



Gemeentewerken

Gemeente Rotterdam

Buitenruimte

Verbeteren van het gebruik van Cyclone voor de verwerking van laserscandata

Stageverslag Niels van der Zon

Datum

4-6-2006

Versie

1.0

Opdrachtgever

Landmeten & Vastgoedinformatie

Opsteller

Niels van der Zon

Stagebegeleider

Bert Kagie, Frank Kenselaar



Inhoudsopgave

1.	Inleiding	3
2.	Laserscanning	4
2.1	Toepassingen voor laserscanning	4
2.2	Laserscan techniek	5
3.	Software	7
3.1	Cylone 5.4	7
3.2	CloudWorx 3.2	8
3.3	AutoCAD 2002	8
4.	Eindproducten van laserscanning	9
4.1	Puntenwolk	9
4.2	Mesh	10
4.3	Verschil tussen twee meshes	11
4.4	2D-profiel	12
4.5	Lijnenbestand	13
4.6	Objectenbestand	14
5.	Gebruik van laserscanning binnen LV	15
6.	Tachymetrische scan	16
6.1	Meetprincipe	16
6.2	Practische voor- en nadelen van totalstation als scanner	16
6.3	Technische voor- en nadelen van totalstation als scanner	17
6.4	Vergelijkingsmeting metrotunnel Rotterdam Centraal station	17
6.5	Conclusies en aanbevelingen	18
7.	Werkprocedures	19
7.1	Basishandelingen Cyclone	19
7.2	Maken van een mesh	21
7.3	Vergelijken van twee meshes	22
7.4	Modelleren van objecten door middel van 'Region Growing'	23
7.5	Modelleren door middel van 'Fit Edge'	24
7.6	Maken van een 2D-profiel	26
	Bijlage 1 Specificaties Leica TPS 1200	27
	Bijlage 2 Specificaties Leica HDS 4500	29
	Bijlage 3 Bevindingen stage	30

1. Inleiding

De afdeling Landmeten en Vastgoedinformatie (LV) van Gemeentewerken Rotterdam (GW) heeft de afgelopen jaren op onregelmatige basis een aantal objecten in laten meten met behulp van terrestrische laserscanning. Vaak werd er door het ingehuurd ingenieursbureau een compleet eindproduct afgeleverd, waaraan in principe niets meer aan hoeft gedaan te worden. Omdat LV in het kader van deformatiemetingen vaak niet de eindgebruiker is, is er behoefte aan controle op de uitgevoerde metingen en bewerkingen met behulp van het softwarepakket Cyclone. Een aantal medewerkers heeft wel een cursus gevolgd om met deze software te kunnen werken, maar door gebrek aan tijd en de onregelmatigheid waarmee projecten zich aandienden is die kennis nog maar minimaal aanwezig. Om toch op een goede en meer concrete manier met de datasets om te kunnen gaan is er behoefte aan duidelijke, beknopte handleidingen en werkbeschrijvingen voor Cyclone die de handelingen beschrijven die voor LV interessant zijn. Sinds kort beschikt LV over nieuwe TotalStations uit de 1200 serie van Leica. Een extra mogelijkheid van dit apparaat is een soort scan-functie. Binnen LV is de vraag ontstaan hoe de kwaliteit van deze scans zich verhoudt tot de terrestrische laserscans. Deze apparatuur is immers al in het bezit van LV. Dit zou betekenen dat een scanproject volledig met eigen personeel uitgevoerd kan worden, iets wat behoorlijk in de kosten zou kunnen schelen.

Doel van de stage is het maken van een handleiding voor het uitvoeren van standaardbewerkingen en analyses in Cyclone en het vergelijken van de laserscandata met de tachymetrische scandata. Dit is geformuleerd in een tweetal opdrachten:

- *Onderzoek de mogelijkheden van Cyclone en CloudWorx voor Gemeentewerken Rotterdam en beschrijf dit in een praktische handleiding*
- *Analyseer de kwaliteit van de tachymetrische scandata en vergelijk deze data met die van de terrestrische laserscanner. Doe een aanbeveling over de mogelijkheden van tachymetrische scanning.*

Er wordt uitgegaan van een geregistreerde dataset, de opdrachtnemer zorgt er dus in elk geval voor dat de verschillende scans van een opdracht aan elkaar gekoppeld zijn en dat ze in een voor GW geschikt coördinatenstelsel staan.

Naast genoemde opdrachten is er binnen de stage genoeg mogelijkheid geweest om kennis te maken met de overige taken van de afdeling LV en om een aantal keren met een meetploeg naar buiten te gaan.

Dit rapport begint met een overzicht van terrestrische laserscanning in hoofdstuk 2 en de gebruikte software in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 komen de verschillende producten aan bod die uit laserscandata gehaald kunnen worden. Hoofdstuk 5 behandelt de resultaten van de analyse van de tachymetrische data en de conclusies en aanbevelingen omtrent het gebruik hiervan binnen LV. In hoofdstuk 6 staan tenslotte alle werkprocedures.

2. Laserscanning

In hoofdstuk 2 wordt de techniek van de laserscanner besproken. In paragraaf 2.1 worden een aantal toepassingen van laserscanning genoemd en de techniek komt in paragraaf 2.2 aan bod.

2.1 Toepassingen voor laserscanning

Laserscanning een relatief nieuwe techniek voor de inwinning van Geo-informatie. Inmiddels begint de techniek steeds meer gemeengoed te worden binnen de landmeetkunde. De eerste toepassingen lagen vooral in de chemische industrie. Door het steeds ingewikkelder worden van de chemische installaties en de vraag om beschikbare ruimte optimaal te gebruiken ontstond er een vraag naar 3D-modellen van de installaties. In een 3D-model kan voor een nieuwe installatie bijvoorbeeld al bekeken worden of het op de gewenste plaats past en waar mogelijke knelpunten zitten. Voordeel van het gebruik van een scanner is dat de installatie van een afstandje ingemeten kan worden, er hoeft niet iemand fysiek heel dichtbij de installatie in de buurt te zijn. Dit non-contact aspect blijkt ook op andere gebieden grote voordelen te bieden. Het inmeten van bijvoorbeeld een viaduct kan op deze manier veel sneller en veiliger voor de landmeter gebeuren. Ingenieursbureau's en scannerproducenten zijn steeds op zoek naar nieuwe toepassingen zoals de zien is in figuur 2.1 a t/m b.

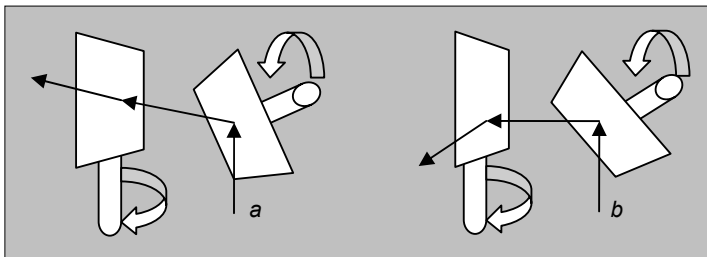


Figuur 2.1a t/m b: Voorbeelden van laserscanprojecten.

2.2 Laserscan techniek

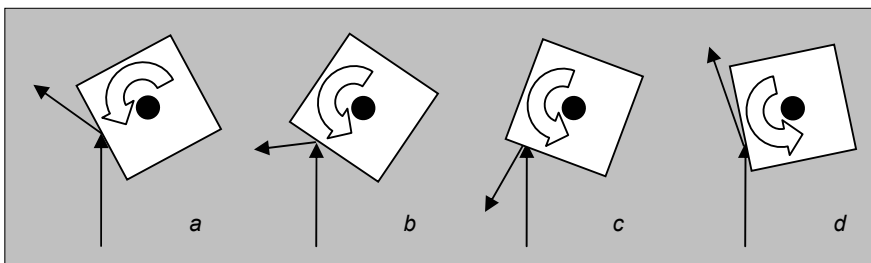
Met terrestrische laserscanning wordt een object als het ware afgetast door de laserstraal. Door bewegende of roterende spiegels kan de richting van de straal aangepast worden. Omdat dit vele malen per seconde gebeurt, komt de laserstraal elke keer op een ander deel van het object. Door ook de afgelegde weg van het signaal te meten, kan de afstand bepaald worden. Het instellen van de richting kan op twee manieren plaatsvinden, namelijk via twee bewegende spiegels of via een roterend of oscillerend spiegelblok.

Bij de *bewegende spiegels* draait de ene spiegel om de verticale as en bepaalt daarmee de richting in het horizontale vlak. De tweede spiegel draait om een horizontale as en bepaalt de verticale hoek. De behuizing van de scanner blijft dus steeds in dezelfde stand staan. In figuur 2.2a en 2.2b is dit principe weergegeven.



Figuur 2.2a en b: Voorbeeld van het instellen van de laserstraal door het verdraaien van twee spiegels

Het tweede systeem, het *roterend of oscillerend spiegelblok*, werkt met een spiegel in de vorm van een veelvlak. Door deze spiegel te laten roteren of oscilleren wordt een verandering van de laserstraal in verticale richting bewerkstelligd. Dit principe is gevisualiseerd in figuur 2.3a t/m d. Voor het veranderen van de laserstraal in horizontale richting kan de scannerkop in zijn geheel om zijn eigen as draaien.¹



Figuur 2.3a t/m d: Voorbeeld van het richten van de laserstraal door een roterende spiegel

¹ Collegaantekeningen Close Range Photogrammetry, 2004-2005

De laserscanners voor geodetische toepassing zijn grofweg in twee categorieën op te delen:

- fasescanners (paragraaf 2.2.1);
- pulsscanners (paragraaf 2.2.2).

In onderstaande tabel staan een aantal karakteristieken voor elke categorie. Voor elke categorie zijn enkele apparaten als voorbeeld genomen.

Tabel 2.1: Karakteristieken van verschillende laserscanprincipes (POB, januari 2005, pag. 72-73)

	Leica HDS4500	iQsun 880	Leica HDS3000	Riegl Z420
Scanprincipe	Fasescanner	Fasescanner	Pulsscanner	Pulsscanner
Max. scan afstand	25 [m]	76 [m]	100 [m]	1000 [m]
Gemiddelde scansnelheid	180.000 [pps]	120.000 [pps]	1.400 [pps]	8.000 [pps]
Afstands nauwkeurigheid	>3 [mm] op 25 [m]	3 [mm] op 10 [m]	4 [mm] op 50 [m]	5 [mm] op 800 [m]
Positie nauwkeurigheid	>6 [mm] op 10 [m]	3,5 [mm] op 10 [m]	6 [mm] op 50 [m]	6 [mm] op 100 [m]
Verticale bereik	270 [graden]	320 [graden]	310 [graden]	80 [graden]
Horizontale bereik	360 [graden]	360 [graden]	360 [graden]	360 [graden]

2.2.1 Faseverschilscanner

Scanners die volgens het principe van faseverschilmetingen werken meten het verschil in fase tussen het uitgezonden signaal en het ontvangen signaal. Dit verschil is te meten omdat het signaal wordt uitgezonden met een bepaalde fasehoek. Deze hoek varieert in tijd, dus aan de hand van het verschil in fasehoek tussen het uitgezonden en het teruggekomen signaal kan een afstand berekend worden. Omdat dit signaal continu is en er door de fasehoek onderscheid te maken is tussen de verschillende inkomende signalen kan er continu gemeten worden. De fasehoek komt tot stand door de lasergolf te moduleren met een of meerdere harmonische functies. Hierbij geeft de harmonische functie met de langste golflengte de afstand die zonder meerduideligheden gemeten kan worden. Deze afstand is gelijk aan de halve golflengte. De functie met de kortste golflengte bepaalt de nauwkeurigheid.

2.2.2 Pulsscanners

Ook pulsscanners meten het tijdsverschil tussen het verzonden signaal en het ontvangen signaal. Maar in plaats van een gemoduleerd signaal, zendt een pulsscanner een piek-sigitaal uit. Op het moment dat deze piek terug wordt ontvangen kan de looptijd berekend worden. Omdat dit heel nauwkeurig kan, zijn pulsscanners ook nog nauwkeurig op grote afstand. Een nadeel is echter dat er gewacht moet worden met het zenden van een nieuw signaal totdat het vorige signaal terug ontvangen is, anders kan er verwarring ontstaan. Dit heeft tot gevolg dat een pulsscanner veel minder punten per minuut meet dan een faseverschilscanner. Zoals in tabel 2.1 te zien is, kan dit wel een factor honderd schelen ten opzichte van een faseverschilscanner.

