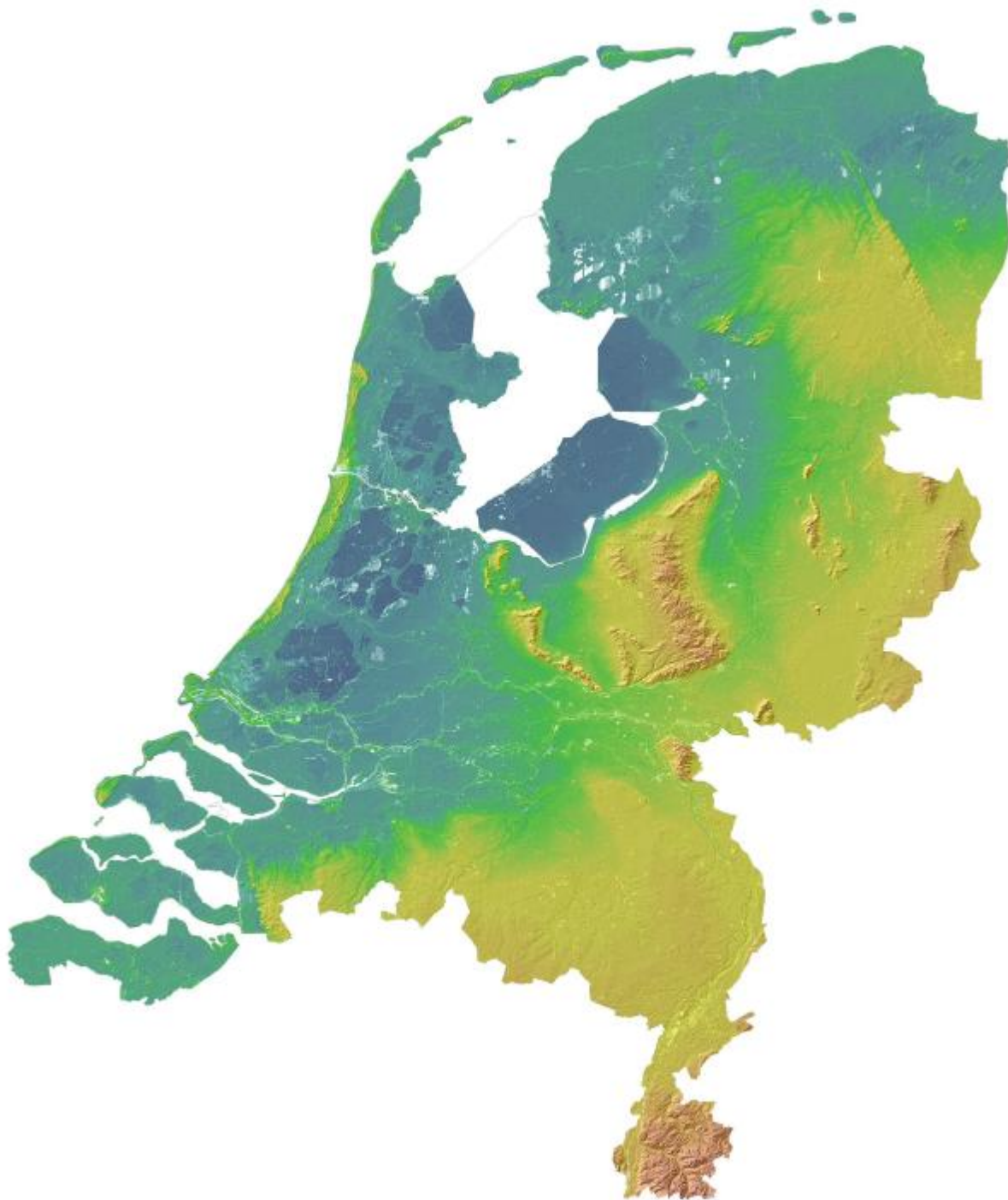




Herstel laseraltimetrie projecten
Projectgebieden Oosterschelde 2001, Oosterschelde 2007,
Westerschelde 2006 en Westerschelde 2007



Herstel laseraltimetrie projecten
Projectgebieden Oosterschelde 2001, Oosterschelde 2007,
Westerschelde 2006 en Westerschelde 2007

Data-ICT-Dienst

juli 2008
versie 0.9
ing. A.P. van Waarden-Nagel

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Overzicht geconstateerde problemen en fouten.	4
2.1	Ruis	4
2.2	Hoogte verschil per ondergrond	5
2.3	Foutive inpassing hervluchten	6
2.4	Onvoldoende waterfiltering	7
3	Aanpak problemen en fouten	8
3.1	Ruis	8
3.2	Hoogte verschil per ondergrond	9
3.3	Foutive Inpassing hervluchten	9
3.4	Onvoldoende Water filtering	9
4	Aanpassingen per project	10
4.1	Oosterschelde 2001	10
4.1.1	Inpassing hervluchten	10
4.2	Oosterschelde 2007	11
4.2.1	Ruis	11
4.2.2	Hoogte afwijking	12
4.3	Westerschelde 2006	13
4.3.1	Hoogte afwijking	13
4.4	Westerschelde 2007	14
4.4.1	Ruis	14
4.4.2	Hoogteafwijking	15

1 Inleiding

Tijdens het gebruik van door de DID geleverde laser hoogte bestanden zijn er door de DZL fouten en storingen ontdekt. Door deze fouten kon de DZL de bestanden niet gebruiken voor het beoogde doel. Om de geconstateerde problemen op te lossen is in samenwerking met DZL gewerkt aan een herstel van de bestanden.

In dit document zal beschreven worden welke fouten er zijn geconstateerd, wat deze fouten inhouden en hoe deze verholpen dan wel verminderd zijn.

De beschreven problemen en aanpassingen hebben betrekking op de hoogte bestanden Oosterschelde 2001, Oosterschelde 2007, Westerschelde 2006 en Westerschelde 2007. Per bestand zal aangegeven worden wat er is aangepast.

De algemene bestandsbeschrijving en validatie van de bestanden is beschreven in de desbetreffende kwaliteitsdocumenten Deel 2.

De geconstateerde fouten konden tot nu toe niet door het normale DID controle proces opgespoord worden. De DID heeft zijn controle proces aangepast om in de toekomst geconstateerde problemen te kunnen detecteren.

