospatial Consortium -yhteenliittymän (OGC) määrittelemä standardi (ISO 19142), jonka oletusarvoinen tiedonsiirtoformaatti on GML (geography markup language). WFS-rajapinta voidaan soveltaa myös muille tiedonsiirtoformaateille, kuten KuntaGML:lle, jos julkaisu- ja vastaanotto-ohjelmissa on tuki kyseisille formaateille. AutoCAD Map 3D:ssä on sisäänrakennettu tuki tavanomaisille WFS-rajapinnoille. Paikkatiedon tuonti kuvaan tapahtuu seuraavaksi kuvattavin toimenpitein. AutoCAD Mapin perusnäkyssä datan tuonti tapahtuu Connect-työkalulla, joka löytyy työkalurivin Home-välilehden vasemmanpuolimmaisesta Data-työkaluryhmästä (kuva 1).



Kuva 1 Työkalurivi ja Data connect-painike

Kuvaan tuodun paikkatiedon hallintaan käytetään Task Pane-työkalupalettia (kuva 2), jonka saa näkyviin ylärivin valikosta View > Task Pane. Kuvaan lisätyt paikkatietotasot näkyvät Task Panen Display Manager-välilehdellä. Display Managerissa on työkalurivi, jonka Data-painikkeella pääsee myös tuomaan dataa kuvaan.



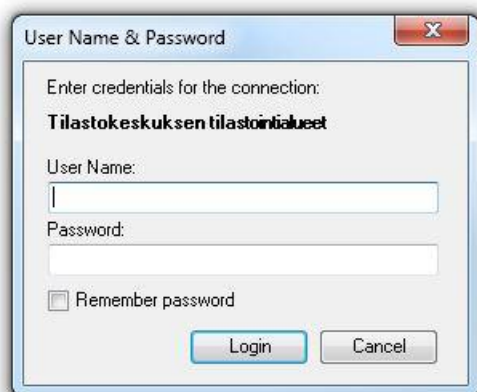
Kuva 2 Task pane-työkalupaletti

Connect to data-työkalu avaa valikkoikkunan, jossa voidaan liittyä erilaisiin tietokantoihin ja palvelimiin. Listasta löytyvät myös WFS- ja WMS-rajapinnat. Rajapinnan lisääminen tapahtuu yksinkertaisesti antamalla rajapinnalle vapaavalintainen nimi, lisäämällä sen yhteysosoite ja klikkaamalla Connect-painiketta (kuva 3). *Tässä esimerkissä käytetään Tilastokeskuksen julkista WFS-rajapintaa, jolla on saatavilla sen käyttämien tilastointialueiden rajat. Rajapinnan yhteysosoite on <http://geo.stat.fi/geoserver/tilastointialueet/wfs>.*

Ohjelma ottaa yhteyden palvelimeen ja kysyy aina käyttäjätunnusta ja salasanaa, vaikka rajapinta olisi julkinen (kuva 4). Tällöin kentät jätetään tyhjiksi ja klikataan Login-painiketta.