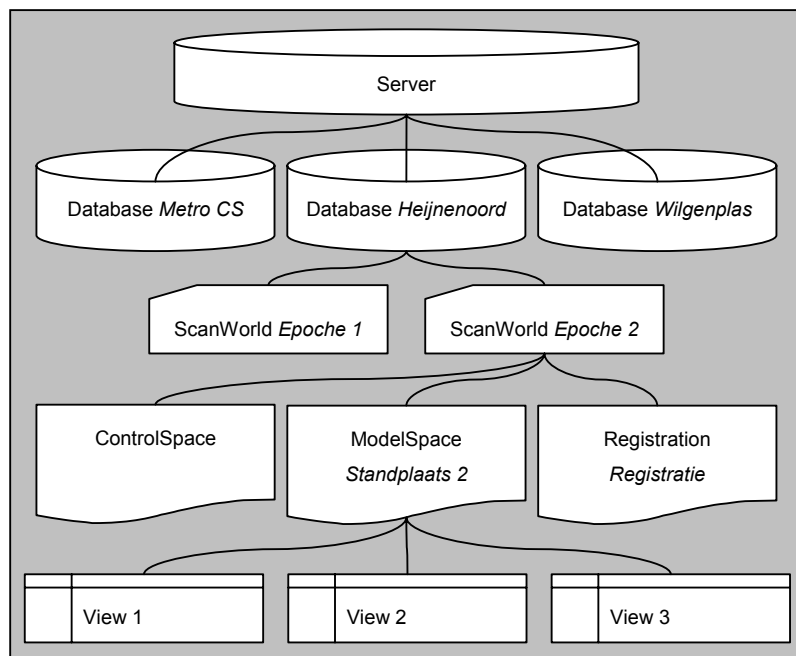
3. Software

Voor het in het kader van de stage uitgevoerde onderzoek is gebruik gemaakt van verschillende softwarepakketten. Ten eerste is gebruik gemaakt van het softwarepakket Cyclone van Leica Geosystems. Daarnaast was het pakket CloudWorx beschikbaar. Dit is een plug-in voor CAD-software. Hiermee is het mogelijk om Cyclone ModelSpaces in een CAD-programma te laden en specifieke CAD-bewerkingen op uit te voeren. Als CAD-programma is gebruik gemaakt van AutoCAD.

3.1 Cylone 5.4

Voor het verwerken van laserscandata is speciale software nodig. Binnen Gemeentewerken Rotterdam wordt hiervoor het programma Cyclone gebruikt. Dit pakket is afkomstig van de High Definition Surveying (HDS) afdeling van Leica Geosystems.

Dit pakket bestaat uit verschillende modules, waarbij de gebruiker zelf kan bepalen voor welke modules een licentie wordt aangeschaft. Binnen Gemeentewerken Rotterdam is een licentie beschikbaar voor de Modelling module. Deze module wordt gebruikt voor het schatten van vlakken, lijnen en andere objecten door de puntenwolken. Hiervoor zijn verschillende methodes beschikbaar. Een object kan gefit worden op een (deel van een) puntenwolk, of er kan gebruik gemaakt worden van de 'Region Growing' methode. Hierbij worden, op basis van een paar startpunten, steeds meer punten geselecteerd. Dit proces gaat door totdat er binnen de puntenwolk geen punten meer zijn die aan de voorwaarde van het object voldoen. Als de puntenwolk gemodelleerd is kunnen de objecten uitgevoerd worden naar een AutoCAD bestand. Binnen Cyclone wordt gebruik gemaakt van een aparte datastructuur voor de opslag van de scans. De indeling is schematisch weergegeven in figuur 3.1.



Figuur 3.1 Schematische weergave van de opslagstructuur van Cyclone

De verschillende objecten die binnen Cyclone voorkomen worden in onderstaand overzicht kort toegelicht:

- *Server*: Een server bevat één of meerdere databases. Binnen Cyclone kunnen meerdere servers gebruikt worden. Er zijn twee soorten servers, een *shared server* en een *unshared server*. Grootste verschil is dat databases op de shared server door meerdere gebruikers geopend kunnen worden, mits er genoeg licenties zijn. Op een stand-alone pc is er geen verschil tussen beide types server.
- *Database*: Een database omvat alle gegevens van een project. Binnen een server kunnen verschillende databases voorkomen.
- *ScanWorld*: Een ScanWorld bevat alle gegevens behorende bij een meetsessie. Een ScanWorld bevat een ControlSpace, ModelSpaces, Scans en eventueel afbeeldingen. Daarnaast kan een ScanWorld ook een Registratie bevatten.
- *ModelSpace*: Een ModelSpace is een verzameling van geometrie en informatie over de geometrie. Voor het bekijken van een ModelSpace is een View nodig.
- *View*: Een verzameling instellingen die van toepassing zijn op de betreffende ModelSpace. Er kunnen meerdere Views van een ModelSpace bestaan. Veranderingen in de geometrie in een View hebben effect op de ModelSpace en alle daarbij behorende Views. Veranderingen in de instellingen gelden alleen voor de betreffende View.
- *Registration*: Bevat de bekende coördinaten en alle voorwaarden die nodig zijn voor de koppeling van de verschillende scans.

3.2 CloudWorx 3.2

Evenals Cyclone komt CloudWorx ook bij Leica Geosystems vandaan. CloudWorx is geen los pakket maar wordt geleverd als plug-in voor AutoCAD, om ModelSpaces en puntenwolken te kunnen gebruiken. Door binnen AutoCAD gebruik te maken van CloudWorx is het mogelijk om de ModelSpaces zoals ze in Cyclone gebruikt worden ook in AutoCAD te gebruiken. AutoCAD heeft hier namelijk zelf niet de functionaliteit voor. Een nadeel is dat de objecten van Cyclone en AutoCAD onderling niet erg makkelijk uitwisselbaar zijn. Grootste voordeel is dat veel functies van AutoCAD door gebruik van CloudWorx beschikbaar zijn voor de bewerking van de puntenwolk. CloudWorx werkt met dezelfde server als Cyclone.

3.3 AutoCAD 2002

Het uiteindelijke model moet in een bestandsformaat staan dat ook door opdrachtgevers gebruikt kan worden. Het is dus niet raadzaam om het model in een Cyclone formaat te laten staan. Vanuit Cyclone moet het gemaakte model geëxporteerd worden naar een dxf-bestand. Dit is het bestandsformaat dat AutoCAD ook gebruikt. Het eventuele opdelen van objecten in verschillende lagen kan het beste in AutoCAD gebeuren.

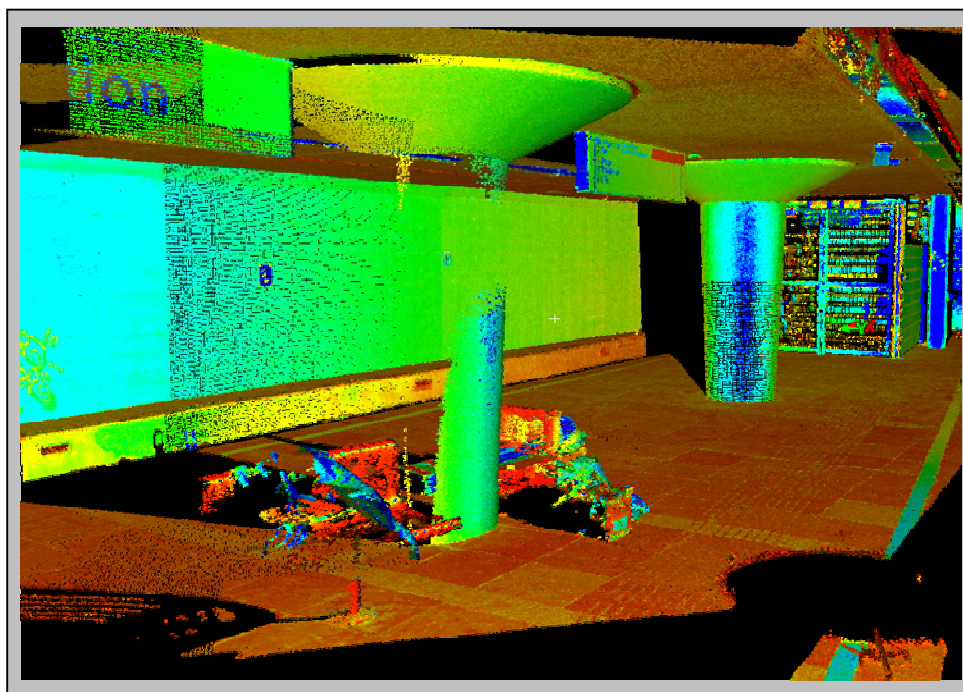
AutoCAD wordt ook gebruikt om 2D-profielen te maken. Hiervoor moet de ModelSpace via CloudWorx geladen worden. Via de 'slice'-tool van CloudWorx is het mogelijk om alleen de punten van een bepaald profiel te laten zien. Hier kan dan bijvoorbeeld een spline door gemodelleerd worden. Een andere manier om AutoCAD te gebruiken is door de puntenwolk vanuit Cyclone te exporteren als dxf-bestand, en daarna de bewerkingen uit te voeren.

4. Eindproducten van laserscanning

Laserscan data kan op verschillende manieren gepresenteerd worden. Ten eerste is er de puntenwolk zelf. Daarnaast is er ook de mogelijkheid tot het maken van een zogenaamde 'mesh'. Dit is een gesloten oppervlak gebaseerd op een TIN van de puntenwolk. Ten derde zijn er 2D-profielen, die in alle gewenste richtingen gemaakt kunnen worden, het meest gebruikt zijn profielen in de tunnelrichting en loodrecht daarop. Daarnaast is het ook nog mogelijk om een soort van lijnenmodel te maken. Dit is echter alleen toepasbaar op tunnels met rechte wanden en platte plafonds en niet voor geboorde tunnels. In dit hoofdstuk zal in worden gegaan op de voor- en nadelen van de verschillende presentatiemogelijkheden.

4.1 Puntenwolk

Een puntenwolk is een 3D-representatie van de gemeten punten. Alle punten liggen op de positie waar ze gemeten zijn relatief ten opzichte van de scanner. Om dus een puntenwolk van een heel project te kunnen bekijken moeten de verschillende standplaatsen onderling gekoppeld zijn. Omdat een scan een hele hoge punt dichtheid heeft, kan men zich vrij makkelijk oriënteren. Er zijn verschillende mogelijkheden voor de kleurweergave van de punten, de beschikbaarheid en het resultaat hangt af van de gebruikte scanner. Goede instellingen om mee te werken zijn de kleuringen op basis van de intensiteit. Vooral de grijswaarde weergave geeft een zeer natuurgetrouw beeld, vaak goedgekend aan een zwart-wit foto.



Figuur 4.1: Puntenwolk van het perron van metrostation Rotterdam Centraal

In een puntenwolk is het makkelijk om afstanden te bepalen tussen twee willekeurige punten. Een eerste indicatie van bijvoorbeeld doorrijd-hoogtes of spanmaten is snel te maken. Door het veranderen van viewpoint kan een scan inzicht geven in wat er vanaf welke positie zichtbaar is. Een scan kan op deze manier ook gebruikt worden bij het maken van een meetopzet voor vervolgmetingen. Dit is vooral te gebruiken bij metingen op gevaarlijke plekken. Er kan dan van te voren bepaald worden vanaf welke posities gewerkt moet worden zodat alle gewenste objecten nog wel zichtbaar zijn.

