

## Kombergingsrapportage Eierlandse Gat



## Kombergingsrapportage Eierlandse Gat

**Auteur(s)**

Jelmer Cleveringa

Edwin Elias

## Kombergingsrapportage Eierlandse Gat

<b>Opdrachtgever</b>	Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving
<b>Contactpersoon</b>	de heer J de Vries
<b>Referenties</b>	
<b>Trefwoorden</b>	komberging, Eierlandse Gat, Waddenzee, Robbengat, Vogelzwin, Keteldiep, Vlakte van de Kerken, Waardgronden, Vliehors

### Documentgegevens

<b>Versie</b>	1.0
<b>Datum</b>	23-12-2022
<b>Projectnummer</b>	11208040-002
<b>Document ID</b>	11208040-002-ZKS-0001
<b>Pagina's</b>	75
<b>Classificatie</b>	
<b>Status</b>	definitief

### Auteur(s)

<b>1.0</b>	Jelmer Cleveringa	
	Edwin Elias	

# Samenvatting

Het Eierlandse gat is, vanaf het westen, het tweede kombergingsgebied van de Waddenzee. De keel van het zeegat ligt tussen de Waddeneilanden Texel en Vlieland. Aan de landwaartse zijde wordt het kombergingsgebied begrensd door de wantijzone die op plaatgebieden ligt, grenzend aan de kombergingsgebieden van het Marsdiep en het Vlie. Er is aan de zuid- en oostkant geen harde grens in de vorm van een kwelder, dijk of dam zoals bij de meeste andere kombergingsgebieden. In omvang is het Eierlandse gat van de 6 kombergingsgebieden een relatief klein kombergingsgebied in de Nederlandse Waddenzee.

De ligging van de grote geulen in het kombergingsgebied is al meer dan 150 jaar vergelijkbaar, met aan de zuidzijde het Robbengat-Vogelzwin en aan de noordzijde het Keteldiep. Deze grote geulen vertakken in een aantal kleinere geulen en ook dat patroon is op hoofdlijnen hetzelfde gebleven. Wel is de omvang van de geulen veranderd. Aan de zuidzijde is de omvang van de geulen afgenomen, terwijl de geulen aan de noordoostzijde in de richting van het kombergingsgebied van het Vlie zijn uitgebreid. Het sedimentvolume van het gehele kombergingsgebied is geleidelijk, maar wel consequent, afgenomen.

Het aantal gebruiksfuncties is beperkt. De invloed van de relatief geringe morfologische veranderingen op deze gebruiksfuncties van het Eierlandse gat is daarbij ook vrij beperkt. De veranderingen van geulen nabij de keel van het zeegat kunnen de begraafdiepte van de daar aanwezige kabels beïnvloeden. De veranderingen van de geulen en zandbanken bij de Vliehors hebben als gevolg dat de aanlandingslocatie voor de recreatieve veerverbinding regelmatig wordt verplaatst. Voor de veiligheid tegen overstroming is het zinvol om de landwaartse verplaatsing en eventuele verdieping van het Robbengat nabij de kust van Texel in de gaten te houden.

# Inhoud

	<b>Samenvatting</b>	<b>4</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>7</b>
1.1	Kennisbasis morfologie Waddenzee	7
1.2	Doelen kombergingsrapport / beheerbibliotheek	7
1.3	Kombergingsgebied Eierlandse gat	8
1.4	Leeswijzer	8
<b>2</b>	<b>Fysische kenmerken en hydrodynamica</b>	<b>10</b>
2.1	Morfologische kenmerken	10
2.1.1	Platen en geulen	10
2.1.2	Sedimentsamenstelling	11
2.2	Getij en debieten door het zeegat	12
2.2.1	Getijbeweging	12
2.2.2	Debieten en stroming	13
2.3	Golven	16
2.4	Zeespiegelkarakteristieken	17
2.5	Aanvoer van zoetwater	18
<b>3</b>	<b>Langjarige morfologische ontwikkelingen</b>	<b>19</b>
3.1	Geologische en historische ontwikkeling tot de 18 <sup>e</sup> eeuw	19
3.2	Ontwikkeling van geulen, zeegaten en eilanden vanaf de 18 <sup>e</sup> eeuw	21
<b>4</b>	<b>De sedimentbalans van het kombergingsgebied</b>	<b>25</b>
4.1	Inleiding	25
4.2	Langjarige trends in sedimentvolume van 1933 tot 2015	25
4.3	Ontwikkeling van de sedimentvolumes sinds 1987 tot 2017	25
4.3.1	Toename van het zandvolume van de eilanden	28
<b>5</b>	<b>Getijdegeulen</b>	<b>30</b>
5.1	Inleiding	30
5.2	Dynamische geulen in het zeegat	30
5.3	De buitenbocht van de geul aan de zuidzijde van de Vliehors	34
5.4	Eb- en vloedscharen in het Robbengat-Vogelzwin	35
5.5	Toename omvang Engelsmangat -Keteldiep en uitbreiding naar het oosten	37
5.6	Overname geulen in het Engelsche vaarwater	39
5.7	Afname omvang Foksdiep	40
<b>6</b>	<b>Wadplaten en supragetijde platen</b>	<b>42</b>

6.1	Inleiding	42
6.2	Steenplaat-Hengst-Ballastplaat	43
6.3	Vlakte van de Kerken	43
6.4	Waardgronden	44
<b>7</b>	<b>Duinen en strandvlakte</b>	<b>45</b>
7.1	Inleiding	45
7.2	Vliehors	45
<b>8</b>	<b>Onderliggende oorzaken voor morfologische ontwikkelingen</b>	<b>47</b>
8.1	Inleiding	47
8.2	Veranderingen in de sedimentvolumes in het bekken in relatie tot de positie van het wantij	47
8.3	Afname van het Foksdiep en toename van het Keteldiep: geleidelijke en grootschalige verschuivingen van de wantijen	48
8.4	Veranderingen in de geulen in de keel van het zeegat en op de buitendelta	49
8.5	Verplaatsing en opbouw van het supralitorale deel van de Steenplaat-Hengst-Ballastplaat	50
<b>9</b>	<b>Relatie morfologie en gebruiksfuncties</b>	<b>51</b>
9.1	Inleiding	51
9.2	Kabelverbindingen	51
9.3	Recreatie	52
9.4	Bescherming tegen overstromingen	52
<b>10</b>	<b>Referenties</b>	<b>55</b>
<b>A</b>	<b>Historische reconstructies</b>	<b>57</b>
<b>B</b>	<b>Kaarten</b>	<b>58</b>
B.1	Historische kaarten	58
B.2	Vaklodgingen	63

# 1 Inleiding

## 1.1 Kennisbasis morfologie Waddenzee

De morfologie van de Waddenzee is van belang voor veel van functies die het gebied vervult (zie bijvoorbeeld De Leeuw, 2020). Rijkswaterstaat wil de morfologische kennisbasis voor het beleid en beheer op orde brengen en onderhouden. Hiervoor is een onderzoeksprogramma met Deltares ontwikkeld via het zogenaamde Kennisprogramma voor Primaire Processen (KPP). In dit onderzoeksprogramma 'KPP Beheer en Onderhoud Waddenzee' wordt morfologische kennis op een structurele manier verzameld, geanalyseerd, geordend en geborgd. Daarmee wordt de kennis toegankelijk gemaakt voor beleids- en beheervraagstukken op het gebied van veiligheid, bereikbaarheid, natuur en overige gebruiksfuncties. Daarnaast wordt actieve afstemming gezocht met beleidsmakers, beheerders, adviseurs, wetenschappers en gebruikers van het wad om de kennis te delen en nieuwe kennisvragen op te halen. Het voorliggende rapport wordt uitgebracht als onderdeel van dit kennisprogramma.

## 1.2 Doelen kombergingsrapport / beheerbibliotheek

Voorliggend rapport is het vijfde kombergingsrapport van de Nederlandse Waddenzee. Het behandelt het kombergingsgebied van het Eierlandse gat. Het rapport sluit aan bij het rapport over het zeegat en de buitendelta (Elias (2022)). De voorgaande kombergingsrapporten behandelden de kombergingsgebieden van het Borndiep (Oost en Cleveringa, 2017), de zeegaten Texel en Vlie (Oost et al., 2019), van het Friesche Zeegat (Oost et al., 2020) en van het Groningerwad (Elias en Cleveringa, 2021).

Een kombergingsrapport heeft als doel om een overzicht te geven van de belangrijkste kennis van de morfologie op diverse tijd- en ruimteschalen. Daarbij wordt nadrukkelijk aandacht besteed aan de individuele morfologische elementen (geulen en platen) op de middelgrote ruimteschaal (de mesoschaal). Hiermee wordt een methodiek gevolgd van mesoschaalrapportages<sup>1</sup> die ook voor de Westerschelde is toegepast.

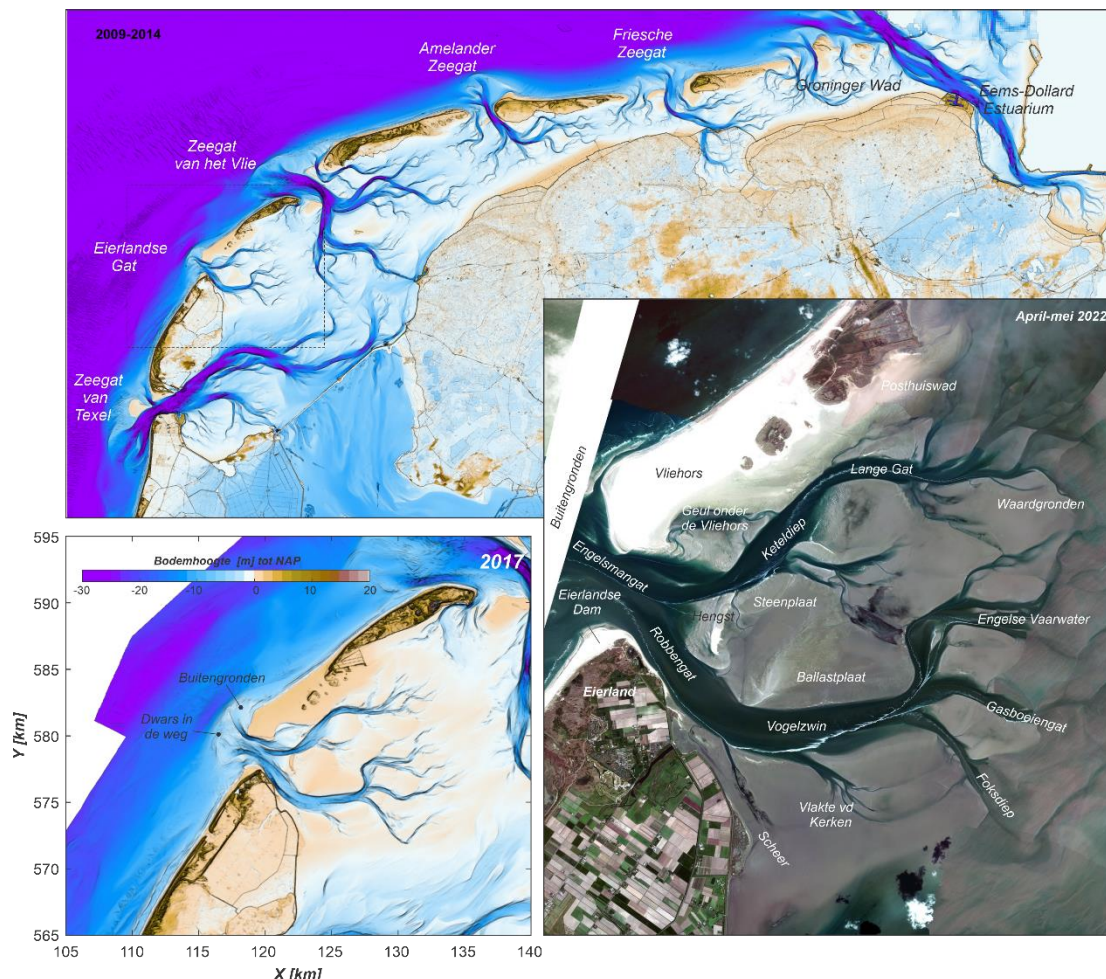
Hiermee vormen de kombergingsrapporten de inleiding en het naslagwerk voor de beheerders van de Waddenzee en andere belangstellenden. Het kombergingsgebied is opgedeeld in ruimtelijk samenhangende eenheden die aansluiten bij de schaal waarop gebruik en beheer plaatsvindt. Het sluit daarin aan bij het maken en onderhouden van beheerbibliotheken<sup>2</sup>.

Het doel om alle kombergingsgebieden van de Waddenzee een kombergingsrapport te maken wordt met het voorliggende rapport bereikt. Het streven is om de bestaande kombergingsrapporten periodiek bij te werken om kennis actueel en informatie beschikbaar te houden.

---

<sup>1</sup> De drie rapporten die specifiek zijn gericht op de mesoschaal elementen in de gehele Westerschelde zijn: Taal et al. (2019), LTV V&T Consortium (2013) en Cleveringa (2007).

<sup>2</sup> Het concept beheerbibliotheek is ontwikkeld bij Rijkswaterstaat-kustlijnzorg. Het geeft per kustvak of morfologische eenheid een overzicht van het morfologische systeembegrip in samenhang met de spelende beheer-en beleidsvraagstukken. Het biedt qua morfologische kennis een gezamenlijk vertrekpunt voor de verschillende partijen.



Figuur 1-1 Boven: De Waddenzee en haar kombergingsgebieden. Onder links: een detailweergave van het Eierlandse gat op basis van de meest recente Vaklodging (2017) en (rechts) een satellietopname uit April-Mei 2022 ([www.satellietdataportaal](http://www.satellietdataportaal.nl)).

### 1.3 Kombergingsgebied Eierlandse gat

Het Eierlandse Gat is vanuit het westen, het tweede zeegat in de Waddenzee. Het zeegat ligt ingeklemd tussen de eilanden Texel en Vlieland (Figuur 1-1). In het bekken is geen duidelijke, vaste begrenzing (zoals bijv. dijken of een duidelijk wantij) aanwezig. De begrenzing tussen het bekken van het Eierlandse Gat en de aangrenzende bekkens van het Zeegat van Texel en het Zeegat van het Vlie worden gevormd door ondiepe wadplaten. Het bekken wordt verder gekenmerkt door twee hoofdgeulen met een zuidelijke tak (Robbengat-Vogelzwin) en een noordelijke tak (Keteldiep). In de keel van het zeegat komen deze twee geulen samen en vormen verschillende uitstroomgeulen de buitendelta op. De zuidelijke geul van het zeegat (Robbengat) grenst direct aan verschillende harde verdedigingswerken, de Bolwerken, die hier in de jaren vijftig en zestig zijn aangelegd om de kust te beschermen. Aan de noordzijde van het zeegat ligt de uitgestrekte strandvlakte Vliehors.

### 1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt een overzicht gegeven van de huidige morfologische toestand van het Eierlandse gat, met inbegrip van het kenmerkende getij en de golven en zeespiegel en zoetwater. De grootschalige en langjarige morfologische veranderingen worden gepresenteerd in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 wordt vervolgens ingegaan op de veranderingen in de hoeveelheid sediment in het kombergingsgebied. In de daaropvolgende hoofdstukken worden een aantal kenmerkende morfologische onderdelen en hun ontwikkelingen beschreven in:



- Hoofdstuk 5: de getijdegeulen;
- Hoofdstuk 6: de wadplaten en supragetijde platen;
- Hoofdstuk 7: de duinen en strandvlakte.

In hoofdstuk 8 wordt ingegaan op de onderliggende oorzaken voor morfologische ontwikkelingen. Tenslotte wordt in hoofdstuk 9 ingegaan op de gebruiksfuncties die een relatie hebben met de morfologie van het Eierlandse gat: kabels, recreatie en bescherming tegen overstromingen.

## 2 Fysische kenmerken en hydrodynamica

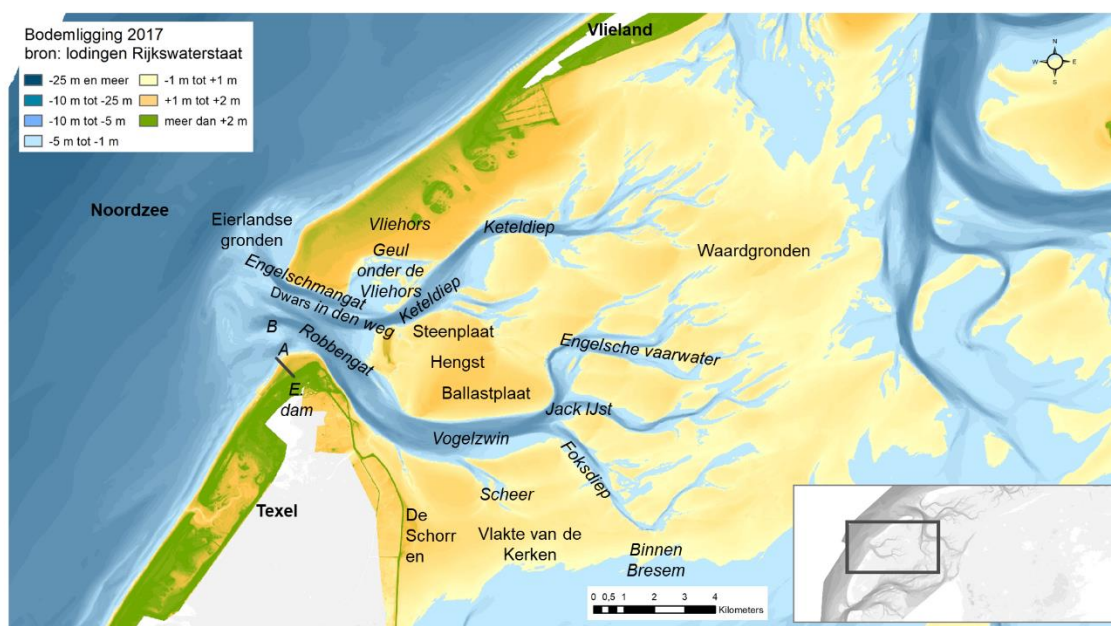
In dit hoofdstuk worden de morfologische en hydrodynamische kenmerken van het (huidige) systeem beschreven. De digitale systeemrapportage (<https://www.teststelsysteemrapportage.nl/>) die in ontwikkeling is voor de Waddenzee geeft zeer veel informatie over de fysische kenmerken en hydrodynamica.

### 2.1 Morfologische kenmerken

#### 2.1.1 Platen en geulen

Figuur 2-1 toont de geulen en platen in het kombergingsgebied. Vanuit het zeegat lopen twee grote getijdegeulen het bekken in. Aan de zuidzijde is dat het Vogelzwin. In het zeegat zelf heet deze geul het Robbengat. Het Robbengat vertakt in drie geulen, die van noord naar zuid het Engelsch Vaarwater, Jack IJst en Foksdiep heten. Ten zuiden van het Vogelzwin ligt de uitgestrekte wadplaat Vlakte van de Kerken. De Vlakte van de Kerken ligt aan de westzijde tegen de kust van Texel aan en omsluit daar het kweldergebied De Schorren. Vanuit het Vogelzwin steekt de getijdegeul Scheer in de Vlakte van de Kerken.

Aan de noordzijde loopt het Keteldiep het bekken in en vertakt naar het oosten in een aantal naamloze geultjes. Die geultjes eindigen tenslotte in de aaneengesloten wadplaat die daar Waardgronden heet. Tussen het Keteldiep en Vogelzwin ligt een wadplaat die van noord naar zuid de namen Steenplaat, Hengst en Ballastplaat heeft gekregen.



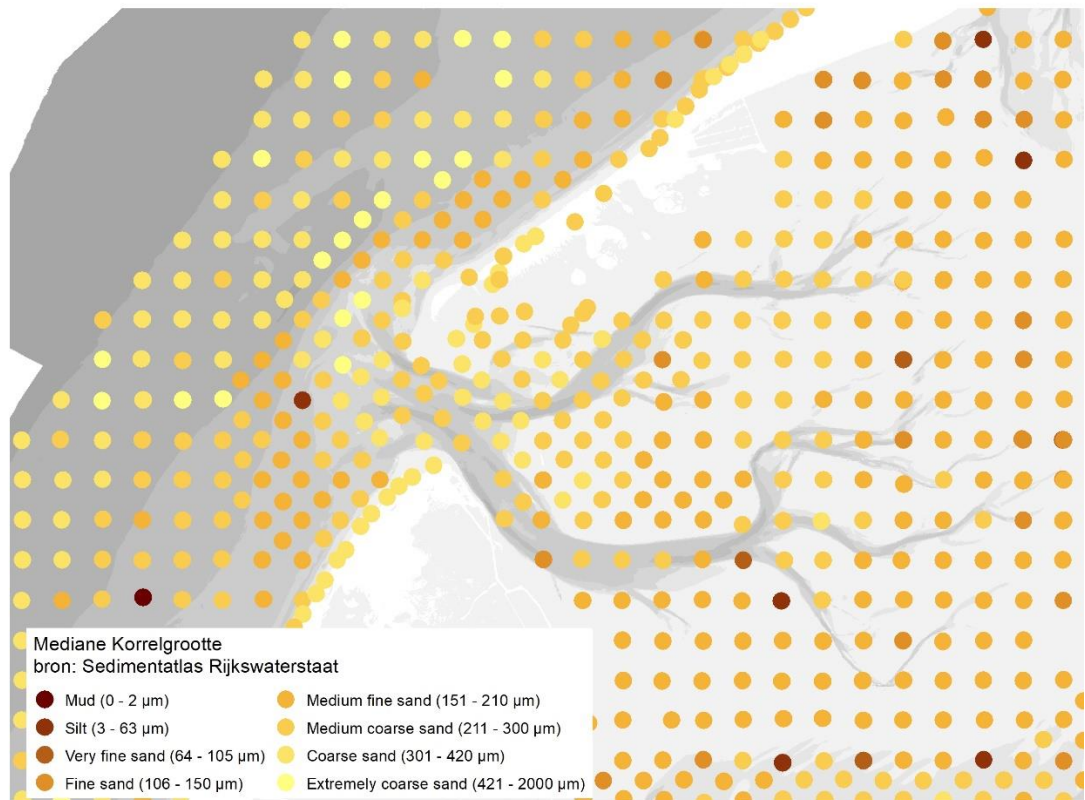
Figuur 2-1 Kaart met overzicht van de belangrijkste geulen en platen in het kombergingsgebied Eierland (vaklodging 2017; data Rijkswaterstaat).

In de keel van het Zeegat komen Vogelzwin en Keteldiep samen en vormen verschillende uitstroomegeulen de buitendelta op. De uitstroom van het Vogelzwin heet Robbengat. Deze geul heeft zich diep (tot 17 m diepte) uitgeschuurd langs de eilandkop van Texel. Het Robbengat grenst direct aan verschillende harde verdedigingswerken, de Bolwerken, die hier in de jaren vijftig en zestig zijn aangelegd om de kust te beschermen. Op de buitendelta zijn in de situatie

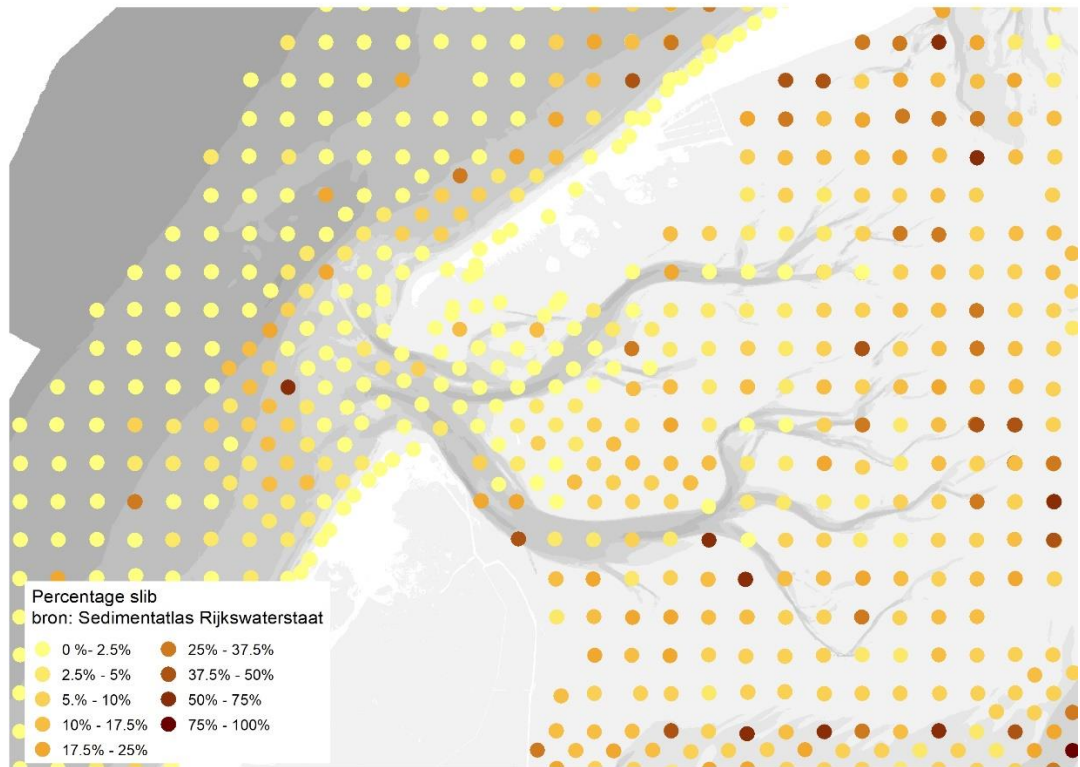
van 2017 twee uitstroomegeulen van het Robbengat te onderscheiden. Een ondiepe geul (max. diepte van 7,5 m) die zich om de Eierlandse Dam heeft gevormd (A in Figuur 2-1) en een wat diepere uitstroomegeul centraal gelegen op de buitendelta (B in Figuur 2-1). De 800 m lange Eierlandse Dam (E.dam in Figuur 2-1) is in 1995 aangelegd en heeft ervoor gezorgd dat er zich een breed strand aan de noordwestpunt van Texel heeft gevormd. De diepere, centraal gelegen uitstroomegeul (B in Figuur 2-1) bevindt zich centraal op de buitendelta met een maximale diepte van 12 m. Het bankencomplex Dwars in de Weg vormt een scheiding tussen het Robbengat Noord en het Engelsmangat. Een derde geul, het Keteldiep, bevindt zich ten oosten van deze bank. In de huidige bodem lijkt het Keteldiep een verbinding te vormen met het Robbengat en niet direct met het Engelsmangat. Het Engelsmangat heeft zich om de Vliehors heen gekromd en heeft een maximale diepte van 16 m t.o.v. NAP. Ten noorden van de geul bevindt zich een ondiep bankencomplex: de Eierlandse Gronden. Aan de zuidzijde van de Vliehors zijn nog net de restanten van de Geul onder de Vliehors te zien.

### 2.1.2 Sedimentsamenstelling

Op basis van de bodemsamenstellingsdata van de Sedimentatlas Waddenzee (RIKZ, 1998) en meer recente SIBES bemonstering kan worden gesteld dat het overgrote deel de toplaag van het Eierlandse gat wordt gedomineerd door zandig sediment, met een korrelgrootte in het bereik van *Medium Fijn Zand*, zoals zichtbaar is in Figuur 2-2. De percentages slib in het sediment zijn overwegend laag, met waarden tot 10% à 17,5%. De laagste percentages slib worden aangetroffen in de getijdgeulen. Zeer lokaal komen hogere slibpercentages voor.



Figuur 2-2 Mediane korrelgrootte in het kombergingsgebied Eierland volgens de Waddenzee Sedimentatlas (gegevensbron: RIKZ, 1998).



Figuur 2-3 Slibpercentage in het kombergingsgebied Eierland volgens de Waddenzee Sedimentatlas (gegevensbron: RIKZ, 1998).

## 2.2 Getij en debieten door het zeegat

### 2.2.1 Getijbeweging

De getijbeweging in het kombergingsgebied wordt gegenereerd door de getijgolf die vanuit de Noordzee door het Eierlandse gat de Waddenzee binnendringt. Het Noordzeegetij is een dubbeldaags getij. Langs de kust van Waddeneilanden propageert het getij van west naar oost waarbij de getijslag toeneemt. Bij Den Helder is de getijslag 1,41 m (bij gemiddeld getij) en bij het meetstation Terschelling Noordzee is dit toegenomen tot 1,96 m (bij gemiddeld getij). In Tabel 2-1 worden de belangrijkste karakteristieken van het getij weergegeven voor enkele nabijgelegen getijdestations (zie Figuur 2-4 voor de locatie van de stations). In het Eierlandse gat zelf is geen waterstandstation aanwezig. De beschrijvingen zijn dan ook gebaseerd op de nabijgelegen stations in de Noordzee en de Waddenzee.

Tabel 2-1 Karakteristieken van het getij (Rijkswaterstaat, 2013)

	Texel Noordzee	Oudeschild	Vlieland Haven	Harlingen
Duur daling (uren; minuten)	6:41	6:11	6:22	7:27
Duur stijging (uren; minuten)	5:44	6:14	6:03	4:58
Gemiddeld zeeniveau (cm NAP)	0	4	-2	7
Gemiddeld laagwater (cm NAP)	-93	-79	-100	-99
Gemiddeld hoogwater (cm NAP)	74	64	83	95
Gemiddeld tijverschil (cm)	167	143	183	194
Gemiddeld Springtij laagwater (cm NAP)	-108	-87	-114	-104
Gemiddeld Springtij hoogwater (cm NAP)	82	69	93	105
Gemiddeld Springtij tijverschil (cm)	190	156	207	209
Gemiddeld Doodtij laagwater (cm NAP)	-74	-68	-82	-92
Gemiddeld Doodtij hoogwater (cm NAP)	57	51	66	78
Gemiddeld Doodtij tijverschil (cm)	131	119	148	170

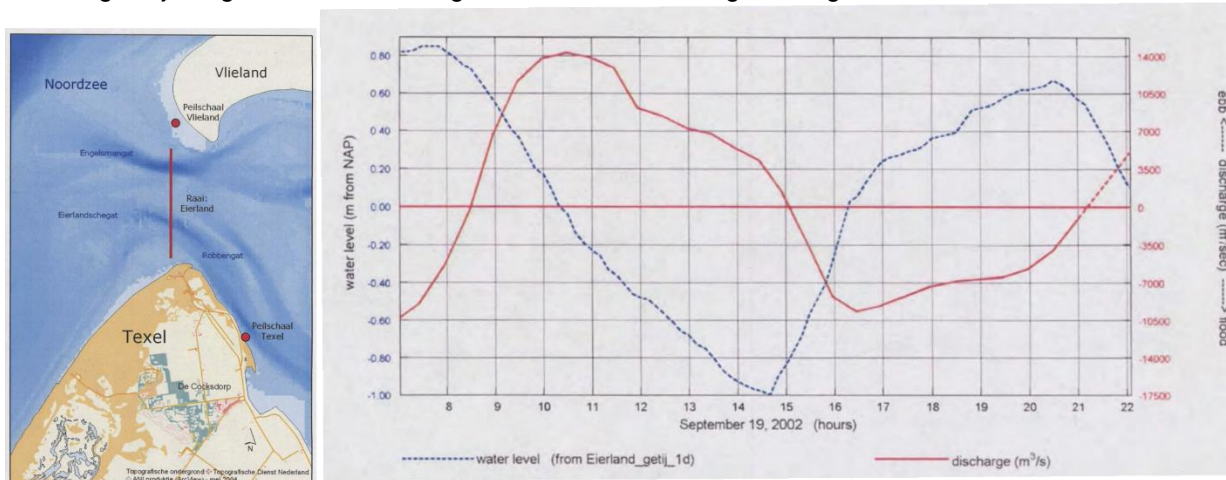


Figuur 2-4 Locaties waar actueel de waterstanden worden gemeten (bron: [www.waterinfo.rws.nl](http://www.waterinfo.rws.nl)).

### 2.2.2 Debieten en stroming

In het verleden zijn verschillende meetcampagnes uitgevoerd, waarbij de stromingen en debieten in het zeegat zijn gemeten (Elias, 2022). Sinds 2002 zijn er geen debietmetingen meer uitgevoerd. Een overzicht van de oudere metingen (1948-1980) wordt gegeven in Rakhorst (1981). In deze periode zijn 8 metingen van het gehele Eierlandse Gat uitgevoerd. Rakhorst concludeert dat onder normale omstandigheden bij gemiddeld getij het vloeddebiet 175 miljoen m<sup>3</sup> bedraagt en het ebdebiet 145 miljoen m<sup>3</sup>. Door springtij en tijdens stormen kunnen de debieten echter sterk toenemen. Een maximaal vloeddebiet van 235 - 260 miljoen m<sup>3</sup> werd gemeten tijdens een sterke noordenwind en springtij.

De twee meest recente metingen uitgevoerd in 1996 en 2002 worden beschreven in Straatman (1997) en Rab et al. (2004). De 1996 meting is uitgevoerd naar aanleiding van de bouw van de Eierlandse Dam. De meting werd uitgevoerd op 21 en 22 mei. De windsnelheid lag bij aanvang rond de 3-6 m/s uit het westen, maar nam toe tot 4-9 m/s uit het zuidwesten. Het gemeten residueel debiet is vloeddominant: het ebdebiet bedraagt 227 miljoen m<sup>3</sup>/getij en het vloeddebiet 242 miljoen m<sup>3</sup>/getij. De gemeten maximale stroomsnelheden van 1,5 m/s in het Robbengat zijn hoger dan de 1,0 m/s geobserveerd in het Engelsmangat.



Figuur 2-5: Gemeten debiet en waterstand in het Eierlandse Gat op basis van de 2002 meting (bron: Rab et al. 2004).

