

Drone Services: “Volumebepaling van een bulkgoed”

Klant, site X, 1 mei 2021



Inhoud

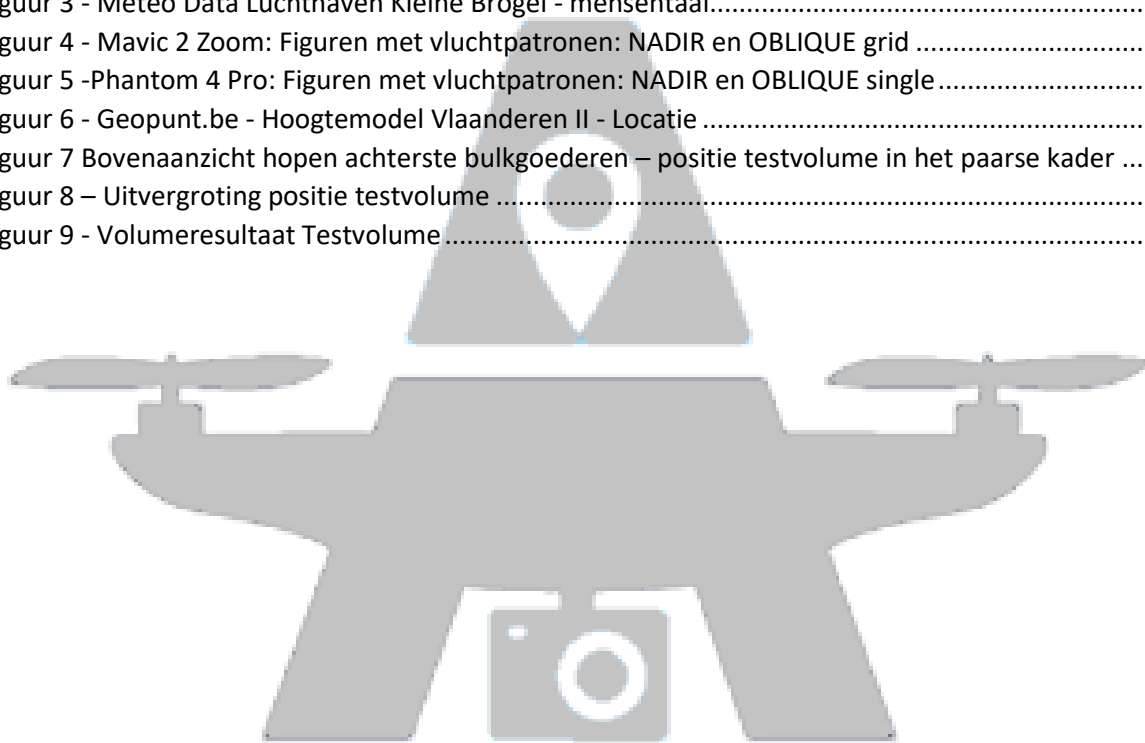
Tabellen	3
Figuren.....	3
Doel	4
Management Samenvatting	4
Vluchtprocedure.....	5
Locatie	5
Piloten	5
Vluchtvoorbereiding.....	5
Obstakels op het terrein:.....	5
Ground Control Points (GCPs)	5
Drones	5
Weersomstandigheden	7
Vluchtparameters.....	9
Cameraparameters.....	9
Vluchresultaten	10
Aantal vluchten, foto's en Ground Sampling Distance (GSD)	10
Vluchtpatroon	11
Analyse	12
Software – Pix4DMapper	12
Hoogtecorrectie.....	12
Resultaten	15
Volumebepaling	15
Conclusies.....	17

Tabellen

Tabel 1 - Aantal vluchten, foto's en Gemiddelde Ground Sampling Distance (GSD)	10
Tabel 2 - GCP Coördinaten, gecorrigeerd op hoogte	13
Tabel 3 - Grond Controle Punten - nauwkeurighedsberekeningen	14
Tabel 4 - Checkpoint - verificatie nauwkeurigheid 3D model	14
Tabel 5 - Volumeresultaat Testvolume	16

