



# Vervolgonderzoek Bereikbaarheid Ameland 2030

Deelrapportage effectenbeoordeling morfologie

Rijkswaterstaat

4 september 2023

Project Vervolgonderzoek Bereikbaarheid Ameland 2030  
Opdrachtgever Rijkswaterstaat

Document Deelrapportage effectenbeoordeling morfologie  
Status Definitief 02  
Datum 4 september 2023  
Referentie 126248-6.1.1/23-014.192

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

Informatie uit dit rapport is alleen te bezien in samenhang met de overige rapporten die onderdeel uitmaken van VBA2030, alsook de projectnota.

## INHOUDSOPGAVE

<b>1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>5</b>
1.1	Aanleiding VBA2030	5
1.2	Doelstellingen Vervolgonderzoek bereikbaarheid Ameland 2030	6
1.3	Doel deelrapport morfologie	7
1.4	Leeswijzer	7
<b>2</b>	<b>UITGANGSPUNTEN</b>	<b>8</b>
2.1	Uitgangspunten	8
2.2	Wettelijke kaders	8
2.3	Beleidskader	9
<b>3</b>	<b>HUIDIGE SITUATIE EN AUTONOME ONTWIKKELINGEN</b>	<b>11</b>
3.1	Plan- en studiegebied	11
3.2	Referentie situatie	13
3.2.1	Systeemanalyses en autonome ontwikkelingen	14
<b>4</b>	<b>ONDERZOEKSMETHODIEK</b>	<b>15</b>
4.1	Inleiding	15
4.2	Beschrijving van de alternatieven	15
4.2.1	Alternatief 1.1	15
4.2.2	Alternatief 1.2	16
4.2.3	Alternatief 1.3	16
4.2.4	Alternatief 2.1	17
4.2.5	Alternatief 2.2	18
4.2.6	Alternatief 2.3	18
4.2.7	Samenvatting kenmerken alternatieven	19
4.3	Ingreep-effect relaties	21
4.4	Onderzoeksaanpak	22
4.4.1	Ontwikkeling geulbreedte en -diepte	23
4.4.2	Prognose baggerbezwaar	24
4.4.3	Effecten op vertroebeling	24
4.4.4	Effecten nieuwe veerdam en verwijderen bestaande	25

4.4.5	Effecten niet baggeren referentieroute	25
4.5	Beoordelingskader	26
<b>5</b>	<b>EFFECTBESCHRIJVING EN -BEOORDELING</b>	<b>28</b>
5.1	Inleiding	28
5.2	Ontwikkeling geulbreedte en -diepte	28
5.3	Baggerbezwaar per alternatief	31
5.3.1	Bandbreedte	32
5.3.2	Mitigerende maatregel	33
5.4	Vertroebeling per alternatief	33
5.5	Effectenbeschrijving en -beoordeling per alternatief	34
5.5.1	Alternatief 1.1	34
5.5.2	Alternatief 1.2	36
5.5.3	Alternatief 1.3	37
5.5.4	Alternatief 2.1	37
5.5.5	Alternatief 2.2	39
5.5.6	Alternatief 2.3	40
5.5.7	Samenvatting beoordeling	41
5.6	Mitigerende maatregelen	42
5.7	Leemten in kennis	43
<b>6</b>	<b>CONCLUSIES</b>	<b>44</b>
<b>7</b>	<b>REFERENTIES</b>	<b>46</b>
	Laatste pagina	46
	<b>Bijlage(n)</b>	<b>Aantal pagina's</b>
I	Analyse geulbreedte	10
II	Prognose baggerbezwaar	6
III	Prognose vertroebeling	2
IV	Effecten nieuwe veerdam en verwijderen bestaande	4
V	Effecten niet baggeren referentieroute	3

# 1

## INLEIDING

Voorliggend document betreft de 'deelrapportage effectbeoordeling morfologie' voor het Vervolgonderzoek Bereikbaarheid Ameland 2030 (VBA2030). Dit document geeft inzicht in de effecten voor het thema morfologie van de mogelijke alternatieven voor een duurzame en betrouwbare verbinding naar het eiland Ameland tot het jaar 2100.

### 1.1 Aanleiding VBA2030

De vaarverbinding tussen Ameland en Holwert is essentieel voor de bereikbaarheid van Ameland. De geulen tussen Ameland en Holwert worden sinds enkele decennia langer en ondieper als gevolg van natuurlijke morfologische ontwikkelingen. Daardoor moet er over een steeds grotere lengte, steeds meer gebaggerd worden om de route bevaarbaar te houden. Het baggeren leidt tot een toename van de druk op het ecosysteem van de Waddenzee. Ook neemt de kans op vertragingen en stremmingen toe als gevolg van de morfologische veranderingen. Onderzoek heeft uitgewezen dat het in de toekomst niet mogelijk is om de vaarverbinding structureel en voldoende te verbeteren door slechts de huidige baggerwerkzaamheden te optimaliseren. Een lange termijnoplossing, die verder kijkt dan alleen het optimaliseren van baggerwerkzaamheden, voor de bereikbaarheid van Ameland is daarom nodig om een duurzame en betrouwbare vaarweg te garanderen.

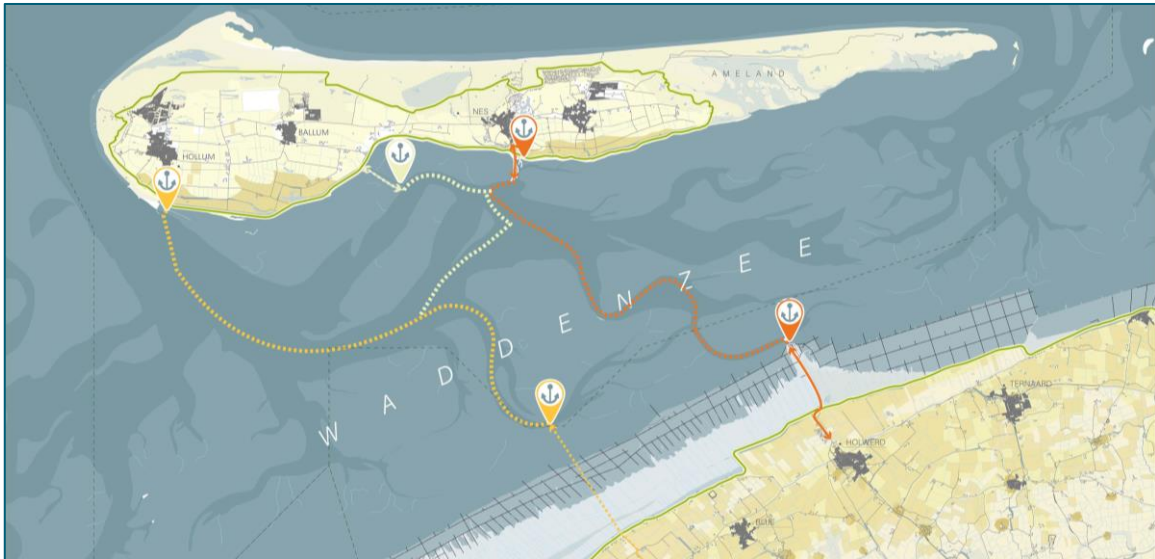
Rijkswaterstaat, de provincie Fryslân en de gemeentes Ameland en Noardeast-Fryslân hebben in december 2019 de notitie 'Lange Termijn Oplossingsrichtingen bereikbaarheid Ameland na 2030' (LTOA) opgeleverd. Daarin worden drie lange termijn oplossingsrichtingen gepresenteerd. De minister heeft besloten vervolgonderzoek uit te laten voeren naar twee van de drie oplossingsrichtingen:

- 1 optimalisatie van het bestaande;
- 2 verplaatsen van de vertrek- en aankomstlocatie.

De minister heeft het standpunt dat de niet-varende oplossing (de tunnelvariant) niet nader onderzocht dient te worden: "De complexe uitvoering met zeer forse investerings- en instandhoudingskosten is niet te rechtvaardigen gelet op het beperkte aantal vervoersbewegingen. Daarbij grijpt een tunnel in op de sociaaleconomische structuur van Ameland en het Waddengebied in algemene zin" [ref. 5].

Het project 'Vervolgonderzoek bereikbaarheid Ameland 2030' (VBA2030) betreft het vervolgonderzoek naar de twee oplossingsrichtingen uit de LTOA (afbeelding 1.1).

Afbeelding 1.1 Oplossingsrichtingen bereikbaarheid Ameland



## 1.2 Doelstellingen Vervolgonderzoek bereikbaarheid Ameland 2030

In de LTOA is besloten dat het uitgangspunt is: een toekomstbestendige en vraaggestuurde verbinding met het vasteland. In 2030 functioneert het infrastructuurnetwerk klimaat- en energieneutraal, wordt een varende oplossing duurzaam aangedreven en wordt gestreefd naar circulariteit om brede welvaart te bereiken. Dit sluit aan bij de ambitie uit Waddenagenda 2050: In 2050 is het Waddengebied duurzaam en veilig bereikbaar en past de mobiliteit bij de status van het Werelderfgoed. De opgave is de mobiliteit te verduurzamen en de bereikbaarheid ook op de lange termijn te blijven garanderen. Tegelijk is de opgave de baggerinspanningen te verminderen en de impact op natuur en milieu zo gering mogelijk te laten zijn.

Op basis hiervan zijn voor het VBA2030 de volgende projectdoelstellingen geformuleerd:

- 1 het uitvoeren van onderzoeken op het gebied van morfologie, ecologie en bereikbaarheid met een tijdshorizon van 2100;
- 2 het komen tot een set van duurzame en betrouwbare mogelijke alternatieven die bestuurlijk, financieel, technisch en juridisch realiseerbaar zijn. De mogelijke alternatieven dienen op transparante, navolgbare en gestructureerde wijze tot stand te komen, waarbij oog is voor draagvlak, inbreng en betrokkenheid van de omgeving en relevante belanghebbenden;
- 3 het vastleggen en onderbouwen van de mogelijke alternatieven in een projectnota ten behoeve van besluitvorming door de Minister over het vervolgtraject, inclusief een advies over welke oplossingsrichting(en) kansrijk is (zijn).

### Projectopzet VBA2030

VBA2030 is opgedeeld in twee fasen. In fase 1 zijn onderzoeken uitgevoerd naar morfologie, ecologie, mobiliteit en ruimtelijke kwaliteit én zijn op basis van deze onderzoeken in totaal 13 mogelijke alternatieven opgesteld voor de vaarverbinding. Mede op basis van informatie uit de uitgevoerde onderzoeken zijn het doelbereik, de effecten, en de kosten van deze alternatieven globaal in beeld gebracht. Op basis van deze informatie zijn in fase 2 alternatieven samengesteld waarin de meest probleemoplossende maatregelen zijn opgenomen.

In fase 2 worden de alternatieven ingepast in de omgeving en uitgewerkt tot op het niveau van een inpassend ontwerp. Daardoor wordt de beoordeling van het doelbereik, de effecten (waaronder het ruimtebeslag), en de kosten van de alternatieven betrouwbaarder. In fase 2 worden ook de 'no regret'-maatregelen en kansen bepaald. Door maatregelen die in fase 2 niet verder worden uitgewerkt in het kansendossier op te nemen, wordt geborgd dat deze maatregelen in een vervolgtraject nog wel in beeld zijn.

### 1.3 Doel deelrapport morfologie

Dit rapport beschrijft de morfologische effectbeoordeling. Daarin worden de in fase 2 ontwikkelde alternatieven binnen oplossingsrichting 1 en 2 beoordeeld op basis van de te verwachten effecten op de natuurlijke bodemdynamiek van kwelders, wadplaten en geulen. Daarnaast worden in dit deelrapport ook relevante inzichten verschaft over de morfologie ten behoeve van andere project onderdelen (effectbeoordeling verkeer en vervoer, notitie duurzaamheid, kostenraming, effectbeoordeling natuur).

### 1.4 Leeswijzer

Tabel 1.1 Leeswijzer

Hoofdstuk	Beschrijving
2	beschrijft de uitgangspunten en de kaders voor dit deelrapport
3	beschrijft de huidige situatie en de autonome ontwikkelingen die relevant zijn voor dit thema
4	beschrijft de onderzoeksmethodiek met daarin de ingreep-effect relaties per alternatief
5	beschrijft de feitelijke effecten van de alternatieven, inclusief de mogelijke mitigerende maatregelen
6	geeft een samenvatting en conclusie van het thema

# 2

## UITGANGSPUNTEN

Dit hoofdstuk beschrijft de uitgangspunten en de kaders waarbinnen de effectbeoordeling heeft plaatsgevonden.

### 2.1 Uitgangspunten

#### Nautiek

- in de huidige situatie wordt de vaargeul onderhouden op een breedte van minimaal 50 m tot maximaal 60 m en ligt een bodemhoogte op maximaal NAP -3,8 m;
- het passeren van schepen vindt plaats in van nature bredere delen van de vaargeul;
- op basis van PIANC richtlijnen kunnen autoschepen elkaar probleemloos passeren bij een vaargeulbreedte van 110 m. In smallere geulen is maatwerk nodig.

#### Ontwerp veerdammen

- het ontwerp van de alternatieven waarvan in dit rapport de effecten worden bepaald is vastgelegd in het Ontwerpdossier Schetsontwerp fase 2 [ref. 1].

#### Data voor morfologische analyse

- voor de morfologische analyse is gebruik gemaakt van de volgende bathymetrische data:
  - 1989-2017: vaklodingen (verkregen via Deltares);
  - 2018-2023: beheerlodingen vaargeulen (verkregen via Rijkswaterstaat).

#### Numerieke modellen

- in deze effectenbeoordeling is gebruik gemaakt van het numerieke Delft3D-FM model van de Waddenzee (DWSM-model) met een lokale verfijning in het kombergingsgebied van Ameland [ref. 3]. Dit model is verkregen via Deltares en wordt in het vervolg aangeduid als het Delft3D-FM model van Ameland.

#### Kwelder beheer

- er wordt bij deze effectbeoordeling uitgegaan van blijvend onderhoud aan de bestaande kwelderwerken (conform het huidige beleid voor kwelderonderhoud), dit leidt tot stimulering van de kweldergroei en dus toename van het kwelderareaal.

### 2.2 Wettelijke kaders

Deze paragraaf beschrijft relevante wettelijke kaders voor het thema van dit deelrapport, dit wordt weergegeven in onderstaande tabel.



Tabel 2.1 Wettelijk kader morfologie

Wet- en regelgeving	Uitleg en relevantie
<b>Europees</b>	
UNESCO Werelderfgoedverdrag: Waddenzee	de Waddenzee is het grootste aaneengesloten intergetijdengebied ter wereld, waar natuurlijke processen ongestoord kunnen plaatsvinden. Vanwege zijn wereldwijd unieke geologische en ecologische waarden staat de Waddenzee op de Werelderfgoedlijst van UNESCO. De Werelderfgoedstatus wordt gezien als een visitekaartje voor het Waddengebied. UNESCO kan de status ontnemen als de waarden waarvoor de Werelderfgoed-status is toegekend, aangetast worden. Nederland heeft de Joint Declaration on the Protection of the Wadden Sea (2010) ondertekend waarin het toezegt het Werelderfgoed Waddenzee goed te beschermen. Dit is ondertekend vanuit de Trilaterale Waddenzee Samenwerking (TWSC) tussen Nederland, Duitsland en Denemarken. De Waddenzee voldoet aan drie van de 10 selectie criteria (Outstanding Universal Value's) voor de Werelderfgoed status: geologische processen, ecologische en biologische processen en biodiversiteit
Natura-2000 netwerk	Natura-2000 gebieden zijn aangewezen op grond van de Europese Vogel- en Habitatrichtlijn en vormen samen het Natura-2000 netwerk. Het doel is een wezenlijke bijdrage te leveren aan het behoud en herstel van de natuur van communautair belang in de Europese Unie.
Conventie van Ramsar	een internationale overeenkomst inzake watergebieden die van internationale betekenis zijn, in het bijzonder als woongebied voor watervogels. Het doel van deze overeenkomst is 'het behoud en het oordeelkundig gebruik van alle watergebieden door middel van plaatselijke, regionale en nationale acties en internationale samenwerking, als bijdrage aan het tot stand komen van een duurzame ontwikkeling in de gehele wereld'

## 2.3 Beleidskader

Deze paragraaf beschrijft de beleidskaders voor het thema van dit deelrapport, dit wordt weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 2.2 Beleidskader morfologie

Beleidsstuk	Uitleg en relevantie
Structuurvisie Waddenzee	de structuurvisie Waddenzee bevat de hoofdlijnen van het Rijksbeleid voor de Waddenzee. De hoofddoelstelling voor de Waddenzee is de duurzame ontwikkeling van de Waddenzee als natuurgebied en het behoud van het unieke open landschap. Het beleid is gericht op duurzame bescherming en een zo natuurlijk mogelijk ontwikkeling van bodemkundige processen en moet een hoge waterkwaliteit waarborgen. In de bodem aanwezige archeologische waarden worden beschermd. De verstoring van de bodem is zodanig beperkt dat ongestoorde natuurlijke mosselbanken en zeegrasvelden voorkomen
Natura-2000 beheerplan Waddenzee 2016-2022 en 2022-2028	de Waddenzee is als Natura-2000 gebied onderdeel van het Natura-2000 netwerk. Het beheerplan Waddenzee is o.a. gericht op behoud of herstel van de ruimtelijke samenhang van diep water, kreken, geulen, ondiep water, platen, kwelders, stranden en bijbehorende sedimentatie- en erosieprocessen. Het beheerplan is recent verlengd voor de beheerperiode 2022 - 2028

Beleidsstuk	Uitleg en relevantie
Agenda voor het Waddengebied 2050	beschrijft het gezamenlijk langetermijnperspectief voor het Waddengebied 2050 en formuleert gezamenlijke doelen, handelingsprincipes en stappen richting uitvoeringsprogramma teneinde deze doelen te realiseren. Waar mogelijk en nodig worden keuzen voor beleid geformuleerd. De hoofddoelstelling voor de Waddenzee: 'een duurzame bescherming en ontwikkeling van de Waddenzee als natuurgebied en het behoud van het unieke open landschap'. De Agenda omvat ook een doorkijk naar het Uitvoeringsprogramma Waddengebied 2021 - 2026

# 3

## HUIDIGE SITUATIE EN AUTONOME ONTWIKKELINGEN

Dit hoofdstuk presenteert het plangebied, het studiegebied en de referentiesituatie. Het plangebied omvat de vaarverbinding tussen Holwert en Ameland, inclusief de veerdam in Holwert, de veerdam van Nes en de vaarroute zelf. Een uitgebreide beschrijving is te vinden in de Notitie Plangebied (ref: 126248/22-004.809).

### 3.1 Plan- en studiegebied

Het plangebied is het gebied waarin ingrepen worden voorzien voor het realiseren van de alternatieven. Het studiegebied begrenst het gebied waarbinnen de effecten van alternatieven worden onderzocht. Daarmee kunnen het plan- en studiegebied van elkaar verschillen per het te onderzoeken effect.

Het plangebied voor de 6 te beschouwen alternatieven betreft de aanmeerlocatie bij Holwert, de locatie bij Ferwert en de bestaande aanmeerlocatie bij Nes. Ook de vaargeul en de Waddenzee die zich tussen het eiland en de vaste wal bevinden zijn onderdeel van dit plangebied. Dit plangebied is weergegeven in onderstaande afbeelding. De rode arceringen omvatten de alternatieven voor het VBA2030, met de zoekgebieden in het oranje.

Afbeelding 3.1 Plangebied VBA2030

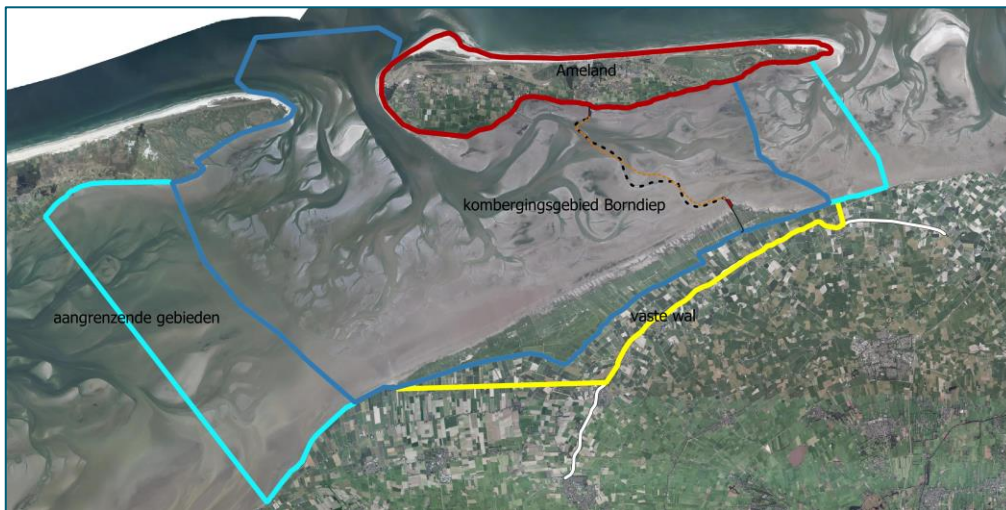


Het plangebied is uitgebreid beschreven in de Notitie Plangebied (ref: 126248/22-004.809). In deze notitie zijn de huidige aanmeerlocaties bij Holwert en Nes, en de eventuele locatie bij Ferwert beschreven. Per locatie is de ligging en omgeving beschreven, de (parkeer)voorzieningen op de veerdammen incl. de OV verbindingen, en een globale constructieve analyse van de veerdammen. Daarnaast is de huidige dienstregeling met de huidige autoschepen en sneldienst beschreven, met daarin de te varen route.

Het studiegebied is begrensd in afbeelding 3.2 voor het VBA2030. Het gebied bevat de volgende geografische gebieden en grenzen:

- het eiland Ameland (rood);
- het kombergingsgebied Borndiep (donkerblauw) en aangrenzende gebieden van het Vlie en Pinkegat (lichtblauw);
- op de vaste wal (geel):
  - zuidelijke begrensd door de N357 en N358;
  - westelijke begrensd door een rechte lijn van Zwarte Haan tot aan de N357;
  - oostelijke begrensd door een rechte lijn van Het Schoor tot aan de N358.

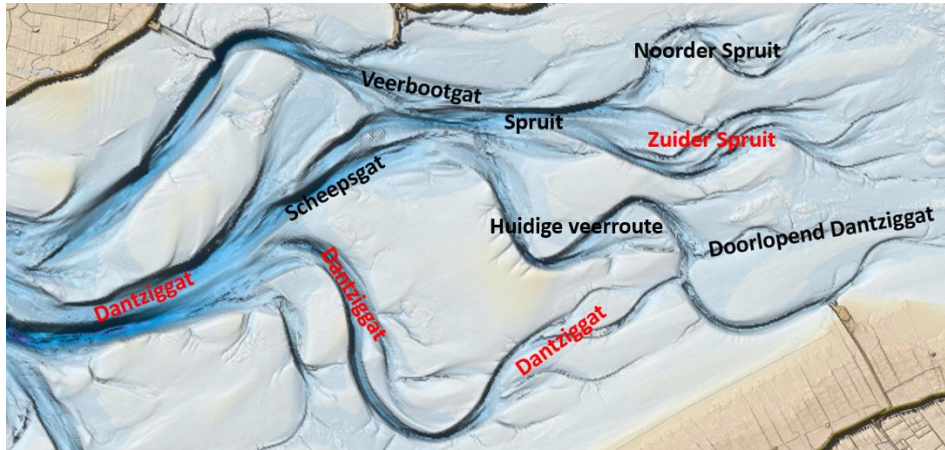
Afbeelding 3.2 Studiegebied VBA2030



### Deelrapport Morfologie

Het studiegebied van de effectenbeoordeling morfologie omvat het kombergingsgebied Borndiep (ook wel het kombergingsgebied van Ameland) en aangrenzende gebieden van het Vlie en Pinkegat. Op Ameland en op de vaste wal treden geen morfologische effecten op. Binnen dit studiegebied bevinden zich verschillende getijdegeulen waarvan de namen zijn weergegeven in afbeelding 3.3. Deze namen komen terug in verschillende onderdelen van dit rapport.

Afbeelding 3.3 Namen van getijdegeulen in het studiegebied



## 3.2 Referentie situatie

Deze paragraaf beschrijft de huidige situatie van de vaarverbinding tussen Holwert en Ameland, inclusief de veerdam in Holwert, de veerdam van Nes en de vaarroute. Voor een uitgebreidere beschrijving wordt naast de reeds genoemde notitie plangebied, ook verwezen naar de 'Notitie mogelijke alternatieven' (met referentie 126248/22-011.356), behorende bij fase 1 van het VBA2030.

### Aanmeerlocatie vaste wal

In de huidige veerverbinding vertrekt de veerboot richting Ameland vanaf de veerdam ten noorden van de plaats Holwert (provincie Friesland). Haaks op de zeedijk ligt een uit grond gevormde veerdam, deze strekt zich ongeveer 2 kilometer uit in de Waddenzee. De veerdam is aan de weerszijden voorzien van een harde talud bescherming. Aan de westzijde is stortsteen aangebracht. De voorzieningen (parkeerplaatsen, restaurant, transferium etc.) liggen buitendijks. De kop van de veerdam steekt in de zuidzijde van de vaargeul. Ten oosten en westen van de veerdam liggen dun begroeide kwelders. Doordat de bovenzijde van de buitendijkse veerdam op een hoogte van circa 3,3 m boven NAP ligt, komt deze geregeld bij verhoogde waterstanden onderwater te staan. De zuidzijde van de dam is te bereiken via de gebiedsontsluitingsweg N356 of het fietspad dat gescheiden ligt van de rijbaan vanaf Holwert.

Ferwert ligt ten westen van Holwert en ligt langs de ontsluitingsweg naar Leeuwarden. Bij Ferwert zijn geen voorzieningen of wegen aanwezig die tot aan de Waddenzee reiken. Het dorp Ferwert en de Waddenzee worden gescheiden door natuurlijke kwelders voor de kust en de zeedijk.

### Aanmeerlocatie Ameland

De huidige aankomstlocatie van de veerboot op Ameland is al lange tijd gelegen nabij het dorp Nes. De uit grond gevormde veerdam met harde taludbescherming strekt circa 700 m de Waddenzee in vanaf de zeedijk en ligt daarmee buitendijks. Ondanks de ophoging van de kop van de veerdam in 2017 (naar NAP +2,25 m), is het mogelijk dat de veerdam onderwater komt te staan. De veerdam is met het eiland verbonden middels een fietspad en autoweg. Vergelijken met de voorzieningen op de veerdam van Holwert, zijn de voorzieningen rondom de veerdam in Nes meer gericht op toeristen die het eiland komen bezoeken. Op de veerdam is er bijvoorbeeld een transferium, waar overgestapt kan worden van en naar fietsen, bussen en taxi's, en een jachthaven. De parkeermogelijkheden voor auto's zijn beperkt.

### Vaarverbinding

De veerverbinding naar Ameland wordt gerealiseerd door drie veerboten van rederij Wagenborg. Deze worden aangedreven met dieselmotoren. wordt de boot vanaf de kade van brandstof voorzien, en vindt dit 2 keer per week plaats. De veerboten volgen tussen Holwert en Nes verschillende geulen.



Om de verbinding tussen Holwert en Nes te waarborgen, wordt in een deel van deze geulen nagenoeg continu baggeronderhoud uitgevoerd om de geulen op voldoende diepte (maximaal NAP - 4,0 m en minimaal NAP -3,8 m) en breedte (maximaal 60 m, minimaal 50 m) te houden. In 2019 is een bochtafsnijding gerealiseerd, waardoor de vaarroute destijds 750 m korter is geworden.

### Dienstregeling

Van de drie veerboten die nu worden ingezet, worden twee boten gebruikt voor de reguliere dienst en één voor de sneldienst. De sneldienst biedt plaats aan 48 personen en de reguliere autoveren hebben ieder plaats voor 72 auto's en 1.200 personen. Gezamenlijk hebben de drie veerboten de capaciteit om jaarlijks 7,7 miljoen passagiers te vervoeren, maar in de praktijk zijn de veerboten meestal niet tot de volledige capaciteit gevuld. Wagenborg rapporteerde een gemiddelde bezettingsgraad van circa 9,5 % voor passagiers en 55 % voor voertuigen op het autodek in 2019. De dienstregeling is afhankelijk van het seizoen en dag van de week. Op rustige dagen vertrekt de reguliere veerdienst 7 keer vanaf Holwert, op drukke dagen 4 tot 6 keer vaker.

