

Joni Alisaari

# Trimble VX Spatial Station -kojeen käyttöönotto Helsingin kaupungissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Insinööri (AMK)  
Maanmittaustekniikan koulutusohjelma  
Insinööriytyö  
4.5.2011

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Joni Alisaari Trimble VX Spatial Station -kojeen käyttöönotto Helsingin kaupungissa 33 sivua + 2 liitettä 4.5.2011
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	maanmittaustekniikka
Ohjaajat	palvelupäällikkö Eero Kannosto yliopettaja Vesa Rope
<p>Tässä insinöörityössä selvitetään Helsingin kaupungin hankkimien Trimble VX Spatial Station -kojeen ja Trimble Tablet Rugged PC -maastotietokoneen käyttöönottoon liittyviä suunnitelmia, työtehtäviä ja laitteen mittaustarkkuuden riittävyyttä. Lisäksi pohditaan mahdollisia tulevia työtehtäviä. Työstä myös muodostuu alustava ohjeistus laitteiden käyttöön.</p> <p>Tutustuminen uusiin laitteisiin toteutettiin osallistumalla uuden laitteiston käyttäjäkoulutukseen. Selvitykset tässä työssä tehtiin perustuen omiin kokemuksiin erilaisissa mittausprojekteissa. Mittaustehtävät vaihtelivat perinteisestä, takymetrimittauksena toteutettavasta kartoituksesta uutuutena projektimittausosaston palvelukonseptiin tulevaan laserskannaukseen.</p> <p>Työssä käydään läpi myös laserskannausaineiston käsittelyä varten hankitun Trimble Real Works -tietokoneohjelman käyttöä ja sen yhteensopivuutta kaupungilla käytössä olevan ohjelmiston kanssa. Uuden tietokoneohjelman mahdollisuuksia pohdittiin myös projektimittausosaston tulevaisuuden palvelutarjonnan kannalta.</p> <p>Laserskannauksen tarkkuutta tarkasteltiin vertaamalla sen tuloksia takymetrillä kartoitettuun aineistoon. Vertailun tuloksena voitiin todeta uudella laitteistolla saatavan aineiston olevan riittävän tarkkaa projektimittausosaston ja asiakkaiden tarpeisiin.</p> <p>Tulevaisuudessa Trimble VX Spatial Station -kojeella mitattavien aineistojen kysynnän uskotaan lisääntyvän ja uuden laitteiston tarjoavan vaihtelua työtehtäviin. Mahdollisena pidettiin esimerkiksi tunneleiden mittauksia ja erilaisia tilavuuden määrittämiseen liittyviä töitä.</p>	
Avainsanat	Trimble VX Spatial Station, Trimble Tablet Rugged PC, laserskannaus, Helsinki

Author(s) Title Number of Pages Date	Joni Alisaari Commissioning of Trimble VX Spatial Station in the city of Helsinki 33 pages + 2 appendices 4 May 2011
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Land Surveying
Instructors	Eero Kannosto, Service Manager Vesa Rope, Principal Lecturer
<p>The purpose of this study was to investigate the schemes, the tasks performed with the laser scanner and the measurement accuracy sufficiency related to the commissioning of Trimble VX Spatial Station and Trimble Tablet Rugged PC in the city of Helsinki. In addition, the study considers possible tasks in the future. The results of the study yield preliminary instructions on how to use the devices.</p> <p>The exploring of these new devices was executed by taking part in the new equipment user training. The investigations in this study were performed by the author in various surveying projects. The surveying tasks varied from traditional, tachymeter based surveying to laser scanning. Laser scanning is the latest addition in Project Survey department services.</p> <p>The study also reviews the use of Trimble Real Works -application and its compatibility with the software used in the city organization. The Trimble Real Works-application was acquired to enable the processing of the laser scanning data. The possibilities of the new application were considered in the light of the future service supply of the Project Survey department.</p> <p>The accuracy of laser scanning was examined by comparing its results with the data surveyed with a tachymeter. As the result of the comparison it was noticed that the data gathered with the new equipment is accurate enough for the needs of Project Survey department and its clients.</p> <p>In the future the demand for data surveyed with Trimble VX Spatial Station is believed to grow and the new equipment can diversify the tasks performed. Tunnel surveys and various volume calculations are considered possible in the future.</p>	
Keywords	Trimble VX Spatial Station, Trimble Tablet Rugged PC, laser scanning, Helsinki

## Lyhenteet ja määritelmät

Galileo	Euroopan unionin ja Euroopan avaruusjärjestön hanke eurooppalaisen satelliittipaikannusjärjestelmän luomiseksi.
Glonass	GLObalnaja NAvigatsionnaja Sputnikovaja Sistema. Venäläinen satelliitti-paikannusjärjestelmä.
GPS	Global Positioning System. Yhdysvaltalainen satelliittipaikannusjärjestelmä
GNSS	Global Navigation Satellite Systems. Satelliittipaikannin, joka tukee GPS ja Glonass satelliittipaikannusjärjestelmiä ja sisältää valmiudet Galileo satelliittipaikannusjärjestelmän käyttöön.
Laserskannaus	Mittaustapa, jolla mitattavasta kohteesta tuotetaan lasersäteiden avulla tarkkaa kolmiulotteista sijaintitietoa.
Maastomalli	Maanpinnan muotoja kuvaava malli. Maastomalli voi sisältää kasvillisuutta, puita ja rakennuksia. Koostuu pisteistä ja tai-teviivoista.

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Organisaatio	2
2.1	Mittausosasto	3
2.2	Projektimittaus-osasto ja laitteistot	3
3	Laserskannaus	4
3.1	Laserskannauksen periaate	4
3.2	Käyttökohteita	5
4	Hankitut laitteet ja ohjelmistot	5
4.1	Trimble VX Spatial Station	5
4.2	Trimble Tablet Rugged PC	7
4.3	Trimble Real Works	8
5	Uusien laitteiden hankinta	8
6	Trimble VX:n käyttökohteita	9
6.1	Tunnelit	9
6.2	Arkeologia	10
6.3	Sillat	10
7	Laitteistokoulutus	10
8	Erilaisia työtehtäviä VX:llä	12
8.1	Laserskannauksen opettelu	12
8.1.1	Aineiston käsittely Trimble Real Works -ohjelmistolla	13
8.1.2	Tilavuuden määrittäminen Real Works -ohjelmistolla	14
8.1.3	Maastomallin luominen	16
8.2	Kokemuksia ja ongelmia	19
8.3	Kartoitus VX:llä	20
9	Mansikkamäki-projekti	23
9.1	Tarkkuuden tarkastelua	26
9.2	Tarkkuuden riittävyys	29

10	Tulevaisuuden työtehtäviä Staralla	30
11	Yhteenveto	31
	Lähteet	32
	Liitteet	
	Liite 1. Kalibrointitodistus	
	Liite 2. Tilavuuden määrittäminen -raportti	

## 1 Johdanto

Insinööriyön tarkoituksena on tehdä selvitys Trimble VX TM Spatial Station -kojeen ja Trimble Tablet Rugged PC -maastotietokoneen käyttöönottoon liittyvistä suunnitelmista, laserskannerilla suoritettavista työtehtävistä, niihin liittyvistä ongelmista, laitteen mittaustarkkuuden riittävydestä sekä mahdollisista tulevista työtehtävistä Helsingin kaupungin Staran Geopalvelun projektimittausosastolla. Tavoitteena on myös selvittää, miten laserskannausaineiston käsittelyyn tarkoitettu, laitteen mukana hankittu Real Works -ohjelma toimii perinteisen mittausdatan käsittelyyn kaupungin organisaatiossa käytettävän MicroStation-ohjelmiston kanssa ja onko Helsingin kaupungilla tai asiakkailla tarvetta tai kysyntää laserskannausaineistoille. Lisäksi työn myötä muodostuu alustava ohjeistus kojeen sekä ohjelman käyttöön.

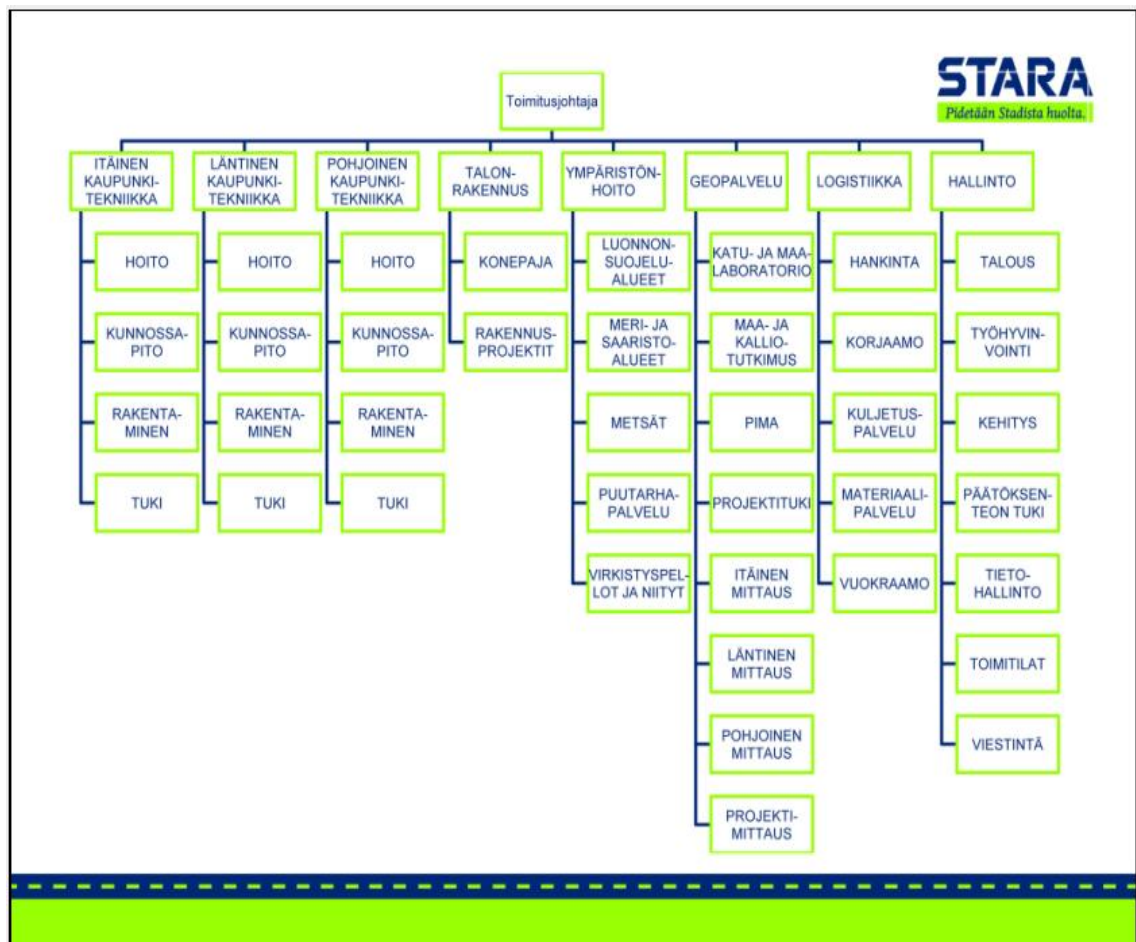
Selvitys tehdään perustuen omiin työtehtäviin ja kokemuksiin projektimittausosastolla. Työtehtävät alkavat uuden kojeen ja ohjelmiston käyttökoulutuksella ja jatkuvat käytännön mittaustehtävinä eri projekteissa.

Projektimittaus-osaston ohella Stara hankki samanlaisen koje- ja ohjelmistopakettin myös läntiselle mittausosastolle. Työssä muodostuva alustava ohjeistus siis tulee palvelemaan kahden mittausosaston tarpeita.

