

KIRA-digi-kokeiluhanke: Avoimen lähdekoodin omaisuudenhallintajärjestelmän ja sen rajapintojen kehittäminen

Pakarinen, Saara-Maija; Jantunen, Riikka; Iikkanen, Tero.

Espoon kaupunki.

Kaupunkitekniikan keskus, Tietojen hallinta

14.10.2017

KIRA-digi-kokeiluhanke: Avoimen lähdekoodin omaisuudenhallintajärjestelmän ja sen rajapintojen kehittäminen	1
Abstrakti	2
Johdanto	3
Keskeiset käsitteet	4
Omaisuudenhallinta	4
Kansainväliset ISO-standardit	5
Omaisuudenhallintajärjestelmä	5
Avoin lähdekoodi	6
Semanttinen ontologia	7
LandXML	7
InfraModel	8
Aineisto ja menetelmät	10
Suunnitteludatan tietomallien laadun tutkiminen	10
Wiki-sivuston luominen	11
Tiedonsiirtotestaus	12
Maastomittaukset	13
Koodiston tiivistäminen	14
Tulokset	14
Johtopäätökset	17
Kiitokset	19
Lähteet	19

Abstrakti

OmaisuuDENhallinnan ympäristöt ovat perinteisesti olleet teknisesti suljettuja ratkaisuja. Integraatioita tai REST rajapintaa (GET,POST,PUT,DELETE) ei ole rakennettu, koska räätälöidyt ratkaisut olisivat olleet liian kalliita toteuttaa. Tieto viedään järjestelmään käsityönä käyttöliittymän kautta tai tiedostoina toimittajan omassa formaatissa, mikä pakottaa käyttämään toimittajan tarjoamia tiedonkeruulaitteita. Tietoa kerätään ja toimitetaan kaupunkien käyttöön erinäisissä formaateissa, joiden siirtäminen ja ylläpito nykyjärjestelmissä voi olla haastavaa. OmaisuuStietojen perusteella tehdään analyyseja ja karttoja kaupungin käyttöön ja ohjataan toimintaa. Toiminnanohjaus ja analyysit vaativat ajantasaista ja luotettavaa tietoa.

Tämän kokeilun tavoitteena oli tutkia, miten rakentamisen aikana syntyvä toteumatieto saadaan siirrettyä automaattisesti omaisuudenhallinnan kokeilurekisteriin. Kokeilu toteutettiin Ympäristöministeriön rahoituksella osana Hallituksen KIRA-digi -kärkihanketta. Kokeilurekisteriä varten laadittiin avoimen lähdekoodin tietomalli, joka kuvauksineen ja ohjeineen julkaistiin GitHubissa <https://github.com/ORGTYTESPOO/kiradigiasm/> ja se soveltuu kansainväliseen tuotantokäyttöön ja jota kaikki kunnat Suomessa voivat halutessaan hyödyntää. Lisäksi rakennettiin testijärjestelmä automaattisen tiedonsiirron testaamiseen. Järjestelmä perustuu vapaan avoimen lähdekoodin valmiisiin ohjelmistoihin Geoserveriin, QGIS:iin ja PostGIS -tietokantaan. Geoserver ja QGIS ovat OSGeo (Open Source Geospatial Foundation) -projekteja. Geoserver on OGC -standardoitu ja sen avulla voi julkaista paikkatiedon rajapintoja. Hankkeessa syntynyt FME -ohjelmalla toteutettu tiedonsiirto on myös julkaistu GitHubissa.

Hankkeen kaikki tekniset tavoitteet saavutettiin onnistuneesti. Sekä järjestelmän rakentaminen että tietomallin toteutus valmistuivat tavoiteaikataulua nopeammin ja tietomallia ehdittiin laajentaa katualueiden ulkopuolelle. Tietomalli suunniteltiin tehokkaaksi siten, että aineiston lataaminen ja sen päivittäminen operatiivisessa toiminnassa olisi mahdollisimman nopeaa ja näkyisi loppukäyttäjälle lyhyinä vasteaikoina. 3D - toteumatiedon laadussa havaittiin vaihtelevuutta. Huomattiin, ettei InfraModelin tarjoamia mahdollisuuksia hyödynnetty teknisesti siten, että tietoa olisi voinut suoraan hyödyntää infraomaisuuden paikkatietorekisterin tarpeisiin. Kukin katurakennekerroksen (kantava, jakava, ylin pintamalli) suunnitelma sisälsi vain yhden kolmiulotteisen pinnan, josta ei voinut erotella alueita mahdollisesti vaihtuvan materiaalin mukaan. Kaikkien kerrosten materiaalitiedosta olisi kuitenkin hyötyä ylläpidon aikana. OmaisuuDENhallinnan rekisteriin esim. ylimmän pinnan suunnitelma pitäisi pilkkoa siten, että se sisältäisi kolmiulotteiset alueet ajoradoista, kevyen liikenteen väylistä ja liikennevihreistä. Lisäksi tarvittaisiin erillinen suunnitelma pisteinä alueilla sijaitsevista varusteista.

Kokeilun tuloksena todettiin, että Espoon kaupungin olisi syytä siirtyä käyttämään IM4 -standardia heti, kun se on mahdollista. IM4:iin on mahdollista tallentaa myös materiaali alueittain. Lisäksi ehdotettiin, että InfraModelia lähdettäisiin kehittämään eteenpäin siten, että ominaisuustiedoiksi lisättäisiin katualueille ainakin rakennusvuosi ja toiminnallinen luokka. Todettiin myös, että varusteista (roskikset, penkit, katuvalot, liikennemerkit jne.) tarvittaisiin omat 3D -muotoiset suunnitelmansa.

Johdanto

Ihmisen ja ihmisryhmiensä toiminta ja menestyminen on hyvin riippuvaista rakennetusta infrastruktuurista ja sen kunnosta (Uddin et al. 1997). Infrastruktuurin laadulla ja tehokkuudella on vaikutusta elämänlaatuun, terveyteen sekä taloudelliseen toimintaan. Omaisuudenhallinnan tärkeyteen havahduttiin ensimmäisen kerran Englannissa, kun infrastruktuurin huono kunto aiheutti suuren junaonnettomuuden sekä vei valaistuksen koko Lontoosta (Suomen standardisoimisliitto, 2017). Tämän seurauksen huomattiin tarve luoda kansainväliset standardit omaisuudenhallintaan. Valtion taloudellinen vahvuus näkyy sen infraomaisuudessa, sillä resurssien jakaminen vaatii hyvää vesi-, energia-, ja liikenneinfrastruktuuria.

Rakennettu infrastruktuuri kuuluu usein kaupungin tai yksityisen organisaation omistukseen, jolloin se on kyseisen organisaation omaisuutta. Omaisuudenhallinta on ohjattua ja systemaattista toimintaa, jolla organisaatio hallinnoi omaisuuttaan koko sen elinkaaren ajan. Omaisuudenhallinta perustuu tietoon (Sito, 2017). Se on tiedonhallintaa siitä, mitä omistetaan, missä omaisuus sijaitsee ja missä kunnossa omaisuus on. Se on myös tiedonhallintaa omaisuudelle tehdyistä kunnossapitotoimista sekä suunnitelmien laatimista siitä, mitä tehdään, jotta omaisuus pysyy kunnossa eikä sen arvo laske. Espoon kaupunki ylläpitää omaisuudenhallinnan rekisteriä, joka sisältää kaupungin omistaman yleisten alueiden kiinteän infraomaisuuden, kuten kadut, puistot ja varusteet.

Omaisuudenhallinnan järjestelmä on tällä hetkellä teknisesti suljettu ratkaisu, jolloin vain järjestelmätoimittaja voi kehittää järjestelmää. Alueet, viivat ja pisteet digitoidaan manuaalisesti ja ominaisuustiedot syötetään käsin tietokantaan käyttöliittymän kautta. Tällöin suunnittelusta ja rakentamisesta saatavan tiedon hyödyntäminen ylläpidossa on vaikeaa tai mahdotonta. Osa tiedosta häviää matkalla, koska tiedolle ei ole tallennuspaikkaa. Uudelleensyötön yhteydessä tietoon tulee tallennusvirheitä eli se "pilaantuu". Tiedon jatkuvan päivittämisen vaikeuden vuoksi se vanhenee ja on sen vuoksi käyttökelvotonta.

KIRA-digi on ympäristöministeriön rahoittaman hallituksen kärkihankkeen toteuttaja, jonka tavoitteena on vauhdittaa julkisten palveluiden digitalisointumista sekä muodostaa avoin ja yhteentoimiva rakennetun ympäristön tiedonhallinnan ekosysteemi. Mukana hankkeessa ovat ministeriöt, kunnat ja KIRA-foorumi. KIRA-digi myönsi Espoon kaupungin tiedonhallinnan

yksikölle rahoituksen avoimen lähdekoodin omaisuudenhallinta järjestelmän ja sen rajapintojen kehittämishankkeeseen.

