

Opinnäytetyö (AMK)

Tietotekniikka

Peliteknologia

2016

Joonas Kasurinen

PISTEPILVESTÄ PELIMAILMAKSI

- Laserkeilausaineiston jatkojalostus pelimaailman
maastoksi

Joonas Kasurinen

PISTEPILVESTÄ PELIMAAILMAKSI

- Laserkeilausaineistojen jatkojalostus pelimaailman maastoksi

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin, miten laserkeilauksella tuotettua pistepilvidataa voidaan hyödyntää pelimaailman luomisessa. Laserkeilausaineistosta luotiin realistinen, oikeaa maailmaa vastaava maasto Unreal Engine 4 -pelimoottoriin. Opinnäytetyössä tutkittiin eri ohjelmien hyödyntämistä prosessin eri vaiheissa ja lopullinen testikohde pyrittiin toteuttamaan ilmaisilla ohjelmistoilla. Testialueena toimi ostoskeskus Skanssin ympäriltä valittu maastoalue sen monipuolisen maaston muodon sekä tunnistettavuuden vuoksi. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Turun Ammattikorkeakoulu / Turku Game Lab.

Laserkeilaus on kaukokartoituksen uusinta teknologiaa. Laserkeilaus perustuu mittakeilaimen lähettämiin lasersädekimppuihin. Lasersäteen kimmotessa kohteesta takaisin vastaanottimeen laskee se kohteen etäisyyden, intensiteetin muutoksen sekä kimpoamispuheen koordinaatin. Kohde keilataan useasta eri suunnasta katvealueiden välttämiseksi. Laserkeilauksesta saatu data yhdistetään ja tuloksena syntyy kolmiulotteinen pisteistä koostuva tietokonemalli, jota kutsutaan pistepilveksi. Pistepilvessä voi olla satoja miljoonia, jopa miljardeja, pisteitä, joiden avulla saadaan hahmotettua keilatun kohteen pinta.

Opinnäytetyössä tutkitaan laserkeilausaineistojen muokkaamista Unreal Engine 4 -pelimoottorin maastoksi. Laserkeilaus tuottaa hyvin tarkkaa dataa, joten sitä voidaan käytännössä hyödyntää rajattomasti eri mahdollisuuksiin ja käyttötarkoituksiin. Laserkeilauksesta saatavan aineiston hyödyntämisen haasteina ovat muun muassa sen suuri koko sekä useat jalostukseen tarvittavat ohjelmat. Yksi tämän työn pääkohdista oli käyttää ilmaisia ohjelmistoja laserkeilausaineistojen jalostukseen alusta loppuun.

Opinnäytetyötä tehdessä huomattiin nopeasti, mitkä ovat suurimmat haasteet laserkeilausaineistojen hyödyntämisessä. Erityisesti maastoa mallintaessa suuret tiedostokoot sekä aineiston käsittelyyn tarkoitetut lisensoidut ohjelmistot olivat useasti esillä ongelmakohtina. Työssä esitetään ilmaisia ohjelmistoja hyödyntäen tehty helppo toimintamalli, jolla kuitenkin saadaan tuotettua laadukas lopputulos. Tässä työssä esitetty ilmaisiohjelmaa hyödyntävä pistepilvien jalostuksen toimintamalli ei tule korvaamaan ammattilaistason ohjelmistoja ja menetelmiä, mutta sille löydettiin kuitenkin mahdollisia kohteita ja käyttäjiä pienessä mittakaavassa.

ASIASANAT:

Pistepilvi, laserkeilaus, 3D-mallinnus, peliteknologia

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree programme

2016 | 32

Principal Lecturer Mika Luimula, Adj.Prof.

Joonas Kasurinen

FROM POINTCLOUD TO GAMEWORLD

- Processing point clouds into a game world terrain

This bachelor's thesis studies how we can use point cloud data in game world terrain creation. The objective of this thesis was to create a realistic real world equivalent terrain into Unreal Engine 4. This thesis looks into different software as well as the different steps to achieve the thesis objective. The final result was created using free software easily available to anyone. The area around Skanssi shopping mall located in Turku Finland was chosen as the location because of its diverse landscape. This bachelor's thesis was commissioned by Turku University of Applied Sciences and Turku Game Lab.

Laser scanning is the newest technology in remote surveying. It is based on laser pulse bundles which are generated by a laser scanner. When a laser beam bounces back to the receiver, it calculates the targets range, intensity and the coordinates where the beam bounced from. The target is scanned from multiple angles to avoid dead zones. The data acquired from scanning is then combined and the result is a three-dimensional point cloud computer model called a point cloud. A single point cloud model can have millions, even hundreds of millions of points in it.

This bachelor's thesis focuses on the process of processing point clouds into a game world terrain in Unreal Engine 4. Laser scanned point cloud data is very accurate and detailed, giving it almost unlimited possibilities and different uses. Some challenges are for example large file sizes, multiple different software's that can be and need to be used for this process. One of the main requirements of this thesis was to use free software in the refinement of point clouds from start to finish.

During the writing process of this thesis, the challenges were immediately realized. Especially when working with terrain point clouds, file sizes can grow huge and also almost all of the professional software require expensive licenses to work. This work proposes an easy procedure which uses free software but still keeping in mind that the end result's quality should not suffer considerably. This procedure is not going to replace existing procedures which use expensive professional software but some possible uses were found for it in smaller scale.

KEYWORDS:

Point cloud, laser scanning, 3D-modeling, game technology

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO	6
1 JOHDANTO	7
2 LASERKEILAUS JA PISTEPILVET	8
2.1 Laserkeilauksen määritelmä	8
2.2 Laserkeilaimen toiminta	8
2.3 Pistepilven määritelmä	9
2.4 Julkiset laserkeilausaineistot	9
2.5 Pistepilvien jalostus	10
3 LASERKEILAUSAINIESTON KÄSITTELY	11
3.1 Käytettävät ohjelmistot	11
3.2 Pistepilven jalostuksen toimintamalli	12
3.3 Pistepilven pinnan rakentaminen	13
3.4 Korkeuskartan luominen	15
3.5 Maaston luominen Unreal Engine 4 -pelimoottorissa	16
4 PELIMAAILMAN MAASTON LUOMINEN LASERKEILAUSAINIESTOSTA	17
4.1 Laserkeilausaineiston hankinta	17
4.2 Pistepilven valmistelu LASToolsilla	17
4.3 Pistepilven pinnan rakentaminen Meshlabissa	20
4.4 Korkeuskartan luominen Blenderissä	23
4.5 Maaston luominen Unreal Engine 4:ssä	26
5 YHTEENVETO	28
LÄHTEET	30

KUVAT

Kuva 1. Pistepilven jalostuksen toimintamalli.	12
Kuva 2. Harvennettu pistepilvi.	14
Kuva 3. Pistepilvi ja siitä rakennettu kolmioverkko.	15
Kuva 4. Kolmioverkko harvennettuna.	15

Kuva 5. Kompression vaikutus tiedostokokoon.	17
Kuva 6. Pistepilven tarkastelu lasview-työkalulla.	18
Kuva 7. Maasto pisteinä sekä kolmioverkkona lasview-työkalussa.	19
Kuva 8. Alkuperäinen pistepilvi ja harvennettu pistepilvi lasketuilla normaaleilla.	21
Kuva 9. Pienen pistepilven normaalit siirrettynä alkuperäiseen.	21
Kuva 10. Pistepilvi Poisson-pintarekonstruktion jälkeen.	22
Kuva 11. Quadratic Edge Collapse Decimation ennen ja jälkeen.	22
Kuva 12. Geometrian siirto.	23
Kuva 13. Luotu 3D-malli Blenderissä.	24
Kuva 14. Blenderin renderöintiasetukset.	24
Kuva 15. Blenderin Node Editor -asetukset.	25
Kuva 16. Renderöity korkeuskartta.	26
Kuva 17. Z-skaala väärin.	27
Kuva 18. Z-skaala korjattuna. Skanssin 3D-malli lisätty havainnollistamaan aluetta.	27

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

.obj	3D-mallinnuksen tiedostomuoto.
.ply	Polygon File Format. 3D-mallinnuksen tiedostomuoto.
.png	Portable Network Graphics. Häviötön bittikarttagrafiikan tallennusmuoto.
.raw	Digitaalikameroiden häviötön raakakuvaformaatti.
.stl	StereoLitography. 3D-mallinnuksen CAD-tiedostomuoto.
3D-malli	Kolmiulotteinen malli.
ASCII	American Standard Code for Information Interchange. 7-bittinen tietokonemerkistö.
bitti	Binary digit eli binäärinumero. Informaation määrän mittayksikkö.
kohina	Pistepilveen kuulumaton satunnaissignaali.
RGB	Värimalli, joka hyödyntää punaista, vihreää ja sinistä.
skriptaus	Ohjelmointimetodi, jossa käytetään ketjutettuja komentoja.

1 JOHDANTO

Alun perin teollisuuslaitosten korjaussuunnitteluun ja rakennusmittauksiin käytetty laserkeilaus kehittyi huimaa vauhtia, ja sille löydetään jatkuvasti uusia käyttökohteita. Nykyään laserkeilausta käytetään hyvin laajasti esimerkiksi kartoitus- ja kaavoitustyöhön, tielinjojen, tunneleiden ja siltojen mittauksiin sekä pienempien maanpintojen yksityiskohtien havaitsemiseen muun muassa arkeologiassa. Laserkeilauksella saadaan kohteesta mitattua hyvin tarkka kolmiulotteinen pistepilvi. Tämä tarkka pistepilvi tarjoaa käytännössä rajattomat mahdollisuudet perinteisten käyttötarkoitustenkin ulkopuolella. Sitä voidaan hyödyntää esimerkiksi pelien kehityksessä, kuten tässä opinnäytetyössä tehdään.

Tavoitteenani on tutkia, mitä pistepilvidata on ja miten avoimen pistepilvidatan avulla saadaan luotua realistinen, oikeaa maailmaa vastaava maasto pelimaailmaan. Tärkein kysymys on, miten pistepilvidata saadaan jatkojalostettua alusta alkaen eri vaiheiden kautta lopullisen pelimaailman maastoksi ilmaisia ohjelmistoja käyttäen. Pohdin myös, onko tällaiselle ilmaiselle toimintamallille edes tarvetta nykypäivän jatkuvasti kehittyvässä tietotekniikan maailmassa.

Opinnäytetyössäni luon pelimaailman Unreal Engine 4 -pelimoottoriin eri ilmaisohjelmistoja hyödyntäen (LASTools, Meshlab sekä Blender). Muut pelimoottorit sekä ohjelmistot rajaan tutkimuksesta pois. Opinnäytetyössä sivuan kuitenkin myös muita ohjelmistoja, jotka on jätetty pois maksullisuutensa vuoksi.

