

Juuso Sinervä

Turun kaupunkitietomallin tavoite ja tuotantoprosessi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (YAMK)

Maanmittaustekniikka

Opinnäytetyö

15.3.2019

<p>Tekijä Otsikko</p> <p>Sivumäärä Aika</p>	<p>Juuso Sinervä Turun kaupunkitietomallin tavoite ja tuotantoprosessi</p> <p>40 sivua + 1 liite 15.3.2019</p>
<p>Tutkinto</p>	<p>insinööri (YAMK)</p>
<p>Ohjaajat</p>	<p>paikkatietopäällikkö Harri Soini paikkatietoinsinööri Päivi Ala-Uotila lehtori Jussi Laari</p>
<p>Insinööriyön tavoitteena oli selvittää ylläpidetyn kaupunkitietomallin tuotanto- ja ylläpito-prosessi Turun kaupunkiympäristötoimialan paikkatietoaineistot-yksikössä. Työn toisena tavoitteena oli selvittää kaupunkitietomallin käyttöaste, käyttökohteet sekä kehittämistarpeet.</p> <p>Kaupunkitietomallin tuotanto- ja ylläpito-prosessi saatiin kuvattua työssä järkevästi ja selkeästi. Uuden aineiston tuotanto onkin tällä hetkellä toimiva prosessi. Aineistojen ylläpidon osalta suurin osa aineistoista pystytään ylläpitämään järkevästi, mutta etenkin maanpintamallin ylläpitoa tulee vielä suunnitella tarkemmin.</p> <p>Kaupunkitietomallin käyttöastetta, -kohteita sekä kehittämistarpeita pyrittiin selvittämään kahden haastattelun avulla. Ensimmäisessä tehtiin Internet-haastattelu valikoiduille henkilöille, kun taas toinen oli ryhmähaastattelu, joka tehtiin kaavoituksen työntekijöille. Haastattelujen perusteella voidaan sanoa, että kaupunkitietomallille on tällä hetkellä käyttöä, mutta silti kehittämistarpeita löytyy edelleen. Yhtenä tällaisena nousi esille kaupunkitietomallin julkaisu avoimena datana. Lisäksi toivottiin toimivaa käyttöalustaa kaupunkitietomallille, jossa pystyisi lisäämään esimerkiksi omia suunnitelmia kaupunkimalliin.</p> <p>Kaupunkimallin julkaisu tullaan tekemään kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa julkaistaan kaupunkimallin rakennukset Turun karttapalvelussa. Samassa yhteydessä julkaistaan myös pistepilvet avoimena datana. Toisessa vaiheessa julkaistaan CityGML-muodossa WFS-rajapinta, jonka avulla dataa pystytään jakamaan laajemmin. Verkoalustan julkaisua aletaan suunnitella tämän jälkeen.</p>	
<p>Avainsanat</p>	<p>kaupunkimalli, avoin data</p>

Author Title	Juuso Sinervä The object and production process of city model in Turku
Number of Pages Date	40 pages + 1 appendice 15 March 2019
Degree	Master of Engineering
Degree Programme	Land Surveying
Instructors	Päivi Ala-Uotila, GIS Engineer Harri Soini, GIS Manager Jussi Laari, Senior Lecturer
<p>The goal of this final year project was to examine the production and maintenance processes of the semantic city model of Turku. Another goal was to establish the utilization rate, the uses and the development needs of the city model.</p> <p>Information about the city model was gathered with two separate interviews: an internet-based survey addressed to a select group of people, and a group interview with the personnel of the division for planning and zoning. The interviews showed an interest for the city model. The model is used, but some development areas were established, such as publishing the city model on the Internet.</p> <p>The thesis resulted in a clear and correct description of the production and maintenance process of the semantic city model. It was established that the process for the production of new data is very functional. On the other hand, the thesis found that the maintenance process, although mostly functional, has some difficulty in maintaining some data, for example the ground model.</p>	
Keywords	city model, open data

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Kaupunkimallien määrittely	2
2.1	Kaupunkimallityypit	2
2.1.1	Mesh-kolmioverkkomalli	2
2.1.2	Graafinen kaupunkimalli	3
2.1.3	Semanttinen kaupunkitietomalli	4
2.2	CityGML	5
2.3	LOD-tasot	6
3	Turun kaupunkitietomalli	7
3.1	Nykytilanne	7
3.2	Tavoite	8
3.2.1	Haastattelu 1	9
3.2.2	Haastattelu 2	10
3.2.3	Haastattelun 1 tulokset	10
3.2.4	Haastattelun 2 tulokset	16
3.3	Lähtöaineisto	18
3.3.1	Kantakartta	18
3.3.2	Johtokartta	19
3.3.3	Pistepilvi	19
3.3.4	Viistoilmakuvat	26
3.3.5	Stereokuvat	26
3.4	Ohjelmistot	27
3.4.1	Trimble Locus	27
3.4.2	TerraSolid	28
3.4.3	FME	29
4	Tuotantoprosessi	29
4.1	Aineiston tuotanto ja ylläpito	29
4.1.1	Maanpintamalli	29
4.1.2	Rakennukset	31
4.1.3	Alueet	34
4.1.4	Kohteet	35

4.2	Teksturoidi	35
4.3	Julkaisu	36
5	Päätelmät	37
	Lähteet	39
	Liitteet	
	Liite 1. Haastattelu1: Internet-kysely	

Lyhenteet

IFC	Industry Foundation Classes, tiedonsiirtostandardi
KEHTO	Suomen suurimpien kaupunkien muodostama järjestö, johon kuuluu Suomen 21 suurta kaupunkia.
LOD	Level Of Detail, CityGML-formaatissa määritelty rakennusten mallintamisen tarkkustaso.
SQL	Structured Query Language, standardi kyselykieli
WFS	Web Feature Service, rajapinta vektorimuotoisen aineiston jakoon
XML	Extensible Markup Language, standardi tiedonvälitysformaatti

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on löytää suuntalinjat kaupunkimallin kehittämiseksi sekä kuvata kaupunkitietomallin nykyinen tuotantoprosessi. Kaupunkimalleja on Turussa tilattu jo pitkään, mutta ne ovat aina olleet niin sanottuja kertakäyttömalleja, toisin sanoen jotain tiettyä projektia varten luotuja kuorimalleja. Tässä insinööriyössä kuvataan Turun ylläpidettävän kaupunkitietomallin tietosisältö sekä tuotantoprosessi. Turun kaupunkitietomalli on tällä hetkellä ylläpitoympäristössään Trimble Locus -paikkatietojärjestelmässä käyttövalmiina niiltä alueilta, joilta rakennuskanta on ehditty mallintaa. Yksi työn tavoitteista onkin pohtia, miten kaupunkimallia saataisiin jaettua siitä eteenpäin käyttäjille hyödynnettäväksi.

Insinööriyö toteutetaan Turun kaupunkiympäristötoimialan paikkatietoaineistot-yksikön toimeksiannosta. Allekirjoittanut insinööriyön tekijä kuuluu myös kyseiseen yksikköön. Kuvassa 1 nähdään, miten paikkatietoaineistot-yksikkö sijoittuu organisaatiokaaviossa koko Kaupunkiympäristötoimialalla. Paikkatietoaineistot kuuluu Paikkatieto ja kaupunkimittaus -palvelualueeseen, jota johtaa kaupungingeodeetti Laura Suurjärvi. Paikkatietoaineistot-yksikköä johtaa paikkatietoinsinööri Päivi Ala-Uotila, joka on toinen tämän insinööriyön ohjaajista. Paikkatietoaineistot-yksikkö ylläpitää kaupunkimallin lisäksi perinteistä kantakarttaa, johtokarttaa sekä päivittää katu- ja viheraluekisterin aluekohteita. Lisäksi paikkatietoaineistot-yksikkö vastaa laajojen laserkeilausaineistojen tai viistoilmakuvien tilaamisesta, ylläpidosta ja hyödyntämisestä sekä maastomallien mittaamisesta tai tilaamisesta konsultilta.

Insinööriyölle on tarvetta paikkatietoaineistot-yksikössä, jotta saadaan jaettua kaikille yksikön työntekijöille tietoa kaupunkimallin rakentamisen vaiheista sekä siitä, mihin kaupunkimallilla pyritään ja mihin kaikkeen sitä voidaan tai voitaisiin tulevaisuudessa hyödyntää. Työn pääasiallinen tavoite koko kaupungin näkökulmasta on saada kaupunkimallista kehitettyä mahdollisimman käyttökelpoinen sen hyödyntäjien tarpeisiin.

Kaupunkiympäristötoimiala 8.1.2019 alk.



Kuva 1. Turun kaupunkiympäristötoimialan organisaatiokaavio

2 Kaupunkimallien määrittely

2.1 Kaupunkimallityypit

2.1.1 Mesh-kolmioverkkomalli

Mesh-mallit koostuvat suuresta määrästä kolmioita, jotka muodostavat kaupungin rakennetta kuvaavan pinnan. Kolmioverkon pintaan on liitetty tekstuurikuva, joka antaa mesh-mallille visuaalisen ilmentymän. Mesh-malli on ihmissilmään hyvin visuaalinen ja siitä on helppo havaita kaupungin erilaiset kohteet. Tietokoneanalyysiin mesh-mallit eivät kuitenkaan pääsääntöisesti sovi, koska mesh-mallin kohteet eivät ole homogeenisia. (2)

Mesh-mallit tuotetaan tuhansista, jopa kymmenistä tai sadoista tuhansista ilmakuvista. Kolmioverkko saadaan laskettua etsimällä suurella leveys- ja pituuspeitolla otetuista kuvista samoja kohteita. Esimerkiksi Helsingin kaupunki on tuottanut vuonna 2015 otetuista

ilmakuvista mesh-mallin, joka on nähtävillä Helsingin kaupungin nettisivuilla. Mallin te-
koon käytettiin noin 50 000 pysty- sekä viistokuvaa. Toinen esimerkki mesh-malleista on
Google Mapsin suurimmista kaupungeista tarjoama mesh-malli. Mesh-malleja voidaan
tuottaa myös pienemmässä mittakaavassa droneilla, jolloin malleista saadaan vielä yk-
sityiskohtaisempia, mutta alueellisesti ne kattavat huomattavasti pienemmän alueen. (1)

Vaikka mesh-mallit ovat hyvin visuaalisia ja ihmissilmällä helposti tulkittavia, kuten ku-
vassa 2 nähdään, niiden suurin ongelma on niiden kertakäyttöisyys ja nopea vanhene-
minen. Johtuen mesh-mallien kolmioverkkorakenteesta niiden ajan tasalla pitäminen on
haastavaa. Esimerkiksi puretut rakennukset on haastavaa poistaa mallista. Periaat-
teessa malli pitää uusia kokonaisuudessaan muutaman vuoden välein, jotta se pysyy
edes jotenkin ajan tasalla. (2)



Kuva 2. Esimerkki mesh-kolmioverkkomallista. Google Maps.

2.1.2 Graafinen kaupunkimalli

Graafinen malli eroaa tässä yhteydessä mesh-mallista siinä, että se sisältää myös vek-
torimuotoista kohdetietoa, kun taas kolmioverkkomalli koostuu pelkästään kolmioidusta
kuoresta. Graafisen mallin on tarkoitus olla visuaalinen ilmentymä kaupungin raken-
teelle, jolloin sen ainoa tietosisältö on visuaalisuus. Graafisen mallin etuna mesh-malliin

on, että siitä voidaan tarvittaessa helposti poistaa kohteita. Esimerkiksi uuden suunnittelun rakennuksen alta voidaan poistaa vanhan rakennuksen malli ja liittää malliin tuleva rakennus esimerkiksi IFC-formaatissa. (3)

Turun kaupungissa tehtiin suunnittelukilpailua varten graafinen malli, kuvassa 3, Turun kampus- ja tiedepuiston alueesta. Rakennukset mallia varten tuotettiin Terrascanilla automaattivektorointia hyödyntäen ja niille luotiin tekstuurit Terraphoton työkaluilla. Rakennusten mallit kirjoitettiin Collada-formaattiin. Maanpintamalli luotiin Terramodelerilla käyttäen vuoden 2012 maanpintaluokiteltuja pisteitä. Maanpinta kirjoitettiin Geotiff-formaattiin. Puustoa kuvattiin suoraan luokitellun pistepilven avulla, joka on värjätty todellisilla väreillä ortokuvasta. Aineiston valmistelun jälkeen kaikki aineisto koottiin Sova3D-yrityksen tuottamalle alustalle, jossa suunnittelukilpailuun osallistuvat yritykset voisivat hyödyntää graafista mallia alueen kehittämisessä.



Kuva 3. Esimerkki graafisesta kaupunkimallista. Turun kaupunki Sova3D-palvelu.

2.1.3 Semanttinen kaupunkitietomalli

Semanttinen kaupunkitietomalli on visuaalisesti samankaltainen kuin graafinen malli, joka on kuvattu yllä olevassa kappaleessa. Semanttisessa kaupunkitietomallissa graafisen kaupunkimallin kohteille lisätään tietosisältö, kuten rakennusten osalta esimerkiksi rakennustunnus, rakennusmateriaali tai sijaintikiinteistötunnus. Turun kaupungilla mallin

semanttisuus pystytään tekemään paikkatietojärjestelmän rekisteritietojen avulla. Semanttisessa mallissa myös kohteiden väliset suhteet toisiinsa on kerrottu, kuten rakennusten osien suhde toisiinsa. Semanttisten kaupunkimallien hyödyntämisestä on olemassa jo yli sata käyttöesimerkkiä ja -kohdetta erilaisista visualisoinneista monimutkaisempiin analyysieihin, kuten esimerkiksi lämmitysjärjestelmien vaikutusten analysointiin. (2; 4.)

2.2 CityGML

CityGML on avoin standardisoitu formaatti kaupunkien 3D-mallien hallintaan, tallennukseen sekä tiedonsiirtoon. Tästä syystä formaattia voidaan käyttää ilmaiseksi. Formaattissa määritellään tapa kuvata kaupunkien tavallisimmat 3D-objektit, kuten esimerkiksi rakennukset ja tiet sekä näiden kohteiden suhteet toisiinsa. Formaattissa määritellään myös yksityiskohtaisempia tietoja kaupungin rakenteesta, kuten valo- sekä lyhtypylväät tai puistonpenkit. Formaattissa määritellään myös LOD-tasot eri tarpeisiin.

