

Ville-Pekka Soini

Valkeakosken kaupungin 3D-mallin ajantasaistus ja ylläpito

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Maanmittaustekniikka

Insinööriytyö

7.3.2016

Tekijä Otsikko	Ville-Pekka Soini Valkeakosken kaupungin 3D-mallin ajantasaistus ja ylläpito
Sivumäärä Aika	29 sivua + 3 liitettä 7.3.2016
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	maanmittaustekniikka
Ohjaajat	lehtori Jussi Laari tontti-insinööri Jari Kiiskilä
<p>Insinööriyö käsittelee Valkeakosken kaupungin 3D-kaupunkimallin ajantasaistamista ja ylläpitoa. Nykyisen 3D-kaupunkimallin pohjana toimii fotogrammetrinen pistepilvi. 3D-kaupunkimallin ajantasaistamista mietitään käyttötarkoitusten kautta. Ylläpidettävän 3D-kaupunkimallin laadun valvontaa pyritään avaamaan vaiheittain Valkeakosken 3D-kaupunkimallin ajantasaistus ja ylläpito prosessiin.</p> <p>Erilaisia toteutuksia tutkittiin haastattelemalla 3D-mallien ylläpitäjiä Suomessa. Haastattelujen ja tutkitun kirjallisuuden avulla tehtiin vuokaavio, jonka tarkoituksena on havainnollistaa insinööriyössä esille tulleet vaiheet Valkeakosken kaupungin 3D-mallin ylläpitoon ja ajantasaistamiseen.</p>	
Avainsanat	3D-kaupunkimalli, 3D-mallin ajantasaistus ja ylläpito

Author Title	Ville-Pekka Soini Update and upkeep of a 3D model of Valkeakoski
Number of Pages Date	29 pages + 3 appendices 7th March 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Land Surveying
Instructors	Jussi Laari, Senior lecturer Jari Kiiskilä, Real Estate Manager
<p>The purpose of this Bachelor's thesis was to create a set of instructions for the update and upkeep of a 3D city model for the Valkeakoski town. The final year project studied both the composition of the 3D model of Valkeakoski and the tools and materials used in creating it. In addition to exploring different solutions to update the model, the thesis took into account the potential expandability needs of the model applications. The instructions created explain how to deal with the data model and how to arrange its administration in the easiest possible way.</p> <p>Interviews were held with major towns in Finland in order to learn about the update and upkeep of 3D models. Also, literature available at the time about the subject was studied. As a result, a flowchart was created to illustrate the different phases needed to update and upkeep the 3D model of Valkeakoski.</p> <p>The flowchart shows how to construct a 3D model and to about verify its contents. In the flowchart there are three different user group cases constructed. One for internal model management, another for public use and a third for thematic models.</p>	
Keywords	3D model, 3D model update, 3D model upkeep

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto.....	1
2	Yleistä 3D-kaupunkimalleista.....	2
3	Tiedonkeruutapoja 3D-kaupunkimallien päivittämiseksi.....	4
3.1	Laserkeilauksen periaatteet ja tiedonsiirto.....	4
3.2	Avoimet paikkatietoaineistot.....	6
3.3	Datan paikannustarkkuus.....	6
3.4	Inspire-direktiivi ja metadata.....	7
3.5	Mallinnus.....	7
4	Olemassa olevien päivitys suunnitelmien kartoittaminen.....	8
5	Ylläpito-ohjeistuksen pohja.....	10
5.1	Käyttöoikeudet.....	14
5.2	Suunnitelmat.....	15
5.3	MML:n latauspalvelu ja aineisto.....	17
5.4	RPAS-kuvaukset.....	18
5.5	Kaupunkimallin nykyiset käyttötarkoitukset.....	18
6	3D-mallin käyttötarkoitusten laajentaminen.....	19
6.1	Tiedonkeruun suunnittelu.....	20
6.2	Tiedonkeruun vaatimukset.....	21
7	Tietojen prosessointi ja yhteensovitus.....	23
8	Ohjeistuksen varmistus.....	25
9	Yhteenveto.....	25
	Lähteet.....	28

Liitteet

Liite 1. Eri LOD-käsitykset

Liite 2. Ylläpidon haastattelumuistiinpanot

Liite 3. 3D-kaupunkimallin ajantasaistus ja ylläpitoprosessikaavio

Lyhenteet

bSF	BuildingSMART Finland. Suomalaisten kiinteistö- ja infra-alan omistajien ja palvelujen tuottajien muodostama yhteistyöfoorumi. Mukana ovat omistajien lisäksi laajasti suunnittelijat, urakoitsijat, ohjelmistotalot, yliopistot ja korkeakoulut ja muut rakennusalan yritykset. Foorumin tarkoituksena on levittää tietoa tietomallintamisesta ja tukea toiminnassa mukana olevia tietomallipohjaisten prosessien käyttöönotossa.
COLLADA	COLLABorative Design Activity. XML-standardi kolmiulotteisen grafiikan käsittelyyn.
IMU	Inertial measurement unit. Laitte joka mittaa kohteen paikkaa, suuntaa ja nopeutta kiihtyvyyssanturin ja gyroskoopin avulla. Mukana myös joskus, magnetometri.
KML	Keyhole Markup Language. Google Earth-sovellukselle kehitetty XML-kuvauskieli, jota käytetään visualisoimaan 3D-maapallon maantieteellisiä kohteita.
LOD	Level of Detail 3D-kaupunkimallin tarkkuustaso. Yleisesti on sovittu, että kaupunkimallin objektien geometriset yksityiskohdat tarkentuvat suuremmille LOD-tasoisille mentäessä.
OSKARI	OSKARI-ohjelmiston avulla voit luoda oman karttapalvelun. Ohjelmisto sisältää karttakäyttöliittymän (frontend), palvelualustan (backend) ja tulevaisuudessa mahdollisesti myös palveluväylän (service bus). Esimerkki Oskarilla toteutetusta karttapalvelusta on Paikkatietoikkuna.
OGC	Open Geospatial Consortium. Kansainvälinen voittoa tavoittelematon organisaatio, joka on sitoutunut avoimien paikkatieto-standardien kehittämiseen. OGC on yritysten, viranomaisten ja yliopistojen muodostama yhteisö.

- RPAS Remotely Piloted Aircraft Systems. Englanninkielinen nimitys miehittämättömille ilma-aluksille.
- WFS Web Feature Service. OGC:n kehittämä standardi vektorimuotoisten paikkatietoaineistojen siirtämiseen

1 Johdanto

Tämän insinööriyön tarkoitus on luoda Valkeakosken kaupungin maa- ja mittaustoimelle ohjeistus 3D-kaupunkimallien ylläpidosta ja ajantasaistamisesta. Työssä käydään läpi lyhyesti 3D-kaupunkimallinnuksen osavaiheet. Lisäksi kuvataan 3D-kaupunkimallien nykytilannetta ja kuvaillaan niillä saavutettavia hyötyjä.

Työssä käsitellään Valkeakosken 3D-kaupunkimallin koostumusta ja sen luomiseen käytettyjä työkaluja sekä aineistoa. Lisäksi tutkitaan erilaisia ratkaisuja mallin päivittämiseksi ja pyritään huomioimaan mahdolliset laajennettavuuden tarpeet mallin käyttötarkoituksissa. Nykytilassa 3D-kaupunkimallin käyttökohteet rajautuvat kunnan kaavoitus- ja suunnittelutoimeen. Valmiissa ohjeistuksessa pyritään kertomaan mahdollisimman vaivattomasti, miten mallin dataa tulisi käsitellä ja millä keinoin sen hallinnointi onnistuu.

Nykyisellään 3D-kaupunkimalleja käytetään paljon visualisoimaan hankekohtaisesti eri vaihtoehtoja projekteissa [1]. 3D-kaupunkimallien hyödyntäminen on siis monissa tapauksissa teetetty lyhytnäköisesti yksittäistä projektia varten, eikä 3D-kaupunkimallin ylläpitoa ole suunniteltu hankkeen vaihtoehtojen esittämistä pidemmälle. Tilanteeseen on ilmeisesti kuitenkin tulossa muutos, kun 3D-kaupunkimalleilla saavutettavat hyödyt opitaan tunnistamaan.

3D-kaupunkimallin ylläpidon ratkaisuja on selvitetty kartoittamalla 3D-kaupunkimallien nykytilannetta ja tulevaisuuden suunnitelmia. Ylläpidon ratkaisuja on pyritty selvittämään 3D-kaupunkimalleja hallinnoivilta tahoilta sekä aihetta koskevan kirjallisuuden perusteella.

Ylläpidon yleisinä ongelmakohtina pidettiin ohjelmistoversioiden ja pohjadataan päivityksen hallinnointia. Haasteeksi nousi aikaisempiin malleihin tallennetun datan siirtäminen uusia käyttötarkoituksia varten. 3D-kaupunkimalleihin tehtyjä muutoksia tulisi pystyä seuraamaan automaattisesti. 3D-kaupunkimallin visualisointien täydellisyyden seurantaan yritetään löytää ratkaisu.

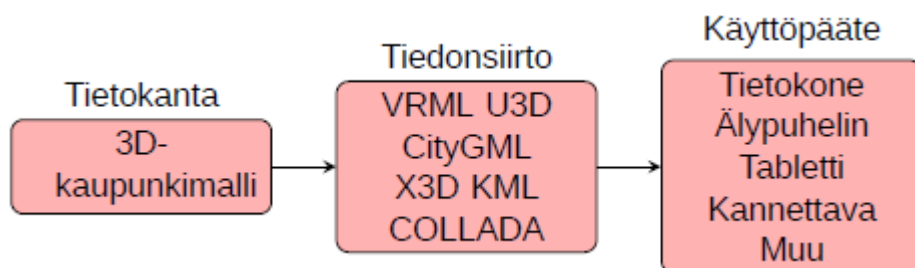
Lopuksi käsitellään 3D-kaupunkimallien laajennettavuutta sekä pyritään testaamaan Valkeakosken 3D-kaupunkimallin ylläpito-ohjeistusta ennalta määritettyjen käyttötapausten mukaisesti.

2 Yleistä 3D-kaupunkimalleista

3D-kaupunkimallien käyttö esittämään paikkatietoa erilaisten karttasovellusten sijasta on kasvamassa. 3D-kaupunkimalleja hyödynnetään nyt pääasiallisesti vain kaupunki kaavoituksessa ja suunnittelussa aikaansaatuja suunnitelmien visualisointeihin. Kaupunkimalli mahdollistaa kuitenkin näiden käyttötarkoitusten lisäksi erilaiset analyysit ja simulaatiot. 3D-kaupunkimallilla saavutettavia hyötyjä ovat esimerkiksi erilaisten suunnitelmien vaikutusten seuranta, kustannusten suunnittelu ja vuorovaikutusprosessit. Hyvät 3D-kaupunkimallitoteutukset nopeuttavat ja parantavat kaupungin suunnitelmien laatua niiden sisältämän tiedon ja mallinnuksen avulla.

Lisäksi kaiken Smart City-ajattelun takana tulee olla tietomalli, joka pystyy ohjaamaan Smart Cityn toimintaa tallentamalla ja hyödyntämällä Smart Cityssä koko ajan syntyvää tietoa. [2, s. 64.]