Opinnäytetyön esimerkkikohteena on ostoskeskus Skanssia ympäröivä alue sen maaston monimuotoisuuden sekä tunnistettavuuden vuoksi. Latasin laserkeilausaineiston maanmittauslaitoksen avoimien aineistojen tiedostopalvelusta ja jatkojalostin sen pelimaailman maastoksi ilmaisia ohjelmistoja käyttäen.

Opinnäytetyön toisessa luvussa kerron, mitä laserkeilaus ja pistepilvet ovat. Selvitän myös, miten laserkeilaimet toimivat ja mistä ilmaista laserkeilausaineistoa voi saada. Kolmannessa luvussa kerron pistepilvien käsittelystä sekä työssä käytettävistä ohjelmistoista. Esittelen ilmaisia ohjelmia hyödyntävän toimintamallin ja kuvaan sen eri vaiheet. Neljännessä kappaleessa teen esimerkin kauppakeskus Skanssia ympäröivästä alueesta esitettyä toimintamallia käyttäen. Lopuksi arvioin tämän toimintamallin hyviä ja huonoja puolia sekä käytettävyyttä.

2 LASERKEILAUUS JA PISTEPILVET

2.1 Laserkeilauksen määritelmä

Laserkeilaus on tarkka tapa mitata haluttuja pintoja, kohteita ja objekteja. Mittalaite kerää kohteesta tietoa lähettämällä laserpulssin, joka kohteeseen osuessaan heijastuu takaisin vastaanottimeen. Laserpulssin kulkeman matkan ja sen vaaka- ja pystysuuntaisten lähtökulmien avulla saadaan mitatuille pisteille koordinaatit. Etäisyyden mittaukseen käytettävä toimintatapa riippuu keilaimen tekniikasta. Kun mittaus on valmis, lopputuotteena on pistepilvi, jossa jokaisella pisteellä on oma koordinaattinsa valitussa koordinaattijärjestelmässä. (Kari 2011, 19; Leskinen 2016, 3; Maanmittauslaitos 2016b.)

Laserkeilauksen etuna on nopeus, tarkkuus sekä se, että mitattavan kohteen ei tarvitse olla lähellä. Tämän takia laserkeilausta käytetäänkin paljon ja laajalti eri yhteiskunnan toimintojen suunnittelussa. Kartoitus- ja kaavoitustyö, tielinjojen, tunneleiden ja siltojen mittaukset sekä pienempien maanpintojen yksityiskohtien havaitseminen esimerkiksi arkeologiassa ovat hyviä esimerkkejä laserkeilauksen käyttötavoista. (Leskinen 2016, 11; Maanmittauslaitos 2016c.)

Laserkeilauksella luotu 3D-malli on erittäin hyödyllinen apuväline erilaisissa suunnittelutyöissä. Työstettävän kohteen virheet ja ongelmakohdat ovat helpommin havaittavissa laserkeilauksella saadusta 3D-mallista. Se antaa kohteesta todellisemman kuvan sekä selventää suunnittelun tavoitteita ja tukee päätöksentekoa. (Leskinen 2016, 26.)

2.2 Laserkeilaimen toiminta

Laserkeilaus on kaukokartoituksen uusinta teknologiaa. Laserkeilaus perustuu mittakeilaimen lähettämiin lasersädekimppuihin. Lasersäteen kimmotessa kohteesta takaisin vastaanottimeen laskee se kohteen etäisyyden, intensiteetin muutoksen sekä kimpoamispisteen koordinaatin. (Huhtala 2015, 6–8; Joala 2006, 1; Pekkala 2015, 11.)

Laserkeilaimet voidaan luokitella karkeasti neljään tyyppiin:

Kaukokartoitus-laserkeilaimet. Näitä keilaimia käytetään lentokoneista ja helikoptereista. Mittaetäisyys on 100 m:stä 100 km:iin ja tarkkuus on alle 10 cm.

Ajoneuvokeilaimet. Käytetään ajoneuvoista, esimerkiksi auton katolta. Mittaetäisyys on 1–300 m ja tarkkuus alle 10 cm.

Maalaserkeilaimet. Käytetään yleensä matkojen mittaamiseen. Mittaetäisyys on 1–300 m ja tarkkuus alle 2 cm.

Teollisuuslaserkeilaimet. Käytetään pienien kohteiden mittaamiseen. Mittaetäisyys alle 30 m ja tarkkuus alle 1 mm.

(Joala 2006, 1–3; Leskinen 2016, 3–7; Pekkala 2015, 12–17.)

Kotiloissa budjettivaihtoehdon tarjoaa XBOX One Kinect -kamera. Xbox One Kinect -kameralla löytyy useita ohjelmistoja pistepilven tallentamiseen. Tämä mahdollistaa esimerkiksi huoneen tai pienien objektien keilaamisen kotiloissa. Yksi esimerkki Xbox One Kinectin 3D-skannausohjelmistoista on Faro Scenect, jolla saa helposti skannattua kohteita Kinectiä käyttäen, ja lopputuloksen saa siirrettyä useisiin eri formaatteihin jatkojalostusta varten. (Faro 2016.)

2.3 Pistepilven määritelmä

Laserkeilauksen tuloksena saadaan pistepilvi, jossa on joukko pisteitä valitussa koordinaattijärjestelmässä. Pistepilvessä voi olla satoja miljoonia, jopa miljardeja, pisteitä, joiden avulla saadaan hahmotettua keilatun kohteen pinta. Jokaisella pisteellä on oma koordinaattinsa, intensiteettiarvonsa, eli palautuneen laserpulssin voimakkuuden arvo. Mikäli keilaimeen on liitetty myös kamera, voi pistepilveen saada myös väriarvon. (Cronvall ym. 2012; Pekkala 2015, 17.)

2.4 Julkiset laserkeilausaineistot

Julkista laserkeilausaineistoa on saatavilla verkossa useissa eri lähteissä. Esimerkiksi maanmittauslaitoksen avoimien aineistojen tiedostopalvelusta saa laserkeilausaineistoa melkein koko Suomen alueelta (Maanmittauslaitos 2016a). Suomen kaupunkien maanmittausvirastoilla on usein myös oma laserkeilausaineistokokoelma, johon voi mahdollisesti päästä käsiksi tiedustelemalla. Esimerkiksi Turun kaupungin laserkeilausaineisto on huomattavasti tarkempaa kuin maanmittauslaitoksen avoin laserkeilausaineisto.

Yhdysvaltojen alueelta ilmaista laserkeilausaineistoa voi saada muun muassa verkkosivustolta OpenTopography.org sekä USGS Earth Explorer -sivustolta (GISGeography 2016).

2.5 Pistepilvien jalostus

Perinteisesti laserkeilauksen ja mallinnuksen vaiheet ovat suunnittelu, keilaukset eri kulmista, pistepilvien rekisteröiminen, aineiston suodattaminen ja kohinan poisto sekä varsinaisen kohteen mallintaminen (Hyypä ym. 2009, 19).

Joskus pistepilvet sisältävät pisteitä liiankin paljon vaikeuttaen aineiston muokkausta. Tällöin pistepilveä voidaan ohjelmistoja avuksi käyttäen harventaa niin, että vähennetään pisteiden määrää vaikuttamatta kuitenkaan kohteen todelliseen muotoon. Pistepilvestä myös rajataan pois kohteeseen kuulumattomat pisteet, jotka saattavat johtua esimerkiksi mittavirheistä. Eri suunnista keilattujen pistepilvien yhdistämistä toisiinsa ja pistepilven muuntamista maastokoordinaatistoon kutsutaan rekisteröinniksi. Rekisteröidystä ja suodatetusta laserkeilausaineistosta voidaan näiden toimenpiteiden jälkeen luoda erilaisia kolmioverkko- ja pintamalleja. (Hyypä ym. 2009,19–20.)

3 LASERKEILAUSAINEISTON KÄSITTELY

3.1 Käytettävät ohjelmistot

Laserkeilausaineiston jatkojalostus, eli se, miten laserkeilauksen ”raakadatasta” saadaan lopullinen tuote, vaatii useiden eri ohjelmistojen hallitsemisen. Lisäksi alan ”industry standard” -ohjelmistot vaativat yleensä kalliin lisenssin. Tämän opinnäytetyön ohjelmistovalinnat on tehty ohjelmistojen maksuttomuuden takia. Opinnäytetyötä tehdessä on kuitenkin pidetty mielessä se, ettei lopputuloksen laatu kärsi.

Laserkeilausaineiston manipulointiin ja työstämiseen käytettäviä ammattilaistyökaluja ovat muun muassa AutoCAD-tuoteperheen ohjelmistot, Microstation V8 sekä useat lisämoduulit näihin ohjelmistoihin (Leskinen 2016, 12).

LAStools. Ohjelmistotalo Rapidlasson lippulaivatuuote LAStools on hyvin kevyt ohjelmistopaketti laserkeilausdatan käsittelyyn. LAStools-työkalut ovat nopeita ja muistitehokkaita komentorivipohjaisia ohjelmistoja. Kaikkia LAStools-työkaluja voidaan käyttää graafisella käyttöliittymällä.

Osa LAStoolsin työkaluista on ilmaisia, ja niitä saa käyttää vapaasti omiin tarkoituksiinsa. Osa kuitenkin vaatii lisenssin, jotta niitä saa käyttää kaupalliseen tarkoitukseen tai virasto- ja tuotantokäyttöön. Näitä työkaluja saa kuitenkin käyttää vapaasti kaikkeen ei-kaupalliseen yksityiskäyttöön, humanitaariseen käyttöön sekä ei-sotilaalliseen käyttöön. Työkaluja voi käyttää lisensoimattomana alle miljoonan pisteen pistepilviin. (Rapidlasso 2016.)

Meshlab. Italian tutkimuslaitoksen tukeman informaatioteknologian instituutin tuote Meshlab on vapaasti käytettävä ja ilmainen avoimen lähdekoodin ohjelmisto 3D-mallien prosessointiin ja editointiin. Vuodesta 2005 alkaen kehitetty ohjelmisto on suunniteltu 3D-skannattujen mallien prosessointiin, ja se tarjoaa kattavat työkalut tällaisten mallien muokkaamiseen.

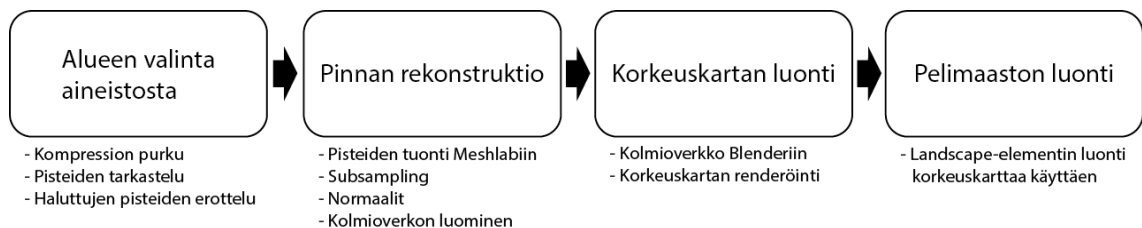
Meshlab tarjoaa muun muassa useat eri tiedoston tuonti- ja vientiformaatit, kolmioverkkomallin muokkaamisen, kolmioverkkomallin siivous- ja korjaustyökalut kuten duplikaattien poiston ja reikien automaattisen täytön sekä pinnan rekonstruoinnin eri algoritmeja käyttäen. (Meshlab 2016.)

