

Memo

Aan
Rena Hoogland
Quirijn Lodder

Datum
3 oktober 2017

Kenmerk
11200538-004-ZKS-0004

Aantal pagina's
41

Van
Reinier Schrijvershof

Doorkiesnummer
+31(0)88335 7483

E-mail
reinier.schrijvershof@deltares.nl

Onderwerp
Evaluatie geulwandsuppletie Onrust

Samenvatting

In april en mei 2013 is er een geulwandsuppletie uitgevoerd voor de kust van Noord-Beveland (Onrustpolder) om te compenseren voor de structurele kusterosie als gevolg van de kustwaartse migratie van de geul Schaar van de Onrust. Aan de hand van de in- en uitpeilingen, JARKUS grids en profielen wordt in dit memo de aanleg en de morfologische ontwikkeling van de suppletie onderzocht. Het effect van de suppletie op de kusterosie wordt onderzocht aan de hand van de ontwikkeling van de kustindicatoren.

De analyses tonen dat de geulwandsuppletie niet alleen op de landwaartse geulwand gesuppleerd is, maar dat de geul voor een groot gedeelte opgevuld is. De geulwandsuppletie ligt sinds de aanleg zeer stabiel op zijn plek; er vindt nauwelijks erosie plaats. Dit is naar verwachting het gevolg van een afname van het getijdebiet door de geul heen, door de grote afname van het doorstroomoppervlak (tot ca. 50%), zoals in eerdere modelsimulaties (Van der Werf et al., 2010) ook is voorspeld.

De suppletie heeft er echter niet voor gezorgd dat de structurele landwaartse verplaatsing van de MKL veranderd is. Dit komt doordat er nog steeds erosie in het bovenste gedeelte van het kustprofiel (het strand) plaatsvindt. Deze erosie is vermoedelijk het gevolg van golfgedreven transport, waar de geulwandsuppletie weinig effect op heeft.

Inhoud

1 Inleiding	3
1.1 Achtergrond	3
1.2 Aanleiding voor de evaluatie	4
1.3 Doelstelling en onderzoeksvragen	5
1.4 Aanpak	5
1.5 Leeswijzer	5
2 Beschrijving van de suppletie	6
2.1 Systeembeschrijving en aanleiding voor de suppletie	6
2.2 Ontwerp	9
2.3 Aanleg	10
3 Ontwikkeling en effect van de geulwandsuppletie	13
3.1 Morfologische ontwikkeling en volumina	13
3.2 Detailontwikkeling aan de hand van profielen	15
3.3 Ontwikkeling kustindicatoren	18
4 Conclusies	23
5 Referenties	1
6 Appendices	2

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Dit memo is opgesteld binnen het project KPP-B&O Kust. De onderliggende studie is uitgevoerd in het kader van het onderdeel 'evaluatie suppleties'. Een algemene achtergrond van het kustbeleid en het project KPP-B&O Kust wordt hieronder gegeven.

Binnen het huidige kustbeleid wordt jaarlijks gemiddeld 12 miljoen m³ zand gesuppleerd om de kustlijn en het kustfundament op peil te houden. Hoeveel zand er precies nodig is en op welke plaatsen en tijdstippen het zand het best kan worden neergelegd, wordt gebaseerd op jaarlijkse toetsing van de kust. Bij deze toetsing worden kennis en eerdere onderzoeken uit de regio meegenomen. Het gaat hierbij om inzicht in de werking van het kuststelsel waarop mogelijk ingegrepen gaat worden en de verwachte effecten van de ingreep (suppletie). In de loop der jaren zijn hiervoor vele studies uitgevoerd en is er veel kennis over het kuststelsel ontwikkeld. Toch komen er voortdurend nieuwe vragen naar voren, bijvoorbeeld of zandsuppleties nog efficiënter en duurzaam kunnen worden uitgevoerd. Het project 'KPP Beheer en onderhoud van de Nederlandse kust (B&O Kust)' heeft tot doel om vragen over suppletieontwikkeling en -uitvoering te beantwoorden en de kennis over het kuststelsel uit te breiden en te verspreiden. In dit project werken Deltares en Rijkswaterstaat samen. Nieuwe inzichten die uit het onderzoek voortkomen, kunnen leiden tot aanpassingen aan uit te voeren suppleties.

Zandsuppleties worden aangebracht om zandtekorten aan te vullen en vinden doorgaans plaats in de kustnabije zone: op het strand, op de vooroever of op een geulwand. Aangenomen wordt dat door de natuurlijke dynamiek, het zand over het gehele kuststelsel wordt verdeeld, zodat ook de diepere zone en de duinen meegroeien en alle kustfuncties optimaal profiteren van het suppletiezand. Voor suppleties die afwijken van reguliere suppleties (bijvoorbeeld een afwijkend volume, een locatie waar nog weinig over bekend is of een afwijkend type suppletie), wordt door de Waterdienst een monitoringsprogramma opgesteld en uitgevoerd. Meestal gaat het hierbij om extra opnamen van de bodemligging. Op basis van deze (extra) opnamen worden evaluaties uitgevoerd om beter inzicht in het gedrag en de effectiviteit van een suppletie te verkrijgen. Deze kennis wordt vervolgens gebruikt bij het opstellen van nieuwe suppletieprogramma's en het informeren van de regio. De opgedane morfologische kennis dient ook als input voor de validatie van conceptuele en numerieke modellen.

In het volgende tekstkader staan studies die eveneens in het kader van het project KPP-B&O Kust worden uitgevoerd en een bijdrage leveren aan deze evaluatie of waaraan deze evaluatie juist een bijdrage levert.

Herverdeling (suppletie)zand

Het afgevoerde zand van een suppletie komt ten goede aan andere delen van het kuststelsel; we hebben te maken met een zogenaamd zanddelend systeem (nat en droog). Een structurele analyse van de herverdeling van het in de afgelopen decennia gesuppleerde zand wordt, aanvullend op bovengenoemde evaluatie van individuele suppleties. Deze analyse kan ons veel leren over de werking van het kuststelsel en de effecten van suppleren (cumulatief) hierop. Dit inzicht ondersteunt niet alleen het vaststellen van regionale effecten van suppleren, maar is ook nodig voor het optimaliseren van de suppletieuitvoering (keuze van locatie, volume en uitvoeringwijze) en het ontwikkelen van alternatieve suppletie strategieën.

Morfodynamiek eilandkoppen

De morfologische ontwikkeling van de geulen en ondiepten in zeegaten bepaalt in sterke mate de morfologische ontwikkeling van de aangrenzende (eiland)kusten. Er is een wezenlijke behoefte aan inzicht in de natuurlijke variatie in de morfologie van de eilanden over een periode van decennia. De relatie met ontwikkelingen in de zeegaten en op de buitendelta's moet daarbij meegenomen worden. Het huidige gebrek aan onderscheid tussen (langjarige) cyclische ontwikkelingen en structurele veranderingen leidt mogelijk tot inefficiënt beheer van de eilandkusten.

Beheerbibliotheek

Om een suppletieprogramma en strategie op te stellen voor een specifiek kustvak is een goed overzicht van de beschikbare kennis over het zanddelende systeem in dat specifieke kustvak en het omliggende kuststelsel nodig. Voor dat doel wordt per kustvak een Rijkswaterstaat beheerbibliotheek opgesteld. Deze bibliotheek beschrijft de toestand van het kustvak en omvat een samenvatting van morfologische, ecologische en socio-economische kennis die relevant is voor het vaststellen van de suppletie strategie. Deze kennis komt onder meer voort uit het project KPP-B&O Kust. Verder bevat een beheerbibliotheek een beschrijving van het uitgevoerde kust- en duinbeheer, met nadruk op de uitgevoerde suppleties, alsmede van de waargenomen effecten van dat beheer. Dit resulteert (op termijn) in een handreiking suppleren voor het betreffende kustvak.

1.2 Aanleiding voor de evaluatie

In april en mei 2013 is er een geulwandsuppletie aangelegd voor de kust van Noord-Beveland (Onrustpolder) om te compenseren voor het zandverlies dat hier optreedt door structurele erosie als gevolg van de kustwaartse migratie van de geul Schaar van de Onrust. De ontwikkeling van deze suppletie wordt in dit memo geëvalueerd om de effectiviteit van een dergelijke ingreep op de kusterosie te bepalen en zo het beleid voor toekomstig ingrijpen te ondersteunen.

1.3 Doelstelling en onderzoeksvragen

De doelstelling van het memo is: 'de morfologische ontwikkeling van de geulwandsuppletie inzichtelijk maken en onderzoeken wat het effect van de suppletie op de kusterosie is'. De onderzoeksvragen die hier uit volgen zijn:

1. Hoe heeft de geulwandsuppletie zich morfologisch ontwikkeld sinds de aanleg?
2. Wat is het effect van de geulwandsuppletie op de kusterosie?
3. Hoe verhoudt de geobserveerde morfologische ontwikkeling zich tot de verwachte ontwikkeling?

1.4 Aanpak

De onderzoeksvragen van de studie worden onderzocht door middel van analyse van gemeten data. De beschikbare meetgegevens hiervoor zijn bathymetrische en hoogtemetingen. Een overzicht van de beschikbare en gebruikte databronnen is weergegeven in Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Databronnen gebruikt voor de evaluatie.

Soort	Locatie	Datum opname	Opmerking
Peilingen aannemer (Jan de Nul)	Strand	12 en 14 maart 2013	Inpeiling (1x1m)
	Geul	16 maart 2013	Inpeiling (1x1m)
	Geul	26 augustus 2013	Uitpeiling (1x1m)
JARKUS profielen	Raainummers: 15000120 - 15000520	1980 t/m 2016	
JARKUS grids	Kaartblad: KB114_4544	2009 t/m 2016	Resolutie 20x20m
Verdichte JARKUS grids	Kaartblad: KB114_4544	Voorjaar 2016 Najaar 2016	Resolutie 5x5m

Aan de hand van bovengenoemde data wordt de morfologische ontwikkeling van de suppletie inzichtelijk gemaakt door middel van erosie-sedimentatiekaarten, migratiepatronen, profielontwikkeling en ontwikkeling van het volume van de suppletie. Ook is de ontwikkeling na aanleg van de suppletie van de volgende kustindicatoren onderzocht:

- Momentane Kustlijn (MKL);
- Gemiddeld hoogwater lijn (GHW) en gemiddeld laagwater lijn (GLW)
- Duinvoet (DF);
- Droge strandbreedte (BW);

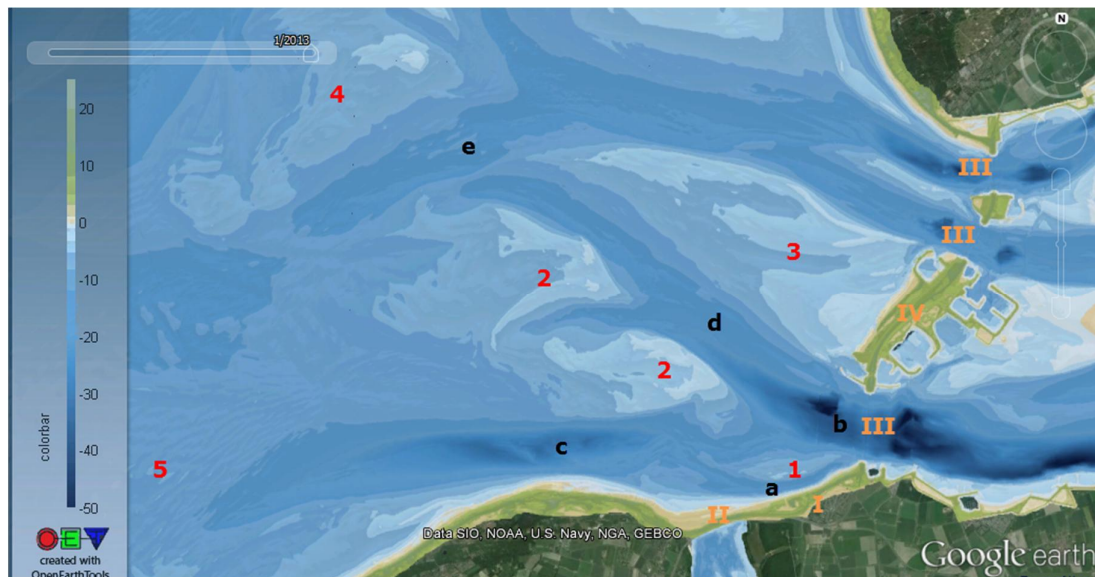
1.5 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 wordt er een beschrijving gegeven van het morfologisch systeem van Noord-Beveland, de aanleiding voor een geulwandsuppletie, het suppletieontwerp en de aanleg van de suppletie. In Hoofdstuk 3 wordt vervolgens aan de hand van de meetgegevens de morfologische ontwikkeling van de suppletie en de ontwikkeling van de kustindicatoren over de afgelopen jaren inzichtelijk gemaakt. Conclusies worden gegeven in Hoofdstuk 4.

2 Beschrijving van de suppletie

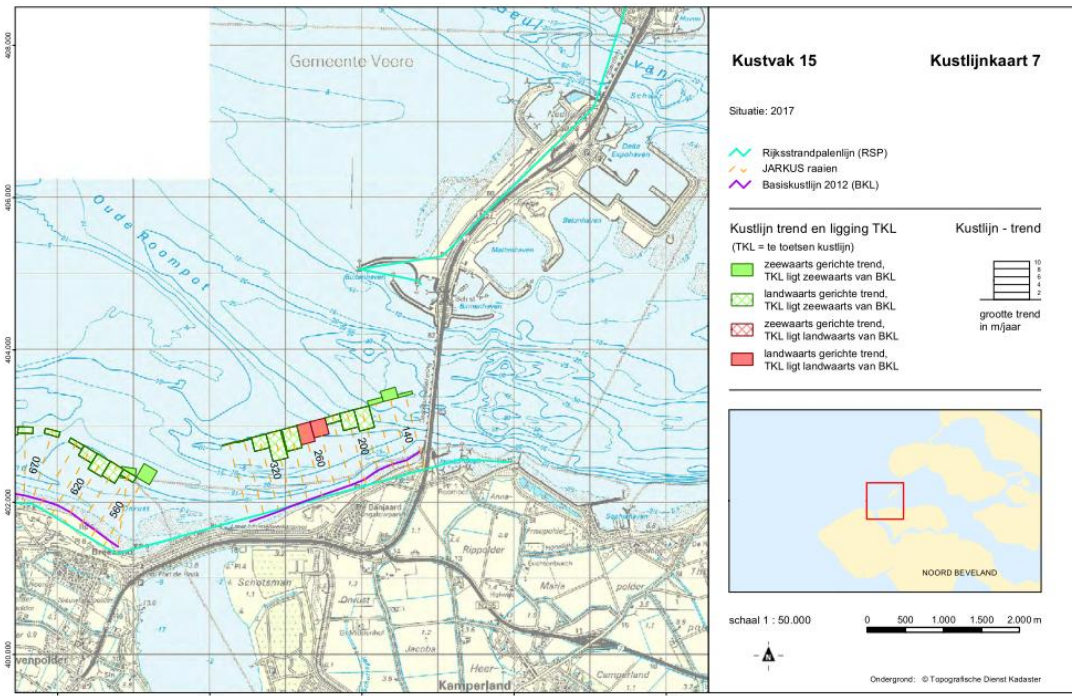
2.1 Systeembeschrijving en aanleiding voor de suppletie

De morfologie van de monding van de Oosterschelde is gekenmerkt door een afwisseling van getijgeulen, drempels en banken (zie Figuur 2.1). De morfologie van de monding is door de bouw van de deltawerken veranderd en deze past zich momenteel nog steeds aan. De afsluiting van het Veerse Meer in 1961 heeft er voor gezorgd dat er een zandplaat tegen de Veerseгатdam (II) is gevormd en dat de Schaar van de Onrust (a) zich heeft ontwikkeld tot een geul. De geul Schaar van de Onrust ligt ter plaatse van de Veerseгатdam ver van de kust maar ligt tegenwoordig aan de oostelijke kant dicht tegen de kust van Noord-Beveland aan. De Schaar van de Onrust migreert kustwaarts en dit heeft als gevolg dat er structurele erosie plaatsvindt langs ongeveer 100 meter (raai 220 - 2060) van de kust (Van der Werf et al. 2010).



