



Vlaanderen
is wetenschap

14_024_14
WL rapporten

Agenda voor de toekomst **Morfologie Mesoschaal**

Deelrapport 14
Bodemtransport nabij de Platen van Ossenisse
op basis van een analyse van bodemvormen

DEPARTEMENT
MOBILITEIT &
OPENBARE
WERKEN

waterbouwkundiglaboratorium.be

Agenda voor de Toekomst Morfologie Mesoschaal

Deelrapport 14 – Bodemtransport nabij de Platen van Ossenissee op basis van een analyse van bodemvormen

Plancke, Y.; Meire, D.; Mostaert, F.

Juridische kennisgeving

Het Waterbouwkundig Laboratorium is van mening dat de informatie en standpunten in dit rapport onderbouwd worden door de op het moment van schrijven beschikbare gegevens en kennis.
De standpunten in deze publicatie zijn deze van het Waterbouwkundig Laboratorium en geven niet noodzakelijk de mening weer van de Vlaamse overheid of één van haar instellingen.
Het Waterbouwkundig Laboratorium noch iedere persoon of bedrijf optredend namens het Waterbouwkundig Laboratorium is aansprakelijk voor het gebruik dat gemaakt wordt van de informatie uit dit rapport of voor verlies of schade die eruit voortvloeit.

Copyright en wijze van citeren

© Vlaamse overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Waterbouwkundig Laboratorium 2018
D/2018/3241/169

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Plancke, Y.; Meire, D.; Mostaert, F. (2018). Agenda voor de Toekomst Morfologie Mesoschaal: Deelrapport 14 – Bodemtransport nabij de Platen van Ossensisse op basis van een analyse van bodemvormen. Versie 3.0. WL Rapporten, 14_024_14. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

Overname uit en verwijzingen naar deze publicatie worden aangemoedigd, mits correcte bronvermelding.

Documentidentificatie

Opdrachtgever:	Vlaams Nederlands Scheldecommissie (VNSC)	Ref.:	WL2018R14_024_14
Keywords (3-5):	Sediment transport, bodemvormen, Schelde-estuarium		
Tekst (p.):	15	Bijlagen (p.):	13
Vertrouwelijk:	<input checked="" type="checkbox"/> Nee	<input checked="" type="checkbox"/> Online beschikbaar	

Auteur(s)	Plancke, Y.
-----------	-------------

Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	Meire, D.	
Projectleider:	Plancke, Y.	

Goedkeuring

Afdelingshoofd:	Mostaert, F.	
-----------------	--------------	--

Abstract

Ten behoeve van de optimale invulling van de toekomstige sedimentstrategie in de Westerschelde is onderzoek verricht naar de sedimenttransporten nabij enkele huidige en potentiële toekomstige stortlocaties op basis van peilingen. Uit deze peilingen werd het sedimenttransport afgeleid op basis van de migratie van bodemvormen. Zowel de karakteristieken van de bodemvormen als de sedimenttransporten werden afgeleid. Uit de analyse volgt dat de bodemvormen een variatie kennen in hun geometrie (hoogte tussen 20 cm en 120 cm, lengte tussen 10 m en 25 m) alsook in afgeleide transporten. De grootste transporten worden teruggevonden ter hoogte van de oostelijk deel van de noordrand en het noordelijk deel van de oostrand van de platen van Ossensisse. De transporten zijn hier gemiddeld een factor 5 (methode volumeverschil) groter dan de transporten langs de westrand en het zuidelijk deel van de oostrand. Tevens werd de temporele variatie onderzocht alsook mogelijke invloedsfactoren.

Inhoudstafel

Abstract	III
Inhoudstafel.....	V
Lijst van de tabellen.....	VI
Lijst van de figuren	VII
0 Voorwoord.....	1
1 Inleiding	2
2 Methodologie	3
2.1 Peilingen	3
2.2 Bodemvormen	5
2.3 Afgeleide sedimenttransporten	7
2.3.1 Berekening op basis van migratiesnelheid	7
2.3.2 Berekening op basis van verplaatste sediment volumes	8
3 Resultaten.....	9
3.1 Bodemvormen	9
3.2 Afgeleide sedimenttransporten	10
3.3 Invloedsfactoren.....	12
3.3.1 Getij	12
3.3.2 Baggeren en storten	12
4 Conclusies en aanbevelingen	14
4.1 Conclusies.....	14
4.2 Aanbevelingen	14
5 Referenties	15
6 Bijlage A	B1
7 Bijlage B	B4

Lijst van de tabellen

Tabel 1 – Overzicht momenten waarop peilingen werden uitgevoerd	3
Tabel 2 – Overzicht momenten waarop peilingen werden uitgevoerd	4

Lijst van de figuren

Figuur 1 – Overzicht indeling profielen	4
Figuur 2 – Bepaling van het lopend gemiddelde (groen), de snijpunten (rood) en karakteristieke parameters (stap 2 – 4)	6
Figuur 3 – Karakteristieke parameters voor analyse van de bodemvormen (stap 5 – 7)	6
Figuur 4 – Overzicht parameters gebruikt voor het berekenen van het bodemtransport	8
Figuur 5 – Overzicht afgeleide parameters per profiel	9
Figuur 6 – Overzicht afgeleide bodemtransporten per profiel	10
Figuur 7 – Overzicht variatie afgeleide bodemtransporten over verschillende periodes voor geselecteerde profielen	11
Figuur 8 – Overzicht bagger- en stortwerkzaamheden nabij studiegebied, momenten van peilingen en waterstanden Hansweert	13

0 Voorwoord

In 2016 en 2017 werden door de Afdeling Maritieme Toegang enkele proefstortingen uitgevoerd in de Westerschelde. De alhier gebruikte stortlocatie bleken dermate interessant dat er enerzijds overwogen wordt om deze op te nemen in de toekomstige stortstrategie, en anderzijds een herhaling van de proeven uit te voeren om leemten in de kennis trachten op te vullen. Eén van deze kennisleemtes bedraagt de invloed van de stortingen op het sedimenttransport en dan vooral de aanvoer van gestort sediment naar de baggerlocaties (“drempels”). Om dit inzicht te vergroten rees het idee om op basis van de bodempeilingen de migratie van de bodemvormen te analyseren en hieruit de sedimenttransporten af te leiden. Uit de beschikbare peilingen bleek dat in de omgeving van de Platen van Ossensisse de dynamiek van de bodem dermate groot was dat deze analyse niet kon uitgevoerd worden op basis van de beschikbare peilingen (tussentijd van 2 à 4 weken). Hiertoe werd door Vlaamse Hydrografie in de loop van de maand juni 2018 4 peilingen uitgevoerd met een tussentijd van 1 week van de zone rond de Platen van Ossensisse. Een welgemeend woord van dank gaat dan ook uit naar de hydrografen die deze peilingen uitvoerden en verwerkten, alsook naar de bemanning van het hydrografisch peilvaartuig dat deze metingen uitvoerde.

1 Inleiding

Dit rapport is een onderdeel van het project 'Hydro- en sedimentdynamische en morfologische processen op mesoschaal', dat kadert binnen Agenda voor de Toekomst. Deze Agenda voor de Toekomst kwam tot stand in het kader van de eerste evaluatie van het Verdrag Gemeenschappelijk Beleid en Beheer. De Vlaams-Nederlandse Schelde-Commissie (VNSC) heeft met deze Agenda ingestemd op de najaarsvergadering van 2013. Hierop volgend werd een Plan van Aanpak opgemaakt (Beirinckx *et al.*, 2013), dat de leidraad vormt voor het onderzoek 2014-2017.

Het project 'Hydro- en sedimentdynamische en morfologische processen op mesoschaal', dat onderdeel is van thema 7 uit de Agenda "Morfologische en ecologische effecten sedimentstrategie", tracht de inzichten in de hydro- en sediment-dynamische en morfologische processen op mesoschaal te verbeteren.

Doel van voorliggend rapport is het leveren van een bijdrage aan de invulling van de toekomstige sedimentstrategie in de Westerschelde. Daartoe wordt onderzocht wat de sedimenttransporten zijn nabij enkele huidige en potentiële toekomstige stortlocaties. Hierbij wordt gebruik gemaakt van multi-beam echo-sounding (MBES) peilingen, die toelaten de migratie van bodemvormen te analyseren en op basis hiervan sediment transport af te leiden (bodemtransport).

2 Methodologie

Voor het afleiden van bodemtransporten kan gebruik gemaakt worden van de voortplanting van bodemvormen. Deze methodologie werd ook al binnen andere studies toegepast o.a. (Berben *et al.*, 1978, Ides *et al.*, 2007; Vandenbruwaene *et al.*, 2012). Om de voortplantingsnelheid van bodemvormen te kunnen bepalen moeten er peilingen beschikbaar zijn op verschillende tijdstippen, waarbij de tijd tussen twee peilingen enerzijds niet te klein mag zijn (omwille van de verplaatsing die groot genoeg moet zijn om een transport te kunnen bepalen) en anderzijds niet te groot mag zijn (verplaatsing moet kleiner blijven dan halve lengte om individuele bodemvormen te kunnen herkennen tussen de twee peilingen). In volgende secties wordt op de verschillende aspecten ingegaan.

2.1 Peilingen

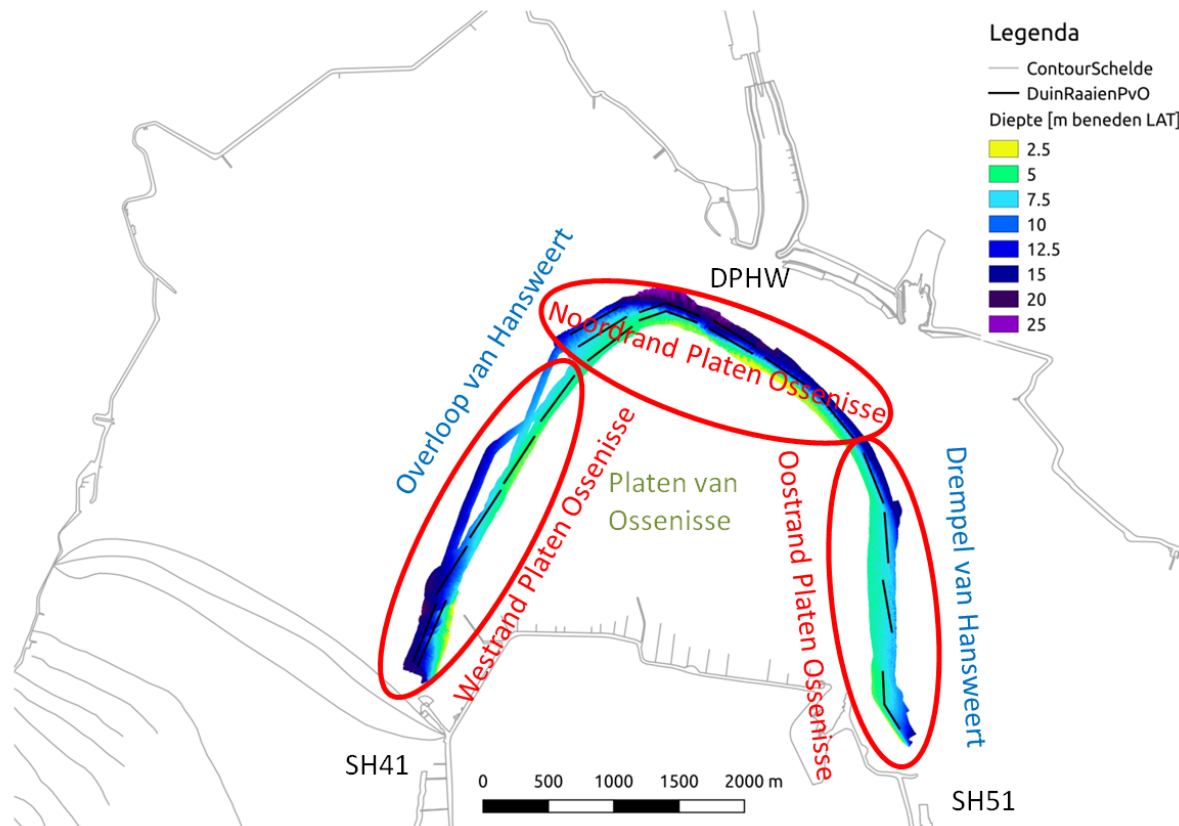
In het kader van de opvolging van de proefstortingen in de Westerschelde werden door de Vlaamse Hydrografie reeds peilingen uitgevoerd rond de diepe put van Hansweert, waarbij ook de noordrand van de Platen van Ossensisse werden gepeild. Op basis van een verkennende analyse bleek de tijd tussen twee opeenvolgende peilingen (4 weken) te groot om een analyse van de voortplantingsnelheid van de bodemvormen te kunnen uitvoeren, dit omwille van de te grote verplaatsingen (voor sommige locaties meer dan één lengte van de bodemvormen) van de bodemvormen. Dit wijst op een grote dynamiek in het gebied. Op basis hiervan werd het initiatief genomen om gedurende een periode van 4 weken, wekelijks een peiling uit te voeren. Het studiegebied werd afgebakend van het stortvak SH41 aan de zeevaartse zijde, via de Overloop van Hansweert, de Diepe Put Hansweert (DPHW), de drempel van Hansweert tot aan de het stortvak SH51 aan de opwaartse zijde (Figuur 1). De exacte afbakening van het studiegebied gebeurde op het terrein tijdens de eerste peiling. De contour werd zo gekozen dat de zones met bodemvormen erbinnen lagen. Tijdens de meting bleek er een grote variatie in bodemvormen aanwezig te zijn, met een aantal zones met aanzienlijke duinen, terwijl andere gebieden eerder vlak waren of ribbels hadden. Uiteindelijk werd dit gebied op 4 verschillende moment gepeild, met telkens ongeveer één week tussen de peilingen (Tabel 1).

Voor een gedetailleerd overzicht van de verschillende peilingen, alsook de ligging van de profielen en de verschilkaarten tussen twee opeenvolgende peilingen wordt verwezen naar Bijlage A. Tabel 2 geeft een overzicht welke profielen tot welke deelzone horen.