De meest recente debietmeting werd in 2002 uitgevoerd door Rijkswaterstaat (Rab et al., 2004). Deze meting werd gedaan in een periode van zwakke, veranderlijke wind en geen deining of golven, waardoor deze representatief is voor het getij. Het gemeten residueel debiet is ebdominant: het ebdebiet bedraagt 205,5 miljoen m<sup>3</sup> en het vloeddebiet 137,8 miljoen m<sup>3</sup> (Figuur 2-5). De maximale vloeddebieten bedragen respectievelijk 10.261 en 9.689 m<sup>3</sup>/s. Het maximale ebdebiet bedraagt 14.273 m<sup>3</sup>/s. In werkelijkheid zijn beide debieten nog iets hoger. Het meetschip benaderd wel zo dicht mogelijk de kusten van Eierland en de Vliehors, maar er blijft altijd een klein deel ongemeten. De bijdrage van dit ongemeten deel is waarschijnlijk beperkt en hiervoor zijn dan ook geen correcties uitgevoerd. Het doorstroomoppervlakte varieert tussen de 9.812 m<sup>2</sup> bij een waterstand van -1 m NAP tot 15.494 m<sup>2</sup> bij een waterstand van +0,82 m NAP.

De gemeten maximale stroomsnelheden van 1,5 m/s in het Robbengat zijn hoger dan de 1,0 m/s geobserveerd in het Engelsmangat. De gemeten stroomsnelheden lijken hoger dan in de 1996 meting. Tijdens eb wordt in het Robbengat wordt een maximale uitstroming van 1,79 m/s geobserveerd en in het Eierlandse gat bedraagt dit 1,84 m/s. Tijdens vloed liggen de maximale instroomsnelheden in respectievelijk het Robbengat en Eierlandse gat op 1,33 m/s en 1,15 m/s.

In de rapportage van Rab et al. (2004) zijn de gemeten debieten omgerekend naar een gemiddeld getij en vergeleken met eerdere studies (samengevat in Tabel 2-2). Deze omrekening naar gemiddeld debiet gebeurt door de gemeten debieten te vermenigvuldigen met een correctiefactor gebaseerd op de gemiddelde getijverschil/getijverschil tijdens de meting. De residuele debieten vertonen een grote variatie in grootte en richting. Zelfs na berekening van de gemiddelde debieten blijft een directe vergelijking tussen deze metingen lastig (Rakhorst, 1981). De verschillende metingen zijn niet over identieke raaien uitgevoerd en de meteorologische condities tijdens uitvoering van de meting spelen ook een grote rol. Het merendeel van de metingen is vloeddominant met waarden tussen 5 - 52 miljoen m<sup>3</sup>. Rakhorst

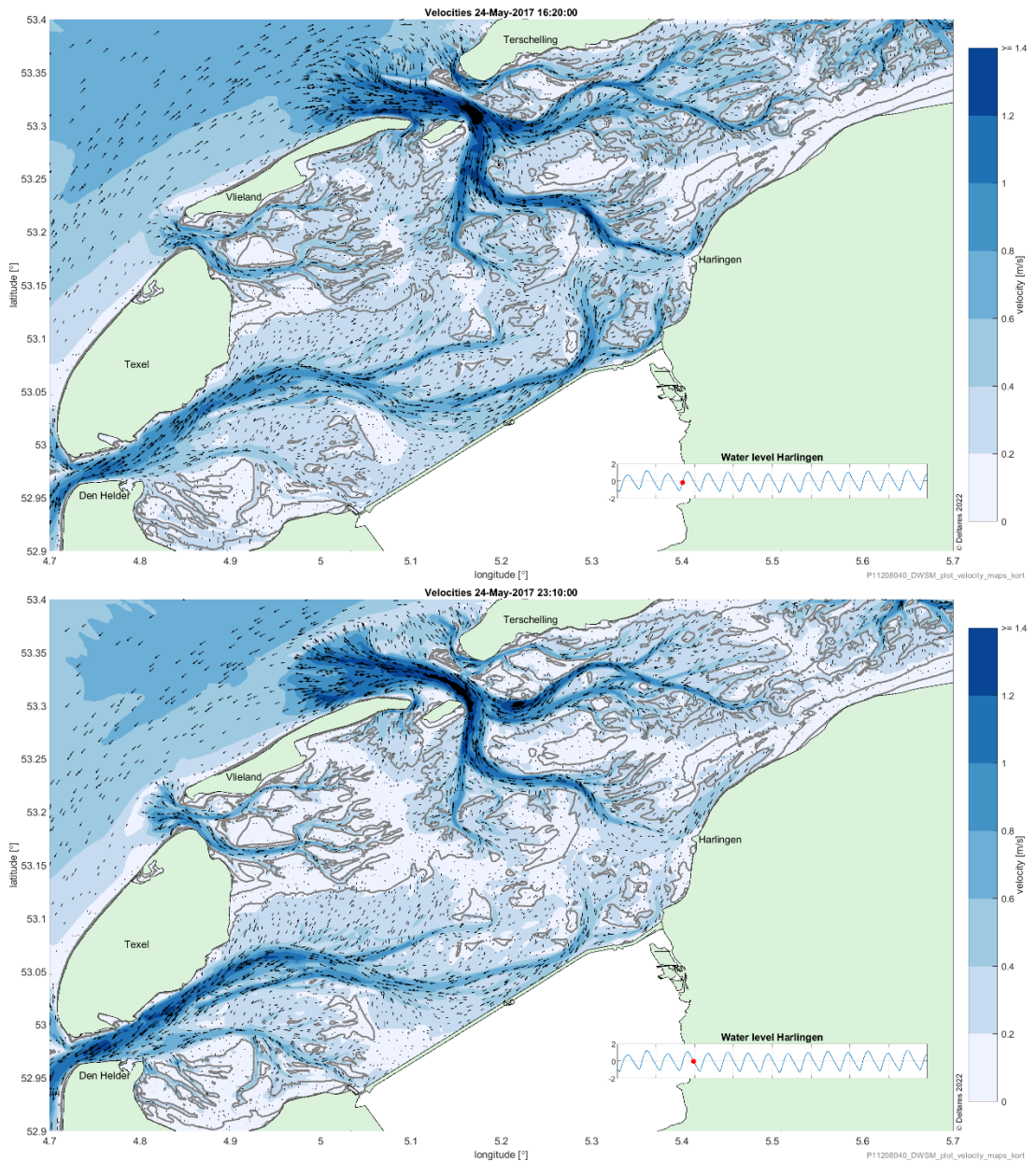
(1984) concludeert dat er gemiddeld een netto vloeddominant debiet van 30 miljoen m<sup>3</sup> aanwezig is

De 2002 meting is juist sterk ebdominant (-52 miljoen m<sup>3</sup>). Aangezien er in deze meting vrijwel geen invloed van de meteorologische omstandigheden aanwezig zou moeten zijn, zou deze meting in theorie het meest representatief voor getijstroming moeten zijn. Het verschil tussen de 1996 en 2002 meting zou mogelijk door wind verklaart kunnen worden. Tijdens de 1996 meting was er een west of zuidwestelijk wind tot 9 m/s aanwezig.

Tabel 2-2: Overzicht van historische en 2002 debietmetingen.  $Q_{meting}$  representeert de debieten direct berekend uit de meting en  $Q_{gemiddeld}$  zijn omgerekend naar het gemiddelde getij. Een negatief residueel debiet is richting de Noordzee en een positief residueel debiet is richting de Waddenzee (vloeddominant).

Jaren		$Q_{meting} (10^6 m^3)$			$Q_{gemiddeld} (10^6 m^3)$	$Q_{residueel} (10^6 m^3)$
		Robbegat	Engelsmangat	Totaal		
1948 17-21 Juni	eb	72	35	107	-	-
	vloed	88	45	133	-	-
1953 24-26 Juni	eb	65,4	26,0	91,4	-	-
	vloed	52,1	47,7	99,8	-	-
1971 24-25 Maart	eb	88,2	62,5	150,7	-	-
	vloed	103,3	83,4	186,7	-	-
1971 8-9 Juni	eb	92,5/97,5	64,5/65,7	157,0/163,2	155,9	47,7
	vloed	97,0/100/0	69,0/70,0	166,0/170,0	203,6	-
1979 29-30 Maart	eb	144,6	106,0	250,6	207,1	-4,4
	vloed	130,8	110,0	240,8	202,7	
1980 9 Sept.	eb	121,2	87,0	208,2	199,2	52,1
	vloed	147,6	113,1	260,7	251,3	
1980 10 Sept.	eb	110,4	95,4	205,8	198,6	14,2
	vloed	118,5	90,0	208,5	212,9	
1996	eb	132	95	227,0	230,2	5,3
	vloed	135	107	242,0	235,5	
2002	eb	-	-	205,5	201,2	-51,7
	vloed	-	-	137,8	149,4	

In aanvulling op de metingen van de stroomsnelheden en de berekening daaruit van de eb- en vloeddebieten worden in Figuur 2-6 de door Grasmeyer et al. (2022) berekende stroomsnelheden getoond. Deze berekeningen zijn uitgevoerd met de randvoorwaarden van getij en wind van 2017 en de bodemligging van de waterbeweging door te rekenen. De figuur toont hieruit twee momentopnames en het filmpje waarnaar in het figuurbijschrift wordt verwezen laat van het hele jaar een ruime week zien. De berekende getijdebieten komen goed overeen met de gemeten getijdebieten in Tabel 2-2.



Figuur 2-6 Voorbeeld van berekende dieptegemiddelde stroomsnelheden tijdens vloed (boven) en tijdens eb (onder) uit Grasmeyer et al. (2021). Zie de volgende YouTube link voor de bijbehorende animatie <https://youtu.be/onE3vZ8eUlc>

## 2.3 Golven

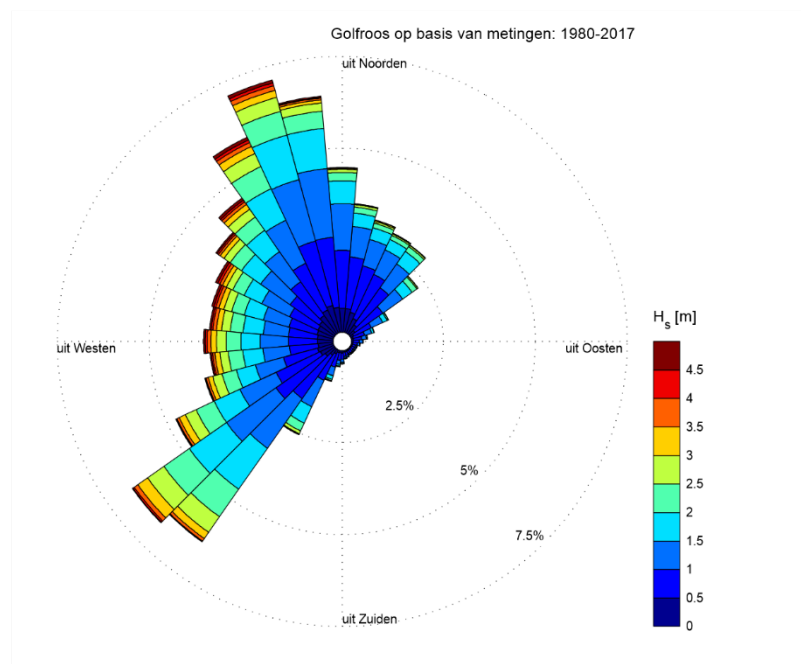
In het kombergingsgebied zelf worden geen metingen van de golfhoogte uitgevoerd, maar wel op de Noordzee nabij het zeegat. In de Noordzee, ten noordwesten van het zeegat ligt de golfboei Eierlandse Gat (x-km: 106.514, y-km: 587.985, zie Figuur 2-7). De waterdiepte ter plaatse is 26 meter. Een analyse van de metingen over de periode 1980-2017 laat zien dat het golfklimaat in dit deel van de Noordzee gedomineerd wordt door 2 richtingen: noordnoordwest en zuidwest (Figuur 2-8). Deze twee richtingen komen 81% van de tijd voor. Het golfklimaat is mild, het merendeel van de golven (95%) heeft een significante golfhoogte van minder dan 3 m en de gemiddelde significante golfhoogte is 1,45 m. Tijdens (zware) stormen zijn hogere golven (tot 8 m) aanwezig.



De kenmerken van de golven op de Noordzee zijn niet representatief voor de golven zoals die in het zeegat en in het kombergingsgebied optreden. De relatief beperkte waterdiepte in vergelijking met de diepere Noordzee zorgt voor een reductie van de golfhoogte. In het kombergingsgebied zijn de golfhoogtes veel kleiner dan op de Noordzee, ook tijdens stormen. Metingen van de golfhoogtes in het kombergingsgebied Eierland zijn bij ons niet bekend.



Figuur 2-7 Locatie van de golfmeetboei Eierlandse gat op de Noordzee, ten noordoosten van het zeegat (bron: Rijkswaterstaat [www.waterinfo.nl](http://www.waterinfo.nl)).



Figuur 2-8 Golfroos (percentage van de wind met specifieke richting en sterkte) gebaseerd op data van meetstation Eierlandse Gat periode 1980-2017 (Elias, 2022).

## 2.4 Zeespiegelkarakteristieken

Berekeningen van de (veranderingen in) zeespiegel worden gepresenteerd in de Zeespiegelmonitor (Baart et al., 2019). De gemiddelde stijging langs de gehele Nederlandse kust bedraagt 18,6 cm per eeuw. De gemiddelde stijging van de zeestand wordt bepaald over de zes hoofdstations Vlissingen, Hoek van Holland, IJmuiden, Den Helder, Harlingen en

Delfzijl. In de Zeespiegelmonitor (Baart et al., 2019) worden geen ontwikkelingen specifiek voor het Eierlandse gat gegeven. Vanwege het ontbreken van waterstandsstations in het kombergingsgebied Eierlandse gat (zie Figuur 2-4) zijn ook in andere studies geen specifieke analyse van de ontwikkeling van de gemiddelde zeestand in dit kombergingsgebied beschikbaar.

## 2.5 Aanvoer van zoetwater

De directe aanvoer van zoetwater naar het kombergingsgebied vanaf het Texel vindt plaats vanuit het gemaal bij de Cocksdorp. In 2018 is een nieuw gemaal gebouwd met een maximaal debiet van 400 m<sup>3</sup>/minuut, dat het oude gemaal met een capaciteit van 300 m<sup>3</sup>/minuut heeft vervangen. De daadwerkelijke aanvoer van zoetwater is afhankelijk van de noodzaak om water af te voeren vanuit de polder Eierland op Texel. De uitstroomopening van het gemaal in de Waddenzee is met een kleine geul verbonden met de grote getijdegeul Robbengat, zoals zichtbaar is in Figuur 2-9.



Figuur 2-9 Locatie van het gemaal bij De Cocksdorp (bron beeldmateriaal.nl).

## 3 Langjarige morfologische ontwikkelingen

Voor het begrip van de langjarige morfologische veranderingen in het kombergingsgebied van het Eierlands Gat, is het zinvol te weten welke veranderingen het gebied de laatste honderden en duizenden jaren heeft doorgemaakt. Deze langjarige veranderingen vormen de randvoorwaarden voor de meer recente morfologische ontwikkelingen en de daarmee samenhangende veranderingen in de sedimentvolumes van de platen en de geulen.

### 3.1 Geologische en historische ontwikkeling tot de 18<sup>e</sup> eeuw

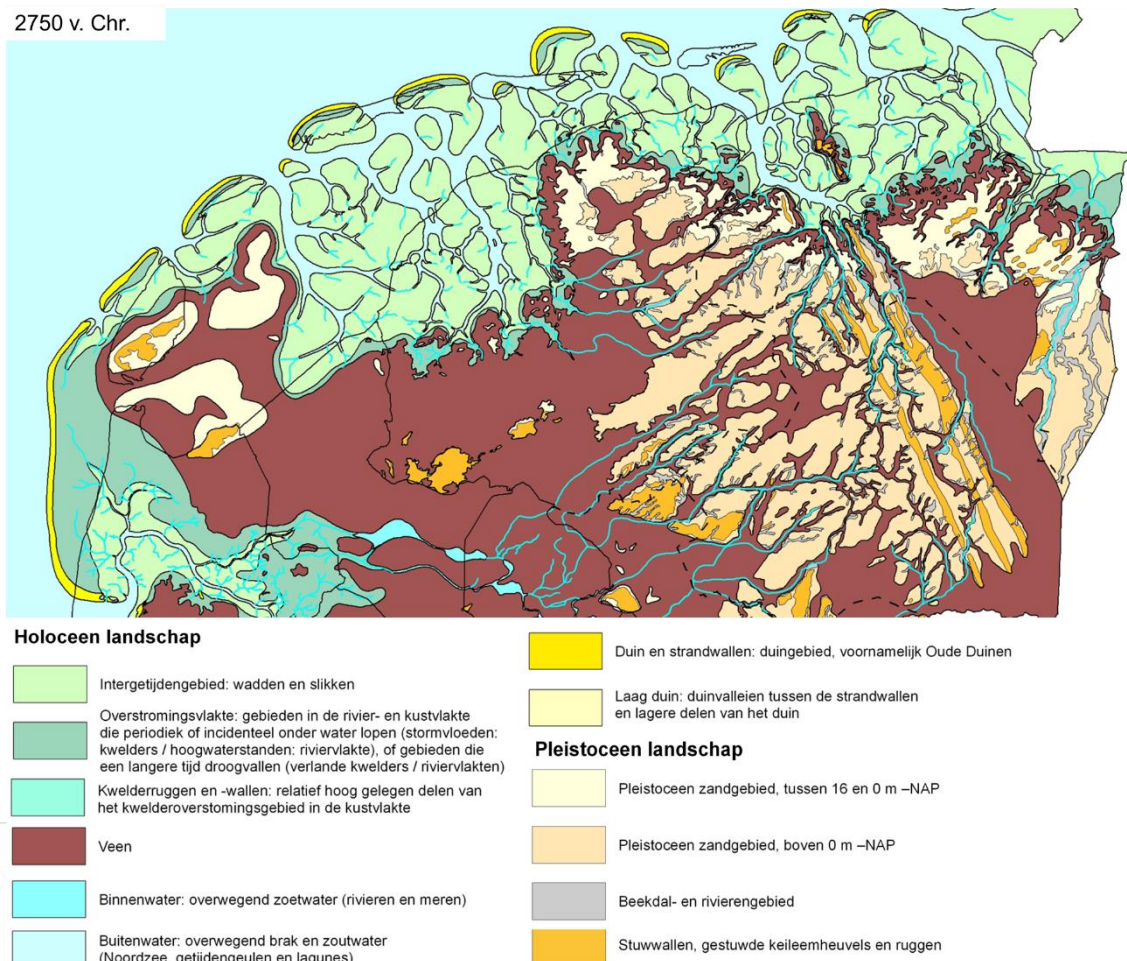
Deze beschouwing van de geologische geschiedenis van het Eierlandse gat start in het Holoceen. De aanwezigheid van afzettingen van de oudere geologische lagen heeft mogelijk een indirecte invloed gehad in het Holoceen, bijvoorbeeld via het grondwater, maar dat is lastig aantoonbaar. Dit in tegenstelling tot bijvoorbeeld het Marsdiep en Vlie, waar de aanwezigheid van erosiebestendige keileem in de ondergrond de morfologische ontwikkelingen nog steeds direct beïnvloedt.

In het Holoceen ontstonden getijdebekkens onder invloed van de stijgende zeespiegel. Mogelijk was tussen 5.000 en 6.000 jaar geleden, toen de zeespiegelstijging in snelheid afnam, al sprake van een barrièrekust ten noorden van de huidige Waddeneilanden. De getijdebekkens bestonden uit geulen, lagunes en wadplaten die overgingen in de kwelders van het vasteland en de hoger gelegen heuvelruggen, zoals weergegeven in de kaart met de reconstructie van het landschap rond 2750 voor Christus (Vos et al., 2015). Dit geheel van landschappen verplaatste door kusterosie en onder invloed van zeespiegelstijging voornamelijk in landwaartse richting.

Reconstructies van Terschelling en Vlieland laten zien dat rond 3850 v. Chr. oostelijk van Texel ongeveer op de positie van het huidige Vlie een zeegat lag dat nog geen contact had met het gebied van de latere Zuiderzee (Vos et al., 2011). Na het opvullen van de getijdebekkens met wadsedimenten ontstond ruimte voor uitbreiding van veenmoerassen. De veengroei in deze moerassen leidde tot de vorming van een uitgestrekt veengebied in wat nu de kombergingsgebieden van het Eierlandse gat, het Marsdiep en het Vlie vormen (Oost et al., 2019). Dit veen is bij veel van de wadplaten van het Eierlandse gat nog steeds in de ondergrond aanwezig. De aanwezigheid van veenlagen in een deel van de ondergrond van het kombergingsgebied van het Eierlandse gat kan ook worden afgeleid uit de naam van de ondiepte ten zuiden van Vlieland: de Moer Wardt in de kaart in Figuur 3-2. Moer is een woord voor veen (denk aan het Engelse en Duitse Moor).

Na de fase met de uitbreiding van de kustmoerassen en uitgebreide veenvorming, is de zee opnieuw binnengedrongen in deze gebieden. Daarbij zijn opnieuw getijdebekkens tot ontwikkeling gekomen. Bij het indringen van het getij in deze veengebieden speelde het menselijke gebruik van het veen waarschijnlijk een rol, o.a. omdat voor de landbouw het veen werd ontwaterd. Het is zeker dat het Vlie al in de Noordzee uitstroomde in de Romeinse tijd. Het Marsdiep is later ontstaan, waarbij de aanwijzingen voor bewoning van het Balgzand tot in de 12e eeuw aangeeft dat de getijdeinvloed in het gebied destijds nog niet dramatisch was (Oost et al., 2019). Daarna drong de getijdewerking van het Marsdiep snel dieper het achterland in en een kaart van Vesconte uit 1325 suggereert al een directe verbinding tussen Marsdiep en Vlie. Op deze kaart is ook het Eierlandse gat zichtbaar, dat is aangegeven met de naam West- Vlieland diep. In dit kaart is ook te zien dat het huidige Texel bestaat uit twee delen, waarvan het zuidelijke deel Texel heet en het noordelijke deel Eierland.

2750 v. Chr.



*Figuur 3-1 Paleogeografische reconstructie van het Holoceen landschap rond 2750 voor Christus (Vos et al., 2015).*

Het zeegat tussen Texel en Eierland is door Schoorl (1999) het Anegat genoemd. De periode van ontstaan van dit zuidelijkwestelijke zeegat wordt door verschillen de auteurs anders gedateerd. Wat nu het Eierlandse gat is, is waarschijnlijk later ontstaan dan het Anegat en geleidelijk uitgebreid. Hoewel in de kaart in Figuur 3-2 een brede verbinding is aangegeven tussen het West-Vlielandse diep (Eierlandse gat) en de Zuiderzee, is deze verbinding nooit groot genoeg geweest om als belangrijke scheepvaart verbinding dienst te doen. De informatie over het Eierlandse gat in bronnen die zijn gerelateerd aan de scheepvaart, is dan ook beperkt. Dit in tegenstelling tot het Vlie en het Marsdiep die beide belangrijke vaarroutes vormden.

Het eilandje Eierland werd in de 17e eeuw door de aanleg van een zanddijk definitief met het oude Texel verbonden (o.a. oostelijk van de Slufter). Achter de zanddijk lag een kwelder, die in de 19e eeuw werd ingedijkt (polder Eierland). Zeewaarts van de zanddijk werd een nieuwe zeereep aangelegd in 1855, die in 1858 doorbrak waarbij meerdere slufters ontstonden en waarvan de huidige Slufter op Texel het laatste resterende element is.



Figuur 3-2 Gedeelte van de kaart Phrisia occidentalis et Waterlandia uit de handgetekende atlas van Christianus Sgrooten, ca. 1573. Kopie uit Rijkswaterstaat, 1935.

### 3.2 Ontwikkeling van geulen, zeegaten en eilanden vanaf de 18<sup>e</sup> eeuw

Vanaf rond 1690 is relatief veel bekend over het zeegat en zijn geulen, vanwege de ontwikkelingen van de westkust van Vlieland (Van den Burgt, 1865; Rijkswaterstaat, 1947). Daar lag tot 1736 het dorp West-Vlieland, dat door kusterosie geheel verdwenen is. Destijds zijn veel inspanningen geleverd om de erosie te beperken en het dorp te behouden. Daarvoor zijn ook metingen uitgevoerd, onder andere van de diepte van het zeegat. De ligging van de kustlijn en de positie van het zeegat is ook onderwerp geweest van metingen en reconstructies.









## 4 De sedimentbalans van het kombergingsgebied

### 4.1 Inleiding

De sedimentbalans van het kombergingsgebied geeft inzicht in de morfologische ontwikkelingen. Wanneer het sedimentvolume afneemt dan kan het betekenen dat het areaal wadplaten en de hoogte ervan afnemen en dat daarbij het areaal van en het watervolume in de getijdegeulen toeneemt. Bij een toename van het sedimentvolume kan de omgekeerde ontwikkeling plaatsvinden. Veranderingen in het sedimentbudget zijn ook belangrijk om de respons op de stijgende zeespiegel te begrijpen. Om bij een stijgende zeespiegel de kenmerken van het kombergingsgebied te behouden is namelijk aanvoer van sediment nodig.

### 4.2 Langjarige trends in sedimentvolume van 1933 tot 2015

In Elias (2022) is een overzicht opgenomen van eerder uitgevoerde studies naar de sedimentvolumes van het Eierlandse gat. In deze studies is met name gekeken naar de ontwikkelingen van de buitendelta en de aangrenzende (Texelse) kust.

Elias (2018) laat zien dat de keuze voor het wel of niet meenemen van de kust en de gebruikte begrenzing de ontwikkeling van het sedimentvolume in sterke mate bepaald. Wanneer alleen naar de buitendelta wordt gekeken, dan is sprake van een trendmatige toename van het volume gedurende meer dan 150 jaar.

Rakhorst & Pwa (1993) geven aan dat de zandbalans 1852-1934, die ook de lodingen uit 1864, 1886, 1902 en 1926 omvat, wijst op een afname van het volume van  $35 \times 10^6 \text{ m}^3$  van zowel de kust, als de buitendelta en het kombergingsgebied. Wanneer rekening wordt gehouden met de toename van het volume van de Vliehors en de stuifdijken op Texel, die wel in het aandachtsgebied liggen maar niet in de zandbalans zijn opgenomen, dan wordt uitgegaan van een afname van het volume van  $25 \times 10^6 \text{ m}^3$ . In de periode van 1934 tot 1987 berekenen deze auteurs een zeer beperkt zandverlies van  $4 \times 10^6 \text{ m}^3$  voor hetzelfde gebied.

Door Elias (2019) zijn berekeningen uitgevoerd aan de trends in het sedimentvolume van de kustzone, de buitendelta's en de bekkens van de Waddenzee over de periode 1933-2015. Voor het bekken van het Eierlandse gat zijn de volgende trends bepaald:

1933-2015:  $-0,38 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{jaar}$

1971-2015:  $-0,27 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{jaar}$

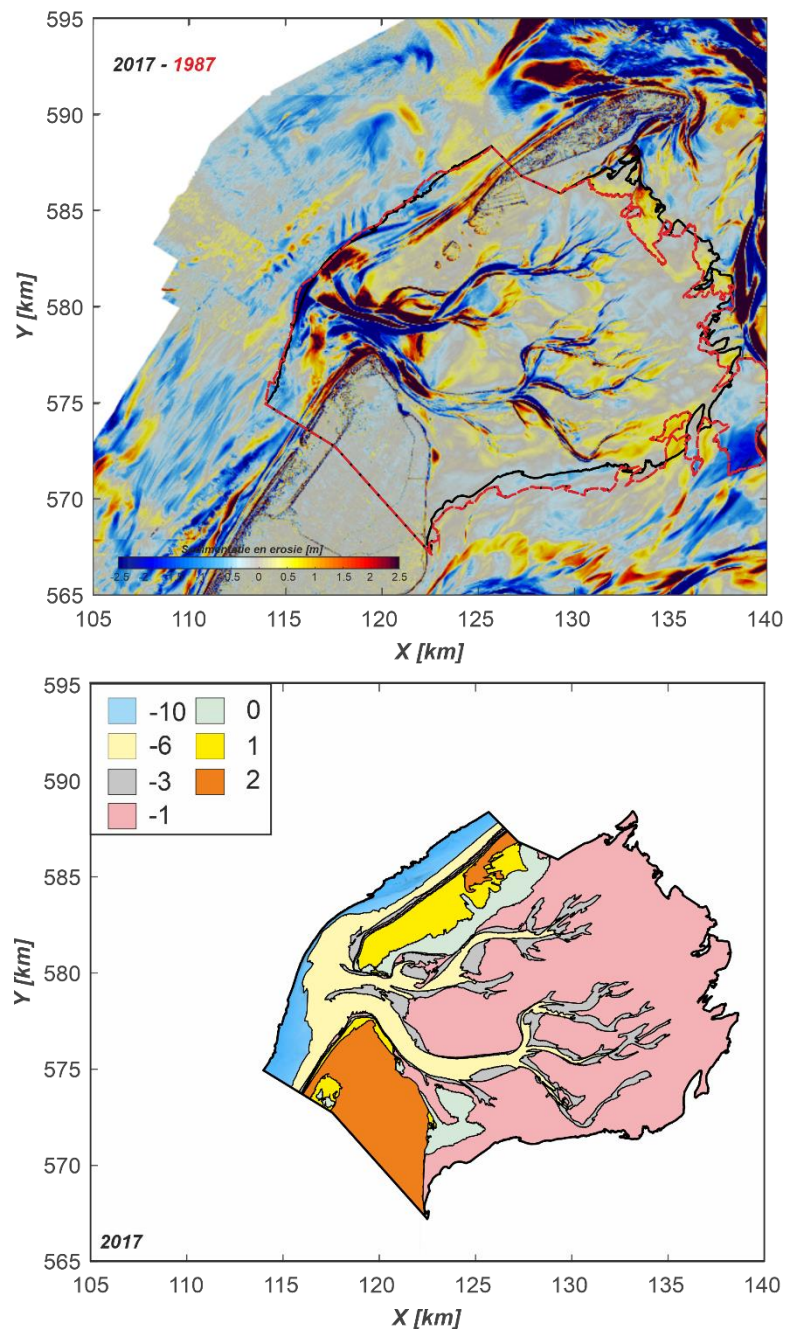
1991-2015:  $-0,41 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{jaar}$

Duidelijk is dat het Eierlandse gat kombergingsgebied consistent erosie laat zien in de trends over deze perioden. De ontwikkelingen in het totale bekken zijn bepaald aan de hand van verschillende deelgebieden. Van de verschillende deelgebieden nemen alleen de plaatgebieden Hengst en de Vlake van de Kerken in volume toe. Van de andere deelgebieden in het bekken neemt het sedimentvolume af.

### 4.3 Ontwikkeling van de sedimentvolumes sinds 1987 tot 2017

Elias (2022) geeft een actuele sedimentbalans, op basis van een recent ontwikkelde methode die is toegepast op de buitendelta's van Schiermonnikoog en Ameland. Hiervoor zijn de vaklodingen vanaf 1987 gebruikt, die in een  $20 \text{ m} \times 20 \text{ m}$  rooster beschikbaar zijn. Oudere vaklodingen zijn voor deze methode niet geschikt, omdat de ruimtelijke resolutie van  $100 \text{ m} \times 100 \text{ m}$  te grof is in vergelijking met de recente vaklodingen. Voor een beschrijving van de toegepaste methode verwijzen we naar Elias (2022), waarin deze duidelijk beschreven staat.

Het belangrijke pluspunt van de gebruikte methode is dat wordt gewerkt met de actieve bodemlaag, oftewel de sedimentlaagdikte ten opzichte van de minimale bodemhoogte die is opgetreden in de waarnemingsperioden. Dit maakt de analyse in de kombergingsgebieden minder gevoelig voor de exacte begrenzing van de plaatgebieden. Bij de plaatgebieden telt bij deze aanpak alleen de hoogteverandering en is er geen relatie met het oppervlakte van het plaatgebied. De begrenzingen worden voor iedere beschikbare vaklodging opnieuw bepaald. Figuur 4-1 toont een voorbeeld van de verschillende grenzen in de bodem van 1987 en 2017.



Figuur 4-1 (boven) Overzicht van de opgetreden sedimentatie-erosie over de periode 1987 en 2017 en afbakening van de kombergingsgebieden. Onder, overzicht van de verschillende contouren waarbinnen de actieve sedimentvolumes zijn bepaald.

De volumes van de buitendelta, de eilanden en het bekken staan in Tabel 4-1. De ontwikkeling van de volumes ten opzichte van 1987 staat in de grafiek in Figuur 4-2. De optelsom van alle

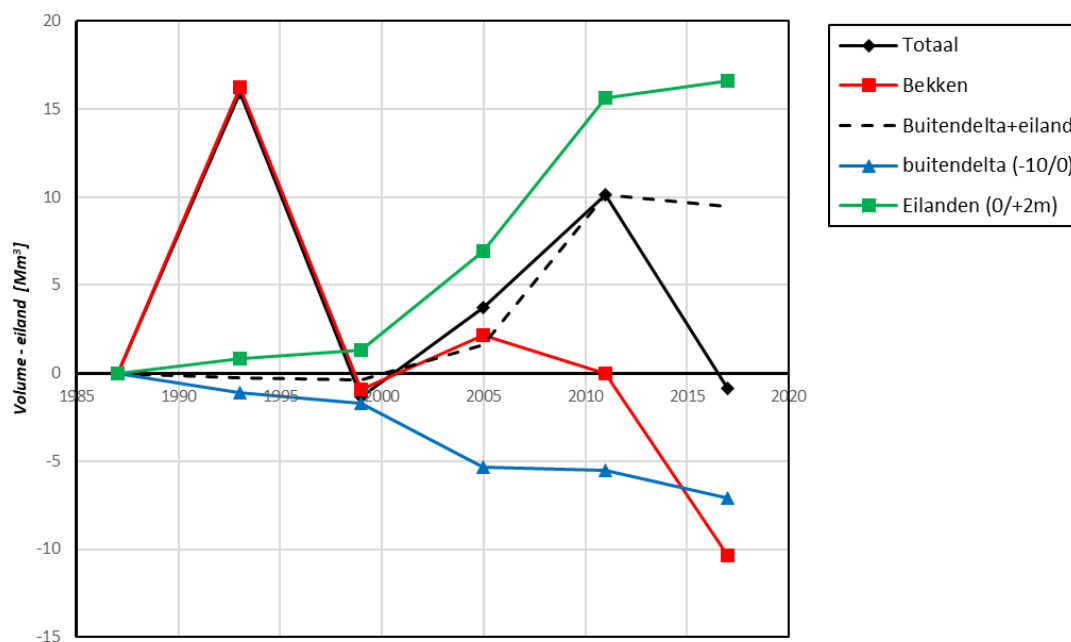
delen, begrensd door de -10 m contour aan de Noordzeezijde en de begrenzing in de Waddenzee (gedefinieerd met de -1 m NAP dieptecontour), vertoont geen verandering in volume van 1987 naar 2017, maar wel zijn er grote uitschieters in de volumetijdseries zichtbaar in 1993, 2005 en 2011. De sedimentatie van de eilanden (+ 16,6 miljoen m<sup>3</sup>) is in balans met de erosie van het bekken (-10,3 miljoen m<sup>3</sup>) en de buitendelta (-7,1 miljoen m<sup>3</sup>). Op basis van de trendlijn neemt het volume van het bekken met 0,47 miljoen m<sup>3</sup>/jaar af. Deze waarde ligt iets hoger dan de -0,3 miljoen m<sup>3</sup>/jaar zoals geobserveerd in Elias (2018), maar dit komt vooral door de erosie tussen 2011 en 2017. Zonder deze waarde zou de trend juist iets lager worden, namelijk -0,2 miljoen m<sup>3</sup>/jaar.