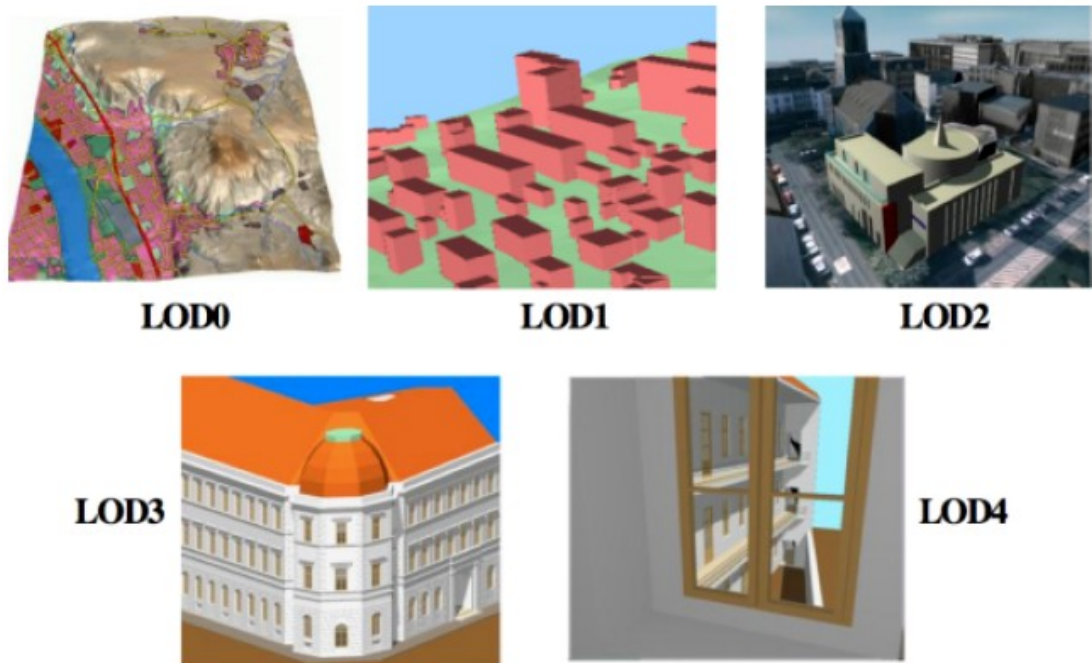
LOD-tasojä [kuva 2] käytetään 3D-kaupunkimalleissa niitä pyörittävien laitteistojen rajallisten laskentatehojen takia. 3D-kaupunkimallin laajemman hyödyntämisen kannalta on olennaista myös 3D-kaupunkimallin osien visualisointi erilaisilla päätelaitteilla. [Kuva 1.]



Kuva 1. Avoimet tiedonsiirtostandardit visualisointiin

Alemmilla LOD-tasoilla pyritään 3D-kaupunkimallista esittämään yksinkertaistettua generoitua grafiikkaa, jonka näyttäminen päätelaitteen ruudulla onnistuu nopeasti. Kun

mallista halutaan katseltavaksi yksityiskohtaisempaa tietoa ylemmiltä LOD-tasoilta, täytyy kohteisiin suorittaa aikaa vievää renderöintiä.



Kuva 2. LOD-tasot [3].

LOD-tasoista pitää muistaa, että vaikka käsitteellä yleisesti ymmärretään erilaisia tarkasteltavia objekti tasoja 3D-kaupunkimalleissa, on eri ohjelmistototeutuksilla erilaiset LOD-tasot/-tarkkuudet. [4] Sen jälkeen kun 3D-kaupunkimalli on mallinnettu lähtöaineistosta, pitäisi mallin tietoja ajantasaistaa sekä hallinnoida tarpeen mukaan. Tätä varten valitaan ohjelmistot, joilla 3D-kaupunkimallia ylläpidetään. Johtuen käytettävistä tietformaateista ja eri 3D-mallin muokkaamisen vaiheista voi ylläpito prosessi muodostua hankalaksi.

3D-kaupunkimallin käyttöehtoja suunniteltaessa pyritään varmistamaan käyttäjiltä saadun datan uudelleenkäyttömahdollisuudet. Näin toimimalla luodaan kaupungin 3D-kaupunkimallia hyödyntävien toimijoiden kesken toimintamalli, jossa vältetään päällekkäisten tiedonkeruuprosessien muodostumista.

3D-kaupunkimallin tarkkuusvaatimukseksi asetetaan LOD3-tasoisien datan kerääminen koska kaupunkikeskustan aluetta on jo tällä tarkkuudella RPAS-kuvattu. Keskustan rakenne muuttuu hitaasti, joten Valkeakosken 3D-kaupunkimallin päivitystiheys ei

muodostu ongelmaksi. Uusi LOD3-tarkkuus mahdollistaa semanttiset-analyysit 3D-ympäristössä. 3D-mallinnettu kaupunki voidaan myöhemmin yhdistää esimerkiksi CityGML:n esimerkin mukaisesti BIM-malleihin.

Suurimman ongelman 3D-kaupunkimallien ylläpitoon tuo mallinnettavan tiedon käsittely yhteensopivaksi niin, että se voidaan esittää mallissa yksiselitteisesti. Mallinnettava data pitää luokitella ja siistiä usein manuaalisesti hyvän tuloksen varmistamiseksi. Mallinnuksen laadun varmistus vie aikaa erityisesti laajemmilla alueilla, sillä automatiikka tekee ainakin toistaiseksi virheitä tasomaistenkin pintojen tunnistuksessa.

Nykyisellään 3D-kaupunkimallin käyttöä lähestytään ja kysellään tarpeiden mukaan. Mallinnettavaa materiaalia kysytään kaupungilta muiden toimijoiden tarpeisiin, esimerkiksi rakennus-suunnittelijoiden. Tarvittava lähtömateriaali kerätään useasta lähteestä ja sen yhtenäisyyden varmistaminen voi käydä hankalaksi.

Isona osana 3D-kaupunkimallin toteutumisen onnistumista pidetään sen käytettävyyttä erilaisilla päätelaitteilla. Ilman mallin interaktiivista tiedonvaihtoa on vaarana, että mallin potentiaalisilla käyttäjillä ei ole hyödyllistä syytä vaihtaa vanhasta toimivasta järjestelmästä yhtenäiseen malliin. 3D-kaupunkimallin käyttäjä määrällä on olennainen vaikutus sillä saavutettaviin kustannushyötyihin. Ilman 3D-kaupunkimallin sisäistä tiedonvälitystä jäävät tehokkuus ja kustannushyödyt saavuttamatta.

3 Tiedonkeruutapoja 3D-kaupunkimallien päivittämiseksi

3.1 Laserkeilauksen periaatteet ja tiedonsiirto

Laserkeilaus on sähkömagneettiseen säteilyyn perustuva kaukokartoitusmenetelmä [5]. 3D-kaupunkimallien datankeruussa käytettävät laserkeilaimet jaetaan kolmeen eri keilaintyyppiin niiden hyödyntämän mittaus tekniikan mukaan [kuva 3]. Pinnat joihin lasersäde osuu, voivat aiheuttaa kokonaisheijastumisen, jolloin lasersäde ei etene takaisin laserkeilaimen vastaanottimeen. Tällöin pistepilvessä näkyy tyhjä kohta.

Taulukko 1. Laserkeilaintyytit [6].

Laserkeilausmetodi	Esimerkki kantama	Esimerkki mittaustiheys tai -taajuus	Sovelluskohteet
Pulssi- eli aikaerolaseri	100–2000 m	1000 Hz	Kaukokartoitus, Rakennusmittaukset
Vaihe-erolaseri	1–300 m	250–400 kHz	Teollisuusmittaukset
Täysi aallonmuoto (Full-waveform)	600–2000 m	50–550 kHz	Kaukokartoitus, automaattiset intensiteettiarvot

Lisäksi laserkeilaimista käytetään luokitusta, joka perustuu laserkeilainta kuljettavaan alustaan. Alustan mukaan luokiteltuja laserkeilaimia nimitetään maa-, mobiili- ja ilmalaserkeilaimiksi.

Laserkeilauksessa yhdistyvät satelliittipaikannus, inertia- ja etäisyysmittaus. Laserkeilaimen intensiteetin kalibroinnin avulla voidaan mittauksia suorittaa myös pimeässä, tällöin ei keilauksen yhteydessä otetuista värikuvista saada RGP-väriarvoja.

Laserkeilaimella tuotettuja pistepilviä voidaan siirtää binäärisellä LAS-formaatilla [7], joka tukee nykyisin myös omia käyttäjäryhmien laajennuksia, kunhan pakolliset standardin luokitteluehdot on täytetty.

Vaihtoehtoisesti siistittyä ja harvennettua aineistoa voidaan siirtää ASCII-formaateissa. Kokonaisten pistepilvien siirtoa ei suositella ASCII-muodossa, sillä tiedostokoko voi kasvaa raakadataa käsiteltäessä isoksi ja formaatin lukemiseen käytetty aika pitkäksi.

3.2 Avoimet paikkatietoaineistot

Avoim paikkatieto on dataa, joka on kaikkien vapaasti hyödynnettävissä olevaa ilmaista paikkatietoa. Inspire-direktiivin seurauksena suurin osa tiedosta on jaossa WFS-rajapintapalveluiden kautta. Inspire-direktiivi on EU:n lainsäädäntö, joka säätelee julkishallintojen paikkatiedon saatavuutta. [8]

3.3 Datan paikannustarkkuus

3D-kaupunkimallissa ylläpidettävällä datalla on erikseen sijainti- ja kuvaustarkkuus. Sijainti tarkkuus muodostuu mittauksissa käytettävästä VRS-RTK-menetelmästä, jolla korjataan saatua GNSS-koordinaattidataa [9]. 3D-kaupunkimallin yksityiskohdat lisääntyvät siirryttäessä tarkastelemaan tarkempien LOD-tasojen mukaisesti esitettyä dataa. Tästä muodostuu 3D-kaupunkimallin kuvaustarkkuus.

Jokaiselle tasolle on kuvattu joukko objekteja relaatioineen. Jos 3D-kaupunkimallissa esitetty tieto ei eroa keskipisteille saaduista koordinaateista, on malli absoluuttisen tarkka. Jos kohteiden sijainti eroaa niille mitatuista keskipisteistä koordinaatistossa, on niiden sijaintia korjattava ennen esitystä.

Mobiililla alustalla liikkuvan laserkeilaimen paikannustarkkuus muodostuu eri muuttujia seuraavista järjestelmistä sekä tiedonkeruussa käytetystä suunnitelmasta. Paikannustarkkuuteen yleisesti vaikuttavat ainakin seuraavat käytössä olevat seikat:

1. Mobiilin alustan GPS/GNSS-koordinaatit yms. ja tunnetun tukiaseman lähettämä korjaustieto.
2. Laitteiston oma sisäinen orientoinnin seurantajärjestelmä IMU.
3. Tallennettavan datan mittauksenaikainen prosessointi.