2 Overzicht geconstateerde problemen en fouten.

In de data sets zijn in meer of mindere mate de volgende problemen geconstateerd:

- Ruis
- Hoogte verschil per ondergrond
- Foutieve inpassing hervluchten
- Onvoldoende waterfiltering

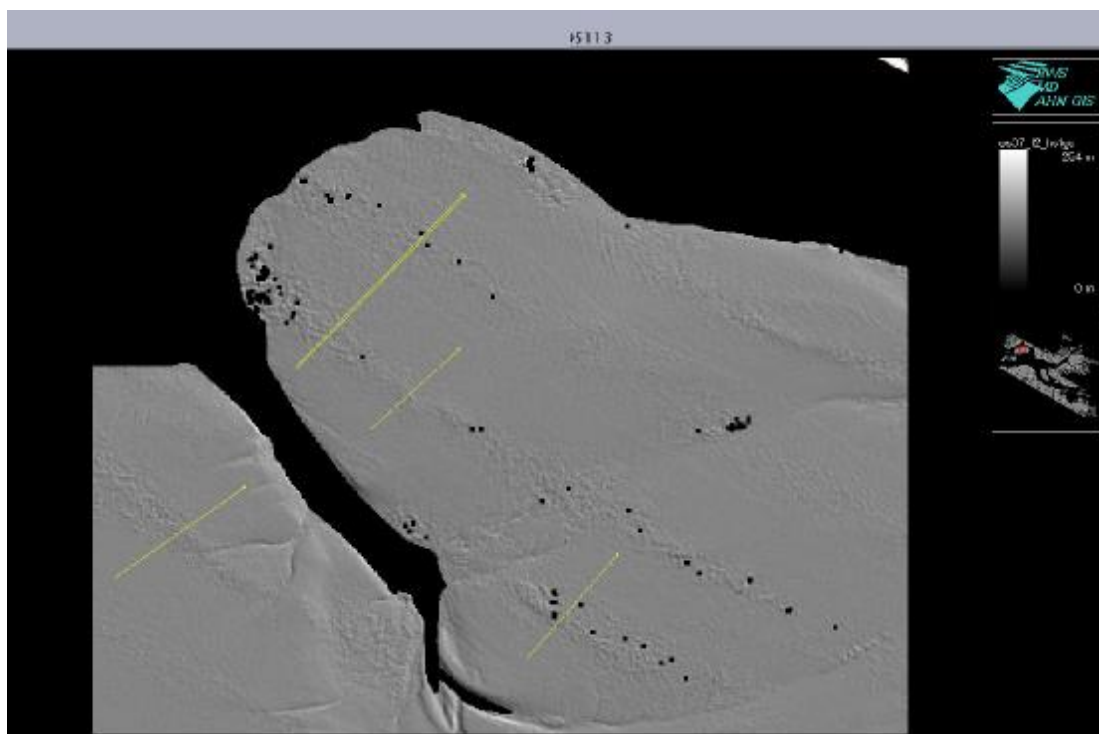
Elk van deze problemen zullen in de volgende paragrafen worden toegelicht.

2.1 Ruis

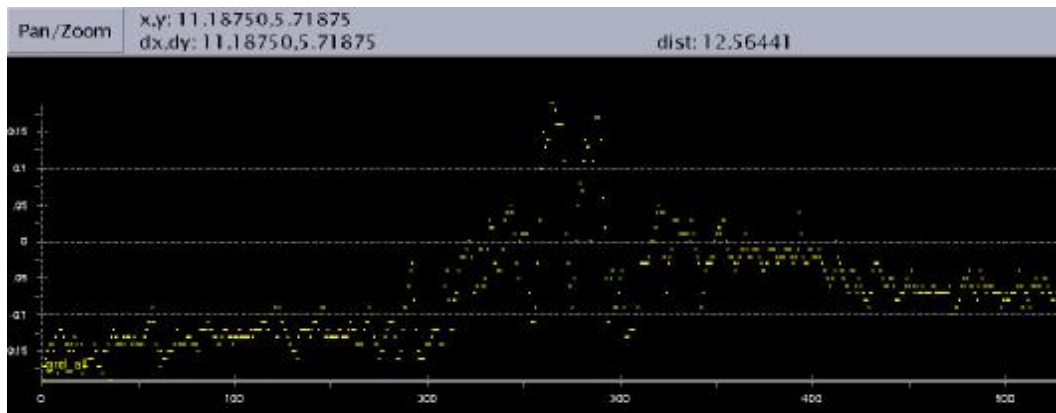
De puntenwolk blijkt in het midden van de stroken zones te bevatten waarin de puntenwolk te dik wordt. Hiermee wordt bedoeld dat de bandbreedte van de puntenwolk die normaal rond de 10 centimeter ligt, oploopt tot enkele decimeters. Zou van deze puntenwolk een grid gemaakt worden dat zou dit betekenen dat de grid cellen te hoog zouden komen te liggen. Hiermee zouden de ribbels ook in het grid zichtbaar zijn en berekeningen kunnen verstoren.

Bij nadere bestudering blijkt dat de ruis zich alleen voordoet recht onder de scanner op (natte) zand ondergrond. Een verklaring wordt gezocht in de sterkere reflectie van de laserpuls recht onder de scanner.

Het probleem kan momenteel slechts visueel worden geconstateerd in hillshade bestanden en profielen door de puntenwolk.



Figuur 1: Voorbeeld hillshade van ribbels met daarop dwarsprofiel locaties



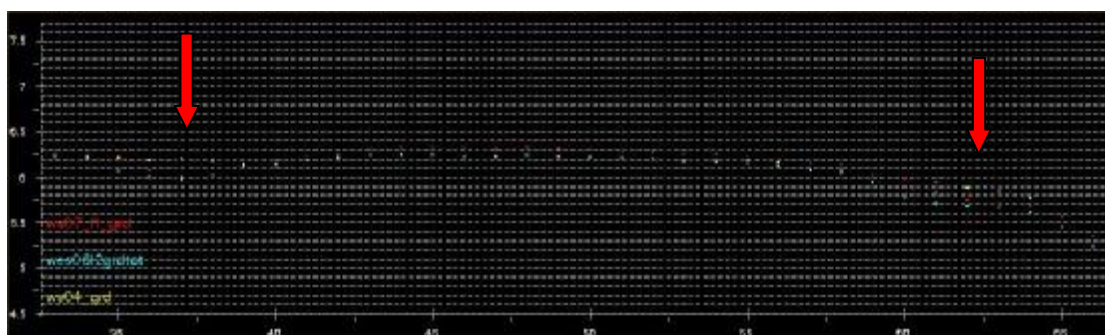
Figuur 2: Voorbeeld dwarsprofiel over een ruis ribbel.

