

Beheerbibliotheek Texel

**Feiten en cijfers ter ondersteuning van de jaarlijkse
toetsing van de kustlijn**



Beheerbibliotheek Texel

**Feiten en cijfers ter ondersteuning van de jaarlijkse toetsing
van de kustlijn**

Edwin Elias
Claire van Oeveren
Ankie Bruens

1209381-007

Titel
Beheerbibliotheek Texel

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Rijkswaterstaat (WVL)	1209381-007	1209381-007-ZKS-0006	125

Trefwoorden
Beheerbibliotheek, kustvak Texel, Zeegat Texel, Morfologische ontwikkeling, Beheer en onderhoud Kust.

Samenvatting
Om voor een specifiek kustvak een suppletieprogramma op te stellen, heeft Rijkswaterstaat een goed overzicht van de beschikbare kennis nodig. Voor dat doel wordt, als onderdeel van het project KPP-B&OKust, per kustvak een Beheerbibliotheek opgesteld. Bovendien vormt een dergelijk overzicht ook een goede basis voor het opstellen van andere kustadviezen en kustonderzoeken.

De beheerbibliotheek beschrijft de toestand van het kustvak en omvat een beschrijving van de geomorfologische systeemwerking. Verder bevat de beheerbibliotheek een overzicht van het uitgevoerde kustbeheer, met nadruk op de eerder uitgevoerde suppleties, evenals van de waargenomen effecten van dat beheer. Tenslotte wordt in de beheerbibliotheek de informatie over de gebruiksfuncties van de kust samengevat, het gaat daarbij om informatie die relevant is voor het vaststellen van het suppletieprogramma. De beheerbibliotheek is een levend document en resulteert (op termijn) in een handreiking voor suppleren in het betreffende kustvak.

De kennis in de beheerbibliotheek komt voort uit het project KPP-B&O Kust, maar ook uit eerder uitgevoerde andere kustprojecten en uit wetenschappelijk onderzoek.

Versie	Datum	Redacteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	October 2014	Claire van Oeveren		Bert van der Valk		Frank Hoozemans	

Status
definitief

Inhoud

1 Inleiding	1
1.1 Kustonderhoud en -onderzoek	1
1.2 Waarom een beheerbibliotheek?	1
1.3 Wat staat er in een beheerbibliotheek?	1
1.4 Kustviewer	2
1.5 Leeswijzer voor de beheerbibliotheek Texel	2
2 Beschrijving van het morfodynamisch systeem	3
2.1 Algemene gebiedsbeschrijving	3
2.2 Ontwikkeling van het Zeegat van Texel	6
2.2.1 Algemene kenmerken	6
2.2.2 Morfologische veranderingen	7
2.2.3 Volumeveranderingen op de buitendelta van het zeegat van Texel	10
2.2.4 Opdringen van de Noordelijke Uitlopers van de Noorderhaaks (NUN)	12
2.3 Eilandkust	17
2.3.1 Zandtransporten langs de (zuid-westelijke) eilandkust	17
2.3.2 Volumeveranderingen eilandkust	19
2.4 Ontwikkeling van het Eierlandse Gat	22
2.4.1 Algemene kenmerken	22
2.4.2 Morfologische ontwikkeling van het Eierlandse Gat	23
2.4.3 Volumeveranderingen	24
2.5 Detail analyse en Kustlijnontwikkeling	26
2.5.1 Hors, Molengat en de Noordelijke Uitlopers van de Noorderhaaks (NUN)	26
2.5.2 Eilandkust en sluffer	34
2.5.3 Tussen de Sluffer en het Eierlandse Gat	41
2.6 Dynamiek van de zeeleep	51
3 Beleid: dynamische kustlijnhandhaving	53
3.1 Achtergrond kustbeleid dynamisch handhaven	53
3.2 Vaststelling Basiskustlijn	54
3.2.1 Definitie Momentane Kustlijn, Te Toetsen Kustlijn en Basiskustlijn	54
3.2.2 Landelijke vaststelling Basiskustlijn 1990	56
3.2.3 Afspraken voor Texel	57
3.3 Landelijke herziening Basiskustlijn in 2001	58
3.3.1 Afspraken Texel (Bron: Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2011). Basiskustlijn 2012).	58
3.4 Landelijke herziening Basiskustlijn in 2012	59
3.4.1 Herzieningen Texel	59
4 Beheer en Onderhoud	61
4.1 Kustverdediging	61
4.1.1 Werking van strandhoofden	61
4.1.2 Eierlandse Dam	64
4.1.3 Suppletieoverzicht	65
4.2 Primaire waterkering Texel	70
4.3 Toetsing van de waterkering	72
4.3.1 Waterwet, VTV & WTI	72

4.3.2	Toetsing waterkering Texel	75
4.4	Toetsing van de kustlijn	81
4.4.1	Samenvatting kustlijnkaartenboek, kustvak Texel	82
5	Gebruiksfuncties	87
5.1	Recreatie Noordzeekust (Decisio, 2011)	87
5.1.1	Economische waarde	87
5.1.2	Uitleg over de Recreatiebasiskustlijn en de werkwijze vaststellen recreatiestranden	88
5.1.3	Strandrecreatie Texel	89
6	Literatuur	95
	Bijlage(n)	
A	Begrippenlijst Morfologie	A-1
B	Overzicht bodems Zeegat van Texel	B-3
C	Overzicht bodems Eierlandse Gat	C-1
D	Overzicht dwarsprofielen gebied Noordelijke Uitlopers van de Noorderhaaks	D-1

1 Inleiding

1.1 Kustonderhoud en -onderzoek

Rijkswaterstaat is verantwoordelijk voor het onderhoud van onze kust. Daarvoor wordt de zandvoorraad op het strand en op de zeebodem vlak voor de kust regelmatig aangevuld door middel van zandsuppleties en daardoor wordt erosie van de kustlijn gecompenseerd. Het zand draagt bij aan de bescherming van Nederland tegen de zee en het behoud van de kustlijn. Op dit moment wordt gemiddeld 12 miljoen kubieke meter zand per jaar gesuppleerd. Hoeveel zand er precies nodig is en op welke plaatsen en tijdstippen het zand het best kan worden neergelegd (de suppletiepraktijk), baseert Rijkswaterstaat op de jaarlijkse evaluatie van de kustmetingen en op kennis over het kuststelsel.

In de loop der jaren zijn er vele studies afgerond en is er veel kennis over het kuststelsel ontwikkeld. Toch komen er voortdurend nieuwe onderzoeksvragen naar voren, bijvoorbeeld of zandsuppleties nog efficiënter en duurzamer kunnen worden uitgevoerd. Om de kennis over het kuststelsel uit te breiden en te verspreiden voert Deltares in opdracht van Rijkswaterstaat kustonderzoek uit (project KPP-B&O Kust), in nauwe samenwerking met andere onderzoeksinstituten en met Rijkswaterstaat. Nieuwe inzichten die uit het onderzoek voortkomen, kunnen ertoe leiden dat de suppletiepraktijk wordt aangepast. Deze interactie tussen kustbeleid, kustbeheer en kustonderzoek, draagt er aan bij dat acute veiligheidsproblemen langs de kust zoveel mogelijk kunnen worden beperkt.

1.2 Waarom een beheerbibliotheek?

Om voor een specifiek kustvak een suppletieprogramma op te stellen, heeft Rijkswaterstaat een goed overzicht van de beschikbare kennis nodig. Voor dat doel wordt, als onderdeel van het project KPP-B&OKust, per kustvak een Rijkswaterstaat Beheerbibliotheek opgesteld. Een dergelijk overzicht maakt kennis niet alleen praktisch toepasbaar voor het opstellen van een suppletieprogramma, maar vormt ook een goede basis voor het opstellen van andere kustadviezen en kustonderzoeken.

1.3 Wat staat er in een beheerbibliotheek?

De beheerbibliotheek beschrijft de toestand van het kustvak en omvat een beschrijving van de geomorfologische systeemwerking. Verder bevat de beheerbibliotheek een overzicht van het uitgevoerde kustbeheer, met nadruk op de eerder uitgevoerde suppleties, evenals van de waargenomen effecten van dat beheer. Tenslotte wordt in de beheerbibliotheek de informatie over de gebruiksfuncties van de kust samengevat, het gaat daarbij om informatie die relevant is voor het vaststellen van het suppletieprogramma. De beheerbibliotheek is een levend document en resulteert (op termijn) in een handreiking voor suppleren in het betreffende kustvak.

Doelstelling van deze eerste versie van de beheerbibliotheek is 1) een eerste overzicht geven van de huidige kennis over het gebied en het delen van deze kennis, 2) op basis van deze huidige kennis mogelijk aanbevelingen geven met betrekking tot het kustonderhoud, en 3) aangeven tegen welke kennisleemten we nog aanlopen, bij het opstellen van adviezen met betrekking tot. kustonderhoud.

De kennis in de beheerbibliotheek komt voort uit het project KPP-B&O Kust, maar ook uit eerder uitgevoerde andere kustprojecten en uit wetenschappelijk onderzoek.

1.4 Kustviewer

Aanvullend op de beheerbibliotheek heeft Deltares samen met Rijkswaterstaat een Kustviewer ontwikkeld met een achterliggende database van kustdata. Deze biedt op eenvoudige manier inzicht in de ontwikkeling van de kust. In aanvulling op de figuren in de beheerbibliotheek kan de lezer de ontwikkeling van de kust bekijken via:

<http://publicwiki.deltares.nl/display/KPP/Kustviewer> of <http://kustviewer.lizard.net>

1.5 Leeswijzer voor de beheerbibliotheek Texel

Deze eerste versie van de beheerbibliotheek Texel is opgesteld door Deltares.

In het eerstvolgende hoofdstuk (Hoofdstuk 2) wordt een algemene systeembeschrijving van het studiegebied gegeven, waarin zowel het kenmerkende gedrag op de lange termijn als het recente gedrag worden beschreven.

Hoofdstuk 3 legt de achtergrond van het kustbeleid uit, hoe de basiskustlijn tot stand is gekomen en welke (regionale) afspraken er zijn gemaakt om deze te handhaven. Een overzicht van het uitgevoerde beheer en de aanwezige waterkering is gegeven in hoofdstuk 4.

In Hoofdstuk 5 wordt een bescheiden start gemaakt met een overzicht van gebruiksfuncties van de kust. Vooralsnog betreft dit alleen een uitwerking van de strandrecreatie. In volgende (online) versies van de beheerbibliotheek kan dit verder worden aangevuld, bijvoorbeeld met informatie over grondstoffenwinning (drinkwater) en natuurwetgeving.

2 Beschrijving van het morfodynamisch systeem

Dit hoofdstuk beschrijft de algemene kenmerken van het morfologische systeem rond Texel. De totale ontwikkeling van het zeegat wordt beschreven. De eerste paragraaf van dit hoofdstuk (2.1) geeft een beknopt overzicht van het totale gebied en de belangrijkste bevindingen uit eerdere studies. Het morfodynamische systeem van Texel bestaat uit een relatief klein stukje 'ongestoorde' eilandkust ingeklemd tussen het grote zeegat van Texel en het kleinere Eierlandse Gat. Paragraaf 2.2 beschrijft het Zeegat van Texel in detail. Paragraaf 2.3 geeft een beknopt overzicht van de voor dit gebied relevante sturende processen langs de eilandkust gebaseerd op een literatuurstudie (Cleveringa, 2001). Paragraaf 2.4 beschrijft het Eierlandse Gat. Paragraaf 2.5 tenslotte geeft detailanalyse over de kustontwikkeling.

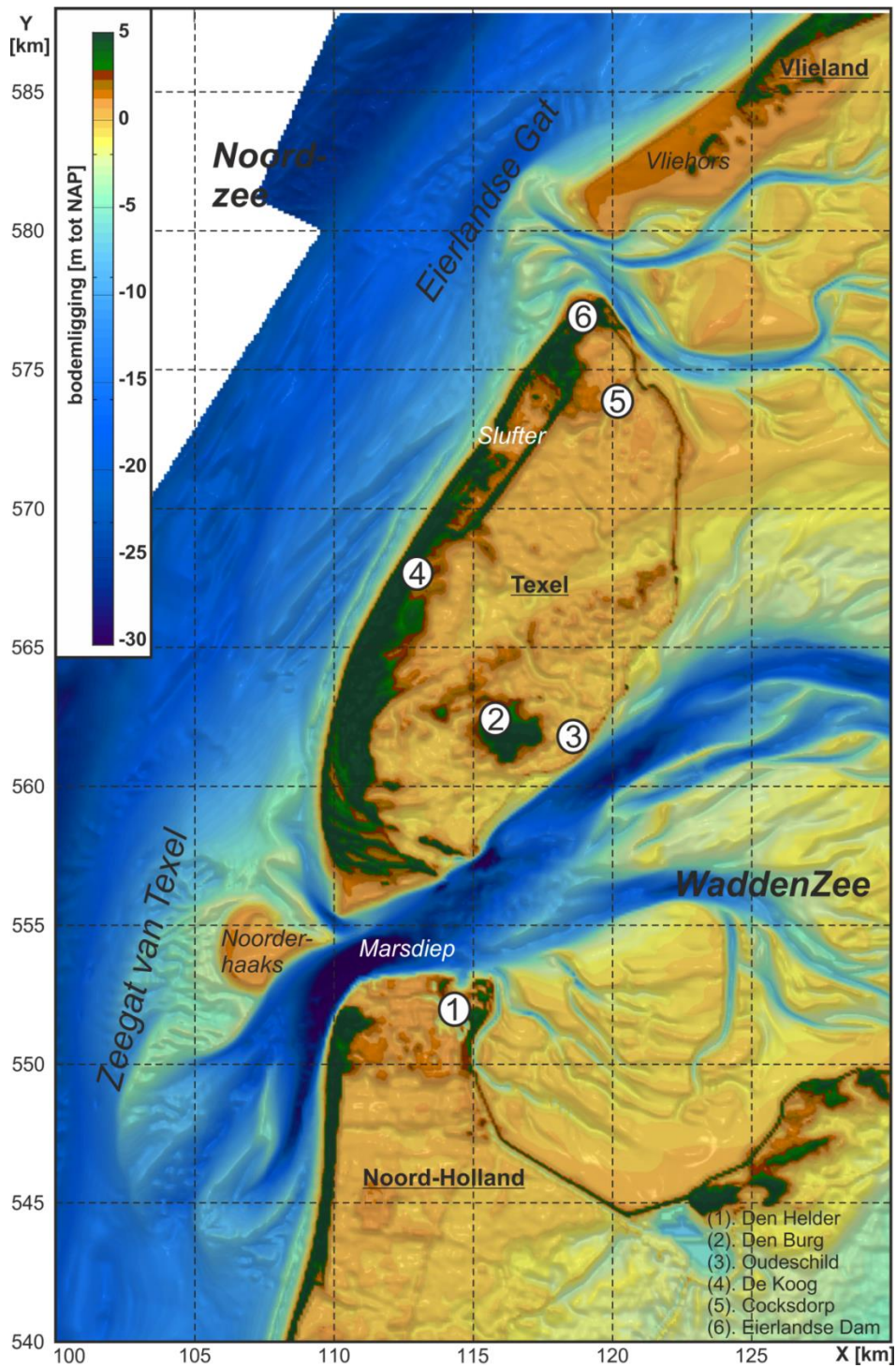
Bij het beschrijven van de ontwikkelingen van een morfologisch systeem, is het van belang om te beseffen dat dit onlosmakelijk verbonden is met de menselijke ingrepen die in het gebied zijn geweest. Een beschrijving van het uitgevoerde beheer op Texel wordt verderop in dit rapport gegeven in het hoofdstuk 4.

In Bijlage A is een begrippenlijst opgenomen waarin enkele veelgebruikte termen voor de morfologie zijn beschreven.

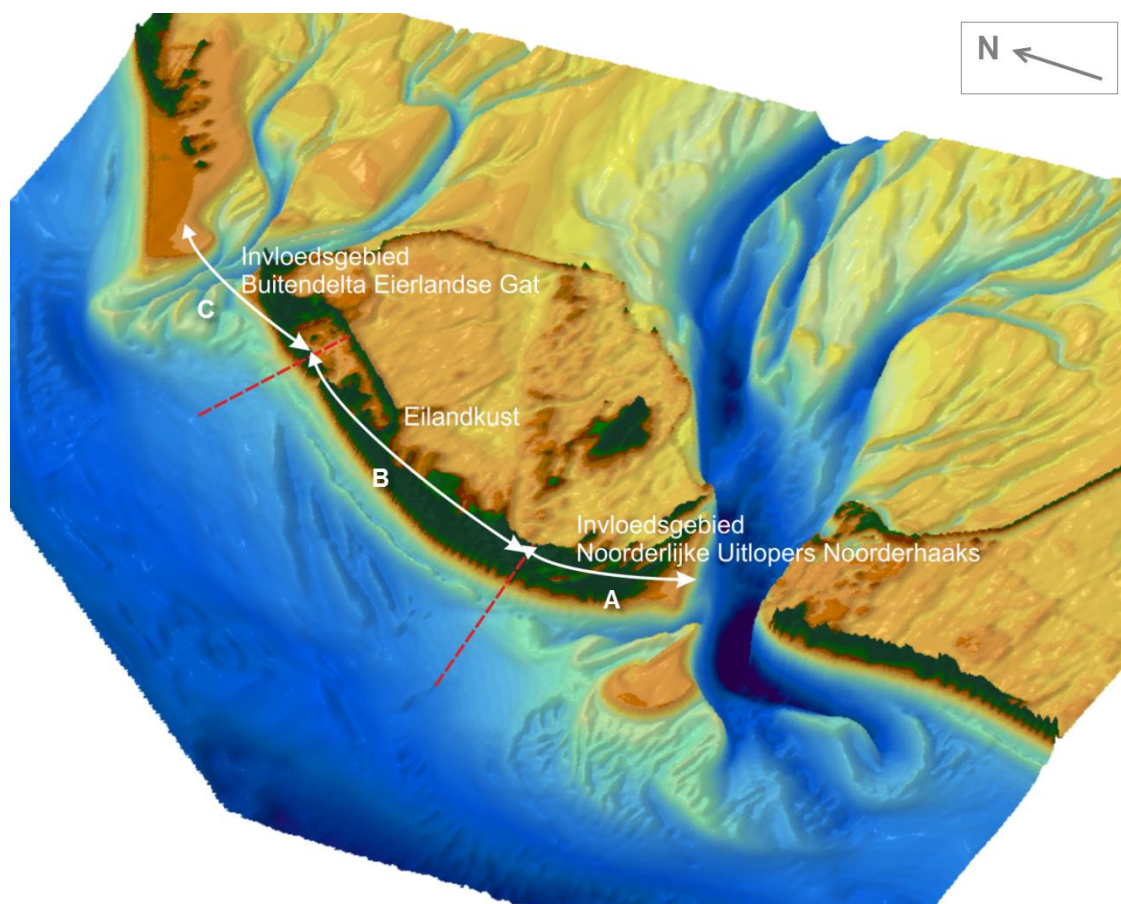
2.1 Algemene gebiedsbeschrijving

Texel is het grootste Nederlandse Waddeneiland. De gemiddelde lengte is 20km en de gemiddelde breedte 8 km. De Noordzeekust heeft een lengte van 24 km en heeft een bolle vorm. Het huidige eiland Texel bestaat eigenlijk uit twee eilanden (Texel en Eierland) die sinds de aanleg van een zanddijk in 1630 met elkaar verbonden zijn. Eierland was eigenlijk tot de 13e eeuw nog onderdeel van Vlieland, gescheiden van Texel door het Anegat (ongeveer ten hoogte van de huidige Slufter). Met het ontstaan van het Eierlandse Gat aan het eind van de dertiende eeuw raakte Eierland gescheiden van Vlieland. Het Anegat slibde dicht en rond 1630 werd de Zanddijk voltooid en de eilanden met elkaar verbonden. De kweldervlakte tussen de 2 eilanden werd vervolgens in 1835 ingepolderd. Deze inpoldering heeft het eiland gevormd tot de huidige configuratie (Figuur 2.1). Het landschap is divers, van zandstranden en duinen met heide en bos langs de Noordzeekust via polders met akkers en graslanden, met de Hooge Berg met kleinschalige percelen tot kwelders aan de kant van de Waddenzee. Aan de noordwestzijde van het eiland ligt de Slufter een 'natuurlijke' opening in de duinen met een achterliggend gebied met geulen en krekens dat in verbinding staat met het Noordzee-getij.

Het morfologische systeem van de eilandkust vertoont een enkele brekerbank. Aan de noord en zuidzijde wordt het systeem beïnvloed door de naastgelegen zeegaten (Figuur 2.1 en Figuur 2.2). In het zuiden is het vooral de zandplaat Noordelijke Uitlopers van de Noorderhaaks (de noordzijde van de buitendelta van het Zeegat van Texel, in dit rapport ook wel afgekort met NUN) die een grote invloed op de kust uitoefent. In het noorden bevindt zich de buitendelta van het Eierlandse Gat. Hier is de kust stabiel door de aanleg van de Eierlandse Dam (in 1995).



Figuur 2.1 Locatie Texel en ligging enkele kenmerkende gebieden en plaatsnamen. De getoonde bodem is representatief voor 2011/2012. Het afgebeelde grid is 5 x 5 km.

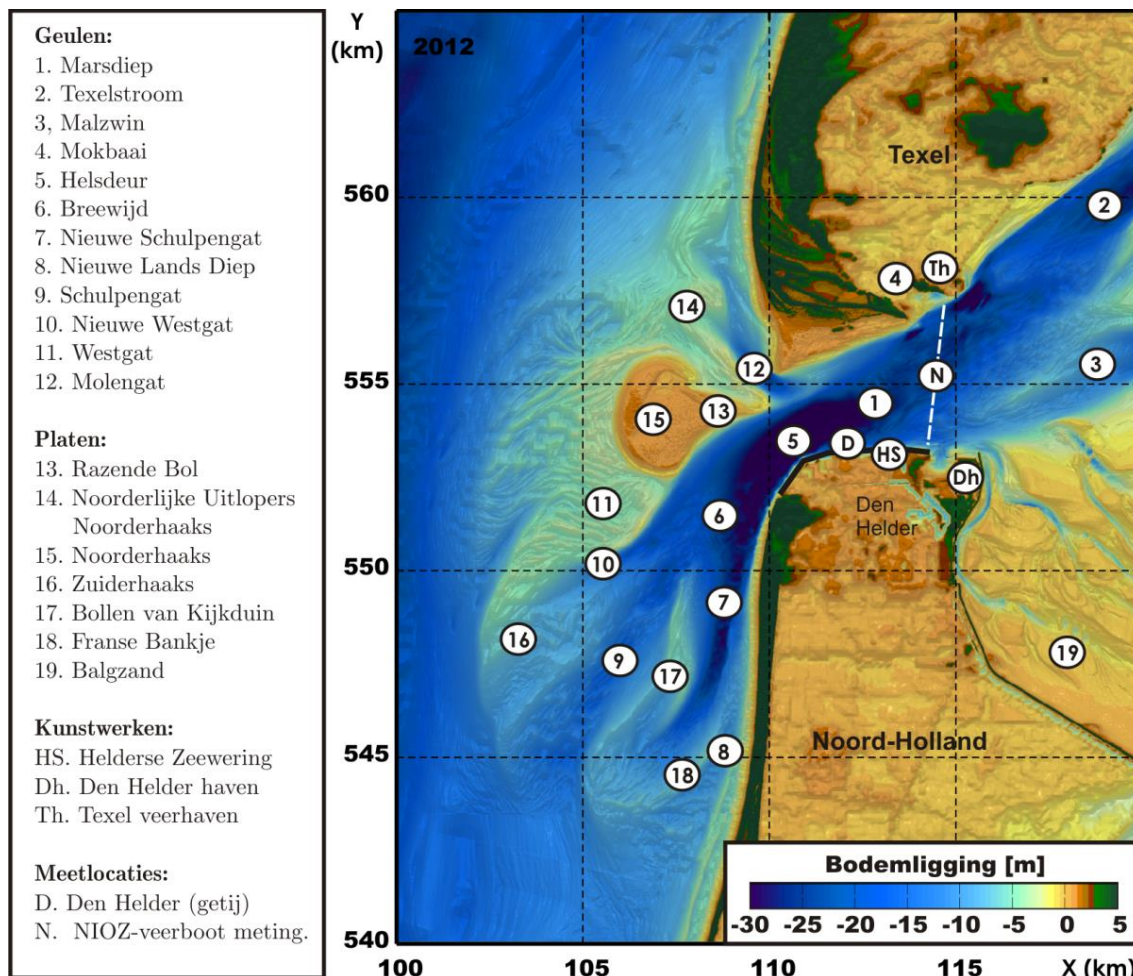


Figuur 2.2 Locatie Texel en indeling in 3 morfologische eenheden: (A) westelijke eilandkop (zeegat van Texel), (B) de eilandkust en (C) Eierlandse Gat. De onderliggende bodem is representatief voor 2011/2012.

2.2 Ontwikkeling van het Zeegat van Texel

2.2.1 Algemene kenmerken

Gezien de grote invloed van het Zeegat van Texel op de aanliggende kust van Noord-Holland, vormt een analyse van dit zeegat een belangrijk onderdeel van deze beheerbibliotheek. Stive en Eysink (1989) concludeerden al dat dit zeegat een cruciale link is in de zandhuishouding van de Hollandse kust. Het zeegat vormt de overgang van de ononderdoorbroken Hollandse kust naar de Waddenzee. Zoals ook uit Figuur 2.2 duidelijk is, zijn de ontwikkelingen van de geulen en platen medebepalend voor het gedrag van de kustlijn daarachter. Deze observatie geldt eigenlijk al sinds de vorming van de Waddenzee, ruwweg 7000 jaar geleden en het ontstaan van het Zeegat van Texel rond de 12de eeuw A.D. (Schoorl, 1973; Hallewas, 1984, zie het overzicht in Oost et al., 2004, p. VII-6]). Voor het begrijpen van het huidige kuststelsysteem lijken vooral de aanleg van de Helderse Zeewering (vanaf 1750) en de afsluiting van de Zuiderzee van belang te zijn (Elias et al., 2012; Elias en van der Spek, 2006).



Figuur 2.3 Overzicht van de belangrijkste platen en geulen in het Zeegat van Texel (bodem gebaseerd op de 2012 vaklodingen). De oorspronkelijke hoofdgeul Westgat is in deze figuur niet meer te onderscheiden, [11] geeft de oorspronkelijke locatie weer.

Figuur 2.3 geeft een beeld van de buitendelta en de keel van het Zeegat van Texel. De keel van het zeegat, ingesloten door het eiland Texel en de kop van Noord-Holland, heeft een minimale breedte van 2,5 km. In de keel ligt de geul Marsdiep (Figuur 2.3 [1]). Het gemiddelde getijprisma is circa 1000 miljoen m³ met maximale eb- en vloedsnelheden tussen de 1 en 2 m/s. Debietmetingen in het Zeegat van Texel geven aan dat er een zeewaarts gericht restdebiet optreedt. Dit wordt veroorzaakt door uitwisseling tussen de bekkens van het Vlie en het Marsdiep. De omvang van het restdebiet is ongeveer 10% van het getijprisma (Ridderinkhof et al., 2002). Een belangrijk element in de keel is de Helderse Zeewering [HS]. Deze zeewering stabiliseert de zuidelijke oever van het zeegat, de kop van Noord-Holland. Versnelling van de stroming om de noordwestelijke punt van deze zeewering heeft de geul lokaal uitgeschuurd tot dieptes van meer dan 50 m ter plaatse van de Helsdeur [5]. Het Marsdiep [1] verbindt de hoofdgeulen in het bekken (de Texelstroom [2] en het Malzwin [3]) via het Breewijd [6] met de hoofdgeulen op de buitendelta: Molengat [12], Schulpengat [9] en Nieuwe Schulpengat [7].

De buitendelta strekt zich ongeveer 10 km zeewaarts uit en 25 km kustlangs. De ongeveer 4 km² grote ondiepte Noorderhaaks [15] vormt het middelpunt van de buitendelta. De oostzijde van de Noorderhaaks bevindt zich onder normale omstandigheden boven water en wordt de Razende Bol [13] genoemd. Aan de noordkant bevindt zich een langgerekte spit: de Noordelijke Uitlopers van de Noorderhaaks [14] (NUN). Door het landwaarts verplaatsen van deze spit (Figuur 2.4 en Figuur 2.5) is de geul het Molengat [12] na afsluiting van de Zuiderzee dieper geworden en ook richting kust verplaatst. Het opdringen van het Molengat is een belangrijke reden waarom er grote zandverliezen in dit kustvak plaatsvinden (Cleveringa, 2001).

Op de zuidelijke helft van de buitendelta bevinden zich de 2 grote geulen, Schulpengat en Nieuwe Schulpengat, die worden gescheiden door de kleine, langgerekte ondiepte Bollen van Kijkduin [17]. Deze geulen strekken zich zuidwaarts uit, bijna evenwijdig langs de Noord-Hollandse kust. Het Franse Bankje [18] vormt onderdeel van het eb-schild van het Nieuwe Schulpengat. Tussen het Franse bankje en de kust ligt de ondiepe geul Nieuwe Lands Diep [8]. De vorming en aanwezigheid van het Nieuwe Schulpengat dicht langs de kust, veroorzaakt lokaal veel zandverliezen in dit kustvak (Elias and Cleveringa, 2003). Het zeegat is niet alleen lokaal van belang voor de zandhuishouding, maar lijkt ook een grote invloed uit te oefenen op de grotere zandbalans van de Nederlandse Kust (Stive en Eysink, 1989, Elias et al., 2012).

2.2.2 Morfologische veranderingen

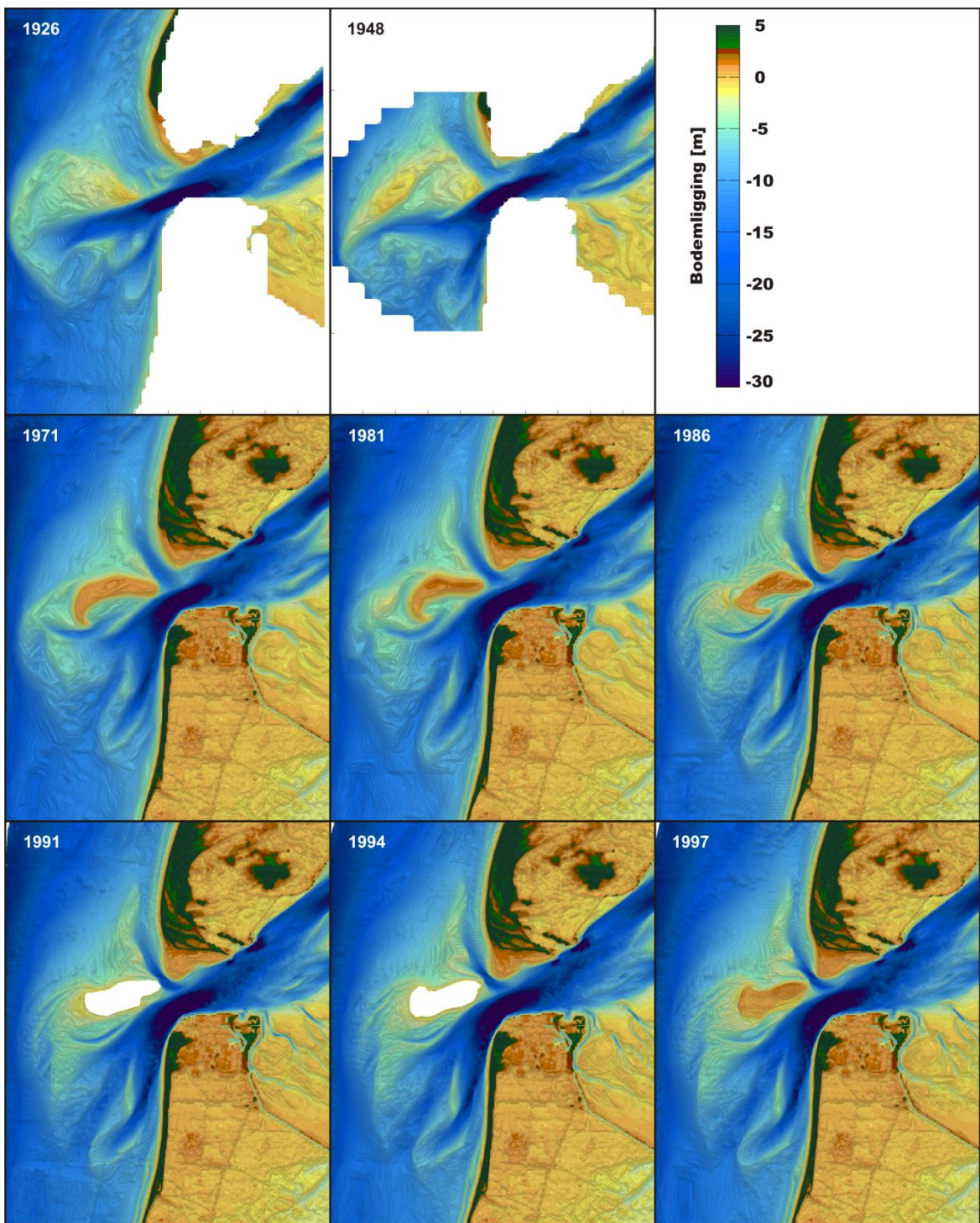
De afsluiting van de Zuiderzee (1925 - 1932) is van grote invloed geweest op de ligging van geulen en platen op de buitendelta. Vóór de afsluiting bestond het bekken uit de westelijke Waddenzee en de Zuiderzee. Het bekken had een totale oppervlakte van rond de 4000 km² en een lengte van 130 km. Na afsluiting reduceerde dit oppervlak tot ongeveer 712 km² en een lengte van slechts 30 km. Deze significante inkrimping in bekkenomvang had tot gevolg dat de getijkaracteristieken sterk veranderden. De getijgolf transformeerde van een lopende getijgolf naar een golf met een meer staand karakter. Door resonantie en reflectie tegen de Afsluitdijk nam de getijslag in Den Helder toe van 1.2 tot 1.4 m en de getijprisma's in het Marsdiep vergrootten met ongeveer 26% (Rietveld, 1962; Thijsse, 1972). De verandering van de getijkaracteristieken en getijvoortplanting, de aangepaste bekkengeometrie en het afsluiten van de hoofdgeulen hadden grote sedimentatie in het bekken tot het gevolg (Elias et al., 2012).

De grootste veranderingen vonden plaats langs de Afsluitdijk, waar in de afgesloten geulen de stroomsnelheid tot bijna nul reduceerde en sterke aanzanding optrad (Berger et al., 1987). De positie van de Texelstroom (Figuur 2.3 [2]) bij Texel is relatief stabiel gebleven. Na

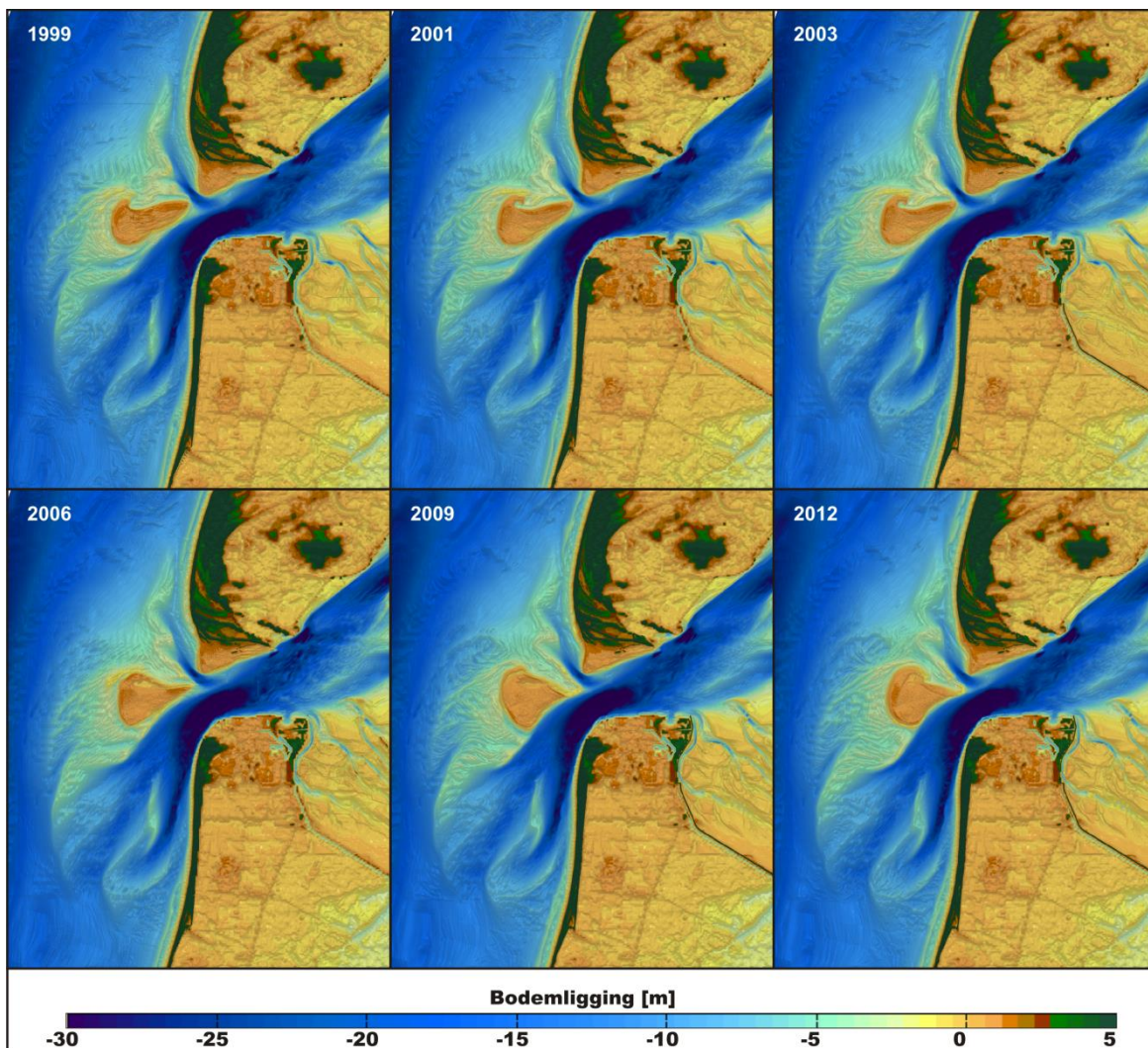
afsluiting van de Zuiderzee bleef de noordoost-zuidwest oriëntatie van de geul behouden. De aanwezigheid van erosie-resistente lagen aan de Waddenkant en de kustverdediging aan de zuidoostzijde van Texel heeft de positie van de geul waarschijnlijk vastgelegd. Analyse van literatuur en boorkernen (TNO-NITG, ongepubliceerd) geeft aan dat de westelijke zijde van Texelstroom geflankeerd wordt door een glaciële afzetting, wat de stabiliteit en positie bepaalt. Daarnaast hebben ook de vele oeverbeschermingsconstructies langs de zuidoostkust van Texel aan de stabiliteit bijgedragen (Schoorl, 1973).

Na afsluiting van de Zuiderzee was tot ongeveer 1975 de ontwikkeling van Nieuwe Schulpengat en Schulpengat langs de kust maatgevend voor de ontwikkeling van de buitendelta. De heroriëntatie van de geulen werd waarschijnlijk geïnitieerd door de grotere, meer zuidelijke uitstroom vanuit het bekken (Elias en van der Spek, 2006). Het Schulpengat ontwikkelde zich hierdoor als de hoofdgeul op de buitendelta (zie Figuur 2.4 en Figuur 2.5), terwijl de voormalige hoofdgeul Westgat (Figuur 2.3 [11]) verzandde.

Rond 1956 splitste het Schulpengat zich in het huidige twee-geulen systeem Schulpengat en Nieuwe Schulpengat. Sinds 1975 is deze configuratie vrijwel stabiel. De geulen, met name het Nieuwe Schulpengat, blijven zich wel verlengen in zuidelijke richting en het meest zuidelijke gedeelte roteert zeewaarts (Figuur 2.5). Dit geeft lokaal gebieden van (sterke) erosie en sedimentatie; zie hoofdstuk 2.2.3. Recente opnames (Figuur 2.5, 2009 en 2012 zie ook hoofdstuk 4.4.1) geven aan dat de rotatie, de uitbochting van Nieuwe Schulpengat ter plaatse van Bollen van Kijkduin, een nog steeds doorgaand proces is. Gelijktijdig met het zuidwaarts ontwikkelen van de geulen zien we dat het platengebied van de Noorderhaaks zich langzaam naar de kust toe beweegt en noordwaarts verlengt. Vóór afsluiting van de Zuiderzee was Noorderhaaks een gebied waarin het zeewaartse zandtoevoer door het Westgat min of meer in evenwicht was met het landwaartse sedimenttransport door golven. Met het verzanden van het Westgat reduceerde ook de zandtoevoer naar de Noorderhaaks. Het landwaartse transport (door golven) werd dominant en de ondiepte migreerde landwaarts en vervormde. Aan de noordzijde van de Noorderhaaks ontstond een spitvormige zandbank (de Noordelijke Uitloper van de Noorderhaaks). De uitwisseling tussen deze spit en de geul het Molengat bepaalt in grote mate de ontwikkeling van de achterliggende kustlijn van Texel. Door landwaartse verplaatsing van de spit verkleint de geul, waardoor deze lokaal dieper wordt en gelijktijdig naar de kust verplaatst. Deze verdieping en verplaatsing is één van de belangrijkste oorzaken van de structurele erosie van de achterliggende kust van Texel (Cleveringa, 2001).



Figuur 2.4 Ontwikkeling van het zeegat van Texel over de periode 1926 – 1997 (zie Appendix B voor de individuele figuren).



Figuur 2.5 Ontwikkeling van het zeegat van Texel over de periode 1997 – 2012 (zie Appendix B voor de individuele figuren).

2.2.3 Volumeveranderingen op de buitendelta van het zeegat van Texel

Om en nabij het Zeegat van Texel zijn de morfologische veranderingen complex en gerelateerd aan de dynamiek van de buitendelta. De grootschalige veranderingen op de buitendelta en grootschalige effecten op de zandbalans zijn uitvoerig beschreven in Elias et al. (2012) en Elias (2006). Een belangrijke conclusie uit deze studies is dat de dynamiek van de buitendelta zich in de tijd heeft aangepast. Na afsluiting van de Zuiderzee was er een periode van ongeveer 40 jaar waarin het zeegat en de buitendelta zich aanpasten aan de veranderingen in hydrodynamica (en zandvraag) ten gevolge van de ingreep. Meer recent lijkt het systeem, in ieder geval in configuratie van geulen en platen, stabiel (Figuur 2.5).

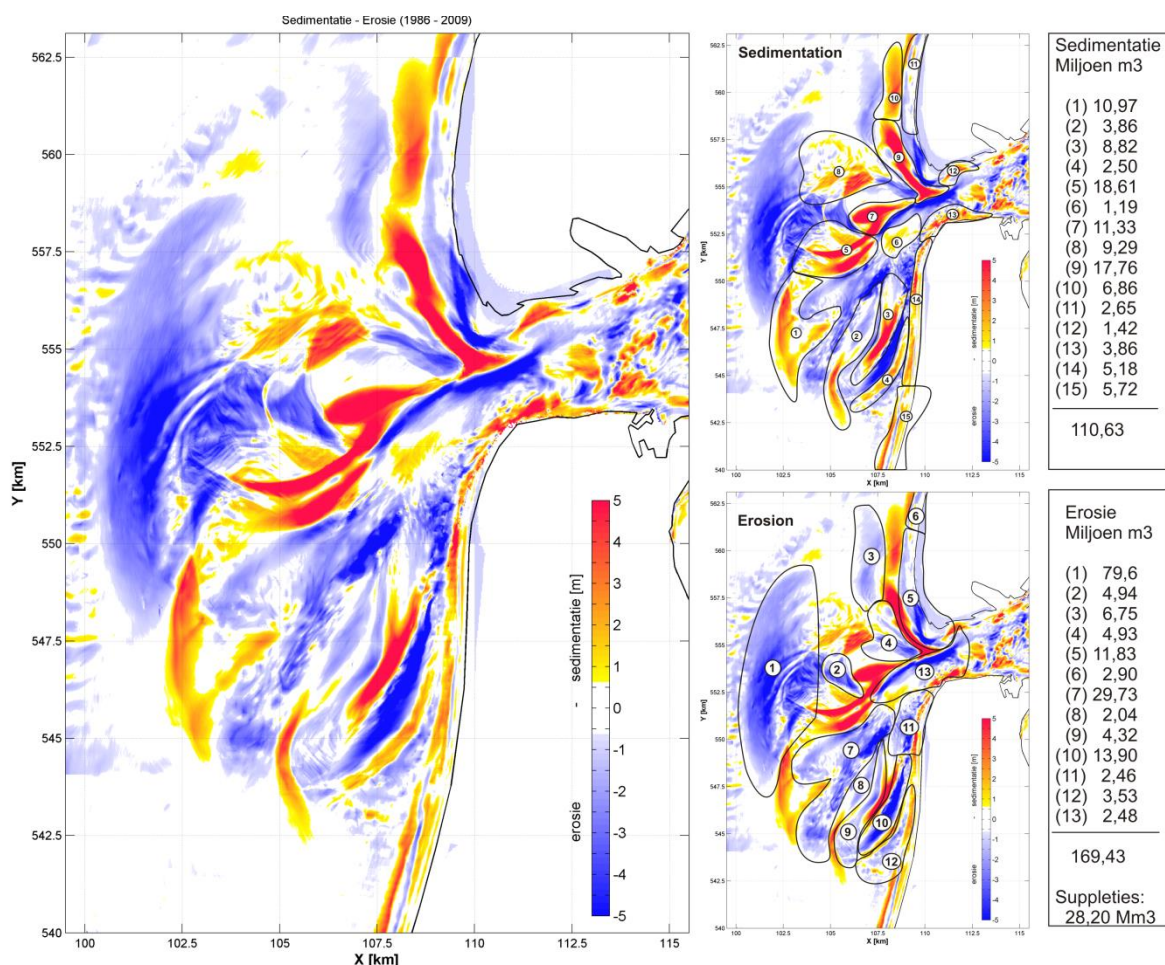
Door gedetailleerde analyse van de morfologische veranderingen (Figuur 2.6) krijgen we inzicht in de sedimenttransporten die representatief zijn voor deze stabielere situatie. Gedurende de periode 1986 – 2009 blijft de configuratie van geulen en platen op hoofdlijnen goed behouden (Figuur 2.4 en Figuur 2.5), maar vinden er wel grote zandverplaatsingen plaats. De buitendelta verliest sediment. In het balansgebied, begrensd door de Y-coördinaten 540 - 564 km en de NAP - 15 m contour aan de zeewaartse zijde, bedraagt het

totale verlies 88 miljoen/m³ (3.8 miljoen m³/jaar). Dit is inclusief correctie voor suppleties. Deze eerste detail-analyse van de jaren 1986-2009 geeft een indicatie van de veranderingen, maar moet in de toekomst wel verder worden uitgebreid. Door een soortgelijke analyse over de andere beschikbare jaren uit te voeren, kunnen betere schattingen worden gemaakt. Op dit moment is een onderzoek lopend naar de 4 morfologische stadia van een zeegat, waarin ook een update van de volumeveranderingen van het zeegat van Texel wordt gepresenteerd. Dit onderzoek zal eind 2014 beschikbaar zijn. Een beknopte samenvatting hiervan zal t.z.t. in de online versie van de beheerbibliotheek worden opgenomen.

Op basis van de vergelijking tussen 1986 en 2009 (Figuur 2.6) kan worden geconcludeerd dat de grootste veranderingen plaatsvinden op de Noorderhaaks en de NUN. Het droogvallende gedeelte van Noorderhaaks verandert van ellipsvormig met zuidelijke oriëntatie, naar een meer noordwaarts gerichte druppelvorm (Figuur 2.4 en Figuur 2.5). Het diepere gedeelte van de Noorderhaaks (zeewaarts van de -5 m) migreert landwaarts en verlengt iets in zuidelijke en noordelijke richting. Hier vindt de grootste erosie plaats van 80 miljoen m³ over de beschouwde periode (Figuur 2.6 erosie (e), deelgebied 1). Een gedeelte van het zand is waarschijnlijk landwaarts verplaatst en terug te vinden in het verhogen van de Noorderhaaks (39 miljoen m³ [sedimentatie (s). 5,7,8]). Ook de NUN is flink in volume toegenomen (13 miljoen m³ [s. 9,10 en e. 3,4]). De landwaartse verplaatsing van de NUN veroorzaakt de grote erosieproblemen aan de Texelse kust (Cleveringa, 2001); de geobserveerde erosie (ongecorrigeerd voor suppleties) is hier 15 miljoen m³. Gedurende deze periode is er langs deze kust nog zo'n 11.5 miljoen m³ gesuppleerd. Het totale verlies is hier dus meer dan 26 miljoen m³. De vele complexe bodemstructuren, de zaagtanden langs de noordelijke zijde van Noorderhaaks en de spitvorming zijn een indicatie voor de dominantie van golfgedreven transporten in dit gebied.

De grote veranderingen op Noorderhaaks zijn goed verklaarbaar. Het merendeel van het sediment op de Noorderhaaks is een relict van de 'oude' buitendeltaconfiguratie waarin de hoofdgeul Westgat een westelijke oriëntatie had. Noorderhaaks vormde zich als eb-schild waarin de zeewaartse aanvoer van sediment door het Westgat en de landwaartse herverdeling van dit sediment (voornamelijk door golven) in evenwicht waren. Door afsluiting van de Zuiderzee is dit evenwicht verstoord. De initiële respons werd gedreven door het getij waarbij de geulen zich in een zuidwaartse richting ontwikkelden. Het herverdelen van zand van het dieper gelegen 'oude' buitendelta-front gaat langzaam. Dit proces is nu nog steeds gaande en resulteert in de geobserveerde veranderingen.

Voor de kust van Noord-Holland zijn het vooral de veranderingen ten zuiden van Noorderhaaks die direct van belang zijn. Ook hier overheerst een afwisselend beeld van sedimentatie en erosie, al zijn de volumes en veranderingen wel kleiner dan op Noorderhaaks. Het ontwikkelen van de geulen vond vooral plaats gedurende een periode van ongeveer 40 jaar na afsluiting van de Zuiderzee. Maar ook in de recente gegevens is verdere verdieping van de geulen te zien en een accumulatie op de eb-schilden. De totale sedimentaccumulatie op de platen (26 miljoen m³ [s. 1,2,3,4]) is klein ten opzichte van de erosie in de geulen (56 miljoen m³ [e. 7,8,9,10,11,12]). Zowel het Nieuwe Schulpengat (-16.4 miljoen m³ [e. 10,11]) en Schulpengat (-36 miljoen m³ [e.7,8,9]) eroderen sterk. Zuiderhaaks bouwt zich langzaam zeewaarts uit (11 miljoen m³, [s1]). De aanliggende kust van Noord-Holland neemt in volume toe (15 miljoen m³, [s. 13,14,15]), maar dit komt vooral door de uitgevoerde zandsuppleties (17 miljoen m³ langs dit kustvak gedurende deze periode). De grote netto zandverliezen op de buitendelta zijn een indicatie voor de sedimentverliezen naar het bekken.



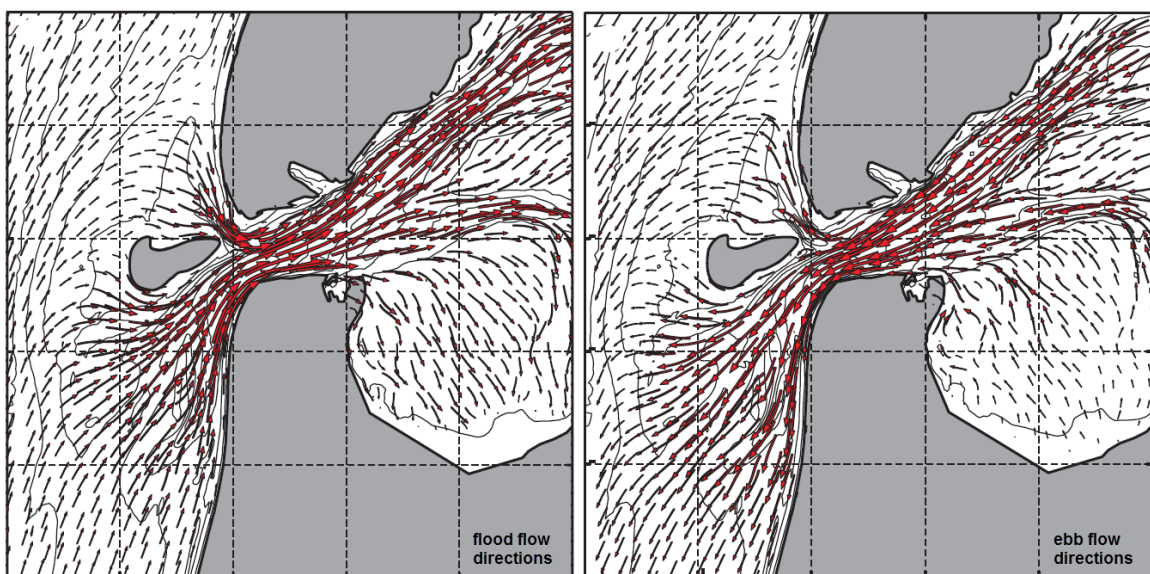
Figuur 2.6 Geobserveerde bodemverandering over de periode 1986-2009 (links). Volumeveranderingen voor sedimentatie (rechts boven) en erosie (rechts onder) in geselecteerde polygonen. NB: Binnen de 'sedimentatie' polygonen wordt slechts de sedimentatie in rekening gebracht, binnen de 'erosie' polygonen slechts de erosie, de polygonen mogen elkaar hierdoor overlappen. Deze figuur en getallen zijn inclusief suppleties. PM: een update van deze figuur wordt op dit moment uitgewerkt in het deelproject "uitwisseling getijbekkens" van Edwin Elias. Deze zal eind 2014 beschikbaar zijn.