De buitendelta, afgebakend tussen -10 m en 0 m, is met 7 miljoen m<sup>3</sup> in volume afgenomen. Deze afname is vrijwel continu door de tijd en heeft een trendwaarde van -0,25 miljoen m<sup>3</sup>/jaar. De eilanden nemen in volume toe. Het gebied tussen de 0 en +2 m contour, representatief voor strand en wadplaten die onderdeel van het eiland vormen, nemen met 16,6 miljoen m<sup>3</sup> in volume toe. Het merendeel van deze toename is gerelateerd aan groei van de Vliehors.

Tabel 4-1 Overzicht van de volumeontwikkeling van de buitendelta, eilanden en het bekken. Volumes bepaald t.o.v. de minimumbodem over de periode 1987-2020 (overgenomen uit Elias, 2022).

Jaren	Volume [miljoen m <sup>3</sup> ]				Oppervlakte [miljoen m <sup>2</sup> ]			
	Buitendelta <sup>(1)</sup>	Eilanden <sup>(2)</sup>	Bekken <sup>(3)</sup>	Totaal	Buitendelta	Eilanden	Bekken	Totaal
	-10 - 0m	> 0 en < +2m	Tot wantij	-10 - +2 m	-10 - 0m	> 0 en < +2m	Tot wantij	-10 - +2 m
1987	68,28	9,82	96,74	174,84	103,04	36,43	219,59	359,06
1993	67,19	10,62	113	190,81	102,83	36,62	231,01	370,46
1999	66,57	11,12	95,82	173,51	101,98	36,03	214,04	352,05
2005	62,95	16,76	98,88	178,59	101,44	38,62	211,81	351,87
2011	62,73	25,49	96,74	184,96	101,45	39,77	216,31	357,53
2017	61,16	26,4	86,4	173,96	100,98	38,89	213,11	352,98

- (1). Het volume dat zich tussen de -10 en 0 m contour en zeewaarts van de denkbeeldige lijn door de keel van het zeegat bevindt. Dit volume wordt representatief geacht voor de buitendelta.
- (2). Eilanden zijn hier gedefinieerd als het volume tussen de 0 en +2m contourlijnen.
- (3). Het bekken is rondom afgebakend d.m.v. de -0,75 / -1 m contouren, als 'proxy' voor de wantijen.



Figuur 4-2 Volumeontwikkeling van het gehele zeevat, de buitendelta, bekken en eilanden over de periode 1987-2017 (overgenomen uit Elias, 2022).

#### 4.3.1 Toename van het zandvolume van de eilanden

Zowel de eilandkop van Texel als de zuidzijde van Vlieland zijn sinds 1987 in volume toegenomen (Tabel 4-2). De volumetoename van Texel is beperkt tot 2 miljoen m<sup>3</sup>, waarbij het strandvolume tussen de 0 en 2 m contourlijnen in volume is toegenomen (+ 4,8 miljoen m<sup>3</sup>), maar het volume van het hoge strand en de duinen boven de +2 m contourlijn met 2,8 miljoen m<sup>3</sup> is afgenomen. De aanzanding rond de Eierlandse dam speelt hierin een belangrijke rol.

Tabel 4-2: Overzicht van de volumes van de eilandkoppen. Volumes bepaald t.o.v. de minimumbodemp over de periode 1987-2020. De ontwikkeling van de volumes t.o.v. de 1987 bodem wordt weergegeven in Figuur 4-3.

Jaren	Eierland				Vlieland (Vliehors)			
	>0 m <sup>(1)</sup>	0-1 m <sup>(2)</sup>	1-2 m <sup>(2)</sup>	> 2m <sup>(3)</sup>	>0 m <sup>(1)</sup>	0-1 m <sup>(2)</sup>	1-2 m <sup>(2)</sup>	> 2m <sup>(3)</sup>
1987	13.73	1.66	0.54	11.53	7.62	4.22	1.71	1.69
1993	14.41	2.27	0.89	11.25	7.46	2.98	2.34	2.14
1999	15	1.87	1.47	11.66	7.78	2.86	2.73	2.19
2005	17.13	2.94	3.3	10.89	10.52	5.13	2.39	3
2011	14.94	2.41	4.1	8.43	18.98	8.76	6.51	3.71
2017	15.74	2.82	4.21	8.71	19.37	8.57	6.71	4.09

(1). Dit volume betreft het totale actieve volume dat zich landwaarts van de 0 m contourlijn bevindt.

(2). Het volume dat zich tussen de 0 en +1m contourlijnen bevindt. Dit volume is representatief voor de platen aan de waddenzijde.

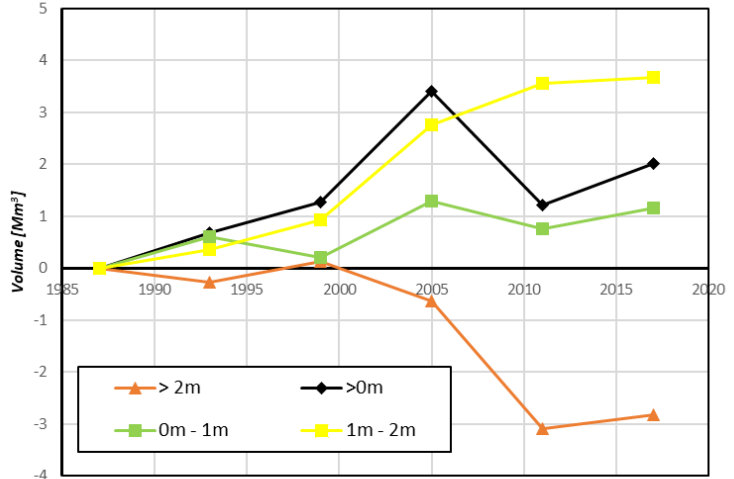
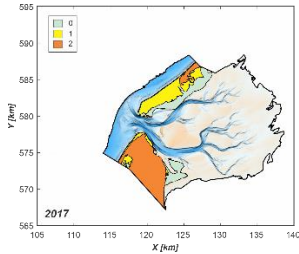
(3). Het volume dat zich tussen de +1m en +2m bevindt. Dit volume is met name de strandzone van Texel en de Vliehors.

(4). De +2m contourlijn is gebruikt als landwaartse begrenzing. Deze polygoon omsluit dus alle landwaarts gelegen punten.

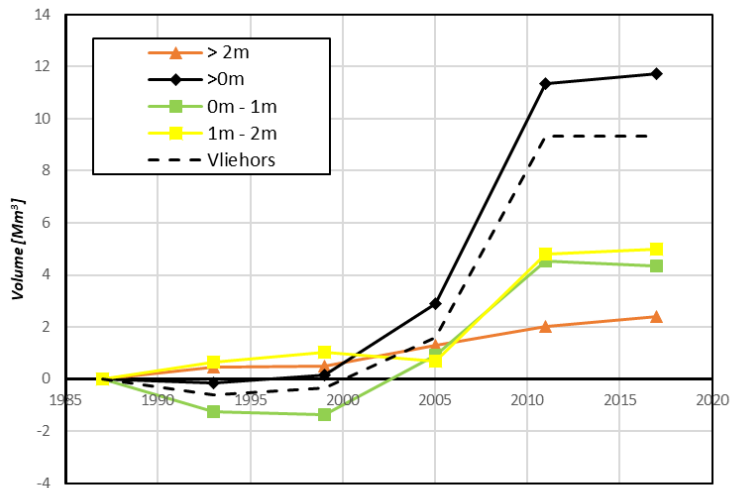
De zuidzijde van Vlieland kent een toename van bijna 12 miljoen m<sup>3</sup>, zoals zichtbaar is in Tabel 4-2. De duinen (met een hoogte boven 2 m) vertonen een continue toenemende trend van 1987 tot en met 2017 en het volume hiervan is totaal met 2,4 miljoen m<sup>3</sup> toegenomen. De

Vliehors is gedefinieerd als het gebied met een hoogte tussen 0 tot 2 m en het volume hiervan is met 9,4 miljoen m<sup>3</sup> toegenomen. Deze toename heeft plaatsgevonden tussen 2005 en 2011. De volumeverandering voor 2005 en na 2011 is relatief beperkt (< 0,5 miljoen m<sup>3</sup>). Een mogelijke verklaring voor de volumetoename tussen 2005 en 2011 is de frequente aanlanding van kleine zandbanken op de noordwestzijde van de Vliehors. Na 2014 vormt een grote aanlandingsbank op de buitendelta en het is waarschijnlijk dat het sediment hier eerst accumuleert en niet op de Vliehors.

**(a). Eierland**



**(b). Vlieland - Vliehors**

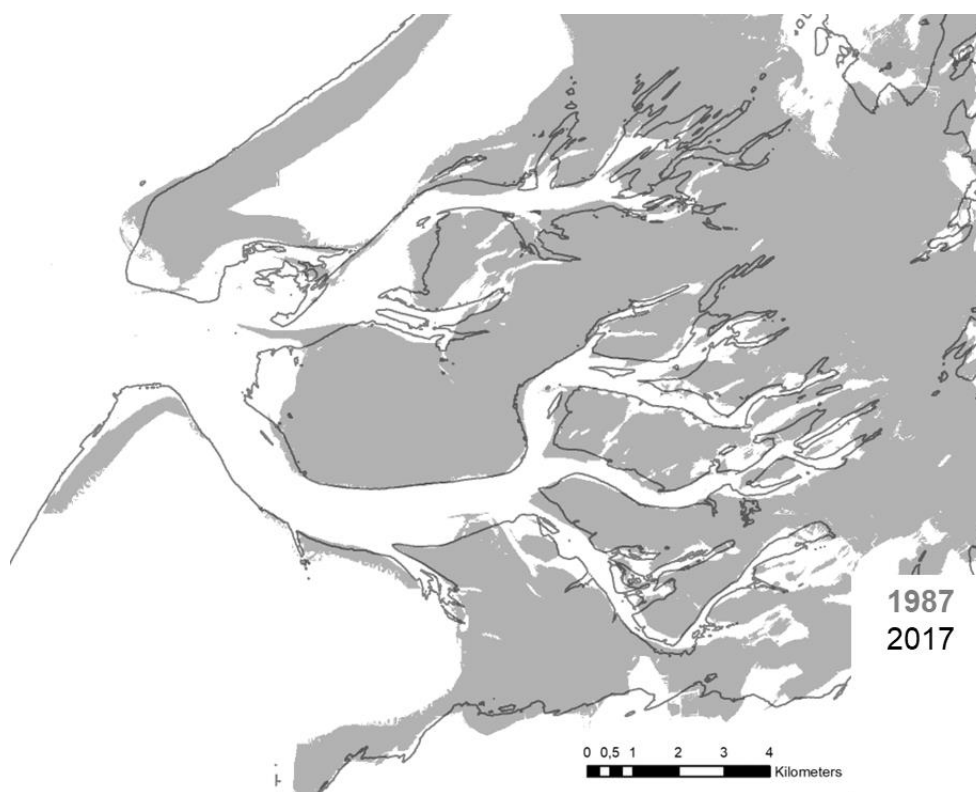


Figuur 4-3: Volumeontwikkeling van Eierland en Vlieland (Vliehors)

## 5 Getijdegeulen

### 5.1 Inleiding

Het zeegat omvat de grootste geulen in het kombergingsgebied. Naar achteren in het kombergingsgebied vertakken de geulen en neemt de omvang van de geulen af. Tegenwoordig eindigen alle geulen van het kombergingsgebied Eierlandse gat in de wadplaten. Geen enkele van de geulen maakt meer verbinding met de geulen in het Marsdiep of het Vlie. Het patroon van de vertakkende geulen in het Eierlandse gat is al tenminste 150 jaar zeer vergelijkbaar (zie ook §2.1.1). Ook de afgelopen 30 jaar zijn weinig veranderingen opgetreden in de hoofdstructuur van de geulen, zoals zichtbaar is in de ligging van de NAP -1 m contour in Figuur 5-1. Maar dat betekent niet dat er niks verandert in de geulen. In dit hoofdstuk kijken we naar een aantal Veranderingen sinds de jaren '70, die zichtbaar zijn in de vaklodingen.



*Figuur 5-1 Ontwikkeling van de geulligging in het Eierlandse gat tussen 1987 en 2017 aan de hand van de NAP -1 m contouren*

### 5.2 Dynamische geulen in het zeegat

In het zeegat komen de twee hoofdgeulen van het kombergingsgebied, met als zuidelijke tak het Vogelzwin en als noordelijke tak het Keteldiep samen. In het zeegat vormen deze hoofdgeulen verschillende uitstroomegeulen die de buitendelta op lopen. De uitstroom van het Vogelzwin heet Robbengat. Deze geul heeft zich tot 17 m diepte uitgeschuurd langs de eilandkop van Texel. In het Robbengat bevindt zich een langgerekte drempel, waardoor er een tweedeling in de geul optreedt. Er is een dieper geulgedeelte dat zich direct langs de kust uitstrekt en een diepere geul langs de wadplaat Hengst-Ballastplaat. Het Robbengat grenst

direct aan verschillende harde verdedigingswerken, de Bolwerken, die hier in de jaren vijftig en zestig zijn aangelegd om de kust te beschermen.

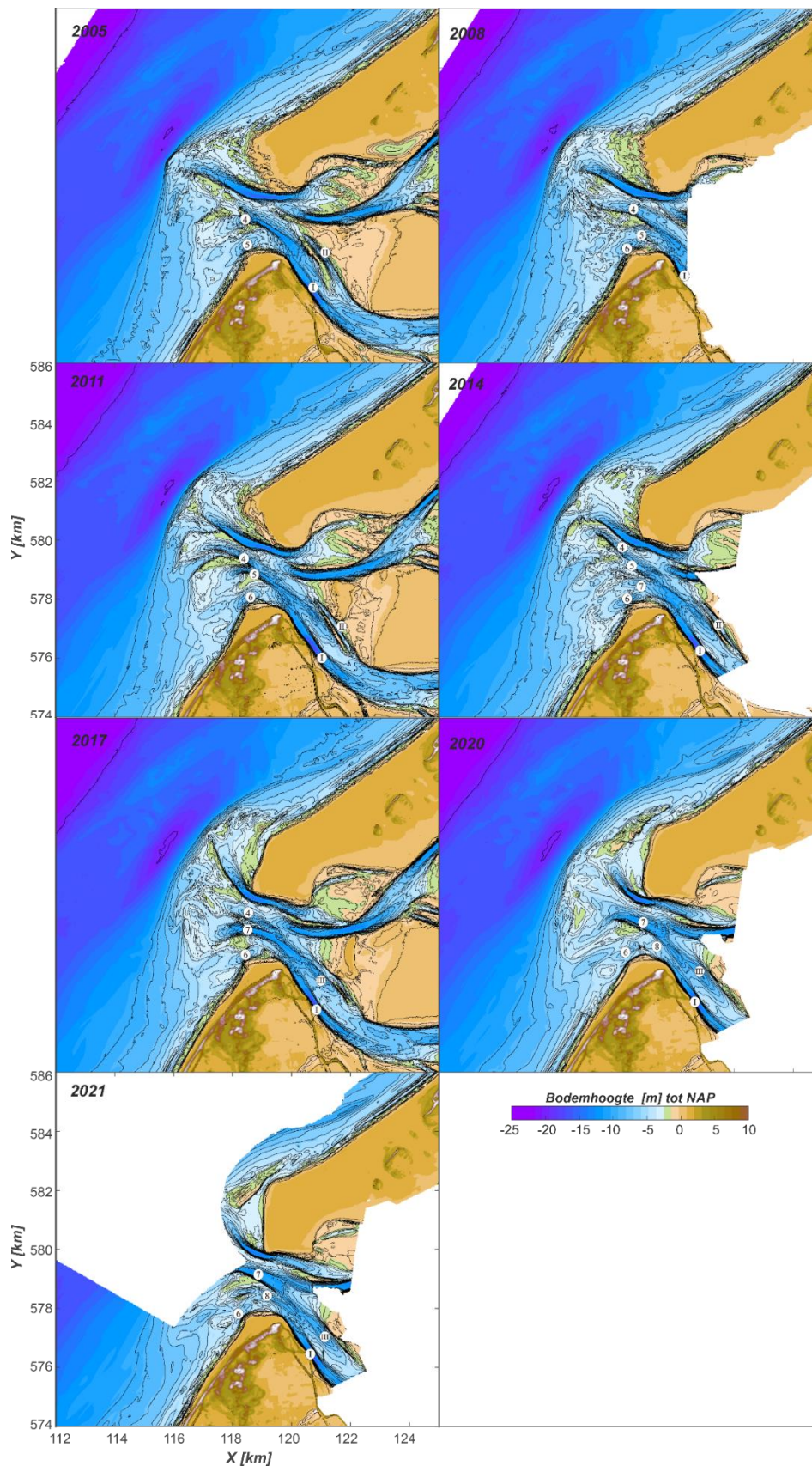
Op de buitendelta zijn twee uitstroomgeulen van het Robbengat te onderscheiden. Een ondiepe geul met een maximale diepte van 7,5 m die zich om de Eierlandse Dam heeft gevormd en een wat diepere uitstroomgeul centraal gelegen op de buitendelta. De 800 m lange Eierlandse Dam is in 1995 aangelegd en heeft ervoor gezorgd dat er zich een breed strand aan de noordwestpunt van Texel heeft gevormd.

De diepere, centraal gelegen uitstroomgeul die Robbengat Noord wordt genoemd, bevindt zich centraal op de buitendelta met een maximale diepte van 12 m. Het bankencomplex Dwars in de Weg vormt een scheiding tussen het Robbengat Noord en het Engelsmangat. Een derde geul, het Keteldiep, bevindt zich ten oosten van deze bank. In de huidige bodem lijkt het Keteldiep een verbinding te vormen met het Robbengat en niet direct met het Engelsmangat. Het Engelsmangat heeft zich om de Vliehors heen gekromd en heeft een maximale diepte van 16 m t.o.v. NAP. Ten noorden van de geul bevindt zich een ondiep bankencomplex de Eierlandse Gronden, ook wel Buitengronden genoemd, waarop zich een grote aanlandingsbank heeft gevormd. De 2022 satellietopname laat zien dat deze aanlandingsbank de Vliehors dicht is genaderd. Aan de zuidzijde van de Vliehors zijn nog net de restanten van de Geul onder de Vliehors te zien. Deze geul is in de 2020 opname bijna verdwenen.

Bovenstaande beschrijving heeft betrekking op de situatie op de buitendelta in 2020 en de zandbanken bij de Vliehors in 2022, zoals getoond in Figuur 1-1. De geulen en ondieptes op de buitendelta van het Eierlandse zijn zeer dynamisch en het beeld in Figuur 5-2 geeft hiervan slechts een moment weer. Elias (2022) geeft een uitgebreide beschrijving van de ontwikkelingen van de geulen en ondieptes op de buitendelta gedurende de afgelopen 190 jaar. Hier laten we alleen de ontwikkelingen zien van de periode 2005-2021 in Figuur 5-2. In het begin van deze periode is nog enige invloed merkbaar van de aanleg van Eierlandse dam (in 1995).

Tot in de opnames van 2014 is zichtbaar dat het Engelsmangat een relatief vaste ligging heeft. Voorafgaand aan de aanleg van de Eierlandse dam vertoonde het Engelsmangat een periodieke migratie van een westelijke naar een noordwestelijke uitstroomrichting, met een duur van zo'n 15-25 jaar. Onderdeel van deze periodieke ontwikkeling is het ontstaan aanlandingsbanken ten noorden van de geul. Tijdens de periode met de stabiele ligging van het Engelsmangat vormden geen grote aanlandingsbanken, maar was sprake van de aanlanding van kleinere banken op de Vliehors.

De zuidzijde van de buitendelta is het meest dynamische deel. Hier ontstaan kleinere ebscharen en ebschilden (4-8 in Figuur 5-2). Deze ebscharen met hun ebschilden verplaatsen zich noordwestelijk over de buitendelta heen. De splitsing van het Robbengat lijkt een rol te spelen in de dynamiek van deze scharen en in het aantal scharen. De dynamiek van migrerende ebscharen was ook voor de aanleg van de Eierlandse dam aanwezig. Deze geul is snel noordelijk gemigreerd, waarna weer nieuwe geulen om de Eierlandse dam zijn ontstaan (5, 6,7 in Figuur 5-2). Niet al deze geulen waren direct verbonden met het Robbengat en ook waren niet al deze geulen ebscharen. Met de noordelijke verplaatsing van geul 4 ontstaat ten zuiden daarvan ruimte voor de vorming van een nieuwe geul (6 in de opname van 2008 in Figuur 5-2). Deze geul is ebgedomineerd en maakt verbinding met het Robbengat. Deze geul wordt snel groter, migreert noordelijk en neemt de rol als uitstroomgeul over van geul 4. Dit proces van snel vormende en ontwikkelende geulen die noordelijk verplaatsen treedt nog een aantal keer op tussen 2011 en 2017 (Figuur 5-2). Dit gedrag lijkt op het ebschild en -schaar gedrag dat ook in het Zeegat van Ameland is geconstateerd (Elias et al., 2019).



Figuur 5-2 Ontwikkeling van het Eierlandse Gat over de periode 1971-2021. In deze figuur geeft: (I) en (II) de ligging van de twee geulen van het Robbengat, 1 t/m 8 markeren de ligging van de verschillende uitstroomgeulen.



Met de noordelijke migratie van de geulen verplaatsen ook de ebschilden naar het noorden, waardoor daar de omvang van het ebschild toeneemt. Met de noordelijke verplaatsing van de ebschilden ontstaat er een grote zanddruk op het Engelsmanggat. Rond 2011 is zichtbaar dat het Engelsmanggat onder deze zanddruk gaat vervormen. De geul wordt smaller en noordelijk gedrukt. In de 2017 opname is vervolgens de vorming van een aanlandingsbank zichtbaar. Deze bank migreert in de volgende jaren steeds verder richting de Vliehors (zie ook Figuur 5-2). Deze ontwikkeling wijst erop dat de ontwikkelingen op de buitendelta weer op vergelijkbare wijze plaatsvinden als voor de aanleg van de Eierlandse dam. Ook de aanvoer van zand via de buitendelta naar de kust van Vlieland (sand by-passing) vindt weer op dezelfde wijze plaats, waarbij een keer in de 15-25 jaar een grote zandplaat aanlandt bij de Vliehors.

De samenvatting van de morfologische ontwikkelingen in het zeegat en op de buitendelta in de loop van de tijd staat in Figuur 5-3. De begrippen in Figuur 5-3 komen overeen met de begrippen uit het conceptueel model dat door Elias (2022) is opgesteld. Het model beschrijft de morfologische ontwikkelingen van het Eierlandse Gat op de middellange termijn. Hier geven we de belangrijkste morfologische veranderingen uit het conceptuele model, zonder in te gaan op de aandrijvende processen (getij, golfwerking). De belangrijkste morfologische veranderingen omvatten drie elementen:

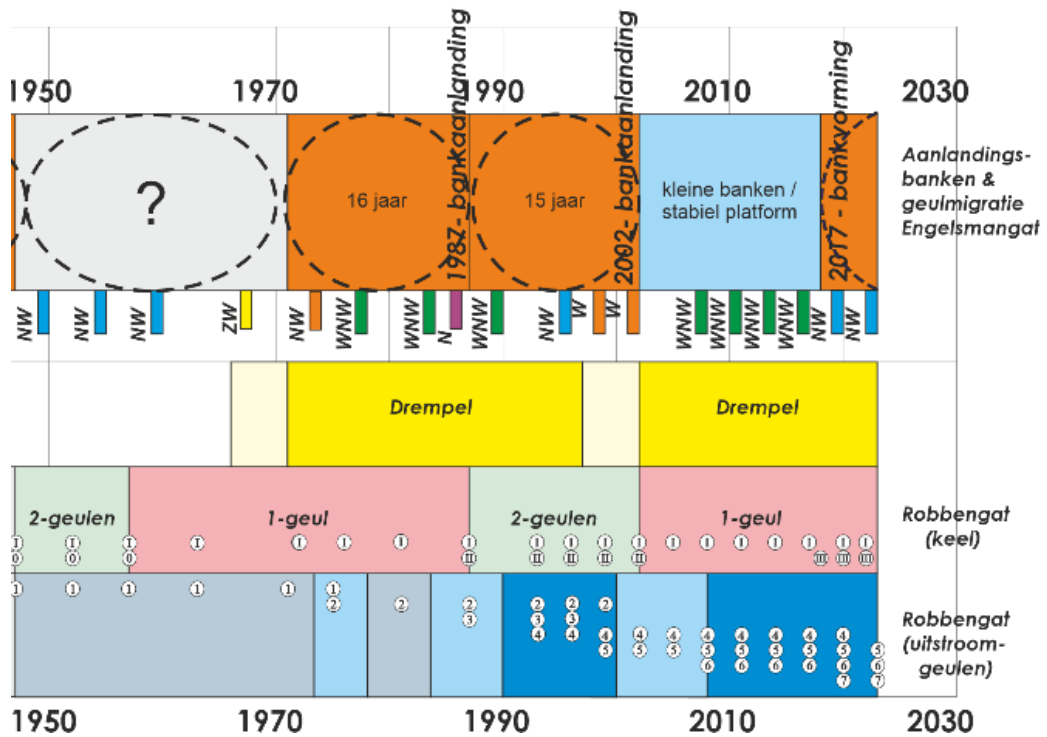
- Vaste ligging van de geulen en banken in het bekken
- Periodieke sedimentuitwisseling Vliehors ofwel de morfodynamiek van het Engelsmanggat
- Morfodynamiek van Robbengat

Het bekken van Eierland wordt gekenmerkt door een stabiel tweegeulensysteem gescheiden door een grote wadplaat met supragetijdeplaat. De twee geulen blijven gescheiden, zodat in de keel van het zeegat niet één hoofdgeul ontstaat.

Het noordelijke geulsysteem vertoont een consistent, periodiek gedrag. Het Keteldiep stroomt via het Engelsmanggat uit over de buitendelta. Het Engelsmanggat migreert daarbij periodiek van west naar noordwest en hervormt dan weer met een westelijke oriëntatie. Deze cyclus is al zichtbaar sinds de 19<sup>e</sup> eeuw en heeft een herhalingsperiode van zo'n 15 tot 25 jaar. Met iedere cyclus wordt een deel van het ebschild opgenomen in het benedenstrooms gelegen platform en ontstaan er aanlandingsbanken die onder invloed van golven landwaarts migreren en uiteindelijk verhelen met de Vliehors.

Het zuidelijke deel wordt aangestuurd vanuit het Vogelzwin/Robbengat. De morfodynamiek van het zuidelijke deel van de buitendelta is complexer dan die van het noordelijke deel. Het Robbengat bestaat soms uit een enkele hoofdgeul en soms uit twee geulen gescheiden door een langgerekte drempel (aanwezigheid drempel met geel gemarkeerd in Figuur 5-3). Er vormen er zich zowel eb- als vloedgeulen om de kop van Eierland heen. De ebgeul is soms ontwikkeld als enkele geul met een duidelijk ebschild en bestaat soms uit meerdere kleine ebschaar en -schildsystemen.

De morfologische ontwikkelingen zijn (tijdelijk) beïnvloed door de aanleg van de Eierlandse dam (aangegeven met de blauwe balk in Figuur 5-3). Er vormde zich na aanleg tijdelijk een grotere geul direct om de dam heen gevolgd door een periode met meerdere uitstroomgeulen die alleen een relatief groot ebschild vormden. Het lijkt waarschijnlijk dat er zich dan tijdelijk meer zand afzet op het zuidelijke deel van de buitendelta, waardoor de toevoer richting het Engelsmanggat afneemt. Het Engelsmanggat bouwt dan geen nieuwe aanlandingsbank, maar een periode met stabiele geul en continue verplaatsing van kleinschalige banken richting de Vliehors volgt. De meest recente bodemdata laat wel zien dat de natuurlijke dynamiek zich heeft hersteld.

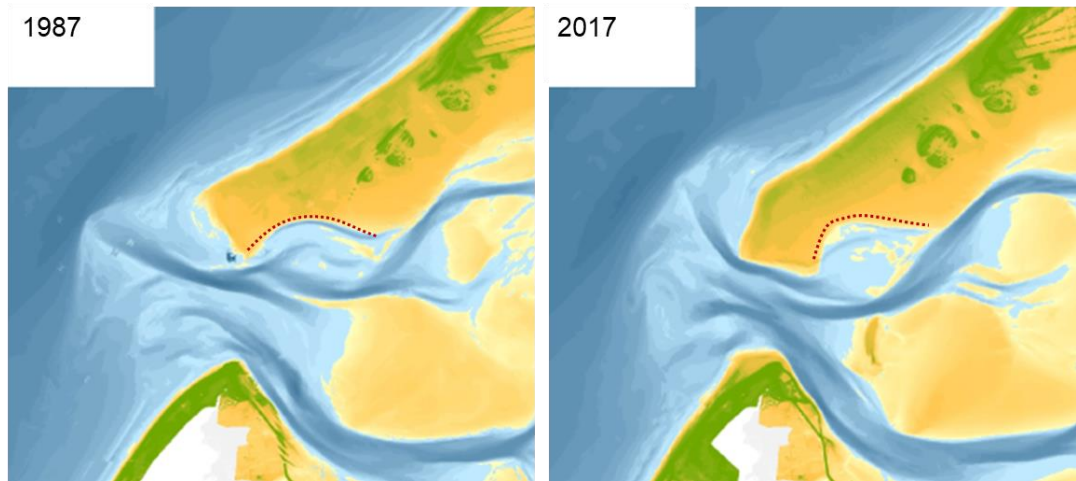


Figuur 5-3 Tijdbalk met een samenvatting van de geobserveerde ontwikkelingen van het Eierlandse gat. De nummering verwijst naar de geulen in Figuur 5-2 (overgenomen uit Elias, 2022).

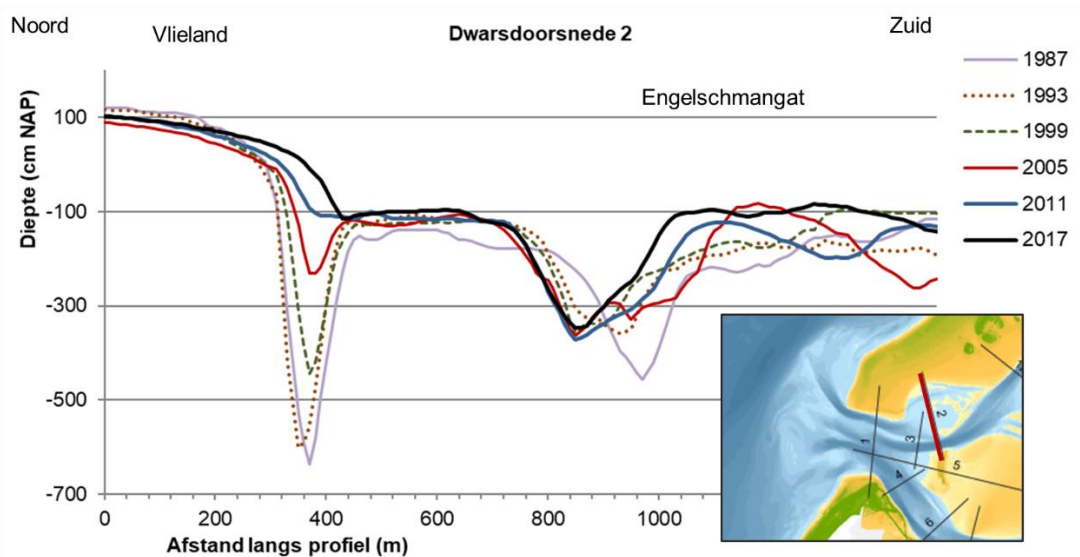
### 5.3 De buitenbocht van de geul aan de zuidzijde van de Vliehors

De zuidzijde van de Vliehors heeft een kenmerkende vorm, waar een hap uit lijkt te zijn genomen (zie bijvoorbeeld Figuur 5-4). Deze 'hap' is het gevolg van erosie door verplaatsende geulbochten. De geulen die hier verantwoordelijk voor zijn, zijn niet de grote geulen die naar het oostnoordoosten lopen (het tegenwoordige Keteldiep), maar een vertakking daarvan. In de kaart van de situatie in 1987 in Figuur 5-4 is deze geul nog duidelijk zichtbaar. In de dwarsdoorsnede uit 1987 in Figuur 5-5 is duidelijk dat de geul dan nog meer dan 6 m diep is. De geul wordt ondieper in de daaropvolgende opnamen. In de kaart uit 2017 in Figuur 5-4 is alleen nog een restant van een geul zichtbaar. Iets zuidelijker ligt nog een geul met een bocht naar het noorden, die ook in de dwarsdoorsnede zichtbaar is. Deze geul verplaatste tot 2005 in zijn geheel naar het noorden. In de jaren daarna is de geulwand aan de noordzijde op zijn plek gebleven en is de zuidelijke oever wel verder naar het noorden verplaatst. De geul is daardoor smaller geworden. In de kaart van 2017 in Figuur 5-4 is duidelijk zichtbaar dat de beide geulen niet verbonden zijn met andere getijdegeulen en dat geen sprake is van een nieuwe geul met een geulbocht naar het noorden op deze locatie.