Tabel 1 – Overzicht momenten waarop peilingen werden uitgevoerd

ID	Datum (JJJJMMDD)	Opmerkingen
1	20180607	Eerste peiling waarbij in situ gezocht werd naar optimale zone met aanwezige bodemvormen. Op basis van deze zoektocht werd een contour vastgelegd voor de volgende peilingen.
2	20180615	Omwille van tijdsgebrek kon niet de volledige contour gepeild worden. Met name op de noordrand van de Platen van Ossensisse (profiel 8 en 9) werd een zone niet gepeild.
3	20180621	-
4	20180628	-

Figuur 1 – Overzicht indeling profielen



Tabel 2 – Overzicht momenten waarop peilingen werden uitgevoerd

Zone	Profielen
Westrand	1 t.e.m. 6
Noordrand	7 t.e.m. 15
Oostrand	16 t.e.m. 19

2.2 Bodemvormen

Op basis van de verschillende peilingen werden 19 profielen gedefinieerd (Figuur 1 en ingezoomd in Bijlage A) met een lengte van 500 tot 700 m, waarbij het startpunt steeds langs zeewaartse kant ligt. Deze lengte is gekozen om voldoende bodemvormen te hebben per profiel, om also de karakteristieken te kunnen bepalen. De verschillende profielen werden gedefinieerd van stroomafwaarts naar stroomopwaarts. Voor elk profiel werden volgende karakteristieke parameters afgeleid:

- Lengte van de individuele bodemvormen
- Hoogte van de individuele bodemvormen
- Asymmetrie van de individuele bodemvormen (gedefinieerd als de lengteverhouding van de zeewaartse zijde ten opzichte van de landwaartse zijde)

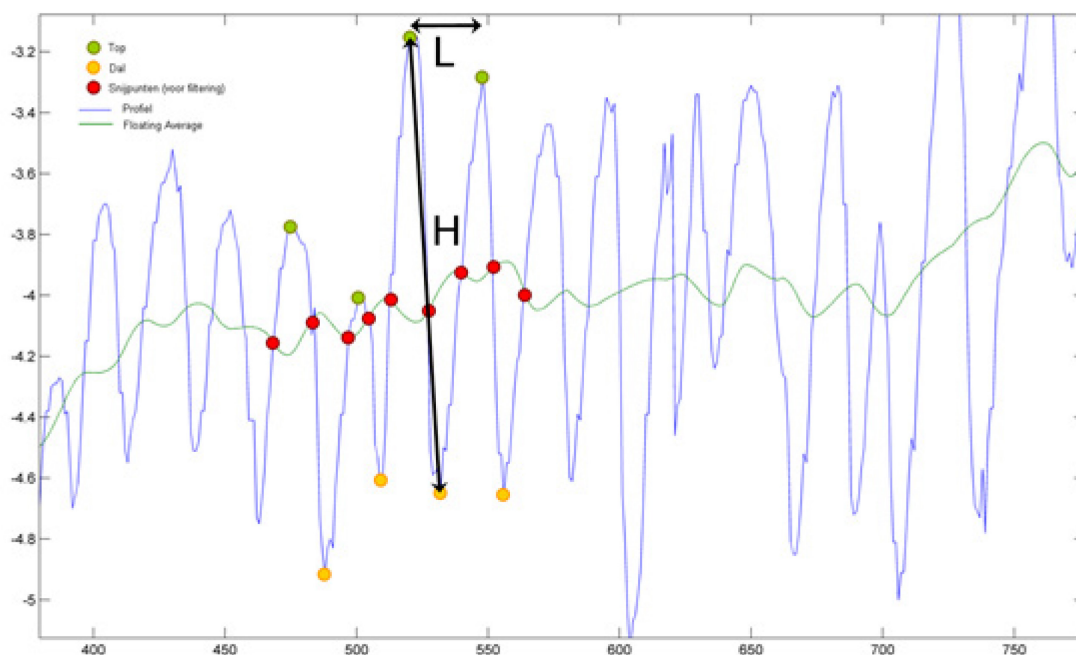
Deze analyse gebeurde met een zelf ontworpen routine die binnen Matlab werd geprogrammeerd. Het uitgangspunt voor de gehanteerd methodiek was de Bedform Tracking Tool (van der Mark & Blom, 2007). Deze tool werd eveneens gebruikt in de studie “Habitatmapping Westerschelde” (Plancke *et al.*, 2009) en werd voor deze analyse verder geoptimaliseerd.

De uitgangspunten van de analyse voor het bepalen van de karakteristieke parameters van de bodemvormen, zijn als volgt (Figuur 2 en Figuur 3):

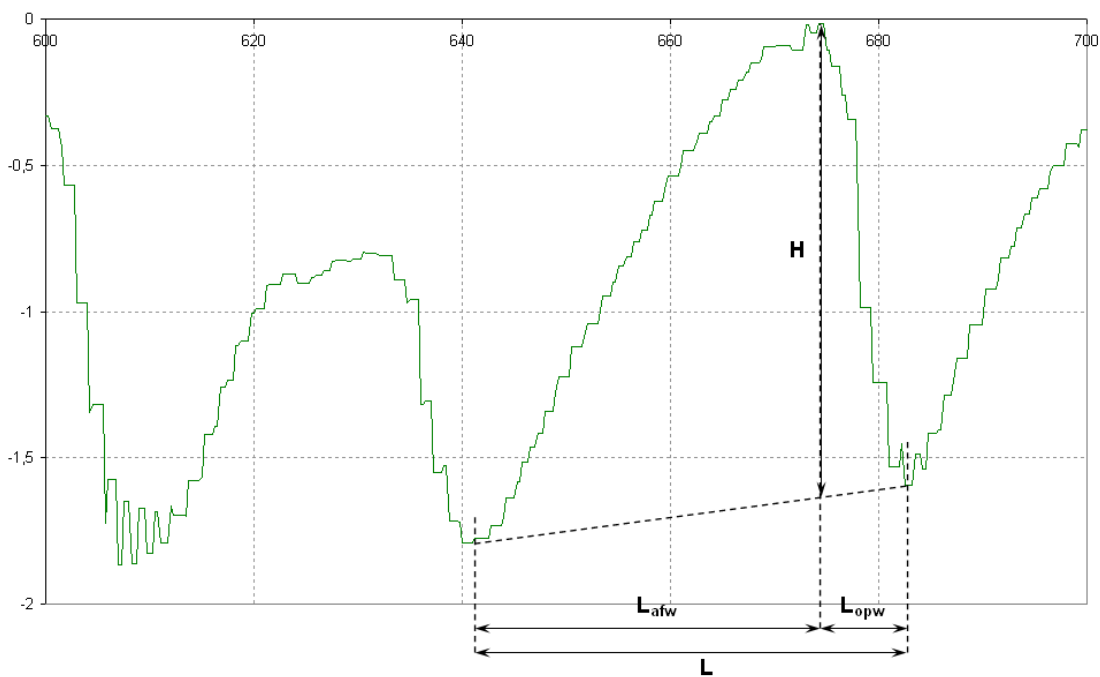
1. Bepalen van de lengte voor het lopend gemiddelde om aanwezige trends uit de raai te verwijderen (per profiel en per peiling). Deze lengte voor het lopend gemiddelde wordt zodanig gekozen dat de trends verwijderd worden zonder de individuele bodemvormen te verliezen. Er wordt dus een filter toegepast op de originele data om op eenvoudige manier de analyse van de karakteristieken van de individuele bodemvormen te kunnen uitvoeren. Ten opzichte van het oorspronkelijke script uit (Plancke *et al.*, 2009) werd de lengte voor het lopend gemiddelde venster geautomatiseerd. Hiertoe werden per profiel alle toppen en dalen bepaald en dit aantal (gemiddelde van aantal toppen en dalen, in principe is dit gelijk) werd gebruikt om de lengte te bepalen van het lopend gemiddelde venster (= lengte profiel / aantal).
2. Verwijderen van de trend in de bodemligging door de waarde bepaald via het lopend gemiddelde af te trekken van de originele data (Figuur 2). De resultante levert een signaal dat fluctueert rond de 0.
3. Bepalen van de posities van de snijpunten van het gefilterde signaal met de 0-lijn (Figuur 2, rode stippen)
4. Bepalen van de posities de toppen en dalen van het gefilterde signaal. Uitgangspunt hierbij is dat tussen snijpunt met de 0-lijn ofwel een dal, ofwel een top dient te liggen. (Figuur 2, respectievelijk groene stip voor top en gele stip voor dal)
5. Bepalen van de lengte van elke individuele bodemvorm van het betreffende profiel. De lengte wordt gedefinieerd als de afstand tussen 2 opeenvolgende dalen. (Figuur 3)
6. Bepalen van de hoogte van elke individuele bodemvorm van het betreffende profiel. De hoogte wordt gedefinieerd als het verschil tussen de hoogte van de top en de hoogte van het daaropvolgende dal. (Figuur 3)
7. Bepalen van de asymmetrie van elke individuele bodemvorm van het betreffende profiel. De asymmetrie wordt gedefinieerd als de verhouding van de lengte van de daling (Lopw) tot lengte van de stijging (Lafw) van de bodemvorm. Een bodemvorm wordt beschouwd van dal tot dal. Een waarde van de asymmetrie groter dan 1 betekent dat de landwaartse zijde langer is dan de zeewaartse. Dit duidt op ebdominantie. Andersom betekent een waarde kleiner dan 1 dat de landwaartse zijde korter is dan de zeewaartse . Dit wijst op vloeddominantie. (Figuur 3)

Deze karakteristieken per individuele bodemvorm werden vervolgens samengevat per profiel (door middel van verschillende (o.a. 10, 50 en 90%) percentielen). Dit resulteert o.a. in een mediane (P50) waarde voor de lengte, hoogte en asymmetrie van de bodemvormen per profiel.

Figuur 2 – Bepaling van het lopend gemiddelde (groen), de snijpunten (rood) en karakteristieke parameters (stap 2 – 4)
In de feiten worden eerst het lopend gemiddelde afgetrokken van de brondata vooraleer de karakteristieke worden bepaald.



Figuur 3 – Karakteristieke parameters voor analyse van de bodemvormen (stap 5 – 7)



2.3 Afgeleide sedimenttransporten

Op basis van de frequente peilingen kan op twee verschillende manieren het sedimenttransport (bodemtransport) afgeleid worden:

- Berekening van het bodemtransport op basis van de migratiesnelheid van de bodemvormen
- Berekening van het bodemtransport op basis van de verplaatste sedimentvolumes van de bodemvormen

2.3.1 Berekening op basis van migratiesnelheid

Bij de berekening van het bodemtransport op basis van de migratiesnelheid van de bodemvormen werd gebruik gemaakt van volgende vergelijking (Hoekstra P. *et al.*, 2004):

$$\bar{q}_b = \alpha \cdot c \cdot H \quad (1)$$

waarbij:

α = bodemtransport coëfficiënt; deze kan beschouwd worden als een kalibratiefactor, gebaseerd op een vergelijking tussen gemeten en berekende transporthoeveelheden. Er zijn in de literatuur verschillende waarden voor α te vinden, maar volgens de meeste auteurs ligt de waarde tussen 0,5 en 0,6. [-]

c = de voortplantingssnelheid van de bodemvorm [m/dag]

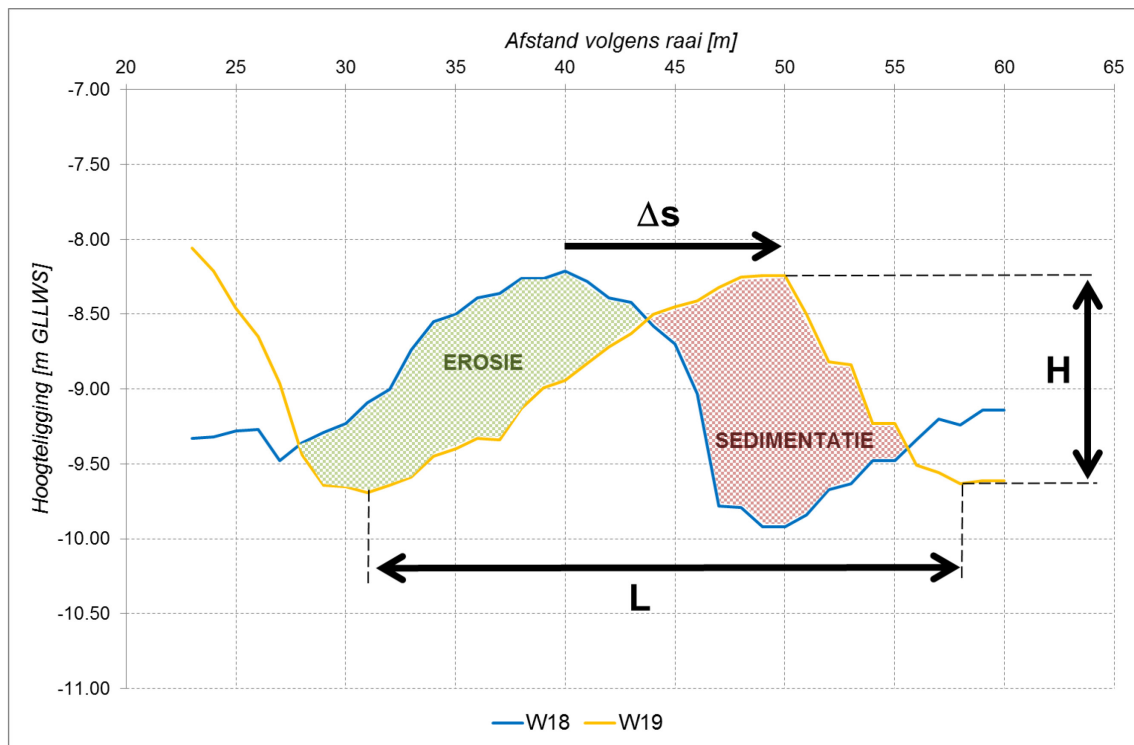
H = de hoogte van de bodemvorm [m]

Binnen het interessegebied worden een aantal profielen gedefinieerd, waarvoor de verschillende bodemvormen op een aantal momenten (i.e. beschikbare peiling) geanalyseerd worden. Hoewel de bodemvormen in opeenvolgende peilingen niet automatisch herkend kunnen worden, is er voor gekozen om op basis van de dominantie te zoeken hoeveel de top is opgeschoven in de dominante richting. Hierbij wordt een extra “vormcriterium” opgelegd, waarbij de oppervlakte van de bodemvorm (als driehoekig verondersteld, oppervlakte = $0,5 \times L \times H$) tussen twee opeenvolgende peilingen niet meer dan 50% mag afwijken. Voor de weerhouden bodemvorm worden de karakteristieken (hoogte, lengte, locatie top, dal) berekend via een Matlab-routine (Plancke *et al.*, 2009) en wordt de voortplantingssnelheid berekend als (Figuur 4):

$$c = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{\text{verschil in positie top bodemvorm}}{\text{tijd tussen 2 peilingen}} \quad (2)$$

De berekende bodemtransporten per bodemvorm worden vervolgens samengevat per profiel (door middel van verschillende (o.a. 10, 50 en 90%) percentielen). Dit resulteert o.a. in een mediane (P50) waarde voor het bodemtransporten langs het profiel op basis van de voortplanting van de bodemvormen.

Figuur 4 – Overzicht parameters gebruikt voor het berekenen van het bodemtransport



2.3.2 Berekening op basis van verplaatste sediment volumes

Naast de migratiesnelheid, kan ook het bodemtransport afgeleid worden uit de verplaatste sedimentvolumes van de bodemvormen (Berben *et al.*, 1978). Tussen 2 opeenvolgende peilingen zal de bodemvorm zich verplaatsen, waarbij er aan de loefzijde een hoeveelheid sediment geërodeerd wordt, terwijl er zich aan de leizijde een hoeveelheid sediment afzet. Dit is weergegeven in Figuur 4. Het geërodeerde volume (groen) en het afgezette volume (rood) zijn een maat voor het bodemtransport.

