

3D-KAUPUNKIMALLIN TOTEUTTAMINEN JA KEHITTÄMINEN KAUPUNGEISSA

Keskitalo Mika
Telkkälä Henri

Opinnäytetyö
Maanmittaustekniikka
Insinööri (AMK)

2020

Maanmittaustekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijät	Henri Telkkälä Mika Keskitalo	Vuosi	2020
Ohjaaja	Katja Palo		
Toimeksiantaja	Rovaniemen kaupunki		
Työn nimi	3D-kaupunkimallin toteuttaminen ja kehittäminen kaupungeissa		
Sivu- ja liitesivumäärä	41 + 10		

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa 3D-kaupunkimallien nykytilaa Suomessa sekä selvittää kaupunkimallin tuottamiseen liittyviä seikkoja ja haasteita. Lähtökohtana oli toimeksianto Rovaniemen kaupungilta, ja tavoitteena oli tarjota toimeksiantajalle koonti eri kuntien lähestymistavasta kaupunkimallien tuottamiseen ja ylläpitoon liittyvissä asioissa.

3D-kaupunkimalleja voidaan tuottaa eri tavoin ja käyttäen erilaisia lähtöaineistoja ja sovelluksia, joten tämän työn ensimmäisessä osiossa esitellään keskeisimmät malleihin liittyvät käsitteet sekä laitteet, joiden avulla malleja tuotetaan.

Toisessa osiossa käsitellään kyselytutkimusta, joka lähetettiin sähköpostitse 30:een väkiluvultaan suurimpaan kuntaan Suomessa, sekä esitellään tuloksien pohjalta tehtyjä johtopäätöksiä. Kyselystä kävi ilmi, että varsinkin kaupunkimallien tuottamisessa käytetyt sovellukset aiheuttavat päänvaivaa, mutta mallit nähdään silti elintärkeänä osana tulevaisuuden kaupunkisuunnittelua.

Avainsanat 3D-mallintaminen, kaupunkimalli, kaupunkisuunnittelu, tietomalli

Degree Programme in Land
Surveying
Bachelor of Engineering

Author	Henri Telkkälä Mika Keskitalo	Year	2020
Supervisor	Katja Palo		
Commissioned by	City of Rovaniemi		
Subject of thesis	3D city models in the Finnish Towns		
Number of pages	41 + 10		

The objective of this thesis was to provide information about the current state of the 3D city models in the Finnish towns, because there are several different approaches to city modelling. The thesis was commissioned by the city of Rovaniemi.

This thesis was based on an online questionnaire that was sent to the 30 highest populated municipalities in Finland. This scope was chosen in order to reach cities that have created their own city models or are planning to do so. Information used in this thesis was gathered from online sources.

The responses to the questionnaire were analysed, and conclusions were drawn from the responses. According to the responses received, the software used in city modelling is not without its problems. However, the importance of the city models as part of future city planning cannot be understated. In addition, this thesis provided basic information about the tools and methods used in creating city models.

Key words

3D city model, 3D modelling, city planning

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	7
2 MÄÄRITELMÄT	8
2.1 3D-mallintaminen yleisesti	8
2.2 3D-kaupunkimallin tuottaminen.....	9
2.3 LOD-tasot	9
2.4 Mallien käyttö.....	10
2.5 Laitteet ja menetelmät.....	11
2.6 Kehittäminen ja tulevaisuuden käyttö	12
3 KYSELYTUTKIMUS	14
3.1 Lähtökohdat ja toteutus.....	14
3.2 Kysely	15
3.3 Johtopäätökset	37
4 POHDINTA	39
LÄHTEET	40
LIITTEET	42

ALKUSANAT

Haluamme kiittää Rovaniemen kaupungin paikkatieto- ja tonttipalveluita tämän opinnäytetyön mahdollistamisesta. Erityisesti tahdomme kiittää paikkatietosuunnittelija Juha-Petteri Lehmusta ohjauksesta, neuvoista ja kannustamisesta.

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

AR	augmented reality
BIM	building information model
GNSS	global navigation satellite system
LOD	level of detail
RPAS	remotely piloted aircraft system
VR	virtual reality

1 JOHDANTO

Kolmiulotteisia kaupunkimalleja on tehty Suomessa erilaisista lähtökohdista ja eri sovelluksia käyttäen. Yhtenäistä standardia ei ole vielä päässyt muodostumaan ja mallien käytettävyys vaihtelee suuresti.

Lähdimme selvittämään kaupunkimallien nykytilaa ja käyttöä eri kunnissa Rovaniemen kaupungin paikkatieto- ja tonttipalveluyksikön toimeksiannosta. Erityisesti meitä kiinnosti mallien tuottamiseen käytetyt sovellukset, haasteet mallien tuottamisessa ja ylläpitämisessä sekä resurssit, joita kunnat kaupunkimallien tuottamiseen ovat käyttäneet. Työssä esitellään kaupunkimallien keskeiset käsitteet ja määritelmät aiheeseen liittyen sekä selvitys eri kuntien lähestymistavasta kaupunkimalleihin.

Selvityksen työvälineenä käytettiin kyselytutkimusta, joka lähetettiin sähköpostitse 30:een väkiluvultaan suurimpaan kuntaan. Tällä pyrittiin tavoittamaan kunnat, joilla on tarvetta ja toisaalta myös resursseja kaupunkimallien tuottamiseen.

2 MÄÄRITELMÄT

2.1 3D-mallintaminen yleisesti

3D-mallintaminen on yleisesti kolmiulotteisten mallien luomista. Ohjelmia mallien luomiseen on monia ja niitä käytetään eri tarkoituksiin. 3D-mallintaminen helpottaa ja tarkentaa suunnittelemista. Kaksiulotteinen piirtäminen ja 3D-mallintaminen eroavat toisistaan paljon. 2D-piirtämisessä ollaan tekemisissä x- ja y-akselin kanssa. Kolmiulotteisessa mallissa tähän tullaan lisäämään myös syvyys eli z-akseli. Tällöin malli saa kolmiulotteisuuden. Tämä mallintaminen mahdollistaa tuotetun aineiston tarkastelua eri näkökulmista (Kontturi 2016, 14–5.)

Tämä opinnäytetyö keskittyy 3D-mallien osalta ympäristön mallintamiseen. Ympäristöstä perehdymme kaupunkisuunnitteluun ja kaupunkien kolmiulotteiseen mallintamiseen. 3D-mallintamisessa käytetään tiedon keräämiseen paljolti laserkeilausta ja fotogrammetriaa. Näillä menetelmillä tuotetaan pistepilviaineistoa. Saaduista pistepilviaineistoista muodostuu kolmiulotteisuus kohteille. Aineistot tullaan käsittelemään pistepilvistä eli x-, y- ja z-koordinaateista. Rasterimuodon kuvat ovat pikseleitä, joilla on eri sävyarvo (Maanmittauslaitos 2020.)

3D-mallin tuottamiseen tarvitaan monia eri työvaiheita. Aluksi aineisto tulee muuntaa oikeaan koordinaatistoon ja aineisto tulisi muuntaa myös sopivaan muotoon käsittelyn kannalta. Aineiston esikäsittelyn jälkeen tulisi aineiston kohteet tunnistaa. Aineistosta käytännössä tunnistetaan tässä vaiheessa kaikki eri kohteet. Kyseisiä kohteita ovat esimerkiksi rakennukset ja tiealueet. Tätä työvaihetta voidaan myös automatisoida segmentointimenetelmän avulla. Tällä automatisointimenetelmällä saadaan kuvasta haettua esimerkiksi tiet ja rakennukset. Tämä menetelmä vertaa kohteiden ominaisuuksia jo ennalta oleviin ominaisuuksiin. Todella yksityiskohtaisissa malleissa tuodaan kohteille myös tekstuuri. Työtuloksen laadun takaamiseksi vielä nykytekniikalla tarvitaan kuitenkin mallinnus- ja tunnistusvaiheessa manuaalisesti tehtyä työtä (Maanmittauslaitos 2020.)

2.2 3D-kaupunkimallin tuottaminen

Kolmiulotteisia kaupunkimalleja voidaan tuottaa eri tavoin ja eri lähtökohdista, yksinkertaisimmillaan malli koostuu paikkatiedosta ja kolmiulotteisesta geometriasta (Kinnunen 2018). Perusajatus on kuitenkin se, että mitä tarkempaa mallia halutaan tuottaa, sen vähemmän voidaan luottaa automaatioon ja sitä enemmän työtunteja mallin tuottaminen vaatii. Malliin tarvittava data voidaan hankkia eri kaukokartoitusmenetelmiä ja alustoja hyödyntäen, kuten satelliittien, lentokoneiden, RPAS-laitteiden (Remotely. Piloted Aircraft System, eli kauko-ohjattu ilma-alus) tai maanpinnalla käytettävien keilaimien avulla. (Biljeckj 2017, 17.)

CityGML-formaatti on Special interest group 3D:n alulle panema ja kehittämä standardi kaupunkimalliaineiston siirtämiseen järjestelmästä toiseen. Formaattiin voidaan tallentaa geometriaa ja ominaisuustietoa halutusta kohteesta ja tallennettu data jaotellaan moduuleihin, kuten maankäyttö, sillat, rakennukset ja topografia. Lisäksi CityGML-formaatti mahdollistaa tekstuuriin hyödyntämisen pinnoilla. (Kinnunen 2018.)

2.3 LOD-tasot

Kun puhutaan 3D-kaupunkimalleista, LOD-taso (Level of Detail, eli mallin yksityiskohtaisuus) on yksi olennaisimpia parametrejä, joilla malleja arvioidaan. Tasojen hierarkia ei etene täysin loogisesti, sillä LOD 0, epätarkin taso, on ns. 2.5D eli ei oikeasti kolmiulotteinen, ja tasot 1-3 ovat suoraviivaisesti toinen toistaan tarkempia ulkopintoja. Tasolla 1, rakennukset esitetään ns. Laatikkomalleina ilman tekstuureja, tasolla 2 esitetään rakennusten kattomuotoja ja tekstuurit pinnoille. LOD 3-taso sisältää jo paljon ominaisuustietoa, kuten rakennuksen arkkitehtoniset yksityiskohdat, ja tarkat tekstuurit (Kinnunen 2018). Tarkimmalla, LOD 4-tasolla mallinnetaan rakennuksen sisätilat. Sisätilojen mallinnuksen tarkkuudelle ei kuitenkaan ole olemassa tarkkaa yhtenäistä standardia (Biljeckj 2017, 41—43).

2.4 Mallien käyttö

3D-kaupunkimalleja on hiljattain alettu käyttää monipuolisemmin suunnittelussa. Nykyaikaisia kaukokartoitusmenetelmiä käyttämällä voidaan malleista esimerkiksi arvioida tietyn alueen tai kaupungin väkimäärää. Käytännössä tällainen arviointi perustuu rakennuksien tilavuuden määrittämiseen, jonka kautta voidaan johtaa sen asuttama ihmismäärä. Huomattavaa on kuitenkin, että alueilla, joissa on asuinrakentamisen lisäksi esimerkiksi teollisuutta tai liiketiloja, tilavuuteen perustuva arviointimenetelmä ei luonnollisesti ole yhtä hyödyllinen. (Biljeckj 2017, 182—184.)

Perinteisesti mallit toimivat omissa ympäristöissään visualisoinnin apuvälineenä ja suunnittelijan apuna. Suurin hyöty malleista saataisiin kuitenkin irti yhdistämällä ne suoraan paikkatietoon, jota käsitellään kaupungeissa esimerkiksi Trimble Locus-ohjelmistolla. Helsingin kaupunki on tuottanut kaupunkitietomallin ja 3D-kaupunkimallin, jotka toimivat yhdessä. Kaupunkimalli on tuotettu ilmakuvauksineen ja laserkeilausaineiston pohjalta, ja tietomallin pohjana on kaupungin kartta-, paikkatieto-, sekä rekisteriaineistot. (Isotalo 2017.)

