



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Tuija Aaltonen

Kaavan pohjakartasta kaupunkimalliksi – case Järvenpää

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (YAMK)

Maanmittaustekniikka

Opinnäytetyö

19.08.2019

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Tuija Aaltonen Kaavan pohjakartasta kaupunkimalliksi – case Järvenpää 93 sivua 19.8.2019
Tutkinto	insinööri (YAMK)
Tutkinto-ohjelma	maanmittaustekniikka
Ohjaajat	kartastoinsinööri Tuomo Markkanen lehtori Jussi Laari
<p>Opinnäytetyössä selvitettiin tapaustutkimuksena, miten Järvenpään kaupungissa voitaisiin siirtää kaavan pohjakartan ylläpidosta kaupunkimallin tuotantoon, millaisia toimenpiteitä se vaatisi ja mitä vaatimuksia kaupunkimalliin kohdistuu. Tavoitteena oli saada selville, mikä on mahdollista nykyisessä paikkatietoympäristössä olemassa olevilla resursseilla.</p> <p>Tutkimusta varten selvitettiin kaupunkimallinnuksen nykytilaa Suomen kunnissa, siihen liittyviä valtakunnallisia hankkeita sekä Järvenpään kaupungin henkilöstön tarpeita ja tavoitteita liittyen kaupunkimallinnukseen. Lisäksi työtä varten perehdyttiin aiheeseen liittyviin selvityksiin ja opinnäytetöihin sekä tarkasteltiin muutaman esimerkkikunnan kaupunkimallien nykytilaa.</p> <p>Kaavan pohjakartan tuottamisessa ja ylläpidossa käytettävää tietojärjestelmäympäristöä sekä työtapoja verrattiin kaupunkimallin tuottamiseen ja ylläpitoon vaadittavaan ohjelmistoympäristöön sekä toimintamalliin. Samalla tutkittiin, mitä muutoksia kaupunkimallin ylläpito toisi työtapoihin ja selvitettiin tarvittavia tietojärjestelmämuutoksia.</p> <p>Kaupunkimallin hyödyntämisestä selvitettiin, miten kaupunkimalliin kohdistuvat sekä sisäiset että ulkoiset tarpeet voitaisiin toteuttaa. Sen lisäksi haastateltiin Järvenpään kaupungilla käytössä olevien paikkatieto-ohjelmistojen toimittajia ja selvitettiin heidän näkemyksiänsä siitä, miten heidän ohjelmistonsa tulevat mahdollistamaan ja tukemaan kaupunkimallin ylläpitoa kuntaorganisaatiossa.</p> <p>Tehtyjen selvitysten perusteella voidaan todeta, että Järvenpään nykyisen paikkatietoympäristön kehitysnäkymät mahdollistavat jo nyt kaupunkimallin tuotannon ja ylläpidon. Viime vuosina tapahtunut ohjelmistokehitys on vienyt ohjelmistoja älykästä kaupunkimalliajattelua kohti ja on odotettavissa, että kehitys jatkuu helpottaen työnkuluja entisestään.</p> <p>Kaupunkimallin tuotantoon ja ylläpitoon tarvittavat henkilöstöresurssit vaikuttaisivat olevan olemassa, mutta toimintatapoihin tarvitaan muutoksia. Opinnäytetyöhön kirjatut selvitykset ja työkulut voidaan sellaisenaan siirtää hyödynnettäväksi kuntiin, joissa käytetään samoja ohjelmistoja ja joissa on samantyyppisiä kaupunkimalliin liittyviä tarpeita.</p>	
Avainsanat	3D-kaupunkimalli, kaavan pohjakartta, tietomalli, kunta

Author Title	Tuija Aaltonen From Base Map to 3D City Model - Case Järvenpää
Number of Pages Date	93 pages 19 August 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Land Surveying
Instructors	Tuomo Markkanen, Cartography Engineer Jussi Laari, Principal Lecturer
<p>The purpose of this Master's thesis was to study how the city of Järvenpää could shift from the maintenance of a 2D base map towards 3D city model infrastructure, what actions should be taken and what requirements users have about the 3D city model. The goal was to find out what is possible at Järvenpää's current geographical information system with the resources available.</p> <p>The theoretical background of the Master's thesis was defined by reviewing the situation of 3D city modelling in Finnish municipalities as well as the national guidelines and projects concerning 3D city modelling. In addition, the literature review included field-related seminar lectures, Bachelor's and Master's thesis. The requirements and the possibilities of 3D city model infrastructure were established by interviewing the personnel of GIS infrastructure providers for the city of Järvenpää.</p> <p>In conclusion, it can be stated that the transformation from updating a 2D base map to producing and maintaining a 3D city model can be accomplished by using the current GIS infrastructure. The available personnel resources seem to be adequate, but the current workflows require modifications. The results of this project can be adapted to other municipalities to enhance the use of GIS in 3D city modelling.</p>	
Keywords	3D city model, base map, information model, municipality

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Lähtökohdat	3
2.1	Määritteet	3
2.1.1	Kaavan pohjakartta	3
2.1.2	3D-kaupunkimalli	5
2.2	Valtakunnalliset 3D-hankkeet	9
2.2.1	KIRA-digi	9
2.2.2	Paikkatietoalusta	11
2.2.3	3Dkunta	13
2.2.4	Lupapiste ja Sova3D	14
2.2.5	Kuntatietopalvelu	16
2.3	Järvenpään tarpeet ja tavoitteet	16
2.3.1	Yleistä	16
2.3.2	Seutulantalon palvelupiste	17
2.3.3	Kaupunkikehityksen esikunta	18
2.3.4	Kaavoitus	18
2.3.5	Rakennusvalvonta	19
2.3.6	Kaupunkitekniikka	20
2.3.7	Maankäyttö- ja karttapalvelut	21
2.3.8	Muut toimialat	23
2.4	Mikä on Järvenpään 3D-kaupunkimalli?	24
3	Selvityksiä ja toimintamalleja	27
3.1	Luennot ja seminaarit	27
3.2	Yleiset selvitystyöt	28
3.3	Koko kuntakenttää koskevat opinnäytetyöt	29
3.4	Kuntien toimintamallit	30
3.4.1	Yleistä	30
3.4.2	Helsinki	31
3.4.3	Espoo	33
3.4.4	Kuopio	35
3.4.5	Vantaa	35
3.4.6	Tampere	38

4	Tietojärjestelmät	40
4.1	Nykytila	40
4.1.1	Ohjelmistot	40
4.1.2	Aineistojen sijainnit ja hyödynnys	41
4.1.3	Kuvaustekniikka	42
4.2	Tavoite	42
4.2.1	Ohjelmistot	42
4.2.2	Sijainnit ja hyödyntämistavat	47
4.2.3	Kuvaustekniikka	48
5	Tuottaminen ja ylläpito	50
5.1	Kaavan pohjakartan tuottaminen ja ylläpito	50
5.2	3D-kaupunkimallin muodostaminen	51
5.2.1	Lähtöaineistot	51
5.2.2	Toimintamalleja	58
5.3	3D-kaupunkimallin ylläpito	61
6	3D-kaupunkimallin hyödyntäminen	67
6.1	Kaupungin omat tarpeet	67
6.2	Linkitykset, tiedonsiirrot ja rajapinnat	72
7	Järjestelmätoimittajien visiot	75
7.1	CGI	75
7.2	Esri Finland Oy	75
7.3	Esri ja Autodesk -yhteistyö	79
8	Päätelmät	82
9	Yhteenveto	85
	Lähteet	86

Lyhenteet

3D	3 Dimensional, kolmiulotteinen. Kolmiulotteinen paikkatietoaineisto sisältää x-, y- ja z-koordinaatit eli sijaintitiedossa on mukana myös korkeus.
3DCityDB	3D City Database
4D	4 Dimensional, neliulotteinen. Kolmiulotteisen tiedon lisäksi mukana on myös neljäs ulottuvuus, yleensä aika.
5D	5 Dimensional, viisiulotteinen. Neliulotteisen tiedon lisäksi mukana on myös viides ulottuvuus, yleensä resurssi eli raha.
AGOL	ArcGIS Online
API	Application Programming Interface, ohjelmointirajapinta
AR	Augmented Reality, lisätty todellisuus
BIM	Building Information Model. Rakennuksen tietomalli eli rakennuksen koko elinkaaren ajan käytettävä tarkka digitaalinen kolmiulotteinen malli, joka sisältää yksityiskohtaista tietoa rakennuksen ominaisuuksista.
CAD	Computer Aided Design
CityGML	Kaupunkimaisia kohteita varten kehitelty GML:n sovellus, kuvailee kaupungin ja yhdyskunnan eri osia avoimessa tietomalliformaatissa eri tarkkuustasoilla.
COLLADA	Collaborative Design Activity, tiedostoformaatti
DAE	COLLADA-tiedoston tiedostopäätte
DI	Esri Data Interoperability -laajennusosa
DSM	Digital Surface Model, digitaalinen pintamalli

DTM	Digital Terrain Model, digitaalinen maanpintamalli
DWG	AutoCAD-tiedostoformaatti
FBX	Tiedonsiirtoformaatti, jota käytetään 3D-objektien tai -mallien siirtämiseen
FGDB	Filegeodatabase Esrin tietokantaformaatti
FLIC	Finnish Location Information Cluster
FME	Feature Manipulation Engine. Safe Softwaresin kehittämä ohjelmisto datan yhdistämistä ja muokkausta varten.
GIS	Geographic Information System, paikkatietojärjestelmä
GML	Geography Markup Language. Spatiaalisen datan esittämistä varten kehitetty merkintäkielioppi.
I3S	Indexed 3D Scene Layers. Esrin kehittelemä ja OGC:n standardoima tiedostoformaatti, joka on tarkoitettu massiivisten maantieteellisten ja kolmiulotteisten datojen esittämiseen.
IFC	Industry Foundation Classes, standardi kuvaa rakennuksen avoimessa tietomalliformaatissa
IoT	Internet of Things, esineiden internet
JHS	Julkisen hallinnon suositukset, jotka koskevat valtion ja kunnallishallinnon tietohallintoa
KM3D	Kolmiulotteinen kaupunkimalli -hanke
KMTK	Kansallinen maastotietokanta, yksi PTA:n palveluista
KTP	Kuntatietopalvelu
LOD	Level Of Detail. Kaupunkimalleissa käytettävä mallin tarkkuustaso. Ilmaistaan yleensä viitenä tasona LOD0–LOD4.

LYRX	Layer file, ArcGIS Pro-ohjelman tallentama tiedosto, joka ei sisällä paikkatietoa, vaan tiedon siitä, missä aineisto sijaitsee ja mikä on sen kuvaustekniikka.
MMH	Maanmittaushallitus
MML	Maanmittauslaitos
MR	Mixed Reality tai Merged Reality, yhdistetty todellisuus
MRL	Maankäyttö- ja rakennuslaki
OBJ	Object, tiedostoformaatti
OGC	Open Geospatial Consortium. Kansainvälinen avoimia standardeja kehittävä liitto paikkatietoaineistoille.
PTA	Paikkatietoalusta
RPAS	Remotely Piloted Aircraft System, miehittämättömän ilma-aluksen käytön kokonaisjärjestelmä, sisältäen ilma-aluksen, kauko-ohjauspaikat ja yhteysjärjestelmät sekä muut määrätyt järjestelmän osat
TIN	Triangulated Irregular Network, epäsäännöllinen kolmioverkko
VR	Virtual Reality, virtuaalitodellisuus
WFS	Web Feature Service
WMS	Web Map Service

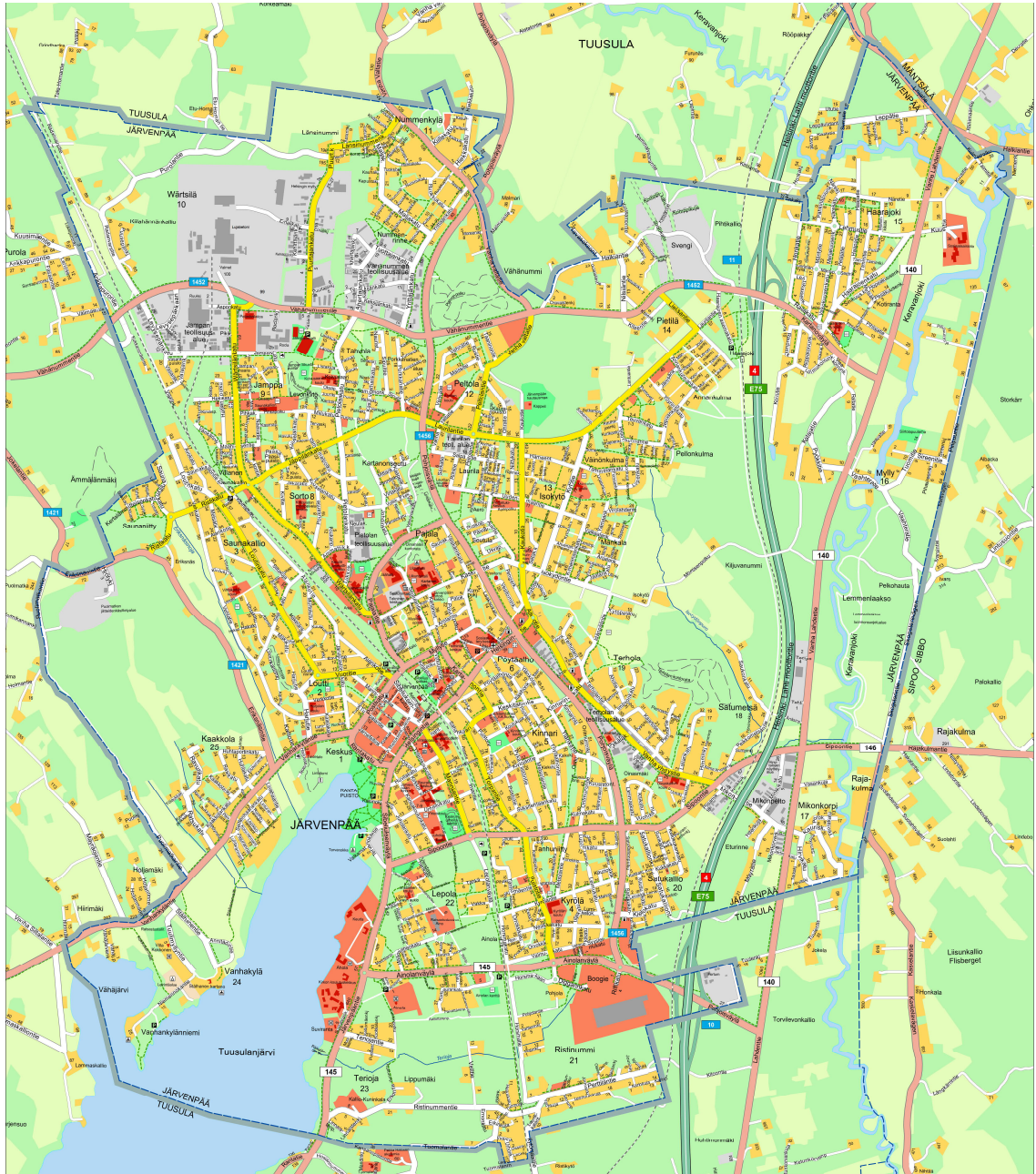
1 Johdanto

Suomen kunnissa ollaan pikkuhiljaa siirtymässä perinteisestä kaavan pohjakartan tuotannosta 3D-kaupunkimallin ylläpitoon. Aihepiiriä on käsitelty tai sivuttu useammassakin seminaarissa, selvityksessä sekä insinööri- tai diplomityössä, joita käytetään tämän työn teoriapohjana. Selvitykset ja opinnäytetyöt eivät ymmärrettävästi vastaa kaikkiin niihin käytännön kysymyksiin, joita kunnissa esiintyy, koska haasteet ovat hieman erilaisia eri kunnissa riippuen kunnan resursseista, käytettävissä olevista ohjelmistoista ja henkilökunnan osaamisesta. Myös näkemys siitä, mitä kaupunkimallilla tarkoitetaan ja millaista kaupunkimallia tarvitaan tai pystytään ylläpitämään, vaihtelee.

Tämä opinnäytetyö selvittää tapaustutkimuksena, mitä 3D-kaupunkimallin tuotantoon siirtyminen tarkoittaa Järvenpään paikkatietoympäristössä. Millainen on Järvenpään kaupunkimalli? Mitä vaatimuksia kaupunkimalliin kohdistuu, mitä kaikkea pitää huomioida? Minkälaisia toimenpiteitä ja muutoksia nykyiseen kaavan pohjakartan ylläpitoprosessiin vaaditaan, että Järvenpään kaupungilla olisi jatkuvasti ajan tasalla oleva 3D-kaupunkimalli?

Lähtökohtana on, että muutos ei saisi aiheuttaa isoja investointitarpeita ohjelmistoihin tai tarvetta lisähenkilöstöön, vaan se pitäisi pystyä hoitamaan nykyisillä resursseilla ja mahdollisuuksien mukaan jopa manuaalista työtä vähentäen, mikäli automatisointia pystytään riittävästi lisäämään.

Vaikka työn ensisijainen tarkasteluympäristö on Järvenpään kaupunki (kuva 1), työtä tehdessä on soveltuvin osin pyritty huomioimaan myös muiden, samoja ohjelmistoja pohjakarttatuotantoon ja tulevaisuudessa 3D-kaupunkimallin ylläpitoon käyttävien kuntien tarpeita ja tavoitteita. Vaikka yleispäteviä ohjeita ei kaikkiin yksityiskohtiin voi antaa, on moni toimintamalli silti joko hyödynnettävissä suoraan tai sovellettavissa joiltain osin.



Kuva 1. Järvenpään kaupunki perinteisenä opaskarttaesityksenä tammikuussa 2019 (copyright Järvenpään kaupunki).

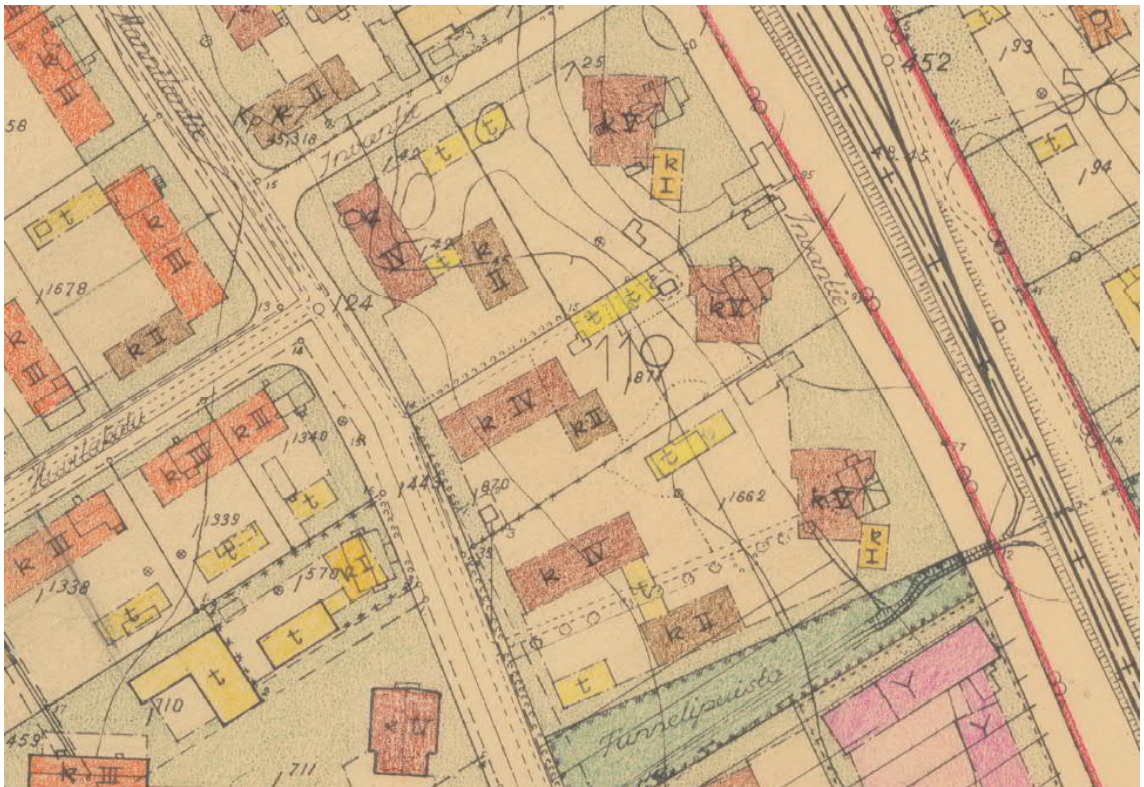
Järvenpää käyttää pohjakartta- ja 3D-kaupunkimallituotannossaan Esri:n tuotteita CGI:n tuotteiden kanssa. Samantyyppisissä paikkatietoympäristöissä toimivat lähinnä CGI:n asiakaskunnat, jolloin käytettävän ohjelmiston tuotenimenä on FactaGIS, sekä Esri Finland Oy:n kanssa Matti-hanketta vetävä Vantaan kaupunki, jolloin puhutaan dmCity-konseptista. Niinpä tässä opinnäytetyössä on selvitetty Järvenpään tavoitteiden lisäksi sekä CGI:n että Esri Finland Oy:n näkemyksiä siitä, miten muutoksessa kaavan pohjakartan ylläpidosta 3D-kaupunkimallin ylläpitoon tullaan etenemään.

2 Lähtökohdat

2.1 Määritteet

2.1.1 Kaavan pohjakartta

Kartalla on historiallisesti ymmärretty paperille tai muulle sopivalle materiaalille piirrettyä tai painotekniikan kehittyttyä myös painettua kaksiulotteista yleistettyä kuvausta maastosta. Näin oli myös kuntasektorilla kaavan pohjakartan tuotannossa, kartta oli muoville tai paperille käsin piirretty esitys tai sen kopio (kuva 2). Pikkuhiljaa tietokoneiden tultua avuksi kartanvalmistukseen kartan määrittely on jalostunut.

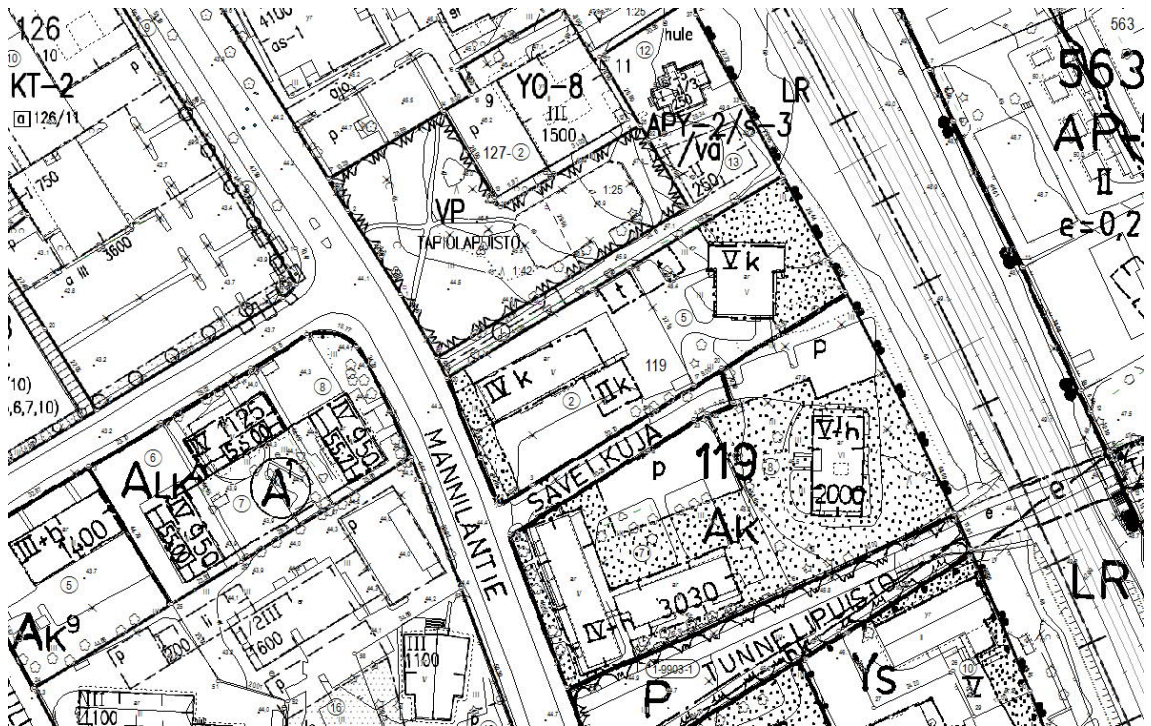


Kuva 2. Järvenpään kaupungin ensimmäinen asemakaava 1/1, tunnetaan nimellä Hyhkön kaava, vuodelta 1958 pohjakarttoineen (copyright Järvenpään kaupunki).

Ollilan lisensointityössä Suurikaavaiset numeeriset kartat ja niiden yleistäminen vuodelta 1995 todetaan kartan määritelmäksi Maanmittaushallituksen (MMH) vuonna 1984 kirjaama ”mittakaavan mukaisesti pienennetty ja yleistetty merkeiltään selitetty ja lisätiedoin täydennetty kuva alueesta”, kun taas Geoinformatiikan sanaston neljäs laitos

vuodelta 2018 määrittelee kartan ”käyttötarkoitustaan varten tulkituksi ja yleistetyksi, mittakaavan mukaiseksi, symbolien avulla laaditaksi ja ihmiselle tarkoitetuksi visuaaliseksi esitykseksi paikkatiedosta”. Vaikka Ollilan työssä käsitellään paikkatietoja kartan lähtöaineistona, 1980-luvun kartan virallisessa määrittelyssä termi ei vielä näy. Voi daankin todeta, että vaikka ennen tietokoneiden hyödyntämistä käytössä olleet kartan määritelmät ovat edelleenkin valideja, näkökulma on muuttunut.

Kaavan pohjakarttojen laatimista on jo ennen numeerisen kartantuotannon vakiintumista ohjeistettu kaavoitusmittausasetuksella ja erilaisilla MMH:n sekä Maanmittauslaitoksen (MML) julkaisuilla, kuten Kaavoitusmittausohjeilla (Stenius 2013: 19). Tällä hetkellä kaavan ja tonttijaon pohjakartan sisältöä säätelevät vuonna 2014 voimaan tulleet MRL:n pykälät 54 a §, 54 b §, 54 c § ja 79 a § (323/2014) sekä samana vuonna julkaistu julkisen hallinnon suositus JHS 185 Asemakaavan pohjakartan laatimisesta (kuva 3).



Kuva 3. Kaavan pohjakartan tilanne maaliskuussa 2019 ja ajantasaisten asemakaavojen yhdistelmä rasteri samasta kohtaa kuin kuva 2 (copyright Järvenpään kaupunki).

Ajoittain on käyty keskustelua siitä, onko kaavan pohjakartta nykymuodossaan enää tarpeellinen, vai olisiko se järkevää korvata tarkoilla kaukokartoitusaineistoilla, kuten pistepilvellä ja ilmakuvilla. Positio-lehden artikkelissaan Kettunen (2016) kuitenkin toteaa, että molemmille aineistoille on omat tarpeensa, eikä perinteisestä kartasta voida

kokonaan luopua, koska se on ihmisystävällinen käyttöliittymä paikkatietoaineistoon ja maaston käyttökelpoisuuden tulkintaan.

Koska myös MRL edelleen lähtee siitä, että asemakaavan laatimista varten vaaditaan pohjakartta, eivät kunnat voi vielä siirtyä pelkän 3D-kaupunkimallin ylläpitoon, vaan kaavan pohjakarttaa tuotteena tarvitaan. Ei kuitenkaan ole järkevää eikä käytettävien resurssien kannalta mahdollista ylläpitää kahta toisistaan erillistä aineistoa, kaavan pohjakarttaa ja 3D-kaupunkimallia. Pitää löytyä vaihtoehto, jossa niiden lähtöaineistot ovat yhdistettävissä ja hyvin pienellä työmäärällä pystytään irrottamaan tarvittava tuote haluttuun tarkoitukseen.

2.1.2 3D-kaupunkimalli

3D-kaupunkimallilla tarkoitetaan asiayhteydestä riippuen erilaisia rakennetun alueen kolmiulotteisia ilmenemismuotoja eikä 3D-kaupunkimallin sisältöä ole määritelty lainsäädännössä tai JHS-suosituksissa. Paikkatiedon sanastot eivät 3D-kaupunkimallitermiä tunnista, mutta Tekniikan Sanastokeskuksen Paikannussanasto (2002: 14) (kuva 4) sentään sivuaa termiä mainitsemalla kaupunkimallin kolmiulotteisen kartan yhtenä tyyppinä.

Paikannussanasto

© Tekniikan Sanastokeskus ry

16

100%

kolmiulotteinen kartta; < kolmiulotteinen malli; < 3D-malli

sv tredimensionell karta; < tredimensionell modell; < 3-D-modell

en three-dimensional map; 3-D map; 3D map; < three-dimensional model; < 3-D model; < 3D model

malli, jossa todellisuus visualisoidaan kolmiulotteisen geometrisen kuvauksen avulla

Kolmiulotteinen kartta sallii muun muassa kuvakulman valinnan. Esimerkkejä kolmiulotteisista kartoista ovat kaupunkimallit, maastomallit ja rakennusten mallit, joita voidaan käyttää muun muassa opastavien perspektiivikuvien tuottamiseksi.

Kuva 4. Paikannussanaston (2002: 4) määrittely, jossa sivutaan kaupunkimallia

Billen ym. (2014: 10) mukaan 3D-kaupunkimalli on visualisoitu esitys rakennetun ympäristön reaali maailman kohteista kolmiulotteisessa ympäristössä. Liukkosen (2015 :12) diplomityöhön on koottu useiden eri tutkimusten yhteenvedona kuorimallin ja semanttisen mallin eroja:

3D-kaupunkimalli on kolmiulotteinen digitaalinen malli, joka esittää maastoa, rakennuksia, kasvillisuutta, infrastruktuuria ja muita kaupunkikohteita. 3D-kaupunkimalli on perinteisesti ollut vain kolmiulotteinen kuva todellisuudesta eli niin sanottu kuorimalli, johon ei ole ollut liitettyä ominaisuustietoa. Semanttinen

3D-kaupunkimalli sisältää geometrian lisäksi topologian ja semantiikan eli ominaisuustiedot.

Hyttisen (2017: 7) diplomityössä muotoillaan sama seuraavasti:

Kaupunkimallit jaotellaan usein karkeasti visuaalisesti näyttäviin ja realistisiin geometrisiin malleihin ja semanttisiin malleihin. Geometrisia malleja ovat fotogrammetrisin menetelmin tuotetut kolmioverkkomallit ja laserkeilausaineistoa luokittelemalla sekä prosessoimalla tuotetut pistepilvimallit. Ne sisältävät geometrian sekä mahdollisen tekstuurin. Semanttiset kaupunkimallit sisältävät geometriatiedon lisäksi myös topologian sekä semantiikan.

Makkonen (2016: ix) lähestyy kaupunkimallia hieman eri tavoin omassa diplomityössä:

Kaupunkimalli yhdistää geometriatiedot, kaupungin infrastruktuurin ja rakennusten tietomallit, paikkatiedot, yhteiskuntarakentamisen- ja infrastruktuuritiedot. Parhaimmillaan kaupunkimalli voi olla todellisuutta vastaava 3D pohjainen malli, jossa kohteiden muoto ja pintamateriaali vastaavat todellisuutta.

Savisalon mukaan vasta semanttinen 3D-kaupunkimalli, toisin kuin pistepilvi- tai kolmioverkkomallit, mahdollistaa kaiken tarpeiden mukaisen hyödyntämisen. Se on edellytys hauille, analyyseille ja simulaatioille, jotka menevät visuaalisen ilmiön ohi. (Savisalo 2018: 7.)

3D-kaupunkimalliin liittyy myös termi digitaalinen kaksonen, digital twin. Siinä kaupunkimallin ajatellaan olevan digitaalinen kopio fyysisestä kaupungista erilaisine kohteineen. Kohteiden kunto, kuten teiden auraustilanne tai rakennusten elinkaari, on tarkasteltavissa ajantasaisena mallista. Tiedon päivittämiseen maastosta kaupunkimalliin hyödynnetään mm. sensoreita ja esineiden internetiä (IoT). Kyseessä ei enää olekaan perinteinen 3D-kaupunkimalli, vaan 4D-kaupunkimalli, jossa neljäs ulottuvuus on aika. Malli ja sen ominaisuustiedot päivittyvät fyysisen kaupungin ja sen ominaisuustietojen muuttuessa. (Conway 2017.)

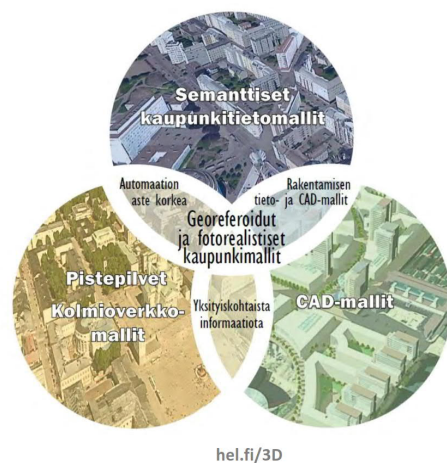
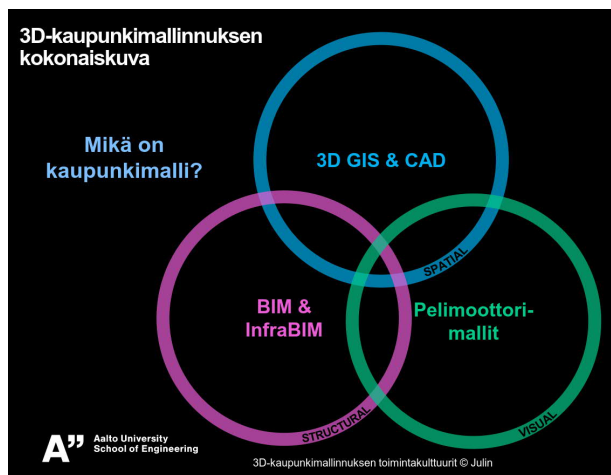
Sitowisen palvelupäällikkö Anssi Savisalo (2018: 4) puhuu kaupunkimallintamisesta tarkoittaen kaupunkiympäristön tietosisältöjen organisoitua keräämistä, hallinnointia ja hyödyntämistä. Hänen mukaansa kaupunkimallin tietosisällöt voi jakaa neljään osaan:

- sopimusperusteiset kysymykset, kuten kiinteistöt, rakennusoikeudet ja kaavat
- luonnonympäristön tiedot, kuten maaperä ja vesiolosuhteet
- yhdyskunnan rakennusten, rakenteiden ja infrastruktuurin geometriaa sekä laadullisia ominaisuuksia koskeva tieto

- rakennetun ympäristön prosesseja, kuten lupamenettelyä, kaavoitusta ja ylläpitoa koskeva tieto (Savisalo 2018: 4)

Espoon kaupungilla työskentelevä arkkitehti Tapani Honkanen kuvailee kaupunkimallien kolmen kategorian, BIM-, 3D GIS- ja pelimoottorimallien eroavaisuuksia. Hänen mukaansa BIM-mallit kuvaavat tyypillisesti rakennusten suunnittelun aikaista tietoa ja niiden tuonti kaupunkimalliin on yleinen tutkimus- ja kehityskohde. 3D GIS -mallit puolestaan integroituvat kaupunkien tuotanto- ja palveluprosesseihin sekä edistävät erityisesti myöhempää tietomallintamista. Niissä semantiikan hyödyntäminen on avainasemassa. (Honkanen 2018: 12.)