Langsheen het profiel wordt het hoogteverschil tussen 2 peilingen bepaald (verschil tussen hoogtemeting uit MBES). Vervolgens worden de snijpunten met de 0-waarde bepaald, en worden hiertussen de geërodeerde en afgezet sedimentvolumes per eenheidsbreedte bepaald. Vervolgens kan hieruit het bodemtransport berekend worden:

$$q_b = \frac{\langle \Delta V \rangle}{\Delta t} = \frac{\text{gemiddelde volume sediment dat geërodeerd of afgezet is}}{\text{tijd tussen 2 peilingen}} \quad (3)$$

De berekende bodemtransporten (enerzijds afzonderlijk geërodeerd (positief, omwille van conventie dat diepte positief is) en afgezet (negatief) volumes per eenheidsbreedte, als het gemiddelde van de absolute waarde beide) worden vervolgens samengevat per profiel (door middel van verschillende (o.a. 10, 50 en 90%) percentielen). Dit resulteert o.a. in een mediane (P50) waarde voor het bodemtransporten langs het profiel op basis van de verplaatste sedimentvolumes.

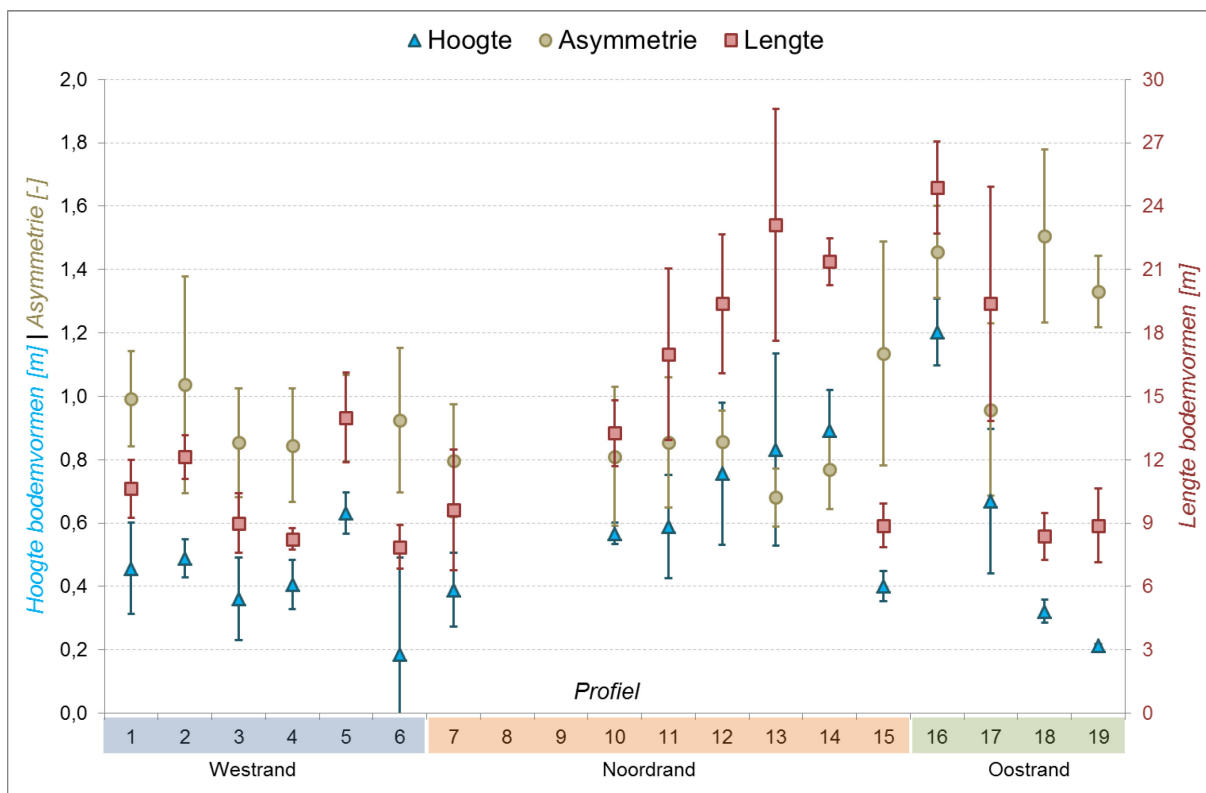
3 Resultaten

Bijlage A toont de bathymetrie voor de verschillende peilingen alsook het verschil in bodemligging tussen 2 opeenvolgende peilingen. Omwille van de uitgestrektheid van het studiegebied, is dit opgesplitst in een afwaartse (westrand Platen van Ossensisse - Figuur A 1), centrale (noordrand Platen van Ossensisse - Figuur A 2) en opwaartse (ostrand Platen van Ossensisse - Figuur A 3) deel, waarop tevens de ligging van de verschillende profielen zichtbaar is. In volgende paragrafen wordt enerzijds ingegaan op de belangrijkste karakteristieken van de bodemvormen en anderzijds op de afgeleide sedimenttransporten.

3.1 Bodemvormen

In Bijlage B wordt de hoogteligging voor de verschillende profielen voor elke peiling gepresenteerd. Conform de methodiek uit § 2.2 worden voor elk profiel de belangrijkste karakteristieken bepaald. In Figuur 5 worden de gemiddelde hoogte, lengte en asymmetrie van de bodemvormen per profiel getoond. Dit gemiddelde werd bepaald door per profiel en per peiling eerst de mediaan te bepalen (50^e percentiel) van de betreffende karakteristiek en hiervan vervolgens over de verschillende peilingen het gemiddelde te nemen.

Figuur 5 – Overzicht afgeleide parameters per profiel
 Marker = gemiddelde waarde van 4 peilingen | Foutbalken = standaarddeviatie over 4 peilingen



De gemiddelde hoogte varieert van 20 cm (profiel 6 en 19) tot 120 cm (profiel 16). Langs de westrand van de Platen van Ossensisse schommelt de gemiddelde hoogte rond 50 cm, langs de noordrand is deze aanzienlijk hoger (60 – 100 cm), terwijl langs de oostrand de gemiddelde hoogte afneemt van het noorden naar het zuiden toe.

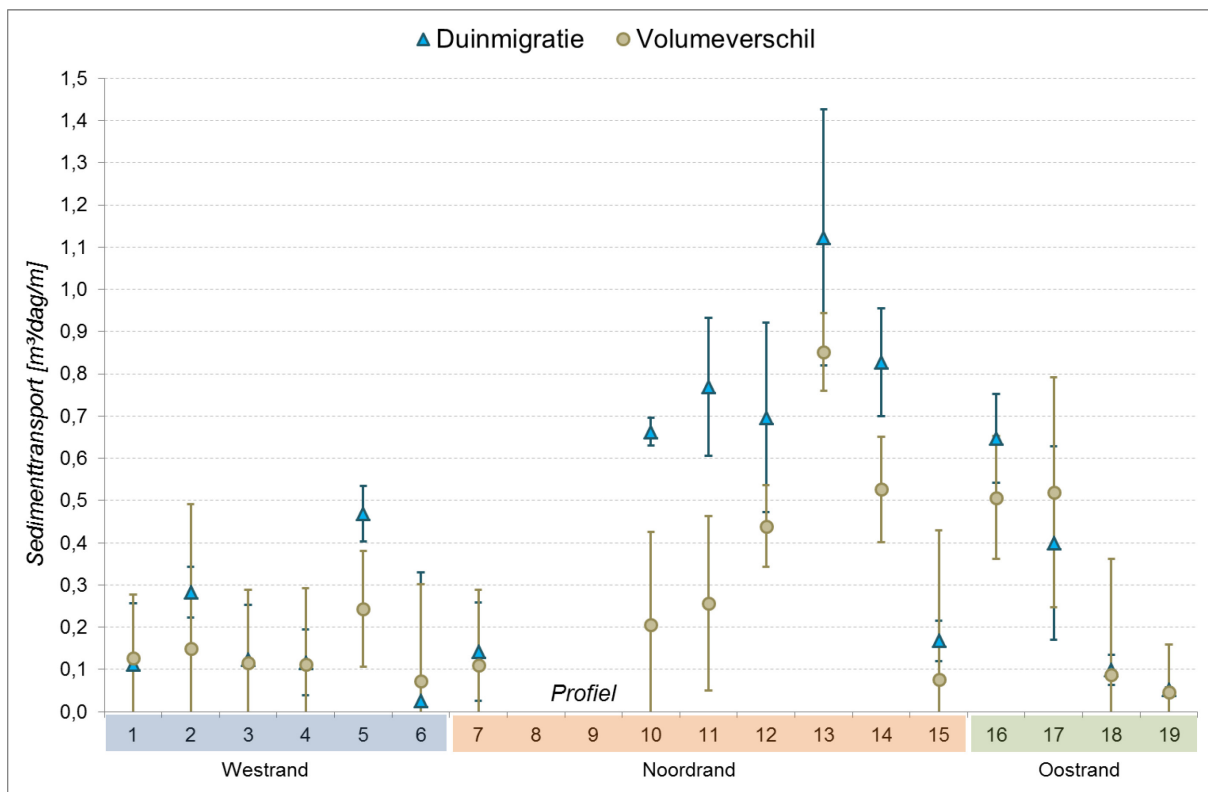
De gemiddelde lengte varieert van 10 m (meest op- en afwaartse profielen) tot 25 m (profiel 13 en 16). Langs de westrand van de Platen van Ossensisse varieert de gemiddelde lengte tussen 10 en 15 m, langs de noordrand is deze aanzienlijk langer (toenemend van 15 m in het westen naar 25 m in het oosten), terwijl langs de oostrand de gemiddelde lengte afneemt van het noorden naar het zuiden toe.

De gemiddelde asymmetrie varieert tussen 0,7 (vloed-dominant, profiel 13) en 1,5 (eb-dominant, profiel 16 en 18). Langs de westrand van de Platen van Ossensisse is de asymmetrie kleiner dan 1, wat wijst op vloed-dominantie. Ook langs de noordrand van de Platen van Ossensisse is de asymmetrie kleiner dan 1. Vanaf profiel 15 is de asymmetrie groter dan 1, wat wijst op eb-dominantie.

3.2 Afgeleide sedimenttransporten

Conform de methodiek uit § 2.3 wordt voor elk profiel het gemiddelde sedimenttransport bepaald, zowel volgens de methode gebruik makend van duinmigratie, als van volumeverschillen. Deze resultaten worden gepresenteerd in Figuur 6. Het gemiddelde werd bepaald door per profiel tussen 2 opeenvolgende peilingen het sedimenttransport te bepalen per bodemvorm en hiervan de mediaan te bepalen (50^e percentiel). Vervolgens is over de verschillende periodes het gemiddelde en de standaardafwijking bepaald.

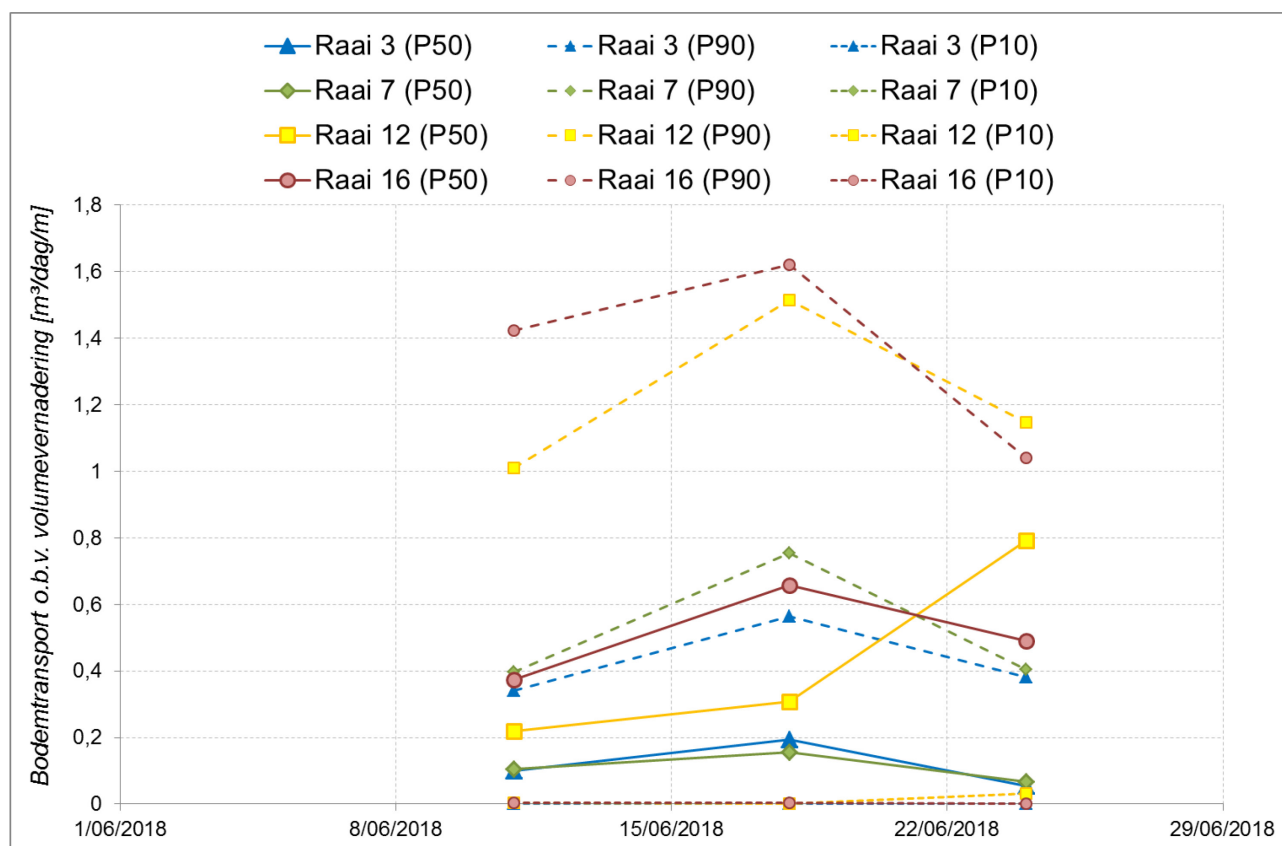
Figuur 6 – Overzicht afgeleide bodemtransporten per profiel
 Marker = gemiddelde waarde van 3 periodes | Foutbalken = standaarddeviatie over 3 periodes



Voor ongeveer de helft van de profielen zijn de afgeleide transport volgens beide methodes quasi gelijk. Voor de andere profielen geeft de methode van duinmigratie grotere transporten ten opzichte van deze op basis van de volumeverschillen. De grootste transporten worden teruggevonden ter hoogte van de oostkant van de noordrand en de noordkant van de oostrand van de platen van Ossenisse (profielen 12 tot 17). De transporten zijn hier gemiddeld een factor 5 (methode volumeverschil) groter dan de transporten langs de westrand (profiel 1 -7) en de zuidkant van de oostrand.