De veerdienst is regelmatig vertraagd door technische en natuurlijke omstandigheden. Het totaal aantal vertraagde afvaarten was in 2020 19,4 %. Al deze vertragingen waren van toepassing op de reguliere veerdienst. De sneldienst was geen één keer vertraagd in 2020. Normaliter wordt de dienstverlening met de reguliere boot gestremd bij een waterstand van NAP -1,80 m bij afgaand tij te Nes, of een waterstand van NAP -1,60 m in combinatie met een windkracht > 8 Beaufort. In 2023 zijn er problemen opgetreden waardoor de veerboten tijdelijk niet afvaren bij waterstanden onder NAP -1,4 m. Rijkswaterstaat heeft extra baggerschepen ingezet om de vaargeul aan de benodigde dimensies te laten voldoen.

## 3.2.1 Systemanalyses en autonome ontwikkelingen

De referentie situatie betreft de situatie 'niks doen' inclusief de autonome ontwikkelingen. De autonome ontwikkelingen op het gebied van morfologie, ecologie en mobiliteit zijn in fase 1 van het VBA2030 uitvoerig geanalyseerd in de hoofdonderzoeken. Deze onderzoeken bevatten ook een verdiepende systeemanalyse van de thema's:

- morfologisch onderzoek (met referentie 126248/22-007.365);
- ecologisch onderzoek (met referentie 126248/22-006.727);
- bereikbaarheidsonderzoek (met referentie 126248/22-007.249).

Bij het opstellen van deze onderzoeken zijn externe begeleidingscommissies betrokken, met daarin experts in hun vakgebied. De bovengenoemde systeemanalyses geven een uitputtende beschrijving van de referentiesituatie inclusief autonome ontwikkelingen. Aanvullend op deze hoofdonderzoeken is ook een inpassingsvisie opgesteld, om de ruimtelijke kwaliteit (en kansen) van het plangebied te analyseren.

# 4

## ONDERZOEKSMETHODIEK

### 4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de onderzoeksmethodiek toegelicht. Allereerst worden in paragraaf 4.2 de alternatieven bondig beschreven. Paragraaf 4.3 geeft een overzicht van de relevante ingreep-effectrelaties. Daarna volgt de onderzoeksaanpak en wordt het beoordelingskader toegelicht. Bij deze beoordeling wordt uitgegaan van een realistische worst-case scenario. Dat wil zeggen dat wordt uitgegaan van de bovengrens van de verwachte effecten per alternatief met inachtneming van lange termijn ontwikkelingen en versnelde zeespiegelstijging. Tot slot worden eventuele mitigerende en 'no-regret' maatregelen beschreven, waarmee geen rekening is gehouden bij de beoordeling.

### 4.2 Beschrijving van de alternatieven

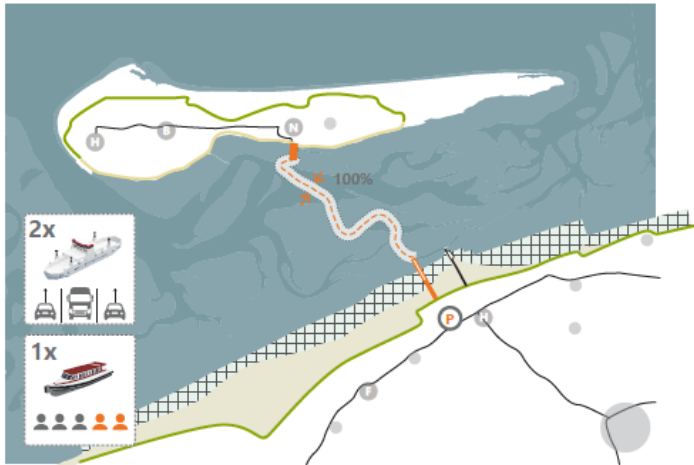
In deze paragraaf wordt per alternatief een beschrijving gegeven van de relevante bouwstenen met ingrepen die een effect hebben op de natuurlijke bodemdynamiek. De aanmeerlocatie bij Ameland en dienstregeling hebben geen effect op de natuurlijke bodemdynamiek. Daarna volgt een samenvattend overzicht van de belangrijkste kenmerken van de alternatieven (tabel 4.1) met een overzicht van de vaargeuldimensies. De ingreep-effecten relaties worden besproken in 4.3.

#### 4.2.1 Alternatief 1.1

Alternatief 1.1 (afbeelding 4.1) bevat de volgende bouwstenen die betrekking hebben op de natuurlijke bodemdynamiek:

- *aanmeerlocatie Holwert*: de bestaande pier bij Holwert wordt vervangen door een nieuwe pier die circa 1.700 m westelijk van de huidige wordt gebouwd. Het landwaartse deel van de nieuwe pier wordt gebouwd als gronddam en het zeewaartse deel op palen (hybride dam). De bestaande dam bij Holwert wordt afgebroken;
- *vaargeul*: de vaargeul wordt 1.700 m korter, daardoor hoeft de laatste 1.700 m van de vaargeul niet langer op breedte en diepte gehouden te worden, dit betreft het meest onderhoudsintensieve deel. De ontwerpdoorsnede van de vaargeul wordt gelijkgesteld aan de huidige vaargeul (100 % van het huidige oppervlak van de ontwerpdoorsnede).

Afbeelding 4.1 Alternatief 1.1

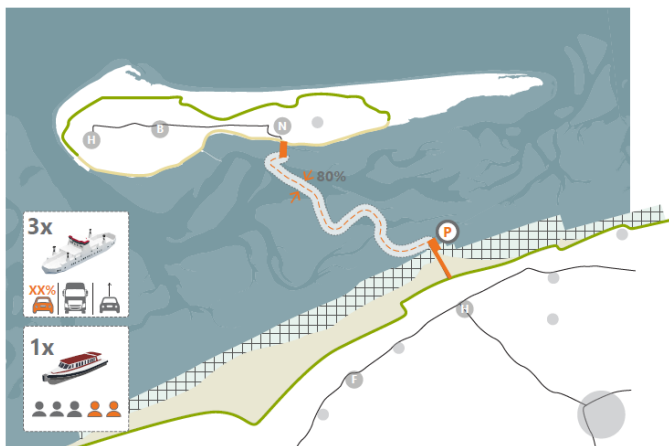


#### 4.2.2 Alternatief 1.2

Alternatief 1.2 (afbeelding 4.2) bevat de volgende bouwstenen die betrekking hebben op de natuurlijke bodemdynamiek:

- *aanmeerlocatie Holwert*: de bestaande pier in Holwert blijft behouden, inclusief de voorzieningen. De pier wordt verhoogd om in de toekomst te voldoen aan de beschikbaarheidseisen en rekening te houden met zeespiegelstijging;
- *vaargeul*: de doorsnede van de vaargeul wordt verkleind naar ongeveer 80 % van het oppervlak van de huidige ontwerpdoorsnede, omdat de ontmoeting van de twee kleinere autoschepen maatgevend is.

Afbeelding 4.2 Alternatief 1.2



#### 4.2.3 Alternatief 1.3

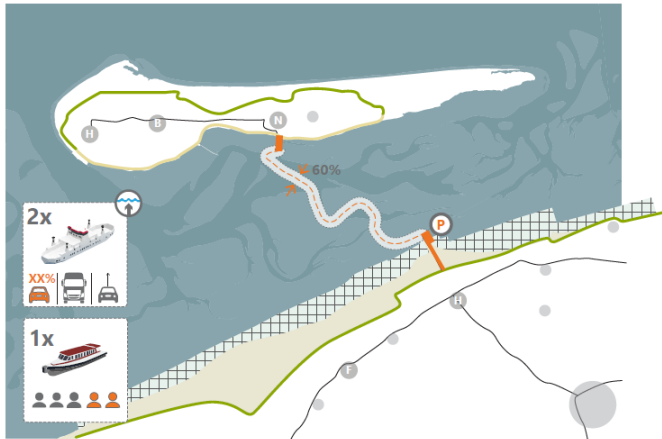
Alternatief 1.3 (afbeelding 4.3) bevat de volgende bouwstenen die betrekking hebben op de natuurlijke bodemdynamiek:

- *aanmeerlocatie Holwert*: de bestaande pier in Holwert blijft behouden, inclusief de voorzieningen. De pier wordt wel verhoogd om te voldoen aan de beschikbaarheidseisen en rekening te houden met zeespiegelstijging;



- *vaargeul*: de doorsnede van de vaargeul wordt verkleind naar ongeveer 60 % van het oppervlak van de huidige ontwerpdoorsnede, omdat de ontmoeting van de twee autoschepen alleen bij waterstanden boven NAP + 0,0 m maatgevend is.

Afbeelding 4.3 Alternatief 1.3



#### 4.2.4 Alternatief 2.1

Alternatief 2.1 (afbeelding 4.4) bevat de volgende bouwstenen die betrekking hebben op de natuurlijke bodemdynamiek:

- *aanmeerlocatie Ferwert*: Er wordt een nieuwe pier bij Ferwert aangelegd. De gehele nieuwe pier wordt gebouwd als gronddam, conform de huidige situatie bij Holwert. De bestaande dam bij Holwert wordt afgebroken;
- *vaargeul*: de ontwerpdoorsnede van de vaargeul wordt gelijkgesteld aan de huidige vaargeul tussen Holwert en Nes (100 % van het oppervlak van de huidige ontwerpdoorsnede), omdat de ontmoeting van de twee autoschepen maatgevend blijft en de afmeting van deze schepen niet wijzigt.

Afbeelding 4.4 Alternatief 2.1



## 4.2.5 Alternatief 2.2

Alternatief 2.2 (afbeelding 4.5) bevat de volgende bouwstenen die betrekking hebben op de natuurlijke bodemdynamiek:

- *aanmeerlocatie Ferwert*: er wordt een nieuwe hybride veerdam bij Ferwert aangelegd. Het landwaartse deel van de nieuwe pier wordt gebouwd als gronddam en het zeewaartse deel op palen. De bestaande dam bij Holwert wordt afgebroken;
- *vaargeul*: de ontwerpdoorsnede van de vaargeul wordt gelijkgesteld aan de huidige vaargeul tussen Holwert en Nes (100 % van het oppervlak van de huidige ontwerpdoorsnede), omdat de ontmoeting van de twee autoschepen maatgevend blijft en de afmeting van deze schepen niet wijzigt.

Afbeelding 4.5 Alternatief 2.2



## 4.2.6 Alternatief 2.3

Alternatief 2.3 (afbeelding 4.6) bevat de volgende bouwstenen die betrekking hebben op de natuurlijke bodemdynamiek:

- *aanmeerlocatie Ferwert*: er wordt een nieuwe pier bij Ferwert aangelegd. Het landwaartse deel van de nieuwe pier wordt gebouwd als gronddam en het zeewaartse deel op palen. De bestaande dam bij Holwert wordt afgebroken;
- *vaargeul*: de doorsnede van de vaargeul wordt verkleind naar ongeveer 80 % van het oppervlak van de huidige ontwerpdoorsnede, omdat de ontmoeting van de twee kleinere autoschepen maatgevend is.

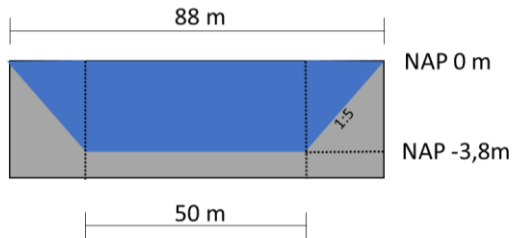
Afbeelding 4.6 Alternatief 2.3



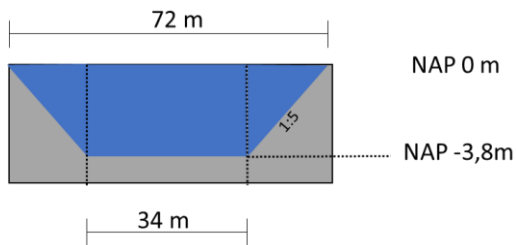
## 4.2.7 Samenvatting kenmerken alternatieven

Een samenvatting van de belangrijkste kenmerken van de alternatieven voor deze effectenbeoordeling zijn opgenomen in tabel 4.1. Daarnaast zijn de ontwerpdoorneden gevisualiseerd in afbeelding 4.7 t/m afbeelding 4.9.

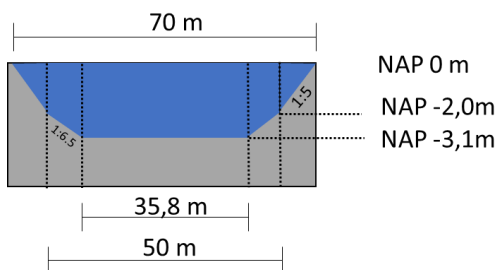
Afbeelding 4.7 Benodigde vaargeul alternatief 1.1, 2.1 en 2.2 en huidige situatie



Afbeelding 4.8 Benodigde vaargeul alternatief 1.2 en 2.3



Afbeelding 4.9 Benodigde vaargeul alternatief 1.3



Tabel 4.1 Samenvatting kenmerken alternatieven

Kenmerken	Referentiesituatie	Alternatief 1.1	Alternatief 1.2	Alternatief 1.3	Alternatief 2.1	Alternatief 2.2	Alternatief 2.3
<b>aanmeerlocatie vaste wal</b>							
locatie	Holwert	Holwert, 1.700 m verplaatst	Holwert	Holwert	Ferwert	Ferwert	Ferwert
constructie veerdam	gronddam	hybride dam (nieuw)	gronddam (bestaand)	gronddam (bestaand)	gronddam (nieuw)	hybride dam (nieuw)	hybride dam (nieuw)
<b>aanmeerlocatie Ameland</b>							
locatie	Nes	Nes	Nes	Nes	Nes	Nes	Nes
constructie veerdam	gronddam	gronddam (bestaand)	gronddam (bestaand)	gronddam (bestaand)	gronddam (bestaand)	gronddam (bestaand)	gronddam (bestaand)
<b>vaarverbinding</b>							
in te zetten autoschip	huidige autoveer	huidige autoveer	kleine autoveer	huidige autoveer	huidige autoveer	huidige autoveer	kleine autoveer
aantal in te zetten schepen - autoschip	2	2	3	2	2	2	3
in te zetten sneldienst	huidige sneldienst	grotere sneldienst	grotere sneldienst	grotere sneldienst	huidige sneldienst	grotere sneldienst	grotere sneldienst
aantal in zetten schepen - sneldienst	1	1	1	1	1	1	1
<b>vaargeul</b>							
ontwerpdoorsnede [m <sup>2</sup> ]	262,2	262,2 (100 %)	201,4 (80 %)	167,2 (60 %)	262,2 (100 %)	262,2 (100 %)	201,4 (80 %)
bodemniveau [m+NAP]	-3,8	-3,8	-3,8	-3,1	-3,8	-3,8	-3,8
breedte (op niveau 0 m NAP) [m]	88	88	72	70	88	88	72

### 4.3 Ingreep-effect relaties

Het realiseren van de alternatieven leidt tot verschillende ingrepen die een effect hebben op de natuurlijke bodemdynamiek van kwelders, wadplaten en geulen in het projectgebied. Voor die ingrepen zijn de ingreep-effect relaties beschreven in tabel 4.2. Daarbij is aangegeven op welke alternatieven de ingrepen van toepassing zijn.

Met natuurlijke bodemdynamiek wordt hier bedoeld dat kwelders, wadplaten en geulen op een natuurlijke wijze ontwikkelen en daarbij niet beïnvloed worden door menselijke ingrepen. Onder deze ingrepen vallen concreet de aanwezigheid van veerdammen, baggerwerkzaamheden en kwelderwerken. De natuurlijke bodemdynamiek wordt versterkt als een groter deel van het bodemoppervlak binnen het studiegebied zich op natuurlijke wijze kan ontwikkelen.

Bij deze effectenbeoordeling zijn alleen effecten beschouwd die na aanleg (dus in de gebruiksfase) optreden. Werkzaamheden tijdens aanleg kunnen effect hebben op de natuurlijke bodemdynamiek. Aangezien de aanlegmethodiek niet vast staat en omdat eventuele negatieve effecten tijdens aanleg mogelijk kunnen worden gemitigeerd met een andere of aangepaste aanlegmethode, zijn effecten op de natuurlijke bodemdynamiek tijdens aanleg niet beschouwd.

Voor zowel de referentiesituatie (= huidige situatie) als voor elk van de alternatieven is het onderhouden en verhogen van de pier bij Nes vereist om zowel aan de beschikbaarheidseisen te voldoen, als om beschermd te zijn tegen toekomstige zeespiegelstijging. Aangezien het verhogen van de pier bij Nes geen effect heeft op de natuurlijke bodemdynamiek wordt hier in dit deelrapport niet nader op ingegaan.

Tabel 4.2 Ingreep-effectenrelaties morfologie

Ingreep	Projectfase	Gevolg	Effect	Van toepassing op	Criterium
onderhoudsbaggerwerkzaamheden vaargeul <sup>1</sup>	gebruik	verstoring van de zeebodem daar waar gebaggerd wordt. De geul wordt op een grotere breedte en diepte gehouden dan die van nature zou aannemen	onnatuurlijke geulontwikkeling, meer baggeren geeft meer onnatuurlijke geulontwikkeling. Onderdrukking van het op natuurlijke wijze ontstaan van eb/vloedscharen	alle alternatieven	natuurlijke bodemdynamiek
		opwoeling van sediment en vertroebeling van de waterkolom	beperking van primaire productie en voedselinname beschermde diersoorten	alle alternatieven	de effecten worden beoordeeld in de effectbeoordeling Natuur
aanpassen vaargeuldimensies	gebruik	wijziging in minimaal te onderhouden dimensies vaargeul	wijziging in het baggeronderhoud en baggerbezwaar	alternatieven 1.2, 1.3 en 2.3	natuurlijke bodemdynamiek
aanleg van een nieuwe veerdam (hybride dam of gronddam)	gebruik	obstructie van getijdestroming en golven door de aanwezigheid	onnatuurlijke ontwikkeling van kwelders en wadplaten.	alternatief 1.1, 2.1, 2.2, en 2.3	natuurlijke bodemdynamiek

<sup>1</sup> Naast regulier onderhoud zijn ook periodieke ingrepen nodig om de geul in stand te houden, in ieder geval in de referentiesituatie. Dit reguliere onderhoud is impliciet opgenomen in de conservatieve inschatting van het toekomstige baggerbezwaar.

Ingrep	Projectfase	Gevolg	Effect	Van toepassing op	Criterium
		van de gronddam of de palen onder de hybride dam	verschillend effect tussen hybride dam en gronddam		
afbreken van de bestaande veerdam bij Holwert	gebruik	wegnemen van de obstructie van getijdestroming en golven	meer natuurlijke ontwikkeling van kwelders en wadplaten	alternatief 1.1, 2.1, 2.2 en 2.3	natuurlijke bodemdynamiek
'niet baggeren' van de referentieroute	gebruik	sedimentatie van geuldelen in het zandige drempelgebied tussen VA1 en VA13	verandering van geulgebieten en de waterverdeling, waardoor omliggende geulen (bijv. Zuiderspruit of Dantziggat) zich mogelijk anders gaan ontwikkelen dan in de referentiesituatie	alternatieven 2.1, 2.2 en 2.3	natuurlijke bodemdynamiek
		sedimentatie van geuldelen ten zuiden van VA13 (meest zuidelijke deel van de huidige vaargeul)	afname van geuldoorsnede van de referentieroute, en toename van de geuldoorsnede van het Dantziggat (vergelijkbaar met de situatie voor de jaren '50). Heeft geen nadelige effecten op het baggerbezwaar	alternatieven 2.1, 2.2 en 2.3	natuurlijke bodemdynamiek

#### 4.4 Onderzoeksaanpak

De verschillende alternatieven worden beoordeeld op basis van de te verwachten effecten op de natuurlijke bodemdynamiek van kwelders, wadplaten en geulen in het studiegebied t.o.v. de referentiesituatie (= huidige situatie).

Daarbij zijn de effecten beschouwd van de volgende onderscheidende ingrepen (zie ook tabel 4.2):

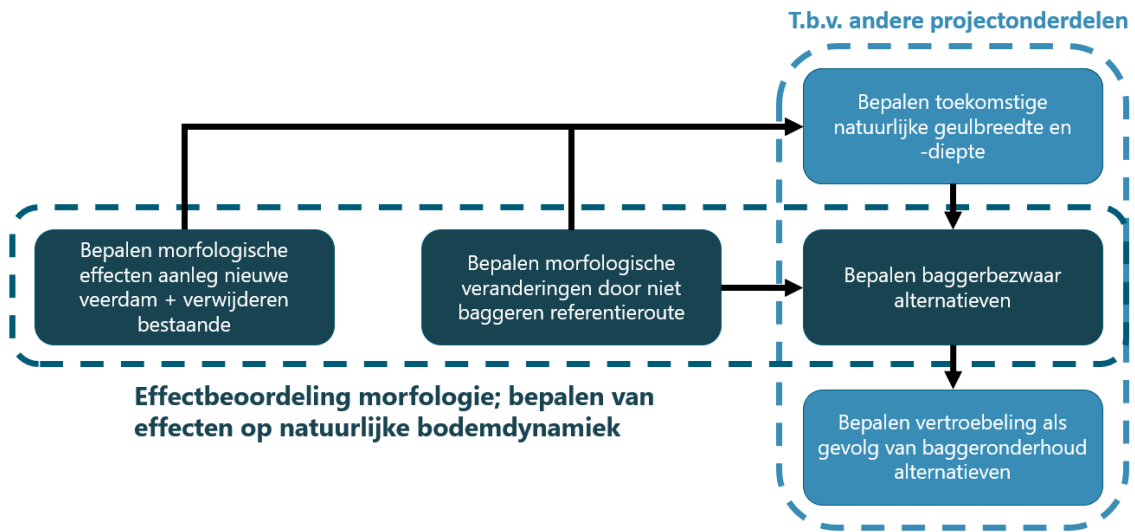
- onderhoudsbaggerwerkzaamheden aan de vaargeul;
- aanleg van een nieuwe veerdam;
- afbreken van de bestaande veerdam bij Holwert;
- 'niet baggeren' van de referentieroute.

Daarnaast worden in dit deelrapport ook relevante inzichten verschaft over de morfologie ten behoeve van andere project onderdelen. Het gaat daarbij om:

- inzicht in de effecten van de natuurlijke morfologische ontwikkeling op de alternatieven:
  - natuurlijke geulbreedte ten behoeve van het bepalen van de passeerbaarheid (effectbeoordeling verkeer en vervoer);
  - benodigde onderhoudsbaggerwerkzaamheden alternatieven (notitie duurzaamheid, kostenraming, effectbeoordeling natuur);
- bepalen van de vertroebeling door onderhoudsbaggerwerkzaamheden voor de verschillende alternatieven (effectbeoordeling natuur).

In afbeelding 4.10 is de onderzoeksaanpak schematisch weergegeven. Vervolgens worden de onderdelen van deze aanpak in par. 4.4.1 t/m 4.4.5 toegelicht.

Afbeelding 4.10 Schematische weergave onderzoeksaanpak



#### 4.4.1 Ontwikkeling geulbreedte en -diepte

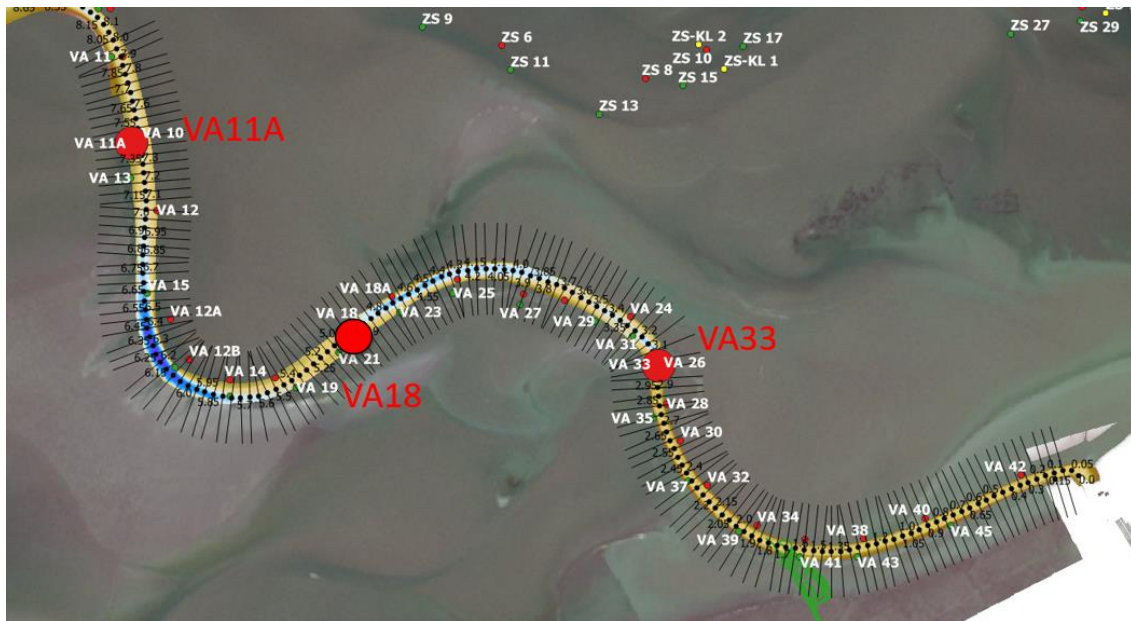
De ontwikkeling van de geulbreedte en -diepte zijn bepalend voor het onderhouden van de ontwerpdoorsnede van de vaargeul en daarmee voor de onderhoudsbaggerwerkzaamheden. De geulbreedte is relevant voor de mogelijkheid voor passeren van (tegemoetkomende) schepen. Het huidige baggerbezwaar is gebaseerd op het onderhouden van een vaargeul met 50 m breedte, de veerboten passeren elkaar in van nature bredere delen van de vaargeul. Het is daarom van belang om inzichtelijk te maken of en waar dergelijke bredere delen in de toekomst beschikbaar zijn. Langs een deel van de huidige veerroute (met name de meest zuidelijke 4 km) wordt structureel gebaggerd, waardoor daar niet kan worden gesproken over een 'natuurlijke' ontwikkeling.

Er wordt een prognose gemaakt van de toekomstige ontwikkeling van de geulbreedte aan de hand van een analyse van bodemdata (uit de periode 1989-2023) waaruit trends zijn afgeleid van de historische ontwikkeling van de geulbreedte. Dit is gedaan door voor ieder jaar de talweg te bepalen (de lijn die diepste punten van de geul verbindt) en langs de Talweg de geulbreedte te bepalen op de referentiehoogte van NAP -3,8 m (ontwerpdiepte huidige vaargeul). Daarnaast zijn de ontwikkeling van de vaargeuldiepte en meandering van de vaargeul beschouwd.

De geulbreedte is bepaald langs dwarsprofielen die loodrecht op de talweg staan (dit is weergegeven voor de huidige veerroute in afbeelding 4.11). De te onderhouden diepte van de vaargeul is niet voor alle alternatieven hetzelfde als in de huidige situatie, maar voor de analyse van de geuldoorsnede is één referentiehoogte gebruikt omdat de precieze referentiehoogte niet veel invloed heeft op de trends in geulbreedte die worden afgeleid.

Door natuurlijke meandering en menselijke ingrepen is de positie en lengte van de geulen door de jaren heen veranderd. Daardoor varieert ook de ligging van de talweg die voor ieder beschikbaar jaar uit de bathymetrische data kan worden afgeleid. Om een goede vergelijking te kunnen maken tussen de bodemhoogte en geulbreedte langs de talweg voor de verschillende jaren, zijn de langspromen geschaald naar de meest recente lengte van de geul. Meer gedetailleerde informatie over deze aanpak is opgenomen in bijlage I.

Afbeelding 4.11 Overzicht van het zuidelijke deel van de huidige veerroute met vaarwegmarkeringen (rode en groene punten) en dwarsprofielen loodrecht op de talweg (zwarte lijnen), situatie in 2023



Op de schaal van het hele kombergingsgebied van Ameland is een historische trend waargenomen van een toename van het plaatareaal en dus afname van het areaal geulen [ref. 5]. Echter, daarmee is niet gezegd dat alle geulen in het kombergingsgebied vernauwen omdat individuele geulen zich niet allemaal op dezelfde wijze ontwikkelen. Uit gepubliceerd onderzoek met ASMITA [ref. 4] volgt dat bij de huidige zeespiegelstijging het volume (en daarmee de doorsnede) van de geulen in het kombergingsgebied van Ameland beperkt toenemen (circa 10 % in 2100) en dat deze toename bij versnelde zeespiegelstijging groter is. Aangezien niet alle geulen in het kombergingsgebied hetzelfde reageren en de ASMITA modellering een behoorlijke onzekerheid heeft, wordt daar in deze effectenbeoordeling geen rekening mee houden.