## 2 Organisaatio

Stara on Helsingin kaupungin oma palveluntuottaja, joka muodostui vuonna 2009 Helsingin kaupungin rakentamispalvelusta. Staran tehtäviin kuuluu katujen ja puistojen rakentaminen ja hoito, rakennusten korjaus, luonnonmukaisten alueiden hoito ja logistiikan ja teknisen alan palvelujen tuottaminen. Työntekijöitä Staralla on 1 600, kesäisin jopa 2 000 henkilöä. Staran liikevaihto vuonna 2010 oli noin 250 miljoonaa euroa. Suurimpia asiakkaita ovat rakennusviraston katu- ja puisto-osasto, kiinteistöviraston tilakeskus, HKR-rakennuttaja ja Helsingin seudun ympäristöpalvelut. (1)

Stara jakaantuu kahdeksaan eri osastoon, joista yksi on muun muassa mittauspalveluja tarjoava Geopalvelu. Organisaation rakenne koko Staran ja Geopalvelun osalta ja projektimittaussosaston asema organisaatiossa ovat tarkemmin nähtävissä kuvassa 1. (1)



Kuva 1. Staran organisaatiokaavio (2)



## 2.1 Mittausosasto

Mittausosasto jakautuu neljään mittauspiiriin: Itäinen, Läntinen ja Pohjoinen mittaus sekä Projektimittaus. Tarjottaviin palveluihin kuuluvat muun muassa Maa- ja kalliitutkimus-osaston tarvitsemat mittaukset, maastokartoitukset, merkintämittaukset, tarkemittaukset, vesi- ja viemärijohtojen mittaukset, määrälaskenta sekä maisemasuunnittelun ja viherrakentamisen mittauspalvelut. Näistä viheralueiden mittauspalvelut muodostavat pääosan Projektimittaus-osaston työtehtävistä. (3)

## 2.2 Projektimittaus-osasto ja laitteistot

Projektimittaus-osaston toimitilat sijaitsevat Helsingin Kaupungin puutarhan alueella. Projektimittaus-osaston henkilöstö koostuu tällä hetkellä palvelupäällikkö Eero Kannostosta sekä viidestä mittaryhmästä. (3)

Projektimittaus-osaston mittalaitteet koostuvat moderneista Trimblen takymetri- ja GPS (Global Positioning System) -laitteista, Sokkisha C40 -vaaituskojeesta sekä Trimble CU -maastotietokoneista. Takymetrit ovat mallia Trimble S6 ja GPS-laitteet Trimble R8-GNSS (Global Navigation Satellite Systems). Lisäksi kalustoon kuuluu mittaamiseen tarvittavia prismoja, erilaisia prisma-sauvoja, kojeen jalustoja, linjaseipäitä, metallinpaljastimia, akkulatureita, radiopuhelimia sekä suuri määrä työkaluja.

Prismoja Projektimittaus-osastolla on käytettävissä kullakin mittaryhmällä seitsemän kappaletta. Prismat eroavat toisistaan käyttötarkoituksensa ja toimintaperiaatteensa perusteella. Moderneimmat prismat on varustettu radioyhteydellä, jolloin mittalaitteen ja prisman on mahdollista olla yhteydessä toisiinsa radiosignaalin välityksellä. Tämä parantaa prisman automaattista seurattavuutta kojeella, josta on hyötyä varsinkin peitteisessä maastossa mitattaessa. Perinteisemmät prismat ovat muotonsa ja kokonsa perusteella suunniteltu pääasiallisesti joko kartoitukseen, tarkkoihin kulmien mittauksiin tai liitettäväksi pidempiin prisma-sauvoihin. Mittaryhmillä on käytössään myös erikokoisia prismatarroja.

Mittausaineiston käsittely tietokoneella tapahtuu MicroStation-ohjelmistolla, jota on täydennetty Terrasolid-sovelluksilla. Käytetyimmät sovellukset ovat TerraSurvey Field, TerraModeler Field ja Terra Pipe. Näistä TerraSurvey Field ja TerraModeler Field ovat

maaston kartoitukseen ja suunnitelmien maastoonmerkintään käytettyjä sovelluksia, ja Terra Pipe on johtoverkkojen mittaamiseen ja suunnitteluun tarkoitettu sovellus. (3)

Mittausten laatu projektimittausosastolla varmistetaan sitomalla mittaukset mahdollisuuksien mukaan Helsingin kaupungin korkeuskiintopisteisiin ja monikulmiopisteisiin sekä mahdollisesti GPS-pisteisiin. Lisäksi mittaukset suoritetaan mahdollisimman pienillä orientoinnin pistevirheillä. Lopullinen laadunvarmistus tehdään käsiteltäessä mittausaineistoa MicroStation-ohjelmassa, jolloin pisteiden sijaintia voidaan silmämääräisesti tarkastella kaupungin kantakarttaan nähden ja verrata pisteiden korkeuslukemia kartan korkeuskäyriin.

### 3 Laserskannaus

Laserskannaus on mittaustapa, jolla mitattavasta kohteesta tuotetaan lasersäteiden avulla tarkkaa kolmiulotteista sijaintitietoa. Tiedon saanti perustuu kojeen lähettämien laserpulssien kulkuajan tai pulssin vaihe-eron määrittämiseen kohteesta takaisin kojeeseen. (4, s. 11; 5.)

#### 3.1 Laserskannauksen periaate

Laserskannauksessa mittalaite lähettää mitattavaan kojeeseen lasersäteitä käyttäjän määrittämänä rasterina eli pisteverkkona. Rasterin tiheyttä säädetään mitattavan kohteen mukaan, esimerkiksi rakennusmittauksissa käytetään yleisesti tiheämpää rasteria kuin maastokartoituksissa. (5)

Mitattava kohde skannataan yleensä useasta eri kojeasemasta, jotta katvealueet vältetään. Kojeasemilta mitatut aineistot yhdistetään yhdeksi kokonaisuudeksi, pistepilveksi. Pistepilvet saattavat sisältää mitattavasta kohteesta riippuen satoja tuhansia tai jopa satoja miljoonia pisteitä. Mitattujen pisteiden suuren määrän ansiosta mitattu kohde näyttää tietokoneen ruudulla kolmiulotteiselta. (5)

### 3.2 Käyttökohteita

Laserskannausta on perinteisesti hyödynnetty rakennusmittauksissa, erilaisissa suunnittelutehtävissä ja maastokartoituksissa. Käyttö on kuitenkin laajentunut kojeiden hintojen laskiessa ja nykyisin skannausta käytetäänkin yleisesti esimerkiksi puuston- ja arkeologisten kohteiden kartoituksiin sekä tielinjojen, tunneleiden ja siltojen mittauksiin. (5)

## 4 Hankitut laitteet ja ohjelmistot

### 4.1 Trimble VX Spatial Station

Trimble VX Spatial Station tuotiin markkinoille vuonna 2007. Trimble VX 3D -takymetri on kehitetty Trimblen robottitakymetrin pohjalle siten, että optiseen mittaukseen on lisätty 3D-laserskannausominaisuus sekä mahdollisuus digitaalisen kuvan käsittelyyn Trimble VISION -tekniikkaa hyödyntäen. (7)



Kuva 2. Trimble VX 3D -takymetri

Kokonaisuudessaan järjestelmän osat ovat

- Trimble VX 3D -takymetri (kuva 2.)
- Trimble CU- tai TSC2-maastotietokone
- Trimble Survey Controller -ohjelmisto maastotyöskentelyyn
- TDS Survey Pro- tai Trimble Survey Manager -maasto-ohjelmisto
- Trimble Real Works- & Survey-ohjelmat (7).

Poikkeuksena listaan Staran hankkiman kojeen ohessa hankittiin myös Trimble Tablet Rugged PC -maastotietokone, josta kerrotaan tarkemmin luvussa 3.2. Lisäksi maastotyöskentelyohjelmisto on listasta poiketen Trimble Access -ohjelmisto.

Trimble on ensimmäisten valmistajien joukossa yhdistämässä perinteiseen optiseen mittaukseen laserskannausta ja digitaalista kohteen kuvausta. Edelläkävijän kojeesta tekee tarkasti kojeen runkoon ja optiikkaan kalibroitu kolmen megapikselin kamera sekä mahdollisuus myöhemmin tietokoneohjelmalla mitata kojeella otetulta valokuvalta koordinaatteja halutulle kohteelle. Muillakin mittalaittevalmistajilla on markkinoilla tarjolla takymetrejä joissa on kuvaus-mahdollisuus, mutta näissä kojeissa ei vielä ole mahdollisuutta saada myöhemmin kuvalta osoitetulle pisteelle koordinaattitietoja. (8; 9; 10)

Optiikassa ja kulmamittaustarkkuudessa VX on jonkin verran tarkempi kuin Staralla nykyisin käytössä olevat mittalaitteet. Kulmamittaustarkkuudeksi VX:lle ilmoitetaan kalibroitodistuksessa (liite 1) 1" (0,3 mgon), joka on viisi kertaa tarkempi verrattuna Trimblen S6-takymetriin. Skannaus VX:llä on huomattavasti hitaampaa kuin varsinaisilla laserskannereilla. VX:n laserskannerin suorituskyky on jopa 15 mitattua pistettä sekunnissa, tavallisimmin 5 pistettä sekunnissa. Skannattavan pisteverkon tiheyden käyttäjä saa itse määritellä, alkaen 10 x 10 mm ruudusta. Skannaus on mahdollista jopa 1 metristä aina 250 m etäisyyteen asti. Tarkkuus skannatulle pisteelle alle 150 metrin matkalla on 10 mm. (9)

#### 4.2 Trimble Tablet Rugged PC

Uutena laitteena projektimittausosastolle hankittiin myös Trimble Tablet Rugged PC -maastotietokone (kuva 3). Tietokoneessa on seitsemän tuuman värillinen kosketusnäyttö, jolla esimerkiksi VX:ää voidaan ohjata radioyhteyden avulla suoraan tietokoneen näytöltä. Lisäksi tietokoneessa on Windows 7 -käyttöjärjestelmä, Internet Explorer -internetselain, kaksi integroitua kameraa, joilla on myös mahdollisuus kuvata videokuva, integroitu GPS-paikannin sekä integroitu WLAN (Wireless Local Area Network)- ja Bluetooth-yhteys. (11)



Kuva 3. Trimble Tablet Rugged PC

Projektimittaus-osaston hankimassa tietokoneessa on myös Radio-Trimble Tablet 2,4 Ghz:n radiolähetin, joka liitetään tabletin USB (Universal Serial Bus)-liittimeen. Radiolähetintä tarvitaan, koska pääsääntöisesti mittauskojeen ohjaus ja tiedonsiirto kojeesta tablettiin tapahtuu radioyhteyden avulla.

Alun perin Trimble Tablet Rugged PC on suunniteltu erilaisten paikkatietosovellusten käyttöön, muun muassa metsien inventointiin, johon laite soveltuukin mainiosti integroidun GPS-paikantimen ansiosta. Tämän lisäksi tablettia on käytetty koneenohjaukseen rakennustyömailla. Tablet Rugged PC toimii hyvin vaativissa olosuhteissa pölyn- ja vedenkestävyytensä ansiosta. (13)

Tablet Rugged PC:n käytettävyyttä lisää sen monet yhteysvaihtoehdot. Laitteella voidaan ohjata Trimblen S-sarjan takymetrejä Bluetooth- tai radioyhteyden avulla ja käyttää GPS-laitteita Bluetooth-yhteyden avulla, joskin GPS:n käyttö edellyttää Internet-

yhteyttä. Internet-yhteyden avulla myös ohjelmistopäivityksiä muun muassa hankittuun Access-ohjelmistoon on mahdollista hakea suoraan Tablet PC:llä. (13)

Uuden maastotietokoneen etuna on, että käyttöliittymä Tablet Rugged PC:ssä verrattuna vanhempiin Trimble CU-maastotietokoneisiin on samanlainen, jolloin käyttöönotto helpottuu huomattavasti. Suurimpina eroina Tablet Rugged PC- ja Trimble CU-maastotietokoneiden välillä on paitsi Tablet Rugged PC:n suurempi koko, myös mahdollisuus tehdä mitatusta aineistosta maastomalli, eli maanpinnan muotoja kuvaava malli jo maastossa. (13)

Tablet Rugged PC:n koko herätti laitekoulutustilaisuudessa epäilyjä laitteen käytettävyydestä maasto-olosuhteissa. Lisäksi kosketusnäytön toimivuutta pakkasessa epäiltiin. Valmistajan tietojen mukaan Tablet Rugged PC:n pitäisi toimia vielä  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ :n lämpötilassa. (11)

#### 4.3 Trimble Real Works

Trimble Real Works -ohjelma on suunniteltu VX:llä tuotettavan laserskannausaineiston käsittelyyn. Projektimittaus-osastolle hankittu ohjelma on Real Works -ohjelman Base-versio, joka ei sisällä kaikkia mahdollisia ohjelmaan saatavilla olevia työkaluja. Base-versiolla voidaan tutkia, muokata ja visualisoida aineistoa sekä tehdä laskentaa. Lisäksi ohjelmalla voidaan valmiiksi käsitelty aineisto muuntaa CAD-suunnitteluohjelmille, esimerkiksi projektimittausosastolla käytössä olevalle MicroStation-ohjelmalle sopivaan muotoon. (13)

