

Beheerbibliotheek Voorne en Goeree

Beschrijvingen van het kustvak ter ondersteuning van het beheer en onderhoud van de kust



Beheerbibliotheek Voorne en Goeree

**Beschrijvingen van het kustvak ter ondersteuning van het
beheer en onderhoud van de kust**

Dick Mastbergen
Kees Nederhoff
Ellen Quataert

11202190-000

Titel

Beheerbibliotheek Voorne en Goeree

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving, UTRECHT	11203683-000	11203683-000-ZKS-0007	109

Trefwoorden

Beheerbibliotheek, kustvak 11 Voorne, kustvak 12 Goeree, morfologische ontwikkeling, beheer en onderhoud kust





Samenvatting

Het hoofddoel van de beheerbibliotheek is het samenbrengen en inzichtelijk maken van de meest recente kennis vanuit onderzoek en beheer per kustvak. De beheerbibliotheek beschrijft de toestand van het kustvak en omvat een beschrijving van de morfologische systeemwerking, kustverdediging en de primaire waterkeringen. 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 (zoals recreatie en natuur) 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 (Kennis Primaire Processen Beheer & Onderhoud Kust) tussen Rijkswaterstaat en Deltares, maar ook uit eerder uitgevoerde andere kustprojecten en uit wetenschappelijk onderzoek. Tevens wordt opgedane ervaring en kennis uit de uitvoering meegenomen in de beheerbibliotheek. Dit maakt de beheerbibliotheek een levend document die als handreiking kan dienen voor kustonderhoud.

De voorliggende beheerbibliotheek van de kustvakken 11, Voorne en 12, Goeree betreft een update van de eerste versie door De Ronde en Van Oeveren (2014). Belangrijke delen van de tekst zijn uit dit document overgenomen, daarnaast zijn de resultaten van nieuwe studies opgenomen en tekst, figuren en tabellen geactualiseerd.

Doelstelling van deze tweede versie van de beheerbibliotheek Voorne en Goeree is 1) geven van een overzicht en samenvatting van de huidige gebiedskennis en 2) aangeven van kennisleemten bij het opstellen van adviezen voor kustonderhoud.

Versie	Datum	Auteurs	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
v0.1	nov. 2018	Dick Mastbergen Kees Nederhoff		Bart Grasmeijer		Toon Segeren	
v.1.0	dec. 2019	Dick Mastbergen Kees Nederhoff Ellen Quataert		Bart Grasmeijer		Toon Segeren	

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	Kustlijnkaartenboek	2
1.6	Algemene informatie betreffende kustvakken 11 Voorne en 12 Goeree	2
1.7	Leeswijzer voor de beheerbibliotheek Voorne en Goeree	4
2	Beleid: dynamische kustlijnhandhaving	5
2.1	Achtergrond kustbeleid dynamisch handhaven	5
2.2	Vaststelling Basiskustlijn	6
2.2.1	Definitie Momentane Kustlijn, Te Toetsen Kustlijn en Basiskustlijn	6
2.2.2	Regionale afspraken voor de kustvak Voorne en Goeree	7
2.3	Herzieningen Basiskustlijn	7
2.3.1	Landelijke herzieningen	7
2.3.2	Regionale herzieningen voor het kustvak Voorne	8
2.3.3	Regionale herzieningen voor het kustvak Goeree	8
3	Gebiedsbeschrijving	9
3.1	Algemene gebiedsbeschrijving	9
3.1.1	De Voordelta	9
3.1.2	Harde kustverdediging - De Deltawerken	11
3.1.3	Het Haringvliet en de kust van Voorne	11
3.1.4	De Grevelingen en de kust van Goeree	13
3.2	Paleogeografische ontwikkeling van het gebied	16
3.3	Grootschalige morfologische ontwikkelingen	19
3.3.1	De Voordelta	19
3.3.2	De Haringvliet buitendelta	22
3.3.3	De Grevelingen buitendelta	30
4	Kustlijnhandhaving en ontwikkeling kustprofiel	39
4.1	Inleiding	39
4.2	Uitgevoerde zandsuppleties	39
4.2.1	Overzicht zandsuppleties	39
4.2.2	Verkenning morfologische effecten (geulwand-)suppletie Bollen van de Ooster (Elias, 2015)	44
4.2.3	Morfologische modellering van een zandsuppletie bij de Brouwersdam (Schrijvershof, 2015)	46
4.3	Detailontwikkeling vooroever	47
4.3.1	Deelgebieden kustvak 11 Voorne	47
4.3.2	Deelgebied I Voorne: Brielse Gatdam - kop Voorne (raai 620-880)	48
4.3.3	Deelgebied II Kop van Voorne (RSP 880-1100)	52
4.3.4	Deelgebied III: Zuidelijk deel van Voorne (raai 1100-1600)	57
4.3.5	Gebiedsbeschrijving kustvak 12 Goeree	61
4.3.6	Deelgebied I: raaien 300-400	65
4.3.7	Deelgebied II: (raai 400-1300)	67

4.3.8	Deelgebied III: (raaien 1300-1700)	71
4.3.9	Deelgebied IV: (raaien 1700-1900)	77
4.4	Dynamiek van de zeereep (Arens en Neijmeijer, 2015)	80
4.4.1	Inleiding	80
4.4.2	Volumeveranderingen en dynamiek van de zeereep langs Voorne en Goeree	81
4.4.3	Effect van suppleties	83
5	Kustverdediging en primaire waterkering	85
5.1	Historische ontwikkeling kustverdediging Voorne en Goeree	85
5.2	Primaire waterkering	86
5.3	Beoordeling van de waterkering	88
5.3.1	Waterwet & WBI	88
5.3.2	WBI beoordeling 2017 Voorne	90
5.3.3	WBI beoordeling 2017 Goeree	91
5.3.4	Veiligheidsanalyse Duinwaterkering Voorne (Arcadis, 2018)	92
5.4	Faalkans van de eerste duinenrij / zeereep	92
6	Gebruiksfuncties	97
6.1	Strandrecreatie Voorne en Goeree	97
6.1.1	Gemeentes met strandrecreatie op Voorne en Goeree	97
6.1.2	Gemeente Goedereede (Goeree)	99
6.1.3	Gemeente Westvoorne (Voorne)	99
6.2	Natuur Voorne en Goeree	100
6.2.1	Natuurwetgeving	100
6.2.2	Habitatkarakteristieken	101
7	Referenties	105
 Bijlage(n)		
A	Achtergrondinformatie over het beleid van dynamische kustlijnhandhaving	A-1
A.1	Definitie Momentane Kustlijn, Te Toetsen Kustlijn en Basiskustlijn	A-1
A.2	Landelijke vaststelling Basiskustlijn 1990	A-2
A.3	Landelijke herzieningen	A-3
A.3.1	Landelijke herziening van 2001	A-3
A.3.2	Landelijke herziening van 2012	A-4
B	Begrippenlijst morfologie	B-1
C	Uitgevoerde suppleties Voorne en Goeree	C-1
C.1	Uitgevoerde suppleties Voorne	C-1
C.2	Uitgevoerde suppleties Goeree	C-3
D	Recreatie Voorne en Goeree	D-4
D.1	Economische waarde	D-4
D.2	Uitleg over de Recreatiebasiskustlijn en de werkwijze vaststellen recreatiestranden	D-5
D.3	Strandrecreatie Zuid-Holland	D-6

1 Inleiding

1.1 Kustonderhoud en -onderzoek

Rijkswaterstaat is verantwoordelijk voor het onderhoud van de Nederlandse kust. Daarvoor wordt de zandvoorraad op het strand en op de zeebodem vlak voor de kust regelmatig aangevuld door middel van zandsuppleties op plaatsen waar dit nodig is. Hierdoor wordt erosie van de kustlijn gecompenseerd. Het zand draagt bij aan de bescherming van Nederland tegen de zee en het behoud van de kustlijn. Tussen 2001 en 2016 is er gemiddeld 12 miljoen kubieke meter zand per jaar gesuppleerd. In 2017 is besloten in het reguliere suppletieprogramma 2016-2019 dit volume tijdelijk te verlagen tot 7 miljoen m³ (Kustlijnkaartenboek, 2018). Hoeveel zand er precies nodig is, en op welke plaatsen en momenten het zand het best kan worden neergelegd (de suppletiepraktijk), baseert Rijkswaterstaat op de jaarlijkse beoordeling 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. Tevens is er nog geen eenduidig beeld van de effecten van suppleties op de ecologie van de kust en wordt hiertoe meerjarig onderzoek uitgevoerd. Om de kennis over het kuststelsel uit te breiden en te verspreiden voert Deltares in opdracht van Rijkswaterstaat kustonderzoek uit binnen het project KPP-B&O Kust (Kennis Primaire Processen Beheer en Onderhoud 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 eraan bij dat acute veiligheidsproblemen langs de kust kunnen worden beperkt.

1.2 Waarom een beheerbibliotheek?

Het hoofddoel van de beheerbibliotheek is samenbrengen en inzichtelijk maken van de meest recente kennis vanuit onderzoek en beheer per kustvak. Gebruikers zijn Rijkswaterstaat, Deltares en andere (kennis)partijen. De beheerbibliotheek biedt onder andere een basis voor het opstellen van het suppletieprogramma, kustadvies en onderzoek.

1.3 Wat staat er in een beheerbibliotheek?

De beheerbibliotheek beschrijft de toestand van het betreffende kustvak en omvat een beschrijving van de morfologische systeemwerking, de kustverdediging en de primaire waterkeringen. 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. Ten slotte wordt in de beheerbibliotheek de informatie over de gebruiksfuncties van de kust (zoals recreatie en natuur) samengevat, het gaat daarbij om informatie die relevant is voor het vaststellen van het suppletieprogramma.

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. Tevens wordt opgedane ervaring en kennis uit de uitvoering meegenomen in de beheerbibliotheek.

De voorliggende beheerbibliotheek van de kustvakken 11, Voorne en 12, Goeree betreft een update van de eerste versie door De Ronde en Van Oeveren (2014). Belangrijke delen van de tekst zijn uit dit document overgenomen, daarnaast zijn de resultaten van nieuwe studies opgenomen en tekst, figuren en tabellen geactualiseerd.

Doelstelling van deze tweede versie van de beheerbibliotheek Voorne en Goeree is 1) geven van een overzicht en samenvatting van de huidige gebiedskennis en 2) aangeven van kennisleemten bij het opstellen van adviezen voor kustonderhoud.

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:

<https://www.openearth.nl/coastviewer-static/>

1.5 Kustlijnkaartenboek

Rijkswaterstaat meet elk jaar waar de kustlijn op dat moment ligt. Aan de hand van de metingen van de laatste 10 jaar berekent Rijkswaterstaat de lineaire trend van de kustlijnligging. Op basis van die trend leidt Rijkswaterstaat af waar de kustlijn op 1 januari van het daaropvolgende jaar zal liggen. Deze positie wordt vervolgens vergeleken met de norm, de Basiskustlijn 1990. Deze informatie wordt ieder jaar opgeleverd in het kustlijnkaartenboek en is beschikbaar via:

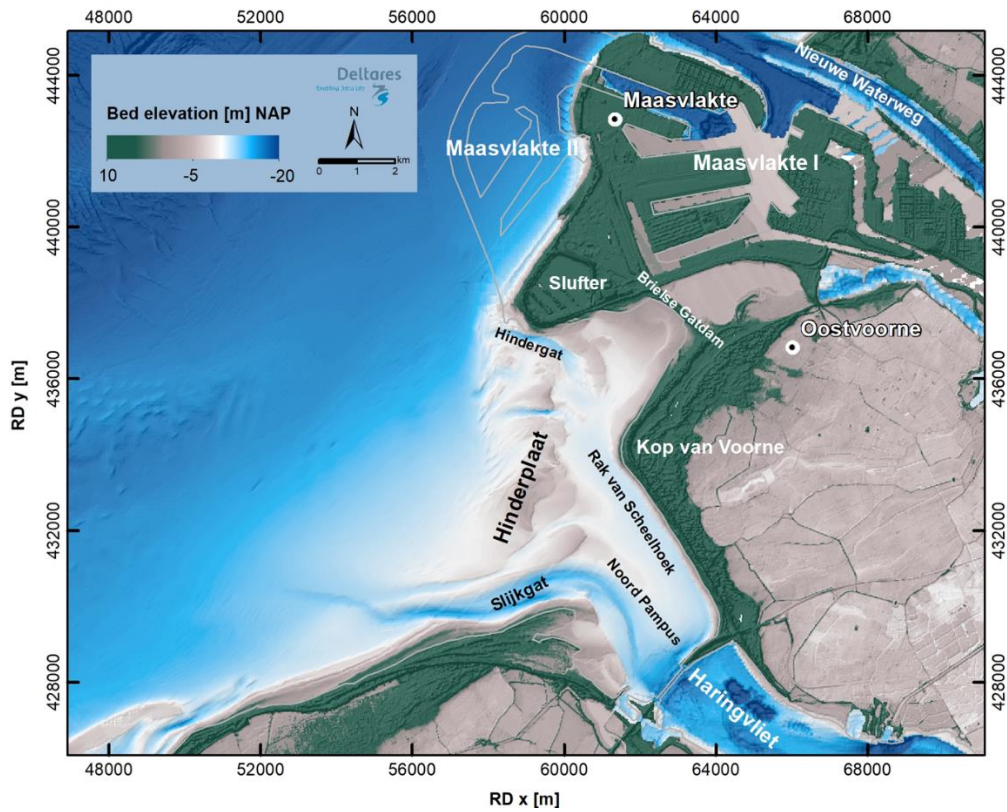
<https://geoservices.rijkswaterstaat.nl/geoweb51/index.html?viewer=Kustlijnkaart.Webviewer>

1.6 Algemene informatie betreffende kustvakken 11 Voorne en 12 Goeree

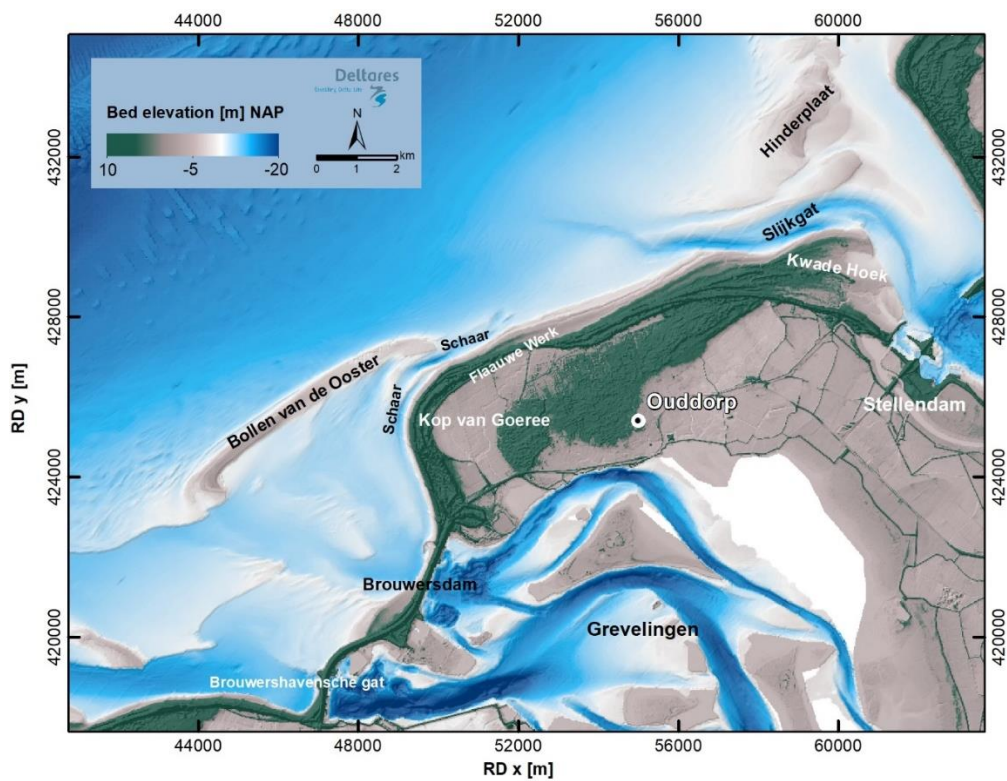
De kust van Voorne, zie Figuur 1.1, kan qua ligging en qua ontwikkeling in drie deelgebieden verdeeld worden. Het noordelijk deel grenzend aan de Brielse Gatdam waarvan de kust gericht is op het noordwesten, het zuidelijke deel vanaf de damaanzet Haringvlietsluizen, waarvan de kust gericht is op het zuidwesten en de daartussen gelegen Kop van Voorne met een sterk gekromde kustligging. De kust van Voorne is altijd zandig geweest en kent geen harde elementen.

Voor de gebiedsbeschrijving van de kust van Goeree, zie Figuur 1.2, is het kustvak opgedeeld in vier deelgebieden, het oostelijke kustgebied vanaf de havendam van Stellendam, dat gericht is op het noordoosten, het kustgebied gericht op het noorden, de Kop van Goeree met een sterk gekromde kust, dit deel is zeer dynamisch en heeft een sterke interactie met de nabijgelegen Bollen van de Ooster en de geul Schaar en tenslotte het kustgebied dat op het westen is gericht en eindigt bij de damaanzet van de Brouwersdam.

De kust van Goeree bestaat uit duinen en dijken. Al in de 18^e eeuw vormde de zeevering langs de noordkust van Goeree een bron van zorg. Tijdens de Watersnoodramp van 1953 was de situatie bij het Flauwe Werk zeer kritiek. In 2009 is het Flauwe Werk in het kader van de Zwakke Schakels versterkt.



Figuur 1.1 Overzicht van het kustvak 11 Voorne.



Figuur 1.2 Overzicht van het kustvak 12 Goeree.

1.7 Leeswijzer voor de beheerbibliotheek Voorne en Goeree

In het eerstvolgende hoofdstuk (Hoofdstuk 2) wordt de achtergrond van het kustbeleid uitgelegd. Hierin staat een beschrijving van de totstandkoming van de Basiskustlijn, landelijke herzieningen die hebben plaatsgevonden en welke regionale afspraken er vervolgens zijn gemaakt.

In Hoofdstuk 3 wordt een beschrijving gegeven van het grootschalige morfologische systeem.

Hoofdstuk 0 beschrijft de kustlijnhandhaving en ontwikkeling van de vooroever, door een overzicht te geven van het uitgevoerde beheer en de detailontwikkeling van de vooroever.

Een overzicht van de huidige en de historische kustverdediging en de primaire waterkering wordt gegeven in Hoofdstuk 5.

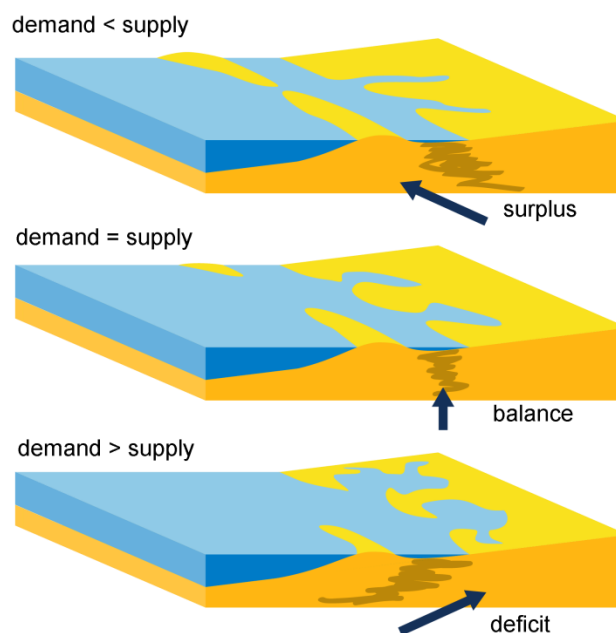
In Hoofdstuk 6 wordt een overzicht gegeven van enkele gebruiksfuncties van de kust. Het betreft een uitwerking van strandrecreatie en natuur en bijbehorende wetgeving en natuurbeleving.

2 Beleid: dynamische kustlijnhandhaving

Sinds 1990 wordt de Nederlandse kust dynamisch gehandhaafd en geldt het principe 'zacht 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 fungeert. In paragraaf 2.1 wordt een toelichting gegeven over de achtergrond van dit kustbeleid. In paragraaf 2.2 worden de keuzes beschreven die gemaakt zijn bij het vaststellen van de Basiskustlijn en welke aanvullende afspraken zijn gemaakt voor de kustvakken Voorne en Goeree. In paragraaf 2.3 wordt de landelijke herziening van de Basiskustlijn beschreven en de gevolgen hiervan voor het kustvak Voorne en Goeree. Meer achtergrondinformatie staat in Appendix A.

2.1 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 (Figuur 2.1). 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 2.1 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. (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 kuststelsysteem verspreid.

Basiskustlijn - Om te bepalen waar het zand gesuppleerd moet worden, is in 1990 de 'Basiskustlijn' ofwel BKL als referentie gedefinieerd, met als doel het signaleren van structurele erosie. Elk jaar wordt beoordeeld 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. Bij de verdeling van dit suppletievolume staat het handhaven van de Basiskustlijn nog steeds voorop.

Herziening Basiskustlijn - Om ervoor te zorgen dat de Basiskustlijn overeën blijft komen met de gewenste kustlijn, is de Basiskustlijn sinds 1990 herzien in 2001, 2012 (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2002a) (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2012) en 2017 (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2018b). 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.

2.2 Vaststelling Basiskustlijn

In deze paragraaf 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 2017. Vervolgens wordt de huidige Basiskustlijn en de gehanteerde argumenten voor specifiek de kustvakken Voorne en Goeree uitgewerkt.

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

- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (1990)
- Hillen et al (1991)
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (1993)
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2002a)
- Bruens et al (2012)
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2012)
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2018b)

2.2.1 Definitie Momentane Kustlijn, Te Toetsen Kustlijn en Basiskustlijn

Sinds 1965 wordt de kustlijn jaarlijks gemeten (i.e. JARKUS: JAaRijks KUSTmeting). Op basis van deze JARKUS-profielen kan de positie van de Momentane KustLijn (MKL) bepaald worden. De MKL wordt berekend uit de ligging van het strand en het bovenste gedeelte van de vooroever.

Ieder jaar wordt beoordeeld of de BKL wordt overschreden, door de MKL-positie met de BKL-positie te vergelijken. Daartoe wordt gekeken naar de ligging van de jaarlijkse 'te Toetsen Kustlijn' (TKL) ten opzichte van de BKL. De jaarlijkse TKL wordt afgeleid uit de trend in de MKL uit voorgaande jaren (meestal 10 jaar).

In Appendix A.1 staat meer informatie over de Momentane Kustlijn, Te Toetsen Kustlijn en Basiskustlijn. In Appendix A.2 staat meer informatie over de landelijke vaststelling van de BKL in 1990.

2.2.2 Regionale afspraken voor de kustvak Voorne en Goeree

Voorstel Rijkswaterstaat:

Voor Voorne was er vooralsnog geen aanleiding om de BKL te verleggen of los te laten. Voor Goeree werden twee locaties aangegeven waar werd overwogen om de BKL te verleggen, op morfologische gronden (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1993. Voor ligging Jarkusraaien zie Figuur 4.8 en Figuur 4.24):

Regio	Beginraai	Eindraai	BKL	Motivatie
Zuid-Holland, kustvak 12 (Goeree)	1500	1750	Landwaarts	argument III
Zuid-Holland, kustvak 12 (Goeree)	30	70	Landwaarts	argument III

Advies POK

Het advies van het POK (Provinciaal Overlegorgaan voor de Kust), met betrekking tot Voorne en Goeree, luidde (Min. V&W, 1993):

Provincie Zuid-Holland stelt voor om, op grond van natuur en natuurlijke dynamiek, op Voorne en op Goeree de BKL op een groter gebied landwaarts te verplaatsen dan in het eerste voorstel van Rijkswaterstaat. Het gaat hier om de volgende gebieden:

- Voorne, raaien 620 t/m 780. In afwijking van BKL-1 stelt het POK-Zuid-Holland voor om, omwille van de duidelijkheid, hier wél een BKL vast te stellen. Het betreft een sterk aanzandend/aanslibbend gebied waar de vooroever te ondiep is om een basiskustlijn te kunnen berekenen. Het POK adviseert om hier de basiskustlijn enige honderden meters landwaarts van de bestaande kustlijn vast te stellen.
- Voorne, raaien 800 t/m 1003. Het POK-Zuid-Holland adviseert hier eveneens tot landwaartse verlegging van de basiskustlijn (maximaal 220 meter verlegging).
- Goeree, tussen raai 300 en 900, en tussen raai 1325 en 1802. Het POK-Zuid-Holland adviseert hier eveneens tot landwaartse verlegging van de basiskustlijn.

Reactie Rijkswaterstaat

Rijkswaterstaat neemt dit advies over.

2.3 Herzieningen Basiskustlijn

2.3.1 Landelijke herzieningen

Na de vaststelling van de BKL in 1990 is deze drie keer herzien.

- Herziening in 2001: Naar aanleiding van de tweede Kustnota (Ministerie van Verkeer en Waterstaat 1995), waarin werd geconstateerd dat de ligging van de basiskustlijn niet overall optimaal is, heeft een technische en bestuurlijke evaluatie van de BKL plaatsgevonden. Dit heeft geresulteerd in een eerste BKL-herziening.
- Herziening in 2012: Na de versterking van de meeste Zwakke Schakels is de BKL wederom op een aantal locaties aangepast om de versterkingen goed te onderhouden.

- Herziening in 2017: De BKL is op een vijftal locaties aangepast na versterking van voormalige Zwakke Schakels en op nog een drietal om aan te sluiten bij de natuurlijke ligging van de kust.

Meer informatie over de landelijke herzieningen staat in Appendix A.3.

2.3.2 Regionale herzieningen voor het kustvak Voorne

Ter hoogte van Voorne (tussen raai 900 en 1080) zijn de duinen versterkt. De duinen zijn zeewaarts verzwaard. Landwaarts ligt een natuur-rustgebied, waardoor ingrijpen niet gewenst is. De versterking is zo gedimensioneerd dat de komende 20 jaar de verwachte erosie wordt opgevangen en er geen extra suppleties nodig zijn (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2002a). Een herziening van de BKL wordt verder niet overwogen.

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 tevoren te informeren, zodat beide partijen zo min mogelijk last van elkaar hebben

2.3.3 Regionale herzieningen voor het kustvak Goeree

Voor Goeree is bekeken of de Basiskustlijn tussen raai 1820 en 1900 herzien moest worden vanwege een te ver zeewaarts vastgestelde Basiskustlijn.

In de raaien 1800 tot 1900 ligt de te toetsen kustlijn vaak landwaarts van de basiskustlijn, toch is in dit gebied maar één keer sinds 1990 een suppletie uitgevoerd. Verdere suppleties in dit gebied zijn door de beheerder als onnodig beschouwd, omdat er geen sprake was van structurele erosie en er geen functies in het geding kwamen.

De te toetsen kustlijn bevindt zich voor een deel van het gebied zeewaarts van de basiskustlijn, voor een deel landwaarts. Dit laatste wordt mede veroorzaakt doordat bij het vaststellen van de basiskustlijn geen rekening is gehouden met de natuurlijke dynamiek en de zeewaartse trend uit de jaren 80 verder is geëxtrapoleerd. Door de BKL nu iets terug te leggen, krijgt de BKL weer een sterkere signaalfunctie dan voorheen het geval was. Gezien de breedte van het duingebied, het huidige onderhoudsregime en de geringe voorgestelde teruglegging van de BKL, zal het effect op het benodigde onderhoud en de veiligheid nihil zijn.

De positie van de basiskustlijn, zoals vastgesteld in 1990, en de lokale herzieningen in 2001 en 2012 zijn terug te zien in de kustlijnkartenviewer:

<https://geoservices.rijkswaterstaat.nl/geoweb51/index.html?viewer=Kustlijnkart.Webviewer>.

3 Gebiedsbeschrijving

Dit hoofdstuk beschrijft de algemene kenmerken van de kustvakken Voorne en Goeree. Paragraaf 3.2 beschrijft de paleogeografische ontwikkeling van dit kustgebied gedurende het Holoceen. Paragraaf 3.1 geeft een algemeen overzicht van de ontwikkelingen in het kustgebied van Voorne en Goeree. In paragraaf 3.2 wordt dieper ingegaan op de grootschalige morfologische ontwikkelingen in de buitendelta van de zeearmen die het gebied gevormd hebben.

3.1 Algemene gebiedsbeschrijving

Deze paragraaf beschrijft het gebied met de belangrijke grootschalige ingrepen (vooral de Deltawerken). Voor de kust van Voorne zijn vooral de ontwikkelingen van het Haringvliet en het Brielse Gat van belang, voor de kust van Goeree zijn de ontwikkelingen van het Haringvliet en de Grevelingen die een grote rol spelen. Voor een overzicht van de huidige configuratie van platen en geulen zie Figuur 1.1, Figuur 1.2 en Figuur 3.1. In paragraaf 3.2 wordt in meer detail ingegaan op de morfologische ontwikkelingen in de Voordelta en met name in de voormalige mondingen van het Haringvliet en de Grevelingen.

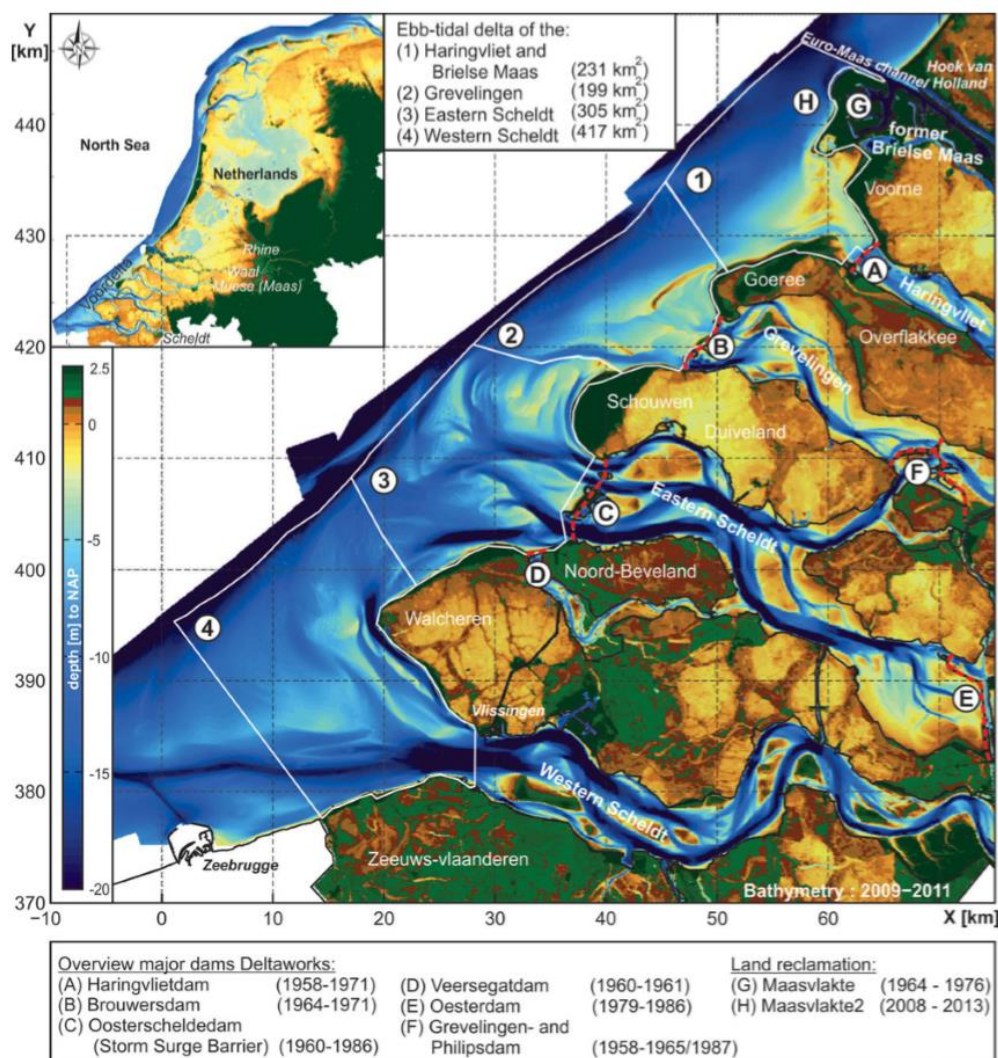
3.1.1 De Voordelta

De aaneengesloten buitendelta's van de zeearmen voor de Zeeuwse en Zuid-Hollandse eilanden vormen samen de Voordelta, die zich uitstrekt over 90 km tussen Hoek van Holland in het noorden en Zeebrugge (België) in het zuiden (Figuur 3.1). De kust in het zuidwesten van Nederland bestaat uit verschillende (voormalige) getijdebekkens, van noord naar zuid zijn dit: Brielse Gat, Haringvliet, Grevelingen, Ooster- en Westerschelde, zie Figuur 1.1, Figuur 1.2 en Figuur 3.1. Deze (voormalige) getijdebekkens zijn significant veranderd als gevolg van de aanleg van de Deltawerken (Elias et al, 2016, Lazar et al, 2017). Het Brielse en het Oostvoornse Meer zijn tegenwoordig geheel afgesloten door de Brielse Gatdam. De Haringvliet, Grevelingen en Oosterschelde zijn thans zijtakken van de samengevloede rivieren Maas en Rijn, terwijl de Westerschelde de benedenloop vormt van de rivier de Schelde. Alleen de Ooster- en Westerschelde staan nog in directe verbinding met de zee, de eerste door de halfopen Oosterschelde Stormvloedkering (OSK). De OSK laat de getijbeweging door in het estuarium, maar de bijbehorende werkeilanden en pijlers verminderden het getijvolume met ruwweg 35% (Vroon, 1994).

De zeewaartse reikwijdte van de Voordelta gaat tot ongeveer 10 km buiten de kust. Van noord naar zuid neemt de gemiddelde diepte toe, terwijl het percentuele oppervlak van de ondiepe banken afneemt. Het sediment van de geulen en banken bestaat voornamelijk uit fijn tot matig fijn zand (Terwindt, 1973). Plaatselijk zijn harde, erosieresistente lagen aanwezig bestaande uit vaste kleipakketten (Van der Spek, 1997, Hijma en Kooi, 2018). Het gebied wordt gekenmerkt door getijdegeulen en –platen, waarvan de ligging van grote invloed is op het beheer en onderhoud van de kust van Zeeland. Het gedrag van deze geulen en platen wordt bepaald door een ingewikkeld samenspel tussen golven, getij en effecten van menselijk handelen. De platen zijn tevens belangrijk voor veel bodemdieren, zeehonden en vogels. Verder kent het gebied van de Voordelta een hoge voedselrijkheid en veel vissen (website Natura 2000, Ministerie van Economische Zaken). In paragraaf 6.2 wordt dieper ingegaan op de aanwezige natuur in dit kustvak, waaronder de Natura 2000 gebieden (zie ook Figuur 6.3).

In de Voordelta zijn getij en golven de voornaamste drijvende krachten (Lazar et al, 2017). Krachtige getijstromingen en zware zeegang, vooral bij harde wind, vormen een hoog-dynamische omgeving, die vorm heeft gekregen in snel verplaatsende banken en platen, doorsneden door vele ondiepe en diepe getijdegeulen. Alleen de afvoersluizen in de Haringvlietdam (met een maximale capaciteit van 25.000 m³/s) kunnen tijdelijk gedurende zoetwater piekafvoeren zodanig merkbare dichtheidsverschillen in het zeewater bewerkstelligen dat deze invloed kunnen hebben op de lokale bodemmorfolgie.

Het golfklimaat wordt beheerst door windgolven opgewekt in het ondiepe Noordzeebekken. De gemiddelde significante golfhoogte is 1,3 m vanuit het west-zuidwesten, met een bijbehorende gemiddelde golfperiode van 5 s (Roskam, 1988; Wijnberg, 1995). Tijdens storm kunnen windgolven soms een hoogte van meer dan 6 m bereiken en zijn bijkomende waterpeilstijgingen van meer dan 2 m gemeten. Het twee-keer daagse getij beweegt evenwijdig aan de kust naar het noorden bij vloed en naar het zuiden bij eb. De getijslag neemt af van 3,86 m bij Vlissingen aan de Westerschelde tot 1,74 m bij Hoek van Holland ten noorden van het Haringvliet.



Figuur 3.1 Overzicht van het Zeeuwse en Zuid-Hollandse deltagebied dat tezamen de Voordelta vormt. Met de voornaamste afsluitdammen van het Deltaplan (rood-gestreepte lijnen) en de grenzen van de buitendelta's (ebb-tidal delta's) van de verschillende zeegaten (dunne witte lijnen). (Elias et al, 2016).

3.1.2 Harde kustverdediging - De Deltawerken

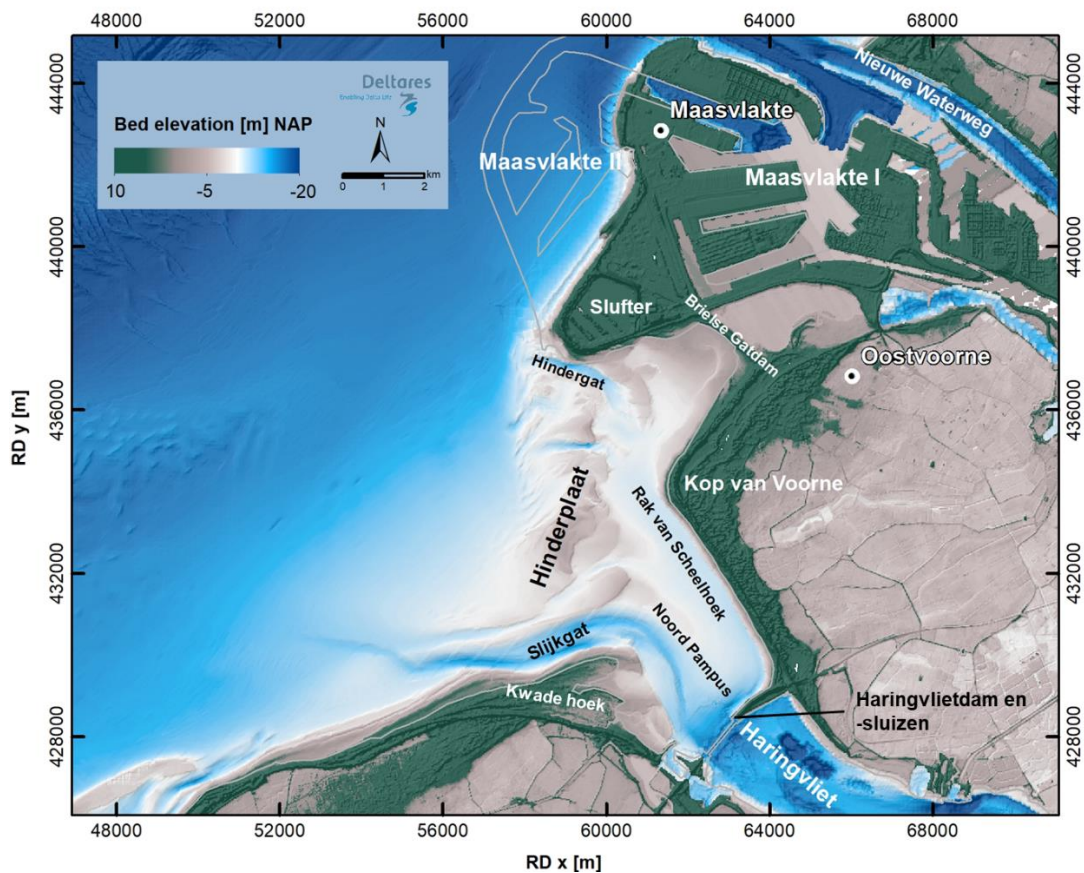
De Deltawerken in het zuidwesten van Nederland werden uitgevoerd na de stormramp van 1 februari 1953. Het project bestond uit de afsluiting van de verschillende zeegaten met dammen om de kustlijn te verkorten en zo de veiligheid tegen overstroming te verhogen, zie Figuur 3.1 voor de locaties van de verschillende Deltawerken (Elias et al, 2016). Tegelijkertijd konden zo zoetwaterbekkens worden gecreëerd ten behoeve van de landbouw en de drinkwatervoorziening. De Haringvlietdam werd voorzien van spuilsluizen om de afvoer van de Rijn en de Maas te reguleren zodat zoutindringing door de diep uitgebaggerde Nieuwe Waterweg kon worden voorkomen. Alleen de Westerschelde zou open blijven in het oorspronkelijke Deltaplan om een onbelemmerde vaarweg naar Antwerpen te behouden.

In de jaren '70, na voltooiing van de eerste projecten, de afsluiting van het Haringvliet met de Haringvlietdam (1958-1971) en de Grevelingen met de Brouwersdam (1964-1971), werden waterkwaliteit en milieu een toenemende zorg. Zo werd in 1978 een zoutwaterdoorlaatmiddel gemaakt in de Brouwersdam. Al eerder ontstond er weerstand tegen de plannen om de Oosterschelde, een getijddebekken gekenmerkt door zeer helder water door de afwezigheid van rivier-waterinstroming waarin de schelpdierkwekerij floreerde, af te dammen. Dat zou het verlies van een waardevol binnenlands ecosysteem betekenen. De tegenstand groeide zodanig dat werd afgezien van complete afsluiting en een halfopen dam werd gebouwd, de Oosterschelde Stormvloedkering (OSK), die in 1986 werd voltooid.

Het geheel of gedeeltelijk afdammen van de zeegaten had een significant effect op de buitendelta's: de sterke vermindering van de dwars op de kust gerichte getijstrooming veroorzaakte een reeks van morfologische veranderingen, die tot op de dag van vandaag voortduren. Daarenboven veranderden de hydrodynamica en de morfologie ook door het grootschalige baggeren in de Westerschelde en in de Wielingen vaargeul, de meest zuidwestelijke geul van de buitendelta. In paragraaf 3.3 wordt het effect van de Deltawerken op de morfologische ontwikkelingen van de Haringvliet en Grevelingen buitendelta besproken.

3.1.3 Het Haringvliet en de kust van Voorne

De kust van Voorne, zie Figuur 3.2, kan qua ligging en qua ontwikkeling in drie deelgebieden verdeeld worden. Het noordelijk deel grenzend aan de Brielse Gatdam waarvan de kust gericht is op het noordwesten, het zuidelijke deel vanaf de damaanzet Haringvlietssluisen, waarvan de kust gericht is op het zuidwesten en de daartussen gelegen Kop van Voorne met een sterk gekromde kustligging. De kust van Voorne is altijd zandig geweest en kent geen harde elementen. Tussen 2009-2010 zijn de duinen op de westpunt van Voorne zijn aangepast aan de nieuwe veiligheidsnormen voor waterkeringen in het kader van de versterking Zwakke Schakels.



Figuur 3.2 Overzicht van de kust van Voorne.

3.1.3.1 Het Kierbesluit

De Haringvlietdam met spuisluizen (zie Foto 3.1) zijn als onderdeel van de Deltawerken in 1970 in gebruik genomen, om enerzijds het achterland te beschermen tegen stormvloeden maar tevens om de rivierafvoer van Rijn en Maas af te voeren en een zoetwaterreservoir te realiseren. Omdat de waterkwaliteit van het Haringvlietbekken sindsdien is verslechterd, is overwogen of het beheer van de Haringvlietssluisen zodanig kon worden aangepast dat in beperkte mate het zoute water kon terugkeren. Met compenserende maatregelen wordt dan de inname van zoet water voor de landbouw in de aangrenzende gebieden gegarandeerd.

Op 20 juni 2013 is het principebesluit genomen en op 16 januari 2019 zijn de sluisen daadwerkelijk open gegaan. Het Kierbesluit betekent dat de Haringvlietssluisen 'op een kier worden gezet' als de waterstand op het Haringvliet lager is dan op zee¹. Dat is belangrijk voor de internationale vismigratie. Op deze manier kunnen trekvis, waaronder zalm en zeeforel de sluisen passeren richting hun paaigebieden die stroomopwaarts liggen.

Het openzetten van de sluisen zorgt er ook voor dat zout water binnen kan stromen, waardoor het westelijk deel van het Haringvliet gaat verzilt. De sluisen worden dan zo beheerd dat zoet water ten oosten van de denkbeeldige lijn Middelharnis - monding Spui gegarandeerd blijft. Als er te weinig water door de rivier stroomt om het zoute water ten

¹ www.kierharingvliet.nl

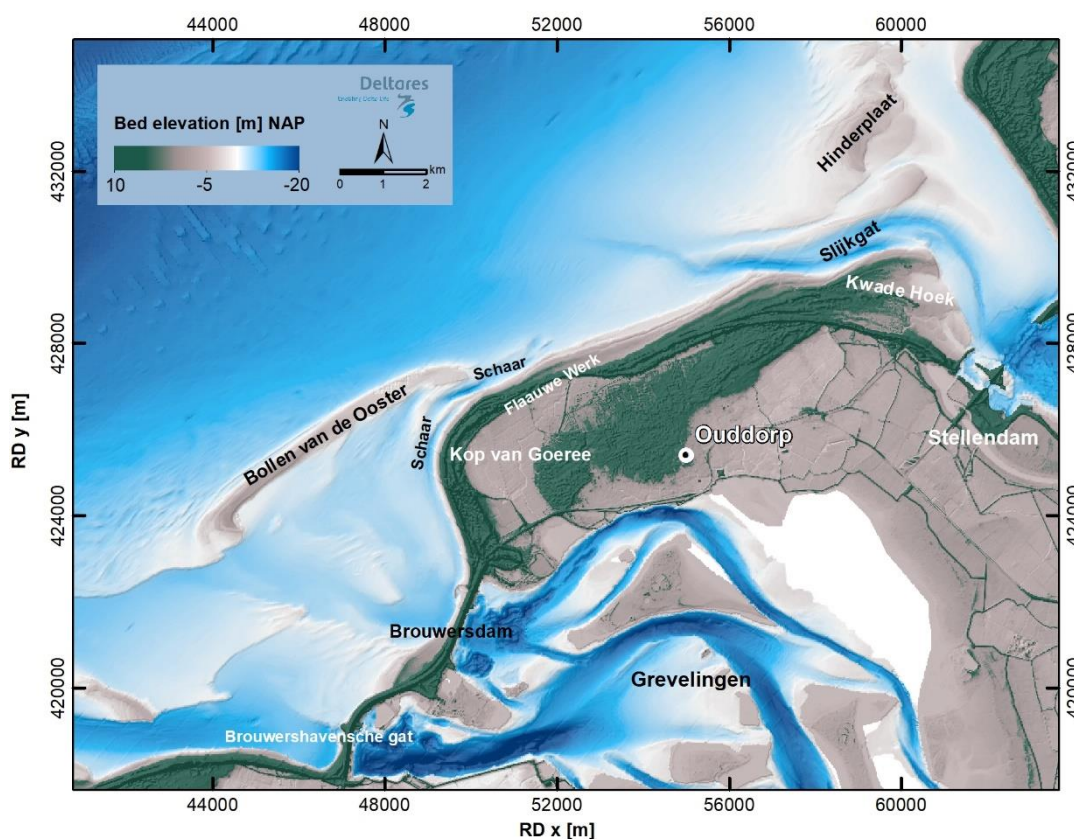
westen van deze lijn te houden, gaan de sluisen dicht. Voordat de sluisen dichtgaan wordt het zoute water uit het Haringvliet gespoeld, het zogenaamde 'zoetspoelen'. Inname van zoet water blijft op het Haringvliet dus gegarandeerd ten oosten van de lijn Middelharnis en het Spui. Omdat de instroomsnelheden bij inname van zout water, dus bij niet te hoge rivierwaterstanden en rond de vloed op zee, zeer gering zullen zijn, worden er geen grote morfologische veranderingen in het Haringvlietbekken of daarbuiten verwacht. Mogelijk zal er lokaal wel sprake zijn van erosie van sliblagen, in de vorm van geultjes waarin het zoute water als een dichtheidsstroom langs de bodem het bekken kan instromen.



Foto 3.1 Haringvlietsluizen (detail, deels gesloten deur), Beeldbank Rijkswaterstaat

3.1.4 De Grevelingen en de kust van Goeree

De kust van Goeree, zie Figuur 3.3, kan worden beschreven aan de hand van vier deelgebieden, het oostelijke kustgebied vanaf de havendam van Stellendam, dat gericht is op het noordoosten, het kustgebied gericht op het noorden, de Kop van Goeree met een sterk gekromde kust, dit deel is zeer dynamisch en heeft een sterke interactie met de nabijgelegen Bollen van de Ooster en de geul Schaar en tenslotte het kustgebied dat op het westen is gericht en eindigt bij de damaanzet van de Brouwersdam. De kust van Goeree bestaat uit duinen en dijken. Al in de 18^e eeuw vormde de zeewering langs de noordkust van Goeree een bron van zorg. Tijdens de Watersnoodramp van 1953 was de situatie bij het Flauwe Werk zeer kritiek. In 2009 is het Flauwe Werk in het kader van de Zwakke Schakels versterkt.



Figuur 3.3 Overzicht van de kust van Goeree.

3.1.4.1 Beheer Brouwersdam en Grevelingenmeer

De Brouwersdam, voltooid in 1971, vormt een harde waterkering maar door natuurlijke aanzanding en een suppletie in 2016 is hier tegenwoordig een zandstrand. In 1983 is een doorlaatmiddel (hevel) in de Grevelingendam bij Bruinisse in gebruik genomen waarmee in combinatie met de in 1978 geopende doorlaatsluis in de Brouwersdam zout water het Grevelingenmeer kan instromen ten behoeve van de waterkwaliteit. Dit systeem functioneerde echter niet goed. Sinds 2017 is de verbinding met de Oosterschelde, de Flakkeese Spuisluis gerenoveerd en verbeterd, zodat er hier nu ook zout water ingenomen kan worden.

Rijkswaterstaat heeft sinds 2011 plannen uitgewerkt voor een groter doorlaatmiddel in de Brouwersdam waarbij een getij van ongeveer 50 cm kan terugkeren en waarbij ook de mogelijkheid van een getijdecentrale ontstaat, zie Foto 3.2. Op 21 februari 2019 is een samenwerkingsovereenkomst getekend en er is een marktconsultatie uitgevoerd². Een getijdecentrale is breder dan alleen een doorlaatmiddel, waardoor ook de effecten groter worden. Tevens wordt gekeken of mitigerende maatregelen mogelijk zijn, ten behoeve bescherming van het strand in het zuiden. De morfologische effecten van een verbeterde doorstroming zullen beperkt zijn vanwege de geringe stroomsnelheden door de spuisluis, maar het effect op de menging en de zuurstoftoevoer naar diepere delen is belangrijk voor de ecologie in dit Natura 2000 gebied. Ten behoeve van de strandrecreatie is er een zandsuppletie uitgevoerd in 2016, zie ook paragraaf 4.2.3.

² <https://www.getijgrevelingen.nl/nieuws/marktconsultatie-positief-onder-voorwaarden>



Foto 3.2 Locatie getijdencentrale in de Brouwersdam³

³ <https://www.getijgrevelingen.nl/nieuws/marktconsultatie-positief-onder-voorwaarden>

3.2 Paleogeografische ontwikkeling van het gebied

Vanwege het intensieve menselijke gebruik als haven- en stedelijk gebied is het gebied tussen Voorne en Rotterdam een van de geologisch best bestudeerde regio's van West-Nederland (Moree et al., 2018). Deze paragraaf is in grote lijnen ontleend aan die publicatie.

Aan het einde van de laatste ijstijd, het Weichselien, was een groot deel van het gebied onder Voorne, Goeree en wijdere omgeving “droog” en nog niet overstroomd met zeewater; de rivieren Rijn en Maas vormden hier samen een brede riviervlakte. Beide rivieren waterden via dit gebied af door middel van een stelsel van zogenaamde vlechtende rivierarmen die soms wel en soms geen water voerden. Aan de noordranden van individuele geulen ontstonden lokaal tot wel 10 meter hoge rivierduinen, waar al vroeg in het Holoceen mensen neerstreken om het omliggende gebied te exploiteren vanwege het vele jacht- en waterwild. Tegelijkertijd ontstond een laag rivierklei tijdens en na perioden met hoge rivierafvoer.

Met de stijgende zeespiegel mee schoof een relatief smalle gordel van veengroei, en zeewaarts daarvan een bredere gordel van zand- en kleiafzettingen, het land op. Tussen 9000 v. Chr. en ca. 4000 v. Chr. vulde het brede rivierdal van het gecombineerde Rijn-Maas bekken zich met veel fijn zand en klei. De grens water-land trok met enige snelheid landinwaarts. De riviergeulen raakten los van hun oorspronkelijke ondergrond. Rond 5500 v. Chr. was er een maximum aan open water in het landschap, en ook daarna bleef er nog een flink oppervlak aan open water.