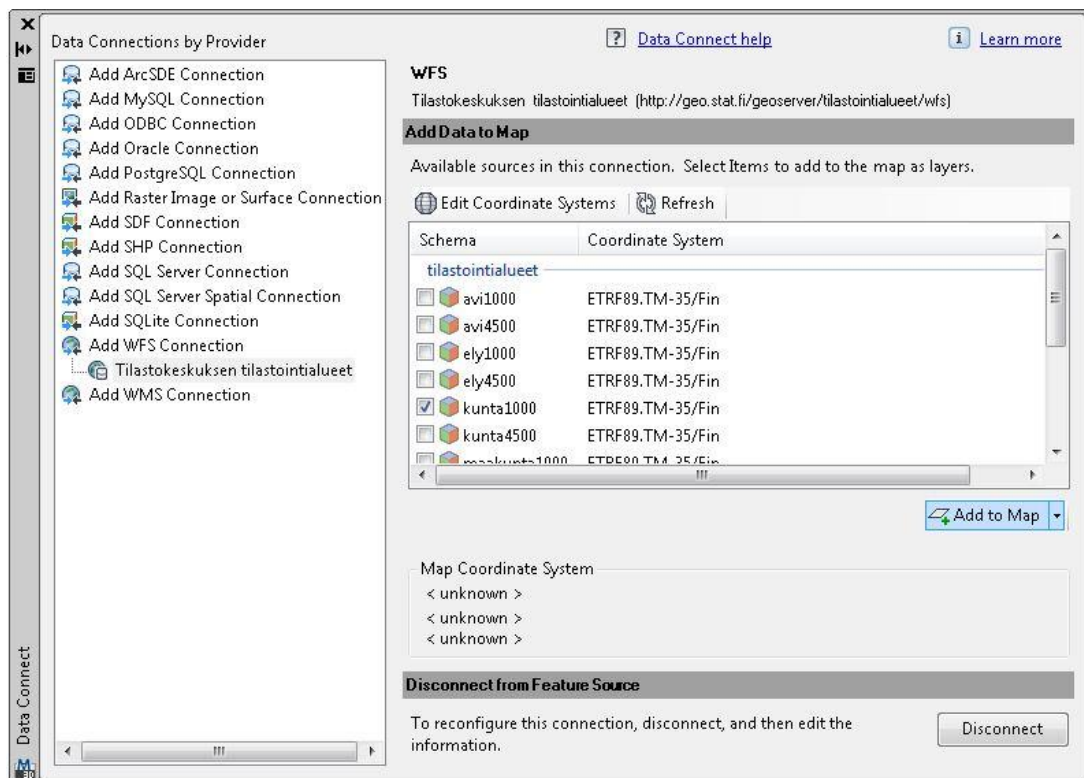


Kuva 3 Data connect-työkalun ikkuna

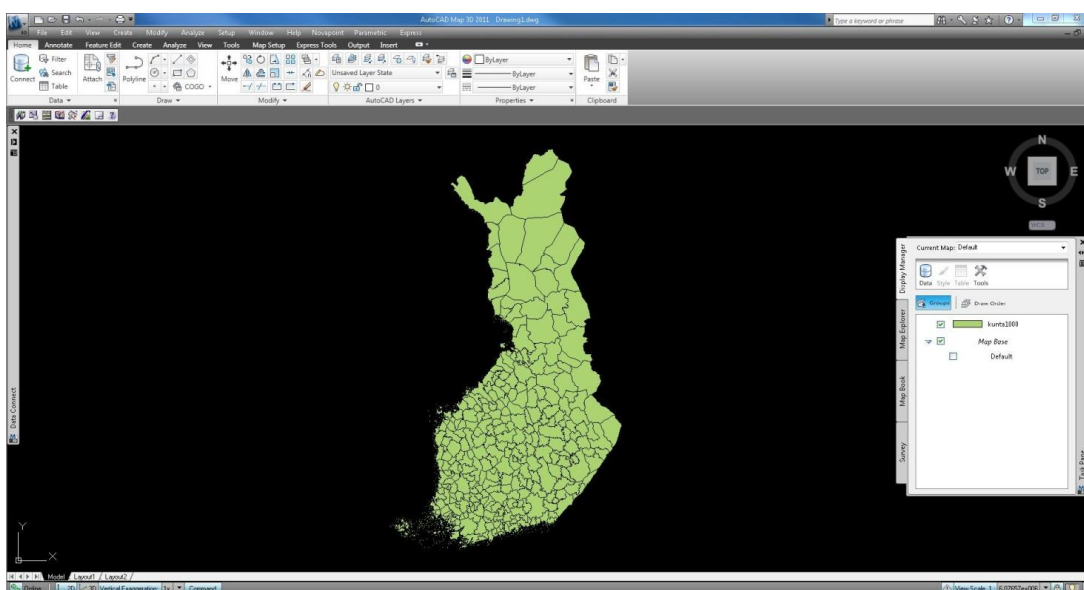


Kuva 4 Rajapinnan käyttäjätunnuskysely

Yhteyden luomisen onnistuessa WFS-yhteys ilmestyy vasemmanpuoleiseen listaan ja valikkoon tulee nähtäväksi rajapintapalvelimelta löytyvät tasot (kuva 5). Kullakin tasolla on yleensä yhdentyyppistä paikkatietoa, jonka tyyppi käy ilmi tason nimestä. Listassa näkyy myös, missä koordinaattijärjestelmässä tiedot ovat. Halutut tasot valitaan rastittamalla niiden ruudut listasta ja lisätään kuvaan klikkaamalla Add to map -painiketta (kuva 6).