Ook in het verleden is sprake geweest van geulen met een vergelijkbare vorm, oriëntatie en ontwikkeling. In de reconstructies van het zeegat van Schoorl (1999) is in de kaart van 1688 sprake van het Kildiep en in de reconstructie van 1925 van de geul Kolk. Het is niet uitgesloten dat in de tussenliggende periode ook nog geulen aanwezig zijn geweest met een vergelijkbare vorm en ontwikkeling. Voor de vorm en omvang van de zuidzijde van de Vliehors is de erosie door deze geulen, gevolgd door het uiteindelijke verlaten van deze geulen, sturend.



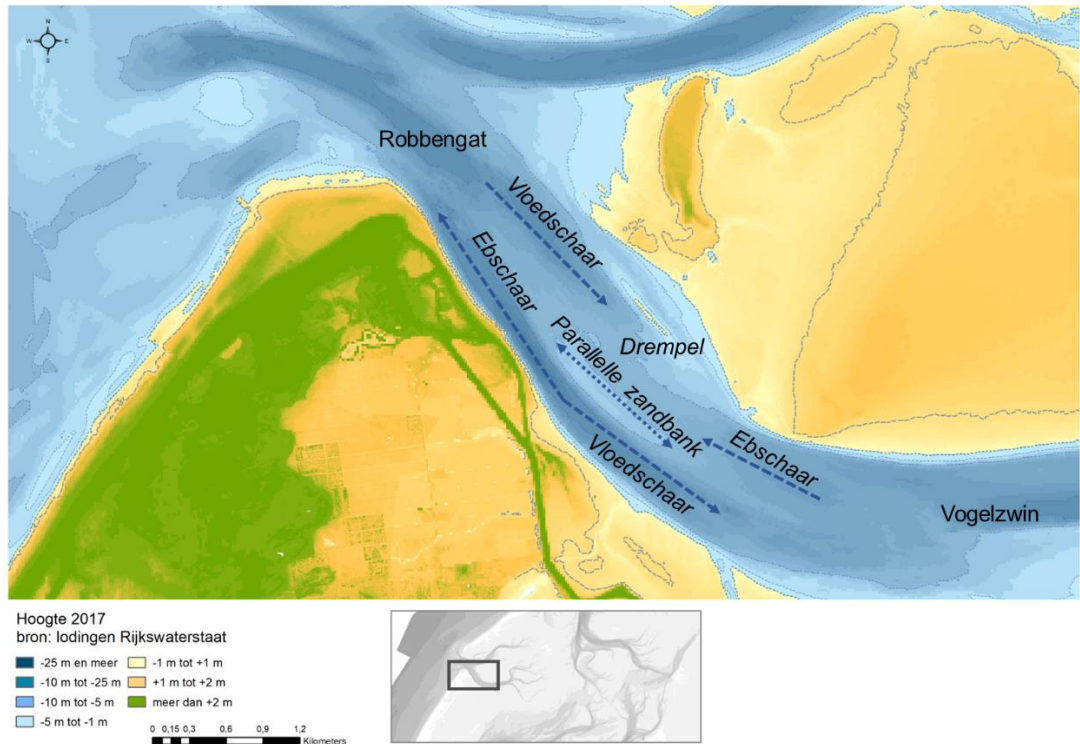
Figuur 5-4 Kaarten op basis van de vaklodingen van de zuidpunt van de Vliehors. De rode stippellijn markeert de 'hap' uit de strandvlakte, die is ontstaan door erosie van de buitenbocht van de geul, die in de kaart uit 1987 nog duidelijk zichtbaar is.



Figuur 5-5 Dwarsdoorsnede 2 uit de opeenvolgende vaklodingen door de geulen ten zuiden van de Vliehors (inzet toont locatie).

#### 5.4 Eb- en vloedscharen in het Robbengat-Vogelzwin

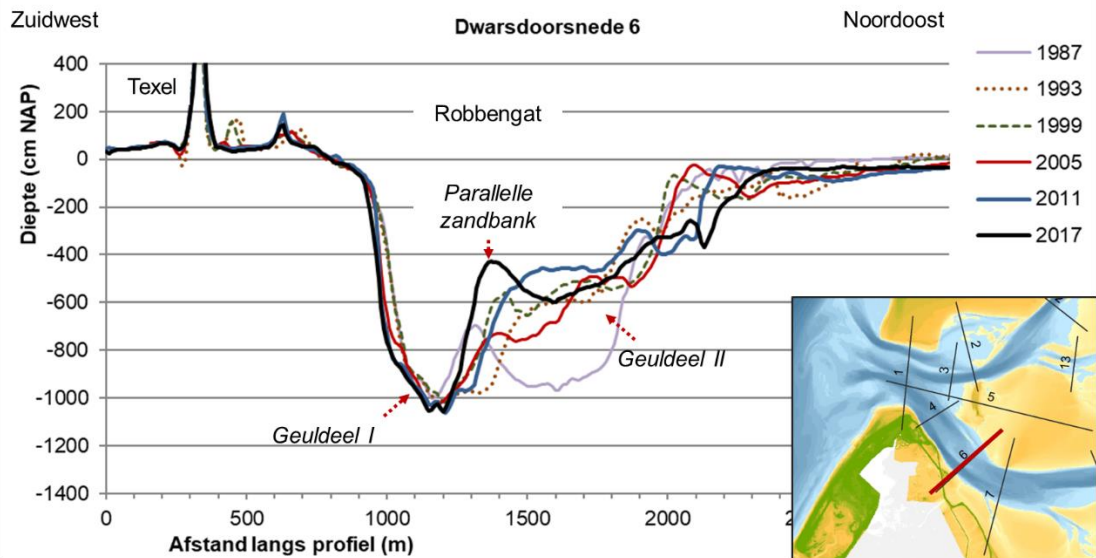
Het Robbengat loopt van het zeegat langs de noordoostkust van Texel (Eijerland) en maakt dan een bocht naar het westen. Vanaf die bocht wordt de geul het Vogelzwin genoemd. Het Robbengat heeft een duidelijke stempel op de ontwikkeling van de noordoost- en noordkust van Texel gedrukt. In de paragraaf over het zeegat (§ 5.2) is beschreven dat het Robbengat soms uit één en soms uit twee geulen bestaat (aangegeven met I en II in Figuur 5-2). Wanneer wordt ingezoomd op dit gebied, zoals is gedaan in Figuur 5-6, dan wordt duidelijk dat sprake is van een behoorlijk complex systeem. In deze opname uit 2017 is sprake van de geul direct onder de kust van Texel die aan beide zijden overgaat in een schild. Ten noordoosten van deze geul ligt een lineaire zandbank en daarnaast ligt de tweede geul, die ook uit een eb- en vloedschaar bestaat.



Figuur 5-6 Eb- en vloedscharen bij Robbengat-Vogelzwin.

In de dwarsdoorsneden van de opeenvolgende lodingen in Figuur 5-7 is zichtbaar dat het geuldeel I dat direct tegen de kust ligt relatief stabiel is. De geulhelling nabij de kust verplaatst beperkt en de ook de diepte van deze geul verandert slechts beperkt. Dat is heel anders voor geuldeel II, die in de oudste opname van 1987 een diepte en breedte had die overeenkwam met geuldeel I. Daarbij was in 1987 sprake van een beperkte omvang van de drempel tussen beide geulen. In de recente opnames is de diepte van geuldeel II beduidend kleiner geworden. In de meeste recente opname uit 2017 is de omvang van de drempel het grootst.

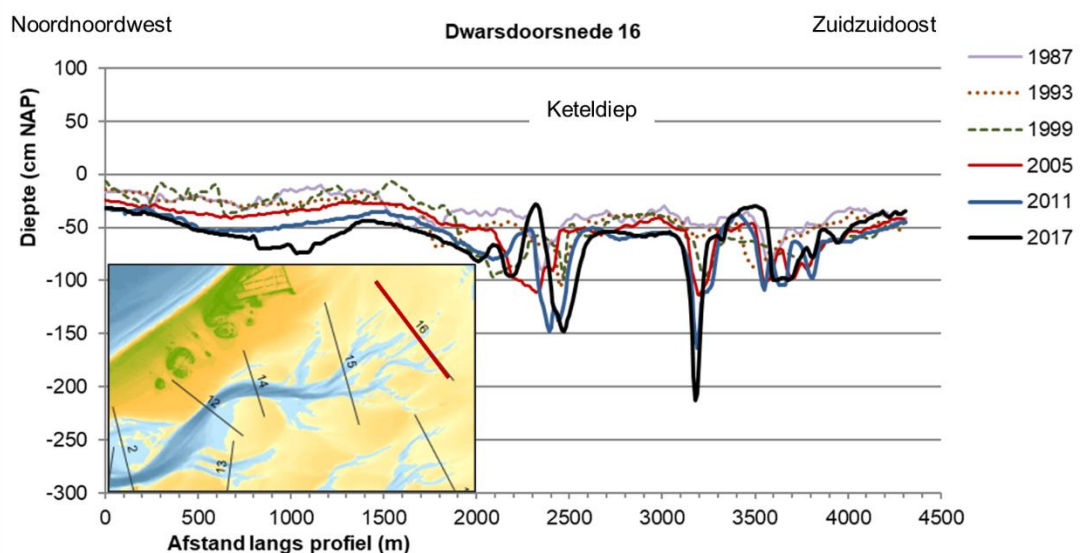
Zoals in § 5.2 is beschreven, gaan de veranderingen in het Robbengat samen op met veranderingen op de buitendelta. Het is niet duidelijk of de oorzaak van veranderingen in het Robbengat lokaal, binnen de geuldynamiek van deze geul moeten worden gezocht, of dat er (ook) sprake is van een relatie met de dynamiek op de buitendelta. Vanwege de ligging van het Robbengat bij de kustlijn en waterkering van Texel is deze dynamiek wel relevant voor de beheerders.



Figuur 5-7 Dwarsdoorsnede 6 uit de opeenvolgende vaklodingen over de eb- en vloedscharen van het Robbengat-Vogelzwin (inzet toont locatie).

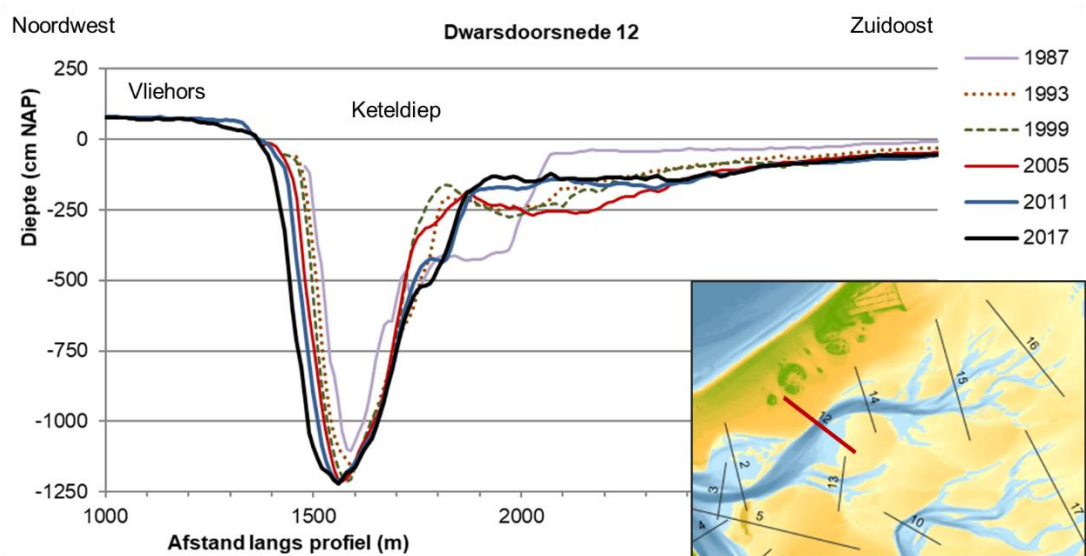
## 5.5 Toename omvang Engelsmangal -Keteldiep en uitbreiding naar het oosten

Zoals eerder in dit rapport is vastgesteld, is de noordelijke tak van de geulen Engelsmangal-Keteldiep al tenminste ruim 150 jaar aanwezig met een vergelijkbare oriëntatie van het zeegat naar het oostnoordoosten. Naar het oosten toe vertakt het Keteldiep in een aantal kleinere geulen. Die geultjes zijn de afgelopen jaar steeds verder naar het oosten 'gegroeid'. De omvang van het Keteldiep is daarbij toegenomen. Figuur 5-8 laat de dwarsdoorsneden zien van de oostelijke uitlopers van het Keteldiep. In de doorsneden is zichtbaar dat de maximale diepte van de geultjes is toegenomen en ten zuiden van de Vliehors (van 0 tot 2000 m is de diepte van de wadplaat afgenomen). Het doorstroomoppervlakte in dit gebied is toegenomen.

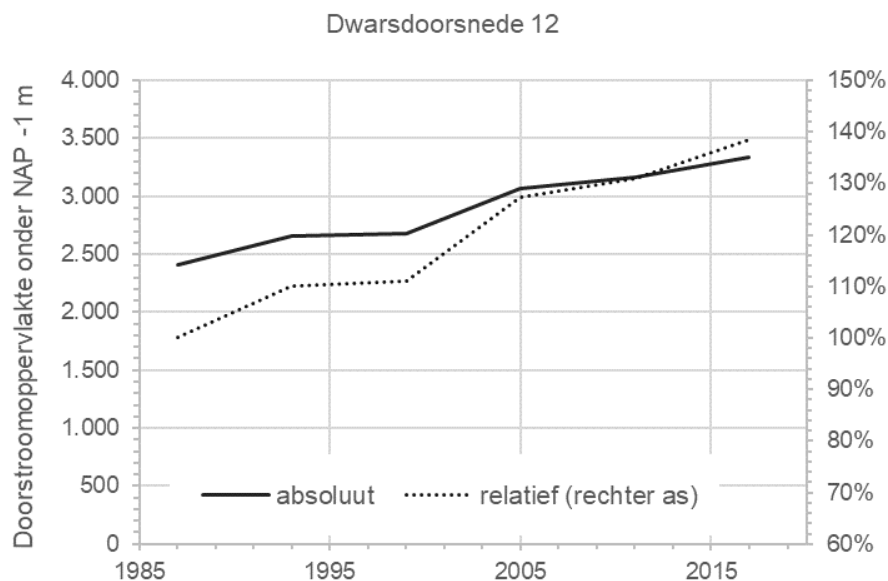


Figuur 5-8 Dwarsdoorsneden 15 uit de opeenvolgende vaklodingen aan de oostzijde van het Keteldiep (inzet toont locatie).

De toename van de omvang van het Keteldiep is zichtbaar in de veranderingen in de dwarsdoorsneden in Figuur 5-9 en is nog duidelijker in de doorstroomoppervlaktes hiervan in Figuur 5-10. De omvang van het Keteldiep is met zo'n 40% toegenomen in de periode 1987-2017. Wat ook zichtbaar is in de dwarsdoorsneden is de gestage erosie van de Vliehors aan de noordwestzijde. De noordwest gerichte bocht van het Keteldiep is verder aan het uitbochten. De naar het noorden gerichte geulbocht in het Keteldiep erodeert, ten koste van de Vliehors.



Figuur 5-9 Dwarsdoorsnede 12 uit de opeenvolgende vaklodingen door de Vliehors en het Keteldiep ten zuidoosten daarvan (kaart in de inzet toont locatie).



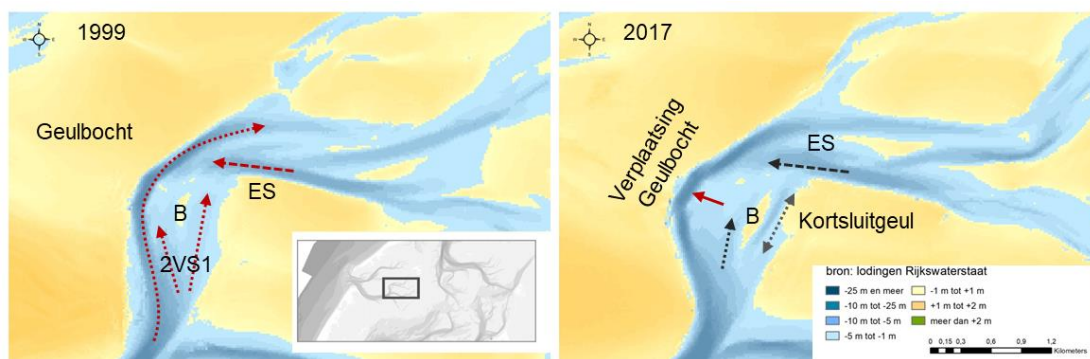
Figuur 5-10 Doorstroomoppervlakte onder NAP -1 m van de dwarsdoorsneden 12 uit de opeenvolgende vaklodingen door het Keteldiep (dwarsdoorsnede en locatie in Figuur 5-9).

Tenslotte wordt nog opgemerkt dat de omvang van de naamloze geul ten noorden van de Steenplaat in omvang is afgenomen in de vaklodingen sinds 1987. Het Keteldiep systeem raakt mede daardoor steeds meer gericht op het oostnoordoosten en bereidt ook uit in die richting. De oorzaak van de langjarige uitbreiding in naar het oostnoordoosten is niet bekend.

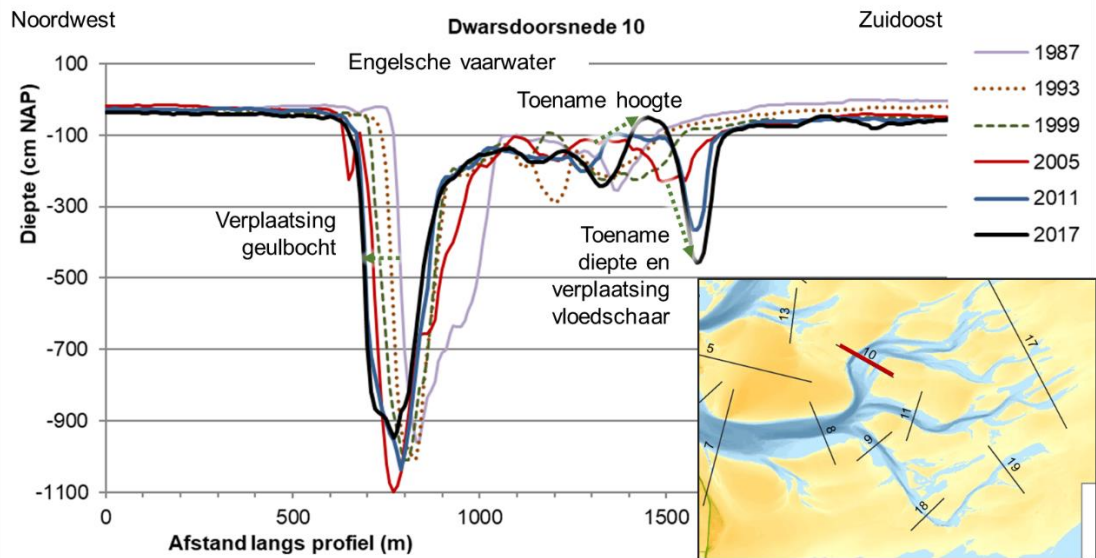
## 5.6 Overname geulen in het Engelsche vaarwater

Het Vogelzwin vertakt in het kombergingsgebied in drie geulen, waarvan de noordelijke tak het Engelsch vaarwater wordt genoemd. Bij de afsplitsing van het Engelsch vaarwater maakt de geul een bocht naar het westnoordwesten (geulbocht in Figuur 5-11) en vertakken twee vloedscharen (2VS1 in Figuur 5-11) af, met daartussen een ondiepte (B in Figuur 5-11). Aan de noordzijde van de geulbocht eindigt deze als vloedschaar, met ten zuiden daarvan een ebschaar (ES in Figuur 5-11). In Figuur 5-11 is zowel de situatie in 1999 weergegeven als de situatie in 2017. De duidelijkste verschillen tussen de twee opnames zijn: de positie van de geulbocht, die verder naar het westen is uitgebocht; de oriëntatie en omvang van de vloedscharen; en de omvang van de ondiepte. In de opname van 2017 heeft de oostelijke vloedschaar zich ontwikkeld tot een kortsluitgeul met ten westen daarvan de hoger ontwikkelde ondiepte. De westelijke vloedschaar is meer naar het oosten gedraaid. De veranderingen komen ook tot uitdrukking in de dwarsdoorsnede in Figuur 5-12, waarin de verplaatsing van de geulbocht, het dieper worden en verplaatsen van de vloedschaar en de hoogte toename van de bank zijn gemarkeerd.

Door de uitbocht van de geulbocht wordt deze route voor de vloed steeds minder efficiënt, zodat gaandeweg een afname van de omvang van de geulbocht en een toename van de kortsluitgeul wordt verwacht. Of deze ontwikkelingen in de toekomst zullen leiden tot het verlaten van de bestaande geulbocht en een overname ervan door een van de vloedscharen is nog niet duidelijk. Het is niet ondenkbaar dat de ontstane kortsluitgeul wordt “dichtgeknepen” door de bank.



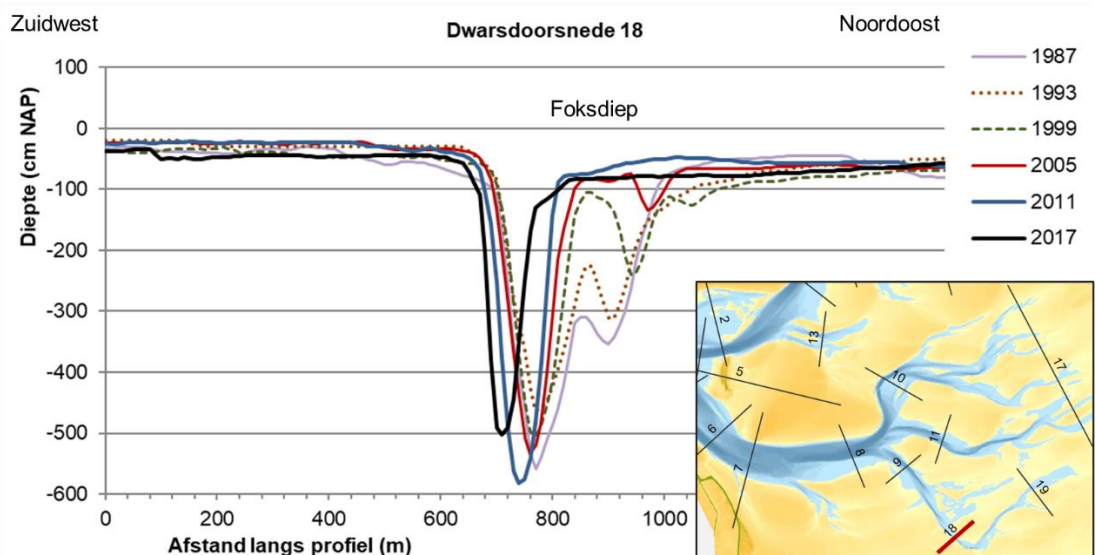
Figuur 5-11 Ontwikkeling geulbocht en kortsluitgeul Engelsche vaarwater.



Figuur 5-12 Dwarsdoorsneden uit de opeenvolgende vaklodingen ter plaatse van het uitbochtende Engelsche vaarwater (kaart in de inzet toont locatie).

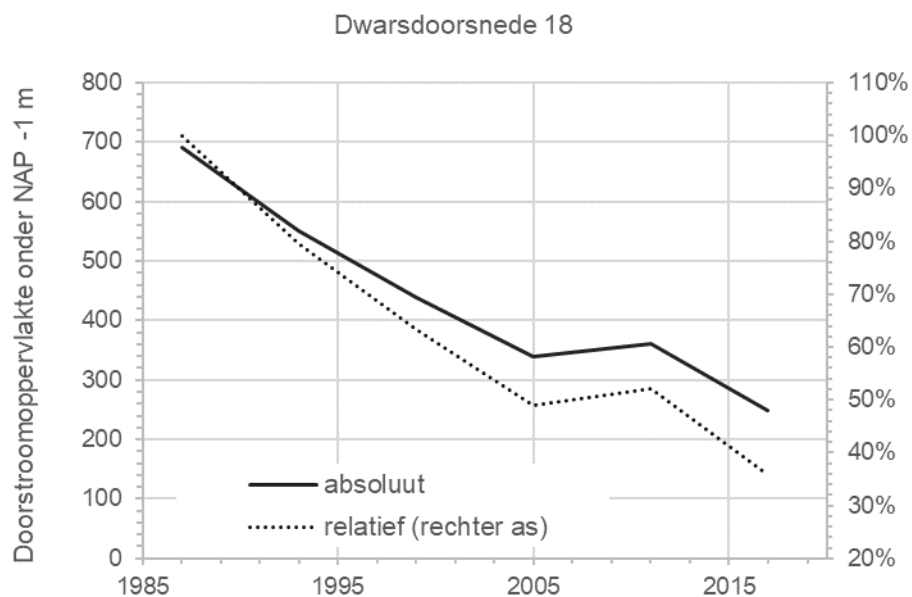
## 5.7 Afname omvang Foksdiep

De meest zuidelijk aftakking van het Vogelzwin is het Foksdiep, dat vanaf de afsplitsing naar het zuidoosten loopt, om daarna met een bocht naar het noordoosten te lopen. De omvang van het Foksdiep is de afgelopen 30 jaar behoorlijk consequent afgenomen. Deze afname is zowel zichtbaar in de dwarsdoorsneden in Figuur 5-13 als in de grafiek met de doorstroomoppervlaktes van de geul, Figuur 5-14. De omvang van de dwarsdoorsnede is meer dan gehalveerd vanaf 1987 tot 2017. Ook verder naar het oosten is de omvang van het Foksdiep afgenomen. Ook de omvang van de geul Scheer, die ten westen van het Foksdiep aftakt naar het zuidoosten vanaf het Vogelzwin, is afgenomen in deze periode. Op basis van deze ontwikkelingen wordt vastgesteld dat de omvang van het kombergingsgebied aan de zuid- en zuidwestzijde van het Eierlandse gat is afgenomen. Dit sluit aan bij de waarnemingen van Grasmeijer et al. (2022) over de uitbreiding aan de noordzijde van het Marsdiep kombergingsgebied.



Figuur 5-13 Dwarsdoorsneden uit de opeenvolgende vaklodingen in het Foksdiep (kaart in de inzet toont locatie).



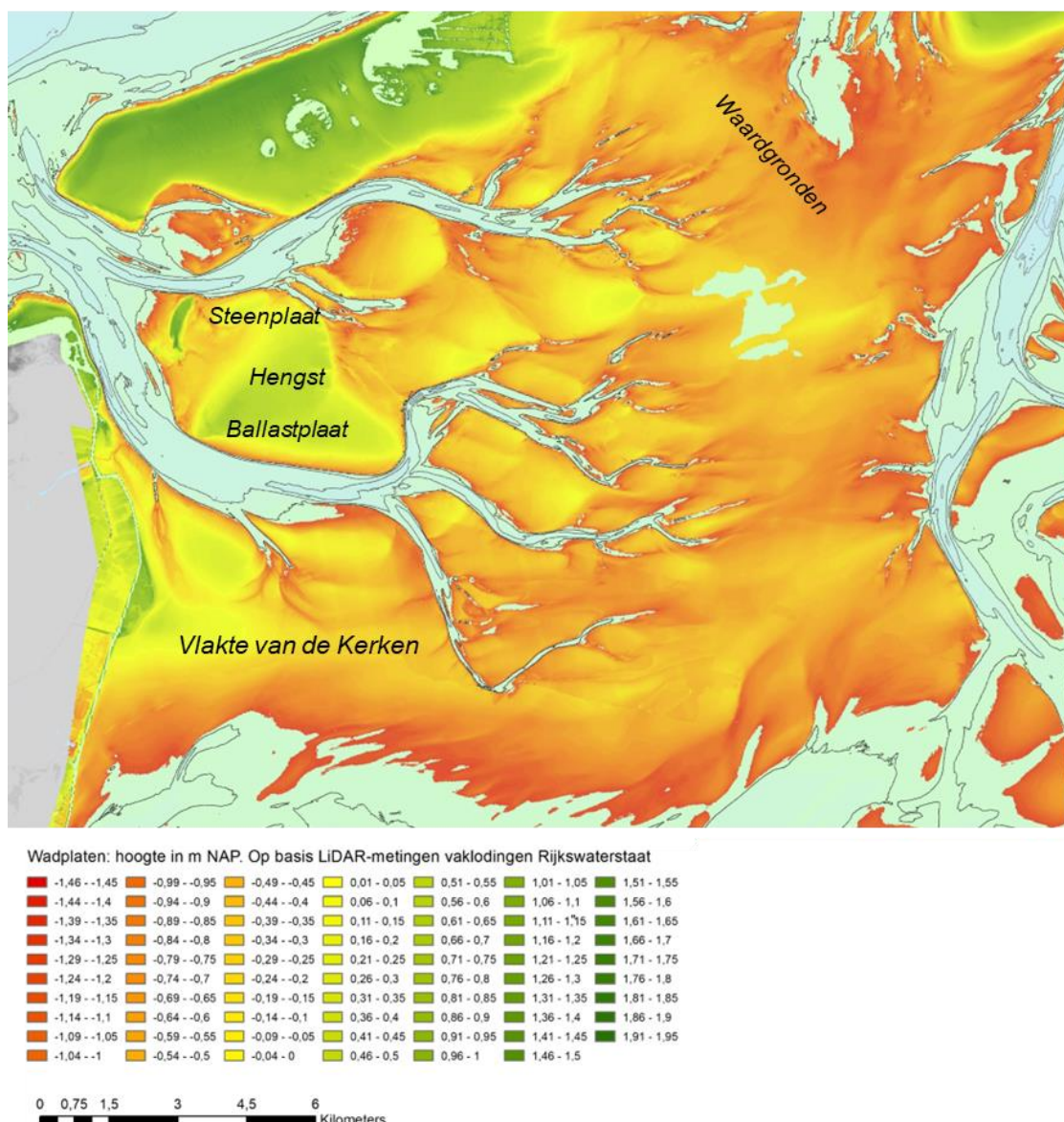


*Figuur 5-14 Doorstroomoppervlakte onder NAP -1 m van de dwarsdoorsnede 12 uit de opeenvolgende vaklodingen door het Foksdiep (dwarsdoorsnede en locatie in Figuur 5-13).*

## 6 Wadplaten en supragetijdse platen

### 6.1 Inleiding

De wadplaten in het Eierlandse gat worden op grond van hun ligging ten opzichte van de getijdegeulen en de aangrenzende kombergingsgebieden onderverdeeld in drie verschillende deelgebieden (Figuur 6-1). Direct ten oosten van het zeegat ligt de wadplaat Steenplaat-Hengst-Ballastplaat, met aan de noordzijde daarvan de getijdegeul Keteldiep en ten zuiden daarvan het Robbengat-Vogelzwin. Aan de oostzijde van het kombergingsgebied liggen de Waardgronden, die de overgang vormen naar het kombergingsgebied Vlie. Ten zuiden van het Vogelzwin ligt de Vlakte van de Kerken, die verder doorloopt naar het oosten. Dit wadplaatgebied vormt de overgang naar het Marsdiep.



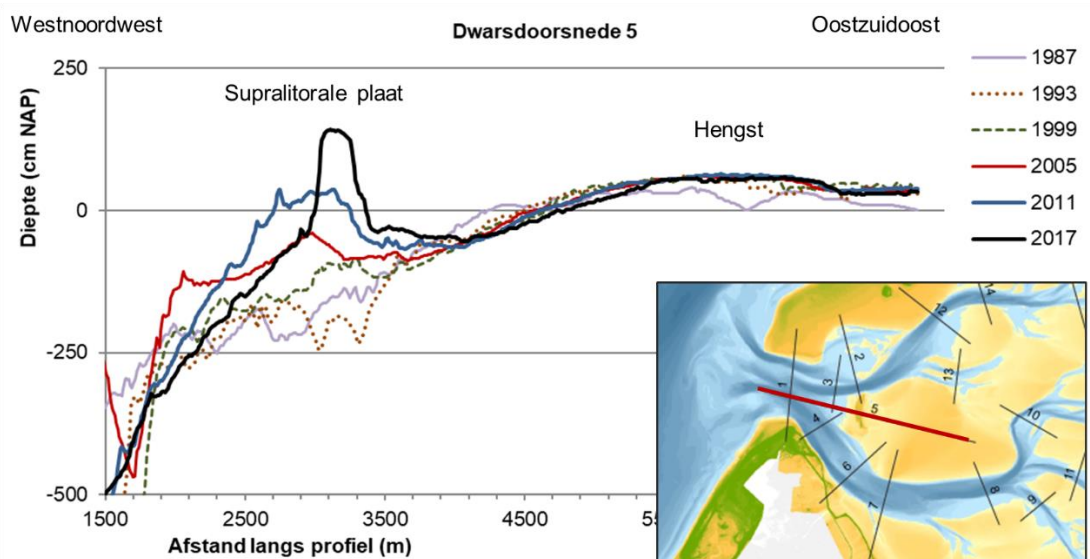
Figuur 6-1 Hoogtekaart van de wadplaten in het Eierlandse Gat (opname 2017, bron vaklodingen Rijkswaterstaat).

De hoogte van de wadplaten is duidelijk zichtbaar in Figuur 6-1. De hoogste wadplaten in het Eierlandse gat liggen bij het zeegat, waarbij Steenplaat-Hengst-Ballastplaat het hoogste gebied vormt. Ook de Vlakte van de Kerken is een relatief hoog gebied.

