

Beheerbibliotheek Schouwen

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

Dick Mastbergen
Kees Kuijper
Kees Nederhoff
Bert van der Valk
Maaïke Maarse

11200538-002

Titel

Beheerbibliotheek Schouwen

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Rijkswaterstaat	11200538-002	11200538-002-ZKS-0007	140

Trefwoorden

beheerbibliotheek, kustvak Schouwen, morfologische ontwikkeling, beheer en onderhoud kust

Samenvatting

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

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

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

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	dec. 2017	Dick Mastbergen		Bert van der Valk		Frank Hoozemans	
		Kees Kuijper		Edwin Elias			
		Kees Nederhoff					
		Maaïke Maarse					

Status

definitief

Inhoud

1	Inleiding	3
1.1	Kustonderhoud en -onderzoek	3
1.2	Waarom een beheerbibliotheek?	3
1.3	Wat staat er in een beheerbibliotheek?	3
1.4	Kustviewer	4
1.5	Leeswijzer voor de beheerbibliotheek Schouwen	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	Landelijke vaststelling Basiskustlijn 1990	8
2.2.3	Afspraken voor kustvak Schouwen	9
2.3	Landelijke herzieningen Basiskustlijn	10
2.3.1	Landelijke herziening 2001	10
2.3.2	Landelijke herziening 2012	11
2.4	Herzieningen en regionale afspraken voor kustvak Schouwen	11
2.4.1	Herzieningen en afspraken 2001	11
2.4.2	Herzieningen en afspraken 2012	11
3	Beschrijving van het grootschalig morfologisch systeem	13
3.1	Paleogeografische ontwikkeling van het gebied Walcheren-Schouwen	13
3.1.1	Regionaal	13
3.1.2	Ontwikkeling Voordelta	14
3.1.3	Ontwikkeling Voordelta	15
3.2	Algemene gebiedsbeschrijving kustvak Schouwen	16
3.2.1	Studiegebied	16
3.2.2	Kop van Schouwen	16
3.2.3	Oosterscheldemonding en de zuidwestkust van Schouwen	17
3.2.4	Monding van de Grevelingen en de noordwestkust van Schouwen	18
3.2.5	De Deltawerken (Elias et al, 2016)	19
3.3	Grootschalige morfologie	20
3.3.1	Inleiding	20
3.3.2	De Voordelta, een aaneengesloten systeem van buitendelta's van de (voormalige) zeearmen in zuidwest Nederland (Lazar et al, 2017)	21
3.3.3	De kust van Schouwen vóór de Deltawerken	23
3.3.4	De Oosterschelde buitendelta (Elias et al, 2016)	26
3.3.5	De Grevelingen buitendelta (Elias et al, 2016)	29
3.3.6	Volumeontwikkeling buitendelta (Elias et al 2016)	31
4	Kustlijnhandhaving en ontwikkeling vooroever	32
4.1	Samenvatting van de kustlijnkaartenboeken	32
4.2	Suppletieoverzicht	34
4.3	Detailontwikkeling vooroever	41
4.3.1	Vier deelgebieden	41
4.3.2	Deelgebied I: Brouwersdam-Noorderstrand- Renesse (raaien 0-634)	43
4.3.3	Deelgebied II: Verklikkerstrand (raaien 649-984)	55

4.3.4	Deelgebied III: Krabbengat (raaien 1004-1548)	63
4.3.5	Deelgebied IV: raaien 1548 -1800 – Krabbengat-Hammen	88
4.3.6	Samenvatting detailontwikkelingen morfologie vooroever	96
4.4	Dynamiek van de zeeleep (Arens, 2013)	98
4.4.1	Inleiding	98
4.4.2	Algemene beschrijving situatie 1988 en 2011	99
4.4.3	Beschrijving situatie 1988 en 2011 per deelgebied	103
5	Kustverdediging en primaire waterkering	111
5.1	Harde kustverdediging langs het kustvak Schouwen	111
5.2	Primaire waterkering dijkkringgebied Schouwen-Duiveland	115
5.3	Toetsing primaire waterkering	115
5.3.1	Eerste toetsronde: 1996-2001	117
5.3.2	Tweede toetsronde: 2001-2006	117
5.3.3	Derde toetsronde: 2006-2011	117
6	Gebruiksfuncties	119
6.1	Recreatie Noordzeekust (Decisio, 2011)	119
6.1.1	Economische waarde	119
6.1.2	Uitleg over de Recreatiebasiskustlijn en de werkwijze vaststellen recreatiestranden	120
6.1.3	Strandrecreatie Zeeland	121
6.2	Natuur	125
6.2.1	Natuurwetgeving	125
6.2.2	Kop van Schouwen	126
6.2.3	Voordelta	127
7	Literatuur	129
	Bijlage(n)	
A	Teksten uit Kustlijnkaartenboeken voor kustvak 13 (Schouwen)	A-1
B	Suppletieoverzicht Kustvak Schouwen	B-1
C	Kustlijnindicatoren TKL-BKL Kustvak Schouwen	C-1

1 Inleiding

1.1 Kustonderhoud en -onderzoek

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

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

1.2 Waarom een beheerbibliotheek?

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

1.3 Wat staat er in een beheerbibliotheek?

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

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

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

De voorliggende beheerbibliotheek Schouwen betreft een update van de eerste versie, zie Arcadis (2013). Belangrijke delen van de tekst zijn uit dit document overgenomen, daarnaast zijn tekst, figuren en tabellen geactualiseerd (hoofdstukken 3, 4, paragrafen 5.1, 5.2, 6.2) of toegevoegd (paragraaf 3.1). Paragraaf 4.4 (Arens, 2013) is nog niet geactualiseerd, evenals paragraaf 6.1 (Decisio, 2011).

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 een KML bestand te downloaden via: <http://kml.deltares.nl/kml/rijkswaterstaat/kustviewer/>. Een KML-bestand kan worden weergegeven via Google Earth of Google Maps.

1.5 Leeswijzer voor de beheerbibliotheek Schouwen

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 4 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 is gegeven in Hoofdstuk 5.

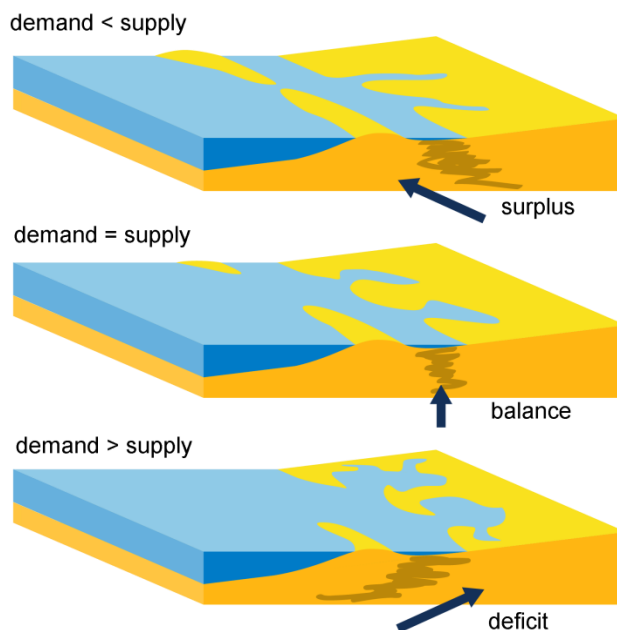
In Hoofdstuk 6 wordt een overzicht gegeven van de gebruiksfuncties van de kust. Vooralnog betreft dit een uitwerking van de strandrecreatie en een uitwerking van de natuur en bijbehorende wetgeving en natuurbeleving. In de toekomst zou dit verder kunnen worden uitgebreid, bijvoorbeeld met informatie over grondstoffenwinning (drinkwater).

2 Beleid: dynamische kustlijnhandhaving

Sinds 1990 is er sprake van het *dynamisch handhaven van de Nederlandse kust* en geldt het principe 'zacht (suppleties) waar het kan en hard waar het moet'. Bij de implementatie van dit beleid is er een zogenaamde *Basiskustlijn* (BKL) vastgesteld die als referentielijn voor de positie van de kustlijn wordt gehanteerd. In de volgende sub-paragrafen wordt een toelichting gegeven over de achtergrond van dit kustbeleid (paragraaf 2.1), welke keuzes gemaakt zijn bij het vaststellen van de Basiskustlijn in Schouwen en welke aanvullende afspraken over het handhaven van deze Basiskustlijn zijn gemaakt voor het kustvak (paragraaf 2.2). Informatie over de landelijke herziening van de kustlijn in 2001 en 2012 is te vinden in paragraaf 2.3 en de gevolgen hiervan voor Schouwen zijn beschreven in paragraaf 2.4.

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. (Naar: Nichols, 1989, aangepast door RWS).

Dynamische kusthandhaving - In 1990 besloot de regering dat het afgelopen moest zijn met de structurele erosie van de kust; de duinen langs de kust moesten behouden blijven om duurzaam de veiligheid en het behoud van functies te garanderen (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1990). Sindsdien wordt het structurele zandverlies aangevuld met suppleties. Het gesuppleerde zand wordt door stroming, wind en golven over het kuststelsel verspreid.

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

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

Herziening Basiskustlijn - Om ervoor te zorgen dat de Basiskustlijn overeen blijft komen met de gewenste kustlijn, is de Basiskustlijn sinds 1990 herzien (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2012, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2003). 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 2012 (in dit jaar vond de laatste herziening plaats). Vervolgens wordt de huidige Basiskustlijn en de gehanteerde argumenten voor specifiek het kustvak Schouwen uitgewerkt.

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

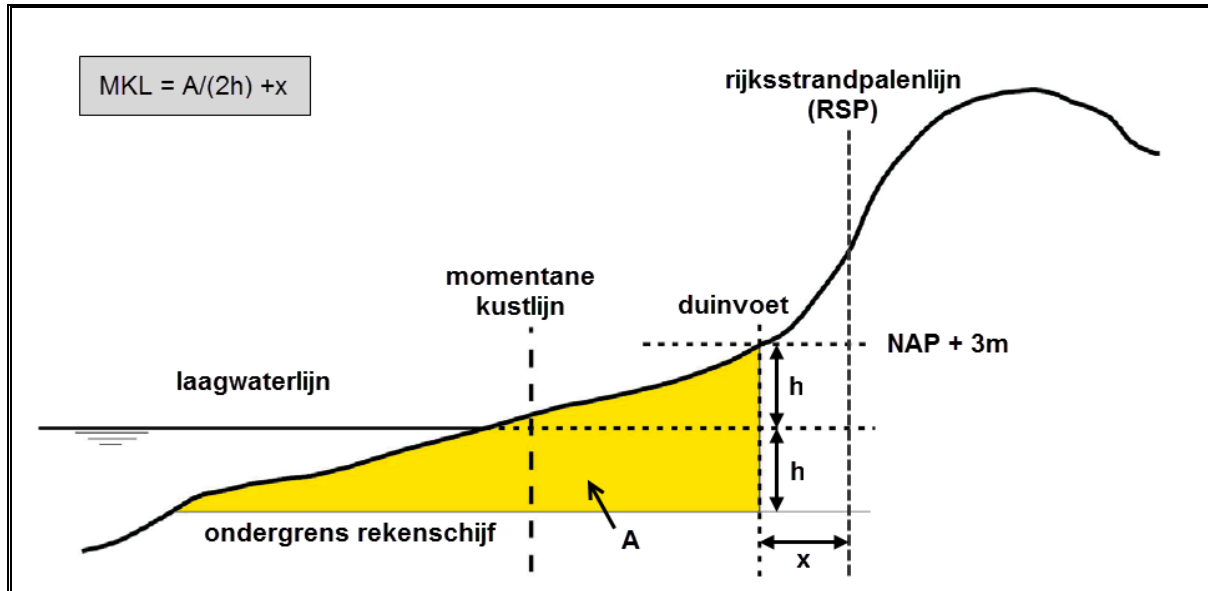
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (1990),
- Hillen et al (1991),
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (1993),
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2003),
- Bruens et al (2012).
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2012).

2.2.1 Definitie Momentane Kustlijn, Te Toetsen Kustlijn en Basiskustlijn

De ligging van de laagwaterlijn kent een grote fluctuatie in ruimte en tijd. De laagwaterlijn is dan ook niet geschikt als referentielijn voor het bestrijden van structurele erosie. Bij het laatste wordt, per definitie, niet gekeken naar een momentopname, maar naar een trend over een langere periode. Uitgaande van een 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 vormfluctuaties in

het profiel mogelijk blijven; gesproken wordt dan ook van dynamisch handhaven van de kustlijn. De methode om in afzonderlijke jaren deze 'Momentane Kustlijn' te bepalen staat in Figuur 2.2 en wordt uitgebreid toegelicht in de nota *De Basiskustlijn, een technisch morfologische uitwerking* (Hillen et al, 1991).

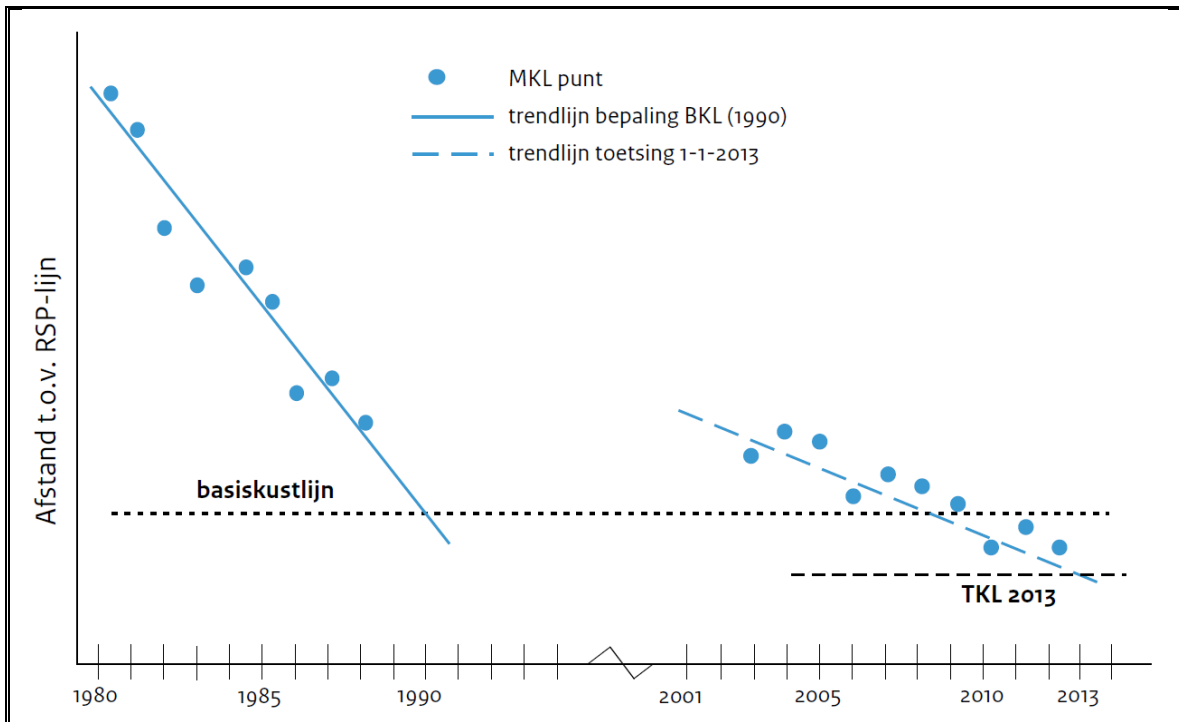


Figuur 2.2 Methode om de Momentane Kustlijn (MKL) af te leiden uit het gemeten kustprofiel. Eerst wordt het zandvolume (oppervlak A) bepaald in de zogenaamde rekenschijf tussen duinvoet (doorgaans NAP + 3m NAP) en een ondergrens (even ver beneden gemiddeld laagwater als de duinvoet boven gemiddeld laagwater (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 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 periode¹. Om die reden is als norm niet gekozen voor het handhaven van de Momentane Kustlijn in 1990, maar voor het handhaven van een 'Basiskustlijn' (BKL) die is afgeleid uit de trend van de voorgaande 10 jaren (1980-1989).

Ieder jaar wordt getoetst of deze Basiskustlijn, de norm, 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 2.3.

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



Figuur 2.3 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).

2.2.2 Landelijke vaststelling Basiskustlijn 1990

Voor de meeste delen van de Nederlandse kust leidt toepassing van de beschreven methodiek tot een goede norm. Voor een aantal locaties langs de Nederlandse kust is in 1990, bij het vaststellen van de Basiskustlijn, geconstateerd dat het wenselijk is om af te wijken van de standaardmethode uit Figuur 2.2 en Figuur 2.3. De belangrijkste afwijkingen zijn (Hillen et al, 1991):

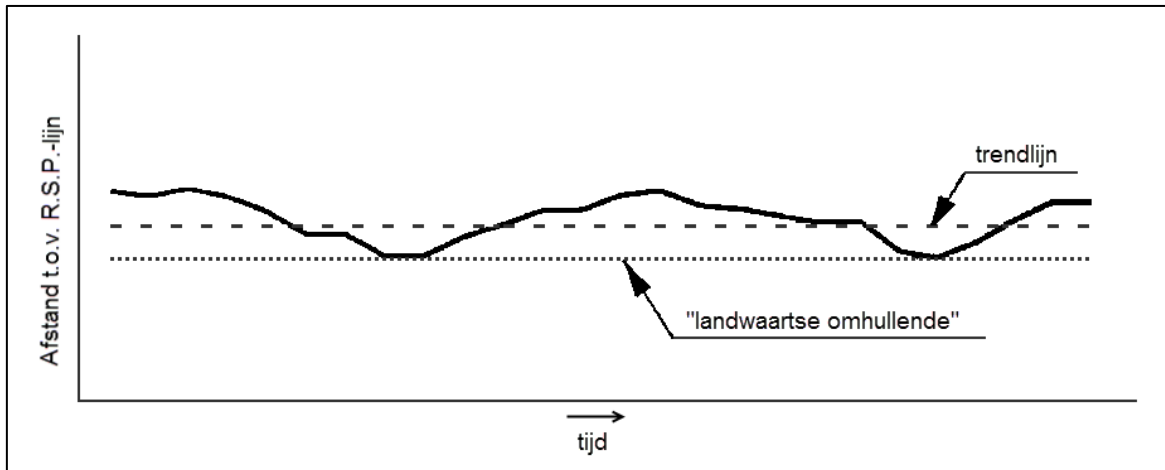
- Afwijkingen in de rekenschijf (als de ondergrens het profiel niet snijdt wordt de rekenschijf eerder 'afgekapt'). Schematische voorbeelden staan gegeven in (Hillen et al, 1991).
- Indien de boven- en ondergrens meerdere snijpunten met het profiel hebben, wordt het meest zeewaartse snijpunt als grens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

Daarnaast bleek dat het voor een aantal locaties wenselijk is om de volgens de standaard methode berekende Basiskustlijn niet als norm te hanteren, maar om ofwel geen Basiskustlijn vast te leggen, of de volgens de standaard berekende Basiskustlijn te verleggen op basis van morfologische argumenten. In 1990 is door Rijkswaterstaat een voorstel opgesteld met betrekking tot de vakken waarin de berekende Basiskustlijn moet worden vastgehouden, verlegd, of geen Basiskustlijn moet worden vastgelegd (Hillen et al., 1991). Voorgesteld werd om in geval van fluctuaties als gevolg van zandbanken, de 'omhullende' als Basiskustlijn te kiezen (Figuur 2.4). Het niet vastleggen van een Basiskustlijn werd voorgesteld voor de uiteinden van de Waddeneilanden: zo kan meer ruimte aan de natuurlijke processen worden gegeven.

Samengevat luidt het voorstel voor verlegging van de Basiskustlijn (Hillen et al, 1991):

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

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



Figuur 2.4 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 Provinciale Overleggen Kust om zullen gaan (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1993). Op basis van deze rapportage van Rijkswaterstaat is uiteindelijk de Basiskustlijn door de staatssecretaris vastgesteld².

2.2.3 Afspraken voor kustvak Schouwen

Voor Schouwen luidde het advies van het Zeeuws Overlegorgaan Waterkeringen (ZOW) en de reactie van Rijkswaterstaat (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1993):

Veiligheid: Voor het behalen van de deltaveiligheid stelt het ZOW voor om op een aantal locaties de Basiskustlijn meer zeewaarts te verplaatsen. Dit betreft ook het Noorderstrand van Schouwen (vanaf 1993 raaien 106, 172 en 197). Rijkswaterstaat stemt hiermee in. Het ZOW ziet graag het criterium Duinvoet toegevoegd aan de toetsingsprocedure, maar dit wordt niet gehonoreerd.

In de raaien 529-1084 (Verklikkerstrand) is al in 1990 besloten de Basiskustlijn landwaarts te verschuiven.

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

Natuur en Natuurlijke dynamiek: Voor drie raaien op de noordwestelijke kust van Schouwen (Noorderstrand, raaien 106, 172 en 197) wordt voorgesteld om de Basiskustlijn verder zeewaarts te verplaatsen. Rijkswaterstaat neemt dit advies over.

Afsluitdammen: Het ZOW stelt voor om, op grond van recreatieve belangen, een basiskustlijn te hanteren voor het zuidelijke deel van de Brouwersdam (met uitzondering van vier raaien ter plaatse van de uitwateringssluis), uitgaande van een minimale strandbreedte van 50 meter. Een vergelijkbaar advies wordt voor het noordelijk deel van Neeltje Jans gegeven. Rijkswaterstaat neemt dit advies niet over, maar besluit de stabiliteit van de dam als criterium te kiezen.

2.3 Landelijke herzieningen Basiskustlijn

2.3.1 Landelijke herziening 2001

In de nota Kustbalans 1995, de tweede Kustnota, werd geconstateerd dat de ligging van de Basiskustlijn niet overal optimaal is. De toetsing aan de Basiskustlijn geeft vaak weliswaar eenduidige en uniforme informatie ten behoeve van de planning van maatregelen (doorgaans suppleties), 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 advies uit te laten brengen met betrekking tot verdere optimalisatie van de Basiskustlijn. Rijkswaterstaat heeft deze adviezen vervolgens samengevat, geanalyseerd en beoordeeld tegen de achtergrond van het kusthandhavingsbeleid. De resultaten 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 (a.g.v. 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).

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

Afweging Rijkswaterstaat

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

- Positief beeld uit de evaluatie van 10 jaar dynamisch handhaven
- Eenduidigheid van de reken technische bepaling van de Basiskustlijn
- Geen significante verandering van suppletiebehoefte bij doorvoering van alle voorgestelde aanpassingen van de Basiskustlijn

³ Afslagzone is de zone van het duin die tijdens stormvloed kan afslaan.

Rijkswaterstaat stemt in met het voorstel van de POK's om niet te streven naar landelijke uniformiteit en weegt de voorstellen van het de POK's af. In het licht van toekomstige ontwikkelingen (zwakke schakels, kustplaatsen) zal tevens worden bezien of ten behoeve van de transparantie van beleid en uitvoering moet worden gestreefd naar een harmonisatie van het kusthandhavingsbeleid of dat de huidige regionale verschillen het logisch gevolg zijn van de geografische en morfologische verschillen.

2.3.2 Landelijke herziening 2012

In 2012 is de Basiskustlijn opnieuw herzien. 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.*

2.4 Herzieningen en regionale afspraken voor kustvak Schouwen

2.4.1 Herzieningen en afspraken 2001

Voor de kust van Schouwen heeft een aantal aanpassingen plaatsgevonden in 2000, zowel in de positie van de Basiskustlijn, als in de wijze van berekenen.

De positie van de Basiskustlijn ter plaatse van het Verklikkerstrand is opnieuw aangepast in 2001, om meer ruimte te hebben voor natuurlijke dynamiek. In de praktijk werd hier al rekening mee gehouden, er is voor 2001 dan ook niet gesuppleerd in het gebied, ondanks de landwaartse positie van de MKL ten opzichte van de BKL. De sprongen in de Te Toetsen Kustlijn van 2001 naar 2002 op Schouwen worden benoemd in het Kustlijnkaartenboek 2002: "Door het gebruik van nieuwe waarden voor de Basiskustlijn, de rekenvensters en de zeewaartse begrenzingen zijn de toetsresultaten soms sterk afwijkend van het vorige jaar. Om na te gaan wat de redenen zijn geweest voor deze verandering, kan men de notitie "Evaluatie Basiskustlijn 2000 Zeeland" (RWS-Directie Zeeland-notitie nwl – 00.41) raadplegen.

Voor Zeeland is een interventiefunctie van de Basiskustlijn voorgesteld en doorgevoerd. De meeste voorgestelde wijzigingen betreffen een landwaartse verplaatsing van de Basiskustlijn. Het betreft de raaien 84-319 Noorderstrand, 469-1104 Verklikkerstrand, 1144-1184 en 1548 Krabbengat (zie de verschillende voorbeelden in de grafieken met de Basiskustlijn in paragraaf 4.3 zoals bijvoorbeeld Figuur 4.17 en Figuur 4.32). Ook de gehanteerde grenswaarden voor de berekening van de Momentane Kustlijn zijn hierbij aangepast.

2.4.2 Herzieningen en afspraken 2012

Bij het opstellen van het suppletieschema en/of het uitvoeren van de suppleties houdt Rijkswaterstaat voor specifieke gebieden rekening met gemaakte afspraken (persoonlijke communicatie met Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving en Rijkswaterstaat Zee en Delta, 2012).

Voor Schouwen zijn alleen voor het gebied bij de Ronde in Westenschouwen (raaien 1650 – 1720) afspraken gemaakt over het handhaven van de basiskustlijn. Het gebied bij de Ronde in Westenschouwen, waar de restanten van een Middeleeuwse havenbuurt liggen,

staat te boek als 'terrein van hoog archeologische waarde'. (Bron: Provinciale Zeeuwse Courant, augustus 2006). Door erosie kunnen delen van de archeologische nederzetting bloot komen te liggen. Dit is zelf geen reden om over te gaan op suppletie, maar het wordt meegenomen als er in de buurt gesuppleerd wordt. Dit ook in verband met veiligheid van badgasten, omdat bij hoogwater de resten uit het zicht zijn en daardoor eventueel verwondingen kunnen veroorzaken bij badgasten, wat in het verleden al is gebeurd

3 Beschrijving van het grootschalig morfologisch systeem

3.1 Paleogeografische ontwikkeling van het gebied Walcheren-Schouwen

3.1.1 Regionaal

Aan het einde van de laatste ijstijd, het Weichselien, lag Zeeland “droog” en was het nog niet overstroomd met zeewater. Twee kleinere rivieren, één ter hoogte van het huidige Zwin, de Eede en één langs de Brabantse Wal, de Schelde, ontwaterden de zuidelijke helft van de huidige provincie Zeeland. De Brabantse Wal bestaat uit relatief hooggelegen vroeg-Pleistocene, gecompacteerd en kleiige rivierafzettingen en vormde voor de Schelde een niet te eroderen obstakel. 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 8000 BP (Present is 1950 A.D.) en ca. 4000 BP vulde het Zeeuwse bekken zich met veel fijn zand en relatief weinig klei, waarbij de grens tussen zee en land gevormd werd door smalle strandwallen met waarschijnlijk lage duintjes. Getijdengeulen staken tot diep in het bekken. Rond 5500 BP was er een maximum aan open water in het landschap, en snel daarna verlandde het gebied.

Na 4500 BP verzoette het landschap achter de smalle strandwallen zeer snel, waarschijnlijk omdat het in een kom vlak tegen hoger gelegen terrein aanlag: de tertiaire Vlaamse cuesta naar het zuiden en de vroeg-Pleistocene opgeheven Maasafzettingen naar het oosten met veel zoetwaterafvoer via kleine riviertjes. Tevens zal de afnemende snelheid van zeespiegelrijzing een rol hebben gespeeld. Binnen 1000 jaar was door deze verzoeting het gehele gebied bedekt geraakt met veengroei. Deze situatie veranderde nauwelijks in de opvolgende 2400 jaar, gerekend vanaf 4500 BP, en groeide het veen hoog op.

Pas ca. 2100 jaar BP, kort voor de Romeinse tijd, vonden aan de kust kleinere inbraken plaats, die eerst na 200 AD aanleiding gaven tot het openbreken van het veensysteem en de afzetting van overstromingskleidekken rond die inbraken. Binnen 150 jaar na 200 AD was de kust echter sterk verbrokken geraakt en had de zee vrij toegang verkregen tot het achterliggende veengebied. Enorme erosie van het veen was het gevolg, waarbij zeer grote oppervlakten veen veranderden in intergetijdengebied, en dat binnen anderhalve eeuw! Er wordt wel gezegd dat de snelle erosie is ingezet door graafactiviteiten voor sloten en kanalen door de boerenbevolking in die tijd (Vos, 2015).

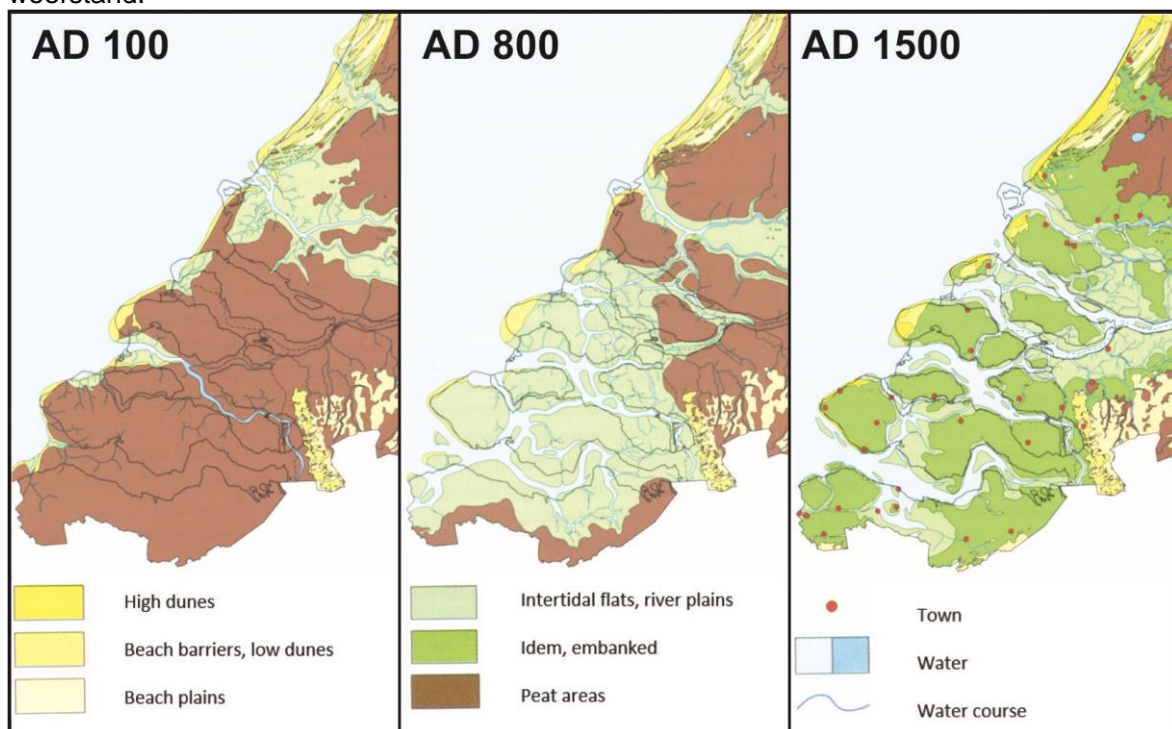
Rond 1000 AD (Figuur 3.1, middelste kaartje) is het oppervlak van de jonge getijdenafzettingen maximaal en is nog maar een smalle rand veen niet geërodeerd of onbedekt door getijdenafzettingen. Bijna geheel Zeeland bestaat dan uit schorren en slikken. Niet alleen op de zandige koppen van de eilanden Walcheren en Schouwen, maar ook op Noord-Beveland en Tholen ontstaan tussen 750 en 1000 AD al bewoningskernen. De bewoners van deze gebieden gaan zich na 1000 AD organiseren en starten met het bedijken van zeer grote hoog opgeslibde gebieden. Rond 1250 AD is het oppervlak ingedijkt land al bijna zo groot als in de huidige tijd.

Na 1500 AD wordt nog wel flink landverlies geleden in Zeeuws Vlaanderen, op Saeftinghe, bij Tholen en bij Reimerswaal (veel uitgeveende gebieden, dus extra kwetsbaar voor overstroming), met andere woorden; relatief diep in de estuaria, in de marges van de getijdensystemen. Ergens voor of rond 1000 AD wordt de Schelde aangetapt door terugschrijdende erosie van een getijdengeul komend uit het gebied tussen Walcheren en het Zwin. Dat luidt het einde in van de verbinding tussen de rivier de Schelde en de

Oosterschelde, die finaal beëindigd wordt door de aanleg van de Kreekrakdam medio 19^e eeuw (Vos en van Heeringen, 1997).

Vanaf 1750 werd minder landverlies geleden, behalve door lateraal opschuiven van geulen, maar wel werd (bijna) elke hectare beschikbaar intergetijdengebied ingepolderd. De zijdelings eroderende werking van de geulen leidde tot ondermijning van dijken, vooral waar de ondergrond zandig opgebouwd was in een eerder stadium van kustontwikkeling (de Bruin en Wilderom, 1961). Vanaf de 19^e eeuw werd vooral de invloed van onderwater-oeverbescherming steeds sterker merkbaar, waardoor geulen grotendeels werden vastgelegd, en alleen de platen nog geërodeerd konden worden. Dijkvallen traden daardoor niet meer op, maar wel werden de geulen nog dieper in de buitenbochten. Plaatvallen traden nu juist op aan de andere zijden van de ondieptes (De Bruin en Wilderom, 1961).

De laatste grote gebeurtenis is de stormramp van 1953 waarbij meer dan 1800 mensen omkwamen en ca. 200.000 ha land overstroomde. De overstroomde gebieden zijn in de jaren na de ramp weer bijna volledig terug ingepolderd. Voor natuurontwikkelingen worden tegenwoordig kleine gebiedjes weer ontpolderd, maar ontpoldering stuit in Zeeland op stevige weerstand.



Figuur 3.1 Tijdreeks van de paleografische ontwikkeling van het deltagebied van ZW Nederland 100 – 1500 AD.

Elias et al., 2016 naar Vos en van Heeringen, 1997.

3.1.2 Ontwikkeling Voordelta

Tot in de Romeinse tijd stroomt de Schelde als relatief kleine rivier uit in de toenmalige voordelta, waarvan overigens niet bekend is hoe deze eruit zag. Deze is mogelijk veel kleiner en veel minder aaneengesloten geweest dan de huidige voordelta. Zeker is wel dat de waarschijnlijk stabiele riviermond een strategische betekenis had, omdat ten zuiden van die mond overblijfselen van een tweetal Romeinse heiligdommen zijn gevonden (ter hoogte van Colijnsplaat en voor Domburg), in verband met de koopvaart op Engeland in die periode. Ook wordt aangenomen dat op de noordelijke landpunt van de rivieroever een Romeinse militaire wachtpost heeft gelegen, het castellum Roompot, een locatie die later door het

opschuiven van geulen vlak voor de zuidoostpunt van Schouwen verdwenen is (Beekman, 2007).

Om de ontwikkeling van de voordelta te begrijpen, moet er eerst gekeken worden naar de ontwikkeling van de Oosterschelde als estuarium en later als getijdensysteem. De ontwikkeling van de Oosterschelde moet teruggaan tot de 4^e eeuw na Chr. (Vos en Van Heeringen, 1997). Door de enorme overstromingen na de 4^e eeuw en de daarmee gepaard gaande verbreding en verdieping van de getijdensystemen moet de Voordelta al in de vroege middeleeuwen een min of meer gelijke uitbreiding hebben gehad als tegenwoordig, waarbij een golf-gedomineerde kustvorm overgaat in een veel meer getij-gedomineerde kustvorm onder invloed van de krachtige dwarscomponent in het stromingsbeeld (Elias et al, 2016). Zeker in de 13^e eeuw is er export van sediment uit het Oosterschelde bekken, het gebied van de huidige Voordelta op (Beekman, 2007). Alle veranderingen daarna zijn variaties op het thema invloed van golven vs. invloed van getijstroming, al naargelang effecten van de golven plaatselijk de overhand kregen op die van het getij, zoals in de noordelijke Voordelta na de sluiting van de Grevelingen, het Haringvliet en de Brielse Maas (Van der Spek, 1997). De ligging en de dimensies (breedtes, dieptes) van de getijdengeulen lijken tot op zekere hoogte bepaald te zijn door de aanwezigheid van voor erosie-resistente pakketten klei en van geconsolideerd zand in de ondergrond van de Voordelta (Hijma, 2017).

Tot in de 16^e eeuw is de ontwikkeling van het getijdenvolume min of meer rechtlijnig vergrotend geweest, maar in de tweede helft van de 16^e eeuw nam het getijdenvolume snel toe door verlies aan overstromd buitendijks- en polderland waar eerder naar veen gegraven werd (bijvoorbeeld het Verdrongen Land van Reimerswaal: 14.000 hectaren). Het verband tussen landverlies en toename van de stroomsnelheden in de Oosterschelde werd in de 16^e eeuw al begrepen. Vanaf de 18^e eeuw verandert het estuarium van de Oosterschelde in een zeegat door de snelle ontwikkeling van de Westerschelde als estuarium. In het Oosterscheldebekken gaat dat gepaard met erosie van intergetijdengebieden en met oevervallen (duizenden hectaren vooral in de 16e eeuw; De Bruin en Wilderom, 1961; Wilderom, 1968; Beekman, 2007). De steeds toenemende getijdenvolumes van de Oosterschelde estuarium (wel meer dan 50 (!) % toename na 1530 cf. Van den Berg, 1986) transporteerden steeds grotere volumes sediment vanuit het bekken naar de buitendelta. Tegen het eind van de 16^e eeuw moet de zandplaat "De Banjaard" wel 15x15 km (ruim 22.000 hectaren) groot zijn geweest, terwijl die niet doorsneden werd door geulen (Beekman, 2007).

3.1.3 Ontwikkeling Voordelta

Tot in de Romeinse tijd stroomt de Schelde als relatief kleine rivier uit in de toenmalige voordelta, waarvan we overigens niet weten hoe deze eruit zag in die periode: die is mogelijk veel kleiner en veel minder aaneengesloten geweest dan de huidige voordelta. Zeker is wel dat de waarschijnlijk stabiele riviermond een strategische betekenis had, omdat ten zuiden van die mond overblijfselen van een tweetal Romeinstijdige heiligdommen zijn gevonden (ter hoogte van Colijnsplaat en voor Domburg) in verband met de koopvaart op Engeland in die periode. Ook wordt aangenomen dat op de noordelijke landpunt van de rivieroever een Romeinse militaire wachtpost heeft gelegen, het castellum Roompot (Beekman, 2007).

Willen we de ontwikkeling van de Voordelta begrijpen dan zullen we eerst moeten kijken naar de ontwikkeling van de Oosterschelde als estuarium en later als getijdensysteem. Die ontwikkeling moet teruggaan tot de 4^e eeuw na Chr. (Vos en Van Heeringen, 1997). Door de enorme overstromingen na de 4e eeuw en de daarmee gepaard gaande verbreding en verdieping van de getijdensystemen moet de Voordelta al in de vroege middeleeuwen een min of meer gelijke uitbreiding hebben gehad als tegenwoordig, waarbij een golf-gedomineerde

kustvorm overging in een veel meer getij-gedomineerde kustvorm onder invloed van de krachtige dwarscomponent in het stromingsbeeld (Elias et al, 2016). Zeker in de 13^e eeuw is er export van sediment uit het Oosterschelde bekken het gebied van de huidige Voordelta op (Beekman, 2007). Alle veranderingen daarna zijn variaties op dit thema al naar gelang effecten van de golven plaatselijk de overhand kregen op die van het getij, zoals in de noordelijke Voordelta na de sluiting van de Grevelingen, het Haringvliet en de Brielse Maas (Van der Spek, 1997). De ligging en de dimensies (breedtes, dieptes) van de getijdengeulen lijken tot op zekere hoogte bepaald te zijn door de aanwezigheid van voor erosie resistente pakketten klei en geconsolideerd zand in de ondergrond van de Voordelta (Hijma, 2017).

Tot in de 16^e eeuw is de ontwikkeling van het getijdenvolume min of meer rechtlijnig vergroten geweest maar in de tweede helft van de 16^e eeuw snel toenemend door verlies aan overstromd buitendijks- en polderland waar eerder naar veen gegraven werd (bijvoorbeeld het Verdrongen Land van Reimerswaal: 14.000 hectaren). Het verband tussen landverlies en toename van de stroomsnelheden in de Oosterschelde werd in de 16e eeuw al begrepen. Vanaf de 18e eeuw verandert het estuarium van de Oosterschelde in een zeegat door de snelle ontwikkeling van de Westerschelde als estuarium. In het Oosterschelde bekken gaat dat gepaard met erosie van het intergetijdengebieden en met oevervallen (duizenden hectaren vooral in de 16e eeuw; De Bruin en Wilderom, 1961; Wilderom, 1968; Beekman, 2007). De steeds groter worden tijdebieten van de Oosterschelde (wel meer dan 50 (!) % toename na 1530; Van den Berg, 1986) transporteerden steeds grotere volumes sediment vanuit het bekken naar de buitendelta. Tegen het eind van de 16^e eeuw moet de zandplaat "De Banjaard" wel 15x15km groot zijn geweest, terwijl die niet doorsneden was door geulen (Beekman, 2007).

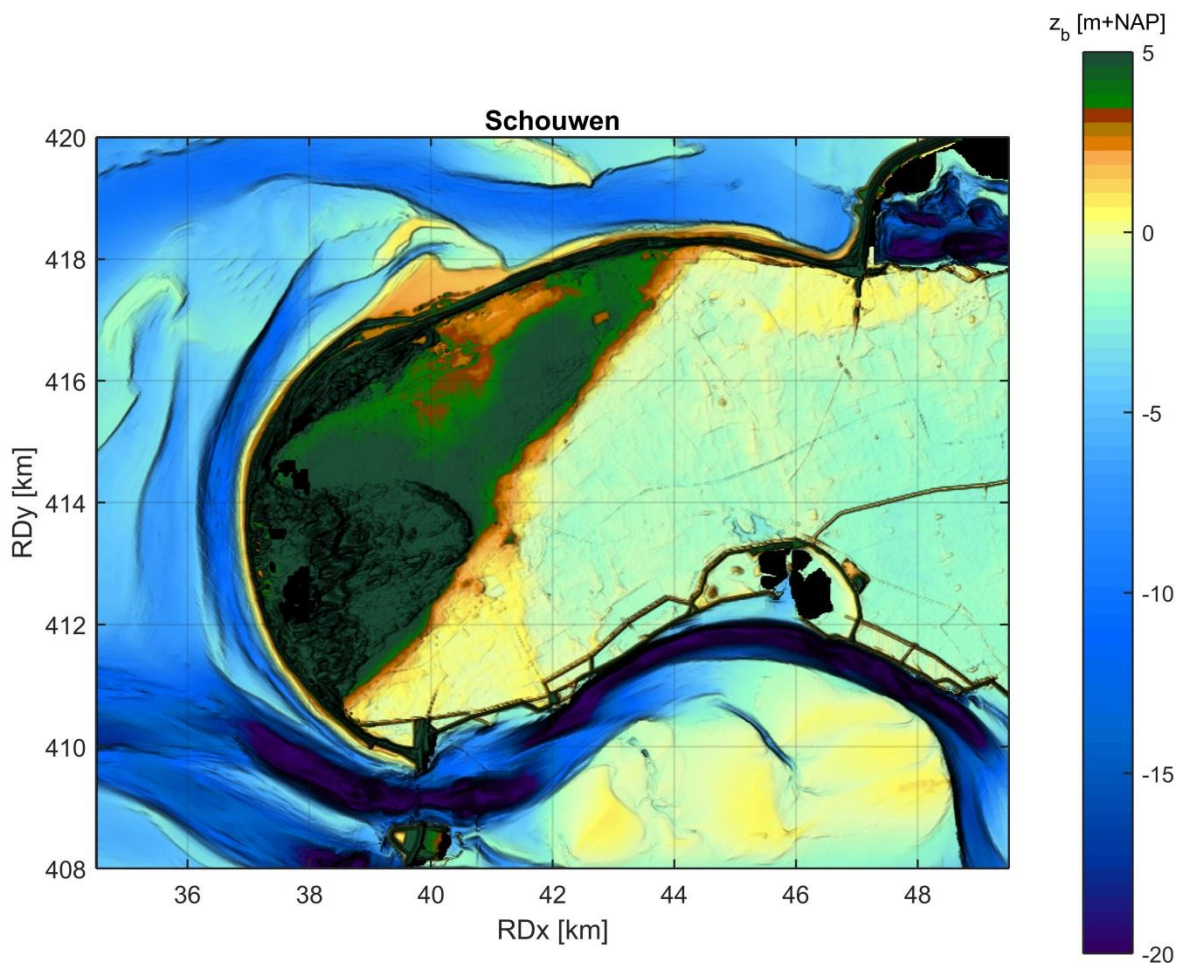
3.2 Algemene gebiedsbeschrijving kustvak Schouwen

3.2.1 Studiegebied

Het studiegebied omvat de kust van het kustvak Schouwen (kustvak 13), zie Figuur 3.1. Aan de noordzijde wordt het kustvak begrensd door de Brouwersdam (de dam die de Grevelingen afsluit van de Noordzee) en aan de zuidoostzijde door de stormvloedkering in de Oosterschelde.

3.2.2 Kop van Schouwen

De Kop van Schouwen omvat het meest westelijke deel van het voormalige eiland Schouwen (Figuur 3.2). Sinds de jaren '70 wordt aan de noordoostzijde de kust begrensd door de Brouwersdam. De Brouwersdam is aangelegd van 1963-1971, zie ook paragraaf 3.2.5 en Figuur 3.4. De aanleg heeft de periode van 1963 tot 1971 omvat. Aan de noordzijde loopt de kustlijn ruwweg naar het westen, met een flauwe kromming vanaf de Brouwersdam langs het Noorderstrand tot het strand van Renesse. Voorbij Renesse ligt een aangelande zandplaat, ook wel Verklikkerstrand genoemd (Figuur 3.3), die onderdeel vormt van de Bollen van het Nieuwe Zand. Ten zuidwesten van deze zandplaat begint de gekromde kust van Schouwen langs het Krabbengat die doorloopt tot de aanlanding van de Oosterschelde Stormvloedkering.



Figuur 3.2 De kust van Schouwen (hoogtekaart met meest recente bathymetrie kustzone op basis meest recente Vaklodingen en AHN)

In het zuidoosten sluit de gekromde kust van Schouwen aan bij de stormvloedkering in de Oosterschelde. De aanleg van de verschillende samenhangende werken in de Oosterschelde heeft de periode van 1967 tot 1987 omvat, zie verder paragraaf 3.2.5.