2.2.4 Opdringen van de Noordelijke Uitlopers van de Noorderhaaks (NUN)

Het noordelijke gedeelte van de buitendelta van het Zeegat van Texel bestaat uit 2 belangrijke morfologische eenheden. De zandbank NUN en de geul *Molengat*. Zoals eerder beschreven in Hoofdstuk 2.2.2 is de NUN sterk gegroeid na afsluiting van de Zuiderzee (1932). Na een initiële sterke groei en kromming (1933 - 1991) was het de verwachting dat deze spit zich met de kust van Texel zou verhelen. Deze verheling heeft tot op heden nog niet plaatsgevonden. Vooral gedurende de periode 1991-2003 bleef de geul-plaat configuratie opmerkelijk stabiel.

In het werk van Elias (2006, Hoofdstuk 5 en 6) wordt een uitgebreide beschrijving van de vorming van Molengat en de maatgevende processen gegeven. Hier geven we de belangrijkste inzichten uit deze studie. Sediment wordt zowel vanaf de zeezijde als door de geul Molengat naar de NUN gevoerd. In de geul zijn deze transporten vooral getijgedreven en vindt er een transport in tegengestelde richting plaats langs de kust en langs de NUN. Langs

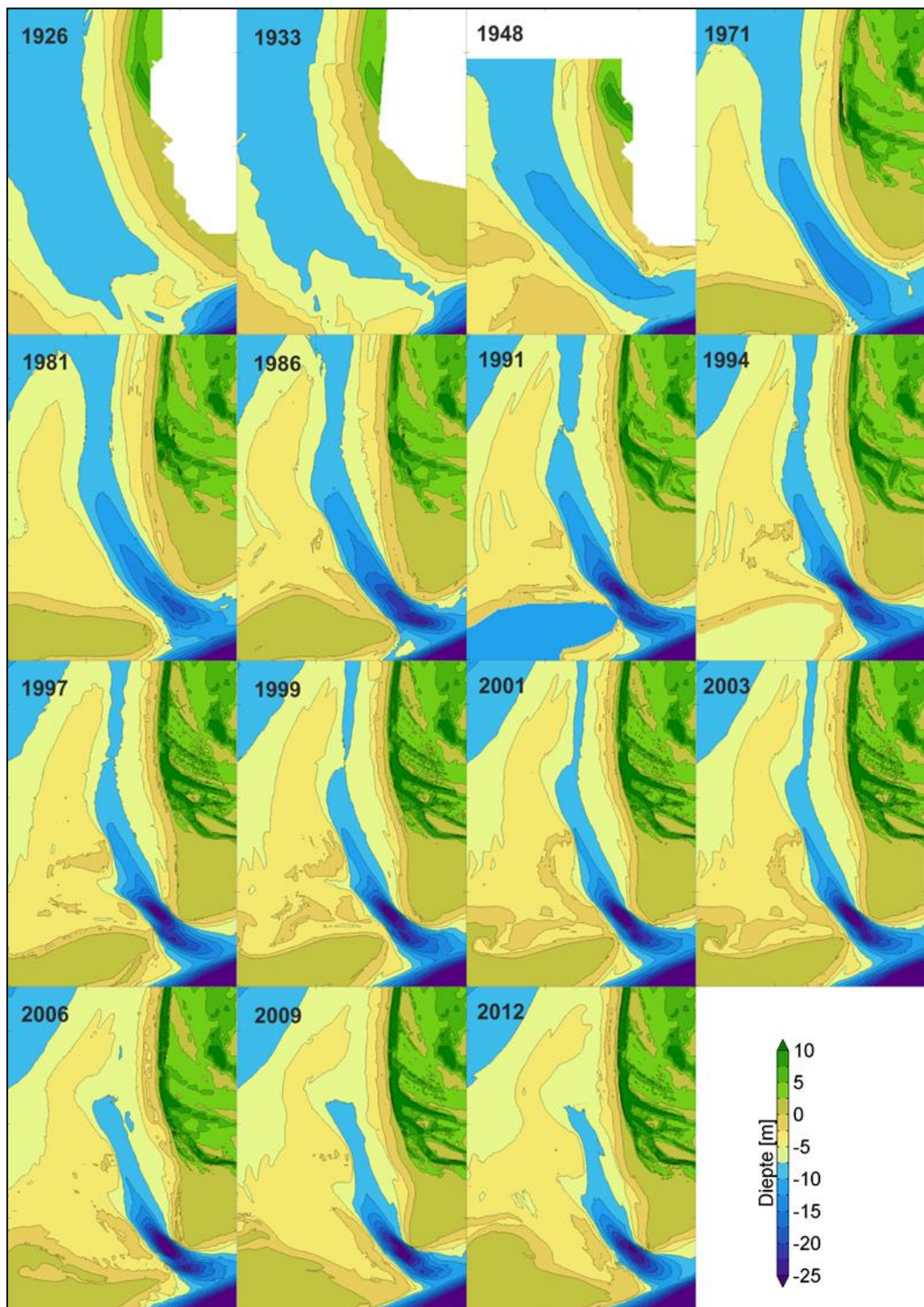
de kust overheersen de vloed-gedomineerde transporten (naar het zeegat toe), terwijl langs de NUN de eb-dominante transporten overheersen (zee- en noordwaarts gericht). Het is waarschijnlijk dat deze eb-dominante transporten een belangrijke rol spelen in de stabiliteit van de NUN en Molengat. Deze transporten verhinderen landwaartse verplaatsing van de spit onder invloed van golven, door het noordwaarts verplaatsen van het opgewoelde sediment. De stabiliteit van geul en spit geven aan dat hier een balans tussen landwaarts en noordwaarts transport bestaat. Modellsimulaties laten zien dat tijdens stormen de landwaartse transporten overheersen over de getijdgedreven langstransporten, terwijl gedurende kalme omstandigheden dit omgedraaid is. De getijdgedreven transporten geven dan zelfs een zeewaartse uitbouw van de spit.



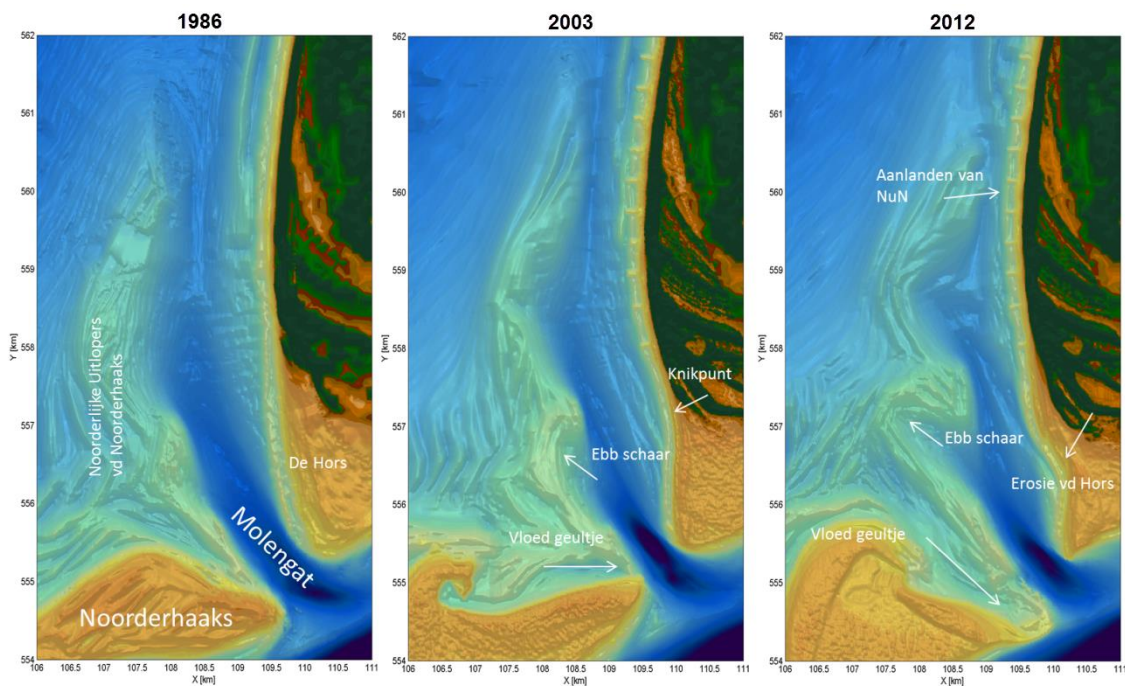
Figuur 2.7 Schematische weergave van de stromingspatronen voor een zeker tijdstip tijdens vloedfase (links) en een zeker tijdstip tijdens de ebfase. (Uit: Elias, 2006, bewerkt).

In de meer recente bodems (2006-2012) is weer een duidelijke vervorming van vooral de noordkant van de spit te onderscheiden (Figuur 2.8 en dwarsprofielen in bijlage D). Ook neemt de maximale hoogte af. Dwarsprofiel 6 (Appendix D, Figuur D.4) laat duidelijk zien dat er hier tot 1994 een kleine geul de NUN scheidt van de kust. Sinds 1994 is deze geul aan het verondiepen. In de laatste opname (2012) is er van een geul geen sprake en vormen de kust en NUN een ondiep platform op de -5m. Een opmerkelijke verandering treedt ook op langs de kust van Texel (Hors) en op de Noorderhaaks. Tot ruwweg 1986 had de zuidwestkust nog een vloeiende boogvorm. Sinds 1986 is er een knikpunt gevormd (zie Figuur 2.9). Dit komt vooral door lokale erosie van de Hors terwijl de zuidwestelijke tip zich iets zeewaarts verplaatst. De Noorderhaaks vertoont eveneens een grote verandering in vorm. Tussen het Molengat en de Noorderhaaks vormt zich een nieuwe vloedgeul en ebschaar waardoor de afstand tussen Noorderhaaks en de Hors juist toeneemt. Dit is een duidelijke trendbreuk met voorgaande waarnemingen. De Noorderhaaks verschuift sinds het droogvallen in de jaren '50 al langzaam naar het oosten toe. In de periode 1991 – 2003 blijft dan de oostpunt opmerkelijk stabiel. Met het opdringen van de Noorderhaaks vervormde het Molengat van zeer breed en ondiep naar een smalle diepe geul (Figuur 2.9). Sinds 2006 is de trend omgekeerd. De Noorderhaaks erodeert aan de oostzijde en het Molengat verondiept.

De vervorming van de Noorderhaaks en het Molengat kan grote gevolgen hebben voor de naastliggende kustlijn. Een direct gevolg van verheling van de NUN is dat een (groot) zandvolume aan de kust geleverd wordt, die de erosie tijdelijk kan compenseren. Daarnaast hebben veranderingen in het Molengat en Noorderhaaks een effect op de processen die erosie veroorzaken. De erosie van het kustvak wordt vaak toegeschreven aan de invloed van de getijdengeul het Molengat, die vlak onder de kust van zuidwest Texel loopt en die geleidelijk naar het oosten opschuift. Een deel van de erosie wordt veroorzaakt door het brandingstransport langs de kust. Een verandering in de voorliggende ondiepte kan resulteren in een verandering van dit langstransport. Het evenwicht tussen geul, bank en kust verandert, wat kan leiden tot grote (zowel positieve als negatieve) veranderingen in de kust. De erosie van de Hors lijkt zich wel versterkt door te zetten.



Figuur 2.8 Detailweergave van de vorming en landwaartse verplaatsing van de Noordelijke Uitlopers van de Noorderhaaks op de periode 1926-2012.

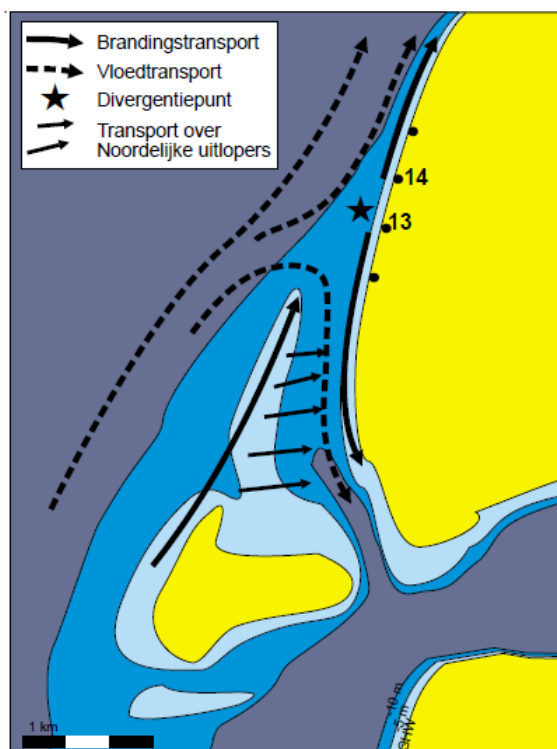


Figuur 2.9 Detailweergave van de vorming en landwaartse verplaatsing van de Noorderlijke Uitlopers van de Noorderhaaks (1986, 2003 en 2012).

2.3 Eilandkust

2.3.1 Zandtransporten langs de (zuid-westelijke) eilandkust

Cleveringa (2001) geeft een conceptuele beschrijving van de werking van het kuststelsel aan de zuidwestzijde van Texel. Deze beschrijving is samengevat in Figuur 2.10 en de tekst in deze paragraaf.



Figuur 2.10 Conceptueel sedimenttransportmodel van de kust van zuidwest Texel, het Molengat en de Noorderhaaks. Onder invloed van het gemiddelde jaarlijkse golfklimaat vindt langs de kust ten noorden van strandpaal 14 brandingstransport naar het noorden plaats en ten zuiden van strandpaal 13 brandingstransport naar het zuiden. Langs de Noordelijke uitlopers van de Noorderhaaks vindt brandings transport naar het noorden plaats en er vindt ook golfgedreven transport over de Noordelijke uitlopers naar de kust plaats. De vloedstroom divergeert voor de kust van zuidwest Texel, een deel gaat verder noordelijk langs de kust en een deel gaat door het Molengat). Uit: Cleveringa (2001)

De natuurlijke morfologische ontwikkelingen van de zuidwestkust van Texel worden bepaald door de zandtransporten langs de kust en op de buitendelta van het naastgelegen zeegat. Maatgevend voor de opgetreden veranderingen zijn: (1) de druk op de kust door het Molengat, (2) golfgedreven zandtransport naar het noorden én het zuiden met een scheiding tussen paal 13 en paal 14 en (3) zandtransport naar het noorden en het zuiden door een stuwpunt in de vloedstroom.

Druk op de kust door het Molengat

In eerdere onderzoeken naar de oorzaken van de erosieproblemen bij zuidwest Texel is er altijd vanuit gegaan dat de druk van het Molengat op de kust een zeer belangrijke rol speelt (Beckerling Vinkers, 1951, Ringma, 1953, Battjes, 1962, Joustra, 1971, de Reus, 1980, Waterloopkundig Laboratorium, 1996). De druk op de kust door het Molengat is niet het gevolg van de doorgaande zandtransporten door het getij, maar wordt veroorzaakt door de verplaatsing van de gehele geul naar het oosten (Figuur 2.4 en Figuur 2.5). Deze verplaatsing wordt weer veroorzaakt door het landwaartse zandtransport vanaf de Noordelijke Uitlopers naar het oosten, als gevolg van de golfwerking in combinatie met de vloedstroom.

Golfgedreven zandtransport naar het noorden én het zuiden

Langs de kust van zuidwest Texel vindt golfgedreven zandtransport plaats. De richting van dit transport wordt bepaald door de richting die de golven hebben ten opzichte van de kustlijn. De richting van de golven in het gebied wordt bepaald door de golfrichting op de Noordzee en door de afbuiging van golven als ze zich voortplanten over ondieptes zoals de Noordelijke Uitlopers van de Noorderhaaks (NUN). De kustlijn van zuidwest Texel is bol. De combinatie van afbuiging van golven over de buitendelta met de bolle kustlijn van zuidwest Texel levert een splitsing van de gemiddelde jaarlijkse brandingstransporten. Dit splitsings- of divergentiepunt ligt in het gebied rond strandpaal 13 en 14 (Figuur 2.10). Ten zuiden hiervan heerst een zuidwaarts gericht brandingstransport, ten noorden hiervan heerst een gemiddeld noordwaarts brandingstransport (Steijn en Jeuken, 2000). De consequentie van een dergelijk divergentiepunt is dat er met het brandingstransport rond dit gebied alleen zand verdwijnt, terwijl er niets wordt aangevoerd. Met andere woorden: het brandingstransport zorgt dus voor erosie bij het divergentiepunt. De ligging van het divergentiepunt is mede afhankelijk van de afbuiging van de golven over de Noordelijke uitlopers. Met de uitbouw van de Noordelijke uitlopers naar het noorden is ook het divergentiepunt naar het noorden opgeschoven.

Zeewaarts van zuidwest Texel vindt langs de NUN brandingstransport naar het noorden plaats. Ook vindt over de NUN zandtransport plaats door de getijdestromingen (Figuur 2.10). Het netto resultaat van het brandings- en getijdetransport over de NUN is een zandtransport naar het noorden. Dit noordwaartse zandtransport leidt tot doorgaande uitbouw van de NUN in noordelijke richting, langs de kust van zuidwest Texel. Hoewel dit zandtransport naar de kust van zuidwest Texel is gericht, komt het zand niet ten goede aan de eilandkust. Het Molengat scheidt de noordelijke uitlopers van de kustlijn en voorkomt transport van zand naar de kust.

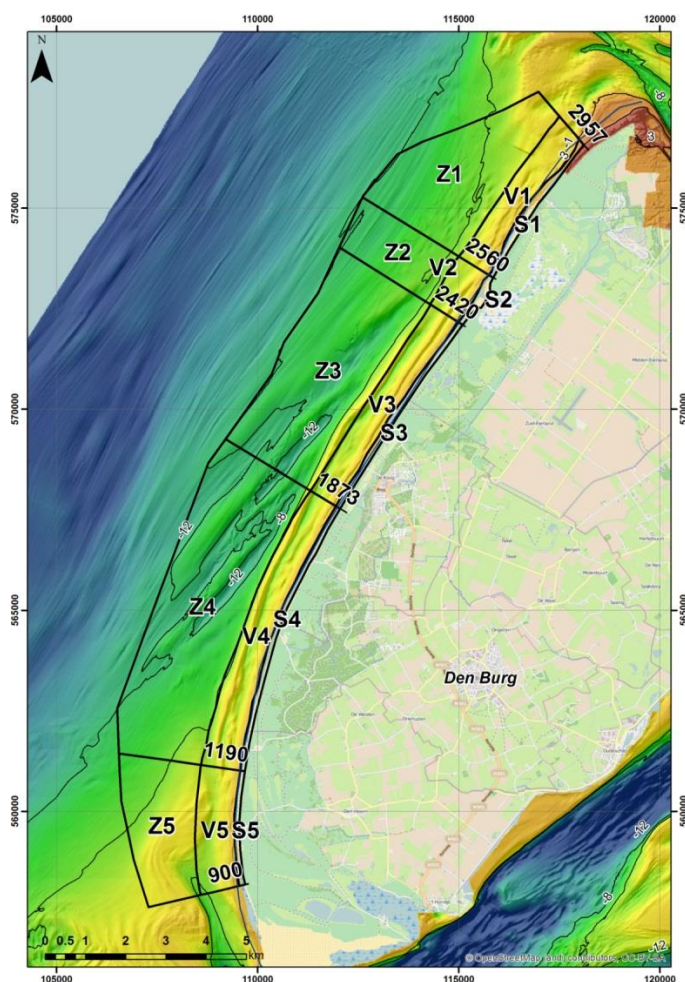
Zandtransport naar het noorden en het zuiden door een stuwpunt in de vloedstroom

In het Molengat loopt de stroming met vloed in zuidoostelijke richting naar de Waddenzee. Langs de buitendelta en langs de eilandkust is de vloedstroom naar het noorden gericht. Ter hoogte van strandpaal 11 verdwijnt een deel van de vloedstroom het Molengat in en stroomt de rest door langs de eilandkust. Rond strandpaal 11 ligt dus een splitsingspunt in de vloedstroom (Steijn en Jeuken, 2000). Ten zuiden van dit splitsingspunt, of "stuwpunt" wordt zand door de getijdestromingen naar het zuidoosten getransporteerd en ten noorden wordt zand langs de kust naar het noorden getransporteerd. Rond strandpaal 11 wordt dus alleen zand afgevoerd door de vloedstroom, en vindt er geen aanvoer plaats. De vloedstroom zorgt dus voor erosie bij strandpaal 11. Tijdens eb gebeurt juist het omgekeerde: ter hoogte van strandpaal 12 bevindt zich dan een punt waar de noordwaarts gerichte ebstroom uit het Molengat de zuidwaarts gerichte ebstroom langs de eilandkust tegenkomt. Bij dit convergentiepunt wordt door de ebstroom zand aangevoerd, wat waarschijnlijk tot sedimentatie leidt. Het is niet duidelijk hoe deze sedimentatie zich verhoudt tot de erosie van de vloedstroom.

Samengevat bevinden zich enkele belangrijke punten in het gebied tussen strandpaal 11 en 14. Hier treedt in de eerste plaats erosie op door een splitsingspunt in het brandingstransport. Verder treedt er mogelijk ook erosie op door een splitsingspunt in de vloedstroom (rond strandpaal 11), maar onduidelijk is nog in hoeverre deze weer wordt gecompenseerd door de sedimentatie als gevolg van een convergentiepunt in de ebstroom (rond strandpaal 12).

2.3.2 Volumeveranderingen eilandkust

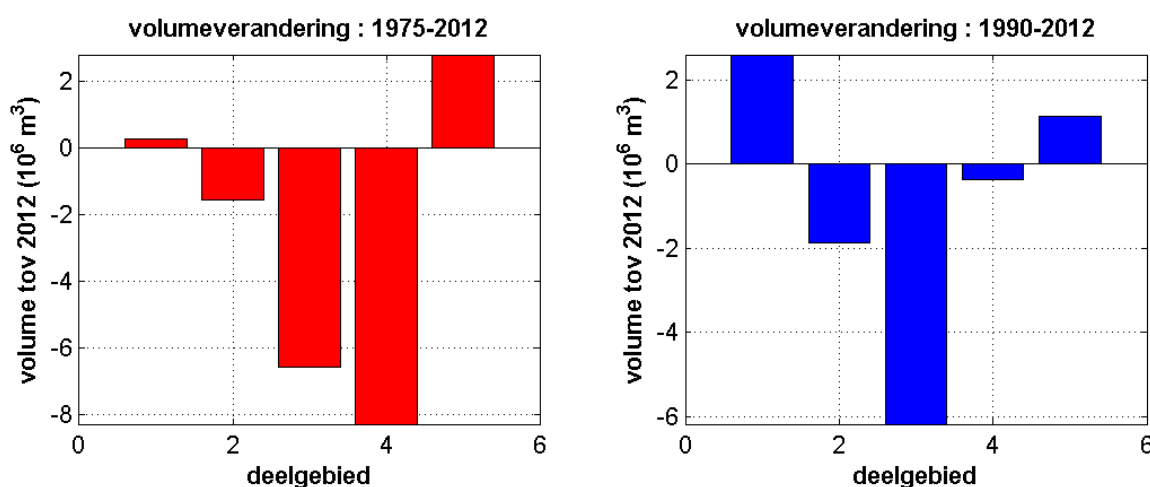
De volumeontwikkeling van de eilandkust is geanalyseerd aan de hand van de Jarkus metingen over de periode 1965-2012. De volumes zijn berekend voor representatieve polygonen van het strand, de vooroever en het zeewaartse deel van de kust. Kustlangs is het eiland in vijf deelgebieden opgedeeld (Figuur 2.11). De strandpolygonen (S1-S5) lopen van ca. NAP -1 m tot NAP +3 m, de vooroeverpolygonen (V1-V5) sluiten daarop aan en lopen tot ca. NAP -8 m en de zeewaartse polygonen (Z1-Z5) sluiten weer op de vooroeverpolygonen aan en hebben een zeewaartse begrenzing rond NAP -12 m. De ontwikkeling van de volumes is te zien in Figuur 2.12 en Figuur 2.13).



Figuur 2.11 Overzicht polygonen t.b.v. volumebepaling, met indeling in 5 zones kustlangs (1 t/m 5) en 3 kustdwars (Z, V en S).

Het noordelijkste gebied (1) loopt vanaf de noordkant van de Slufter tot iets voorbij de Eierlandse Dam. In totaal is dit deelgebied in volume toegenomen. Vooral over de periode 1990-2012 zien we hier een toename: +2.6 miljoen m³ (Figuur 2.12). Het tweede gebied is het stuk kust rondom de Slufter. Gebieden 3 en 4 liggen langs het rechte centrale deel van de kust. Deze 3 deelpolygonen vertonen alleen een trend van erosie. Sinds 1990 zijn de volumes met respectievelijk -1.9, -6.2 en -0.4 miljoen m³ afgenomen. Gebied 5 ligt in het aanlandingsgebied van de NUN. In dit deelgebied zijn de volumes met 1,1 miljoen m³ toegenomen sinds 1990.

Het volumeverloop van de strandpolygoonen vertoont voor alle deelgebieden een identieke trend (Figuur 2.13, boven). De volumes nemen af tot ongeveer 1990. Daarna zien we juist weer een toename. In de periode 1975-1990 is de cumulatieve volumeafname (inclusief suppleties) bijna 5 miljoen m^3 . De uitgevoerde suppleties (9.0 miljoen m^3) zijn hier niet voldoende geweest om de erosie te compenseren. Sinds 1990 nemen de suppletievolumes sterk toe (naar 0.9 miljoen m^3 /jaar). Dit is te zien in de volumeontwikkeling van het strand. Het volume van het strand neemt met 2.2 miljoen m^3 toe (ofwel 0.10 miljoen m^3 /jaar). Vooral in polygoonen S1-S3 is een zaagtandpatroon in de volumeontwikkeling te zien. Deze zaagtand lijkt te corresponderen met de uitgevoerde suppleties. In totaal is hier 29 miljoen m^3 op het strand gesuppleerd.

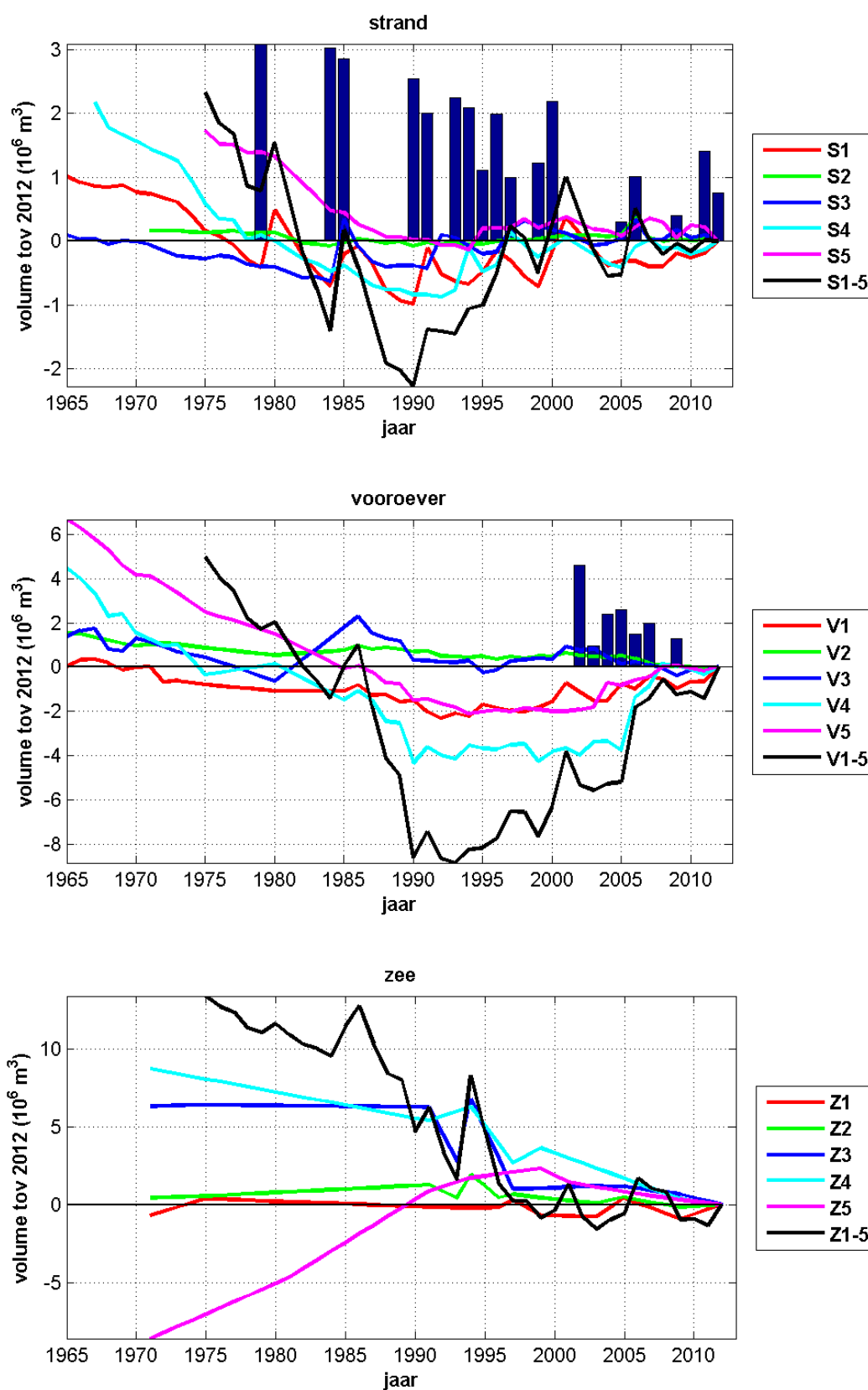


Figuur 2.12 Volumeverandering per deelgebied over de periode 1975-2012 (links) en 1990-2012(rechts).

De vooroever laat een gelijk beeld zien als het strand. Ook hier vindt tot 1990 een sterke volumeafname plaats (-13 miljoen m^3). Sinds 1990 nemen de totale volumes met 8.5 miljoen m^3 toe. In de periode 1990-2000 zien we een stabilisatie van de volumes in deelgebieden 2,4,5), terwijl de volumes van 1 en 3 nog wel iets in volume toenemen. Een duidelijke volumetoename vindt plaats vanaf 2000. In de periode 2002-2012 is er ruim 15 miljoen m^3 op de vooroever gesuppleerd en nemen de volumes in de vooroever met 6 miljoen m^3 toe. Gedurende deze periode hebben eigenlijk alleen polygoonen 2 en 3 een duidelijk negatieve trend.

De vooroever in polygoon V4 toont tot 1990 flinke erosie tot 1990 en wordt daarna stabiel. Dit volumeverloop is deels gerelateerd aan de uitgevoerde suppleties. Het is waarschijnlijk dat ook het noordwaarts verplaatsen van de NUN hier de volumes laat toenemen. In 2005 is hier een zeer grote suppletie uitgevoerd, wat resulteert in een duidelijk sprong in het volumeverloop.

De noordelijke zee-polygoonen Z1 en Z2 hebben een vrij stabiel volume, terwijl langs het centrale deel van de kust duidelijk erosie plaatsvindt (Z3 en Z4). Deze lijkt vanaf ongeveer 1995 wat af te zijn genomen. In polygoon Z5 wordt het volume volledig bepaald door de NUN. Deze neemt dan ook flink toe tot 1999. Hierna is weer een lichte afname te zien.

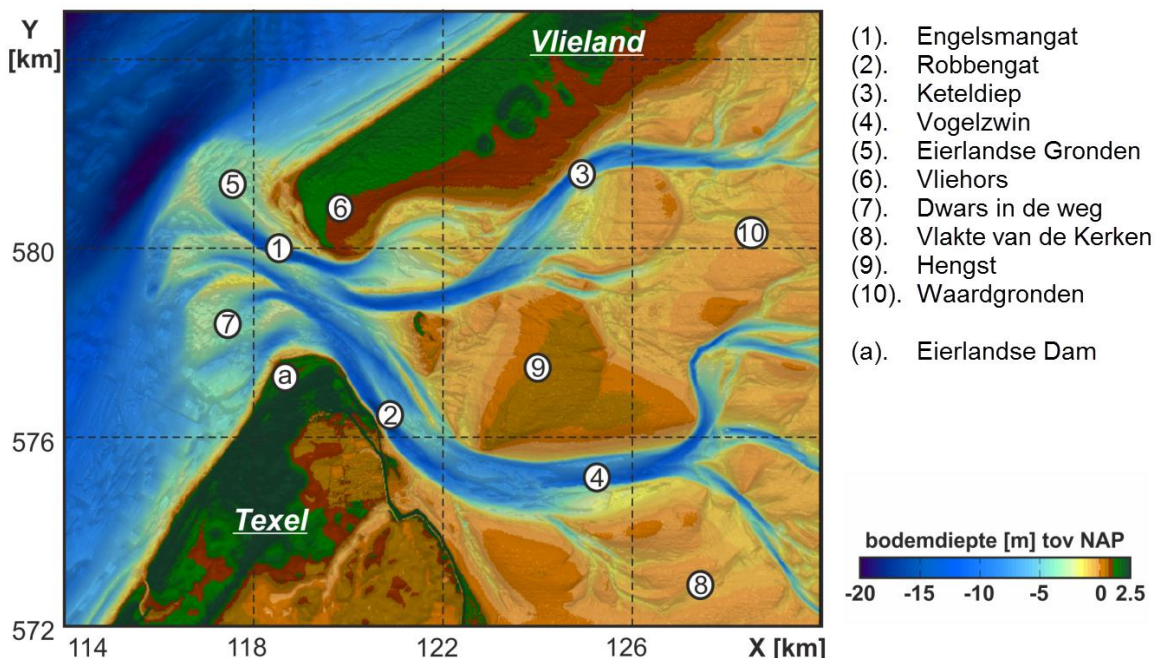


Figuur 2.13 Volumeveranderingen relatief tov.2012 voor strand, vooroever en zee (van boven naar onder). Blauwe balken geven de volumes van de uitgevoerde suppleties.

2.4 Ontwikkeling van het Eierlandse Gat

2.4.1 Algemene kenmerken

Zoals eerder geschreven, vindt het huidige Texel zijn oorsprong in de 17e eeuw, met het verbinden van de eilanden Texel en Eierland door een zanddijk. De inpolderingen aan de Wadden kant die daarop volgden hebben de 'staart' van Texel gevormd tot de huidige configuratie. Eierland (zo wordt de staart van Texel nog steeds genoemd) vormt de zuidelijke begrenzing van het zeegat Eierlandse gat (Figuur 2.1). Een recente bodem (2005) van het Eierlandse gat laat de karakteristieken van dit zeegat zien. Het zeegat bestaat uit twee hoofdgeulen in de keel: het Engelsmangat en het Robbengat. Deze geulen worden min of meer gescheiden door een ondiepe drempel. Het Engelsmangat heeft een noordelijke ligging en verbindt in het bekken rechtstreeks met de geul het Keteldiep en een kleinere geul langs Vlieland 'Geul onder de Vliehors'. Langs de kust van Texel ligt het Robbengat, deze gaat in het bekken over in het Vogelzwin. Het Robbengat heeft een maximale diepte van ongeveer 15 m bij de bolwerken Eierland en Robbengat. In zeewaartse richting verondiept de geul sterk en waaiert uit over de zuidelijke buitendelta. De omvang en het volume van de buitendelta hangt sterk af van de definitie van de grenzen. Rekenen we Vliehors tot de buitendelta dan zien we dat het grootste zandvolume zich ten noorden van het Engelsmangat bevindt. Rekenen we Vliehors bij Vlieland, dan bevindt het merendeel van het buitendelta volume zich in het zuidelijke gedeelte. De noordwestelijke punt van Texel wordt beschermd door de Eierlandse Dam, de bolwerken Eierland en Robbengat en vele strekdammen (Figuur 2.1, onderste figuur). Deze constructies zijn slechts gedeeltelijk te zien omdat ze momenteel worden bedekt door een breed strand. Dit strand is het resultaat van het invangen van zand door de Eierlandse Dam; een 800 meter lange stenen dam haaks op de kust.



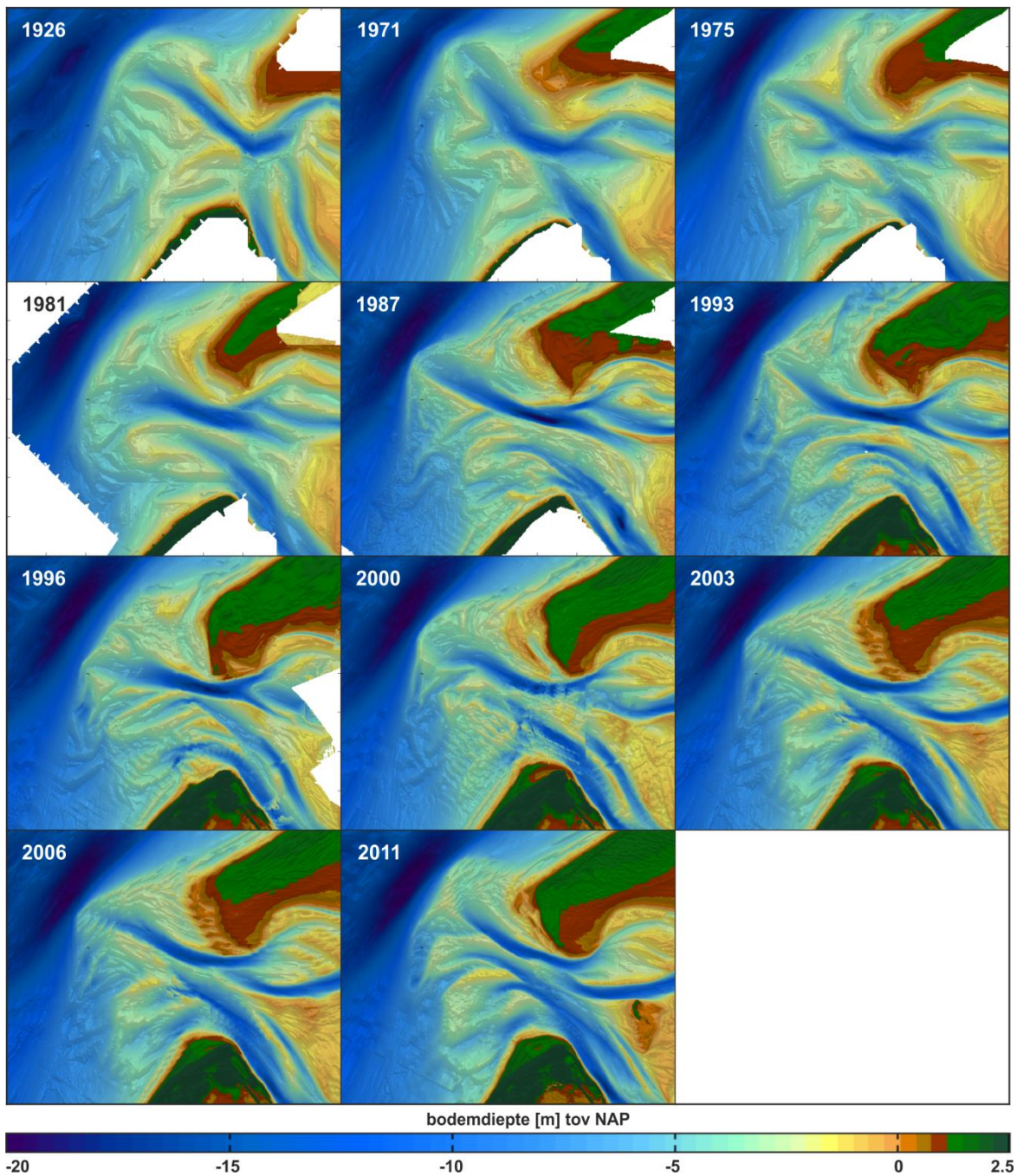
Figuur 2.14 Ligging van de belangrijkste geulen en platen in het Eierlandse Gat (boven) en een overzicht van de verdedigingswerken (onder).

2.4.2 Morfologische ontwikkeling van het Eierlandse Gat

In het Eierlandse Gat hebben grootschalige morfologische veranderingen plaats gevonden. Tussen de oudere en nieuwe bodems in Figuur 2.15 is een duidelijk verschil in geulenstelsel waar te nemen. Door de vele menselijke ingrepen zoals het verbinden van de eilanden, de aanleg van de bolwerken, maar ook de afsluiting van de Zuiderzee is het moeilijk een 'natuurlijk' gedrag te definiëren.

Tot ongeveer 1975 was er sprake van een ééngeulenstelsel op de buitendelta (zie ook Joustra, 1971 en Endema, 1978). In het bekken was er een dominante geul (het Vogelzwin) die zich langs de noordzijde van Texel uitstrekte. Langs Vlieland bevond zich een kleine vertakking van deze geul. De geul op de buitendelta (het Engelsmangot) was nog verbonden met beide geulen in het bekken. Rond 1852 was het Engelsmangot gekromd naar het zuidwesten. Als gevolg van het met de klok mee roteren van de geul heeft het Engelsmangot in de bodemopname van 1930 een zeewaartse (noordwestelijke) oriëntatie. In de opname van 1852 is nog een tweede geul (het Eierlandse gat) te zien welke tussen het Engelsmangot en Eierland in ligt. Het Eierlandse Gat is rond 1900 al niet meer te onderscheiden (zie Schoorl, 1999 voor historische reconstructies).

Tot de aanleg van de bolwerken Robbengat (1948) en Eierlandsgat (1956) verschoof het Vogelzwin landwaarts. Sindsdien blijft de geul tegen het eiland aanliggen. Vanaf ruwweg 1975 vormt zich een ondiepe drempel (-5 m NAP) tussen het Engelsmangot en het Robbengat. Het Engelsmangot maakt nu eigenlijk alleen een directe verbinding met het Keteldiep in het bekken. Het Robbengat waaiert zeewaarts uit langs de bolwerken en de Eierlandse Dam. Zeewaarts van de dam ontstaan er in 2010 een aantal duidelijke kleine geulplaatsystemen. De drempels tussen deze systemen wijzen op een vloed-dominante stroming langs de Eierlandse Dam en een eb-dominantie zeewaarts hiervan. Een diepere geul langs de eilandkop was ook rond 1995 zichtbaar. Een belangrijk verschil is echter dat in 1995 deze geul niet natuurlijk gevormd werd, maar werd geïnitieerd door het baggeren van een kunstmatige ontgrondingskuil voor de Eierlandse Dam. Deze kuil werd aanvankelijk iets dieper, wat bezinkstukken aan de kop van de dam nodig maakte, maar verzandde in de volgende jaren (duidelijk te zien in de data van 2000 en 2005). Het is dus mogelijk dat het ontstaan van geulen en platen, en vooral de geul langs de eilandkop, een periodiek gedrag is. Maar het is nog te vroeg om dit met zekerheid te kunnen vaststellen. Als de geul langs de Eierlandse Dam zich verder ontwikkelt, kan dit gevolgen hebben voor de kop van de dam, maar ook voor de zandtransporten langs het kustvak. Het is daarom van belang om de toekomstige ontwikkelingen in dit gebied goed te volgen.

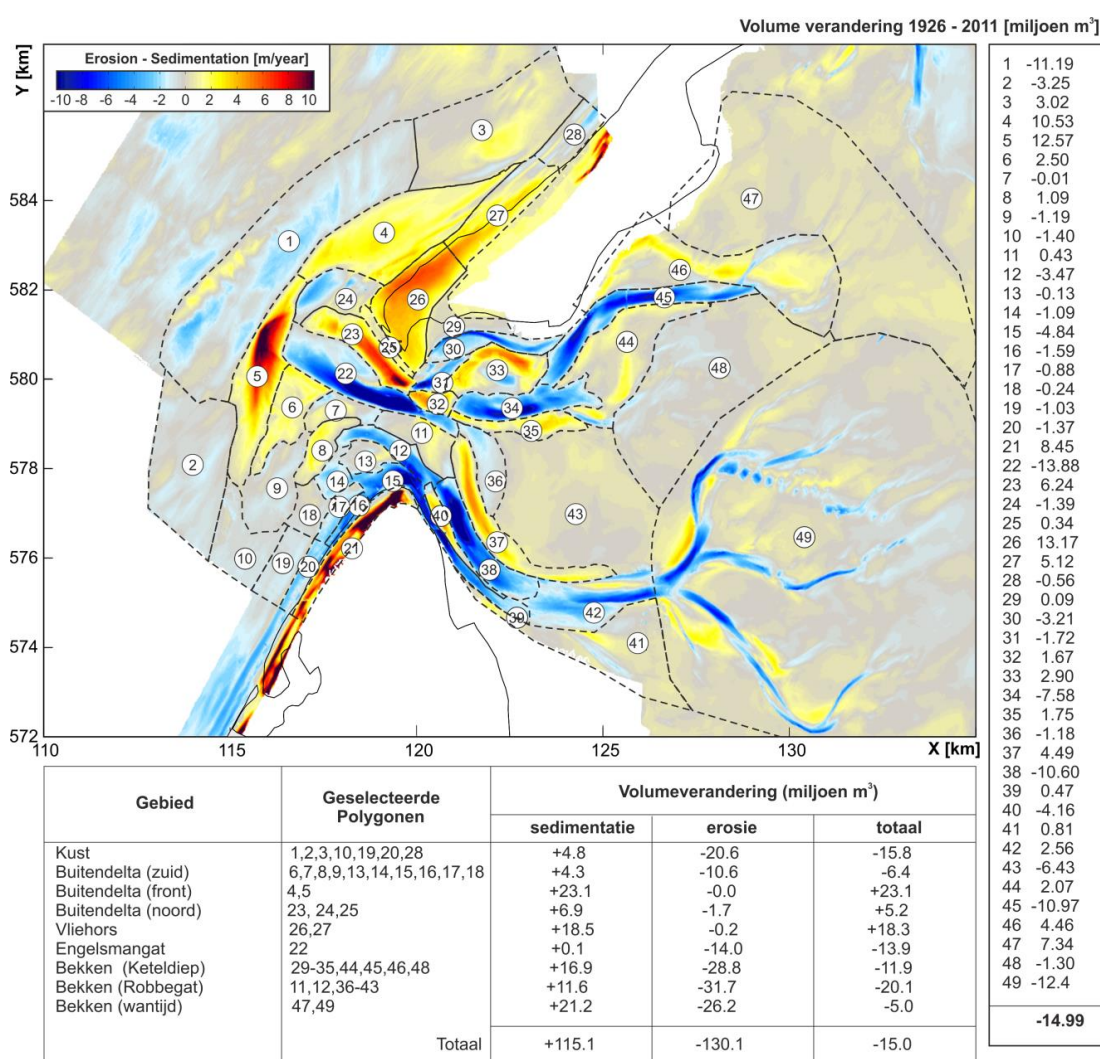


Figuur 2.15 Ontwikkeling van het Eierlandse Gat 1926 – 2011.

2.4.3 Volumeveranderingen

Figuur 2.16 illustreert de volumeveranderingen over de periode 1926-2011. In totaal zijn de volumeverliezen beperkt (-15 miljoen m³). Zowel het achterliggende bekken als de zeezijde verliest sediment (respectievelijk -37 miljoen m³ en -8 miljoen m³). De erosie van de buitendelta vindt vooral plaats aan de zuidzijde, langs de kust (-6 miljoen m³). Dit verlies is inclusief ruim 17 miljoen m³ aan zandsuppleties. In de 8 miljoen m³ sedimentatie van polygoon 21 is waarschijnlijk een gedeelte van deze suppleties terug te vinden. Ook het centrale gedeelte van de buitendelta en de rand van de buitendelta verliezen sediment.

De verdieping en vervorming van het Engelsmangat van een enkele geul naar een meer-geulensysteem resulteert in een erosie van -14 miljoen m³. Een significant verlies, ruim 11 miljoen m³, treedt ook op langs de buitenrand en de omliggende diepere kustzone (-16 miljoen m³). Sedimentatie vindt vooral plaats op de plaatoppervlakten links en rechts van het Engelsmangat (polygonen 4 en 5: +23 miljoen m³). Ook de Vliehors bouwt sterk uit (+23 miljoen m³). Nemen we de aanzanding van de Vliehors mee in de berekening dan is er juist een netto aanzanding aan de zeezijde van het zeegat. Deze volumes zijn wel inclusief de uitgevoerde suppleties met een totaal volume van 17 miljoen m³. Corrigeren we de volumes voor deze suppleties dan zien we dat zowel bekken als buitendelta (-7 miljoen m³) zand verliezen. Het totale verlies uit dit deelsysteem loopt dan op tot 32 miljoen m³ (over de periode 1926-2011)



Figuur 2.16 Volumeverandering Eierlandse Gat gebaseerd op het verschil tussen de 1926 en 2011 bodem.

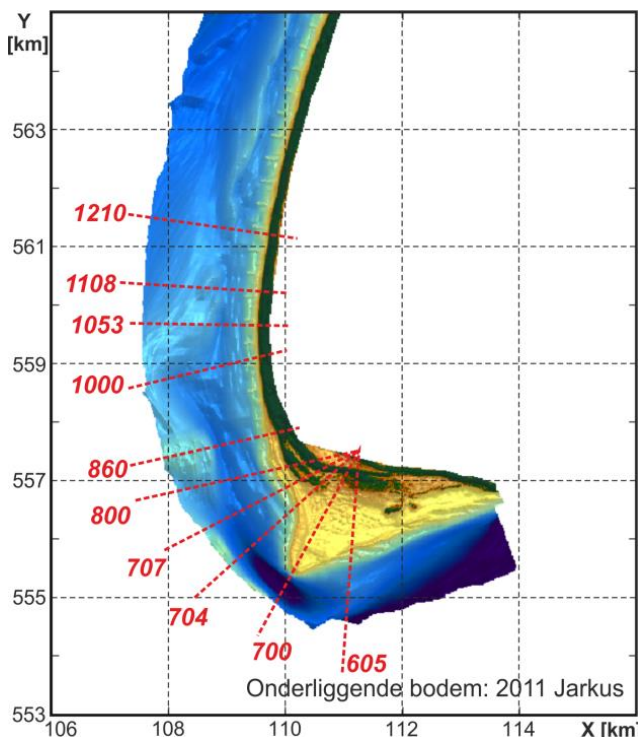
2.5 Detail analyse en Kustlijnontwikkeling

In voorgaande teksten gingen we in op de morfologische ontwikkelingen van de verschillende onderdelen van het systeem. In de volgende paragrafen gaan we meer in op de gevolgen hiervan voor de kust. Deze analyse is (net als in de vorige paragrafen) opgedeeld in drie deelsystemen:

- A. Hors, Molengat en Noordelijke uitlopers Noorderhaaks, paragraaf 2.5.1
- B. Eilandkust en sluffer, paragraaf 2.5.2 (nog PM)
- C. Tussen Sluffer en Eierlandse gat, paragraaf 2.5.3

2.5.1 Hors, Molengat en de Noordelijke Uitlopers van de Noorderhaaks (NUN)

Deze paragraaf beschrijft de ontwikkeling van de kust aan de zuidwestelijke kop van Texel. Figuur 2.17 toont een overzicht van het deelgebied met de ligging van de raaien die in deze analyse worden beschreven.

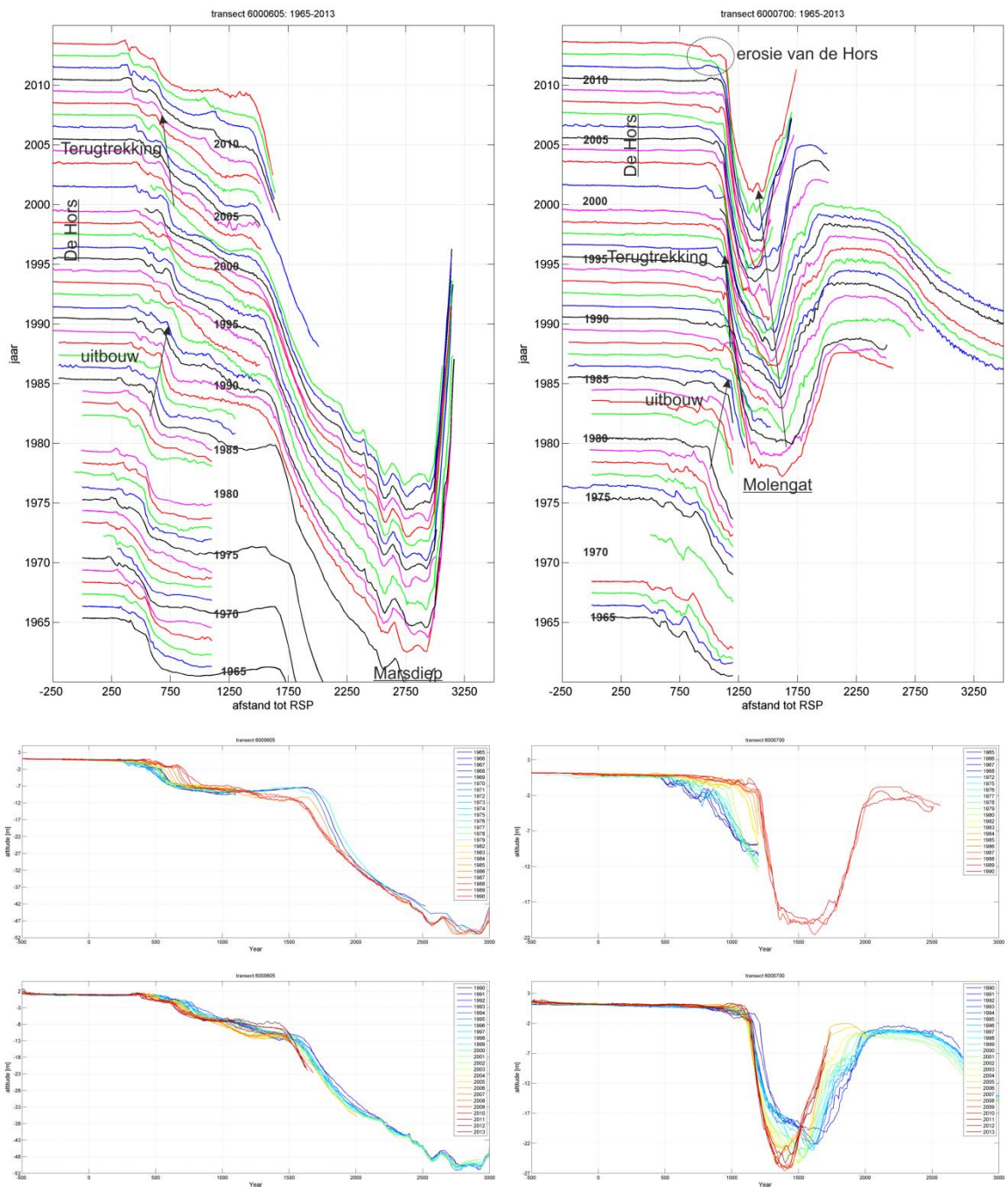


Figuur 2.17 Overzicht ligging Jarkusraaien zoals gebruikt in de hieronder volgende analyse voor de zuidwestelijke zijde van Texel.