Daar waar bovenstaande Figuur 6 de gemiddelde transporten weergeeft over de verschillende periodes, toont Figuur 7 de variatie van de transporten (10^e, 50^e en 90^e percentiel van de berekende transporten (methode o.b.v. volumeverschil) per profiel) over de verschillende periodes voor een selectie van profielen (1 langs de west- en oostrand, 2 langs de noordrand). De mediane transporten (maar ook het 90^e percentiel) vertonen voor profielen 3, 7 en 16 een gelijkaardig verloop: de sterkste transport treden op in de 2^e periode. Profiel 12 wijkt hiervan af, met de sterkste transporten (mediaan, 90^e percentiel volgt wel andere profielen) in de 3^e periode. In § 3.3 wordt ingegaan op potentiële invloedsfactoren die een effect zouden kunnen hebben op deze variatie.

Figuur 7 – Overzicht variatie afgeleide bodemtransporten over verschillende periodes voor geselecteerde profielen



3.3 Invloedsfactoren

3.3.1 Getij

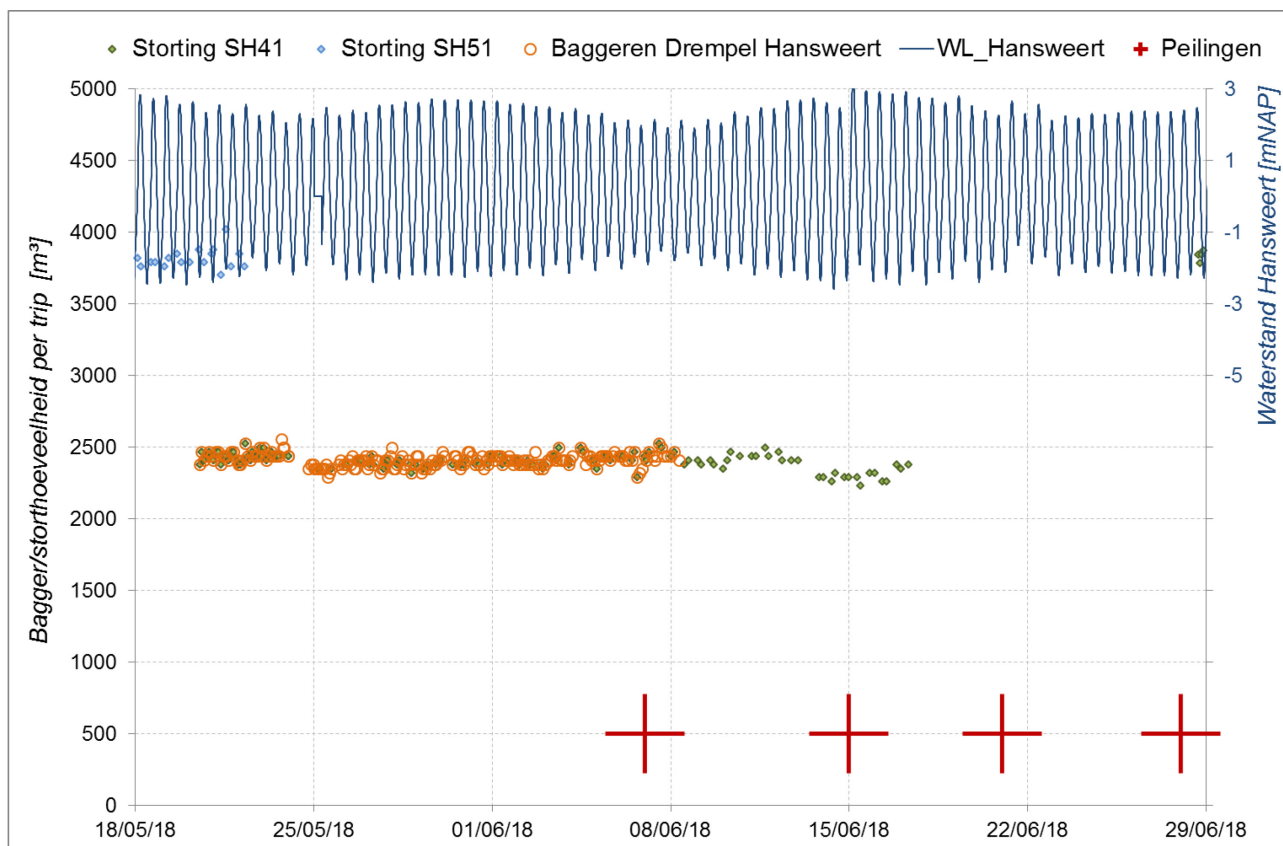
De variatie in de afgeleide sedimenttransport kan veroorzaakt worden door de variatie in getijden, met name de springtij–doodtij-variantie. Bij springtij zal het grotere getijverschil aanleiding geven tot sterkere stromingen, die op hun beurt weer sterkere sedimenttransporten kunnen teweegbrengen. Op basis van Figuur 8 kan echter opgemerkt worden dat de fasering van de peilingen niet toelaat uitspraken te doen over de springtij-doodtij-variantie. De eerste en derde periode omvat de periode van doodtij tot springtij, terwijl de 2^e periode gaat van springtij naar doodtij. Mogelijks speelt de grotere sedimentdynamiek in het begin van de 2^e periode een rol in de sterkere transporten die alhier worden waargenomen, maar een fasering waarbij een periode gaat van gemiddelde getij naar gemiddeld getij over oftewel het doodtij oftewel het springtij had interessanter geweest om een uitspraak te doen over de springtij-doodtij-variantie. Dit bleek praktisch niet haalbaar in het planning van de peilingen ten behoeve van voorliggende analyse.

3.3.2 Baggeren en storten

Naast de variatie in het getij, wordt het studiegebied ook beïnvloed door baggeren (drempel van Hansweert) en storten (stortzones SH41, SH51). Gedurende de periode waarin de peilingen werden uitgevoerd, werd er in de eerste helft van de periode zowel gebaggerd (slechts eerste dagen) als gestort (tot het midden van de periode) (Figuur 8). Daar waar de peilingen grotendeels buiten de vaargeul uitgevoerd werden, zal de invloed van de baggerwerken in de vaargeul al bij al beperkt blijven. De stortingen kunnen echter zorgen voor een hogere sedimentbeschikbaarheid die ook buiten de vaargeul invloed heeft. De stortingen tot het midden van de 2^e periode kunnen dus een mogelijke verklaring zijn voor het hogere transporten in de 2^e periode, al moeten hier 2 kanttekeningen bij geplaatst worden:

- Aangezien de stortingen reeds voor de eerste peilingen gestart waren, zou dit ook reeds een effect moeten gehad hebben in de eerste periode; dit is niet duidelijk waar te nemen (voor profiel 3 en 7 ligt de 3^e periode weliswaar het laagst).
- Aangezien de stortingen plaatsvonden in SH41, zou het effect zich vooral moeten manifesteren langs de westrand van de Platen van Ossenisse (nabij stortzone) en minder in de overige delen van het studiegebied. Op basis van de migratiesnelheden van de duinen kan tevens vastgesteld worden dat de migratiesnelheid grootte-orde enkele meters per dag bedraagt, zodat gestorte specie in SH41 onmogelijk via bodemtransporten tot de noordrand, laat staan de oostrand kan getransporteerd zijn. Stortingen vroeger in de tijd kunnen hier echter wel van belang zijn, doch door het quasi continue karakter van de stortingen is het zeer moeilijk dit verband aan te tonen.

Figuur 8 – Overzicht bagger- en stortwerkzaamheden nabij studiegebied, momenten van peilingen en waterstanden Hansweert



4 Conclusies en aanbevelingen

4.1 Conclusies

Ten behoeve van de optimale invulling van de toekomstige sedimentstrategie in de Westerschelde is onderzoek verricht naar de sedimenttransporten nabij enkele huidige en potentiële toekomstige stortlocaties op basis van peilingen. Uit deze peilingen werd op basis van de migratie van bodemvormen het sedimenttransport (bodemtransport) afgeleid.

Uit de analyse volgt dat de karakteristieken van de bodemvormen langs de rand van de Platen van Ossensisse sterk variëren: de gemiddelde hoogte varieert van 20 cm tot 120 cm en de gemiddelde lengte tussen 10 m en 25 m. Langs de west- en noordrand van de Platen van Ossensisse is de asymmetrie vooral vloed-dominant, langs de oostrand (zuidelijke deel) is er eb-dominantie.

De afgeleide transporten vertonen gelijkaardig ruimtelijk patronen volgens de toegepaste methodes (migratie en volumeveranderingen). De absolute waardes kunnen echter verschillen tussen beide methodes. De grootste transporten worden teruggevonden ter hoogte van de oostelijke zijde van de noordrand en de noordelijke zijde van de oostrand van de platen van Ossensisse (d.i. gebied tussen de diepe put van Hansweert en de drempel van Hansweert). De transporten zijn hier gemiddeld een factor 5 (methode volumeverschil) groter dan de transporten langs de westrand en de zuidkant van de oostrand.

Voor een aantal profielen werd ook de temporele variatie onderzocht. De 2^e periode bleek hierbij grotere transporten te geven voor 3 van 4 beschouwde profielen. Op basis van de beschikbare metingen kon geen duidelijke relatie vastgesteld worden met het getij (dit omwille van fasering van de peilingen binnen de springtij-doodtij-cyclus) of de stortingen (omwille van “grote tijdschaal” van het transport (migratie van bodemvormen bedraagt enkele meters per dag) en de invloed van vroegere stortingen).

4.2 Aanbevelingen

De afgeleide transporten werden bepaald op basis van de bodemvormen. Wanneer er bodemvormen aanwezig zijn, biedt dit de mogelijkheid om een eerste inschatting te maken, echter, de afwezigheid van bodemvormen impliceert niet dat er geen bodemtransport is. Het verdient dan ook de aanbeveling om de ruimtelijke variatie te valideren met bijkomende sedimenttransport metingen, waarbij gebruik gemaakt worden van andere meettechnieken (zoals ADCP-BT, Delftse fles, Helley-Smith) die toelaten het bodemtransport te bepalen.

Uit de fasering van de beschouwde peilingen bleek het onmogelijk het effect van de springtij-doodtij-cyclus in te schatten. Er wordt aanbevolen om de fasering te optimaliseren om dit effect in kaart te kunnen brengen.

Tevens bleek de wekelijkse peilfrequentie voldoende om een inschatting te maken van de bodemtransporten. Echter, deze transporten zijn het netto-resultaat van eb- en vloedtransporten. Extra aandacht naar het belang van de afzonderlijke eb- en vloedtransporten is aan te bevelen aangezien een netto-resultaat het verschil kan zijn van een klein eb- en vloedtransport maar ook van een groot eb- en vloedtransport ($2 - 1 = 1$ maar ook $20 - 19 = 1$).

Tenslotte wordt aanbevolen om de afgeleide transport in te zetten om sedimenttransporten bepaald met numerieke modellen te valideren. De beschikbare datasets voor het valideren van numerieke morfologische modellen zijn zeer schaars, dus deze aanvulling is nuttig voor de modelvalidatie.

5 Referenties

Beirinckx, K.; Taal, M.; Plancke, Y.; Van den Bergh, E. (2013). Plan van Aanpak Onderzoek Agenda voor de Toekomst

Berben, F.; Brouwer, M.; Kohsiek, L.; Lemkes, J.; Steyaert, F. (1978). Ribbelvormen, waterbeweging en hun onderlinge samenhang in een getijdengebied (Plaats van Ossenissee, Westerschelde)

Hoekstra P.; Bell, P.; van Santen, P.; Roode, N.; Levoy, F.; Whitehouse, R. (2004). Bedform migration and bedload transport on an intertidal shoal. *Cont. Shelf Res.* 24: 1249–1269

Ides, S.; Plancke, Y.; De Mulder, T.; Mostaert, F. (2007). Morfologische analyse van de bagger- en stortintensiteitsdata van de Beneden Zee- en Westerschelde van 2000 tot en met 2005. *RPRT. WL Rapporten, 791/02*. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

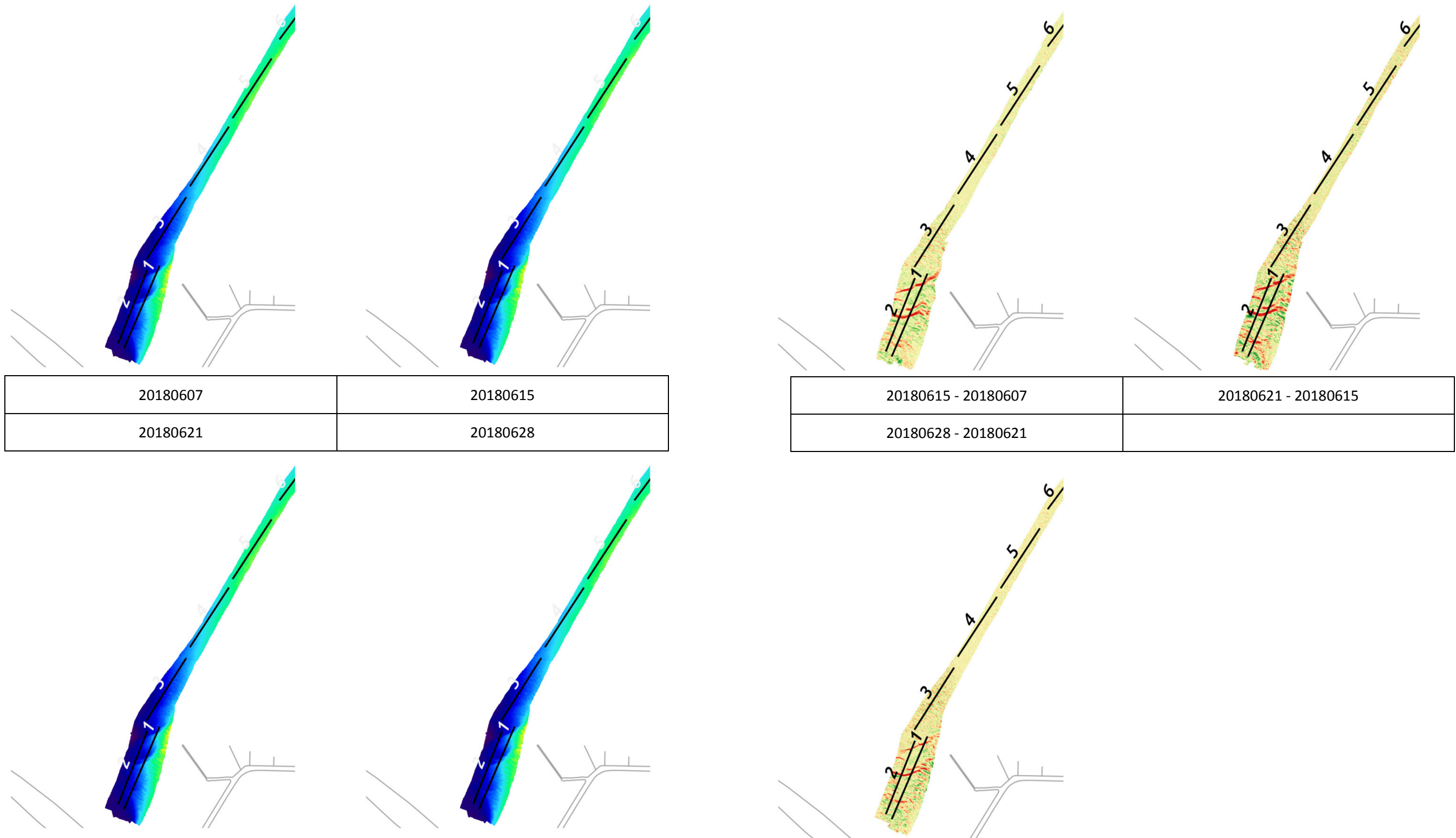
Plancke, Y.; Vos, G.; De Mulder, T.; Mostaert, F. (2009). Habitatmapping Westerschelde: deelrapport 1. Classificatie op basis van bodemvormen en hydrodynamica. *RPRT. WL Rapporten, 754_06*. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

van der Mark, C.F.; Blom, A. (2007). A new and widely applicable tool for determining the geometric properties of bedforms