3D-kaupunkimalliin kerättävää dataa sanotaan spatiaalisesti tarkaksi silloin, kun 3D-kaupunkimallissa esitetyillä kohteilla on ns. "oikeita koordinaatteja" vastaavat määritellyt sijainnit mallissa. Spatiaalisesti tarkka paikkatieto mahdollistaa 3D-kaupunkimallin käyttämisen suoraan erilaisten simulaatioiden ja analyysien tekemiseen. 3D-kaupunkimallin kohteita voidaan tarpeen vaatiessa visualisoida eri tarkkuustasoilla vierekkäin.

Datan paikannustarkkuus riippuu etupäässä käytettävän mittausmenetelmän sijainnin ja asennon määrittämisestä. Laserkeilatun datan mallinnuksen onnistuminen on myös riippuvainen tuotetusta keilausjäljestä. Laserkeilatun datan pisteaineiston täytyy olla tarpeeksi hyvälaatuista mallinnusta varten.

Laserkeilausta tai muuta käytettävää menetelmää varten laaditaan datan keruusuunnitelma. Suunnitelman tulisi sisältää keinot kerättävän datan tarkkuuden seuraamiseksi.

3.4 Inspire-direktiivi ja metadata

Inspire-direktiivi (Infrastructure for Spatial Information in Europe) tähtää paikkatietojen yhteentoimivuuteen, niiden käytön ja ympäristön tilan seurannan tehostamiseen, viranomaisten yhteistyön lisäämiseen sekä monipuolisten kansalaispalvelujen syntymiseen. Direktiivi ja sen pohjalta annetut komission asetukset määrittelevät keinot ja aikataulun, miten paikkatiedon infrastruktuuri tulisi toteuttaa vaiheittain EU-jäsenvaltioissa vuoteen 2020 mennessä. Lisää aiheesta on verkossa (<http://www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi/inspire-direktiivi>).

Aineistoista ja palveluista on laadittava metatiedot, eli ne on kuvailtava Inspire-direktiivin vaatimusten mukaisella tavalla. Inspire-direktiivin vaatimusten tarkistamiseen on EU:n komission sivuilta joukko työkaluja [10].

3.5 Mallinnus

3D-kaupunkimalleja varten mallinnetaan virtuaalisesti objekteja. Mallinnus voi tapahtua manuaalisesti esimerkiksi SketchUp-ohjelmalla tai jollakin muulla 3D-mallinnukseen soveltuvalla ohjelmalla. 3D-mallinnusprosessin nopeuttamiseksi voidaan apuna käyttää erilaisia automaattisia menetelmiä tiedonkeruussa ja mallintamisessa. 3D-kaupunkimallin pohjaksi soveltuu erityisen hyvin laserkeilausaineisto. Aineistoja on saatavilla avoimesti MML:n latauspalvelusta [11]. Lisää mallinnusprosessista Microstation-ohjelmiston päällä toimivalla TerraScan-ohjelmalla voi lukea TerraSolidin verkkosivuilta [17].

3D-kaupunkimallin tarkkuus määrittyy siinä esitettävien kohteiden ja tekstuureiden yksityiskohtien mukaan. Mitä tarkempaa 3D-kaupunkimallia halutaan esitettävän, sitä vähemmän yleistyksiä geometriasta voi malli sisältää. Laatikkomaisia 3D-kaupunkimalleja on tehty monissa kunnissa ja niiden ylläpito hoituu mutkattomasti ilman erillisiä toimenpiteitä automaattisen vektoroinnin lisäksi. Tämänlainen malli riittää suurilta osin useimpiin kunnallisiin 3D-kaupunkimallin käyttötapauksiin.

4 Olemassa olevien päivitys suunnitelmien kartoittaminen

3D-kaupunkimallille esitetyt esimerkki ylläpitoratkaisut on valittu kohdistamalla tutkimuskaupunkien ja kuntien malleihin Suomessa [liite 2]. Ylläpitosuunnitelmia valitessa vertailuun valittiin 4 pisimmällä ollut [kuvat 3, 4, 5, 6] erilaista ohjelmistoympäristöä sisältävät ratkaisut. Ylläpidon ajantasaistamisen suunnitelmien kustannukset koostuvat laserkeilauksen ja rekisteri-informaation keräämisestä mallin päivitystä varten. Lisäksi mukaan tulee jokaisen ohjelmiston käyttämisestä johtuvat lisenssimaksut. Vaikka 3D-kaupunkimalliin sopivaa tietoa olisi valmiinakin, täytyy tieto muuntaa yhteensopivaksi käytettyyn ohjelmistoympäristöön.

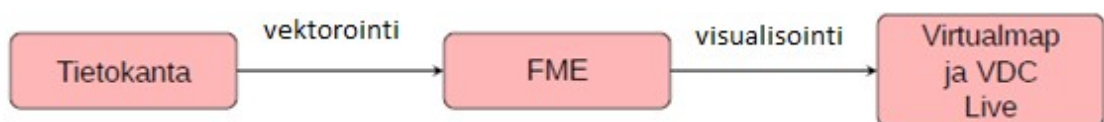
Yhtenä ylläpitoon vaikuttavana elementtinä mainittakoon CityGML-standardi [13] jonka sopivuutta kuntien yhteiseksi tiedonjako standardiksi Suomen Kuntaliitto tutkii osana BuildingSMART Finland -hanketta [14].

Tampere

Kustannukset: RPAS-kuvaus, FME Lisenssi

Hyvää: Tilaajalähtöinen toimintamalli. Käyttötapaukset selvillä.

Huonoa: Tiedostoformaattien kirjo. Päivitystiheys ei tiedossa. Sama materiaali moneen kertaan.



Kuva 3. Tampereen kaupungin 3D-kaupunkimallin ylläpidon ohjelmistoympäristö

Espoo

Kustannukset: Laserkeilaus, ESRI Lisenssi(CityEngine tai Trimble locus)

Hyvää: Tietojen liittäminen suoraan kunnallisista rekistereistä, Trimble locus. Avoimet rajapinnat, INSPIRE.

Huonoa: Tietokanta ei tiedossa mutta ylläpito haluttaisiin CityGML-prosessejen kanssa yhteensopivaksi. Manuaalinen mallinnus. Käyttötapaukset ei tiedossa.



Kuva 4. Espoon kaupungin 3D-kaupunkimallin ylläpidon ohjelmistoympäristö

Helsinki

Kustannukset: Bentley Microstation+Terrasolid Software

Hyvää: Oma tietokantarakenne, joka toimii. Inspire-direktiivin täyttävää metadataa on jo olemassa vektoroiduilla kohteilla. Suunnitelma CityGML-standardiin siirtymisestä.

Huonoa: Joitain aineistoja on vielä rasterimuodossa. Käyttötapaukset voivat laajentua CityGML-standardin käyttämien standardien ulkopuolelle. Päivittäminen kallista.



Kuva 5. Helsingin kaupungin 3D-kaupunkimallin ylläpidon ohjelmistoympäristö

Vantaa

Kustannukset: Laserkeilaus 2016

Hyvää: Mallinnusmenetelmä. Ylläpitoa on mietitty.

Huonoa: Metadatan puuttuminen huolestuttaa. Käyttötapaukset ovat mahdollisesti rajallisia tekijänoikeudellisten kysymysten takia.

Vantaan kaupungilla ei ole ylläpidettävää 3D-kaupunkimallia, mutta suunnitelmia visualisoidaan pistepilvistä ja TrimbleSketchUP-piirroksista tehdyillä malleilla.

Kuva 6. Vantaan 3D-kaupunkimallin ylläpidon ohjelmistoympäristö

3D-kaupunkimallien ylläpitoratkaisut näyttäisivät olevan nykyhetkellä suurilta osin kiinni ylläpidon ohjelmistoratkaisuista. Kuntarekistereiden tieto pitää saada hyödynnettäväksi 3D-kaupunkimallissa ja tiedonsiirron hallintaa yksinkertaistettua. Nyt käytössä olevat ohjelmistot ovat valmiita käsittelemään CityGML-standardin tiedonsiirtoa erillisten mallien luomiseksi. Kaiken tiedon siirtäminen 3D-kaupunkimalliin ei kuitenkaan onnistu automatisoidusti.

Vantaan kaupungilla ei ole ylläpidettävää 3D-kaupunkimallia, mutta suunnitelmia visualisoidaan pistepilvistä ja TrimbleSketchUP-piirroksista tehdyillä malleilla.

Tästä poikkeavana ratkaisuna mainittakoon esimerkiksi VIANOVA SYSTEMS OY:ltä Tampereen kaupungin käyttämä palvelu, joka tarjoaa tiedonsiirron ulkoisista tietokannoista 3D-kaupunkimallin luomiseksi. Näin 3D-kaupunkimallin tietokannan tiedonsiirto on ulkoistettu ja kunnan tehtäväksi jää 3D-kaupunkimallin tiedonkeruu ja tiedonlaadunvarmistaminen.

3D-kaupunkimallien ylläpidon suunnittelussa on tultu pahaan kompastuskiveen sen kanssa, miten 3D-kaupunkimallien hyödyntämistä saataisiin tehostettua kustannusten säästämiseksi.

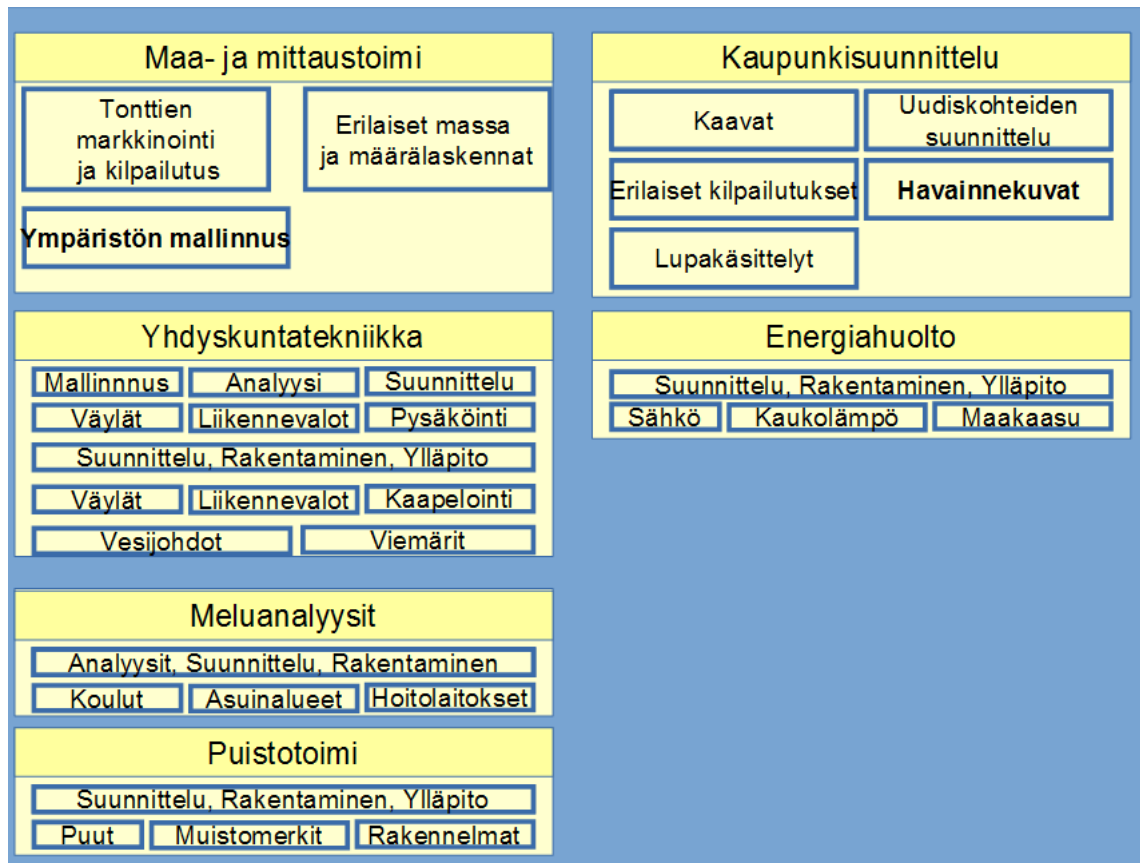
3D-kaupunkimallin tietokannan ylläpitäminen vaatii paljon erilaista osaamista. Tietokantaa pyritään pitämään ajantasaistettuna eri käyttäjien tarpeisiin. 3D-kaupunkimallien tuotantoon ja ylläpitoon tarvittavan datan kerääminen tapahtuu hajautetusti. Yhteinen suunnitelma 3D-kaupunkimallin ylläpidettävän tiedon keruuseen puuttuu kunnallisilta toimijoilta.