## 5 Uusien laitteiden hankinta

Uusien laitteiden ja ohjelmistojen hankinnassa perimmäisenä ajatuksena on ollut uudistaa ja kehittää Geopalvelun palvelutarjontaa ja samalla nykyaikaistaa mittauskalustoa. Tavoitteena on myös turvata kaupungin kartoittajien töiden riittävyys ja monipuolisuus ympäri vuoden. (14)

Palvelutarjonnan kehittäminen sai alkunsa projekti- ja läntisen mittausosaston palvelupäälliköiden Eero Kannoston ja Ilkka Määtän pohdinnoista siitä, mitä tarjottavaa mittausosaston palveluissa ei vielä ole. Laserskannaus tuli keskusteluissa esille uutena aluevaltauksena, ja silloinen Geopalvelu-yksikön johtaja Hannu Halkola antoi asian esittelyn jälkeen valtuudet laitteiden ja ohjelmistojen hankintaan ja koulutuksen järjestämiseen. (14)

Laitteiden käyttöönotto suunniteltiin tapahtuvaksi kevään ja kesän 2011 aikana. Käyttöönotto tapahtuu harjoittelun ja käytännön työtehtävien kautta, jolloin työskentelyyn saadaan luotua rutiini. Tavoitteena on saada uusi järjestelmä hallintaan ja laserskannaus täysipainoisesti mukaan Mittaus-osaston palvelutarjontaan. (14)

Trimble VX Spatial Station -kojeen kaltaisia mittalaitteita, joilla pystytään takymetrimittauksen lisäksi suorittamaan myös laserskannauksia, on mittauspalveluja tarjoavilla tahoilla ja mahdollisesti samoista työtarjouksista mittausosaston kanssa kilpailevilla yrityksillä käytössä vähän. Tästä johtuen markkinoilla saattaisi olla kysyntää laserskannauksille ja muille aineistoille, joita VX:llä saadaan tuotettua. (14)

## 6 Trimble VX:n käyttökohteita

Trimble VX on verrattain uusi mittalaite markkinoilla ja varsinkin Suomessa, eikä tietoja kojeen käyttömahdollisuuksista tai käyttökokemuksista ole juuri saatavilla. Seuraavassa on kuitenkin selvitetty, millaisiin työtehtäviin VX:ää on jo käytetty Suomessa ja muualla maailmassa.

### 6.1 Tunnelit

Zürichin ja Milanon välille rakennettavan suurinopeuksisen rautatien huipennus on Gotthardin pohjatunneli, joka valmistuessaan tulee olemaan maailman pisin tunneli. Tunneliprojektissa VX:ää on käytetty perinteisiin mittaustehtäviin sekä tunnelin profiilin skannaukseen ja valokuvaukseen. Erityisesti tunnelin rakennusvaiheessa suoritettavien räjäytysten jälkeisten mittausten suorittamiseen on Trimble VX tuonut lisää tehokkuutta. Räjäytyksen jälkeen tunnelin seinään kiinnitetyllä VX:llä voidaan robottiominaisuutta

hyväksikäyttäen skannata nopeasti syntyneen tunnelin profiili ja verrata sitä suoraan maastomikroon tallennettuun vaadittuun profiiliin, jolloin mahdolliset poikkeamat profiilissa havaitaan heti. Tunnelissa, huonoissa valaistusolosuhteissa VX:n videotointo on saanut käyttäjiltään kiitosta. (15)

## 6.2 Arkeologia

Lounais-Saksassa maanmittausopiskelija Karlsruhen ammattikorkeakoulun geomatiikan tiedekunnasta on tehnyt entisöitävän linnan skannauksesta ja mallintamisesta väitöskirjan käyttäen työssään Trimble VX Spatial Stationia. Tavoitteena oli ennen restauroinnin aloittamista saada tietoa linna salien kunnosta ja varsinkin lattioiden muodonmuutoksista. Tämän kaltaisissa kohteissa Trimble VX:n valokuvausominaisuudesta on todella paljon hyötyä, koska otettuja kuvia käytettiin valmiissa 3D-mallissa tekstuureina. Tämä on osoittautunut varsinkin lattian kuvauksen ja muodonmuutosten tarkkailun kannalta hyödylliseksi. (16)

## 6.3 Sillat

Suomessa Trimble VX Spatial Station on kojeena uusi, joten käyttökokemuksia erilaisilta työmailta ei juuri ole julkisesti saatavilla. Crusellin sillan rakennustyömaalla Skanska Infra Oy on kuitenkin käyttänyt VX:n laserskannausominaisuutta muun muassa sillan maatuen muotin seinän mittaamiseen, josta saatuja mittaustuloksia on verrattu suunniteltuun muotin seinän sijaintiin. Kuten ulkomailla, myös Skanska Infra Oy:n kokemusten mukaan Trimble VX Spatial Station -kojeen valokuvausominaisuus on todella hyödyllinen ja laite kokonaisuudessaan helppokäyttöinen ja monipuolinen, vaikka Crusellin siltatyömaalla ei VX:n kaikkia ominaisuuksia päästy tehokkaasti käyttämään. (17)

## 7 Laitteistokoulutus

VX:n käyttöönottoon liittyvä laitekoulutus järjestettiin projektimittausosaston tiloissa Helsingissä 20.–21.1.2011. Kouluttajana toimi Geotrim Oy:stä tekninen myyjä Ulf



Fransman. Koulutukseen osallistui läntisestä mittausosastosta ja projektimittausosastosta yhteensä 13 henkilöä.

Koulutus jakautui kahdelle päivälle, joten molemmilla päivillä oli oma teemansa. Ensimmäisen päivän koulutuksessa perehdyttiin Trimble Tablet Rugged PC:n eri toimintoihin ja sen käyttöön VX:n kanssa. VX:llä tehtiin myös muutamia pieniä laserskannauksia ja perinteisiä kartoituspisteitä. Harjoittelu kannatti, sillä kartoitettujen pisteiden siirtäminen Tablet Rugged PC:ltä USB-muistitikkuun hyväksikäyttäen jatkokäsittelyyn MicroStation-ohjelmaan ei jostain syystä onnistunut. Tämän ongelman laitteistokouluttaja ratkaisi kuitenkin myöhemmin.

Toisena koulutuspäivänä keskityttiin lähinnä Trimble Real Works -ohjelman ominaisuuksiin ja käyttöön. Ohjelma on tehty helposti lähestyttäväksi ja omaksuttavaksi. Käyttöä yksinkertaistavana ominaisuutena on sen kyky yhdistää samasta kohteesta eri kojeasemilta skannatut pistepilvet toisiinsa yhdeksi kokonaisuudeksi automaattisesti. Ohjelma etsii itse ladattavista pistepilvistä riittävästi toisiaan vastaavia vastinpisteitä. Erillistä pistepilvien yhteenliittämistä ei siis tarvita.

Ohjelman ominaisuuksia kokeiltiin valmiilla skannausaineistolla. Tärkeimpänä toimintona harjoiteltiin pistepilven ylimääräisten pisteiden karsintaa. Lisäksi selvitettiin Real Works -ohjelman ja MicroStation-ohjelman yhteistoimintaa mittausaineiston käsittelyssä. Päällimmäisenä ongelmana MicroStation-ohjelman Terra-sovelluksessa on, ettei ohjelma pysty suoraan käsittelemään Real Works -ohjelmalla luotua maastomallia. Real Works -ohjelmaa voidaan siis Staran tapauksessa käyttää vain laserskannatun pistepilven ylimääräisten ja turhien pisteiden karsintaan, tilavuuden määrittämiseen ja skannatun aineiston tutkimiseen. Asiakkaalle lähetettävä maastomalli on myöhemmin luotava pisteaineistosta MicroStation-ohjelmalla.

Koulutusta on tarkoitus jatkaa tulevaisuudessa syventävänä koulutuksena. Koulutuksen järjestää edelleen laitetoimittaja, mutta siinä keskitytään laitteiston käytön myötä syntyneisiin kysymyksiin ja ongelmiin.

## 8 Erilaisia työtehtäviä VX:llä

Projektimittaus-osaston työnkuvaan kuuluu monenlaisia työtehtäviä peruskartoitukselta erilaisiin rakennustyömailla suoritettaviin kartoituksiin ja merkintämittauksiin. Seuraavassa käsitellään VX:n soveltuvuutta ja käytettävyyttä erilaisissa työtehtävissä.

### 8.1 Laserskannauksen opettelu

Johtuen hankalasta lumitilanteesta Helsingissä ja lähialueilla keväällä 2011 kaikenlaisien työtehtävien suorittaminen oli hidasta ja osin jopa mahdotonta. Tästä johtuen ensimmäiset työt VX:llä olivat luonteeltaan harjoitusluontoisia, ja tarkoitus olikin opetella ja sisäistää laserskannerin käyttöä ja eri toimintoja sekä perehtyä Tablet Rugged PC:n käyttöön VX:n ohjaimena ja yleisesti työvälineenä.

Harjoittelu tapahtui Helsingin kaupungin rakentamispalvelun (Stara) Talin multavarastolla ja tehtävänä oli laserskannaamalla mitata jokin alueen multakasoista. Skannattavaksi multakasaksi valittiin kasa, jonka päällä oli mahdollisimman vähän lunta. Sopivan kasan löydyttyä paikalle tehtiin kojetta varten kolme orientointipistettä Trimble R8-GNSS-laitteella. Orientointipisteitä tehtiin tarkoituksellisesti enemmän kuin vähintään oli tarpeen, jotta koje saadaan orientoitua mahdollisimman tarkasti ja myöhemmin kasan sijoittumisesta Helsingin kantakartalle saadaan selville, ovatko skannauksen tulokset luotettavia. R8:n ohjaimena hyödynnettiin Tablet Rugged PC:tä, jolloin tehtyjen pisteiden tiedot tallentuivat suoraan tabletin muistiin eikä pisteiden koordinaattien siirtoa R8:n ja VX:n välillä tarvinnut erikseen suorittaa.

Orientoinnin jälkeen varsinainen laserskannaus suoritettiin rajaamalla Tablet Rugged PC:n ruudulla näkyvältä kuvalta skannattavaksi haluttu alue ja asettamalla skannaukselle raja-arvot, kuten pisteverkon tiheys ja skannattavan kohteen suurpiirteinen etäisyys. Etäisyyden määrittäminen on tärkeää, koska näin huomattavasti määritettyä etäisyyttä pidemmälle osuneet, eli kohteesta ohi menneet skannauspisteet eivät tallennu tehtyyn työhön.

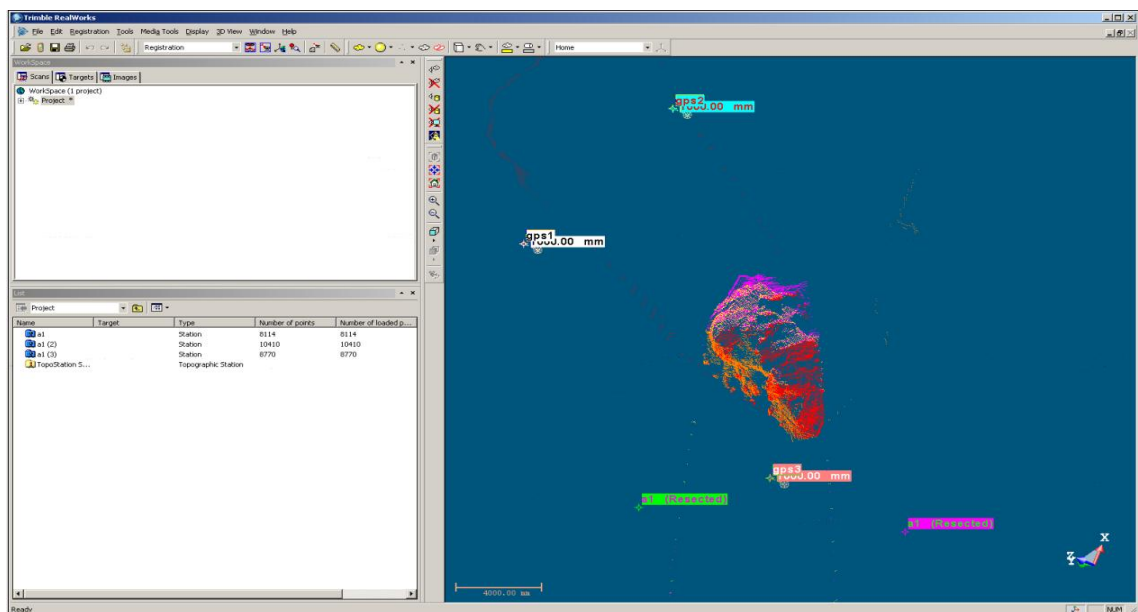
Multakasa skannattiin käyttäen kolmea kojeasemaa, jolloin saatujen pistepilvien sivutaispeitto saatiin varmuudella riittävän suureksi niiden yhteenliittämiseksi. Jokaiselta

kojeasemalta myös valokuvattiin laserkeilattu alue myöhempää mallin käsittelyä varten. Pisteverknon ruutukooksi valittiin neljän senttimetrin ruudukko, jolloin keilaukseen kulu-  
nut aika oli noin 25 minuuttia/kojeasema. Lisäksi kuvaaminen kesti muutamia minuut-  
teja/kojeasema. Yhteensä mitattuja pisteitä kolmessa pistepilvessä oli 26 294. Valoku-  
via kolmelta kojeasemalta otettiin yhteensä 14 kappaletta.