2.2 Hoogte verschil per ondergrond

In enkele datasets blijkt de hoogtecomponent niet juist te zijn. Ondanks goede validatie van de data op referentie gras velden blijkt de hoogte op onder andere ondergrond niet juist te zijn. De geconstateerde fouten variëren van 10 cm op bitumen tot ruim 20 cm voor (nat) zand. Doordat bij de DID tot nu toe de data op hoogte gevalideerd wordt aan de hand van vlakke grasvelden werd dit fenomeen niet eerder opgemerkt. Het fenomeen wordt niet in alle bestanden waar genomen en is waarschijnlijk veroorzaakt door een slecht functionerende scanner.



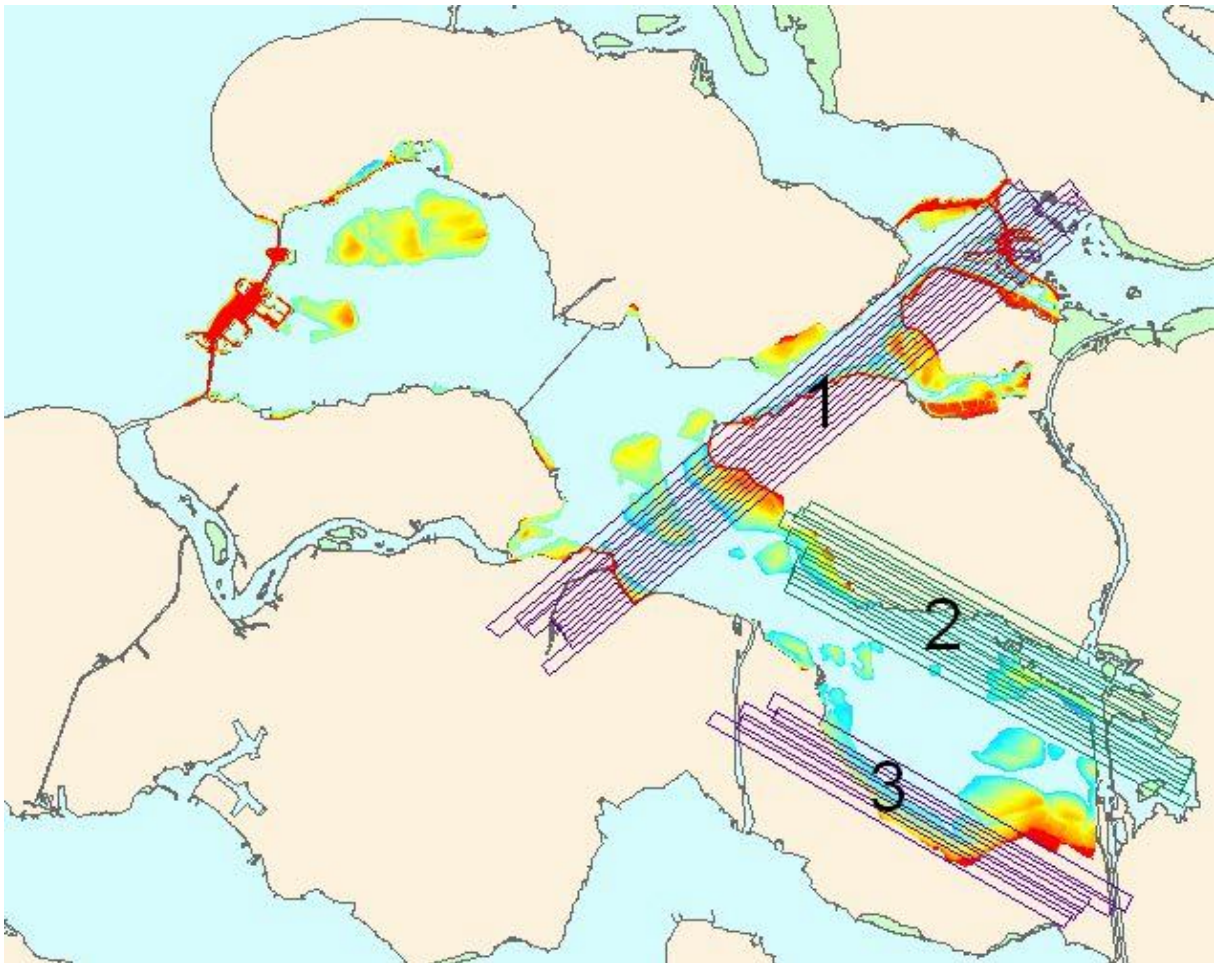
Figuur 3: Locatie profielen over verschillende ondergrond (gras/asfalt)



Figuur 4: Profiel waarin te zien is dat (pijl links en rechts) bij bitumen het profiel een "dip" vertoont in hoogte ten opzichte van eerdere jaren.

2.3 Foutieve inpassing hervluchten

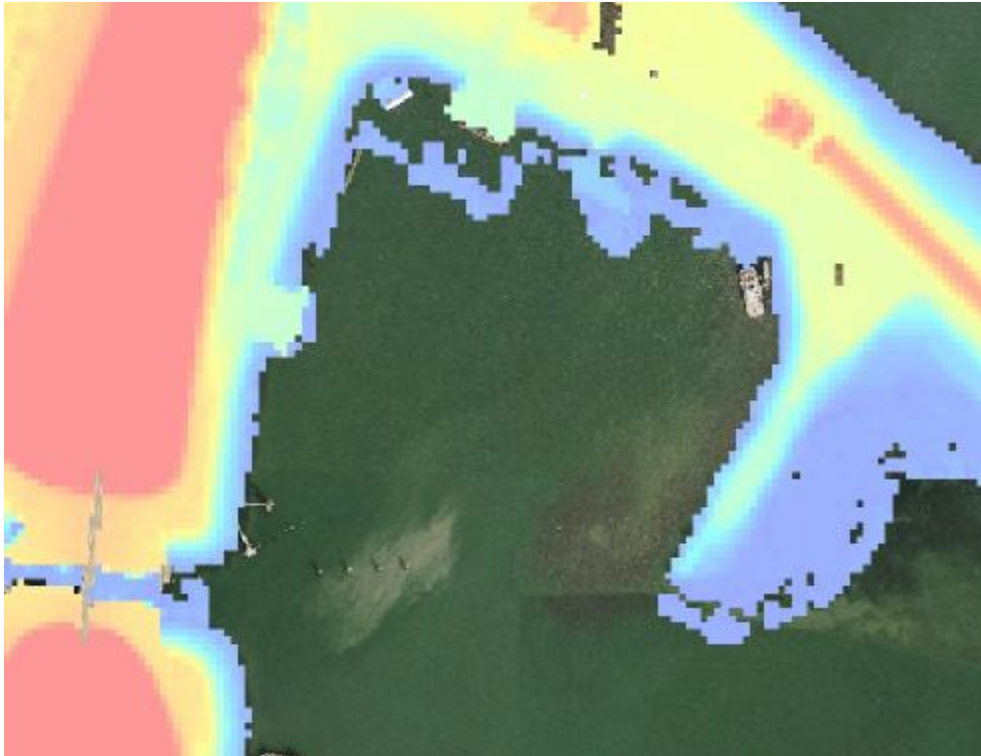
Het Oosterschelde bestand 2001 blijkt op plaatsen waar hervluchten hebben plaatsgevonden (zie Figuur 5) niet goed op hoogte te liggen. Dit levert een foutief hoogte model op.