Pelimoottorimalleissa oleellista on visuaalinen realismi, interaktiivisuus, mukaansatempaavuus ja pelillisuus. Pelimoottoritekniologia mahdollistaa mm. realistiset valot ja varjot, animaatiot, usean käyttäjän yhtäaikaista käytön ja joustavan sovelluskehityksen. Muihin malleihin verrattuna pelimoottorimallien tuottaminen on usein hankalaa käsityötä, joten malli on tyypillisesti rajattu alueellisesti irralliseksi hankkeeksi. (Honkanen 2018: 12.)



Kuva 5. Erilaisten kaupunkimallien suhteet toisiinsa, vasemmalla Arttu Julinin laajempi näkemys kaupunkimalleista yleensä (Julin 2017: 23) ja oikealla Jarmo Suomiston esitys GIS- ja CAD-mallien suhteista (Suomisto 2017: 4).

Honkasen (2018:12) näkemys mallien kolmesta kategoriasta perustuu osin Arttu Julinin esitykseen Kaupunkimallit 2017 -seminaarissa. Julin on visualisoinut erilaisten mallien suhteita toisiinsa ja vähän saman kuvion esitti Jarmo Suomisto Maanmittauspäivien 2017 yhteydessä CAD- ja GIS-malleista (kuva 5). Kuvat havainnollistavat hyvin mallien erilaisia etuja ja ominaisuuksia. Sekä Julin että Suomisto korostavat ominaisuustietojen

linkittymisen tärkeyttä, aito hyöty saadaan vasta semanttisesta kaupunkimallista. (Julin 2017; Suomisto 2017.)

Kaupunkimallit 2017 - seminaarissa Juho-Pekka Virtanen hahmotteli kaupunkimallien tulevaisuutta. Hänen mukaansa ihmiset ovat tottuneet vaatimaan peliteollisuudessa sujuvuutta ja ominaisuuksia, joka on saatava myös kaupunkimalleihin. Näitä ovat mm. verkossa toimivat 3D-maailmat, objektien muokkauksen menetelmät käyttöliittymässä, mallin optimointi hitaammillekin tietokoneille, monesta objektista koostuvat ja monen käyttäjän virtuaaliympäristöt, skenaarioiden esittäminen, digitaaliset yhteisöt ja joukoistaminen. (Virtanen 2017: 13.)

Virtasen mukaan tulevaisuuden avoimien kaupunkimallien tulee olla pelimoottoriyhteensopivia ja niiden tulee olla sovitettavissa yhteen sisätilamallien kanssa. Niissä yhdistyvät tarkka geometria ja paikkatieto ja ne päivittyvät ajantasaisina. Tulevaisuuden avoin kaupunkimalli on neliulotteinen, siinä esitetään myös aika. (Virtanen 2017: 17–21.)



Kuva 6. 3D-kaupunkimallin LOD2-rakennuksia ja puita esitettynä ajantasa-
asemakaavarasterin päällä samasta paikasta kuin kuvat 2 ja 3 (copyright Järvenpään kaupunki).

Järvenpään kaupungissa ei vielä ole päätetty, mitä kaikkea Järvenpään kaupunkimalli tulee pitämään sisällään. Erilaisten aineistojen tuomista kaupunkimalliin on kuitenkin jo testattu jonkin verran (kuva 6). Malliin on tuotu maanpinta, kasvillisuutta pistepilvenä sekä yksittäisinä puina ja rakennuksia sekä LOD1- että LOD2-tasoisina että tarkkoina BIM-malleina. Lisäksi rakennuksiin on kokeiltu tekstuuriin liittämistä. Myös ensimmäiset testaukset katuinfran tietomallien tuomiseksi on aloitettu.

2.2 Valtakunnalliset 3D-hankkeet

2.2.1 KIRA-digi

Suomessa on menossa useita valtakunnallisia hankkeita, jotka vaikuttavat kuntien kaupunkimallien tarpeisiin ja ohjaavat niiden sisältöä tai ainakin liittyvät kaupunkimallinnukseen sen verran, että niitten etenemistä on syytä seurata. KIRA-digi on yleisot-sikko hallituksen kärkihankkeille, joiden tarkoitus on vauhdittaa kiinteistö- ja rakentamisan digitalisaatiota (kuva 7). Moni KIRA-digi-hankkeista koski joko suoraan tai ainakin sivusi 3D-kaupunkimallia ja niitä toteutetaan nopean kokeilun kehittämishankkeina. KIRA-digin alaiset hankkeet päättyivät viimeistään vuoden 2018 loppuun mennessä. (Tietoa paikkatietoalustasta 2018.)

KIRA-digin tavoitteet



Kuva 7. KIRA-digin tavoitteet (Visio ja tavoitteet 2018)

Järvenpää oli mukana yhdessä hankkeista, jossa selvitettiin, voidaanko visuaalisesti laadukas 3D-kaupunkimalli tuottaa hyödyntäen kansalaisten ottamia valokuvia. Hanketta veti Hyvinkään kaupunki, ja muita osallistujia Järvenpään lisäksi olivat Vantaan kau-

punki, Maanmittauslaitos, Sova3D Oy ja TerraSolid Oy. Järvenpään alueelta ei kuvia saatu, koska kuvien lisäympäristö valmistui pimeimpään aikaan vuoden 2018 lopussa, jolloin hyvien kuvien ottaminen olisi ollut haastavaa. Palvelua ei ole myöskään mainostettu kuntalaisille, kun on odotettu tilattujen teksturointien valmistumista tausta-aineistoksi. (Hyvinkää rakentaa 3D-kaupunkimallin julkisivut joukkoistamalla 2018, Pajukoski 2019a.)

Em. lisäksi Hyvinkää kokeili hanketta, jossa testattiin 3D-palvelua asuinrakentamisen ideakilpailun töiden arvioinnissa. Työt esitettiin 3D-tietomalleina, ja palvelu mahdollisti kuntalaisten sähköisen osallistumisen töiden kommentointiin. (3D-palvelu arkkitehtikilpailun tuomareiden avuksi 2018.)

Muita kuntien kaupunkimallien toteutuksiin liittyviä KIRA-digi-hankkeita oli Kalasatama Helsingissä, jossa kokeiltiin digitaalinen kaksonen -konseptin käyttöä rakennetun ympäristön koko elinkaaressa. Siinä kaupunkimalli oli alustana rakennetun ympäristön prosessien sekä älykkään kaupunkikehityksen (Smart City) suunnittelu-, testaus-, sovellus- ja palvelualustana. Hanke tuotti tarkat digitaaliset mallit alueesta CityGML-standardin mukaisena semanttisena mallina sekä kolmioverkkomallina. Aineisto jaetaan avoimena datana rakennetun ympäristön elinkaaren toimijoiden käyttöön. (Kalasataman digitaaliset kaksoset 2018.)

Helsingissä on selvitetty pistepilviaineiston, 3D-suunnitteluaineiston ja kaupungin 3D-mallin yhdistämistä asemakaavoituksen lähtötietoina sekä peliteknologian tarjoamia mahdollisuuksia kaupunkisuunnitteluun. Kokeilun päätavoite oli vakioida menettelyä ja selvittää siinä syntyvän yhdistelmämallin hyödyntämistä kaikessa suunnittelussa. (Kolmiulotteisten aineistojen yhdistäminen ja peliteknologia avuksi kaupunkisuunnitteluun 2018.)

Helsingin avointa kolmioverkkomallia sekä Espoon pistepilviaineistoa hyödynnettiin testausvaiheessa Vektor3-hankkeessa, jonka tavoitteena oli selainpohjainen helppokäyttöinen järjestelmä rakennushankkeen kaikkien BIM-mallien yhdistämiseen. Tämä tehtiin koordinaatistossa olevan 3D-kaupunkimallin päällä, ja se mahdollisti rakennusten tietomallien tarkastelun rakennusten elinkaarien eri vaiheissa. (Rakennushankkeen 3D-mallit yhteen kartta- ja kaupunkitietojen kanssa 2018.)

Raahessa testattiin avoimen CityGML-aineiston hyödyntämistä nykyaikaisen kaupunkivisualisoinnin luomisessa. Tavoitteena oli tehdä esimerkkitoteutus kahdella eri alustalla, sekä Unreal Engine 4 -pelimoottorilla että 3ds Max - ohjelmistolla, joista kumpikaan ei lue suoraan CityGML-formaattia. Projektissa kehitetyistä menetelmistä ja kokemuksista tehtiin dokumentaatio, jota alan toimijat voivat hyödyntää. (Avoin kaupunkidata vauhdittaa kaupunkivisualisointia 2018.)

2.2.2 Paikkatietoalusta

Myös Paikkatietoalusta (PTA) eli Julkisen hallinnon yhteinen paikkatietoalusta -hanke on osa hallituksen Digitalisoidaan julkiset palvelut - kärkihankekokonaisuutta. PTA koostuu kahdeksasta osahankkeesta. Kuten KIRA-digin, myös PTA:an osahankkeissa on kuntasektorin 3D-kaupunkimalleihin liittyviä osioita. PTA:n tavoitteena on yhtenäistää valtion, maakuntien ja kuntien paikkatiedot ja tuoda ne myös yritysten ja yhteisöjen saataville (kuva 8). (Paikkatietoalusta 2018.)

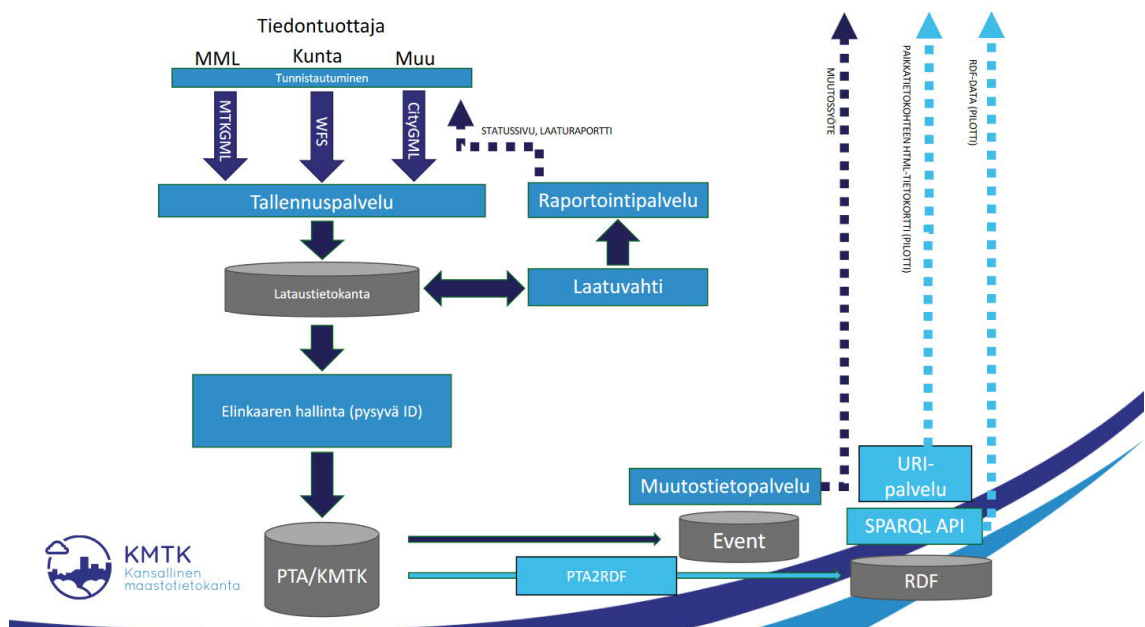


Kuva 8. PTA:n tavoitteet (PTA 2018)

PTA:n osahankkeen KMTK (kansallinen maastotietokanta) on tarkoitus olla koontitietokanta, joka kokoaa yhteen peruspaikkatiedot eli rakennukset ja rakenteet, liikenneverkko-, hydrografia-, maanpeitto- ja korkeussuhdetiedot. Myöhemmässä vaiheessa sinne on tarkoitus tuoda myös johtotiedot. (KMTK 2018.)

KMTK:n tavoitteena on yhdistää ja yhtenäistää eri aineistontuottajien lähtöaineistot ja tarjota koontiaineistoa digitaalisina niin, että mukana on myös korkeustieto. Se aiheuttaa aineistontuottajille, kuten kunnille, tarpeen tuottaa aineistoja sellaisessa muodossa, että ne ovat yhteensopivia ja vietävissä helposti automatisointia hyödyntäen koontitietokantaan. Yhtenäinen aineisto mahdollistaa ominaisuustiedoiltaan yhtenevien kaupunkimallien tuottamisen eri puolilta Suomea. (KMTK 2018.)

KMTK:ssa lähdetään siitä, että jokaista reaali maailman kohdetta vastaa vain yksi paikkatietokohde, jolla on useita versioita kohteen elinkaaren ajalta sekä useita kohteen osia. Myös geometriat voivat vaihdella LOD1-3-tarkkuustasoilla. KMTK:n toimintamallia ja eri osioita on avattu kuvassa 9. (Luukkala 2018.)

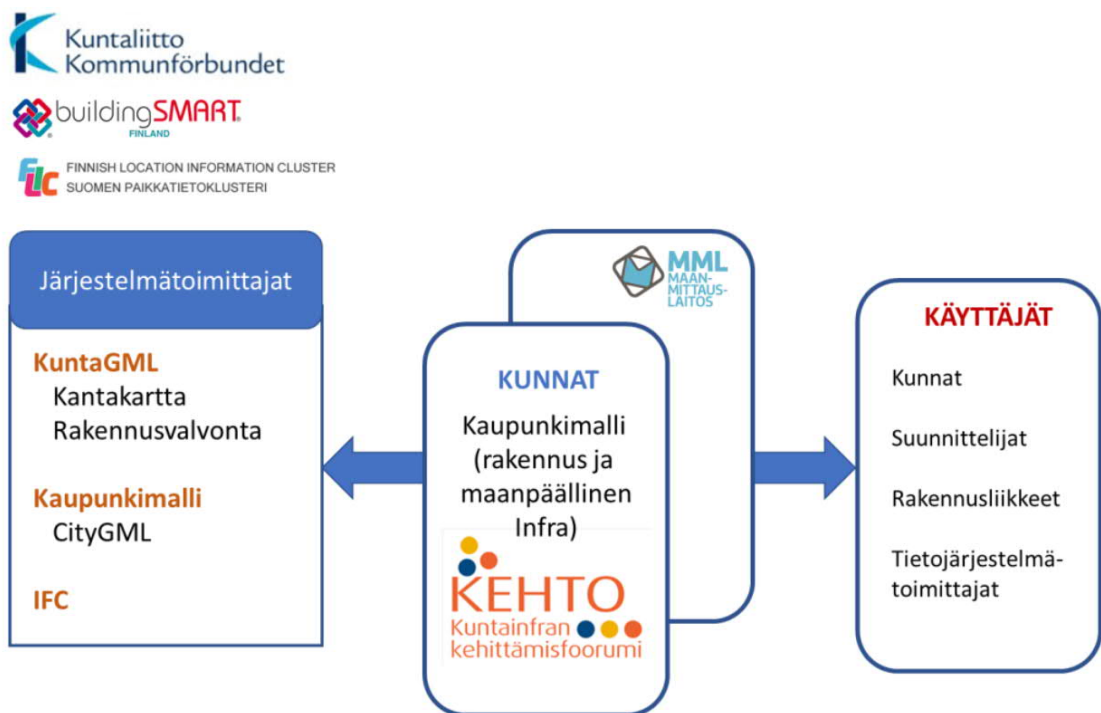


Kuva 9. KMTK:n toimintamalli MML:n mukaan (Luukkala 2018)

Maankäyttöpäätökset-osahanke kytkeytyy ympäristöministeriön maankäyttö- ja rakennuslain kokonaisuudistukseen, tavoitteena edistää alueidenkäytön suunnittelujärjestelmien eli kaavoituksen työkalujen digitalisaatiota. Tämä toteutetaan tuottamalla määritelmä tietomallipohjaiselle asemakaavalle ja sen rajapintajakelulle sekä selvittämällä digitaalisten lähtöaineistojen hyödyntämistä. Kaupunkimalliin osahanke liittyy, koska tulevaisuuden kaavat voivat olla myös kolmiulotteisia ja niiden esitystapa 3D-kaupunkimallin päällä perinteisen kaksiulotteisen piirroksen sijaan. (Maankäyttöpäätökset 2018.)

2.2.3 3Dkunta

3Dkunta-projektissa tarkasteltiin mahdollisuuksia korvata pääosin kaksiulotteinen kantakarttalähestyminen CityGML-standardin mukaisella 3D-kaupunkimallilla. Hankkeen tavoitteena oli vakioida kuntien tuottamien kaupunkimallien koneluettava muoto, jolloin käyttäjät pystyvät hyödyntämään kunnissa ylläpidettäviä malleja riippumatta siitä, mitä ohjelmistoja niiden tuottamiseen on käytetty. Vakioituja kaupunkimalleja käytetään kuntien, yritysten, muiden viranomaisten ja kuluttajien sovelluksissa. Projektia ohjaa Suomen Kuntaliitto, ja sen tilaajina ovat 18 Suomen suurinta kuntaa (kuva 10). Projekti valmistui aikataulun mukaisesti kesäkuuhun 2019 mennessä. (3Dkunta 2019.)



Kuva 10. 3dkunta-hankkeen toimijat projektisuunnitelman mukaan (Kaupunkimallin 3D-tietojen harmonisointi 2018)

Vakiointi toteutettiin kansainväliseen CityGML-formaattiin perustuvana. Hankkeessa määriteltiin, miten kaupunkimalleissa esitettävien rakennusten, katu- ja viheralueiden, kasvillisuuden sekä varusteiden tiedot siirtyvät. Valittujen neljäntoista kaupunkimallin kohdeluokan ominaisuustiedot ja soveltuvilta osin myös sallitut arvot määriteltiin CityGML-standardin saatavilla olevan viimeisimmän version mukaisesti. Standardista löytyy vielä 35 kpl muita kohdeluokkia, joita ei nyt käyty läpi. Vakiointi pyrittiin toteutta-

maan siten, että kaupunkimallien tiedot ovat helposti julkaistavissa jo käytössä olevissa paikkatietopalveluissa (WFS). (3Dkunta 2019.)

3Dkunta-hanke hyödynsi osaltaan jo aiemmin tehtyjä selvityksiä, kuten vuosina 2014–2015 toimineen KM3D-hankkeen puitteissa teetettyjä IFC:n mallinnusvaatimuksia (Hietanen & Kokko 2016) ja Oskari Liukkosen opinnäytetyötä Kuntien paikkatiedon polku kantakartasta 3D-kaupunkimalliin (Liukkonen 2015). (KM3D 2015.)

2.2.4 Lupapiste ja Sova3D

Lupapiste on sähköinen asiointipalvelu rakennetun ympäristön lupien hakemiseen koskien rakennusvalvonnan, kunnallistekniikan sekä ympäristötoimen lupa-asiointia. Rakennusvalvonnoille on tarjolla myös sähköinen tiedonhallintakokonaisuus, mikä mahdollistaa asiakirjojen pysyväisarkistoinnin ja tiedonhaun verkossa. Järvenpäässä Lupapistettä hyödynnetään rakennuslupien ja yleisen alueen lupien (katuluvat) hakemiseen sekä rakennusvalvonnan asiakirjojen pysyväisarkistointiin. (Lupapiste 2018.)



Kuva 11. 3D-karttanäkymä Sova3D-ohjelmassa Sibeliuksenväylän varrelta. Etuvasemmalla oleva kerrostalo on ohjelmaan tuotu suunniteltu rakennuksen IFC-malli, taustaineisto teksturoituja LOD3-tasoisia rakennuksia. (Copyright Järvenpään kaupunki ja Sova3D.)

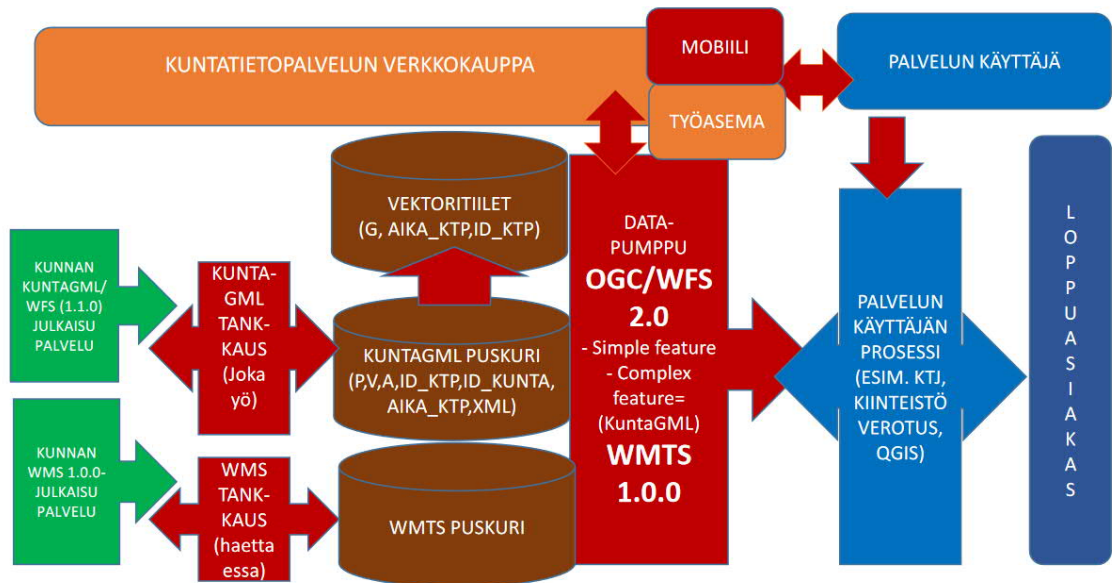
Sova3D on kehittänyt Lupapisteeseen 3D-kaupunkimallia hyväksi käyttävän karttakäyttöliittymän nimeltä s3Dmaps perinteisen 2D-kartan vaihtoehdoksi (kuva 11). Se mahdollistaa rakennusten tietomallien tuonnin luvan haun yhteydessä osaksi kaupunkimallia, jolloin päästään tekemään kaupunkikuvallista tarkastelua aiempaa paremmin. Rakennusluvan myöntämisen jälkeen IFC-malli voidaan puoliautomaattisesti muuntaa joko LOD2- tai LOD3-tasoiseen CityGML-muotoon, minkä jälkeen se voidaan lisätä uutena rakennuksena osaksi kaupunkimallia. (Kokko 2019.)

Koska Lupapiste ja sen 3D-karttakäyttöliittymä s3Dmaps ovat valtakunnallisia palveluita, perusaineistoina hyödynnetään MML:n tarjoamia rajapintoja, kuten maanpintamallia, ilmakuvia sekä kiinteistörekisteriä. Malliin voidaan tarvittaessa tuoda myös paikallisia aineistoja joko kerta-ajona tai rajapintoja hyödyntäen. Järvenpään omista aineistosta käyttöliittymään on tuotu kerta-ajona LOD2-tason rakennuskanta, ajantasakaavasteri sekä ortoilmakuvia. Järvenpään tuottamia LOD2-rakennuksia on myöhemmin korvattu sekä tietomalleista pelkistetyillä että teksturoinnin yhteydessä muodostuneilla LOD2-rakennuksilla. (Kokko 2019.)

Tähän asti s3Dmaps-käyttöliittymässä on keskitytty lähinnä rakennusvalvonnan tarpeisiin ja suunnittelijan kanssa käytävän keskustelun kehittämiseen. Tulevaisuudessa Sova3D haluaa mahdollistaa ja edesauttaa kolmansien osapuolien sovelluskehitystä s3Dmaps-ympäristössä, jolloin saataisiin hyödynnettyä laajemmin jo olemassa olevaa aineistoa. (Kokko 2019.)

2.2.5 Kuntatietopalvelu

KuntaTietoPalvelu 2.0 – 3/2018



Kuva 12. KTP:n kuvaus (Holopainen 2018)

KTP on Kuntaliiton johdolla kehitetty kuntien paikkatietoaineistojen myyntipalvelu osoitteessa www.kuntatietopalvelu.fi, jonne kunnat voivat tarjota omia aineistojaan KuntaGML-formaatissa ja josta lähinnä viranomaistahot voivat ladata niitä ilmaiseksi tai maksua vastaan. Kuntaliiton näkemyksen mukaan kuntien aineistojen toimitus KMTK-käyttöön tulisi tapahtua KTP:n kautta. KTP:n kuvaus on esitetty kuvassa 12. (Holopainen 2018.)

2.3 Järvenpään tarpeet ja tavoitteet

2.3.1 Yleistä

Kunnan toimiala on perinteisesti ollut hyvin monimuotoinen, ja vaikka sosiaali- ja terveyspalvelut ovat siirtymässä pois kuntien tehtävistä, tehtäväkenttä pysyy silti laajana. Eri toimialoilla 3D-kaupunkimalliin kohdistuvat toiveet ja tarpeet ovat erityyppisiä ja ehkä jopa osin ristiriitaisia, eikä tarpeita joka paikassa edes tunnisteta.

Olen selvittänyt kaupunkimalliin kohdistuvia Järvenpään kaupungin eri toimialojen henkilökunnan toiveita ja vaatimuksia sähköpostitse lähetetyillä yleisluonteisilla kysymyksillä. Osa henkilöstöstä on vastannut kysymyksiin sähköpostitse, ja osan kanssa olen keskustellut kysymysten pohjalta henkilökohtaisesti, jos he ovat kokeneet suullisen vastaamisen helpommaksi. Vastauksia olen jaotellut organisaatorakenteen mukaisesti.

2.3.2 Seutulantalon palvelupiste

Seutulantalon palvelupiste on Järvenpään kaupungin asiakaspalvelun kulmakivi, joka tarjoaa monipuolista tietämystä ja neuvontaa rakentamiseen, kaavoitukseen, kunnallistekniikkaan sekä maankäyttö- ja karttapalveluihin liittyvissä kysymyksissä, mutta huolehtii myös kaupungin yleisestä asiakaspalvelusta, kuten laskujen käteismaksujen vastaanottamisesta. Kaupungissa nähtävillä olevat suunnitelmat ovat esillä palvelupisteessä. Tätä taustaa vasten on ymmärrettävää, että palvelupisteen näkemykset 3D-kaupunkimalliin liittyvistä tarpeista liittyvät nimenomaan asiakaspalveluun.

Palvelupisteen esimies, asiakaspalvelupäällikkö Satu Hänninen arveli sähköpostihaastattelussa, että sekä kuntalaisia että kiinteistönvälittäjiä ja Järvenpäänhän muuttoa harkeitsevia kiinnostaisi hahmottaa kolmiulotteisena, millaisia asuin- ja yritysalueita sekä uusia rakennuksia on tulossa naapuristoon. Hän pohti myös 3D-näkymän hyödyntämistä palvelupisteestä myytävissä tuotteissa, kuten rakennussuunnittelijoiden lähtöaineistoissa.

Palvelupisteen henkilökunta pohti yhteishaastattelussa 23.10.2018 kaupunkimallin ajantasaisuutta. Miten tieto vaikkapa puretusta rakennuksesta kulkee kaupunkimalliin, kun tieto purusta ei nykyisinkään tahdo saavuttaa kaavan pohjakartan ylläpitohenkilöitä? Työntekijöiden näkökulmasta oleellista olisi, että kaupunkimallissa näkyisivät paitsi suunnitellut rakennukset ja katusuunnitelmat, myös Facta-kuntarekisteriin ja Lupapisteeseen tallennetut rakennus- ja lupatiedot kohteisiin linkitettyinä. Voimassa olevien asemakaavojen ja kiinteistörajojen pitäisi näkyä mallin päällä, mielellään maanpintaa myötäillen.

Myös henkilökunta tunnisti tarpeen tarjota kaupunkimallin tarkastelumahdollisuus kuntalaisille, kiinteistönvälittäjille ja muille kiinnostuneille. Yhdeksi kaupunkimallin esityspaikaksi internetsivujen lisäksi ehdotettiin kaupungin rakennuksissa sijaitsevia info-tv-

tauluja, joissa voisi pyöriä animoituja videoita 3D-kaupunkimallista esim. ajankohtaisten hankkeiden osalta.

2.3.3 Kaupunkikehityksen esikunta

Tiedonhallinnan suunnittelija Mirja Kakkonen visioi 25.10.2018 sähköpostihaastattelussa 3D-kaupunkimallin käyttötarkoituksia ajatuksella, että 3D-kaupunkimallista saisi kuntalaisille jonkinlaisen leikkialustan, jossa he voisivat suunnitella unelmiensa kaupunkia. Kakkonen arveli, että tähän voisi olla kouluissakin kiinnostusta. Lisäksi häneltäkin tuli ehdotus animoitujen 3D-kaupunkimalliesittelyjen näyttämisestä info-tv-ympäristössä. Animointeja voisi linkittää myös kaupungin kotisivuille.

Haastattelussa Kakkonen visioi virtuaalista Järvenpäästä kuntalaisten kohtaamispaikkana, jossa alustana voisi toimia Järvenpään 3D-kaupunkimalli. Siellä voisi keskustella oman alueensa kehittämisestä tai talkoista, järjestää vaikka nuorisotoimintaa sekä tavata kaupunginjohtajaa tai muita virkamiehiä. Virtuaalinen alusta voisi mahdollistaa asioita, joita ei tässä vaiheessa osata edes ajatella.

Tiedonhallinnan asiantuntijan tehtävissä isoa osaa esittää Lupapiste, jonka 3D-kartalla on sekä samaa että erilaista aineistoa kuin Järvenpään oman ympäristön 3D-kaupunkimallissa. Hänen toiveenaan onkin, että pystyttäisiin huolehtimaan siitä, että molemmissa ympäristöissä olisivat samat aineistot saatavilla ja että Lupapisteeseen tallennetut rakennusten tietomallit siirtyisivät helposti kaupungin oman ympäristön 3D-kaupunkimalliin.

2.3.4 Kaavoitus

Kaavoitusjohtaja Sampo Perttulalla on sähköpostihaastattelussa 15.6.2018 selkeitä visioita 3D-kaupunkimallin tarpeista kaavoituksessa ja kaupunkisuunnittelussa. Ensimmäiseksi hän nostaa esille kaupungin 3D-kaupunkimallin tarkastelun suunnittelutyön tukena ja SketchUpissa tai Infracadissa tehtyjen massamallien upottamisen kaupunkimalliin. Luonnostyökalun tulisi olla helppokäyttöinen, jolloin jokainen suunnittelija voisi itse lisätä, muokata ja poistaa rakennusmassoja kaupunkimallissa alueen suunnittelun yhteydessä. Kaupunkimallin hyödyntämiseen suunnittelussa liittyisi myös mahdollisuus varjostuksen, näkymien ja maisemien tarkasteluun sekä erilaisten ani-

maatioiden ja ajojen ottaminen suunnitellusta mallista. Nämä tukisivat asemakaavan luonnosvaiheen ratkaisuja sekä mahdollistaisivat suunnitelmien esittelyn ja palautteen keräämisen, yleensäkin paremman vuorovaikutuksen kuntalaisten kanssa.

Perttulan mukaan kaupunkimallista pitäisi pystyä irrottamaan havainnekuvia. Tämä edellyttää, että kaupunkimalliin viedyt suunnitelmat olisi tehty riittävällä tarkkuustasolla, jotta havainnekuva olisi riittävän informatiivinen ja mallista saisi katunäkymäkuvia, viisitoilmakuvia ja tarvittavia leikkauskuvia. Kun 3D-kaupunkimalli olisi vielä semanttinen, sitä voisi hyödyntää suunnittelun lähtötietoina (kaavatilanne, käytetty rakennusoikeus, olemassa oleva kunnallistekniikka, rasitteet ja luontotiedot) ja kaupunkimalli voisi mahdollistaa erilaiset paikkatietoanalyysit. Perttula näkee, että tulevaisuuden asemakaavoituksen siirtyminen tietomallipohjaiseksi mahdollistaa kaavan upottamisen osaksi 3D-kaupunkimallia sekä kaavan tulkitsemisen kaupunkimallin kautta ja osana sitä.

Kaavasuunnittelija Juho Mattila mietti 3D-kaupunkimallin hyödyntämistä omien töidensä kannalta sähköpostihaastattelussa 16.10.2018. Lähtökohtaisesti hän näki 3D-kaupunkimallin kaiken 3D- ja jopa 4- tai 5D-tasoisena kaava- ja kaupunkisuunnittelun pohjatietona tai alustana. Mallista saisi ajankohtaiset ja paikkansapitävät lähtötiedot, joiden pohjalta itse suunnittelutyö mallin sisällä voisi tehostua ja nopeutua. Lisäksi hän toivoi hyvin integroituja ominaisuuksia mm. kaavan talousvaikutuksiin ja jatkuvasti muutoksessa oleviin palveluihin, jotta kaupunkimalli sisältäisi kaikki ajanmukaiset ja tarpeelliset rajapinnat. Kaavoituksen näkökulmasta ihmisten parempi aktivointi ja osallistaminen sekä 3D-kaupunkimallin käyttäminen havainnollisemman vuorovaikutuksen apuna on oleellista.

Kaavasuunnittelija Jaakko Heikkilä arveli sähköpostihaastattelussa 25.10.2018 suurimpana hyötynä itselleen sen, että 3D-kaupunkimallissa voisi tutkia kaupunkia eri näkökulmista ja selvittää esimerkiksi suunnitelmien näkymävaikutukset ympäristöön. Lisäksi hän toivoi, että kaupunkimalliin voisi lisätä omia suunnitelmia ja tutkia niitä suhteessa olemassa olevaan ympäristöön.

2.3.5 Rakennusvalvonta

Johtava rakennustarkastaja Jouni Vastamäki avasi puhelinhaastattelussa 19.7.2018 rakennusvalvonnan toiveita. Hänelle tärkeimpinä näyttäytyvät rakennusten tietomallien ja 3D-kaupunkimallin välinen vuoropuhelu, se että tietomalleja voidaan tuoda osaksi

kaupunkimallia ja tarkastella olemassa olevan kaupunkimallin kanssa. Rakennusvalvonta aikoo vaatia rakennusten tietomallien toimittajilta hankkeen lopuksi päivitettyä rakennuksen toteutumamallia, jolloin kaupunkimalliin päätyisi lopullinen, toteutunut rakennuksen tietomalli, eikä vain suunnitelmaa. Tietomallien toimituksessa ja kaupunkimallin päivittämisessä pitäisi huomioida myös kaupungin muuttuminen ajan mittaan. Olisi tarpeellista säilyttää historiatieto, joka mahdollistaisi leikkaukset kaupungin ulkoasuun tietyllä ajanhetkellä.