Laserkeilaimella tuotettua tai muuten luotua 3D-aineistoa voidaan tarkastella VR-lasien (Virtual Reality), tai AR-sovelluksien (Augmented Reality) avulla. Tällaiset sovellukset voisivat olla työkäytössä jo vaikkapa rakennustyömaalla, jossa niitä käytetään yhdistämällä suoraa, tai tallennettua videomateriaalia työmaalta, ja tietokoneella mallinnettua aineistoa. Tarpeen mukaan tietokonemallinnettu aineisto voisi olla BIM-malli (Building information model) rakennuksesta tai sen osasta. (Shacklett 2016.)

Kaupunkimalli, joka koostuu pelkästä kolmioverkkomallista, on hyödyllinen ja käyttökelpoinen lopputuote, mutta yleensä malliin halutaan yhdistää paikkatieto ja luoda tietomalli, eli semanttinen 3D-malli. Kaupunkitietomallin lähtöaineistona toimii kaupungin kartta-aineisto, rekisterit, ja rakentamisessa käytetyt tietomallit. Semantiikka ja mallien ominaisuustieto mahdollistaa simulaatioiden ja analyysien tekemisen mallin pohjalta (Uuden sukupolven 3D-kaupunkimallit Helsinkiin! 2019, 7.)

2.5 Laitteet ja menetelmät

Lähtöaineistoa kaupunkimalleihin on yleensä kunnissa jo valmiina, vähintään kaksiulotteisena kartta, ja -rekisteriaineistona. Kolmiulotteisen mallin luomiseksi tarvitaan kuitenkin lisää aineistoa. Tässä luvussa esitellään keskeisimmät laitteet ja menetelmät, joilla lähtödataa kerätään.

Yksityiskohtaiseen geometrian esittämiseen kannattaa yleensä käyttää **laserkeilausta**. Laserkeilaimen tuottaman aineiston lisäksi, kaupunkimalleissa myös käytetään valokuvia tekstuureihin. Valokuvilla saadaan mallin ulkoasu realistisemmaksi (Haaraniemi 2016, 25.)

Laserkeilausta voidaan jakaa eri laite- ja mittaustekniikoilla joko ilmasta tai maasta käsin tehtäväksi keilaukseksi. Ilmalaserkeilaus soveltuu parhaiten isojen alueiden laserkeilaamiseen. Tarkempaa julkisivujen keilausta saadaan RPAS-lennokilla tehdyllä keilauksella. Maa- ja teollisuuslaserkeilaimella voidaan taas saada tietoa myös sisätilojen mallinnukseen (Haaraniemi 2016, 25.)

Fotogrammetrisilla keinoilla myös voidaan saada aikaiseksi kuvista mallinnuksen aineistoa. Tässä menetelmässä mitataan valokuvan geometriaa. Tällä tavoin saadaan tietää kohteen koko, muoto ja sijainti kuvilta. Fotogrammetrisen aineiston mallinnuksessa käytettävä kohde kuvataan eri suunnista. Kuvatuille kuville tullaan tämän jälkeen tekemään yhtenäinen orientointi. Tämän prosessin jälkeen kuvat saadaan yhtenäiseen koordinaatistoon. Kuvista saadaan myös aikaiseksi tekstuuri malliin, joten mallista tulee realistisempi. Eri kuvien samojen vastinpisteiden vertailulla saadaan aikaiseksi kohteelle koordinaatit. Kaupunkimallissa yleisesti hyvä mittausväline on esimerkiksi RPAS-laite tai lentokone. Pienet kohteet pystytään kuitenkin kuvaamaan myös maanpinnalta. Mallinnuksen onnistumiseksi fotogrammetrisin menetelmin on parasta, että mallinnettava kohde on näkyvillä kahdesta eri kuvasta. Kuvasta pitää tehdä fotogrammetrinen rekonstruktio ennen kuin siitä saadaan kolmiulotteinen kohde (Haaraniemi 2016, 26—27.)

Yleisesti käytössä on nykyään RPAS-laitteiston osalta multikopteri. Esimerkiksi Geodronen X4L v5 multikopteri sisältää lentosuunnitteluohjelman. Lentosuunnitelmalla saadaan kuvaus suurimmalta osin automatisoitua (Geodrone 2020). Fotogrammetrisessa kartoituksessa ennen lentotyön aloittamista tulee maastoon tehdä lähtöpisteet eli signalointipisteet (Matilainen 2018, 35—36).

Takymetrin toimintaperiaate perustuu siihen, että sillä mitataan pysty- ja vaakakulmia sekä etäisyyksiä. Kyseisillä tiedoilla saadaan laskettua koordinaatteja, korkeuksia ja eri suureita. Takymetrin rakenteeseen kuuluu pääosiltaan runko-osa, alhidadi, tasausalusta, mittauskaukoputki ja elektro-optinen etäisyysmittari. Takymetriin kuuluu myös lisäksi maastotallennin. Maastotallennin on säätä kestävä tietokone. Tallentimeen kuuluu yleensä perusmittausohjelmat. Laite tallentaa mitatut havainnot ja muun tiedon mitä esimerkiksi orientointiin on tarvittu (Laurila 2012, 238—244.)

Takymetriä käytetään mallin teon yhteydessä eri pienempien kohteiden kartoitukseen ja tarvittaessa tarkkuuden tarkistamiseksi kohteista, joita ei voisi muuten mitata esimerkiksi **GNSS-laitteistolla (Global Navigation Satellite System)**. Takymetrillä mitattuja pisteitä hyödynnetään myös keilausaineiston sitomisessa käytettyyn koordinaattijärjestelmään (Laurila 2012, XVIII.)

GNSS perustuu satelliittipaikannukseen. Satelliitilta saatuja tietoja korjataan myös maa-asemien välittämällä tiedoilla. GNSS-paikannusta käytetään mallin teon vaiheessa esimerkiksi signalointipisteiden koordinaattien määrittämisessä. GNSS-laitetta tarvitaan myös takymetrin orientointivaiheessa ja sillä voidaan esimerkiksi mallista tarkastaa eri maapisteiden tarkkuutta.

2.6 Kehittäminen ja tulevaisuuden käyttö

Kaupunkimallin kehittämisessä tulisi huomioida sen käyttötarkoitukset. Aineistoa käytetään yleisesti kaupunkisuunnittelussa. Kaupunkimallin hyödyt tulevat esille sen eri työvaiheita helpottavista ominaisuuksista. Havainnollistaminen

kolmiulotteisesti tuo apua varsinkin suunnitteluun. 3D-kaupunkimallia on hyödynnetty esimerkiksi näkymäanalyysissä, kasvillisuuden peitteisyyden tarkastuksessa ja rakennuskorkeuksien selvityksissä (Kuopio 2020.)

Tulevaisuudessa kaupunkimalli olisi hyvä työkalu, jonka avulla käyttäjät pääsevät näkemään kaupungin tämänhetkistä tilaa ja suunnitteilla olevia rakenteita. Kohteina voisi olla tulevaisuudessa datavirtojen liittäminen uusiin aineistoihin. Tulevaisuudessa kaupunkien tulisi toimia uusien aineistojen kerääjänä ja jakelijana. Yksi tulevaisuuden käyttötapa 3D-kaupunkimallille voisi olla eri toimijoiden yhdistäminen ja tiedon kerääminen aluekehittämistä varten (Uasjournal 2020.)

Standardisoitu kaupunkimalli olisi tulevaisuuden kehityksen kannalta edullista. Kaupunkimallin tulisi palvella useita eri käyttäjiä ja sitä voisi ladata osittain omaan käyttöönkin. Kaupunkimallia voitaisiin hyödyntää erityisesti eri hankkeiden ja suunnitelmien visualisoinnissa. Tulevaisuuden kaupunkimalli pyrkii olemaan myös mahdollisimman realistinen ja ajantasainen (Smart tampere 2018.)

Paikkatietoa olisi hyödyllistä siirtää pelimoottorialustoille. Visualisointia ajatellen 3D-kaupunkimallin tulisi olla pelimoottoriyhteensopiva. Mallien kehityksessä voitaisiin myös sisällyttää pelkän nykyhetken sijaan objektiivien muutoksia ajallisesti. Tulevaisuuden kehityksen kannalta tulisi hyödyntää peliteollisuudessa tuotettuja järjestelmiä ja toimintatapoja. Tällöin näitä mahdollisia ominaisuuksia voitaisiin käyttää 3D-kaupunkimallin hyödyksi eri tavoilla tulevaisuudessa (Maankäyttö 2017.)

3 KYSELYTUTKIMUS

3.1 Lähtökohdat ja toteutus

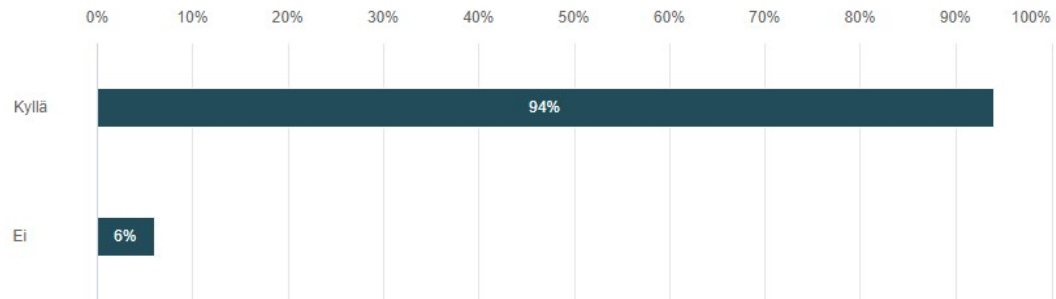
Kyselytutkimuksen tarkoituksena oli kartoittaa Suomen kuntien 3D-kaupunkimallien hyödyntämistä ja kehittämistä, sekä siihen varattuja resursseja mahdollisimman kevyen ja käyttäjäystävällisen kyselyn avulla. Kyselytutkimus tehtiin selainpohjaisella kyselyohjelmistolla nimeltään Webropol. Kysely lähetettiin 30:een Suomen väkiluvultaan suurimpaan kuntaan. Kunnista pyrittiin internetsivujen avulla valitsemaan parhaiten soveltuva henkilö vastaajaksi. Mikäli kuntien internetsivujen perusteella ei löytynyt sopivaa vastaaja laitettiin tieto kyselystä kunnan kirjaamon sähköpostiosoitteeseen. Saatekirjeessä pyydettiin laittamaan sähköpostin eteenpäin sopivalle vastaajalle, jos viestin nykyinen vastaanottaja ei ollut pätevä vastaamaan kyselyyn.

Kyselyssä on 23 kysymystä kolmelle sivulle jaettuna. Kyselyssä pyritään saamaan tietoa käytettävistä laitteistoista, käytettävistä menetelmistä mallin tuottamisessa ja millä eri ohjelmistoilla mallia on toteutettu. Mallin haasteet ja ongelmat tuodaan myös esille, koska ne on todella hyvä tiedostaa tulevaisuutta varten eri kaupunkimallien suunnittelu- ja työvaiheissa.