De vooroever van de kust van Schouwen wordt gedomineerd door geulen en platen die onderdelen vormen van de buitendelta van de Oosterschelde en de voormalige buitendelta van de Grevelingen. De grootschalige veranderingen in de bodemligging van deze buitendelta's zijn het directe gevolg van de aanleg van de Grevelingen dam en de Oosterscheldekering. Niet alleen de afdamming van de bekkens heeft effecten gehad op de mondingen, maar ook de ingrepen in de (voormalige) getijdebekken hebben door veranderingen in het getij en de kombergingsvolumes doorgewerkt in de Voordelta. De morfologische veranderingen op de Voordelta staan onder andere beschreven in Cleveringa (2008), Elias et al. (2016) en Lazar et al (2017), zie verder paragraaf 3.3.2.

3.2.3 Oosterscheldemonding en de zuidwestkust van Schouwen

De Oosterscheldemonding is het gebied dat sinds de voltooiing van de Deltawerken zeewaarts van de Oosterscheldekering ligt, zie Figuur 3.4 voor de afbakening van de verschillende gebieden. In het gebied liggen een aantal grote en diepe geulen, die nu onderbroken zijn door de kering. Tussen de geulen liggen ondieptes (zandbanken) die onder alle omstandigheden onder water liggen. Aan de zeezijde worden de geulen steeds ondieper.

Voor de kust van Schouwen is de noordzijde van de Oosterscheldemonding van belang. In Figuur 3.2 is zichtbaar dat ten westen van de kust de getijdegeul Krabbengat ligt. Deze geul takt af van de eb-gedomineerde getijdegeul Hammen die naar de Oosterschelde stroomt. Aan de noordzijde wordt het Krabbengat ondieper en mondt uit in een aantal kleine vloedschaartjes (vloedschild). Rond de vertakkingen liggen de ondieptes van de Bollen van het Nieuwe Zand. Deze ondieptes reiken tot boven de laagwaterlijn. Ten westen van de geul Krabbengat ligt een omvangrijke ondiepte, de Banjaard, met een waterdiepte die over het algemeen tussen NAP - 2,5m en NAP -5m ligt. Ten westen van het Krabbengat is het restant van de ondiepte Zeehondenplaat aanwezig en ten zuidwesten daarvan is een ebschaar in ontwikkeling. De Banjaard is in zijn geheel dieper geworden en de Geul van de Banjaard en Krabbengat hebben zich verdiept (Elias et al. 2016). Het oprukken van het Krabbengat en het Brouwershavensche Gat (tot de afsluiting in 1971) zijn onderdelen van de langere termijn ontwikkeling van de Voordelta en met name de buitendelta van de Oosterschelde (paragraaf 3.3.4).

3.2.4 Monding van de Grevelingen en de noordwestkust van Schouwen

De monding van de Grevelingen is het gebied met geulen en ondieptes dat zeewaarts van de Brouwersdam en het Grevelingenmeer ligt. In het gebied ligt nog een relatief grote getijdegeul, het Brouwershavensche Gat, direct onder de noordkust van Schouwen (Figuur 3.2). De omvang en de positie van de geul herinneren nog aan de situatie van vóór de aanleg van de Brouwersdam, toen deze geul doorliep in het Grevelingen, zie verder paragraaf 3.3.5.

Ten noorden van het Brouwershavensche Gat zijn verschillende ondieptes aanwezig, waarvan de westelijke de naam 'Gloeiende plaat' heeft gekregen (Alkyon, 2006b) en de oostelijke van oudsher de naam Geerligts had. Deze ondieptes reiken deels tot boven het niveau van laagwater. Ten noorden van de ondieptes liggen grotendeels opgevulde restanten van voormalige getijgeulen en nog meer ondieptes. Omdat deze ondieptes en geulrestanten voor de kustontwikkeling van Schouwen alleen van indirect belang zijn, worden deze niet verder beschreven. Het indirecte belang van de Voordelta morfologie voor de kust van Schouwen is de afschermdende werking tegen de golfaanval vanaf de Noordzee, vooral op de Kop van Schouwen door golven uit het noorden en noordwesten, maar ook uit het zuidwesten (paragraaf 3.3.2).



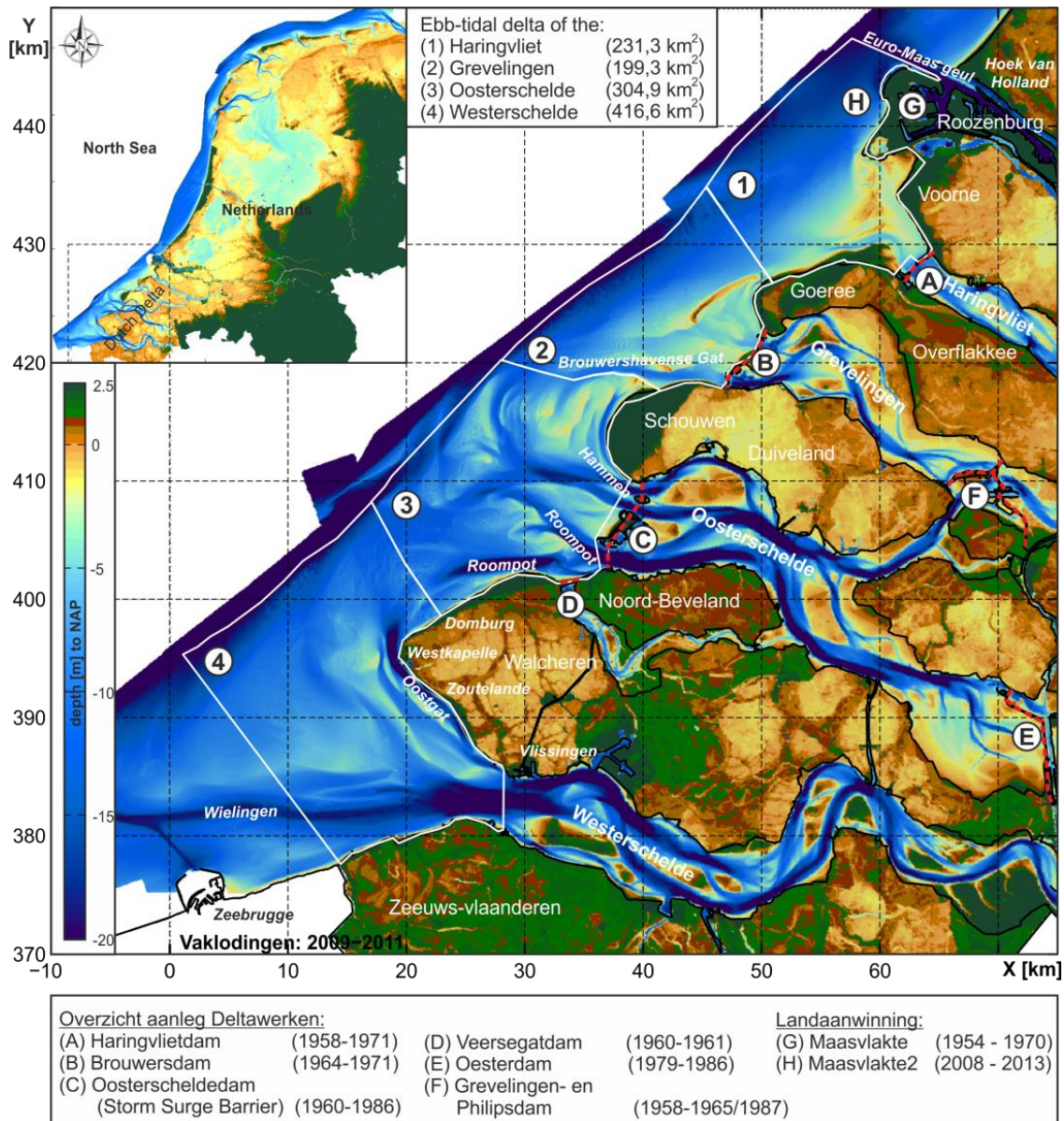
Figuur 3.3 Verklikkerstrand met zicht op de Brouwersdam en Renesse (foto Beeldbank Rijkswaterstaat Rens Jacobs, 2005)

3.2.5 De Deltawerken (Elias et al, 2016)

Het Deltaplan in het zuidwesten van Nederland werd ontwikkeld en uitgevoerd na de stormramp van 1 februari 1953. Het project bestond uit de afsluiting van de verschillende zeegaten met dammen om de veiligheid tegen overstroming te verhogen, zie Figuur 3.4. Tegelijkertijd konden zo zoetwaterbekkens worden gecreëerd ten behoeve van de landbouw en drinkwatervoorziening. De Haringvlietdam werd voorzien van spuisluisen om de afvoer van de Rijn en Maas te reguleren zodat verzilting 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, afsluiting van het Haringvliet met de Haringvlietdam en Grevelingen met de Brouwersdam, werden waterkwaliteit en milieu een toenemende zorg. Zo werd in 1978 een zoutwaterdoorlaatmiddel gemaakt in de Brouwersdam en ontstond er weerstand tegen de plannen om de Oosterschelde, een getijbekken met zeer helder water, vanwege de afwezigheid van rivierwaterinstroming en waarin de schelpdierkwekerij floreerde, af te sluiten, wat het verlies van een waardevol binnenlands ecosysteem zou betekenen. De tegenstand groeide zodanig, dat werd afgezien van complete afsluiting en een halfopen dam werd gebouwd, de Oosterschelde Stormvloedkering.

Het geheel of gedeeltelijk afdammen van de zeegaten had een enorm effect op de buitendelta's: de sterke vermindering van de dwars op de kust gerichte getijstroming veroorzaakte een reeks van morfologische veranderingen die tot op de dag van vandaag voortduren.



Figuur 3.4 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). (Lazar et al, 2017)

3.3 Grootschalige morfologie

3.3.1 Inleiding

In deze paragraaf wordt de ontwikkeling van de Voordelta beschreven en de invloed van de Deltawerken. De Voordelta omvat de samengestelde buitendelta's van de verschillende Zeeuwse zeegaten, namelijk Haringvliet, Grevelingen, Ooster- en Westerschelde. De ontwikkelingen in de Voordelta hebben een belangrijke invloed op de kust van de Zeeuwse eilanden. Voor het kustvak Schouwen zijn met name de Grevelingen en Oosterschelde buitendelta's van belang. De morfologische veranderingen in het gebied worden veroorzaakt door natuurlijke processen en menselijke ingrepen. Volgens Cleveringa (2008) hebben beide oorzaken gevolgen van een zelfde orde van grootte.

3.3.2 De Voordelta, een aaneengesloten systeem van buitendelta's van de (voormalige) zeearmen in zuidwest Nederland (Lazar et al, 2017)

De kust van de Zeeuwse en Zuid-Hollandse eilanden in het zuidwesten van Nederland bestaat uit vier (voormalige) getijdebekkens, van noord naar zuid Haringvliet, Grevelingen, Ooster- en Westerschelde, zie Figuur 3.4 en Figuur 3.5. Haringvliet, Grevelingen en de Oosterschelde zijn thans zijtakken van de samengevloede rivieren Maas en Rijn, terwijl de Westerschelde de benedenloop vormt van de rivier de Schelde.

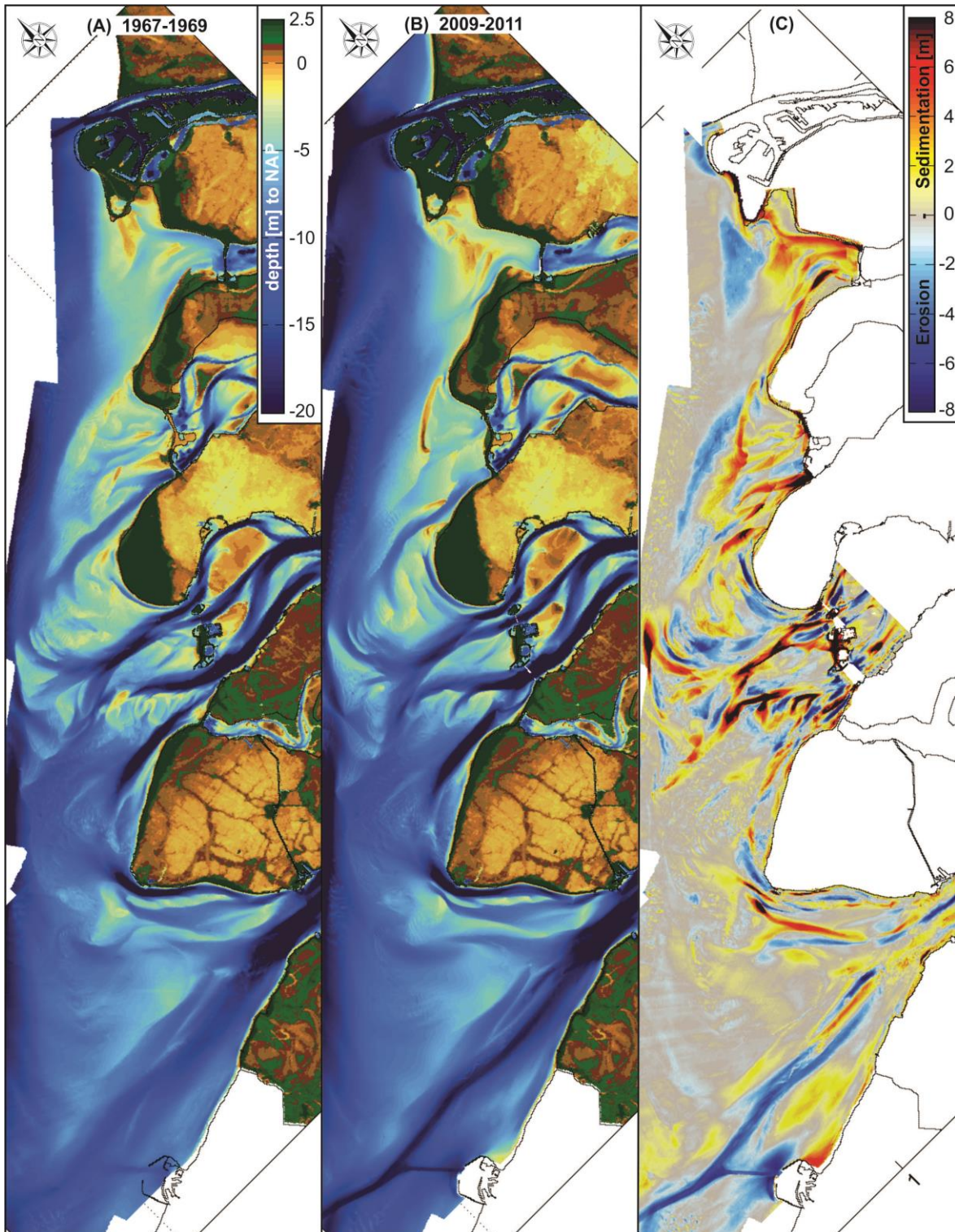
Alleen de Ooster- en Westerschelde staan nog in directe verbinding met de zee, de eerste door de halfopen Oosterschelde Stormvloedkering (OSK). De OSK laat de getijbeweging door in het estuarium, maar de bijbehorende werkeilanden en pijlers verminderden het getijvolume met ruwweg 35% (Vroon, 1994). De aaneengesloten buitendelta's vormen een betrekkelijk ondiep buitengebied: de Voordelta, dat zich uitstrekt over 90 km tussen Hoek van Holland in het noorden en Zeebrugge (België) in het zuiden. De zeewaartse reikwijdte van de Voordelta gaat tot ongeveer 10 km buiten de eilanden. Van noord naar zuid neemt de gemiddelde diepte toe, terwijl het 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 klei pakketten (Van der Spek, 1997, Hijma, 2017).

In de Voordelta zijn getij en golven de voornaamste drijvende krachten. Krachtige getijstromingen en zware zeegang, vooral bij harde wind, vormen een hoog-dynamische omgeving, die bestaat uit snel verplaatsende banken en platen, doorsneden door vele ondiepe en diepe getijde geulen. 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 zouden 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. 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. Niettemin vertoont de morfologie van de grootste zeegaten getijde-gedomineerde kenmerken, zoals een grote buitendelta en diepe geulen. Deze zijn het gevolg van een groot getijdevolume en betrekkelijk gematigde golfenergie.

Figuur 3.5 laat de grootschalige morfologische veranderingen in de Voordelta zien over de periode 1968-2010, waarin de ontwikkelingen vallen die zijn opgetreden na de afsluitingen in het kader van het Deltaplan.



Figuur 3.5 De bodemligging van de Voordelta voor de jaren (A) 1968 (gebaseerd op de Vaklodingen 1967-1969) en (B) 2010 (gebaseerd op de Vaklodingen 2009-2011). De morfologische veranderingen in deze periode worden getoond door de sedimentatie- en erosie patronen in (C). (Elias et al, 2016).

3.3.3 De kust van Schouwen vóór de Deltawerken

In paragraaf 3.2.5 is al kort ingegaan op de Deltawerken en is benoemd dat deze een grote invloed hebben gehad op de ontwikkelingen van de mondingsgebieden van Grevelingen en Oosterschelde. Een blik op de kaart of op een luchtfoto (Figuur 3.6) van vóór de uitvoering van de Deltawerken laat geen in het oog springende verschillen zien in vergelijking met de huidige kustlijn van Schouwen. Grootschalig gezien zijn de algemene kenmerken van het kuststelsel in 1959 en 2012 vergelijkbaar. Dit neemt niet weg, dat er onder water grote veranderingen zijn opgetreden. Een gedeelte daarvan is natuurlijk het directe gevolg van de kustlijnhandhaving sinds 1990.

De oriëntatie van de kustlijn is de afgelopen 50 jaar vergelijkbaar gebleven. Op basis van historische kaarten is gereconstrueerd dat de kustlijn van Schouwen in een tijdsbestek van eeuwen wel een andere oriëntatie heeft gekregen en landwaarts is verplaatst (Wilderom, 1964, zie Figuur 3.9; Ligtendag, 1990; Beekman, 2007). De belangrijkste aanwijzing in de luchtfoto's in Figuur 3.6 voor het optreden van veranderingen, is de andere ligging van de ondiepten die horen bij de Bollen van het Nieuwe Zand, de Brouwersdam en de Stormvloedkering.

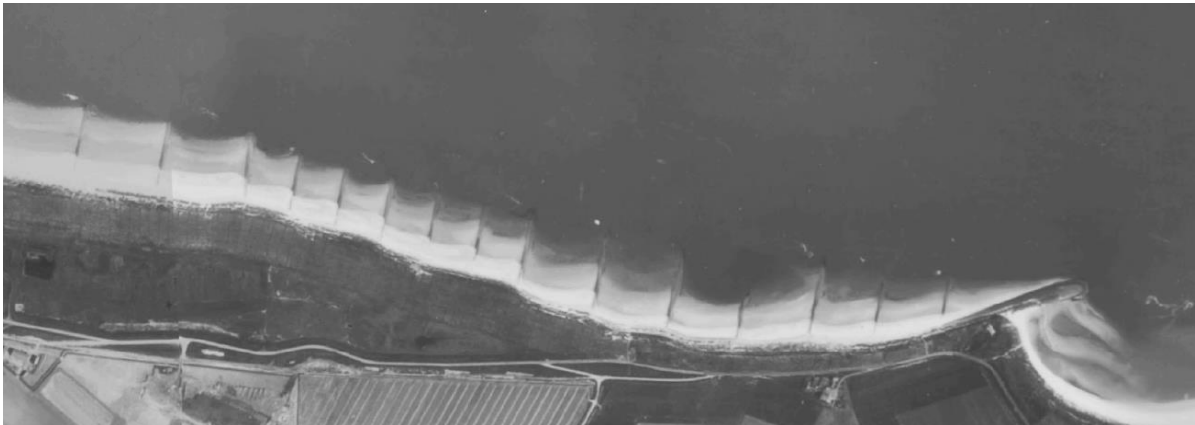


Figuur 3.6 Luchtfoto's uit 1959 (zwart-wit) en 2012 (kleur) van de Kop van Schouwen (Arcadis, 2013)

De beperkte verandering van de ligging van de kustlijn in de afgelopen 50 jaar is slechts ten dele verklaarbaar door de aanwezigheid van harde kustverdedigingen (zie Hoofdstuk 5). Het wijst vooral aan de westkust langs het Krabbengat op de aanwezigheid van behoorlijk erosiebestendige lagen. De bolle westkust heeft geen harde verdediging, maar op het strand zijn wel palenrijen aanwezig sinds de jaren '70 van de 20^e eeuw. Niettemin is er sprake van structurele erosie door landwaartse verplaatsing van het Krabbengat. Door geulverlegging is de erosie wel afgenomen, zie verder paragraaf 4.3.4.

Aan de noordkust tussen Renesse en de Brouwersdam en aan de zuidkust nabij de Oosterscheldekering zijn sinds de tweede helft van de 19^e eeuw harde verdedigingen aanwezig in de vorm van strandhoofden en bestortingen (Verhagen en van Rossum, 1989), zie Figuur 3.7, Figuur 3.8 en ook Figuur 5.3. Deze verdediging was nodig toen aan de noordzijde het Brouwershavensche Gat tot de afsluiting in 1971 nog een diepe erosieve geul was. Aan de zuidzijde bij de Hammen geeft de aanzet van de Oosterscheldekering nu bescherming. Op de lange termijn is er wel degelijk sprake van een gestaag erosieve trend langs de gehele Kop van Schouwen door zeespiegelstijging en bodemdaling (zie paragraaf 3.1), maar deze is gering vergeleken met het landverlies aan de zuidelijke kant van Schouwen door de oprukkende Oosterschelde vóór de Deltawerken (Figuur 3.9).

Na de aanleg van de Brouwersdam en de daardoor opgetreden morfologische veranderingen is de golfaanval op de noordkust van Schouwen veranderd. Door de toegenomen hoogte van de verschillende ondieptes in de monding dissipeert de golfenergie tegenwoordig meer dan vroeger in de monding en bereikt minder golfenergie de kust (paragraaf 3.3.2).

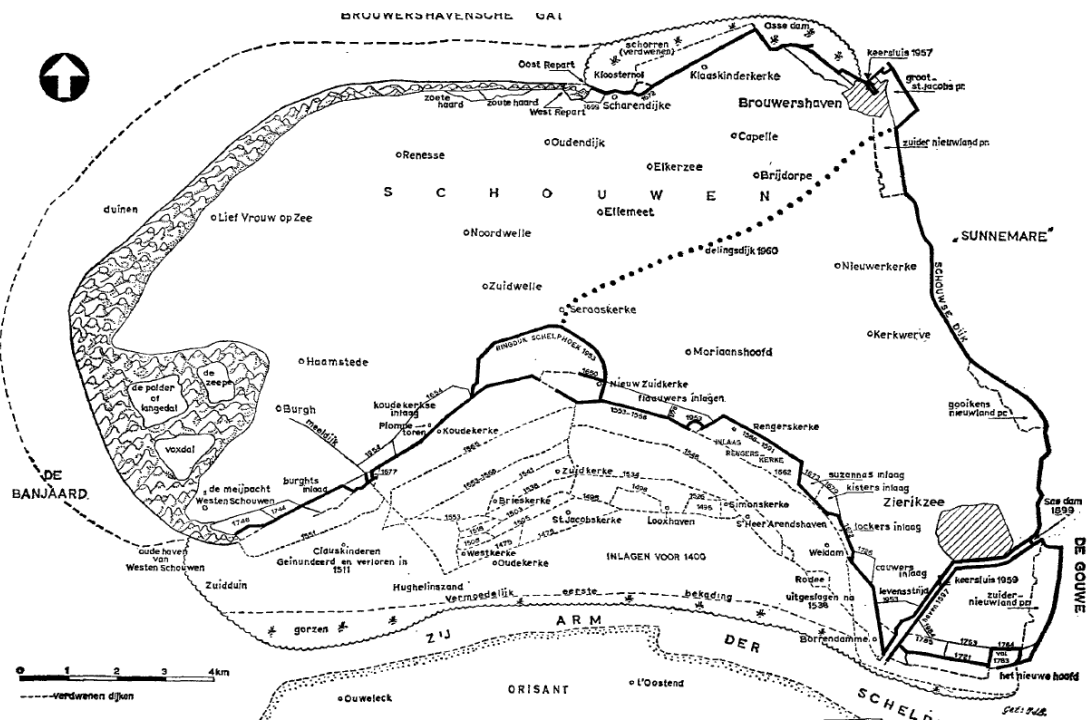


Figuur 3.7 Luchtfoto van het Noorderstrand in 1959. De Brouwerdam is aangelegd ter plaatse van de brede scheef geplaatste dam rechts op de foto (Geoloket, provincie Zeeland).

Voor de afsluiting van het Brouwershavensche Gat zorgde de diepe getijdegeul langs het Noorderstrand voor een steil en eroderend onderwatertalud, dat zich af en toe manifesteerde in een strandval, zie Figuur 3.8. Een strandval betekent een lokale zeewaartse verplaatsing van een grote hoeveelheid zand in korte tijd. Deze wordt niet tegengegaan met strekdammen, zoals de foto laat zien. Tegenwoordig doet de situatie van een strand met diepe getijdegeul zich nog wel voor op de Kop van Schouwen langs het Krabbengat. Door de minder gevoelige ondergrond is het effect van strandvallen hier gering in vergelijking met bijvoorbeeld het landverlies door oever- en dijkvallen langs de zuidkust van Schouwen langs de Oosterschelde (Figuur 3.9). Deze oevers (die niet onder Kustlijn­zorg vallen, maar in beheer zijn bij het waterschap) zijn sinds de voltooiing van de Deltawerken voorzien van doorgaande bestorting en daarmee effectief beschermd.



Figuur 3.8 Strandval van 4 april 1958 in het Noorderstrand bij Scharendijke. Hierbij verdween 0,4 ha strand tussen de strandhoofden no. 13 (links) en 14 (rechts, deels beschadigd) (Wilderom, 1964).



Figuur 3.9 Landverlies van de duinkust en polders van Schouwen vanaf de late middeleeuwen tot de Deltawerken (Wilderom, 1964).

3.3.4 De Oosterschelde buitendelta (Elias et al, 2016)

De Oosterschelde buitendelta bestaat uit een complex patroon van meerdere geulen dat in het noorden is begrensd door een ondiep gebied, de Banjaard. De Banjaardplaat is doorsneden door kleinere geulen (Figuur 3.10 A-C). De hoofdgeulen Hammen en Geul van de Roggenplaat liggen ten noorden van de Middelploot-Neeltje Jans, waar de controlegebouwen van de Oosterschelde Stormvloedkering zich bevinden. Richting zee vloeien deze geulen samen in het Westgat, dat weer een noordelijke en een zuidelijke uitstroming heeft. De noordelijke tak wordt de Geul van de Banjaard genoemd en snijdt, zoals de naam al aangeeft door de Banjaard plaat en verdeelt deze in een landwaarts en een zeewaarts gelegen deel. Het zuidelijk deel van de Oosterschelde buitendelta wordt beheerst door de grote geul Roompot. De in westelijke richting gelegen uitloper van de Roompot, die pal zeewaarts van de noordwestelijke kust van Walcheren ligt, wordt Roompot Zuid genoemd; de hoofdtak loopt naar het WNW en heet Oude Roompot. Deze geul heeft een uitstroming naar het Westgat. Kleine zijtakken hebben voorliggende vloedchildjes gevormd naar het zuidwesten, dit gebied heet de Hompels. Figuur 3.10A-c laat het patroon van geulen en banken zien.

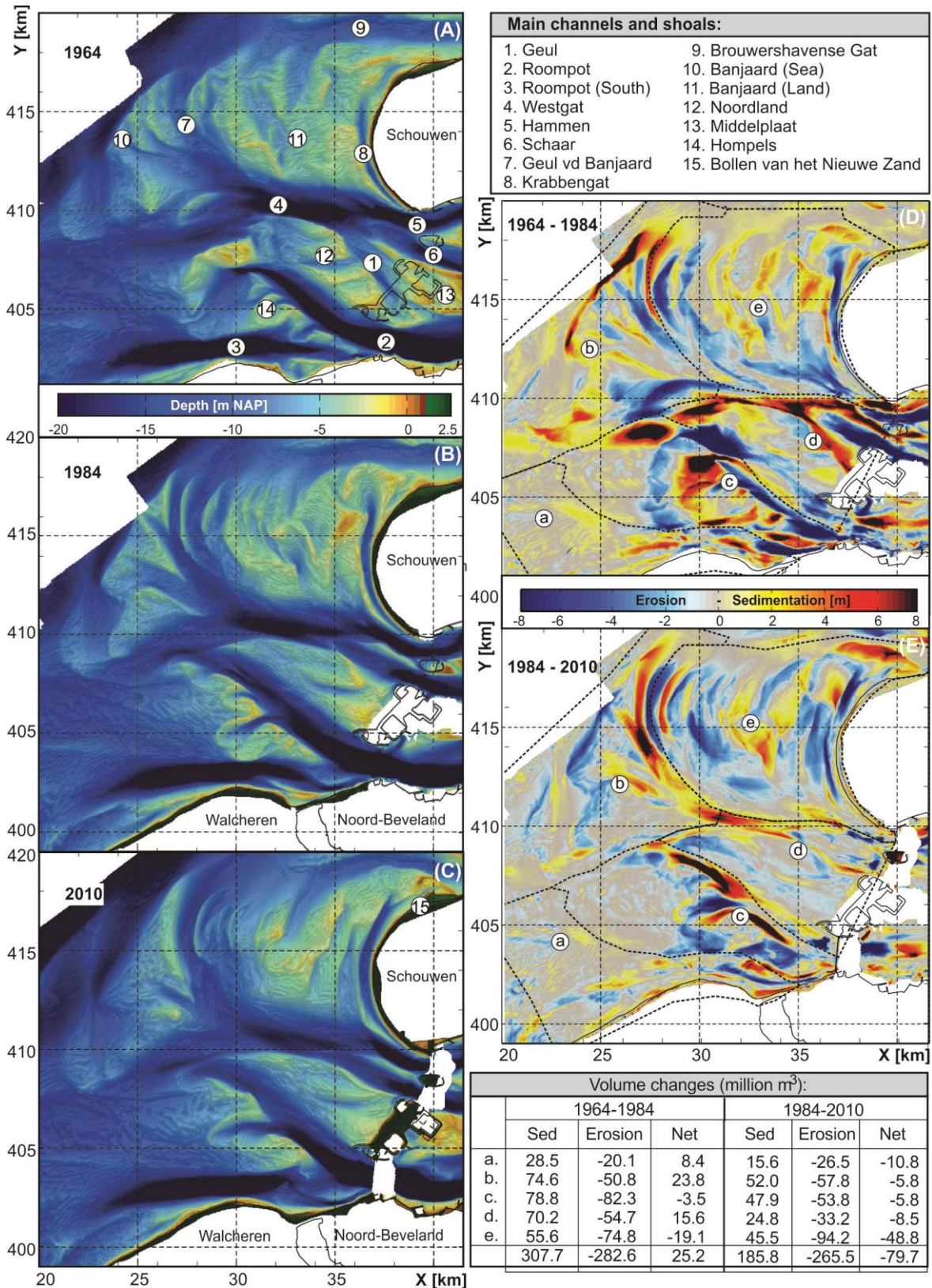
Voor de voltooiing van de Oosterschelde Stormvloedkering nam het volume van de buitendelta toe door de toename van het getijvolume, dat was veroorzaakt door ingrepen in het estuarium. Dit is een voortzetting van de ontwikkeling, die al begon in vorige eeuwen en werd veroorzaakt door het ontstaan van een verbinding van de Oosterschelde met het Hollands Diep. Van den Berg (1984) en Eelkema et al (2012) geven aan dat de volumetoename tussen 1965 en 1984 het resultaat is van verhoogde sedimentexport, veroorzaakt door de verandering in de hydrodynamica door de aanleg van de Volkerak- en de Grevelingendam. Door sedimentatie van zand geëxporteerd door het estuarium naar de uiteinden van de geulen, breidde de buitendelta zich in zeewaartse richting uit. Het is niet duidelijk of in dit stadium de Oosterschelde buitendelta ook zand herverdeelde naar de naburige delta's. De getijstroming in het zeegat concentreerde zich in de hoofdgeulen, aangezien de kleinere takken waren afgedamd, waardoor weer meer erosie optrad. Aanzienlijke erosie in het Westgat en de Geul van de Banjaard veroorzaakte een vermindering van het volume van de Banjaard (landzijde) tussen 1964 en 1984.

De voltooiing van de Stormvloedkering leidde niet tot grote veranderingen in het geulenpatroon in de buitendelta, omdat de getijstromingen aanwezig bleven. Alleen de Geul, geblokkeerd door het werkeiland Neeltje Jans, verzandde geheel (Figuur 3.10A, 1 en D). De constructie van de Stormvloedkering heeft het actieve getijde doorstroomoppervlak wel behoorlijk gereduceerd (van 80.000 tot 17.900 m²). Het bekkenoppervlak is door de aanleg van de secundaire compartimenteringsdammen verminderd (van 452 tot 351 km²), wat bij elkaar heeft geleid tot ca. 28% reductie van het getijvolume ten opzichte van dat van 1983, net voor de ingebruikname van de kering en de voltooiing van de Deltawerken.

Louters en Van den Berg (1998) geven aan, dat het getijvolume voor de Deltawerken toenam van 1130 Mm³ in 1959 tot 1189 Mm³ in 1980 en daarna afnam tot 837 Mm³ in 1987, na de ingebruikname van de kering. Bovendien werd de sedimentuitvoer uit het estuarium volledig geblokkeerd door de verhoogde funderingsdrempel van de kering, die bestaat uit lange dorpelbalken die de pijlers verbinden en de diepe ontgrondingskuilen die zich aan weerszijden van de kering op de randen van de met blokkenmatten beschermde bodem ontwikkelden, waardoor het bodemtransport geblokkeerd werd. Met het verminderde getijvolume en geen sedimenttoevoer uit het getijdebekken, begonnen golven de buitendelta geleidelijk te eroderen, net als de platen in het bekken. Omdat de getijstroming in de Noordzee niet veranderde, werd het geërodeerde zand hoofdzakelijk in noordelijke richting getransporteerd, in de richting van de dominante vloedstroming. De Banjaard, gelegen ten westen van het

eiland Schouwen erodeerde, waardoor de gemiddelde diepteligging van het gebied toenam en de hierdoor snijdende geulen zich heroriënteerden in meer noord-zuidelijke richting.

Het Krabbengat, direct zeewaarts gelegen langs de westkust van Schouwen, verlengde in noordelijke richting en bouwde de Bollen van het Nieuwe Zand uit in noord-noordoostelijke richting (Figuur 3.10C (15)). Door de uitbouw van deze vloedbank vernauwde het aan de noordelijke kant gelegen Brouwershavensche Gat zich. Bovendien verplaatste de uitstroming van het Brouwershavensche Gat zich naar het zuiden, insnijdend in de Banjaard en daar een eindafzetting vormend. De erosie van de Banjaard verminderde hier de golfdissipatie, waardoor de golfaanval op de kust van Schouwen blijvend is toegenomen.



Figuur 3.10 Overzicht van de bodemligging van de Oosterschelde buitendelta in (A) 1964 (B) 1984 en (C) 2010. De morfologische ontwikkelingen over periode 1964 - 1984 verschilt aanzienlijk met die over de opvolgende periode 1984 - 2010. De veranderingen zijn weergegeven in sedimentatie- en erosiepatronen (D) 1964-1984 en (E) 1984-2010 en in de tabel met volumeveranderingen (Elias et al, 2016).

3.3.5 De Grevelingen buitendelta (Elias et al, 2016)

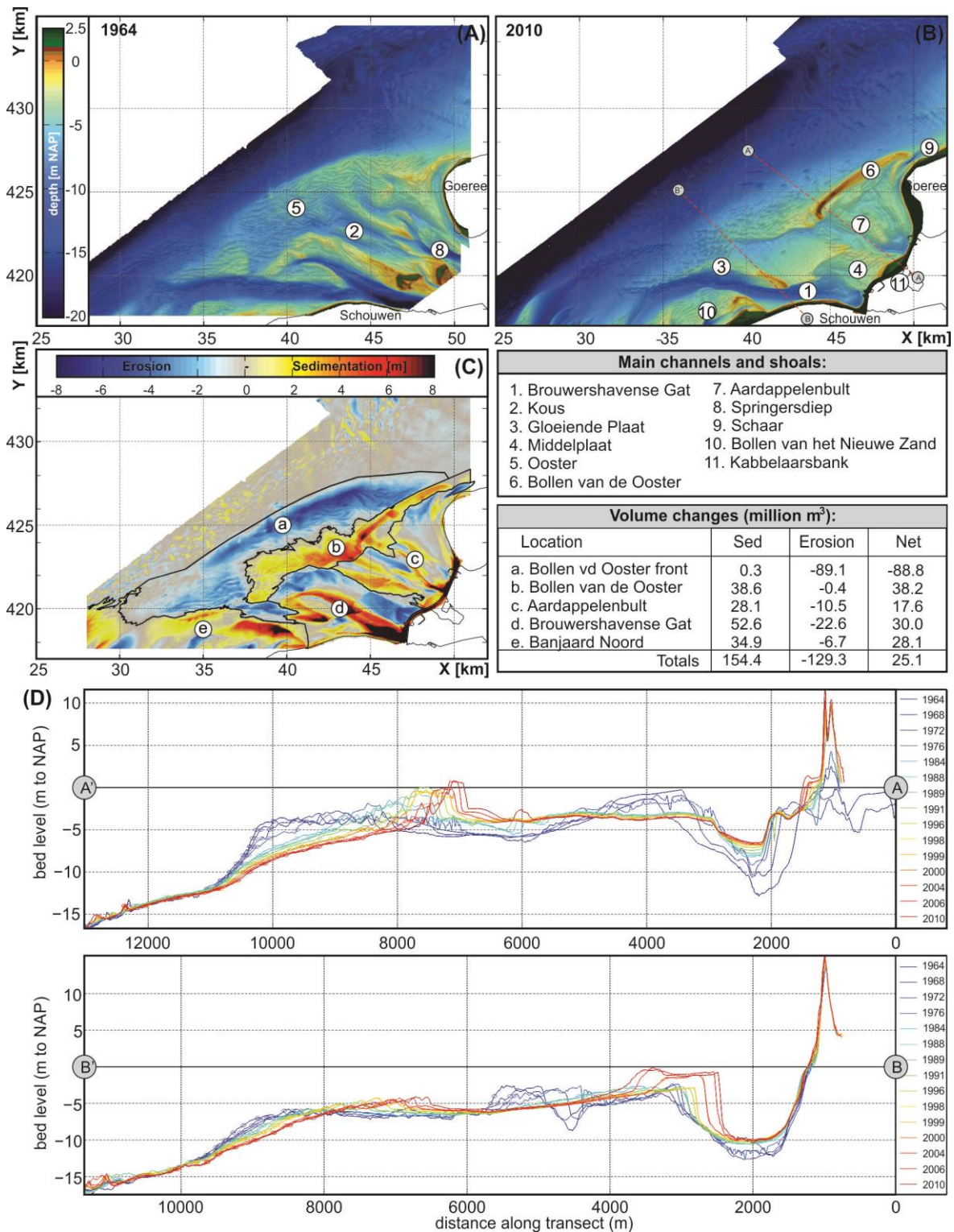
Voor de voltooiing van de Brouwersdam bestond de buitendelta van de Grevelingen uit de meer dan 30 m diepe geul Brouwershavensche Gat in het zuiden, grenzend aan de noordkust van Schouwen en het Springersdiep, dat samenvloeiende met de geul Kous, in het noorden (Figuur 3.11 A, B). De geulen waren oost-west georiënteerd en werden gescheiden door de Middelplaat en de Kabellaarsbank (Figuur 3.11 B).

In 1965 werd de Grevelingendam (Figuur 3.4) in het oostelijk deel van het estuarium voltooid (bouwjaren 1958-1965), die de Grevelingen scheidde van de Oosterschelde en 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 de aanleg van de Brouwersdam aan de zeezijde van de Grevelingen. In 1965 (bouwjaren 1962-1965) blokkeerde het eerste deel van de afsluitdam, tussen de Middelplaat en de Kabellaarsbank, al 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, waardoor de Grevelingen werd gescheiden van zijn buitendelta en het getijbekken veranderde in een zout-water meer. De getijstroming in de buitendelta nam sterk af en daardoor begonnen golven het buitendelta front aan te vallen tot 10 m diepte en stuwden het zand voorwaarts naar een kustparallele zandbank genoemd Bollen van de Ooster (Van der Spek, 1987, Kohsiek, 1988) (Figuur 3.11B, 6). Een deel van het zand zal zijn getransporteerd naar het noordoosten, langs de kustlijn van het eiland Goeree en ten goede gekomen aan de uitbreiding van de omgebogen spitten bij Kwade Hoek aan de noordzijde van Goeree. De buitendelta verminderde in oppervlak, de voormalige banken en platen erodeerden door golven en de geulen verzandden. Opgemerkt kan worden dat ondanks de vermindering in oppervlak van de buitendelta, de vermindering in volume verhoudingsgewijs minder is dan aangegeven door de Walton en Adams (1976) relatie, omdat het geërodeerde sediment niet teruggevoerd kon worden in het estuarium vanwege de afsluitdam. Het Brouwershavensche Gat werd snel opgevuld met voornamelijk slib, Van den Berg (1986) vermeldt slibafzettingen van meer dan 7 m dikte. De voormalige Middelplaat/Kabellaarsbank erodeerde door golven, omdat het niet meer werd onderhouden door de getijstroming. Het vrijkomende zand werd afgezet 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 de jaren toe in hoogte en groeiden in kustlangse richting (dus evenwijdig aan het buitendelta front), eerst naar het west-zuidwesten en later ook naar het oost-noordoosten (Figuur 3.11A, B). Tegenwoordig zijn de Bollen nog steeds gescheiden van de kust van Goeree door een betrekkelijk ondiepe kortsluitgeul. Bij het zuidelijk deel van de buitendelta is een ondiep platengebied opgebouwd door het Krabbengat, de Bollen van het Nieuwe Zand (zie paragraaf 3.3.4 en Figuur 3.10A), waardoor het Brouwershavensche Gat ter plaatse naar het noorden gedrukt wordt.

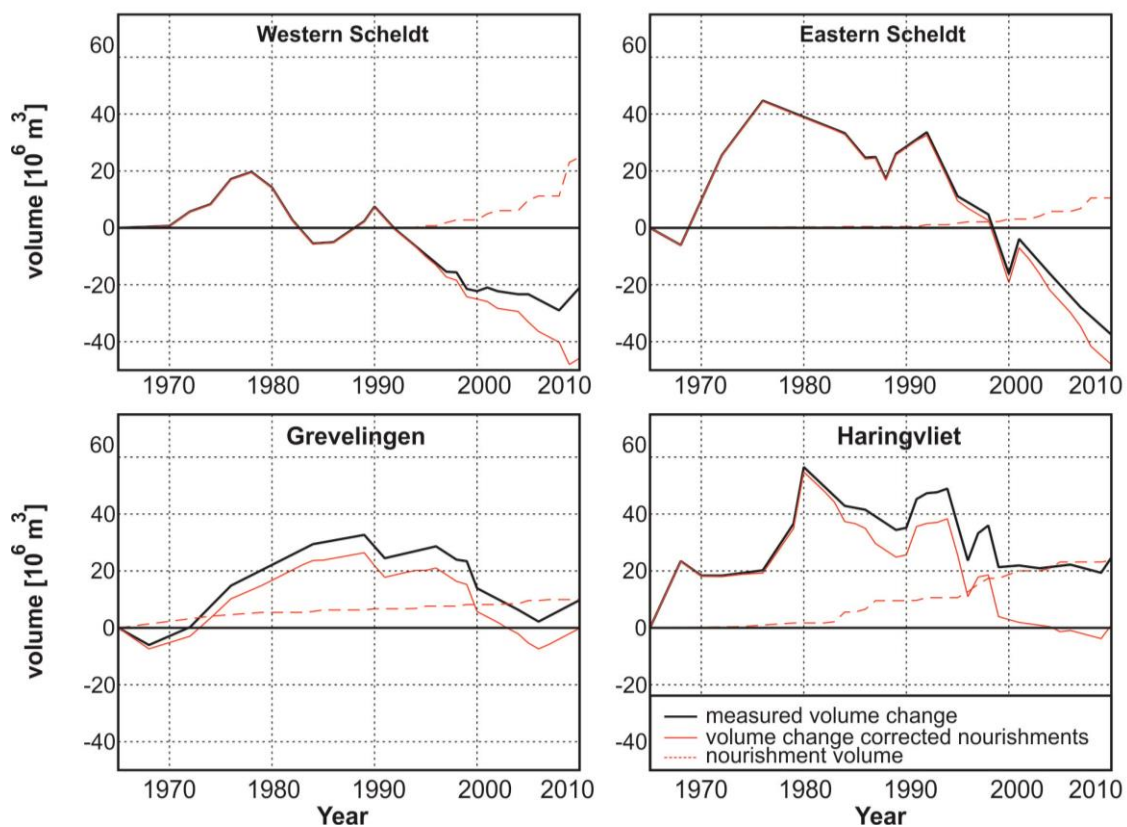
De erosie van de zeewaartse frontzijde van de buitendelta gaat nog steeds door, net als de sedimentatie aan de landwaartse zijde. In totaal is er sprake van een kleine netto sediment volumetoename. Een deel van dit sediment zal zijn aangevoerd door erosie van de Banjaard (paragraaf 3.3.4) en afgezet langs de noordelijke rand van de plaat en de kust van Schouwen (Figuur 3.11C, polygoon e).



Figuur 3.11 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).