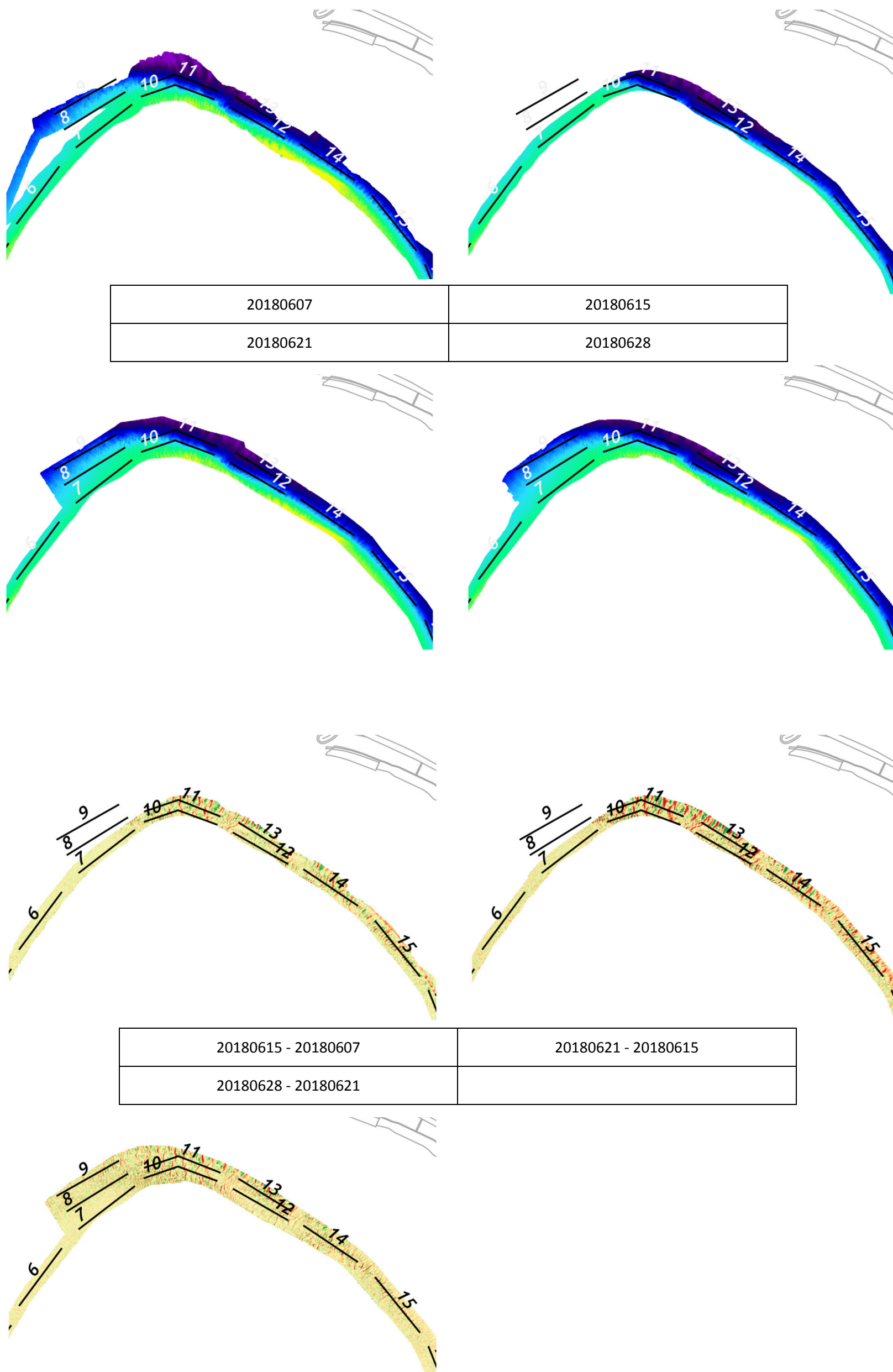
Vandenbruwaene, W.; Vos, G.; Plancke, Y.; Mostaert, F. (2012). Werkgroep O&M - Projectgroep Veiligheid en Toegankelijkheid: onderzoek naar de morfologie op meso-schaal ter hoogte van stortlocaties. *RPRT. WL Rapporten, 791_10a*. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

6 Bijlage A

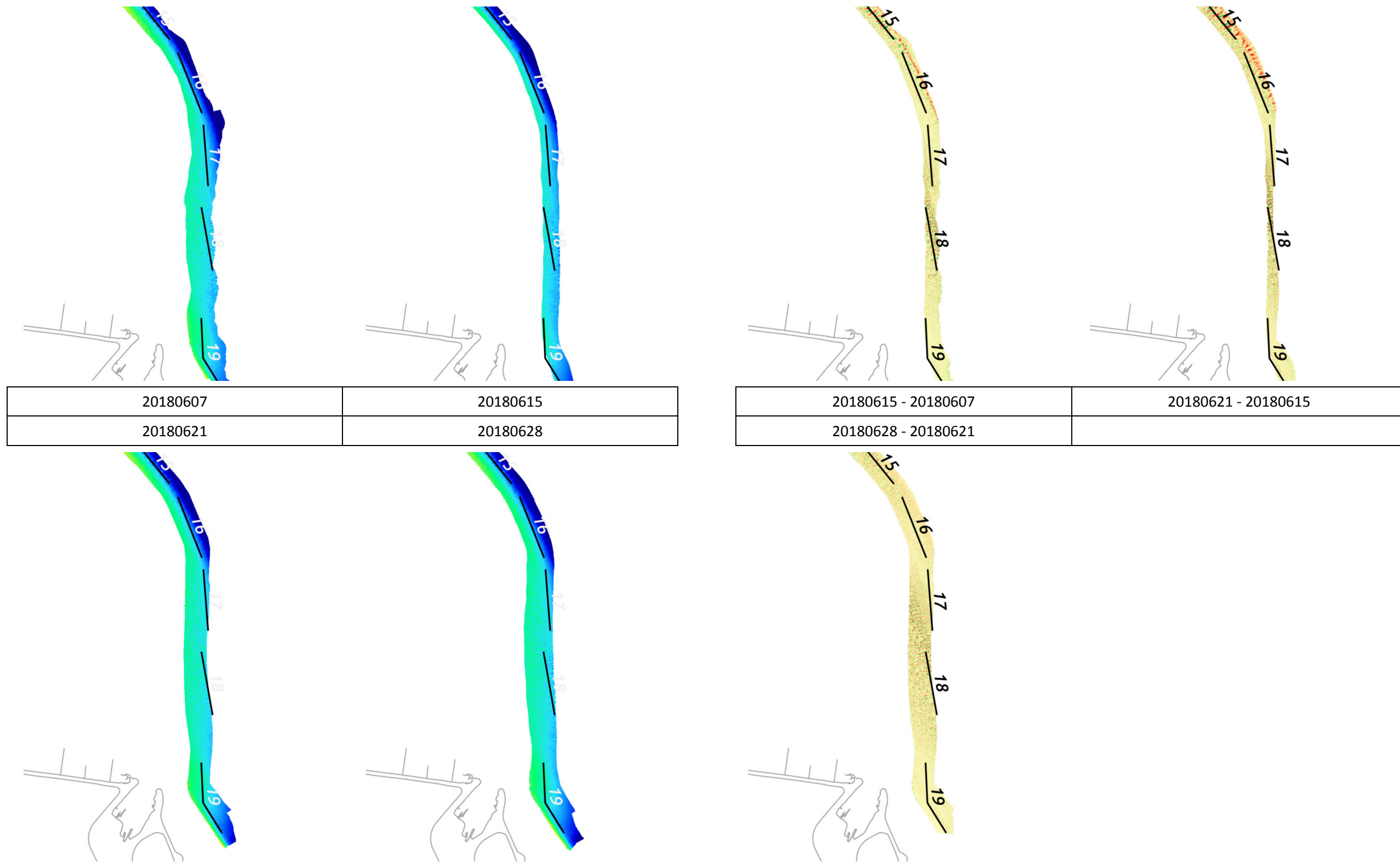
Figuur A 1 – Detail bathymetrie (linker helft, datum van opname in kader in formaat JJJMMDD) en verschil bathymetrie (rechter helft, gebruikte bathymetrieën in kader) westrand Platen van Ossensisse



Figuur A 2 – Detail bathymetrie (bovenste helft, datum van opname in kader) en verschil bathymetrie (onderste helft, gebruikte bathymetrieën in kader) noordrand Platen van Ossensisse

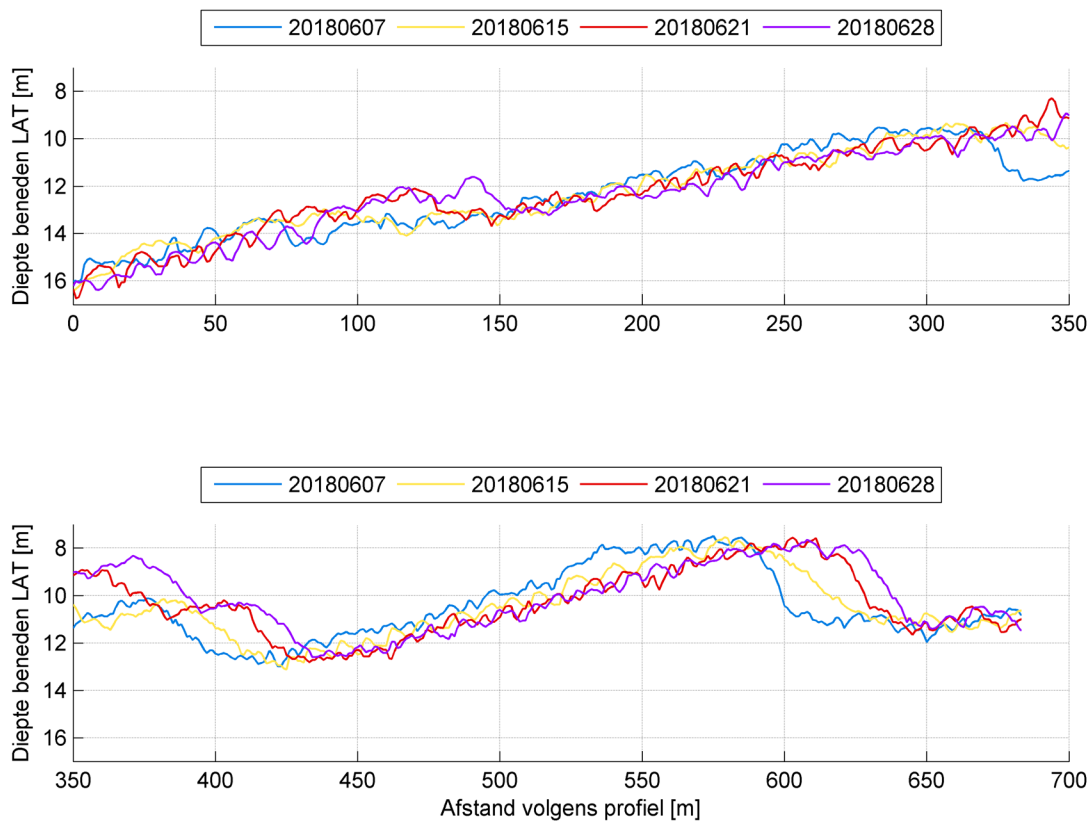


Figuur A 3 – Detail bathymetrie (linker helft, datum van opname in kader in formaat JJJJMMDD) en verschil bathymetrie (rechter helft, gebruikte bathymetrieën in kader) oostrand Platen van Ossensisse