2.5.1.1 Raaien 605 en 700; zuidkant de Hors

Zie Figuur 2.18, raai 605 geeft een representatief beeld van de ontwikkelingen aan de zuidzijde van de Hors. Aan de zuidzijde wordt de Hors begrensd door het Marsdiep. Het diepe gedeelte van deze geul blijft opmerkelijk stabiel gedurende de gehele periode. De dominante veranderingen treden op boven de -25m contour. Tussen 1965 en 1990 is de -12m contour 250m landwaarts verplaatst. Dit sediment heeft bijgedragen aan de vorming van de Hors. De laagwaterlijn is hier 250m zeewaarts gemigreerd. Sinds 1990 zien we eigenlijk een tegenovergestelde trend. Het profiel tussen 2 en -8m erodeert (verplaatst landwaarts), terwijl tussen de -8m en de -13m de hoogte toeneemt. Deze toename is vooral in de periode 2009-2013 significant. De geulwand tussen de -13 en -38m verplaatst zich tot 2011 landwaarts.

De zuidwestpunt van de Hors (raai 700) vertoont initieel een sterke uitbouw van de landwaartse geulwand. De geul ontwikkelt een zeer steil talud en is daarbij in diepte toegenomen van -8 tot -20m. In de periode 1992-2010 zien we dat de geul versmalt, tegen de landwaartse geulwand aan. De landwaartse geulwand zelf blijft boven de NAP - 7 m opmerkelijk stabiel. Recent, 2010-2013 zien we een duidelijke verandering in het gedrag van het profiel. Aan de bovenkant van de geul, tot de -2m contour, is er tot 2011 nog opbouw. Recent (2012-2013) vindt hier veel erosie plaats. In deze periode neemt ook de maximale diepte van het Molengat sterk af.



Figuur 2.18 Ontwikkeling van raai 605 (links) en 700 (rechts) d.m.v. timestacks over de periode 1965-2013 (boven), dwarsprofielen over de periode 1965-1990 (midden) en dwarsprofielen over de periode 1990-2013 (onder).

2.5.1.2 Profielen 704 en 707 : westzijde van de Hors

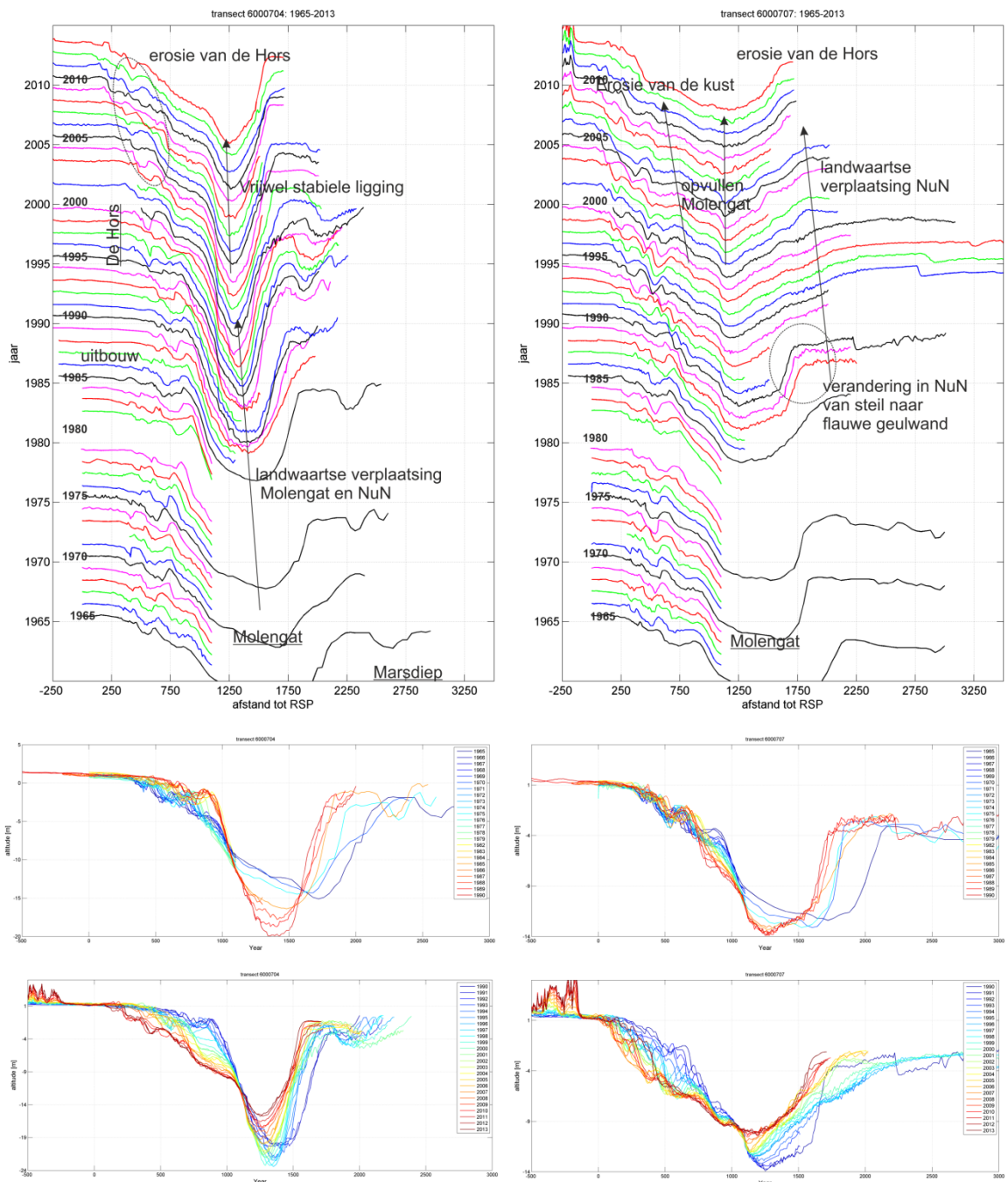
Zie Figuur 2.19, profiel 704 geeft een goed beeld van de ontwikkeling van het knikpunt in de Hors. In deze profielen is de landwaartse verplaatsing en verdieping van het Molengat goed te volgen. In de periode 1965-2000 neemt de diepte toe van -15 naar -24m NAP. De gehele geul verplaatst daarbij 500m landwaarts. Sinds 2000 zien we dat de geul verondiept. In 2013 is de diepte met 8m afgenomen. Tot 2000 wordt de landwaartse geulwand steiler, met een kantelpunt rond de -10m. Beneden dit kantelpunt (tussen -10 en -20 m) wordt het profiel dieper, daarboven bouwt de kust juist zeewaarts uit. Na 1990 is deze trend precies omgedraaid. Het profiel vertoont een sterke erosie en de -2 m contour schuift daarbij weer 750 m landwaarts op. Deze grote erosie heeft er toe geleid dat de kustlijn van de Hors lokaal vervormde van bol naar hol (zie Figuur 2.8).

Profiel 707 geeft een beeld van de ontwikkelingen aan de noordkant van de Hors, waar de brede kustvlakte overgaat in het normale strand-duin profiel. Ook hier zien we een landwaartse verplaatsing van de Noordelijke Uitlopers van de Noorderhaaks (NUN) en het Molengat in de periode 1965-1990. De breedte van het Molengat neemt daarbij sterk af. Bij de Hors zijn de veranderingen eigenlijk klein. Alleen op de geulwand zien we een verdieping van de de zone -4 tot -9m. Sinds 1990 vindt er significante sedimentatie in het diepe geulgedeelte plaats. In deze periode zien we ook een verandering in de vorm van de NUN. Tot 1990 was er een steile geulwand te zien bij de NUN, maar tussen 1990 en 1994 wordt deze geulwand flauwer. Tijdelijk zorgde dit er voor dat de rand van de geul zeewaarts opschoof, maar met de aanhoudende migratie van het Molengat verplaatst deze rand zich uiteindelijk ook landwaarts. De maximale geuldiepte neemt af van NAP -14 tot -10 m. Deze verondieping gaat gepaard met grote erosie op de landwaartse geulwand, waarbij de -4 m contour zich 600 m landwaarts verplaatst.

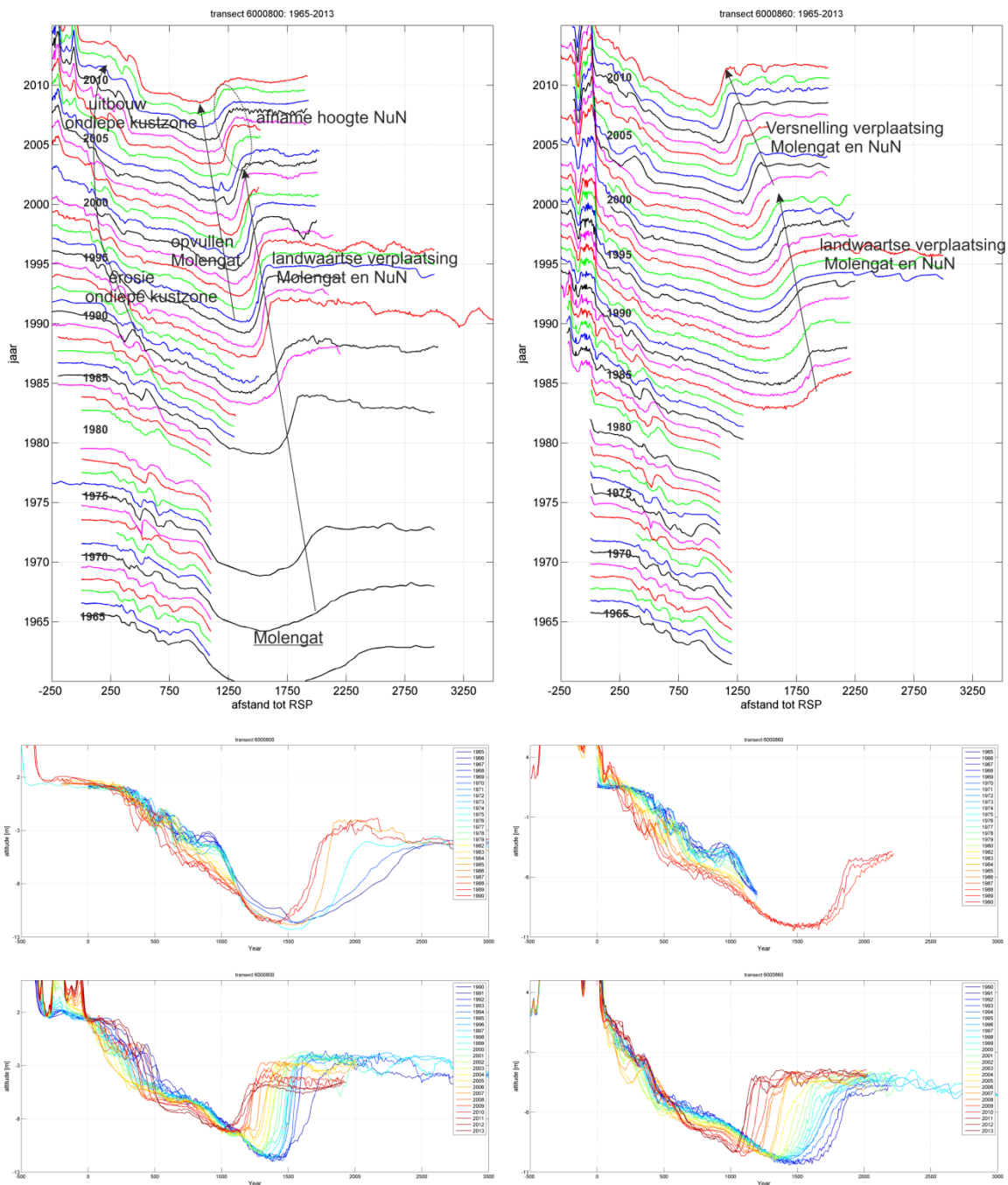
2.5.1.3 Profielen 800 en 860: overgang de Hors naar duinkust Texel

Zie Figuur 2.20, in dit profiel zien we de vorming van Molengat door de landwaartse verplaatsing van de NUN. Dit veroorzaakt een erosie van de landwaartse geulwand. De geul zelf blijft vrijwel stabiel in diepte. Tegelijkertijd met de landwaartse verplaatsing vervormt de zeewaartse geulwand van een flauw naar zeer steil profiel. Dit steile profiel migreert vervolgens landwaarts (1990-2010). Tijdens deze migratie blijft de NUN vrij stabiel op hoogte. Sinds 2008 zien we dat de hoogte van NUN sterk afneemt (van -2.5 naar -5m). Langs de kust zien we in deze periode juist een uitbouw. De -3 m contour migreert 250 m zeewaarts. Sinds 1995 zien we dat het diepe gedeelte van de geul opvult.

In profiel 860 is het strand vrij smal. De geulwand gaat sinds 1990 vrijwel direct over in het duinprofiel. Ook in dit profiel zien we een sterke erosie van de kust tot 2005. In de periode 2005-2013 neemt de ondiepe kustzone (tot de -5m) juist in volume toe. In het diepere gedeelte vindt juist nog veel erosie plaats doordat de geul hier richting de kust blijft verplaatsen. De geul verliest hierbij veel doorstroomoppervlakte. Sinds 2000 lijkt de landwaartse verplaatsing te versnellen.



Figuur 2.19 Ontwikkeling van raai 704 (links) en 707 (rechts) d.m.v. timestacks over de periode 1965-2013 (boven), dwarsprofielen over de periode 1965-1990 (midden) en dwarsprofielen over de periode 1990-2013 (onder).



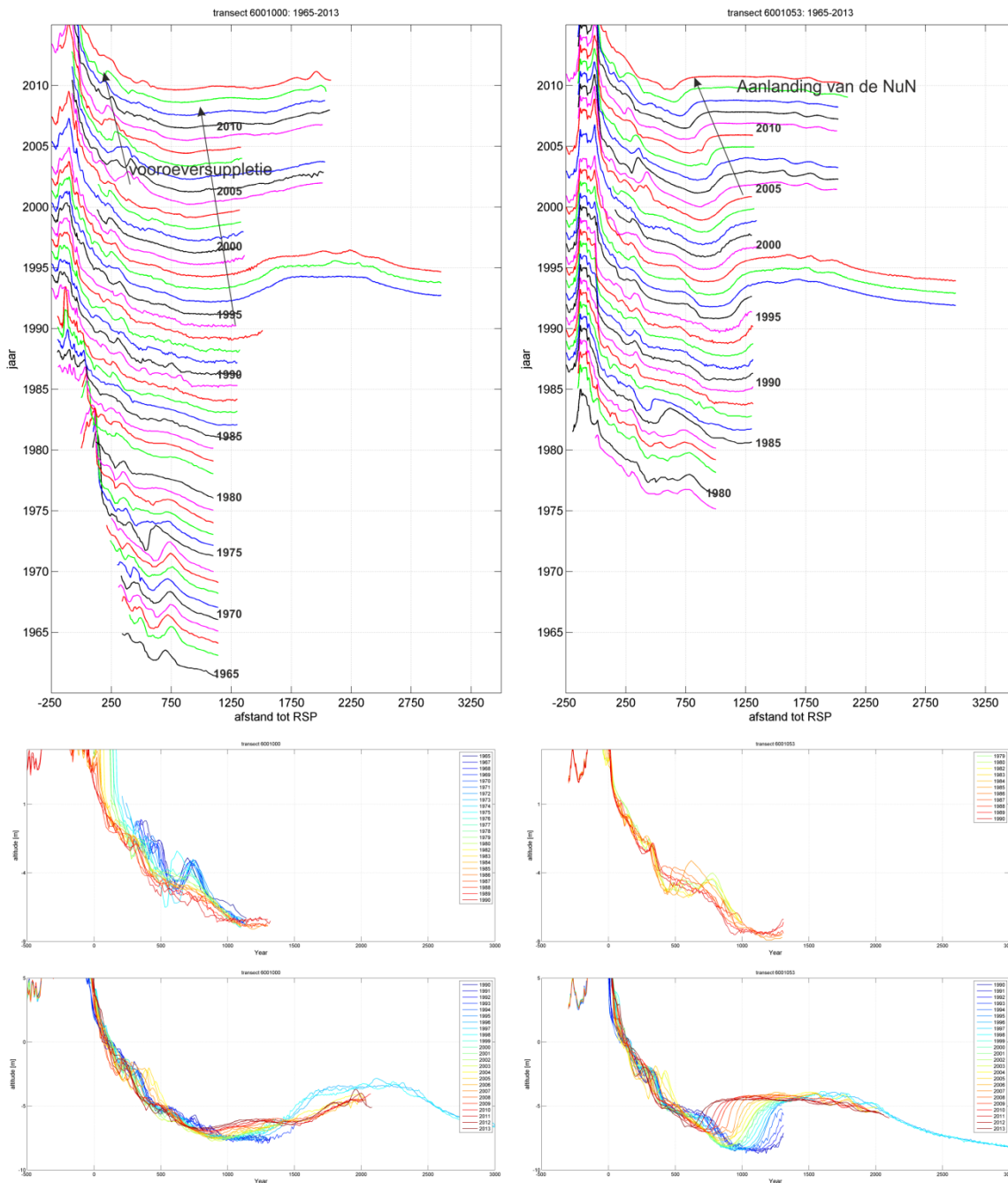
Figuur 2.20 Ontwikkeling van raai 800 (links) en 860 (rechts) d.m.v. timestacks over de periode 1965-2013 (boven), dwarsprofielen over de periode 1965-1990 (midden) en dwarsprofielen over de periode 1990-2013 (onder).

2.5.1.4 Profielen 1000 -1210: noordpunt van de Noordelijke Uitlopers van de Noorderhaaks (NUN)
 De profielen 1000 tot 1210 geven het gebied weer waar de NUN sterk richting de kust migreert. Er is slechts een beperkt aantal raaien tot over de NUN gemeten.

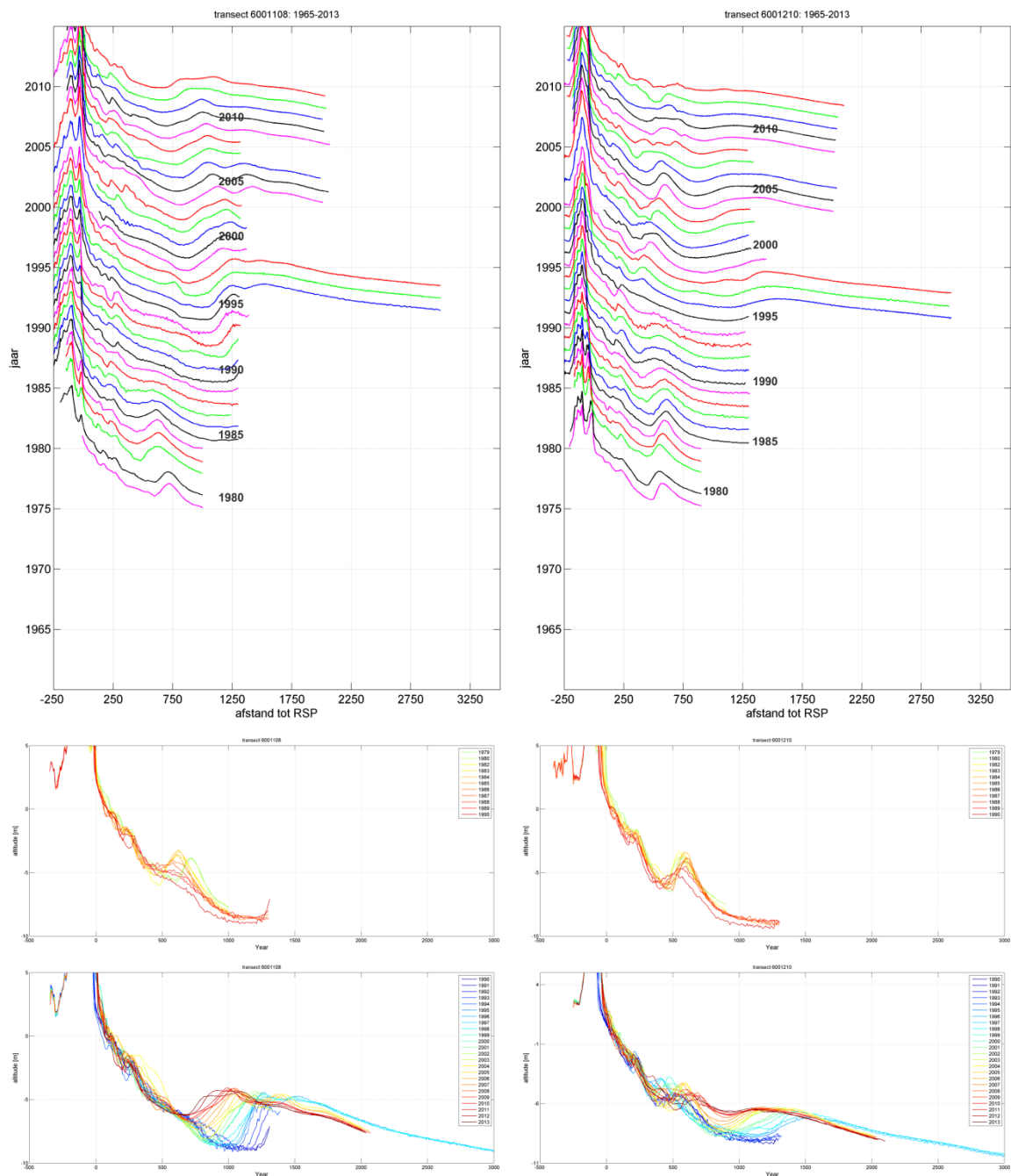
Tussen 1995 en 1999 is de NUN nog vrij stabiel van vorm, maar daarna verandert het profiel door de ontwikkeling van een ebschaar (zie Figuur 2.9, in paragraaf 2.2.4). Hierdoor ontstaat er aan de noordzijde van de NUN een landwaarts gerichte punt. Het migreren van de NUN richting kust gaat gepaard met het opdringen en verondiepen van een kleine geul die de NUN van de kust scheidt (zie Figuur 2.8, in paragraaf 2.2.4). Dit zorgt lokaal voor kusterosie. De ontwikkeling van de NUN en de invloed hiervan op de omliggende kust is in meer detail beschreven in paragraaf 2.2.4.

Zie Figuur 2.21 en Figuur 2.22. Profiel 1000 geeft duidelijk de trend van kusterosie weer. Hier migreert de laagwaterlijn zo'n 250m landwaarts in de periode 1965-1990. Verwacht wordt dat de erosieve trend zal aanhouden tot de NUN hier volledig is aangeland. Verder is de vooroever hier verdiept. Aanvankelijk zijn er nog brekerbanken aanwezig, maar na 1980 zijn deze al niet meer te onderscheiden.

Profielen 1053, 1108 en 1210 liggen in het aanlandingsgebied van de punt van de NUN. Hierin is duidelijk de landwaartse migratie van de NUN zichtbaar. Deze migratie is vrijwel continu aanwezig tot 2005. Sinds 2005 vindt deze verlanding versneld plaats. In 2013 is er eigenlijk geen duidelijke scheiding tussen kust en NUN te definiëren, maar vormt de NUN een ondiep platform op de NAP-5m.

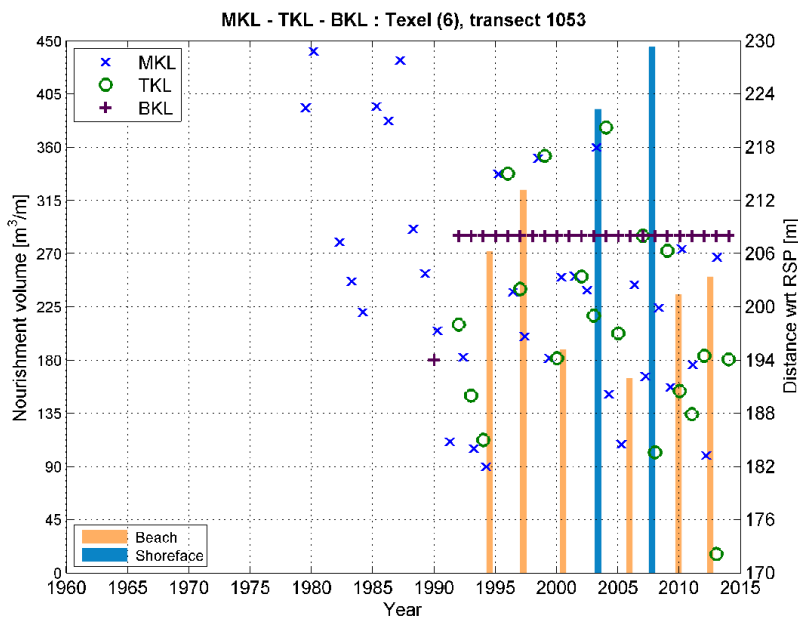


Figuur 2.21 Ontwikkeling van raai 1000 (links) en 1053 (rechts) d.m.v. timestacks over de periode 1965-2013 (boven), dwarsprofielen over de periode 1965-1990 (midden) en dwarsprofielen over de periode 1990-2013 (onder).

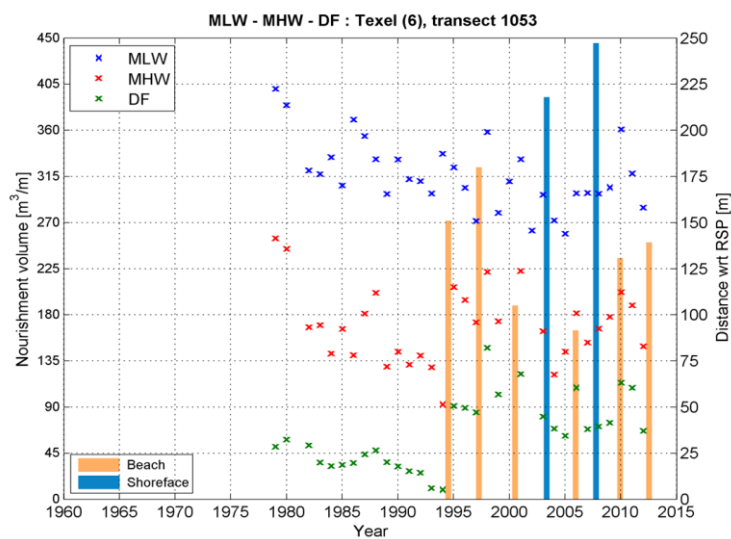


Figuur 2.22 Ontwikkeling van raai 1108 (links) en 1210 (rechts) d.m.v. timestacks over de periode 1965-2013 (boven), dwarsprofielen over de periode 1965-1990 (midden) en dwarsprofielen over de periode 1990-2013 (onder).

De erosieve trend is ook goed zichtbaar in de positie van de kustlijnen op raai 1053 (Figuur 2.23). In de afgelopen twintig jaar is hier regelmatig gesuppleerd voor kustonderhoud. Het duin zien we tegelijkertijd sterk toenemen in hoogte en volume. Dit heeft (deels) te maken met de vele strandsuppleties in dit gebied. Het verloop van de duinvoet, de gemiddeldlaagwaterlijn en de gemiddeldhoogwaterlijn (Figuur 2.24) is ondanks het opdringen van de geul vrij stabiel door de uitgevoerde suppleties.



Figuur 2.23 Grafiek met de positie van de MKL, TKL en BKL voor RSP 1053. De linker as geeft het volume van de uitgevoerde suppleties, in m³/m. De rechter as geeft de afstand tot het nulpunt van de RSP lijn.



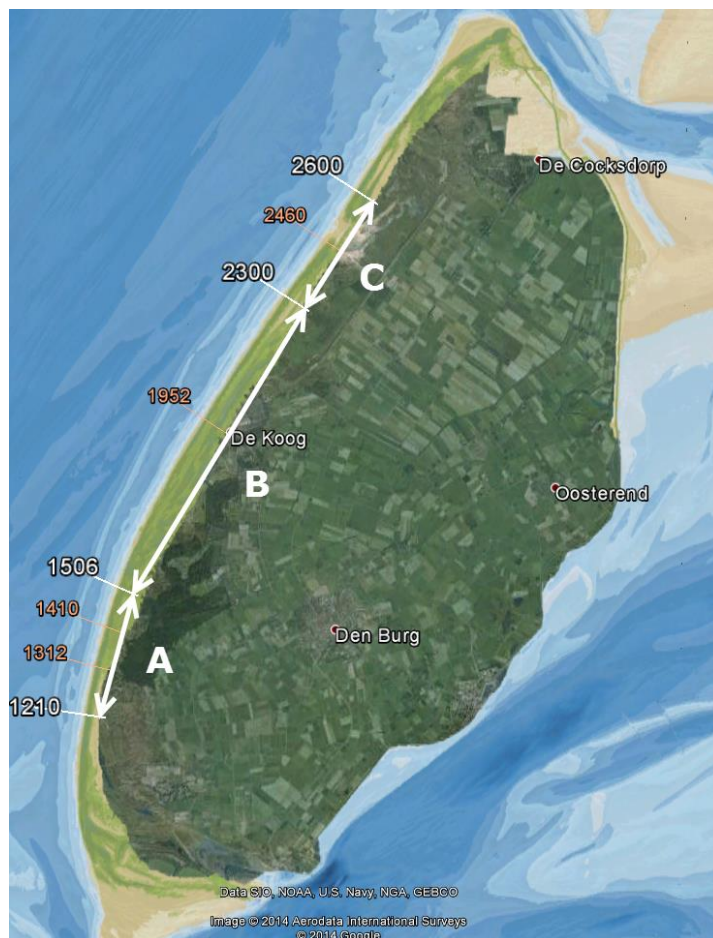
Figuur 2.24 Grafiek met de positie van de duinvoet (DF) en de gemiddeldhoogwater- (MHW) en gemiddeldlaagwaterlijn (MLW) voor RSP 1053. De verticale lijnen geven de verschillende uitgevoerde suppleties aan. Het suppletievolume staat uitgedrukt op de linker as.

2.5.2 Eilandkust en sluffer

Langs de rechte eilandkust van Texel is regelmatig gesuppleerd. Volgens de volumeberekeningen in paragraaf 2.3.2 verliest dit gehele gebied sediment. Golfprocessen zijn hier dominant.

De eilandkust van Texel kunnen we grofweg opdelen in drie deelgebieden, zie Figuur 2.25:

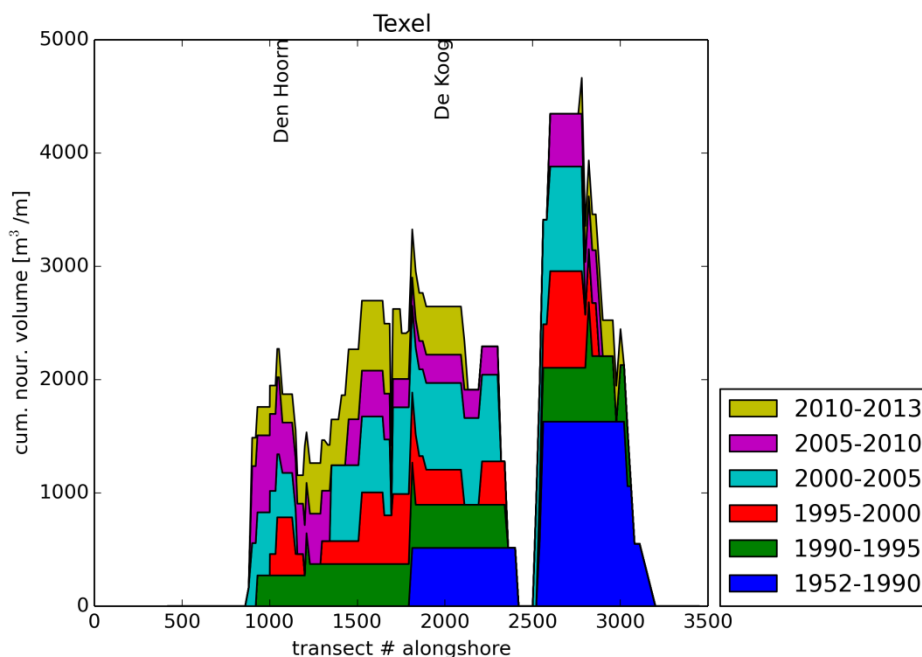
- A. RSP 1210 – 1506: overgangsgebied, licht gekromde (bolle) eilandkust.
- B. RSP 1506 – 2300: rechte eilandkust.
- C. RSP 2300 – 2600: rondom sluffermonding.



Figuur 2.25 Overzicht van de ligging van de Jarkus raaien en de indeling in deelgebieden, zoals gebruikt voor de analyse van de eilandkust van Texel.

2.5.2.1 Gebied A: raai 1210 t/m 1506

Zoals uitgelegd in paragraaf 2.3.1, liggen in dit gebied enkele karakteristieke punten voor het langtransport. Tussen raai 1300 en 1400 bevindt zich het splitsingspunt van het brandingstransport, rond raai 1100 het splitsingspunt van de vloedstroom, en rond raai 1200 het convergentiepunt van de ebstroom. De splitsingspunten zorgen voor netto afvoer van sediment, het convergentiepunt zorgt juist voor sedimentatie. Het is nog niet duidelijk in hoeverre de sedimentatie van de ebstroom de erosiepunten van de vloedstroom en het brandingstransport kan compenseren. Toch lijkt het er op dat in we uit de cumulatieve suppletievolumes toch een bepaald patroon kunnen onderscheiden, zie Figuur 2.26.

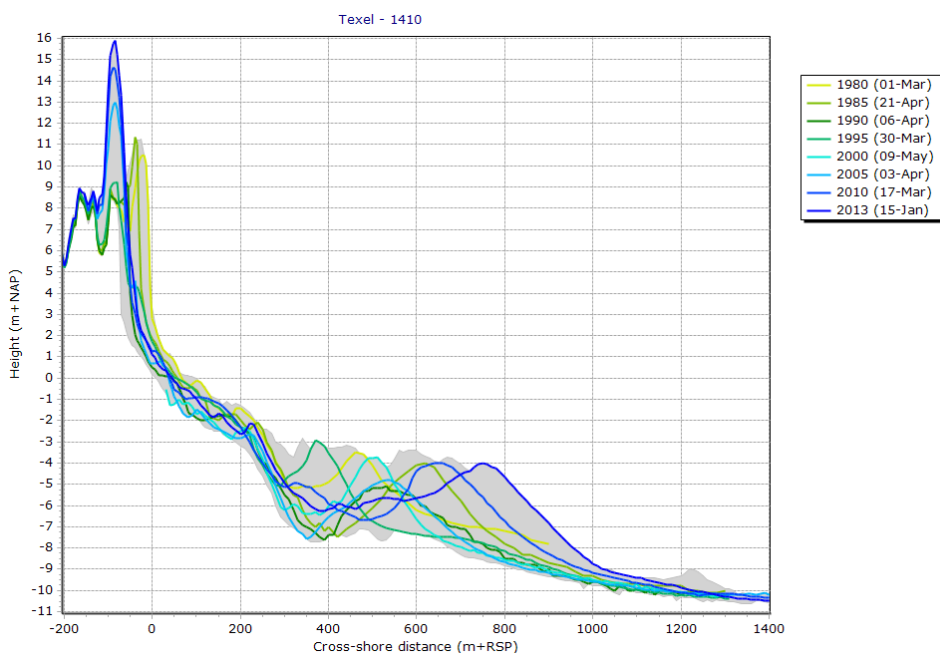


Figuur 2.26 Overzicht van de cumulatieve suppletievolumes langs de kust van Texel.

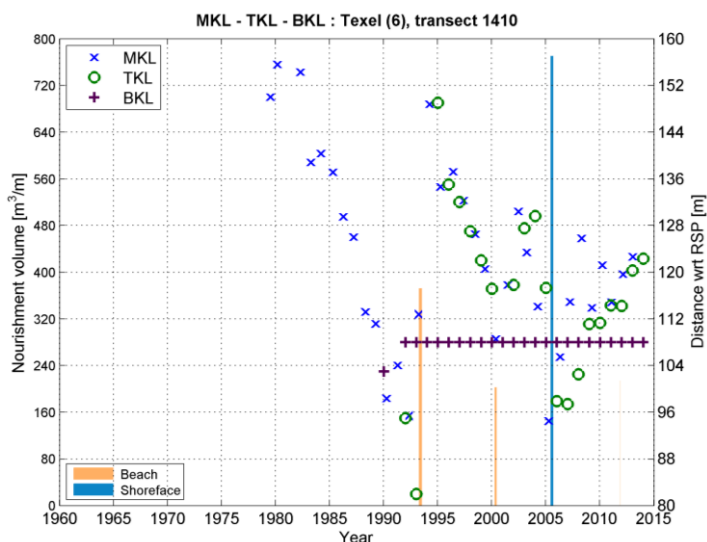
Rond raai 1100 is een lokale piek in de cumulatieve volumes te zien, en rond raai 1200 juist een dip. Richting het noorden nemen de suppletievolumes langs de kust weer geleidelijk toe. Of dit één-op-één is te relateren aan de van de invloed splitsings- en convergentiepunten in het langstransport, is nog niet zeker. Andere morfodynamische processen, zoals de migratie van de Noordelijke Uitlopers van de Noorderhaaks (NUN), kunnen hier ook een rol in spelen. Bovendien kunnen veranderende stromingspatronen rond de NUN ook de positie van de splitsings- en convergentiepunten beïnvloeden. Deze verbanden zijn nog niet verder geanalyseerd.

Het kustprofiel toont sterke fluctuaties, zoals te zien is in het profiel van raai 1410, in Figuur 2.27. Met name in de bankenzone is de variatie in de bodemligging groot. Afhankelijk van het moment van opname is meestal één duidelijke brekerbank te zien, soms twee. De grijze band in de figuur geeft laagste en hoogste waarde van de bodemligging aan, van alle beschikbare metingen. De duinvoet ligt momenteel enkele tientallen meters landwaarts ten opzichte van de ligging rond 1980. De hoogte van het duin is tussen 1995 en 2000 wel fors toegenomen, waarschijnlijk als gevolg van de windtoevoer van suppletiezand de duinen in.

De suppleties in dit gebied zijn effectief geweest om de kustlijn te kunnen handhaven, zie Figuur 2.28. Na de vooroeversuppletie van 2005 is in deze raai weer sprake van een vooruitgang van de kustlijn, die ook nu nog doorzet. Maar vanwege de trend van zandverlies op de lange termijn, zullen suppleties in de toekomst waarschijnlijk wel nodig blijven in dit gebied.



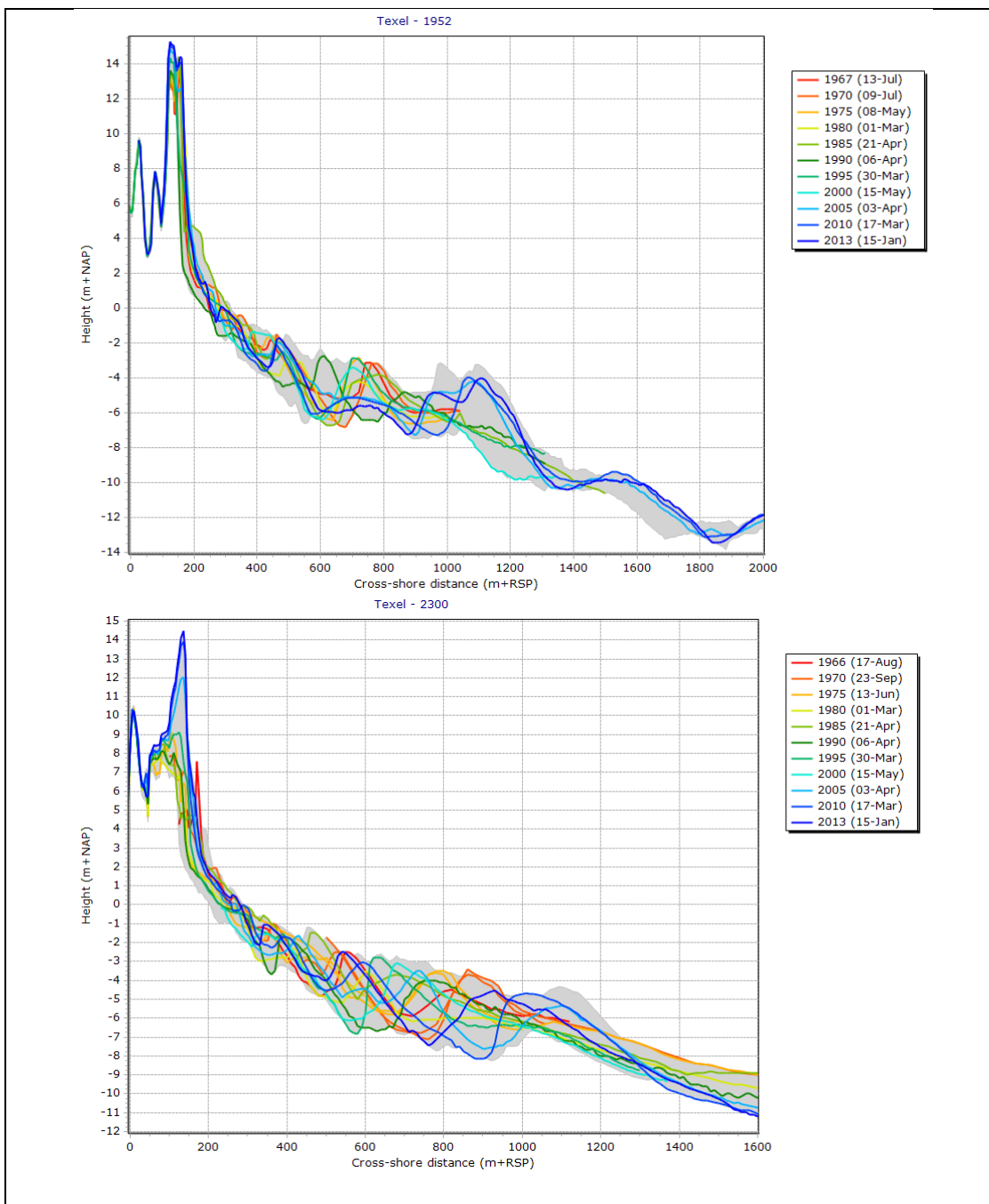
Figuur 2.27 Profielontwikkeling tussen de jaren 1980 en 2013 op raai 1410. De grijze band geeft de bandbreedte aan tussen de laagste en de hoogste bodemligging, van alle beschikbare metingen (dus ook van de jaren die niet zijn weergegeven in de figuur).



Figuur 2.28 Ontwikkelingen in de positie van de momentane kustlijn (MKL) ten opzichte van de basiskustlijn (BKL), op raai 1410. De verticale lijnen geven de verschillende uitgevoerde suppleties aan. Het suppletievolumen staat uitgedrukt op de linker as.

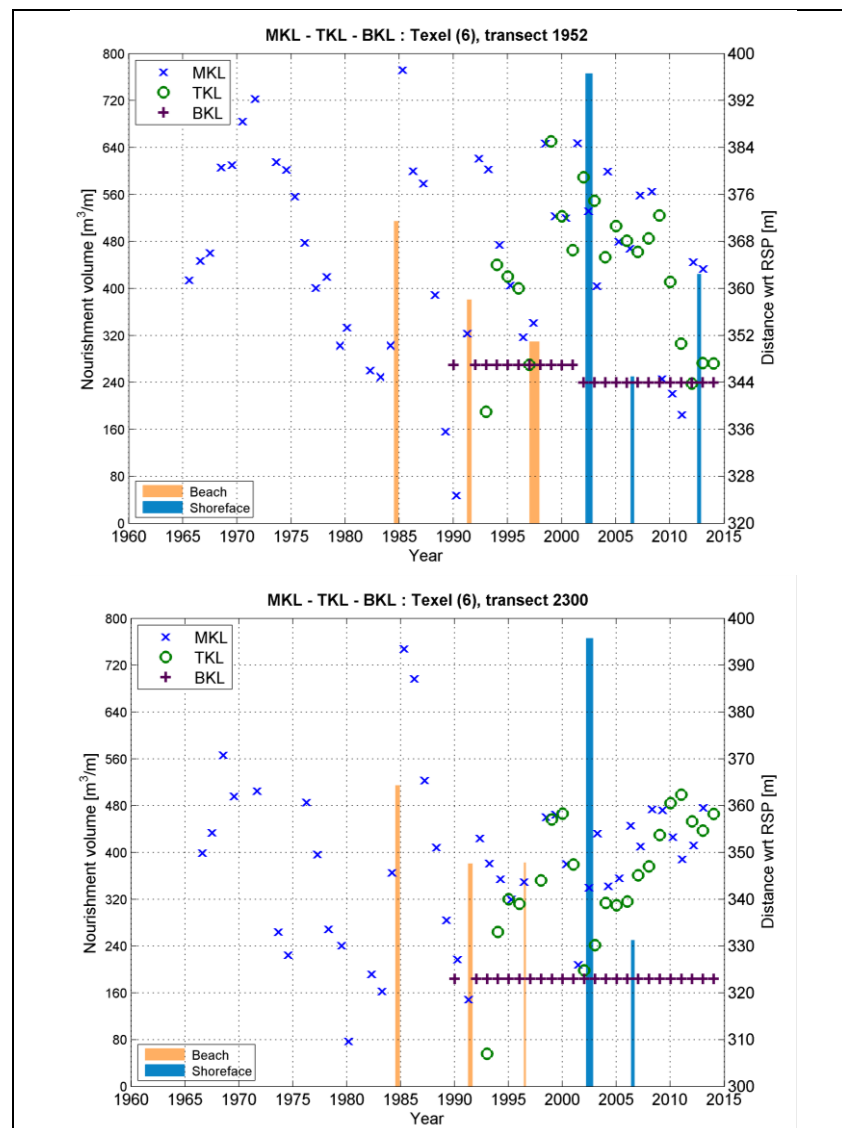
2.5.2.2 Gebied B: raai 1506 t/m 2300

In het gebied tussen raai 1506 en 2300 is veel gesuppleerd. Ook hier toont het profiel veel variatie in de ligging, vooral in de bankenzone, zie Figuur 2.29.



Figuur 2.29 Profielontwikkeling tussen de jaren 1967 en 2013 op raai 1952 (boven) en raai 2300 (onder). De grijze band geeft de bandbreedte aan tussen de laagste en de hoogste bodemligging, van alle beschikbare metingen (dus ook van de jaren die niet zijn weergegeven in de figuur).

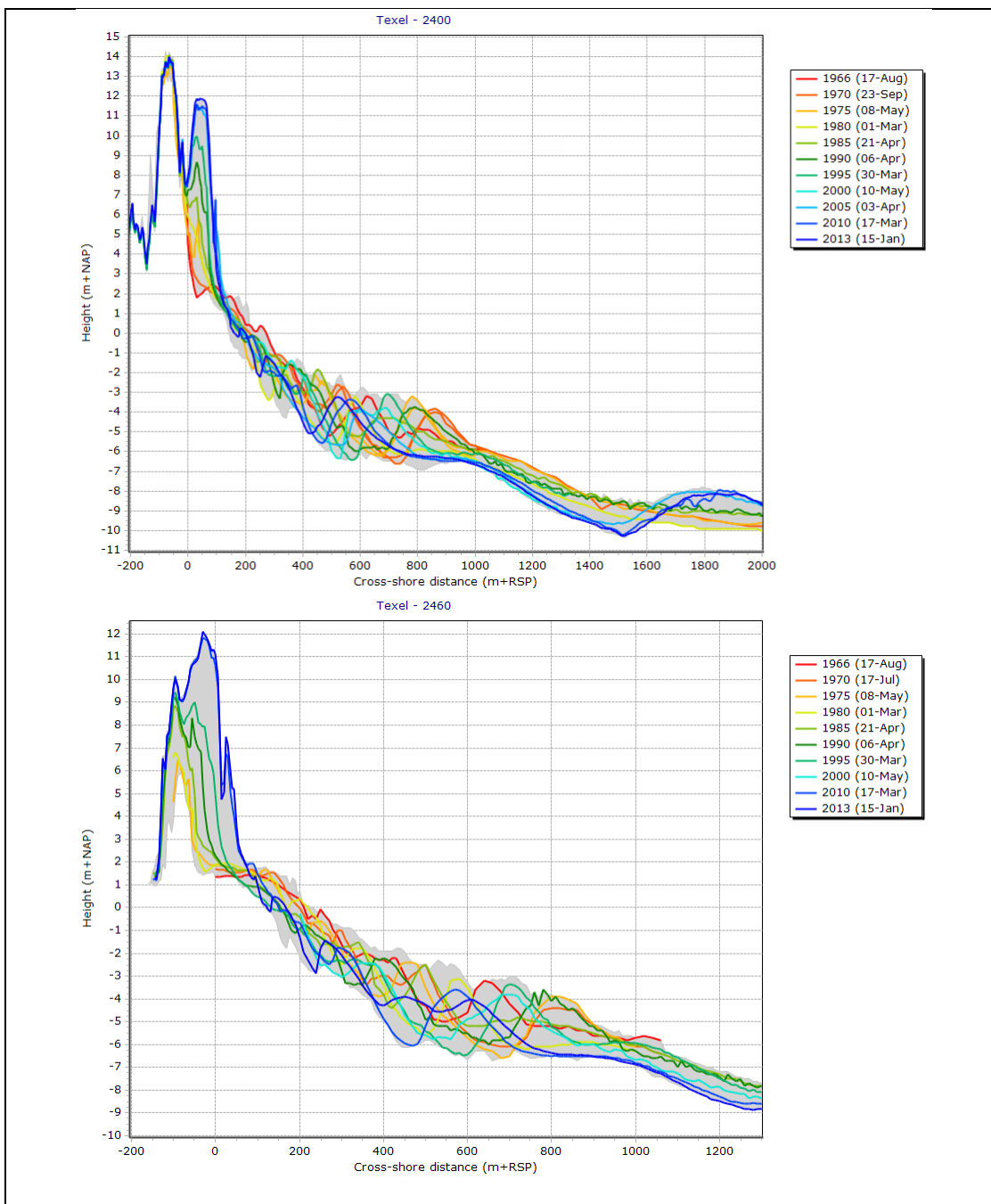
De sterke fluctuatie van het profiel is ook te zien in het grillige verloop van de MKL positie op raai 1952, zie Figuur 2.30 (boven). Met behulp van suppleties wordt de kustlijn hier gehandhaafd. De verwachting is dat dit ook zo zal blijven. Alleen meer richting het noordoosten is de kustlijn de laatste jaren vrij stabiel, te zien aan de kustlijnontwikkeling in raai 2300 (Figuur 2.30, onder). Hier is de hoogte van de zeereep in de laatste decennia fors toegenomen.



Figuur 2.30 Ontwikkelingen in de positie van de momentane kustlijn (MKL) ten opzichte van de basiskustlijn (BKL) op raai 1952 (boven) en 2300 (onder). De verticale lijnen geven de verschillende uitgevoerde suppleties aan. Het suppletievolume staat uitgedrukt op de linker as.

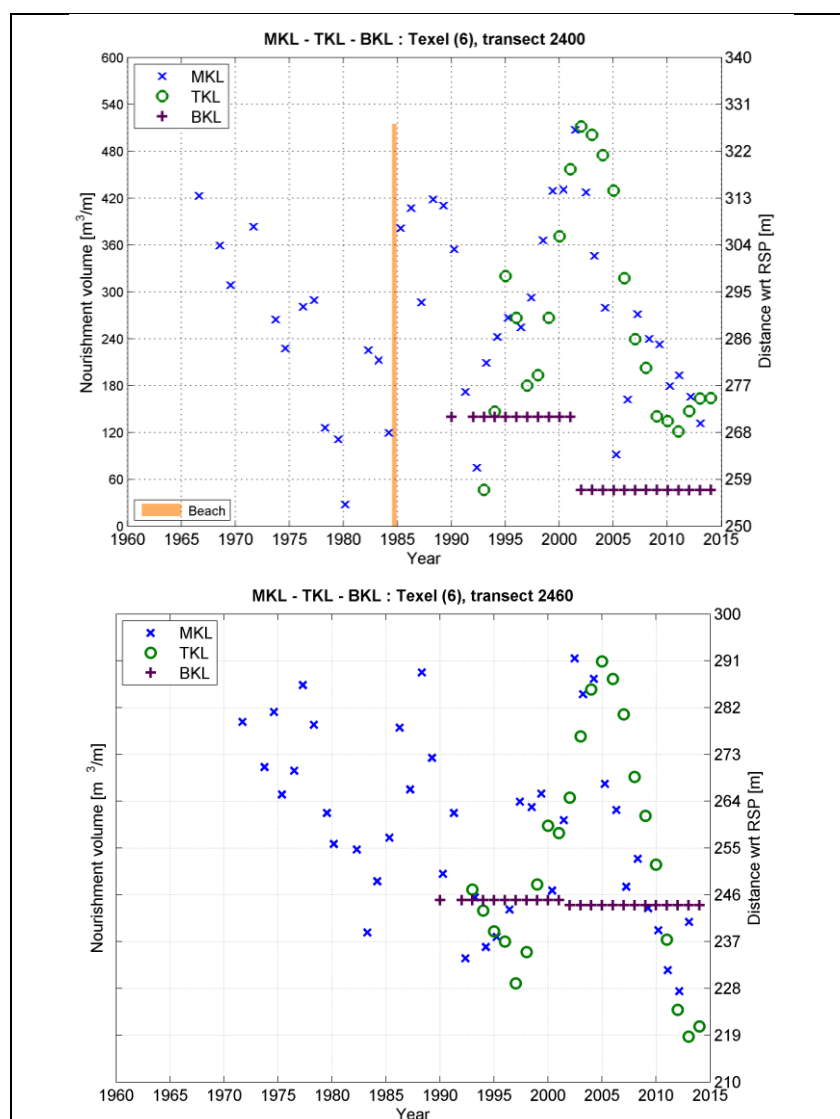
2.5.2.3 Gebied C: raai 2300 t/m 2600

In het gebied rond de Slufter zijn dezelfde fluctuaties in de bankenzone te zien als elders langs de eilandkust. Zie Figuur 2.31. Hier is wel duidelijk ook een aangroeiende trend te zien in de ligging van het duin. Het duin heeft zich zowel op raai 2400 als op raai 2460 zeewaarts uitgebouwd en is sterk in hoogte toegenomen. Voor de eerste duinenrij heeft zich inmiddels al een nieuwe zeereep gevormd. In het profiel van raai 2400 is deze nieuwe zeereep al duidelijk zichtbaar. En ook in het profiel van raai 2460 is het begin van een nieuwe zeereep al te onderscheiden.



