

DATAVERWERKING 03

OPMAAK 3D-MODEL EN ARCHITECTUURPLANNEN VOOR CAMPUSGEBOUW LEDEGANCK

C. Stal^{1,*}, R. Janssens¹, S. Trenson^{1,2}

¹ HOGENT, Opleiding Vastgoed, Gent, België

² HOGENT, Opleiding Houttechnologie, Gent, België

*Corresponderende auteur:

SLEUTELWOORDEN: laserscanning, 3d model, Ledeganck, fotogrammetrie, puntenwolk

SAMENVATTING:

De Hogeschool Gent onderzoekt de reconversie van de site Ledeganck. De huidige invulling van het gebouwencomplex verdwijnt en krijgt een nieuwe invulling. Om een nieuw masterplan voor de site te kunnen opmaken is de huidige toestand van het gebouw onvoldoende gedocumenteerd. De plannen komen niet (meer) overeen met de realiteit en zowel het niveau van detail als de geometrische precisie voldoen niet.

Om het onderzoek naar de reconversie adequaat te kunnen verderzetten is een 3D-model van de bestaande toestand van het gebouwencomplex opgemaakt. Het model moet toelaten om de bouwtechnische mogelijkheden voor een nieuwe invulling van het gebouw beter te onderzoeken. Op basis van het model zijn ook 2D-plannen, gevelplannen en doorsnedes opgeleverd. Het project is verdeeld over verschillende deelprojecten. Dit deelproject beschrijft de opmaak van het 3D-model van de oostelijke helft van de zuidelijke vleugel. Uit de toepassing van het model en de plannen zijn kwaliteitseisen met betrekking tot nauwkeurigheid, detailniveau en resolutie voorgenomen. Deze kwaliteitseisen, beschikbaarheid van tijd en materiaal en de eigenschappen van het studieobject hebben de keuze van de meetmethodes voor dit project bepaald. Als nauwkeurigheid is een standaard gehanteerd van een maximumafwijking van 1 centimeter tegenover de werkelijke waarde. Voor het detailniveau is uitgegaan van een level of detail (LOD) 300.

Als conclusie geldt dat de opgeleverde voor de binnenruimtes voldoen aan de vooropgestelde kwaliteitseisen. De data voor de buitengevels voldoen niet helemaal aan de voorgenomen standaarden en zijn dus beperkter in hun toepassing.

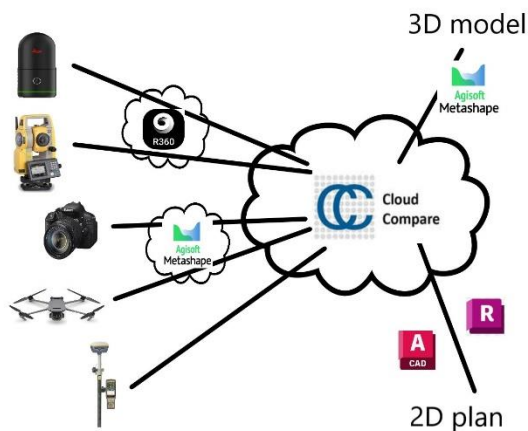
1. INTRODUCTIE

In het kader van het Landmeetpraktijk 03 hebben wij de boeiende opdracht gekregen om de oostzijde van de zuidvleugel van de Campus Ledeganck in kaart te brengen. Deze complexe taak vereiste een voorbereide aanpak, waarbij een keuze werd gemaakt tussen laserscanning, terrestrische en airborne fotogrammetrie en elektronische afstands- en hoekmeting (totaalstation). Het uiteindelijke doel is om een gedetailleerde en nauwkeurige kaart van het gebouw te maken. Laserscanning speelt hierin een belangrijke rol in ons onderzoek. Deze techniek laat toe om een volledige 3D model en 2D-plannen te maken van de verschillende verdiepen, lokalen en gevels. Dit project zal niet alleen een meerwaarde bieden voor onze studie als landmeter, maar ook voor de projectontwikkeling die gekoppeld is aan dit gebouw in de toekomst.

Uit de doelstelling van het project zijn kwaliteitseisen afgeleid waaraan de plannen en het 3D-model moeten aan voldoen. Wanneer het gaat over de 2D-architectuurplannen werd als eis een maximumafwijking van 1 centimeter vooropgesteld. Voor de 3D-modellen is, naast de accuraatheid (LOA), het detailniveau of level of detail (LOD) een gangbare norm om een kwaliteitseis te definiëren. Voor projectontwikkeling is een LOD 300 een zinvolle standaard. Het streeft naar een accurate weergave van alle bouwkundige elementen zoals kolommen, ramen, muren, deuren etc. Het behoudt een evenwicht tussen efficiëntie en dus kostprijs en accuraatheid. Details zoals technische installaties en ornamenten worden niet weerhouden. Uit de projectdefinitie werd aangenomen dat de eindproducten niet worden ingezet als technische uitvoerings- of onderhoudsplannen. De opgeleverde producten zullen hiervoor dus niet kunnen ingezet worden.

Het project voorziet in 2 eindproducten: een 3d-model en 2d-architectuurplannen. Het algemene proces bestaat erin om met verschillende meetmethodes data te verzamelen om een geogerefererde puntenwolk te creëren waaruit dan de eindproducten kunnen worden afgeleid. Het proces is op te delen in een

1. Verkenning van het studieobject
2. De dataverzameling op het terrein
3. De verwerking tot een bruikbare puntenwolk
4. De opmaak van 3D-modellen, orthofoto's en 2D-modellen op basis van de puntenwolk.
5. Rapportage



De belangrijkste karakteristieken van het studieobject zijn dat erbinnen zich heel wat gesloten volumes bevinden met een gemiddelde omvang.