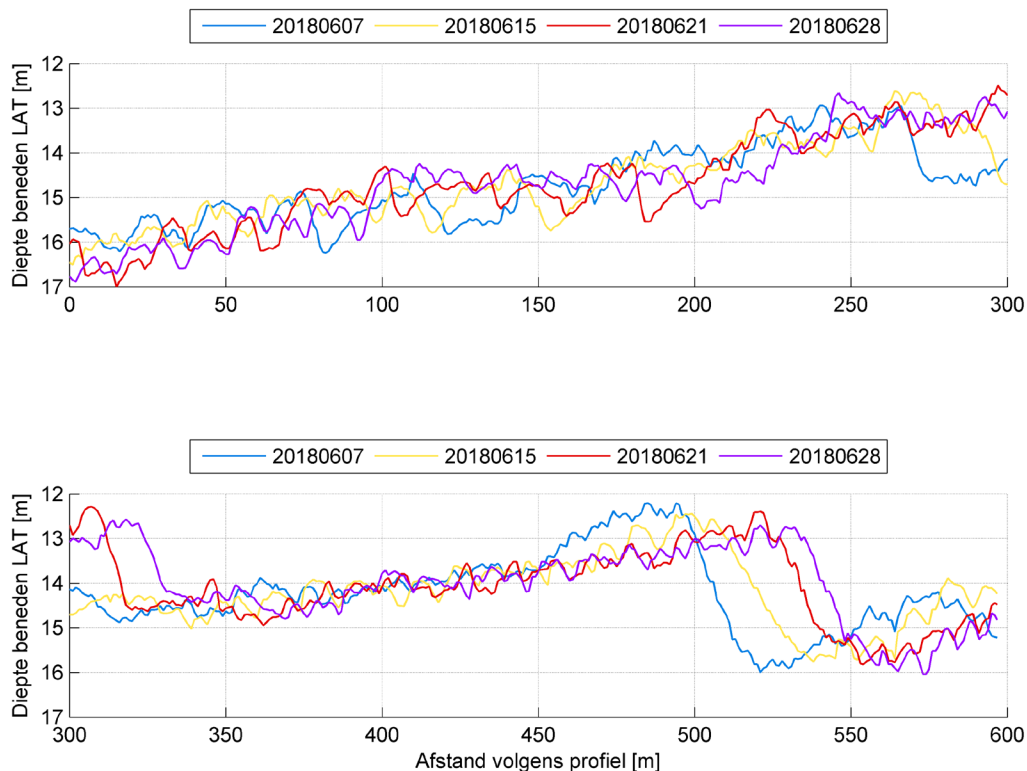


7 Bijlage B

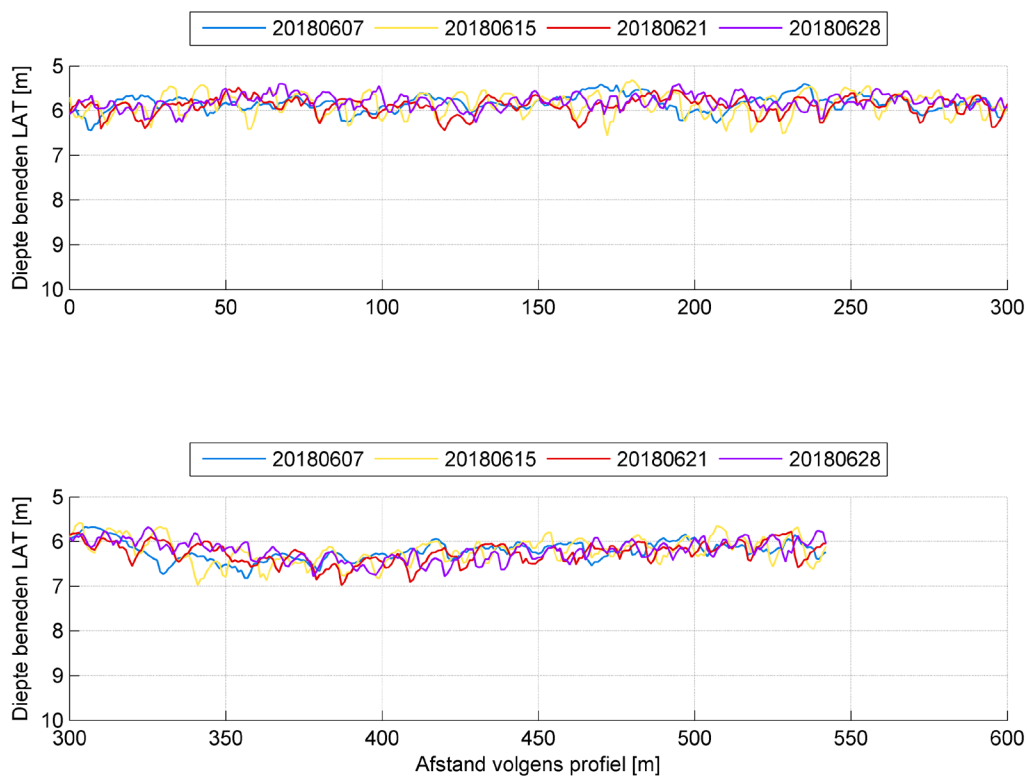
Figuur A 4 – Overzicht diepteligging bodem profiel 1



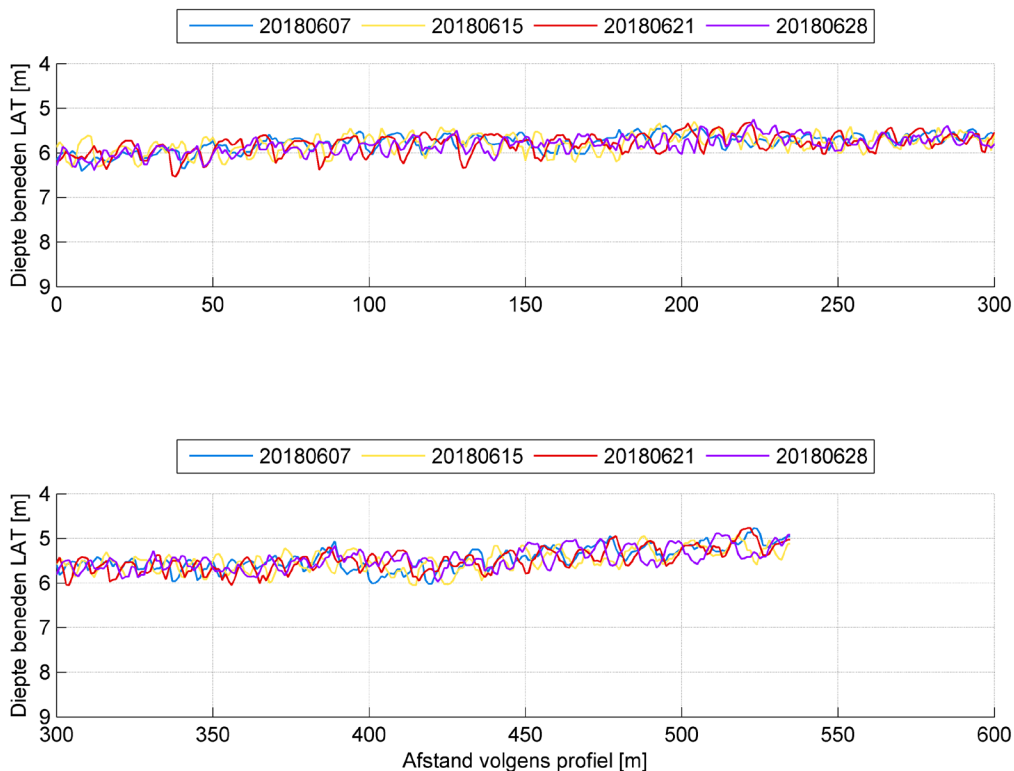
Figuur A 5 – Overzicht diepteligging bodem profiel 2



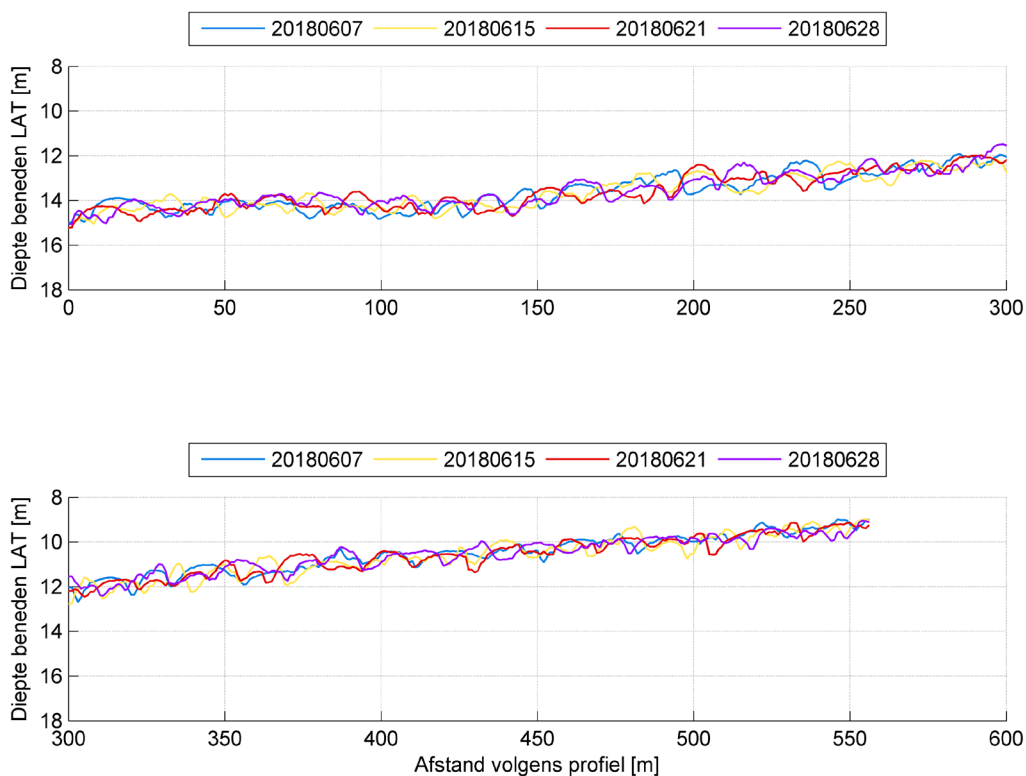
Figuur A 6 – Overzicht diepteligging bodem profiel 3



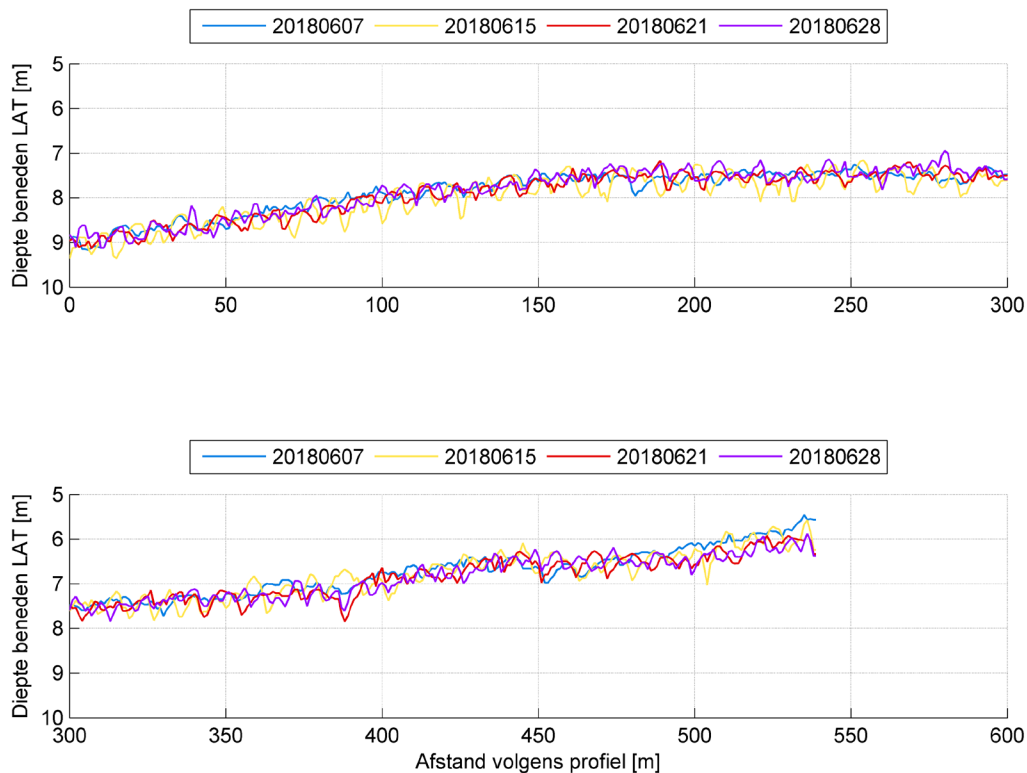
Figuur A 7 – Overzicht diepteligging bodem profiel 4



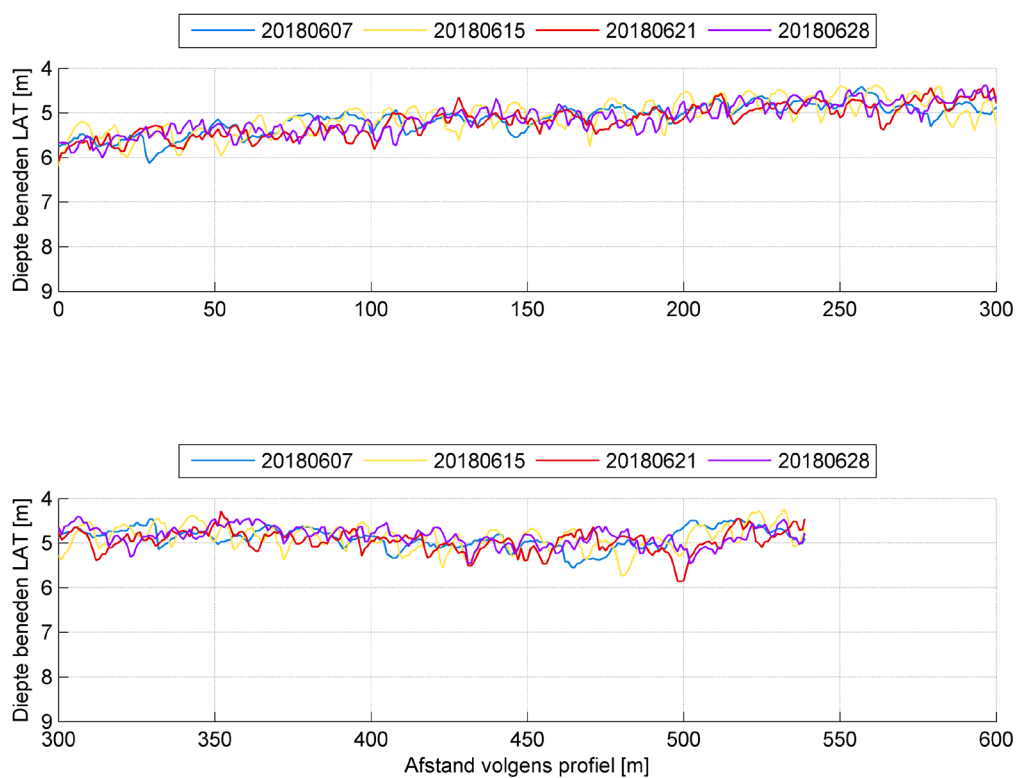
Figuur A 8 – Overzicht diepteligging bodem profiel 5



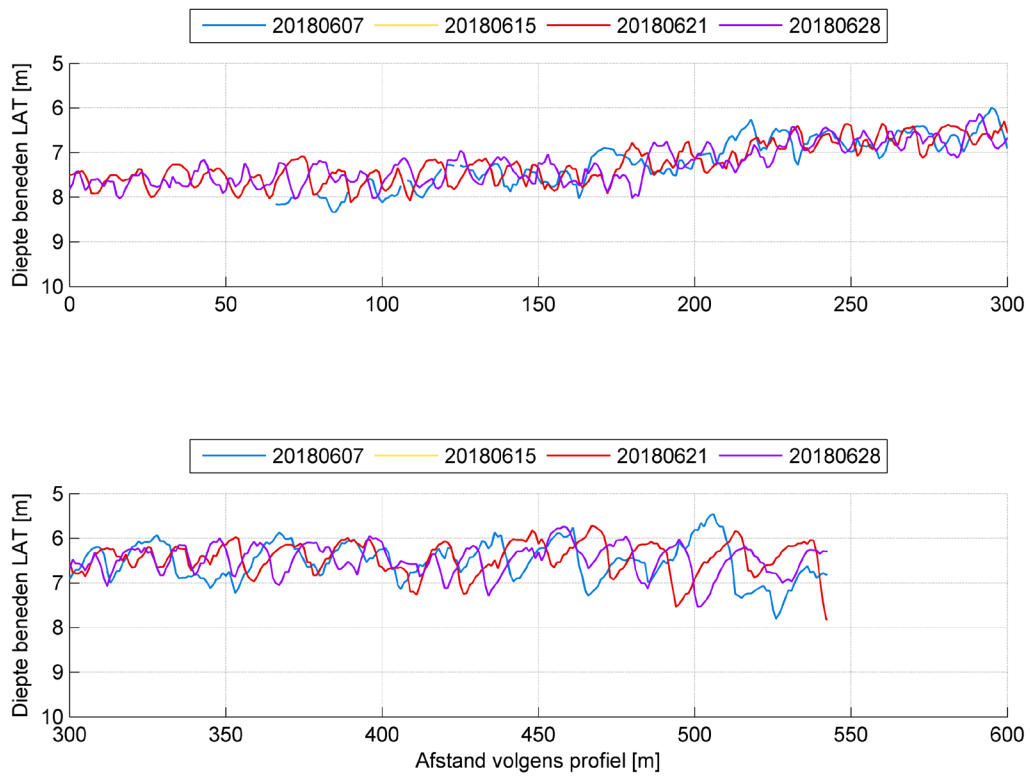
Figuur A 9 – Overzicht diepteligging bodem profiel 6