Figuur 2.31 Profielontwikkeling tussen de jaren 1967 en 2013 op raai 2400 (boven) en raai 2460 (onder). De grijze band geeft de bandbreedte aan tussen de laagste en de hoogste bodemligging, van alle beschikbare metingen (dus ook van de jaren die niet zijn weergegeven in de figuur).

In Figuur 2.32 is de ontwikkeling in kustlijnpositie weergegeven voor raai 2400 (boven) en raai 2460 (onder). De kustlijnpositie vertoont sterke fluctuaties, maar is op lange termijn redelijk stabiel. In recente jaren is weer een landwaartse trend zichtbaar, en vlak rond de Sluftermondung wordt de BKL hier al overschreden. Vanwege regionale afspraken omtrent de Sluftermondung, wordt hier niet gesuppleerd. Meer uitleg over deze afspraken staat beschreven in de paragrafen 3.2.3 (afspraken omtrent vaststelling in 1990), 3.3.1 (afspraken omtrent herziening in 2001) en 3.4.1 (afspraken omtrent herziening in 2012).



Figuur 2.32 Ontwikkelingen in de positie van de momentane kustlijn (MKL) ten opzichte van de basiskustlijn (BKL) op raai 2400 (boven) en 2460 (onder). De verticale lijnen geven de verschillende uitgevoerde suppleties aan. Het suppletievolumen staat uitgedrukt op de linker as.

2.5.3 Tussen de Slufter en het Eierlandse Gat

In de volgende paragrafen wordt de ontwikkeling van het kustvak tussen de Slufter en de noordelijke staart van Texel in meer detail beschreven aan de hand van de Jarkus data. Gaande van zuidwest naar oost kunnen we 4 deelgebieden onderscheiden (zie Figuur 2.33):

- RSP 2600 – 2900. Het gebied ten zuiden van het aanzandingsgebied van de Eierlandse Dam. Hier overheerst een trend van erosie.
- RSP 2900 – 3041. Het aanzandingsgebied aan de zuidkant tegen de Eierlandse Dam.
- RSP 3061 – 3200. Het aanzandingsgebied aan de noordkant tegen de Eierlandse Dam, rond de noordelijke punt van Eierland.
- RSP 3200 – 3452. Het gebied rond de bolwerken.

In de volgende paragrafen wordt de ontwikkeling van de vier gebieden besproken. Zie ter aanvulling van de analyse Bijlage C voor een 3D weergave van de vergridde Jarkus data voor het aanzandingsgebied.

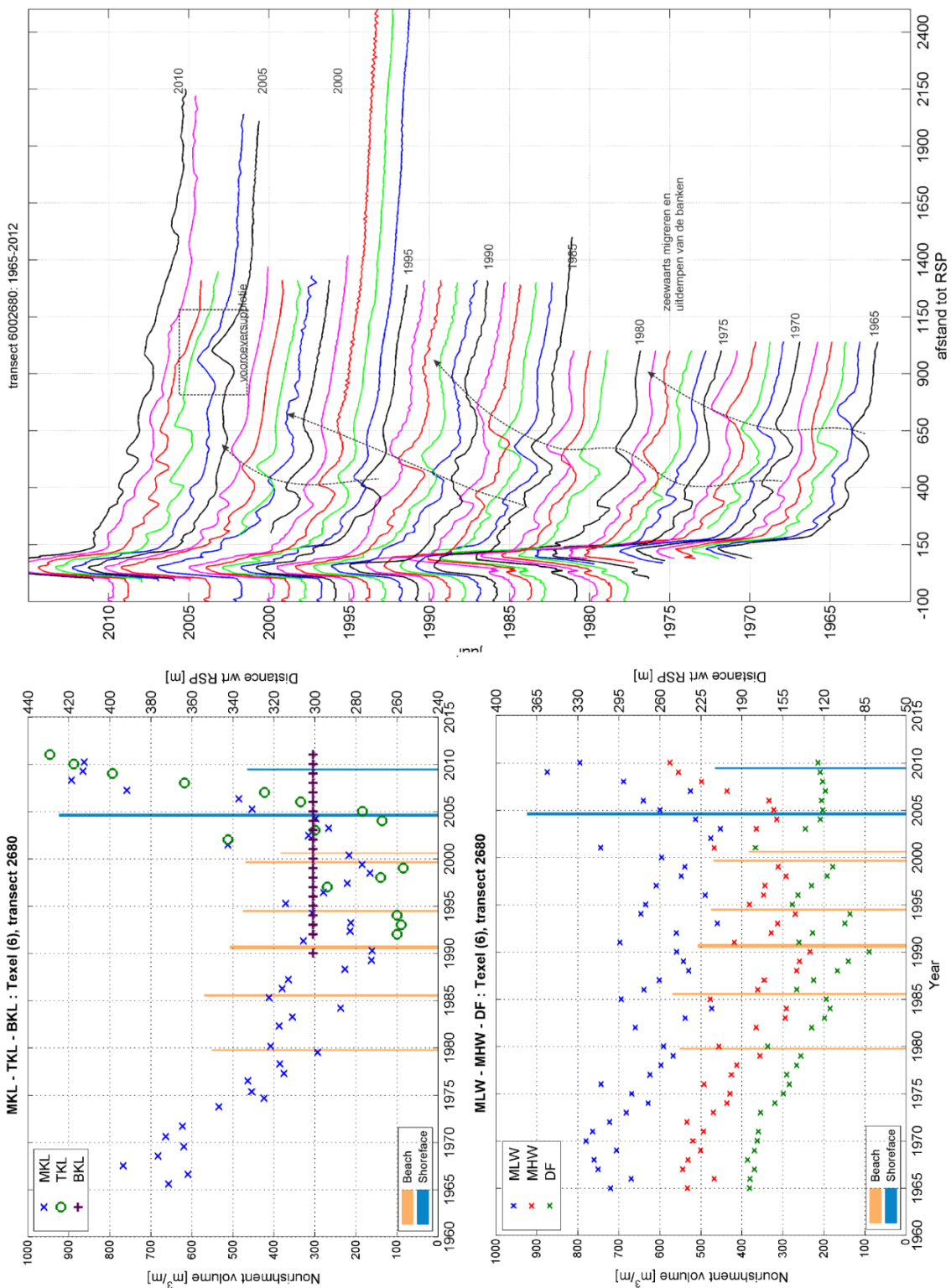


Figuur 2.33 Overzicht ligging Jarkusraaien zoals gebruikt in de hieronder volgende analyse voor de noordwestelijke zijde van Texel. De wit aangegeven raaien zijn de begrenzingen van de beschreven deelgebieden A, B, C en D. De roze aangegeven raaien zijn gebruikt bij de analyse.

2.5.3.1 Ontwikkeling kust ten zuiden van de Eierlandse Dam (raai 2600 – 2900)

De profielontwikkelingen voor raai 2680 en 2820 (Figuur 2.34 en Figuur 2.35) zijn representatief voor het gebied tussen de slufteer en het aanzandingsgebied van de Eierlandse Dam (raai 2600 - 2900). Tot 1980 is in raai 2680 een duidelijke trend van terugtrekking van de kustlijn zichtbaar; zowel de momentane kustlijn, de gemiddelde hoogwaterlijn, de gemiddelde laagwaterlijn en de duinvoet migreren landwaarts. In deze periode wordt het kustprofiel gekenmerkt door een relatief stabiel bankensysteem. Er zijn over het algemeen twee banken aanwezig, deze migreren langzaam zeewaarts en dempen daarbij uit, waarna een nieuwe bank ontstaat aan de landzijde (zie Appendix C). Intensief suppleren sinds 1979 zorgt voor een stabilisatie van de kustlijn. Als gevolg van suppleties in de periode 1980–2004 fluctueert de ligging van de momentane kustlijn (het zogenaamde zaagtandeffect). Tot 1990 vertonen de minima nog wel een dalende trend. Tussen 1990 en 2000 blijft de momentane kustlijn binnen een band van 260 – 320m tot de rijksstrandpaal (RSP). Sinds 2000 vertoont de momentane kustlijn een sterk zeewaartse verplaatsing. Sinds 2008 ligt de momentane kustlijn positie zelfs verder zeewaarts dan de 1985-1970 waarde. De suppleties zijn hier dus zeker effectief in het behoud van de momentane kustlijn.

Vooraf in de duinvoet is het zaagtandeffect van de strandsuppleties duidelijk herkenbaar (Figuur 2.34, linksonder). Voordat suppleties werden uitgevoerd was er een lineaire trend van kusterosie met een gemiddelde terugtrekking van de duinvoet van 11 m per jaar. Na elke suppletie migreert de duinvoet zeewaarts, waarna deze in de volgende jaren weer sterk terugtrekt. De (tijdelijke) erosiesnelheid is na een suppletie hoger (zo'n 20 tot 25 m per jaar). Het kan zijn dat de definitie van de duinvoet hier aan bijdraagt. Deze respons is, zoals verwacht, niet te zien na de grote vooroeversuppletie van 2004. Die suppletie heeft wel een positief effect op de momentane kustlijn en de hoog- en laagwaterlijnen, die zich geleidelijk zeewaarts verplaatsen. De duinvoet blijft echter op een stabiele positie liggen. In de dwarsprofielen (Figuur 2.34, rechts) is de vooroeversuppletie duidelijk te zien in de jaren 2004 en 2005. Na de suppletie verdwijnt het oorspronkelijke bankensysteem. Vanaf 2007 wordt het profiel gedomineerd door vele kleinere brekerbanken. De suppletie is hierin niet duidelijk meer te onderscheiden, maar een toename van het zandvolume op het strand wel.

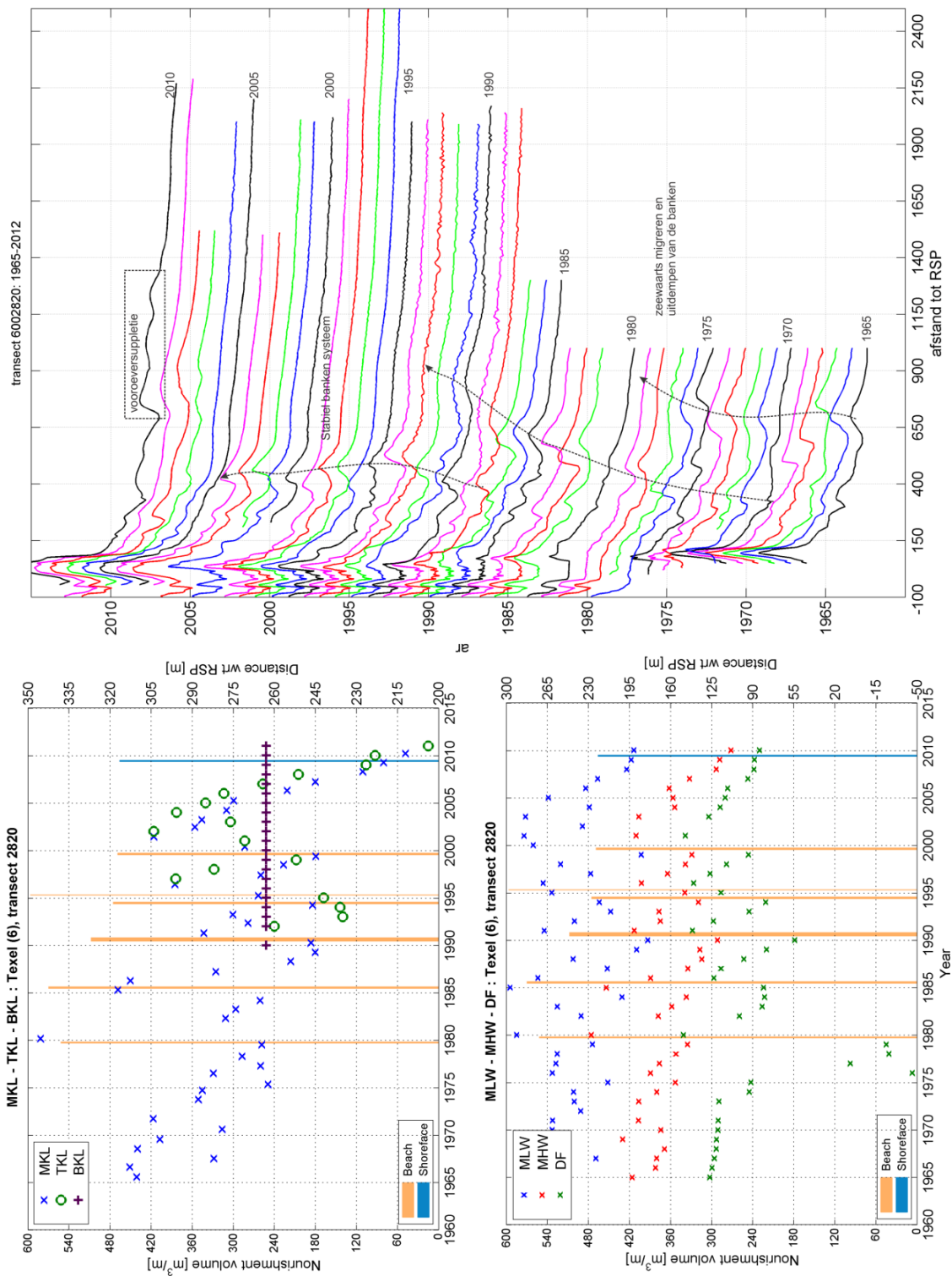


Figuur 2.34 Raai 2680, positie van de momentane kustlijn (MKL) en strandlijnen (links, met de pagina gedraaid) en tijdreeks van profielverandering (geplot als zogenaamde time stacks waarbij het profiel uit ieder jaartal boven het profiel uit voorgaande jaartal wordt geplot, op deze wijze wordt de kwalitatieve ontwikkeling, bijvoorbeeld verplaatsing van banken en ondiepten, zichtbaar).

Gaan we richting de Eierlandse Dam (raai 2820, Figuur 2.35) dan zien we een soortgelijke ontwikkeling als in het voorgaand profiel. De momentane kustlijn, hoogwaterlijn, laagwaterlijn en duinvoet vertonen het zaagtandeffect in respons op de suppleties. De frequente suppleties in de periode 1980-2000 waren effectief in het handhaven van de kustlijn. Tot 2002 fluctueert de momentane kustlijn positie rond de basiskustlijn. In de periode 2000 – 2009 is er in dit profiel niet gesuppleerd, dit heeft een sterke terugtrekking van de momentane kustlijn en de duinvoet tot gevolg gehad.

Opmerkelijk is het verschil in respons tussen de ontwikkeling van de momentane kustlijn en de ontwikkeling van de duinvoet in profiel 2680 en 2820. Tot 2004 waren de ontwikkeling van de momentane kustlijn en de duinvoet vrijwel identiek: er is in beide profielen een vrijwel identieke respons van kustvoortgang na strandsuppleties en een sterke achteruitgang tussen de suppleties. Na 2004 zijn er grote verschillen. De grote vooroever-suppletie heeft als direct gevolg dat de momentane kustlijn in profiel 2680 stijgt tot een maximum in 2008. Sindsdien is de momentane kustlijn constant. De duinvoet blijft stabiel in positie sinds de suppletie. Opmerkelijk is de sterke terugtrekking van de momentane kustlijn in profiel 2820. Deze terugtrekking lijkt zicht te versnellen na 2005. De vooroever-suppletie die iets ten zuiden van dit profiel was aangelegd, heeft hier dus (nog) niet bijgedragen aan het behoud van de momentane kustlijn. De versnelling van de terugtrekking in profiel 2820 en de sterke toename in profiel 2680 roept de vraag op of de vooroever-suppletie misschien bijdraagt aan het zandverlies in profiel 2620. Een hypothese is dat de vooroever-suppletie een luwte gebied creëert waarbinnen sediment wordt ingevangen. Hierdoor is er minder sediment beschikbaar in het gebied ten noorden van de suppletie. Het dient de aanbeveling om deze hypothese, en ook de effectiviteit en het functioneren van vooroever-suppleties in het algemeen, nader te onderzoeken.

Een ander opmerkelijk verschil is zichtbaar in de 'timestack' van de profielontwikkeling (Figuur 2.35, rechts): er is een verschil in bankgedrag vóór en na 1990. Tot 1990 zien we een langzaam zeewaarts migrerende en uitdempende buitenste bank. Sinds 1990 blijft de bank relatief dicht op de kust liggen. In de periode 2005 - 2007 is er geen duidelijk ontwikkelde bank op de vooroever te onderscheiden.



Figuur 2.35 Raai 2820, positie van de momentane kustlijn (MKL) en strandlijnen (links, met de pagina gedraaid) en tijdreeks van profielverandering.

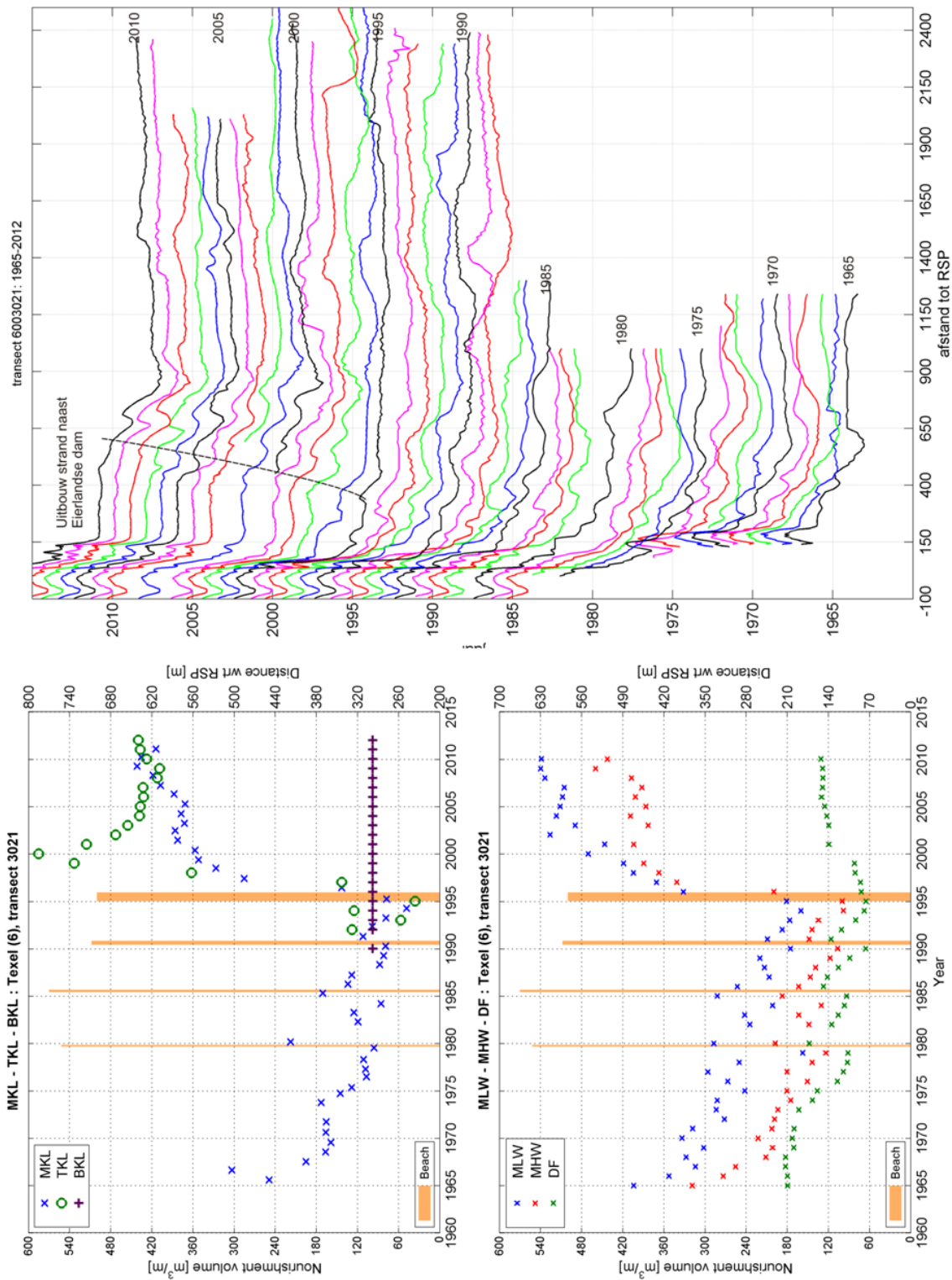
2.5.3.2 *Ontwikkeling kust ten zuiden van de Eierlandse Dam (raai: 2900 – 3041)*

Het gebied tussen de raaien 2900 en 3041 wordt in toenemende mate gedomineerd door het invangen van zand door de Eierlandse Dam. Raai 3021 geeft een representatief beeld van de ontwikkeling in dit gebied (Figuur 2.36). Tot 1995 is er een doorgaande trend van terugtrekking van de kustlijn: zowel de momentane kustlijn, de laagwaterlijn, de hoogwaterlijn en duinvoet verplaatsen zich landwaarts. De uitgevoerde suppleties sinds 1979 zijn slechts beperkt effectief in het vertragen van deze terugtrekking. De aanleg van de Eierlandse Dam en de daarbij uitgevoerde zandsuppletie, zorgen wel voor een sterke zeewaartse verplaatsing in de positie van de kustlijnen. De duinvoet blijft sindsdien min of meer stabiel bij het bolwerk liggen met een breed strand ervoor. Tot op heden blijft dit brede strand stabiel en is er geen teruggang van de momentane kustlijn te zien.

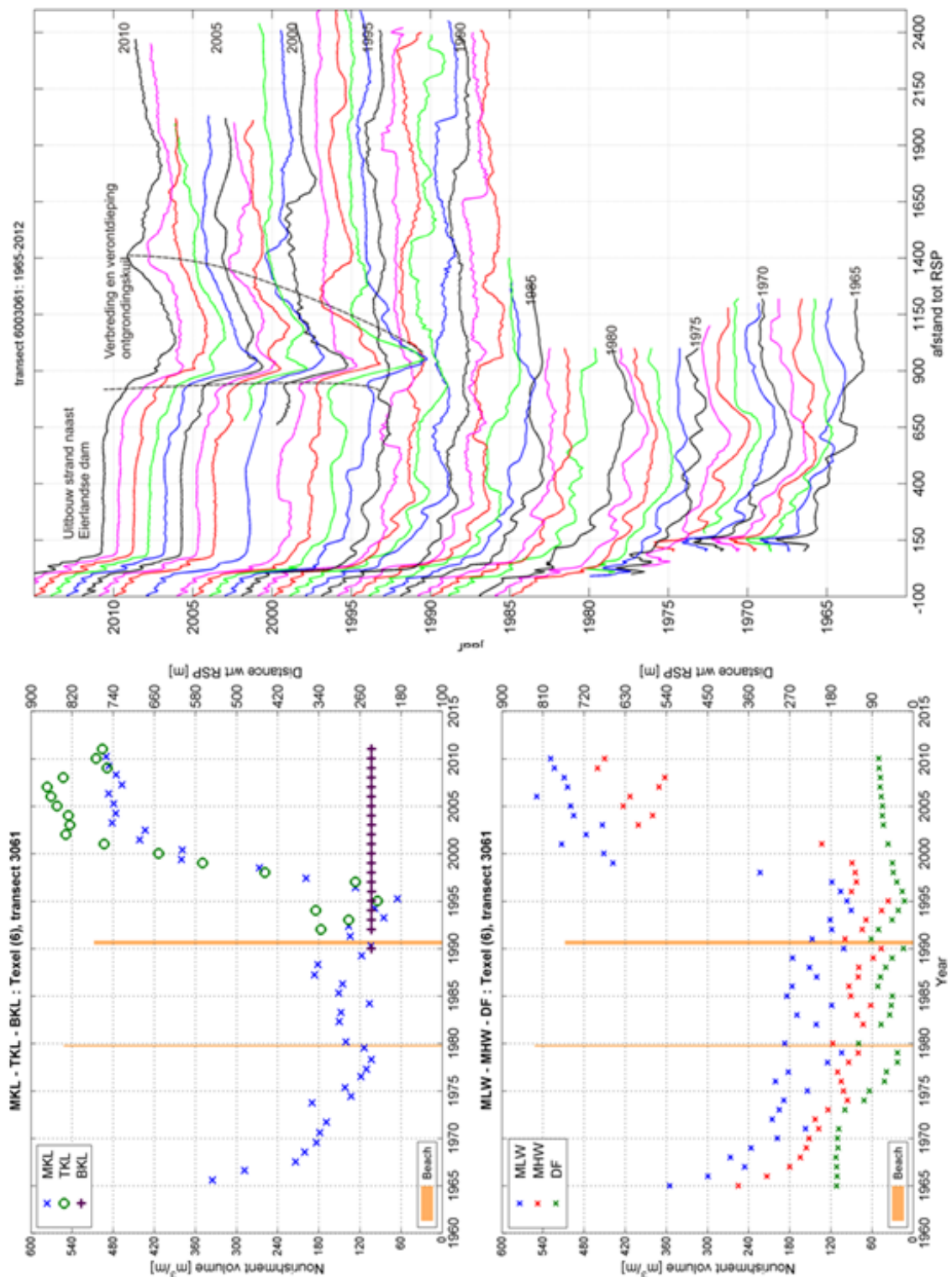
De tijdreeks van dwarsprofielen illustreert deze ontwikkeling in meer detail (Figuur 2.36 rechts). Tot 1995 is er een warrig beeld van jaarlijks sterk fluctuerende profielen waarin ondiepe geulen en platen elkaar afwisselen. Sinds 1995 zien we de vorming van een stabiel platform (rond 0-650 m RSP). Dit profiel ligt net ten zuiden van de ontgrondingskuil, geulvorming zien we hier niet duidelijk terug. Kijken we naar het brede (stabiële) strand en de afwezigheid van suppleties sinds 1995, dan kunnen we concluderen dat de dam in dit gebied effectief is gebleken.

2.5.3.3 *Ontwikkeling kust ten noorden van de Eierlandse Dam (raai: 3061 – 3200)*

Het gebied ten noorden van de Eierlandse Dam (tussen raai 3061-3200) reageert op grote lijn als het gebied ten zuiden van de dam (beschreven in de voorgaande paragraaf). Raai 3061 is representatief voor dit gebied (Figuur 2.37). Sinds de aanleg van de dam is er een aanzandingsgebied zichtbaar als stabiel platform en blijven de kustlijnen stabiel. Raai 3061 geeft wel een duidelijker beeld van de (ver)vorming van de ontgrondingskuil (Figuur 2.37, rechts). Tijdens aanleg van de Eierlandse Dam was er al een ontgrondingskuil gecreëerd. Deze kuil verdiept tijdelijk van -5 m NAP in 1995 tot -13 m NAP in 1997. In de daaropvolgende jaren neemt de diepte weer geleidelijk af tot ongeveer -9 m NAP in 1999. Tot 2006 blijft de maximale geuldiepte rond deze diepte. Wel neemt de geulbreedte tussen 2000 en 2007 sterk toe. Recentelijk zien we weer een verandering in gedrag. Rond de 1400 m RSP heeft zich een bankje gevormd en is de maximale geuldiepte opnieuw toegenomen. Hierdoor zien we de geul duidelijk terug in de vaklodingen (zie Figuur 2.14). Deze configuratie lijkt enigszins op die van 2001, maar in 2001 ging het om een geul die tijdens de aanleg van de dam is gecreëerd (gebaggerd), terwijl de huidige geul vanzelf is ontstaan.



Figuur 2.36 Raai 3021, positie van de momentane kustlijn(MKL) en strandlijnen (links, met de pagina gedraaid) en tijdreeks van profielverandering.



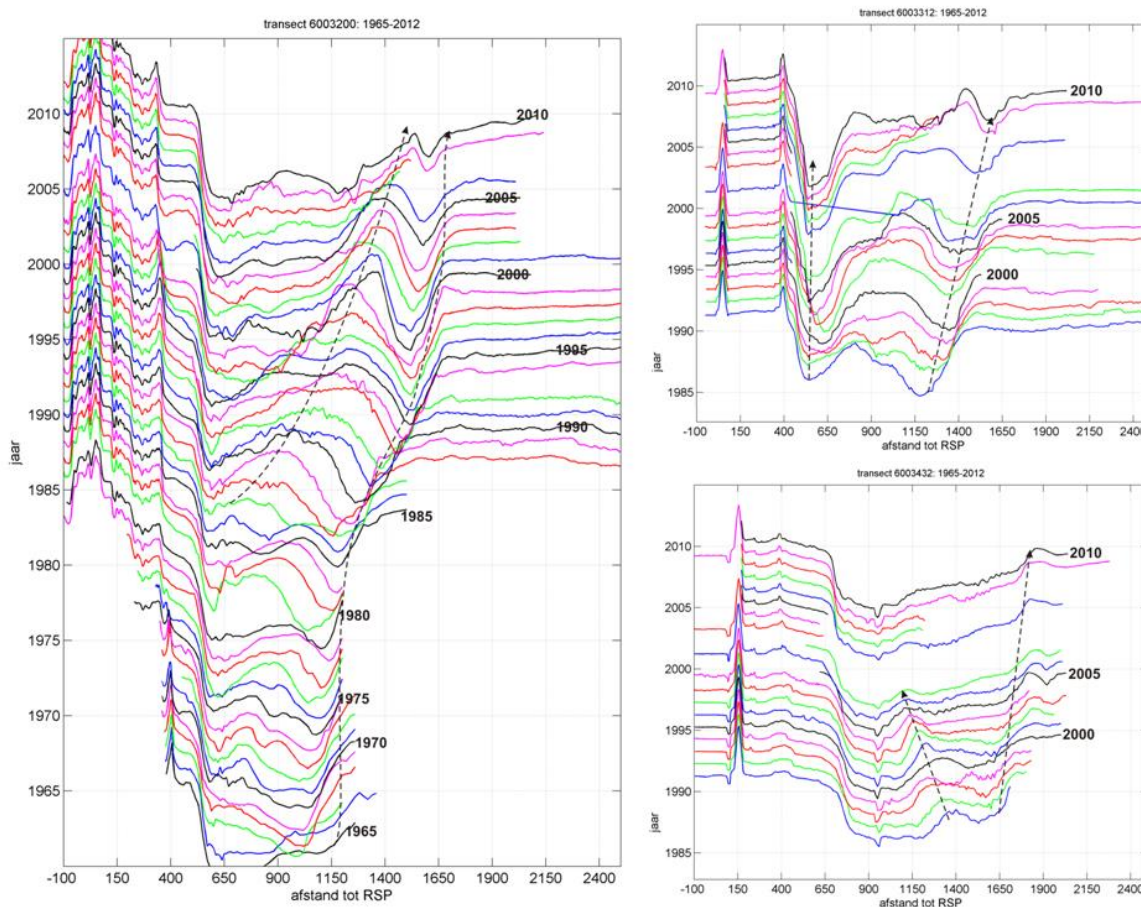
Figuur 2.37 Raai 3061, positie van de momentane kustlijn (MKL) en strandlijnen (links, met de pagina gedraaid) en tijdreeks van profielverandering.

2.5.3.4 Detail ontwikkeling rond de 'Bolwerken' (raai 3200-3312 en 3432)

De ontwikkeling van de geulen langs de Bolwerken Eierland en Robbengat wordt weergegeven in Figuur 2.38 (representatieve raaien 3200, 3312 en 3432). Raai 3200 ligt ter hoogte van het Bolwerk Eierland en laat een geul zien met een steil, maar stabiel binnentalud. Kleine fluctuaties zijn wel aanwezig. Initieel (in 1966) is er een kleine verschuiving van het diepe geulgedeelte in zeewaartse richting (van 700 m naar 100 m RSP). Tot 1969 blijft deze configuratie stabiel, daarna ontstaat een trend van een verdieping landwaarts (650 m RSP) en een verondieping verder zeewaarts (tussen de 800 m en 1000 m RSP). Er ontstaat nu een geul met twee diepere gedeelten langs de binnen en buiten geulwand en een ondiepte in het midden. Deze configuratie blijft relatief stabiel in breedte tot 1985. Sinds 1985 zien we een duidelijke verbreding van de totale geul (tot 1997). De buitenste geulwand verplaatst van 1100 m RSP naar 1650 m RSP. Gedurende deze periode worden de twee deelgeulen in het profiel dieper en duidelijker zichtbaar. De ondiepte migreert zeewaarts waardoor het landwaartse geulgedeelte breder wordt. Sinds 1997 blijft de totale geulbreedte stabiel; de zeewaartse geulwand blijft stabiel liggen op 1650 m RSP. De landwaartse geul verdiept (van -8 naar -11 m NAP) en blijft zich verbreden. Was het breedste gedeelte van de geul in 1995 ongeveer 300 m, in 2001 is dat al ongeveer 700 m. De scheiding tussen de twee geulen wordt hierbij tijdelijk (tussen 1995 en 2005) verhoogd tot nagenoeg aan de laagwaterlijn. Omdat deze verandering begint na aanleg van de Eierlandse Dam, zou dit mogelijk (mede) een effect van de dam kunnen zijn. Maar een dergelijke ontwikkeling zou ook goed binnen de autonome dynamiek van het systeem kunnen vallen, en is dus niet met zekerheid te relateren aan de aanleg van de dam. Vanaf 2005 zien we dat de scheiding tussen de twee geulen duidelijk in hoogte afneemt en dat de zeewaartse geul verondiept. De geul wordt opgevuld door de migrerende ondiepte. In 2010 is er dan ook sprake van één grote geul. De maximale geuldiepte blijft recentelijk stabiel (2007 -2010), maar de omvang neemt wel toe.

Ter plaatse van het Bolwerk Robbengat (raai 3312) zien we een vergelijkbaar geulpatroon en gedrag als hierboven beschreven. In het profiel bevindt zich een landwaartse geul op een stabiele positie. Deze geul neemt echter wel sterk toe in diepte: van -12 m NAP naar -17 m NAP in 2010. De zeewaartse geul verplaatst sterk oostwaarts en verondiept.

Ten zuiden van het bolwerk (raai 3432) nemen we een identieke oostwaartse verplaatsing van de geulwand waar. De toename van de diepte is hier beperkt. Het aanbrengen van zinkstukken (2004) in het Robbengat is niet duidelijk te onderscheiden in de profielen, maar kan plaatselijk geholpen hebben de erosie te beperken. Helaas kunnen we in deze profielen niet de trend zien van vóór aanleg van de Eierlandse Dam. Gezien het recente overeenkomstige beeld tussen profiel 3312/3432 en 3200 is het goed mogelijk dat de geulverbreding ook hier al voor aanleg van de dam is ingezet. Concluderend uit analyse van deze profielen kan gesteld worden dat er geen duidelijk grootschalig effect van de aanleg van de Eierlandse Dam te zien is. De geobserveerde trend van verruiming van de geul en het zeewaarts verplaatsen van de geulwand, was al ruim voor aanleg aanwezig.



Figuur 2.38 Ontwikkelingen van representatieve profielen voor bolwerk Eierland (profiel 3200) en bolwerk Robbengat (raai 3312 en 3432).

2.6 Dynamiek van de zeereep

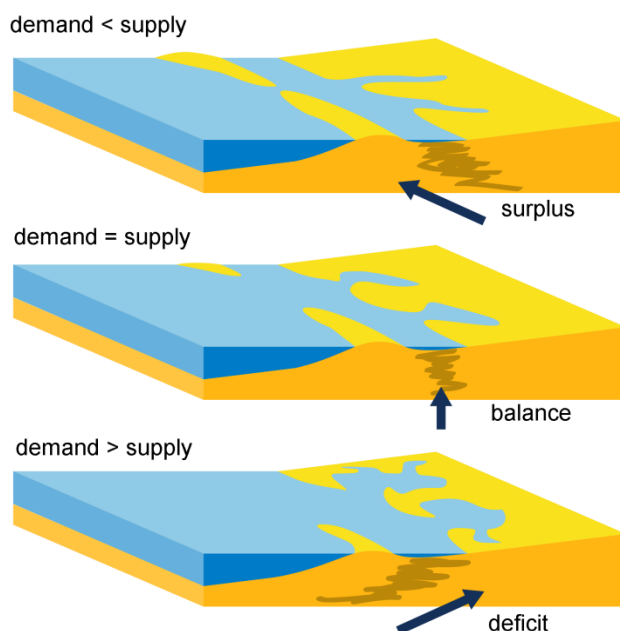
Dit onderdeel zal in 2015 worden uitgewerkt.

3 Beleid: dynamische kustlijnhandhaving

Sinds 1990 is er sprake van het *dynamisch handhaven van de Nederlandse kust* en geldt het principe 'zacht (suppleties) waar het kan en hard waar het moet'. Bij de implementatie van dit beleid is er een zogenaamde *Basiskustlijn* (BKL) vastgesteld die als referentielijn voor de positie van de kustlijn wordt gehanteerd. In de volgende subparagrafen wordt een toelichting gegeven over de achtergrond van dit kustbeleid (paragraaf 3.1), welke keuzes gemaakt zijn bij het vaststellen van de Basiskustlijn op Texel en welke aanvullende afspraken over het handhaven van deze Basiskustlijn zijn gemaakt voor het kustvak (paragraaf 3.2). Informatie over de herziening van de kustlijn in 2001 en 2012 is te vinden in paragrafen 3.3 en 3.4.

3.1 Achtergrond kustbeleid dynamisch handhaven

Kusterosie - Hoewel er op kleine tijd- en ruimteschaal sprake is van afwisseling tussen kustopbouw en kustafbraak, vertoont de Nederlandse kust gemiddeld genomen al duizenden jaren een eroderende trend. Dit wordt veroorzaakt doordat er sprake is van een grote zandvraag, terwijl er slechts een gering zandaanbod is. De grote zandvraag is het gevolg van een stijgende zeespiegel en van grootschalige ingrepen in de getijbekkens. Het geringe aanbod wordt veroorzaakt doordat de aanvoer van zand vanaf de diepere Noordzee bodem vrijwel tot nul is gereduceerd en de rivieren eveneens al lange tijd nauwelijks meer zand naar de kustzone transporteren.



Figuur 3.1 Samenspel van vraag (demand) en aanbod (supply) van sediment. Een tekort (deficit) van sediment zal uiteindelijk leiden tot erosie en landwaartse terugtrekking van de kust. Naar: Nichols, 1989, aangepast door RWS.

Dynamische kusthandhaving - In 1990 besloot de regering dat het afgelopen moest zijn met de structurele erosie van de kust; de duinen langs de kust moesten behouden blijven om duurzaam de veiligheid en het behoud van functies te garanderen (Ministerie van Verkeer en

Waterstaat, 1990). Sindsdien wordt het structurele zandverlies aangevuld met suppleties. Het gesuppleerde zand wordt door stroming, wind en golven over het kuststelsel verspreid.

Basiskustlijn - Om te bepalen waar het zand gesuppleerd moet worden, is in 1990 de 'Basiskustlijn' als referentie gedefinieerd, met als doel het signaleren van structurele erosie. Elk jaar wordt getoetst waar de kustlijn zich ten opzichte van deze Basiskustlijn bevindt. Als de Basiskustlijn structureel overschreden dreigt te worden, wordt het zandverlies met suppleties aangevuld. Het benodigde jaarlijkse suppletievolume om de Basiskustlijn te handhaven werd in 1990 vastgesteld op 6 miljoen kubieke meter zand.

Kustfundament - In de jaren na 1990 groeide het inzicht dat er niet alleen structurele erosie optrad in de ondiepe kustzone rondom de Basiskustlijn, maar ook in dieper water (Mulder, 2000). Het structurele zandverlies in deze zone zou op termijn kunnen leiden tot een toename van de zandverliezen in de ondiepe kustzone. De benodigde inspanning voor het handhaven van de Basiskustlijn zou daardoor in de toekomst aanzienlijk groter worden. Daarom besloot de regering in 2001 dat het voor een duurzame handhaving van veiligheid en functies in het duingebied nodig was om het zandverlies in het gehele kustfundament te compenseren. Het kustfundament loopt van de binnenduinrand tot aan de doorgaande -20m NAP dieptelijn; het actieve zandvolume in dit hele kustfundament moet meegroeien met de zeespiegel. Het landelijke suppletievolume is daartoe verhoogd van 6 tot 12 miljoen kubieke meter zand per jaar. Het handhaven van de Basiskustlijn staat nog steeds voorop bij de verdeling van het suppletiezand.

Herziening Basiskustlijn - Om ervoor te zorgen dat de Basiskustlijn overeen blijft komen met de gewenste kustlijn, is de Basiskustlijn sinds 1990 herzien (Min. V&W, 2002, Min. I&M, 2012)). In de nieuwe Waterwet en het Nationaal Waterplan is, net als in de voorgaande Wet op de Waterkering, de noodzaak voor een terugkerende herziening van de Basiskustlijn vastgelegd.

3.2 Vaststelling Basiskustlijn

In deze subparagraaf worden de gemaakte keuzes en argumenten achter de huidige Basiskustlijn beschreven. Eerst wordt de (landelijke) hoofdlijn met betrekking tot het vaststellen en herzien van de Basiskustlijn toegelicht voor de periode 1990 tot 2012 (in dit jaar vond de laatste herziening plaats). Vervolgens wordt de huidige Basiskustlijn en de gehanteerde argumenten voor specifiek het kustvak Texel uitgewerkt.

De teksten in de volgende paragrafen zijn gebaseerd op de volgende documenten:

Min. V&W, 1990.

Hillen et al., 1991.

Min. V&W, 1993.

Min. V&W, 2002.

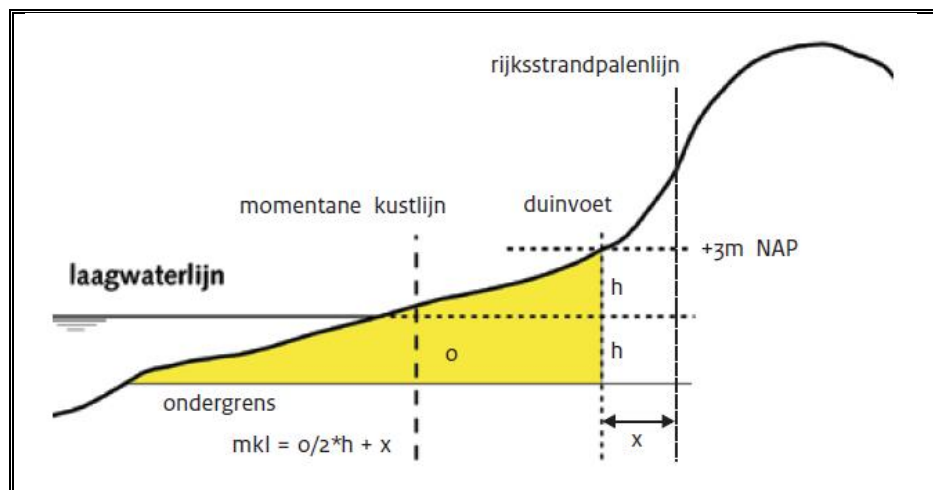
Bruens et al, 2012.

Min. I&M, 2012.

3.2.1 Definitie Momentane Kustlijn, Te Toetsen Kustlijn en Basiskustlijn

De ligging van de laagwaterlijn kent een grote fluctuatie in ruimte en tijd. De laagwaterlijn is dan ook niet geschikt als referentielijn voor het bestrijden van structurele erosie. Bij het laatste wordt, per definitie, niet gekeken naar een momentopname, maar naar een trend over een langere periode. Uitgaande van een tijdschors van zo'n 10 jaren is hieraan, bij de definitie van een referentiekustlijn, op twee manieren een uitwerking gegeven.

Allereerst is een ruimteschaal gekozen, passend bij de tijdschaal. Vandaar dat in 1990 is besloten de kustlijnligging af te leiden uit het zandvolume in een rekenschijf rondom de laagwaterlijn. Op deze wijze worden de fluctuaties in de *tijd* beperkt, terwijl vormfluctuaties in het profiel mogelijk blijven; gesproken wordt dan ook van dynamisch handhaven van de kustlijn. De methode om in afzonderlijke jaren, deze 'Momentane Kustlijn' te bepalen staat in Figuur 3.2 en wordt uitgebreid toegelicht in de nota *De Basiskustlijn, een technisch morfologische uitwerking* (Hillen et al., 1991).

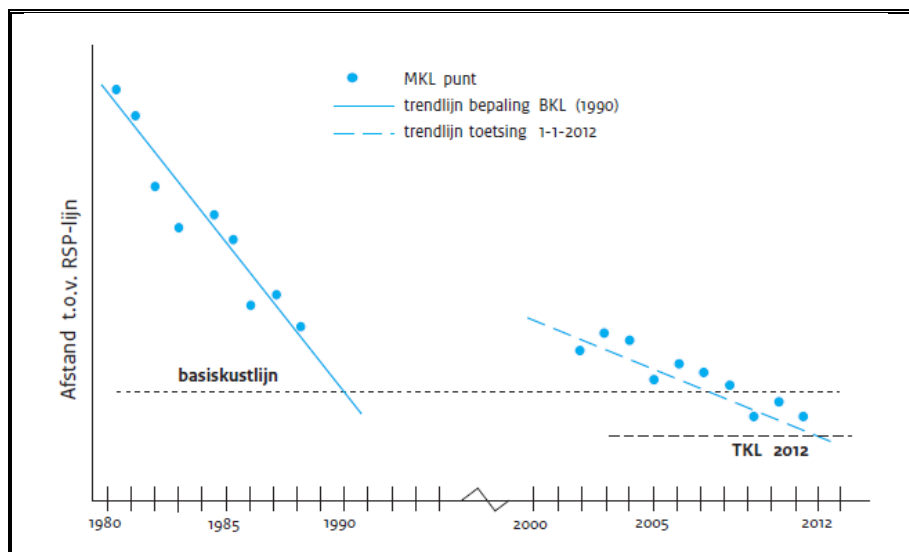


Figuur 3.2 Methode om de Momentane Kustlijn af te leiden uit het gemeten kustprofielen. Eerst wordt het zandvolume (oppervlak o) bepaald in de zogenaamde rekenschijf tussen duinvoet (doorgaans +3m NAP) en een ondergrens (even ver beneden gemiddeld laagwater als de duinvoet boven gemiddeld laagwater (h)). Vervolgens wordt de Momentane Kustlijn bepaald door het oppervlak te delen door de dikte van de rekenschijf ($2h$). De Momentane Kustlijn wordt uitgedrukt in meters ten opzichte van RSP, vandaar dat de afstand van de duinvoet tot RSP (x) nog opgeteld moet worden. Bron: Min. I&M, 2011.

Vervolgens is geconstateerd dat ook de Momentane Kustlijnligging in een bepaald jaar slechts een momentopname weergeeft; als gevolg van een (lokaal) recent opgetreden conditie kan deze niet in overeenstemming zijn met de trend in de voorgaande periode¹. Om die reden is als norm niet gekozen voor het handhaven van de Momentane Kustlijn in 1990, maar voor het handhaven van een 'Basiskustlijn' die is afgeleid uit de trend van voorgaande 10 jaren (1980-1989).

Ieder jaar wordt getoetst of deze Basiskustlijn, de norm, wordt overschreden. Ook hiervoor geldt dat uit de trend uit voorgaande jaren (meestal 10 jaar) een 'Te toetsen Kustlijn' wordt afgeleid. De methode om de Basiskustlijn en de Te Toetsen Kustlijn te bepalen staat weergegeven in Figuur 3.3.

1. Een voorbeeld is de Momentane Kustlijn in 1990. Door het optreden van de zogenaamde 'crocusstormen,' die mede aanleiding waren voor het invoeren van het dynamisch handhaven, lag de kustlijn in dit jaar niet op een 'representatieve' locatie.



Figuur 3.3 De Basiskustlijn en de jaarlijkse Te Toetsen Kustlijn worden afgeleid uit de trend in de Momentane Kustlijn uit de voorgaande jaren. Bron: Kustlijkaartenboek 2012.

3.2.2 Landelijke vaststelling Basiskustlijn 1990

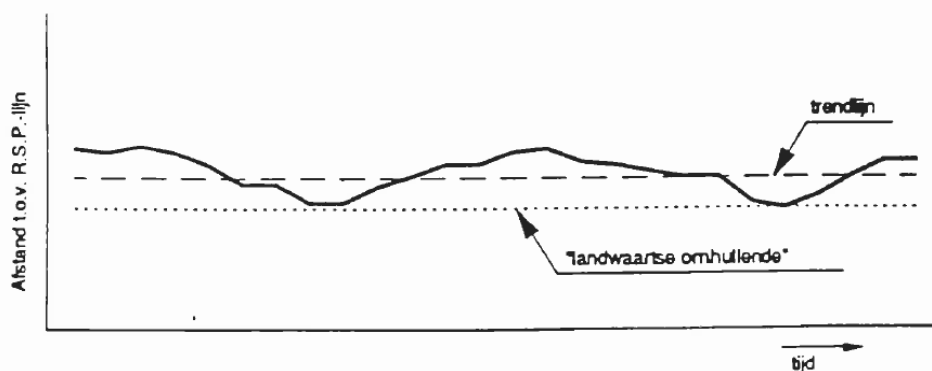
Voor de meeste delen van de Nederlandse kust leidt toepassing van de beschreven methodiek tot een goede norm. Voor een aantal locaties langs de Nederlandse kust is in 1990, bij het vaststellen van de Basiskustlijn, geconstateerd dat het wenselijk is om af te wijken van de standaardmethode uit Figuur 3.2 en Figuur 3.3. De belangrijkste afwijkingen zijn (Hillen et al., 1991):

- Afwijkingen in de rekenschijf (als de ondergrens het profiel niet snijdt wordt de rekenschijf eerder 'afgekapt'). Schematische voorbeelden staan gegeven in (Hillen et al., 1991).
- Indien de boven- en ondergrens meerdere snijpunten met het profiel hebben, wordt het meest zeewaartse snijpunt als grens gekozen.
- In geval van een getijgeul wordt echter het landwaartse snijpunt als grens gekozen.
- Indien er sprake is van een trendbreuk in de kustontwikkeling wordt de trendperiode daarop aangepast. Dit wordt onder andere toegepast na het uitvoeren van een suppletie.

Daarnaast bleek dat het voor een aantal locaties wenselijk is om de volgens de standaard methode berekende Basiskustlijn niet als norm te hanteren, maar om ofwel geen Basiskustlijn vast te leggen, of de volgens de standaard berekende Basiskustlijn te verleggen op basis van morfologische argumenten. In 1990 is door Rijkswaterstaat een voorstel opgesteld met betrekking tot de vakken waarin de berekende Basiskustlijn moet worden vastgehouden, verlegd, of geen Basiskustlijn moet worden vastgelegd (Hillen et al., 1991). Voorgesteld werd om in geval van fluctuaties als gevolg van zandbanken, de 'omhullende' als Basiskustlijn te kiezen (Figuur 3.4). Het niet vastleggen van een Basiskustlijn werd voorgesteld voor de uiteinden van de Waddeneilanden: zo kan meer ruimte aan de natuurlijke processen worden gegeven. Samengevat luidt het voorstel voor verlegging van de Basiskustlijn (Hillen et al., 1991):

De Basiskustlijn zoals berekend volgens de standaardmethode, is niet overal morfologisch de meest logische kustlijn om te handhaven. Er wordt voorgesteld om op basis van de volgende morfologisch argumenten de berekende Basiskustlijn te verleggen:

- I. Zandbanken die zorgen voor een (korte (<10 jaar)) fluctuatie in kustlijnligging.
- II. Zandgolven die zorgen voor een (lange (>10 jaar)) fluctuatie in kustlijnligging.
- III. Aanwezigheid kans dat een positieve trend omslaat naar een negatieve trend en aanwezigheid van extreem breed strand.



Figuur 3.4 Eèn van de argumenten om de Basiskustlijn zeewaarts vast te stellen ten opzichte van de afgeleide trend 1980-1989 was het voorkomen van 'korte' fluctuaties zoals door verschuivende zandbanken: "Indien de belangen op het strand en in de duinen het toelaten kan worden overwogen de Basiskustlijn in landwaartse richting te verleggen. De landwaartse omhullende lijkt daarvoor een zinvolle maatstaf". Bron: Hillen et al., 1991.

De voorstellen van Rijkswaterstaat betroffen voorstellen op louter morfologische gronden. In 1992 brachten de Provinciale Overleggen Kust hun advies uit over het voorstel. Bij het beoordelen van het voorstel hebben zij rekening gehouden met het waterkeringbelang en andere belangen zoals natuur, recreatie, bebouwing en drinkwaterwinning. Voor 90% van de gevallen is het voorstel van Rijkswaterstaat overgenomen. Vervolgens gaf Rijkswaterstaat (1993) aan hoe zij met het advies van de Provinciale Overleggen Kust omgaan (Min. V&W, 1993). Op basis van deze rapportage van Rijkswaterstaat is uiteindelijk de Basiskustlijn door de staatssecretaris vastgesteld².

3.2.3 Afspraken voor Texel

Voorstel Rijkswaterstaat:

Voor Texel was er vooralsnog geen aanleiding om de BKL te verleggen. Wel werd overwogen om op 1 locatie de BKL los te laten:

Regio	Beginraai	Eindraai	BKL
Noord-Holland, kustvak 6	416	880	Loslaten

Advies POK

Voor Texel is vanuit het POK hierop geen aanvullend advies uitgebracht.