Figuren

Figuur 1 - Meteo data	7
Figuur 2 - Meteo Data Luchthaven Kleine Brogel - luchtvaarttaal	8
Figuur 3 - Meteo Data Luchthaven Kleine Brogel - mensentaal	8
Figuur 4 - Mavic 2 Zoom: Figuren met vluchtpatronen: NADIR en OBLIQUE grid	11
Figuur 5 - Phantom 4 Pro: Figuren met vluchtpatronen: NADIR en OBLIQUE single	11
Figuur 6 - Geopunt.be - Hoogtemodel Vlaanderen II - Locatie	12
Figuur 7 Bovenaanzicht hopen achterste bulkgoederen – positie testvolume in het paarse kader	15
Figuur 8 – Uitvergroting positie testvolume	15
Figuur 9 - Volumeresultaat Testvolume	16



Doel

Het uitvoeren van een volumebepaling van een bulkgoed ter illustratie van de mogelijkheden van drone services voor een exactere volumebepaling.

Management Samenvatting

- De volumeberekeningen met behulp van een drone zijn zeker conform de realiteit.
- Dergelijke drone services zijn een meerwaarde om op uniforme wijze de stockhoeveelheid van bulkgoederen sneller te bepalen bij de (jaarlijkse) stocktelling.
- Er kunnen meerdere volumes tijdens één vlucht bepaald worden.

Het resultaat van de test:

- Het volume van het bulkgoed “zand 0/5” bedraagt 703 m³ met een berekeningsafwijking van 5 m³ op die datum van de vlucht.
- Het stortvolume het bulkgoed “zand 0/5” is ongeveer 1500 kg/m³. Omgerekend betekent dit dus 1055 ton.
- De schatting van DE KLANT is 1000 ton.



Vluchtprocedure

Datum uitvoering: zaterdag 1 Mei 2021

Locatie

Firma DE KLANT, site X - adres

locatie coördinaten: <gewist>

Piloten

Ludwig Prinsen, DroneDreamMapsAdvice

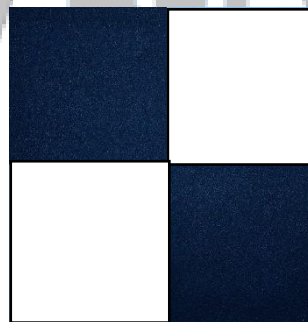
Vluchtvoorbereiding

Obstakels op het terrein:

- Kraan hoogte < 100 ft
- Silo's hoogte < 100 ft
- Hoogspanning: Afstand 100 m - Hoogte 200 ft ?
- Albertkanaal op minder dan 50 m

Ground Control Points (GCPs)

Terrein afgebakend met GCP's (Zwart-wit vlakken -- zie onderstaande figuur) om later de vluchten van beide drones beter met elkaar te kunnen vergelijken. Tevens is er een checkpoint toegevoegd ter controle van de juistheid van het 3D-model.



Figuur 1 - GCP markering

Drones

Gebruikte drones:

- DJI Mavic 2 Zoom - uitgerust met cameramodel FC2204
- DJI Phantom 4 Pro V2 - uitgerust met cameramodel FC6310