5 Ylläpito-ohjeistuksen pohja

3D-kaupunkimallit ovat niin Suomessa kuin maailmallakin vielä uusi asia. Käyttö kunnissa on lähtenyt liikkeelle kaavoituksen ja rakentamisen tarpeista. Koska asia on uusi, ei mallin ylläpidon vaatimuksia vielä ole paljoakaan selvitetty edes käytön rajoituksessa kaavoitukseen. Aivan uuteen tilanteeseen tullaan, jos ja kun mallin hyödyntäminen monipuolistuu. Valkeakosken 3D-kaupunkimallin käyttöä on katsottu tällä hetkellä teknisen keskuksen organisaation mukaan. Keskuksen toimielimiä tarkastellaan 3D-kaupunkimalli tuotteen tilaajina, vaikka 3D-kaupunkimallin tiedonkeruu voikin tosiasiasa tapahtua myös niiden toimesta.

Automaattinen muutostentulkinta mahdollistaa kohteiden vertailun suunnitelmista ja kartoista. Muutosten tulkintaa voidaan käyttää työkaluna aineiston ajantasaistamisessa esimerkiksi vertailemalla rakennuksia. 3D-kaupunkimallissa käytettävän

muutosanalyysin käytettävyys riippuu mallin spatiaalisesta tarkkuudesta. Isojen alueiden ja kohteiden muutostentulkinta onnistuu tästä johtuen helpommin kuin pienten, joiden sijaintitarkkuus ei riitä muutosanalyysien tekemiseen. Haasteita tulee satelliittien huonosta näkyvyydestä referenssi- ja mittausalueilla.



Kuva 7. Kaupungin infrastruktuuria koskevat toiminnot.

3D-kaupunkimallin hyödyntämisestä etua omaan kaupungin infrastruktuuria koskevaan toimintaansa saavia toimintoja esitellään kuvassa 7. Kuvaan on valittu sellaiset toiminnot, joilla on vaikutusta kaupunkimallin ylläpitoon. Ulkopuolelle on tämän takia jätetty sellaiset toiminnot, jotka tyypillisesti eivät kohdistu kaupungin asutuille alueille tai poissulkevat samaan alueeseen kohdistuvan muun mallinnuksen.

Esimerkkejä tällaisista poissuljetuista toiminnoista ovat

Muuttuvan maanpinnanmuodon seuranta:

- kaatopaikat
- soranoton valvonta
- maa-ainesvarastojen valvonta.

Kasvuston luokittelu ja määrän arviointi

Kuvassa 7 näkyvät siis toiminnot, joiden seurauksena mallin osaa voidaan käyttää useampiin eri käyttötarkoituksiin ja/tai useampien tekijöiden toimesta.

Useiden kaupunkien ja kuntien alueella toimivat organisaatiot tuovat kaupunkimallien suunnitteluun ja ylläpitoon omat "poikkikunnalliset" vaatimuksensa. Suomen kaupunkimallien keskinäinen yhteensopivuus on edellytys mallien hyödyntämiseen sellaisten organisaatioiden kuin VR-Yhtymä Oy tai TVL omille organisaatioilleen tai asiakkailleen tarjoamissa palveluissa.

Valkeakosken kaupungin alueella toimivia yhteistyötahoja ovat mm.

- Valkeakosken Energia
- aluepelastuslaitos
- sairaanhoitopiiri
- Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus
- Liikennevirasto
- VR.

Kaupungin paikallisista yhteistyötahoista kuntien tuottamien 3D-kaupunkimallien keskinäinen yhteensopivuus tulee jatkossa olemaan erityisen tärkeää aluepelastuslaitokselle. Jollei riittävää yhteensopivuutta saavuteta, ovat tuloksena eri käyttötarkoituksiin laadittavat päällekkäiset mallit. Tällöin taas kaupunkimalliin esim. uudisrakentamisen myötä tehtävät muutokset eivät päivittyisi esim. aluepelastuslaitoksen malliin. Joka tapauksessa yksittäiset kaupunkimallit lienee käytön nopeuden, helppouden ja käyttövarmuuden vuoksi parasta kopioida säännöllisesti aluepelastuslaitoksen omaan tietokantaan.

Helppo ja kohtuuhintainen pääsy kuntien ylläpitämiin 3D-kaupunkimallien tarvittaviin tietoihin mahdollistaisi turvalliset kaivamistyöt kaupungin alueella riippumatta kaivamistöiden toimeksiantajasta. Maahan kaivetut kaapelit ja maakaasuputket näkyvät kaivinkoneen näytöllä osana kaivinkoneen mukana kääntyvää 3D-kaupunkimallin virtuaalinäkymää, joten kaivinkoneen kuljettajan on helppo nähdä vaarallisten linjojen

sijainti kaivinympäristössä ja näin välttää kalliit ja kiusalliset toimintakatkokset tai vaaralliset onnettomuudet.



Kuva 8. 3D-kaupunkimallin muu käyttö.

Kuvassa 8 esitellään esimerkinomaisesti palveluita, jotka eivät suoranaisesti liity kaupunkialueen infrastruktuurin suunnitteluun, rakentamiseen tai ylläpitoon. Näitä palveluja voitaisiin kutsua myös lyhyesti Internet-palveluiksi tai Intranet-palveluiksi silloin, kun palvelut ovat tarjolla vain rajatulle käyttäjäryhmälle kuten kaupungin omat työntekijät.

Digitaalisen 3D-kaupunkimallin omistusoikeuksista puhuttaessa on heti aluksi todettava, että digitaalisen 3D-kaupunkimallin omistusoikeuksien kannalta ratkaisevat päätökset tehdään muutaman seuraavan vuoden kuluessa. Näin siitäkin huolimatta, että suurelle yleisölle suunnatut 3D-pohjaiset paikannus- ym. palvelut ovat vasta tulolla.

5.1 Käyttöoikeudet

Karttapohjaiset paikannuspalvelut niin Internetissä kuin Intraneteissäkin ovat maailmanlaajuisesti vahvasti Googlen hallussa ja tähän liittyvä materiaali samalla myös yhtä vahvasti Googlen omistuksessa. Googlen dominoiva asema Internetissä puolestaan mahdollistaa sen, että jatkossa Google voi kerätä maksuja käyttäjiltä yhä useammilla tavoilla ja vaihtoehtoisten mallien levittäminen on vaativa tehtävä. Tällä hetkellä näyttää siltä, että suomalaisen tai eurooppalaisen yhteiskunnan ylläpitämisen mallin saaminen kuluttajien käyttöön edellyttää joko Euroopan laajuista sopimusta Googlen kanssa tai asian ohjaamista eurooppalaisella lainsäädännöllä. Toisaalta myös Googlle olisi edullista, jos se vapautuisi 3D-paikkatiedon tuottamisesta ja saisi silti käyttöönsä samaan Googlen kanssa sovittavaan formaattiin tuotettua materiaalia. Edellä käytetään nykyisen markkinatilanteen mukaisesti Googlen nimeä ymmärtäen, että markkinatilanteiden muuttuessa myös tärkeimmän yhteistyökumppanin tai uhan nimi saattaa muuttua.

Jo nyt Google Maps esittää kaupunkikarttoja myös virtuaalitodellisuuden keinoin. Nykyinen toteutus perustuu vielä katutasosta otettujen valokuvien 3D-visualisointiin. Olemassa olevista digitaalisista 3D-kaupunkimalleista on olemassa olevilla ohjelmistoilla useimmissa tapauksissa mahdollista tuottaa grafiikkaa Googlen palvelussa katseltavaksi. Tällöin amerikkalaisyhtiöiden aggressiivisesta omistusoikeuspolitiikasta johtuen Googleen ladattu materiaali siirtyy heidän omistukseensa. Kerran luovutetun materiaalin poistaminen voi myös osoittautua mahdottomaksi.

Suomalaisen yhteiskunnan tuottaman kaupunkimallin aseman turvaaminen jatkossa onnistuu parhaiten, mikäli sen käyttö saadaan kaikille käyttäjryhmille maksuttomaksi. Luovutettaessa materiaalia mallista ulos jatkomuokattavaksi tulee sopimuksin turvata, että

- luovutetaan vain käyttöoikeudet
- syntyy velvollisuus palauttaa malliin mallin kannalta olennainen uusi tieto kuten rakennuksien ulkopuoliset tarkentuneet mallit
- palautettuun materiaaliin saadaan paitsi käyttöoikeus myös oikeudet, jotka sallivat materiaalin edelleen luovuttamisen ja jatkojalostamisen.

Ylläpito-ohjeistuksen tavoitteena on ohjeistaa 3D-kaupunkimallin eri ylläpidollisten osaluokkien huomioinnissa. Ylläpito-ohjeistuksella pyritään aikaansaamaan

kustannustehokas ja mahdollisimman yksinkertainen tapa 3D-kaupunkimallin muutosten hallintaan.

3D-kaupunkimalliin tehtäviä päivityksiä täytyy hallinnoida mallissa esitettyjen tietojen oikeellisuuden varmistamiseksi. Ideaalitulanteessa 3D-kaupunkimalleihin tehdyistä muutoksista generoitaisiin automaattisesti loki. Näin tiedettäisiin, mitä asioita kyseisen mallin visualisoinnissa tulisi näkyä.

5.2 Suunnitelmat

Valkeakosken kaupunkikeskustasta on tehty yhteistyössä Tampereen kaupungin kanssa 3D-kaupunkimallia, jolla visualisoidaan kohteita kaavoituksen käyttötarkoituksissa. 3D-mallilla tarkoitetaan kolmiulotteista kuvaa, joka on saatu aikaiseksi 3D-mallinnusohjelmalla. Valkeakosken kaupungin 3D-kaupunkimalli on digitaalinen representaatio kaupungin rakenteesta ja rakennuksista.