2. Inmiddels is het dan 1994, in de periode 1990-1994 wordt de initieel door Rijkswaterstaat voorgestelde Basiskustlijn gehanteerd.

3.3 Landelijke herziening Basiskustlijn in 2001

In de nota Kustbalans 1995, de tweede Kustnota, werd geconstateerd dat de ligging van de Basiskustlijn niet overal optimaal is. De toetsing aan de Basiskustlijn geeft in het algemeen weliswaar eenduidige en uniforme informatie ten behoeve van de planning van maatregelen (doorgaans suppleties), maar de Provinciaal Overleggen Kust vragen zich af of de doelstelling van veerkracht en dynamiek daarbij voldoende ruimte krijgen. Dit vormt de aanleiding om de Provinciaal Overleggen Kust advies uit te laten brengen met betrekking tot verdere optimalisatie van de Basiskustlijn. Rijkswaterstaat heeft deze adviezen vervolgens samengevat, geanalyseerd en beoordeeld tegen de achtergrond van het kusthandhavingsbeleid. De resultaten luiden (Min. V&W, 2002):

Ervaringen met suppleties hebben aangetoond dat met strand- en duinsuppleties het waterkerend vermogen van de duinen kan worden verbeterd en efficiënt kan worden gehandhaafd. Dit is met name van belang op locaties waar het duin zich niet in landwaartse richting kan verplaatsen (a.g.v. duinvoetverdediging, achterliggende bebouwing en/of dijken). Ook natuur heeft baat bij zandsuppleties: duinareaal neemt sneller toe en er ontstaan meer mogelijkheden om natuur zijn gang te laten gaan. Beheerders staan meer en meer open voor natuurlijker beheer van de duinenkust (minder onderhoud, toestaan van verstuingen en zelfs doorbreken van zeeoep).

Er wordt geconstateerd dat er verschillen bestaan in de relatie 'ligging van de Basiskustlijn' en 'veiligheid'. Bij een zeer smalle waterkering en bij bebouwing in de afslagzone³ zal snel sprake zijn van een knelpunt met veiligheid: de Basiskustlijn heeft hier een *interventiefunctie*. In andere situaties zijn fluctuaties juist nodig voor het behoud van waarden en functies en zijn ze ook toelaatbaar: de Basiskustlijn heeft hier een *signaleringsfunctie*.

Afweging Rijkswaterstaat

De adviezen van de POK's van de verschillende provincies leveren een divers beeld. Enerzijds door morfologische verschillen, anderzijds door verschillende visies op de functie van de Basiskustlijn (interventie versus signalering). Daarnaast speelt mee dat het advies het resultaat is van het samenspel van verschillende actoren met uiteenlopende belangen. De POK's hechten grote waarden aan het regionale maatwerk. Om de volgende redenen is er momenteel nog geen aanleiding om te streven naar een landelijke uniformiteit:

- Positieve beeld uit de evaluatie van 10 jaar dynamisch handhaven.
- Eenduidigheid van de rekentechnische bepaling van de Basiskustlijn.
- Geen significante verandering van suppletiebehoefte bij doorvoering van alle voorgestelde aanpassingen van de Basiskustlijn.

Rijkswaterstaat stemt in met de hierboven genoemde voorstellen van het POK. In het licht van toekomstige ontwikkelingen (zwakke schakels, kustplaatsen) zal tevens worden bezien of ten behoeve van de transparantie van beleid en uitvoering moet worden gestreefd naar een harmonisatie van het kusthandhavingsbeleid of dat de huidige regionale verschillen het logisch gevolg zijn van de geografische en morfologische verschillen.

3.3.1 Afspraken Texel (Bron: Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2011). Basiskustlijn 2012)

- Ter hoogte van de Slufter op Texel wordt in principe niet gesuppleerd, om te voorkomen dat de Slufter versneld dicht raakt. Hierdoor wordt tussen raai 2400-2600 regelmatig de BKL overschreden, zonder dat dit aanleiding geeft tot suppleren. Terugleggen van de BKL zou de BKL weer een duidelijkere signaalfunctie geven. Toch wordt de BKL hier niet herzien. Reden hiervoor zijn de lopende onderzoeken naar de invulling van het beheer

³ Definitie afslagzone toevoegen

van de Slufter door het Rijk, Waterschap en gemeente. Een verlegging zou hier het proces tot een integraal beheerplan in de weg staan.

- De Slufter, Texel (raai 2740 – 2917): Opletten dat de onderwatersuppletie op -5 m NAP ver uit kust is. (*uitvoeringsafspraken*).
- Zuid-Texel (raai 900 – 1093): geen geulwandsuppletie, ervaring 2005 (*uitvoeringsafspraken*).

Festiviteiten om rekening mee te houden:

De Ronde om Texel (begin juni, <http://www.roundtexel.com>) is een catamaran race rond Texel, die start bij paal 17. Dit is van belang voor het plannen van onderwatersuppleties.

Voor alle stranden geldt een vuistregel dat er geen strandonderhoud gepleegd wordt tussen 1 juli en 31 augustus. Als er werkzaamheden op het strand plaatsvinden, gaat dit altijd in goed overleg tussen de aannemers en de regionale activiteiten. Het wordt altijd geprobeerd om lokale maneges en organisaties met activiteiten op het strand van te voren te informeren, zodat beide partijen zo min mogelijk last van elkaar hebben.

3.4 Landelijke herziening Basiskustlijn in 2012

Voor het ministerie van Infrastructuur en Milieu waren er in 2009 twee concrete aanleidingen voor het herzien van de Basiskustlijn:

1. Benodigde aanpassing vanwege het onderhoud van de zandige zeewaartse versterkingen: Op een aantal plaatsen is de kust zeewaarts versterkt. Zonder aanpassing van de Basiskustlijn zouden deze versterkingen niet worden onderhouden en eroderen.
2. Benodigde aanpassing vanwege een te ver zeewaarts vastgestelde Basiskustlijn: Op een aantal plaatsen is de Basiskustlijn vastgelegd op een zeewaartse positie die moeilijk is te handhaven. Het ministerie van Infrastructuur en Milieu hanteert voor deze locaties de volgende beschrijving: *op een aantal locaties langs de kust sluit de ligging van de Basiskustlijn niet aan bij de natuurlijke, reële ligging van de kust.*

Rijkswaterstaat heeft Deltares gevraagd voor alle plaatsen waar overwogen wordt om de Basiskustlijn aan te passen een factsheet op te stellen met relevante feiten & cijfers over de waargenomen en te verwachten kustontwikkeling. Die informatie is door Rijkswaterstaat gebruikt om een advies op te stellen voor het Ministerie van Infrastructuur en Milieu met betrekking tot het herzien van de Basiskustlijn.

3.4.1 Herzieningen Texel

Voor Texel is op drie plaatsen onderzocht of de BKL herzien moest worden, omdat de BKL mogelijk niet zou aansluiten bij de daadwerkelijke ligging van de kustlijn, of waar gezien de functies ook geen wens is tot handhaving van de huidige BKL. Voor alle drie locaties is besloten om de BKL (nog) niet te herzien.

Het betreffen:

- *Noordwest-Texel (raai 2740 – 2971)*
In 1995 is de Eierlandse Dam aangelegd. Bij de nieuwe situatie hoort een nieuwe kustlijnligging. Dit gebied wordt om de 3-4 jaar gesuppleerd. Het is nog onduidelijk wat de nieuwe evenwichtsligging van de kustlijn wordt, in ieder geval landwaarts van de kustlijn van voor de aanleg van de Eierlandse Dam. Dit betekent dat het huidige onderhoud nodig is voor behoud van het duinareaal en de duinovergangen.

Voorlopig wordt om deze reden de BKL niet herzien. Het volledig loslaten van het handhaven van de BKL is bespreekbaar, daarbij is wel een integrale gebiedsaanpak nodig samengesteld door alle belanghebbende partijen.

- *Slufter op Texel (raai 2340 – 2500)*
Ter hoogte van de Slufter op Texel wordt in principe niet gesuppleerd, om te voorkomen dat de Slufter versneld dicht raakt. Hierdoor wordt tussen raai 2400-2600 regelmatig de BKL overschreden, zonder dat dit aanleiding geeft tot suppleren. Terugleggen van de BKL zou de BKL weer een duidelijke signaalfunctie geven. Randvoorwaarde is wel dat een teruglegging niet mag leiden tot een onveilige situatie voor de dijkkring Texel.

Uit onderzoek blijkt dat ruim voldoende zand aanwezig is en zelfs zonder voorliggend duin de achterliggende dijk sterk genoeg is, mits het ondiepe voorland van de Slufter gehandhaafd blijft. Het effect op de veiligheid van een geringe teruglegging van de BKL rond de Slufter is dan ook nihil. Het effect op het daadwerkelijke kustlijnonderhoud van teruglegging van de BKL rond de Slufter is eveneens nihil, aangezien de laatste jaren rond de Slufter niet of nauwelijks gesuppleerd wordt.

Toch wordt besloten de BKL hier niet herzien, vanwege de lopende onderzoeken naar de invulling van het beheer van de Slufter door het Rijk, Waterschap en gemeente. Een verlegging zou hier het proces tot een integraal beheerplan in de weg staan.

- *Zuidwest-Texel (raai 900 – 1093)*
Op deze raaien trekt de kust sterk achteruit door structurele erosie en het landwaarts verschuiven van Molengat. Als gevolg hiervan wordt om de 3-4 jaar gesuppleerd om de BKL te onderhouden. De BKL kan herzien worden naar een stabiele en handhaafbare positie waarbij rekening wordt gehouden met morfodynamiek en natuurwaarden van de achterliggende natte duinvallei. De BKL wordt niet herzien, omdat een landwaartse BKL-verplaatsing verlies van duinareaal en duinovergangen betekent. Eventuele aanpassing van de BKL is nog wel mogelijk, maar daarbij is wel een integrale gebiedsaanpak nodig.

De positie van de basiskustlijn, zoals vastgesteld in 1990, en de lokale herzieningen in 2001 en 2012 zijn terug zien in de kustviewer (<http://www.kustviewer.nl>).

4 Beheer en Onderhoud

In het voorgaande hoofdstuk is de achtergrond van het huidige kustbeleid uitgelegd, en de afspraken die daaruit zijn voortgekomen voor het beheer. Dit hoofdstuk beschrijft het uitgevoerde beheer en de aanwezige kustverdediging van het kustvak (paragraaf 4.1 en 4.2).

De laatste twee paragrafen geven een overzicht van de resultaten van de jaarlijkse toetsing van de kustlijn die sinds 1990 wordt uitgevoerd (in paragraaf 4.4) en een overzicht van de resultaten van de toetsing van de waterkering aan de wettelijke norm die sinds 1996 elke zes jaar wordt uitgevoerd (in paragraaf 4.3).

4.1 Kustverdediging

Vrijwel de gehele eilandkust van Texel is aan erosie onderhevig. Met de aanleg van strandhoofden (1959-1987) aan de zuidwestkust, en de Bolwerken Eierland (1948) en Robbengat (1956) en de Eierlandse Dam (1995) is getracht deze erosie terug te dringen (zie Figuur 4.1). Daarnaast wordt er sinds 1979 regelmatig zand gesuppleerd.

Tussen 1959 en 1987 zijn er aan de zuidwestzijde 24 strandhoofden aangelegd van RSP 9 tot 18. In 1959-1960 werden strandhoofden aangelegd over een gebied van 2 km rond raai 15. Daarna werd het veld strandhoofden 2 km in noordelijke en 4 km in zuidelijke richting uitgebreid. Zowel Rakhorst (1984) als Verhagen en Van Rossum (1990) geven aan dat de strandhoofden de kustachteruitgang (sterk) hebben verminderd, maar de kustachteruitgang is niet gestopt. Verhagen en Van Rossum geven aan dat in raaien 10-12 en 15 de erosie met meer dan 50% is gereduceerd, terwijl in raaien 13,14, 16 en 17 het effect nagenoeg nihil was. Rakhorst (1984) geeft aan dat de kustachteruitgang sinds de aanleg in 1959 niet constant is vanwege de wijze waarop de strandhoofden zijn aangelegd. De kop van de strandhoofden ligt op de laagwaterlijn, van waaruit een verbindingsdam doorloopt tot de duinvoet. Met het terugtrekken van de duinvoet is de verbindingsdam steeds verlengd, waardoor de strandhoofden in de tijd dus steeds langer en steeds effectiever zijn geworden.

Sinds 1990 is er door de regering gekozen voor het dynamisch handhaven van de kustlijn. Deze handhaving vindt vrijwel uitsluitend plaats via zandsuppleties. Door de aanwezige strandhoofden en de frequent terugkerende zandsuppleties wordt de kustlijn van Texel gehandhaafd. Alleen aan de noordwestzijde is afgeweken van dynamisch handhaven, met het aanleggen van de Eierlandse Dam op de kop van Texel (Eierland). Dit gebied staat al eeuwen bloot aan kusterosie. In het verleden zijn op diverse plaatsen harde zeeweringen (bolwerken) aangelegd en sinds 1979 wordt er langs de westkust van Eierland regelmatig zand gesuppleerd. Tussen 1979 en 1996 werd op de noordpunt (tussen km 25 en 31) in totaal bijna 11 miljoen m³ zand aangebracht. Om de lokale behoefte aan zandsuppleties te verminderen is daarom in 1995 de Eierlandse Dam aangelegd, een 800 m lange stenen strekdam loodrecht op de kust (Figuur 4.1, boven).

4.1.1 Werking van strandhoofden

Rakhorst (1984) geeft een beschouwing over de werking van de strandhoofden bij Texel. Hier vatten we de belangrijkste inzichten samen. Kustachteruitgang wordt veroorzaakt door stroming en golven. De stroming is te splitsen in een langsstroming (evenwijdig aan de kust) en dwarsstroming (loodrecht op de kust). De langsstroming wordt veroorzaakt door getij en wind, maar in de brandingzone zijn vooral golven de belangrijkste aandrijving.

De getijstrooming langs de Nederlandse kust heeft een maximum snelheid van 0,5 tot 0,8 m/s onder normale omstandigheden, en onder invloed van wind kan deze langsstroming versterkt worden tot 1,2 tot 2,0 m/s. De golfgedreven langsstroming wordt veroorzaakt door het breken van scheef invallende golven. In de brandingzone worden hierdoor stroomsnelheden opgewekt van maximaal 1,5 – 2,0 m/s. Deze stromingen langs de kust veroorzaken een langtransport. Als de grootte van dit transport langs de kust toeneemt (positieve gradiënt), kan dit tot kusterosie leiden. Andersom kan een negatieve gradiënt (afname van het transport) tot sedimentatie leiden.

Kustachteruitgang kan echter ook veroorzaakt worden door het *dwarstransport*. Dit dwarstransport wordt veroorzaakt door een zeewaarts gerichte stromingscomponent langs de bodem in de brandingzone. Dit zorgt er voor dat zand zeewaarts tot buiten de brekerzone wordt getransporteerd. Of dit zand vervolgens afgevoerd kan worden, hangt af van het langtransport. Bij een positieve gradiënt in het langtransport (transportcapaciteit neemt toe) zal dit zand met het langtransport worden afgevoerd en treedt er dus zandverlies op. Bij een negatieve gradiënt in het langtransport (capaciteit neemt af) kan het zand niet worden afgevoerd, en zal in rustigere perioden weer richting kust worden getransporteerd.

Strandhoofden hebben geen effect op het dwarstransport, maar alleen op het langtransport in de effectieve zone van de strandhoofden. Strandhoofden blokkeren (deels) dit langtransport. Maar de effectiviteit van de strandhoofden hangt niet alleen af van de mate waarin zij de capaciteit van het langtransport in de effectieve zone beïnvloeden. De strandhoofden zullen namelijk geen of weinig effect hebben als er dwarstransport optreedt en er buiten de brandingzone voldoende capaciteit is in het langtransport om dit zand af te voeren.

Voor Texel is berekend wat het effect van de strandhoofden is. Zonder strandhoofden vindt tussen km 12 en 16 tot maximaal 1000 m uit de kust erosie plaats van 530.000 m³/jaar. De sedimentatie buiten de brandingzone bedraagt dan 120.000 m³/jaar. De aanwezigheid van strandhoofden beïnvloedt met name het golfgedreven transport in de brandingzone, zodat er nog maar 245.000 m³/jaar erosie optreedt tussen km 12 en 16. De sedimentatie buiten de brandingzone is berekend op 90.000 m³/jaar. Deze sedimentatie geeft aan dat er buiten de brandingzone slechts beperkte capaciteit is om het afgezette zand weg te voeren met het langtransport. Het zeewaarts gerichte dwarstransport tijdens stormen is hier dus onbelangrijk.

Volgens de berekeningen is dit niet het geval aan de noordzijde van Texel. Strandhoofden zullen daar minder effectief zijn. Vermoed wordt dat hier buiten de brekerzone een geringe langtransportgradiënt aanwezig is, waardoor het sediment door middel van dwarstransport kan worden afgevoerd.



Figuur 4.1 : Kustverdediging Texel (<https://beeldbank.rws.nl>, Rijkswaterstaat). Boven: de Eilerlandse Dam beschermt Bolwerk Eierland. Onder: strandhoofden aan de zuidwestzijde van het eiland (ten westen van Den Hoorn).

4.1.2 Eierlandse Dam

Rond Eierland vinden al eeuwen menselijke ingrepen plaats. Na het verbinden van de afzonderlijke eilanden Texel en Eierland door een zanddam in 1629 en het inpolderen van de oostzijde van Eierland in 1835, 1846 en 1877, zijn er significante kustverdedigingswerken aangebracht om de staart van het eiland te behouden. In 1948 werd het bolwerk Robbengat geconstrueerd om de zuidwaartse verplaatsing van de geul het Robbengat tegen te houden. Het Robbengat (toen nog Vogelzwin genoemd) heeft zich sinds 1809 bijna 1 km zuidwaarts verplaatst (Schoorl, 1999). Het bolwerk Robbengat werd in 1956 gevolgd door de aanleg van het bolwerk Eierland in combinatie met enkele strekdammen. Deze verdedigingswerken houden de staart van het eiland vast en verhinderen een verdere zuidelijke verplaatsing van de geul het Robbengat.

Sinds de invoering van het beleid van Dynamische Kusthandhaving in 1990 geldt het principe 'Zacht (suppleties) waar het kan, hard waar het moet'. Om de hoge kosten van de noodzakelijke zandsuppleties in dit gebied te verminderen is in 1995 op de staart van Texel de Eierlandse Dam aangelegd. Op basis van voorstudies was vastgesteld dat op deze locatie dit type harde kustverdediging een geschikte maatregel zou zijn. De Eierlandse Dam is een 800 m lange stenen dam die in 1995 loodrecht op de kust is geplaatst. De kop van de dam werd in 1997 met zinkstukken versterkt. In het gebied tussen de bolwerken zijn nog kleinschalige maatregelen genomen om duinafslag en overstromingsgevaar in het gebied tussen de bolwerken te voorkomen. In 2000 werd hier een lage zanddijk aangelegd. In 2003 en 2004 werden zinkstukken aan de teen van het bolwerk Robbengat geplaatst.

De erosie rond Eierland is goed weergegeven in Figuur 4.2. Op de luchtfoto uit 1990 is te zien dat als gevolg van deze kusterosie de kustlijn rond 1990 vlak voor de vuurtoren ligt. Op deze luchtfoto zijn tevens de harde constructies zichtbaar die in het verleden aangelegd zijn om de kust te beschermen tegen verdere erosie (bolwerken en strekdammen). Figuur 4.2 (rechts) laat zien dat de 800 m lange Eierlandse Dam lokaal inderdaad veel zand heeft ingevangen. Ter plaatse van de vuurtoren is de kustlijn 400 m zeewaarts verschoven.

Na aanleg van de dam is er echter ook nog sprake van problemen met kusterosie: net ten zuiden van de dam treedt significante, structurele kusterosie op waardoor in 2004, 2009 en 2011 zandsuppleties noodzakelijk waren. Daarnaast is in de keel van het zeegat de geul het Robbengat landwaarts verplaatst, waardoor het aanbrengen van een stortstenen bezinking in 2004 nodig was. Het is niet duidelijk of en hoe deze ontwikkelingen samenhangen met de aanwezigheid van de Eierlandse Dam.



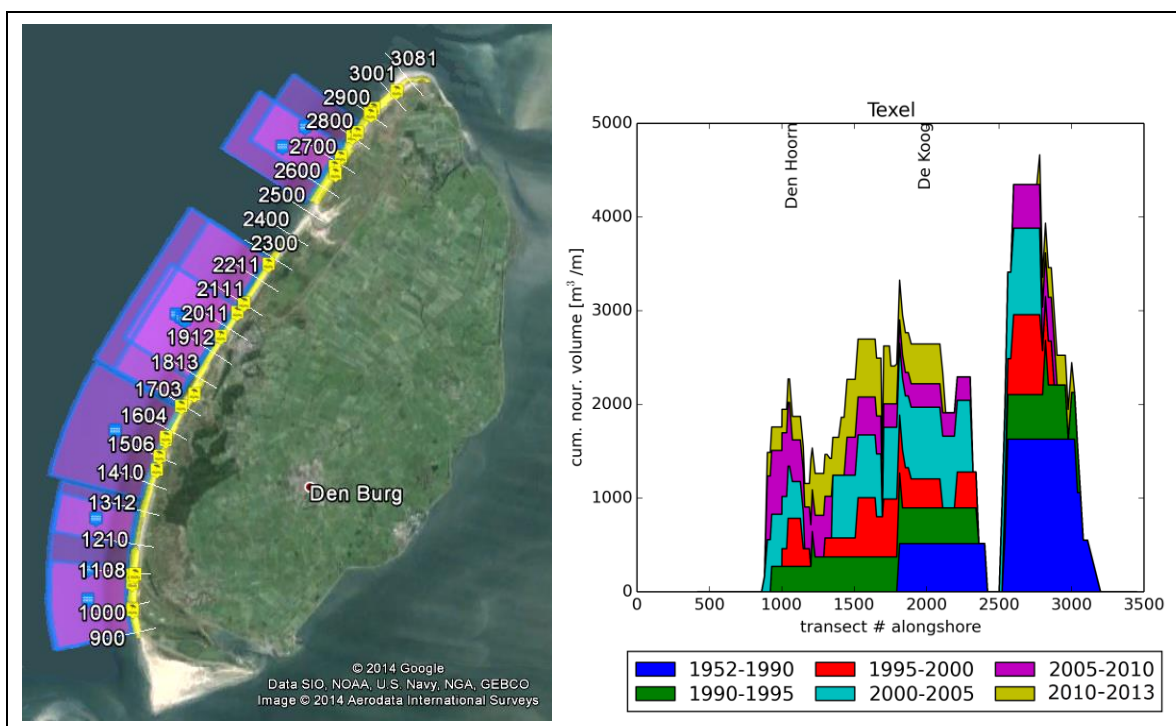
Figuur 4.2 De kop van Texel in 1990 (boven) en 2011 (onder). Bron: <http://beeldbank.rws.nl>.

4.1.3 Suppletieoverzicht

Figuur 4.3 laat zien op welke locaties langs de Texelse Noordzeekust suppleties zijn uitgevoerd. Met uitzondering van de Hors en rond de Slufter is vrijwel de gehele Noordzeekust van Texel wel eens met zand gesuppleerd.

In de rechterzijde van Figuur 4.3 is dit nog eens grafisch weergegeven. Deze figuur geeft de hoeveelheden vanaf 1990 per periode van 5 jaar. De periode van vóór 1990 is in zijn geheel samengenomen. Tabel 4.1 geeft het volledige getalsmatige overzicht van de uitgevoerde suppleties.

De suppletiehoeveelheden nemen in noordelijke richting vrijwel lineair toe van 2000 m³/m tot 4500 m³/m bij km 9 nabij km 30. Sinds 1990 wordt de kustlijnhandhaving vrijwel alleen met suppleties gehandhaafd, maar ook ruim vóór 1990 werden in dit kustvak al suppleties toegepast. In de periode 1979-1990 is er al 11 miljoen m³ gesuppleerd tussen km 24 en 30. Sinds 1990 wordt er vrijwel jaarlijks een gemiddelde van 1.6 miljoen m³ gesuppleerd. In totaal is er ruim 43 miljoen m³ in dit kustvak gesuppleerd (Tabel 4.1, p. 62).

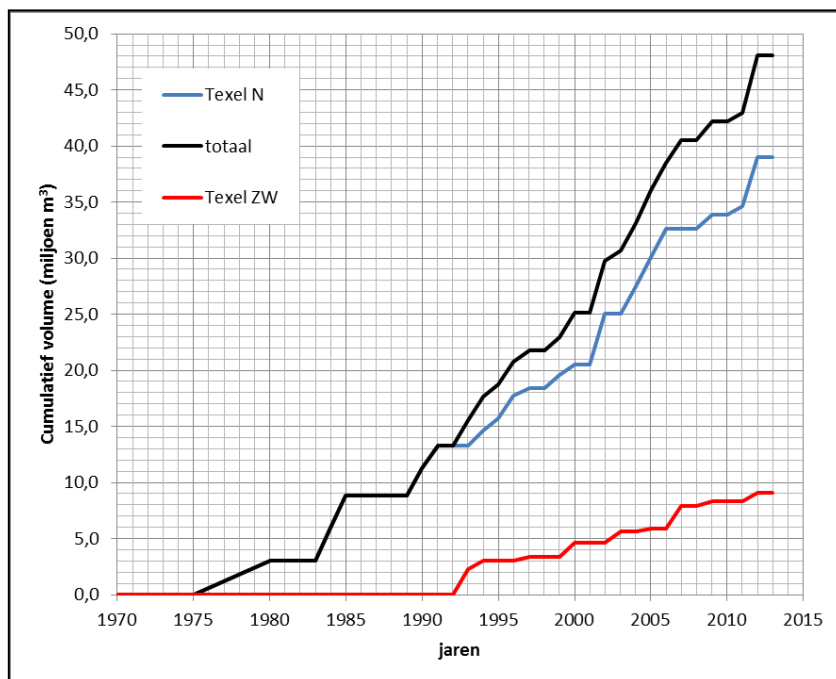


Figuur 4.3 Overzicht van alle aangebrachte suppleties op Texel, tot 2012. Linker figuur: blauw is vooroeverssuppletie, geel is strandssuppletie. Rechter figuur: kustlangse verdeling van de suppletiehoeveelheden (m³/m).

Mede om de hoge kosten van suppleties te verminderen is in 1995 de Eierlandse Dam aangelegd. Tussen de slufteer en de staart van het eiland (van raai 2600 tot 3100) is er tot 2012 bijna 17.5 miljoen m³ zand gesuppleerd (Figuur 4.5). Kijken we naar de ontwikkeling van de suppletievolumes door de tijd, dan lijkt er tijdelijk inderdaad een reductie in het suppletievolume te zijn opgetreden tussen de periode 1995 tot 2000. In de evaluatie van de Eierlandse Dam (De Kok, 2005) wordt dan ook het volgende geconcludeerd:

“De effecten op de kustlijn en andere morfologische gevolgen van de aanleg van de Eierlandse Dam zijn geëvalueerd, tien jaar na de aanleg in 1995. De dam heeft ruimschoots aan de doelstellingen voldaan: het te suppleren volume, noodzakelijk voor de handhaving van de basiskustlijn van de noordwestkust van Texel, is sterk afgenomen. Vermoedelijke negatieve effecten op de kust zijn beperkt gebleven tot het lokaal opschuiven van een getijgeul richting kust ter hoogte van het Bolwerk “Robbengat” aan de noordoostzijde van Texel. Alhoewel de Eierlandse Dam een goede en kostenefficiënte oplossing is gebleken voor de frequente kusterosie van de noordkust van Texel, kan hier niet uit geconcludeerd worden dat dwarsdammen in het algemeen een goede oplossing zijn voor eroderende kustgebieden. Lokale factoren als kustboog, kustprofiel, golfinvloed en getijsnelheden bepalen de werking, aanlegkosten en kosteneffectiviteit.”

Vullen we het suppletieoverzicht aan met de recente suppleties uit 2004 - 2012, dan zien we dat er op langere termijn van een echte reductie in suppletiehoeveelheden geen sprake is. Er is vrijwel een rechte trendlijn sinds 1979 (Figuur 4.5). Dit betekent echter niet dat de dam geen goede oplossing is geweest. Lokaal is voor de kop van Eierland een breed en stabiel strand ontstaan dat relatief weinig onderhoudsinspanning nodig heeft, ten zuiden hiervan is intensief suppleren wel noodzakelijk.

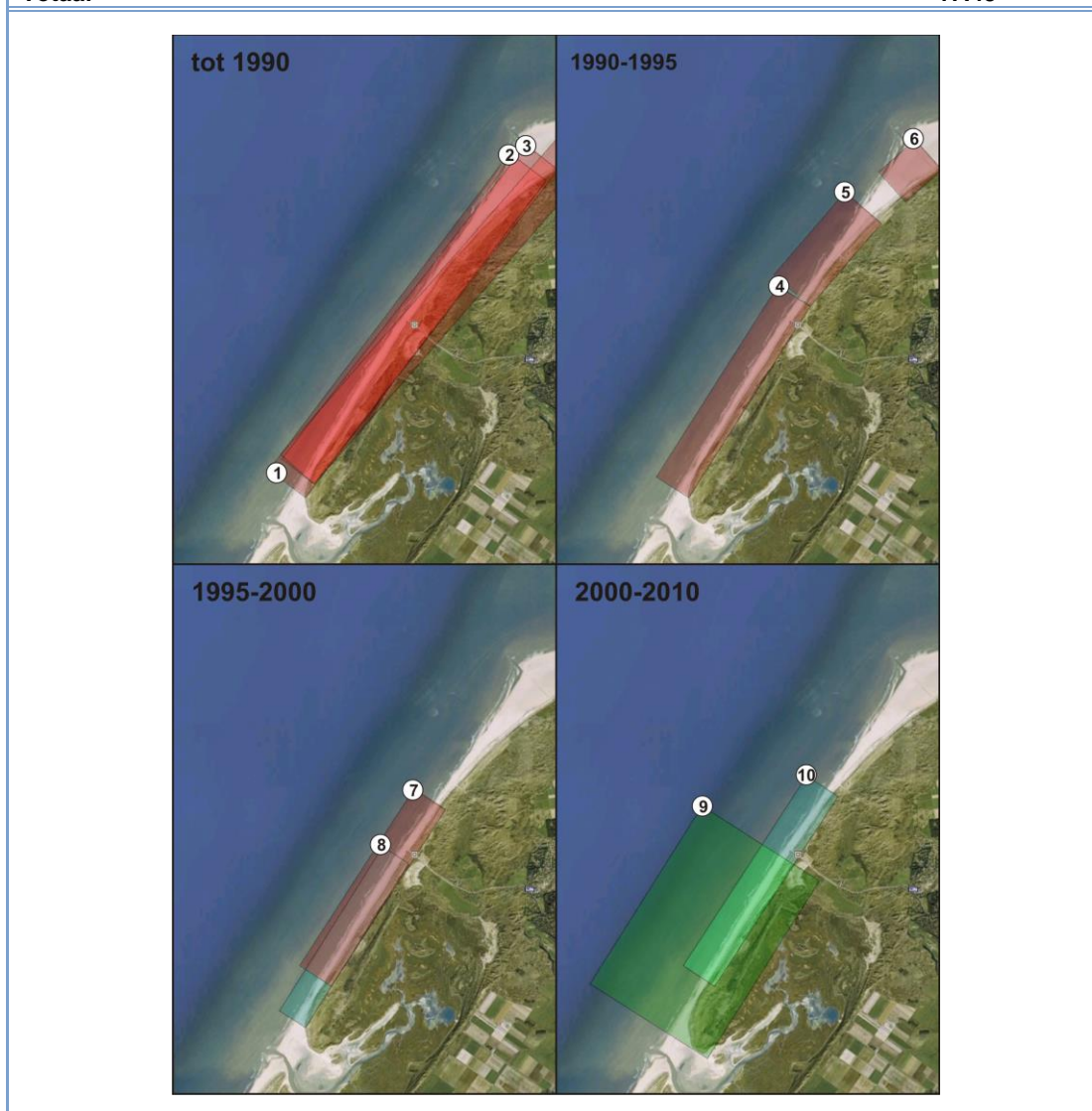


Figuur 4.4 Totale suppletiehoeveelheden (miljoen m³) langs de kust van Texel (opgesplitst in Texel Noord en Zuidwest).

Tabel 4.1: Overzicht suppleties uitgevoerd op Ameland gebaseerd op de suppletiedatabase 2013 (uit OpenEarth database).

type suppletie	locatie	opgeleverd [jaar]	beginraai [RSP]	eindraai [RSP]	lengte [m]	volume per m [m ³ /m]
strand	Eierland	1979	2560	3120	5600	552
strand	De Koog	1984	1813	2400	5870	515
strand	Eierland	1985	2540	3040	5000	570
strand	Eierland	1990	2560	3061	5010	508
strand	De Koog	1991	1813	2340	5270	381
strand	Texel-zuidwest	1993	1210	1813	6030	372
strand	Eierland	1994	2540	2820	2800	475
strand	Texel-zuidwest	1994	930	1210	2800	272
strand	Eierland	1995	2820	2960	1400	579
strand	Eierland	1995	3000	3060	600	500
strand	De Koog	1996	1526	1873	3470	430
strand	De Koog	1996	2211	2340	1290	382
strand	De Koog	1997	1878	2091	2130	309
strand	Zuidwest	1997	1038	1143	1050	324
strand	Eierland	1999	2600	2860	2600	469
strand	West	2000	1703	1833	1300	189
strand	Zuid	2000	1001	1190	1890	189
strand	Zuidwest	2000	1298	1644	3460	203
strand	Westkust (Eierland)	2000	2550	2780	2300	384
vooroever	De Koog	2002	1700	2300	6000	766
vooroever	Zuidwest / Den Hoorn	2003	900	1148	2480	392
vooroever	Eierland	2004	2520	2780	2600	924
vooroever	Centrale kust	2005	1352	1690	3380	670
strand	Zuidwest	2005	880	1063	1830	165
strand	Centrale kust	2006	1440	1690	2500	405
vooroever	De Koog	2006	1700	2300	6000	250
vooroever	Zuidwest	2007	900	1350	4500	445
vooroever	Eierlandse dam	2009	2600	2880	2800	466
strand	Zuidwest	2009	900	1070	1700	235
strand	Midden	2011	1410	1743	3330	214
strand	Eierlandse dam	2012	2780	3001	2210	317
strand	Zuidwest	2012	900	1200	3000	251
vooroever	Midden Noord	2012	1793	2111	3180	425
vooroever	Midden Zuid	2012	1200	1312	1120	446
vooroever	Midden	2012	1332	1778	4460	404

	Jaar (maand)	X (km)	Y (km)	Type	Volume (miljoen m3)
1	1979 (9)	115.930 – 119.438	573.233 – 577.187	Strand	3.09
2	1985 (6)	115.823 – 118.832	573.065 – 576.969	Strand	2.85
3	1990 (6)	115.930 – 118.982	573.233 – 577.101	Strand	2.54
4	1994 (5)	115.823 – 117.343	573.065 – 575.423	Strand	1.33
5	1995(4)	117.343 – 118.230	575.423 – 576.442	Strand	0.81
6	1995 (1)	118.531 – 118.982	576.706 – 577.101	Strand	0.30
7	1999 (7)	116.147 – 117.575	573.572 – 575.749	Strand	1.2
8	2004 (6)	115.823 – 117.117	573.065 – 575.087	strand	0.88
9	2004 (6)	115.715 – 117.117	572.896 – 575.087	Onderwater	2.40
10	2009 (5)	116.147 – 117.691	573.572 – 575.912	Onderwater	1.30
11	2012 (-)	117.300 – 118.300	575.400 – 576.400	Strand	0.70
Totaal					17.43



Figuur 4.5 Totaal overzicht van de locaties en van de suppletievolumes tussen de Slufter en het Eierlandse Gat (de suppletie van 2012 is nog niet in deze figuur opgenomen).

4.2 Primaire waterkering Texel

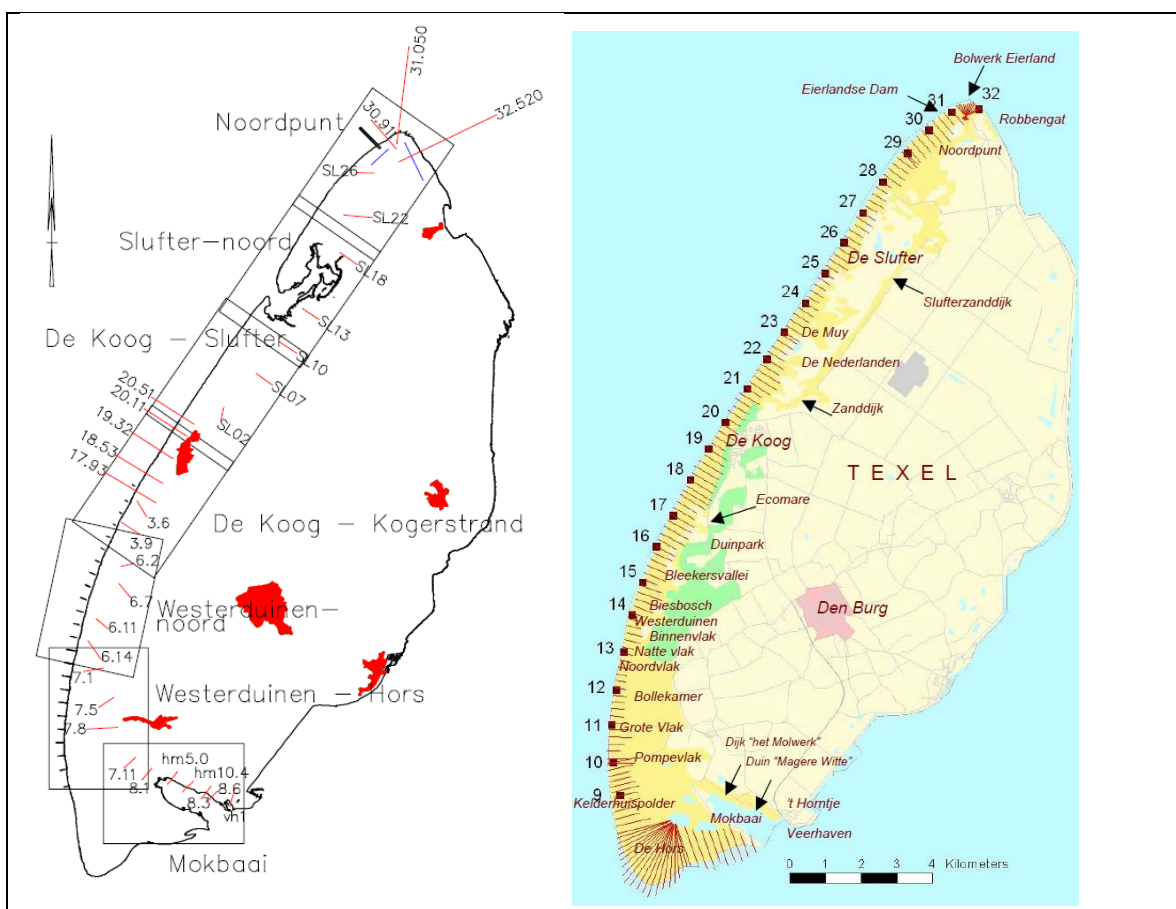
De volgende gedetailleerde beschrijving van de primaire waterkering van Texel is afkomstig uit het rapport 'Toetsing Waterkering Texel 2005 – Hoofdrapport' (Rijkswaterstaat, 2005)

De primaire waterkering, in beheer bij Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland, maakt onderdeel uit van dijkkringgebied 5 Texel. Voor het dijkkringgebied geldt een overschrijdingsfrequentie van 1/4000. Het is een waterkering van de categorie a, direct buitenwater kerend.

De primaire waterkering bestaat uit 32 km duin en 26,2 km dijk. Alle waterkeringen zijn van de categorie 1. Aan de oostzijde van het dijkkringgebied ligt de Waddenzee, aan de westzijde de Noordzee. Onderdeel van de dijken van dijkkringgebied 5 zijn negen kunstwerken, namelijk 5 gemalen en 4 duikers. Ook loopt de primaire waterkering over de veerhaven 't Horntje.

De Waddenzeedijk is in beheer bij hoogheemraadschap Uitwaterende Sluizen in Hollands Noorderkwartier. De zandige kust (inclusief het Bolwerk Robbengat en de kering rond de vuurtoren Eierland), het Molwerk en de veerhaven zijn in beheer bij Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland, dienstkring Texel.

De Noordzeekust is op te delen in duinvakken, zoals weergegeven in Figuur 4.6. Per vak geven we een korte omschrijving van de waterkering.



Figuur 4.6 Verdeling duinvakken Texel (links), overzicht van plaatsnamen, dijkvakken en duingebieden (rechts). (Bron: Toetsing Waterkering Texel 2005 – Hoofdrapport. Rijkswaterstaat, 2005).

4.2.1.1 *Noordpunt*

De beheersgrens van de primaire waterkering in beheer bij RWS snijdt de Inlaagdijk 1938 nabij raai 32.92. Deze dijk gaat hier over in een zanddijk die circa 350 m landwaarts van de waterlijn loopt. Tussen raai 32.52 en Bolwerk Eierland gaat de zanddijk over in duin. Ter plaatse van raai 32.08 is een verlaging in het duin aanwezig.

Bij Bolwerk Eierland loopt het grensprofiel ongeveer parallel aan de teen, circa 100 m. landwaarts. De kernzone is hier aan de landzijde ongeveer 35 m breed. Van raai 30.01 tot en met raai 30.91 gaat het grensprofiel door de eerste duinenrij en valt de kernzone dus in dit duin. Bij raai 30.01 buigt het grensprofiel af naar de binnenduinen, en loopt landwaarts van de Mandenvalleien en de Grote vallei. Het grensprofiel kruist vervolgens de Krimweg naar slag paal 28 op ruim een kilometer vanaf de kustlijn. De kernzone heeft hier een standaardbreedte van gemiddeld 150 m. Vanaf raai SL 21 worden de duinen lager.

4.2.1.2 *Slufter noord*

Tussen de raaien SL 20 en SL 16 zijn de duinen tamelijk laag. De kernzone is daarom breed gekozen, zodat er voldoende zandvolume aanwezig is. Net ten noorden van de raai SL 16 is een ondiepte vlak voor de teen aan de zeezijde van de Slufterzanddijk. Langs de gehele Slufterzanddijk ligt het grensprofiel in de dijk. Overigens wordt met Slufterzanddijk de echte zanddijk bedoeld en met Zanddijk de weg die langs de Slufterzanddijk ligt. De grens van de beschermingszone-landzijde (tevens de beheersgrens) ligt van 50 tot 80 m landwaarts van de Zanddijk. De Slufterzanddijk is de zeekering aan de oostkant van de Slufter.

Op kwetsbare gedeeltes is een verborgen duinvoetverdediging (geotextiel met klei) aangebracht. In verband met golfaanval op de kwetsbare Slufterzanddijk mag de Sluftermond niet breder worden dan hij in 1985 was. De Sluftergeul verplaatst zich tevens ter hoogte van het strand en de zeereep langzaam richting het noorden. Daardoor treedt ten noorden van de Sluftergeul afslag op, terwijl het duin ten zuiden van de geul nauwelijks groeit. Dit zou betekenen dat de Slufteropening steeds breder wordt en dat er netto duinareaal verloren gaat. Om dit te voorkomen wordt de Sluftergeul ongeveer 1 maal per 6 jaar omgelegd. Hiermee wordt ook de inloop van golven in de Slufter bij een stormvloed beperkt, zodat schade aan zowel de natuurlijke vegetatie als de Slufterzanddijk beperkt blijft. (Instandhoudingsplannen WAD3. Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland, Dienstkring Texel, 2001).

4.2.1.3 *Slufter - De Koog*

Vanaf raai SL 10 tot raai SL 03 loopt het grensprofiel in de Slufterzanddijk, landwaarts van de polder de Nederlanden. De kernzone is hier zeewaarts vrij breed gehouden (tot ca. 200 meter) omdat de Slufterzanddijk plaatselijk vrij smal is. In de raaien SL 07, SL 08 en SL 09 is het grensprofiel landwaarts gekozen om een gesloten ring te houden. Wanneer de waterkering het Mienterglopslag (slag bij paal 21) nadert buigt ze af richting de zee.

4.2.1.4 *De Koog - Kogerstrand*

Ten zuiden van de camping Kogerstrand ligt het grensprofiel in de tweede duinenrij. De breedte van de kernzone verschilt tussen ca. 350 m en ca. 100 m afhankelijk van de breedte van de duinenrij. Zuidelijk van raai 3.11 loopt het grensprofiel verder landwaarts, tot ongeveer 500 m uit de kustlijn.

4.2.1.5 *Westerduinen noord*

Ook in dit vak loopt het grensprofiel door de binnenduinen. Hier is het tracé zoveel mogelijk landwaarts gekozen. Dezelfde berekeningsmethode is gebruikt als bij het vak De Koog-

Kogerstrand. Van de zwakste profielen zijn berekeningen gemaakt. De breedte van de kernzone is hier standaard 80 m. De kernzone loopt ongeveer parallel aan de Randweg, op een afstand van gemiddeld 150 m van de weg. Dit is tot 1200 m uit de kustlijn.

4.2.1.6 *Westerduinen-Hors*

De superstormvloedwaterkering bevindt zich in de tweede (hoge) duinregel. Voor het grootste deel van dit duinvak betekent het dat het grensprofiel relatief ver landwaarts is gelegen, richting de Mokbaai zelfs tot 1500 m uit de kustlijn. Er is gerekend met golven die zich op een vooroever van NAP + 3 m kunnen ontwikkelen. Randvoorwaarde is dus dat de vooroever niet dermate laag wordt dat zich hogere golven kunnen ontwikkelen. De kernzone heeft de standaard breedte van 80 m en loopt landwaarts van de Geul. Bij raai 7.13 vindt aansluiting plaats met de dijk het Molwerk, gelegen in de Mokbaai.

4.2.1.7 *De Mokbaai en Veerhaven*

De waterkering aan de Mokbaai sluit aan de westzijde aan op de duinen van de westkust van Texel (Westerduinen). Aan de oostzijde wordt aansluiting gevonden met de Prins Hendrik dijk, welke in beheer is bij het Hoogheemraadschap van het Hollands Noorderkwartier (HHNK). De waterkering van de Mokbaai en Veerhaven bestaan uit de volgende onderdelen:

1. De aansluiting van dijk het Molwerk op het westelijk gelegen duinvak;
2. De dijk het Molwerk;
3. De aansluiting van dijk het Molwerk op duin de Magere Witte;
4. Duin de "Magere Witte";
5. De aansluiting van duin de Magere Witte op de Veerhaven dijk;
6. De Veerhaven dijk;
7. De aansluiting van de Veerhaven dijk op de Prins Hendrik dijk.

4.3 **Toetsing van de waterkering**

4.3.1 Waterwet, VTV & WTI

De Waterwet⁴ schrijft voor dat er elke zes (voorheen vijf) jaar een toetsing van de primaire waterkering plaatsvindt. Bij de toetsing wordt gekeken of de waterkering in kwestie nog aan de wettelijke veiligheidsnormen voldoet. Uit de toetsing komt één van drie mogelijke oordelen voort:

- de waterkering voldoet aan de norm,
- de waterkering voldoet niet aan de norm,
- of er kan geen oordeel geveld worden.

De wijze van toetsen wordt beschreven in het Voorschrift Toetsen op Veiligheid (Min. V&W, 2007) en de hulpmiddelen die nodig zijn voor de toetsing worden aangeleverd in het Wettelijk Toets Instrumentarium (WTI⁵). Hiernaast zijn er de nodige gegevens nodig om de toets uit te kunnen voeren. De gegevens over de belasting op de waterkering (bijvoorbeeld golfeigenschappen en waterstanden) worden aangeleverd in de Hydraulische Randvoorwaarden (HR). De beheerders van de waterkering zijn verantwoordelijk voor gegevens over (de actuele toestand van) de waterkering.

⁴ <http://wetten.overheid.nl/>

⁵ http://www.rijkswaterstaat.nl/water/veiligheid/bescherming_tegen_het_water/organisatie/wettelijk_toetsinstrumentarium/

De methode van toetsing hangt in grote mate af van de soort waterkering. Hierin wordt onderscheid gemaakt tussen:

- dijken & dammen,
- duinen, waterkerende kunstwerken (bijvoorbeeld sluizen of kademuren) en
- niet waterkerende objecten (NWO's, zoals kabels en leidingen).

Voor al deze categorieën zijn toetsmethodieken beschreven in het VTV.

De primaire waterkeringen zijn voor ongeveer 90% bij de waterschappen en voor ongeveer 10% bij Rijkswaterstaat in beheer. Deze waterkeringbeheerders zijn verantwoordelijk voor het (laten) uitvoeren van de toetsing en de beschikbaarheid van de actuele gegevens m.b.t. de toetsing van de waterkering.

In het volgende tekstkader staan begrippen die in deze paragraaf gebruikt worden toegelicht.

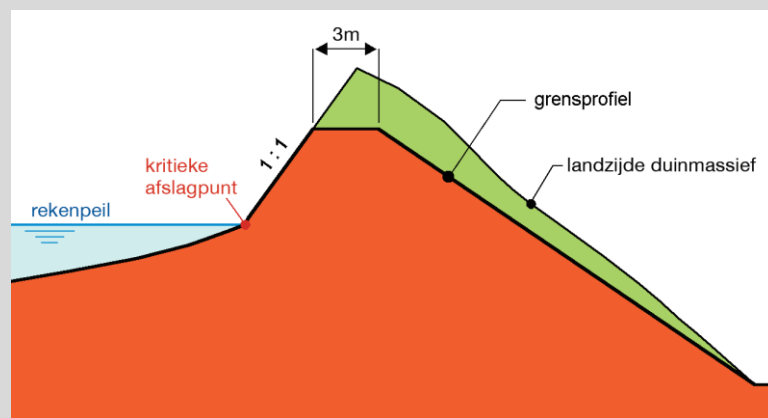
Begrippenlijst Toetsing Waterkering

Aansluitingsconstructie

Een aansluitingsconstructie vormt een overgang (aansluiting) tussen twee verschillende type waterkeringen, vaak tussen een duin en een dijk.

Grensprofiel

Het grensprofiel is het minimale dwarsprofiel wat in de toetsing nog aanwezig moet zijn na een duinafslag berekening. De dimensies van het benodigde grensprofiel zijn afhankelijk van de Hydraulische Randvoorwaarden. De ligging van het grensprofiel is opgenomen in de legger van de waterkering.



Hybride kering

Een kering die bestaat uit een combinatie van twee type waterkeringen, bijvoorbeeld een dijk achter een duinenrij of een dijk-in-duin constructie.

Legger

De legger van de primaire waterkering registreert de precieze ligging van de waterkering. Leggers kunnen de vorm hebben van een kaartenboek of een digitaal (GIS) bestand. De Waterwet verplicht sinds 2009 dat er voor elk waterstaatswerk een legger wordt opgesteld. Bij duinwaterkeringen wordt in de legger het grensprofiel geregistreerd.

Normfrequentie

Het veiligheidsniveau van elke dijkkring is vastgelegd in een normfrequentie. Deze frequentie geeft aan op welke waterstand de keringen berekend moeten zijn. Bijvoorbeeld: als een dijkkring een normfrequentie van 1/4000 per jaar heeft, dan moeten de keringen van die dijkkring bestand zijn tegen een waterstand die met een waarschijnlijkheid van 1/4000e per jaar (en dus gemiddeld eens in de 4000 jaar voorkomt).

Voorland

Het gebied dat aan de zeezijde van een waterkering gelegen is.

Zeereep

De duinenrij die direct aan het strand grenst. Deze kan samenvallen met, of zeewaarts liggen van, de primaire waterkering.

4.3.2 Toetsing waterkering Texel

In deze subparagraaf worden de toetsingen van de Waterkering Texel (dijkring 5) samengevat. De dijkring heeft een normfrequentie van 1/4000 per jaar.

In onderstaande tabellen en figuren wordt gerefereerd naar twee verschillende categorieën van waterkering, namelijk type 1 (of A): direct buitenwaterkerend, en type 2 (of B): niet-direct buitenwaterkerend.

4.3.2.1 Toetsronde 1: 1996 – 2001

De resultaten uit de eerste toetsronde staan samengevat in Tabel 4.2 en Figuur 4.7.

Harde keringen:

In totaal is een dijklengte van 26.2 km getoetst. Over 24.9 km kon nog geen oordeel worden geveld. De resterende 1.3 km kreeg het oordeel 'goed'.