3.2 Kysely

1. Onko kunnallanne tehty 3D-kaupunkimallia?

Vastaajien määrä: 18



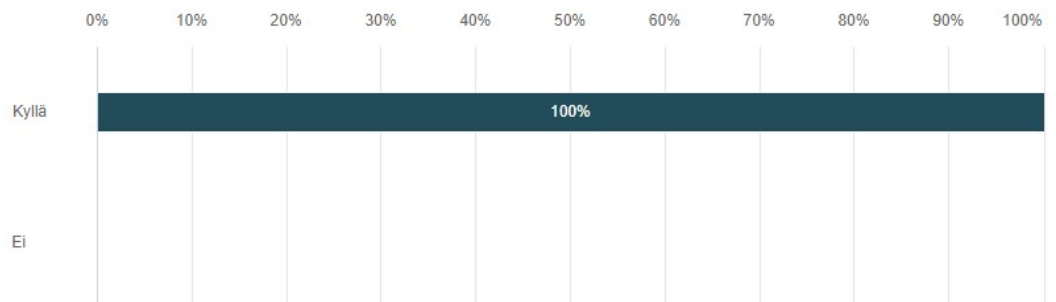
	n	Prosentti
Kyllä	17	94,44%
Ei	1	5,56%

Kuvio 1. Onko kunnallanne tehty 3D-kaupunkimallia?

Kyselyyn vastanneista kaikilla paitsi yhdellä on 3D-kaupunkimalli tehtynä.

2. Jos ei, niin onko sellaista suunnitteilla?

Vastaajien määrä: 2



	n	Prosentti
Kyllä	2	100%
Ei	0	0%

Kuvio 2. Jos ei, niin onko sellaista suunnitteilla?

Kahdella vastanneista on suunnitteilla.

3. Millä ohjelmistoilla mallia on toteutettu?

Vastaajien määrä: 18

Vastauksia yhteensä 18, joista 18 näkyvillä. [Näytä vain 10 vastausta](#)

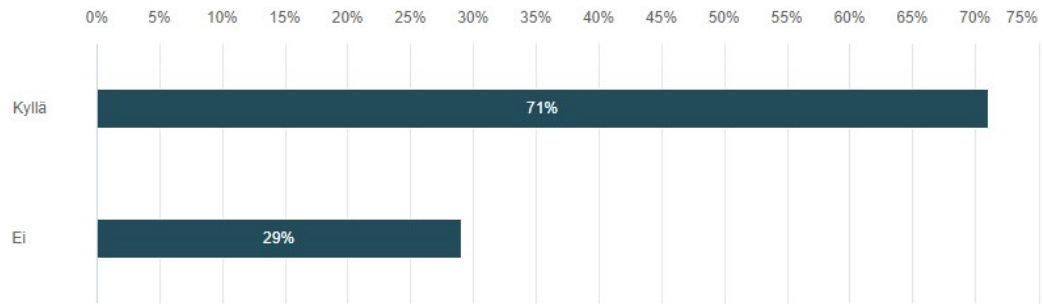
	Vastaukset
▼	Ilmeisesti kysymys tarkoittaa kaupunkimallin mallintamisvaihetta. Kaupunkimalli(3D-rakennusmallit) on pääosin mallinnettu Microstation suunnitteluohjelmistoilla sekä Terra Solid Oy:n TerraScan, Terraphoto ohjelmistoilla. Aineisto on ylläpidossa 3DCityDB-tietokantaratkaisussa.
▼	TerraScan / MicroStation / ArcGIS Pro / ArcGis Online
▼	ESRIn ArcGis - alusta
▼	Terrasolid ohjelmilla. Mallin on tehnyt Terrasolid
▼	Trimble Locus
▼	ArcGis Pro, FME, TerraSolid-ohjelmistot, ContextCapture, Blender, Unreal Engine
▼	Trimble Locus
▼	Paikkatietojärjestelmässä ylläpidettävän kaupunkimallin mallinnustyö on tällä hetkellä vielä kesken (avoin kaupunkimalli julkaistaan myöhemmin). Mallinnusprosessissa käytettävät ohjelmistot: - Terrasolid (pistepilven käsittely, maanpintamalli ja vektorointi) - FME (vektoriaineiston muokkaus, mallinnuksen automatiikka paikkatietojärjestelmää varten, tiedonsiirto) - Trimble Locus (ylläpitojärjestelmä, jälkikorjailu mm. rakennusten geometriolle) Lisäksi aikaisemmin on tehty Sketchup- malli tilaustyönä arkkitehtitoimistolta. Tämä malli ei ole ylläpidossa (ei päivitetä uusia rakennuksia tai maanpintaa).
▼	MicroStation, TerraScan, Trimble Locus, SketchUp, FME, 3dsMax
▼	Trimble Locus on mallin 'masterdata' = 2D kantakartta. Pohja-aineistoja tuotettu TerraSolidilla pistepilvistä vektoroimalla.
▼	Ylläpito Trimble Locus, työvaiheita Terrasolid ohjelmaympäristöllä
▼	Cesium web- alustalle ContextCapture, Pix4d, Autocad- pohjaisia tuotteita
▼	Trimble Locus
▼	Trimble Locus, Civil, Terra, FME, 3DWin
▼	ContextCapture
▼	Esrin ArcGis Pro
▼	Bentley MicroStation ja Terrasolid 2010-luvulla Esri ArcGIS 2020-luvulla lisäksi FME
▼	ArcGIS-alusta

Kuvio 3. Millä ohjelmistoilla mallia on toteutettu?

Malleja on toteutettu ohjelmistoilla kuten Terrascan Terraphoto, 3DCityDB-tietokanta, Terrascan, Microstation, ArcGIS Pro, ArcGis Online, ESRIn ArcGis, Trimble locus, FME, ContextCapture, Blender, Unreal Engine, SketcUp, Microstation 3DsMax, Cesium web- alusta, Pix4d, AutoCAD-pohjaiset tuotteet, Civil ja 3D-Win.

4. Onko ohjelmistoihin liittyen ongelmia tai haasteita?

Vastaaajien määrä: 17



	n	Prosentti
Kyllä	12	70,59%
Ei	5	29,41%

Kuvio 4. Onko ohjelmistoihin liittyen ongelmia tai haasteita?

Suurimmalla osalla vastanneista, 71 %:lla, on ollut ongelmia tai haasteita ohjelmistoihin liittyen.

5. Mitä ongelmia?

Vastaajien määrä: 13

Vastauksia yhteensä 13, joista 13 näkyvillä. Näytä vain 10 vastausta

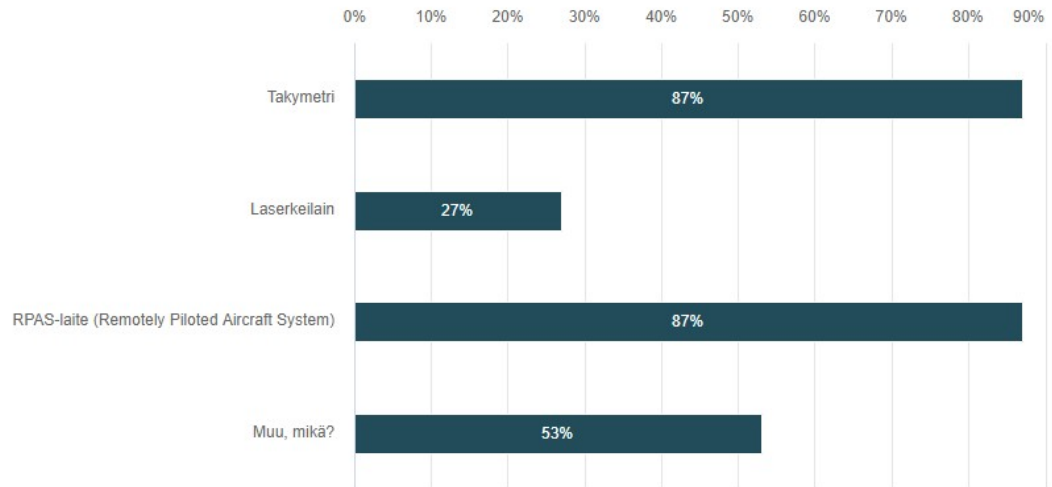
	Vastaukset
▼	Tällä hetkellä ei ole helppokäyttöisiä ohjelmistoja rikastuttaa kaupunkimallinusta myös muunlaisella sisällöllä. Kaupunkimallihan ei ole pelkästään kolmiulotteisia rakennuksia. Laadukan kaupunkimallinnusaineisto tulee mallintaa myös muu ympäristö(Kasvillisuus, rakenteet, sähköverkko,tieverkosto yms.)
▼	Erialaisten siirtoformaattien tuki.
▼	Tarvitaan ohjelmiston useita eri osia, joiden käyttö täytyy opetella alusta
▼	Terrasolid ei ole maailman helpoin ohjelma käytettävyydeltään. Ongelmana on myös kaupungin työasemien teho ja muistin määrä.
▼	Tiedostoformaattit eri ohjelmien välillä aiheuttaa pieniä ongelmia. Ohjelmat kaatuilevat silloin tällöin raskaan prosessoinnin tai mallin pyörittämisen/muokkaamisen yhteydessä.
▼	Usean ohjelman käyttäminen mallinnusprosessissa tuo omat haasteita. Paikkatietojärjestelmän mallinnustapa on haasteellinen ylläpidon kannalta.
▼	Mallien editoinnissa puuttuu tarpeellisia työkaluja. Toisinaan rakennuksen malli hajoaa hyvin pienestä ja perussyyn selvittäminen on hankalaa. Mallinnussäännöt muuttuneet matkan varrella, tosin parempaan päin. Toisinaan tekstuurit venyvät väärin.
▼	uusi asia vaatii kehittämistä
▼	Koska datamäärä on valtava vaaditaan paljon prosessointitehoa, enemmän ehkä ns. rautaongelmaa kuin ohjelmisto-ongelmaa
▼	ei varsinaisesti ongelmia, mutta aina kehitystarpeita tulee esille 3D-ikkunassa tapahtuvaa kohteiden lisäämistä odotamme
▼	Rakennusten sokkelien epätarkkuus, rakennuksen eheys automaattimallinnuksessa, pintatekstuuriin määrä ja semoituminen
▼	Rakennusten mallinnus riittävällä tarkkuudella. Jos halutaan hyvää, pitää automaattisesti generoidut rakennukset (LoD2) korjata osin manuaalisesti, mikä vaatii työtä. Rakennusten teksturointi onnistuu automaattisesti aika hyvin.
▼	Ongelmia ovat mm. ohjelmiston käyttö- ja julkaisuohjeet, tietokoneen kapasiteetti, hallintatyökalujen rajallisuus. ESRin todelliset ohjeet ja heidän konsultin ohjeet eivät ole yhtenäisiä. Pistepilven luokitustapa ja rajausohjeet ovat eriävät tai niistä ei ole tietoa tarpeeksi. Täten 3D-mallin luomisen haastavuus ei ollut tiedossa.

Kuvio 5. Mitä ongelmia?

Muun ympäristön mallintaminen (kasvillisuus, rakenteet, sähköverkko, tieverkosto yms.) on koettu hankaliksi. Siirtoformaattien tuki aiheuttaa ongelmia ja ohjelmistot on opeteltava ja tämä vie paljon työaikaa. Tiedostoformaattit aiheuttavat eri ohjelmien välillä ongelmia ja työasemien puutteellinen prosessointiteho on myös yksi ongelmatekijä. Mallit saattavat hajota yhtäkkiä, eikä ongelman aiheuttajaa ole helppo paikallistaa. Muita ongelmia on esimerkiksi tekstuuriin venyminen väärin, rakennusten sokkeleiden epätarkkuus ja rakennusten eheys automaattimallinnuksessa. Jos halutaan pitää automaattisesti generoidut rakennukset, tulisi nämä korjata osin manuaalisesti. Ohjelmistojen käyttö ja julkaisuohjeet koetaan hankaliksi. Pistepilven luokitustapa ja rajausohjeet ovat eriäviä tai niistä ei ole tarpeeksi tietoa saatavilla.