Figuur 2.1 Relevante morfologische eenheden voor de kust van Noord-Beveland. Eilanden en dammen: I. Noord-Beveland, II. Veerseгатdam, III. Oosterscheldekering, IV. Neeltje Jans. Ondieptes: 1. Onrust, 2. Hompels, 3. Noordland, 4. Banjaard, 5. Domburger Rassen. Geulen: a. Schaar van de Onrust, b. Roompot, c. Zuidelijke Roompot, d. Oude Roompot, e. Westgat (Dijkstra en Vergouwen, 2015).

Voor het kustvak Noord-Beveland is er een BKL vastgesteld voor de JARKUS raaien 120 – 360 (Figuur 2.2). De raaien 380 – 520 worden niet getoetst omdat de Veerseгатdam hier de primaire waterkering is, er is hier dus geen BKL vastgesteld. De oostelijke raaien van Noord-Beveland (120 – 180) tonen een zeewaarts gerichte trend sinds de aanleg van de Oosterscheldekering. In de middenraaien (200 – 280) is er echter een landwaarts gerichte trend van de MKL (zie Figuur 2.2) en wordt de BKL veelvuldig overschreden. Om te compenseren voor het zandverlies als gevolg van de kusterosie zijn er in de afgelopen decennia veelvuldig strandsuppleties uitgevoerd tussen raai 120 – 360 (zie Dijkstra en Vergouwen (2015) voor een suppletieoverzicht).



Figuur 2.2 Kustvak Noord-Beveland van het kustlijkaartenboek 2017 met de locaties van de JARKUS-raaien (Rijkswaterstaat, 2016).

Kusterosie als gevolg van het landwaarts migreren van de Schaar van de Onrust is het duidelijkste waar te nemen in het centrale gedeelte van het kustvak (raai 260). De ontwikkeling van het kustprofiel ter plaatse van deze raai (Figuur 2.3) laat zien dat de geulwand in de periode 1980 - 2000 meer dan 100 meter landwaarts is verschoven. Sinds 2000 is deze ontwikkeling echter niet meer gaande en is de geulwand nauwelijks verder richting kust verplaatst.

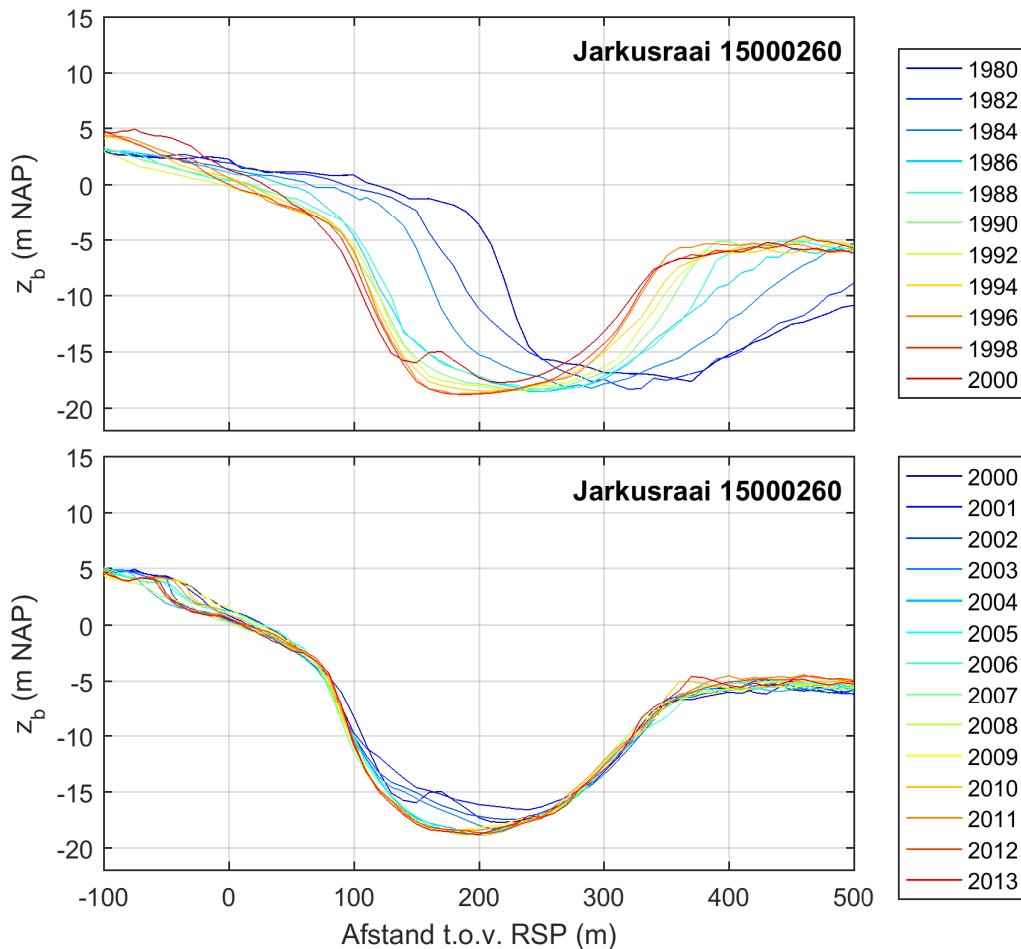
Er is geprobeerd om door middel van morfologisch baggeren de structurele erosie aan de kust van Noord-Beveland te beïnvloeden. Hierbij is in de Roompot-Hompels sinds de jaren '90 gebaggerd, met de bedoeling de (getij)stroom door de Schaar van de Onrust af te laten nemen en daarmee de erosie af te laten nemen. Dit zand is als strandsuppleties aangebracht in het kustvak Noord-Beveland. Voor deze suppleties is er dus geen zand toegevoegd dat van buiten het kustfundament is aangevoerd. Het morfologisch baggeren heeft echter niet geleid tot een structurele afvlakking van de landwaarts gerichte MKL trend (Van der Werf et al., 2010). Er is aan de hand van de evaluatie van het morfologisch baggeren geadviseerd om een geulwandsuppletie uit te voeren in de Schaar van de Onrust om de structurele erosie te bestrijden.

Ter ondersteuning van het ontwerp van de geulwandsuppletie heeft Van der Werf (2012) onderzocht welke processen verantwoordelijk zijn voor de kusterosie bij de Onrustpolder en wat het effect van een geulwandsuppletie is op de kusterosie, op de korte en middellange termijn. De erosie ter plaatse van de Onrustpolder wordt veroorzaakt door de grootschalige morfologische ontwikkeling van de buitendelta van de Oosterschelde maar wordt versterkt door lokale processen (zoals bochtstroming). Er is een hypothese opgesteld dat een

geulwandsuppletie in de Schaar van de Onrust twee mogelijke effecten kan hebben, op basis van de geulwandsuppleties bij Walcheren en Oost-Vlieland:

1. De suppletie fungeert als erosiebuffer; de eroderende processen worden vertraagd en dit heeft een positief effect op de MKL.
2. De suppletie blokkeert de stroming door de geul; er kan een nieuwe geul ontstaan en dit heeft een negatief effect op de MKL. Dit is niet het geval als er een andere, bestaande geul, de debietafname opvangt.

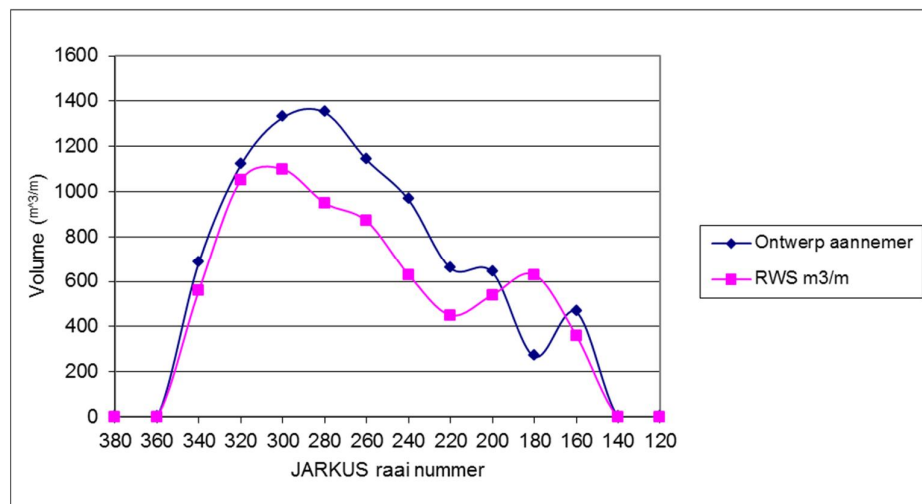
Het effect dat de geulwandsuppletie heeft op de kusterosie hangt voornamelijk af van de relatieve grootte (ten opzichte van de geul) van de suppletie



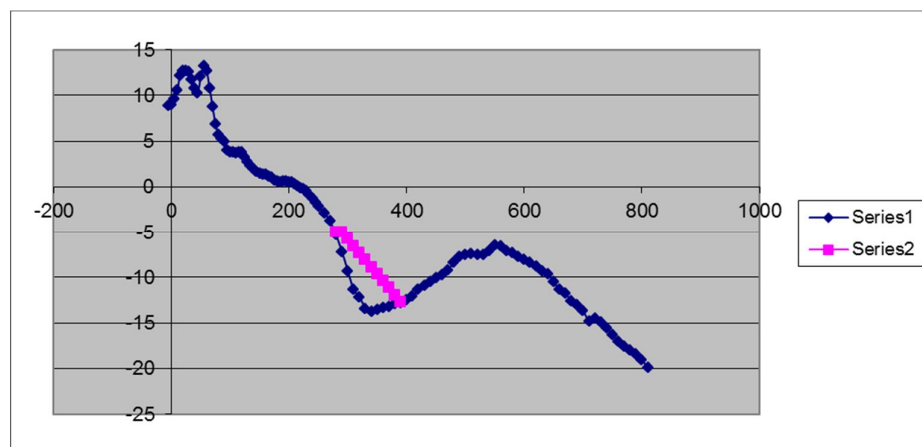
Figuur 2.3 Ontwikkeling van het kustprofiel bij JARKUS raai 260.

2.2 Ontwerp

Het ontwerp van de geulwandsuppletie in (volume per strekkende meter per raai vak) is weergegeven in Figuur 2.4. In deze figuur staat het ontwerp aangegeven zoals aangeleverd door Rijkswaterstaat en het door de aannemer gemaakte ontwerp. De suppletie is ontworpen tussen de raaien 140 tot en met 360 waarbij het grootste volume in raai 280 wordt aangebracht. Het te suppleren volume wordt beneden NAP -5 m aangebracht, met een verloop van het profiel van circa 1:13 (Figuur 2.5). De geulwandsuppletie heeft volgens de suppletiedatabase een volume van 1,5 miljoen m³, de strandsuppletie een volume van 0,36 miljoen m³. De ontwerp volumes van de aannemer liggen met respectievelijk 1,73 miljoen en 0,41 miljoen m³ een stuk hoger, waarschijnlijk om initieel sedimentverlies te compenseren.



Figuur 2.4 Ontwerp geulwandsuppletie (in m³/m). Figuur aangepast van Rijkswaterstaat (2013).

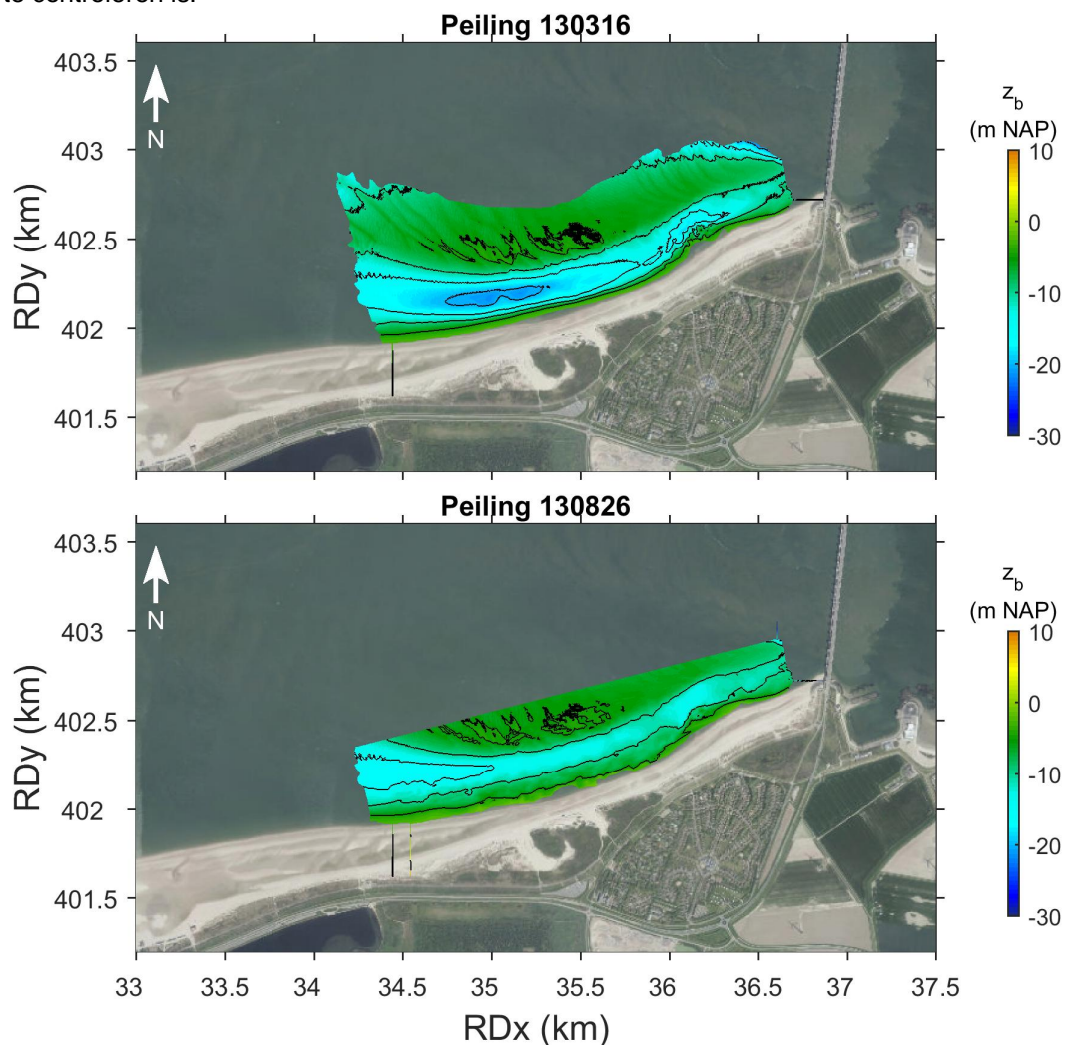


Figuur 2.5 Indicatief ontwerp van de suppletie voor het profiel van JARKUS-raai 160 uit 2012 (uit: Rijkswaterstaat, 2013).