Zandige kust:

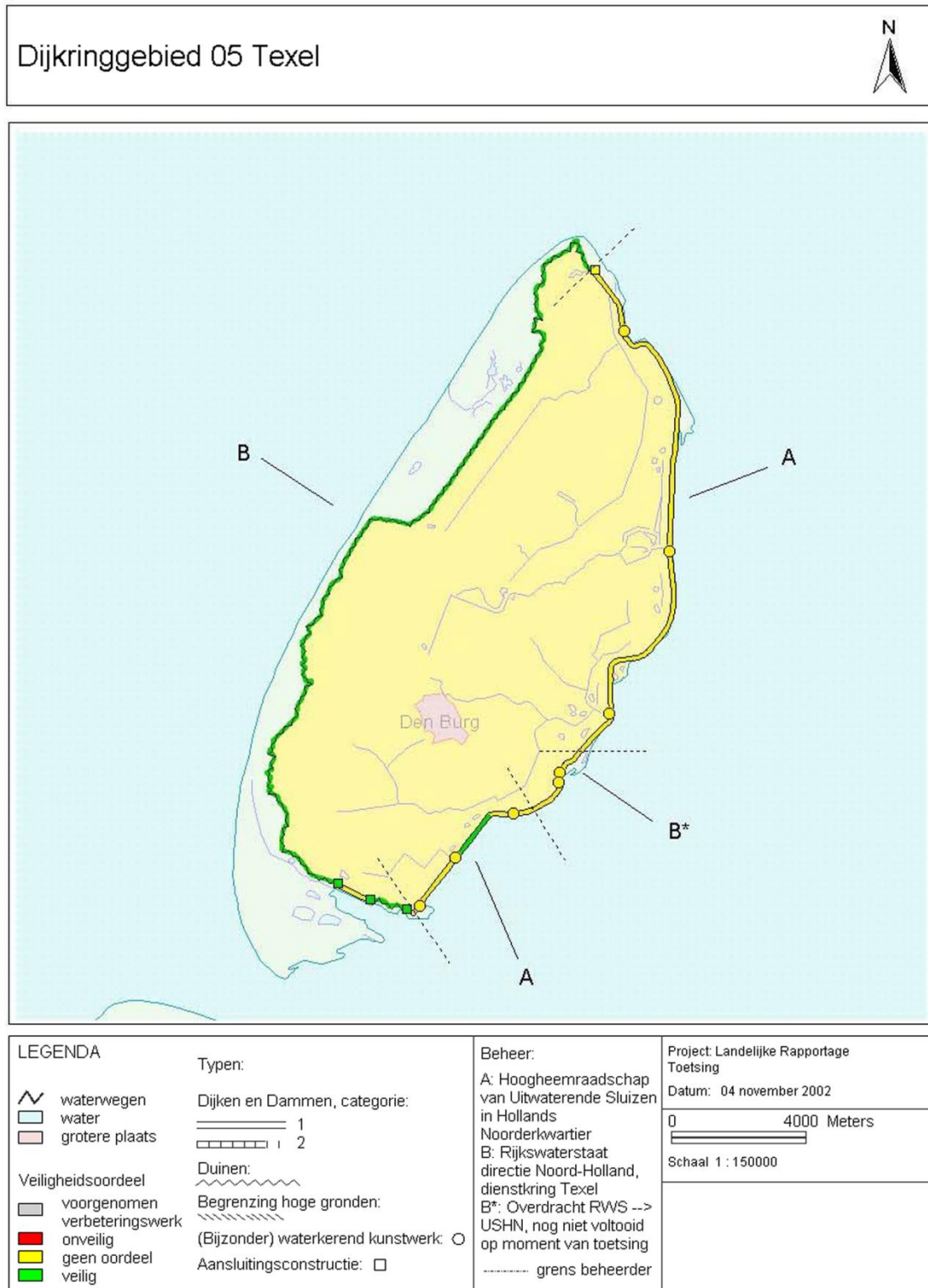
In totaal is een duinlengte van 32 km getoetst. Deze kreeg in zijn geheel het oordeel 'goed'.

Waterkerende kunstwerken:

Wegens gebrek aan gegevens kon over alle 9 kunstwerken nog geen oordeel worden geveld.

Tabel 4.2 Resultaten van de eerste veiligheidstoetsing voor Texel. (Bron: De Veiligheid van de primaire waterkeringen in Nederland, Achtergrondrapport. Rijkswaterstaat, 2002).

Resultaattabel dijkringgebied 5, TEXEL									
Toetsingscriterium per type	Aantal of Lengte (km)	Cat egorie 1	Cat egorie 2	Veiligheidsbeoordeling					
				Categorie 1			Categorie 2		
				VEILIG	ONVEILIG	GEEN OORDEEL	VEILIG	GEEN OORDEEL	
				goed	voldoende	onvoldoende	v.v.	goed	
Totaal	58,2	58,2		33,3			24,9		
Dijken en dammen	26,2	26,2		1,3			24,9		
HT Hoogte	26,2	26,2		24,7	1,5				
ST Stabiliteit	26,2	26,2		1,3			24,9		
Duinen	32,0	32,0		32,0					
Kunstwerken	9	9					9		
HT Hoogte	9	9		5			4		
ST Stabiliteit	9	9					9		
AM Afsluitmiddelen	9	9		6			3		
Hoge gronden									
Aansluitingsconstructies	4	4		3			1		



Figuur 4.7 Waterkering Texel, met de toetsresultaten uit de eerste toetsronde, 1996 – 2001. (Bron: De Veiligheid van de primaire waterkeringen in Nederland, Achtergrondrapport. Rijkswaterstaat, 2002).

4.3.2.2 Toetsronde 2: 2001 – 2006

De resultaten uit de tweede toetsronde staan samengevat in Figuur 4.8 en Tabel 4.3. NB: Deze toetsing geeft aan dat er 26.0 km aan harde keringen aanwezig is, en 28.6 km aan duinen. Waarom dit afwijkt van de 26.2 km en respectievelijk 32.0 km bij de eerste toetsronde hebben wij nog niet kunnen terugvinden.

Harde keringen:

In totaal werd 26 km aan harde keringen getoetst. Hiervan scoorde 18.2 km onvoldoende. Slechts 0.6 km kreeg het oordeel 'goed'. Voor de resterende 7.2 km was nader onderzoek nodig.

Zandige kust:

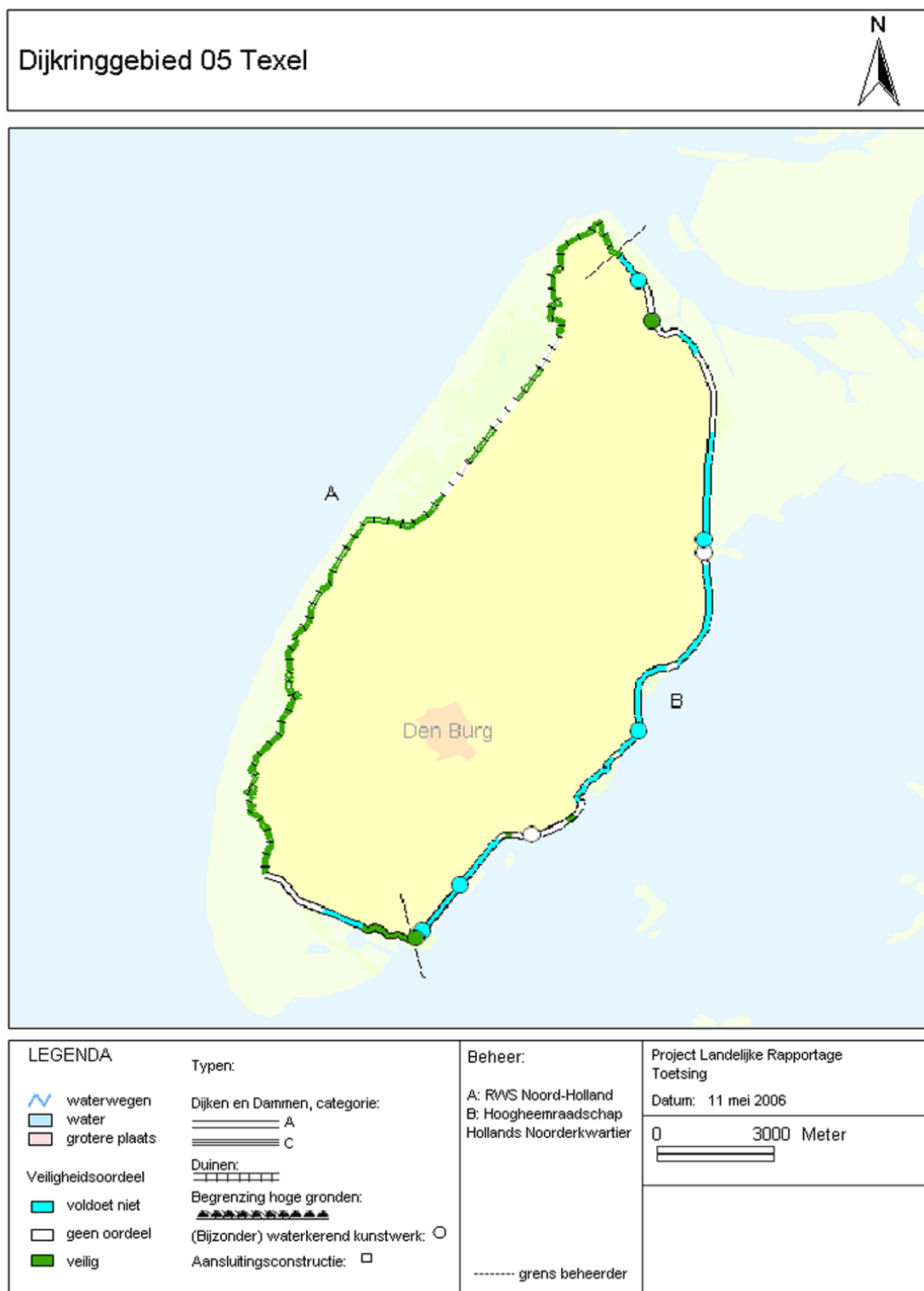
In totaal werd 28.6 km aan duinen getoetst, waarvan 24.2 km het oordeel 'goed' of 'voldoende' kreeg. Over 4.4 km kon nog geen oordeel worden geveld.

Waterkerende kunstwerken:

Bij de tweede toetsronde konden 7 van de 9 keringen beoordeeld worden. Hiervan kregen er 2 het oordeel 'goed', de overige 5 voldeden niet aan de norm.

Tabel 4.3 Resultaten van de tweede veiligheidstoetsing Texel. (Uit: Landelijke rapportage toetsing 2006, Achtergrondrapport deel 1. Inspectie Verkeer en Waterstaat, 2006).

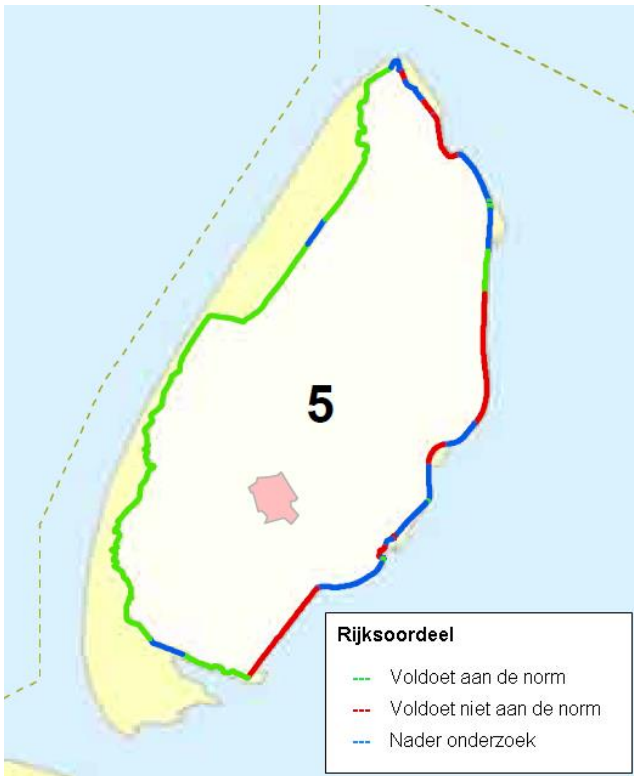
Resultaatstabel dijkringgebied			Veiligheidsbeoordeling						
Toetsingscriterium per type	Aantal of lengte [km / st]	Categorie a Categorie c	Categorie a			Categorie c			
			VOLDOET AAN DE NORM		VOLDOET NIET AAN DE NORM	GEEN OORDEEL	VOLDOET AAN DE NORM	VOLDOET NIET AAN DE NORM	GEEN OORDEEL
			goed	voldoende	onvoldoende		goed	onvoldoende	
Totaal	54,6	54,6	5,8	19,0	18,2	11,6			
Dijken en Dammen	26,0	26,0	0,6		18,2	7,2			
HT Hoogte	26,0	26,0	19,9	1,7		4,4			
ST Stabiliteit	26,0	26,0	0,6		18,2	7,2			
STPH Piping en heave	26,0	26,0	22,7		2,1	1,2			
STBU Macrostabieliteit buitenwaarts	26,0	26,0	20,7	1,8		3,5			
STBI Macrostabieliteit binnenwaarts	26,0	26,0	9,5	1,8	12,6	2,1			
STMI Microstabieliteit	26,0	26,0	24,0		2,0				
STBK Bekleding:	26,0	26,0	2,4	1,2	10,6	11,8			
- steenzetting	21,3	21,3	5,0	2,8	1,2	12,3			
- asfalt	20,2	20,2	20,2						
- grasmat	24,2	24,2	8,2	1,7	9,5	4,8			
- overige bekledingen									
STVL Voorland:	26,0	26,0	21,7	1,2		3,1			
- afschuiving	26,0	26,0	21,7	1,8		2,5			
- zettingvloeijing	26,0	26,0	21,7	1,2		3,1			
NWO Niet-waterkerende objecten:	x	x				x			
- bebouwing	x	x				x			
- kabels & leidingen	3	3				3			
- bomen & overige begroeiing	x	x				x			
- overige niet-waterkerende objecten	x	x				x			
Hoge gronden									
Duinen	28,6	28,6	5,2	19,0		4,4			
DA Duinafslag	28,6	28,6	5,2	19,0		4,4			
WE Winderosie									
NWO Niet-waterkerende objecten:									
Kunstwerken	9	9	2		5	2			
HT Hoogte	9	9	5	4					
ST Stabiliteit en sterkte	9	9	5		4				
STCG Constructie en grondlichaam	9	9	5			4			
STCO Constructieonderdelen	9	9	2		1	6			
STPH Piping en heave	9	9	5		4				
STVL Voorland									
BS Betrouwbaarheid sluiting	8	8	7		1				



Figuur 4.8 Waterkering Texel, met de toetsresultaten uit de tweede toetsronde, 2001 - 2006. (Uit: Landelijke rapportage toetsing 2006, Achtergrondrapport deel 1. Inspectie Verkeer en Waterstaat, 2006).

4.3.2.3 Toetsronde 3: 2006 – 2011

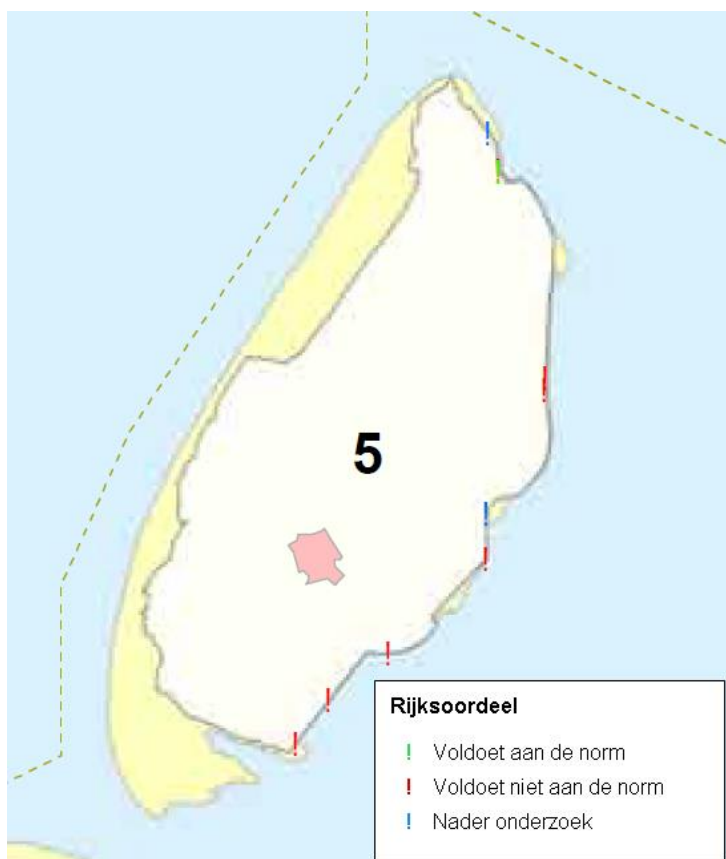
De resultaten uit de derde toetsronde staan samengevat in Figuur 4.9 voor de primaire waterkering en in Figuur 4.10 voor de waterkerende kunstwerken.



Figuur 4.9 Waterkering Texel, met de toetsresultaten uit de derde toetsronde, 2006 - 2011.

Waterkerende kunstwerken (Figuur 4.10):

Voor 2 van de 9 waterkerende kunstwerken was nog nader onderzoek nodig, de overige 7 kunstwerken konden wel worden beoordeeld. Hiervan bleek 1 kunstwerk aan de norm te voldoen.



Figuur 4.10 Waterkerende kunstwerken op Texel, met de toetsresultaten uit de derde toetsronde, 2006 - 2011.

4.4 Toetsing van de kustlijn

Jaarlijks wordt aan de hand van posities van de MKL en de BKL getoetst hoe de kustlijn erbij ligt. Deze resultaten van deze toetsing worden vastgelegd in de kustlijnkartenboeken. De jaarlijkse verandering in de ligging van de indicatoren MKL en TKL zijn al beschreven per kustsegment, in de subparagrafen onder paragraaf 2.5.

In onderstaande paragrafen geven we de beknopte samenvattingen van de toetsingsresultaten voor een aantal jaren weergegeven, zoals deze zijn beschreven in de kustlijnkartenboeken. De samenvatting van deze jaren geeft een goed overzicht van de ontwikkeling in de periode 1990-2013.

De volledige kustlijnkartenboeken (sinds 1999) zijn in te zien via:

http://www.rijkswaterstaat.nl/water/veiligheid/bescherming_tegen_het_water/veiligheidsmaatregelen/kustlijnzorg/kustlijnkarten/

De jaarlijkse getoetste ligging van de TKL ten opzichte van de BKL is ook overzichtelijk weergegeven in de kustviewer (<http://kustviewer.lizard.net>).



Figuur 4.11 Overzicht ontwikkeling BKL op Texel in de periode 1992-2015 (van rechts naar links). In deze figuren zijn vooral de vrijwel continue, grote landwaartse gerichte trends van de kustvakken tussen de Slufter en de Eierlandse Dam en nabij het Molengat opvallend. Deze informatie is ook duidelijk te bestuderen via de kustviewer (<http://kustviewer.lizard.net>).

4.4.1 Samenvatting kustlijnkaartenboek, kustvak Texel

1992

Vrijwel het gehele eiland Texel is aan erosie onderhevig. Met name tussen raai 2640 en 3021 (Eierland) is de erosie sterk: gemiddeld 10 tot 20 m kustachteruitgang per jaar. Het centrale deel van Texel (nabij De Koog) is in 1991 gesuppleerd (raaien 1833 t/m 2480). Voor Eierland en Zuidwest-Texel is op veel plaatsen sprake van een overschrijding van de basiskustlijn. Beide plaatsen zijn "erkende" suppletie lokaties.

Voor de strandvlakte van de Hors, zuidelijk van raai 900, is voorgesteld de basiskustlijn los te laten.

Dit beeld is representatief voor de periode 1992-1999.

1999

De Texelse kust is over bijna de gehele lengte erosief. In dit kustvak is sinds 1991 de grootste hoeveelheid zand gesuppleerd. De aanleg van de Eierlandsedam heeft hier, voor wat het noordelijke deel van de kust, verandering in gebracht. Hier is erosie omgeslagen in aanzanding (raai 2880-3081). Tevens is opvallend dat de erosieve druk in de zuidelijke helft van Texel de laatste jaren lijkt af te nemen. Dit past in het beeld van een voor de Waddeneilanden kenmerkende fluctuerende kustontwikkeling.

Het gemiddeld jaarlijkse verlies van de laatste suppletie, pal ten zuiden van de Eierlandse dam, is circa 400.000 m³, hetgeen overeenkomt met de prognose, 2 miljoen m³ over 5 jaar. Voor de aanleg van de dam was het jaarlijks verlies 25% hoger. In 1994 was ten opzichte van de basiskustlijn een tekort van ruim 1.5 miljoen m³. Deze hoeveelheid is in 1999 afgenomen tot circa 800.000 m³. Voorgesteld wordt dat zowel in 1999 als in 2000 suppleties uit te voeren langs dit deel van de kust.

De raaien 2480 en 2540 rond de Sluftermond voldoen niet aan de toetsing. Hier is een suppletie niet nodig omdat er geen duinafslag plaats vindt.

Voor 2000 stond een suppletie voor zuidwest-Texel van 2 miljoen m³ op het programma. Hier moet gesuppleerd worden tussen km 9 en km 18. Alle raaien voldoen echter nog aan de basiskustlijn. Momenteel wordt verwacht dat een suppletie van circa 1 miljoen m³ nodig is. De exacte kilometrering en hoeveelheid zullen eind 1999 worden bepaald.

2002

Voor nagenoeg heel Texel wordt de basiskustlijn niet overschreden. In 2002 is een onderwater suppletie gepland tussen de raaien 1700 en 2300

De dam Eierland voldoet tot op heden ten aanzien van de vermindering van het zandverlies. Recent onderzoek op basis van kuberingen toont aan dat ten zuiden van raai 2600 de kust na aanleg van de dam aanzandt daar waar het voor de aanleg van de dam erodeerde. Uit dat onderzoek komt echter ook naar voren dat tussen bij 2600 - 2800 de kust alsnog erodeert en wel ongeveer twee maal zo veel als voor aanleg van de dam. Dit is waarschijnlijk hetzelfde effect ook te vinden is aan weerszijden van de havendammen bij IJmuiden. De basiskustlijn wordt evenwel niet overschreden. Het verdient de aandacht dit gebied de komende tijd in de gaten te houden.

2005

Hoewel de basiskustlijn voor het grootste deel bij Texel niet wordt overschreden, worden de kustvakken gekenmerkt door erosieve trends. Door de vele uitgevoerde suppleties is het bepalen van de trend van de te toetsen kustlijn een lastige zaak geworden. Het aantal overschreden raaien volgens de "te toetsen kustlijn TKL" methode bedraagt éénentwintig, met gemiddeld 21,7 m. Als de "momentane kustlijn MKL" wordt beschouwd, zijn negentien overschrijdingen te constateren, met gemiddeld 9,9 m. Hoewel de TKL wordt gepresenteerd, dienen beide parameters in acht te worden genomen bij het beoordelen van de ligging van de kustlijn. In twee gebieden wordt de basiskustlijn overschreden of zal dat naar verwachting in de loop van 2005 gaan gebeuren, namelijk het gebied tussen raai 1392 en 1644 en voor de kuststrook ten noorden van de slufte tot raai 2780.

Eierland (raai 2500-3100)

Van acht overschrijdingen in 2004 naar dertien in 2005 is de kustlijn verslechterd. Als de momentane kustlijn wordt beschouwd is de situatie niet veel beter: van zeven onvoldoende raaien in 2004 naar elf stuks in 2005. In 2004 is een grote vooroeversuppletie uitgevoerd van 2,4 miljoen kubieke meter zand, omgerekend zo'n 1000 kubieke meter zand per strekkende meter kust. Wel dient opgemerkt te worden dat het aangebrachte zand niet is verwerkt in de berekeningen van de kustlijn. De kustmetingen zijn in het voorjaar van 2004 gedaan, terwijl de suppletie pas in het najaar gereed was gekomen. Mogelijk ontrekt de Eierlandse dam zand uit de zuidwestelijk gelegen kustvakken, met erosie tussen raaien 2540 en 2800 tot gevolg. Dit proces zal na verloop van tijd steeds verder afnemen, en daarmee wellicht ook de suppletiebehoefte. De dam heeft ook gevolgen gehad op de ontwikkelingen van het

Robbengat. Hoewel het Robbengat een cyclische beweging kent, zal tengevolge van de dam de zuidelijke landwaartse afsplitsing van het Robbengat dieper en breder worden.

De centrale kust (raai 1400-2500)

Er is sprake van erosie in het zuidelijke deel van het gebied (raai 1400 tot 1664), waarbij de kuststrook tussen raai 1526 en 1644 in negatieve zin opvalt. De afgelopen jaren is de kustlijn ter plekke behoorlijk verslechterd, van nul overschrijdingen in 2003 naar vijf stuks in 2004. Nu zijn er zeven raaien overschreden in het aaneengesloten gebied globaal voor de Beekersvallei (raai 1526-1644). In 2005 wordt hier een onderwatersuppletie uitgevoerd. De grote onderwatersuppletie die uitgevoerd is bij de Koog in 2002 tussen raai 1703 en 2300 lijkt de kustlijn in stand te kunnen houden. Naar het noorden toe is tot raai 2340 nog altijd een negatieve trend aanwezig, het verschil tussen de TKL en BKL is op enkele plekken na nog ruim te noemen. Vanaf raai 2340 tot de Slufter (2500) is een positieve trend waar te nemen.

De zuidwest kust (raai 900-1400)

In 2003 is een geulwandsuppletie uitgevoerd aan de landzijde van het Molengat. Hiermee werd getracht de gevolgen van een matig negatieve trend in het kustvak te compenseren. De suppletie van 2003 is hoger en dichter bij de kust aangebracht dan gebruikelijk het geval is. Dit betekent dat een deel van het gesuppleerde zand direct in de BKL-rekenshijf is aangebracht. Ten aanzien van de kustlijnhandhaving, zoals deze is gedefinieerd (BKLmethode), is de kustlijn verbeterd in dit kustvak. Terwijl in 2004 vier overschrijdingen werden geconstateerd in het gebied tussen raaien 900 en 1073, is er nu slechts sprake van één overschrijding van een elftal meters (raai 1053). Opgemerkt dient te worden dat de gunstige ontwikkeling van de kustlijn nog niet merkbaar is op het strand. Met name rondom de Hoornderslag (nabij raai 1053), waar de strandrecreatie zich concentreert wordt het strand als smal ervaren, hetgeen ook strookt met de geconstateerde overschrijding van de basiskustlijn aldaar. De morfologische ontwikkelingen van de geulwandsuppletie worden gevolgd, waarbij de effecten op het strand ook de nodige aandacht zal krijgen.

2008

Eierland - Slufter (raai 3100 - 2500)

Na de grote vooroeversuppletie in 2004 wordt bijna overal de eerste brekerbank richting de kust gestuwd. Doorgaans betekent dit dat er aanzanding optreedt in de BKL-zone en dat de MKL-waarden toenemen. De vooroeversuppletie zorgt voor een verdere verbetering van de kustlijn. De gemiddelde waarde van de overschrijdingen is ten opzichte van de vorige toetsingen gedaald van 20,5 naar 15,3 m in respectievelijk 2005 en 2006. De gemiddelde waarde van de acht overschreden raaien is bij de toetsing van dit jaar 11,6 meter. De toename van de kustlijn begint ook op het strand zichtbaar te worden. Na de vooroeversuppletie van 2004 is er een negatieve ontwikkeling van de kustlijn aan de kopkant tussen raai 2700 en 2900. Dit uit zich in afnemende waarden van de kustlijn (zowel TKL als MKL). In 2008 vindt van raai 2900 tot aan de Slufter vooroeversuppletie plaats. Hier krijgt de hele kustlijn een slijtlaag. De verwachting is dat door deze vooroeversuppletie de positieve ontwikkeling van de kustlijn tussen raai 2700 en de Slufter doorzet en dat de overschrijdingen tussen raai 2700 en 2900 op termijn niet meer plaatsvinden.

2008: Slufter - de Koog (raai 2500 - 1703)

In 2006 is er voor gekozen om de oude vooroeversuppletie van 2002 weer van een slijtlaag te voorzien. Op deze manier wordt de zandvoorraad tussen de Koog en de Slufter op peil gehouden. Op dit moment wordt in geen enkele raai de BKL overschreden. Er is een goede zandbuffer tussen de huidige kustlijn en BKL aanwezig. Het uitvoeren van vooroeversuppleties is een efficiënte methode om hier de kustlijn in stand te houden.

Bij het kustonderhoud wordt geprobeerd om overschrijdingen niet alleen te bestrijden maar ook te voorkomen.

De Koog - Westerduinen (raai 1703 - 1410)

In 2005 werd in bijna het gehele kustgedeelte (van raai 1410 t/m 1644) de BKL overschreden. Dertien raaien voldeden niet aan de norm. Daarom is in 2005 een relatief grote vooroeversuppletie van 2,6 miljoen m³ zand uitgevoerd tussen de Westerduinen en de Koog. In 2006 is deze vooroeversuppletie gecombineerd met een strandsuppletie. Deze strandsuppletie is uitgevoerd tussen raai 1440 en 1692. De combinatie van vooroever- en strandsuppletie moet de komende jaren de kustlijn in stand houden.

Westerduinen - Zuidwest kust

In 2003 werd een geulwandsuppletie uitgevoerd aan de landzijde op de "wand" van het Molengat. Daarna verslechterde het strand rondom de Hoornderslag aanzienlijk. Dit kwam wellicht door een negatieve bijwerking van de geulwandsuppletie. De gevolgen verdwenen door in 2005 een strandsuppletie aan te brengen. In 2007 is weer een suppletie zoals in 2003 aangebracht. Als voorbereiding hierop is een analyse van de geulwandsuppletie van 2003 en van de gevolgen gemaakt. De verwachting was dat op deze manier in 2007 de negatieve gevolgen konden worden beperkt. Helaas kon de geulwandsuppletie 2007 niet helemaal volgens ontwerp worden uitgevoerd. Op verzoek van de scheepvaart is minder zand aangebracht in het zuidelijke deel van het suppletievak (zuidwaarts van de Jan Ayeslag) en meer zand in het noordelijke deel (voor de Westerduinen). Op dit moment wordt de BKL in acht raaien overschreden. Opvallend is de overschrijding bij de Hoornderslag (raai 1053). Ter hoogte van de strandslag treedt erosie op als gevolg van een muistroom. Hierdoor is plaatselijk de kustlijnverbetering door de strandsuppletie van 2005 ongedaan gemaakt. Er is hier sprake van een forse overschrijding van de BKL. Ten zuiden van de Hoornderslag wordt in twee raaien (1013 en 1000) de BKL licht overschreden. De overige vijf overschreden raaien bevinden zich ter hoogte van de Westerduinen. Deze verdwijnen op den duur. Verder zien we dat de Noordelijke Uitlopers van de Noorderhaaks (NUN) nog steeds richting Texel migreert en dat het Molengat plaatselijk smaller en ondieper wordt.

2014

Eierland - Slufter (raai 3100 - 2500)

In dit gebied is een duidelijke tweedeling zichtbaar. Tussen raaien 2800 en 2977 is een landwaartse trend zichtbaar, waarbij de BKL bij de raaien 2900 t/m 2917 is overschreden met gemiddeld 29 m. Tussen raai 2640 en 2780 breidt de kustlijn zich zeewaarts uit. Rond de slufter treedt een landwaartse trend op. Ten noorden van de monding van de slufter is de BKL overschreden (bij raai 2540 t/m 2580). De zeewaartse trend tussen raai 2640 en 2780 is het gevolg van suppleties.

De in 2004 uitgevoerde vooroeversuppletie (raai 2550 t/m 2780) heeft zich tot een soort brekerbank gevormd die de kust beschermt tegen golfaanval. In het voorjaar van 2009 is van raai 2600 t/m 2880 een vooroeversuppletie aangebracht. Deze vooroeversuppletie heeft een bijdrage geleverd aan de compensatie van de structurele erosie op deze plek.

In het voorjaar van 2012 is tussen raai 2780 en 3001 een strandsuppletie uitgevoerd. De ontwikkeling van deze suppletie wordt de komende jaren gevolgd.

Slufter - de Koog (raai 2500 - 1703)

Op dit traject wordt de BKL overschreden tussen de raaien 2420 t/m 2460. De raaien tussen 2400 t/m 2460 kennen een landwaartse trend. De raaien bevinden zich net ten zuiden van de

slufter. In de rest van dit gebied is een goede zandbuffer (gemiddeld 38 meter) tussen de huidige kustlijn en de BKL aanwezig.

Tussen raai 1793 en 2111 is in 2012 een vooroeversuppletie uitgevoerd. Deze vooroeversuppletie heeft een bijdrage geleverd aan de compensatie van de structurele erosie op deze plek.

De Koog - Westerduinen (raai 1703 - 1410)

Tussen raai 1332 en 1778 is in 2012 een vooroeversuppletie uitgevoerd en tussen raai 1410 en 1743 is in 2011 een strandsuppletie uitgevoerd. Als gevolg van beide suppleties is de kustlijn zeewaarts geschoven en is er een zandbuffer gecreëerd van gemiddeld 39 m. De exacte ontwikkeling van beide suppleties en de bijbehorende trend zullen de komende jaren gevolgd worden.

Westerduinen - Zuidwest kust (raai 1410 - 900)

De noordelijke uitlopers van de Noorderhaaks bewegen bewegen zich nog steeds richting Texel. Het Molengat beweegt zich hierdoor landwaarts en wordt plaatselijk smaller en ondieper. Als gevolg van het oprukken van de Noorderhaaks wordt de geul van het Molengat de kust ingedrukt. Hierdoor treedt erosie van de kustlijn op. Door lokaal maatwerk (strandsuppleties) wordt geprobeerd de kustlijn te handhaven, zonder het natuurlijke verzandingproces van de vaargeul te versnellen. In 2009 is voor het zuidelijke deel (raai 900 t/m 1070) een strandsuppletie uitgevoerd om de opgetreden erosie te compenseren. In 2012 is een strandsuppletie uitgevoerd tussen raai 900 en 1200. Tevens is er een vooroeversuppletie aangebracht tussen raai 1200 en 1312. Uit de kustlijn toetsing voor 1 januari 2014 blijkt dat er een landwaartse trend is over alle raaien tussen 900 en 1210. De uitgevoerde suppleties hebben de BKL overschrijdingen en de mate van overschrijding sterk teruggedrongen, maar tussen de raaien 900 en 1073 zijn nog steeds enkele overschrijdingen van de BKL te zien. Naar verwachting zal op lange termijn de zandplaat van de Noorderhaaks versmelten met de kust. De zandplaat zal daarmee de ligging van de kustlijn positief beïnvloeden. De kustlijn tussen de raaien 1093 t/m 1410 ligt voldoende ver zeewaarts van de BKL of wordt gekenmerkt door een zeewaartse trend.

5 Gebruiksfuncties

In deze beheerbibliotheek staat de kennis over het morfologische systeem en morfologische kustindicatoren centraal (Hoofdstuk 2 en 4). Daarnaast bevat de beheerbibliotheek een beschrijving van het uitgevoerde kust- en duinbeheer (Hoofdstuk 3), met nadruk op de uitgevoerde suppleties, alsmede van de waargenomen effecten van dat beheer. De beheerbibliotheek dient, op termijn, verder aangevuld te worden met ecologische en socio-economische kennis die relevant is voor het vaststellen van de suppletiestrategie. Hiervoor zal in de aankomende jaren bekeken worden of en waar deze kennis beschikbaar is. In deze versie van de beheerbibliotheek is alvast een start gemaakt. In de volgende paragrafen volgt een samenvatting van de typen recreatiestranden op Texel, en de mogelijke knelpunten hierin. Deze paragraaf is een samenvatting van de studie van Decisio(2011).

In de toekomst zal dit onderdeel verder worden uitgebreid met een overzicht van de Natura 2000 gebieden en habitatkaarten van het gebied. Op basis van uitgevoerde Passende Beoordelingen wordt deze informatie aangevuld met een beschrijving van de voorkomende ecologie en hoe hier bij het uitvoeren van suppleties rekening mee wordt gehouden. Deze informatie zal aan de online versie van de beheerbibliotheek worden toegevoegd.

5.1 Recreatie Noordzeekust (Decisio, 2011)

5.1.1 Economische waarde

De kust is een belangrijke trekpleister voor zowel binnen- als buitenlandse toeristen. Ongeveer 21 procent van de binnenlandse en 26 procent van de buitenlandse overnachtingen in hotels, campings, pensions, bungalowparken, etc. vindt plaats in de kustgebieden. In totaal komt dat neer op ruim 19 miljoen overnachtingen in 2009. Als de kust als één geheel wordt beschouwd is dit daarmee het belangrijkste toeristengebied van Nederland. Voor de vier kustprovincies is het kusttoerisme nog belangrijker: bijna de helft van alle toeristen overnacht aan de kust.

Jaarlijks maken Nederlanders circa 6,5 miljoen dagtochten naar het strand (Centraal Bureau voor Statistiek) en zijn er inclusief verblijfsrecreanten ruim 24 miljoen recreanten op het strand te vinden (NRIT, 2004). Dit is waarschijnlijk nog een forse onderschatting, aangezien er volgens de gemeente Den Haag jaarlijks al 12 miljoen mensen het strand van Scheveningen bezoeken (RIKZ, 2007). Het NBTC gaat uit van 95 miljoen eendaagse vrijetijdsactiviteiten aan de kust en 4,8 miljoen meerdaagse vakanties aan de kust, waarvan 1,5 miljoen buitenlandse vakanties (NBTC, 2010). Deze 95 miljoen is inclusief activiteiten als wandelingen en fietstochten door de duinen en uit eten gaan en zijn dus niet allemaal strandgerelateerd.

Op basis van 24 miljoen bezoekers per jaar concludeert het NRIT dat kustrecreatie jaarlijks bijdraagt aan bijna 300 miljoen euro toegevoegde waarden en circa 14.000 banen (arbeidsjaren) 5. Het RIKZ (2006) komt op een hogere toegevoegde waarde uit. Alleen al in het zogenaamde normafslaggebied (het gebied dat bij een zware storm af mag slaan zonder dat de waterkering het begeeft) is de directe toegevoegde waarde van bedrijven 1,3 miljard euro. Zandvoort en Scheveningen nemen hiervan 90 procent voor hun rekening. Dit is alleen de toegevoegde waarde van de bedrijven die op of direct aan het strand liggen en daarmee voor het overgrote deel gebonden zijn aan toerisme en recreatie. Andere bedrijven in de gemeente of de verdere omgeving die draaien op toerisme zijn daarbij nog niet inbegrepen.

Het NBTC (2010) berekende dat toeristen ongeveer 2,5 miljard euro per jaar uitgeven aan de Nederlandse kust. Doordat de toeristische industrie behoorlijk service gebonden is, lijkt een toegevoegde waarde van 1,3 miljard euro plausibel. Naast de bestedingen aan de kust, besteedt een deel van het toerisme dat is aangetrokken door de kust ook in het gebied daarachter. De nabijheid van de kust heeft ook invloed op woongenot en daarmee de huizenprijzen. Het totale economische belang van de kust ligt daarmee hoger dan alleen de bestedingen van toerisme aan de kust.

Gegevens over het daadwerkelijke gebruik van het strand zijn beperkt aanwezig. De enige bron die op nationale schaal onderzoek heeft gedaan naar strand-bezoek (NRIT, 2004), blijkt veel onbruikbare resultaten te geven (met name voor stranden met veel dagtoerisme). Op lokale schaal worden incidenteel tellingen verricht, maar de cijfers zijn niet (altijd) recent, compleet of vergelijkbaar. De gezamenlijke cijfers over werkgelegenheid in de horeca, aantal strandpaviljoens en de - indien beschikbare - cijfers over strandbezoek, geven wel een indicatie van het belang van het strand. Uiteraard heeft niet alleen de horeca of de strandpaviljoenhouder profijt van het strand. Ook de detailhandel, toeleveranciers etc. hebben direct of indirect economisch voordeel van de strandbezoeker.

Tabel 5.1 Kerngegevens voor de Nederlandse kust (Decisio, 2011).

Onderwerp	Gegevens
Aantal strandpaviljoens	374
Aantal campings Noordzeepadplaatsen	347
- als percentage van camping in de vier kustprovincies	45%
- als percentage van campings in Nederland	15%
Aantal logiesaccomodaties Noordzeepadplaatsen	949
- als percentage van accomodaties in de vier kustprovincies	33%
- als percentage van accomodaties in Nederland	13%
Aantal slaapplekken Noordzeepadplaatsen	197.597
- als percentage van slaapplekken in de vier kustprovincies	41%
- als percentage van slaapplekken in Nederland	16%
Aantal overnachtingen aan de kust	19.093.500
- als percentage van slaapplekken in de vier kustprovincies	48%
- als percentage van slaapplekken in Nederland	23%
Dagtochten naar zee	6.499.00 ⁶

5.1.2 Uitleg over de Recreatiebasiskustlijn en de werkwijze vaststellen recreatiestranden

In opdracht van de vier kustprovincies Fryslân, Noord-Holland, Zeeland en Zuid-Holland heeft Decisio in 2011 een onderzoek gedaan naar de recreatiebasiskustlijn, oftewel naar de strandbreedte die nodig is voor het recreatieve gebruik van het strand.

De recreatiebasiskustlijn (rBKL) is gedefinieerd als “een zone die aangeeft hoe breed het strand moet zijn om voldoende ruimte te bieden aan de toeristisch-recreatieve functies van de Noordzee-kust op de betreffende locatie”. De rBKL is bepaald door verschillende recreatieve functies van het strand vast te stellen en hiervoor een minimaal noodzakelijke strandbreedte te definiëren. De strandbreedte is het droge strand: het strand vanaf de duinvoet tot de gemiddeld hoogwaterlijn.

⁶ dit is waarschijnlijk een sterke onderschatting. Alleen al in Scheveningen is volgens de gemeente het aantal bezoekers hoger. In België, met een veel kortere kustlijn, ligt het aantal dagbezoekers jaarlijks al tussen de 16 en 19 miljoen.

Er zijn in het onderzoek vier 'strandgebruikscategorieën' gedefinieerd (Tabel 5.4). Recreatieve stranden zijn in dit onderzoek gedefinieerd als stranden waar economische activiteit op of direct achter het strand plaats vindt. Er zijn hier strandpaviljoens, georganiseerde activiteiten op het strand, of campings en stads/dorpskernen direct achter het strand. Met behulp van luchtfoto's en Kustlijnkaarten zijn de locaties bepaald waar economische activiteit op of achter het strand plaats vindt. Deze locaties zijn vervolgens doorgesproken in de discussiebijeenkomsten met vertegenwoordigers van provincies, gemeenten, ondernemers, waterschappen en (in Zeeland en Zuid-Holland) Rijkswaterstaat.

In het onderzoek van Decisio zijn er knelpunten aangewezen tussen strandbreedte en recreatie. De inventarisatie van de gemiddelde strandbreedte in de afgelopen 10 jaar, en de ontwikkeling daarin, geeft een indicatief beeld van de strandbreedtes. Echter moet hierbij aangetekend worden dat de situatie verschilt van jaar tot jaar en van jaargetijde tot jaargetijde door zandsuppleties, erosies en weeromstandigheden. Knelpunten in recreatief gebruik van de Noordzeestranden hebben niet alleen met de breedte te maken, maar ook kan het komen door:

- Beleid en wet- en regelgeving. Het beleid van de waterschappen is bijvoorbeeld gericht op natuur en veiligheid. Aangegroeide duinen worden in dit kader gehandhaafd. De duinvoet schuift dus op, met als gevolg dat stranden smaller worden en paviljoens moeten worden verplaatst. Dit speelt in alle kustprovincies. Ook ervaren gemeenten knelpunten die te maken hebben met (de externe werking) van Natura-2000 beleid en ander natuur- en milieu beleid die de gebruiksmogelijkheden van het strand beperken.
- Beperkte bereikbaarheid van veel stranden en de parkeermogelijkheden.
- Meer (verschillende) activiteiten, meer jaarrond. Dit betekent dat op veel recreatiestranden op een 'maatgevende stranddag' (een dag met redelijk mooi weer in het voor-, na- of hoogseizoen) gezoneerd moet worden.
- De kwaliteit van het strand en de strandhelling. Het is van belang dat het strand schoon is, en dat er geen harde voorwerpen in het zand of onder water liggen die hinder of onveilige situaties opleveren.

5.1.3 Strandrecreatie Texel

Texel maakt onderdeel uit van de provincie Noord-Holland. Deze provincie heeft de meeste kilometers kustlijn van alle kustprovincies. Desondanks heeft de provincie niet de meeste dagtochten naar zee. Dit komt doordat het noordelijke deel van Noord-Holland een kleiner achterland heeft dan de provincie Zuid-Holland.

De stranden van Texel hebben ook een functie voor sportactiviteiten en evenementen. De stranden zijn relatief breed ten opzichte van de overige stranden in de provincie: gemiddeld in de periode 2000-2010 varieerde de strandbreedte in Noord-Holland van circa 40 m bij Zandvoort en Bloemendaal tot gemiddeld circa 44-54 m in de overige delen van Noord-Holland. Wijk aan Zee (64 m), Texel (81 m) en Velsen (150 m) hebben gemiddeld (wat) bredere stranden. Tabel 5.2 geeft de kerngegevens van de stranden van de gehele provincie Noord-Holland.

Texel heeft meer dan 20 kilometer strand dat aan de Noordzee grenst. Om de paar kilometer is een strandtent te vinden, maar er staat er nooit meer dan één per strandpaal. Ter hoogte van de Koog heeft veel strand een toeristische en recreatieve functie, door de vele campings en hotels die direct achter of in de duinen liggen. Tabel 5.3 geeft de kerngegevens specifiek voor de gemeente Texel.

Tabel 5.2 Kerngegevens voor de gehele provincie Noord-Holland (Decisio, 2011).

Onderwerp	Gegevens
Aantal strandpaviljoens	123
Totaal aantal horecabedrijven	8.251
Aantal campings	158
Aantal logiesaccomodaties	1025
Aantal slaappleaatsen	168.506
Aantal overnachtingen logiesaccomodaties	18.882.100
Percentage buitenlandse overnachtingen	57%
Aantal overnachtingen verblijfsrecreatie	6.152.300
Percentage buitenlandse overnachtingen verblijfsrecreatie	31%
Aantal hotelovernachtingen	12.792.800
- waarvan zakelijk	39%
Werkzame personen in de Horeca	65.930
Dagtochten naar zee	2.145.000

Tabel 5.3 Kerngegevens voor de gemeente Texel (Decisio, 2011).

kernegegevens strandrecreatie, gemeente Texel	
Strandrecreanten per jaar (x1000)	3089
Strand nabij toeristische faciliteiten (raaien)	9,45 – 21,31 en 27,8 – 30,81
Meest drukke strand (strandpalen)	9-10, 15-16, 17-21 en 27-28
Bezoekers meest drukke strand (x1000)	309 per kilometer, totaal 2163
Aantal strandpaviljoens	13
Totaal aantal horecabedrijven	183
Werkzame personen in de Horeca	1.530
Totaal aantal banen	5.500
Percentage werkzaam in horeca	28%
Percentage buitenlandse strandbezoekers	10%

Het toerisme is de belangrijkste economische sector voor Texel. Volgens inschattingen van de gemeente is 80 procent van de werkgelegenheid afhankelijk van toerisme. Het strandbezoek op Texel is niet echt geconcentreerd op één plek. Eigenaren van paviljoens geven wel aan dat als het strand te smal is in een bepaald jaar, de bezoekers een paar kilometer verderop gaan zitten. De volgende stranden in Texel hebben een economische functie:

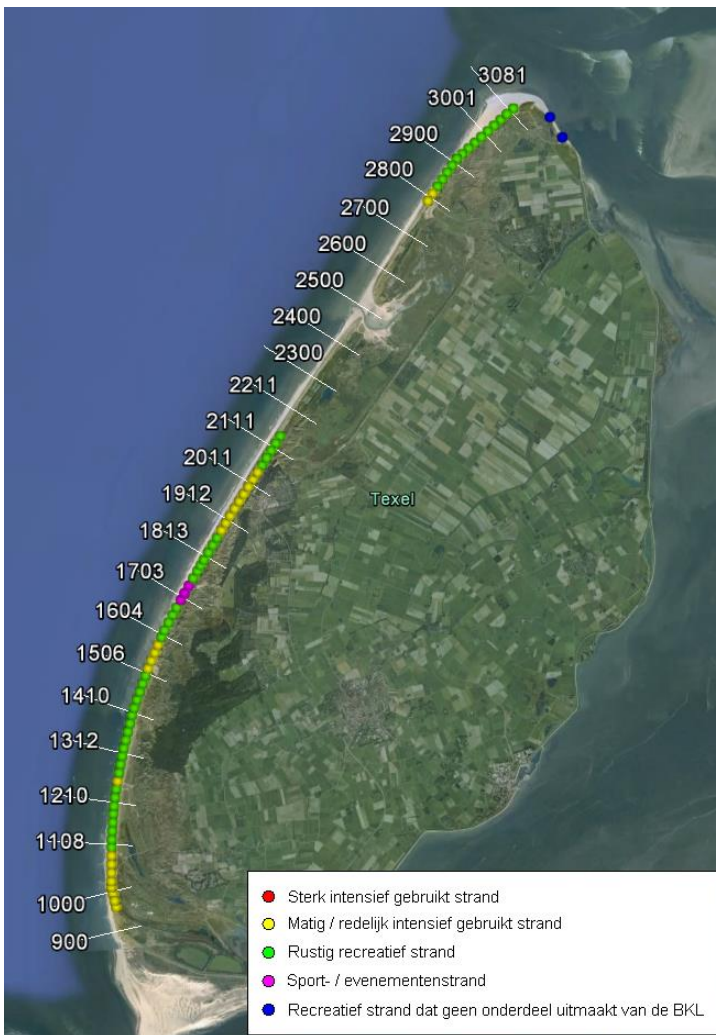
- Km 9,45 – 10,73 (strandtenten en strandhuisjes)
- Km 12,49 (strandtent)
- Km 15,06 – 15,66 (strandtent en strandhuisjes)
- Km 16,64 – 21,31 (strandtenten, strandhuisjes, campings, etc.), Kern de Koog: km 18,73 – 21,31
- Km 27,8 – 28,0 (strandtent)
- Km 30,81 (strandopgang met zeehondenreservaat en restaurant)

De strandbreedte fluctueert erg op Texel, waardoor op sommige locaties gedurende een aantal jaar het strand te smal is. Voorzieningen in de buurt van deze locaties hebben hier nadeel van. In iedere vijf jaar komt bijna elk strand een keer aan de beurt. Een ander knelpunt is de bescherming van duinaangroei waardoor strandpaviljoens regelmatig naar voren verplaatst moeten worden. Door ruimte te geven aan duingroei, wordt de ruimte op het strand smaller.

Tabel 5.4 geeft een overzicht van de verschillende categorieën van strandgebruik en de bijbehorende benodigde minimale strandbreedte. Alle strandpalen met strandpaviljoens op Texel behoren tot de categorie ‘matig tot redelijk intensieve stranden’. Daartussen bevinden zich stranden in de categorie “rustig recreatief”. Het aantal sportactiviteiten op de stranden neemt toe, zoals blowkarts, kitesurfen, etc. Desondanks is hier beleidsmatig nog weinig ruimte voor vrijgemaakt door middel van zonering.

Tabel 5.4 De categorieën strandgebruik en de daarbij horende minimale strandbreedte (Decisio, 2011).

Categorie strandgebruik	Toelichting en voorbeelden	Benodigde strandbreedte vanaf de duinvoet
Sport / evenementen	Gebruik door ruimtevrage (durf)sporten en evenementen. Bijvoorbeeld (delen van): Cadzand-Bad, strand bij Veerse Gatdam, Brouwersdam, Scheveningen, IJmuiden tot aan zuidzijde Wijk aan Zee, Strandpaal 17 Texel, Velsen, Hoek van Holland, Nes Ameland	Minimaal 100 m
Zeer intensief, stedelijk	Zeer drukke, bruisende badplaatsen. Scheveningen, Noordwijk aan Zee, Zandvoort, Strandpaviljoens Bloemendaal aan Zee, Hoek van Holland	Minimaal 80 m
Matig / redelijk intensief	Middengroep wat betreft gebruiksintensiteit. Grote en gevarieerde groep met economische activiteit op het strand: vrijwel alle badplaatsen hebben strand in deze categorie. Bijvoorbeeld De Koog, Bergen, Egmond, Wijk aan Zee, Hoek van Holland, Rockanje, Renesse en Cadzand-Bad.	Minimaal 60 m
Rustig recreatief	Rustige stranden, maar wel economische activiteit vlakbij het strand. In kilometers hoort het grootste deel van de Noordzeestranden hiertoe. Bijvoorbeeld een strand nabij campings, hotels, woningen e.d.	Minimaal 25 m
‘overig’ – niet recreatief	Strand zonder economische activiteiten op of nabij het strand. Zeer beperkt recreatief gebruik, alleen natuurliefhebbers en een enkele wandelaar.	(buiten beschouwing in dit onderzoek)



Figuur 5.1 Recreative stranden Texel (Decisio, 2011).

Overzicht van knelpunten op Texel (Decisio, 2011)

Op Texel zijn aanzienlijke fluctuaties in de breedte van de stranden. In het algemeen worden de stranden te smal gevonden. Bepaalde delen van het strand van Texel worden intensief gebruikt voor zowel badrecreatie als sporten, evenementen en bedrijfsuitjes. De gemeente Texel en ondernemers zien een knelpunt in het feit dat de duinen ieder jaar zeewaarts aangroeien, waardoor het strand kleiner wordt.



Figuur 5.2 Locaties waar regelmatig knelpunten in strandbreedte optreden langs de Noordzeekust van Texel (Decisio, 2011). Knelpunten zijn tijdens workshops door deelnemers aangegeven.

Via de Kustviewer (<http://kustviewer.lizard.net>) kan zowel de ontwikkeling in strandbreedte als het type recreatiestrand en knelpunten bekeken worden.