### 8.1.1 Aineiston käsittely Trimble Real Works -ohjelmistolla

Aineiston siirto Tablet Rugged PC:ltä pöytätietokoneelle tapahtuu USB-muistitikkua  
hyväksikäyttäen. Real Works -ohjelmalla skannausaineiston avaaminen käsittelyä var-  
ten tapahtuu samoin kuin minkä tahansa tietokoneohjelman, esimerkiksi tekstinkäsitte-  
lyohjelman käytössä.

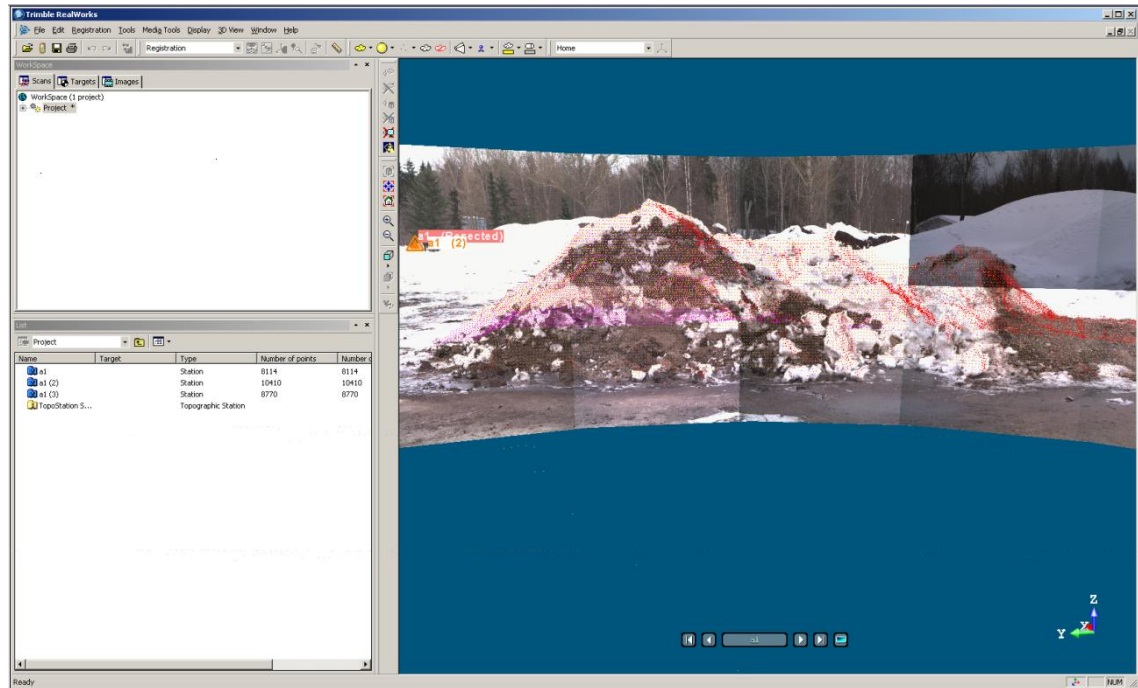
Skannattujen pistepilvien avauduttua ne liittyvät toisiinsa automaattisesti, aivan kuin  
koulutuksessa oli läpikäyty. Aineiston käsittelyyn tarvittavat työkalut ja valikot ovat  
selkeästi esillä ohjelman aloitusikkunassa (kuva 4).



Kuva 4. Skannatun multakan pistepilvi Real Works-ohjelmassa

Työkaluista tärkein projektimittausosastolle, eli pisteiden karsintaan käytettävä työkalu  
(Segmentation tool) oli helppo ja looginen käyttää. Työkalu perustuu toimintatapaan,  
jossa kovalta rajataan alue, jonka pisteet halutaan säilyttää, ja tämän jälkeen valikosta

valitaan rajatun alueen ulkopuolisten pisteiden poisto. Työkalu toimii myös päinvastoin, eli kuvalta voidaan rajata poistettavat pisteet, jolloin halutut pisteet jäävät kuvalle. Valokuvien liittäminen pistepilveen onnistui automaattisesti muuttamalla pistepilven katselukulma kojeasemapohjaiseksi (kuva 5).



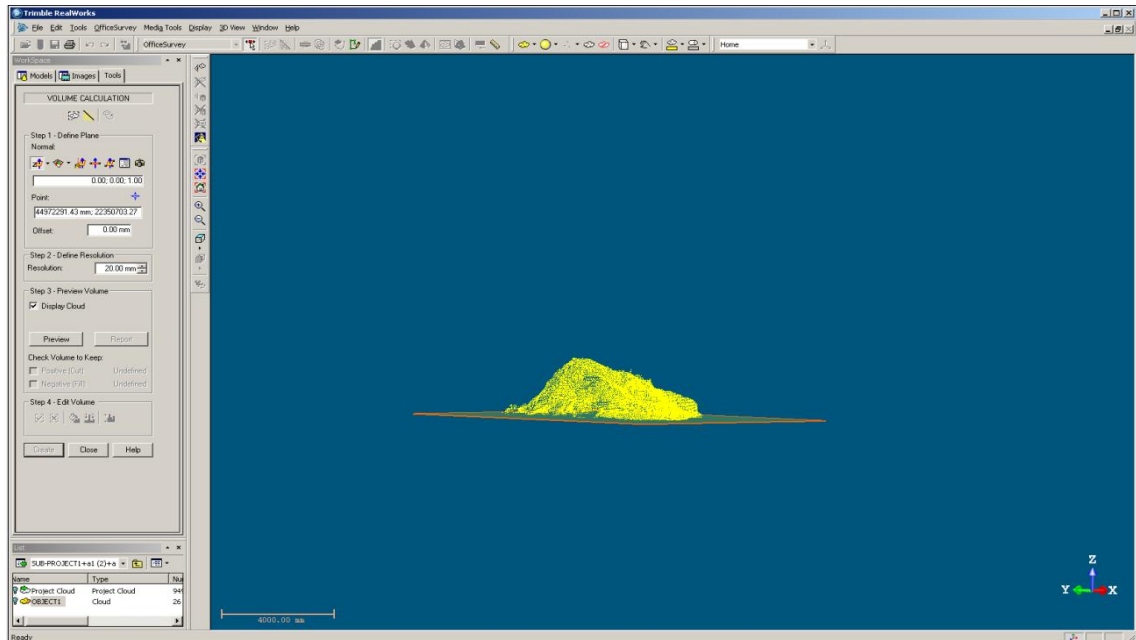
Kuva 5. Valokuvat pistepilven päällä Real Works -ohjelmassa

Ikävä kyllä kuvia ei ohjelman Base-versiossa saa liitettyä tekstuuriksi pistepilveen, joten koko kasaa ei pysty kuvallisena yhdellä kertaa tarkastelemaan. Valokuvan liittämisen jälkeen voidaan valikoiden työkaluilla mitata kuvalta koordinaattitietoja. Mittaamista varten kuitenkin valokuvat on oikaistava näytölle, mutta tämäkin työkalu on helposti löydettävissä ohjelman valikoista.

### 8.1.2 Tilavuuden määrittäminen Real Works -ohjelmistolla

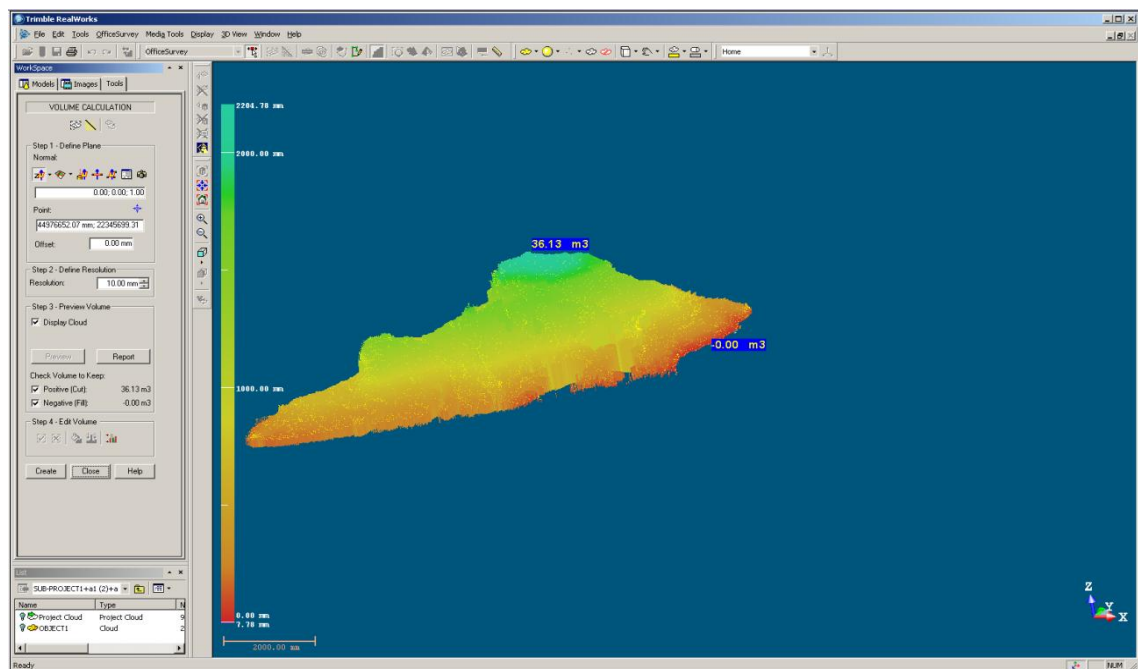
Projektimittausosastolla koettiin tarpeelliseksi myös tutkia, miten laserskannatusta pistepilvestä saadaan määritettyä tilavuus. Vaikka nykyisellään työtehtävissä harvoin tarvitaan tilavuuden määrittäystä, on se tulevaisuudessa uusi lisäys projektimittausosaston tarjoamiin palveluihin ja toistia saataviin tuloksiin.

Tilavuuden määrittäminen suoritettiin pistepilven ylimääräisten pisteiden karsinnan jälkeen käyttäen työkaluvalikosta Volume Calculation tool -työkalua. Perimmäisenä ajatuksena työkalun käytössä on asettaa pistepilven johonkin kohtaan vaakataso, jonka suhteen kohteen tilavuus määritellään (kuva 6).



Kuva 6. Vaakatasa sijoitettuna pistepilven alle

Käytännössä tämä tapahtuu valitsemalla hiiren osoittimella pistepilvestä kohta, jonka suhteen tilavuus halutaan määrittää tai syöttämällä halutun kohdan jonkin pisteen koordinaatit. Näistä ensimmäinen tapa tuntui yksinkertaisimmalta ja nopeimmalta, koska tarkentamalla näkymää riittävän lähelle pistepilveä esimerkiksi skannatun kasan alin piste oli helppo löytää. Vaakatason määrittämisen jälkeen valikon työkaluilla pystytään esikatselussa tarkastelemaan visuaalisesti pistepilven tilavuutta (kuva 7).

