

PISTEPILVIAINEISTON KÄSITTELYOHJELMIEN VERTAILU

VR Trackin ratamittauksen tarpeisiin

Suvi Ylitörmänen

Opinnäytetyö
Tekniikka ja liikenne
Maanmittaustekniikka
Insinööri (AMK)

2018

Tekniikka ja Liikenne
Maanmittaustekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Suvi Ylitörmänen	Vuosi	2018
Ohjaaja	Timo Karppinen		
Toimeksiantaja	VR Track Oy		
Työn nimi	Pistepilviaineiston käsittelyohjelmien vertailu		
Sivu- ja liitesivumäärä	32		

Opinnäytetyön tavoitteena on löytää sopiva ohjelma suurien pistepilviaineistojen käsittelyyn ja jatkojalostukseen VR Trackin mittauksen tarpeisiin. Toisena tavoitteena pohdittiin, miten ratkaistaan isojen pistepilvi aineistojen arkistointi ja jatkokäyttö VR Trackin mittausprojektien tuomiin haasteisiin.

Tutkimuksessa käytettiin lähteenä sekä internetistä löytyvää että painettua materiaalia. Ratkaisua etsittiin siihen, mitkä tekijät vaikuttavat pistepilviaineiston käsittelyohjelman valintaan ja samalla työtä tehdessä pohdittiin, miten lähtötietomallin aineistosta saataisiin helposti havainnekuva, jota olisi helppo muuttaa projektin edetessä. Käytännön tutkimusaineistona käytettiin VR Trackin Riihimäen ratapihasta kokoamaa lähtötietomallia ja tähän liittyvää aineistoa.

Lopputuloksena huomattiin, että oikean laserkeilausaineiston käsittelyohjelman valintaan tulee käyttää aikaa perusteellisemmin. Opinnäytetyötä tehdessä aika oli rajoitettu, joten kaikkien ohjelmien potentiaali ei käynyt ilmi. Yrityksen suunnitelmat uuden kaluston hankintaan tulee ottaa huomioon, kun ohjelmia mietitään. Lisäksi mitattu kohde ja tavoiteltava lopputuote määrittävät ohjelmistoja. VR Trackin mittaus jäi työn jälkeen vielä pohtimaan vaihtoehtojaan.

Avainsanat

laserkeilaus, pistepilvi

Technology, Communication and Transport
Degree Programme in Land Surveying
Bachelor of Engineering

Author	Suvi Ylitörmänen	Year	2018
Supervisor	Timo Karppinen		
Commissioned by	VR Track Oy		
Subject of thesis	Comparison of Point Cloud Editing Programs		
Number of pages	32		

The objective of this thesis was to find a suitable software for processing large point cloud data for the needs of VR Track's survey department. Another objective was to discuss how to solve the storage and the continuous usage for challenging measurement projects.

In this study information from the Internet and printed material was used as a source. Solutions were searched for the factors that affect the selection of the point cloud editing software. In addition, it was discussed how the information from the initial data model can be used as a 3D illustration that could be easily editable during the projects. The data collected from the Riihimäki railway yard by VR Track was used as the research material.

As a result, it was discovered that the selection of the proper laser scanning data editing software needs more thorough research. Due to the limited time period, the potential of all the software could not be found out. The plans of the company to acquire new laser scanning equipment should be taken into account when purchasing the software. Furthermore, the measured target and the desired result define software. VR Track is currently considering the options presented in this thesis.

Key words

laser scanning, point cloud

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	VR TRACK OY	8
3	TAUSTA.....	9
3.1	Laserkeilaus ja inframallinnus.....	9
3.2	Riihimäen ratapihan lähtötietomalli	10
3.3	Lähtöaineisto	11
5	LASERKEILAUS INFRAHANKKEISSA	12
5.1	Laserkeilauksen periaate.....	12
5.2	Laserkeilausmenetelmät.....	12
5.3	Laserkeilauksen laatuun vaikuttavat tekijät.....	13
5.4	Laserkeilauksen edut ja heikkoudet.....	14
6	PISTEPILVIAINEISTON KÄSITTELY	16
6.1	Ohjelmat ja tiedostomuodot	16
6.1.1	Leica Geosystems Oy	16
6.1.2	Terrasolid Oy.....	18
6.1.3	Trimble Solutions Oy.....	19
6.2	Vaatimukset ja pistemäärät	20
6.3	Ohjelmien vertailu	23
7	VR TRACKIN MITTAUKSEN TARPEET.....	28
7.1	Tavoitteet.....	28
7.2	Vastauksia haasteisiin	28
8	POHDINTA	30
	LÄHTEET.....	31

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

3D-mallinnus	3D-mallinnus eli kolmiulotteinen mallinnus tarkoittaa tietokoneavusteista kolmiulotteista suunnittelua tietokoneen kuvaruudulla.
3D-pistepilvi	Laserkeilaimella tuotettu kolmiulotteinen malli, joka koostuu yksittäisistä pisteistä.
BIM	Building Information Modeling, tietomallintaminen on toimintatapa, jolla parannetaan suunnittelutiedon hallintaa ja mahdollistetaan johdonmukainen tietojen hyödyntäminen rakentamisessa.
IFC–formaatti	Suunnitteluohjelmien tiedoston tallennusmuoto, joka sisältää tiedon rakennusosien muodoista ja ominaisuuksista.
Kolmioverkko	Kolmioverkko luodaan yhdistämällä XYZ-koordinaatissa olevat pisteet lähimpiin pisteisiin. Kolmioverkon muotoa ohjataan esimerkiksi taiteviivoin tai muuttamalla kolmioverkon laskennassa käytettyjä laskusääntöjä ja laskennan parametrejä.
Laserkeilain	Laite, joka lähettää laservalon säteen kohteeseen ja rekisteröi paluusignaalin voimakkuuden (intensiteetti). Keilaimen alusta voi liikkua mittauksen aikana (helikopteri, lentokone, auto) tai pysyä paikallaan (maalaserkeilaus).
Laserkeilaus	Kaukokartoitusmenetelmä, jossa etäisyyden mittaus perustuu lidar-tekniikkaan (light detecting and ranging).

Keilainkeskiset XYZ-koordinaatit lasketaan mitatun etäisyyden sekä säteen vaaka- ja korkeuskulman perusteella

Leica Cyclone

Ohjelmisto pistepilvien käsittelyyn.

Maastomalli

Kolmiulotteinen matemaattinen malli, joka syntyy maastoon mitattujen pisteiden perusteella. Malli pyrkii kuvaamaan riittävällä tarkkuudella maanpinnan korkeussuhteita. Maastomalli on suunnittelutyössä tarvittava lähtöaineisto.

Pistepilvi

Katso 3D-pistepilvi.

Tietomalli

Rakennuksen ja rakennusprosessin koko elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuus digitaalisessa muodossa. Tämän kolmiulotteisen tietokonemallin tarkoituksena on koota kaikki tarvittava tieto yhteen, jotta tiedon hyödyntäminen on helppoa.