Figuur 5: Locaties waar in 2001 hervluchten zijn uitgevoerd en waar nu de data niet juist op hoogte ligt.

2.4 Onvoldoende waterfiltering

Bij de productie van de hoogtebestanden wordt water door de leveranciers uitgefilterd en door de DID gecontroleerd. Bij gebruik door de DZL blijkt dat de filtering nog niet in voldoende mate is toegepast. Op de Figuren 6 en 7 voorbeelden van locaties met water dat uitgefilterd zou moeten zijn.



Figuur 6: In paars locaties waar nog water in de data bestanden zit.



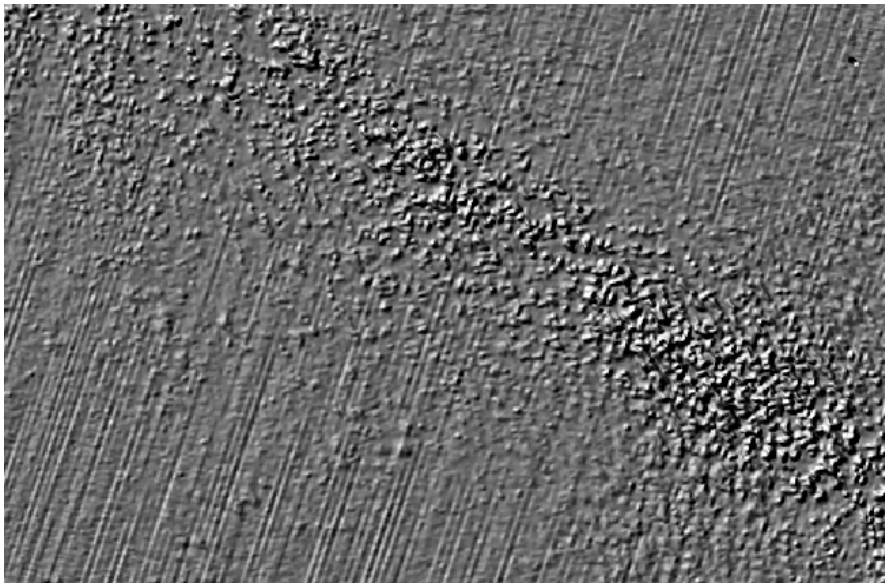
Figuur 7: In paars locaties waar nog water in de data bestanden zit.

3 Aanpak problemen en fouten

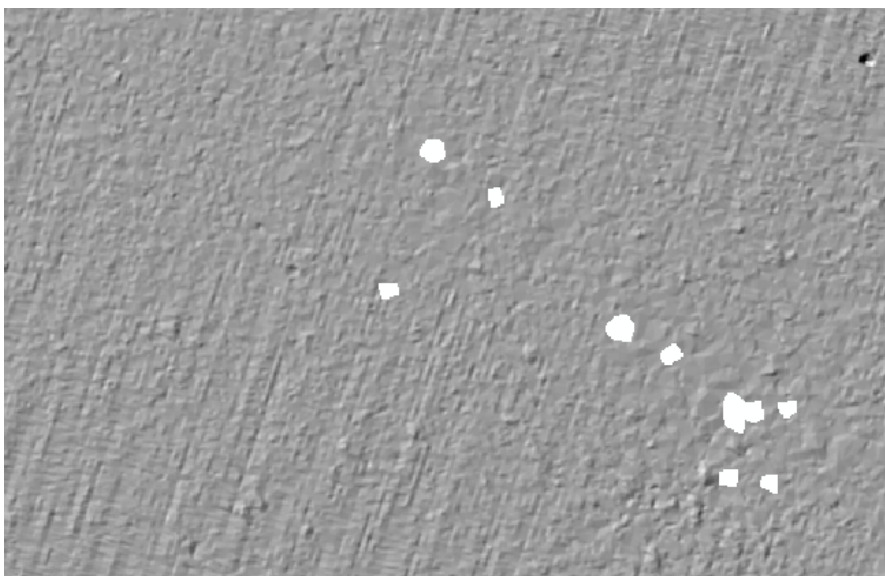
In dit hoofdstuk zal beschreven worden hoe de in hoofdstuk 2 beschreven problemen zijn verholpen dan wel verminderd.

3.1 Ruis

De ruis is waarschijnlijk veroorzaakt door een te sterke reflectie op natte ondergrond recht onder de scanner. De leverancier kan dit niet met aanpassing van de calibratie opheffen. Om het probleem te verhelpen is er gekozen voor een extra filtering uitgevoerd door de leverancier. Door de ruim voldoende punt dichtheid van het bestand is het mogelijk de ruis door middel van filtering te verwijderen. Er blijven na filtering voldoende punten over per vierkante meter. Slechts op enkele plekken, waar de ruis zeer sterk was, zijn gaten ontstaan in het grid door een tekort aan overgebleven punten na filtering. (Figuur 9)



Figuur 8: Data voor filtering (Hillshade)



Figuur 9: Data na filtering (Hillshade) op enkele plaatsen valt een gat door een tekort aan punten.

3.2 Hoogte verschil per ondergrond

De geconstateerde hoogte afwijking verschilt per ondergrond. Omdat de data primair bedoelt is voor het bepalen van hoogten op de droogvallende (zand) platen is er besloten alleen te corrigeren op dit type ondergrond.

Voor het berekenen van de fout is uitgegaan van lodingen uit het zelfde jaar. De hoogten van de lodingen zijn vergeleken met de hoogtes van de laser bestanden. Dit is gedaan door ieder punt uit de loding te vergelijken met het 2x2 meter laser grid. Vervolgens is uit al deze hoogteverschillen het gemiddelde bepaald.