3.3.6 Volumeontwikkeling buitendelta (Elias et al 2016)

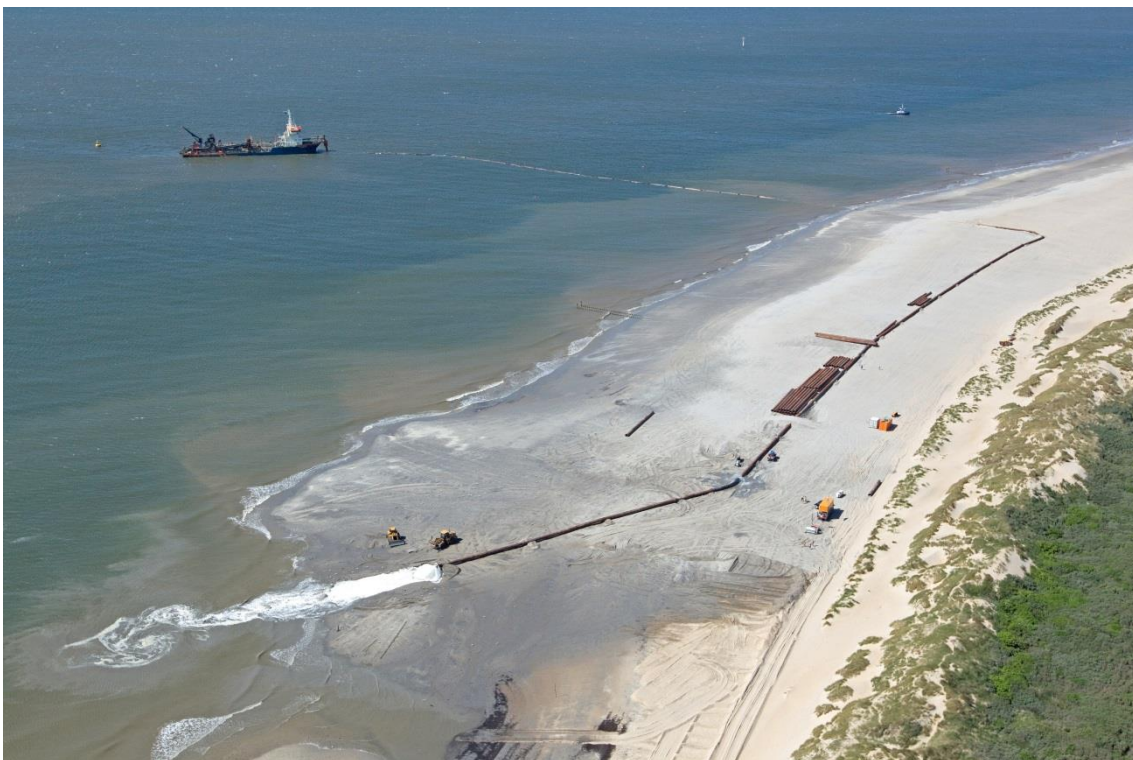
Een volumetoename van 45 Mm³ trad op in de Oosterschelde buitendelta tussen 1965 en 1976. Grote sediment afzettingen zijn waargenomen in de afgesloten Geul, die in 1984 volledig was opgevuld en opgegaan in de verste delen van de Banjaard (Figuur 3.10 E d). Sinds 1980 is het volume van de buitendelta behoorlijk afgenomen met 77 Mm³ (Figuur 3.12), een erosiesnelheid van -2,67 Mm³/jaar. Het grootste deel van deze verliezen trad op in de Banjaard (-49 Mm³; Figuur 3.10E e). Erosie langs de aanliggende kustlijn van Schouwen maakte herhaaldelijke zandsuppleties nodig en sinds 1975 is al 8 Mm³ zand gesuppleerd. De ronde vorm van de kustlijn van de Kop van Schouwen en de aanwezigheid van de zich ontwikkelende geul Krabbengat direct zeewaarts hebben bijgedragen aan de erosie (Vermaas et al, 2014, 2015). Aanzienlijke zandafzettingen zijn waargenomen op de vloedbank Bollen van het Nieuwe Zand (zie paragraaf 3.3.4). Over de gehele periode genomen zijn de netto volumeveranderingen van de Grevelingen buitendelta kleiner dan die van de Oosterschelde.



Figuur 3.12 Cumulatieve volumeveranderingen van de verschillende buitendelta's (zwarte lijn), het volume gecorrigeerd voor suppleties (rode getrokken lijn) en het totale suppletievolume (gestreepte lijn). (Elias et al, 2016)

4 Kustlijnhandhaving en ontwikkeling vooroever

Dit hoofdstuk beschrijft de ontwikkelingen van de vooroever, in relatie tot het uitgevoerde beheer voor het kustvak Schouwen. Jaarlijks wordt aan de hand van posities van de MKL en de TKL getoetst hoe de kustlijn erbij ligt ten opzichte van de Basiskustlijn. De resultaten van deze toetsing worden vastgelegd in de kustlijnkartenboeken. In paragraaf 4.1 wordt aan de hand van een beknopte samenvatting van de kustlijnkarten weergegeven hoe de kustlijn van het gebied zich heeft ontwikkeld over de periode 1992 - 2017 en welke maatregelen er zijn genomen. Paragraaf 0 geeft een gedetailleerder overzicht van de ingrepen (zandsuppleties) die langs de kust van Schouwen hebben plaatsgevonden (Figuur 4.1). De detailontwikkeling van de vooroever staat beschreven in paragraaf 4.3 en de dynamiek van de zeereep in paragraaf 4.4.



Figuur 4.1 Zandsuppletie op het strand van Schouwen (foto Beeldbank Rijkswaterstaat / Aeroview)

4.1 Samenvatting van de kustlijnkartenboeken

In onderstaand tekstkader is een samenvatting van de beschrijvingen van de kustlijnkartenboeken door de jaren heen gegeven. Zie voor de raainummers Figuur 4.2 of Figuur 4.73. De jaarlijkse kustlijnkartenboeken worden opgesteld in de laatste maand van het voorafgaande jaar. De volledige teksten uit de kustlijnkartenboeken voor Schouwen (kustvak 13, kaarten 8 t/m 10) zijn opgenomen in Bijlage 7A. De kustlijnkartenboeken (vanaf 1992) zijn te downloaden op de website van Rijkswaterstaat:

<http://publicaties.minienm.nl/documenten/kustlijnkarten-seriebeschrijving>

Tekstkader: Samenvatting teksten uit Kustlijnkartenboeken met resultaten van de toetsing Schouwen (kustvak 13, kaarten 10 t/m 8)

De onderwateroever van het Noorderstrand op Schouwen zandt aan, terwijl het strand en de duinvoet overwegend een geringe achteruitgang te zien geven. De "zandgolf" schuift geleidelijk langs de kust in oostelijke richting op.

Het brede strand ter hoogte van Oude Hoeve / Verklikkerduinen (raai 649-1064) bouwt uit aan de oostzijde en erodeert aan de westkant. Omdat voor dit kustvak een omvangrijk bank- en geulenstelsel is gelegen, kan de kustligging sterk wisselen, waardoor de toetsingsresultaten niet meer representatief zijn voor het gedrag van het strand en duin. Voor dit kustvak zijn voorstellen gedaan voor landwaartse verplaatsing van de basiskustlijn met soms honderden meters. Door deze verschuiving wordt rekening gehouden met de natuurlijke dynamiek van het kuststelsel. De fluctuaties in de kustlijnligging veroorzaakt geen gevaar voor de natuur- en recreatiefuncties op het strand en in de duinen.

Voor grote delen van het kustvak Schouwen, zowel aan de noord- als aan de westkust, is de negatieve trend oorzaak van het landwaarts opschuiven van de kustlijn richting BKL. Als gevolg van het zandgolfgedrag bouwt het brede strand ten oosten van de Verklikkerduinen nog steeds uit. Het gedeelte van dit kustvak tussen Noorderstrand en Renesse west (raai 84 t/m raai 649) erodeert tot ca. 5 meter per jaar. In enkele raaien (raai 222 - raai 251) bouwt de kust uit met enkele meters per jaar.

In het westelijk deel van het kustvak, van vuurtoren tot de Stormvloedkering (raai 1164 t/m raai 1719), is een negatieve trend van ca. 5 meter per jaar te zien. Het kustlijnoverschot t.o.v. de BKL varieert van enkele meters tot 60 meter. In de BKL-rekenzone ter plaatse van Westenschouwen (raai 1667 t/m raai 1741) is de zandaanwas onder water groter dan het zandverlies boven water. Hoewel de basiskustlijn daar niet wordt overschreden, wordt het strand wel erg smal.

Op Schouwen treedt vooral aan de westkust erosie op. Het brede strand ten oosten van de Verklikkerduinen daarentegen verplaatst zich nog steeds langzaam zeewaarts. In dit gebied is in vrijwel alle raaien sprake van een landwaartse trend. De kusterosie langs de Kop van Schouwen is veroorzaakt door de bolling van de kustlijn van Schouwen. Van nature wil de kust deze bolling recht trekken. De aanwezigheid van de geul het Krabbengat zorgt voor extra erosie van de kust. Om de kusterosie te verminderen is deze geul (gefaseerd) verlegd tussen 1986 en 1997. De geulverlegging lijkt echter weinig structureel te veranderen aan de ontwikkeling van de ondiepe onderwateroever van Schouwen, voornamelijk tussen raai 1300 en 1550.

Tussen raai 1248 en 1425 vindt een pilot project 'slimmer omgaan met Schouwen' plaats. Onderdeel van deze pilot is het eenmalig niet suppleren van dit stuk kust in het meerjarenprogramma 2016-2019. De omliggende raaien zullen wel worden gesuppleerd.

Schouwen ligt voldoende in het zand. De locaties waar een BKL overschrijding zichtbaar is zijn recent gesuppleerd of vallen onder de pilot 'Slimmer omgaan met zand op Schouwen'. De trend tussen raai 84 en 469 is voornamelijk landwaarts gericht. In 2017 is de BKL overschreden in de raaien 377 t/m 417. De verwachting is dat tussen 2018 en 2021 de Basiskustlijn in raai 148, 357 en 437 wordt overschreden.

In 2011 is een strandsuppletie uitgevoerd tussen het Noorderstrand en Renesse (raai 106 t/m 469). In 2016 is de strandsuppletie op een deel van de raaien (319 t/m 469) herhaald. Van raai 469 t/m 544, bouwt de kust licht uit. Tussen de raaien 559 t/m 619 is een landwaartse trend zichtbaar. De basiskustlijn wordt hier niet overschreden. Het brede strand ten oosten van de Verklikkerduinen tussen raai 634 en 879 verplaatst zich langzaam zeewaarts. Van raai 899 tot aan raai 1004 is er voldoende zand aanwezig en ligt de kustlijn tientallen tot ca. 240 meters zeewaarts van de basiskustlijn.

4.2 Suppletieoverzicht

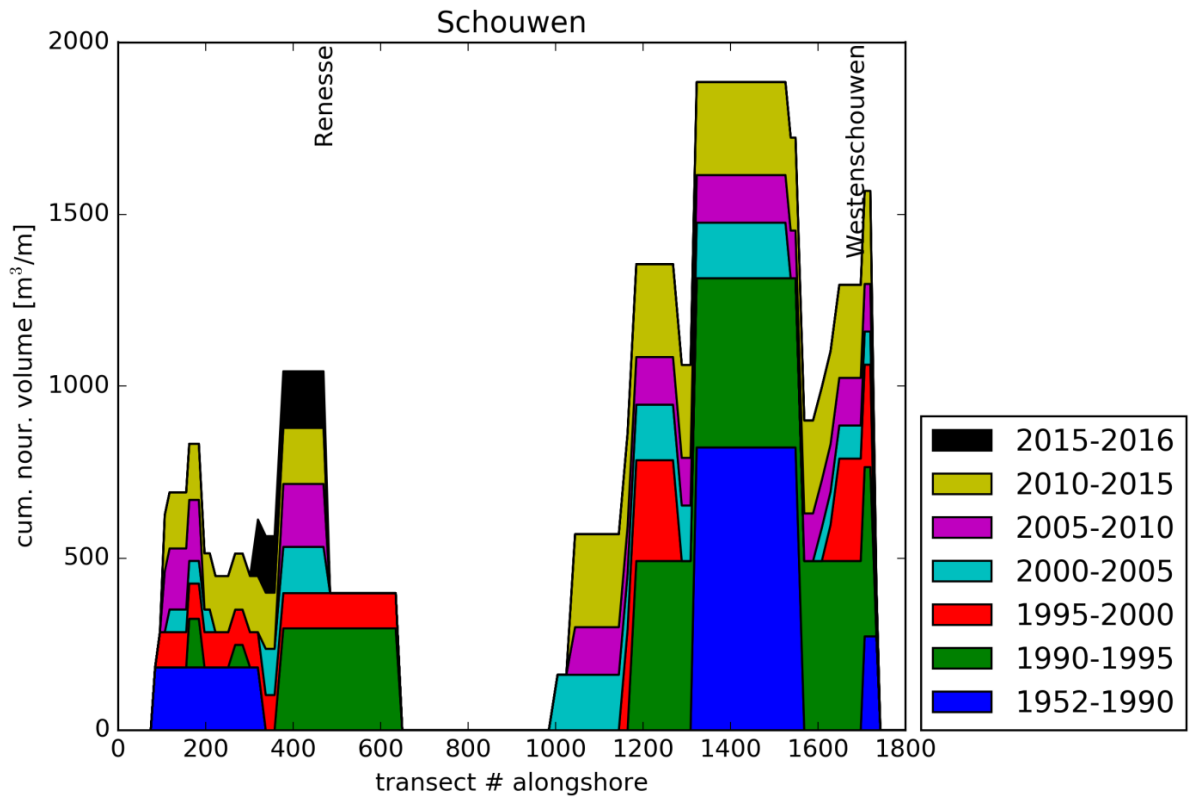
Vóór 1990 zijn strandsuppleties incidenteel uitgevoerd als maatregel om de kust en de duinen tegen erosie te beschermen. Duinverzwaringen zijn aanvullingen van de zandvoorraad van de duinen. Duinverzwaringen zijn veelal uitgevoerd om de veiligheid te vergroten, daar waar de duinen het achterland beschermen tegen overstromingen. Vanaf 1990 zijn zandsuppleties de structurele beheermaatregel tegen verdere erosie van de kust, als onderdeel van het dynamische handhaven. Tabel 4.1 geeft een compleet overzicht van uitgevoerde zandsuppleties met de gesuppleerde volumes. Figuur 4.2, Figuur 4.3 en Figuur 4.4 geven een overzicht van de locatie van de suppleties voor het kustvak Schouwen, zie ook Bijlage 7B voor de eerdere jaren. De cumulatief gesuppleerde volumes per m zijn weergegeven in Figuur 4.2. In Figuur 4.5 zijn de totale gesuppleerde volumes zand in de tijd weergegeven. Figuur 4.6 geeft de ligging van de Jarkusraaien aan.

Op Schouwen zijn geen onderwatersuppleties uitgevoerd, omdat het kustprofiel en de morfodynamiek zich hiervoor niet lenen. De kustprofielen op de plekken waar beheermaatregelen worden getroffen zijn steil en zijn feitelijk geulwanden. De vorm van de profielen biedt weinig ruimte voor het aanbrengen van grote volumes zand. Zand dat op de vooroever wordt aangebracht zal naar verwachting niet naar het strand worden getransporteerd.

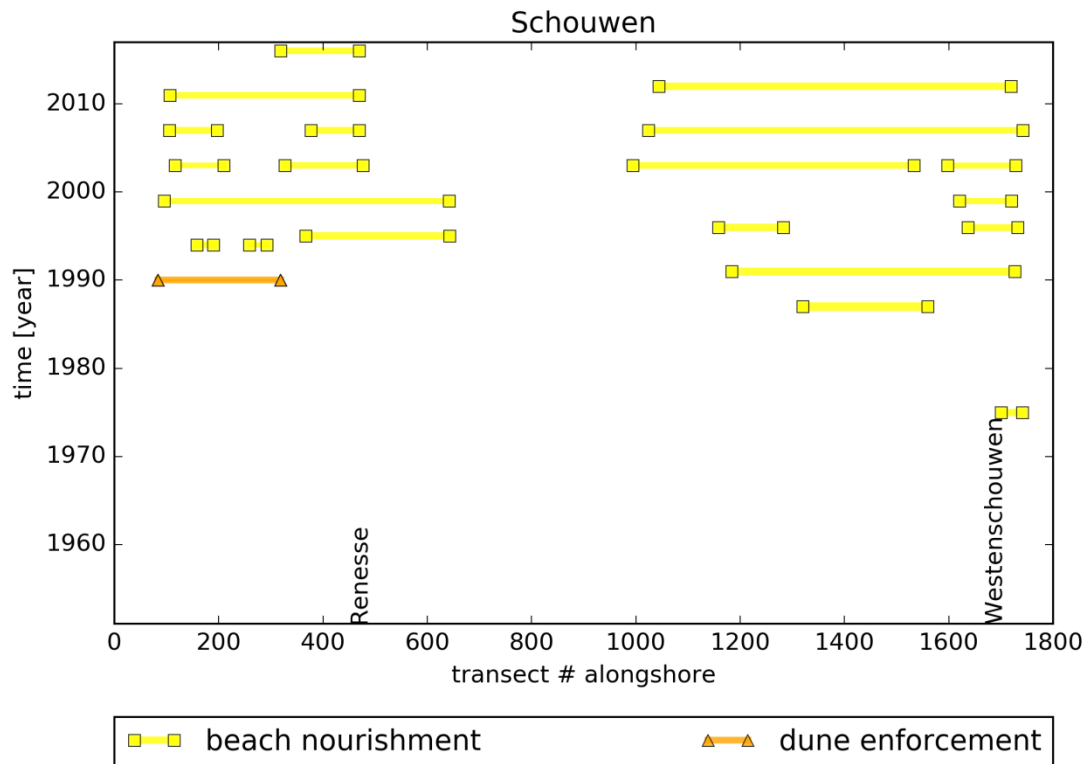
De geulverlegging, die is uitgevoerd door de combinatie van zandwinning aan de zeezijde van het Krabbengat en suppleties aan de landzijde in 1986 en in 1991 is een bijzondere ingreep geweest. Een dergelijke geulverlegging is verder alleen uitgevoerd bij het Oostgat voor de kust van zuidwest Walcheren. Van de geulverlegging is vastgesteld dat deze ruimschoots aan zijn doel heeft voldaan (Maranus, 1996, Vermaas et al, 2014, 2015), zie verder 4.3.4.

In 2016 is op het kustvak Kop van Schouwen, tussen raai 1248 en 1425, de pilot 'Slimmer omgaan met zand op Schouwen' uitgevoerd. Doel is om de effecten van het niet-uitvoeren van de geplande suppletie in 2016 tussen de raaien 1248-1425 (Schouwen) te monitoren, om de effecten op de morfologie, hydrologie, natuur en recreatie vast te stellen (Van der Valk et al, 2013, 2015).

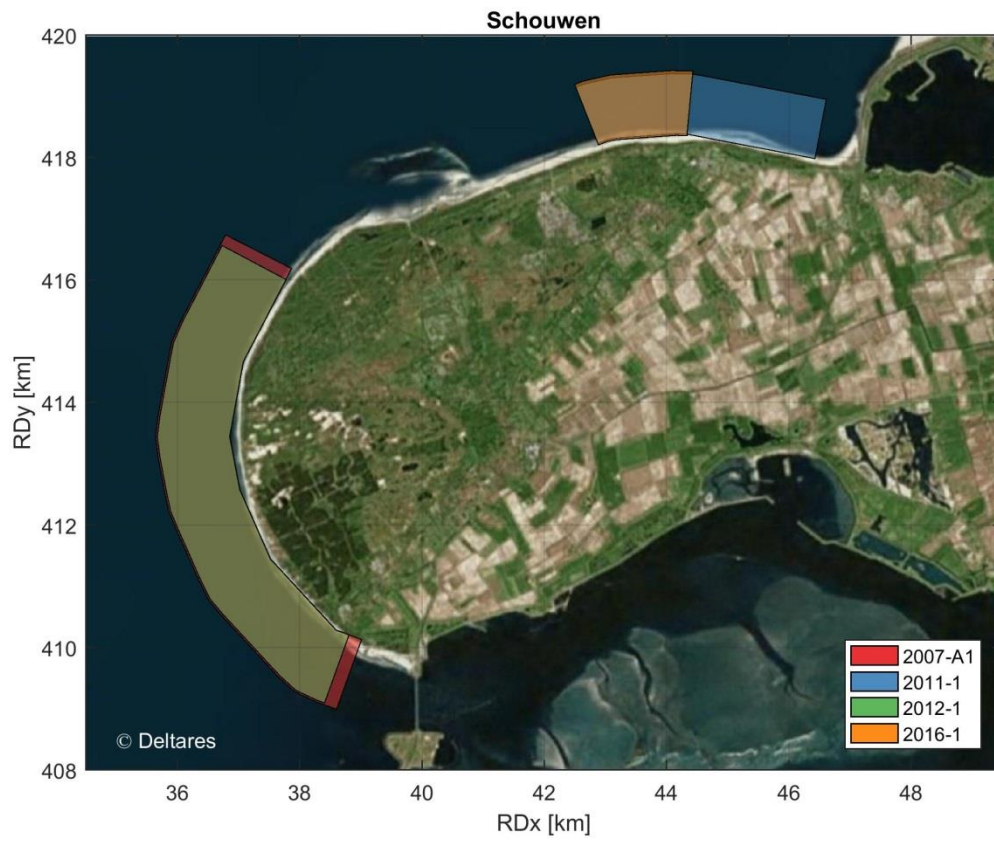
In de winter 2013-2014 zijn de duinen langs de Zouten en Zoeten Haard bij het Noorderstrand door het Waterschap Scheldestromen aan de landzijde versterkt. Deze duinverzwaring valt echter niet onder de kustlijnzorg.



Figuur 4.2 Cumulatieve suppletievolumes per m per raai Schouwen 1952-2016

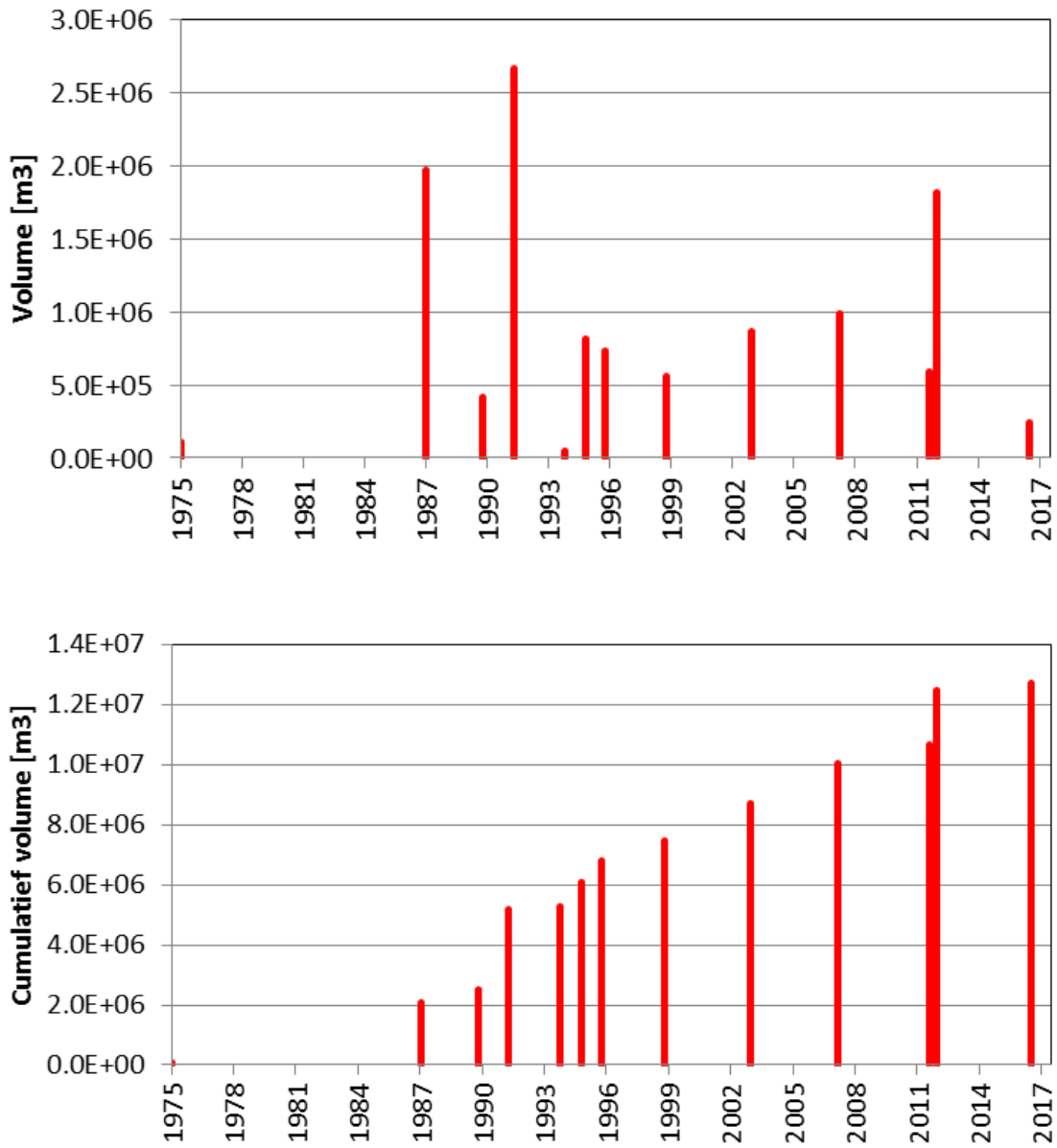


Figuur 4.3 Overzicht suppleties per raai kustvak Schouwen (Geel = strandsuppletie, Oranje = duinvoetversterking)



Figuur 4.4 Ligging van de suppleties op kustvak Schouwen 2007-2016

Zandsuppleties Kustvak 13 Schouwen



Figuur 4.5 Volume en cumulatief volume van alle uitgevoerde zandsuppleties per jaar kustvak 13, Schouwen

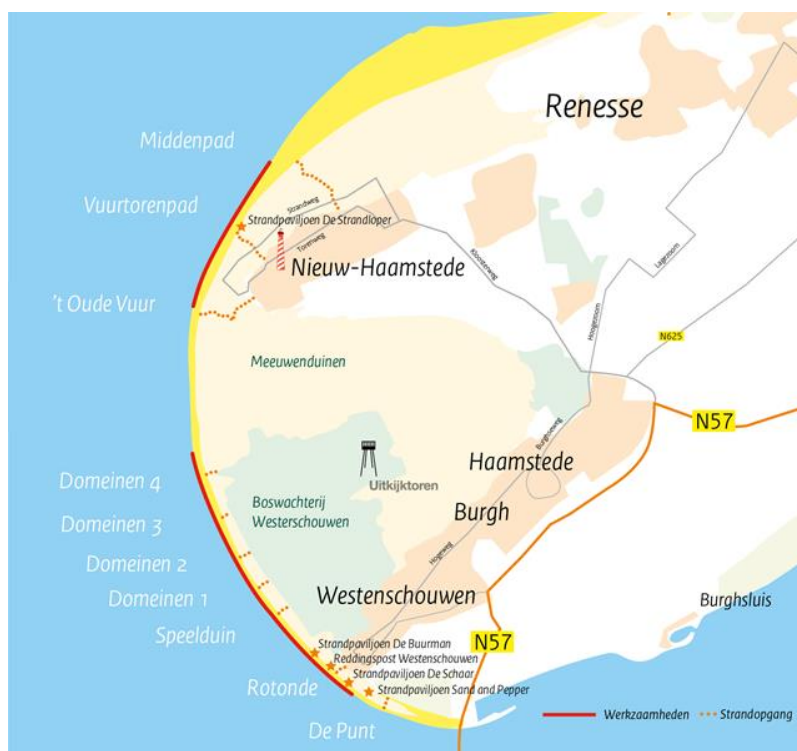


Figuur 4.6 Overzicht kustvak Schouwen, met ligging Jarkus raaien 74-1800 (van noord naar zuid) (achtergrondkaart: OpenStreetMap).

Tabel 4.1 Suppletieoverzicht Schouwen (op basis van gegevens van Rijkswaterstaat t/m augustus 2017).

Begindatum	Einddatum	Beginlocatie	Eindlocatie	Volume	Volume per m	Lengte	Type
				m ³	m ²	m	
april 1975	april 1975	Schouwen - 1706	Schouwen - 1740	112000	273	410	strandsuppletie
april 1987	juni 1987	Schouwen - 1322	Schouwen - 1548	1974000	823	2400	strandsuppletie
januari 1990	december 1990	Schouwen - 84	Schouwen - 319	430000	183	2350	duinverzwaring
juli 1991	december 1991	Schouwen - 1184	Schouwen - 1727	2672983	492	5430	strand-duinsuppletie
januari 1994	december 1994	Schouwen - 160	Schouwen - 189	40000	127	315	strandsuppletie
januari 1994	december 1994	Schouwen - 260	Schouwen - 291	49000	144	340	strandsuppletie
januari 1995	december 1995	Schouwen - 367	Schouwen - 634	818000	296	2760	strandsuppletie
januari 1996	december 1996	Schouwen - 1164	Schouwen - 1731	733000	586	1250	strandsuppletie
januari 1999	december 1999	Schouwen - 1628	Schouwen - 1719	105000	105	1000	strandsuppletie
januari 1999	december 1999	Schouwen - 95	Schouwen - 634	560000	102	5465	strandsuppletie
maart 2003	juni 2003	Schouwen - 117	Schouwen - 209	61912	66	940	strandsuppletie
maart 2003	juni 2003	Schouwen - 328	Schouwen - 475	201847	135	1500	strandsuppletie
maart 2003	juni 2003	Schouwen - 1608	Schouwen - 1727	125220	96	1300	strandsuppletie
maart 2003	juni 2003	Schouwen - 1004	Schouwen - 1525	870237	161	5390	strandsuppletie
juni 2007	juni 2007	Schouwen - 377	Schouwen - 469	169643	183	927	strandsuppletie
juni 2007	juni 2007	Schouwen - 106	Schouwen - 193	161689	177	911	strandsuppletie
juni 2007	juli 2007	Schouwen - 1044	Schouwen - 1740	994023	139	7177	strandsuppletie
november 2011	januari 2012	Schouwen - 106	Schouwen - 469	592299	163	3630	strandsuppletie
maart 2012	september 2012	Schouwen - 1044	Schouwen - 1719	1824901	270	6750	strandsuppletie
oktober 2016	november 2016	Schouwen - 319	Schouwen - 469	246750	164	1505	strandsuppletie
TOTAAL				12742504			

De meest recente informatie over het onderhoud van de kust van Schouwen (Westkop) door Rijkswaterstaat, vermeld op onderstaande website en nog niet opgenomen in het overzicht van Tabel 4.1, betreft de werkzaamheden van eind september tot half december 2017, zie ook Figuur 4.7. Baggerschepen spuiten in totaal 1,17 miljoen m³ zand op het strand tussen de strandopgangen Middenpad en 't Oude Vuur en tussen de noordkant van Boswachterij Westerschouwen (strandpaal 13.75) en strandpaviljoen Sand & Pepper bij de Kampweg. De werkzaamheden gaan dag en nacht, zeven dagen per week door. Dit deelgebied valt onder het hiervoor genoemde Voorhoedeproject: Slimmer omgaan met zand op Schouwen tussen de raaien 1248-1425. In Den Heijer (2017) is geconcludeerd dat de erosie tussen 2016 en 2017 ondanks een forse storm beperkt is gebleven.



Figuur 4.7 Recente werkzaamheden in kader kustlijn­zorg Kop van Schouwen (oktober 2017) (URL: <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/bescherming-tegen-het-water/maatregelen-om-overstromingen-te-voorkomen/kustonderhoud>)

4.3 Detailontwikkeling vooroever

4.3.1 Vier deelgebieden

In de kustlijn van Schouwen zijn vier deelgebieden onderscheiden (Figuur 4.8), mede op basis van de ligging ten opzichte van de monding van de Grevelingen (deelgebied I), de Oosterscheldemonding (deelgebieden III en IV) en het deelgebied II tussen de deelgebieden I en III. De kustvakken worden gemarkeerd met RSP (Rijks Strand Palen) (in km), (Jarkus-) raaien of transects (raai nummer = 100x RSP nummer), zie ook Figuur 4.6 of Figuur 4.73.

Binnen ieder deelgebied zijn vergelijkbare morfologische kenmerken herkenbaar, die per deelgebied in een paragraaf worden beschreven. Ook de ontwikkelingen van de kustindicatoren (MKL, TKL ten opzichte van de Basiskustlijn, BKL), de hoog- en laagwaterlijnen (MHW en MLW) en de duinvoet (DF) worden per deelgebied beschreven met standaardfiguren per raai. De grenzen van de deelgebieden liggen niet vast, maar zijn in de loop van de tijd verschoven. Deze verschuivingen hebben mede plaatsgevonden onder invloed van de grootschalige morfologische veranderingen in de beide mondingen, zoals beschreven in paragraaf 3.3.4 en 3.3.5. Overzichtskaartjes van de kustlijnindicatoren van Schouwen voor 2016 is gegeven in Figuur 4.9 en voor alle jaren in Bijlage 7C.

De onderscheiden deelgebieden zijn (Figuur 4.8):

Deelgebied I (Brouwersdam-Noorderstrand - Renesse; raai 0-634):

De huidige ontwikkelingen in het deelgebied worden bepaald door de afscherpende werking van de ondieptes in de monding van de Grevelingen en de beperkte getijdestroming door het Brouwershavensche Gat, zie paragraaf 4.3.2.

Deelgebied II (Verklikkerstrand; raai 649–984):

De aanwezigheid van de brede strandvlakte is gekoppeld aan de aanwezigheid van de Bollen van het Nieuwe Zand. De Bollen zijn met het Krabbengat, als een onderdeel van de grootschalige heroriëntatie van de monding van de Oosterschelde, naar het noordoosten opgeschoven, zie paragraaf 4.3.3.

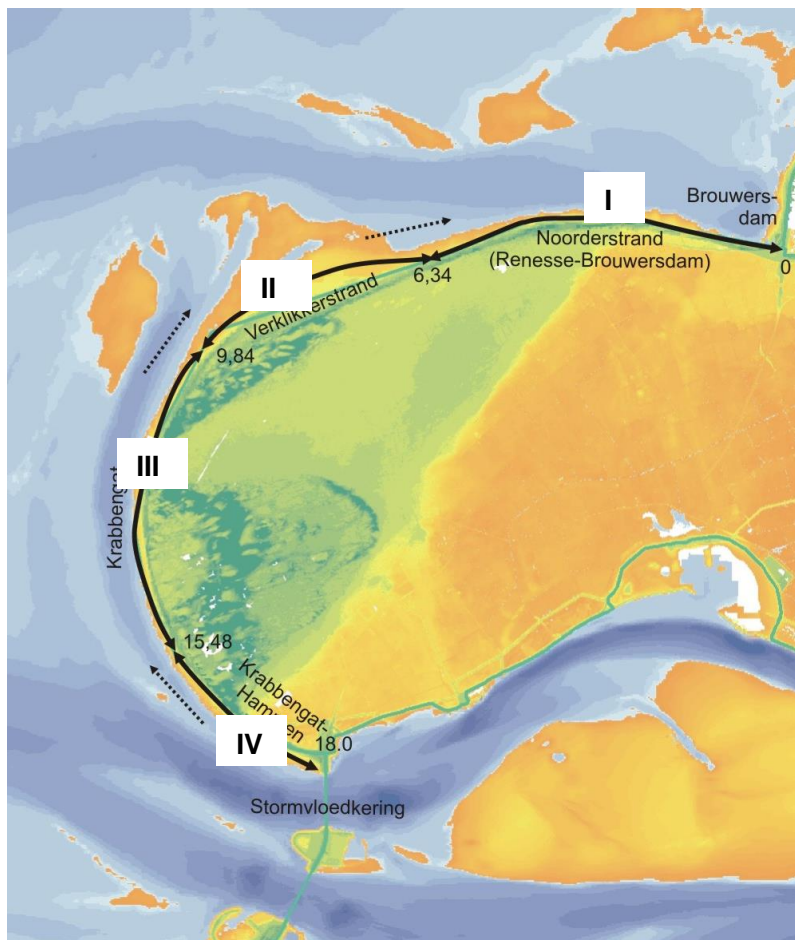
Deelgebied III (Krabbengat; raai 1004-1548):

De verlenging en verruiming van het Krabbengat zijn ook een onderdeel van de grootschalige heroriëntatie van de monding van de Oosterschelde. Deze verplaatsing vond ook al plaats voordat de ingrepen in de mondingen van Grevelingen en Oosterschelde zijn uitgevoerd, zie paragraaf 4.3.4.

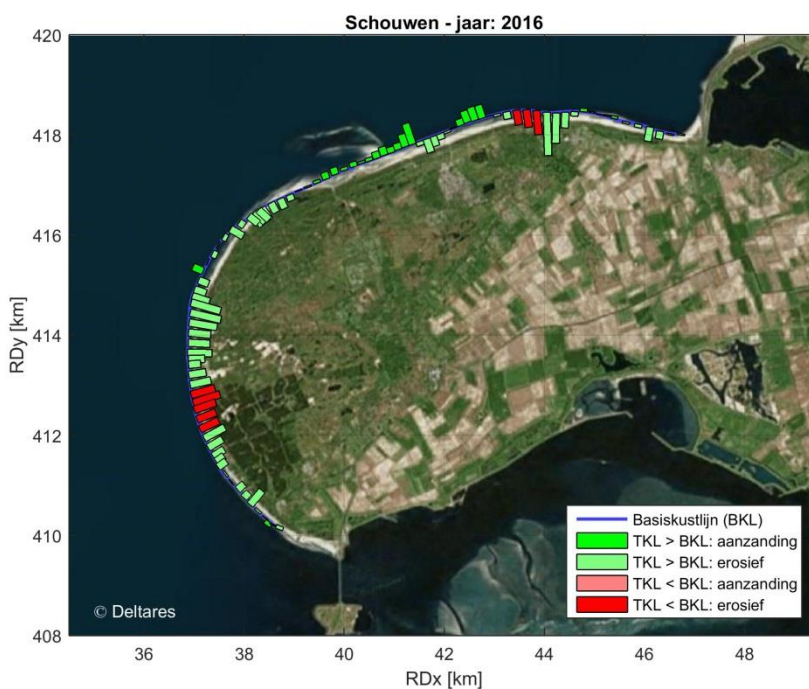
Deelgebied IV (Krabbengat-Hammen; raai 1548 -1800):

Met de grootschalige heroriëntatie van de monding van de Oosterschelde is het Krabbengat naar het noordoosten gedraaid. Daarmee is aan de zuidoostzijde van de geul ruimte ontstaan voor sedimentatie, zie paragraaf 4.3.5.

Een samenvatting wordt gegeven in paragraaf 4.3.6



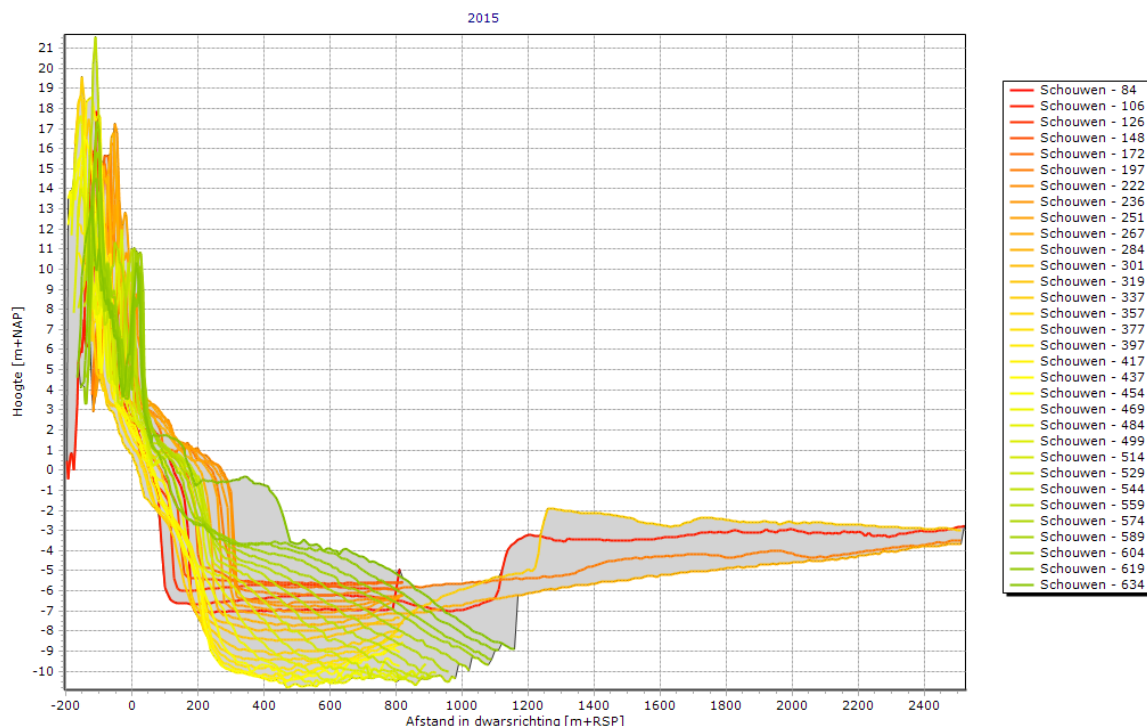
Figuur 4.8 Vier deelgebieden van de kust van Schouwen met RSP nummers. Gearceerde pijlen geven de richting van het zandtransport weer (Arcadis, 2013)



Figuur 4.9 Ontwikkeling kustlijnindicatoren Kustvak Schouwen 2016, Zie verder Bijlage C

4.3.2 Deelgebied I: Brouwersdam-Noorderstrand- Renesse (raaien 0-634)

Deelgebied I van de kust van Schouwen loopt van de aanhechting met de Brouwersdam tot en met het strand bij Renesse, waar de Bollen van het Nieuwe Zand het kustprofiel en het bovenaanzicht gaan beïnvloeden, zie Figuur 4.11. Een uitgebreide analyse van de morfologische ontwikkeling van het Noorderstrand kan worden gevonden in Boers e.a. (2011), als onderdeel van een uitgebreide studie ten bate van de kustversterking die daar is uitgevoerd. De kustprofielen worden in dit deelgebied gekenmerkt door het ontbreken van brekerbanken (Figuur 4.10). Vanuit de duinen gaat het profiel via overwegende holle strandprofielen over naar de steile geulwand van het Brouwershavensche Gat.



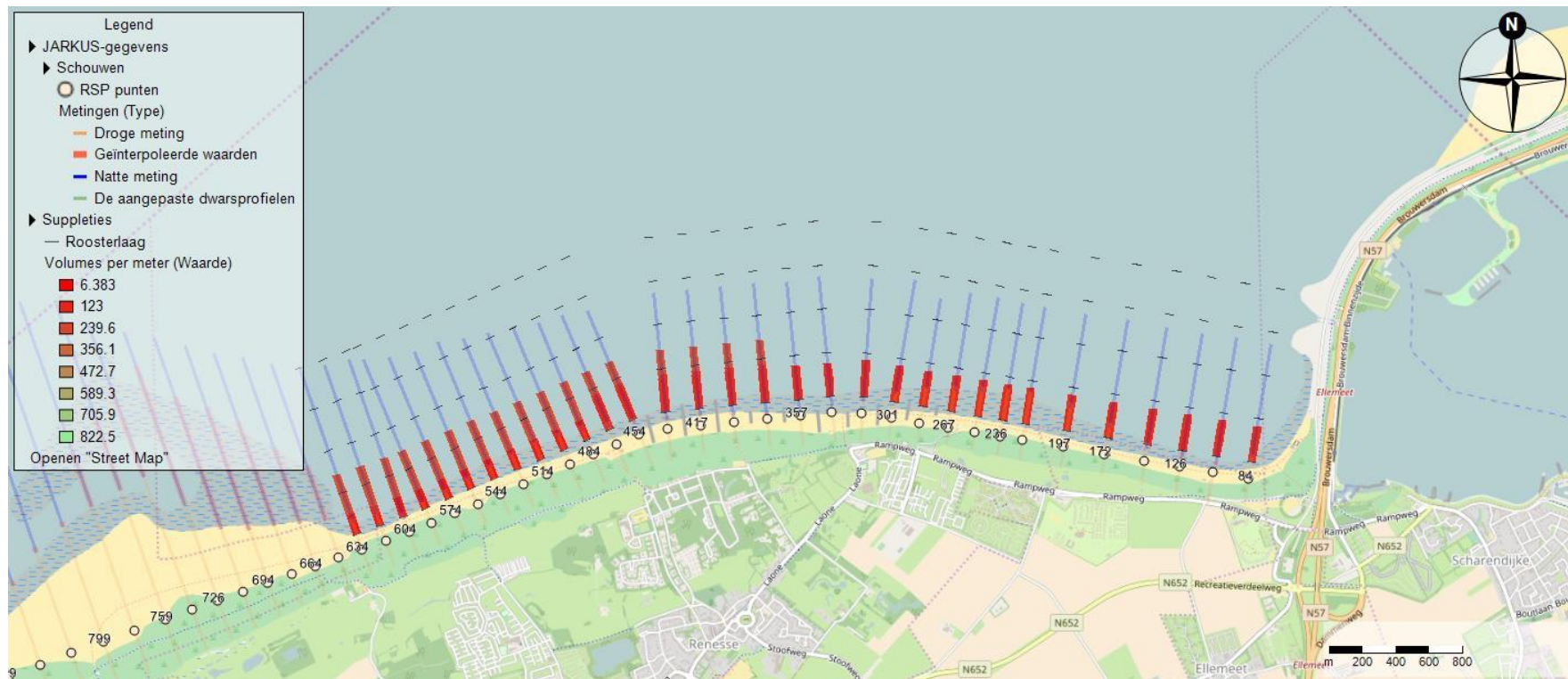
Figuur 4.10 Overzicht van dwarsprofielen in deelgebied I van de Brouwersdam tot Renesse voor het jaar 2015 (locaties in Figuur 4.6).

De veranderingen in de kustprofielen in deelgebied I spelen zich in vier zones af:

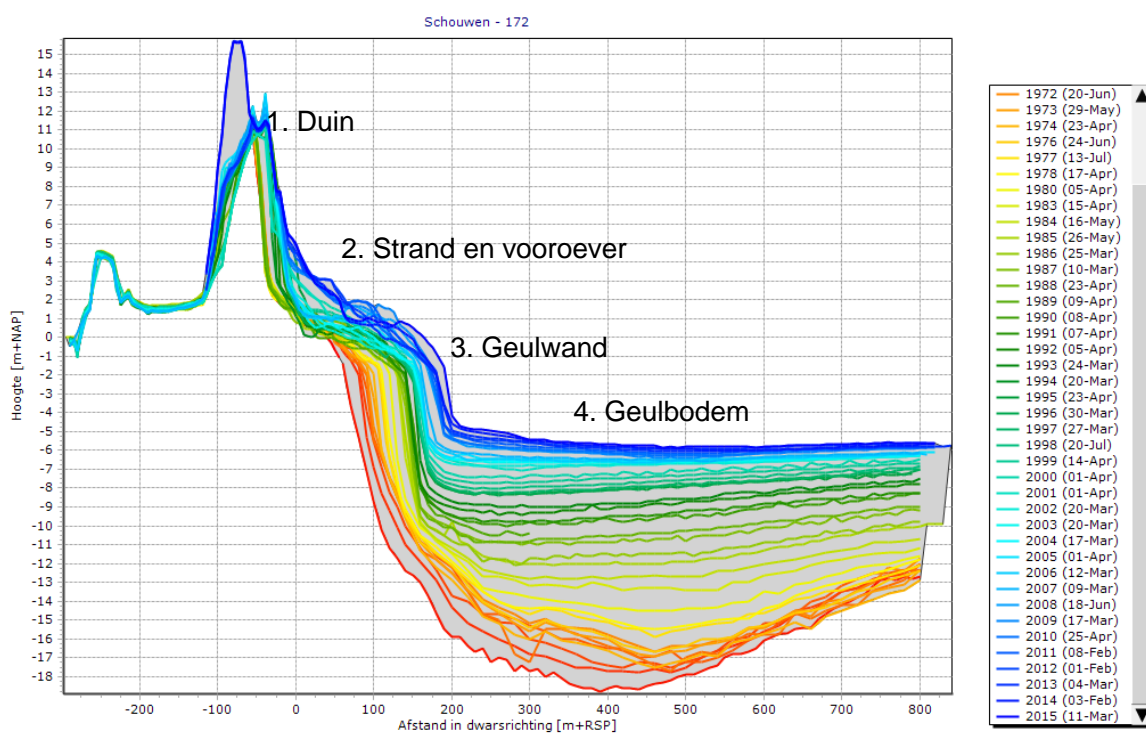
1. Duinen;
2. Strand en ondiepe vooroever;
3. Geulwand;
4. Geulbodem.