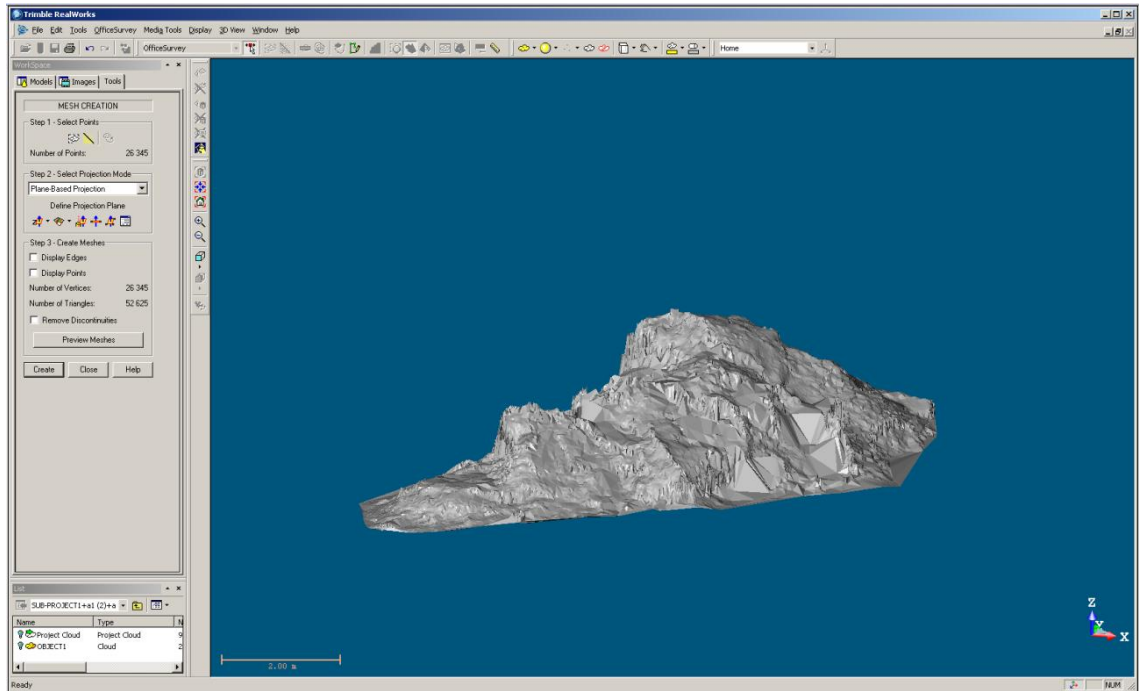


Kuva 7. Kasan tilavuuden määrittäminen visuaalisesti tarkasteltuna

Laskennan tuloksista on mahdollista koostaa raportti (liite 2) josta käy ilmi tason sijoittamisen perusteella lasketut leikkaus- ja täyttötalavuudet sekä kasan erilaiset pinta-alat. Raportti voidaan joko tulostaa paperiversioksi tai lähettää asiakkaalle esimerkiksi skannaustyön pisteaineiston liitteenä. Skannatun kasan tilavuudeksi saatiin Real Works -ohjelman laskemana 36,13 m<sup>3</sup>. Kasan tilavuus laskettiin myös manuaalisesti arvioimalla kasan korkeus, leveys ja pituus, jolloin tulokseksi saatiin noin 35 m<sup>3</sup>. Näin verraten tuloksia toisiinsa voitiin päätellä, että laskennan antamat tulokset ovat oikeita ja tilavuuden määrittäminen uusilta käyttäjiltä onnistui.

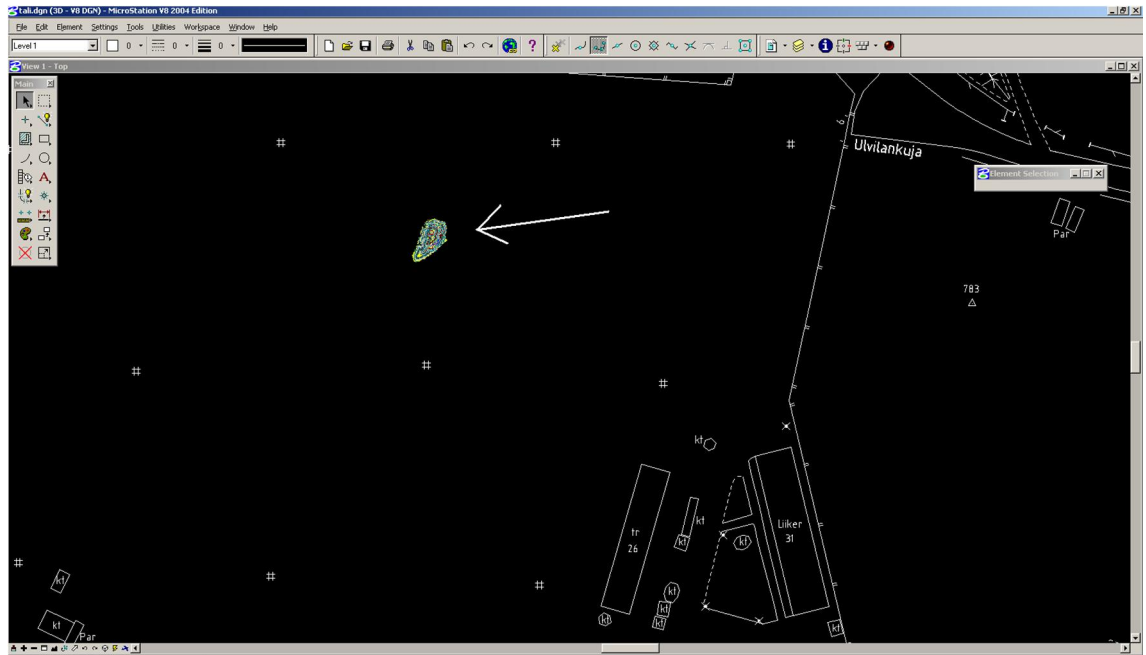
### 8.1.3 Maastomallin luominen

Maastomallin luominen Trimble Real Works -ohjelmalla tapahtuu Mesh Creation -työkalulla. Toimintaperiaate on samanlainen kuin tilavuuden määrittämiseen käytettävän työkalun tapauksessakin. Aluksi määritellään vaakataso, jonka yläpuolisesta osasta luodaan malli. Vaikka mallista saadaan visuaalisesti varsin näyttävä ja havainnollinen (kuva 8), ei projektimittausosasto eivätkä välttämättä asiakkaatkaan pysty käyttämään mallia hyväkseen. Tästä johtuen pistepilvi pitää saada tuotua MicroStationiin, jolla maastomalli saadaan luotua haluttuun muotoon.



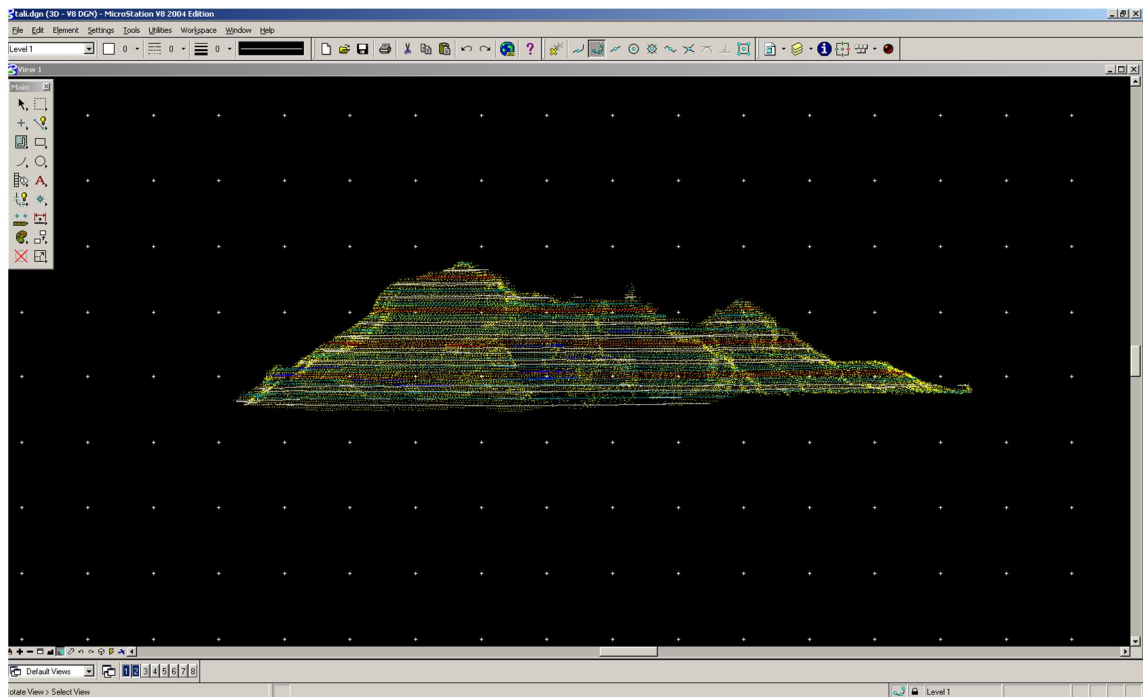
Kuva 8. Maastomalli Real Works -ohjelmalla luotuna

Trimble Real Works -ohjelman käytössä ongelmaksi muodostui ylimääräisten pisteiden karsinnan jälkeen pistepilven käyttö MicroStation-ohjelmassa. Pisteiden formaatin muuttaminen MicroStation-ohjelman käyttämään .dgn-muotoon onnistui näennäisesti hyvin, mutta kun pisteet avattiin MicroStation-ohjelmassa, se ei tunnistanut pisteitä pisteiksi, vaikka näyttikin ne ruudulla. Ongelma ratkaistiin avaamalla aivan uusi, tyhjä työ, johon pisteet ladattiin referenssiksi. Tämän jälkeen pisteiden ympärille piirrettiin aita ja aidan sisältö kopioitiin varsinaiseen työhön samaan kohtaan. Referenssin irrottamisen jälkeen pisteet sijoittuivat kantakartalle oikeaan kohtaan (kuva 9).



Kuva 9. Skannattu kasa kantakartalla MicroStation-ohjelmassa

Maastomallin luominen ja korkeuskäyrien lisääminen pistepilveen onnistui MicroStationissa hyödyntäen TerraModeler-sovelluksen työkaluja (kuva 10).



Kuva 10. Skannattu kasa maastomallina MicroStation-ohjelmassa



Poikkeuksena normaalin kartoitusaineiston kolmiointiin täytyi pistepilveä kolmioitaessa valita Kolmioi näkymä -valinta ja sen jälkeen normaalisti sijoittaa malliin korkeuskäyrät.

## 8.2 Kokemuksia ja ongelmia

Ensimmäiset mietteet Tablet Rugged PC:stä olivat ristiriitaiset. Tietokone on suhteellisen raskas verrattuna Trimble CU:n, jota perinteisesti on Projektimittaus-osastolla käytetty takymetrin ohjaamiseen ja käyttöön. Vapaana kädessä pidettynä tabletti on myös melko hankala käsitellä täsmällisesti. Lisäksi VX:n tasaus ennen orientointia ja mittaamista on hankalaa, koska PC:n ruudulla näkyvän VX:n tasaimen kuplan graafinen kuva siirtyy radioyhteyden välityksellä VX:stä PC:lle melko hitaasti, eikä tasaus vain yhtä kättä hyväksikäyttäen ole kovinkaan helppoa eikä tehokasta. Myöhemmissä keskusteluissa kartoittajien kanssa tulikin esille ajatus, että tabletti kiinnitettäisiin esimerkiksi prismasauvaan tai linjaseipäeseen, joka statiivin avulla pystytettäisiin kojeen viereen, jolloin työskentely mahdollisesti helpottuisi.

GNSS-laitteen ohjaukseen käytettynä Tablet Rugged PC toimi loistavasti, koska PC yhdistää itsensä GNSS-laitteeseen automaattisesti ja mittausvalikoiden käyttö on helppoa, loogista ja noudattaa samaa toimintatapaa kuin Trimblen muissakin laitteissa. Myös VX:n ohjaimena Tablet Rugged PC:n käyttö oli alkuhankaluuksien jälkeen varsin toimivaa ja tehokasta.