Kokeilun tavoitteena on tietovuodon ja tietovirheiden vähentäminen sekä manuaalisen tallennustyön poistaminen. Tutkimuksen tavoitteena on tutkia, miten rakentamisen aikana syntyvä väylien toteumatieto saataisiin siirrettyä mahdollisimman automaattisesti omaisuudenhallinnan rekisteriin. Tiedonsiirto työmaalta perustuu IM3 - tiedonsiirtoformaattiin, joka sisältää sekä geometria- että ominaisuustiedon. Tarkoituksena on samalla muodostaa kansainvälinen avoimen lähdekoodin omaisuudenhallintajärjestelmä, joka on kaikkien organisaatioiden hyödynnettävissä. Tavoitteena on myös kansallisten standardien edistäminen ja kehittäminen.

Tämän tutkimuksen tutkimushypoteesit ovat seuraavat:

Aineisto ei ole teknisesti standardia ja automatisointia ei voi tehdä kaikille suunnitelmille.
Tekoälyn rakentaminen on liian kallista ja työlästä
Datan laatua ja vakioinnin tapaa pitää kehittää
Työmaalla ei tallenneta ominaisuustietoa
Siirrytään IM4:iin ja kehitysehdotuksia IM5:iin

Keskeiset käsitteet

Omaisuudenhallinta

Organisaation omaisuus tarkoittaa kohteita, asioita ja kokonaisuuksia, joilla on tai voi olla arvoa organisaatiolle. Kunnan kiinteään infraomaisuuteen kuuluvat kadut, viheralueet, taitorakenteet, putket, hulevedet sekä leikki- ja liikuntapaikat, joiden huollosta ja kunnossapidosta kunta vastaa. Kuntien infrastruktuuri, kuten vesihuolto, sähkönjakelu, ajo- ja rautatiet, lentoväylät, rakennukset ja viheralueet, ovat välttämättömiä yhteiskunnan nykyiselle ja tulevalle toiminnalle. Jotta infrastruktuuri säilyy käyttökelpoisena, tulee kunnan hallita omaa omaisuuttaan. Omaisuudenhallinta on systemaattinen menetelmä, jonka avulla hoidetaan, parannetaan ja käytetään omaisuutta. Se on koordinoitua toimintaa, jonka avulla organisaatio hyödyntää omaisuuden arvoa. Omaisuudenhallinnan perustana toimii omaisuustieto. Jotta omaisuutta pystytään hallitsemaan se pitää pystyä paikallistamaan ja tunnistamaan. Omaisuudenhallinnalla tarkoitetaan organisaation omistaman omaisuuden hallitsemista koko sen elinkaaren ajan. Tässä tapauksessa omaisuudenhallinnalla tarkoitetaan kiinteän infraomaisuuden hallitsemista.

Infraomaisuuden hallinta voidaan määritellä seuraavasti:

“Organisaation infraomaisuuden hallinta tarkoittaa systemaattisia ja koordinoituja toimintoja ja käytäntöjä, joilla organisaatio optimaalisesti ja kestävästi hallitsee omaisuuttaan ja omaisuusjärjestelmiään, näiden keskinäistä toimintaa, riskejä ja

kustannuksia koko tarkoituksenmukaisen elinkaaren ajan saavuttaakseen organisaation strategiset tavoitteet” (PAS 55-1 2008).

OmaisuuDENhallinnan päätarkoitus on tuottaa organisaatiolle arvoa. Tätä varten täytyy tunnistaa mitkä asiat tuottavat arvoa organisaatiolle ja sen sidosryhmille. Raha on yksi arvon ulottuvuus, mutta sen lisäksi arvolla tarkoitetaan myös mainetta, turvallisuutta, kestävyyttä, yhteisöllisyyttä ja hyvinvointia. OmaisuuDENhallintaa ei tule nähdä erillisenä projektina tai yksikkönä organisaatiossa, vaan se toimii raamina kaikelle organisaatiossa tapahtuvalle toiminnalle. OmaisuuDENhallintaa ei voida delegoida yhden asiantuntijaryhmän hoidettavaksi, vaan koko organisaation tulee omaksua omaisuuDENhallinnan periaatteet. OmaisuuDENhallinta on jatkuvaa toimintaa, eikä sillä ole alkua tai loppua. Sen tulisi olla jatkuvan kehityksen kohteena, jossa huomio kiinnitetään myös organisaation tulevaisuuden tarpeisiin. Tällä hetkellä omaisuuDENhallinta painottuu hyvin pitkälle fyysisen omaisuuden hallintaan, mutta myös aineetonta omaisuutta voidaan hallinta ja usein sen arvo kohoaa fyysisen omaisuuden arvoa korkeammalle.

Kansainväliset ISO-standardit

ISO 55000 standardisarja toimii omaisuuDENhallinnan kansainvälisenä standardina (The Institute of Asset Management, 2017). ISO 55000 standardisarjaan kuuluu ISO 55000, ISO 55001 ja ISO 55002 standardit, joiden tehtävänä on auttaa organisaatioita hallinnoimaan omaisuuttaan tehokkaasti (Suomen Standardisoimisliitto). Standardeissa on huomioitu myös suomalaisen omaisuuDENhallinnan erityispiirteet, sillä asiantuntijoiden muodostamassa ISO 55000 kehitysryhmässä oli mukana myös suomalaisia asiantuntijoita.

Kullakin standardisarjaan kuuluvalla standardilla on oma tarkoituksensa. ISO 55000 standardi antaa yleiskuvauksen omaisuuDENhallinnasta ja määrittelee sen periaatteet sekä terminologian (Suomen Standardoimisliitto). Tätä standardia voidaan soveltaa kaiken tyyppiseen omaisuuteen. ISO 55001 standardi määrittää vaatimukset omaisuuDENhallintajärjestelmälle organisaation toimintaympäristössä. Standardi on tarkoitettu erityisesti fyysisen omaisuuDENhallintaan, mutta sitä voidaan soveltaa myös muun tyyppiseen omaisuuteen. ISO 55002 puolestaan tarjoaa ohjeita omaisuuDENhallintajärjestelmän tulkintaan ja käyttöön ISO 55001 vaatimusten mukaisesti.

OmaisuuDENhallintajärjestelmä

Kuten aiemmin mainittiin, omaisuus käsittää kohteita, joilla on tai voi olla arvoa organisaatiolle. Kuntien infraomaisuuteen kuuluu muun muassa katu- ja viheralueet, niihin kuuluvat varusteet, putket sekä hulevedet. OmaisuuDENhallinnalla kunta pyrkii huolehtimaan optimaalisesti ja kestävästi omistamastaan infrastruktuurista omaisuuden koko elinkaaren ajan. OmaisuuDENhallinta on siis jatkuva, systemaattinen prosessi (Alatyyppö & Paavilainen, 2016). OmaisuuDENhallintaa toteutetaan omaisuuDENhallinnan tietojärjestelmän avulla. Tietojärjestelmä on prosessien, tietojen, ohjelmiston ja laitteiston yhdistelmä, joka pitää omaisuuteen liittyvän tiedon kasassa, hallittavissa sekä hyödynnettävissä (Ahlroos, 2013; Alatyyppö & Paavilainen 2016). Organisaatio päättää mitä tietoa dokumentoidaan, jotta se

takaa, että toiminnot saavuttavat tarkoituksenmukaisen lopputuloksen. Tietoa sijaitsee rekistereissä, tietokannoissa, taulukoissa, dokumenteissa ja paikkatietojärjestelmissä. Etenkin isoissa organisaatioissa, joissa on useita yksiköitä sekä omaisuususeriä, tietoa sijaitsee usein yksittäisissä dokumenteissa, jotka yhdessä muodostavat omaisuudenhallinta järjestelmän. Ongelmana onkin usein tiedon löytäminen, onko se käytettävässä muodossa ja onko tieto kattavaa. Hallintajärjestelmä on lähestymistapa, jonka tarkoituksena on taata, että organisaatiossa vaadittu lopputulos saavutetaan hallitusti ja kestävästi (The Institute of Asset Management, 2017). Omaisuudenhallintajärjestelmä koostuu metodeista, menetelmistä, datasta, ohjelmistoista, käytännöistä sekä budjetista ja rahoituksesta (Uddin et al. 1997). Espoossa kaupungin omaisuudesta ylläpidetään rekisteriä, joka sisältää ominaisuustiedot ja sijaintitiedot kaupungin omistamista katu- ja viherkohteista. Rekisterissä on lukuisia ominaisuustietoja kustakin kohteesta, esimerkiksi yksittäisistä pensaista sekä penkeistä. Omaisuudenhallinnan järjestelmän avulla seurataan omaisuuden elinkaarta. Sen avulla ohjataan toimintaa, kuten kohteiden kunnossapitoa. Omaisuudenhallinnan tiedot siirretään erilliseen suljetun lähdekoodin toiminnanohjausjärjestelmään, jonne merkitään esimerkiksi milloin kohdetta on viimeksi huollettu. Tällöin pystytään seuraamaan kohteen kuntoa ja pitämään kiinni sopivasta huoltovälistä. Omaisuudenhallintajärjestelmästä saatavan tiedon avulla tehdään myös monia analyyseja, raportteja sekä karttoja kaupungin käyttöön, mikä edellyttää, että omaisuudenhallintajärjestelmässä on ajantasaista ja luotettavaa tietoa kohteista.