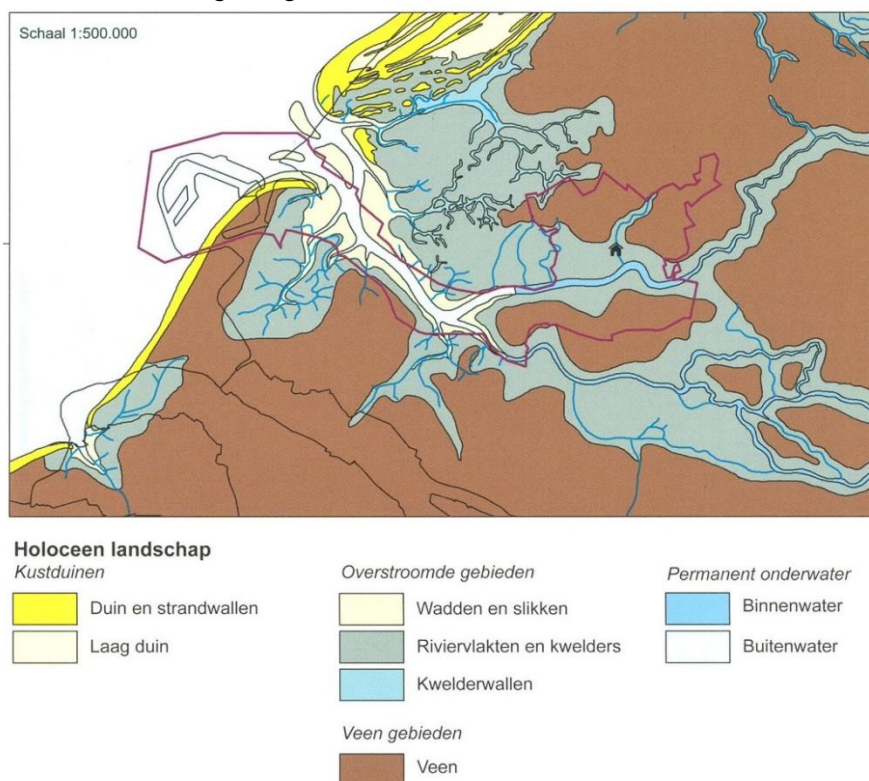
De afnemende snelheid van zeespiegelrijzing over de periode van de laatste 5500 jaar heeft een grote rol gespeeld in de meer recente vorming van het gebied, in combinatie met de relatief geringe aanvoer van riviersediment in die periode. Gevolg was dat de riviervlakte verdronk en alleen langs de rivierlopen zandig sediment werd afgezet, en in de komgebieden maar zeer weinig sediment terecht kwam. Daar kwamen veel meren voor waarin dikke pakketten organische afzettingen (veen aan de randen en gyttja's in het midden) terecht kwamen. Er vond dus verlanding plaats.

Vanaf ca. 4000 v. Chr. verzoette het landschap achter de kustlijn (die waarschijnlijk bestond uit smalle zandige strandwallekes) zeer snel door de toenemende zoetwaterdruk vanuit het achterland, maar er bleven van tijd tot tijd zoute invloeden gelden vanwege de invloed van periodiek optredende stormvloed die zeewater het estuarium van Rijn en Maas opstuwden. In de opvolgende 2400 jaar, gerekend vanaf ongeveer 2000 v. Chr. veranderde deze situatie en groeide het veen meters hoog op door de vorming van een min of meer gesloten kust in de vorm van strandwallen. Rond 2750 v. Chr. lag de kustlijn ongeveer ter hoogte van de huidige kustlijn.

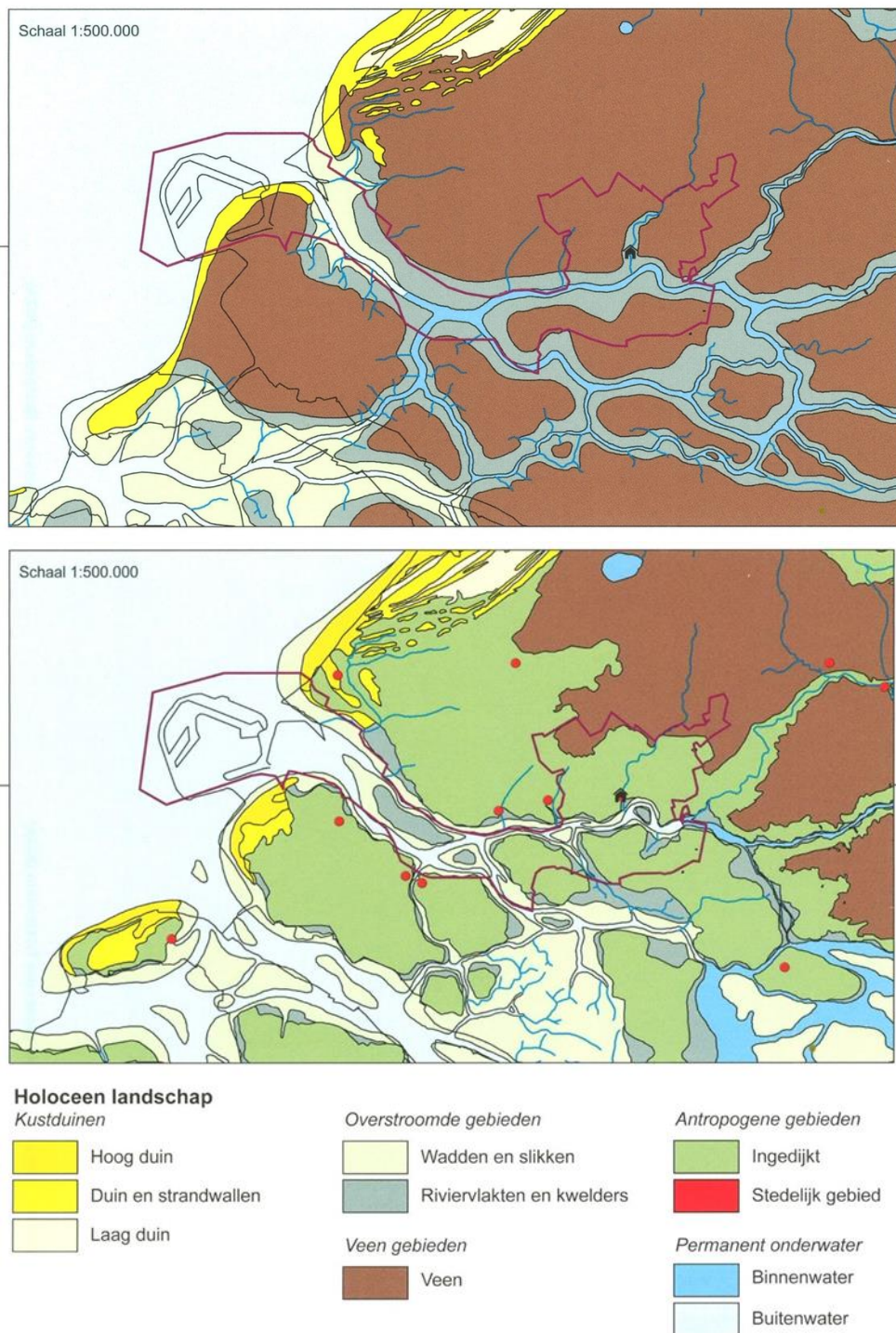
Pas ca. 500 jaar v. Chr., een paar eeuwen voor de Romeinse tijd, vonden aan de noordrand van het estuarium enkele inbraken van de zee plaats, die aanleiding gaven tot het openbreken van het veensysteem en de afzetting van overstromingsdekken bestaande uit klei aan weerszijden van de inbraakgeulen richting Westland. Rond 100 n. Chr. was de kust verbrokkeld geraakt en had de zee vrij toegang verkregen tot een groter deel van het achterliggende veengebied (zie o.a. Moree et al., 2018 en de daarin geciteerde literatuur). Forse erosie van het veen was het gevolg, waarbij zeer grote oppervlakten veengebied aan beide zijden van de rivier in slechts anderhalve eeuw veranderden in intergetijdgebieden (Figuur 3.4).

Rond 800 n. Chr. AD (Figuur 3.5, bovenste kaartje) is landwaarts van de monding van de Oude Maas het oppervlak aan de jonge getijdenafzettingen weer afgenomen en de veengroei hervat. In het zuiden komt de voorloper van de Grevelingen tot stand en begint in het hier besproken gebied een lange periode van landverlies. Heel anders is de situatie rond 1500 na Chr.: na het oprukken van getijdengeulen en -kreeken vanuit het zuiden (waarin ook het Haringvliet ontstaat ca. 1300 na Chr.) verandert een zeer groot deel van het gebied in gorzen (intergetijden-slibbanken) en schorren (begroeide supragetijden kwelders). De oorzaak voor de verlanding is de sterke ontwikkeling van de Oosterschelde verder naar het zuiden, wat een aantrekkende werking op de eb-en vloed volumina heeft, en wat ten koste gaat van de getijdenvolumina in de Grevelingen en in het Haringvliet (Van der Spek en Elias, 2017). Het uitgestrekte veengebied wordt deels opgeruimd en deels overspoeld: dikke pakketten zeekei komen tot stand. De meeste hoog opgeslibte gebieden zijn dan al ingedijkt. Aan de kust van Voorne vindt enige jonge duinvorming plaats, maar die is van een kleinere orde (lager en later) dan die op de vastelandskust van Holland verder naar het noorden (Figuur 3.5, onderste kaartje). De kust van Goeree bestaat nog lang uit twee eilanden die voor de 18^e eeuw met elkaar verbonden worden en de westelijk punt van de eilandkop wordt eerst in de 18^e eeuw bedijkt. De Delflandse kust voor het Westland erodeert (Van der Valk, 2016) met meters per jaar.

Omstreeks 1850 is het gebied grotendeels beschermd door hogere dijken en zijn de estuariene geulen “getemd”. De belangrijkste verandering daarna is de aanleg van de Nieuwe Waterweg (1863-1872) die noodgedwongen de hoofdafvoer van het Rijnwater werd; dat heeft voor grote hydrologische aanpassingen van het geulensysteem van de benedenrivieren gezorgd.



Figuur 3.4 De paleogeografische ontwikkeling van het mondingsgebied van Rijn en Maas 100 n. Chr.. Naar Moree et al. 2018. Het paars omliggende gebied omvat de huidige gemeente Rotterdam; zie ook voor referentie de huidige land-watergrens in zwart



Figuur 3.5 De paleografische ontwikkeling van het mondingsgebied van Rijn en Maas rond 800 (boven) en 1500 (onder). Naar Moree et al. 2018

3.3 Grootschalige morfologische ontwikkelingen

In deze paragraaf bevat de morfologische ontwikkeling van de (voormalige) buitendelta's van het Haringvliet en de Grevelingen die van invloed zijn op de kustvakken Voorne en Goeree. De invloed van de Deltawerken op de morfodynamische ontwikkelingen wordt beschreven voor de Voordelta (paragraaf 3.3.1), de Haringvliet buitendelta (paragraaf 3.3.2) en Grevelingen buitendelta (paragraaf 3.3.3).

3.3.1 De Voordelta

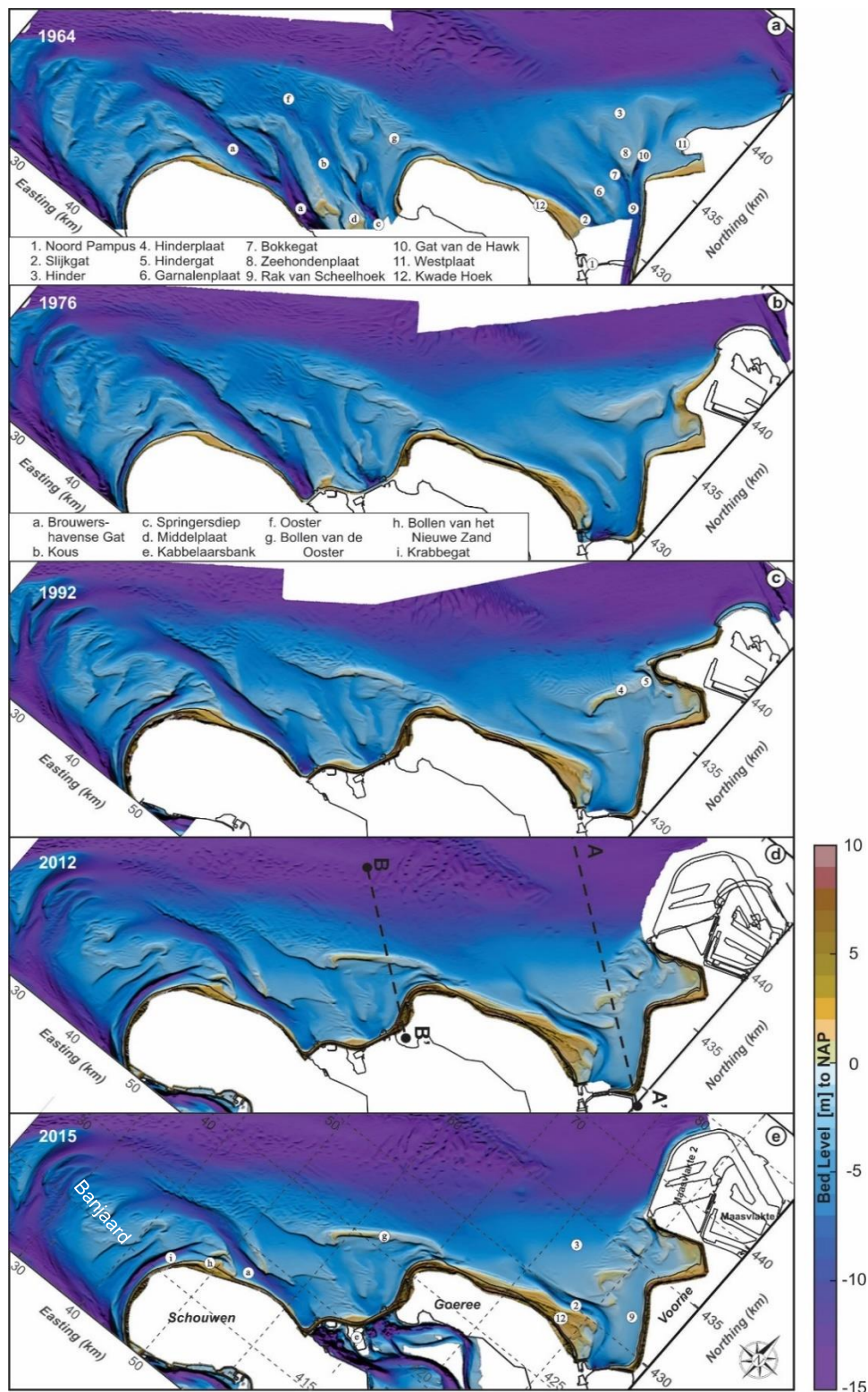
Figuur 3.6 toont de grootschalige morfologische veranderingen in het noordelijk deel van de Voordelta over de periode vanaf 1964, waaronder de gevolgen van de afsluiting van de Haringvliet en Grevelingen in het kader van de Deltawerken. De afsluiting van de zeegaten tussen 1970 en 1986 resulteerde in een sterke verkleining van het getijvolume, een sterke vermindering van de zandtoevoer naar de buitendelta door de ebstroming en daardoor een relatieve toename van het golfgedreven zandtransport (Van der Spek en Elias, 2017). Dit resulteerde in een netto landwaarts transport, erosie van de buitendelta en de vorming van zandbanken op de buitenrand van de buitendelta (zie Figuur 3.7 en Van der Spek, 1987, en Kohsiek, 1988 voor details). Bovendien werden door de afname van de kustdwarse getijstroming de kust-parallelle stromingen door de geulen in de buitendelta meer overheersend. Morfologische aanpassingen en zandverlies naar, voornamelijk, de aanliggende delta's was het gevolg. De Haringvliet en Grevelingen buitendelta's vertoonden grootschalige erosie aan de zeewaartse zijde en aanzanding aan de landwaartse zijde van de buitendelta (zie Figuur 3.6 en Figuur 3.7).

In het algemeen zouden volgens de indeling van Davis en Hayes (1984), de zeegaten vóór de afsluiting gekenmerkt worden door 'gemengd-energetisch golf-gedomineerd' in het noordelijk deel, tot 'gemengd-energetisch getij-gedomineerd' en uiteindelijk 'getij-gedomineerd' in de zuidelijke Westerscheldemond. De morfologie van de grootste zeegaten vertoont getijde-gedomineerde kenmerken zoals een grote buitendelta en diepe geulen. Deze zijn het gevolg van een groot getijde-volume en betrekkelijk gematigde golfenergie. Door de afsluiting van de drie noordelijke estuaria (Brielse Maas, Haringvliet en Grevelingen) is de invloed van het getij afgenomen, en wordt het in het noordelijk deel tegenwoordig gekenmerkt als 'golf-gedomineerd' (Elias et al., 2016).

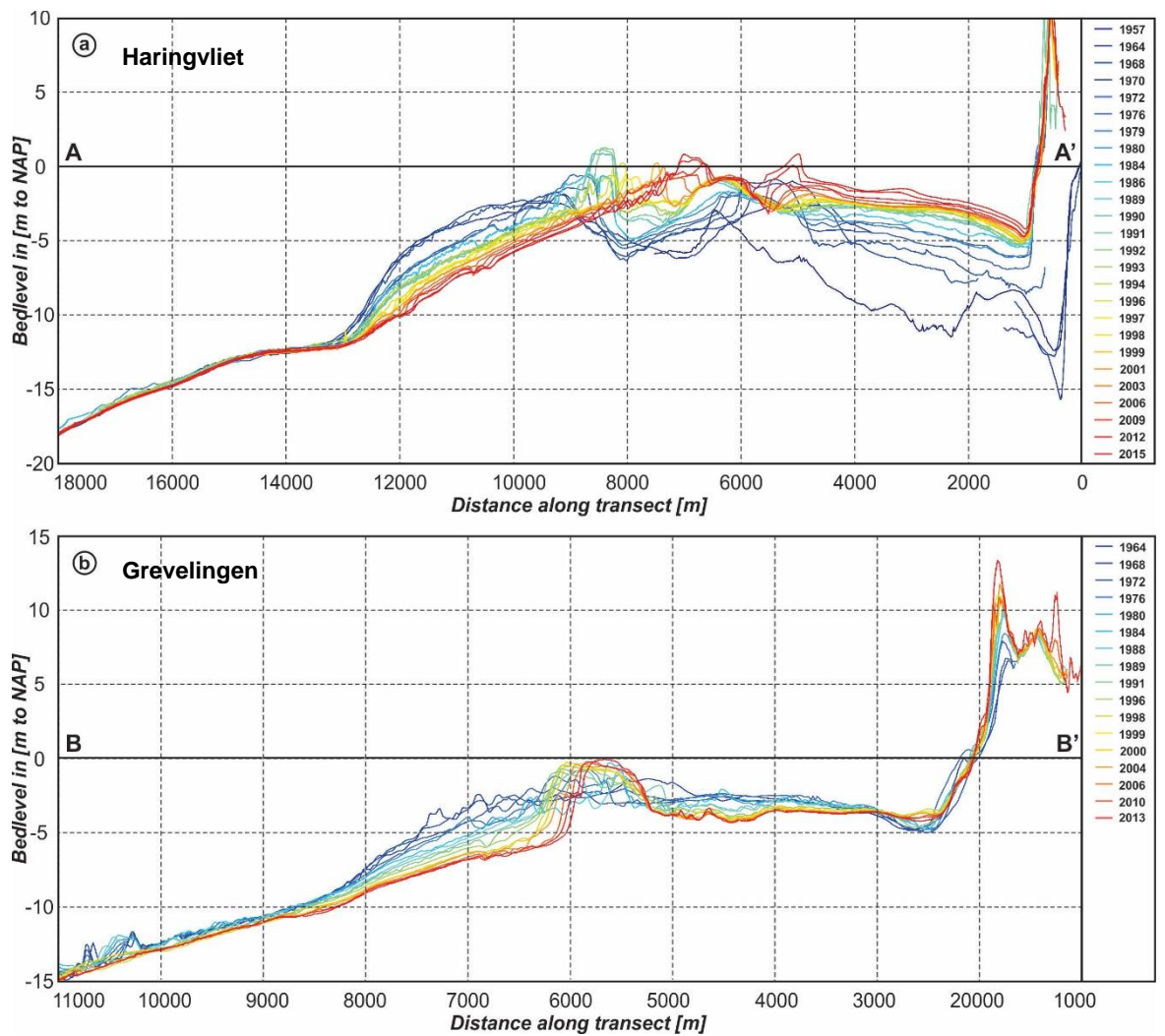
Een analyse van de ontwikkeling van zandvolumes op de buitendelta's over de periode 1965-2010 is uitgevoerd door Elias et al. (2016), zie Figuur 3.8. De omvang van de buitendelta's meegenomen in deze berekeningen zijn weergegeven in Figuur 3.1 met de witte lijnen. Sinds 1980 is het volume van de buitendelta van de Oosterschelde behoorlijk afgenomen met 77 miljoen m³ (Figuur 3.8 rechtsboven), gekenmerkt door een erosiesnelheid van gemiddeld -2,67 miljoen m³/jaar. Het grootste deel van deze verliezen trad op in de Banjaard (-49 miljoen m³). De volumeveranderingen van de Westerschelde, Grevelingen en Haringvliet buitendelta's zijn geringer dan die van de Oosterschelde.

Tussen 1965 en 2010 is het volume van de Haringvliet en Grevelingen buitendelta toegenomen met 25 resp. 10 miljoen m³ hoewel meer recent weer zandverliezen te zien zijn. De grootschalige sedimentatie in de Haringvliet buitendelta (Figuur 3.8 rechtsonder) tussen 1965 en 1980 is mogelijk het gevolg van de vorming van de Hinderplaat (zie Figuur 3.6 bij [4] en verdere analyse in paragraaf 3.3.2.2). Consolidatie van dikke pakketten slib in het Rak van de Scheelhoek kunnen het volumeverlies tussen 1980 en 2000 verklaren. Tegenwoordig blijft het volume stabiel, waarschijnlijk mede door de aanleg van Maasvlakte 2 tussen 2003 en 2008, waarbij 240 miljoen m³ zand is gesuppleerd. Deel van de tussen 1989 en 2006 waargenomen erosie van de Grevelingen buitendelta (Figuur 3.8 linksonder)

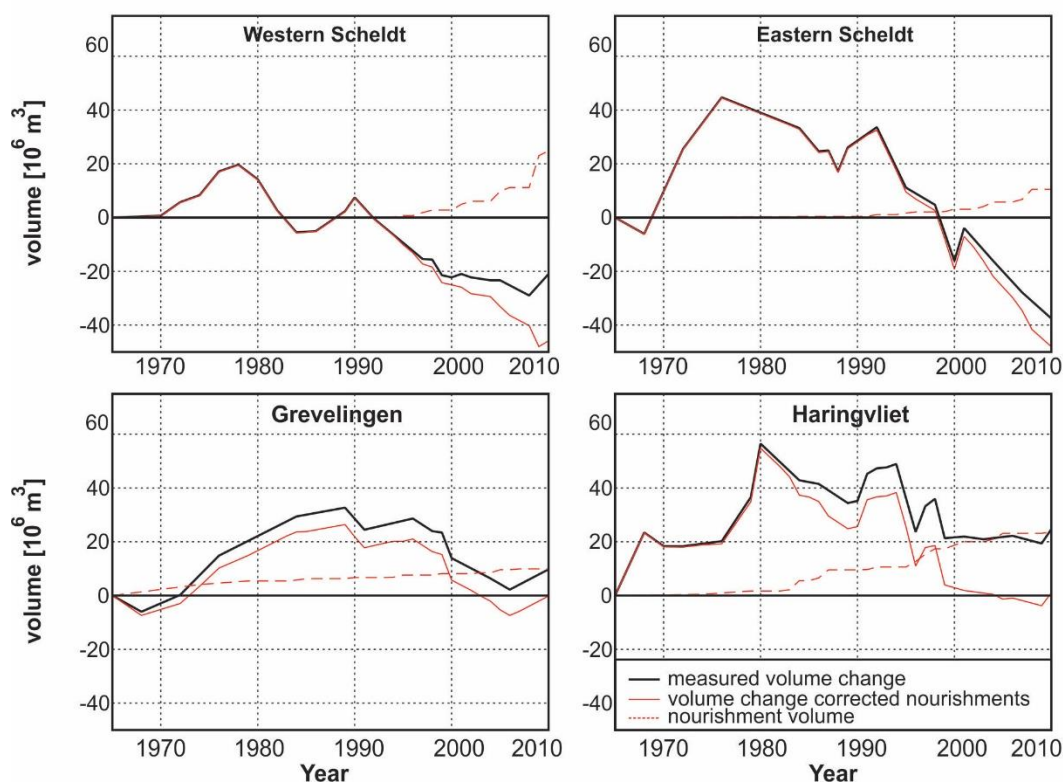
zal naar het noordoosten zijn getransporteerd langs de kust van Goeree en verklaart de waargenomen aanzanding bij Kwade Hoek (Figuur 3.6 bij [12]).



Figuur 3.6 Bodemligging Haringvliet en Grevelingen buitendelta voor (1964) en na afsluiting van de zeegaten (1976-2015). De locatie van de dwarsprofielen in Figuur 3.7 zijn aangegeven in de kaart van 2012 (Van der Spek en Elias, 2017).



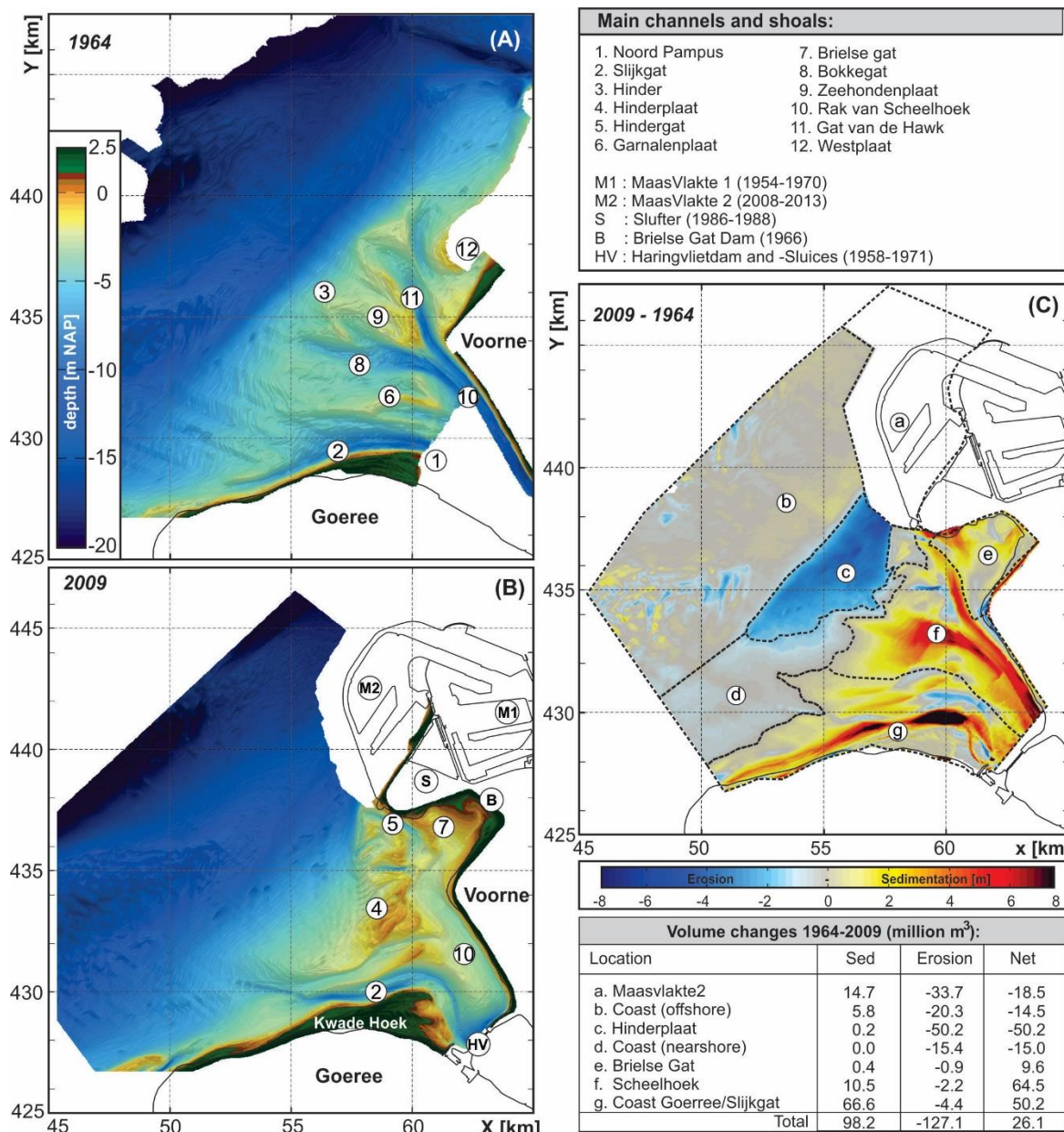
Figuur 3.7 Ontwikkelingen van twee profielen in de Haringvliet (AA') en Grevelingen buitendelta (BB') die de gevolgen van de afsluitingen laten zien. Zie Figuur 3.6 voor de locatie van de profielen. De vooroever is geërodeerd van NAP -10 tot -12 m en een deel van het zand is opgestuwd naar een zandbank op de rand van de delta. Het Haringvliet profiel laat de grootschalige sedimentatie zien van de voormalige getijdegeul Rak van Scheelhoek. (Van der Spek en Elias, 2017).



Figuur 3.8 Cumulatieve volumeveranderingen van de verschillende buitendelta's (zwarte lijn), het volume gecorrigeerd voor suppleties (rode getrokken lijn) en het totale suppletievolumen (gestreepte lijn) (Elias et al, 2016).

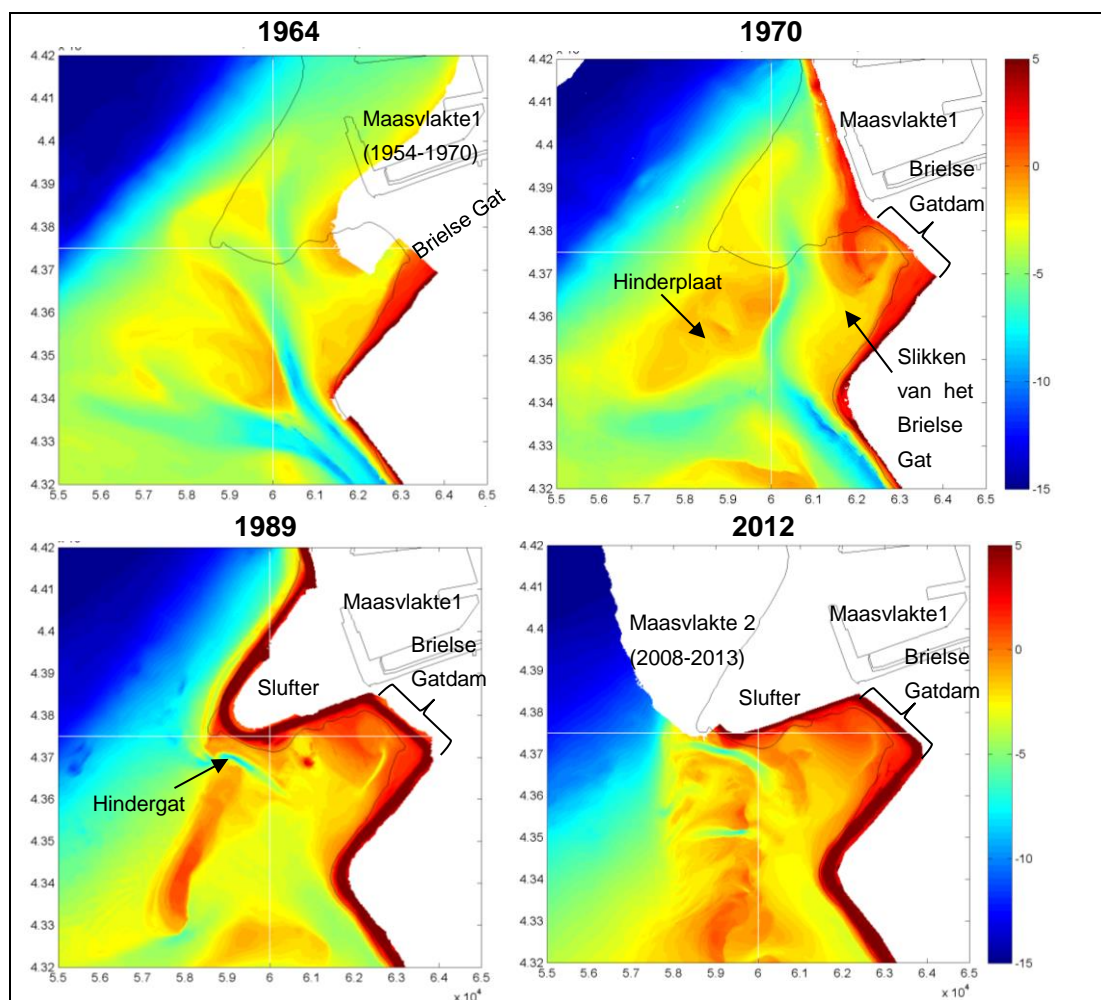
3.3.2 De Haringvliet buitendelta

Het huidige platengebied dat voor de monding van het Haringvliet ligt is geen echte buitendelta meer (Figuur 3.9). Na afdamming van de Brielse Maas (1950), de afsluiting van het Brielse Gat door de Brielse Gatdam (1958-1970, aangeduid als [B] in Figuur 3.9) en de afsluiting van het Haringvliet (1964-1976, [HV]) is er geen verbinding meer met het achterliggende estuarium. Alleen door de spuisluizen in de Haringvlietdam wordt er nog periodiek (zoet) water gespuid. Door het wegvallen van de getijstrooming vanuit de estuaria zijn de waterbeweging en de maatgevende sedimenttransporten in de monding sterk veranderd. Het ondiepe platengebied geeft eigenlijk het opruimen van de voormalige buitendelta weer, waarbij sediment vanuit diep water (vooral door golven) richting de kust verplaatst. Daarnaast is het gebied sterk beïnvloedt door de aanleg van de Europoort (1964-1966) en de kustuitbreidingen van de Maasvlakte (1964-1976, [M1]) en Maasvlakte 2 (2008-2013, [M2]). De voormalige geulen zijn vrijwel geheel opgevuld en het (diepe) plaatoppervlak is sterk afgenomen. Het 'buldozeren' van zand landwaarts door de golven zorgt wel voor een toename van het ondiepe plaatareaal. Circa 50% van het gebied ligt tussen de NAP -5 en -2,5 m (Elias en van der Spek, 2016). In de volgende paragrafen wordt de morfologische ontwikkelingen na afsluiting van het Brielse Gat (paragraaf 3.3.2.1) en afsluiting van het Haringvliet (paragraaf 3.3.2.2) in meer detail beschreven.



getijstroming niet sterk genoeg meer om het door golven aangevoerde sediment weer af te voeren. Het gehele gebied begon hierdoor op te hogen met sediment. Dit is te zien aan de verschillen in de bodemligging van het gebied tussen de jaren 1964 en 1970, in Figuur 3.10.

Tussen 1986 en 1987 is de Slufter aangelegd, het baggerspeciedepot voor vervuild slib uit de Rotterdamse haven, als een uitbreiding van de Maasvlakte. Het bedekte het noordelijk deel van de Hinderplaat, zie Figuur 3.10, en er werd hier een nieuwe geul, het Hindergat, gebaggerd. Door de verdere uitbreiding van de Maasvlakte eind jaren zeventig en met name de aanleg van de Slufter, kwam de hoek van het voormalige Brielse Gat steeds meer in de luwte te liggen. Het gebied is hiermee een invang geworden voor slibrijk sediment dat onder invloed van golven vanuit het zuidwesten naar het gebied wordt getransporteerd. Dit slibrijke sediment is afkomstig uit de riviermondingen, maar ook komt er door de spuiscuizen van de Haringvlietdam slibrijk sediment vrij. Het optreden van typische golf-gedreven fenomenen zoals de omgebogen en 'vliegende' zandspitten langs de westkust van Maasvlakte 2 (Figuur 3.14d), suggereren een golf-gedreven zand transport richting het zuiden.



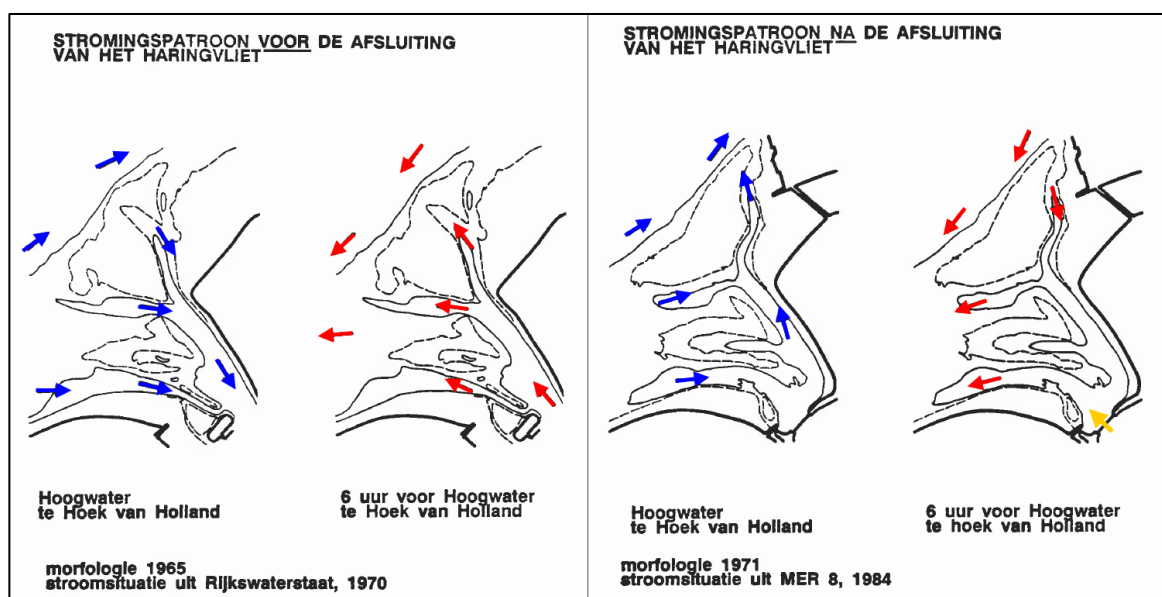
Figuur 3.10 Bodemligging (m+NAP) kust van Voorne, rond het Brielse Gat. Linksboven (1964) is de situatie vlak vóór de aanleg van de Brielse Gatdam weergegeven, rechtsboven (1970) toont de situatie enkele jaren later, rond de afsluiting van het Haringvliet. Linksonder (1989) geeft de situatie kort na de aanleg van de Slufter weer. Rechtsonder toont de bodem van 2012.

3.3.2.2 Afsluiting van het Haringvliet

De afsluiting van het Haringvliet (1964-1976) heeft een aanzienlijke verandering van de stromingspatronen tot gevolg gehad, zie Figuur 3.11 (Van der Spek, 1987, *in*: De Winter, 2014). Vóór de afsluiting kon het getij doordringen in het Haringvliet. Tijdens vloed (blauwe pijlen) was de stromingsrichting in de geulen landwaarts, tijdens eb (rode pijlen) was de stroming zeewaarts gericht.

Na de afsluiting kreeg de getijstroming in de Haringvlietdelta een meer cirkelvormig patroon. Aan de zuidwestelijke zijde van de delta stroomt het water tijdens vloed nog steeds de delta binnen, maar omdat de stroming niet langer in het Haringvliet kan doordringen, stroomt het water via de noordkant van de delta weer terug in zee. De vloedstroming in de Rak van Scheelhoek (langs de kust van Voorne, zie Figuur 1.1) en in het Hindergat is dus omgedraaid en is nu zeewaarts gericht.

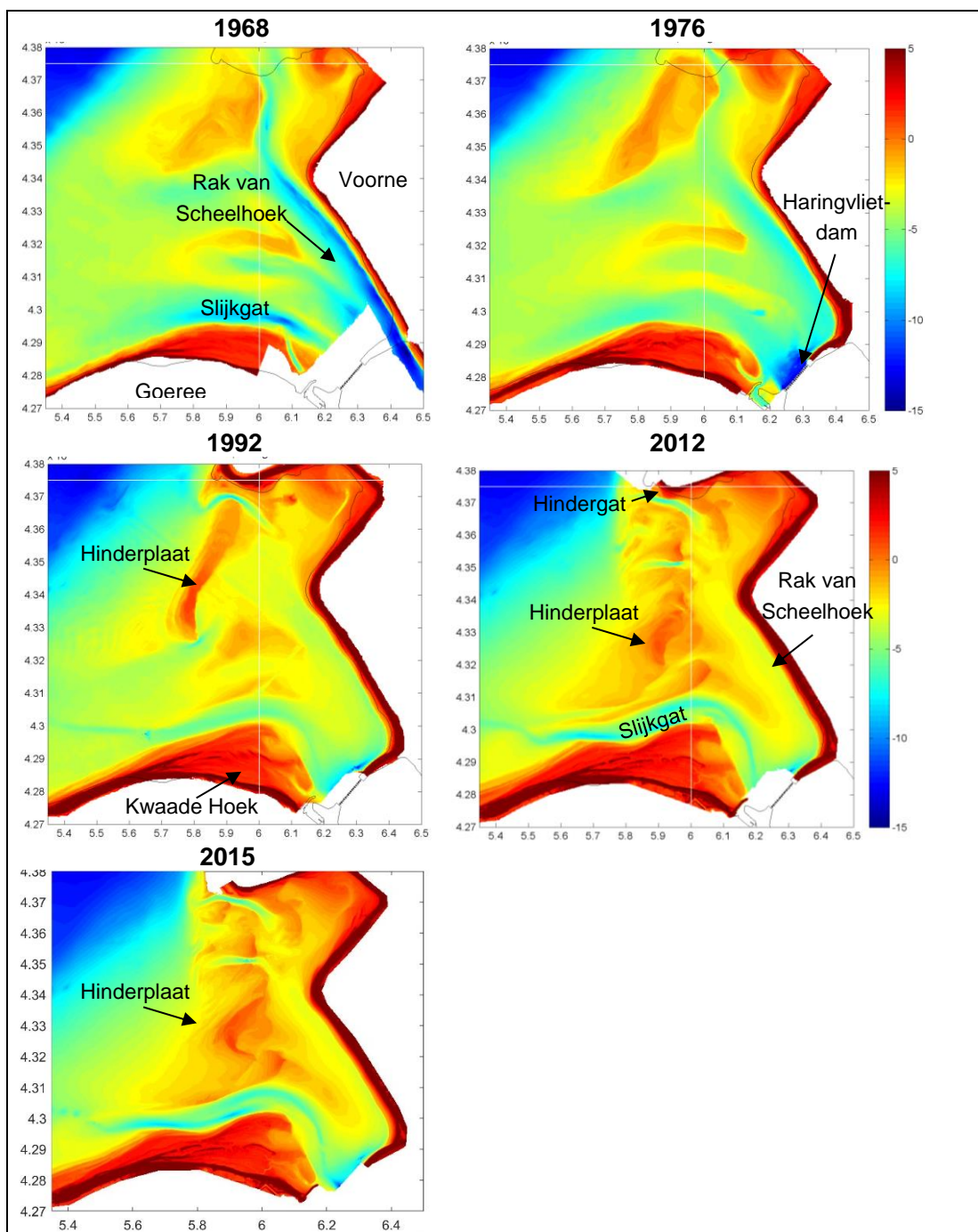
Tijdens eb stroomt het water aan de noordkant de delta binnen, en verlaat de delta via de geulen in het zuidwesten. Tegelijkertijd kan spuiwater via de Haringvlietsluizen richting zee worden afgevoerd. Vanwege de circulatie in de delta, stroomt het spuiwater (zie Foto 3.1) via het zuidwesten richting zee, door het Slijkgat. De stroomsnelheid door het Rak van Scheelhoek tijdens eb is hierdoor bijna nul en het verliest zijn functie als ebgeul (Van der Spek, 1987, *in*: De Winter, 2014).



Figuur 3.11 Schematische stromingspatronen van het getij bij Het Haringvliet, vóór en na de afsluiting. De blauwe pijlen geven de vloedstroming aan, de rode pijlen de ebstroming. De gele pijl in de rechter figuur geeft de spui-afvoer vanuit de Haringvlietsluis tijdens eb aan. De lengte van de pijl staat niet in verhouding met de stroomsnelheid of het debiet. (Naar: Van der Spek, 1987, *in*: De Winter, 2014)

Door de afname van het getijvolume in de geulen begonnen deze zich op te vullen met sediment en werden ondieper. In de eerste jaren na de afsluiting werd hierbij vooral slib in de geulen afgezet. Rond 1976 waren de geulen al aanzienlijk ondieper geworden. Deze trend bleef zich voortzetten in de daaropvolgende decennia, zie Figuur 3.9 en Figuur 3.12, waardoor de reikwijdte van de delta afnam en de overblijvende vlakke achter de Hinderplaat aanzandde en de geulen zich opvulden met slib. Recente analyses van de slibafzettingen in het Rak van de Scheelhoek laten een aanslibbing tot wel 7,5 m dikte zien

(Van Heteren, 2002). Omdat het Slijkgat nog dienst doet als vaargeul voor de haven van Stellendam, moet deze geul regelmatig uitgebaggerd worden om voldoende vaardiepte te behouden, zie ook paragraaf 3.3.2.3.

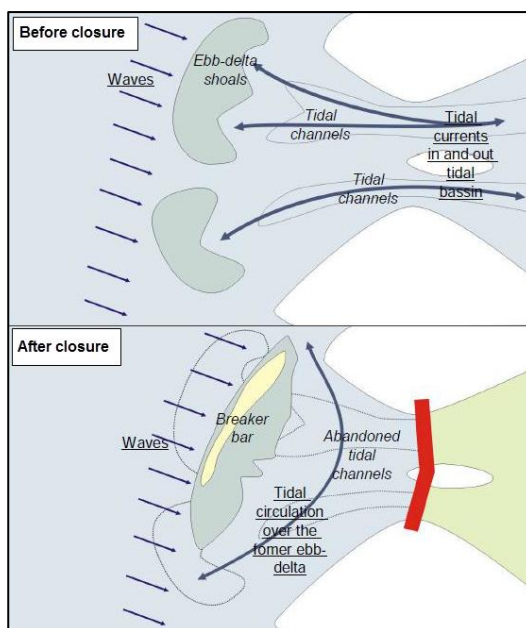


Figuur 3.12 Bodemligging (m+NAP) kust van Voorne. Linksonder (1968) is de situatie vlak vóór de aanleg van de Brielse Gatdam weergegeven, rechtsonder (1976) toont de situatie enkele jaren na afsluiting van het Haringvliet. De figuren links- en rechtsonder tonen de bodemontwikkeling in 1992, 2012 en 2015.

De afname in getijde invloed betekende ook een toename in het relatieve belang van golven (Davis & Hayes (1984)). Vóór de afsluiting was de ebstroming verantwoordelijk voor een zeewaarts gericht sediment-transport en een uitbouw van de voormalige buitendelta. Na de afsluiting zorgt de relatieve toename van de invloed van golven ervoor dat het sediment op de zeewaartse rand van de delta wordt omgewerkt en landwaarts wordt getransporteerd (Postma *et al.*, 1990, *in*: De Winter, 2014). Het zeewaartse profiel van de delta krijgt hierdoor een flauwere helling. Het geërodeerde zand voedt de plaat 'Hinderplaat' op de rand van de delta, die zich vervormt tot een langwerpige brekerbank, zie Figuur 3.13 (Cleveringa, 2008, *in*: De Winter, 2014). Dit is ook duidelijk te zien aan de vorm van de Hinderplaat in 1992, in Figuur 3.12. De Hinderplaat houdt zich initieel in stand door aanvoer vanaf de diepere vooroever en golf-gedreven langstransporten langs de spit. Door de ontwikkelingen bij de Maasvlakte stokt de toevoer van zand en sloot de Hinderplaat niet meer aan op de brandingsstroom vanaf de Maasvlakte. Dit resulteerde in een doorbraak rond 1996 en er ontstond een meer dynamisch systeem met meerdere smalle geulen (vergelijk Figuur 3.6, de jaren 1992, 2012 en 2015). In de huidige situatie is de Hinderplaat niet langer een duidelijke zandbank, maar is deze uitgebreid naar het oosten en vormt daar een gebied met kleine geultjes en plaatjes (Figuur 3.14a).

De Winter (2014) beschrijft de groei van het intergetijde platengebied en de samensmelting van de platen tot een 'superplaat' vanaf 2001. Het oppervlak van de platen boven NAP-2,2 m nam toe van 6 km² in 2001 tot 16 km² in 2012. De gemiddelde hoogte van de platen fluctueert sinds 1967 tussen NAP+0,7 m en NAP+0,9 m (het lokaal GHW is NAP+1,24 m). De aanzandingssnelheid is toegenomen vanaf 2009. Ongeveer gelijktijdig met de groei van de Hinderplaat is een kortsluitgeul door de Hinderplaat ontstaan, ongeveer 2 km ten zuiden van het Hindergat.

Geleidelijk is de zeewaartse rand van de delta steeds verder landwaarts verschoven en heeft het achterliggende gebied zich steeds verder opgevuld met sediment, zoals te zien in de bodemligging van 2012 (Figuur 3.12). De zeewaartse rand heeft daarbij een oriëntatie aangenomen die loodrecht staat op de invalshoek van de dominante golven.



Figuur 3.13 Schematische weergave van de hydrodynamica en morfologie vóór en na het sluiten van de dam. (Cleveringa, 2008, *in* De Winter, 2014).



Figuur 3.14 Luchtfoto's laten een aantal kenmerkende verschijnselen zien in de buitendelta van Haringvliet en Grevelingen. a: kleinschalige geulen en platen in de Haringvliet delta (nov 2005). b: duinen gevormd op de Brouwersdam door windgedreven transport van zand van strandsuppleties (maart 2008). c: Kwade Hoek bij Goeree met Haringvlietsluizen op de achtergrond (juli 1987). d: omgebogen en 'vliegende' zandspitten langs de westkust van Maasvlakte 2 (juli 2013). (Bron: <https://beeldbank.rws.nl>, Rijkswaterstaat / Joop van Houdt)

Een grote sedimentaanvoer uit het zuidwesten, gevoed door erosie van de Grevelingen buitendelta en de zandsuppleties op de kust van Goeree, resulteerde in aangroei van de kust van Goeree en uitbreiding van de omgebogen zandspit van Kwade Hoek (Figuur 3.6 [12] en Figuur 3.14c). De enige overgebleven getijdegeul in de Haringvlietdelta werd het Slijkgat (Figuur 3.6 [2]). Deze doet dienst als de hoofdafvoergeul van de Haringvlietsluizen en als vaargeul naar de visserijhavens Stellendam. Deze geul moest regelmatig worden uitgebaggerd om de minimale diepte van NAP-4 m te onderhouden. De stranden en duinen op de punt van Voorne bleken kwetsbaar en werden regelmatig gesuppleerd en versterkt. Tussen 1970 en 1986 werd hier een totaal volume van 6,6 miljoen m³ zand aangebracht, vooral als duinversterking (Van der Spek en Elias, 2017).

Reintjes (2002) analyseerde de spitvorming bij Kwade Hoek, bij de noordoostelijke punt van Goeree. De vorming van drie achtereenvolgende generaties kon worden onderscheiden. Doordat de vorming van een nieuwe spit zeewaarts van een bestaande deze afschermt van golfwerking en zandaanvoer, zal de spitvorming geleidelijk verschuiven van oost naar west. Daarnaast blokkeerde de zuidwaartse migratie van het Slijkgat een verdere uitbreiding van de zandspitten of erodeerde deze. Hieronder ontstond een fan-vormig zandspit complex (Figuur 3.6 1992-2012, Figuur 3.14c). Een vergelijkbare ontwikkeling kon eerder worden waargenomen langs de noordkust van Voorne. Reintjes (2002) stelde snelle aangroei vast in het gebied tussen de meest westelijke spit en het Flaauwe Werk vanaf midden '90-er jaren. De groei van dit gebied lijkt te zijn gekoppeld aan de erosie van de oostelijke punt van Goeree. Transport van zand door het Slijkgat

naar het westen tijdens hoogwaterafvoeren door de Haringvlietsluizen zou dit kunnen verklaren. Als dit gebied begint te groeien zou daardoor het kustlangse transport vanuit het westen gedeeltelijk geblokkeerd kunnen worden wat tot nog meer aanzanding zou kunnen leiden. Daarnaast kan ook de algehele verondieping van de zeezijde van de delta hiertoe bijdragen.

3.3.2.3 *Onderhoud Slijkgat*

Het Slijkgat loopt noord van Goeree en ten zuiden van de Hinderplaten (Figuur 3.12). Met de uitbreiding van de Maasvlakte is het nabijgelegen zeegebied (de Voordelta) onderhevig aan veranderingen. De geulen liggen niet vast en moeten met enige voorzichtigheid worden bevaren. De vaargeul naar Stellendam, het Slijkgat, is vooral belangrijk voor de visserij en enkele scheepswerven. Bij de aanleg van de Maasvlakte is bedongen dat het Havenbedrijf Rotterdam garant staat voor het op diepte houden van deze geul. Bij de Kwade Hoek gaat de vaargeul naar Stellendam over in de vaargeul Noord Pampus. Vissersschepen en recreatievaart maken gebruik van deze vaargeul (locaties zie Figuur 1.1).

De zandbank die er ligt bemoeilijkt de binnenkomst van schepen vaak dusdanig dat alleen bij hoogwater de haven binnen kan worden gevaren (Hans Villerius, Eilanden Nieuws, 5 maart 2018). Onder invloed van meerdere factoren, zoals wester- en noordwesterstormen en grote hoeveelheden rivierwater die door de Haringvlietsluizen naar zee worden afgevoerd, vindt op deze plek een continu proces van zandafzetting plaats, waardoor het Slijkgat voortdurend ondieper wordt. Het is overigens onwaarschijnlijk dat er veel zand gespuid wordt door de sluisen, zelfs bij hoge rivierafvoeren.

Al sinds 2005 laat Havenbedrijf Rotterdam baggerwerk uitvoeren (Figuur 3.15) om de vaargeul over een breedte van honderd meter op diepte te houden, aanvankelijk op 5 m - NAP, maar sinds 2009 op 5,5 m - NAP. Dit brengt hoge kosten mee. De gemeente Goeree-Overflakkee en het Havenbedrijf Rotterdam zijn het niet eens over de diepte waarvoor de vaargeul onderhouden moet worden en er loopt een rechtszaak.