Valkeakosken 3D-kaupunkimallia on ajateltu visualisoitavan Oskari-ohjelman avulla. Ohjelmaan ollaan lisäämässä visualisointimahdollisuus vuoden 2015 loppupuolella. [15] Tällä hetkellä Oskarilla onnistuu omien OGC-yhteensopivien tietokantojen liittäminen. Ohjelmistolla on helppo tehdä yksinkertaisia teema ja ulottuvuusvaikutus kartoja. Oskari toimii yhdessä paikkatietoikkunan kanssa. [8]

Vaihtoehtoisesti laajempia käyttäjäryhmiä varten pystytään 3D-kaupunkimallia esittämään KML- tai COLLADA-formaatissa erillisten avoimien rajapintojen kautta ja erillisillä 3Dvirtuaalitodellisuuksiin perustuvilla ratkaisuilla [ks. kuva 1].

Valkeakosken kaupunkimallin perustana toimii MML:n latauspalvelun materiaali [kuva 10]. Ydinkeskustasta on teetetty RPAS-kuvaus tiheämmän pisteaineisto aikaansaamiseksi fotogrammetrisin menetelmin. Pistepilvet [Kuva 9] on käsitelty TerraSolid-ohjelmistolla vektorimalleiksi.

Ensio ja (alkuperä)	Tiedosto	Taso	Aineisto	Koordinaatio	Formaatti	Lähde	Ohjelma / Ohjelmapaketti	Luokitus
LÄHETY_01	kaupunkimalli_valkeakoski_230414.dwg	VME_Terrain_surface VME_Terrain_terrainmukaiset muut	Maastonveto / koronveto 3D laser Rakennusaineisto Buidälymbä	ETRS-OG24 10200 ETRS-OG24 10200 ETRS-OG24 10200	DWG DWG DWG	Maastustaustas Maastustaustas + RPAS Valkeakosken kaupunki	AutoCad	KYVA Laserkeilaus Laserkeilaus KYMKE KYMKE
Katseluohjelma (Filea)			Ilmakuvat SAR (Näköympäry)	Ei Ei	JPG BMT	Maastustaustas ja RPAS	Virtual Itap Virtual Itap	
Lähtöaineisto			Pakattu laserkeilaus Pakattu laserkeilaus	TI05_10200 TI05_10200	las las	Maastustaustas Maastustaustas		7 7
	M4123D2.laz		Ilmakuvat		JPG	Maastustaustas		7
	M4123D3.laz		Ilmakuvat		JPG	Maastustaustas		7
	ortho_01_02.jpg		Ilmakuvia		JPG	Maastustaustas		7
	ortho_01_03.jpg		Ilmakuvia		JPG	Maastustaustas		7
	ortho_02_01.jpg		Ilmakuvia		JPG	Maastustaustas		7
	ortho_02_02.jpg		Ilmakuvia		JPG	Maastustaustas		7
	ortho_02_03.jpg		Ilmakuvia		JPG	Maastustaustas		7
	Sointu_350_creative_307000.laz		Prosessoitu painopohki	ETRS-OG24 10200	JPG	IlML - RPAS		9/14 2014
Muut	Valkeakosken Sointu.laz		Virtual Itap maitys tiedosto Korokkeen sijainti		BMT			

Kuva 9. Valkeakosken 3D-kaupunkimalli koostuu eri lähteistä yhdistetyistä pisteaineistosta [10].

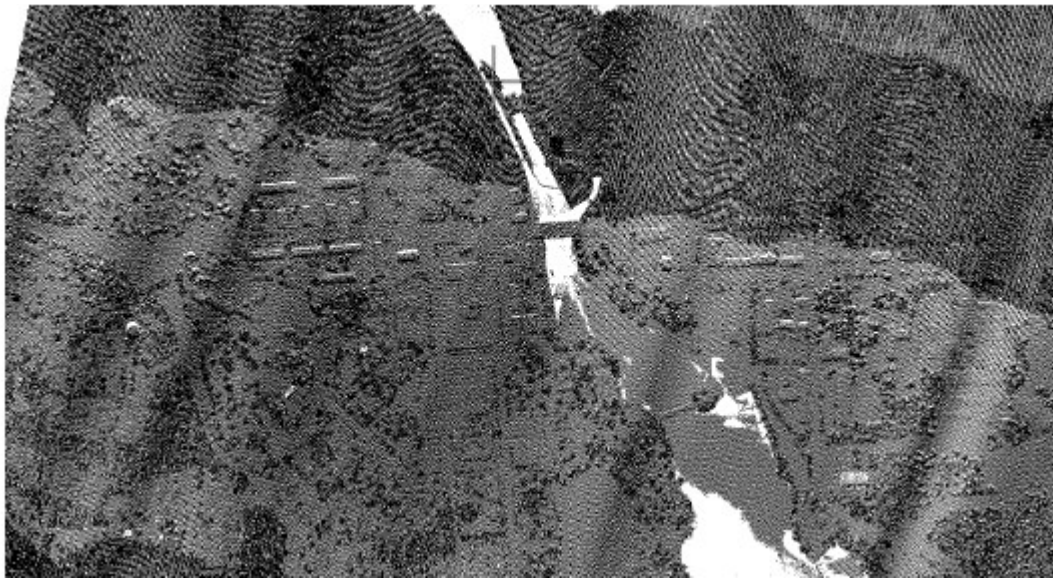
5.3 MML:n latauspalvelu ja aineisto

Tiedonkeruu Valkeakosken 3D-kaupunkimallia varten on tapahtunut MML:n latauspalvelun avulla. Latauspalveluun on pyritty keräämään keilausmateriaalia koko Suomen alueelta.

Laserkeilausaineistoa kerätään mm. tarkan valtakunnallisen 2 m -korkeusmallin valmistamista varten. Laserkeilausaineiston voi hankkia alueeltaan rajatuissa osissa automaattisesti maanpintaluokiteltuna tai stereomallivusteisesti maanpintaluokiteltuna versiona.

Pistetiheys on kattavasti vähintään 0,5 pistettä/m², eli laserpisteiden etäisyys toisistaan on keskimäärin enintään n. 1,4 m. Pisteiden jakauma ei välttämättä ole täysin tasainen, vaan se riippuu keilaintyyppistä ja kunkin keilauslennon asetuksista.

Aineistolla ei ole päivityssuunnitelmaa. Maanmittauslaitos hankkii laserkeilausaineistoja yhteistyössä Suomen metsäkeskuksen kanssa. Yhteistyön tuloksena on tehty niin kutsuttu *Suomi loppuun* -keilaussuunnitelma, joka kattaa keilaussuunnitelman vuosille 2014–2019. [16]



Kuva 10. Valkeakosken alueen pisteaineistoa MML:n latauspalvelusta.

Maanmittauslaitoksen keräämä laserkeilausaineisto soveltuu ilmoitetun tarkkuuden perusteella CityGML-standardin mukaiseen LOD2-tasoiseen mallintamiseen [kuva 9]. Ennen tähän ryhtymistä on kuitenkin muistettava tarkastaa pistepilviaineiston tasalaatuisuus hajapisteiden ja peitteisyyden varalta. Huonolaatuinen pistepilviaineisto vaikeuttaa siitä tehtäviä automaattisia vektorointeja.

5.4 RPAS-kuvaukset

RPAS- eli UAV-kuvauksen toteuttamisen etuna on verrattuna perinteisiin ilmakuvauksiin, nopea kuvausaika sekä viistokuvaus. RPAS-kuvaus vaatii onnistuakseen hyvät tukipisteet ja niiden signaloinnin. Lennokkikuvaukset sopivat paremmin laajempiin alueisiin kun taas helikopterista toteutettuna eduksi muodostuvat

viistokuvauksen mahdollisuudet. Kumpiinkin laitteisiin on saatavissa erilaista tekniikkaa kaukokartoituksia varten kuten esimerkiksi spektrometrejä. Ennen RPAS-kuvauksien tekoa on tarkastettava käytettävän laserkeilaimen voimakkuus. Kaikkia laserkeilaimia ei saa käyttää asutusalueilla, koska ne on tehty metsävarojen tai muun teollisuuden käyttötarkoituksia varten ja tämän takia voivat aiheuttaa vaaraa ihmisille.

RPAS-kuva-aineistoon on yhdistetty MML:n vuoden 2008 LAS-aineisto. Yhdistetyn aineiston keskimääräiseksi pistetiheydeksi saatiin 24 pistettä yhdellä neliömetrillä Valkeakosken kaupunkikeskustasta. RPAS-kuvauksen on tehnyt Tampereen kaupungin toimesta tilaustyönä Ympäristösuunnittelu OY.

Uusi pistepilvi mahdollistaa kaupunkikeskustan tarkemman mallintamisen. RPAS-kuvauksella saavutettava tarkkuus riittää varsin hyvin LOD3-tasoisten mallien luontiin ja viistokuvista saatujen RGB-arvojen avulla onnistuu myös pistepilven värittäminen tai teksturointi.

5.5 Kaupunkimallin nykyiset käyttötarkoitukset

Tässä osiossa määritellään Valkeakosken maa- ja mittaustoimen kartoittamat käyttötapaukset pistepilvistä yhdistetylle 3D-kaupunkimallille myöhempää ylläpidon varmistamista varten. Valkeakosken 3D-kaupunkimalli on mallinnettu hyödyntäen Bentley Microstation-ohjelmistoa ja sen päällä toimivaa pistepilvien ja kuvien prosessointiin tarkoitettua Terrasolid-ohjelmistopakettia. [17] TerraScanin avulla tehdystä rakennusten automaattisesta vektoroinnista ei tullut virheetön pisteaineiston hankalien kattogeometrioiden vuoksi.

Valkeakosken 3D-kaupunkimallia hyödynnetään suunnittelutyössä osittamalla [12] mallista vektoroituja objekteja ja tasoja dgn-kuvatiedostona tai joissain muussa yleisessä tasoformaattissa. Bentley Map tukee FME-lisäosan avulla CityGML-standardissa sisään tuotuja 3D-kaupunkimalleja. Näitä malleja voidaan jakaa edelleen Microstation-ohjelmiston avulla Valkeakosken kiinteistötoimessa.

3D-kaupunkimallille aiottu käyttötapaukset edellisten seikkojen pohjalta ovat

1. Kaupunkialueen infrastruktuuri ja maankäyttö
2. Rakennus- ja kaavaluonnoksien suunnittelu
3. Kaavaluonnosten visualisointi vuorovaikutustilanteissa
4. Kaavaluonnosten tai kaavojen toteutumisen seuranta.

6 3D-mallin käyttötarkoitusten laajentaminen

Kaavoituksesta lähtenyt digitaalisen 3D-kaupunkimallin hyödyntäminen omaa suuren potentiaalin laajentua useita kaupungin infrastruktuurin osia koskeviin suunnittelu-, rakennus-, ylläpito- ja huoltotoimintoihin. Mallin käyttömahdollisuudet eivät kuitenkaan rajoitu tähän, vaan mallia tullaan mitä todennäköisimmin käyttämään myös osana internet-palveluiden visualisointia.