Toinen rakennusvalvonnan toiminnan kannalta tärkeä toiminnallisuus on linkittyminen 3D-kaupunkimallista rakennusten tietomalleihin ja rakennuspiirustuksiin sekä rakennusvalvonnan rekistereihin, mikä mahdollistaisi sujuvan työnteon. Tämä on tavoitteena sekä Lupapisteen karttakäyttöliittymässä, että kaupungin omassa 3D-kaupunkimallissa.

Koska rakennusvalvonnan työskentely on siirtymässä yhä enenevässä määrin Lupapisteseen, on mietittävä huolella, miten Lupapisteen 3D-karttaliittymän aineistot ja Järvenpään oma 3D-kaupunkimalli keskustelevat keskenään. Miten tieto siirtyy ja miten käyttäjät voivat vaihdella työskentelyä eri kaupunkimallien välillä? Tätä kirjoitettaessa vaikuttaa siltä, että rakennusten tietomallien IFC-formaatti ei siirrä rakennuksen pinta- materiaalin ulkoasua riittävästi, joten on tarve liittää tuotuihin rakennusten tietomalleihin tekstuuri erikseen CityGML-formaattia käyttämällä.

2.3.6 Kaupunkitekniikka

Kaupunkitekniikan kunnossapidon näkökulmasta 3D-kaupunkimallin hyödyntämistä arvioi kunnossapitovalvoja Lauri Palonen. Hänelle suurin hyöty olisi ajantasaisesta 3D-kaupunkimallista, josta olisi linkitys rekistereihin ja josta pystyisi tarkistamaan esimerkiksi ilmakuvissa puuston alle piiloon jäävien kohteiden pinnoitteen tai muita ominaisuuksia ilman maastokäyntejä. Se ei kuitenkaan onnistu, jos aineistoa ei päivitetä heti, kun muutoksia tapahtuu. Kaupungissa kesällä 2018 aloitettujen RPAS-kuvausten Palonen arvioi auttavan 3D-kaupunkimallin ylläpidossa niin, että riittävä ajantasaisuus voisi olla mahdollista. (Palonen 2018.)

Suunnitteluinsinööri Petteri Väisänen toimitti kaupunkitekniikan suunnittelun henkilöstön ajatuksia 3D-kaupunkimalliin liittyen sähköpostissaan 16.10.2018. Päällimmäiseksi toiveeksi nousi sekä laajempien katusuunnitelmien että yksittäisten jakokaappien tai muuntamorakennusten istuttaminen kaupunkimalliin. Näin suunnittelija pääsisi sekä

tarkastelemaan sijoitusluvan antamisen vaikutusta kaupunkikuvaan, että visualisoi-
maan kuntalaisille katusuunnitelmien vaikutuksia. Samalla toivottiin, että kaupunkimal-
lia ja siellä visualisointia voisi hyödyntää paitsi omassa suunnittelussa, myös konsult-
tien työskentelyssä. (Väisänen 2018.)

Sähköpostissa mietittiin myös mahdollisuutta esittää 3D-kaupunkimallissa paitsi raken-
nuksia, myös maanalaisia vesihuollon putkia varusteineen, puita ja penkkejä. Samassa
yhteydessä tuotiin esille, että lisäkohteiden ylläpito voi olla liian haastavaa resurssien
kannalta ja kaikkien mahdollisten kohteiden esittäminen 3D-kaupunkimallissa voi tehdä
siitä liian raskaan tavalliselle tietokoneelle varsinkin langattoman verkkoyhteyden va-
rassa toimittaessa. (Väisänen 2018.)

Myös kaupunkitekniikan suunnittelupalveluissa tunnistettiin suunnitelmien ja todellisuus-
den väliset eroavaisuudet ja todettiin, että suunnitelmien vieminen sellaisenaan 3D-
kaupunkimalliin ei palvele mallin ylläpitoa, vaan aiheuttaisi epätarkkuutta. Aika näyttää,
toteutuuko jossain vaiheessa katusuunnitelmien toteutumamalli vastaavasti kuin ra-
kennuksille, vai onko perinteinen työmaamittaus sittenkin seärkevin tapa ylläpitää ka-
tutietoja. (Väisänen 2018.)

2.3.7 Maankäyttö- ja karttapalvelut

Maankäyttö- ja karttapalveluiden rooli kaupunkiorganisaatiossa on perinteisesti ollut
enemmän aineistontuottaja kuin aineistojen käyttäjä. Tämä näkyy myös maankäyttö- ja
karttapalveluiden vetäjän, kaupungingeodeetti Juhana Hiironen haastattelussa
23.10.2018. Hän tunnistaa 3D-kaupunkimallille paljon erilaisia tarpeita kaupungin toi-
minnassa, mutta tarpeista vain murto-osa kohdistuu maankäyttö- ja karttapalveluiden
tehtäväkenttään. Tietenkin 3D-kaupunkimallia voidaan hyödyntää maankäyttö- ja kart-
tapalveluissa, mutta se ei välttämättä tuo kovin paljoa lisäarvoa verrattuna nykyiseen
toimintatapaan, toisin kuin vaikkapa kaavoituksessa. (Hiironen 2018.)

Haastattelussa kaupungingeodeetti Hiironen toteaa kaavoituksen tarpeista havainnoi-
listamisen, varjostusanalyysit, vuorovaikutuksen, tiedon keruun joukkoistamalla, tule-
vaisuusskenaariot, yleiskaavan havainnollistamisen (strateginen ja perinteinen yleis-
kaava) sekä suunnittelun. Rakennusvalvonnan osalta hän mainitsee naapurien kuule-
misen ja kuntalaisten osallistamisen sekä vuorovaikutuksen. Tässä erityisesti mainituk-
si tulee mahdollisuus vertailla suunniteltua rakennusta toteutuneeseen, mikä mahdollis-

taa prosessin kehittämisen toiveena, että jatkossa suunnitelma vastaa paremmin toteutumaa. Koko kaupunkia koskevana kehitysnäkymänä Hiironen nostaa esiin tiedolla johtamisen mahdollistamisen, jossa 3D-kaupunkimalli toimisi johtamisalustana ja linkkinä erilaisiin tietoihin. (Hiironen 2018.)

Hiironen mukaan maankäyttö- ja karttapalveluiden tehtäväkentän osalta maanhankinnassa 3D-kaupunkimalli ei välttämättä tuo hyötyä. Se toki on visuaalinen apu vuorovaiikutustilanteissa, mutta kaupungin toimiessa ostajan roolissa pitää miettiä, kannattaako myyjälle erityisesti korostaa, kuinka kriittinen neuvotteluissa puheena oleva maa-alue kaupungin kehittämisen näkökulmasta on. Se sijaan muissa neuvotteluissa 3D-kaupunkimallista voisi olla hyötyä, varsinkin kun 3D-kaupunkimalliin olisi tuotu viite-suunnitelmia ja muita reunaehtoja esimerkiksi konsulttien kanssa käytävien neuvottelujen taustatiedoiksi. (Hiironen 2018.)

Kaupungingeodeetti tuo esiin, miten maanmyynnissä 3D-kaupunkimalli tarjoaa mahdollisuuksia, kuten alueen brändäyksen ja visualisoinnin. Oikein tehty brändäys luo alueelle lisäarvoa ja voi nostaa alueen markkina-arvoa. Lisäksi hyvät havainnekuvat helpottavat maanmyyntiä. Sen sijaan lainsäädännön uutena mahdollistama 3D-kiinteistönmuodostus ei tuo lisävaatimuksia 3D-kaupunkimalliin, esitystapa ei ole kiinteistötoimituksen kannalta oleellinen. (Hiironen 2018.)

Kaupunkimallinnuksen erityisasiantuntija Juho Pajukoski avaa 3D-kaupunkimalliin liittyviä asioita omasta näkökulmastaan sähköpostihaastattelussa 26.10.2018. Hänen tehtävänä on tuottaa, jalostaa, kerätä ja julkaista kolmiulotteista kartta-aineistoa, erityisesti RPAS-kuvaus- ja laserkeilausaineistoja, kaupungin paikkatietojärjestelmään. Vaikkei Pajukoski 3D-kaupunkimallia itse varsinaisesti hyödynnäkään, hänen mukaansa 3D-kaupunkimallissa pitäisi olla monipuolisesti aineistoa liittyen käyttäjien tarpeisiin, ja näiden aineistojen oikeellisuuteen tulisi voida luottaa. Lisäksi laajamittainen käyttö edellyttäisi toimintavarmaa, intuitiivista ja tarpeeksi helposti omaksuttavaa käyttöliittymää. (Pajukoski 2018a.)

Pajukoski näkee, että 3D-kaupunkimallin käyttötarkoituksena voisi olla minkä tahansa tiedon hakeminen liittyen joko jo olemassa olevaan kaupunkiympäristöön tai tulevaisuuden suunnitelmiin. Hänestä lähes kaikelle kuviteltavissa olevalle tiedolle on määritettävissä sijainti, joten äärimmäisimmässä skenaariossa älykästä tietoa sisältävä kau-

punkimalli voisi toimia vaikka kunnan kotisivut korvaavana alustana, rajapintana kaikkien kaupunkiin liittyvään tietoon. (Pajukoski 2018a.)

Pajukosken mukaan 3D-kaupunkimallissa on kyse informaation mahdollisimman tehokkaasta välityksestä, millä voidaan tarkoittaa joko mahdollisimman käyttäjälähtöistä esitystapaa (saadaan käyttäjä ymmärtämään mallin kuvaama ilmiö mahdollisimman hyvin visuaalisin keinoin) tai mahdollisimman hyvä- ja tasalaatuisen koneluettavan datan jakamista esimerkiksi joillain muilla ohjelmistoilla suoritettavan suunnittelun tai analysoinnin tarpeisiin. Välitettävä tieto voi koskea tehtyjä suunnitelmia tai olemassa olevaa kaupunkiympäristöä. (Pajukoski 2018a.)

2.3.8 Muut toimialat

Muiden kuin Kaupunkikehityksen palvelualueen henkilöstön sähköpostihaastatteluihin ei tullut kovin laajasti vastauksia, mutta kuitenkin muutama. Sosiaali- ja terveystieteiden henkilöstö jätettiin haastattelujen ulkopuolelle, koska Järvenpään kaupungin sosiaali- ja terveystieteiden järjestämistä vastuu on siirtynyt 1.1.2019 alkaen Keski-Uudenmaan sote-kuntayhtymälle (Keusote). (Janet 2019.)

Lasten ja nuorten sekä Sivistyksen ja vapaa-ajan palvelualueiden esikunnan hallintotiimissä työskentelevä erikoissuunnittelija Tero Seitsonen arveli sähköpostihaastattelussa 25.10.2018 3D-mallinnuksen tuovan hyötyä uusien koulujen, päiväkotien ja liikuntapaikkojen suunnitteluun, oli kyse sitten sisä- tai ulkotiloista. Hän myös tiedosti, ettei vielä osaa tunnistaa kaikkia 3D-kaupunkimallin tuomia hyötyjä ja mahdollisuuksia. (Seitsonen 2018.)

Samassa Lasten ja nuorten sekä Sivistyksen ja vapaa-ajan palvelualueiden esikunnassa, mutta ICT-tiimissä, toimiva ICT-asiantuntija Lauri Luode kokee myös, ettei tunnista kaikkia 3D-kaupunkimallin tuomia mahdollisuuksia, mutta avaa silti sähköpostissaan 25.10.2018 Seitsonen mainitsevia tarpeita vielä lisää. Hänkin näkee, että uusien koulujen ja päiväkotien sijoittamisesta virtuaalisesti kaupunkiympäristöön voisi olla hyötyä rakentamisen ja siihen liittyvien toimintojen kannalta. Erytisen kiinnostavaa olisi hyödyntää 3D-kaupunkimallia esim. kameravalvonnan suunnittelussa ja pelastussuunnitelmien laatimisessa. Luode kokee tarpeelliseksi, että olisi malli, johon voisi tehdä merkintöjä ja jossa voisi kokeilla erilaisia vaihtoehtoja. (Luode 2018.)

Toteutuneiden rakennusten tietomallien tarve tulee esiin Luoteen kertoessa tarpeesta sijoittaa laitteistoja ja kalustoa uusiin rakennuksiin. Tällä hetkellä suunnittelu täytyy tehdä paikan päällä mittanauhaa hyödyntäen sekä arvioida silmämääräisesti erilaisia ratkaisuja. Kannattaisi selvittää rakennusten sisätilojen mittaukseen tarkoitettujen 3D-skannereiden hyödyntämistä, jolloin tilat saataisiin nopeasti mallinnettua jatkotarpeita varten. Luode myös näkee, että tulevaisuudessa tullaan hyödyntämään enemmän erilaisia virtuaaliodellisuuden tekniikoita (VR- ja AR-lasit). Näitä voitaisiin hyödyntää sekä suunnittelutyössä, opetuksessa että erilaisten presentaatioiden ja ideoiden esittämisessä. 3D-malli havainnollistaa asioita mittakaavassa ja visuaalisesti paremmin kuin 2D-pohjapiirustukset ja havainnekuvat. (Luode 2018.)

Luoteen mainitsemat tekniikat tukisivat myös kaupungin ulkotilojen mallinnusta ja mallinnuksen hyödyntämistä. Erityisesti hyötyä olisi saavutettavissa liikuntapalveluissa, kun tarjolla olisi 3D-karttoja olemassa olevista liikuntapaikoista, sekä uusien liikuntapaikkojen suunnittelussa, mistä Luode mainitsee esimerkkinä frisbeegolfradan. 3D-kaupunkimallista olisi hyötyä, jos sen saisi vietyä johonkin suunnitteluohjelmaan. Ohjelmassa pitäisi pystyä tarkastelemaan mallia eri kulumista, sinne voisi suunnitella kulkureittejä ja -väyliä, tehdä muokkauksia ja näin tehdyistä ehdotelmista saisi visuaalisia esityksiä. Lisähyötyä saisi, jos löytyisi toiminnallisia ohjelmia, jossa esim. väylien toimivuutta voitaisiin simuloida ja mitata. (Luode 2018.)

Samat tarkastelutarpeet Luode tunnistaa myös luontopoluilla, lenkkeilyalueilla ja pyöräilyreiteillä sekä varsinaisen reitin suunnittelussa, että opasteiden ja visuaalisen materiaalin tekemisessä. Tämä kuitenkin edellyttäisi, että 3D-kaupunkimalli ei ole pelkästään korkeuseroihin ja rakennuksiin perustuva, vaan myös kasvillisuuden pitäisi olisi havainnollistettuna nähtävissä. Luoteen mukaan nämä toimintatavat toisivat säästöä sekä työajassa että suunnittelukustannuksissa, kun maastokävelyt ja taiteelliset, mutteivät tarkat, havainnekuvat sekä epätarkat 2D-suunnitelmat jäisivät pois. Suunnitelma olisi realistinen ja tarkka sekä mahdollistaisi edullisemmän rakentamisen ilman viimehetken muutoksia. (Luode 2018.)

2.4 Mikä on Järvenpään 3D-kaupunkimalli?

Järvenpään kaupunkimallin alustana on nykyinen ohjelmistoympäristö, joka perustuu Esrin kuntalisenssin tarjoamiin mahdollisuuksiin. Käytön helpottamiseksi aineistot halu-

taan tallentaa aineistoa tuottavan ja hyödyntävän järjestelmän natiiviformaatissa. Tämä lähtökohta rajaa käytännössä pois aineistojen säilyttämisen CityGML-formaatissa 3DCityDB-tietokannassa, mikä on ollut yleisin suomalaisten kuntien ratkaisu 3D-kaupunkimallin tietojen tallentamiseen. Se ei kuitenkaan poista tarvetta tiettyihin aineistosiirtoihin CityGML-formaatissa, sillä tämänhetkisten testien perusteella vaikuttaa, että ainakaan rakennusten teksturointi eli pintamateriaalin ulkoasu ei välttämättä siirry riittävän hyvin muissa formaateissa.

Esrin tuotteiden lisäksi kaupunkimallin muodostamiseen Järvenpäässä tarvitaan TerraSolidin tuotteita TerraScan, TerraModeler ja TerraPhoto, jotka mahdollistavat pistepilvien jatkokyöstämisen ja automatisoidun teksturointien teon rakennuksille. Esrin tuotevalikoimissa ei ainakaan vielä tähän tarkoitukseen soveltuvia tuotteita riittävässä laajuudessa ole.

Järvenpään kaupunkimalli koostuu paitsi semanttisesta mallista myös pistepilven hyödyntämisestä. Sinänsä kaupunkimalli ei ole mikään itsenäinen maailmansa, vaan tarvittaessa kaikki Järvenpään paikkatietoaineistot ovat lähtötiedoista riippuen esitettävissä joko kolmiulotteisina tai vähintäänkin maanpintaan projisoituina, kummassakin tapauksessa selkeästi osana kaupunkimallia. Oleellista on kaupunkimallin päivitettävyyys paitsi suunnitelmatiedoilla, kuten kaavoilla, katusuunnitelmilla tai rakennusten tietomalleilla, myös toteumamalleilla ja maastomittauksilla.

Järvenpäässä ei ainakaan vielä ole linjattu, priorisoidaanko joidenkin kaupunkimallin osien ajantasaisuuden ylläpitoa toisten edelle tai onko osa aineistosta sellaista, joka päivittyy vain ilmakeilausten ja laserkeilausten yhteydessä muutaman vuoden välein, eikä lainkaan niiden välillä. Näihin kysymyksiin tultaneen ottamaan kantaa, kun kaupunkimallin käyttö realisoituu entisestään ja tarpeet selkiytyvät. Tällä hetkellä oletetaan, että ylläpidon painopiste pysyy niissä aineistoissa missä ennenkin eli JHS 185 määrittelyn ja muiden kunnan tarpeiden mukaisesti. Käytännössä tämä tarkoittaa painopisteitä kiinteistötiedoissa, rakennuksissa, tiestössä ja alueilla, joiden tiedetään lähtevän lähiaikoina rakentumaan. (Markkanen 2019b.)

Mallista pitäisi pystyä tarvittaessa irrottamaan lain vaatimukset täyttävä kaavan pohjakartta suunnittelua varten sekä muita mahdollisia tuotteita kaupungin erilaisia käyttötarkoituksia ajatellen ja samalla palvella kaupungin ulkopuolisten tahojen tarpeita, mikä

yleensä tarkoittaa aineiston luovuttamista jossain muussa formaatissa, kuten DWG-tiedostona tai CityGML-standardina.

Luvussa 2.3 on kerrottu laajemmin kaupungin henkilökunnan toiveista ja tavoitteista koskien kaupunkimallia. Haastatteluiden perusteella Järvenpään kaupunkimalliin kohdistuu monenlaisia sekä aineiston että ohjelmistoalustan vaatimuksia, joista osa on toteutettavissa jo nyt ja osa myöhemmin, ohjelmistokehityksen mentyä eteenpäin tai tarpeiden ratkettua jotenkin muuten. Toiminnallisuuksien osalta toteutettavuuteen vaikuttaa myös se, tarkastellaanko kaupunkimallia AGOL- vai työpöytäohjelmistoympäristössä, koska käyttöympäristöt on optimoitu hieman erilaisia tarpeita varten.

Kannattaa myös huomioida, että kaupunkimallin, kuten muidenkin paikkatietoaineistojen, tietosisältöä voi ja kannattaa rajata tapauskohtaisesti niin, että se sisältää senhetkistä käyttöä parhaiten palvelevat tiedot. Joskus pelkät kolmiulotteiset rakennukset riittävät, toisinaan tarvitaan myös kasvillisuustietoa tai muita detaljeja. Tämä osaltaan vaikuttaa kaupunkimallin käytettävyyteen ja keveyteen, siihen miten vaivattomasti mallia voidaan hyödyntää vaikka langattomassa verkossa huonotehoisemmallakin tietokoneella.

3 Selvityksiä ja toimintamalleja

3.1 Luennot ja seminaarit

Kaupunkimallinnus on ollut hyvin esillä kunta-alan paikkatietoihin liittyvissä seminaareissa ja koulutustilaisuuksissa ainakin viimeiset kolme vuotta. FCG (Finnish Consulting Group Oy), joka toimii yhteistyössä Kuntaliitto-konsernin kanssa, on järjestänyt Kuntaliiton viime vuosien kaupunkimallinnukseen liittyvät tapahtumat. Viime vuosina aihetta on käsitelty ainakin 28.10.2015 otsikolla Johdatus kaupunkimallinnukseen sekä useissa eri esityksissä Kuntien paikkatieto- ja kaupunkimallinnusseminaareissa 7.–8.2.2017, 13.–14.2.2018 ja 5.–6.2.2019.

FCG:n tarjoama Johdatus kaupunkimallinnukseen oli nimensä mukaisesti kunnille järjestetty tilaisuus, jossa selkeytettiin kaupunkimallinnuksen peruskäsitteitä sekä käytiin läpi kaupungin tarpeiden tunnistamista, aineistojen kilpailuttamista, tiedostoformaatteja ja mallintamisen teknisiä vaatimuksia. Muutoin Kuntien kaupunkimallinnusseminaarien suurimpana antina ovat olleet muiden kuntien esitykset, se mitä kussakin kunnassa on päädytty tekemään ja miten.

FLIC on paikkatietoalan palveluyritysten yhteistyöelin, joka järjestänyt Location Business Forum -tapahtumia. 8.11.2017 ja 6.11.2018 järjestettyjen seminaarien yhtenä aiheosiona oli kaupunkimallinnus. Lisäksi viime vuosien Paikkatietomarkkinoilla on ollut jonkun verran aiheeseen liittyviä puheenvuoroja. Näissäkin tapahtumissa muiden kuntien esimerkit ovat olleet tapahtumien parasta antia.

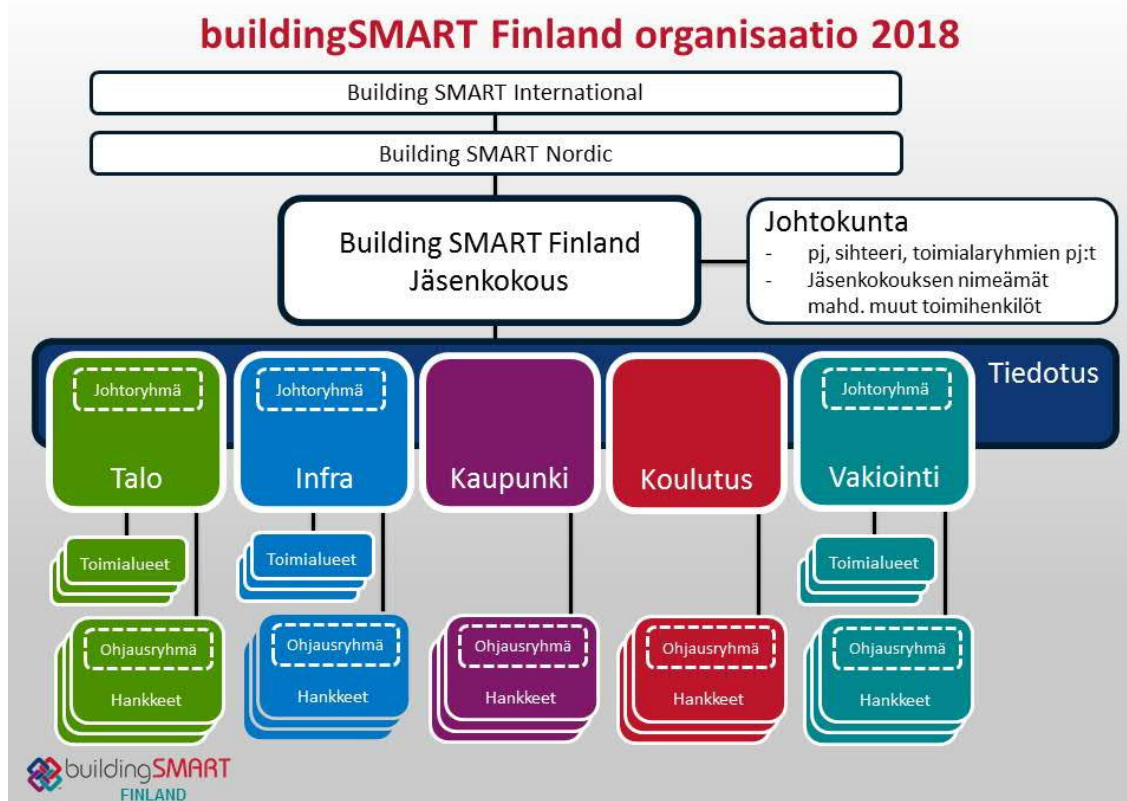
Myös Järvenpää on esitellyt 3D-kaupunkimallinnuksensa tilaa sekä vuoden 2018 Kuntien paikkatieto- ja kaupunkimallinnusseminaarissa että saman vuoden Location Business Forumilla. Valitettavasti muiden Esrin tuotteita käyttävien kuntien kuin Järvenpään 3D-kaupunkimalliaiheisia esityksiä ei näissä tilaisuuksissa vielä ole nähty, joten emme ole päässeet tutustumaan identtisissä ohjelmistoympäristöissä toimiviin kaupunkimalliesimerkkeihin.

3.2 Yleiset selvitystyöt

Yksi kaupunkimallinnusta ja CityGML-standardia käsittelevistä suomenkielisistä perusteoksista, jota on lainattu liki kaikkiin kaupunkimallinnusta koskeviin opinnäytetöihin, on Anna Ervingin vuonna 2008 tekemä selvitys Paikkatiedoista kaupunkimalleihin: CityGML selvitystyö. Selvityksessään Erving käy läpi CityGML-formaatin hyödyntämistä kaupunkimallinnuksessa, kuinka fotogrammetrisesta aineistosta päästään tietomallin mukaiseen esitysmuotoon. CityGML mahdollistaa standardin tietomallin ja tiedon siirtymisen eri järjestelmien välillä. (Erving 2008: 4–6.)

BuildingSMART Finland (bSF) on ottanut kantaa kaupunkimallinnukseen lähinnä tietomallinnuksen näkökulmasta. Sen sivustolta löytyvät IFC-mallinnusvaatimukset, jotka mahdollistavat CityGML-muotoisen kaupunkimallin automaattisen tuottamisen IFC-aineistosta (Hietanen & Kokko 2016). Ohjeet on tehty KM3D-hankkeen yhteydessä. Lisäksi bSF on laatinut Kaupunkimallinnuksen ohjekirjan, jossa on paitsi perustietoa ja historiaa kaupunkimallinnuksesta, myös siihen liittyviä erilaisia määritelmiä, kuten pistepilvi, graafinen malli, visualisaatio tai tietomalli. Dokumentissa on ohjeita parhaista käytännöistä sekä hyödyntämisesimerkkejä. Ohjeistus ei mene kovin syvälliselle tasolle, mutta antaa osviittaa kaupunkimallinnuksen aloittamiselle. (BuildingSMART Finland 2018, Kaupunkimallinnuksen ohjekirja 2016.)

bSF on suomalainen tietomallintamisen yhteistyöfoorumi, jossa on mukana kiinteistö- ja infra-alan toimijoita sekä palvelutuottajia, kuten myös suunnittelijoita, urakoitsijoita, ohjelmistotaloja, yliopistoja ja korkeakouluja sekä erilaisia rakennusalan yrityksiä. Foorumi levittää tietoa tietomallintamisesta ja tukee tietomallipohjaisten prosessien käyttöönotoissa. Sen toiminta jakautuu infra-, talo- ja kaupunkimallinnukseen sekä koulutukseen ja vakiointiin. Työ linkittyy myös kansainvälisesti rakennetun ympäristön tietomallistandardien kehittämiseen ja alan ohjelmistojen yhteiskäyttöisyyden lisäämiseen (kuva 13). (BuildingSMART Finland 2018.)



Kuva 13. BuildinSMART Finlandin organisaatio ja suhde kansainväliseen tietomallinnuksen yhteistyöfoorumiin. (BuildingSMART Finland 2018.)

3.3 Koko kuntakenttää koskevat opinnäytetyöt

3D-kaupunkimallin ajankohtaisuus näkyy aiheesta tehtyjen opinnäytetöiden määrissä sekä näkökulmien moninaisuudessa. Erialaisten 3D-kaupunkimallien, sekä pistepilvien että semanttisten mallien, muodostamista ja hyödyntämistä on selvitetty monenlaisiin tarkoituksiin. Opinnäytetöistä suurin osa on tehty jonkun yksittäisen kunnan näkökulmasta, mutta muutamassa on lähestytty aihetta yleisemmälläkin tasolla niin, että selvi-tyksistä on hyötyä jokaiselle kunnalle järjestelmäriippumattomasti.

Selkeinten ohjeistuksen siitä, mitä kaikkea kunnan tulisi huomioida siirtyessään kaavan pohjakartan tuotannosta 3D-kaupunkimallin ylläpitoon, on kirjoittanut Oskari Liukkonen diplomityössään Kuntien paikkatiedon polku kantakartasta 3D-kaupunkimalliin (Liukkonen 2015). Liukkoson työn pohjaksi suoritetun kyselyn aihepiiriä jatkoi Valterti Kettunen insinöörityössään 3D-kaupunkimallinnuksen nykytila kunnissa kyselytutkimuksen perusteella (Kettunen 2018).

Kettusen työ ei niinkään tuonut uusia näkökulmia tai vaatimuksia kolmiulotteiseen aineistoon siirtymiseen, vaan päivitti Liukkosen tekemän kyselyn vastaukset tähän hetkeen ja loi katsauksen muutamien kuntien kaupunkimallinnustilanteeseen. Näiden lisäksi Ritva Hannukainen käy läpi 3D-kiinteistönmuodostuksen tuomia vaatimuksia insinööriyössään Kohti 3D-kiinteistönmuodostusta (Hannukainen 2017).

Liukkosen diplomityö perustuu kyselytutkimukseen, jossa selvitetään eri kuntien kokemuksia kaupunkimallinnuksesta sekä esiin tulleita haasteita. Kyselyyn tulleiden vastausten perusteella Liukkonen on koonnut näkemyksensä kunnassa 3D-kaupunkimallinnusta mietittäessä huomioon otettavista seikoista, joista ensimmäisenä hän mainitsee tarvittavan 3D-kaupunkimallinnusosaamisen hankkimisen henkilökunnalle. Mallinnuksen tulee hänen mukaansa perustua todellisiin tarpeisiin ja niiden toteuttamiseen niin, että tuotannon ja ylläpidon prosessit olisi standardoitu ja mallin tuottaminen vähintään puoliautomatisoitu. Lisäksi työtapojen eli ylläpidon, hallinnoinnin ja tiedonsiirtojen tulisi olla suunniteltuina jo ennen 3D-kaupunkimallin tuotantoa. Lopputuloksena valmis malli pitäisi pystyä liittämään sujuvaksi osaksi jo olemassa olevia työnkulkuja, ettei se jäisi irralliseksi ja ylimääräiseksi tehtäväksi. Liukkosen työssään lisätaamat toimenpiteet on huomioitu tässä opinnäytetyössä mietittäessä, miten 3D-kaupunkimallin ylläpitoon Järvenpäässä tulisi siirtyä. (Liukkonen 2015: 76–77.)

Hannukaisen mukaan 3D-kiinteistönmuodostus ei sinällään edellytä 3D-kaupunkimallia, koska 3D-kiinteistö esitetään kiinteistörekisterin ominaisuus- ja sijaintitiedoissa kaksiulotteisena. Kiinteistörajojen ja rajamerkkien sijainti tallennetaan ilman korkeustietoa, kiinteistön ylin ja alin korkeus tallentuu ominaisuustiedoksi. Koska tavoitteena kuitenkin on pystyä tarkastelemaan 3D-tonttijakokarttaa ja 3D-tonttikarttaa kolmiulotteisena, niiden mahdolliseen käyttöönottoon kunnassa on syytä varautua mietittäessä 3D-kaupunkimallinnuksen tarpeita ja käyttötarkoituksia. (Hannukainen 2017: 51–52.)

3.4 Kuntien toimintamallit

3.4.1 Yleistä

Monessa Suomen kunnassa on tutkittu opinnäytetöitä sekä muita selvityksiä hyödyntäen 3D-kaupunkimallin muodostamista tai käyttämistä eri tavoin, kuten pistepilviaineis-

ton toimivuutta tausta-aineistona tai kaavan pohjakartta -aineiston siirtämistä 3D-suunnitteluohjelmiin. Näissä näkökulmana on ollut enemmän tai vähemmän työn tai selvityksen tilanteen kunnan tarpeet ja siellä käytössä olevat ohjelmistot, jolloin opinnäytetöiden ja selvitysten hyödyllisyys muille kunnille vaihtelee sen mukaan, ovatko käytössä samat ohjelmistot tai muutoin saman tyyppiset ympäristöt. Alla oleviin alajaksoihin olen tiivistänyt ajankohtaisia Järvenpään näkökulmasta tärkeimpien selvitysten ja opinnäytetöiden tuloksia muutaman kunnan osalta, aiheisiin liittyviä luentomateriaaleja sekä muita dokumentteja. Olen myös pyrkinyt tiivistäen kertomaan ko. kuntien 3D-kaupunkimallien tilanteen, mikäli se on lähtöaineistosta selvinnyt.

3.4.2 Helsinki

Helsinki on pääkaupunkina halunnut olla edelläkävijänä kolmiulotteisessa kaupunkimallinnuksessa ja ottanut ensimmäisenä kaupunkina maailmassa yhtäaikaisesti käyttöön sekä LOD2-tasoisena semanttisen kaupunkimallin, että visuaalisen kolmioverkkomallin. Molemmat mallit kattavat koko Helsingin kaupungin alueen paitsi mantereen osalta myös merialueineen ja saarineen. Johtoajatuksena kaupunkimallin muodostamisessa on ollut standardinmukaisuus ja esikuvana isojen eurooppalaisten kaupunkien mallit (Suomisto 2018). Kaupunkimallit ovat saatavilla avoimena datana CityGML-formaatissa kaikkien halukkaiden käyttöön, minkä toivotaan kiinnostavan monenlaisia hyödyntäjiä ja innostavan uusien käyttötapauksien testaukseen. (Isotalo 2017.)

3D-kaupunkimallin käyttötapoja (kuva 14) on taulukoitu Helsingin kaupungin 3D-kaupunkimallinnusta esittelevällä sivustolla osoitteessa www.hel.fi/3D. Taulukosta voi todeta, missä määrin eri toiminnoissa kaupunkimallia on lähdetty hyödyntämään. Täydessä käytössä kaupunkimalli ei Helsingissä ole vielä millään osa-alueella ja esimerkiksi omaisuudenhallinnassa hyödyntämistä ei ole aloitettu vielä lainkaan, kun taas Palvelukehitys ja toimintatavat -otsikon alla olevissa hankkeissa käyttöä on päästy edistämään eniten. (Käyttömahdollisuudet ja Helsingin sovellukset 2018.)