## 6.2 Steenplaat-Hengst-Ballastplaat

Ten oosten van het zeegat ligt de plaat Steenplaat-Hengst-Ballastplaat. De drie namen die deze plaat heeft, zijn een indicatie van de geschiedenis van deze plaat, die in het verleden uit verschillende delen heeft bestaan, die werden gescheiden door getijdegeulen. Tegenwoordig is sprake van een aangesloten wadplaat, met restanten van getijdegeulen als de diepere delen van de wadplaat.

Het hoogste deel van de plaat ligt aan de westzijde. Tegenwoordig ligt het hoogste deel van deze wadplaat boven het niveau van hoogwater, zodat sprake is van een supra-litorale plaat. De toename van de hoogte van deze zandbank en de migratie ervan naar het oosten is heel duidelijk zichtbaar in de opeenvolgende dwarsdoorsnedes in Figuur 6-2.



Figuur 6-2 Dwarsdoorsnede 5 uit de opeenvolgende vaklodingen ter plaatse van Hengst in het verlengde van het zeegat (locatie in inzet).

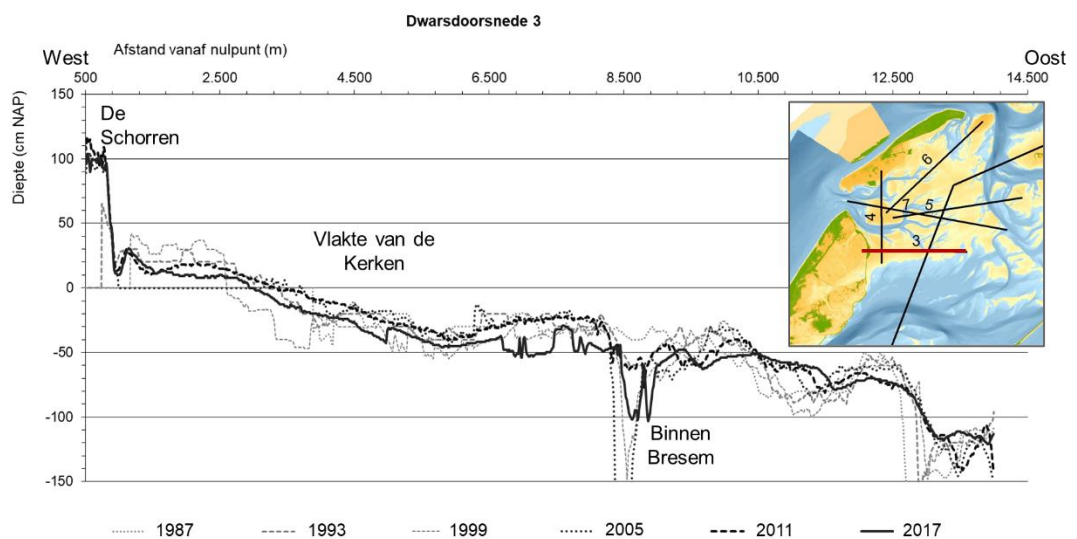
De locatie nabij het zeegat, de ontwikkeling van de hoogte, de migratie en de vorm van het zeewaartse deel van het profiel naar het oosten wijzen op een belangrijke rol van de golven voor het ontstaan en de ontwikkeling van deze zandbank. De locatie en ontwikkeling komen overeen met andere hoge zandbanken in de nabijheid van het zeegat, zoals Richel in het Vlie (Oost et al., 2019), de Zeehondenplaat in het Borndiep (Oost & Cleveringa, 2017) en Het Rif in het Friesche Zeegat (Oost et al., 2020). In § 8.5 wordt dieper ingegaan in de onderliggende processen bij de ontwikkeling van deze plaat en de verwachte toekomstige ontwikkelingen.

## 6.3 Vlakte van de Kerken

De Vlakte van de Kerken is de wadplaat aan de zuidzijde van het Eierlandse gat, die in het westen begint bij de kust van Texel en die doorloopt naar het oosten. In het verleden werd de Vlakte van de Kerken begrensd door de getijdegeul Het Scheer, die verbonden was met het kombergingsgebied Marsdiep. Deze geulverbinding was al ruim voor de tweede wereldoorlog verdwenen. Daarna was sprake nog sprake van een verbinding tussen het Foksdiep en Binnen Bresem, die de kombergingsgebieden Marsdiep en Eierland met elkaar verbond. Deze verbinding is nog wel gemarkeerd met boeien, als de vaarroute van het Marsdiep naar het

Eierlandse gat. Tegenwoordig is sprake van een doorlopend droogvallend gebied dat van de Vlakte van de Kerken doorloopt rondom de geulen van het Eierlandse gat. Het betekent onder andere dat het mogelijk is om lopend over het wad van Texel naar Vlieland te komen<sup>3</sup>.

De hoogte van de Vlakte van de Kerken loopt af van het westen, bij de kust van Texel, naar het oosten. Dit hoogteverloop is duidelijk zichtbaar in de dwarsdoorsneden in Figuur 6-3. De opeenvolgende dwarsdoorsneden hebben ruwweg hetzelfde hoogteverloop, maar de hoogte van de wadplaat verschilt wel tot enkele decimeters in de opeenvolgende jaren. Ook vertonen enkele opnamen, waaronder de meeste recente, verspringende hoogtes, die waarschijnlijk geen natuurlijke oorsprong hebben, maar een gevolg zijn van problemen met de metingen (het is zonder aanvullende analyse niet vast te stellen of deze verspringingen afkomstig zijn uit de metingen zelf, of dat deze zijn geïntroduceerd bij de verwerking van de meetgegevens). Door de hoogtevariaties in de metingen is het niet mogelijk om een trend vast te stellen in de in de hoogte van de wadplaten in deze dwarsdoorsnede.



Figuur 6-3 Dwarsdoorsnede 5 uit de opeenvolgende vaklodingen van west naar oost over de Vlakte van de Kerken (locatie in inzet)

## 6.4 Waardgronden

De Waardgronden is de naam voor het gehele wadplaatgebied dat zich uitstrekt vanaf de wadkust van Vlieland naar het zuiden, waar het plaatgebied aansluit bij de Vlakte van de Kerken. In de historische kaarten van het gebied is zichtbaar dat dit plaatgebied nooit doorsneden is door getijdegeulen.

Over de ontwikkeling van de plaathoogte van het gebied vallen geen uitspraken te doen, omdat net als wat is opgemerkt bij de Vlakte van de Kerken, de nauwkeurigheid van de lodingen hiervoor niet voldoende goed is.

<sup>3</sup> De wadlooptocht van Texel naar Vlieland is in 1962 voor het eerst in twee dagen uitgevoerd en in 1972 voor het eerst in één dag, volgens informatie op de website Wadgidsenweb: <https://www.wadgidsenweb.nl/klassiekers.html>

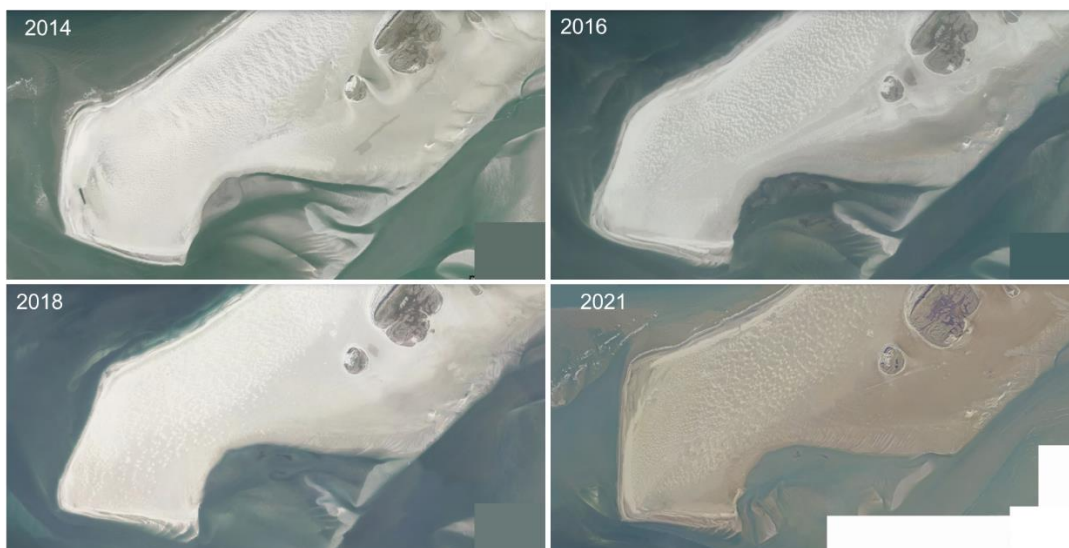
## 7 Duinen en strandvlakte

### 7.1 Inleiding

De noordkust van Texel, die ook wel de kust van Eierland wordt genoemd, wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van enkele duinen (waarop de vuurtoren staat) die worden beschermd door de Bolwerken en de Eierlandse dam. Aan de Vlielandse zijde van het Zeegat ligt de strandvlakte Vliehors. In tegenstelling tot de andere kombergingsgebieden in de Waddenzee is geen sprake van een landwaartse grens van het kombergingsgebied waar vastelandskwelders aanwezig zijn. Het enige kweldergebied dat grenst aan het kombergingsgebied Eierlandse gat is De Schorren, dat tegen de dijk van Texel aanligt. De Schorren liggen ter hoogte van de wantijzone tussen de kombergingsgebieden Eierland en Marsdiep en het gebied staat beschreven in het kombergingsrapport Marsdiep en Vlie (Oost et al., 2019). Bij De Schorren wordt bestudeerd in hoeverre het noodzakelijk is om de verdediging van de schorrand te versterken, om erosie ervan tegen te gaan (Esselink et al., 2022; Lofvers, 2022).

### 7.2 Vliehors

De Vliehors is een uitgestrekte strandvlakte, die een groot deel van het jaar droog ligt, maar die bij stormvloed (verhoogde waterstanden als gevolg van stormen) grotendeels onderstroomt. Een groot deel van de oppervlakte van de Vliehors wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van zeer lage duintjes, met een hoogte van maximaal enkele decimeters. De vorm en oriëntatie van de duintjes is zeer variabel, zoals zichtbaar is in de luchtfoto's in Figuur 7-1. De strandvlakte met zeer lage duintjes is onbegroeid.

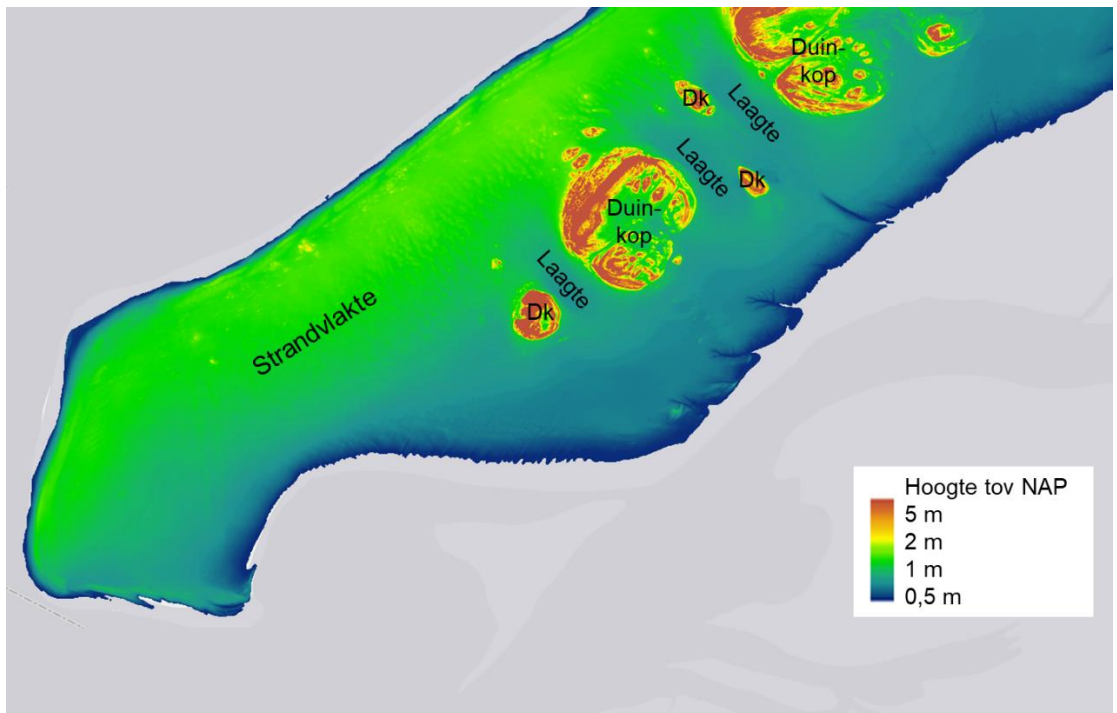


Figuur 7-1 Luchtfoto's van de Vliehors (Bron: Topotijdreis.nl).

De hoogtekartaart van de Vliehors in Figuur 7-2 laat zien dat de strandvlakte het hoogste is aan de noordzijde en geleidelijk afloopt naar de Waddenzee. Aan de noordoostzijde van de Vliehors zijn enkele ronde duincomplexen aanwezig, die in de hoogtekartaart in Figuur 7-2 zijn aangegeven met duinkop (DK). Tussen deze duinen kan bij verhoogde waterstanden het zeewater van de Noordzee naar de Waddenzeezijde stromen (aangeduid met Laagte in Figuur 7-2). In het beheerplan (Meijer et al, 2016) zijn deze gebieden aangeduid als washovers, maar

kenmerkende morfologische elementen van washovers, zoals een stroomgeul en een washoverlob met afgezet zand ontbreken.

De analyse van de hoogtegegevens van de Waddenzee en de kust heeft laten zien dat de Vliehors een belangrijk sedimentatiegebied is. Naar de oorzaak van de aanzanding op de Vliehors is het slechts gissen, wel kan worden vastgelegd dat de hele strandvlakte als 'sink' fungeert voor zand dat hier vanaf het strand naar toe wordt geblazen.



Figuur 7-2 Hoogtekaart van de Vliehors (AHN 4).

## 8 Onderliggende oorzaken voor morfologische ontwikkelingen

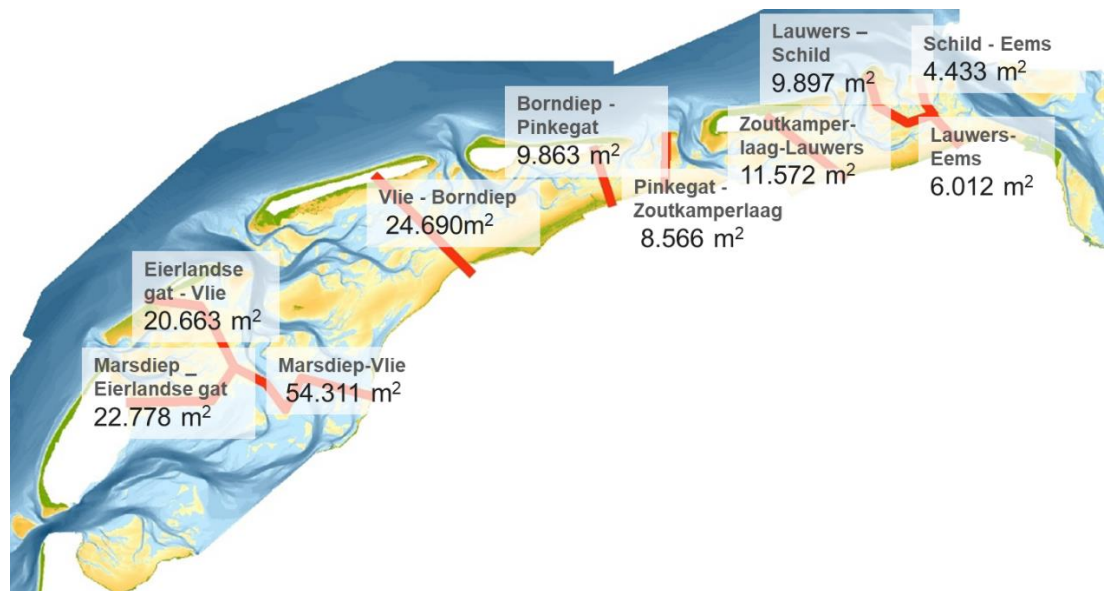
### 8.1 Inleiding

De voorgaande hoofdstukken geven een beschrijving van de waargenomen veranderingen in het kombergingsgebied Eierlandse gat. Tot nu toe is niet, of slechts in beperkte mate stilgestaan bij de oorzaken voor de waargenomen veranderingen. In dit hoofdstuk worden hypothesen geformuleerd over een aantal van de waargenomen veranderingen. Voor het beheer en de gebruikers is het belangrijk welke ontwikkelingen verwacht kunnen worden en daarom wordt ook aangegeven of de ontwikkelingen naar verwachting verder zullen gaan, of dat daar op basis van de huidige stand van kennis geen uitspraken over kunnen worden gedaan.

### 8.2 Veranderingen in de sedimentvolumes in het bekken in relatie tot de positie van het wantij

De analyses van de langjarige trends in de sedimentvolumes van het kombergingsgebied in hoofdstuk 4 laat een afname van het sedimentvolume zien. Het kombergingsgebied Eierlandse gat is het enige kombergingsgebied in het Nederlandse deel van de Waddenzee dat afneemt qua sedimentvolume, in alle andere kombergingsgebieden heeft een toename plaatsgevonden. De afname van het volume van het kombergingsgebied verloopt anders dan wordt verwacht op basis van het denkmodel voor de respons van de kombergingsgebieden op een stijgende zeespiegel. De verwachte response is bij stijgende zeespiegel netto sedimentatie optreedt.

Een mogelijke verklaring voor het optreden van de afname ligt in de afwijkende landwaartse grens van het Eierlandse gat in vergelijking met de andere kombergingsgebieden. De landwaartse grens bestaat bij het Eierlandse gat uit wantijzones, zonder een harde grens in de vorm van een dijk. De wantijzone is lang in vergelijking met de andere wantijen. De wantijzones vormen een open verbinding waarlangs water en sediment wordt uitgewisseld met de kombergingsgebieden van het Marsdiep en het Vlie. Door de lange wantijzone bij het Eierlandse gat is sprake van een relatief groot doorstroomoppervlakte en kan een grotere uitwisseling van sediment via het wantij plaatsvinden dan bij de andere kombergingsgebieden.



Figuur 8-1 Omvang van het doorstroomoppervlakte onder NAP +1 m voor de aangegeven routes (rode lijnen) over de wantijen in de Waddenzee.

Daar hoort nog wel een hypothese bij over de richting van het netto transport, dat is gericht vanuit het Eierlandse gat naar de aangrenzende kombergingsgebieden (en niet omgekeerd). Een voor de hand liggende verklaring daarvoor is de oriëntatie van de wantijzones ten opzichte van de overheersende westen en zuidwestenwind. Onder invloed van die windrichtingen vindt netto transport van water met sediment naar het oosten en noordoosten plaats, vanuit het Eierlandse gat naar Marsdiep en Vlie.

Zonder aanvullende kennis over de mechanismen die aan de geobserveerde veranderingen ten grondslag liggen, is het niet mogelijk om een voorspelling te doen over de toekomstige ontwikkelingen van de sedimentvolumes in het kombergingsgebied.

### 8.3 Afname van het Foksdiep en toename van het Keteldiep: geleidelijke en grootschalige verschuivingen van de wantijen

In het kombergingsgebied is aan de noordoostzijde een gestage uitbreiding waargenomen van de geulen en geultjes die vanuit het Keteldiep vertakken naar het oosten. Het Keteldiep zelf is daar ook in omvang toegenomen. Aan de zuidzijde zijn de omvang van het Foksdiep en Scheer afgenomen. Een toename van de omvang van een geul wijst op een toename van het kombergingsvolume van de betreffende geul. Het kombergingsvolume kan toenemen door een afname van de intertidale plaathoogte (omdat er dan meer water op de plaat kan worden geborgen bij dezelfde waterstand), of een vergroting van het gebied waarvan het water toestroomt naar de geul. Dat laatste betekent dat de lokale wantijen van de betreffende geul verplaatsen. Het omgekeerde geldt bij een afname van een geul.

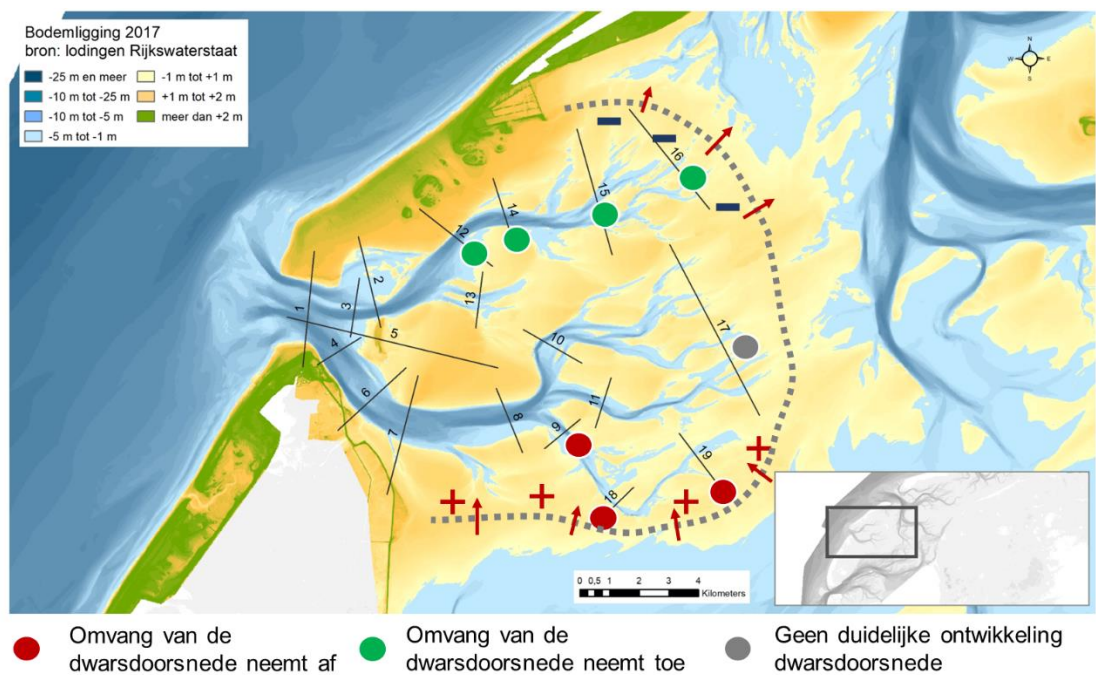
In het Eierlandse gat neemt het sedimentvolume trendmatig af. Een afname van het sedimentvolume van de platen betekent dat het kombergingsvolume toeneemt. Dat zou een verklaring kunnen zijn voor de toename van de geulen bij het Keteldiep, maar is zeker geen verklaring voor de afname bij Scheer en het Foksdiep. Op de Vlakte van de Kerken heeft wel sedimentatie plaatsgevonden, maar of deze dermate groot is dat hiermee de afname van de omvang van deze geulen kan worden verklaard is nog niet duidelijk. De uitbreiding van de geulen naar het oosten bij het Keteldiep wijst op een laterale uitbreiding van het kombergingsgebied naar het oosten, door het verschuiven van de wantijzone en dat is een ander manier waarop de toename van het kombergingsvolume van het Keteldiep kan hebben



plaatsgevonden. Mogelijk speelt het verschuiven van de wantijzone tussen de kombergingsgebieden Marsdiep en Eierlandse gat een rol bij de afname van het Foksdiep. Door het opschuiven van zuid naar noord van de wantijzone is het kombergingsvolume van het Foksdiep afgenomen. Aan de zuidzijde van het plaatgebied is de invloed van het kombergingsgebied Marsdiep toegenomen (Grasmeijer et al., 2022). De mogelijke verklaringen voor de veranderingen in de omvang van de geul zijn aangegeven in Figuur 8-2.

Door het verschuiven van de wantijzone verandert de vorm van het kombergingsgebied ook zeer geleidelijk. Het verschuiven van de wantijzones, waardoor het kombergingsvolume van het Foksdiep kan zijn afgenomen en het kombergingsvolume van het Keteldiep is afgenomen, is een ander mechanisme dan in de voorgaande paragraaf is beschreven, omdat het daar het transport van sediment door de wantijzone betreft. Het kan wel zo zijn dat de mogelijke aandrijvende mechanismen voor het transport door de wantijzone, zoals die zijn beschreven in de voorgaande paragraaf ook van toepassing zijn op het verplaatsen van de wantijzone.

Ook voor de ontwikkeling geldt dat zonder aanvullende kennis over de mechanismen die aan de geobserveerde veranderingen ten grondslag liggen, het niet mogelijk is om een voorspelling te doen over de toekomstige veranderingen.



Figuur 8-2 Veranderingen in de omvang van de geulen aan de landwaartse zijde van het kombergingsgebied en de mogelijke veranderingen in de plaathoogte (aangegeven met + en -) en in de positie van de wantijzone (grijze stippellijn, met pijlen die de richting van de verplaatsing aangeven).

## 8.4 Veranderingen in de geulen in de keel van het zeegat en op de buitendelta

In § 5.2 is de dynamiek van de geul op de buitendelta beschreven en in § 5.4 is de dynamiek van de eb- en vloedcharen aan de kombergingszijde in het Robbengat-Vogelzwin. De waargenomen veranderingen in het Robbengat gaan samen op met veranderingen op de buitendelta, maar hoe de oorzaak en gevolg relatie van de veranderingen in elkaar zitten is niet duidelijk. Treedt er een verandering in buitendeltadynamiek op door de verandering van de geulen, of initiëren de veranderingen op de buitendelta de splitsing van de geulen? Zonder aanvullende analyses is niet aan te geven welke oorzaken plausibel zijn. Vergelijkbare veranderingen binnen geulen treden ook op in andere geulen, die verder van de zeegaten

afliggen. Maar hier kan niet zonder meer worden uitgesloten dat veranderingen in de aanstroming al dan of niet in combinatie met veranderingen in de aanvoer van sediment vanaf de buitendelta deze ontwikkelingen beïnvloeden of zelfs sturen. Een gedetailleerde analyse van alle beschikbare data (JarKus, beheerlodgingen en vaklodgingen) kan naar verwachting beter inzicht in bieden in de exacte timing van de verschillende veranderingen ten opzichte van elkaar. Pas wanneer een dergelijke analyse beschikbaar is en er meer inzicht is in de onderlinge beïnvloeding en hypothesen worden geformuleerd over de mechanismen, kan worden vooruitgeblikt op de verwachte toekomstige ontwikkelingen.

## 8.5 Verplaatsing en opbouw van het supralitorale deel van de Steenplaat-Hengst-Ballastplaat

Nabij de keel van het zeegat is het supralitorale deel van de plaat de afgelopen dertig jaar steeds hoger geworden, waarbij deze in landwaartse richting is verplaatst, zoals is beschreven in §6.2 en geïllustreerd in Figuur 6-2. De veronderstelling is dat deze ontwikkeling het gevolg is van de golven die hier vanuit de Noordzee naar binnen lopen. Deze golven raken weliswaar op de buitendelta een belangrijk deel van hun energie kwijt door een combinatie van processen, maar zijn wel hoger dan meer landwaarts in het kombergingsgebied. De aanwijzingen voor het belang van de golven voor deze ontwikkeling worden gevonden in de vorm die het onderwaterprofiel gaandeweg heeft gekregen en dat tegenwoordig veel meer lijkt op een kustprofiel dan op een (veel steilere en concave) overgang van geul naar plaat.

Voor de voorspelling van de toekomstige ontwikkeling van deze supralitorale plaat gaan we uit van het bepalende belang van golven in het gebied. Verder kijken we naar reeds opgetreden veranderingen bij ander supralitorale platen in andere zeegaten, zoals de Zeehondenplaat in het Borndiep (Oost et al., 2017). De waargenomen veranderingen tot nu bestaan uit:

- Landwaartse verplaatsing van het hele kustprofiel, inclusief het hoge deel van de zandbank;
- Vervorming van het kustprofiel, van een steile overgang naar een geul, tot een flauw oplopend profiel;
- Toename van de hoogte van het hoogste deel van de zandbank.

Deze veranderingen kunnen niet zonder meer worden geëxtrapoleerd. Bij een verdere landwaartse verplaatsing en verflauwing van het profiel zullen steeds minder golven de plaat bereiken. Daarmee neemt in ieder geval een deel van de aandrijvende krachten van deze veranderingen af, zodat de snelheid van de veranderingen zal afnemen. De toename van de hoogte verloopt iets complexer, want zodra deze hoogte voldoende is toegenomen, wordt de opbouwende rol van de golven overgenomen door duinvorming onder invloed van de wind. Dit is bijvoorbeeld de situatie op Griend tussen Vlieland en Terschelling (Oost et al., 2019).

De veilige veronderstelling is dat de snelheid van alle drie de veranderingen zal afnemen bij het supralitorale deel van de plaat. Daarbij horen nog twee opmerkingen: 1) Een forse storm, met flink verhoogde waterstanden en hoge golven kan leiden tot een afvlakking/verlaging van de gehele supralitorale plaat, of een deel ervan. En 2) indien op het zeewaartse profiel een nieuwe zandbank wordt aangevoerd vanuit de buitendelta, kan deze aangroeien aan de plaat, of een nieuwe supralitorale bank vormen zeewaarts van de huidige (een ontwikkeling die is opgetreden bij Het Rif in het Friesche Zeegat; Oost et al, 2020).

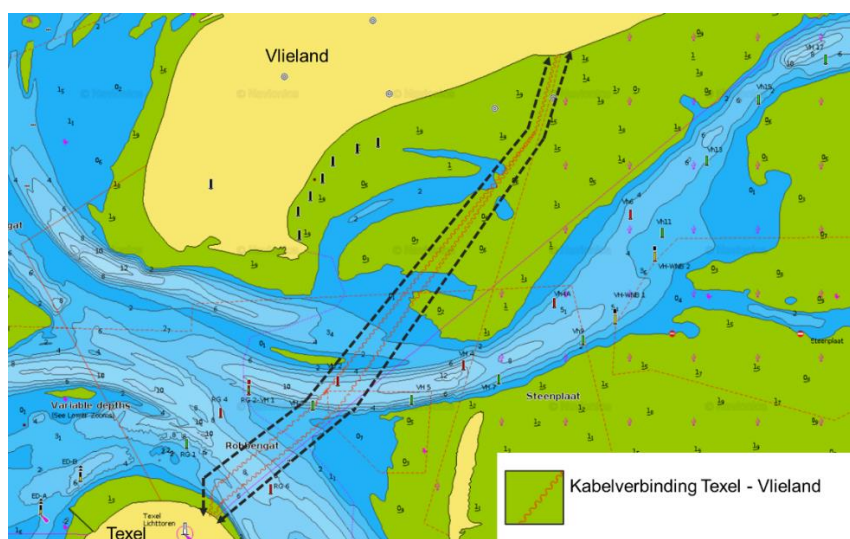
## 9 Relatie morfologie en gebruiksfuncties

### 9.1 Inleiding

Het Eierlandse gat kent, in tegenstelling tot vrijwel alle andere kombergingsgebieden, slechts een beperkt aantal gebruiksfuncties die een relatie hebben met de morfologie. Het gebied kent geen havens van betekenis en hier is geen veerverbinding tussen het vasteland en een Waddeneiland. De gebruiksfuncties waar morfologische veranderingen invloed op kunnen hebben zijn de kabelverbindingen tussen Texel en Vlieland, de recreatie en de bescherming tegen overstromingen van Texel. Ook het vissen in het Eierlandse gat wordt beïnvloed door morfologische veranderingen, maar vanwege de sluiting van het Eierlandse gat voor garnalenvisserij per 1 oktober 2022<sup>4</sup> wordt hier niet nader op ingegaan. De Vliehors is in gebruik als oefengebied voor de luchtmacht. Straaljagers schieten op gronddoelen, werpen bommen af en vuren raketten af. De morfologische veranderingen op en langs de randen van de Vliehors hebben geen invloed op deze oefeningen van defensie.

### 9.2 Kabelverbindingen

In de hydrografische kaart staan twee kabels aangegeven tussen Vlieland en Texel. Uit de kaart is niet op te maken welke functie deze kabels hebben en of de kabels nog in gebruik zijn. Voor kabels is het belangrijk dat deze voldoende diep begraven zijn, zodat deze niet geraakt kunnen worden door ankers of boven de zeebodem gaan “zweven”, omdat ze dan kunnen beschadigen. Verplaatsing en verdieping van de geulen kan leiden tot een afname van de begraafdiepte en uiteindelijk tot het vrij komen te liggen van de leidingen. Bij de aanleg van leidingen in de Waddenzee wordt rekening gehouden met de verwachte morfologische veranderingen, door de kabels dieper aan te leggen op die plekken waar toekomstige verdiepingen worden verwacht. Om te controleren of de kabels niet alsnog vrij komen te liggen, worden de tracés gemonitord. Wanneer de bedekking van de kabels te klein wordt, dan wordt deze opnieuw begraven of afgedekt.

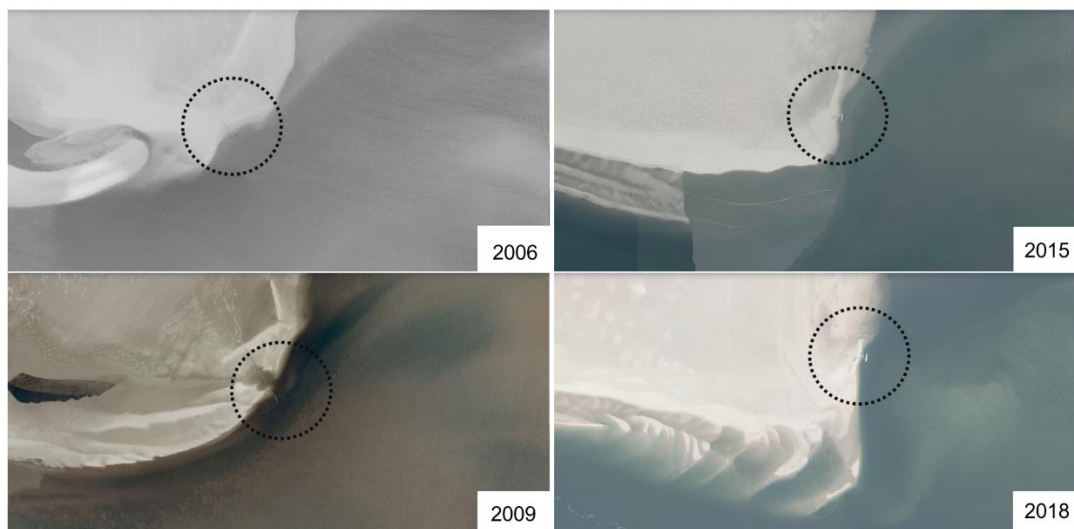


Figuur 9-1 Kabelverbindingen tussen Texel en Vlieland door het Eierlandse gat, zoals aangegeven in Hydrografische kaart (bron webapp.Navionics.com).