Blender. Täysin ilmainen 3D-mallinnusohjelma Blender tukee koko 3D-suunnittelun ja toteutuksen toimintamallia tarjoten kattavat työkalut 3D-mallinnukseen, 3D-animointiin, 3D-simulointiin, fysiikkamallinnukseen ja jopa pelin tekemiseen sisäänrakennetun pelimoottorin avulla.

Blender on alustariippumaton ohjelmisto eli se toimii niin PC:llä, Mac OS:llä kuin myös Linuxilla. Blender on maailmanlaajuisen yhteisön kehittämä 3D-mallinnusohjelmisto, joka toimii GNU General Public Lisenssin alla, mikä mahdollistaa sen hyödyntämisen missä tahansa toiminnassa. (Blender 2016.)

Unreal Engine 4. Epic Games -yhtiön kehittämä Unreal Engine 4 -pelimoottorin neljäs versio on käytettävissä useilla eri alustoilla kuten PC:llä, MAC OS:llä ja Linuxilla sekä yleisimmillä konsoleilla ja mobiililaitteilla. Unreal Engine 4 tukee skriptaukseen C++ -ohjelmointikieltä käyttäen sekä visuaalista skriptaukseen pelin oman Blueprint-systeemin avulla. (Epic Games 2016a.)

3.2 Pistepilven jalostuksen toimintamalli



Kuva 1. Pistepilven jalostuksen toimintamalli.

Kuten aiemmin on mainittu, laserkeilaus ja mallinnus kattavat yksinkertaistettuna seuraavat vaiheet: mittauksien suunnittelu, keilaukset eri suunnista, keilatun 3D-pistepilven rekisteröiminen, pisteaineiston suodattaminen ja kohinan poistaminen sekä varsinaisen kohteen mallinnus (Hyypä ym. 2009,19–20).

Koska tässä työssä käytetään valmiita aineistoja, suurin osa mainituista vaiheista jää pois ja jäljelle jää enää kohteen mallinnus sekä jatkojalostus pelimaailman maastoksi. Voidaan siis käyttää kuvan 1 toimintamallia pistepilven jalostukseen.

LAZ-kompressio. LAS-tiedoston kompressoitua muotoa kutsutaan LAZ-tiedostoksi. Tätä käytetään paljon levytilan säästämiseen. Kompressoitu LAZ-tiedosto vie tietokoneen levyllä tilaa noin viidesosan LAS-tiedostosta. LASTools ohjelmistopakettin laszip-työkalu pystyy purkamaan tämän kompressoinnin. Kompressointia purkaessa kannattaa varmistaa, että kiintolevyllä on tarpeeksi tilaa, sillä suuremmat pistepilvet kasvavat helposti yli gigatavun kokoisiksi (ks. Kuva 5).

Pistepilven tarkastelu. LASTools-ohjelmistopakettissa olevalla lasview-työkalulla pistepilveä voidaan tarkastella ja muokata helposti. Lasview on lisenssin alainen työkalu LASTools-ohjelmistopakettissa. Pistepilven muokkaus lisensoimattomalla lasview-työkalulla edellyttää, että pistepilvi ei ylitä yli miljoonaa pistettä. Lasview on kuitenkin erittäin hyödyllinen työkalu esimerkiksi maastosta laserkeilatun pistepilven tarkasteluun ja eri kohteiden tunnistamiseen erityisesti silloin, kun halutaan rajata aluetta.

Halutun pistekategorian erottaminen materiaalista. LASTools-ohjelmistopakettin työkaluja voidaan ajaa halutuilla parametreilla. Esimerkiksi las2las-työkalulla voidaan lähdemateriaalista luoda uusi LAS-tiedosto, jossa on vain lähdemateriaalin maaston (ground) pisteet. Ennen työkalun ajamista, voidaan lisätä parametrikenttään komento `keep_class 2`, jolla määritellään, että vain luokan 2 (ground) pisteet otetaan mukaan. Samaa parametria voidaan hyödyntää myös las2txt-työkalussa, jolla saadaan suoraan pelkästään lähdemateriaalin maaston pisteet tekstitiedostoon jatkojalostusta varten.

Luokittelut voivat vaihdella riippuen siitä, kuka aineiston on luokitellut eri pistekategorioihin. Lasview-työkalulla voidaan myös helposti tutkia aineiston pisteiden luokittelua.

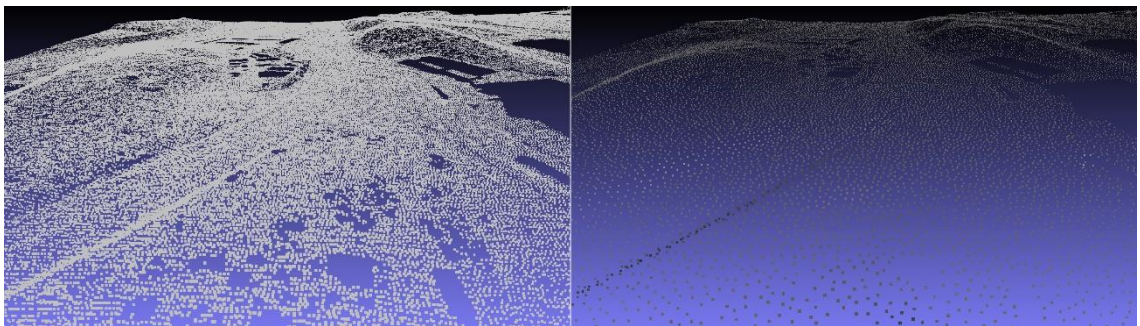
3.3 Pistepilven pinnan rakentaminen

Pistepilven pinta rakennetaan Meshlab-ohjelmalla, joka tarjoaa hyvät työkalut pistepilvien käsittelyyn ja jalostukseen.

Meshlabiin tuonti. Meshlab tukee useita tiedostomuotoja kuten .obj, .stl ja .ply, mutta se voi myös lukea pistepilvidataa suoraan tekstitiedostosta. LASTools-ohjelmistopakettin las2text-työkalulla voidaan haluttu pistepilvialue muuntaa ASCII-tekstitiedostoksi. Tekstitiedostoon voidaan valita pelkästään pisteiden koordinaatit tai halutessa lisäksi esimerkiksi pisteen intensiteetti ja väriarvo riippuen siitä, mitä tarvitsee. Tekstitiedostoon valittu erotin on tärkeä muistaa Meshlabiin tuodessa, sillä tuontivaiheessa väärän erottimen valitseminen tuottaa virheilmoituksen.

Subsampling. Mikäli laserkeilattu kohde on hyvin tarkka ja sisältää paljon pisteitä, sen työstäminen tietokoneella voi olla hyvinkin raskasta ja hidasta. Subsampling-työkalulla voidaan luoda uusi harvennettu pistepilvi, jossa pisteiden määrä on pienempi (Kuva 2). Näin maastosta saadaan vähemmän tarkka, mutta helpommin käsiteltävä. Pisteiden vähentäminen oikeassa määrin on hyvä tapa nopeuttaa tietokoneen laskenta-aikaa.

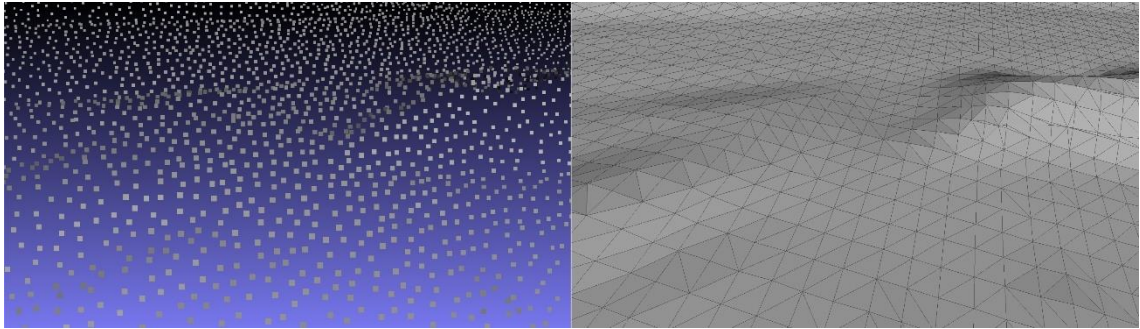
Meshlabin tietyt työkalut, esimerkiksi normaalien laskeminen, eivät ole kovin hyvin optimoituja, ja hyvin suuret pistepilvet saattavat aiheuttaa ongelmia. Normaalien laskeminen pienempään pistepilveen ja niiden siirtäminen alkuperäiseen suurempaan pistepilveen nopeuttaa prosessia huomattavasti.



Kuva 2. Harvennettu pistepilvi.

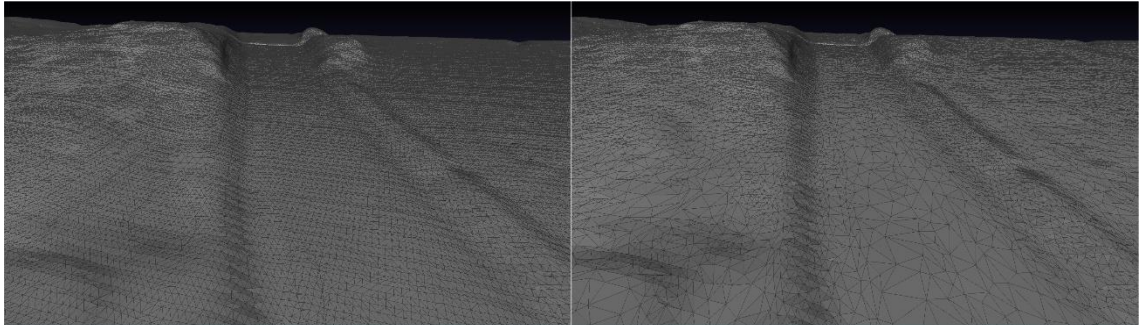
Normaalien laskeminen. Jotta Meshlab ja kaikki muutkin ohjelmistot tietäisivät, että kumpi puoli pisteessä osoittaa sisään ja kumpi ulos, täytyy laskea pisteille normaalit. Mikäli tätä ei tehdä, pistepilven pinnan rekonstruointivaiheessa tulee ongelmia. Lisäksi kuvaa renderöidessä, esimerkiksi Blenderissä, valot voivat heijastua väärin, mikäli normaalit osoittavat väärään suuntaan.