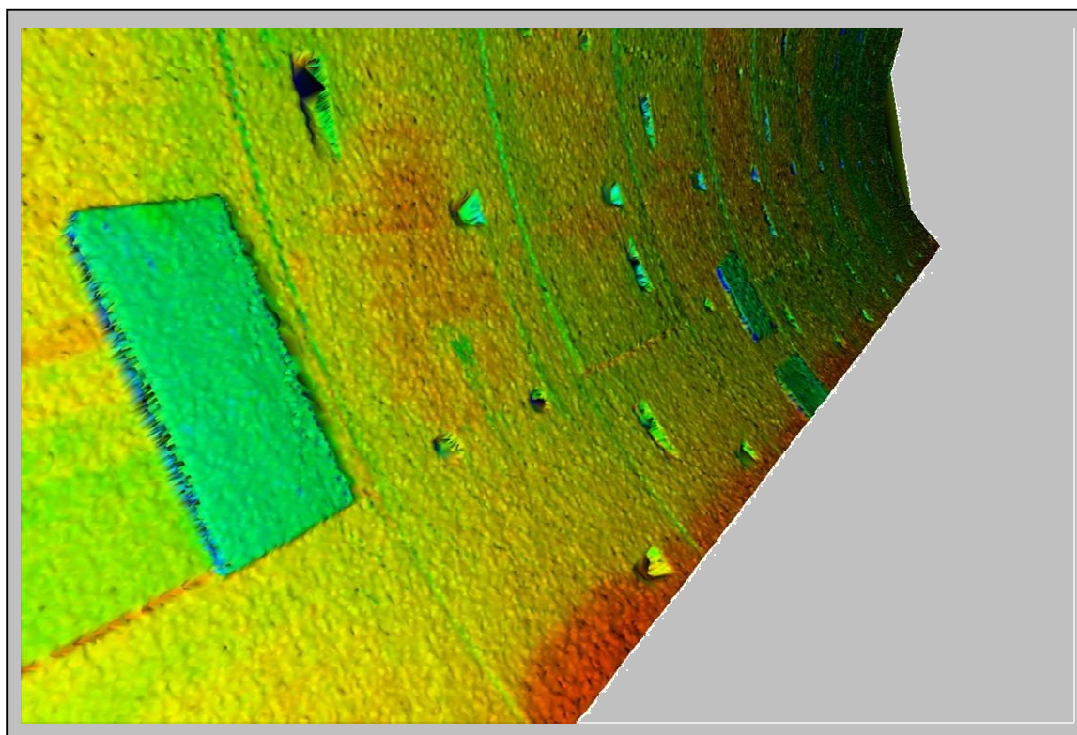
De puntenwolk kan ook gebruikt worden bij het modelleren. Door middel van automatische schattings algoritmes kunnen verschillende soorten oppervlakken gemodelleerd worden. Vooral bij objecten met veel rechte lijnen en platte vlakken is dit goed mogelijk. Niet alleen maakt dit de dataset een flink stuk kleiner, ook zijn vlakken en lijnen beter hanteerbaar in een CAD-programma, zoals AutoCAD.

4.2 Mesh

Een mesh wordt gevormd door een triangulatie te maken tussen de punten in de puntenwolk. Dit kan in Cyclone op verschillende manieren:

- Basic Meshing
- Complex Meshing
- TIN Meshing

Voor het verwerken van de data wordt gebruik gemaakt van TIN Meshing. Deze methode wordt hieronder verder uitgelegd.

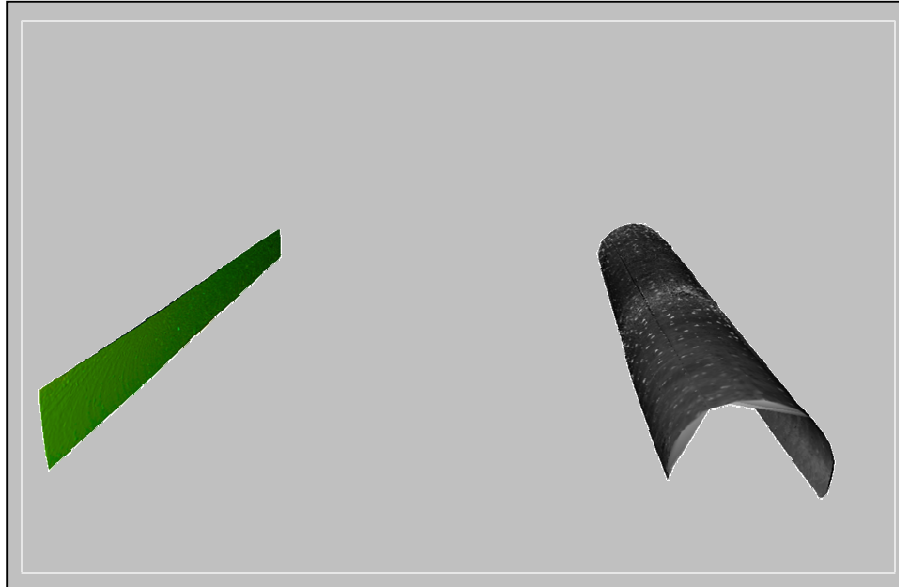


Figuur 4.2: Voorbeeld van een TIN-mesh, met links vooraan een kunstmatige deformatie in de Tweede Heijne Noordtunnel

De triangulatie bij TIN Meshing wordt uitgevoerd in een 2D vlak. Dit vlak staat loodrecht op de 'omhoog'-gerichte as van het door de gebruiker gekozen stelsel. De gebruiker kan dus op twee manieren invloed uitoefenen op het resultaat. Ten eerste door een andere as te kiezen als 'omhoog'. Dit kan bijvoorbeeld handig zijn als er een mesh gemaakt wordt van een muur. Omdat veel punten in een muur op (bijna) dezelfde plaats in het xy-vlak liggen, geeft het vreemde resultaten als de mesh in de z-richting gemaakt wordt. Handiger is het dan om bijvoorbeeld de x-as aan te wijzen als 'omhoog'-richting. De tweede manier is door het assenstelsel zo te roteren dat de z-as nagenoeg loodrecht op de te vormen mesh komt te staan. Dit kan echter problemen geven als het assenstelsel na het maken van de mesh niet teruggezet wordt naar de oorspronkelijke positie en oriëntering. Voor een object met een continu oppervlak zonder breeklijnen, zoals een tunnelwand, waarvan niet in één enkele richting een mesh gemaakt kan worden is dit een oplossing, maar echt handig is het niet door de onderbrekingen die optreden tussen de verschillende meshes.

4.3 Verschil tussen twee meshes

Het verschil tussen twee meshes wordt berekend in de richting waarin beide meshes gemaakt zijn. Als de meshes bijvoorbeeld in de x-richting gemaakt zijn, dan wordt het resultaat weergegeven door het verschil in de x-richting te bepalen. Het resultaat wordt weergegeven als een puntenwolk. Voor de hierboven geschetste situatie betekent dit dat de x-coördinaat weergeeft hoeveel verschil er is tussen beide meshes. Dit kan ook opgevat worden als een deformatie. Voor een goede visualisatie is het raadzaam om van deze puntenwolk weer een mesh te maken. Hierdoor ontstaat een gesloten oppervlak dat beter te analyseren is dan losse punten.



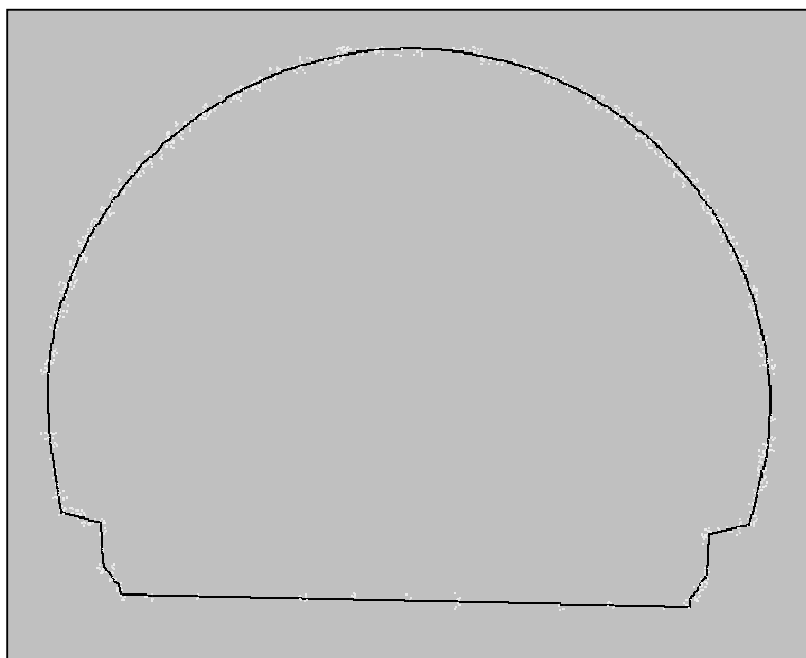
Figuur 4.3: Verschilmesh van twee epochen van de meting in de Tweede Heijenoordtunnel

4.4 2D-profiel

Een dwarsprofiel kan op verschillende manieren gemaakt en gepresenteerd worden. Zo kan er gekozen worden om een doorsnede van de puntenwolk als profiel te presenteren. Dit is een eenvoudige manier. Voor deze manier van presenteren is het wel nodig om een wat dikkere 'slice' te nemen, anders zijn er waarschijnlijk niet genoeg punten zichtbaar. Afhankelijk van de resolutie van de scans is een dikte van 10 [mm] tot 100 [mm] voldoende om genoeg punten weer te geven. Nadeel van een dikkere slice is dat er vertekening kan ontstaan omdat de slice niet helemaal loodrecht op de tunnel-as staat en hierdoor de groep punten die bijvoorbeeld de wand vormen een stuk dikker wordt, zie het voorbeeld in figuur 7.3. Een ander nadeel is dat de interpretatie wordt overgelaten aan de volgende gebruiker of de lezer van een verslag.

Een tweede manier is het fitten van een lijn door een puntenprofiel. Hiermee wordt de interpretatie gedaan door de operator en heeft een gebruiker direct een compleet eindproduct. Het lijnenprofiel is het beste te maken met een zo dun mogelijke slice, hierbij kan een slice met een dikte van 1 [mm] voldoende zijn. Dit is soms niet mogelijk omdat bijvoorbeeld de resolutie van een dataset niet hoog genoeg is. Door met een dikkere slice te werken kan het voorkomen dat de lijnen die het profiel moeten vormen niet in hetzelfde vlak liggen. Hier moet dus wel rekening mee gehouden worden.

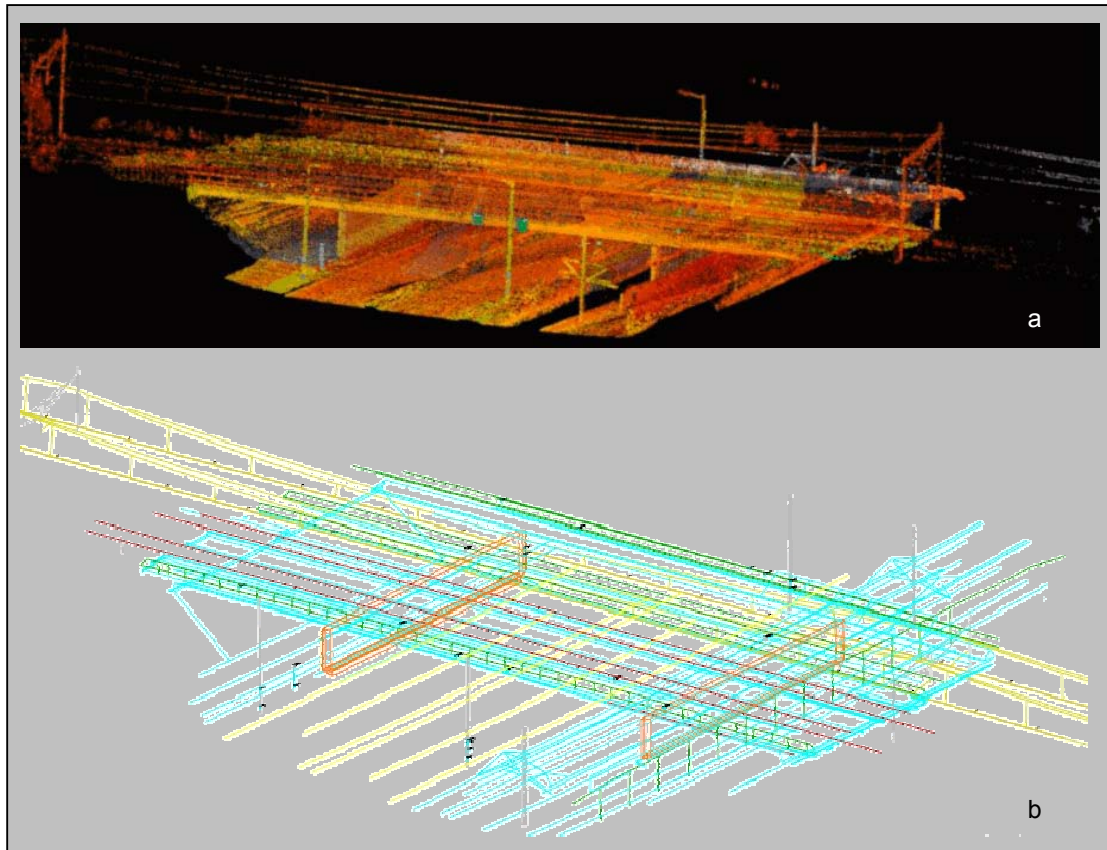
Profielen worden vooral gebruikt om een globaal beeld te krijgen van bijvoorbeeld het hoogte- of breedte verloop. De profielen lenen zich niet goed voor het bepalen van deformaties, aangezien de beide profielen dan op precies dezelfde plek gemaakt moeten zijn. Daarnaast moet ook de oriëntatie van de profielen gelijk zijn, omdat anders vertekening optreedt.