Avoim lähdekoodi

Avoimen lähdekoodin käsite on syntynyt vuonna 1998 yhdysvaltalaisen Open Source Initiative (OSI) toimesta. Avoin lähdekoodi mahdollistaa ohjelmistojen lähdekoodin vapaan käytön, kopioinnin, muuntelun ja jakamisen (OSI, 2007). Avoimen lähdekoodin ohjelmistoja voi vapaasti jakaa Internetin välityksellä ja kuka tahansa voi kehittää ohjelmistoa eteenpäin. Käyttäjällä on mahdollisuus valita ohjelmisto ja toimittaja erikseen. Tällöin ei olla riippuvaisia yksittäisestä toimittajasta, mikä vähentää riskejä, tuo joustavuutta toimintaan, edistää vapaata kilpailua ja estää hintakartellit. Käyttäjä voi vapaasti muunnella avoimen lähdekoodin ohjelmistoja sekä valita tuekseen useita toimittajia.

Open Source Initiativen (2007) määritysten mukaan avoimen lähdekoodin ohjelman tulee vastata seuraaviin vaatimuksiin:

Ohjelman tulee olla vapaasti levitettävissä ja välitettävissä

Ohjelman tulee sisältää lähdekoodi tai lähdekoodin tulee olla vapaasti saatavissa

Lisenssin täytyy sallia johdettujen töiden levittäminen ja muuntelu

Lisenssi voi rajoittaa lähdekoodin levittämistä muokatussa muodossa vain jos lisenssi sallii korjaustiedostojen ja niiden lähdekoodin levittämisen. Lisenssi voi vaatia, että johdettu työ saa eri nimen tai numeron kuin alkuperäinen ohjelma.

Lisenssi ei saa syrjiä ketään ihmistä tai ihmisryhmää.

Lisenssi ei saa rajoittaa mitään käyttötarkoitusta. Lisenssiä pitää saada käyttää yhtälailla kaupalliseen käyttöön kuin tieteelliseen tutkimukseen.

Kaikilla on samat oikeudet ohjelmaan.

Ohjelman oikeudet eivät saa olla riippuvaisia siitä ohjelmistosta, jonka osana ohjelmaa levitetään. Ohjelman oikeudet säilyvät, vaikka sitä käytettäisiin muussa, kuin alkuperäisessä ohjelmistossa.

Lisenssi ei saa rajoittaa muita ohjelmistoja.

Lisenssin täytyy olla riippumaton teknologisesta toteutuksesta.

Semanttinen ontologia

Semantiikka tarkoittaa tietomallin ominaisuutta, jossa tietomalli sisältää tietokoneen ymmärtämää ominaisuustietoa kohteista. Semanttisen ominaisuustiedon avulla tietokannassa voidaan tehdä erilaisia analyyseja. Analyysin tulokset voidaan lisätä omaksi attribuuttitiedoksi tietokannan kohteiden ominaisuustietoihin.

Tietojärjestelmät vaativat toimiakseen pääsyä saatavilla olevaan tietoon, joka on usein hajallaan ja epäyhtenäistä. Monia ongelmia pitää ratkaista, jotta voitaisiin rakentaa tehokas tietojärjestelmä. Semanttinen epäyhtenäisyys tarkoittaa sitä, että data ei ole yhtenäistä. Rakenteellinen epäyhtenäisyys puolestaan tarkoittaa sitä, että eri tietojärjestelmät tallentavat dataa tietokantoihin eri tavoin ja eri järjestyksessä. Jotta voitaisiin saavuttaa tietokantojen semanttinen yhteentoimivuus, järjestelmän täytyy ymmärtää tietoa. Semanttisia virheitä tapahtuu, kun kaksi kontekstia ei käytä samaa tulkintaa tiedosta. Ontologioiden käyttö epäyhtenäisen tiedon selittämiseen on mahdollinen lähestymistapa semanttisen epäyhtenäisyyden aiheuttamien ongelmien ratkaisuun.

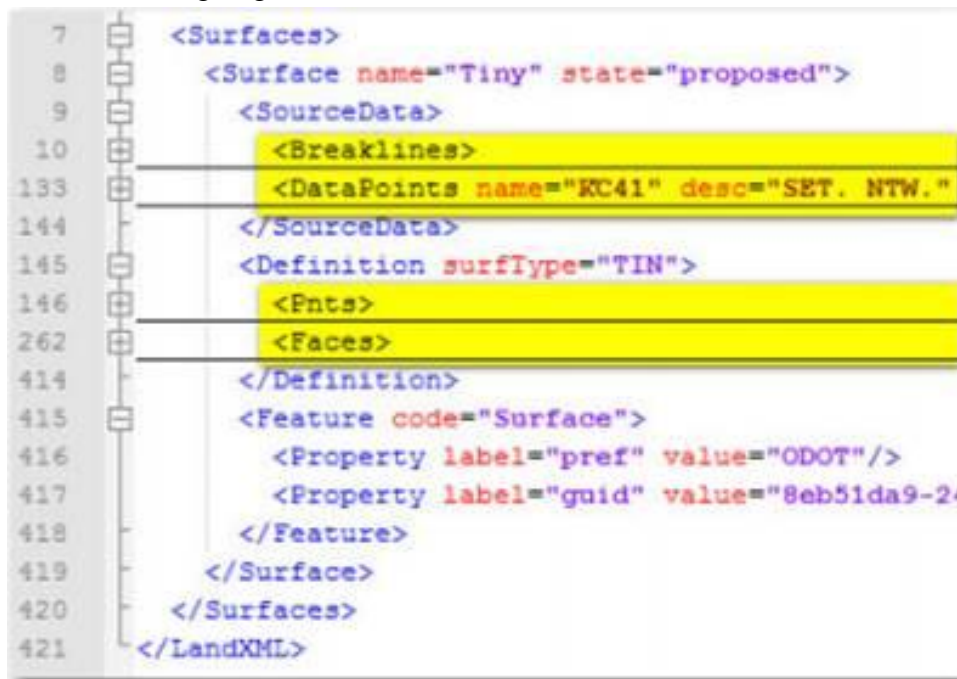
Ontologia tarkoittaa tarkkaa määrittelyä käsitteellistämiseksi. Se on tiettyyn aihealueeseen liittyvän käsitteistön eksplisiittinen malli. Se käsittelee kokonaisuuksia sekä niiden keskinäisiä vuorovaikutuksia (Bishr, Kuhn 2010). Ontologiat ovat hyvin keskeisessä roolissa tietokonejärjestelmissä, sillä ne ohjaavat tietojärjestelmän komponentteja. Ontologiat tarjoavat keinoja eri tietojärjestelmien yhteentoimivuudelle. Ontologiat ohjaavat tietojärjestelmiä ja ne muuttavat datan tietokoneen ymmärtämään muotoon. Jokaisella tietojärjestelmällä on oma ontologiansa, joka antaa todellista maailmaa kuvaaville symboleille tarkoituksen. Ontologiat kuvaavat todellista maailmaa spesifillä koneen ymmärtämällä kielellä. Ontologiat jotka tallentavat tiedon semantiikkaa voidaan kuvata kaavamaisella kielellä ja sitä voidaan käyttää varastoimaan metadatta mahdollistaen semanttisen tiedon integroinnin ja integroinnin automaation.

LandXML

LandXML on kansainvälinen XML-koodikieleen (Extensible Markup Language) pohjautuva tiedostoformaatti, jonka sisältämää dataa käytetään tyypillisesti liikenteen ja kaupunkialueiden suunnittelussa ja -rakentamisessa (LandXML.org). Se on helppo keino siirtää dataa useiden eri ohjelmien välillä. LandXML erottaa datan ”blokkeihin”, joissa

informaatio on aina tietyssä järjestyksessä. LandXML- tiedostoja voi avata millä tahansa tekstinkäsittelyohjelmalla, joskin Notepad++ on tyypillisimmin käytetty ohjelma (Oregon.gov).