Pistepilven pinnan rakentaminen. Pistepilven pinnan rakentamiseen löytyy useita algoritmeja Meshlabissa. Näistä Poisson-algoritmi vaikuttaa toimivan parhaiten maaston pinnan laskemiseen. Poisson-algoritmi hyödyntää pisteitä ja niiden normaaleja laskeakseen tiiviin kolmioverkon pistepilvelle. (Kuva 3.)



Kuva 3. Pistepilvi ja siitä rakennettu kolmioverkko.

Kolmioverkon harventaminen. Pistepilven ollessa usein hyvin tiheää dataa voi siitä luotu kolmioverkkomalli olla hyvinkin raskas. Työn ja kolmioverkkomallin käsittelyn helpottamiseksi voidaan sitä harventaa Meshlabin avulla. Tämä tapahtuu poistamalla pinnan generointivaiheessa luotuja kolmioita siten, ettei maanpinnan alkuperäinen muoto muutu, mutta kuitenkin vähennetään kolmioverkon tiheyttä paikoista, missä ei tarvita suurta tarkkuutta. Esimerkiksi tasainen katu ei vaadi suurta tarkkuutta, vaan se voidaan mallintaa pienemmällä tarkkuudella. Tällä tavoin kevennetään luotua kolmioverkkoa ja tehdään siitä helpommin käsiteltävä. (Kuva 4.)



Kuva 4. Kolmioverkko harvennettuna.

3.4 Korkeuskartan luominen

Korkeuskartta, englanniksi heightfield tai heightmap, on kuva, joka kertoo pinnan korkeuden tietyssä pisteessä. Korkeuskartta on harmaasävyinen ja yleensä värimaailmaan 8-bittinen tarjoten 256 eri harmaan sävyä korkeuden määrittämiseen. Korkeamman tarkkuuden saavuttamiseksi voidaan värimaailmaa nostaa esimerkiksi 16 bittiin, tarjoten 65536 harmaan sävyä korkeuden määrittämiseen.

Korkeuskartan luomiseen tarkoitettuja työkaluja ovat muun muassa Terraineer, World Machine ja Nem's Mega 3D Terrain Generator. Korkeuskartan voi myös luoda esimerkiksi 3D-mallinnusohjelmalla, kuten Blenderillä tai vaikka Adobe Photoshop -kuvankäsittelyohjelmalla.

Blender tukee useita eri tiedostomuotoja, mutta Meshlabista tuodessa on suositeltavaa käyttää joko .obj- tai .ply-tiedostomuotoja. Korkeuskartta renderöidään Blenderissä ortografista kameraa käyttäen

3.5 Maaston luominen Unreal Engine 4 -pelimoottorissa

Unreal Engine 4 sisältää kattavat työkalut pelimaailman maaston luomiseen, mutta maaston voi luoda myös harmaavärikorkeuskarttaa käyttäen. Karkean korkeuskartan luominen halutusta pelimaailmasta voi nopeuttaa maaston luomisprosessia, sillä vaikka korkeuskartta olisi hieman epätasainen, voidaan nämä kohdat korjata pelimoottorin sisällä myöhemmin maastonmuokkaustyökaluilla. Korkeuskartan käyttö maaston luomisessa mahdollistaa esimerkiksi myös hyvin tarkan, oikeaa maailmaa vastaavan pelimaailman luomisen.

Korkeuskartan vaatimukset. Korkeuskarttaa luodessa eri ohjelmilla, esimerkiksi Photoshopilla, täytyy muistaa muutama sääntö parhaan lopputuloksen saavuttamiseksi. Kuvan täytyy olla joko:

- 16-bittinen, harmaasävyinen .PNG-tiedosto, tai
- 16-bittinen, harmaasävyinen .RAW-tiedosto little endian -muodossa.

Kuvan värin bittisyvyys voi kuitenkin olla esimerkiksi 24-bittinen True Color tai 32-bittinen Deep Color, mutta lopputulos ei välttämättä ole juuri niin kuin pitää. (Epic Games 2016b.)

4 PELIMAILMAN MAASTON LUOMINEN

LASERKEILAUSSAINEISTOSTA

4.1 Laserkeilausaineiston hankinta

Tein esimerkkialueen pelimailmaan maanmittauslaitoksen laserkeilausmateriaalista. Kyseinen laserkeilausmateriaali on sopivan tarkkaa tähän käyttötarkoitukseen ja se on myös valmiiksi siivottua ja kategorioitua pistepilvidataa, mikä helpottaa ja nopeuttaa prosessia huomattavasti. Maanmittauslaitoksen avoimien aineistojen tiedostopalvelusta saatava laserkeilausdata on ilmaista ja avoimesti ladattavissa maanmittauslaitoksen verkkosivustolta.

Alueeksi valittiin ostoskeskus Skanssia ympäröivä alue sen maaston monimuotoisuuden sekä tunnistettavuuden vuoksi.

4.2 Pistepilven valmistelu LASToolsilla

LAZ-pakkauksen purku. Maanmittauslaitoksen laserkeilausaineisto on pakatussa LAZ-muodossa. LAZ-pakkaus täytyy purkaa laszip-työkalulla, joka löytyy LASTools-ohjelmistopaketesta. Tiedostopakkaus purkamisen tuottaa LAS-tiedoston, jota voidaan alkaa työstää.

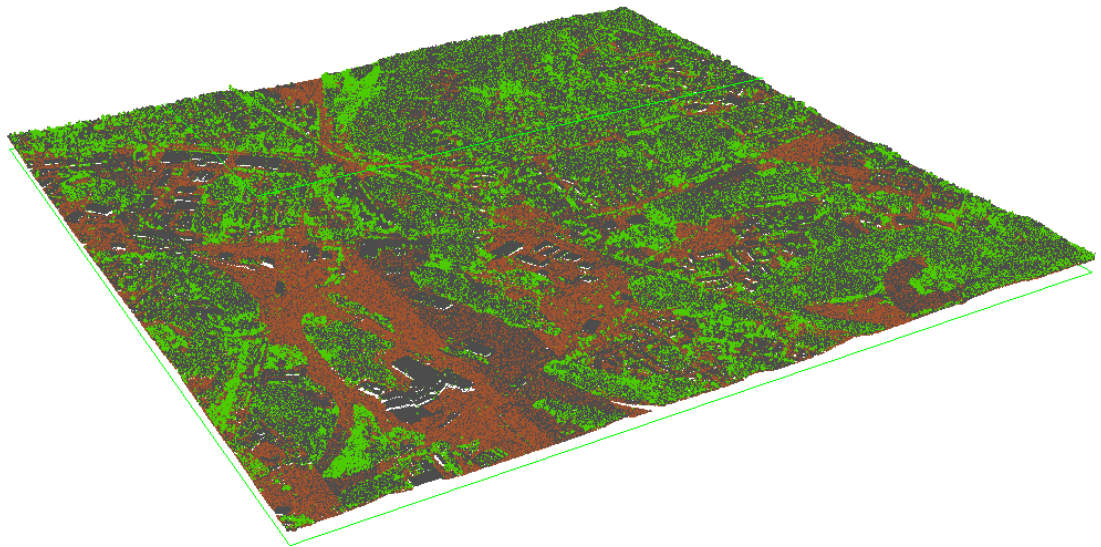
LAZ-tiedostoja purkaessa ja laserkeilausmateriaalia yleisesti käsitellessä on suositeltavaa varata tarpeeksi kiintolevytilaa, sillä tiedostokoot liikkuvat helposti gigatavuissa riippuen pistepilven koosta ja tarkkuudesta. Esimerkkiin valitun pistepilven koko kiintolevyllä kasvoi pakkauksen purkamisen jälkeen 106 MB:stä 566 MB:iin (Kuva 5). (Huhtala 2015, 19–20.)

 L3324D1.las	27.4.2016 16:38	LAS File	579 833 KB
 L3324D1.laz	18.3.2016 10:34	LAZ File	109 439 KB

Kuva 5. Kompression vaikutus tiedostokokoon.

LAS-tiedoston tutkiminen. Luotu LAS-tiedosto voidaan avata tarkastelua varten lasview-ohjelmalla, joka löytyy LAStools-ohjelmistopaketesta. Lasview'n avulla löydetään haluttu Skanssia ympäröivä alue helposti pistepilven vasemmasta alakulmasta (Kuva 6).

Pistepilvestä nähdään myös pisteiden kategorioinnit eri värein. Kategorioinnit voivat vaihdella riippuen siitä, kuka aineiston on luonut. Halutessa voidaan tarkastella pelkästään tietyn kategorian pisteitä oikean hiiren näppäimen alta löytyvästä valikosta. Kuten kuvasta 6 nähdään, on maanmittauslaitoksen laserkeilausmateriaalissa maasto selkeästi kategorioitu ruskealla, kasvillisuus vihreällä ja rakennukset harmaalla.



Kuva 6. Pistepilven tarkastelu lasview-työkalulla.

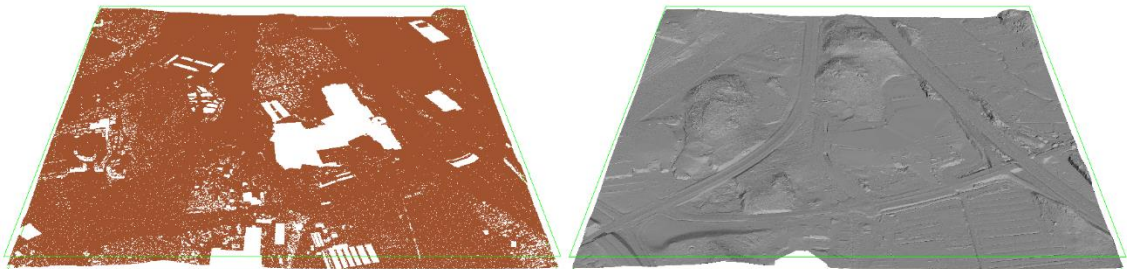
Halutun alueen valinta lähdemateriaalista. Avatusta pistepilvestä voidaan halutessa valita pienempi alue clip input -valintatyökalulla. Clip input -valintatyökalu on erittäin kätevä työkalu, mikäli ei haluta tai tarvita koko pistepilveä. Työkalulla voidaan siis valita pistepilvestä työstettävä alue LAStoolsin muita työkaluja varten. Valinnan jälkeen voidaan valintaa tarkistaa lasview'llä ja korjata sitä tarvittaessa.