CityGML määrittelee pääasiassa kohteiden geometrian, kohteen attribuutit sekä semantiikan. Lisäksi kohteelle voidaan liittää väriarvo tai tekstuurikuva, jotta kohteesta saadaan visuaalisempi vaikutelma. Rakenteellisesti CityGML-tiedosto koostuu ryhmästä XML-tiedostoja sekä mahdollisista tekstuurikuvista. Jokainen XML-tiedosto kuvaa tiettyä osaa datasta, kuten tiestöä, rakennuksia tai määriteltyjä LOD-tasoja. CityGML:n rakenne on hierarkinen, joka lopulta määrittelee yksittäiset kohteet ja niiden attribuutit. Näiden yksittäisten kohteiden attribuutit määritellään GML-muodolla. Standardiin CityGML-formaattiin voidaan määrittellä seuraavia kohdejoukkoja:

- Appearance: tekstuurit ja materiaalit
- Bridge: siltoihin liittyvät kohteet
- Building: rakennuksen ulkokuori ja mahdollisesti myös sisätilat
- CityFurniture: penkit, liikennevalot, lyhtypylväät
- CityObjectGroup: Muunlaiset kaupunkikohteet
- Generics: kohteet, joita ei ole määrittelyssä eritelty

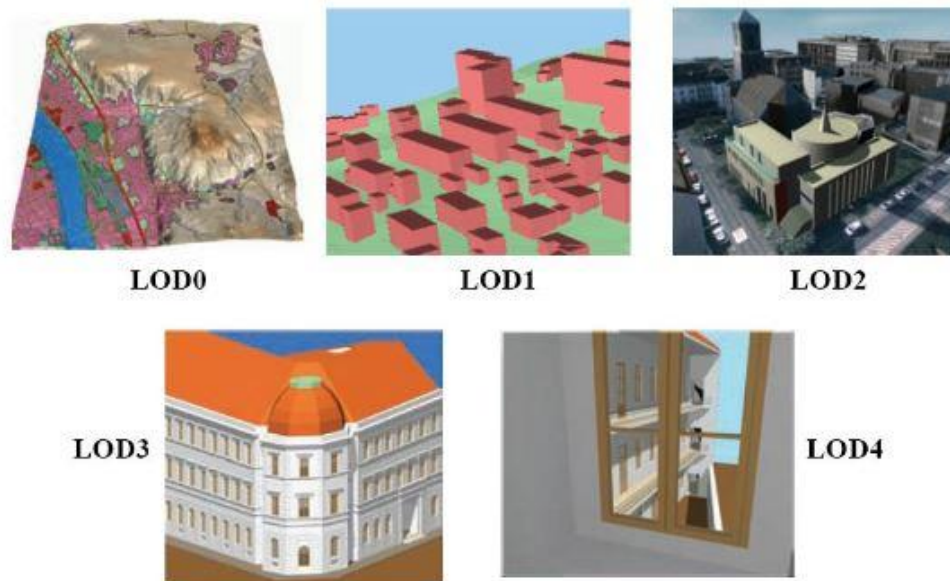
- LandUse: alueet, jotka kertovat maankäytöstä
- Relief: maanpinnan muoto
- Transportation: tiet ja rautatiet
- Tunnel: tunnelit
- Vegetation: kasvillisuusalueet tai yksittäiset puut
- WaterBody: meret, järvet, joet ja vesialueet.

Yllä mainittujen lisäksi listaa on mahdollista laajentaa niin sanotulla Application Domain Extensionilla (ADEs). Näiden avulla pystytään tekemään esimerkiksi kansallisia laajennoksia CityGML-formaattiin. Näitä on ainakin käytössä jo esimerkiksi Hollannissa, jossa yhdellä ADElla arvioidaan aurinkoenergian käytön mahdollisuutta. Suomessa ollaan tällä hetkellä tekemässä KEHTO-kuntien kesken myös kansallista laajennosta 3dkunta-projektissa. Projekti on tätä kirjoitettaessa alkuvaiheessa, joten varsinaisia päätöksiä ei ole vielä tehty, miten asian kanssa tullaan etenemään. Turun kaupunki on mukana projektissa. (5; 6.)

2.3 LOD-tasot

CityGML-formaatti määrittelee yhteensä viisi LOD-tasoa (Level Of Detail). Ne määritellään numeroarvoilla alkaen nolasta, kuten kuvassa 4: LOD0, LOD1, LOD2, LOD3 ja LOD4. LOD0-taso on kaikkein yksinkertaistetuin esitystapa. Siitä käytetäänkin 3D-esityksen sijaan nimitystä 2,5D, koska esimerkiksi rakennukset kuvataan 2D-pohjapiirroksena, jonka korkeussijainti on määritelty rakennuksen alimman maanpinnan leikkauspisteen mukaan. Näin ollen rakennuksesta ei muodostu 3D-objektia. LOD1-tasolla käytetään edelleen rakennuksen seinävektoreja, mutta rakennuksesta muodostetaan karkea 3D-malli käyttäen esimerkiksi rakennuksen kerroslukua ja kerroskorkeutta rakennuksen korkeuden määrittämiseen. LOD2-tasolla rakennukset ovat edelleen laatikkomalleja, mutta LOD2-tasolla lisätään mukaan monimutkaisempia kattomuotoja, sekä malliin voidaan liittää tekstuureja sekä kasvillisuuden kuvausta. LOD3-taso on hyvin tarkka kuvaus todellisesta rakennuksen ulkokuoresta. LOD3-tasolla yksinkertaistaminen on jo todella vähäistä, ja tähän tasoon kuuluu jo tarkka tekstuurikuva. LOD4 on kaikista yksityiskohdaisiin; tällä tasolla esimerkiksi rakennuksiin lisätään sisätilojen mallinnus. Tätä tasoa

pystytään saavuttamaan kaupunkimallissa, kun rakennusten tietomalleja pystytään täysin hyödyntämään kaupunkimallissa.



Kuva 4. LOD-tasot. CityGML official.

Kaupunkimalli voi sisältää useita LOD-tasoja samanaikaisesti riippuen kulloisestakin tarpeesta. Merkittävät rakennukset voidaan esittää esimerkiksi LOD3-tasolla, mikäli sellainen on olemassa, ja kaikki muu ympäröivä infrastruktuuri voidaan esittää alemmilla LOD-tasoilla mallin keventämiseksi. (7; 8.)

3 Turun kaupunkitietomalli

3.1 Nykytilanne

Turun kaupunkitietomalli rakentuu vahvasti pitkään ylläpidetyn kantakartan pohjalle. Tavoite onkin alusta asti ollut luoda kantakartasta kaupunkitietomalli. Tämä prosessi aloitettiin vuonna 2015 ja jatkuu edelleen. Tällä hetkellä kaupunkitietomalli on valmis Turun keskustan alueesta sekä joiltakin tilausalueilta, joita on mallinnettu kaavahankkeiden yhteydessä. Tilanteen edistymistä on hidastanut sopivan automatiikkaratkaisun löytyminen rakennusten mallintamiseen ylläpitoympäristössä. Tätä kirjoitettaessa automatiikka on kuitenkin saatu toimimaan alustavasti, ja ennuste on, että rakennuskannan mallintaminen alkaa edetä huomattavasti nopeammassa tahdissa. Muut kaupunkimallin kannalta

oleelliset tiedot, kuten puut, valaisimet ja johdot pysyvät ajan tasalla kaupungin kanta-kartan mittausprosessin myötä.

Tällä hetkellä kaupunkitietomalli on vielä suurilta osin teksturoimaton eli rakennuksilla ei ole seinä- eikä kattotekstuureja. Tavoitteena on kuitenkin luoda myös visuaalisesti näyttävä malli, jossa rakennusten tekstuurit ovat myös mukana, mikäli käyttäjä näin haluaa. Teksturointi pystytään myös suorittamaan automaattisesti hyödyntäen. Rakennuskannan mallintamisen pitää kuitenkin olla mahdollisimman pitkällä ennen kuin rakennusten teksturointia kannattaa alkaa tekemään. Tätä kirjoitettaessa ensimmäisiä tekstuurikuvia on saatu vietyä Locuksen tietokantaan viistoilmakuvilta sekä droonikuvilta. Kuvassa 5 nähdään, miltä Turun kaupunkitietomalli näyttää tällä hetkellä ilman tekstuureja SketchUp-ohjelmassa.



Kuva 5. Turun kaupunkitietomalli ilman tekstuureja. Turun kaupunki

3.2 Tavoite

Turun kaupunkitietomallin tavoitteena on tarjota eri alojen suunnittelijoille lähtötietomalli tietomallipohjaiseen suunnitteluun, johon myös Turun kaupunki on sitoutunut. Lisäksi kaupunkitietomallia on tavoitteena jakaa verkkopalvelun kautta kaupunkilaisille sekä kehitysyrityksille hyödynnettäväksi. Avoimen kaupunkitietomallin toivotaan lisäävän kaupunkilaisten ja yritysten innovointia uudenlaisiin sovellutuksiin.

Turun kaupunki on 2000-luvun aikana tuottanut ja tilannut monia niin sanottuja kertakäyttömalleja, joiden elinikä on suhteellisen lyhyt. Lisäksi niistä on puuttunut usein oleellista tietosisältöä, esimerkiksi valaisinpylväät, johtotiedot sekä puut. Lisäksi näistä malleista on puuttunut kokonaan semantiikka eli kohteiden ominaisuustiedot, jotka ovat oleellinen osa analyysija tehtäessä. Näistä kertakäyttöisistä malleista pyritään nyt pääsemään eroon ja luomaan suoraan ylläpitoympäristössä toimiva ja ylläpidettävä kaupunkitietomalli. Kaupunkitietomallin ylläpito tulee siis pystyä kytkemään kaupungin nykyisiin ylläpitoprosesseihin mahdollisimman vaivattomasti. Tällä tavoin saadaan kytkettyä rekisteritieto kohteille automaattisesti. Tällä tavalla ylläpitomallista saadaan suoraan semanttinen kaupunkitietomalli.

Turun kaupunkitietomalli pyrkii saavuttamaan aluksi LOD2-tason, joka on saavutettavissa ilmalaserkeilatusta aineistosta. Tietomallien käytön lisääntyessä pyritään pääsemään korkeammille LOD-tasoille.

3.2.1 Haastattelu 1

Turun kaupungin kaupunkiympäristötoimiala on käynnistänyt tietomallityöryhmän, jonka tarkoituksena on jakaa tietoa eri alojen tietomallien hyödyntämistavoista sekä mahdollisista tarpeista. Tietomallityöryhmään kuuluu asiantuntijoita seuraavista palvelualueista: paikkatieto, kaupunkimittaus, rakennusvalvonta, infrasuunnittelu, kaavoitus, rakennuttaminen, tilapalvelut sekä infran ylläpito. Tätä insinööriä ja kaupunkimallin tulevaisuuden kehittymistä varten suoritettiin haastattelu näiden asiantuntijoiden sekä palvelualueiden johtajien kesken. Haastattelun tavoitteena oli saada selville, minkälaista tietosisältöä kaupunkimallilta kaivataan eri palvelualueilla sekä minkälaisia hyödyntämismahdollisuuksia kaupunkimallilla voisi olla nyt ja tulevaisuudessa. Tietomallityöryhmä todettiin tähän oikeaksi foorumiksi, koska se kokoaa kaikkien alojen asiantuntijat yhteen.

Haastattelu tehtiin Google Forms -kyselyllä Internetin välityksellä. Haastattelussa oli yhteensä 13 kysymystä, joista osa monivalintakysymyksiä ja osa avoimia kysymyksiä. Kysymykset löytyvät liitteestä 1.

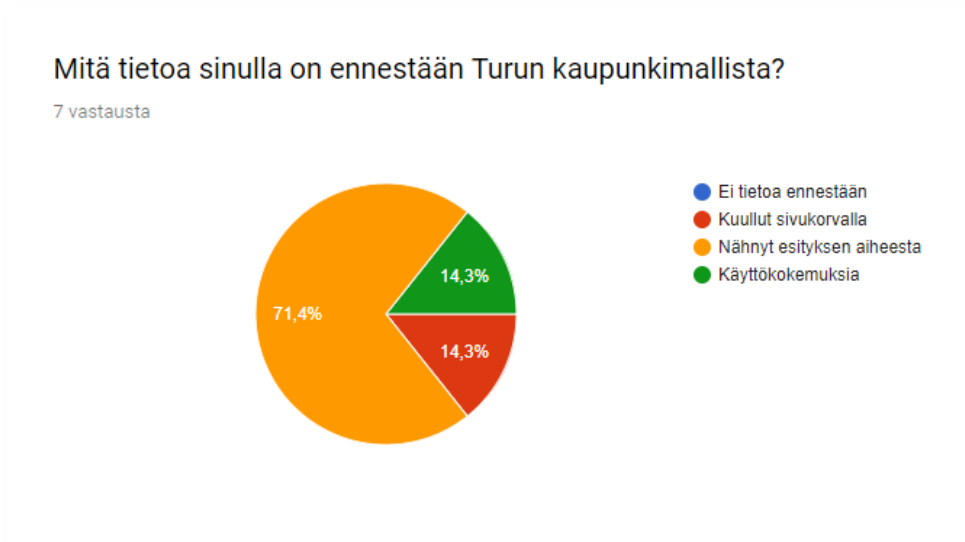
3.2.2 Haastattelu 2

Google Forms -kyselyn lisäksi suoritettiin kohdennettu ryhmähaastattelu kaavoituksen väelle, koska alustavan arvion mukaan he olisivat yksi suurimmista kaupunkimallin hyödyntäjäryhmistä. Ryhmähaastattelun aluksi pidettiin pohjustus aiheeseen, jossa kerrottiin, missä tilassa Turun kaupunkimalli on tällä hetkellä. Tämän pohjalta suoritettiin ryhmähaastattelu, jossa pyrittiin myös selvittämään, miten kaavoituksen apuna voitaisiin käyttää kaupunkimallia. Ryhmähaastattelun kysymysten pohjana käytettiin haastattelun 1 kysymyksiä, mutta vapaalle keskustelulle annettiin enemmän sijaa.

3.2.3 Haastattelun 1 tulokset

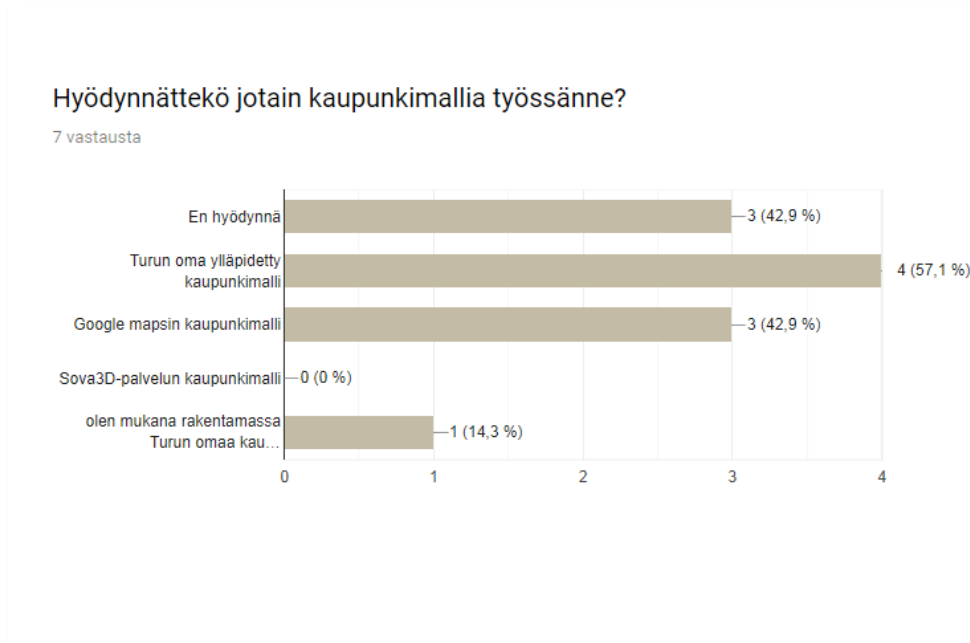
Haastattelun kysymykset lähetettiin yhteensä 18 henkilölle. Vastauksia saatiin yhteensä seitsemän kappaletta. Haastattelusta saatiin kuitenkin hyviä kommentteja ja alla olevia kaavioita analysoimalla voidaan kaupunkimallin käytöstä ja tulevaisuudesta vetää johtopäätöksiä.