#### 4.4.2 Prognose baggerbezwaar

Om een prognose te maken van het maximale verwachte baggerbezwaar van de alternatieven tot 2100 wordt dezelfde aanpak gehanteerd als is toegepast in fase 1 van dit project [ref. 2]. Daarbij wordt rekening gehouden met lange-termijn morfologische ontwikkelingen in het kombergingsgebied van Ameland en uitgegaan van een mild zeespiegelstijging scenario (SSP2-4.5). Het baggerbezwaar voor de referentiesituatie is direct overgenomen uit fase 1. Deze prognoses hebben een bandbreedte, die met name voortkomt uit onzekerheid over de ontwikkeling van de zeespiegelstijging in relatie tot sedimentatie en uit onzekerheid over de ligging van het wantij. Er wordt een inschatting gegeven van deze bandbreedte op basis van de resultaten uit fase 1 [ref. 2]. Naast regulier onderhoud zijn ook periodieke ingrepen (bochtafsnijdingen en doorsteken ca eens in de 5 jaar) nodig om de geul in stand te houden, in ieder geval in referentiesituatie. Dit reguliere onderhoud is impliciet opgenomen in de conservatieve inschatting van het toekomstige baggerbezwaar. Daarnaast worden het oppervlak waarbinnen de baggerwerkzaamheden plaatsvinden en de frequentie van het baggeren bepaald. Meer gedetailleerde informatie over deze aanpak is opgenomen in bijlage II.

#### 4.4.3 Effecten op vertroebeling

Op basis van de prognose van het baggerbezwaar worden de effecten van de baggerwerkzaamheden op vertroebeling afgeleid. Deze effecten zijn gebaseerd op prognoses van het baggerbezwaar (specifiek het aandeel slib), waarbij rekening is gehouden met verwachte ontwikkelingen tot 2100.



De geprognoseerde baggervolumes worden doorvertaald naar het oppervlak waar de vertroebeling toeneemt t.o.v. de situatie waarbij niet gebaggerd en verspreid wordt. Het gaat daarbij specifiek om het afleiden van de omvang van het gebied waar de tijd- en dieptegemiddelde concentratie zwevende stof in de waterkolom met 10 %, 20 % of 30 % toeneemt ten opzichte van de situatie zonder baggerwerkzaamheden. Deze oppervlaktes hebben een directe (lineaire) relatie met de baggervolumes. De effecten van vertroebeling worden beoordeeld in het deelrapport effectbeoordeling natuur.

Door Deltares zijn modelberekeningen uitgevoerd waarmee het effect is onderzocht van de huidige baggerwerkzaamheden én het terugstorten van het baggermateriaal op de gemiddelde concentraties zwevende stof in de waterkolom (periode oktober t/m december 2019) [ref. 3]. De resultaten van dit gekalibreerde model komen goed overeen met lokaal gemeten concentraties. Uit deze resultaten kunnen de oppervlaktes worden afgeleid waar de gemiddelde concentraties zwevende stof met 10 %, 20 % en 30 % toeneemt ten opzichte van de situatie zonder baggeren. De oppervlaktes waar deze toenames optreden voor de alternatieven worden bepaald op basis van eerder uitgevoerde modelsimulaties waarmee berekend is tot welke vertroebeling het huidige baggeronderhoud leidt [ref. 3]. Voor het bepalen van de vertroebeling als gevolg van de alternatieven zijn de resultaten van deze berekeningen geschaald op basis van de geprognoseerde baggervolumes. Daarbij wordt aangenomen dat alleen de slibfractie leidt tot vertroebeling. Meer gedetailleerde informatie over deze aanpak is opgenomen in bijlage III.

In de modelberekeningen van Deltares zijn alleen de effecten beschouwd van het verspreiden van baggermateriaal en niet van scheepsbewegingen (van de veerboten). De veerboten woelen eveneens bodemmateriaal op (met name in de slibrijke, ondiepe, zuidelijke delen van de vaargeul) en zijn daardoor een additionele bron van vertroebeling. Dit effect is in de modelberekeningen niet meegenomen. Aangezien het Dantzigat een diepere geul is, veroorzaken schepen in deze geul minder vertroebeling/ Daardoor neemt de vertroebeling als gevolg van het realiseren van de vaarverbinding middels oplossingsrichting 2 (verplaatsen aanmeer/vertreklocatie) naar verwachting meer af dan wordt gepresenteerd in dit rapport.

#### 4.4.4 Effecten nieuwe veerdam en verwijderen bestaande

Het bouwen van een nieuwe veerdam en het verwijderen van de bestaande veerdam bij Holwert heeft effect op het stroombeeld en daarmee op de natuurlijke bodemdynamiek. De effecten op het stroombeeld worden onderzocht met het numerieke Delft3D-FM model van Ameland. Daarbij worden de piek stroomsnelheden bij vloed en bij eb in de referentiesituatie vergeleken met de stroomsnelheden in de volgende toekomstige situaties:

- nieuwe veerdam bij Holwert (als hybride dam) en verwijderen bestaande veerdam bij Holwert (van toepassing op alternatief 1.1);
- nieuwe veerdam bij Ferwert als gronddam en verwijderen bestaande veerdam bij Holwert (van toepassing op alternatief 2.1);
- nieuwe veerdam bij Ferwert als hybride dam en verwijderen bestaande veerdam bij Holwert (van toepassing op alternatief 2.2 en 2.3).

De doorvertaling van effecten op het stroombeeld naar effecten op de bodemdynamiek gebeurt op basis van expert judgement. Daarbij wordt een inschatting gemaakt van de verwachte veranderingen in het areaal kwelders en wadplaten en de effecten op geulontwikkeling voor de verschillende alternatieven. Meer gedetailleerde informatie over deze aanpak is opgenomen in bijlage IV.

#### 4.4.5 Effecten niet baggeren referentieroute

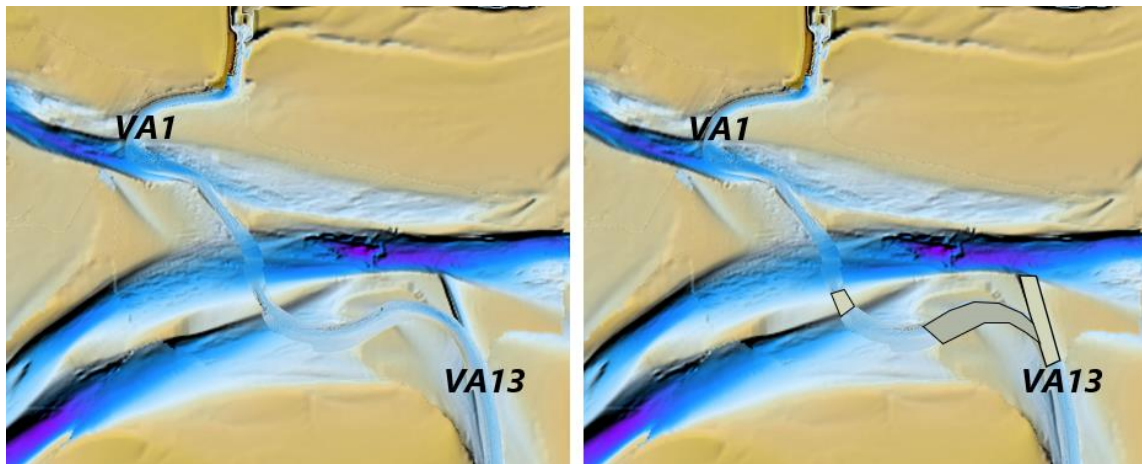
Het 'niet baggeren' van de referentieroute (alternatieven 2.1, 2.2 en 2.3) leidt ertoe dat delen van de vaargeul die nu kunstmatig op de gewenste breedte en diepte worden gehouden gaan sedimenteren. Dat zorgt voor een verandering in de debieten (waterverdeling) door omliggende geulen. Hier worden specifiek de effecten beschouwd van het niet baggeren van de zandige ondiepe banken tussen VA1 en VA13.

Daarbij is verondersteld dat deze gebaggerde banken volledig herstellen als de referentieroute niet meer wordt gebaggerd (afbeelding 4.12). Het niet baggeren van de referentieroute resulteert ook in sedimentatie van verder zuidelijk gelegen geuldelen (met name de eerste 4 km vanaf Holwert). Dit kan mogelijk leiden tot een verandering in het getijdevolume door de huidige vaargeul, daarvan is het effect op de omliggende geulen niet beschouwd.

De effecten van het 'niet baggeren' van de zandige banken op de waterverdeling in het kombergingsgebied van Ameland zijn onderzocht met het Delft3D-FM model van Ameland. De bodemligging in de modelschematisatie is daarop aangepast.

Door een simulatie met de referentie bodemligging en een simulatie met de aangepaste bodemligging te draaien kunnen de effecten op de debieten (waterverdeling) door de geulen worden afgeleid. Aan de hand van expert judgement wordt een inschatting gemaakt van de effecten op de natuurlijke bodemdynamiek. Meer gedetailleerde informatie over deze aanpak is opgenomen in bijlage V.

Afbeelding 4.12 Bodem in referentiesituatie (links) en de nieuwe evenwichtssituatie bij het 'niet baggeren' van de referentieroute tussen VA1 en VA13 (rechts)



De effecten van het 'niet baggeren' van het meest zuidelijke deel van de vaargeul (ten zuiden van VA13) zijn niet met modelberekeningen onderzocht. Deze effecten zijn kwalitatief ingeschat op basis van expert judgement.

## 4.5 Beoordelingskader

In deze effectrapportage worden de effecten beoordeeld van de verschillende alternatieven op de natuurlijke bodemdynamiek van kwelders, wadplaten en geulen in het studiegebied ten opzichte van de referentiesituatie. Hiervoor is een 5-puntsbeoordelingsschaal gebruikt. Hoe de alternatieven scoren op deze schaal is gebaseerd op hoe het oppervlak waarop de natuurlijke bodemdynamiek verstoord wordt wijzigt ten opzichte van de referentiesituatie (waarbij een kleiner verstoord oppervlak als positief is beoordeeld). Daarbij worden de effecten van baggerwerkzaamheden en van de eventuele aanleg en het verwijderen van een veerdam gecombineerd tot een eindoordeel op de beoordelingsschaal zoals weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 4.3 Beoordelingskader morfologie

Kleur	Beoordeling	Wanneer toegekend
++	sterk positief effect ten opzichte van de referentiesituatie	effect leidt tot een sterke toename van de natuurlijke bodemdynamiek ten opzichte van de referentiesituatie
+	positief ten opzichte van de referentiesituatie	effect leidt tot een beperkte toename van de natuurlijke bodemdynamiek ten opzichte van de referentiesituatie
0	geen effect ten opzichte van de referentiesituatie	geen/beperkt effect op de natuurlijke bodemdynamiek ten opzichte van de referentiesituatie
-	negatief effect ten opzichte van de referentiesituatie	effect leidt tot een beperkte afname van de natuurlijke bodemdynamiek ten opzichte van de referentiesituatie, dit effect is te mitigeren/accepteren
--	sterk negatief effect ten opzichte van de referentiesituatie	effect leidt tot een sterke afname van de natuurlijke bodemdynamiek ten opzichte van de referentiesituatie, dit effect is dusdanig groot/ernstig zijn dat de haalbaarheid, uitvoerbaarheid of vergunbaarheid van het alternatief ter discussie staat

# 5

## EFFECTBESCHRIJVING EN -BEOORDELING

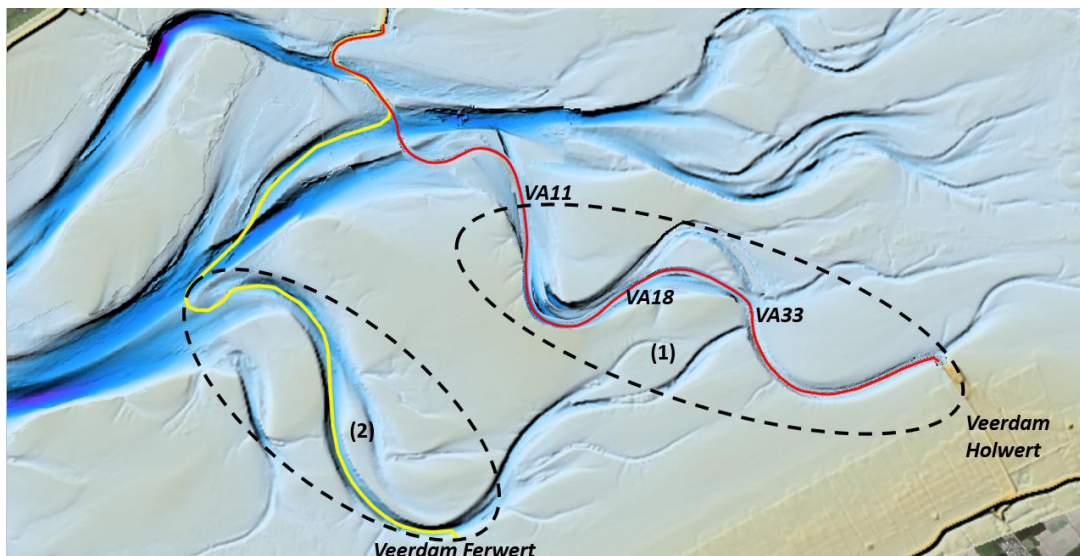
### 5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de effecten beschreven van de verschillende alternatieven op de natuurlijke bodemdynamiek. Allereerst volgen de resultaten van de analyse van de verwachte ontwikkeling van de natuurlijke geulbreedte en -diepte (paragraaf 5.2), gevolgd door een prognose van het baggerbezuur per alternatief (paragraaf 5.3) en de effecten daarvan op de vertroebeling (paragraaf 5.4). Vervolgens worden de effecten op de bodemdynamiek beschreven per ingreep en worden deze effecten beoordeeld (paragraaf 5.5). Tenslotte worden in paragraaf 5.6 mitigerende maatregelen besproken en in paragraaf 5.7 leemtes in kennis.

### 5.2 Ontwikkeling geulbreedte en -diepte

De natuurlijke ontwikkeling van de geulbreedte en -diepte zijn onderzocht voor het zuidelijke deel van de huidige veerroute vanaf Holwert (Holvert-VA11) en het zuidelijk deel van de route vanaf Ferwert door het Dantziggat (zie afbeelding 5.1). Verder weg van het zeegat nemen de geuldoorsneden van nature af, waardoor in deze meest zuidelijke gelegen geuldelen de doorsnede over het algemeen het eerst tot knelpunten zal leiden. In deze paragraaf worden de conclusies van deze analyse beschreven voor oplossingsrichting 1 (optimaliseren van de bestaande veerroute) en oplossingsrichting 2 (nieuwe veerroute vanaf Ferwert). De details van de analyse worden gepresenteerd in appendix I.

Afbeelding 5.1 Zuidelijk deel van de huidige veerroute vanaf Holwert (1) en de route vanaf Ferwert door het Dantziggat (2)



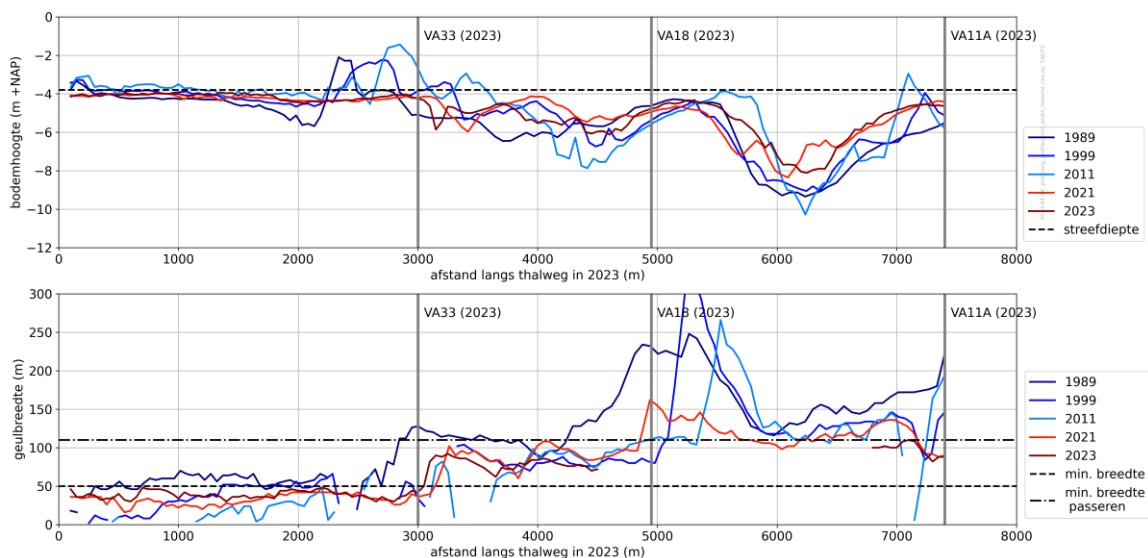
## Oplossingsrichting 1

In afbeelding 5.2 zijn de bodemhoogte en de geulbreedte weergegeven langs de talweg van het zuidelijke deel van de huidige veerroute tussen 1989 en 2023. Voor deze geul zijn vaklodingen (t/m 2017) en beheerlodingen (2018 t/m 2023) beschikbaar. Voor de analyse is dit deel van de veerroute opgedeeld in drie secties (zie afbeelding 5.1):

- Holwert-VA33: het meest zuidelijke deel van de vaargeul waar het meest gebaggerd wordt;
- VA33-VA18: gebied met vloed- en ebgeul waar in 2019 de bochtafsnijding is gerealiseerd;
- VA18-VA11: deel tussen de bochtafsnijding en het zandige drempelgebied.

De resultaten van de analyse worden in detail besproken in appendix I. Hieronder worden de belangrijkste conclusies beschreven.

Afbeelding 5.2 Profielen van de bodemhoogte (boven) en de geulbreedte (onder) langs de talweg van het zuidelijke deel van de huidige veerroute tussen 1989 en 2023 (nulpunt langs de x-as ligt bij veerdam Holwert)



Voor oplossingsrichting 1 (optimaliseren van de bestaande veerroute) kan het volgende worden geconcludeerd over de ontwikkeling van de geulbreedte en -diepte:

- meest zuidelijke deel van de vaargeul (Holvert-VA33):
  - dit deel van de geul is van nature te smal voor gebruik als vaargeul voor de vaarverbinding (smaller dan 50 m). Daarom moet dit deel van de vaargeul permanent op breedte en diepte worden gehouden;
- gebied waar in 2019 de bochtafsnijding is gerealiseerd (VA18-VA33):
  - langs dit deel van de geul is de breedte in 2023 overal > 50 m en < 110 m;
  - er is geen duidelijke historische trend te herkennen in de ontwikkeling van de geulbreedte of diepte;
  - de oude eb-geul was in de decennia voor de bochtafsnijding (2019) breder dan de vloedgeul die momenteel in deze sectie gevolgd wordt. Daaruit wordt geconcludeerd dat meandering en uitbochting van de vaargeul niet noodzakelijk tot versmalling leidt. Rond de aanleg van de vloedgeul in 2019 was de ebgeul iets smaller dan de huidige vloedgeul;
  - op basis van de analyses wordt geconcludeerd dat dit deel van de vaargeul in de toekomst (tot 2100) een natuurlijke breedte tussen 50 m en 110 m aanwezig is (en typisch rond 75 m);
- vaargeul tussen VA11 en VA18:
  - in dit deel van de vaargeul zijn in het verleden altijd langere gebieden (>500 m) aanwezig geweest met een breedte groter dan 110 m;

- in de periode direct na realisatie van de vloedgeul (in 2019) is in dit gebied een behoorlijk verondieping opgetreden, mogelijk door sediment dat bij deze realisatiewerkzaamheden vrij is gekomen voor transport;
- naar verwachting zijn langs dit deel van de vaargeul in de toekomst (tot 2100) altijd stukken van 500 m lang en meer dan 110 m breed aanwezig, bij voldoende diepte.

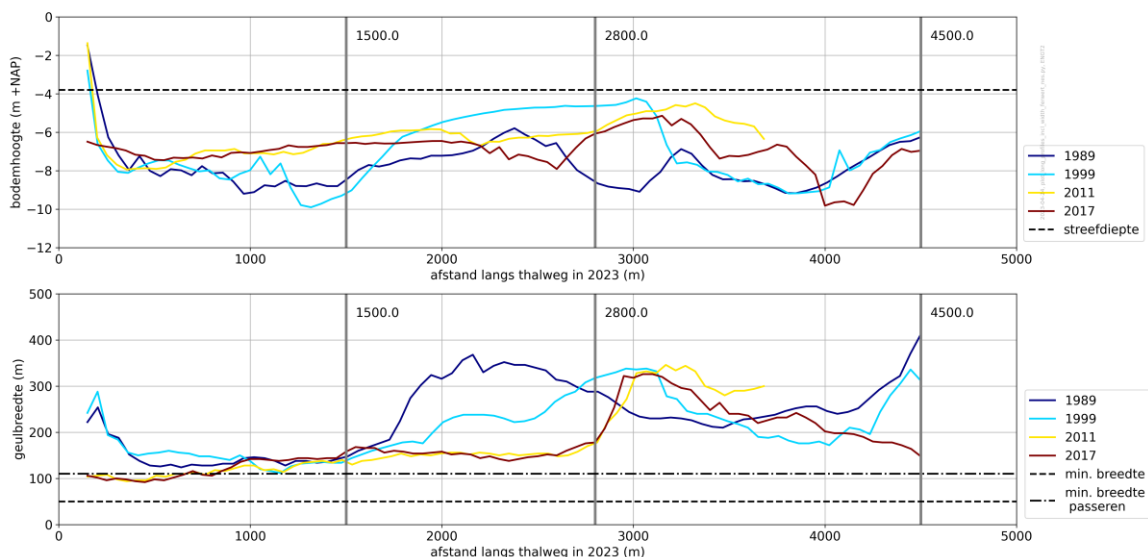
In zowel sectie VA18-VA33 als in sectie VA11-VA18 kan in de toekomst een nieuwe eb/vloed schaar ontstaan. Dit kan leiden tot lokale versmalling van de vaargeul. Om die reden kan niet worden gegarandeerd dat de gehele sectie VA11-VA18 altijd 110 m breed blijft. Het is wel aannemelijk dat er ook wanneer dit scenario optreedt een stuk van minimaal 500 m lang 110 m breed aanwezig blijft.

## Oplossingsrichting 2

In afbeelding 5.3 zijn de bodemhoogte en de geulbreedte weergegeven langs de talweg van het Dantziggat vanaf Ferwert tussen 1989 en 2017. Voor het Dantziggat zijn uitsluitend vaklodingen beschikbaar (1989 t/m 2017).

De resultaten van de analyse worden in detail besproken in appendix I. Hieronder worden de belangrijkste conclusies beschreven.

Afbeelding 5.3 Profielen van de bodemhoogte (boven) en de geulbreedte (onder) langs de talweg van het Dantziggat vanaf Ferwert tussen 1989 en 2017 (nulpunt langs de x-as ligt bij veerdam Ferwert)



Voor oplossingsrichting 2 (nieuwe veerroute vanaf Ferwert) kan het volgende worden geconcludeerd over de ontwikkeling van de geulbreedte en -diepte:

- het Dantziggat ligt dicht bij het zeegat tussen Terschelling en Ameland, heeft een groter kombergingsvolume en is daardoor breder en dieper dan de huidige vaargeul;
- naar verwachting is het Dantziggat tot het jaar 2100 breed en diep genoeg om niet te hoeven baggeren en breder van 110 m;
- de overgang tussen het Scheepsgat en het Dantziggat (afbeelding 3.3) is een mogelijk knelpunt in de toekomst als het gaat om geulbreedte en/of diepte. Op deze overgang is de geul smaller (ongeveer 100 m breed) en ondieper (circa NAP -4 m) dan langs aangrenzende delen. Het kan zijn dat er in de toekomst een beperkte baggerinspanning nodig is om de vaargeul over een lengte van enkele honderden meters op de gewenste dimensies te houden.

### 5.3 Baggerbezwaar per alternatief

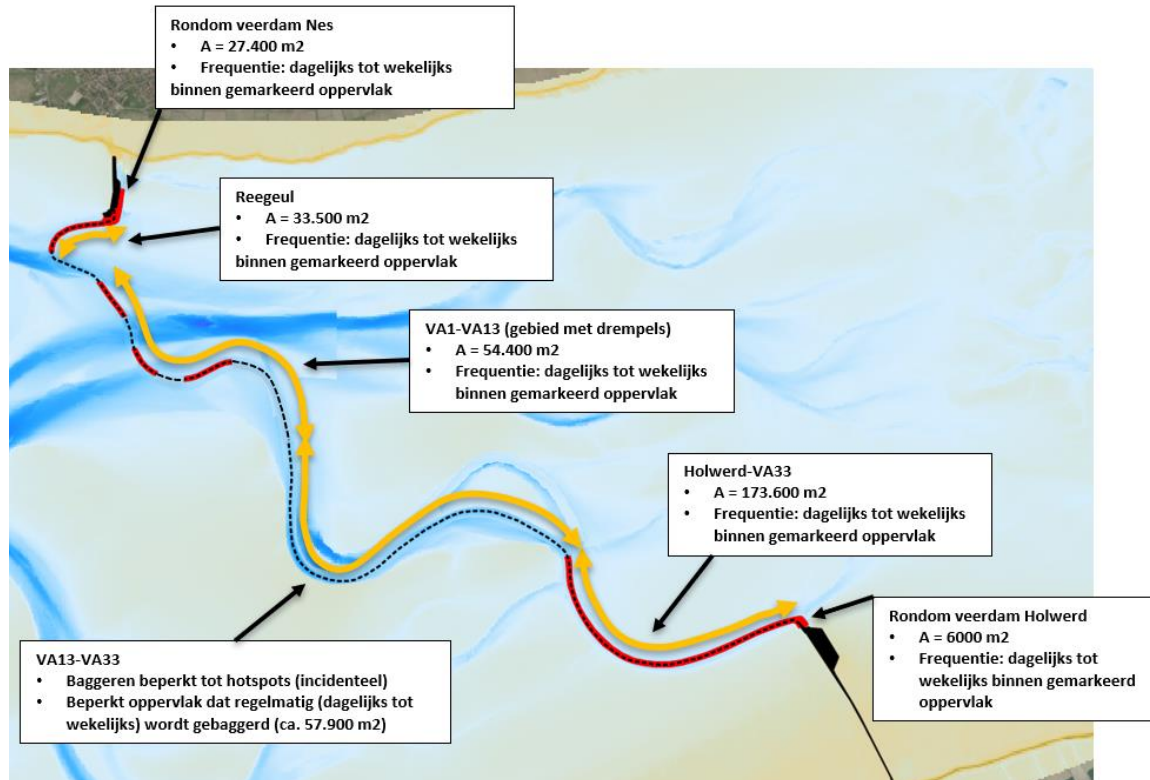
De geprognostiseerde baggervolumes tot 2100 voor de referentiesituatie en de alternatieven zijn samengevat in onderstaande tabel. Daarbij is uitgegaan van een realistische worst-case scenario. Dat wil zeggen dat is uitgegaan van de bovengrens van de verwachte effecten per alternatief met inachtneming van een mild zeespiegelstijging scenario (ondergrens van het SSP2-4.5 uitstootsscenario) in combinatie met geobserveerde sedimentatie en een westwaartse verplaatsing van het wantij bij Ameland. Ook opgenomen in onderstaande tabel is een inschatting van de oppervlaktes waarbinnen de baggerwerkzaamheden plaatsvinden. Deze oppervlaktes en de frequentie van de baggerwerkzaamheden zijn weergegeven in afbeelding 5.4 voor de referentiesituatie. Een nadere toelichting op de prognoses, de oppervlaktes van de baggerwerkzaamheden en de frequentie daarvan voor de verschillende alternatieven (input effectenbeoordeling natuur) is opgenomen in bijlage II.