Kaupunkimallin teknisten ratkaisujen ja sen omistusoikeuksien, käyttöoikeuksien tai ylläpitomallin ei tulisi rajoittaa mallin tehokasta ja taloudellista hyödyntämistä eri tarkoituksiin. Kaupungin ylläpitämän yhtenäisen 3D-kaupunkimallin hyödyntäminen on tehtävä houkuttelevammaksi vaihtoehdoksi niin kaupungin omille organisaatioille ja yhteistyöorganisaatioille kuin ulkopuolisille palveluntarjoajillekin. Vain tällä tavoin voidaan taata se, että malli sisältää kaiken kaupungin toimintojen kannalta olennaisen datan ja että kaupungin malliin suuntaama investointi tulee maksimaalisesti hyödynnettyä. Samalla vältetään se mahdollisuus, että kaupunki joutuisi jossain vaiheessa maksamaan ulkopuolisille saadakseen käyttöoikeuksia mallin joihinkin osiin.

Tässä työssä keskitytään selvittämään 3D-kaupunkimallin ylläpidon vaatimuksia ja antamaan ohjeistusta ylläpidon toteuttamiseksi. Samalla kuitenkin nostetaan esille eräitä asiakokonaisuuteen ja mallin jatkohyödyntämiseen liittyviä huomionarvoisia seikkoja.

Ohjelmistojen kehittäjien tulee huomioida vastaisuudessa Euroopan ja muissa isoissa talousalueissa käytettävät suunnittelun lähtökohdat. Muuten tiedonsiirtoon 3D-kaupunkimallien välillä tullaan käyttämään avoimiin standardeihin perustuvaa infrastruktuuria.

EU:n sisällä vaikuttavat myös Inspire-direktiivin säädökset tiedon jakamisesta. Tämän takia ei varsinaisesti erillistä säätelyä tarvita. Suunnittelu- ja käyttösovellukset tulevat automaattisesti hyödyntämään saatavissa olevaa avointa dataa.

6.1 Tiedonkeruun suunnittelu

Tiedonkeruu tulisi lähtökohtaisesti suorittaa 3D-kaupunkimallille aiottujen käyttötapauksien mukaisesti. Lisäksi voidaan huomioida lähdeaineiston muunlainen käyttö viranomaisten ja yksityisten tarpeisiin. Yleisesti kannattaa myös huomioida hinta-laatusuhde ja muistaa varmuuskopiot tärkeistä tiedostoista.

Tietojen keräämisen suunnittelussa otetaan huomioon nykyiset käyttötarkoitukset koskien Valkeakosken 3D-kaupunkimallia. Tiedonkeruuseen kuuluu 3D-kaupunkimallin ajantasaistamisen tarve. Tämän takia on hyödyllistä selvittää, millaista dataa voidaan lähitulevaisuudessa tarvita koskien Valkeakosken 3D-mallin käytön laajentamista.

Esimerkkejä tarpeellisista tiedonkeruukohteista ovat

1. Reunakivetysten ja kaivojen paikat
2. Rakenteiden pohjatasot
3. Sähkölinjojen korkeudet
4. Liikennemerkkit
5. Ilmanlaadun mittausasemat.

Kerätty pistepilviaineisto ja sen paikannuksessa myöhemmin käytettävät kuvat tulee tallentaa ulkoiselle kovalevylle odottamaan aineiston käsittelyä. Data tulee sijoittaa tiedostorakenteeltaan niin, että siitä käy ilmi käytetty mittauskalusto ja datankeruu prosessin vaiheet. Alkuperäinen LAS-tiedosto tulisi säilyttää lähtöaineistona muita projekteja varten niin, että se on helposti saatavissa. Alkuperäisestä pistepilviaineistosta pilkotaan osia käytettäväksi mallintamisessa.

Datankeruun tallennettaviin vaiheisiin pitäisi sisällyttää ainakin seuraavat:

1. Kuvat ja projektiot
2. Laserkeilauksen reitti- ja tarkkuustiedot
3. Mittauksen olosuhteet ja tietojenkäsittely
4. Aineistot mittaussuunnitelmasta.

6.2 Tiedonkeruun vaatimukset

Johtuen saatavilla olevasta aineistosta, 3D-kaupunkimallia voidaan tehdä joko perinteisesti mallintamalla tai käyttämällä mallinnukseen apukeinoja kuten laserkeilaus.

Laserkeilaamisen kustannukset ovat vielä etenkin itse mitattaessa kohtalaisen suuret. Hyvän laserkeilaimen hankkiminen maksaa 50 000–150 000 euroa, ja yksittäiset ohjelmistot maksavat noin 10 000–25 000 euroa sekä vuosittaiset lisenssimaksut, jotka ovat ohjelmasta riippuen noin 1 000–3 000 euroa vuodessa yhtä ohjelmalisenssiä kohden. Laserkeilauskoulutustilaisuudet voivat maksaa tuhansia euroja. Laserkeilausyritysten kautta hankitut laserkeilauslopputuotteet alkavat kuitenkin olla jo hyvin kustannustehokkaita, varsinkin suurilla mittausalueilla. [5, s. 3.]

Datankeruun kustannustehokkuus riippuu käytettävästä tiedonkeruu menetelmästä ja tarvittavan tiedon määrästä. Pienien alueiden tietojen päivityksiin riittää mobiililla alustalla liikkuva laserkeilain. Suuremmissa projekteissa, joissa on pinta-alaa hehtaareita, joudutaan turvautumaan perinteiseen ilmalaserkeilaukseen. Tämänkaltaisten isojen alueiden laserkeilaus on harvinaista 3D-kaupunkimallien yhteydessä Suomessa.

Uusin mobiililaserkeilaustekniikka mahdollistaa myös vaikeasti mitattavien kohteiden keilauksen esimerkiksi radio-ohjattavan helikopterin avulla. Näin maastotyöt peittoon jääneiden alueiden osalta vähenevät. Tiedon keruuseen kuluva aika riippuu halutusta pistetiheydestä ja mittausalasta.

3D-kaupunkimallin aineiston keräämistä tulee tarkastella sille asetettujen käyttötapauksen mukaisesti. Yksittäisille laserpulsseille, jotka eivät hyödynnä aaltomuoto-tekniikkaa, on mahdollista määrittää kalibroidut maanpinnan kohteiden intensiteettiarvot. [5, s. 9.] Eri laserkeilausmenot ja niiden soveltuvuus [ks. taulukko 1]. Intensiteetin voimakkuuteen vaikuttavat muuttuvat tekijät ja mittauskohteiden ominaisuudet, jolloin maanpinnan kohteiden intensiteettiarvot pitää kalibroida.

Laitteilla on ominaisuuksia, jotka tuntemalla virheitä voidaan vähentää. Laitteiden oikealla asettelulla tai käytöllä parannetaan lopputuloksia. Keilainten eri ominaisuuksilla on suoraa tai välillistä vaikutusta toisiinsa. [6]

Kaupunkikeskustan rakennusten mallintamiseen soveltuu LOD3-tasoinen tiheä pistepilviaineisto. Parhaiten tämänlaisten pistepilven keruuseen soveltuvat maalaserkeilaimet. Vain keilaimelle suoraan näkyviä kohteita voidaan mitata, joten puuston tiheys, peitteisyys ja mittausgeometria vaikuttavat voimakkaasti aineiston käyttökelpoisuuteen. Keilaukset voidaan tehdä myös pimeällä, jolloin esimerkiksi liikennettä on vähemmän.

Hyvällä laserkeilaimella saadaan esteettömissä olosuhteissa kohteesta tarkat pintamallit. CityGML-Standardin mukaan LOD3-tasoinen aineiston pitäisi pistetiheydeltään olla vähintään 0,5 m:n tarkkuustarkastelun täyttävää (signaloitu 0,5 m:n tarkkuudella). [3]

Tilaaajan tulisi tarkentaa pistepilviaineiston toimittajalle tärkeimmät keilausparametrit, jolloin laserkeilausaineistosta saadaan halutunlainen ja käyttöä varten optimoitu. Tärkeimpiin laserkeilausparametreihin kuuluvat esimerkiksi: pistepilven tarkkuus ja tiheys, maksimi keilauskulma, keilaleveys sekä pisteiden riippumattomuus toisistaan. Jokaisella laserkeilainyksilöllä on eri suuruiset virhearvonsa, jotka pitää selvittää kalibrointien avulla laserkeilainkohtaisesti. [5, s. 4; 9.]

Kalibrointi tarkoittaa laitteiden mittauspoikkeamien etsintää. Löydettyjen systemaattisten virheiden avulla laitteilla saatuja mittaustuloksia voidaan korjata. Tyypillisesti kalibrointi on hyvä tehdä ennen laitteen käyttöä, jotta aineiston virheet voidaan korjata mittausten aikana tai heti niiden jälkeen. [6]

Valkeakosken kaupungin 3D-kaupunkimallin ylläpitoon ja ajantasaistamiseen valittu ohjelmistoympäristö on Bentley Microstation, sillä lisenssit ohjelmiston käyttöön on valmiiksi hankittu ja mallin geometria on yhteensopiva CityGML-standardin mukaisten 3D-kaupunkimallejen kanssa.

Valkeakosken 3D-kaupunkimallin käyttötarkoitusten mukaisesti 3D-kaupunkimallin esitys tarkkuudeksi riittäisi LOD 2 -tasoinen mallinnus. Pistearineiston täydentämiseksi tehty RPASkuvaus laajentaa kuitenkin nykyisiä käyttömahdollisuuksia tarjoamalla

tarkempaa geometriaa suunnitelmien pohjaksi. Kaupungin kokoon nähden mobiililla alustalla toimivat pienikokoiset laserkeilaimet soveltuvat kokonaisvaltaiseen datan keräämiseen.

3D-kaupunkimallin isojen päivitysten tarpeellisuuden väliksi arviointiin Valkeakoskella noin viisi vuotta.

7 Tietojen prosessointi ja yhteensovitus

Ilmalaserkeilauksessa GPS:n, IMU:n ja laserkeilaimen lähettämät tiedot prosessoidaan heti verkossa ja pistepilvitiedot kirjoitetaan samalla automaattisesti kovalevylle. Karkeita laserkeilaustuloksia voidaan siis tarkastella jo keilausvaiheessa. [5, s. 27.]

Mittauksen aikaisen prosessoinnin jälkiseurauksena pistepilvi tietoineen tallentuu kovalevylle automaattisesti. Käyttäjän tehtäväksi jää tehdyn jäljen tarkastaminen.

Tietojen jälkiprosessoinnissa voidaan korjata keilausjälkien välisiä virheitä ja tarkastella georeferointia. Tietojen jälkikäsitteilyllä pyritään etsimään virheitä esikäsitellystä aineistosta ja parantamaan saatavien tulosten tarkkuutta. Tämä tapahtuu analysoimalla kerättyjä heijastuksia.

Kerätty data pitää saattaa yhteensopivaksi käytettävän 3D-kaupunkimallin kanssa. 3Dkaupunkimallin lähtöaineisto tulee koostumaan esimerkiksi erilaisista malleista, kuvista, mittauksista ja rekistereistä sen käyttötarkoitusten laajetessa.