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössäni perehdyin syvemmin laserkeilausaineiston käsittelyyn. Tilaa-jana työssä toimi VR Track, joten keilausaineiston editoinnin ja mallintamisen lisäksi hain vastauksia VR Trackin mittausosaston kokemiin haasteisiin ja tulevaisuuden tarpeisiin aineiston arkistoinnin jatkokäytön suhteen. Opinnäytetyön tarkoituksena oli löytää mittauksen tarpeita vastaava ohjelma, eikä vertailla niiden keskinäistä paremmuutta.

Opinnäytetyöni alkoi tutustumalla erilaisiin mallintamista koskeviin aineistoihin internetin ja kirjallisuuden avulla. Kävin palaverissa VR Trackin mittausosaston edustajien kanssa läpi heidän toiveet ja tarpeet opinnäytetyöhöni liittyen. Suunnittelun mittausosaston asettamien lähtökohtien lisäksi halusin lisäksi perehtyä aiheeseen yleisemmälläkin tasolla ja oppia itsekin käsittelemään ja tuottamaan mallinnusaineistoa.

Suurimpana haasteena koin kohtalaisen tiukan aikataulun. Koska työn aihepiiri oli minulle uusi, vei aiheeseen perehtyminen runsaasti aikaa. Myös ohjelmien lissenssien maksullisuus toi osaltaan haasteita opinnäytetyön tekemiseen.

2 VR TRACK OY

VR Groupin tytäryhtiö VR Track Oy on Suomen suurin radanrakentaja sekä yksi suurimmista infra-alan rakennusliikkeistä ja suunnittelutoimistoista. VR Track Oy:llä on toimintaa myös Ruotsissa ja Virossa. VR Track Oy:n henkilöstöön kuuluu noin 1 700 henkilöä, mittausyksikkö koostuu 24 henkilöstä. Mittausyksikkö on pieni osa VR Track Oy:tä, mutta sillä on suuri merkitys rautatien käytön ja kunnossapidon kannalta. (Vr Track Oy 2018.)

Mittausyksikkö koostuu neljästä alueesta: Etelä-, Itä-, Länsi- ja Pohjois-Suomesta. Jokaisen alueen toiminnasta vastaa oma aluevastaava, jolla on alaisuudessaan mittausyöntekijöitä. Mittausyksikön tärkeimpiä tehtäviä ovat mittausperustan ylläpito sekä raiteenkartoitus suunnittelulle ja kunnossapidolle. Mittausperustan kunnan merkitys on noussut suureksi lähtötietomalleja koostaessa.

3 TAUSTA

3.1 Laserkeilaus ja inframallinnus

VR Track Oy on muiden infra-alan toimijoiden mukana osoittanut suuresti kiinnostusta erilaisten suunnittelumallien käyttämiseen. Yhteis- ja kehitystyötä on tehty yhdessä eri yritysten ja toimijoiden kesken. Parhaimmillaan infra-alan toimijat pystyvät parantamaan toimintansa tuottavuutta, laatua ja kustannustehokkuutta. Yleiset inframallivaatimukset saatiin koottua keväällä 2015 ja sen jälkeen on tehty paljon parannusta ja kehitystyötä päivitettyihin ohjeisiin tavoitteena inframallintamisen tehokas hyödyntäminen.

Inframallilla kuvataan kohdetta digitaalisesti ja se havainnollistetaan kolmiulotteisesti sisällyttäen ominaisuustietoja. Infratietojen kuvaaminen, käsitteleminen ja tiedonsiirto tapahtuvat tietokonesovelluksia hyödyntämällä niille tulkittavassa muodossa. Tietomallin avulla pystytään seuraamaan rakennelman elinkaarta suunnittelusta toteutukseen ja ylläpidon kautta purkamiseen. Infra-alalla tietomallista käytetään termiä inframalli. (Pekkala 2015.)

Maastomalliaineiston ja luotettavan mittausperustan merkitys inframallipohjaisessa hankkeessa on kasvanut viime vuosina. Molemmat osaltaan takaavat hankkeelle luotettavat lähtötiedot. Maastomallin tuottamiseen tarvittavat tekniikat ovat laserkeilaus helikopterista tai lentokoneesta, ajoneuvolaserkeilaus, maalaaserkeilaus, fotogrammetrinen mittaus ja maastokartoitus. (Pekkala 2015.)

Laserkeilauksen osuus maastomallia tuottaessa on lisääntynyt selvästi viime aikoina. Omalta osaltaan tähän on vaikuttanut laitteiden hinnan lasku sekä tekniikan kehitys. Nykyisillä keilaimilla ja menetelmillä saadaan tuotettua erittäin suuria ja tiheitä pistepilviaineistoja kustannustehokkaasti. Inframallintamisen kysynnän lisääntyessä on herännyt mielenkiinto lisätä myös laserkeilauksen osuutta nykyisten takymetrimittausten lisäksi rakentamisen ja kunnossapidon hankkeissa.

3.2 Riihimäen ratapihan lähtötietomalli

Liikennevirasto tilasi helmikuussa 2017 Riihimäen aseman lähtötietomallin ja alueen visualisoinnin VR Trackin Etelä-Suomen mittaukselta. Projektiin liittyvää lähtötietoa oli saatavilla muiden projektien luovutusmateriaaleista. Liikennevirasto teetti Helsinki-Riihimäki välille alueesta helikopterikeilauksen keväällä 2015, ja tästä aineistosta muodostui pääasiassa maanpintamalli.

Kunnossapitosopimusten mukaisten töiden luovutusmateriaalista saatiin Riihimäen ratapihan raiteiden kartoitukset, jotka tehtiin helmi-huhtikuussa 2016. Lisäksi alueen pohjoispäässä on käytetty vuonna 2014 Kolmioraiteen mittausaineistoa. Näitä lähtötietoja täydennettiin syys-lokakuussa 2016 tehdyillä maastokartoituksilla.

Alueen visualisointiin ja erikoismallinnustarpeisiin (esim. langat ja ratalaitteet) teetettiin koko alueen tarkempi maalaserkeilaus. Projektin kiireellisen aikataulun takia keilaus toteutettiin helmi-maaliskuun vaihteessa. Tiedossa oli, että rankat lumisateet keskeyttäisivät keilauksen ja runsas lumi maassa peittäisi maanpinnan kohteet. Lähtötietomallin raaka-aineen tuottamisessa ja lähtötiedon kokoamisessa noudatettiin Liikenneviraston 18/2011 Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot -mittausohjetta.

Ohje päivitettiin huhtikuussa 2017, mutta projekti suoritettiin vielä vanhan ohjeistuksen mukaisesti. Lähtötietomallin kansiorakenteet, nimeäminen ja dokumentointi pyrittiin tekemään Yleiset Inframallivaatimukset YIV 2015 -ohjeiden mukaisesti. Maaliskuussa julkaistu Liikenneviraston ohje 12/2017 Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje, vastasi muutamaan, mallia koostaessa heränneeseen kysymykseen.