Skannattavan alueen määrittämiseen käytettävän VX:n kameran ohjaus Tablet Rugged PC:llä oli hidasta ja taas toisaalta kameran liikkeet äkkinäisiä. Tämä tosin saattaa johtua käyttäjien kokemattomuudesta ja siitä, että annetut käskyt kulkevat tabletilta VX:lle radioyhteyden kautta. Skannauksen päätyttyä valokuvien ottaminen oli varsin yksinkertaista. Valikosta valittiin haluttu kuvan laatu, joka käyttäjäkoulutuksessa saatujen oppien mukaan kannattaa aina valita parhaimmaksi mahdolliseksi. Kuvan koko parhaalla laadulla on 2048 X 1536 pikseliä. Tämän jälkeen koje laskee, montako kuvaa sen tarvitsee alueesta ottaa. Jokaisella kojeasemalla tehdyn työn tuloksia pystyi katselemaan heti skannauksen päätyttyä ja tarvittaessa olisi pystynyt täydentämään, eli skannaamaan uusia tai epähuomiossa skannaamatta jääneitä alueita.

Tärkein opetus tässä skannauksessa oli, että kojeen akun loppuessa kesken skannauksen koje kadottaa skannaukseen rajatun alueen eikä tallenna ennen sammumistaan tietoa siitä, mihin kohtaan skannaus on loppunut, vaan skannaus pitää aloittaa orientointia lukuun ottamatta kokonaan uudestaan. Ennen kojeen sammumista skannatut pisteet tosin tallentuvat PC:n muistiin, ja niitä voidaan aivan normaalisti käyttää luottaessa pistepilvistä 3D-mallia, joten tehty työ ei mene täysin hukkaan. Tähän ongelmaan keksittiin ratkaisuksi ulkoinen virtalähde, joka tässä tapauksessa olisi vanhemmissa Trimblen Geodimeter-takymetreissä käytetty Geotronicsin 12 voltin ulkoinen akku, joka saadaan kaapelilla suoraan liitettyä VX:n rungossa olevaan liittimeen. VX käyttää oletusarvoisesti suoraan ensin ulkoista virtalähdettä ja vasta toissijaisesti kojeessa olevaa akkua. Tämä järjestely tulee kyseeseen varsinkin laserskannattaessa kohdetta, jossa skannaukseen kuluva aika on pitkä ja virrankulutus näin ollen suuri.

Lisäksi opittiin, että koje kannattaa sijoittaa riittävän etäälle skannattavasta kohteesta. VX:n kameran digitaalinen zoom-toiminto ei pysty tarkentamaan kameran kuvaa pois päin skannauskohteesta, joten kojeen sijaitessa lähellä kohdetta tarvitsee skannausaluetta määritettäessä liikutella kameraa erikseen huomattavasti enemmän. Skannattaessa riittävän etäisyyden päästä saadaan kameran tarkennusta hyväksikäyttäen rajattua haluttu alue tarkemmin Tablet Rugged PC:n näytöllä siten, että kaikki kohteen yksityiskohdat huomioidaan.

### 8.3 Kartoitus VX:llä

Kartoitustyöt Projektimittaus-osastolla suoritetaan pääsääntöisesti käyttäen kojeelle vapaata asemapistettä, eli kojeen orientoinnissa tarvitaan vähintään kaksi lähtöpistettä joiden koordinaatit tunnetaan. Kartoitusprojekteissa, varsinkin talviaikaan, on helpompi tehdä lähtöpisteet GPS-vastaanottimella kuin etsiä monikulmiopisteitä ja korkeuspisteitä lumen alta. Näin toimittiin myös VX:llä kartoitettaessa. Kartoittaminen (kuva 11) VX:llä ei eroa millään tavalla kartoittamisesta Trimblen uudemmilla takymetreillä, esimerkiksi Trimble S6:lla.

Tablet Rugged PC:n käyttö kartoituksessa takymetrin ohjaimena koettiin tietyin osin hankalaksi. Suurin syy oli Tablet Rugged PC:n suurehko koko ja paino. Esimerkiksi kartoitettaessa puita pitää prismaan vaakamatkan mittaamisen jälkeen muuttaa takymet-

rin osoittamaa vaakakulmaa ennen lopullista havainnon tallentamista. Kojeen kääntäminen osoittamaan kohti puuta ei olisi kovinkaan helppoa eikä tarkkaa, koska Tablet Rugged PC:n käyttö vaatii käytännöllisesti katsoen molemmat kädet sen sujuvaa käyttöä varten.



Kuva 11. VX kartoitustyömaalla

Tablet Rugged PC:n suuri koko hankaloitti vaakakulman muuttamista ennen lopullisen mittaushavainnon tallentamista. Tästä johtuen VX:n ohjaamiseen puiden kartoituksessa käytettiin Trimble CU -maastotietokonetta, joka kiinnitetään takymetriin ja näin mittauksista ja kojeen käännöistä saadaan tarkempia ja nopeampia. Siirtyminen Tablet Rugged PC:n käytöstä Trimble CU:n käyttöön on helppoa, koska käyttöliittymä on sama (kuva 12 ja kuva 13), joskin mittausprojektin lähtöpisteiden tiedot täytyy tietokoneella tai käsin siirtää Trimble CU:lle.



Kuva 12. Tablet Rugged PC:n käyttöliittymä



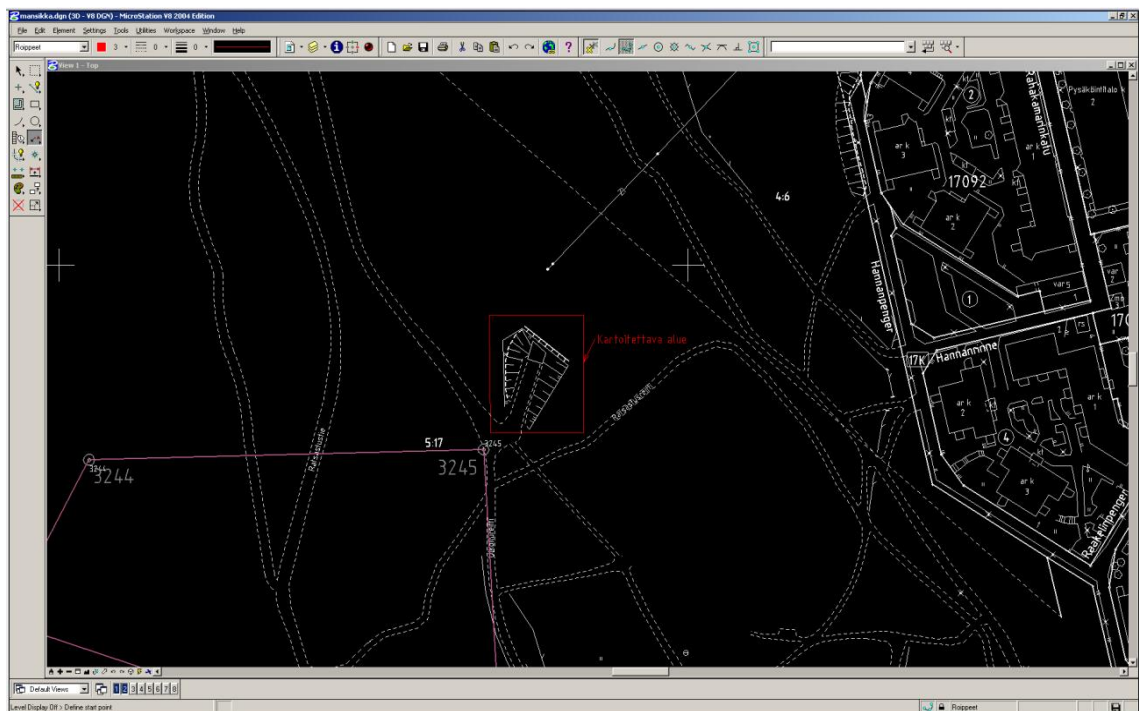
Kuva 13. Trimble CU:n käyttöliittymä

Vaikka Tablet Rugged PC:n kokoa pidettiin liian suurena, oli suuresta näytöstä kuitenkin apua. Kartoituksessa, jossa kartoitettavaksi määrätty alue ei ole säännöllinen ja sisältää paljon kulmia, on näytölle saatavasta aluerajauksesta hyötyä ja suurelta näytöltä rajojen hahmottaminen helpompaa kuin esimerkiksi Trimble CU:n näytöltä.

Kartoituksen ohessa kokeiltiin myös pisteen merkintämittausta VX:llä, koska yksi apupisteistä oli peittynyt jään alle ja merkintämittausta hyväksikäyttäen piste löydettiin ja saatiin kaivetuksi esiin. Merkintä tapahtui kartoituksen tavoin samoin kuin muillakin Trimblen takymetreillä.

## 9 Mansikkamäki-projekti

Mansikkamäki on projekti, jossa Helsingin Ruskeasuon koillispuolelle on rakennettu uudisrakennus, joka ei näy Helsingin kantakartalla. Projektiin liittyvät mittaukset projektimittausosastolta tilasi Geotekninen osasto. Tilauksen mukaan kovalta (kuva 14) rajatulta alueelta kartoitetaan puut, aidat, rakennukset sekä tehdään maaston pinnanmuodoista maastomalli.



Kuva 14. Kartoitettava alue MicroStation-ohjelmassa

Varsinaisesti kartoitus on tilattu tehtäväksi lumien sulettua, jolloin mittauksien varsinainen maanpinnankorkeuden osalta ovat luotettavampia kuin syvän lumipeitteen aikana. Rajatulla alueella olevan uudisrakennuksen kartoittamisen todettiin kuitenkin olevan mahdollista lumesta huolimatta. Rakennuksen perinteisen takymetrimittauksen

lisäksi rakennus päätettiin laserskannata VX:llä ja verrata näin saatuja tuloksia toisiinsa, jotta VX:n käyttäjät Staralla saisivat jonkinlaisen käsityksen skannauksen tarkkuudesta verrattuna takymetrimittaukseen. Haastavan skannattavan tästä kohteesta teki seinän rakenne, joka on kerroksellinen. Varsinaisen rakennuksen päällä rakennusta kiertää metalliverkko (kuva 15).

Alueella ei ollut käytettävissä kaupungin omia monikulmiopisteitä, joten kojeen orientointia varten tehtiin lähtöpisteet Trimble R8 GNSS -laitteella. Laitteen ohjaukseen käytettiin Tablet Rugged PC:tä, joten pisteiden tiedot tallentuivat VX:n orientointia varten ohjaimen käytettäväksi. Lisäksi tehtiin yksi apupiste tarraprismalla puunrunkoon. Orientoinnin pistevirheet kojeen asemapistettä perustettaessa olivat X, Y ja h-suunnassa 1–3 millimetriä.

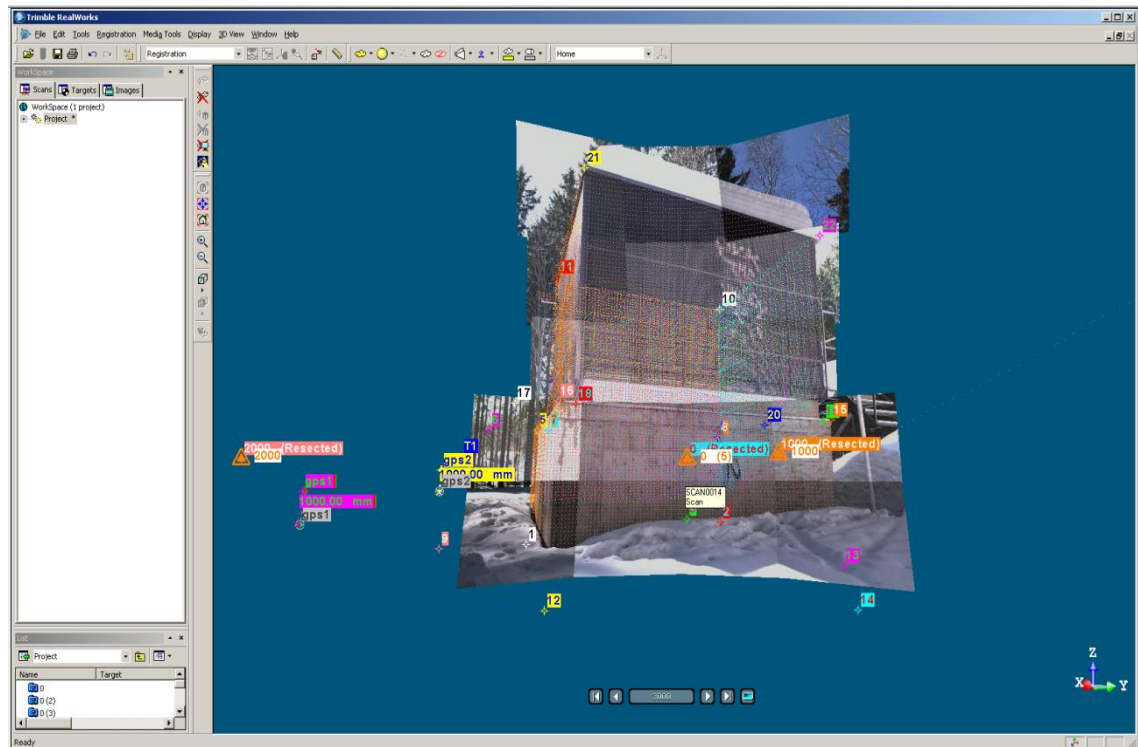
Skannaus suoritettiin käyttäen pisteverkossa viiden senttimetrin ruutukokoa. Kojeasemia koko rakennuksen tarkkaan skannaukseen tarvittiin hankalasta maastosta johtuen neljä kappaletta. Skannaukseen kulunut aika oli noin 25 minuuttia kojeasemaa kohden. Lisäksi valokuvien ottoon kului noin 5 minuuttia kojeasemaa kohden.