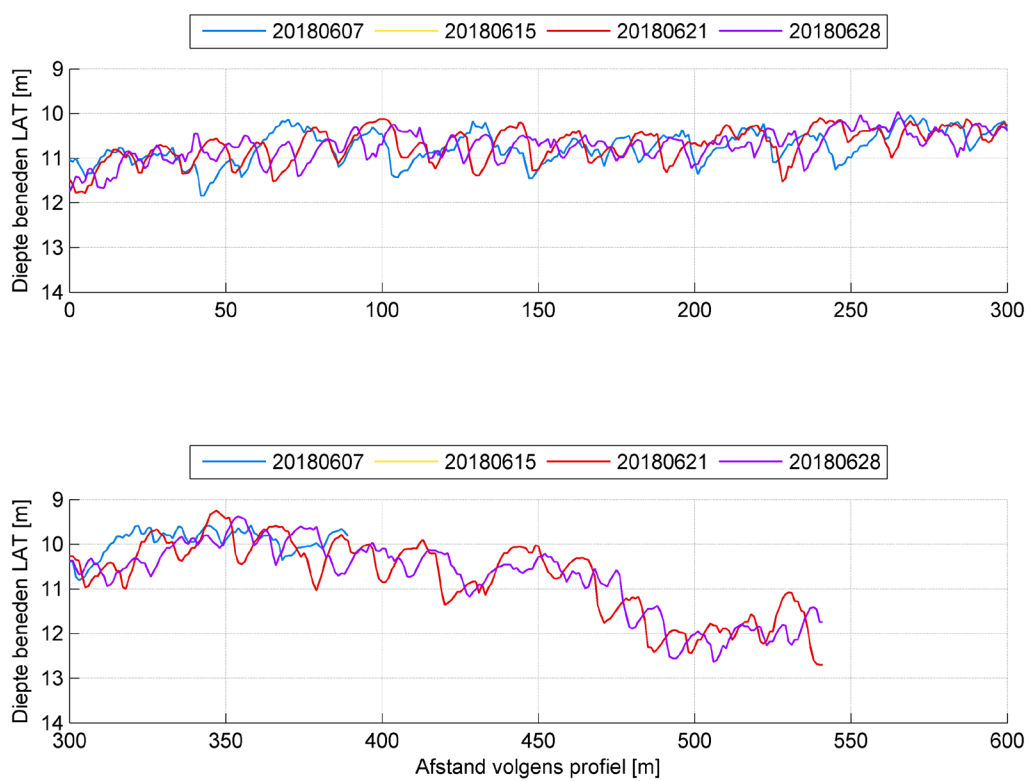
Figuur A 10 – Overzicht diepteligging bodem profiel 7



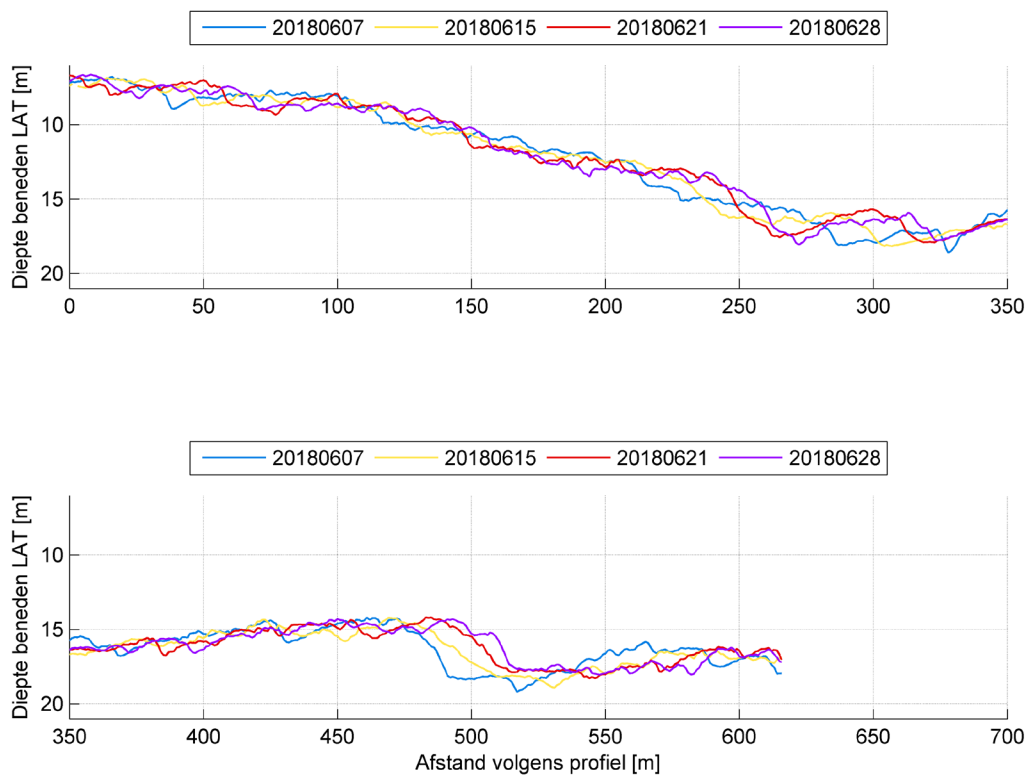
Figuur A 11 – Overzicht diepteligging bodem profiel 8



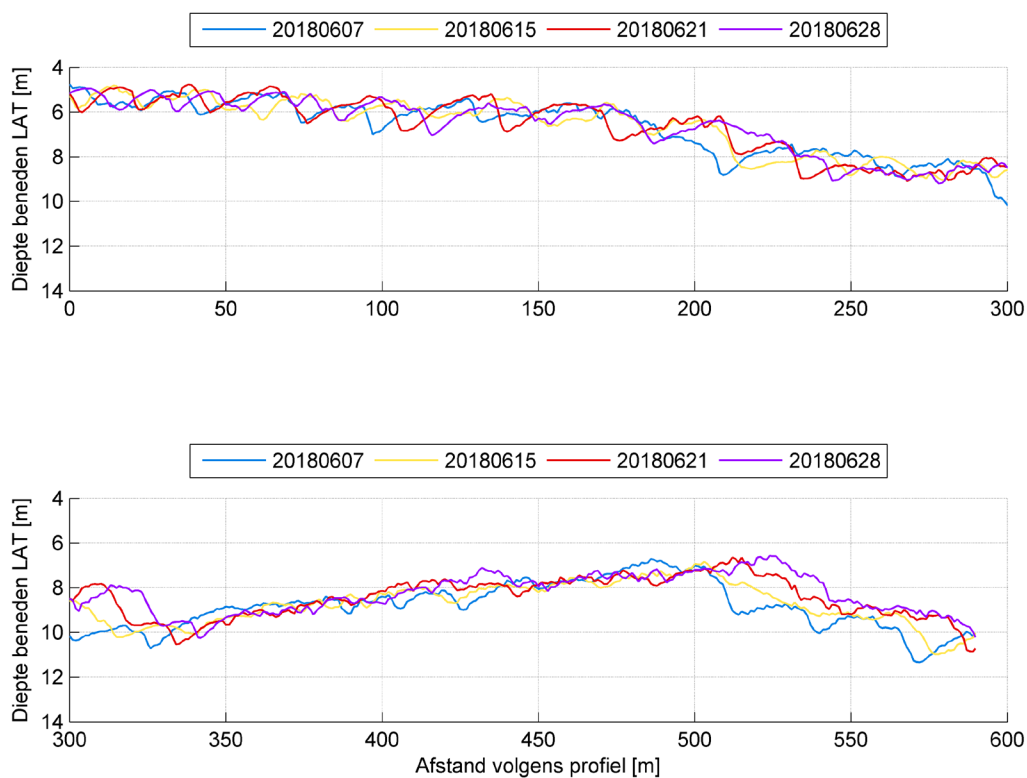
Figuur A 12 – Overzicht diepteligging bodem profiel 9



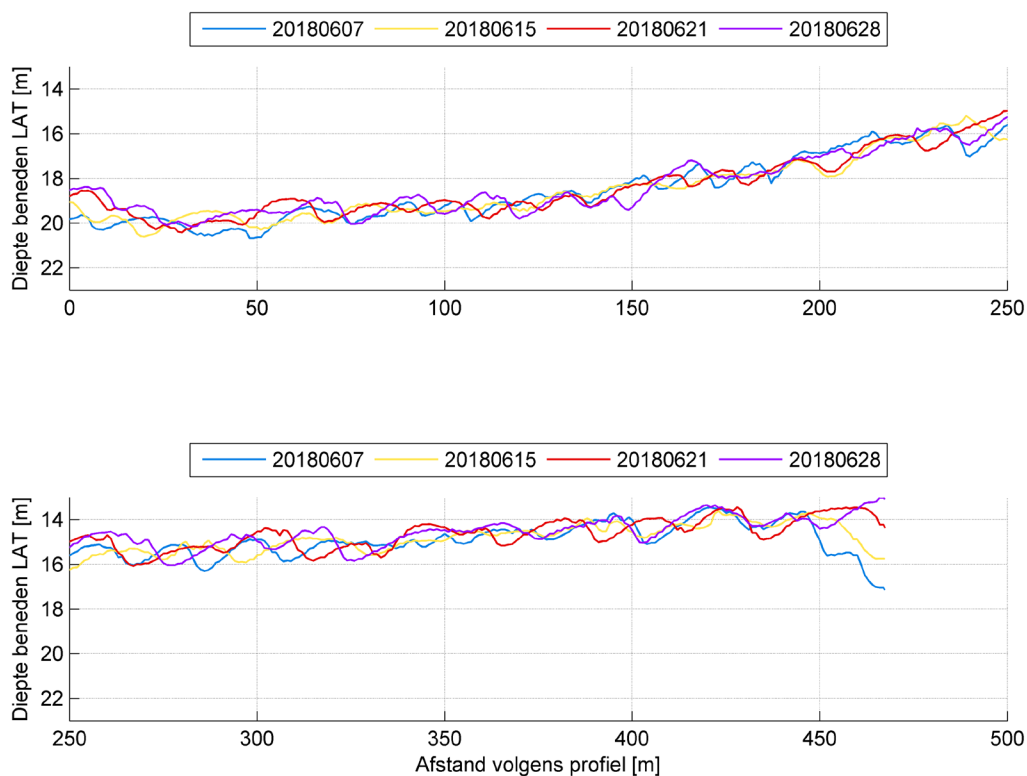
Figuur A 13 – Overzicht diepteligging bodem profiel 10



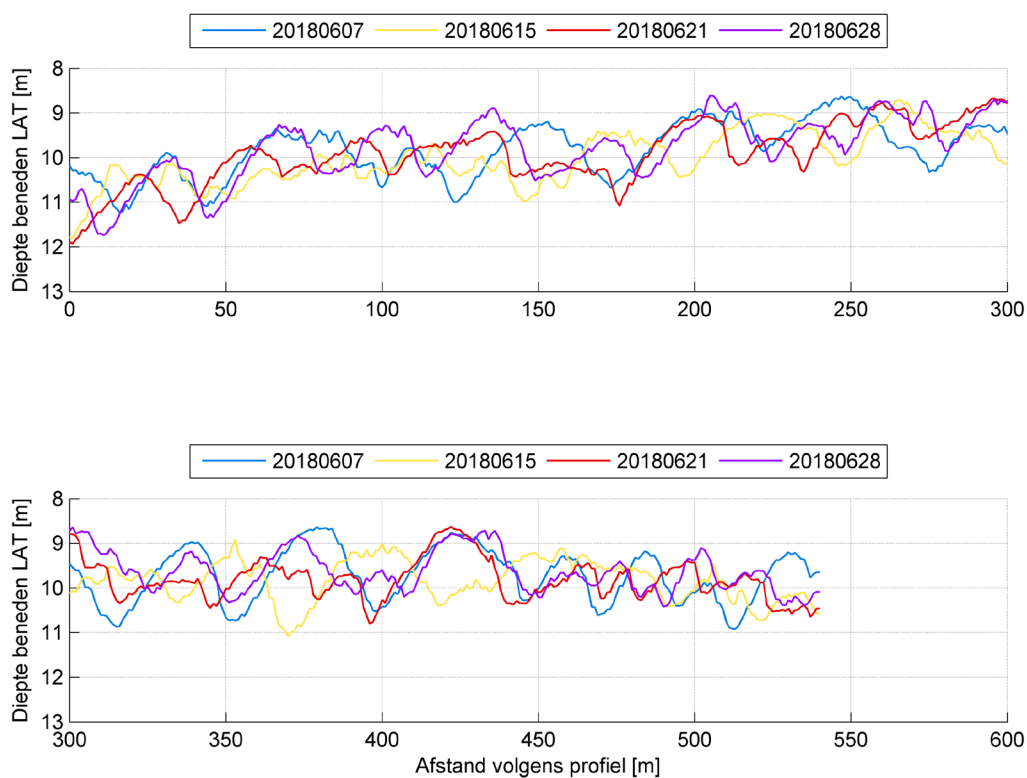
Figuur A 14 – Overzicht diepteligging bodem profiel 11