1. Duinen

De duinen en hun ontwikkelingen worden besproken in paragraaf 4.4. Van belang voor de ontwikkeling van het strand is de verplaatsing van de duinvoet (rond NAP +3,5 m), waarmee de breedte van het strand verandert. Op verschillende plekken heeft een uitbouw van de duinvoet plaatsgevonden. Deze uitbouw lijkt in enige mate langs de kust te verplaatsen en heeft mogelijk te maken met de verplaatsing van een 'zandgolf' van west naar oost langs dit kustdeelgebied.



Figuur 4.11 Locaties van de raaien (74-634) met suppletievolumes in deelgebied I (achtergrondkaart: OpenStreetMap).



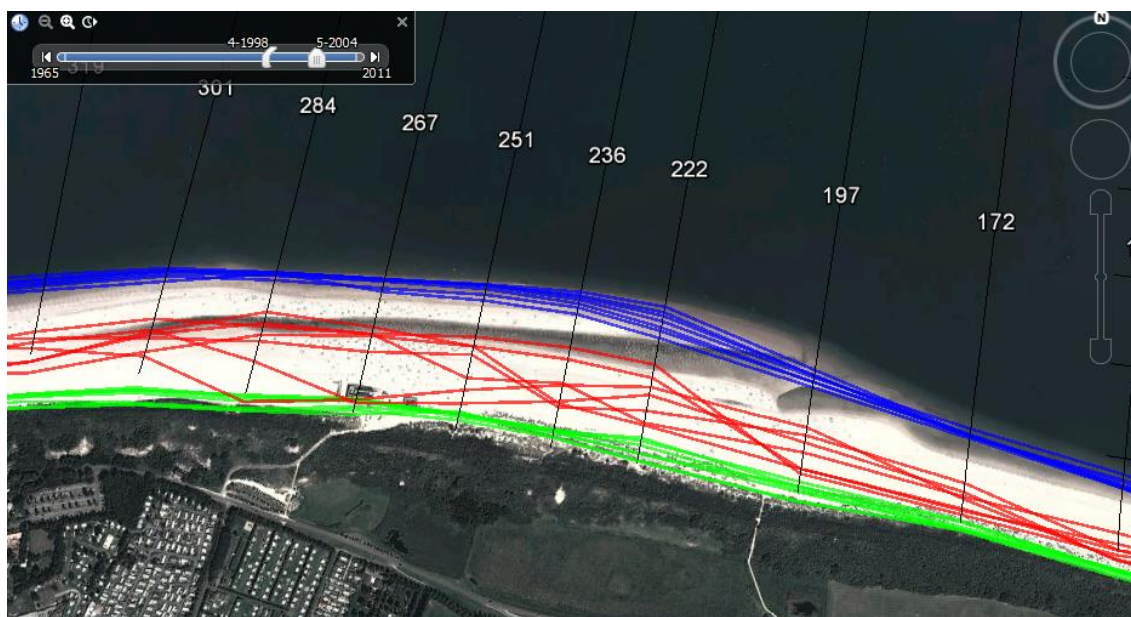
Figuur 4.12 Dwarsdoorsnedes 1966-2015 voor Jarkusraai 172 met morfologische onderverdeling.

2. Strand en ondiepe vooroever

Het strand en de ondiepe vooroever hebben een hooggebied vanaf de duinvoet (rond NAP +3,5 m) tot NAP -2 m in het oosten van het deelgebied en NAP -4 m in het westelijke deel van het deelgebied. Voor het bepalen van de ondergrens is gekeken naar vorm van het profiel en de dynamiek. In Figuur 4.12 is te zien dat de veranderingen in het ondiepe bereik zich afspelen tot een diepte van NAP -2 m. Het verschil in de diepte tot waarop de dynamiek zich afspeelt is waarschijnlijk te herleiden tot het lokale golfklimaat, dat in sterke mate wordt bepaald door de afschermende werking van de ondieptes op de Grevelingenmond. De dynamiek op het strand en de vooroever is groot in vergelijking met de duinen en ook die van de geulwand. Er zijn locaties waar erosie plaatsvindt en ook plekken met sedimentatie, die zich deels in de vorm van een zandgolf lijkt te verplaatsen van west naar oost langs de kust (Figuur 4.13).

Hierbij past wel de kanttekening dat in het gebied verschillende strandsuppleties zijn uitgevoerd, die interfereren met de autonome erosie en sedimentatie. Het netto zandtransport lijkt echter wel van west naar oost langs de kust plaats te vinden. Het zand hoopt zich langzaam op in de hoek waar de Brouwersdam aansluit op de noordkust van Schouwen. Het is ook mogelijk dat zich hier een strandhaak vormt, omdat de Bollen van het Nieuwe Zand periodiek zand "bypassen". Deze bypassing propageert dan verder langs de kust in de vorm van een zandgolf, zie ook 4.3.4.

In Giardino et al. (2014B) wordt aangegeven, dat zandgolfpatronen duidelijk zichtbaar zijn op de noordelijke kust van Schouwen, tussen de raaien 600 en 1400 en zich voortplanten in noordoostelijke richting met een periode van ongeveer 75 jaar, zie verder paragraaf 4.3.4.



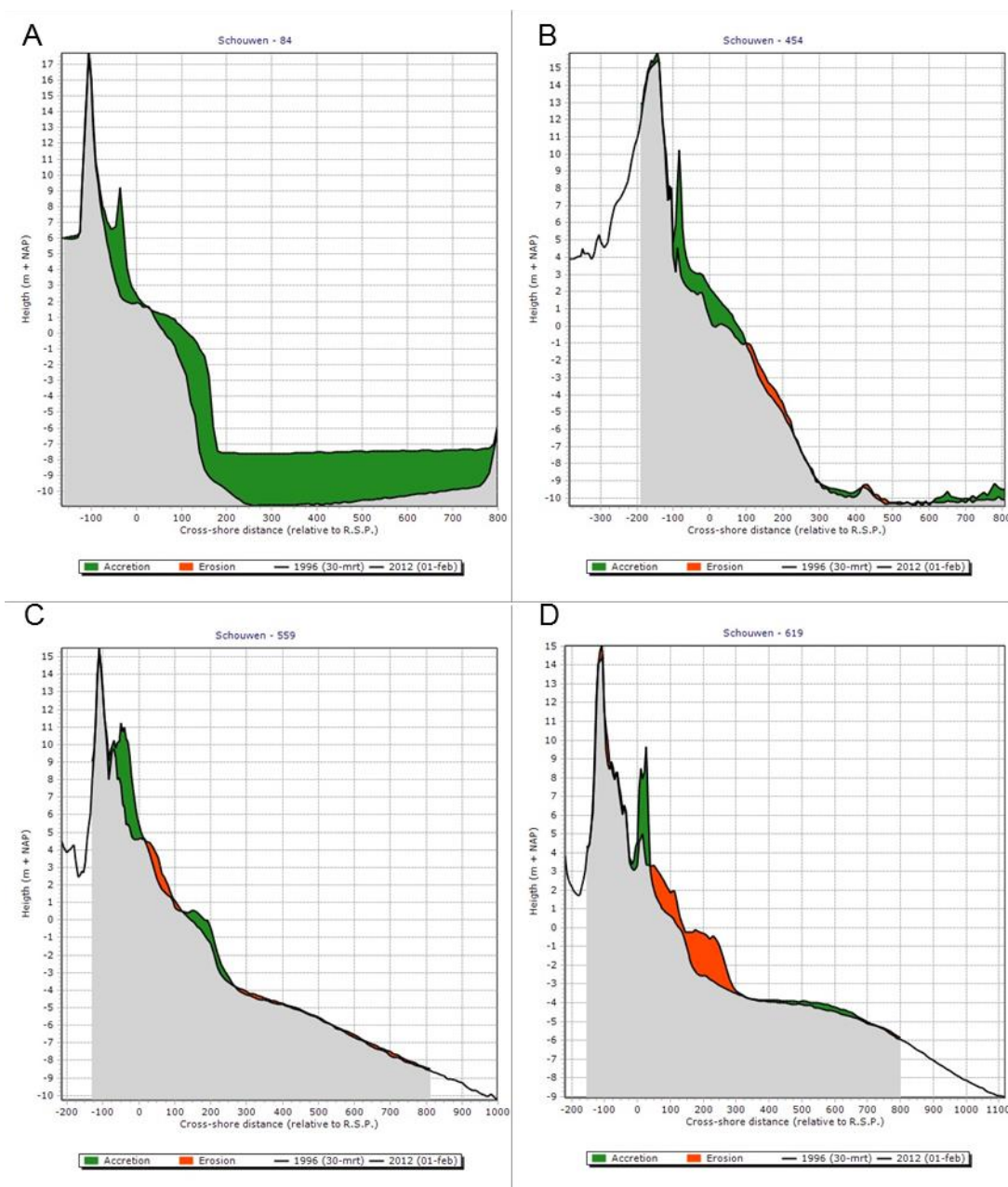
Figuur 4.13 Ligging van de duinvoet (groene lijn), hoogwaterlijn (rode lijn) en laagwaterlijn (blauwe lijn) in kustdeelgebied I van Schouwen voor een aantal jaren in de periode 1998-2004.

3. Geulwand

De geulwand van het Brouwershavensche Gat wordt aan de bovenkant begrensd door de vooroever, die aan de oostzijde rond de NAP -2 m ligt en aan de westzijde rond de NAP -4m. De vorm van de geulwand varieert van steil in het oosten, tot bol vanaf een plateau op een waterdiepte van NAP -4 m in het westen. Figuur 4.14 laat van vier verschillende raaien uit het kustdeelgebied 1 de verschillen tussen 1996 en 2012 zien. Van het uiterste oosten tot rond raai 454 vindt een geleidelijke noordwaartse uitbouw van de geulwand plaats. De uitbouw is het grootst nabij de Brouwersdam, waar deze in de periode 1996-2012 ongeveer 50 m is uitgebouwd. De mate van uitbouw van de geulwand is door Boers e.a. (2011) gerelateerd aan de verplaatsende zandgolf langs de kust. De top van de zandgolf voedt als het ware de geulwand, mogelijk via het geultje (slenk) die op het strand aanwezig is. Tussen raaien 454 en 589 vindt een beperkte verdieping plaats, die in vergelijking met de uitbouw ten oosten ervan zeer beperkt is. Tussen raai 589 en het einde van het kustdeelgebied is de geulwand stabiel tot licht verondiepend.

4. Geulbodem

De geulbodem van het Brouwershavensche Gat is sinds de afsluiting van de Grevelingen verondiept. In eerste instantie heeft de verondieping zich voorgedaan in de gehele geul, in tweede instantie ligt het zwaartepunt aan de oostzijde, direct bij de Brouwersdam. In dit gebied heeft zich in een vrijwel vlakke geulbodem ontwikkeld, met een waterdiepte die voor het ondiepste deel rond de NAP -6 m ligt. De snelheid waarmee de geul opvult is afgenomen, tot tegenwoordig een tiental cm per jaar, zie Figuur 4.12, zie ook 3.2.4.



Figuur 4.14 Dwarsdoorsneden 1996-2012 deelgebied I, kustvak Schouwen, met een verlaging van het profiel (erosie) in rood en een verhoging (duinverzwaring, strandsuppletie, sedimentatie) in groen. A. raai 84; B. raai 454; C. raai 559; D. raai 619.

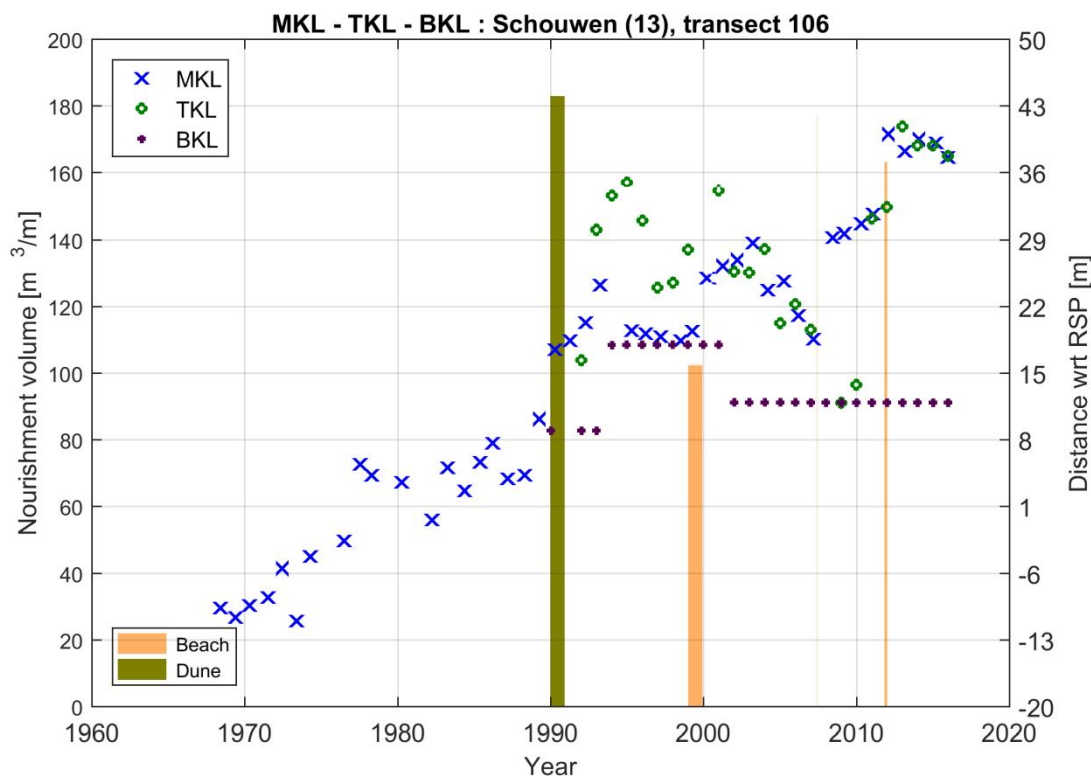
Kustindicatoren

De kustindicatoren voor de kustlijn zorg zijn de Momentane Kustlijn (MKL) en de Te Toetsen Kustlijn (TKL) die worden beschouwd ten opzichte van de Basiskustlijn (BKL); zij worden allemaal uitgedrukt in een afstand van het nulpunt van de Rijksstrandpalen (RSP) of Jarkus raaien (zie paragraaf 2.2).

In Figuur 4.15 zijn de posities van de MKL, TKL en BKL weergegeven voor raai (of transect) 106. De weergegeven getallen komen overeen met getallen zoals die door Rijkswaterstaat zijn gerapporteerd in de Kustlijnkaarten.

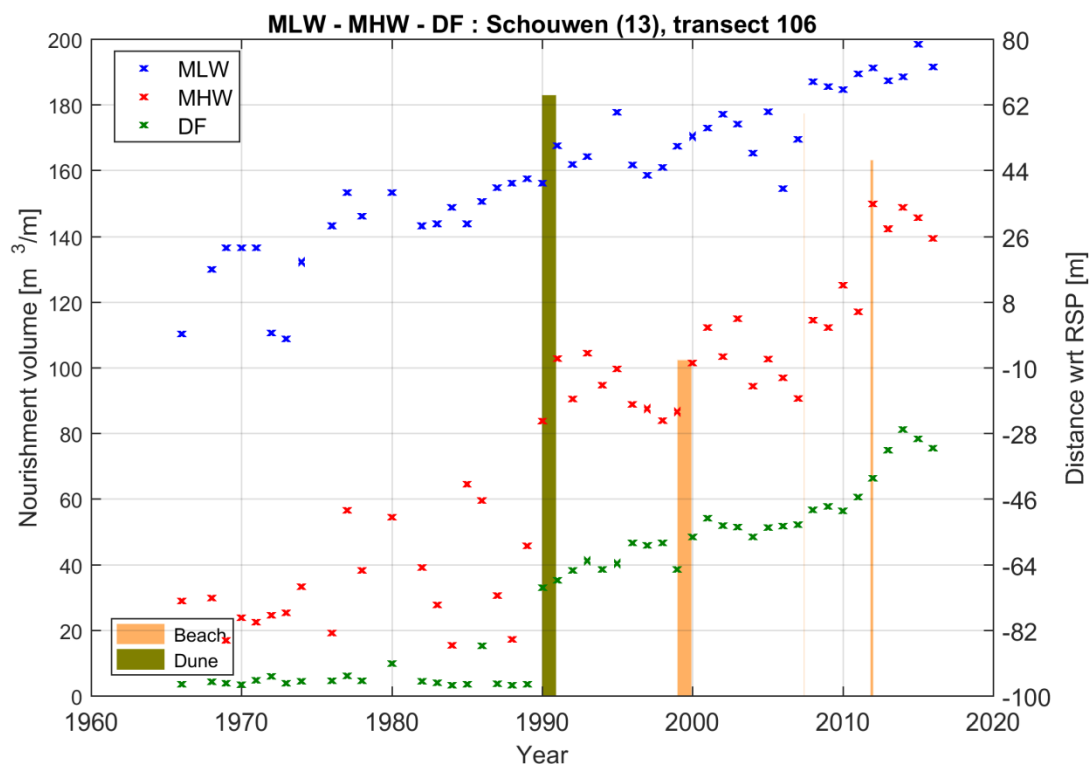
Er zijn vanaf 1990 wijzigingen doorgevoerd in de Basiskustlijn (zie paragraaf 2.4) en de grenswaarden (rekenvensters, zeewaartse begrenzingen) die zijn gehanteerd bij het berekenen van de MKL. Tevens zijn er verschillende methoden gehanteerd voor de extrapolatie van de MKL voor het bepalen van de TKL, onder andere in situaties nadat

een suppletie is uitgevoerd. Voor de hier getoonde grafieken zijn geen nieuwe waarden berekend met vaste grenswaarden. Dit betekent dat in sommige gevallen verspringingen in MKL en TKL plaatsvinden die niet het gevolg zijn van morfologische veranderingen, maar van aanpassingen in de grenswaarden.



Figuur 4.15 Grafiek met de positie van de MKL, de TKL en de BKL voor raai 106.

Naast de ontwikkeling van MKL en TKL wordt gekeken naar de ontwikkeling van de duinvoet (DF), hoogwaterlijn (MHW) en laagwaterlijn (MLW). Deze worden bepaald door de doorsnijding van het profiel met specifieke hoogtes in m NAP die in de tijd hetzelfde worden gehouden (er is geen rekening gehouden met de variaties in de waterstanden in de beschouwde periode). In tegenstelling tot de MKL zijn dit 'echte lijnen'. Veranderingen in de positie van deze lijnen hangen samen met volume- en vormveranderingen in de profielen. In Figuur 4.16 zijn deze indicatoren voor raai 106 weergegeven. Suppleties op het strand en verzwaringen van het duinfront hebben directe gevolgen voor ligging van de MKL en de waterlijnen en daarom zijn de suppleties aangegeven in de grafieken.

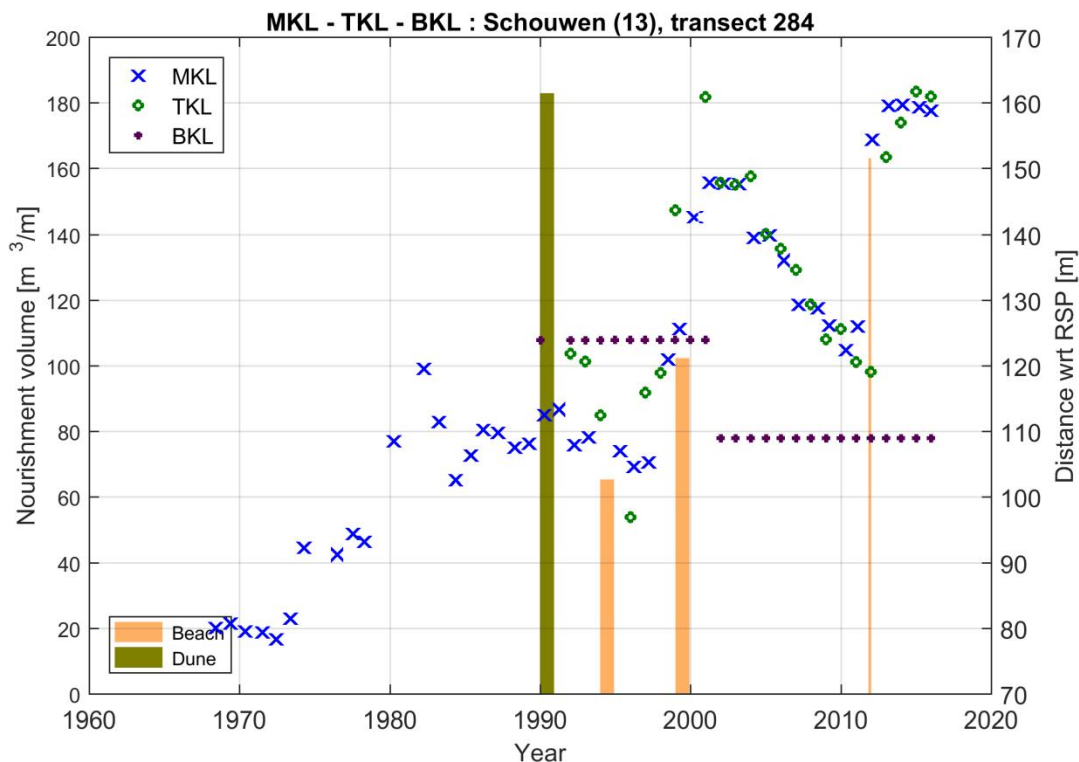


Figuur 4.16 Grafiek met de positie van de gemiddelde laagwaterlijn (MLW), de gemiddelde hoogwaterlijn (MHW) en de duinvoet (DF) voor raai 106.

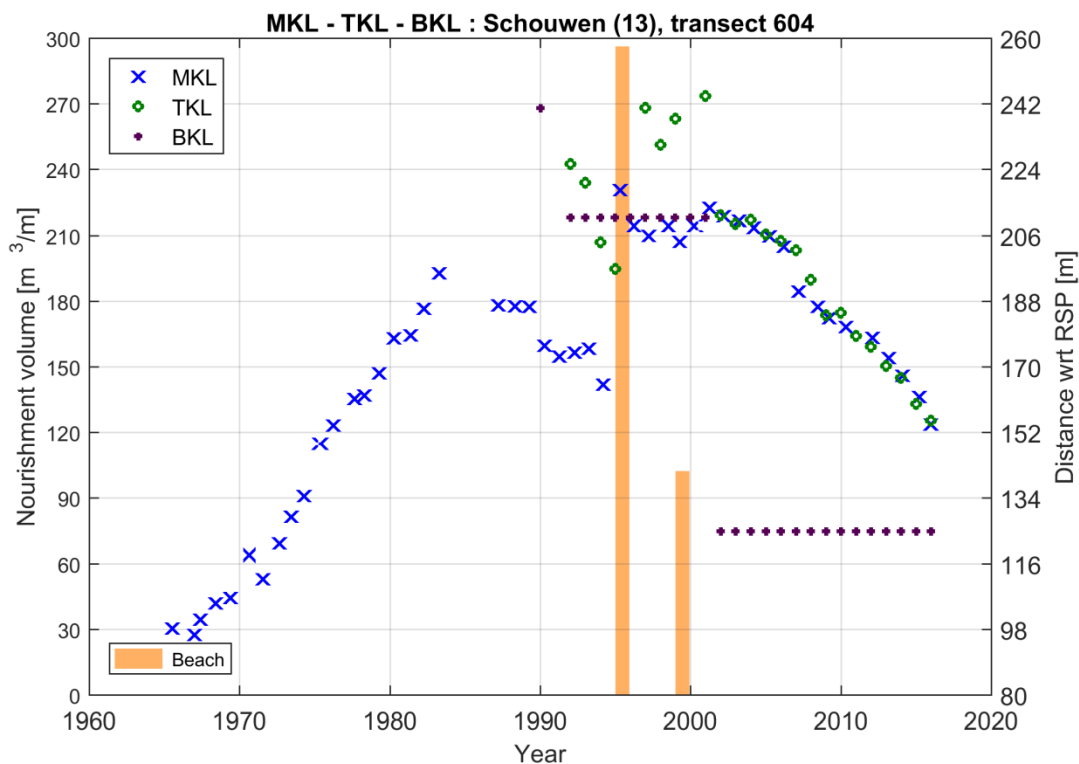
In de grafiek met de ontwikkeling van de MKL en TKL voor raai 106 in Figuur 4.15 is zichtbaar dat de positie van de MKL overwegend in zeewaartse richting verplaatst. Als gevolg van de strandsuppleties is er een zeewaartse sprong in de positie van de MKL. De uitbouw van kust bij raai 106 is ook zichtbaar in de ontwikkeling van de duinvoet en van de waterlijnen (Figuur 4.16). In de ontwikkeling van de duinvoet is het effect van de duinverzwaring zichtbaar in een forse zeewaartse sprong.

De ontwikkelingen van de MKL in deelgebied I zijn overwegend positief (Figuur 4.17). In de periode tot ongeveer 1985 is sprake van een zeewaartse verplaatsing van de MKL (toename van het zandvolume), gevolgd door een periode waarin de ligging min of meer gelijk blijft (schommelingen daargelaten) tot 2000. In 2000 verspringt de MKL sterk in zeewaartse richting, hoogst waarschijnlijk vanwege de uitgevoerde zandsuppletie, om tot ongeveer 2004 stabiel te blijven. Na 2004 vindt een sterke landwaartse verplaatsing van de MKL plaats, tot de zeewaartse sprong in 2012, die wederom het gevolg was van een uitgevoerde suppletie (het 'zaagtand effect').

In het overgangsgebied naar de Verklikkerduinen is sprake van een gebied waarin de MKL structureel landwaarts verplaatst (Figuur 4.18). De afstand tussen de MKL/TKL en de Basiskustlijn is nog groot, zodat er vanuit deze indicator op deze locatie geen maatregelen voor het beheer (zandsuppleties) nodig zullen zijn op een termijn van 5 jaar. Mogelijk zal door de ontwikkeling rond de Bollen van het Nieuwe zand op een gegeven moment vanzelf weer aanzanding plaatsvinden in dit gebied.



Figuur 4.17 Grafiek met de positie van de MKL, de TKL en de BKL voor raai 284.



Figuur 4.18 Grafiek met de positie van de MKL, de TKL en de BKL voor raai 604.

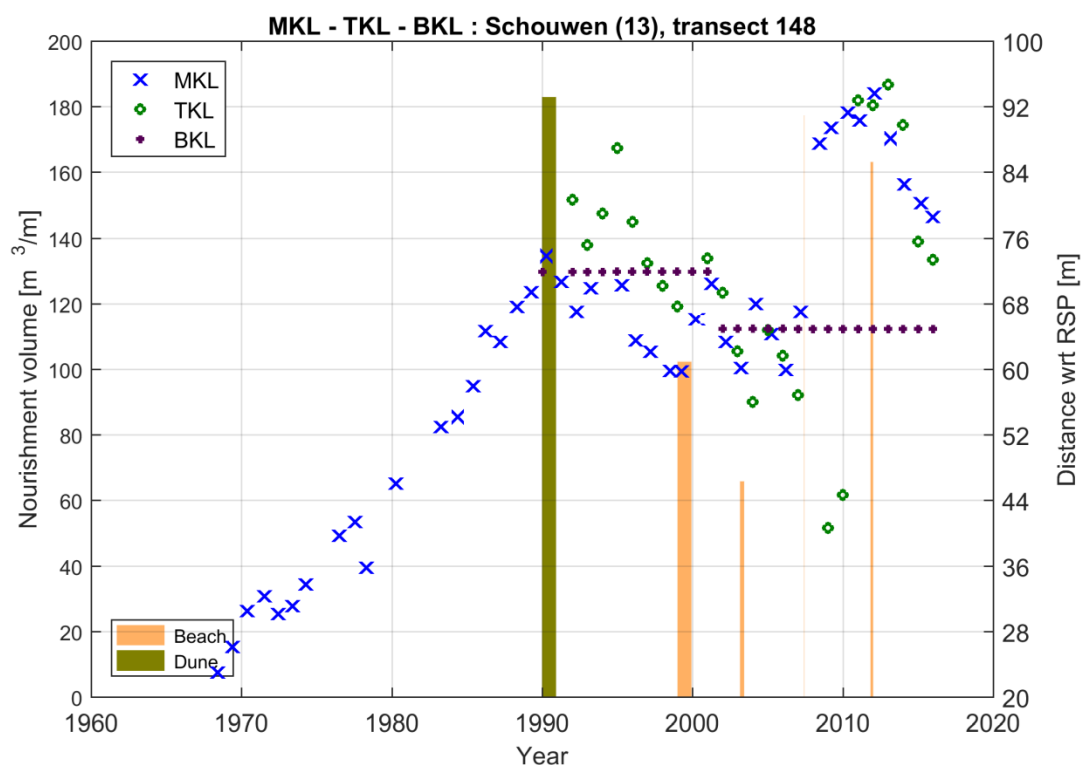
Probleemraaien in twee kleine deelgebieden

De noodzaak tot het uitvoeren van kustsuppleties in deelgebied I is te herleiden tot twee deelgebieden, waar in respectievelijk twee en drie raaien de afstand tussen de MKL en BKL klein is en de TKL de BKL regelmatig overschrijdt. Nota bene, het betreft hier de

suppleties in het kader van het beheer van de kust, met als doel de kustlijnpositie te handhaven. Het betreft hier niet de duinverzwaringen die zijn uitgevoerd om de veiligheid tegen overstromingen te vergroten.

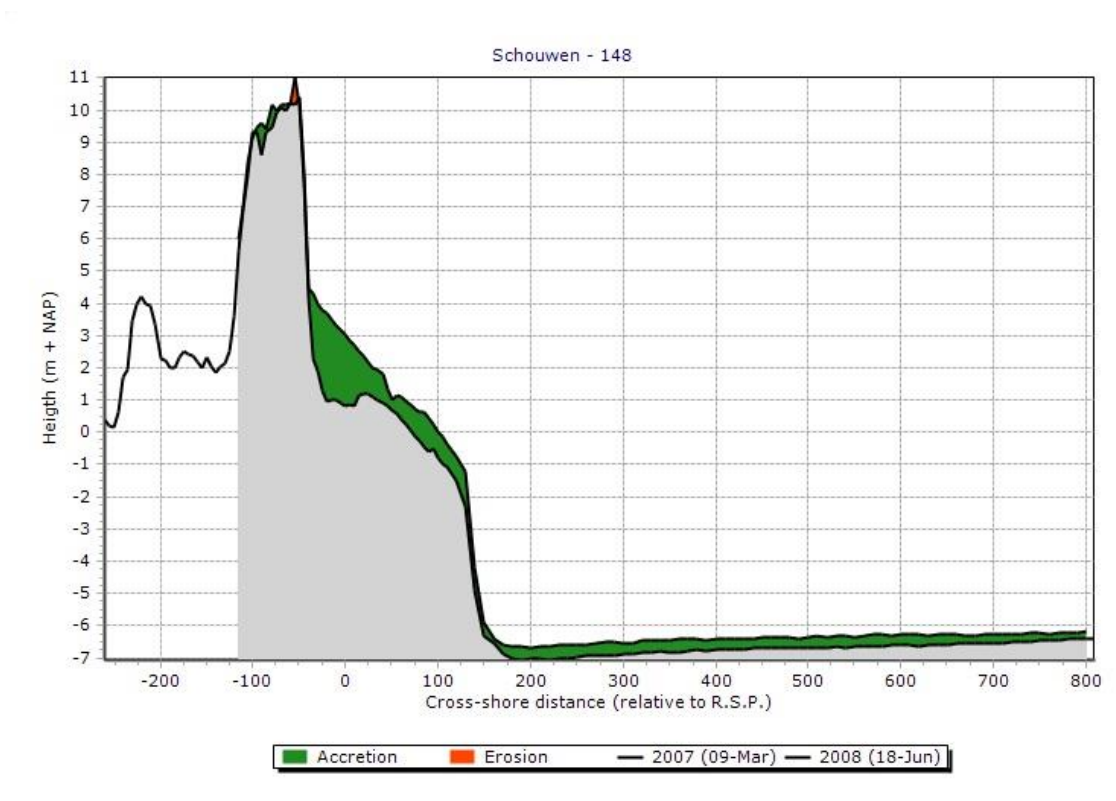
Deelgebied IA. Raaien 148 en 126

In Figuur 4.19 is de grafiek met de ontwikkeling van de MKL en TKL in raai 148 ten opzichte van de BKL zichtbaar. Voor 1990 is er een duidelijke toename van de MKL, daarna niet. Dit heeft mogelijk te maken met een dynamiek ten gevolge van zandgolven. De verandering in trend van de MKL valt voor raai 148 toevallig samen met de duinsuppletie. Duidelijk is dat de MKL tot 2006 met enige regelmaat landwaarts van de BKL heeft gelegen (een overschrijding van de BKL). Dit ondanks een kleine landwaartse verplaatsing van de Basiskustlijn in 2001. Voor de TKL heeft een nog extremere overschrijding plaatsgevonden, die waarschijnlijk het gevolg is van het bepalen van de trends over een kort bestek (2 of drie jaar) na het uitvoeren van de suppleties.

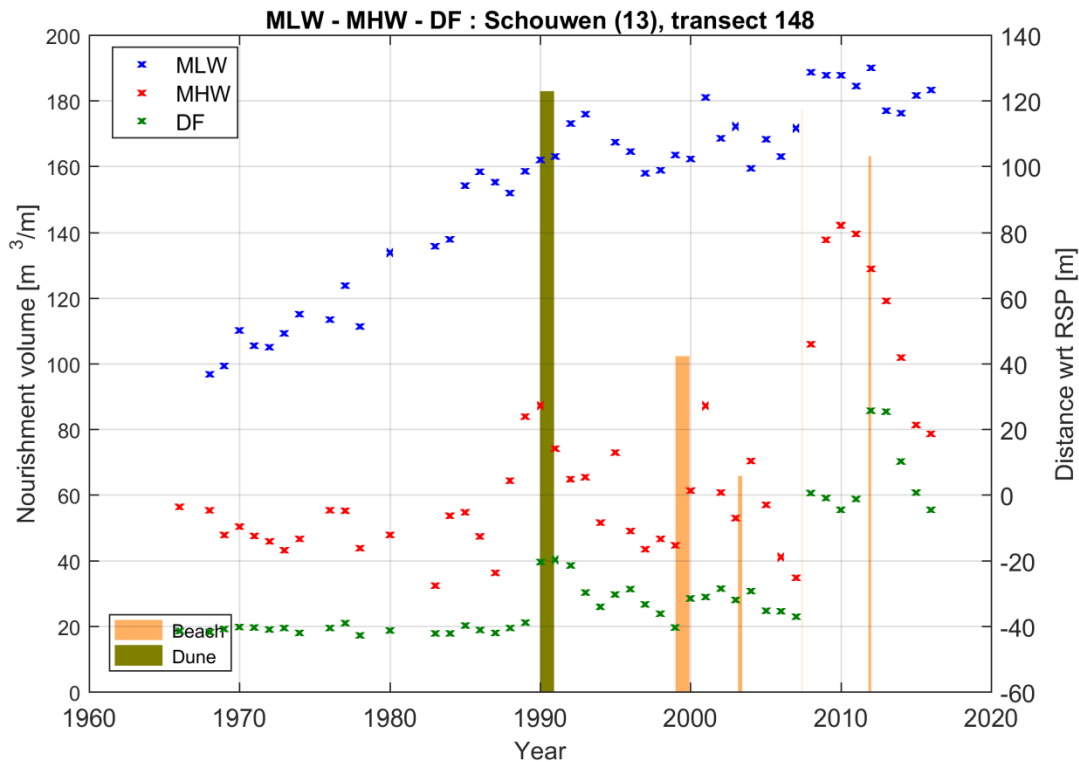


Figuur 4.19 Grafiek met de positie van de MKL, de TKL en de BKL voor raai 148.

In dit gebied is weinig ruimte in het kustprofiel, zodat de aangebrachte suppleties relatief snel worden vereffend. De beperkte ruimte is zichtbaar in Figuur 4.20, waar de suppletie uit 2007 van NAP +4 m tot NAP -2 m in het kustprofiel reikt. Op de geulbodem van het Brouwershavensche Gat vindt autonome sedimentatie plaats (Figuur 4.12 en Figuur 4.14). Op termijn zal meer ruimte ontstaan voor het aanbrengen van de suppleties, omdat er een uitbouw van de geulwand in zeewaartse richting plaatsvindt. Deze uitbouw is zeer duidelijk in de ontwikkeling van de laagwaterlijn (Figuur 4.21). Het gesuppleerde zand levert waarschijnlijk mede een bijdrage aan deze uitbouw.



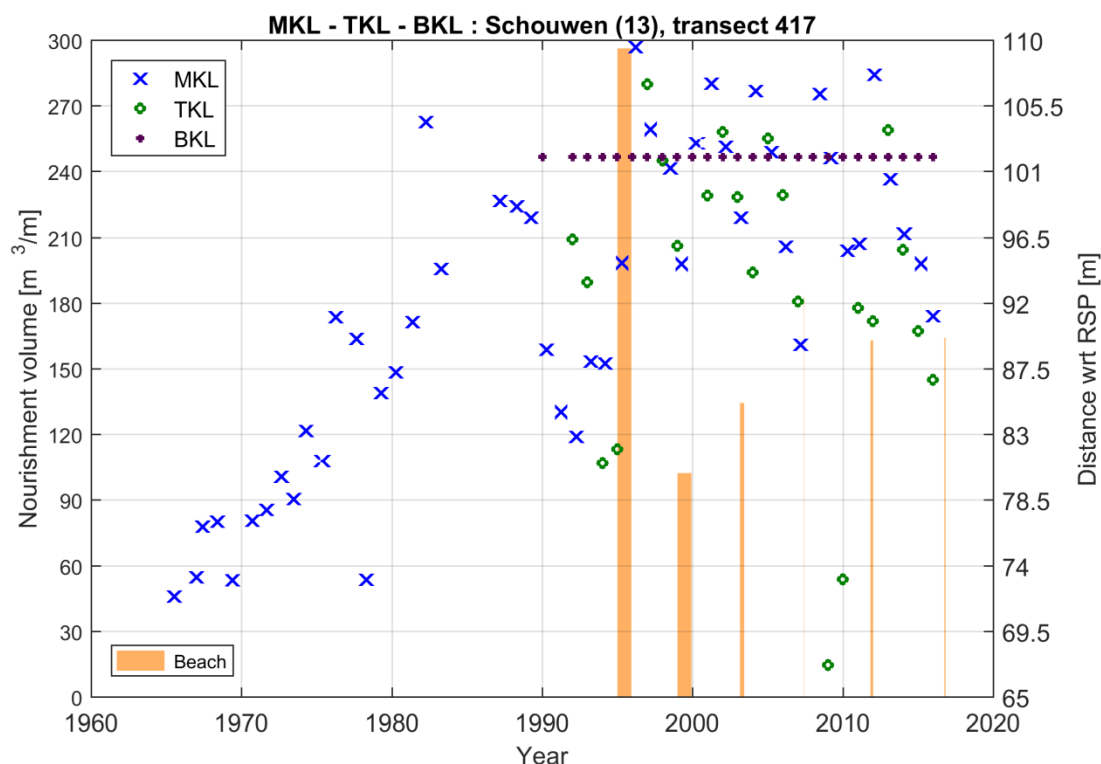
Figuur 4.20 Dwarsdoorsnede raai 148 met een verlaging van het profiel (erosie) in rood en een verhoging (duinverzwaring, strandsuppletie, sedimentatie) in groen voor de periode 2007-2008 (Arcadis, 2013)



Figuur 4.21 Grafiek met de positie van de gemiddelde laagwaterlijn (MLW), de gemiddelde hoogwaterlijn (MHW) en de duinvoet (DF) voor raai 148.

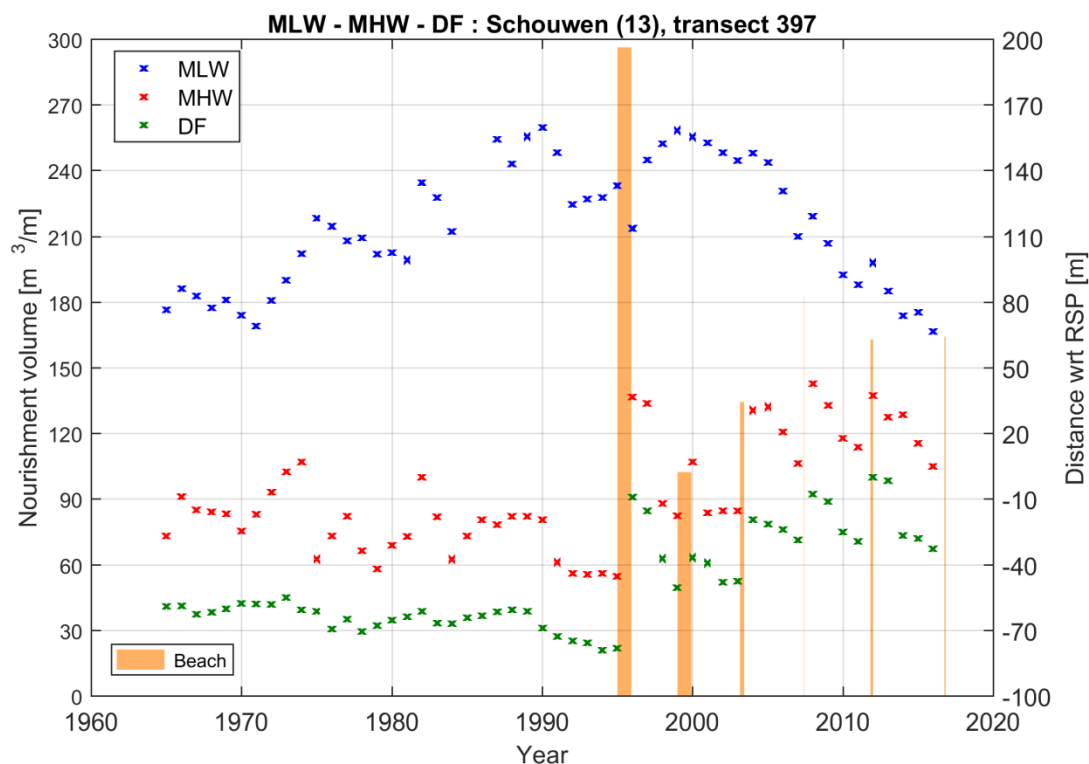
Deelgebied IB: raaien 397, 417 en 437

Het tweede gebied met regelmatige (dreigende) overschrijdingen van de Basiskustlijn omvat de drie raaien 397, 417 en 437. In Figuur 4.22 is zichtbaar dat in raai 417 tot halverwege de jaren tachtig een zeewaartse verplaatsing van de MKL heeft plaatsgevonden, gevolgd door een forse achteruitgang tot de suppletie van 1995. Daarna schommelen de waarden van de MKL rond de BKL ('zaagtand'). In deze periode zijn met grote regelmaat suppleties uitgevoerd. De TKL vertoont enkele forse uitschieters in landwaartse richting (2009, 2010) die waarschijnlijk het gevolg zijn van het bepalen van een trend op basis van een beperkt aantal jaren na het uitvoeren van een suppletie.

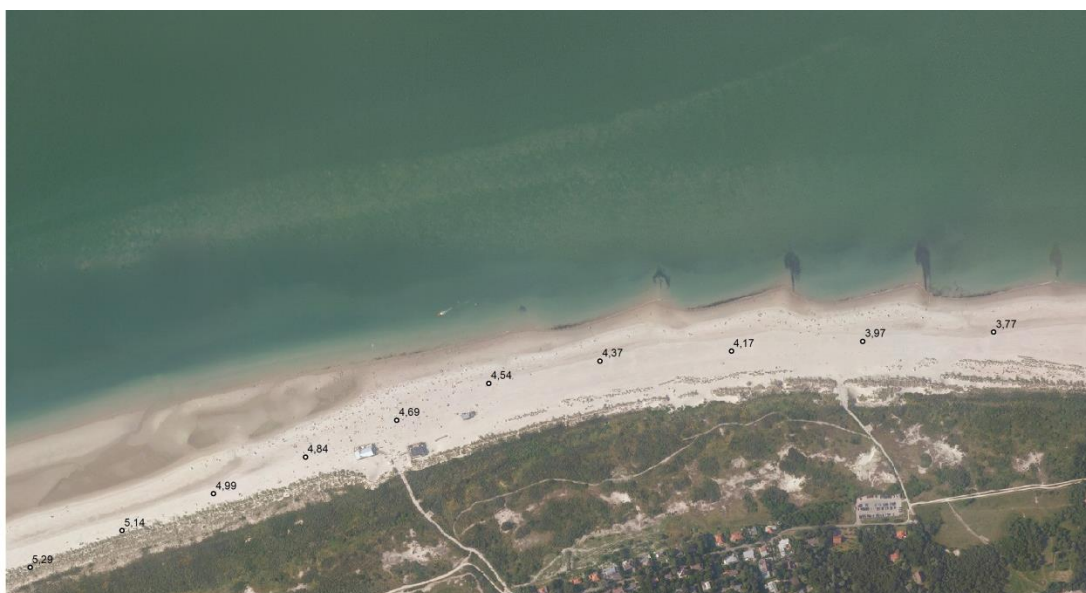


Figuur 4.22 Grafiek met de positie van de MKL, de TKL en de BKL voor raai 417.