Tabel 5.1 Prognose van het maximale baggerbezwaar tot 2100 voor de referentiesituatie en de alternatieven

Alternatief	Maximaal baggervolume tot 2100	Waarvan slibrijk	Oppervlak baggerwerkzaamheden
Referentie	2030-2050: 2,4 Mm <sup>3</sup> /jaar 2050-2075: 2,5 Mm <sup>3</sup> /jaar 2075-2100: 2,5 Mm <sup>3</sup> /jaar	1,1 Mm <sup>3</sup> /jaar (in 2100)	352.800 m <sup>2</sup>
1.1	2030-2050: 1,9 Mm <sup>3</sup> /jaar 2050-2075: 2,0 Mm <sup>3</sup> /jaar 2075-2100: 2,0 Mm <sup>3</sup> /jaar (20 % afname ten opzichte van referentie)	0,6 Mm <sup>3</sup> /jaar (in 2100)	257.300 m <sup>2</sup> (27 % afname referentie)
1.2	2030-2050: 1,8 Mm <sup>3</sup> /jaar 2050-2075: 1,9 Mm <sup>3</sup> /jaar 2075-2100: 1,9 Mm <sup>3</sup> /jaar (24 % afname ten opzichte van referentie)	0,8 Mm <sup>3</sup> /jaar (in 2100)	250.592 m <sup>2</sup> (29 % afname ten opzichte van referentie)
1.3	2030-2050: 1,2 Mm <sup>3</sup> /jaar 2050-2075: 1,3 Mm <sup>3</sup> /jaar 2075-2100: 1,3 Mm <sup>3</sup> /jaar (48 % afname ten opzichte van referentie)	0,5 Mm <sup>3</sup> /jaar (in 2100)	352.800 m <sup>2</sup> (0 % afname ten opzichte van referentie)
2.1	2030-2050: 0,6 Mm <sup>3</sup> /jaar 2050-2075: 0,6 Mm <sup>3</sup> /jaar 2075-2100: 0,6 Mm <sup>3</sup> /jaar (76 % afname ten opzichte van referentie)	0,2 Mm <sup>3</sup> /jaar (in 2100)	118,300 m <sup>2</sup> (66 % afname ten opzichte van referentie)
2.2	2030-2050: 0,6 Mm <sup>3</sup> /jaar 2050-2075: 0,6 Mm <sup>3</sup> /jaar 2075-2100: 0,6 Mm <sup>3</sup> /jaar (76 % afname ten opzichte van referentie)	0,2 Mm <sup>3</sup> /jaar (in 2100)	118,300 m <sup>2</sup> (66 % afname ten opzichte van referentie)
2.3	2030-2050: 0,5 Mm <sup>3</sup> /jaar 2050-2075: 0,5 Mm <sup>3</sup> /jaar 2075-2100: 0,5 Mm <sup>3</sup> /jaar (80 % afname ten opzichte van referentie)	0,2 Mm <sup>3</sup> /jaar (in 2100)	93,852 m <sup>2</sup> (73 % afname ten opzichte van referentie)



Afbeelding 5.4 Oppervlak en frequentie van de baggerwerkzaamheden voor de referentiesituatie



### 5.3.1 Bandbreedte

De geprognostiseerde bagger volumes in tabel 5.1 hebben een bandbreedte. Deze bandbreedte komt met name voort uit onzekerheid over de ontwikkeling van de zeespiegelstijging in relatie tot sedimentatie en uit onzekerheid over de ligging van het wantij. In fase 1 is een inschatting gemaakt van deze bandbreedtes [ref. 2], die worden hier gepresenteerd. De ligging van het wantij onder Ameland heeft alleen een significant effect op bagger volumes voor oplossingsrichting 1 en de referentiesituatie. De effecten van zeespiegelstijging en sedimentatie hebben invloed op de bagger volumes voor de referentiesituatie, oplossingsrichting 1 en oplossingsrichting 2.

#### Zeespiegelstijging

In fase 1 zijn verschillende scenario's voor zeespiegelstijging beschouwd, variërend tussen:

- de ondergrens van de zeer waarschijnlijke bandbreedte (90 %) van het emissiescenario SSP2-4.5 (een gemiddeld uitstootscenario);
- de bovengrens van de zeer waarschijnlijke bandbreedte (90 %) van het emissiescenario SSP5-8.5 (een hoog uitstootscenario).

Deze zeespiegelstijgingsscenario's zijn gecombineerd met de geobserveerde sedimentatiesnelheid van de wadplaten rondom het meest zuidelijke deel van de huidige vaargeul (5 mm/jaar).

Ten opzichte van het SSP2-4.5 ondergrens scenario, zou het SSP2-8.5 bovengrens scenario voor zeespiegelstijging leiden tot een reductie van het bagger volume van 69 % voor de referentiesituatie en alternatieven 1.1, 1.2 en 1.3. Voor alternatieven 2.1, 2.2 en 2.3 is deze reductie beperkter, en naar verwachting orde 5-10 %.



### Ligging wantij

De ligging van het wantij onder Ameland heeft een relatief grote invloed op de baggervolumes in het meest zuidelijke deel van de huidige vaargeul. In fase 1 zijn hiervoor drie subscenario's beschouwd:

- constante ligging;
- meest westwaartse ligging;
- meest oostwaartse ligging.

De ligging van het wantij onder Ameland heeft een significant effect op de baggervolumes in de referentiesituatie en voor oplossingsrichting 1, maar een verwaarloosbaar effect op de baggervolumes voor oplossingsrichting 2 (route via Ferwert).

Ten opzichte van de meest westwaartse ligging van het wantij, zou een meest oostwaartse ligging van het wantij leiden tot een reductie van het baggerbezwaar van 47 % voor de referentiesituatie en alternatieven 1.1, 1.2 en 1.3. Voor alternatieven 2.1, 2.2 en 2.3 is het effect van de ligging van het wantij verwaarloosbaar.

### 5.3.2 Mitigerende maatregel

Het baggerbezwaar in de referentiesituatie en van de alternatieven kan gereduceerd worden door de kweldergeroei te stoppen. Dit is een mitigerende maatregel (paragraaf 5.6) en maakt geen onderdeel uit van de alternatieven. Het afgraven van de kwelders zou leiden tot een verdere reductie van het baggerbezwaar, dit is ook geen onderdeel van de alternatieven.

### 5.4 Vertroebeling per alternatief

De effecten van de baggerwerkzaamheden en het verspreiden van baggermateriaal op de gemiddelde concentratie zwevende stof in de waterkolom ten opzichte van de situatie zonder baggeren zijn samengevat in onderstaande tabel. Nadere toelichting over het afleiden van deze resultaten is opgenomen in bijlage III. Vertroebeling heeft geen direct effect op de natuurlijke bodemdynamiek en de effecten van vertroebeling worden beoordeeld in het deelrapport effectbeoordeling natuur.

Tabel 5.2 Effecten van baggerwerkzaamheden op de gemiddelde concentratie zwevende stof in de waterkolom in 2100

Alternatief	Oppervlak verhoging concentratie zwevende stof met 10 % (km <sup>2</sup> )	Oppervlak verhoging concentratie zwevende stof met 20 % (km <sup>2</sup> )	Oppervlak verhoging concentratie zwevende stof met 30 % (km <sup>2</sup> )
referentie	2,54	0,09	0,05
1.1	1,39	0,05	0,03
1.2	1,85	0,06	0,04
1.3	1,16	0,04	0,02
2.1	0,46	0,02	0,01
2.2	0,46	0,02	0,01
2.3	0,46	0,02	0,01

De resultaten in tabel 5.2 zijn gebaseerd op modelberekeningen van Deltares waarin alleen de effecten zijn beschouwd van het verspreiden van baggermateriaal en niet van scheepsbewegingen (zoals van de veerboten).

Aangezien de veerboten met name in de ondiepe, slibrijke, zuidelijke delen van de vaargeul voor extra vertroebeling zorgen, is naar verwachting het verschil in vertroebeling tussen de alternatieven die gebruik maken van dit deel van de vaargeul (alternatieven 1.2 en 1.3) en de alternatieven waarin dit deel van de vaargeul niet gebruikt wordt (alternatieven 1.1, 2.1, 2.2 en 2.3) in werkelijkheid groter dan zoals gepresenteerd in tabel 5.2.

## 5.5 Effectenbeschrijving en -beoordeling per alternatief

In deze paragraaf worden per alternatief de effecten beschreven op de natuurlijke bodemdynamiek en worden de alternatieven beoordeeld. Daarbij zijn de effecten beschouwd van de volgende onderscheidende ingrepen:

- onderhoudsbaggerwerkzaamheden aan de vaargeul;
- aanleg van een nieuwe veerdam;
- afbreken van de bestaande veerdam bij Holwert;
- 'niet baggeren' van de referentieroute.

De beoordeling gebeurt op basis van het oppervlak waar de bodem zich natuurlijk kan ontwikkelen (waarbij een groter natuurlijk oppervlak als positief wordt beoordeeld) en de onderhoudsbaggervolumes (waarbij kleinere baggervolumes als positief worden beoordeeld). Een samenvatting van de beoordelingen is opgenomen in paragraaf 5.5.7.

### 5.5.1 Alternatief 1.1

#### Effectenbeschrijving

Hieronder volgt per ingreep een omschrijving van de effecten op de natuurlijke bodemdynamiek.

##### *Realiseren van een nieuwe hybride dam bij Holwert*

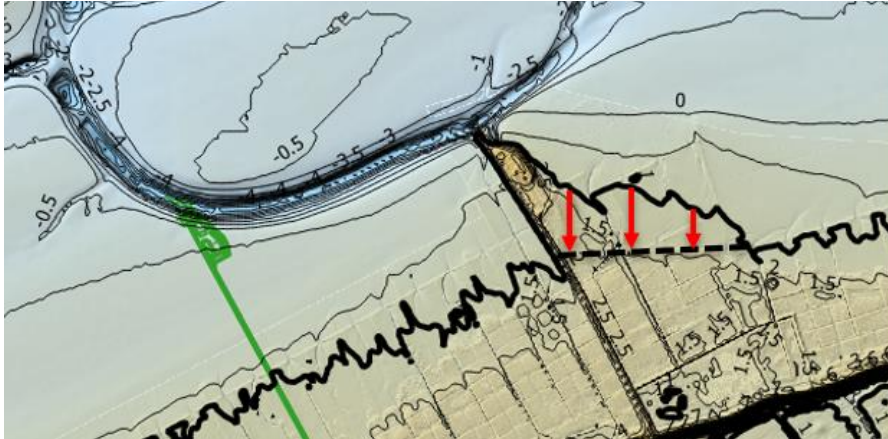
Een hybride dam bij Holwert heeft geen significante effecten op de natuurlijke bodemdynamiek van kwelders, wadplaten en geulen, omdat het deel van de dam dat zich binnen het intergetijdengebied bevindt op palen staat en daardoor slechts een kleine invloed heeft op de waterbeweging. Dit wordt bevestigd door de resultaten van numerieke stromingsberekeningen (bijlage IV). De gronddam die zich op de kwelder bevindt zal alleen bij storm (met verhoogde waterstanden) onderwater staan. Onder die omstandigheden bestaat de kans op enige erosie rondom de veerdam. Zoals vermeld in paragraaf 4.3 zijn bij deze effectenbeoordeling alleen effecten beschouwd die na aanleg (dus in de gebruiksfase) optreden.

##### *Afbreken van bestaande dam bij Holwert*

Het verwijderen van de bestaande veerdam bij Holwert versterkt de natuurlijke bodemdynamiek van omliggende kwelders en wadplaten. De bestaande veerdam is geen natuurlijk element en vormt een obstakel voor stroming en golven. De veerdam beperkt daardoor de natuurlijke bodemdynamiek in het omliggende gebied.

Het verwijderen van de dam leidt waarschijnlijk tot een beperkte natuurlijke afname van het areaal kwelders (met name ten oosten van de veerdam). Deze afname wordt geschat op maximaal 356.000 m<sup>2</sup> (zie afbeelding 5.5). De resterende kwelderrand wordt primair bepaald door het kwelderbeheer. Het verwijderen, c.q. niet onderhouden van kwelderwerken zal de grens van de kwelder waarschijnlijk verder landwaarts terugdringen (maakt geen onderdeel uit van alternatieven). Dat zou leiden tot een toename van het kombergingsvolume en daardoor tot een afname van het baggerbezwaar.

Afbeelding 5.5 Verwachte terugtrekking kwelderrand (rode pijlen) na afbreken veerdam Holwert



Het verdwijnen van een deel van de kwelder heeft naar verwachting een verwaarloosbaar effect op de dimensies van de geul, omdat de verandering in kwelderoppervlak klein is ten opzichte van het lokale kombergingsoppervlak dat gekoppeld is aan de vaargeul (orde 1 %).

Het is onduidelijk of de geul die grenst aan de huidige veerdam (laatste deel van de huidige veerroute) verder naar het zuiden zal migreren na het afbreken van de dam. Als dit zou gebeuren dan is de verwachting dat deze migratie beperkt zal zijn, omdat de geul al vrij dicht tegen de kwelderrand ligt. Het is aannemelijk dat het meest zuidelijke deel van de vaargeul sterk in doorsnede afneemt als hier niet meer wordt gebaggerd. Mogelijk leidt dit tot versnelde sedimentatie van dit deel van het kombergingsgebied.

Ter plaatse van de nieuwe hybride veerdam bestaat het risico dat de geul door natuurlijke geulmigratie onder het havenhoofd terecht komt, waardoor deze lokaal minder geschikt wordt voor scheepvaart. Dit risico kan worden gemitigeerd door het havenhoofd ook als grondlichaam te realiseren (geen onderdeel van de alternatieven), omdat het havenhoofd daarmee naar verwachting de positie van de geul fixeert.

#### *Onderhoudsbaggerwerkzaamheden*

Doordat bij alternatief 1.1 de vaargeul met 1.700 m wordt ingekort neemt het baggerbezwaar af met 20 % ten opzichte van de referentiesituatie (paragraaf 5.2). Het oppervlak waarbinnen baggerwerkzaamheden plaatsvinden neemt met 27 % af (paragraaf 5.2). Dit heeft een positief effect op de natuurlijke bodemdynamiek ten opzichte van de referentiesituatie. Het deel van de geul dat niet meer wordt gebaggerd zal sterk sedimenteren waardoor de geuldoorsnede afneemt en een natuurlijke dimensie krijgt.

#### **Effectenbeoordeling**

In onderstaande tabel is de beoordeling van alternatief 1.1 samengevat voor alle onderscheidende ingrepen. Alternatief 1.1 wordt als **positief** beoordeeld omdat de natuurlijke bodemdynamiek op twee aspecten (in beperkte mate) toeneemt ten opzicht van de referentiesituatie:

- baggerbezwaar: het baggerbezwaar neemt af met 20 % en het oppervlak waarbinnen gebaggerd wordt met 27 % ten opzichte van de referentiesituatie, dit vergroot de natuurlijke bodemdynamiek in de Waddenzee;
- veerdam: de natuurlijke bodemdynamiek wordt versterkt door het verwijderen van de bestaande veerdam. Het realiseren van een nieuwe hybride veerdam heeft geen significante effecten op de bodemdynamiek.

Tabel 5.3 Beoordeling alternatief 1.1

Effect baggerbezwaar	Effect nieuwe veerdam	Effect afbreken bestaande dam	Effect niet baggeren referentieroute	Beoordeling op 5-puntsschaal
beperkte toename natuurlijke bodemdynamiek	geen effect	toename natuurlijke bodemdynamiek in overgangsgedebied kwelder/wadplaat	niet van toepassing	positief (+)

## 5.5.2 Alternatief 1.2

### Effectenbeschrijving

Hieronder volgt per ingreep een omschrijving van de effecten op de natuurlijke bodemdynamiek.

#### Onderhoudsbaggerwerkzaamheden

Door een reductie van de ontwerpdoorsnede neemt bij alternatief 1.2 het baggerbezwaar af met circa 24 % ten opzichte van de referentiesituatie, het oppervlak waarbinnen de baggerwerkzaamheden plaatsvinden neemt af met 29 % (paragraaf 5.2). Dit versterkt de natuurlijke bodemdynamiek in beperkte mate.

### Effectenbeoordeling

In onderstaande tabel is de beoordeling van alternatief 1.2 samengevat voor alle onderscheidende ingrepen. Alternatief 1.2 wordt als **neutraal** beoordeeld omdat de natuurlijke bodemdynamiek nauwelijks toeneemt ten opzichte van de referentiesituatie:

- baggerbezwaar: het baggerbezwaar neemt af met 24 % en ten opzichte van de referentiesituatie. Het oppervlak waarbinnen gebaggerd wordt neemt met 29 % af. Dit heeft een beperkt positief effect op de natuurlijke bodemdynamiek;
- veerdam: de bestaande veerdam bij Holwert blijft behouden. Daardoor is er op dit aspect geen effect op de natuurlijke bodemdynamiek ten opzichte van de referentiesituatie.

Tabel 5.4 Beoordeling alternatief 1.2

Effect baggerbezwaar	Effect nieuwe veerdam	Effect afbreken bestaande dam	Effect niet baggeren referentieroute	Beoordeling op 5-puntsschaal
beperkte toename natuurlijke bodemdynamiek	niet van toepassing	niet van toepassing	niet van toepassing	0

Ondanks dat alternatief 1.2 een beperkt positief effect heeft op de natuurlijke bodemdynamiek door een verlaging van het baggerbezwaar ten opzichte van de referentiesituatie én het oppervlak waarbinnen gebaggerd wordt, scoort dit alternatief 'neutraal' op de 5-puntsschaal. Dit komt omdat het positieve effect van dit alternatief erg klein is in vergelijking met de overige alternatieven.

### 5.5.3 Alternatief 1.3

#### Effectenbeschrijving

Hieronder volgt per ingreep een omschrijving van de effecten op de natuurlijke bodemdynamiek.

#### Onderhoudsbaggerwerkzaamheden

Door een reductie van de ontwerpdoorsnede neemt bij alternatief 1.3 het baggerbezwaar af met circa 48 % ten opzichte van de referentiesituatie (paragraaf 5.2). Dit versterkt de natuurlijke bodemdynamiek in beperkte mate. Het oppervlak waarbinnen de baggerwerkzaamheden plaatsvinden is bij dit alternatief gelijk aan de referentiesituatie (paragraaf 5.2).

#### Effectenbeoordeling

In onderstaande tabel is de beoordeling van alternatief 1.3 samengevat voor alle onderscheidende ingrepen. Alternatief 1.3 wordt als **neutraal** beoordeeld omdat de natuurlijke bodemdynamiek nauwelijks toeneemt ten opzichte van de referentiesituatie:

- baggerbezwaar: het baggerbezwaar neemt weliswaar af met 48 % ten opzichte van de referentiesituatie, maar het oppervlak waarbinnen gebaggerd wordt blijft gelijk. Daardoor heeft de afname van het baggerbezwaar maar een beperkt effect op de natuurlijke bodemdynamiek;
- veerdam: de bestaande veerdam bij Holwert blijft behouden, dit heeft geen effect op de natuurlijke bodemdynamiek ten opzichte van de referentiesituatie.

Tabel 5.5 Beoordeling alternatief 1.3

Effect baggerbezwaar	Effect nieuwe veerdam	Effect afbreken bestaande dam	Effect niet baggeren referentieroute	Beoordeling op 5-puntsschaal
zeer beperkte toename natuurlijke bodemdynamiek	niet van toepassing	niet van toepassing	niet van toepassing	0

Ondanks dat alternatief 1.3 een beperkt positief effect heeft op de natuurlijke bodemdynamiek door een verlaging van het baggerbezwaar ten opzichte van de referentiesituatie, scoort dit alternatief 'neutraal' op de 5-puntsschaal. Dit komt omdat het positieve effect van dit alternatief erg klein is in vergelijking met de overige alternatieven.

### 5.5.4 Alternatief 2.1

#### Effectenbeschrijving

Hieronder volgt per ingreep een omschrijving van de effecten op de natuurlijke bodemdynamiek.

#### Nieuwe gronddam bij Ferwert

Een gronddam bij Ferwert zorgt lokaal voor een onnatuurlijke ontwikkeling van de kwelders en wadplaten, omdat de dam binnen het intergetijdengebied een obstakel vormt voor stroming en golven. Daardoor zal aan weerszijden van de dam (en met name de oostzijde) meer sedimentatie plaatsvinden waardoor de kweldergroei wordt gestimuleerd. Het 'luwte effect' van de gronddam wordt bevestigd door de resultaten van numerieke stromingsberekeningen (bijlage IV).

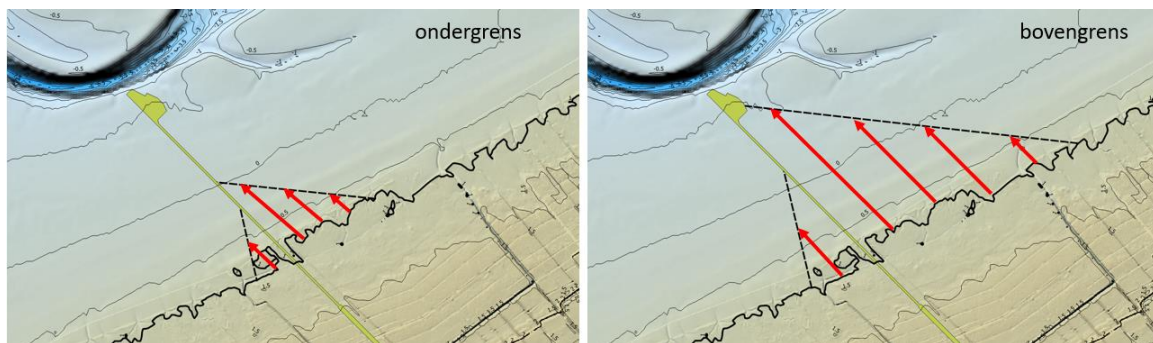
De nieuwe gronddam leidt naar verwachting tot een lokale toename van het kwelderareaal met minimaal 296.000 m<sup>2</sup> (ondergrens) en maximaal 1.308.000 m<sup>2</sup> (bovengrens), weergegeven in afbeelding 5.6. Hierbij is verondersteld dat kwelderrand ten oosten van de nieuwe veerdam dezelfde oriëntatie aanneemt als de huidige kwelderrand ten oosten van de veerdam bij Holwert. De uitbouw van kwelders ten westen van de veerdam is naar verwachting kleiner, zoals dat ook het geval is bij Holwert.

De gronddam die zich op de kwelder bevindt zal alleen bij storm (met verhoogde waterstanden) onderwater staan. Onder die omstandigheden bestaat de kans op enige erosie rondom de veerdam.

De uiteindelijke positie van de kwelderrand wordt primair bepaald door het kwelderbeheer. Door het kwelderbeheer aan te passen (en eventueel kwelderwerken te verwijderen) kan de grens van de kwelder verder landwaarts komen te liggen (maakt geen onderdeel uit van alternatieven).

De kweldergroei zal naar verwachting een verwaarloosbaar effect hebben op de ontwikkeling van het Dantziggat, omdat de verandering in kwelderoppervlak (bovengrens) klein is t.o.v. het lokale kombergingsoppervlak van de geul (orde 4 %).

Afbeelding 5.6 Verwachte zeewaartse verschuiving van de kwelderrand (rode pijlen) na de bouw van een gronddam bij Ferwert



#### *Afbreken bestaande dam Holwert*

De effecten van het afbreken van de bestaande veerdam bij Holwert zijn omschreven in paragraaf 5.5.1 voor alternatief 1.1. De effecten van deze ingreep zijn gelijk voor alternatieven 1.1, 2.1, 2.2 en 2.3.

#### *Onderhoudsbaggerwerkzaamheden*

Het Dantziggat is breder en dieper dan de huidige vaargeul. Daardoor is er naar verwachting slechts zeer lokaal baggeronderhoud nodig om scheepvaartverkeer mogelijk te maken. Daardoor neemt het baggerbezwaar bij alternatief 2.1 af met 76 % ten opzichte van de referentiesituatie (paragraaf 5.2). Het oppervlak waarbinnen de baggerwerkzaamheden plaatsvinden neemt af met 66 % (paragraaf 5.2). Dit heeft een positief effect op de natuurlijke bodemdynamiek.

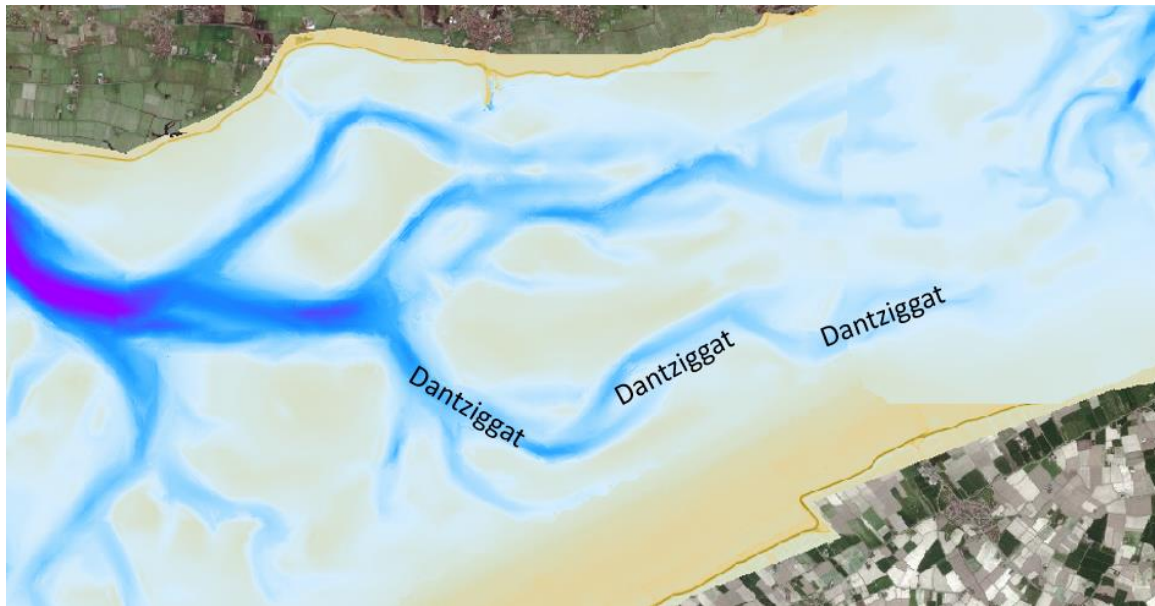
#### *Niet baggeren van de referentieroute*

Het 'niet baggeren' van de referentieroute tussen VA1 en VA13 heeft geen significante effecten op de natuurlijke bodemdynamiek, omdat de sedimentatie die optreedt in dit zandige drempelgebied na het stoppen met baggeren de waterverdeling in het studiegebied niet wezenlijk verandert. Dit volgt uit de resultaten van de numerieke stromingsberekeningen (bijlage V).

Het 'niet baggeren' van het meest zuidelijke deel van de vaargeul (ten zuiden van VA13) leidt waarschijnlijk tot een sterke afname van de geuldoorsnede in dit gebied. Mogelijk verdwijnt de huidige geul en neemt het (doorlopend) Dantziggat het kombergingsvolume over, vergelijkbaar met de situatie in de jaren '50 (zie afbeelding 5.7). Het is erg onzeker of deze herverdeling van geuldebieten (van huidige vaargeul naar Dantziggat) zal optreden. De mogelijke effecten hiervan zijn in ieder geval niet negatief voor de natuurlijke bodemdynamiek, omdat een bron van verstoring, namelijk de baggerwerkzaamheden, lokaal wordt weggenomen. Ook zal een dergelijke ontwikkeling geen negatieve effecten hebben op het baggerbezwaar van de nieuwe veerroute, omdat het Dantziggat hierdoor juist meer water gaat vervoeren en daardoor in doorsnede toeneemt. In de effectenbeoordeling wordt daarom conservatief aangenomen dat het niet baggeren van het meest zuidelijke deel van de vaargeul geen significante effecten heeft op de natuurlijke bodemdynamiek.



Afbeelding 5.7 Overzicht Dantziggat omstreeks 1950 (rond 1958 zijn twee doorsteken, de Suez en de Panama, uitgevoerd om de vaarweg naar Ameland te verkorten)



### Effectenbeoordeling

In onderstaande tabel is de beoordeling van alternatief 2.1 samengevat voor alle onderscheidende ingrepen. Alternatief 2.1 wordt als **positief** beoordeeld omdat de natuurlijke bodemdynamiek beperkt toeneemt ten opzicht van de referentiesituatie:

- baggerbezwaar: het baggerbezwaar neemt af met 76 % en het oppervlak waarbinnen gebaggerd wordt met 66 % ten opzichte van de referentiesituatie. Dit leidt tot een forse toename van het gebied waarin de bodemdynamiek op natuurlijke wijze plaatsvindt;
- veerdam: de bouw van een nieuwe gronddam bij Ferwert en het afbreken van de bestaande dam bij Holwert leiden tot een netto afname van de natuurlijke bodemdynamiek, omdat het nadelige effect van de nieuwe dam groter is dan het positieve effect van het verwijderen van de bestaande dam.