2.3 Aanleg

De geulwandsuppletie is in april en mei 2013 aangelegd in de raaivakken 160 – 340. De strandsuppletie (0,41 miljoen m³) is in dezelfde periode binnen dezelfde raaivakken aangelegd. De in- en uitpeilingen van het gebied rondom de geulwandsuppletie zijn weergegeven in Figuur 2.6 (zie ook Tabel 1.1). Het verschil van deze twee peilingen (Figuur 2.7) geeft duidelijk de ligging van de suppletie weer. De verschilkaart geeft ook de ligging van de JARKUS raaien ten opzichte van de geulwandsuppletie.

Het totale volumeverschil tussen de twee peilingen is 1.851.895 m³ (1,85 miljoen m³). Het volumeverschil tussen de twee peilingen wijkt af van het ontwerpvolume (1,73 miljoen m³). Vermoedelijk komt dit voornamelijk doordat er meer gesuppleerd is dan het ontwerpvolume. Daarnaast beslaan de peilingen een groter gebied dan enkel de suppletie en is er een periode van ongeveer zes maanden tussen de inpeiling en de uitpeiling. Er kan in deze periode sedimentatie in de geul zijn opgetreden doordat, bijvoorbeeld, zand van de strandsuppletie verplaatst is richting geul. Van het strand is alleen een inpeiling beschikbaar, waardoor dit niet te controleren is.

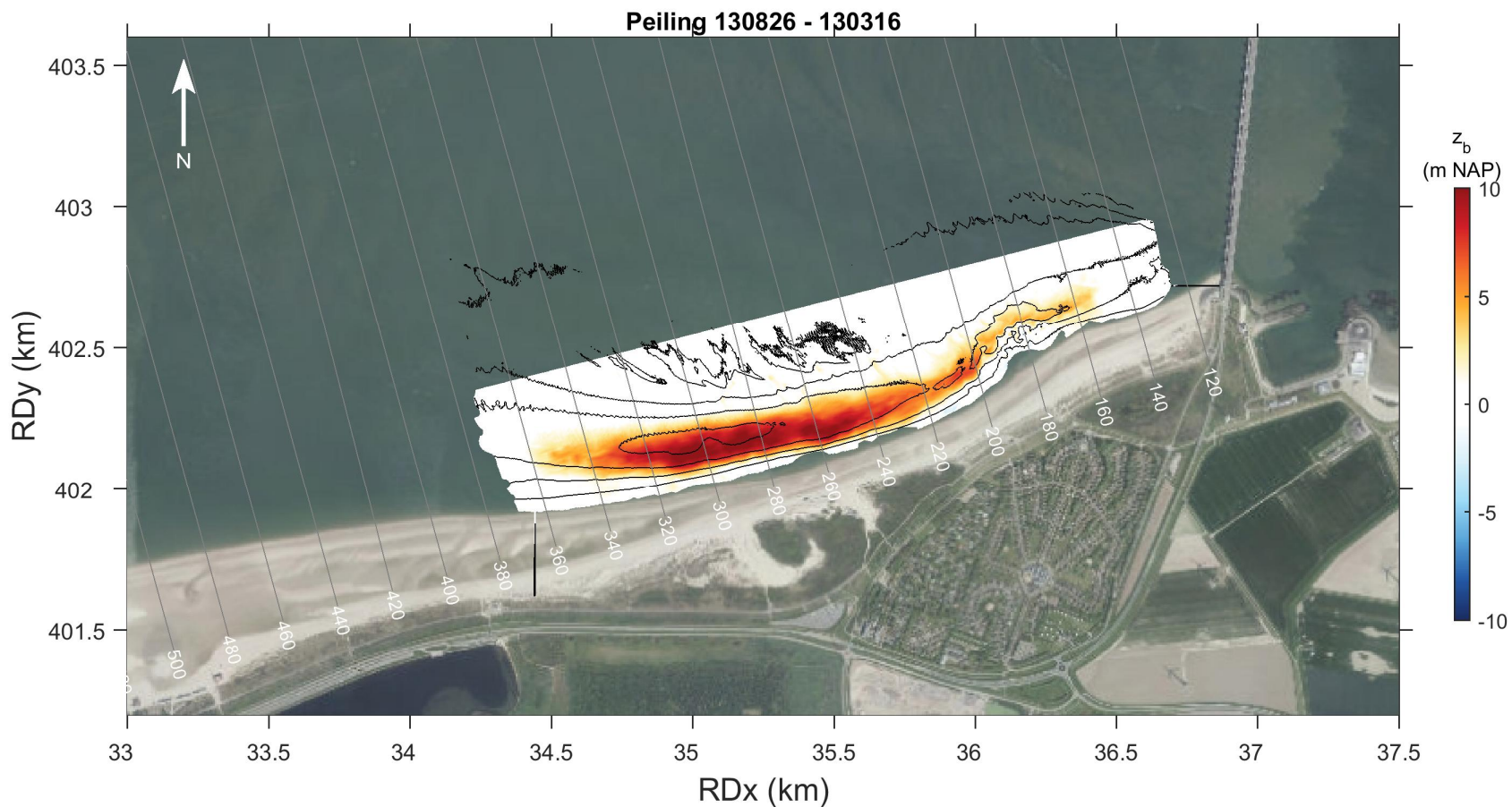


Figuur 2.6 Bathymetrische opnamen van de in- (boven) en uitpeiling (onder). Contouren per 5 meter interval.

Datum
4 september 2017

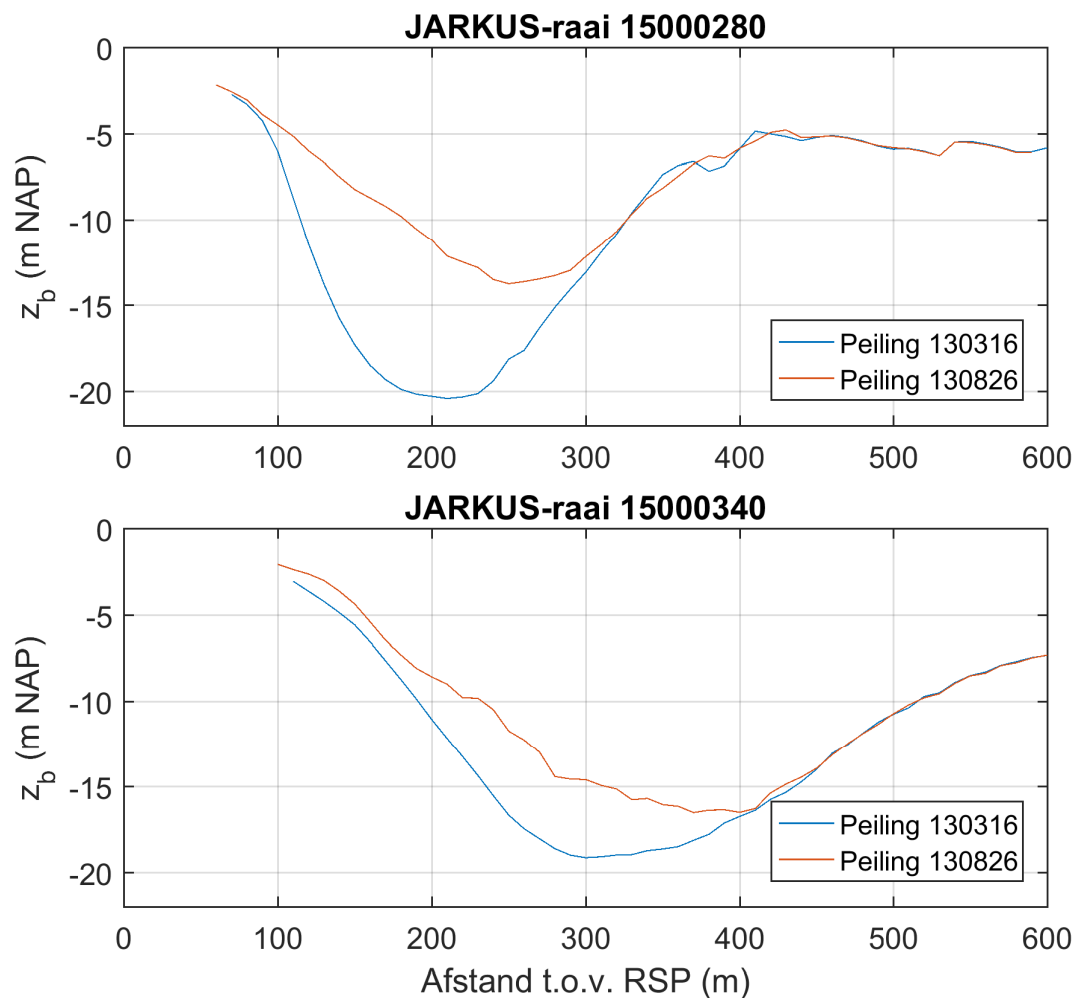
Ons kenmerk
1230043-000-ZKS-0007

Pagina
11/41



Figuur 2.7 Vershilkaart van de in- en uitpeiling. Zwarte contourlijnen geven de bathymetrische situatie van de inpeiling weer, grijze lijnen geven de ligging van de JARKUS raaien.

In Figuur 2.8 zijn twee profielen getoond welke gemaakt zijn door de data van de in- en uitpeiling te interpoleren naar de ligging van de JARKUS raaien (Figuur 2.7). Aan de hand van de profielen is de aanleg en de vorm van de geulwandsuppletie duidelijk te zien. Het centrale gedeelte van de suppletie (raai 280) is zo aangelegd dat de helling van het kustprofiel is afgenomen van ongeveer 1:7 tot ongeveer 1:15. De geulwandsuppletie is daarbij niet alleen tegen de landwaartse (zuidelijke) geulwand neergelegd maar ook voor een gedeelte tegen de zeewaartse (noordelijke) geulwand. De geul is door de manier waarop de suppletie is aangebracht voor een groot gedeelte opgevuld (geulopvulling). Door de opvulling is het doorstroomoppervlak van de geul dan ook aanzienlijk verminderd. Ter plaatse van raai 280 is het doorstroomoppervlak afgenomen van $\sim 3000 \text{ m}^2$ naar $\sim 1600 \text{ m}^2$ onder NAP -5 m (indicatie op basis van de diepte en breedte van de geul), een afname van bijna 50%.

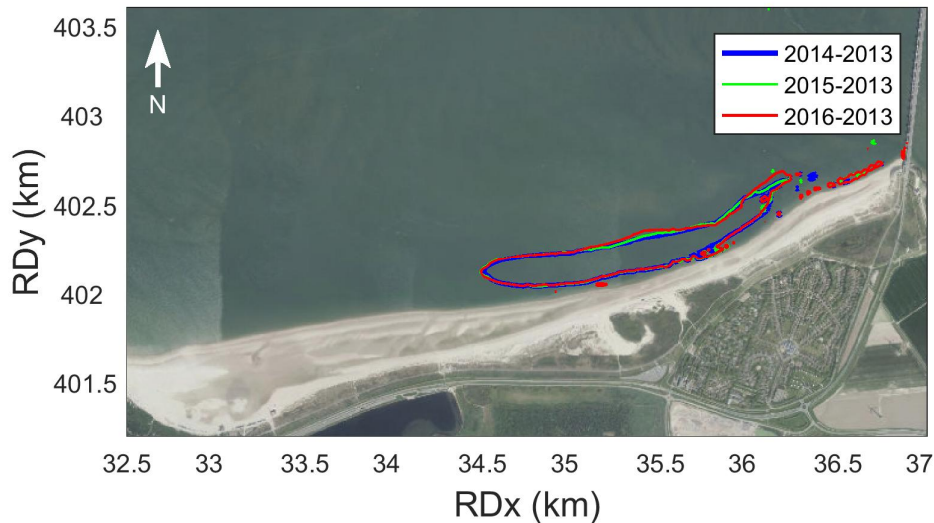


Figuur 2.8 Geïnterpoleerde profielen op de locaties van de JARKUS raaien aan de hand van de in- en uitpeilingen.

3 Ontwikkeling en effect van de geulwandsuppletie

3.1 Morfologische ontwikkeling en volumina

De gebruikte JARKUS-grid bathymetrische opnamen zijn voor de jaren 2013 tot en met 2016 weergegeven in Appendix A. De verschilkaarten tussen de opname van 2013 en de daaropvolgende jaren zijn weergegeven in Appendix B. Aan de hand van deze verschilkaarten zijn contouren bepaald die de 2,5 m verschilbodem aangeven. Deze contouren zijn weergegeven in Figuur 3.1 en geven daarmee de ligging van het gesuppleerde sediment weer. Het is aan de hand van deze figuur goed te zien dat de verschilcontourlijnen niet veel zijn verplaatst in de drie jaar naar aanleg van de suppletie. Dit geeft aan dat de suppletie in zijn geheel niet veel verplaatst is en dus vrij stabiel op zijn plek ligt.