Figuur 4.4: 2D-profiel van de Tweede Heijenoordtunnel

4.5 Lijnenbestand

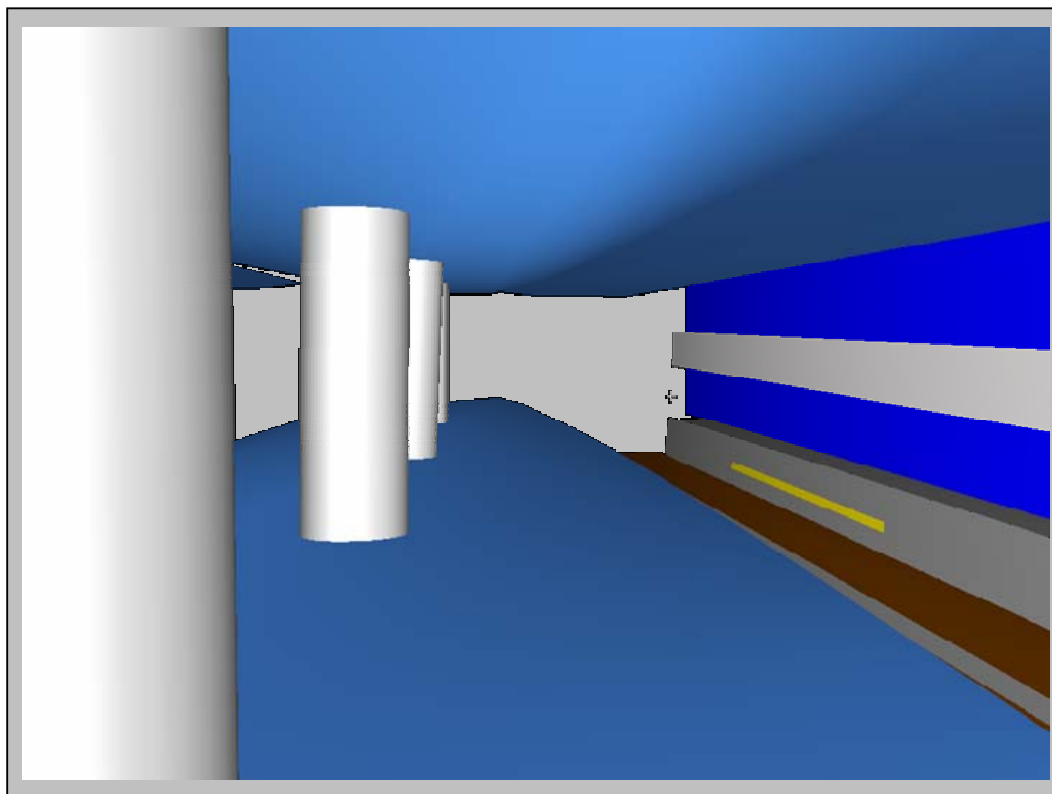
In een lijnenbestand worden alle breeklijnen in de puntenwolk gemodeleerd. De meeste lijnen kunnen gevonden worden met behulp van de 'Fit Edge' functie van Cyclone. Lijnen worden vooral gebruikt als het eindproduct een AutoCAD tekening moet worden. Voordeel hiervan is dat het model gelijk gebruikt kan worden door bijvoorbeeld opdrachtgevers. Een nadeel is dat het werken met lagen binnen Cyclone omslachtig is. Vaak moet er dan alsnog in AutoCAD veel nabewerkt worden.



Figuur 4.5: Station Wilgenplas. (a) Scan, (b) Lijnenbestand

4.6 Objectenbestand

Omdat er tegenwoordig steeds meer 3D gewerkt wordt, gaat men steeds meer gebruik maken van objecten voor het modelleren. Zeker als de data al 3D is, kan dit de moeite waard zijn voor de uiteindelijke situatie. Objecten kunnen het beste gefit worden door gebruik te maken van Region Growing. In onderstaande figuur is een eenvoudig model van het metrostation bij Rotterdam Centraal weergegeven. Op dit moment wordt dit vooral nog gebruikt voor visualisaties. Het echt gebruiken als resultaat is nog niet aan de orde, deels omdat de opdrachtgevers er niet mee om kunnen gaan, deels omdat er nog niet genoeg bekend is van de kwaliteit van het fitten van objecten door een puntenwolk.



Figuur 4.6: Model met vlakken en cilinders van metrostation Centraal Station

5. Gebruik van laserscanning binnen LV

Binnen LV zijn een aantal projecten uitgevoerd met laserscanning. Dit gebeurde echter zeer onregelmatig en de projecten hadden vaak een pilot-karakter. Inmiddels wil men binnen LV meer met laserscanning gaan doen. Belangrijk hierbij is dat de opdrachtgever er ook achter staat als een project met laserscanning wordt uitgevoerd. In hoofdstuk 4 zijn de producten die geleverd kunnen worden al besproken, dit hoofdstuk zal ingaan op wat er gevraagd moet worden aan een bedrijf dat voor LV gaat scannen.

Omdat niet alles door LV gedaan kan worden, is het belangrijk om van te voren goed afspraken te maken wie waarvoor zorgt.

- *Registratie*: Omdat LV momenteel niet de beschikking heeft over software om een laserscan te registreren, moet dit door de opdrachtnemer gedaan worden.
- *Grondslag/ koppeling RD*: De koppeling met RD of een lokaal stelsel kan door beide partijen gedaan worden. Mocht dit bij de opdrachtnemer komen te liggen is het wel belangrijk dat LV inzicht heeft in de kwaliteitsbeschrijving van de data. Het volledig uit laten voeren van de grondslagmeting door de opdrachtnemer kan bijvoorbeeld als een project erg groot is en meerdere scandagen omvat.
- *Analyse*: De analyse kan zowel door LV als door de opdrachtnemer gedaan worden. In beide gevallen is het erg belangrijk dat er wel inzicht is in de kwaliteit van de analyse. Als de analyse al een onderdeel is van de initiële opdracht, kan deze door de opdrachtnemer worden uitgevoerd. Komt de analyse pas later als opdracht binnen, dan kan LV dit zelf uitvoeren op de dataset uit het archief.
- *Modelleren*: Ook dit kan door beide partijen gedaan worden. Het is belangrijk dat binnen LV ervaring hiermee wordt opgedaan. Het kan vooral in het begin een overweging zijn om het toch door de opdrachtnemer te laten doen als het een groot project is, simpelweg omdat er binnen LV weinig ervaring is. Hierdoor zouden de kosten van het zelf modelleren onevenredig groot worden ten aanzien van het laten modelleren.

Zoals hierboven te zien is, is alleen de registratie (nog) niet mogelijk bij LV. Voor de overige punten zal het vooral een afweging zijn van een aantal factoren, waarvan een aantal hieronder genoemd worden:

- Beschikbaarheid personeel;
- Complexiteit van het project;
- Grootte van het project;
- Aanwezige ervaring en kennis.

6. Tachymetrische scan

Binnen Gemeentewerken Rotterdam wordt onder andere gebruik gemaakt van totalstations uit de 1200 serie van Leica. Met behulp van een extra stukje software is het mogelijk om zo'n apparaat een oppervlak te laten scannen. Binnen LV is de vraag gerezen of dit vergelijkbaar is met een terrestrische laserscanner en of het eventueel gebruikt kan worden in plaats van een laserscanner. Groot voordeel is namelijk dat deze apparatuur al in het bezit is van Gemeentewerken Rotterdam en er dus niet bij elk project kosten bijkomen voor de huur van een scanner. In paragraaf 6.1 wordt ingegaan op techniek die gebruikt wordt door de totalstation en waarin dit verschilt van een laserscanner. Daarna komen in paragraaf 6.2 de praktische en in paragraaf 6.3 de technische voor- en nadelen aan bod.

6.1 Meetprincipe

In tegenstelling tot een laserscanner is de totalstation niet ontworpen voor het maken van hoge resolutie scans. Het moet dan ook meer gezien worden als een handig extraatje. De in de totalstation gebruikte techniek is heel anders dan die van de scanner (zoals beschreven in hoofdstuk 2). De totalstation maakt gebruik van de optie 'reflectorloos' meten, in combinatie met een stuk software dat hem automatisch laat bewegen. In tegenstelling tot een laserscanner waarbij de richting van de laser verandert door inwendig een aantal spiegels te laten roteren, wordt bij de totalstation de gehele kijker voor elk puntje in de goede richting gezet.

Omdat er gebruik wordt gemaakt van de standaard elektronische afstandsmeter duurt een meting naar een punt minimaal een seconde, afhankelijk van de reflectiviteit van het oppervlak. Dit in tegenstelling tot een scanner, die duizenden punten per seconde kan inmeten. Voordeel van het gebruik van de afstandsmeter is wel dat ook objecten die verder dan 50 [m] staan nog goed gemeten kunnen worden. Voor de hoekmetingen wordt ook gewoon gebruik gemaakt van de standaardfunctionaliteit. Kortweg gezegd is deze scan niets anders dan een automatische reflectorloze meting, waarbij een door de gebruiker opgegeven gebied wordt afgetast.

6.2 Praktische voor- en nadelen van totalstation als scanner

Grootste voordeel van het gebruik van een totalstation om te scannen is dat er maar één apparaat meegenomen hoeft te worden. Als er gebruik gemaakt wordt van een terrestrische laserscanner zal er namelijk meestal ook nog met een totalstation gemeten worden voor de koppeling met bijvoorbeeld RD. Een ander groot voordeel dat in de inleiding al even genoemd is, is dat de totalstations al in bezit zijn van Gemeentewerken Rotterdam. In principe kan er dus snel ingesprongen worden op de vraag om een scan. De terrestrische laserscanner zal altijd ingehuurd moeten worden en de termijn waarop gemeten kan worden is dan afhankelijk van de beschikbaarheid. Omdat een scanner vrij duur is in aanschaf, hebben ingenieursbureau's deze apparatuur het liefst continu in gebruik. De apparatuur is meestal dan ook niet op zeer korte termijn beschikbaar.

Een nadeel is dat de totalstation niet de intensiteit van het signaal meet. Hierdoor kan er bijvoorbeeld geen gebruik worden gemaakt van eigenschappen van objecten om het bijvoorbeeld te koppelen aan een eerder gemaakte terrestrische laserscan. Een ander belangrijk nadeel is dat de meting per punt vrij lang duurt. Deze methode is dus niet geschikt voor het inmeten van grote datasets. Voor het inmeten van bijvoorbeeld een enkel profieltje is deze methode wel geschikt.

6.3 Technische voor- en nadelen van totalstation als scanner

De totalstation is in de afstandsmeting nauwkeuriger dan de laserscanner. Dit is niet heel erg raar, aangezien deze eigenlijk ontworpen is voor een heel ander soort toepassing dan de laserscanner, namelijk het zeer nauwkeurig meten over grote afstanden. Omdat normaal gesproken de tachymeter alleen gebruikt wordt voor het inmeten van markante punten in het terrein, zoals hoeken van gebouwen of prisma's die op een constructie bevestigd kunnen worden, is het niet erg als de meettijd per punt iets langer is.