KAUPUNKIMALLIEN KÄYTTÖTAVAT

HYÖTYKÄYTTÖ

ÄLYKAUPUNKI, [ÄLY]LIIKENNE JA ERIKOISKULJETUKSET, [TELE]VERKOSTOT JA VALAISTUS

HILINEUTRAALI KAUPUNKI, PIENILMASTO

KAUPUNKISUUNNITTELU, HANKESUUNNITTELU, RAKENNUS- JA INFRASUUNNITTELU, RAKENTAMINEN

PALVELUKEHITYS JA TOIMINTATAVAT, ELINKEINOELÄMÄ, INNOVOINTI JA TUOTEKEHITYS, OPETUS JA TUTKIMUS

OMAISUUDENHALLINTA, POIKKEUSTILANTEET, PELASTUSTOIMI JA TURVALLISUUS, YLLÄPITOTOIMI

PROJEKTINHALLINTA, LUPAKÄSITTELY, PÄÄTÖKSENTEKO, VERKKOPALVELUT

VUOROVAIKUTUS JA VIESTINTÄ, KAUPUNKIMARKKINOINTI, KAUPUNKITAPAHTUMAT, MATKAILU JA OPASTUS, NÄYTTELYT

NYKYINEN KÄYTTÖASTE

MATALA KESKITASO KORKEA

SOVELLUS

KAUPUNKITOTEMALLI KOLMIOVERKKOMALLI

ANALYYSIT
ENERGIANKULUTUS JA PÄÄSTÖT
ILMION HAVAINNOISTAMINEN
VAIHTOEHTOENERGIA

MITTALUS JA PALKANNUS

ILMAVIRTALUKSET
MELU
MÄKYVYYS
TUUVAT
VARIOSUUS

NAVIGAATIO

PYSÄKÖINTIPAIKAT
SAAVUTETTAVUUS

SENSORITIEDO

ASIAKASVIRRAT
ESINEIDEN INTERNET

TIETÖJEN YHTEISKÄYTTÖ

AVOIN DATA
BIG DATA
REKISTERITIEDOT
TILASTOT

YHTEISTYÖALUSTAT

PALAUTE JA ALOITTEET
SUUNNITTELU
VERKKOPALVELUT
VUOROVAIKUTUSFOORUMIT

SIMULAATIOIT

[HYÖTY]PELIT
LISÄTTY TODELLISUUS
VIRTUAALITODELLISUUS

Kuva 14. Kaupunkimallien erilaisia toteutuneita hyödyntämistapoja Helsingin kaupungissa (Käyttömahdollisuudet ja Helsingin sovellukset 2018)

Helsingin semanttisen kaupunkimallin ja kolmioverkkomallin muodostaminen on kuvattu perusteellisesti Enni Airaksisen diplomityössä, mutta ylläpidon prosessia ei sen mukaan ole vielä päätetty (Airaksinen 2017). Yhtenä vaihtoehtona on harkittu ilmakehuvausta kahden vuoden välein, jolloin mallit muodostettaisiin aina kokonaan alusta. On myös keskusteltu puurekisterin puiden tuomisesta kaupunkimalliin sekä puistosuunnitelmien tietomallien hyödyntämisestä kaupunkimallin ylläpidossa, mutta toistaiseksi niitä ei ole toteutettu. (Isotalo 2017; Haapakoski 2018: 32.)

3Dkunta-hankkeen aloituspalaverissa 6.9.2018 Timo Tolkki esitteli Helsingin 3D-kaupunkimallin historiaa (kuva 15) ja ylläpitotilannetta kaupunkimittausosaston näkökulmasta. Syyskuussa 2018 aloitettiin normaalikäytäntönä kaupunkimallin LOD2-tasoisten rakennusten ylläpito ja täydennys kaavan pohjakartan täydennysmittausten ja rakennusten sijaintimerkintöjen yhteydessä niin, että mallin tiedot eivät perustu enää vain ilmakehuvaushetken tilanteeseen. Lisäksi on käynnistetty pilottiprosessi, jossa on selvitetty LOD3-tasoisten rakennusten tuottamista kaupunkimalliin rakennusluvan yhteydessä toimitetuista IFC-malleista. (Tolkki 2018.)

Year	Milestone
2014	Definition and decision to start Helsinki 3D+ project in City Executive Office.
2015	Laser scanning and oblique images for the whole city.
2016	Meshmodel and 3DCityDB (CityGML) buildings completed as open data. 3D map service opened https://kartta.hel.fi/3d .
2017	Laser scanning and oblique images for the whole city, 2nd campaign.
2018	Building reconstruction training in City Survey. Building modeling begins with 2015-2017 changes (Completed). Energy and climate atlas opened https://kartta.hel.fi/3d/atlas .
9/2018	Up-to-date building modeling begins as an extension to location survey and base map updates.

Kuva 15. Helsingin 3D-kaupunkimallin historia (Tolkki 2018)

Pääkaupunkiseudun rekisteriyhteistyöryhmän syksyn 2018 muistioihin on kirjattu, että kaupunkimittausosasto päivittää kaupunkimalliin edellisen kuvauksen jäljiltä puuttuvat uudet rakennukset. Kaupunkimalli on viety Youtube-ympäristöön pelikonekäyttöä varten ja pelikoneille optimoitua kaupunkimallia on hyödynnetty SITOWise tekemän valaistussuunnitelman 3D mallin pohjaksi Svenska Teaternin edessä. Muistioiden mukaan 3D-kaupunkimallit ovat tärkeä osa Helsingin kaupungin digitalisaatio-ohjelmaa, jonka yksi neljästä osa-alueesta on digitaalinen kaksonen. (PKS 3/2018, PKS 4/2018.)

3.4.3 Espoo

Espoon kaupungin kiinteistöinsinööri Mirja Metsälä puhuu 3D-kaupunkimallin sijaan nykytilakaupunkimallista, joka kattaa yhtenäisenä tietomallina nykyisen fyysisen kaupunkiympäristön mukaan lukien maanalaiset tiedot, kiinteistöt sekä maankäytön suunnittelun. Yleensä 3D-kaupunkimallia muodostettaessa lähtötietoina ovat kaavan pohjakartta ja siihen liittyvän rekisterin tiedot. Metsälä näkee ne nykytilakaupunkimallin ytimenä, mutta toteaa, että Espoon nykytilakaupunkimalliin halutaan hyödyntää myös muita tietolähteitä, kuten kaavatietoja ja infraomaisuuden hallintajärjestelmän tietoja. (Metsälä 2018a, Metsälä 2018b.)

Espoon nykytilakaupunkimallin muodostamisessa on hyödynnetty erilaisia ohjelmistoja (kuva 16). Niiden avulla on pystytty automatisoimaan teksturoitujen 3D-rakennusten muodostamista ja linkittämään rakennukset kuntarekisterin tietoihin. Kaupunkimallin kohteina ovat paitsi teksturoidut 3D-rakennukset, myös yleiset alueet ja kadut alueina, aidat, merkittävät puut, lyhtypylväät, maanalaiset tilat ja johdot. Muu kasvillisuus esite-

tään laserkeilausaineistosta saatuna värjättyinä pistepilviaineistona. Vuoden 2017 keilaus- ja kuvausaineistoista on tilattu myös kuorimalli. (Metsälä 2018a; Metsälä 2018b.)



Kuva 16. Espoon kaupungin paikkatieto-ympäristö rakentuu Trimble Locus –ohjelmiston ympärille. (Metsälä 2018b.)

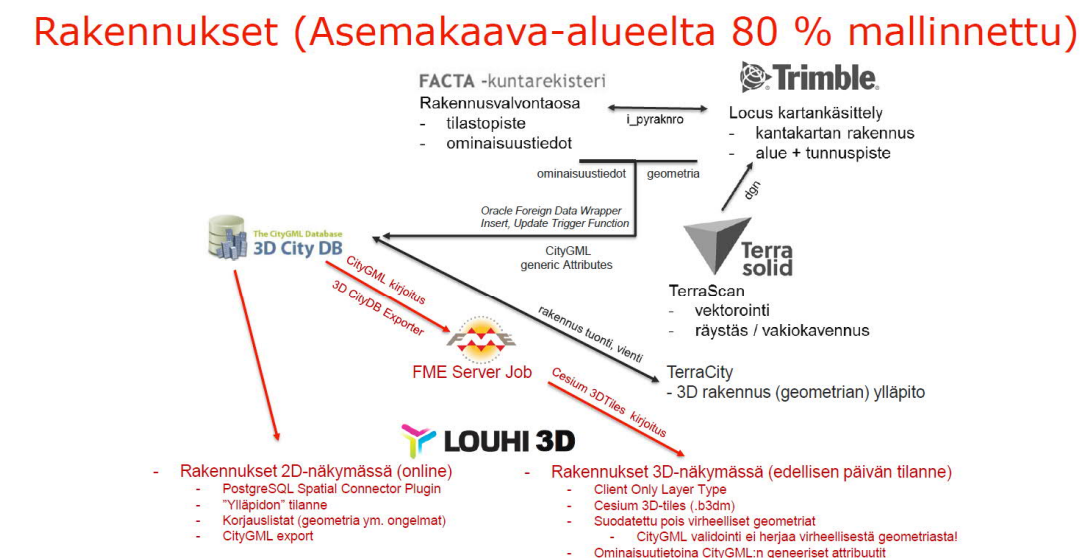
Espoon tavoitteena on ollut, että Locusesta saisi aina ajantasaisen nykytilaa kuvaavan kaupunkimallin suunnittelun pohjaksi. Kohteiden päivitys tapahtuu hyödyntäen säännöllisesti hankittavia laserkeilausaineistoja sekä UAV-kopterikuvauksia. (Metsälä 2018b.)

Pääkaupunkiseudun rekisteriyhteistyöryhmän syyskuun 2018 muistioissa Espoon edustaja kaupungingeodeetti Ari Piirainen arvioi, että nykytilakaupunkimalli on valmis vuoden 2019 alussa. Espoon uuden aineistopolitiikan mukaisesti 3D-nykytilakaupunkimalli tulee valmistuttuaan olemaan saatavilla avoimessa rajapinnassa, eikä sen käytöstä peritä aineistomaksuja, vain palvelumaksut. (PKS 3/2018.)

3.4.4 Kuopio

Kuopion kaupunki on lähtenyt kehittämään kaupunkimallia aktiivisesti ja hyödyntänyt kehitystyössä myös opinnäytetöitä. Vuonna 2017 valmistui Marko Aholan opinnäytetyö, jossa selvitettiin rakennustietomallinnuksen kehittämistä osana kaupunkimallinnusta (Ahola 2017), ja tällä hetkellä insinööriyössä tutkitaan siltojen esittämistä kaupunkimallissa. (Torvinen 2018.)

Kuopion 3D-kaupunkimallin tuotanto- ja ylläpitoympäristö hyödyntää useita eri ohjelmistoja (kuva 17). Lopputuloksena kaupunkimalli on tallennettuna CityGML-muodossa 3DCityDB-tietokannassa. Syksyn 2018 tilanne on, että asemakaava-alueen rakennuksista noin 80 % on mallinnettu. Lisäksi on testattu siltojen ja puiden viemistä tietokantaan, mutta niiden ylläpitoa ei ole vielä vakioitu. (Torvinen 2018.)



KUOPIO

Kuva 17. Kuopion kaupungin 3D-kaupunkimallin rakennusten tuotanto- ja ylläpitoympäristö (Torvinen 2018)

3.4.5 Vantaa

Vantaan kaupungin paikkatietoympäristö on mullistumassa, kun Vantaan kaupunki on ottamassa käyttöön uuden MAankäytön Toimintamallin ja Tietojärjestelmän (MATTI). MATTI toimii digitaalisena kokonaisratkaisuna sisältäen maankäytön suunnittelun ja kuntateknisen infran elinkaaren hallinnan sekä kartta- ja paikkatiedon tuotannon ja hal-

linnan. Järjestelmäkokonaisuuden tuottavat yhteistyössä Esri Finland Oy, M-Files Oy, Civilpoint Oy ja Nebula Oy. (MATTI-hanke 2018.)

Uusimishanke aloitettiin syksyllä 2016 ja sen on arvioitu valmistuvan vuonna 2020. Hankittu järjestelmä korvaa mm. Vantaalla pitkään käytössä olleet Bentley'n Microstation-ohjelmiston sekä CGI:n Facta-kuntarekisterin. Kaupunkimallin alustana ja järjestelmän karttapohjaisena ylläpitokäyttöliittymänä myös kaavojen ja katuinfran ylläpidon osalta tulee toimimaan Esrin ArcGIS Pro -ohjelma. Infran suunnitteluohjelmistona käytetään AutoCAD-pohjaista Novapoint BASE -ohjelmaa. (Westlin 2018.)

MATTI-järjestelmän ensimmäinen osuus otettiin tuotantokäyttöön perjantaina 14.12.2018. Osuus koskee kiinteistönmuodostuksen prosesseja, ja sen myötä tonttijaot, kiinteistötoimitukset ja kiinteistörekisterin ylläpito hoidetaan maankäytön uudessa tietojärjestelmässä. Toinen osuus, johon kuuluvat kauppahintarekisteri, etuosto-oikeusprosessi, kaupunkimalli, maankäytön suunnittelun ja toteutuksen hallinta kaavoituksen osalta, yleiskaavoitus, asemakaavoitus, rakennuslupatoiminta sekä kaupunkisuunnittelun poikkeamispäätökset, on tarkoitus ottaa käyttöön tammikuussa 2019. (MATTI-hanke 2018.)

MATTI-hankkeen keskipisteenä on operatiivinen ja semanttinen 3D-kaupunkimalli. Vantaalla kaupunkimittaus on kehittänyt kaupunkimallia koko 2010-luvun ajan, mutta se on tähän asti ollut lähinnä paikkatietoasiantuntijoiden työkalu. MATTI-hankkeen myötä tavoitteena on saada kaupunkimallin kaikki ominaisuudet koko toimialan ja myös kuntalaisten käyttöön. Aiemmin mm. eri rekistereissä olleet tiedot kirjataan jatkossa vain kerran ja yhteen paikkaan, josta ne linkittyvät kaupunkimalliin ja ovat sen myötä saatavilla kaikkiin muihin prosesseihin. (Westlin 2018.)

Vantaalla on jaoteltu kaupunkimallin erilaisia elementtejä ja niiden muodostamisen priorisointia kolmeen eri luokkaan kaupunkimallin käyttökelpoisuuden kannalta. Ajatuksena on ollut aloittaa yksinkertaisemmasta rakenteesta ja päivittää kaupunkimallia resurssien salliessa monimutkaisemmaksi. Ensimmäisessä vaiheessa olisi tärkeintä saada esitettyä maapinta ja rakennukset LOD2-tarkkuudella. Näiden jälkeen ensimmäisessä tai toisessa vaiheessa tuotettaisiin puusto, kadut ja maanalaiset johtoverkot. Toisen tai kolmannen vaiheen kohteita olisivat integroidut ominaisuustiedot, kuten käytötarkoitus tai kerrosala ja erilaiset linkitykset muista järjestelmistä. Viimeisessä vai-

heessa kaupunkimalliin tuotaisiin tekstuurit sekä maanalaiset tilat ja tunnelit. (Junttila 2018: 4.)

Infran elinkaarta ei ole aiemmin pidetty yllä kaupunkimallissa, mutta nyt myös se on tarkoitus liittää osaksi kaupunkimallia ja mallin lähtötietoja. Ylläpitoon liittyviä käytännön yksityiskohtia ei vielä ole ratkottu, ja onkin mietittävä, miten suunnitelmat päivittyvät toteutumamalleina kaupunkimalliin tai miten erilaiset korjaukset ja saneeraukset tulevat kaupunkimallia päivittämään. (Westlin 2018.)

Jere Virolainen on selvittänyt insinööriyöhönsä Vantaan 3D-kaupunkimallin ylläpitoa ja sen siirtämistä tiedostopohjaisesta käsittelystä tietokantaan. Käytännössä kaupunkimallin ylläpito on sisältänyt rakennusten tuottamisen laserkeilausaineistosta LOD1- ja LOD2-tasoisiksi kohteiksi Vantaan vanhassa ohjelmistoympäristössä, mikä tarkoittaa Microstation-, FME- ja TerraSolid-tuotteita. Rakennusten ylläpidossa on lisäksi selvitetty mahdollisuutta tuoda uusia rakennuksia kaupunkimalliin rakennuspiirustusten tai rakennusten IFC-mallien perusteella. Muita kuin rakennuskohteita ei vielä ole systemaattisesti mallinnettu erillisiksi kohteiksi, vaan niiden tarkastelussa on hyödynnetty pistepilviaineistoa. (Virolainen 2018.)

Vantaan kaupunkimalli on tallennettu CityGML-formaatissa 3DCityDB-tietokantaan. Virolainen (2018: 31) arvioi, että aineiston saa helpoiten uuden MATTI-järjestelmän ja siinä hyödynnettävän Esrin ArcGIS Pro - ohjelman käyttöön muuntamalla aineistot FME-ohjelmalla standardoituun i3s-formaattiin.

Saastamoisen (2019) mukaan uusien rakennusten tuonti IFC-mallista osaksi kaupunkimallia on tavoitteena, mutta vielä sitä ei ole saatu vakioitua, koska malleissa on niin paljon hajontaa. Tällä hetkellä rakennusten tietomalleista luetaan 3D-rakennuksille tietyt kohdeluokat (ulkokuori, ovet ja ikkunat). Tietomallien luvussa pyritään automatisointiin, mutta vielä se ei onnistu. Lisäksi tietomallien koordinaatisto on usein nollassa eikä oikeassa sijainnissaan. Manuaalinen sijainnin korjaus on mahdollista, mutta ei vielä automatisoitu.

Vantaan erikoisuus on vuonna 2015 julkaistu Microsoftin Minecraft-peliä varten laadittu kuutioista koostuva kaupunkimalli (kuva 18), joka on luotu hyödyntäen olemassa olevia kaupungin paikkatietoaineistoja sekä Maanmittauslaitoksen avointa dataa. Jokainen kuutio pelimaailmassa vastaa kuutiometrin kokoista aluetta todellisuudessa. Malli kat-

taa koko Vantaan, ja se on jaettu seitsemään suuralueeseen, joista jokaisen voi ladata erikseen peliä varten. Minecraft-kaupunkimallia ei päivitetä, se ei ole kattava eikä se vastaa kaikin osin todellisuutta. (Rakenna Vantaata Minecraftissa 2018.)



Kuva 18. Vantaan Minecraft-kaupunkimalli (copyright Vantaan kaupunki)

3.4.6 Tampere

Vuoden 2016 HSY:n paikkatietoseminaarissa Tampereen edustaja tietomallikoordinaattori Rodrigo Coloma esitteli Tampereen avointa kaupunkimallia, josta aineistoa saattoi ladata suunnittelun lähtötiedoiksi DWG-muodossa. Aineistoa on hyödynnetty useissa Tampereen kehitys- ja rakennushankkeissa, kuten rantatunnelissa ja raitiotiehankeissa, ja aineiston päivitysprosessia on automatisoitu. (Coloma 2016.)

Kesäkuussa 2018 Tampere julkaisi Unity 3D -kaupunkimallin, jossa Tampereen keskuksen ja tulevan raitiotien alueelta on tehty pelikoneita ja visualisointia varten optimoitu FBX-formaatin aineisto. Aineisto ei ole riittävän tarkkaa suunnittelun tausta-aineistoksi,

mutta sitä toivotaan hyödynnettävän erilaisten hankkeiden visualisointiin. (Tampereen kaupungin Unity 3D kaupunkimalli. 2018.)

Tampereella hallinnoidaan katuinfraa Novapoint Iris - ohjelmistolla, jonka hyödyntämisestä Jaana Suittio on tehnyt opinnäytetyön vuonna 2013. Suittion mukaan Iriksessä olisi mahdollista tuoda yksityiskohtaista tietoa Tampereen kaupunkimalliin, mutta koska Iriksessä oleva tieto on yksityiskohtaista, sen tuominen kaupunkimalliin tekisi kaupunkimalliaineistosta liian raskasta käyttää. (Suittio 2013.)

4 Tietojärjestelmät

4.1 Nykytila

4.1.1 Ohjelmistot

Järvenpään kaupungin ensimmäinen paikkatietojärjestelmäympäristö kilpailutettiin vuonna 1996, ja se otettiin käyttöön vuonna 1997. Vaikka ohjelmistotoimittajat ovat enimmäkseen pysyneet samoina eikä kokonaisuutta ole sen jälkeen kilpailutettu uudestaan, ohjelmistoympäristö on muuttunut kahdessakymmenessä vuodessa. Tällä hetkellä paikkatietoympäristöön kuuluvat Esrin kuntalisenssin tarjoamat tuotteet, CGI:n Facta-kuntarekisteri, FactaMap-, FactaGIS- ja FactaWebGIS-tuotteet sekä AutoCAD-pohjaiset Civilpoint Oy:n ja Symetrin tuotteet. Lisäksi käytössä ovat KeyAqua-, 3DWin- ja FME-ohjelmat.

Esrin kuntalisenssin tarjoamista tuotteista käytössä ovat ArcGIS Desktopin lisäksi ArcGIS Server, ArcGIS Portal, ArcGIS Online (AGOL), CityEngine, Collector ja ArcGIS Pro. Lisenssin ulkopuolelta on hankittu käyttöoikeus Esrin tuotteeseen Drone2Map for ArcGIS. Sellaisenaan Esrin tuotteita hyödynnetään mm. rajapintojen tarjoamisessa, internetkarttapalvelussa, katuinfran hallintajärjestelmässä, yleiskaavoituksessa ja RPAS-laitteistolla hankittujen aineistojen käsittelyssä.

Asemakaavan pohjakartan ylläpito tapahtuu CGI:n FactaMap-ohjelmalla. Käyttäjälle tuote on samanlainen kuin Esrin ArcGIS, mutta lisätoiminnallisuuksilla. CGI on koodannut Esrin ohjelman päälle omia painikkeitaan helpottamaan mm. pohjakartan ylläpitoa, kiinteistölaskentaa ja toimituskarttojen tekoa. FactaMap ja FactaGIS ovat käytännössä sama ohjelmisto vain hieman erilaisilla käyttöoikeuksilla. Tällä hetkellä Järvenpäässä niiden molempien alustana toimii ArcGIS Desktop versio 10.6. CGI on tekemässä vastaavia toiminnallisuuksia myös ArcGIS Pro -ohjelman päälle. Ohjelman tuotenimi on FactaMap Pro.

FactaWebGIS on CGI:n tarjoama intranetissa toimiva selainpohjainen käyttöliittymä kartta- ja rekisteritietoihin. Myös FactaGIS- ja FactaMap-ohjelmiin on koodattu yhteys CGI:n Facta-kuntarekisteriin, jonne on tallennettuina mm. väestötiedot, kiinteistörekis-

teri, kaavatietoja ja rakennuslupatietoja. Maastomittausten tuomisessa FactaMapiin käytetään 3DWin-ohjelmistoa.

AutoCAD-ympäristössä hyödynnetään Symetrin Fiksu-tuotetta asemakaavojen laadintaan ja Civilpointin Novapoint-ohjelmaa katuinfran suunnitteluun. Järvenpään Vesi käyttää KeyPro Oy:n KeyAqua-tuotetta johtotietojen ylläpitoon. Safe Software Inc:n FME-ohjelmalla tehdään tällä hetkellä eniten formaattimuunnoksia, mutta se mahdollistaa monenlaisia muitakin hyödyntämistapoja ja automatisointeja.

4.1.2 Aineistojen sijainnit ja hyödynnys

Kaavan pohjakartan tietoja ylläpidetään Oracle-tietokannassa. Samaan kantaan tallentuvat myös opaskartta, katuinfran hallintajärjestelmän tiedot, kiinteistötiedot sekä asemakaavahakemisto. Näiden lisäksi Oracle-kantaan tallennetaan muita, suppeampia paikkatietoaineistoja. Myös Facta-kuntarekisterin tiedot ja Novapointin kairauspisterekisterin tiedot tallentuvat Oracle-kantaan, kairauspistetiedot eri instanssiin.

Oracle-kannan lisäksi erilaisia paikkatietoaineistoja tallennetaan P-verkkolevyille Esrin personal- ja FGDB-tietokantoihin sekä tiedostoina shape- ja DWG-formaateissa. Yhteiskäytössä olevat useaa ylläpitäjää tarvitsevat aineistot tallennetaan aina Oracle-kantaan, koska tietokanta mahdollistaa usean henkilön yhtäaikaisen ylläpidon yhdelle aineistolle. KeyAquan johtotietokanta sijaitsee KeyPron tarjoamassa pilvipalvelussa.

Aineistoja käytetään ensisijaisesti ohjelmalla, jolla se on tuotettu, siitä sijainnista ja siinä formaatissa kuin se on tallennettu. Sen lisäksi aineistoja hyödynnetään muissa ohjelmistoissa. Esrin tuotteet avaavat Autodeskin tuotteista tallennettuja DWG-tiedostoja sellaisenaan ja Autodeskin AutoCAD-ohjelmalla voidaan paitsi avata Esrin shape-tiedostoja, myös hakea ajantasaisia ArcGIS-tuotteilla Oracle-kantaan tallennettuja kartta-aineistoja ja tarvittaessa tallentaa niitä DWG-muotoon. Symetri on koodannut AutoCadin päälle sovelluksen nimeltä FiksuFactaMap, jonka avulla kaavan pohjakartan kuvaustekniikka siirtyy AutoCAD-ohjelmiin oikean näköisenä avattaessa aineistoa Oracle-kannasta.

KeyPro:n KeyAqua-ohjelma tarjoaa johtotietoja sekä WMS- että WFS-rajapintojen kautta luettavaksi. Vastaavasti ArcGIS Serverin avulla tarjotaan useita erilaisia rajapintoja, mm. kaavan pohjakartan tiedot KeyAquaan ja ylläpidossa olevia aineistoja AGOLiin.

4.1.3 Kuvaustekniikka

Kaavan pohjakartan kuvaustekniikka on toimitettu Järvenpäälle FactaMap-ohjelman toimituksen yhteydessä. Sen on laatinut CGI senhetkisten kuvausohjeiden perusteella, joita olivat mm. MML:n julkaisut Kaavan pohjakartta 1997 ja Kaavoitusmittausohjeet 2003.

Myös asema- ja yleiskaavojen sekä katusuunnitelmien kuvaustekniikoille on olemassa selkeät ohjeistukset ja määräykset. Muiden aineistojen kuvaustekniikka vaihtelee tarpeen mukaan, niistä ei ole säädelty valtakunnallisesti.

4.2 Tavoite

4.2.1 Ohjelmistot

Koska Järvenpään kaupunkimalliajattelun lähtökohtana on, että muutos ei saisi aiheuttaa isoja investointitarpeita ohjelmistoihin, on selvitetty, miten 3D-kaupunkimallin tuottaminen ja ylläpito onnistuvat nykyisessä ohjelmaympäristössä. 3D-kaupunkimalliin siirtyminen on mahdollista, sillä nykyiset ohjelmistot, niiden kehitys ja Esrin kuntalienssin mahdollistama uusien ohjelmien käyttöönotto tarjoavat riittävästi työkaluja myös tulevaisuudessa.

3D-aineiston monipuolinen hyödyntäminen Järvenpäässä edellyttää siirtymistä nykyisestä ArcGIS version 10.6 alustasta ArcGIS Pro:n käyttöön. Vaikka Järvenpään nykyisen kaavan pohjakartan ylläpitotyökalulla FactaMap-ohjelmalla ylläpidetään x- ja y-koordinaattitiedon lisäksi myös laajalti kohteiden korkeustietoa, FactaMap-ohjelma ei havainnollista korkeutta. Korkeustieto on käytettävissä enemmänkin ominaisuustietotyyppisesti, tietoa pystyy tutkimaan ja muokkaamaan, muttei tarkastelemaan ja visualisoimaan 3D-avaruudessa. Muutenkaan jo pitkään käytössä ollut FactaMapin alustana toimiva Esrin ArcGIS desktop 32-bittisenä ohjelmana ei vastaa niitä vaatimuksia, joita tulevaisuuden 3D-kaupunkimallin ohjelmistoalustalta vaaditaan.

Myös Esri on tiedostanut ohjelmistonsa puutteet ja kehittänyt ohjelmalle seuraajan nimeltään ArcGIS Pro. Se tukee 64-bittistä käyttöjärjestelmää ja tarjoaa aidosti kolmiulotteisen tarkastelunäkymän, jossa aineistoa voi visualisoida, muokata ja analysoida ja

jonne voi tuoda kolmiulotteisia kohteita, kuten rakennusten tietomalleja. Kolmiulotteinen tarkastelunäkymä on perusedellytys 3D-kaupunkimallin ylläpidon näkökulmasta.

Esri kehittää ArcGIS Pro:ta laajoilla resursseilla nopeassa tahdissa; uusin versio ArcGIS Pro 2.4 julkaistiin kesäkuussa 2019. Monien kolmiulotteisuuden liittyvien ominaisuuksien kehittämisen lisäksi uusimmassa versiossa on panostettu BIM-mallien tukeen. Versio 2.4 lukee Data Interoperability - laajennuksen tai FME:n kautta tuotuja IFC-versioita IFC2x, IFC2x2, IFC2x3 ja IFC4 sekä Autodeskin Revit-ohjelman versioiden 2012–2019 rvt-päätteisiä tiedostoja suoraan. Revit 2020 -version tiedostojen tuki on tavoitteena ArcGIS Pro v. 2.5 -julkaisussa. Lisäksi ArcGIS Pro 2.4 -versioon on mm. lisätty lisää tukea huoneille 3D-kohteina sekä erilaisille kolmiulotteisille sähkö- ja johtokohteille. (What versions of CAD and BIM are supported in ArcGIS? 2019.)

Tällä hetkellä ArcGIS Pro ja CGI:n sen päälle tekemä tuote FactaMap Pro on asennettuna muutamille koneille testikäyttöä varten. Jo nyt osa FactaGISilla tehtävästä työstä voitaisiin tehdä pelkästään FactaMap Prolla. Se, millä aikataululla Järvenpäässä voidaan siirtyä pelkästään ArcGIS Pron käyttöön ja luopua vanhasta alustasta, riippuu CGI:n kehitystyöstä. Tämänhetkinen arvio FactaMap Pron valmistumisesta riittävän valmiiksi tuotantokäyttöä ajatellen asettuu vuoden 2020 alkupuolelle. Sitä ennen FactaMap Pron käyttöä edistetään niissä tehtävissä, joissa voidaan kouluttamalla henkilöstöä ja tiedottamalla uuden alustan tarjoamista mahdollisuuksista.

Järvenpään vielä tällä hetkellä jossain määrin testiympäristönäkin toimiva 3D-kaupunkimallialusta sijaitsee pilvessä, Esrin AGOL-ympäristössä. AGOL pystyy hyödyntämään paitsi sinne tallennettuja aineistoja, myös erilaisia rajapintoja sekä omasta ympäristöstämme julkaistuja palveluita. AGOL:ssa on helppo julkaista erilaisia karttapalveluita, sekä kaksi- että kolmiulotteisia, tarpeiden mukaan. Järvenpään nykyinen internetin karttapalvelu kartta.jarvenpaa.fi on julkaistu AGOL:n 2D-alustalla.

AGOL soveltuu erinomaisesti erilaisten 3D-aineistojen esittelyyn, oli kyse sitten kaavan rakennusmassoista, yksittäisestä rakennuksen 3D-mallista tai tiesuunnitelmien havainnollistamisesta. Testausmielessä erilaisia kaavoitus- ja rakennushankkeiden visualisointeja varten 3D-kaupunkimallinäkyymiä on julkaistu useampia ja tällä hetkellä suunnitellaan, miten 3D-havainnollistaminen AGOL:ssa otettaisiin automaattiseksi osaksi suunnitteluprosesseja.

Vaikka 3D-kaupunkimallijulkaisuja on tehty useita erilaisia, niitä ei ole julkaistu virallisesti esimerkiksi linkittämällä kaupungin internetsivuille. Yhtä ensimmäisistä kaupunkimallitestauksista pystyy kuitenkin tarkastelemaan selaimella osoitteessa <http://www.arcgis.com/home/webscene/viewer.html?webscene=321d7449d097422ba9e40850ccc0355a>. Palvelu (kuva 19) on nähtävissä julkisesti ilman salasanoja, mutta koska se on edelleen vahvasti kehitteillä, osoitetta ei ole virallisesti julkaistu kuntalaisille. Luottamusmiehille ja muille kiinnostuneille tehtyjä 3D-kaupunkimallihavainnollistamisia on esitelty satunnaisesti joidenkin kehityshankkeiden yhteydessä.



Kuva 19. Järvenpään kaupunkimallin nykytilanne LOD2-tasoisine rakennuksineen ilmakuvan päällä esitettynä. Copyright Järvenpään kaupunki.

Ensimmäiset kaupunkimalli ympäristön testaukset on tehty AGOL:n Web Scene -pohjalle global-ympäristössä (kuva 20), jolloin malli on asemoitunut koko maapallolle ja käyttää alustanaan Esri:n tuottamaa pintamallia. Mallin pohjana Suomen alueella Esri käyttää Maanmittauslaitoksen laserkeilausaineistoa. Local-ympäristössä olisi ollut mahdollista käyttää pintamallina kaupungin omaa, vuonna 2015 teetettyä tarkempaa laserkeilausaineistoa, mutta tiettyjen koordinaatistovaatimusten ja muiden local-

ympäristöön liittyvin rajoitusten takia ympäristöä ei vielä silloin voitu ottaa käyttöön. (Pajukoski 2017.)



Kuva 20. Järvenpään ja Keravan yhteisellä RPAS-laitteella tuotettu pistepilviaineisto tuotuna global-ympäristöön. Copyright Järvenpään kaupunki.

Myöhemmin, AGOLin kehittyessä, on saatu myös oma laserkeilausaineistomme vietyä pintamalliksi local-ympäristöön. Tavoitteena on, että myös uusin, toukokuun 2019 ilmakuvausten laserkeilaus- ja ilmakuvausaineisto tuotaisiin pohja-aineistoksi nimenomaan local-ympäristöön ja kaupunkimallijulkaisuja tehtäisiin sen päälle. Kevään 2019 kuvauksista ei tilattu viistoilmakuvia, vaan päätettiin hyödyntää vuoden 2017 viistoilmakuvia ja uusien kohteiden osalta RPAS-kuvausaineistoja. (Markkanen 2019a; Pajukoski 2019a.)

Sekä AGOL- että ArcGIS Pro -ympäristöissä on omat hyvät ja huonot puolensa kaupunkimallin tarkastelun kannalta. ArcGIS Pro hyödyntää paremmin erilaisissa koordinaattijärjestelmissä olevia aineistoja, joita AGOL ei aina pysty näyttämään. AGOL taas vaikuttaisi olevan jonkin verran ripeämpi pyörittämään raskaampia aineistoja, kuten laajoja pistepilviä. Tämä liittyy AGOLin kykyyn tarjota aineistoja, koska myös ArcGIS Prossa pistepilven luku AGOL-palvelusta on nopeampaa kuin suoraan kovalevyiltä. (Pajukoski 2019a.)

ArcGIS Pro ja AGOL:n lisäksi Esrin kuntalisenssi mahdollistaa kolmannen vahvasti 3D-kaupunkimallia tukevan ohjelman, CityEnginen, hyödyntämisen. CityEngine on ensisijaisesti tarkoitettu laajojen rakennettujen alueiden 3D-suunnitteluun mallipohjaista kirjastoa hyödyntäen. Sitä voidaan hyödyntää niin kaavojen kuin puisto- tai tiesuunnitelmienkin havainnollistamiseen. Järvenpäässä käyttö on kuitenkin tähän asti painottunut lähinnä ohjelman mahdollistamien formaattimuunnosten hyödyntämiseen. Sen kautta on tuotu mm. SketchUp-hjelmassa tallennettuja Wavefrontin OBJ- tai Colladan DAE-tiedostoja multipatcheiksi AGOL- ja ArcGIS Pro -ympäristöihin. (Pajukoski 2017.)