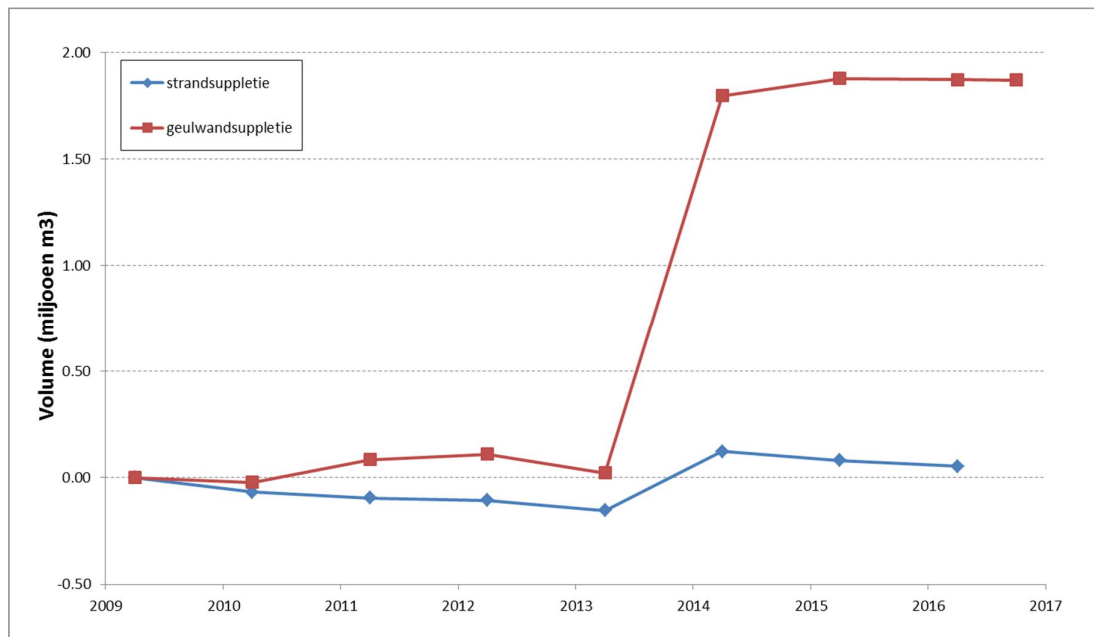


Figuur 3.1 Vier meter verschilcontour van de bathymetrische opname van 2014 met opeenvolgende jaren.

De ontwikkeling van het volume van de geulwandsuppletie en de strandsuppletie is berekend ten opzichte van referentiejaar 2009, aan de hand van de JARKUS grids en de verdichte JARKUS grids (zie Tabel 1.1). De volumina zijn berekend met behulp van polygonen die een gebied omsluiten dat de aanleglocatie van de geulwand- en strandsuppletie omsluit. De polygonen zijn bepaald aan de hand van de verschilkaart van de in- en uitpeilingen (Figuur 2.7) en de hoogtelijncontouren van de JARKUS grid bathymetrische opname van 2013. De polygonen zijn weergegeven op de verschilkaarten in Appendix B. De ontwikkeling van het volume is weergegeven in Figuur 3.2.

De volume-ontwikkeling van het gebied van de strandsuppletie laat duidelijk de structurele erosie van het strand zien van 2009 tot 2013. De afname is ongeveer 40.000 m³/jaar. In 2013 neemt het volume toe met ~0.4 miljoen m³ als gevolg van de strandsuppletie. De trend in volume-afname zet in de periode na de aanleg van de strandsuppletie (2014 – 2016) weer door met eenzelfde grootte. Structurele erosie van het strand lijkt dus niet afgenomen te zijn door de aanleg van de geulwand- en strandsuppletie.

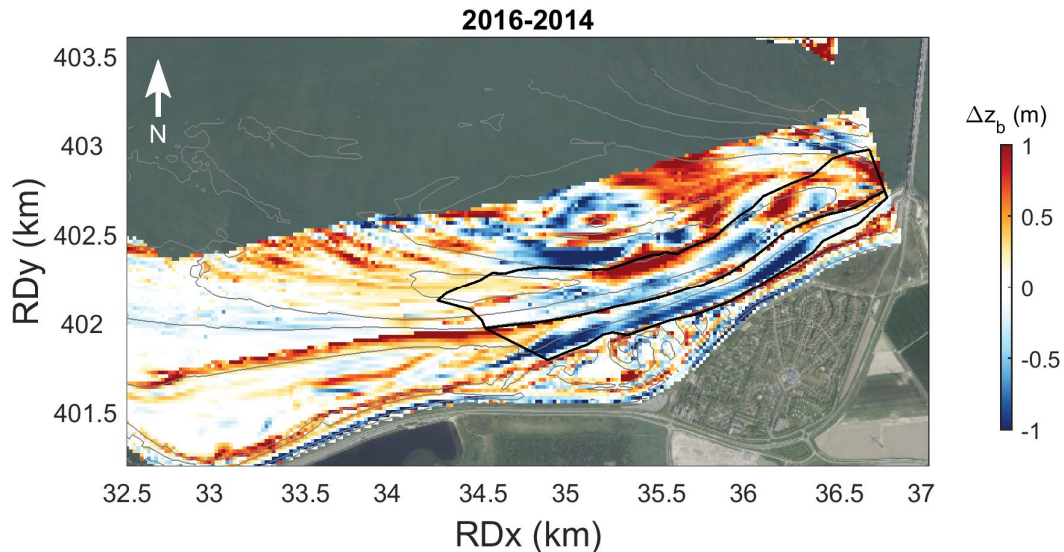
De volume-ontwikkeling binnen de polygoon van de geulwandsuppletie vertoont enige schommelingen in de periode voorafgaand aan de geulwandsuppletie. De aanleg van de geulwandsuppletie is duidelijk te zien in de toename van het volume met ~1,8 miljoen m³. Na de aanleg is er een kleine volumetoename van ongeveer ~80.000 m³. Deze toename kan gedeeltelijk verklaard worden door aanvoer van zand afkomstig van de strandsuppletie, maar er moet ook sediment van een andere locatie zijn aangevoerd. In de periode 2015 – 2016 is er vervolgens nauwelijks verandering in het volume. De geulwandsuppletie is stabiel (i.e. nauwelijks erosie).



Figuur 3.2 Volume-ontwikkeling van de suppletie binnen de groene polygoon in Appendix B.

Om een ruimtelijk beeld te geven van de ontwikkeling in de periode na de aanleg van de geulwandsuppletie is er in Figuur 3.3 een verschilkaart getoond, welke de bodemveranderingen weergeeft die zijn opgetreden sinds de suppletie is aangelegd. Het sediment van de suppletie dat is verplaatst lijkt zich richting Oosterscheldekering en de Roompot te verplaatsen. De verplaatsing van sediment noordoostwaarts is te verwachten gezien het vloeddominante karakter van de geul. Ten noordoosten van de ondiepte de Onrust vindt sedimentatie plaats. Het is echter aan de hand van deze figuren niet op te maken of dit een gevolg is van de aangelegde suppletie.

Een ontwikkeling die waarschijnlijk wel te koppelen is aan de aanleg van de suppletie is de erosie ten noorden van de suppletie, aan de zuidelijke oever van de ondiepte Onrust. De aanleg van de suppletie heeft er voor gezorgd dat het doorstroomoppervlak verkleind is (Figuur 2.8). Hoewel het waarschijnlijk is dat het debiet door de geul is afgenomen (en in de Roompot-Hompels is toegenomen) zullen de stroomsnelheden ook toegenomen zijn. Er vindt oevererosie plaats van de ondiepte Onrust om te compenseren voor het afgenomen doorstroomoppervlak. Tussen de suppletie en de eroderende zuidelijke oever van de Onrust is sedimentatie te zien, dit zal het gevolg zijn van de oevererosie. Aan de hand van profielontwikkeling worden deze ontwikkelingen in detail bekeken.



Figuur 3.3 Verschilkaart van de JARKUS-grid opnamen van 2016 en 2014.

3.2 Detailontwikkeling aan de hand van profielen

In Figuur 3.4 is de profielontwikkeling weergegeven voor drie karakteristieke JARKUS raaien welke net ten oosten, het midden en de westelijke kant van de suppletie gelegen zijn (zie Figuur 2.7 voor de ligging van de JARKUS raaien ten opzichte van de suppletie). Een overzicht van alle getoetste JARKUS profielen van het kustvak Noord-Beveland zijn voor dezelfde periode (2013 t/m 2016) weergegeven in Appendix C. De volgende alinea's beschrijven de ontwikkelingen van de JARKUS profielen van oost (raai 210) naar west (raai 360). In Figuur 3.4 zijn de beschreven ontwikkelingen inzichtelijk gemaakt aan de hand van de drie karakteristieke JARKUS raaien.

De profielontwikkeling van de meest oostelijke raaien (raai 120 en 140) laat zien dat er sedimentatie in de geul is opgetreden vanaf 2013. Er is ter plaatse van deze raaien niet gesuppleerd (duidelijk te zien in de verschilkaart tussen de uit- en inpeiling; Figuur 2.7). De dominante vloedstroom in de Schaar van de Onrust heeft het zand richting de Oosterscheldekering verplaatst en als gevolg hiervan is het diepste gedeelte opgevuld. Daarnaast is ook de geulwand (onder NAP 0 m) in zijn geheel ongeveer 30 meter in zeewaartse richting uitgebouwd.

In de raaien van het midden van het kustvak (180 - 280) is de aanleg van de geulwandsuppletie duidelijk te onderscheiden. Het is vanaf raai 220 aan de profielontwikkeling te zien dat er ter plaatse van de landwaartse geulwand vervolgens erosie optreedt. Er vindt dus wel enige erosie van de geulwandsuppletie plaats maar dit is minimaal (overeenkomstig met de ontwikkelingen waargenomen in Paragraaf 3.1). Aan de zeewaartse geulwand vindt er juist vrij veel sedimentatie plaats (tot enkele meters toename in bodemhoogte). Dit sediment lijkt voornamelijk aangevoerd te worden door de erosie van de oever van de Onrust (raai 240 t/m 300), en betreft dus lokale herverdeling van zand. Als gevolg van de aanleg van geulwandsuppletie treedt er verflauwing op van het profiel aan de landwaartse zijde van de geul. De verflauwing van het profiel is vermoedelijk de aanpassing naar een nieuw evenwicht van een geul met een kleiner getijdgebiet.



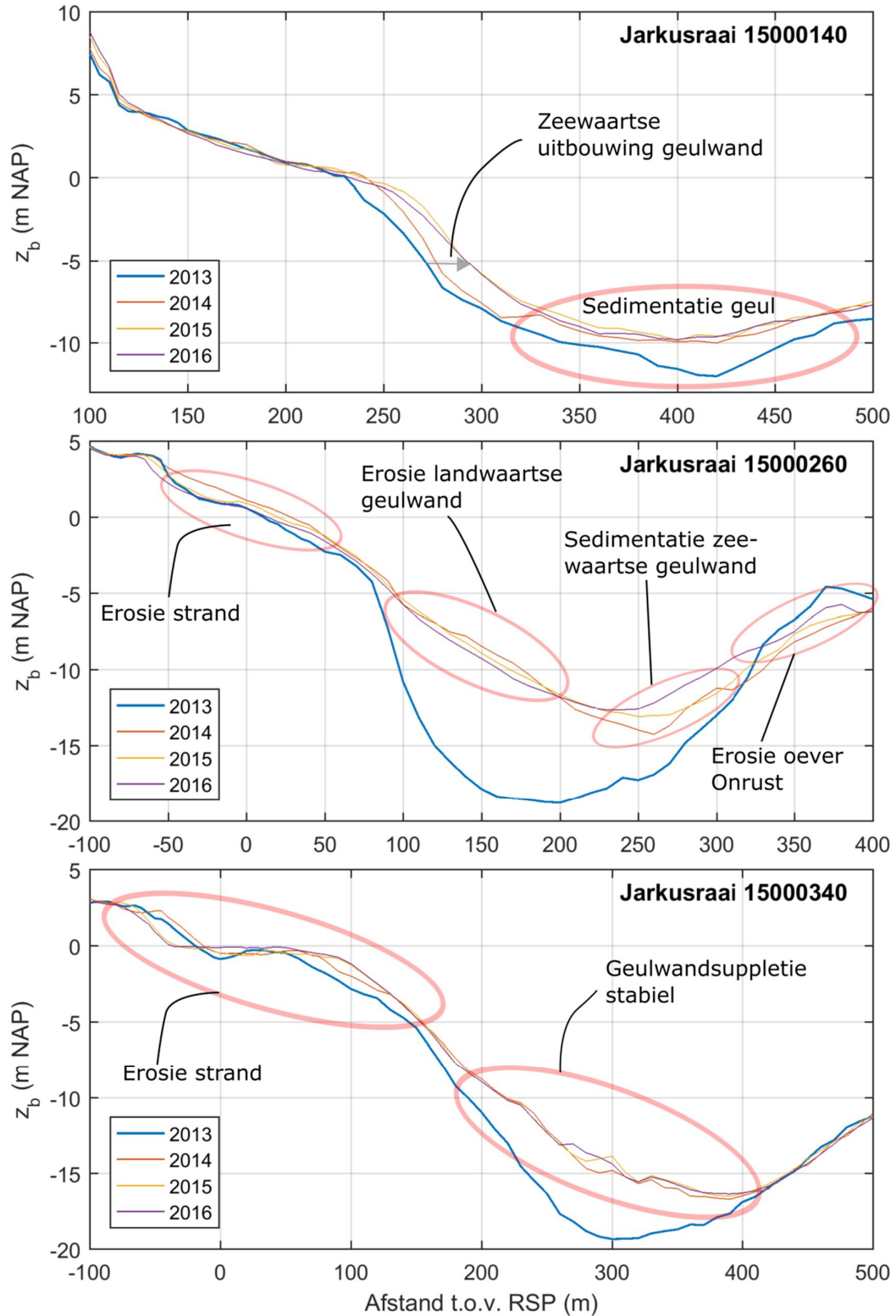
Datum
4 september 2017

Ons kenmerk
1230043-000-ZKS-0007

Pagina
16/41

De aangelegde strandsuppletie is in de profielen van raai 180 tot en met 300 te zien als een ophoging van het profiel tussen ongeveer NAP -2 m en NAP +4 m. In 2016 is het hoger gelegen gedeelte van het strand (boven NAP 0 m) weer geërodeerd en ligt het profiel ongeveer gelijk met dat voorafgaand aan de strandsuppletie. De strandsuppletie is hier dus nagenoeg geheel geërodeerd in de periode 2014 – 2016. Het geërodeerde sediment draagt vermoedelijk bij aan het opvullen van de Schaar van de Onrust, en zal deels met de getijstroom verder weg (richting het oosten) worden getransporteerd.

De raaien 320 t/m 360 tonen dat het westelijke gedeelte van de geulwandsuppletie nauwelijks is veranderd sinds aanleg. De erosie aan landwaartse zijde en sedimentatie aan zeewaartse zijde die te zien is ter plaatse van de centrale raaien is hier niet waar te nemen. Het strand erodeert wel aan de westelijke kant van het kustvak, vergelijkbaar met de raaien in het midden. Er ontstaat een klein klif tussen ongeveer NAP 0 m en NAP +3 m, een ontwikkeling die karakteristiek is voor golfgedreven transport. Ter plaatse van raai 360 is er geen strandsuppletie aangebracht, de profielontwikkeling toont wel dat het strand hier sinds 2013 terugtreedt.