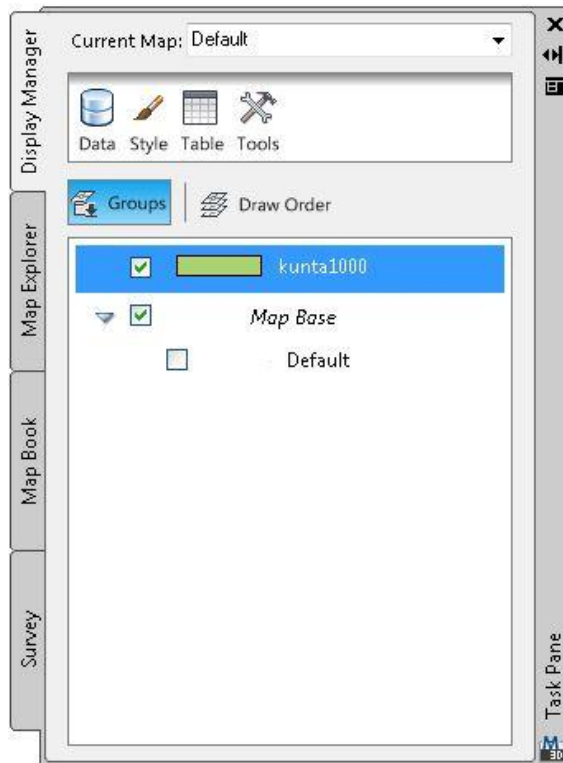


Kuva 5 WFS-palvelimella olevat tasot listattuna



Kuva 6 Tilastokeskuksen kuntarajat-taso kuvaan lisättyinä

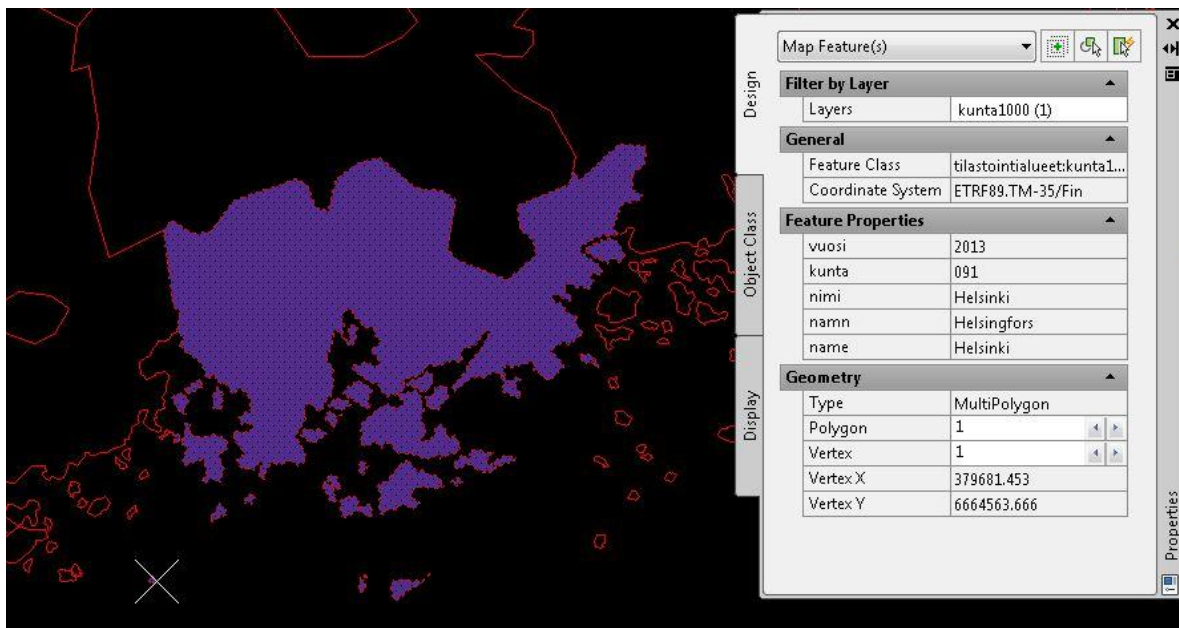
Kuvaan lisätyt tasot näkyvät nyt Task panen Display manager -välilehdellä, josta ne voi laittaa päälle ja pois valintaruutua klikkaamalla (kuva 7). Taso poistetaan klikkaamalla hiiren oikealla ja valitsemalla Remove layer. Välilehden Style-työkalulla valitun tason ulkoasua voidaan muokata (kuva 8). *Esimerkissä kuvaan on lisätty Suomen kunnat. Style-työkalulla poistetaan kuntia kuvaavien monikulmioiden vihreä täyttöväri ja muutetaan ääriviivojen väri punaiseksi.*