Sittemmin, ArcGIS Pro ominaisuuksien kehittyttyä, CityEngineä ei ole enää tarvittu formaattimuunnoksiin. Tällä hetkellä vaikuttaa, että CityEngine-ohjelmaa ei Järvenpäässä välttämättä tarvita laajempaan kaupunkimallin ylläpitoon siirryttäessä, koska 3D-suunnitteluun on tarjolla myös muita, suunnittelijoille tutumpia ja helpompikäyttöisemmiksi koettuja ohjelmistoja, kuten Trimblen SketchUp ja Autodeskin Infravorks. Niistä kaavasuunnitelmia ja massamalleja saadaan tuotua osaksi kaupunkimallia formaattimuunnosten kautta. (Pajukoski 2019a.)

Kuntalisenssin ulkopuolelta Esrin tuotteista Järvenpäässä on lisäksi käytössä Drone2Map, jota käytetään RPAS-kuvausaineistojen käsittelyyn. Ohjelmalla voidaan tuottaa lennolla otetuista kuvista ortomosaiikki, pintamallit DTM ja DSM, värjätty ja valokuvan analysoinnilla automaattisesti luokiteltu fotogrammetrinen pistepilvi sekä fotorealistinen kolmioverkkomalli. Kaikkia edellä mainittuja tuotteita voidaan tarkastella muun kaupunkimallin seassa AGOL:ssa ja ArcGIS Pro -ohjelmassa. (Pajukoski 2019b.)

Pistepilvien jatkotyöstämisen ja automatisoidun teksturointien teon rakennuksille mahdollistavat Terrasolidin tuotteet TerraScan, TerraModeler ja TerraPhoto. Tuotteet on hankittu Järvenpäähän aivan vuoden 2018 lopussa, mutta niiden käyttöä ei vielä ole ehditty testata. Tämänhetkisen tiedon perusteella TerraSolin tuotteet sopivat erityisen hyvin teksturoitujen LOD2-rakennusgeometrioiden tuottamiseen isona massana. Lisäksi tuotteita on tarkoitus käyttää tekstuuriin parannukseen jo olemassa oleville geometrioille, erityisesti 3D-rakennusten julkisivujen tuottaminen joukkoistamalla -Kiradigi-hankkeesta saaduille kuville. (Pajukoski 2019b.)

Rakennusten BIM-malleja ei Järvenpään kaupungilla itse tehdä, mutta rakennusvalvonnassa niitä tarkastellaan päivittäin. Rakennusten tietomallit on yleensä tehty joko ArchiCad-, Revit- tai 3ds Max -ohjelmilla ja ne tallennetaan rakennusluvan haun yhtey-

dessä Lupapisteeseen. BIM-mallien oikeellisuus tarkistetaan Solibrin Model Checker -ohjelmalla ja niiden soveltuvuutta ympäristöönsä tarkastellaan mm. Sova3D:n tarjoamassa Lupapisteen 3D-karttasovelluksessa. Kaupunkikuvallisesti tai taloudellisesti merkittävät hankkeet on tuotu myös AGOL-ympäristöön, jolloin niitä ovat voineet tarkastella myös ne tahot, jotka eivät Lupapistettä käytä. AGOLissa on myös käytettävissä laajemmin erilaisia tausta-aineistoja, kuten luontotietoselvityksiä.

FME-ohjelmaa on tähän asti hyödynnetty lähinnä formaattimuunnoksissa, mutta se mahdollistaa myös erilaisia automatisointeja ja ajastettuja aineiston käsittelyajoja. On vielä tarkentamatta, mitä kaikkea automatisoiduilla ajoilla voitaisiin tehdä, mutta todennäköisesti tiedonsiirto suunnitelmista, toteutumista tai rakennusten tietomalleista osaksi kaupunkimallia voisi olla yksi käyttötapa.

4.2.2 Sijainnit ja hyödyntämistavat

Tällä hetkellä vaikuttaa, että kaupunkimallin ylläpitoon siirtyminen ei tuo välitöntä tarvetta olemassa olevien aineistojen sijaintien muuttamiseksi. Oracle-tietokanta, verkkolevyt ja tarvittaessa AGOL toimivat jatkossakin Järvenpään 3D-kaupunkimallin lähtöaineistojen tallennuspaikkoina.

Se, miten uusien lähtöaineistojen, kuten rakennusten tai katusuunnitelmien tietomallien hallinta organisoidaan tai minne ne tallennetaan, on pitkälti auki. Suunnitelma-aineistot eivät voi sellaisenaan olla kaupunkimallin lähtötietoja, joten toteumamallien tai työmaamittausten saaminen pitää varmistaa. Erittäin todennäköinen hyödyntämistapa tulee olemaan suunnitelmamallien ja maastomittausten yhdistäminen, niin että niistä yhdessä saadaan kaupunkimallin päivittämistä varten tarvittava tieto.

Oman haasteensa tuo rakennusvalvonnan vahva sitoutuminen Lupapisteeseen, jolloin rakennusten tietomallit tallentuvat luvanhakuvaiheessa Lupapisteen arkistoon, eivätkä Järvenpään tietojärjestelmiin. Niinpä rakennusten tietomallien siirtyminen automatisoidusti kaupunkimallin ylläpidon käyttöön pitää miettiä erikseen. Tämä vaatimus pätee myös toisinpäin, sillä Lupapisteen 3D-kartalle, tuotenimeltään s3Dmaps, pitää pystyä tarjoamaan tausta-aineistoksi ajantasaista Järvenpään kaupunkimalliaineistoa. Se tulee aiheuttamaan vaatimuksia formaattimuunnoksiin ja rajapintapalveluihin, mutta vaatimusten laajuus on vielä suurilta osin auki.

Tietokantaan tarvitaan joitain rakenteellisia muutoksia, jotka voidaan tehdä tarvittaessa itse. Oracle-tietokannan rakenteen pitää jatkossa mahdollistaa multipatch-kohteiden tallennus. Samalla, kun kantaan tehdään muutoksia, on syytä tarkistaa, että korkeustieto on mahdollistaa tallentaa myös niille kohteille, joille sitä ei aiemmin ole kerätty.

Vaikka itse 3D-kaupunkimalli ei vaikuta tuovan paineita muuttaa aineistojen käyttötapoja, ohjelmistokehityksen myötä muutoksia tulee. Tällä hetkellä käyttäjät hyödyntävät FactaGIS-ohjelmassa lyr-tiedostoja, joihin on tallennettu tieto aineiston sijainnista ja esitystavasta. Vaikka FactaMap Pro tukee myös lyr-tiedostojen käyttöä, erilaisten aineistopalveluiden hyödyntäminen tulee enenevässä määrin korvaamaan muuta aineistojen käyttöä.

4.2.3 Kuvaustekniikka

Vielä tällä hetkellä ei ole olemassa kansallista mallikirjastoa tai kuvaustekniikkaohjeistusta kaupunkimallille, joita Suomen kunnissa pitäisi kaupunkimallia esittäessä noudattaa. Myöskään Järvenpään kaupungissa ei ole tehty mitään virallisia linjauksia siitä, millaisia asioita kaupunkimallin pitää esittää tai miten ne esitetään. Niinpä esitettävien kohteiden ja kuvaustekniikan määrittely voidaan tehdä tapauskohtaisesti kutakin käyttötarkoitusta varten erikseen tarkoituksenmukaisimmalla tavalla. Oleellista on, että lähtötiedon sijainti- ja ominaisuustiedot ovat oikein, niin kuvautuvuutta voidaan säädellä niiden perustella halutuilla tavoilla.

Kaupunkimallin tähän mennessä testatuissa käyttötapauksissa oleellisimmat kaksi aineistoa ovat olleet pistepilvestä muodostunut maanpinta sekä LOD2- tai LOD3-tasoiset rakennukset. Rakennusten teksturointi ja ilmakuva esittäminen maanpinnassa ovat olleet näytävyyttä huomattavasti parantavia tekijöitä. Kasvillisuudesta isoja, huomattavia puita on esitetty yksittäisiä symbolikohteina, mutta muuten kasvillisuuden esittäminen värjättyinä pistepilvenä on ollut riittävää.

Vähemmän kokemusta on mm. aitojen, pylväiden ja maanalaisten johtojen esittämisestä osana kaupunkimallia. Niiden mallinnustarve ei vielä ole ollut niin selkeä, mutta ainakin joissain tapauksissa niitäkin varmaan halutaan esittää yksittäisinä kohteina.

Selkeästi kaksiulotteisten kohteiden, kuten maanpintaa pitkin kulkevien kiinteistörajojen, tai kaavamääräysten esittäminen vaikuttaa tällä hetkellä selkeältä. Ne projisoidaan maanpintaan maanpinnan muotojen mukaisesti.

Kuvaustekniikkaa määriteltäessä kannattaa hyödyntää ohjelmiston tarjoama mittakaava- ja näkymärajausmahdollisuus, jolloin näytölle ei piirretä kaikkea mahdollista tietosisältöä valituilta tasoilta, vaan näkymää rajataan joko mittakaavan tai näkymäetäisyyden mukaan. Rajausten käyttö tehostaa aineiston tarkastelua huomattavasti.

5 Tuottaminen ja ylläpito

5.1 Kaavan pohjakartan tuottaminen ja ylläpito

Järvenpään kaupungin digitaalinen kaavan pohjakartta viitemittakaavassa 1:500 kattaa koko kaupungin alueen, n. 40 km². Se on alun perin tuotettu kolmessa osassa vuosina 2002–2004 toteutetuilla ilmakuvauksilla, joita täydennettiin Lahden oikoradan valmistuttua sen alueen osalta ilmakuvauksella vuonna 2007. Ilmakuvauksista muodostettua karttaa täydennettiin tarvittavin osin maastomittauksilla. Kartastouudistuksen valmistuttua aloitettiin kartan jatkuva ylläpito omana työnä käyttäen mittausvälineinä takymetri- ja satelliittilaitteistoja. (Markkanen 2019a.)

Rakennusten osalta aineisto on hyvinkin ajantasaista rakennusvalvonnan edellyttämien sijaintikatselmusten takia. Muutoin seurataan uusien kohteiden valmistumista ja järkevää päivityksen ajankohdan ajoittamista rakentamishjelmien perusteella, keskeneräisiä kohteita ei käydä mittaamassa kuin erityisistä syistä. Asemakaavan laatimista tai muutakin suunnittelua ja rakennuslupia varten tarvittavaa karttaa varten tehdään vielä erillinen ajantasaisuuden tarkistus ja tarvittaessa kartan päivitys. Päivitystarvetta voidaan arvioida käytössä olevien ilmakuva-aineistojen (orto- ja viistokuvat) sekä katunäkymäkuvien perusteella. Suurin osa kohteista ei vaadi maastotarkistusta ja sen myötä tulevaa pohjakartan päivitystä. (Markkanen 2019a.)

Uusimpana kaavan pohjakartan ylläpitomenetelmänä tutkitaan RPAS-laitteistolla kesällä 2018 tuotetun aineiston käyttämistä kartan ylläpitämiseen. Selvittelyn pohjana hyödynnetään Keravan kaupungin maanmittausinsinööri Olli Kunnaksen insinööriyötä laitteiston hyödyntämisestä kaavan pohjakartan ylläpidossa (Kunnas 2018). Näiden lisäksi toukokuun 2019 ilmakuvauksesta saatujen ortokuvien ja korkeusmallin käyttämisestä kaavan pohjakartan ylläpitoon selvitetään. (Markkanen 2019a.)

Järvenpään asemakaavoitetun alueen kiinteistörekisteriä ylläpitää Järvenpään kaupunki. Pohjakartan kiinteistötietojen päivitys tapahtuu tältä osin toimitusten rekisteröintien yhteydessä. Asemakaava-alueen ulkopuolisen alueen tietojen päivittämistä varten kaupunki saa tiedot toimituksista kiinteistörekisteriä pitävältä Maanmittauslaitokselta.

5.2 3D-kaupunkimallin muodostaminen

5.2.1 Lähtöaineistot

Järvenpään kaupungin alueelle hankittavien aineistojen hankintaa helpottaa Järvenpään kompakti koko. Erilaiset konsulteilta hankittavat lähtöaineistot, kuten ortoilmakuvat, pistepilvet ja katunäkymät, on taloudellisesti järkevää hankkia kerralla koko kaupungin alueelta. (Markkanen 2019a.)

Järvenpään kaupunkimallin voidaan ajatella koostuvan maapintamallista, teksturoidusta rakennuksista LOD2-tarkkuudella, puustosta, kaduista sekä maanalaisista johtoverkoista, tiloista ja tunneleista. Kaikista kohteista voidaan esittää niihin suoraan tai linkityksen kautta liittyviä ominaisuustietoja. Myös aineistot, joilla ei ole korkeustietoa, voidaan tuoda osaksi korkeusmallia projisoimalla ne maanpintaan tai johonkin muuhun haluttuun korkeuteen, maanpinnan ylä- tai alapuolelle.

3D-kaupunkimallin perusta, maapintamalli, perustuu Järvenpäässä vuoden 2015 ilmakuvausten yhteydessä mitattuun laserkeilausaineistoon. Laserkeilattu pistepilvi kattaa koko Järvenpään alueen ja on sellaisena käytössä kaupunkimallin alustana. Sen lisäksi pilvi on pilkottu 1 km x 1 km:n ja 300 m x 200 m:n ruutuihin. Pistepilviruutuja hyödynnetään suunnittelussa, kun tarvitaan maapintamalli pienemmältä alueelta.

Kaupunkimallin tausta-aineistoiksi on tuotu mm. kaavan pohjakartta ja ortoilmakuvia eri vuosilta. Lisäksi on testattu lennokilla tuotetun fotorealistisen kolmioverkkomallin lisäystä näkymään sekä kiinteistöjen ja rakennusten linkittämistä kuntarekisteritietoihin, jolloin kohdetta osoittamalla saa lisätietoja, kuten kiinteistötunnuksen tai rakennuksen kerrosluvun (kuva 21). (Pajukoski 2017; Pajukoski 2019b.)



Kuva 21. Kuntarekisterin tiedot linkitettyinä LOD2-tasoiseen rakennukseen, tausta-aineistona kaavan pohjakartta (Pajukoski ym. 2017: 14).

Vaikka näyttävää 3D-kaupunkimallia ei vielä pelkillä kaavan pohjakartan tiedoilla muodosteta, ovat ne kuitenkin oleellinen osa kaupunkimallin lähtötietoja. Sieltä ovat saatavilla niin teiden kuin rakennustenkin sijainnit sekä merkittävät puut. Kaikkia kaavan pohjakartalla esitettäviä tietoja ei kaupunkimalliin kannata tuoda, mm. korkeuskäyrät ja -luvut korvautuvat maanpintamallilla, mutta tapauskohtaisesti kaavan pohjakartan aineistoa kannattaa hyödyntää laajemminkin.

Kaupunkimallia voidaan tarkastella sekä AGOL- että ArcGIS Pro -ympäristöissä. Molemmissa on saatu käyttöön vuoden 2015 laserkeilausaineistosta muodostettu maastomalli (DTM), luokiteltu pistepilvi, ortoilmakuvia, LOD2-tasoiset rakennukset sekä fotorealistinen kolmioverkkomalli koko kaupungin alueelta. Lisäksi ArcGIS Prohon on saatu vietyä LandXML-muotoisesta katusuunnitelmasta suunniteltu maanpinnan kolmioverkko (TIN). AGOL-ympäristöön LandXML-formaatin tuomista ei vielä ole testattu. On suunniteltu, että LandXML-tiedostoista saatava suunniteltu maanpinta tallennettaisiin

Esrin ympäristöön, jolloin voitaisiin tarvittaessa esittää suunniteltu maanpinta varsinaisen maanpinnan päällä osana kaupunkimallia. (Pajukoski 2019a.)

Sekä rakennusten tekstuurien että KeyAquassa tallennettuina olevien Järvenpään Veden johtotietojen tuonti osaksi kaupunkimallia on testaamatta. Tekstuurien osalta kaupunkimallin osaksi tuominen liittyy CityGML-formaatin lukemisen testauksiin. Johtotiedot ovat tarjolla rajapinnassa sekä WFS- että WMS-formaateissa, joten niiden lukeminen onnistuu, mutta on auki, miten korkeustiedot siirtyvät. On epävarmaa, onko johdoille tallennettu korkeustieto niin, että se on saatavilla rajapinnan kautta ja hyödynnettävissä johtotietojen esittämisessä. (Pajukoski 2019a.)

Järvenpään katuinfran hallintajärjestelmässä on tietoa sekä puustosta että katuinfra, joita voidaan esittää sopivasti visualisoituina osana kaupunkimallia. Puuston esittämisestä on kokemusta, mutta halutaanko esimerkiksi katupenkkejä tai roskiksia visualisoida osaksi kaupunkimallia, on miettimättä. Tällä hetkellä vaikuttaa, että ne toisivat lisäarvoa lähinnä joissain erittäin yksityiskohtaisissa tarkasteluissa.



Kuva 22. Helsingintien alikulku tie- ja rautatiesiltojen kohdalta esitettynä AGOL:ssa. Copyright Järvenpään kaupunki.

Katuinfran hallintajärjestelmän katutietoja ei nykymuodossa nähdä tarpeelliseksi tuoda osaksi kaupunkimallia, mutta niiden tarkastelu kolmiulotteisessa ympäristössä on mahdollista ja mahdollisesti katukunnossapitoa kiinnostavaa. Sen sijaan katuinfran hallintajärjestelmän nykyisin tietosisällöltään melko suppea siltarekisteri toisi kehittyessään

kaupunkimalliin visualisointiin huomattavaa parannusta. Jos tällä hetkellä pistemäisistä kohteista koostuva aineisto sisältäisikin siltojen BIM-mallit, alikulut ja muut erikoisrakenteet, olisiko ne mahdollista esittää havainnollisena osana kaupunkimallia? Tällä hetkellä tiedot tippuvat siltojen kohdilla maanpinnan korkeuteen, mikä näyttää omituiselle (kuva 22).

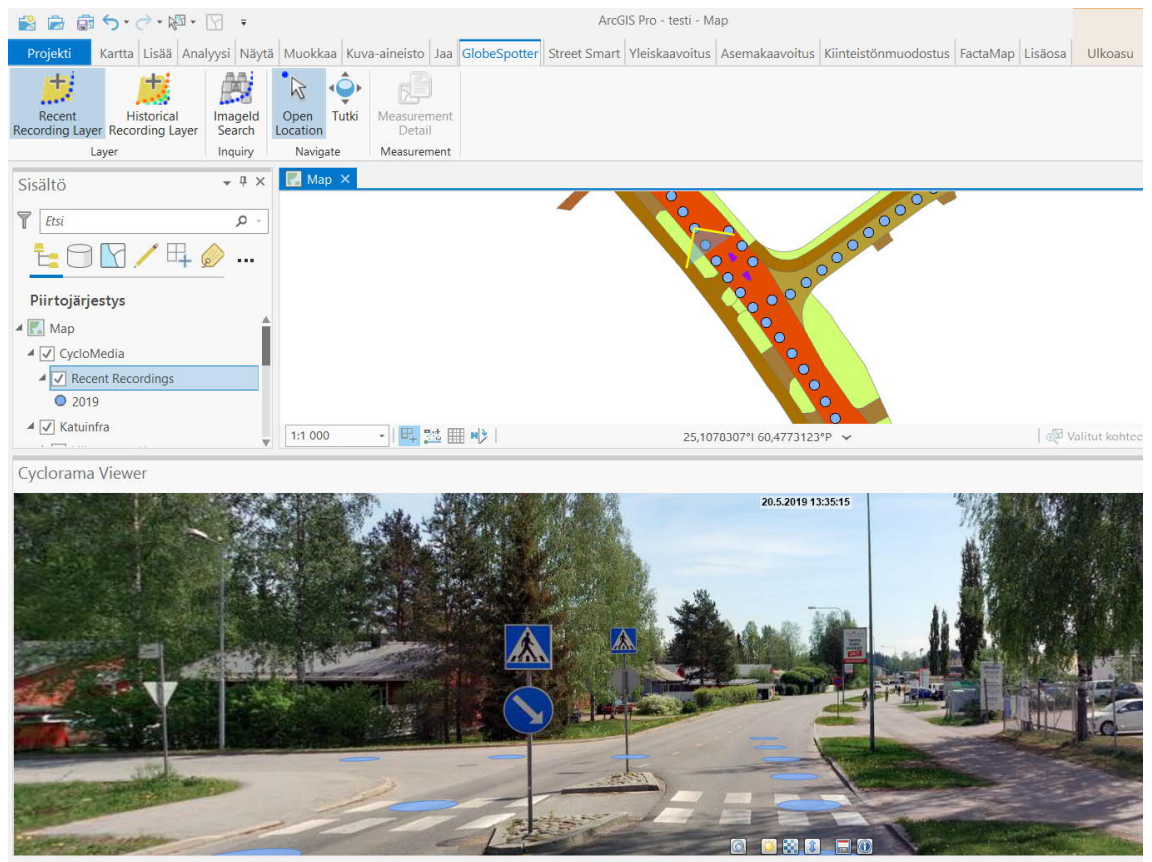
Kaupunkimallin tausta-aineistona käytettävässä fotorealistisessa kolmioverkkomallissa on omat haasteensa. Drone2Map-ohjelmasta saatava tietyn kohteen kolmioverkkomalli tallentuu tällä hetkellä vain WGS84-koordinaatistoon, eikä Järvenpäässä käytössä olevan ETRS-GK25-koordinaatistoon. Koko kaupungin kattava lentokoneesta kuvattu kolmioverkkomalli taas kattaa koko Järvenpään alueen, eikä sitä voida meillä tällä hetkellä käytössä olevilla ohjelmilla editoida tai pilkkoa niin, että vain osa olisi näkyvissä. Luokiteltu pistepilvi on paremmin käsiteltävissä. (Pajukoski 2019a.)

Tähän asti käytetty laserkeilausaineisto on perustunut vuoden 2015 kuvauksiin, vuonna 2017 suoritettiin ilmakeilaus ilman laserkeilausta. Toukokuussa 2019 tehdyn uuden ilmakeilauksen ja laserkeilauksen aineistot saataneen käyttöön alkusyksystä 2019, jolloin kaupunkimallin alustaksi voidaan ottaa käyttöön uusi maanpintamalli. Aineisto mahdollistaa myös LOD2-rakennuksien teon uudestaan ajantasaisemmalla aineistolla sekä teksturointien päivityksen uudemmille rakennuksille. Luokiteltu pistepilvi antaa kaupunkimallille näyttävyyttä varsinkin kasvillisuuden esittämisen osalta.

Kuten kaavan pohjakarttaa, myös kaupunkimallia voidaan päivittää lentokoneesta tehtyjen ilmakeilausten lisäksi takymetri- ja satelliittilaitteistoilla tehdyillä mittauksilla. RPAS-kuvausten käyttäminen uusien rakennettujen alueiden päivityksessä tuo mahdollisuuden hyödyntää ilmakeilauksia, fotogrammetrisia pistepilviä ja kolmioverkoja muutuneilta alueilta. Omia kannettavia tai RPAS-laitteesta käytettäviä laserkeilaimia Järvenpäässä ei vielä ole käytössä, mutta niiden hankintaa harkitaan. Laserkeilainten käyttöönotto toisi nopean päivitysmahdollisuuden kaupunkimalliin.

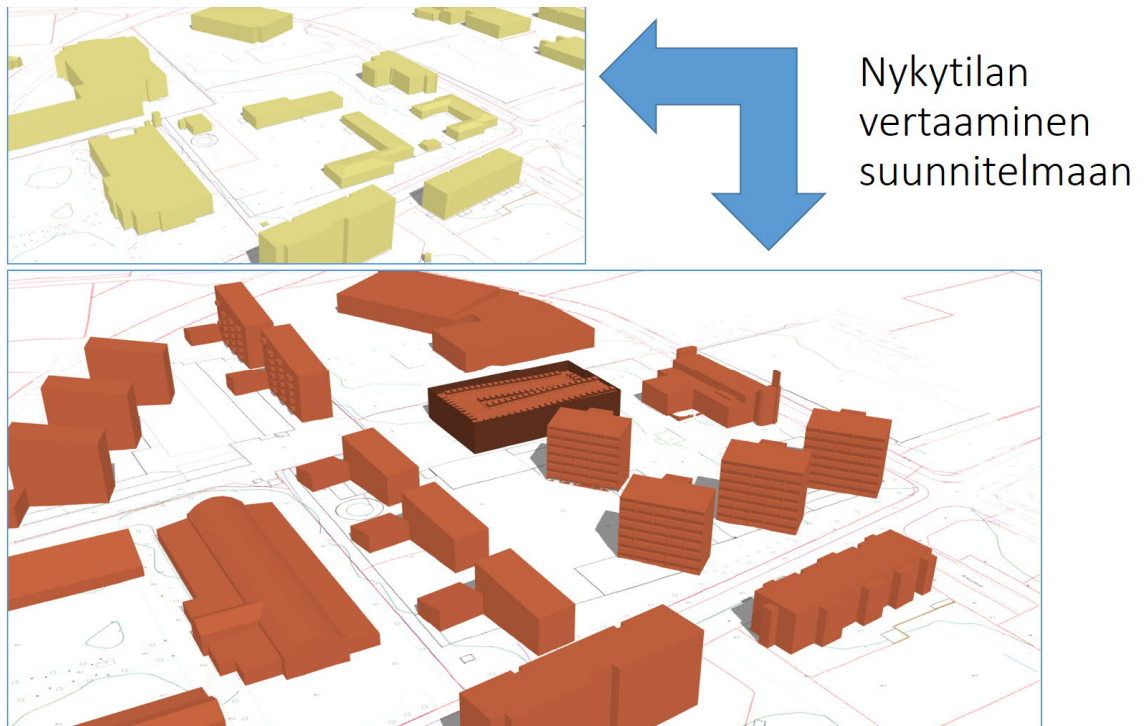
Erityisesti katukunnossapidon seurannan tarpeita varten Järvenpäässä suoritettiin BlomSTREET-katunäkymäkuvaus toukokuussa 2019. Aineistoa hyödynnetään myös muussa kaupungin toiminnassa, kuten maastokäyntien korvaajana. Aiempi katunäkymäkuvaus on vuodelta 2016. Katunäkymäkuvat ovat tarkasteltavissa paitsi toimittajan omassa selainpohjaisessa sovelluksessa, myös Esrin tuotteissa. Tähän asti katunäky-

mäkuvia on hyödynnetty vain 2D-näkymissä (kuva 23), mutta ne on mahdollista tuoda myös osaksi ArcGIS Pro-ohjelman 3D-näkymiä, antamaan lisätietoa ympäristöstä.



Kuva 23. BlomSTREET-katunäkymäkuvausaineiston tarkastelua ArcGIS Pro -ohjelmassa. Copyright Järvenpään kaupunki.

Suunnitelmätiedon tuominen osaksi kaupunkimallia on oleellista paitsi silloin, kun halutaan havainnollistaa suunnitelman tuoman muutoksen aiheuttamaa vaikutusta kaupunkikuvaan, myös silloin kun suunnitelman mukainen muutos on jo tehty ja se pitäisi saada helposti päivitettyä osaksi kaupunkimallia ja muuttunutta kaupunkikuvaa. Järvenpäässä kaavoittajat käyttävät sekä SketchUp- että Infracore-ohjelmia. Molemmilla ohjelmilla tehdyt suunniteltujen asemakaavojen mukaiset rakennusten massamallit voidaan tuoda formaattimuunnosten kautta osaksi kaupunkimallia ja näin visualisoida suunnitelmia (kuva 24). Tarvittaessa kaupunkimalliin voidaan tuoda joko koko kaavan rakennusmassa tai vain osia siitä.



Kuva 24. Tuomalla kaavan mahdollistama rakennusmassa osaksi kaupunkimallia voidaan havainnollistaa kaavamuutoksen vaikutusta kaupunkikuvaan (Pajukoski 2018b: 12).

LandXML-muotoisista katujen tietomalleista on saatu tuotua suunniteltu maanpintamalli osaksi kaupunkimallia samoin kuin rakennusten tietomalleja on esitetty kaupunkimalliympäristöön upotettuina. Molempien tietomallien anti suunnitteluvaiheessa vaikutusten havainnollistamiseksi on tärkeää, mutta niiden suora hyödyntäminen kaupunkimallin ylläpidossa on haastavaa. Koska kyse on suunnitelmasta, toteuma harvoin on täysin sen mukainen.

Katusuunnitelmien toteumien päivittyminen kaupunkimalliin tapahtunee jatkossa työmailla suoritettujen tarkemittausten perusteella. Kaupunkimalli ympäristöön tuodut suunnitellut pintamallit kannattaa kuitenkin tallentaa omaksi tasokseen, josta ne voi halutessaan ottaa näkyviin ja osaksi kaupunkimallia. Aika näyttää, koska koneohjaus työmailla tulee yleistymään ja etenemään niin pitkälle, että toteutumamallit saataisiin sitä kautta ylläpitoaineistoksi.

Rakennusten tietomalleja tuodaan eri ohjelmistoista IFC-formaatissa. Suomessa yhtenä yleisimpänä suunnitteluohjelmistona toimii Graphisoftin ArchiCAD, mutta myös Autodeskin Revit- ja 3ds Max -ohjelmistoja käytetään. Sekä ArchiCAD- että 3ds Max -ohjelmistoista rakennusten tietomallit saadaan tuotua formaattimuunnosten kautta,

joko OBJ-, DAE- tai IFC-formaateissa. Autodeskin Revit-ohjelmasta rakennusten tietomalleja olisi mahdollista tuoda Esrin ympäristöön suoraan ohjelman omassa formaatissa, mutta sen tuomista ei ole testattu, koska kaupungille ei vielä ole toimitettu sopivaa rakennuksen tietomallitiedostoa ko. formaatissa. (Pajukoski 2019a.)

BIM-mallien lisäys kaupunkimalliin ei vielä ole onnistunut automaattisesti, koska tietomallien sijainti ei yleensä osu oikeaan sijaintiin koordinaatistossa, vaan ne joudutaan asemoimaan manuaalisesti. Ongelma on tiedostettu ja Järvenpään kaupungille on palkattu henkilö tekemään ohjeistusta suunnittelijoille oikean sijainnin saamiseksi suunniteltaessa rakennuksia ArchiCAD-ohjelmalla. (Pajukoski 2019a.)

Revit-tiedostoja käyttämällä voitaisiin ehkä välttää IFC-tiedostojen sijaintiongelma, vaikka voi olla, että rakennussuunnittelijat eivät vain ole tottuneet suunnittelemaan rakennuksia oikeassa koordinaatistossa, joten käytetty ohjelma ei lopputulokseen vaikuta. Käytännössä asemointi suunniteltujen rakennusten valmistuttua perustuu rakennusten sijainnin tarkistusmittauksiin, joiden perusteella voitaisiin tuoda rakennuksen tietomallin kuoret oikeaan sijaintiin, mieluiten toteumamallista, jos sellainen on saatavilla.

BIM-mallien tarkastelu



Kuva 25. Esimerkki kaupunkimalliin tuodun suunnitellun rakennuksen tietomallin tietojen tarkastelusta (Pajukoski 2018b: 15).

IFC-malleista voidaan tuoda kaupunkimalliin joko kaikki siirtyvät tiedot (kuva 25), tai valittuja elementtejä, kuten katto ja seinät, ovet ja ikkunat. Kaupunkimallin yläpidon ja uusien rakennusten päivittämisen näkökulmasta olisi perusteltua tuoda jonkin verran

pelkistetty rakennuksen tietomalli, pelkästään rakennuksen kuoret, jolloin mallin koko ei kasvaisi liian suureksi ja suotta vaikeuttaisi mallin hyödyntämistä. Vaikka rakennuksesta esitetäänkin kaupunkimallissa vain kuoret, voidaan siihen linkittää alkuperäinen yksityiskohtainen IFC-malli aukeamaan eri ohjelmassa, jolloin tarvittaessa päästään käsiksi rakennuksen tarkempiin tietoihin.

5.2.2 Toimintamalleja

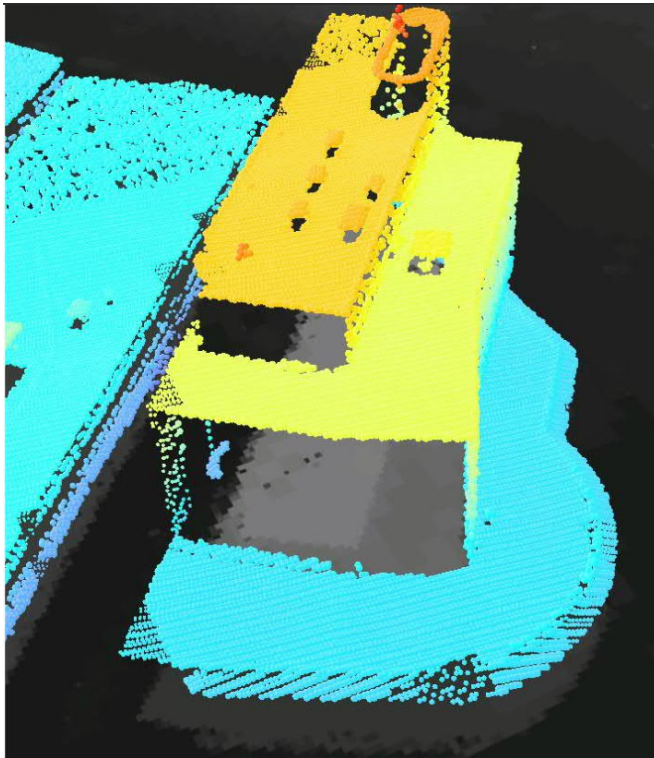
Useiden, jo aiemmin olemassa olleiden lähtöaineistojen tuottaminen ei juurikaan muutu siirryttäessä kaavan pohjakartan ylläpidosta kaupunkimallin tuotantoon, koska niille on tähänkin asti kerätty korkeustietoa. Vastaavasti taas ne aineistot, joille korkeustietoa ei ole tallennettu, kuten katuinfran hallintajärjestelmän puusto tai asemakaavat, eivät sitä jatkossakaan tarvitse. Ne voidaan esittää maanpintamallin päällä ilman korkeustietoa. Kaupunkimallin vaatimien uusien aineistojen tuottaminen sen sijaan vaatii uutta resursointia ja organisointia.

Ilmakuvaukset on tähän asti tehty 2–3 vuoden välein, mutta maanpintamallin ja LOD2-rakennusten muodostamisen kannalta oleellinen pistepilvi on laserkeilattu vain kerran aiemmin vuonna 2015 ja nyt vuoden 2019 kuvauksen yhteydessä uudestaan. Järvenpää on hyvin vahvasti kehittyvä ja rakentuva kaupunki, jossa tapahtuu paljon muutoksia, joten on syytä miettiä, mikä on riittävä laserkeilauksien uusimisväli.