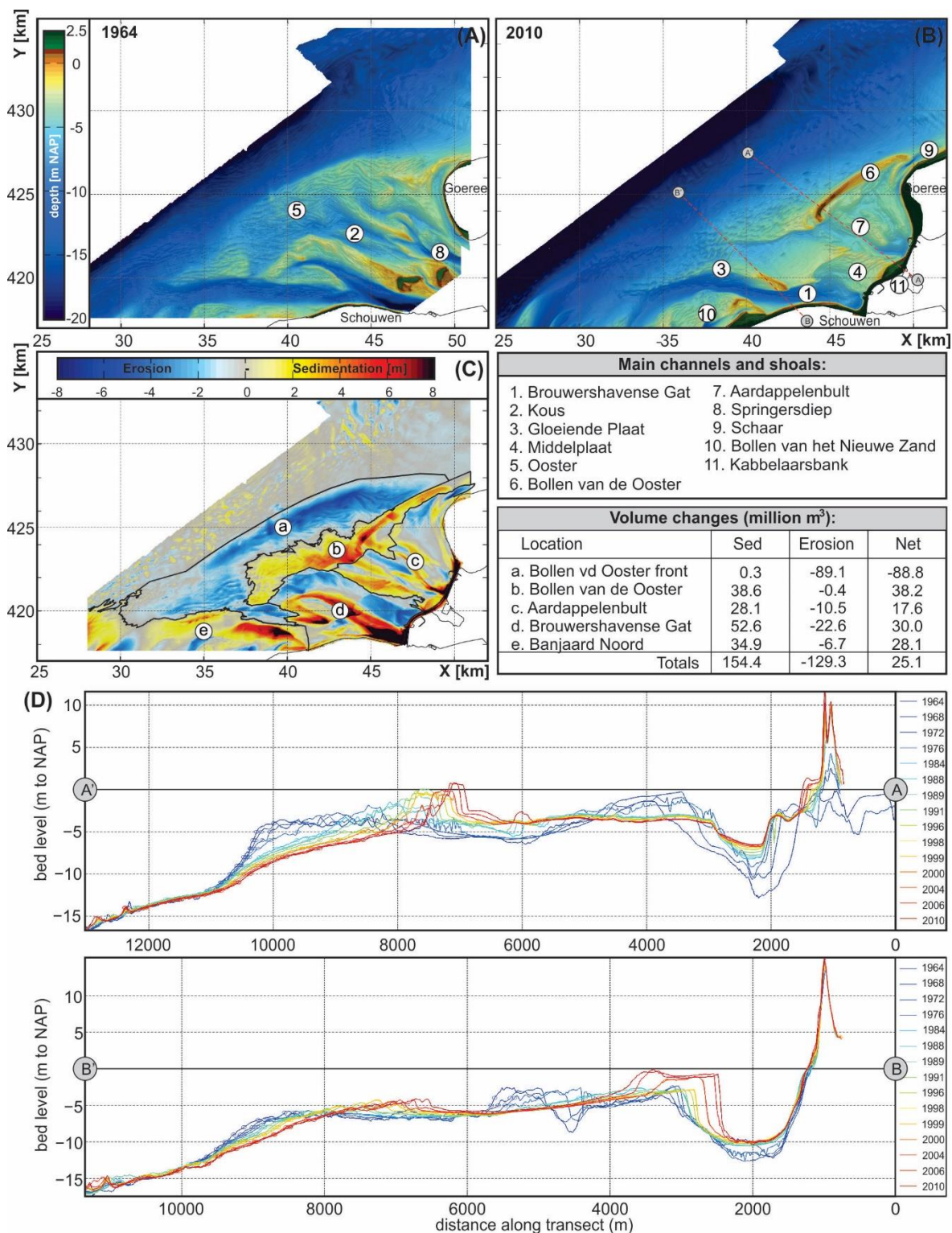
Voor het baggerwerk is een milieu-effectrapportage uitgevoerd (Arcadis, 2015). Gebaggerd wordt op 3 drempels: Hinderplaat, Kwade Hoek en Pampus en de verspreidingslocaties zijn Voordelta en Haringvliet. Het gaat om 0,5 Mm³ tot 1,1 Mm³ voornamelijk zand per jaar. Momenteel wordt er met 2 schepen gevaren. In een modelstudie heeft Arcadis de slibverspreiding en de omvang van de baggerpluim berekend. De effecten zijn gering.



Figuur 3.15 De Monding van het Haringvliet met in rood de gebieden waar wordt gebaggerd om de vaargeul op diepte te houden: 1 Drempel bij de Pampus; 2: Drempel bij de Kwade Hoek; 3: Drempel bij de Hinderplaat (uit Arcadis, 2015)

3.3.3 De Grevelingen buitendelta

In 1965 werd de Grevelingen van de Oosterschelde gescheiden door aanleg van de Grevelingendam in het oostelijk deel van het estuarium, zie F in Figuur 3.1. De Grevelingen veranderde in een getjebekken zonder verbinding met de andere estuaria. In deze periode (1962 - 1971) begon de aanleg van de Brouwersdam aan de zeezijde van de Grevelingen, zie Figuur 3.1 [B]. Net als bij de afsluiting van het Haringvliet, zorgt de afsluiting van de Grevelingen in 1971 middels de aanleg van de Brouwersdam ervoor dat de getijstromingen dwars op de kust (door de zeegaten) geen rol meer spelen, waardoor het belang van golven op de Voordelta toeneemt (zie ook Figuur 3.13 voor een schematische weergave van de stromingen vóór en na een afsluiting). De morfologische ontwikkeling tijdens en na afsluiting van de Grevelingen wordt in paragraaf 3.3.3.1 in beschreven. Ook wordt de specifieke ontwikkeling van de zandrug van de Bollen van de Ooster (paragraaf 3.3.3.2), en de resultaten van een analyse van de ontwikkeling van de diepe vooroever in de Grevelingen (paragraaf 3.3.3.3) toegelicht.



Figuur 3.16 Overzicht van de bodemligging van de Grevelingen buitendelta in (A) 1964 en (B) 2010. De morfologische ontwikkelingen over deze periode in (C) en de doorsnede over de buitendelta in (D), zie (B) voor de locaties (Elias et al, 2016).

3.3.3.1 Afsluiting van het Grevelingen

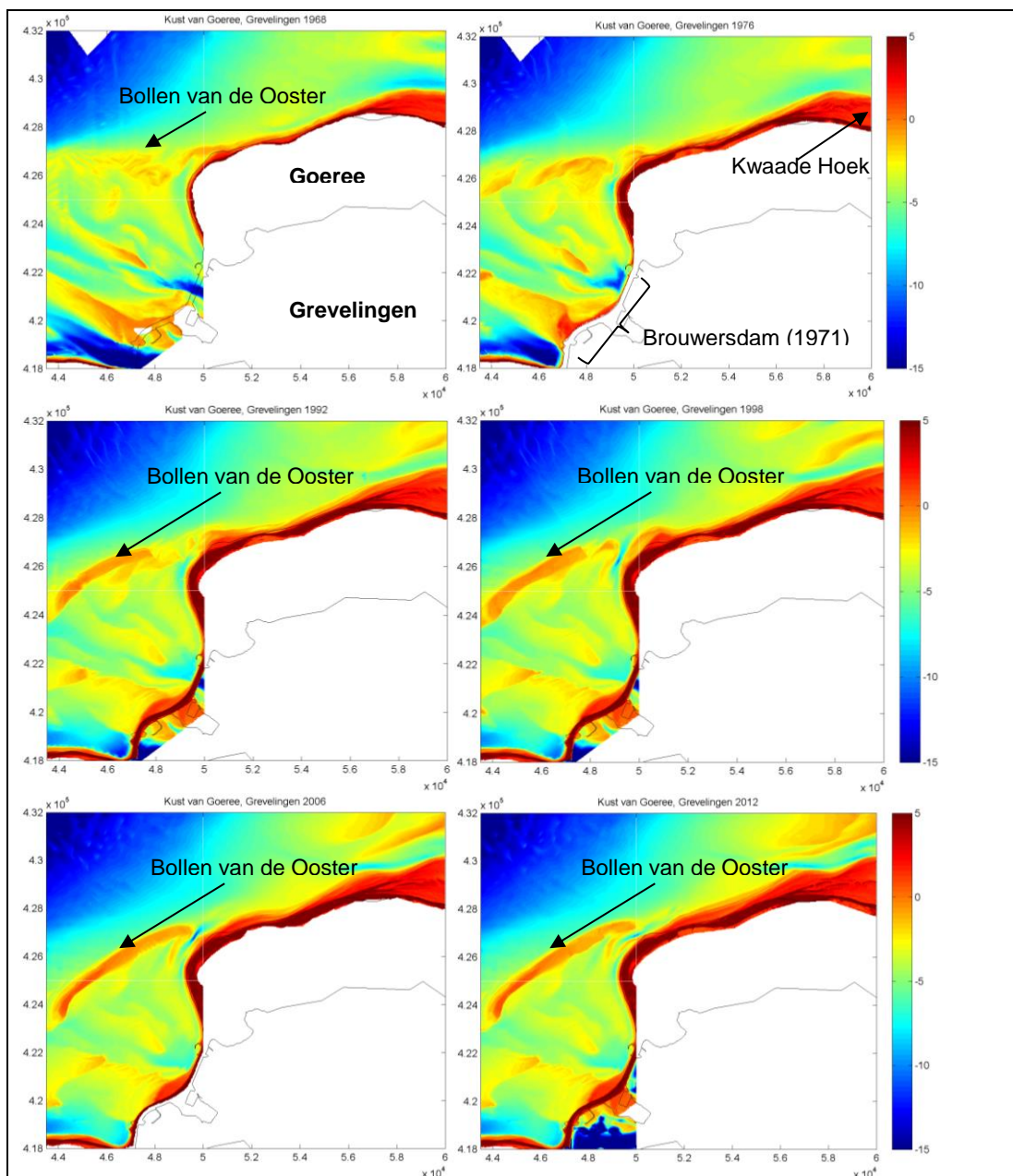
Voor de voltooiing van de Brouwersdam bestond de buitendelta van de Grevelingen uit de meer dan 30 m diepe geul Brouwershavensche Gat in het zuiden, grenzend aan de noordkust van Schouwen en het Springersdiep, dat samenvloede met de geul Kous, in het noorden (Figuur 3.16 A, B). De geulen waren oost-west georiënteerd en werden gescheiden door de Middelplaat en de Kabbelaarsbank (Figuur 3.16 B).

In 1965 werd de Grevelingendam in het oostelijk deel van het estuarium voltooid (bouwjaren 1958-1965). Deze dam scheidde de Grevelingen van de Oosterschelde. De Grevelingen veranderde in een getijbekken zonder verbinding met de andere estuaria. Daardoor verminderde het getijvolume met ca 14% (Haring, 1978) en begon de buitendelta zich aan te passen. In deze periode begon tevens de aanleg van de Brouwersdam aan de zeezijde van de Grevelingen. Reeds in 1965 (bouwjaren 1962-1965) blokkeerde het eerste deel van de afsluitdam, tussen de Middelplaat en de Kabbelaarsbank, de kleinere getijdegeulen in het zeegat. Dit veroorzaakte een toename in diepte van de overblijvende grotere geulen, vanwege het verminderde doorstroomoppervlak van het zeegat. Een aansluitend deel van de dam werd gebouwd in het meest noordelijke deel van het zeegat.

In 1971 werden de overblijvende geulen Brouwershavensche Gat en Kous volledig afgesloten met de Brouwersdam, waardoor de Grevelingen werd gescheiden van zijn buitendelta en het getijbekken veranderde in een zoutwater meer. De getijstroming in de buitendelta nam sterk af en daardoor kregen golven (relatief) meer vat op het ebschild en stuwden het zand voorwaarts naar een kustparallele zandbank genoemd Bollen van de Ooster (Van der Spek, 1987, Kohsiek, 1988) (Figuur 3.16B, [6]). Dit proces is te vergelijken met vorming van de Hinderplaat en het proces dat geschetst is in Figuur 3.13 (Cleveringa, 2008). Een deel van het zand zal zijn getransporteerd naar het noordoosten, langs de kustlijn van het eiland Goeree en is ten goede gekomen aan de uitbreiding van de omgebogen spitten bij Kwade Hoek aan de noordzijde van Goeree (zie Figuur 3.17). De buitendelta verminderde in oppervlak, de voormalige banken en platen erodeerden door golven en de geulen verzandden. Het Brouwershavensche Gat werd snel opgevuld met voornamelijk slib. Van den Berg (1986) vermeldt slibafzettingen van meer dan 7 m dikte. De voormalige Middelplaat/Kabbelaarsbank erodeerde door golven, omdat het niet meer werd onderhouden door de getijstroming. Het vrijkomende zand zorgde voor natuurlijke aanzanding voor de Brouwersdam en vormde een breed strand; landwaarts windgedreven transport leidde tot de vorming van een actieve duinenrij op de dam.

De Bollen van de Ooster namen in hoogte toe en groeiden in kustlangse richting, eerst naar het west-zuidwesten en later ook naar het oost-noordoosten (Figuur 3.17). Tegenwoordig zijn de Bollen nog steeds gescheiden van de kust van Goeree door een betrekkelijk ondiepe kortsluitgeul, genaamd Schaar. Bij het zuidelijk deel van de buitendelta is een ondiep platengebied opgebouwd door het Krabbengat, de Bollen van het Nieuwe Zand, waardoor het Brouwershavensche Gat ter plaatse naar het noorden gedrukt wordt.

De erosie van de zeewaarts gelegen ebschild van de buitendelta gaat nog steeds door, net als de sedimentatie aan de landwaartse zijde. In totaal is er sprake van een kleine netto sediment volumetoename. Een deel van dit sediment zal zijn aangevoerd door erosie van de Banjaard en afgezet langs de noordelijke rand van de plaat en de kust van Schouwen (Figuur 3.16C, polygoon e).

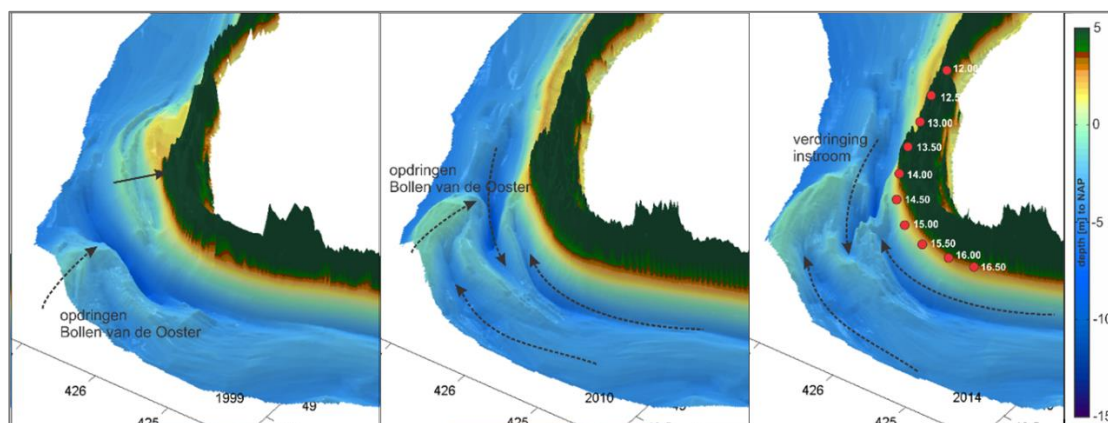


Figuur 3.17 Bodemligging (m+NAP) kust van Goeree en de Grevelingen buitendelta. Linksboven (1968) is de situatie vlak vóór de afsluiting van de Grevelingen weergegeven, rechtsboven (1976) toont de situatie enkele jaren na de afsluiting. De overige figuren tonen de bodemontwikkeling in de daaropvolgende jaren 1992, 1998, 2006 en 2012.

3.3.3.2 Bollen van de Ooster

Vóór de afsluiting vormden De Bollen van de Ooster nog geen geheel, zie de bodemligging in 1968 in Figuur 3.17 en Figuur 3.18. Onder de toegenomen invloed van de golven na de afsluiting, begon de zeewaartse rand te eroderen en het vrijgekomen zand werd in landwaartse richting getransporteerd door golven, over de Bollen van de Ooster. Deze werden hierdoor hoger en vervormden zich uiteindelijk tot één langwerpige zandrug, te zien in de bodem van 1992 in Figuur 3.17. De zandrug van de Bollen van de Ooster (Figuur 3.18) migreert niet alleen landwaarts, maar strekt zich ook steeds verder uit in oostelijke richting en schuift daarmee steeds dichterbij de kust van Goeree. Het migreren van

deze zandrug zorgt er voor dat ook de geul 'Schaar' vanaf 1997 (Figuur 3.18 links) steeds meer tegen de kust wordt geduwd. Iets ten westen van de geul is in de bodem van 2010 (Figuur 3.18 midden) een vloedschaar te zien. In de bodem van 2014 (Figuur 3.18 rechts) is te zien dat de geul Schaar nog dichter tegen de kust gekomen is, maar dat het vloedschaartje zich niet verder heeft ontwikkeld. Het drukken van de geul Schaar tegen de kust zorgt voor lokale structurele erosie, zie ook de conceptuele beschrijving van de processen rondom de Bollen van de Ooster in Figuur 3.19. In paragraaf 4.2.2 worden de resultaten van een onderzoek naar de gevolgen van een eventuele geulwandsuppletie besproken (Elias, 2015).



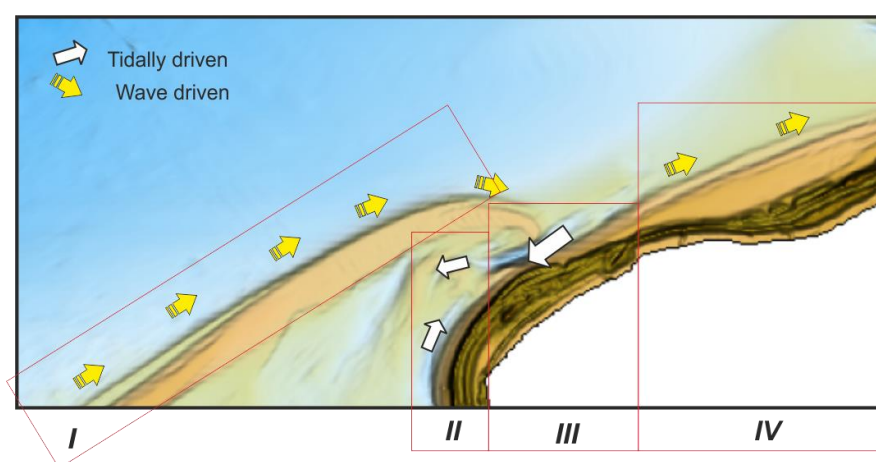
Figuur 3.18 Detail van de bodemligging aan de noordwestzijde van Goeree, nabij de Bollen van de Ooster in 1999 (links), 2010 (midden) en 2014 (rechts).

Een conceptuele beschrijving van de processen rondom de Bollen van de Ooster wordt weergegeven in Figuur 3.19 (Elias, 2019). Hiervoor is het gebied in 4 deelgebieden ingedeeld op basis van de onderliggende processen. **(I)** De bollen van de Ooster. Hier overheerst een noordoostelijk (golfgedreven) transport langs de rand van deze plaat. Deze transporten zorgen voor een noordoostelijke uitbouw van de Bollen van de Ooster. Ter plaatse van de kop van de Bollen is er dan een discontinuïteit **(III)**. Hier overheersen de getijstromingen die tussen de kop van de Bollen en de kust worden geperst. Hierdoor nemen de stromingen sterk toe en ontstaat er een geultje. De stromingen in dit geultje zijn sterk genoeg om de aanvoer van zand te stoppen en langs de kust te verspreiden. Dit geeft een aanzanding van de kust ten noorden van de Bollen **(IV)**.

Deelgebieden II en III zijn getij-gedomineerd. De Bollen van de Ooster schermde deze kustzone af van grote golfaanval, waardoor de golven langs de kust beperkt zijn. Deze kleine golven spelen echter nog steeds een belangrijke rol voor de kusterosie. Door deze golfjes wordt sediment omgewoeld dat efficiënt door de voorliggende geul (Schaar) kan worden afgevoerd **(II)**. De voormalige geulen op de buitendelta zijn effectieve putten voor sediment dus kan er relatief veel zandverlies optreden. Er is wel veel afvoer, maar weinig toevoer. De stromingen in deze geul zijn getij gedomineerd. In deelgebied **(III)** zijn getijstromingen ook dominant alleen is hier het proces wel iets anders. Door het landwaarts verplaatsen van de Bollen van de Ooster worden de getijstromingen tussen de Bollen en de kust gedrukt. De modelresultaten gepresenteerd in Elias (2015) laten zien dat juist tijdens afgaand getij op zee, hoge zuidwaarts gerichte stroomsnelheden langs de kust van Goeree ontstaan. Deze stromingen worden samengeknepen en versnellen tussen de Bollen van de Ooster en de kust. Dit veroorzaakt hier hoge (in)stroomsnelheden. Deze stromingen verklaren de aanwezigheid van de geul die zich aan de kop van de Bollen van de Ooster heeft gevormd. Dit geultje heeft eigenlijk geen samenhang met de Schaar,

maar ontstaat alleen door contractie van de getijstroming vanaf de Noordzee. Doordat er geen kombergingsgebied gekoppeld is bepaald het relatieve belang van de getij versus golfenergie de levensvatbaarheid van het geultje. Zolang er voldoende getijstroming door het geultje gevoerd kan worden zal het geultje in stand gehouden worden. Het Geultje van de Bollen beweegt zich mee, met de verplaatsing van de kop van de Bollen van de Ooster. De relatief hoge stroomsnelheden dragen ook bij tot het zeewaarts houden van de Bollen. Zonder deze stroming zouden de Bollen van de Ooster wel al tegen de kust zijn gedrukt. Het erosiegebied dat samenhangt met de geul en stromingen verplaatst zich dus ook langzaam noordwaarts. Er is geen duidelijke verbinding van dit geultje met de Schaar.

Deze noordwaartse verplaatsing heeft er inmiddels voor gezorgd dat er geen doorgaande geul met Schaar gevormd wordt, maar er een ondiep gebied ontstaat in de luwte van de bollen. In dit gebied ontstaan kleinere elkaar ontwijkende eb- en vloedgeultjes. De vorming van zo'n geultje dicht langs de kust veroorzaakt ook hier erosie van de kustlijn.



Figuur 3.19 Conceptuele weergave van de processen rond de Bollen van de Ooster

Groenewegen (2019) heeft ook onderzoek gedaan naar de morfologische ontwikkeling van de Bollen van de Ooster, en komt tot vergelijkbare conclusies als Elias (2019). In Groenewegen (2019) wordt verwacht dat er een aanlanding van de Bollen van de Ooster zal plaatsvinden in de nabije toekomst. Aanlanding van de Ooster impliceert dat de erosieve stromingen verdwijnen. De tijdduur waarop deze aanlanding kan worden verwacht kan niet uit deze studie worden opgemaakt. De erosie van de kustlijn zal voortduren zo lang de geul aanwezig is.

De golf-gedreven stroming voedt de kust van Goeree met zand afkomstig van de Bollen van de Ooster. Periodiek komen hierdoor grote hoeveelheden zand vrij op de kust van Goeree, wat door de golf-gedreven stroming verder oostwaarts wordt getransporteerd. Mogelijk speelt dit transport ook een rol bij het ontstaan van horizontale zandgolven die zich langs de kust van Goeree van west naar oost verplaatsen. Deze zandgolven worden verder behandeld in paragraaf 4.3.5.1.

3.3.3.3 Analyse ontwikkeling diepe vooroever Grevelingen (Vermaas, 2014)

In een aantal geanalyseerde profielen dwars op de vooroever van de Grevelingen buitendelta tussen 1960 en 2010 (Figuur 3.20) is duidelijk te zien dat de vooroever in landwaartse richting is verplaatst (Figuur 3.21). Dit werd veroorzaakt door verandering in de hydrodynamica van het gebied door de voltooiing van de Grevelingendam in 1965 en met name na de afsluiting van het Brouwershavense Gat die in 1971 voltooid was middels

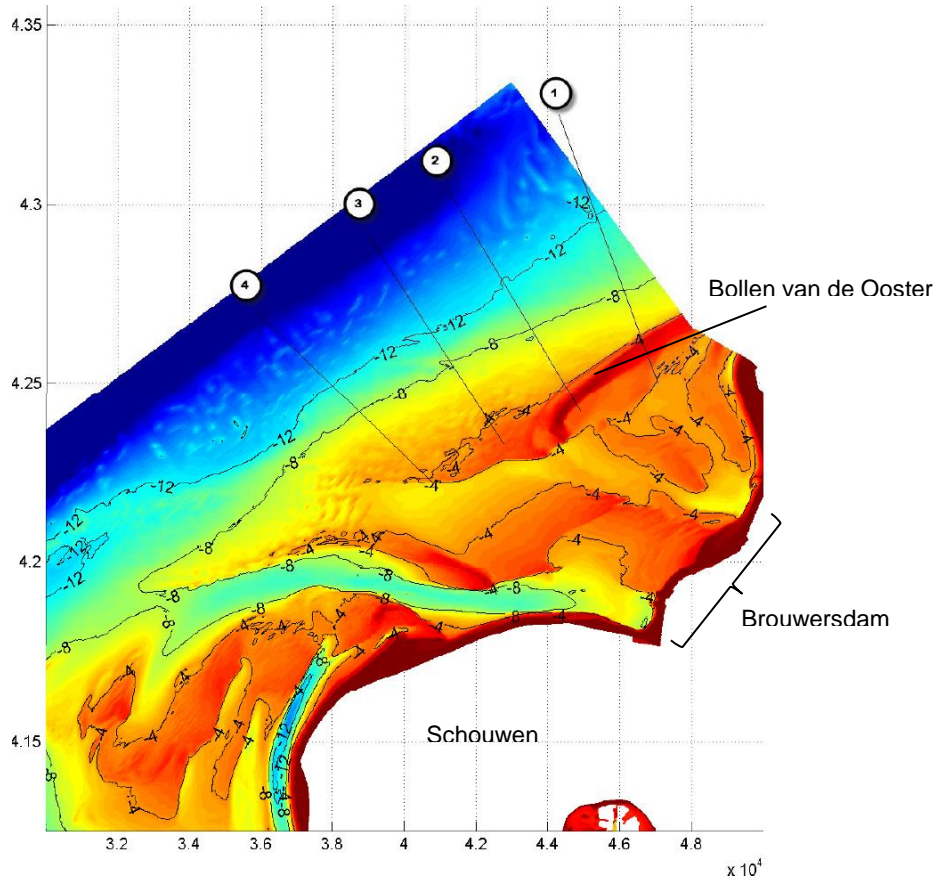
de voltooiing van de Brouwersdam. Hierdoor ontstond er een afname van de getijdewerking in oostwest (zeewaartse) richting en daardoor een relatieve toename van de golfwerking die voor de landwaartse verplaatsing zorgde.

De afstand en daarmee de snelheid waarmee de vooroever zich heeft verplaatst varieert met de diepte in de profielen. In de regel neemt de snelheid af met de diepte, wat het duidelijkst zichtbaar is in de profielen die centraal op de buitendelta zijn gelegen. Hierin is de verplaatsing tussen de 40 en 50 meter per jaar rond de diepte van -5 m NAP en neemt af tot minder dan 10 meter per jaar rond de diepte van -10 m NAP. De verplaatsingsnelheid is gedurende de gehele periode vrij constant. Onder de -10 m NAP neemt de snelheid niet veel verder af.

Voor de diepste delen van de profielen is het mogelijk dat migratie van zandgolven hier zorgt voor veranderingen in de diepte. Tot ongeveer -12 m NAP is er nog een kleine, maar vrij constant landwaarts gerichte verplaatsing. Daaronder lijkt er een afwisseling te zijn in de richting van de verplaatsing, hoewel niet voor alle dieptes even duidelijk. De veranderingen op deze dieptes zijn veel kleiner en liggen grotendeels binnen 300 meter. De zandgolven zijn duidelijk zichtbaar iets verder uit de kust in bathymetrische kaarten van de Hydrografische Dienst van de Marine, zie Figuur 3.22. Het is echter lastig te zien tot hoe dicht bij de buitendelta ze aanwezig zijn, doordat de data daar een lagere nauwkeurigheid lijken te hebben.

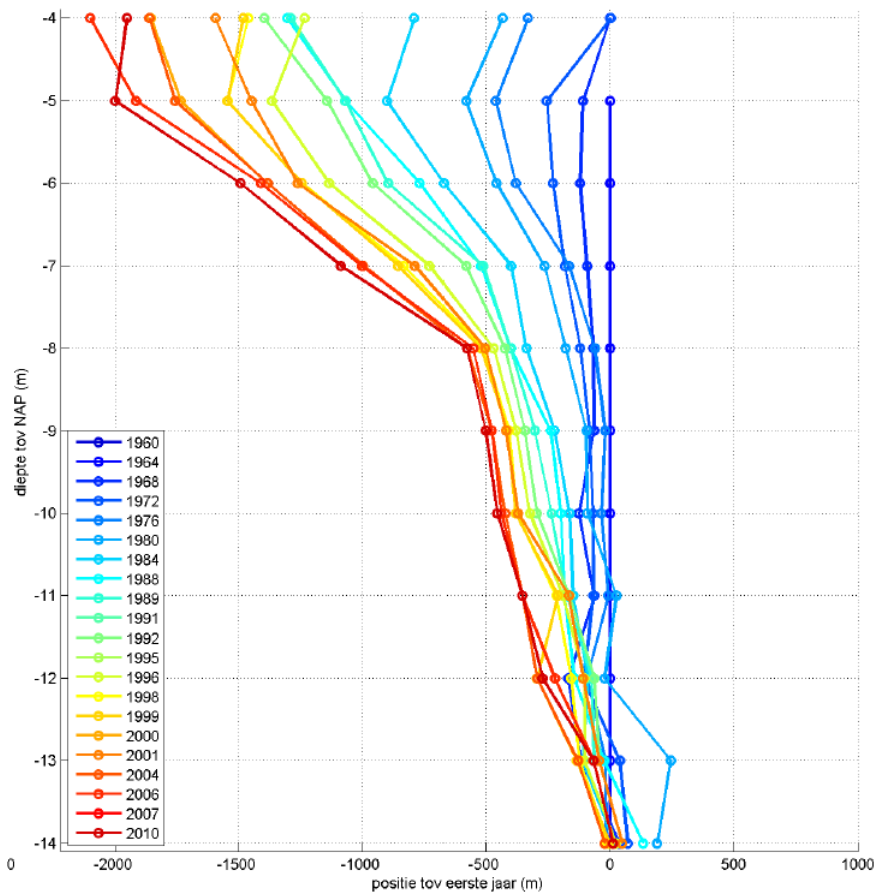
De processen die voor de hierboven beschreven veranderingen zorgen zijn anders voor de verschillende dieptes. De ondiepste delen, ca. -4 tot -6 m NAP, worden dagelijks door golfwerking beïnvloed. Op grotere diepte, ca. -6 tot -10 m NAP, zijn het de grotere golven die effect hebben, die niet dagelijks aanwezig zijn maar tijdens stormen voorkomen. Met het afnemen van de invloed van golven is het effect van het getij relatief belangrijker. Onder ca. - 10 m NAP is het getij het belangrijkste proces dat voor morfologische veranderingen zorgt.

Belangrijkste conclusie is dat op een termijn van 50 jaar de morfologische veranderingen van de ebdelta van de Grevelingen voornamelijk plaatsvinden boven -10 m NAP (Figuur 3.21). Daaronder is de verandering relatief klein. De verplaatsing van de diepere contour lijnen is ook niet consequent landwaarts en hangt mogelijk samen met de aanwezigheid van zandgolven.

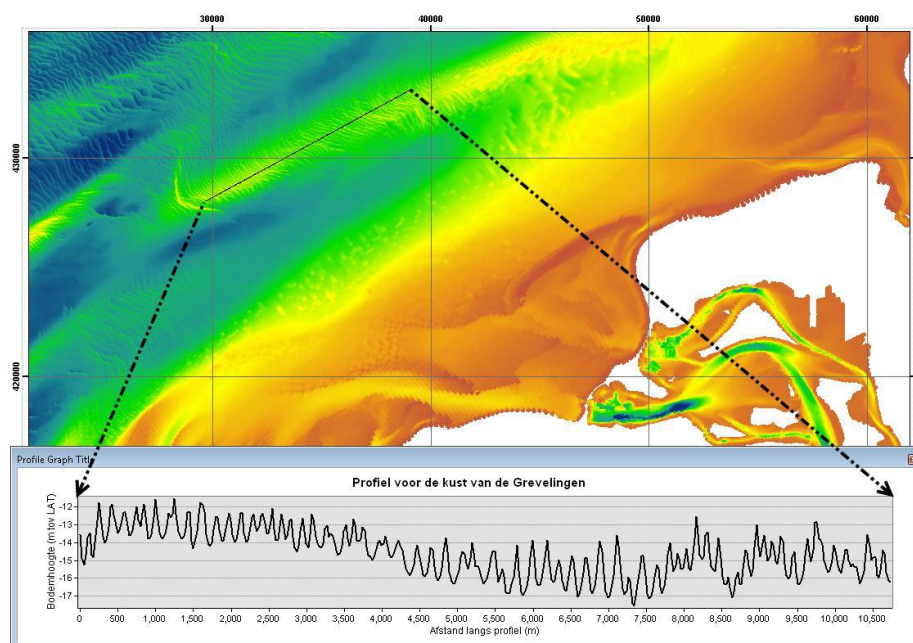


Figuur 3.20 Bathymetrie Grevelingen buitendelta in 2010 met ligging geanalyseerde profielen

11203683-000-ZKS-0007, 19 december 2019, definitief



Figuur 3.21 Horizontale positie in verschillende jaren uitgezet tegen de diepte voor profiel 3.



Figuur 3.22 Morfologie van de zeebodem zeewaarts van de Grevelingen delta, met een profiel door een zandgolvenveld. Bron van de data: Hydrografische dienst der Koninklijke Marine en Rijkswaterstaat (uit Vermaas, 2014).

4 Kustlijnhandhaving en ontwikkeling kustprofiel

4.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft de ontwikkelingen van de vooroever, in relatie tot het uitgevoerde beheer voor de kustvakken Voorne en Goeree, met name de zandsuppleties. Jaarlijks wordt aan de hand van posities van de MKL en de TKL getoetst hoe de kustlijn erbij ligt ten opzichte van de BKL (voor uitleg zie Appendix A.1). De resultaten van deze beoordeling worden vastgelegd in het jaarlijks uitgegeven kustlijnkaartenboek van Rijkswaterstaat. Hierin wordt aangegeven wat de ligging van de TKL is t.o.v. BKL, kustlijntrends (in m/jaar, landwaarts of zeewaarts), zie ook paragraaf 4.3. De kustlijnkaarten zijn te zien op de website van Rijkswaterstaat:

<https://geoservices.rijkswaterstaat.nl/geoweb51/index.html?viewer=Kustlijnkaart.Webviewer>

Figuur 1.1 en Figuur 1.2 geven een overzicht van de kustvakken met de ligging van de belangrijkste morfologische elementen. Figuur 4.8 en Figuur 4.24 geven de indeling van de kustvakken met de Jarkusraaien. Paragraaf 4.2 geeft een gedetailleerd overzicht van de ingrepen (suppleties) die langs de kust van Voorne en Goeree hebben plaats gevonden. De detailontwikkeling van de vooroever met de kustindicatoren staat beschreven in paragraaf 4.3 en de dynamiek van de zeereep in paragraaf 4.4.

In de Kustviewer (<https://www.openearth.nl/coastviewer-static/>) is ook veel informatie te vinden in kaartvorm over de toestand van de kust en de zandsuppleties.

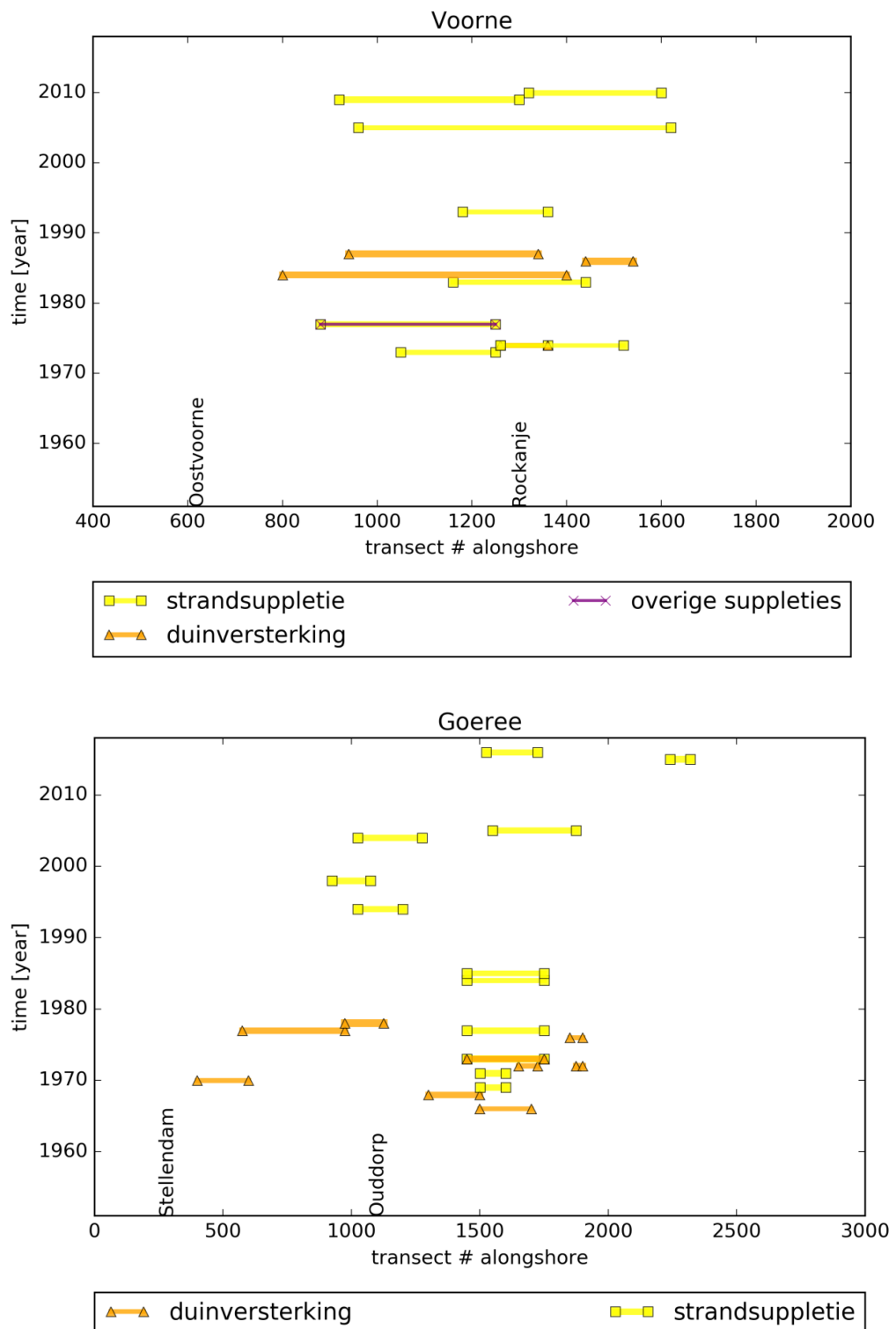
4.2 Uitgevoerde zandsuppleties

4.2.1 Overzicht zandsuppleties

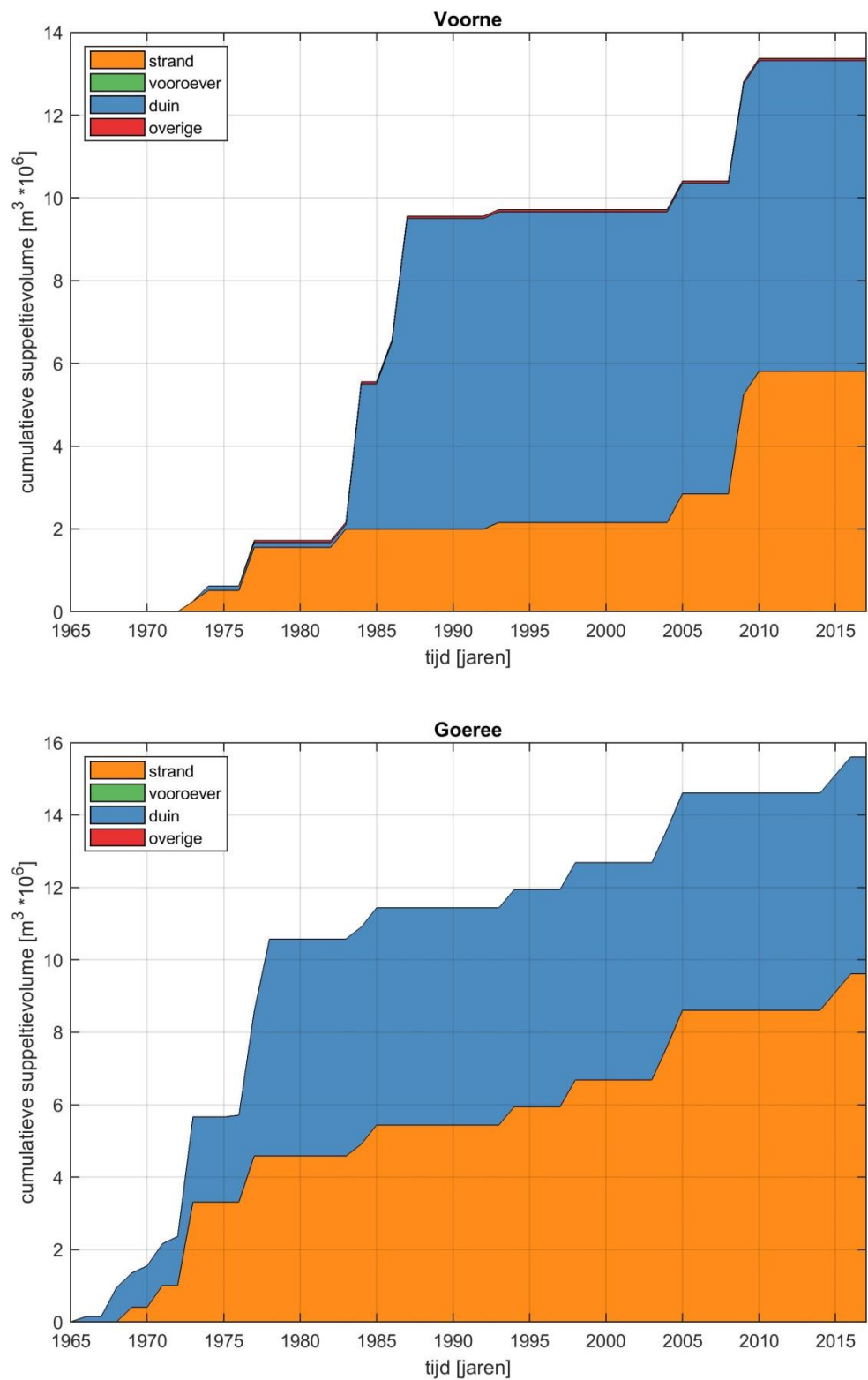
Op Voorne zijn vóór 1990 al grote suppleties uitgevoerd. Deze betreffen de duinversterkingen van het gehele eiland in het kader van de Deltawerken, uitgevoerd in de jaren 1984 – 1987. Tussen 2009 en 2011 is opnieuw een grote duinversterking uitgevoerd in het kader van het Zwakke-Schakelprogramma. Hier ging het alleen om de kop van Voorne tussen RSP 920 en 1300. Deze is tegelijkertijd uitgevoerd met een kleinere strandsuppletie op het zuidelijke deel tussen RSP 1320 en 1600. De totale hoeveelheid betreft ongeveer 3,0 miljoen m³. Sindsdien zijn hier geen suppleties uitgevoerd. Op Goeree is het meest recent in 2016 een zandsuppletie uitgevoerd op het Westhoofd. Daarnaast is er in 2016 een eenmalige suppletie uitgevoerd bij de Brouwersdam.

In Appendix C zijn de kaartjes van de kustvakken Voorne en Goeree met de locaties van de uitgevoerde suppleties opgenomen. Figuur 4.1 geeft voor beide kustvakken een overzicht van locatie, uitvoeringsperiode en type van de suppleties. Figuur 4.2 geeft het totale gesuppleerde volume weer en Figuur 4.3 geeft de totale hoeveelheden per periode per strekkende meter kustlengte.

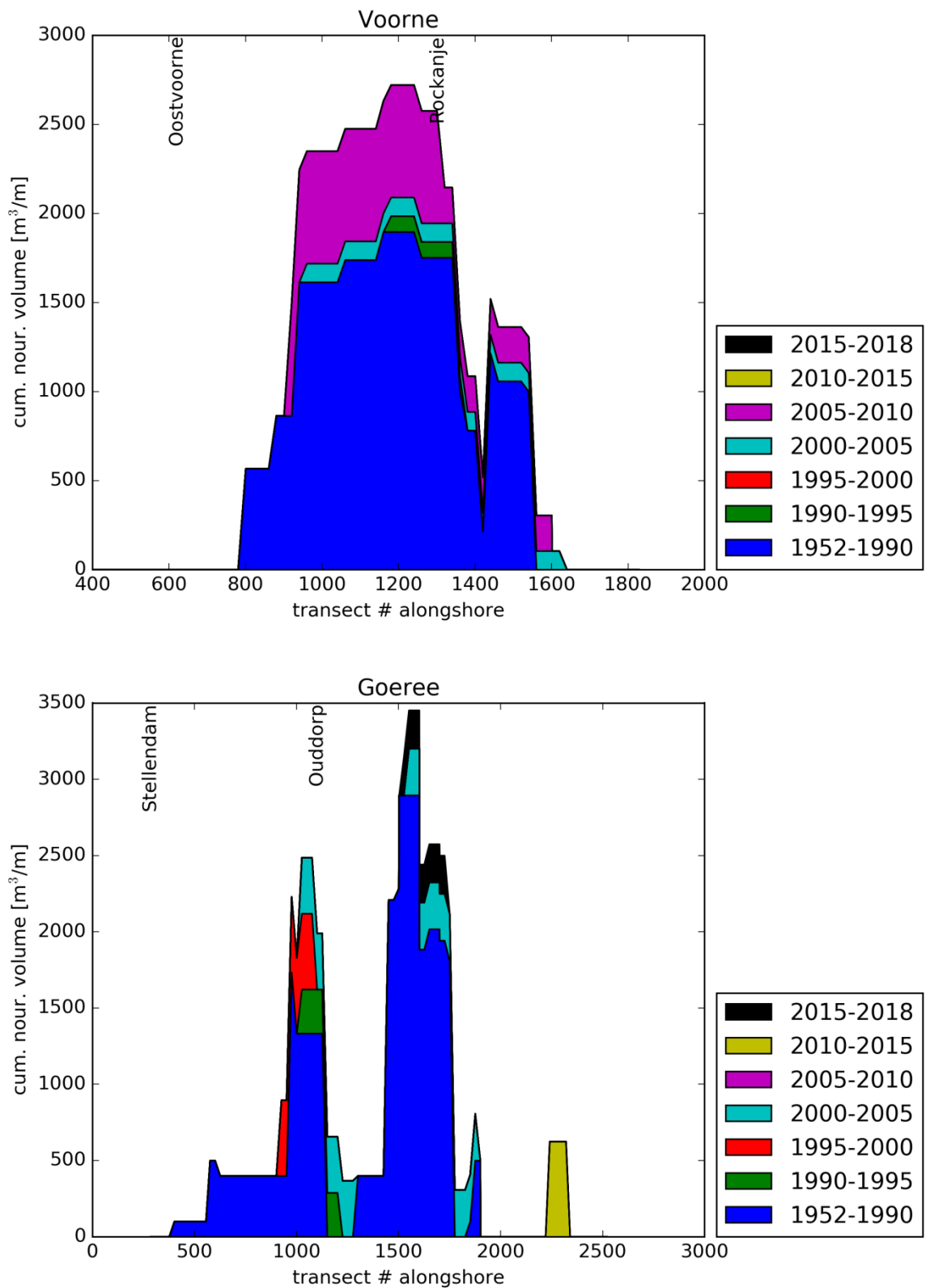
De periode van vóór 1990 is in zijn geheel samengenomen. In deze figuur vallen vooral de grote suppleties voor 1990 (donkerblauw) op, dit betreft vooral de duinsuppleties (oranje in Figuur 4.1 en blauw in Figuur 4.2) in het kader van de Deltaversterking uitgevoerd in de jaren 1966 – 1987. Tabel 4.1 en Tabel 4.2 geven het volledige getalsmatige overzicht van de suppleties voor de kustvakken 11 Voorne resp. 12 Goeree.



Figuur 4.1 Overzicht uitgevoerde suppleties per raai per jaar t/m 2017. Boven kustvak Voorne, onder Goeree. Blauw = vooroever-suppletie, Geel = strandsuppletie en Oranje = Duinversterking



Figuur 4.2 Cumulatief per kustvak aangebrachte suppletievolumen t/m 2018. Boven kustvak Voorne, onder Goeree. Groen = vooroeversuppletie, Oranje = strandsuppletie en Blauw = Duinversterking)



Figuur 4.3 Cumulatieve suppletievolume per m per raai t/m 2018. Boven kustvak Vorne, onder Goeree. Kleur geeft de periode aan.