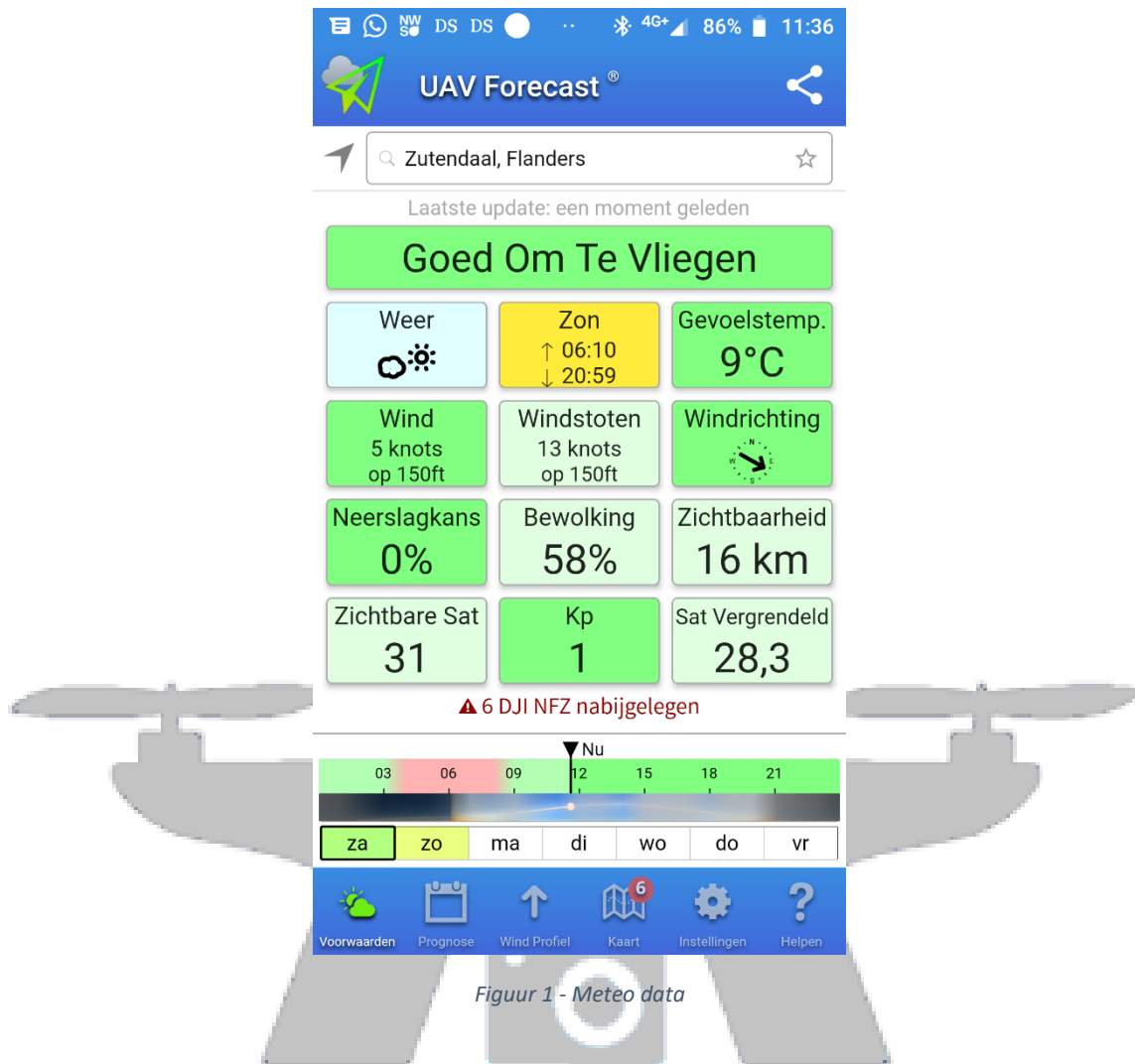
De vluchten zijn uitgevoerd met 2 vluchtplanning software app's :

- Mavic 2 Zoom
 - 3D Survey Pilot (3DS)
- Phantom 4 Pro
 - Ground Station Pro



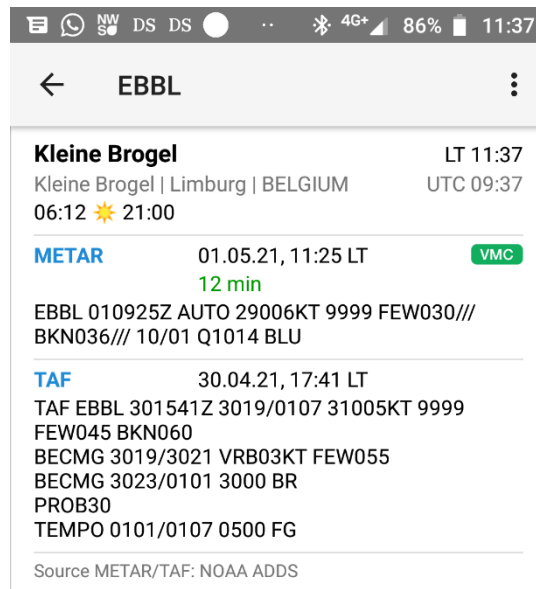
Weersomstandigheden

Het weer was niet stabiel betreffende lichtsterkte. Het varieerde van volop zon tot bewolkt. Wat betreft de andere weerparameters vind je in de volgende screenshot van verschillende meteo app's.