<sup>4</sup> Uitvoeringsregeling visserij, Ministerie van LNV.

### 9.3 Recreatie

Het Eierlandse gat vervult verschillende rollen voor de recreatie. Tussen Texel en Vlieland wordt bijvoorbeeld in het seizoen (van het late voorjaar tot in de herfst) een toeristische veerverbinding onderhouden tussen Texel (Eierland) en de Vliehors door het schip “De Vriendschap”. Op de Vliehors wordt het verdere transport verzorgd door de Vliehors-expres. Bij deze verbinding is geen sprake van vaste aanlandlocaties en veerinrichtingen. Ieder seizoen wordt een tijdelijke steiger geplaatst, waarvan de locatie wordt aangepast op de morfologische veranderingen. De aanlandlocatie bij Texel wordt ieder jaar op dezelfde locatie opgebouwd, omdat het Robbengat niet grootschalig verplaatst. De aanlandlocatie bij de Vliehors wordt frequent verplaatst, omdat de geulen en ondieptes bij de Vliehors veranderen van locatie. In de vier luchtfoto's in Figuur 9-2 is de locatie van het aanlandingspunt zichtbaar in 2006, 2009, 2015 en 2018. De locatie die in 2018 in gebruik was, is tegenwoordig niet meer bereikbaar door verondiepingen.



Figuur 9-2 Locatie van het aanlandingspunt op de Vliehors voor de verbinding tussen Texel en Vlieland (bron: Kaartmateriaal via Topotijdreis).

Wadlopen is een andere activiteit die wordt beïnvloed door morfologische veranderingen. Door aanpassingen aan de route is het nog steeds mogelijk om van Texel naar Vlieland te lopen (waarbij ongeveer de wantijzone wordt gevolgd die met de grijze stippellijn is aangegeven in Figuur 8-2).

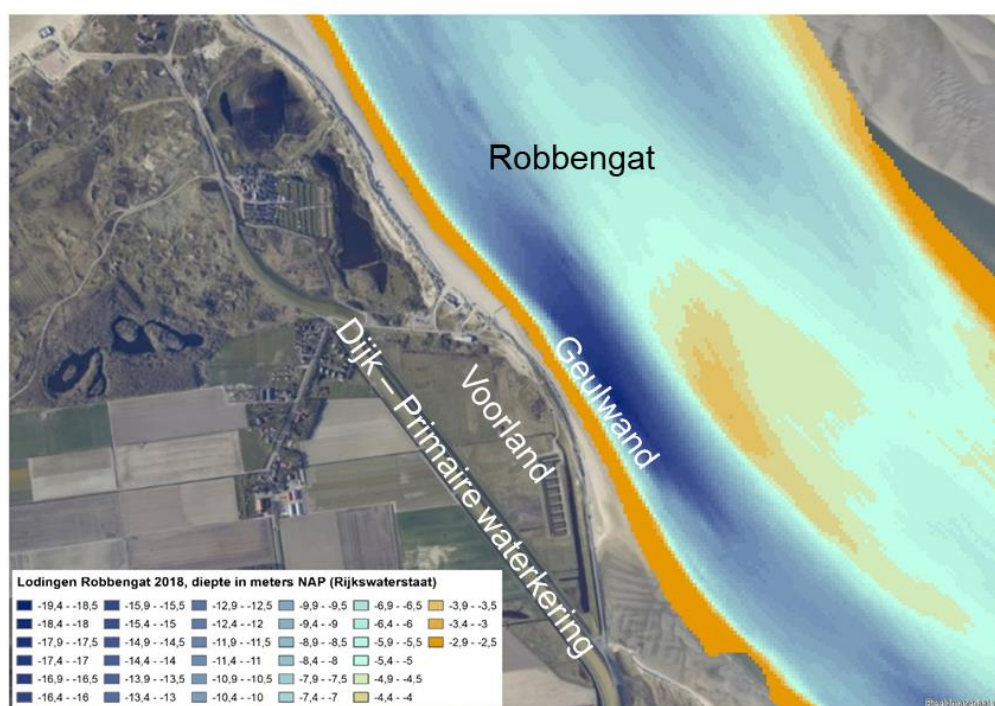
Bij de Cocksdorp op Texel ligt een korte steiger in de Waddenzee. Hier kunnen kleine schepen aanmeren. De bereikbaarheid van deze steiger voor de schepen is mede afhankelijk van de geul die naar het Robbengat loopt. Deze geul is aan veranderingen onderhevig.

### 9.4 Bescherming tegen overstromingen

Texel wordt beschermd tegen overstromingen door de primaire waterkering, die aan de Noordzeezijde bestaat uit de duinen en aan de Waddenzeezijde uit de dijk. De overgang van duinen naar dijk ligt bij het duincomplex ten zuiden van de vuurtoren. Naast de dijk en de duinen zelf speelt ook het gebied aan de zeezijde ervan een belangrijke rol bij de bescherming tegen overstromingen. Bij de duinen doet het zand op het strand en op de vooroever mee om tijdens zware stormcondities de duinafslag te beschermen. Omdat dit niet in het kombergingsgebied ligt, worden de duinen in het voorliggende rapport buiten beschouwing gelaten. Ook bij dijken en bij overgangen van dijk naar duinen speelt het gebied zeewaarts van de dijk een belangrijk rol. De aanwezigheid van een ondiep voorland voor de dijk beperkt

bijvoorbeeld de golfaanval op de dijk. De aanwezigheid van een diepe geul met steile geulwand voor de dijk kan van invloed zijn op de stabiliteit van de dijk. Morfologische veranderingen kunnen leiden tot veranderingen in de omvang van het voorland en kunnen de helling van de geulwand en de diepte van geul veranderen. In het verleden zijn de ontwikkelingen van het Robbengat aanleiding geweest voor het aanbrengen van steenbestortingen. De steenbestortingen hebben een dubbele functie. Bestortingen voorkomen dat verdere erosie plaatsvindt door landwaartse verplaatsing van de geul en bestortingen stabiliseren de geulwand.

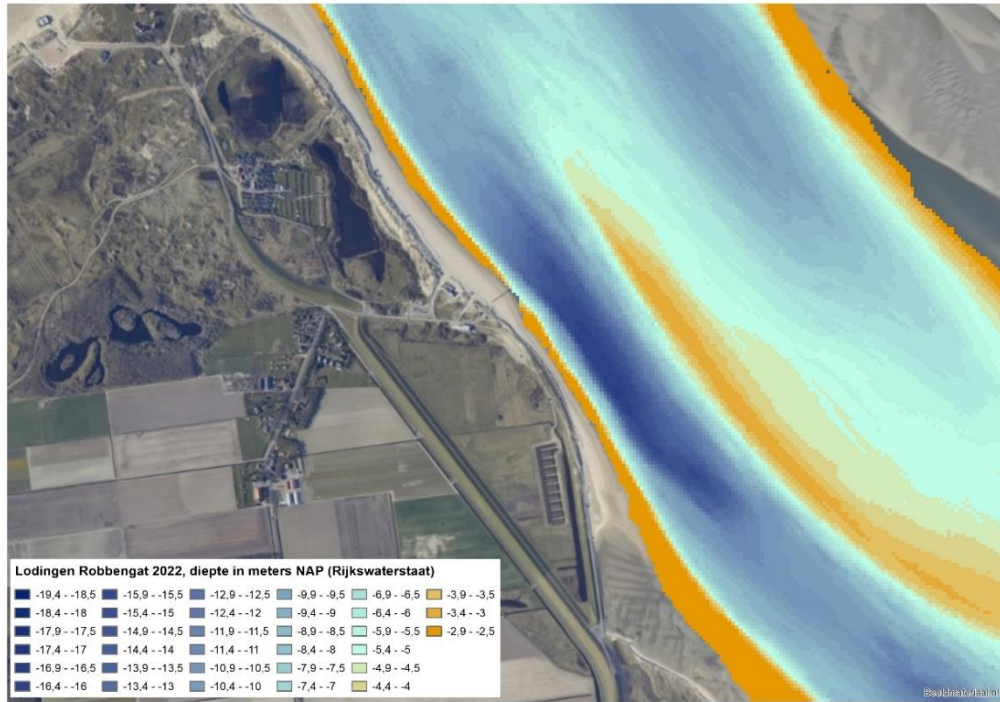
In het Robbengat vinden veel morfologische veranderingen plaats, zoals is beschreven in paragrafen 5.2 en 5.4. Deze morfologische veranderingen leiden ook tot veranderingen van de geul nabij het voorland van de dijk. Deze veranderingen zijn zichtbaar door gedetailleerde dieptekaarten van het gebied te vergelijken. Figuur 9-3 toont de situatie in 2018 en Figuur 9-4 geeft de situatie in 2022 weer. Bij een vergelijking van de kaarten vallen vooral de verschillen in de zandbank in het Robbengat op. De kaart met de diepteverschillen tussen de beide kaarten in Figuur 9-5 laat zien dat ook de andere delen van het Robbengat verplaatsen. Voor de waterkering met zijn voorland is het van belang dat de geulwand in landwaartse richting is verplaatst (zichtbaar als de blauwe band die parallel aan de kust loopt). Ook belangrijk voor de stabiliteit van de oever is de afname van de diepte van het diepste deel van het Robbengat (zichtbaar als het rode gebied ter plaatse van het diepere deel van de geul).



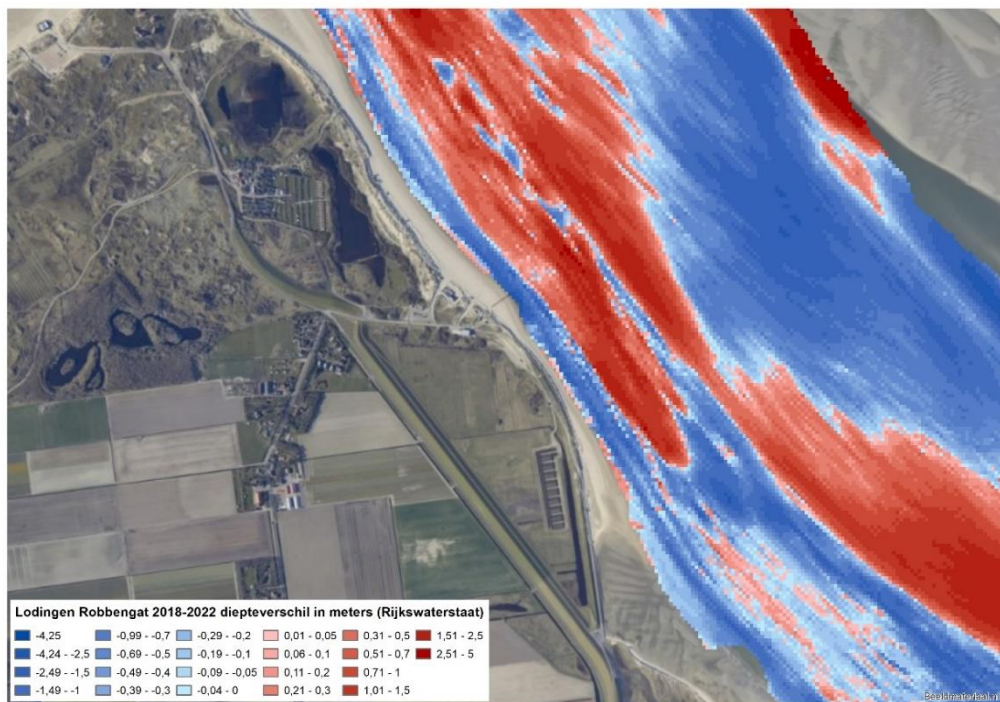
Figuur 9-3 Waterdiepte van het Robbengat in 2018, bij het diepste punt van de geul (bron beheerlodigen Rijkswaterstaat).

De waargenomen veranderingen zijn niet direct van invloed op de veiligheid tegen overstromingen, onder andere omdat sprake is van een breed voorland dat voor de dijk ligt. Maar deze veranderingen laten wel zien dat het belangrijk is om de veranderingen van met name het Robbengat nabij de kust van Eierland goed in de gaten te houden. Deze veranderingen worden enerzijds beïnvloed door de lokale dynamiek zoals beschreven in § 5.4 en anderzijds door grootschalige veranderingen, zoals de afname van de omvang van het Foksdiep, die wordt beschreven in 5.7. Vanwege de relatief beperkte omvang van het Foksdiep

ten opzichte van de omvang van het Robbengat (verhouding doorstroomoppervlakte van 1:5) lijkt de invloed hiervan minder groot dan de lokale dynamiek.



Figuur 9-4 Waterdiepte van het Robbengat in 2022, bij het diepste punt van de geul (bron beheerlodigen Rijkswaterstaat).



Figuur 9-5 Verschil tussen de waterdiepte van het Robbengat in 2018 (Figuur 9-3) en 2022 (Figuur 9-4), bij het diepste punt van de geul (bron beheerlodigen Rijkswaterstaat). De blauwe kleuren betekenen dat de geul dieper is geworden en de rode kleuren betekenen dat de geul ondieper is geworden.

# 10 Referenties

## Kombergingsrapporten

- Oost, A.P. & J. Cleveringa, 2017. Morfologie Kombergingsgebied Borndiep; KPP 2017 BO03 Waddenzee Kennisontwikkeling morfologie en baggerhoeveelheden. Deltares rapport met kenmerk 11200521-000-ZKS-0004.
- Oost, A.P., J. Cleveringa & M. Taal, 2019. Morfologie Kombergingsgebieden Marsdiep en Vlie; Beheerbibliotheek Waddenzee, versie 2019. Deltares rapport met kenmerk 11203669-000-ZKS-0006.
- Oost, A.P., J. Cleveringa & M. Taal, 2020. Kombergingsrapport Friesche Zeegat; Pinkegat en Zoutkamperlaag. Deltares rapport met kenmerk 11205229-001-ZKS-0002.
- Elias, E. & J. Cleveringa, 2021. Kombergingsrapport Lauwers en Groninger Wad. Deltares rapport met kenmerk 11206799-002. Versie 2.3.

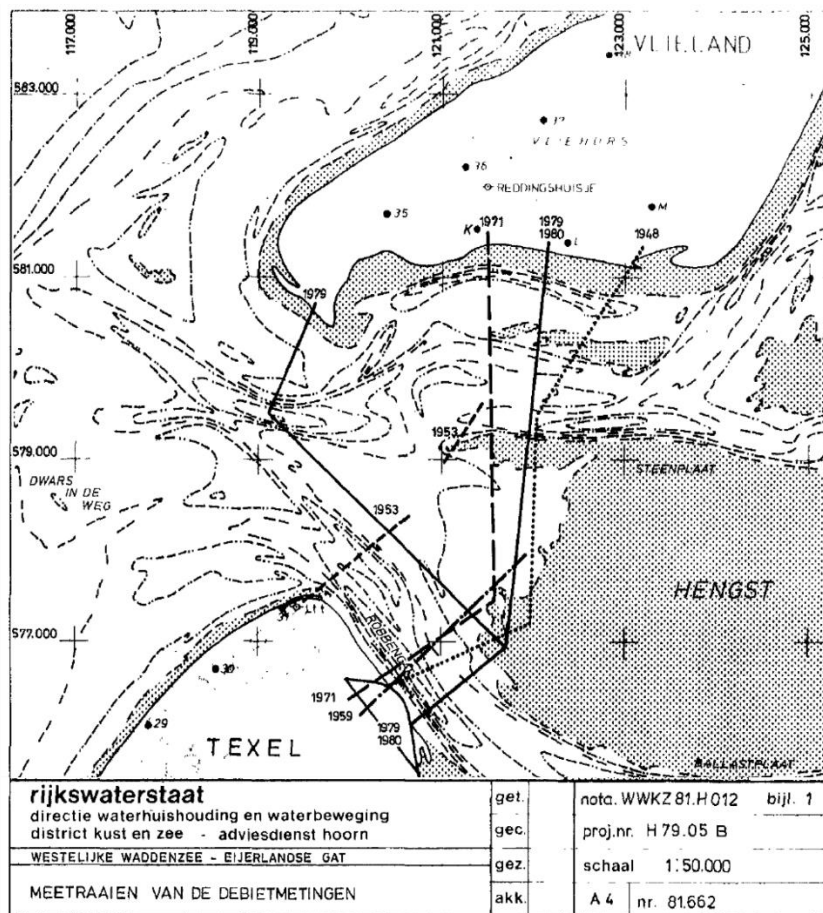
## Overige referenties

- Baart, F., G. Rongen, M. Hijma, H. Kooi, R. de Winter & R. Nicolai, 2019. Zeespiegelmonitor 2018; De stand van zaken rond de zeespiegelstijging langs de Nederlandse kust. Deltares. Rapport met kenmerk 11202193-000-ZKS-0004.
- Cleveringa, J., 2007. MER verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde. Achtergronddocument morfologische ontwikkeling Westerschelde. Fenomenologisch onderzoek naar de ontwikkelingen op meso-schaal.
- Colina Alonso, A. 2020. Evolutie van het bodemslib in de Waddenzee; Data analyse. Deltares rapport met kenmerk 11205229-001-ZKS-0003.
- De Leeuw, C., 2020. Duurzame bescherming en ontwikkeling van dynamische Waddenzeenatuur – Brochure 1: Morfologische veranderingen. Rijkswaterstaat Noord-Nederland, Leeuwarden
- Elias, E.P.L., van der Spek, A.J.F., Wang, Z.B., de Ronde, J., 2012. Morphodynamic development and sediment budget of the Dutch Wadden Sea over the last century. Netherlands Journal of Geosciences.
- Elias, E.P.L., 2018. Een actuele sedimentbalans van de Westelijke Waddenzee (1933-2015). Rapport Deltares, 11202190-000-ZKS-0013, 85p.
- Elias, E., 2022. Morfologische ontwikkeling van het Eierlandse Gat. Deltares rapport.
- Endema, D., 1978. Morfologische ontwikkeling van het Eierlandse Gat. WWKZ-78.H227. Rijkswaterstaat, 18 p.
- Esselink, P. M. van Puijenbroek & J. T. van der Wal, 2022. Onderzoek herstel strekdammen De Schorren. Presentatie voor bijeenkomst De Schorren 16 mei 2022.
- Joustra, D.S., 1971. Geulbeweging in de buitendelta's van de Waddenzee. Rapport W.W.K. 71-14, Rijkswaterstaat, 60 p.
- Glim, G.W., Kool, G., Lieshout, M.F., de Boer, M., 1988. Erosie en sedimentatie in de binnendelta van het Zeegat van het Vlie 1932-1983. Report ANWX-88.H204, deelonderzoek 3. Rijkswaterstaat directie Noord-Holland. 56pp.

- Grasmeijer, B., J. Vroom & L. Jaksic, 2022. Verkenning morfologische ontwikkeling westelijke Waddenzee. Delatres rapport met kenmerk 11208040-005-ZKS
- Kok, J.M., 2005. Morfologische effecten van de Eijerlandse Dam. Rapport RIKZ/2005.003. Rijkswaterstaat – RIKZ, den Haag.
- Lofvers, E., 2022. Presentatie Morfologische ontwikkelingen Westelijke Waddenzee, Vlake van Kerken. Presentatie voor bijeenkomst De Schorren 16 mei 2022.
- LTV V&T Consortium Deltares-IMDC-Svasek-Arcadis, 2013, Ontwikkeling mesoschaal Westerschelde (factsheets). LTV V&T-rapport K-16.
- Meijer, J. G. Vriens & E. J. Lammerts, 2016. Natura 2000-beheerplan Vlieland. Rijksdienst voor Ondernemend Nederland rapport.
- Rakhorst, H.D. & S.T. Pwa, 1993. Morfologische en technische haalbaarheidsstudie naar zeewaartse kustverdediging Eierland; Morfologische Werkgroep Eierland. Rijkswaterstaat Nota ANV-93.01; Rapport DGW-93.012.
- Rijkswaterstaat, 1947. Rapport Eierland.
- Rijkswaterstaat, 1993. Kustverdediging Eierland, Eindrapportage van de projectgroep. Rijkswaterstaat, Directie Noord-Holland, Haarlem, 21 p
- Rijkswaterstaat, 2013. Kenmerkende waarden Getijgebied 2011.0. Rapport.
- Schoorl, H., 1999. De Convexe Kustboog 3; Vlieland.
- Taal, M. D. Mastbergen, J. Cleveringa, R. Schrijvershof, Y. Plancke, Z. Wang, J. van der Werf & A. van der Spek, 2019. Mesoschaal Westerschelde, integratierapport 2014-2018 Deltares rapport
- Van der Vegt, J., 1865. Memorie nopens den vroegeren en tegenwoordigen toestand van Vlieland, van de Vliehors, van het Eierlandse Gat en van de zeegaten in het algemeneen.
- Vos, P., J. Bazelmans, M. van der Meulen & H. Weerts, 2015. Atlas van Nederland in het Holoceen; Landschap en bewoning vanaf de laatste ijstijd tot nu.



# A Historische reconstructies



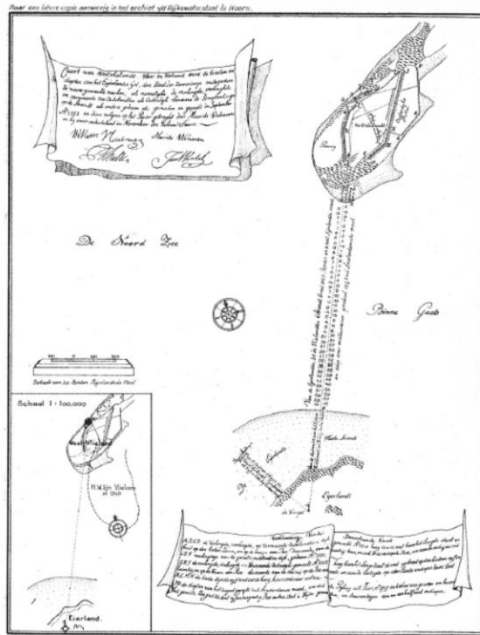
	WIND		GETIJ AMPLITUDE		MIDDENSTANDS-VLAK		DEBIETEN VLOED			DEBIETEN EB		
	v in m/s	richting	vloed	eb	vloed	eb	Robben-gat	Engels-mangal	totaal	Robben-gat	Engels-mangal	totaal
Juni 1948			3 dagen gem. 142 Den Helder				88	45	133	72	35	107
24 JUNI } 1953	6-10	N	142	139	+0,10	-0,22	99,8			91,4		
26 JUNI }			149	160			(93,6)			(112,0)		
24 en 25 SEPT. 1959	0-4	W	133	134	+0,00	-0,30	83,7			88,4		
			(119)	(119)								
24 en 25 MAART 1971	7-10	ZW	164	174	+0,27	-0,10	103,3	83,4	186,7	88,2	62,5	150,7
							(103)	(85)	(188)	(94)	(65)	(159)
8 JUNI 1971	0-4	N	161	172	+0,10	-0,25	97	69	166	92,5	64,5	157
9 JUNI 1971	0-4	N	171	176	+0,05	-0,32	100	70	170	97,5	65,7	163
29 en 30 MAART 1979	8-12	N	215	219	+0,22	-0,25	131	110	241	145	106	250
							(123,5)	(92)	(216)	(139,5)	(97)	(237)
10 en 11 APRIL 1979	7-10	Z.O.	177	191	-0,05	-0,43	106	76	182	112	74	186
							(104)	(76,5)	(180,5)	(110,7)	(65,5)	(176,2)
9 SEPTEMBER 1980	8-12	NW.	188	189	+0,50	+0,10	148	113	261	121	87	208
							(128)	(108)	(236)	(116)	(99,0)	(215)
10 SEPTEMBER 1980	8-17	Z.W.	190	175	+0,35	+0,02	119	90	209	110	95	206
							(119)	(108)	(227)	(108)	(102,0)	(210)

GETIJ GEGEVENS UIT PEILSCHALEN IN EIJERLANDSE GAT.  
 DEBIETEN TUSSEN HAAKJES ZIJN BEPAALD UIT PUNTDEBIETEN, DE ANDERE  
 DEBIETEN ZIJN BEPAALD UIT RAAIDEBIETEN.

Figuur A- 1: Overzicht van de debietmetingen uitgevoerd tussen 1948 en 1980 (Bron. Rakhorst, 1981).

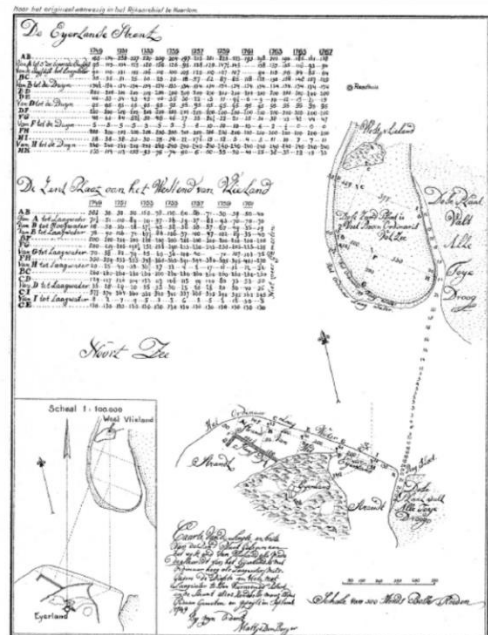
# B Kaarten

## B.1 Historische kaarten



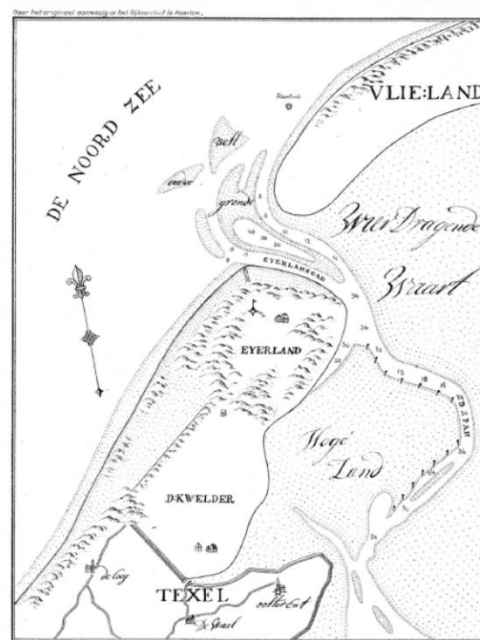
1722 Caart van WEST-VLIELANDT waar in vertoond werd de breedten en diepten van het EURLANTSE GAT, den Slaal der zoevringe misgeders de nieuwgemaekte werken, gemeeten en gepeijlt in September A° 1722 en by ons onderteekent in November des zeiven Jaars WILLEM VLEERTMAN, MAURITS WALRAVEN, PIETER MULLER en JAN WENTEL.

Oriëntatiepunten ↻ Ⓢ Schaal 1: 50.000 - 1:100.000



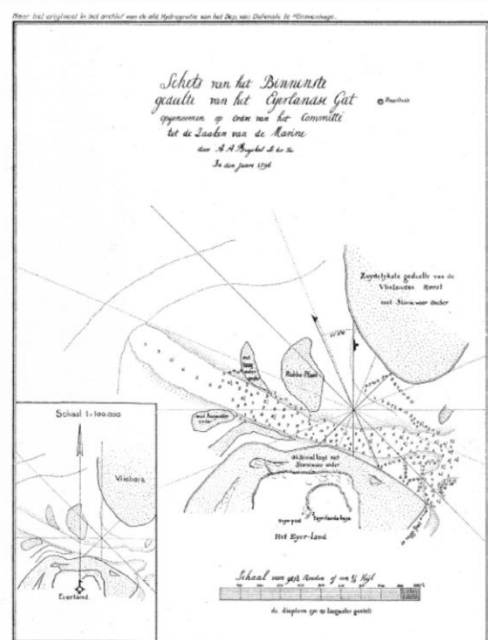
1749 Caarte van de lengte en brete van de Zand Plaat gelegen aan het westend van VLIELAND als mede de Strandt van het EURLAND so met Ordinaar hoog als Laagwater mis-geders de Diepte in Voete met Laagwater tussen Voornoemde Plaat ende Strant alles Hondsbosse maal Aklus gedaen gemeeten en gepeijlt in Sept. 1749. Bij mijn Onderz. MATTUS den BERGER.

Oriëntatiepunten ↻ Ⓢ Schaal 1: 50.000 1:100.000



1780 Kaart van onbekende oorsprong (Vertoont veel overeenkomst met ged. van de GENERAAL FIGURATIVE KAART van 1781).

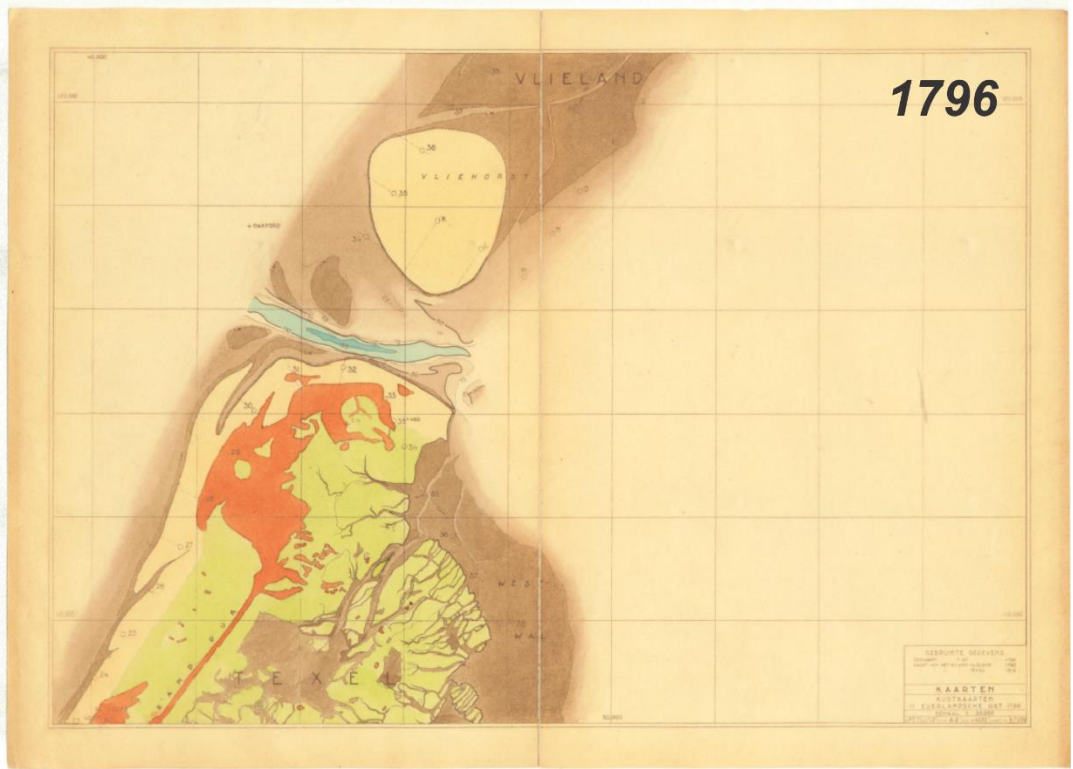
Oriëntatiepunten ↻ Ⓢ Schaal 1: 100.000



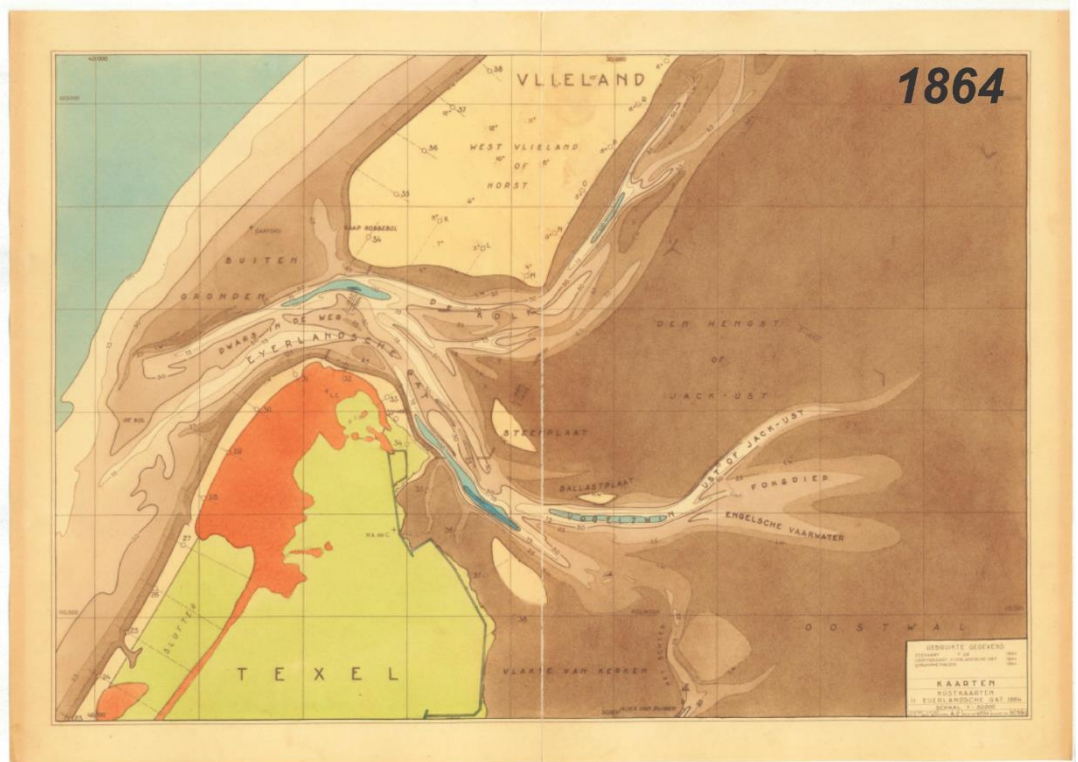
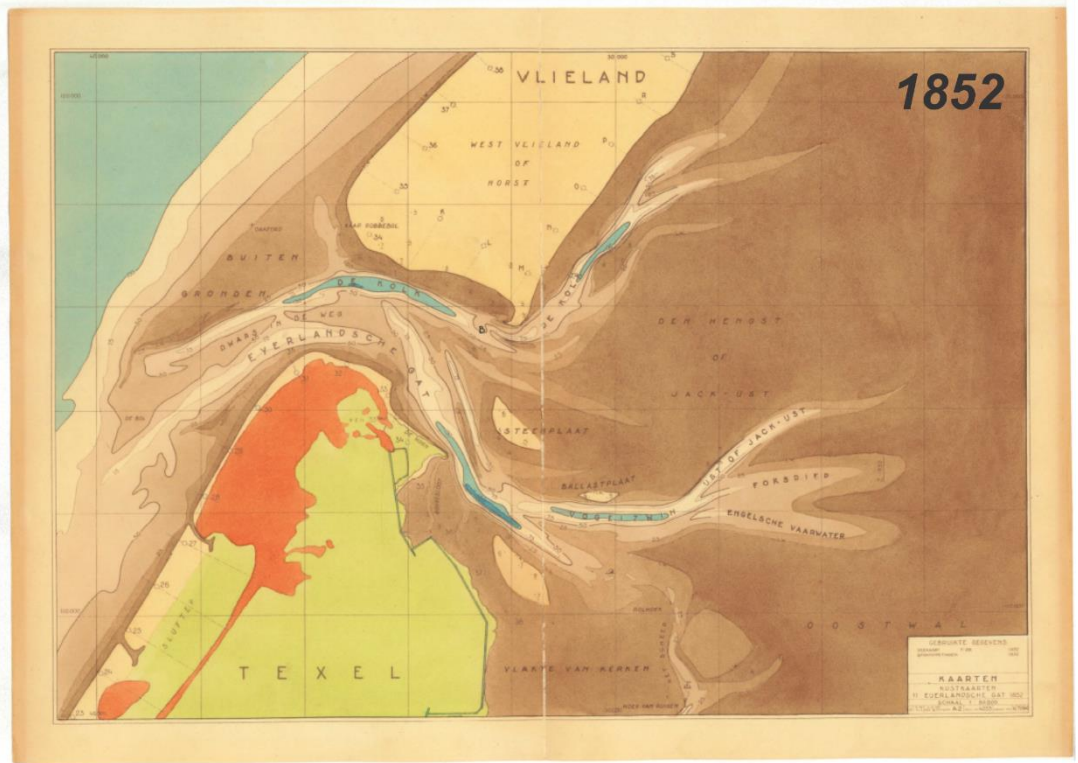
1796 Schets van het Binnenste gedeelte van het EURLANTSE GAT opgenomen op Ordre van het Comité tot de Zaaken van de Marine door A.A. BUUSKES Lt. ter Zee In den Jaere 1796.