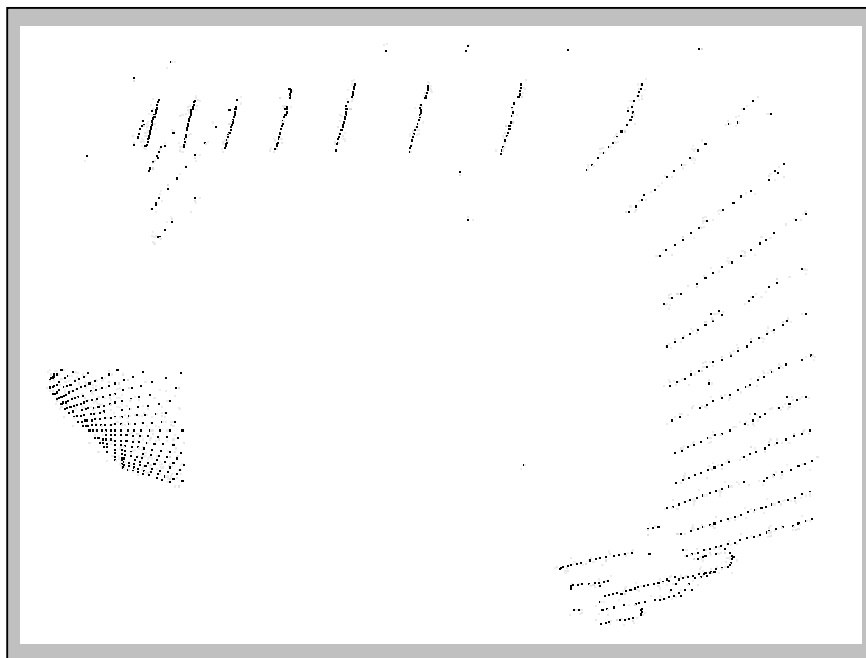
Tabel 6.1 Meetkarakteristieken TPS1200 en HDS4500 (Zie bijlage 1 en 2 voor uitgebreide factsheets)

	TPS 1200 (TotalStation)*	HDS 4500 (Laserscanner)
Maximale afstand	500 [m] (90% reflectiviteit) 300 [m] (18% reflectiviteit)	53.5 [m] (model 53) 25.2 [m] (model 25)
Meetsnelheid	3-6 [s] per punt, max 12 [s]	Tot 500.000 punten per seconde
Puntnauwkeurigheid		
Afstand	3 [mm] + 2 [ppm]	5 [mm] + 360 [ppm] (20% reflectiviteit) 5 [mm] + 120 [ppm] (100% reflectiviteit)
Hoek	1 [mgon]	22 [mgon]

* Gebaseerd PinPoint R300 reflectorloze afstandsmeting

6.4 Vergelijkingsmeting metrotunnel Rotterdam Centraal station

In maart 2006 is een laserscan gemaakt van een deel van de metrotunnel bij Rotterdam Centraal. Specifiek gaat het daar om een voeg tussen twee tunnelmoten. Vanwege de aanleg van het nieuwe station voor de RandstadRail vinden hier veel werkzaamheden plaats. Dit nieuwe station wordt aangelegd op de plaats van het huidige station en wordt bij de betreffende voeg aangesloten op de bestaande metrotunnel. De wanden van het nieuwe station zijn al gestort en lopen in de diepte door tot op de ondoordringbare bodemlaag. Dit voorkomt dat er tijdens de werkzaamheden grondwater de metrotunnel in kan lopen. Een probleempunt hierbij is echter de aansluiting van de nieuwe wand op de bestaande tunnel. Om te voorkomen dat bij deze aansluiting grondwater de bouwput binnendringt, wordt de grond hier bevroren tot een temperatuur van ongeveer -200 [°C]. Omdat bevroren uitzetting van de grond tot gevolg heeft, worden er deformaties van de tunnelwand verwacht. Door voor het bevroren een nulmeting te doen, kan er later bepaald worden hoeveel deformatie heeft plaatsgevonden. Na de laserscanmeting is ook nog een scan gemaakt met de tachymeter. Helaas zijn er enkele problemen opgetreden bij het laserscannen en was het binnen de termijn van de stage niet mogelijk om de scans in RD om te zetten. In figuur 6.1 is de tachymetrische scandata te zien.



Figuur 6.1 Tachymetrische scandata

6.5 Conclusies en aanbevelingen

Ondanks dat er geen echte vergelijking gemaakt kan worden van de gemeten data, heeft de meting toch waardevolle informatie opgeleverd.

Het meten van een muur met de totalstation duurde bijna een uur. Dit leverde 800 punten op met een onderlinge afstand in het grid van ongeveer 250 [mm]. De gehele meting met de laserscanner heeft ongeveer net zolang geduurd en levert een puntenwolk op met een resolutie van maximaal 10 [mm].

De kosten voor het meten met een laserscanner liggen echter vele malen hoger. Niet alleen is het apparaat veel duurder in de aanschaf, wat doorberekend wordt in het gebruik, ook kan niet op elk gewensDaarnaast zorgt laserscanning voor een logistiek probleem, omdat de apparatuur erg groot is en goed beschermt moet worden tijdens het vervoer.

Als volwaardig alternatief voor de laserscanner is de tachymeter niet te gebruiken. Toch kan de tachymeter handig zijn in een aantal situaties:

- als het gaat om een klein oppervlak waarbij de resolutie niet erg hoog hoeft te zijn;
- voor een profiel scan;

7. Werkprocedures

In dit hoofdstuk staan alle procedures om laserscan data te verwerken. Belangrijk bij het gebruik is om altijd het gewenste resultaat en de vorm van het gescande object in het achterhoofd te houden. Het schatten van een cilinder door een tunnel is bijvoorbeeld wel handig om de rondheid en de straal te bepalen, maar voor de andere modellerings doeleinden is het een stuk minder praktisch omdat in werkelijkheid een groot deel van de cilinder niet zichtbaar zal zijn. In het model moet dan eigenlijk ook maar een deel van de cilinder zichtbaar zijn, dit is iets waar Cyclone (nog) niet mee om kan gaan. Zo is het ook niet handig om een tunnel met gewelfd dak te modelleren met vlakken en/ of lijnen, omdat er bijna geen breeklijnen in de data zitten. Voor een object met bijna alleen maar rechte vlakken en goede breeklijnen (bijvoorbeeld overgang van muur naar plafond), is het meestal niet zinnig een mesh te maken. In de eerste paragraaf staan een heleboel basishandelingen die in vele andere procedures voorkomen. In de daaropvolgende paragrafen staat de beschrijving voor de verschillende eindproducten.

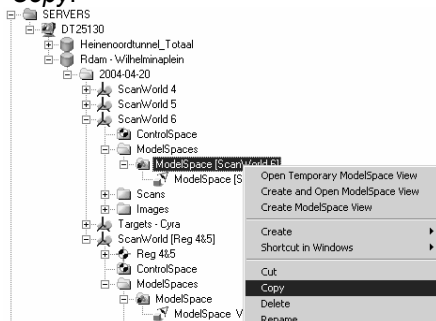
7.1 Basishandelingen Cyclone

De in deze paragraaf beschreven procedures zijn kleine handelingen die veel voorkomen en vaak gedaan moeten worden. De verwachting is dat deze handelingen na enige tijd als vanzelfsprekend worden ervaren. In de echte procedures, zoals beschreven vanaf paragraaf 7.2 wordt dan ook naar onderstaande procedures verwezen door middel van **dik** gedrukte tekst.

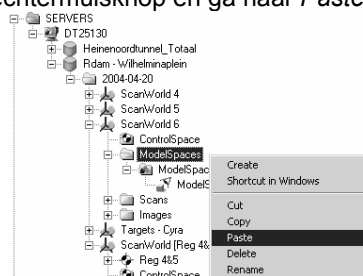
7.1.1 Kopie van ModelSpace maken

- Selecteer de te kopiëren ModelSpace (niet alleen de View, maar echt de map zelf).
- Klik met de rechtermuisknop en ga naar

Copy.



- Selecteer de map waar alle ModelSpaces in staan (deze map heet meestal 'ModelSpaces'), klik met de rechtermuisknop en ga naar **Paste**.

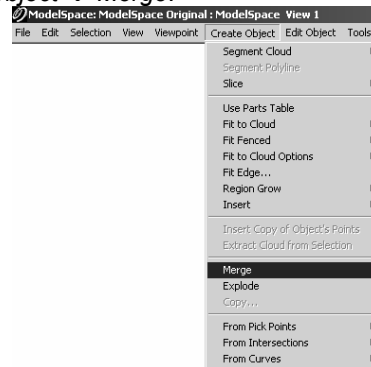


7.1.2 Veranderen van het coördinaatstelsel

- Maak een vertex op de plaats waar de oorsprong van het assenstelsel moet komen te liggen: *Create object* → *Insert* → *Vertex* en geef dan de coördinaten op waar het punt moet komen te liggen of selecteer eerst een punt in de puntenwolk en dan *Create object* → *From pickpoint* → *Vertex*.
- Klik op OK.
- Maak nog twee vertices op de plaatsen waar de assen moeten komen op dezelfde manier als hierboven.
- Maak dan het nieuwe assenstelsel
- Maak dan het nieuwe assenstelsel. Selecteer het punt waar de oorsprong moet komen. Daarna: *View* → *Coordinate System* → *Set origin*.
- Zet de assen in de goede richting: Selecteer de punten die de X-as en de Y-as moeten gaan worden. Daarna: *View* → *Coordinate System* → *Set using two axis* → *First X then Y*.
- **LET OP:** Dit is niet gewenst. Alleen doen als het echt niet anders kan!!

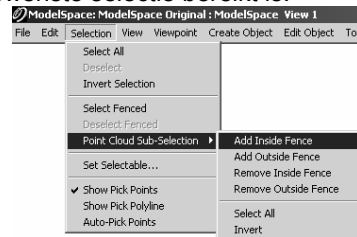
7.1.3 Puntenwolk samenvoegen

- Zorg dat alle puntenwolken zichtbaar zijn: *View* → *Set visible*.
- Zet een vinkje in het vakje achter Pointclouds in de kolom met het 'brilletje'.
- Maak ook de tijdelijk verborgen puntenwolken zichtbaar: *View* → *Show Hidden Clouds* (alleen mogelijk als er daadwerkelijk verborgen puntenwolken zijn).
- Selecteer alle samen te voegen puntenwolken met de multi pickpoint aanwijzer:
- Voeg de puntenwolken samen: *Create Object* → *Merge*.



7.1.4 Puntenwolk opsplitsen (subset maken)

- Eerst de puntenwolken **samenvoegen**.
- Teken een fence om dat deel van de puntenwolk dat je wilt afsplitsen. Daarna: *Selection* → *Pointcloud Subselection*. Kies één van de vier mogelijkheden:
 - *Add Inside Fence*: Voegt alles binnen de 'fence' toe aan de selectie.
 - *Add Outside Fence*: Voegt alles buiten de 'fence' toe aan de selectie.
 - *Remove Inside Fence*: Verwijdert alles binnen de 'fence' uit de selectie.
 - *Remove Outside Fence*: Verwijdert alles buiten de 'fence' uit de selectie.
- Herhaal voorgaande stap tot de gewenste selectie bereikt is.
- Daarna: *Create Object* → *Segment Cloud* → *Cut Sub-selection*.



7.2 Maken van een mesh

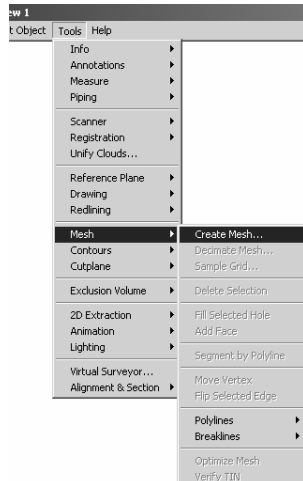
- Start Cyclone.
- Maak een **kopie** van de ModelSpace die gebruikt gaat worden.
- Open de gekopieerde ModelSpace door te dubbelklikken op de naam.
- Selecteer de juiste puntenwolk. Als het gewenste gebied maar een deel van de puntenwolk beslaat moet er eerst een **subset** gemaakt worden. Als het gewenste gebied uit meerdere puntenwolken bestaat moeten deze eerst **samengevoegd** worden.
- Als de resolutie van de data nog te hoog is kan de puntenwolk eerst gereduceerd worden, *Edit Object* → *Reduce Pointcloud*.
- Pas (indien nodig) het **coördinaatstelsel** aan.
- Maak het assenstel zichtbaar als dat nog niet zichtbaar is:



- Kies de as die ongeveer loodrecht op de puntenwolk staat als up-richting.



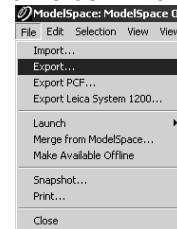
- Converteer de puntenwolk naar een mesh: *Tools* → *Mesh* → *Create mesh*



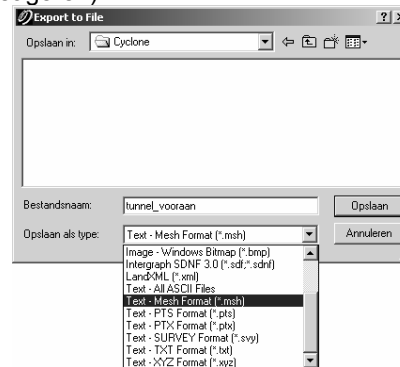
- Selecteer de optie: TIN-meshing (using 'up' direction).