In Figuur 4.23 is zichtbaar dat voor raai 397 de duinvoet en de hoogwaterlijn na de suppleties steeds een stapje in zeewaartse richting zijn opgeschoven. Na de suppleties vindt dan weer landwaartse verplaatsing plaats, maar overall heeft toch een zeewaartse verplaatsing plaatsgevonden. Sinds 1995 verplaatst de laagwaterlijn in landwaartse richting. Het gecombineerde effect van deze verplaatsing is dat het droge en het natte strand in dit gebied gaandeweg smaller worden. Waarschijnlijk vormt dit gebied een erosie 'hotspot', vanwege de kromming van de kust, in combinatie met de nabijheid van de geul met relatief steil profiel. Het zand kan zowel langs de kust uit dit gebied worden afgevoerd als naar de geul en verdwijnt bovendien deels in de duinen. De aanvoer van zand vanuit het westen is beperkt, omdat dat gebied in de luwte van de Bollen van het Nieuwe Zand ligt. Vanuit de geul wordt geen zand over het steile profiel naar de kust aangevoerd. Van oudsher wordt dit gebied beschermd met strandhoofden (Figuur 4.24). Dat geldt overigens voor het gehele deelgebied I, maar tegenwoordig liggen alleen in dit gebied de strandhoofden altijd bloot (dat wil zeggen niet onder het zand).



Figuur 4.23 Grafiek met de positie van de gemiddelde laagwaterlijn (MLW), de gemiddelde hoogwaterlijn (MHW) en de duinvoet (DF) voor raai 397.



Figuur 4.24 Luchtfoto van de situatie op het strand bij Renesse in 2012 (Geoloket, provincie Zeeland).

Samenvattend kan gesteld worden dat in deelgebied I op de lange termijn ruimte is voor zeewaartse uitbouw van de kust, doordat het Brouwershavensche Gat zijn oude rol van getijgeul voor de Grevelingen is kwijtgeraakt. De ontwikkelingen van strand en duinvoet worden bepaald door de aanwezigheid van zandgolven die langs het strand verplaatsen en het aanbrengen en de herverdeling van zand uit suppleties.

Voor het beheer van de kust zullen de komende tijd gebieden in beeld blijven waar de Basiskustlijn wordt of dreigt te worden overschreden. In deze gebieden zal dat op

termijn minder worden, door de zeewaartse uitbouw van de geulwand. De ruimte voor het aanbrengen van suppleties is beperkt en een eventuele overmaat in het suppletievolume zal snel in de geul buiten de MKL zone terecht komen. De erosie hotspot bij Renesse zal naar verwachting blijven bestaan. In dit deelgebied zijn landwaartse versterkingen van de duinwaterkering uitgevoerd, meest recent in 2016.

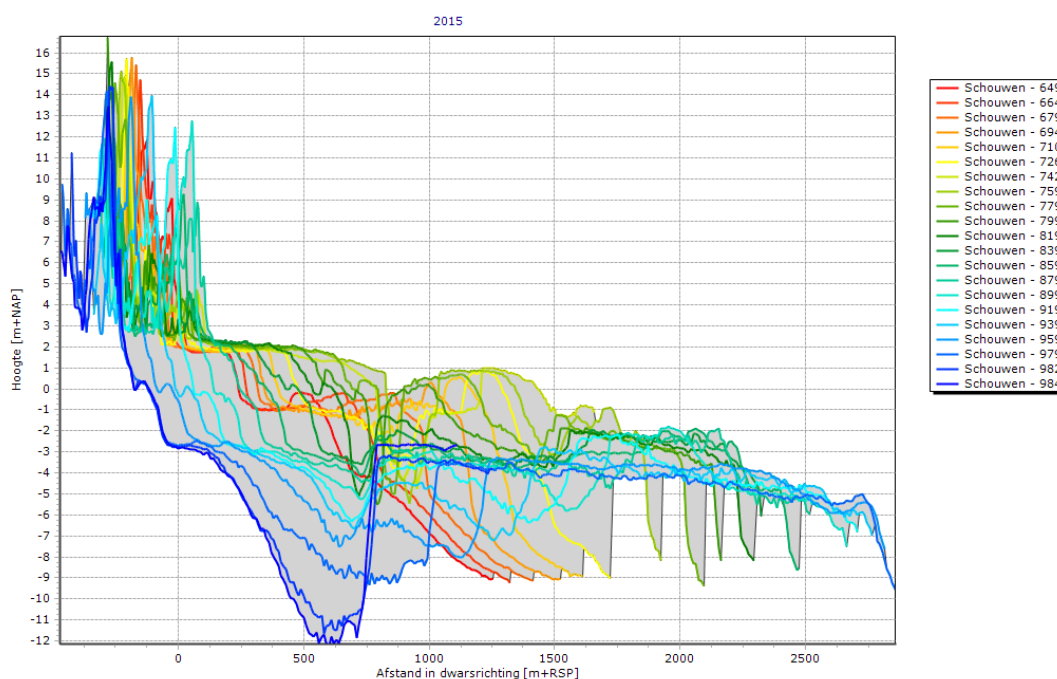
In de toekomst wordt mogelijk weer getij toegelaten in de Grevelingen, door de aanleg van een doorlaatmiddel of getijcentrale in de Brouwersdam. Dit zal naar verwachting een beperkte invloed op de bodem van de Grevelingenmonding hebben, mede omdat de ruimtelijke gezien meest logische plek hiervoor aan de noordzijde van de Brouwersdam ligt (Wang, 2010).

In deelgebied I zijn er dus twee plekken waar dusdanige erosie plaatsvindt, dat beheermaatregelen nodig zijn. Door de afdamming van de Grevelingen is de voor de kust liggende getijgeul Brouwershavensche Gat niet meer van direct belang voor de ontwikkeling van de kust, maar de geul speelt wel een rol als 'sink' voor het sediment dat uit het actieve kustprofiel wordt getransporteerd (maar vooral veel slib). Met strandsuppleties kan de kustlijn in dit deelgebied worden gehandhaafd.

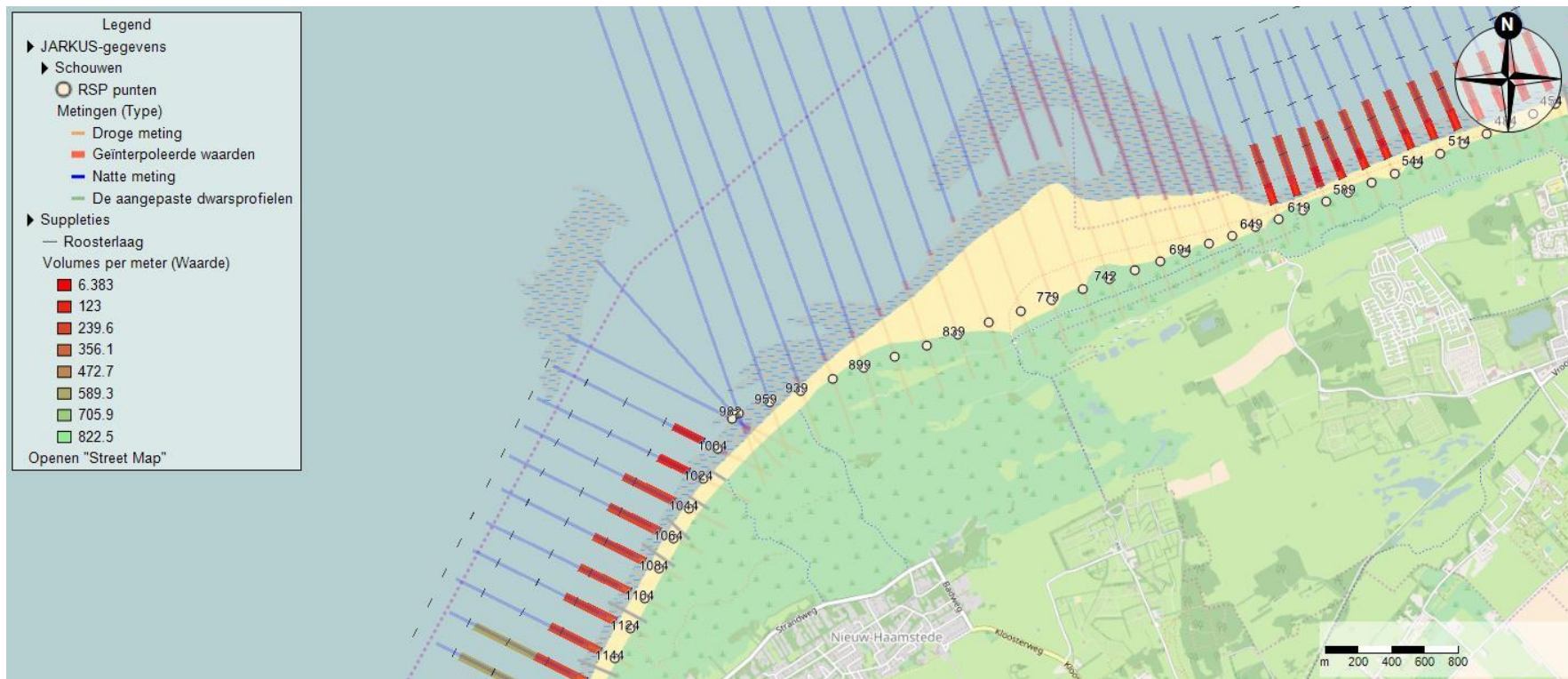
4.3.3 Deelgebied II: Verklikkerstrand (raaien 649–984)

Deelgebied II van de kust van Schouwen omvat het Verklikkerstrand (Figuur 4.26, foto Figuur 3.3). Dit is het gebied, dat wordt gedomineerd door de aanwezigheid van de Bollen van het Nieuwe Zand. Deze Bollen bestaan uit een grote zandplaat, die met de kust is verheeld en uit ondieptes en platen rond de drempel van het Krabbengat. In dwarsdoorsnedes van dit deelgebied van de kust levert de aanwezigheid van de Bollen zeer grote verschillen op in de vorm (Figuur 4.25). Brekerbanken zijn niet aanwezig in de profielen. In kaarten en luchtfoto's zijn de Bollen van het Nieuwe Zand zeer markante elementen (Figuur 4.27). Het strand is dermate breed dat van strandvlakte kan worden gesproken. De locatie en omvang van de droogvallende zandbanken is zeer variabel (Alkyon, 2006a-c).

Vanwege de grote variatie in de vorm van de profielen, zowel langs de kust als in de tijd, is het niet mogelijk om in één dwarsdoorsnede de verschillende morfologische onderdelen te duiden. Daarom worden een aantal dwarsdoorsneden besproken.



Figuur 4.25 Overzicht van alle beschikbare dwarsprofielen uit 2015 in deelgebied II Verklikkerstrand (locaties in Figuur 4.26).

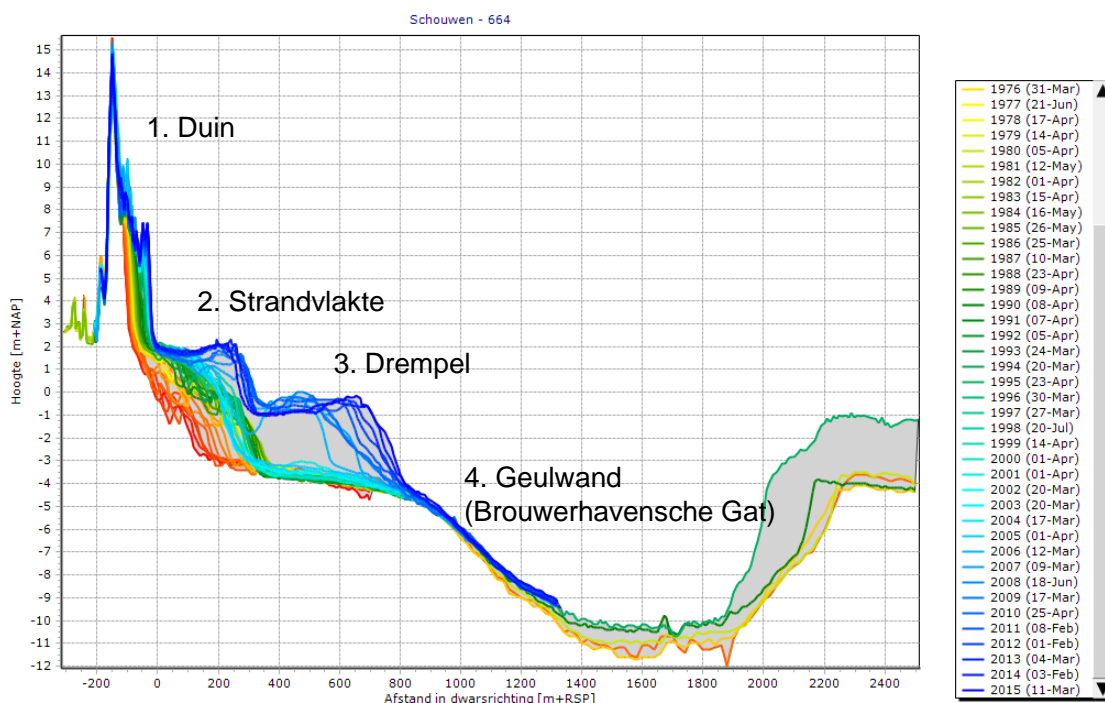


Figuur 4.26 Locaties van de Jarkus raaien 649-984 en suppletievolumes in deelgebied II (achtergrondkaart: OpenStreetMap).



Figuur 4.27 Luchtfoto 2012 met de morfologische elementen in deelgebied II (Geoloket, provincie Zeeland).
De morfologische ontwikkelingen 1-4 worden toegelicht in de tekst.

Raai 664 ligt aan de noordoostzijde van het Verklikkerstrand, waar de strandvlakte overgaat in het Brouwershavensche Gat. In Figuur 4.28 zijn dwarsdoorsneden weergegeven uit de periode 1966 tot 2015. In de dwarsdoorsnede is het duin zichtbaar, de strandvlakte vanaf de duinvoet tot rond de NAP -1 m, een drempel die tot net in het intergetijdegebied komt en de geul, het Brouwershavensche Gat.



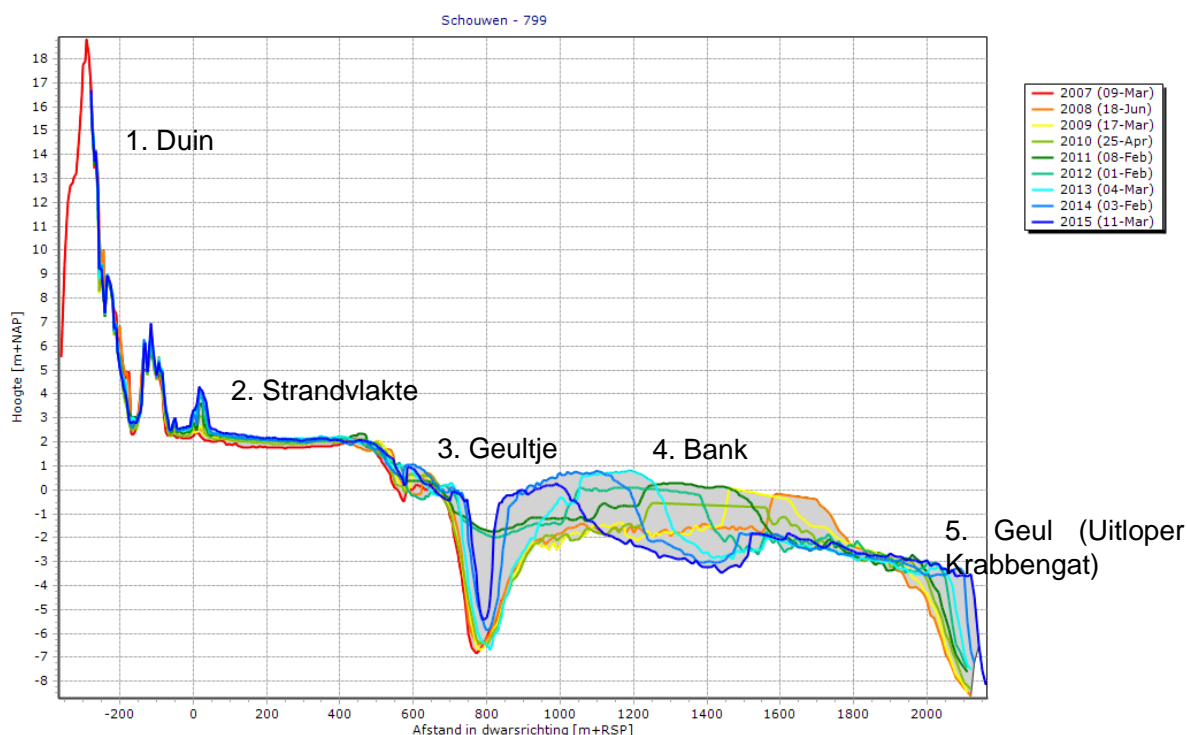
Figuur 4.28 Dwarsdoorsneden 1966-2015 voor Jarkusraai 664 met morfologische onderverdeling.

In Figuur 4.29 is zichtbaar, dat de strandvlakte na 2007 beduidend breder is geworden. Vanaf dezelfde periode is ook de drempel uitgebouwd. De relatief plotselinge uitbouw in deze dwarsdoorsnede is waarschijnlijk een schijnbare versnelling van de ontwikkeling,

die samenhangt met oriëntatie van de dwarsdoorsnede die vrijwel loodrecht staat op de uitbouwrichting van de drempel. De gestage uitbouw van de drempel naar het noordoosten (1 in Figuur 4.27, ook zichtbaar in Figuur 4.28) komt dan in één keer in beeld als deze de dwarsdoorsnede inschuift.

Raai 799 ligt aan de zuidwestelijke zijde van het Verklikkerstrand en de dwarsdoorsnede loopt over de brede strandvlakte (Figuur 4.29). De dwarsdoorsneden uit de periode 2007-2015 laten inderdaad een brede strandvlakte van ruim 400 m zien die aan de landzijde worden begrensd door zich ontwikkelende duintjes en aan de zeezijde door een geultje. Zeewaarts van het geultje ligt de zandbank die tot boven het niveau van laagwater uitkomt en die in de afgelopen jaren in de richting van de kust is verplaatst (2 in Figuur 4.27). Weer zeewaarts van deze bank ligt de uitloper van het Krabbengat.

De schijnbare verondieping van het geultje in 2011 is het gevolg van de verwerking van de Jarkus metingen. De waarden voor de verschillende delen van raai 799 zijn voor 2011 en 2012 net als in de jaren 1990-2006 niet juist geïnterpoleerd tussen 'wet' en 'dry' measurements. Het geultje is wel te zien in de 'wet measurements', maar het is in de geïnterpoleerde gegevens ('interpolated values') weggevallen. Bij de verwerking van de data wordt sinds 2009⁴ de droge meting ('dry measurements' - Lidar) boven de natte metingen ('wet measurements' - lodingen) gesteld bij interpolatie. Hierdoor kan het voorkomen dat geulen bij interpolatie verdwijnen of lijken te verzanden. Dit is, langs de gehele Nederlandse kust, een aandachtspunt bij de interpretatie van de Jarkusraaien en de toetsresultaten, omdat de geïnterpoleerde waarden in dit geval geen juiste weergave bieden van de bodemligging⁵. In de jaren 2008-2010 en vanaf 2013 zijn de metingen wel goed geïnterpoleerd.

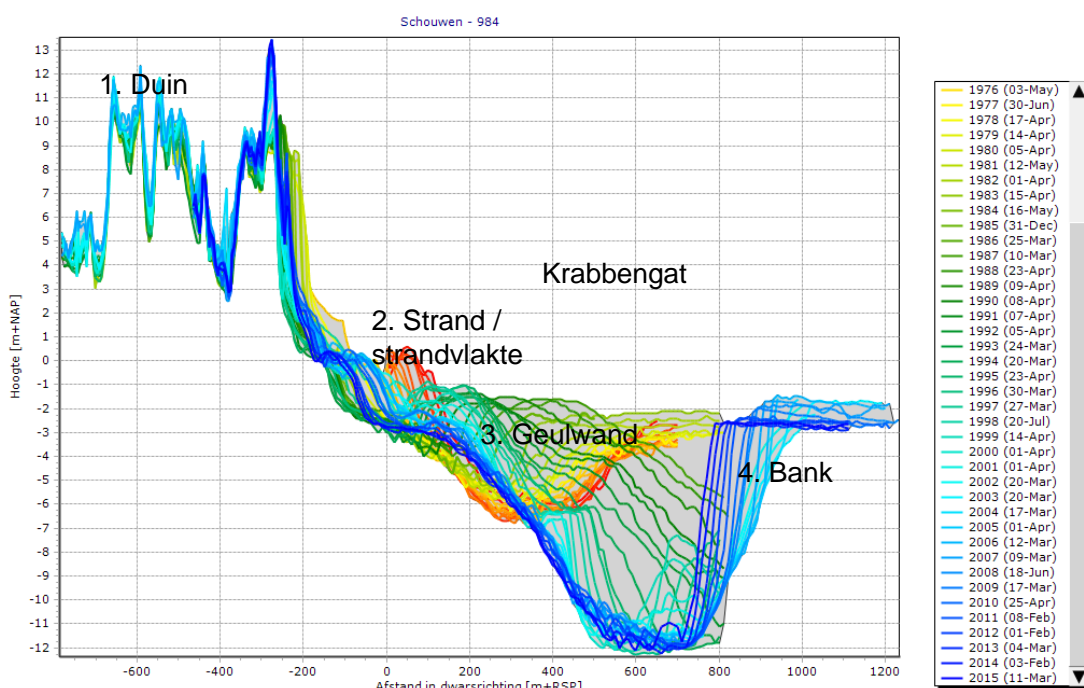


Figuur 4.29 Dwarsdoorsnedes 2007-2015 voor Jarkusraai 7,99 met morfologische onderverdeling. Nota bene, de jaren 2011 en 2012 zijn onjuist geïnterpoleerd voor het gebied tussen 600 – 1000 m kustdwars.

⁴ Voor 2009 werd de natte meting boven de droge meting gesteld bij interpolatie.

⁵ Controle van alle JarKus-gegevens voor Schouwen leert dat dit alleen in dit gebied en voor de periode 2010-2012 kust speelt.

Figuur 4.30 toont de dwarsdoorsnede bij raai 984, de overgang van deelgebied II naar deelgebied III. In de dwarsdoorsnede is de getijdegeul Krabbengat geprononceerd aanwezig. In de periode 1990-2015 is de geul dieper geworden en is de landwaartse geulwand naar de kust verplaatst. De zeewaarts gelegen bank is met de westelijke geulwand van het Krabbengat ook naar de kust verplaatst, maar beduidend minder dan de oostelijke geulwand. Door de verplaatsing van de geulwand en de verdieping van de geul is het doorstroomoppervlakte toegenomen. Het strand en de vooroever tot ongeveer NAP -3 m zijn in dezelfde periode uitgebouwd. De breedte van het strand is toegenomen. De ontwikkeling van strand en geul zijn dus tegenovergesteld verlopen.

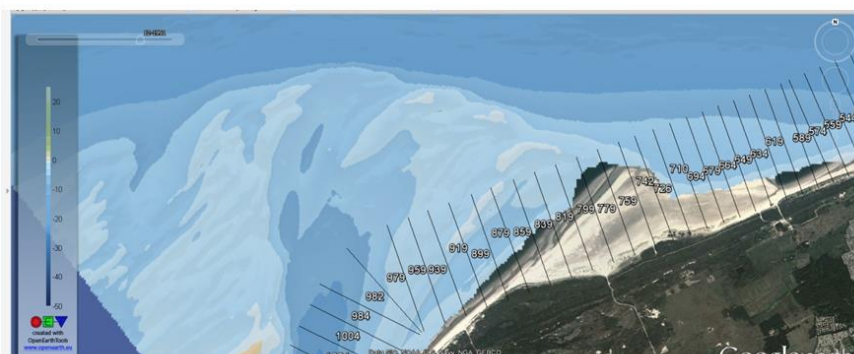


Figuur 4.30 Dwarsdoorsnedes 1966-2015 voor Jarkusraai 984 met morfologische onderverdeling.

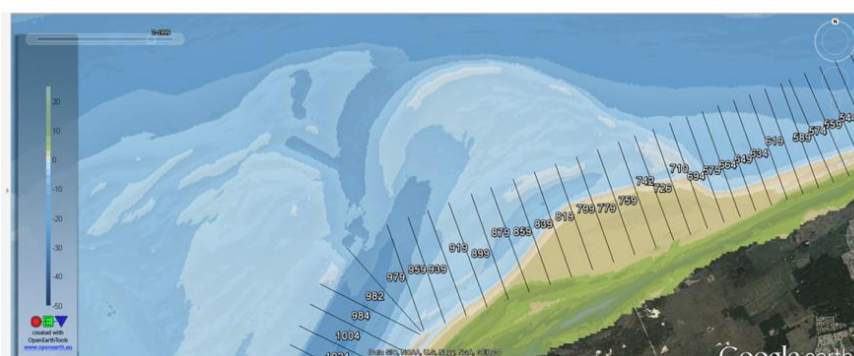
De vaklodingen geven inzicht, in aanvulling op de dwarsdoorsnedes en de kaarten op basis van de Jarkus-lodgingen, in de ontwikkelingen die zich verder uit de kust voordoen. Juist bij deelgebied II met de Bollen van het Nieuwe Zand is sprake van een duidelijke samenhang tussen de veranderingen aan de kust en de dynamiek rond de uitlopers van het Krabbengat. In Figuur 4.31 zijn vier vaklodingen getoond van de omgeving van deelgebied II. Het Krabbengat loopt hier uit in een ondieper drempelgebied. In het drempelgebied vertakt de geul in sommige jaren in twee geulen (2004 en 2010), maar niet altijd (1990 en 1996). De oriëntatie van de uitloper en van de vertakkingen varieert in de tijd, van naar het noorden gericht (in 2004) tot meer naar het noordoosten gericht (2010).

Op de ondieptes waarin de geulen uitlopen worden ondiepe banken gevormd, die ophogen tot boven het niveau van laagwater. Deze banken verplaatsen naar de kust en vormen na het aanhechten met de kust een deel van de strandvlakte. Mogelijk levert het zand, dat door golfgedreven transport langs de kust van Schouwen van het zuidwesten naar noordoosten wordt getransporteerd, ook een bijdrage aan de vorming en uitbreiding van de strandvlakte. In het bovenaanzicht is te zien, dat de strandvlakte in de luwte van de zandbank uitbouwt in zeewaartse richting en verlengt (respectievelijk 4 en 3 in Figuur 4.27). Het geultje dat vlak onder de kust aanwezig is, is niet verbonden met het Krabbengat; in de vaklodingen ligt er altijd een drempel tussen de uitloper van het Krabbengat en dit geultje.

1990



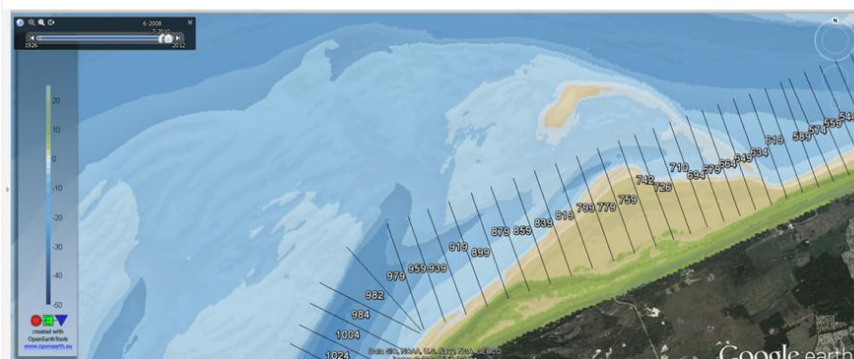
1996



2004



2010



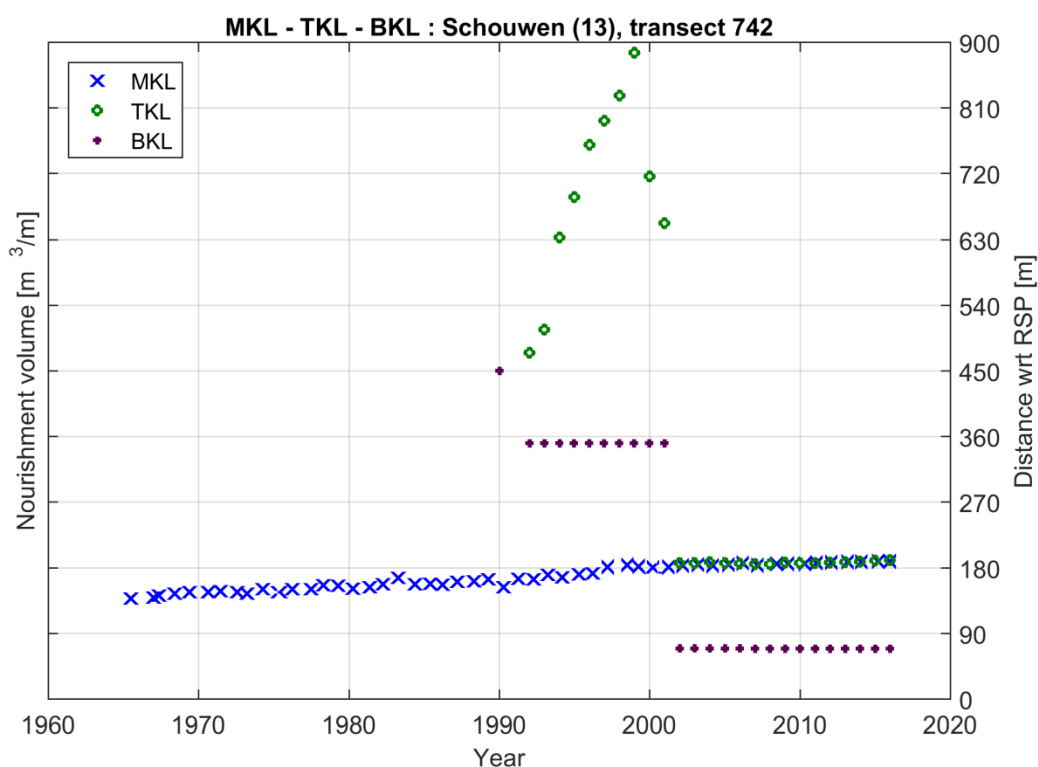
Figuur 4.31 Vier kaarten op basis van de vakkelingen van de omgeving van de Bollen van het Nieuwe Zand en het Verklikkerstrand (Arcadis, 2013).

Aandachtspunten:

1. De grenzen van dit deelgebied schuiven geleidelijk naar het noordoosten zowel aan de zuidzijde, als aan de noordzijde. Tegenwoordig gebeurt dat voornamelijk doordat de aangelande zandplaat, de Bollen zelf verplaatst onder invloed van het overheersende sedimenttransport naar het noordoosten.
2. Vanaf de drempel tussen het Krabbengat en het ondiepe, kustnabije geultje is zand onderweg naar de kust dat naar verwachting aan de noordoostzijde voor een verdere uitbreiding zal zorgen. Let op, de dynamiek op de drempel is dermate groot dat het niet goed is te zeggen wanneer het zand aanlandt.

Kustindicatoren

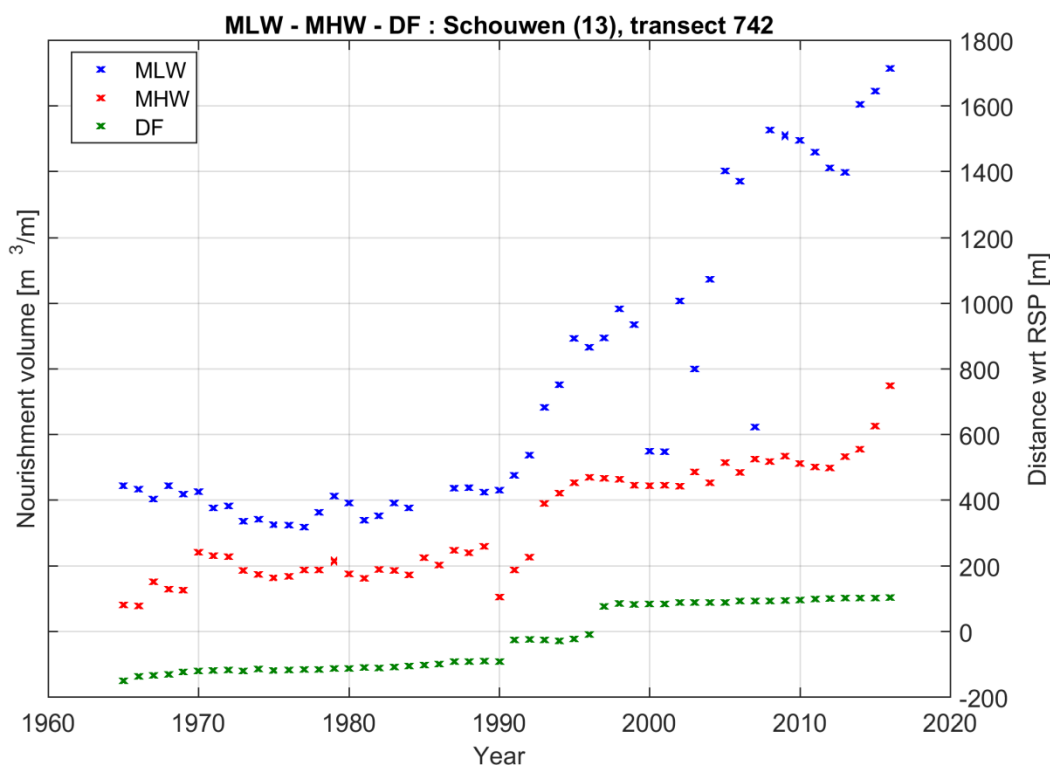
De ontwikkelingen van de MKL in dit kustdeelgebied laten relatief weinig zien van de variatie die in de tijd optreedt langs het Verklikkerstrand, zoals zichtbaar is in Figuur 4.32 voor raai 742. Dit heeft te maken met de omvang van het gebied dat wordt toegerekend aan de MKL en dat aan de zeezijde is begrensd op een bepaalde afstand uit de kust. De MKL waarden in deze grafiek van voor 2001 zijn uitgerekend met de zeewaartse grens zoals vastgesteld in 2001, zie paragraaf 2.4.1. Deze waarden passen/horen dus niet bij de TKL waarden zoals die in het kustlijnkaartenboek staan. Er is geen sprake van een fout, maar van een andere definitie.



Figuur 4.32 Grafiek met de positie van de MKL, de TKL en de BKL voor raai 742.

De ontwikkelingen van de waterlijnen en de duinvoet voor een van de raaien in deelgebied II zijn weergegeven in Figuur 4.33. Deze lijnen vertonen grotendeels een geleidelijke verplaatsing in zeewaartse richting, die past bij de uitbouw van de strandvlakte. Uitzondering op de geleidelijke uitbouw zijn de drie sprongen van de laagwaterlijn, die mogelijk het gevolg zijn van het bepalen van de laagwaterlijn op de zeewaarts gelegen zandbank in plaats van op het strand. De kleine zeewaartse sprongetjes in de duinvoet zijn mogelijk het gevolg van de opbouw van pionier duintjes

zeewaarts van de bestaande duinvoet. Als de hoogte van deze duintjes voldoende is toegenomen, dan ligt de duinvoet 'opeens' daar.



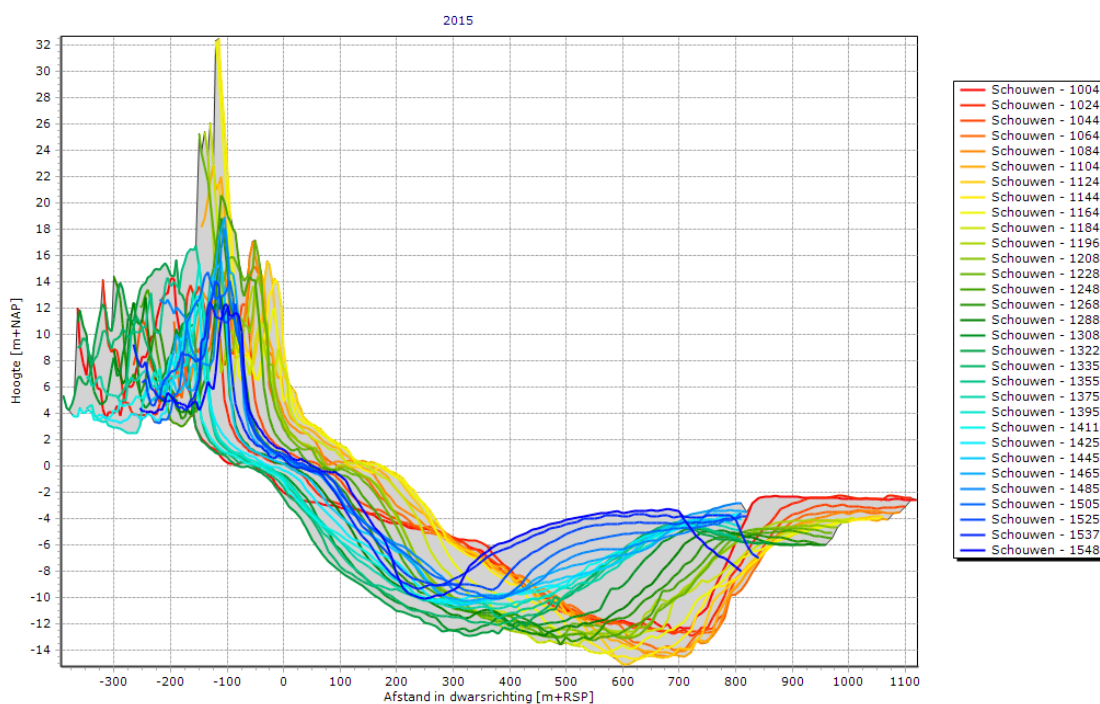
Figuur 4.33 Grafiek met de positie van de gemiddelde laagwaterlijn (MLW), de gemiddelde hoogwaterlijn (MHW) en de duinvoet (DF) voor raai 742.

Samenvattend, het Verklikkerstrand in deelgebied II is een brede strandvlakte door het aanlanden van zand van de Bollen van het Nieuwe Zand. De dynamiek bij de Bollen van het Nieuwe Zand zal naar verwachting ook in de toekomst door blijven gaan. Dat betekent dat netto zand naar de kust zal worden aangevoerd, maar ook dat de ligging van de waterlijn tijdelijk landwaarts kan verplaatsen onder invloed van de verplaatsing van geulen. Het invloedsgebied van de Bollen van het Nieuwe Zand schuift geleidelijk naar het westen. Deze verschuiving gaat relatief langzaam, omdat de Bollen uitbouwen in het relatief diepe water van het Brouwershavensche Gat. De ligging van de Basiskustlijn is aangepast op de verwachte dynamiek in dit gebied. Het lijkt onwaarschijnlijk, dat op afzienbare termijn ingrepen noodzakelijk zijn voor het beheer van dit deelgebied van de kust van Schouwen.

4.3.4 Deelgebied III: Krabbengat (raaien 1004-1548)

Deelgebied III (zie ook Figuur 4.35) wordt bepaald door de aanwezigheid van de getijdegeul Krabbengat direct onder de kust. In de dwarsdoorsneden aan de westzijde tot oostzijde van Schouwen is de geul duidelijk zichtbaar (Figuur 4.34). Verder naar het zuidoosten gaat het Krabbengat gaandeweg over in de veel grotere getijdegeul Hammen, dit is deelgebied IV. Kenmerkend is verder de convexe (bolle) vorm van de kust (zie ook Figuur 4.49).

Sinds de jaren '80 zijn twee verschillende ontwikkelingen bepalend geweest voor de morfologische veranderingen in het Krabbengat: (1) de geulverlegging, die geresulteerd heeft in een vergroting van de doorstroombuiging, omdat slechts een deel van het gebaggerde volume aan de landwaartse zijde was teruggestort en (2) de versterkte noord-zuid gerichte getijstrooming over het bankengebied de Banjaard in de Oosterschelde buitendelta. Dit volgt uit een uitgebreide evaluatie van de uitgevoerde geulverplaatsing (Vermaas et al, 2014, 2015), zie verderop in deze paragraaf bij Deelgebied IIIC.

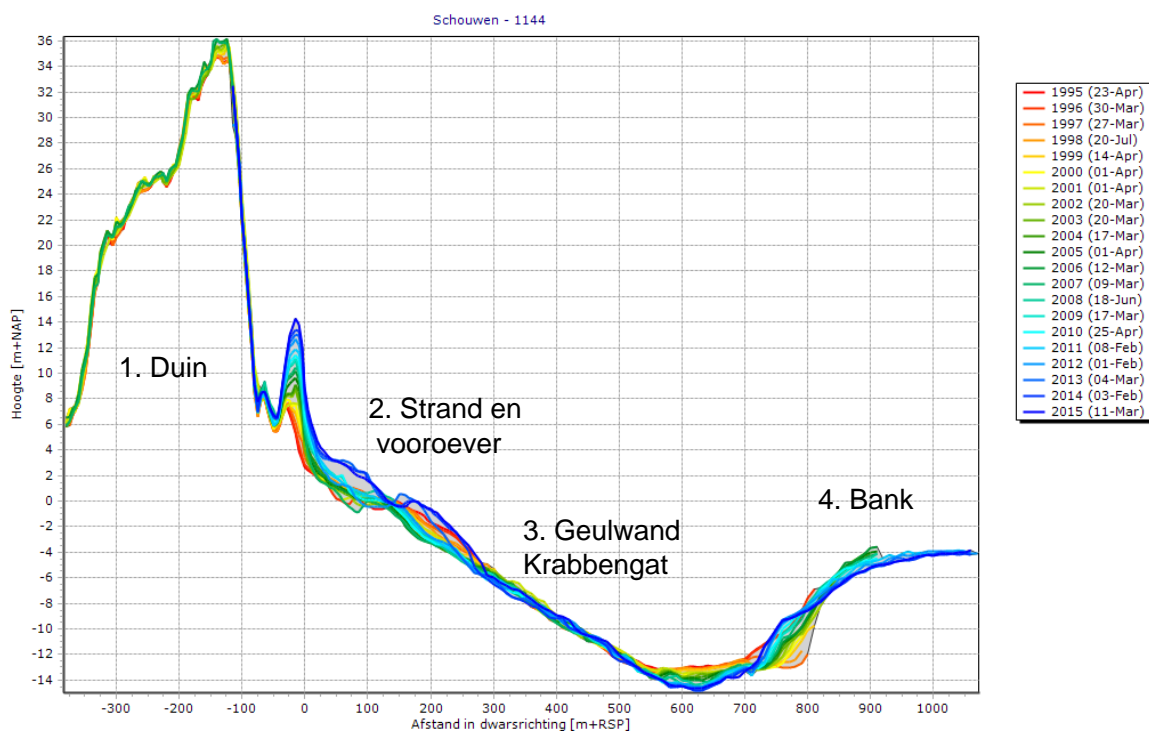


Figuur 4.34 Overzicht van de dwarsprofielen raaien 1004-1537 uit 2015 in deelgebied III Krabbengat (locaties in figuur 4.30).

De morfologie van de dwarsdoorsneden in de omgeving van het Krabbengat wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van duin, strand en vooroever en de geulwand van het Krabbengat of de geulwand van de Hammen en zeewaarts van het Krabbengat een ondiepte of bank (Figuur 4.36).



Figuur 4.35 Locaties van Jarkus raaien 1004-1548 en 1548-1800 met suppletievolumes in deelgebieden III en IV (achtergrondkaart: OpenStreetMap).



Figuur 4.36 Dwarsdoorsnedes 1995-2015 voor Jarkusraai 1144 met morfologische onderverdeling.

In deelgebied III blijken langs de kust en in de geul verschillende ontwikkelingen plaats te vinden. Voor de overzichtelijkheid wordt de beschrijving van de ontwikkelingen dan ook opgeknipt in een aantal deelgebieden (van noord naar zuid):

- Deelgebied IIIA: raaien 1004 – 1196 – Verlenging Krabbengat;
- Deelgebied IIIB: raaien 1196 – 1248 – Overgangsgebied;
- Deelgebied IIIC: raaien 1248 – 1395 – Landwaartse verplaatsing volledige profiel;
- Deelgebied IIID: raaien 1395 – 1465 – Uitrusten geul.

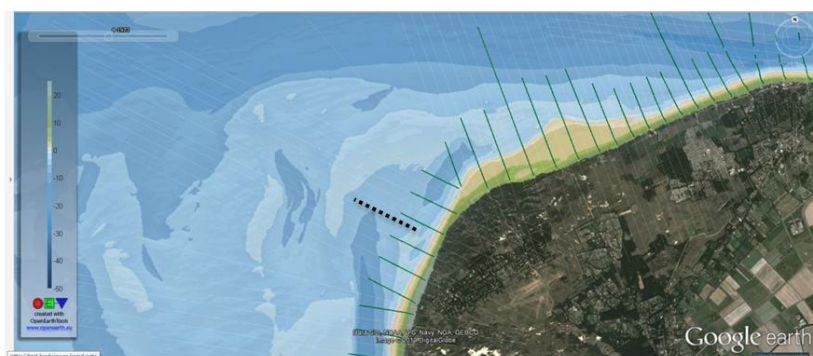
In de volgende paragrafen zal per deelgebied worden toegelicht welke ontwikkelingen hebben plaatsgevonden.

Deelgebied IIIA: raaien 1004 – 1196 – Verlenging Krabbengat;

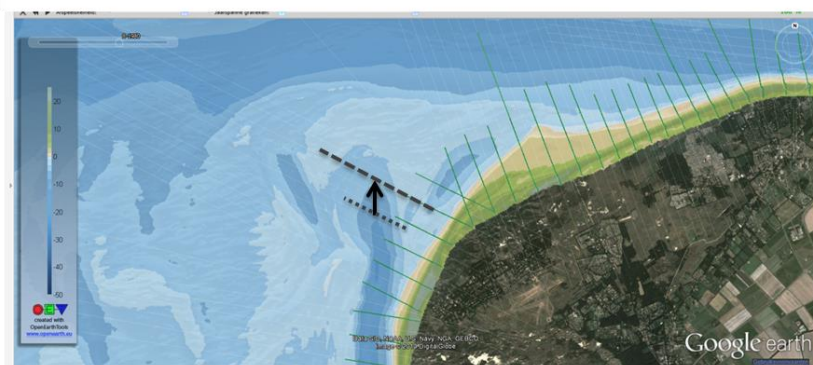
In Figuur 4.37 is een aantal vaklodingen weergegeven, waarin de verlenging van het Krabbengat is gemarkeerd met een pijl. Zichtbaar is dat de geul in de periode 1971-1992 steeds verder naar het noorden komt te liggen. In de dwarsdoorsnedes uit dit deelgebied is de ontwikkeling zichtbaar als het dieper en breder worden van de geul (Figuur 4.38). In Figuur 4.39 zijn de ontwikkelingen voor deze dwarsdoorsnedes ook weergegeven in erosie- (rood) en sedimentatie- (groen) plots voor stappen van 10 jaar. In deze figuur is zichtbaar dat de grote veranderingen zich hebben voorgedaan tot 1992.