Op onze allereerste praktijk dag op Campus Ledeganck, 29/11, verdeelden we onze groep, die bestaat uit vijf teamleden, in twee afzonderlijke groepen. Een groep die zich focuste op het inmeten van de targets in het gebouw. De andere groep die vervolgens te werk ging om de verschillende lokalen op het gelijkvloers te scannen met de laserscanner. Zo gingen we de volgende praktijk dagen 6/12 en 13/12 met dezelfde efficiëntie te werk.

De dag na elke praktijk dag was er de mogelijkheid om de verzamelde gegevens uit te lezen en te verwerken. Door de taken te verdelen en te plannen, konden veel doeltreffender te werk gaan. Dit zorgde voor een vlotte voortgang van het project.

2. VERKENNING VAN HET STUDIEOBJECT

Het studieobject is gebouwd als rijksnormaalschol in het laatste kwart van de 19^{de} eeuw in neogotische stijl. Het is vastgesteld als bouwkundig erfgoed. De campus bestaat uit 4 vleugels rond een trapezovormige binnentuin. Deze groep werkte in de oostzijde van de zuidvleugel die grenst aan de Karel Lodewijk Ledeganckstraat in beeld (zie afbeelding). Dit gedeelte bestaat uit een kelder, gelijkvloers en twee verdiepingen. De brutooppervlakte van dit gedeelte bedraagt ongeveer 1000 m² per niveau.

De binnenruimtes bestaan een lange circulatieruimtes met aanpalende leslokalen, labo's, kantoren en ateliers. Aan de oostzijde bevindt zich een toren. Deze is om veiligheidsredenen niet in beeld gebracht aan de binnenzijde.

3. DATA-ACQUISITIE

De data inzamelings op het terrein is gebeurd door toepassing van 5 meetmethodes:

1. Elektronische afstands- en hoekmeting met totaalstation
2. Terrestrische laserscanning
3. Luchtfotogrammetrie
4. Terrestrische fotogrammetrie
5. Plaatsbepaling met RTK-GNSS

De belangrijkste afweging van de factoren voor de inzet van een methode zijn:

1. Eigenschappen van het terrein
2. Vooropgestelde kwaliteitseisen (1cm nauwkeurigheid en LOD300)
3. Tijdsinzet
4. Beschikbaarheid van materiaal

We hebben voor dit project 3 halve dagen toegewezen gekregen, verspreid over 3 weken. Dit moest voldoende zijn om alle nodige data en gegevens te kunnen verzamelen, voor ons gedeelte. Mochten er toch onvoorziene vertragingen opgelopen zijn, bv. Geen laserscanner kunnen bemachtigen; Een oudere laserscanner krijgen, waardoor de metingen oplopen qua tijd, was er altijd een mogelijkheid om een extra dag terug te komen om de resterende gegevens te verzamelen. Door deze optie hebben we alles op gebied van data voor ons toegewezen gedeelte, kunnen verzamelen.

3.1. Elektronische afstands- en hoekmeting met totaalstation

De meest betrouwbare manier om gedefinieerde punten op te nemen is middels het totaalstation. Om echter een niet - regelmatige vorm van een gebouw efficiënt op te nemen zijn er andere methodes beter geschikt.

De targets zelf dienden we op eigen initiatief op te hangen in het gebouw. Dit deden we het best op een strategische, zichtbare plek voor zowel het totaalstation als de scanner. Een target wordt gevormd door een wit blad papier met daarop een patroon van twee zwarte en twee witte vierkanten. Deze kenmerkende

samenstelling dient als herkenningspunt voor het meetinstrument en speelt een cruciale rol in het inmeetproces. Er zijn x targets ingemeten in een lokaal coördinatenstelsel.



Figuur 2: spreiding targets

De opgehangen targets hebben als doel een soort skeletstructuur van het gebouw te vormen, die met grote nauwkeurigheid is ingemeten met behulp van het totaalstation. Wanneer we de gegevens van deze gedetailleerde gemeten targets combineren met de scans die zijn gemaakt door de BLK-360 laserscanner, kunnen we ze in het softwareprogramma invoegen. Op deze manier wordt de betrouwbaarheid van de meetresultaten die verzameld zijn met andere methodes verbeterd. Belangrijk om te vermelden dat de compensator in een totaalstation een betrouwbaarder is dan deze in de scanners. Fouten in de rotatie rond de Z-as worden zo gecorrigeerd.



Figuur 3: polygonatie

Er zijn 55 targets ingemeten in een lokaal coördinatenstelsel.

Om de verschillende inmetingen van de opgehangen targets tot een goed eind te brengen, hebben we gebruik gemaakt van het Totaalstation Topcon OS-105. Dit toestel maakt het mogelijk om de verschillende targets nauwkeurig in te meten. De hoekmeting van dit toestel beschikt over een standaardafwijking van 5 seconden of 1,5 mgon. Dit betekent een standaardafwijking op een vlak op 10 meter afstand een fractie van een millimeter. Daarnaast biedt het totaalstation een hoge nauwkeurigheid voor afstanden, met een standaardafwijking van 2 mm + 2 mm/km.

Het Totaal station beschikt over een goede hoekmetingsnauwkeurigheid en afstand precisie over nog veel andere specificaties, die het tot een veelzijdig en krachtig instrument maken.

Daarnaast zijn er ook verschillende softwareprogramma's op de markt ter beschikking om de gegevens snel en efficiënt te verwerken.

Om van het gepositioneerde punt van buiten, de targets naar binnen te kunnen meten is een polygonatie vereist. Dit betekent dat we gebruik maken van een spiegel die opgesteld is op een driepikkel. Dit wordt de plaats waar het toestel dient te komen. Daarna hebben we het toestel van buiten verplaatst naar de driepikkel die binnen gelokaliseerd staat. Zo konden we stapsgewijs de zichtbare targets opmeten.