Ensimmäisen kysymyksen vastaukset, kuvassa 6, osoittavat, että kaikilla vastaajilla on kaupunkimallista jonkinlaista ennakkotietoa, joten kaupunkimallien esittely ja markkinointi on onnistunutta. Yhdellä vastaajista on myös käyttökokemuksia jollain tasolla.



Kuva 6. Vastaukset kysymykseen 1.

Toisessa kysymyksessä pyrittiin selvittämään, mitä malleja vastaajat käyttävät työssään. Vastaukset näkyvät kuvassa 7. Vastaukset jakautuivat kaupunkimallin hyödyntäjien sekä sellaisten henkilöiden kesken, jotka eivät työssään käytä mitään kaupunkimallia. Kolme vastaajaa vastasi, että ei hyödynnä mallia. Turun omaa kaupunkimallia käytettiin vastausten mukaan eniten, mutta myös Googlen kaupunkimallilla on omat käyttäjänsä. Yksi vastaaja on myös mukana rakentamassa kaupunkimallia.



Kuva 7. Vastaukset kysymykseen 2.

Kolmannessa kysymyksessä selvitettiin, millaisiin tarkoituksiin konsultit ovat tilanneet Turun ylläpidettyä kaupunkimallia, mikäli tällaisia tilauksia on tullut. Osalle tällaisia tilauksia on tullut, mutta suurimmalle osalle ei ole tullut yhtäkään. Yhdelle vastaajista on tullut jopa kymmeniä tilauksia. Tilaukset näyttäisivät olevan keskittyneet yhdelle henkilölle, joka hoitaa kaupunkimallin toimitusta.

Ovatko konsultit pyytäneet kaupunkimallia suunnittelun tueksi? (Jos kyllä, mihin tarkoitukseen?)

7 vastausta

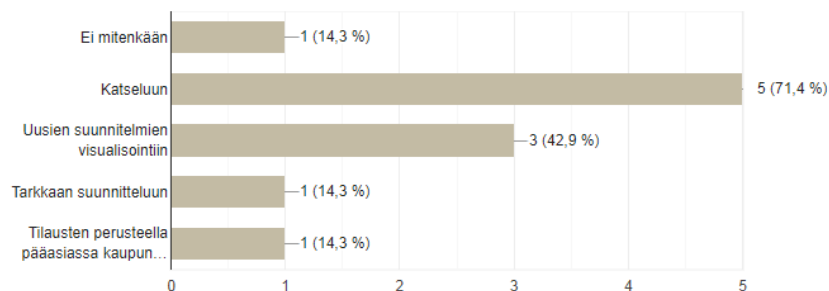
ei
Eivät vielä
Kymmeniä yksittäisiä tilauksia on tullut konsulteilta. Pääasiallinen käyttäjäryhmä on kaavoitus- ja arkkitehti-/suunnittelutoimistot, tietosisäiltönä maanpinta ja rakennukset.
En tiedä
Kyllä, peruskorjattavan keskustakoulun korttelin allianssihankeeseen kehitysvaiheeseen.
Ei

Kuva 8. Vastaukset kysymykseen 3.

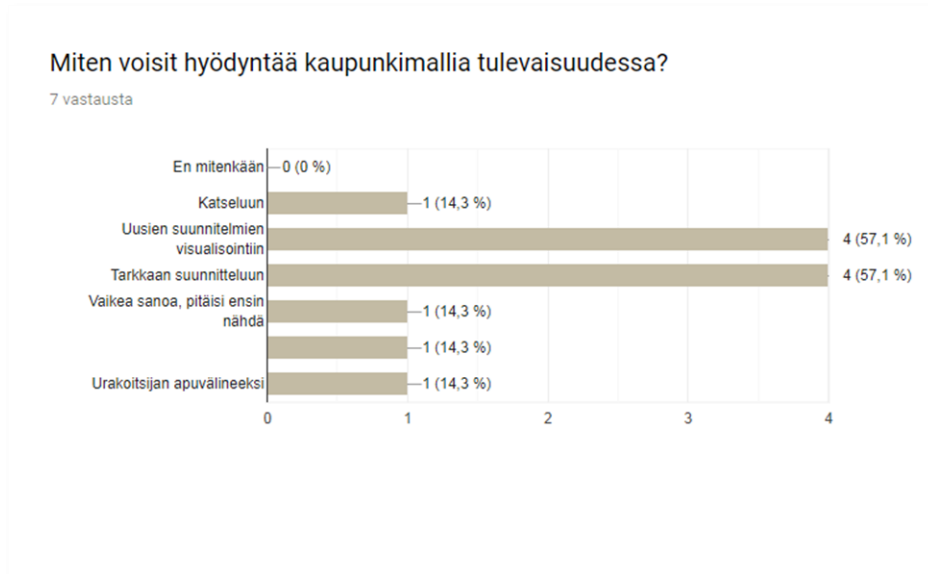
Neljännessä ja viidennessä kysymyksessä selvitettiin, miten kaupunkimallia hyödynnetään tällä hetkellä ja miten sitä voitaisiin hyödyntää tulevaisuudessa. Vastaukset näkyvät kuvissa 9 ja 10. Vastauksista käy ilmi, että pääosa vastaajista käyttää kaupunkimallia tällä hetkellä visuaalisesti, eli käytännössä kaupunkimallin katseluun. Kolme vastaajista on myös lisännyt kaupunkimalliin uusia visioita. Yksi vastaaja on myös käyttänyt sitä tarkempaan suunnitteluun. Tulevaisuudessa moni näkisi, että kaupunkimallia voitaisiin käyttää uusien suunnitelmien visualisointiin sekä tarkkaan suunnitteluun.

Miten kaupunkimallia hyödynnetään tällä hetkellä?

7 vastausta

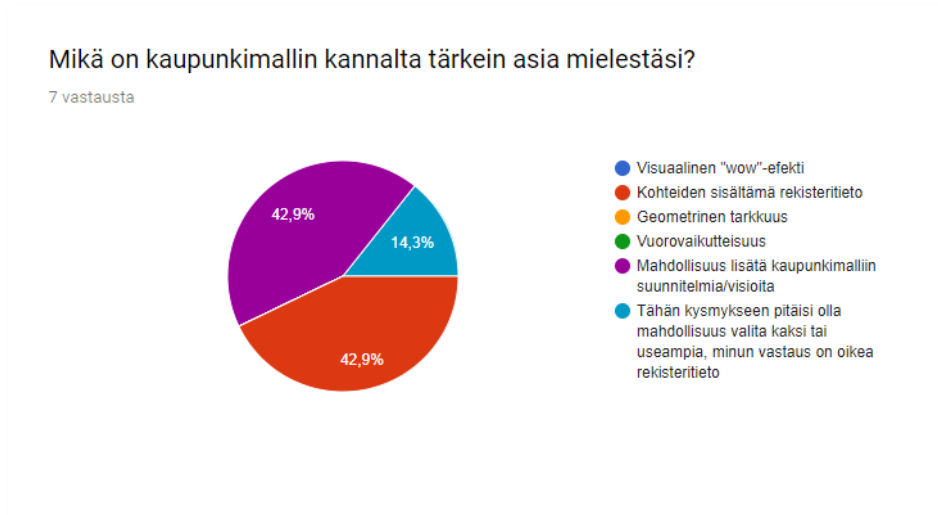


Kuva 9. Vastaukset kysymykseen 4.



Kuva 10. Vastaukset kysymykseen 5.

Kuudennessa kysymyksessä selvitettiin, mikä on vastaajien mielestä kaupunkimallin kannalta kaikkein tärkein asia heidän mielestään. Vastaukset kuvassa 11. Suurimman osan mielestä tärkeintä on kohteiden sisältämä rekisteritieto, joiden avulla pystytään tuottamaan erilaisia paikkatietopohjaisia analyyssejä. Lähes yhtä tärkeänä vastaajat pitivät mahdollisuutta lisätä kaupunkimalliin uusia suunnitelmia ja visioita.



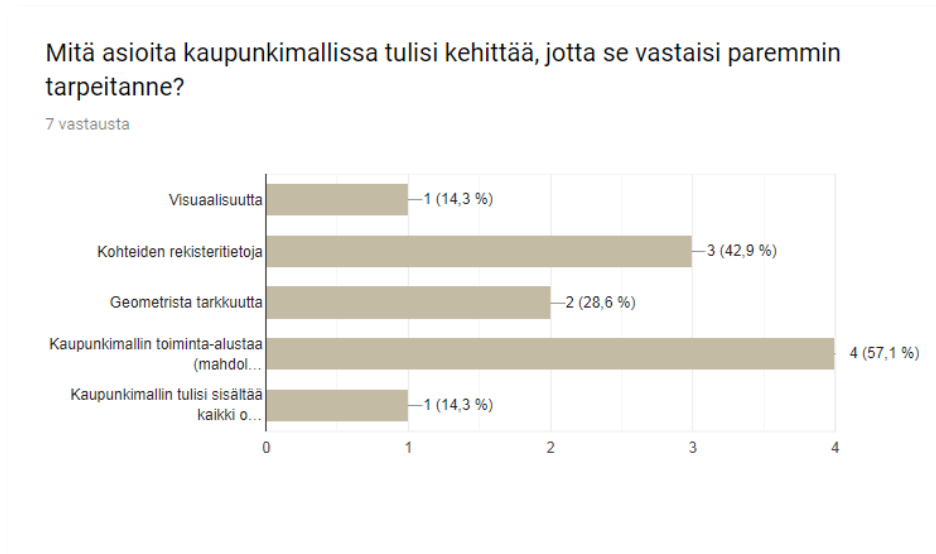
Kuva 11. Vastaukset kysymykseen 6.

Seitsemäs kysymys koski kaupunkimallin eri osia. Vastaukset näkyvät kuvassa 12. Kysymyksessä selvitettiin, mistä kohteista vastaajat olisivat erityisen kiinnostuneita kaupunkimallissa. Vastauksista käy ilmi, että vastaajat ovat yhtäläillä kiinnostuneita kaikista geometrisista kohteista kaupunkimallissa. Rakennukset, puut, aluemaiset kohteet ja maanpinnan muoto ovat keränneet eniten vastauksia.



Kuva 12. Vastaukset kysymykseen 7.

Kahdeksannessa kysymyksessä kysyttiin, miten kaupunkimallia voitaisiin kehittää, jotta se vastaisi paremmin vastaajan tarpeita. Vastaukset näkyvät kuvassa 13. Eniten vastauksia sai kaupunkimallin toiminta-alustan kehittäminen, joka mahdollistaisi suunnitelmien visualisoinnin helpommin ja toimivammin. Lisäksi vastauksia sai rekisteritietojen parantaminen sekä geometrisen tarkkuuden parantaminen.

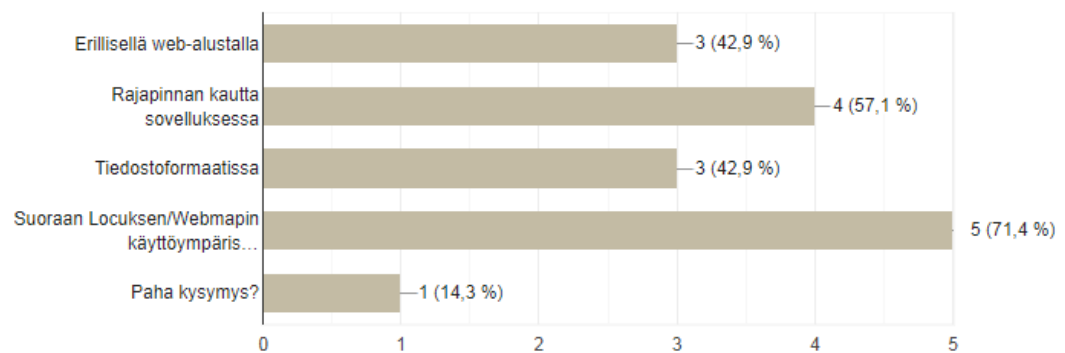


Kuva 13. Vastaukset kysymykseen 8.

Yhdeksännessä kysymyksessä selvitettiin, millä tavalla vastaajat toivoisivat pystyvänsä hyödyntämään kaupunkimallia omassa työssään. Vastaukset näkyvät kuvassa 14. Kaikki vaihtoehdot saivat melko tasaisesti vastauksia, joten voidaan päätellä, että kaupunkimallia pitäisi pystyä käyttämään monissa eri ohjelmissa ja alustoilla. Eniten vastauksia keräsi kuitenkin kaupungin oma paikkatietojärjestelmä, jossa kaupunkimallia pitäisi pystyä hyödyntämään.

Missä muodossa kaupunkimallia tulisi pystyä hyödyntämään?

7 vastausta

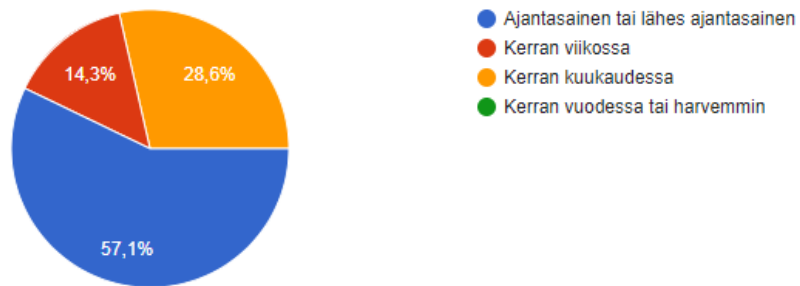


Kuva 14. Vastaukset kysymykseen 9.

Viimeisessä eli kymmenennessä monivalintakysymyksessä kysyttiin, kuinka usein kaupunkimallin tulisi päivittyä. Vastaajista suurin osa oli sitä mieltä, että kaupunkimallin tulisi olla lähes ajantasainen, joka se Locuksen käyttöympäristössä jo nyt onkin. Mahdollisella ulkopuolisella alustalla toimiva kaupunkimallikin pitäisi siis pystyä pitämään lähes ajantasaisena.

Kuinka usein kaupunkimallin tulisi päivittyä?

7 vastausta



Kuva 15. Vastaukset kysymykseen 10.

Kysymykset 11, 12 ja 13 olivat avoimia kysymyksiä, joissa kysyttiin kommentteja kaupunkimallinnukseen liittyen, sen etuihin ja haittoihin omassa työssä. Lisäksi kysyttiin, onko vastaajilla mielessä mahdollisia analyyseja, joita kaupunkimallin pohjalta voitaisiin tuottaa. Kysymys 11 koski juuri mahdollisia analyyseja. Vastauksiksi saatiin muun muassa erilaisia valuma-analyyseja sekä varjostusanalyyseja. Kysymyksessä 12 kysyttiin hyödyistä ja haitoista omassa työssä. Monissa vastauksissa tuli ilmi, että aineistojen ja suunnitelmien hahmottaminen olisi helpompaa kaupunkimallia hyödyntämällä. Muutamissa vastauksissa epäiltiin, tuleeko kaupunkimalliaineistosta jo liian raskas koneiden pyöritettäväksi. Viimeisessä kohdassa pyydettiin yleisiä kommentteja liittyen kaupunkimallinnukseen. Vastauksista kävi ilmi, että monet näkevät kaupunkimallin tulevaisuudessa tärkeänä työvälineenä.