Tabel 5.6 Beoordeling alternatief 2.1

Effect baggerbezwaar	Effect nieuwe veerdam	Effect afbreken bestaande dam	Effect niet baggeren referentieroute	Beoordeling op 5-puntsschaal
sterke toename natuurlijke bodemdynamiek	afname natuurlijke bodemdynamiek	toename natuurlijke bodemdynamiek (kleiner dan effect nieuwe veerdam)	geen effect	positief (+)

## 5.5.5 Alternatief 2.2

### Effectenbeschrijving

Hieronder volgt per relevante ingreep een omschrijving van de effecten op de natuurlijke bodemdynamiek.

#### *Nieuwe hybride dam bij Ferwert*

Een hybride veerdam bij Ferwert heeft geen significante effecten op de natuurlijke bodemdynamiek van kwelders, wadplaten en geulen, omdat het deel van de dam dat zich in het intergetijdengebied bevindt op palen staat en daardoor slechts een kleine invloed heeft op de waterbeweging en golven. Dit wordt bevestigd door de resultaten van numerieke stromingsberekeningen (bijlage IV).

De gronddam die zich op de kwelder bevindt zal alleen bij storm (met verhoogde waterstanden) onderwater staan. Onder die omstandigheden bestaat de kans op enige erosie rondom de veerdam.

Door de nieuwe veerdam aan te leggen als een hybride dam bestaat het risico dat het Dantziggat door natuurlijke geulmigratie onder het havenhoofd terecht komt, waardoor deze lokaal minder geschikt wordt voor scheepvaart. Dit risico kan worden gemitigeerd door het havenhoofd ook als grondlichaam te realiseren (geen onderdeel van de alternatieven), omdat het havenhoofd daarmee naar verwachting de positie van de geul fixeert.

#### Afbreken bestaande dam Holwert

De effecten van het afbreken van de bestaande veerdam bij Holwert zijn omschreven in paragraaf 5.5.1 voor alternatief 1.1. De effecten van deze ingreep zijn gelijk voor alternatieven 1.1, 2.1, 2.2 en 2.3.

#### Onderhoudsbaggerwerkzaamheden

Het Dantziggat is breder en dieper dan de huidige vaargeul. Daardoor is er naar verwachting slechts zeer lokaal baggeronderhoud nodig om scheepvaartverkeer mogelijk te maken. Daardoor neemt het baggerbezwaar bij alternatief 2.2 af met 76 % ten opzichte van de referentiesituatie (paragraaf 5.2). Het oppervlak waarbinnen de baggerwerkzaamheden plaatsvinden neemt af met 66 % (paragraaf 5.2). Dit heeft een positief effect op de natuurlijke bodemdynamiek.

#### Niet baggeren van de referentieroute

De effecten van het 'niet baggeren' van de referentieroute zijn omschreven in paragraaf 5.5.4 voor alternatief 2.1. De effecten van deze ingreep zijn gelijk voor alternatieven 2.1, 2.2 en 2.3.

#### Effectenbeoordeling

In onderstaande tabel is de beoordeling van alternatief 2.2 samengevat voor alle onderscheidende ingrepen. Alternatief 2.2 wordt als **sterk positief** beoordeeld omdat de natuurlijke bodemdynamiek sterk toeneemt ten opzicht van de referentiesituatie:

- baggerbezwaar: het baggerbezwaar neemt af met 76 % en het oppervlak waarbinnen gebaggerd wordt met 66 % ten opzichte van de referentiesituatie. Dit leidt tot een forse toename van het gebied waarin de bodemdynamiek op natuurlijke wijze plaatsvindt;
- veerdam: door de bouw van een nieuwe hybride dam bij Ferwert en het afbreken van de bestaande dam bij Holwert wordt de natuurlijke bodemdynamiek versterkt ten opzichte van de referentiesituatie.

Tabel 5.7 Beoordeling alternatief 2.2

Effect baggerbezwaar	Effect nieuwe veerdam	Effect afbreken bestaande dam	Effect niet baggeren referentieroute	Beoordeling op 5-puntsschaal
sterke toename natuurlijke bodemdynamiek	geen effect	toename natuurlijke bodemdynamiek	geen effect	sterk positief (++)

### 5.5.6 Alternatief 2.3

#### Effectenbeschrijving

Hieronder volgt per relevante ingreep een omschrijving van de effecten op de natuurlijke bodemdynamiek.

#### Nieuwe hybride dam bij Ferwert

De effecten van een nieuwe hybride dam bij Ferwert zijn omschreven in paragraaf 5.5.5 voor alternatief 2.2. De effecten van deze ingreep zijn gelijk voor alternatieven 2.2 en 2.3.



### Afbreken bestaande dam Holwert

De effecten van het afbreken van de bestaande veerdam bij Holwert zijn omschreven in paragraaf 5.5.1 voor alternatief 1.1. De effecten van deze ingreep zijn gelijk voor alternatieven 1.1, 2.1, 2.2 en 2.3.

### Onderhoudsbaggerwerkzaamheden

Het Dantziggat is breder en dieper dan de huidige vaargeul. Daardoor is er naar verwachting slechts zeer lokaal baggeronderhoud nodig om scheepvaartverkeer mogelijk te maken. Doordat ook de ontwerpdoorsnede gereduceerd is ten opzichte van de referentiesituatie neemt het baggerbezwaar bij alternatief 2.3 af met 80 % ten opzichte van de referentiesituatie (paragraaf 5.2). Het oppervlak waarbinnen de baggerwerkzaamheden plaatsvinden neemt af met 73 % (paragraaf 5.2). Dit heeft een positief effect op de natuurlijke bodemdynamiek.

### Niet baggeren van de referentieroute

De effecten van het 'niet baggeren' van de referentieroute zijn omschreven in paragraaf 5.5.4 voor alternatief 2.1. De effecten van deze ingreep zijn gelijk voor alternatieven 2.1, 2.2 en 2.3.

### Effectenbeoordeling

In onderstaande tabel is de beoordeling van alternatief 2.3 samengevat voor alle onderscheidende ingrepen. Alternatief 2.3 wordt als **sterk positief** beoordeeld omdat de natuurlijke bodemdynamiek sterk toeneemt ten opzicht van de referentiesituatie:

- baggerbezwaar: het baggerbezwaar neemt af met 80 % en het oppervlak waarbinnen gebaggerd wordt met 73 % ten opzichte van de referentiesituatie. Dit leidt tot een forse toename van het gebied waarin de bodemdynamiek op natuurlijke wijze plaatsvindt;
- veerdam: door de bouw van een nieuwe hybride dam bij Ferwert en het afbreken van de bestaande dam bij Holwert wordt de natuurlijke bodemdynamiek versterkt ten opzichte van de referentiesituatie.

Tabel 5.8 Beoordeling alternatief 2.3

Effect baggerbezwaar	Effect nieuwe veerdam	Effect afbreken bestaande dam	Effect niet baggeren referentieroute	Beoordeling op 5-puntsschaal
sterke toename natuurlijke bodemdynamiek	geen effect	toename natuurlijke bodemdynamiek	geen effect	sterk positief (++)

### 5.5.7 Samenvatting beoordeling

De beoordeling van de alternatieven is in onderstaande tabel samengevat. De opgetelde scores zijn vertaald naar een eindscore op een 5-puntsschaal (beoordelingskader).

Tabel 5.9 Samenvatting beoordeling alternatieven

Alternatief	Effect baggerbezwaar	Effect nieuwe veerdam	Effect afbreken bestaande dam	Effect niet baggeren referentieroute	Beoordeling op 5-puntsschaal
1.1	beperkte toename natuurlijke bodemdynamiek	geen effect	toename natuurlijke bodemdynamiek	niet van toepassing	positief (+)
1.2	beperkte toename natuurlijke bodemdynamiek	niet van toepassing	niet van toepassing	niet van toepassing	geen effect (0)

Alternatief	Effect baggerbezwaar	Effect nieuwe veerdam	Effect afbreken bestaande dam	Effect niet baggeren referentieroute	Beoordeling op 5-puntsschaal
1.3	beperkte toename natuurlijke bodemdynamiek	niet van toepassing	niet van toepassing	niet van toepassing	geen effect (0)
2.1	sterke toename natuurlijke bodemdynamiek	afname natuurlijke bodemdynamiek	toename natuurlijke bodemdynamiek	geen effect	positief (+)
2.2	sterke toename natuurlijke bodemdynamiek	geen effect	toename natuurlijke bodemdynamiek	geen effect	sterk positief (++)
2.3	sterke toename natuurlijke bodemdynamiek	geen effect	toename natuurlijke bodemdynamiek	geen effect	sterk positief (++)

## 5.6 Mitigerende maatregelen

Mitigerende maatregelen kunnen worden toegepast om bepaalde risico's of nadelige effecten in de ontwerpen te verminderen of weg te nemen. Deze maatregelen zijn niet meegenomen in de effectbeoordeling. Een deel van de mitigerende maatregelen kan ook in de referentie-situatie toegepast worden en is daarmee te beschouwen als een potentiële no-regret maatregel.

### Kwelderuitbouw stoppen

De positie van de kwelderrand langs de vastelandskust wordt primair bepaald door het kwelderbeheer. Er wordt bij deze effectbeoordeling uitgegaan van een blijvend onderhoud aan de bestaande kwelderwerken (wat leidt tot een stimulering van de kweldergroei). Het stoppen van de verdere kwelderuitbouw door de kwelderwerken af te breken en/of niet te onderhouden leidt tot een reductie in baggerbezwaar van ongeveer 0,1 Mm<sup>3</sup>/jaar in 2100 (slib) voor de referentiesituatie. De kwelderuitbouw heeft geen significant effect op de baggervolumes voor alternatieven 2.1, 2.2 en 2.3. Naast het effect op baggervolumes kan door het aanpassen van het kwelderbeheer de natuurlijke bodemdynamiek in de kwelders vergroot worden. In VBA fase 1 is aangetoond dat het afgraven van kwelders leidt tot een verdere reductie van het baggerbezwaar. Een dergelijke ingreep maakt geen onderdeel uit van de alternatieven in fase 2 van VBA2030.

### Tijdig bochtafsnijdingen realiseren

Er wordt geadviseerd om snel en pragmatisch te reageren op toekomstige morfologische ontwikkeling, door tijdig bochtafsnijdingen te realiseren. Bochtafsnijdingen zijn relevant in geuldelen waar gebaggerd moet worden om de geul bevaarbaar te houden en waar van nature eb- en vloedcharen ontstaan. Tijdig wisselen van de geul die gebruikt wordt voor de scheepvaart kan tot een reductie van het baggervolume leiden. Het wordt sterk aanbevolen om heldere criteria en een duidelijk stappenplan te ontwikkelen voor het efficiënt realiseren van bochtafsnijdingen in de vaargeul Holwert-Ameland.

### Havenhoofd als gronddam

Bij een hybride veerdam (landwaartse deel van de nieuwe pier wordt gebouwd als gronddam en het zeewaartse deel op palen) bestaat het risico dat de getijdegeul door geulmigratie onder het havenhoofd op palen komt te liggen. Het havenhoofd op palen zorgt immers niet voor een meer stabiele geul. Dit risico kan worden gemitigeerd door het havenhoofd als gronddam uit te voeren, waardoor de geul grenzend aan het havenhoofd wordt gefixeerd.

### Erosie rond gronddam

Bij een gronddam of hybride veerdam (landwaartse deel van de nieuwe pier wordt gebouwd als gronddam en het zeewaartse deel op palen) bestaat het risico op enige erosie rondom de gronddam bij storm (met flinke opzet). De gronddam bevindt zich op de kwelder en zal alleen bij flink opzet onderwater staan. Deze erosie kan voor zover onwenselijk geacht, worden voorkomen door bodembescherming aan te brengen.

## 5.7 Leemten in kennis

Voor deze effectenbeoordeling zijn prognoses gemaakt van de ontwikkeling van het baggerbezwaar per alternatief op de lange termijn (tot 2100). Deze prognoses kennen relatief veel onzekerheid omdat de morfologische ontwikkeling op de lange termijn afhangt van veel verschillende factoren. Het primaire doel van deze beoordeling is echter om onderscheidende effecten van de alternatieven in kaart te brengen ten opzichte van de referentiesituatie. Daartoe zijn de prognoses voldoende betrouwbaar. Er zijn dus voor deze effectenbeoordeling geen leemten in kennis.

# 6

## CONCLUSIES

In de effectenbeoordeling morfologie zijn de effecten beschouwd van de verschillende alternatieven op de natuurlijke bodemdynamiek in het studiegebied. Daarbij is per alternatief gekeken naar de volgende onderscheidende ingrepen:

- het baggerbezwaar (in m<sup>3</sup> per jaar) en het oppervlak waarbinnen de baggerwerkzaamheden plaatsvinden;
- het effect van de veerdammen die opgenomen zijn in de alternatieven op het omliggende gebied;
- het effect van het 'niet baggeren' van de referentieroute op de grootschalige ontwikkeling van geulen in het projectgebied.

In algemene zin kan worden gesteld dat baggerwerkzaamheden de natuurlijke bodemdynamiek beperken. Een groter baggerbezwaar en een groter baggeroppervlak leiden daarbij tot een grotere beperking. Het bouwen van een nieuwe gronddam zorgt lokaal voor een afname van de natuurlijke bodemdynamiek, een hybride dam heeft geen significante effecten op de bodemdynamiek omdat deze in het intergetijdengebied op palen staat. Het afbreken van de bestaande veerdam bij Holwert (gronddam) zorgt lokaal voor een toename van de natuurlijke bodemdynamiek. Het 'niet baggeren' van de referentieroute heeft een verwaarloosbaar effect op de grootschalige ontwikkeling van geulen in het projectgebied.

Vervolgens zijn de effecten van de ingrepen per alternatief beoordeeld aan de hand van het beoordelingskader, het resultaat daarvan is samengevat in tabel 6.1.

Tabel 6.1 Samenvatting beoordeling per alternatief

Alternatief	Kleur	Beoordeling	Toelichting
1.1	+	positief ten opzichte van de referentiesituatie	alternatief 1.1 leidt tot een beperkte toename van de natuurlijke bodemdynamiek ten opzichte van de referentiesituatie, omdat: <ul style="list-style-type: none"><li>- het baggerbezwaar afneemt met 20 % en het oppervlak waarbinnen gebaggerd wordt met 27 % ten opzichte van de referentiesituatie, dit heeft een beperkt effect op de natuurlijke bodemdynamiek</li><li>- de natuurlijke bodemdynamiek in beperkte mate wordt versterkt door het verwijderen van de bestaande veerdam, de nieuwe hybride veerdam heeft geen significante effecten op de bodemdynamiek</li></ul>
1.2	0	geen effect ten opzichte van de referentiesituatie	alternatief 1.2 heeft een verwaarloosbaar positief effect op de natuurlijke bodemdynamiek, omdat: <ul style="list-style-type: none"><li>- de afname van het baggerbezwaar met 24 % en van het oppervlak waarbinnen gebaggerd met 29 % ten opzichte van de referentiesituatie een beperkt positief effect heeft op de natuurlijke bodemdynamiek</li><li>- de bestaande veerdam bij Holwert behouden blijft, dit heeft geen effect op de natuurlijke bodemdynamiek ten opzichte van de referentiesituatie</li></ul>
1.3	0	geen effect ten opzichte van de referentiesituatie	alternatief 1.3 heeft een verwaarloosbaar effect op de natuurlijke bodemdynamiek, omdat: <ul style="list-style-type: none"><li>- het baggerbezwaar afneemt met 48 % en het oppervlak waarbinnen gebaggerd wordt gelijk blijft ten opzichte van de referentiesituatie, dit heeft een beperkt positief effect op de natuurlijke bodemdynamiek</li><li>- de bestaande veerdam bij Holwert behouden blijft, dit heeft geen effect op de natuurlijke bodemdynamiek ten opzichte van de referentiesituatie</li></ul>

Alternatief	Kleur	Beoordeling	Toelichting
2.1	+	positief ten opzichte van de referentiesituatie	<p>alternatief 2.1 leidt tot een beperkte toename van de natuurlijke bodemdynamiek ten opzichte van de referentiesituatie, omdat:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- het baggerbezwaar afneemt met 76 % en het oppervlak waarbinnen gebaggerd wordt met 66 % ten opzichte van de referentiesituatie, dit leidt tot een sterke toename van de natuurlijke bodemdynamiek</li> <li>- de bouw van een nieuwe gronddam bij Ferwert en het afbreken van de bestaande dam bij Holwert leiden tot een netto afname van de natuurlijke bodemdynamiek omdat het nadelige effect van de nieuwe dam groter is dan het positieve effect van het verwijderen van de bestaande dam</li> </ul>
2.2	++	sterk positief effect ten opzichte van de referentiesituatie	<p>Alternatief 2.2 leidt tot een sterke toename van de natuurlijke bodemdynamiek ten opzichte van de referentiesituatie, omdat:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- het baggerbezwaar afneemt met 76 % en het oppervlak waarbinnen gebaggerd wordt met 66 % ten opzichte van de referentiesituatie, dit leidt tot een sterke toename van de natuurlijke bodemdynamiek</li> <li>- de natuurlijke bodemdynamiek sterk toeneemt ten opzichte van de referentiesituatie door de bouw van een nieuwe hybride dam bij Ferwert en het afbreken van de bestaande dam bij Holwert</li> </ul>
2.3	++	sterk positief effect ten opzichte van de referentiesituatie	<p>Alternatief 2.3 leidt tot een sterke toename van de natuurlijke bodemdynamiek ten opzichte van de referentiesituatie, omdat:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- het baggerbezwaar afneemt met 80 % en het oppervlak waarbinnen gebaggerd wordt met 73 % ten opzichte van de referentiesituatie, dit leidt tot een sterke toename van de natuurlijke bodemdynamiek</li> <li>- de natuurlijke bodemdynamiek sterk toeneemt ten opzichte van de referentiesituatie door de bouw van een nieuwe hybride dam bij Ferwert en het afbreken van de bestaande dam bij Holwert</li> </ul>

Tot slot zijn in dit deelrapport ook relevante inzichten verschaft over de morfologie ten behoeve van andere project onderdelen:

- inzicht in de natuurlijke ontwikkeling van de geulbreedte en -diepte (paragraaf 5.2);
- prognoses van het baggerbezwaar per alternatief, het oppervlak waarbinnen deze baggerwerkzaamheden plaatsvinden en de frequentie daarvan (paragraaf 5.3);
- inzicht in de effecten van de baggerwerkzaamheden op de vertroebeling voor de verschillende alternatieven (paragraaf 5.4).

# 7

## REFERENTIES

- 1 Witteveen+Bos (2023). Vervolgonderzoek Bereikbaarheid Ameland 2030 - Ontwerpdossier Schetsontwerp fase 2. Kenmerk: 126248-6.3.1/23-003.862.
- 2 Witteveen+Bos (2022). Vervolgonderzoek Bereikbaarheid Ameland 2030 - Ontwerpnota baggerbezwaar en mogelijke veerroutes. Kenmerk: 126248/22-009.376-notd.
- 3 Grasmeijer, B. et al. (2021). Slib- en sedimentatieadvies aan Zee (HaZ) - Fase 1A: Inventarisatie en analyse.
- 4 Huismans, Y. et al. (2022). Development of intertidal flats in the Dutch Wadden Sea in response to a rising sea level: Spatial differentiation and sensitivity to the rate of sea level rise. *Ocean and Coastal management* 216 (2022): 105969.
- 5 Oost, A et al. (2017). Morfologie Kombergingsgebied Borndiep - KPP 2017 BO03 Waddenzee Kennisontwikkeling morfologie en baggerhoeveelheden. Deltares rapport, kenmerk: 11200521-000.

Bijlage(n)

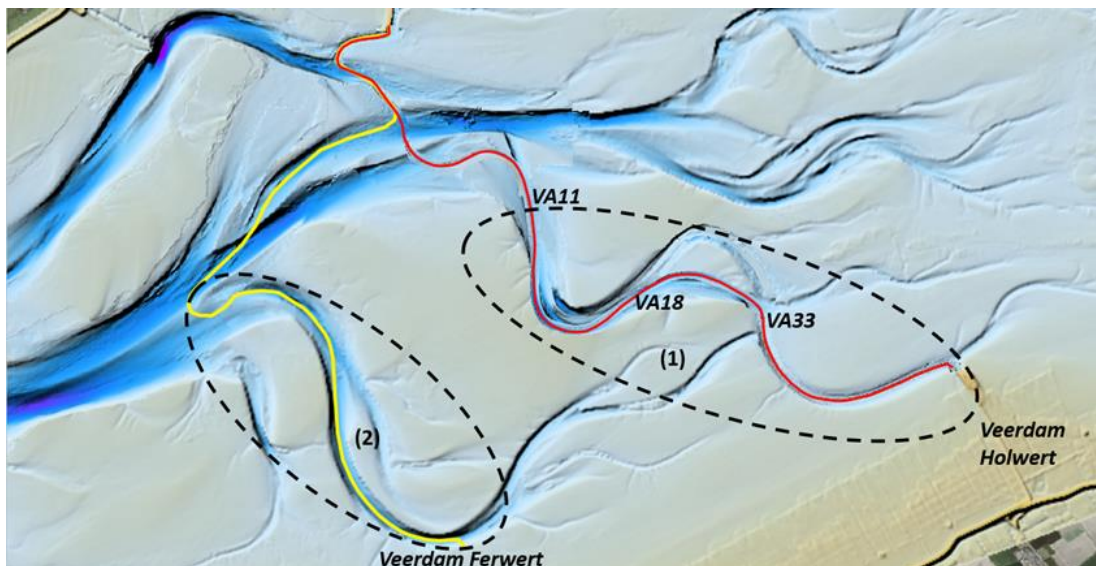


## BIJLAGE: ANALYSE GEULBREEDTE EN -DIEPTE

### I.1 Aanpak

De natuurlijke ontwikkeling van de geulbreedte en -diepte is onderzocht voor het zuidelijke deel van de huidige veerroute vanaf Holwert (oplossingsrichting 1) en het zuidelijk deel van de route vanaf Ferwert door het Dantziggat (oplossingsrichting 2), zie Afbeelding I.1. Verder weg van het zeegat nemen de debieten door geulen en daardoor ook de geuldoorsneden af, waardoor in deze meest zuidelijke gelegen geuldelen de doorsnede over het algemeen het eerst tot knelpunten zal leiden.

Afbeelding I.1 Zuidelijk deel van de huidige veerroute vanaf Holwert (1) en de route vanaf Ferwert door het Dantziggat (2)



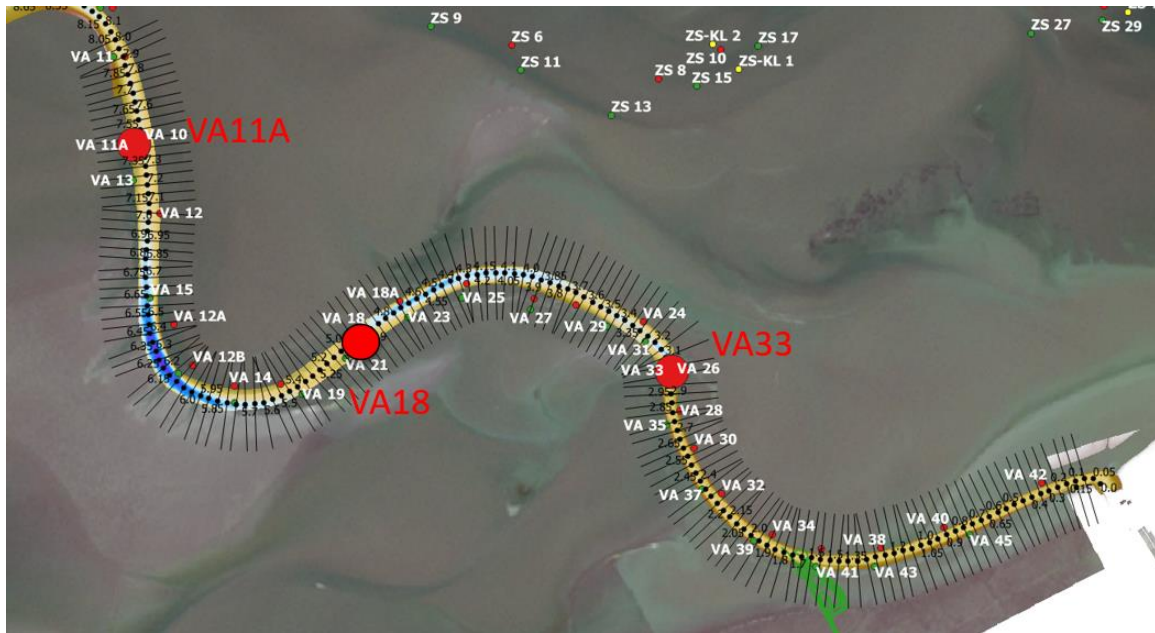
Voor de analyse van de geulbreedte en -diepte is gebruik gemaakt van historische bodemdata. Voor de periode 1989 - 2017 zijn gebieddekkende vaklodingen gebruikt met een resolutie van 20 m x 20 m. Voor de jaren 2018 - 2023 zijn beheerlodingen beschikbaar, deze dekken uitsluitend de huidige vaargeul met een resolutie van circa 5 m x 5 m. Voor het Dantziggat zijn uitsluitend de vaklodingen beschikbaar. Voor ieder jaar is de talweg bepaald (lijn die diepste punten van de geul verbindt). Vervolgens is langs de talweg de geulbreedte afgeleid op de referentiehoogte van NAP -3,8 m (ontwerpdiepte huidige vaargeul). Hieruit volgt de ontwikkeling van de geulbreedte en diepte. Daarnaast geeft deze aanpak inzicht in de meandering van de geul en eventuele drempelvorming.

## I.2 Resultaten zuidelijk deel huidige veerroute

Voor de analyse is het zuidelijke deel van de huidige veerroute opgedeeld in drie secties (Afbeelding I.2):

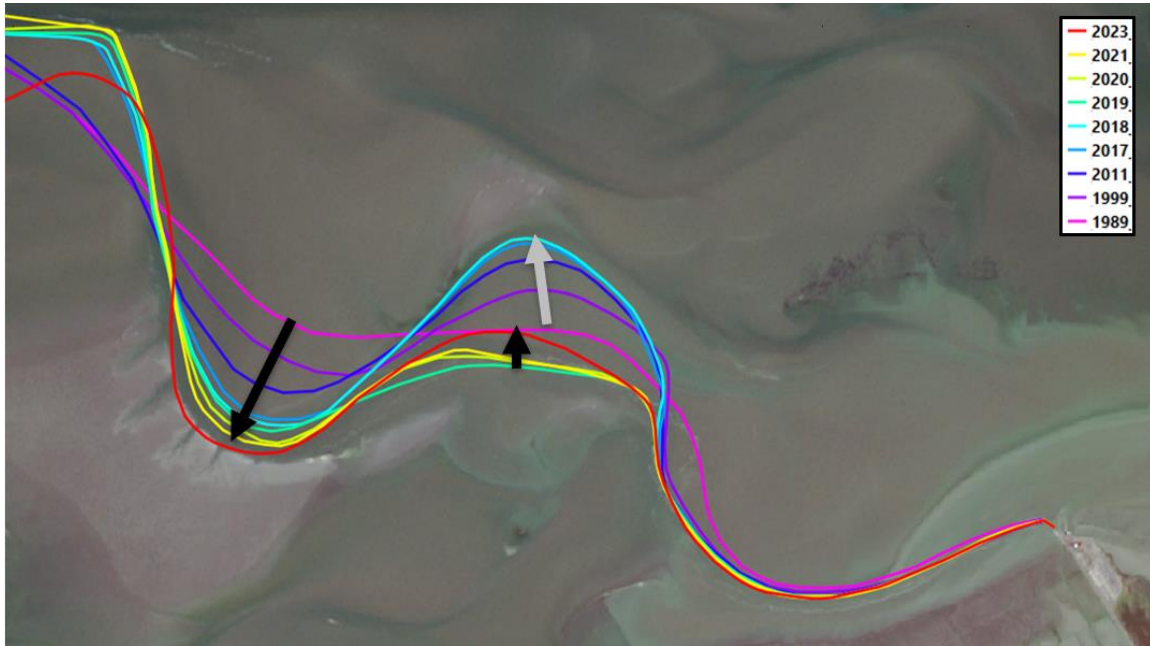
- Holwert-VA33: het meest zuidelijke deel van de vaargeul waar het meest gebaggerd wordt;
- VA33-VA18: gebied met vloed- en ebgeul waar in 2019 de bochtafsnijding is gerealiseerd;
- VA18-VA11: deel tussen de bochtafsnijding en het zandige drempelgebied.