Lähtötiedon kokoaminen aloitettiin helmikuun puolivälissä 2017, kun suullinen tilaus työstä saatiin. Huhtikuun loppuun mennessä kaikki raaka-aineet saatiin yhdistettyä järkevästi eri kokonaisuuksia kuvaaviin tiedostoihin, jotka tallennettiin ohjeistuksen mukaisiin formaatteihin.

3.3 Lähtöaineisto

Lähtötietomallin raaka-aineet koostuvat vuosina 2015-2017 suoritetuista mittauksista. Aineiston koko ja sen käsiteltävyys sai aikaan pohdinnan VR Trackin mittauksen aineiston käsittelyn ja jatkojalostamisen suhteen. Mittaustietoa kerättiin laserkeilaamalla ja perinteisesti takymetri sekä GPS-mittauksilla.

Aineistoa täydennettiin vielä myöhemmin 167 maalaserkeilausasemalla. Aineisto käsittää yhteensä 11 miljardia pistettä ja tiedostojen yhteenlaskettu koko on 217 gigatavua.

5 LASERKEILAUUS INFRAHANKKEISSA

5.1 Laserkeilauksen periaate

Laserkeilauksella tutkitaan kohdetta käsin koskematta, joten se täyttää kaukokartoitusmenetelmän perinteisen määrittelyn. Laserkeilain on mittauslaite, joka lähettää laservalosäteen kohteeseen ja rekisteröi paluusignaalin voimakkuuden (intensiteetti). Mittauskohdan kolmiulotteiset keilainkeskiset XYZ-koordinaatit lasketaan mitatun etäisyyden sekä säteen vaaka- ja korkeuskulman perusteella. Etäisyysmittausmenetelmien mukaan keilamet voidaan jakaa kahteen suurempaan ryhmään: vaihe-erokeilaimiin tai valon kulkuaikaan perustuviin keilaamiin. (Hotinen 2012.)

Mittausmenetelmänä laserkeilaus on alalla vielä uusi tulokas ja sillä voidaan kartoittaa yksityiskohtia aiempia menetelmiä paremmin. Fotogrammetrisiin mittauksiin tai takymetrikalustolla tehtäviin geodeettisiin mittauksiin verrattuna sillä on mittausmenetelmänä monia etuja. Ensimmäiset laitteet saapuivat markkinoille 1990-luvulla. Tähän päivään mennessä laserkeilausmenetelmät ovat hyvin monipuolisia ja keilaimia voidaan nähdä monenlaisilla alustoilla. (Hotinen 2012.)

5.2 Laserkeilausmenetelmät

Laserkeilaimet voidaan luokitella kolmeen pääluokkaan:

1. Maalaserkeilaimet eli terrestriaaliset keilaimet. Keilaimien mittausetäisyys vaihtelee 1–4000 metriä ja mitatun pisteen tarkkuus on yleensä alle 2 cm. Maalaserkeilaimia käytetään perinteisesti kolmijalan päällä tai liikkuvaan alustaan integroituna erilaisissa kartoituksissa ja maastomallien tekemisessä. Maalaserkeilaimet voidaan edelleen jakaa neljään eri tyyppiin niiden toimintaperiaatteiden kautta:

- a) Kupolimainen mittaus tapa
- b) Panoraaminen mittaus tapa

- c) Keilamainen mittaustapa
- d) Optinen kolmiomittaus. (Joala 2016, 2.)

2. Mobiililaserkeilaimet ovat ajoneuvoon kuten junaan, veneen, mönkijään tai muuhun liikkuvaan alustaan kiinnitettäviä laserkeilauslaitteistoja. Keilaimilla voidaan mitata laajoja alueita lyhyessä ajassa. Mittausetäisyys vaihtelee 1–200 metrin välillä ja mitatun pisteen tarkkuus yleensä alle 5 cm.
3. Ilmalaserkeilaimet ovat lentokoneisiin, helikoptereihin ja miehittämättömiin aluksiin kiinnitettäviä keilaimia. Mittausetäisyys vaihtelee 100metrin ja 100 kilometrin välillä. Mitatun pisteen tarkkuus on yleensä alle 10 cm.

5.3 Laserkeilauksen laatuun vaikuttavat tekijät

Laserkeilausprojektin aloittamisen takana on yleensä tarve mallintaa mitattu kohde. Tämän tehtävän kannalta työn laatuun vaikuttaa kolme eri tekijää; yksittäisen mitatun pisteen laatu, pistepilven tiheys ja erikseen mitattujen pistepilvien yhdistämisen laatu.

Yksittäisen mitatun pisteen laatuun vaikuttaa suuresti mittaussäteen osumiskulma kohteelle. Jäänösvirheiden seuranta onkin merkittävää kohteiden mallintamisessa. Mittauslaitteeseen palaava signaali heikkenee mittaussäteen kasvaessa. Signaalin voimakkuuteen vaikuttaa myös mitattavan kohteen pinnan ominaisuudet sekä kohteiden kaarevuus. Paluusignaalin voimakkuus pystytään jokaisen mitatun pisteen kohdalla visuaalisesti esittämään värierona tai harmaasävyn erona. Intensiteettiä hyväksi käyttäen pystytään tasomaiselta pinnalta erottamaan myös tekstuuria. (Joala 2006, 3-4.)

Mitatun pistepilven pisteiden keskinäinen välimatka vaikuttaa myös mallintamisen laatuun. Tiheämmin mitatusta pistepilvestä saadaan mallinnettua aina tar-

kemmin yksityiskohtia. Kuitenkin jos mitattujen pisteiden tarkkuus on huono, kärsii laatu merkittävästi. Vaihe-erokeilaimet kykenevät 50 metrin matkalla mittaamaan pistepilviä 8 mm:n ruutuun ja valon kulkuaikaan perustuvat keilaimet pystyvät mittaamaan pistepilviä paljon tiheämmin. (Joala 2006, 3-4.)

Mittauksia suoritetaan yleensä useammalta kojepisteeltä, jotta mitattavan kohteen tieto saadaan mahdollisilta piiloon jääviltä alueiltakin talteen. Jotta pistepilviaineistosta saadaan yksi suurempi pistepilvi, on sen yhdistämiseen olemassa useita eri menetelmiä. Tarkin menetelmä on käyttää kojeasemien välisiä yhteisiä tähyksiä. Mitatuista pistepilvistä tulisi löytyä ainakin kolme yhteistä tähyksiä, joilla aineisto yhdistetään samaan koordinaatistoon. Kyseisellä menetelmällä pistepilvien yhdistäminen tapahtuu parhaimmillaan 1–3 mm:n tarkkuudella. Keilausaineistoa voidaan yhdistää myös yhteisten pintojen ja kohteiden avulla. Niille annetaan koodit, joita hyödynnetään pistepilvien yhdistämisessä. Tällä menetelmällä ei kuitenkaan päästä samanlaiseen tarkkuuteen kuten tähyksiä yhdistämällä. (Joala 2006, 3-4.)