3.2.4 Haastattelun 2 tulokset

Ryhmähaastattelussa oli mukana yhteensä 16 kaavoituksen työntekijää. Lyhyen johdannon jälkeen saatiin aikaiseksi hyvää keskustelua kaupunkimallin nykytilasta ja käyttöasteesta. Haastattelun alussa kävi ilmi, että kaikki olivat ainakin kullekin paikkatietoaineistojen tuottavan ylläpidettyä kaupunkimallia. Suurin osa oli nähnyt aiheesta esityksen jo aiemmin. Johdannossa oli kuitenkin monelle myös paljon uutta tietoa, vaikka he olisivatkin kullekin esityksen aiemmin. Monilla edellisestä esityksestä saattoi olla jo vuosi aikaa, jossa ajassa kaupunkimalli on ottanut suuria edistysaskeleita. Tästä tehtiin johtopäätös,

että kaupunkimallinnuksen tilanteen esittelyä ja ajankohtaisia asioita voisi olla tarpeen käydä läpi useamminkin yhteistyössä. Yhteistyö ja tuki molempiin suuntiin parantaisivat kaupunkimallin käyttöastetta varmasti. Monilla oli myös käyttökokemuksia kaupunkimalleista. Osalla oli ollut käytössä Googlen mesh-malli, johon oli viety uusia suunnitelmia visualisointitarkoituksessa. Ongelmaksi koettiin kuitenkin jo ennalta arvattu ongelma vanhojen rakenteiden poiston mahdottomuudesta. Toisilla oli käyttökokemuksia Turun ylläpidetystä kaupunkimallista, johon he vaikuttivat olevan tyytyväisiä.

Monissa kommentteissa tuli ilmi, että kaupunkimalli on jo tällä hetkellä hyödyllinen ja käytökelpoinen, mutta haastattelun aikana saatiin myös konkreettisia parannusehdotuksia. Tyytyväisiä oltiin muun muassa siihen, että kaupunkimallin kirjoittaminen Trimblen Webmapista onnistuu kaavoittajilta itseltään heidän käyttämäänsä SketchUp-formaattiin. Toiveena olisi myös saada helposti kirjoitettua aineisto dwg-formaattiin. Tämä onnistuu SketchUpin kautta muuntamalla, mutta keskustelussa toivottiin helpompaa ratkaisua.

Kaupunkimallin käyttöalustan tärkeys korostui haastattelussa. Toiveena oli käyttöalusta, jolla malleja pystyisi helposti visualisoimaan ja jakamaan. Yhtenä toiveena on jo pitkään ollut kaupunkilaisten osallistamisen mahdollistava alusta. Locus-ympäristössä uusia suunnitelmia pystytään visualisoimaan kaupunkimallissa, mutta se ei ole suunnittelijoille tuttu eikä sillä toisaalta pysty jakamaan visualisointeja ulkopuolisille. Tarvittaisiin siis toimiva alusta kaupunkimallin esittämiseen, joka pystyttäisiin pitämään lähes reaaliaikaisena. Yhtenä erityisenä tavoitteena esitettiin sopivan alustan tai vaihtoehtoisesti ohjelman löytäminen eri formaatissa olevien aineistojen esittämiseen yhdessä. Tällä tavalla pystyttäisiin hahmottamaan paremmin koko kokonaisuus samalla silmäyksellä.

Paljon keskustelua herättänyt aihe oli historiatietojen tallessa pitäminen. Toiveena oli pystyä tutkimaan kaupungin kehitystä taaksepäin. Tällä tavoin pystyttäisiin seuraamaan esimerkiksi lamojen vaikutusta kaupungin kehittymiseen tai eri kärkihankkeiden onnistumista pitkällä aikavälillä. Samanlainen ajatus tuli toisaalta vaiheittaisen rakentamisen kautta. Toiveena olisi pystyä havainnollistamaan, miltä tietty asuinalue näyttää milläkin ajanhetkellä ennen kuin se on lopullisesti valmis. Tämäkin toive rajoittuu pitkälti alustan suomiin mahdollisuuksiin.

Aineiston tarkkuutta pidettiin tällä hetkellä hyvänä. Turussa on mallinnettu keskustan alueelta melko pienetkin yksityiskohdat, jotka ovat näkemäanalyysien kannalta tärkeitä.

Keskusteluissa käytettiin esimerkkeinä muun muassa katoilla olevia hissien konehuoneita tai muita vastaavia rakennelmia etenkin rakennusten katoilla. Joihinkin tilanteisiin aineiston tarkkuutta pidettiin jopa liian korkeana, esimerkiksi yleiskaavan suunnittelussa riittäisi vain esimerkiksi LOD1-tason rakennukset. Näillä pystyisi kuitenkin hahmottamaan suurien asuinalueiden kokonaisuuksia.

Loppuyhteenvedona haastattelusta jäi positiivinen olo. Kaupunkimallinnus kiinnostaa ainakin kaavoituksen väkeä ja käyttökokemuksia tuntui olevan monella. Haastattelussa saatiin myös paljon tietoa siitä, millaisiin käyttökohteisiin ja tarpeisiin kaavoituksessa hyödynnetään kaupunkimallia.

3.3 Lähtöaineisto

3.3.1 Kantakartta

Turussa kantakarttaa pyritään ylläpitämään asemakaavoitetuilta alueilta vähintään mittausluokassa 1. Keskusta-alueilla mittausluokka on pääsääntöisesti 1e, eli sen tarkkuusvaatimukset ovat puolta tiukemmat kuin mittausluokassa 1. Mittauksen tarkkuusvaatimukset määritellään JHS 185 -suosituksen liitteessä 4. Kantakartta on aiemmin ollut käytössä kaavoituksen pohjakarttana, mutta nykyään se on myös pohja kaupunkimallille. Sisällöltään Turun kantakartta vastaa JHS 185 -suosituksen ohjeistusta. JHS 185 -suosituksessa (9, s. 2) asemakaavan pohjakartan laatimiseksi määritellään seuraavaa:

”Asemakaavan (ja erillisen tonttijaon) tulee lainsäädännön mukaan perustua pohjakarttaan. Pohjakartta on laadittava käyttäen kaavoituksen tarkoitukseen ja maankäytön vaatimukseen soveltuvia menetelmiä, jotka ovat yksityiskohtaisuudeltaan ja tarkkuudeltaan riittäviä. Kaavoitusta ja kaavan toteutusta varten tarpeelliset kohteet ja maaston korkeussuhteet on mitattava edellytetyllä tarkkuudella ja esitettävä yleisiä kartan kuvausperiaatteita noudattaen. Asemakaavan pohjakartasta ja kaavoitusmittauksista säädetään Maankäyttö- ja rakennuslaissa (132/1999) ja -asetuksessa (895/1999)”

Turussa kantakarttaan liittyy myös katu- ja viheraluerekisteri, jolloin sen tiedot pystytään esittämään aluemuotoisena tarpeen vaatiessa kantakartalla ja näin ollen myös kaupunkimallissa. Monessa muussakin kaupungissa on käytössä katu- ja viheraluerekisteri, mutta se ei ole liitetty suoraan kantakarttaan, vaan se toimii erillisenä aineistona.

3.3.2 Johtokartta

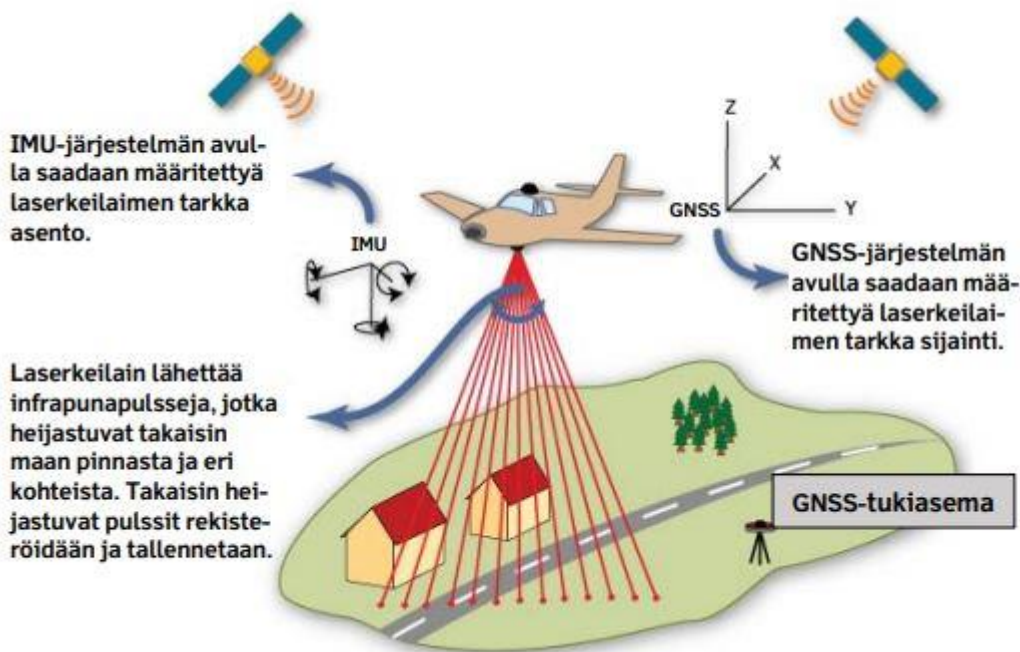
Paikkatietoaineistot-yksikkö ylläpitää myös Turun kaupungin johtokarttaa, johon kuuluu muun muassa katuvalo- ja liikennevalokaapelit. Lisäksi johtokarttaan luetaan pylvää ja muut erilaisen johtokarttaan liittyvät rakenteet. Vesihuoltoon liittyvät kohteet ovat ylläpidossa Trimble NIS -järjestelmässä. Tuoteliitoksen avulla vesihuoltokartan kohteet saadaan siirrettyä Locuksen karttanäkymään. Johtokartan ja vesihuoltokartan kohteet saadaan myös määritettyä osaksi kaupunkimallia. Vastaavuustiedoston avulla kohteet saadaan kuvautumaan juuri oikean kokoisina ja näköisinä osana kaupunkimallia. Lisäksi näille kohteille voidaan myös määrittellä tarvittavat ominaisuustiedot.

3.3.3 Pistepilvi

Pistepilvi tuotetaan laserkeilaamalla, jolloin mitattavaan kohteeseen ei tarvitse koskea käsin. Laserkeilain lähettää tuhansia tai miljoonia laserpulsseja sekunnissa, joille saadaan määritettyä x-, y-, ja z-koordinaatti pulssin kulkeman ajan, pulssin vaihe-eron tai molempien perusteella. Lisäksi jokaiselle pulssille saadaan intensiteetti-arvo pulssin paluuvoimakkuuden perusteella. Intensiteettiin vaikuttaa myös kohteen väri, materiaali sekä pulssin kohtauskulma suhteessa kohteeseen. Intensiteetin avulla pystytään suodattamaan pistepilvestä erilaisia kohteita ja analysoimaan pistepilveä.

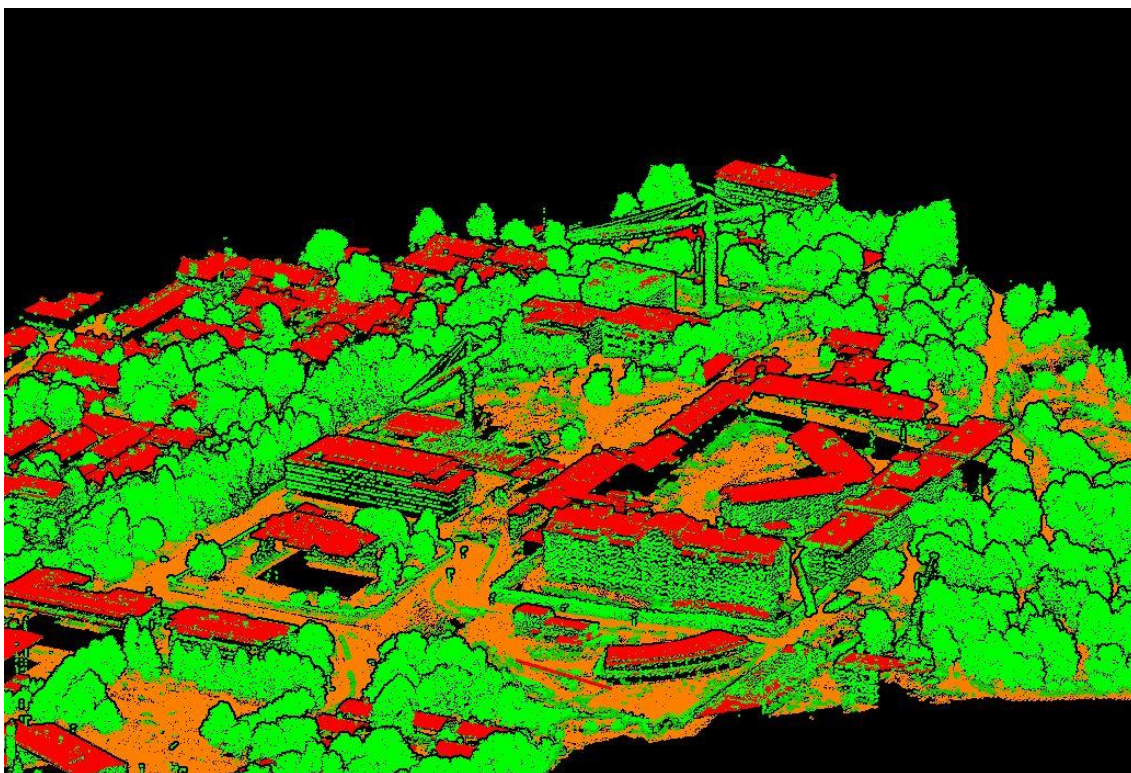
3.3.3.1 Ilmalaserkeilattu pistepilvi

Turussa kaupunkitietomallin rakentamisessa hyödynnettävä pistepilvi on tuotettu ilmalaserkeilaamalla, jolloin laserkeilausjärjestelmä on kiinnitetty helikopteriin tai lentokoneeseen. Laserkeilain lähettää pulsseja lentosuuntaa vasten kohtisuorasti. Lentolaserkeilausjärjestelmässä on itse laserkeilaimen lisäksi myös useita muita komponentteja, joiden avulla pystytään tuottamaan tarkka pistepilvi. Laserkeilaimen tarkka sijainti määritetään GNSS-laitteistolla sekä inertialaitteistolla. GNSS-paikkatiedon sekä inertialaitteiston tuottamalla datalla pystytään jälkilaskennan avulla määrittämään jokaiselle laserpulsille sen tarkka lähtösijainti sekä laserkeilaimen asento. Näiden tietojen sekä pulssin kulkeman matkan sekä mahdollisesti vaihe-eron avulla pystytään määrittämään pisteen x,y ja z koordinaatti maanpinnalla. Kuvassa 16 nähdään selvästi ilmalaserkeilauksen periaate.



Kuva 16. Ilmalaserkeilauksen periaate. Liikennevirasto.