Bij het toepassen van het opdrachtgedeelte fotogrammetrie hebben we hetzelfde principe gevolgd. Aan de voorzijde van de Campus hebben we ons eerst ingemeten met behulp van twee meetnagels. Vervolgens hebben we ons via polygonatie naar het eerste opstelpunt verplaatst, waar we de verschillende Ground Control Points (GCP) hebben ingemeten van de voorgevel. Deze verschillende punten zijn onze referentiepunten van de fotogrammetrische metingen en de verwerking op Agisoft.

Uiteindelijk hebben we ons door gepolygoneerd naar de achterkant van het gebouw, waar we op dezelfde wijze de diverse GCP's van de achtergevel hebben ingemeten.

3.2. Terrestrische laserscanning

Laserscanning is een nauwkeurige methode om driedimensionale gegevens van objecten en omgevingen te bekomen. De resultaten van deze technologie bestaan uit grote puntenwolken die miljoenen punten bevatten. De snelheid en de hoge resolutie zijn grote pluspunten van deze technologie. Het laserscannen kan beschouwd worden als een essentiële methode, die in uiteenlopende toepassingsgebieden van architectuur tot landmeten en van industrieel tot archeologie gebruikt worden.

Voor het interieur was de laserscanning een efficiënte methode aangezien de ruimtes vaak een onregelmatige vorm hebben. Hier en daar zijn er bouwkundige elementen aanwezig waarvan de vorm het meest efficiënt kan opgenomen via laserscanning. Door de beperkte afmetingen van de meeste ruimtes blijft een homogene punt dichtheid verzekerd. De binnenruimtes zijn een stabiele omgeving met weinig bewegende elementen die het registratieproces negatief zouden kunnen beïnvloeden. Nadelig is de opname van ruis in de resultaten wat resulteert in een hogere naverwerking.

Er zijn 161 scans opgenomen op het terrein waarvan 149 binnen en 12 buiten. Binnen is er gemeten met een hoge densiteit en medium densiteit, buiten enkel met een hoge densiteit. De metingen buiten zijn gebeurd ter ondersteuning van de fotogrammetrie van de gevels. Hoge densiteit betekent bij de BLK 360 scanner een kleinste afstand tussen twee opgemeten punten 6 mm bedraagt op een afstand van 10m, bij het nieuwe toestel is dit 4mm. Een belangrijk aandachtspunt bij deze scanners dat de punt dichtheid snel afneemt naarmate de afstand toeneemt. Dit is vooral van belang buiten en in de bepaling van de afstand tussen de verschillende scans. De nieuwe blk 360 neemt punten tot een afstand van 45meter. Dit betekent onder meet dat de verdieping 2 en het dak onvoldoende kunnen

opgemeten worden met terrestrische scanning door deze toestellen.

De applicatie Cyclone Field is eveneens geschikt voor laserscanning. Na het invoeren van de correcte gegevens is het mogelijk om verbinding te maken met de scanner. Vanaf een bepaalde afstand kun je de scanner laten starten met scannen en na het voltooiën van de scan kan deze direct gelinkt worden aan de vorige scan of een bijhorende scan. Door deze functie bespaar je veel tijd bij de verwerken van de gegevens op een later tijdstip. Je kunt de gelinkte scans beschouwen als een grote punten wolk die al voorgeregistreerd is.



Figuur 4

BLK 360 1^{ste} generatie

Tijdens de tweede en derde praktijkles hebben we gebruikgemaakt van deze eerste generatie scanner. Maar kwamen tot de vaststelling, tijdens de daaropvolgende praktijklessen dat de duur van één scan veel meer tijd in beslag neemt in vergelijking met een tweede generatie scanner. Door de aanzienlijke extra tijd die nodig was bij het gebruik van deze scanner, raakten we in tijdsproblemen. Om dit op te lossen, hebben we besloten een extra voormiddag op 15-12 terug te keren met 2 teamleden, naar de Campus Ledeganck. Om de resterende scans te voltooiën.

Dit toestel heeft een meetnauwkeurigheid van ongeveer zes mm op een afstand van tien meter. Deze specificaties kunnen variëren afhankelijk van factoren zoals de omgevingscondities, het kalibratieniveau en de gebruikte instellingen.



Figuur 5

BLK 360 2de generatie

We hebben de tweede generatie scanner ingezet tijdens de tweede praktijkdag en op onze aanvullende extra dag. Bij voorkeur maken we gebruik van deze scanner vanwege zijn efficiëntie en prestaties. De verbeteringen in snelheid maken deze scanner een voorkeurskeuze, waardoor we effectiever en productiever kunnen scannen.¹

¹ <https://shop.leica-geosystems.com/nl/nl-NL/leica-blk/blk360/overview>

3.3. Terrestrische Fotogrammetrie

Terrestrische fotogrammetrie is ingezet voor het opnemen van de buitengevels. Dit gaat over het toegewezen gedeelte dat per groep werd meegedeeld. Dit gedeelte zorgde voor een zorgvuldige aanpak van de GCP's om er later via agisoft de foto's om te zetten naar een puntenwolk.

Je kan fotogrammetrie best omschrijven als het meten en in kaart brengen van objecten met behulp van foto's. Door slim gebruik te maken van de gemaakte foto's, kan je de positie bepalen met hulp van grondcontrolepunten.

Bij het opmeten van de buitengevels compenseerden de voordelen van fotogrammetrie de nadelen van laserscanning. Fotogrammetrie gaat sneller bij grotere vlakken. Men kan actief ruis ontwijken. De puntendichtheid blijft homogeen bij verschillende afstanden (door aanpassing lensafstand). En men kan grote vlakken in een keer opnemen. Het aantal datapunten is lager wat een vlottere naverwerking betekent. Er zijn foto's genomen met een overlap van minstens 80%, zowel in de breedte als in de hoogte zowel aan de gevel aan de Ledeganckstraat als vanuit de binnentuin met een Canon Eos 700D. Er zijn ongeveer 442 foto's genomen. Bij allen met een lensafstand van 1.8 mm met een afstand tot de gevel van ongeveer 15 meter. Het toestel heeft een APS-C sensor (22,2 mm x 14,9 mm) met maximale resolutie van 5184 x 3456 pixels. Op een afstand van 15 mm betekent dat GSD van ongeveer 3 millimeter per pixel. Dit loopt echter op tot 25 meter voor de hogere verdiepingen.

