



Elokuvan esisuunnitteluun käytettävien 3d-mallinnusmenetelmien vertailu

Mikko Mantila, Teemu Berglund, Panu Kujala, Iina Lehto,
Pasi Moilanen, Tero Ahlfors, Santtu Parikka, Aaron Joensuu

Sisällysluettelo

1 Johdanto	3
2 Virtuaaliympäristöt	3
3 LiDAR	4
3.1 LiDARin ominaisuuksista	4
3.2 Hyvää LiDARissa	5
3.3 Huonoa LiDARissa	6
3.4 LiDARin käyttösuositukset	7
4 PhotoScan	7
4.1 PhotoScanin ominaisuuksista	7
4.2 Hyvää PhotoScanissa	9
4.3 Huonoa PhotoScanissa	10
4.4 Ohjeita PhotoScanin käyttöön	11
4.5 PhotoScanin käyttösuositukset	12
5 Tiedostonkäsittely	12
6 Muut menetelmät	13
6.1 Maanmittauslaitoksen data	13
6.2 SpheroCam	14
7 Ongelmat	14
8 Suoritetut testit	14
8.1 Ritarihuone	14
8.2 Kauppahalli	18
9 Yhteenveto	23
Lähteet	25
Sanasto	24
Liite 1	26
Cloud Compare	26
Pistepilvien kohdistus vertailua varten	26
Pistepilvien vertailu	29
Pistepilvien meshaus	30

1 Johdanto

Ennakkosuunnittelu on tärkeä osa elokuvatuotantoa. Hyvällä suunnittelulla voidaan säästää aikaa ja rahaa monessa tuotannon vaiheessa.

Ennakkosuunnittelussa voidaan yhtenä työkaluna käyttää esimerkiksi kuvauslokaatioiden ja lavasteiden pohjalta rakennettuja virtuaaliympäristöjä.

Näiden kolmiulotteisten mallien tekeminen on perinteisesti ollut työlästä, mikä on tehokkaasti rajannut mallien käyttömahdollisuuksia.

Alan kehittyessä ja tietokoneiden tehojen kasvaessa virtuaaliympäristöjen tekoon on kehitetty uusia, pidemmälle automatisoituja työkaluja. Uusien työkalujen myötä myös mallien rakentamiseen liittyvät kustannukset ovat laskeneet.

Fake Graphics testasi eri mallinnustekniikoita kevään 2014 aikana. Testattavat menetelmät olivat LiDAR, PhotoScan ja SpheroCam. Tässä dokumentaatiossa keskitytään LiDARin ja PhotoScanin käyttöön. Tavoitteena on esitellä tekniikat ja selvittää niiden huonoja puolia sekä arvioida kustannuksia.

Mainittakoon, että virtuaalitodellisuuteen liittyviä tutkimuksia on juuri nyt käynnissä ympäri maailmaa, ja ala kehittyä huomattavaa vauhtia eteenpäin.

Tämänkin raportin aikana on julkistettu useita uusia tekniikoita, joista esimerkkinä mainittakoon Googlen Project Tango sekä kannettava LiDAR-laite Zebedee.

2 Virtuaaliympäristöt

Virtuaaliympäristöjen ja 3D-mallien rakentaminen on perinteisesti ollut manuaalinen ja melko työläs prosessi. Valmiista malleista on kuitenkin monenlaista hyötyä myös ennakkosuunnittelun ja esituotannon jälkeen jälkituotannossa. Virtuaalisesta ympäristöstä saadaan mittasuhteiltaan oikea. Se, miten sitä käytetään, riippuu tuotannosta. Laadukkaat mallit ovat hyvä pohja VFX-kuvia varten ja voivat parhaimmassa tapauksessa laskea jälkituotannon kokonaiskustannuksia.

Ennakkosuunnittelussa malleja voidaan käyttää esimerkiksi lavasteiden ja kuvauslokaation logistiikan suunnittelussa. Mittaaminen on helppoa ja tarkkaa virtuaaliympäristöissä.

Lavastaja voi suunnitella lavasteita ilman lokaatioon pääsyä. Valaisuryhmä taas voi käyttää mallia valojen ja sähköasennusten apuna.

Lisäksi virtuaaliympäristöjä voidaan käyttää hyväksi kuvakäsikirjoituksen ja vaativampien kamera-ajojen suunnittelussa.

VFX-suunnittelijalle virtuaaliympäristöt ovat ennakkosuunnittelussa loistava apuväline. VFX-kuvien vaatimuksia voidaan miettiä helposti etukäteen tutkimalla virtuaaliympäristöjä. Näin ne voidaan suunnitella sekä paremmin että selkeämmin etukäteen, ja niihin tarvittava aika kuvauksissa vähenee. Jälkituotannossa voidaan tarkkoja 3d-malleja ympäristöistä hyödyntää mm. camera trackingissa ja virtuaalilavasteiden luonnissa.

3 LiDAR

3.1 LiDARin ominaisuuksista

LiDAR on optinen kaukokartoitusteknologia ja lyhenne sanoista Light Detection And Ranging, suomennettuna tämä tarkoittaa valon havaitsemista ja etäisyyden mittausta. LiDAR lähettää laservaloa, mittaa sen takaisinheijastuman ja arvioi kohteen etäisyyden sensorista. LiDARia käytetään yleisesti työkaluna maanmittauksessa, geologiassa, metereologiassa ja seismologiassa.

LiDARia käytetään nykyään myös mainos-, video-, ja elokuvatuotannoissa sekä esi- että jälkituotannossa. Tekstissä puhutaan LiDARin yhteydessä Farosta. LiDAR on kaukokartoitusmenetelmä, kun taas Faro on eräs skanneri jota käytetään LiDAR-kartoituksessa. Saimme FARO Focus X130 Laser-skannerin testattavaksi Geostar Oy:ltä. Yritys ei vuokraa laitetta, mutta saimme mahdollisuuden tutustua laitteeseen maksamalla esittelystä 200 euroa. Laitetta esiteltiin ensin lyhyesti Geostarin tiloissa, minkä jälkeen varsinaiset testit tehtiin Ritarihuoneella. Mitta Oy:n LiDARia, Z+F Imager 5010a on mahdollista vuokrata. Maksoimme Mitta Oy:lle 1390 euroa 8 tunnin työvuorosta. Hintoihin sisältyi laite ja sitä käyttänyt henkilö. Kaikki hinnat ovat arvonlisäverottomia.

LiDAR-mallin saaminen kohteesta vaatii usein useampia skannauksia jotka yhdistetään jälkeinpäin käytettävässä sovelluksessa yhdeksi pistepilveksi. Tämä vaatii jonkin verran ennakkosuunnittelua, sillä vierekkäisten skannausten välillä täytyy löytyä vähintään kolme yhteistä pistettä. Tämä hoidetaan sijoittamalla skannaukseen joko shakkiruutua muistuttavia markkerilevyjä (markkeri = ”merkkipiste”, ks. sanasto) tai erityisiä heijastavia palloja jotka eivät liiku eri skannausten välillä.



Kuva 1. [Http://www.fcet.staffs.ac.uk/jdw1/samsas/samsassitesframe.htm](http://www.fcet.staffs.ac.uk/jdw1/samsas/samsassitesframe.htm).

Ainakin Faron käyttämässä Scene-ohjelmassa markkerien yhdistäminen eri pistepilvien välillä tapahtuu yleensä automaattisesti.

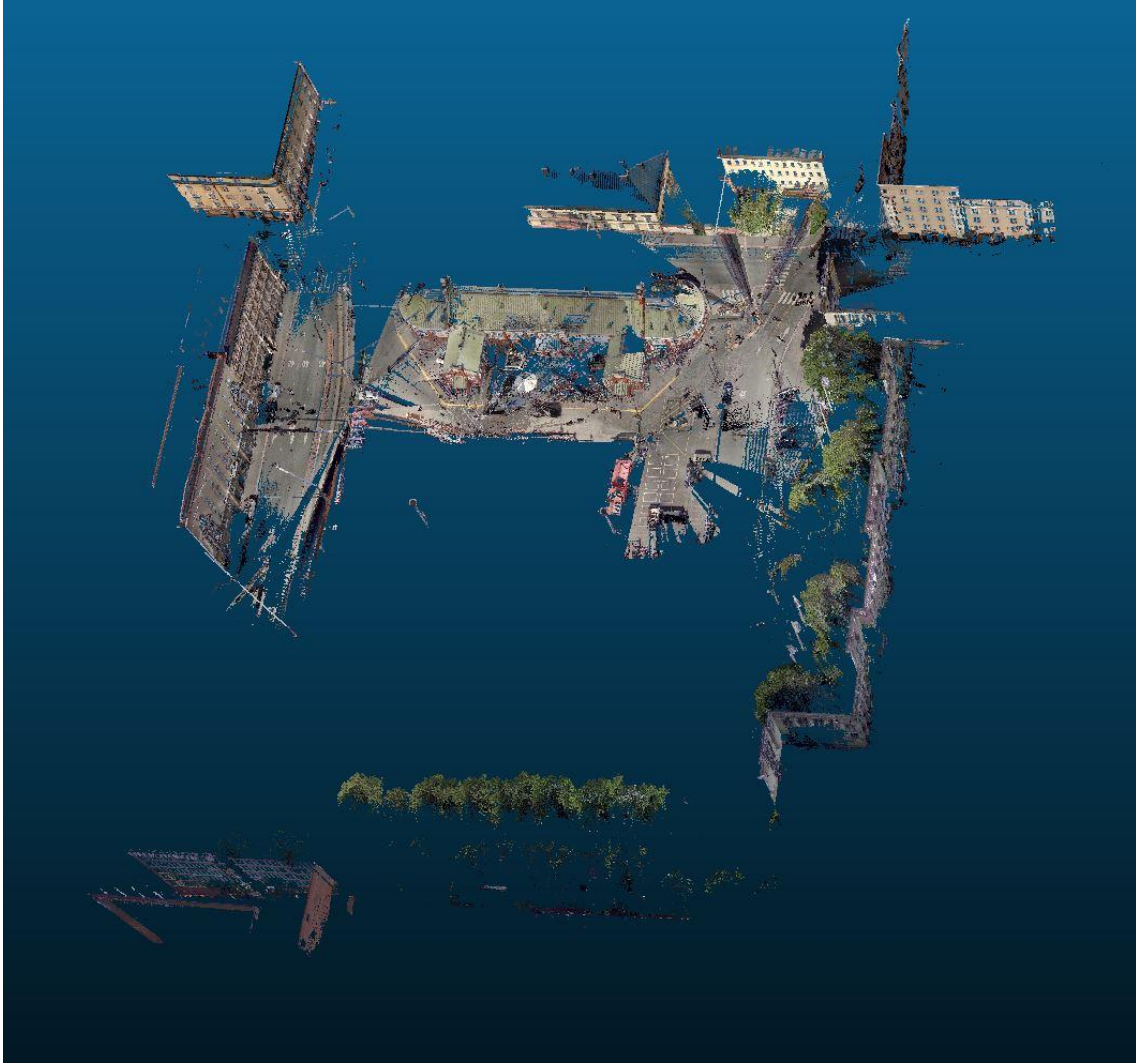
Myös Maanmittauslaitokselta saatavat pistepilvet on tehty lentokoneesta LiDAR-menetelmää käyttäen.

3.2 Hyvää LiDARissa

LiDARilla on mahdollista saada hyvinkin tarkkaa dataa pitkältä etäisyydeltä. Virheiden mittaluokka on vain joitakin millimetrejä yli sadan metrin etäisyydeltä. Uudemmissa LiDAR-laitteissa on mahdollista tallentaa myös panoraamakuvaa ympäristöstä. Kuvasta saadaan luotua myös värit pistepilveen. Jokainen LiDAR-skannaus tuottaa 360 asteen näkymän ympärillä olevasta tilasta yli sadan metrin etäisyyteen asti. Tämä mahdollistaa suurten ympäristöjen tallentamisen vähemmällä vaivalla kuin PhotoScanilla.

Laitteesta ja valmistajasta riippuen maksimikantama vaihtelee maalla käytettävissä yksiköissä 90 ja 300 metrin välillä. LiDAR-skannauksesta muodostuvan tekstuurin tarkkuus vaihtelee myös. Esimerkiksi Faro Focus X 330 tuottaa maksimissaan 70 megapikselin tekstuurin.

LiDAR ei vaadi näkyvää valoa, joten pimeällä skannaus onnistuu hyvin, jos pistepilveä ei ole tarkoitus värittää valokuvalla.



Kuva 2. Kauppahallin LiDAR-skannaus on tallentanut myös huomattavan osan kohteen ympäristöstä.

3.3 Huonoa LiDARissa

LiDARin käyttöä on osin hankaloittanut sen paino. Vanhemmat laitteistot painavat kymmeniä kiloja, mutta uudemmat laitteet ovat kevyempiä ja pienempiä.

Esimerkiksi Faro Focus 3D painaa vain 8 kg ja on ulkomitoiltaan hieman jauhopakettia suurempi. Skannaukseen tarvittavien kohdistuspallojen kanssa kaikki varusteet mahtuvat muutamaan helposti kannettavaan pieneen laukkuun.

PhotoScaniin verrattuna kustannukset ovat useimmissa tapauksissa suuremmat, sillä päivävuokra on useita satoja euroja ja vaatii koulutuksen saaneen henkilön laitteen käyttöön. Uudempia laitteita on myös tällä hetkellä vaikea saada vuokraksi, varsinkin lyhyemmällä varoitusajalla.

LiDAR-skannauksia joudutaan yleensä tekemään useita, jotta katvealueet saadaan poistettua. LiDAR vaatii skannaukseen suoran näköyhteyden. Tämä tarkoittaa pidempiä aikoja kuvauslokaatiossa. Esimerkiksi Faron uudempi laite suorittaa yhden skannauksen hyvällä laadulla alle kymmenessä minuutissa, mutta isompaan alueeseen tarvitaan useita skannauksia. Laadusta ja tarkkuudesta riippuen yksi skannaus kestää viidestä minuutista yli tuntiin.

Skannausten hyvä suunnittelu on siis tärkeä osa ympäristön digitointia.

Skannattu data on varsin raskasta, joten huonosti suunnitelluissa skannauksissa säästetty aika menetetään pistepilveä käsitellessä.

Suoran näköyhteyden tarve aiheuttaa myös muita haasteita, sade tai maassa oleva kirkas, heijastava lumi haittaavat skannausta huomattavasti.

LiDAR-laitteet ovat herkkiä kylmille lämpötiloille, sillä laitteen toiminta vaatii nopeasti pyörivien osien varmaa ja tarkkaa toimintaa. Usein LiDAR-laitteita ei voidakaan käyttää ongelmitta jos lämpötila on pakkasen puolella.

Osa vanhemmista LiDAR-laitteista vaatii ettei skannausalueella liiku ihmisiä, sillä tiettyntyyppisten LiDARien laser voi aiheuttaa silmävammoja. Tämä asettaa tietenkin rajoituksia käyttöympäristöön ja ajankohtaan. Uudemmissa laitteissa laserit ovat turvallisia. Vaikka uudemmat LiDARit eivät aiheuta vaaraa laserillaan, ympärillä liikkuvat ihmiset tallentuvat silti pistepilveen ja väridataan ja aiheuttavat tarvetta siivoamiselle eli ylimääräisten asioiden poistamiselle kuvista.

3.4 LiDARin käyttösuositukset

LiDAR soveltuu käytettäväksi tuotannoissa, joissa tarvitaan hyvin tarkkaa dataa pitkältä etäisyydeltä. LiDAR myös sopii hyvin isojen kokonaisuuksien tallentamiseen. Yleensä skannauksia tarvitaan useita, mikä hidastaa työtä. Yksi skannaus kestää viidestä minuutista yli tuntiin riippuen tarkkuudesta ja laadusta. Parhaan lopputuloksen saamiseksi on skannattava alue saatava eristettyä ihmisistä.

4 PhotoScan

4.1 PhotoScanin ominaisuuksista

PhotoScan on venäläisen AgiSoft LLC:n ohjelmisto, jota käytetään 3d-skannauksessa, tarkemmin sanottuna fotogrammetriassa. PhotoScan mahdollistaa korkearesoluutioisten

sekä yksityiskohtaisten kolmiulotteisten mallien että georeferoitujen ilmakuvien tuottamisen pelkästään tavallisten digitaalisten valokuvien pohjalta.

(<http://www.agisoft.ru/products/photoscan/professional/>).

PhotoScanista on olemassa kaksi versiota, Professional Edition ja Standard Edition. Käytimme testeissä Professional-versiota. Testiajankohtana Professional-lisenssi maksoi 2596 euroa ja Standard-versio 142 euroa. Tekemämme testit olisi pystynyt tekemään myös Standard-versiolla, joka on ominaisuuksiltaan suppeampi kuin Professional-versio. Ainoa vain Professional-versiossa oleva ominaisuus jota me käytimme testeissä oli Ground Control, joka liittyy paikkatietojen liittämiseen kuvaan. Myös esimerkiksi markkerien automaattinen tunnistaminen kuvista saattaa olla hyödyllinen ominaisuus.

PhotoScanin kantama riippuu suoraan käytettävistä valokuvista, eli käytetyn kameran resoluutiosta, optiikasta ja kuvien optisesta laadusta. Voidaan kuitenkin ajatella, että normaaliobjektiivilla kantama on kohtuullisella laadulla noin 30 metriä.

Koska PhotoScan ei vaadi kuvaustilanteessa muuta kuin digitaalisen kameran, on kantamaa helppo laajentaa liikkumalla itse kohteiden ympärillä.

PhotoScanin toiminta perustuu eri kuvakulmista otettujen valokuvien yhtäläisyyksien tunnistamiseen. Esimerkiksi talon julkisivua digitoidessa kuvaaja voisi kävellä seinän suuntaisesti koko julkisivun pituudelta ja ottaa kuvia niin, että vierekkäisistä pisteistä otetuissa kuvissa on n. 50 % päällekkäisiä alueita.

PhotoScan löytää eri kuvissa olevat samat kohteet ja laskee kuvien parallaksista etäisyydet pisteiden välillä ja kameran sijainnin suhteessa kohteeseen.

Tämän tiedon pohjalta PhotoScan voi laskea kohteesta otettujen kuvien perusteella kolmiulotteisen pistepilven, joka väritetään otetuilla kuvilla. PhotoScanin sisällä on myös mahdollista luoda valmis kolmiulotteinen ja teksturoitu malli pistepilven pohjalta.

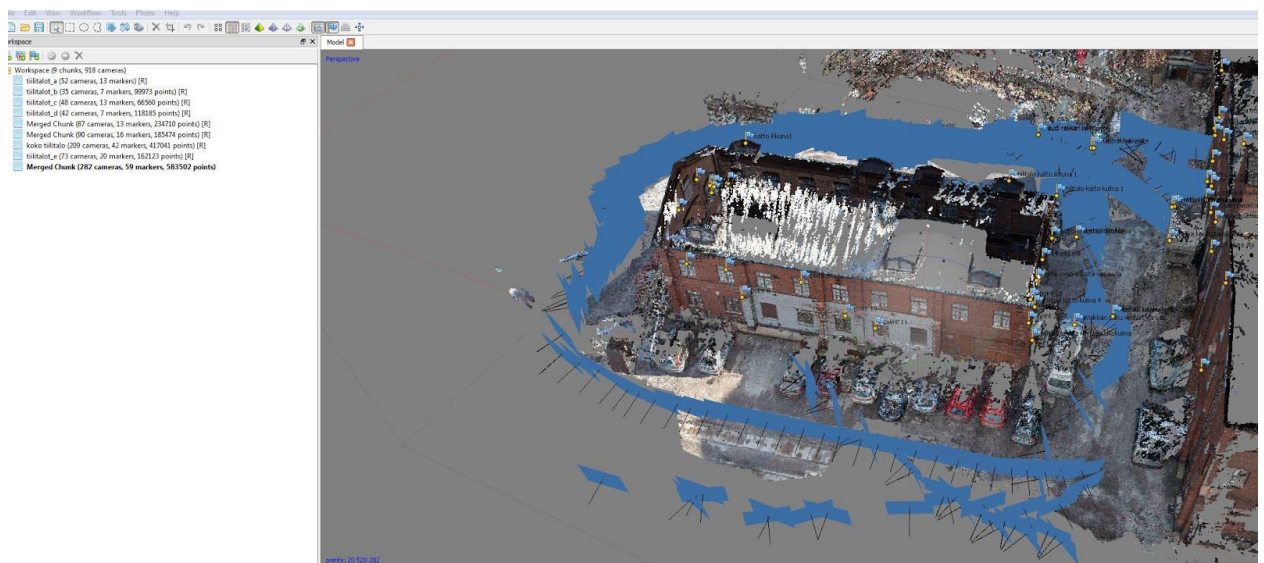
Yhtäläisyyksien tunnistamiseksi kuvissa tulisi olla yksityiskohtia ja variaatiota. Tasavärisistä pinnoista PhotoScan ei löydä mitään mihin tarttua. Kiiltävien kohteiden skannaaminen on myös käytännössä mahdotonta, sillä kiillot liikkuvat kohteen pinnalla eri kuvakulmissa eikä PhotoScan pysty tarttumaan niihin.

Pystyäkseen laskemaan pisteiden sijainteja, PhotoScanille syötettyjen kuvien tulee olla rajaamattomia sekä mieluusti sisältää EXIF-metadatan josta selviää mm. polttoväli ja kameran malli. Kuvien tulisi olla myös valotukseltaan yhtenäisiä jos mahdollista.

Pistepilven käsittely kuvista meshiksi vie muutamista minuuteista useisiin tunteihin riippuen halutusta laadusta ja kuvien määrästä.

Hankalissa kohteissa on mahdollista maskata manuaalisesti kuvista epärelevantteja alueita pois sekä auttaa ohjelmaa tunnistamaan yhteneväisyyksiä sijoittamalla kuviin apupisteitä. Tämä manuaalinen lisätyö vie aikaa, mutta ei aina ole tarpeellista jos kuvaus on suunniteltu hyvin ja valaisuolosuhteet ja kohde ovat otollisia.

Michael Doneus vertaa Prahan Teknillisessä Yliopistossa tekemässään tutkimuksessa PhotoScanin tarkkuutta laserkeilattuun dataan muun muassa arkeologisten kaivausten tallennusmenetelmänä. Exact-metodilla kymmenen kuvan sarjassa tarkkuusvirhe vaihteli -29,3 cm ja +27,9 cm välillä (low quality) ja -29,4 cm ja +20,2 cm välillä (high quality). (Doneus 2011: 81, 83-84.)



Kuva 3. PhotoScan pistepilvi talosta (283 kuvaa, koostuu 5 eri palasesta). Kuvassa näkyvät kamerat (eli kuvat) sekä käsin sijoitetut apupisteet, jotka auttavat ohjelmaa hahmottamaan tilan. (Kuvakaappaus Prefix-projektista).

4.2 Hyvää PhotoScanissa

Skannaus PhotoScanilla onnistuu nopeasti. Kohtuullisen kokoisten sisä- ja ulkotilojen skannaamiseen menee noin kymmenen minuuttia. Kopteriin kiinnitetyn kameran kanssa on mahdollista skannata myös laajoja alueita nopeasti.

Kuvauskohteessa pärjää kevyellä varustuksella, sillä vain kamera on välttämätön.

Prosessointi kuvausten jälkeen ei myöskään kestä kauaa, jos ei vaadita parasta tarkkuutta eikä manuaalista siivousta PhotoScanin sisällä tarvitse tehdä.

Lopputuloksena ei ole ainoastaan pelkkä 3d-malli, sillä skannausta varten otetut kuvat ovat usein myös erinomaista referenssimateriaalia ja jo itsessään arvokasta dataa.

Myös PhotoScan vaatii suoran näköyhteyden kohteeseen, mutta koska kuvat eivät edes saa olla otettu yhdestä paikkaa eikä kaikissa kuvissa tarvitse näkyä koko kohdetta, tämä ei aseta samanlaisia rajoitteita kuin LiDARin kanssa.

PhotoScan ei myöskään ole yhtä herkkä häiriötekijöille kuten ympärillä oleville ihmisille. Jos joku kävelee kuvan halki, se ei tule näkymään pistepilvessä. PhotoScan ei tule löytämään yhtäläisyyksiä muutamasta kuvasta, jossa liikkuva ihminen on eri paikassa.

4.3 Huonoa PhotoScanissa

PhotoScanin mittaustarkkuus on huomattavasti alhaisempi kuin LiDARin. Optimaalisissa olosuhteissa mittaustarkkuus on noin +/- 5 cm lähellä oleville kohteille. Tarkkuus heikkenee mitä kauemmas kamerasta mennään. Kuvaaminen myös vaatii hieman suunnittelua, ja joitain kohteita voi olla vaikea kuvata optimaalisesti.

Laajat ulkotilat vaativat esimerkiksi kopterin tai pääsyn korkeampaan maastoon, josta kohde voidaan kuvata useasta eri kuvakulmasta. Näin päästään mahdollisimman hyvään lopputulokseen. Varsinkin laajoissa tiloissa ongelmana on, että PhotoScan vaatii parallaksia kuvien välillä, joten kohteen ympärillä on päästävä liikkumaan melko vapaasti ja laajasti. Myös maan tai lattian saaminen malliin tarkasti voi edellyttää kopterin käyttöä. Sisätiloissa voidaan käyttää vaikkapa siirrettäviä tikkaita.

Tarkkuus riippuu kamerakalustosta ja tilan valaisusta. Kohina aiheuttaa epätarkkuutta malliin joka näkyy eräänlaisena kohinana mallin pinnassa.

Tämä aiheuttaa luonnollisesti haasteita pimeässä skannaamiselle. Skannaus on kuitenkin mahdollista jalustan kanssa, mutta tällöin skannaukseen vaadittava aika kasvaa.

Ulkotiloissa kuviin saattaa joutua tekemään manuaalista maskausta, mihin menee aikaa.

Maskauksella tarkoitetaan huonojen ja prosessia häiritsevien alueiden poistamista joko PhotoScanissa tai jossakin kuvankäsittelyohjelmassa. Vaikeissa kohteissa myös apupisteiden sijoittelussa kuluu paljon aikaa varsinkin jos kuvia on paljon.

Parhaat tulokset skannauksissa saadaan tasaisessa valaistuksessa eli ulkotiloissa pilvisellä säällä.

Isoja kokonaisuuksia, kuten rakennuksia tallennettaessa ne täytyy käsitellä osissa, esimerkiksi sivu kerrallaan. Tällöin skannaus on hankalampaa yhdistää kokonaisuudeksi ja

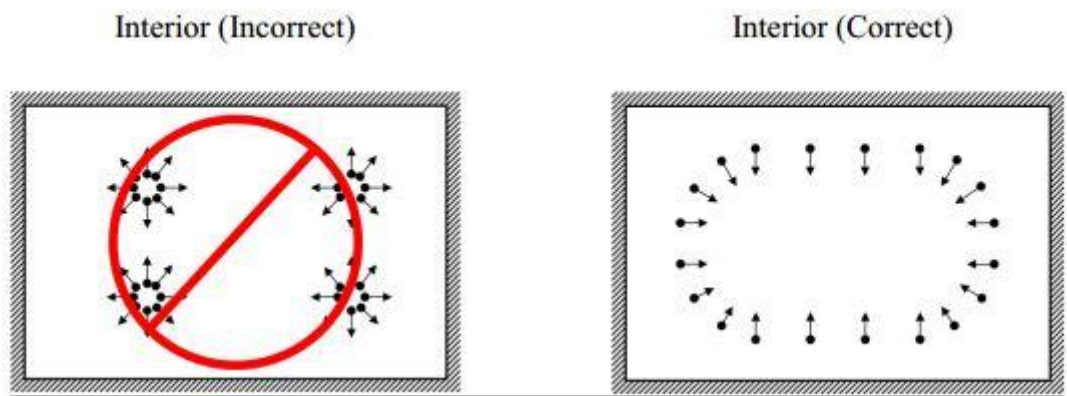
vaatii usein apupisteiden manuaalista sijoittelua LiDARin hoitaessa homman automaattisesti kohdistuspallojen avulla.

Tarkka lopputulos varsinkin laajemmista alueista vaatii satoja kuvia, joiden prosessointi kestää pidempään.

4.4 Ohjeita PhotoScanin käyttöön

Kuvien määrää voi aina karsia, joten kannattaa ottaa mieluummin liikaa kuin liian vähän kuvia. Tarkoitus on ottaa mahdollisimman jatkuva kuvasarja. Peräkkäisissä kuvissa pitäisi mielellään olla 50 % kuvan päällekkäisyys.

Jos kuvataan huonetta, kannattaa kuvat ottaa kiertäen huoneen reunoja myöten siten, että kuvaajan selkä on lähintä seinää kohti ja kamera osoittaa suoraan kohti vastapäistä seinää. Sisätiloja kuvatessa on suositeltavaa käyttää jalustaa ja mahdollisimman pientä ISO-lukua kohinan välttämiseksi.



Kuva 4. [Http://www.agisoft.ru/pdf/Image%20Capture%20Tips%20-%20Equipment%20and%20Shooting%20Scenarios.pdf](http://www.agisoft.ru/pdf/Image%20Capture%20Tips%20-%20Equipment%20and%20Shooting%20Scenarios.pdf)

Ulkotilat kuvataan samalla logiikalla kuin sisätilatkin, niin että kierretään kohdetta kameran osoittaessa kohti kohteen kuviteltua keskipistettä. Ulkotiloja kuvatessa pilvinen mutta sateeton päivä on paras lopputuloksen kannalta, koska isot kontrastit ja auringon heijastukset kiiltävillä pinnoilla voivat hämätä ohjelmaa ja aiheuttaa lisääntyntä tarvetta apupisteille.

4.5 PhotoScanin käyttösuositukset

PhotoScan soveltuu parhaiten pienehköjen alueiden skannaamiseen hyvässä valaistuksessa. Ulkotiloja kuvatessa parhaaseen lopputulokseen päästään pilvisellä mutta kuivalla säällä. Lumiset olosuhteet soveltuvat PhotoScaniin huonosti, sillä PhotoScan ei tuota ehjää geometriaa valoa heijastavasta pinnasta. Sisätiloissa skannattava alue pitäisi päästä kiertämään kokonaan läpi.

5 Tiedostonkäsittely

Sekä Lidarista että PhotoScannista saadaan pistepilvi, eroa on lähinnä tarkkuudessa ja tiedostomuodossa. Pistepilvestä voidaan tehdä mittauksia, siitä saadaan tuotettua 3d-malleja ja mahdollisesti myös väridataa. 3d-mallin aikaansaamiseksi pistepilvestä on olemassa erilaisia algoritmeja, joita voidaan käyttää. Skannatun 3d-mallin teksturointi tapahtuu automaattisesti. Isoa mallia voidaan optimoida käsin uudelleen mallintamalla tai käyttämällä jotakin algoritimia ohjelmasta riippuen.

Jos käytetään PhotoScania, käydään skannauksen jälkeen ohjelmiston oma prosessi läpi. Ohjeet tähän löytyvät PhotoScanin internet-sivuilta. LiDARin pistepilvi saadaan mittaukset tehneeltä yritykseltä. Pistepilvestä lasketaan halutulla algoritmilla mesh-objekti eli 3d-malli. Jos on tarpeen, objektia uudelleenmallinnetaan. Datan käsittelyn pystyy tekemään aiheeseen riittävästi perehtynyt henkilö.

Faron Scene-ohjelmasta saa suoraan eksportattua point dataa E57-, VRML-, DXF-, XYZ text-, XYZ binary-, IGES-, PTS-, PTX-, PTC- ja POD-tiedostomuodoissa. PhotoScanista saa suoraan eksportattua point dataa Wavefront OBJ-, Stanford PLY-, XYZ Point Cloud-, ASPRS LAS-, U3D- ja Adobe PDF-muodoissa. Mesh dataa PhotoScanista saa eksportattua Wavefront OBJ-, 3DS models-, VRML models-, COLLADA-, Stanford PLY-, Autodesk DXF-, Autodesk FBX-, U3D models-, Adobe PDF- ja Google Earth KMZ-muodoissa.

Seuraavista osoitteista löytyy tiedostonkäsittelyyn liittyviä ohjeita:

<http://www.agisoft.ru/tutorials/photoscan/>

<http://gmv.cast.uark.edu/scanning/point-clouds-to-mesh-in-meshlab/>.

6 Muut menetelmät

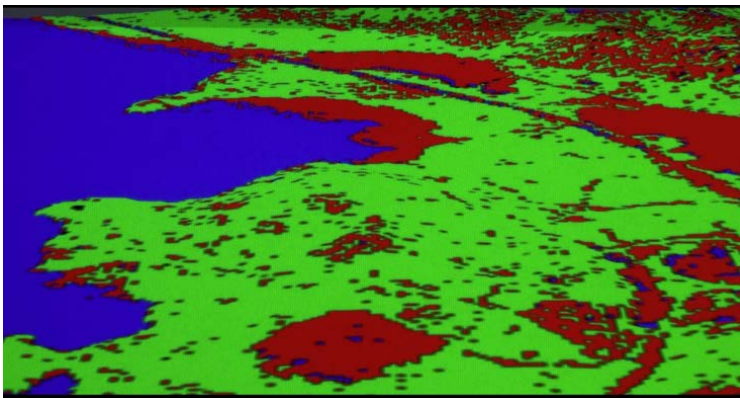
6.1 Maanmittauslaitoksen data

Maanmittauslaitoksen LiDAR-dataa saa hankittua osoitteesta

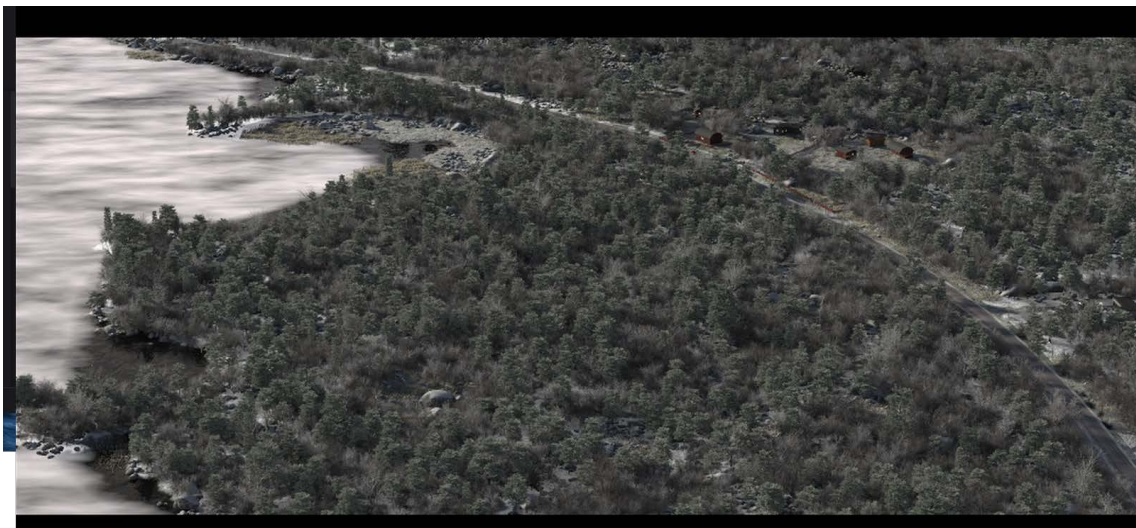
<https://tiedostopalvelu.maanmittauslaitos.fi/tp/kartta>.

Datan hankkimiseen kuluu noin 15 minuuttia. Pistepilvi ei suoraan sisällä väridataa vaan se pitää haluttaessa projisoida erikseen saatavista ilmakuvista.

Ladattavat pistepilvet on jaettu 3 x 3 km suuruisiksi ruuduiksi. Ne ovat omimmillaan kun halutaan tehdä suuria kokonaisuuksia joissa ei mennä liian lähelle yksittäisiä taloja tai muita pienempiä kohteita. Dataa on käytetty esimerkiksi Kaappari-elokuvan lentokohtausten maaston tekemiseen.



Kuva 5. Rasteri jonka väreistä voidaan erotella vesistö, metsä ja maasto.



Kuva 6. Lopullinen 3d-renderöinti perustuen Maanmittauslaitoksen datasta tehtyyn mallinnokseen (elokuvasta "Kaappari").

6.2 SpheroCam

SpheroCamilla saadaan otettua 360 x 180 asteen HDR-panoraamakuvia. Korkein resoluutio, jolla kuvia saadaan otettua, on 50 megapikseliä. Laite on suunniteltu liikkuvaan käyttöön. Ennen testejä luulimme, että SpheroCamista saadaan myös 3d-geometriaa. Testeissä laitteesta saatiin kuitenkin vain HDR-kuvaa, sillä sovelluksessa ei ollut vaihtoehtoa minkäänlaisen datan ulosviemiselle.

SpheroCamissa on yhden pikselin levyinen sensori. Sillä kuvataan kahdelta eri korkeudelta. Laitteen jalustassa olevat sensorit tunnistavat, milloin se on ylhäällä ja milloin alhaalla. Korkeuksien välinen etäisyys on ohjelman tiedossa, ja ohjelma pystyy näiden kahden kuvakulman eroista laskemaan pisteiden etäisyyksiä.

7 Ongelmat

Heijastuksista voi jälkikäteen yrittää päästä eroon siivoamalla skenestä irtopisteitä käsin. Kuvaustilanteessa asialle ei juuri voi mitään. PhotoScaniin voi kokeilla polarisaatiofilttereitä, mutta nekin voivat mahdollisesti aiheuttaa joitain ongelmia.

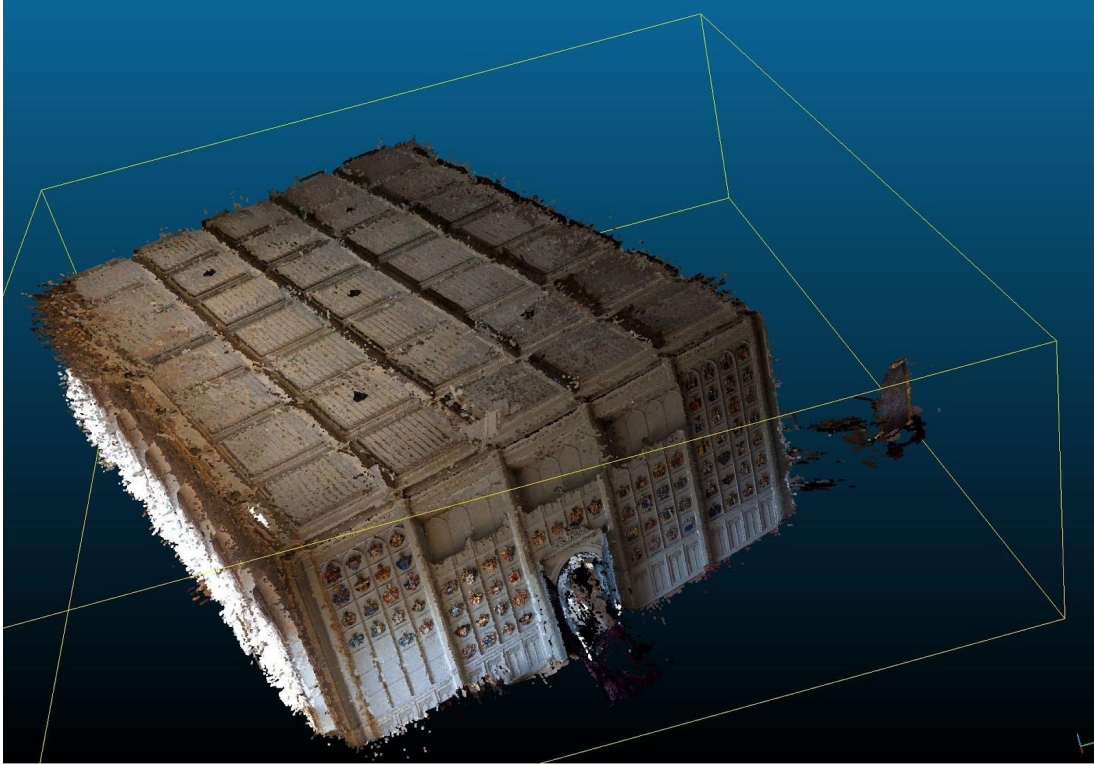
Parhaiten ongelmilta välttyy kuvaamalla niin ihanteellisissa olosuhteissa kuin mahdollista eli välttämällä esimerkiksi suuria kontrastieroja, lunta, pakkasta ja vesisadetta. Hyvissä olosuhteissa kuvaaminen myös palkitaan jälkityövaiheessa, sillä manuaalista työtä joutuu tekemään vähemmän. Luonnollisestikin sitä parempaan lopputulokseen pääsee mitä enemmän on harjoitellut.

8 Suoritetut testit

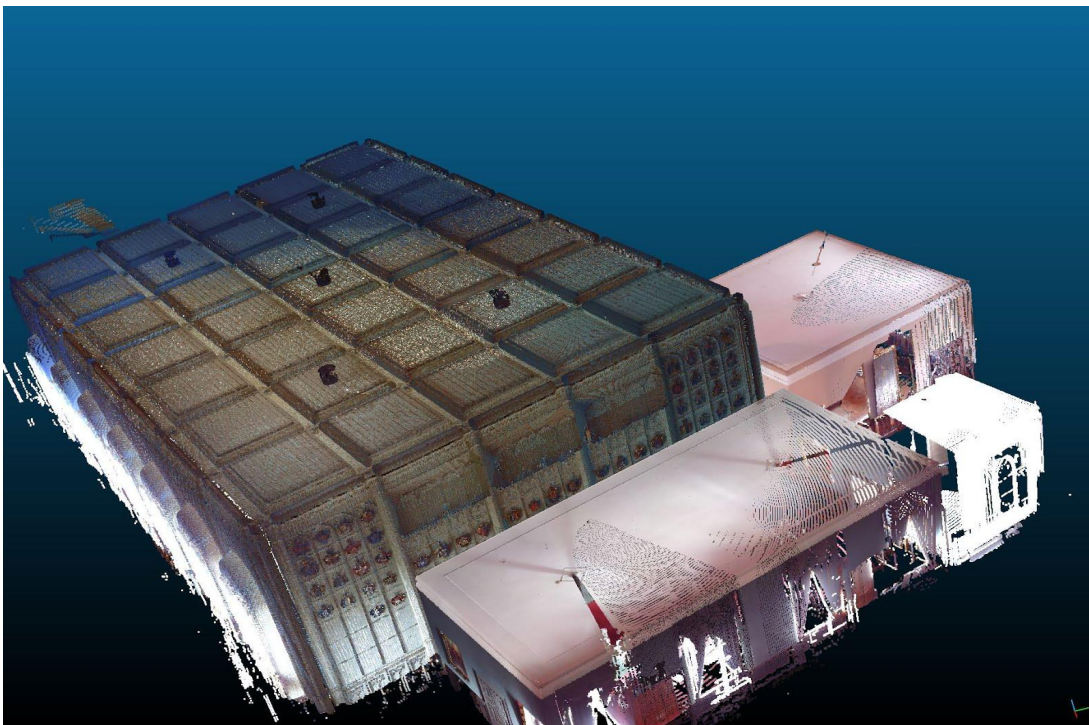
8.1 Ritarihuone

Ritarihuoneella suoritettiin sekä PhotoScan, LiDAR- että SpheroCam-testit.

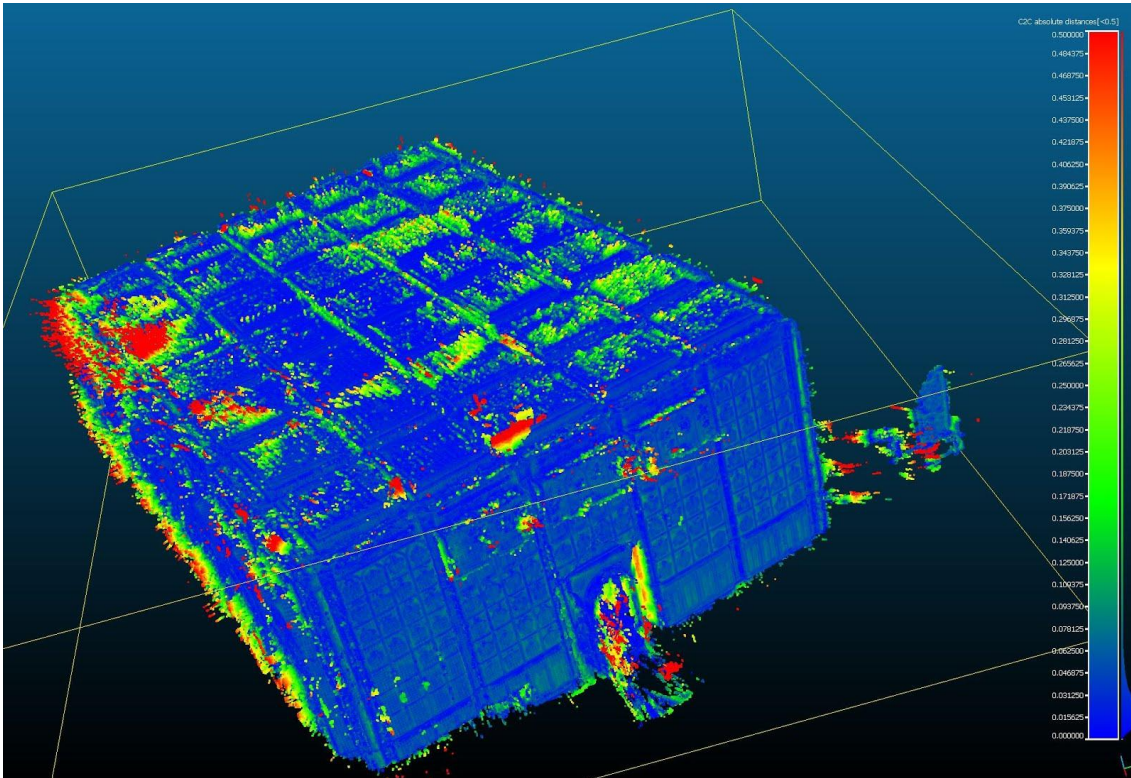
Ritarihuoneen pistepilvien vertailu:



Kuva 7. Photocan-pilvessä on havaittavissa kuvien kohinasta johtuvaa epätarkkuutta. Ongelma ilmenee kuvattaessa sisätiloissa ja/tai heikossa valossa.



Kuva 8. Farolla LiDARilla tallennettu pistepilvi. Keskiarvoisilla asetuksilla generoitu pilvi on harvempi kuin PhotoScan-menetelmällä, mutta pistepilvi on huomattavasti tarkempi.



Kuva 9. Photoscan-pilven vertailu Faroon.

PhotoScan-menetelmällä tilan digitoinnissa lokaatiossa meni noin 15 minuuttia jalustan kanssa. Prosessointiin kului manuaalisten apupisteiden asettelun kanssa yksi työpäivä. Onnistuneemmalla kuvaussuunnitelmalla prosessointiin käytetyn ajan olisi voinut vähintäänkin puolittaa.

LiDARin kanssa vaadittavassa useammassa skannauksessa ja laitteiden valmistelussa kului noin tunti, prosessointiin Faron Scene-ohjelmassa kului tunti.

PhotoScannin tarkkuus verrattuna LiDARIin on yllättävän hyvä. Suurimmissa osassa pisteitä virhemarginaali on alle kolme senttiä. Alueissa, joissa kohinaa on enemmän, virhemarginaali kasvaa yli kahteenkymmeneen senttiin.

SpheroCam sai huoneesta puolesta tunnissa erittäin tarkat HDR-panoraamat. Sovelluksen rajoitteista johtuen 3D-mallia ei pystytä saadusta datasta kuitenkaan tekemään, joten previsualisointiin laite ei sovellu, emmekä sitä jatkossa enää testanneet.

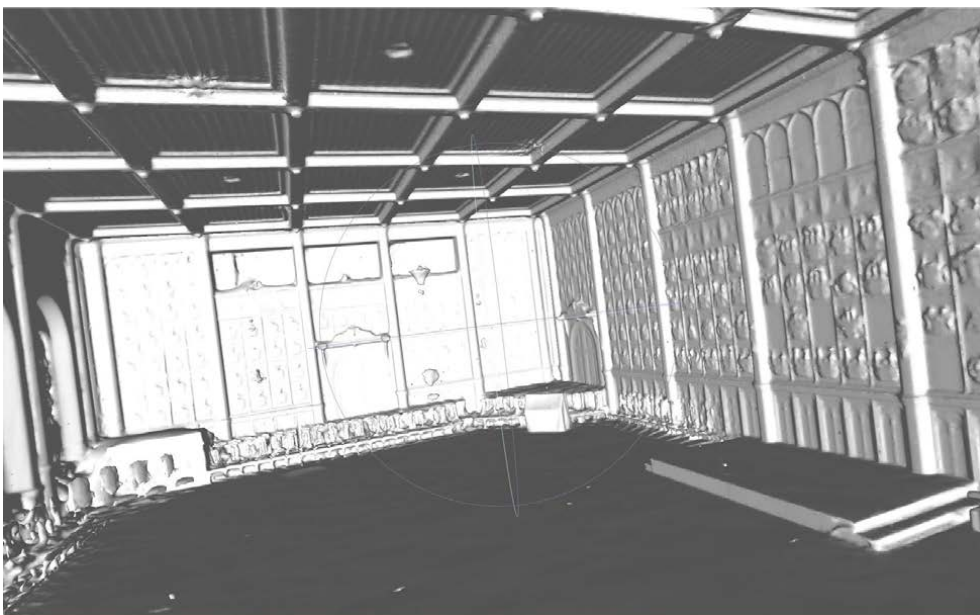
Riippuen lokaation vaatimuksista sekä Faro että PhotoScan ovat kumpikin toimivia menetelmiä. Jos lokaatio sallii, Faron data on huomattavasti laadukkaampaa ja laite soveltuu hyvin monimutkaisempien tilojen ja useampien huoneiden skannaukseen ja yhdistämiseen kohdistuspallojen käytön ansiosta.

Jos lokaatiota ei voida rauhoittaa pitkäksi aikaa, PhotoScan tuottaa myös riittävän laatuista dataa ja on lokaatiossa nopeampi sekä vähemmän häiriöille herkkä menetelmä.

Photoscan 118 kuvineen ja työtiedostoineen vei levytilaa yhteensä 21,7 GB. Faron pistepilvi kuvineen ja työtiedostoineen vei levytilaa 1,6 GB.



Kuva 10. Faro-testin kohdistuspalloja



Kuva 11. Kuvassa Faron pistepilvestä tuotettu mesh. Huomattavaa kuinka tasainen mm. lattia ja muut suorat pinnat ovat. Pistetiheys ei ole riittänyt kattokruunujen tarkkaan mallinnukseen.



Kuva 12. Kuvassa Photoscan-pistepilvestä Faron kanssa samoilla parametreilla tehty mesh. Pinnat ovat paljon epätasaisempia johtuen mm. kuvissa olevasta pienestä kohinasta ja kontrastieroista sekä siitä miten PhotoScan on tulkinut parketissa olevan tummemman kuvioinnin hieman eri syvyydelle vaaleammasta.

8.2 Kauppahalli

Kauppahalli digitoitiin PhotoScan- ja LiDAR-menetelmillä.

PhotoScan-menetelmään vaadittavien kuvien ottamiseen kului noin viisi minuuttia.

Kuvia olisi voinut ottaa paljon enemmänkin jos olisi haluttu keskittyä enemmän yksityiskohtiin, mutta sadalla kuvalla saatiin talon julkisivu taltioitua.

Prosessointiin, manuaalisten apupisteiden asetteluun ja useiden skannausten yhdistämiseen kului alle tunti.

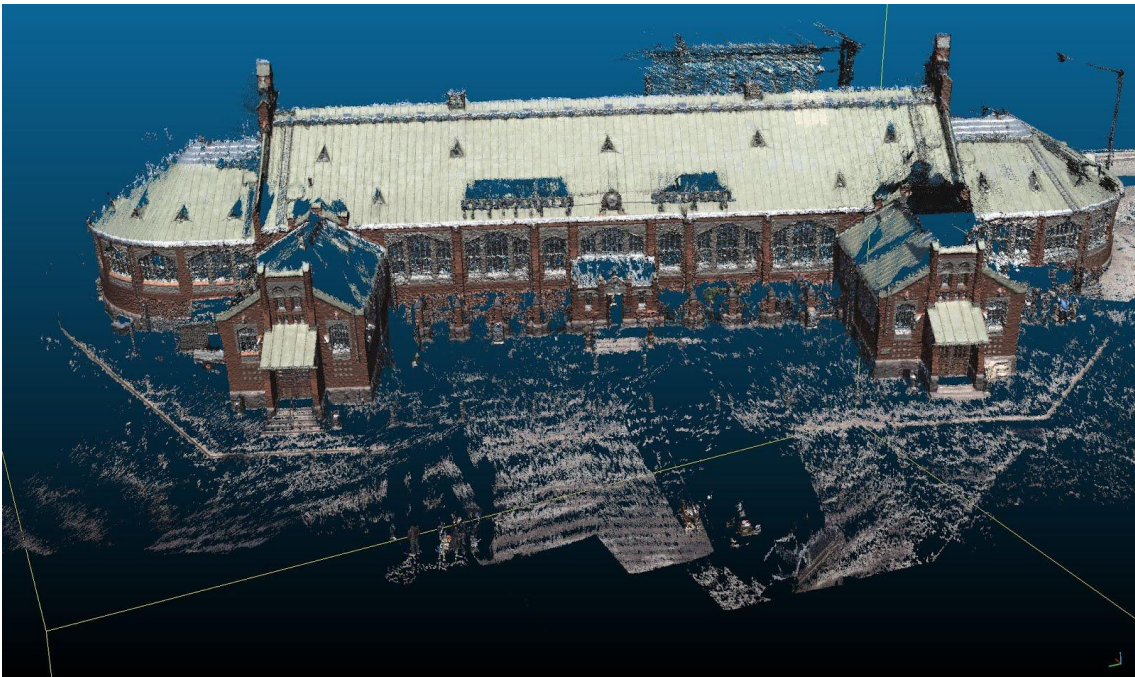
Neljään LiDAR-skannaukseen kului vajaa tunti ja prosessointi ja pilvien yhdistäminen onnistuu alle tunnissa.

Tarkkuus LiDARissa on taas kerran erinomainen. Toria ympäröivät talot ovat myös taltioituneet mittatarkasti toisin kuin PhotoScan-menetelmällä.

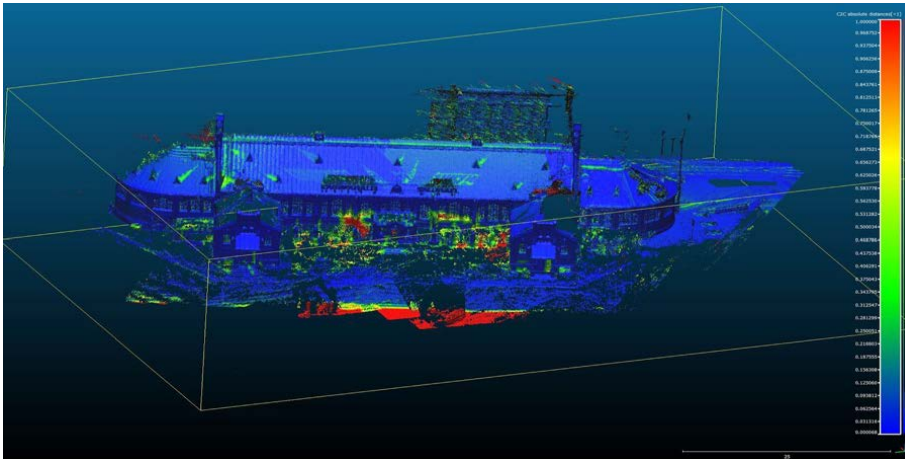
PhotoScan-pistepilven virhemarginaali kauppahallin osalta on keskimäärin alle viisi senttiä taustan talojen virhemarginaalin ollessa jopa yli metrin.



Kuva 13. LiDAR-pistepilvi. Kuvassa on havaittavissa mm. ohi kulkeneiden ihmisten/ajoneuvojen aiheuttamia aukkoja. Maa on tallentunut huomattavasti paremmin kuin vastaavassa PhotoScan-versiossa.



Kuva 14. PhotoScan-pistepilvi. Tasaisissa pinnoissa on havaittavissa selkeää kohinaa.



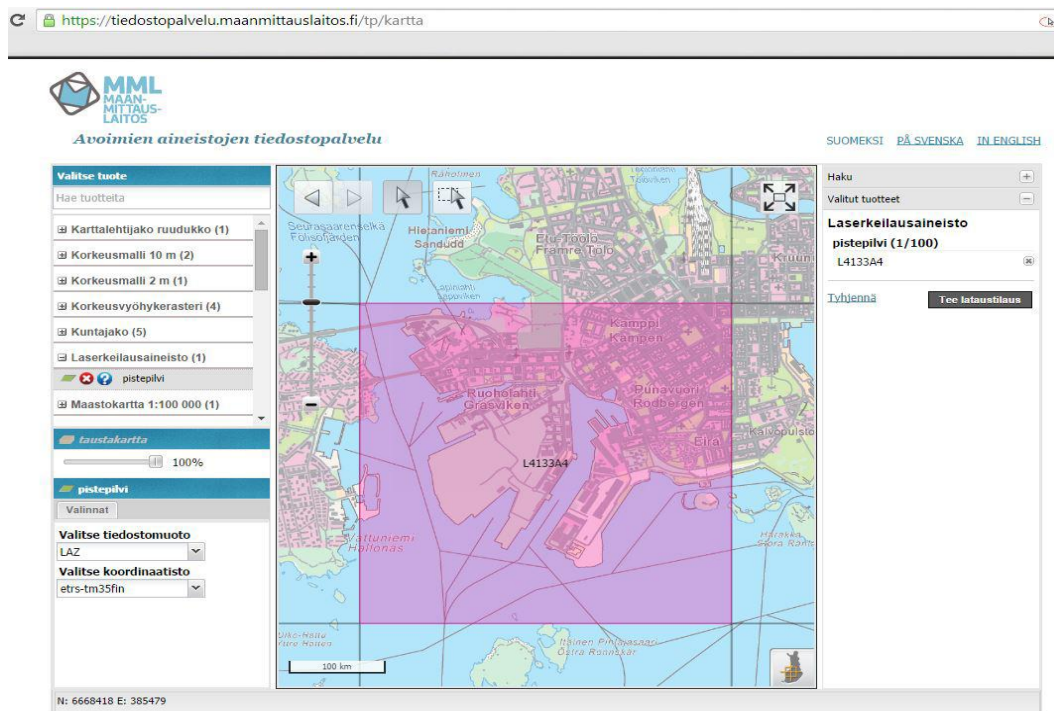
Kuva 15. PhotoScan-pilven ero Lidar-skannaukseen.

Kuten sisätilatestissä, myös tässä menetelmän paremmuuteen vaikuttaa olennaisesti lokaation digitointiin käytettävissä oleva aika.

LiDAR soveltuu laajojen alueiden mittatarkkaan digitointiin paremmin, mutta PhotoScan pystyy riittävään laatuun jos kohde on rajatumpi.

Mikäli käytettävissä olisi kopterikamera, laajojen alueiden kuvaaminen nopeutuisi ja helpottuisi merkittävästi.

8.3 Kauppahalli Maanmittauslaitoksen datana



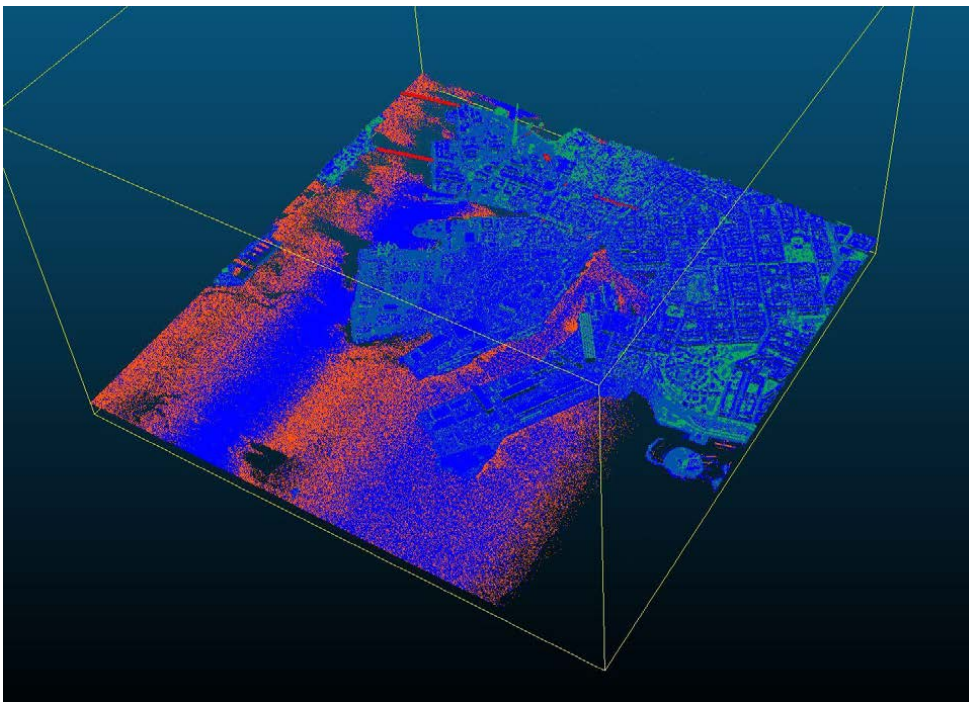
Kuva 16. Maanmittauslaitoksen palvelusta valitaan haluttu karttaruutu

Laserkeilausaineisto

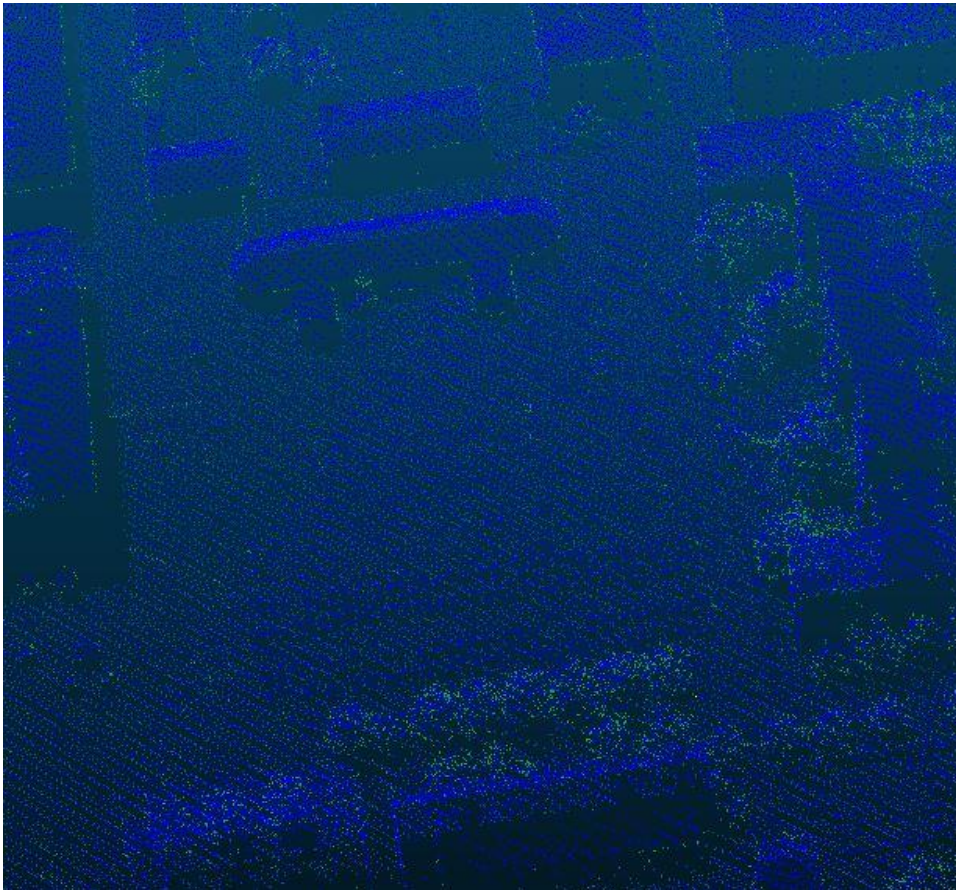
pistepilvi

Nimi	Päivitetty	Koko	Tiedostomuoto	Metatiedot
L4133A4.laz	2012-03-16 13:36	21.1 Mt	application/x-laz	metatiedot
Korkeustarkkuus (m)		0,15		
Multipulse		Ei		
Projekti(t)		20080018_BLOM_alue17		
Pistepilvitunnus		laser/etrs-tm35fin-n2000/mara_2m/2008/L413/1/L4133A4		
Keilain		Optech ALTM GEMINI		
Koordinaatisto		etrs-tm35fin		
Korkeusjärjestelmä		N2000		
Aikaikkuna		A/B		
Tiedostomuoto		LAZ		
Tiedostoversio		1		
Karttalehtitunnus		L4133A4		
Pistetiheys (pistettä / m ²)		0,43		
Lentokorkeus (m)		1300		
Keilaus pvm		2008-08-22 00:00		

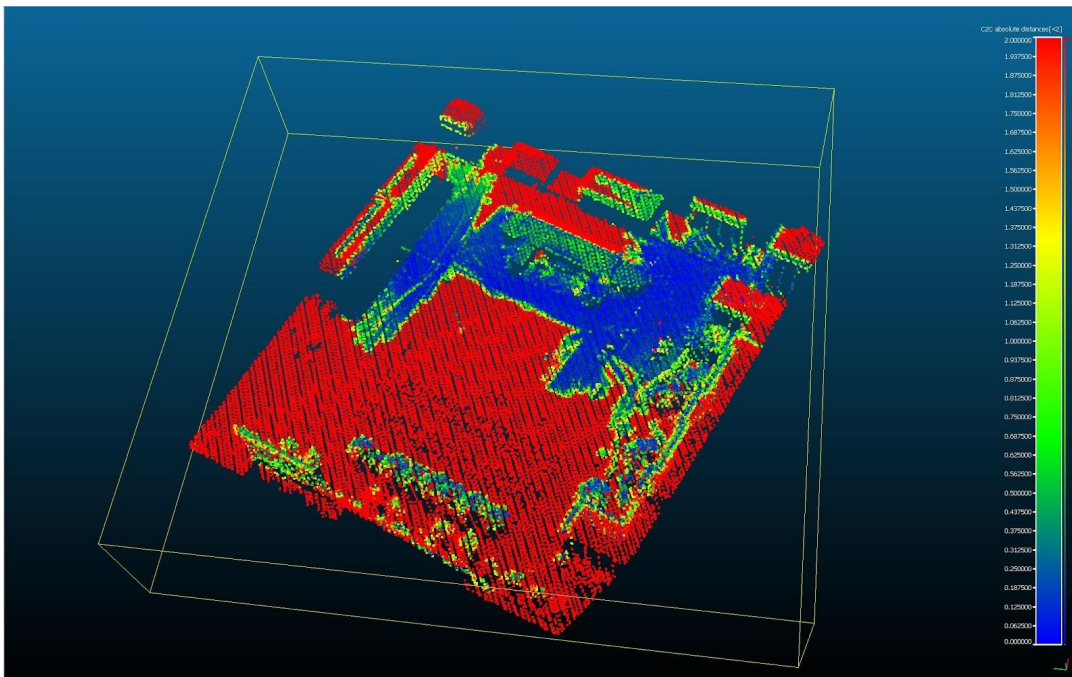
Kuva 17. Maanmittauslaitoksen palvelusta saadaan sähköpostilla latauslinkki. Kuvassa latauslinkki ja sen metatiedot



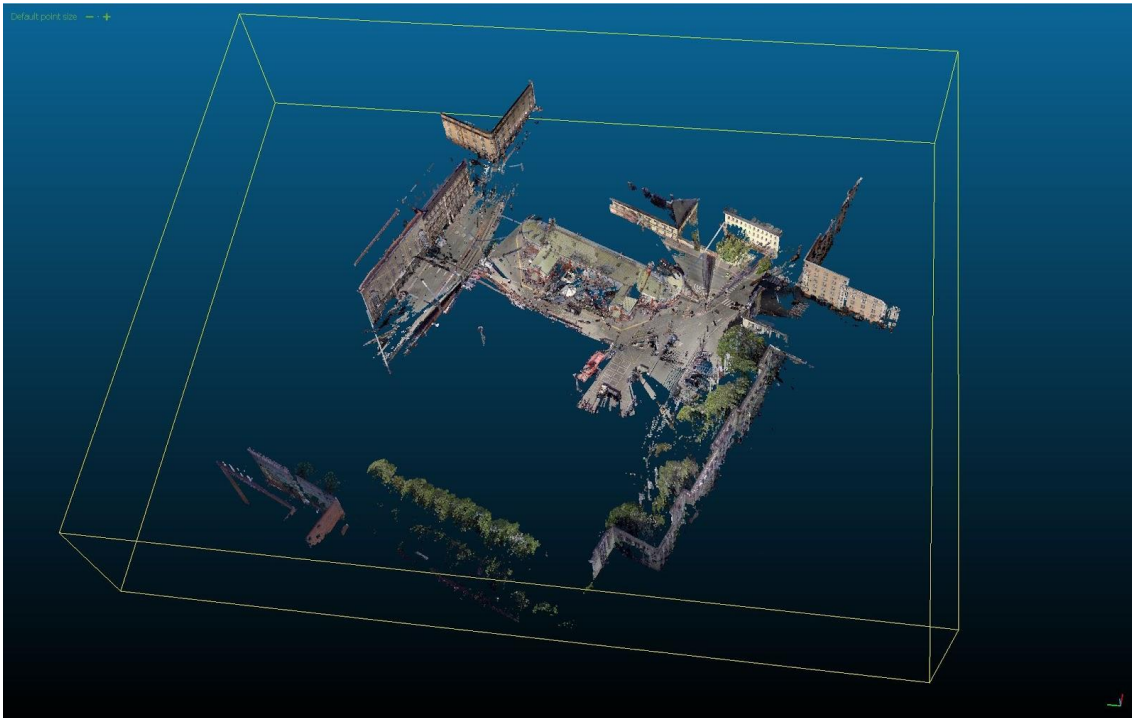
Kuva 18. Maanmittauslaitoksen pienin yksittäinen pistepilviryutu kattaa yhdeksän neliökilometriä



Kuva 19. Pistepilvi rajattuna Hietalahdentorin alueeseen. Pistepilven tarkkuus ei ole tarkoitettu yksittäisiä taloja varten, eikä se myöskään yleensä sisällä rakennusten seiniä. Tällä alueella datan tarkkuus on 0,43 pistettä jokaista neliometriä kohden.



Kuva 20. Tarkkuusvirhe verrattuna maan päällä tehtyyn LiDAR-skanniin on noin 0-1 metriä



Kuva 21. Vertailukohtana käytetty LiDAR-skanni torista

9 Yhteenveto

Yleisesti ottaen PhotoScan soveltuu mielestämme LiDARia paremmin previsualisointiin. Kuvauslokaatiossa vaadittava aika on lyhyempi, rajoitteita on vähemmän ja kalusto kevyempää. PhotoScan aiheuttaa menetelmänä huomattavasti vähemmän häiriötä muille lokaatiossa. Siinä ajassa kun LiDARin kohdistuspallot asetellaan paikoilleen, on keskisuuri lokaatio jo kuvattu PhotoScannia varten.

LiDARin tuottama data on kiistatta huomattavasti tarkempaa ja sikäli mahdollisesti käyttökelpoisempaa. PhotoScanin heikompi tarkkuus on kuitenkin usein aivan riittävää varsinkin previsualisointia varten.

Referenssikuvien kuvaaminen samalla on myös selkeä PhotoScanin etu.

LiDARin käyttö voi kuitenkin olla perusteltua laajojen kokonaisuuksien tallentamiseen (esim. jos haluttaisiin tallentaa koko Hietalahdentorin ympäristö mahdollisimman tehokkaasti) tai sisätiloissa jotka koostuvat useasta huonekokonaisuudesta. Tällöin PhotoScanin prosessointiaika ja eri pistepilvien yhdistäminen voi olla hyvinkin työlästä ja hidasta verrattuna LiDAR-datan käsittelyyn.

Se, soveltuvatko testatut menetelmät kuvauspaikkojen ennakkokatselmuksen yhteydessä käytettäviksi, riippuu budjetista ja käytettävästä ajasta. Teoriassa PhotoScan voisi olla varsin

sopiva, jos on aikaa. Mikään testatuista menetelmistä ei sovi kunnolla käytettäväksi vesi- tai lumisateella, sillä huono näkyvyys estää tarvittavan datan keräämisen ja aiheuttaa virheitä.

Tulevaisuudessa voidaan laitteiden olettaa kehittyvän pienemmiksi, kevyemmiksi ja halvemmiksi. Laitteet tulevat myös olemaan yhä useampien ulottuvilla.

Sanasto

Camera tracking Kameran liike-tiedon tallentaminen kuvasta jos kuvaan halutaan esimerkiksi lisätä jotakin joka liikkuu kameran liikkeen mukana

Georeferointi Kuvakoordinaattien ja karttakoordinaattien välisen yhteyden määrittäminen

Markkerit Kuvien välillä olevia yhteisiä pisteitä joita laitetaan kuviin käsin tai automaattisesti

Mesh 3d-malli

Parallaksi Kahdesta pisteestä samaan kohteeseen suuntautuvien suorien välinen kulma.

Previsualisointi Kuvan ennakkosuunnittelu

VFX Digitaaliset tehosteet

Lähteet

Michael Doneus 2011. From Deposit to Point Cloud - a study of low-cost computer vision approaches for the straightforward.

[http://www.academia.edu/1419549/FROM_DEPOSIT_TO_POINT_CLOUD_-](http://www.academia.edu/1419549/FROM_DEPOSIT_TO_POINT_CLOUD_-_A_STUDY_OF_LOW-COST_COMPUTER_VISION_APPROACHES_FOR_THE_STRAIGHTFORWARD_DOCUMENTATION_OF_ARCHAEOLOGICAL_EXCAVATIONS)

[_A_STUDY_OF_LOW-](http://www.academia.edu/1419549/FROM_DEPOSIT_TO_POINT_CLOUD_-_A_STUDY_OF_LOW-COST_COMPUTER_VISION_APPROACHES_FOR_THE_STRAIGHTFORWARD_DOCUMENTATION_OF_ARCHAEOLOGICAL_EXCAVATIONS)

[COST_COMPUTER_VISION_APPROACHES_FOR_THE_STRAIGHTFORWARD_DOCUM](http://www.academia.edu/1419549/FROM_DEPOSIT_TO_POINT_CLOUD_-_A_STUDY_OF_LOW-COST_COMPUTER_VISION_APPROACHES_FOR_THE_STRAIGHTFORWARD_DOCUMENTATION_OF_ARCHAEOLOGICAL_EXCAVATIONS)

[ENTATION_OF_ARCHAEOLOGICAL_EXCAVATIONS](http://www.academia.edu/1419549/FROM_DEPOSIT_TO_POINT_CLOUD_-_A_STUDY_OF_LOW-COST_COMPUTER_VISION_APPROACHES_FOR_THE_STRAIGHTFORWARD_DOCUMENTATION_OF_ARCHAEOLOGICAL_EXCAVATIONS). Luettu 01.05.2014.

Useful Tips on Image Capture. Agisoft. Verkkodokumentti.

[http://www.agisoft.ru/pdf/Image%20Capture%20Tips%20-](http://www.agisoft.ru/pdf/Image%20Capture%20Tips%20-%20Equipment%20and%20Shooting%20Scenarios.pdf)

[%20Equipment%20and%20Shooting%20Scenarios.pdf](http://www.agisoft.ru/pdf/Image%20Capture%20Tips%20-%20Equipment%20and%20Shooting%20Scenarios.pdf). Luettu 6.5.2014.

AgiSoft PhotoScan Professional edition.

<http://www.agisoft.ru/products/photoscan/professional/> Luettu 18.6.2014.

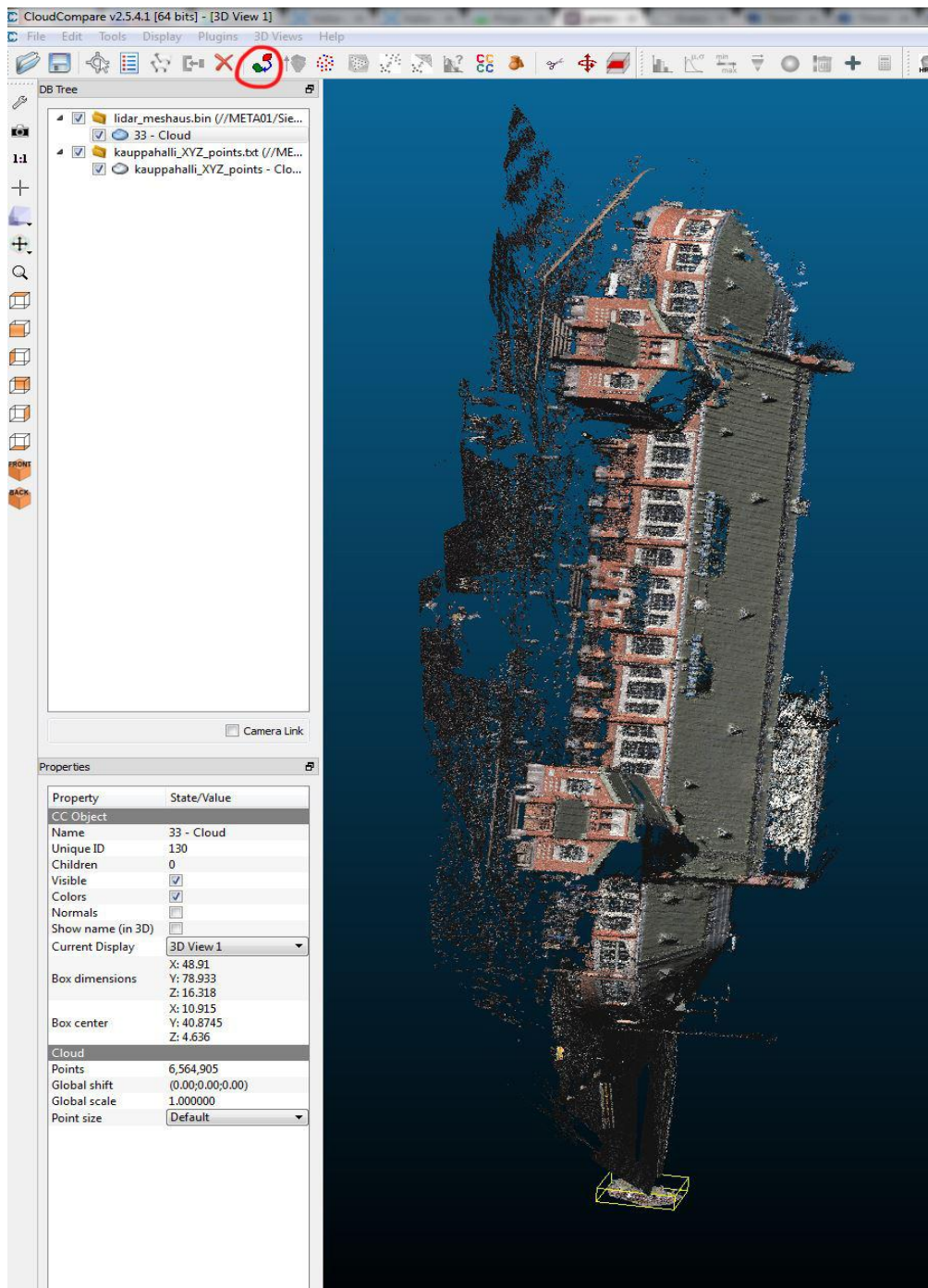
Testien tekijät: Panu Kujala, Teemu Berglund, Mikko Mantila

Liite 1

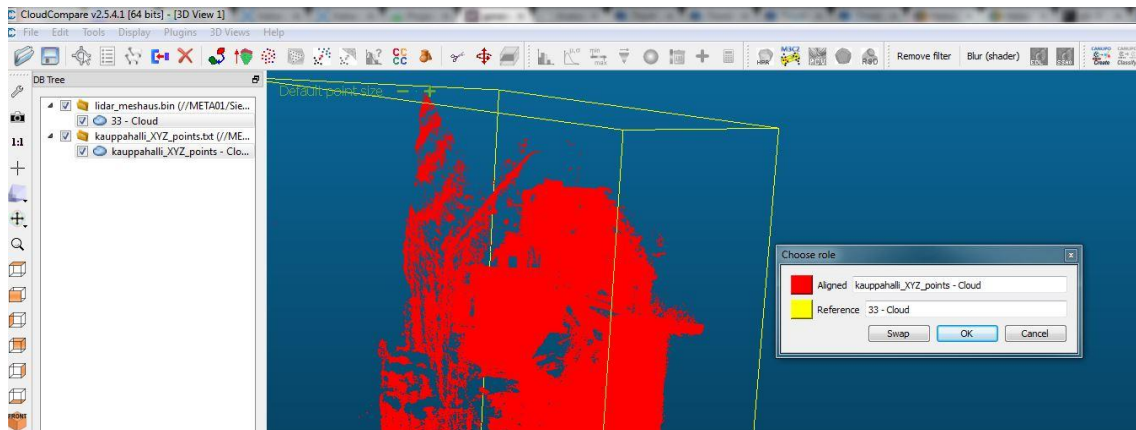
Cloud Compare

Cloud Compare on Open source -ohjelma jonka avulla voi vertailla eri pistepilviä, sekä yhdistää ja muokata niitä. <http://www.danielgm.net/cc/>

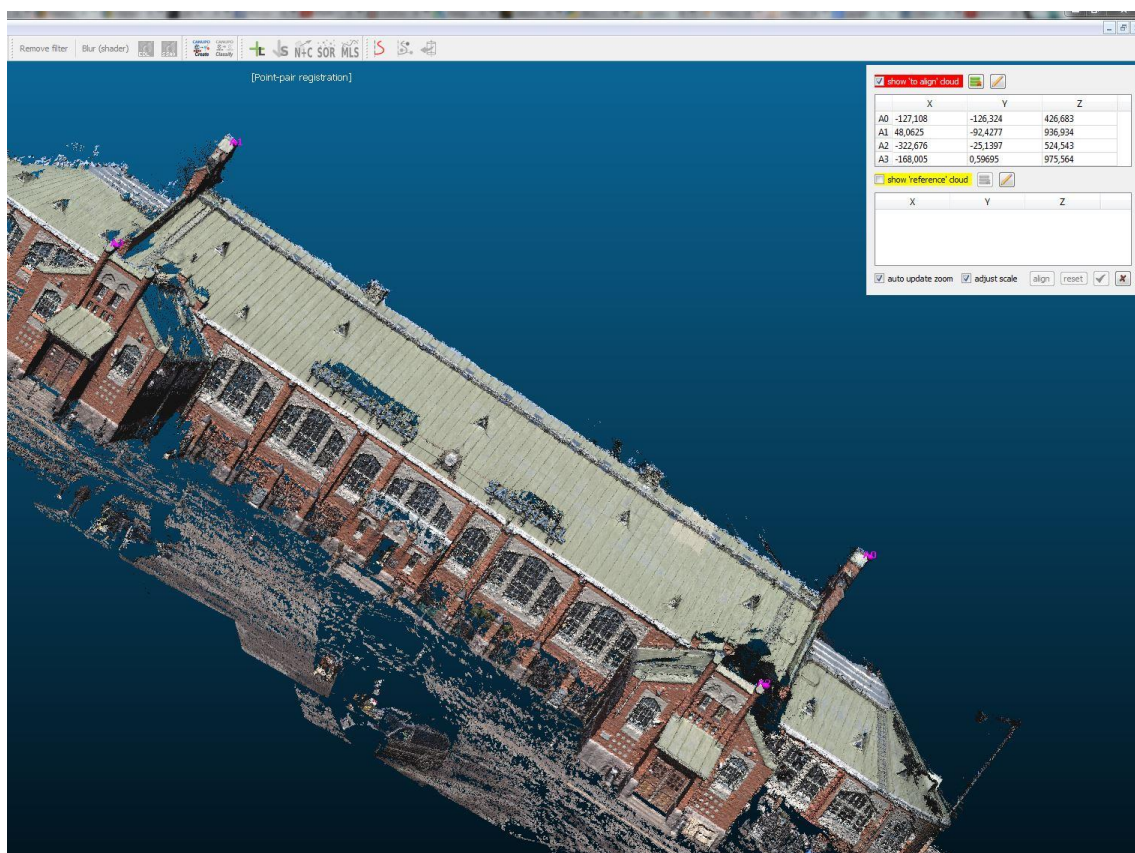
Pistepilvien kohdistus vertailua varten



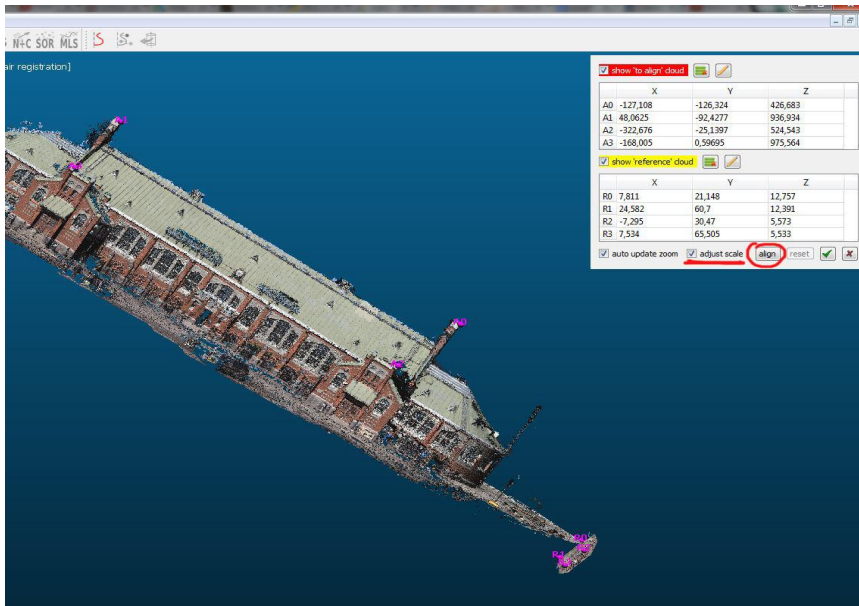
Kuva 1. Valitaan "align two clouds" -työkalu



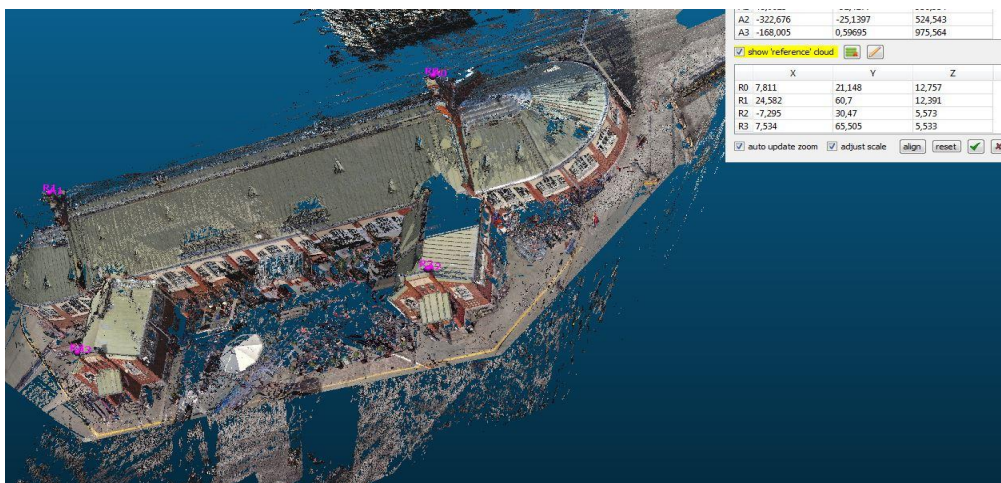
Kuva 2. Valitaan referenssipistepilvi ja mukautettava pistepilvi



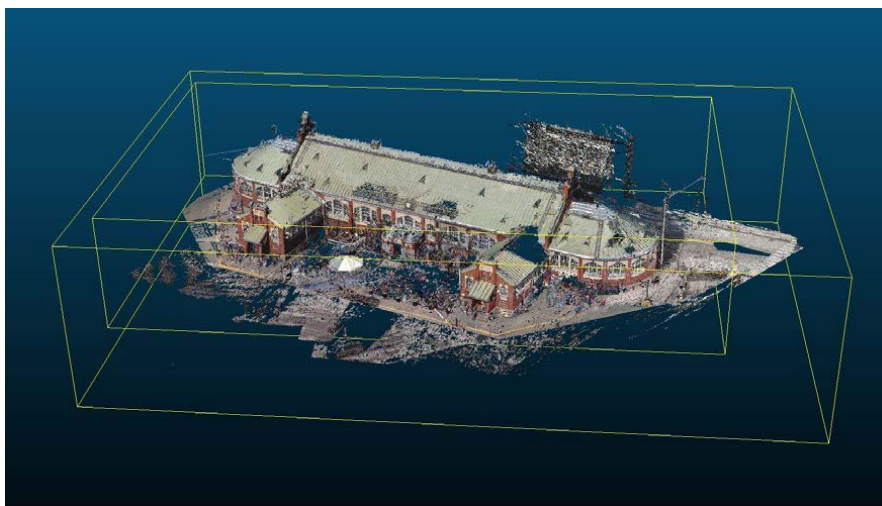
Kuva 3. Valitaan pisteet joiden mukaan pistepilvet yhdistetään



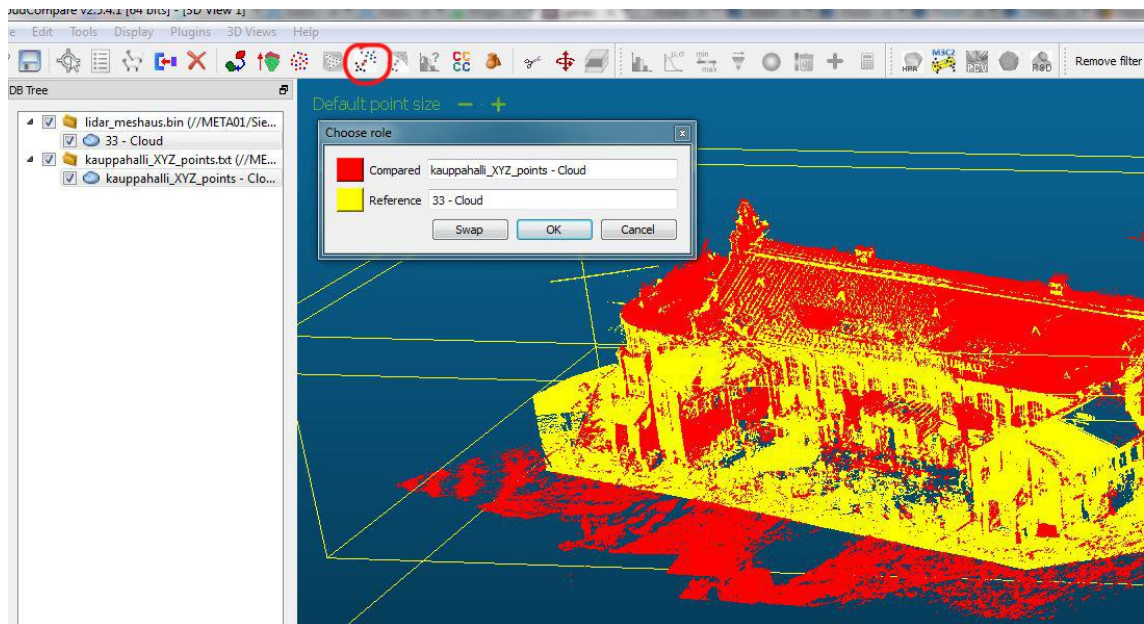
Kuva 4. Kun samat pisteet on valittu molemmista pilvistä, painetaan align-nappia