Oriëntatiepunten ↻ Ⓢ Schaal 1: 50.000 - 1:100.000

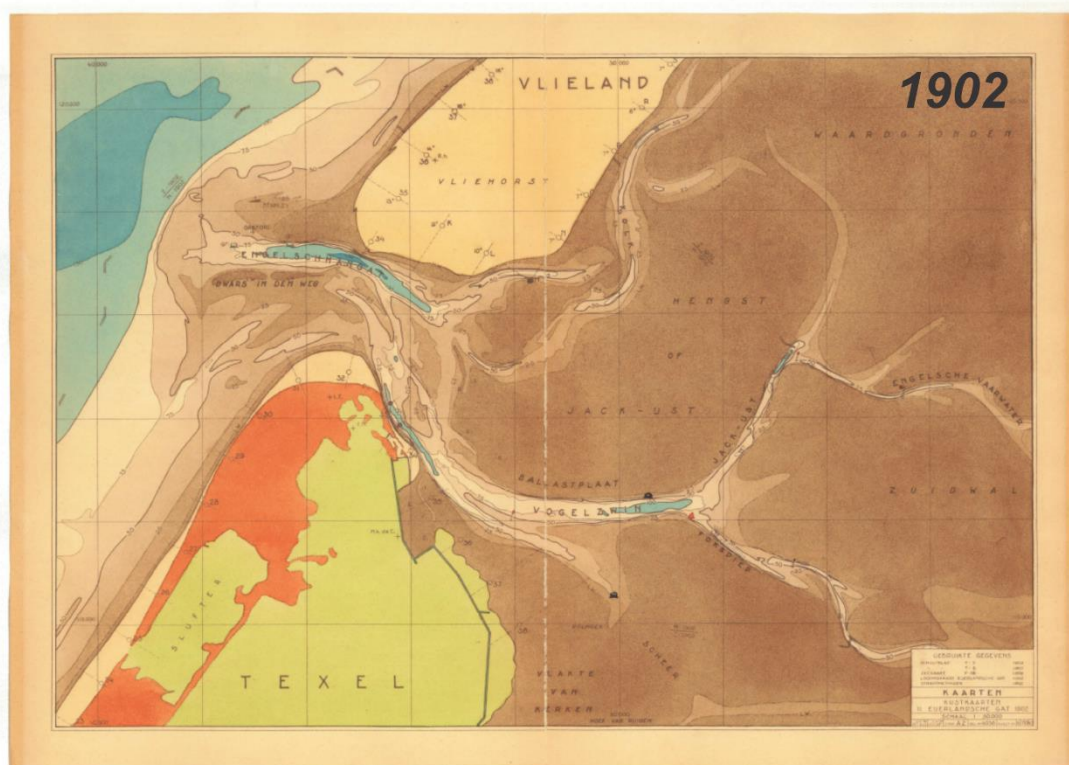
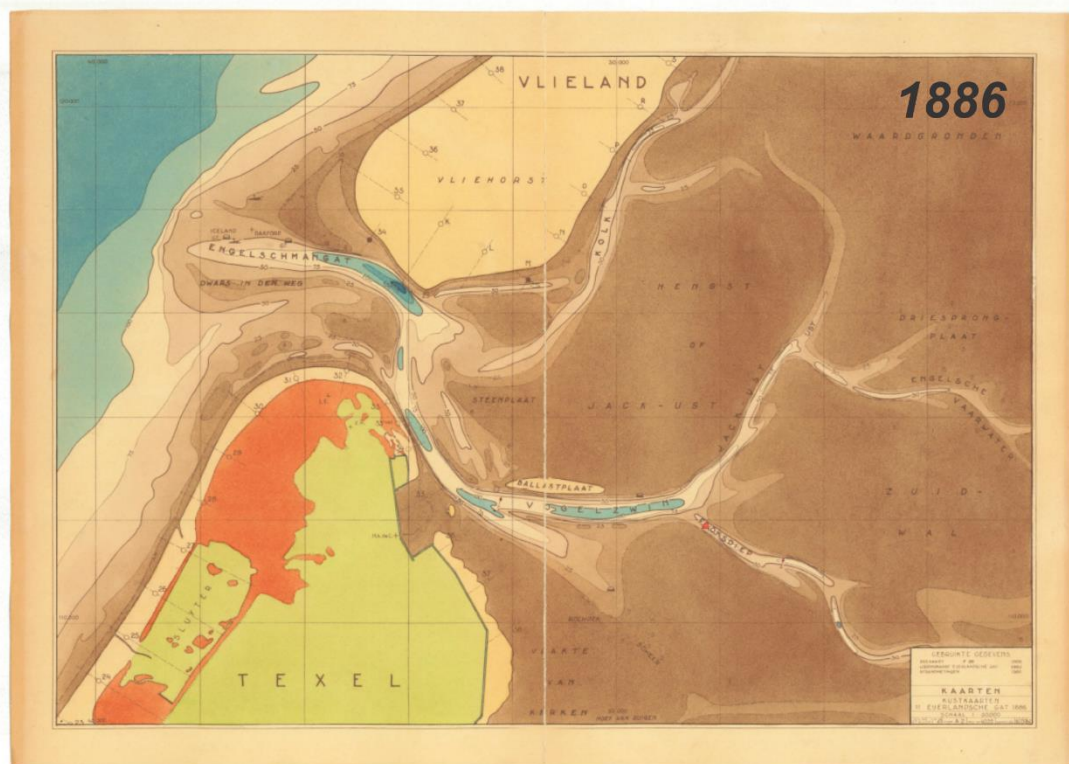
Figur B- 1: Historische kaarten opgenomen tussen 1722 en 1796 (Bron: Van der Vegt, 1865; Rijkswaterstaat, 1938).



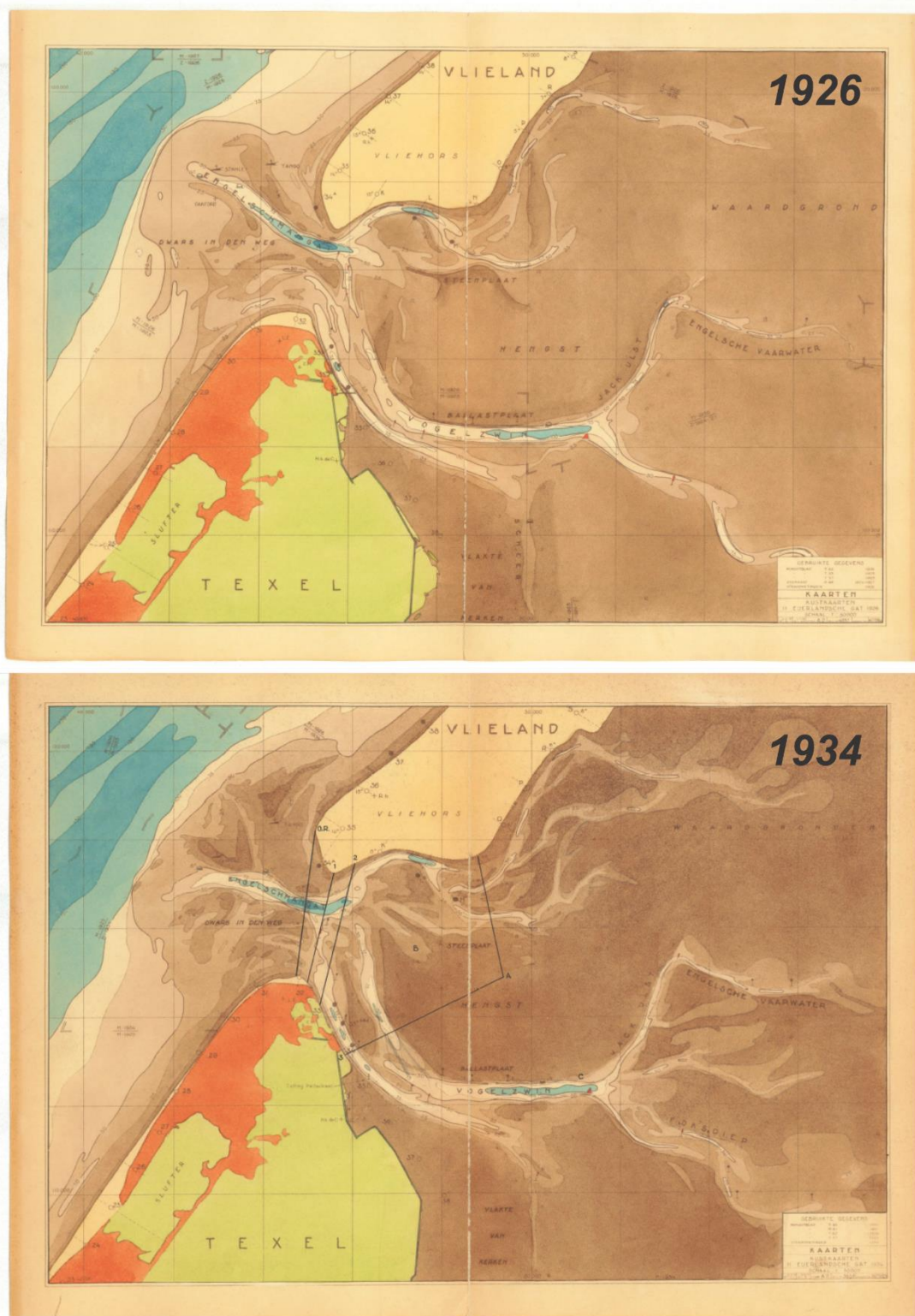
Figuur B- 2: Hydrografische kaart voor de jaren 1796 en 1809.



Figuur B- 3: Hydrografische kaart voor de jaren 1852 en 1864.

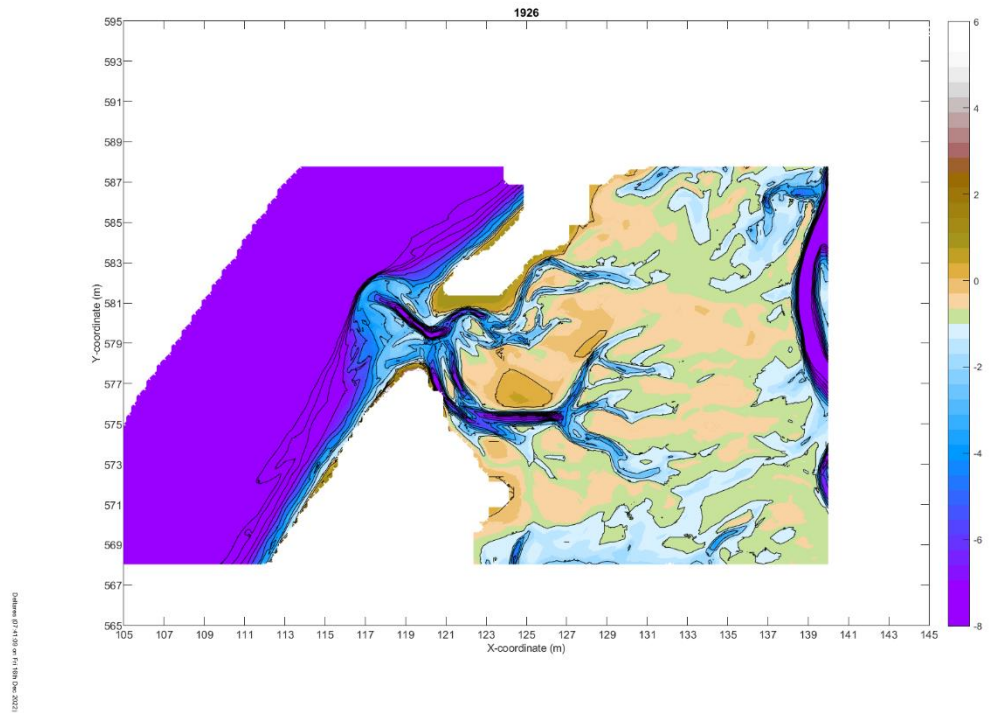


Figuur B- 4: Hydrografische kaart voor de jaren 1886 en 1902.

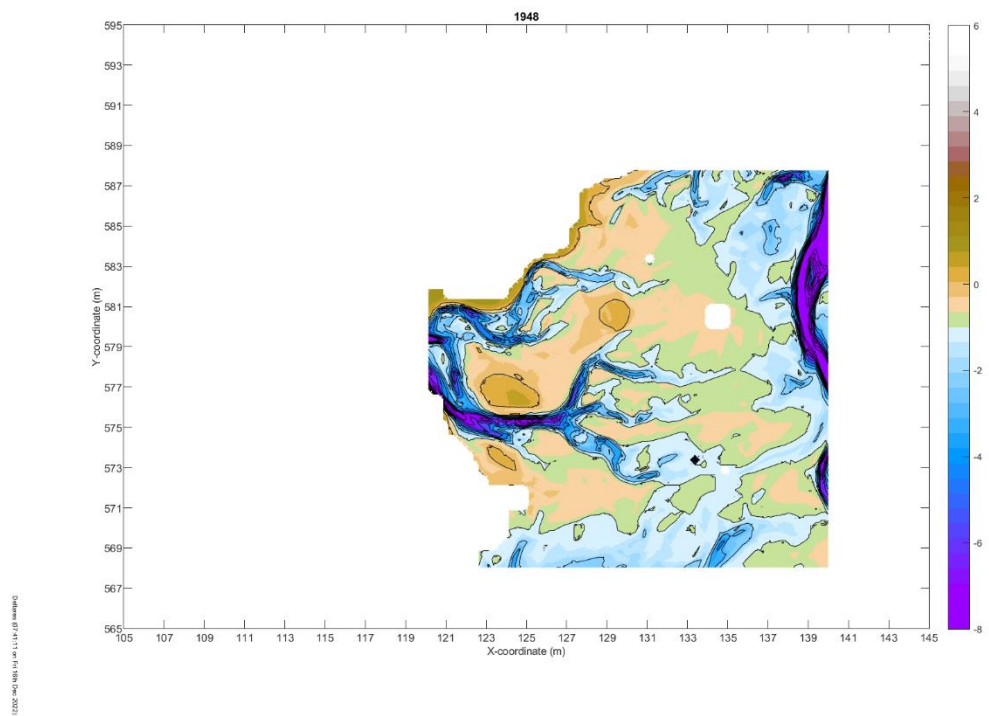


Figuur B- 5: Hydrografische kaart voor de jaren 1926 en 1934.

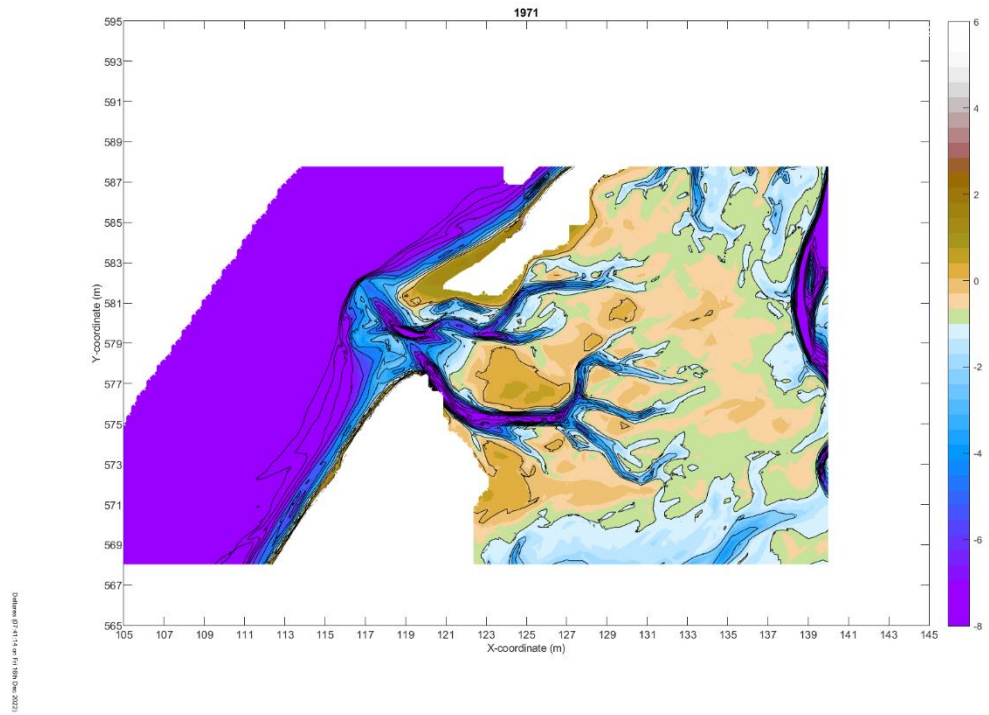
## B.2 Vaklodingen



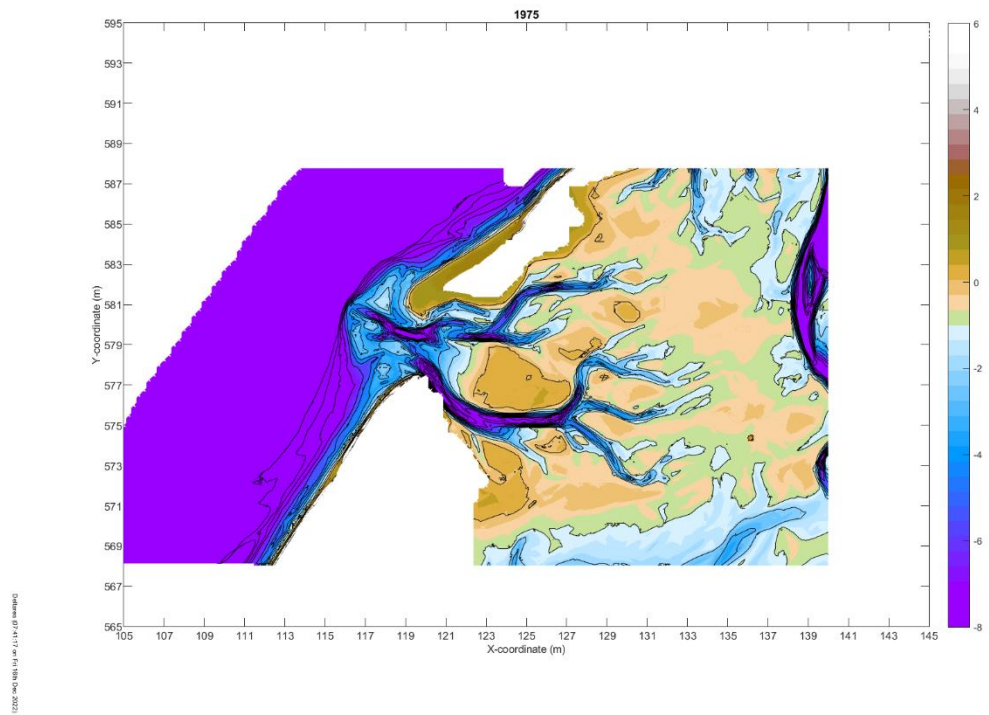
Figur B- 6: Vaklodingen kaarten voor het jaar 1926.



Figur B- 7: Vaklodingen kaarten voor het jaar 1948.

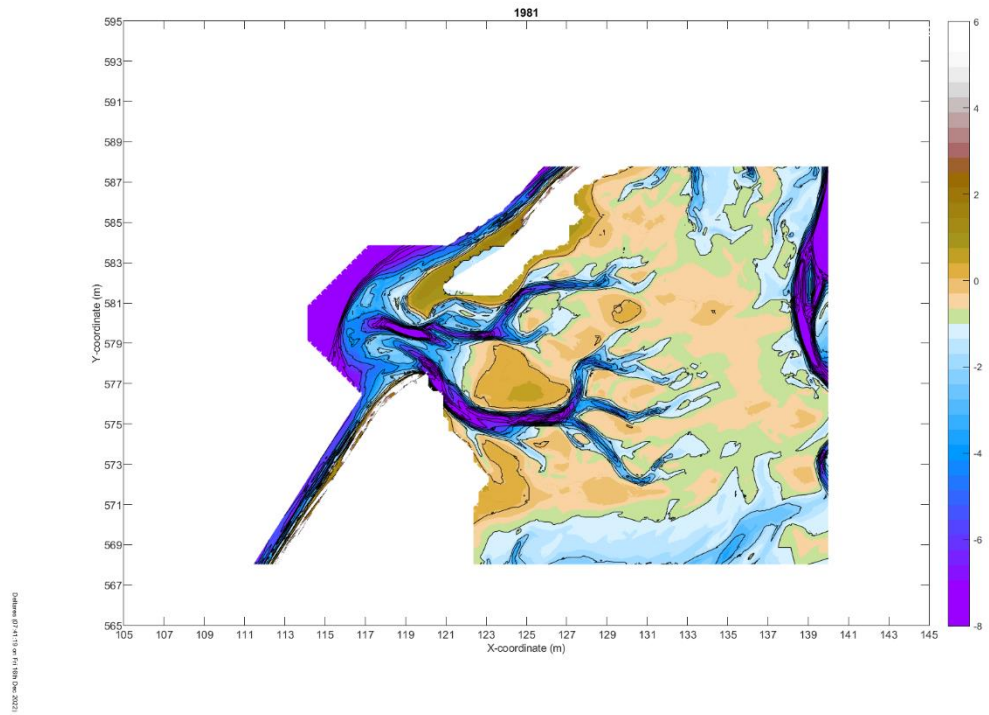


Figuur B- 8: Vaklodingen kaarten voor het jaar 1971.

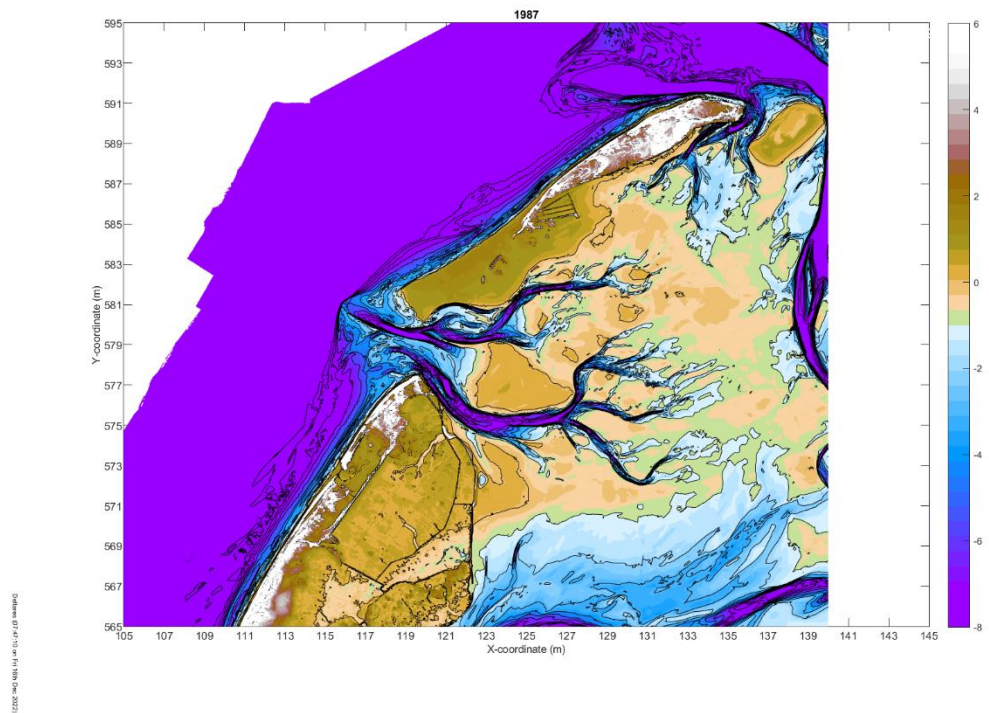


Figuur B- 9: Vaklodingen kaarten voor het jaar 1975.

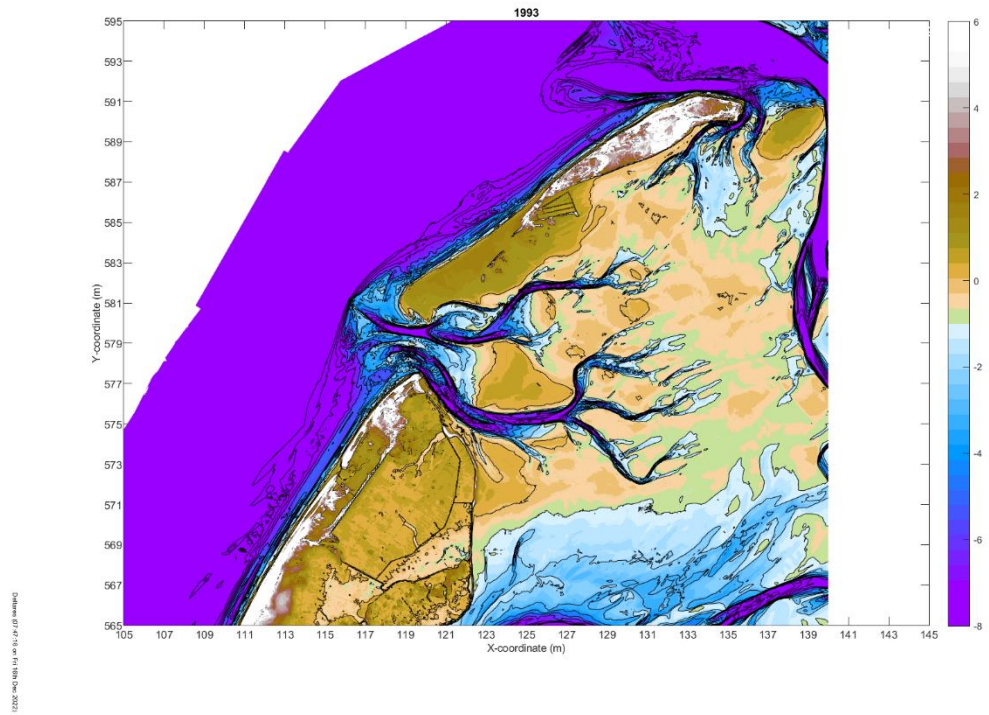




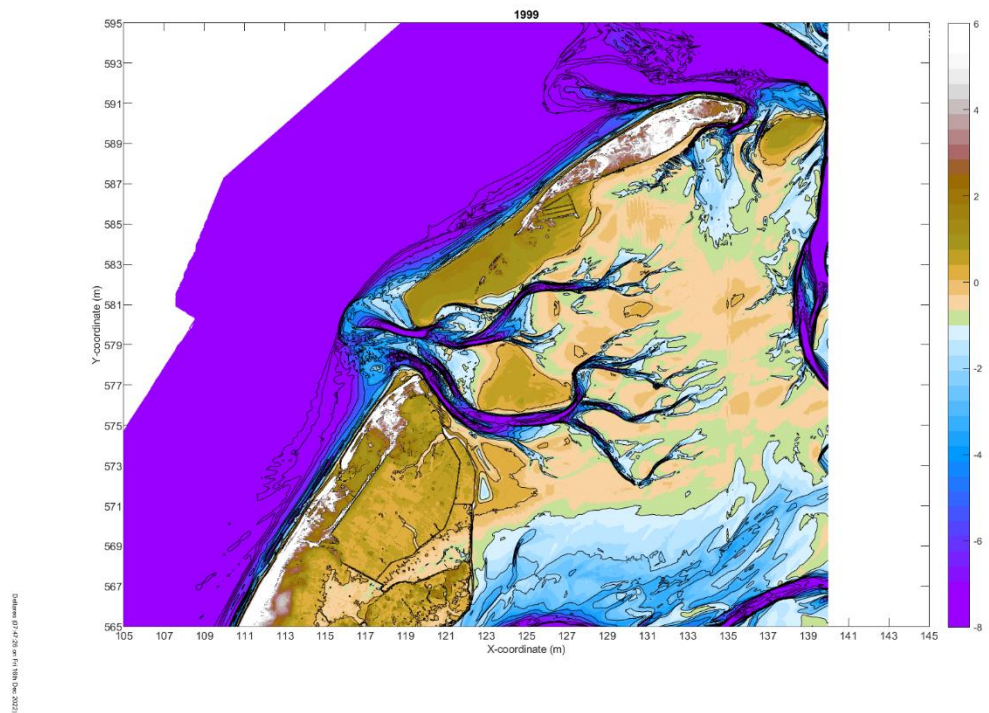
Figuur B- 10: Vaklodingen kaarten voor het jaar 1981.



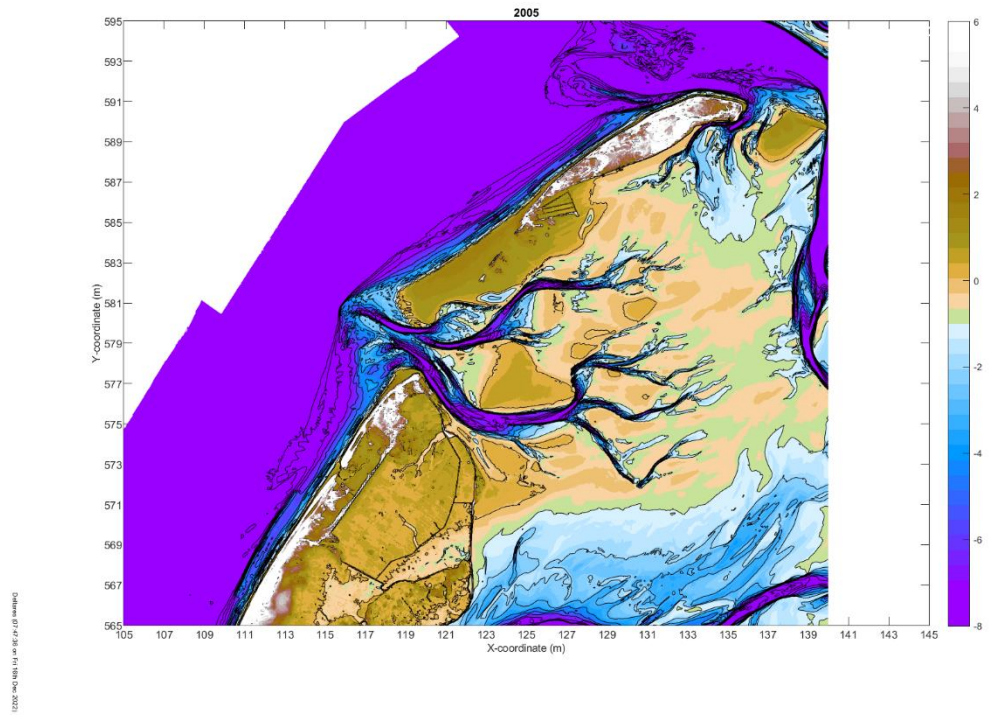
Figuur B- 11: Vaklodingen kaarten voor het jaar 1987.