Kuva 7 Kuvaan lisätyt tasot näkyvät Task panen Display manager-välilehdellä

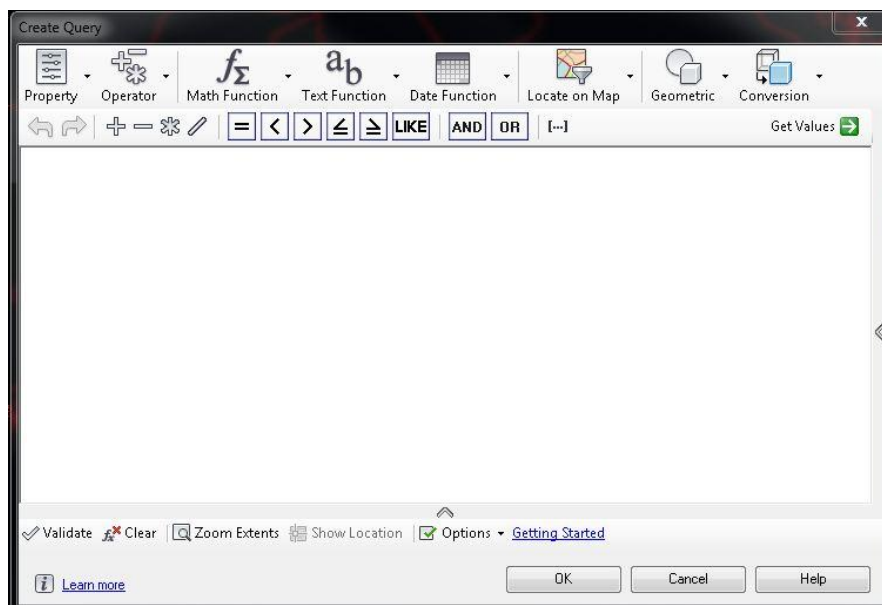




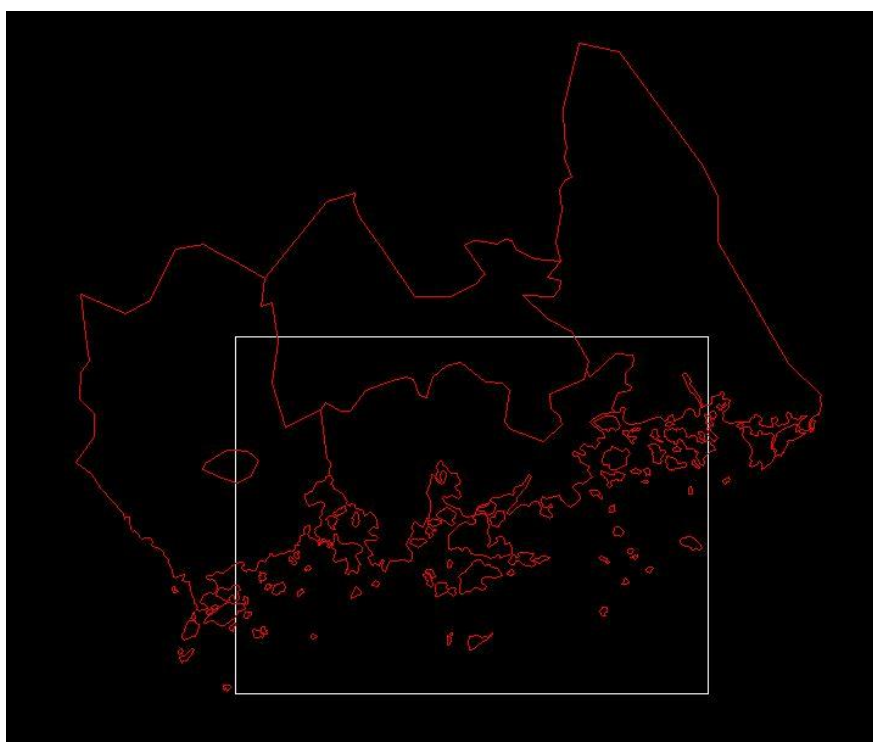


Kuva 9 Helsinkiä kuvaavan objektin ominaisuustiedot

Kuvaan tuotuja paikkatietoja voidaan rajata sijainnin tai ominaisuustietojen perusteella. Tämä tapahtuu valitsemalla Task panen Display manager -välilehdeltä Tools > Query to filter data. (kuva 10) Avautuvan ikkunan tekstikenttään voidaan kirjoittaa loogisia hakuetoja ominaisuuksien perusteella (esimerkiksi 'nimi'='Helsinki', jolloin vain suomenkieliseltä nimeltään Helsinki oleva kunta jää näkyviin) tai aineistolle voidaan antaa maantieteellinen rajaus yläreunan Locate on map-valikosta (kuva 11). Esimerkissä aineistoa on rajattu Helsingin ympärille piirretyllä suorakaiteella siten, että valituksi tulevat kaikki suorakaiteen leikkaamat ja sen sisään jäävät kunnat. Tallennettaessa piirustus WFS-yhteydet ja tasot säilyvät tyyliajetuksineen.



Kuva 10 Tason objektien rajaustyökalun ikkuna



Kuva 11 Valkoista nelikulmiota leikkaavat kunnat rajattuna aluevalinnalla