- Als de mesh naar wens is moet hij nog geëxporteerd worden: *File* → *Export*.



- Selecteer het bestandsformaat 'Text - Mesh format (*.msh)' en klik op OK. (Dit kan vrij lang duren voor grote meshes en de computer lijkt op dat moment niet te reageren)



De mesh kan daarna in elke gewenste ModelSpace geïmporteerd worden. Let er wel op dat het coördinatenstelsel hetzelfde staat als in de originele mesh (anders komt de mesh op de verkeerde plaats te liggen).

7.3 Vergelijken van twee meshes

- Start Cyclone.
- Maak een **kopie** van de ModelSpace waarin de berekening gaat plaatsvinden (meestal de ModelSpace waarin de herhalingsmeting staat).
- Open de gekopieerde ModelSpace door te dubbelklikken op de naam.
- Zorg dat het **coördinatenstelsel** gelijk staat voor beide meshes
- Importeer de mesh(es) van de nulmeting: *File* → *Import* en navigeer naar het juiste bestand (*.msh).
- Zet de 'up'-richting langs de goede as (dezelfde as waarlangs beide meshes gemaakt zijn):

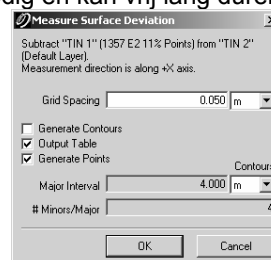


- Zet het referentievlak loodrecht op de up-richting: *Tools* → *Reference Plane* → *Set to UCS* (UCS=User Coordinate System).
- Selecteer de beide meshes met behulp van de multi-pickpoint aanwijzer.



- Bereken het verschil tussen beide meshes: *Tools* → *Measure* → *Surface Deviations*.
 - Bovenaan in het schermpje staat aangegeven welke van de twee meshes als basis gebruikt wordt en welke er vanaf getrokken wordt. Als dit niet goed is, moeten de meshes in andere volgorde aangeklikt worden.

- In het vakje 'grid spacing' kan aangegeven worden met welke dichtheid de puntenwolk van het resultaat weergegeven moet worden.
- Het vinkje 'Generate Contours' moet uitstaan. Het vinkje 'Generate Points' moet aanstaan, anders wordt er geen puntenwolk gemaakt. Als het vakje 'Output Table' aangevinkt is wordt er een tabel gegenereerd met elk punt uit de puntenwolk (is meestal niet nodig en kan vrij lang duren).



- Het resultaat is een puntenwolk, waarbij de waardes langs de als 'up'-richting aangemerkte as het verschil weergegeven tussen de beide geselecteerde meshes (als de waarde nul is, dan is er geen verschil tussen de beide meshes).
- Voor een goede interpretatie kan het handig zijn om van deze puntenwolk weer een **mesh** te maken.

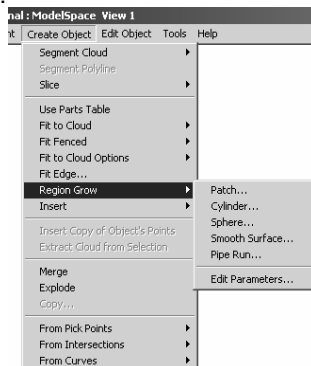
7.4 Modelleren van objecten door middel van 'Region Growing'

- Start Cyclone.
- Maak een **kopie** van de ModelSpace waarin de berekening gaat plaatsvinden (meestal de ModelSpace waarin de herhalingsmeting staat).
- Open de gekopieerde ModelSpace door te dubbelklikken op de naam.
- Maak door middel van **selectie** een puntenwolk die in elk geval het te modelleren deel bevat.
- Selecteer een stuk of 5 pickpoints met behulp van de multi-pickpoint aanwijzer.



- Ga naar *Create object* → *Region Grow* en selecteer het gewenste object:
 - *Patch*: Plat vlak
 - *Cylinder*: Cilinder
 - *Sphere*: Bol
 - *Smooth Surface*: Gekromd oppervlak
 - *Pipe run*: Leiding

Hierbij kan 'Smooth Surface' het beste gebruikt worden voor gebogen tunnelwanden. Dit modelleert echter geen object maar selecteert de punten die het oppervlak vormen en zet die in een aparte puntenwolk. Zo kunnen bijvoorbeeld punten in de grijpgaten gescheiden worden van de rest van de data.



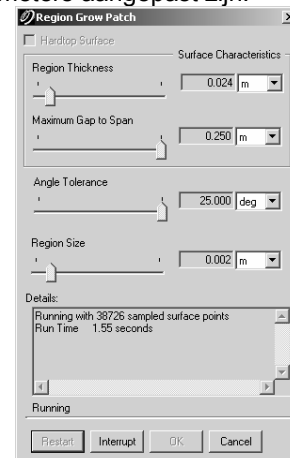
- Het volgende scherm verschijnt. Hierin kunnen eventueel de parameters aangepast kunnen worden als het resultaat niet naar tevredenheid is of als

ze niet goed staan voor de gewenste toepassing. Ook is het mogelijk om, als de berekening gestopt, extra pickpoints toe te voegen.

- *Maximum Gap to Span*: Geef hiermee op hoe groot een gat in de data mag zijn.
- *Angle Tolerance*: Dit is een maat voor de kromming van het oppervlak.

Met *Interrupt* wordt een berekening onderbroken. Door er nog een keer op te klikken wordt verdergegaan met de berekening.

Restart is om een berekening opnieuw uit te laten voeren, bijvoorbeeld als er andere pickpoints gekozen zijn of als de parameters aangepast zijn.



- LET OP: De punten die gebruikt worden voor de 'region growing' verdwijnen uit de puntenwolk! (behalve bij 'Smooth Surface'). Via *Create Object* → *Insert copy of Object's Points* is het mogelijk om de puntenwolk van een object weer terug te halen.
- Soms kan het handig zijn om eerst 'Smooth Surface' te gebruiken, om daarna een object door de subselectie te fitten. De mogelijkheid bestaat anders dat het object te groot wordt ingeschat.

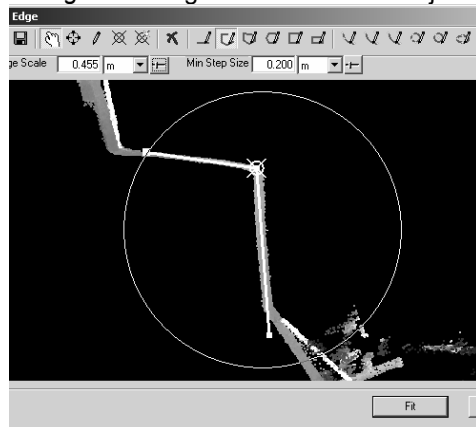
7.5 Modelleren door middel van 'Fit Edge'

- Maak een **kopie** van de ModelSpace waarin de berekening gaat plaatsvinden (meestal de ModelSpace waarin de herhalingsmeting staat).
- Open de gekopieerde ModelSpace door te dubbelklikken op de naam.
- Maak een **subset** van de punten rondom het te modelleren profiel. Neem dit wel ruim, minimaal één tot anderhalve meter.
- Selecteer een aantal pickpoints die op het te modelleren profiel liggen met behulp van de multi-pickpoint aanwijzer.



Hiermee geef je aan waar de te modelleren lijnen ongeveer lopen in de dataset.

- Ga daarna naar: *Create Object* → *Fit Edge*. Het volgende scherm verschijnt:



In dit scherm is het mogelijk om gewoon door de dataset te navigeren. Als de software zelf al een idee heeft welke lijn gemodelleerd moet worden, zal deze template ook verschijnen in beeld.

- Teken een 2D template die het profiel weergeeft dat gezocht wordt met behulp van de tekenhulpmiddelen. In bijlage 3 staat de functie van elke knop toegelicht. De template kan getekend worden met de volgende knoppen:



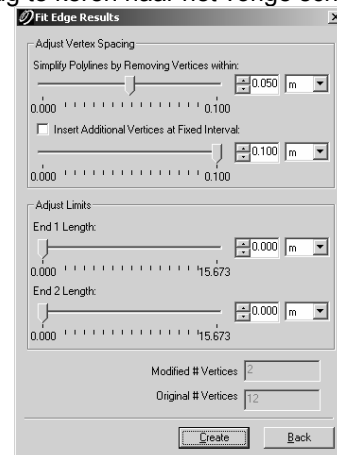
Voor de template geldt dat een simpele template makkelijker gevonden wordt dan een ingewikkelde template. Meer uitleg hierover staat in paragraaf 7.5.1

- Geef de 'nodal points' aan. Dit is waar de gezochte lijnen lopen in de template. Gebruik hiervoor deze aanwijzer:



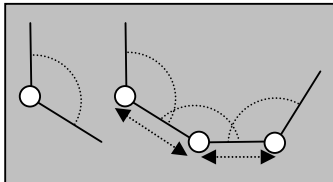
Door 'shift' ingedrukt te houden wordt er gefit op een knooppunt van de template.

- Als de template naar wens is, klik dan op *Fit*.
- Na een tijdje rekenen verschijnt het volgende scherm. Hierop kan nog aangegeven worden of de gecreëerde lijn niet te ver doorloopt en uit hoeveel punten de lijn moet gaan bestaan. Als de lijn een rechte lijn moet benaderen zijn twee of drie punten meer dan genoeg. Is alles naar tevredenheid klik dan op *Create*. Is het gewenste resultaat niet goed en helpt het veranderen van de instellingen niet, klik dan op *Back* om terug te keren naar het vorige scherm.



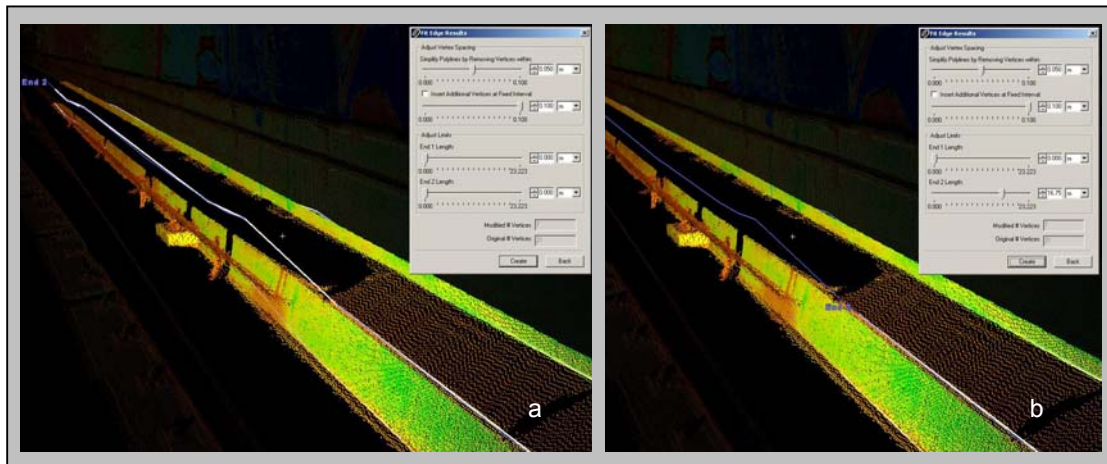
7.5.1 Mogelijke templates voor 'fit edge'

Een template voor gebruik bij 'fit edge' moet aan een aantal voorwaarden voldoen. Zo wordt een eenvoudige template voor maar één enkele lijn makkelijker gevonden en meestal ook verder gemodelleerd dan een hele ingewikkelde. Met elke extra lijn of hoek die in de template zit wordt er namelijk een extra voorwaarden toegevoegd. Zie figuur 7.1 ter verduidelijking. De linker template heeft alleen de hoek tussen beide lijnen als voorwaarde. De rechter template heeft naast een heleboel voorwaarden op de hoeken ook nog voorwaarden op de afstand tussen twee snijpunten. Voor de meeste datasets werkt het meermalen toepassen van de linker template vaak beter dan de rechter. Denk bijvoorbeeld aan een talud, de afstand tussen boven- en onderkant van het talud is niet over gelijk, dus zal de rechter template al snel niet meer passen. Door op zowel de bovenkant als de onderkant de linker template toe te passen valt de voorwaarde van de onderlinge afstand weg en worden beide lijnen door de hele dataset heen gemodelleerd. De rechter template kan handig zijn als er voorwerpen met vastgestelde maten moeten worden gemodelleerd. Denk hierbij aan een reling of een stoepband.