Turun kaupunki on tilannut laajoja laserkeilauksia 2012,2013 ja 2017. Lisäksi Maanmittauslaitoksen avoimessa latauspalvelussa on harvempi pistepilvi Turun alueelta, mutta se on käytössä vain maanpintamallissa, koska sitä on saatavilla koko kaupungin alueelta. Turun kaupungin itse tilaamat laserkeilaukset on tuotettu ilmalaserkeilaamalla helikopterista. Viimeisin, ja tällä hetkellä eniten käytössä oleva, laserkeilausaineisto on tuotettu 400-460 metrin korkeudesta 6.–12.5.2017. Keilaus tehtiin Trimblen AX60-laserkeilaimella, jossa käytettiin 40 asteen avauskulmaa. Trajektorien jälkilaskenta tehtiin Applanixin POSPac-jälkilaskentaohjelmistolla. Eri lentolinjoilla tuotetut pistepilvet sovitettiin toisiinsa TerraSolidin TerraMatch-ohjelmalla. Sisäisen sovituksen jälkeen koko pistepilvi sovitettiin erikseen tilaajan mittaamiin ja toimittamiin kontrollikenttiin. Uusin pistepilvi tilattiin siten, että siinä tulee olla kaikkialla yli 20 pistettä neliömetrillä. Toimitetussa pistepilvessä on kuitenkin huomattavasti enemmän, keskimäärin noin 40 pistettä neliömetrillä. Omien kontrollimittausten avulla on pistepilven korkeustarkkuudeksi pystytty määrittämään viidestä kymmeneen senttimetriä. Pistepilveä on verrattu varta vasten tehtyihin kontrollimittauksiin sekä tarkasti mitattuihin maastomalleihin. Näiden vertailuiden avulla korkeustarkkuus on pystytty määrittämään tarkasti. (11)



Kuva 17. Turun kaupungin tilaama pistepilvi Terrascan-ohjelmassa. Turun kaupunki.

Pistepilvi soveltuu moneen käyttöön, Turussa sillä onkin tehty rakennusten mallintamisen lisäksi muun muassa yleispiirteistä maastomallia, ojien sijaintitarkastuksia ja joitain kantakartan täydennyksiä.

Maanmittauslaitos tuottaa myös ilmalaserkeilattua pistepilveä koko Suomen kattavalta alueelta. Turun alueelta viimeisin Maanmittauslaitoksen tuottama pistepilvi on vuodelta 2017. Maanmittauslaitoksen tavoitteena on, että koko Suomesta olisi saatavilla pistepilviaineistoa vuoteen 2020 mennessä. Maanmittauslaitoksen vuonna 2017 tuottama pistepilvi on tiheydeltään 0,5 pistettä neliömetrillä, ja pisteiden väliksi tulee keskimäärin noin 1,4 metriä. Pistepilven yksityiskohtien erottamistarkkuus on siis melko pieni verrattuna esimerkiksi Turun kaupungin tilaamiin pistepilviin, joissa pisteitä on keskimäärin 40 neliömetrillä. Maanmittauslaitoksen tuottamaa pistepilveä käytetään Turussa kuitenkin koko kaupungin alueen maanpintamallina, koska itse tilatut pistepilvet eivät kata alueellisesti koko Turun aluetta. Maanmittauslaitos on esityksissään kertonut, että pistepilven tiheys tulee tulevaisuudessa kasvamaan, jolloin sen käyttökelpoisuus myös muissa tarpeissa kasvaisi. Maanmittauslaitoksen pistepilvi on automaattisesti maanpintaluokiteltua, jolloin siitä ei esimerkiksi ole korjattu vesien tai siltojen kohdalle osuneita pisteitä.

Usein tällaiset pisteet luokituvat automaattisesti maanpintaan, jolloin ne antavat niiltä osin väärennetyksen kuvan maanpinnasta. (12)

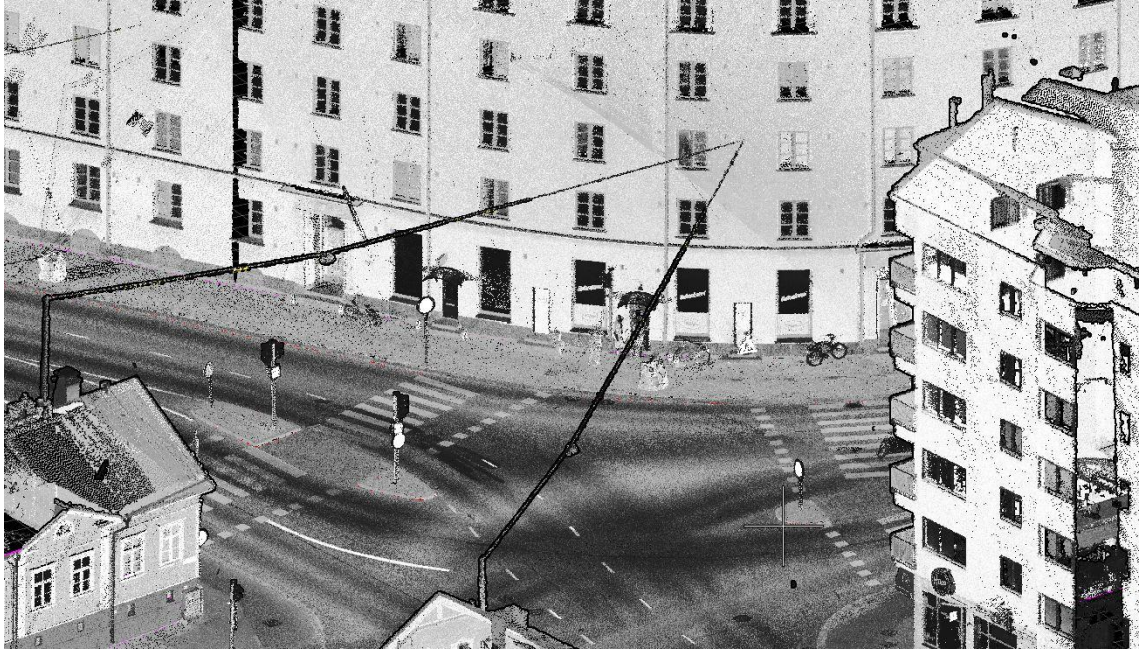
Turussa on tehty myös pieniä alueita droniin kiinnitettävällä laserkeilaimella Vitomittaus Oy:n toimesta. Käytössä ollut laitteisto on Rieglin RiCopter. Dronilla tehtävässä laserkeilauksessa toimintaperiaate on sama kuin suuremmassa mittakaavassa suoritettavassa laserkeilauksessa. Alueen koko on huomattavasti rajallisempi. Myös lentoaika ja toisaalta taas aineiston prosessointiaika ovat myös huomattavasti lyhyempiä. Dronilla tehtävässä laserkeilauksessa pistepilven tiheys on moninkertainen verrattuna tavalliseen ilmalaserkeilaukseen. Turussa tehdyissä aineistoissa pistepilven tiheys on vaihdellut muutamasta sadasta pisteestä neliöltä jopa yli tuhanteen pisteeseen neliöllä. Aineiston absoluuttinen tarkkuus on myös parempi kuin lentokoneesta tehtävässä laserkeilauksessa.

3.3.3.2 Mobiililaserkeilattu pistepilvi

Laserkeilausta voidaan tehdä myös liikkuvasta ajoneuvosta, kuten autosta käsin. Mittauksen pääperiaate ja kaluston osat ovat samoja kuin lentokoneesta suoritettavassa laserkeilauksessa. Lisänä laitteiston osana voi olla renkaaseen asennettava renkaan kierrosnopeutta seuraava anturi, jolla pystytään tarkentamaan laitteiston sijaintia entisestään. Aineiston pistetiheys sekä absoluuttinen tarkkuus on parempi kuin lentokoneesta tehtävällä laserkeilauksella. Pistetiheys on usein tuhansia pisteitä neliömetrillä ja absoluuttinen tarkkuuskin senttimetriluokkaa. Absoluuttinen tarkkuus on tietenkin riippuvainen monesta tekijästä, kuten laitteiston laadusta, laitteiston kalibroinnista sekä ulkoisen orientoinnin onnistumisesta. (10)

Turun kaupunki on tilannut mobiililaserkeilattua pistepilveä muutamilta hankealueilta lähinnä infrasuunnittelun tarpeisiin. Näistä aineistoista on joko omana työnä tai konsultin toimesta vektoroitu Liikenneviraston ohjeiden mukainen maastomalli. Turun kaupungin tilaamat mobiililaserkeilatut pistepilvet on tuotettu kahdella eri Rieglin laitteistolla, Riegl VMQ-1HA sekä Riegl VMX-1HA, jotka kuuluvat oman alansa huippulaitteisiin. VMQ-1HA-järjestelmässä on yksi VUX-1HA-laserkeilain, jonka mittauksen toistotarkkuus on 3 millimetriä ja jolla pystytään mittaamaan 250 poikkileikkausta sekunnissa. VMX-1HA:ssa taas vastaavia laserkeilaimia taas on laitteistossa kaksi, jolloin pystytään tuottamaan 500 poikkileikkausta minuutissa.

Alueellinen kattavuus on mobiililaserkeilatuissa pistepilvissä vielä pienempi kuin drooneilla tehdyissä pistepilvissä, mutta mobiililaserkeilauksen tarkkuus on taas hieman parempi. Aineisto myös kuvaa kaupunkia eri perspektiivistä, ilmalaserkeilauksella saadaan rakennusten katot sekä maanpintaa, kun taas mobiililaserkeilauksella saadaan tuotettua tarkka aineisto julkisivuista ja kadun rakenteista.



Kuva 18. Turun kaupungin tilaamaa mobiililaserkeilattua pistepilveä. Turun kaupunki.

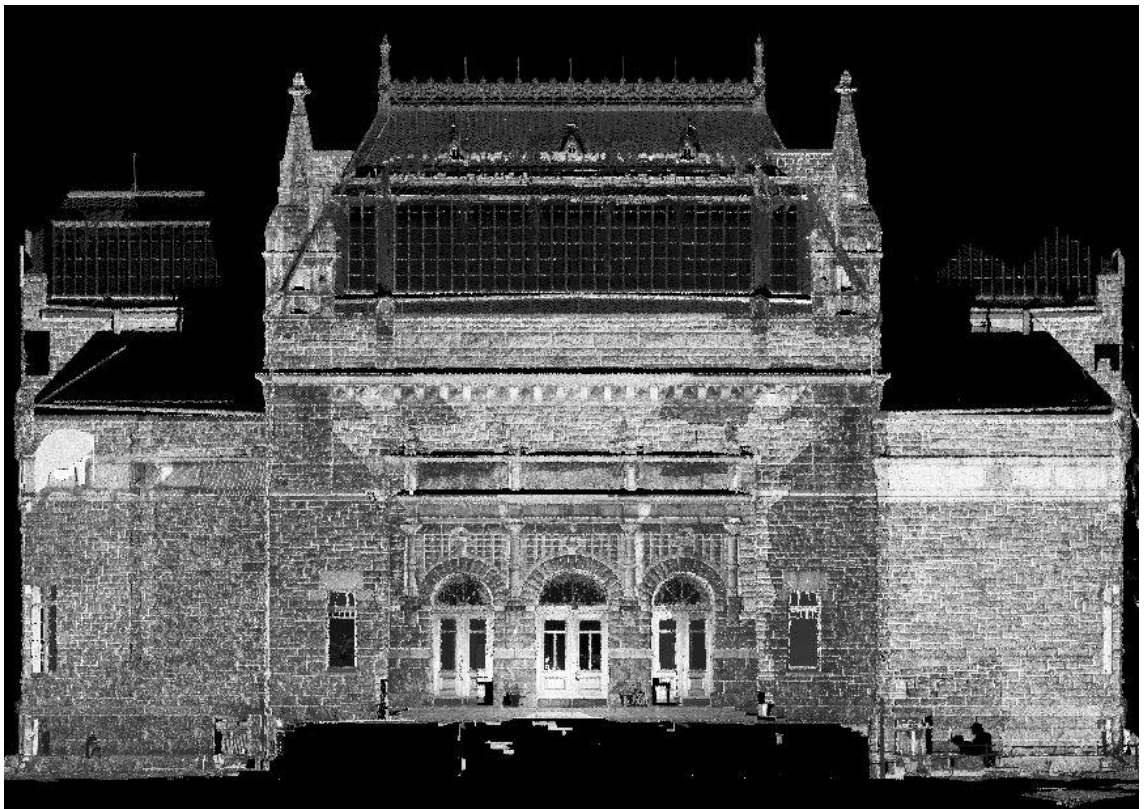
Kaupunkimallin rakentamiseen mobiililaserkeilattua aineistoa ei ole vielä hyödynnetty, koska tavoitteena on tuottaa ensin LOD2-tarkkuustason malli, jossa kaikkia ulokkeita ja parvekkeita ei ole tarpeen mallintaa. Tulevaisuudessa, kun tavoitteet suuntautuvat yhä tarkempiin malleihin, voidaan mobiililaserkeilausta hyödyntää rakennusten julkisivujen mallintamiseen.

3.3.3.3 Maalaserkeilaimella tuotettu pistepilvi

Maalaserkeilauksella tarkoitetaan kolmijalan tai muun vastaavan paikallaan pysyvän tuen päältä tehtävää laserkeilausta. Maalaserkeilaamalla tuotettu aineisto kattaa alueellisesti kaikista pienimmän alueen, mutta sen pistetiheys ja tarkkuus ovat yleensä kaikista parhaimmat. Maalaserkeilaimia on olemassa moneen eri tarkoitukseen, kuten teollisuuden sovellutuksiin tai kaivosmittausten tarpeisiin. Maalaserkeilaimella mitataan haluttu kohde useasta suunnasta ja eri mittausasemat yhdistetään toisiinsa etsimällä samoja

kohteita pistepilvestä. Aineistojen yhdistämistapa riippuu laitteistosta. Pistepilvi sidotaan koordinaatistoon ulkoisilla tähyksillä, jotka mitataan yleensä takymetrillä.

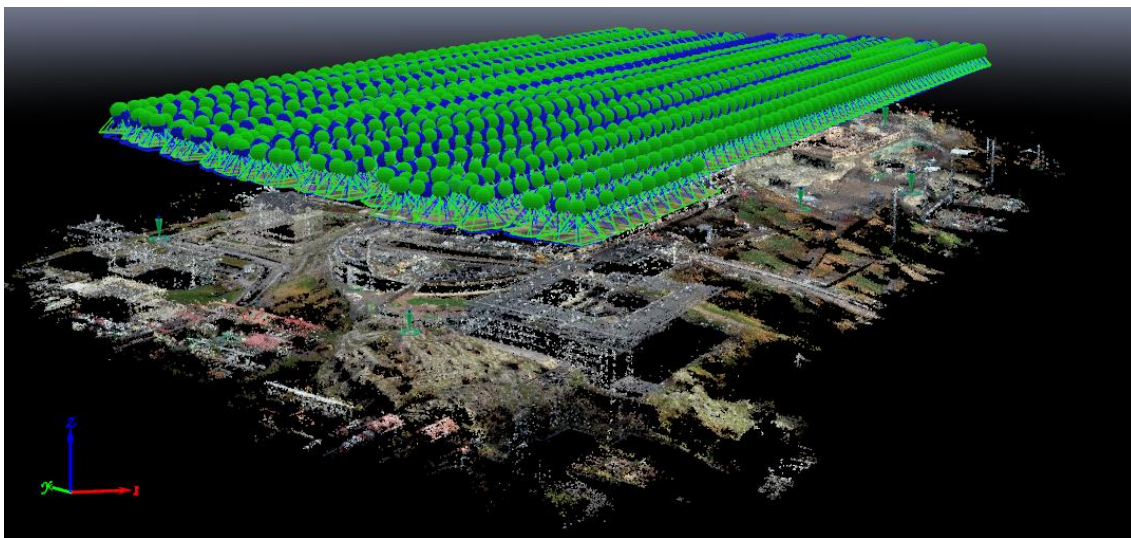
Turun kaupunki on tilannut muutamia maalaserkeilaimella tuotettuja aineistoja. Kuvassa 19 nähdään Turun taidemuseon laserkeilauksesta tehty julkisivukuva. Pistepilven värjäyksenä on käytetty intensiteettiarvoa, joka kertoo pinnan heijastavuuden arvon. Taidemuseon laserkeilaukseen vaadittiin yhteensä kymmenen keilausasemaa, jotka rekisteröitiin toisiinsa. Rakennusten laserkeilauksen lisäksi maalaserkeilausta on hyödynnetty Turussa myös erilaisten maanalaisen tilojen inventointiin. Kaupunkimallin kannalta tällaiset laserkeilaukset tulevat olemaan tarpeellisia tulevaisuudessa, kun maanalaisia tiloja aletaan kuvata kaupunkimallissa. Maalaserkeilaimella pystytään tuottamaan pistepilvi samasta perspektiivistä kuin mobiililaserkeilaamalla. Vaikka maalaserkeilaimella aineiston tuottaminen on huomattavasti hitaampaa kuin mobiililaserkeilaus, sen etuna on, että sillä pääsee esimerkiksi sisäpihoille ja muihin kohteisiin, joihin autolla on mahdotonta päästä. Lisäksi maalaserkeilain ei ole riippuvainen satelliittimittauksesta, toisin kuin mobiililaserkeilaus. (13)



Kuva 19. Turun kaupungin tilaamaa maalaserkeilattua pistepilveä. Turun kaupunki.