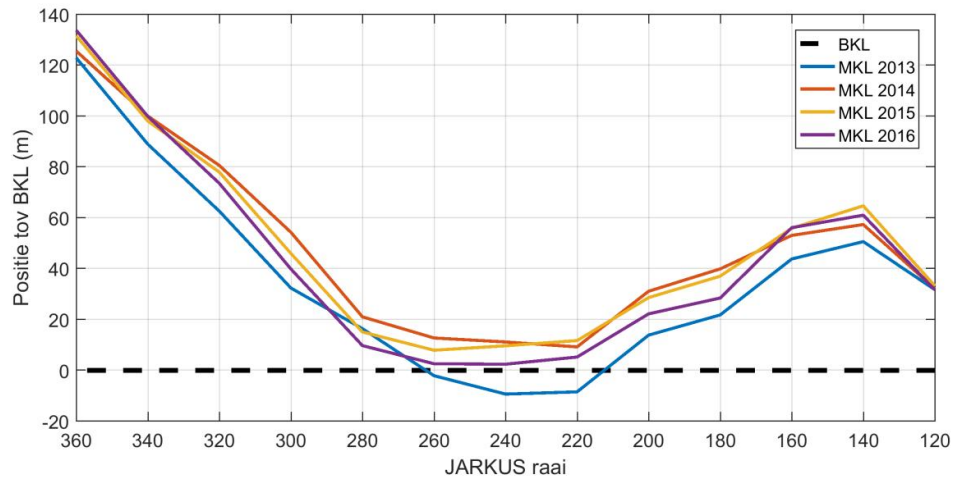


Figuur 3.4

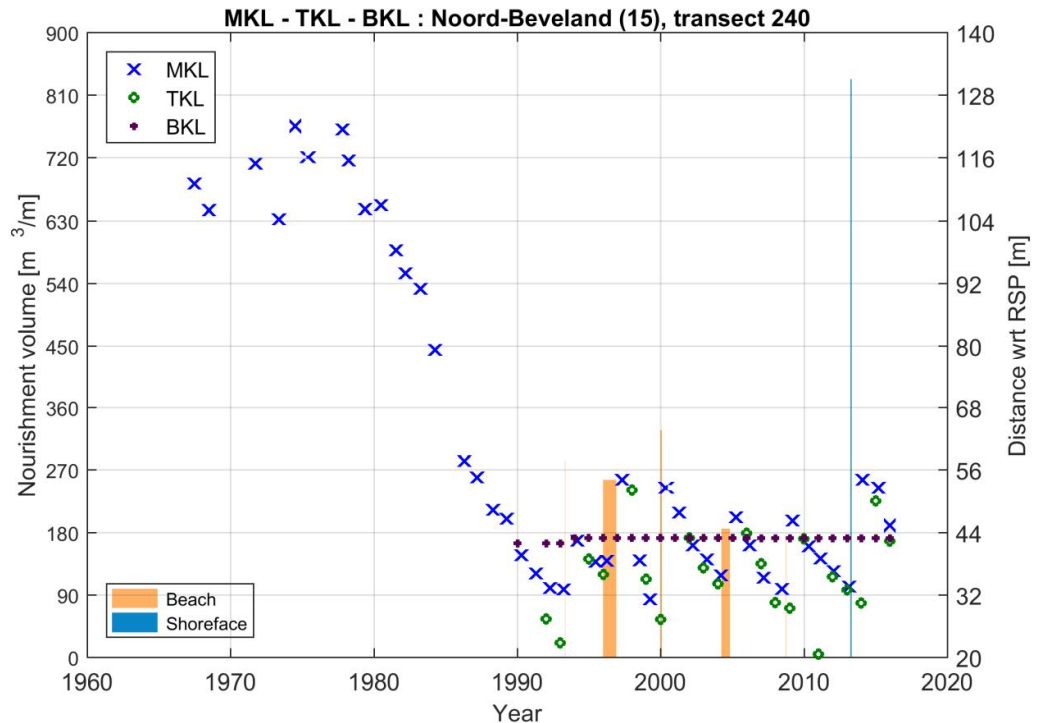
Ontwikkeling van het kustprofiel van 2013 tot en met 2016 voor drie karakteristieke raaien.

3.3 Ontwikkeling kustindicatoren

Een overzicht van de ontwikkeling van de MKL voor het gehele kustvak Noord-Beveland is weergegeven in Figuur 3.5, van 2013 tot en met 2016. Als aanvulling op Figuur 3.5 is de ontwikkeling van de kustindicatoren voor raai 240 weergegeven in Figuur 3.6 en voor alle getoetste raaien van het kustvak Noord-Beveland individueel opgenomen in Appendix D.



Figuur 3.5 Positie van de MKL ten opzichte van de BKL voor het kustvak Noord-Beveland voor de jaren 2012 tot en met 2016.



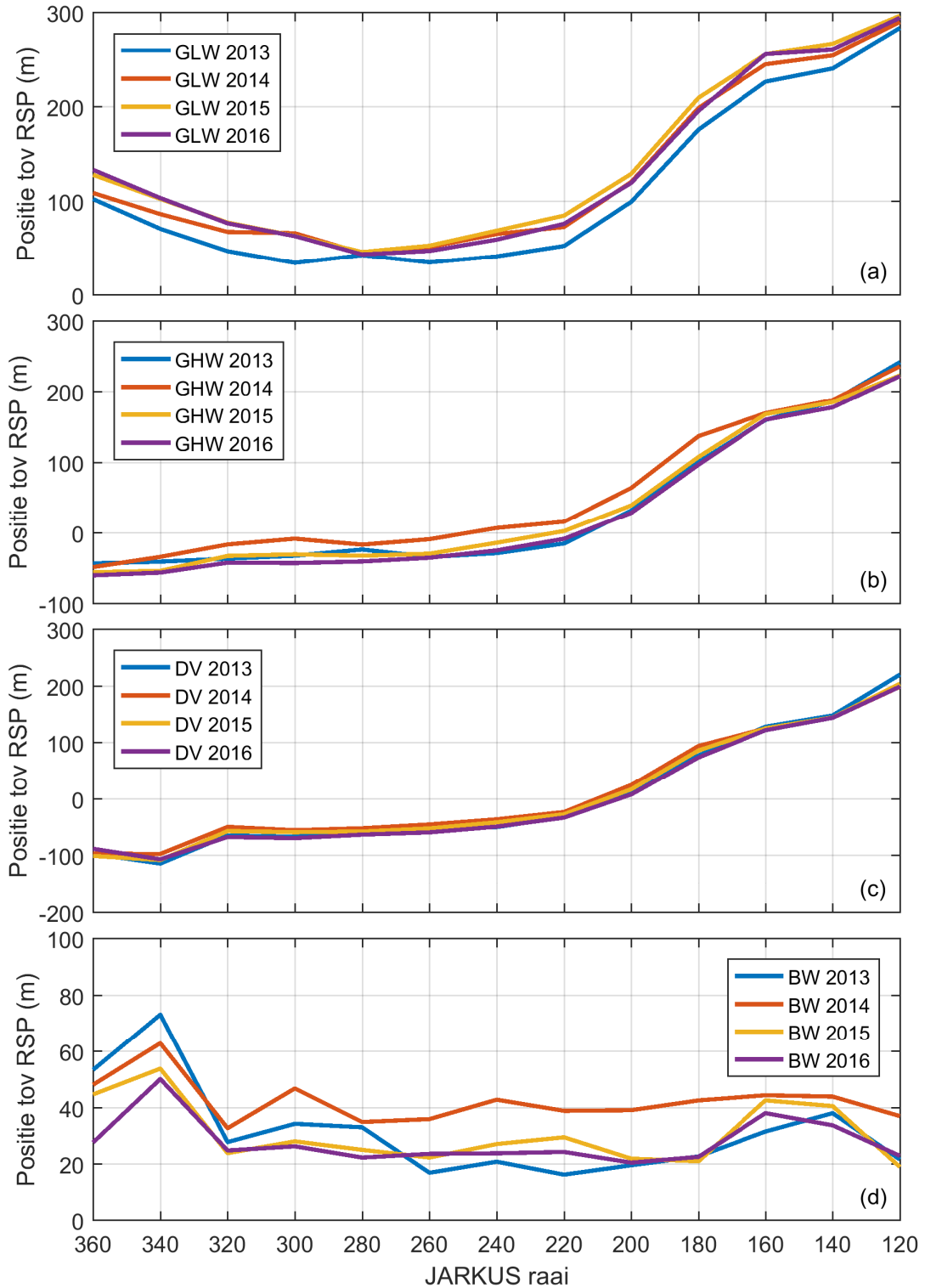
Figuur 3.6 Kustindicatoren voor raai 240 van het kustvak Noord-Beveland.

Figuur 3.5 toont dat sinds de aanleg van de geulwand- en strandsuppletie de MKL langs het gehele kustvak zeewaarts is verschoven (maximaal ongeveer 20 meter). Na de aanleg is er echter voor de raaien 180 tot en met 320 een landwaarts gerichte trend van de MKL (zie ook Appendix D). Voor de JARKUS raaien 240 en 260 ligt de MKL in 2016 net zeewaarts van de BKL en is er een TKL overschrijding van de BKL (Figuur 3.6). Deze overschrijding is ook aangegeven in de kustlijnkaart van het kustlijnkaartenboek 2017 (Figuur 2.2).

In Figuur 3.6 is goed te zien dat de strandsuppleties die in de laatste twee decennia zijn uitgevoerd de MKL zeewaarts verschuiven maar de landwaarts gerichte trend na iedere suppletie onverminderd doorzet (het zaagtandpatroon). Ook na de suppleties van 2013 is de landwaarts gerichte MKL trend onverminderd doorgezet, ondanks de aanwezigheid van de geulwandsuppletie. De landwaarts gerichte trend wordt echter veroorzaakt door de doorgaande erosie van het strand (tussen NAP -2 m en NAP +4 m; Figuur 3.4). Het zand van de geulwandsuppletie is aangebracht beneden NAP -5 m en ligt buiten de BKL rekenschijf.

De positie de Gemiddeld Laagwaterlijn (GLW), Gemiddelde Hoogwaterlijn (GHW), de Duinvoet (DV) en de (droge) strandbreedte vanaf de GHW lijn (BW) geven verder inzicht in hoe de kust is ontwikkeld sinds de aanleg van de suppleties. Deze indicatoren zijn kustlangs weergegeven in De positie van de duinvoet is nauwelijks veranderd sinds de aanleg van de suppleties. Het strand van de strandsuppletie is geërodeerd en voornamelijk richting geul verplaatst. Het heeft dus niet bijgedragen aan de ontwikkeling van het duinvolume.

De droge strandbreedte is toegenomen langs alle raaien waar de strandsuppletie is uitgevoerd. Vanaf 2014 neemt de strandbreedte voor alle raaien echter ook weer af. Aangezien de positie van de duinvoet nauwelijks is verplaatst is dit het gevolg van het landwaarts verschuiven van de GHW lijn. Ter plaatse van de raaien 340 en 360 (waar geen strandsuppletie is uitgevoerd) is de droge strandbreedte sinds 2013 continue afgenomen.



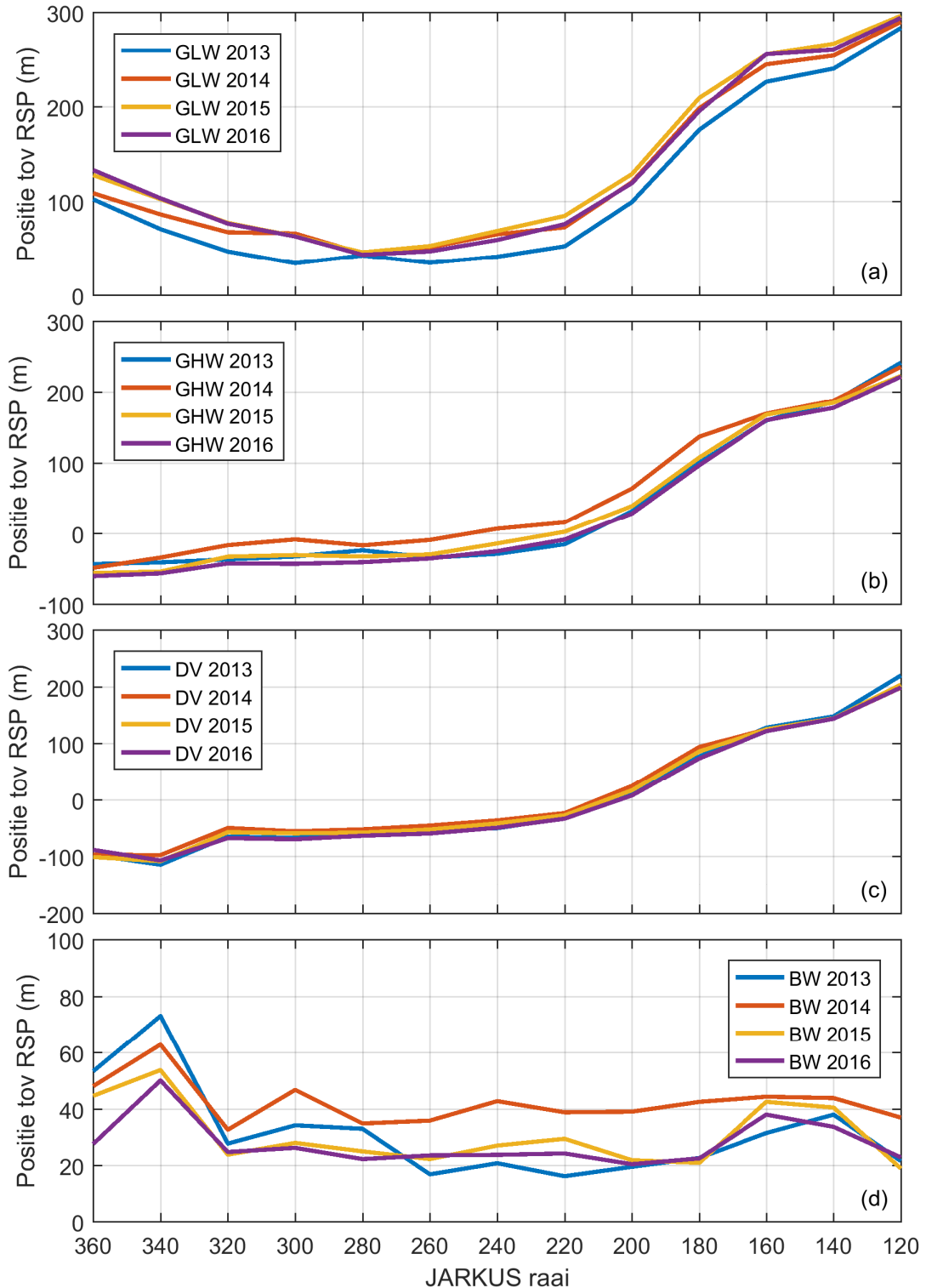
Figuur 3.7 voor de periode 2013 – 2016.



Het figuur toont dat de GLW lijn als gevolg van de strandsuppletie in 2013 langs alle raaien zeewaarts verschoven is. Ook in de periode na de aanleg van de suppletie is er nog een kleine zeewaartse verplaatsing waar te nemen. De GHW lijn is door de suppletie ook zeewaarts verplaatst, maar daarna juist langs het gehele kustvak landwaarts verschoven. De zeewaartse verplaatsing van de GLW en de landwaartse verplaatsing van de GLW in de periode na aanleg van de strandsuppletie wordt vermoedelijk veroorzaakt doordat er zand verplaatst is van het hogere naar het lagere gedeelte van het strand. Een dergelijke ontwikkeling is in het profiel van JARKUS raai 220 goed te zien (Appendix C).

De positie van de duinvoet is nauwelijks veranderd sinds de aanleg van de suppleties. Het strand van de strandsuppletie is geërodeerd en voornamelijk richting geul verplaatst. Het heeft dus niet bijgedragen aan de ontwikkeling van het duinvolume.

De droge strandbreedte is toegenomen langs alle raaien waar de strandsuppletie is uitgevoerd. Vanaf 2014 neemt de strandbreedte voor alle raaien echter ook weer af. Aangezien de positie van de duinvoet nauwelijks is verplaatst is dit het gevolg van het landwaarts verschuiven van de GHW lijn. Ter plaatse van de raaien 340 en 360 (waar geen strandsuppletie is uitgevoerd) is de droge strandbreedte sinds 2013 continue afgenomen.



Figuur 3.7 Positie van de Gemiddeld Laagwater lijn (GLW; a); Gemiddeld Hoogwaterlijn (GHW; b); Duinvoet (DF; c) en (droge) strandbreedte vanaf GLW lijn (BW; d) voor de jaren 2013 tot en met 2016.

4 Conclusies

De doelstelling van dit memo is: *'de morfologische ontwikkeling van de geulwandsuppletie inzichtelijk maken en onderzoeken wat het effect van de suppletie op de kusterosie is'*. Aan de hand van de onderzoeksvragen zal hier invulling aan gegeven worden.

1. Hoe heeft de geulwandsuppletie zich morfologisch ontwikkeld sinds de aanleg?

Er treedt zeer weinig erosie op van de geulwandsuppletie (i.e. deze is stabiel). De suppletie is op een dergelijke manier aangelegd dat niet alleen de landwaartse geul gesuppleerd is maar dat de geul voor een groot gedeelte opgevuld is. Doordat het doorstroomoppervlak aanzienlijk verkleind is (tot bijna 50%), is het debiet door de geul afgenomen. De geul is na aanleg van de suppletie nog verder gesedimenteerd, vermoedelijk met sediment afkomstig van de oever van de Onrust en het strand.

2. Wat is het effect van de geulwandsuppletie op de kusterosie?

De geulwandsuppletie heeft er niet voor gezorgd dat de structurele landwaartse verplaatsing van de MKL veranderd is. De MKL is door de strandsuppletie zeewaarts verschoven, maar de MKL trend is nog steeds landwaarts gericht. Dit komt doordat er nog steeds erosie in het bovenste gedeelte van het kustprofiel (het strand) plaatsvindt. Deze erosie is vermoedelijk het gevolg van golfgedreven transport, waar de geulwandsuppletie weinig effect op heeft.

4. Hoe verhoudt de geobserveerde morfologische ontwikkeling zich tot de verwachte ontwikkeling?

In Van der Werf (2012) zijn twee hypothesen opgesteld over het effect van de geulwandsuppletie, op basis van de geulwandsuppleties bij Walcheren en Oost-Vlieland:

1. De suppletie fungeert als erosiebuffer; de eroderende processen worden vertraagd en dit heeft een positief effect op de MKL.
2. De suppletie blokkeert de stroming door de geul; er kan een nieuwe geul ontstaan en dit heeft een negatief effect op de MKL. Dit is niet het geval als er een andere, bestaande geul, de debietafname opvangt.

De uitgevoerde geulwandsuppletie zorgt waarschijnlijk voor een blokkade van de stroming, wat in lijn is met de modelvoorspellingen van Van der Werf (2010) waar 12% (vloed) en 18% (eb) afname in getijdebiet werd voorspeld. Er is echter geen nieuwe geul ontstaan, de debietafname is waarschijnlijk opgevangen door de Roompot-Hompels geul ten noorden van de plaat Onrust.

5 Referenties

Dijkstra, J., Vergouwen, S., 2015. Beheerbibliotheek Noord-Beveland. Beschrijving van het kustvak ter ondersteuning van het beheer en onderhoud kust. Rapport 1220040-002, Deltares.

Rijkswaterstaat, 2013. Toets ter acceptatie van het uitvoeringsontwerp strand- en geulwandsuppletie Noord Beveland – Onrustpolder. Verslag 18 april 2013.

Rijkswaterstaat, 2016. Kustlijnkaarten 2017. Ministerie van Infrastructuur en Milieu, december 2016.

Van der Werf, J.J., 2012. Advies geulwandsuppletie Onrustpolder. Memo 120171-004, Deltares, Nederland.

Van der Werf, J.J., Doornenbal, P.J., McCall, R.T., 2010. Verkenning van strategieën voor het kustonderhoud bij de Onrustpolder, Zeeland. Rapport 1202349-000, Deltares, Nederland.

6 Appendices

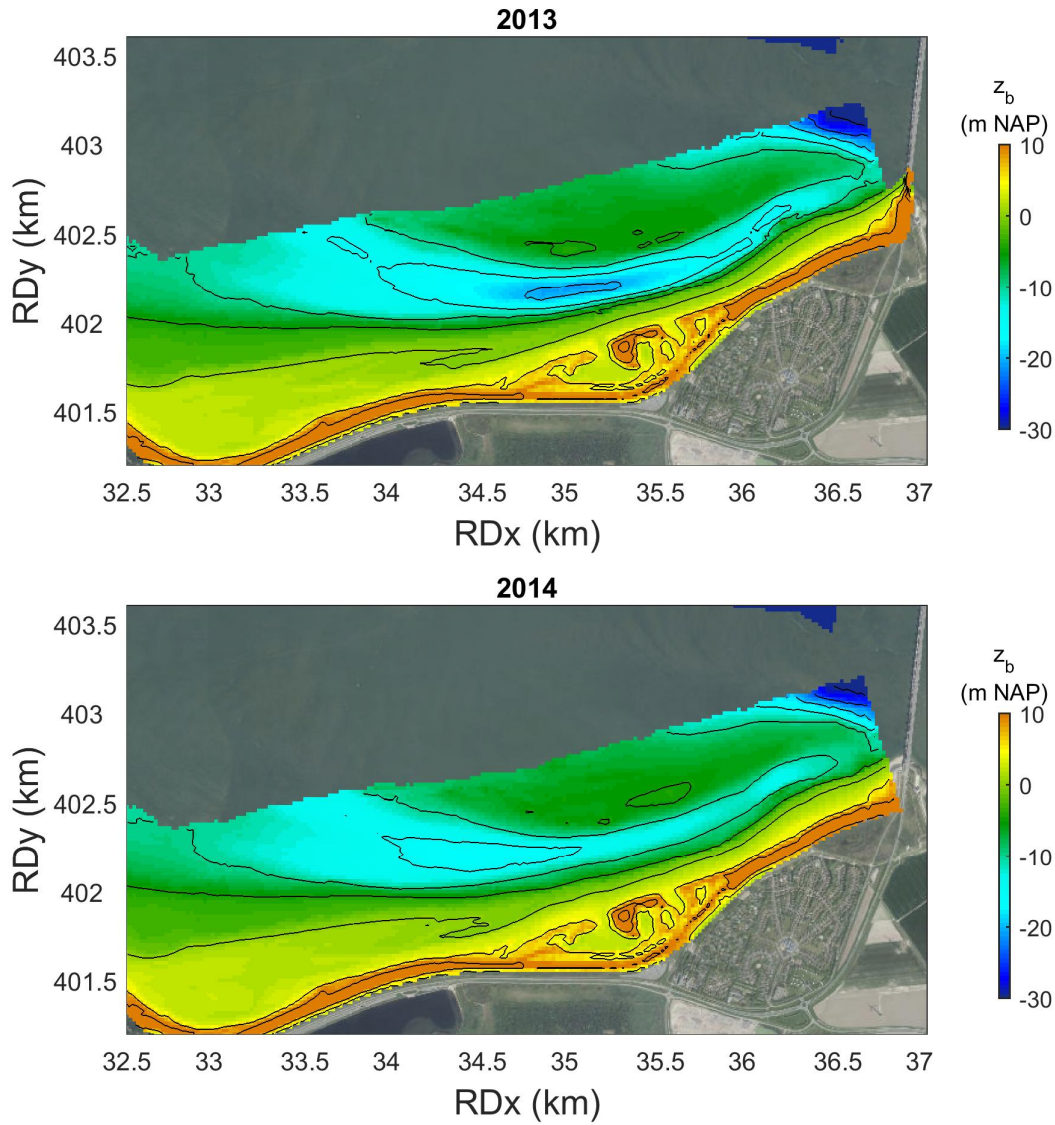
Appendix A; Overzicht bathymetrieën JARKUS-grids

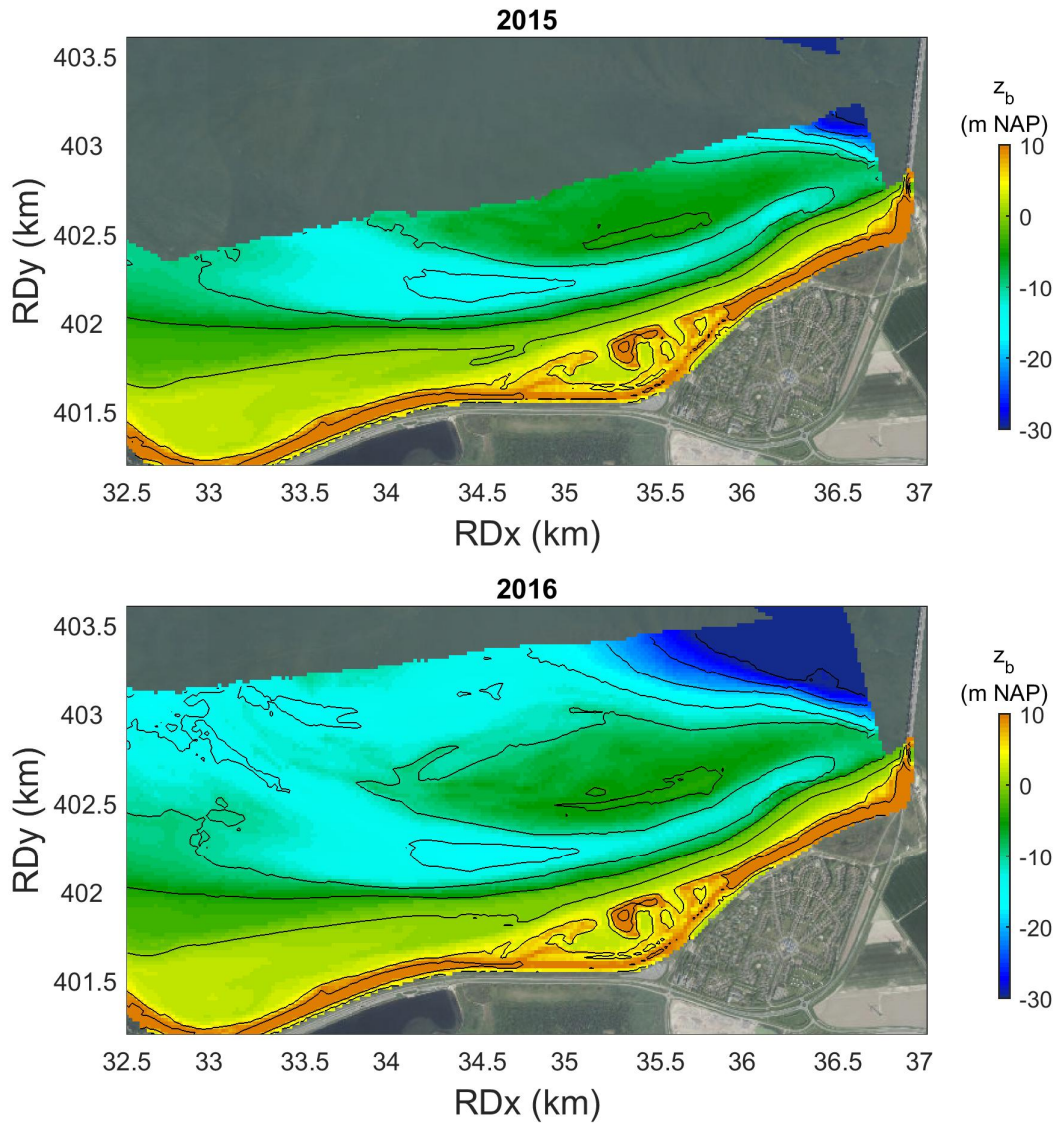
Appendix B; Overzicht verschilkaarten JARKUS-grids

Appendix C; Overzicht JARKUS-profielen

Appendix D; Overzicht kustindicatoren per JARKUS raai

Appendix A; Overzicht bathymetrieën JARKUS-grids

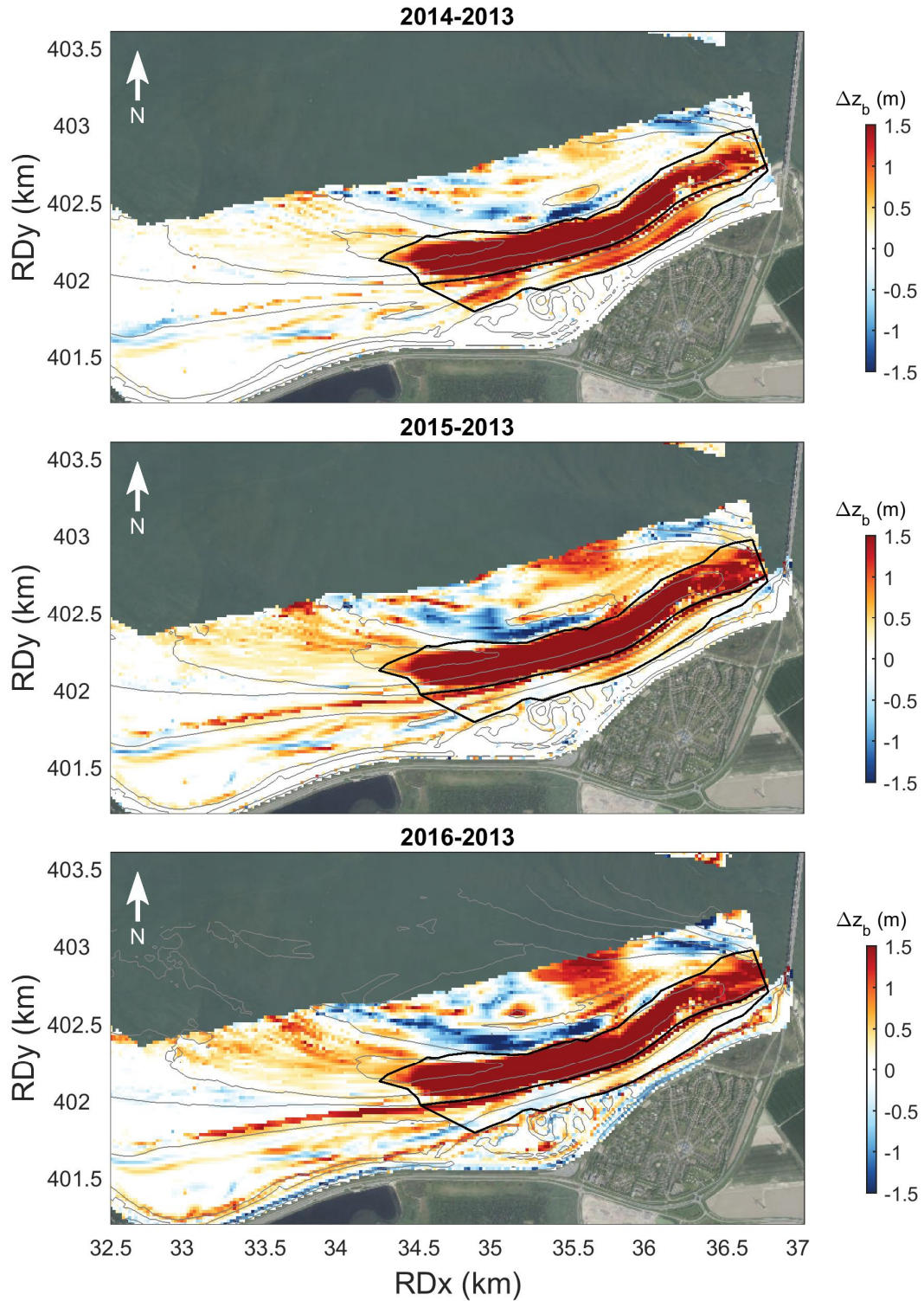


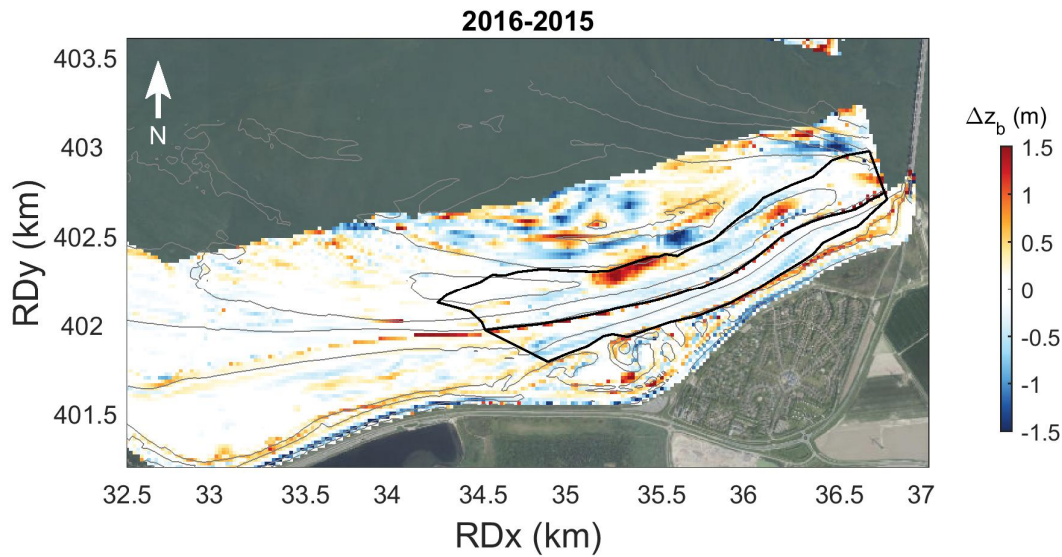
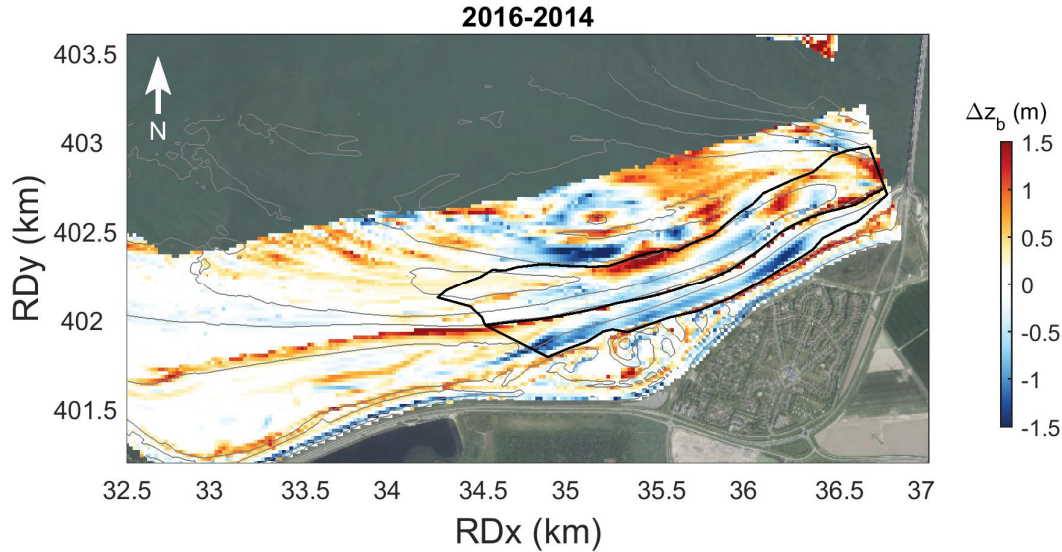


Figuur A.1

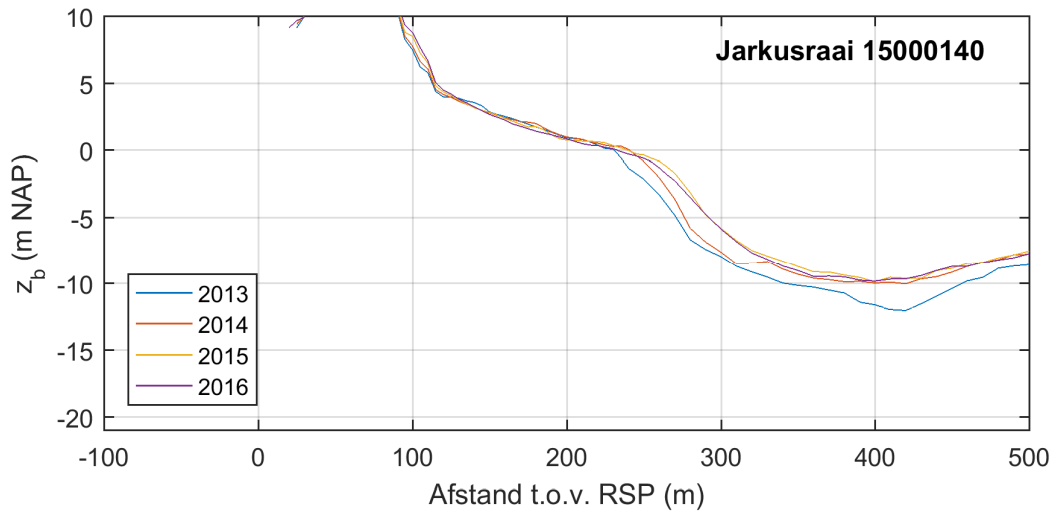
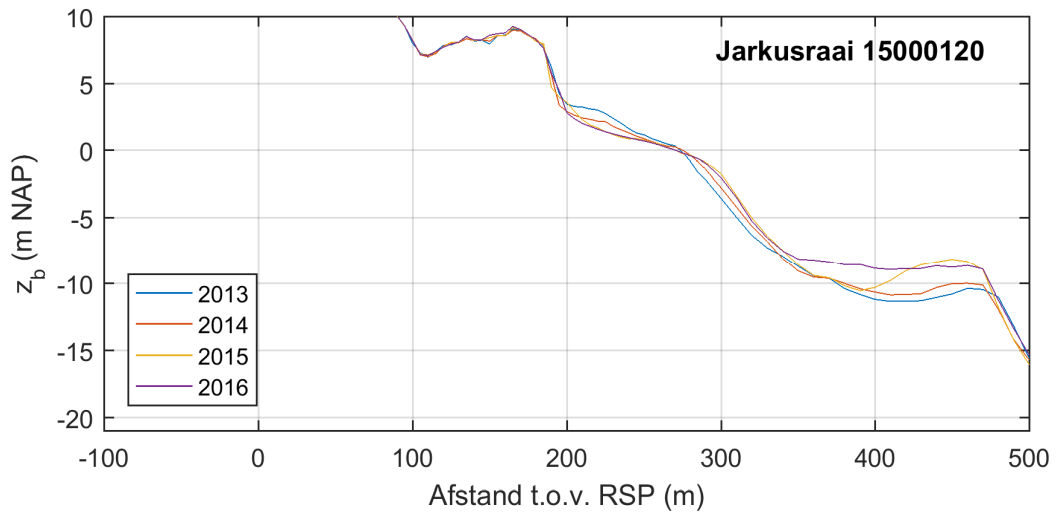
Bathymetrieën van 2016 tot en met 2016 aan de hand van de 20x20m JARKUS-grid data.

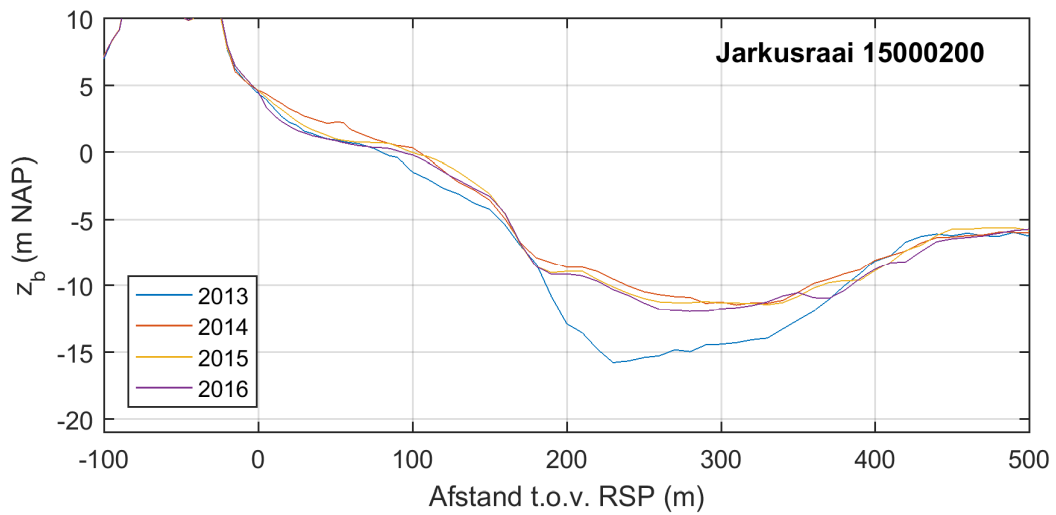
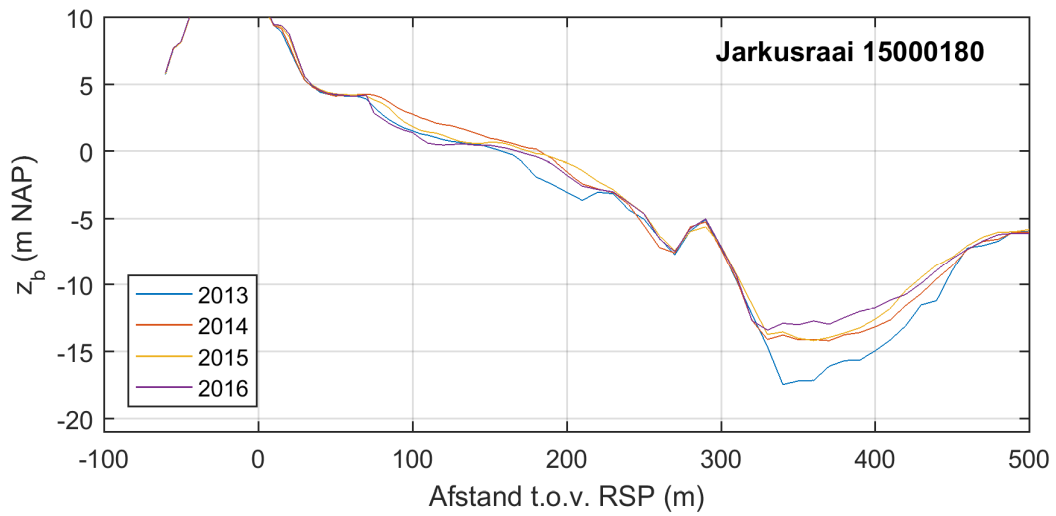
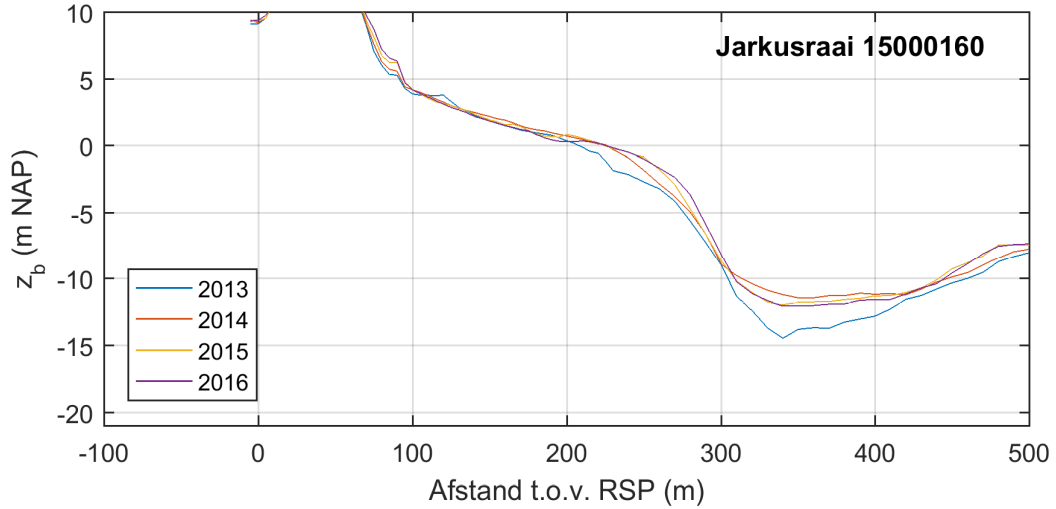
Appendix B; Overzicht verschilkaarten JARKUS-grids

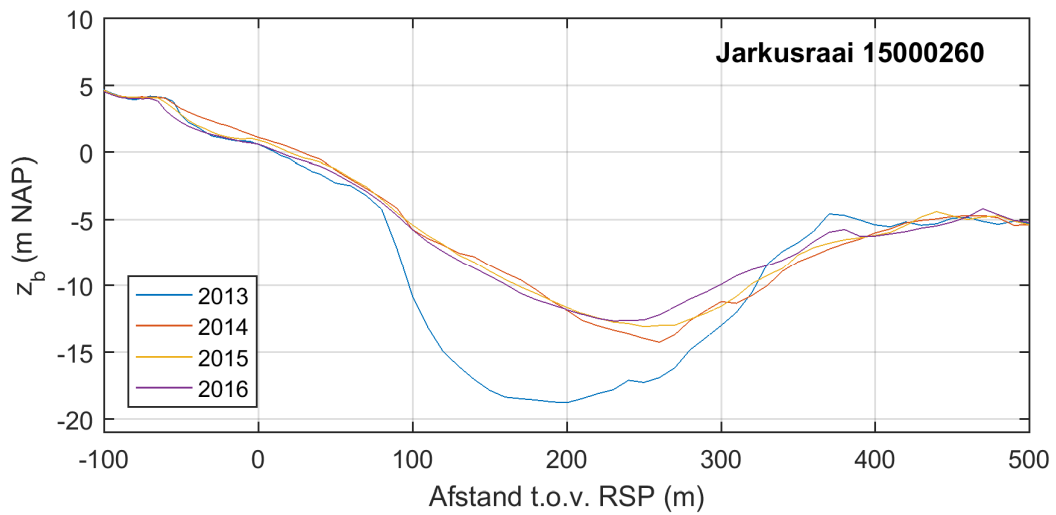
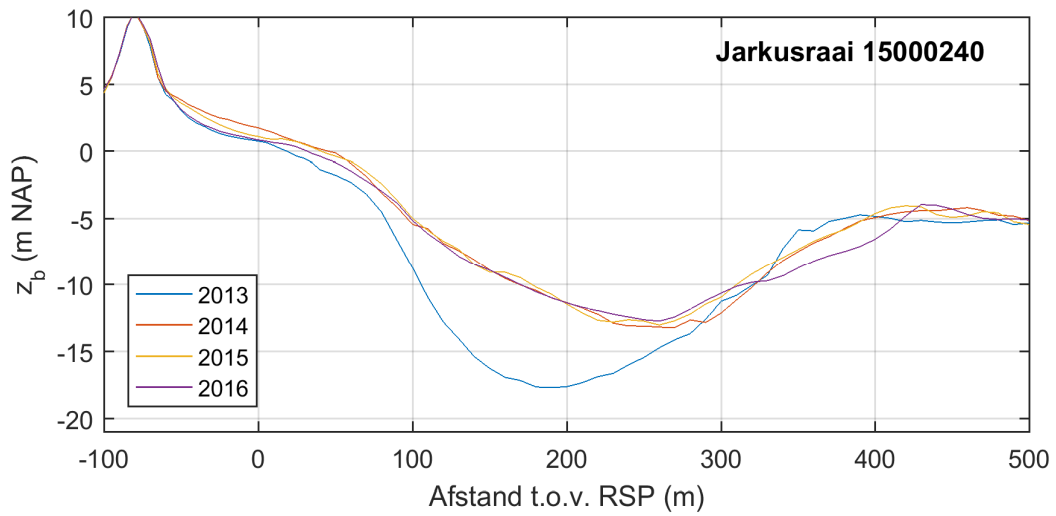
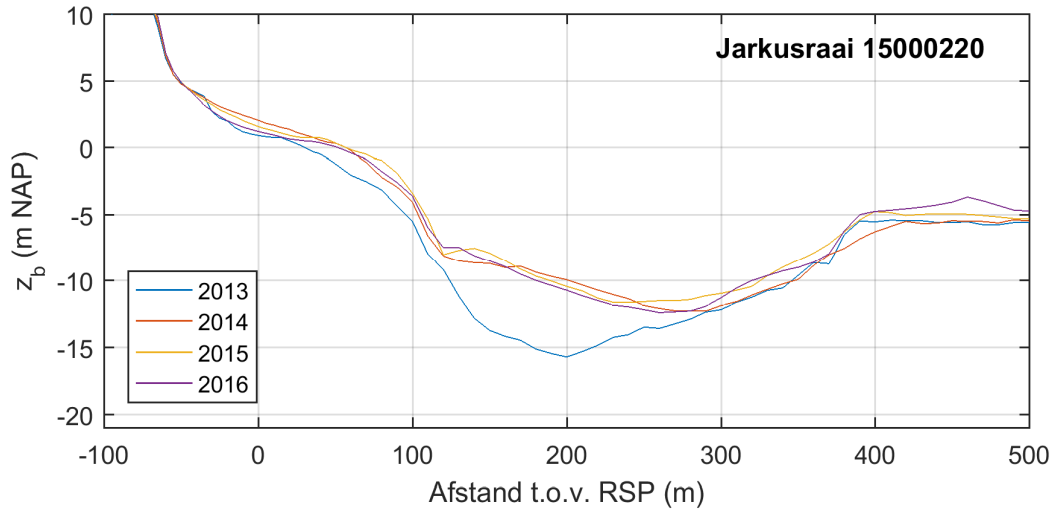


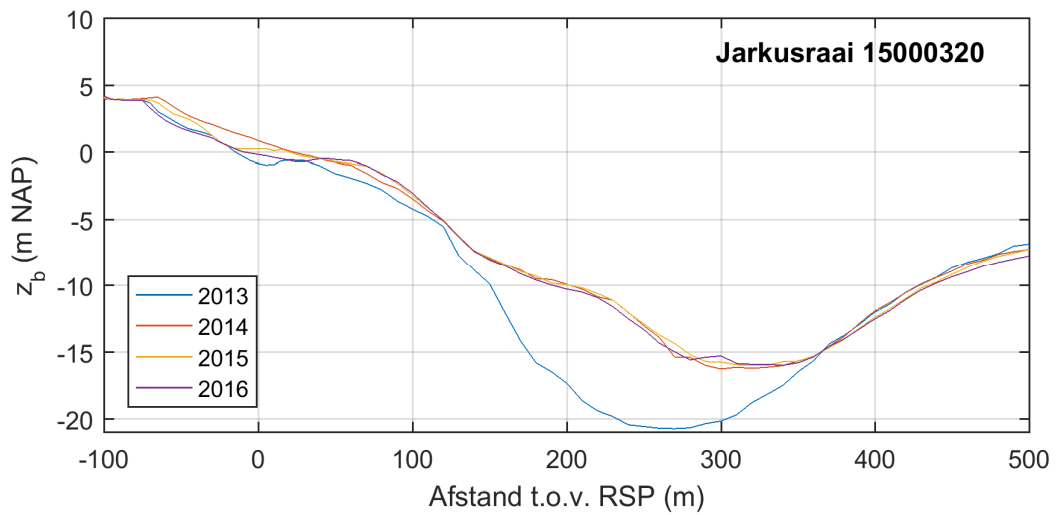
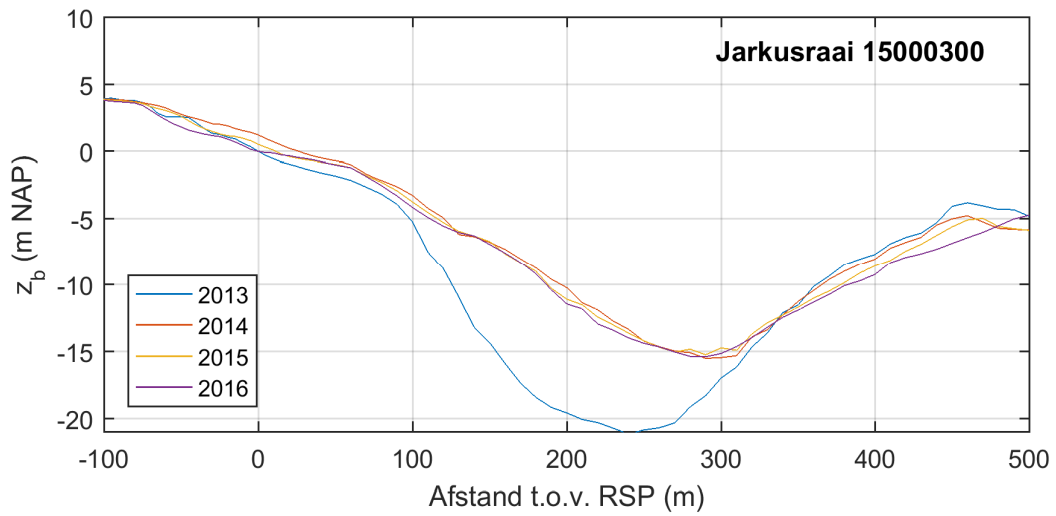
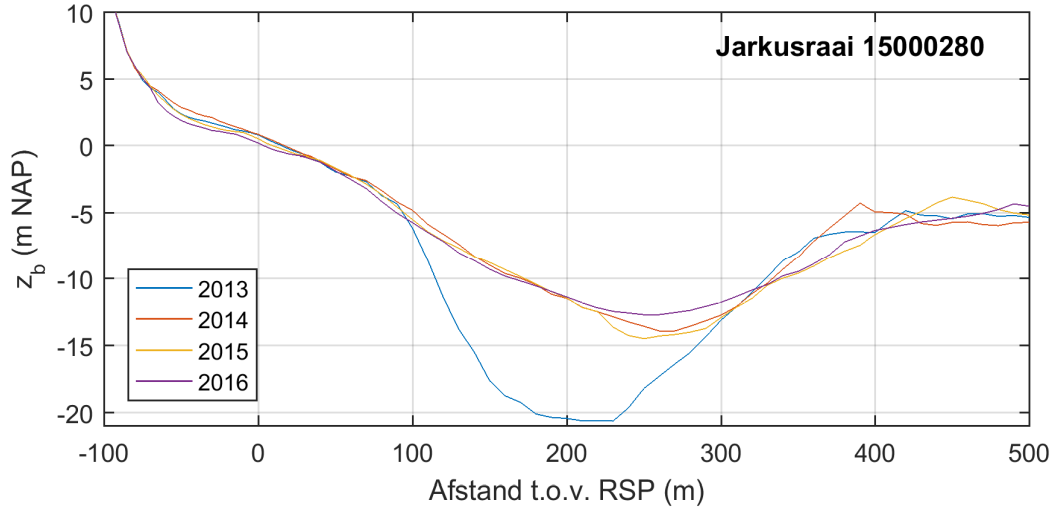


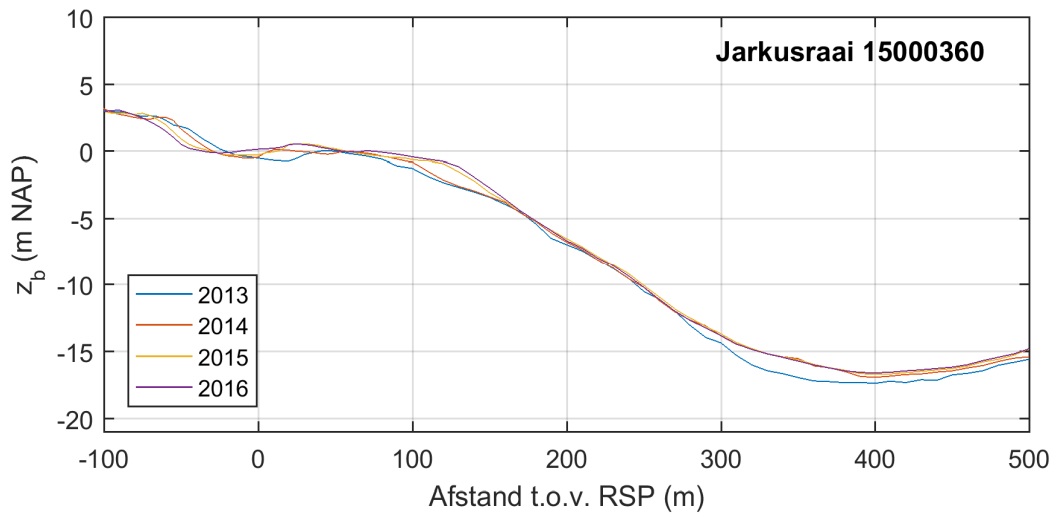
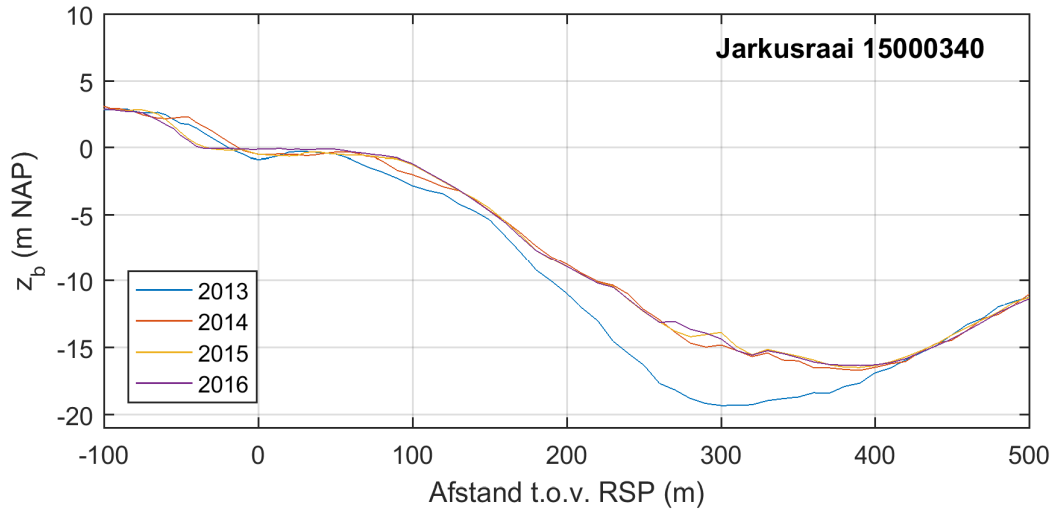
Appendix C; Overzicht JARKUS-profielen











Figuur C.1 JARKUS profielen van het kustvak Noord-Beveland die getoetst worden. Profielen vanaf 2013 tot en met 2016.

Appendix D; Overzicht kustindicatoren per JARKUS raai