Tabel 4.1 Overzicht suppleties kustvak 11 Voorne.

type suppletie	aanleg [jaar]	beginraai [RSP]	eindraai [RSP]	lengte [m]	volume [m ³]	volume [m ³ /m]
strandsuppletie	1973 – 1973	1050	1250	2000	250.000	125
strandsuppletie	1974 – 1974	1260	1360	1000	110.000	110
duinverzwarening en strandsuppletie	1974 – 1974	1260	1360	1000	110.000	110
strandsuppletie	1974 – 1974	1260	1520	2600	150.000	58
strandsuppletie	1977 – 1977	880	1250	3700	1.045.000	282
depot	1977 – 1977	880	1250	3700	55.000	15
strandsuppletie	1983 – 1983	1160	1440	2800	440.000	157
duinverzwarening zeewaarts	1984 – 1984	800	1400	6000	3.400.000	567
duinverzwarening	1986 – 1986	1440	1540	1000	1.000.000	1000
duinverzwarening	1987 – 1987	940	1340	4000	3.000.000	750
strandsuppletie	1993 – 1993	1180	1360	1800	160.000	89
strandsuppletie	2005 – 2005	960	1620	6400	691.403	108
duinverzwarening Zwakke Schakel	2009 – 2010	920	1300	2800	2.400.000	632
strandsuppletie	2010 – 2010	1320	1600	2800	560.000	200

Tabel 4.2 Overzicht suppleties kustvak 12 Goeree.

type suppletie	aanleg [jaar]	beginraai [RSP]	eindraai [RSP]	lengte [m]	volume [m ³]	volume per m [m ³ /m]
duinverzwarening	1966 – 1966	1500	1700	2000	150.000	75
duinverzwarening landwaarts	1968 – 1968	1300	1500	2000	800.000	400
strandsuppletie	1969 – 1970	1501	1601	1000	401.000	401
duinverzwarening	1970 – 1970	400	600	2000	200.000	100
strandsuppletie	1971 – 1971	1501	1601	1000	610.000	610
duinverzwarening	1972 – 1972	1650	1725	750	100.000	133
duinverzwarening	1972 – 1972	1875	1900	250	100.000	400
strandsuppletie	1973 – 1974	1450	1750	3000	2.300.000	767
duinverzwarening	1973 – 1974	1450	1750	3000	1.000.000	333
duinverzwarening	1976 – 1976	1850	1900	500	50.000	100
duinverzwarening landwaarts	1977 – 1979	575	975	4000	1.600.000	400
strandsuppletie	1977 – 1977	1450	1750	3000	1.267.000	422
duinverzwarening landwaarts	1978 – 1979	975	1125	1500	2.000.000	1333
strandsuppletie	1984 – 1984	1450	1750	3000	330.000	110
strandsuppletie	1985 – 1985	1450	1750	3000	530.000	177
strandsuppletie	1994 – 1994	1025	1200	1750	505.678	289
strandsuppletie	1998 – 1988	925	1075	1500	745.376	497
strandsuppletie	2004 – 2004	1025	1275	2500	920.424	368
strandsuppletie	2005 – 2005	1550	1875	3250	1.000.552	308
dijk in duin	2007 – 2009	1100	1300	2000	290.000	145
strandsuppletie	2016 – 2016	1525	1725	2000	500.000	250

4.2.2 Verkenning morfologische effecten (geulwand-)suppletie Bollen van de Ooster (Elias, 2015)

Langs de westkust van Goeree (raaien 1250-1500), zie Figuur 4.4, vindt structurele erosie plaats. Uit de beoordeling van de kustlijn volgt dat de BKL hier overschreden is. Inmiddels is in 2016 een strandsuppletie in dit gebied uitgevoerd en zal in 2020/2021 wederom een suppletie worden uitgevoerd om zo de BKL te handhaven. In 2015 is door Deltares (Elias, 2015) een verkenning uitgevoerd naar de mogelijkheid om de geul tussen de Bollen van de Ooster te suppleren door middel van analyse van de toentertijd beschikbare bodemmetingen, aangevuld met eenvoudige modelsimulaties. In deze verkenning werd antwoord gegeven op de vraag: *Wat zijn de gevolgen van een geulwandsuppletie in de geul tussen de Bollen van Ooster en Goeree en is het verstandig om deze uit te voeren?*

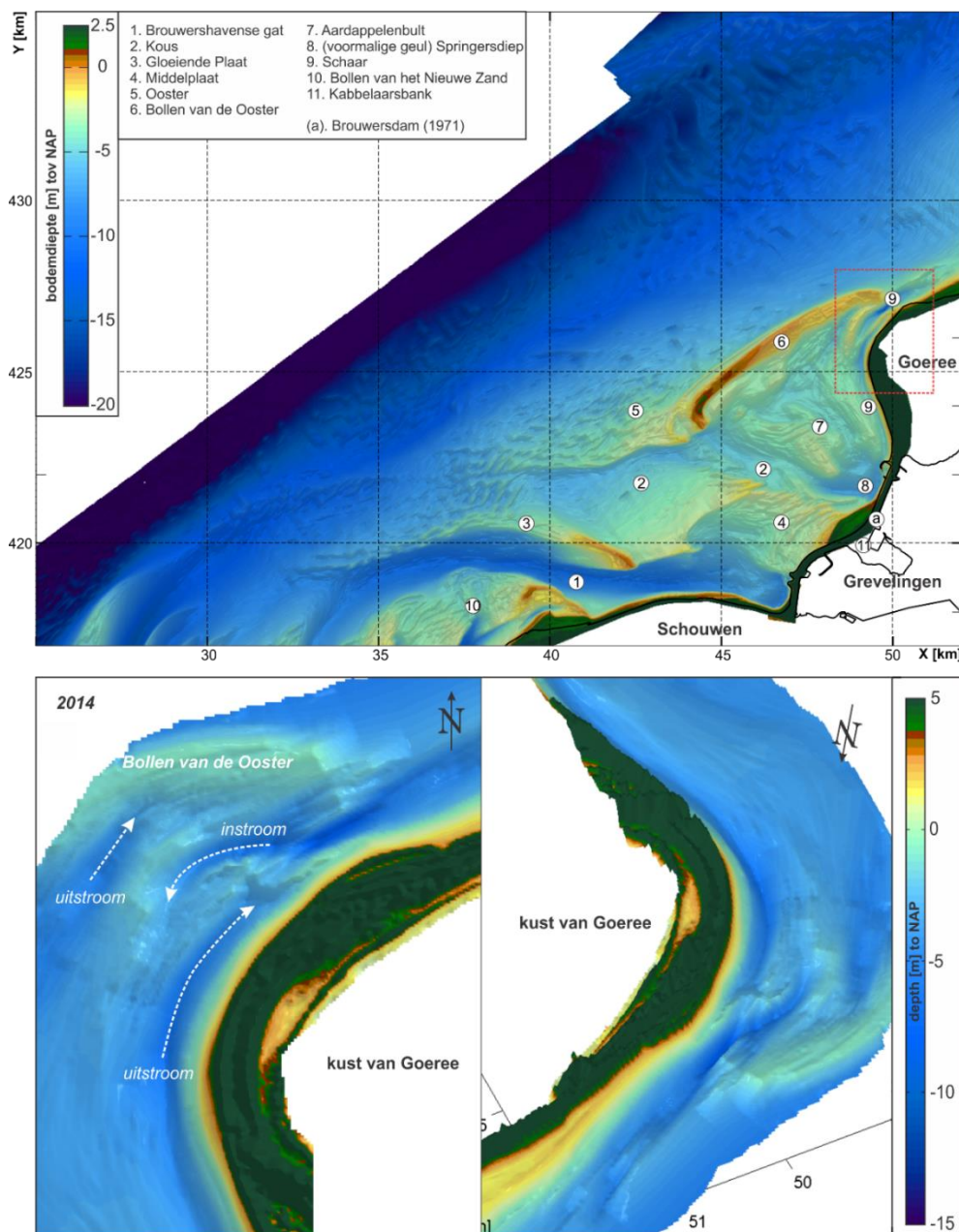
Morfologische veranderingen

De Bollen van de Ooster verplaatsen zich noordoostwaarts (en landwaarts). De geul die zich tussen de Bollen van de Ooster en de kust bevindt (geultje van de Bollen) volgt deze ontwikkeling en wordt tegen de kust gedrukt. Op basis van de modelresultaten kan deze beschrijving worden aangescherpt. De modelresultaten laten zien dat juist tijdens afgaand getij op zee, hoge zuidwaarts gerichte stroomsnelheden langs de kust van Goeree ontstaan. Deze stromingen worden samengeknepen en versnellen tussen de Bollen van de Ooster en de kust. Dit veroorzaakt hier hoge (in)stroomsnelheden. Deze stromingen verklaren de aanwezigheid van de diepe geul die zich aan de kop van de Bollen van de Ooster heeft gevormd. De Bollen van de Ooster verplaatsen zich noordwaarts door de overheersende golfgedreven transporten, zie ook het conceptueel model van de Bollen van de Ooster in Figuur 3.19 in paragraaf 3.3.3.2. De stromingen die tussen de Bollen en de kust worden geperst zullen bijdragen tot het zeewaarts houden van de Bollen. Zonder deze stroming zouden de Bollen van de Ooster tegen de kust zijn gedrukt. Het erosiegebied dat samenhangt met de geul en stromingen verplaatst zich dus ook langzaam noordwaarts. Elias (2015) heeft niet gekeken naar de noordelijke grens van invloed. Toch is het aannemelijk dat erosie rond km. 12 gerelateerd zal zijn aan de versnelling van de stroming naar de Bollen toe en de daaruit volgende transportgradiënten.

Cyclisch gedrag

Cyclisch gedrag, het periodiek aanlanden van kleinere banken op de kust van Goeree, is waarneembaar in de periode tot 1994. Eigenlijk is dit de periode voordat de Bollen van de Ooster zich als lange, hoge en ondoorbroken bank heeft gevormd. Sindsdien accumuleert het zand in de Bollen van de Ooster en niet in kleinere banken die kunnen aanlanden. Daarnaast bevindt er zich sinds 1994 een barrière tussen de Bollen en de kust, in de vorm van een relatief grote geul, de Schaar (zie Figuur 4.4). Deze geul zorgt voor erosie van de kust van Goeree. Het ontstaan en gedrag van de Bollen van de Ooster is een eenmalige gebeurtenis en is gerelateerd aan de afsluiting van de Grevelingen monding, waardoor er zand landwaarts wordt verplaatst. Dit zand, het voormalige buitendeltafront, wordt door golven landwaarts verplaatst en heeft zodoende de Bollen van de Ooster gevormd. In het rapport van Elias (2015) staat dat de toekomstige ontwikkeling van de Bollen van de Ooster vergelijkbaar zal zijn aan de naastliggende Hinderplaat. Echter blijkt uit recente nieuwe inzichten dat er ook belangrijke verschillen tussen beide platen zijn. Het opbreken van de Hinderplaat is veroorzaakt door de verminderde sedimenttoevoer door aanleg van de Maasvlakte. De Bollen van de Ooster zal zich naar verwachting nog kunnen handhaven omdat de brandingstroom langs de bank wordt gegenereerd en dus onafhankelijk is van de aanliggende kusten.

Een belangrijke conclusie is dat een reguliere geulwandsuppletie, waarbij de geul slechts gedeeltelijk wordt volgestort, leidt tot grotere instroomsnelheden ter plaatse van de suppletie. Hierdoor zullen zal de suppletie eroderen met verliezen die waarschijnlijk hoger zijn dan op basis van de huidige trend zou worden afgeschat. Er treden geen significante (negatieve) veranderingen in stromingen op langs de kust buiten het suppletiegebied. Een geulwand-suppletie waarbij de gehele geul wordt afgesloten zorgt ervoor dat de instroming niet meer kan plaatsvinden, waardoor ook het hierboven genoemde gebied van erosie van de kust van Goeree zal verdwijnen. Deze ingreep zal echter wel een significante morfologische verandering in het gebied veroorzaken. Bovendien betreft het beschermd Natura2000 gebied.

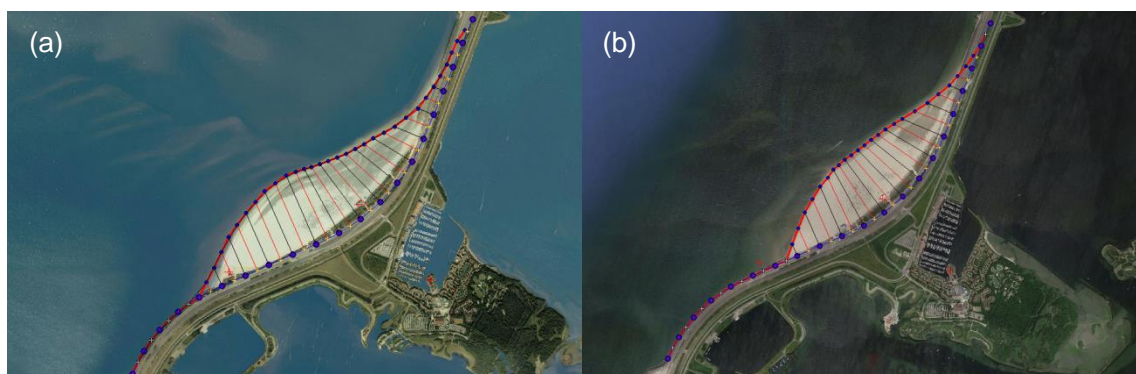


Figuur 4.4: Ligging van de belangrijkste geulen en platen in de Grevelingenmond (boven) en (onder) detail weergave (bovenaanzicht en 3D perspectief) van de kop van de Bollen van de Ooster (zie rode polygoon in bovenste paneel voor ligging) (Elias, 2015).

4.2.3 Morfologische modellering van een zandsuppletie bij de Brouwersdam (Schrijvershof, 2015)

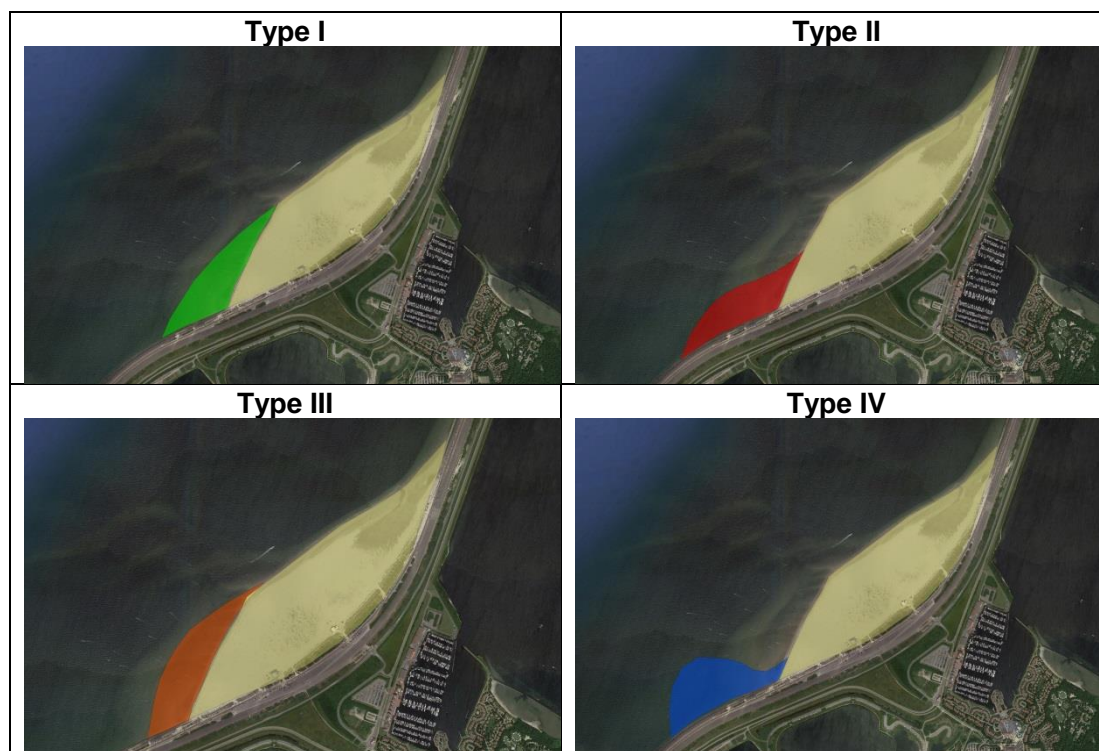
In Schrijvershof (2015) wordt aan de hand van een locatie bij de Brouwersdam, zie Figuur 4.5, de modellering van een zandsuppletie in dwarsprofielen met UNIBEST CL+ vergeleken met metingen (Jarkusraaien), Figuur 4.7. Het model wordt gebruikt om de vormgeving van de zandsuppletie te optimaliseren qua levensduur.

De zandsuppletie bij de Brouwersdam valt feitelijk niet binnen kustlijninzorg, maar de studie is wel van belang voor het modelinstrumentarium.



Figuur 4.5 Unibest kustlijn model 2005 (a) en 2014 (b) (Schrijvershof, 2015)

Met het oog op optimalisatie van de levensduur zijn vier verschillende suppletieontwerpen doorgerekend met verschillende zandkarakteristieken (Figuur 4.6). Om de bandbreedte in voorspelbaarheid te bepalen is met drie zandtransportformuleringen gerekend. Figuur 4.7 toont de waargenomen en gesimuleerde kustlijnontwikkeling.

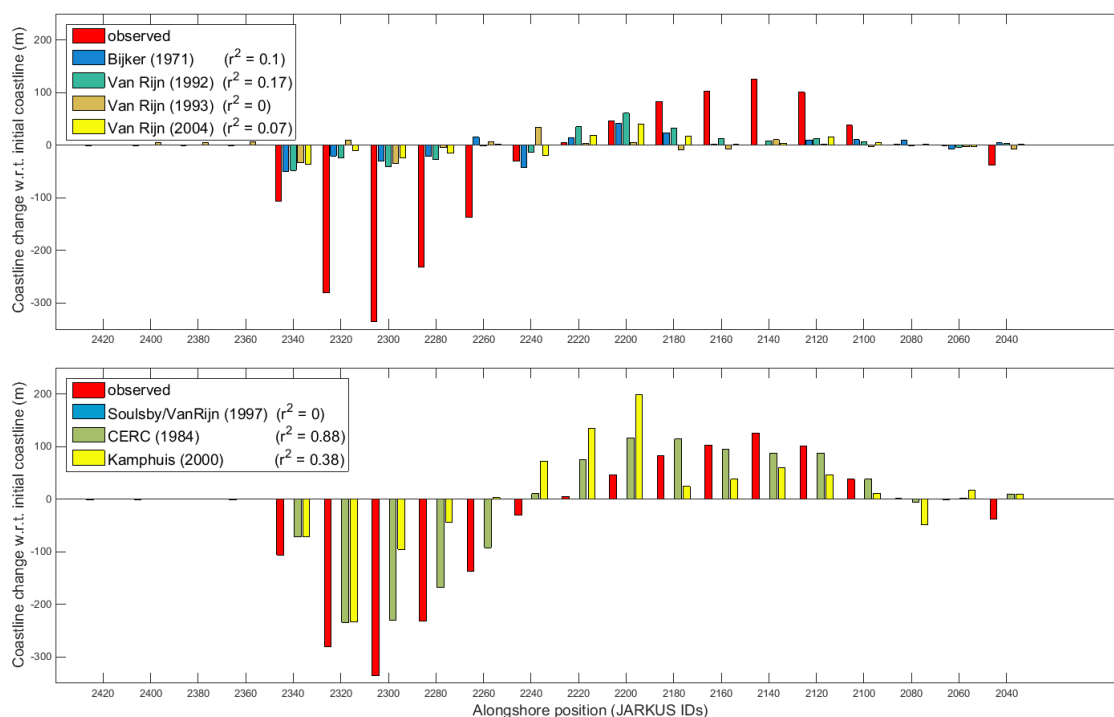


Figuur 4.6 Type zandsuppletie (Schrijvershof, 2015)

Het blijkt dat hoe meer het ontwerp afwijkt van de bestaande kustlijn, des te hoger de verliezen. Type I en Type II voldoen beter dan Type II en Type IV.

De zandsort is bepalend voor de levensduur van de suppletie, hoe grover hoe minder erosie.

De resultaten laten verder zien dat de CERC-formule de beste correlatie geeft met de metingen, maar deze transportformule kent geen input voor sedimenttype of gradatie. Het Van Rijn (2004) model geeft een sterke onderschatting van de kustlijnontwikkeling maar geeft de trend wel goed weer. Dit model kan gekalibreerd worden en is dan goed bruikbaar.



Figuur 4.7 Waargenomen en gesimuleerde kustlijnontwikkeling voor 2005-2014 met verschillende sediment transport formules (Schrijvershof, 2015)

4.3 Detailontwikkeling vooroever

4.3.1 Deelgebieden kustvak 11 Voorne

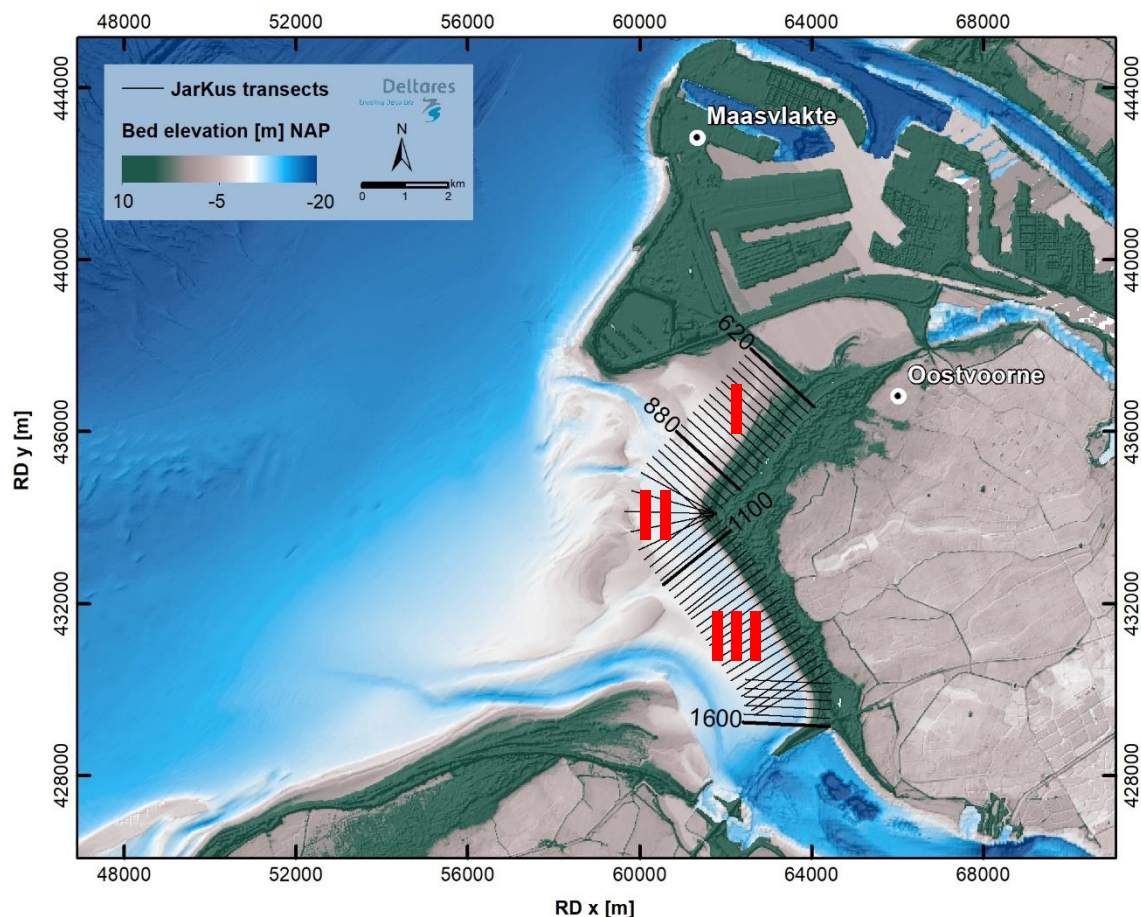
De kust van Voorne (raaien 620-1600) kan qua ligging en qua ontwikkeling in drie stukken verdeeld worden:

- I. Het noordelijk deel tussen de Jarkus raaien 620 (Brielse Gatdam) en 880 waarvan de kust gericht is op het noordwesten,
- II. De Kop van Voorne (raai 880 tot raai 1100) met een sterk gekromde kustligging.
- III. Het zuidelijke deel tussen de raaien 1100 en 1600 (Damaanzet Haringvlietssluis), waarvan de kust gericht is op het zuidwesten.

Deze drie deelgebieden zijn met de begrenzende Jarkusraaien (of RSP) weergegeven in Figuur 4.8. In de volgende paragrafen worden de ontwikkelingen in de deelgebieden in detail beschreven en worden een aantal representatieve kustlijngrafieken gegeven voor de kustlijnindicatoren zoals duinvoet, hoog- en laagwaterlijn, suppletievolume, MKL, BKL

en TKL. Deze grafieken zijn ge-update t/m 2018. Om de morfologische ontwikkelingen in een bepaalde periode te illustreren zijn ook kustprofielen opgenomen. Per deelgebied wordt een conclusie voor het te verwachten beheer en onderhoud in het betreffende gebied gegeven.

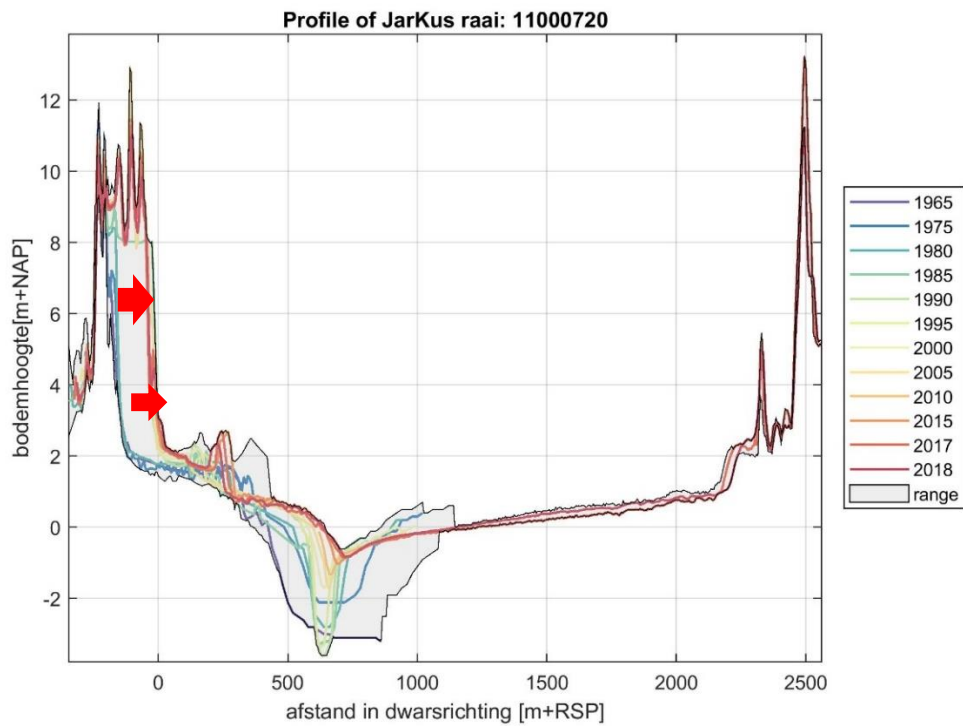
In de Kustviewer (<https://www.openearth.nl/coastviewer-static/#/>) zijn alle kustlijngrafieken te raadplegen.



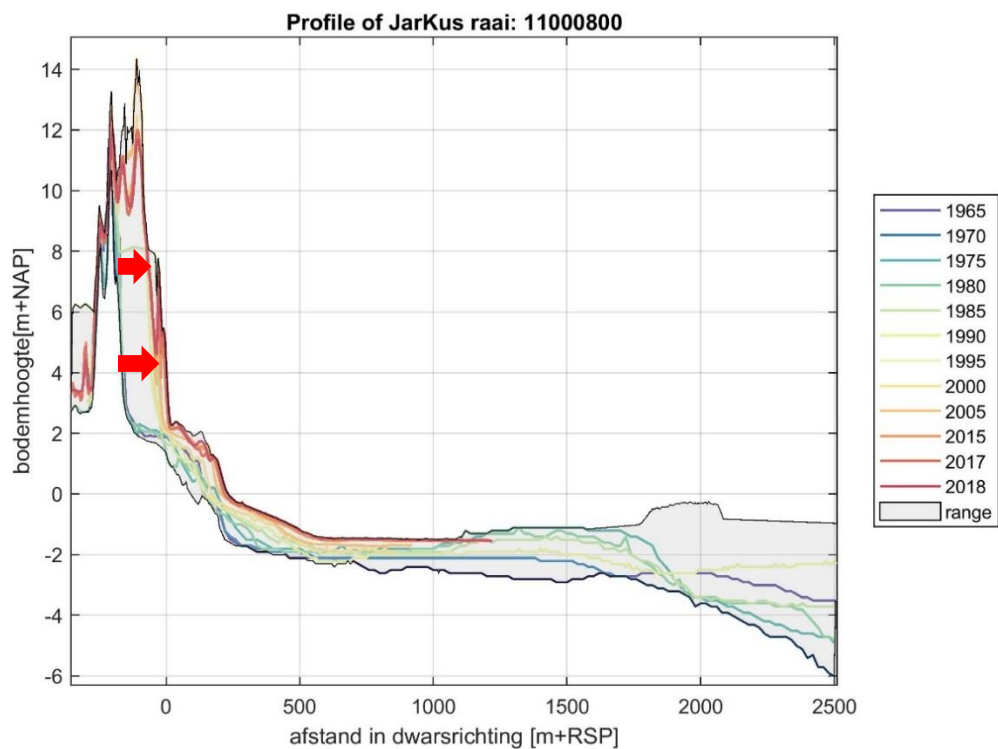
Figuur 4.8 Indeling kust van Voorne met Jarkusraaien en drie kenmerkende deelgebieden.

4.3.2 Deelgebied I Voorne: Brielse Gatdam - kop Voorne (raai 620-880)

Deelgebied I van de kust van Voorne loopt van de aanhechting van de Brielse Gatdam tot de kop van Voorne. Dit deel van Voorne heeft een zeer ondiepe vooroever die naar verwachting in de loop van de tijd nog verder zal verondiepen. Na de afsluiting van de Brielse Maas in 1950 en vooral na de afsluiting met de Brielse Gatdam in 1966 is de verondieping begonnen en deze is verder versterkt door de uitbreiding van de eerste Maasvlakte en de aanleg van de Slufter. Tussen 1984 en 1986 is het duin van dit deelgebied in het kader van de Deltawerken versterkt. Figuur 4.9 en Figuur 4.10 geven een goed beeld van deze duinversterking voor respectievelijk raai 720 en 800, waarbij het duin zo'n 100 – 150 meter verbreed is. De twee groene lijnen tonen het duinprofiel voor en na de versterking. Het duin is na de versterking in zeewaartse richting nog iets aangegroeid. Dit is vooral duidelijk bij raai 800. Ook de sedimentatie van de vooroever is duidelijk in de figuren te zien. Rond 1985 was er bij raai 720 nog sprake van een klein geultje in de vooroever. Deze is in 2015 vrijwel verdwenen.



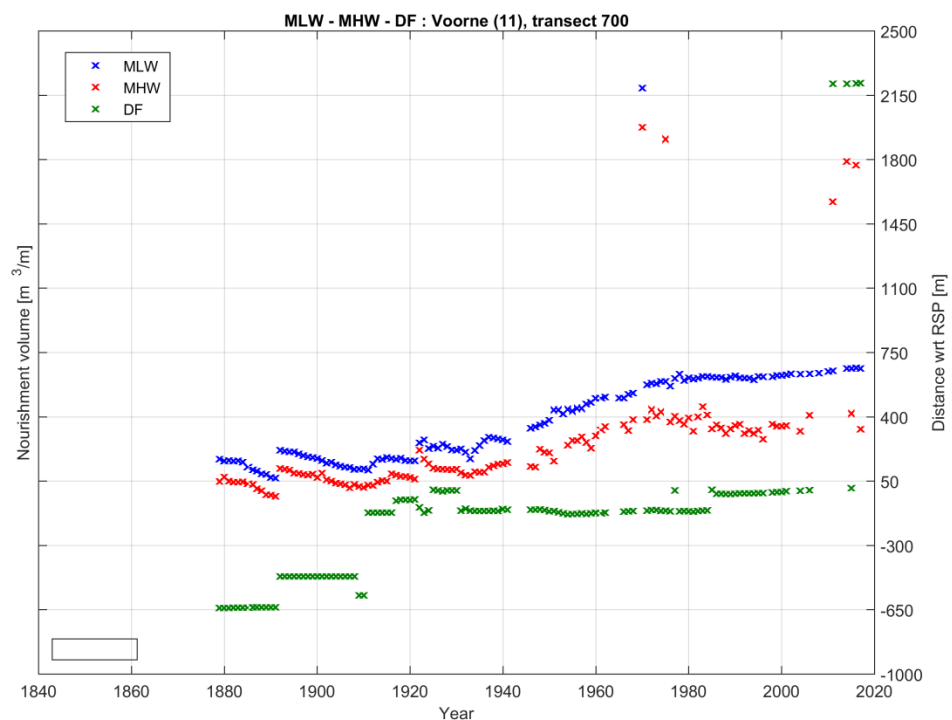
Figuur 4.9 Verandering in het dwarsprofiel raai 720, Voorne (1965-2018). De rode pijlen geven de duinversterking aan tussen 1984 en 1986.



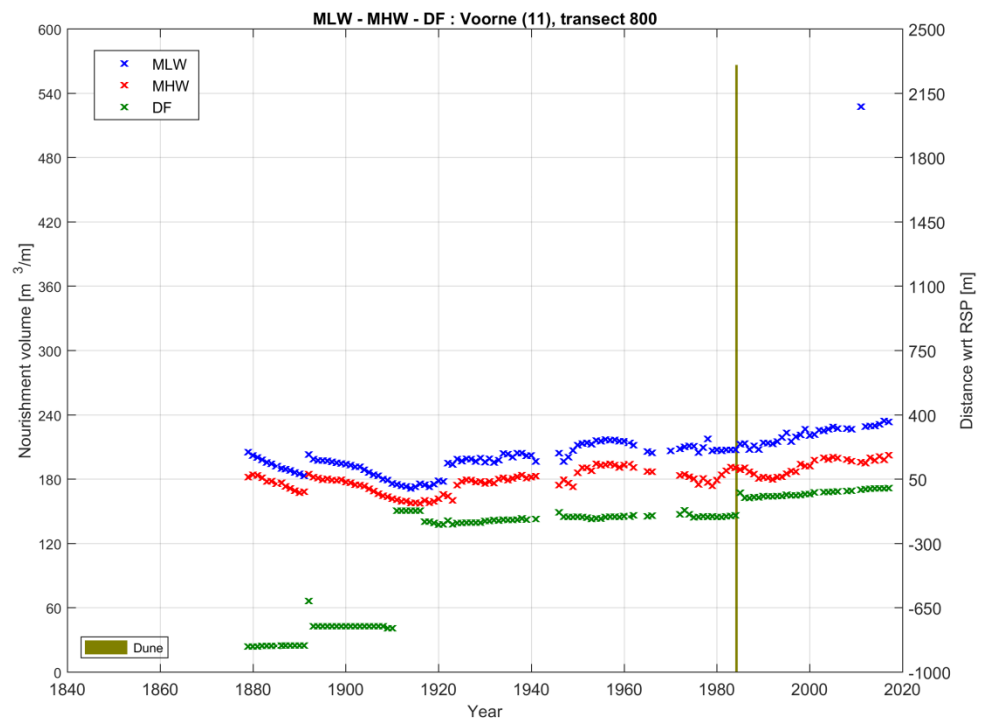
Figuur 4.10 Verandering in het dwarsprofiel raai 800, Voorne (1965-2018). De rode pijlen geven de duinversterking aan tussen 1984 en 1986.

Kustindicatoren deelgebied I Voorne

Allereerst worden in Figuur 4.11 en Figuur 4.12 het verloop van de duinvoet (DF), de gemiddelde hoogwaterlijn (MHW) en gemiddelde laagwaterlijn (MLW) getoond voor raaien 700 en 800. In Figuur 4.12 is tevens de duinversterking van 1984 aangegeven met een groene verticale lijn. In de periode voor 1920 vinden er nog grote natuurlijke ontwikkelingen plaats in de vooroever. Op de strandvlakte vormen zich enkele malen nieuwe duintjes waardoor de duinvoetpositie met sprongen verandert. Door de mens worden deze verder verstevigd en aangeplant (zie voor meer informatie de beschrijving bij deelgebied II). In 1984 verplaatst de duinvoet door de uitgevoerde versterking, daarna verplaatst de duinvoet geleidelijk verder zeewaarts. Na 1920 laten de gemiddeld hoogwater- en laagwaterlijn eveneens een geleidelijke zeewaartse verplaatsing zien, na 1984 zet deze door, alhoewel de gemiddelde hoogwaterlijn ook enige fluctuaties laat zien.

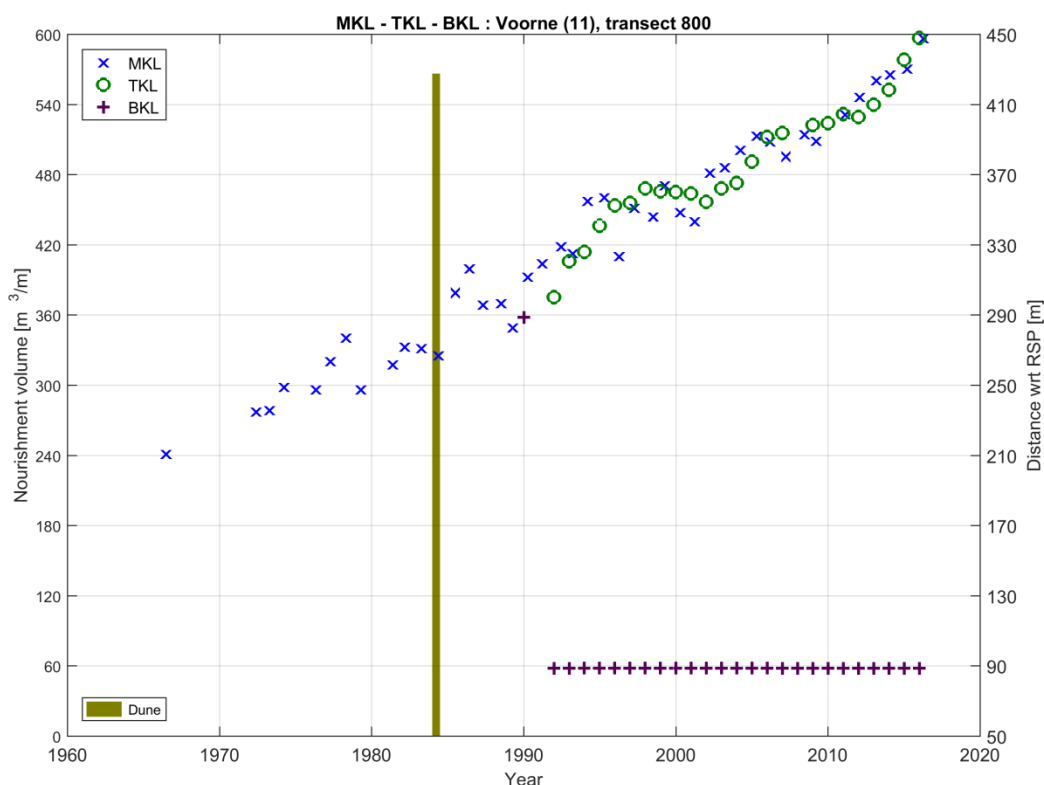


Figuur 4.11 Grafiek met de positie van de duinvoet (DF) en de gemiddelde hoogwater- (MHW) en laagwaterlijn (MLW) voor RSP 700, Voorne.



Figuur 4.12 Grafiek met de positie van de duinvoet (DF) en de gemiddelde hoogwater- (MHW) en laagwaterlijn (MLW) voor RSP 800, Voorne. De groene lijn geeft het zandvolume van de duinversterking weer.

In Figuur 4.13 staan de indicatoren (MKL en TKL) voor RSP 800 gegeven. De weergegeven getallen komen overeen met getallen zoals die door Rijkswaterstaat zijn gerapporteerd in de Kustlijnkaarten 2018. In de periode 1990 tot heden is de ligging van de BKL op sommige locaties gewijzigd. Dit zijn beleidsmatige aanpassingen geweest van de BKL. De positie van de BKL is vastgesteld in 1990 en wordt met enige regelmaat herzien. In dit deelgebied is de BKL in 1992 aangepast met een landwaartse verlegging. De MKL en TKL vertonen een geleidelijke zeewaartse trend. Naast de duinversterking in 1984 zijn in dit deelgebied dan ook geen suppleties uitgevoerd.



Figuur 4.13 Grafiek met de positie van de MKL, TKL en BKL voor RSP 800. De groene verticale lijn geeft de duinversterking van 1984 weer. De linker as geeft het volume van de uitgevoerde suppleties, in dit geval de duinversterking, in m³/m. De rechter as geeft de afstand tot het nulpunt van de RSP lijn.

Conclusie deelgebied I Voorne

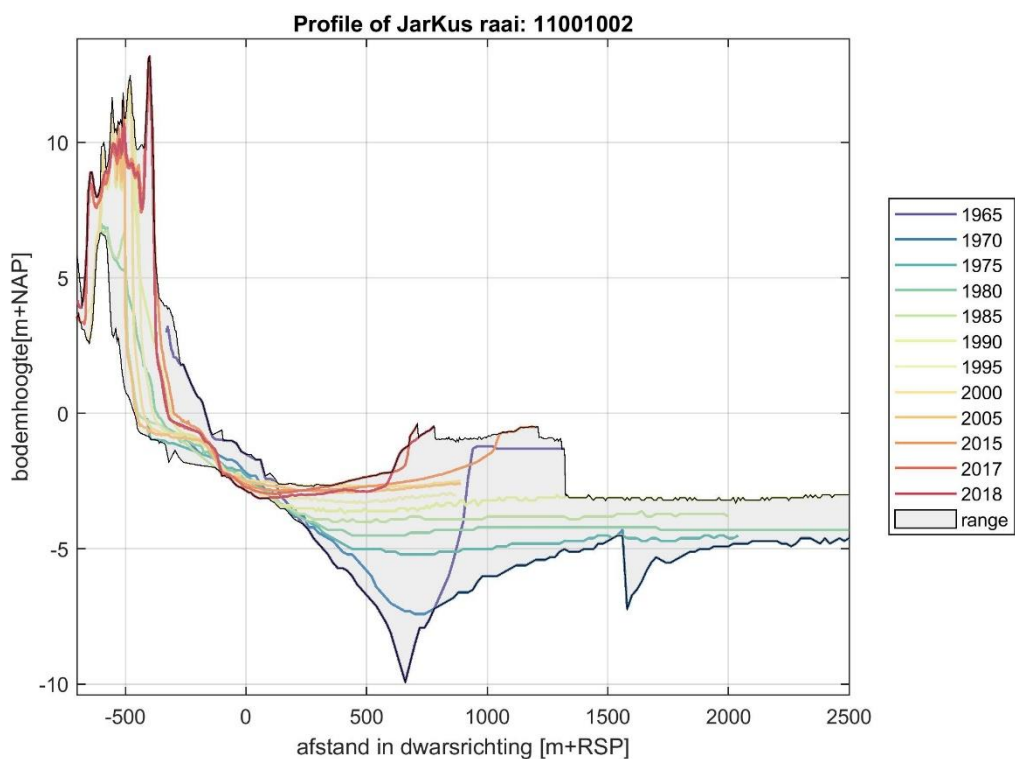
Deelgebied I van de Voornse kust (tussen RSP 560 en 880) vertoont geleidelijke sedimentatie en uitbouw. Tussen 1975 en 2010 is de momentane kustlijn (MKL) ongeveer 250 meter zeewaarts verplaatst op raai 800, zie Figuur 4.13. In 1984 is in het kader van de Deltawerken een duinversterking uitgevoerd. Verder zijn in dit deelgebied geen suppleties uitgevoerd en zijn deze in de toekomst ook niet te verwachten.

4.3.3 Deelgebied II Kop van Voorne (RSP 880-1100)

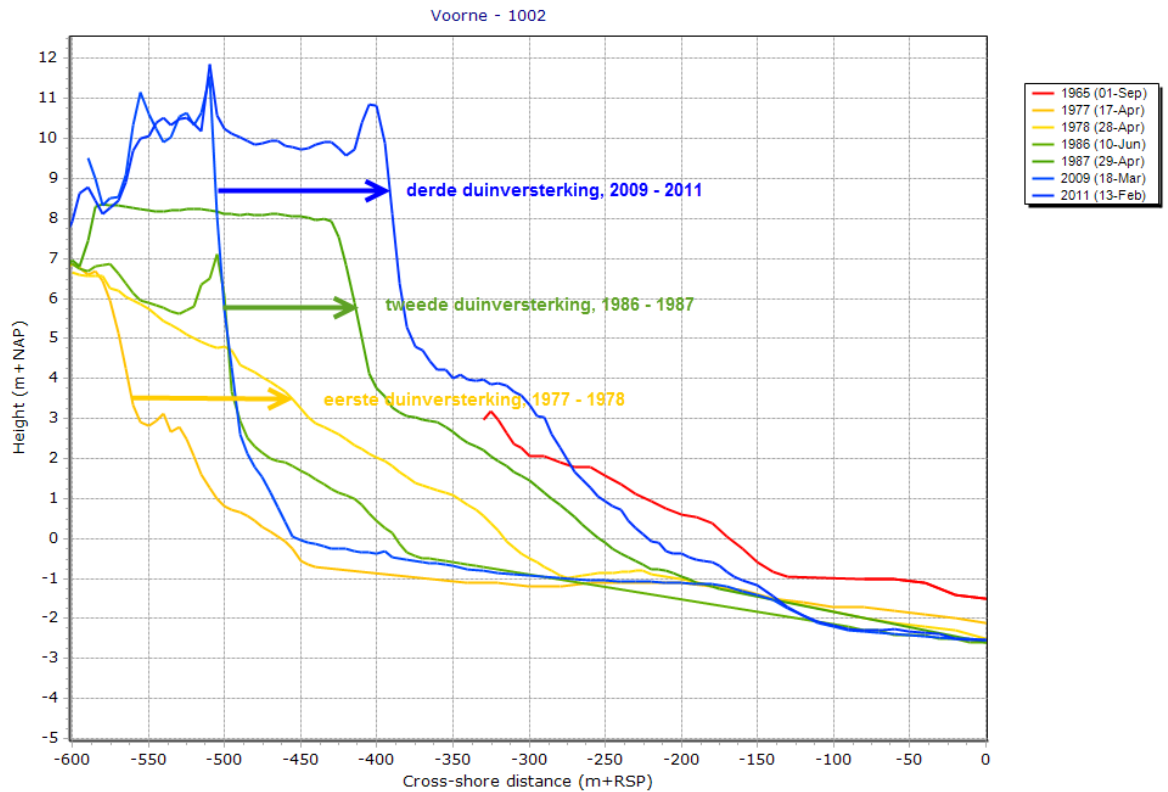
Deelgebied II van de kust van Voorne betreft de Kop van Voorne (Figuur 4.8). Dit deel van Voorne had in het verleden rond 1965 nog een vrij diepe vooroever met een geul voor het strand (Figuur 4.14). Door alle veranderingen in de nabije omgeving (afdamming Brielse Gat, aanleg Maasvlakte, Slufter en tweede Maasvlakte) is de vooroever steeds ondieper geworden (Figuur 4.14).

In de loop van de tijd zijn er drie duinversterkingen uitgevoerd. De eerste vond plaats in 1977. Figuur 4.15 toont deze versterking met gele lijnen in de dwarsdoorsnede. In de suppletie-database (zie Tabel 4.1, in paragraaf 4.2.1) staat deze als strandsuppletie aangemerkt. Ook in Figuur 4.16 en Figuur 4.17 staat deze als strandsuppletie vermeld. De tweede duinversterking heeft volgens de gegevens in Jarkus plaatsgevonden tussen 1986 en 1988 (1984 volgens de suppletiedatabase). Figuur 4.15 toont deze versterking met donkergroene lijnen in de dwarsdoorsnede. De derde en laatste duinversterking is

uitgevoerd in het kader van de zwakke-schakel projecten in 2009, 2010. Figuur 4.14 toont de ontwikkeling voor en na de versterking. Duidelijk is te zien dat een gedeelte van het versterkte duin weer is geërodeerd.



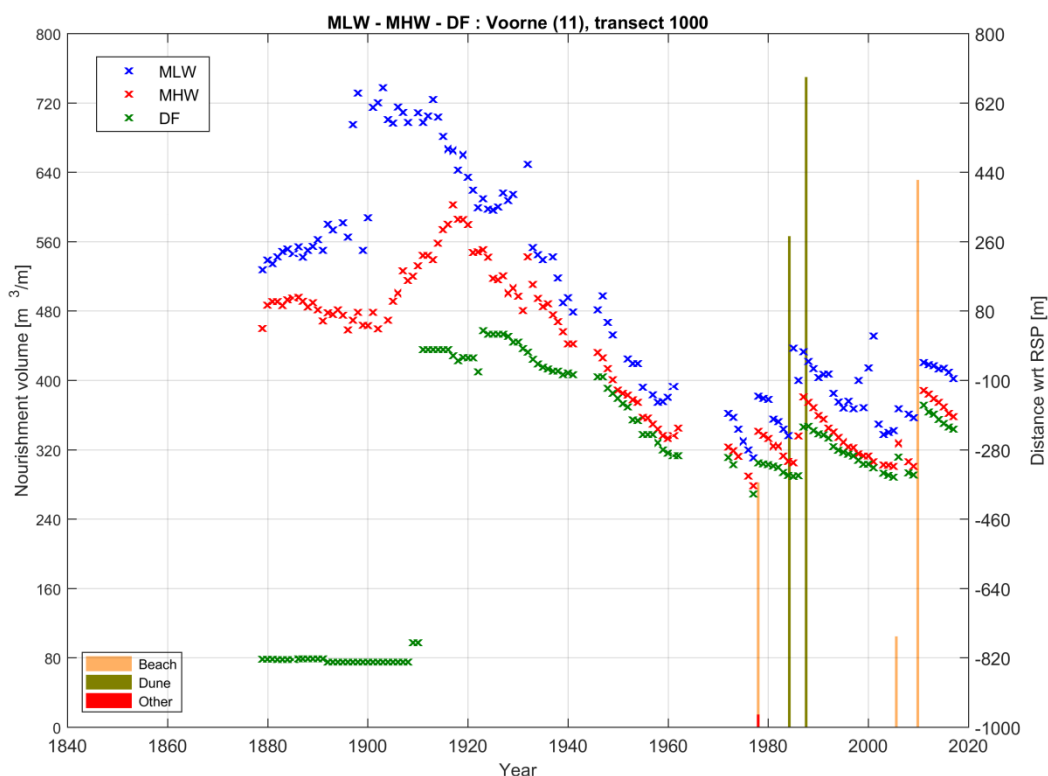
Figuur 4.14 Ontwikkeling van de vooroever van de Kop van Voorne voor raai 1002.



Figuur 4.15 Ontwikkeling van de duinen van de Kop van Voorne voor RSP 1002. De drie uitgevoerde duinversterkingen zijn duidelijk te herkennen. Eerste duinversterking tussen 1977 en 1978 (gele pijl), de tweede tussen 1986 en 1988 (groene pijl) en de derde tussen 2009 en 2011 (blauwe pijl).

Kustindicatoren deelgebied II Voorne

Het Voornse duingebied heeft eerst omstreeks 1600 zijn huidige gedaante gekregen, nadat in de middeleeuwen de eerste grote duinformaties waren ontstaan en door menselijke invloed, vooral door bedijkingen, een aaneengesloten duinenreeks tot stand was gekomen. De ontwikkeling vanaf 1880 van de duinvoet, de gemiddelde hoogwaterlijn (MHW) en de gemiddelde laagwaterlijn (MLW) is weergegeven in Figuur 4.16. In 1910 gaat de duinvoet met ongeveer 300 meter vooruit. Er heeft zich een nieuwe duinregel gevormd op de brede strandvlakte.



Figuur 4.16 Grafiek met de positie van de duinvoet (DF) en de gemiddelde hoogwater- (MHW) en laagwaterlijn (MLW) voor raai 1000. De groene verticale lijnen geven de duinversterkingen weer, de oranje lijnen de strandsuppleties.

Op een breed strand heeft het duinlandschap zich nadien uitgebreid met een karakteristieke periodiciteit, waarbij steeds na een periode van betrekkelijke rust een nieuwe duinenrij op het strand ontstond op enige afstand van de vorige. Aldus zijn de duinregels van 1910, 1926 en 1935 ontstaan (zie de verspringing in de duinvoetpositie in Figuur 4.16). De eerste duinregel kreeg in 1910 een definitief karakter als gevolg van verstevigingen en het planten van helmgras. De duinregels van 1910 en ook die van 1926 zijn goed in de duinvoetpositie in Figuur 4.16 te herkennen, die van 1935 niet.

Vanaf ongeveer 1915 zet een sterke erosie van de kust in, die zich tot op de dag van vandaag voortzet. Deze erosie is het eerst te zien in de MLW positie in Figuur 4.16. Vanaf 1920 begint ook de MHW-positie achteruit te gaan. Door het aanvankelijke brede strand en het actief aanplanten van helmgras blijft de duinvoet nog wat langer aangroeien en konden er nog nieuwe duinregels ontstaan. De duinvoet wordt enkele malen zeewaarts verplaatst door de uitgevoerde suppleties. De suppleties staan weergegeven met verticale lijnen. Het effect op de duinvoet en de gemiddelde hoogwater- en laagwaterlijn is zichtbaar.

De kustindicatoren voor kustlijnverzorg, de momentane kustlijn (MKL), de te toetsen kustlijn (TKL) en de Basiskustlijn (BKL) staan in Figuur 4.17 weergegeven.



Figuur 4.17 Grafiek met de positie van de MKL, TKL en BKL voor raai 1002. De groene verticale lijnen geven de duinversterkingen weer, de oranje lijnen de strandsuppleties. De duinversterking van 2009, 2010 ontbreekt in deze figuur. De linker as geeft het volume van de uitgevoerde suppleties, in m^3/m . De rechter as geeft de afstand tot het nulpunt van de RSP-lijn.

De duin- en strandversterkingen hebben een grote invloed (zeewaartse verschuiving) op de ligging van de MKL, na iedere versterking/suppletie treedt echter weer een sterke negatieve trend op door de sterke erosie van dit deelgebied zoals te zien Figuur 4.17. De verwachting is dat na verloop van tijd (mogelijk 20 jaar) er opnieuw een strand- of duinversterking nodig is, afhankelijk van de verdere suppleties en de verdere ontwikkeling van de vooroever. De laatste duinversterking (Zwakke Schakel) betrof een totale hoeveelheid van 2,4 miljoen m^3 .

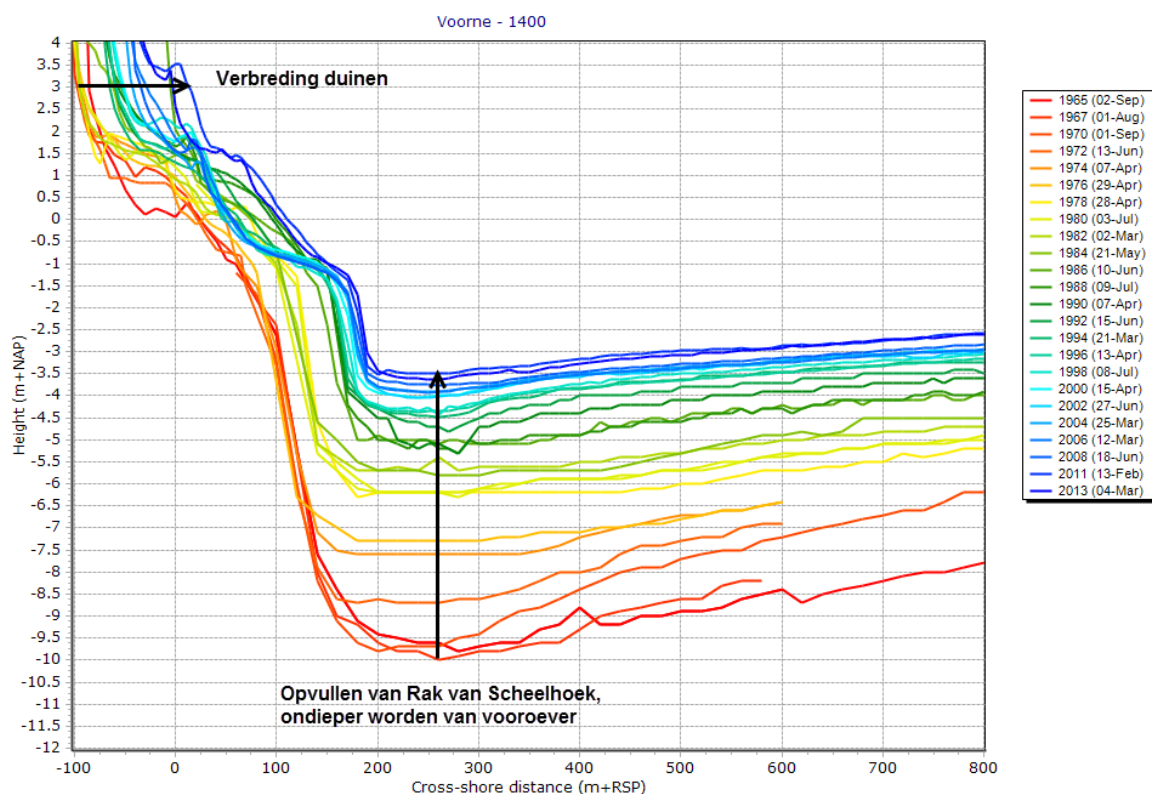
Conclusie Deelgebied II Voorne

Deelgebied II van de Voornse kust, de Kop van Voorne tussen raaien 880 en 1100, vertoont vanaf ongeveer 1915 een sterke erosie. In 1977, 1984/1987 en in 2009/2010 zijn duinversterkingen uitgevoerd. In de toekomst lijken verdere suppleties/duinversterkingen onvermijdelijk. Het geërodeerde zand is voor een groot gedeelte naar het (noord)oosten getransporteerd en zal daar naar verwachting hebben bijgedragen aan de opvulling van de getijgeulen en het ophogen van de voormalige Haringvlietdelta en het voormalige Brielse Gat (zie paragrafen 3.3.2.1 en 3.3.2.2).