3.3.3.4 Fotogrammetrinen pistepilvi

Pistepilviä voidaan tuottaa myös fotogrammetrisesti pelkän miehittämättömän ilma-aluksen eli dronin, järjestelmäkameran ja jälkilaskentaohjelmiston avulla. Turun kaupunki hankki syksyllä 2017 DJI M210 -dronin, joka on saatu tuotantokäyttöön kesän 2018 aikana. Kuvat prosessoidaan Pix4D-ohjelmistolla sekä Terrasolidin ohjelmilla, joilla hoidetaan pistepilven luokittelu ja mahdollinen vektorointi riippuen kuvauskohteesta. Dronin käyttöönotosta Turun kaupungilla on tekeillä Niko-Petteri Salon insinööriyö.



Kuva 20. Pix4D-ohjelmalla tuotettua fotogrammetrista pistepilveä. Kuvien sijainnit myös näkyvissä. Turun kaupunki

Fotogrammetrisessä pistepilvessä on omat erityispiirteensä verrattuna esimerkiksi ilmalaserkeilaimella tai mobiililaserkeilaimella tuotettuun pistepilveen. Tällaisia havaittuja erityispiirteitä ovat esimerkiksi puustoisten alueiden laskenta, joissa maanpintaan ei saada laskettua pisteitä, kun puut peittävät näkyvyyden. Lisäksi selkeät kulmat, kuten rakennuksen ja maanpinnan saumakohdat tai tien reunakivet, ovat usein haasteellisia laskennalle ja tämän vuoksi saattavat pyöristyä. Nämä erityispiirteet tulee ottaa huomioon fotogrammetrista pistepilveä käytettäessä. Huolellisella työn suunnittelulla ja jälkilaskennalla nämä ominaisuudet saadaan kuitenkin minimoitua ja pistepilvi on käyttökelpoista esimerkiksi kantakartan ylläpitoon. (10)

3.3.4 Viistoilmakuvat

Turun kaupunki on tilannut viistoilmakuvauksia vuonna 2015 ja tuoreimpana vuonna 2018. Vuoden 2018 kuvaus kilpailutettiin keväällä ja toimittajaksi valikoitui Tripodi Oy. Viistoilmakuvaus suoritettiin heinäkuussa 2018 IGI Urban Mapper -kamerajärjestelmällä. Lennot suoritti sveitsiläinen SwissPhoto, ja aineiston käsittelyn ja toimituksen suoritti Tripodi Oy. IGI Urban Mapper -kamerajärjestelmässä on yhteensä viisi kameraa, joista yksi on nadiirikuvaukseen ja loput neljä kuvaavat viistokuvia neljään eri ilmansuuntaan. Nadiirikuvissa on neljä kanavaa. Tavallisten R-, G- ja B-kanavien lisäksi kamerassa on myös lähi-infrakanava, jota voidaan hyödyntää esimerkiksi kasvillisuuden erotteluun rakennetuista kohteista. Viistokuvissa on tavalliset kolme kanavaa. (14)

Viistoilmakuvaus tilattiin 7,5 cm:n maastopixelikoolla, jolloin tällä kalustolla lentokorkeudeksi määräytyi noin 1 000 metriä. Aineistoa tuli yhteensä noin 16 000 kuvaa, eli noin 3 200 kuvaa kameraa kohden. Viistokuvien ja kuvien ulkoisten orientointien lisäksi tilattiin myös kuvilta tehty tosiortokuva, jossa on tavalliseen ortokuvaan verrattuna korjattu myös rakennusten korkeuden aiheuttamat vääristymät. Toisin sanoen rakennusten julkisivut eivät näy, kuten perinteisissä ortokuvissa.

Viistokuvista on tarkoituksena tehdä kaupunkimallin rakennuksille seinä- ja kattotekstuurit. Tosiortokuvaa tullaan käyttämään maanpinnan tekstuurin kuvaamiseen kaupunkimallissa. Viistokuvista tullaan todennäköisesti prosessoimaan mesh-malli viestinnän ja markkinoinnin tarpeisiin. Tiedossa ei ole vielä lähdetäänkö mesh-mallia prosessoimaan itse vai tilataanko työ konsultilta.

3.3.5 Stereokuvat

Turun kaupunki on hyödyntänyt stereokuvia ja stereotyöasemaa kantan kartan päivitykseen sekä rakennusten kattomuotojen tekemiseen. Stereokuvat ovat vuosilta 2012 ja 2014. Kuvat ovat siis jo vanhoja, ja niiden ajantasaisuus alkaa kärsiä. Mikäli stereotyöasemaa halutaan edelleen käyttää tehokkaasti, tulee uusien stereokuvien hankinta väistämättä eteen. Stereokuvien hankinta on suuri kertaluontoinen hankinta, kuten ilmalaserkeilauksienkin tilaaminen. Ilmalaserkeilauksista tehtävät mittaukset ovat lähes täysin korvanneet stereotyöasemalla tehtävät mittaukset paikkatietoaineistoissa. Ilmalaserkeilauksien käyttöä puoltaa ainakin ilmalaserkeilauksen tarkkuus sekä helpompi tulkinta.

Ilmalaserkeilauksista on myös helpompi havaita inhimilliset virheet, toisin kuin strereo-kuvilta tulkittaessa. Ilmalaserkeilaukset ovat myös monikäyttöisempiä kuin stereokuvat. Paikkatietoaineistoissa on kaksi stereotyöasemaa, jotka jäisivät näin ollen käyttämättä. Näistä ainakin toiseen voisi harkita Terrastereo-lisenssin hankkimista, jolla pistepilviä pystytään katselemaan ja tulkitsemaan 3D-näkymässä.

3.4 Ohjelmistot

3.4.1 Trimble Locus

Aiemmin Trimble Locus tunnettiin nimillä Xcity sekä Tekla GIS. Trimble kuitenkin osti yrityksen, jolloin nimi muuttui nykyiseen muotoonsa Trimble Locusseksi. Trimble Locus on kuntien tekniselle sektorille suunnattu paikkatieto- ja rekisterinpitäjärjestelmä. Järjestelmän tavoitteena on tarjota kaikille kunnan toiminnoille alusta, jolla ylläpitää paikkatietoja ja kunnan perusrekistereitä. Myös kaupunkitietomallin ylläpito on sidottu osaksi kantakartan ylläpitoa. Trimble Locusen tietokannasta pystytään jakamaan tietoa organisaation sisäisille käyttäjille Trimble WebMapin kautta. WebMapin käyttöliittymä on helpompi omaksua kuin Locusen käyttöliittymä, koska siitä on karsittu muun muassa kartankäsittely ominaisuudet pois. Organisaation ulkopuolisille asiakkaille, toisin sanoen kuntalaisille, paikkatietoja jaetaan Trimblen Internet-karttapalvelun kautta. Lisäksi Trimblen järjestelmän kautta pystytään järjestämään kunnan sähköiset palvelut, kuten rakennuslupien haku tai karttatilaukset.

Trimble Locus on Turussa kaupunkimallin ylläpitoalusta, josta saadaan kantakartan geometria ja tarvittavat rekisteritiedot esimerkiksi rakennuksille, mukaan kaupunkimalliin. Locusessa voidaan liittää kaupunkimalliin myös eri formaatissa olevia referenssitiedostoja. Locusessa tehtävää kaupunkimallin ylläpitoa tullaan kuvaamaan tarkemmin luvussa 4.1 Aineiston tuotanto.

Alkuvuodesta 2019 Trimble on julkaisemassa Locusesta uuden Trimble Locus Cloud -pääversion, jonka tarkoituksena on tuoda lisää joustavuutta ja uusia työtapoja. Locus Cloud tulee olemaan täysin selaimen pohjalla toimiva pilviratkaisu. Tällä hetkellä Locusella tuotettua kaupunkimallia ei ole vielä mahdollista julkaista Trimblen omassa Internet-karttapalvelussa. Locus Cloudin myötä tämäkin tulee muuttumaan, aikataulu on vielä avoin, mutta julkaisua on lupailtu vuoden 2019 lopulle. (15)

3.4.2 TerraSolid

Terrasolid on suomalainen vuonna 1989 perustettu laserkeilausaineistojen käsittelyyn erikoistunut yritys. Terrasolid on markkinajohtaja ilmalaserkeilauksen käsittelyyn tarkoitetuissa ohjelmistoissa. Terrasolidin lisenssejä on myyty jo yli sataan maahan. Terrasolidin tärkeimmät tuotteet ovat Terrascan, Terraphoto, Terramatch ja Terrastereo. Ohjelmilla voidaan tehdä muun muassa seuraavaa:

- Terrascan
 - Pistepilven luokittelu
 - Pistepilven vektorointi automaattisesti tai puoliautomaattisesti
 - Pistepilven leikkaus ja muu prosessointi
- Terraphoto
 - Kuvien käsittely
 - Rakennusten teksturointi
 - Ortokuvien tekeminen
- Terramodeler
 - Pintamallien, korkeuskäyrien ja Grid-verkkojen teko
 - Massalaskenta
 - Automaattiset poikki- ja pituusleikkaukset
- Terramatch
 - Lentolinjojen tai ajolinjojen sovitus toisiinsa
 - Raporttien teko aineiston tarkkuudesta
- Terrastereo
 - Suurien pistepilviaineistojen visualisointi ja katselu stereona reaaliajassa

Turun kaupungilla on käytössä useita Terrasolidin lisenssejä. Terrascanin lisenssejä on yhteensä seitsemän, Terramodelerin lisenssejä kaksi ja Terraphoton lisenssejä kolme kappaletta. Terrasolidin ohjelmisto on kaupunkimallin tuotannossa tärkeässä roolissa etenkin rakennusten geometriatiedon tuottamisessa. Terrasolid ja Trimble ovat tehneet yhteistyötä esimerkiksi rakennusten tekstuuriin lisäämisessä Locuksen järjestelmään. (16)

3.4.3 FME

FME on alun perin suunniteltu ratkaisemaan perinteisten formaatinmuunnostyökalujen aiheuttamia ongelmia. Yleensä muunnettaessa dataa formaatista toiseen osa alkuperäisen formaatin sisältämästä tiedosta häviää. Tähän ongelmaan FME on löytänyt ratkaisun. FME:llä voidaan muokata ja muuntaa niin spatiaalista kuin ei-spatiaalista dataa. (17)

Turun kaupunkitietomallin rakentamisessa FME:llä on merkittävä rooli siirrettäessä Terrascanilla automaattisesti vektoroituja rakennuksia Locuksen tietokantaan. FME:llä luotu valmis työtila muokkaa Terrascanilla luodun vektoritiedoston Locuksen ymmärtämään muotoon ja lisää Locuksen mallinnussääntöjen mukaiset lisäpisteet.

4 Tuotantoprosessi

4.1 Aineiston tuotanto ja ylläpito

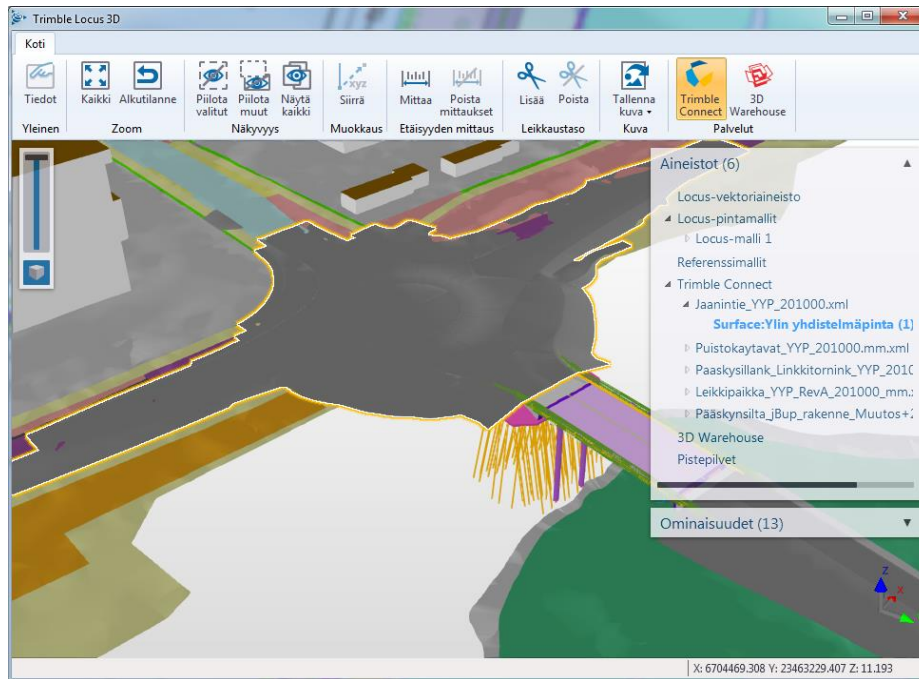
4.1.1 Maanpintamalli

Maanpintamalli tuotetaan Turun kaupunkimallissa tällä hetkellä vuoden 2017 laserkeilauksen pohjalta. Maanpintamallia voidaan tarpeen vaatiessa vaihtaa, esimerkiksi tarkemmassa tarkastelussa voidaan käyttää kaupungin itse tilaamaa laserkeilauksen pohjalta luotua maanpintamallia, kun taas yleispiirteisemmässä tarkastelussa voidaan käyttää Maanmittauslaitoksen tuottamasta pistepilvestä luotua mallia.

Molemmilla tällä hetkellä käytössä olevissa laserkeilauksissa on luokiteltu maanpinta, josta maanpintamalli tuotetaan. Maanpinnan pisteitä ei voida suoraan käyttää maanpin-

tamallin pohjana, koska pisteitä on liikaa kolmiointia varten ja maanpinnasta tulisi helposti liian raskas. Maanpinnan pisteistä luodaan tästä johtuen niin sanotut Model keypointit eli maanpinnan merkitsevät pisteet TerraSolidin luokittelutyökaluilla. Tämä tarkoittaa, että maanpintaa harvennetaan niin, että käytetään pisteitä esimerkiksi 15 metrin välein. Mikäli maanpinnan muoto muuttuu tällä välillä esimerkiksi 15 senttimetriä, lisätään näihin kohtiin piste maanpinnasta. Tällä tavalla pystytään harventamaan maanpinnan pistepilveä huomattavasti, mutta pitämään edelleen maanpinnan merkittävät muutokset havaittavissa. Vertailun vuoksi tasaisessa 15 metrin gridissä monet maanpinnan taitteet jäävät huomiotta, koska piste ei satu osumaan taitteeseen. Käytössä olevat raja-arvot voi määrittellä maanpintaa luodessa omaan käyttötarkoitukseen sopivaksi.