100,104828.974,192011.714,19.46,
101,104858.311,192013.007,18.96,
1000,104841.318,192019.781,21.05,OTP
2000,104860.342,192012.576,20.53,OTP
2001,104847.777,192026.490,36.25,
2002,104847.853,192026.483,32.56,
2003,104847.870,192026.463,26.54,
2004,104858.523,192027.236,36.67,
2005,104859.527,192027.242,31.71,
2006,104859.723,192027.240,26.57,
2007,104869.627,192027.670,36.66,
2008,104870.665,192027.707,31.69,
2009,104870.836,192027.717,26.55,
3000,104881.715,192013.741,20.02,OTP
3001,104880.713,192028.114,36.66,
3002,104881.763,192028.166,31.68,
3003,104881.949,192028.184,26.54,
3004,104892.347,192028.294,36.21,
3005,104892.465,192028.300,32.24,
3006,104892.460,192028.281,26.54,
4000,104914.597,192026.719,18.57,OTP
4001,104898.484,192035.062,35.68,
4002,104898.452,192035.186,32.23,
4003,104898.433,192035.189,26.51,
4004,104901.391,192039.109,31.47,
4005,104901.363,192039.082,26.55,
5000,104842.007,192024.863,21.18,OTP
6000,104839.644,192056.132,22.05,OTP
6001,104837.980,192036.876,31.81,
6002,104838.937,192036.972,39.54,
6003,104842.729,192041.415,24.41,
6004,104855.003,192037.243,26.04,
6005,104860.556,192037.487,26.04,
6006,104871.646,192037.974,26.04,
6007,104877.215,192038.213,26.08,
6008,104875.208,192037.996,36.80,
6009,104865.412,192042.281,23.67,
6010,104854.314,192041.790,23.67,

Figuur 6: coördinaten van de grondcontrolepunten

Door gebruik te maken van zelfgekozen controlepunten op de gevels, konden we de verwerking van zowel de voor-als achtergevel uitvoeren. Het was nodig om eerst de Ground Control Points (GCP's) vast te leggen met behulp van het totaalstation, voordat we ons werk konden voortzetten. Voor deze werken hadden we ons in totaal 5 keer opgesteld met het totaal station, waarbij telkens via polygonatie werd verplaatst. Er zijn 20 controlepunten gemeten verdeeld over de zuid- oost en noordgevel van de zuidvleugel. Deze opstelling en metingen stelden ons in staat om betrouwbare GCP'S te verkrijgen, wat een vereiste is om gevels te verwerken in het programma.



Figuur 7: spreiding GCP's over studieobject

In de binnentuin van de campus staan verschillende hoogopgaande bomen die een goed zicht op de gevels belemmeren. Ook in de Ledeganckstraat staan een aantal straatbomen erg dicht bij de gevels. Aangezien een lagere datakwaliteit te verwachten is ter hoogte van de bomen zijn aanvullend 12 laserscans genomen aan de buitenzijde.

3.4. Luchtfotogrammetrie

Campus Ledeganck is een gebouw met punthoogte van meer dan 20 meter met een uitschieter van 30 meter bij de piek van de toren aan de zuidoostelijke hoek. De positieve van de dakkapellen was een expliciete vraag van de opdrachtgever. Het was snel duidelijk dat terrestrische laserscanning of fotogrammetrie niet afdoende waren om de gevraagde datakwaliteit te leveren voor het dak.

De invliegen van de data is door een andere groep gebeurd met een DJI test pro drone. Er is een selectie gemaakt van 101 beelden uit een dataset van 463 beelden van de hele campus. De beelden tonen de campus in orthomodus alsook oblieke beelden. De hoogte is gemiddeld een tiental meter boven de hoogste punten van het studieobject. De gebruikte camera heeft een sensor van 6,4 mm x 4,8 mm met brandspuntafstand van 4mm. Dit geeft een GSD van ongeveer 3 mm voor de bovenste dakkdelen en 12,8 mm voor het maaiveld.

De luchtbeelden zijn gerefereerd met behulp van dezelfde grondcontrolepunten als bij de terrestrische fotogrammetrie.

3.5. RTK-GNSS

Voor we effectief konden starten met het inmeten van onze targets, moesten we ons positioneren aan de hand van 2 meetnagels, die zich bevinden aan de voorkant van de Campus. Deze initiële positionering is van belang omdat het totaal station op deze manier exact kan bepalen waar het zich bevindt. Deze nauwkeurige oriëntatie is cruciaal om later de verschillende posities van de targets nauwkeurig te kunnen bepalen.



Figuur 8: positie meetnagels

Het gebruikte toestel is een Topcon GNSS Rover. Er is een theoretische standaardafwijking van 1 à 2 mm bij een RTK-meting.