De verlenging van de geul naar het noorden is niet de enige morfologische verandering van het Krabbengat. In de voorgaande paragraaf is getoond dat de geul soms vertakt in meerdere uitlopers en dat ook de ligging van deze uitlopers in de tijd varieert (Figuur 4.31). De veranderingen hebben ook invloed op deelgebied IIIA, zoals zichtbaar is in de dwarsdoorsnede van raai 1004 (Figuur 4.40). In de weergegeven periode (1965-2015) verplaatsen de geul en de ondiepte naar de kust. Het duinfront bouwt ondertussen uit in zeevaartse richting en ook in dwarsdoorsnede raai 1084 (Figuur 4.38) is een uitbouw en opbouw van de meest zeevaartse duinregel zichtbaar.

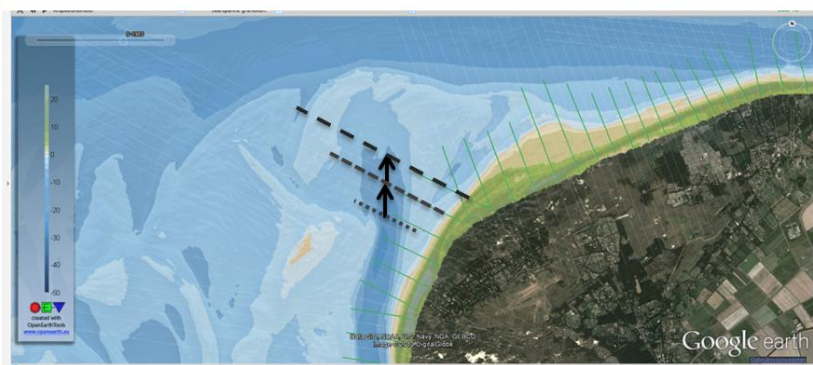
1971



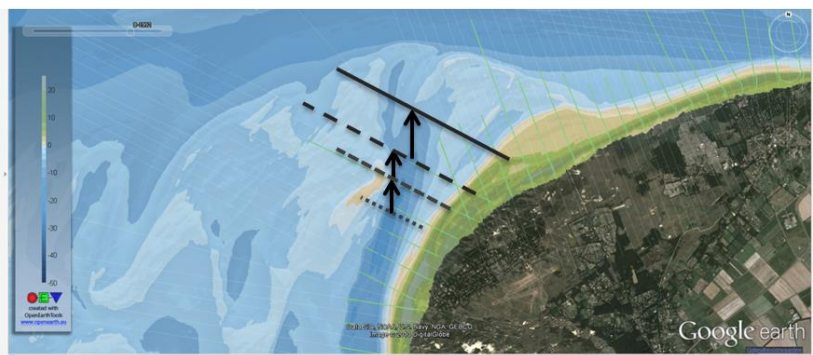
1979



1984

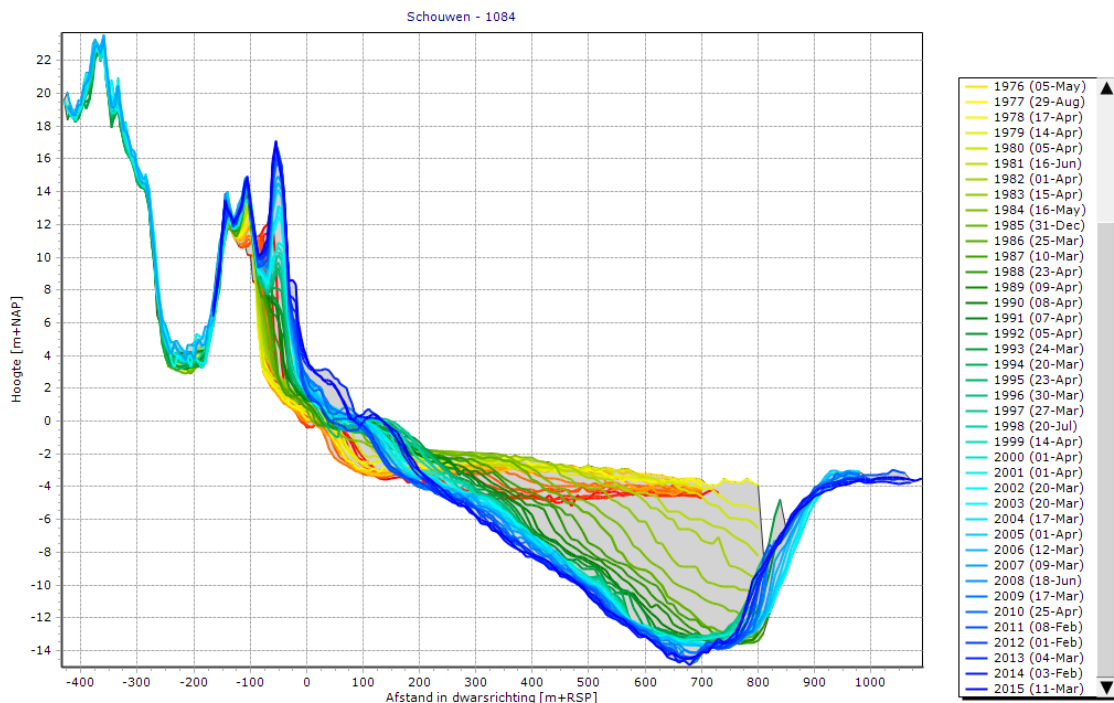


1992

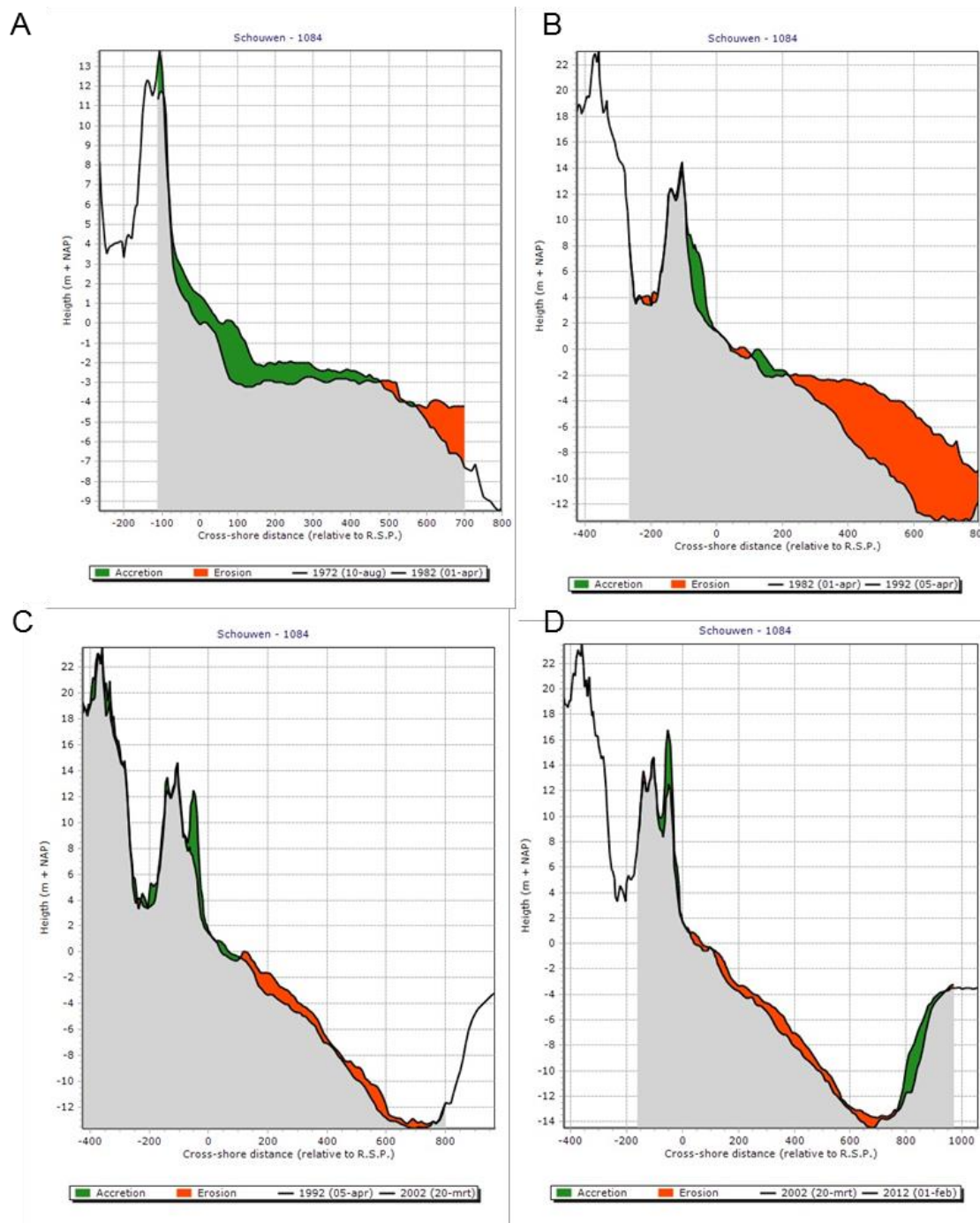


Figuur 4.37 Vier kaarten op basis van de vaklodingen van het noordelijke einde van het Krabbengat. De peilen geven aan hoe het Krabbengat is verlengd (Arcadis, 2013).

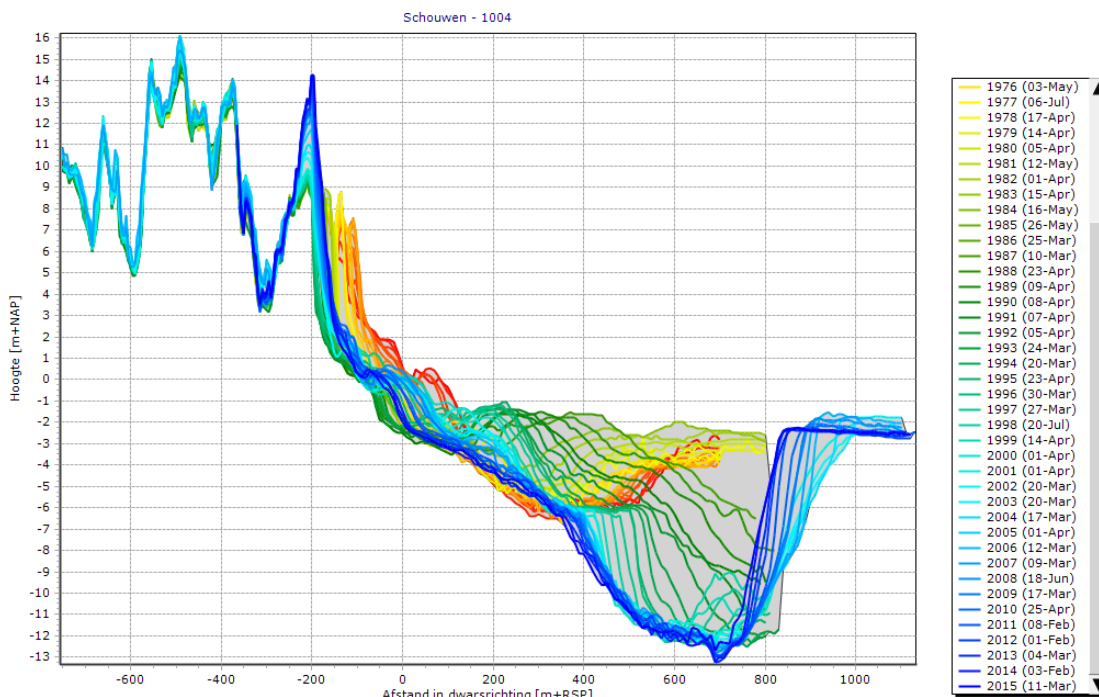
Het gebied waar de verlenging en de landwaartse verplaatsing van de geul heeft plaatsgevonden strekt zich naar het zuiden uit tot ongeveer raai 1196. Het effect van de geulverlenging in de dwarsdoorsneden is bijvoorbeeld duidelijk zichtbaar in raai 1164 (Figuur 4.41). Ook in deze dwarsdoorsnede vindt een uitbreiding plaats van de meest zeewaartse duinregel.



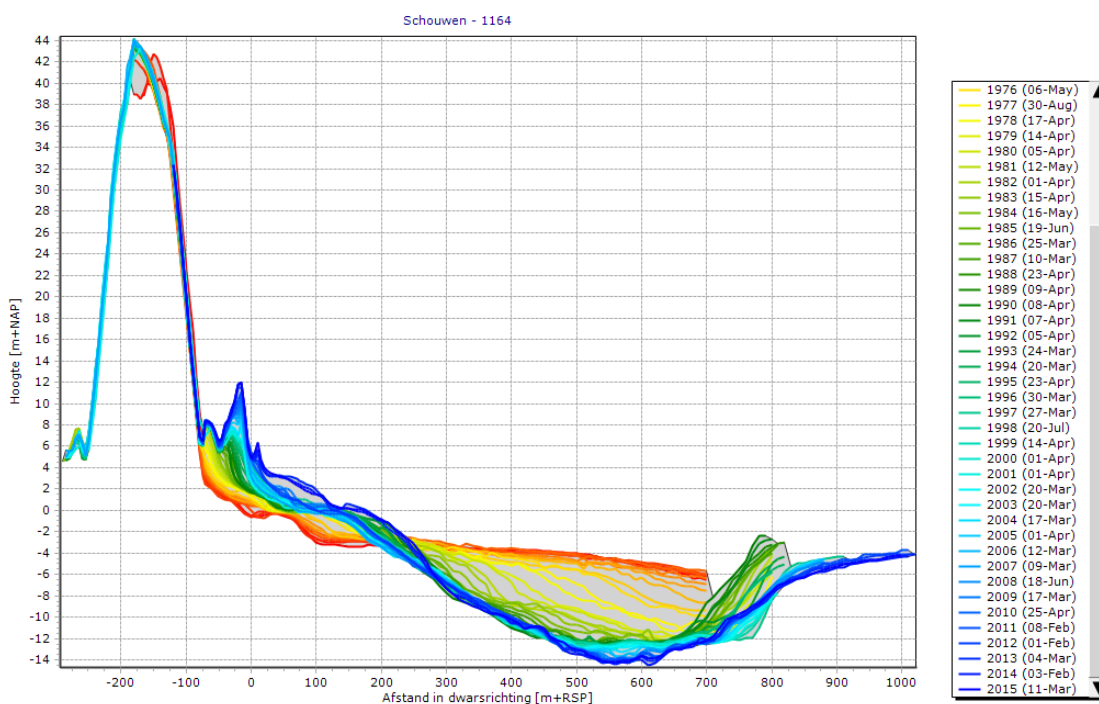
Figuur 4.38 Ontwikkeling van de dwarsdoorsnede bij raai 1084, van 1965 tot en met 2015.



Figuur 4.39 Dwarsdoorsnede raai 1084 met een verlaging van het profiel (erosie) in rood en een verhoging (duinverzwaring, strandsuppletie, sedimentatie) in groen voor de perioden: A. 1972-1982; B. 1982-1992; C. 1992-2002; D. 2002-2012. (Arcadis, 2013)



Figuur 4.40 Ontwikkeling van de dwarsdoorsnede bij raai 1004.

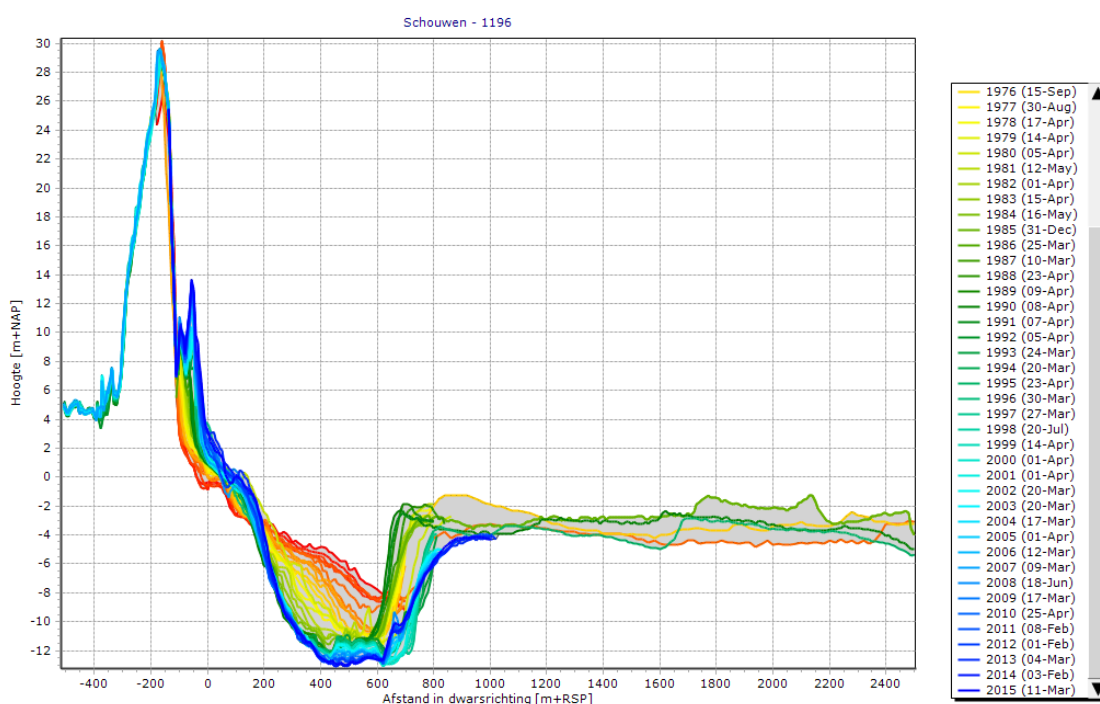


Figuur 4.41 Ontwikkeling van de dwarsdoorsnede bij raai 1164.

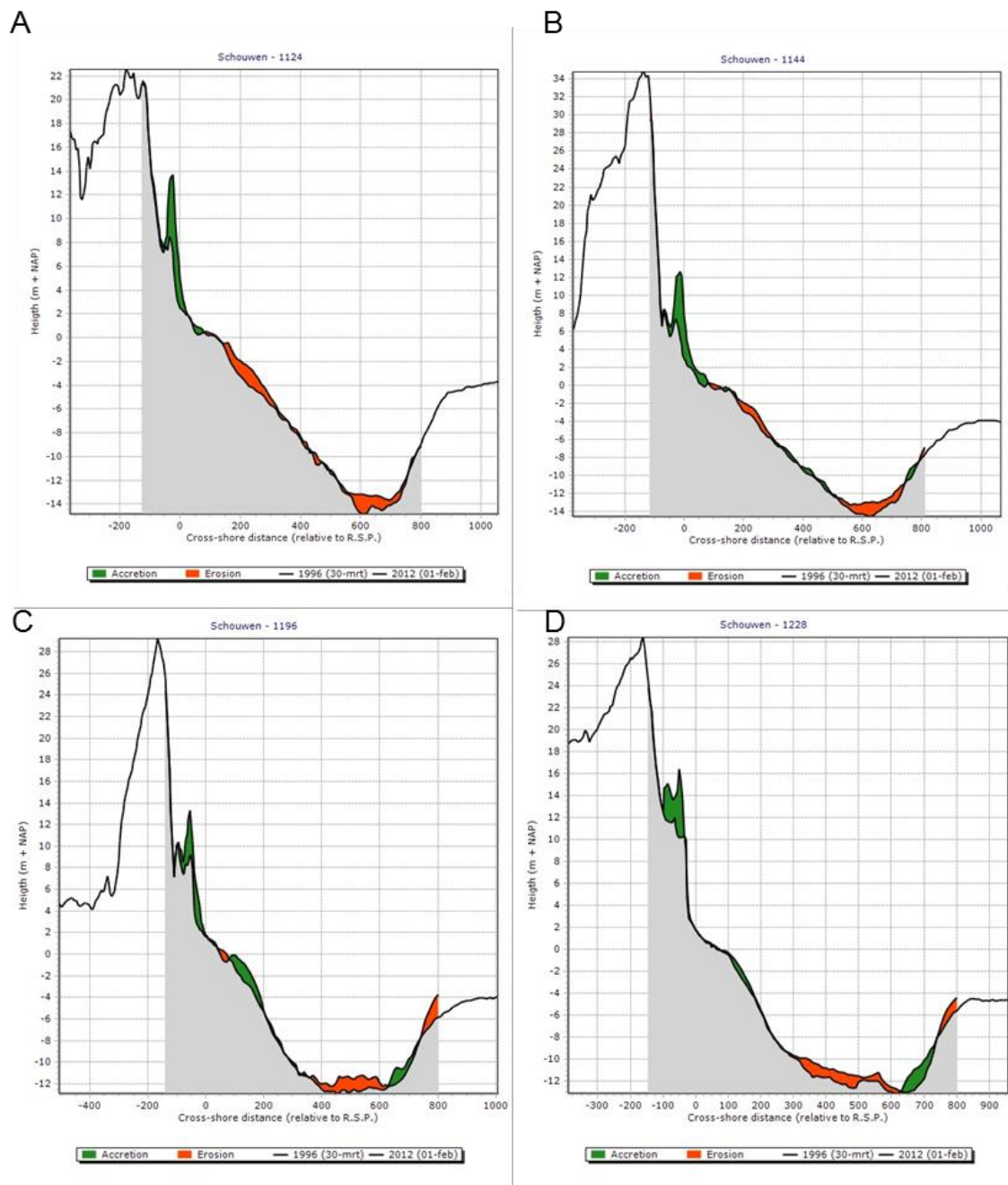
Deelgebied IIIB: raaien 1196– 1248 – Overgangsgebied

Tussen deelgebied IIIA, dat wordt gekenmerkt door de verlenging van het Krabbengat en deelgebied IIIC, waarin landwaartse verplaatsing van het gehele kustdeelgebied plaatsvindt, ligt het overgangsgebied IIIB, dat wordt gekenmerkt door een relatief stabiele ligging van de geul en een beperkte toename van de meest zeewaartse duinregel. Dit is bijvoorbeeld zichtbaar in raai 1196 (Figuur 4.42). De belangrijkste verandering die in de periode (1996-2012) zichtbaar is, is een beperkte achteruitgang tussen NAP 0 en -4 m. Dit is overigens geen maatgevende ontwikkeling voor het gehele gebied, zoals duidelijk is als een aantal erosie (rood)- en sedimentatie (groen) grafieken naast elkaar wordt gezet (Figuur 4.43).

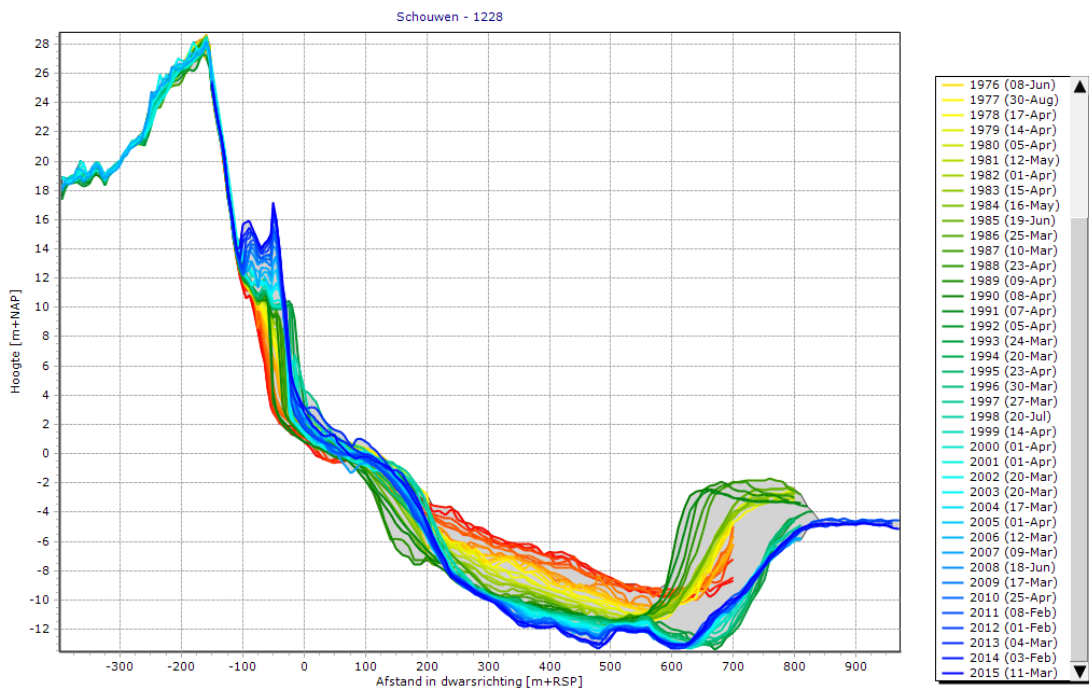
Als over een langere periode wordt gekeken naar dit gebied, dan blijkt dat in het verleden grotere veranderingen hebben plaatsgevonden, die ook samenhangen met de ontwikkeling van het Krabbengat. Dit is bijvoorbeeld zichtbaar in raai 1228 over de periode van 1965-2015 (Figuur 4.44).



Figuur 4.42 Ontwikkeling van de dwarsdoorsnede bij raai 1196 van 1965 tot en met 2015.



Figuur 4.43 Dwarsdoorsneden 2002-2012, met een verlaging van het profiel (erosie) in rood en een verhoging (duinverzwaring, strandsuppletie, sedimentatie) in groen. A. raai 1124; B. raai 1144; C. raai 1196; D. raai 1228.



Figuur 4.44 Ontwikkeling van de dwarsdoorsnede bij raai 1228.

Deelgebied IIIC Raaien 1248 -1395 – Landwaartse verplaatsing volledige profiel

In dit deelgebied is sprake van landwaartse verplaatsing van het complete dwarsprofiel, dat wil zeggen van beide geulwanden, het strand en de duinen. Deze ontwikkeling is zeer duidelijk in de dwarsdoorsneden uit de periode 1965-1983 (Figuur 4.46). De verplaatsing van de meest landwaartse geulwand bedraagt in deze dwarsdoorsnede ruim 100 m (dus meer dan 5 m per jaar). De verplaatsing van de zeewaartse geulwand is nog wat groter. De achteruitgang van het duin en het strand is iets minder dan 100 m in de periode. In de periode 1992-2015 is de landwaartse verplaatsing van het dwarsprofiel minder extreem dan in de periode vóór 1983. De verplaatsing van de landwaartse geulwand bedraagt enkele tientallen meters, terwijl de verplaatsing van de geulwand aan de zeezijde ongeveer 100 m bedraagt. De geul is ook ongeveer een meter dieper geworden. Het duinfront is ruim 30 m landwaarts verplaatst.

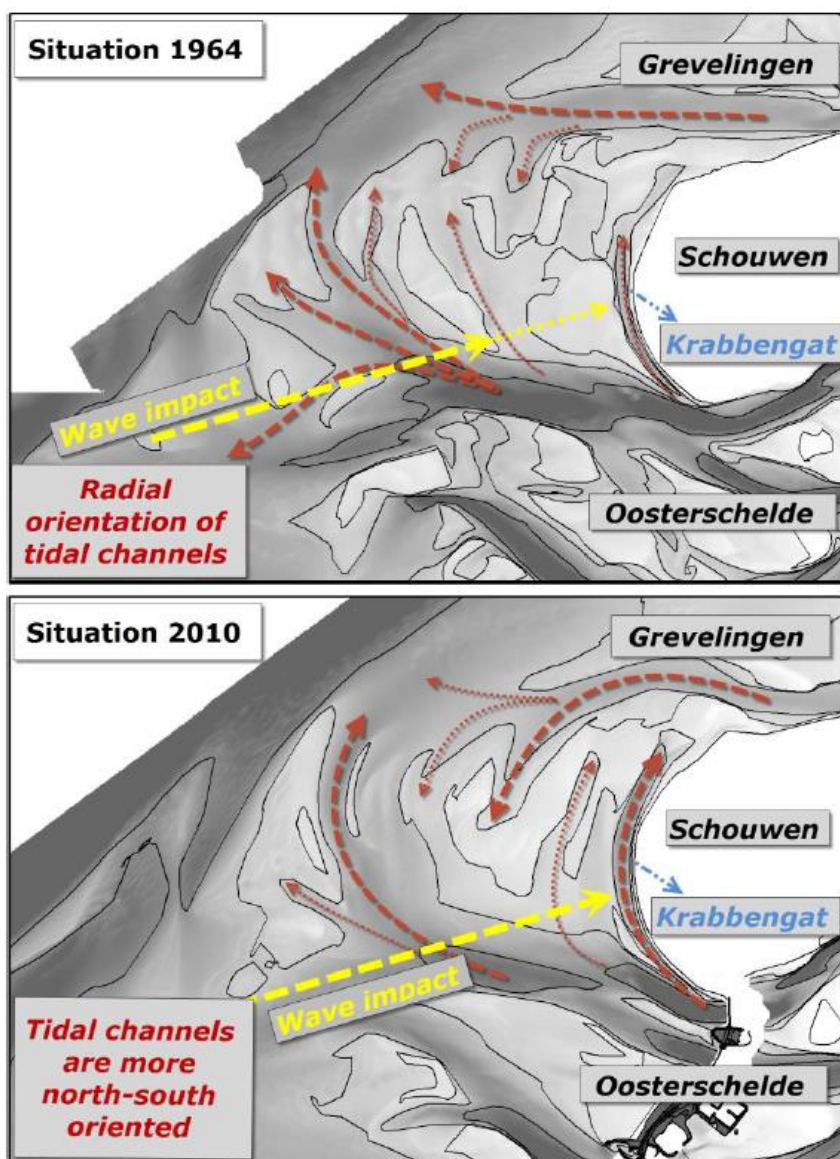
De reden om de ontwikkeling van dit deelgebied in twee perioden te beschrijven is, dat in de tussenliggende periode twee grote geulverleggingen van het Krabbengat zijn uitgevoerd (Maranus, 1996, Vermaas et al, 2014, 2015). Geulverleggingen bestaan uit een zandwinning aan de zeewaartse flank van de geul en een suppletie aan de landzijde ('morfologisch baggeren'). In 1987 is een geulverlegging uitgevoerd met een zandwinning van raai 1335 tot 1525, waarbij het sediment op de geulwand en tot op het strand is aangebracht in het tegenoverliggende gebied. Een voorbeeld hiervan is weergegeven in Figuur 4.47. Het zwaartepunt van deze geulverlegging lag ten zuiden van dit deelgebied. In 1991 is een geulverlegging uitgevoerd met zandwinning van raaien 1144 tot 1335 waarbij het sediment op de geulwand, strand en duinfront is aangebracht van raai 1196 tot ongeveer 1322. De versterking van het duinfront liep verder door, tot raai 1568. In Figuur 4.48 is een voorbeeld gegeven van deze geulverlegging met duinversterking. In totaal is in 1987 en 1991 volgens Maranus (1996) ongeveer $5,1 \times 10^6 \text{ m}^3$ gesuppleerd⁶, waarvan circa $2,7 \times 10^6 \text{ m}^3$ boven de laagwaterlijn is aangebracht en $2,4 \times 10^6 \text{ m}^3$ daaronder. De gemiddelde doorstroomoppervlakte van het Krabbengat is door het uitvoeren van de geulverlegging vergroot van gemiddeld ca. 3.100 m^2 tot 3.610 m^2 (Maranus, 1996).

De geulverlegging heeft de ontwikkeling van de geul verminderd, maar de landwaartse verplaatsing van het profiel doorgedaan. In sommige raaien, zoals de getoonde raai 1308 (figuur 4.40) lijkt sprake te zijn van een lagere snelheid waarmee de geul naar de kust verplaatst, maar in de andere raaien lijkt dat niet het geval te zijn. Door Maranus (1996) is vastgesteld, dat het geërodeerde volume na uitvoering van de geulverlegging is afgenomen in de periode tot 1996 van gemiddeld 556.000 m^3 per jaar tot gemiddeld 337.500 m^3 per jaar. Door Maranus (1996) is ook gekeken naar de specifieke ontwikkelingen van het erosievolume langs de kust boven en onder de waterlijn, aan de zeezijde van de geul en van de doorstroom-oppervlaktes. De analyse van Maranus (1996) is uitgevoerd met een beperkt aantal raaien, op 1 km afstand van elkaar. Deze analyse is destijds in een kort tijdsbestek uitgevoerd voor een morfologische analyse ten bate van de suppletie in 1996.

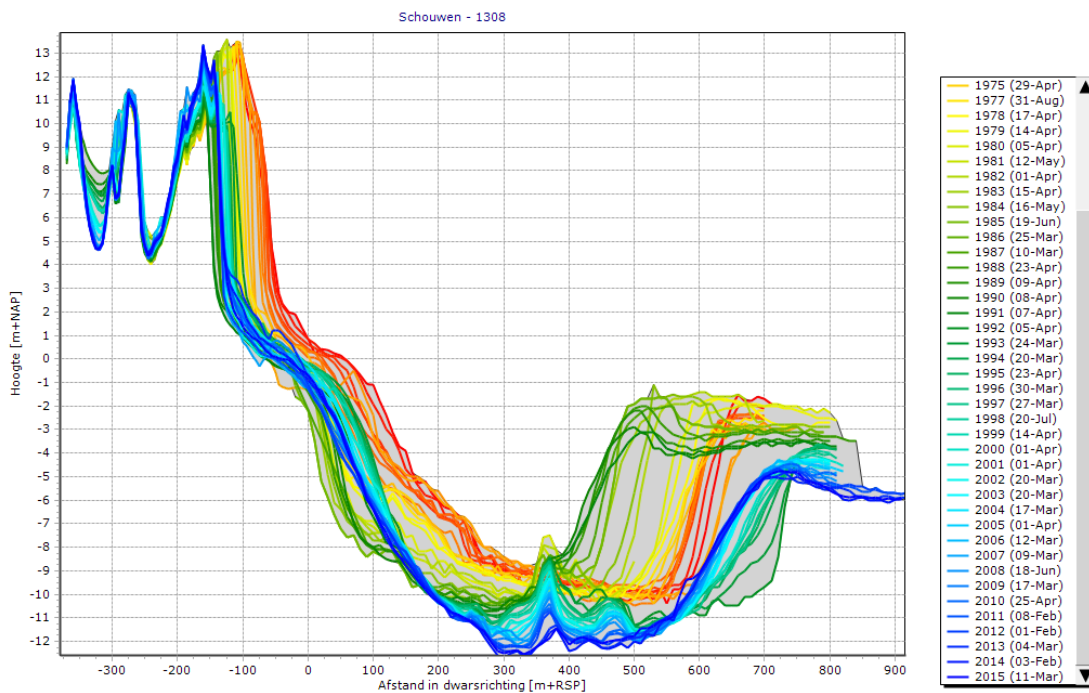
Door Vermaas et al (2014, 2015) is een nieuwe, meer uitgebreide en gedetailleerde analyse uitgevoerd van de verplaatsing van de dieptelijnen en de verandering in geulvolumes aan de beide flanken van de geul bij de uitgevoerde geulverlegging in 1987, 1991 en 1996. Deze studie heeft de resultaten van Maranus (1996) grotendeels bevestigd. Belangrijke conclusie was, dat niet alleen de suppleties, maar ook de geulverruiming (maximaal in raai 1300 van bijna 5000 tot bijna 7000 m^2 in 1991, sindsdien vrij stabiel) heeft bijgedragen aan de vermindering van de erosie van de diepe

⁶ Het door Maranus (1996) opgegeven volume van $5,1 \times 10^6 \text{ m}^3$ is groter dan het volume van ruim $4,6 \times 10^6 \text{ m}^3$ zoals dat in 4.2 is vermeld..

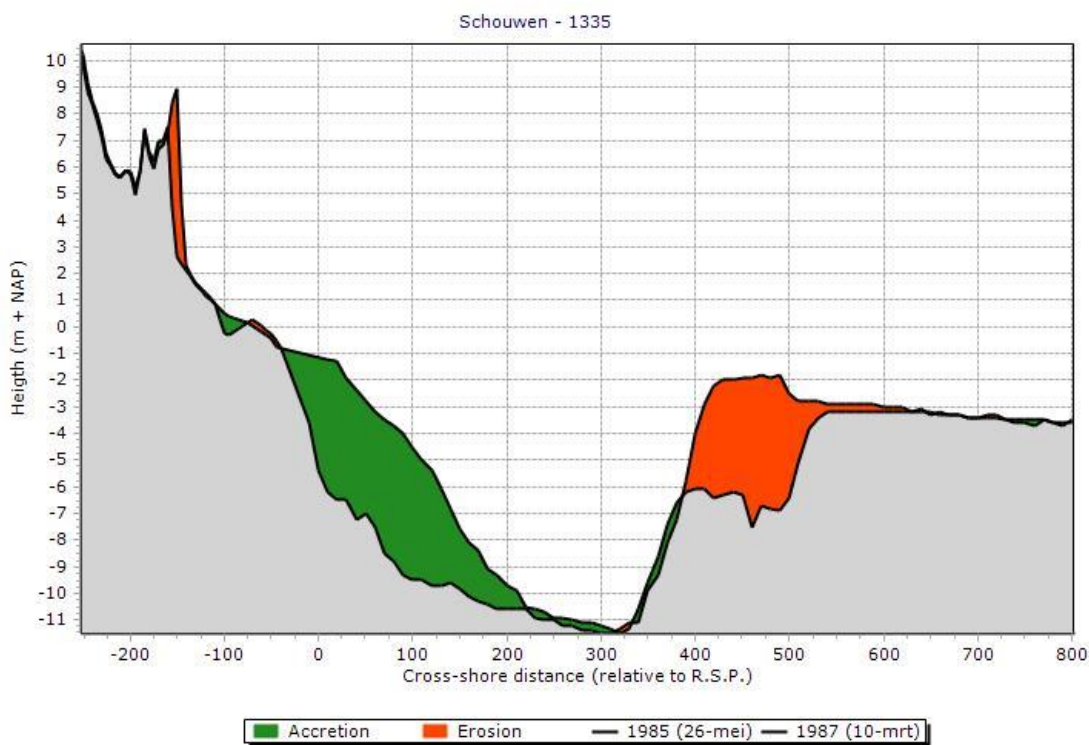
kustzone van Schouwen en dat deze maatregelen aansloten op de natuurlijke ontwikkelingen, in dit geval de toegenomen getijdestroom en vermindering van het golfgedreven zandtransport over de Banjaard (Figuur 4.45). Helaas nam daarmee ook de golfgedreven erosie van de ondiepe kustzone toe.



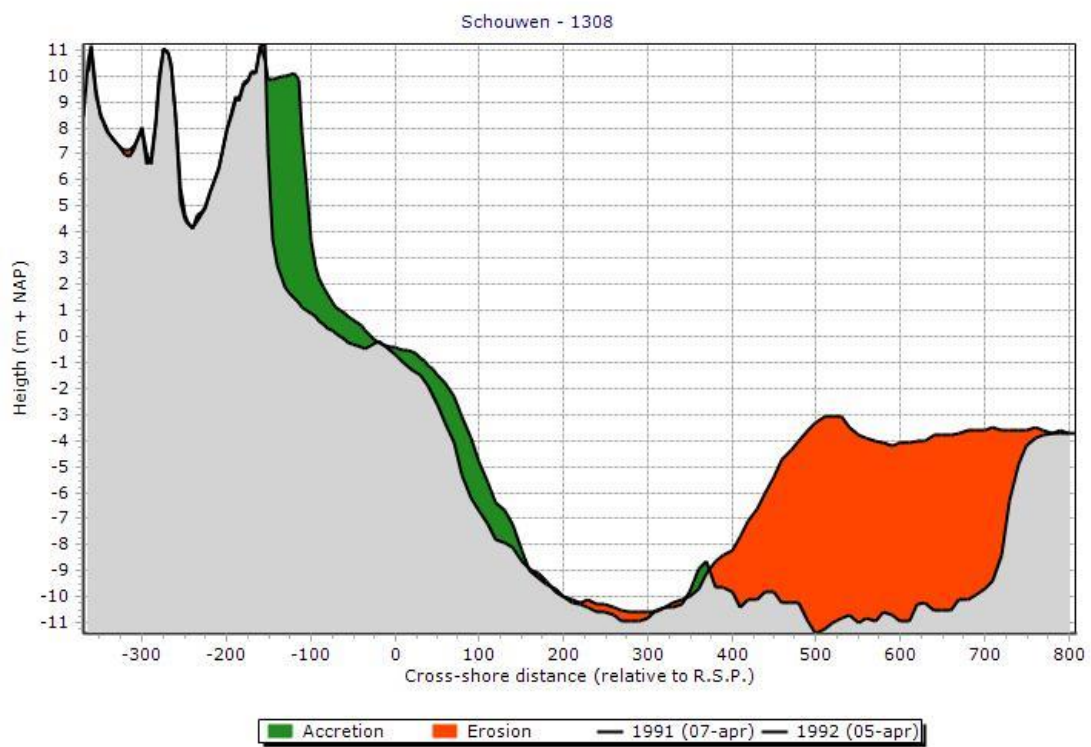
Figuur 4.45 Overzicht van Krabbengat en Banjaard in 1964 voor en 2010, na de geulverlegging (Vermaas et al, 2014)



Figuur 4.46 Ontwikkeling van de dwarsdoorsnede bij raai 1308.



Figuur 4.47 Dwarsdoorsnede raai 1335 met een verlaging van het profiel (erosie) in rood en een verhoging (duinverzwaring, strandsuppletie, sedimentatie) in groen voor de periode 1985-1987.



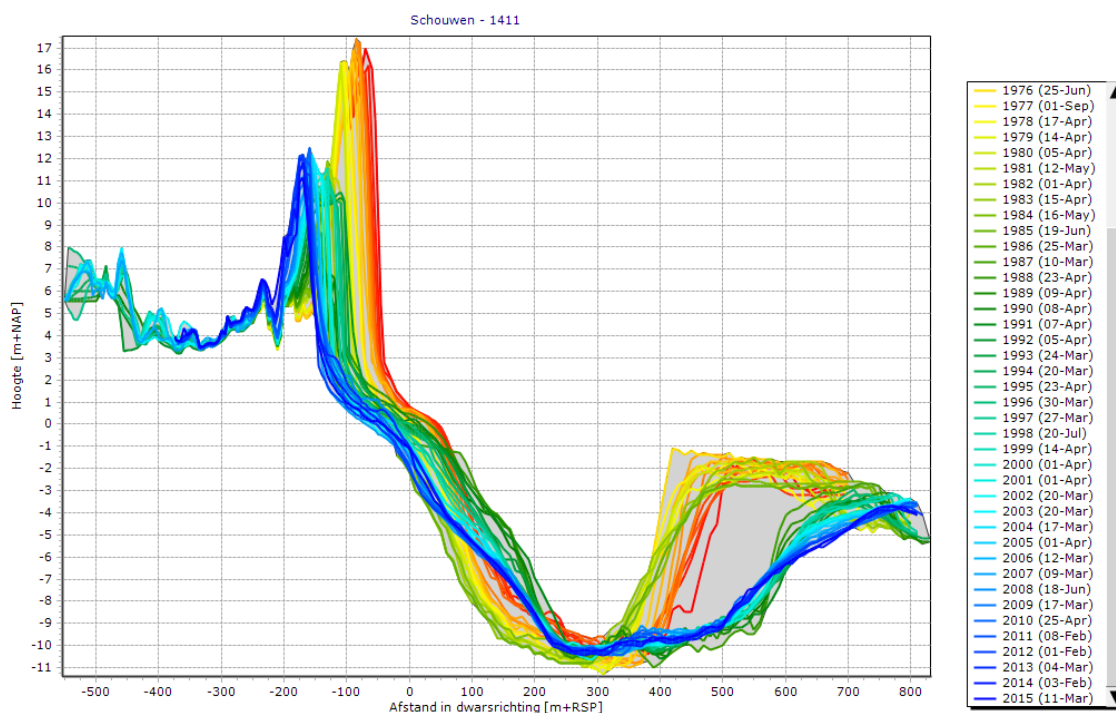
Figuur 4.48 Dwarsdoorsnede raai 1308 met een verlaging van het profiel (erosie) in rood en een verhoging (duinverzwaring, strandsuppletie, sedimentatie) in groen voor de periode 1991-1992.



Figuur 4.49 Kop van Schouwen met vuurtoren (Foto: Beeldbank Rijkswaterstaat, Rens Jacobs)

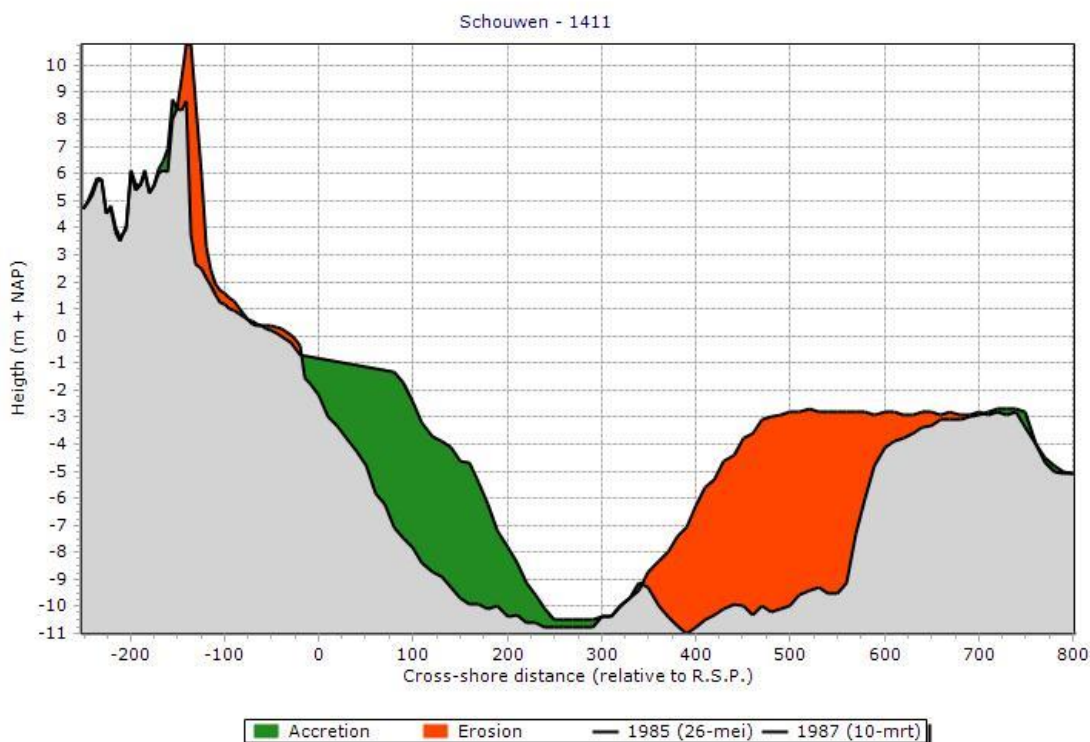
Deelgebied IIID raaien 1395 -1465 – Uitrusten geul

In deelgebied IIID treedt net als in deelgebied IIIC een landwaartse verplaatsing van de geul, het strand en het duinfront op. Aan de zeewaartse zijde van de geul treedt ook een verruiming van de geul op, doordat de geulwand daar ten minste voor een deel in zeewaartse richting verplaatst. In raai 1411 is die ontwikkeling zichtbaar tot het begin van de jaren '80 en vanaf het begin van de jaren '90 (Figuur 4.50).