Het gehele data bestand is met dit gemiddelde hoogteverschil opgehoogd. Resultaat van deze ophoging is dat de hoogten van (nat) zand nu overeen komt met de loding waarden maar dat hoogten op andere ondergronden nog steeds niet correct hoeven te zijn. Zo zal gras dat eerst goed op hoogte lag nu te hoog liggen.

De uitgevoerde ophogingen zijn vergeleken met GPS-RTK metingen van de DID en DZL gemaakt op de diverse ondergronden in de vorm van veldjes en profielen. Uit deze vergelijken blijkt de hoogte afwijking op (nat) zand nu binnen de norm te vallen.

3.3 Foutieve Inpassing hervluchten

Om de niet op hoogte liggende hervluchten goed in te passen zijn de hervluchten en de originele data met elkaar vergeleken. De 2x2 meter grids van de hervluchten en de originele data zijn van elkaar afgetrokken. Als de hervlucht op hoogte zou liggen dan zou het verschil gemiddeld nul moeten zijn. Nu werden er bij het vergelijken verschillen geconstateerd. De hervluchten zijn op grond van deze verschillen aangepast in hoogte.

3.4 Onvoldoende Water filtering

Van de ingewonnen hoogtegegevens zijn alleen de coördinaten en niet hun intensiteit bekend. Hierdoor kan er alleen gefilterd worden op grond van morfologie. Onder de veronderstelling dat water in een horizontaal vlak ligt en mogelijk ribbeling dan wel golven vertoond is er visueel gefilterd op grond van diverse grid afbeeldingen: aspect grid, hillshade grid en slope grid.

Naast de diverse grids is er gebruik gemaakt van waterlijn contouren. Deze contouren zijn gemaakt op grond van de op meetstations waargenomen waterstanden gedurende de opname vlucht. Met name rond deze contourlijnen is op deze wijze gekeken of de kwalificatie wel of geen water gemaakt kon worden. Rond stukken die alsnog als water werden gekwalificeerd zijn polygonen getrokken. Aan de hand van deze polygonen is het water uit de bestanden verwijderd.

4 Aanpassingen per project

4.1 Oosterschelde 2001

Het Oosterschelde 2001 bestand is aangepast op inpassing van de hervluchten.

4.1.1 Inpassing hervluchten

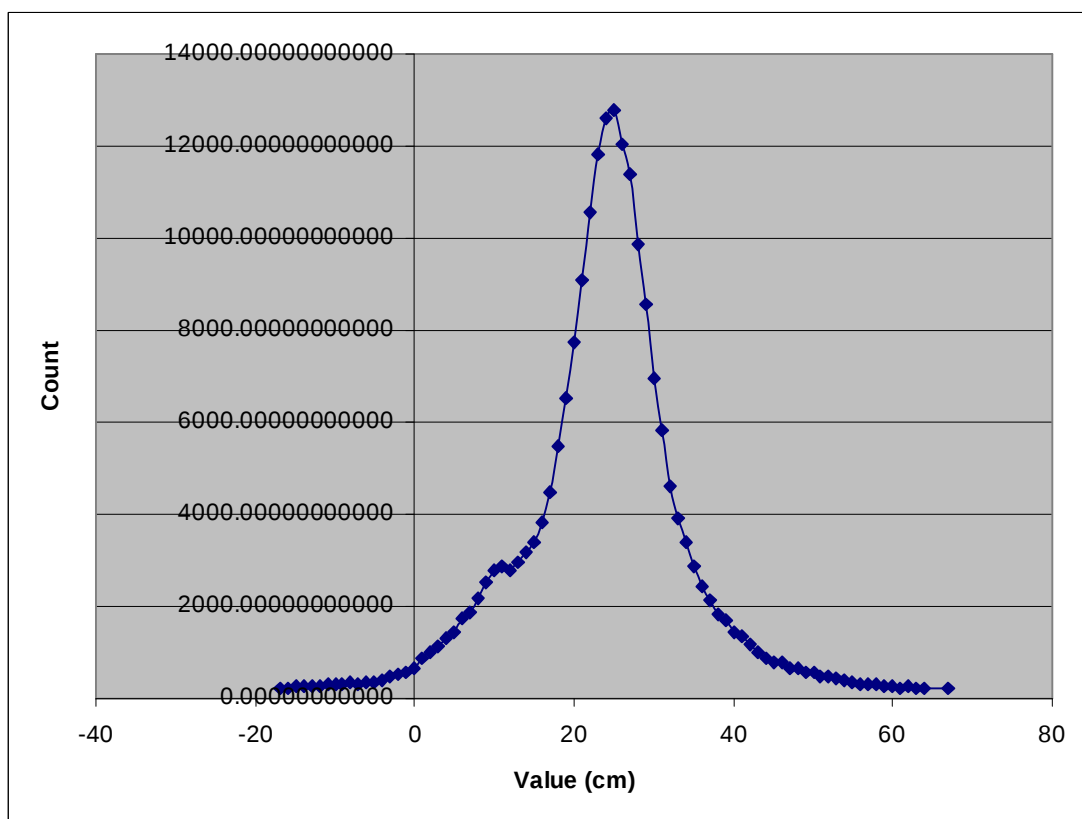
Tussen 27-9 en 14-10-2001 heeft de laseraltimetrieopname van de droogvallen delen plaatsgevonden. Hiervan waren enkele vliegstroken niet in orde en zijn deze op 30-05-2002 opnieuw gevlogen. Sinds in 2008 de laseropname van de Oosterschelde (vluchtdatum feb 07) beschikbaar is gekomen is aan het licht gekomen dat de hervluchten van 2002 een verkeerde hoogte hebben en dus foutief in het bestand van 2001 zaten.

De correcties die uitgevoerd zijn voor de stroken:

Gebied 1: een correctie uitgevoerd van +24,4cm (zie figuur 10)

Gebied 2: een correctie uitgevoerd van +20cm

Gebied 3: een correctie uitgevoerd van +9 tot +16cm; er bleek van west naar oost een rotatie in het hoogte verschil te zitten.



Figuur 10: hoogte verschillen tussen originele model en inpassing gebied 1. totaal aantal waarnemingen 4.969.412; gemiddeld 24.4 cm.