Yleisiä korjaustoimenpiteitä koskien 3D-kaupunkimallin dataa ovat

1. Aineiston koordinaattimuunnos
2. Georeferointi
3. Automaattisen mallinnuksen korjaus
4. Ominaisuus- ja metatietojen sovittaminen mallin tietokantaan.

Lisäksi täytyy 3D-kaupunkimallin jatkokäyttö suunnitella ja käyttötilanteista syntyvä tieto saada tallennettua osaksi 3D-kaupunkimallikokonaisuutta. Tätä varten tarvitaan 3D-kaupunkimallille käyttöympäristö, jossa ylläpidon infrastruktuuria pystytään toteutetaan.

3D-kaupunkimalliin tuotavat tiedot on vahvistettava eli validioitava 3D-kaupunkimallin täydellisyyden saavuttamiseksi. Varmistettavaa tietoa varten luodaan joukko testejä

käyttötapausten mukaan. Tietojen sopivuus 3D-kaupunkimalliin varmistetaan yleensä automaattisesti jollakin siihen soveltuvalla työkalulla. Käytännössä tämä tarkoittaa tietokannassa olevan tiedon todentamista.

Validioitavia kohteita ovat

- 3D-mallit (valmiit kuvaukset ja tietokannat)
- Tietokannat (rasteri(tekstuurit) ja vektori(objektit) aineisto)
- Kohteiden georeferointi tiedot (sijaintitarkkuus)
- Ominaisuustiedot
- Säännöt 3D-kaupunkimallin elementtien kasaamiseen ja soveltamiseen (minkälaista tietoa voidaan käsitellä ja miten)
- Rakenteellinen eheys (semantiikka, kuvaustarkkuus).

Mallin verifiointi halutaan automatisoida käyttämällä siihen suunniteltuja työkaluja. Suurimmat haasteet verifiointiin tuovat muutosten tulkinta, temaattinen tarkkuus ja tietojen yhdistäminen mallissa. Verifiointiin kuuluu mallilla tehtävien kokeiden suorittaminen, jotta voidaan varmistua tuotettavasta mallinnuslaadusta. Kokeet tulisi suorittaa hajautetusti 3D-kaupunkimallin ylläpidon yhteydessä. Kokeet tai testit voivat vaihdella sen mukaan, minkälaisia muutoksia 3D-kaupunkimalliin tehdään.

Vastuu digitaalisesta kaupunkitietomallista säilyy paikkatietoinsinöörillä tai tästä toiminnosta vastaavalla organisaatiolla. Mallilla on edelleen yksi päävastuuhenkilö, mutta vastuita mallin eri tasojen datan verifiointista ja testauksesta voidaan jakaa tarpeen ja resurssien mukaisesti.

Kunkin malliin dataa omalle tasolle tuottavan organisaation tulee nimetä vastuuhenkilö, jonka vastuualueeseen kuuluvat mm. seuraavat tehtävät:

- vastata malliin tuotavan datan laadusta eli siitä, että data virheetöntä ja sovitun formaatin mukaista
- toimia yhdyshenkilönä kaupunkimallista vastaavan organisaation suuntaan
- osallistua prosessiin, jossa päätetään yhdessä kaupunkimallista vastaavan organisaation kanssa käytettävistä dataformaateista, työkaluvalinnoista, versiopäivityksistä ja muista tietoteknisistä ratkaisuista.

8 Ohjeistuksen varmistus

Liitteessä 3 on kuvattu 3D-kaupunkimallin ylläpito ja ajantasaistusprosessi vuokaaviona. 3D-kaupunkimallin datan mallintamiseen käytettävä laserkeilausaineisto jaetaan, harvennetaan ja luokitellaan sopiviin blokkeihin. Mallinnettava data

tallennetaan tietokantaan. Yleisesti vain semanttisesti tarkka data sopii 3D-kaupunkimallintamisessa käytettäväksi. Nyt pyritään LOD3-tasoisien mallinnusaineiston keruuseen. Dataa mallinetaan 3Dkaupunkimalliin yhteensopivaksi ja puuttuvat tiedot linkitetään myöhemmin muualta geometrian valmistuttua. 3D-kaupunkimallin päivityksen onnistuminen varmistetaan eli verifioidaan ajamalla päivitettävälle mallin osalle joukko ennalta suunniteltuja testejä. Mikäli lopputulos tyydyttää, voidaan mallin päivittämistä kokeilla ja tarkastella saadun lopputuloksen oikeellisuutta. Prosessin viimeinen kohta havainnollistaa 3D-kaupunkimallilla saavutettavia hyötyjä, joihin kuuluvat kustannustehokkuus ja saumaton kommunikaatio. Suuri määrä 3D-kaupunkimallin tiedosta koostuu sen käyttäjiltä kerätystä datasta. 3D-kaupunkimallin ylläpitäjän tulee huolehtia vain, että kaupunkimallin perustoiminnallisuuden kannalta tärkeät alueet otetaan mukaan ylläpitoon ja ajantasaistamiseen. Muu mallissa hyödynnettävä data tulee säilöä ulkopuolisille palvelimille.

9 Yhteenveto

Nykyisellään 3D-kaupunkimallit käyttö keskittyä erilaisien visualisointien luomiseen. Tulevaisuudessa käyttökohteina tulevat olemaan analyysit ja simulaatiot kaavoittamisen ja maankäytönsuunnittelun apuvälineinä. 3D-kohteiden mallintamiseen tarvittavan tekniikan kehittyessä tulee 3D-kaupunkimallien teettäminen yhä kannattavammaksi. Tarkkoja malleja voidaan hyödyntää esimerkiksi koneohjauksen lähtötietoina. 3D-kaupunkimallin erilaiset tarkastelumahdollisuudet ja muutosten vertailut mahdollistavat tulevaisuudessa monipuolisemman käytön. Voitaisiinko esim. ilmanlaadun ja mallinnuksen perusteella ennustaa katupölyn ja muiden hienojakoisten hiukkasten kulkeutumista?

3D-kaupunkimalleja voidaan visualisoida perinteisesti esittämällä kaupunkimallin osia niin sanottuna ”läpilentona”, joissakin erikoisemmissa tapauksissa mallia pääsee katselemaan kokonaisuudessaan päätelaitteelta. Web-pohjaiset kuvauskielet ovat mahdollistaneet 3D-kaupunkimallien visualisointien katsomisen ja muokkaamisen Internetin välityksellä.

Viimeisintä kehityssuuntaan 3D-kaupunkimallien visualisoinnissa edustavat näytöllä varustetut 3D-lasit. 3D-lasien avulla mallin yksityiskohtia voi jokainen käyttäjä katsella vapaasti.

Periaatteessa 3D-kaupunkimallin tietojen tulisi aina olla ajan tasalla siihen liitettyjen käyttötapauksen vuoksi. Käytännössä on tietenkin mahdotonta ylläpitää 3D-kaupunkimalliin liitettyjä isoja alueita niin, että pienimmätkin muutokset alueen rakenteessa otetaan mukaan mallinnusprosessiin jo pelkästään resurssien riittämättömyyden takia.

Tämän vuoksi on 3D-kaupunkimallin käytölle sovittava säännöt. 3D-kaupunkimallin käyttöasteesta riippuen on päivitystiheys suunnittelua ja visualisointeja varten sovittava hyödynnettävälle kohteille ja tiedoille. Näin kaikki välittömästi tarvittava data on saatavissa. Vähemmän tärkeitä kohteita voidaan päivittää malliin jälkeinpäin. Kannattaa kuitenkin tehdä selväksi mallin jakelun yhteydessä, mitkä kohteet eivät ole ajantasaistettuja.

Olenainen osa 3D-kaupunkimallin käytettävyyttä on tietokannan valinta, jonka tietorakenteeseen 3D-kaupunkimallin data tallennetaan. Käytännössä kaikki laajemmalti käytössä olevat tietokannat ovat SQL-pohjaisia relaatiotietokantoja (Microsoft SQL Server, PostGIS, Oracle jne.). Mikäli mahdollista voidaan osana tietokantaratkaisua käyttää myös sellaisia datasäilöjä, joissa ei tarkkaa relaatiotietoa tarvita. Isojen datamäärien säilömiseen jälkimmäinen vaihtoehto ei kuitenkaan sovellu sinällään GIS-sovelluksissa.

3D-kaupunkimallin validointi tapahtuu kahdessa osassa. Ensin varmistamalla relaatiotietokantojen tietueitten olemassaolo ja myöhemmin tarkistamalla mallissa esitettävän grafiikan oikeellisuus koekäyttötapauksen kautta.

3D-kaupunkimallinnuksen käytännöistä pitäisi sopia. 3D-kaupunkimallin käyttäjillä ja tuottajilla pitäisi olla yhteissopimus siitä millaista tietoa mallissa ylläpidetään ja kenen toimesta. Mallinnetun tiedon käyttöehdot eivät saisi haitata 3D-kaupunkimallin hyödyntämistä. 3D-kaupunkimallin muutoksia voitaisiin esimerkiksi valvoa automaattisen muutoksentulkinnan keinoin. Myöhemmin pystyttäisiin katsomaan, koska kyseistä osaa mallista olisi pitänyt ajantasaistaa.

3D-kaupunkimallin ylläpidosta kirjoittaminen osoittautui hankalaksi. Osittain sen takia että aiheeseen suoraan liittyvää kirjallisuutta oli vähän saatavilla. Tästä johtuen lähdettiin aihetta lähestymään käytännön ratkaisuja etsimällä. 3D-kaupunkimallien ylläpidossa käytetyistä ohjelmistoista haluttiin saada käyttäjä kokemusten mukainen kuva. Vaikka 3-uloitteisia kuvia ja malleja on tehty aikaisemminkin, ovat niiden hyödyt jääneet yleensä hankekohtaisiksi. Tärkeä osa 3D-kaupunkimallejen hyödyntämistä on niissä välittyvä tiedonkulku. Kaupunkimallin tietoja voidaan tarkastella yhtäaikaisesti ja päivittää uusia suunnitelmia varten.

Nykyisin 3D-kaupunkimalleissa käytettävän tiedon tarkkuudet antavat pohjan yksinkertaisille analyyseille ja simulaatioille, jos mallia halutaan käyttää muunlaisiin tarkasteluihin, pitää myös rakennelmien sekä muiden isojen kohteiden julkisivut mallintaa. 3D-kaupunkimallin tiedon mallintaminen on työläistä ja aikaa vievää puuhaa. Mallinnettavien kohteiden geometriaa joudutaan usein korjaamaan käsin ja niiden sijaintia sovittamaan muuhun aineistoon. Valkeakosken 3D-kaupunkimallin luomisessa käytetyt tiedot näkyvät kuvassa [ks. kuva 9]. Saavutetun fotogrammetrisen pistepilven tiheys oli 24 pistettä neliometrillä. Mallinnettavaa dataa oli käsitelty Vianova VirtualMap-sekä Bentley Microstation -ohjelmilla. Automaattisen geometrian luonti tapahtui TerraSolid OY:n TerraScan-ohjelmalla.