Pistepilvien yhdistäminen onnistuu myös niiden yhteisten alueiden avulla. Tämä tarkoittaa, että kahdessa yhdistettävässä pistepilvessä tulisi olla vähintään kolmasosa yhteistä peittoa. Alueet osoitetaan ainakin kolmella yhteisellä pisteellä, joita käytetään likiarvosovitukseen. Kyseisellä menetelmällä pistepilvitarkkuus on noin 5–10 mm. (Joala 2016, 3-4.)

5.4 Laserkeilauksen edut ja heikkoudet

Laserkeilauksen parhaimpana puolena voidaan pitää sen nopeutta tuottaa paljon aineistoa lyhyessä ajassa. Perinteisiin takymetrimittauksiin, menetelmällä voidaan saavuttaa suurta ajallista ja taloudellista säästöä. Ulkoilmassa laserkeilaimen käyttöä kuitenkin haittaa suuresti vesi- tai lumisade, lämpötila ja pölyinen ilma. Laserkeilaamalla pystytään tuottamaan aineistoa turvallisesti hankalasti lähestyttävistä kohteista kuten sähköasemista, riski kohteista ja vilkkaista liikenneväylistä. Joskus rakenteiden kunto estää mittaukset varsinaisessa kohteessa. Keilain mittaa kaikki ympäröivät kohteet ja tarkkuus on erittäin hyvä, mutta investointina keilain on kuitenkin hyvin arvokas. (Liikennevirasto 2018.)

Mittaustuloksia on myös mahdollista hyödyntää monipuolisesti. Pistepilven ja valokuvien yhdistämisellä pystytään tuottamaan visuaalisesti laadukasta aineistoa. Yhdistetystä aineistosta voidaan tuottaa havainnekuvia, joista ilmenee nykyinen maasto ja rakennukset. Alueesta on mahdollista visualisoida suunnitteluratkaisuja ja pistepilvimallia voidaan hyödyntää lähtötietona suunnitteluissa. Mitatusta kohteesta pystytään tuottamaan tarkempi kokonaiskuva jo varhaisessa vaiheessa ja edelleen siitä tuotetuista tietomalleista on mahdollista analysoida ja tarkastella hanketta tarkemmin kuin manuaalisin menetelmin. (Liikennevirasto 2018.)

Keilaamalla saadaan paljon aineistoa, mutta aineisto on harvoin käyttökelpoista suoraan mittauksen jälkeen. Halutun tiedon tulkintaan ja rajaukseen on hyvä varata aikaa. Ennen keilauksen suorittamista tulisi selvittää aineiston tilaajan tarpeet ja tavoitteet. Mittausaineisto on usein valtavan kokoinen, joten sekin asettaa tiettyjä ehtoja tietokoneiden kapasiteettien osalta. Suuret aineistot hidastavat ohjelmistoja ja niiden käsittelyä. Pilviaineiston arkistointiin on myös omat haasteensa.

6 PISTEPILVIAINEISTON KÄSITTELY

6.1 Ohjelmat ja tiedostomuodot

Laserkeilaimesta saatava XYZ-pistepilvi vaatii ensin käsittelyä, jotta siitä saadaan sen tuottama tieto kohteesta. Tarkkojen pistepilviaineistojen käsittelyyn markkinoilta löytyy useita eri vaihtoehtoja. Monet ohjelmistot sisältävät paljon samankaltaisia toimintoja ja automatisoituja työkaluja, mutta silti ne voivat keskenään olla hyvinkin erilaisia. Ohjelmien tarkastelu aloitettiin ensin tutkimalla, mitä ohjelmia löytyy talon sisältä. Erityisen tärkeää ohjelman valinnassa on sen kyky keskustella talon suunnitteluosaston ohjelmistojen kanssa. Pääkriteeri kuitenkin on sen soveltuvuus infran mallintamiseen ja maaston visualisointiin rata-alueilla.

Tässä opinnäytetyössä keskitytään ainoastaan kolmeen alalla tunnetuimpien ohjelmistojen vertailuun. Vertailuun päätyivät pohdintojen ja haastattelujen jälkeen Leica Cyclone-, Trimble RealWorks- sekä TerraSolid TerraScan-ohjelmat. Opinnäytetyön tarkoituksena oli löytää näistä ohjelmista työkalu tulevaisuuden skannausprojekteja varten. Mittausyksiköllä on tällä hetkellä käytössä Riegelin VZ-1000-keilain. Keilaimen mukana tullut RiScanPro ei kuitenkaan ole mahdollistanut kaikkia toivottuja ominaisuuksia pistepilviaineiston käsittelyohjelmalta.

6.1.1 Leica Geosystems Oy

Etelä-Suomen mittausyksiköstä enemmistö on vannoutunut Leican-laitteiston käyttäjäkuntaa. Heiltä tekninen tuki ja apu on aina saatu hyvinkin ripeästi ja ohjelmia ja toimintoja laitteissa on myös sovellettu VR Trackin mittauksen tarpeisiin. Luonnollisesti mietinnässä on myös heidän ohjelmistoratkaisut.

Leica nimittää Cyclonea markkinoiden johtavaksi pistepilvien käsittelyohjelmaksi. Ohjelmasarja tarjoaa monipuolisia valintoja skannausprojektin käsittelyohjelmiin. Ohjelmasarjoilla voidaan saavuttaa eri lopputuotteita kuten raportit, kartat, animaatiot ja 3D-mallit. Moduuleilla on pyritty tukemaan eri alojen tarpeita. (Leica 2018.)

Leica Cyclonen eri ohjelmistomoduulit:

- Leica Cyclone REGISTER
- Leica Cyclone REGISTER 360
- Leica Cyclone BASIC
- Leica Cyclone SURVEY
- Leica Cyclone MODEL
- Leica Cyclone IMPORTER
- Leica Cyclone SERVER
- Leica Cyclone TruView PUBLISHER
- Leica Cyclone JetStream PUBLISHER. (Leica 2018a.)

Cyclone sisältää useita automatisoituja toimintoja, joilla on pyritty helpottamaan käyttäjän työtä. Silti suurimpana etuna on Cyclonen tapa muodostaa pistepilvet tietokantamuotoon. Ohjelma sisällyttää tähän tietokantaan skannaukset, rekisteröinnit, mallinnukset ja kuvat. Tietokantamuotoisina suuria pistepilviä on tehokkaampi käsitellä. (Joala 2018.)

Suurien pistepilviaineistojen käytön ja käsittelyn tueksi Leica on kehittänyt Cyclonen rinnalle CloudWorx- ja Jetstream-tuotesarjan. Niiden avulla pistepilvidatan käyttö AutoCAD-järjestelmässä onnistuu suoraan. Cyclonesta suoraan mallinnetut erilliset objektit tarvitsevat vielä COE (Cyclone Object Exchange) -liitännäisen, tuodakseen objektit AutoCAD-ympäristöön. Tämä liitännäinen on ainoastaan pienemmille, mallinnetuille kohteille (enintään 1 000 000 pistettä).

Tilaaajalle ja asiakkaille ohjelmiston kehittäjä on tuottanut maksuttoman TrueViewn, jota voi käyttää pelkästään verkkoselaimella tai sitten hankkia asennettavan TrueView Enterprise -version. Molemmilla alustoilla sen käyttäjä voi hyödyntää eri työkaluja, joihin kuuluvat mittaukset, merkinnät, tilannekuvat, GeoTags:t ja hyperlinkit. Ohjelman käyttö ei vaadi käyttäjältä aikaisempaa CAD- tai 3D-kokemusta. Aineiston tietoihin pääsee käsiksi vain painamalla haluttuun

tarkasteltavaan kohteeseen, joko tietokoneelta, tabletista tai älypuhelimesta. (Leica 2018b.)

6.1.2 Terrasolid Oy

Ohjelmistojen tarkastelu aloitettiin tutustumalla Terrasolid Oy:n tuoteperheeseen, koska osa talon suunnittelijoista käyttää ohjelmaa valmiiksi, ja lisenssejä oli käytettävissä. Terrasolidin tärkeimmät tuotteet ovat Terrascan-, TerraMatch- ja Terraphoto-ohjelmat. Ohjelmien alustana toimii Bentley'n Microstation v8 Edition CAD -sovellus, joka on ohjelman asennuksen kannalta pakollinen.

Terrasolidin keskeisimpiä tuotteita ovat:

- TerraScan
- TerraModeler
- TerraPhoto
- TerraMatch
- TerraSurvey
- TerraSlave
- TerraStereo. (Terrasolid 2018.)

Ohjelmissa on monipuolisesti eri ominaisuuksia ja niillä voi vaivattomasti käsitellä ja yhteensovittaa eri lähteistä saapunutta aineistoa, kuten ortokuvia laserkeilausaineistoon. Useimmista asennettavista ohjelmista on saatava omista käyttötarpeista riippuen full-, lite- ja UAV-versiot. Tuoteperheen ohjelmat voidaan jakaa kahteen osaan: mittaukseen ja tiedonkeruuseen liittyviin ohjelmistoihin ja suunnitteluohjelmistoihin. (TerraSolid 2018.)

Suurien pistepilviaineistojen tuonti ohjelmiin on tehty käyttäjälle yksinkertaiseksi. Aineisto pilkotaan ensin jakamalla pienempiin osiin blokkien avulla tai avainpis-

teitä käyttämällä. Tietokoneen kapasiteetilla on myös suuri rooli tässä operaatiossa, joka voi rajoittaa työskentelyn nopeutta. Terrasolidin tuotteiden etuna muihin on sen valmistajan riippumattomuus. Se tunnistaa monia eri formaatteja ja käsittelee niitä sujuvasti. Ohjelmaan pystyy myös ohjelmoimaan omia tiedostomuotoja, joita se tunnistaa. Useammilla mittalaitteiden valmistajilla on markkinoilla omat ohjelmansa aineistojen käsittelyyn. (Turkka 2018.)

Tilaaajan kannalta oleellisia ohjelmistoja ovat suunnittelussa käytettävät TerraScan Viewer, Terramodeler ja TerraPhoto Viewer. Loppukäyttäjä voi kyseisillä ohjelmilla tarkastella, muokata ja visualisoida tuotettua laserdataa. (Terrasolid 2018.)

6.1.3 Trimble Solutions Oy

Trimblen ratkaisu pistepilvien käsittelemiseen on heidän RealWorks-ratkaisunsa Businesscenterin tueksi. Ohjelmiston avulla voi rekisteröidä, visualisoida, tutkia ja muokata keilauslaitteilla tuotettua pistepilviaineistoa. Trimble painottaa ohjelmistossaan sen olevan hyvin helppokäyttöinen. Ohjelmisto on lisäksi käännetty suomen kielelle.

Ohjelmistosta on saatavana eri laajuisia versioita ja lisensioituja osia, joita voi ajan kanssa täydentää. Lopputuotteiden tarkisteluun Trimble tarjoaa RealWorks Viewer-ohjelman ladattavaksi maksutta. Asiakkaat pystyvät tarkastelemaan ja jakamaan keilaimen tai takymetrin tietoja.

Trimble ilmoittaa RealWorksin sisältävän eniten työkaluja pilviaineiston käsittelyä varten verrattuna muihin vastaaviin ohjelmistoihin. Ohjelmalla onnistuu rekisteröinnit ja aineiston siistimiset. Saatavilla on myös paljon automatisoituja toimintoja. Alla listattuna RealWorksin ohjelmistovaihtoehdot.

- Trimble RealWorks Base
- Trimble RealWorks Advanced

- Trimble RealWorks Advanced-Modeler
- Trimble RealWorks Advanced-Plant module
- Trimble RealWorks Advanced Tank
- Trimble Realworks Viewer Utility. (Trimble 2018.)

Trimble on kehittänyt infrahankkeiden arkistointia ja tiedonhallintaa varten yhteiskäyttöalustan, Trimble Connectin. Connect yhdistää projektin eri toimijat saman alustan äärelle työskentelemään samaan osoitteeseen. Jotta toiminta ei vaikuttaisi kovin kaoottiselta, tietyille käyttäjille voi projektin edetessä luovuttaa eri oikeuksia dokumenttien ja datan muokkaamista varten. Connect on ilmainen tiettyyn tiedostomäärään asti, jonka jälkeen se muuttuu maksulliseksi. (Immonen 2018.)

6.2 Vaatimukset ja pistemäärät

Laserkeilausprojektien aineiston pistemäärät ovat suuria, joten tietokoneelta vaaditaan suorituskykyä. Tietokoneen ja ohjelmistojen välinen työ on siltä osin merkitsevää. Pistepilviaineiston käsittelyyn tarvitaan usein erikoisohjelmia ja ohjelmien käyttöä varten koulutusta. Projektin myötä syntyneeseen pistepilviaineiston käsittely vaatii mittaajalta ja käsittelijältä erikoistumista aiheeseen.

Koska keilattu aineisto on suurta, se täytyy aluksi "siivota" ja mahdollisesti pienentää tai harventaa, jotta sitä voidaan käsitellä mahdollisimman sujuvasti. Useimmat käsittelyohjelmat tarjoavat automatisoituja toimintoja helpottamaan siivousta. Keilattukohde koostuu myös yleensä useista keilausasemista, joten aineisto täytyy ohjelman avulla pystyä yhdistämään. Näiden toimenpiteiden jälkeen aineiston jatkokäyttö ja analysointi helpottuu huomattavasti.

Seuraavaksi perehdytään enemmän tarkkailtavien ohjelmistokehittäjien asettamiin suosituksiin käyttäjille. Parhaimman mahdollisen suorituksen ja yhteiskäytön toiminnan kannalta, VR Track joutuu harkitsemaan uuden pöytätietokoneen hankkimista. Tämä toimenpide on ennen ohjelmiston asennusta aiheellista.

Alla olevassa taulukossa (Taulukko 1.) Leica on asettanut ohjelmistojen käyttäjien tietokoneille suositukset käyttöjärjestelmille ja tietyille ominaisuuksille:

Taulukko 1. Tieokoneen järjestelmäsuositukset (Leica 2018a)

Käyttöjärjestelmä: Microsoft® Windows® 7 tai 8 – 64-bittinen
Suoritin: 3,0 Ghz (neljä ydintä), (Hyper-Threading-tekniikkaa tukevat lisäytimet erittäin suositeltavia)
RAM-muisti: suositus 32 Gt tai enemmän
Näytönohjain: Nvidia GeForce 680 or ATI 7850 tai parempi
Kolminäppäinen hiiri
SSD-massamuisti takaa parhaan mahdollisen suorituskyvyn (suositus 500 Gt).

Suurimpia mahdollisia pistemääriä Leica ei sivuillaan ilmoita. Koska ohjelma tallentaa mittausprojektin tietokantamuotoon (IMP-tiedosto), työnteko tehostuu merkittävästi. Suurien pistepilviprojektien kopiointi- ja siirtotarve vähentyy, sillä kaikki oleellinen mittauksen kannalta löytyy tästä tietokannasta. Jos ohjelma satuisi kaatumaan, kaikki muutos ja mallinnustyö löytyy eheänä IMP-tiedostosta.

Terrasolidin ohjelmiston kehittäjä on puolestaan asettanut tietokoneelle vähimmäisvaatimukset pyörittääkseen ohjelmaa mahdollisimman sujuvasti. Alla olevassa taulukossa (taulukko 2.) valmistajan suositukset.

Taulukko 2. Tietokoneen järjestelmäsuositukset (TerraSolid 2018)

Käyttöjärjestelmä: Microsoft® Windows® 7, 8 tai 10 –32 tai 64-bittinen
Suoritin: suositeltu 3,0 Ghz (neljä ydintä), (Hyper-Threading-tekniikkaa tukevat lisäytimet erittäin suositeltavia)
RAM-muisti: vähintään 8 Gt tai enemmän, 16 Gt suositeltavaa
Näytönohjain: 1024x768
SSD-massamuisti
Kolminäppäinen hiiri
Microstation V8 tukee ohjelmiston toimintaa ja edellyttää olemassaoloa.

Ohjelmanvalmistaja ei ole suoranaisesti ilmoittanut kuinka suuria pistepilviä ohjelma ottaa enimmillään vastaan, vaan se ilmoittaa, että suuremmat pistepilvet saa ohjelmassa jaettua pienempiin osiin (blokkeihin) helpottaakseen käsittelyä. Aineiston saa jaettua osiin rajojen, keskilinjan tai muodon mukaan. (Terrasolid 2018.)

Trimble ilmoittaa oman ohjelmistonsa vaatimukset alla olevassa taulukossa (Taulukko 3).

Taulukko 3. Tietokoneen järjestelmävaatimukset (Trimble 2018)

Käyttöjärjestelmä: Microsoft® Windows® 7 tai 8 – 64-bittinen
Suoritin: vähintään 2,8 Ghz (neljä ydintä), (Hyper-Threading-tekniikkaa tukevat lisäytimet erittäin suositeltavia)
RAM-muisti: vähintään 8 Gt (suositus vähintään 16 Gt)
VGA-kortti: OpenGL 3.2 -yhteensopiva, vähintään 1 Gt
Kolminäppäiminen hiiri
SSD-massamuisti takaa parhaan mahdollisen suorituskyvyn (suositus 256 Gt).
SketchUp 2014, 2015, 2016 and 2017 Trimbleltä

Käytettävissä olevan RAM-muistin määrään Trimble on ilmoittanut viitteelliset, suurimmat mahdolliset pistemäärät, mitä ohjelmaan voi syöttää. RAM-muistin määrä vaikuttaa käyttäjän mahdollisuuteen avata suuren pilviaineiston kaikki pisteet kohtuullisessa ajassa. Viitteelliset maksimaaliset pisteiden latausmäärät suhteessa käyttämättömiin on kuvattu alla olevassa taulukossa 4. (Trimble 2018.)

Taulukko 4. Ohjelman suoritukseen vaikuttava RAM-muistin määrä (Trimble 2018)

8 Gt	250 miljoonaa
16 Gt	500 miljoonaa
24 Gt	750 miljoonaa
32 Gt	1 miljardi
64 Gt	2 miljardia

Pienemmälläkin muistilla työn teko sujuu, mutta suurempien tietomäärien avaaminen voi kestää ajallisesti kauemmin.

6.3 Ohjelmien vertailu

Ohjelmien välisessä vertailussa oleellisin puoli on verrata ohjelmien kykyä tuottaa ja ottaa vastaan pilviaineistoa. Formaattien määrä tulee jatkossa laajentumaan ja ne kehittyvät koko ajan muuttuvien tarpeiden mukaan (Joala 2018). Sopivan formaatin valintaan vaikuttaa pitkälti mittauksissa käytetyn laserkeilaimen valmistaja. Jokainen valmistaja on sanellut keilaimiensa formaatit, mille keilaimet aluksi tallentavat. Tätä tiedostoa kutsutaan natiiviksi tiedostomuodoksi tai raakadataksi. Keilaimen valmistaja usein edellyttää saman valmistajan ohjelmia, jotta käyttäjä pääsee avaamaan ja tallentamaan mitattua aineistoa haluttuun formaattiin. (Turkka 2018.)

Taulukosta 5 käy ilmi tarkastelun alla olevien ohjelmistojen import - (tuonti) ja export (vient) -muotoiset formaatit. Ohjelmien versiot vastaavat viimeisimpiä päivitysversioita ja tiedot ovat kerätty käyttöohjeista. Kaikki ohjelmistot pystyvät käsittelemään tavallisimpia tiedostomuotoja; PTS, PTX, XYZ ja LAS. Useimmat suunnittelu- ja mallinnusohjelmat pystyvät myös lukemaan näitä tiedostomuotoja. (AutoDesk 2018.)

Taulukosta (taulukko 5) löytyy myös paljon sekalaisia tiedostomuotoja, joita hieman harvemmin kohtaa. Vertailussa käy ilmi, että ohjelmat omilta tahoiltaan käsittelevät monipuolisesti eri tiedostomuotoja. Ohjelmistoilla on taulukossa paljon omia natiiveja tiedostomuotoja, joten ne eivät ole keskenään luettavissa. Osa laitevalmistajien omista tiedostomuodoista kuitenkin edellyttää erillisiä ohjelmistomoduuileja, kuten Leicalla Cyclone Importer -moduuli.

Taulukko 5 Formaattien vertailu

		Cyclone 9.2		RealWorks 10.4		TerraScan 10.4.2018	
		Import	Export	Import	Export	Import	Export
<i>ASCII</i>	ASC,NEU			x	x		
	SVY	x	x				
<i>ASCII</i>	XYZ,TXT	x	x	x		x	x
	BIN					x	x
	EBN,EEBN					x	x
	CXYZ					x	x
	XYZI					x	x
	CXYZI					x	
	PXYZI					x	
	XYZXYZII					x	
	TXYZXYZII					x	
	TXYZI					x	
	XYZIXYZI					x	
	TXYZIXYZI					x	
	FBI					x	x
<i>TopEye</i>	DTE					x	
	e57	x	x	x	x		
	PTX,PTS	x	x	x	x	x	
	LAS,LAZ	x		x	x	x	x
<i>AutoCad</i>	DXF,DWG		x (ei DWG)	x	x		
<i>ReCap</i>	RCP				x		
	PCG				x		
<i>AutoDesk FilmBox</i>	FBX			x	x		
<i>Cyclone ob- ject ex- change</i>	COE	x	x				
<i>Land XML</i>	XML	x	x		x		x
<i>SIMA ASCII</i>	SIM	x		x			
<i>Kuva</i>	BMP, TIFF, JP EG, PNG	x	x		x		
	GeoTIFF, TWF		x				
<i>FARO</i>	FLS,FPR,FWS	x		x			
<i>RIEGL</i>	3DD,RXP, RSP	x					

<i>Z+F</i>	ZFS	x		x			
	IXF	x		x			
<i>DotProduct</i>	DP	x		x			
<i>Leica</i>	SC2, SCAN	x					
	PTZ, PTG, PTB	x	x				
	LDI					x	
	IMP	x	x				
	PCI/CWF		x				
<i>Leica Cloud- worx</i>	ALP		x				
<i>Trimble</i>	RWP, RAW			x			
<i>Trimble TX5</i>	iQscan, FLS			x			
<i>Trimble sur- vey project</i>	TSPX			x			
	TZF, TZS			x			
	JXL			x			
<i>TBC muun- nos TRW</i>	TDX			x	x		
<i>Survey ASCII</i>	CRD, CR5			x			
<i>Microsta- tion</i>	DGN				x		
	POD				x		
<i>PDMS Macro</i>	PDMSMAC				x		
<i>Google Earth</i>	KMZ				x		
<i>Alias/Wa- veFront</i>	OBJ				x		

Tärkein perustelu ohjelman valintaan on ohjelman keinot mallintaa objekteja. Ennen mallinnusurakkaa maa-alueen maastomallintaminen on mittausten perusta. Maastonpinta saadaan näin luotua digitaaliseen muotoon ja näin ollen alueesta saadaan kolmiulotteinen malli. Kaikissa ohjelmissä löytyy maanpinnan kolmioimiseen automatisoituja työkaluja ja ohjelmiin voi syöttää omia parametrejä maanpinnan tai kasvillisuuden parempaan hahmottamiseen.

Rata-aluetta mallintaessa aineistosta löytyy paljon erilaisia pylväitä, portaaleja ja ratalaitteita. Näitä tulisi pystyä muuntamaan 3D-symboleiksi mahdollisimman vaivattomasti. Vertailtavat ohjelmistot suorittavat mallinnustyökaluillaan yksinkertaisia symboleja, kuten hieman vaativampiakin muotoja hieman eri keinoin. TerraScanissa löytyy jopa komentoja hahmottamaan pylväitä, raiteita ja ajolankoja. Muista samat työkalut löytyivät maksullisien lisäosien takaa.

Kaikkiin vertailtaviin ohjelmistoihin pystyy varastoimaan omia, jo valmiiksi mallinnettuja objekteja ohjelmien omiin kirjastoihin. Näitä objekteja ja malleja saadaan myös tahoiltaan tuotua muihin suunnitteluohjelmiin kuten AutoDeskin Revit-ohjelmaan. Tämä ominaisuus on koko ajan lisääntyvien inframallinnus tarpeiden vuoksi hyvin tärkeä.

7 VR TRACKIN MITTAUKSEN TARPEET

7.1 Tavoitteet

VR Trackin tärkein edellytys mallinnus- ja jälkikäsitteilyohjelmalle on inframallintaminen ja maaston visualisointi rata-alueella. Rata-alueella liikkuesssa maastosta on paljon ratalaitteita, pylviäitä, portaaleja ja muita rakennelmia. Jälkikäsitteilyä helpottaakseen ohjelmalla tulisi pystyä mallintamaan omia symboleja ja varastoi-
maan niitä tulevia projekteja varten. Symbolit tulisi esittää solid-muotoisina, koska face-muotoisina, niiden muokkaaminen ei ole yhtä yksinkertaista. Portaaliopasti-
mia tulisi esimerkiksi lisätä ja niiden korkoja tapauskohtaisesti pystyä muutta-
maan.

Suurien aineistojen arkistointi oli vahvasti mietinnässä taka-alalla ja osilla ohjel-
mista olisi ollut oma, maksullinen ratkaisu tämän suunnitelman tueksi. VR Trackin
tavoitteena on saada mittaukseen liittyvät tiedostot keskitetysti talletettua sekä
jaettua sisäisille ja ulkoisille asiakkaille. Vastauksia tähän varastointi ja säilöntä-
haasteeseen etsittiin laajasti ja siinä käytettiin apuna myös aikaisempia hyväksi
todettuja menetelmiä. Yhdeksi merkittävämmäksi keinoksi karsiutui tietokanta-
muotoinen säilytys.

Mittauksen hankkeita on saatu paljon ja aineisto vaihtelee muutamista pisteistä
laajoihin laserkeilausprojekteihin. Aineistojen arkistointiin ei ole tällä hetkellä va-
kiokäytäntöjä ja mittaus tuodaan maastosta muunnosten kautta omille projektiha-
kemistoille pöytäkoneisiin ja sieltä mittauksen yhteiselle verkkolevyille.

7.2 Vastauksia haasteisiin

Opinnäytetyötä tehdessä paljastui, että sopivan laserkeilausohjelman valinta ei
ole yksinkertaista. Projekti kokonaisuudessaan osoittautui hyvin opettavaiseksi.
Perehtymiseen ja kohteiden käsittelyyn tulee jatkossa käyttää enemmän aikaa,
jotta tarvittavat työkalut ja toiminnot hahmottuvat paremmin. Kaikissa ohjelmissa
on omat puolensa ja osassa tietyt sovellukset ovat hyödyllisempiä kuin toiset.

Kaikki ohjelmat lukevat ja tuottavat ajankohtaisia formaatteja ja niihin voi itse määrittää myös tuotavia tiedostomuotoja.