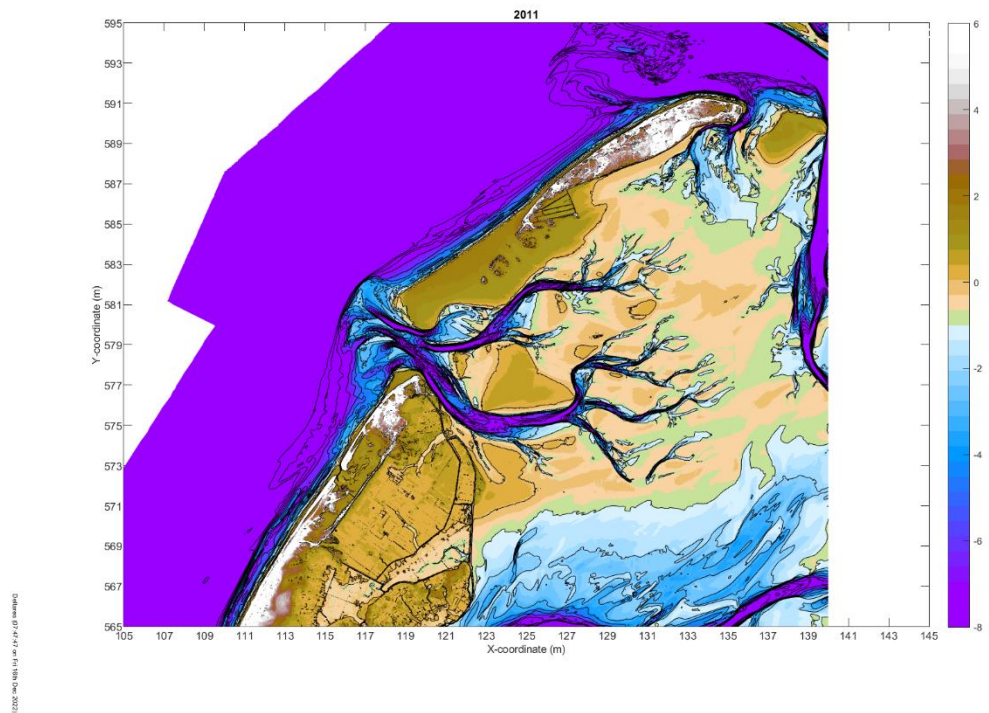
Figuur B- 12: Vakkelingen kaarten voor het jaar 1993.



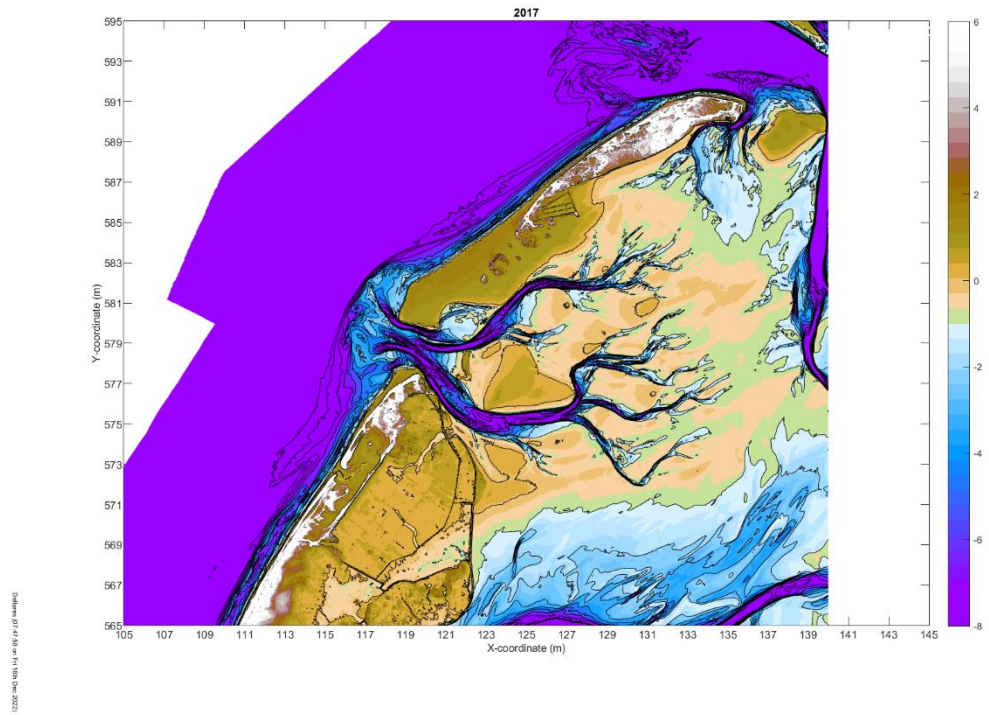
Figuur B- 13: Vakkelingen kaarten voor het jaar 1999.



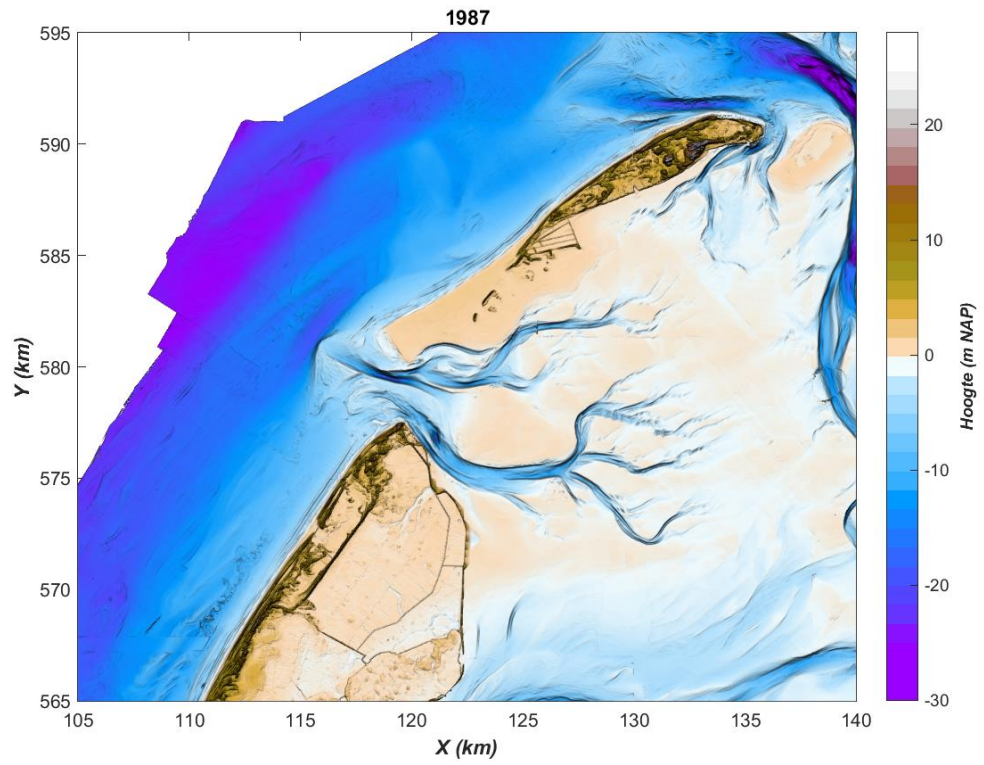
Figuur B- 14: Vaklodingen kaarten voor het jaar 2005.



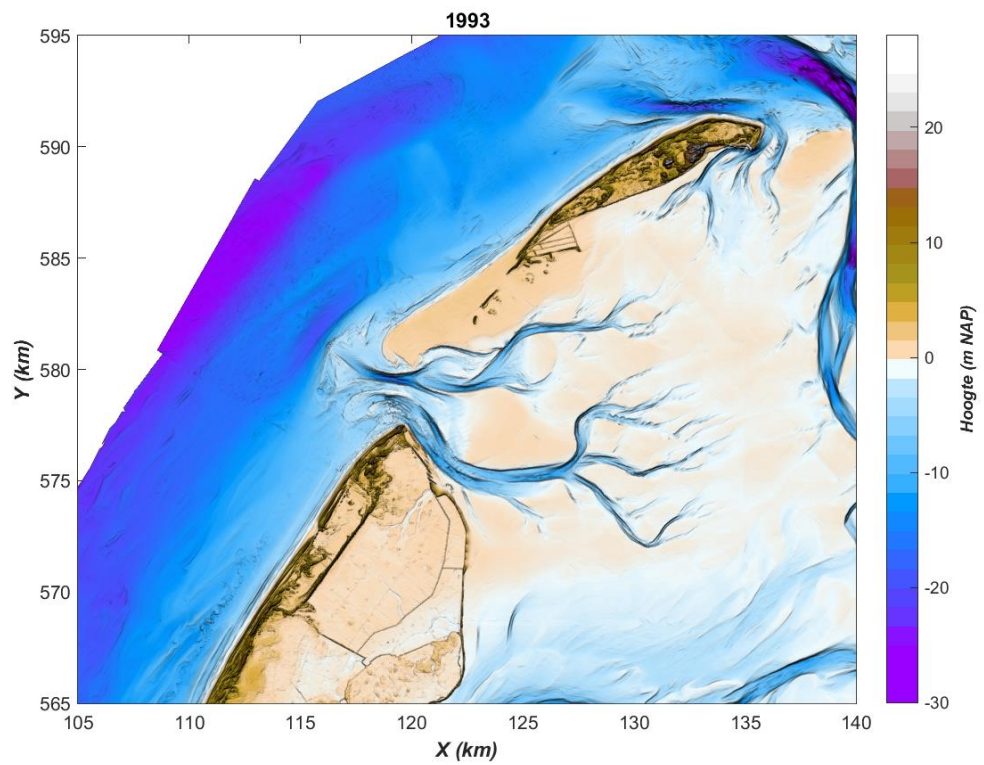
Figuur B- 15: Vaklodingen kaarten voor het jaar 2011.



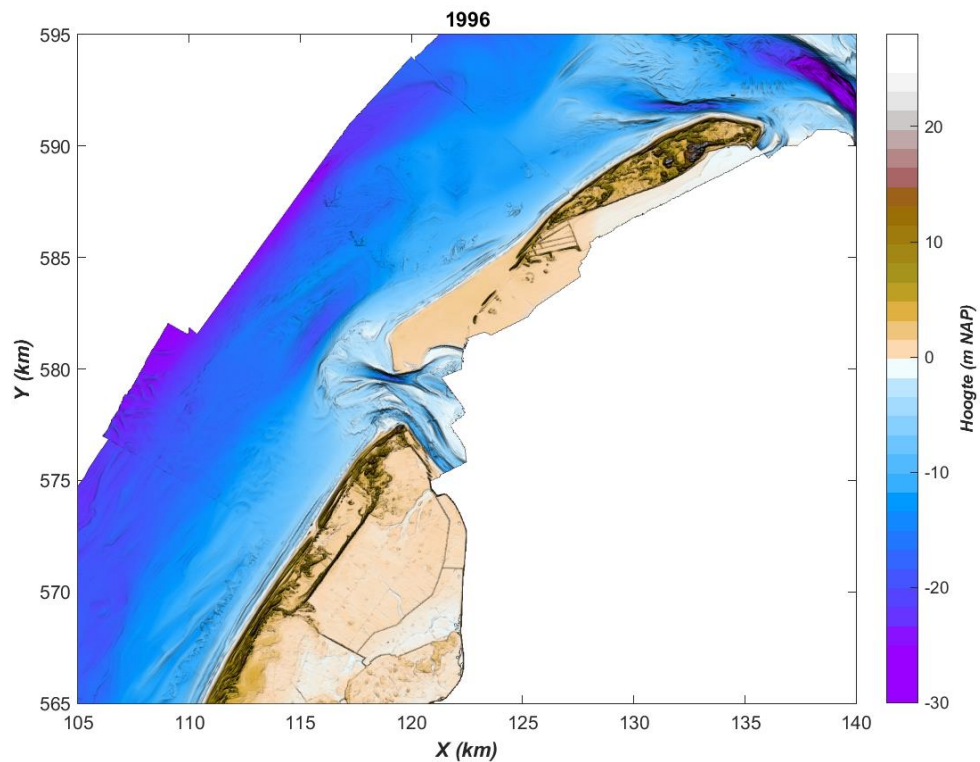
Figuur B- 16: Vaklodingen kaarten voor het jaar 2017.



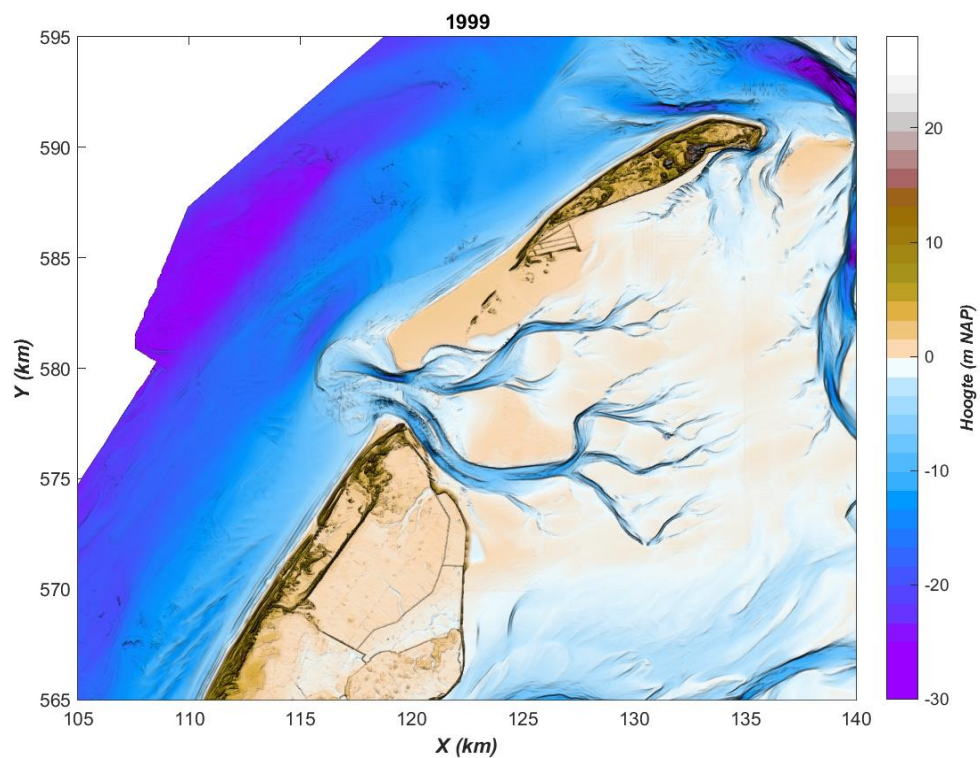
*Figuur B- 17: Vaklodingen kaarten voor het jaar 1987.*



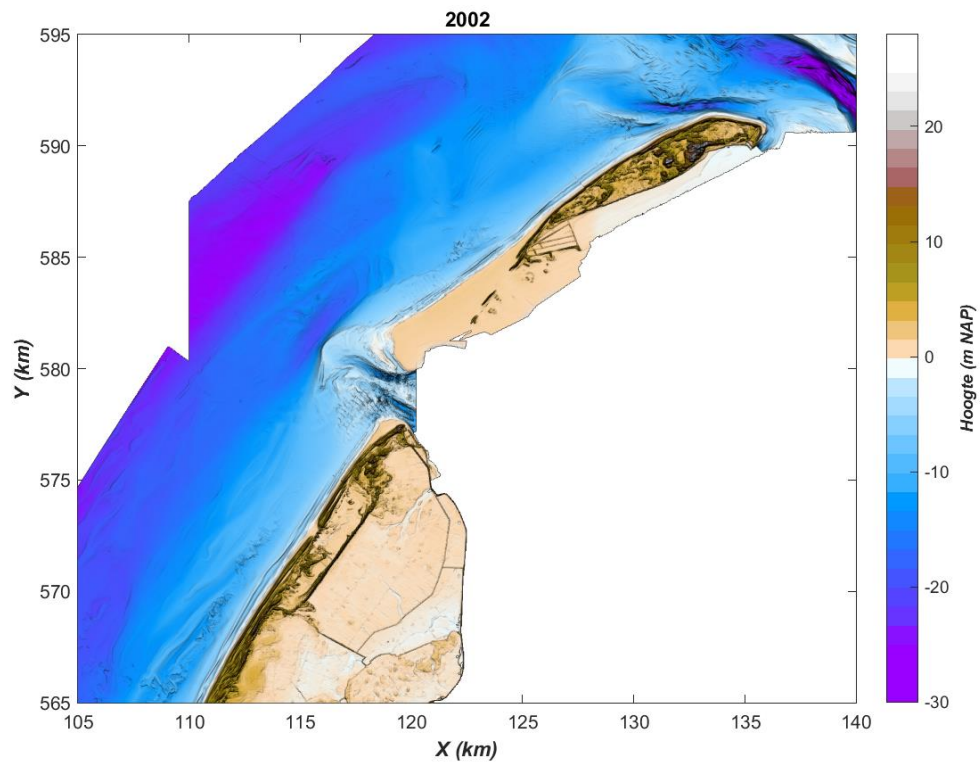
*Figuur B- 18: Vaklodingen kaarten voor het jaar 1993.*



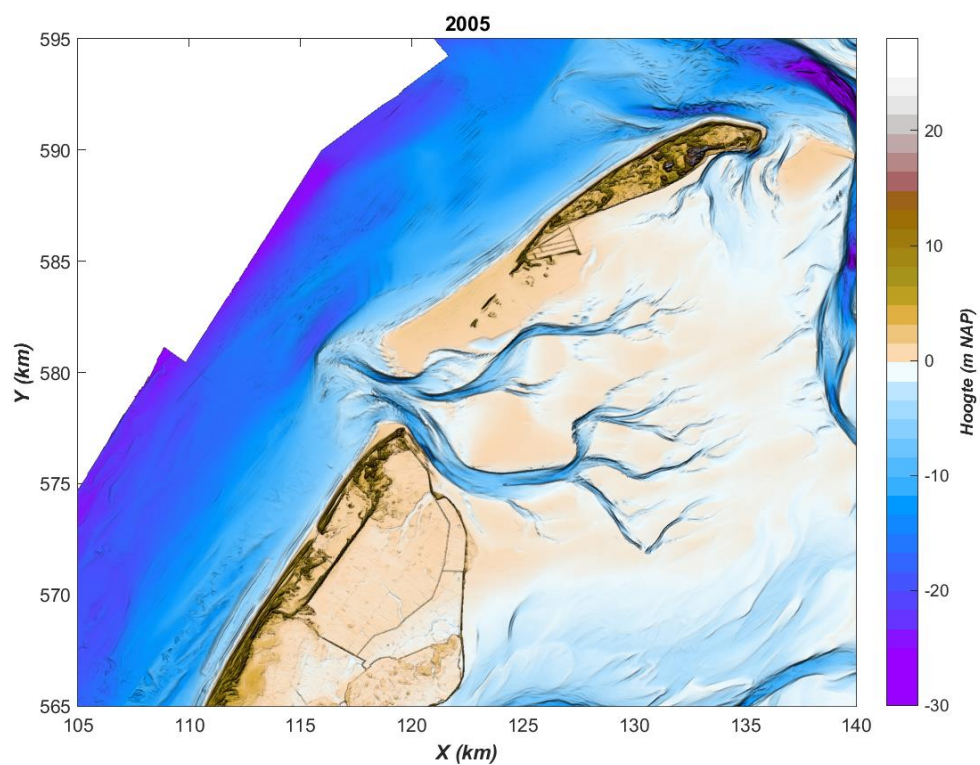
Figuur B- 19: Vaklodingen kaarten voor het jaar 1996.



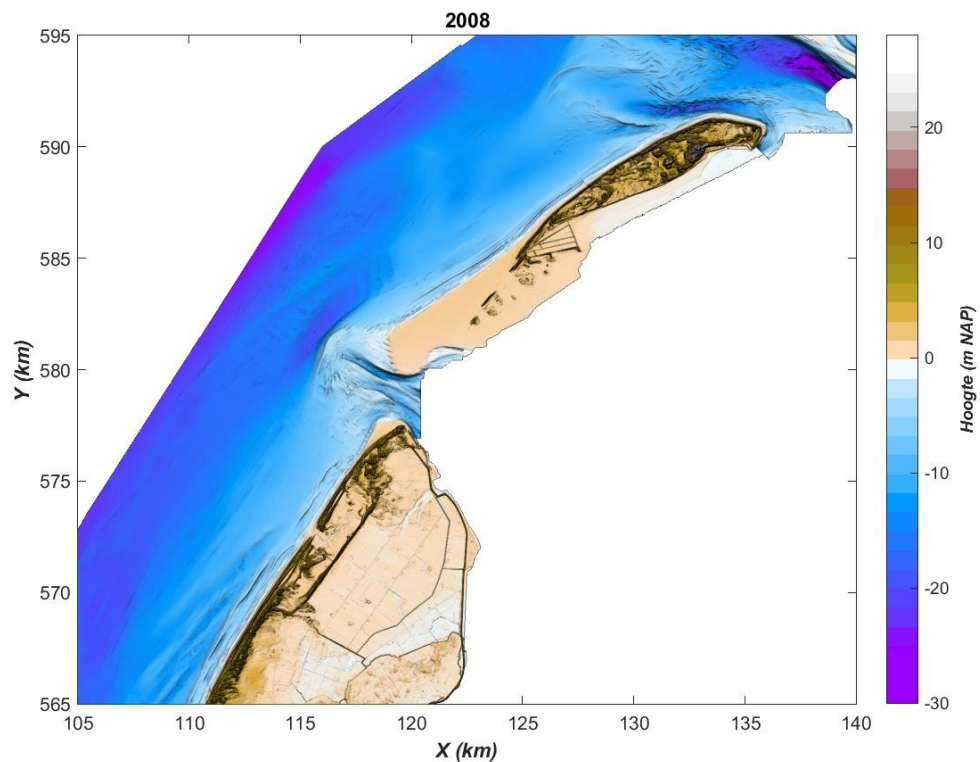
Figuur B- 20: Vaklodingen kaarten voor het jaar 1999.



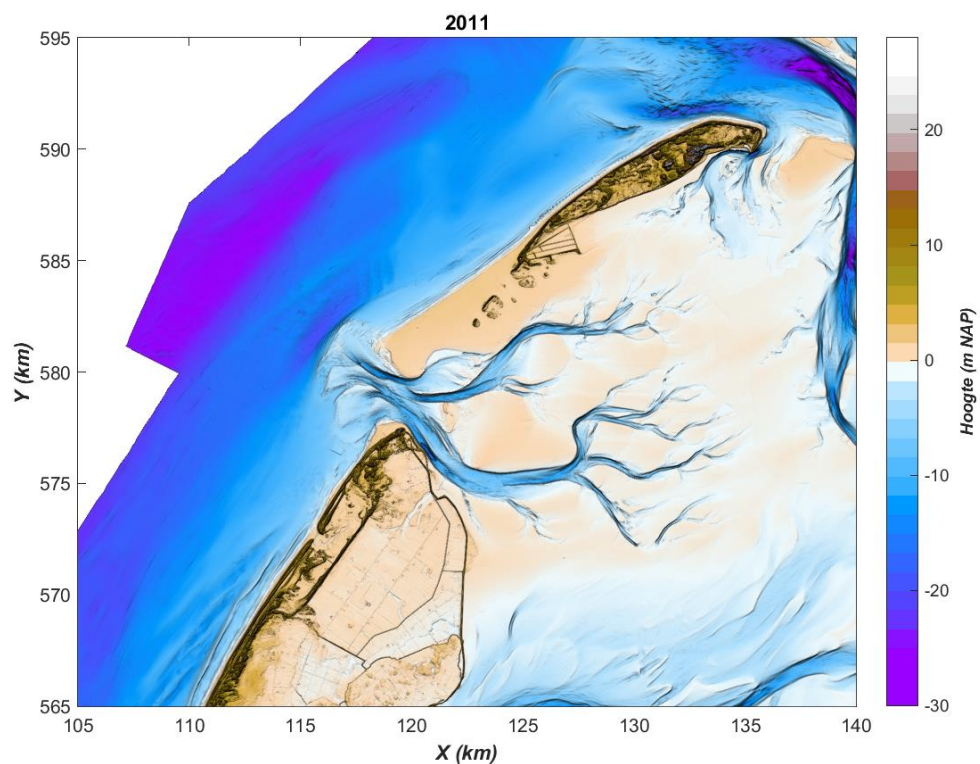
Figuur B- 21: Vaklodingen kaarten voor het jaar 2002.



Figuur B- 22: Vaklodingen kaarten voor het jaar 2005.

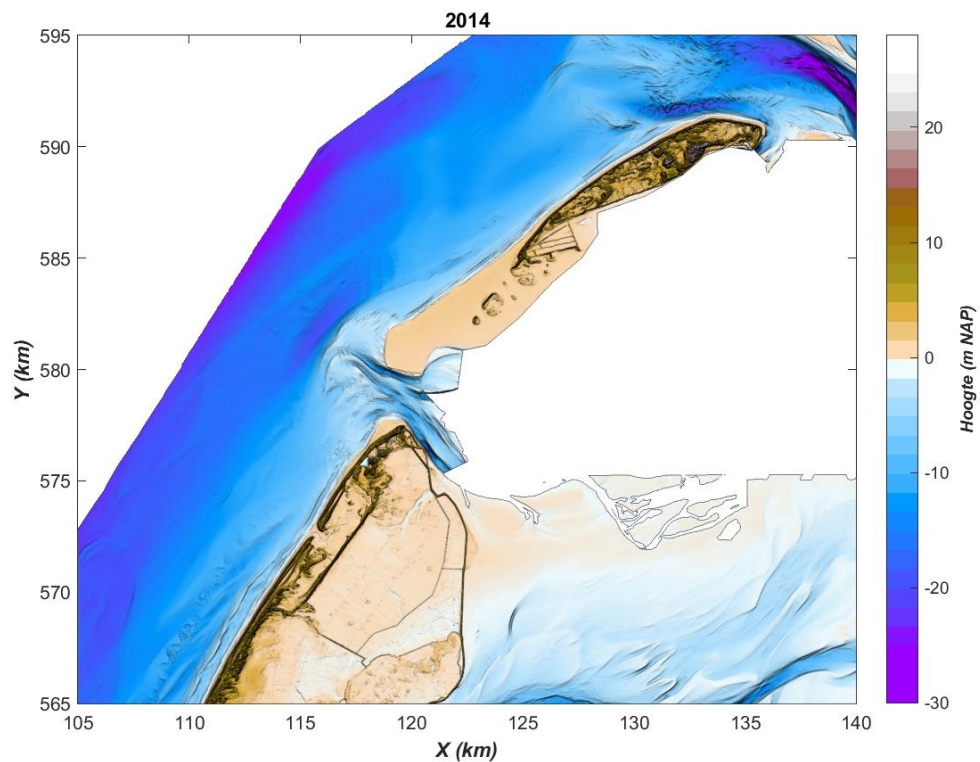


Figuur B- 23: Vaklodgingen kaarten voor het jaar 2008.

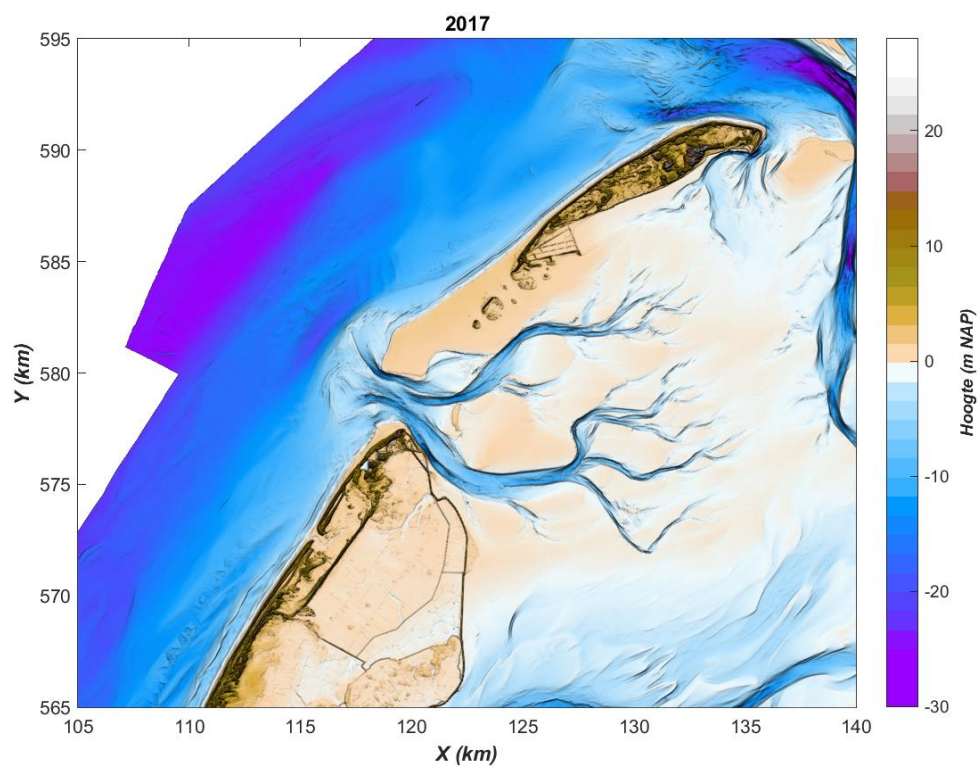


Figuur B- 24: Vaklodgingen kaarten voor het jaar 2011.

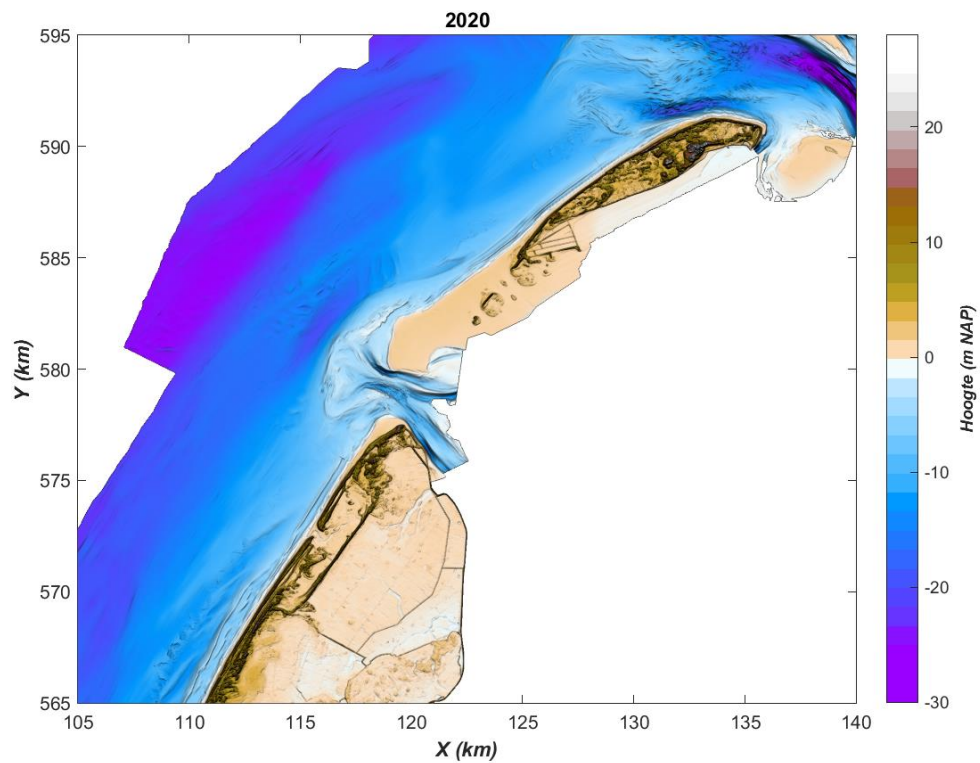




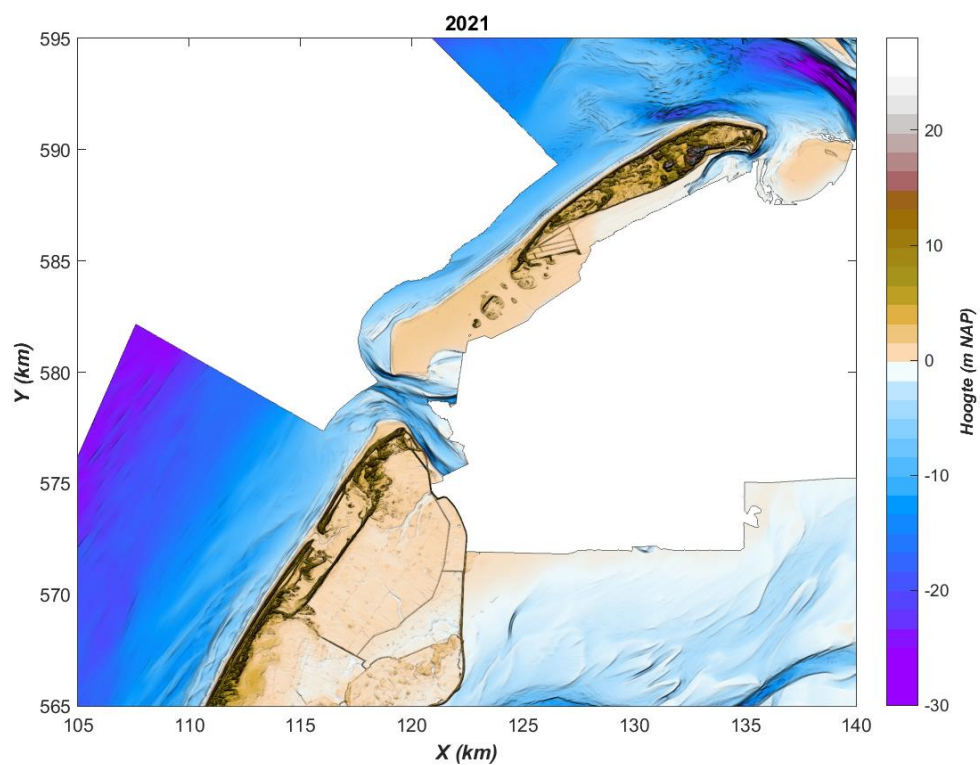
Figuur B- 25: Vaklodingen kaarten voor het jaar 2014.



Figuur B- 26: Vaklodingen kaarten voor het jaar 2017.



Figuur B- 27: Vaklodingen kaarten voor het jaar 2020.



Figuur B- 28: Vaklodingen kaarten voor het jaar 2021

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

**Deltares**

[www.deltares.nl](http://www.deltares.nl)