Figuur 7.1 Schematische weergave van mogelijke 'fit edge' templates

Daarnaast is het mogelijk dat de geschatte lijn niet goedligt ten opzichte van de werkelijkheid. Door het veranderen van de instellingen kan dit vaak alsnog verholpen worden. Figuur 6.2 laat een 'foute' fit edge zien en de correctie daarop.



Figuur 7.2 Fit edge. (a) Fout. (b) Gecorrigeerd.

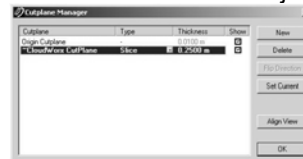
7.6 Maken van een 2D-profiel

- Open AutoCAD op een computer waar ook CloudWorx geïnstalleerd is.
- Open een ModelSpace via: *CloudWorx* → *Open ModelSpace*.
- Het onderstaande scherm verschijnt, klik op '...' om de DatabaseVerkenner te openen.
- Selecteer de goede ModelSpace en klik op 'OK'.
- Tik in: *Zoom extents*
- Stel via de AutoCAD knoppen het coördinatenstelsel (UCS) zo in dat één van de assen loodrecht op het gewenste profiel staat. Dit kan bijvoorbeeld via de *3D-Orbit* en *Set UCS to View*.

PLAATJE

- Als het UCS goed staat, type dan in: *cwslice*, gevolgd door X,Y of Z (afhankelijk welke as loodrecht op het gewenste profiel staat).
- Geef het begin en eindpunt van de slice aan:
- Roteer de puntenwolk totdat het profiel goed te zien is via de *3D-Orbit* knop.
- Typ *zoom extents* en *cwregen* in.
- Hierna moet een 'Cutplane' ingesteld

worden: type *cwcutplanes*. Het onderstaande scherm verschijnt.

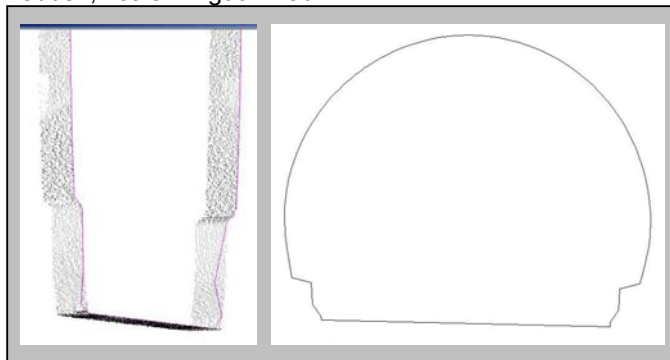


- De dikte van de slice kan het beste ingesteld worden op een waarde tussen 10 [mm] en 500 [mm].
- Teken een spline of een polyline met behulp van de AutoCAD tools.
- Nu moet het getekende profiel nog teruggebracht worden naar 2D: Sluit de ModelSpace: *CloudWorx* → *Close ModelSpace View*.
- Type *plot*, selecteer de DXB-plotter, geef een bestandsnaam op en klik op *OK*.
- Open een nieuwe tekening: *File* → *New*.
- Voeg de 2D-plot toe: typ: *DXBIN* en selecteer het goede bestand.

Let op: Deze methode werkt niet op het netwerk van GW, alleen op een stand-alone computer!

7.6.1 Problemen die kunnen ontstaan bij een 2D-profiel

Omdat de slice die je maakt niet oneindig dun is, wordt het profiel dus ook niet plat, zoals te zien in figuur 7.3a. Voor sommige toepassingen is dit niet erg, maar meestal wil men een plat profiel hebben, zoals in figuur 7.3b.



Figuur 7.3: Profielen: (a) 3D. (b) 2D.

Bijlage 1 Specificaties Leica TPS 1200

Leica TPS1200 Technical specifications and system features



Models and options

	TC	TCR	TCRM	TCA	TCP	TCRA	TCRP
Angle measurement	*	*	*	*	*	*	*
Distance measurement (IR)	*	*	*	*	*	*	*
PinPoint reflectorless dist. measur. (RL)		*	*	*	*	*	*
Motorized			*	*	*	*	*
Automatic Target Recognition (ATR)				*	*	*	*
PowerSearch (PS)					*	*	*
Guide Light (EGL)	o	o	o	*	*	*	*
Remote Control Unit / RadioHandle	o	o	o	o	o	o	o
GUS74 Laser Guide				o	o	o	o
SmartStation (ATX1230)	o	o	o	o	o	o	o

* = Standard o = Optional

Angle measurement

		Type 1201	Type 1202	Type 1203	Type 1205
Accuracy (standard deviation, ISO 17123-3)	Hz, V	1" (0.3 mgon)	2" (0.6 mgon)	3" (1 mgon)	5" (1.5 mgon)
	Display resolution:	0.1" (0.1 mgon)	0.1" (0.1 mgon)	0.1" (0.1 mgon)	0.1" (0.1 mgon)
Method		absolute, continuous, diametrical			
Compensator	Working range:	4' (0.07 gon)	4' (0.07 gon)	4' (0.07 gon)	4' (0.07 gon)
	Setting accuracy:	0.5" (0.2 mgon)	0.5" (0.2 mgon)	1.0" (0.3 mgon)	1.5" (0.5 mgon)
	Method:	centralized dual axis compensator			

Distance measurement (IR)

Range (average atmospheric conditions)	Round prism (GPR1):	3000 m
	360° reflector (GR24):	1500 m
	Mini prism (GMP101):	1200 m
	Reflective tape (60 mm x 60mm)	250 m
	Shortest measurable distance:	1.5 m
Accuracy / Measurement time (standard deviation, ISO 17123-4)	Standard mode:	2 mm + 2 ppm / typ. 1.5 s
	Fast mode:	5 mm + 2 ppm / typ. 0.8 s
	Tracking mode:	5 mm + 2 ppm / typ. < 0.15 s
	Display resolution:	0.1 mm
Method		Phase measurement (coaxial, invisible infrared laser)

PinPoint R100/R300 reflectorless distance measurement (RL)

Range (average atmospheric conditions)	PinPoint R100:	170 m / 100 m (Kodak Gray Card: 90% reflective / 18% reflective)
	PinPoint R300:	500 m / 300 m (Kodak Gray Card: 90% reflective / 18% reflective)
	Shortest measurable distance:	1.5 m
	Long Range to round prism (GPR1):	1000 m - 7500 m
Accuracy / Measurement time (standard deviation, ISO 17123-4) (object in shade, sky overcast)	Reflectorless < 500 m:	3 mm + 2 ppm / typ. 3-6 s, max. 12 s
	Reflectorless > 500 m:	5 mm + 2 ppm / typ. 3-6 s, max. 12 s
Laser dot size	Long Range:	5 mm + 2 ppm / typ. 2.5 s, max. 12 s
	At 20 m:	approx. 7 mm x 14 mm
	At 100 m:	approx. 12 mm x 40 mm
Method	PinPoint R100:	Phase measurement (coaxial, visible red laser)
	PinPoint R300:	System analyzer (coaxial, visible red laser)

Motorized

Maximum speed	Rotating speed:	45° / s
---------------	-----------------	---------



Automatic Target Recognition (ATR)		
Range ATR mode / LOCK mode (average atmospheric conditions)	Round prism (GPR1):	1000 m / 800 m
	360° reflector (GRZ4):	600 m / 500 m
	Mini prism (GMP101):	500 m / 400 m
	Reflective tape (60 mm x 60mm):	55 m (175 ft)
	Shortest measurable distance:	1.5 m / 5 m
Accuracy / Measurement time	Positioning accuracy:	< 2 mm
	Measurement time:	3 – 4 s
	Maximum speed (LOCK mode)	Tangential (standard mode): 5 m / s at 20 m, 25 m / s at 100 m
	Radial (tracking mode):	4 m / s
Method	Digital image processing (laser beam)	

PowerSearch (PS)		
Range (average atmospheric conditions)	Round prism (GPR1):	200 m
	360° reflector (GRZ4):	200 m (perfectly aligned to instrument)
	Mini prism (GMP101):	100 m
	Shortest distance:	5 m
	Search time	Typical search time:
Maximum speed	Rotating speed:	45° / s
Method	Digital signal processing (rotating laser fan)	

Guide Light (EGL)		
Range (average atmospheric conditions)	Working range:	5 m – 150 m
	Accuracy	Positioning accuracy:

General data			
Telescope	Magnification:	30 x	
	Free objective aperture:	40 mm	
	Field of view:	1°30' (1.66 gon) / 2.7 m at 100 m	
	Focusing range:	1.7 m to infinity	
	Keyboard and Display	Display:	1/4 VGA (320*240 pixels), graphic LCD, illumination, touch screen (optional)
		Keyboard:	34 keys (12 function keys, 12 alphanumeric keys), illumination
		Angle display:	360° °'; 360° decima[, 400 gon, 6400 mil, V%
		Distance display:	meter, int. ft, int. ft/inch, US ft, US ft/inch
		Position:	face I standard / face II optional
	Data storage	Internal memory:	32 MB (optional)
Memory card:		CompactFlash cards (32 MB and 256 MB)	
	Number of data records:	1750 / MB	
	Interfaces:	RS232, Bluetooth™ (optional)	
Circular Level			
	Sensitivity:	6' / 2 mm	
Laser plummet	Centering accuracy:	1.5 mm at 1.5 m	
	Laser dot diameter:	2.5 mm at 1.5 m	
	Endless drives		
		Number of drives:	1 horizontal / 1 vertical
	Battery (GEB221)	Type:	Lithium-Ion
		Voltage:	7.4 V
		Capacity:	3.8 Ah
		Operating time:	typ. 6 – 8 h
	Weights	Total station:	4.8 – 5.5 kg
		Battery (GEB221):	0.2 kg
Tribrach (GDF121):		0.8 kg	
Environmental specifications	Working temperature range:	-20°C to +50°C	
	Storage temperature range:	-40°C to +70°C	
	Dust / water (IEC 60529):	IP54	
	Humidity:	95%, non-condensing	

Remote Control Unit (RX1220)		
Communication	via integrated radio modem	
Control unit	Display:	1/4 VGA (320*240 pixels), graphic LCD, touch screen, illumination
	Keyboard:	62 keys (12 function keys, 40 alphanumeric keys), illumination
	Interface:	RS232
Battery (GEB211)	Type:	Lithium-Ion
	Voltage:	7.4 V
	Capacity:	1.9 Ah
	Operating time:	typ. 10 h
Weights	Control unit RX1220:	0.6 kg
	Battery (GEB211):	0.1 kg
	Reflector pole adapter:	0.25 kg
Environmental specifications	Working temperature range:	-30°C to +65°C
	Storage temperature range:	-40°C to +80°C
	Dust / water (IEC 60529):	IP67
	Waterproof (MIL-STD-810F):	temporary submersion to 1 m

Bron: Leica Geosystems, Leica TPS1200 Brochure, <http://leica-geosystems.com>

Bijlage 2 Specificaties Leica HDS 4500

Leica HDS4500 Product Specifications

GENERAL	
INSTRUMENT TYPE	Ultra high-speed, high-accuracy laser scanner with 360° x 310° field of view
USER INTERFACE	Notebook PC
SCANNER DRIVE	Servo motor

SYSTEM PERFORMANCE (25M AMBIGUITY RANGE MODEL)

SINGLE POINT ACCURACY***		
POSITION	AT 10M	AT 25M
20% reflectivity (dark grey)	≤ 8mm	≤ 13.5mm
100% reflectivity (white)	≤ 6mm	≤ 12.8mm
DISTANCE		
20% reflectivity (dark grey)	≤ 3mm +190ppm*	
100% reflectivity (white)	≤ 3mm +64ppm*	
ANGLE		
Horizontal	350 micro-radians	
Vertical	350 micro-radians	
MODELED SURFACE PRECISION**		
20% reflectivity (dark grey)	≤ 1.6mm	≤ 4.4mm
100% reflectivity (white)	≤ 1.0mm	≤ 1.8mm
TARGET ACQUISITION ACCURACY†		
	≤ 2mm	≤ 3.5mm

* PPM value equals the range noise standard deviation
** Data acquired in default mode, subject to modeling methodology
*** at 125 KHz data rate
† Algorithmic fit to black and white HDS targets

SYSTEM PERFORMANCE (53M AMBIGUITY RANGE MODEL)