Kuva 15. Skannattava rakennus

Kaikkiaan rakennuksesta skannattiin 31 853 pistettä käsittävä pistepilvi sekä otettiin 31 valokuvaa, joista 17 kuvaa viimeiseltä kojeasemalta. Viimeisen kojeaseman suuri kuvamäärä selittyy sillä, että koje jouduttiin maastollisista ja lähtöpisteiden sijainnista johtuvista syistä sijoittamaan aivan rakennuksen lähituntumaan (kuva 16). Kuvauksessa myös kului huomattavasti enemmän aikaa kuin muiden kojeasemien kuvauksissa.



Kuva 16. Rakennuksen skannauksen viimeinen kojasema

## 9.1 Tarkkuuden tarkastelua

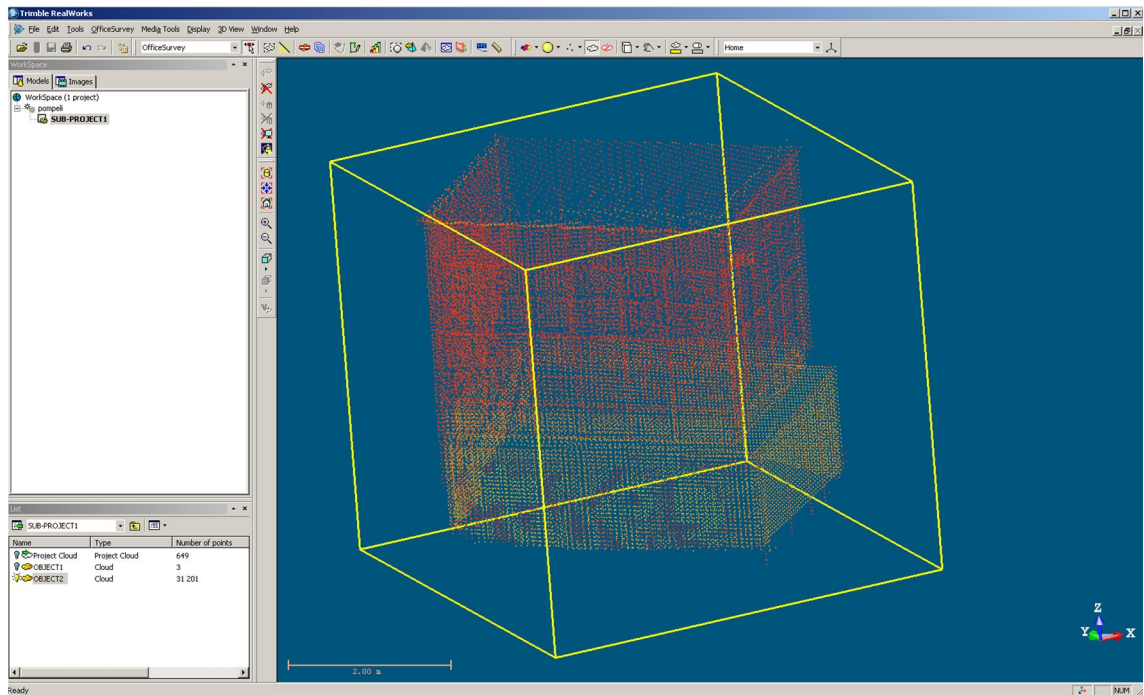
Laserskannauksen tarkkuutta verrattaessa takymetrimittaukseen lähdettiin liikkeelle projektiin toimeksiannon tarpeesta, eli rakennuksen sijainnin määrittämisen tarkkuudesta. Mittaustulokset molemmilla mittaustavoilla ovat vertailukelpoiset, koska mittaukset on tehty samoilta kojasemilta ja samoilla orientoinnin pistevirheillä.

Tarkastelu aloitettiin muuntamalla takymetrillä kartoitetut pisteet Tablet Rugged PC:llä Microstation-ohjelmassa avattavaan tiedostomuotoon. MicroStation-ohjelmassa nämä pisteet yhdistettiin taiteviivalla, jotta pisteistä saataisiin pistepilven tavoin kolmiulotteinen kuva ja tuloksia olisi näin helpompi vertailla. Tämä työ tallennettiin tietokoneen kovalevyllä.

Skannatusta pistepilvestä karsittiin ylimääräiset pisteet pois ja jäljelle jäi takymetrimittauksista piirrettyä mallia vastaava pistepilvi (kuva 17). Tämän jälkeen pisteaineisto kirjoitettiin Real Works -ohjelmassa .dgn-formaattiin ja tuotiin MicroStation-ohjelmassa

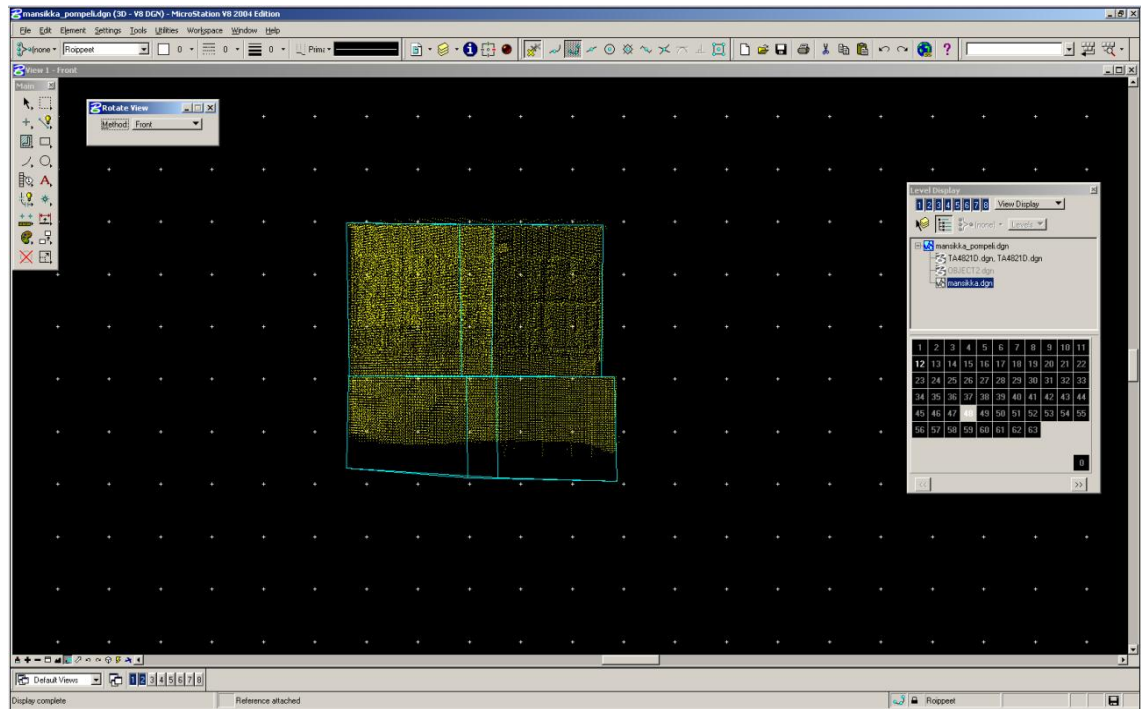


uuteen työhön referenssiksi, aivan kuin edellä luvussa 7.1.3 maastomallin luomista käsiteltäessä on toimittu, jotta pisteet saadaan ohjelmalla käytettäviksi ja käsiteltäviksi.



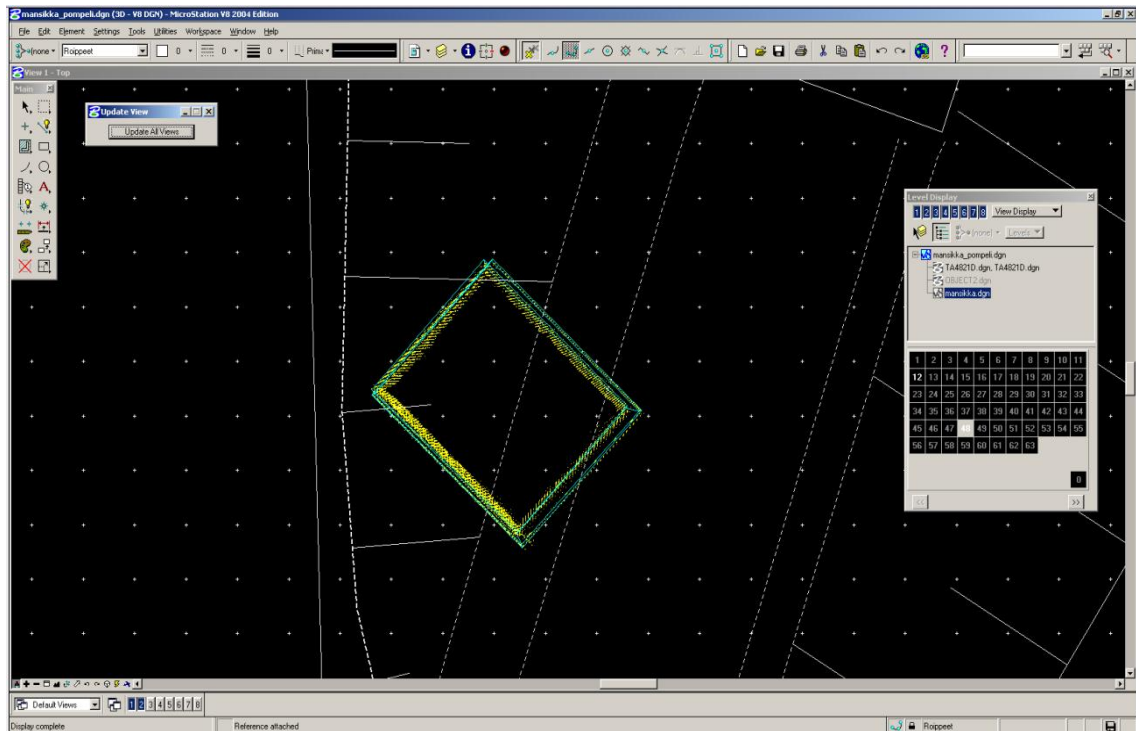
Kuva 17. Rakennuksen pistepilvi

Tuotaessa aineistot päällekkäin näkyviksi MicroStation-ohjelmassa huomattiin, että hankalien lumiolosuhteiden vuoksi ei rakennuksen perustusten sijaintia ollut voitu skannaamalla mitata perustusten alareunasta. Tästä johtuen skannausta ei voitu perustusten osalta verrata takymetrillä kartoitettuihin pisteisiin. (Kuva 18)



Kuva 18. Aineistot päällekkäin MicroStation-ohjelmassa

Korvaavana vaihtoehtona päätettiin verrata pistepilven ja kartoituspisteistä piirrettyjen, seinälinjaa kuvaavien taiteviivojen eromittoja. Tarkesteltaessa aineistoja päältäpäin (kuva 19) eroa ei silmällä tarkastellen huomaa, vaan aineistot näyttävät yhteneviltä. Mitattaessa eromittoja ympäri koko rakennuksen saatiin seinälinjan keskimääräiseksi eromitaksi aineistojen välillä noin kaksi senttimetriä.