4. VERWERKING

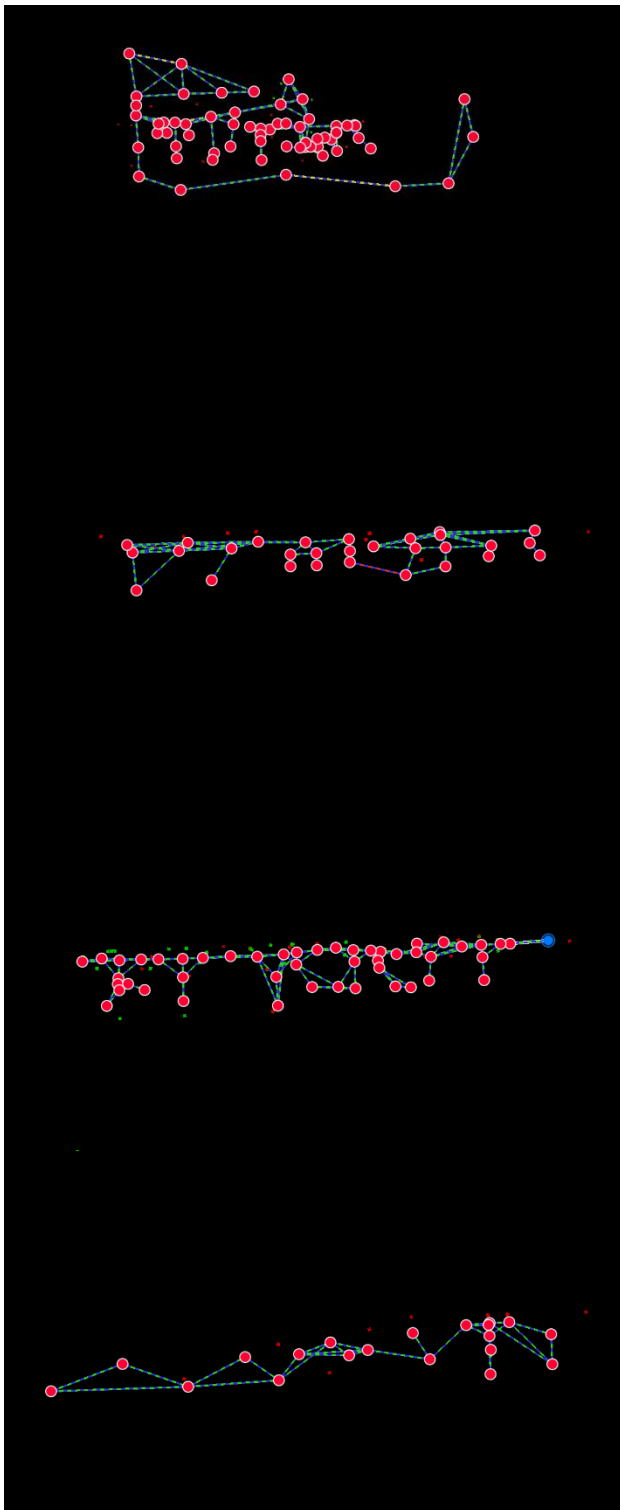
Onder het verwerken verstaan we de fase waarin de ingewonnen data uit de 5 meetmethodes zijn samengebracht tot 1 ruwe puntenwolk. Voor scandata is dit gebeurd met Register360 van Leica. Voor de fotogrammetrie is Agisoft Metashape ingezet. Het veldboek uit het totaalstation en de RTK-GNSS metingen zijn ondersteunend in het verwerkingsproces in beide programma's.

4.1. Verwerking scanning

Voor het verwerken van de puntenwolken bestaan er specifieke softwareprogramma's waaronder Cyclone Register 360 Plus. Dit programma, ontworpen door Leica Geosystems, biedt de mogelijkheid om de diverse puntenwolken aan elkaar te koppelen en zo een naadloos geheel te creëren. Hiermee kunnen ook de eventuele afzonderlijke scans gelinkt worden aan elkaar tot een samenhangend en gedetailleerd digitaal model, waardoor een compleet beeld ontstaat van het gescande object of van de omgeving.

De eerste stap betrof de koppeling van de 161 scans, de zogenaamde registratie. Er zijn vier bundel geregistreerd per gebouwniveau. De bundels onderling zijn in de eerste plaats aan elkaar gelinkt via de controlepunten, maar er zijn ook overlappende scans gevonden tussen de verdiepingen. De overlap tussen de scans ligt rond 50% en de gemiddelde cloud errors rond 4 millimeter. Dit betekent dat een punt uit de ene welk gemiddeld 4mm afwijkt van het overeenkomstige punt in de andere wolk. De afwijking van de targets ligt in dezelfde grootte-

orde. De meerderheid van de scans heeft meerdere linken naar andere scans.



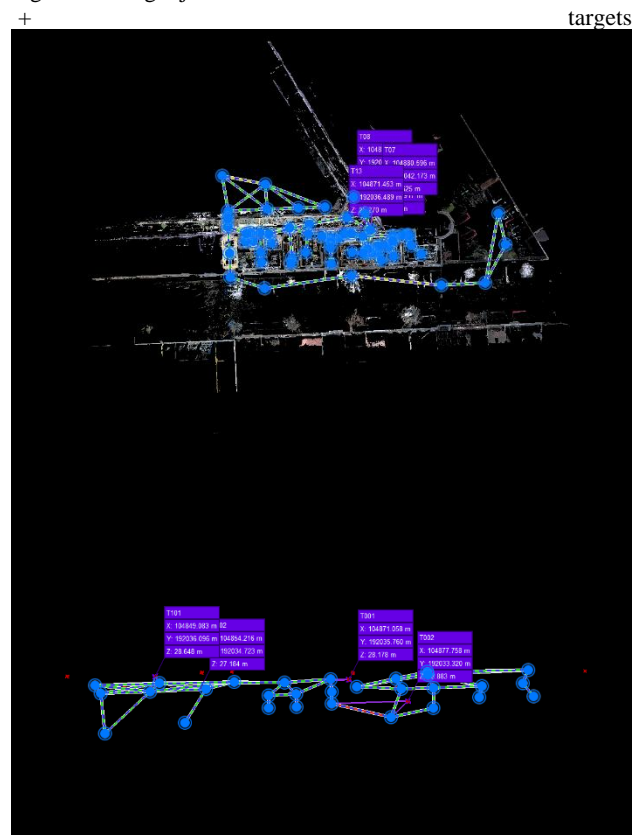
Figuur 9: linkenschema's in Register 360

Echter kunnen we daaruit niet besluiten dat generiek een punt max een halve centimeter zou afwijken van de werkelijke waarde. Gezien de langwerpige configuratie van het gebouw en de "slang" van scans kan de kleine onzekerheden bij elke scan theoretisch gaan cumuleren tot enkele centimeters. Deze

cumulatieve foutenmarge kan deels ondervangen worden door steeds meerdere linken te voorzien en op die manier een netwerkstructuur te vormen. Bij deze meting is voldoende data ingewonnen om zo'n structuur te vormen.