Afbeelding I.2 Overzicht van het zuidelijke deel van de huidige veerroute met vaarwegmarkeringen (rode en groene punten) en dwarsprofielen loodrecht op de talweg (zwarte lijnen), situatie in 2023



De positie en lengte van de geul is veranderd door de jaren heen door natuurlijke meandering en door de bochtafsnijding. Daardoor varieert ook de ligging van de talweg die voor ieder beschikbaar jaar uit de bathymetrische data is afgeleid (Afbeelding I.3).

Afbeelding I.3 Meandering van de geul tussen 1989 en 2023, weergegeven is de talweg



Om een goede vergelijking te kunnen maken tussen de bodemhoogte en geulbreedte langs de talweg voor de verschillende jaren, zijn de langsprofielen geschaald naar de lengte in 2023. Daarbij zijn het punt VA33, VA18 en VA11 als referentiepunten gebruikt (Afbeelding I.2).

In Afbeelding I.4 t/m Afbeelding I.6 zijn de bodemhoogte en de geulbreedte langs de talweg weergegeven voor de verschillende jaren tussen 1989 en 2021, tezamen met de kritische diepte (NAP -3,8 m men kritische breedtes (50 m en 110 m). In de figuren staat toelichting bij deze profielen voor de drie afzonderlijke secties:

- Afbeelding I.4: sectie Holwert - VA33;
- Afbeelding I.5: sectie VA33 - VA18;
- Afbeelding I.6: sectie VA18 - VA11.

In Afbeelding I.7 worden de bodemhoogte en de geulbreedte gepresenteerd langs de talweg voor een kortere periode (2019 - 2023). Deze figuur is met name geschikt om het effect van de bochtafsnijding te analyseren die in 2019 is gerealiseerd (VA18-VA33).

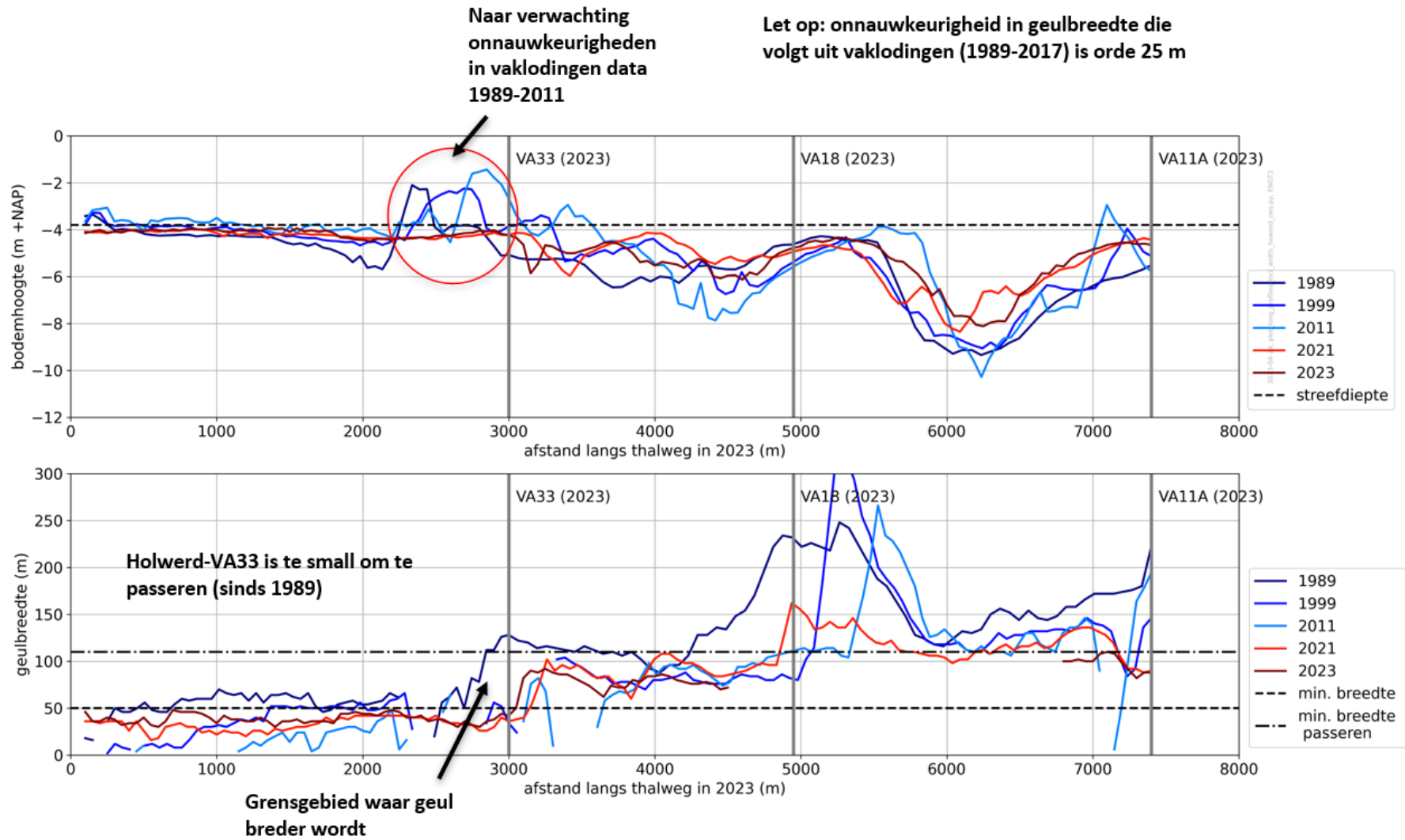
Voor het zuidelijke deel van de huidige veerroute kan het volgende worden geconcludeerd over de ontwikkeling van de geulbreedte (zie afbeelding i.2 voor vaarwegmarkering geuldelen):

- meest zuidelijke deel van de vaargeul (Holtwert-VA33):
  - dit deel van de geul is van nature te smal voor gebruik als vaargeul voor de vaarverbinding (smaller dan 50 m). Daarom moet dit deel van de vaargeul permanent op breedte en diepte worden gehouden;
- gebied waar in 2019 de bochtafsnijding is gerealiseerd (VA18-VA33):
  - langs dit deel van de geul is de breedte in 2023 overall >50 m en < 110 m;
  - er is geen duidelijke historische trend te herkennen in de ontwikkeling van de geulbreedte of diepte;
  - de oude eb-geul was breder dan de vloedgeul die momenteel in deze sectie gevolgd wordt. Daaruit wordt geconcludeerd dat meandering en uitbochtiging van de vaargeul niet noodzakelijk tot versmalling leidt;
  - op basis van de analyses wordt geconcludeerd dat dit deel van de vaargeul in de toekomst (tot 2100) een natuurlijke breedte tussen 50 m en 110 m aanwezig is (en typisch rond 75 m);
- vaargeul tussen VA11 en VA18:
  - in dit deel van de vaargeul zijn in het verleden altijd langere gebieden (>500 m) aanwezig geweest met een breedte groter dan 110 m;

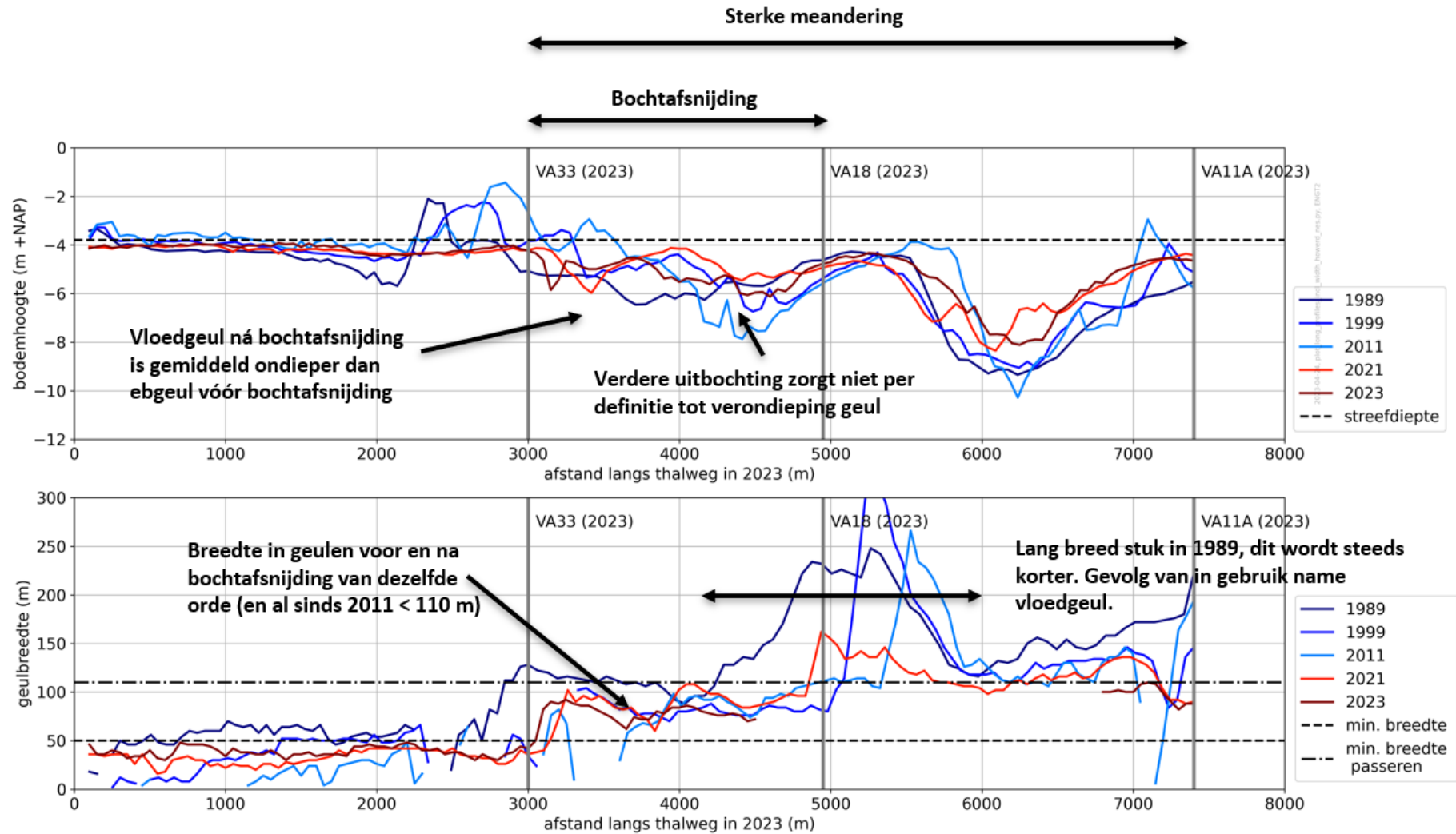
- in de periode direct na realisatie van de vloedgeul (in 2019) is in dit gebied een behoorlijk verondieping opgetreden. Mogelijk door sediment dat bij deze realisatiewerkzaamheden vrij is gekomen voor transport. Na 2020 is deze trend niet meer zichtbaar;
- naar verwachting zijn langs dit deel van de vaargeul in de toekomst (tot 2100) altijd stukken van 500 m lang en meer dan 110 m breed aanwezig.

In zowel sectie VA18-VA33 als in sectie VA11-VA18 kan in de toekomst een nieuwe eb/vloed schaar ontstaan. Dit kan leiden tot lokale versmalling van de vaargeul. Om die reden kan niet worden gegarandeerd dat de gehele sectie VA11-VA18 altijd 110 m breed blijft. Het is wel aannemelijk dat er ook wanneer dit scenario optreedt een stuk van minimaal 500 m lang 110 m breed aanwezig blijft.

Afbeelding I.4 Profielen van de bodemhoogte (boven) en de geulbreedte (onder) langs de talweg tussen 1989 en 2023 (lange termijn), toelichting bij sectie Holwert-VA33 (nulpunt langs de x-as ligt bij veerdam Holwert)

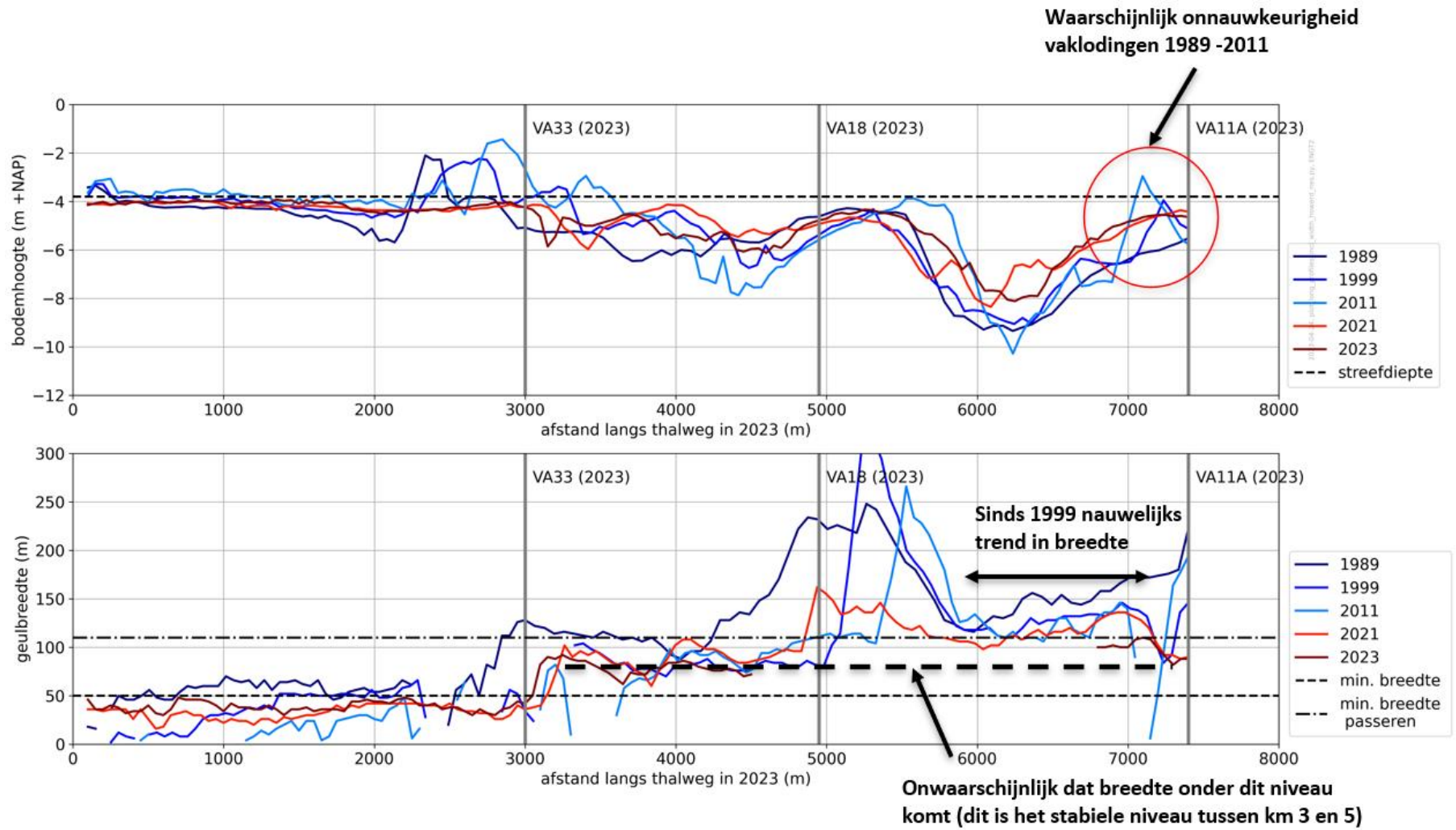


Afbeelding I.5 Profielen van de bodemhoogte (boven) en de geulbreedte (onder) langs de talweg tussen 1989 en 2023 (lange termijn), toelichting bij sectie VA18-VA33 (nulpunt langs de x-as ligt bij veerdam Holwert)





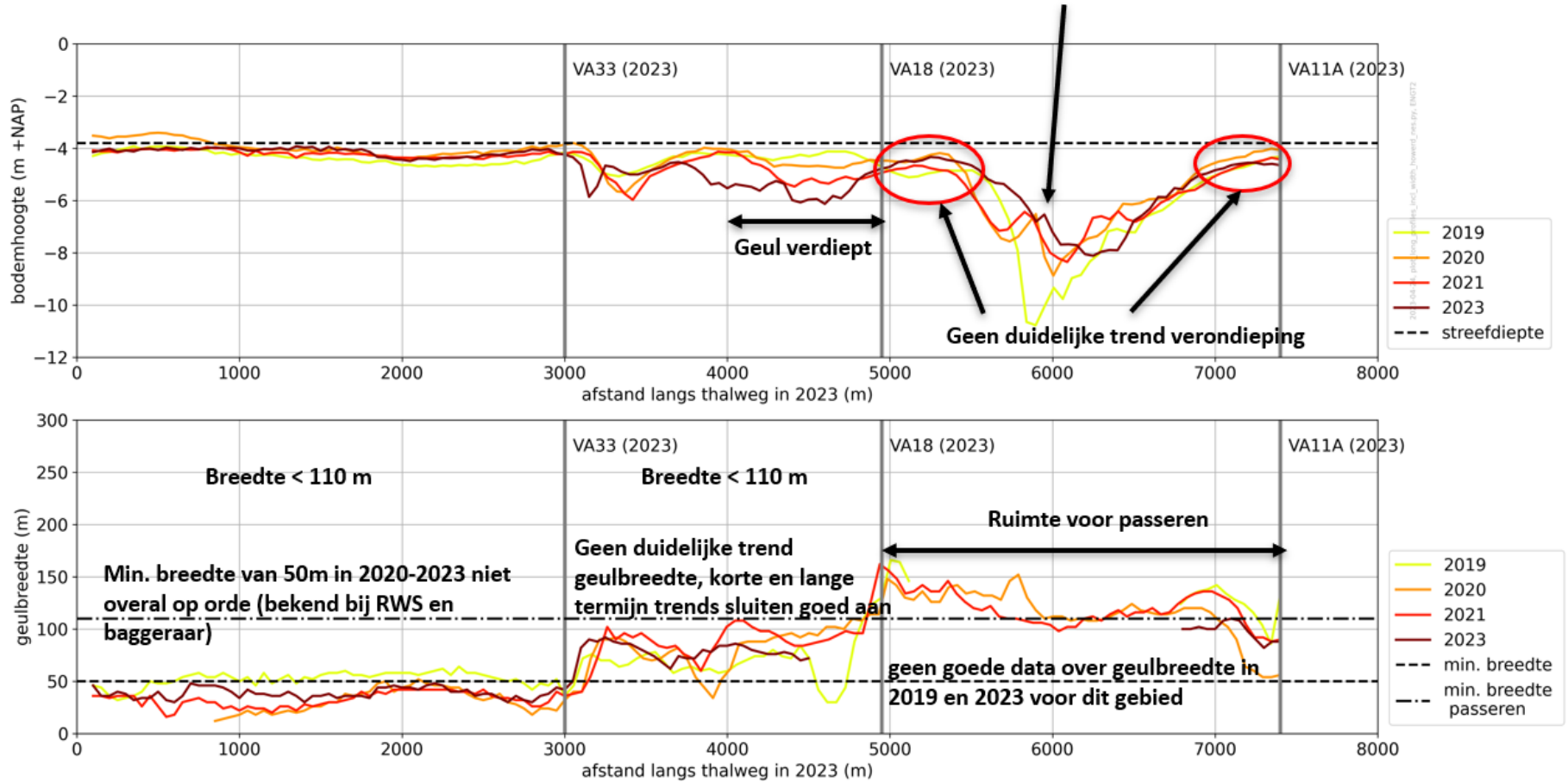
Abbeelding I.6 Profielen van de bodemhoogte (boven) en de geulbreedte (onder) langs de talweg tussen 1989 en 2023 (lange termijn), toelichting bij sectie Holwert VA11-VA18 (nulpunt langs de x-as ligt bij veerdam Holwert)





Afbeelding I.7 Profielen van de bodemhoogte en de geulbreedte langs de talweg tussen 2019 en 2023 (korte termijn), nulpunt langs de x-as ligt bij veerdam Holwert

**Diepste punt in bocht is ondieper geworden en verschuift richting zeegat  
(grootste verandering in jaar van bochtafsnijding)  
Hypothese: verondieping door onnatuurlijke aanvoer van sediment vanuit  
ebgeul (die is volgestort bij realisatie bochtafsnijding)**





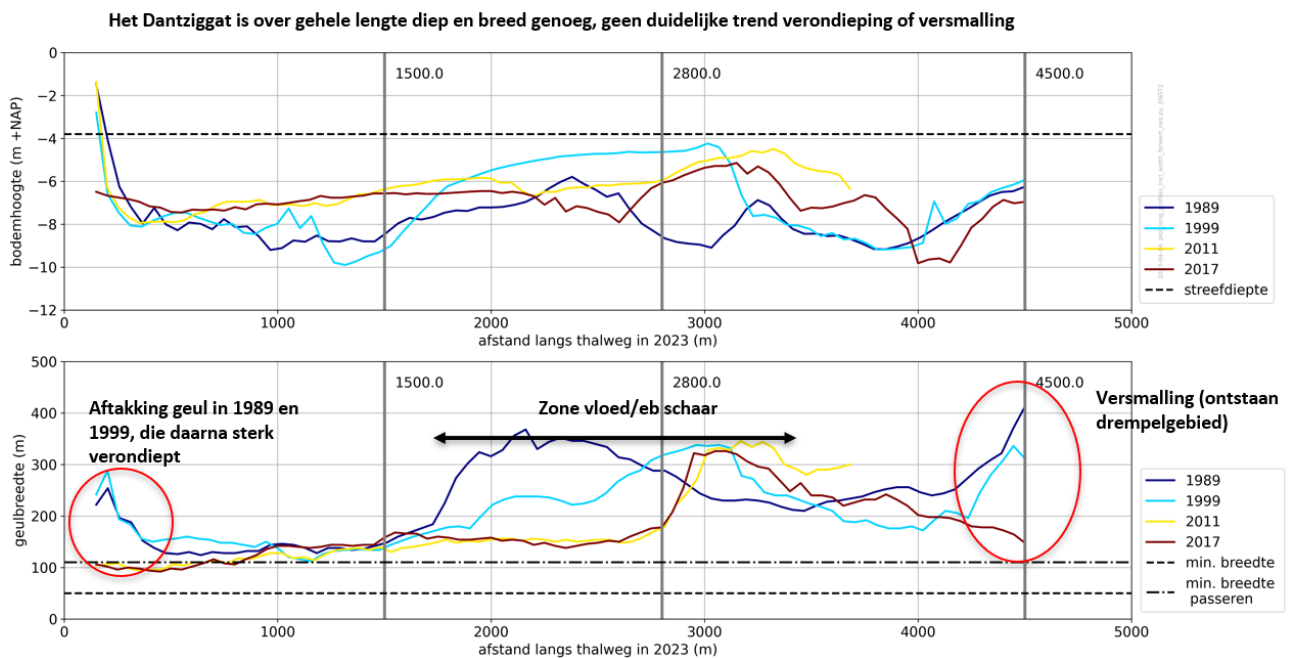
Om een goede vergelijking te kunnen maken tussen de bodemhoogte en geulbreedte langs de talweg voor verschillende jaren, zijn de langsprofielen geschaald naar de lengte in 2017. Daarbij is het punt op 4,5 km vanaf Ferwert (situatie 2017) als referentie gebruikt (Afbeelding I.8).

In Afbeelding I.10 zijn de profielen van de bodemhoogte en de geulbreedte langs de talweg weergegeven en wordt toelichting gegeven bij deze profielen.

Voor het Dantziggat kan het volgende worden geconcludeerd over de ontwikkeling van de geulbreedte:

- het Dantziggat ligt dicht bij het zeegat tussen Terschelling en Ameland, heeft een groter kombergingsvolume en is daarom veel breder en dieper dan de huidige vaargeul;
- naar verwachting is het Dantziggat tot het jaar 2100 breed en diep genoeg om niet te hoeven baggeren en breder van 110 m;
- de overgang tussen het Scheepsgat en het Dantziggat (Afbeelding I.8) is een mogelijk knelpunt in de toekomst als het gaat om geulbreedte en/of diepte met beperkte baggerinspanning. In deze relatief korte sectie (orde paar honderd meter) hoeven schepen niet te passeren.

Afbeelding I.10 Profielen van de bodemhoogte en de geulbreedte langs de talweg tussen 1989 en 2017 (nulpunt langs de x-as ligt bij veerdam Ferwert)





## BIJLAGE: PROGNOSE BAGGERBEZWAAR

### II.1 Aanpak

Voor de prognose van het maximale baggerbezwaar tot 2.100 is dezelfde aanpak gehanteerd als is toegepast in fase 1 van dit project, zoals is beschreven in [ref. 2], deze aanpak wordt hieronder voor de beide oplossingsrichtingen nader toegelicht. Het baggerbezwaar voor de referentiesituatie is daardoor identiek aan wat bepaald is in fase 1. Daarnaast is het oppervlak bepaald waarbinnen de baggerwerkzaamheden plaatsvinden en de frequentie van het baggeren. Dit is input voor de effectbeoordeling natuur.

Oplossingsrichting 1 (optimalisatie van de huidige veerroute):

- voor het meest zuidelijke deel van de huidige vaargeul (waar met name slib wordt gebaggerd) is een prognose gemaakt aan de hand van empirische relaties voor een realistisch worst-case scenario. Dit scenario gaat uit van doorgaande kweldergroei tot 2050, een maximale westwaartse verplaatsing van het wantij en geobserveerde sedimentatie in combinatie met een gematigd scenario voor zeespiegelstijging (SSP2-4.5 ondergrens);
- voor gebieden met zandige drempels langs de huidige veerroute (VA1-VA13) is uitgegaan van een bovengrens die is gedefinieerd als het maximale historische baggervolume in de afgelopen 10 jaar plus eenmaal de standaarddeviatie van het baggervolume over de jaren waarin gebaggerd werd;
- voor het baggervolume rond de veerdam bij Nes en bij Holwert is uitgegaan van een bovengrens die is gedefinieerd als het maximale historische baggervolume in de afgelopen 10 jaar plus een maal de standaarddeviatie van het baggervolume over de jaren waarin gebaggerd werd.

Oplossingsrichting 2 (nieuwe veerroute vanaf Ferwert):

- voor gebieden met zandige drempels die moeten worden gebaggerd is de prognose van het baggerbezwaar gebaseerd op de prognose voor het gebied VA1-VA13 langs de huidige veerroute. De baggervolumes voor oplossingsrichting 2 zijn daarbij geschaald naar de lengte van het deel van de vaargeul dat drempels doorkruist (en dus gebaggerd moet worden). Deze aanpak geldt ook voor de drempel op de overgang tussen het Scheepsgat en het Dantziggat (Afbeelding I.8);
- voor het maximale baggervolume rond de veerdam bij Ferwert is hetzelfde volume aangehouden als voor de veerdam bij Holwert. Het baggervolume rond de veerdam bij Nes is voor oplossingsrichting 1 en 2 gelijk.

### II.2 Resultaten

In onderstaande tabel zijn de resultaten opgenomen van de prognose van het baggerbezwaar tot 2.100 voor de verschillende alternatieven.