Pelkällä laserkeilausohjelmalla ei aineistosta saada irti kaikkia tarvittavia tietoja, joten myös muiden suunnitteluohjelmien käyttöön ei aiheudu muutoksia. Aineiston tavoitellun lopputuotteen myötä, se määrittelee mitä ohjelmaa käytetään (AutoCAD, Revit, Microstation, Tekla...) keilausohjelman tukena. Kaikki ohjelmistokehittäjät tarjoavat asiakkaiden käyttöön myös maksuttomia katseluohjelmia datan tarkasteluun.

Myöhemmin käydyissä keskusteluissa tultiin siihen tulokseen, että tulevaisuudessa myös uuden laserkeilauskaluston hankinta tulee ajankohtaiseksi. Uusien projektien ja mittauskohteiden myötä kalusto vaatii päivitystä. Keilauskaluston hankinta ja keilattavat kohteet tulevat määrittämään oikean ohjelmiston valinnan suurimmalta osin.

Jatkossa mittauksia tullaan edelleen tekemään takymetri- ja GNSS-mittauksin, joten aineistoa tullaan yhdistelemään halutun lopputuloksen saavuttamiseksi. Maastosta ja rata-alueelta mitattavia ja mallinnettavia tuotoksia halutaan hyödyntää ja kääntää IFC-formaattiin. Suoraan ohjelmista tämä on vielä näillä ohjelmistoversioilla mahdotonta ja ne tarvitsevat siinä eri lisämoduulien tai AutoDesk-tuoteperheen apuja.

Tällä hetkellä aineiston arkistointiin on käynnissä selvityksiä ja vertailuja kaikkien haluttujen ominaisuuksien puolesta. Ilmeisintä olisi luoda mittaukselle ja suunnittelulle oma palvelin, jonne mittaukset ja niihin liittyvä data saadaan tallettua.

8 POHDINTA

Koko projekti toi valtavasti lisää tietoa laserkeilausprojektin suorittamisesta, sen käsittelystä ja työstä, mikä vaaditaan halutun lopputuloksen saavuttamiseksi. Tutkimuksen alussa kokemukseni ja tietämykseni laserkeilauksesta oli ainoastaan se, mitä olin töistä ja koulusta oli saanut – sekä mitä oma uteliaisuuteni oli kerryttänyt. Koko prosessin myötä tieto siitä, mitä hyvä mallintaminen edellyttää kasvoi.

Opinnäytetyön aikana vierailin ohjelmistovalmistajilla ja haastattelin heitä ohjelmien hyödyntämismahdollisuuksista. Edustajien näkökulmia saatiin riittävästi ja mukaan saatiin eri näkökulmia ohjelmistojen käyttöön. Haastattelujen ja vertailun avulla varmistui aikaisemmin todettu huomio, että osa ohjelmista voi suorittaa tiettyjä toimintoja paremmin kuin toiset, mutta puolestaan loistavat muissa toiminnoissa.

Laserkeilauksien hyödyntämismahdollisuudet ovat laajat ja niitä voidaan sisällyttää projektien eri vaiheisiin sujuvasti. Keilaimet kehittyvät koko ajan huimaa vauhtia ja perinteisten kolmijalkojen päälle pystytettävien keilaimien rinnalle on tullut yhä pienikokoisempia ja uudenlaista tekniikkaa sisältäviä laitteita. Pysyäkseen kehityksen mukana alaa tulee seurata.

Opinnäytetyölle asetetut tavoitteet saavutettiin osittain. Parempaan analyysiin ja ohjelmien vertailuun olisi pitänyt olla enemmän aikaa, jotta kaikki työkalut ja toiminnot tulisivat tutuksi. Käytettävä keilausaineisto oli suurta, joka toi osaltaan haasteita tietokoneiden sujuvaan käyttöön.

LÄHTEET

Ahonen, P. 2015. Laserkeilaus, laserkeilausmittauksen suorittaminen ja pistepilven käsittelyohjelmien vertailu. Opinnäytetyö. Saimaan ammattikorkeakoulu.

Viitattu 13.3.2018

http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/88264/Ahonen_Pauli.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Cronvall, T., Kråknäs, P. & Turkka, T. 2012. Laserkeilauksen käyttö liikennetunneleiden kunnossapidon hallinnassa. Viitattu 1.4.2018

<http://docplayer.fi/1226011-Liikenneviraston-tutkimuksia-ja-selvityksia-timo-cronvall-pasi-kraknas-tommi-turkka.html>.

Hotinen, J. 2012. Laserkeilauksen hyödyntäminen Helsingin kaupungin organisaatiossa. Insinöörityö (ylempi AMK). Metropolia Ammattikorkeakoulu. Viitattu

13.3.2018 https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/44972/Hotinen_Jari.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Immonen, K. 2018. Geotrim Oy. Tuotepäällikön haastattelu 18.4. 2018.

Joala, V. 2006. Laserkeilauksen perusteita ja mittauksen suunnittelu. Verkko-dokumentti. Viitattu 12.3.2018 <http://docplayer.fi/7209674-Laserkeilauksen-perusteita-ja-mittauksen-suunnittelu.html>.

Joala, V. 2018 Leica Geosystems Oy. Tuotepäällikön haastattelu 19.4.2018.

Laurila, P. 2010. Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet. Rovaniemen ammattikorkeakoulu.

Leica Geosystems Oy 2018a. Laserkeilauksen käsittelyohjelmat. Viitattu 1.4.2018 <https://leica-geosystems.com/fi-fi/products/laser-scanners/software/leica-cyclone>.

- 2018b. TrueView PUBLISHER ohjelmistoympäristö. Viitattu 1.4.2018.
<https://leica-geosystems.com/fi-fi/products/laser-scanners/software/leica-cyclone/leica-cyclone-truview-publisher>.

Pekkala, J. 2015. 3D-laserkeilausaineiston hyödyntäminen inframallintamisen yhteydessä ja sen lopputuotteen laadun varmistaminen. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä. Viitattu 21.3.2018 https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lts_2015-58_3d-laserkeilausaineiston_web.pdf.

Savolainen, T. 2017. Inframallit, Liikennevirasto. Viitattu 13.3.2018
<https://www.liikennevirasto.fi/palveluntuottajat/inframallit#.WtsTwfBl-po>.

TerraSolid Oy 2018. TerraScanin käyttöohjeet. Viitattu 1.4.2018 <http://www.terasolid.com/guides/tscan/index.html?supported-file-formats.php>.

Trimble Solutions Oy 2018. Trimblen RealWorks ohjelmisto. Viitattu 1.4.2018
<https://geospatial.trimble.com/products-and-solutions/trimble-realworks>.

Turkka, T. 2018. Vr Track Oy. Suunnittelijan haastattelu 28.2.2018.

VR Track Oy. Viitattu 2.2.2018 <https://www.vrtrack.fi>.