4.2 Oosterschelde 2007

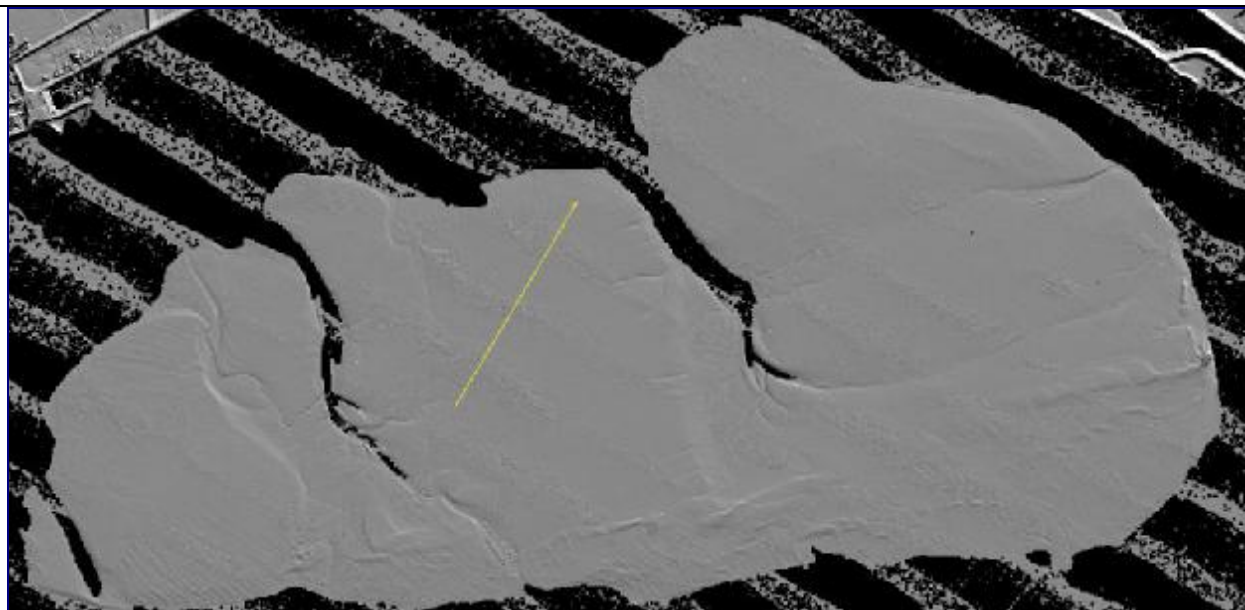
Het Oosterschelde 2007 bestand is gecorrigeerd voor: Ruis, Hoogte afwijking en water filtering.

4.2.1 Ruis

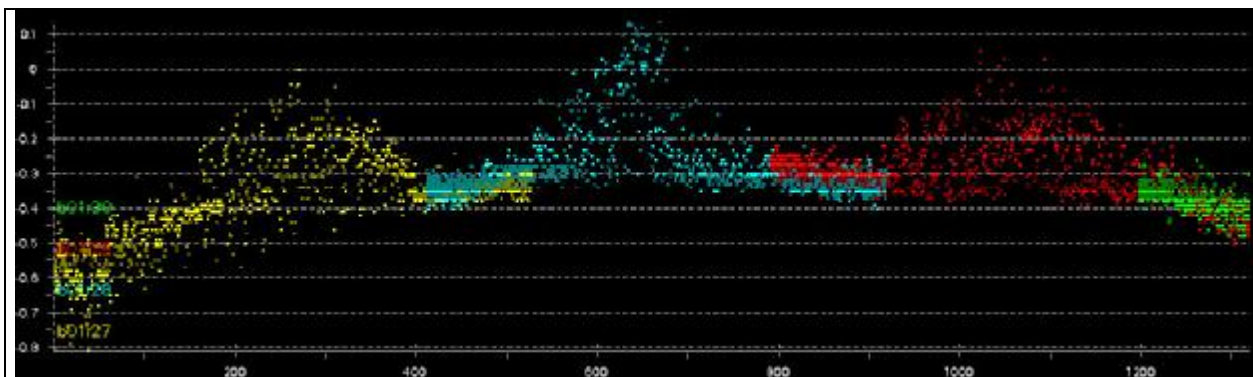
In de originele data van het projectgebied Oosterschelde 2007 is een storing in de data gevonden veroorzaakt door de laserscanner. Deze storing levert recht onder de scanner een vergrote spreiding in de punten op. Dit fenomeen is visueel in de bestanden zichtbaar en niet in de controle van de strook overlappen.

Om afwijkingen in het bestand en de met name visuele verstoring die ontstond door de ruis in de data recht onder het vliegtuig op te heffen is het bestand extra gefilterd. Punten die grote afwijkingen vertoonden op de platen zijn met deze filtering verwijderd.