6 Literatuur

- BATTJES, J. A. (1962). Studie Zeegat van Texel (in Dutch), M.Sc. Report. Delft University of Technology, Delft.
- BECKERING VICKERS, J. A. (1951). Nota betreffende het Zeegat van Texel en de aangrenzende oevers (in Dutch), Report 51.1. Studiedienst Hoorn, The Hague.
- BERGER, G. W., EISMA, D., and VAN BENNEKOM, A. J. (1987). "210Pb derived sedimentation rate in the Vlieter, a recently filled-in channel in the Wadden Sea." *Netherlands Journal of Sea Research*, 21, 287-294.
- BRUENS, A., MCCALL, R., STEETZEL, H., VAN SANTEN, R. (2012). Achtergrondrapport Basiskustlijn 2012 – feiten & cijfers ter onderbouwing van de herziening van de Basiskustlijn. Deltares rapport 1206171-000-ZKS-0031.
- CENTRAAL BUREAU VOOR DE STATISTIEK, 2012. Toerisme en recreatie in cijfers, 2012.
- CLEVERINGA, J. (2001). Zand voor zuidwest Texel. Technisch advies RIKZ over vier mogelijke ingrepen in het Zeegat van Texel (in Dutch), Report RIKZ/OS/2001/031. Rijkswaterstaat RIKZ.
- DE KOK, J.M. (2005). Morfologische effecten van de Eijerlandse Dam. Rapport RIKZ/2005.003. Rijkswaterstaat – RIKZ, den Haag.
- DECISIO, 2011. Ruimte voor recreatie op het strand; onderzoek naar een recreatieBasiskustlijn.
- DE REUS, J.H. 1980. Ontwikkeling Zeegat van Texel. Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging.
- ELIAS, E. P. L., and CLEVERINGA, J. (2003). Morfologische analyse van de ontwikkeling van het Nieuwe Schulpengat en de aangrenzende kust (in Dutch), Report RIKZ-2003.040. Rijkswaterstaat RIKZ, The Hague.
- ELIAS, E.P.L., 2006. Morphodynamics of Texel Inlet. Dissertation. TU Delft
- ELIAS, E. P. L., and VAN DER SPEK, A. J. F. (2006). "Long-term evolution of Texel Inlet and its ebb-tidal delta (the Netherlands)." *Marine Geology*, 225(1-4), 5-21.
- 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*, 91-X (in Press).
- HALLEWAS, D.P. (1984). "The interaction between man and his physical environment in the country of Holland, between circa 1000 and 1300 AD: a dynamic relationship". *Geologie en Mijnbouw*, 62, 299-307

- HILLEN, R., RUIG, DE J.H.M., ROELSE, P., HALLIE, F.P., 1991. De Basiskustlijn, een technisch/morfologische uitwerking. Rijkswaterstaat rapport GWWS-91.006.
- INSPECTIE VERKEER EN WATERSTAAT, 2006. Landelijke rapportage toetsing 2006, Achtergrondrapport deel 1.
- JOUSTRA, D. S. (1973). Geulbeweging in de buitendelta's van de Waddenzee (in Dutch), Report W.W.K. 71-14. Rijkswaterstaat RIKZ, The Hague.
- MINISTERIE VAN INFRASTRUCTUUR EN MILIEU, 2012. Basiskustlijn 2012. Herziening Basiskustlijn. Rapport Ministerie Infrastructuur en Milieu: WD0812LV021
- MINISTERIE VAN VERKEER EN WATERSTAAT, 1990. Kustverdediging na 1990, beleidskeuze voor de kustlijnverzorging. Tweede Kamer 1989-1990, 21 136, nrs 5-6.
- MINISTERIE VAN VERKEER EN WATERSTAAT, 1993. De Basiskustlijn, norm voor dynamisch handhaven. Rijkswaterstaat rapport DGW-93.035
- MINISTERIE VAN VERKEER EN WATERSTAAT, 2002. Basiskustlijn 2001. Evaluatie ligging basiskustlijn. Rijkswaterstaat rapport RIKZ-2002.018
- MINISTERIE VAN VERKEER EN WATERSTAAT, 2007. Voorschrift Toetsen op Veiligheid
- NBTC, 2010. Landelijke kustdag 2010: terug naar de kust in cijfers
- NRIT, 2004. Waarde (kust)recreatie intensiteit, bestedingen en werkgelegenheid in relatie tot toerisme en recreatie aan de Nederlandse kust.
- OOST, A.P., KLEINE PUNTE, P.A.H., 2004. Autonome morfologische ontwikkeling westelijke Waddenzee; Een doorkijk naar de toekomst. Rijkswaterstaat RIKZ Rapport RIKZ/2004.021.
- RAKHORST, H.D. (1999). Evaluatie Zeewaartse Kustverdediging. Texel-Dam Eijerland (in Dutch). Report (in Dutch). Rijkswaterstaat, Directie Noord-Holland (Haarlem): 33 pp.
- RIDDERINKHOF, H., VAN HAREN, H., EIJGENRAAM, F., and HILLEBRAND, T. (2002). "Ferry observations on temperature, salinity and currents in the Marsdiep tidal inlet between the North Sea and Wadden Sea." Proceedings of the second international conference on EUROGOOS. Operational oceanography: implementation at the European and regional scales. FLEMMING, N.C. et al., eds., Elsevier Oceanography Series, 66, pp: 139-148.
- RIETVELD, C. F. W. (1962). "The natural development of the Wadden Sea after the enclosure of the Zuider Sea." Proc. of the 8th International Conference on Coastal Engineering, Mexico City, 765-781.
- RIJKSWATERSTAAT, 2002. De Veiligheid van de primaire waterkeringen in Nederland, Achtergrondrapport.
- RIJKSWATERSTAAT, 1992 t/m 2014. Kustlijnkaarten.

- RIKZ (2006). Risicobeheersing kustplaatsen
- RIKZ, 2007. Strandlopers - inventarisatie van strandgebruik aan de Noordzeekust en de relatie met natuurwetgeving. Rapport RIKZ 2007.001
- RINGMA, S. H. (1953). Scheepvaartdrempels rond het zeegat van Texel (in Dutch), Report 53.2. Rijkswaterstaat, Hoorn.
- SCHOORL, H. (1973). Zeshonder Jaar Water en Land (in Dutch), Wolters-Noordhoff, Groningen.
- SCHOORL, H. (1999). Het westelijk waddengebied en het eiland van Texel vanaf circa 1550: deel 2. (in Dutch), Pirola.
- STEIJN, R. C., and JEUKEN, C. (2000). Vier mogelijke beheersingrepen in het Zeegat van Texel - morfodynamische modelberekeningen (in Dutch), Report A514/Z2742. Alkyon / WL|Delft Hydraulics, Emmeloord.
- STIVE, M. J. F., and EYSINK, W. D. (1989). Voorspelling ontwikkeling kustlijn 1990-2090. fase3. Deelrapport 3.1: Dynamisch model van het Nederlandse Kuststelsel (in Dutch), Report H825. Waterloopkundig laboratorium, Delft.
- THIJSSE, J. T. (1972). Een halve eeuw Zuider Zeewerken 1920-1970 (in Dutch), Tjeenk Willink, Groningen.
- VERHAGEN, H.J. en VAN ROSSUM, H. (1990) Strandhoofden en paalrijen: evaluatie van hun werking. Min V&W, Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde.
- RIJKSWATERSTAAT, 2005, Toetsing Waterkering Texel 2005 – Hoofdrapport'
- RIJKSWATERSTAAT, 2001. Instandhoudingsplannen WAD3. Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland, Dienstkring Texel, 2001

<http://beeldbank.rws.nl>

A Begrippenlijst Morfologie

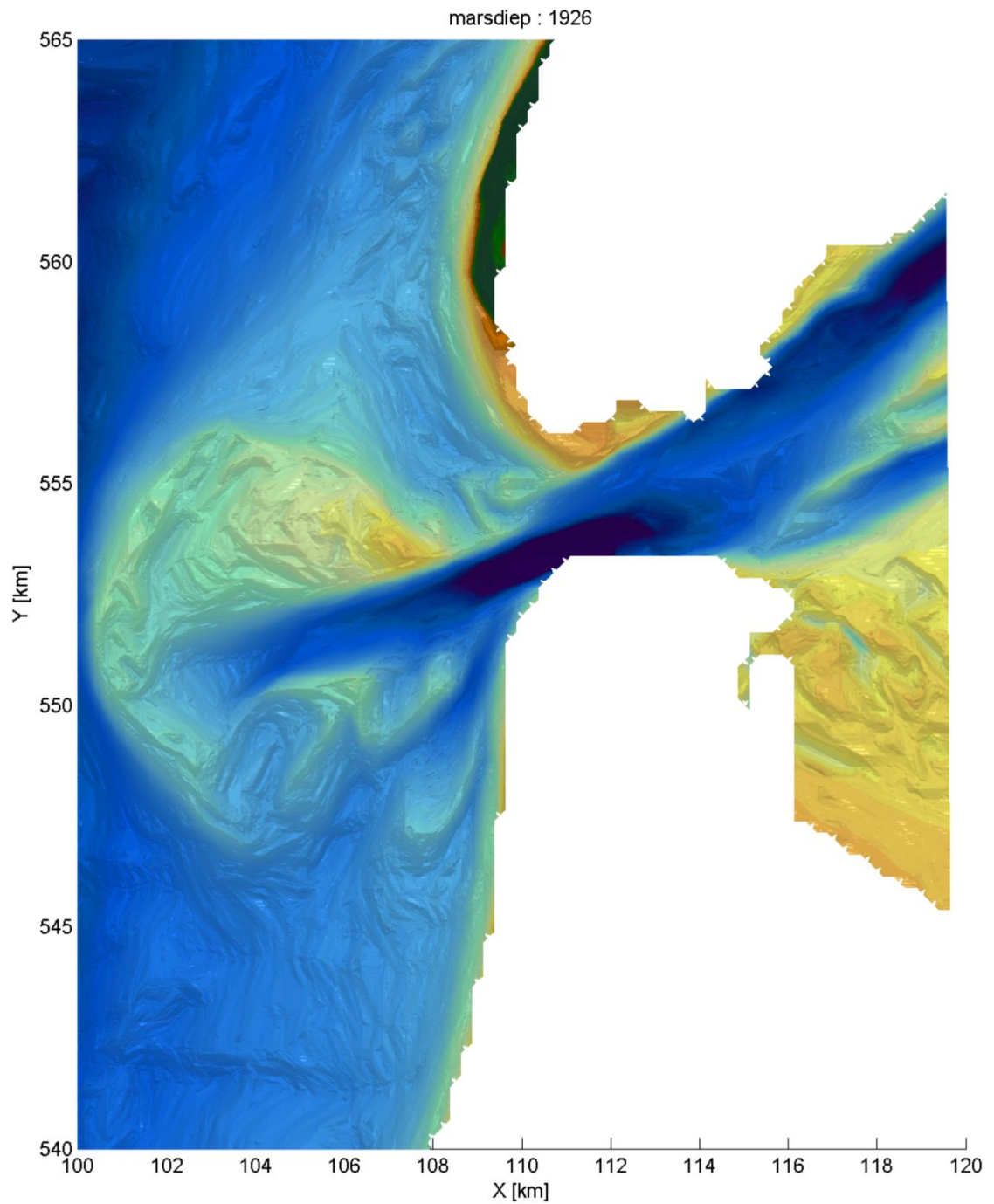
Brekerbanken	Zandruggen (of –banken), dichtbij en parallel aan de kust, waarop breking van golven plaatsvindt. Deze banken vertonen een cyclisch gedrag, waarbij ze ontstaan aan landzijde en gedurende enkele jaren zeewaarts migreren, waar ze uiteindelijk uitdempen. Op de meeste plaatsen langs de kust zijn 2 tot 4 rijen van zulke banken waar te nemen: de binnenbank aan de landzijde, de middenbank(en) en tenslotte de buitenbank.
Vooroever	Deel van een dwarsprofiel van een onderwateroever, gelegen beneden de laagwaterlijn en doorlopend tot voorbij de actieve bankenzone.
Kombergingsgebied	Compartiment (getijbekken of kom) aan landzijde van een zeegat, waarin het getijdenwater dat via het zeegat naar binnenstroomt geborgen wordt. Deze gebieden worden veelal gekenmerkt door platen en (vertakkende) getijgeulen, die in het zeegat samenkomen.
Buitendelta / ebdelta	Een systeem van geulen en zandplaten aan de zeezijde van een zeegat. Het zijn zeer complexe en dynamische gebieden, waar veel interactie is tussen de werking van golven en getij. De buitendelta's worden vooral gevormd door het bezinken van zand op de ebstroom komende uit het zeegat. De zandplaten die hierdoor ontstaan, worden door de golven vanuit zee vervormd en weer richting kust geduwd. Hierdoor ontstaat het kenmerkende waaierspatroon (delta-patroon).
Zandgolf	De term zandgolven wordt meestal op twee manieren gebruikt: met horizontale zandgolven wordt het cyclische verschijnsel bedoeld van toe- en afname van de sedimentvoorraad langs de kust. Dit verschijnsel is te zien langs de eilanden in de Zuid-Westelijke Delta en langs de Waddeneilanden. De migratieperiode hiervan kan variëren van 50 tot 135 jaar, met een migratiesnelheid van 30 tot 300 meter per jaar (Hoozemans, 1991). Naast de horizontale zandgolven wordt de term zandgolf ook gebruikt voor harmonische bedvormen die in ondiepe zandige kusten voorkomen en in de hele Noordzee aanwezig zijn (Van Dijk en Kleinhans, 2005). Ze vormen kammen en troggen loodrecht op de getijdestroming en hebben migratiesnelheden in de orde van grootte van meters tot tientallen meters per jaar.
Spit en Strandhaak	Uitstulping van de kust, die aan één zijde vastzit aan het land, en aan de andere zijde uitbouwt, in de richting van het netto sedimenttransport. Een spit ontstaat vaak op plaatsen waar de kustlijn abrupt wordt onderbroken, zoals bijvoorbeeld aan de bovenstroomse zijde van een zeegat. Als een spit te ver is uitgebouwd, kan deze losbreken van de kust en als een zandplaat verder migreren om uiteindelijk aan te landen aan benedenstroomse zijde van het zeegat. Een strandhaak ontstaat vaak aan de benedenstroomse zijde van een zeegat, waar bijvoorbeeld aanlanding van een zandplaat heeft plaatsgevonden. Hierdoor ontstaat een uitstulping die door het kustlangse sedimenttransport 'omkrult' richting de benedenstroomse kustlijn, waardoor

een haakvorm ontstaat. Hierbij wordt vaak een klein stuk van het intergetijdegebied ingesloten binnen de haak. Na verloop van tijd (jaren tot decennia) is de zanduitstulping gelijkmatig over de kust verspreid.

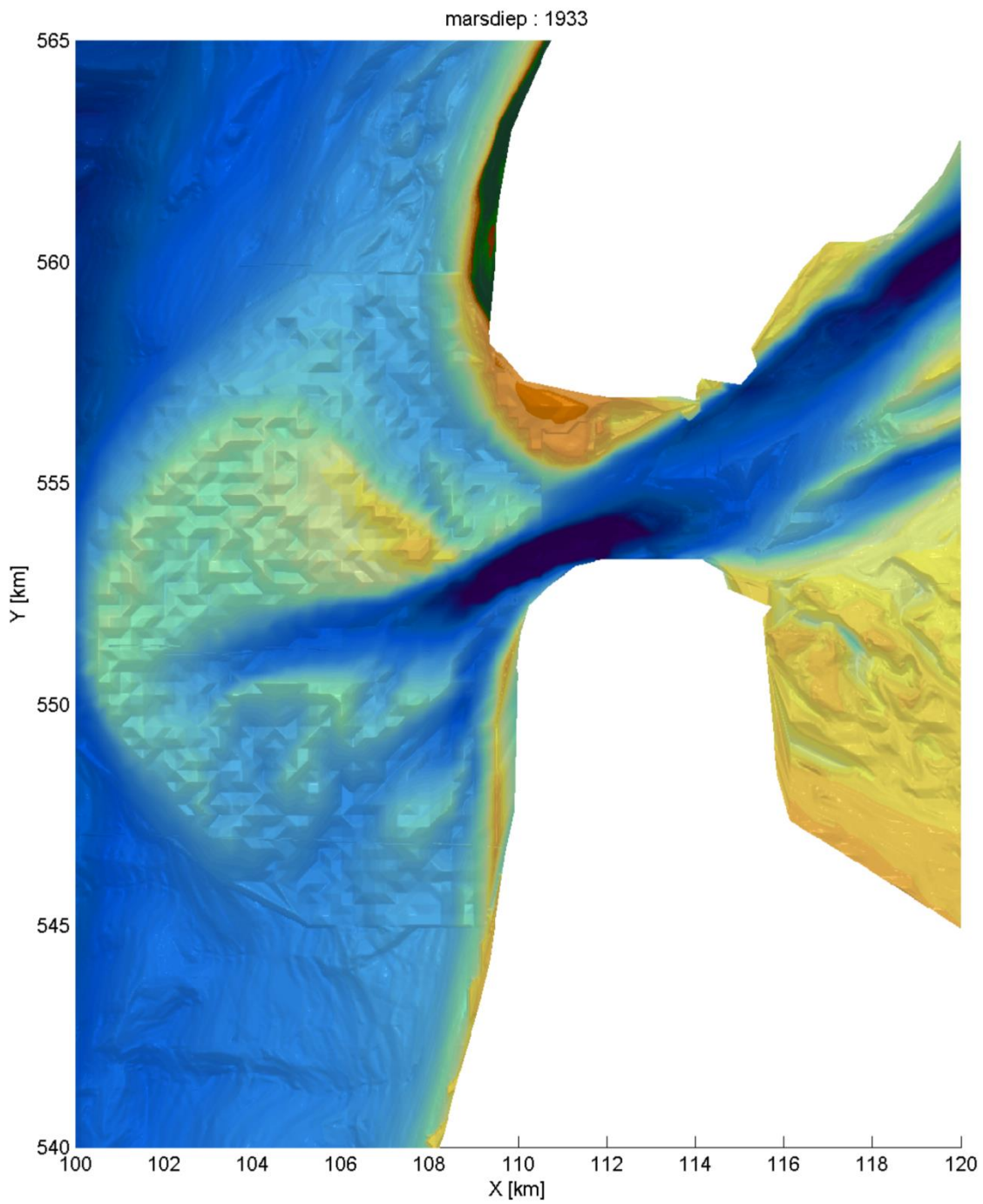
Slufter

Een slufter is een getijdengebied waarbij zout water vanuit zee onder invloed van het getij door een geul in de duinen het land binnen kan dringen. Kreken met zout water stromen dwars door het gebied en bij storm kan het gebied geheel onder water lopen.

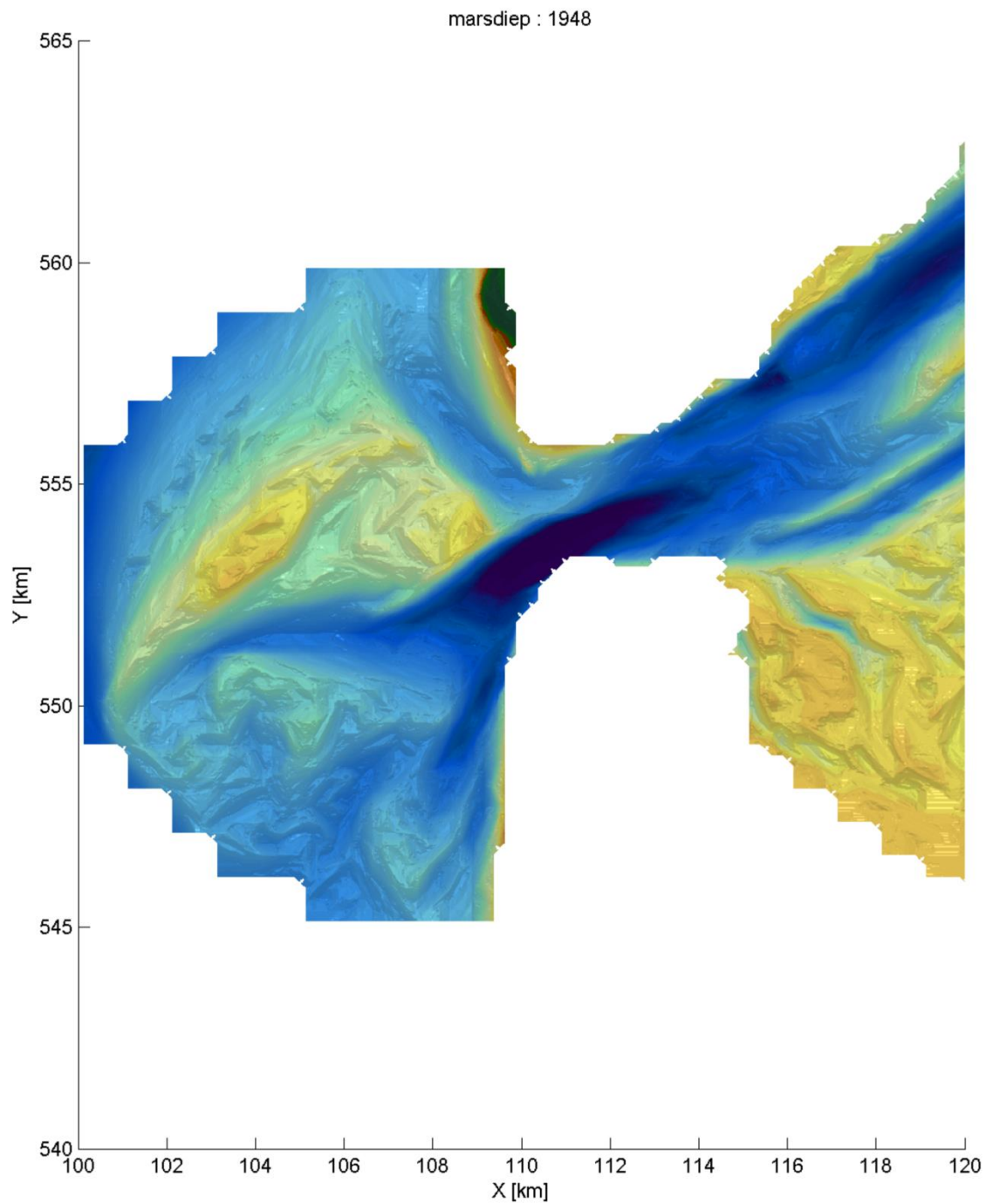
B Overzicht bodems Zeegat van Texel



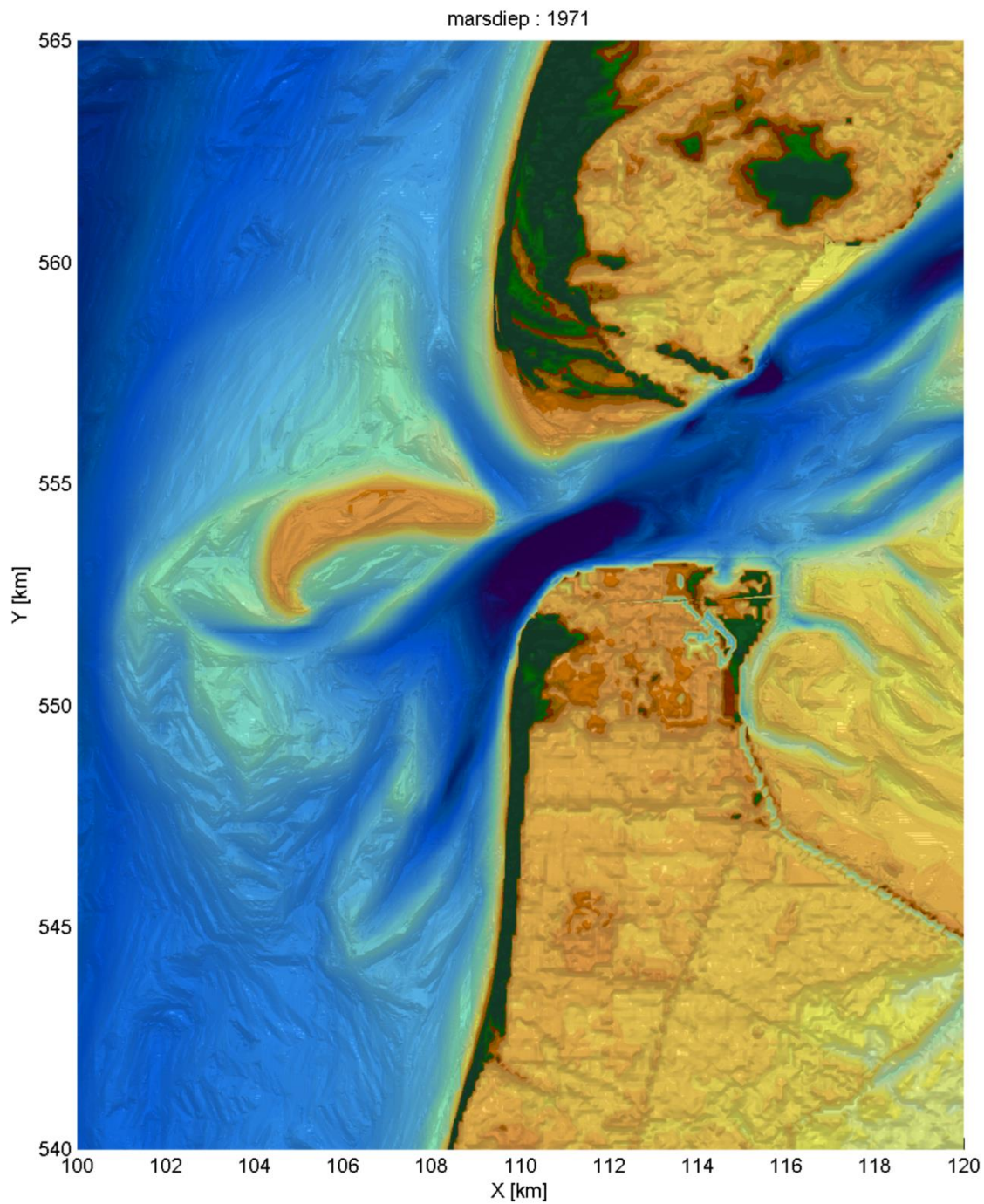
Figuur B.1 Bodemligging van het Zeegat van Texel in 1926.



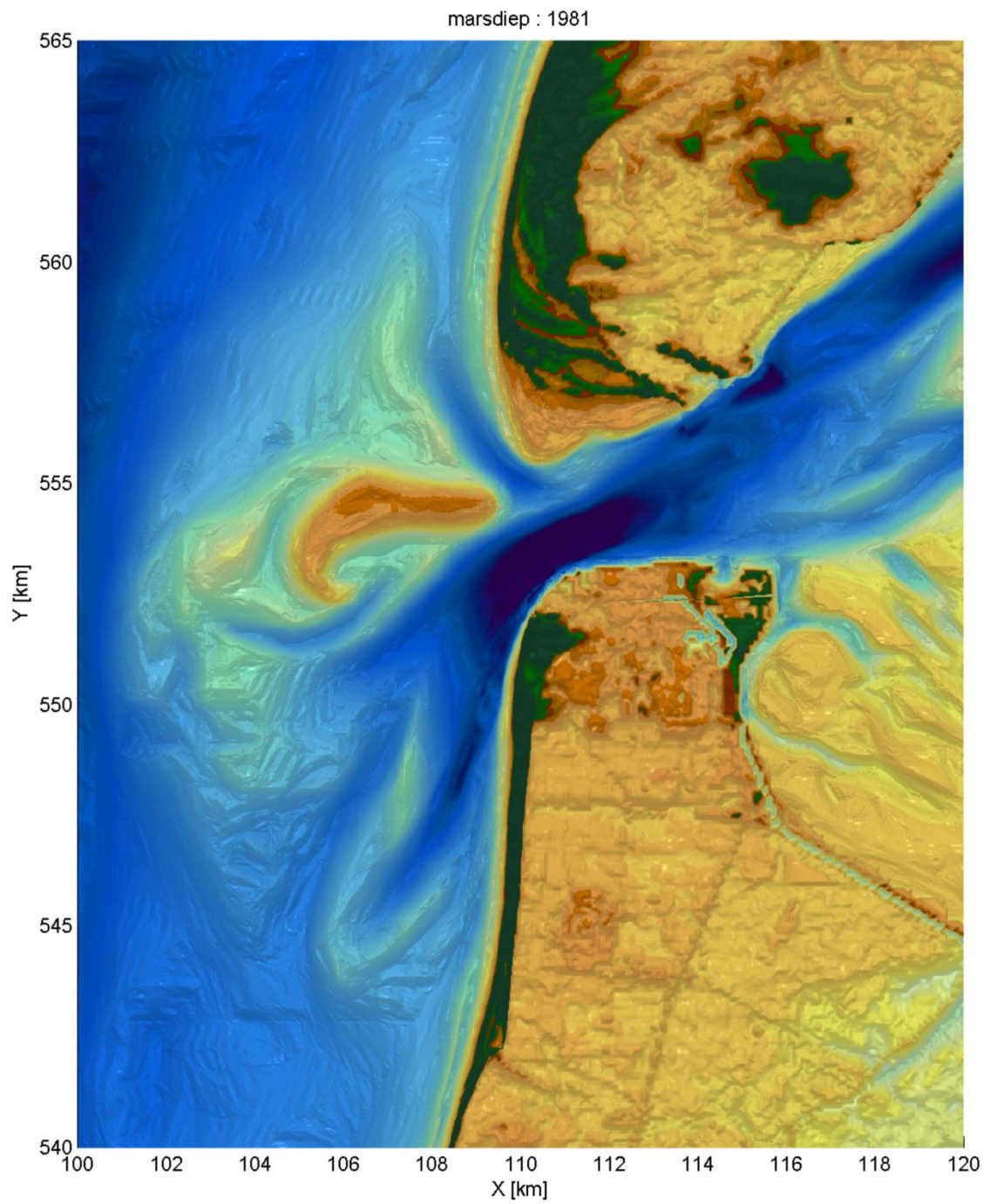
Figuur B.2 Bodemligging van het Zeegat van Texel in 1933.



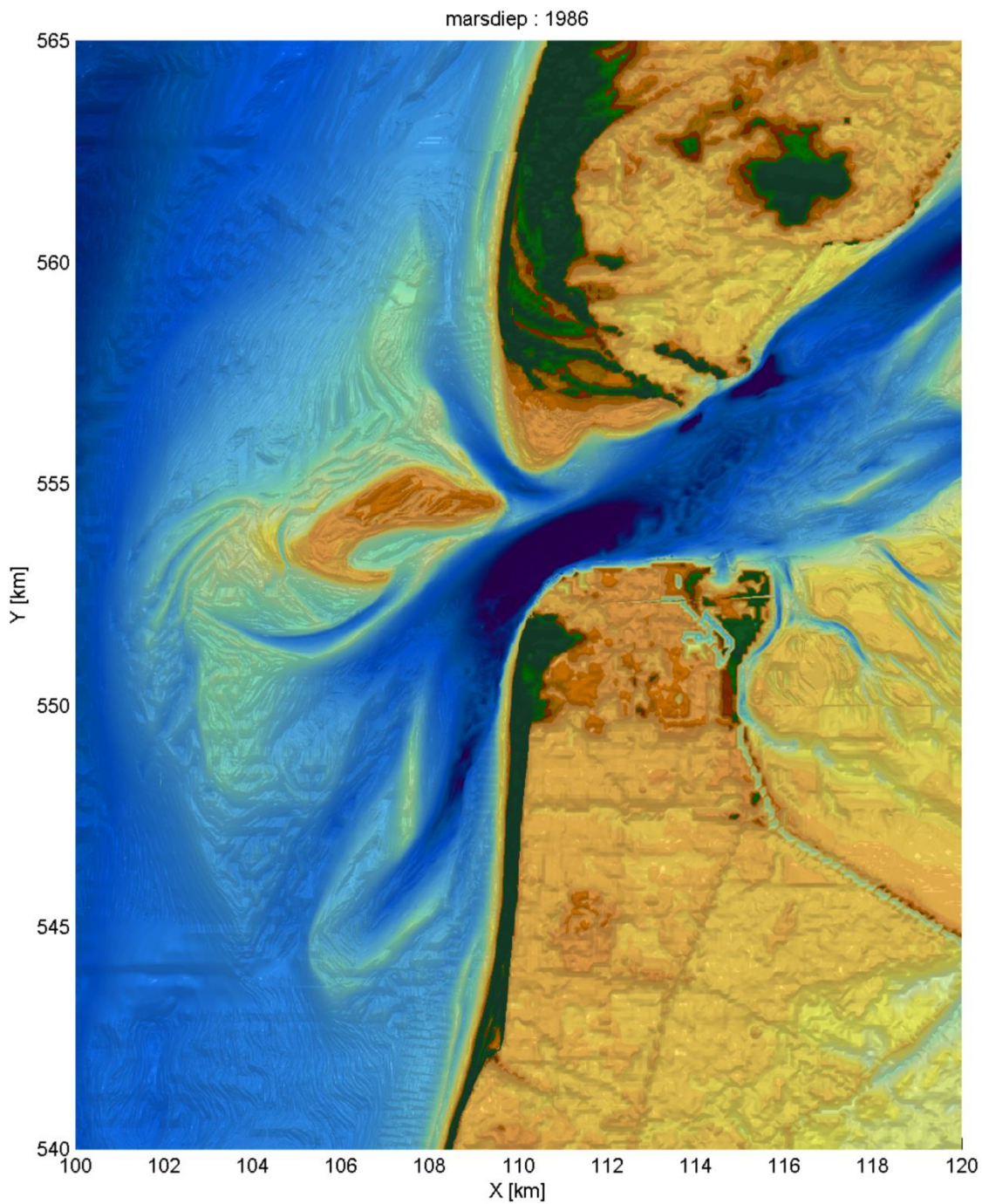
Figuur B.3 Bodemligging van het Zeegat van Texel in 1948.



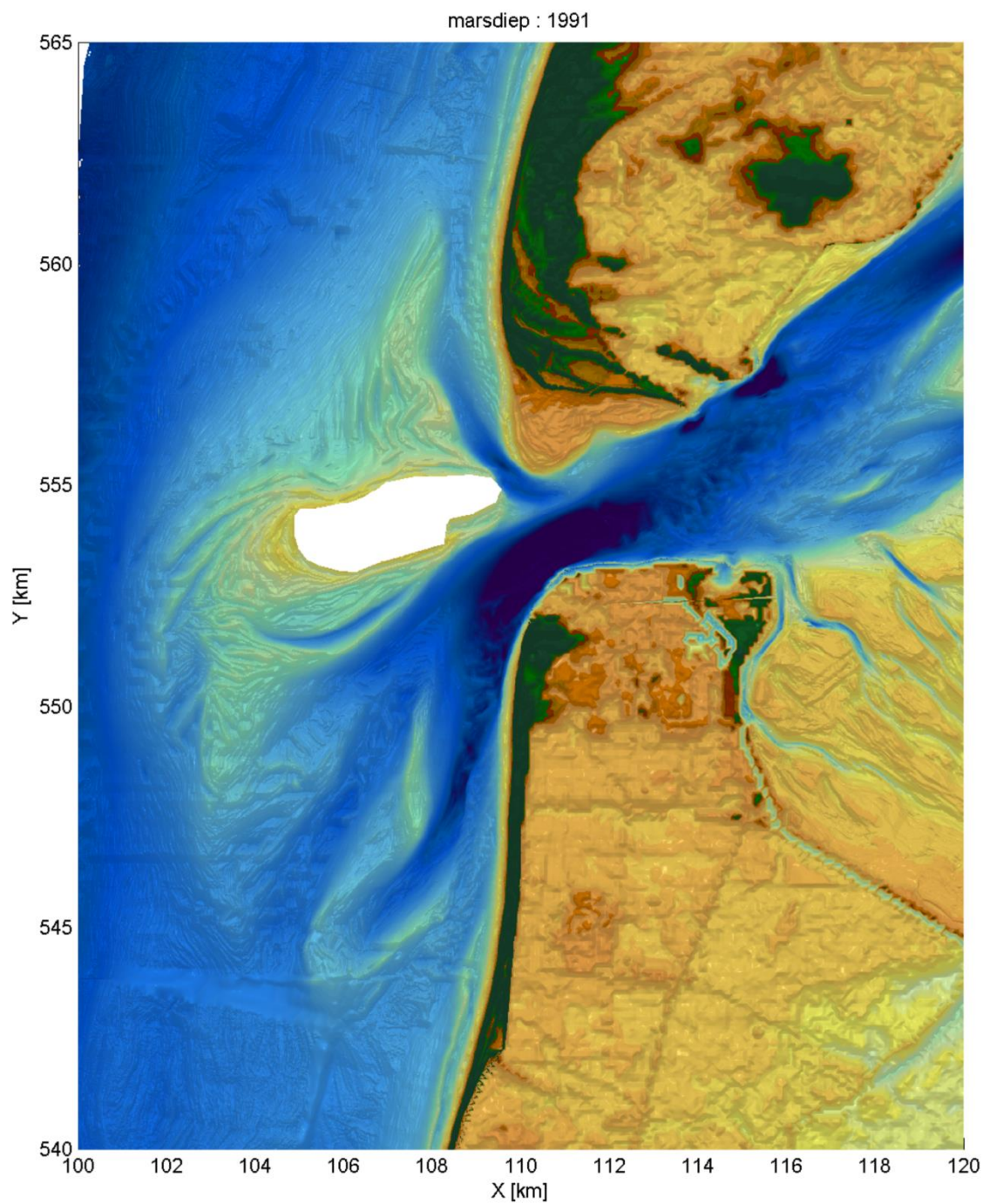
Figuur B.4 Bodemligging van het Zeegat van Texel in 1971.



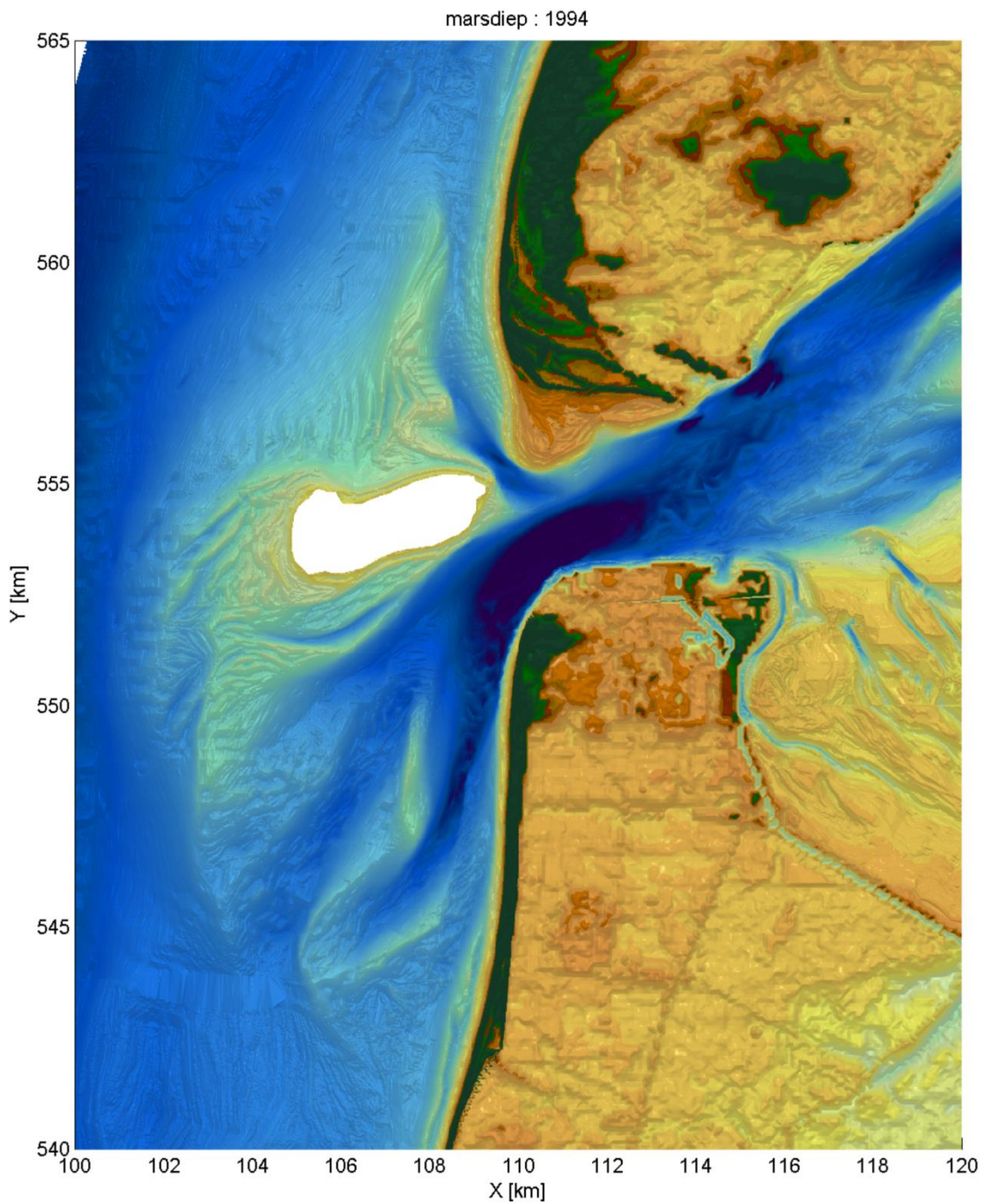
Figuur B.5 Bodemligging van het Zeegat van Texel in 1981.



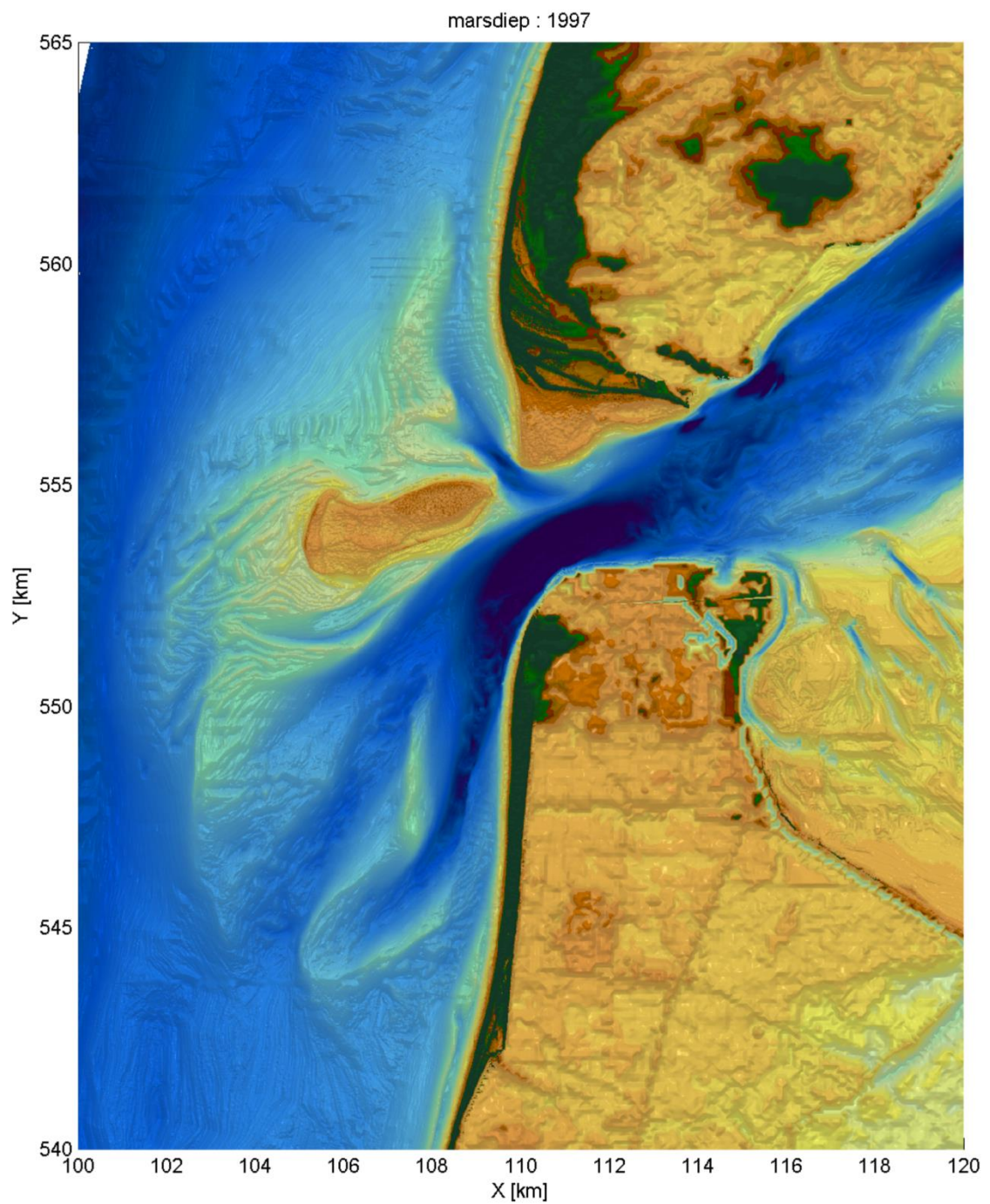
Figuur B.6 Bodemligging van het Zeegat van Texel in 1986.



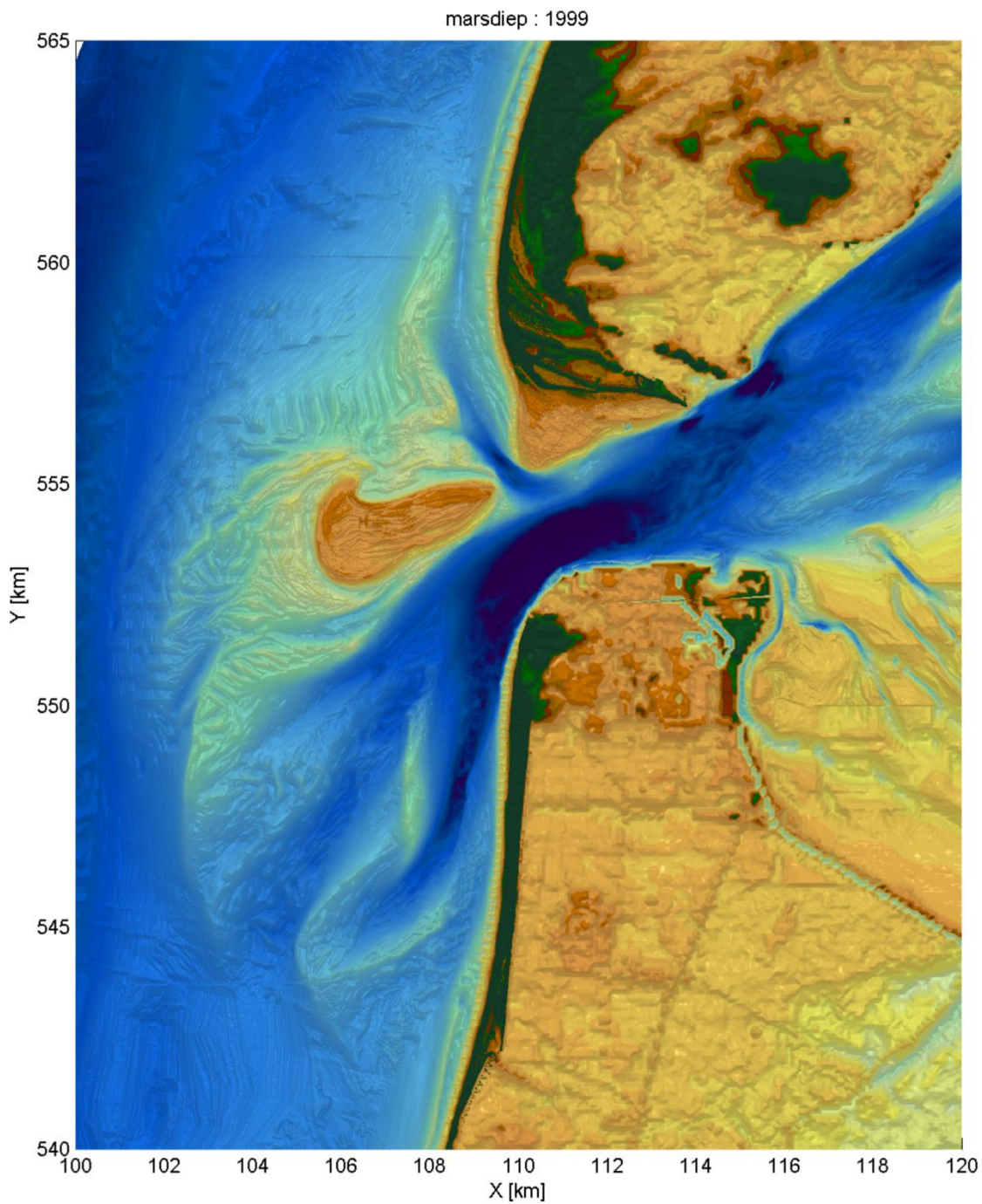
Figuur B.7 Bodemligging van het Zeegat van Texel in 1991.



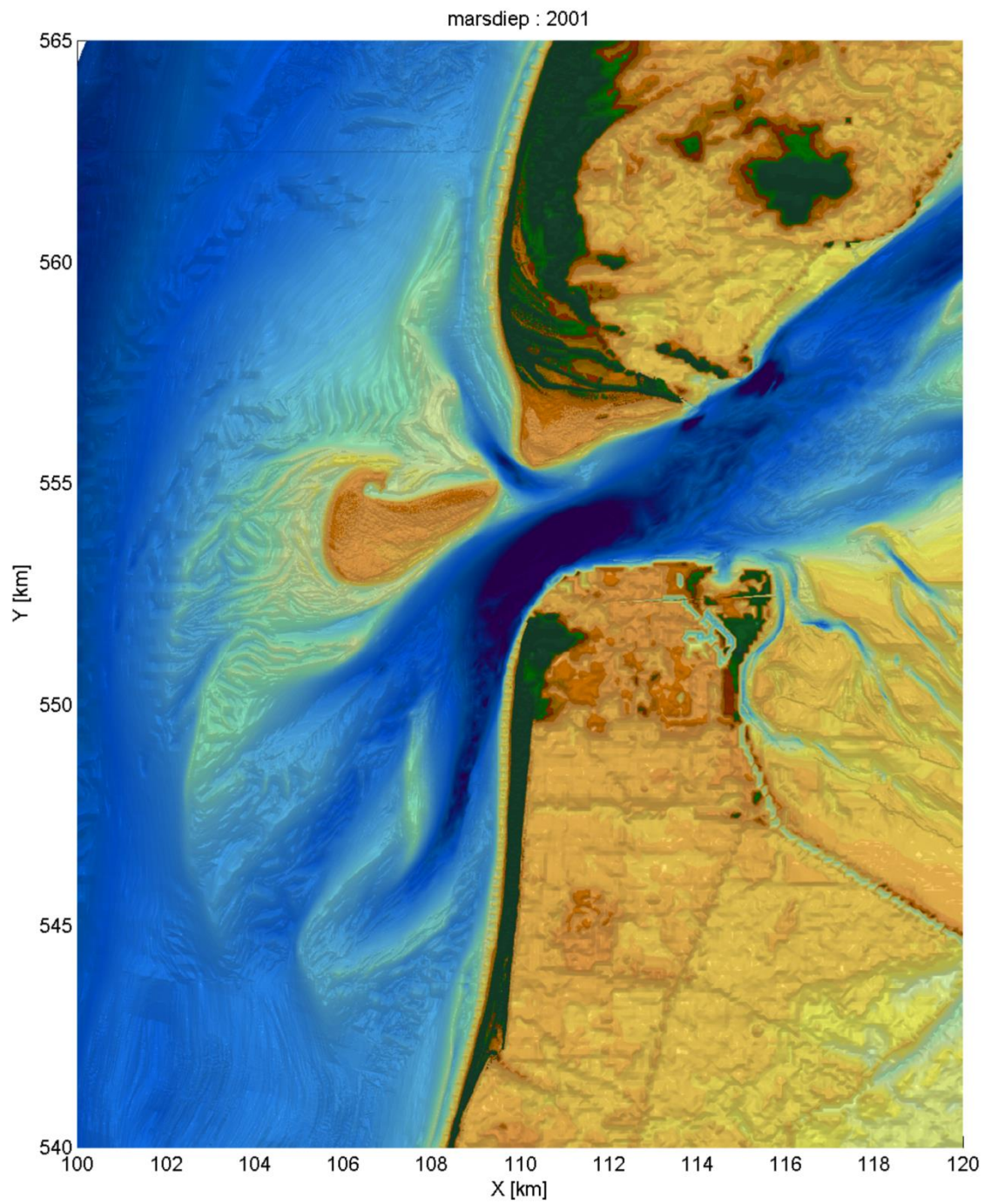
Figuur B.8 Bodemligging van het Zeegat van Texel in 1994.



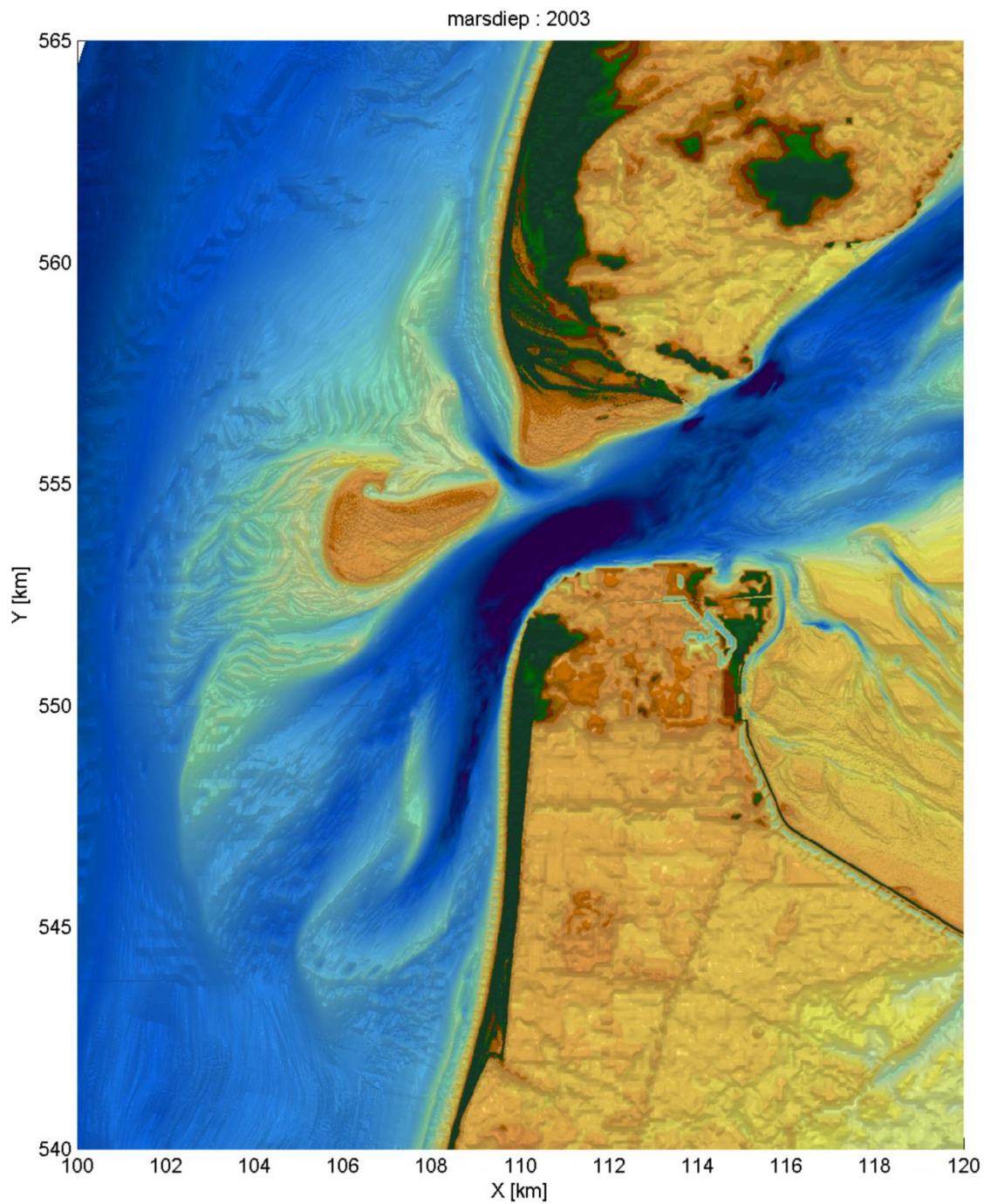
Figuur B.9 Bodemligging van het Zeegat van Texel in 1997.