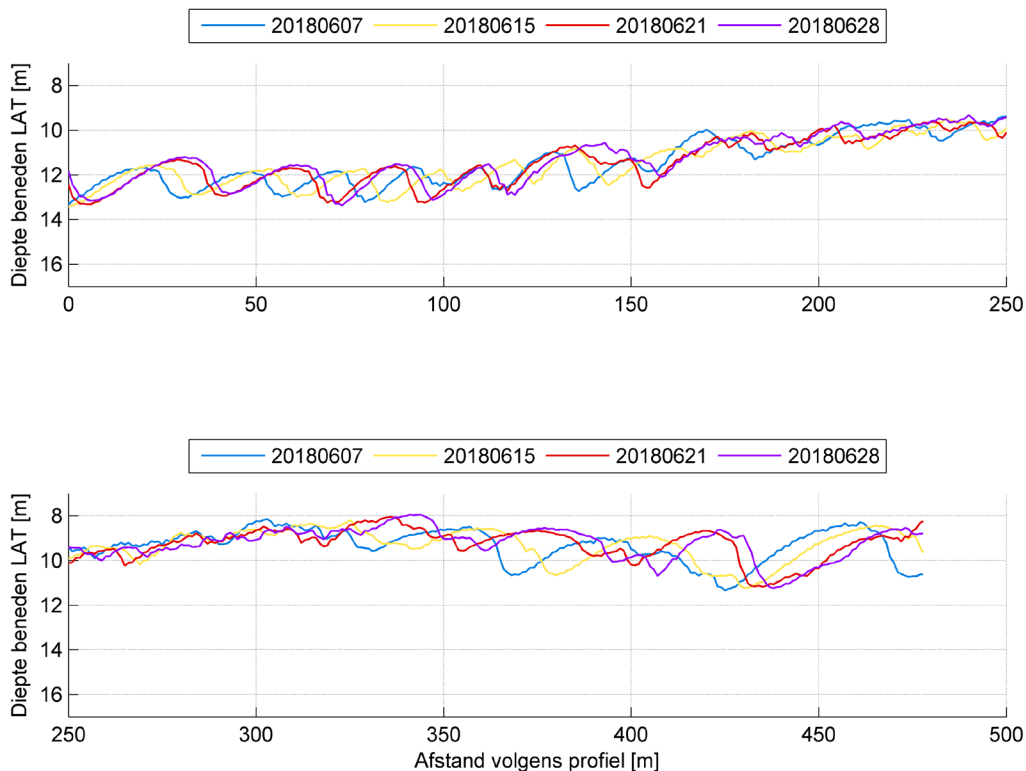
Figuur A 15 – Overzicht diepteligging bodem profiel 12



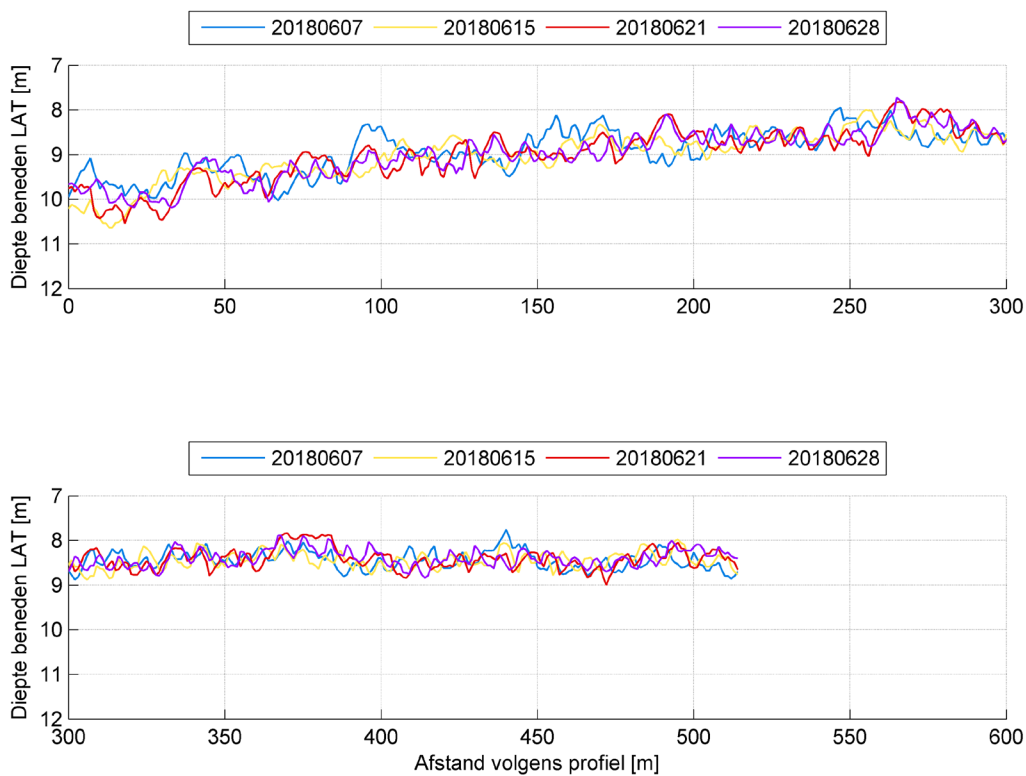
Figuur A 16 – Overzicht diepteligging bodem profiel 13



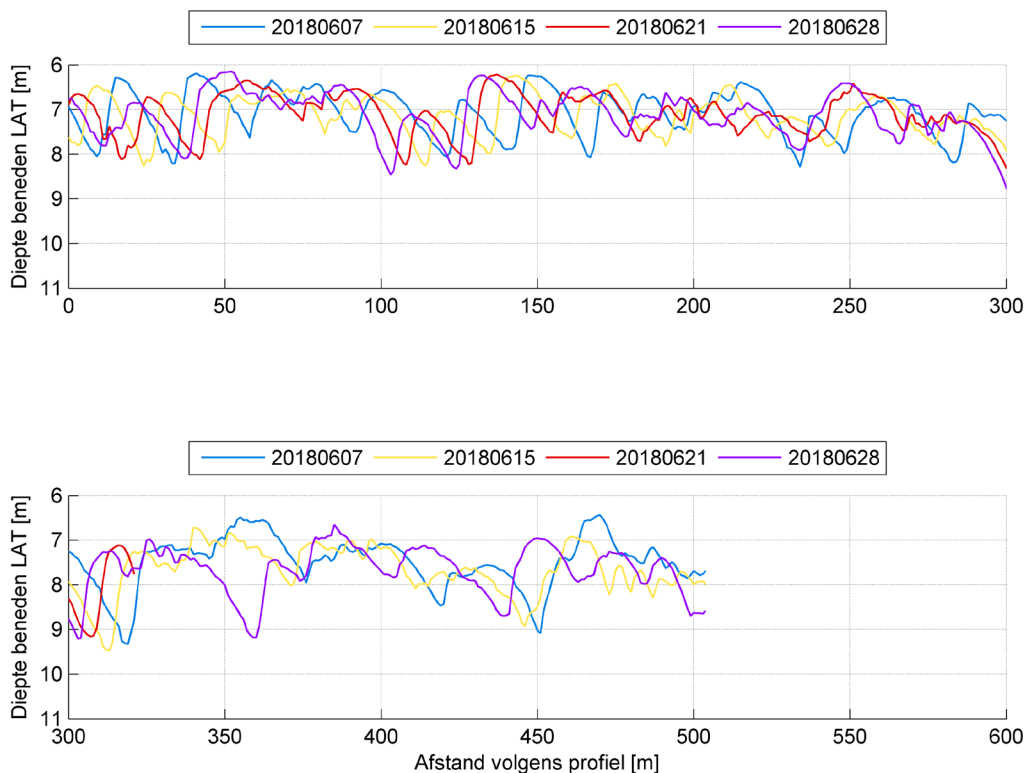
Figuur A 17 – Overzicht diepteligging bodem profiel 14



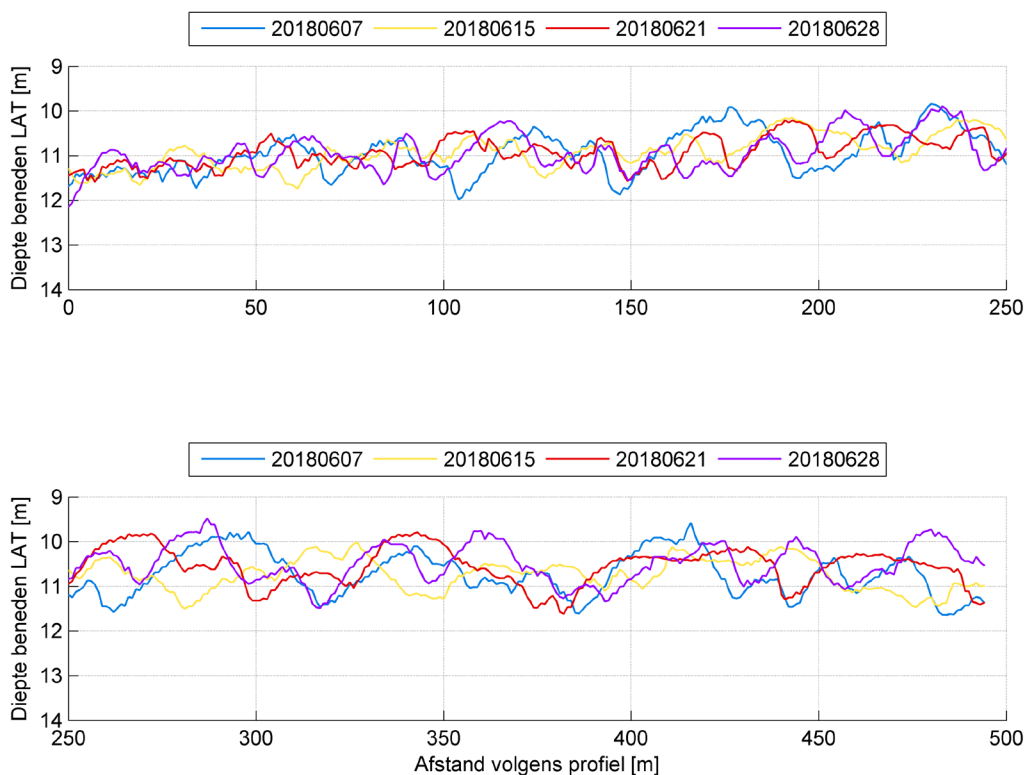
Figuur A 18 – Overzicht diepteligging bodem profiel 15



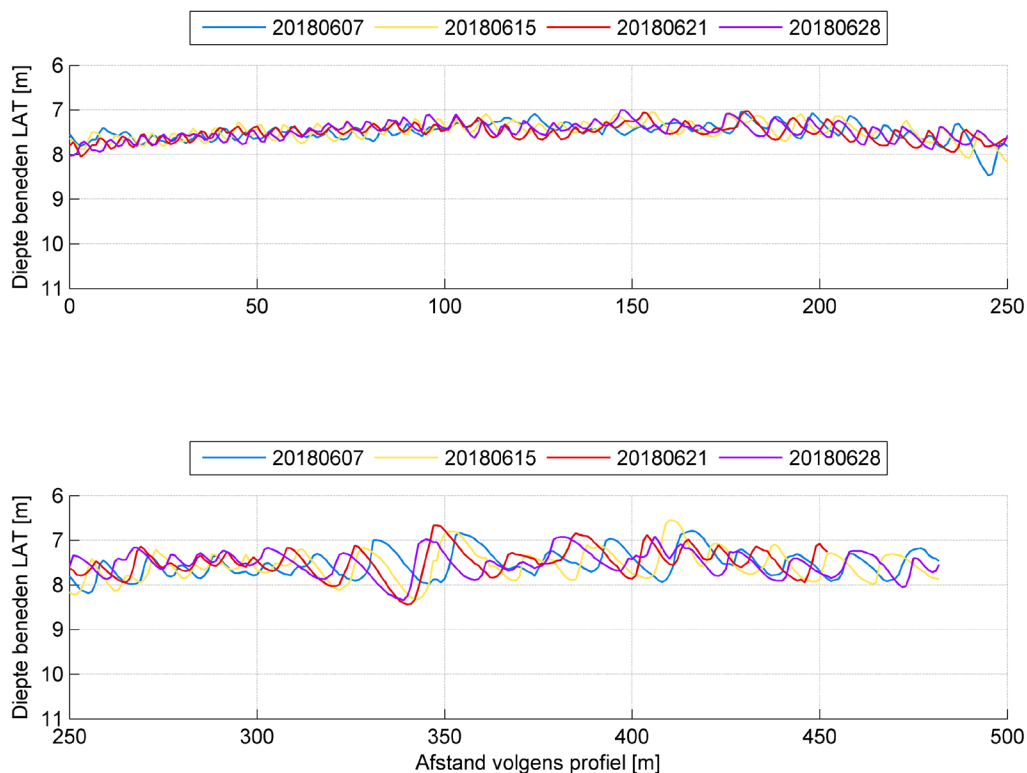
Figuur A 19 – Overzicht diepteligging bodem profiel 16



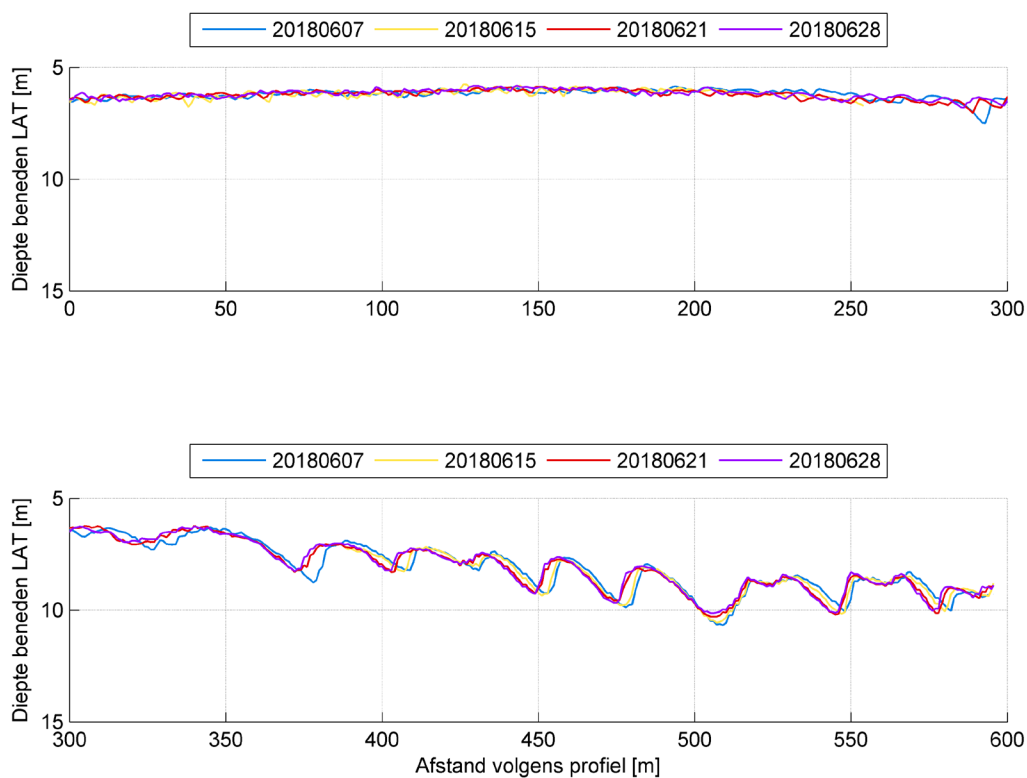
Figuur A 20 – Overzicht diepteligging bodem profiel 17



Figuur A 21 – Overzicht diepteligging bodem profiel 18



Figuur A 22 – Overzicht diepteligging bodem profiel 19



DEPARTEMENT **MOBILITEIT & OPENBARE WERKEN**
Waterbouwkundig Laboratorium

Berchemlei 115, 2140 Antwerpen

T +32 (0)3 224 60 35

F +32 (0)3 224 60 36

waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be

www.waterbouwkundiglaboratorium.be