LandXML muotoisessa koodissa on kaksi merkittävää datan erottelevaa blokkia. Ensimmäinen näistä blokeista on "SourceData"-tagien välissä ja se sisältää "älykästä" dataa. Tähän blokkiin on tallennettu yksityiskohtaista lineaarista dataa "Breaklines"-tagin alle sekä "Datapoints"-tagin alla olevat nimi-, tyyli- ja sijaintitiedot. Toinen LandXML-koodin merkittävä informaatioblokkia sisältää pisteiden XYZ-sijainnin "Pnts"-tagin alla sekä "Faces"-tagin alla olevat tiedot pisteistä, jotka muodostavat TIN-rakenteen (Triangulated Irregular Network) (Oregon.gov).



Kuva 2: LandXML-koodikielen rakenne (Oregon.gov)

InfraModel

InfraModel (IM) on kansainväliseen LandXML-standardiin perustuva suomalainen avoin menetelmä infratietojen tietomallipohjaiseen siirtoon. Sitä voidaan käyttää muun muassa erilaisten suunnitteluohjelmien välisessä tiedonsiirrossa, suunnitelmamallien arkistoinnissa sekä mittaus- ja koneohjaussovelluksissa (Inframodel.fi, 2016). Inframodel-tiedonsiirron vahvuuksia ovat tiedonsiirron yhdenmukaistaminen, virheiden ja hukan väheneminen sekä mahdollisuus välittää dataa koskevaa metatietoa. (PRE InfraFINBIM Inframodel-ryhmä 2013).

Nykyisin käytössä oleva Inframodel 3 perustuu LandXML:n versioon 1.2. Inframodel 3 -formaattilla voidaan käsitellä seuraavia aiheita:

Kontekstia koskeva informaatio, kuten projekti, koordinaattijärjestelmä käytetyt luokittelut ym.

Lähdedata (pinnat, taiteviivat, datapisteet): geometric data (luokittelut)

Teiden, vesiväylien ja rautateiden suunnittelu ja muotoilu
Alueellinen suunnittelu (esim. maisemointi ja meluaitojen suunnittelu)
Vesien jakelu ja viemärointi
Aidat, valopylväät, suojakaiteet, tienviitat ym. (Inframodel.fi 2016).

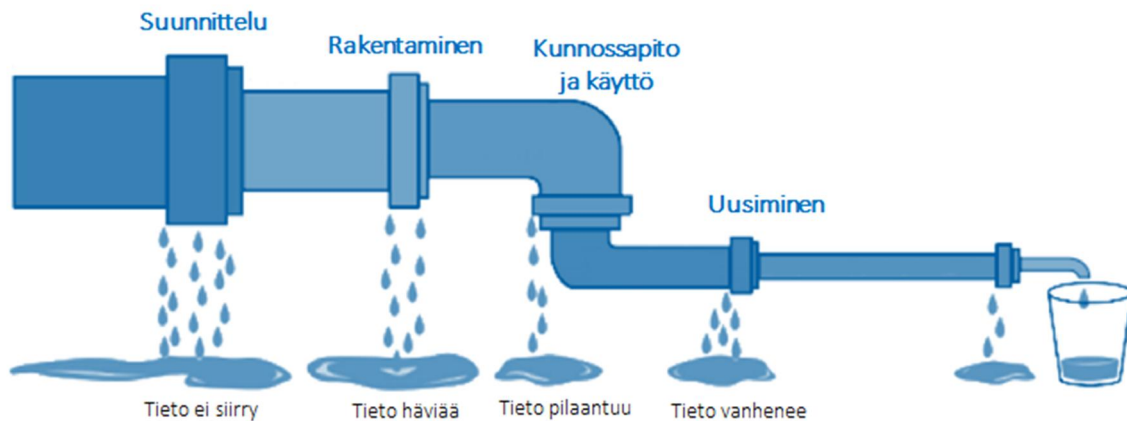
Espoon kaupungin omaisuudenhallinta

Infraomaisuudenhallinnan tehtävä on ylläpitää ja kehittää kaupungin infraomaisuutta tukemaan kaupungin kehittymistä tavoitteiden mukaisesti (SITO, 2017). Espoon kaupungin omaisuudenhallinnan rekisteri sisältää kaupungin omistaman yleisten alueiden kiinteän infraomaisuuden, kuten kadut, puistot ja varusteet. Omaisuudenhallinnan avulla seurataan kohteiden kunnossapitoa sekä elinkaarta. Kaikista kohteista on tallennettu monia ominaisuustietoja rekisteriin.

Omaisuutta koskeva tieto on tällä hetkellä jakautunut eri yksiköille, jolloin omaisuustieto on yksiköillä, ei organisaatiolla (SITO, 2017). Tämä on haaste muun muassa siksi, että tietyn alueen hoitoon liittyvät tiedot ovat vain sillä yksiköllä, joka aluetta hoitaa eikä esimerkiksi yhteisessä tietojärjestelmässä. Mikäli hoitoalueisiin tulee muutoksia, niin aikaa kuluu kauan ennen kuin uusi alue opitaan tuntemaan.

Tällä hetkellä omaisuudenhallinnan järjestelmän ollessa teknisesti suljettu ratkaisu, vain järjestelmätoimittaja voi kehittää järjestelmää. Mikäli kirjoitus- tai muokkausoikeutta tietokantaan ei ole tai rajapinnat tiedonsiirtoihin puuttuvat tiedot joudutaan siirtämään käsityönä käyttöliittymän kautta. Alueet, viivat ja pisteet digitoidaan manuaalisesti ja ominaisuustiedot syötetään käsin. Tällöin suunnittelusta ja rakentamisesta saatavan digitaalisen tiedon hyödyntäminen ylläpidossa on vaikeaa tai mahdotonta. Osa tiedosta häviää matkalla, koska sille ei ole tallennuspaikkaa. Uudelleensyötön yhteydessä tietoon tulee tallennusvirheitä eli se "pilaantuu". Tiedon jatkuvan päivittämisen vaikeuden vuoksi se vanhenee ja on sen vuoksi käyttökeltotonta. Lisäksi tietomassa on suuri ja käsityönä tapahtuva päivittäminen hidasta, jonka vuoksi tiedon ei ole mahdollista pysyä ajan tasalla. Tallentajan ja digitoijan työn hoitaminen vaatii paikkatietokoulutusta, paikkatieto-ohjelmien hallintaa, tietokantaosaamista että syötettävän tiedon, tietoon liittyvän ylläpitotyön ja näihin liittyvien tietohierarkioiden syvällistä tuntemista. Rekisterin päivitystyöprosessi hoidetaan LEAN -menetelmällä, jossa digitaalisella Trello Kanban -taululla on valmistuvien infrakohteiden ja niiden digitoimiseen ja tiedon tallentamiseen sekä tiedon laadunvarmistukseen liittyvä prosessi. Omaisuudenhallinnan kehittämisessä tavoitteena on resurssien tehokkaampi käyttö sekä turhan työn välttäminen automatisoinnin avulla.

Infraomaisuuden hallinnan nykytila: "Vuotava putkisto" ei saa tietopääomaa talteen



Tiedon sisällön ja hallinnan puutteet aiheuttavat tehottomuutta, turhia kustannuksia ja arvon alenemista kaikissa infraomaisuuden elinkaaren vaiheissa.

30.8.2017 INFRA 2017



Kuva 1. Infraomaisuuden hallinnan nykytilanne Espoossa. Lähde: Sitowise 30.08.2017 INFRA2017

Aineisto ja menetelmät

Tutkimuksessa on tarkoituksena selvittää, soveltuvatko rakennussuunnitelmien tietomallit nykyisessä muodossaan tiedonsiirron automatisointiin. Tutkimusaineistona toimii olemassa olevien rakennussuunnitelmien tietomallit ja maastosta kerätty pistemäinen data. Tutkimuksessa käytetään kvantitatiivisia eli määrällisiä tutkimusmenetelmiä. Määrällinen tutkimusmenetelmä soveltuu tähän tutkimukseen hyvin, sillä tutkimme ja vertailemme numeerisia aineistoja. Tutkimustulokset esitetään malleina ja niitä verrataan aiempaan teoriaan.

Suunnitteludatan tietomallien laadun tutkiminen

Rakennustyömaalta saadaan tietomallipohjainen suunnitelma rakennetuista tai suunnitelluista kohteista, jonka siirtämistä automaattisesti omaisuudenhallinnan rekisteriin tutkittiin. Tässä työvaiheessa xml-muotoista suunnitteludataa analysoitiin ja tutkittiin soveltuuko se nykyisellään automaattiseen tiedonsiirtoon. Datan tulee olla mahdollisimman eheää, yhdenmukaista ja virheetöntä, jotta tiedonsiirto voitaisiin automatisoida. Rakennustyömaalta saatua xml-muotoista suunnitteludataa ja sen laatua tutkittiin ja arvioitiin vertaamalla suunnitteludatan tietomalleja Inframodel 3 tietomallin standardiin. Suunnitteludatan tietomallien tulisi olla IM3 tietomallien mukaisia, jotta automaattinen tiedonsiirto olisi mahdollista suorittaa.