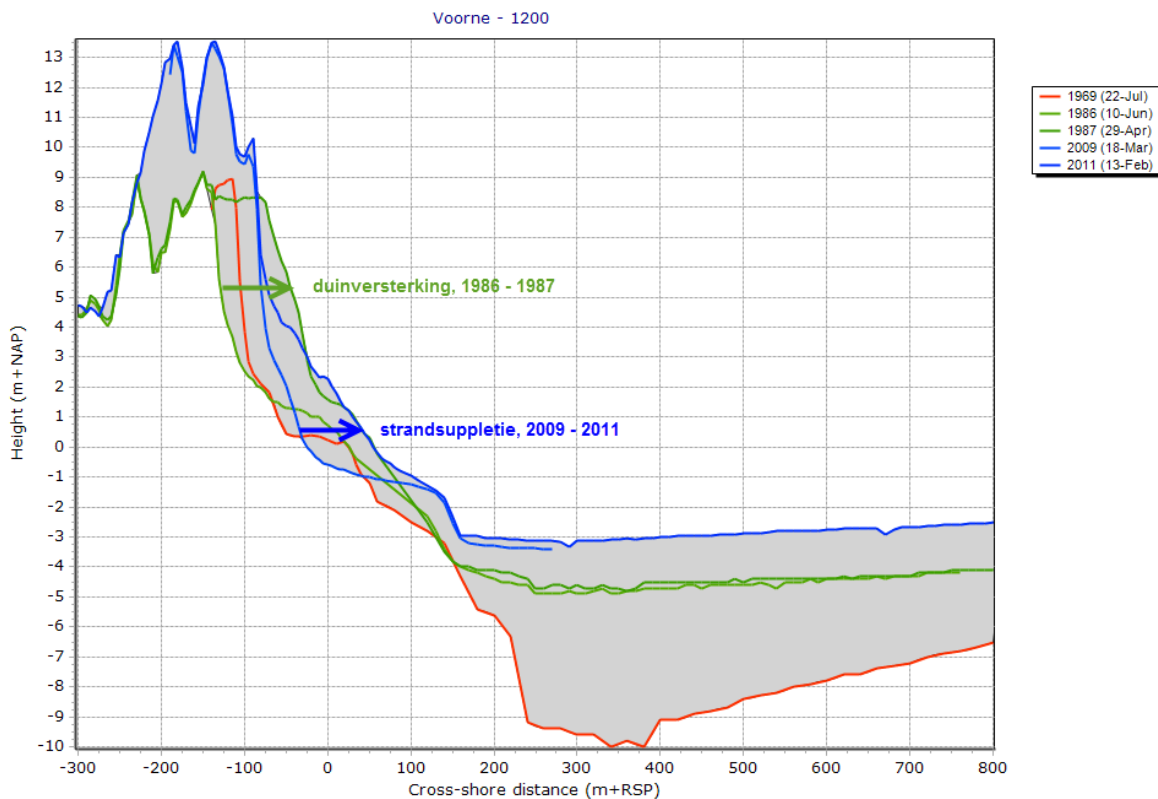
4.3.4 Deelgebied III: Zuidelijk deel van Voorne (raai 1100-1600)

Deelgebied III van de kust van Voorne betreft het zuidelijke deel van Voorne gelegen tussen de kop van Voorne en de damaanzet van de Haringvlietsluizen. Dit deel van Voorne had in het verleden een vrij diepe geul (Rak van Scheelhoek) voor de kust. Na de afsluiting in 1970 door de Haringvlietsluizen is het getijvolume door deze geul sterk afgenomen en is de geul sterk verondiept.

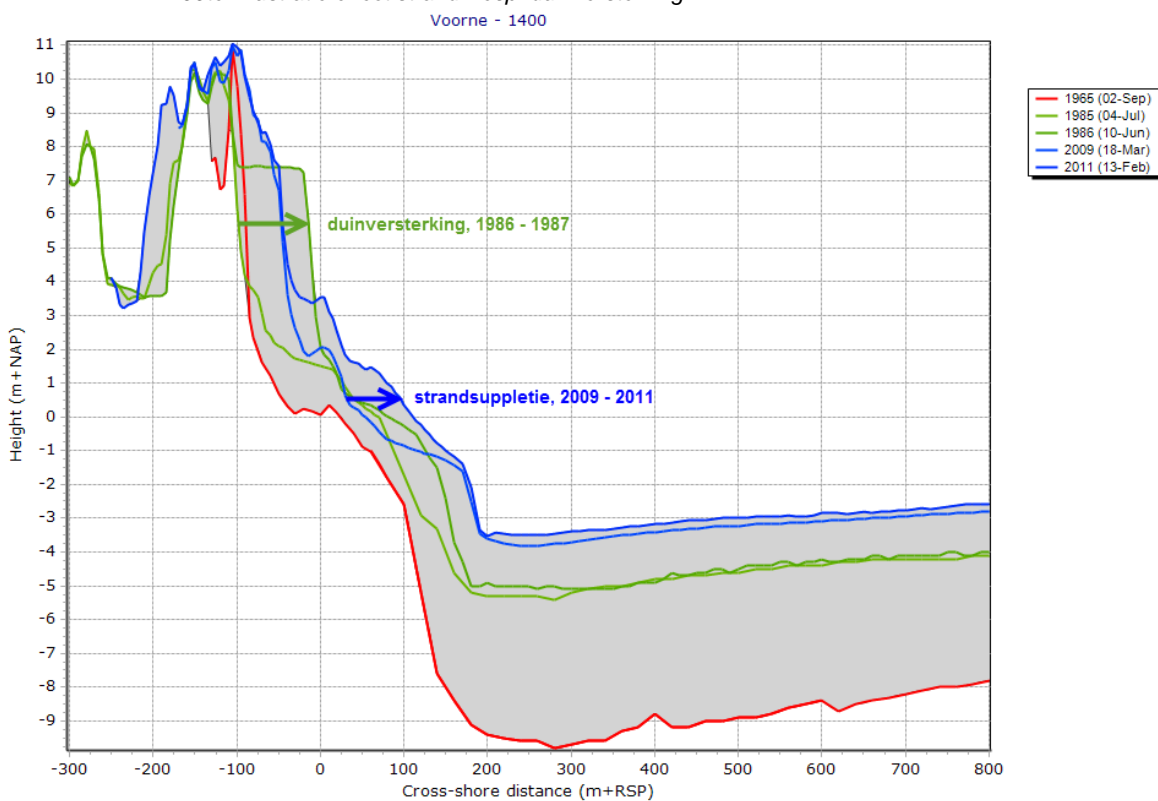
Als voorbeeld van het verloop in de tijd is in Figuur 4.18 het verloop voor raai 1400 gegeven. De lijnen verlopen van rood (1965) naar donkerblauw (2013). Opvallend zijn de verondieping van de vooroever en de verbreding van de duinen. Bij raai 1400 is de geuldiepte afgenomen van ongeveer 10 meter beneden NAP in 1970 tot 3,5 meter beneden NAP in 2013. Alhoewel de snelheid van verondieping is afgenomen, is te verwachten dat deze voorlopig nog doorgaat. Het duin is in de loop der jaren sterk verbreed, vooral door de uitgevoerde duinversterking in 1986-1987 en de duin/strand suppletie tussen 2009 en 2011. Dit is duidelijker te zien in Figuur 4.19 tot en met Figuur 4.21 voor raaien 1200, 1400 en 1500. Hierin is voor de duidelijkheid een beperkte selectie van de profielen getoond. Het eerste profiel is voor de verschillende raaien op verschillende tijdstippen genomen om duidelijke figuren te verkrijgen, het jaar 1965 was hiervoor niet altijd geschikt. De twee groene lijnen (1986 en 1987) tonen de duinversterking van 1986/1987, de twee donkerblauwe lijnen de recente suppletie 2009/2010. In het profiel bij raai 1400 is te zien dat het duin aan weerszijden van het oude duin verbreed is. De suppletie van 2009/2010 is tot vrij hoog in het profiel aangelegd (bv. tot 6 m boven NAP voor raai 1400).



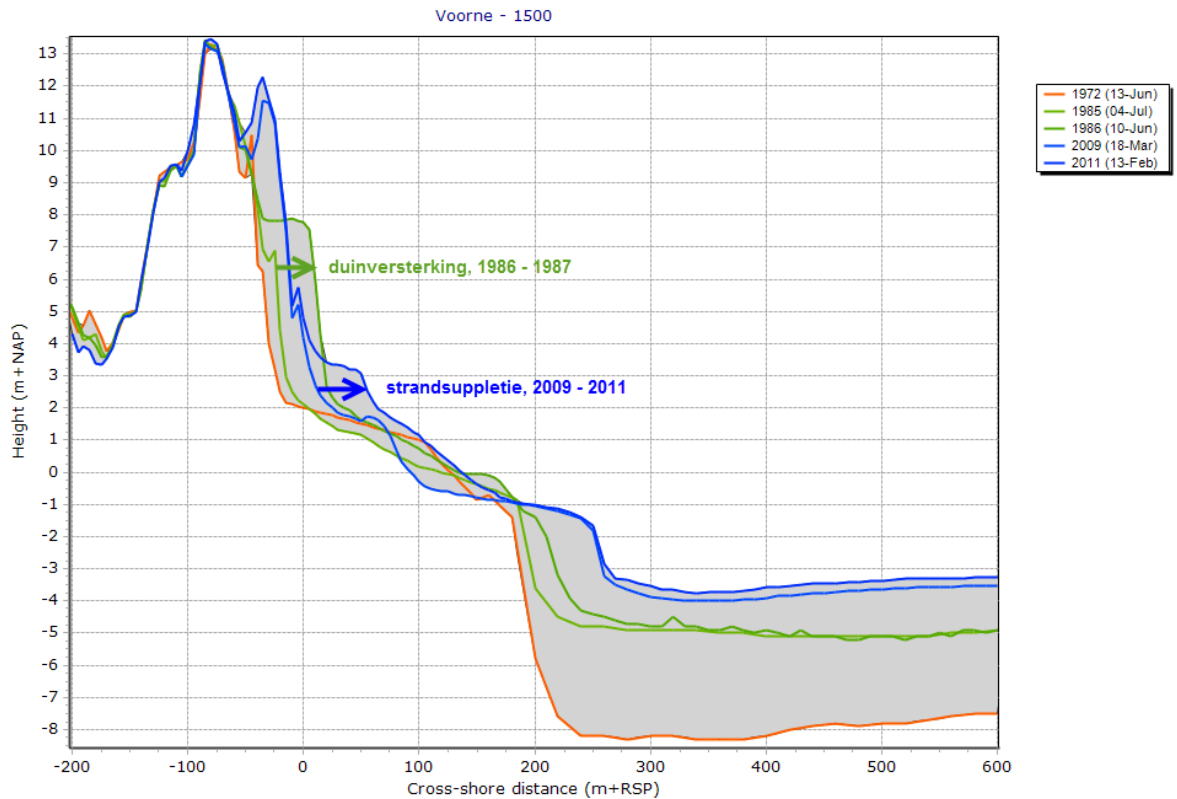
Figuur 4.18 Ontwikkeling van de vooroever tussen de jaren 1965 (rood) en 2013 (donkerblauw) voor raai 1400 ter illustratie sedimentatie geul en vooroever.



Figuur 4.19 Ontwikkeling van de vooroever tussen de jaren 1969 (rood) en 2011 (donkerblauw) voor raai 1200 ter illustratie effect strand- resp. duinversterking.



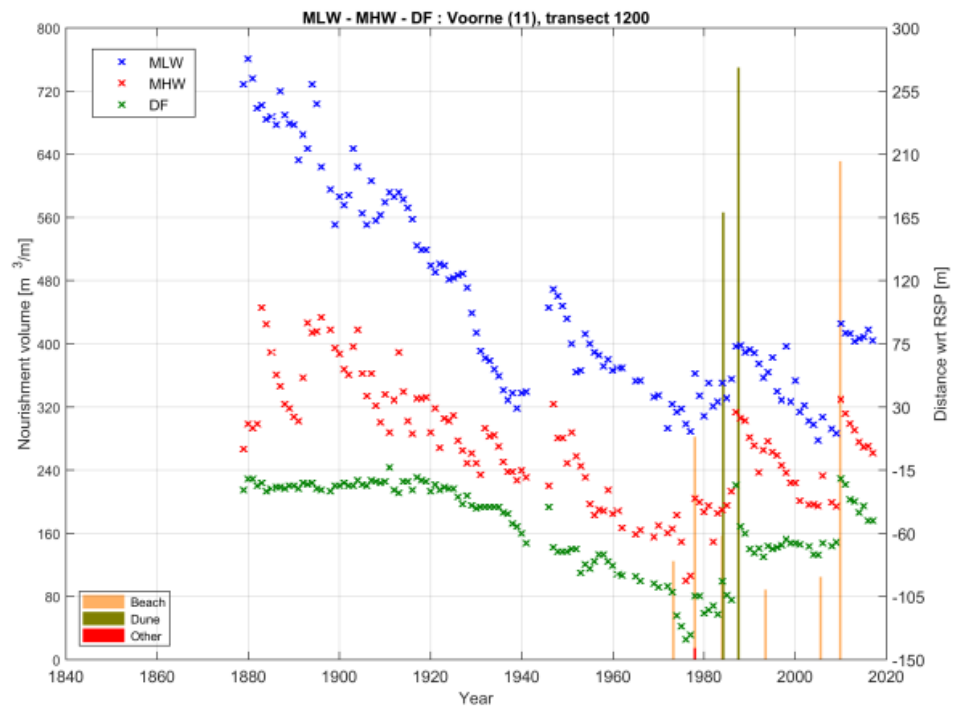
Figuur 4.20 Ontwikkeling van de vooroever tussen de jaren 1965 (rood) en 2011 (donkerblauw) voor raai 1400 ter illustratie effect strand- resp. duinversterking.



Figuur 4.21 Ontwikkeling van de vooroever tussen de jaren 1972 (oranje) en 2011 (donkerblauw) voor raai 1500 ter illustratie effect strand- resp. duinversterking.

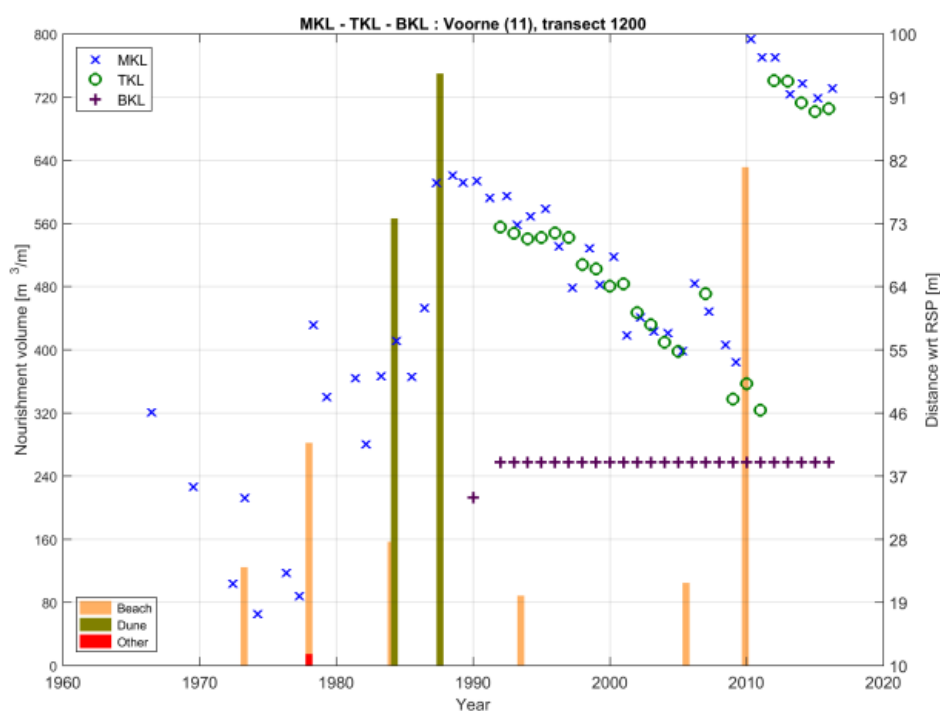
Kustindicatoren deelgebied III Voorne

De ontwikkeling vanaf 1880 van de duinvoet en de gemiddelde hoogwaterlijn (MHW) en de gemiddelde laagwaterlijn (MLW) is weergegeven in Figuur 4.22 voor raai 1200. Deze is illustratief voor raaien 1100 t/m 1400. Zowel de duinvoet als de MHW als de MLW laten op de lange termijn een geleidelijke achtergang zien. Alleen het meest oostelijke deel is stabiel of vertoont zelfs enige aangroei (niet getoond). Een duidelijke trendbreuk door de aanleg van de Haringvlietsluizen is niet te onderkennen. Door de duinversterking in 1986/1987 is dit echter ook moeilijk te zien.



Figuur 4.22 Grafiek met de positie van de duinvoet (DF), gemiddelde hoogwaterlijn (MHW) en de gemiddelde laagwaterlijn (MLW) voor RSP 1200. De groene verticale lijn geeft de duinversterkingen weer, de oranje lijnen de strandsuppleties. De linker as geeft het volume van de uitgevoerde suppleties, in m^3/m . De rechter as geeft de afstand tot het nulpunt van de RSP-lijn.

Voor de meer recente jaren staan in Figuur 4.23 de positie van de MKL, TKL en BKL voor raai 1200 gegeven. Vooral dit westelijke deel van deelgebied III is sterk erosief. Tussen raaien 1280 en 1600 is de ligging van de MKL vrij stabiel (niet getoond). De MKL-waarden van 2010 en daarna zijn veel hoger (zeewaartse verschuiving) door de Zwakke-Schakelversterking.



Figuur 4.23 Grafiek met de positie van de MKL, TKL en BKL voor raai 1200. De groene verticale lijnen geven de duinversterkingen weer, de oranje lijnen de strandsuppleties. 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.

Conclusie Deelgebied III Voorne

Deelgebied III van de Voornse kust, vertoont tussen de raaien 1100 en 1280 erosie. In 1986/1987 is een duinversterking uitgevoerd en in 2009/2010 een duin/strand suppletie, beiden over de gehele lengte. In de toekomst zijn verdere suppleties nodig tussen de raaien 1100 en 1280. Het deel tussen de raaien 1280 en 1600 is stabiel.

4.3.5 Gebiedsbeschrijving kustvak 12 Goeree

Voor de gebiedsbeschrijving is de kust van Goeree (300-1900) opgedeeld in vier deelgebieden, op basis van hun ligging en ontwikkeling (Figuur 4.24).

- I. Het oostelijke deelgebied tussen raai 300 (havendam Stellendam) en 400, waarvan de kust gericht is op het noordoosten.
- II. Het deelgebied tussen raaien 400 en 1300 gericht op het noorden, wat beïnvloed wordt door horizontale zandgolven.
- III. De Kop van Goeree met een sterk gekromde kust tussen raaien 1300 en 1700. Dit deelgebied is zeer dynamisch en heeft een sterke interactie met de nabijgelegen Bollen van de Ooster en de geul Schaar.
- IV. Het vierde deelgebied, tussen raaien 1700 en 1900, is op het westen gericht en eindigt bij de damaanzet van de Brouwersdam.

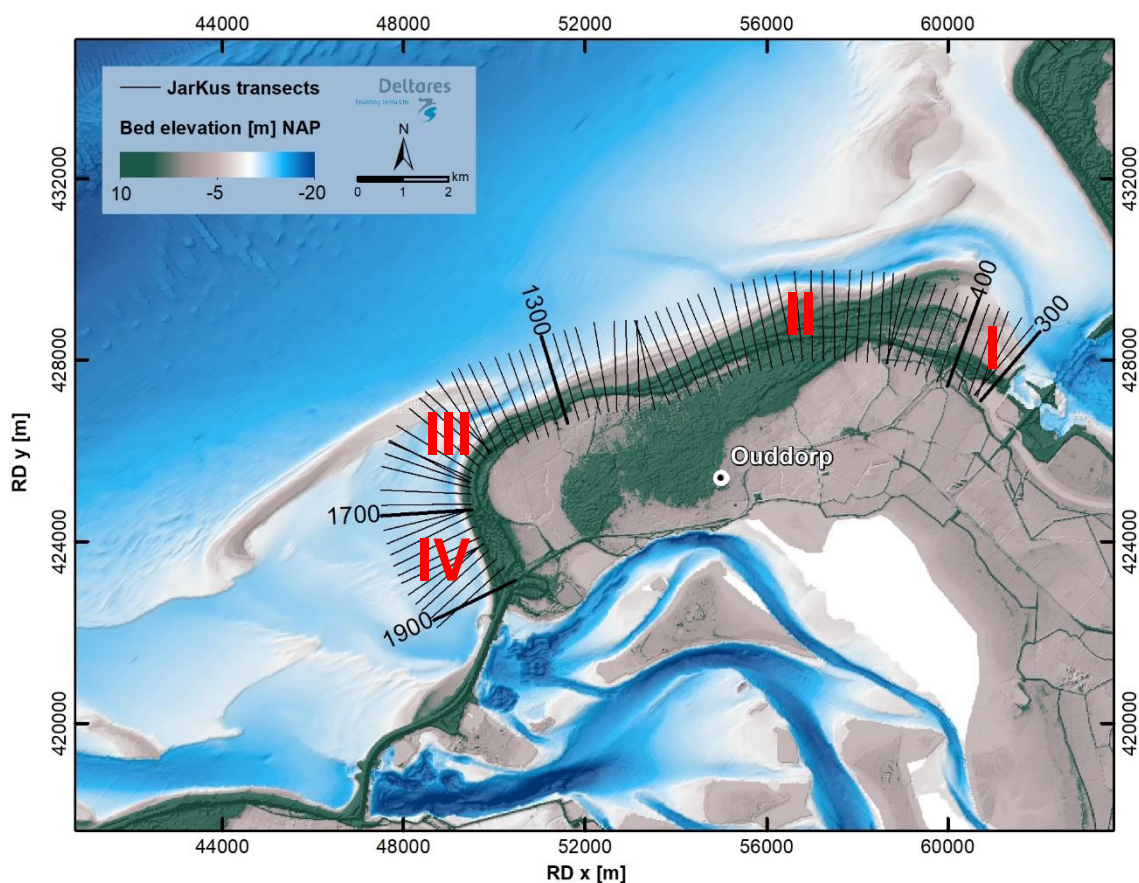
Zoals beschreven in de paragrafen 3.1 en 3.2 is door de afsluiting van de zeegaten de Voordelta sterk veranderd, waarna de zandbanken zich richting kust zijn gaan bewegen en hoger zijn geworden. Hierdoor zijn onder andere de Bollen van de Ooster ontstaan (Figuur 3.6). Deze hebben een zeer grote invloed op de kustontwikkeling van Goeree. Er

is een sterk golfgedreven zandtransport van de Bollen van de Ooster naar de kust van Goeree en vervolgens langs de kust van Goeree in oostelijke richting (Cleveringa, 2008).

In deelgebied II is sprake van uitgestrekte horizontale zandgolven. Dit geldt ook voor het oostelijk deel van deelgebied III. Een korte analyse van deze zandgolven wordt toegelicht in paragraaf 4.3.5.1. Tussen de Bollen van de Ooster en de kust van Goeree bevindt zich een getijgeul (Schaar). Door het verder oprukken van de Bollen van de Ooster wordt dit geultje tegen de kust gedrukt en zorgt vervolgens voor lokale erosie aan de kust, zie ook paragraaf 3.3.3.3 en 4.2.2.

In de volgende paragrafen worden de deelgebieden in meer detail beschreven, voor wat betreft de morfologische ontwikkelingen en de ontwikkeling van de kustindicatoren. Elke paragraaf sluit af met een conclusie voor het te verwachten beheer en onderhoud in het betreffende deelgebied.

In de Kustviewer (<https://www.openearth.nl/coastviewer-static/#/>) zijn alle kustlijngrafieken te raadplegen.



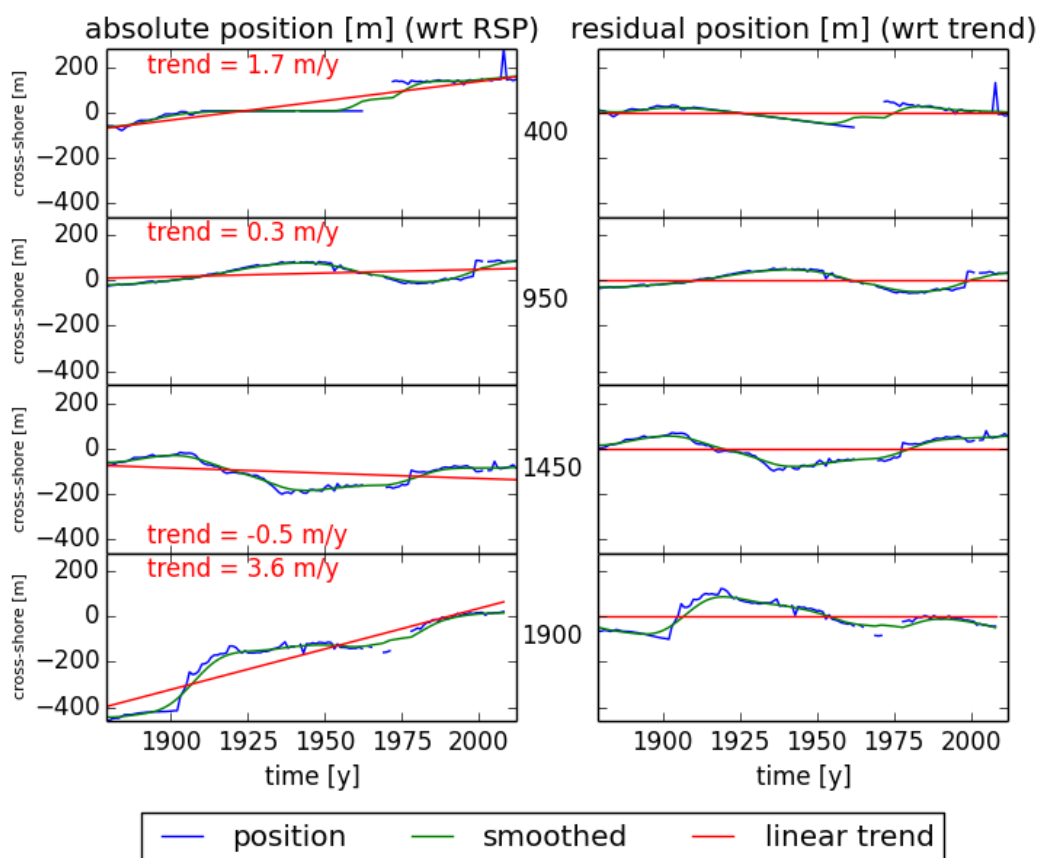
Figuur 4.24 Indeling kust van Goeree met Jarkusraaien en vier kenmerkende deelgebieden.

4.3.5.1 Zandgolven voor de kust van Goeree

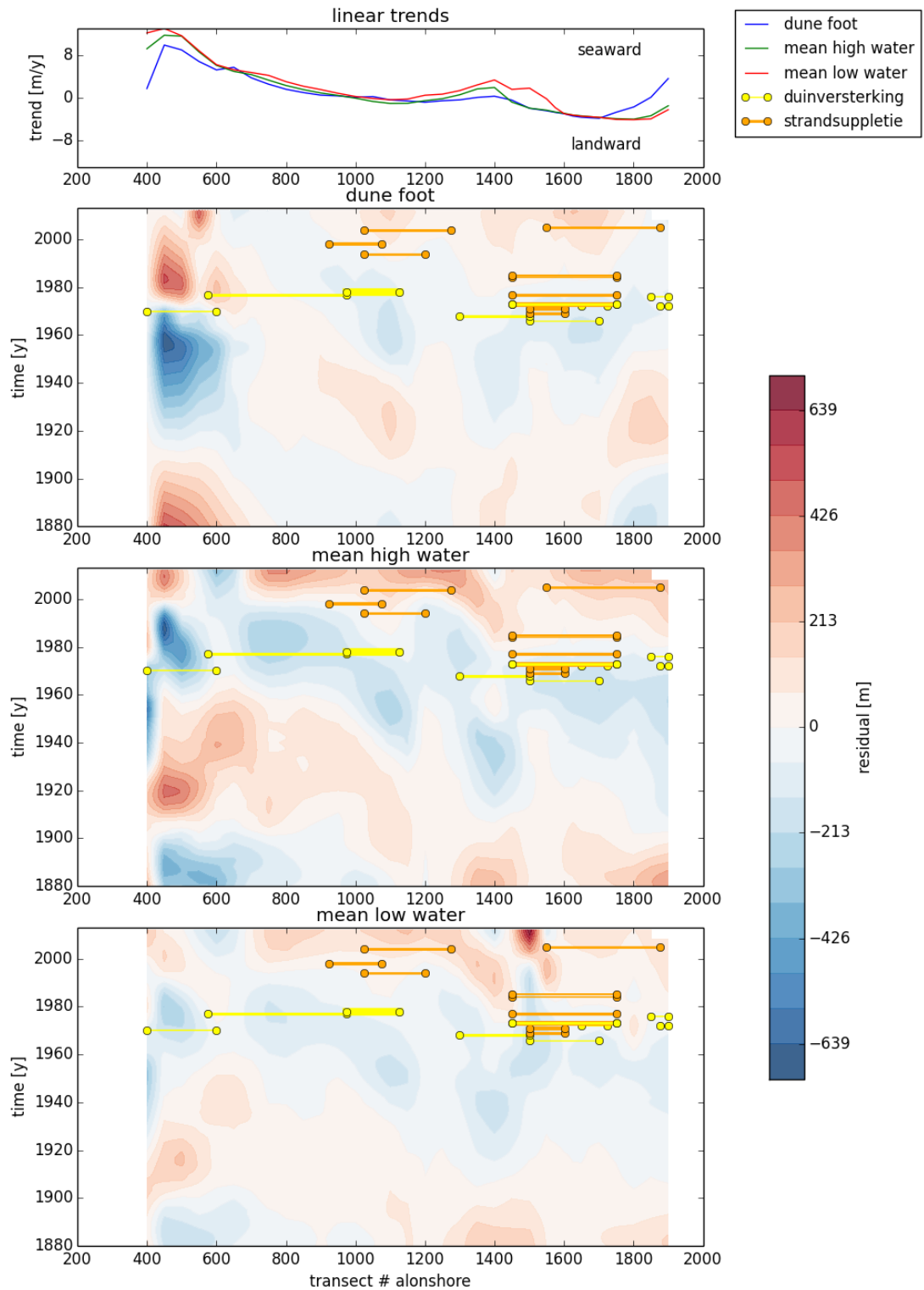
Giardino e.a. (2014) hebben onderzoek gedaan naar horizontale zandgolven voor de kust van Goeree. Deze zandgolven migreren vanaf ongeveer raai 1500 in oostelijke richting. Tussen raai 1500 en 1900 gedragen ze zich daarbij meer als een staande golf. De aanwezigheid van zandgolven wordt ook bevestigd door Figuur 4.25 en Figuur 4.26, die het morfologische gedrag weergeven van de raaien 400, 950, 1450 en 1900.

In Figuur 4.25 zijn de zandgolven duidelijk zichtbaar door periodieke fluctuaties in de duinvoetpositie op de raaien 400, 950, 1450 en 1900. In Figuur 4.26 zijn de zandgolven langs de gehele kust van Goeree te zien, aan de hand van de schuin lopende patronen. Merk op dat de raaien langs de horizontale as van de figuur oplopen. Dit komt overeen met een richting van oost naar west (links is oost, rechts is west).

Zowel Verhagen (1989, *in*: Giardino 2014) als Giardino (2014) komen op een golfperiode van 100 jaar voor de zandgolven.



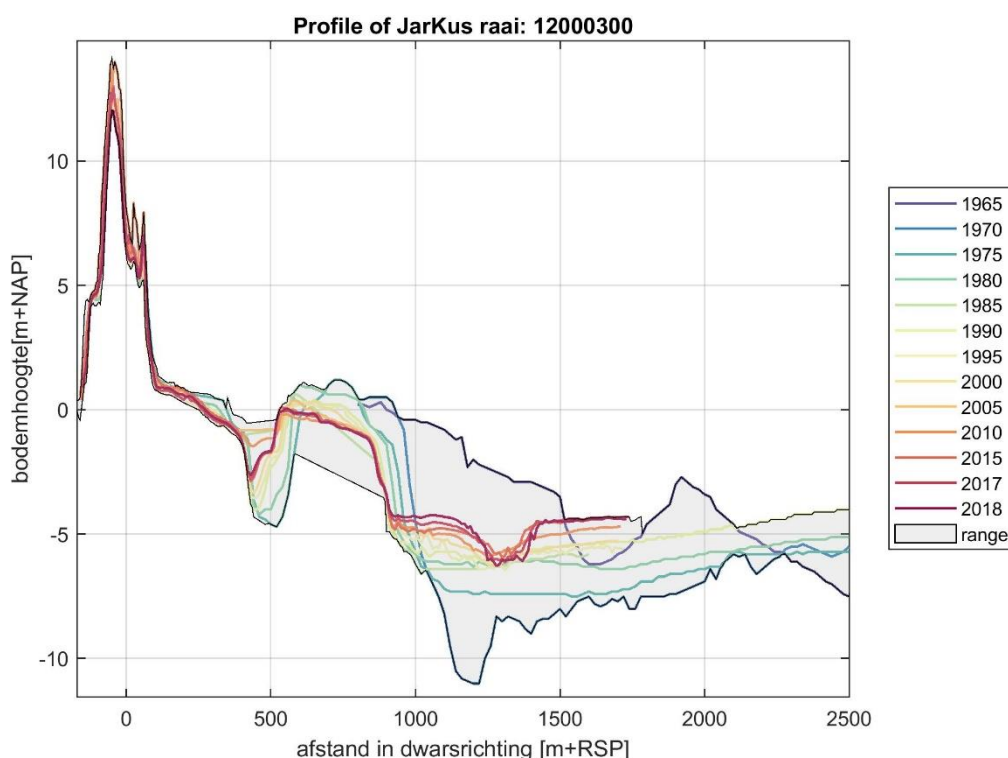
Figuur 4.25 Duinvoetpositie voor vier raaien op Goeree (400, 950, 1450 en 1900). De blauwe lijn stelt de daadwerkelijke verandering in de duinvoetpositie voor. De groene lijn geeft de 'gladgemaakte' verandering in duinvoetpositie, na het toepassen van een zogeheten low-pass filter. De rode lijn geeft de lineaire trend weer. In de linker figuur is de positie uitgedrukt ten opzichte van het RSP punt. In de rechterfiguur is de positie uitgedrukt ten opzichte van de lineaire trend (residuele positie). (Giardino, 2014).



Figuur 4.26 Contourplaatjes van de residuele positie (ten opzichte van de lineaire trend) van de duinvoet, gemiddelde hoogwaterlijn en gemiddelde laagwaterlijn. De bijbehorende lineaire trend is weergegeven in de bovenste grafiek. Merk op dat de raaien langs de horizontale as van de figuur oplopen, wat overeenkomt met een richting van oost naar west (links is oost, rechts is west). (Uit: Giardino, 2014).

4.3.6 Deelgebied I: raaien 300-400

Het meest oostelijke deelgebied van Goeree, gelegen tussen raaien 300 en 400, heeft een brede ondiepe vooroever die relatief weinig is veranderd in de loop van de tijd. Figuur 4.27 geeft voor raai 300 de verandering in de tijd weer. Het geultje op ongeveer 500 meter vanaf het nulpunt (de duinvoet) is geleidelijk verondiept en is nu nagenoeg verdwenen. De vooroever tussen 600 en 900 meter is geleidelijk geërodeerd en de diepere vooroever vanaf 900 meter is gesedimenteerd. Deze ontwikkelingen zijn ingezet na de afsluiting in 1970 van het Haringvliet. Het is niet uit de gegevens af te leiden of hier evenals in deelgebied II een duinversterking heeft plaatsgevonden rond 1970. In het suppletieoverzicht (zie Tabel 4.2 in paragraaf 4.2.1) staat de versterking aangegeven vanaf raai 400.



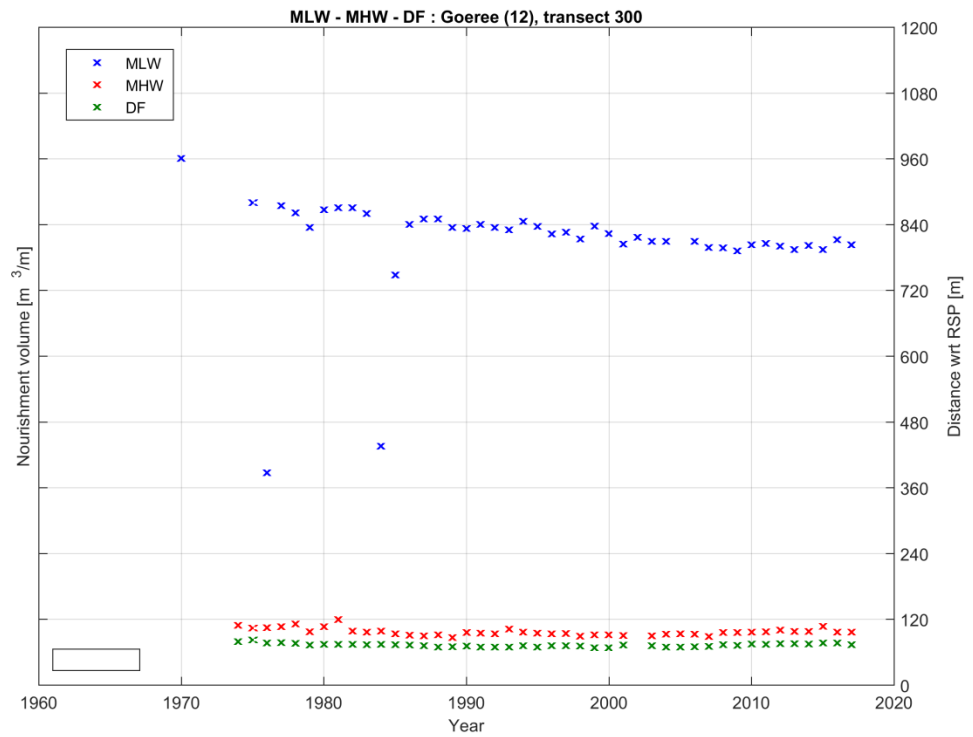
Figuur 4.27 Ontwikkeling van de vooroever en kust tussen de jaren 1965 (donker blauw) en 2018 (paars) voor raai 300.

Kustindicatoren deelgebied I Goeree

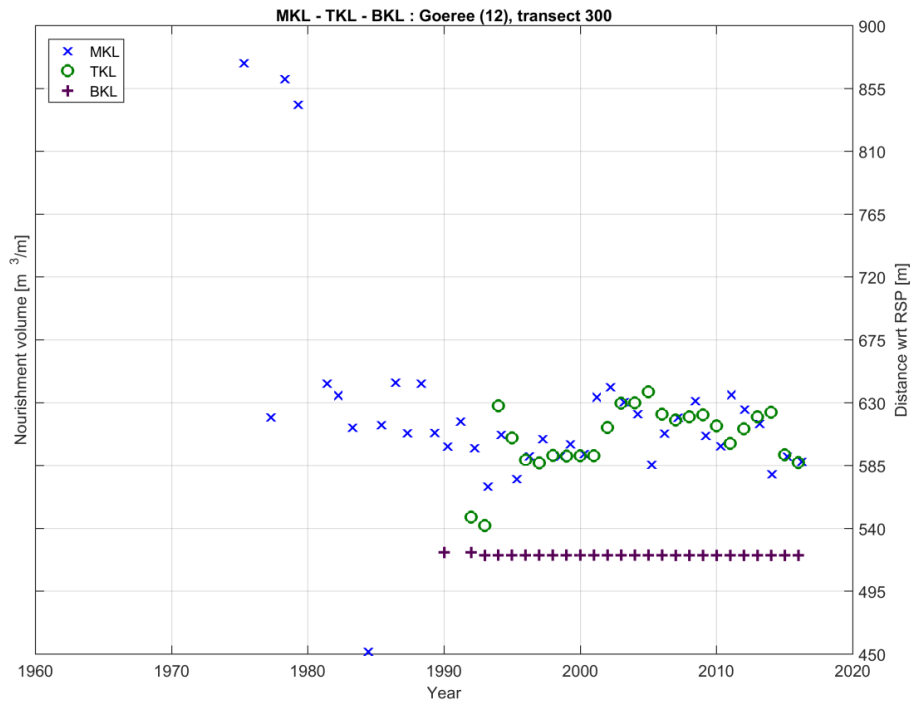
De ontwikkeling vanaf 1970 van de duinvoet en de gemiddelde hoogwaterlijn (MHW) en de gemiddelde laagwaterlijn (MLW) is weergegeven in Figuur 4.28 voor raai 300. Duinvoet en gemiddelde hoogwaterlijn zijn stabiel en de gemiddelde laagwaterlijn toont enige achteruitgang. Gezien de brede vooroever is dat niet verontrustend. In Figuur 4.29 is de positie van de MKL, TKL en BKL voor raai 300 gegeven. De MKL en daarmee de TKL zijn stabiel, suppleties zijn dan ook op korte termijn niet aan de orde.

Conclusie deelgebied I Goeree

Deelgebied I tussen raaien 300 en 400 is stabiel, voorlopig worden hier daarom geen suppleties verwacht.



Figuur 4.28 Grafiek met de positie van de duinvoet (DF), gemiddelde hoogwaterlijn (MHW) en de gemiddelde laagwaterlijn (MLW) voor raai 300. De rechter as geeft de afstand tot het nulpunt van de RSP-lijn.

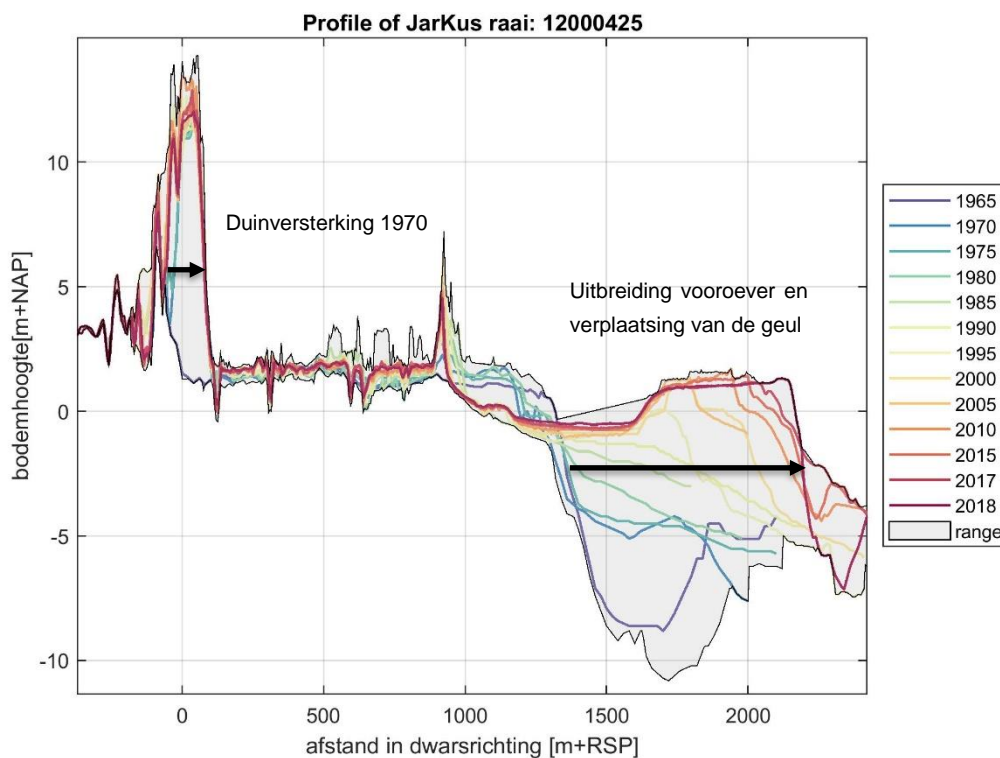


Figuur 4.29 Grafiek met de positie van de MKL, TKL en BKL voor raai 300. De rechter as geeft de afstand tot het nulpunt van de RSP-lijn.

4.3.7 Deelgebied II: (raai 400-1300)

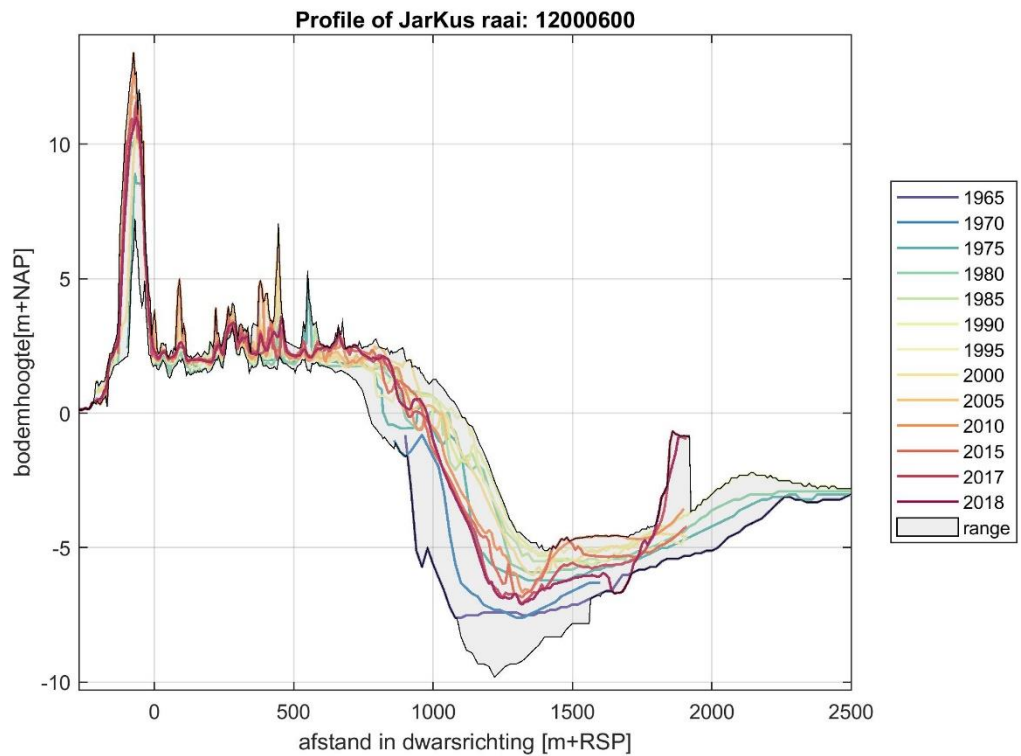
Deelgebied II, gelegen tussen raaien 400 en 1300 aan de noordzijde van Goeree laat na 1970 een grootschalige uitbreiding zien van de vooroever. Deze is duidelijk te zien in Figuur 4.30 tot en met Figuur 4.33 en is gerelateerd aan de grootschalige veranderingen in de voordelta veroorzaakt door de afsluiting van een aantal zeearmen.

Door de afsluitingen is de getij-invloed in het gebied sterk afgenomen. Hierdoor is ook het relatieve belang van golfprocessen toegenomen. Voor Goeree is vooral de ontwikkeling van de Bollen van de Ooster en het ontstaan van horizontale zandgolven van belang, zoals ook beschreven in paragraaf 4.3.5.1. Door golfgedreven stroming wordt de kust van Goeree (deelgebieden II en III) gevoed met zand afkomstig van de Bollen van de Ooster. Op hun beurt krijgen de Bollen van de Ooster door golfwerking zand aangevoerd vanuit de diepere delen van de Voordelta. Aangekomen op de kust van Goeree (deelgebied III) wordt het zand verder oostwaarts verplaatst door de oostwaarts gerichte golfgedreven stroming van deelgebied III naar deelgebied II en in deelgebied II weer verder naar het oosten. Ook de duinen zijn fors verhoogd en verbreed, wat deels veroorzaakt wordt door de grote aanwas vanuit de vooroever en het brede strand. Door de wind wordt het zand de duinen ingeblazen (eolisch transport).

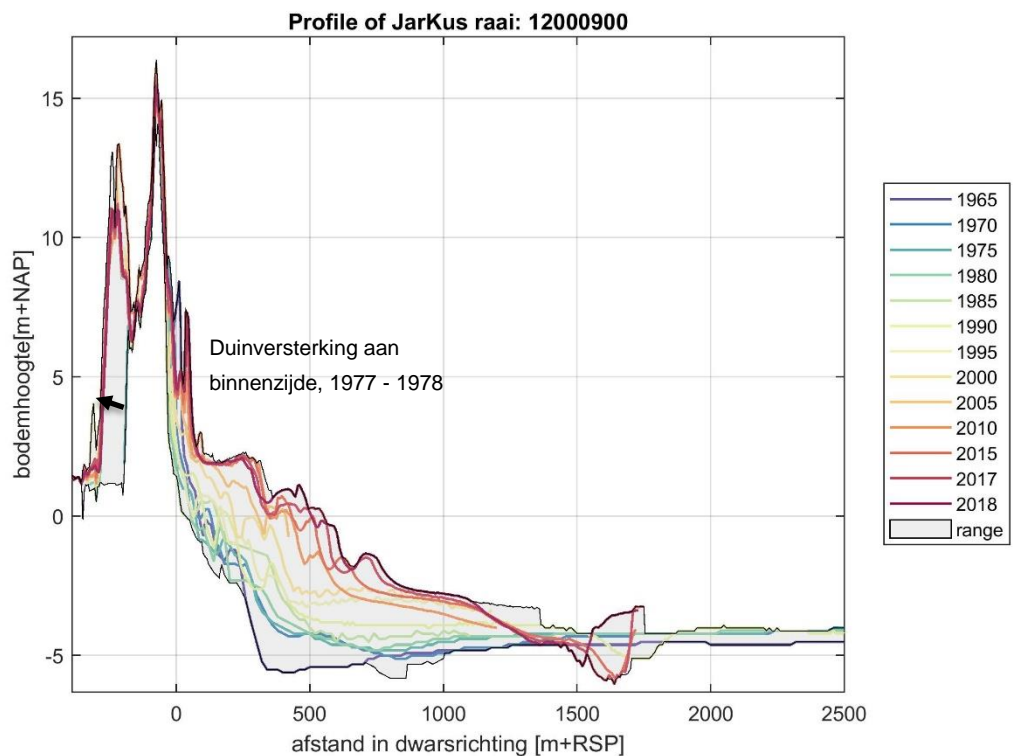


Figuur 4.30 Ontwikkeling van de vooroever tussen de jaren 1965 (donker blauw) en 2018 (rood) voor raai 425. De duinversterking in 1970, en de grootschalige, geleidelijke uitbreiding van de vooroever zijn aangegeven met zwarte pijlen.

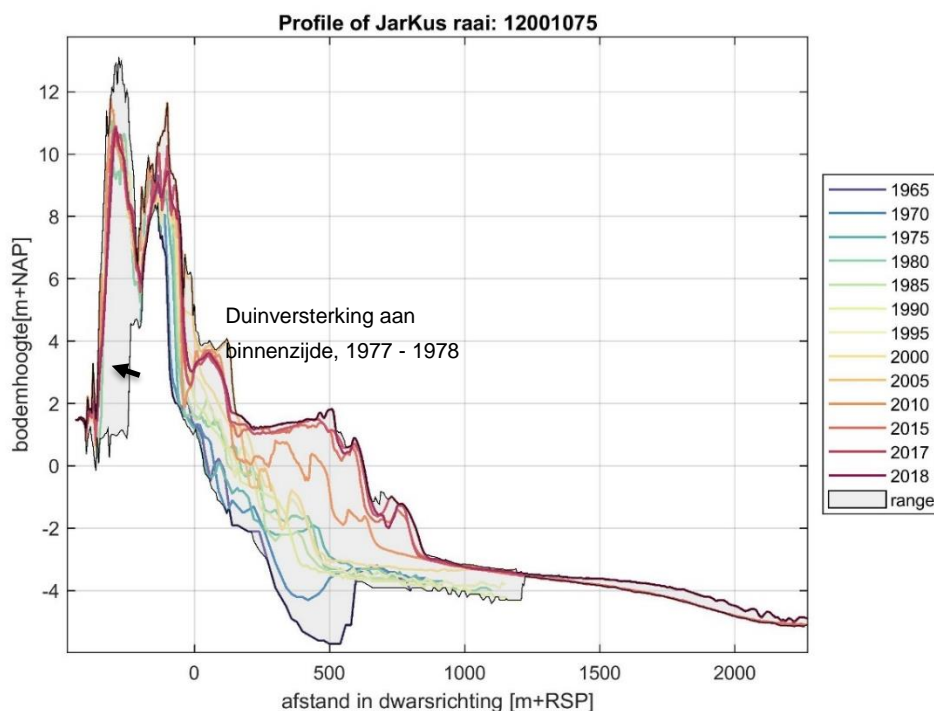
Een groot gedeelte van de duintoename is echter veroorzaakt door de uitgevoerde duinversterkingen in het kader van de Deltawerken. Het stuk tussen raaien 400 en 600 is rond 1969 versterkt. Dit is aangegeven in Figuur 4.30. Tussen raaien 575 en 1125 is in 1977/1978 een duinversterking uitgevoerd aan de binnenzijde van het duin (Tabel 4.2, in paragraaf 4.2.1). Dit is duidelijk te zien in Figuur 4.32 en Figuur 4.33.