6. Mitä mallien toteutukseen liittyvää mittauskalustoa kunnallanne on käytössä?

Vastaajien määrä: 15, valittujen vastausten lukumäärä: 38



	n	Prosentti
Takymetri	13	86,67%
Laserkeilain	4	26,67%
RPAS-laite (Remotely Piloted Aircraft System)	13	86,67%
Muu, mikä?	8	53,33%

Kuvio 6. Mitä mallien toteutukseen liittyvää mittauskalustoa kunnallanne on käytössä?

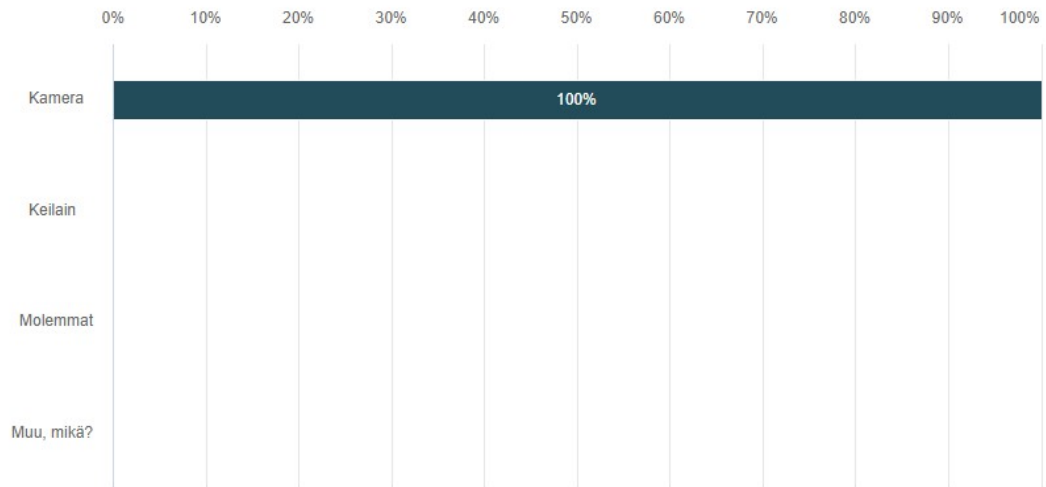
Vastausvaihtoehdot	Teksti
Muu, mikä?	GPS-RTK laitteistoja
Muu, mikä?	GNSS - mittalaitteet
Muu, mikä?	Kamera
Muu, mikä?	Slam, Helikopteri keilain
Muu, mikä?	GNSS
Muu, mikä?	Laserkeilattuja pistepilviä
Muu, mikä?	Koska valittavissa myös takymetri niin vastaan myös GNSS/RTK- laitteistoja
Muu, mikä?	ajoneuvokeilain

Kuvio 7. Muu, mikä? kentän vastaukset

Suurimmalla osalla vastaajista on käytössään takymetri 86,67 %. Myös suurin osa on vastannut käytettäväksi RPAS-laitteen 86,67 %. Muita laitteita on ollut vastaajilla käytössä 53,3 %:lla. Muuta mittauskalustoa on ollut GNSS - mittalaitteet, GPS-RTK laitteisto, Slam, helikopteri keilain ja ajoneuvokeilain.

7. Jos käytössä RPAS-laite (Remotely Piloted Aircraft System) niin mikä hyötykuorma on?

Vastaajien määrä: 14



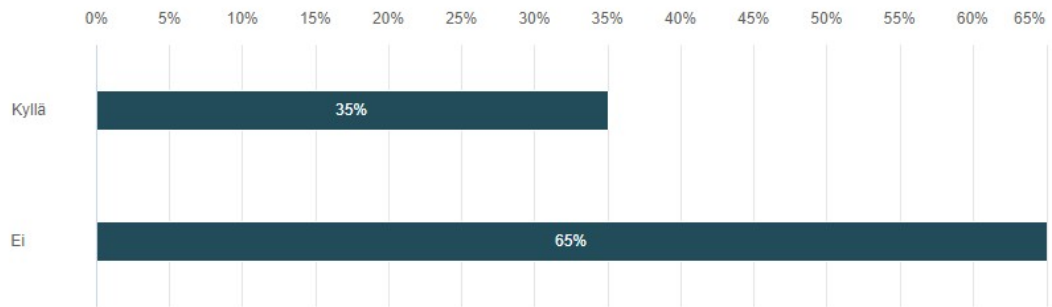
	n	Prosentti
Kamera	14	100%
Keilain	0	0%
Molemmat	0	0%
Muu, mikä?	0	0%

Kuvio 8. Jos käytössä RPAS-laite (Remotely Piloted Aircraft System) niin mikä hyötykuorma on?

RPAS-laitteen hyötykuorma on kaikilla tähän kysymykseen vastanneilla kamera.

8. Onko suunnitteilla hankkia mittauskalustoa?

Vastaajien määrä: 17



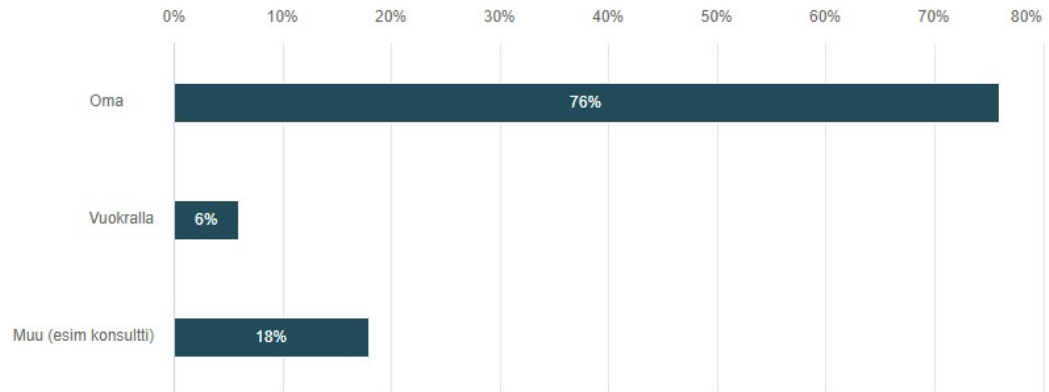
	n	Prosentti
Kyllä	6	35,29%
Ei	11	64,71%

Kuvio 9. Onko suunnitteilla hankkia mittauskalustoa?

Mittauskaluston hankkimista suunnittelee 35 % vastanneista. 65 % ei ole hankkimassa mittauskalustoa.

9. Onko kalusto omaa vai vuokralla?

Vastaajien määrä: 17



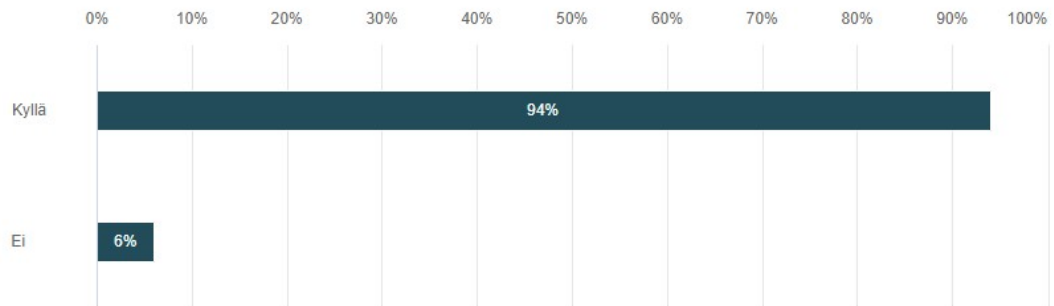
	n	Prosentti
Oma	13	76,47%
Vuokralla	1	5,88%
Muu (esim konsultti)	3	17,65%

Kuvio 10. Onko kalusto omaa vai vuokralla?

76 % vastanneista omistaa mallien tuottamisessa käytetyn kaluston, 18 % vastanneista on hyödyntänyt konsulttia ja yhdellä vastanneista on ollut käytössään vuokratut laitteet 5%.

10. Hyödynnetäänkö mallia suunnittelussa?

Vastaajien määrä: 18



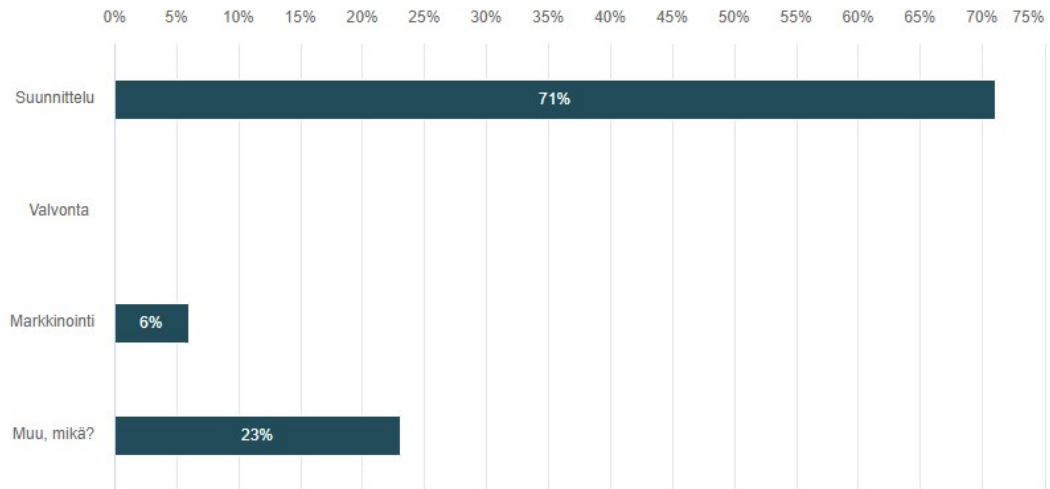
	n	Prosentti
Kyllä	17	94,44%
Ei	1	5,56%

Kuvio 11. Hyödynnetäänkö mallia suunnittelussa?

Vastaajista 17, eli 94 %, on vastannut, että mallia käytetään suunnittelussa ja yksi vastaajista on vastannut, ettei käytetä.

11. Jos hyödynnetään miten?

Vastaajien määrä: 17



	n	Prosentti
Suunnittelu	12	70,59%
Valvonta	0	0%
Markkinointi	1	5,88%
Muu, mikä?	4	23,53%

Kuvio 12. Jos hyödynnetään, miten?

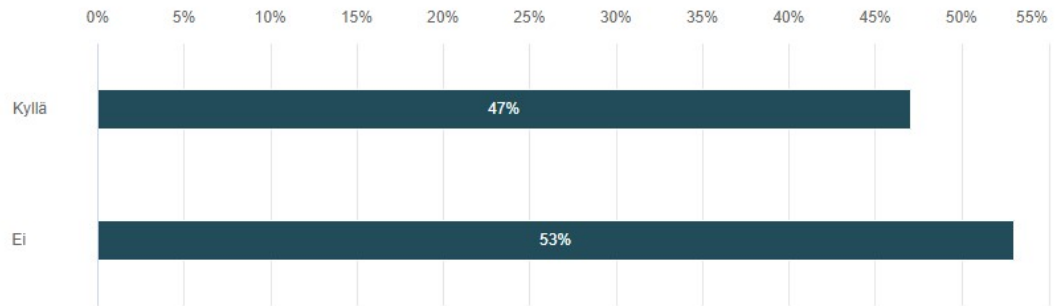
Vastausvaihtoehdot	Teksti
Muu, mikä?	Suunnittelu, rakennusvalvonta, tontin markkinointi
Muu, mikä?	Suunnittelu ja markkinointi
Muu, mikä?	kaikki vaihtoehdot
Muu, mikä?	mm. suunnittelu, valvonta ja markkinointi...