Insinööriyössä pyrittiin käsittelemään 3D-kaupunkimallien ylläpidon kokonaisuuden kannalta merkittävät aihealueet. Eri mallinnusstandardit ja mallinnusorganisaation rakenne jätettiin melkein kokonaan pois niiden laajuuden takia. Vaikka Inspire-direktiivillä on merkittävä asema 3D-kaupunkimallien tietosisällön määrittelyssä, ei se varsinaisesti kosketa 3D-kaupunkimallin ylläpitoprosessia. Tärkeänä osana työn sisällön rajausta pidettiin eri ylläpito-ohjelmisto vaihtoehtojen toteutumista nykyisellään ja siihen liittyvien ongelmakohtien esiintuomista. Moni insinööriyössä käsitellyistä aihepiireistä on itsekin niin laaja, että mukaan pyrittiin rajaamaan vain lyhyesti ylläpidon kannalta tärkeät aihepiirit.

Lähteet

- 1 KM3D-HANKE: kohti 3d-kaupunkimallia. 2015. Verkkodokumentti. FCG.fi <http://koulutus.fcg.fi/Portals/2/Dokumentit/Savisalo%20Anssi_KPY_paikkatietoseminaari_Savisalo_100215.pdf> Luettu 13.06.2015.
- 2 Liukkonen Oskari. 2015. Kuntien paikkatiedon polku kantakartasta 3D-kaupunkimalliin. Diplomityö. Espoo. Aalto-yliopisto.
- 3 OGC City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard. Copyright © 2012 Open Geospatial Consortium 2012. Verkkodokumentti. Portal.opengeospatial.org <https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=47842> Luettu 16.06.2015.
- 4 Biljecki Ir. Filip. 2013. The concept of level of detailing 3D city models. PhD Research Proposal. Deft University of Technology.
- 5 Kantonen Mikko. 2014. Laserkeilauksen hyödyntäminen Tuusulan kunnassa. Insinööriyö. Metropolia AMK. Theseus-tietokanta.
- 6 LASer (LAS) File Format Exchange Activities. 2015. Verkkodokumentti. Asprs.org. <<http://www.asprd.org/Committee-General/LASer-LAS-File-Format-Exchange-Activities.html>> Luettu 17.06.2015.
- 7 Paikkatietoikkuna. 2015. Verkkodokumentti. Paikkatietoikkuna.fi <<http://www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi>> Luettu 17.06.2015.
- 8 Tolonen Jukka. 2011. Terrestriaalisen laserkeilaimen tosiaikainen orientointi virtuaali-RTK (Real Time Kinematic) -menetelmällä. Diplomityö. Espoo. Aalto-yliopisto.
- 9 INSPIRE Interactive Data Specifications. 2015. Verkkodokumentti. Europa.eu <<http://inspire-regadmin.jrc.ec.europa.eu/dataspecification/>> Luettu 17.06.2015.
- 10 Exceltaulukko. 2014. Valkeakosken kaupunki.
- 11 Avoimien aineistojen tiedostopalvelu. 2015. Verkkodokumentti. Maanmittauslaitos.fi <<https://tiedostopalvelu.maanmittauslaitos.fi/tp/kartta>> Luettu 17.06.2015.
- 12 TerraScan User's Guide. 2015. Verkkodokumentti. Terrasolid.com <<http://terrasolid.com/download/tscan.pdf>> Luettu 14.08.2015.
- 13 CityGML. 2010. Verkkodokumentti. OpendeSpatial.org <<http://www.opendeSpatial.org/standards/citygml>> Luettu 17.06.2015.
- 14 BuildingSMART Finland. 2015. Verkkodokumentti. Buildingsmart.fi <buildingsmart.fi> Luettu 17.06.2015.

- 15 Oskari development roadmap. 2015. Verkkodokumentti. Oskari.org
<<<http://www.oskari.org/documentation/development/roadmap>> Luettu
17.06.2015.
- 16 Laserkeilausaineisto. 2015. Verkkodokumentti. Maanmittauslaitos
<<http://www.maanmittauslaitos.fi/digituotteet/laserkeilausaineisto>> Luettu
17.06.2015.
- 17 Ahokas Niila. 2014. 3D-kaupunkimallin tuottaminen ja ylläpito. Opinnäytetyö.
Lapin AMK. Theseus-tietokanta.
- 18 Simola Saija. 2014. Menetelmiä liikkuvan laserkeilauksen aineistojen
geometrisen laadun parantamiseen metsäympäristössä. Diplomityö. Espoo.
Aalto-yliopisto.

Eri LOD-käsitykset

- **CityGML** CityGML-tietomalleissa LOD:ja käytetään kuvaamaan suoraan tietomallin tasolle tallennettujen objektien tarkkuutta. Eri LODeilla olevia objekteja voidaan tarkastella samanaikaisesti. Eri LOD-tasojen mukaisia objekteja voi määrittää ja yhdistää vapaasti.
- **Blom map** Blom map OY:n kaupunkimalleissa LODit jakaantuvat kahteen ryhmään. Geometriaan (LOD1) sekä kaupunkimalliin upotettuihin tekstuureihin (LOD2, LOD3, LOD4). Kaikki tasot sisältävät samat objektit mutta niiden tekstuurien tarkkuus muuttuu.
- **NAVTEQ:** Amerikkalaisen NAVTEQ:n malleissa LODit eivät päde jokaiseen mallinnettuun objektiin vaan kaikkia tarkkuus tasoja ei ole näytettävissä riippuen kohteesta. Tunnetut maanmerkit ja rakennukset on esitetty korkeampi resoluutioisempina kuin muut.

Ylläpidon haastattelumuistiinpanot

Kaupunki	Lähtötiedot	Kuvaus	Laadunvarmistus
Tampere	RPAS-keilaus	<p>Tampereen kaupungin 3D-mallin ylläpito ratkaisu perustuu Oraclen SQL-tietokantaan josta on FME-ohjelmistolla automaattisesti vektoroitu pintoja eri visualisointeja varten. Visualisoinnit hoidetaan käyttämällä VIANOVA SYSTEMS OY:n palveluita (Virtualmap ja VDC Live) (tulevaisuudessa OSKARI (loppuvuodesta 2015 dev2 ulos).</p> <p>3D-kaupunkimalli toimii pohjana isommalle tietomalli kokonaisuudelle. Malli pyritään pitämään ajantasaisena sitä mukaan kun uusia sovelletuksia sen käytölle ilmenee. 3D-kaupunkimallin visualisointeja toimitetaan tilauksesta. Malliin kerätään paikkatieto- ja rekisteriaineistoa eri toimijoilta. Aineistoja päivitetään erikseen tarvittaessa.</p>	Tilaja hyväksyy
Espoo	Laserkeilaus Suunnitelmätiedot Kantakartta	<p>Espoon kaupungin 3D-mallejen ylläpito perustuu tällä hetkellä Esri CityEngine mallinnuksiin. On kuitenkin ajateltu että siirryttäisiin käyttämään yksinkertaisempaa MESH tekniikkaa hyödyntävää mallia Trimble Locus</p>	Mallin ylläpitäjä (kaupunki)

Kuva a. Ylläpitoluokituksen kartoitus.

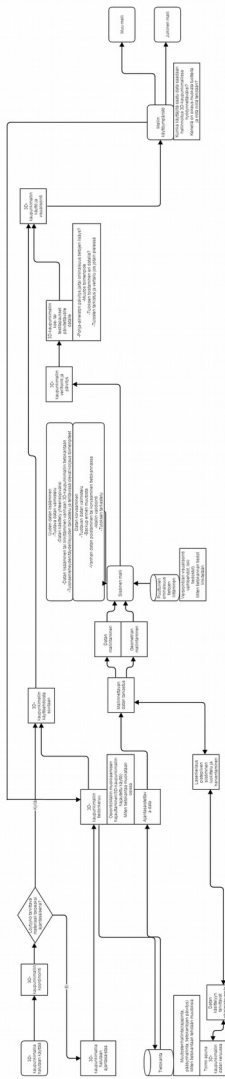
		<p>työkalulla johon eri rajapintojen kautta voidaan visualisoida tietoa. Espoossa yritetään miettiä 3D-kaupunkimallille tietokanta pohjaista ylläpito ratkaisua joka perustuisi Euroopassakin käytettyyn CityGML standardiin.</p> <p>Visualisoinnin haasteina nähdään manuaalisen mallinnuksen tarve ja automaattisesti luotujen vektoritasojen korjaus.</p>	
Helsinki	<p>LoD1-tasoinen materiaali päivittyy Helsingin kaupungin kiinteistöviraston rekisterin mukaan ajantasaisena. Osasta Helsingin kaupunkia on tehty myös LoD2-tasoista aineistoa. Tätä aineistoa päivitetään tilauksesta tarpeen mukaan.</p> <p>Vuodesta 2014 lähtien on tehty koko Helsingin kaupungin kattavia laserkeilauksia tietomallia varten. Nämä keilaukset mahdollistavat LoD3-tasoisen mallinnuksen CityGML-tietomalleissa.</p>	<p>Tietomallin pohjaksi on olemassa erilaista paikkatietoaineistoa kaduista silloisista ja kiinteistöistä sekä muista rekistereistä mutta osa tästä aineistosta oli vielä rasteri muodossa. Tällä hetkellä Helsingin kaupungilla on vielä käytössä oma tiedostorakenne 3D-kaupunkimalli aineistolle. Ylläpitoa hallinnoidaan Bentley Microstation ohjelmistolla. Malleihin on lisätty geometriaa terrascan lisäosalla. Tarkoitus olisi että tietomallin valmistuttua sitä voitaisiin käyttää erilaisiin kaupungin laajuisiin analyysihin.</p>	Mallin ylläpitäjä(kaupunki)

Kuva b. Ylläpitototeutuksien kartoitus.

<p>Vantaa</p>	<p>Vantaan kaupungilla ei ole ylläpidettävää 3D-kaupunkimallia mutta suunnitelmia visualisoidaan pistepilvistä ja TrimbleScetchUp piirroksista tehdyillä malleilla.</p> <p>Kaupunkia on maalaserkeilattu vuonna 2012 ja tätä aineistoa on muokattu vektorimalleiksi. Uusia keilauksia suunnitellaan koko Vantaan alueelle 2016 vuodeksi.</p>	<p>Tällä hetkellä Vantaan kaupungilla on käytössään MS+Terrasolid aineiston vektorointiin ja FME sen kiinnittämiseksi tietokantaan(postGIS?). Vektoroiduista malleista puuttuu metadata MS jne. workspace lokitiedostoja lukuunottamatta.</p> <p>Hankalaksi yhtenäisen 3D-kaupunkimallin ja ylläpidon tekee runsas uusi suunnitelma- ja rakennuskanta. Vantaan kaupungin rekisteriaineistoa pitää käsitellä ja muuntaa osittain että se sopisi lisättäväksi malliin. Materiaalien päivittämien ja tekijänoikeus kysymykset huolestuttavat 3D-kaupunkimallin käytössä.</p>	<p>Ei valmiina</p>
---------------	--	---	--------------------

Kuva c. Ylläpitototeutuksien kartoitus.

3D-kaupunkimallin ajantasaistus ja ylläpitoprosessikaavio



Kuva d. 3D-kaupunkimallin ajantasaistus ja ylläpitoprosessi.