Figuur 4.31 Ontwikkeling van de vooroever en kust tussen de jaren 1965 (donker blauw) en 2018 (paars) voor raai 600 (Goeree, deelgebied II – midden).



Figuur 4.32 Ontwikkeling van de vooroever en kust tussen de jaren 1965 (donker blauw) en 2018 (rood) voor raai 900 (Goeree, deelgebied II – midden).



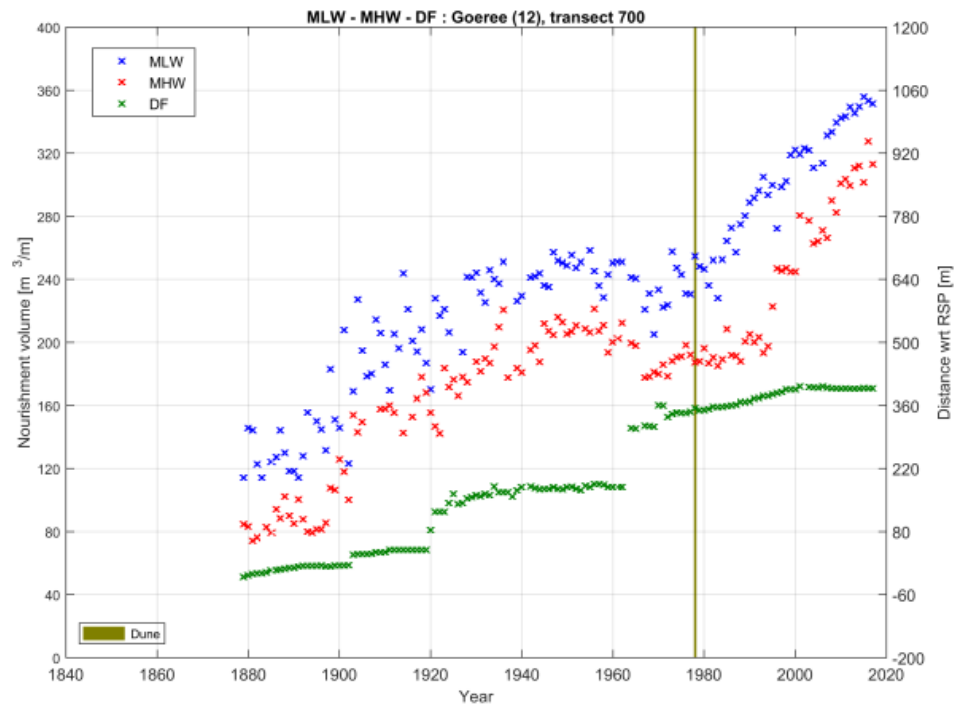
Figuur 4.33 Ontwikkeling van de vooroever en kust tussen de jaren 1965 (donker blauw) en 2018 (rood) voor raai 1075 (Goeree, deelgebied II – west).

Kustindicatoren deelgebied II Goeree

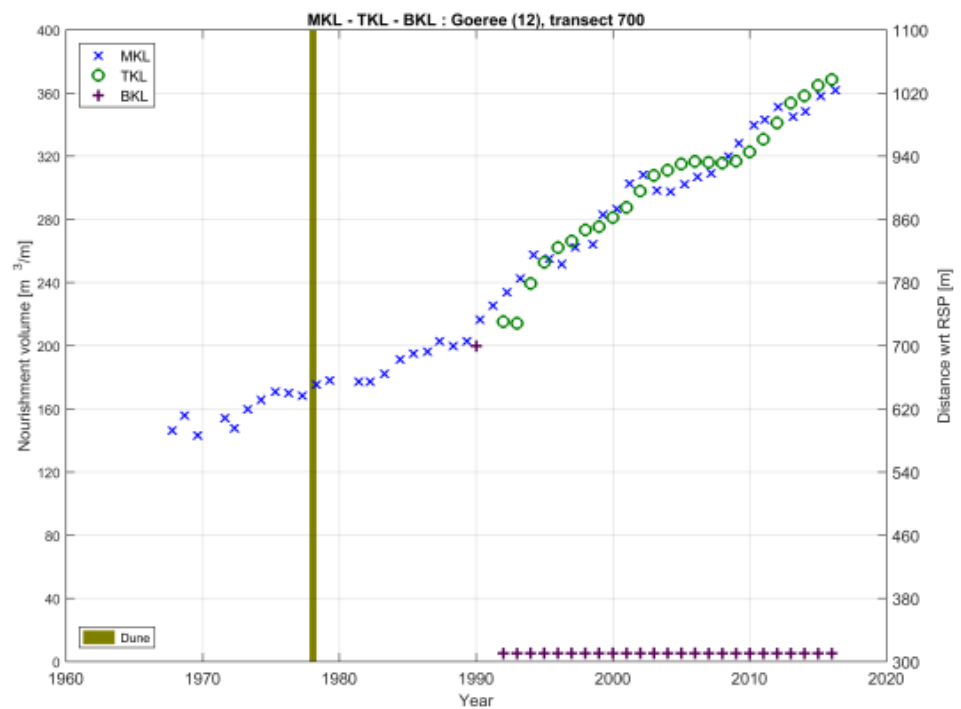
Ook in het verloop van de duinvoet, de gemiddelde laagwaterlijn en de gemiddelde hoogwaterlijn (Figuur 4.34) komen de forse fluctuaties in de kustligging van dit deelgebied duidelijk tot uiting. Vooral in het oostelijke deel (raaien 400 – 800) zijn de veranderingen groot (verschuiving zeewaarts van 100 – 200 meter). Raai 700 laat al voor 1970 een grote zeewaartse verschuiving zien.

Het deel tussen raaien 900 en 1100 toont grote fluctuaties. Raai 1100 laat bijvoorbeeld tussen 1930 en 1960 een grote achteruitgang zien en daarna weer een grote vooruitgang. Ter plekke van raaien 1200 - 1300 (westelijk deel van het Flauwe Werk) is het beeld anders: voor 1970 zijn de veranderingen gering in de ligging van de duinvoet, de gemiddelde laagwaterlijn en de gemiddelde hoogwaterlijn. Tussen 1940 en 1950 is er nog wel een forse achteruitgang van ongeveer 40 meter in de ligging van de duinvoet en de gemiddelde hoogwaterlijn bij raai 1200. Na 1970 vertoont het deelgebied bijna overal een grote vooruitgang. Alleen tussen raaien 550 en 625 is er de laatste 10 jaar sprake van (tijdelijke?) achteruitgang (zie par 5.3.2) door het naderbij komen van de geul.

De ontwikkeling van de MKL, TKL en BKL is weergegeven in Figuur 4.35. De ontwikkeling is meestal positief, maar sterk variabel. Tussen de raaien 550 en 625 is er sinds 2000 sprake van een achteruitgang door het naderbij komen van de hoofdgeul (zoals ook besproken in de grootschalige morfologie, in paragraaf 3.2). Hoe lang dit zal doorgaan is niet aan te geven. Het is een zeer dynamische omgeving en waarschijnlijk is deze achteruitgang tijdelijk en zal deze geen problemen opleveren ten aanzien van een overschrijding van de BKL-waarden. Ook rondom raai 800 en rondom raai 1200 lijkt er de komende jaren een tijdelijke achteruitgang van de kustlijn te komen. Ook hier worden niet direct problemen verwacht ten aanzien van de ligging van de kust ten opzichte van de BKL.



Figuur 4.34 Grafiek met de positie van de duinvoet (DF), gemiddelde hoogwaterlijn (MHW) en de gemiddelde laagwaterlijn (MLW) voor raai 700.



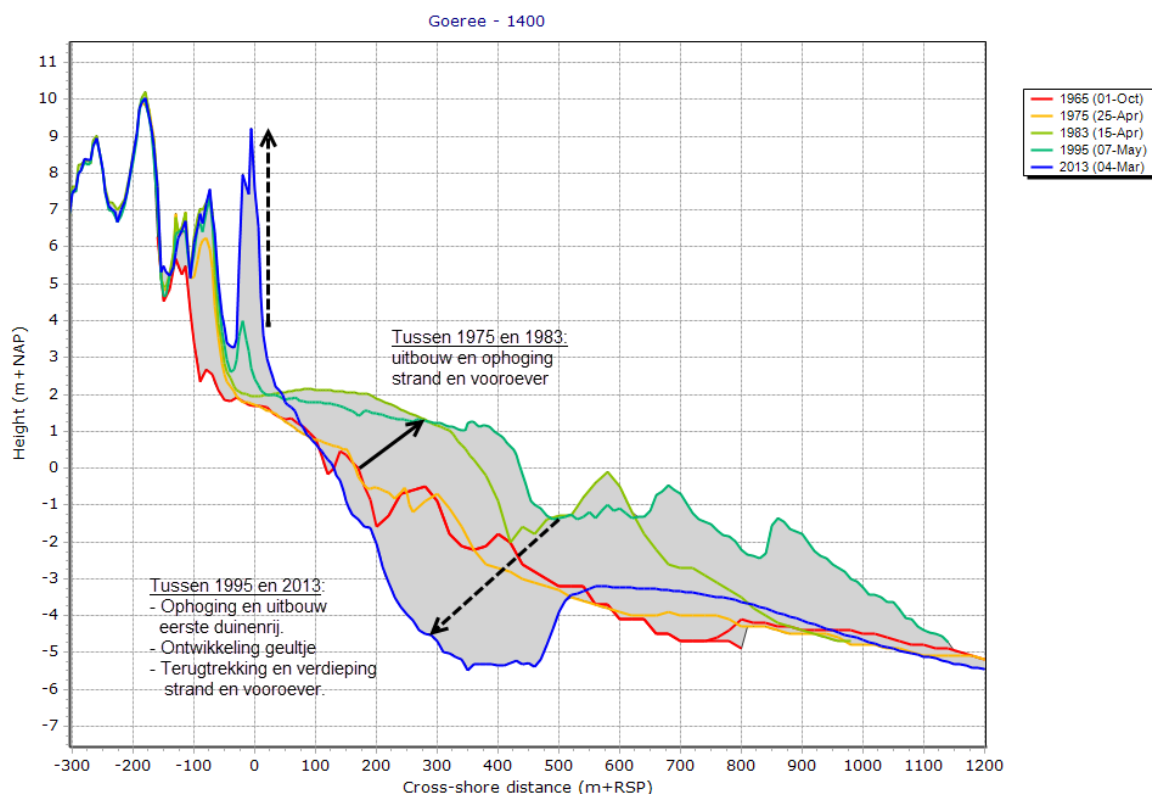
Figuur 4.35 Grafiek met de positie van de MKL, TKL en BKL voor raai 700.

Conclusies deelgebied II Goeree

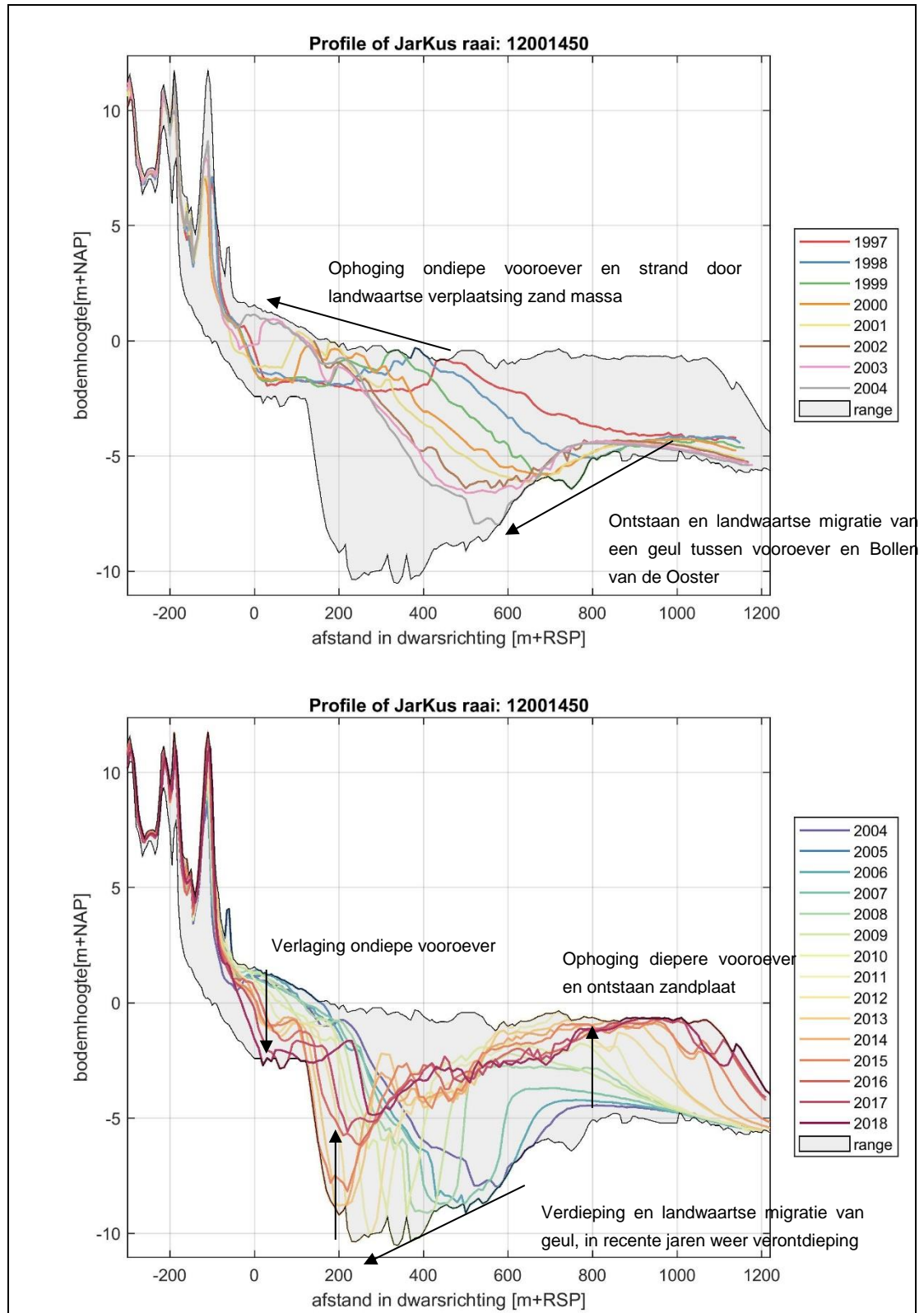
Het deelgebied II kenmerkt zich door grote veranderingen in de kustlijn. In het algemeen is de ontwikkeling zeewaarts. Er worden voorlopig dan ook geen problemen verwacht ten aanzien van de ligging van de MKL ten opzichte van de BKL.

4.3.8 Deelgebied III: (raaien 1300-1700)

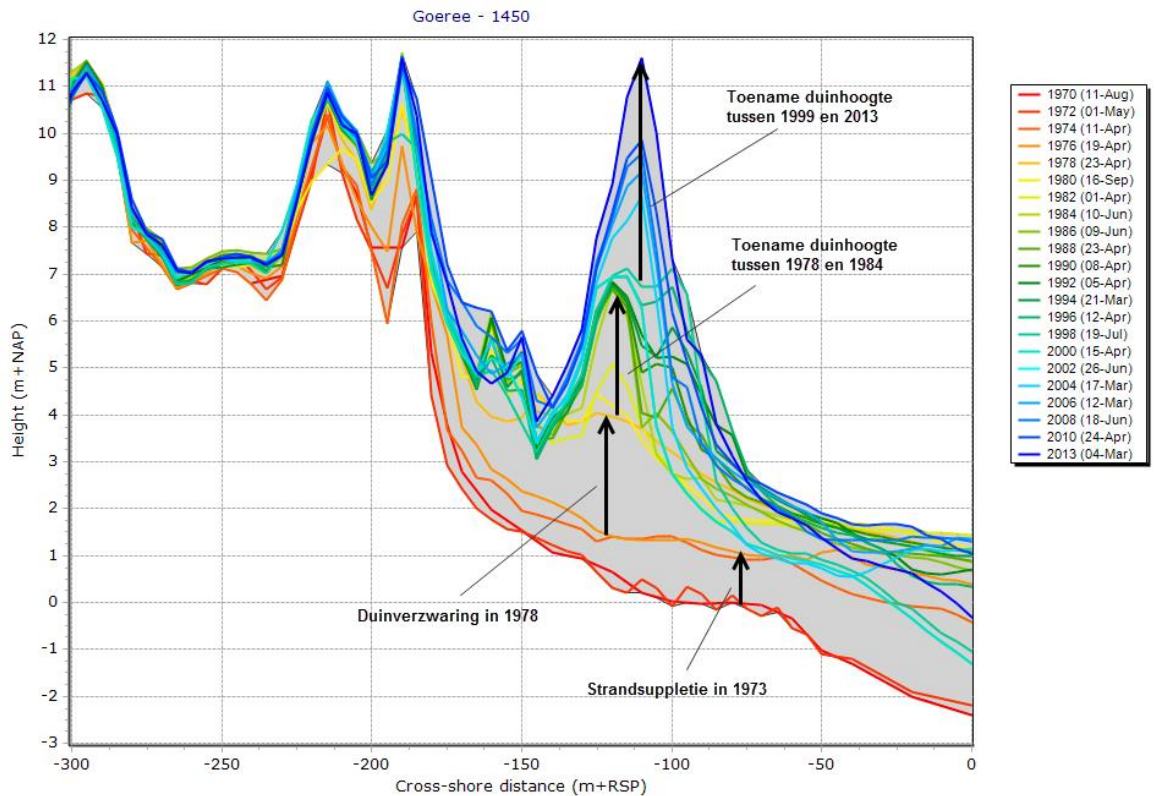
De kust van deelgebied III (locatie, zie Figuur 4.24) staat sterk onder invloed van de ervoor gelegen Bollen van de Ooster. Tussen de Bollen van de Ooster en de kust ligt een geultje (Schaar). Door het golfgedreven zandtransport van de Bollen van de Ooster, wordt dit geultje tegen de kust gedrukt, waardoor het geultje lokaal verdiept en het strand lokaal erodeert. Dit is ook beschreven in paragraaf 4.2.2. In Figuur 4.36 en vooral in Figuur 4.37 is de ontwikkeling van dit geultje goed te zien. Tegelijkertijd ontwikkelt het duin zich vrij sterk. Na 1979 heeft zich een nieuw duin ontwikkeld ongeveer 80 meter voor het oude duin (Figuur 4.36 en Figuur 4.37). In Figuur 4.38 is dit meer in detail weergegeven. De laatste jaren neemt het duin nog steeds verder in volume en hoogte toe. Deze duintoename en/of vorming van een extra duin loopt van raai 1275 t/m 1700. Na ongeveer het jaar 2000 (moment varieert per raai) zien we dat het volume in de vooroever (en de BKL) afneemt, terwijl het duinvolume toeneemt.



Figuur 4.36 Ontwikkeling van de vooroever tussen de jaren 1965 (rood) en 2013 (donker blauw) voor raai 1400. De doorgetrokken pijl geeft de ontwikkeling van de vooroever tussen 1975 en 1983 aan. De gestippelde pijlen geven de ontwikkeling van de vooroever en het duin tussen 1995 en 2013 aan.

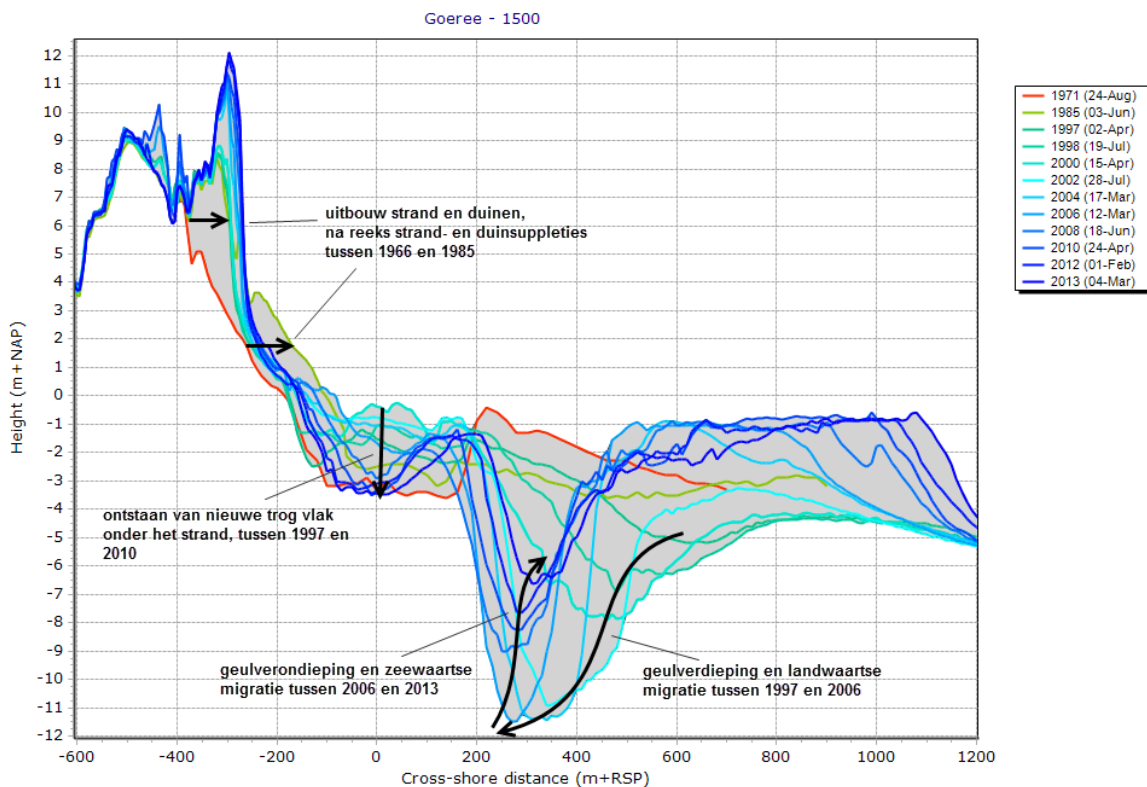


Figuur 4.37 Ontwikkeling van de vooroever en kust in de periode 1997 - 2004 (boven) en in de periode 2004 - 2018 (onder), voor raai 1450.

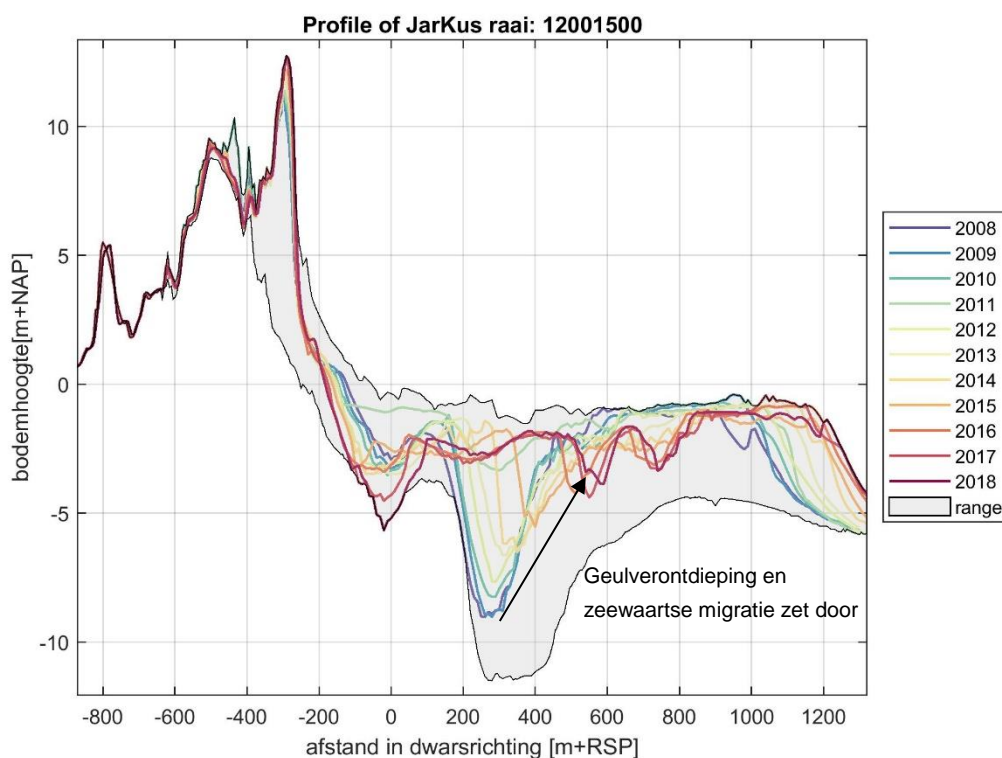


Figuur 4.38 Ontwikkeling van de duinen tussen de jaren 1971 (oranje) en 2013 (donker blauw) voor raai 1450.

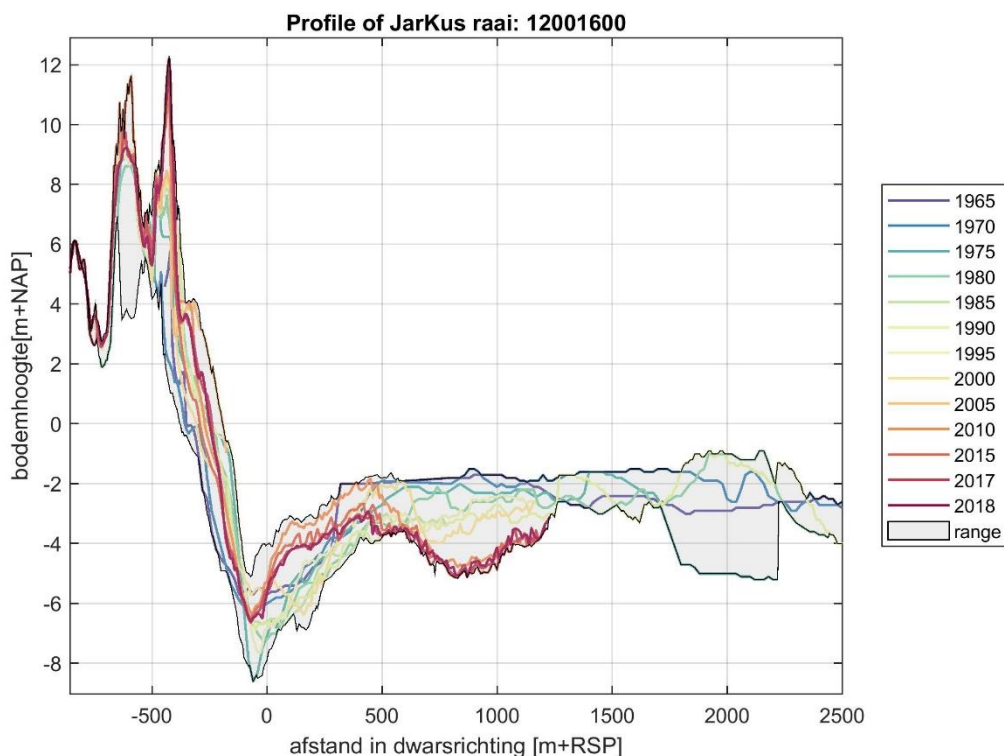
lets meer naar het zuiden is te zien (Figuur 4.39 en 4.38) dat het geultje zich op deze plek na 2006 verdeelt in twee geultjes. Een zeevaartse die verondiept en zich van de kust af beweegt en een ondiepe geul landwaarts die juist verdiept en zich verder landwaarts ontwikkelt. De consequentie voor het kustonderhoud wordt in de volgende paragraaf besproken. Ook verder naar het zuiden tot ongeveer raai 1700 is er sprake van een landwaarts opdringend geultje. Figuur 4.41 laat dit zien voor raai 1600. Hier is tevens mooi het effect te zien van de in 2005 uitgevoerde suppletie. De twee lichtblauwe lijnen geven de situatie voor (2004) en na (2005) de suppletie. In de jaren daarop neemt het duin mede door deze suppletie toe in hoogte en in volume (donkerblauwe lijnen).



Figuur 4.39 Ontwikkeling van de duinen en geulverplaatsing tussen de jaren 1971 (rood) en 2013 (donkerblauw) voor raai 1500.



Figuur 4.40 Ontwikkeling van de duinen en geulverplaatsing tussen de jaren 2018 (rood) en 2008 (donkerblauw) voor raai 1500.

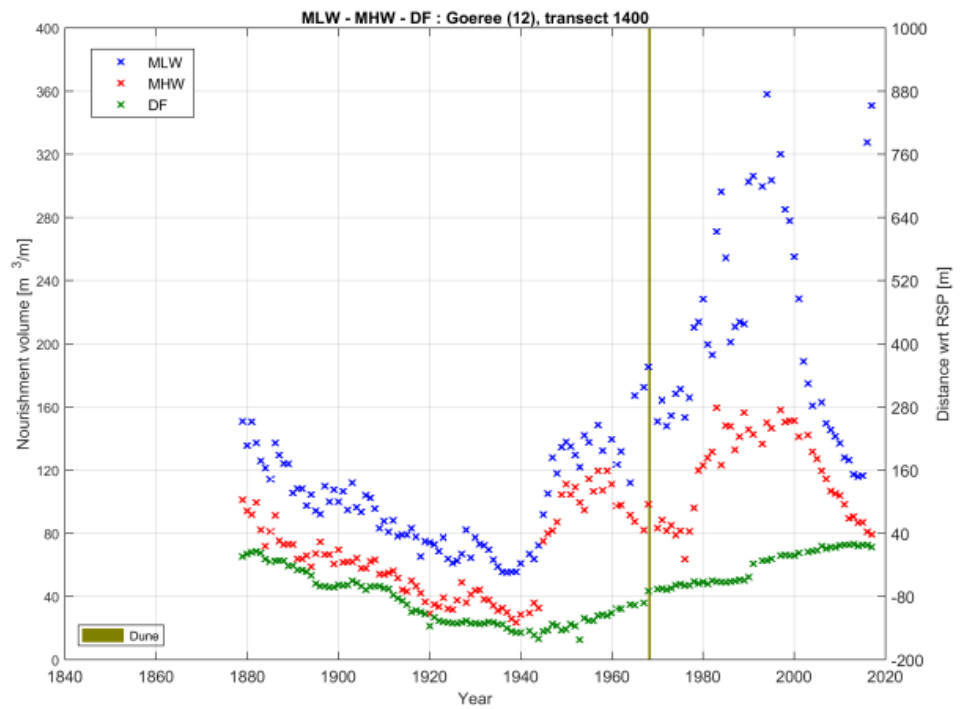


Figuur 4.41 Ontwikkeling van de duinen tussen de jaren 1967 (donkerblauw) en 2018 (rood) voor raai 1600.

Kustindicatoren deelgebied III Goeree

Het verloop van de duinvoet, de gemiddelde laagwaterlijn en de gemiddelde hoogwaterlijn (Figuur 4.42) verschilt duidelijk voor en na het jaar 1970 als gevolg van de Deltawerken en de ontwikkelingen bij de Bollen van de Ooster. Voor het jaar 1970 ondergaat de kust tussen raaien 1300 en 1500 een lichte achteruitgang, daarna zijn er grote fluctuaties. Tussen raaien 1500 en 1700 is er voor 1970 sterke achteruitgang. Bij raaien 1601 en 1701 zelfs met ongeveer 400-600 meter voor de duinvoet, de gemiddelde hoogwaterlijn en de gemiddelde laagwaterlijn. Na het jaar 1970 is er alleen rondom raai 1600 nog duidelijk sprake van achteruitgang, het overige kustdeel tussen de raaien 1500 en 1700 is dan vrij stabiel.

De ontwikkelingen van de MKL en TKL (na 1970) zijn vergelijkbaar met het bovenstaande (Figuur 4.43). Sinds 1995 laat het gehele deelgebied (raaien 1300 tot 1700) een sterke achteruitgang zien van de MKL, zodanig dat de BKL binnen enkele jaren overschreden zal worden. Bij raai 1375, de meest ongunstige situatie, ligt de TKL al op de positie van de BKL in 2012. Tussen raaien 1300 en 1450 zijn na de duinversterking in 1967/1968 nog geen suppleties uitgevoerd. Tussen raaien 1550 en 1700 is recent (na 1990) alleen nog in 2006 een strandsuppletie uitgevoerd.



Figuur 4.42 Grafiek met de positie van de duinvoet (DF), gemiddelde hoogwaterlijn (MHW) en de gemiddelde laagwaterlijn (MLW) voor raai 1400.



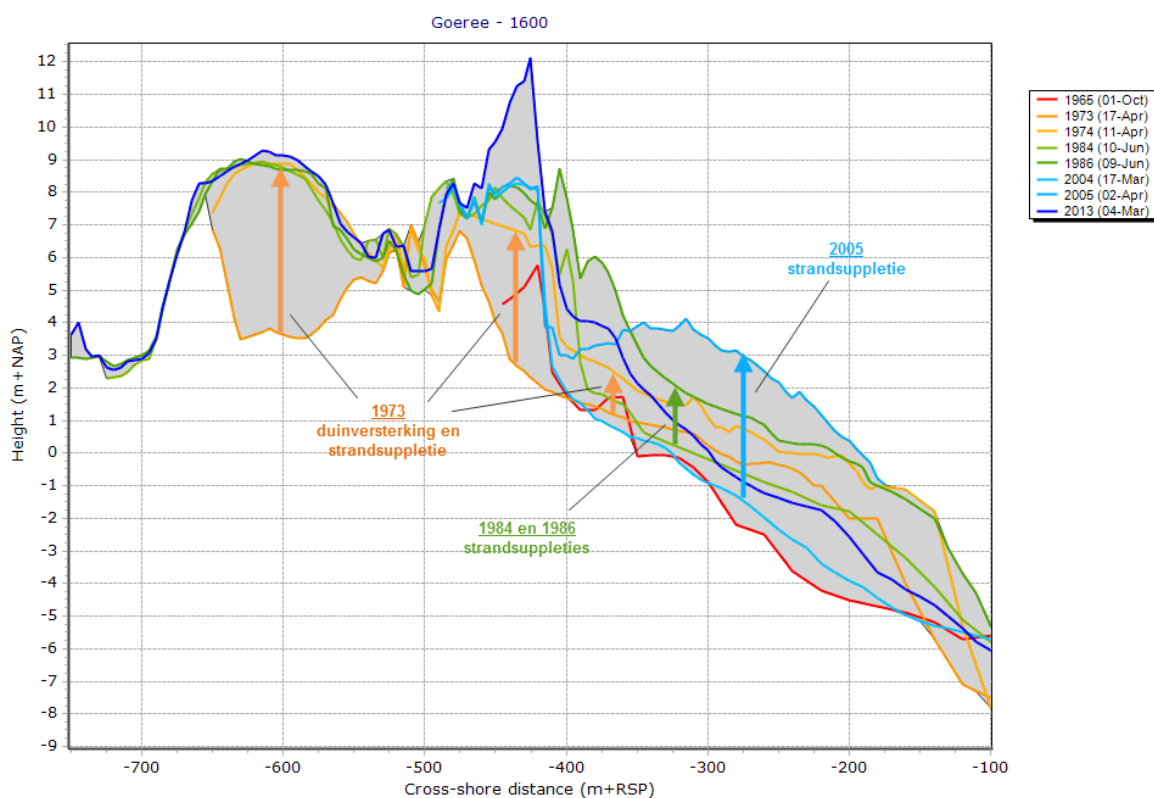
Figuur 4.43 Grafiek met de positie van de MKL, TKL en BKL voor raai 1400.

Conclusies deelgebied III Goeree

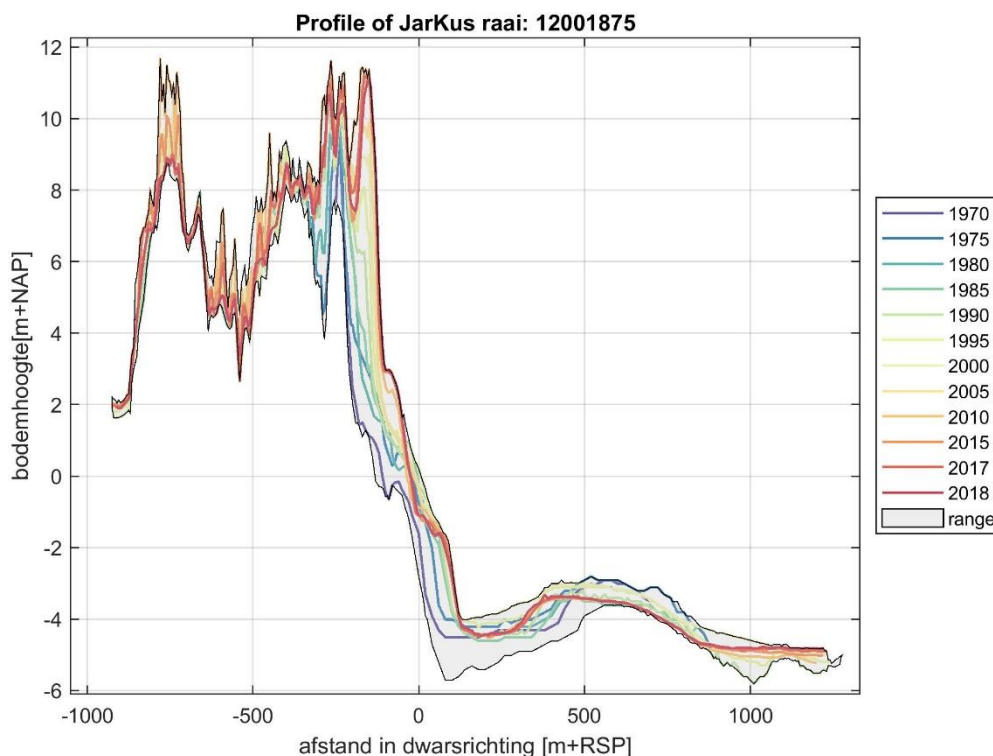
Sinds 1995 laat het gehele deelgebied (raaien 1300 tot 1700) een sterke achteruitgang zien van de MKL, zodanig dat de BKL binnen enkele jaren zal worden of reeds door de TKL overschreden is.

4.3.9 Deelgebied IV: (raaien 1700-1900)

De kust van het meest zuidelijke deelgebied IV (locatie, zie Figuur 4.24) is georiënteerd op het westen en is gelegen tussen raaien 1700 en 1900, de damaanzet met de Brouwersdam. In 1972 (tussen 1875 en 1900) en in 1976 (tussen 1850 en 1900) zijn duinversterkingen uitgevoerd (zie Tabel 4.2 in paragraaf 4.2.1). Het duin is hierdoor iets toegenomen en ook na de duinversterkingen is het duin verder blijven groeien (Figuur 4.45). In het noordelijk deel van het deelgebied waar geen duinversterkingen zijn uitgevoerd en waar alleen in 2005 een strandsuppletie is uitgevoerd is het duin eveneens fors toegenomen (Figuur 4.44) na 1970. Vermoedelijk speelt de verhoging van de vooroever na 1970 na de afsluiting van het Brouwershavensche Gat hierbij een rol. Na 2000 verondiept de vooroever niet verder en verdiept deze zelfs weer. De toename van het duin gaat nog wel verder door (Figuur 4.44 en Figuur 4.45).



Figuur 4.44 Ontwikkeling van de duinen en het strand, tussen de jaren 1965 (rood) en 2013 (donker blauw) voor raai 1600. In dit gebied zijn diverse suppleties op het strand en in de duinen uitgevoerd. Enkele grote suppleties staan met pijlen in de figuur aangegeven.



Figuur 4.45 Ontwikkeling van de duinen en vooroever tussen de jaren 1967 (oranje) en 2013 (donkerblauw) voor raai 1875.

4.3.9.1 Kustindicatoren deelgebied IV Goeree

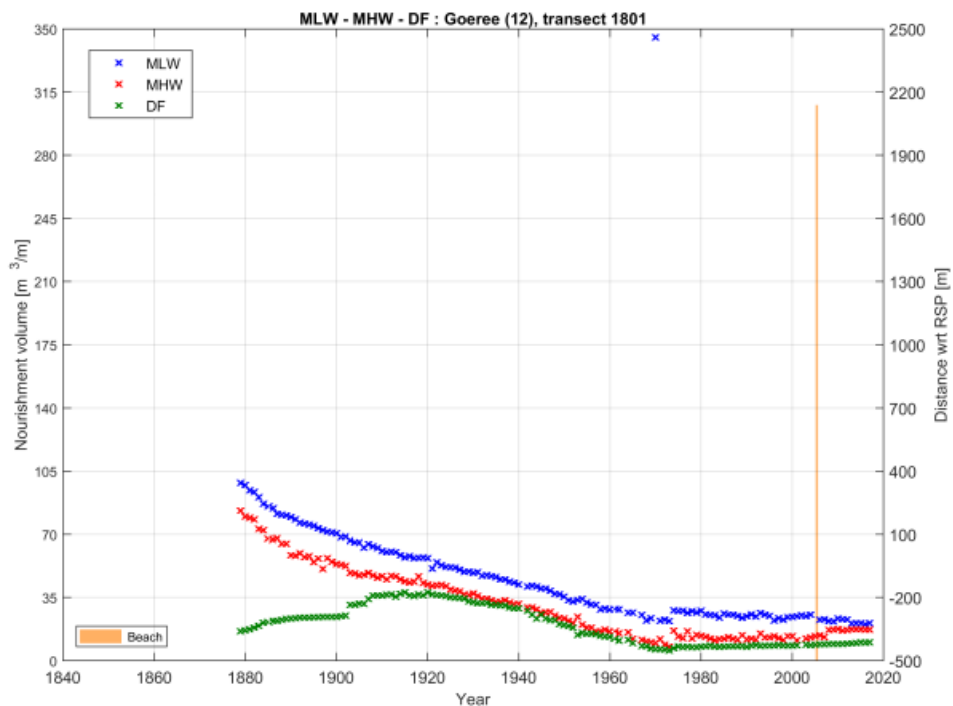
Het verloop van de duinvoet, de gemiddelde laagwaterlijn en de gemiddelde hoogwaterlijn (Figuur 4.46) toont voor 1970 (afsluiting Brouwershavensche Gat) een teruggang van de gemiddelde hoogwaterlijn en de gemiddelde laagwaterlijn, vooral nabij raai 1900. De duinvoet bij raai 1900 toont juist een grote vooruitgang. Na 1970 treedt in het begin nog enige aanpassing op, na 1990 is de kustligging vrij stabiel.

In 2012 is de BKL-ligging voor het meest zuidelijke deel tussen de raaien 1802 en 1900 met maximaal 29 meter landwaarts verschoven (Tabel 4.3, Min. I&M, 2012). Bij een aantal raaien in het zuiden van Goeree is de BKL reeds jaren overschreden, zonder dat sprake is van sterke erosie en functies die in het geding komen. Door de BKL iets terug te leggen krijgt de BKL een sterkere signaalfunctie dan dat voorheen het geval was.

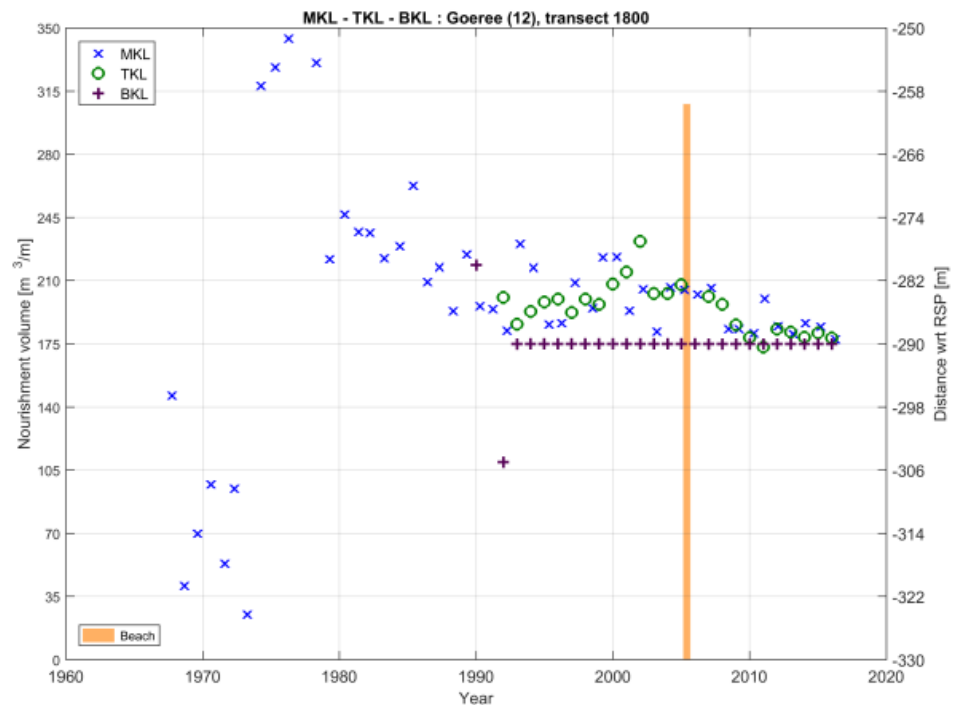
Het verloop van de MKL en de TKL wordt weergegeven in Figuur 4.47. De ligging van de MKL is vrij stabiel, maar toont bij raai 1900 nog wel enige achteruitgang over de periode 1990 – 2013. Na 2010 is de ligging even stabiel. Een lichte verdere achteruitgang van de MKL in de toekomst is niet onmogelijk. Het verloop van de vooroever in Figuur 4.45 (raai 1875) duidt ook op mogelijke verdere erosie. Dit zou betekenen dat ondanks de verplaatsing van de BKL, deze in de toekomst mogelijk weer wordt overschreden.

Tabel 4.3 Aanpassing in de BKL (Min I&M, 2012)

Jarkusraai	BKL 2001	BKL 2012	BKL verschuiving
1802	-276	-285	-9
1825	-193	-210	-17
1850	-81	-100	-19
1875	29	15	-14
1900	169	140	-29



Figuur 4.46 Grafiek met de positie van de duinvoet (DF), gemiddelde hoogwaterlijn (MHW) en de gemiddelde laagwaterlijn (MLW) voor raai 1801.



Figuur 4.47 Grafiek met de positie van de MKL, TKL en BKL voor raai 1800.

Conclusies deelgebied IV Goeree

De afgelopen 20 jaar is er sprake van een lichte achteruitgang of vrijwel stabiele ligging van de vooroever en de MKL. Mogelijk zal in de toekomst de BKL licht worden overschreden.

4.4 Dynamiek van de zeereep (Arens en Neijmeijer, 2015)

4.4.1 Inleiding

In deze paragraaf worden de resultaten gepresenteerd van het onderdeel 'Duinen' binnen het programma Natuurlijk Veilig (IJff et al., 2019). Centraal in dit onderzoek staat de vraag of, en zo ja hoe, het mogelijk is om door middel van variatie in de uitvoering van suppleties en het zeereepbeheer de diversiteit van kustduinlandschappen te vergroten. In het onderzoek wordt het effect van suppleren, via morfologische en ecologische processen, op de ontwikkeling van het kustduingebied onderzocht. Tevens wordt nagegaan welk type zeereepbeheer bijdraagt aan het doorstuiven naar het achterliggende duingebied en welke processen hierin sturend zijn. In 2019 wordt het onderzoek voortgezet door de invloed van suppleties en zeereepbeheer op duinhabitats en ecologische diversiteit van het achterduin te analyseren.

In Natuurlijk Veilig wordt, net als in EGS I, de dynamiek en doorstuiving van de zeereep gecategoriseerd in zogenoemde 'responstypen'. Binnen deze responstypen wordt de overstuivingsgradiënt van Type 1 naar Type 5 steeds uitgestrekter in de kustdwarse richting, met een steeds grotere beïnvloeding van de achter de zeereep liggende duinen. De responstypen zijn voor de Nederlandse kust geïdentificeerd m.b.v. luchtfoto's, hoogtekaarten en hoogteverschilkaarten (o.b.v. laseraltimetriegegevens). Tevens is langs de gehele Nederlandse kust per Jarkusraai het zandbudget bepaald voor de volledige

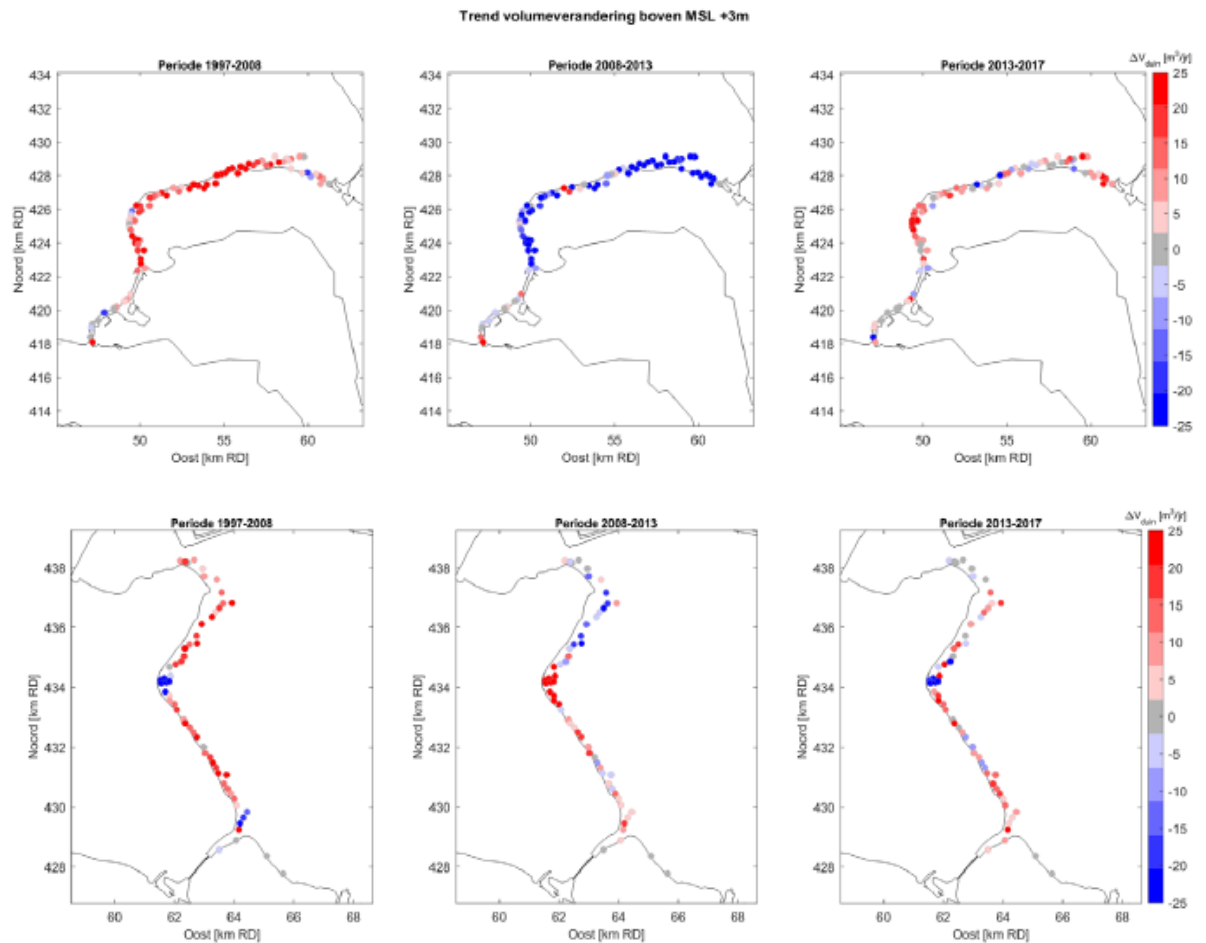
periode 1965-2017. Hierbij zijn trendbreuken geïdentificeerd met het oog op veranderingen in het beheer (conventioneel versus dynamisch zeereepbeheer) en autonome ontwikkeling.

Voor het kustvak Voorne en Goeree worden in paragraaf 4.4.2 volumeveranderingen in de zeereep, en de mate van dynamiek in de zeereep (de responstypen) besproken. Vervolgens wordt het effect van suppleties (paragraaf 4.4.3) en zeereepbeheer (paragraaf 4.4.4) op volumeveranderingen en dynamiek getoond.