Uuden LAS-tiedoston luominen. Yksittäistä uutta LAS-tiedostoa ei aina välttämättä tarvitse tehdä, jos halutaan luoda nopeasti vain pieni alue lähdemateriaalista. Maaston voi erottaa tekstitiedostoksi suoraan las2txt-työkalulla käyttäen `-keep_class 2` -parametria, jolla saadaan vain maaston pisteet. Uuden kevyemmän LAS-tiedoston luominen on

kuitenkin järkevää, jos halutaan valittu alue talteen LAS-muodossa tai jos lähdemateriaali on niin suuri, että siitä halutaan saada pienempi ja kevyempi LAS-muotoinen pistepilvi.

Kun haluttu alue on valittu alkuperäisestä pistepilvestä, ajetaan las2las-työkalu parametrilla `-keep_class 2`. Kyseinen parametri ottaa lähdemateriaalista vain maaston pisteet (Kuva 7). Huomioitavaa on se, että riippuen siitä, mistä materiaali on saatu, kategorian numero saattaa olla eri kuin 2. Maanmittauslaitoksen laserkeilausmateriaalissa maasto kuitenkin on luokka numero 2.

Jos suunniteltu pelimaailma hyvin suuri, kannattaa alkuperäinen pistepilvi jakaa useampaan osaan joko valinnalla ja las2text- tai las2las-työkalulla manuaalisesti tai lastile-työkalulla, jolla voidaan automaattisesti jakaa alkuperäinen pistepilvi osiin. Pienempiä pistepilviä on helpompi käsitellä, ja pelimoottorin puolella maaston jakaminen osiin on hyvä idea, sillä suuret landscape-objektit ovat Unreal Engine 4 -pelimoottorissa raskaita. On järkevämpää jakaa maasto osiin ja näyttää pelaajalle vain ne osat, joita pelaaja tarvitsee. Ennen lastile-työkalun ajoa lisätään parametri `-keep_class 2`, jolla saadaan vain maan pisteet. Lastile-työkalua ei saa käyttää kaupalliseen käyttöön, mikäli käytössä on lisensoimaton LAsTools-ohjelmisto (Rapidlasso 2016).



Kuva 7. Maasto pisteinä sekä kolmioverkkona lasview-työkalussa.

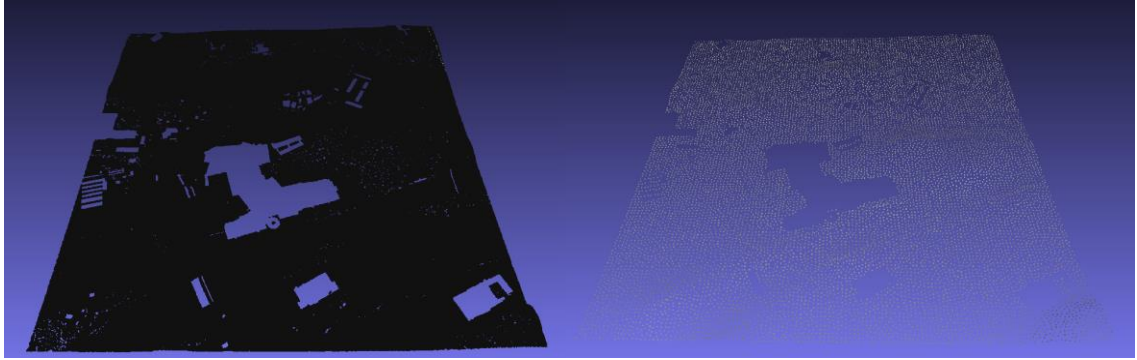
Pistepilven kääntäminen suoraan ASCII-tekstimuotoon. LAS-muotoinen pistepilvi voidaan kääntää suoraan ASCII-tekstimuotoon las2text-työkalulla. Ohjelma luo tekstitiedoston, jossa on listattuna kaikki valitun alueen pisteet. Tiedostoa luodessa on hyvä pistää muistiin, mitä erotinmerkkiä käyttää, eli onko tekstitiedoston data eroteltuna esimerkiksi välilyönnillä, puolipisteellä vai viivalla. Kun tekstitiedosto tuodaan Meshlab-ohjelmaan, oikea erotin täytyy valita tai muuten ohjelma ei osaa lukea sitä.

Las2txt-työkalun parametreiksi riittää pelkät XYZ-koordinaattiarvot. Jos pistepilvessä on mukana väriarvot, voidaan RGB-arvot ottaa mukaan, mikäli ne halutaan Meshlabin puolella rekonstruoida. Maanmittauslaitoksen laserkeilausaineistossa väriarvoja ei kuitenkaan ole, joten ne jäävät pois tästä esimerkkialueesta.

4.3 Pistepilven pinnan rakentaminen Meshlabissa

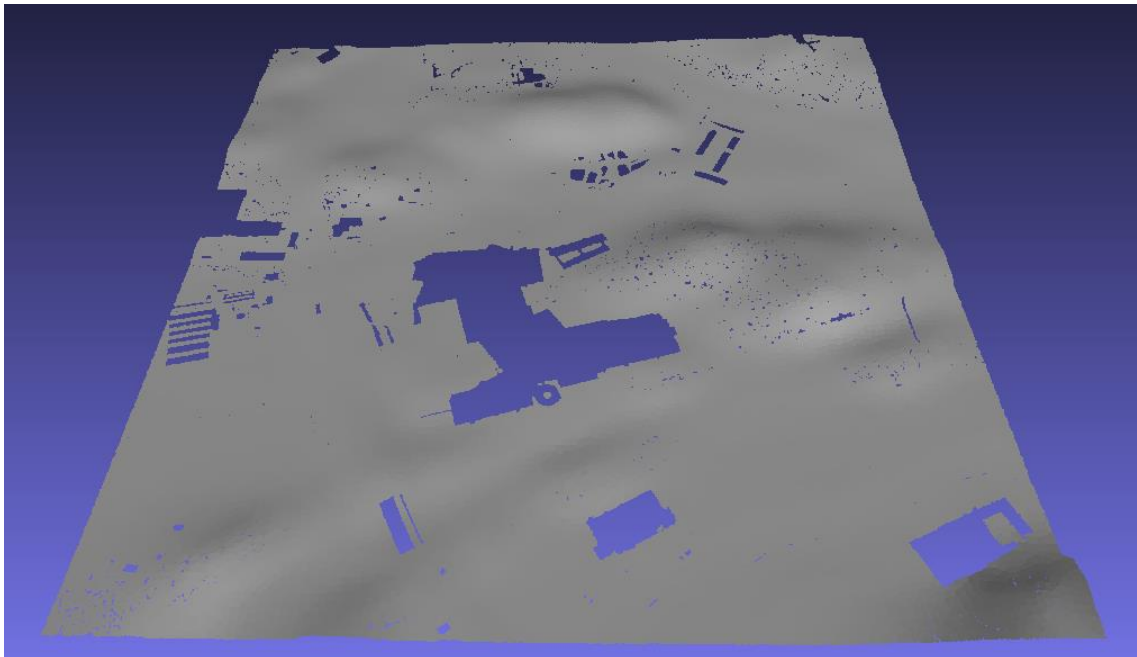
Avaaminen ja valmistelu. Alkuperäisestä aineistosta luotu tekstitiedosto avataan Meshlab-ohjelmassa. Tässä kohtaa valitaan oikea erotin, jotta ohjelma osaa lukea tiedoston oikein. Työn helpottamiseksi on suositeltavaa avata Meshlabin layers-valikko, jolloin työn eri vaiheista on helpompi pysyä kärryllä. Alkuperäisestä pistepilviestä tehdään kopio ja sen jälkeen alkuperäinen piilotetaan. Näin alkuperäinen pistepilvi on aina tallessa, mikäli joitakin askelia täytyy suorittaa uudelleen eri arvoilla parhaan lopputuloksen saamiseksi.

Normaalien laskeminen. Normaalien laskeminen Meshlabissa ei ole hirveän hyvin optimoitua ja se tuottaa yleensä melko huonoja tuloksia, mikäli normaaleja yritetään laskea hyvin suureen pistepilveen. Normaalien laskeminen ja tarkistaminen on paljon helpompaa, kun kyseessä on pieni ja harva pistepilvi. Tämä ongelma voidaan kuitenkin kiertää käyttämällä Meshlabin sampling- ja vertex attribute transfer -työkaluja. Poisson disk-sampling on tähän tarkoitukseen parhaiten toimiva subsampling-työkalu, jolla voidaan harventaa alkuperäinen pistepilvi halutussa suhteessa pienentäen sen pistetiheyttä kuten kuvassa 8 esitetään. Tämän jälkeen harvennetun pistepilven normaalit lasketaan ja siirretään alkuperäiseen pistepilveen vertex attribute transfer -työkalulla. Normaaleja siirrettäessä alkuperäisen pistepilven ylimääräiset normaalit suunnataan pienemmän pistepilven normaaleja hyväksikäyttäen samaan suuntaan. Poisson disk-sampling -työkalua käytettäessä täytyy muistaa valita base mesh subsampling -parametri.



Kuva 8. Alkuperäinen pistepilvi ja harvennettu pistepilvi lasketuilla normaaleilla.

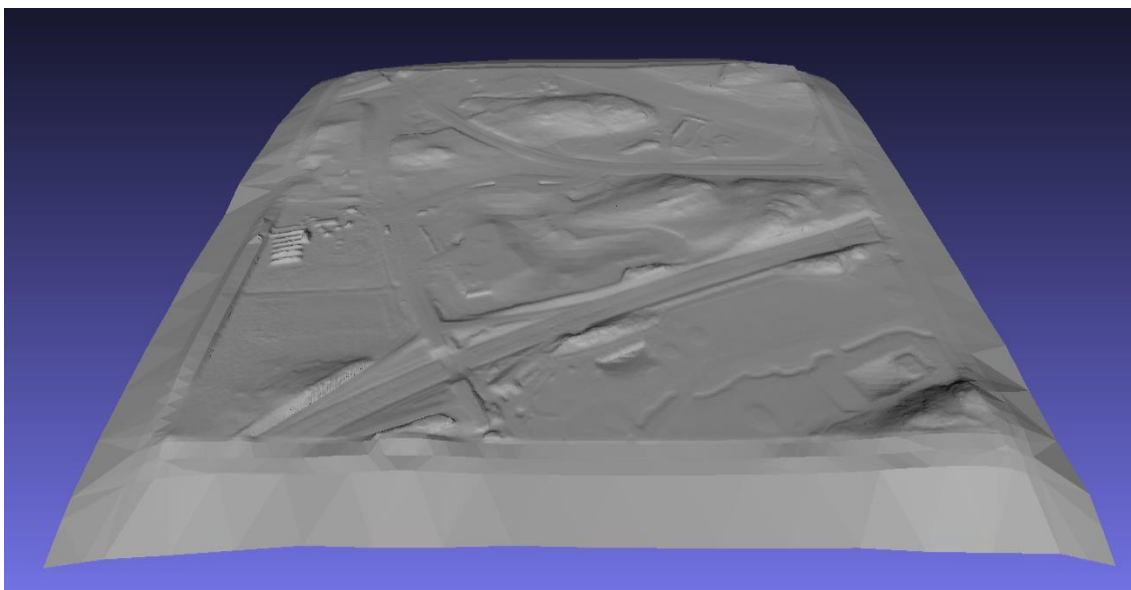
Pisteet, joille ei vielä ole laskettu normaaleja, näkyvät mustina (Kuva 8). Normaalien laskemisen jälkeen pisteen valkoinen puoli osoittaa ylös ja musta alas (Kuva 8 ja 9). Normaaleja laskettaessa määritellään jokin naapuripisteiden määrä, minkä suhteen normaalit lasketaan. Tähän voidaan kokeilla eri arvoja pistepilven koosta riippuen. Pieneen ~10000–20000 pisteen pilveen yleensä riittää arvoksi 100, mutta suurempikin arvo voi olla tarpeen pistepilven kompleksisuudesta riippuen.