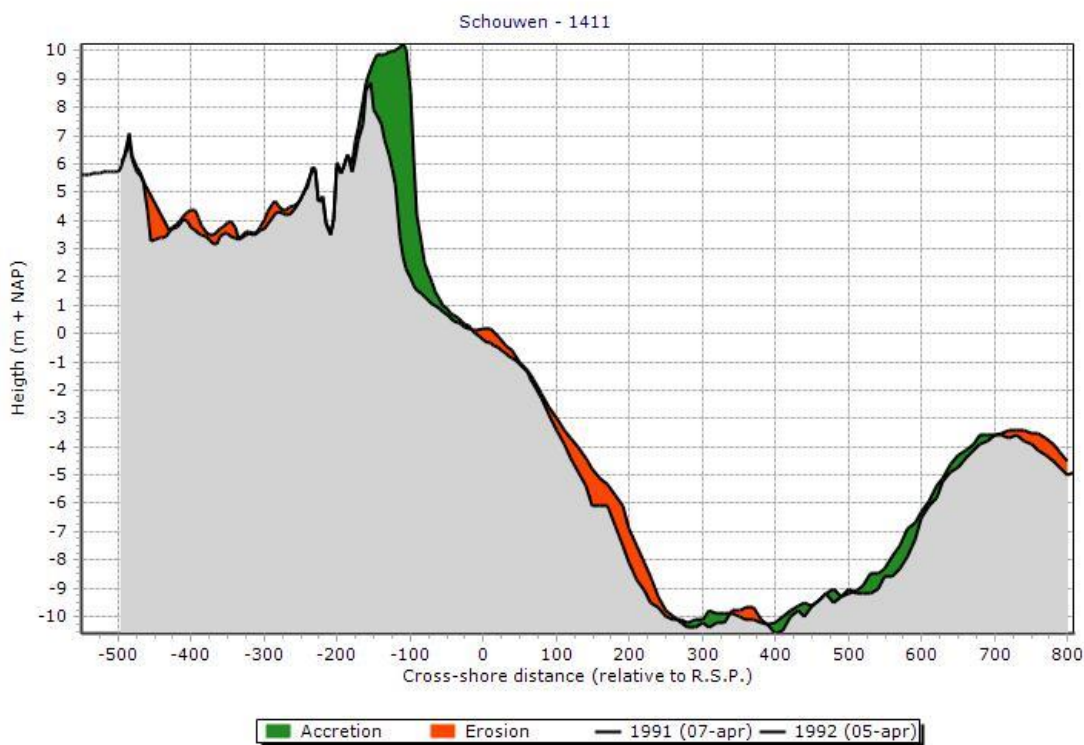


Figuur 4.50 Ontwikkeling van de dwarsdoorsnede bij raai 1411 in de periode 1965 – 2015.

In dit deelgebied heeft de geulverlegging in 1987 de ligging van de geul en het strand duidelijk veranderd, zoals zichtbaar is in Figuur 4.51. De geulverlegging uit 1991 heeft zich verder naar het noorden, in deelgebied IIIC afgespeeld. Wel is in deelgebied IIID het duinfront in zeewaartse richting verplaatst, met zand dat noordelijker in het Krabbengat is gewonnen (Figuur 4.52). Na het uitvoeren van de geulverlegging en de zeewaartse duinverzwaring is de landwaartse verplaatsing van de geul en het uitrusten aan de zeezijde doorgegaan.



Figuur 4.51 Dwarsdoorsnede raai 1411 met een verlaging van het profiel (baggeren, duinerosie) in rood en een verhoging (geulwandsuppletie) in groen voor de periode 1985-1987.



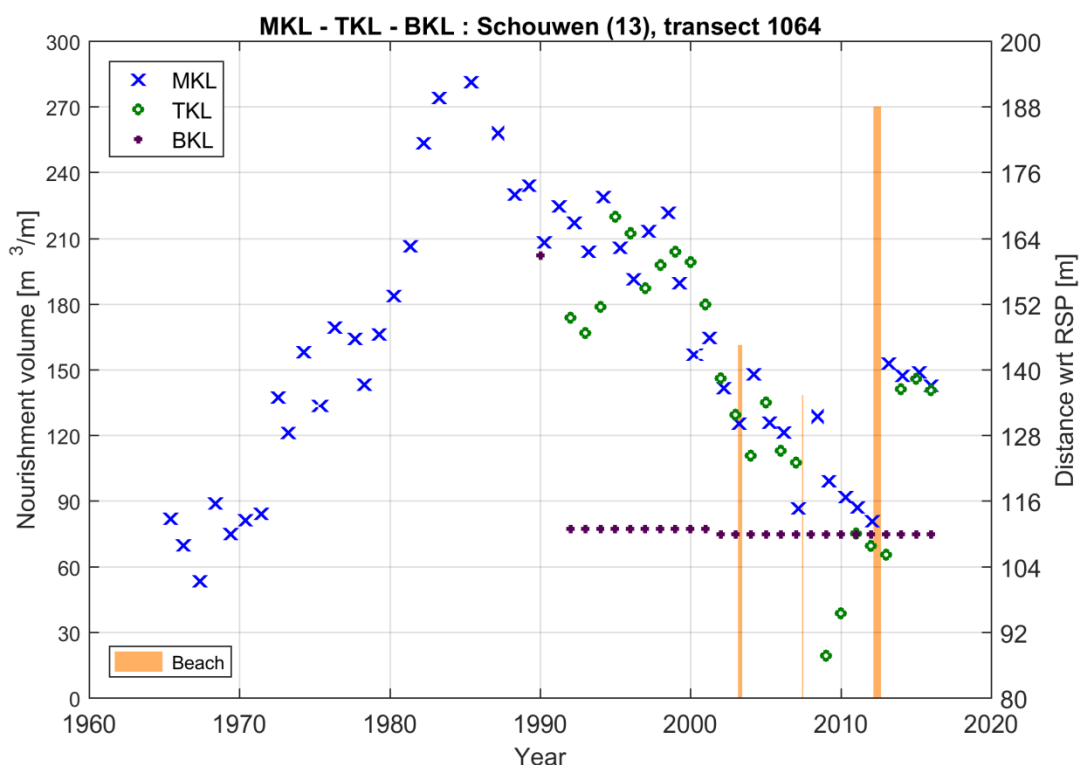
Figuur 4.52 Dwarsdoorsnede raai 1411 met een verlaging van het profiel (geulwand- en duinerosie) in rood en een verhoging (duinverzwaring, strandsuppletie, sedimentatie) in groen voor de periode 1991-1992.

Indicatoren

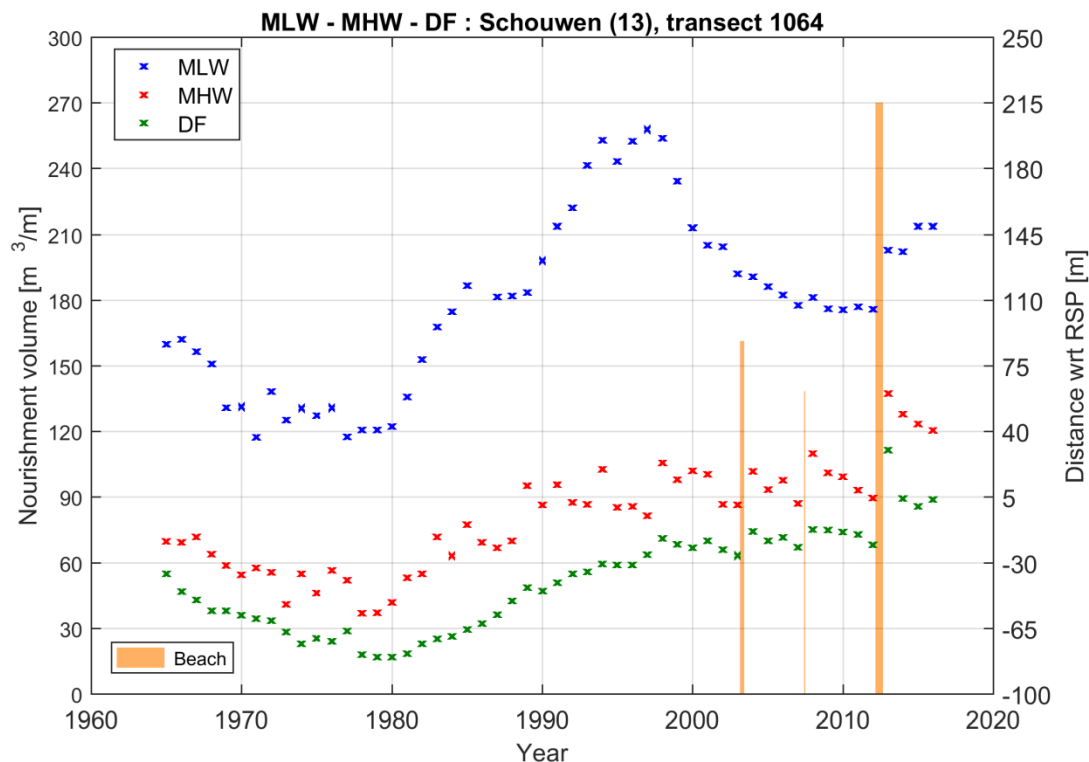
De aanwezigheid van het Krabbengat is de dominante factor in het deelgebied, maar de ontwikkelingen per deelgebied verschillen duidelijk. Daarnaast is de bolle kustlijn van de Kop van Schouwen (Figuur 4.49) in dit deelgebied ook een dominante factor, met name voor de kustindicator ontwikkeling. Geulerosie wordt bepaald door het Krabbengat, maar kustlijn- en stranderosie wordt ook bepaald door golfgedreven transporten die divergeren op een bolle kustlijn (Vermaas et al, 2014, 2015). Deze verschillen komen tot uiting in de ontwikkelingen van de indicatoren.

Deelgebied IIIA: raaien 1004 – 1196 – Verlenging Krabbengat

In dit deelgebied vindt recent in alle raaien een landwaartse verplaatsing van de MKL plaats. Deze landwaartse verplaatsing is voorafgegaan door een periode van zeewaartse verplaatsing. Per raai verschilt het moment waarin de omslag heeft plaatsgevonden. In het getoonde voorbeeld van raai 1064 in Figuur 4.53 ligt de overgang van vooruit- naar achteruitgang rond 1985. Waarschijnlijk heeft deze overgang te maken met de toenemende invloed van het Krabbengat, door de verlenging en verruiming van deze geul. De landwaartse verplaatsing van de MKL heeft geleid tot overschrijdingen van de BKL. De uitgevoerde suppleties tot 2012 hebben slechts beperkt effect op de positie van de MKL, de zeewaartse verplaatsing is steeds minder dan 10 m. Na de grote suppletie van 2012 is echter wel duidelijk een positief effect te zien, de MKL schuift ruim 30 m op. De ontwikkeling van de laagwaterlijn in Figuur 4.54 laat een vergelijkbaar beeld zien. De MLW verplaatst van 1980 tot 1995 in zeewaartse richting en verplaatst daarna landwaarts. De hoogwaterlijn en de duinvoet verplaatsen in zeewaartse richting, maar de suppletie van 2012 laat nu ook een duidelijke zeewaartse verschuiving van de laagwaterlijn zien.



Figuur 4.53 Grafiek met de positie van de MKL, de TKL en de BKL voor raai 1064.

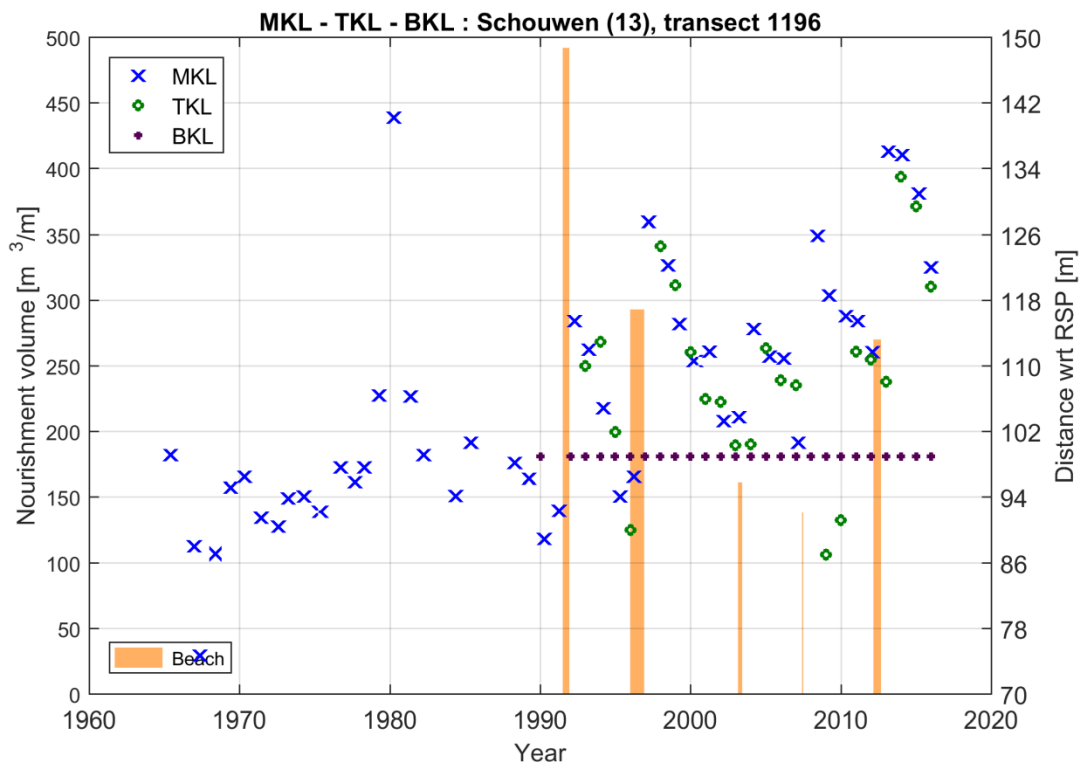


Figuur 4.54 Grafiek met de positie van de gemiddelde laagwaterlijn (MLW), de gemiddelde hoogwaterlijn (MHW) en de duinvoet (DF) voor raai 1064.

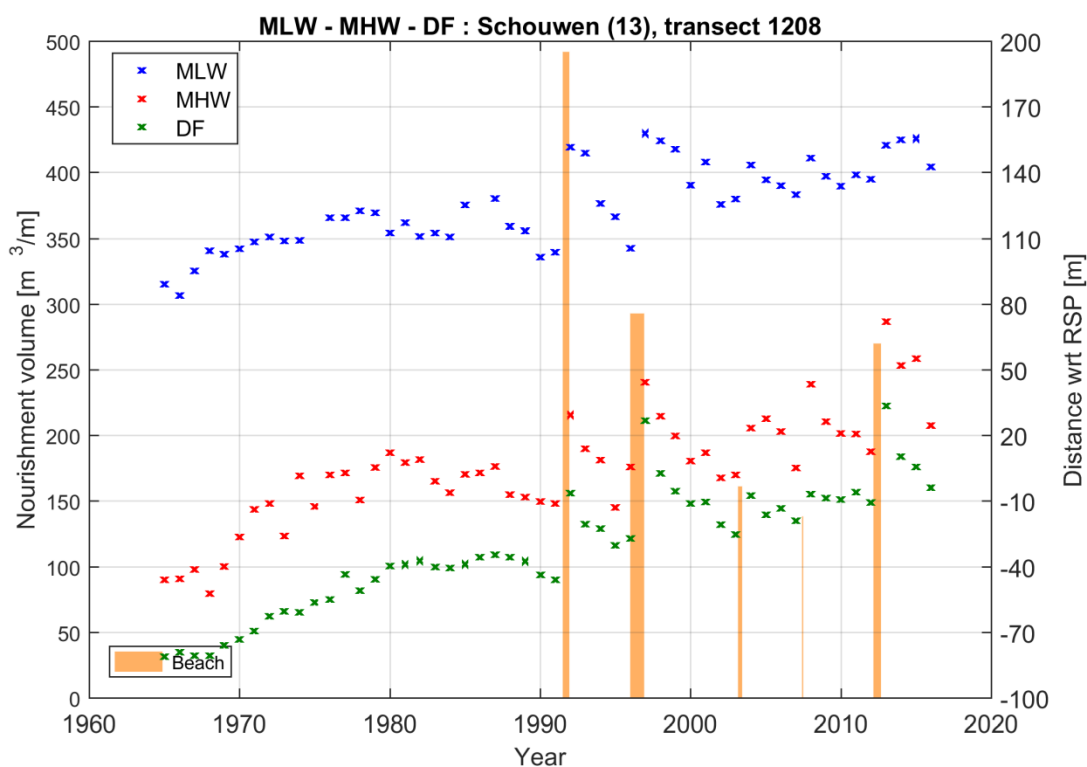
Deelgebied IIIB: raaien 1196– 1248 – Overgangsgebied

In het overgangsgebied tussen deelgebied IIIA en IIIC is de ligging van de kustlijn relatief stabiel, zoals blijkt uit de grafiek van de MKL bij raai 1196 (Figuur 4.55). In de ontwikkeling van de MKL voor 1990 is geen duidelijk trend te herkennen. Na 1990 liggen de waarden voor de MKL meer zeewaarts, waarschijnlijk als gevolg van de suppleties die zijn uitgevoerd. In het 'antwoord' van de MKL op en na de uitvoering van een suppletie (sprong zeewaarts, gevolgd door geleidelijke landwaartse verplaatsing) is de kenmerkende zaagtandvorm te herkennen.

De zaagtandvorm is het gevolg van de uitbouw door een suppletie, gevolgd door de geleidelijk herverdeling van het zand. Zo'n zaagtand is ook zichtbaar in de grafiek met de waterlijnen van raai 1208 (Figuur 4.56). In deze waterlijnen is voor 1980 een geleidelijke zeewaartse uitbouw zichtbaar, gevolgd door een periode van achteruitgang. Ondanks de achteruitgang na de aanleg resulteren de suppleties, over het geheel, in een langzame zeewaartse uitbouw.



Figuur 4.55 Grafiek met de positie van de MKL, de TKL en de BKL voor raai 1196.

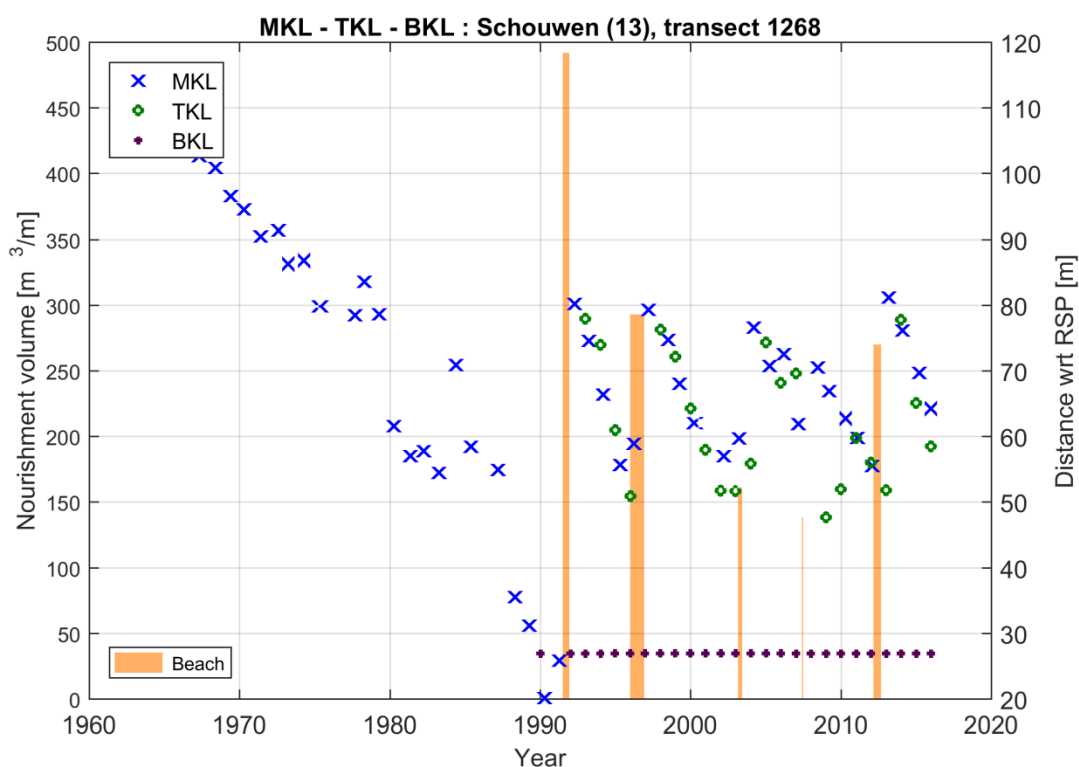


Figuur 4.56 Grafiek met de positie van de gemiddelde laagwaterlijn (MLW), de gemiddelde hoogwaterlijn (MHW) en de duinvoet (DF) voor raai 1208

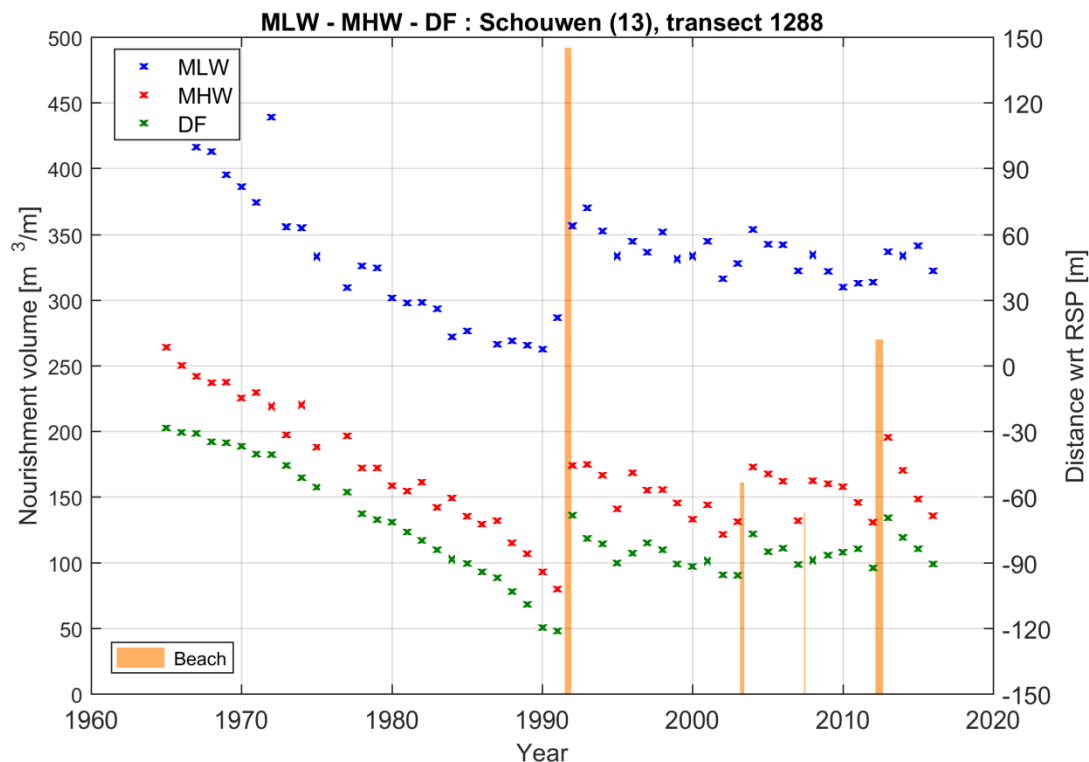
Deelgebied IIIC raaien 1248 -1395 – Landwaartse verplaatsing volledige profiel

De deelgebieden IIIC en IIID zijn de deelgebieden met de meest geprononceerde achteruitgang van het kustprofiel, van de geulwand tot en met het duinfront. Deze achteruitgang komt duidelijk tot uitdrukking in de landwaartse verplaatsing van de MKL, zoals zichtbaar is in de grafiek voor raai 1268 (Figuur 4.57). Na het uitvoeren van de suppleties springt de MKL zeewaarts, om daarna weer snel in landwaartse richting te verplaatsen (zaagtand). De grootste zeewaartse sprong door het uitvoeren van een suppletie heeft in 1991 plaatsgevonden, door de geulverlegging.

In de grafieken van de waterlijnen, waarvan een voorbeeld is getoond in Figuur 4.58, zijn wat andere ontwikkelingen zichtbaar dan in de MKL. De laagwaterlijn vertoont al in 1986 een overgang van een landwaartse naar een stabiele of licht zeewaartse verplaatsing. Dit is mogelijk het gevolg van de geulverlegging, die in 1986 in de nabijheid heeft plaatsgevonden (raaien 1355-1525). Na de geulverlegging in 1991 gaat de landwaartse verplaatsing van de laagwaterlijn verder. De hoogwaterlijn en duinvoet verplaatsen in landwaartse richting tot in 1991 de geulverlegging plaatsvindt. Daarna schommelen de posities, waarschijnlijk geholpen door de suppleties na 1991.



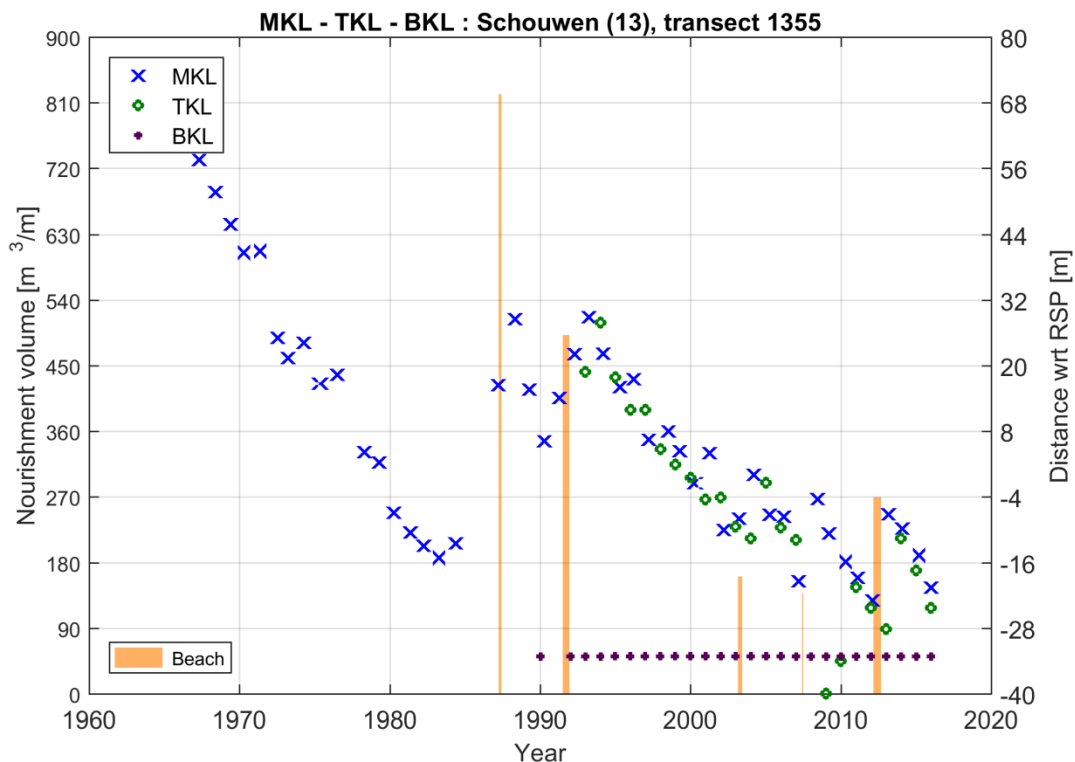
Figuur 4.57 Grafiek met de positie van de MKL, de TKL en de BKL voor raai 1268



Figuur 4.58 Grafiek met de positie van de gemiddelde laagwaterlijn (MLW), de gemiddelde hoogwaterlijn (MHW) en de duinvoet (DF) voor raai 1288.

De zaagtandrespons van de MKL op de suppleties wordt overigens niet overal aangetroffen. In Figuur 4.59 is zichtbaar dat in raai 1355 de achteruitgang van de MKL doorgaat na de geulverlegging in 1986. De later uitgevoerde strandsuppleties geven slechts kleine sprongetjes in zeewaartse richting. De MKL komt structureel dichterbij de BKL te liggen. De suppletie van 2012 geeft weer een flinke sprong zeewaarts.

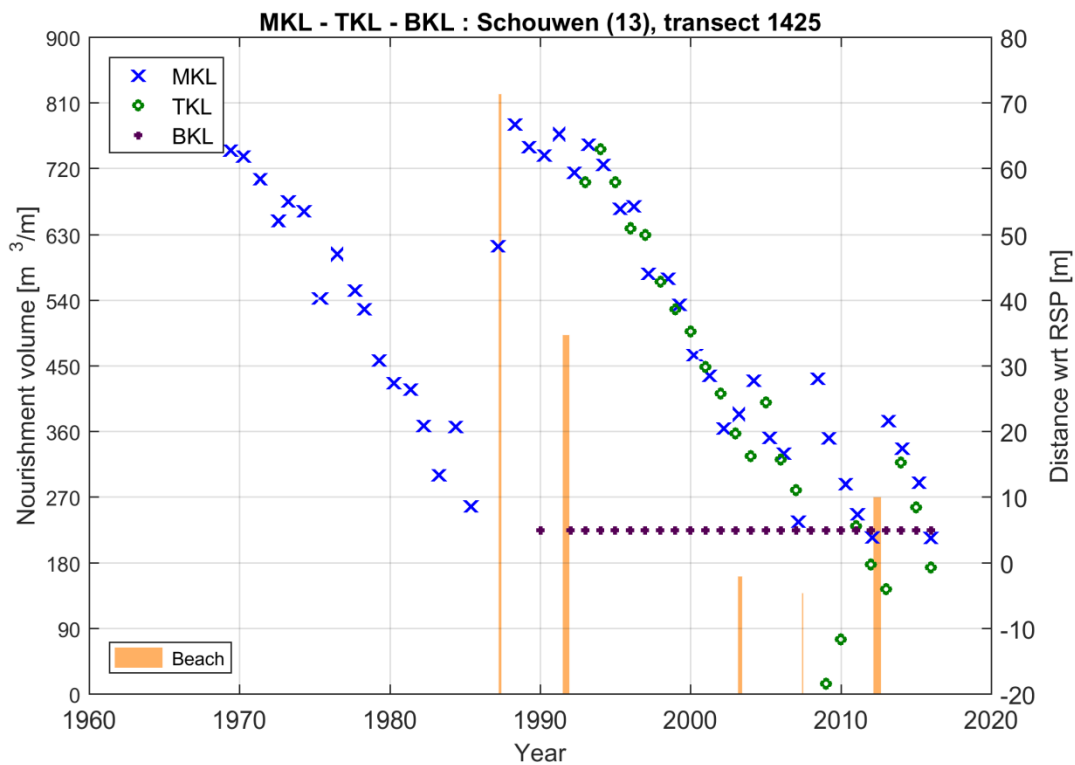
De ontwikkeling van de MKL en ook van de waterlijnen reflecteert slechts een beperkt deel van de achteruitgang van de kustprofielen in dit deelgebied. Het totale volume zand dat van de geulbodem tot aan de duintop uit het kustprofiel verdwijnt, is veel groter dan de in de MKL geregistreerde afname van het volume.



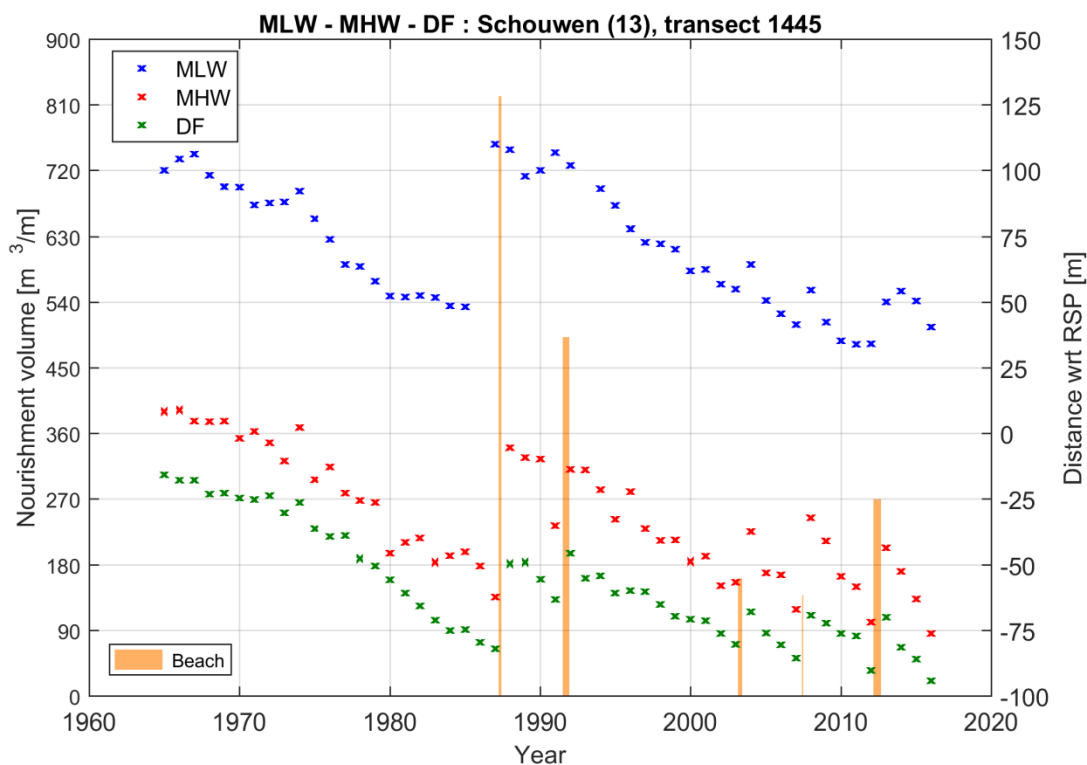
Figuur 4.59 Grafiek met de positie van de MKL, de TKL en de BKL voor raai 1355.

Deelgebied IIID raaien 1395 -1465 – Uitrusten geul

De ontwikkeling die zichtbaar zijn in de MKL, Figuur 4.60, zijn geheel vergelijkbaar met die in deelgebied IIIC, namelijk een sterke landwaartse verplaatsing met een sprong zeewaarts na de geulverlegging in 1986. Na de geulverlegging gaat de landwaartse verplaatsing van de MKL met hetzelfde tempo door. Bij de strandsuppleties die later zijn uitgevoerd is de sprong in zeewaartse richting veel kleiner dan bij de geulverlegging. In de huidige situatie ligt de MKL altijd dicht bij de BKL, zoals zichtbaar is in Figuur 4.60. De ontwikkeling van de MKL in raai 1425 is kenmerkend voor alle raaien in dit deelgebied. De ontwikkeling van de waterlijnen verloopt geheel vergelijkbaar, zoals zichtbaar is in Figuur 4.61.



Figuur 4.60 Grafiek met de positie van de MKL, de TKL en de BKL voor raai 1425.

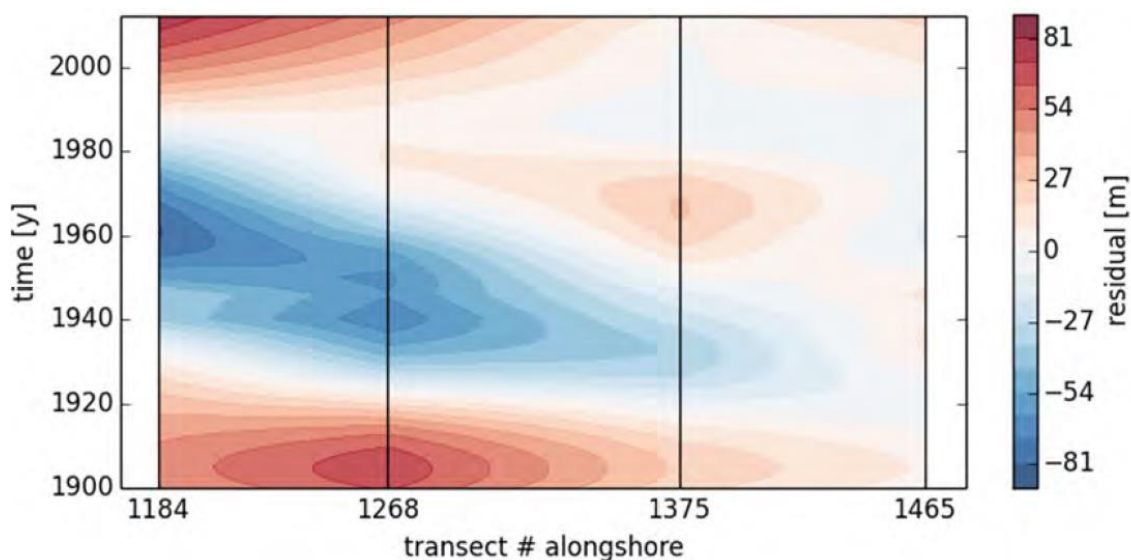


Figuur 4.61 Grafiek met de positie van de gemiddelde laagwaterlijn (MLW), de gemiddelde hoogwaterlijn (MHW) en de duinvoet (DF) voor raai 1445.

Zandgolven

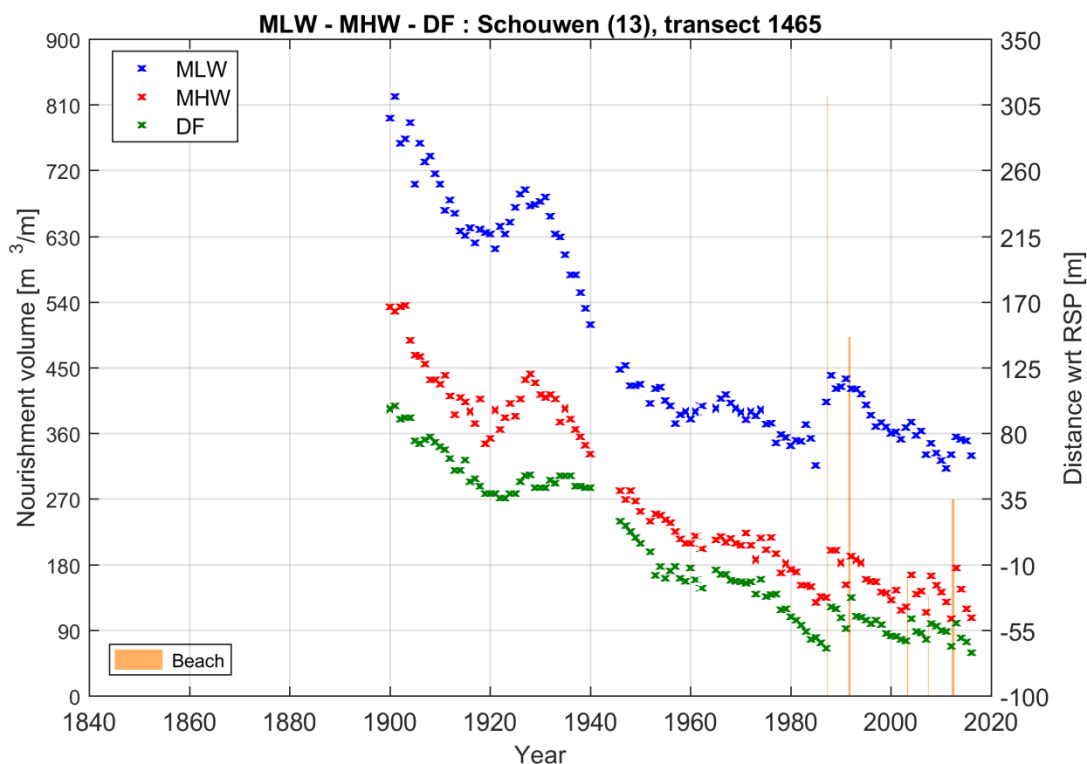
Door Kevelam en Postma (1988) en Hoozemans (1991) is op basis van het werk van Roelse en Maranus (1988) de aanwezigheid van zandgolven langs de gehele Kop van Schouwen beschreven, met een periode van 50 tot 150 jaar. Voor de analyse daarvan is gebruik gemaakt van langjarige metingen aan de ligging van de waterlijnen (pre-Jarkus). In Figuur 4.63 is een voorbeeld gegeven van een grafiek met ook de langjarige ontwikkeling van de waterlijnen en de duinvoet. Door Roelse zijn de 'slingers' op de gemiddelde achteruitgang van de waterlijnen voor alle raaien in kaart gebracht. Dit kan het gevolg zijn van horizontale zandgolven.

Zandgolven zijn ook onderzocht door Giardino et al. (2014B) en hebben volgens hen invloed op de kustindicatoren: een afslaand kustvak kan na een relatief korte tijd omslaan in een aanzandend kustvak, doordat het dalwaartse deel van de zandgolf voorbij trekt en plaats maakt voor topwaarts deel van de zandgolf. Om op een nog efficiëntere manier zandsuppleties te plannen, verdient het daarom aanbeveling om rekening te houden met de aanwezigheid, amplitude en migratiesnelheid van zandgolven. In Giardino et al (2014B) wordt aangegeven, dat zandgolfpatronen duidelijk zichtbaar zijn op de noordelijke kust van Schouwen, tussen de raaien 600 en 1400 (deelgebieden II en III) en zich voortplanten in noordoostelijke richting met een periode van ongeveer 75 jaar, zie Figuur 4.62.



Figuur 4.62 Contour plot van een residuele zandgolfpositie t.o.v. de waargenomen trend, Schouwen, raaien 1184-1465, periode 1900-2015 (Giardino et al., 2014B)

Vergelijkbare slingers lijken aanwezig na halverwege de jaren '80. Deze slingers blijken echter samen te hangen met de uitgevoerde geulverlegging en suppleties. Verder zijn de ligging en de omvang het Krabbengat na de Deltawerken dusdanig veranderd, dat sprake is van een onvergelykbare situaties voor en na de Deltawerken, mogelijk door een veranderd golfspectrum en door de ontwikkelingen in de Voordelta. Duidelijke zandgolven zijn niet aangetroffen in de meer recente ontwikkelingen. Het lijkt daarom niet nodig om de aanwezigheid van zandgolven voor dit deelgebied van de kust verder te beschouwen. Ook voor deelgebied IV geldt dat zandgolven buiten beschouwing kunnen blijven.



Figuur 4.63 Grafiek met de positie van de gemiddelde laagwaterlijn (MLW), de gemiddelde hoogwaterlijn (MHW) en de duinvoet (DF) voor raai 1465

Samenvattend kan gesteld worden dat de ontwikkelingen van de kust in deelgebied III worden bepaald door de landwaartse verplaatsing, verlenging en verruiming van het Krabbengat en verder de golfgedreven transporten in het ondiepe deel van de kustzone van de Kop van Schouwen. De meest uitgesproken veranderingen aan de kust hebben zich voorgedaan van raai 1248 tot 1465, waar het gehele kustprofiel, van het duinfront tot en met de geulbodem landwaarts is verplaatst. In het noordelijke deel van het deelgebied III (deelgebied IIIA) van raai 1004 tot 1196 heeft de verlenging en verruiming van de geul geresulteerd in landwaartse verplaatsing van de kustlijn.

De drijvende kracht voor de verlenging en verruiming van het Krabbengat is waarschijnlijk de combinatie van het afsluiting van de Grevelingen en de aanleg van de Stormvloedkering in de Oosterschelde. Hierdoor zijn de getijdestromingen rond de Kop van Schouwen ingrijpend veranderd.

De oorzaak van het ontstaan van het Krabbengat is waarschijnlijk gelegen in de aanwezigheid van een verhang tussen de Oosterscheldemonding en de Grevelingen. De drijvende kracht voor de landwaartse verplaatsing van de geul, een ontwikkeling die ook in vergelijkbare situaties bij Walcheren en de koppen van de Waddeneilanden is waargenomen, is behalve de algemene landwaartse trend niet geheel duidelijk. Mogelijk, maar niet noodzakelijkerwijs is de drijvende kracht voor de landwaartse verplaatsing ook het verhang tussen de Oosterscheldemonding en de Grevelingen. De golf- en getijstroming gedreven aanvoer van zand vanaf de buitendelta naar de kust (de z.g. "laterale" zandtoevoer (Steijn, 2002) zou hierbij ook een rol kunnen spelen.

De kustachteruitgang door de verplaatsing van de geul vond al plaats vóór de aanleg van de Deltawerken. Ook in de situatie voor de Deltawerken was de aandrijvende kracht voor de aanwezigheid en de landwaartse verplaatsing van de geul al aanwezig.

Het sediment dat vrijkomt bij het verruimen en verlengen van het Krabbengat wordt waarschijnlijk deels aan de noordzijde afgezet op de Bollen van het Nieuwe Zand en aan de zuidoostzijde, nabij de stormvloedkering (deelgebied IV), zie paragraaf 4.3.5.

Het sediment dat vrijkomt bij de landwaartse verplaatsing van het gehele kustprofiel komt deels ten goede aan de zandbank (Banjaard) en de geulwand aan de zeewaartse zijde van het Krabbengat. De rest van het sediment wordt waarschijnlijk afgevoerd door het Krabbengat en komt in de sedimentatiegebieden terecht (Bollen van het Nieuwe Zand). Net als bij de rest van Schouwen is er geen sprake van brekerbanken in het kustprofiel, wel zijn er aan de zuidwestzijde enkele strandbanken zichtbaar in de kustprofielen.