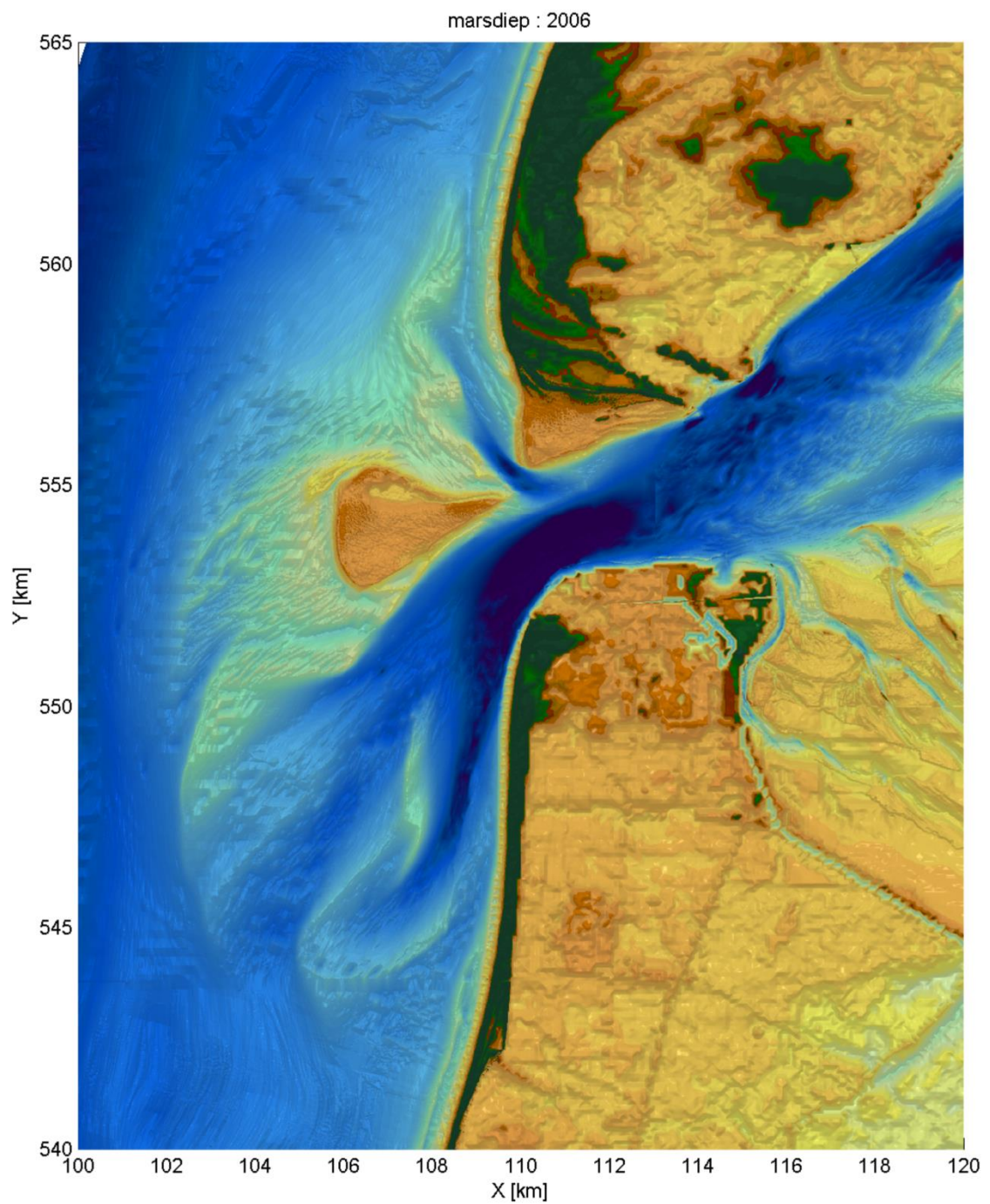
Figuur B.10 Bodemligging van het Zeegat van Texel in 1999.



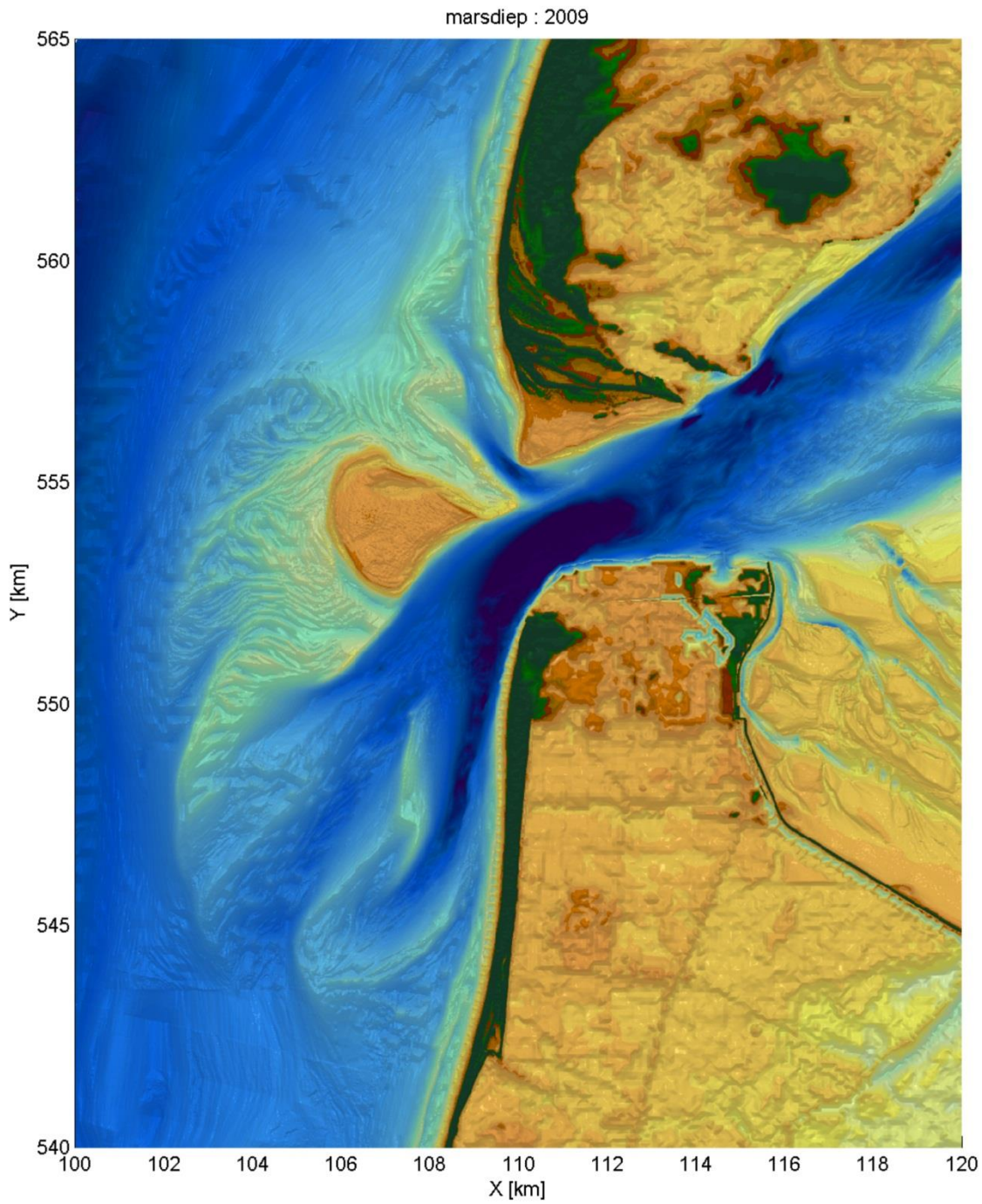
Figuur B.11 Bodemligging van het Zeegat van Texel in 2001.



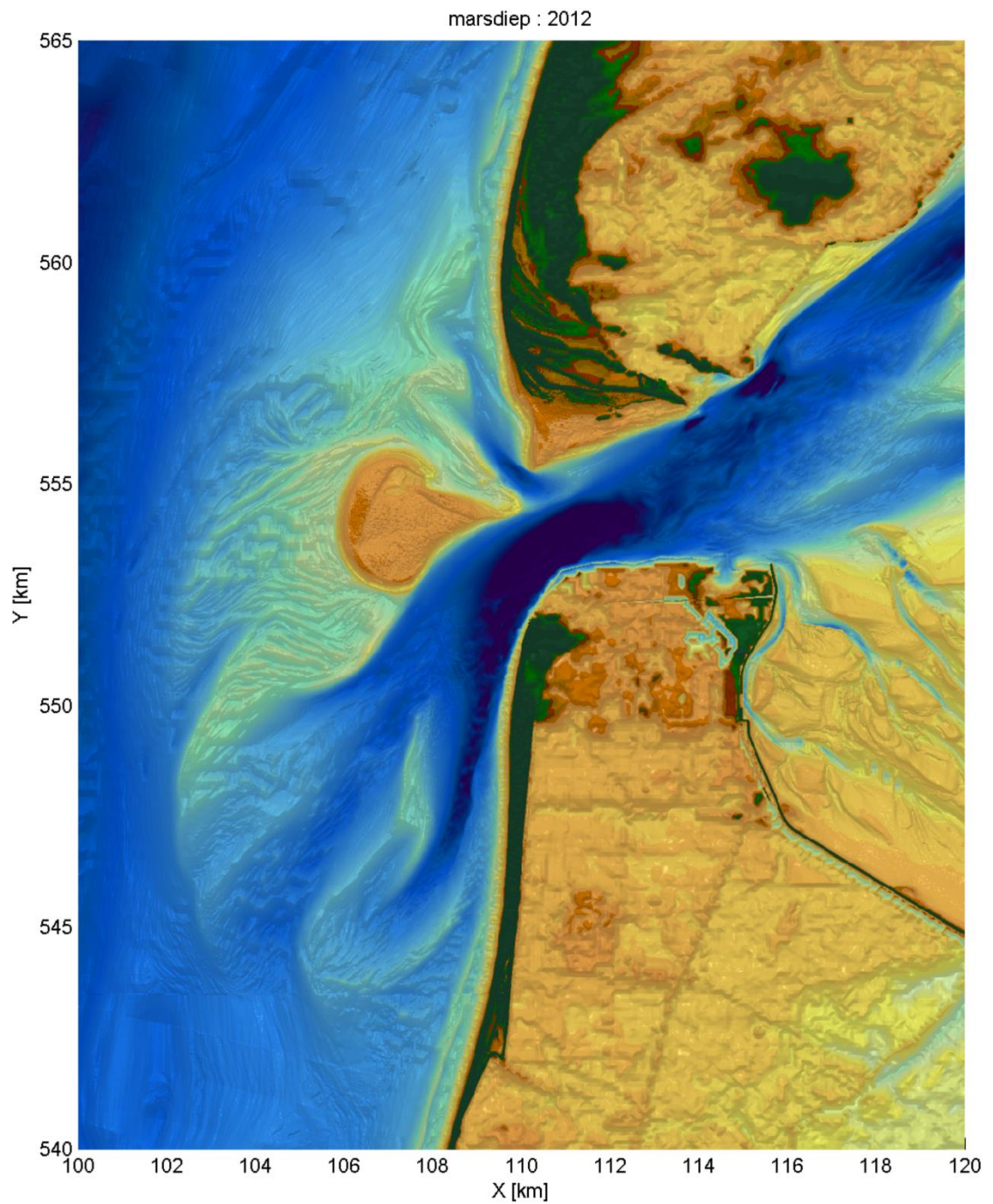
Figuur B.12 Bodemligging van het Zeegat van Texel in 2003.



Figuur B.13 Bodemligging van het Zeegat van Texel in 2006.

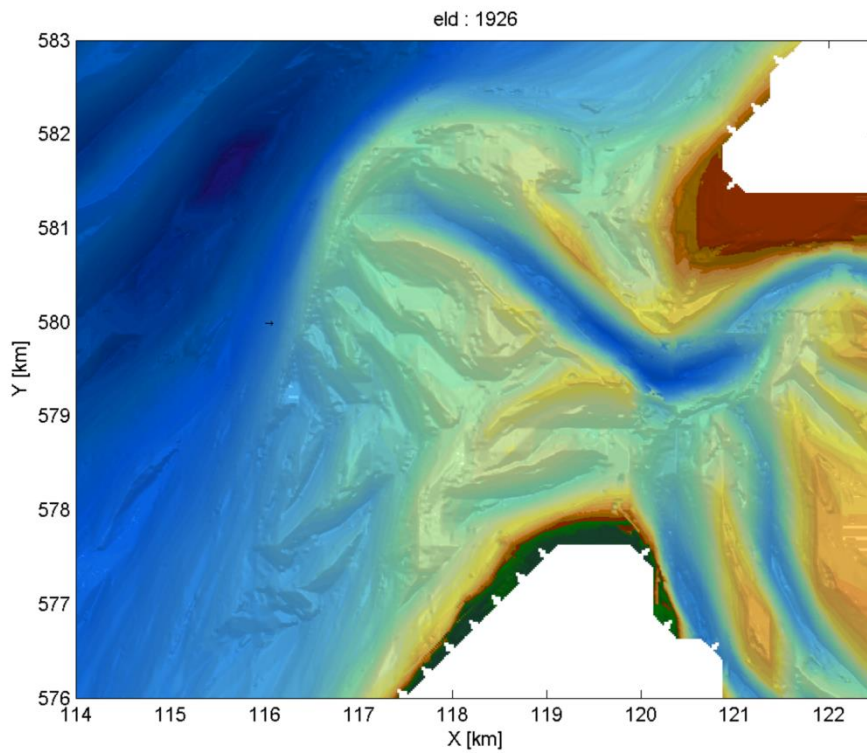


Figuur B.14 Bodemligging van het Zeegat van Texel in 2009.

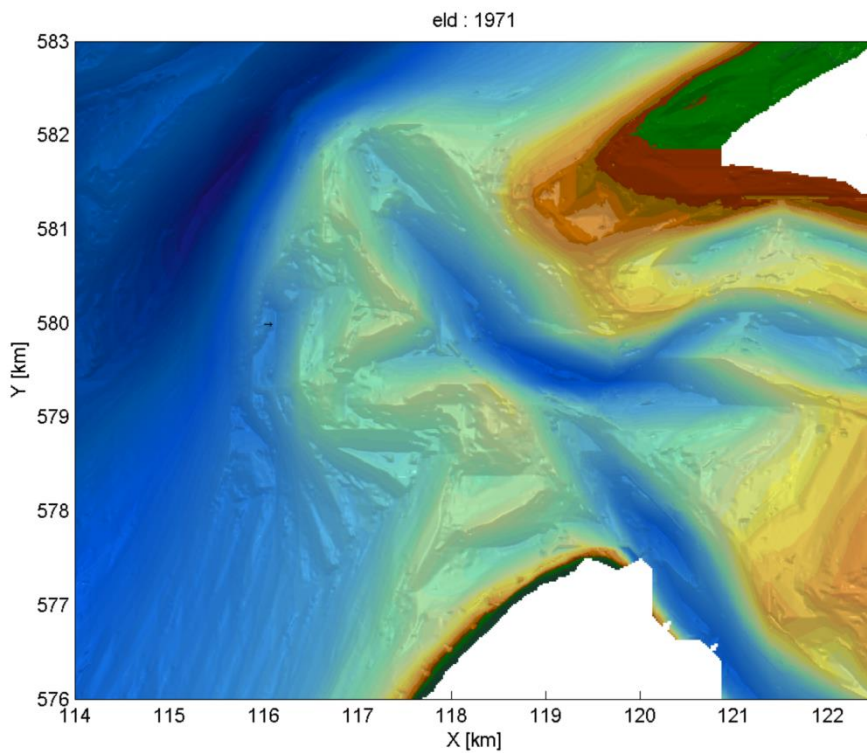


Figuur B.15 Bodemligging van het Zeegat van Texel in 2012.

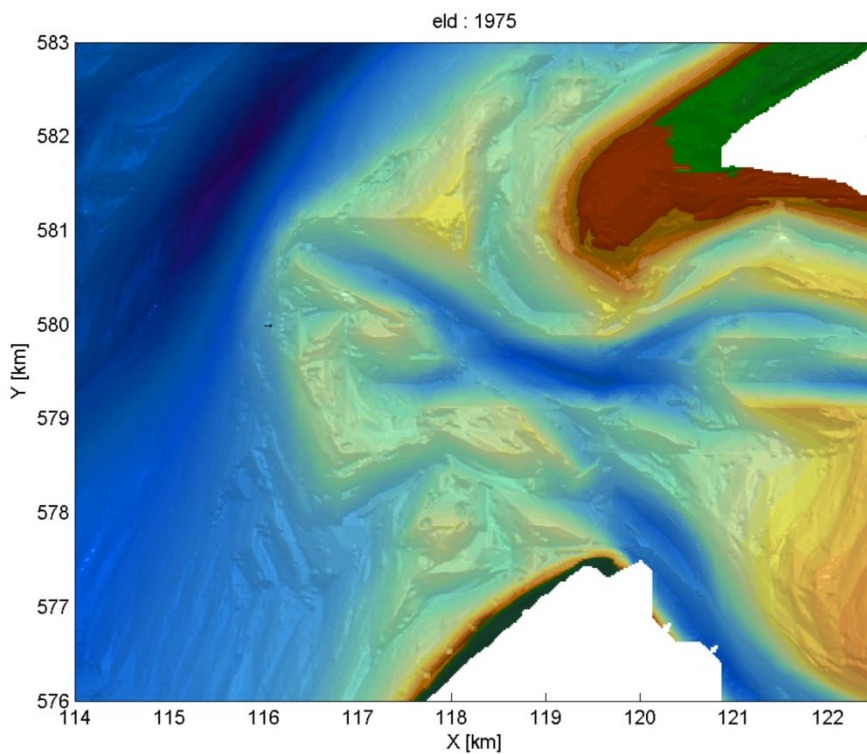
C Overzicht bodems Eierlandse Gat



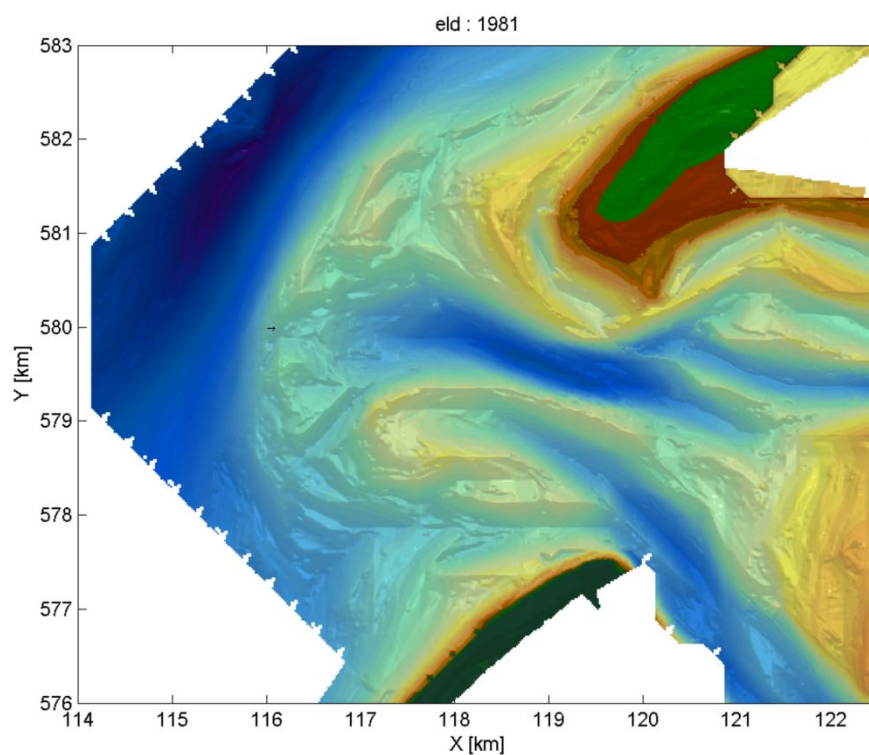
Figuur C.1 Bodemligging van het Eierlandse Gat in 1926.



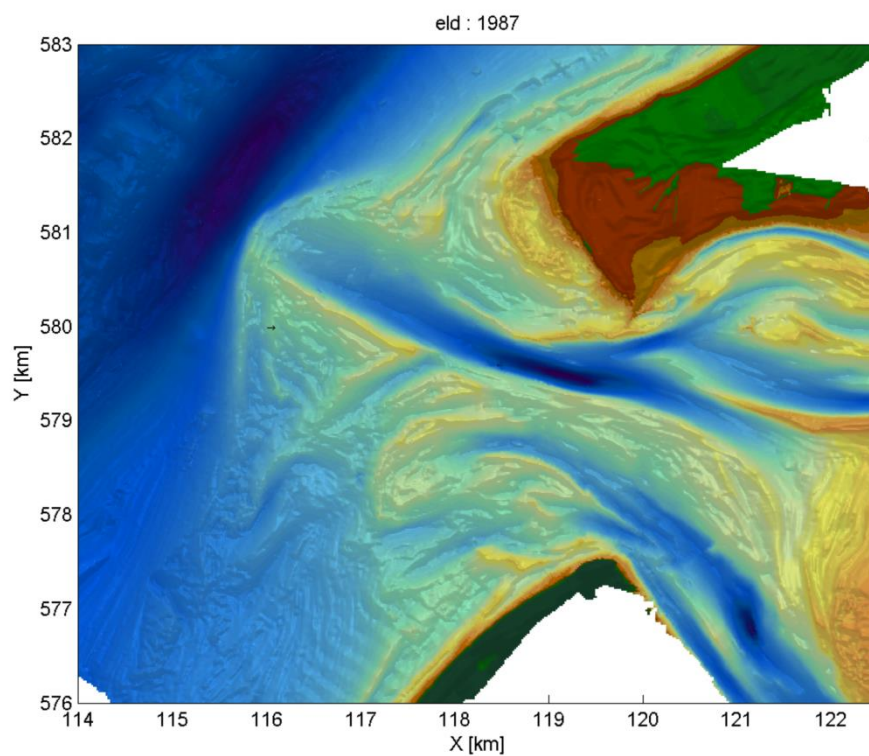
Figuur C.2 Bodemligging van het Eierlandse Gat in 1971.



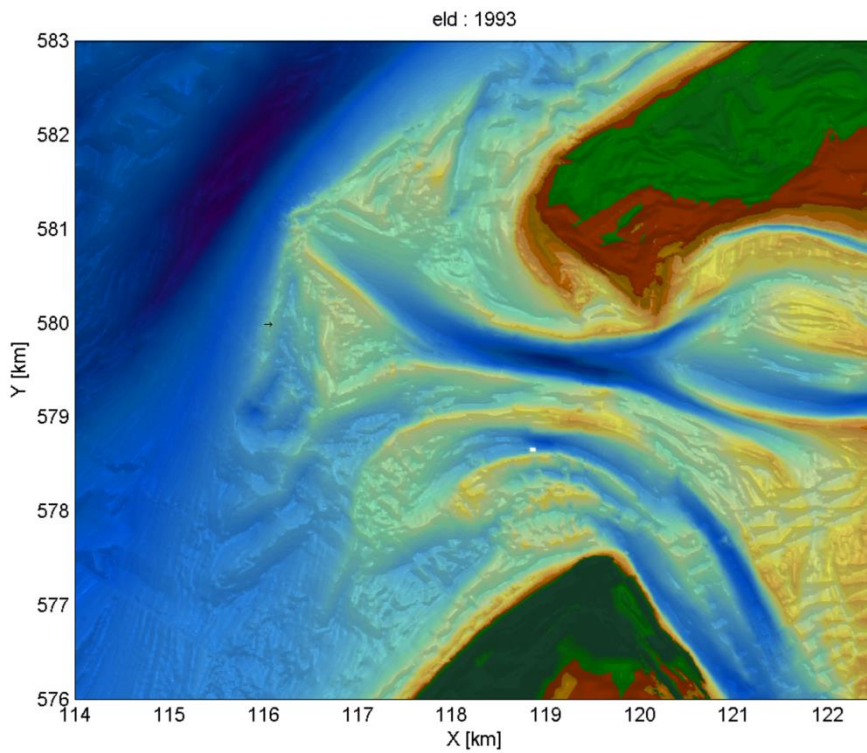
Figuur C.3 Bodemligging van het Eierlandse Gat in 1975.



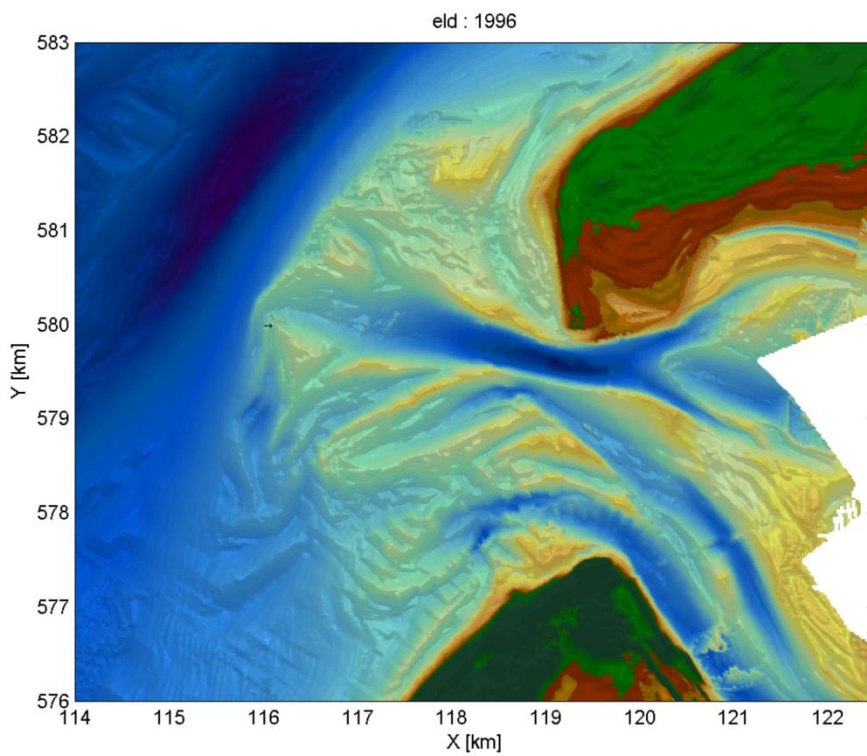
Figuur C.4 Bodemligging van het Eierlandse Gat in 1981.



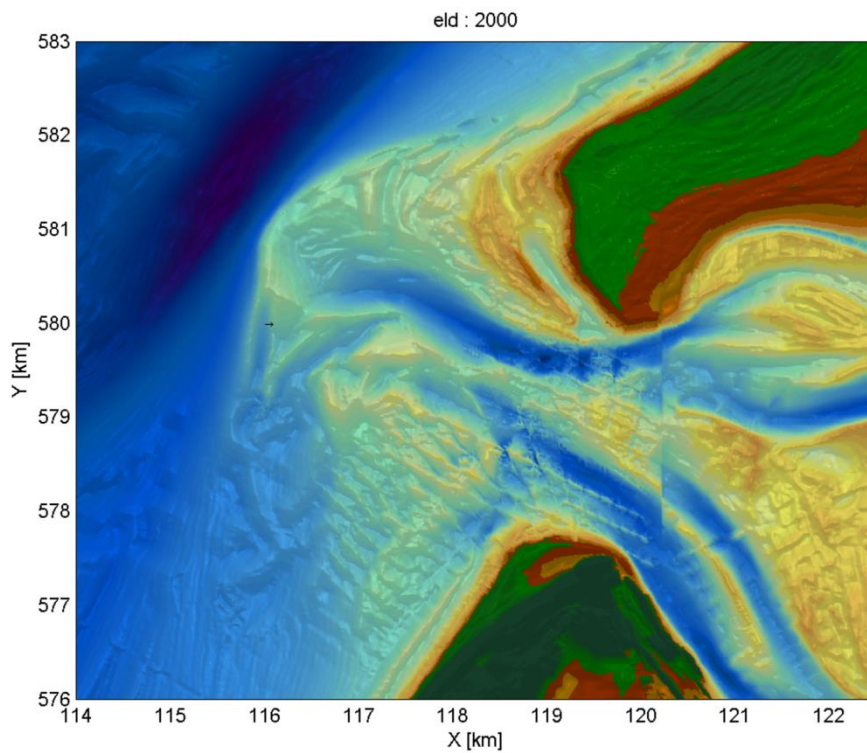
Figuur C.5 Bodemligging van het Eierlandse Gat in 1987.



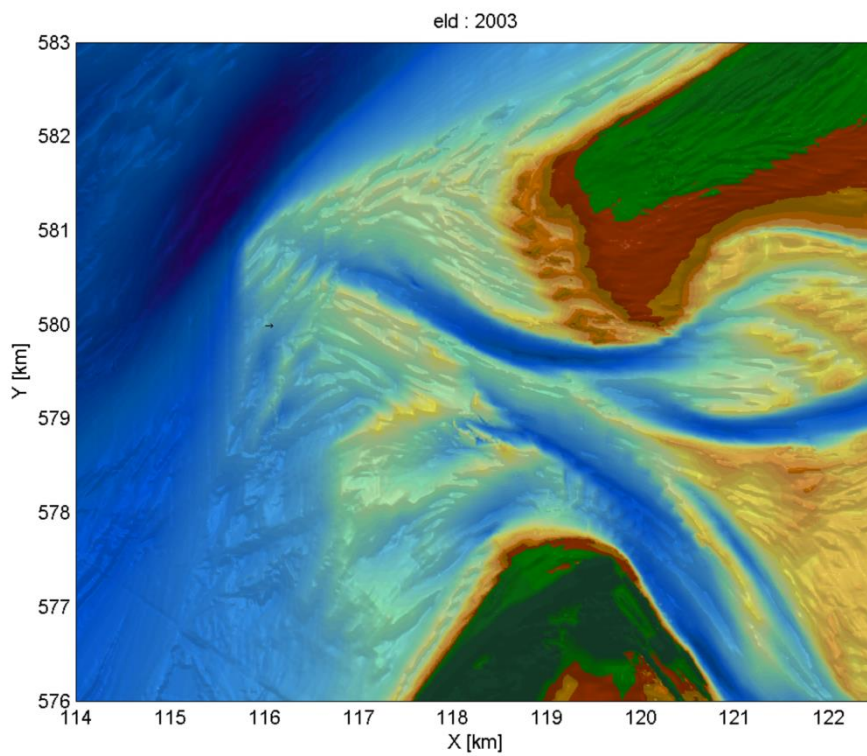
Figuur C.6 Bodemligging van het Eierlandse Gat in 1993.



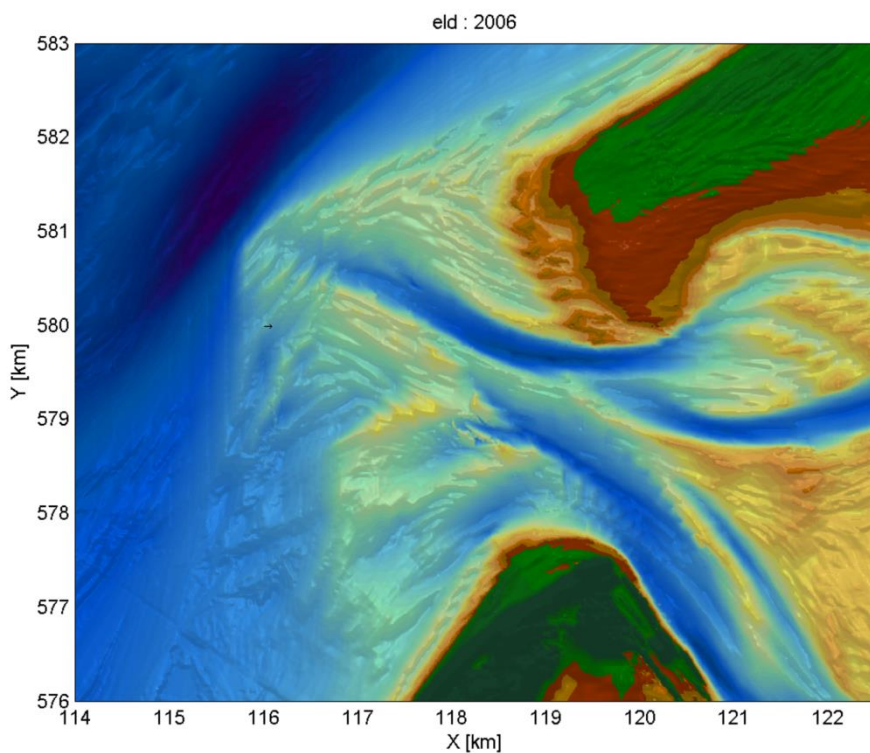
Figuur C.7 Bodemligging van het Eierlandse Gat in 1996.



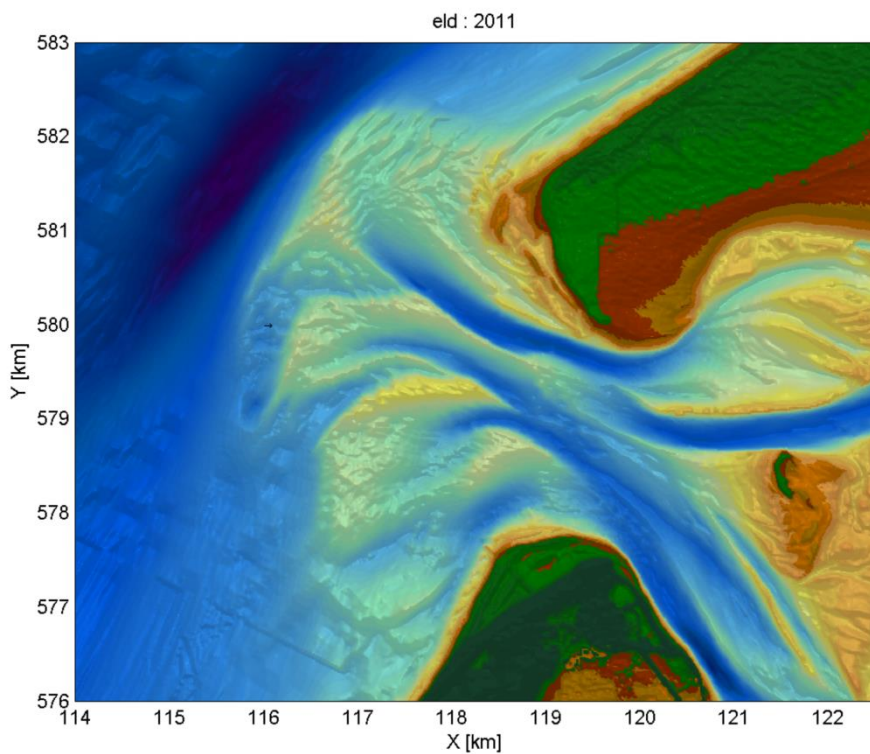
Figuur C.8 Bodemligging van het Eierlandse Gat in 2000.



Figuur C.9 Bodemligging van het Eierlandse Gat in 2003.

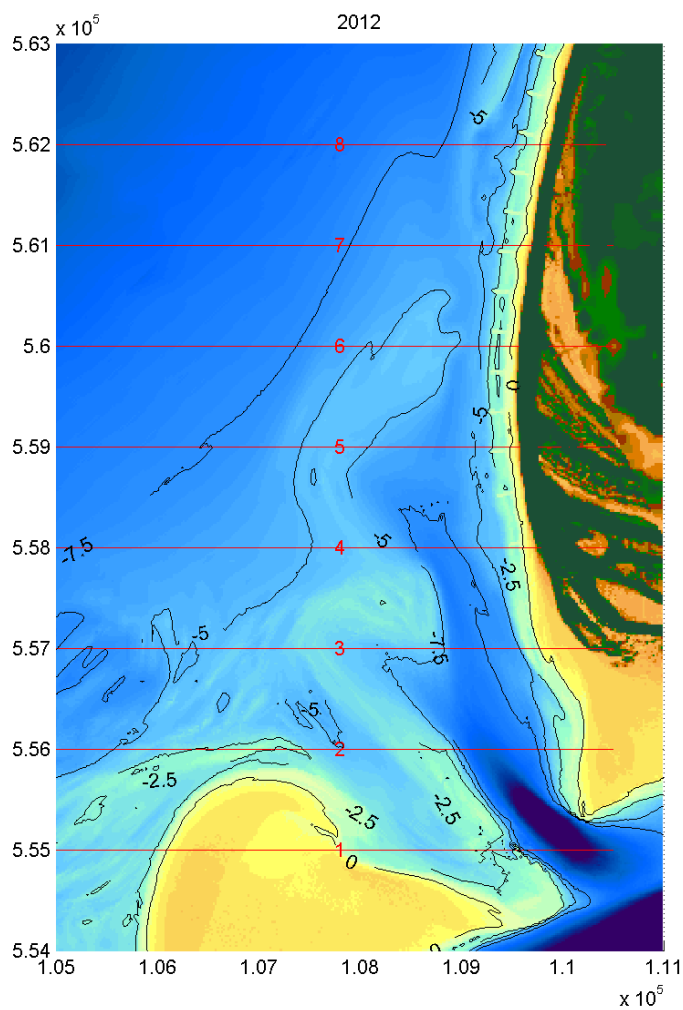


Figuur C.10 Bodemligging van het Eierlandse Gat in 2006.

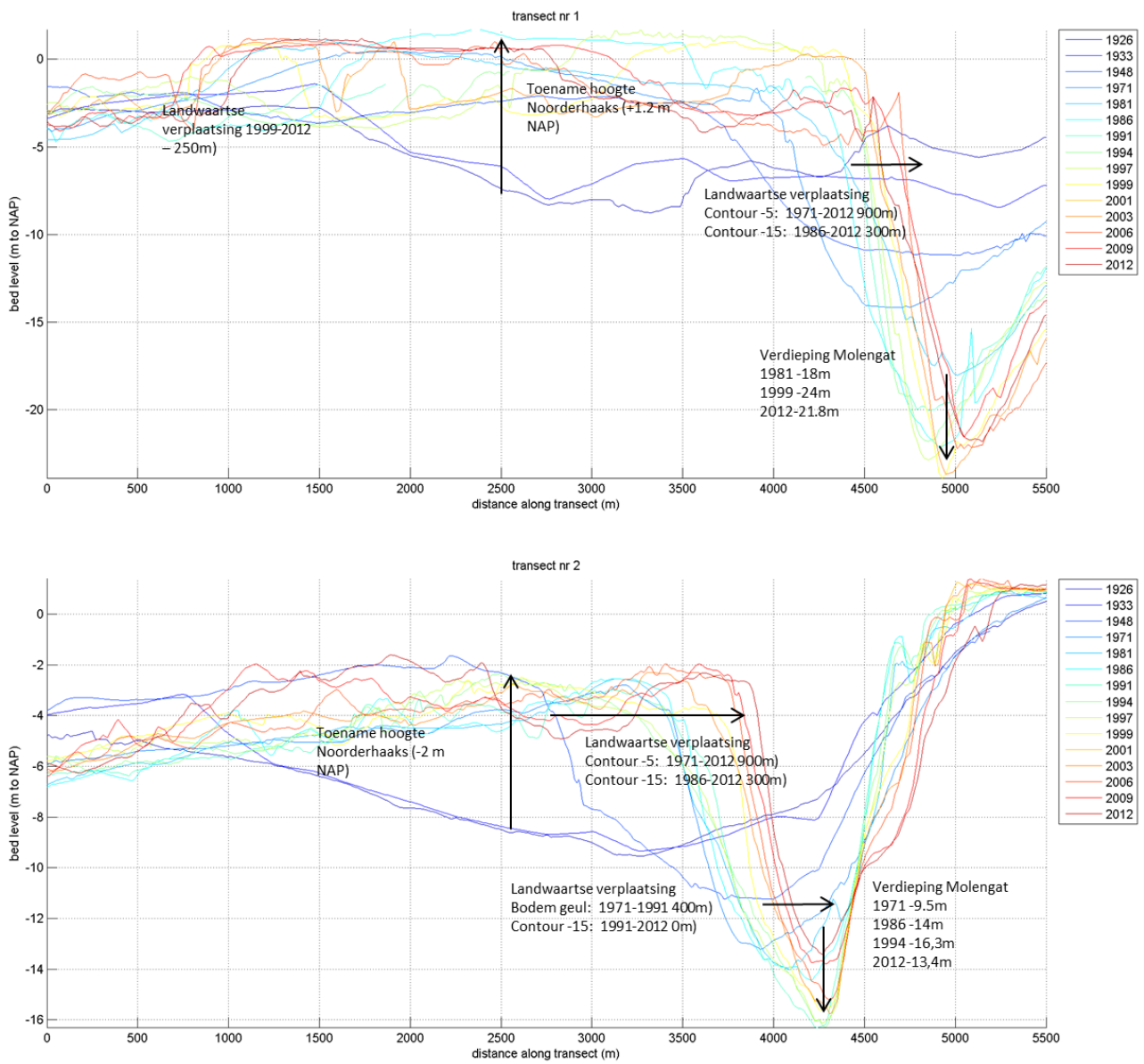


Figuur C.11 Bodemligging van het Eierlandse Gat in 2011.

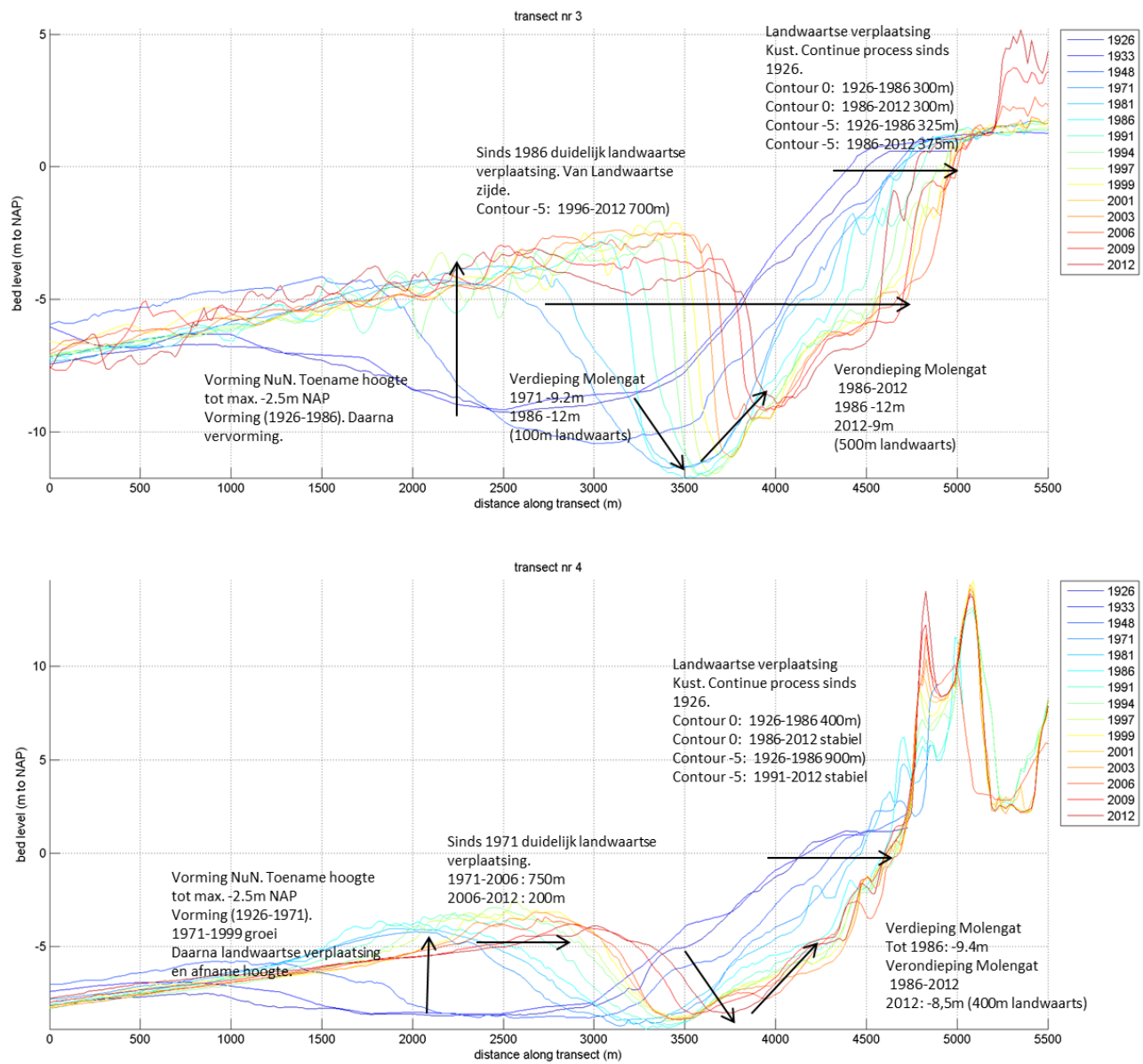
D Overzicht dwarsprofielen gebied Noordelijke Uitlopers van de Noorderhaaks



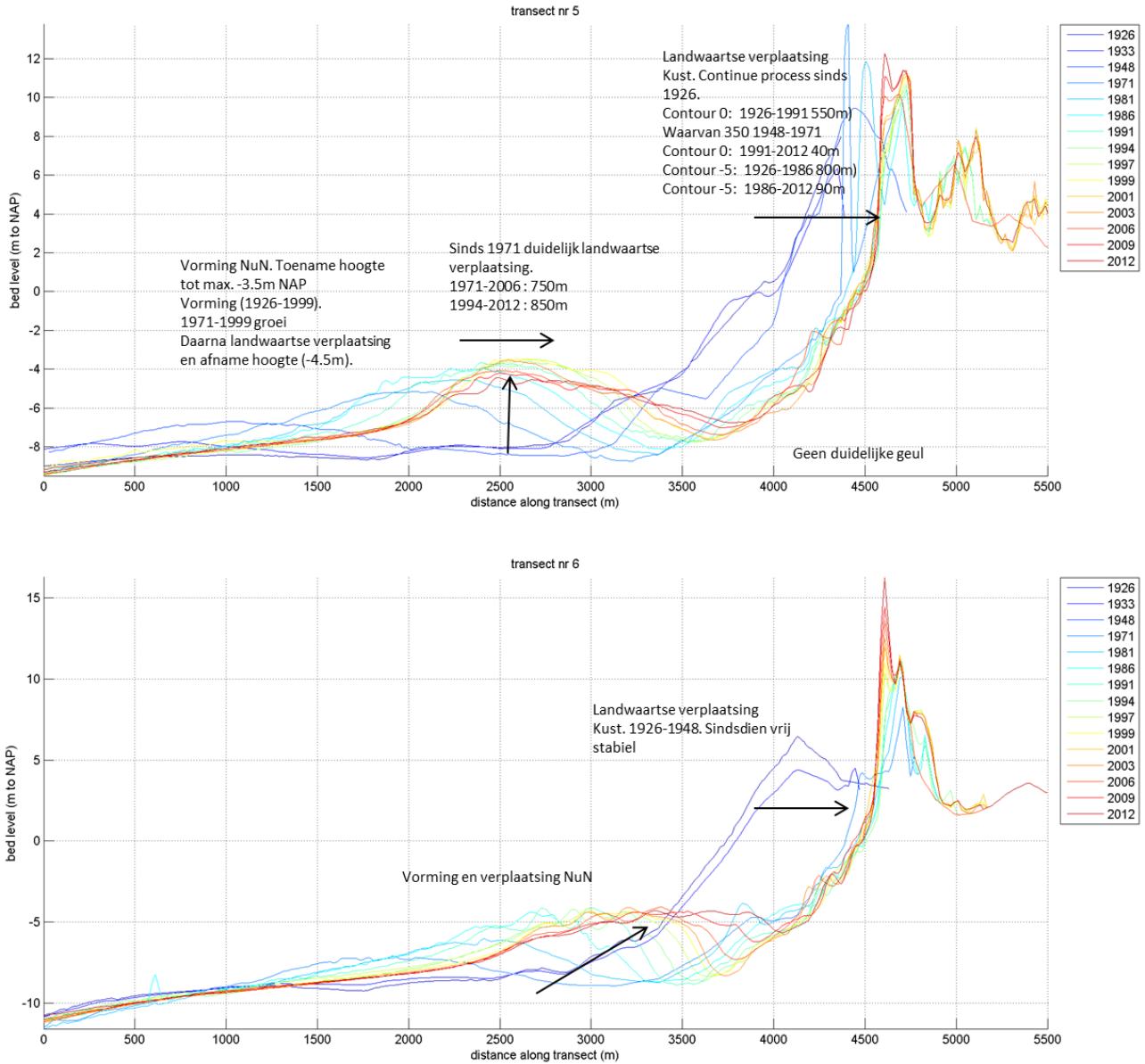
Figuur D.1 Ligging van de dwarsprofielen NUN.



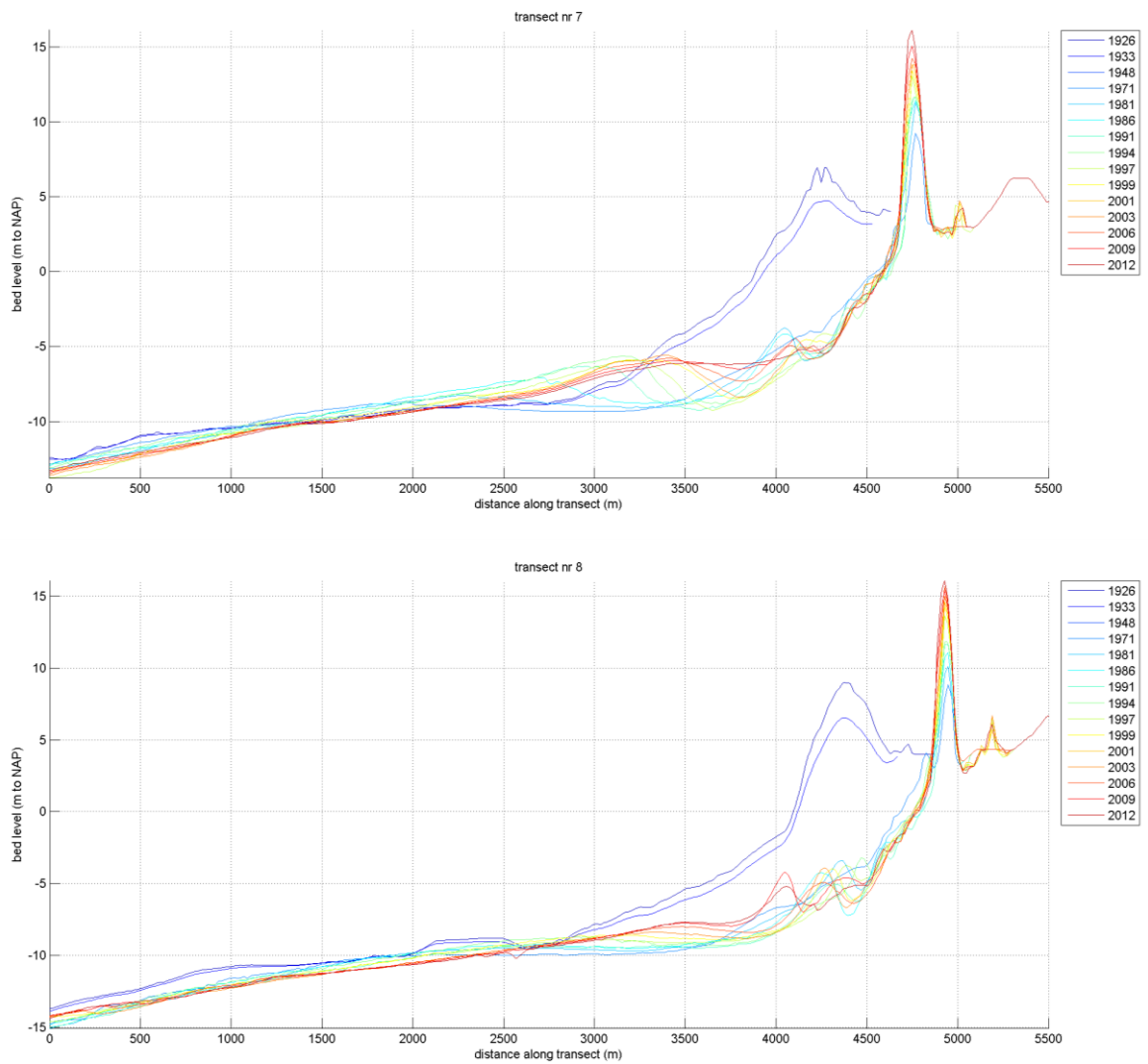
Figuur D.2 Dwarsprofiel NUN 1 en 2.



Figuur D.3 Dwarsprofiel NUN 3 en 4.



Figuur D.4 Dwarsprofiel NUN 5 en 6.



Figuur D.5 Dwarsprofiel NUN 7 en 8.