Kuva 9. Pienen pistepilven normaalit siirrettynä alkuperäiseen.

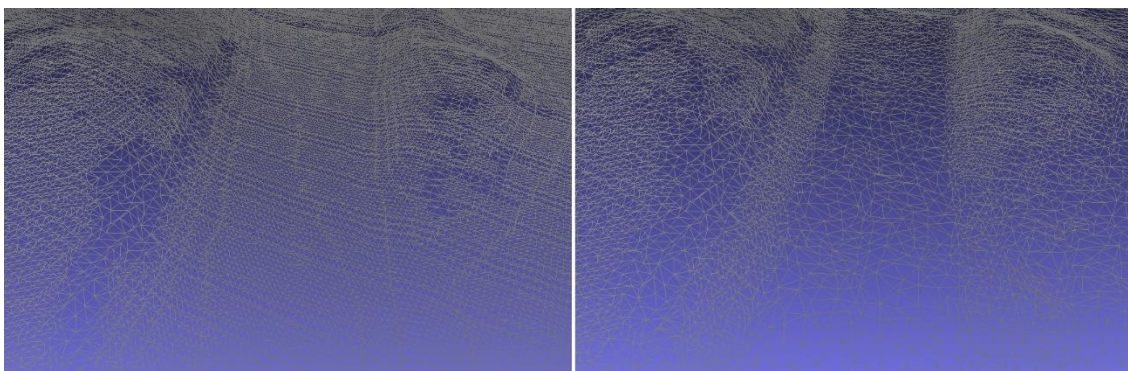
Pinnan rakentaminen. Kun pistepilveen on laskettu normaalit, voidaan siihen rakentaa pinta niitä hyväksikäyttäen. Pistepilven pinta rakennetaan Poisson-pintarekonstruktio-

työkalulla niin hyvillä arvoilla kuin vain pystytään. Tuotoksessa saattaa näkyä ylimääräistä "roskaa", joka on vain Poisson-algoritmin tuotosta. Mikäli sitä ei esiinny häiritsevästi luodun pinnan yläpuolella tai sen sisällä, voidaan sen antaa olla. Mikäli ylimääräistä "roskaa" tulee paljonkin, voidaan sitä joko siivota tai yrittää pinnan rekonstruktioita uudelleen hieman eri parametreilla. Suuren mallin käsitteleminen Meshlabissa on kuitenkin melko hankalaa ja hidasta, ellei käytössä ole erittäin tehokas tietokone. (Kuva 10.)



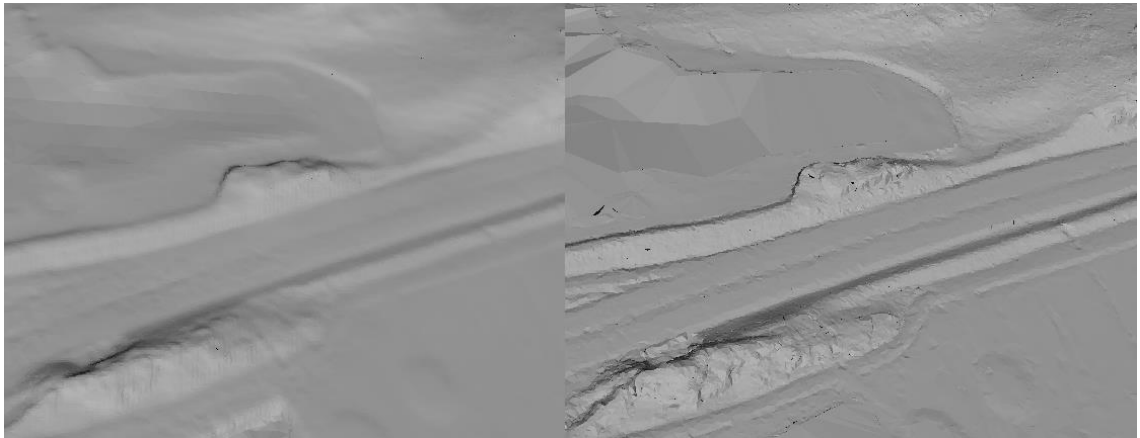
Kuva 10. Pistepilvi Poisson-pintarekonstruktion jälkeen.

Jos pistepilvi on hyvin tiheä kuten esimerkialueessa, myös kolmioverkosta tulee tiheä ja raskas. Kuten kuvassa 11, kolmioverkkoa voidaan siistiä ja yksinkertaistaa harventamalla sitä Quadratic Edge Collapse Decimation -työkalulla ilman, että alkuperäinen muoto muuttuu. Tämä helpottaa työtä myös siirryttäessä Blenderin puolelle, sillä kevyempää 3D-mallia on helpompi käsitellä. (Shapeways 2016.)



Kuva 11. Quadratic Edge Collapse Decimation ennen ja jälkeen.

Pinnan rekonstruktio vääristää hieman tulosta pyöristämällä lasketun kolmioverkon pinta-
taa pehmeämmän lopputuloksen saamiseksi. Mikäli kolmioverkosta halutaan täysin sa-
manlainen kuin pistepilvi osoittaa, voidaan tässä kohtaa vielä siirtää alkuperäisen piste-
pilven geometria luodun kolmioverkon päälle vertex attribute transfer -työkalulla (Kuva
12). Tämä muokkaa kolmioverkon pinnan kulkemaan täsmälleen alkuperäisiä pisteitä
pitkin. Yleensä tämä kuitenkin luo kolmioverkon pinnasta ehkä turhankin tarkan, mikä
saattaa näkyä ylimääräisenä rosoisuutena, kun korkeuskarttakuva viedään pelimootto-
riin.

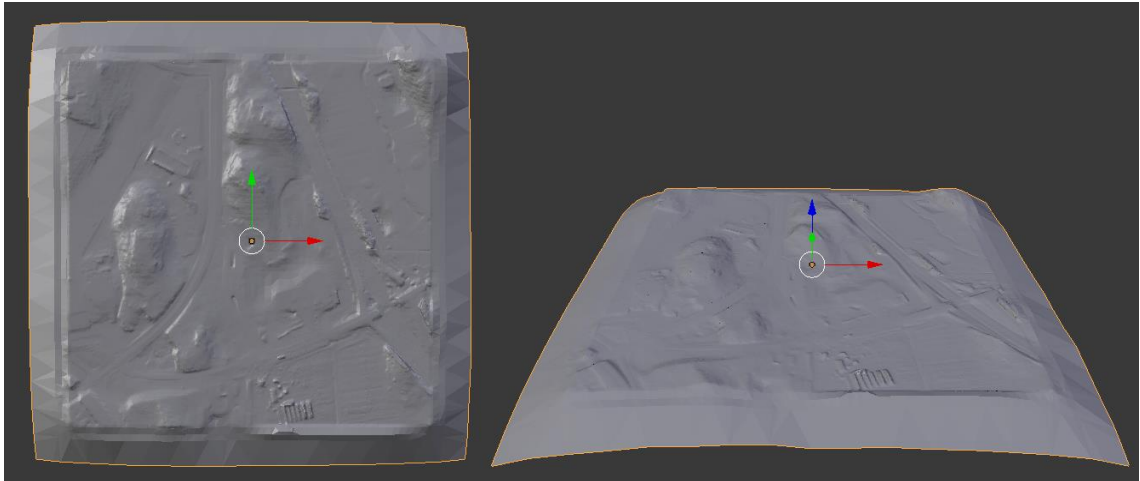


Kuva 12. Geometrian siirto.

Kun on saatu aikaan toivottu lopputulos, viedään 3D-malli ulos Meshlabista esimerkiksi
.ply-formaatissa. Mallia vietäessä on tärkeää muistaa ottaa mukaan normaalidata.

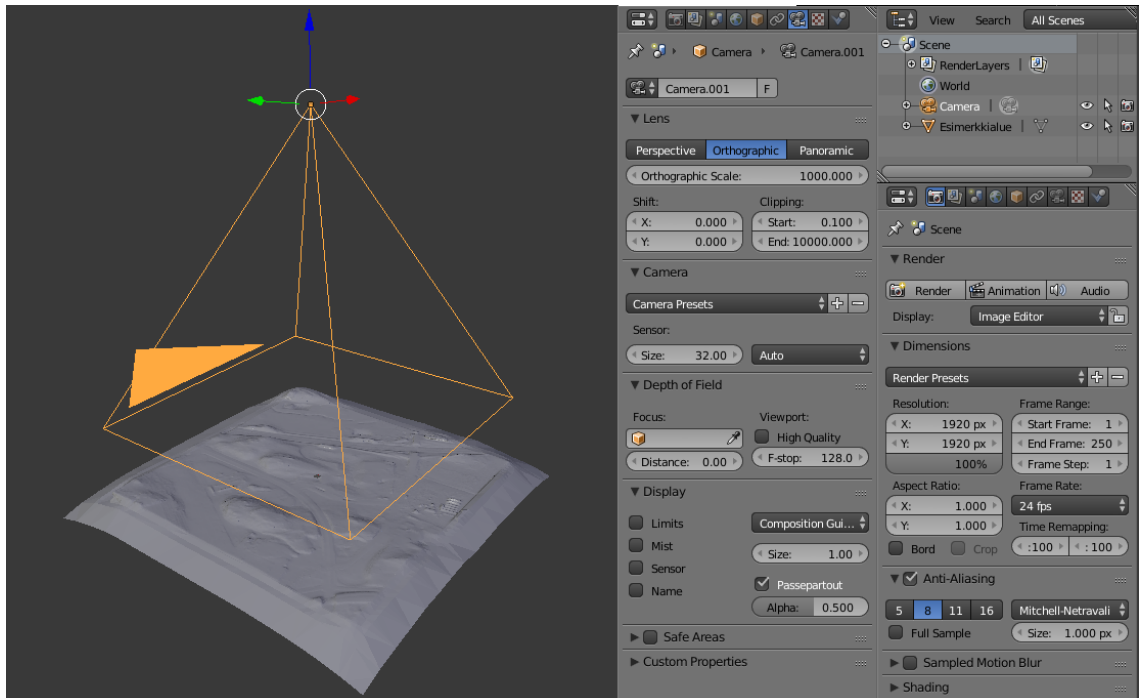
4.4 Korkeuskartan luominen Blenderissä

Kun luotu 3D-malli tuodaan Blenderiin, se on todennäköisesti niin suuri, että joten näky-
män Clip-arvoa täytyy kasvattaa merkittävästi, jotta saadaan koko 3D-malli näkyviin.
Tuodun mallin origo, eli pivot-piste, ei todennäköisesti myöskään ole keskellä mallia niin
kuin pitäisi olla ja ei senkään takia ole näkyvissä. Tämän korjaaminen onnistuu helpoiten
tuomalla Blenderin 3D-kursori näkymän keskelle ja siirtämällä tuodun 3D-mallin origin-
piste samaan kohtaan. Tämän jälkeen siirretään 3D-mallin geometria origin-pisteeseen.
Nyt 3D-mallin pitäisi olla näkymän keskipisteessä (Kuva 13).