Tabel II.1 Prognose van het maximale baggerbezwaar tot 2.100 voor de referentiesituatie en de alternatieven

Alternatief	Maximaal baggervolume tot 2100	Waarvan slibrijk	Toelichting
Referentie	2030-2050: 2,4 Mm <sup>3</sup> /jaar 2050-2075: 2,5 Mm <sup>3</sup> /jaar 2075-2100: 2,5 Mm <sup>3</sup> /jaar	1,1 Mm <sup>3</sup> /jaar (in 2100)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 baggerbezwaar Holwert - VA33 = 0,9 Mm<sup>3</sup>/jaar in 2100</li> <li>2 slib in traject Holwert - VA33 &amp; rondom veerdammen</li> <li>3 waarden zijn conservatief omdat: (1) gerekend is met ondergrens ZSS, (2) westwaartse verplaatsing wantij (3) geobserveerde sedimentatie trends</li> </ol>
1.1	2030-2050: 1,9 Mm <sup>3</sup> /jaar 2050-2075: 2,0 Mm <sup>3</sup> /jaar 2075-2100: 2,0 Mm <sup>3</sup> /jaar (20 % afname ten opzichte van referentie)	0,6 Mm <sup>3</sup> /jaar (in 2100)	reductie lengte Holwert-VA33 met 1700 m (0,55 %) levert reductie baggerbezwaar op van $0,55 * 0,9 = 0,5$ Mm <sup>3</sup> /jaar (slib)
1.2	2030-2050: 1,8 Mm <sup>3</sup> /jaar 2050-2075: 1,9 Mm <sup>3</sup> /jaar 2075-2100: 1,9 Mm <sup>3</sup> /jaar (24 % afname ten opzichte van referentie)	0,8 Mm <sup>3</sup> /jaar (in 2100)	reductie doorsnede met 20 % levert reductie baggerbezwaar op van: --> 0,320 Mm <sup>3</sup> /jaar in traject Holwert-VA33 (slib) --> 0,074 Mm <sup>3</sup> /jaar in traject VA13-VA33 (zand) --> 0,200 Mm <sup>3</sup> /jaar in traject VA1-VA13 (zand)
1.3	2030-2050: 1,2 Mm <sup>3</sup> /jaar 2050-2075: 1,3 Mm <sup>3</sup> /jaar 2075-2100: 1,3 Mm <sup>3</sup> /jaar (48 % afname t.o.v. referentie)	0,5 Mm <sup>3</sup> /jaar (in 2100)	reductie doorsnede met 40 % levert reductie baggerbezwaar op van: --> 0,640 Mm <sup>3</sup> /jaar in traject Holwert-VA33 (slib) --> 0,147 Mm <sup>3</sup> /jaar in traject VA13-VA33 (zand) --> 0,400 Mm <sup>3</sup> /jaar in traject VA1-VA13 (zand)
2.1	2030-2050: 0,6 Mm <sup>3</sup> /jaar 2050-2075: 0,6 Mm <sup>3</sup> /jaar 2075-2100: 0,6 Mm <sup>3</sup> /jaar (76 % afname t.o.v. referentie)	0,2 Mm <sup>3</sup> /jaar (in 2100)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 aansluiting Scheepsgat-Dantziggat: 0,01 Mm<sup>3</sup>/jaar (Igor, op basis van data 2017), dit kan maximaal toenemen tot 0,1 Mm<sup>3</sup>/jaar</li> <li>2 gebied met zandige drempels: 0,333 Mm<sup>3</sup>/jaar (1/3) van volume in drempelgebied voor huidige veerroute.</li> <li>3 rondom veerdam Ferwert en Nes: 0,2 Mm<sup>3</sup>/jaar</li> <li>4 aandeel slib: 0,2 Mm<sup>3</sup>/jaar (rondom veerhavens) effect gronddam -&gt; kweldergroei, leidt naar verwachting tot 2100 niet tot extra baggerbezwaar, omdat de geul voldoende diep en breed is</li> </ol>
2.2	2030-2050: 0,6 Mm <sup>3</sup> /jaar 2050-2075: 0,6 Mm <sup>3</sup> /jaar 2075-2100: 0,6 Mm <sup>3</sup> /jaar (76 % afname ten opzichte van referentie)	0,2 Mm <sup>3</sup> /jaar (in 2100)	zelfde als alternatief 2.2, want de veerdam bij Ferwert heeft geen effect op het baggerbezwaar
2.3	2030-2050: 0,5 Mm <sup>3</sup> /jaar 2050-2075: 0,5 Mm <sup>3</sup> /jaar 2075-2100: 0,5 Mm <sup>3</sup> /jaar (80 % afname ten opzichte van referentie)	0,2 Mm <sup>3</sup> /jaar (in 2100)	reductie doorsnede met 20 % levert baggerbezwaar op van: --> $0,8 * 0,1 = 0,08$ Mm <sup>3</sup> /jaar in aansluiting Scheepsgat-Dantziggat --> $0,8 * 0,33 = 0,267$ Mm <sup>3</sup> /jaar in gebied met drempels --> 0,2 Mm <sup>3</sup> /jaar rondom veerhavens --> totaal 0,54 Mm <sup>3</sup> /jaar

In Tabel II.2 en Tabel II.3 zijn de maximale baggeroppervlaktes opgenomen voor de verschillende alternatieven. In Afbeelding II.1 t/m Afbeelding II.7 is per alternatief weergegeven waar de baggerwerkzaamheden plaatsvinden, het oppervlak daarvan en met welke frequentie.

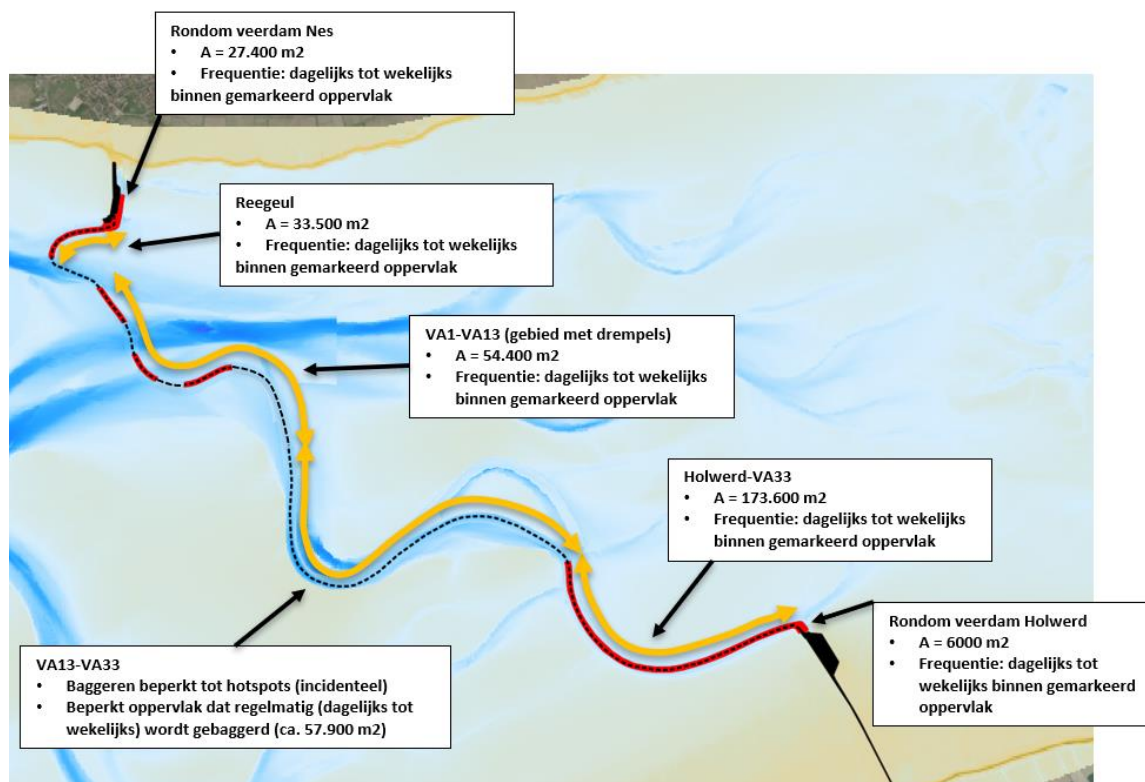
Tabel II.2 Oppervlaktes waarbinnen de baggerwerkzaamheden plaatsvinden voor oplossingsrichting 1 en de referentiesituatie (m<sup>2</sup>)

Alternatief	Oppervlak baggerwerkzaamheden (m <sup>2</sup> )						Totaal	Afname t.o.v. referentie
	Veerdam Nes	Reegeul	VA1-VA13	VA13-VA33	Holwert-VA33	Veerdam Holwert		
referentie	27.400	33.500	54.400	57.900	173.600	6.000	352.800	-
1.1	27.400	33.500	54.400	57.900	78.100	6.000	257.300	27 %
1.2	27.400	22.780	36.992	39.372	118.048	6.000	250.592	29 %
1.3	27.400	33.500	54.400	57.900	173.600	6.000	352.800	0 %

Tabel II.3 Oppervlaktes waarbinnen de baggerwerkzaamheden plaatsvinden voor oplossingsrichting 2 en de referentiesituatie (m<sup>2</sup>)

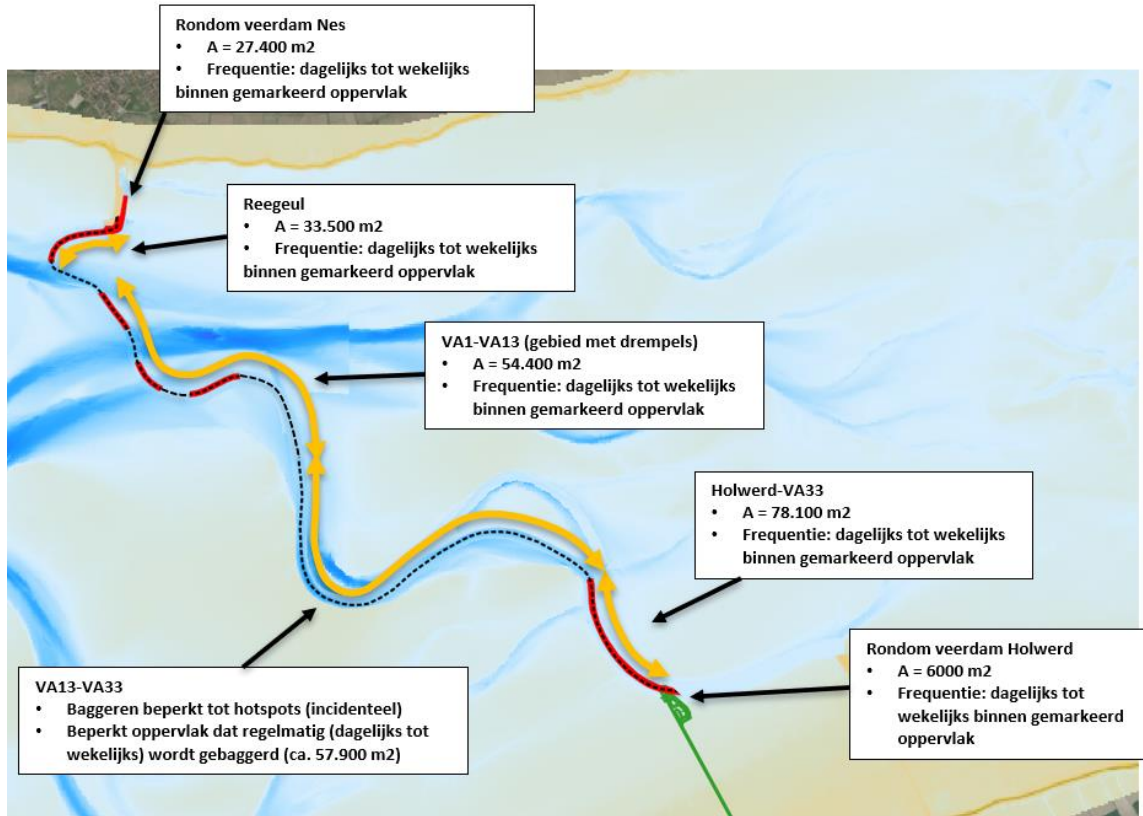
Alternatief	Oppervlak baggerwerkzaamheden (m <sup>2</sup> )					Totaal	Afname t.o.v. referentie
	Veerdam Nes	Reegeul	Gebied met drempels	Knelpunt Dantziggat	Veerdam Ferwert		
Referentie						352.800	-
1.1	27.400	33.500	21.500	21.400	14.500	118.300	66 %
1.2	27.400	33.500	21.500	21.400	14.500	118.300	66 %
1.3	27.400	22.780	14.620	14.552	14.500	93.852	73 %

Afbeelding II.1 Oppervlak en frequentie van de baggerwerkzaamheden voor de referentiesituatie

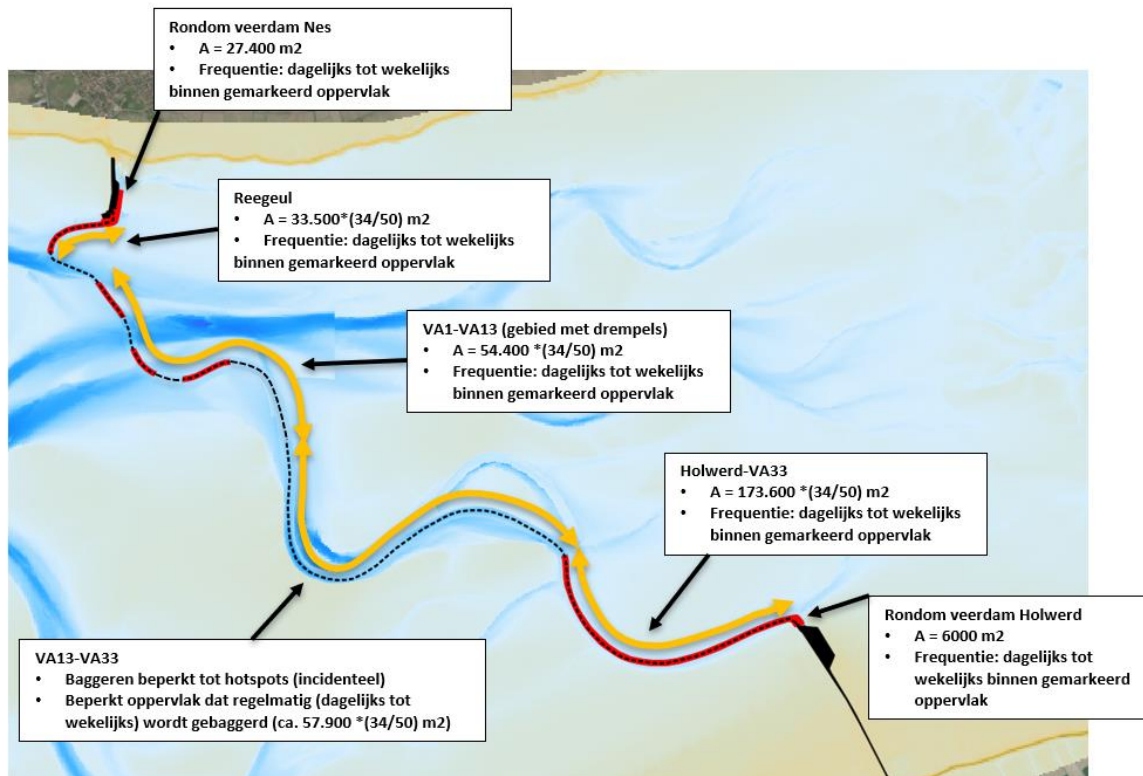




Afbeelding II.2 Oppervlak en frequentie van de baggerwerkzaamheden voor alternatief 1.1

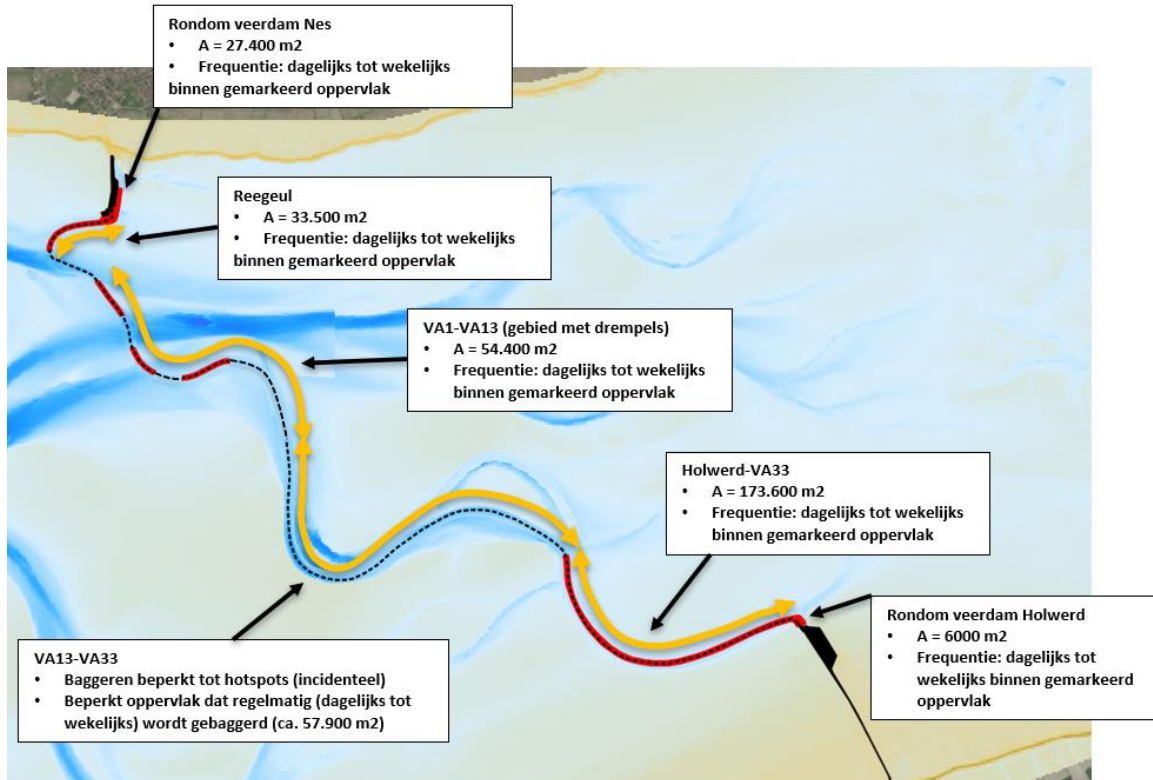


Afbeelding II.3 Oppervlak en frequentie van de baggerwerkzaamheden voor alternatief 1.2

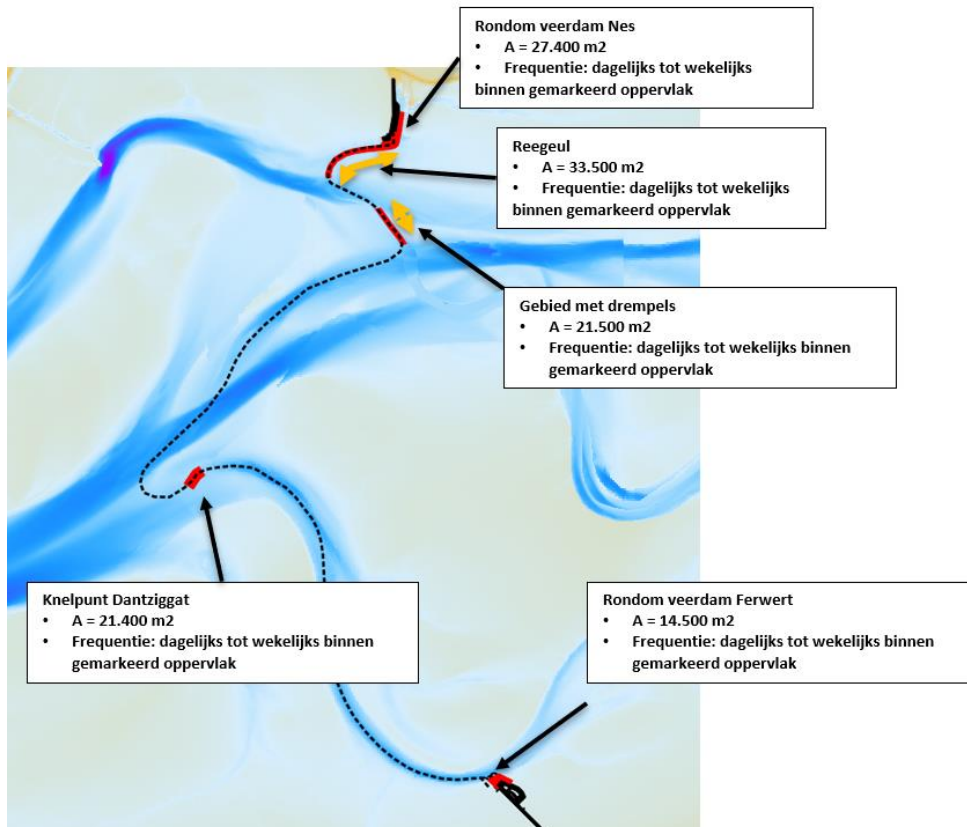




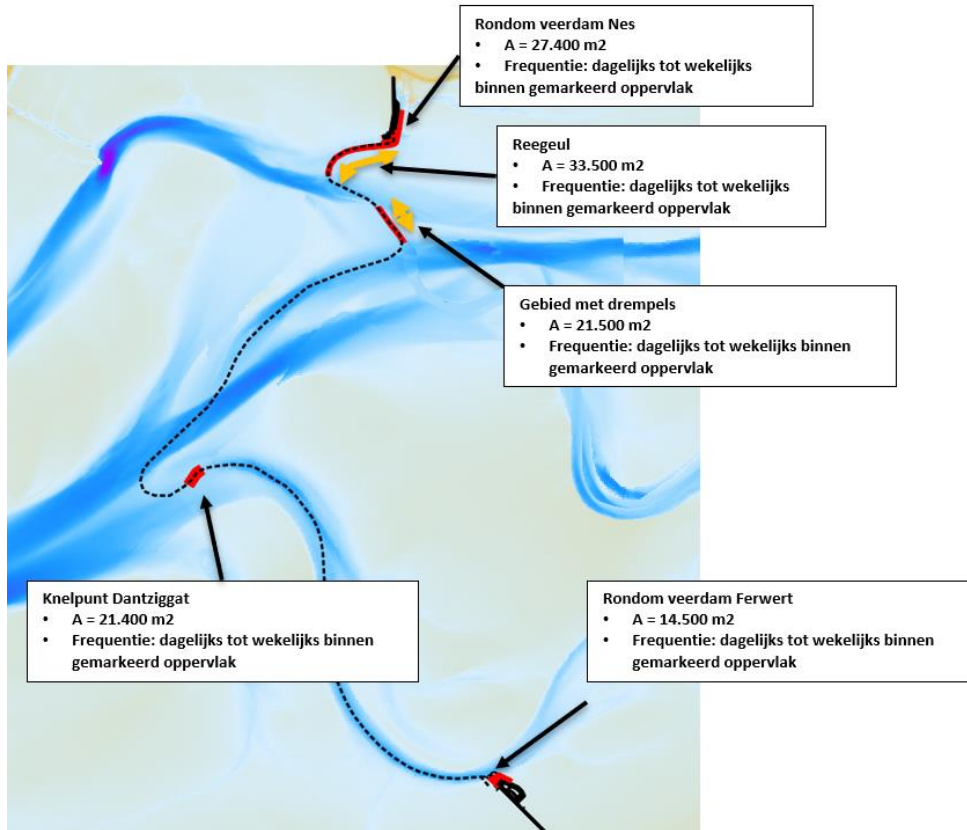
Afbeelding II.4 Oppervlak en frequentie van de baggerwerkzaamheden voor alternatief 1.3



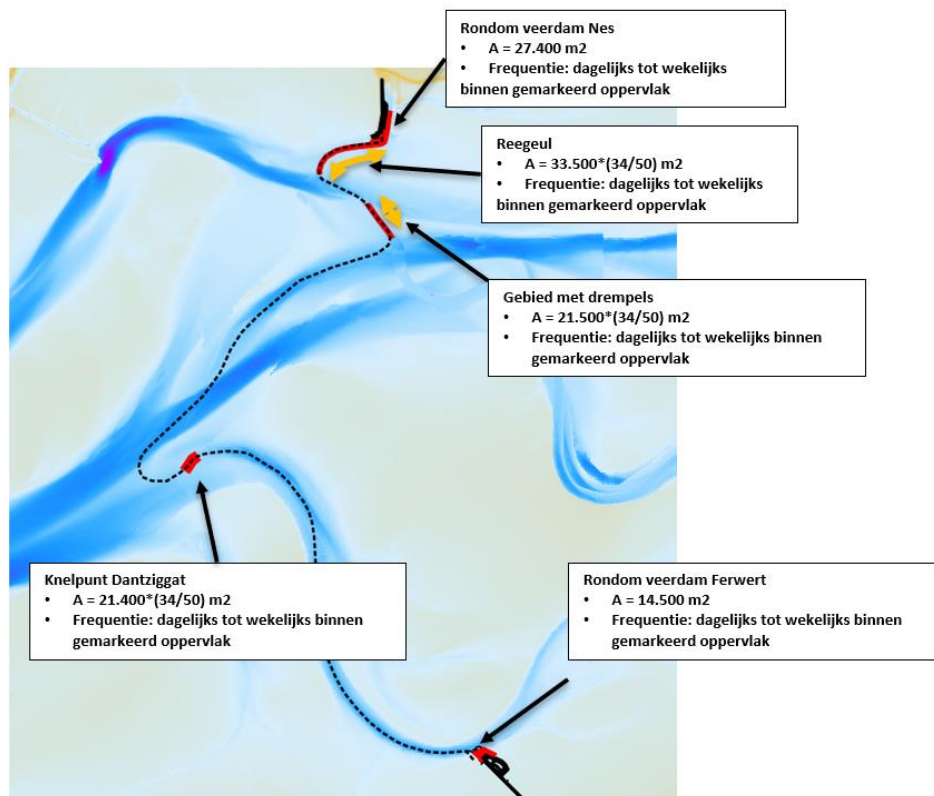
Afbeelding II.5 Oppervlak en frequentie van de baggerwerkzaamheden voor alternatief 2.1



Afbeelding II.6 Oppervlak en frequentie van de baggerwerkzaamheden voor alternatief 2.2



Afbeelding II.7 Oppervlak en frequentie van de baggerwerkzaamheden voor alternatief 2.3



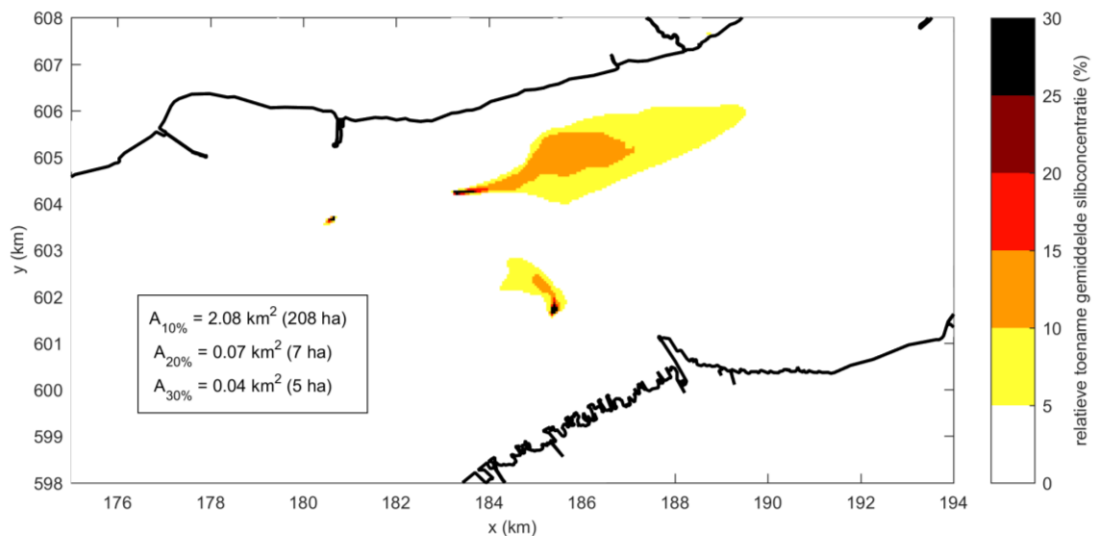


## BIJLAGE: PROGNOSE VERTROEBELING

De effecten van de baggerwerkzaamheden op de vertroebeling zijn bepaald als input voor de effectbeoordeling natuur. Het gaat daarbij specifiek om de omvang van het gebied waar de gemiddelde concentratie zwevende stof in de waterkolom met 10 %, 20 % of 30 % toeneemt ten opzichte van de situatie zónder baggerwerkzaamheden.

Het effect van de huidige baggerwerkzaamheden (situatie 2021) inclusief het verspreiden/terugstorten van baggermateriaal op de huidige stortlocaties is door Deltares onderzocht aan de hand van modelberekeningen [ref. 3]. Uit deze resultaten volgen de oppervlaktes waar de gemiddelde diepte- en tijdsgemiddelde concentratie zwevende stof in de waterkolom met 10 %, 20 % en 30 % toenemen t.o.v. de situatie zónder baggeren en verspreiden, dit is weergegeven in Afbeelding III.1.