Raha- ja henkilöstötilanne vaikuttaa, pitääkö laserkeilaus tehdä aina ilmakuvauksen yhteydessä muutaman vuoden välein, vai riittääkö joka toisen kuvauksen yhteydessä, jos muuttuneita alueita ylläpidetään sillä välin RPAS-kuvausten avulla ajan tasalla. Maanpintamallin muodostaminen laserkeilausaineistosta ei ole iso työ, mutta LOD2-rakennusten uudelleenmuodostaminen vaatii osaavan henkilön resursseja. Vastaavasti myös RPAS-aineiston tuottaminen ja olemassa olevan aineiston korvaaminen sillä muodostetuilla aineistoilla kuormittaa henkilöstöä.

Laserkeilausaineiston pistepilvestä muodostettu maanpintamalli on rasteritiedosto, jossa jokaisella pikselillä on arvona korkeus merenpinnasta. ArcGIS Pro lukee maanpintarasterin suoraan riippumatta näkymässä käytettyjen eri aineistojen koordinaattijärjestelmistä tai resoluutioista. Jotta maanpintamallin saa käyttöön AGOL-ympäristöön, sen pitää olla tiilitettynä, samassa tiilityskeemassa kuin muutkin näkymän aineistot ja julkaistuna ArcGIS Serverin kautta. Tämä työ on kertaluontoinen, eikä niin kuormittava,

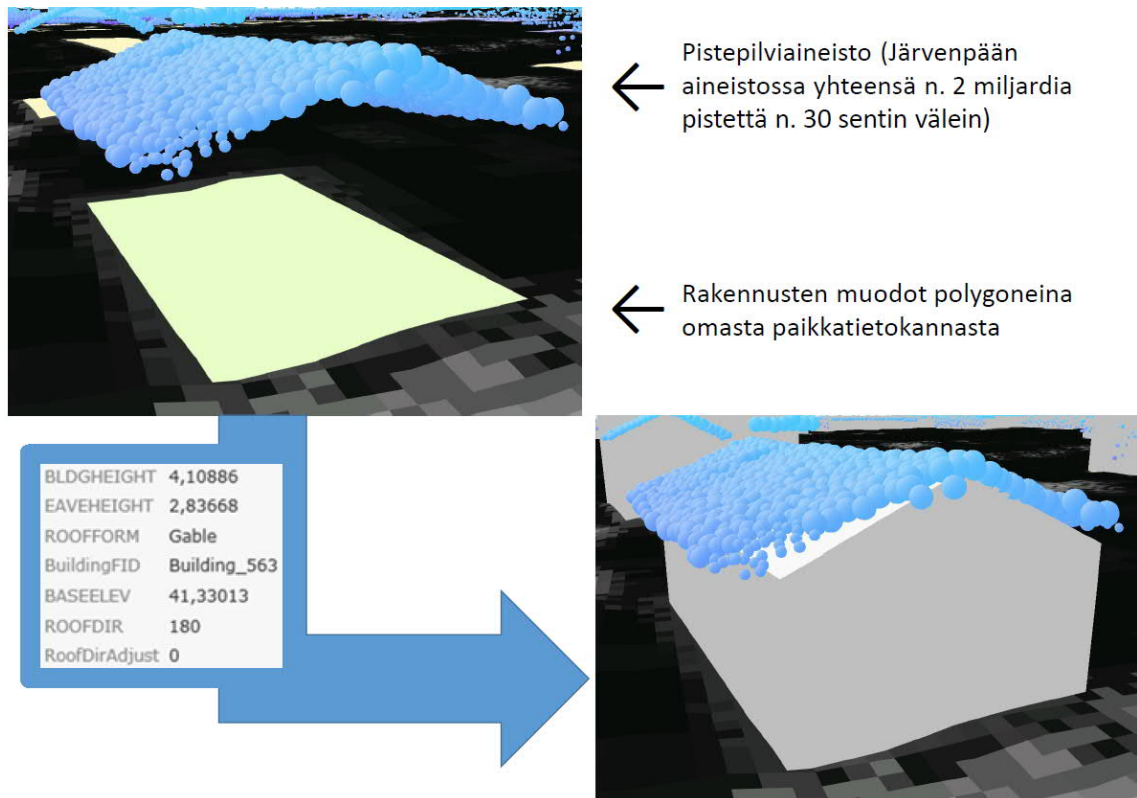
että sen perusteella kannattaisi päättää laserkeilauksen uusimisväliä. (Pajukoski 2019b.)



Kuva 26. Laserkeilausaineistosta saatua korkeuden mukaan värjättyä pistepilveä (Pajukoski 2018b: 8).

Tämänhetkiseen kaupunkimalliin on tuotu rakennukset Järvenpään kaupungin alueelta LOD2-tarkkuustasossa. Rakennukset tehtiin ArcGIS Pro -ohjelmassa hyödyntäen Local Government Scenes -työkalupakettia. Työkalujen lähtöaineistoina käytettiin kaavan pohjakartan rakennuksia alueina sekä omaa laserkeilausaineistoa vuodelta 2015 (kuva 26). (Pajukoski 2017.)

Local Government Scenes -työkalut tekevät laserkeilausaineistosta kaksi erilaista pintaa, maanpinnan (DTM) ja yläpinnan (DSM) rakennusten kattoineen ja puiden latvoineen. Näiden aineistojen perusteella työkalut nostavat rakennusten aluemaiset pohjat yläpinnan tasolle ja muodostavat pistepilvestä algoritmien perusteella päättelemällä rakennusten kattomuodot yleisimpien kattomallien mukaisiksi (kuva 27). (Pajukoski 2017.)



Kuva 27. Rakennuksen nosto laserkeilausaineiston mukaiseen korkeuteen (Pajukoski ym. 2017: 9).

Työkaluissa on määriteltyä rajallinen määrä erilaisia kattomuotoja, joten monimuotoisimmat kattorakenteet jäävät automatisoidussa työnkulussa välillä omituisen näköisiksi. Tästä johtuen keskustan alueelta erikoisimpia kattomuotoja on korjailtu manuaalisesti, lähinnä leikkaamalla rakennusalueita pienempiin, katon eri korkeustasoja vastaaviin osiin, jolloin työkalut tunnistavat ne paremmin (kuva 28). Muodostettaessa LOD2-tasoiset rakennukset ensimmäisen kerran oli ohjelmassa käytössä olevien kattomuotomallien määrä rajallinen. Ohjelma on kuitenkin muutamassa vuodessa kehittynyt ja on odotettavissa, että seuraavan pistepilviaineiston perusteella rakennuksia LOD2-tasoon muodostettaessa käsityön määrä jää aiempaa pienemmäksi. (Pajukoski 2017; Pajukoski 2019a.)



Kuva 28. Rakennusalueen korjauksen vaikutus kattomuodon oikeellisuuteen. (Pajukoski ym. 2017: 12-13)

Tekstuuriin tuominen rakennuksille on vielä testaamatta, joten on epäselvää, miten työllistävä vaikutus niiden liittämällä on, kun LOD2-rakennukset muodostetaan uudelleen. Yleisellä tasolla erilaisten yksittäisten aineistojen tuonti tai vaihtaminen toiseksi osana kaupunkimalliesitystä on yksinkertaista. Aineisto tuodaan 3D-näkymään tai poistetaan sieltä vastaavasti kuin 2D-näkymänkin puolella.

5.3 3D-kaupunkimallin ylläpito

Kaupunkimallin, kuten kaavan pohjakartankin, ylläpidossa yksi työllistävimmistä kohteista ovat rakennukset. Rakennusten tietomallien tuonti osaksi kaupunkimallia sen jälkeen, kun rakennus on toteutunut, on kaupunkimallin ylläpidon tärkeimpiä osia. Rakennusten IFC-muotoisia tietomalleja pystytään tuomaan ympäristöön ja niiden tietomallin sisältämät ominaisuustiedot siirtyvät ainakin joiltain osin osaksi kaupunkimallia.

Esrin ArcGIS Pro tai AGOL-ympäristö eivät suoraan avaa IFC-tiedostoja, joten ne joudutaan muuntamaan toiseen formaattiin ennen kaupunkimalliin tuontia. Muunnos voidaan tehdä eri tavoin ja muuntamistavasta riippuu, miten mallien tiedot siirtyvät. Järvenpäässä rakennusten tietomallien tuontia on testattu kahta eri ohjelmaa käyttämällä: FME ja sen Esrin ympäristössä toimiva laajennusosa Data Interoperability (DI) sekä SketchUp. Näistä aineisto vietään eteenpäin ArcGIS Pro-ohjelmaan edelleen työstettäväksi. (Pajukoski 2017.)

Esrin ArcGIS-ohjelmiston lisäosa Data Interoperability perustuu Safe Softwaren FME-tuotteeseen. DI:ssä on käytännössä paketoitu FME ArcGIS-ohjelman kiinteäksi osaksi

eikä sitä käytetä erillisenä ohjelmana. Muunnoksen lopputuloksen kannalta samaan tulokseen päästään myös käyttämällä FME-ohjelmaa itsenäisesti. DI-lisäosa ei ole käytössä Järvenpäässä, mutta sen toimivuutta testattiin 30 päivän koekäyttölisenssillä. Testin perusteella Järvenpäähän hankittiin FME-ohjelma vuoden 2017 lopussa.



Kuva 29. DI:n kautta tuotu Lidlin keskusvaraston IFC-malli. Copyright Järvenpään kaupunki.

FME:n tai DI:n avulla IFC-tiedosto muunnetaan Esrin multipatch-muotoon FileGeoDatabaseen (FGDB). Näin tuotettu multipatch avautuu kaikissa Esrin tuotteissa ja säilyttää IFC-mallin tietorakenteen (kuva 29). FME:llä olisi ilmeisesti mahdollista tallentaa jokainen rakennus omaksi tietokannakseen, jolloin jokainen kerros olisi oma kohde-ryhmänsä (feature dataset) ja siellä yksittäiset kohteet, kuten ovet tai ikkunat, tallentuisivat kohdeluokiksi (feature class). Tätä ei kuitenkaan ole testattu loppuun asti, koska se vaatisi riittävän laadukkaan IFC-lähtötiedoston. Tällä hetkellä rakennusten tietomallinnus on vielä aika uutta suunnittelijoille, joten rakennusten tietomallien laaduissa on vielä aika paljon vaihtelua. (Pajukoski 2017; Pajukoski 2019b.)

Trimblen SketchUp on erillinen ohjelma, jota Järvenpäässä on perinteisesti käytetty kaavoituksen havainnemallien tekoon. SketchUpilla voidaan avata IFC-malleja ja tal-

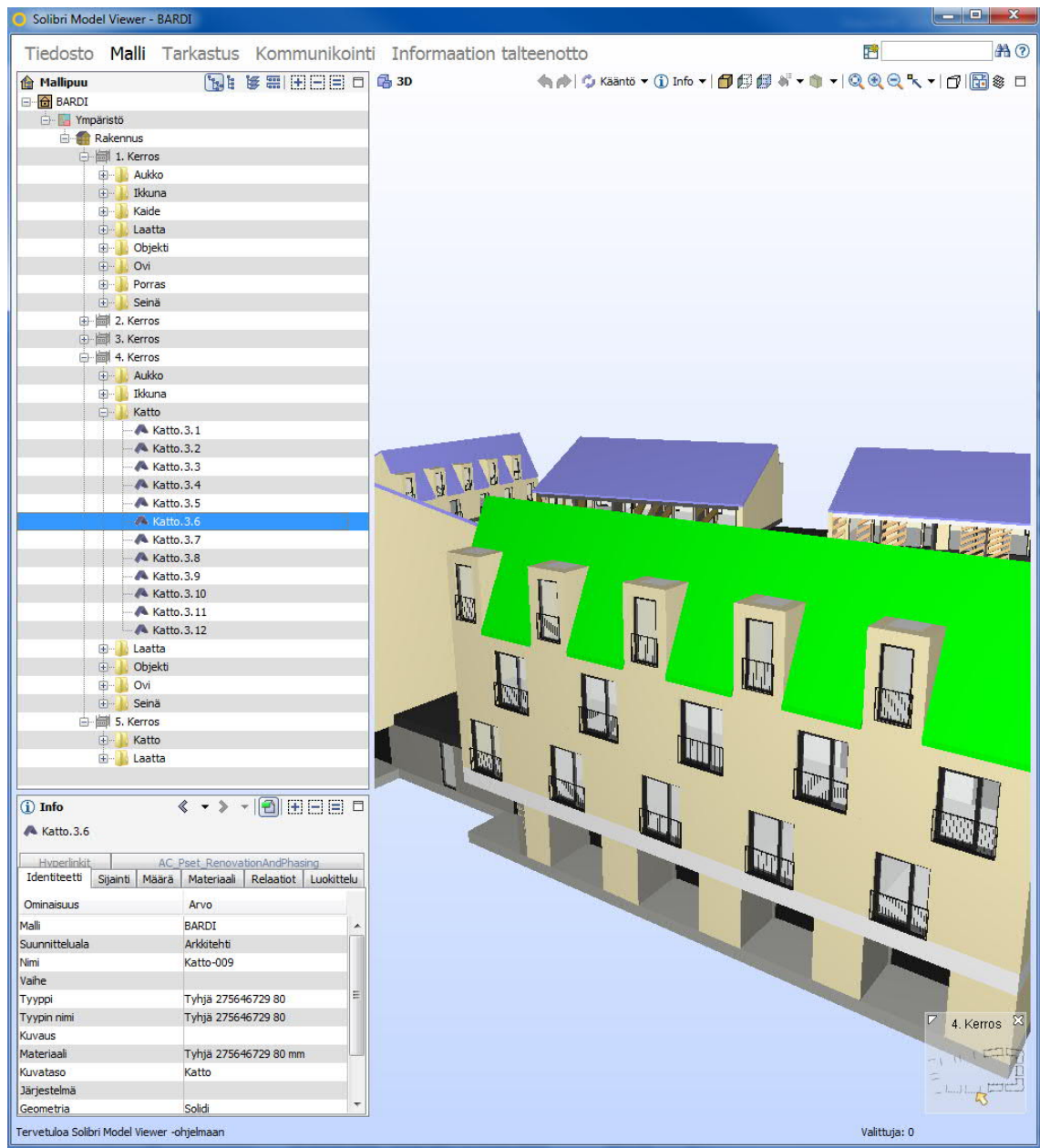
lentaa ne eteenpäin Wavefrontin OBJ- tai Colladan DAE-formaatteihin. Nämä tiedostoformaattit aukeavat Esrin ArcGIS Pro- tai CityEngine-ohjelmassa (kuva 30) ja ne voidaan sen kautta tallentaa eteenpäin multipatcheiksi. Multipatch aukeaa kaikissa Esrin tuotteissa, mutta valitettavasti SketchUpin kautta kierrätettynä ominaisuustiedot eivät siirry multipatch-muotoon, joten tätä kautta tuotettu multipatch näyttää kauniille, mutta siinä ei ole enää älykkyyttä mukana samalla lailla kuin FME:n kautta tuotuna. (Pajukoski 2017; Pajukoski 2019a.)



Kuva 30. SketchUpin kautta tuotu Perhelän korttelin IFC-malli. Copyright Järvenpään kaupunki.

Tuotaessa IFC-malleja SketchUpin kautta multipatch-kohteiksi yksi rakennus tallentuu tietokantaan yhdeksi tietokantariviksi, kohteeksi kohdeluokassa (feature class). Tallennettaessa kohteelle tallentuu ominaisuustietoja tietokantaan määriteltyihin kenttiin, mikä mahdollistaisi mm. rekisteritietojen tai muiden kiinnostavien tietojen liittämisen kohteeseen. Tietomallien tarkastelun kannalta mielenkiintoisinta on mahdollisuus tallentaa ominaisuustiedoksi linkitys alkuperäiseen IFC-tiedostoon. Näin kaupunkimallissa olevaa rakennuskohdetta klikkaamalla voisi suoraan siirtyä tarkastelemaan rakennuksen

tietomallia yksityiskohtaisesti sen tarkasteluun tarkoitetulla ohjelmalla, kuten Solibri Model Viewer (kuva 31) tai Trimble Connect. (Pajukoski 2019b.)



Kuva 31. Rakennuksen tietomallin yksityiskohtien tarkastelua Solibri Model Viewer -ohjelmalla (Pajukoski 2019b).

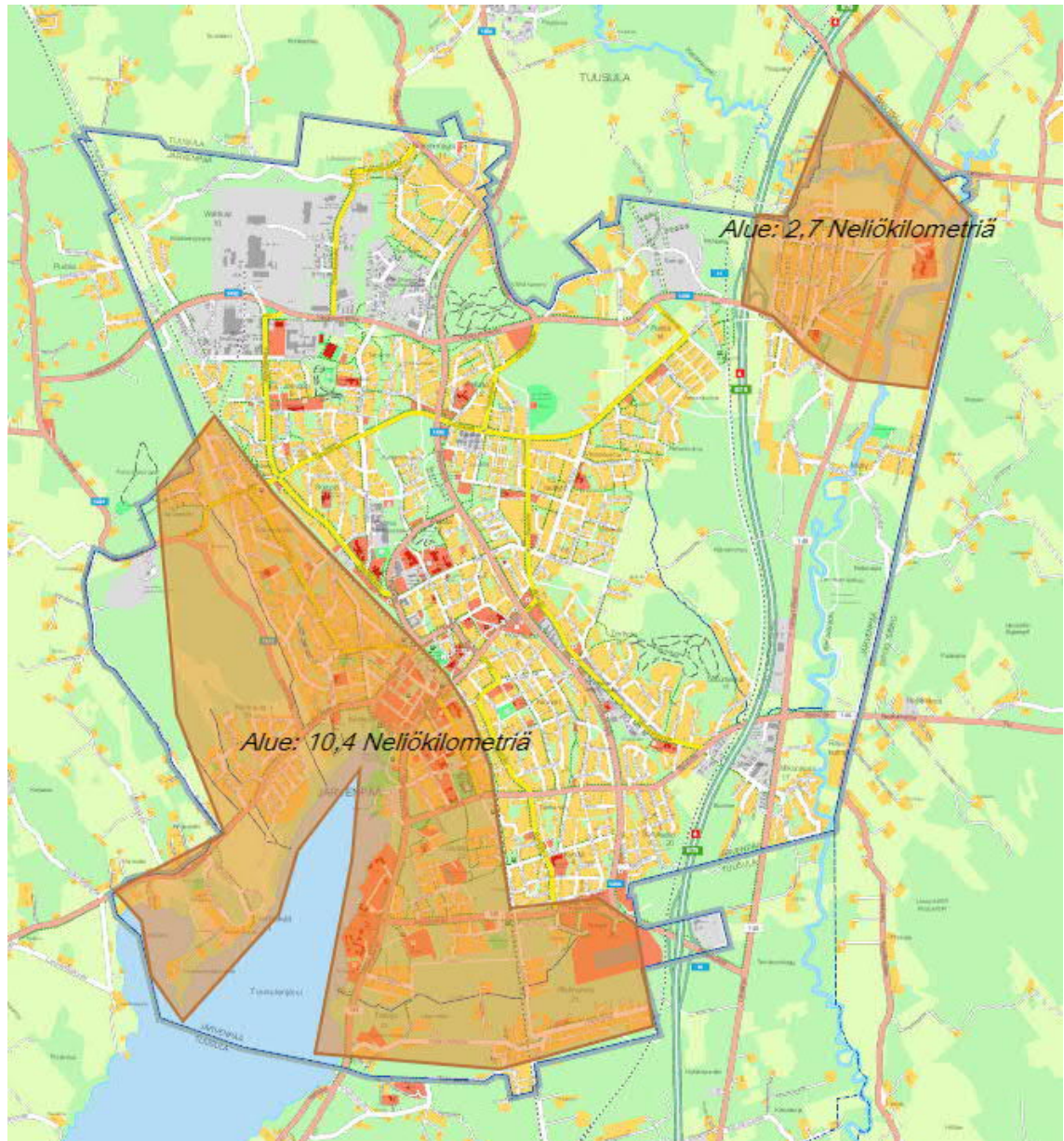
Kun rakennuksen tietomalli on muunnettu IFC-muodosta multipatchiksi, se avataan ArcGIS Prossa ja tallennetaan Scene Layer Package -muotoon. Syntynyt tiedostopaketti voidaan viedä AGOL:iin ja avata siellä. Rakennuksen tietomallin ominaisuustiedot siirtyvät mukana, jos ne ovat tallentuneet alkuperäiseen multipatch-kohteeseen. (Pajukoski 2017.)

Rakennusten lisäksi kaupunkimallin tärkein elementti on maanpintamalli. Se päivittyy koko kaupungin alueelta ilmakuvauksen yhteydessä suoritettun laserkeilauksen pistepilvestä muodostetulla maanpintamallilla, mikäli laserkeilaus päätetään tilata. Tämänhetkinen maanpintamalli perustuu vuoden 2015 laserkeilaukseen. Uusin, toukokuussa 2019 suoritettuun laserkeilaukseen perustuva maanpintamalli saadaan käyttöön syksyllä 2019.

Maanpintamallin ylläpito lentokoneista suoritettujen laserkeilausten välillä olisi nopein ja tarkin suorittaa kannettavalla tai RPAS-laitteeseen kiinnitetyllä laserkeilaimella. Koska Järvenpäällä ei tällaisia laitteita vielä ole käytössä, hyödynnetään suunnitelmien maanpintamallien lisäksi RPAS-laitteesta saatua fotogrammetrista pistepilveä ja siitä Drone2Map-ohjelmalla muodostettua maanpintamallia. Fotogrammetrisen pistepilven tarkkuus ei ole peitteisissä paikoissa niin hyvä kuin laserkeilauksella mitattu, mutta enimmäkseen se on kuitenkin riittävä.

Kaupunkimallin ylläpitoa ja laadun tarkkailua suoritetaan myös maastomittauksilla. Vielä tällä hetkellä maanpintamalli ei ole mukana maastossa mittausohjelman taustaineistona, mutta sen mahdollistaminen parantaisi sekä maastomittausten että kaupunkimallin laatua. Järvenpäässä on vielä selvittämättä, vaatisiko tämän mahdollistaminen muutoksia käytettäviin mittauslaitteisiin ja ohjelmistoihin vai onko tarvittava muutos enemmänkin työtapoihin liittyvä.

Vaikka rakennusten teksturointien tuonti osaksi Järvenpään kaupunkimallia on vielä tekemättä, on jo mietitty niiden päivittämistä. Teksturointeja on teetetty yli puolesta Järvenpään aluetta, uusimpina lounaisosa ja Haarajoki (kuva 32). Teetettyjen teksturointien lähtömateriaalina on ollut vuoden 2017 ilmakuvauksen ohessa hankittu viistoilmakuva-aineisto ja vuoden 2015 laserkeilausaineisto. Samaa viistoilmakuva-aineistoa, mutta kevään 2019 laserkeilausaineistoa hyödyntäen saadaan loppujenkin ennen vuoden 2017 kuvausta valmistuneiden rakennusten tekstuurit.



Kuva 32. Vuoden 2018 lopussa tilattujen teksturoitujen rakennusgeometrioiden aluerajaukset. Copyright Järvenpään kaupunki.

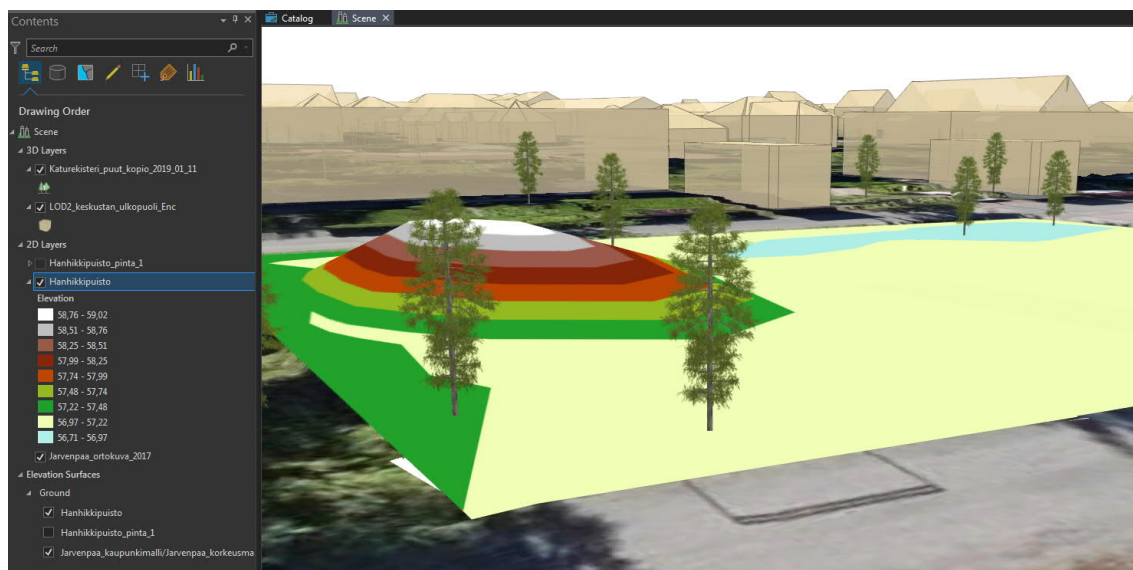
Vuoden 2017 jälkeen valmistuneiden rakennusten osalta on tarkoitus hyödyntää RPAS-laitteella otettuja kuvia ja kevään 2019 laserkeilausaineistoa muodostaen tekstuurit TerraSolid-ohjelmistolla. Niistä rakennuksista, jotka ovat valmistuneet toukokuun 2019 laserkeilauksen jälkeen, ei vielä ole laserkeilausaineistoa, eikä niistä nykyisellä aineistolla pystytä muodostamaan tekstuureita. Jotta kevään 2019 jälkeen valmistuneiden rakennusten tekstuureita aikanaan pystytään tekemään, pitää uudetkin rakennukset saada laserkeilattua. Siihen soveltuisi parhaiten RPAS-laitteen laserkeilain, jos sellainen hankitaan, tai vaihtoehtoisesti kannettava keilain.

6 3D-kaupunkimallin hyödyntäminen

6.1 Kaupungin omat tarpeet

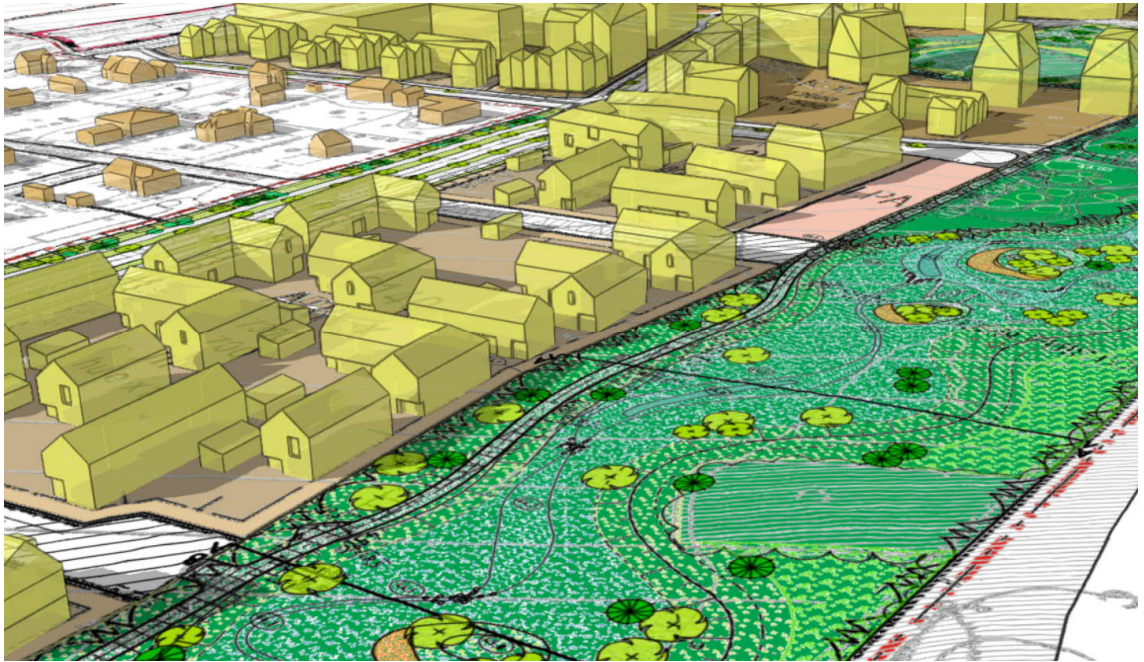
Luvussa 2.3 on listattu monenlaisia toiveita ja tarpeita liittyen kaupunkimalliin. Ne voidaan karkeasti ryhmitellä kahdeksaan kokonaisuuteen: havainnollistaminen, semanttisuus, aineistojen irrotus, suunnittelualusta sisätiloissa ja ulkona, tiedon keruu, analyysit ja muut tarpeet.

Tällä hetkellä 3D-kaupunkimallia on hyödynnetty eniten suunnitelmien havainnollistamisessa. Katusuunnitelmia on esitetty tuomalla LandXML-tiedostosta pintamalli, jonka päällä esitetään katu- tai puistosuunnitelma 2D-rasterikuvana (kuva 33). Kuvausteknisesti saadaan määriteltyä suunniteltu maanpinta esitettäväksi varsinaisen maanpinnan yläpuolella, jolloin kaupunkimallissa näkyy suunnitellun mukainen esitys, eikä olemassa olevaa maanpintaa. (Pajukoski 2019b.)



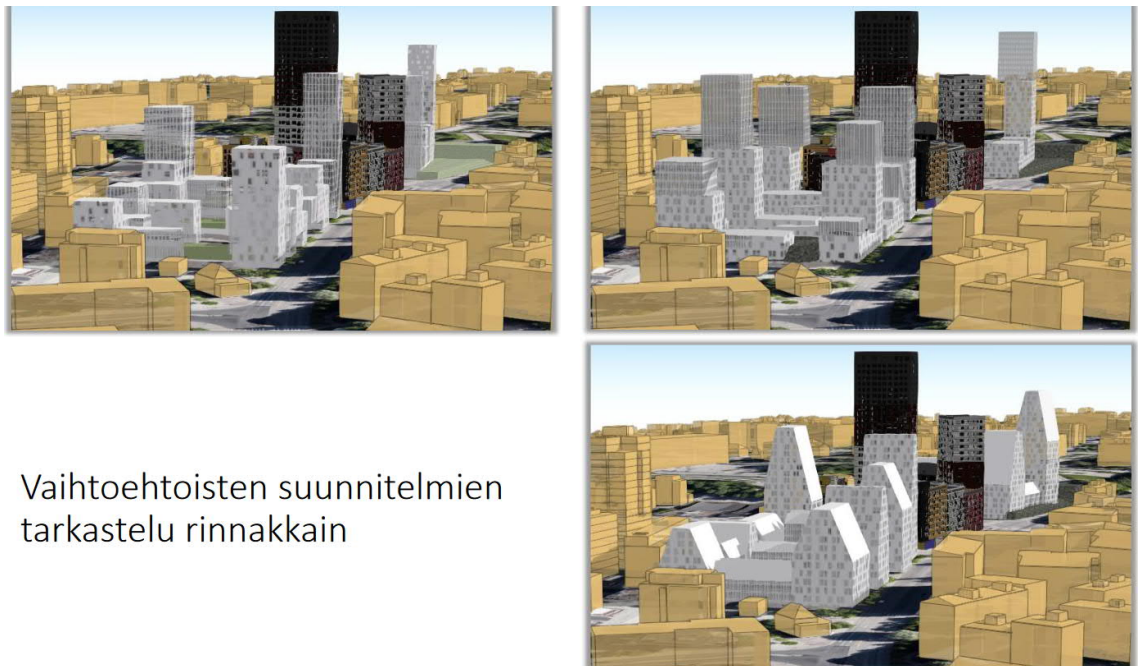
Kuva 33. Puistosuunnitelman havainnollistamisessa on käytetty suunnitellun maanpintamallin tekstuurina sen korkeusarvoa (Pajukoski 2019b).

Puistojen ja viheralueiden uudet suunnitelmat eivät välttämättä tuo maanpinnan tasoon muutoksia, joilla olisi tarpeellista korjata maanpintamallia. Suunnitelmia voi tuoda myös olemassa olevan maanpinnan tasoon havainnollistamaan lähiympäristöä ja lisäämään kaupunkimallin luettavuutta (kuva 34).



Kuva 34. Kaupunkimalliin voi tuoda tarkasteltavaksi erilaisia puistohahmotelmia lisäämään väriä ja näytävyyttä. Copyright Järvenpään kaupunki.

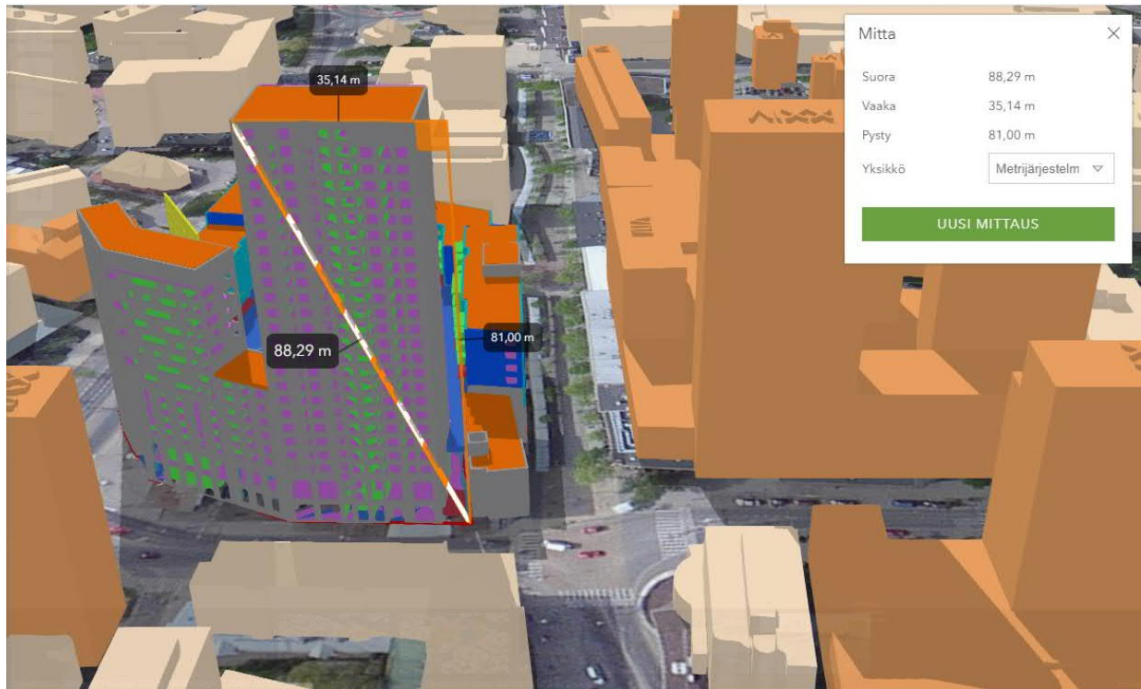
Asemakaavasuunnitelmia on esitetty kaupunkimallissa lähinnä niiden mahdollistamien rakennusmassojen kautta. AGOL tarjoaa hyvän alustan vertailla erilaisia kaavan toteutusvaihtoehtoja laittamalla eri vaihtoehdot vuorotellen piirtoon (kuva 35).



Vaihtoehtoisten suunnitelmien tarkastelu rinnakkain

Kuva 35. Kaupunkimallissa on mahdollista vertailla erilaisia tulevaisuusskenaarioita ja niiden rakennusmassoja keskenään (Pajukoski 2018b: 14).