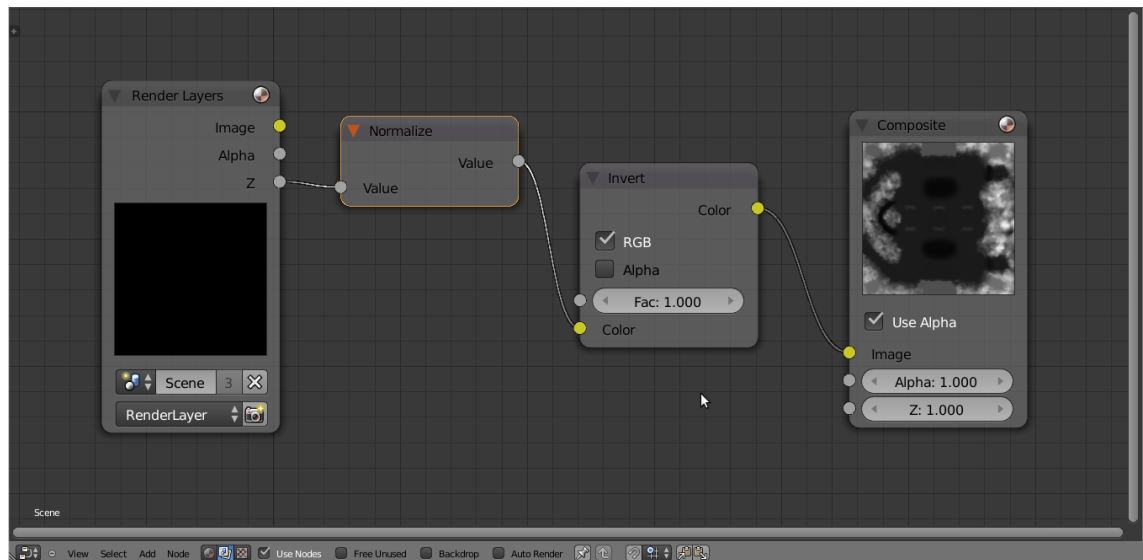
Kuva 13. Luotu 3D-malli Blenderissä.

Luodaan kamera ja osoitetaan se 3D-mallin pintaa kohden. Kameraksi valitaan ortografinen linssi ja asetetaan skaala niin, että saadaan haluttu alue kuvaan. Mikäli 3D-mallia ei ole skaalattu pienemmäksi, on malli niin suuri, että kameran clip-arvoa täytyy kasvattaa, jotta koko 3D-malli saadaan näkyviin. Tämän jälkeen valitaan vielä renderöinnin asetukset ja mittasuhteet (Kuva 14).



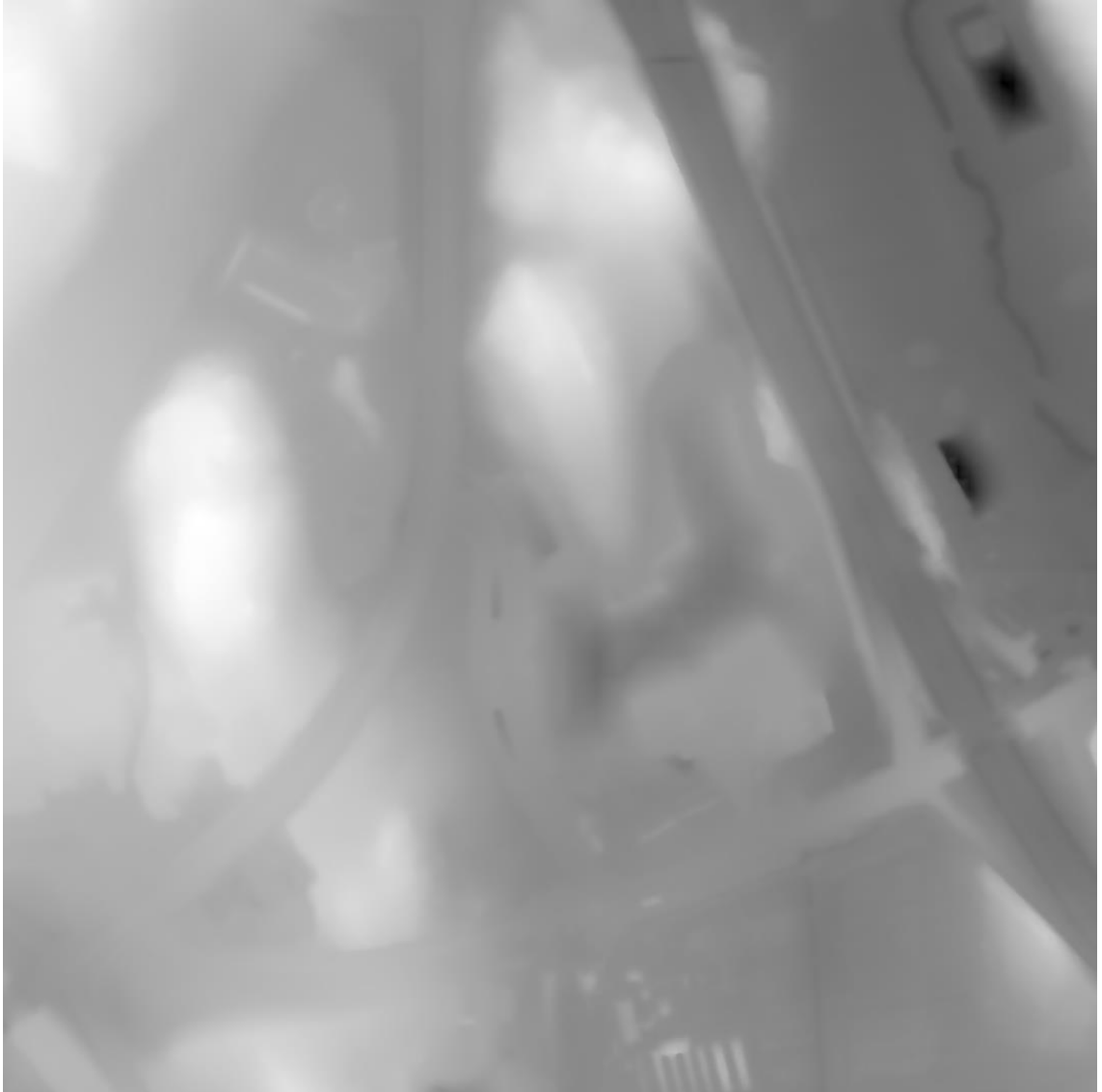
Kuva 14. Blenderin renderöintiasetukset.

Kuten kuvassa 15, siirrytään Node editor -näkömään. Valitaan compositor nodet käyttöön ja lisätään näkömään nodet Vector/Normalize sekä Color/Invert (Springrts 2016).



Kuva 15. Blenderin Node Editor -asetukset.

Asetusten asettamisen jälkeen suoritetaan renderöinti. Tallennetaan kuva asetuksilla BW (mustavalko), 16-bittinen värimaailma ja 100-%:inen kompressio. Tätä mustavalkoista korkeuskarttakuvaa voidaan nyt käyttää Unreal Engineissä maaston luomiseen (Kuva 16).

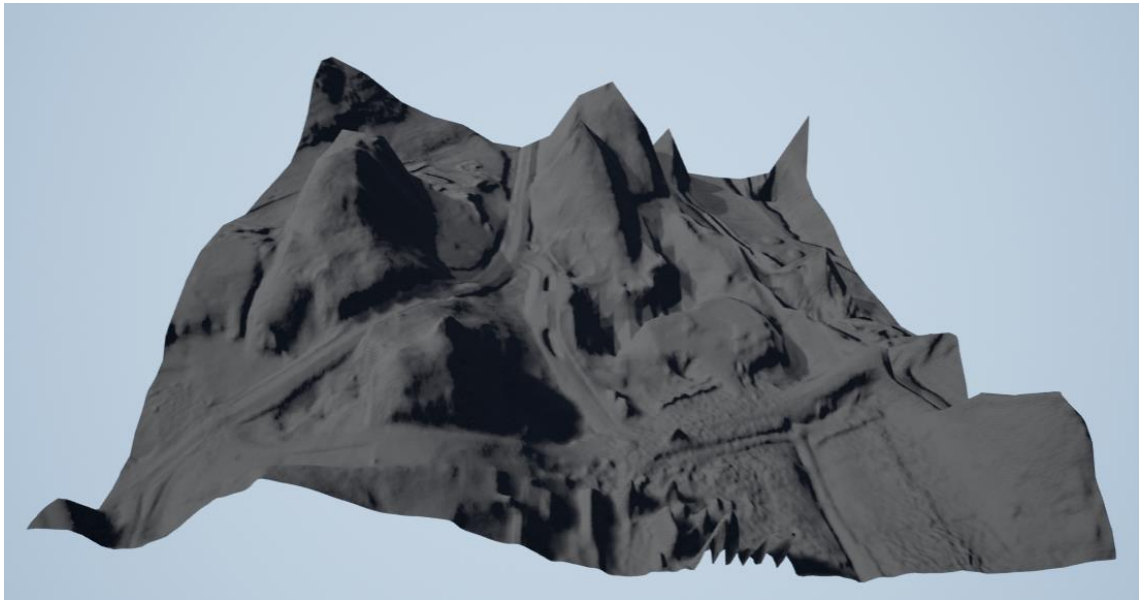


Kuva 16. Renderöity korkeuskartta.

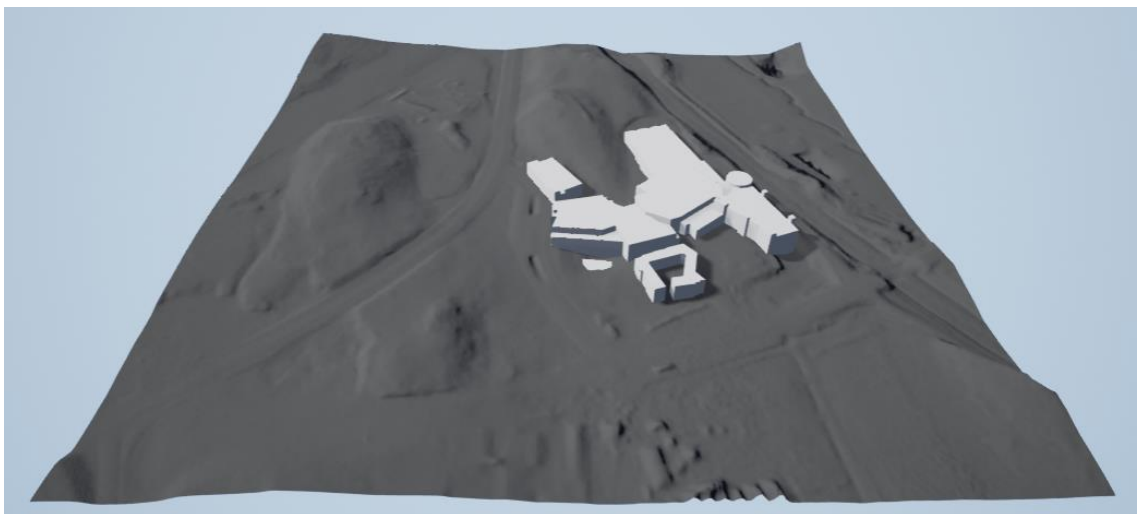
4.5 Maaston luominen Unreal Engine 4:ssä

Unreal Engine 4 -pelimoottorin landscape-työkalu mahdollistaa helpon maaston luomisen. Maastoa voidaan myös vapaasti muokata tarpeiden mukaan erilaisia muotoilutyökaluja käyttäen. Maasto voidaan luoda joko käsin muotoilemalla tasaisesta maastoelementistä tai kuten tässä työssä, käyttämällä korkeuskarttakuvaa, joka määrittää maaston pinnan muodon.

Uutta landscape-elementtiä tehdessä valitaan Import from file -valinta, jotta voidaan käyttää aiemmin luotua korkeuskarttakuvaa. Haetaan aiemmin luotu korkeuskarttakuva, halettu materiaali ja valitaan Fit to Data, jolloin Unreal Engine itsestään sovittaa korkeuskarttakuvan ja landscape-elementin toisiinsa parhaalla mahdollisella tavalla. Import-painikkeella luodaan maasto Unreal Enginen pelimaailmaan. Joskus Unreal Engine tulkitsee koordinaatiston Z-akselin väärin ja vääristää maastoa, mutta tämä voidaan korjata muokkaamalla maaston Z-akselin skaalan arvoa, kunnes maasto näyttää oikealta (Kuva 17 ja 18).



Kuva 17. Z-skaala väärin.



Kuva 18. Z-skaala korjattuna. Skanssin 3D-malli lisätty havainnollistamaan aluetta.

5 YHTEENVETO

On sanomattakin selvää, että tässä työssä esitelty toimintamalli, joka hyödyntää ilmaisia työkaluja pistepilvien jalostukseen, on paljon työläämpi ja rajoitetumpi kuin ammattilaiskäyttöön tarkoitetuilla työkaluilla tehtävä toimintamalli. Ammattilaistason työkalujen kalliit lisenssimaksut ovat varmasti monen harrastelijan lompakolle liikaa. Lisäksi pistepilven käsittelyn kokorajoitus asettaa selkeät rajoitteet työn laajuudelle. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, etteikö ilmaisilla ohjelmistoilla saisi hyvää jälkeä aikaan. Tätä opinnäytetyötä tehdessäni ja pistepilvien jalostuksen toimintamallia käyttäessäni olen huomannut, että lopputuloksesta voidaan saada hyvin realistinen.

Kuka siis voisi hyötyä tällaisesta pistepilvien jalostuksen toimintamallista? Opiskelijat ja harrastelijat, jotka haluavat pienessä mittakaavassa hyödyntää projekteissaan pistepilvidataa, ovat yksi hyvä kohderyhmä. Pelimaailman luominen on vain yksittäinen mainio esimerkki pistepilvien hyötykäytöstä. Mediatekniikan alalla pistepilvien jatkojalostuksella on loputtomat mahdollisuudet. Pienet yritykset, joilla ei ole resursseja tai tarvetta ammattilaistason ohjelmistoille, voisivat myös hyötyä paljonkin tällaisesta ilmaisesta vaihtoehdosta. Esimerkiksi pienet arkkitehtifirmat voisivat visualisoida asiakkaalle suunnitelmiaan helpottaen näin asiakkaan päätöksen tekoa, kun mahdollinen lopputulos nähdään konkreettisesti.

Tätä toimintamallia voi myös soveltaa ja hyödyntää esimerkiksi Xbox One Kinectillä skannattujen objektien sekä pintojen mallintamiseen. Tämä voisi mahdollistaa esimerkiksi kasvojen skannaamisen ja mallintamisen 3D-malliksi.

Tässä opinnäytetyössä esitetyn pistepilvien jatkojalostuksen toimintamalli sopii ehkä parhaiten mediatekniikan alan osaajalle. Kuvankäsittelyn, 3D-mallinnuksen termien ja toimintatapojen tunteminen sekä tietotekniikan alan tuntemus ovat erityisesti hyödyksi työn eri vaiheissa. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, etteikö kuka tahansa voisi tässä onnistua. Toimintamalli ei lopulta ole kovinkaan monimutkainen, joten uskon, että pienellä panostuksella ja kärsivällisyydellä melkein kuka tahansa voisi onnistua esimerkiksi pelimaailman luomisessa pistepilvidatasta.

Entä olisiko järkevää käyttää ilmaisia ohjelmistoja pistepilvien jatkojalostukseen suurissa projekteissa, vaikka resurssit riittäisivätkin ammattilaistason ohjelmistoihin? Ammattilais-

työkaluilla saa aikaan parempaa jälkeä lyhyemmässä ajassa ilmaisiin ohjelmistoihin verrattuna. Mahdollisuus työstää suurempia pistepilviä, paremmat työkalut sekä silkkä ajansäästö maksavat lisenssimaksun melko nopeasti takaisin ja tekevät näin ollen ammattilaistason ohjelmistoon sijoittamisen järkeväksi.

Loppujen lopuksi, mikäli on varaa hankkia ammattilaiskäyttöön tarkoitettuja työkaluja pistepilvien jatkojalostusta varten, se kannattaa. Mutta mikäli on tarve hyödyntää pistepilviä pienemmässä mittakaavassa, niin onnistuu se ilmaisia ohjelmistoja hyödyntäen ilman, että lopputuloksen laadusta joutuu hirveästi tinkimään.

LÄHTEET

Blender 2016. Viitattu 24.3.2016 <https://www.blender.org/about/>.

Cronvall, T.; Kråknäs, P. & Turkka, T. 2012. Laserkeilauksen käyttö liikennetunneleiden kunnossapidon hallinnassa. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 41/2012. Helsinki: Liikennevirasto. Viitattu 18.8.2016 http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lts_2012-41_laserkeilauksen_kaytto_web.pdf.

Epic Games 2016a. Unreal Engine 2016. Viitattu 18.8.2016 <https://www.unrealengine.com/what-is-unreal-engine-4>.

Epic Games 2016b. Unreal Engine. Creating and Using Custom Heightmaps and Layers. Viitattu 18.8.2016 <https://docs.unrealengine.com/latest/INT/Engine/Landscape/Custom/index.html>.

Faro 2016. Faro Scenect. Viitattu 24.3.2016 <http://www.faro.com/scenect/scenect>.

GISgeography 2016. Top 6 Free LiDAR Data Sources. Viitattu 24.3.2016 <http://gis-geography.com/top-6-free-lidar-data-sources/>.

Huhtala, R. 2015. Pistepilven hyötykäyttö tietomallinnuksessa. Opinnäytetyö. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu. Viitattu 23.7.2016 https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/89812/Huhtala_Roope.pdf?sequence=1.

Hyyppä, H.; Ahlavo, M. & Kukko, A. 2009. Lähilaserkeilauksella kohde kolmiulotteiseksi. Positio 1/2009. Viitattu 10.11.2016 https://www.paikkatietoikkuna.fi/c/document_library/get_file?uuid=b9b082a3-7c49-47ee-8d34-238b5ef688c3&groupId=108478.

Joala, V. 2006. Laserkeilauksen perusteita ja mittauksen suunnittelu. Espoo: Leica Nilomark Oy. Viitattu 23.7.2016 <https://drive.google.com/file/d/0B3MfAq-wXowIN2Q4MzJIYjktZTA5Ni00ZGMylTikOWUtNTQzMdIwZTI3NDVm/view>.

Kari, V. 2011. Laserkeilaus ja pistepilven käsittely ydinvoimarakentamisessa. Opinnäytetyö. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu. Viitattu 23.7.2016 https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/26876/Kari_Veera.pdf?sequence=1.

Leskinen, A. 2016. 3D-asiaa. Luentomateriaali. Turku: Turun kaupunki.

Maanmittauslaitos 2016a. Avoimien aineistojen tiedostopalvelu. Viitattu 13.5.2016 <https://tiedostopalvelu.maanmittauslaitos.fi/tp/kartta>.

Maanmittauslaitos 2016b. Laserkeilaus. Viitattu 13.5.2016 www.maanmittauslaitos.fi > Ammatilaisille > Maastotiedot > Maanmittauslaitoksen kaukokartoitus > Laserkeilaus.

Maanmittauslaitos 2016c. Laserkeilaustekniikka. Viitattu 13.5.2016 www.maanmittauslaitos.fi > Ammatilaisille > Maastotiedot > Maanmittauslaitoksen kaukokartoitus > Laserkeilaus > Laserkeilaustekniikka.

MeshLab 2016. Viitattu 23.7.2016 <http://meshlab.sourceforge.net/>.

Pekkala, J. 2015. 3D-laserkeilausaineiston hyödyntäminen inframallintamisen yhteydessä ja sen lopputuotteen laadun varmistaminen. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 58/2015. Helsinki: Liikennevirasto. Viitattu 18.8.2016 http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lts_2015-58_3d-laserkeilausaineiston_web.pdf.

Rapidlasso 2016. LASTools License. Viitattu 24.3.2016 <http://www.cs.unc.edu/~isenburg/lastools/LICENSE.txt>.

Shapeways 2016. Polygon Reduction with Meshlab. Viitattu 18.8.2016 http://www.shapeways.com/tutorials/polygon_reduction_with_meshlab.

Springrts 2016. Mapdev: howto height blender. Viitattu 18.8.2016 https://springrts.com/wiki/Mapdev:howto_height_blender.