4.4.2 Volumeveranderingen en dynamiek van de zeereep langs Voorne en Goeree

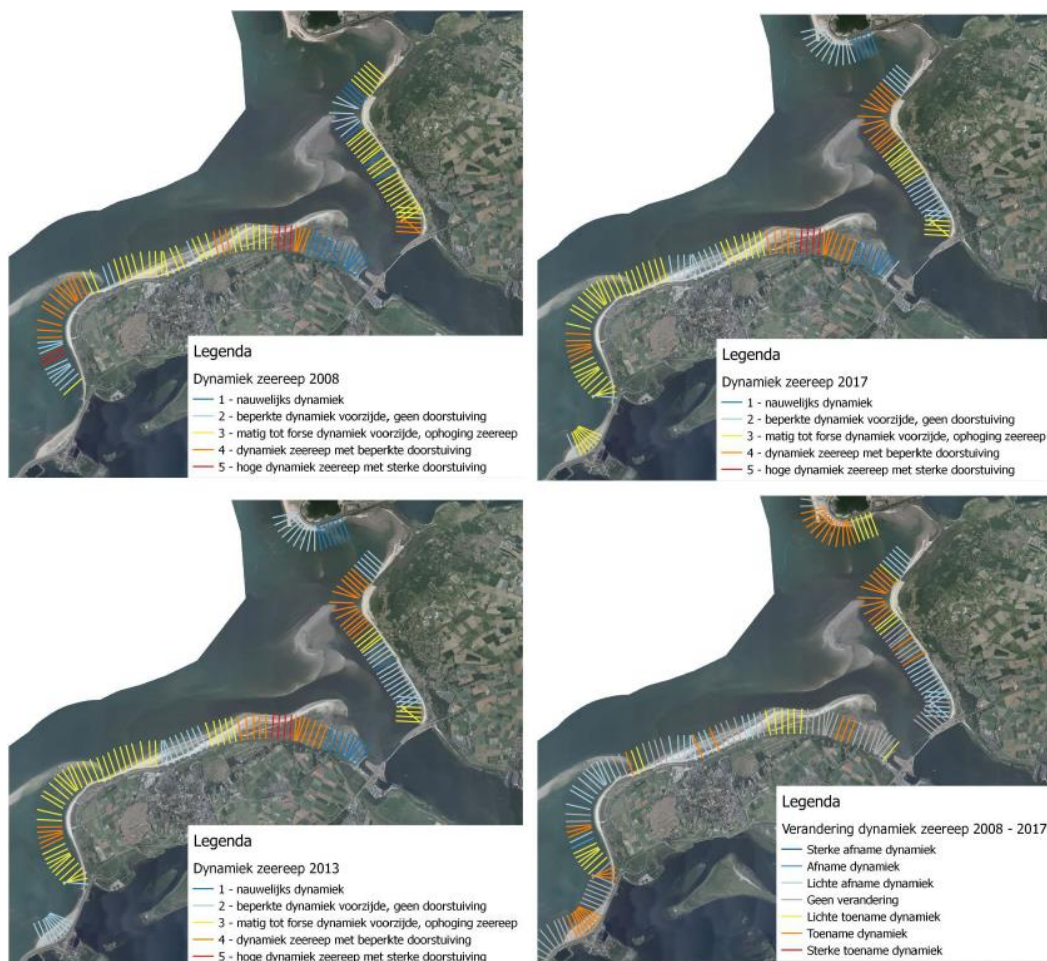
De jaarlijkse trend in de volumeontwikkeling in de zeereep langs de kust van Voorne en Goeree is berekend voor de periodes 1997-2008, 2008-2013 en 2013-2017, zie Figuur 4.48. In IJff et al. (2019) wordt benadrukt dat in Goeree de uitfiltering van vegetatie onvoldoende blijkt te zijn waardoor ook vegetatiegroei als hoogteverandering wordt aangemerkt. Hier moet in de interpretatie rekening mee worden gehouden.

In de periode 2008-2013 vertonen met name de kust van Goeree een sterke volumeafname, terwijl langs de zuidkust van Voorne, juist volumetoenames zijn waargenomen. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de duinverzwaring Zwakke Schakel bij Voorne (2009-2010). In de periode 2013-2017 lijken deze volumeveranderingen wat afgezwakt (noordkust van Goeree) of zelfs omgeslagen naar volumetoename (kop van Goeree) of –afname (kop van Voorne).



Figuur 4.48 Trend in zeereepvolume verandering langs de kust van Goeree en Voorne voor periode 1997-2008, 2008-2013 en 2013-2017 (IJff et al., 2019).

Voor de periode 2008-2013 en 2013-2017 voor de kust van Voorne en Goeree de dynamiek en doorstuiving van de zeereep in kaart gebracht door middel van responstypen, zie Figuur 4.49. Voor beide kustvakken is er grotendeels geen verandering in de dynamiek te zien tussen 2008 en 2017. Er zijn enkele plekken waar de zeereep dynamischer is geworden, onder andere de kop van Voorne (verandering van responstype 2 naar responstype 4).



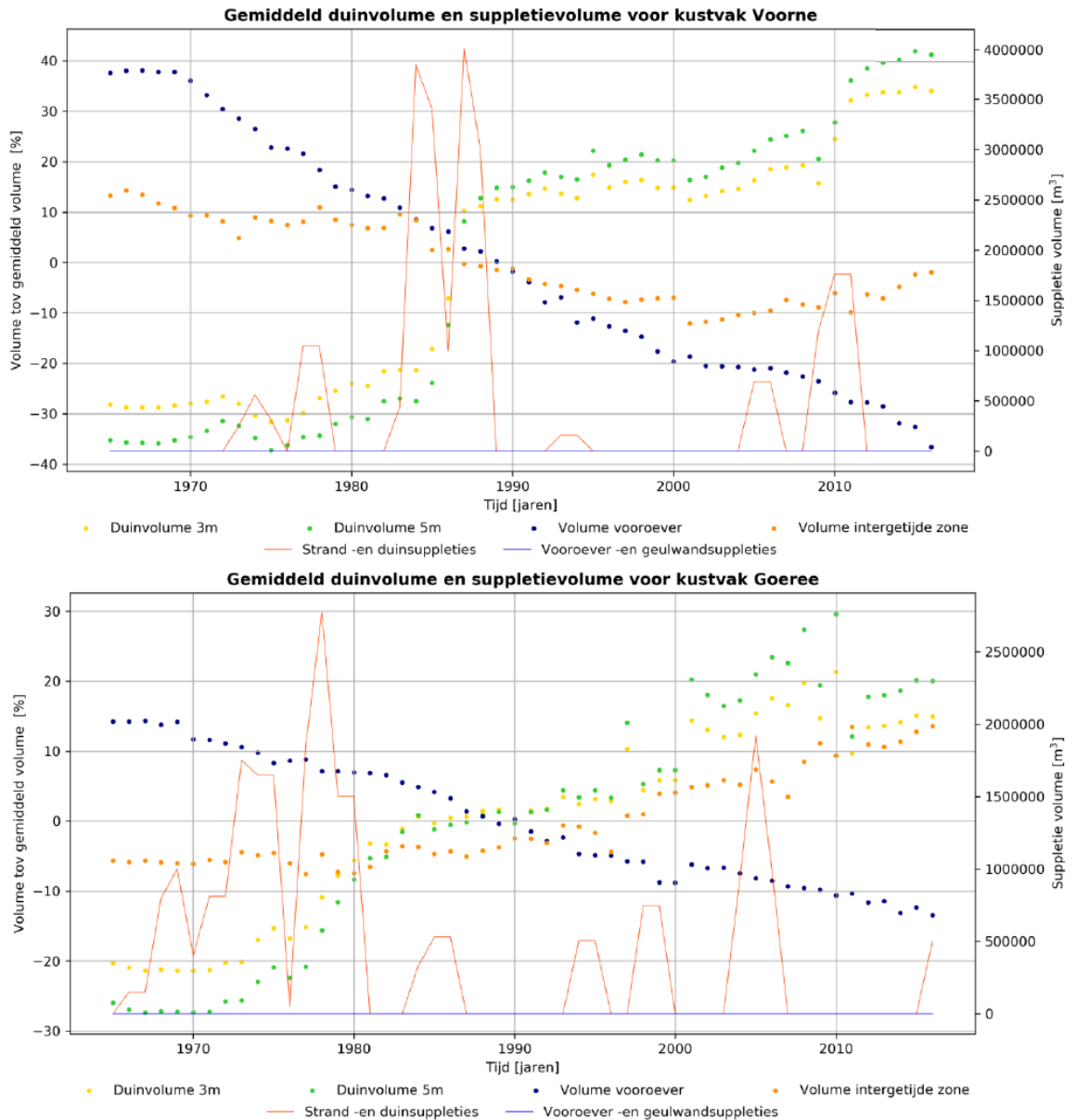
Figuur 4.49 Dynamiek zeereep 2008, 2013, 2017 en de verandering in dynamiek in de periode van 2008 tot 2017 (IJff et al., 2019)

4.4.3 Effect van suppleties

In Figuur 4.50 is een tijdserie weergegeven van de suppleties en volumeveranderingen langs de kust van Voorne en Goeree. De suppleties zijn opgesplitst in twee groepen: (1) suppleties die bovenwater zijn aangebracht, bestaande uit strand –en duinsuppleties en (2) suppleties die onderwater zijn aangebracht, bestaande uit vooroever –en geulwandsuppleties. De volumeveranderingen zijn niet in absolute volumes weergegeven, maar als percentage van het gemiddelde volume per compartiment over de hele beschouwde periode. Dit maakt het mogelijk om de volumeveranderingen van alle compartimenten samen in een enkel figuur te tonen. Belangrijk om te vermelden dat het volume van de vooroever het grootst is van alle compartimenten, hier kan een kleine procentuele volume verandering gelijk staan aan een significant absoluut volume. De grenzen van de compartimenten in hoofdstuk leiden ertoe dat het volume van het strand nagenoeg gelijk is aan nul. Om deze reden is dit compartiment niet weergegeven in onderstaande figuren.

Wanneer de veranderingen in het suppletievolume worden vergeleken met veranderingen in het volume van de zeereep, valt op dat met het toenemen van het suppletievolume ook het duinvolume toeneemt. Dit ondersteunt de hypothese uit (Arens et al. 2010) dat de toename van het volume in de zeereep (deels) veroorzaakt wordt door het uitvoeren van suppleties.

Met de tijd zal het gesuppleerde volume zich verspreiden over de kustzone en mogelijk uiteindelijk in de zeereep terecht komen. Na een strandsuppletie is het sedimentaanbod op het droge strand direct gestegen, waardoor eerder zand richting de zeereep zal stuiven dan na een vooroeversuppletie.



Figuur 4.50 Volumeverandering in Voorne en Goeree van de zeereep (berekend met een duinvoet van 3m en 5m), de vooroever en de intergetijdzone (stippellijnen) en de volumeverandering van vooroeversuppleties (inclusief geulwandsuppleties, blauwe lijn) en strand- en duinsuppleties (oranje lijn). (Ijff et al., 2019)

5 Kustverdediging en primaire waterkering

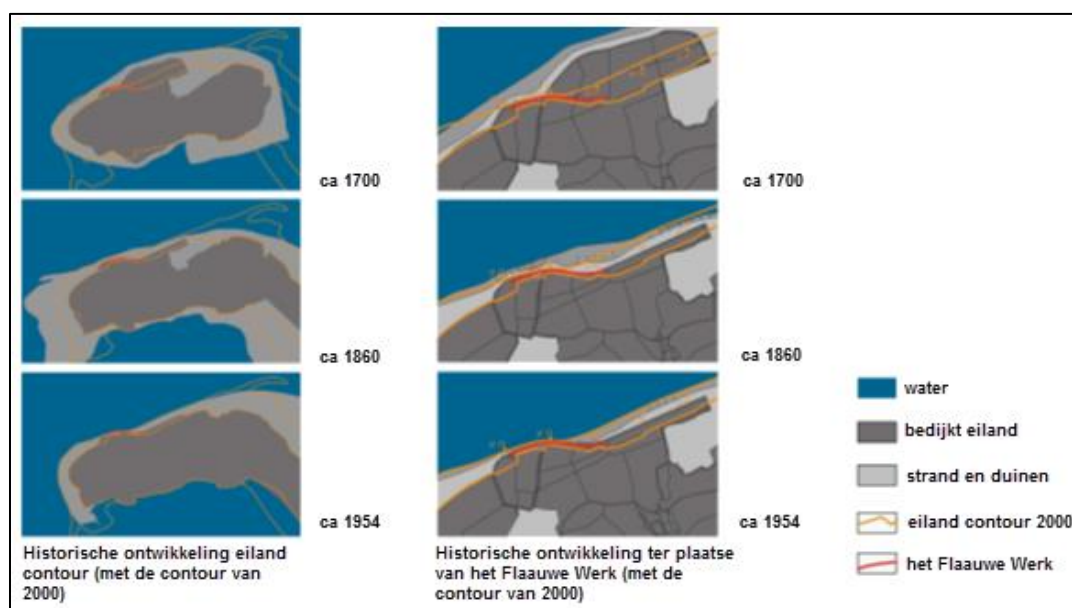
5.1 Historische ontwikkeling kustverdediging Voorne en Goeree

De kustverdediging van Voorne en Goeree bestaat uit duinen en zeeweringen. De kust van Voorne is altijd zandig geweest en kent geen harde elementen. Rond 1900 – 1930 was er rond de Kop van Voorne nog sprake van een grote brede strandvlakte en is een aantal maal de duinvoet zeewaarts verplaatst door het ontstaan (mede geholpen door de mens) van een nieuwe duinenrij.

Al in de 18^e eeuw vormde de zeewering langs de noordkust van Goeree een bron van zorg. De sterke stroming voor dit deel van de Noordzeekust zorgde in 1715 voor het verdwijnen van een gedeelte van de bestaande dijk. Decennialang vormden de kosten voor herstel en onderhoud een bron van discussie tussen de Staten van Holland en de ingelanden. Nadat gebleken was dat de aanleg van rijdsdammen voor het Flauwe Werk onvoldoende effect sorteerde, werd de strategie in 1756 gewijzigd. Men besloot de helling van de voor de dijk gevormde duintjes te verflauwen. Dit had wel resultaat. In 1812 was de hoogte van de dijk NAP +5.8 meter. In de eerste decennia van de 19^e eeuw raakt de dijk geheel ondergestoven, maar in 1835 komt het dijklichaam weer bloot te liggen. Daarna worden extra strandhoofden aangelegd.

Tijdens de Watersnood van 1953 was de situatie bij het Flauwe Werk zeer kritiek. De aanwezige zeewering werd grotendeels weggeslagen. Landinwaarts werd in 1984 een nieuwe asfaltdijk gelegd, waarbij ook het aanwezige zeemanskerkhof uit 1823 en een aantal woningen verdwenen. Voor de versterking van de Zeedijk werd het hoogste duin van Goeree-Overflakkee, de verderop gelegen Blanke Blikerd afgegraven. In 1700 was de kust ter plekke van het huidige Flauwe Werk nog veel breder (Figuur 5.1).

In 2007/2009 is het Flauwe Werk in het kader van de Zwakke Schakels versterkt de dijk is 60.000 ton nieuw asfalt aangebracht en er is 200.000 m³ extra zand onder het asfalt komen te liggen en 90.000 m³ zand als afdeklaag er bovenop. Het hoogste punt ligt drie meter hoger dan in de oude situatie, namelijk op 12,60 meter +NAP. Foto 5.1 toont een luchtfoto van het Flauwe Werk.



Figuur 5.1 Historische ontwikkeling Goeree en Flauwe Werk (DHV, 2005).



Foto 5.1 Flauwe werk Goeree (Hollandse Delta, 2016)

5.2 Primaire waterkering

De primaire waterkering van zeewaartse zijde van Voorne wordt omvat door dijktraject 20-1 Haringvlietdam-Brielse Maasdam, zie Figuur 5.2, samen met de signaleringswaarde. De signaleringswaarde voor een dijktraject is, samen met de ondergrens, als norm in de wet opgenomen. De waarde betreft een overstromingskans. Alle primaire waterkeringen in Nederland hebben een signaleringsnorm gekregen tussen de 1:300 en de 1:1.000.000. Het dijktraject beschermt het westelijke deel van Voorne-Putten tegen de invloed van de Noordzee. Het dijktraject is 16 km lang en bestaat voornamelijk uit duinen (15 km). Het deel van het traject aan de oostzijde van het Oostvoornse Meer bestaat uit een dijk (ca. 1 km). In het traject zijn 2 kunstwerken aanwezig, het Gemaal Oostvoornse Meer pompput 1 & 2 en de effluentleiding RWZI Oostvoorne-Hartelkanaal. Sinds 1 januari 2017 is de wettelijke overstromingsnorm van het dijktraject: 1:30.000 per jaar (signaalwaarde).



Figuur 5.2 dijktrajecten met de daaraan gekoppelde signaleringswaarde voor de kust van Voorne. Bron: <https://waterveiligheidsportaal.nl/#/nss/nss/assessment>.

Het dijktraject Brouwersdam - Stellendam beschermt Goeree-Overflakkee tegen de Noordzee (Figuur 5.3). Het dijktraject is 16,7 km lang en bestaat uit duinen, dijk (o.a. Flaauwe Werk) en een kunstwerk (spuisluis Zuiderdiep). Sinds 1 januari 2017 is de wettelijke overstromingsnorm van het dijktraject: 1:3.000 per jaar (signaalwaarde).



Figuur 5.3 dijktrajecten met de daaraan gekoppelde signaleringswaarde voor de kust van Goeree. Bron: <https://waterveiligheidsportaal.nl/#/nss/nss/assessment>.

5.3 Beoordeling van de waterkering

5.3.1 Waterwet & WBI

De Waterwet⁴ schrijft voor dat er elke zes (voorheen vijf) jaar een beoordeling van de primaire waterkering plaatsvindt. Bij de beoordeling wordt gekeken of de waterkering in kwestie nog aan de wettelijke veiligheidsnormen voldoet. Uit de beoordeling 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.

Sinds 2017 is het Wettelijk Beoordelings Instrumentarium voor de primaire waterkeringen van kracht, het WBI⁵, voorheen de VTV. De gegevens over de belasting op de waterkering (bijvoorbeeld golfeigenschappen en waterstanden) die nodig zijn voor de beoordeling, worden aangeleverd in de hydraulische randvoorwaarden. De beheerders van de waterkering zijn verantwoordelijk voor gegevens over de actuele toestand van de waterkering.

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

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

Voor al deze categorieën zijn beoordelingsinstrumenten beschreven in het WBI.

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 beoordeling en de beschikbaarheid van de actuele gegevens van de waterkering.

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

⁴ <http://wetten.overheid.nl/>

⁵ <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/waterveiligheid/primaire/beoordelen-wbi/>

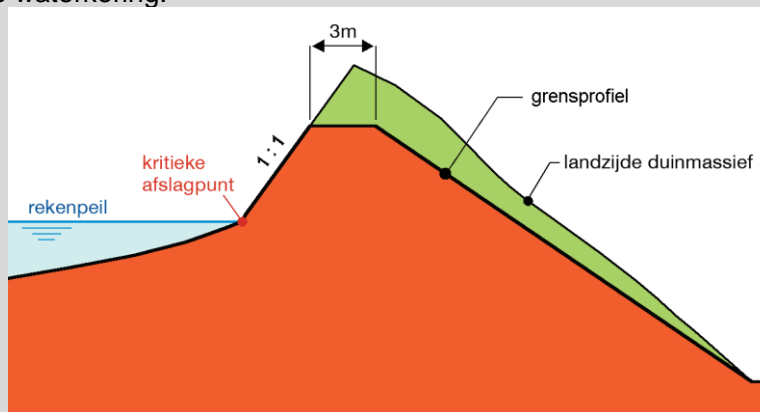
Begrippenlijst Beoordeling Waterkering

Aansluitingsconstructie

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

Grensprofiel

Het grensprofiel is het minimale dwarsprofiel van de duinwaterkering dat in de beoordeling nog aanwezig moet zijn na een duinafslagberekening. 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.

5.3.2 WBI beoordeling 2017 Voorne

De eerste beoordeling primaire waterkeringen overstromingskans (eerste beoordelingsronde) is gestart op 1 januari 2017. Het doel van de eerste beoordelingsronde is het beoordelen van alle primaire waterkeringen. Voor Voorne resulteert dit in de opgave om voor 1 januari 2023 de primaire waterkering te beoordelen, verdeeld over 4 trajecten. De beoordeling geeft inzicht in de actuele faalkans van de waterkeringen en hoe deze is gerelateerd aan de normering. Het veiligheidsoordeel van het normtraject is uit te drukken in vijf categorieën (Figuur 5.4). Deze zijn gerelateerd aan de afstand van de berekende overstromingskans tot de wettelijke norm.

Op dit moment (augustus 2019) heeft er alleen voor normtraject 20-1 en 20-3 een beoordeling plaatsgevonden, overige normtrajecten voor Voorne (20-2 en 20-4) worden nog uitgevoerd (Figuur 5.4). Falen door duinafslag is gedefinieerd als het moment waarop na duinafslag niet meer voldoende zand (een minimaal aanwezig grensprofiel) aanwezig is om de veiligheid tegen overstromen te borgen. Normtraject 20-1 voldoet aan de signaleringswaarde, normtraject 20-3 voldoet ruim niet aan de signaleringswaarde en aan de ondergrens.



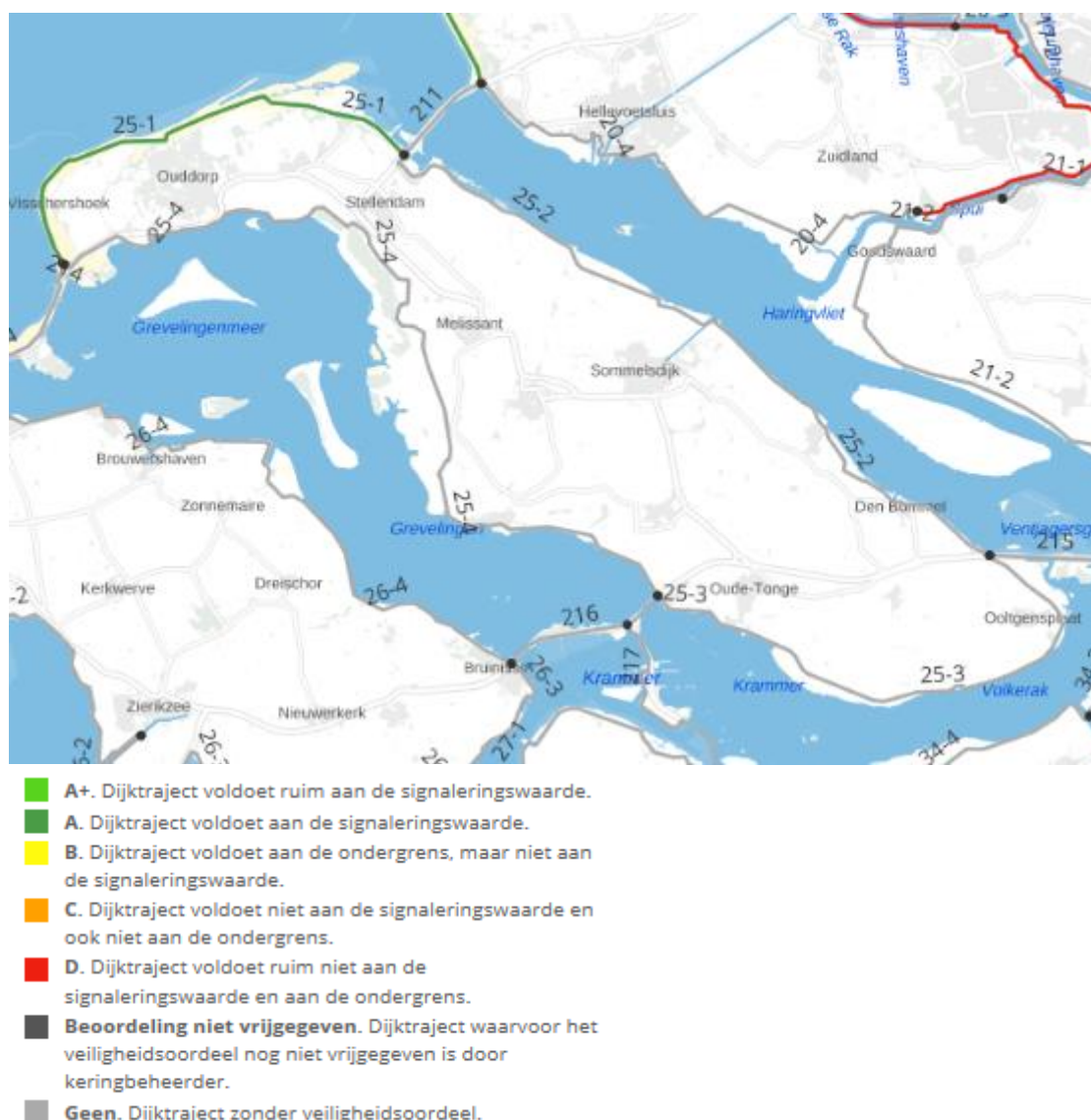
Figuur 5.4 Het veiligheidsoordeel van de kering op trajectniveau voor Voorne. Bron:

<https://waterveiligheidsportaal.nl/#/nss/nss/assessment>, bezocht op 29 augustus 2019

5.3.3 WBI beoordeling 2017 Goeree

De eerste beoordeling primaire waterkeringen overstromingskans (eerste beoordelingsronde) is gestart op 1 januari 2017. Het doel van de eerste beoordelingsronde is het beoordelen van alle primaire waterkeringen. Voor Goeree resulteert dit in de opgave om voor 1 januari 2023 de primaire waterkering te beoordelen, verdeeld over 4 trajecten. De beoordeling geeft inzicht in de actuele faalkans van de waterkeringen en hoe deze is gerelateerde aan de normering. Het veiligheidsoordeel van het normtraject is uit te drukken in vijf categorieën (Figuur 5.5). Deze zijn gerelateerd aan de afstand van de berekende overstromingskans tot de wettelijke norm.

Op dit moment (augustus 2019) heeft er alleen voor normtraject 25-1 een beoordeling plaatsgevonden, overige normtrajecten voor Voorne (25-2, 25-3 en 25-4) worden nog uitgevoerd (Figuur 5.5). Falen door duinafslag is gedefinieerd als het moment waarop na duinafslag niet meer voldoende zand (een minimaal aanwezig grensprofiel) aanwezig is om de veiligheid tegen overstromen te borgen. Normtraject 25-1 voldoet aan de signaleringswaarde.

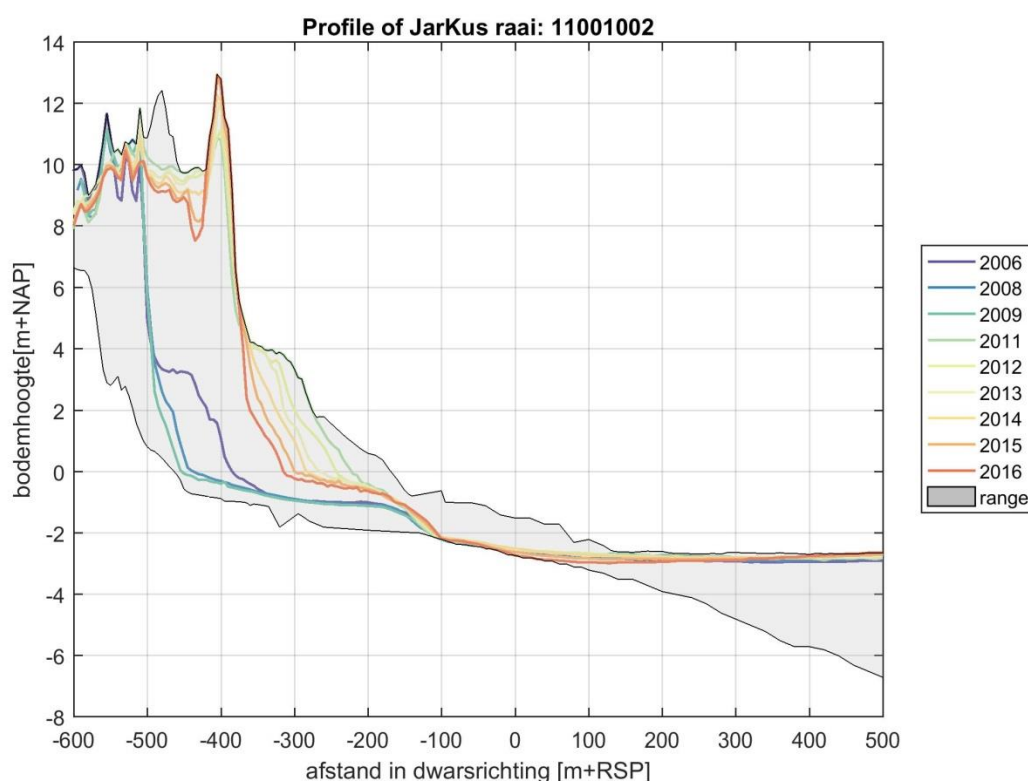


Figuur 5.5 Het veiligheidsoordeel van de kering op trajectniveau voor Goeree. Bron: <https://waterveiligheidsportaal.nl/#/nss/nss/assessment>, bezocht op 29 augustus 2019

5.3.4 Veiligheidsanalyse Duinwaterkering Voorne (Arcadis, 2018)

In Arcadis (2018) is een veiligheidsanalyse uitgevoerd om de duinwaterkering van de Kop van Voorne te beoordelen en de verwachte levensduur vast te stellen op basis van de nieuwe criteria in WBI 2017 (zie paragraaf 5.3.1).

De in 2009 uitgevoerde duinverzwaring Voorne (raai 920-1300, Deelgebied II, zie Figuur 4.8) zou pas na 20 jaar weer onderhoud vergen. De nieuwe norm is mogelijk strenger, daarnaast kan nu ook het tot nog toe daadwerkelijk opgetreden erosiegedrag beschouwd worden. Er werd al rekening gehouden met een snelle landwaartse migratie van de MKL met 5-10 m/jaar.



Figuur 5.6 Profielontwikkeling Jarkusraai 1002 van 1990-2015 (Arcadis, 2018)

Door het 'zaagtandeffect' (de voortdurend landwaartse trend van de TKL die door regelmatige suppleties zeewaarts wordt verlegd, zie bijv. Figuur 4.17) zal bij iedere suppletie het veiligheidsniveau opgekrikt worden, terwijl de horizon of levensduur van de ingreep wordt bepaald door de optredende erosie. De berekeningen van de voorspelde duinafslag zijn uitgevoerd met Morphan / DUROS+ per JARKUS raai (maatgevende raai 1002).

De conclusies zijn dat er nu ruim voldoende veiligheidsmarge is en dat de veiligheidshorizon voor de kritieke raai 1002 nu ligt rond 2030. Er is weinig verschil tussen de tot nog toe gehanteerde en de nieuwe normering, dit komt vooral omdat de hoge erosietrend op deze locatie maatgevend is en daarvoor was al een veilig ruime inschatting gemaakt.

5.4 Faalkans van de eerste duinenrij / zeereep

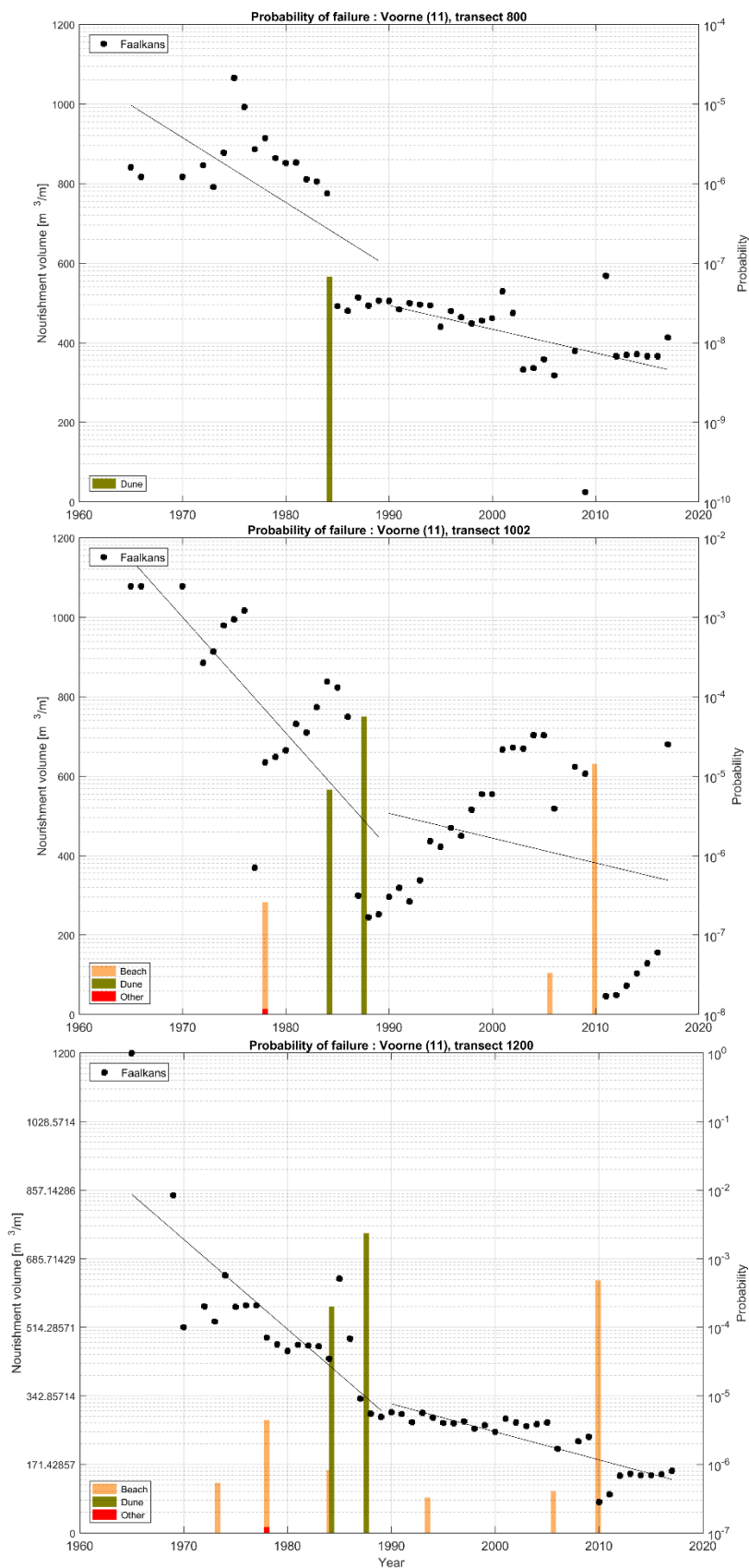
De officiële wettelijke toetsing (paragraaf 5.3) van de duinen als primaire waterkering is gebaseerd op het bepalen van de hoeveelheid duinafslag onder maatgevende belastingcondities. Bij deze toetsing komt geen informatie beschikbaar over de ontwikkeling (trend) in (on)veiligheid en het effect van suppleties op deze trend. Om dit effect in beeld te kunnen brengen is in 2011 is een database samengesteld met faalkansen van alle JarKus raaien langs de Nederlandse duinenkust, voor de jaren 1965-2010 (HKV, 2011). Op basis van deze database zijn analyses uitgevoerd van

de effecten van veranderingen in suppletiebeleid door de jaren heen op de faalkans van de duinen (HKV, 2012). In 2017 deze database geactualiseerd voor de periode tot en met 2017 (HKV, 2017).

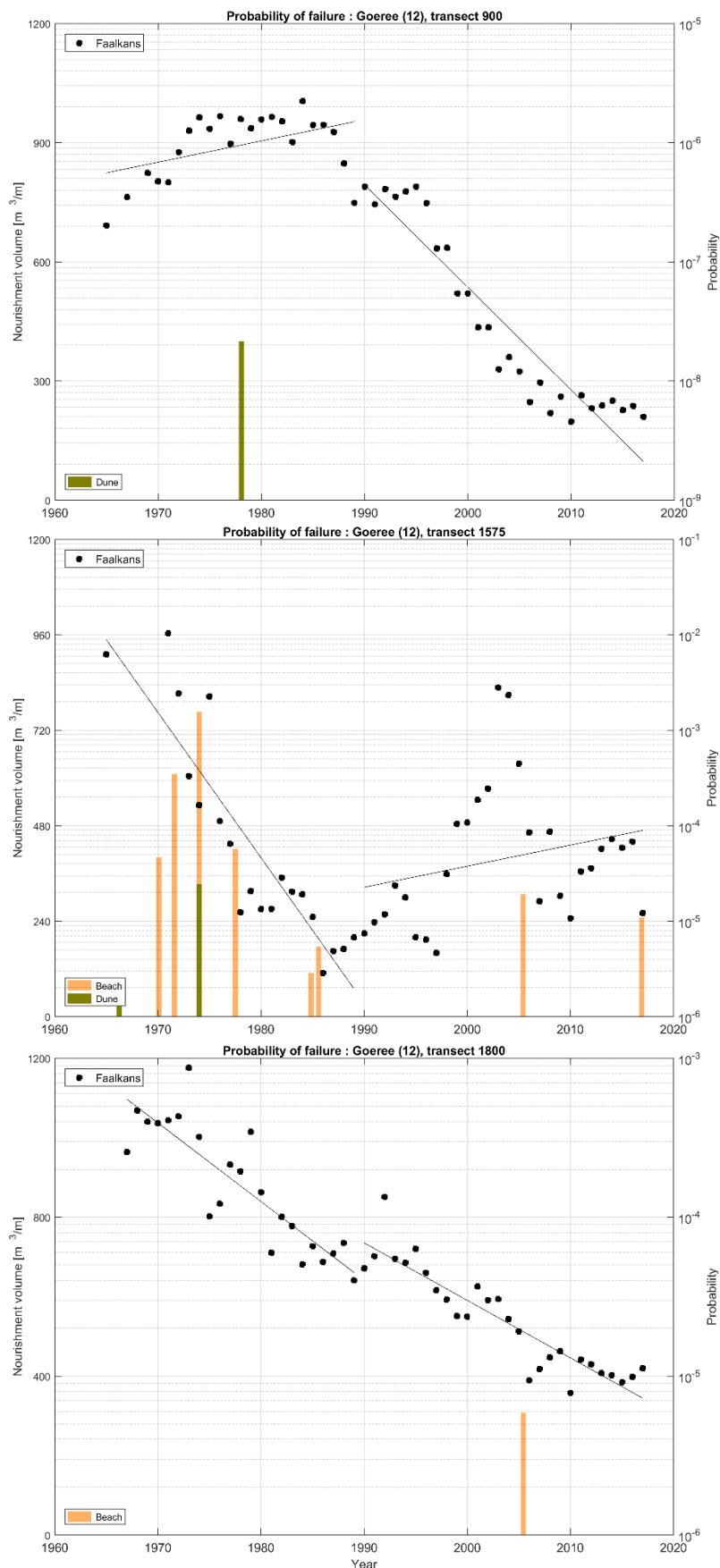
De berekende faalkansen hebben in absolute zin geen betekenis voor de officiële faalkans van de duinwaterkering. Het ontwikkelde probabilistische duinafslagmodel heeft daarnaast geen officiële status binnen het Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium (WBI). In deze paragraaf wordt voor een karakteristieke Jarkus raai uit elk deelgebied (zoals gedefinieerd in Figuur 4.8 en Figuur 4.24) de trend van de faalkans en het effect van het suppletiebeleid op de faalkans weergegeven.

In deelgebied I bij Voorne (Brielse Gatdam tot Kop van Voorne) is tussen 1984 en 1986 het duin in het kader van de Deltawerken versterkt en is na de versterking in zeewaartse richting nog iets aangegroeid. Dit heeft gezorgd voor een afnemende trend in de faalkans vanaf 1986, zie raai 800 in Figuur 5.7. Bij de Kop van Voorne (deelgebied II) hebben de duin- en strandversterkingen grote invloed (zeewaartse verschuiving) op de ligging van de MKL, na iedere versterking/suppletie treedt echter weer een sterke negatieve trend op door de sterke erosie van dit deelgebied zoals te zien Figuur 4.17. Dezelfde trend is terug te zien in de ontwikkeling van de faalkans, zie raai 1002 in Figuur 5.7. Na de duinversterkingen is er initieel een sterke afname van de faalkans te zien, maar hierna is er weer een sterke toenemende trend in de faalkans door de sterke erosie. De trendlijn voor de periode tussen 1990 en 2017 in Figuur 5.7 geeft een wat vertekend beeld, maar laat wel zien dat na 1990 de algemene trend in de faalkans negatief is. Deelgebied III van de Voornse kust zijn er al sinds 1972 verschillende strand- en duinsuppleties uitgevoerd, zie raai 1200 in Figuur 5.7, wat zorgt voor een algemeen afnemende trend in de faalkans.

Voor deelgebieden I en II bij Goeree geldt algemeen dat de zeewaartse zijde van de duinenrij stabiel is of zich uitbouwt in de laatste jaren (paragraaf 4.3.6 en 4.3.7). Een groot gedeelte van de duintoename is veroorzaakt door de uitgevoerde duinversterkingen in het kader van de Deltawerken. Tussen raaien 575 en 1125 is in 1977/1978 een duinversterking uitgevoerd aan de binnenzijde van het duin (zie raai 900 in Figuur 5.8), welke initieel geen significant effect heeft gehad op de faalkans door de binnendijkse positionering. Vanaf 1985 is er een algemene afnemende trend te zien in de faalkansen door de (natuurlijke) uitbouw van de kustlijn. In raai 1575 in deelgebied II zijn er tussen 1970 en 1986 regelmatig suppleties uitgevoerd, wat zorgde voor een afname in de faalkansen (zie raai 1575 in Figuur 5.8). In de periode hierna neemt de faalkans juist weer toe, maar na de strandsuppleties in 2006 en 2018 lijkt de faalkans weer wat af te nemen. Raai 1800 in deelgebied IV laat een bijna constante afname in faalkans zien sinds 1965 (raai 1800 in Figuur 5.8), dit is waarschijnlijk het gevolg van het verder aangroeien van de duin na de duinversterkingen in de naastgelegen raaien (Figuur 4.45).



Figuur 5.7 Ontwikkeling van faalkans bij Voorne in raaien 800 (deelgebied I), 1002 (deelgebied II) en 7375 (deelgebied III).



Figuur 5.8 Ontwikkeling van faalkans bij Goeree in raaien 800 (deelgebied II), 1575 (deelgebied III) en 1800 (deelgebied IV).

6 Gebruiksfuncties

In paragraaf 6.1 volgt een samenvatting van het voorkomen van type recreatiestranden op Voorne en Goeree, deze paragraaf is een samenvatting van de studie die door Decisio in 2011 is uitgevoerd (Decisio, 2011). In paragraaf 6.2 staat een overzicht van de Natura 2000 gebieden en habitatkaarten van het gebied.

6.1 Strandrecreatie Voorne en Goeree

6.1.1 Gemeentes met strandrecreatie op Voorne en Goeree

In gemeente Goedereede (Goeree), zie Figuur 6.1, liggen drie kernen met strandrecreatie, waarin het aantal strandrecreanten met 2,35 miljoen per jaar relatief hoog ligt. In gemeente Westvoorne, op Voorne, zie Figuur 6.2 is Rockanje de enige kern met economische activiteiten rondom strandrecreatie. De strandweg bij Jarkusraai 640 (Oostvoorne) is wel druk bezocht, maar heeft beperkte economische activiteit.



Figuur 6.1 Recreatieve stranden Voorne en Goeree (Decisio, 2011).

Overzicht van belangrijkste stranden op Voorne en Goeree:

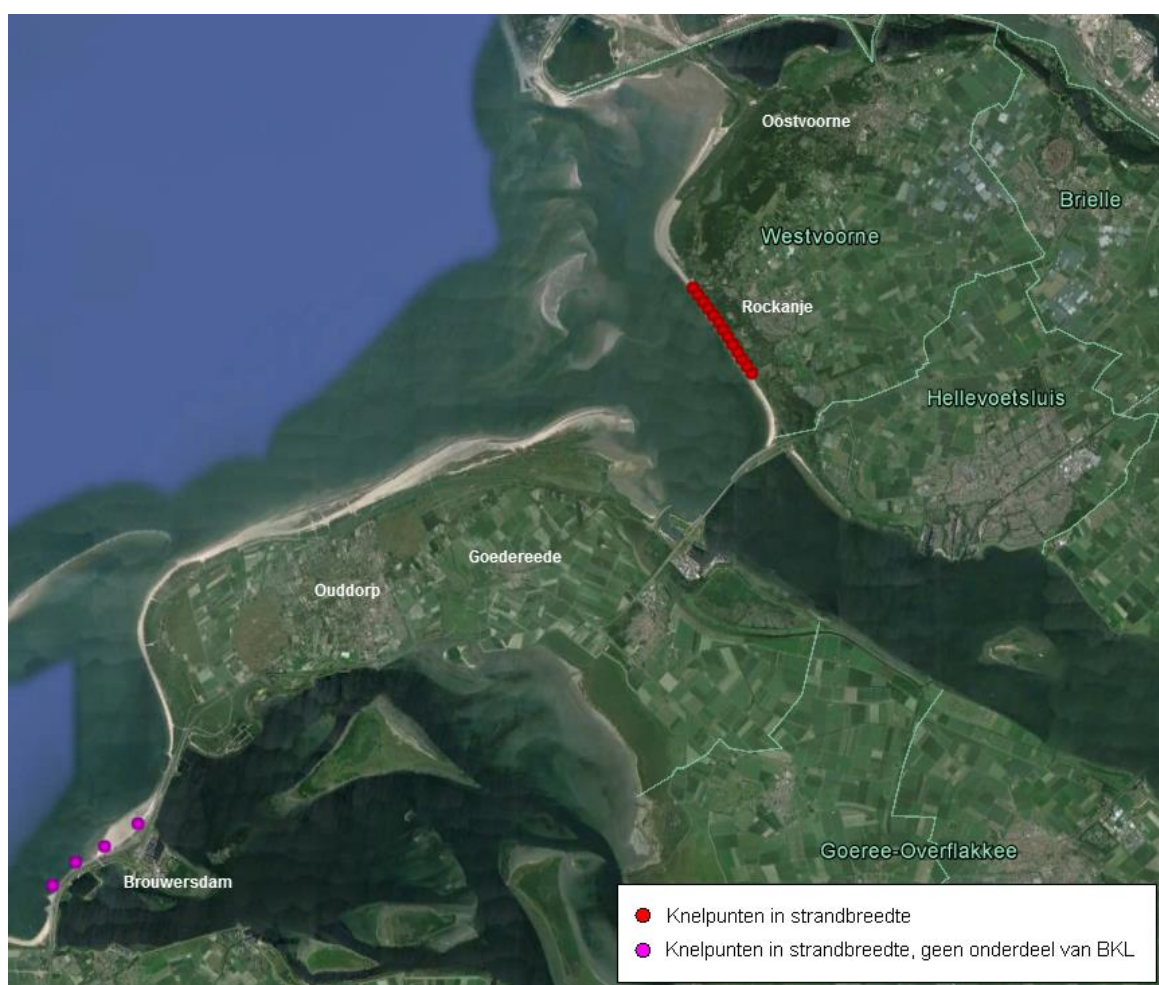
- Sport en evenementenstranden: Goeree, op de Brouwersdam.
- Matig / redelijk intensieve stranden Goeree: Ouddorp, 'los' strandpaviljoen Goedereede en paviljoens bij Brouwersdam.

- *Matig / redelijk intensieve stranden Voorne: Rockanje, Oostvoorne (opgang richting Maasvlakte).*

Overzicht van knelpunten op Voorne en Goeree

Het strand bij de Brouwersdam kalft af. Het strand hier wordt intensief gebruikt voor extreme sporten. Maar door de nabijheid van Port Zélande wordt het strand ook druk gebruikt door families. Er is nu te weinig strandoppervlak om zowel de badgasten als de extreme sporten te kunnen huisvesten, waardoor de veiligheid van de strandgebruikers in gevaar komt. Ook komt het water bijna tot aan één van de strandpaviljoens, om veiligheidsredenen is een paviljoen daarom al een keer verplaatst.

Een ander knelpunt in het strandgebruik is er bij Ouddorp, waar veel slib op het strand ligt. Dit maakt het strand minder aantrekkelijk vanwege het wegzakken, de viezigheid en de stank. Volgens Rijkswaterstaat⁶ betreft het natuurlijk, niet-verontreinigd slib dat zich afzet in luwe gebieden achter de zg. zandhaken, samenhangend met de zandgolven langs de kust.



Figuur 6.2 Locaties waar regelmatig knelpunten in strandbreedte optreden langs de Noordzeekust van Voorne en Goeree (Decisio, 2011). Knelpunten zijn tijdens workshops door deelnemers aangegeven.

⁶ <https://flakkeenieuws.nl/nieuws/oversteekplaatsen-over-slib-op-stranden-ouddorp/5180>

De volgende informatie (per gemeente) is afkomstig uit het inventarisatierapport van Decisio (2011).

6.1.2 Gemeente Goedereede (Goeree)

Goedereede kent drie kernen met strandrecreatie. Ze lopen vanaf de Brouwersdam die Zuid-Holland met Zeeland verbindt tot Ouddorp. Het grootste gedeelte van de stranden van Goedereede is zeer rustig. De stranden ter hoogte van Ouddorp hebben de meeste economische activiteit met meerdere campings en strandpaviljoens. De locaties:

- Brouwersdam (Noordzijde): 18,75 – 18,25 (strandtent).
- Paal 17 (camping).
- 13,75 – 13,5 (strandpaviljoen).
- Ouddorp: 11,25 – 9,75 (kern met meerdere campings en strandtenten).

Recreatie is een belangrijke economische sector voor de gemeente Goedereede. Het aantal strandrecreanten ligt hier met 2,35 miljoen relatief hoog.

kernegegevens strandrecreatie, gemeente Goedereede	
Strandrecreanten per jaar (x1000)	2.350
Strand nabij toeristische faciliteiten (raaien)	975 – 1375 en 1700 – 1875
Meest drukke strand (strandpalen)	10-12
Bezoekers meest drukke strand (x1000)	1.170
Aantal strandpaviljoens	7
Totaal aantal horecabedrijven	52
Werkzame personen in de Horeca	770
Totaal aantal banen	3.980
Percentage werkzaam in horeca	19%
Percentage buitenlandse strandbezoekers	40%

Strandbreedte en –ontwikkeling (in meters), gemeente Goedereede	m
Gemiddelde breedte recreatief strand	86,7
Trend breedte recreatief strand (meter per jaar)	6,0
Ouddorp	72,4
Ten noorden van Brouwersdam	39,8
Overige strandpaviljoens	274,9

6.1.3 Gemeente Westvoorne (Voorne)

Rockanje is de enige kern van Westvoorne met economische strandrecreatie-activiteiten. Daarnaast heeft Westvoorne nog een andere relatief druk bezochte strandopgang, maar daar is nog geen economische activiteit (er bestaan wel ontwikkelingsplannen):

- Rockanje
- Strandweg bij raai 640 is wel druk bezocht, maar beperkte economische activiteit

Voor Rockanje is recreatie een belangrijke economische motor waar het strand een aanzienlijke rol in speelt. Rockanje trekt veel dagtoeristen uit Rotterdam-Zuid maar kent ook veel verblijfstoeristen. Uit een door Decisio georganiseerde workshop (Decisio, 2011) kwam naar voren dat 35 procent van de werkgelegenheid in Rockanje afhankelijk is van het toerisme. Voor de gemeente Westvoorne als geheel is recreatie minder belangrijk dan voor veel andere kustgemeenten.

Momenteel staan er vijf strandpaviljoens (jaarrond) langs de kust in de gemeente Westvoorne. Twee strandpaviljoens zijn in aanbouw. Er is een initiatief om strandhuisjes te plaatsen waardoor de activiteiten op het strand worden uitgebreid. Strandsporten nemen toe in populariteit en ondanks dat er geen zonerings is, is er nog voldoende plaats voor strandsporters en badgasten. Vanwege een nabijgelegen Zwakke Schakel hebben er relatief veel suppleties bij Rockanje plaatsgevonden. Toch zijn er jaren waarop het water tot onder de paviljoens doorgaat.

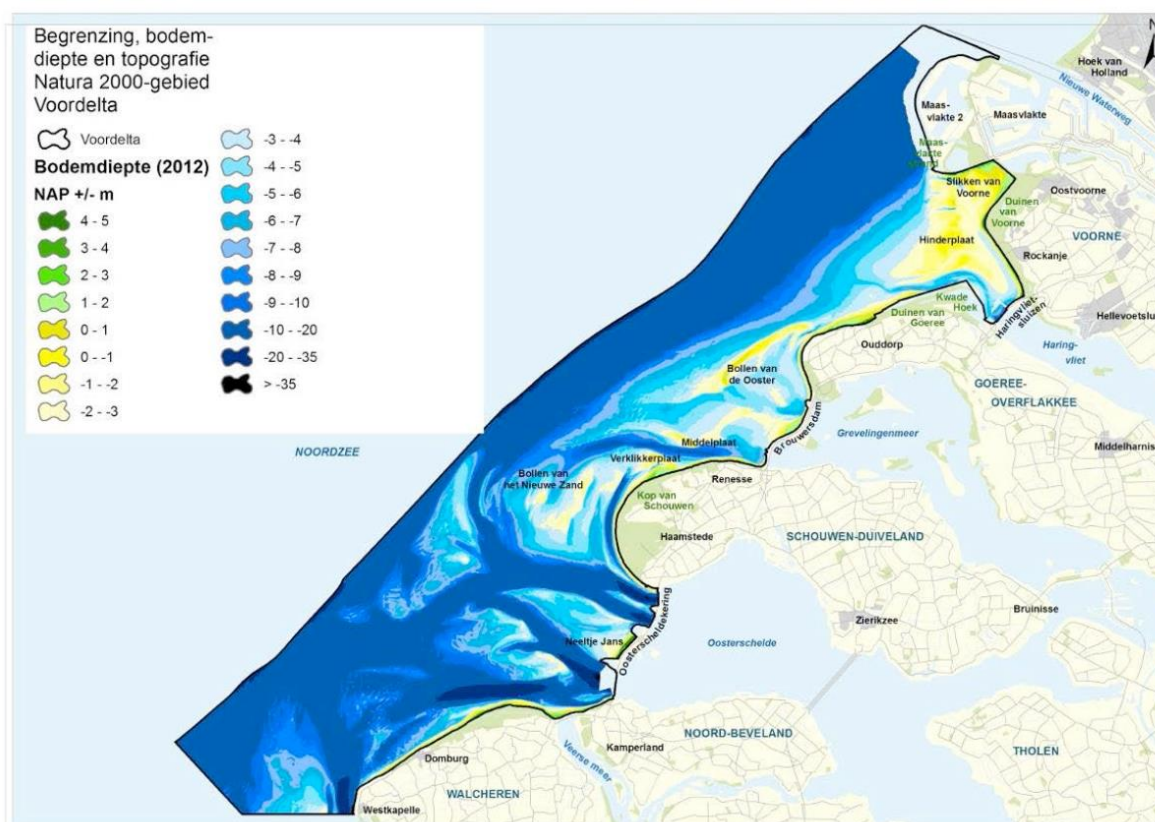
Kerngegevens strandrecreatie, gemeente Westvoorne	
Strandrecreanten per jaar (x1000)	807
Strand nabij toeristische faciliteiten (raaien)	620 – 660 en 1200 – 1500
Meest drukke strand (strandpalen)	10-14
Bezoekers meest drukke strand (x1000)	500
Aantal strandpaviljoens	5
Totaal aantal horecabedrijven	51
Werkzame personen in de Horeca	290
Totaal aantal banen	3.140
Percentage werkzaam in horeca	9,2%
Percentage buitenlandse strandbezoekers	10%

Strandbreedte en -ontwikkeling (in meters), gemeente Westvoorne	
Gemiddelde breedte recreatief strand	114,2
Trend breedte recreatief strand (meter per jaar)	7,4
Kern Rockanje	41,5

6.2 Natuur Voorne en Goeree

6.2.1 Natuurwetgeving

De duinen, het strand en de vooroever van Voorne en Goeree zijn belangrijke gebieden voor de natuur, zoals duidelijk wordt uit de ligging van de verschillende Natura 2000-gebieden (Figuur 6.3). De kust van Voorne en Goeree grenst aan de zeezijde overal aan het Natura 2000 gebied Voordelta, dat aan de landzijde is begrensd op de duinvoet van Voorne en Goeree. Het duingebied langs de kust van Voorne is aangewezen als Natura 2000 gebied Voornes Duin. De verschillende duingebieden langs de kust van Goeree zijn aangewezen als Natura 2000 gebied Goeree & Kwade Hoek, zie paragraaf 6.2.2. In de nabije omgeving liggen ook de Natura 2000 gebieden Haringvliet en Grevelingen, deze gebieden worden voor de beschrijving van de kustvakken buiten beschouwing gelaten.