Tutkimusaineistona toimi 17 kappaletta rakennustyömaalta saatua xml-muotoisia suunnitelmia. Vertailu toteutettiin Excel-taulukon avulla, johon koottiin IM3 tietomallien rakenne (base data, route planning ja route and street design -mallit) ja tutkittiin standardin tietomallin sekä suunnitteludatan tietomallien yhdenmukaisuutta. Suunnitteludatan tietomallien virheitä mallinnettiin ja havainnoitiin seuraavien vertailujen avulla: rakennustyömaalta saatua dataa verrattiin IM3 tietomalleihin. Vertailussa kiinnitettiin huomiota siihen, mitä eroja rakennussuunnitelmien tietomallien tageissa oli verrattuna IM3 tietomallirakenteisiin. Tagilla tarkoitetaan tässä yhteydessä tapaa määritellä XML -kielen komponentti. Inframallin tietomallin ja suunnitteludatan tietomallien tagien välisiä poikkeavuuksia tutkittiin merkitsemällä mitkä tagit erosivat, mitkä tagit puuttuivat suunnitelmien malleista kokonaan, mitkä tagit oli esitetty väärässä järjestyksessä verrattuna IM3 malliin ja mitkä tagit löytyivät oikealta paikalta. Vertailussa otettiin huomioon se, mitkä tagit on merkitty IM mallissa pakollisiksi ja mitkä vapaaehtoisiksi. Tällöin vapaaehtoisen tagin puuttumista suunnitelman mallista ei merkitä virheeksi. Myös suunnitteluohjelmistojen vertailtiin keskenään ja tutkittiin sitä, millä ohjelmistolla tuotetuissa tietomalleissa oli eniten virheitä.

Valtakunnallisiin ja kansainvälisiin avoimiin standardeihin perustuvan omaisuudenhallinnan PostgreSQL - tietokannan rakentaminen

Tavoitteena oli luoda uusi avoimeen lähdekoodiin perustuva omaisuudenhallinnan järjestelmä. Uuden järjestelmän testaamista varten rakennettiin valtakunnallisiin tai kansainvälisiin avoimiin standardeihin perustuva omaisuudenhallinnan PostgreSQL-tietokanta, joka kattaa väylät ja tiet sekä niihin liittyvät varusteet, kuten penkit ja roskikset. Tarkoituksena on luoda dokumentoitu, joustava ja avoin infraomaisuuden hallinnan tietokanta, johon tallennetaan tietoa kohteista koko niiden elinkaaren ajan. Omaisuudenhallinnan tietokanta on tarkoitus julkaista ohjeineen Github-palvelussa.

Wiki-sivuston luominen

Omaisuudenhallinnan uuteen tietokantaan liittyen loimme GitHubiin wiki-sivuston, jonka tehtävänä on toimia ohjeistuksena PostgreSQL-tietokannan käyttöön. Wiki-sivu sisältää selityksiä ja ohjeita tietokannan sisältämästä tiedosta ja sen käytöstä. Sivusto sisältää informaatiota omaisuudenhallinnan PostgreSQL-tietokannasta, sen skeemoista, jokaisesta tietokantataulusta ja niiden attribuuteista. Tavoitteena on luoda sivusto, josta tietokannan käyttöönottajien on helppo saada informaatiota koskien PostgreSQL-tietokantaa ja KIRA-digin omaisuudenhallintaa. Wiki-sivustoa varten teimme haastatteluja kaupungin sisällä, eri osa-alueista vastaaville henkilöille. Kävimme myös kuvaamassa maastossa kohteita, jotta saimme sivustolle esimerkkikuvia infraomaisuudesta, jota Espoossa on käytössä.

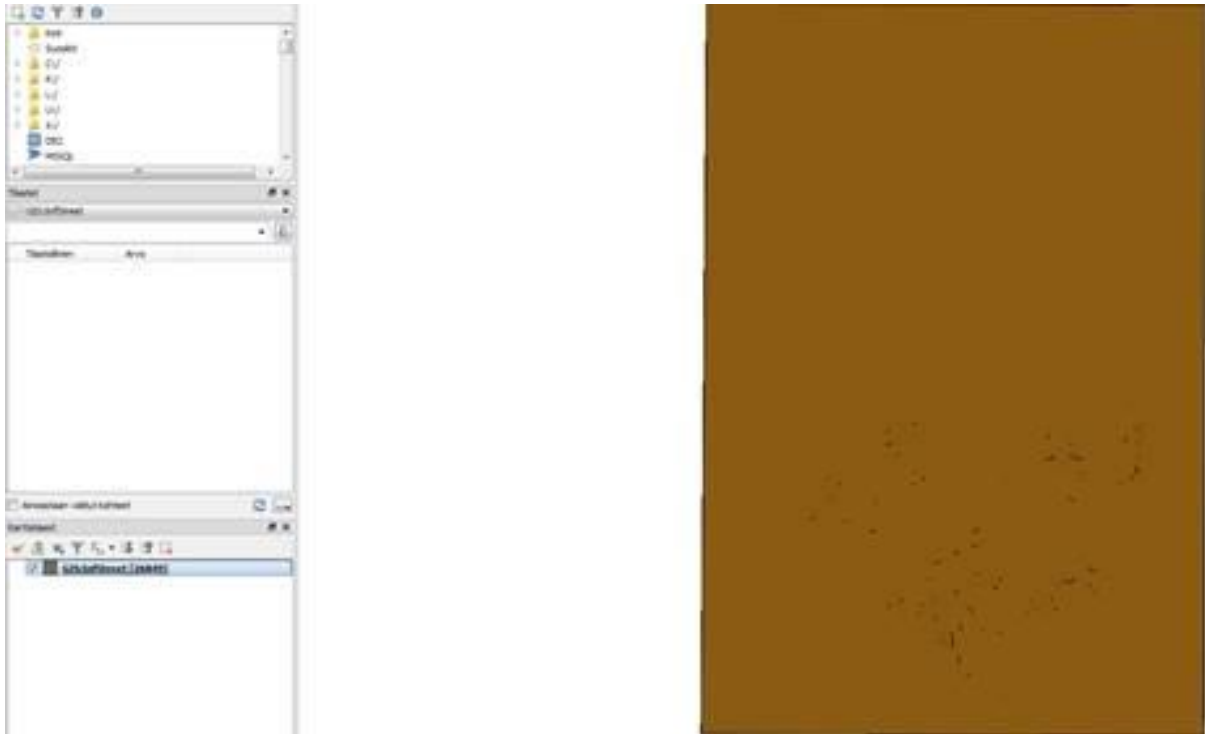
Tiedonsiirtotestaus

Teimme tiedonsiirtotestauksia, joissa kokeilimme Espoon WFS-vektoriaineistojen siirtämistä POSTGIS AWS-dataan. Tavoitteena oli luoda erilaisia omaisuudenhallintadataa sisältäviä tauluja, joita käytettiin tehokkuustestauksessa. Testiaineistona olleiden katu- ja viheralueiden tiedot yhdenmukaistettiin. Katu- ja viheralueita käsittelevässä tiedonsiirtotestauksessa käytimme ainoastaan alumuotoisia polygoneja.

Tiedonsiirrossa käytimme QGIS- sekä FME Desktop -ohjelmia. Testidatana toimi kaupungin katu- ja viheralueita käsittelevät vektoriaineistot, joita pyrittiin lukemaan tietokantaan.