Tuotuja rakennusmassoja tai yksittäisiä rakennusten tietomalleja pystytään tarkastelemaan sekä osana kaupunkimallia, että yksittäisinä kohteina. Koska näkymään voidaan tuoda myös muita paikkatietoaineistoja, sitä voidaan hyödyntää vaikka katuinfran hallintajärjestelmään tallennettujen yksittäisten penkkien esittämiseen ja niihin perehtymiseen siinä kuin muidenkin aineistojen tarkasteluun. AGOL-alusta tarjoaa mm. työkalut kohteiden mittaamiseen (kuva 36).



Kuva 36. Kaupunkimalliin tuodusta rakennuksen tietomallista voi halutessaan tehdä mittauksia (Pajukoski 2018b: 16).

Tällä hetkellä kaupunkimallista puuttuvat vielä rakennusten tekstuurit, eikä historiatiedon keräämistä ole aktivoitu. Molempien pitäisi olla ympäristössä mahdollista, mutta testaukset ovat kesken. Toive siitä, että kaupunkimallia hyödyntämällä pystyttäisiin vähentämään maastokäyntejä, on realistinen. Kuinka paljon niitä voidaan vähentää, riippuu kaupunkimallin ajantasaisuudesta.

Järvenpään 3D-kaupunkimalli on semanttinen, siellä hyödynnettäviin aineistoihin on linkitetty erilaisia ominaisuustietoja. Näitä ovat mm. Facta-kuntarekisteristä luettavat kaava-, lupa- ja rakennustiedot. Tavoitteena on myös linkittää rakennusten tietomallit kaupunkimallin LOD2-rakennuksiin, mikäli niitä on saatavilla. Mitä enemmän erilaisia tietojärjestelmiä ja niihin tallennettua tietoa voidaan linkittää kaupunkimalliin, sitä enemmän se mahdollistaa tiedolla johtamista. Katuinfra hallintajärjestelmä vaikuttaisi

tällä hetkellä olevan todennäköisin ehdokas järjestelmäksi, jonka ylläpito ja sen myötä muuttuvat tiedot ensimmäisenä mahdollistaisivat tiedolla johtamisen.

Kaupunkimallin aineistojen tarjoamista konsulteille suunnittelun pohjaksi on testattu muutamissa tapauksissa. Helppointen aineiston toimitus on onnistunut, kun konsulttikin on hyödyntänyt ArcGIS Pro -ohjelmaa, jolloin aineistot on saatu käyttöön vain lyrx-tiedostoja toimittamalla. Lyrx-tiedostot sisältävät tiedon siitä, että aineistot sijaitsevat AGOL-pilvessä ja mikä niiden kuvaustekniikka on. Näin varsinaisia aineistoja ei tarvitse irrottaa ja toimittaa erikseen minnekään, vaan ne ovat koko ajan saatavilla ajantasaisina. (Pajukoski 2019b.)

Myös LOD2-rakennuksia on irrotettu ja toimitettu IFC-formaattiin SketchUp-ohjelman kautta, koska muunnoksessa FME:llä oli ongelmia. Mitään vakioituja toimintamalleja tai automatisointeja kaupunkimalliaineiston toimittamiseksi ei vielä ole mietitty. Oleellista aineistonluovutuksissa jatkossakin on aineistojen luotettavuus ja ajantasaisuus. (Pajukoski 2019b.)

Selvitettäessä kaupunkimalliin kohdistuvia tarpeita tuli esiin myös toivomuksia, jotka kohdistuvat enemmänkin ohjelmistoon kuin aineistoon. Nykyisen kaupunkimallin ohjelmistoaikavälän toimivuus suunnitteluun sekä rakennusten sisätiloissa, niiden pihapiirissä tai ulkoilumaastoissa on testaamatta. Huonekalujen asettelu, pelastussuunnitelmien laatiminen, kameroiden sijoittelu valvontaa varten tai ulkoilupolun kylttien sijoittelu vaativat kaikki hieman erilaisia ominaisuuksia sekä kaupunkimallilta että suunnitteluohjelmalta.

Kaavoittajilta ja muilta suunnittelijoilta on tullut toiveita mahdollisuudesta tehdä kaava-luonnoksia, alustavia suunnitelmia ja palveluverkkohahmotelmia suoraan kaupunkimallin päälle ilman erillisiä ohjelmia ja formaattimuunnoksia. Vaikka ArcGIS Pro -ohjelmalla voidaan tehdä erilaista suunnittelua, vasta kokeilemalla tapauskohtaisesti nähdään, onko se riittävän helppokäyttöinen kuhunkin tarkoitukseen niin, että suunnittelu olisi ohjelmistoympäristössä mielekästä. Myös Esrin ohjelmistokehitystyö tarjoaa koko ajan uusia mahdollisuuksia, joiden hyödyntämistä kannattaa selvittää. Suunnittelun näkökulmasta tällainen tuore ohjelmatulokas on ArcGIS Urban, joka on integroitu CityEngineen ja josta aineistoja voi helposti siirtää VR-alustoille tai SketchUp-ohjelmaan (ArcGIS Urban Transforms City Planning? 2019).

Kuntalaisten aktivointi ja osallistaminen suunnitteluun on Järvenpäässä koettu tärkeäksi. Talousarviossa se on yksi Kaupunkikehityksen sitova tavoite, muotoiltuna lauseeksi ”Osallistaminen huomioitu kaupunkikehityksen toiminnassa” (Taloussuunnitelma 2019–2023 ja talousarvio 2019 2019). Kaupunkimallia ei toistaiseksi ole hyödynnetty palautteen keräämisessä suunnitelmista, vaan siihen on käytetty Maptionnaire-palvelua, johon on mahdollista ostaa myös kerätyn datan analysointityötä. Maptionnairessa kartta-aineisto on kaksiulotteista, siinä ei hyödynnetä 3D-kaupunkimallia.

Esrin ympäristössä olisi useita kuntalaisten osallistamisen ja joukkoistamisen mahdollistavia tuotteita, kuten GeoForm-, Survey123- ja Crowdsourcing Polling -sovellukset (Citizen Science Resources 2019), mutta tätä kirjoittaessa yksikään niistä ei vielä tue AGOLin 3D-kaupunkimallialustaa (Pajukoski 2019b). Tulevaisuudessa ne voisivat olla varteenotettava vaihtoehto Maptionnaire-palvelulle, vaikka silloin analysointityö pitäisi-kin tehdä oman henkilöstön voimin.

Tällä hetkellä ainoa palautteen annon 3D-kaupunkimalliympäristössä mahdollistava tuote on CityEngine Web Scene. Se on AGOL- ja ArcGIS Pro -ympäristöistä erillinen tuote, jonka käyttäminen vaatisi kaikkien kaupunkimalliin kuuluvien aineistojen uudelleenkäsittelyn CityEngine-ohjelmassa, joten sen käyttöönottoa ei ole katsottu mielekkääksi. (Pajukoski 2019b.)



Kuva 37. Kaupunkimalli mahdollistaa näkyvyystarkastelun uudesta suunnitellusta rakennuskohteesta (Pajukoski 2018b: 17).

Kaupunkimalli mahdollistaa monenlaisia analyysyjä, joita on toivottu. Yleisellä tasolla 3D-kaupunkimallia tarkastellaan helposti isommalta alueelta kuin perinteistä karttaa ja näin saadaan parempi näkemys siitä, miten kohde istuu ympäristöön. Yksinkertaisim-

millaan kaupunkimalli mahdollistaa korkeustiedon visuaalisen tarkastelun, mutta siinä voidaan myös selvittää uusien rakennusten aiheuttamia varjostuksia tai tehdä maisema- ja näkymätarkasteluja (kuva 37).

Sen sijaan kaavan talousvaikutukset ja uusien asuinalue suunnitelmien aiheuttamat muutospaineet palveluverkkoon eivät vielä nykyisellä tietosisällöllä ole saatavilla kaupunkimallista. Muutenkin linkitykset kaupungin hankkeisiin ja prosesseihin sekä kaupunkimallin ottaminen osaksi työkuja vaativat vielä suunnittelua ja mahdollisesti myös ohjelmistokehitystä, varsinkin jos tavoitteena on laaja tiedolla johtamisen mahdollistaminen.

Muissa tarpeissa esiin tulleiden VR-, AR- ja MR-tekniikoiden hyödyntämistä Järvenpäässä ei ole vielä aloitettu, mutta on tiedostettu, että City Engine mahdollistaa ArcGIS 360 VR -sovelluksen kautta niidenkin käytön (The CityEngine VR Experience for Unreal Engine: A Virtual Reality Experience for Urban Planning Applications 2019). Pitkästi selvittämättä on, miten kaupunkimallia voisi hyödyntää uusien alueiden imagon rakentamisessa tai markkinoinnissa. Olisiko mahdollista tuoda kaupunkimallilla alueelle lisäarvoa niin, että se vaikuttaisi jopa maan hintaan?

Ajatus siitä, että 3D-kaupunkimalli olisi virtuaalinen Järvenpää, kuntalaisten tapaamispaikka, yhteisen toiminnan mahdollistaja, lähtökohta kaupungin palveluihin ja testialusta erilaisille kokeiluille, ei ihan vielä ole todellisuutta, mutta hyvä tavoite. Yksi sitä kohti vievä askel voisi olla ArcGIS Hubin käyttöönotto. ArcGIS Hub mahdollistaa paitsi tiedon ja tiedostojen jakamisen, myös erilaiset kyselyt ja kuntalaisten aktivoimisen, vaikka ei ainakaan vielä varsinainen virtuaalialusta olekaan. (ArcGIS Hub 2019.)

6.2 Linkitykset, tiedonsiirrot ja rajapinnat

Järvenpään kaupunkimallin ylläpidossa isona haasteena on käytön hajaantuminen. Kaupunkimallia hyödynnetään paitsi osana paikkatietojärjestelmää Järvenpään omassa ympäristössä Esrin tuotteiden päällä, myös osana rakennusvalvonnan prosesseja Lupapiste.fi-palvelun kolmiulotteisella s3Dmaps-karttapohjalla. Järjestelmät eivät perustu samaan ohjelmistotekniikkaan eivätkä käytä samoja ohjelmistoformaatteja, joten päivitettyjen aineistojen käyttö ristiin niiden välillä vaatii järjestelyjä.

Tällä hetkellä s3Dmaps-kartalle on ajettu kerta-ajona joitain Järvenpään aineistoja, kuten LOD2-rakennukset, ilmakuvat ja ajantasakaavarasteri. s3Dmaps pystyy hyödyntämään myös rajapintoja, mutta Järvenpään aineistojen osalta niitä ei ole otettu käyttöön. Ei myöskään ole kokemusta siitä, miten hyvin esim. maanpintamalli tai LOD2-rakennus siirtyy rajapinnan kautta näiden järjestelmien välillä. Vastaavasti taas Lupapisteeseen on viety olemassa olevien rakennusten tekstuureita, joita ei vielä ole saatu tuotua Esrin ympäristöön, niiden tuontia vasta testataan.

Koska kaupunkimallin käytölle on oma tarpeensa sekä Järvenpään omassa paikkatieto-ympäristössä että Lupapisteessä, joudutaan aineistojen päivittämisen tuomat haasteet ratkaisemaan. Kaupunkimallin aineistojen ylläpito tapahtuu ensisijaisesti Järvenpään omassa ympäristössä, joten olisi tärkeä löytää ne rajapintaformaattit, joita Lupapiste pystyisi hyödyntämään sinne tarvittavien tietojen siirrossa. Vastaavasti taas rakennusten tietomallit tallentuvat Lupapisteen arkistoon ja niiden saaminen sieltä osaksi Järvenpään kaupunkimallia pitäisi saada automatisoiduksi, sekä suunnitelma- että toteutuvaiheessa. Tarkoittaako se sitten sekä mallien tuontia Järvenpään ympäristöön että niiden linkitystä kaupunkimallin LOD2-rakennuksiin, vai vaan toista näistä, aika näyttää.

Kaavan pohjakartan irrottaminen suunnittelun pohjaksi rakentajille, konsulteille sekä omaan käyttöön tehdään vielä tällä hetkellä manuaalisesti, mutta kuluvan vuoden loppuun mennessä on tarkoitus selvittää, minkä verran aineistonluovutusta on mahdollista automatisoida. Samassa yhteydessä mietitään soveltuvien osien myös kaupunkimalliaineiston irrotuksen automatisointia. Ratkaistavana on mm. CityGML-formaatin rooli tiedonsiirroissa, sillä se on standardi 3D-kaupunkimallien tallennukseen ja se formaatti, jossa 3D-aineistoja halutaan yleisimmin vastaanottaa.

KeyAqua ei vielä tue kolmiulotteista karttanäkymää eikä sen aineistoja, joten sinne ei ole tarvetta toimittaa kaupunkimalliaineistoja. Sen sijaan KeyAquan johtotietojen saaminen osaksi Järvenpään kaupunkimallia on tärkeää. Täyden hyödyn 3D-kaupunkimallista saa vasta, kun se sisältää myös maanalaiset kohteet, kuten johdot. KeyAquan johtotiedot ovat tarjolla WFS-rajapinnassa, mutta on testaamatta, miten hyvin johtotietojen korkeustieto on siellä saatavilla. Tiedossa on, että historiallisista syistä johtotietojen sijaintitiedoissa on edelleen epätarkkuutta, vaikka aineistojen parantamiseen on viime vuosina panostettu.

Rekisteritietojen linkitystä Facta-kuntarekisteristä on saatu toimimaan mm. LOD2-rakennuksille ja vaikuttaa todennäköiseltä, että muukin omassa kuntarekisterissä oleva tieto voidaan tarpeen vaatiessa linkittää sopiviin aineistoihin. Sitä, minkä verran muiden, ulkopuolisten järjestelmien tietoja saataisiin linkitettyä Järvenpään omaan paikkatietojärjestelmään, on testattu aika vähän ja linkitettävyyden lienee tapauskohtaista. Myöskään mitään aukotonta listausta siitä, mitä nämä järjestelmät voisivat olla, ei ole.

Yksi ulkopuolinen järjestelmä, josta tietoja on yritetty saada käyttöön, on Lupapiste. Se tarjoaa ympäristöönsä tallennettuja tietoja rajapintaan aika pelkistetysti, jolloin esimerkiksi haluttuja yleisten alueiden lupien yksityiskohtaisia tietoja ei ole pystytty saamaan käyttöön omaan ympäristöömme. Esri Finland Oy:n kehitystyö Vantaan MATTI-hankkeessa tosin antaa pientä toivoa siitä, että tietoja olisi jatkossa mahdollista saada käyttöön laajemminkin.

MML:lla on ollut vahvaa kiinnostusta kuntien tuottamiin aineistoihin ennestäänkin, mutta KMTK-hankkeen myötä myös korkeustietojen tärkeys on korostunut. KMTK:n koonti-tietokanta edellyttää vakimuotoisen tiedon tuottamista kunnissa. Ensimmäisessä vaiheessa tiedonsiirtoa ollaan testaamassa rakennusten aluemaisilla tiedoilla, joihin liitetään yksilöivä tunnus. Jatkossa tämän tiedon pitäisi tallentua myös meidän omaan tietokantaamme vastaaville kohteille. Tavoitteena on, että tämäkin tiedonsiirto toteutetaan rajapintojen avulla. Toteutus vaatinee työtä myös ohjelmistotoimittajilta ainakin, mikäli tietoa halutaan tuoda MML:n järjestelmästä takaisin Järvenpään paikkatietojärjestelmään. (KMTK 2018.)

Kuntatietopalvelu KTP ei tämänhetkisen tiedon perusteella tule olemaan Järvenpään 2D- tai 3D-kartta-aineistojen tarjoamispalvelu, vaikka osoite- ja rakennuslupatietoja siellä onkin tarjolla. Suurin syy tähän on se, että KTP ottaa vastaan vain KuntaGML-muotoista aineistoa, eivätkä meillä kartantuotannossa käytössä olevat Esrin ja CGI:n ohjelmistot tuota KuntaGML-formaattia rajapintaan. Käyttöönotto vaatisi kehitysprojektin CGI:n kanssa eikä siihen ole hankkeen hintavuuden takia nähty tarvetta.

7 Järjestelmätoimittajien visiot

7.1 CGI

CGI:n edustajan Olli Sorvarin mukaan 3D-kaupunkimallin tukemista FactaMap Pro -ohjelmaympäristössä on mietitty jonkin verran. 3D-kaupunkimallin tuottamista ja hyödyntämistä varten tietokantaan tulee tehdä muutoksia, tietorakenteeseen pitää tuoda multipach-kohdeluokka ja siihen liittyvät kuvaustekniikat. Varsinaisen nykytilanteen 3D-kaupunkimallin tuottamisesta ei vielä ole mitään konkreettista suunnitelmaa eikä selviä visioitakaan. MML tuottaman uuden huomattavasti entistä tiheämmän LAS-pistepilven hyödyntämistä kaupunkimallin rakentamisessa tullaan tulevaisuudessa tutkimaan. Alkutavoitteena lienee kuitenkin saada vietyä olemassa oleva 3D-malli FactaMap Pron tietokantarakenteeseen. (Sorvari 2019.)

CGI:n Lupapistettä vastaavassa tuotteessa Asioin.fi pyritään rakennusvalvonnan osalta siihen, että 3D-rakennuksia tuettaisiin. Asiointialustalle voitaisiin lisätä arkkitehdin tai suunnittelijan tekemä rakennuksen suunnitelmatietomalli ja kun malli päivitetään toteumamalliksi, pitäisi se saada lisättyä automaattisesti kaupunkimalliin. (Sorvari 2019.)

CGI:n 3D-kaupunkimallivisioissa tukeudutaan Esrin ArcGIS Pro -ohjelmaan sekä sen päälle rakennettuihin CGI:n sovelluksiin tuotantovälineinä. Todennäköistä on, ettei FactaMap Pro:ssa lähdetä tekemään yksittäisiä 3D-malleja vaan ensisijaisena tavoitteena on pystyä tukemaan erilaisia 3D-formaatteja luettaessa malleja tietokantaan. (Sorvari 2019.)

MML:n KMTK:ta tullaan tukemaan tarvittavissa määrin siten, että KMTK-kohteita pystytään sekä hyödyntämään että päivittämään. Tuki aloitetaan KMTK:n priorisoinnin mukaisesti rakennuksista. (Sorvari 2019.)

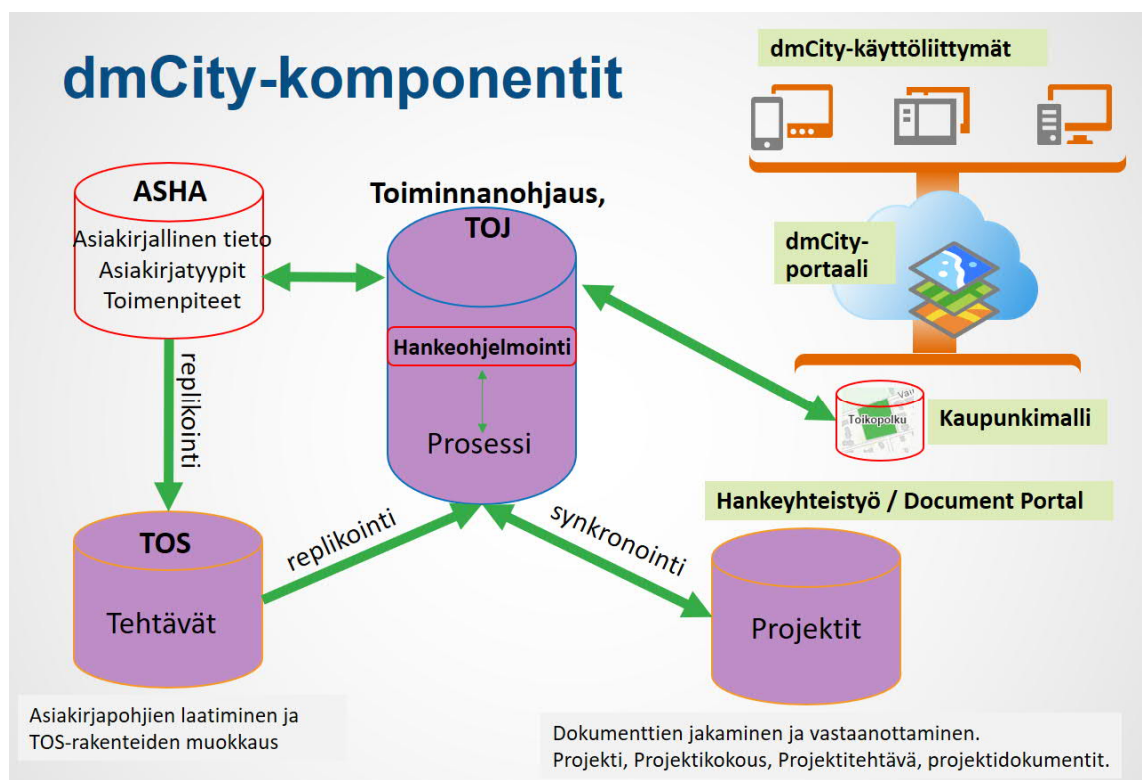
7.2 Esri Finland Oy

Esrin perinteinen näkökulma kaupunkimalliin on paikkatietolähtöinen, jossa maanpinta, rakennukset, puut ja muut tarvittavat kohteet esitetään kolmiulotteisina mallinnettuina objekteina (tyypillisesti maanpinta ja rakennukset) tai likimain näköisinä kolmiulotteisina

symboleina (yleensä puut, valopylväät ja muut vastaavat kohteet). Tyypillisesti tällainen kaupunkimalliaineisto on kaikkine tietosisältöineen muunnettavissa standardiin CityGML-formaattiin. (Saastamoinen 2019.)

Esri Finland Oy on laajentanut kaupunkimallin käsitettä Vantaan kanssa käynnistetyn MATTI-hankkeen myötä digitaalisen kaksosen suuntaan, tietovarastoksi, jossa on paitsi maaston kohteiden mallinnettu geometria, myös tyypilliset ominaisuustiedot ja lisäksi kohteisiin linkitettyä laajempaa tietoa. Näin muodostetusta kaupunkimallista voidaan tarpeen mukaan esittää sekä perinteisiä kaksiulotteisia karttoja että moderneja 3D-malleja tarpeen mukaan sääntöpohjaisuutta hyödyntäen. Esitykset ovat tarvittaessa laajennettavissa myös aikaa (4D) ja vaikka rahaa tai resursseja (5D) toiminnanohjauksessa huomioiviksi. (Saastamoinen 2019.)

Esri Finland Oy markkinoi MATTI-hankkeen myötä kehitettyä järjestelmäympäristöä dmCity-tuotenimellä muille kunnille. Perinteisestä paikkatietojärjestelmästä poiketen dmCityyn linkittyä myös asiakirjanhallinta ja toiminnanohjaus (kuva 38), jotka mahdollistavat tiedon hallinnan aiempaa monipuolisemmalla tavalla. (Saastamoinen 2019.)



Kuva 38. Kuvaus dmCity-tuotteen komponenteista (Saastamoinen 2019).

Oleellinen osa dmCity-järjestelmää on ajatus palvelurajapintojen hyödyntämisestä, jolloin tiedot voivat sijaita tiedostoissa, tietokannoissa ja rajapinnoissa. Tämä mahdollistaa monenlaisia lähtöaineistoja, eikä olla riippuvaisia eri ohjelmistoratkaisuista ja tietokantarakenteista. Näin esimerkiksi Lupapisteen aineisto on hyödynnettävissä käyttöliittymäintegraation kautta. Rakennusvalvonta käyttää vain Lupapistettä, mutta tiedot ovat silti ajantasaisesti saatavilla myös dmCityssä. Tavoitteena on, että Lupapisteessä voitaisiin hyödyntää jatkossa myös dmCity-kaupunkimallin näkymää. (Saastamoinen 2019.)

dmCity ei nykyisten paikkatietojärjestelmien tapaan sisällä erillistä rekisteriä, vaan tietosisältö tallentuu kohteille osaksi kaupunkimallia. Tämä koskee paitsi perinteisiä geometria- ja ominaisuustietoja, myös kaava-, lupa- ja hanketietoja, kaikkea mahdollista kaupunkimalliin liittyvää tietoa. Jokainen kohde tallentuu vain kerran ja linkitetään tarvittaessa. M-Files sisältää prosessitiedon ja liittyvät asiakirjat tallentuvat asianhallintaohjelmaan. (Saastamoinen 2019.)

Koska jokainen kohde tallentuu vain kerran, tämä tuo omat haasteensa kohteiden tietosisältöön ja esitystapaan. Esimerkiksi katupuista on tarve tallentaa hyvinkin yksityiskohtaista tietoa, kuten laji tai rungon ympärysmitta, katuinfran hallintajärjestelmää varten, mutta kaavan pohjakartassa tai kaupunkimallissa yksityiskohtainen tieto ei välttämättä tuo lisäarvoa, vaan lähinnä hidastaa aineiston hyödyntämistä. Niinpä järjestelmän pitää tarvittaessa mahdollistaa kohteen tietojen hyödyntäminen tallennettua suppeampana. (Saastamoinen 2019.)

Tietoja kerätessä pitää myös miettiä, mitä kaikkea pystytään ylläpitämään. Kohteiden ei kannata olla liian monimutkaisia. Puu kannattaa tallentaa pisteenä sijaintinsa mukaan eikä esim. laserkeilausaineiston pistepilven perusteella muodostuneena kolmiulotteisena kohteena, joka muuttuu joka vuosi puun kasvaessa tai jonkun oksan katketessa. (Saastamoinen 2019.)

3D-kuvaustekniikasta Saastamoinen (2019) toteaa, että se on vain kuvaustekniikka muiden joukossa eikä sinänsä erityisen haastavaa, vain tiedon visualisointia. Tärkeämpää on kohteen tietosisältö. Tarkoituksenmukaista on aineiston sisällön päivitys tasolle, jossa sitä pystytään ylläpitämään, ei sen laajemmaksi. Kohteita voidaan tallentaa ja esittää kolmiulotteisina multipatch-kohteina tai kaksikulotteisille kohteille voidaan pursottaa korkeus jonkun halutun ominaisuustiedon, kuten rakennuksen kerrosten lukumää-

rän, mukaisesti. Vantaalla hänen mukaansa on päädytty tallentamaan multipatcheinä mm. rakennukset ja 3D-kiinteistönmuodostuskohteet. JHS 185:ssä määritelty kaavan pohjakartta on vain yksi visualisointi kaupunkimallista.

Maanpinnan alaiset rakenteet, kuten johdot tai puiden juurikuopat, hallitaan maan alla. Ne voidaan visualisoida halutulla tavalla osaksi kaupunkimallia sijaintinsa ja ominaisuuksiensa mukaisesti. (Saastamoinen 2019.)

Vaikka kaupunkimallin lähtökohtana on tieto ja sen visualisointi eri tavoin, kuvaustekniikan noudattaminen saattaa aiheuttaa lisätyötä ylläpidolle. Vielä ei ole olemassa kansallista mallikirjastoa tai kuvaustekniikkaohjeistusta kaupunkimallille, joten jokainen kunta on sen suhteen omillaan. Esri mm. mahdollistaa valopylväiden esittämisen tarkalleen oikean näköisinä, mutta onko siihen tarvetta tai onko siitä vastaavaa hyötyä? (Saastamoinen 2019.)

Esri Finland Oy:n näkemyksen mukaan kaupunkimallin lähtöaineistoja ja ylläpitotietoja tuottavia aineistoja ovat tietomallien lisäksi mm. maastomittaukset, ilmakuvaukset ja pistepilvet sekä perinteisesti lentokoneesta, että RPAS-laitteilla. Korkeustieto hallittiin aiemmin vain kantakartan yhtenä elementtinä, korkeuskäyrinä, -pisteinä ja -lukuina. Nyt korkeusmallia ylläpidetään pistepilven ja mitatun tiedon avulla. Tämä mahdollistaa, että suunnitteluhankkeissa otetaan lähtötiedoksi sen hetken korkeusmalli suunnitelmamalliksi, mistä saadaan suunnittelupinta, jonka perusteella voidaan suunnitella tuleva toteumapinta. Olevan ja suunnitelmapinnan avulla voidaan kuvata tulevaa aluetta rakennuksineen ja tiepintoineen, jolloin suunnitellut tiet, rakennukset tai muut kohteet eivät enää ole ilmassa tai maan sisällä, jollei niin oikeasti ole tarkoitus. (Saastamoinen 2019.)

dmCity-ohjelmaan kaupunkimallin rakennukset voidaan kunnissa mallintaa laserkeilaamalla pistepilveä hyödyntäen tai pelkästään nostamalla katto esimerkiksi kerrosluvasta arvioituun korkeuteen. Uudet rakennukset saataneen lähitulevaisuudessa tuotua tarkasti toteumamalleista, jotka haluttaessa mahdollistavat myös kunnossapidon seurannan. Vielä tällä hetkellä toteutuneen rakennuksen tiedot perustuvat maastomittauksiin. Rakennusten tietomallirakenne on sama kuin MML:n KMTK:n rakennuksen tietomalli. (Saastamoinen 2019.)

Katusuunnitelmien tietomallien hyödyntäminen ei ole niinkään pitkällä kuin rakennusten tietomallien. Suunnittelumalli voidaan visualisoida suunnitelmatilassa kaupunkimallissa ja viedä sieltä toteutusmalliksi työmaalle. Toteutumamalli voitaisiin toimittaa korjattuna työmaalta, mutta käytännössä tämä ei vielä toteudu mm., koska koneohjaus ei toteudu riittävästi. Tällä hetkellä suunnitelmamallin poikkeamat mitataan maastossa ja ne tuodaan toteutuneina kaupunkimalliin. (Saastamoinen 2019.)

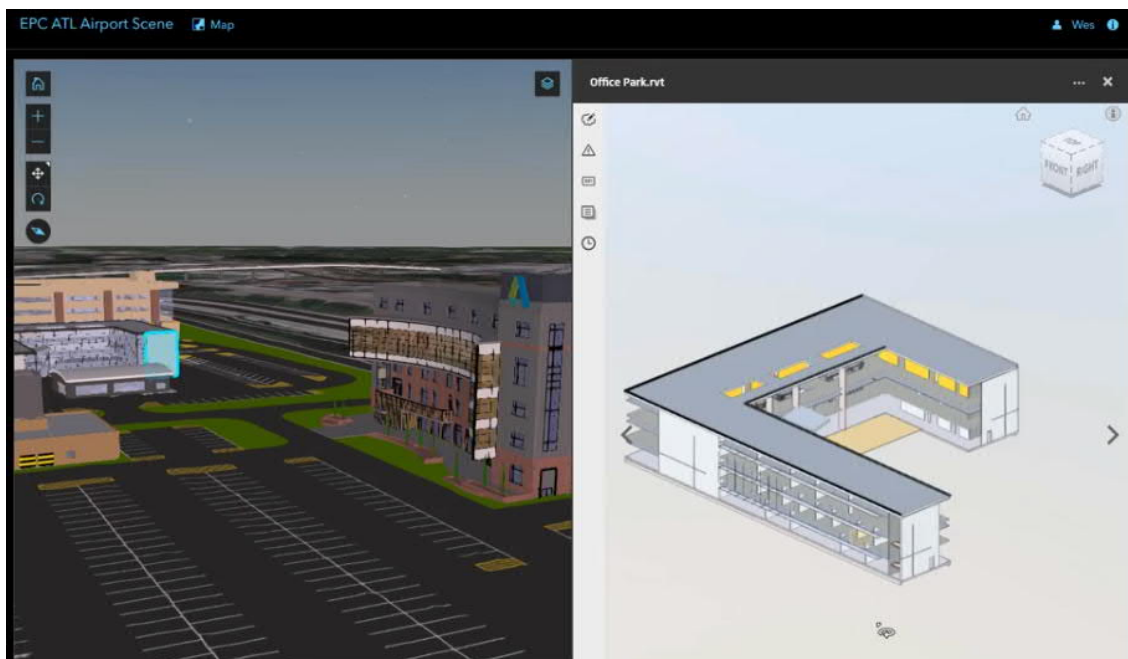
7.3 Esri ja Autodesk -yhteistyö

Kaksi isoa kansainvälistä ohjelmistotarjoajaa, Esri ja Autodesk, ilmoittivat 15.11.2017 uudesta yhteistyösopimuksestaan. Sen tavoitteena on linkittää Autodesk-maailman BIM-mallit ja Esri-ympäristöjen GIS-tuotteet paremmin yhteen ja näin helpottaa työ- kulkua, aineistojen sijainti- ja ominaisuustietojen siirtymistä sekä ympäristön parempaa huomioimista katu- ja infrasuunnitelmien laadinnassa. (Autodesk & Esri 2019a.)

Järvenpään, jolla on laajassa käytössä sekä Esrin että Autodeskin tuotteita, näkökul- masta näiden kahden ison yrityksen yhteistyön tiivistyminen on erittäin positiivinen uu- tinen. Jo tällä hetkellä Järvenpäässä hyödynnetään aikaisemman yhteistyön tulosta, sekä DWG-tiedostojen suoraa avautumista Esrin ohjelmiin että mahdollisuutta lukea Esrin tuotteilla muodostettuja aineistoja Oracle-kannasta suoraan AutoCADiin. Toivee- na onkin, että Autodeskin ja Esrin yhteistyö tulee helpottamaan Järvenpään kaupunki- mallin muodostamista ja ylläpitoa entisestään sekä mahdollistamaan lisää erilaisia käyttötapoja.

Viimeisimmän kehitystyön tuloksena on tarjolla mahdollisuus lukea AGOLin aineistoja Autodeskin InfraWorks-ohjelmaan Autodesk Connector for ArcGIS -työkalun avulla (Autodesk & Esri 2019b; Connecting BIM & GIS 2019). Lisäksi ArcGIS Pro:n syksyllä 2018 julkaistu versio 2.2 pystyy lukemaan Autodeskin revit-tiedostoja (What's new in ArcGIS Pro 2.2 2019).

Kolmas BIM-mallien ja GIS-aineistojen hyödyntämistä edistävä tapa on käyttää AGOL:n sovelluksia ja Autodeskin BIM 360 API:en tarjoamia mahdollisuuksia yhdistet- tynä selainympäristössä (Autodesk 2019). Järvenpäässä niiden yhteiskäyttöä ei vielä ole testattu, mutta nähdyn demon perusteella yhteiskäyttö avaa monenlaisia mielen- kiintoisia mahdollisuuksia erityisesti rakennusvalvonnan näkökulmasta (kuva 39).