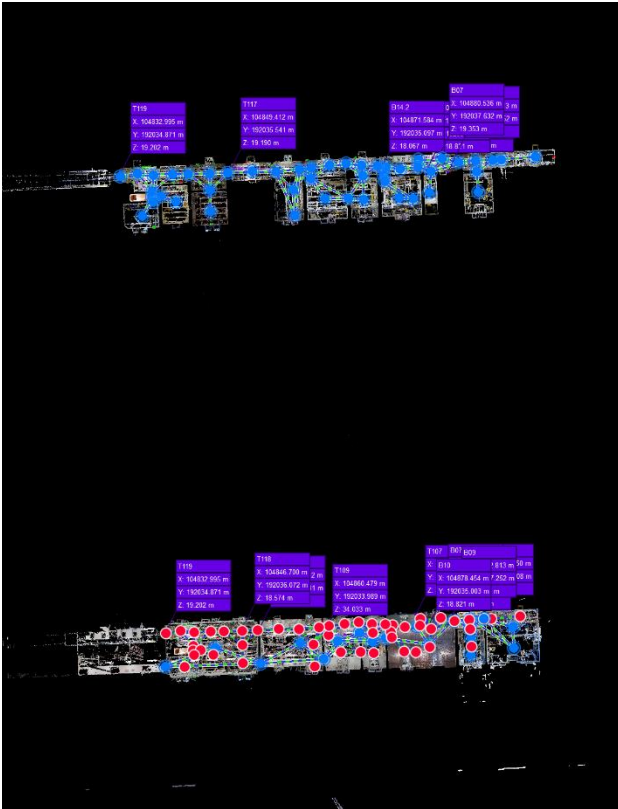
Een tweede manier om de foutenmarge van vele cloud-to-cloud registraties te beperken zijn de controlepunten of targets. Helaas zijn slechts een zestal targets per verdieping door register gevonden en in de controle betrokken. De spreiding ervan is redelijk en linkt steeds naar meerdere scans. Register verwierp controlepunten die meer dan 10 mm afwijken van de gedetecteerde targets in scandata.

Er was een duidelijk verschil tussen de cloud-to-cloud registratie van de binnendata met de buitendata. De vegetatie buiten is in beweging en zorgt voor moeilijkheden, net zoals het feit dat een deel van de scan met verstrooide datapunten is ingevuld. In Register kan een deel van de wolk uitgesloten worden van het registratieproces zonder verwijdering van de data. Met deze optie ging de registratie iets beter. In elk geval lag het aantal scans buiten te laag om een voldoende betrouwbare cloud-to-cloud registratie mogelijk te maken.



+

targets



Figuur 10: controlepunten in Register 360

De resultaten zijn geëxporteerd in 161 afzonderlijke .E57 bestanden die gebruikt konden worden in Cloud Compare. Er is cleaning van de wolk uitgevoerd in Register 360. Het voordeel van afzonderlijk bestanden is dat men veel sneller een specifieke scan kan cleanen in de naverwerking zonder automatisch data weg te knippen van andere scandata.

4.2. Verwerking fotogrammetrie

Voor de verwerking van foto's zijn er specifieke softwareprogramma's op de markt. In ons geval hebben we gewerkt met het softwareprogramma Agisoft Metashape. Dit gebruiksvriendelijke en efficiënte programma heeft ons in staat gesteld om de verwerking van het 3D-model correct en nauwkeurig uit te voeren.

Tijdens de verwerking van de foto's van de achtergevel, constateerden we dat er gaten in de het model zaten. Dit reden achter dit probleem, kwam eigenlijk door de verschillende bomen dat plaats vonden voor de gevel. Hierdoor kwamen dus gaten tevoorschijn. We hebben dit opgelost op van de gevel ook scan te maken met de laserscanner. De lege gaten konden we probleemloos opvullen om er een mooi, samenhangend geheel van te maken.

Van de 442 foto's zijn er 127 weerhouden in het verdere registratieproces. Heel wat foto's lagen buiten de studiezone hadden een afwijkende focuslengte of hadden een kwaliteit lager dan 0,7. In elk foto werd vegetatie en verkeer gemaskt. Een belangrijke parameter voor puntenwolk die volgt uit de gealigneerde foto's is de pixelafwijking van de GCP op de verschillende afbeeldingen. Een pixelafwijking op hogere hoogte resulteert gemiddeld in hogere reële afwijking.