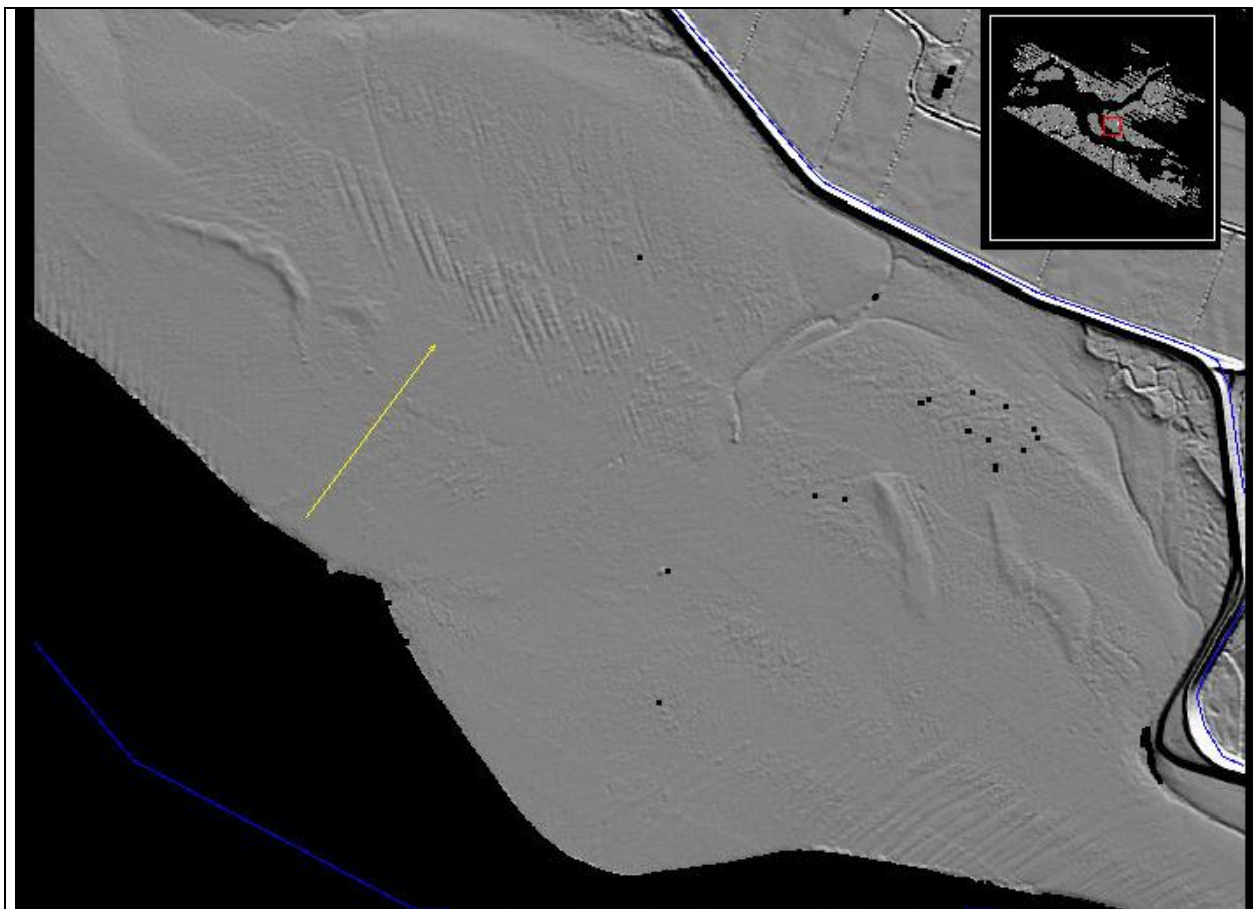
Na deze filtering ontstonden op de platen plekken waar geen data meer was. Deze no-data cellen zijn door middel van een gewogen gemiddelde interpolatie weer gedicht. In de figuren 11, 12 13 en 14 zijn voorbeelden te zien van het fenomeen en de resultaten van de extra filtering.



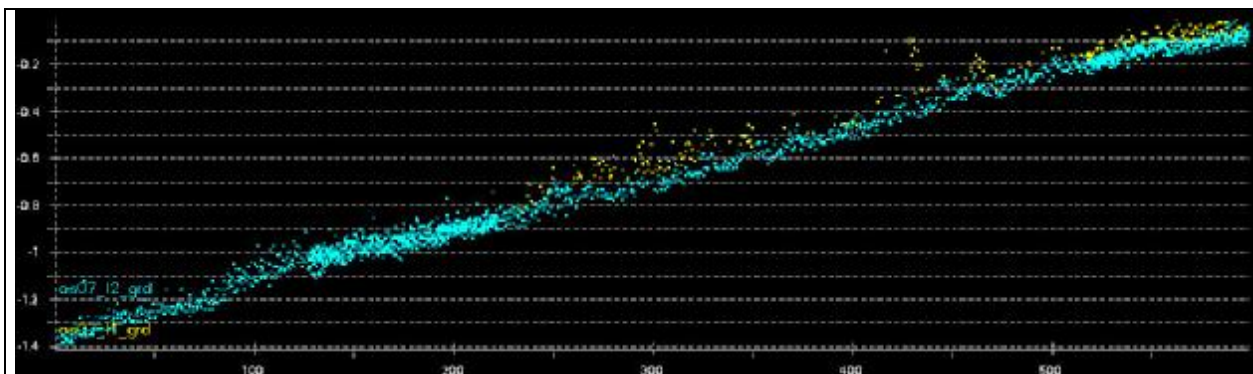
Figuur 11: Lokatie van profiel getrokken op de Roggenplaat ten tijde van levering 1.



Figuur 12: Profiel over de Roggenplaat ten tijde van levering 1. Goed te zien is dat de strookoverlappen een smalle puntenwolk weergeven, terwijl in het midden van elke strook er een brede puntenwolk te zien is. Direct onder het vliegtuig bevindt zich een storing wanneer er over platen gevlogen wordt.



Figuur 13: Lokatie van een profiel getrokken op de Vondelingsplaat



Figuur 14: Profiel getrokken over de Vondelingsplaat . In geel is de gefilterde data afgebeeld, in blauw de herfilterde data. Op dit deel van de plaat is de ruis nu grotendeels verdwenen.

4.2.2 Hoogte afwijking

Naast de reeds geconstateerde meetruis recht onder het vliegtuig (paragraaf 3.4.1) is gebleken dat de data, op ondergronden anders dan gras, afwijkingen kan vertonen in de hoogte.

Het bestand is op hoogte gecontroleerd aan de hand van gras- (voetbal) velden waardoor deze fout niet eerder aan het licht is gekomen.

Vooraf op nat zand blijken aanzienlijke hoogteverschillen in het bestand te zitten. In overleg met de DZL is er besloten het bestand een hoogtecorrectie te geven.

Aan de hand van lodingen, die omstreeks de opname data van de laseraltimetrie zijn ingewonnen, is de hoogtefout bepaald. Uit meer dan 1,5 miljoen punten is een verschilhoogte berekend van 24,4 cm (zie Tabel 1).

Na het bestand met 24,4 cm te hebben opgehoogd is aan de hand van, met GPS-RTK ingewonnen, referentiedata gekeken of deze nu goed op hoogte ligt. De referentiedata geeft een gemiddelde afwijking van maximaal 3 cm en voldoet hiermee aan de gestelde eisen.

Door de ophoging, die gebaseerd is op nat zand, is de overige data in het bestand (e.g.: gras, asfalt, beton, ...) niet meer voor de hoogte component betrouwbaar.

Kaartblad	Hoogteverschil	Aantal punten	
21	-0.23486	98430	-23117
22	-0.19829	149124	-29570.1
23	-0.23273	139624	-32494.4
24	-0.27392	301304	-82533.2
25	-0.29038	233906	-67920.7
26	-0.26143	435722	-113909
31	-0.20313	89616	-18203.5
32	-0.15011	105623	-15855.4
38	-0.17428	45814	-7984.33
		1599163	-391588

Gem afw met loding

-0.24487

Tabel 1: Hoogteverschil tussen laser hoogten en lodingen per kaartblad.

4.3 Westerschelde 2006

Het Westerschelde 2006 bestand is hersteld voor: hoogte en water filtering.