Afbeelding III.1 Relatieve toename van de gemiddelde concentratie zwevende stof in de waterkolom (oktober-december 2019) door de huidige bagger- en verspreidingswerkzaamheden ten opzichte van de situatie zónder baggeren en verspreiden



De oppervlaktes waar deze toenames optreden voor de alternatieven zijn bepaald door de oppervlaktes van de huidige situatie te schalen aan de hand van de geprognostiseerde baggervolumes. Daarbij is aangenomen dat alleen de slibfractie leidt tot vertroebeling. De resultaten hiervan zijn opgenomen in onderstaande tabel.

Tabel III.1 Effecten op vertroebeling t.g.v. baggerwerkzaamheden voor de verschillende alternatieven en de referentiesituatie

Parameter	Referentie	Alt. 1.1	Alt. 1.2	Alt. 1.3	Alt. 2.1	Alt. 2.2	Alt. 2.3
huidig baggervolume slib (Mm <sup>3</sup> /jaar)	0,9	-	-	-	-	-	-
prognose baggervolume slib 2.100 (Mm <sup>3</sup> /jaar)	1,1	0,6	0,8	0,5	0,2	0,2	0,2
max. oppervlak 10 % verhoging concentratie zwevende stof in 2.100 (km <sup>2</sup> )	2,54	1,39	1,85	1,16	0,46	0,46	0,46
max. oppervlak 20 % verhoging concentratie zwevende stof in 2.100 (km <sup>2</sup> )	0,09	0,05	0,06	0,04	0,02	0,02	0,02
max. oppervlak 30 % verhoging concentratie zwevende stof in 2.100 (km <sup>2</sup> )	0,05	0,03	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01

In de modelberekeningen van Deltares zijn alleen de effecten beschouwd van het verspreiden van baggermateriaal en niet van scheepsbewegingen (zoals van de veerboten). Aangezien de veerboten met name in de ondiepe, slibrijke, zuidelijke delen van de vaargeul voor extra vertroebeling zorgen, is naar verwachting het verschil in vertroebeling tussen de alternatieven die gebruik maken van dit deel van de vaargeul (alternatieven 1.2 en 1.3) en de alternatieven waarin dit deel van de vaargeul niet gebruikt wordt (alternatieven 1.1, 2.1, 2.2 en 2.3) in werkelijkheid groter dan zoals gepresenteerd in Tabel III.1

# IV

## BIJLAGE: EFFECTEN NIEUWE VEERDAM EN VERWIJDEREN BESTAANDE

### IV.1 Aanpak

De effecten van het bouwen van een nieuwe veerdam en het verwijderen van de bestaande dam op het stroombeeld zijn onderzocht met het numerieke Delft3D-FM van Ameland. Daarbij zijn de piek stroomsnelheden bij vloed en bij eb in de referentiesituatie vergeleken met de stroomsnelheden in de volgende toekomstige situaties:

- alternatief 1.1: Nieuwe hybride veerdam bij Holwert en verwijderen bestaande veerdam bij Holwert;
- alternatief 2.1: nieuwe veerdam bij Ferwert als gronddam en verwijderen bestaande veerdam bij Holwert;
- alternatief 2.2 en 2.3: nieuwe veerdam bij Ferwert als hybride dam en verwijderen bestaande veerdam bij Holwert;

De gronddammen zijn in het model geïmplementeerd als 'thin dams'. De delen van de hybride dammen op palen zijn geïmplementeerd als 'bridge piles' met een paaldiameter van 1,5 m en een weerstand coëfficiënt ( $C_d$ ) van 0,7 (dit is een redelijke waarde voor gladde cilinders in turbulente stroming).

De modelberekeningen zijn uitgevoerd voor de periode 1 oktober 2019 t/m 22 oktober 2019, waarbij de eerste week als spin-periode geldt. In de simulaties zijn de getijdebeweging, wind en atmosferische druk als randvoorwaarden opgelegd.

De doorvertaling van effecten op het stroombeeld naar effecten op de bodemdynamiek is gedaan op basis van expert judgement.

### IV.2 Resultaten

In Afbeelding IV.1 t/m Afbeelding IV.3 zijn de effecten weergegeven op de stroomsnelheden bij piek vloed en piek eb voor de drie situaties die in de vorige paragraaf zijn beschreven. Hieronder volgt een duiding van deze resultaten.

Nieuwe hybride veerdam bij Holwert en verwijderen bestaande veerdam bij Holwert:

- deze ingreep heeft alleen rondom het havenhoofd een effect op de piek stroomsnelheden;
- direct onder het nieuwe havenhoofd neemt de stroomsnelheid af met orde 0,1-0,2 m/s ten opzichte van de referentiesituatie, dit komt omdat onder het havenhoofd relatief veel palen aanwezig (circa 450) die een obstructie vormen voor de stroming.

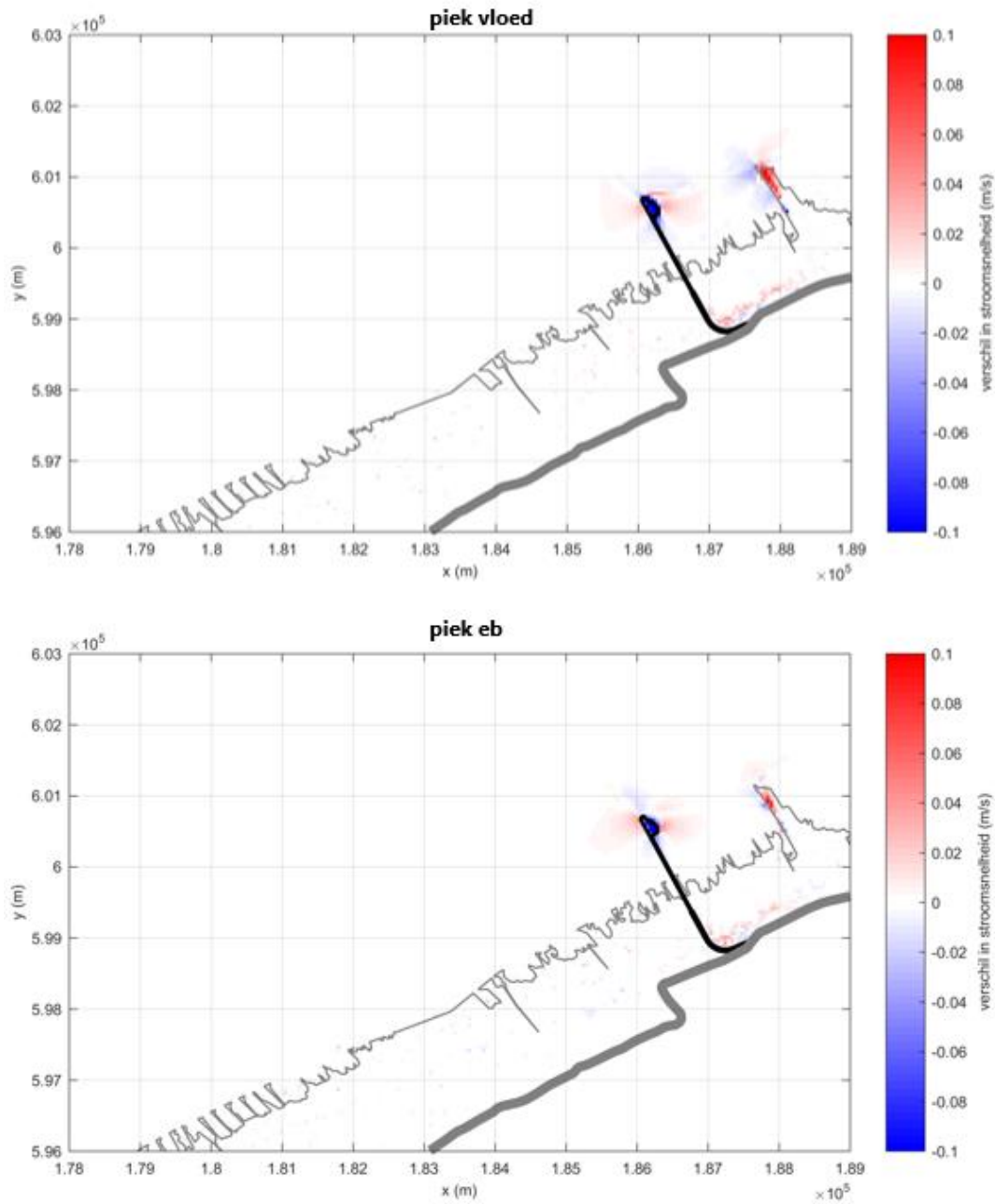
Nieuwe veerdam bij Ferwert als gronddam en verwijderen bestaande veerdam bij Holwert:

- deze ingreep heeft significante effecten op de piek stroomsnelheden in een groot gebied rond het havenhoofd en de veerdam;
- langs de kop van het havenhoofd versneld de getijdestroming door de geul omdat de dam een deel van de stroming blokkeert. Dit zal aanvankelijk leiden tot een beperkte verdieping van een deel geul, waarna zich een nieuw evenwicht instelt;
- aan weerszijde van de dam nemen de stroomsnelheden af ten opzichte van de referentiesituatie omdat de dam een obstakel vormt voor de stroming. Daardoor zal in deze gebied meer sedimentatie optreden, totdat zich een nieuw evenwicht instelt.

Nieuwe veerdam bij Ferwert als hybride dam en verwijderen bestaande veerdam bij Holwert:

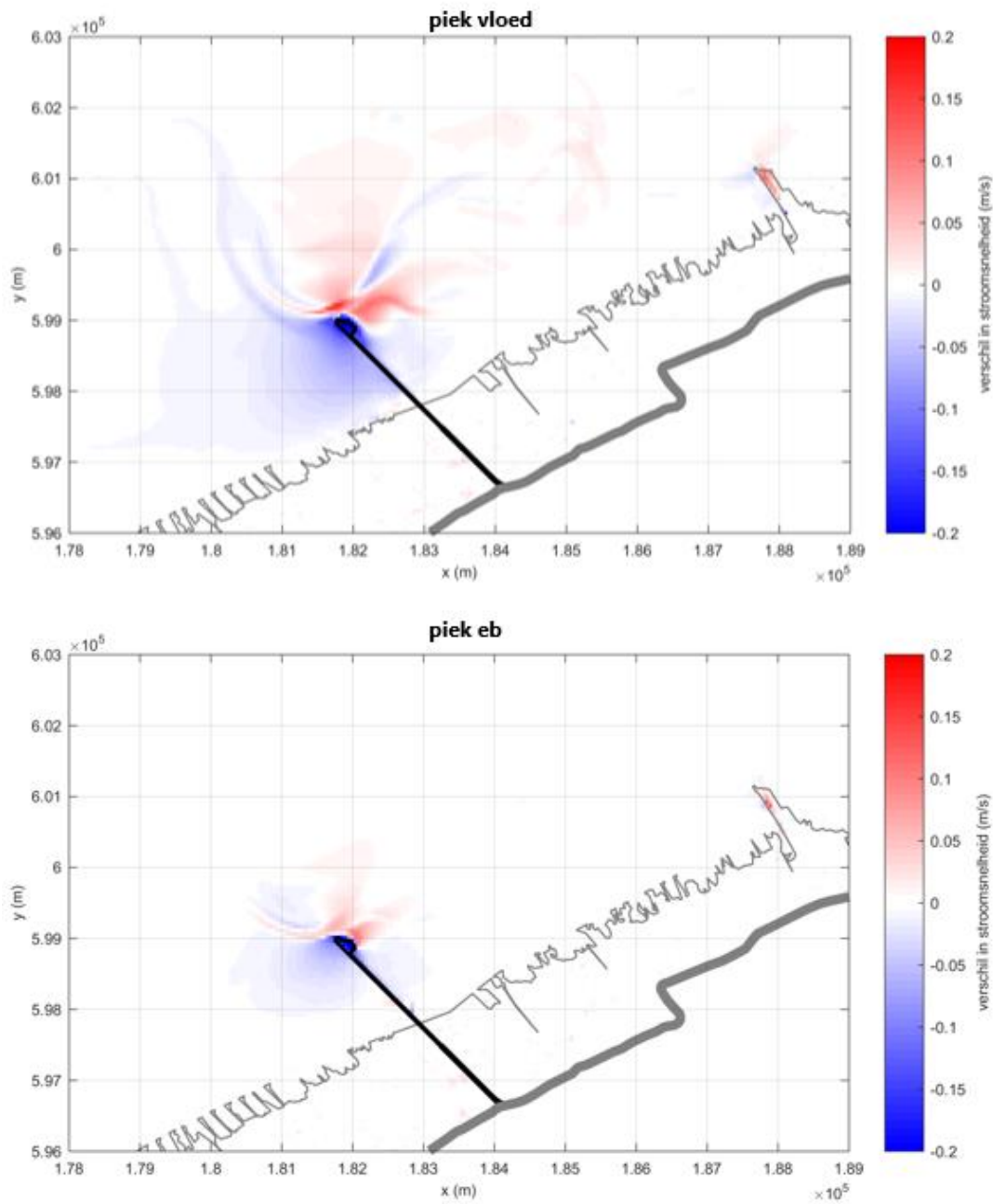
- deze ingreep heeft alleen rondom het havenhoofd een effect op de piek stroomsnelheden;
- direct onder het nieuwe havenhoofd neemt de stroomsnelheid af met circa 0,1-0,2 m/s ten opzichte van de referentiesituatie, dit komt omdat onder het havenhoofd relatief veel palen aanwezig zijn (circa 450) die een obstructie vormen voor de stroming.

Afbeelding IV.1 Verschil in stroomsnelheid tussen de situatie in alternatief 1.1 (nieuwe hybride veerdam bij Holwert) en de huidige situatie (rood betekent grotere stroomsnelheden ten opzichte van de huidige situatie)

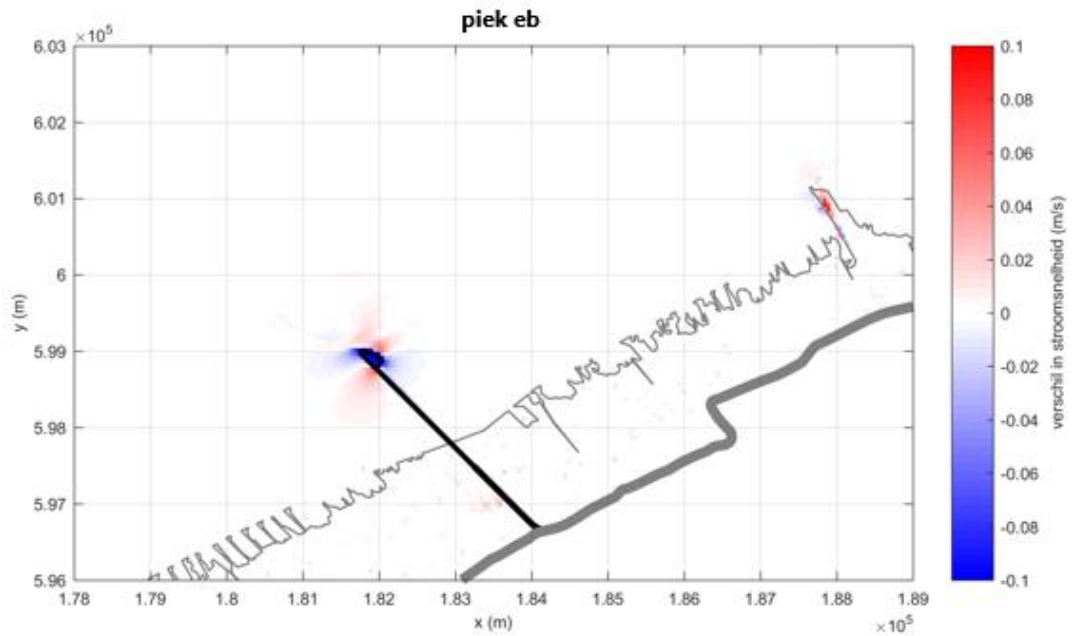
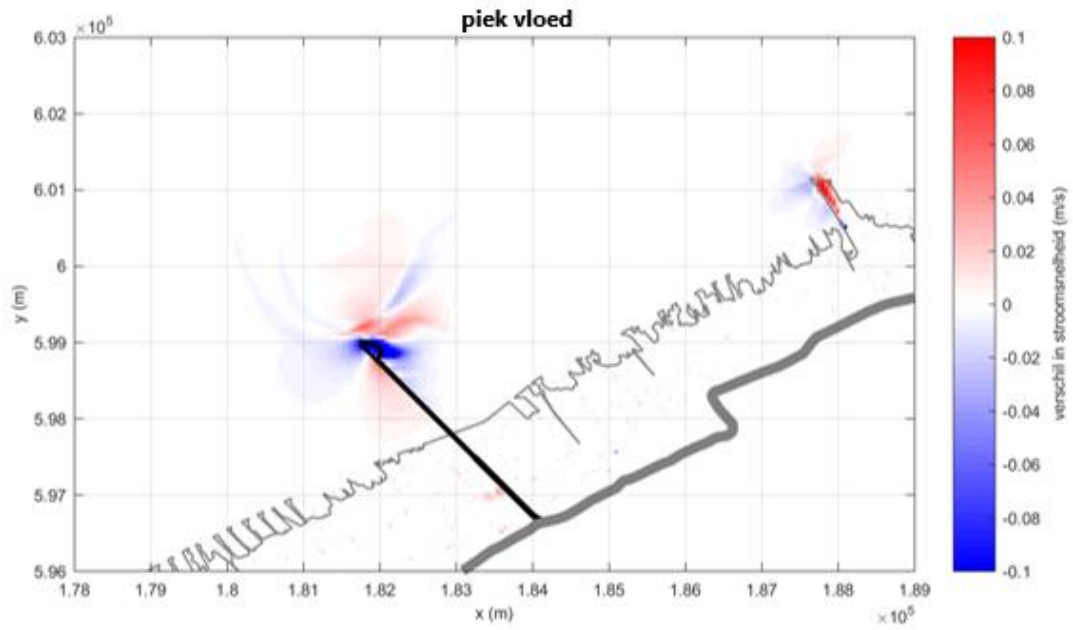




Afbeelding IV.2 Verschil in stroomsnelheid tussen de situatie met een nieuwe gronddam bij Ferwert (en verwijderde veerdam bij Holwert) en de huidige situatie (rood betekent grotere stroomsnelheden ten opzichte van de huidige situatie)



Afbeelding IV.3 Verschil in stroomsnelheid tussen de situatie met een nieuwe hybride veerdam bij Ferwert (en verwijderde veerdam bij Holwert) en de huidige situatie (rood betekent grotere stroomsnelheden ten opzichte van de huidige situatie)



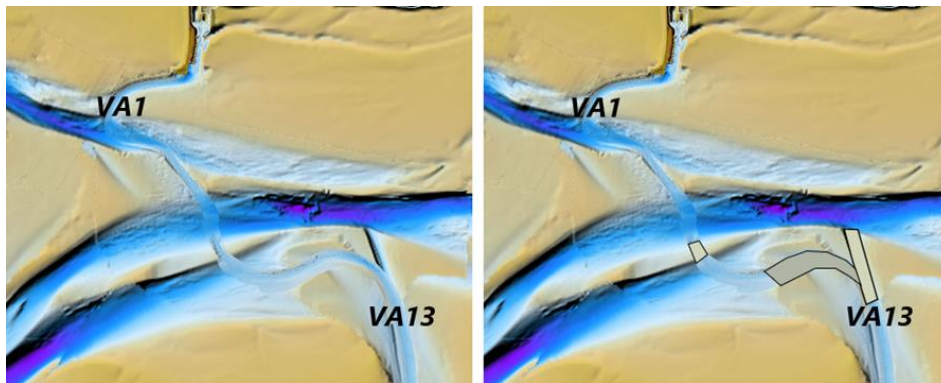
# V

## BIJLAGE: EFFECTEN NIET BAGGEREN REFERENTIEROUTE

### V.1 Aanpak

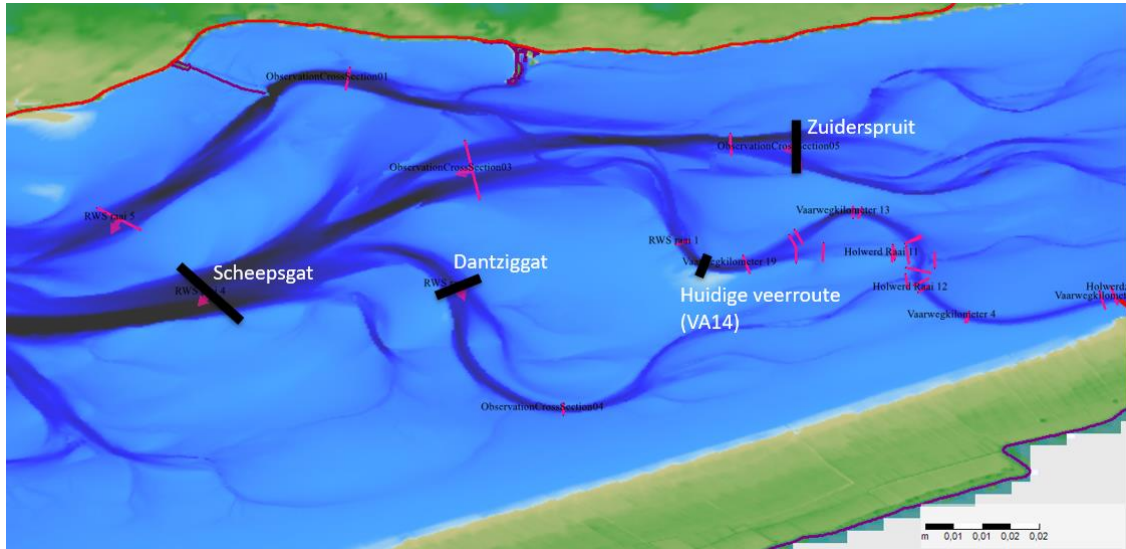
De effecten van het scenario 'niet baggeren' van de referentieroute op de waterverdeling in het kombergingsgebied van Ameland zijn onderzocht met het numerieke Delft3D-FM van Ameland. Daarbij is verondersteld dat de gebaggerde delen in het gebied met zandige drempels tussen VA1 en VA13 volledig sedimenteren als de referentieroute niet meer wordt gebaggerd (Afbeelding V.1). Deze nieuwe situatie is vergeleken met de huidige situatie (2023).

Afbeelding V.1 Bodem in referentiesituatie (links) en de nieuwe evenwichtssituatie bij het 'niet baggeren' van de referentieroute tussen VA1 en VA13 (rechts)



De modelberekeningen zijn uitgevoerd voor de periode 1 oktober 2019 t/m 22 oktober 2019, waarbij de eerste week de inspeelperiode van het model betreft. In de simulaties zijn de getijdebeweging, wind en atmosferische druk als randvoorwaarden opgelegd. Uit de modelresultaten zijn de effecten op piek stroomsnelheden bij vloed en eb bepaald en de effecten op de geuldebieten voor vier geulen (Afbeelding V.2).

Afbeelding V.2 Dwarsdoorsneden waar het geuldebiet is vergeleken

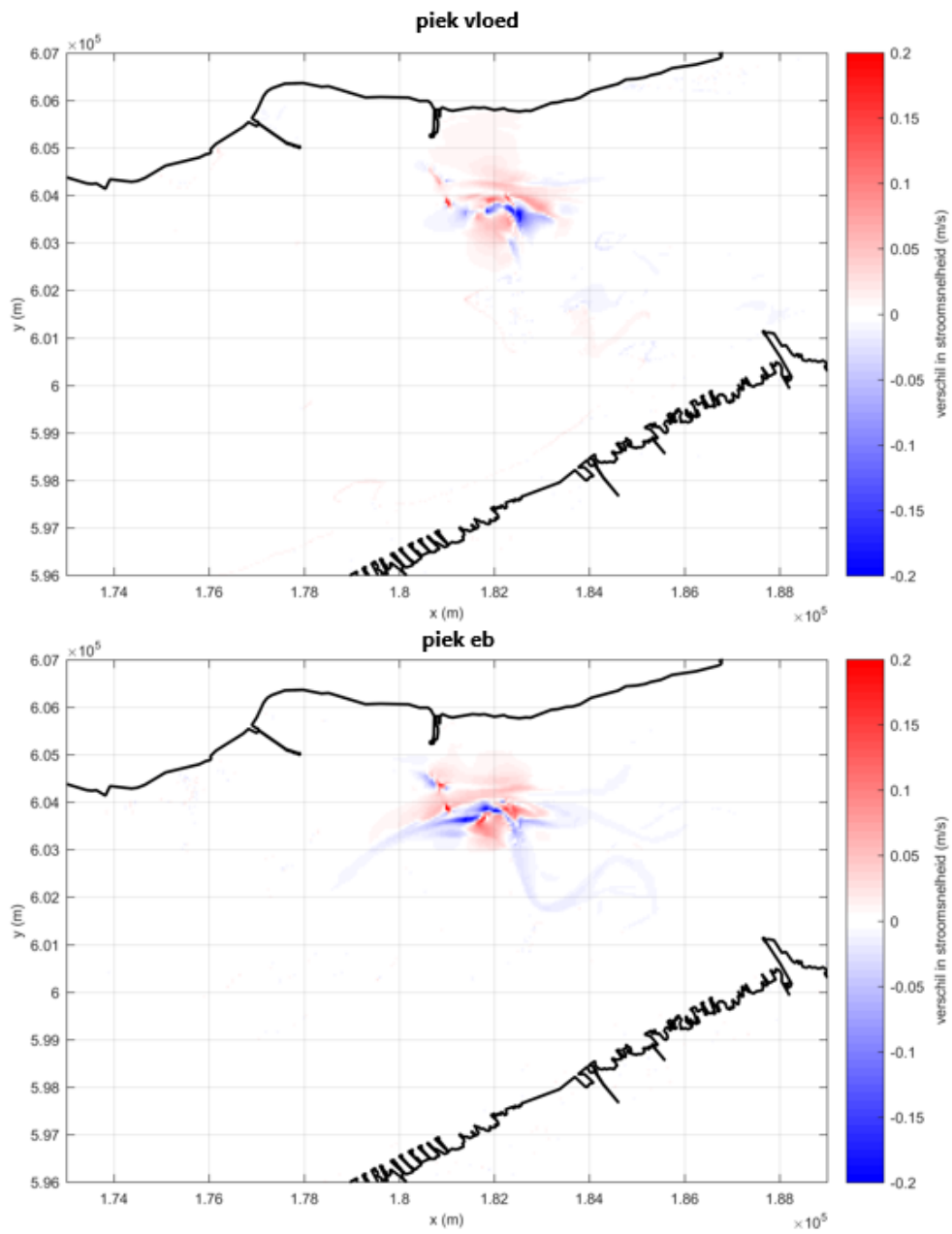


## V.2 Resultaten

In afbeelding v.3 zijn de effecten weergegeven van het 'niet baggeren' van de referentieroute op de piek stroomsnelheden ten opzichte van de referentiesituatie. Het niet baggeren leidt lokaal tot toenames en afnames van de stroomsnelheden met circa 0,1-0,2 m/s. Dit zal leiden tot beperkte sedimentatie en erosie in het drempelgebied waarna zich een nieuw evenwicht instelt.

In Afbeelding V.4 zijn de relatieve verschillen in geuldebiet weergegeven tussen de situatie waarbij het drempelgebied langs de referentieroute niet wordt gebaggerd en de huidige situatie, door verschillende geulen in het kombergingsgebied van Ameland (Afbeelding V.2). Daaruit volgt dat het scenario 'niet baggeren' van de referentieroute verwaarloosbare effecten heeft op de debieten (orde 7 % verschil in de huidige vaargeul en orde 0,5 % in de Zuiderspruit, het Dantziggat en het Scheepsgat) en dus ook een verwaarloosbaar effect op de grootschalige morfologische ontwikkeling van het gebied.

Afbeelding V.3 Verschil in stroomsnelheid tussen de situatie waarbij het drempelgebied langs de referentieroute niet wordt gebaggerd en de huidige situatie (rood betekent grotere stroomsnelheden ten opzichte van de huidige situatie)



Afbeelding V.4 Relatief verschil in geuldebiet (%) tussen de situatie waarbij het drempelgebied langs de referentieroute niet wordt gebaggerd en de huidige situatie door verschillende geulen in het kombergingsgebied van Ameland