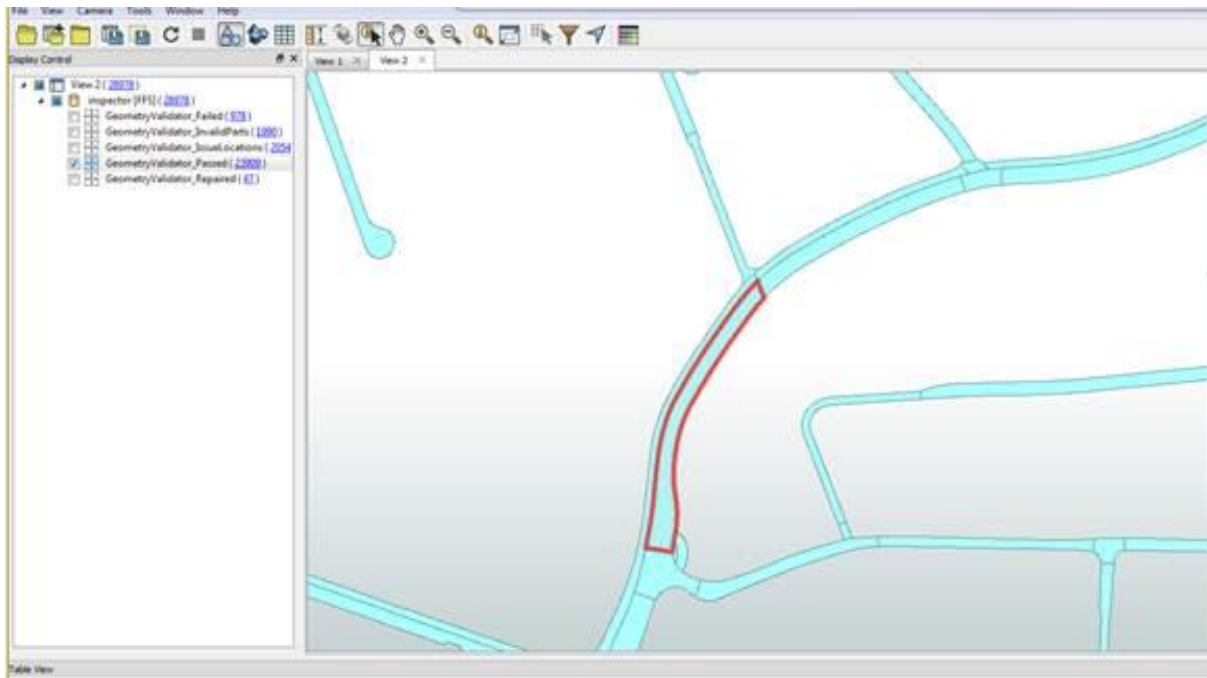
Kyseiset vektoriaineistot muutettiin Mapinfon avulla shapefile-vektoriaineistoiksi. Tämän muutoksen perusteena oli se, että data tulee olla shapefile-muotoista, jotta sitä voitiin lukea tietokantaan.

Katualueita käsittelevän tiedonsiirron alussa QGIS-ohjelmalla tarkistettiin datan geometrian sisältämät virheet ja kelpoisuus tiedonsiirtoon (Vektori->Geometria-työkalut->Tarkista kelpoisuus). Huomattiin, että useat WFS-datan alueet eivät olleet ehjiä (Kuva 3). Tästä syystä datan geometrialle tehtiin validointi geometriavirheiden korjaamiseksi.



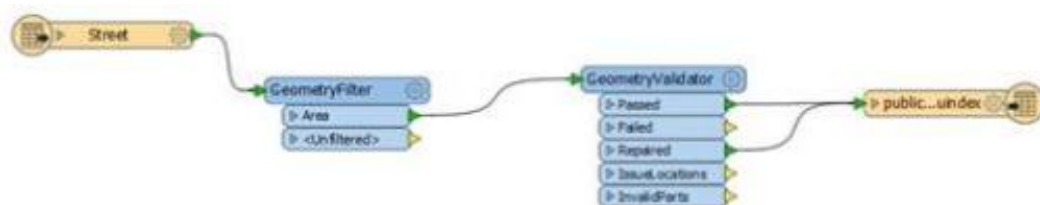
Kuva 3: WFS-datan sisältämät geometriavirheet

Validoinnissa käytimme FME Desktop -ohjelmaa. FME loi WFS-tiedostosta visuaalisen esityksen ja osoitti aineistosta virheellistä geometriaa sisältävät alueet. WFS-datan sisältämistä 28979 alueesta 23909 meni suoraan läpi tarkastuksesta ja ohjelma pystyi korjaamaan 47 aluetta ehjiksi. Loput alueet jäivät virheellisiksi. Kuva 4 näyttää FME:llä tehdyt validoinnit geometrioina.



Kuva 4: FME-ohjelmalla validoitu katualue

Validoinnin jälkeen pystyimme siirtämään dataa WFS-aineistoja PostGIS AWS-dataan FME:n Add Writer -työkalun avulla (Writers -> Add Writer). Datalle tehtiin koordinointi- ja geometriamuutos GK25-koordinaattijärjestelmään, jotta se olisi yhdenmukainen Espoossa käytössä olevan koordinaattijärjestelmän kanssa. Tämän jälkeen pystyimme siirtämään aluetyypiset, ehjät sekä korjatut, polygonit AWS-dataan. Kuva 5 havainnollistaa tätä työvaihetta. Lopuksi muodostimme näistä alueista spatiaali-indeksin sisältävän katutaulun.



Kuva 5: WFS-datan siirtäminen PostGIS AWS-dataan FME Desktop -ohjelmalla

Maastomittaukset

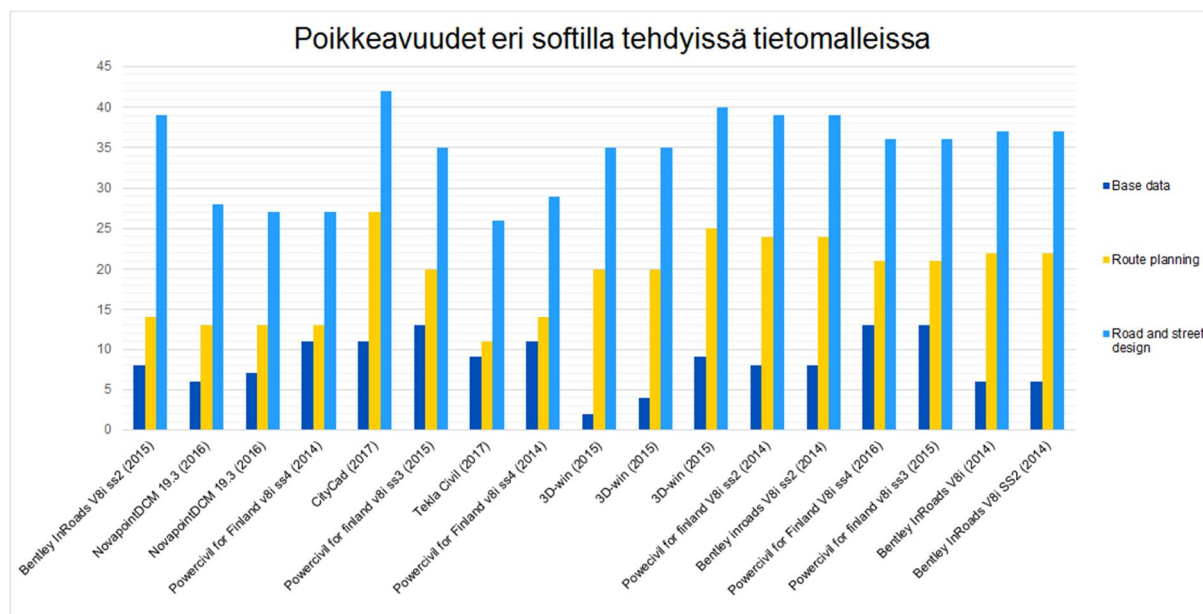
Kävimme maastossa sekä valmistuneilla että rakenteilla olevilla työmailla tekemässä maastomittauksia GPS-laitteella. Mittasimme katualueiden, kuten teiden ja parkkipaikkojen, sijainteja ottamalla mittauspisteitä järjestyksessä alueen reunoilta. Tällä tavalla saimme tuotettua tarkkaa pistemäistä dataa, jota pystyimme vertaamaan samaa aluetta koskeviin 2D-suunnitelmiin sekä 3D-tietomalliaineistoon.