Maanpintamallin ylläpito on vielä tällä hetkellä haastavaa, koska koko pintamalli tulisi tuottaa aina uudelleen, kun jokin pienikin muutos tehdään malliin. Tavoitteena olisi tietenkin saada maanpintamallista myös ajantasainen. Maanpintamallin päivitystä on mietitty Turun kaupungilla ja joitain testejäkin on tehty. Yhtenä vaihtoehtona on kokeiltu maanpintamallin päivittämistä toteumamalleja hyödyntäen. Turun kaupungin infrahankkeissa alkaa olla enenevässä määrin käytössä mallipohjainen suunnittelu, jolloin toteumamalleja aletaan saada myös ylläpidon käyttöön. Tällä hetkellä toteumamallit pystytään visualisoimaan kaupunkimallissa, mutta niitä ei vielä suoraan pystytä hyödyntämään kaupunkimallin maanpinnan ylläpidossa. Kuvassa 21 nähdään Pääskyvuoren ylimmän yhdistelmäpinnan toteumamalli visualisoituna Locuksen 3D-näkymässä. Toisena vaihtoehtona on mietitty dronin käyttöä maanpintamallin päivityksessä. Dronilla luodusta pistepilvestä voitaisiin samaan tapaan luokitella merkitsevät pisteet ja korvata vanha maanpinta näillä pisteillä. Tällaista tapaa voitaisiin käyttää ainakin merkittävässä muutoskohteissa, joissa maanpintamalli vaatii nopeaa päivitystä. Dronilla tehtävää päivitystä päästää kokeilemaan jonkin sopivan kohteen valmistuessa.



Kuva 21. Ylin yhdistelmäpinta visualisoituna Locuksen 3D-näkymässä. Turun kaupunki.

4.1.2 Rakennukset

Rakennusten tuotantoprosessi alkaa jo rakennuslupaprosessista, joka on kytketty myös Locuksen tietokantaan. Rakennuksen valmistuttua rakennukselle tehdään sijaintikatselmus, josta saadaan rakennuksen mallinnukseen käytettävä sijaintitieto rakennuksen kivijalasta. Rakennuksen kivijalan sijaintitiedon avulla pystytään tuottamaan kaikista yksinkertaisinta LOD0-tason mallia. LOD1-tason mallia pystytään tuottamaan koko kaupungin alueelta yhdistämällä rekisteritiedoista löytyvä kerrosluku rakennuksen kivijalan sijaintiin. Tällä tavalla saadaan luotua laatikkomaisia rakennuksia, jotka vastaavat LOD1-tasoa.

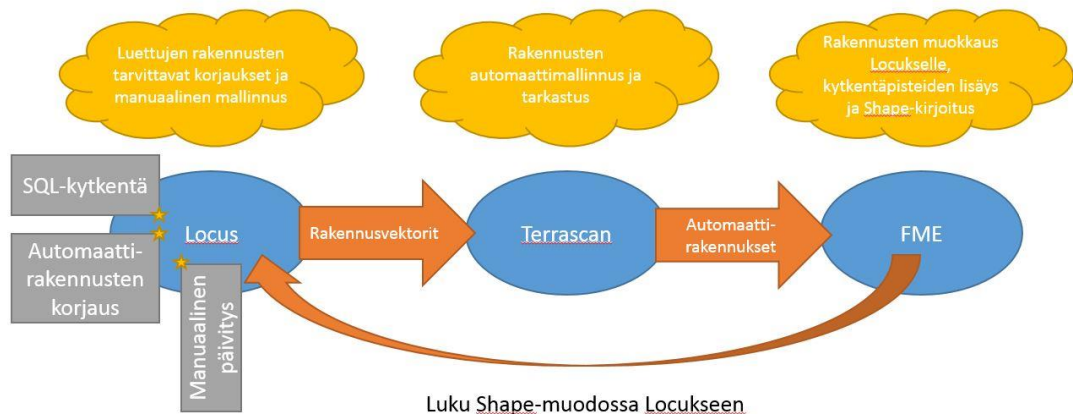
Turun kaupunkitietomallin tavoitteena on kuitenkin saavuttaa LOD2-tason malli, joten oikeat kattomuodot tulee tehdä olemassa olevia aineistoja hyödyntäen. Tähän asti kattomuotoja on tehty pääosin manuaalisena työnä käyttäen pistepilvestä tai stereokartoituksesta saatua geometriatietoa. Työ on ollut tekniikoiden vaihtumisen myötä hidasta ja aikaa vievää, mutta manuaalisesti mallintamalla on saatu tehtyä koko Turun kaupungin keskusta sekä joitain tilausalueita. Manuaalinen mallinnus on tapahtunut hakemalla pistepilvestä tai stereokuvilta sijainti- sekä korkeustietorakennuksen räystäälle ja harjalle. Geometriatieto on viety tiedonsiirtona Locuksen tietokantaan, jossa rakennus on mallin-

nettu lopulliseen muotoonsa. Manuaalista mallinnusta pyritään nyt vähentämään, ja tavoitteena on saada automaattinen tai puoliautomaattinen ratkaisu rakennusten mallintamiseen LOD-2 tasoisiksi.

Jyväskylän kaupungin paikkatietoasiantuntija Eetu Lappalainen on kehittänyt FME-työtilan, jonka tarkoituksena on käsitellä Terrascanilla tuotetut automaattivektoroidut rakennukset oikeaan muotoon Locusta varten. Tässä insinööriyössä ei perehdytä tuon työtilan sisältöön syvemmin, vaan käydään läpi koko prosessi lähtötiedoista valmiiksi kaupunkimalliksi. Kuvassa 22 olen pyrkinyt havainnollistamaan omalle organisaatiolleni, miten lähtötiedoista muodostuvat kaupunkitietomallin rakennukset, sekä mitä ohjelmilla tehdään missäkin vaiheessa.

Prosessi alkaa rakennusvektorien viennillä Terrascaniin rakennusten automaattimallinnuksen tueksi. Rakennusten mallintamiseen käytetään Terrascanin rakennusten automaattivektorointi-työkalua. Rakennukset käydään läpi käyttäen Terrascaniin tehtyjä tarkastus- sekä korjaustyökaluja. Mikäli rakennuksen kattomuoto on niin monimutkainen, ettei sitä saada korjaustyökalujenkaan avulla mallintumaan oikein, jätetään se mallinnettavaksi manuaalisesti. Alustavien testien mukaan tällaisia rakennuksia on ollut noin 10 % kaikista rakennuksista. Manuaalisen työn osuus saadaan siis pienennettyä murto-osaan. Kun kaikki rakennukset on käyty läpi, voidaan tiedosto siirtää FME:n käsiteltäväksi. FME:n työtila käsittelee rakennukset Locuksen ymmärtämään muotoon, lisää apuseinäviivat sekä kytkentäpisteet sekä lopuksi kirjoittaa kaiken datan erillisiin shape-tiedostoihin. Tämän jälkeen shape-tiedostot luetaan Locukseen normaalisti tiedonsiirtona omille Locus-lajeilleen. Locuksen tavassa mallintaa rakennuksia jokainen kattotaso tulee kytkeä erikseen rakennukseen kivijalan muodostamaan alueeseen. Tämä tehdään vielä lopuksi SQL-scriptin avulla, joka kytkee jokaisen kytkentä pisteen yhteen kattotasoon. Tätä tuotantoprosessia käyttämällä saadaan moninkertaistettua rakennusmallien tuotantonopeus. Tosin manuaalisesti mallintamalla saadaan hieman tarkempia ja yksityiskohtaisempia malleja, mutta etenkin haja-asutusalueilla automaattimallinnettujen rakennusten on todettu täyttävän sekä LOD2-tason että suunnittelijoiden vaatimukset mallin yksityiskohtaisuudesta.

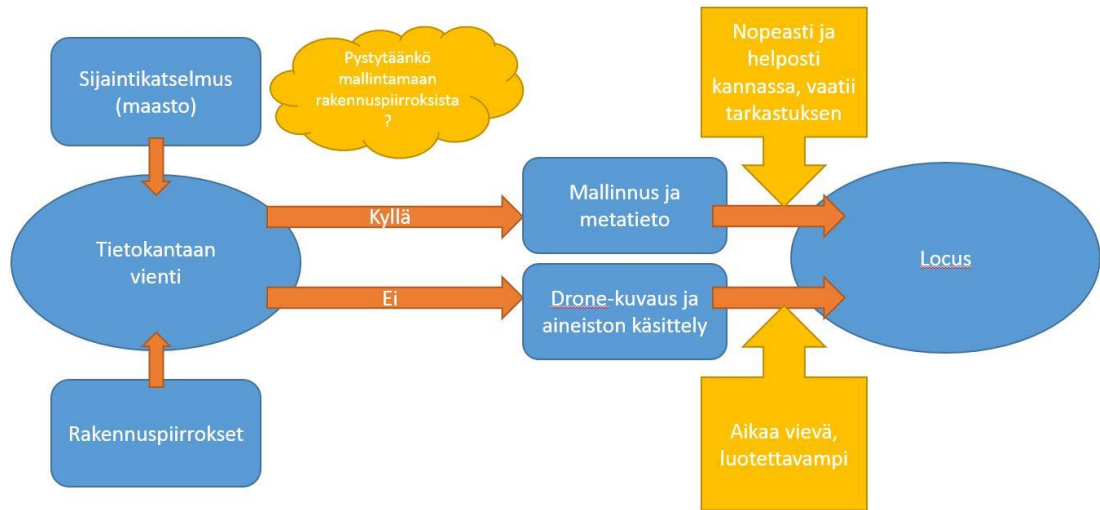
Kaupunkimallin tuotantoprosessi



Kuva 22. Kaupunkitietomallin rakennusten tuotantoprosessi. Turun kaupunki.

Laserkeilauksen ollessa vuodelta 2017 kaikki sen jälkeen rakennetut rakennukset puuttuvat pistepilvestä, joten niiden kattomuotoja ei pystytä siitä muodostamaan. Kuvassa 23 on pyritty esittämään rakennusten ylläpitoprosessi. Uusien rakennusten ylläpitoprosessi on pyritty yhdistämään sijaintikatselmuksen tietokantaan viennin prosessiin. Mikäli rakennuksesta on olemassa riittävät rakennuspiirroksat, joista ilmenee räystäiden ja muiden kattomuotojen korkeudet, pyritään rakennus mallintamaan niistä. Sijaintikatselmuksen geometrian tietokantaan viejä päättää, pystyykö rakennuksen mallintamaan suoraan kuvista. Mikäli rakennusta ei pystytä mallintamaan kuvien perusteella, rakennuksesta käydään tekemässä dronella fotogrammetrinen pistepilvi, josta rakennuksen kattomuodot saadaan tehtyä. Suunnitelmista tehdyille rakennusten malleille annetaan metatiedoksi ”suunnitelmista mallinnettu”. Rakennukset, joilla on metatiedoissa ”suunnitelmista mallinnettu”, pystytään erottamaan kyselyn avulla muista ja niiden oikeellisuus voidaan näin ollen tarkastaa uuden koko kaupungin kattavan pistepilven avulla. Turun kaupunki tilaa uusia laajoja laserkeilauksia muutaman vuoden välein, seuraava mahdollisesti vuonna 2021.

Rakennusmallien ylläpito



Kuva 23. Kaupunkitietomallin rakennusten ylläpito prosessi. Turun kaupunki.

4.1.3 Alueet

Locuksen tietokannassa olevia aluemaisia kohteita voidaan käyttää osana kaupunkimallia. Kaupunkimallissa voidaan käyttää maanpintaan visualisoituna esimerkiksi yleisiä alueita, kuten teitä, kevytväyliä sekä puistoja. Muita mahdollisia aluemaisia kohteita ovat muun muassa kiinteistöt tai ajantasa-asemakaava. Jokainen alue muodostuu kaupunkimallissa xy-ulottuvuutensa ja maanpinnan muodon mukaiseksi aluekohteeksi, jolle saadaan rekisteriyhteyksien avulla ominaisuustiedot. Tämä eroaa siis oleellisesti esimerkiksi maanpintaan projisoidusta ortokuvasta, jolla voidaan myös visualisoida maanpinta mutta siitä ei saada ominaisuustietoa.

Aluemaisten kohteiden ylläpito on sidottu kaupungin eri prosesseihin, jolloin se on aina ajantasaista. Esimerkiksi yleisten alueiden ylläpito on sidottu kantakartan mittausprosessiin. Kantakartan päivityksen yhteydessä ylläpidetään myös katu- ja viheraluerekisteriä, jota käytetään hyväksi muun muassa infran ylläpidon urakoiden kilpailutuksessa.

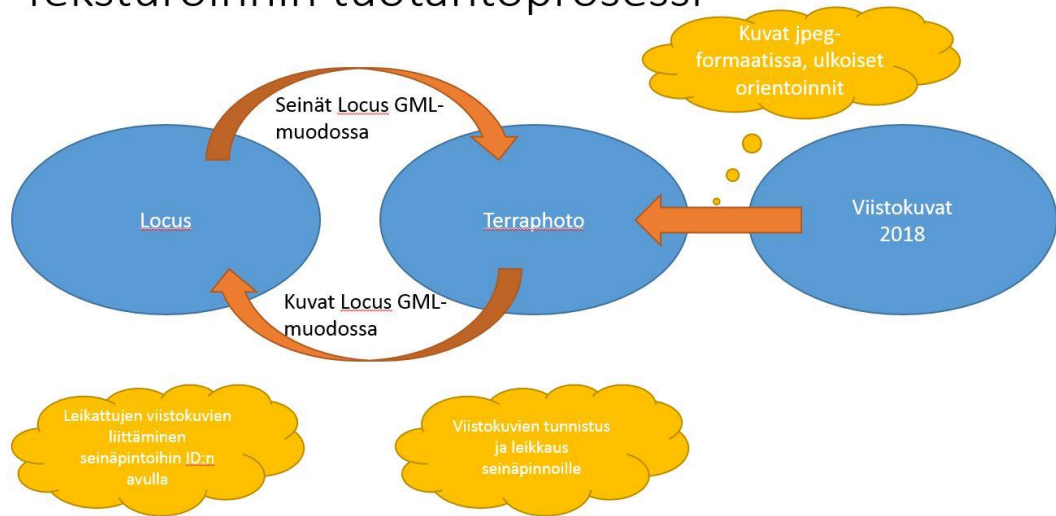
4.1.4 Kohteet

Erilaisia yksittäisiä kohteita voidaan myös visualisoida kaupunkimallissa. Yksittäisten kohteiden visualisoinnissa hyödynnetään kantakartan kohteiden sijaintia ja ominaisuustietoja. Käytössä olevia yksittäisiä kohteita ovat muun muassa puut, pensaat sekä valaisin- ja liikennevalopylväät. Tällä hetkellä kohteiden ilmentymä määritellään SketchUp-tiedostoilla, jotka liitetään kohteen xyz-sijaintiin. Myös yksittäisille kohteille pystytään lisäämään ominaisuustiedot, jotka ovat Locuksen rekistereihin tallennettuna.