Kuvio 13. Muu, mikä? kentän vastaukset

Vastaajista 71 % hyödyntää mallia suunnittelussa, kuten edellisessä kysymyksessä jo havaittiin. Johtuen virheestä kysymyksen asettelussa, kohdassa 11. vastausvaihtoehdoista täytyi valita yksi. Tämän vuoksi vastausvaihtoehto ”Muu, mikä?” sai 23 % vastauksista, ja tekstikenttään vastanneet kommentoivat kaikki vaihtoehdot. Kaksi vastanneista ei tarkentanut, miten muuten mallia hyödynnetään. markkinointiin myös käytti mallia 6 % eli yksi vastaajista.

12. Onko käytetty CityGML- standardin mukaista räystääilytystä?

Vastaajien määrä: 17



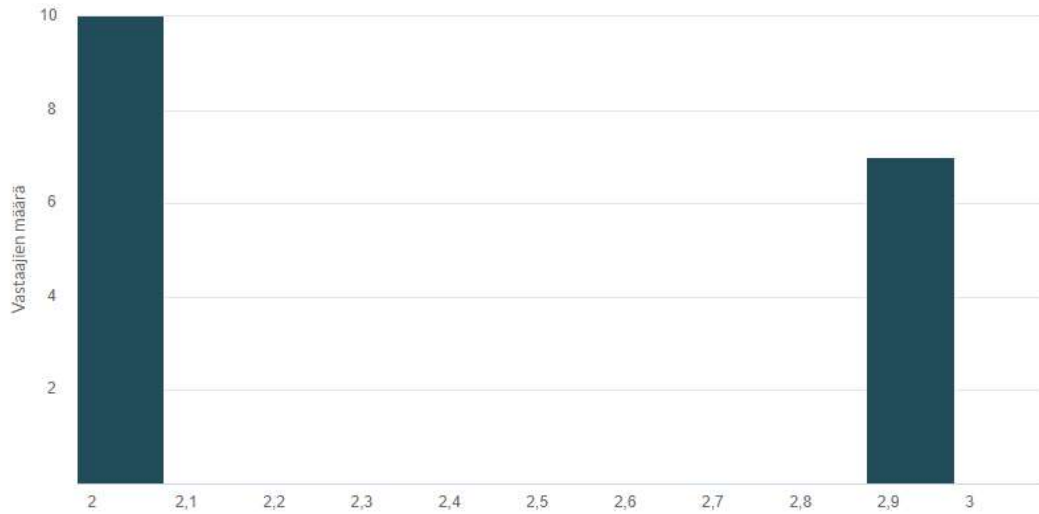
	n	Prosentti
Kyllä	8	47,06%
Ei	9	52,94%

Kuvio 14. Onko käytetty CityGML-standardin mukaista räystääilytystä?

Hieman alle puolet vastaajista, 47 %, kertoo ettei mallissa ole käytetty standardin mukaista räystääilytystä.

13. Mallissa käytetty LOD-taso (level of detail)

Vastaajien määrä: 17



Minimiarvo	Maksimiarvo	Keskiarvo	Mediaani	Summa	Keskihajonta
2	3	2,41	2	41	0,51

Kuvio 15. Mallissa käytetty LOD-taso (level of detail)

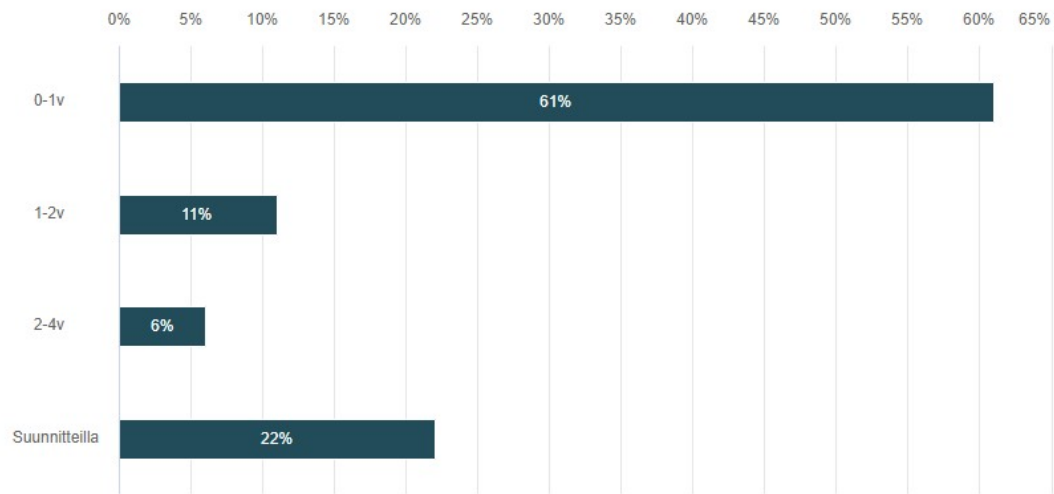
Liukukytkimen arvon lukumäärä	n	Prosentti
0	0	0%
1	0	0%
2	10	58,82%
3	7	41,18%
4	0	0%

Kuvio 16. Vastausjakauma

Vastanneista 58,82 % käyttää LOD-tasoa 2, ja loput 41,18 % käyttää tasoa 3.

14. Mallien ylläpito ja päivittäminen

Vastaajien määrä: 18



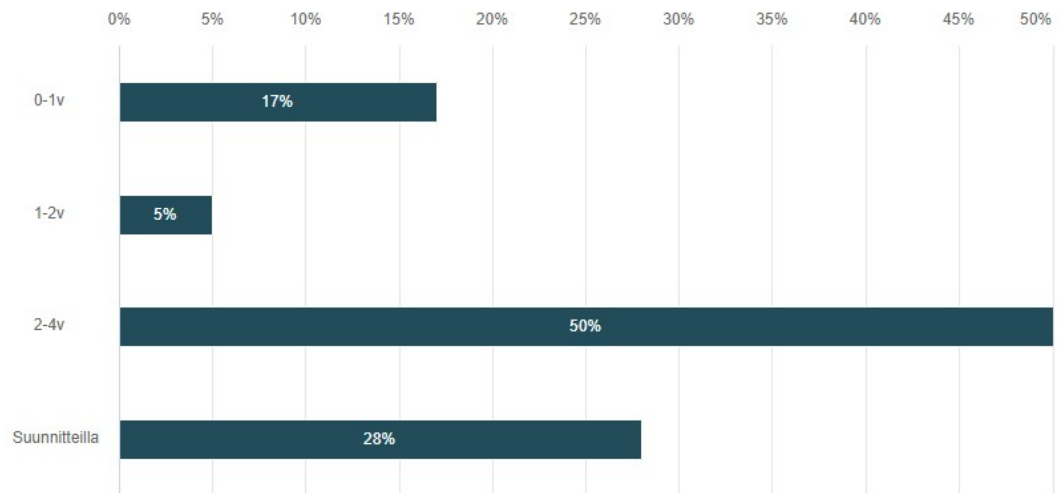
	n	Prosentti
0-1v	11	61,11%
1-2v	2	11,11%
2-4v	1	5,56%
Suunnitteilla	4	22,22%

Kuvio 17. Mallien ylläpito ja päivittäminen

Suurin osa, 61 % vastanneista ilmoitti mallien ylläpidon ja päivittämisen tapahtuvan vuosittain tai tiheämmin. 22 % vastaajista kertoi päivittämisen olevan vasta suunnitteilla, 11 % päivittää ja ylläpitää mallejaan 1–2 vuoden välein ja yksi vastaajista kertoo päivityksen ja ylläpidon tapahtuvan kahden vuoden välein tai harvemmin.

15. Ilmasta tapahtuvan keilausaineiston päivittäminen?

Vastaajien määrä: 18



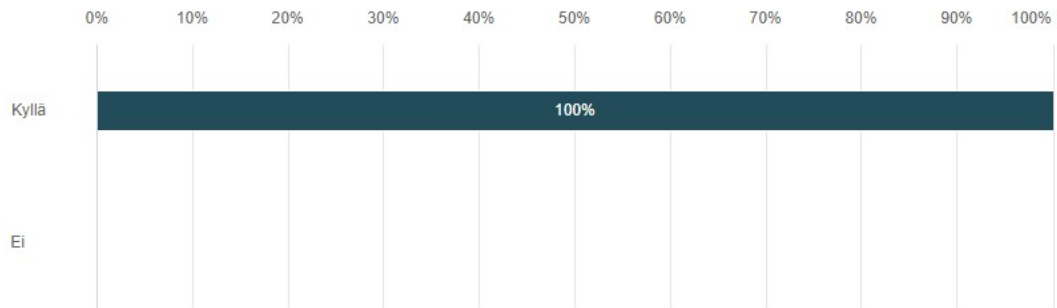
	n	Prosentti
0-1v	3	16,67%
1-2v	1	5,55%
2-4v	9	50%
Suunnitteilla	5	27,78%

Kuvio 18. Ilmasta tapahtuvan keilausaineiston päivittäminen?

Ilmasta käsin keilattua aineistoa 50 % vastaajista päivittää kahden tai neljän vuoden välein. 28 % kertoo päivittämisen olevan vasta suunnitteilla. 17 % vastaajista kertoo päivittämisen tapahtuvan vuoden välein tai aikaisemmin. Yksi vastaajista kertoo keilausaineiston päivittämisen tapahtuvan 1–2 vuoden välein.

16. Pidättekö 3D-mallia tarpeellisena tulevaisuudessa?

Vastaajien määrä: 18



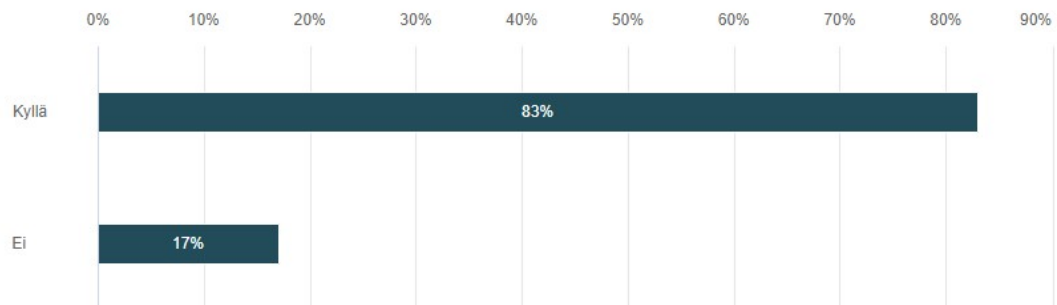
	n	Prosentti
Kyllä	18	100%
Ei	0	0%

Kuvio 19. Pidättekö 3D-mallia tarpeellisena tulevaisuudessa?

Kaikki kyselyyn vastanneet kokivat 3D-mallin tarpeelliseksi tulevaisuudessa.

17. Onko kunnassanne koulutettu henkilökuntaa laitteistoihin ja ohjelmistoihin 3D kaupunkimallia varten?

Vastaajien määrä: 18



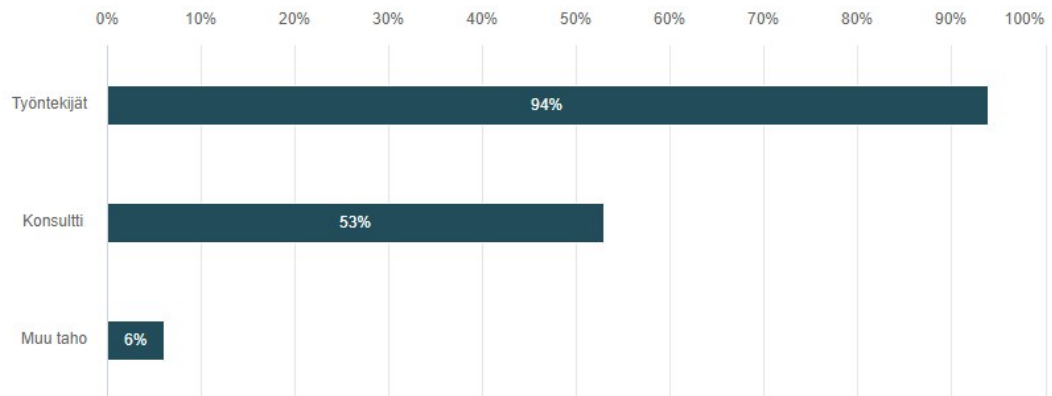
	n	Prosentti
Kyllä	15	83,33%
Ei	3	16,67%

Kuvio 20. Onko kunnassanne koulutettu henkilökuntaa laitteistoihin ja ohjelmistoihin 3D-kaupunkimallia varten?

Suurinta osaa vastaajista, 83 % on koulutettu 3D-kaupunkimallia varten.

18. Onko mallin työtehtäviä (kartoitus) tehnyt:

Vastaajien määrä: 17, valittujen vastausten lukumäärä: 26



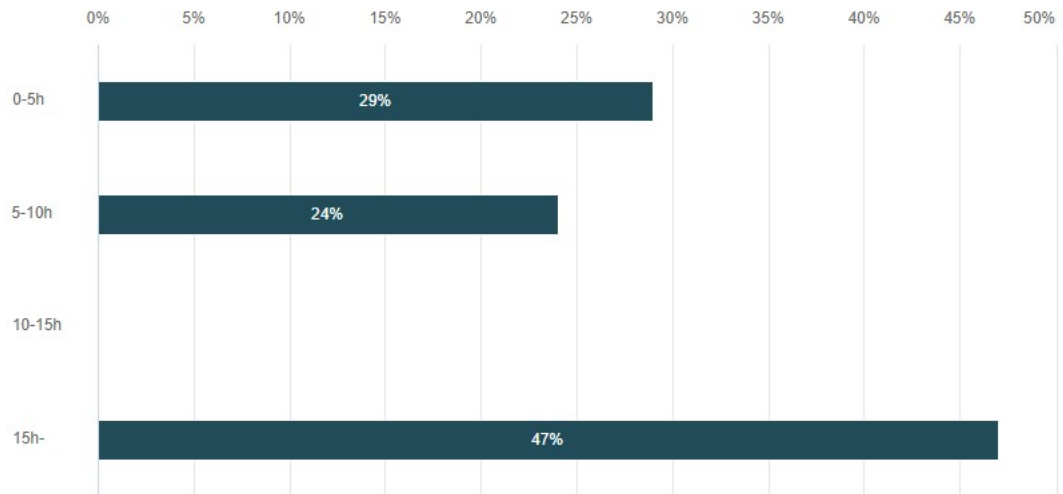
	n	Prosentti
Työntekijät	16	94,12%
Konsultti	9	52,94%
Muu taho	1	5,88%

Kuvio 21. Onko mallin työtehtäviä (kartoitus) tehnyt:

94 % vastaajista kertoo mallin kartoitustehtäviä tehneen työntekijät. 53 % vastaajista on vastannut konsultin toteuttaneen kartoitustehtäviä. Vain yksi on vastannut muun tahon tekevän kartoitustöitä.

19. Kuinka paljon mallin tuottaminen työllistää (viikossa)?

Vastaajien määrä: 17



	n	Prosentti
0-5h	5	29,41%
5-10h	4	23,53%
10-15h	0	0%
15h-	8	47,06%

Kuvio 22. Kuinka paljon mallin tuottaminen työllistää viikossa?

47 % vastaajista kertoo mallin tuottamisen työllistävän yli 15 tuntia viikossa. 29 % kertoo vastaavaksi työajaksi 0-5 tuntia. 24 % vastaajista käyttää mallin tuottamiseen 5-10h viikoittain.

20. Mihin järjestelmään malli on viety (esim. locus yms) ja miten siellä hyödynnetään?

Vastaajien määrä: 17

Vastauksia yhteensä 17, joista 17 näkyvillä. Näytä vain 10 vastausta

	Vastaukset
▼	Kuopion 3D-rakennukset ovat 3DCityDB-tietokanta ympäristöstä, josta tietoa voidaan siirtää standardissa CityGML 2.0-tiedostomuotoon. Aineistoa muunnetaan suunnittelukäyttöön usein esimerkiksi Autocad DWG-formaattiin. (Parempi tuki suunnitteluohjelmistoille).
▼	Suunnittelujärjestelmä, MicroStation Julkaisu- ja katselujärjestelmä, ArcGIS Online
▼	ESRIn ArcGis Hyödynnetään markkinoinnissa, visualisoinneissa, mallipohjaisessa suunnittelussa
▼	Mallia voi katsella ja muokata Sova3d Oy kehittämässä selaimessa toimivassa palvelussa. https://hyvinkaa3d.appspot.com/Map.html Muillakin kaupungeilla on tämä käytössä. Kuopio, Järvenpää, Vantaa ... Malli on muuten Terrasolid työnä verkkolevyllä. Jatkossa mallille pitäisi perustaa oma 3DCityDB palvelin, mistä Sova 3D hakisi mallin.
▼	Malli ylläpidetään Locuksessa ja on täten kaikkien käytettävissä.
▼	Kaupunkimallien tuottaminen omana työnä on juuri aloitettu, eli lopullisen järjestelmän selvittäminen on vielä käynnissä. Mallia pyritään hyödyntämään kunnan suunnittelun joka osa-alueella (kaavoitus, rakennusvalvonta, kunnallistekniikka) ja tehdä sen päivittäisestä käyttämisestä mahdollisimman helppoa. Tuodaan visualisoidut mallit mahdollisimman helposti lähestyttäväksi kuntalaisille.
▼	Kaupunkimalli on ylläpidossa Trimble Locus -paikkatietojärjestelmässä. Kaupunkimallia ylläpidetään yhtäaikaaisesti kantakartta-aineiston kanssa. Aineistoa hyödynnetään tällä hetkellä pääsääntöisesti vain kaavoitushankkeissa joissa uusia rakennuksia sijoitetaan olevaan 3D-kaupunkimalliin. Hyödyntäminen laajenee kun kaupunkimalli saadaan ajatasalle tällä hetkellä tehtävän mallinnustyön jälkeen sekä tulevien laserkeilausaineistojen perusteella. Tulevaisuudessa kaupunkimalli tullaan avaamaan avoimena rajapintana (WFS) CityGML formaatissa sekä lisäksi web-pohjaisena lataus/viewer-alustana jossa saatavilla on näillä näkymin CityGML, .skp sekä .dwg formaatit.
▼	Nyt tiedostomuodossa. Nyt uloskirjoitetaan asiakkaille kaupunkimalli SketCUp-muodossa Tavoitteena laittaa aineisto PostgreSQL/Postgis -kantaan.
▼	Trimble Locus. SketchUp. Testejä mm. MapGets ja UnrealEngine. Pääasiassa kaavasunnittelussa - toistaiseksi.
▼	Mallin ylläpito Trimble Locuksessa. Hyödyntämisen keskiössä edelleen kaavoitus ja markkinointi, jonkin verran jo infran tietomallien lähtöaineistoksi
▼	cesium_web: kaupunkisuunnittelussa, omaisuudenhallinnassa ja yleinen selailu...
▼	Infraworks, kaupunkisuunnittelu mahdollisesti muuallekin, avoimen datan takia emme tiedä kaikkea käyttöä
▼	Locus, erilaiset tarpeet
▼	https://www.savonlinna.fi/asukas/rakentaminen/kartat_ja_kiinteiston_muodostus/3d-kaupunkimalli Lisäksi .3mx + Acute3D Viewer
▼	Esrin järjestelmään
▼	MicroStation, ArcGIS, Louhi, Lupapiste, avoin data (HRI) kaikella tavoin
▼	ArGis online

Kuvio 23. Mihin järjestelmään malli on viety (esim. Locus yms) ja miten siellä hyödynnetään?

3D-rakennukset ovat 3DCityDB-tietokantaympäristöstä, josta tietoa voidaan siirtää standardissa CityGML 2.0-tiedostoformaatin muodossa. Aineistoa muunnetaan suunnittelukäytössä usein esimerkiksi AutoCAD DWG-formaattiin.

Suunnittelujärjestelmänä käytetään myös MicroStation-ohjelmistoa.

Julkaisu- ja katselujärjestelmä käyttää osa vastaajista ArcGIS Online-ohjelmistoa. Vastattu on myös, että hyödynnetään markkinoinnissa, visualisoinneissa ja mallipohjaisessa suunnittelussa ESRI:n ArcGIS-ohjelmistoa.

Mallia voi katsella ja muokata Sova3d Oy:n kehittämässä selainympäristössä toimivassa palvelussa. Malli on muuten käytössä Terrasolid-työnä verkkolevyllä. Jatkossa mallille voisi perustaa oma 3DCityDB-palvelin, josta Sova 3D saisi haettua mallin.

Mallia pyritään hyödyntämään kunnan suunnittelun joka osa-alueella (kaavoitus, rakennusvalvonta, kunnallistekniikka) ja tehdä sen päivittäisestä käyttämisestä mahdollisimman helppoa. Visualisoidut mallit tuotaisiin mahdollisimman helposti kuntalaisille saatavaksi.

Kaupunkimallin ylläpidossa käytetään myös Trimble Locus-paikkatietojärjestelmää. Kaupunkimallia ylläpidetään yhtäaikaaisesti kantakartta-aineiston kanssa. Vastauksissa kävi myös ilmi, että aineistoa osa käyttää pääsääntöisesti vain kaavoitushankkeissa. Tällöin rakennuksia sijoitetaan olemassa olevaan 3D-kaupunkimalliin suunnittelun tueksi. Tulevaisuuden käytöstä vastanneista kaupunkimallia tulaisiin avaamaan avoimen rajapinnan (WFS) CityGML-formaatissa. Lisäksi web-pohjaisena latausalustana. Tämä olisi saatavilla CityGML-, skp- sekä.dwg-formaateissa.

Kaupunkimalli voidaan uloskirjoittaa asiakkaille SketcUp-muodossa. Tavoitteena on laittaa aineisto PostgreSQL/Postgis -kantaan. SketchUp-ohjelmisto on myös käytössä osalla vastaajista. Testejä on myös tehty MapGets-ohjelmistolla sekä UnrealEngine-pelimoottorilla. Malleja on hyödynnetty myös infrapuolen tietomallien pohjalla jo jonkin verran. Cesium web ohjelmistoa on käytetty kaupunkisuunnittelussa, omaisuudenhallinnassa ja yleisessä selailussa. 3D-kaupunkimallia on hyödynnetty ja työstetty myös Louhi- ja Lupapiste-palveluissa.

21. Mikä kaupunkimalleissa koetaan ongelmalliseksi tai haasteelliseksi?

Vastaajien määrä: 16

Vastauksia yhteensä 16, joista 16 näkyvillä. Näytä vain 10 vastausta

	Vastaukset
▼	Ongelmallista on kaupunkimallin ylläpito, jota varten olemme hankkineet UAV-lennokin. Tästä tuotettavasta pistepilvestä pystytään ylläpitoa tekemään pienin aluein kerrallaan. Rakennusvalvontaprosessin yhdistäminen kaupunkimallinnukseen on myös kesken. Rakennuslupa vaiheessa tehtävä suunnittelutyö menee tiedonhallinnan näkökulmasta vielä hukkaan, sillä rakennuslupa vaiheessa mallinnettu tarkka rakennustieto ei siirry kaupunkimalleihin automaattisesti.
▼	Niiden tekeminen ja päivittäminen, rekisteritiedon yhdistäminen malliin, maanalaisten tietojen luotettavuus, tiedon irrotus mallista, tiedon julkaisu ja muu jakaminen, mallista tulee helposti erittäin raskas pyörittää, rakennusten teksturointi hankalaa
▼	Lyhyesti rahoitus ja työaika. Kaupunkimallin tuottaminen on työlästä ja aikaa vievää. Henkilöstön resurssipula ja osaaminen. Omaa keilain dronea ei kannata hankkia. Kalliita, näköyhteys droneen mahdotonta tietyissä tapauksissa. Tietynkokoisia droneja ei tietääkseni edes saa lennättää keskusta alueella. Korkeintaan siis kannattaa hankkia pieni kaupallinen kamera drone, mutta silloin pistepilvien tarkkuus huononee. Tietysti perus visualisointiin tarkkuus on riittävä.
▼	Mallin raskaus ja aineiston muokkaaminen
▼	Ajantasaistaminen
▼	Kaupunkimallin ylläpidolliset haasteet paikkatietojärjestelmän mallinnustavasta johtuen. Infran ja rakennusten tietomallien (landxml, IFC, yms.) yhdistäminen paikkatietojärjestelmällä tuotettuun kaupunkimalliin. Vaatisi koko kaupungin organisaation laajuisesti prosessin uudelleen ajattelua jotta infran ja rakennusten tietomallit olisivat osana prosessia ja kaupunkimalli päivittyisi niiden avulla.
▼	Mallien teksturointi
▼	Alun työmäärä. Käyttöönotto entisten työtapojen rinnalle/tilalle
▼	Ylläpitoympäristöä ei voida suoraan käyttää mallin sujuvaan pyörittämiseen. Sujuva käyttö edellyttää pelimootoria.
▼	standardien puute, asiaan liittyvät erilaiset lähestymistavat...joku näkee/haluaa tuota ja joku toinen taas jotain ihan muuta
▼	virheetön tuottamienn on vielä melko työlästä käytön puolella toivotaan mallien olevan riittävän kevyitä, ei liikaa tietoa
▼	Resurssien puute siinä vaiheessa kun mallia rakennetaan
▼	Päivittäminen
▼	Osa rakennuksista, varsinkin kattomuodot tehtävä manuaalisesti.
▼	Integrointi osaksi kaupungin perusprosesseja. BIM-mallien suodatus ylläpidon yhteydessä ja etenkin niiden puutteelliset koordinaatit (po. ETRS-GK25).
▼	Mallin raskaus ja päivitys

Kuvio 24. Mikä kaupunkimalleissa koetaan ongelmalliseksi tai haasteelliseksi?

Kaupunkimallin ylläpitäminen ja rekisteritiedon yhdistäminen malliin koetaan haasteelliseksi. Lisäksi tiedon irrotus mallista ja julkaisu, rahoitus ja työaika koetaan ongelmalliseksi. Mallin raskaus ja editointi, rakennusten ja infran tietomallien yhdistäminen paikkatietojärjestelmällä toteutettuun kaupunkimalliin, sekä mallien teksturointi koetaan myös haasteelliseksi. Sujuva käyttö vaatisi yhden vastaajan mielestä pelimootoria mallin käyttämiseen. Standardien puute on myös tuotu esille. Osa asioista on tehtävä manuaalisesti. BIM-mallien suodatus ylläpidon yhteydessä on myös ongelmallista.

22. Kustannukset/budjetti tuottamisen ylläpitoon?

Vastaajien määrä: 13

Vastauksia yhteensä 13, joista 13 näkyvillä. [Näytä vain 10 vastausta](#)

	Vastaukset
▼	Ohjelmisto kustannukset n. 5000e/vuosi.
▼	Keskimäärin joitakin kymppitonneja / vuosi
▼	Kaupunkimallin ylläpito ja sen tuottaminen työstä ja erittäin kallista. Normaalien ortokuvienkin kustannukset ovat nousseet taivasiin. Kaupunkien pitäisi säästää tällä hetkellä kaikessa, eikä kaupunkimalli tule koskaan maksamaan itseään takaisin verotuloissa tai tonttimyynneissä. Kaupunkimalli on hieno visuaalinen apu, mutta onko se kannattavaa? Ehkäpä, kun sen tekeminen helpottuu ja kustannukset laskevat reilusti.
▼	-
▼	TerraScan-lisenssimaksu. Rakennusten vektorointi, stillisointi kohtuu vaivatonta. Teksturointi haasteellisempaa.
▼	Usean henkilön usean vuoden työpanos. Laserkeilaukset ja viistoilmakuvakset n. 400 000€ (käyttöä toki muussakin kuin kaupunkimallissa)
▼	Arvaus: 15000-20000 €/vuodessa
▼	tehdään omana työnä kuten kantakarttaa ennen
▼	Ylläpito on jokapäiväistä 3D-kantakartan ylläpityötä
▼	ei budjetoitu
▼	15 000€
▼	Muun toiminnan ohessa, osana suunnittelun ja rakentamisen prosesseja.
▼	??????

Kuvio 25. Kustannukset/budjetti tuottamisen ylläpitoon?

Yksi vastaajista on arvioinut ohjelmistokustannuksien olevan 5000 € vuodessa. Toinen vastaaja arvioi, että kulut ovat joitain kymppitonneja vuodessa kokonaisuudessaan. Suurin hinta-arvio on 400 000 € kaupunkimallin tuottamiseen ja ylläpitoon. Yhdellä vastaajista ei ollut budjetoitu kaupunkimallin tuottamista lainkaan. Muotoiluvirhe kysymyksessä aiheutti hämmennystä ainakin yhdessä vastaajista, ja kokonaisuudessaan vastaajia kyselyn kohtaan 22 tuli vähemmän kuin aikaisempiin kohtiin.

23. Muuta kommentoitavaa?

Vastaajien määrä: 9

Vastauksia yhteensä 9, joista 9 näkyvillä. [Näytä vain 10 vastausta](#)

	Vastaukset
▼	Täysin välttämätö tulevaisuudessa - kannattaa panostaa!
▼	Tuohon työaikaa viikossa. Riippuu alueen koosta ja keilauksen pistetiheydestä. Työläin vaihe on pisteluokittelu ja sen jälkeen rakennusmallien tarkistus ja uudelleen luokittelu, koska malleissa on aina virheitä. Lisäksi pistepilvestä pitää etsiä kaikki autot, sillat sekä muut virheet. Käytännössä jokainen rakennus pitää käydä yksittäin läpi. Eli aikaa saa uppomaan vaikka kuinka ja paljon. Sitten kun tehdään uusi keilaus ja mahdollisesti laajennetaan keilattavaa aluetta, niin hauskuus alkaa alusta.
▼	Lisätiedot Espoosta: https://kartat.espoo.fi/3d/
▼	-
▼	Aikatauluarviot työmäärästä vaihtelevat. Tällä hetkellä tehdään suuremman alueen mallinnusta joten työmäärä on täyspäivästä. Tulevaisuudessa päivitysprosessissa työmäärä kohdistuu rakennusten osalta vain purettaviin rakennuksiin ja uusiin rakennuksiin jotka sijaitsevat ympäri kaupungin aluetta.
▼	Jonkun pitää olla edelläkävijä ja tuottaa mahdollisuuksia.
▼	Kaikki kysymykset eivät mahdollista täydellisiä vastauksia mm. hyödyntämisen ja ylläpidon osalta. Hyödyntäminen ei mahdollista useampaa valintaa, toisaalta kustankset ja resurssit kuuluvat normaaliin ylläpito prosessiin (Jokainen mittaus tehtävä on osaltaan mallin ylläpitoa). Samoin ajantasaisuus, joka on jatkuvaa. Ei siis puhuta kaupunkimallista erillisenä osana muusta "kartaston ylläpidosta".
▼	Katso: https://www.savonlinna.fi/asukas/kaavoitus Keskustan kaavoista laaditaan 3D-mallinnus. esim: http://kartta.savonlinna.fi/Savonlinna_3D/Hankkeet/KAUPPATORI/KAUPPATORI.htm
▼	Hyödyntämisessä tehokkuuden optimointi olennaista.

Kuvio 26. Muuta kommentoitavaa?

3D-kaupunkimalli on ainakin yhden vastaajan mukaan täysin välttämätön tulevaisuudessa. Työmäärän osalta pistepilven luokittelu vie eniten aikaa. 3D-kaupunkimallin tuottaminen varsinkin alkuvaiheessa koetaan todella paljon aikaa vieväksi. Kaupunkimallien hyödyntämisvaiheessa optimointia pidetään merkittävänä tekijänä.

3.3 Johtopäätökset

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa 3D-kaupunkimallien nykytilaa Suomessa sekä selvittää kaupunkimallin tuottamiseen liittyviä seikkoja ja haasteita. Myös miten kaupunkimallia tulisi kehittää tulevaisuutta varten. Tämä toteutettiin kyselytutkimuksena. Tutkimuksessa käydään läpi mallien nykytilaa ja teknisiä seikkoja.

Kyselyyn vastasi kaiken kaikkiaan yli puolet vastaajista. Suurimmalla osalla vastaajista on ollut haasteita kaupunkimallin toteutuksessa. Vastaajista suurin osa on kokenut ohjelmistojen käyttöön liittyvän ongelmia ja haasteita. Ohjeistukset ovat myös eriäviä ja kaupunkimallin tuottamisesta ei ole tällä hetkellä kovin paljoa vakiintunutta tietoa. Tämä on ongelmallista, koska tällöin ei ole yhtä oikeaa tapaa tuottaa mallia. Eri ohjelmistojen ja käyttötarkoitusten kirjo käy ilmi kyselyn kohdassa 20, toteutuksia ei ole kahta samanlaista.

Johtuen eri toteutustavoista, sovelluksista ja eri tavoitteista, on malleihin liittyvien ongelmien kirjo suuri. Vaikuttaisi kuitenkin siltä, että enemmän hankaluuksia aiheuttaa sovelluspuoli, kun taas laitteistoon ollaan aika tyytyväisiä.

Laitteiston osalta kyselyn tuloksissa ei tullut suuria yllätyksiä, suurimmalla osalla vastaajista on käytössään takymetri, GNSS-laite, sekä RPAS-laite, jossa hyötykuormana kamera. Laserkeilaimien määrä vastanneilla on vähäinen, mutta on mahdollista, että laserkeilausaineiston tuottaminen on jätetty konsultin hoidettavaksi kunnissa, joissa oman keilaimen investointia ei ole nähty tarpeelliseksi.

LOD-tasojen suhteen eroja vastaajien välillä tuli vähän. Suurimmalla osalla mallien tarkkuus on tasoa LOD 2, ja lopuilla vastanneista tasoa LOD 3. Taso 2 on perustaso, jonka tuottaminen on pitkälti automatisoitua, joten sen tuottamiseen ei tarvita suuria määriä henkilötyötunteja, joten tulokset vastasivat odotuksia. 3D-kaupunkimallia hyödynnetään eniten suunnittelussa.

Mallin ylläpidon ja päivittämisen aikaväli on vastanneilla eniten 0-1 vuotta (61%). Suurin osa vastaajista pitää siis tiheää päivitystä 3D-kaupunkimallille tarpeellisenä. Kaikki kyselyyn vastanneista kokivat 3D-mallin tarpeelliseksi tulevaisuudessa. Kyselyn perusteella käy ilmi, että yli vuoden päivitystiheys olisi suurimmalle osalle vastaajista liian harva.

Eniten kartoituksia ovat tehneet kuntien työntekijät itse ja toiseksi eniten on käytetty konsulttia. Suurin osa vastaajista on määrittänyt mallin työtuntien määräksi viikossa yli 15 tuntia. Osassa kunnista on selkeästi henkilöitä täyspäiväisesti 3D-kaupunkimallia työstämässä, kun taas toisaalla kaupunkimalli ei ole yhtä suuresti priorisoitu, eikä siihen käytetä yhtä paljon resursseja.

Mallia pyritään hyödyntämään kunnan suunnittelun joka osa-alueella (kaavoitus, rakennusvalvonta, kunnallistekniikka) ja samalla pyritään tekemään sen päivittäisestä käyttämisestä mahdollisimman helppoa. Kaupunkimallia ylläpidetään yhtäaikaisesti kantakartta-aineiston kanssa. Aineistoa hyödynnetään myös kaavoitushankkeissa, joissa uusia rakennuksia sijoitetaan olevaan 3D-kaupunkimalliin. Standardien puute on myös tuotu esille. Osa Kaupunkimallin työvaiheista on myös tehtävä manuaalisesti

Kyselyn mukaan 3D-kaupunkimalli koetaan tärkeäksi tulevaisuudessa. Tällä hetkellä toteutustavat ja mallin työmäärä koetaan ongelmalliseksi. Vakiintunutta toteutustapaakaan ei vielä ole. 3D- kaupunkimallin kehittämisen osalta olisi hyödyllistä saada tietty toteutustapa vakiintuneeksi. On olemassa myös eri ohjelmistoja, joilla voidaan tuottaa 3D-kaupunkimallia, mutta eri työvaiheisiin ja teknisiin toteutustapoihin olisi hyvä saada vakiintuneet käytänteet. Esimerkiksi ajankohtaiselle opinnäytteelle, jossa käydään vaihe vaiheelta läpi kaupunkimallin tuottaminen jollain tietyllä ohjelmistolla, voisi olla tarvetta.

4 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tavoitteet saavutettiin kyselyn ja muun aineiston osalta. Osaan kyselyn kysymyksistä ei voinut vastata useampaan eri vaihtoehtoon, ja kysymysten asettelussa olisi voinut olla huolellisempi. Vastajat olivatkin käyttäneet muu mikä? -osiota vastatakseen tarkemmin. Kyselyyn tuli vastauksia yli puolelta kyselyn vastaanottajista, mikä riitti hyvin antamaan yleiskuvaa kaupunkimallien tilasta opinnäytetyötä varten.

Kysely ja opinnäytetyön muut vaiheet toteutettiin onnistuneesti ja tietoa löytyi verkkolähteistä kattavasti. Yhteistyö kyselyn luonnin osalta oli myös sujuvaa toimeksiantajan kanssa. Yhteistyön myötä osasimme keskittyä olennaisiin seikkoihin kyselyn muotoiluvaiheessa.

Jatkotutkimuksen osalta nähdään potentiaalisena aiheena työvaiheiden ja prosessien vakiinnuttaminen. Käytössä on myös monia eri ohjelmia. Ohjelmien käyttöä ja toimivuutta voisi myös tutkia enemmän. Eri työvaiheiden toteuttamista ja eri käyttötarkoituksia pystyisi myös käsittelemään syvällisemmin jatkotutkimuksien myötä.

LÄHTEET

Biljecki, F. 2017. The concept of level of detail in 3D city models. Väitöskirja. Viitattu 20.3.2020 <https://doi.org/10.4233/uuid:f12931b7-5113-47ef-bfd4-688aae3be248>.

Geotrim 2020. GEODRONE X4L. Viitattu 9.3.2020 <https://geotrim.fi/tuotteet/uas/geodrone/>.

Haaraniemi, N. 2016. Kaupunkimalli ja mallinnus fotogrammetrisin keinoin. Lapin ammattikorkeakoulu. Tekniikan ja liikenteen ala. Viitattu 18.4.2020 https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/106832/Niko_Haaraniemi.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Isotalo, K. 2017. Semantiikka mullistaa 3D-kaupunkimallin käyttömahdollisuudet. Positio 1/2017, 8–11.

Kinnunen, J. 2018. Avoimet formaatit kaupunkimalli- ja suunnitelmamallimaailmassa. Viitattu 27.2.2020 <https://www.paikkatietomies.fi/kaupunkimallien-avoimet-formaatit/>.

Kontturi, H. 2014. 3D-mallinnuksen ja tietomallinnuksen hyödyntäminen rakennusalalla. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Tekniikka. Viitattu 20.4.2020 <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/131811/3D%20mallinnus%20ja%20tietomallinnus.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Kuopio 2020. 3D-kaupunkimallinnus. Viitattu 3.5.2020 <https://www.kuopio.fi/3d-kaupunkimallinnus>.

Laurila, P. 2012. Mittaus ja kartoitustekniikan perusteet. Rovaniemi: Lapin ammattikorkeakoulu.

Maankäyttö 2017. Tulevaisuuden avoimet kaupunkimallit. Viitattu 4.5.2020 http://www.maankaytto.fi/arkisto/mk417/mk417_2015_virtanen_julin_et_al.pdf.

Maanmittauslaitos 2020. Ympäristön 3D-mallinnus. Viitattu 27.2.2020
<https://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/teematietoa/ympariston-3d-mallinnus>.

Shacklett, M, 2016. Augmented Reality Enriches Land Surveying, Site Construction. Viitattu 15.4.2020 <https://www.pobonline.com/blogs/23-geodatapoint-blog/post/98245-augmented-reality-enriches-land-surveying-site-construction>.

Smart tampere 2018. Seminaarissa pohdittiin kaupunkimallin hyötyjä nyt ja tulevaisuudessa. Viitattu 4.5.2020 <https://smart tampere.fi/seminaarissa-pohdittiin-kaupunkimallin-hyotyja-nyt-ja-tulevaisuudessa/>.

Uasjournal 2018. 3Dkaupunkimallit ja virtuaalisuus aluekehityksen vuoksi. Viitattu 4.5.2020 <https://uasjournal.fi/4-2018/3d-kaupunkimallit-ja-virtuaalisuus/>.

Uuden sukupolven 3D-kaupunkimallit Helsinkiin! 2019. Helsinki. Helsingin kaupunginkanslia. Viitattu 16.3.2020
<https://www.hel.fi/static/liitteet/kanslia/hki3d/Uuden%20sukupolven%20kaupunki%20mallit%20Helsinkiin.pdf>.

LIITTEET

LIITE 1: Saatekirje

LIITE 2: Kyselylomake (osia 8)

Hei,

Teemme kyselytutkimusta maanmittaustekniikan opinnäytetyötä varten, ja olisimme kiitollisia, jos vastaisitte kyselyyn. Kysely koostuu n. 20 valintakysymyksestä ja koskettaa kaupunkeja, joilla on olemassa oleva tai suunnitteilla oleva 3D-kaupunkimalli.

Työn aihe on ”3D-kaupunkimallin tuottaminen ja kehittäminen kaupungeissa”. Jos ette mielestänne ole oikea henkilö vastaamaan näihin kysymyksiin, pyytäisimme että välitätte viestin sellaiselle, joka on.

Vastausaikaa on 16.3.2020 asti, linkki kyselyyn on viestin lopussa.

Terveisin

Henri Telkkälä & Mika Keskitalo

Maanmittaustekniikan insinööriopiskelijat

Lapin ammattikorkeakoulu

3D-kaupunkimallin tuottaminen ja kehittäminen

1. Onko kunnallanne tehty 3D-kaupunkimallia?

- Kyllä
 Ei

Tallenna ja jatka myöhemmin

2. Jos ei, niin onko sellaista suunnitteilla?

- Kyllä
 Ei

Tallenna ja jatka myöhemmin

3. Millä ohjelmistoilla mallia on toteutettu?

Tallenna ja jatka myöhemmin

4. Onko ohjelmistoihin liittyen ongelmia tai haasteita?

- Kyllä
 Ei

Tallenna ja jatka myöhemmin

5. Mitä ongelmia?

Tallenna ja jatka myöhemmin

6. Mitä mallien toteutukseen liittyvää mittauskalustoa kunnallanne on käytössä?

- Takymetri
 Laserkeilain
 RPAS-laite (Remotely Piloted Aircraft System)
 Muu, mikä?

Tallenna ja jatka myöhemmin

7. Jos käytössä RPAS-laite (Remotely Piloted Aircraft System) niin mikä hyötykuorma on?

- Kamera
- Keilain
- Molemmat
- Muu, mikä?

Tallenna ja jatka myöhemmin

8. Onko suunnitteilla hankkia mittauskalustoa?

- Kyllä
- Ei

Tallenna ja jatka myöhemmin

Seuraava

9. Onko kalusto omaa vai vuokralla?

- Oma
 Vuokralla
 Muu (esim konsultti)

Tallenna ja jatka myöhemmin

10. Hyödynnetäänkö mallia suunnittelussa?

- Kyllä
 Ei

Tallenna ja jatka myöhemmin

11. Jos hyödynnetään miten?

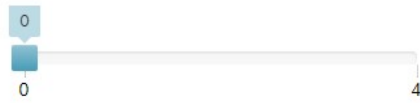
- Suunnittelu
 Valvonta
 Markkinointi
 Muu, mikä?

Tallenna ja jatka myöhemmin

12. Onko käytetty CityGML- standardin mukaista räystääilytystä?

- Kyllä
 Ei

Tallenna ja jatka myöhemmin

13. Mallissa käytetty LOD-taso (level of detail) En tiedä

Tallenna ja jatka myöhemmin

14. Mallien ylläpito ja päivittäminen

- 0-1v
- 1-2v
- 2-4v
- Suunnitteilla

Tallenna ja jatka myöhemmin

15. Ilmasta tapahtuvan keilausaineiston päivittäminen?

- 0-1v
- 1-2v
- 2-4v
- Suunnitteilla

Tallenna ja jatka myöhemmin

Edellinen

Seuraava

16. Pidätkö 3D-mallia tarpeellisena tulevaisuudessa?

- Kyllä
 Ei

Tallenna ja jatka myöhemmin

17. Onko kunnassanne koulutettu henkilökuntaa laitteistoihin ja ohjelmistoihin 3D kaupunkimallia varten?

- Kyllä
 Ei

Tallenna ja jatka myöhemmin

18. Onko mallin työtehtäviä (kartoitus) tehnyt:

- Työntekijät
 Konsultti
 Muu taho

Tallenna ja jatka myöhemmin

19. Kuinka paljon mallin tuottaminen työllistää (viikossa)?

- 0-5h
 5-10h
 10-15h
 15h-

Tallenna ja jatka myöhemmin

20. Mihin järjestelmään malli on viety (esim. locus yms) ja miten siellä hyödynnetään?

Tallenna ja jatka myöhemmin

21. Mikä kaupukimalleissa koetaan ongelmalliseksi tai haasteelliseksi?

Tallenna ja jatka myöhemmin

22. Kustannukset/budjetti tuottamisen ylläpitoon?

Tallenna ja jatka myöhemmin

23. Muuta kommentoitavaa?