Error_(m)	X_error	Y_error	Z_error	X_est	Y_est	Z_est
0.011736	-0.010423	-0.000005	0.005395			
0.023206	0.000761	0.013598	0.018789			
0.020797	0.019923	0.005488	-0.002338			
0.010658	-0.003257	0.007482	0.006856			
0.019356	0.014196	-0.010794	-0.007526			
0.025084	-0.009778	-0.012132	-0.019657			
0.013359	0.000780	-0.013189	-0.001979			
0.018296	0.002601	-0.009737	-0.015269			
0.011517	-0.006936	0.000140	-0.009193			
0.009397	0.003383	-0.008763	-0.000247			
0.009289	-0.001084	0.007112	0.005876			
0.015403	-0.008074	0.008541	0.009956			
0.000000	0.000000	-0.000000	-0.000000			
0.000000	-0.000000	0.000000	-0.000000			
0.019436	-0.019369	0.001030	-0.001249			
0.012660	0.002124	0.011632	0.004526			
0.011969	0.009149	0.007275	-0.002570			
0.020046	-0.014902	-0.013105	0.002833			
0.000000	-0.000000	-0.000000	-0.000000			
0.000000	0.000000	-0.000000	-0.000000			
0.011091	-0.000654	-0.002422	0.010804			
0.013365	-0.000105	0.005433	-0.012210			
0.002349	-0.001946	-0.001314	0.000029			
0.006637	-0.006241	0.001591	-0.001603			
0.005227	-0.001700	-0.000970	0.004847			
0.005528	-0.000150	-0.005210	-0.001840			
0.016125	0.012335	0.009349	0.004523			
0.000000	-0.000000	-0.000000	-0.000000			
0.000000	0.000000	-0.000000	-0.000000			
0.000000	-0.000000	0.000000	-0.000000			
0.007812	0.007118	0.007495				

Figuur 11: afwijkingen GCP foto airborne

Error_(m)	X_error	Y_error	Z_error	X_est	Y_est	Z_est
0.033082	0.032859	-0.003703	0.000996			
0.023216	0.011722	-0.005742	0.019199			
0.046642	-0.011171	-0.027501	0.035977			
0.029559	0.024901	0.015846	0.001610			
0.030079	-0.009885	-0.025396	-0.012730			
0.034518	-0.012068	0.024218	-0.021432			
0.017436	-0.015416	0.003623	-0.007297			
0.031037	-0.006125	0.013513	-0.027261			
0.031871	-0.024713	0.007898	-0.018511			
0.020675	-0.016468	0.004367	-0.011713			
0.025933	-0.018660	-0.014954	-0.010037			
0.027787	-0.024343	0.011697	0.006534			
0.018097	-0.017471	-0.002290	-0.004125			
0.039224	-0.013975	-0.030952	-0.019627			
0.016376	0.014344	0.001914	0.007665			
0.024052	0.019701	-0.006087	0.012383			
0.016441	0.005987	0.013992	-0.006221			
0.033803	0.018236	0.000485	0.028458			
0.034345	0.025497	0.005527	0.022337			
0.009419	-0.003226	0.008682	-0.001718			
0.017926	0.014541	0.016841				

Figuur 12: afwijkingen GCP foto terrestrisch

De luchtfoto's werden op dezelfde manier behandeld. Belangrijk te vermelden is dat de gemiddelde pixelafwijking bij de luchtfotogrammetrie gemiddeld hoger ligt dan bij de terrestrische fotogrammetrie.

Het is meteen duidelijk dat centimeter nauwkeurigheid met de ingezette middelen niet overal gehaald wordt.

De terrestrische data en luchtdata zijn in aparte "chunks" verwerkt en geëxporteerd naar E57 bestanden.

De terrestrische data van de gevel aan de binnentuin was niet kwalitatief genoeg voor verdere verwerking en werd uitgesloten uit het verdere proces. De noordgevel werd verder gemodelleerd met luchtfotogrammetrie en laserscandata.

4.3. Verwerking RTK-GNSS

Wat betreft de GNSS-data is een transformatie gebeurd in Pythagoras van de data uit het lokale stelsel naar Lambert 72. Bij transformatie van de data is volgend rapport gegenereerd:

d(x) : 105860.418
d(y) : 193007.717
Fi : 198.7493
Schaal : 1.000
Standaardafwijking: 0.001
d(z) : -77.930
Standaard afwijking z: 0.017

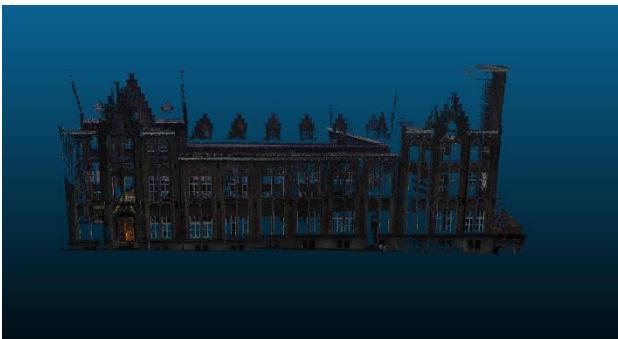
5. OPMAAK EINDPRODUCTEN

Deze fase omvat de processen van de ruwe puntenwolk naar de eindproducten, namelijk een 3d model en 2d architectuurplannen. Een puntenwolk is voor de meeste opdrachtgevers geen bruikbaar product.

Een eerste stap in dit proces is het verwijderen van ruis. Alle E57 bestanden werden samen of in groepen ingeladen om op te ruimen. De data werd opgeschoond aan de buitenzijde, zo goed mogelijk tot aan de rand van het gebouw.

De data werd ingedeeld in 5 delen: gevels en de 4 niveaus en vervolgens licht gesubsampled met een max afstand van 6mm tussen de punten om een evenwicht te vinden tussen datakwaliteit en verwerkbaarheid.

De laserscandata van buiten en de foto-puntenwolk overlapt niet perfect. Er is een bijkomende registratie uitgevoerd in Cloud Compare met de scandata als "master" en de fotodata als "slave" om zo de coherentie met de binnendata te blijven verzekeren. Vervolgens werden de twee wolken samengevoegd.



Figuur 13: laserscandata buiten in Cloud Compare



Figuur 14: foto + scandata gecombineerd in Cloud Compare

Voor de doorvoer van de triangulatie is opnieuw gebruik gemaakt van Agisoft. Het programma voert deze operatie iets sneller uit en met een fijner resultaat. Ook de textures en DEM's zijn gegenereerd in Agisoft. Voor de generatie

Voor de architectuurplannen werd de gecombineerde bestanden ingeladen in Recap om zo een native autodesk formaat te creëren en zo het tekenwerk aan te vatten. Er werd getekend op doorsnedes op een hogere hoogte van 2 meter om zo ruis te vermijden en een goed overzicht te bewaren.