4.3.1 Hoogte afwijking

Analoog aan de ophoging van de Oosterschelde 2007 is Westerschelde opgehoogd aan de hand van verschil t.o.v. lodingen. De hoogte aanpassing kwam uit op 23.4 cm (Tabel 2)

Kaartblad	Hoogteverschil	Aantal punten	
1	-0.24227	20337	-4927.04
2	-0.21562	30767	-6633.98
3	-0.20396	353256	-72050.1
4	-0.34661	63730	-22089.5
5	-0.2623	58012	-15216.5
6	-0.2608	82298	-21463.3
		608400	-142380

Gem afw met loding

-0.23402

Tabel 2: Hoogteverschil tussen laser hoogten en lodingen per kaartblad.

4.4 Westerschelde 2007

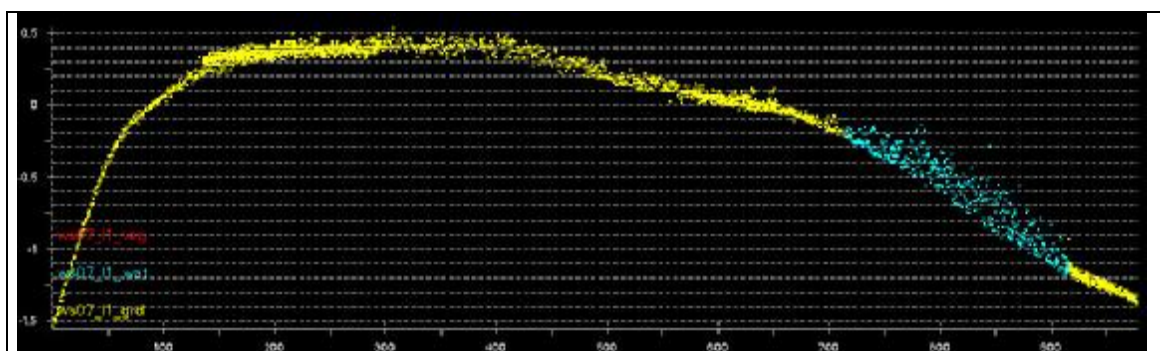
Het Westerschelde 2007 bestand is gecorrigeerd voor: Ruis, Hoogte afwijking en water filtering.

4.4.1 Ruis

In de originele data van het projectgebied Westerschelde 2007 is een storing in de data gevonden veroorzaakt door de laserscanner. Deze storing levert recht onder de scanner een vergrote spreiding in de punten op.

Om afwijkingen in het bestand en de met name visuele verstorendheid die ontstond door de ruis in de data recht onder het vliegtuig op te heffen is het bestand extra gefilterd. Punten die grote afwijkingen vertoonden op de platen zijn met deze filtering verwijderd.

Na deze filtering ontstonden op de platen plekken waar geen data meer was. Deze no-data cellen zijn door middel van een gewogen gemiddelde interpolatie weer gedicht.



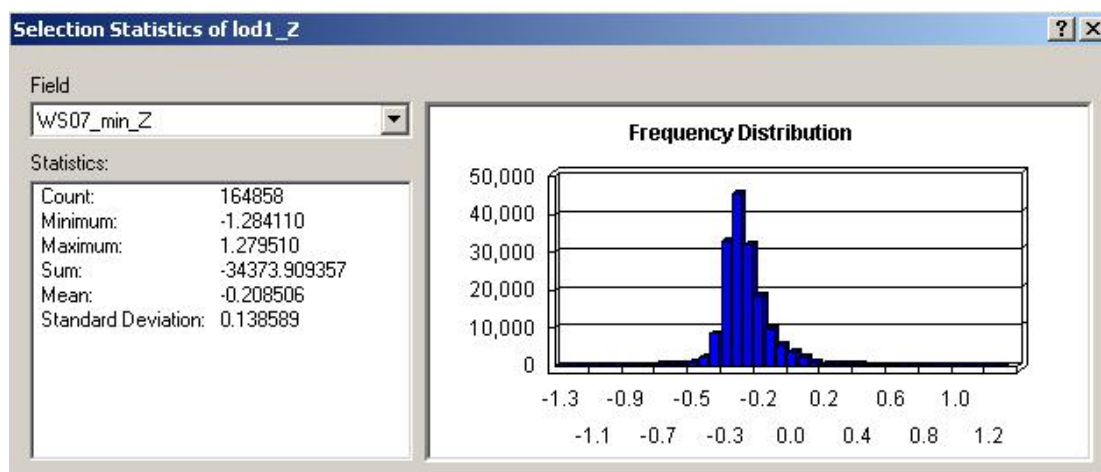
Figuur 3.7a: Profiel over de plaat ten noorden van Terneuzen. Een deel van de plaat is uitgefilterd en bevindt zich in de water-data (blauw).



Figuur 3.7b: Profiel over de plaat ten noorden van Terneuzen uit levering 2, de filtering is goed aangepast.

4.4.2 Hoogteafwijking

Aan de hand van lodingen, die omstreeks de opname data van de laseraltimetrie zijn ingewonnen, is de hoogtefout bepaald. Uit meer dan 1,1 miljoen punten is een verschilhoogte berekend van 21,2 cm. Zie Figuur 15 voor een voorbeeld van de verschillen tussen lodingen en laserhoogten.



Figuur 15: Verschillen tussen lodingen en laserdata grid in kaartblad 1.

Na het bestand met 21,2 cm te hebben opgehoogd (zie Tabel 3) is aan de hand van, met GPS-RTK ingewonnen, referentiedata gekeken of deze nu goed op hoogte ligt. De referentiedata geeft een gemiddelde afwijking van maximaal 3 cm en voldoet hiermee aan de gestelde eisen (zie Tabel 4).

Kaartblad	Hoogteverschil	Aantal punten	
1	-0.209	164858	-34455.3
2	-0.21	308678	-64822.4
3	-0.217	353903	-76797
4	-0.196	85865	-16829.5
5	-0.206	100443	-20691.3
6	-0.226	95754	-21640.4
		1109501	-235236

Gem afw met loding

-0.212

Tabel 3: Hoogteverschil tussen laser hoogten en lodingen per kaartblad.

RESULTAAT na 21.2 ophoging		
punten	aantal	gem
DZL veldjes	55	-0.017
DZL profielen	1901	0.022
DID veldjes	176	-0.023

0.018

Tabel 4: Hoogteverschil tussen laser hoogten en lodingen per kaartblad.

Akkoordverklaring projectleider

Goedgekeurd door: L.R.A. Richardson

Datum: juli 2008

Paraaf: