Memo

Aan
Freek Brils (Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving)

Datum
30 april 2025

Aantal pagina's
1 van 15

Contactpersoon
Anne Ton

Doorkiesnummer
+31(0)6 2543 2807

E-mail
anne.ton@deltares.nl

Onderwerp
Evaluatie ingreep Holwerd-Ameland

Auteurs: Anne Ton en Ellen Quataert
Review: Bart Grasmeijer

1	**Introductie**	**2**
2	**Aanpak**	**4**
3	**Morfologische ontwikkeling op de langere termijn**	**5**
4	**Resultaten morfologische ontwikkeling na de geulverlegging**	**6**
4.1	Overzicht	6
4.2	Opvulling Route22-23 en dynamisch eb geulen gebied	6
4.3	Noordwaartse verplaatsing Zuiderspruit	9
4.4	Route 23: Doorsteek zuidelijke drempel Zuiderspruit	10
4.5	Oostelijke migratie vaargeul tussen boei VA9 – VA13	11
4.6	Uitbochting zuidelijke bochten tussen VA13 en VA33	12
5	**Conclusies en aanbevelingen**	**14**

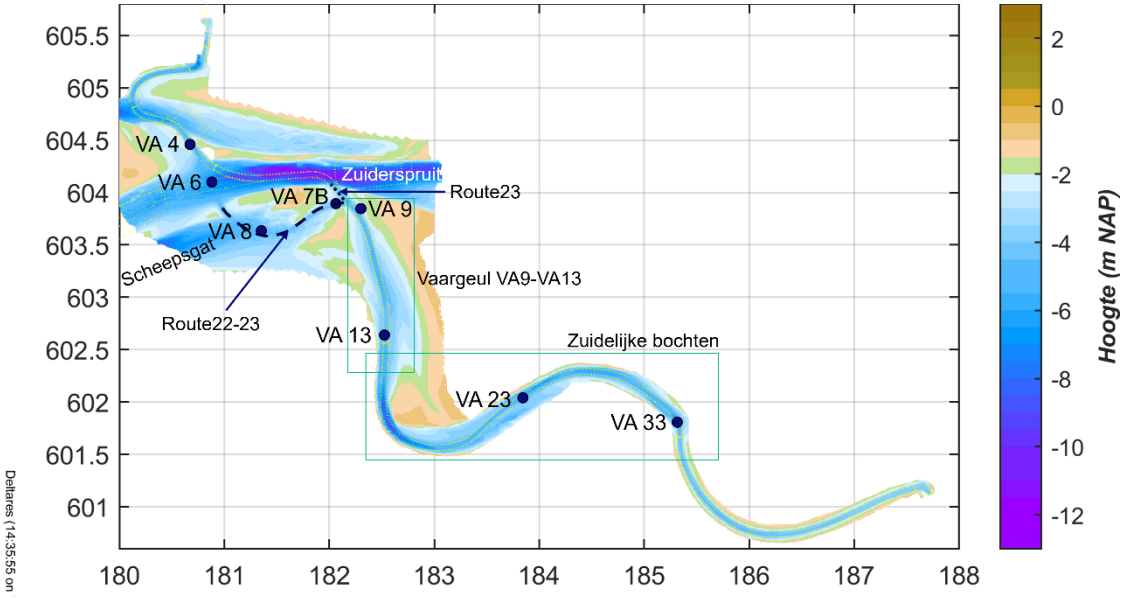
1 Introductie

Rijkswaterstaat streeft ernaar om het baggeren en verspreiden van sediment in de Waddenzee zo efficiënt mogelijk uit te laten voeren, zodat de kosten en de ecologische impact op de Waddenzee minimaal zijn. Op enkele locaties in de Waddenzee zijn er knelpunten waar het baggerbezwaar groot is en/of toeneemt. Door kennis te ontwikkelen over het systeem en deze knelpunten kan de baggerstrategie verder worden geoptimaliseerd. Voor dergelijke ingrepen is het belangrijk om het effect en de effectiviteit te evalueren, waarbij continu leren een essentieel onderdeel vormt van de PDCA-cyclus (Plan, Do, Check, Act).

In het najaar van 2022 is de vaargeul tussen Holwerd en Ameland verlegd tussen boei VA6 en VA9 (Figuur 1). Naar aanleiding van aanhoudend hoog onderhoudsbaggerwerk en nautische problemen rondom boei VA6 en VA8, en de studie van Van Weerdenburg et al. (2023)[1] is besloten om in september 2023 de vaargeul opnieuw te verleggen naar de locatie “Noord Loodrecht”, hier “Route23” genoemd (Figuur 1, Figuur 2 , Figuur 3). In de voorliggende studie wordt deze ingreep, 1 jaar na uitvoering, geëvalueerd aan de hand van de nieuwste bodemkaarten. Het doel van deze evaluatie is om:

1. Inzicht te verkrijgen in hoe het morfologisch systeem zich heeft aangepast na de ingreep;
2. Lessen te trekken voor een eventuele volgende ingreep in dit systeem.

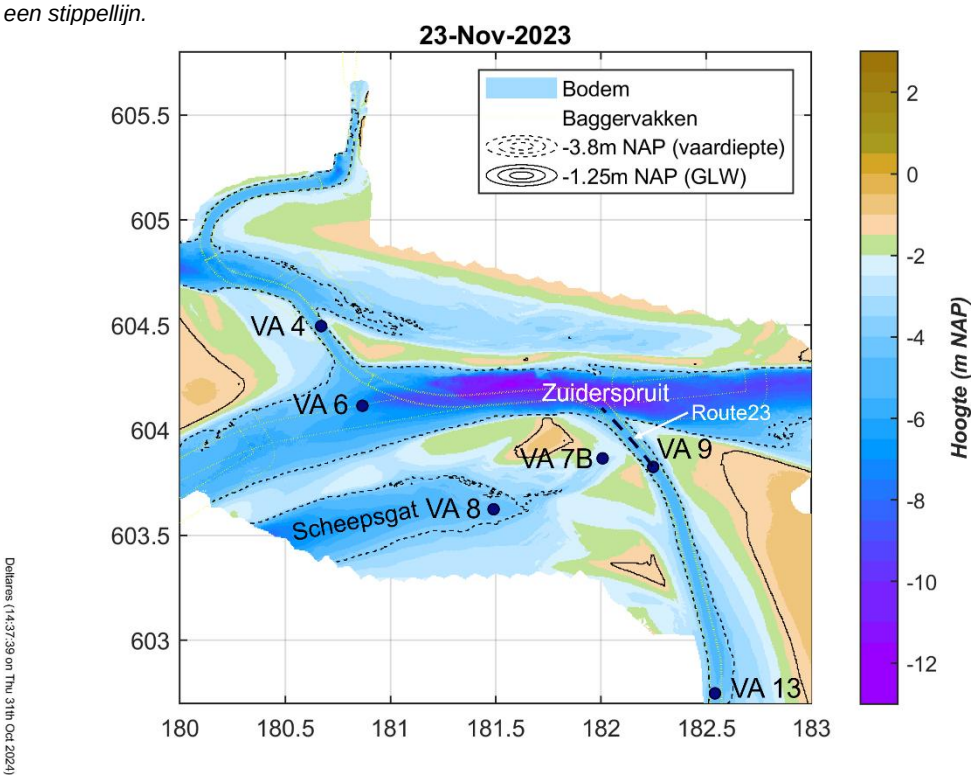
In deze memo wordt een beschrijving gegeven van de geobserveerde morfologische ontwikkeling tussen VA6 en VA33 in de periode na de ingreep (augustus 2023 tot september 2024). De recente ontwikkelingen worden geplaatst in de context van de langjarige ontwikkelingen van het gebied, zoals beschreven in de studie van Van Weerdenburg et al. (2023). Deze memo bevat enkele figuren om de ontwikkelingen te illustreren. Voor een compleet overzicht van alle bodemkaarten en figuren is een uitgebreide presentatie bijgevoegd.



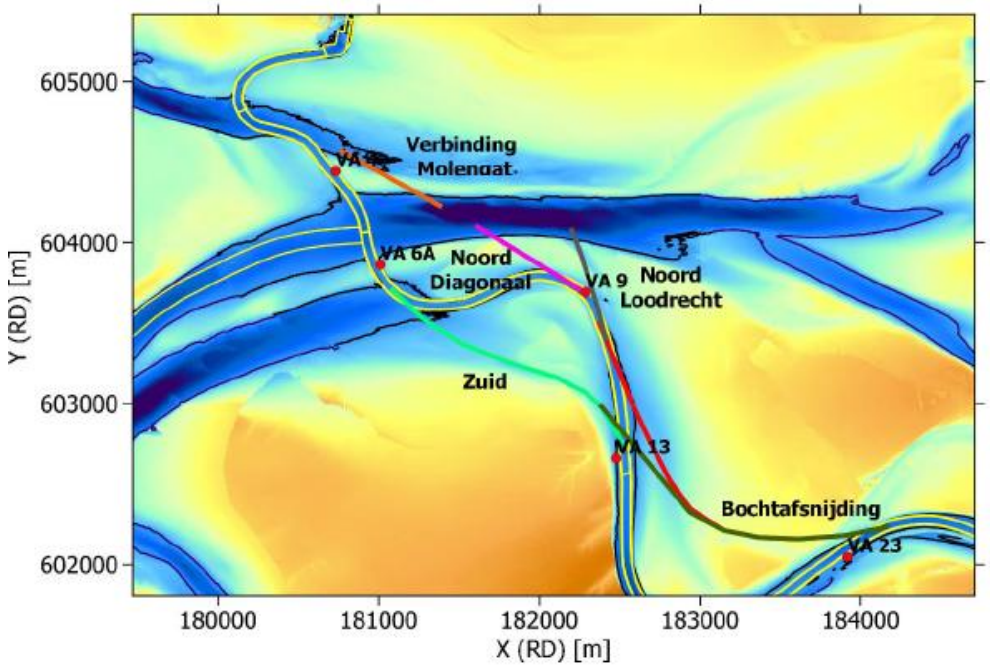
Figuur 1 Overzichtskaart van de vaargeul Holwerd-Ameland van augustus 2023 met namen van geulen en enkele boeien aangegeven die in de tekst worden aangehaald. De vaarroute tussen najaar 2022 en najaar 2023 (voor de geulverlegging in 2023) tussen VA6 en VA9, “Route22-23”, is weergegeven met een zwarte

[1] Van Weerdenburg, R., Pearson, S., van Prooijen, B., Laan, S., Elias, E., Tonnon, P.K., Wang, Z.B., (2021). Field measurements and numerical modelling of wind-driven exchange flows in a tidal inlet system in the Dutch Wadden Sea. Ocean and Coastal Management 215, 12 p.

gestreepte lijn. De vaarroute vanaf najaar 2023 van VA9 naar Zuiderspruit, "Route23", is weergegeven met een stippellijn.



Figuur 2 Overzichtskaart van de vaargeul Holwerd-Ameland tussen VA13 en Ameland van november 2023 met namen van geulen en enkele boeien aangegeven die in de tekst worden aangehaald. De vaarroute vanaf najaar 2023 van VA9 naar Zuiderspruit, "Route23", is weergegeven met een zwarte stippellijn.



Figuur 3 Verkende opties vaargeulroute in Van Weerdenburg et al. (2023)

2 Aanpak

De geobserveerde morfologische ontwikkeling tussen VA6 en VA33 in de periode na de ingreep wordt geanalyseerd op basis van bodemkaartmateriaal van de volgende datums:

- Augustus 2023 (voor ingreep najaar 2023)
- November 2023
- Februari 2024
- Mei 2024
- Juni 2024
- September 2024

De recente ontwikkelingen worden afgezet tegen de langjarige ontwikkeling van het gebied, zoals beschreven in de studie van Van Weerdenburg et al. (2023). In hoofdstuk 3 wordt een samenvatting van de belangrijkste inzichten uit deze studie gegeven.

In hoofdstuk 4 wordt op basis van de recente bodemkaarten eerst op grote schaal naar de verschillen gekeken, waarna wordt ingezoomd op een aantal deelgebieden. Hierbij wordt gestart bij de vaarroute vóór de geulverlegging in 2023 tussen VA6 en VA9 (Route 22-23) en het omliggende gebied. Vervolgens wordt de ontwikkeling rondom de nieuwe doorsteek (Route 23) geanalyseerd, en tenslotte worden de gebieden richting het zuiden naar Holwerd besproken. Zie voor naamgeving Figuur 1:

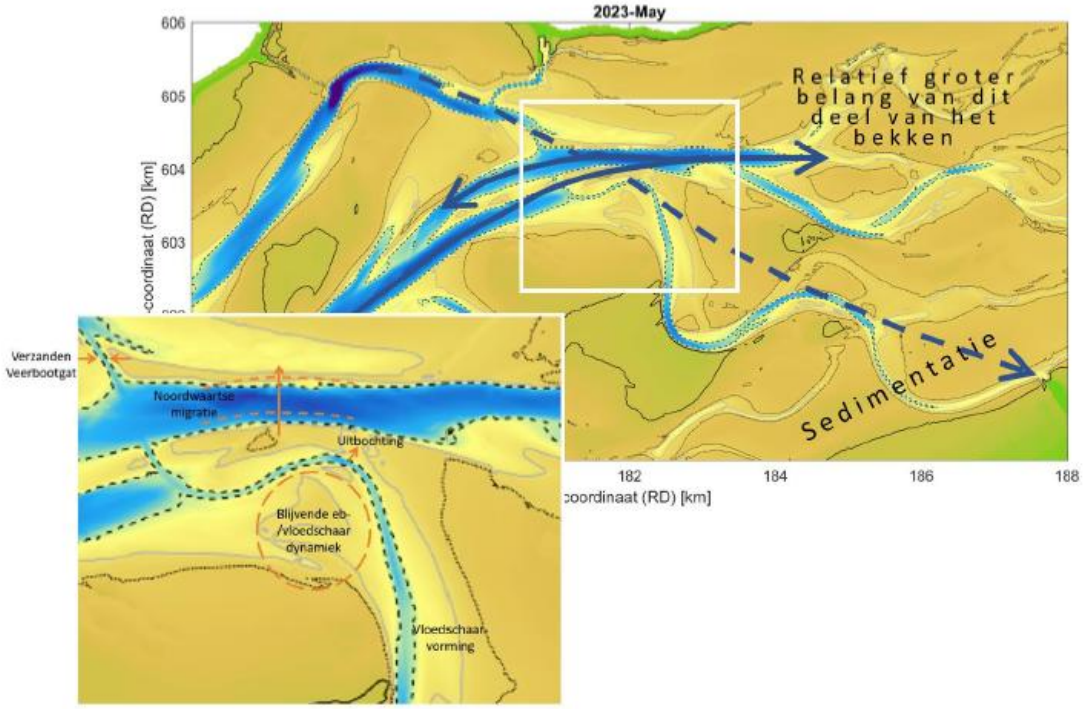
1. Route22-23
2. Dynamisch eb geulen gebied, ten zuiden van Route22-23
3. Zuiderspruit
4. Route23
5. Vaargeul VA9-VA13
6. Zuidelijke bochten

3 Morfologische ontwikkeling op de langere termijn

Uit Van Weerdenburg et al. (2023) komt de volgende samenvatting van langjarige ontwikkeling van het gebied rondom de vaargeul Holwerd-Ameland:

“De grootschalige morfologische verandering van het Waddenzeebekken ten zuiden van Ameland wordt gekenmerkt door sedimentatie aan de landwaartse zijde tegen de Friese kust. Tegelijkertijd neemt het kombergingsvolume direct ten zuiden van Ameland toe door erosie van intergetijdengebied. Deze trend heeft er mogelijk toe geleid dat de Zuiderspruit nu meer west-oost dan noordwest-zuidoost georiënteerd is in vergelijking met een aantal decennia geleden. Ten zuiden van de Zuiderspruit is ruimte ontstaan voor een ondiep drempelgebied dat het huidige knelpunt in de vaarroute vormt. Door hoge stroomsnelheden in een meanderende geul bocht de geul uit en wordt de vaargeul langer. De hoge stroomsnelheden in het knelpunt in de huidige vaarroute worden deels veroorzaakt door een effectieve aansluiting van de vaargeul op het Scheepsgat.

De sedimentatie aan landwaartse zijde van het bekken leidt tot verandering in de dominantie van geulen in het bekken, omdat het volstromen en afwateren van het noordoostelijke deel van het bekken relatief een groter aandeel heeft gekregen in het totaal. Deze grootschalige verandering stuurt deels de ontwikkeling van de geulen, met een west-oostwaarts georiënteerde Zuiderspruit. De vaarroute ligt op een vaste locatie en wordt hierdoor doorkruist. Hierdoor is er ruimte ontstaan voor een ondiep en dynamisch gebied met elkaar ontwijkende eb en vloedscharen, waarbij de migrerende ebscharen een quasi-cyclisch gedrag vertonen. Het ontstaan van deze eb- en vloedscharen is een indicatie dat het waterstandsverhang over het gebied groot is, waardoor stroomsnelheden hoog zijn. Verderop in de vaargeul, richting Holwerd, is sprake van voortdurend uitbochtende geulen, waarbij nieuwe vloedscharen ontstaan. In 2019 is de onderhouden vaarroute verlegd van een ebgeul naar een vloedschaar. Inmiddels is die geul ook alweer aan het uitbochten en is een nieuwe vloedschaar ontstaan.”

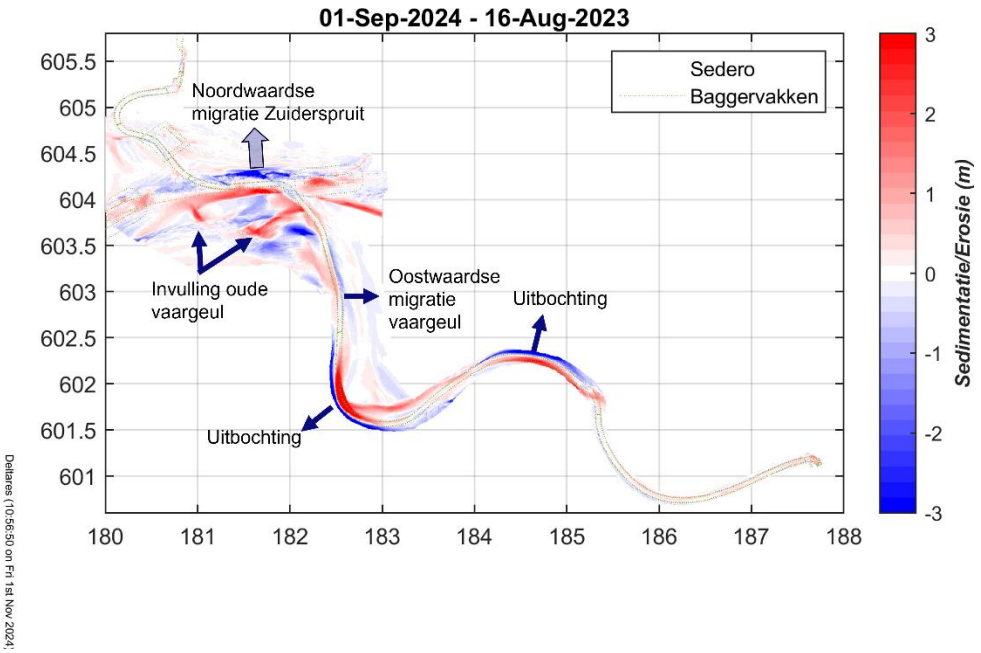


Figuur 4 Samenvatting van de belangrijkste grootschalige morfologische ontwikkelingen rondom de vaargeul Holwerd-Ameland. Bron: Van Weerdenburg et al. (2023).

4 Resultaten morfologische ontwikkeling na de geulverlegging

4.1 Overzicht

In de verschilkaart tussen de eerste en laatste meting in de periode na de ingreep, valt direct een aantal grootschalige veranderingen op. Namelijk de invulling van de oude vaargeul tussen VA6 en VA9 (Route22-23), noordwaartse migratie van het Zuiderspruit, oostwaartse migratie van de vaargeul tussen VA9 en VA13 en uitbochting van de zuidelijke bochten (Figuur 5).

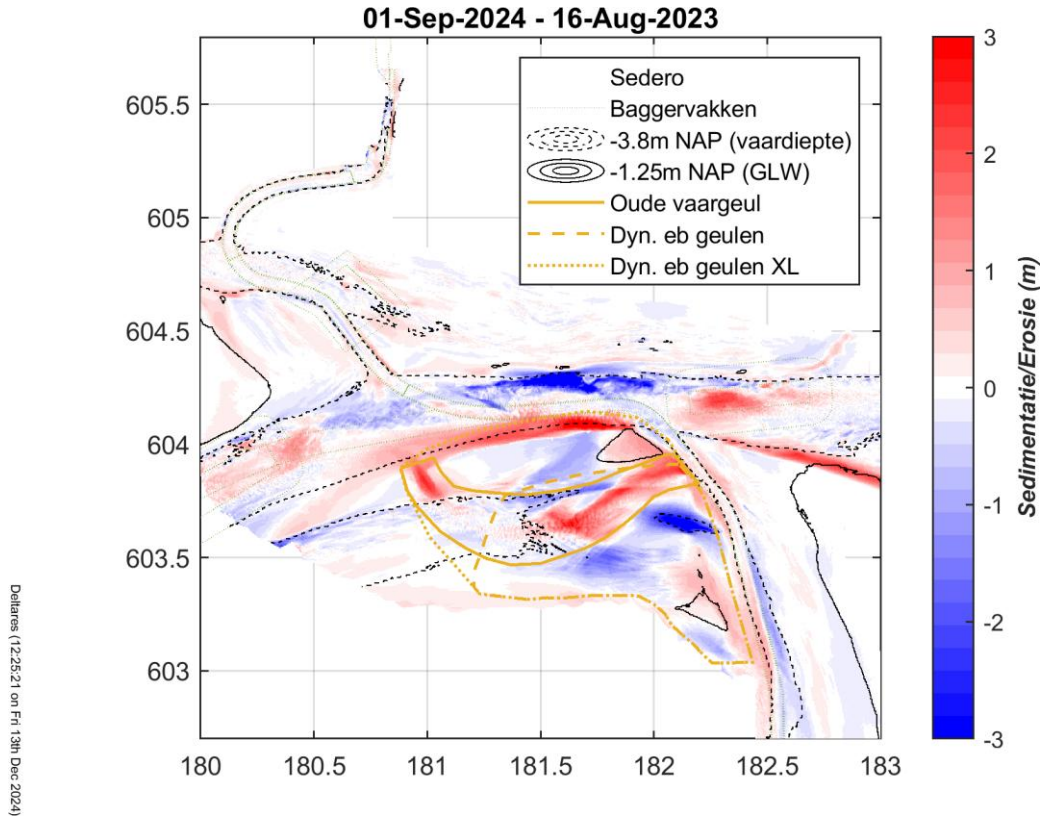


Figuur 5 Sedimentatie en erosie tussen augustus 2023 en september 2024

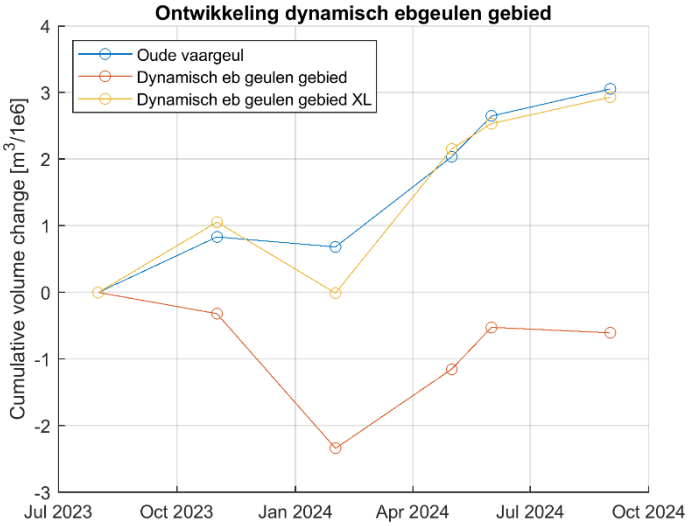
4.2 Opvulling Route22-23 en dynamisch eb geulen gebied

Om de opvulling van de oude vaargeul, Route22-23, inzichtelijk te maken, is berekend hoeveel sedimentatie en erosie sinds augustus 2023 in dit gebied heeft plaatsgevonden. Hierbij is gekeken naar verschillende afbakeningen van het gebied: de oude vaargeul zelf, het “dynamisch eb geulen gebied” (met de oude vaargeul en de eb geulen ten zuiden daarvan) en het “dynamisch eb geulen gebied XL”, waarin ook de drempel tussen dit gebied en de Zuidspruit is meegenomen (Figuur 6, Figuur 7).

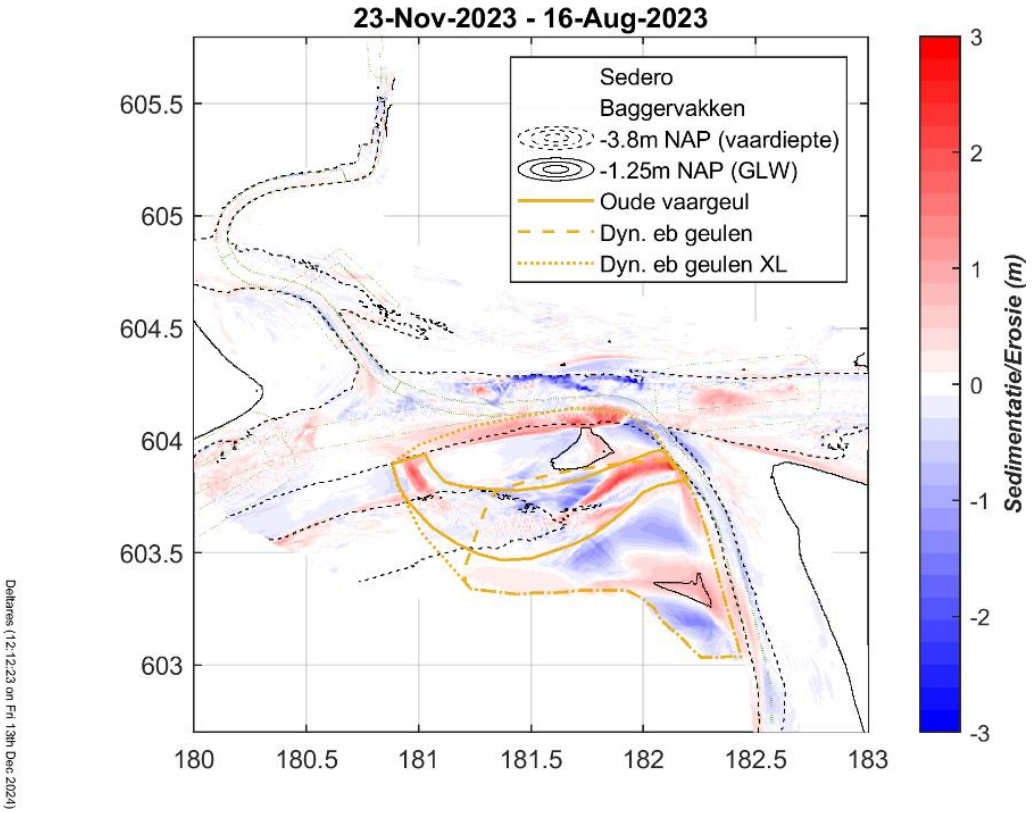
In de eerste periode is de sedimentatie in de oude vaargeul vooral te wijten aan opvulling (Figuur 8). Sedimentatie in de periodes daarna wordt voornamelijk veroorzaakt door natuurlijke dynamiek in het gebied rondom en ten zuiden van de oude vaargeul. Als deze vaarroute behouden was gebleven, zou de sedimentatie na de opvulling waarschijnlijk aanzienlijk hebben bijgedragen aan het baggerbezwaar.



Figuur 6 Sedimentatie erosie augustus 2023 tot september 2024



Figuur 7 Cumulatieve volumeverandering sinds augustus 2023 in gebied "dynamische eb geulen" (zie Figuur 6 voor gebied)

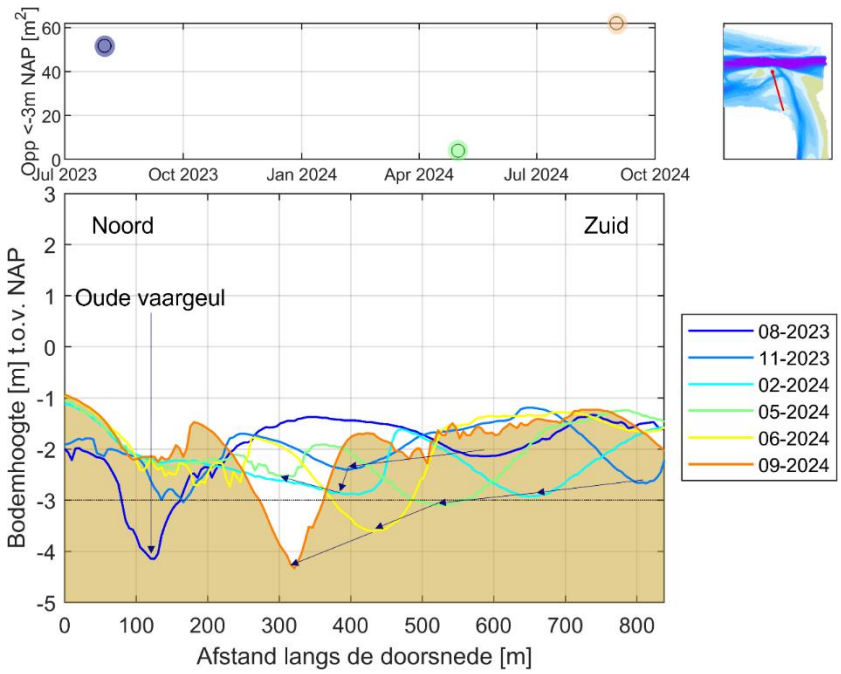


Figuur 8 Sedimentatie erosie augustus 2023 tot november 2023

Het gebied rondom en ten zuiden van de oude vaargeul is door Van Weerdenburg et al. (2023) aangemerkt als een gebied met structurele eb/vloedschaar dynamiek. Uit een noord/zuid doorsnede blijkt dat de oude vaargeul binnen drie maanden vrijwel volledig opvult (Figuur 9). Daarnaast zijn er twee eb geulen zichtbaar die van zuid naar noord migreren, beide met een snelheid van ~500 m/jaar, oplopend tot 100 m/maand (mei 2024 tot juni 2024). In de vaklodingen is in mei 2024 ook een vloedschaar zichtbaar. Vanwege het ontbreken van data in die regio voor de andere momenten is niet te zeggen of zich vaker vloedscharen voordoen.

De algemene trend van het dynamisch eb geulen gebied wordt weergegeven in de cumulatieve volume verandering (Figuur 7**Error! Reference source not found.**). Hierbij zijn de veranderingen in het gebied met en zonder de drempel berekend (Figuur 6). In de eerste fase van de analyseperiode beïnvloedt de sedimentatie in de oude doorsteek van de drempel de ontwikkeling van het gebied aanzienlijk. Daarna verloopt de ontwikkeling in de verschillende gebieden vergelijkbaar. Het “dynamisch eb geulen gebied XL” toont een ontwikkeling die grotendeels overeenkomt met die van de oude vaargeul. Dit suggereert dat de sedimentatie aan de noordkant van de drempel de erosie van de eb geulen ongeveer compenseert, aangezien beide gebieden buiten de oude vaargeul vallen. Op deze korte termijn is het echter lastig te bepalen wat de langetermijntrend voor dit gebied zal zijn.

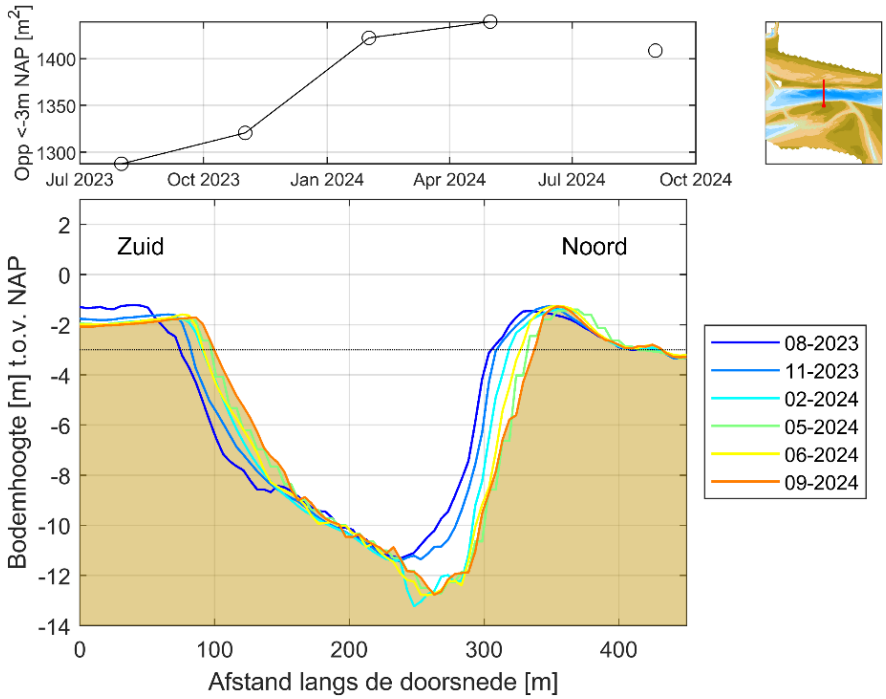
De baggervolumes tussen VA6 en VA13 in de periode 2017-2022 variëren van ongeveer 200.000 m^3 tot 500.000 m^3 per jaar (Van Weerdenburg et al., 2023). Dit is bijna een orde van grootte kleiner dan de volumeveranderingen in dit gebied. Deze vergelijking is echter complex, gezien de verschillen in afbakening van de gebieden. Zie hiervoor ook de variaties tussen de verschillende afbakeningen in deze analyse. Daarnaast kan het huidige jaar een uitschieter zijn ten opzichte van de gemiddelde trend. Verdere aanbevelingen voor dergelijke vergelijkingen volgen in de conclusies.



Figuur 9 Doorsnede dynamisch eb geulen gebied met natte doorsnede onder -3 m NAP

4.3 Noordwaartse verplaatsing Zuiderspruit

Zoals beschreven door Van Weerdenburg et al. (2023) migreert de Zuiderspruit sinds tenminste 2016 geleidelijk noordwaarts. Dit maakt deel uit van een langere termijn ontwikkeling waarbij de geulen meer beginnen te meanderen. Deze ontwikkeling wordt ook in de hier beschreven periode waargenomen (Figuur 10). In de getoonde doorsnede is er ook sprake van een uitdieping aan de noordzijde. De snelheid en vorm van de migratie varieert per doorsnede van de Zuiderspruit, maar er is duidelijk een noordwaartse migratie van de geul en een lokale verdieping van de noordoever zichtbaar in de sedimentatie-erosie kaart (Figuur 6). De langjarige noordwaartse migratie lijkt te zorgen voor een (zeer) langzame uitbochting van de geul.



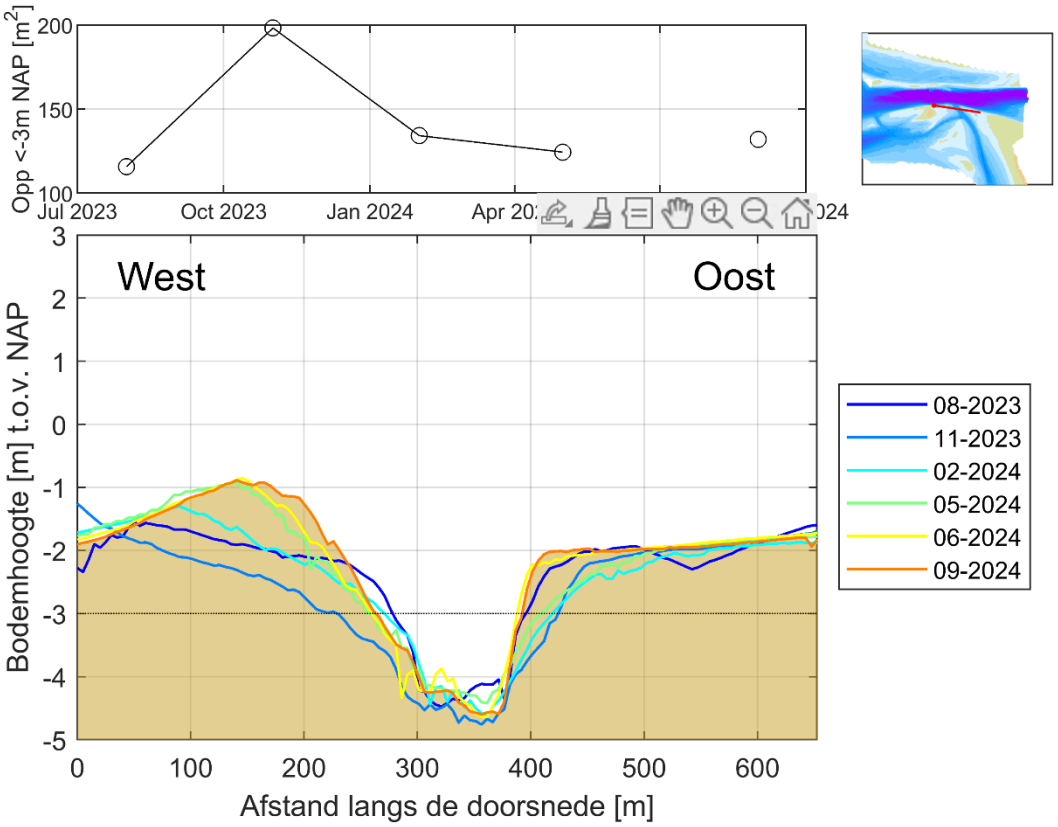
Figuur 10 Doorsnede Zuiderspruit met natte oppervlakte onder -3 m NAP

4.4 Route 23: Doorsteek zuidelijke drempel Zuiderspruit

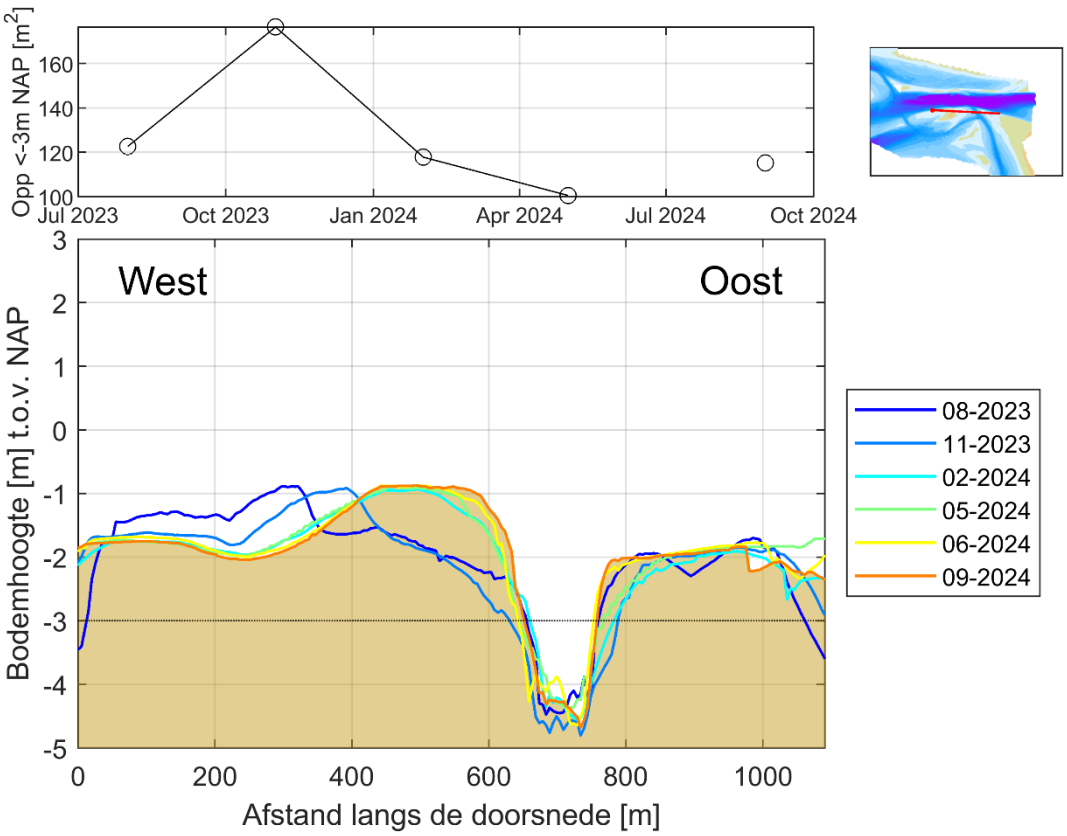
Sinds het najaar van 2023 ligt op deze locatie de nieuwe aansluiting van de vaargeul met de Zuiderspruit, “Route23”. Tussen augustus en november 2023 neemt de natte oppervlakte toe, waarna deze weer afneemt en vervolgens stabiel blijft (Figuur 11). De toename hangt samen met het verleggen van de vaargeul. In de periode daarna treedt aanzienlijke sedimentatie op aan de westoever, wat leidt tot een afname van de natte oppervlakte. Beide oevers blijven sedimenteren, terwijl het midden van de geul op diepte wordt gehouden door baggerwerkzaamheden. Hogerop in het profiel, tussen 50 en 200 m (x-as), is een toename van sediment zichtbaar (Figuur 11). In een iets zuidelijker en iets ruimer genomen doorsnede, is te zien dat dit sediment waarschijnlijk vanuit het westen komt. Dit patroon is ook zichtbaar in de ruimtelijke figuren (appendix). De snelheid waarmee deze “plaat” oostwaarts migreert lijkt hoger te zijn geweest tijdens de verlegging van de vaargeul en lijkt daarna te stabiliseren.

Eerdere ontwikkelingen in dit gebied werden door Van Weerdenburg et al. (2023) toegeschreven aan uitbochting van de Route22-23 richting boei VA9. Oostwaartse migratie op de drempel tussen de Zuiderspruit en Scheepsgat was echter nog niet eerder waargenomen en zou mogelijk zijn beïnvloedt door de verlegging van de vaargeul. Gezien de dynamiek van dit gebied is het echter niet met zekerheid te zeggen of dit het geval is.

Bij deze nieuwe aansluiting op de Zuiderspruit is de ligging van de vaargeul stabiel, maar waarschijnlijk omdat deze door baggeren op zijn plek wordt gehouden. Zowel aan de westelijke als oostelijke oever is er echter sprake van sedimentdruk, door de opdringende (en in hoogte toenemende) platen. Het is te verwachten dat het baggerbezwaar op dit deel van de vaargeul in de komende periode niet zal afnemen en mogelijk zelfs wat zal toenemen.



Figuur 11 Doorsnede aansluiting vaargeul op Zuiderspruit lokaal

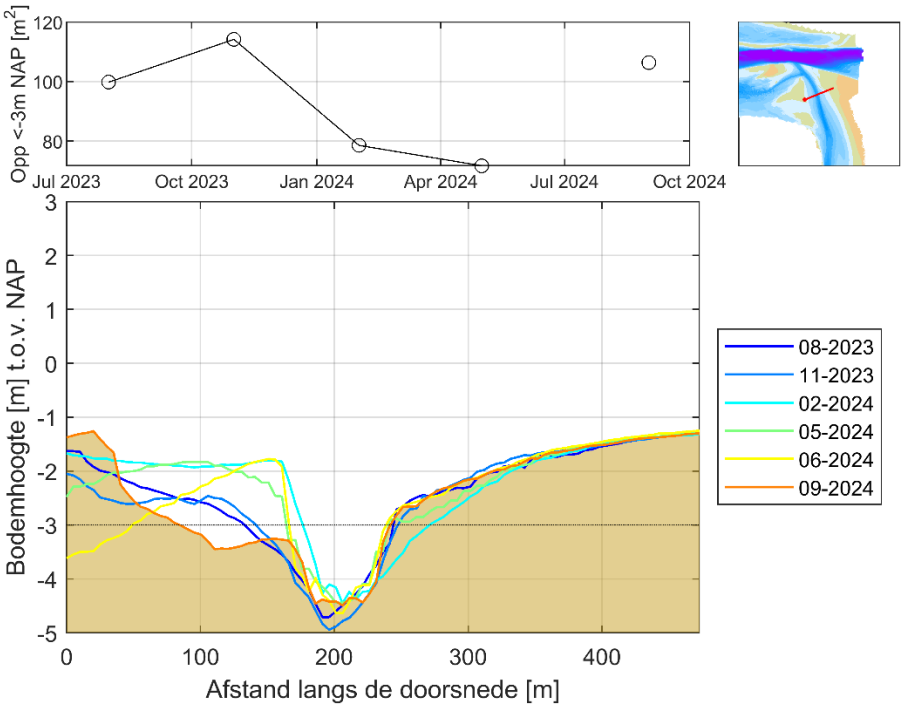


Figuur 12 Doorsnede aansluiting vaargeul op Zuiderspruit overzicht

4.5 Oostelijke migratie vaargeul tussen boei VA9 – VA13

Van Weerdenburg et al. (2023) constateerden dat de vaargeul tussen boei VA9 en VA13 (Figuur 1) sinds 2016 oostwaarts migreert, waarschijnlijk als gevolg van het uitbochten van de geulbocht ten zuiden ervan. Deze oostwaartse migratie is ook in het recentere kaartmateriaal terug te zien (Figuur 6). In dit deel van de vaargeul wordt voornamelijk aan de westzijde gebaggerd om deze verplaatsing te compenseren.

In het noordelijke gedeelte, richting VA9, is aan de vorm van de doorsnede te zien dat de vaargeul door baggerwerkzaamheden op diepte wordt gehouden (Figuur 13 en appendix). De westelijke oever is hier steil en de onderkant van de geul is afgevlakt.



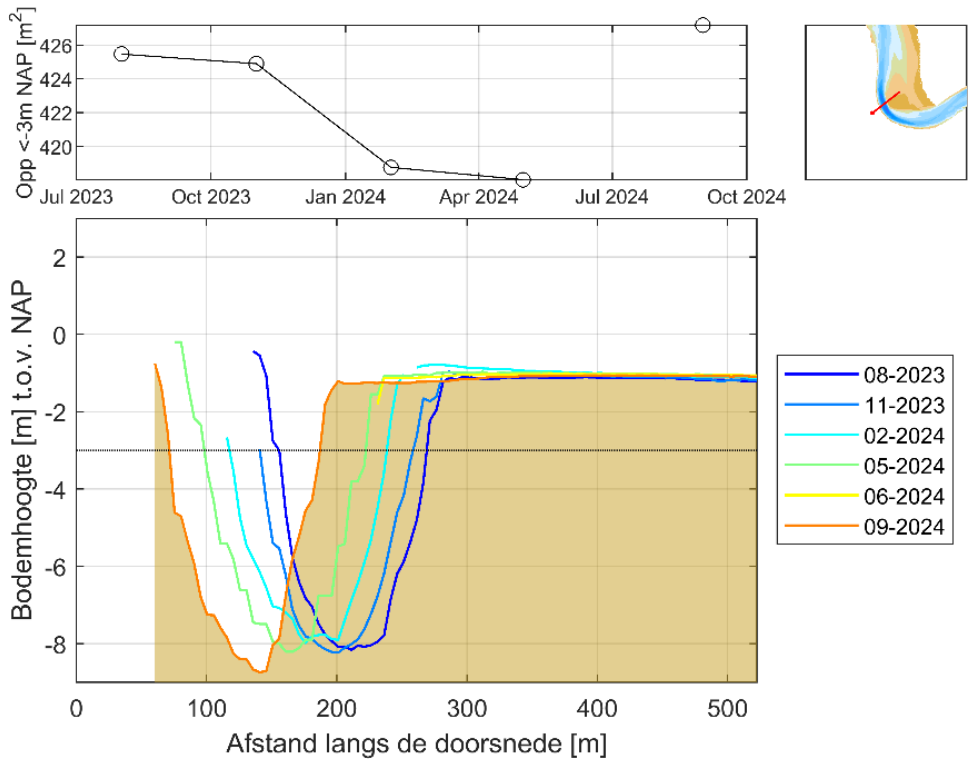
Figuur 13 Doorsnede vaargeul tussen boei VA9 en boei VA13

4.6 Uitbochting zuidelijke bochten tussen VA13 en VA33

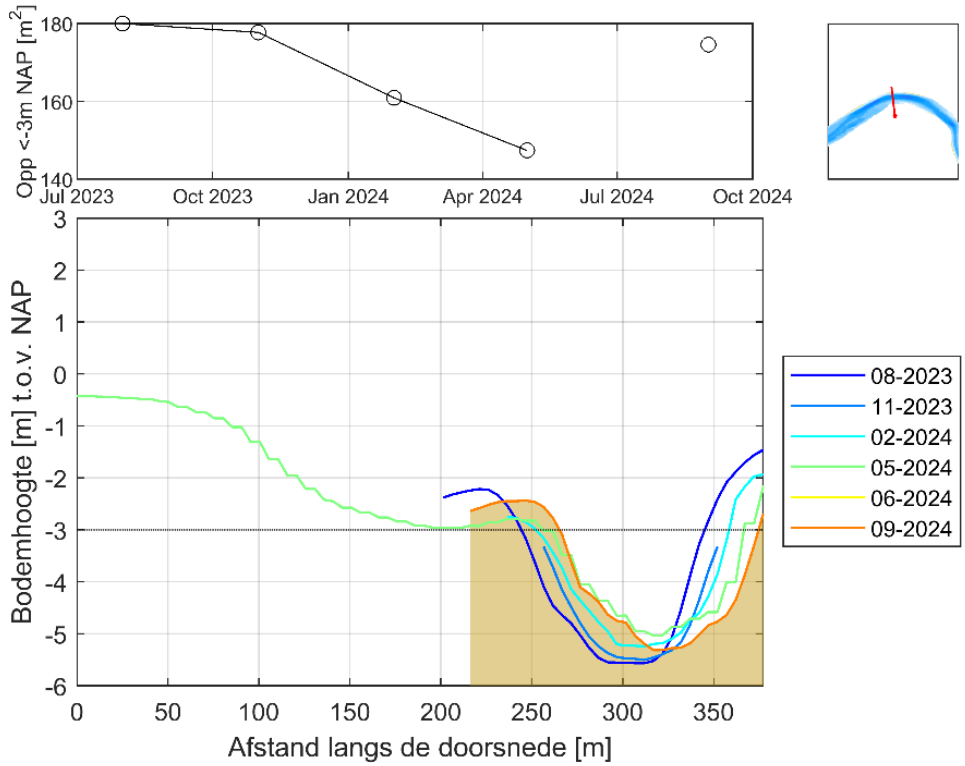
Verderop in de vaargeul, richting Holwerd, is sprake van voortdurende uitbochting van de geulen tussen boei VA13 en VA33 (Van Weerdenburg et al., 2023). Net als bij de Zuiderspruit gaat het hier om een langjarige ontwikkeling waarbij de geulen geleidelijk meer gaan meanderen. In 2019 werd de onderhouden vaarroute tussen VA23 en VA33 verlegd van een eb geul naar een vloedschaar (Grasmeijer & Van Weerdenburg, 2021). Zoals ook geobserveerd door Van Weerdenburg et al. (2023) is deze geul inmiddels opnieuw aan het uitbochten en is er een nieuwe vloedschaar ontstaan.

Deze trend zet zich ook voort in de periode tussen augustus 2023 en september 2024 (Figuur 5). De oostelijke bocht tussen VA23 en VA33 verplaatst zich in deze periode 30 tot 50 m per jaar (Figuur 14**Error! Reference source not found.**), terwijl de westelijke bocht tussen VA13 en VA23 zich 50 tot 100 m per jaar verplaatst (Figuur 15**Error! Reference source not found.**). Hierbij blijft de vorm van de geul grotendeels behouden. Het doorstroomoppervlakte van de geul varieert in beide bochten met ongeveer 10 tot 20% zonder een duidelijke trend.

Op basis van de ontwikkelingen van het afgelopen jaar is het te verwachten dat de langjarige trend van uitbochting zich zal voortzetten. Bij de vorming van een nieuwe vloedschaar kan deze trend echter veranderen. Voor de oostelijke bocht observeerde Van Weerdenburg et al. (2023) al de ontwikkeling van een nieuwe, zij het kleine, vloedschaar, maar dit gebied is in de bodemkaarten van het afgelopen jaar niet ingemeten. Voor de westelijke bocht is inmiddels een vloedschaar ontstaan die de uitbochtende vaargeul afsnijdt. In de bodemkaarten van het afgelopen jaar is echter nog geen significante verandering van deze vloedschaar zichtbaar. Ook is er op basis van deze analyse geen indicatie dat de langjarige trend van uitbochting is beïnvloed door de verlegging van de geul ten noorden, bij VA9.



Figuur 14 Doorsnede bocht tussen boei VA13 en boei VA23 met natte oppervlakte onder -3 m NAP



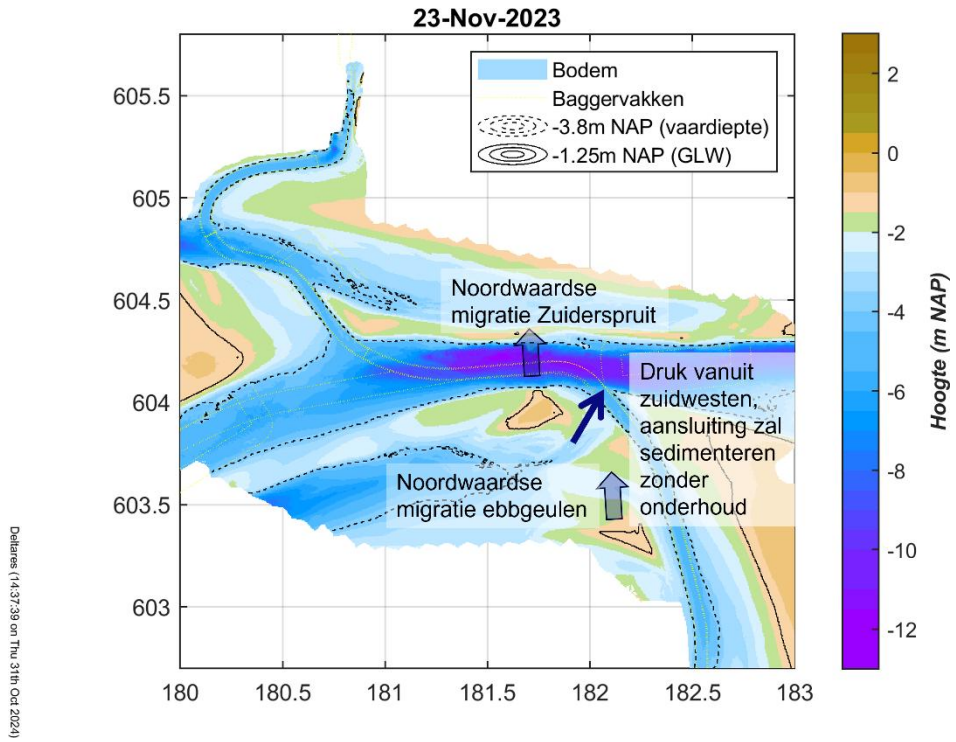
Figuur 15 Doorsnede bocht ten oosten van boei VA23 met natte oppervlakte onder -3 m NAP

5 Conclusies en aanbevelingen

De oude vaargeul (Route22-23) is binnen drie maanden nagenoeg volledig opgevuld en blijft daarna onderhevig aan sedimentatie. Deze latere sedimentatie wordt voornamelijk veroorzaakt door de dynamiek in het eb- en vloedscharengebied. De eb geulen in dit gebied migreren noordwaarts met snelheden tot 500 meter per jaar, oplopend tot 100 meter per maand, wat neerkomt op ongeveer 1 tot ruim 3 m/dag. Deze snelheden komen overeen met de resultaten van Van Weerdenburg et al. (2023). Deze trend is niet direct gekoppeld aan het verleggen van de vaargeul, maar is een langjarig proces. De hoge dynamiek van dit gebied komt ook tot uiting in de drempel tussen de Zuiderspruit en het Scheepsgat, ten oosten van de nieuwe aansluiting van de vaargeul op de Zuiderspruit. Hier migreert sinds de verlegging van de vaargeul een “plaat” oostwaarts.

De aansluiting van de nieuwe vaargeul op de Zuiderspruit is onderhevig aan sedimentatie. We identificeren twee belangrijke oorzaken (Figuur 16):

- **Debietafname door eb geulen:** Het aftappen van debiet door de eb geulen vermindert het debiet door de vaargeul, mogelijk resulterend in sedimentatie. Dit proces is zeer dynamisch, net als de aanwezigheid en de hoedanigheid van de eb geul(en).
- **Sedimentatie vanaf het westelijke drempelgebied.**



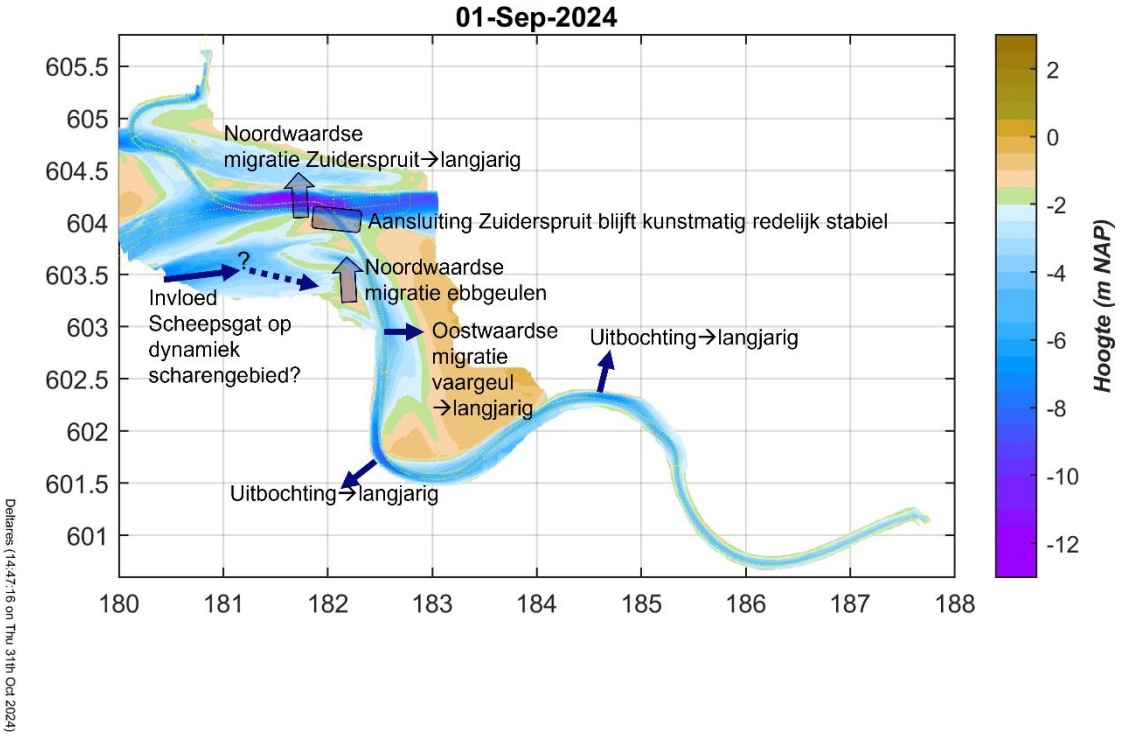
Figuur 16 Ontwikkeling aansluiting vaargeul op Zuiderspruit

Naast deze relatief lokale ontwikkelingen zijn ook de volgende langjarige trends opnieuw geïdentificeerd (Figuur 17):

- Noordwaartse migratie van de Zuiderspruit
- Oostwaartse verplaatsing van de vaargeul tussen boei VA9 en VA13
- Uitbochting van de zuidelijke bochten voor en na boei VA23

Deze trends zijn onderdeel van een langere termijn ontwikkeling waarbij de geulen steeds meer gaan meanderen. Onderhoudsbaggerwerk is niet de oorzaak van deze sterke meandering en is ook niet de hoofdoorzaak dat deze in stand blijft (Van Weerdenburg et al., 2023). Deze trends zijn ook niet direct gekoppeld aan het verleggen van de vaargeul.

In Van Weerdenburg et al. (2023) werd gesteld dat het Scheepsgat zuidwaarts migreert. Deze trend is in de bestudeerde periode niet waargenomen, maar mocht dit toch plaatsvinden, dan verwachten we dat dit invloeden kan hebben op het ontstaan en de locatie van vloedscharen.



Figuur 17 Trends in en rondom vaargeul Holwerd-Ameland

De huidige locatie van de aansluiting op het Zuiderspruit is voorlopig aanbevolen als de meest geschikte locatie. Deze is relatief stabiel en goed in stand te houden. Theoretisch kan het zo zijn dat de locatie van de oude vaargeul gunstiger wordt wat betreft baggerbezwaar, omdat de sedimentdruk op de huidige aansluiting hoger kan worden en er een voldoende diepe eb geul aanwezig zal zijn in het dynamische gebied. Echter, een aansluiting door het dynamisch eb geulen gebied blijft procesmatig complex. De eb geulen zijn zeer dynamisch, waardoor regelmatig bijsturen van het baggerwerk en verplaatsen van de betonning nodig zijn.

We bevelen daarom aan om het gebied nauwgezet te blijven monitoren om toekomstige mogelijkheden te identificeren. Om de dynamiek van het gebied beter te begrijpen, zou het nuttig zijn om bodemhoogtes van het zuidelijk gedeelte van het dynamische eb geulen gebied (oftewel noordelijk gebied Piet Scheveplaat) in te meten, zodat ook eventuele vloedscharen in de analyse worden meegenomen.

Een meer gedetailleerde studie naar baggervolumes en volumeveranderingen in het gebied kan bijdragen aan een beter begrip van het benodigde onderhoud. Zowel meer detail in ruimte als in tijd kan helpen om toekomstige onderhoudsbehoeften beter in te schatten.

In het algemeen raden we aan om hoogfrequente bodemmetingen, zoals de beheerlodingen, te bestuderen bij het overwegen van het baggeren van een eb- of vloedschaar voor een vaargeul. Dit biedt inzicht in de dynamiek van het gebied duidelijk en maakt een betere inschatting mogelijk van het baggerbezwaar en de haalbaarheid om de schaar als vaargeul te gebruiken.