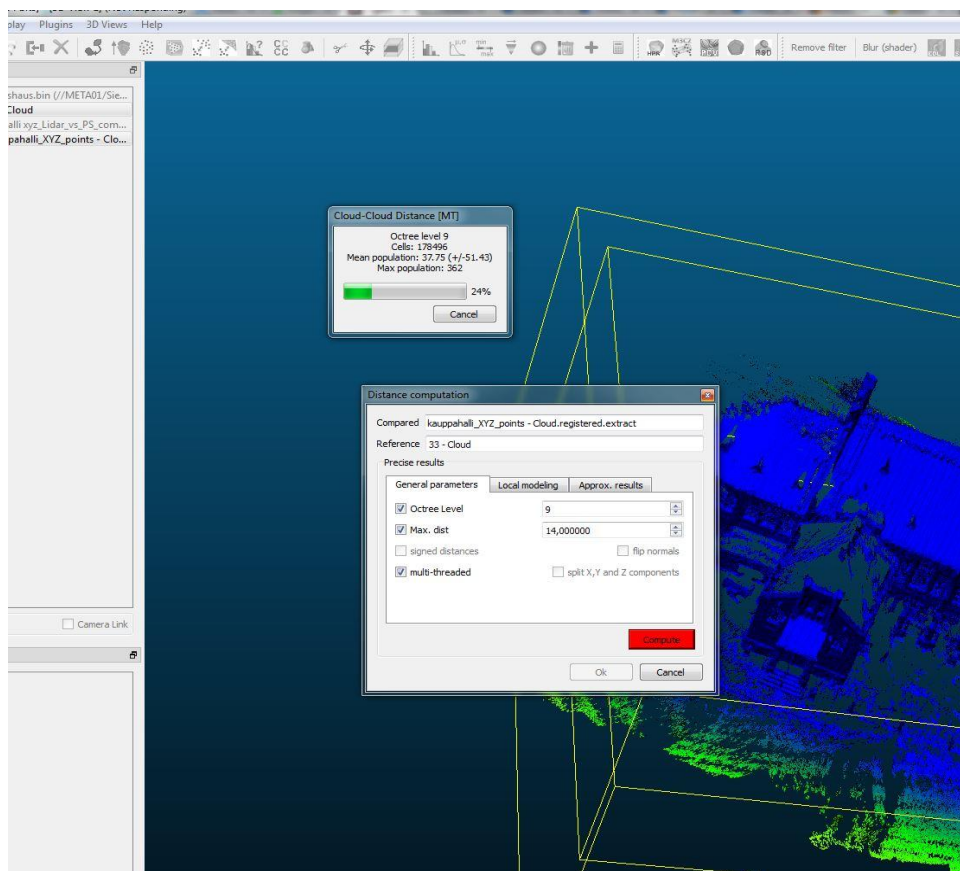
Kuva 5. Kohdistettava pistepilvi kohdistettu



Pistepilvien vertailu

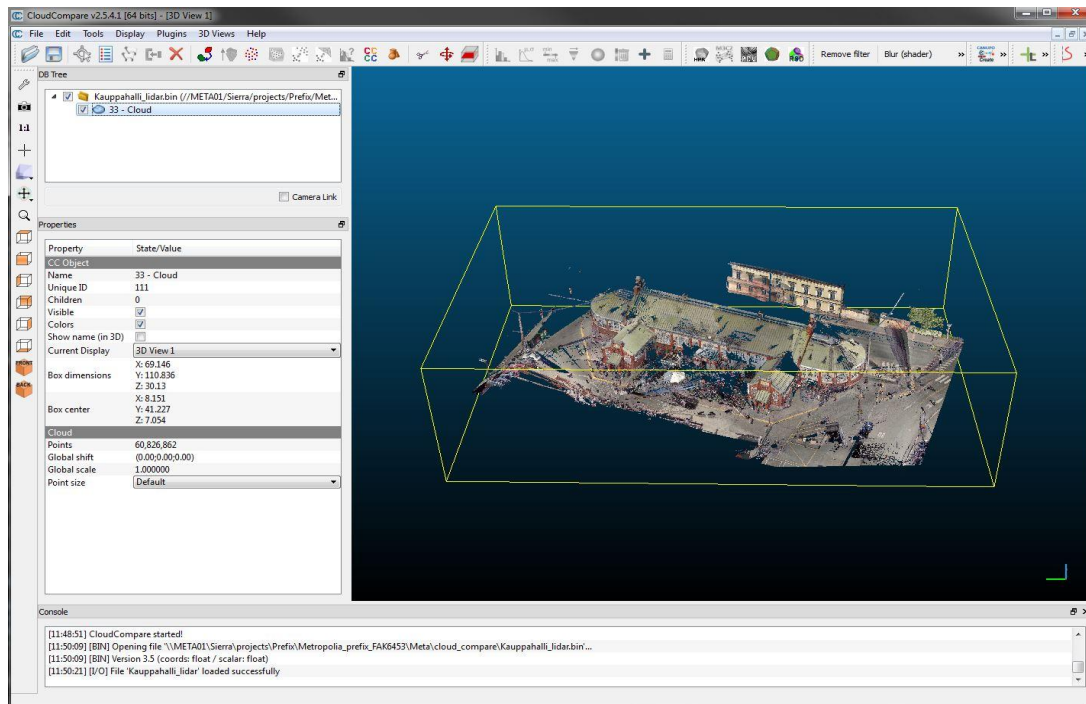


Kuva 1. Pistepilvien erojen visualisointi “compute cloud/cloud distance” –työkalulla

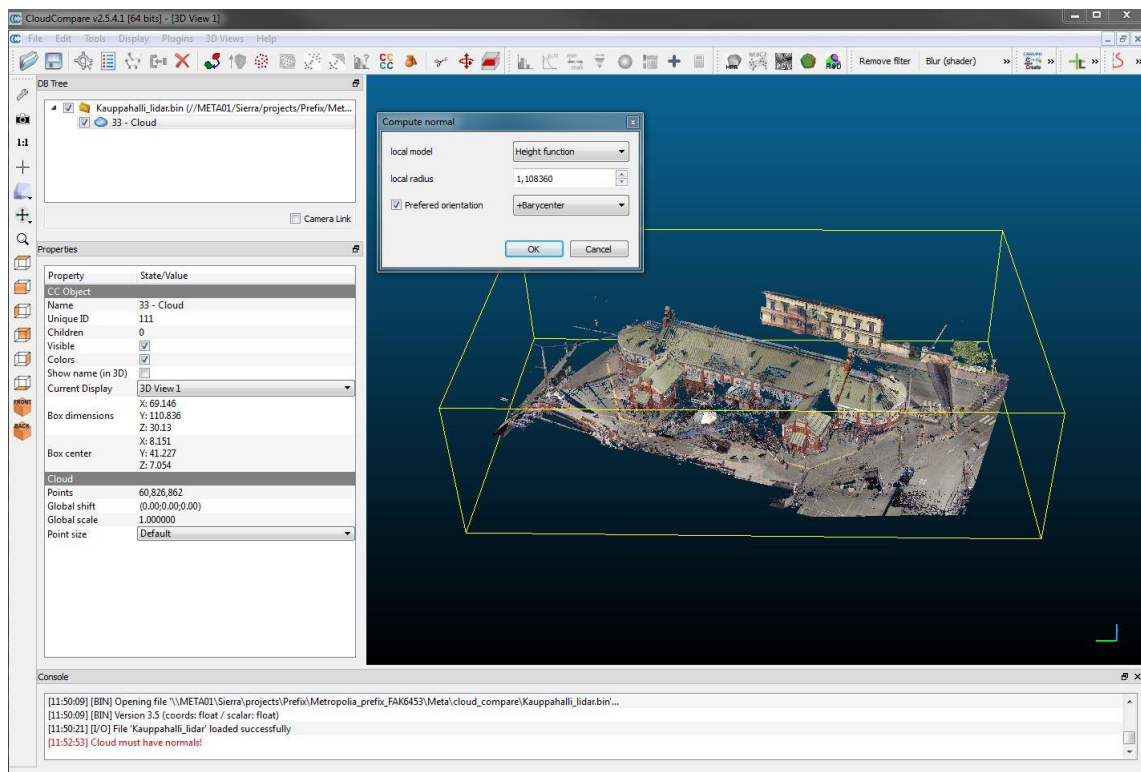


Kuva 2. Asetusten ollessa kohdallaan painetaan “Compute”-nappia.

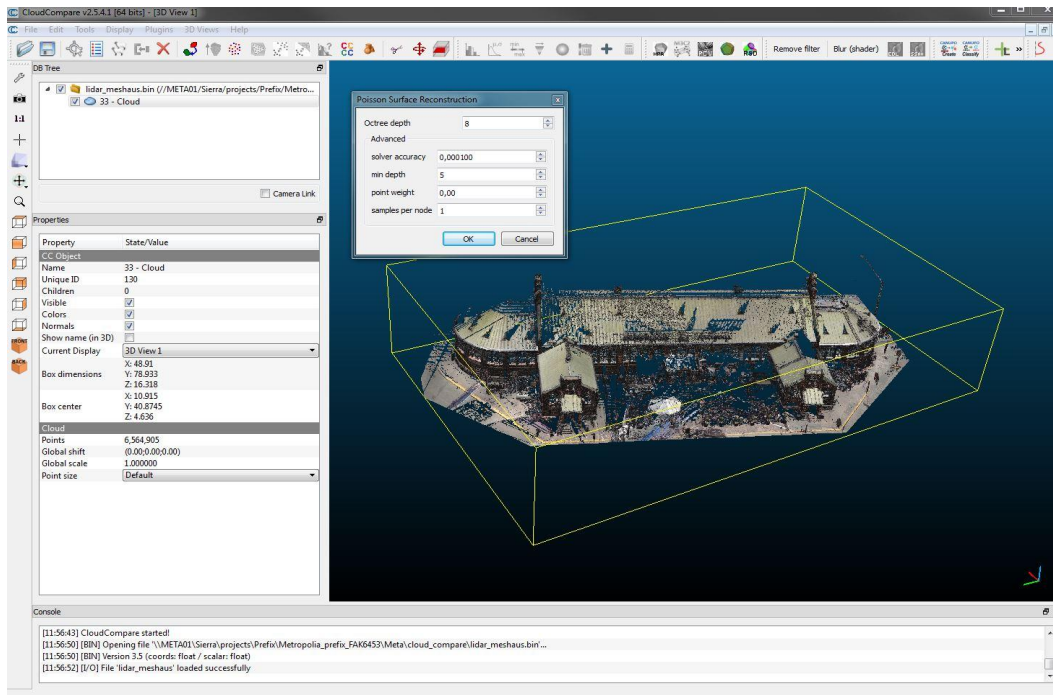
Pistepilvien meshaus



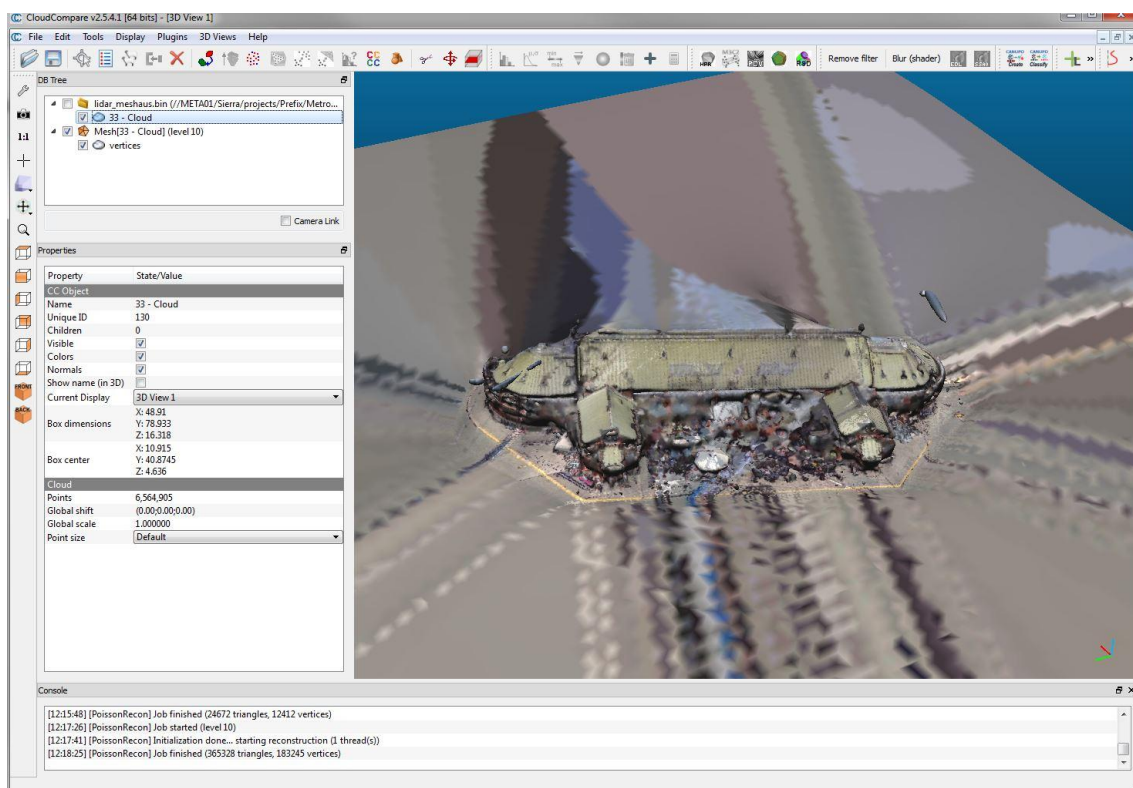
Kuva 1. Otetaan pistepilvi



Kuva 2. Lasketaan sille normaalit. Kokeille löytääksesi sopivat asetukset, jotka riippuvat täysin pistepilvestä.



Kuva 3. Poistetaan turhat pisteet ja meshataan sopivilla asetuksilla. Mitä suurempi Octree depth sitä tarkempi tulos ja hitaampi laskenta. Tässä tapauksessa on käytetty Poisson Surface algoritmia. Voi valita myös muita, jos käyttää esim meshlabia.



Kuva 4. Valmis mesh.