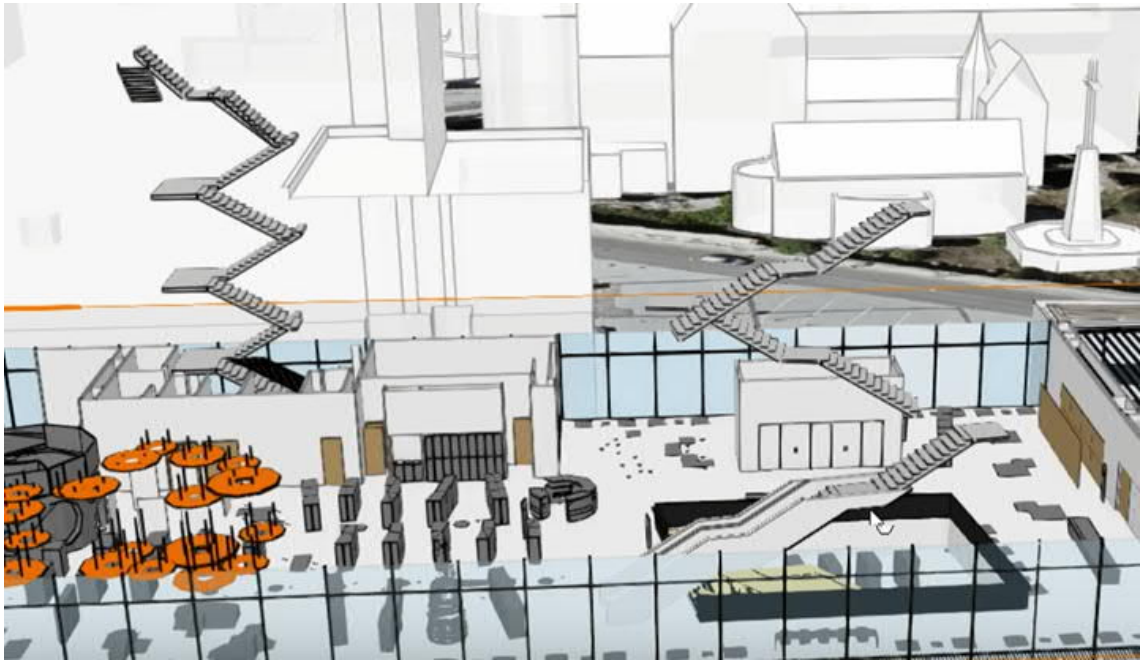


Kuva 39. GIS:n ja BIM:n yhteiskäyttö Autodeskin mukaan (Proof of Concept: Linking to BIM 360 from ArcGIS 2019).

Asemakaavoitus hyödyntää Infracore-ohjelmaa kaavojen havainnollistamisessa, missä on tärkeää saada rakennusmassojen tausta-aineistoksi ajantasaista kartta-aineistoa kuten kaavan pohjakarttaa tai ilmakuvia. Järvenpäässä em. aineistot ovat saatavilla AGOLin kautta, joten niiden käyttö uutta ominaisuutta hyödyntäen olisi täysin mahdollista. Tätä tullaan testaamaan seuraavan sopivan kaavaprojektin yhteydessä.

Kaikki rakennussuunnittelijat eivät muodosta rakennusten tietomalleja Revit-ohjelmalla, mutta ne tietomallit, jotka olisivat natiivisti saatavilla revit-formaatissa, olisi hyvä saada sellaisenaan kaupunkimallin tausta-aineistoksi. Näin säästettäisiin aikaa ylimääräisiltä formaattimuunnoksilta ja todennäköisesti tietosisältö siirtyisi paremmin.

Revit-mallien tuomista osaksi Järvenpään 3D-kaupunkimallia on testattu vasta parilla aineistolla, joten laajaa kokemusta paremmasta käytettävyydestä verrattuna formaattimuunnosten kautta tuotuihin aineistoihin ei vielä ole. Esrin mukaan (kuva 40) Revit-tietomallit ovat täysin hyödynnettävissä sekä ArcGIS Prossa että AGOL:ssa (BIM Data in 3D Web Apps 2019).



Kuva 40. Esrin näkemys Autodeskin Revit-ohjelmalla tehtyjen rakennusten tietomallien tarkastelusta AGOL-ympäristössä (BIM Data in 3D Web Apps 2019).

8 Päätelmät

Kaupunkimalliin kohdistuvia tarpeita voi priorisoida sen mukaan, miten helposti ne tällä hetkellä voidaan teknisesti toteuttaa ja miten oleellisia ne ovat. Alla olen luokitellut ne tällä hetkellä toteutuneiksi tai mahdollisiksi, kohtuullisella lisätyöllä tai -resurssilla ratkeaviksi sekä haasteellisiksi tavoitteiksi. Lisäksi on toiveita, kuten aineiston ajantasaisuus, jotka ovat kohtuullisella tasolla jo nyt mutta joiden saaminen täydelliseksi ei käytännössä liene mahdollista millään järkevällä resurssinlisäyksellä.

Jo nyt mahdollisia tai toteutuneita aineistoon liittyviä toiveita ovat kaupunkimallin semanttisuus, RPAS-kuvausten hyödyntäminen aineistopäivityksissä ja linkitys rekisteritietoihin. Teknisesti alusta mahdollistaa kaava- ja katusuunnitelmien sekä rakennusten tietomallien manuaalisen tuomisen mallin osiksi ja näin uusien sekä muuttuvien alueiden esittelyn päättäjille tai kuntalaisille.

Kaupunkimallissa on mahdollista tehdä valo- ja varjotarkasteluja, tutkia näkymiä eri kohteista sekä tehdä erilaisia animaatioita ja ajoja mallin sisällä. Myös havainnekuvien irrottaminen mallista onnistuu.

Jonkin verran lisätyötä tai enemmän resursseja vaatii kaava- ja katusuunnitelmien sekä rakennusten tietomallien automatisoitu tai edes puoliautomatisoitu tuominen osaksi kaupunkimallia sekä sen miettiminen, miten näiden kohteiden tuomista parhaiten hyödynnettäisiin osallistamisessa, vuorovaikutuksessa ja mahdollisessa tiedon keruussa joukkoistamalla. Myös tiedolla johtamisen mahdollistaminen ja olemassa olevan aineiston hyödyntäminen siinä vaatii vielä miettimistä.

Kaikkien lähtötietojen tarkastelu samassa näkymässä on mahdollista, mutta joidenkin aineistojen, kuten rakennuspiirustusten, linkitys vaatii lisäselvittelyä ja mahdollisesti myös jonkinlaisia tietoliikenneavauksia, koska ne eivät ole tallennettuina kaupungin omassa tietoverkossa, vaan Lupapisteessä. Muutenkin Lupapisteen saaminen osaksi Järvenpään paikkatietojärjestelmää niin, että tiedot liikkuisivat helposti molempiin suuntiin, vaatii lisäpanostusta.

4D-kaupunkimallin mahdollistaminen niin, että mallin tiedoilla olisi mukana myös aika, on periaatteessa mahdollista. Jo nyt katuinfran hallintajärjestelmässä, joka toimii Esrin

ohjelmistoympäristössä, on tallentuvana muutostietona aika, jonka perusteella voidaan hakea, mikä aineiston tietosisältö oli tietyllä ajankohdan hetkellä. Neliulotteisen kaupunkimallin aito hyödynnettävyys kuitenkin vaatisi, että tieto muutosajankohdasta olisi validi ja aineiston ylläpito toteutumamallien ja työmaamittausten osalta olisi mietitty toimivaksi. Tällä hetkellä on epäselvää, pystytäänkö työn kulut saamaan riittävän toimiviksi ja ennen kaikkea, löytyvätkö ylläpitoon tarvittavat resurssit.

Vaikka tällä hetkellä ollaan siinä käsityksessä, että em. tarpeet ovat lähitulevaisuudessa toteutettavissa, voi olla, että detaljitasolla tulee vastaan teknisiä yllätyksiä, jotka estävät toiveiden mahdollistamisen vielä tässä vaiheessa. Lisäksi on tarpeita, joiden toteuttaminen ei tämänhetkisten tietojen perusteella ole ympäristössämme teknisesti tai ainakaan kohtuullisella resurssinlisäyksellä mahdollista toteuttaa.

Varsin haastavaksi koettava toive tällä hetkellä on sopivan helppokäyttöinen suunnittelijan käyttöliittymä, joka mahdollistaisi erilaisten suunnitelmien tai mallien lisäyksen lennosta, merkintöjen teon sekä erilaisten vaihtoehtojen kokeilun. Tarkimmillaan työkalu mahdollistaisi rakennusten sisätilojen suunnittelun jopa huonekalutasolla, liikuntapaikkojen, kuten frisbeegolfratojen, yksityiskohtaisen suunnittelun, kylttien tai välineiden sijaintien sijoittelun, kameravalvonnan suunnittelun ja pelastussuunnitelmien teon. Tällaista käyttöliittymää ei vielä tällä hetkellä ole näköpiirissä.

5D-kaupunkimalli eli kaupunkimalli, jossa olisi sijainnin ja ajan lisäksi mukana myös tieto kohteiden toteuttamiseen vaadittavista tai käytetyistä resursseista, lähinnä rahasta, ei ole haasteellisuutensa takia toteutumassa ihan lähiaikoina. Se on valitettavaa, sillä olisi todella hyödyllistä, jos suunnitelmien aiheuttamat muutokset palvelutarpeisiin ja niiden aiheuttamat raha- ja resurssitarpeet saataisiin näkyviin saman tien tehtäessä muutoksia suunnitelmiin. Näin voitaisiin paremmin jo suunnitelmavaiheessa huomioida vaikutukset kaupungin talouteen.

Oma maailmansa ovat virtuaalistodellisuuteen ja twin city -ajatteluun liittyvät toiveet, osin niiden epämääräisyydestä johtuen, mutta ennen kaikkea koska ajatusmaailmaan liittyviä sensoreita ja IoT-laitteita ei ole käytössä tai ainakaan kytkettynä paikkatietojärjestelmäämme. Joitain AR-, VR tai jopa MR-laseihin liittyviä testejä voitaisiin tehdä CityEngineä ja ArcGIS 360 VR -sovellusta hyödyntäen, koska Esrillä on tarjota siihen tuotteita, mutta niidenkin osalta on pitkälti selvittämättä, mitä nykyinen paikkatietoym-

päristömme mahdollistaa. Samoin siihen, että kaupunkimalli olisi kaupungin kaiken tiedon lähde sopivine rajapintoineen ja jopa kotisivujen korvaaja, on vielä matkaa.

Vaikka käyttäjillä on erilaisia toiveita kaupunkimallin käyttöön liittyen, oleellisinta on kuitenkin aineiston luotettavuus. Käytettäessä pitää olla tiedossa, mikä on sijainti- ja korkeustiedon sekä ominaisuustietojen ajantasaisuus, eli voiko käytettävissä olevan tiedon perusteella tehdä johtopäätöksiä.

9 Yhteenveto

Järvenpään kaupungin tämänhetkinen näkemys on, että tavoitteena ei tulisi olla vain 3D-kaupunkimalli, jossa on huomioituina perinteisten x- ja y-koordinaattien lisäksi korkeustieto z, vaan aito tietomalli Järvenpäästä, jossa on mukana paitsi aika sekä historiatiedon että tulevien suunnitelmien osalta, myös raha tai resurssit tarpeen mukaan. Tarvittaessa tietomalliin voitaisiin linkittää erilaisia ajantasaisia sensoritietoja ja muita kaupungin tilaa ja siellä tapahtuvaa toimintaa kuvaavia tietolähteitä, mikä mahdollistaisi ajantasaisen tiedolla johtamisen.

Järvenpään tämänhetkinen paikkatieto-ympäristö, joka perustuu Esrin kuntalisenssin myötä käyttöön saatuun tuotepiheeseen, mahdollistaa kaupunkimallin ylläpidon sekä laajasti erilaiset esitykset ja toiminnallisuudet käyttäjien tarpeiden mukaan. Paikkatieto-ympäristön positiivisena haasteena ovat kuntalisenssin tarjoamat monenlaiset mahdollisuudet ja laajalla rintamalla tapahtuva ohjelmistokehitys. Paikkatieto-ympäristöstä vastaavien henkilöiden on mietittävä, miten saada tieto kiinnostavista muutoksista ja pysyä mukana kehityksessä, miten tunnistaa ja ottaa käyttöön Järvenpään kaupungille hyödyllisimmät tuotteet.

Lähteet

3D-palvelu arkkitehtikilpailun tuomareiden avuksi. 2018. Verkkoaineisto. KIRA-digi-hanke. <<http://www.kiradigi.fi/kokeiluhankkeet/kokeiluhankkeet/3d-palvelu-arkkitehtikilpailun-tuomareiden-avuksi>>. Luettu 12.10.2018.

3Dkunta. 2019. Verkkoaineisto. 3Dkunta-hanke. <<http://www.3dkunta.fi/>>. Luettu 28.6.2019.

Ahola, Marko. 2017. Kuopion kaupungin rakennustietomallinnuksen kehittäminen. Insinööriyö. Lapin Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

Airaksinen, Enni. 2017. Kaupunkien kolmiulotteiset mallinnusmenetelmät. Diplomityö. Aalto-yliopisto. Aaltodoc-tietokanta.

ArcGIS Hub. 2019. Verkkoaineisto. Esri Inc. <<https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-hub/overview>>. Luettu 17.7.2019.

ArcGIS Urban Transforms City Planning? 2019. Verkkoaineisto. Esri Inc. <<https://www.esri.com/about/newsroom/arcnews/arcgis-urban-transforms-city-planning/>>. Luettu 13.7.2019.

Autodesk. 2019. BIM & GIS Integration. Verkkoaineisto. Autodesk Inc. <http://download.autodesk.com/us/support/autodesk_bring_together_bim_gis_ebook_final-w.pdf>. Luettu 25.2.2019.

Autodesk & Esri. 2019a. Verkkoaineisto. Esri Inc. <<https://www.esri.com/en-us/about/esri-partner-network/our-partners/global-alliances/autodesk-esri>>. Luettu 6.1.2019.

Autodesk & Esri. 2019b. The Road Ahead. Verkkoaineisto. Esri Inc. <<https://geobim.maps.arcgis.com/apps/Cascade/index.html?appid=e613e7f3157b45c09e9455e79912d2a4>>. Luettu 6.1.2019.

Avoin kaupunkidata vauhdittaa kaupunkivisualisointia. 2018h. Verkkoaineisto. KIRA-digi-hanke. <<http://www.kiradigi.fi/kokeiluhankkeet/kokeiluhankkeet/avoin-kaupunkidata-vauhdittaa-kaupunkivisualisointia>>. Luettu 12.10.2018.

Billen, Ronald; Caglioni, Matteo; Cutting-Decelle, Anne-Francoise; de Almeida, José-Paulo; Falquet, Gilles; Leduc, Thomas; Marina, Ognen; Métral, Claudine; Moreau, Guillaume; Perret, Julien; Rabino, Giovanni; San Jose, Roberto; Yatskiv, Irina; Zlatanova, Sisi. 2014. 3D City Models and urban information: Current issues and perspectives. Les Ulis, Ranska: EDP Sciences. 17.2.2014.

BIM Data in 3D Web Apps. 2019. Video. Esri 2019 Developer Summit Plenary. <https://www.youtube.com/watch?v=gnch_gCGe5A&list=PLaPDDLTCmy4Y3e8AkFYr9n-njdf2fAbS4&index=14>. Katsottu 8.3.2019.

BuildingSMART Finland. 2018. Verkkoaineisto. <<https://buildingsmart.fi/>>. Luettu 11.12.2018.

Citizen Science Resources. 2019. Verkkoaineisto. Esri Inc. <<https://www.esri.com/arcgis-blog/products/arcgis-online/field-mobility/citizen-science-resources/>>. Luettu 17.7.2019.

Coloma, Rodrigo. 2016. Tampereen kaupungin avoin kaupunkimalli. Verkkoaineisto. HSY:n paikkatietoseminaari 16.3.2016. <https://www.hsy.fi/fi/asiantuntijalle/tapahtumat/seminaarit/paikkatietoseminaarit/Documents/2016/coloma_hsy_paikkatietoseminaari_2016.pdf>. Luettu 27.12.2018.

Connecting BIM & GIS. 2019. Verkkoaineisto. Autodesk Inc. <<https://www.autodesk.com/campaigns/bim-gis>>. Luettu 25.2.2019.

Conway, Niall. 2017. Geospatial, IoT and the Digital Twin. Verkkoaineisto. GIS Professional 6/2017. <<https://www.gis-professional.com/content/article/geospatial-iot-and-the-digital-twin>>. Luettu 3.1.2019.

Erving, Anna. 2008. Paikkatiedoista kaupunkimalleihin: CityGML selvitystyö. Verkkoaineisto. Teknillinen korkeakoulu. <<https://docplayer.fi/5655144-Paikkatiedoista-kaupunkimalleihin-citygml-selvitystyö-anna-erving-fotogrammetrian-ja-kaukokartoituksen-laboratorio-teknillinen-korkeakoulu.html>>. Luettu 9.12.2018.

Geoinformatiikan sanasto. 2018. Verkkoaineisto. Sanastokeskus TSK. Neljäs painos. <<http://www.tsk.fi/tiedostot/pdf/GeoinformatiikanSanasto>>. Luettu 7.9.2018.

Haapakoski, Heikki. 2018. Puistosuunnittelun tietomalli rakentamisessa ja infraomaisuuden hallinnassa. Insinööriyö. Metropolia ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

Hannukainen, Ritva. 2017. Kohti 3D-kiinteistönmuodostusta. Insinööriyö. Lapin Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

Heikkilä, Jaakko. 2018. Kaavasuunnittelija, Järvenpään kaupunki. Sähköpostihaastattelu 16.10.2018.

Hietanen, Jyri & Kokko, Petri. 2016. IFC Mallinnusvaatimukset. Verkkojulkaisu. Building Smart. <<https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/19.5.2016.IFC2CityGMLmallinnusohjeet.pdf>>. Luettu 14.10.2018.

Hiironen, Juhana. 2018. Kaupungingeodeetti, Järvenpään kaupunki. Haastattelu 23.10.2018.

Holopainen, Matti. 2018. Vakioidun kaupunkimallin hyödyntämismahdollisuudet. Verkkojulkaisu. Kuntaliitto. <http://www.3dkunta.fi/wp-content/uploads/2018/09/09_Holopainen.pdf>. Luettu 14.10.2018.

Honkanen, Tapani. 2018. Kaupunkimallinnuksen ja kaupunkimallipohjaisen maankäytönsuunnittelun tapausesimerkkejä. Smart City-kurssin luento, YAMK-opinnot, Metropolia ammattikorkeakoulu. Esitetty 2.3.2018.

Hyttinen, Samuli. 2017. Paikkatiedon ja kolmiulotteisten mallien esittäminen selainpohjaisella 3D-kaupunkimallisovellusallustalla. Diplomityö. Aalto-yliopisto, Rakennetun ympäristön laitos. Espoo.

Hyvinkää rakentaa 3D-kaupunkimallin julkisivut joukkoistamalla. 2018. Verkkoaineisto. KIRA-digi-hanke. <<http://www.kiradigi.fi/kokeiluhankkeet/kokeiluhankkeet/hyvinkaa-rakentaa-3d-kaupunkimallin-julkisivut-joukkoistamalla>>. Luettu 12.10.2018.

Hänninen, Satu. 2018. Asiakaspalvelupäällikkö, Järvenpään kaupunki. Sähköpostihaastattelu 7.8.2018.

Isotalo, Katri. 2017. Semantiikka mullistaa 3D-kaupunkimallin käyttömahdollisuudet. Verkkoaineisto. Positio-lehti 1/2017. <<https://www.maanmittauslaitos.fi/tietoa-maanmittauslaitoksesta/ajankohtaista/lehdet-ja-julkaisut/positio-lehti/lehdet/positio-2>>. Luettu 23.12.2018.

Janet. 2019. Verkkoaineisto. Järvenpään kaupungin intranet. <https://intranet.jarvenpaa.fi/-/Keski-Uudenmaan_sote--/sivu.tpl?sivu_id=9158>. Luettu 7.3.2019.

JHS 185. 2014. Asemakaavan pohjakartan laatiminen. Verkkoaineisto. JUHTA, julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta. <<http://www.jhs-suositukset.fi/suomi/jhs185>>. Luettu 9.9.2018.

Julin, Arttu. 2017. Tiedonkeruun miljoonat pisteet. Kaupunkimallit 2017 -seminaari. Esitetty 8.11.2017.

Junttila, Kimmo. 2018. Kaupunkimallinnuksen uusi suunta. Smart City-kurssin luento, YAMK-opinnot, Metropolia ammattikorkeakoulu. Esitetty 2.3.2018.

Kakkonen, Mirja. 2018. Tiedonhallinnan asiantuntija, Järvenpään kaupunki. Sähköpostihaastattelu 25.10.2018.

Kalasadaman digitaaliset kaksoset. 2018. Verkkoaineisto. KIRA-digi-hanke. <<http://www.kiradigi.fi/kokeiluhankkeet/kokeiluhankkeet/kalasadaman-digitaaliset-kaksoset>>. Luettu 12.10.2018.

Kaupunkimallin 3D-tietojen harmonisointi. 2018. Verkkoaineisto. Projektisuunnitelma. 3DKunta-hanke. <<http://www.3dkunta.fi/wp->

content/uploads/2018/09/Projektisuunnitelma_3Dkunta_ver_1.1_julkinen.pdf>. Luettu 14.10.2018.

Kaupunkimallinnuksen ohjekirja. 2016. Verkkoaineisto. BuildingSMART Finland. <<https://buildingsmart.fi/kaupunki/kaupunkimallinnuksen-ohjekirja/>>. Luettu 11.12.2018.

Kettunen, Pyry. 2016. Korvaako välittömästi visualisoitu kaukokartoitusaineisto topografisen kartan? Verkkoaineisto. Positio-lehti 3/2016. <https://www.maanmittauslaitos.fi/sites/maanmittauslaitos.fi/files/attachments/2017/10/Kettunen_Positio_3_2016.pdf>. Luettu 9.9.2018.

Kettunen, Valtteri. 2018. 3D-kaupunkimallinnuksen nykytila kunnissa kyselytutkimuksen perusteella. Insinööriyö. Metropolia ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

KM3D. 2015. Verkkoaineisto. Kuntaliitto. < <https://www.kuntaliitto.fi/tilastot-ja-julkaisut/verkko-oppaat/paikkatiedon-opas/hankkeet/kolmiulotteinen-kaupunkimalli-km3d-hanke> >. Luettu 14.10.2018.

KMTK. 2018. Verkkoaineisto. Paikkatietoalusta-hanke. <<http://kmtk.paikkatietoalusta.fi/>>. Luettu 14.10.2018.

Kokko, Petri. 2019. CEO, Sova3D Oy. Haastattelu 25.2.2019.

Kolmiulotteisten aineistojen yhdistäminen ja peliteknologia avuksi kaupunkisuunnitteluun. 2018. Verkkoaineisto. KIRA-digi-hanke. <<http://www.kiradigi.fi/kokeiluhankkeet/kokeiluhankkeet/kolmiulotteisten-aineistojen-yhdistaminen-ja-peliteknologia-avuksi-kaupunkisuunnitteluun>>. Luettu 12.10.2018.

Kunnas, Olli. 2018. RPAS-toiminnan aloittaminen kuntaorganisaatiossa ja siihen liittyvät työprosessit. Insinööriyö. Metropolia ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

Käyttömahdollisuudet ja Helsingin sovellukset. 2018. Verkkoaineisto. Helsingin kaupunki. <<https://www.hel.fi/helsinki/fi/kaupunki-ja-hallinto/tietoa-helsingista/yleistietoa-helsingista/Helsinki-3d/kayttomahdollisuudet-ja-helsingin-sovellukset/>>. Luettu 23.12.2018

Liukkonen, Oskari. 2015. Kuntien paikkatiedon polku kantakartasta 3D-kaupunkimalliin. Diplomityö. Aalto-yliopisto. Aaltodoc-tietokanta.

Luode, Lauri. 2018. ICT-erityisasiantuntija, Järvenpään kaupunki. Sähköpostihaastattelu 25.10.2018.

Luukkala, Pekka. 2018. Verkkoaineisto. KMTK: 3D-Kaupunkimallit. <http://www.3dkunta.fi/wp-content/uploads/2018/09/07_Luukkala.pdf>. Luettu 14.10.2018.

Lupapiste. 2018. Verkkoaineisto. < <https://www.lupapiste.fi/> >. Luettu 14.10.2018.

Maankäyttö- ja rakennuslaki. 1999. 132/5.2.1999.

Maankäyttöpäätökset. 2018. Verkkoaineisto. Paikkatietoalusta-hanke.
<<http://maankaytto.paikkatietoalusta.fi/>>. Luettu 14.10.2018.

Makkonen, Sanna. 2016. Semantic 3D Modelling for Infrastructure Asset Management. Diplomityö. Aalto-yliopisto. Aaltodoc-tietokanta.

Markkanen, Tuomo. 2019a. Kartastoinsinööri, Järvenpään kaupunki. Haastattelu 14.1.2019.

Markkanen, Tuomo. 2019b. Kartastoinsinööri, Järvenpään kaupunki. Haastattelu 2.7.2019.

MATTI-hanke. 2018. Verkkoaineisto. Vantaan kaupunki.
<https://www.vantaa.fi/hallinto_ja_talous/talous_ja_strategia/hankkeet_ja_projektit/maan_kayton_rakentamisen_ja_ympariston_toimiala/matti-hanke>. Luettu 29.12.2018.

Mattila, Juhon. 2018. Kaavasuunnittelija, Järvenpään kaupunki. Sähköpostihaastattelu 16.10.2018.

Metsälä, Mirja. 2018a. Espoon kaupunkimalli: kaupungin nykytilamalli. Verkkoaineisto. 3Dkunta-hanke. <http://www.3dkunta.fi/wp-content/uploads/2018/09/05_Metsala.pdf>. Luettu 27.12.2018.

Metsälä, Mirja. 2018b. Kiinteistöinsinööri, Espoon kaupunki. Esittely ja haastattelu 28.5.2018.

Ollila, Petri. 1995. Suurikaavaiset numeeriset kartat ja niiden yleistäminen. Lisensiaattityö. Teknillinen korkeakoulu, rakennus- ja maanmittaustekniikan osasto, maanmittaustekniikan laitos. Espoo.

Paikannussanasto. 2002. Verkkojulkaisu. Tekniikan sanastokeskus. <>. Luettu 30.8.2018.

Paikkatietoalusta. 2018. Verkkoaineisto. Paikkatietoalusta-hanke.
<<http://www.paikkatietoalusta.fi/tietoa-paikkatietoalustasta>>. Luettu 14.10.2018.

Pajukoski, Juhon. 2017. Paikkatietosuunnittelija, Järvenpään kaupunki. Haastattelu 20.10.2017.

Pajukoski, Juhon. 2018a. Kaupunkimallinnuksen erityisasiantuntija, Järvenpään kaupunki. Sähköpostihaastattelu 26.10.2018.

Pajukoski, Juhon. 2018b. Kolmiulotteinen Järvenpää. Location Business Forum 2018 esitysmateriaali. <<https://geoforum.fi/wp->

content/uploads/2018/11/LBF2018_Kaupunkimallit2_Juho_Pajukoski_Jarvenpaa.pdf>. Esitetty 6.11.2018. Luettu 10.7.2019.

Pajukoski, Juho. 2019a. Kaupunkimallinnuksen erityisasiantuntija, Järvenpään kaupunki. Haastattelu 22.2.2019.

Pajukoski, Juho. 2019b. Kaupunkimallinnuksen erityisasiantuntija, Järvenpään kaupunki. Sähköpostihaastattelu 8.–17.7.2019.

Pajukoski, Juho & Aaltonen, Tuija. 2017. Järvenpään ja Keravan karttapalvelut sekä Järvenpään 3D-kaupunkimalli. KuntaSIG-seminaarin esitysmateriaali, s. 9–14. <http://go.esri.fi/acton/attachment/25817/f-0103/1/-/-/-/-/kerava_jarvenpaa_arcgisonline-karttapalvelut.pdf?utm_term=J%5Cu00E4rvenp%5Cu00E4%5Cu00E4n%20ja%20Keravan%20karttapalvelut%20sek%5Cu00E4%20J%5Cu00E4rvenp%5Cu00E4%5Cu00E4n%203D-kaupunkimalli.&utm_campaign=KuntaSIG%202017%20esitykset&utm_content=landing+page&utm_source=Act-On+Software&utm_medium=landing+page&cm_mmc=Act-On%20Software-_-Landing%20Page-_-KuntaSIG%202017%20esitykset-_-J%5Cu00E4rvenp%5Cu00E4%5Cu00E4n%20ja%20Keravan%20karttapalvelut%20sek%5Cu00E4%20J%5Cu00E4rvenp%5Cu00E4%5Cu00E4n%203D-kaupunkimalli.&sid=TV2:0rWmceXu8> . Esitetty 7.6.2017. Luettu 8.1.2019.

Palonen, Lauri. 2018. Kunnossapitovalvoja, Järvenpään kaupunki. Sähköpostihaastattelu 16.10.2018.

Perttula, Sampo. 2018. Kaavoitusjohtaja, Järvenpään kaupunki. Sähköpostihaastattelu 15.6.2018.

PKS 3/2018. 2018. Pääkaupunkiseudun rekisteriyhteistyöryhmän muistio 3.10.2018.

PKS 4/2018. 2018. Pääkaupunkiseudun rekisteriyhteistyöryhmän muistio 23.11.2018.

Proof of Concept: Linking to BIM 360 from ArcGIS. 2019. Video. Verkkoaineisto Autodesk Inc. <<https://autodesk.wistia.com/medias/ff69pdrtdz?embedType=async&videoFoam=true&videoWidth=640>>. Katsottu 7.3.2019.

PTA. 2018. Verkojulkaisu. Paikkatietoalusta-hanke. <<https://prezi.com/view/2mIRx2ND2Gp2SVMor5Yo/>>. Luettu 14.10.2018.

Rakenna Vantaata Minecraftissa. 2018. Verkkoaineisto. Vantaan kaupunki. <https://www.vantaa.fi/asuminen_ja_ymparisto/rakentaminen/kartat/minecraft>. Luettu 29.12.2018.

Rakennushankkeen 3D-mallit yhteen kartta- ja kaupunkitietojen kanssa. 2018. Verkkoaineisto. KIRA-digi-hanke.

<<http://www.kiradigi.fi/kokeiluhankkeet/kokeiluhankkeet/rakennushankkeen-3d-mallit-yhteen-kartta-ja-kaupunkitietojen-kanssa>>. Luettu 12.10.2018.

Saastamoinen, Marko. 2019. Kehityspäällikkö, Esri Finland Oy. Haastattelu 7.3.2019.

Savisalo, Anssi. 2018. Johdatus kaupunkimallinnukseen. Smart City-kurssin luento, YAMK-opinnot, Metropolia ammattikorkeakoulu. Esitetty 10.2.2018.

Seitsonen, Tero. 2018. Erikoissuunnittelija, Järvenpään kaupunki. Sähköpostihaastattelu 25.10.2018.

Sorvari, Olli. 2019. Paikkatietoasiantuntija, CGI. Sähköpostihaastattelu 6.3.2019.

Stenius, Pentti. 2013. Numeerisen kantakartan laadun parantaminen uuden Oulun alueella. Insinööriö. Rovaniemen ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

Suittio, Jaana. 2013. Novapoint Iris –järjestelmän aineistojen päivitysprosessin kehittäminen ja hyödyntäminen kaupunkimallissa. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

Suomisto, Jarmo. 2017. 3D-kaupunkitietomalli. Verkkoaineisto. Maanmittauspäivät 2017. <http://www.maankaytto.fi/arkisto/mmp/2017/suomisto_jarmo.pdf>. Esitetty 31.5.2017. Luettu 3.1.2019.

Suomisto, Jarmo. 2018. Helsinki 3D+. Smart City-kurssin luento, YAMK-opinnot, Metropolia ammattikorkeakoulu. Esitetty 2.3.2018.

Taloussuunnitelma 2019–2023 ja talousarvio 2019. 2019. Verkkoaineisto. Järvenpään kaupunki. <https://www.jarvenpaa.fi/attachments/text_editor/20120.pdf?name=Taloussuunnitelma_2019-2023_ja_talousarvio_2019>. Luettu 13.7.2019.

Tampereen kaupungin Unity 3D kaupunkimalli. 2018. Verkkoaineisto. Tampereen kaupunki. <<https://data.tampere.fi/data/dataset/tampereen-kaupungin-unity-3d-kaupunkimalli>>. Luettu 27.12.2018.

Teknisen palvelupisteen henkilökunta. 2018. Tekniset neuvojat, Järvenpään kaupunki. Ryhmähaastattelu 23.10.2018.

The CityEngine VR Experience for Unreal Engine: A Virtual Reality Experience for Urban Planning Applications. 2019. Verkkoaineisto. Esri Inc. <<https://www.esri.com/arcgis-blog/products/city-engine/3d-gis/ce-ue4-vr-experience/>>. Luettu 17.7.2019.

Tietoa paikkatietoalustasta. 2018. Verkkoaineisto. KIRA-digi-hanke. <<http://www.paikkatietoalusta.fi/tietoa-paikkatietoalustasta>>. Luettu 12.10.2018.

Tolkki, Timo. 2018. Helsinki 3D city information modeling. Verkkoaineisto. 3Dkunta-hanke. <http://www.3dkunta.fi/wp-content/uploads/2018/09/06_Tolkki.pdf>. Luettu 23.12.2018.

Torvinen, Jari. 2018. Kaupunkimallin tuotanto- ja ylläpitoprosessin nykytilanne. Verkkoaineisto. 3Dkunta-hanke. <http://www.3dkunta.fi/wp-content/uploads/2018/09/04_Torvinen.pdf> Luettu 27.12.2018.

Vastamäki, Jouni. 2018. Johtava rakennustarkastaja, Järvenpään kaupunki. Puhelinhaastattelu 19.7.2018.

Väisänen, Petteri. 2018. Suunnitteluinsinööri, Järvenpään kaupunki. Sähköpostihaastattelu 16.10.2018.

Virolainen, Jere. 2018. Vantaan 3D-kaupunkimallin ylläpito tietokannassa. Insinööriyö. Metropolia ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

Virtanen, Juho-Pekka. 2017. Tulevaisuuden avoimet kaupunkimallit. Kaupunkimallit 2017 -seminaari. Esitetty 8.11.2017.

Visio ja tavoitteet. 2018. Verkkoaineisto. KIRA-digi-hanke. <<http://www.kiradigi.fi/info/visio-ja-tavoitteet>>. Luettu 12.10.2018.

Westlin, Henry. 2018. Vantaa harppoo kohti tietomallipohjaista kaupunkisuunnittelua. Verkkoaineisto. Positio-lehti 3/2018. <https://www.maanmittauslaitos.fi/tietoa-maanmittauslaitoksesta/ajankohtaista/lehdet-ja-julkaisut/positio-lehti/lehdet/vantaa-kohti-tietomallipohjaista-kaupunkisuunnittelua?fbclid=IwAR3YxMBndeNWgINEh9G1ivsM-7Xgp0aZqa1ve9JznPXAVK_TSR6vAPF5sfM>. Luettu 29.12.2018.

What versions of CAD and BIM are supported in ArcGIS? 2019. Verkkoaineisto. Esri Inc. <<https://www.esri.com/en-us/about/events/uc/get-involved/qa#category=Capabilities%20of%20ArcGIS%20-%203D%20Visualization%20and%20Analytics>>. Luettu 6.7.2019.

What's new in ArcGIS Pro 2.2. 2019. Verkkoaineisto. Esri Inc. <<https://pro.arcgis.com/en/pro-app/get-started/what-s-new-in-arcgis-pro-2-2.htm>>. Luettu 25.2.2019.