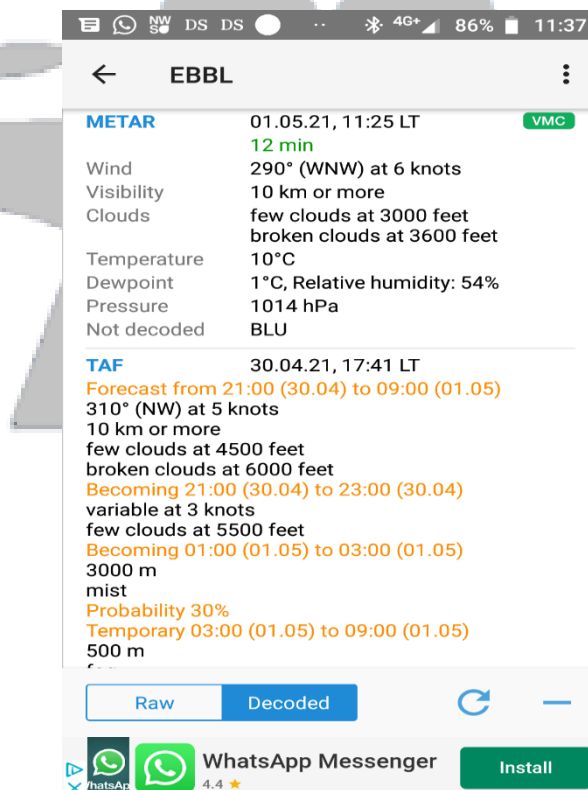
Figuur 1 - Meteo data

Alsook de METAR van de militaire luchthaven van Kleine Brogel



Figuur 2 - Meteo Data Luchthaven Kleine Brogel - luchtvaarttaal

Of vertaald naar mensentaal:



Figuur 3 - Meteo Data Luchthaven Kleine Brogel - mensentaal

Vluchtparameters

Vervolgens foto's genomen van het terrein met de volgende instellingen:

- Overlapping 75% / 75% (Front / Zijde)
- Vlieghoogte ingesteld = 55 m
- Vliegsnelheid:
 - Mavic 2 Zoom = 3 m/s
 - Phantom 4 Pro = 4 m/s

Cameraparameters

De camera-instellingen worden manueel ingesteld en vooraf bepaald op een vlieghoogte van 55 m met een testvlucht; Uiteraard spelen de weerparameters hier een grote rol.

- Oriëntatie camera, verschillende vluchten:
 - NADIR = foto's loodrecht genomen; hoek = 90°
 - OBLIQUE = foto's genomen onder een hoek = 75°
- Focus lens instelling: Manueel, oneindig
- Diafragma - Aperture
 - Mavic 2 Zoom [F-stop] = 2.8
 - Phantom 4 Pro [F-stop] = 5.6
- Focal Length = 4 mm
- ISO-waarde = 100
- Witbalans = Bewolkt (ipv auto)
- Shutter Speed = Variabel
 - Gezien het weer niet stabiel was, zonnig met wolken, varieert de ingestelde shutter speed per vlucht.
 - Echter er is steeds voor gezorgd dat de ingestelde shutter speed kleiner is dan 1/160^{ste}, om alzo wazige foto's (fenomeen "motion blur") te voorkomen. De waarden varieerden tussen de 1/500^{ste} (bewolkt) en 1/2000^{ste} (volop zon)

Vluchresultaten

Aantal vluchten, foto's en Ground Sampling Distance (GSD)