Figuur 6.3 Begrenzing Natura 2000-gebied Voordelta, bodemdiepte, platen en topografie. (bron: Beheerplan Voordelta (2016)).

In de volgende paragraaf zijn de gebiedsbeschrijvingen weergegeven zoals deze zijn opgenomen in het aanwijzingsbesluit Natura 2000 gebied Voornes Duin en in de Beheerplannen bijzondere natuurwaarden Duinen Goeree en Kwade Hoek en Natura 2000 Voordelta (februari 2016). Voor gedetailleerde informatie over de specifieke habitats en soorten wordt geadviseerd de online informatie te raadplegen via de website van Natura2000.

Link:

<https://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase.aspx?subj=n2k&groep=9&id=n2k100>

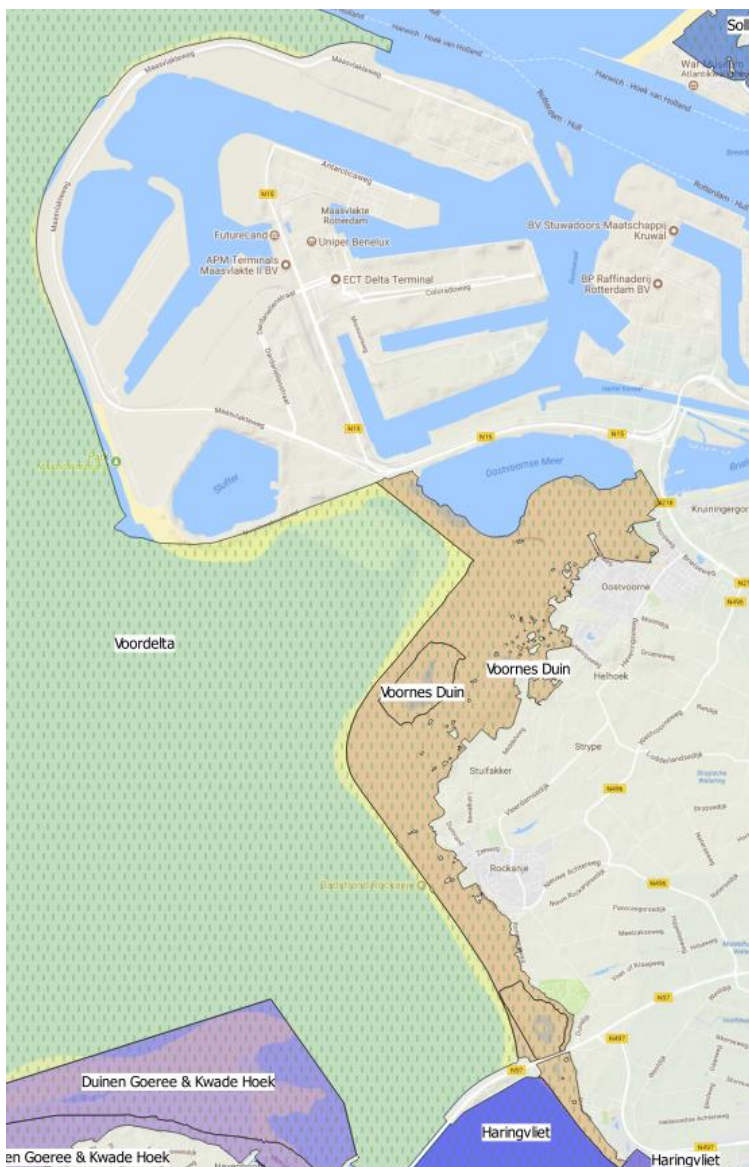
<https://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase.aspx?subj=n2k&groep=9&id=n2k101>

<https://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase.aspx?subj=n2k&groep=9&id=n2k113>

6.2.2 Habitatkarakteristieken

Voornes Duin (tekst overgenomen van Ministerie van Economische Zaken)

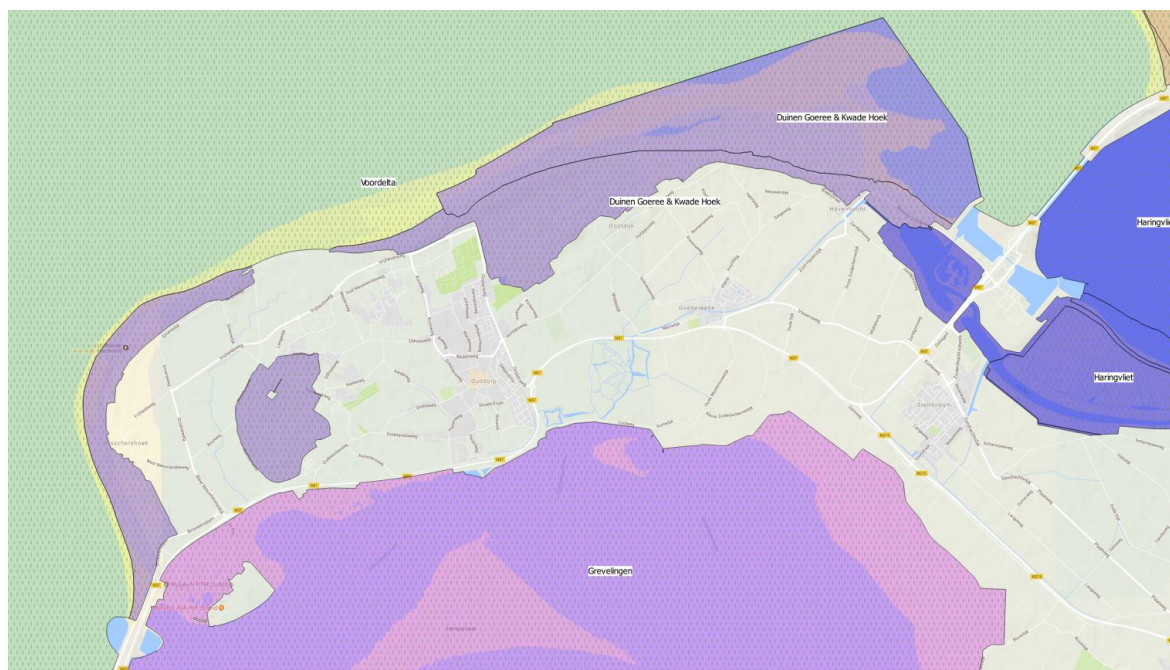
Het Voornes Duin (Figuur 6.4) bestaat uit jonge duin- en strandafzettingen met een hoog kalkgehalte. Het duingebied met duinvalleien is grotendeels in de 19e en begin 20e eeuw ontstaan door afsnoering van strandvlakte als gevolg van het ontstaan van nieuwe zeerepen. Het zuidoostelijke deel van het gebied stamt uit de late Middeleeuwen. Het duingebied van Voorne heeft een grote variatie in landschapstypen en heeft daardoor een grote soortenrijkdom, zowel wat betreft flora als fauna. Het bestaat uit een afwisselend duingebied met twee grote duinmeren (Breede water en Quackjeswater) en meerdere kleine poelen, moerassen, grote oppervlaktes bos en struweel, duingraslanden en natte duinvalleien. Aan de binnenduinrand liggen een aantal landgoedbossen met stinzefflora.



Figuur 6.4 Ligging van het Natura 2000 gebied Voornes Duin. Bron: GIS-kaart Natura2000 gebieden 17feb2017.

Duinen Goeree & Kwade Hoek (tekst overgenomen van Ministerie van Economische Zaken)

Het gebied Duinen Goeree & Kwade Hoek (Figuur 6.5) omvat een aantal duingebieden aan de noordwestkant van Goeree plus de aan de zeezijde gelegen Kwade Hoek. De Kwade Hoek dankt zijn naam aan het feit dat, vooral bij storm, schepen vast kwamen te zitten op de daar aanwezige zandbanken. De Kwade Hoek is het meest noordelijke deel van het intergetijdengebied van de Voordelta en vormt hier de overgang van kwelder naar strandvlakte. Door de aanleg van een stuifdijk in de jaren '60 en de Haringvlietdam in de jaren 70 werden zeestromen en geulen als het ware zeewaarts afgebogen, waardoor er een concentratie van zandbanken voor de kust ontstond. De zandbanken, waaronder een grote haak in het noordoosten, vallen bij eb grotendeels droog en groeien elk jaar nog aan. Geologische processen die bij de opbouw van de Nederlandse kust een rol hebben gespeeld zijn in het gebied nog dagelijks waarneembaar. Het gebied bestaat aan de zeezijde uit strand, waar spontaan duintjes zijn ontstaan, en slikken. Doordat deze modderige platen dagelijks worden overspoeld met zeewater zijn ze nauwelijks begroeid. Meer landinwaarts liggen schorren die doorsneden worden door kronkelige krekens. Achter de duintjes hebben zich vochtige primaire duinvalleien ontwikkeld. Het is dus een afwisselend en dynamisch landschap met primaire duinvorming, slikken, schorren, valleien en duinstruweel. De duinen van Goeree zijn ontstaan in de vroege Middeleeuwen. Uit die tijd stammen de West-, Middel- en Oostduinen. Door herhaaldelijke verstuiving zijn deze duingebieden afgevlakt. De duingebieden langs de kust zijn jonger. Het kalkrijke duingebied van de kop van Goeree bestaat uit vier deelgebieden die onder andere de botanisch meest soortenrijke vroongronden in ons land, een vorm van het habitatype grijze duinen, herbergen. De Westduinen en de Middelduinen hebben een reliëfarm, golvend duinlandschap met kleine laagtes en duintjes, waarin een kleinschalig mozaïek van duingrasland en duinvalleien aanwezig is, deels met bos beplant. De Oostduinen is een vergraven kopjesduingebied met infiltratiegeulen, duinvalleien, droog duingrasland en duinstruweel. De duinen aan de westkant van Goeree (Westhoofd en Springertduinen) bestaan uit kalkarme duinen, veel duinstruweel en een duinvallei (Westhoofdvallei).



Figuur 6.5 Ligging van de Natura 2000 gebieden Duinen Goeree & Kwade Hoek, Voordelta, Grevelingen en Haringvliet. Bron: GIS-kaart Natura2000 gebieden 17feb2017.

Voordelta (tekst overgenomen van Ministerie van Economische Zaken)

De Voordelta is de ondiepe zee met aangrenzende stranden voor de kust van Zeeland en het zuidelijkste deel van Zuid-Holland. Sinds de (al of niet gedeeltelijke) afsluiting van de voormalige zeearmen Haringvliet, Grevelingen en Oosterschelde is de Voordelta sterk van karakter veranderd. De getijdenstroming in en uit de zeearmen is geheel verdwenen of sterk afgenomen. Voor de mondingen van de zeearmen zijn evenwijdig aan de kust hoge zandbanken ontstaan die bij laagwater gedeeltelijk droogvallen. Het meest in het oog springend zijn de Hinderplaat, de Bollen van de Ooster en de Bollen van het Nieuwe Zand. De oost-west georiënteerde getijdengeulen in het gebied zijn veel ondieper geworden.

De Voordelta herbergt natuurlijke habitats en leefgebieden die voor het Europese netwerk Natura 2000 van belang zijn (Ministerie LNV, 2008). De Voordelta is een leefgebied voor de gewone en de grijze zeehond vanwege het stelsel van droogvallende zandbanken. Het open water van de Voordelta is vooral van belang voor visetende trekvogels, in het bijzonder voor de roodkeelduiker, en voor schelpdiereters, als zwarte zee-eend en eider. De intergetijden-gebieden zijn van belang voor steltlopers en eenden, zoals scholeksters, drieteen-strandlopers en bergeenden. Langs de randen van het gebied bij Voorne en Goeree liggen schorren en slikkige platen. Het belangrijkste intergetijdengebied in de Voordelta is de Slikken van Voorne. Dit intergetijdengebied is van bijzondere betekenis voor trekvogels die hier een belangrijke tussenstop hebben om te foerageren tijdens hun trektocht.

7 Referenties

- Alonso, Ana Colina (2018) "Unravelling the mechanisms behind the morphological evolution of the Haringvliet ebb-tidal delta", TU Delft
- Arcadis (2016) Veiligheidsanalyse Duinwaterkering Voorne, Invloed van nieuwe normering, R. van Santen
- Arcadis (2015) Passende Beoordeling Baggerwerkzaamheden Slijkgat
- Arens, B., 1990. Eindrapportage luchtfotoanalyse windactiviteit in de Nederlandse zeereep.
- Arens, S.M., S.P. van Puijvelde & C. Brière, 2010. Effecten van suppleties op duinontwikkeling; geomorfologie. Rapportage fase 2. Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek en Deltares RAP2010.03 in opdracht van Directie Kennis, LNV, 141 pp + bijlagen.
- Arens, Bas & Tessa Neijmeijer, Oktober 2015. Beheerbibliotheek Nederlandse Kust
- Arens, S.M., H.F. Everts, J.A. Klijn & N.P.J. de Vries, 2007. Guidelines for the monitoring programme "Effects of Maasvlakte 2 on the dunes of Voorne and Goeree". Rapport Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek en EGG consult Everts & de Vries RAP2006.09 in opdracht van Rijkswaterstaat RIKZ.
- 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.
- Bruins, Rolf (2016) Morphological behaviour of shoreface nourishments along the Dutch coast, MSc Thesis TUD
- Bruins, R. (2017) Vooroeversuppletie- en bankgedrag langs de Nederlandse kust
- Centraal Bureau voor de Statistiek (2012). Toerisme en recreatie in cijfers 2012
- Cleveringa, J., 2008. Morphodynamics of the Delta coast (south-west Netherlands): Quantitative analysis and phenomenology of the morphological evolution 1964-2004. Alkyon rapport A1881R1r2.
- Davis, Richard A. Jr., Miles O.Hayes (1984) What is a wave-dominated coast? Marine Geology, Volume 60, Issues 1–4, August 1984, Pages 313-329. [https://doi.org/10.1016/0025-3227\(84\)90155-5](https://doi.org/10.1016/0025-3227(84)90155-5)
- Decisio, 2011, Ruimte voor recreatie op het strand; onderzoek naar een recreatie Basiskustlijn
- Dekker, L., 2012. Monitoring vooroeversuppleties Oostgat, Zeeuws-Vlaanderen t/m november 2011 en Zwakke Schakels t/m maart 2012 (eindrapport). Rijkswaterstaat, Meetadviesdienst Zeeland.
- Deltares, "Ecologisch gericht suppleren: Bevindingen van het onderzoek naar effecten van suppleren op het kustecosysteem 2009-2016"

- De Ronde, John en Claire van Oeveren-Theeuwes (2014) Beheerbibliotheek Voorne en Goeree. Feiten en cijfers ter ondersteuning van de jaarlijkse toetsing van de kustlijn. Deltares rapport 1209381-007
- DHV, 2005. Startnotitie MER: Planstudie versterking zeedijk Flauwe Werk Goeree, juli 2005
- De Winter, W., 2014. Morphological development of the Haringvliet ebb tidal delta since 1970; A study based on the morphological development of individual morphological units. MSc traineeship report University of Utrecht, 31 Jan 2014.
- Eelkema, M., Wang, Z.B. and Stive, M.J.F. (2012) Impact of Back-Barrier Dams on the Development of the Ebb-Tidal Delta of the Eastern Scheldt, *Jo. of Coastal Research*
- Elias, E.P.L. en A.J.F. van der Spek (2014). Grootschalige morfologische veranderingen in de Voordelta. 1964-2013. Deltares werkdokument, 30 juni 2014.
- Elias, E.P.L. (2015) Verkenning morfologische effecten (geulwand)suppletie Bollen van de Ooster. Deltares rapport 1220040-000-ZKS-0005, 21 oktober 2015
- Elias, E.P.L., Spek, A.J.F. van der, Lazar, M. (2016) The 'Voordelta', the contiguous ebb-tidal deltas in the SW Netherlands: large-scale morphological changes and sediment budget 1965–2013; impacts of large-scale engineering, *Netherlands Journal of Geosciences, Geologie en Mijnbouw* <https://doi.org/10.1017/njg.2016.37>
- Elias, E. (2019) Kustfundamentsuppleties op eilandkoppen. Deltares rapport 11203683-000
- Gerritsen, F. en de Jong, H., 1983. Stabiliteit van doorstroomprofielen in de Westerschelde. Report WWKZ-83. V008, Rijkswaterstaat (Vlissingen): 36 pp.
- Giardino, A. and Santinelli, G., 2012, The state of the coast (toestand van de kust). Case study: North Holland. Deltares rapport 1206171-003-ZKS-0001
- Giardino, A., den Heijer, K. and Santinelli, G., 2014, The state of the coast / Toestand van de Kust; case study: The South-Westerly Delta, Deltares, 1209381-006
- Groenewegen, M.Q.T. (2019) Morphological development of the Bollen van de Ooster. A potential hazard for Goeree-Overflakkee? MSc Thesis TUD
- Haring, J., 1978. De geschiedenis van de ontwikkeling van de waterbeweging en van het profiel van de getijwateren en zeegaten van het zuidelijk deltabekken en van het hierbij aansluitende gebied voor de kust gedurende de perioden 1872–1933–1952–1968–1974. Report K77M031E, Rijkswaterstaat, Deltadienst (The Hague): 41 pp.
- Herman, P., Meijer-Holzhauer, H., Vergouwen, S., Wijsman, J., Baptist, M. (2016), Ecologische effecten van kustsuppleties, Deltares
- Hillen, R., Ruig, J.H.M. de, Roelse, P., Hallie, F.P., 1991. De Basiskustlijn, een technisch / morfologische uitwerking. Rijkswaterstaat rapport GWWS-91.006.
- Hijma, M. (2015) 1220040-007-ZKS-0003-r-Geology of the Dutch coast, Deltares
- Hijma, M. en H. Kooi (2018) Geologie: Bodemdaling in het kustfundament en de getijdenbekkens door geologische processen en menselijke activiteiten, 12005838, Deltares
- HKV (2017) Faalkansendatabase duinen, Update voor de periode 1965-2017

- Inspectie Verkeer en Waterstaat, 2006. Landelijke rapportage toetsing 2006, Achtergrondrapport deel 1.
- Inspectie Verkeer en Waterstaat, 2011. Derde toets primaire waterkeringen, peildatum 15 januari 2011.
- Kohsiek, L.H.M., 1988. Reworking of former ebb-tidal deltas into large longshore bars following the artificial closure of tidal inlets in the southwest of the Netherlands. In: de Boer, P.L., van Gelder, A. & Nio, S.D. (eds): Tide influenced sedimentary environments and facies. D. Reidel Publishing Cie (Dordrecht): 113–122.
- Lazar, M., Elias, E., Van der Spek, A., (2017), Coastal Maintenance and Management of the “Voordelta”, The contiguous ebb-tidal deltas in the SW Netherlands, Coastal Dynamics, Paper No. 206
- Louters, T. & Van den Berg, J.H., 1998. Geomorphological changes of the Oosterschelde tidal system during and after implementation of the Delta Project. Journal of Coastal Research 14: 1134–1151.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2011. Derde toets primaire waterkeringen, Landelijke toets 2006-2011
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2012) Herziening Basiskustlijn 2012, Rapport Ministerie Infrastructuur en Milieu: WD0812LV021
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2018a). Rijkswaterstaat, Kustlijnkaartenboeken 1992 t/m 2017.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2018b), Basiskustlijn 2017, Herziening van de ligging van de basiskustlijn
- Ministerie van Economische zaken, Beschermd natuurgebieden in Nederland, Natura 2000-gebieden, (website)
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (1990) Kustverdediging na 1990, beleidskeuze voor de kustlijninzorg. 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 (1995) Nota Kustbalans 1995 – De Tweede Kustnota.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2002a). Basiskustlijn 2001, Evaluatie ligging Basiskustlijn. Rijkswaterstaat rapport RIKZ-2002.018.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2002b) De veiligheid van de primaire waterkeringen in Nederland. Achtergrondrapport. Resultaten van de eerste toetsronde van 1996 – 2001.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2007) Voorschrift Toetsen op Veiligheid.
- Moree, J.M., M.C. van Trierum en A. Carmiggelt, 2018. Onderzoeksagenda Archeologie van de gemeente Rotterdam (ROA). Archeologie Rotterdam, BOORnotitie 33, pp. 256, bijlagen.
- Mulder, J.P.M., 2000. Zandverlies in het Nederlandse kuststelsel, advies voor dynamisch handhaven in de 21e eeuw. Rapport RIKZ/2000.36, Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ.

- NBTC, 2010. Landelijke kustdag 2010: terug naar de kust in cijfers
- Nederbragt, G. en Koomans, R.L., 2006. Nourishment of the slope of a tidal channel – from experiment to practice. In: Sanchez-Arcilla, A. (ed.): Coastal dynamics 2005: state of the practice. Coastal Dynamics 5th International Conference, 4–8 April 2005, Barcelona, Spain. Reston, VA: American Society of Civil Engineers: 1–10.
- NRIT, 2004. Waarde (kust)recreatie intensiteit, bestedingen en werkgelegenheid in relatie tot toerisme en recreatie aan de Nederlandse kust.
- Piekhaar, R.S., Kort, M.W., 1983. Haringvliet monding - Sedimentatieonderzoek 1970-1981. Report WWKZ-83. S001, Rijkswaterstaat Deltadienst, The Hague.
- Postma, R., J.P.M. Mulder, T. Louters, F.P. Hallie, F.J. de Vos, 1990a, Een kwalitatieve prognose van de morfologie van de Oosterschelde-buitendelta, Rijksuniversiteit Utrecht Rapport Geopro 1991.10, Rijkswaterstaat DGW Notitie GWAO 900.13040
- Puijvelde, S. van, 2010. Classification of the Dutch foredunes. Deltares.
- Reintjes, C.M., 2002. Morfologische ontwikkeling van de Kwade Hoek en het omringend kustgebied in de Haringvlietmond. Report NITG 02-069-C, Netherlands Institute of Applied Geoscience TNO – National Geological Survey, Utrecht, 62 pp.
- Rijkswaterstaat, 1973. Veranderingen in de mond van het Haringvliet sedert de afsluiting. Driemaandelijks Bericht Deltawerken, 63, 146-163. Rijkswaterstaat Deltadienst, The Hague.
- Rijkswaterstaat, 2002. De veiligheid van de primaire waterkeringen in Nederland. Resultaten van de eerste toetsronde 1996 – 2001. (Achtergrondrapport en Hoofdrapport). Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde.
- RIKZ, 2006. Risicobeheersing kustplaatsen
- RIKZ, 2007. Strandlopers - inventarisatie van strandgebruik aan de Noordzeekust en de relatie met natuurwetgeving. Rapport RIKZ 2007.001
- Roskam, A.P., 1988, Golfklimaten voor de Nederlandse Kust. Report GWAO- 88.046, Rijkswaterstaat, Tidal Waters Division (The Hague): 69 pp.
- Schrijvershof, R.A. (2015) Morphological modelling of a nourishment at the Brouwersdam beach. MSc thesis University of Utrecht. 10 April 2016
- Simonse, J. (2017) On the maintenance of the adjacent coast by sediment transported from recurring beach nourishments A case study for the Holland coast, M.Sc thesis TUD
- Terwindt, J.H.J., 1973. Sand movement in the in- and offshore tidal area of the SW part of the Netherlands. *Geologie en Mijnbouw*, 52(2): 69–77.
- Valk, L. van der, 2016, 'De Westlandse kust van 1200-1850', in: M. IJsselstein and Y. van Mil (eds.), *Atlas van het Westland*. Bussum. p. 99.
- Van Balen, W., Vuik, V., Vuren, S. van (2011) Indicatoren voor kustlijnzorg-Analyse van indicatoren voor veiligheid en recreatie. HKV rapport PR2063.20.
- Van den Berg, J.H., 1984. Morphological changes of the ebb-tidal delta of the Eastern Scheldt during recent decades. *Geologie en Mijnbouw* 63(4): 363–375.

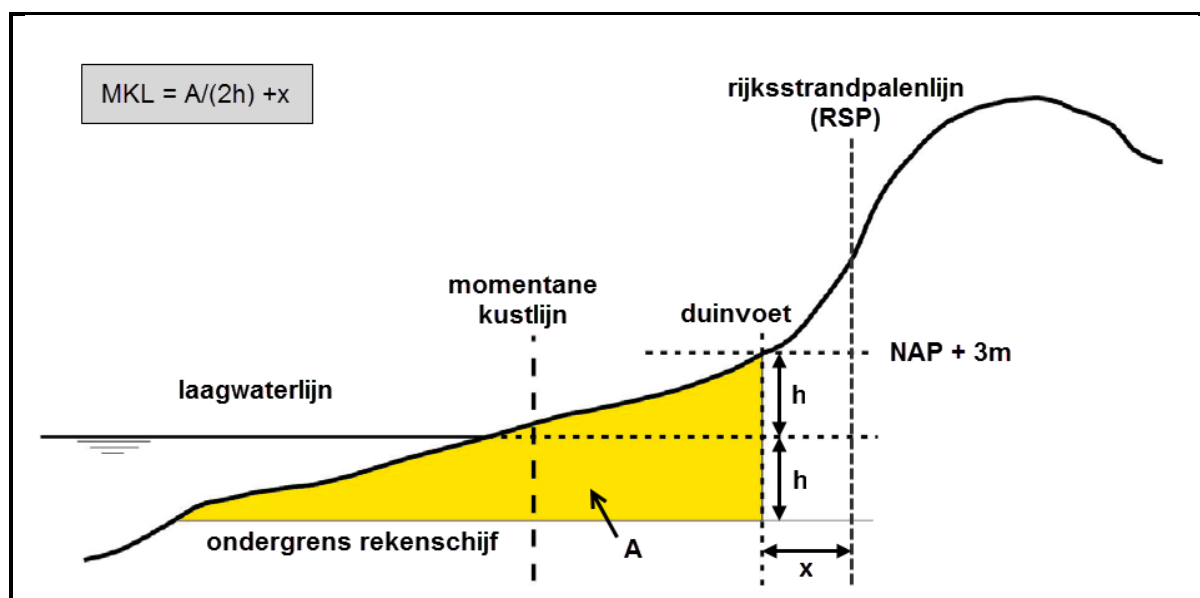
- Van den Berg, J.H., 1986. Aspects of sediment- and morphodynamics of subtidal deposits of the Oosterschelde (The Netherlands). Proefschrift Utrecht, 122 pp.
- Van den Berg, J.H., 1987. Toelichting bij de Isallobatenkaart Voordelta 1975-1984. Nota ZL 87.0020, Rijkswaterstaat, Directie Zeeland, Middelburg, 49 pp.
- Van der Slikke, 1998. Grootschalige en interne zandbalans Westerscheldemonding (1969–1993). Report R98-05, Instituut voor marien en atmosferisch onderzoek (Utrecht): 60 pp.
- Van der Spek, A.J.F. (1987). Beschrijving van de ontwikkeling van de buitendelta's van Haringvliet en Grevelingen Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren Nota GWAO-87.105. - Projekt Voordelta.
- Van der Spek, A.J.F. (1997). De geologische opbouw van de ondergrond van het mondingsgebied van de Westerschelde en de rol hiervan in de morfologische ontwikkeling. Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO, rapport NITG 97-284-B.
- Van der Spek, A.J.F. and Lodder, Q. (2015). A new sediment budget for the Netherlands; the effects of 15 years of nourishing (1991-2005). Proceedings of Coastal Sediments 2015, San Diego, USA.
- Van der Spek, Ad, Edwin Elias, Quirijn Lodder, Rena Hoogland (2015) Toekomstige Suppletievolumes –Eindrapport, Deltares, 1208140
- Van der Spek, Ad en Edwin Elias (2017) Half a century of morphological change in the Haringvliet and Grevelingen ebb-tidal deltas (SW Netherlands) - Impacts of large-scale engineering 1964-2015 (in voorbereiding)
- Van Enckevort, I., 1996. Morfologische ontwikkeling van de Westerschelde monding sinds 1800. Report R96-21, Instituut voor marien en atmosferisch onderzoek Utrecht (Utrecht): 56 pp.
- Van Heteren, S., 2002. Analyse van slibdikte in de monding van het Haringvliet. Report NITG 02-200-B, Netherlands Institute of Applied Geoscience TNO - National Geological Survey, 15 pp.
- Verhagen, H.J. en Van Rossum, H. (1989) Technisch Rapport 12, Strandhoofden en Paalrijen, Evaluatie van hun werking, Rijkswaterstaat
- Vermaas, T. (2014) Analyse ontwikkeling diepe vooroever Grevelingen. Deltares memo 20 november 2014.
- Villierius, Hans, (2018) Niet het baggerwerk maar de natuur heeft het voor het zeggen in het Slijkgat. Eilanden Nieuws, 5 maart 2018.
- Vroon, J., 1994. Hydrodynamic characteristics of the Oosterschelde/Eastern Scheldt in recent decades. Hydrobiologia 282/283, 17-27.
- Vuik, V., Van Balen, W., Paarlberg, P. (2012) Indicatoren voor kustlijn- en kustveiligheidsanalyse van stormen, suppleties en kustveiligheid. HKV rapport PR2063.30.
- Walton, T.L. & Adams, W.D., 1976. Capacity of inlet outer bars to store sand. 15th Conference on Coastal Engineering, 11–18 July 1976, Honolulu, Hawaii: 1919–1937. Conference proceedings.
- Wijnberg, K.M., 1995. Morphologic behaviour of a barred coast over a period of decades. PhD Thesis. Utrecht University (Utrecht): 245 pp.

A Achtergrondinformatie over het beleid van dynamische kustlijnhandhaving

A.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 tijdshorizon 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 vorm-fluctuaties 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 A.1 en wordt uitgebreid toegelicht in de nota *De Basiskustlijn, een technisch morfologische uitwerking* (Hillen et al, 1991).



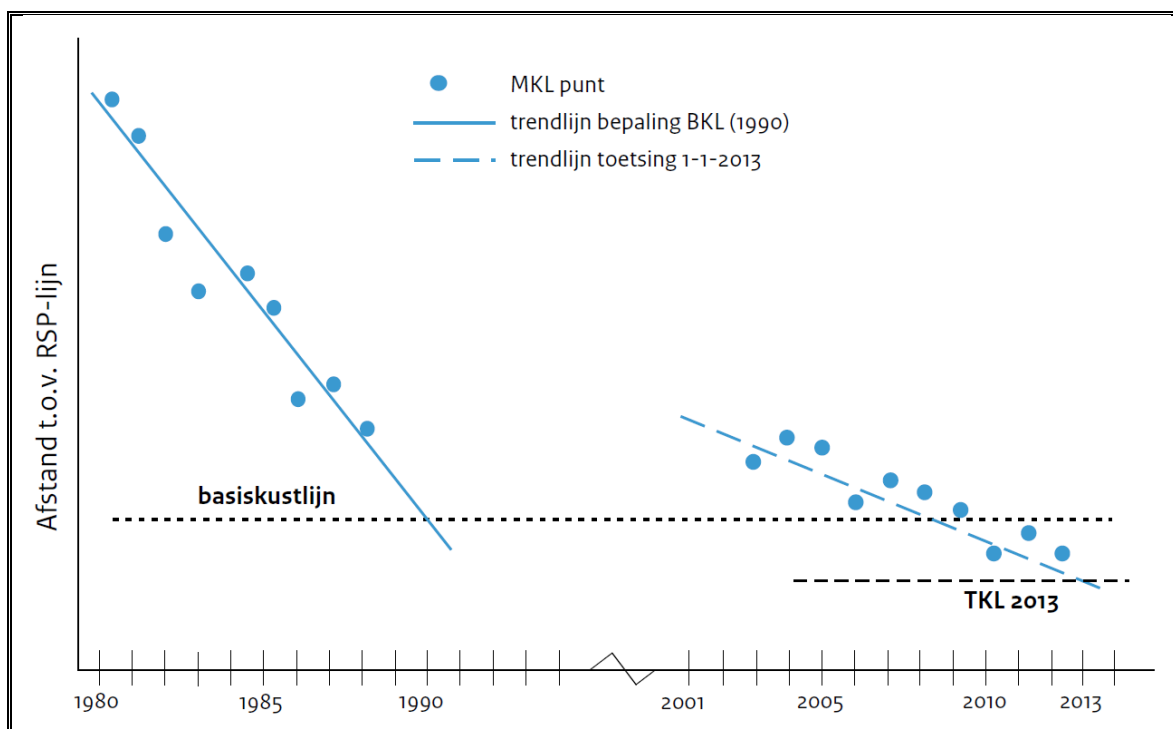
Figuur A.1 Methode om de Momentane Kustlijn (MKL) af te leiden uit het gemeten kustprofiel. Eerst wordt het zandvolume (oppervlak A) bepaald in de zogenaamde rekenschijf tussen duinvoet (doorgaans NAP + 3m NAP) en een ondergrens (even ver beneden gemiddeld laagwater als de duinvoet boven gemiddeld laagwater (h)). Vervolgens wordt de Momentane Kustlijn bepaald door het oppervlak te delen door de hoogte van de rekenschijf (2h). Om de Momentane Kustlijn uit te drukken in meters ten opzichte van Rijksstrandpalenlijn (RSP), moet hier de horizontale afstand van de duinvoet tot RSP (x) nog bij worden opgeteld (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2012).

Vervolgens is geconstateerd dat ook de Momentane Kustlijnligging (MKL) 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 periode⁷. Om die reden is als norm niet gekozen voor het handhaven van de Momentane Kustlijn in 1990, maar voor het

7. 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.

handhaven van een 'Basiskustlijn' (BKL) die is afgeleid uit de trend van de voorgaande 10 jaren (1980-1989).

Ieder jaar wordt beoordeeld of deze Basiskustlijn wordt overschreden. Daartoe wordt gekeken naar de ligging van de jaarlijkse 'te Toetsen Kustlijn' (TKL), ten opzichte van de Basiskustlijn. Ook de jaarlijkse Te Toetsen Kustlijn wordt afgeleid uit de trend in de Momentane Kustlijn uit voorgaande jaren (meestal 10 jaar). De methode om de Basiskustlijn en de Te Toetsen Kustlijn uit de trend te bepalen staat weergegeven in Figuur A.2.



Figuur A.2 De Basiskustlijn (BKL) en de jaarlijkse Te Toetsen Kustlijn (TKL) worden afgeleid uit de trend in de Momentane Kustlijn (MKL) uit de voorgaande jaren (Rijkswaterstaat, 2012).

A.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 A.1 en Figuur A.2. 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.

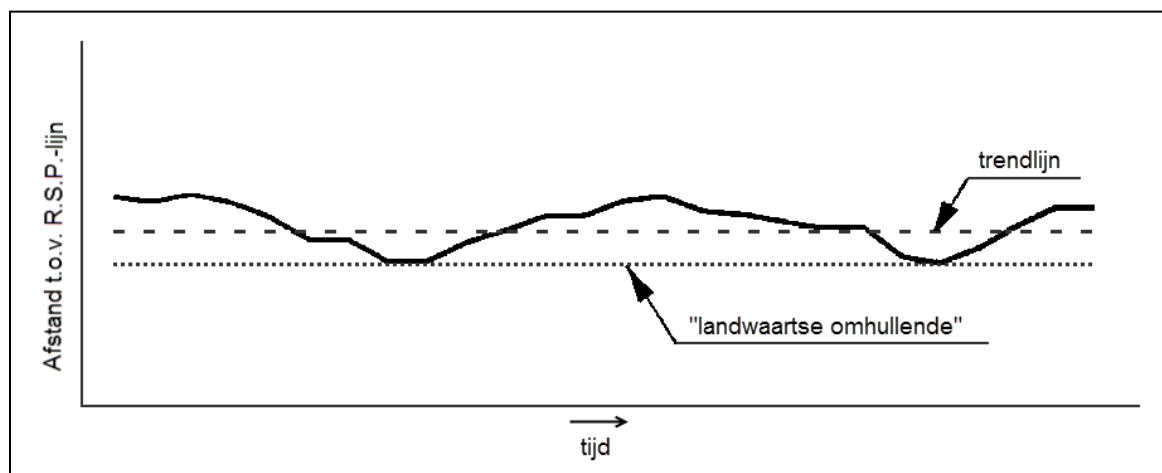
Daarnaast bleek dat het voor een aantal locaties wenselijk is om de volgens de standaard methode berekende Basiskustlijn niet als norm te hanteren, maar om ofwel geen Basiskustlijn vast te leggen, of de volgens de standaard berekende Basiskustlijn te verleggen op basis van morfologische argumenten. In 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 A.3). 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 morfologische 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 A.3 Eén 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" (Hillen et al, 1991).

De voorstellen van Rijkswaterstaat betroffen voorstellen op louter morfologische gronden. In 1992 brachten de Provinciale Overleggen Kust (POK) hun advies uit over het voorstel. Bij het beoordelen van het voorstel hebben zij rekening gehouden met het waterkering belang en andere belangen zoals natuur, recreatie, bebouwing en drinkwaterwinning. Voor 90% van de gevallen is het voorstel van Rijkswaterstaat overgenomen. Vervolgens gaf Rijkswaterstaat in 1993 aan hoe zij met het advies van de POK om zullen gaan (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1993). Op basis van deze rapportage van Rijkswaterstaat is uiteindelijk de Basiskustlijn door de staatssecretaris vastgesteld⁸.

A.3 Landelijke herzieningen

A.3.1 Landelijke herziening van 2001

In de nota Kustbalans 1995, de tweede Kustnota, werd geconstateerd dat de ligging van de Basiskustlijn niet overal optimaal is. De evaluatie van de Basiskustlijn geeft vaak weliswaar eenduidige en uniforme informatie ten behoeve van de planning van maatregelen (doorgaans supplementies), maar de POK's vragen zich af of de doelstelling van veerkracht en dynamiek daarbij voldoende ruimte krijgt. Dit vormt de aanleiding om de POK's 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

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

kusthandhavingsbeleid. De resultaten hiervan zijn hieronder samengevat (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2003).

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 vooral van belang op locaties waar het duin zich niet in landwaartse richting kan verplaatsen (als gevolg van duinvoetverdediging, achterliggende bebouwing en/of dijken). Ook de natuur heeft baat bij zandsuppleties: duinareaal neemt sneller toe en er ontstaan meer mogelijkheden om de natuur zijn gang te laten gaan. Beheerders staan meer en meer open voor natuurlijker beheer van de duinenkust (minder onderhoud, toestaan van verstuivingen en zelfs doorbreken van de zeereep, zolang de veiligheid niet in het geding is).

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 afslagzone⁹ 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:

- Positief 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 het voorstel van de POK's om niet te streven naar landelijke uniformiteit en weegt de voorstellen van de POK's af. In het licht van toekomstige ontwikkelingen (zwakke schakels, kustplaatsen) zal tevens worden gezien 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.

A.3.2 Landelijke herziening van 2012

In 2012 is de Basiskustlijn opnieuw herzien (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 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*".

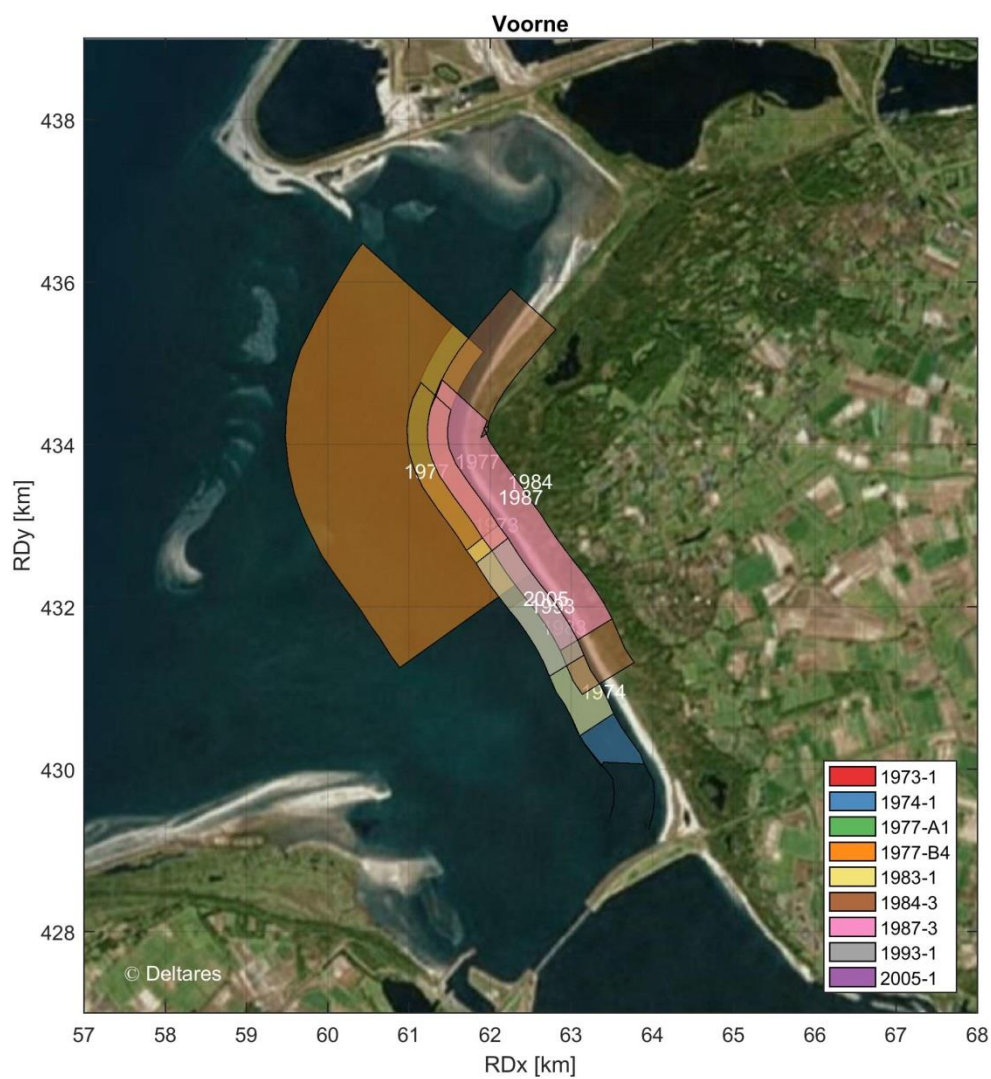
⁹ Afslagzone is de zone van het duin die tijdens stormvloed kan afslaan.

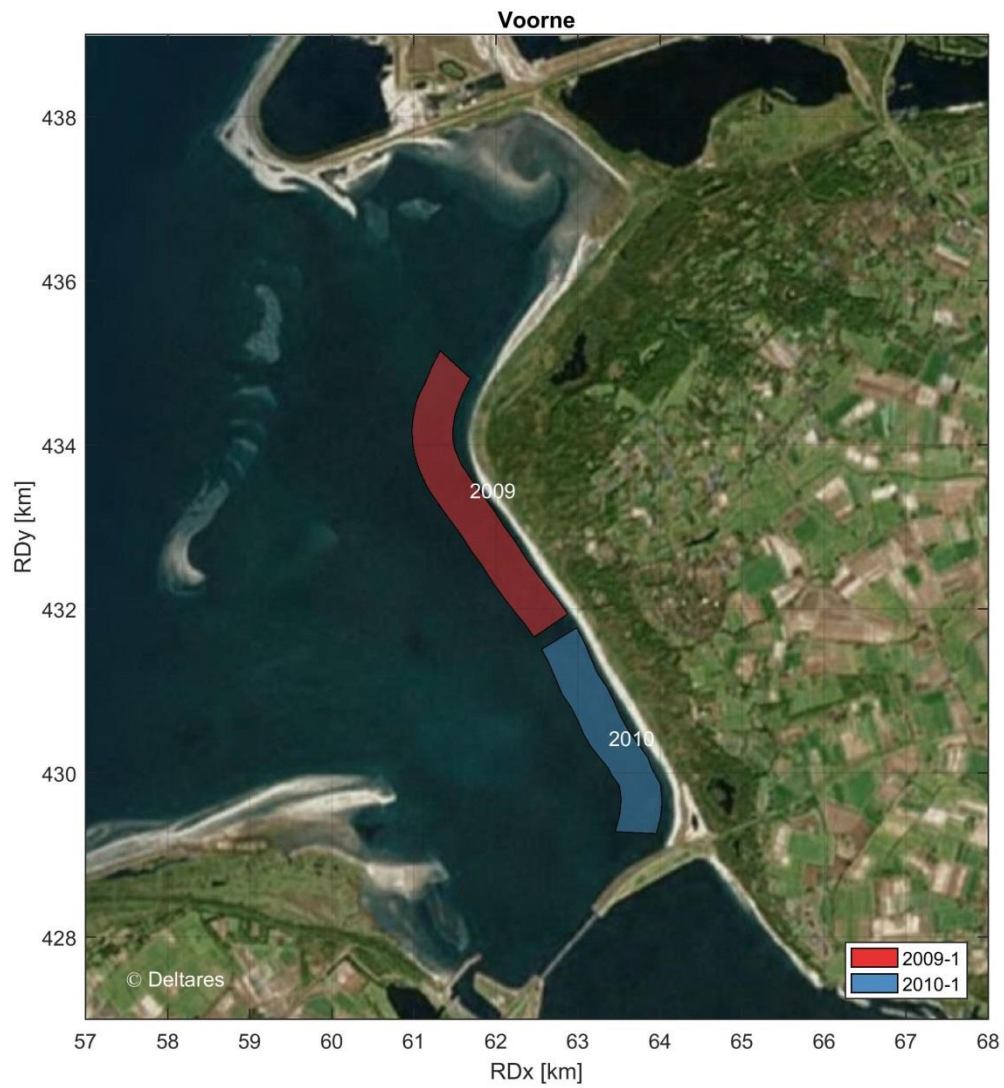
B Begrippenlijst morfologie

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 waaierpatroon (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 Kleinans, 2005). Ze vormen kammen en troggen loodrecht op de getijdestroming en hebben migratiesnelheden in de orde grootte van meters tot tientallen meters per jaar.

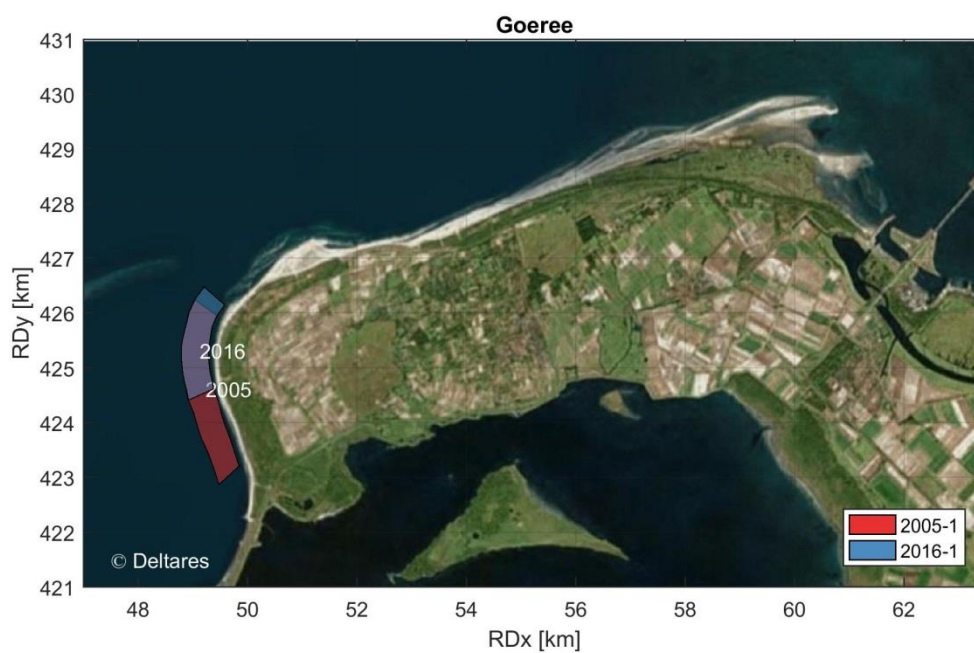
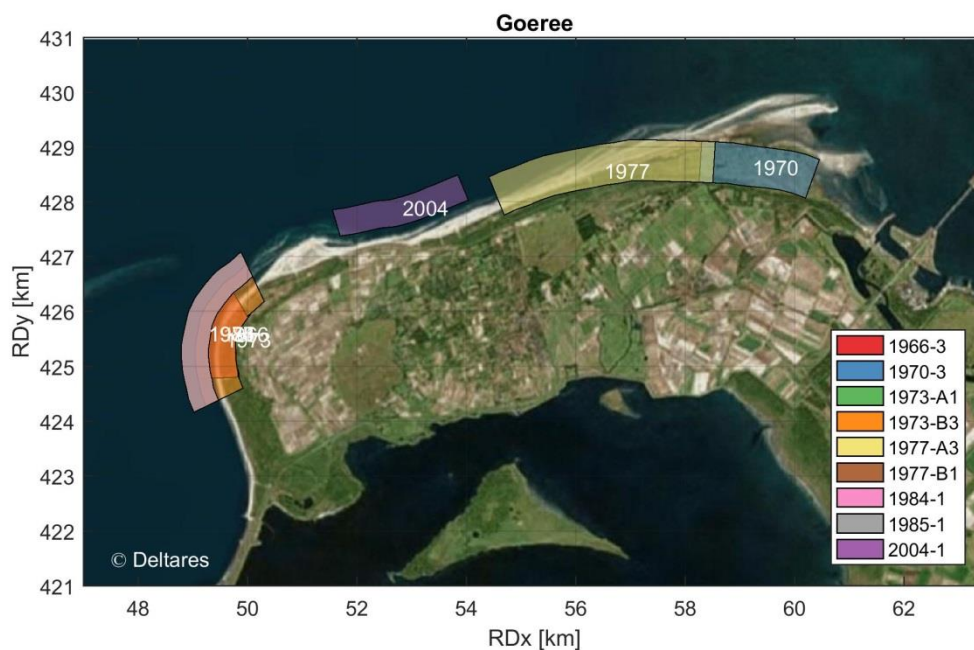
C Uitgevoerde suppleties Voorne en Goeree

C.1 Uitgevoerde suppleties Voorne





C.2 Uitgevoerde suppleties Goeree



D Recreatie Voorne en Goeree

Deze bijlage bevat de algemene onderdelen over de gebruiksfunctie recreatie is een samenvatting van de studie die door Decisio in 2011 is uitgevoerd (Decisio, 2011). In paragraaf D.1 zijn de specifieke gegevens over Voorne en Goeree opgenomen.

D.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), zie Tabel D.1 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 normaflslaggebied (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 D.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 accommodaties in de vier kustprovincies	33%
- als percentage van accommodaties 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 ¹⁰

D.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 Noordzeekust 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.

Er zijn in het onderzoek vier ‘strandgebruikscategorieën’ gedefinieerd (Tabel D.1). 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, erosie en weersomstandigheden. 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.

¹⁰ 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.

- 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) gezoned 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.

D.3 Strandrecreatie Zuid-Holland

De stranden van Zuid-Holland trekken veel dagbezoek als gevolg van de ligging in een dichtbevolkt (groot)stedelijk gebied. De Zuid-Hollandse kust kent verder een relatief hoog percentage zakelijke hotelovernachtingen: ruim 55 procent, landelijk is dit 45 procent. Van alle kustprovincies heeft Zuid-Holland de minste campings en ook de minste verblijfsrecreanten. Wel heeft Zuid-Holland de meeste strandpaviljoens van alle provincies, wat onderstreept dat de stranden in de provincie tot de drukst bezochte van Nederland behoren.

Tabel D.2 geeft de kerngegevens van de stranden van de gehele provincie Zuid-Holland. Tabel D.3 geeft een overzicht van de verschillende categorieën van strandgebruik en de bijbehorende minimale strandbreedte.

Tabel D.2 Kerngegevens voor de gehele provincie Zuid-Holland (Decisio, 2011).

Onderwerp	Gegevens
Aantal strandpaviljoens	147
Totaal aantal horecabedrijven	8.036
Aantal campings	121
Aantal logiesaccomodaties	557
Aantal slaappleaatsen	88.266
Aantal overnachtingen logiesaccomodaties	8.332.200
Percentage buitenlandse overnachtingen	42%
Aantal overnachtingen verblijfsrecreatie	3.334.000
Percentage buitenlandse overnachtingen verblijfsrecreatie	41%
Aantal hotelovernachtingen	4.698.200
- waarvan zakelijk	55%
Werkzame personen in de Horeca	52.200
Dagtochten naar zee	3.244.000

Tabel D.3 De categorieën strandgebruik en de daarbij horende minimale strandbreedte (Decisio, 2011).

Categorie strandgebruik	Toelichting en voorbeelden	Benodigde breedte vanaf 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)