Koodiston tiivistäminen

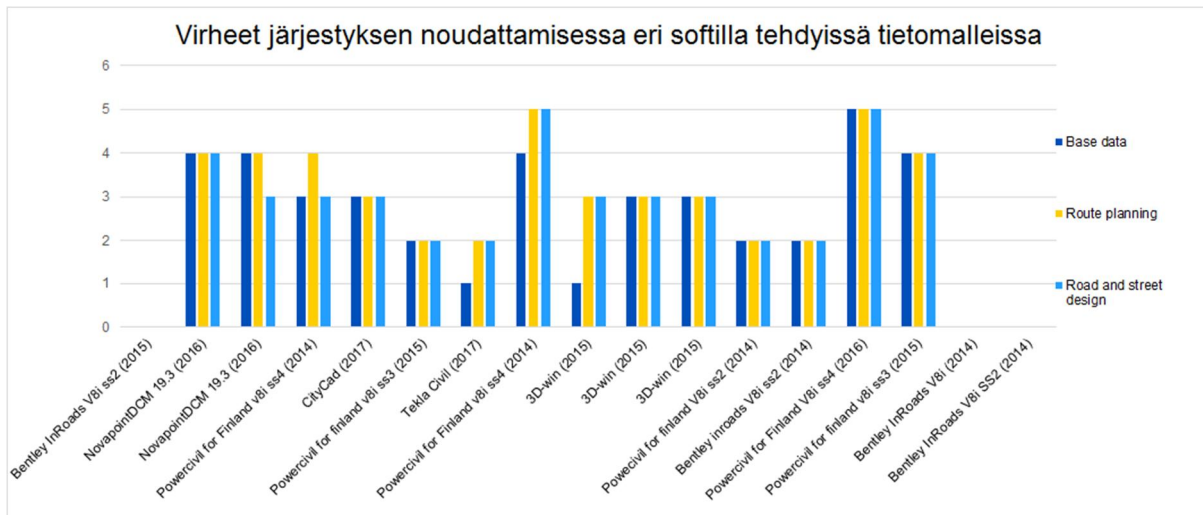
Muokkasimme Excelillä nykyisessä järjestelmässä ollutta Espoon nimikkeistöä yksinkertaisempaan ja tiiviimpään muotoon. Tavoitteena oli saada yksinkertaistettu tietomalli, jota myöhemmin myös muiden kuntien olisi helpompi käyttää. Lisäksi huomioimme Infra 2017 kunnossapitonimikkeistön.

Tulokset

Suunnitteludatan tietomallien laadun tutkimisessa huomattiin, että data ei ole yhdenmukaista eivätkä tietomallisuunnitelmat noudata standardia Inframodel 3 mallin rakennetta. Täten suunnitteludata ei nykyisellään sovellu tiedonsiirron automatisointiin. Jokaiselle tietomallille voi rakentaa erillisen tiedonsiirron, mutta yhtä kaikille toimivaa tiedonsiirtoa ei ainakaan Espoon aineistolle voi vielä toteuttaa. Vertailimme dataa, joka on tuotettu eri ohjelmistoilla ja kaikilla softilla tuotetuissa tietomalleissa oli paljon poikkeavuuksia verrattuna IM3 malliin. Mikäli data ei ole yhdenmukaista ja eheää, ohjelmistot eivät pysty lukemaan dataa ja näin ollen automatisointia ei voi toteuttaa. Havaintojen perusteella ei voida kuitenkaan sanoa mistä poikkeamat johtuvat. Mahdollisia selittäviä tekijöitä voivat olla suunnittelijan kokemus, osaaminen tai käytetty ohjelmisto ja sen toiminnot tai rajoitteet.

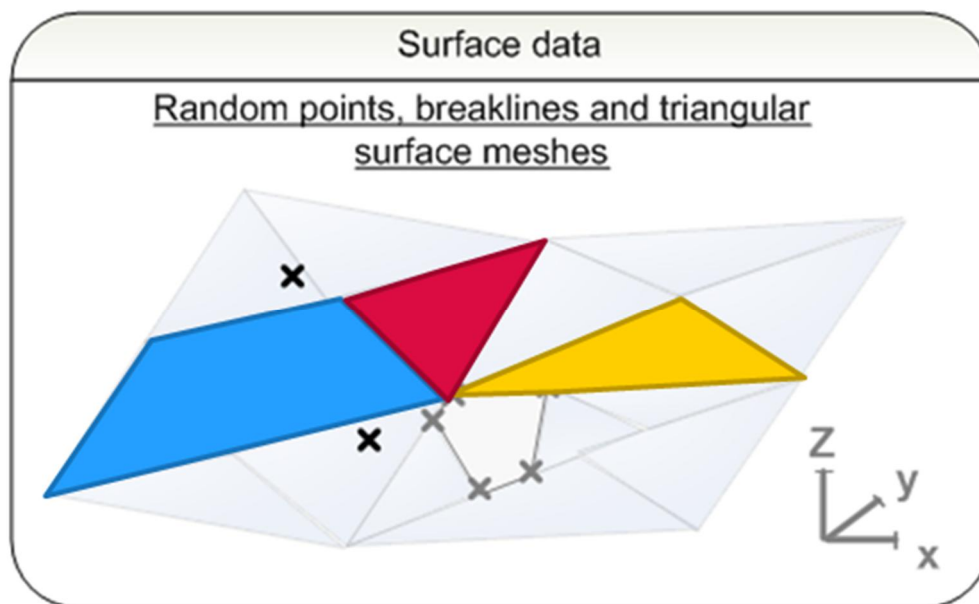


Kuva 6. Poikkeavien tagien määrä eri softilla tuotetuissa tietomalleissa verrattuna IM3 malliin. Poikkeavuudella tarkoitetaan tässä tapauksessa sitä, että pakollinen tagi puuttuu tai että tagi sijaitsee väärässä kohdassa IM3 malliin verrattuna. Diagrammissa on verrattu eri softilla tuotettua suunnitteludatan tietomalleja IM tietomalleihin (oikealla). Jotkin softat ovat taulukossa kahdesti, sillä useampia suunnitelmia oli toteutettu näillä ohjelmilla.

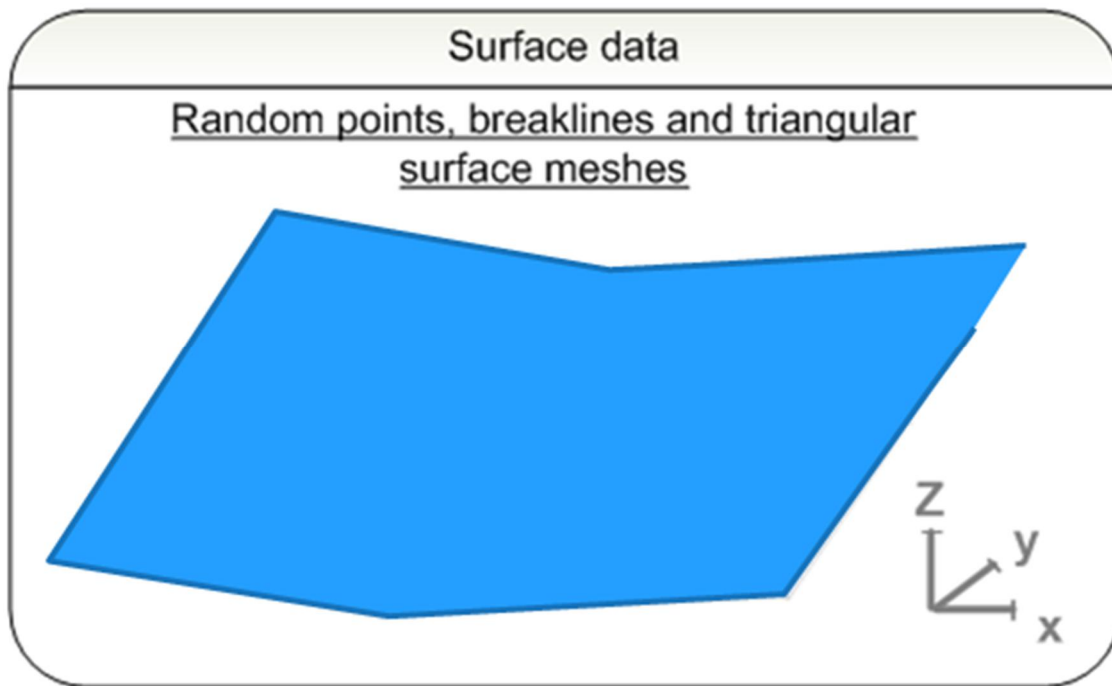


Kuva 7. Virheet IM mallin järjestyksen noudattamisessa eri softilla tehdyissä tietomalleissa. Virheellä tarkoitetaan tässä tapauksessa sitä, että tagi löytyy mallista, mutta se on väärässä kohdassa IM malliin verrattuna.

Yhteistä kaikille suunnitelmille oli se, että suunnitelman pintataso (surface) oli yksi iso alue. Tämä tarkoittaa, että esim. katualuetta tai sen viereistä katuvihreää ei ole eroteltu toisistaan vaan ne olivat samaa kolmioverkkoa. InfraModel teoriassa sallii useiden pinta-alueiden muodostamisen ja pinnan jakamisen esimerkiksi pintamateriaalin mukaan. Tätä ominaisuutta ei ollut kuitenkaan yksikään toimittaja hyödyntänyt mahdollisesti sen vuoksi, että rakentamisen aikana tällaisella ykityiskohtaisella aluetiedolla ei tee mitään vaan se on hyödyllinen vasta ylläpitovaiheessa. Toinen mahdollisuus on, että nykyiset suunnitteluohjelmistot eivät mahdollista pintamallin aluejakoa. Mahdollisuus suunnitteluohjelmistojen testaamiseen, joilla aineisto oli tuotettu, puuttui, joten johtopäätökset ovat vain arvailua. Ohjelmistojen eroja ja toimintoja pitäisi tutkia lisää ja tarkemmin.