	Aantal vluchten	Totaal Aantal foto's	Gemiddelde GSD [cm]
Mavic 2 Zoom	1 x NADIR, 1 X OBLIQUE grid	126	1.87
Phantom 4 Pro	1 x NADIR, 5 X OBLIQUE single	148	1.39

Tabel 1 - Aantal vluchten, foto's en Gemiddelde Ground Sampling Distance (GSD)

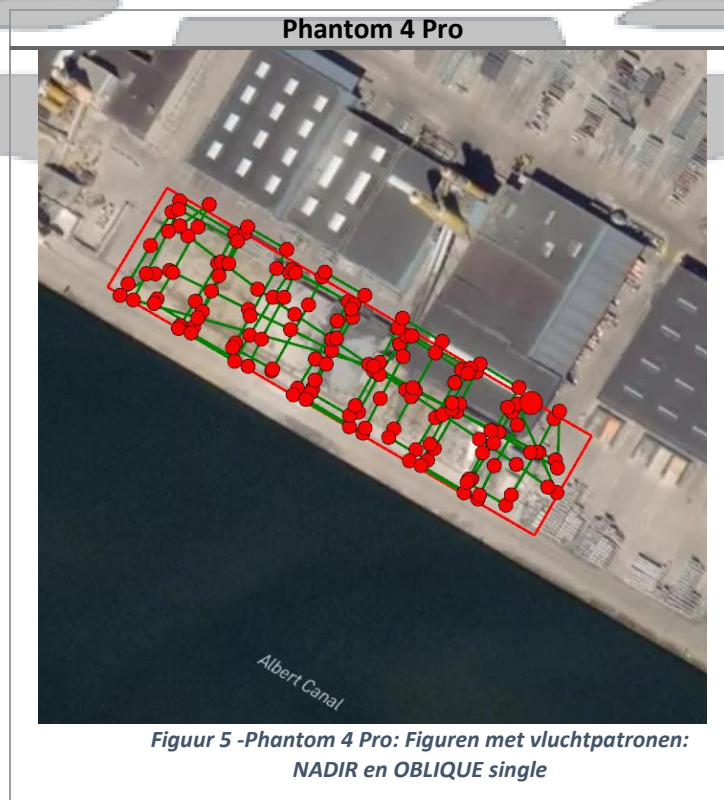
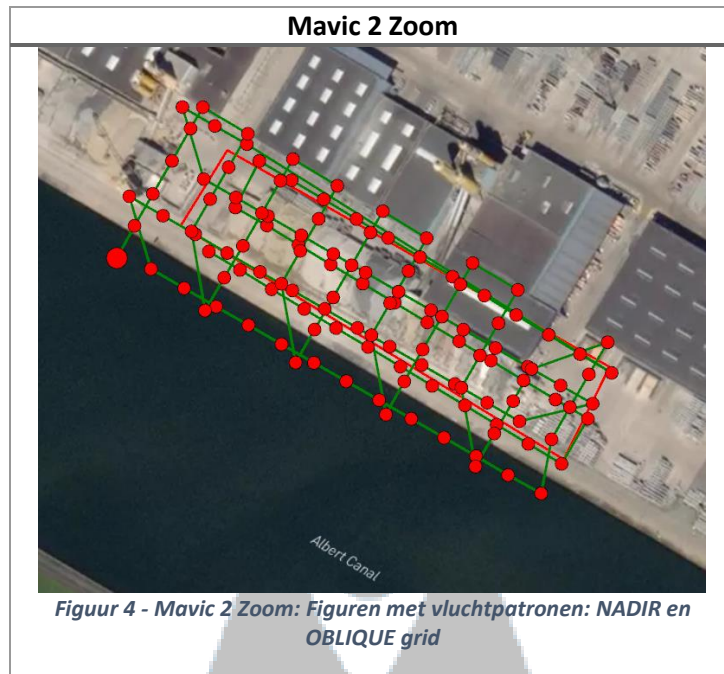
Beoordeling:

- Voor volumemetingen is een GSD van minder dan 2 cm per pixel ruimschoots voldoende.
- Omwille van het gebruik van verschillende vluchtplanningsapp's heeft de DJI Mavic 2 Zoom slechts 2 vluchten nodig terwijl met de Phantom 4 Pro 6 vluchten nodig waren. De DJI Mavic 2 Zoom is aldus vlugger klaar met zijn vluchten.
- Hoe hoger de vlieghoogte:
 - hoe minder het aantal foto's
 - hoe hoger de GSD-waarde

Ter info - definitie van GSD: The Ground Sampling Distance (GSD) is the distance between two consecutive pixel centers measured on the ground. The bigger the value of the image GSD, the lower the spatial resolution of the image and the less visible details.

Vluchtpatroon

Het vluchtpatroon van alle vluchten samen ziet er als volgt uit:



Analyse

Wij presenteren hier de resultaten van de Mavic 2 Zoom daar uit voorgaande projecten is gebleken dat de gps-posities van deze drone, die opgeslagen worden bij elke foto, nauwkeuriger zijn. Het project van de Mavic 2 Zoom dat hier gerapporteerd wordt, draagt als naam: " 20210501_Site_X_3DS_170c_171c_rolling".

De opgeslagen hoogtewaarden van de Phantom 4 Pro komen namelijk helemaal niet overeen met de werkelijke vlieghoogten. Meer zelfs, er zijn projecten gekend waarbij deze waarden zelfs negatief zijn. Uiteraard kunnen deze manueel gecorrigeerd worden, maar dan verliezen we een stukje nauwkeurigheid daar de kleine verticale verplaatsingen van de Phantom 4 Pro niet meer meegenomen worden.

Software – Pix4DMapper

De foto's worden ingeladen in 3D Mapping software Pix4DMapper v4.6.4 voor het verwerken van de foto's en te komen tot zowel

- Een 2D-Orthomodel met RGB Foto's
- Een 3D-model voor volumemetingen, op basis van het DSM-model

Hoogtecorrectie

Allereerst is er nagekeken of de hoogte van de ruwe puntenwolk juist is. Daarvoor hebben we de website geopunt.be geraadpleegd waarin het hoogtemodel voor gans Vlaanderen te vinden is. Het blijkt dat het terrein op een hoogte van ongeveer 61,29 meter boven zeeniveau (AMSL) ligt aan de kant van het kanaal. Deze hoogte werd ook gerapporteerd in onderstaande afbeelding.

Geopunt.be info (screenshot):



Kenmerk	Waarde
Hoogte [m]	61.290001
Opnamedatum	28/04/2013
Tweede opnamedatum	geen tweede opname gebeurd
Derde opnamedatum	geen derde opname gebeurd

Figuur 6 - Geopunt.be - Hoogtemodel Vlaanderen II - Locatie

De hoogte werd dan gecorrigeerd in de GCP's

GCP-nr	Lambert 72 x- coördinaat [m]	Lambert 72 y-coördinaat [m]	Hoogte z-coördinaat [m]
gcp1	233157,338	178449,529	61,290
gcp2	233136,980	178434,163	61,290
gcp3	233094,035	178458,543	61,290
gcp4	233049,784	178483,246	61,290
gcp5	233024,295	178501,121	61,290
gcp6	233022,506	178518,890	61,290
chk7	233101,551	178491,037	61,290

Tabel 2 - GCP Coördinaten, gecorrigeerd op hoogte

De blauwe kruisjes in onderstaande figuur vertegenwoordigen de positie van de GCP's bij de afbakening van de bulkgoederen.



Figuur 7 - GCP Posities en Checkpoint positie

Wij gebruiken dit om te kijken of het digitaal 3D model voldoende correct is.

Uit het Pix4D rapport krijgen we deze info:

- Wat betreft de GCP's:
 - Georeferencing: yes, 6 GCPs (6 3D), mean RMS error = 0.018 m

? Ground Control Points



GCP Name	Accuracy XY/Z [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
gcp1 (3D)	0.020/ 0.020	0.014	0.002	-0.005	0.552	5 / 5
gcp2 (3D)	0.020/ 0.020	-0.016	-0.012	0.036	0.566	5 / 5
gcp3 (3D)	0.020/ 0.020	0.001	0.007	-0.038	0.658	5 / 5
gcp4 (3D)	0.020/ 0.020	0.009	0.012	-0.040	0.523	5 / 5
gcp5 (3D)	0.020/ 0.020	0.016	0.008	0.035	0.720	5 / 5
gcp6 (3D)	0.020/ 0.020	-0.023	-0.017	0.002	0.459	5 / 5
Mean [m]		0.000105	-0.000176	-0.001588		
Sigma [m]		0.014735	0.010755	0.030548		
RMS Error [m]		0.014735	0.010756	0.030590		

Tabel 3 - Grond Controle Punten - nauwkeurighedsberekeningen

- Wat betreft checkpoint nr. 7:
 - 0 out of 1 check points have been labeled as inaccurate.

0 out of 1 check points have been labeled as inaccurate.

Check Point Name	Accuracy XY/Z [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
chk7		0.0171	0.0277	-0.4606	0.5284	5 / 5

Tabel 4 - Checkpoint - verificatie nauwkeurigheid 3D model

Bij verdere analyse van het 3D Model zien we inderdaad een hoogteverschil van het grondniveau aan de zijde van het kanaal en aan de achterzijde van de bulkgoederen. Dit hoogteverschil bedraagt ongeveer 0,5 m, zoals hierboven gerapporteerd in de error Z- waarde . Wij vragen ons aldus af of dit in werkelijkheid ook zo is.

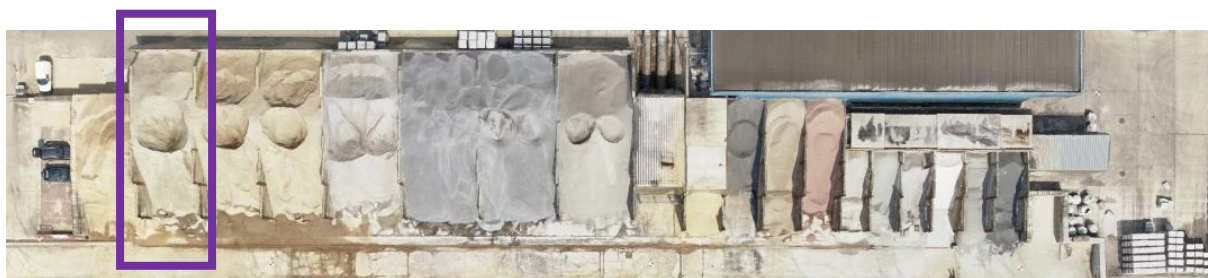
Of er ook sprake is van hoogteverschillen onder de bulkgoederen kunnen we niet weten, maar dit heeft zeker een invloed op de gerapporteerde waarden daar we van de veronderstelling uitgaan dat dit niet zo is.

Resultaten

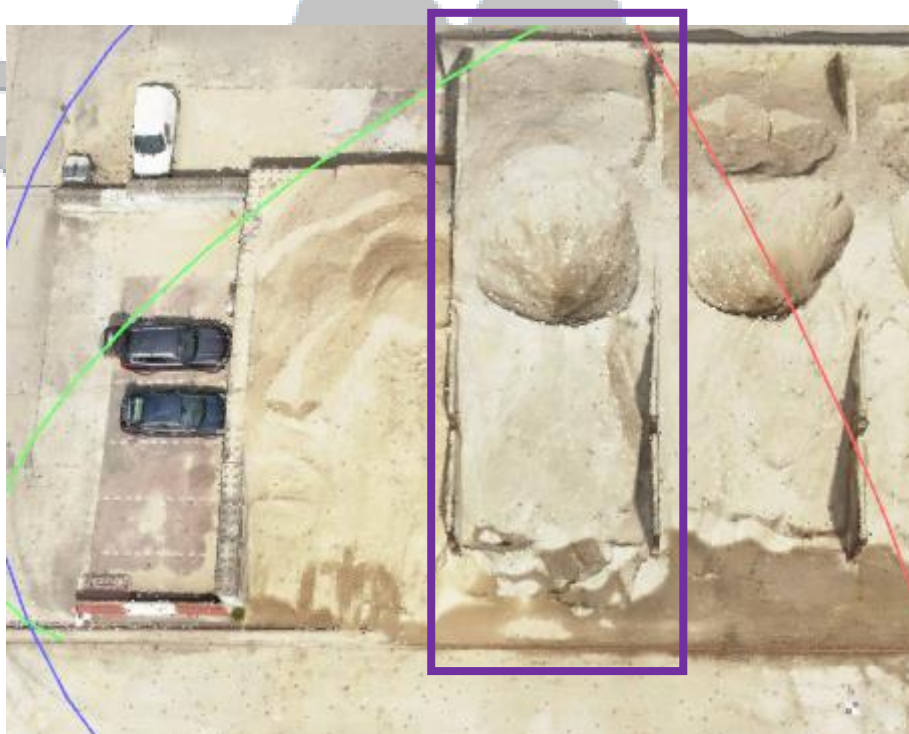
Volumebepaling

Als testvolume is er geopteerd voor de 2de hoop uit de achterste verzameling bulkgoederen, te tellen vanaf de middelste autoparking op het terrein. De auto's van de drone piloten zijn trouwens links zichtbaar.

Het testvolume word aangeven door een paarse kader in de volgende figuren. Er is ook een uitvergroting beschikbaar.



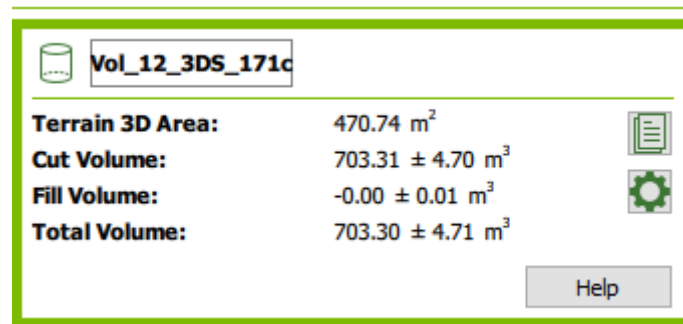
Figuur 7 Bovenaanzicht hopen achterste bulkgoederen – positie testvolume in het paarse kader



Figuur 8 – Uitvergroting positie testvolume

De volumeberekening wordt uitgevoerd waarbij het grondvlak gealigneerd wordt met het laagste geselecteerd punt van het volume. Hierdoor wordt dus verondersteld dat er een vlak grondoppervlak is op een hoogte van 61,29 m.

Het resultaat is:



Figuur 9 - Volumeresultaat Testvolume

In tabelvorm ziet het er zo uit:

20210501_site_X_3DS_170c_171c_rolling	
Volume Label	Vol_12_3DS_171c
Terrain 3D Area (m2)	470,739
Fill Volume (m3)	-0,004
Fill Volume Error (m3)	0,013
Cut Volume (m3)	703,307
Cut Volume Error (m3)	4,700
Total Volume (m3)	703,303
Total Volume Error (m3)	4,713
Total Volume Corrected (m3)	703,311
Total Volume Error (m3)	4,713

Tabel 5 - Volumeresultaat Testvolume

Conclusies

- Het volume bedraagt 703 m³ met een berekeningsafwijking van 5 m³.
- Van uw collega kregen we te horen dat deze hoop het bulkgoed “zand 0/5” is met als stortvolume ongeveer 1500 kg/m³. Omgerekend betekent dit dus 1055 ton.
- Volgens uw collega <naam> was de schatting 1000 ton.
- Dankzij de GCP markeringen en checkpoint verificatie is het 3D model voldoende nauwkeurig. De posities der grondcontrolepunten hebben ten opzichte van de realiteit een afwijking van:
 - mean RMS error = 1,8 cm.
- Er is een sterk vermoeden dat er een licht hoogteverschil is van het grondniveau aan de zijde van het kanaal en aan de achterzijde van de bulkgoederen. Dit hoogteverschil bedraagt ongeveer 0,5 m.