4.2 Teksturointi

Kuvassa 24 on selitetty teksturoinnin tuotantoprosessi. Prosessissa käytetään Trimble Locusta sekä TerraSolidin Terraphotoa. Mallinnetut rakennukset kirjoitetaan Locuksesta CityGML:een pohjautuvaan LocusGML:een, jossa jokaisen rakennuksen jokainen seinä ja kattopinta on eroteltu teksturointia varten omalla ID:llään. Kirjoitettu GML-tiedosto luetaan Terraphotoon, jossa teksturointi tehdään. Terraphotossa on käytössä vuoden 2018 viistokuvausprojekti, josta katto- ja seinätekstuurit leikataan. Kattotekstuureja varten Terraphotossa luodaan tosiorto, joka on oikaistu Locuksesta tuotuja rakennuksia hyödyntäen. Trueortosta leikataan jokaiselle katolle oma tekstuurikuvansa. Seinien tekstuurit leikataan viistokuvista. Oikeilla kamerakalibroinneilla ja ulkoisilla orientoinneilla kuvat osuvat seiniin hyvällä tarkkuudella. Jokaiselle seinälle ja katolle muodostuu tässä prosessissa oma juuri seinän tai katon kokoinen kuva, joka voidaan liittää seinän tai katon pintaan. Terraphotosta kirjoitetaan ulos LocusGML, jossa määritellään, mikä kuva kuuluu millekin katto- tai seinäpinnalle. Yhteisten ID-tietojen avulla oikea tekstuurikuva ja oikea seinä- tai kattopinta voidaan liittää Locuksen tietokannassa kuuluvaksi yhteen.

Teksturoinnin tuotantoprosessi



Kuva 24. Kaupunkitietomallin rakennusten teksturoinnin tuotantoprosessi. Turun kaupunki.

4.3 Julkaisu

Kaupunkimallin julkaisu avoimeksi dataksi on tärkeää kaupunkimallin käytettävyyden kannalta. Tällä hetkellä organisaation ulkopuoliset suunnittelijat ovat saaneet tilattua kaupunkimallia määrittelemiensä alueiden mukaisesti. Paikkatietoaineistoissa tietty henkilö on siis kirjoittanut alueen Locus-tietokannasta SketchUp-formaattiin halutuin detailjein. Tilausmäärien kasvaessa tämä tapa on aikaa vievä ja kestävä ratkaisu kaupunkimallin toimittamiseksi asiakkaille. Lisäksi tällainen toimintamalli vaikeuttaa kaupunkimallin saatavuutta turhaan. Organisaation sisäisillä suunnittelijoilla on tällä hetkellä jo mahdollisuus kirjoittaa kaupunkimallia itse WebMap-järjestelmästä SketchUp-formaattiin.

Kaupunkimallin julkaisu tullaan toteuttamaan kahdessa osassa. Ensimmäisessä osassa julkaistaan kaupunkimallin LOD2-tasoiset rakennukset Turun karttapalvelussa. Rakennukset julkaistaan palvelualueittain SketchUp-formaatissa. Niiltä alueilta, joilla ei vielä ole LOD2-tason rakennuksia julkaistaan alkuvaiheessa LOD1-tason rakennukset, mutta mallinnuksen edetessä tilanne tietysti päivittyy. Rakennukset valikoituivat ensimmäisinä julkaistaviksi, koska ne ovat yleisimmin tilattuja kohteita. Rakennusten julkaisun yhtey-

dessä julkaistaan myös Turun kaupungin tilaama pistepilvi avoimeksi dataksi samoja rajauksia noudattaen. Pistepilvestä voidaan erottaa myös jo valmiiksi maanpinta, joka julkaistaisiin omana kohteenaan.

Toisessa vaiheessa julkaistaan WFS-rajapinta CityGML-formaatissa. Rajapinta sisältää enemmän kohteita kuin pelkät rakennukset. Rajapinnasta saadaan rakennusten lisäksi aluemaisia kohteita, yksittäisiä kohteita sekä maanpintamalli. Rajapinnan rakentaminen ja aineistojen määrittely on suurempi yksittäinen työ kuin ensimmäisen vaiheen julkaisu, joten rajapinnan julkaisu siirtyy kesään 2019.

5 Päätelmät

Ylläpidetyn kaupunkitietomallin kehitys on ollut välillä hidasta, ja aineistoja on jouduttu muokkaamaan ja tekemään uudelleen joiltain osin. Nyt kuitenkin kaupunkitietomallin tuotanto- ja ylläpitoprosessi on saatu hiottua toimivaksi. Kaupunkitietomallin rakennukset ovat valmiita keskusta-alueelta, ja automaattimallinnuksen kehityksen myötä myös haja-asutusalueet saadaan nyt nopealla tahdilla mallinnettua. Muut kohteet pysyvät ylläpidossa kanta- ja johtokarttaan sidotuin prosessein. Kaupunkitietomallin rakentaminen kantakartan pohjalle on osoittautunut etenkin ylläpidon kannalta oikeaksi ratkaisuksi.

Kuten haastatteluista kävi ilmi, ylläpidetylle kaupunkitietomallille nähdään kasvava tarve tällä hetkellä ja etenkin tulevaisuudessa. Yhteydenpito kaupunkimallin käyttäjien ja kehittäjien välillä tuleekin pysyä vahvana, jotta tukea pystytään tarjoamaan molempiin suuntiin. Erilaiset haastatteluissa ilmenneet toiveet pyritään ottamaan huomioon, kun suunnitellaan kaupunkitietomallin kehittämistä sekä tulevaa toiminta-alustaa. Kaupunkitietomallin päivityksessä taas toivotaan hyvää yhteistyötä myös toiseen suuntaan, kun kaupungin vastaanottamat tietomalliaineistot lisääntyvät. Infratekniikan sekä talotekniikan tietomallit voisivat tulevaisuudessa toimia mahdollisina päivitysaineistoina kaupunkitietomallille.

Vaikka tuotanto- ja ylläpitoprosessi on saatu nyt toimimaan, teknisiä haasteita tulee varmasti eteen tulevassa kaupunkimallin julkaisussa. Avoin julkaisu on kuitenkin ehdottoman tärkeä, jotta kaupunkitietomalli saadaan käyttöön mahdollisimman laajasti. Julkaisua pitäisi pystyä markkinoimaan myös mahdollisimman tehokkaasti, kuten Helsingin ja Espoon kaupungit ovat jo tehneet. Mahdollisimman suuri näkyvyys kaupunkitietomallin

julkaisussa tuo kaupunkitietomallille lisää käyttäjiä ja antaa näin ollen meille kehittäjille lisää asiakaskokemuksia. Näiden avulla kaupunkitietomallia pystytään edelleen kehittämään käyttäjien kannalta mahdollisimman hyvään suuntaan.

Lähteet

- 1 Helsingin 3D-kaupunkimallit. 2018. Verkkoaineisto. Helsinki Region Infoshare. <<https://hri.fi/data/dataset/helsingin-3d-kaupunkimalli>> Luettu 17.12.18. Julkaistu 12.12.2018.
- 2 Willenborg, B.; Pultz, M; Kolbe T. H. 2018. Integration Of Semantic 3D City Models And 3D Mesh Models For Accuracy Improvements Of Solar Potential Analyses. Verkkoaineisto. The International Society for Photogrammetry and Remote Sensing. <<https://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XLII-4-W10/223/2018/isprs-archives-XLII-4-W10-223-2018.pdf>> Luettu 18.12.2018.
- 3 Kaupunkimallinnuksen ohjekirja. 2016. Verkkojulkaisu. BuildingSmart Finland. <<https://buildingsmart.fi/kaupunki/kaupunkimallinnuksen-ohjekirja/>> Luettu 18.12.2018.
- 4 Reini, Jari. 2011. CityGML mallintaa kaupungin kolmiulotteisena. Positio 4/2011.
- 5 Erving Anna. Fotogrammetrian ja kaukokartoituksen laboratorio. Teknillinen korkeakoulu. Paikkatiedosta kaupunkimalleihin: CityGML selvitystyö. Verkkoaineisto. <<https://docplayer.fi/5655144-Paikkatiedoista-kaupunkimalleihin-citygml-selvitystyö-anna-erving-fotogrammetrian-ja-kaukokartoituksen-laboratorio-tek-nillinen-korkeakoulu.html>> Luettu 15.12.2018
- 6 What is CityGML?. 2018. CityGML official website. Verkkoaineisto. <www.citygml.org> Luettu 19.12.2018.
- 7 Opas 3D-esineiden mallintamiseen. 2015. Verkkoaineisto. SIG3D. <https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/VER_0.99_-_201311_SIG3D_Modeling_Guide_for_3D_Objects_Part_2.pdf> Luettu 16.12.2018.
- 8 Gröger et al. 2006. Candidate OpenGIS CityGML Implementation Specification. Verkkoaineisto. SIG 3D. <https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=16675> Luettu 16.12.2018.
- 9 JHS 185 Asemakaavan pohjakartan laatiminen. 2014. Verkkoaineisto. Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta <<http://docs.jhs-suositukset.fi/jhs-suositukset/JHS185/JHS185.pdf>> Luettu 28.12.2018.
- 10 Pekkala, Janne. 2015. 3D-laserkeilausaineiston hyödyntäminen inframallintamisen yhteydessä ja sen lopputuotteen laadun varmistaminen. Verkkojulkaisu. <https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lts_2015-58_3d-laserkeilausaineiston_web.pdf> Luettu 27.12.2018
- 11 Laserkeilauksen työkertomus. 2017. Tripodi Oy.

- 12 Laserkeilausaineisto. 2018. Verkkojulkaisu. Maanmittauslaitos.
<<https://www.maanmittauslaitos.fi/kartat-ja-paikkatieto/asiantuntevalle-kayttajalle/tuotekuvaukset/laserkeilausaineisto>> Luettu 15.12.2018.
- 13 Heiska, Nina. 2010. Maalaserkeilaimet ovat kehittyneet geodeettisiksi mittauslaitteiksi. Maankäyttölehti 4/2010.
- 14 Integrated Geospatial Innovations. 2018. IGI Verkkojulkaisu. UrbanMapper. <<https://www.igi-systems.com/igi-urbanmapper.html>> Luettu 20.12.2018
- 15 Trimble Locus. 2018 Verkkojulkaisu. Trimble.<<https://kunnat.trimble.fi/trimble-locus.html>> Luettu 20.12.2018
- 16 Lehtonen, Pekka. 2010. TerraSolid toimii maailmanlaajuisesti. Maankäyttö 4/2010.
- 17 What is FME?. 2018. Verkkojulkaisu. Safe.
<https://docs.safe.com/fme/html/FME_Desktop_Documentation/FME_Workbench/Workbench/What_is_FME.htm> Luettu 21.12.2018

Haastattelu 1: Internet-kysely

Insinööriyöhaastattelu

Turun kaupunkitietomallin tavoite ja tuotantoprosessi. Ylemmän ammattikorkeakoulun insinööriyö.

Turun kaupunkitietomalli rakentuu pitkään ylläpidetyn kantakartan pohjalle. Tavoite onkin alusta asti ollut luoda kantakartasta kaupunkitietomalli, jolloin kaikki kantakartan sisältämät kohteet ja rekisteritiedot saadaan osaksi kaupunkimallia. Tämä prosessi aloitettiin vuonna 2015 ja jatkuu edelleen. Kaupunkimallia ylläpidetään Locus-ympäristössä, jolloin se on jatkuvasti ajantasainen. Tällä hetkellä kaupunkitietomalli on valmis Turun keskustan alueesta sekä joiltakin tilausalueilta, joita on mallinnettu kaavahankkeiden yhteydessä. Automaatiikan avulla mallinnusta pystytään nopeuttamaan, jotta myös puuttuvat alueet saadaan mallinnettua nopealla aikataululla. Kaupunkimalliin on mahdollista liittää viistokuvilta leikatut tekstuurit, jotta siitä saadaan realistisen näköinen.

Haastattelun tavoitteena on selvittää, mitkä asiat ovat kaupunkimallin hyödyntäjille tarpeellisia ja tärkeitä. Haastattelun avulla pyritään selvittämään, mihin suuntaan kaupunkimallia tulisi kehittää, jotta se parhaiten vastaisi kysyntään.

***Pakollinen**

1. Mitä tietoa sinulla on ennestään Turun kaupunkimallista? *

Merkitse vain yksi soikio.

- Ei tietoa ennestään
- Kuullut sivukorvalla
- Nähnyt esityksen aiheesta
- Käyttökokemuksia

2. Hyödynnättekö jotain kaupunkimallia työssänne? *

Valitse kaikki sopivat vaihtoehdot.

- En hyödynnä
- Turun oma ylläpidetty kaupunkimalli
- Google mapsin kaupunkimalli
- Sova3D-palvelun kaupunkimalli
- Muu: _____

3. Ovatko konsultit pyytäneet kaupunkimallia suunnittelun tueksi? (Jos kyllä, mihin tarkoitukseen?) *

4. Miten kaupunkimallia hyödynnetään tällä hetkellä? *

Valitse kaikki sopivat vaihtoehdot.

- Ei mitenkään
- Katseluun
- Uusien suunnitelmien visualisointiin
- Tarkkaan suunnitteluun
- Muu: _____

5. Miten voisit hyödyntää kaupunkimallia tulevaisuudessa? *

Valitse kaikki sopivat vaihtoehdot.

- En mitenkään
- Katseluun
- Uusien suunnitelmien visualisointiin
- Tarkkaan suunnitteluun
- Muu: _____

6. Mikä on kaupunkimallin kannalta tärkein asia mielestäsi? *

Merkitse vain yksi soikio.

- Visuaalinen "wow"-efekti
- Kohteiden sisältämä rekisteritieto
- Geometrinen tarkkuus
- Vuorovaikutteisuus
- Mahdollisuus lisätä kaupunkimalliin suunnitelmia/visioita
- Muu: _____

7. Mistä kohteista olisit kiinnostunut kaupunkimallissa? *

Valitse kaikki sopivat vaihtoehdot.

- Rakennukset
- Yksittäiset kohteet (puut, pylväät, jne..)
- Maanalaiset kohteet (johdot, putket, muut rakenteet)
- Aluemaiset kohteet (katualueet, kaava-alueet, kiinteistöt)
- Maanpinnan muoto
- Muu: _____

8. Mitä asioita kaupunkimallissa tulisi kehittää, jotta se vastaisi paremmin tarpeitanne? *

Valitse kaikki sopivat vaihtoehdot.

- Visuaalisuutta
- Kohteiden rekisteritietoja
- Geometrista tarkkuutta
- Kaupunkimallin toiminta-alustaa (mahdollistaa esim. vuorovaikutuksen)
- Muu: _____

9. Missä muodossa kaupunkimallia tulisi pystyä hyödyntämään? *

Valitse kaikki sopivat vaihtoehdot.

- Erillisellä web-alustalla
- Rajapinnan kautta sovelluksessa
- Tiedostoformaatisissa
- Suoraan Locuksen/Webmapin käyttöympäristössä
- Muu: _____

10. Kuinka usein kaupunkimallin tulisi päivittyä? *

Merkitse vain yksi soikio.

- Ajantasainen tai lähes ajantasainen
- Kerran viikossa
- Kerran kuukaudessa
- Kerran vuodessa tai harvemmin

11. Minkälaisia analyyseja kaupunkimallidatasta voitaisiin tuottaa? (Esim. kattopinta-alojen laskenta aurinkoenergian potentiaalia varten) *

12. Mitä etuja/haittoja näet kaupunkimallin käytössä työssäsi? *

13. Yleiset kommentit kaupunkimalliin liittyen. *