Kuva 8. InfraModel sallii useita alueita pintamallissa ja niille eri metatiedot. Näin voidaan erottaa esimerkiksi katu- ja viheralueet toisistaan.



Kuva 9. Saaduissa pintamalleissa on kuitenkin vain yksi "alue".

Valtakunnallinen omaisuudenhallinnan PostgreSQL-tietokanta luotiin onnistuneesti ja tietokanta esimerkkiohjeineen on julkaistu GitHubissa <https://github.com/ORGTYTESPOO/kiradigiasm/wiki> . Tietokannalla on avoin lisenssi, joten mikä tahansa organisaatio voi ottaa sen käyttöönsä ja muokata siitä omiin tarpeisiinsa sopivan. Hankkeessa syntynyt FME -ohjelmalla toteutettu tiedonsiirto on myös julkaistu GitHubissa ja se on myös vapaasti käytettävissä. Tiedonsiirto toimii vain FME -ohjelmalla. Tietokannassa on kahdeksan eri skeemaa omaisuudenhallinnan eri osa-alueilta. Tietokanta luotiin Espoon kaupungin, Kaupunkitekniikan keskuksen tarpeita ajatellen, joten skeemat koskevat ainoastaan infran omaisuudenhallintaa. Tietokannan skeemoja ovat asm (asset management), varusteet, hallinta, kunnossapito, toimijat, raportit, historia ja media. Tietokanta tallentaa jokaiseen skeemaan liittyvää tietoa. Skeemat sisältävät niihin kuuluvat tietokantataulut sekä tietokantataulujen attribuutit.

jotta voitaisiin luotettavasti selittää saatuja lukuja. Inframodel ohjeistuksia tulisi silti yksinkertaistaa ja lyhentää.

Minkä tahansa yksittäisen suunnitelman geometriatiedon voi siirtää automaattisesti rekisteriin. Mikäli suunnitelmien tekninen rakenne poikkeaa toisistaan siirtoautomaatti ei enää ymmärrä seuraavaa koodia. Tämä tarkoittaa, että jokaiselle tietomallisuunnitelmalle pitäisi rakentaa oma tiedonsiirto. Standardia on siis noudatettava tarkasti ja tehtävä aineistosta koneluettavaa, jotta rekisterin automaattinen muodostaminen olisi mahdollista ja toisaalta siirtoautomaatin rakentaminen olisi yksinkertaista ja kustannustehokasta.

Oppivan tekoälyn rakentaminen, joka huomioisi mahdollisia poikkeamia, olisi kallis ja työläs ratkaisu epästandardin tiedon yhdenmukaistamiseen. Alalle jo kehitettyjen standardien käyttöönottoon pitäisi panostaa. Standardien noudattamisessa vielä oioetaan, koska niiden käytön ja toisaalta tiedonhallinnan elinkaaren hyötyjä ei nähdä merkityksellisinä mikäli hyöty ei ole suora ja vain omaa työtä koskevaa.

Ne tietomallit, jotka noudattivat standardia saatiin FME-ohjelmalla tehdystä testisiirrosta läpi katurekisteriin. Haasteeksi tässä nousi jälleen toimintaympäristön tietojärjestelmien pirstaloitunut kokonaisarkkitehtuuri. Jokainen toimintayksikkö hankkii ja kerää tietoa omiin tarpeisiinsa. Tieto sijaitsee työntekijän kansioissa, omalla työkoneella tai ulkoistetussa suljetussa palvelussa, mistä tietoa saa vain katselua varten. Tietoa ulkoistetuista järjestelmistä saa toimittajan määrittelemällä tavalla, mutta sen yhdistäminen muiden järjestelmien tietoon on työlästä tai joskus mahdotonta. Työläys voi johtua mm. rajapinnan puutteesta, rajapinnan yhteensopimattomuudesta vastaanottavan järjestelmän kanssa tai tietojoukkojen yhdistävien tekijöiden puutteesta. Tieto pitäisi kerätä ja toimittaa toistuvasti yhdenmukaisella tavalla ja palautettavaan aineistoon pitäisi liittää yhdistävä tekijä, millä muutoksia voitaisiin myöhemmin kerätä esim. historiatiedoksi. Usein hyvän tiedonhallinnan esteenä onkin pikemminkin organisaation toimintakulttuuri ja asenteet kuin tekniikka.

Ensimmäisenä askeleena rakentamisen tietomallien hyödyntämisessä pitäisi panostaa tekniseen koulutukseen ja automatisoida mallien tekninen validointi. Lisäksi tietomallit pitäisi toteuttaa siten, että ylin pintamalli olisi jaettu alueisiin pintamateriaalin mukaan, kuten kohdan "tulokset" kuvat 8 ja 9 havainnollistavat. IM4 tarjoaa tuen pintamateriaalin metatiedon tallentamiselle, joka mahdollistaisi paikkatietorekisterin automaattisen alueiden generoimisen pintamateriaalin mukaan. Tällöin resurssit voidaan suunnata pois manuaalisesta digitoimisesta varmentamiseen ja paikkatietojen yhteensovittamiseen. Toistaiseksi ainoa omaisuudenhallinnan metatieto, joka voidaan tuoda järjestelmään automaattisesti on pintamateriaali. Omaisuudenhallinnan näkökulmasta tärkeimmät metatiedot, joita InfraModelin alueisiin pitäisi lisätä ovat toiminnallinen luokka (esim. ajorata, kevyt liikenne, puisto, leikkipuisto) ja rakennusvuosi.

Kiitokset

Kiitämme Pekka Sarkolaa (Gispo Oy) PostGIS -tietomallityöpajoista, Erno Mäkiä (Gispo Oy) PostGIS -tietomallityöpajoista ja DevAlpo Geoserver -työpajasta, Lassi Tania (Spatialworld Oy) FME - työpajoista, Veiko Toomeojaa (Espoon kaupunki) FME - työpajoihin osallistumisesta, omaisuudenhallinnan työpajasta ja maastomittaustöistä sekä niiden määrittelystä, Kari Nikolaa (Espoon kaupunki) tietomallin määrittelytyöhön osallistumisesta, Toni Korjusta (Espoon kaupunki) tietomallin määrittelytyöhön osallistumisesta ja omaisuudenhallinnan työpajasta, Teemu Uusikauppilaa (Espoon kaupunki) omaisuudenhallinnan työpajasta, Jari Kainuvaaraa (Espoon kaupunki) maastomittaustöistä ja Kimmo Marjasta (Espoon kaupunki) maastomittaustöistä.

Lähteet

Ahlroos, 2013. Infraomaisuuden hallinta kunnissa – strategista johtamista, tietojärjestelmiä vai utopiaa?. <<http://kuntatekniikka.fi/wp-content/themes/kuntatekniikka/images/pdf/skty/SKTY2013%20Ahlroos%20Paivi%20Omaisuden%20hallinta.pdf>> 16.8.2017

Alatyttö V. Paavilainen J. (2016). *Kuntainfran omaisuudenhallinta - pikaopas*. 54s. Suomen kuntatekniikan yhdistys.

Assetmanagementstandards.com (2017). 18.9.2017.

<<http://www.assetmanagementstandards.com/iso-55000-standards-for-asset-management/>>

Inframodel.fi (2016). Inframodel. 30.5.2017. <<http://www.inframodel.fi/en/>>.

LandXML.org. What is LandXML?. 30.5.2017. <<http://landxml.org/About.aspx>>.

Open Source Initiative (2007). The open source definition. <<https://opensource.org/osd>> 31.8.2017.

Oregon.gov. Exporting and Importing Surfaces using the LandXML Translator. 30.5.2017. <https://www.oregon.gov/ODOT/CS/east/Documents/Surface_Export_Import_Using_LandXML.pdf>.

PRE InfraFINBIM Inframodel-ryhmä (2013). Inframodel -käyttöönotto-ohje versio 1.0. 30.5.2017. <http://www.rts.fi/infrabim/infrabim_uusi/Inframodel3-kayttoohje.pdf>.

SITO (2017). Infraomaisuuden hallinnan tarpeet Espoon kaupunki.

Suomen Standardisoimisliitto (2017). ISO 55000 omaisuudenhallinta.

The Institute of Asset Management (2017). Asset Management System Application Guide.

Uddin W. Hudson R. Haas R. (2013). *Public Infrastructure Asset Management*. 522s. McGrawHill Education, New York City, USA.

Veracode (2017). What Is an Integrated Development Environment (IDE)?. 31.5.2017. <http://www.rts.fi/infrabim/infrabim_uusi/Inframodel3-kayttoohje.pdf>.