SINGLE POINT ACCURACY***		
POSITION	AT 10M	AT 25M
20% reflectivity (dark grey)	≤ 7.8mm	≤ 14.1mm
100% reflectivity (white)	≤ 7.2mm	≤ 13.7mm
DISTANCE		
20% reflectivity (dark grey)	≤ 5mm +360ppm*	
100% reflectivity (white)	≤ 5mm +120ppm*	
ANGLE		
Horizontal	350 micro-radians	
Vertical	350 micro-radians	
MODELED SURFACE PRECISION**		
20% reflectivity (dark grey)	≤ 1.6mm	≤ 4.4mm
100% reflectivity (white)	≤ 1.0mm	≤ 1.8mm
TARGET ACQUISITION ACCURACY†		
	≤ 2mm	≤ 3.5mm

* PPM value equals the range noise standard deviation
** Data acquired in default mode, subject to modeling methodology
*** at 125 KHz data rate
† Algorithmic fit to black and white HDS targets

LASER SCANNING SYSTEM

TYPE	Phase-shift
COLOR	Red (visible)
LASER CLASS	Class 3R (IEC EN60825-1)
RANGE (optimal effective)	1m to 25m
MINIMAL RANGE	0.1m (low output power mode)
MAXIMUM RANGE (25M MODEL)	25.2m (default output power mode)
MAXIMUM RANGE (53M MODEL)	53.5m (default output power mode)
SCAN RATE	Up to 500,000 points/second**
SCAN DENSITY (RESOLUTION)	
Spot size	5mm at 10 meters, 0.5mm at 25 meters

Selectability/Point Spacing	Selection of preset resolution settings †
Scan row (horizontal)	20,000 points/row, maximum †
Scan column (vertical)	20,000 points/column, maximum †

FIELD-OF-VIEW (PER SCAN)

Horizontal	360° (maximum) †
Vertical	310° (maximum) †

COMMUNICATIONS

STATUS INDICATORS	3 LEDs indicate laser status, system power and system status
--------------------------	--

* Maximum scan rate dependent on scan resolution

ELECTRICAL

POWER SUPPLY	24V DC power supply (battery) 90 - 260V AC power supply
---------------------	--

POWER CONSUMPTION

BATTERY TYPE	Sealed lead acid
TYPICAL DURATION	8 hours per power supply (nominal temp.)

BATTERY STATUS INDICATORS

INDICATORS	LEDs indicate charging status and capacity levels
-------------------	---

ENVIRONMENTAL

OPERATING TEMP.	0°C to 40°C
LIGHTING	Fully operational from bright sunlight to complete darkness

TARGET REFLECTIVITY

HUMIDITY	No retro-reflectors
-----------------	---------------------

PHYSICAL

	DIMENSIONS	WEIGHT
SCANNER	70" x 12" W x 13.5" H 180mm D x 300mm W x 350mm H	13 kg (28lbs)
SCANNER BASE	6" H (150mm H)	3kg (6.5lbs)
BATTERY / DC POWER SUPPLY	9.5" D x 10" W x 12" H 240mm D x 260mm W x 300mm H	16 kg (35lbs)
CHARGER / AC POWER SUPPLY	9.5" D x 5" W x 6" H 240mm D x 130mm W x 160mm H	2.5 kg (5.5lbs)

STANDARD ACCESSORIES

Scanner transport case	Tripod and dolly, includes transport case
Notebook PC	Notebook PC
FireWire cable and PCMCIA FireWire card for connection of scanner to Notebook PC	Power supply components:

Two rechargeable DC power supplies (batteries)
Power supply charger, includes AC power supply
Power supply cables

Cyclone™-SCAN software

HARDWARE OPTIONS

HDS4500 scan targets and target accessories	Service agreement for HDS4500
---	-------------------------------

NOTEBOOK PC FOR SCANNING †

COMPONENT	REQUIRED (minimum)
Processor	1.7 GHz Pentium M or greater
System memory/RAM	1024MB or greater (SDRAM)
Hard Disk	40GB or greater, (5400RPM or faster)
Network connection	Ethernet/modem combination
Data connection	FireWire / i-link (IEEE 1394)
Display	SXGA+(64MB or greater video RAM recommended)
Operating system	Windows XP Professional (SP1 or higher) Windows 2000 (SP3 or higher with up to date security patches)
File System	NTFS
Power	Additional battery, 2 preferred

† Minimum requirements for modeling operations are different. Please refer to Cyclone datasheet for specifications.

CYCLONE – SCAN

"Fly-around," pan & zoom, and freely rotate point clouds, intensity mapped clouds and models in 3D

Point cloud and 3D model Level of Detail (LOD) for fast visualization

Decimation of point clouds (nth point)

View point clouds with intensity color mapping

Limit box for efficient viewing and interaction of selected regions

Targeted, single-shot pre-scan ranging †

Target height input during data capture †

Scan filtering to optionally exclude data based on:

Area of interest via rectangular areas †

Range †

Return intensity †

Pre-set drop-down list or custom settings †

User-defined quality-of-fit checks

Measure & dimension point clouds and models

Slope distances

ΔX, ΔY, ΔZ distances

Create and manage annotations

Create and manage layers

Assign colors & materials to objects

View scanner locations and field-of-view

Environmental lighting

Save/restore views

Save screen image as image file

Undo/redo support

Scanner command scripting †

DIRECT IMPORT FORMATS

ASCII point data (XYZ, SVY, PTS, PTX, TXT) customized format

Zoller+Fröhlich ZFS, ZFC

RIEGL 3DD

COE (Cyclone Object Exchange)

AutoCAD, MicroStation via COE Data Transfer plug-in

BMP, JPEG, TIFF

CGP

DIRECT EXPORT FORMATS

ASCII point data (XYZ, SVY, PTS, PTX, TXT) customized format

DXF

COE (Cyclone Object Exchange)

AutoCAD, MicroStation via COE Data Transfer plugin

BMP, JPEG, TIFF

Zoller+Fröhlich ZFS

ORDERING INFORMATION

Contact Leica Geosystems HDS LLC or authorized manufacturer's representatives.

All specifications are subject to change without notice.

All ± accuracy specifications at 1 sigma unless indicated otherwise.

† SmartScan™ Technology feature.



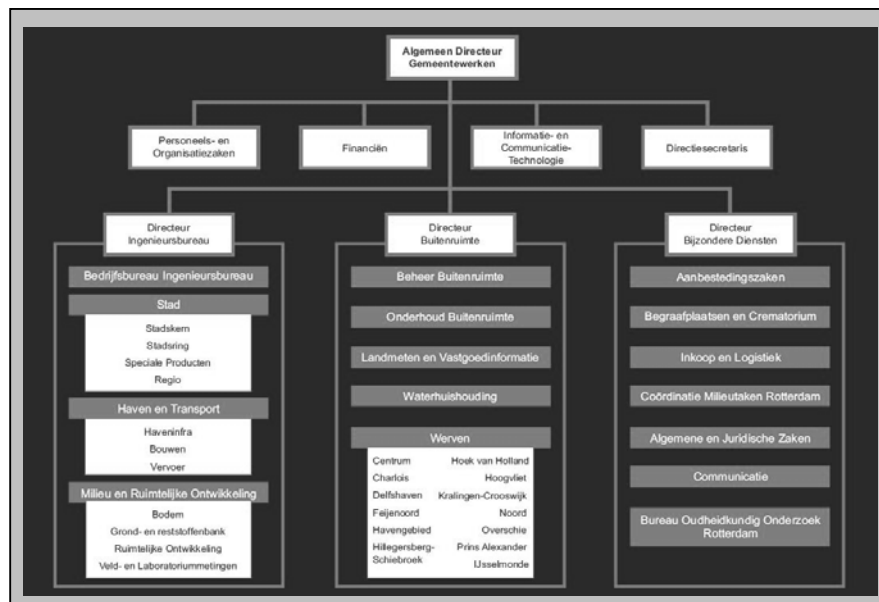
Leica Geosystems HDS LLC
4550 Norris Canyon Road
San Ramon, CA 94583
www.hds.leica-geosystems.com

©2005 Leica Geosystems HDS LLC All rights reserved. Cyclone, QuickScan and SmartScan Technology are trademarks of Leica Geosystems HDS LLC. High-Definition Surveying and HDS are trademarks of Leica Geosystems HDS LLC. All other trademarks or registered trademarks are properties of their respective owners.
HDS 4500 15 March 2005 v1.1

Bron: Leica Geosystems, Leica HDS4500 DataSheet, <http://hds.leica-geosystems.com>

Bijlage 3 Bevindingen stage

De stage heeft in het kader van de opleiding Gematics van de Technische Universiteit Delft plaatsgevonden bij de afdeling Landmeten en Vastgoedinformatie van Gemeentewerken Rotterdam. In onderstaande figuur is het organogram van Gemeentewerken te zien



Figuur B4.1: Organogram Gemeentewerken Rotterdam, (Bron: Intranet GW)

De afdeling Landmeten en Vastgoedinformatie is opgedeeld in de 'Staf' en de onderafdelingen 'Verkoop' en 'Productie', waarvan 'Productie' opgedeeld is in een zestal productie-eenheden die hieronder genoemd worden met hun takenpakket²:

- **Constructie- en Deformatiemetingen:**
 - o uitzetten van assen en meetlijnen van grote kunstwerken, infrastructurele objecten en leidingentracés als mede het ten behoeve daarvan afgeven van bouwhoogtes;
 - o deformatiemetingen uit aan kademuuren en overige kunstwerken;
 - o het in stand houden van het hoogtemerkenbestand van Rotterdam in samenwerking met de AGI van Rijkswaterstaat;
 - o uitvoeren van grondslagmetingen;
 - o peilen van grondwaterstanden.
- **Grenzen:**
 - o verantwoordelijk voor de informatie over het beheer van de grenzen van de gemeente Rotterdam, zowel bestuurlijk als kadastraal;
 - o inmeten van alle kadastrale mutaties waarbij de gemeente een partij is;
 - o verstrekken van het kadastrale bestand aan gebruikers binnen Gemeentewerken

² Arbojaarplan 2006 Landmeten en Vastgoedinformatie, 2006. Beek, H.W.M. van

- Rotterdam;
- o technische beheer van de grondslag.
- **Kartografie:**
 - o bijhouden en beheren van de kleinschalige basisbestanden;
 - o leveren van digitale bestanden in verschillende uitvoeringen;
 - o maken van thematische kaarten voor individuele opdrachtgevers.
- **Landmeten:**
 - o uitzetten van assen en rooilijnen;
 - o aangeven van bouwhoogten;
 - o inmeten van bestaande funderingen voor herbouw of sanering;
 - o meten van lengte- en dwarsprofielen;
 - o inmeten van kabels en buizen in graafprofielen;
 - o meten van DTM's.
- **Leidingen:**
 - o inmeten van de ondergrondse infrastructuur;
 - o verwerken en beheren van revisiegegevens in de Leidingenverzamelkaart.
- **Topografie:**
 - o beheer van de grootschalige basiskaart van Rotterdam;

De stage heeft plaatsgevonden bij de productie-eenheid *Constructie- en Deformatiemetingen*, voor de duur van vijftien weken. De opdracht behorend bij de stage viel goed uit te voeren binnen de gestelde termijn. Daarnaast was er ook nog genoeg tijd om 'mee naar buiten' te gaan met een meetploeg. Bij het buitenwerk heb ik onder andere het volgende gedaan:

- Metingen aan kademuren;
- Metingen aan gebouwen en objecten aan het traject van de Randstadrailtunnel;
- Inmeten van kabels na omlegging trambaan Rotterdam CS;
- Waterpassing in Dordrecht voor het monitoren van verzakking van huizen;
- Inmeten van profielen t.b.v. de Randstadrailtunnel;
- Metingen metrostation Rotterdam CS;
- Laserscanning metrostation Rotterdam CS;

Het buitenwerk is me goed bevallen, eindelijk een keer echt in de praktijk brengen wat we op de opleiding geleerd en geoefend hadden. Wat ik vooral leuk vond was om eindelijk een keertje in de praktijk mee te maken dat die laatste millimeters ook erg belangrijk zijn. Tijdens de landmeetkunde practica komt dit vooral theoretisch aan bod.

Het is me echter wel tegengevallen om ruim drie maanden fulltime met hetzelfde onderwerp bezig te zijn, daarom was de afwisseling met buiten af en toe wel lekker. Daarnaast had ik vooral in het begin erg veel moeite met de werktijden, maar na een paar weken was ik wel gewend om elke ochtend vroeg aanwezig te zijn.

Al met al heb ik het erg naar mijn zin gehad en heb ik een goede indruk gekregen hoe het er in de praktijk aan toe gaat.