6. CONCLUSIE

Voor de nauwkeurigheid van de 3D-modellering en de meting binnen een reconversie van deze site streven we toch naar centimeter nauwkeurigheid. Deze hoge meetnauwkeurigheid is aanbevolen aangezien de huidige plannen onnauwkeurig zijn en omdat ze op basis van onze meting nieuwe plannen zullen opstellen. Ze zullen zich baseren op onze gegevens voor verdere besluitvorming en ontwerpen binnen het reconversieproject.

Voor de binnenmeting voldoen we met de toegepaste meetmethodes aan deze standaard, al blijft de beperkte controle door de targets een zwak punt. Deze is deels gecompenseerd door een kwalitatieve cloud-to-cloud registratie.

Het fotogrammetrisch resultaat is wat betreft LOA lager. Zeker aan de bovenzijde van het model lijkt de standaardafwijking eerder aan de 3cm te zitten. Bijvoorbeeld wanneer het gaat om de positie van de dakkapellen. Bijkomende controlepunten op het dak met een zo hoog mogelijke z-waarde zouden dat probleem deels kunnen verhelpen. Om die reden zijn de buitengevels niet opgenomen op de architectuurplannen.

Aangezien de gevels vrij veel reliëf vertonen met ornamenten lijkt een echt afdoende resultaat met voldoende LOA en LOD te bereiken met airborne dynamische laserscanning gecombineerd met foto's genomen door drone die haaks op de gevel kunnen vliegen.

7. DANKWOORD

De afgelopen weken waren intens maar zeer boeiend. Het opmeten van een volledige vleugel van de Campus Ledenganck met het doel dit in een correcte kaart te overhandigen. Dit alles ging niet volledig gelukt zijn zonder gemotiveerde docenten. Via deze weg willen we onze oprechte dank uitspreken.

Met dank aan Benjamin voor de luchtbeelden.

In eerste plaats willen we Dhr. C. Stal, Dhr. R. Janssens, Dhr S. Trenson van harte bedanken voor hun waardevolle tips en het delen van hun uitgebreide kennis in het vakgebied. Onze waardering gaat ook uit naar hen voor de begeleiding die ons heeft geleid naar een succesvol resultaat, en voor hun opmerkelijke geduld gedurende het hele proces. De toewijding en betrokkenheid van deze docenten hebben onze leerervaring verrijkt en ons geholpen bij het bereiken van onze doelen.

8. REFERENTIES

<https://totalstations.co/topcon-os-105-compact-total-station/>

Pfeifer, N., & Briese, C. (2007). Geometrical aspects of airborne laser scanning and terrestrial laser scanning. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 36(3/W52), 311-319.

<https://shop.leica-geosystems.com/nl/nl-NL/leica-blk/blk360/overview>

LEICA BLK360

IMAGING LASER SCANNER



GENERAL

Imaging scanner	3D scanner with integrated high-speed HDR spherical imaging system and Visual Inertial System (VIS) for real-time pre-registration
-----------------	--

DESIGN & PHYSICAL

Housing	Black anodized aluminium
Dimensions	Height: 155 mm Diameter: 80 mm
Weight	0.75 kg (0.85 kg incl. battery)
Transport cover	GVP739 transportation cover
Mounting mechanism	Button-press quick release

OPERATION

Standalone operation	One-button operation
Mobile devices	BLK Live app for iOS and Android smartphones Leica Cyclone FIELD 360 app for iOS and Android tablet computers and smartphones
Wireless communication	Integrated wireless LAN (802.11 b/g/n)
Internal memory	Storage for up to 1500 setups
Instrument orientation	Upright and upside down

POWER

Battery type	Internal, rechargeable Li-Ion battery (Leica GEB825)
Capacity	Up to 70 setups per battery

SCANNING

Distance measurement system	High speed time of flight enhanced by Waveform Digitizing (WFD) technology
Laser class	1 (in accordance with IEC 60825-1:2014)
Wavelength	830 nm
Field-of-view	360° (horizontal) / 270° (vertical)
Range*	Minimum 0.5 m - up to 45 m
Point measurement rate	Up to 680,000 pts/sec
Measurement modes	4 user selectable resolution settings (6/12/25/50 mm @ 10 m)

IMAGING

Camera system	13 Mpixel 4-camera system captures 104 Mpx raw data for calibrated 360° x 270° spherical image
Speed	< 8 sec. for full spherical LDR image in any light conditions < 20 sec. for full spherical 5-brackets HDR image in any light conditions
Image modes	• Auto-exposed LDR • 5-brackets HDR • Off - scanning only

PERFORMANCE

Data acquisition	< 20 sec. for complete full dome scan and spherical LDR image at 50 mm @ 10 m resolution with automatic tilt measurements
3D point accuracy*	4 mm @ 10 m
Real-time pre-registration	Automatic point cloud alignment based on real-time tracking of scanner movement between setups based on Visual Inertial System (VIS) by video-enhanced inertial measurement unit

ENVIRONMENTAL

Robustness	Designed for indoor and outdoor use
Operating temperature	0° C to + 40° C
Dust/Humidity	Solid particle/liquid ingress protection IP54 (IEC 60529)

DATA PROCESSING

Data transfer	Wireless and USB 3.0
Desktop software	Leica Cyclone REGISTER 360 and Cyclone REGISTER 360 (BLK Edition)
Cloud software	HxDR Digital Reality: cloud-based digital reality platform

* At 78% albedo
All specifications are subject to change without notice.
All accuracy specifications are one sigma unless otherwise noted.
Copyright Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Switzerland 2022.