Kuva 19. Aineistot päältäpäin tarkasteltuna

Osaltaan erot ovat selitettävissä takymetrimittauksessa prisman tarkan sijoittamisen hankaluudessa syvän lumihangen takia ja rakennuksen kattolinjan kartoitus prismatto-malla mittauksella laseria käyttäen. Lasermittaus on epätarkempi verrattuna prismamit-taukseen. Kartoittajien mielipiteen mukaan sama mittaus sulan maan aikaan saattaisi pienentää eroa huomattavasti. Lisäksi eromittojen mittaaminen ei ollut täsmällistä ra-kennuksen seinän kerroksellisuuden vuoksi.

## 9.2 Tarkkuuden riittävyys

Projektimittausosaston palvelupäällikkö Eero Kannoston arvion mukaan laserskannauk-sen keskimääräinen eromitta takymetrimittaukseen verrattaessa ei ollut liian suuri ja antaa luotettavan kuvan skannauksen tarkkuudesta. Arviossa otettiin lieventävänä asianhaarana huomioon vaikeat olosuhteet, jotka skannattaessa vallitsivat. Lisäksi val-mistajan ilmoittama tarkkuus skannatulle pisteelle alle 150 metrin matkalla on 10 mm, joten saatua tulosta voidaan pitää hyvänä. (15)

Perinteisellä takymetrimittauksella kohteesta luonnollisesti saadaan tarkemmat tiedot sijainnillisesti, mutta esimerkiksi tilavuuden määrittämisessä kohteen sijainnilla ei ole niin

suurta merkitystä. Tilavuuden määrittämisessä noin kahden senttimetrin erolla eri mittauksien välillä ei käytännössä ole lopputuloksen kannalta juuri merkitystä.

## 10 Tulevaisuuden työtehtäviä Staralla

Palvelupäällikkö Eero Kannoston mukaan tulevaisuudessa VX:llä tehtävien töiden luultavasti suurin tilaaja on Helsingin kaupungin Geotekninen osasto ja osastolle toimitettavat erilaiset tilavuuden määrittämisaineistot ja rakennustyömaiden aikana tehtävät maamassojen tilavuuksien määrittämiset. Tärkeimpiä ja tarkimpia kohteita ovat painumapenkkojen tilavuuksien määrittämiset. Painumapenkat ovat maa-aumoja, jotka perustetaan esimerkiksi rakennettavaksi suunnitellulle alueelle. Penkkojen avulla maaperän stabiiliutta seurataan ja varmistetaan alueen rakennettavuus. (14)

Tilavuuden määrittämisen lisäksi VX:n skannausominaisuutta tullaan käyttämään apuna vaikeissa kartoituksissa, esimerkiksi jyrkissä kalliorinteissä ja pommisuojiin- ja tunnelien sisäänkäynneissä. Myös erilaisille pistepilviaineistoille uskotaan olevan kysyntää, esimerkiksi rakennusten julkisivujen ja sisätilojen skannaukset, tunnelimittaukset sekä mahdollisesti siltojen alustojen skannaukset. (14)

Viitteitä tilavuuden määrittämisen kysynnästä saatiin jo skannattaessa Talin multavarastolla, jossa varaston työntekijät olivat kiinnostuneet uuden laitteen mahdollisuuksista varastolla sijaitsevien multakasojen inventointia silmälläpitäen. Nykyisin kasojen inventointi tehdään silmämääräisesti, joten tilavuuden määrittäminen skannausaineiston pohjalta antaisi huomattavasti tarkemman ja yksityiskohtaisemman tuloksen.

Talvella, varsinkin syvän lumipeitteen aikana, jolloin perinteinen kartoitus vaikeutuu huomattavasti, laserskannaus antaa mahdollisuuden jatkaa täysipainoista työskentelyä esimerkiksi maan alla olevissa kohteissa.

## 11 Yhteenveto

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli tehdä selvitys Trimble VX Spatial Station -kojeen ja Trimble Tablet Rugged PC -maastotietokoneen käyttöönottoon liittyvistä suunnitelmista, laserskannerilla suoritettavista työtehtävistä, niihin liittyvistä ongelmista, laitteen mittaustarkkuuden riittävydestä sekä mahdollisista tulevista työtehtävistä Helsingin kaupungin Staran Geopalvelun projektimittausosastolla. Lisäksi selvitettiin laitteen ohessa hankitun ohjelman käytettävyyttä ja yhteensopivuutta kaupungilla nykyisin käytössä olevan ohjelmiston kanssa.

Selvitykseen liittyvissä mittauksissa ja tutkimuksissa todettiin, että hankittujen laitteiden tarkkuus ja ohjelmiston käytettävyys ovat projektimittausosaston sekä asiakkaiden tarpeet täyttäviä ja laitteiston ominaisuudet erilaisissa työtehtävissä ja aineiston käsittelyssä ovat helposti hyödynnettävissä. Alun hankaluuksien jälkeen myös laitteiden käytettävyyden todettiin olevan hyvä ja laitteiden monipuolisten ominaisuuksien helpottavan päivittäisiä työtehtäviä.

Uuden järjestelmän kehitys valmiiksi palveluksi ei ole tällä hetkellä kokopäivätoimista. Järjestelmää kehitetään ja opetellaan lisää muiden töiden ohessa. Tavoitteena projektimittausosastolla on saada uusi järjestelmä toimivaksi ja markkinointikelpoiseksi vuoden 2011 loppuun mennessä.

## Lähteet

- 1 Staran esittely.2010. Verkkodokumentti. Stara.  
<<http://www.hel.fi/hki/rakpa/fi/Staran+esittely>>. Luettu 02.05.2011
- 2 Staran Intranet. 2010. Verkkodokumentti. Stara.  
<<http://helmi/Stara/organisaatio/Sivut/Organisaatiokaviot/Organisaatiokaavio.jpg>>
- 3 Mittaus. 2010. Verkkodokumentti. Stara.  
<<http://www.hel.fi/hki/rakpa/fi/Geopalvelu/Mittaus>> Luettu 24.11.2010
- 4 Ruuskanen, Sami. 2010. Ilmasta käsin suoritettavan laserkeilaushankkeen prosessikuvaus konsulttiyrityksessä. Insinööriyö, Metropolia ammattikorkeakoulu, Espoo. 26.5.2010.
- 5 Laserkeilaus. 2009. Verkkodokumentti. Wikipedia, käyttäjänimi SieBot.  
<<http://fi.wikipedia.org/wiki/Laserkeilaus>> Luettu 13.4.2011
- 6 Trimble VX. 2011. Verkkodokumentti. HNIT-BALTIC. <<http://www.hnit-baltic.lt/hbgis/images/default/TrimbleVX.jpg>>. Luettu 3.1.2011
- 7 Uutiset. 2007. Verkkodokumentti. Geotrim.  
<<http://www.geotrim.fi/News.asp?id=160>>. Luettu 3.1.2011
- 8 Mobiili paikkatieto.2008. Verkkodokumentti.  
<<http://www.tampere.fi/ytoteto/kaupunkimittaus/maastotietopalvelu/ikaalinen08/olkkonen.pdf>>. Luettu 3.1.2011
- 9 Trimble VX Spatial Station. 2007. Verkkodokumentti.  
<[http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-348124/022543-261F\\_TrimbleVX\\_DS\\_0110\\_lr.pdf](http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-348124/022543-261F_TrimbleVX_DS_0110_lr.pdf)>. Luettu 3.1.2011
- 10 Kostamo, Miika. 2010. Myyjä, Geotrim Oy, Vantaa. Keskustelu 18.10.2010
- 11 Trimble Tablet Rugged PC. 2009. Verkkodokumentti.  
<[http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-445384/022543-477B\\_TrimbleTablet\\_DS\\_1010\\_LR.pdf](http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-445384/022543-477B_TrimbleTablet_DS_1010_LR.pdf)>. Luettu 03.01.2011
- 12 Trimble Tablet Rugged PC. 2009. Verkkodokumentti.  
<[http://www.csdsinc.com/store/product\\_info.php?cPath=30\\_41&products\\_id=15956](http://www.csdsinc.com/store/product_info.php?cPath=30_41&products_id=15956)>. Luettu 3.1.2011
- 13 Fransman, Ulf. 2011. Myyjä, Geotrim Oy, Vantaa. VX-koulutus 20–21.1.2011
- 14 Kannosto, Eero.2011. Palvelupäällikkö, STARA/ Geopalvelu, Helsinki. Keskustelu 19.4.2011
- 15 Maailman pisimmän tunnelin mittaus. 2010. Technology & more 1/2010, s. 2–4
- 16 Kuninkaallinen projekti. 2009. Technology & more 3/2009, s. 2–4

- 17 Järvinen, Aleks. 2010. Rakentamisen mittaukset Crusellin sillalla. Insinööriyö, Metropolia ammattikorkeakoulu, Espoo. 4.5.2010.

Kalibroitodistus

# Certificate

**TRIMBLE VX DR Plus WITH SERIAL NUMBER 93710136  
COMPLIES WITH THESE SPECIFICATIONS:**

**ANGLE MEASUREMENT**

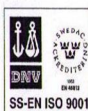
Accuracy (Standard deviation based on DIN 18723) .....1" (0.3 mgon)  
Automatic level compensator  
Type.....Centered dual-axis  
Setting accuracy.....0.5" (0.15 mgon)  
Range..... ± 5.4' (±100 mgon)

**DISTANCE MEASUREMENT**

Accuracy (RMSE)  
**Prism mode**  
Standard.....2 mm + 2 ppm ± (0.0065 ft + 2 ppm)  
Standard deviation according to ISO17123-4.....1 mm + 2 ppm ± (0.003 ft + 2 ppm)  
Tracking.....4 mm + 2 ppm ± (0.013 ft + 2 ppm)  
**DR mode**  
Standard measurement.....2 mm + 2 ppm ± (0.0065 ft + 2 ppm)  
Tracking.....4 mm + 2 ppm ± (0.013 ft + 2 ppm)  
**Range (under standard clear conditions)**  
**Prism mode**  
1 prism.....2500 m (8,202 ft)  
1 prism Long Range mode.....5500 m (18,044 ft)  
Shortest range.....0.2 m (0.65 ft)  
**DR mode (typically)**  
Kodak Gray Card (18% reflective).....600 m (1,969 ft)  
Kodak Gray Card (90% reflective).....1300 m (4,265 ft)  
Shortest range.....1 m (3.28 ft)

Full specifications of this instrument are available in the Datasheet, it could be downloaded from [www.trimble.com](http://www.trimble.com)

*Trimble instrument type Trimble VX DR Plus has been tested and complies with the original specification. Tests have been conducted over established baselines and angular measurements have been achieved by testing at calibrated baselines at Trimble AB, Sweden. EDM Baselines at Trimble AB, Sweden, has been calibrated with the special Trimble instruments which is calibrated at the Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig, Germany. The special Trimble instrument has calibration certificate 6710 PTB 08. All the above procedures are documented in accordance with ISO 9001(2008) issued by DNV Certification AB, Sweden.*



Jakob Meyerhoffer, Inspector  
16/11/2010, Danderyd, Sweden



**\*\*\* IMPORTANT INFORMATION \*\*\***

The serial number and PUK (personal unblocking key) for your Trimble VX DR Plus instrument are:

**Serial Number: 93710136**

**PUK: 3105019038**

The PUK is needed to unlock your instrument if you enable the security functionality and then forget the selected 4-digit PIN (see the instrument user guide on the CD included with the instrument for more information on the security functionality).

Trimble recommends you remove this card from the instrument case and keep it in a safe place for possible future reference.



## Tilavuuden määrittäminen raportti

## Volume Calculation Report

User Name: alisajo

Date: Thu Apr 14 13:24:39 2011

Project Name: Project

Linear Measurement Units: Meter

Coordinates System: X, Y, Z

## GENERAL

Grid size: 845 Columns by 1042 rows

DeltaX: 0.01 m

DeltaY: 0.01 m

X-Range: 44968.21 m to 44976.66 m

Y-Range: 22340.52 m to 22350.94 m

Z-Range: 2.01 m to 4.22 m

## CUT &amp; FILL VOLUMES

Positive Volume [Cut]: 36.13 m3

Negative Volume [Fill]: 0.00 m3

Cut minus Fill: 36.13 m3

Cut plus Fill: 36.13 m3

## AREAS

Positive Planar Area (Upper above Lower): 39.24 m2

Negative Planar Area (Lower above Upper): 0.00 m2

Total Planar Area: 39.24 m2

Positive Surface Area (Upper above Lower): 74.72 m2

Negative Surface Area (Lower above Upper): 0.00 m2