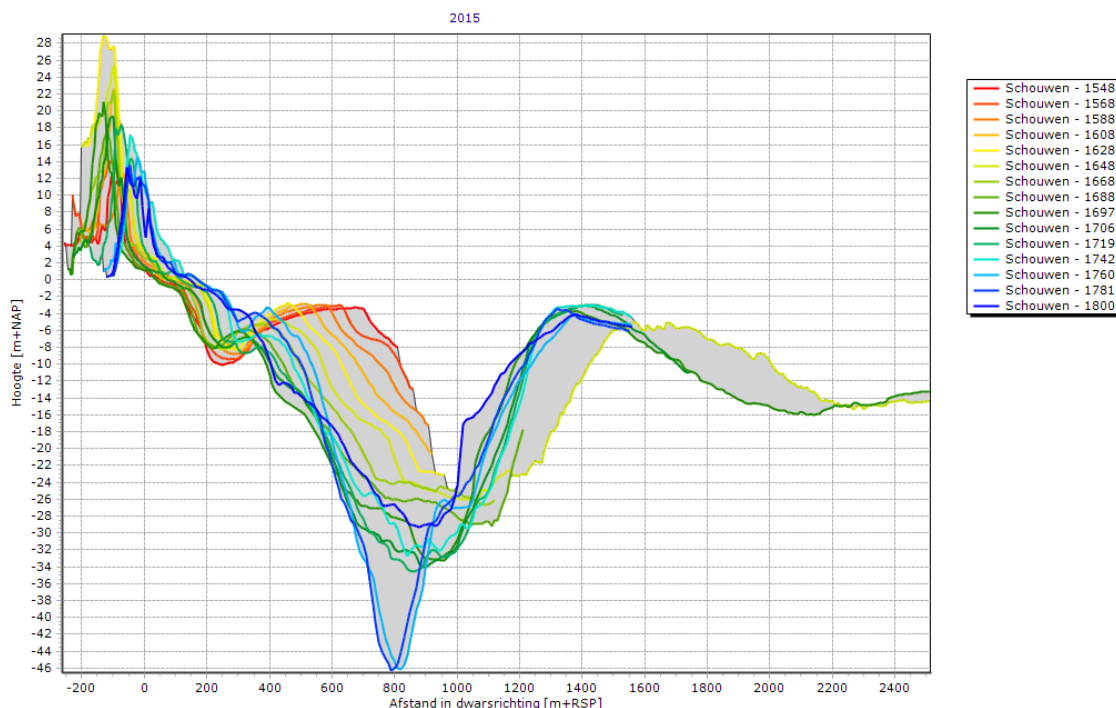
De geulverlegging die is uitgevoerd in 1986 en in 1991 is vanuit de optiek van de kustindicatoren een effectieve maatregel geweest (Maranus, 1996). In Vermaas et al (2014, 2015) is de geulverlegging nader onderzocht, waaruit bleek dat behalve de suppleties ook de geulverruiming effectief was, maar dat de maatregelen wel moeten aansluiten bij de natuurlijke ontwikkelingen, in dit geval de toegenomen getijdestroom en vermindering van het golfgedreven zandtransport over de Banjaard. Helaas nam daarmee ook de golfgedreven erosie van de ondiepe kustzone op de convexe kustlijn van de Kop van Schouwen toe.

Deelgebied III (Figuur 4.49) is dus het werkelijke aandachtsgebied voor de kustbeheerder van Schouwen, vanwege de doorgaande landwaartse verplaatsing van het Krabbengat. Binnen het deelgebied verschilt de mate van achteruitgang van de kust, deze is het meest uitgesproken tussen raaien 1248 en 1505. In dit gebied verplaatst het gehele profiel, van de bodem van de geul tot en met het duinfront, in landwaartse richting.

Aan de westzijde van de kust van Schouwen speelt de verplaatsing van de getijgeul Krabbengat een dominante rol in de landwaartse trend van de kustlijn. Het zwaartepunt van de erosie is door de ingrepen in de Oosterschelde (aanleg Stormvloedkering) en de afdamming van de Grevelingen naar het noorden verlegd. Deze verlegging lijkt tot een einde te zijn gekomen. De landwaartse verplaatsing van de geul gaat door en er is geen reden om te verwachten dat deze verplaatsing van nature zal stoppen. In het verleden (1986, 1991) is met succes een geulverlegging uitgevoerd, waarmee de landwaartse verplaatsing van het kustprofiel is verminderd (Maranus, 1996, Vermaas et al, 2014, 2015). De golfgedreven erosie in de strandzone is echter toegenomen. De strandsuppleties die nadien zijn uitgevoerd hebben slechts een beperkt effect, omdat deze maar een deel van de afname van het sedimentvolume van geulbodem tot duintop compenseren. Het kustgebied in deelgebied III en met name het deel tussen raaien 1248 en 1505 dat erosie vertoont onder invloed van de landwaartse verplaatsing van de getijgeul, verdient in de toekomst daarom nog steeds aandacht.

4.3.5 Deelgebied IV: raaien 1548 -1800 – Krabbengat-Hammen

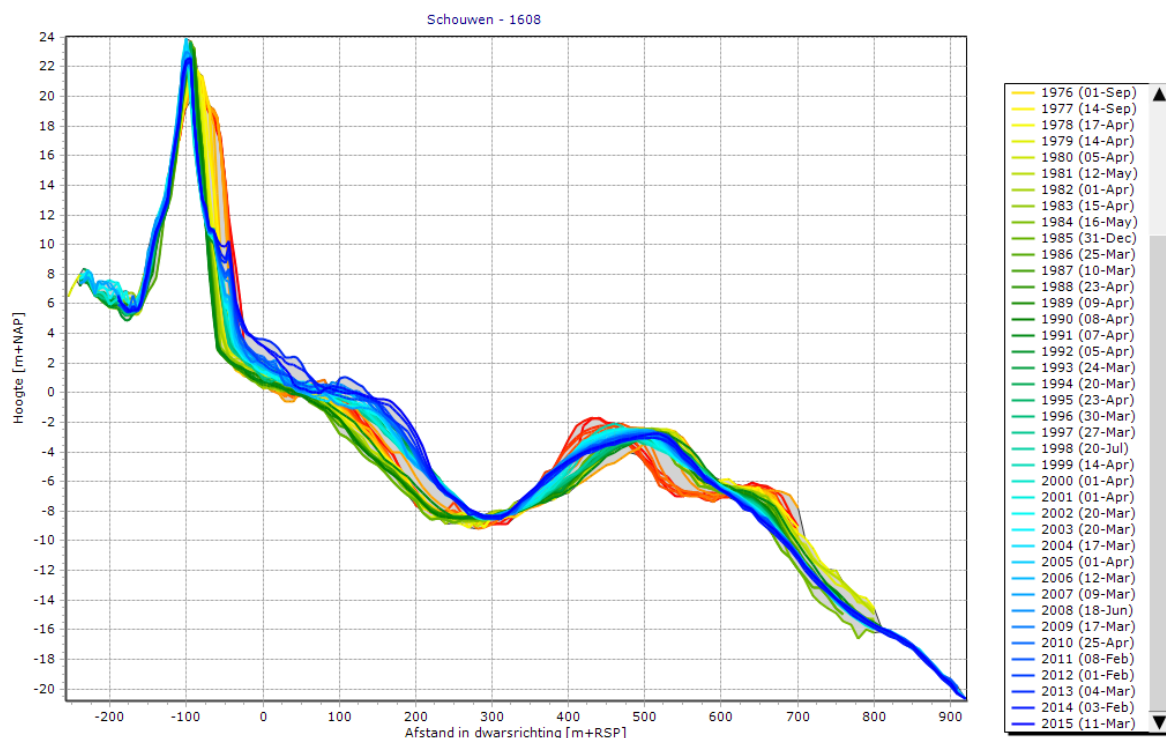
Deelgebied IV is het overgangsgebied van het Krabbengat naar de veel grotere getijdegeul Hammen. In de dwarsdoorsnedes van dit overgangsgebied verdwijnt het Krabbengat als individuele geul meer en meer naarmate de Oosterscheldekering dichterbij wordt genaderd (Figuur 4.64). In de directe nabijheid van de Oosterscheldekering (raai 1719 tot en met 1800) is eigenlijk geen sprake meer van een Krabbengat, het kustprofiel gaat daar over in de geul Hammen. Vanwege de aanwezigheid van de ontgrondingskuilen in de nabijheid van de stormvloedkering (Jorissen en Vrijling, 1989; de Ronde e.a., 2012), bereikt de geul Hammen de grootste diepte (NAP -45 m) in de raaien 1789 en 1800.



Figuur 4.64 Overzicht van de dwarsprofielen raaien 1548-1800 uit 2015 in deelgebied IV Krabbengat-Hammen

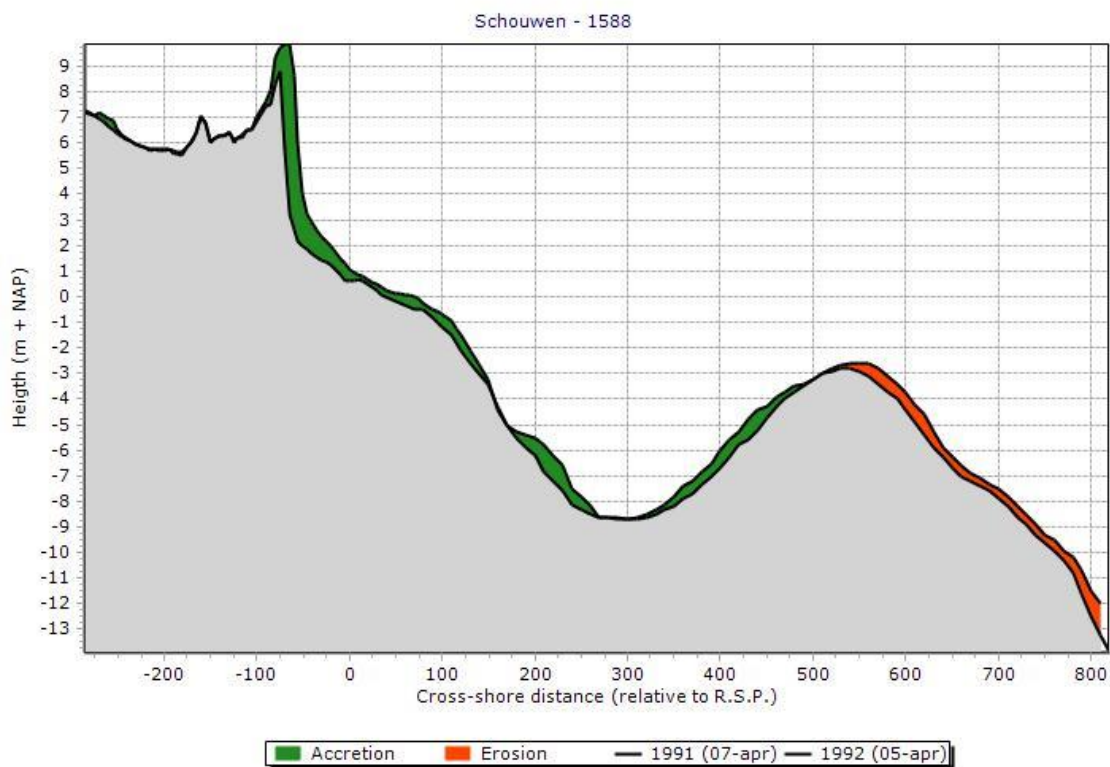
De morfologie van de dwarsdoorsneden in dit overgangsgebied wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van een getijdegeul in het dwarsprofiel, zoals dat ook in deelgebied III het geval is (Figuur 4.36). Er is sprake van duin, strand en vooroever en de geulwand van het Krabbengat dan wel de geulwand van de Hammen. Tussen Krabbengat en Hammen ligt in meer noordwestelijke dwarsdoorsneden een bank. Het Krabbengat wordt in morfologische zin gedomineerd door de grotere getijdegeul Hammen waarbij het netto zandtransport in noordelijke richting plaatsvindt (Figuur 4.8).

Deelgebied IV wordt gekenmerkt door de geulwand van het Krabbengat die aan de landwaartse zijde uitbouwt. In het overgangsgebied is sprake van een stabiele of zeewaarts uitbouwende geulwand in de afgelopen 20 jaar. Dit is bijvoorbeeld zichtbaar in de dwarsdoorsneden bij raai 1608 (Figuur 4.65). In de periode voor 1992 was overigens in de betreffende raai nog sprake van achteruitgang van de landwaartse geulwand. Het overgangsgebied tussen de stabiele of uitbouwende geulwand in deelgebied IV is naar het noordwesten opgeschoven, van raai 1648 naar 1568. Deze overgang lijkt tegenwoordig stabiel aanwezig op deze positie. In 1991 is hier een duinverzwaring uitgevoerd. Deze duinverzwaring is het verlengde van de verzwaring die in deelgebied III is uitgevoerd en loopt door tot rond raai 1608. Een voorbeeld is weergegeven in Figuur 4.66.



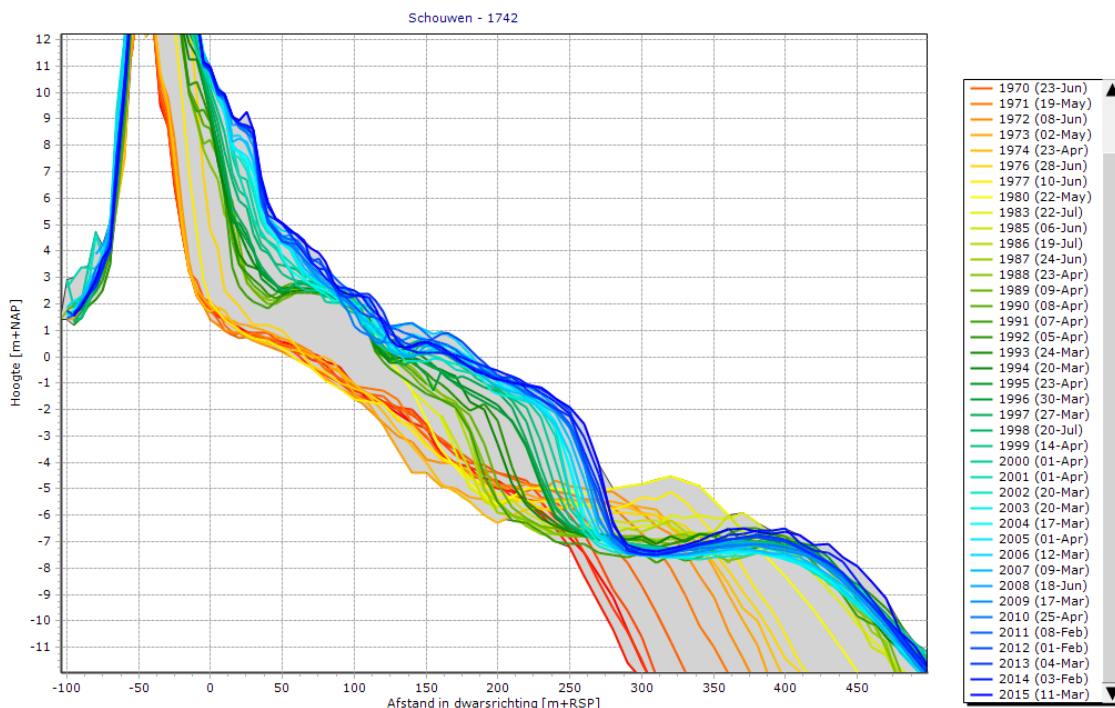
Figuur 4.65 Ontwikkeling van de dwarsdoorsnede bij raai 1608 in de periode 1965 – 2015.

In het dieptebereik van NAP +2,5 tot -1,5 m op het strand tot aan de duinvoet zijn in de dwarsprofielen in dit deelgebied banken zichtbaar (Figuur 4.65). Een deel van deze banken zijn natuurlijke banken, die op en rond het strand worden aangetroffen (geen brekerbanken, maar strand- of intergetijdebanken). Een ander deel van de fluctuaties bestaat uit de suppleties die weer worden herverdeeld.

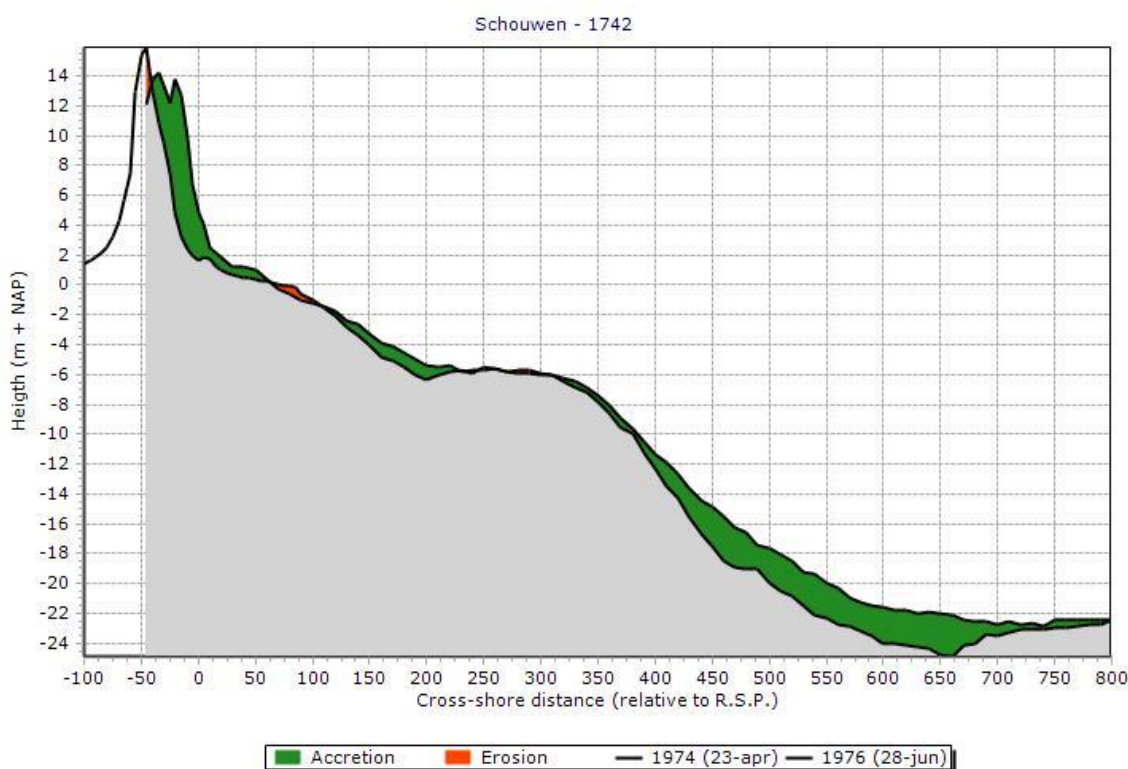


Figuur 4.66 Dwarsdoorsnede raai 1588 met een verlaging van het profiel (erosie) in rood en een verhoging (duinverzwaring, strandsuppletie, sedimentatie) in groen voor de periode 1991-1992. (Arcadis 2013)

Naarmate de Oosterscheldekering dichterbij wordt genaderd, verdwijnt het Krabbengat meer en meer uit het profiel. De mate van uitbouw van de geulwand, maar ook van het strand en het duinfront is het grootst in dit gebied (Figuur 4.67). De grote sprong die zichtbaar is in de uitbouw, is het gevolg van de suppletie die in 1975 is uitgevoerd als onderdeel van de Deltawerken (Figuur 4.68). Deze suppletie heeft geresulteerd in de uitbouw van het duinfront en in de zeevaartse uitbouw van de geulwand.



Figuur 4.67 Ontwikkeling van de dwarsdoorsnede bij raai 1742 in de periode 1965 – 2015

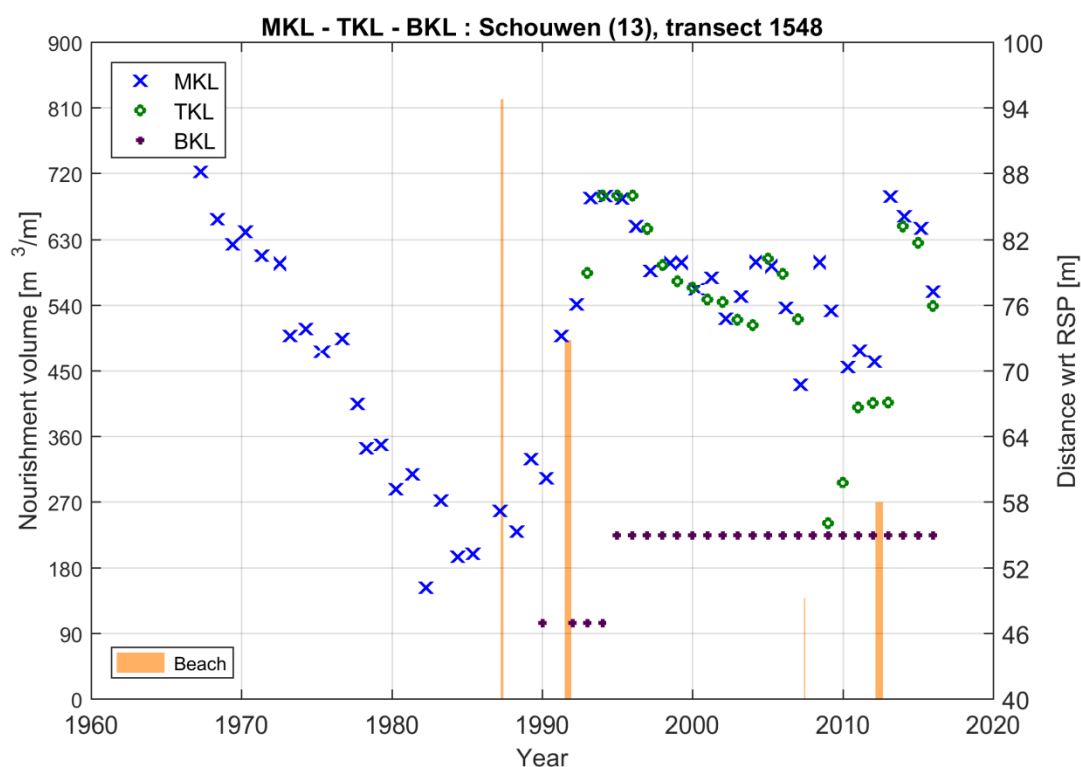


Figuur 4.68 Dwarsdoorsnede raai 1742 met een verlaging van het profiel (erosie) in rood en een verhoging (duinverzwaring, strandsuppletie, sedimentatie) in groen voor de periode 1974-1976.

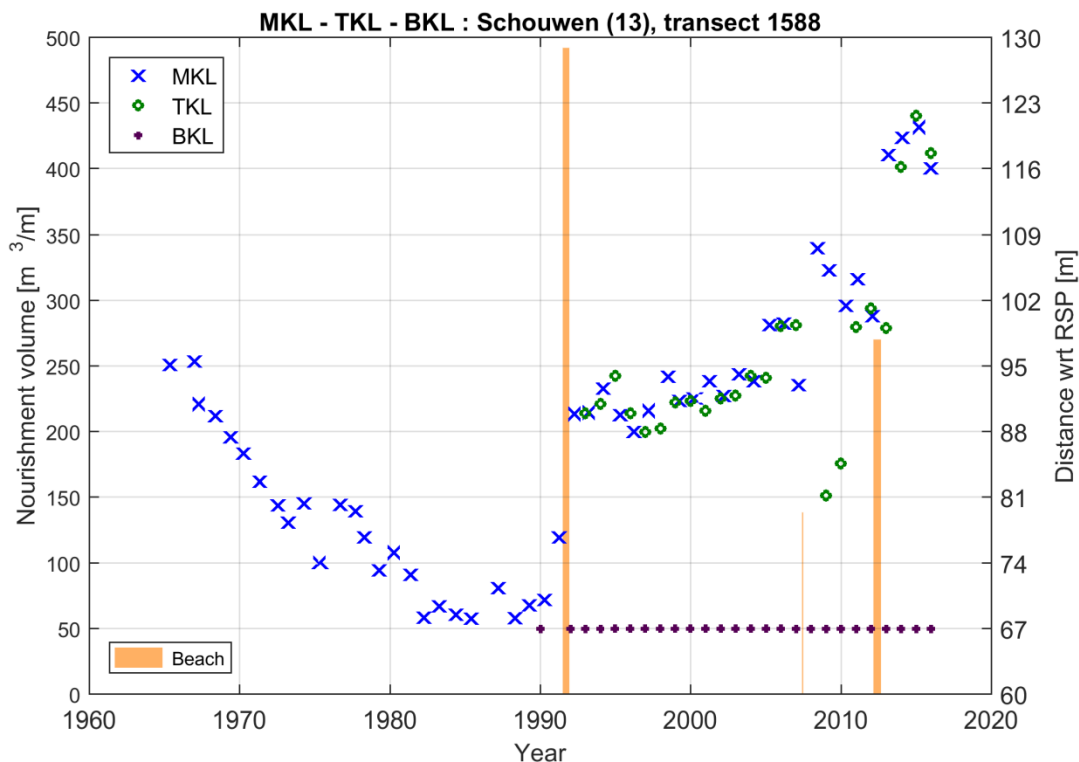
Kustindicatoren

De ontwikkeling van de MKL in raaien 1548 en 1568 markeert de overgang van de sterke landwaartse verplaatsing in deelgebied III en de stabilisatie tot uitbouw in deelgebied IV. Figuur 4.69 laat de ontwikkeling van de MKL zien in raai 1548, met een sterke achteruitgang tot de geulverlegging in 1991. Na 1991 heeft nog achteruitgang plaatsgevonden, maar deze is niet zo sterk geweest als in de periode daarvoor. Overigens is ook de mate van achtergang beduidend kleiner dan in deelgebied III. Vergelijk bijvoorbeeld de rechterassen van Figuur 4.60 met die in Figuur 4.69, zodat duidelijk wordt dat de absolute landwaartse verplaatsing in deelgebied IV beduidend kleiner is dan in deelgebied III.

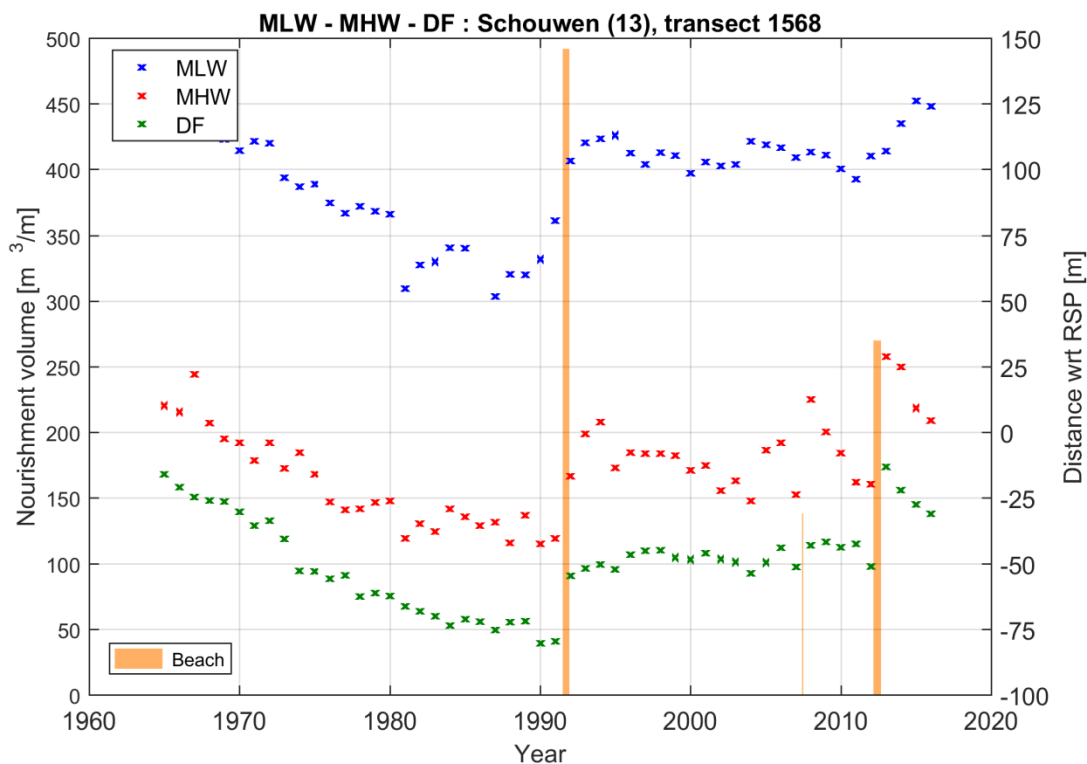
De raaien ten zuidoosten van raai 1568 vertonen na 1991 een stabiele ligging van de MKL, Figuur 4.70, of een duidelijke zeewaartse uitbouw. De ontwikkelingen van de waterlijn en de duinvoet komen overeen met de ontwikkelingen van de MKL, zoals zichtbaar is in Figuur 4.71.



Figuur 4.69 Grafiek met de positie van de MKL, de TKL en de BKL voor raai 1548.



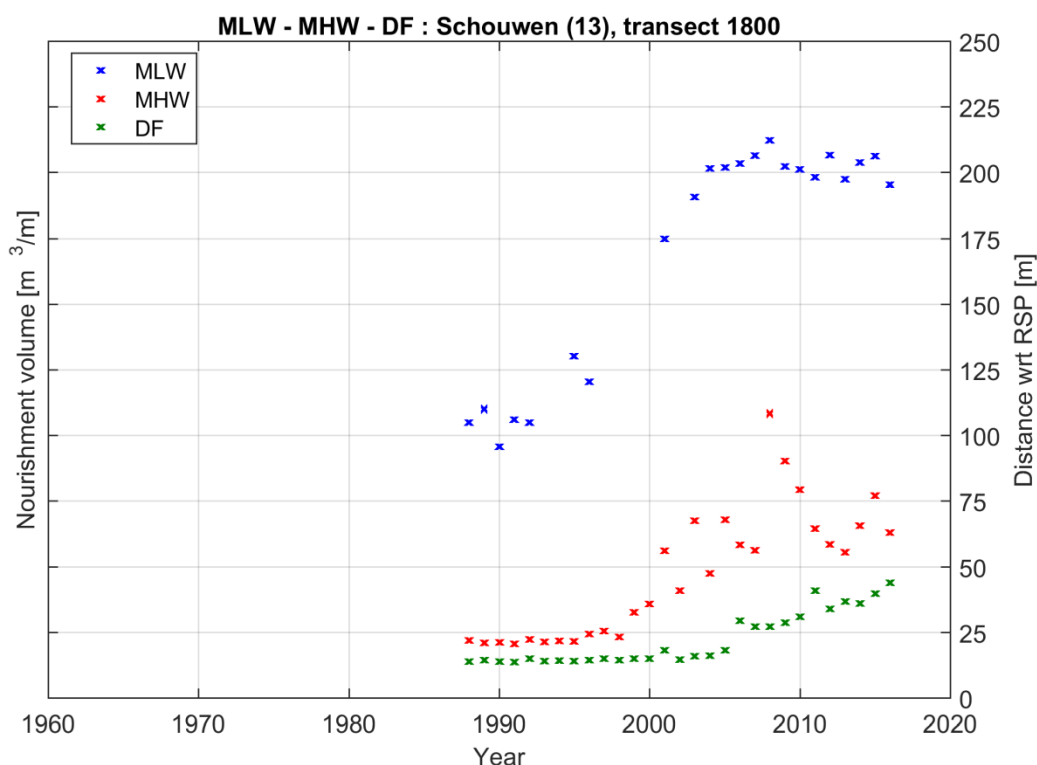
Figuur 4.70 Grafiek met de positie van de MKL, de TKL en de BKL voor raai 1588.



Figuur 4.71 Grafiek met de positie van de gemiddelde laagwaterlijn (MLW), de gemiddelde hoogwaterlijn (MHW) en de duinvoet (DF) voor raai 1568.

Ten oosten van raai 1719 is geen Basiskustlijn vastgesteld, omdat hier sprake is van een dijk en niet van een zandige waterkering. De zeewaartse uitbouw van de kust die hier

plaatsvindt is terug te vinden in de ontwikkelingen van de waterlijn en duinvoet⁷ (Figuur 4.72). De aanzet van de stormvloedkering schermt de kust hier af van de werking van de getijdegeul Hammen.



Figuur 4.72 Grafiek met de positie van de gemiddelde laagwaterlijn (MLW), de gemiddelde hoogwaterlijn (MHW) en de duinvoet (DF) voor raai 1800.

Samenvattend kan gesteld worden dat deelgebied IV evenals deelgebied III een kustprofiel kent dat wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van een getijdegeul direct zeewaarts van het strand, de Hammen. Deelgebied IV is het gebied waar de zuidwestkust vanuit het bereik van de Hammen in het bereik van het Krabbengat komt te liggen. In de loop van de tijd is de overgang van Hammen naar het Krabbengat naar het noordwesten opgeschoven. Sinds de aanleg van de Stormvloedkering in de Oosterschelde is de ligging van de kustlijn in dit deelgebied stabiel tot uitbouwend in zeewaartse richting. Dit geldt zowel voor de duinvoet en het strand als voor de geulwand.

De onderliggende oorzaken voor de stabiele ligging tot zeewaartse uitbouw zijn waarschijnlijk:

- De verplaatsing van het zuidoostelijke einde van het Krabbengat (en die hangt weer samen met de grootschalige ontwikkelingen in de monding van de Oosterschelde). De ontwikkeling van de geulwand is medebepalend voor de ontwikkeling van het strand, dat zeewaarts kan uitbreiden op de uitbouwende geulwand. Het sediment voor de zeewaartse uitbouw van de geulwand is waarschijnlijk geleverd door het Krabbengat. Bij het ruimer en langer worden van de geul is sediment vrijgekomen dat mogelijks deels in dit gebied terecht is gekomen. De positie van de Hammen ligt min of meer vast door de aanwezigheid van de noordelijke openingen in de Stormvloedkering.

⁷ In het gebied liggen voor de dijk die de waterkering vormt, ook duinen, met de bijbehorende duinvoet.

- De aanvoer van zand door golfgedreven transporten langs de kust van Schouwen van het noordwesten naar het zuidoosten, al lijkt de invloed hiervan verminderd sinds de ontwikkelingen in de Voordelta na de voltooiing van de Deltawerken;
 - De aanwezigheid van het noordelijke hoofd van de stormvloedkering die het golfgedreven zandtransport in het zuidelijk deel van het kustvak vasthoudt.
 - Het aanbrengen van zandsuppleties die direct in dit deelgebied zijn aangebracht en een bijdrage hebben geleverd aan de zeewaartse uitbouw van de kust.
- Net als bij de rest van Schouwen is er geen sprake van brekerbanken in het kustprofiel, wel zijn er aan de zuidwestzijde enkele strandbanken zichtbaar in de kustprofielen.

In deelgebied IV heeft een beperkte zeewaartse uitbouw van de kust plaatsgevonden, zowel van het strand als van de voorliggende geulwand. In het gebied is zand aangevoerd door het golfgedreven transport langs de kust en door het aanbrengen van zandsuppleties. De geulwand is uitgebouwd vanwege de verplaatsing van het Krabbengat. Naar verwachting zullen ook in de toekomst geen problemen ontstaan in dit deelgebied van de kust van Schouwen.

4.3.6 Samenvatting detailontwikkelingen morfologie vooroever

Deelgebied I (Brouwersdam-Noorderstrand - Renesse; raai 0-634):

De huidige ontwikkelingen in het deelgebied worden bepaald door de afscherpende werking van de ondieptes in de monding van de Grevelingen en de beperkte getijdestroming door het Brouwershavensche Gat. Samenvattend kan gesteld worden dat in deelgebied I op de lange termijn ruimte is voor zeewaartse uitbouw van de kust. Voor het beheer van de kust zullen de komende tijd twee kleine deelgebieden in beeld blijven waar de BKL dreigt te worden overschreden, Deelgebied IA, Raai 148 en 126 en Deelgebied IB, raai 397, 417 en 437 (raaien zie ook Figuur 4.73). In deze gebieden zal dat op termijn minder worden, door de zeewaartse uitbouw van de geulwand.

Deelgebied II (Verklikkerstrand; raai 649-984):

De aanwezigheid van de brede strandvlakte is gekoppeld aan de aanwezigheid van de Bollen van het Nieuwe Zand. De Bollen zijn met het Krabbengat, als een onderdeel van de grootschalige heroriëntatie van de monding van de Oosterschelde, naar het noordoosten opgeschoven. Samenvattend, het Verklikkerstrand in deelgebied II is een brede strandvlakte door het aanlanden van zand van de Bollen van het Nieuwe Zand. De dynamiek bij de Bollen van het Nieuwe Zand zal naar verwachting ook in de toekomst door blijven gaan. Dat betekent dat netto zand naar de kust zal worden aangevoerd, maar ook dat de ligging van de waterlijn tijdelijk landwaarts kan verplaatsen onder invloed van de verplaatsing van geulen. Het invloedsgebied van de Bollen van het Nieuwe Zand schuift geleidelijk naar het westen. Deze verschuiving gaat relatief langzaam, omdat de Bollen uitbouwen in het relatief diepe water van het Brouwershavensche Gat. De ligging van de Basiskustlijn is aangepast op de verwachte dynamiek in dit gebied. Het lijkt onwaarschijnlijk, dat op afzienbare termijn ingrepen noodzakelijk zijn voor het beheer van dit deelgebied van de kust van Schouwen.

Deelgebied III (Krabbengat; raai 1004-1548):

De verlenging en verruiming van het Krabbengat zijn ook een onderdeel van de grootschalige heroriëntatie van de monding van de Oosterschelde. Samenvattend kan gesteld worden dat de ontwikkelingen van de kust in deelgebied III worden bepaald door de landwaartse verplaatsing, verlenging en verruiming van het Krabbengat en verder de golfgedreven transporten in het ondiepe deel van de kustzone van de Kop van Schouwen. De meest uitgesproken veranderingen aan de kust hebben zich voorgedaan van raai 1248 tot 1465, waar het gehele kustprofiel, van het duinfront tot en met de geulbodem landwaarts is verplaatst. In het noordelijke deel van raai 1004 tot 1196 heeft

de verlenging en verruiming van de geul geresulteerd in landwaartse verplaatsing van de kustlijn. Het sediment dat vrijkomt bij de landwaartse verplaatsing van het gehele kustprofiel komt deels ten goede aan de zandbank (Banjaard) en de geulwand aan de zeewaartse zijde van het Krabbengat. De rest van het sediment wordt waarschijnlijk afgevoerd door het Krabbengat en komt in de sedimentatiegebieden terecht (Bollen van het Nieuwe Zand).

De geulverlegging die is uitgevoerd in 1986 en in 1991 is vanuit de optiek van de kustindicatoren een effectieve maatregel geweest. Helaas nam daarmee ook de golfgedreven erosie van de ondiepe kustzone op de convexe kustlijn van de Kop van Schouwen toe. De strandsuppleties die nadien zijn uitgevoerd hebben slechts een beperkt effect, omdat deze maar een deel van de afname van het sedimentvolume van geulbodem tot duintop compenseren.

Het kustgebied in deelgebied III en met name het deel tussen raaien 1248 en 1505 verdient in de toekomst daarom nog steeds aandacht.

Deelgebied IV (Krabbengat-Hammen; raai 1548 -1800):

Met de grootschalige heroriëntatie van de monding van de Oosterschelde is het Krabbengat naar het noordoosten gedraaid. Daarmee is aan de zuidoostzijde van de geul ruimte ontstaan voor sedimentatie. Samenvattend kan gesteld worden dat deelgebied IV evenals deelgebied III een kustprofiel kent dat wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van een getijdegeul direct zeewaarts van het strand, de Hammen. Sinds de aanleg van de Stormvloedkering in de Oosterschelde is de ligging van de kustlijn in dit deelgebied stabiel tot uitbouwend in zeewaartse richting. Dit geldt zowel voor de duinvoet en het strand als voor de geulwand. In het gebied is zand aangevoerd door het golfgedreven transport langs de kust en door het aanbrengen van zandsuppleties. De geulwand is uitgebouwd vanwege de verplaatsing van het Krabbengat. Naar verwachting zullen ook in de toekomst geen problemen ontstaan in dit deelgebied van de kust van Schouwen.



Figuur 4.73 Kustvak 13 Schouwen, Jarkus raaien (Google Earth met Kustviewer)

4.4 Dynamiek van de zeereep (Arens, 2013)

4.4.1 Inleiding

Veroudering en verstarring van het duin- en kustlandschap hebben duidelijk effect op kwaliteit en voorkomen van habitattypen en beschermde soorten in de uitgestrekte Natura2000 gebieden langs de Nederlandse kust. Van zanddynamiek wordt verwacht dat dit een positieve invloed kan hebben op karakteristieke habitattypen, - flora en -fauna. In deze paragraaf wordt de dynamiek van de zeereep en de achterliggende duinen beschreven. De informatie in deze paragraaf is gebaseerd op de volgende studies: Arens et al. (2009) Arens et al. (2010), Arens et al. (2012), Stuijzand et al. (2012). Doelstelling voor deze onderzoeken was het in beeld brengen van de dynamiek van de zeereep en duinen en het verkrijgen van meer inzicht in de effecten van zandsuppleties.

In Figuur 4.74 staat weergegeven welke responstypen (Arens, 2009) langs de Schouwse kust voorkomen. In Figuur 4.75 staat de volumeverandering boven de +3 m NAP per kilometer. In Figuur 4.76 staat de volumeverandering per raai voor vier perioden (1966-1978, 1978-1988, 1988-1998, 1998-2008). Deze volumeberekening is gebaseerd op de laseraltimetriemeting (Jarkus raaien), de berekenmethode en de beperking van de berekening (bijvoorbeeld fouten door de aanwezigheid van vegetatie) staan beschreven in Arens et al. (2010). De berekeningen zijn het meest betrouwbaar voor langjarige perioden. De dynamiek die in deze figuren zichtbaar is wordt in deze paragraaf verder toegelicht: In paragraaf 4.4.2 staat een algemene beschrijving van de situatie in 1988 en de situatie in 2011, in paragraaf 4.4.3 staat een beschrijving voor de situatie in 1988 en 2011 voor verschillende deelgebieden.

Begrippenlijst

Dynamiek:

Dynamiek van stuivend zand, overstuiving (depositie) al dan niet gecombineerd met winderosie.

Aanstuiving:

Overstuiving nabij de duinvoet, dus aan de voorzijde van de zeereep, waardoor de zeereep zich zeewaarts uitbreidt. In het verleden vaak gestuurd door stuifschermen.

Opstuiving:

Overstuiving van de zeereeptop, waardoor deze in hoogte toeneemt.

Doorstuiving:

Overstuiving tot achter de zeereep, waarbij hetzij strandzand over de zeereep wordt geblazen, hetzij door winderosie aan de voorzijde zeereepzand naar achteren wordt geblazen.

Gekerfde zeereep:

Een grillig gevormde (vaak grotendeels natuurlijke) zeereep waar het reliëf zowel door overstuiving als door winderosie wordt gevormd.

Stuifkuil:

Duidelijk geïsoleerde, schotelvormige winderosievorm.

Kerf:

Winderosievorm in de zeereep die een opening heeft naar het strand.

4.4.2 Algemene beschrijving situatie 1988 en 2011

Situatie 1988

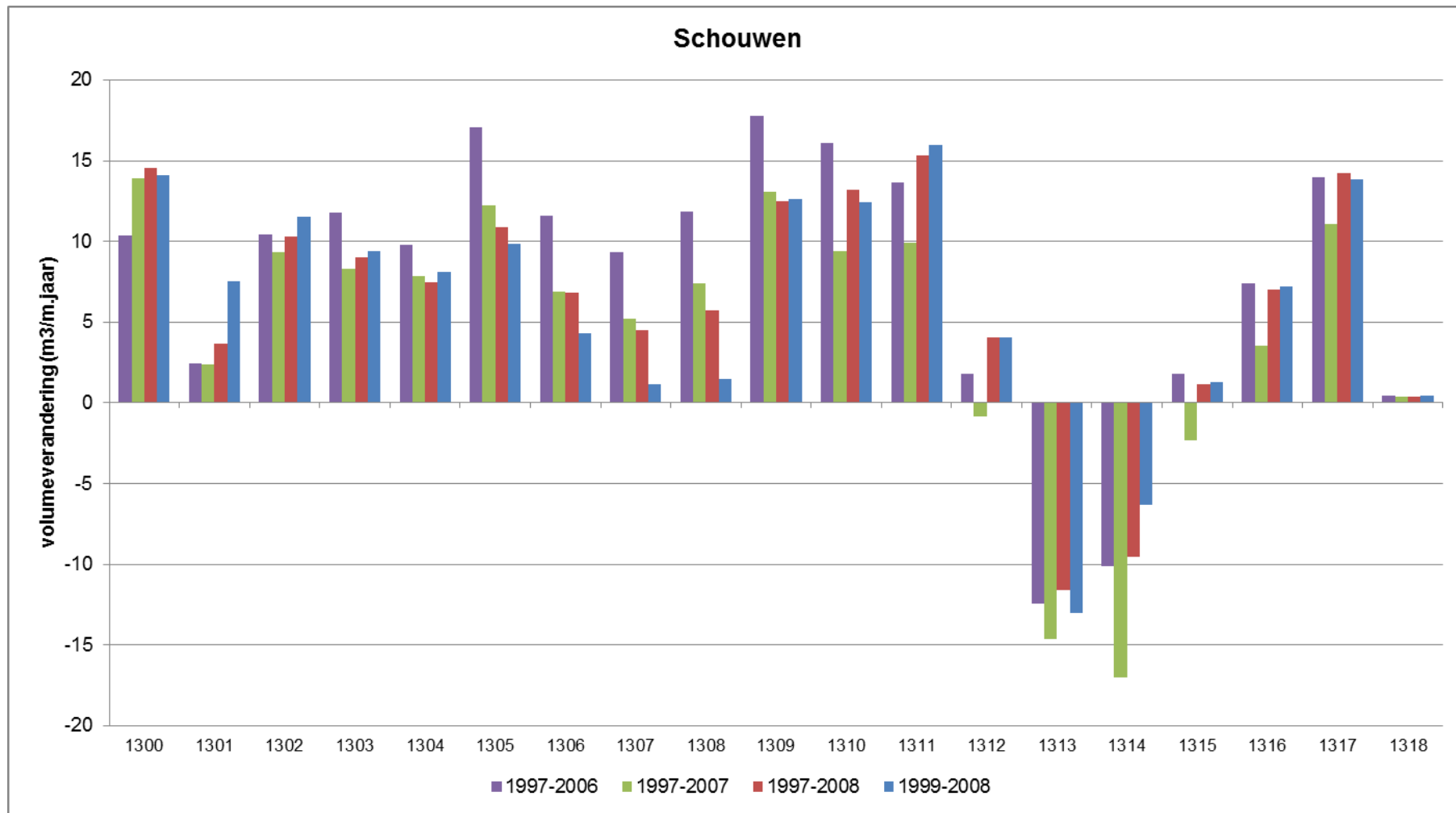
De kustlijnverplaatsing op Schouwen lijkt gedomineerd door zandgolven. Een groot deel van de zeereep ondergaat daardoor sterke afslag, afgewisseld met sterke aangroei. Aan de zuidkant bevindt zich een zeereep met niet actieve afslaghelling, plaatselijk met overstuiving of met kleine blow-outs. De zeereep verhoogt. In noordelijke richting wordt de afslag steeds sterker, en neemt overstuiving toe. De zeereep is hier zeer hoog en heeft een duidelijke afslaghelling en plaatselijk blow-outs. Tegen de duinvoet bevindt zich vaak een accumulatie zone achter stuifschermen. Kennelijk is afslag het laatste jaar uitgebleven. Nog verder noordelijk breidt de zeereep zich zeewaarts uit. Aanstuivend zand wordt vastgelegd op de zeehelling (met schermen) en op de top. Op de landhellingen verstuivingen. De zeereep heeft twee tot drie ruggen (primaire duinruggen). Vermeldenswaard zijn de enorme stuifkuilen achter de zeereep in het midden van Schouwen.

Situatie 2011

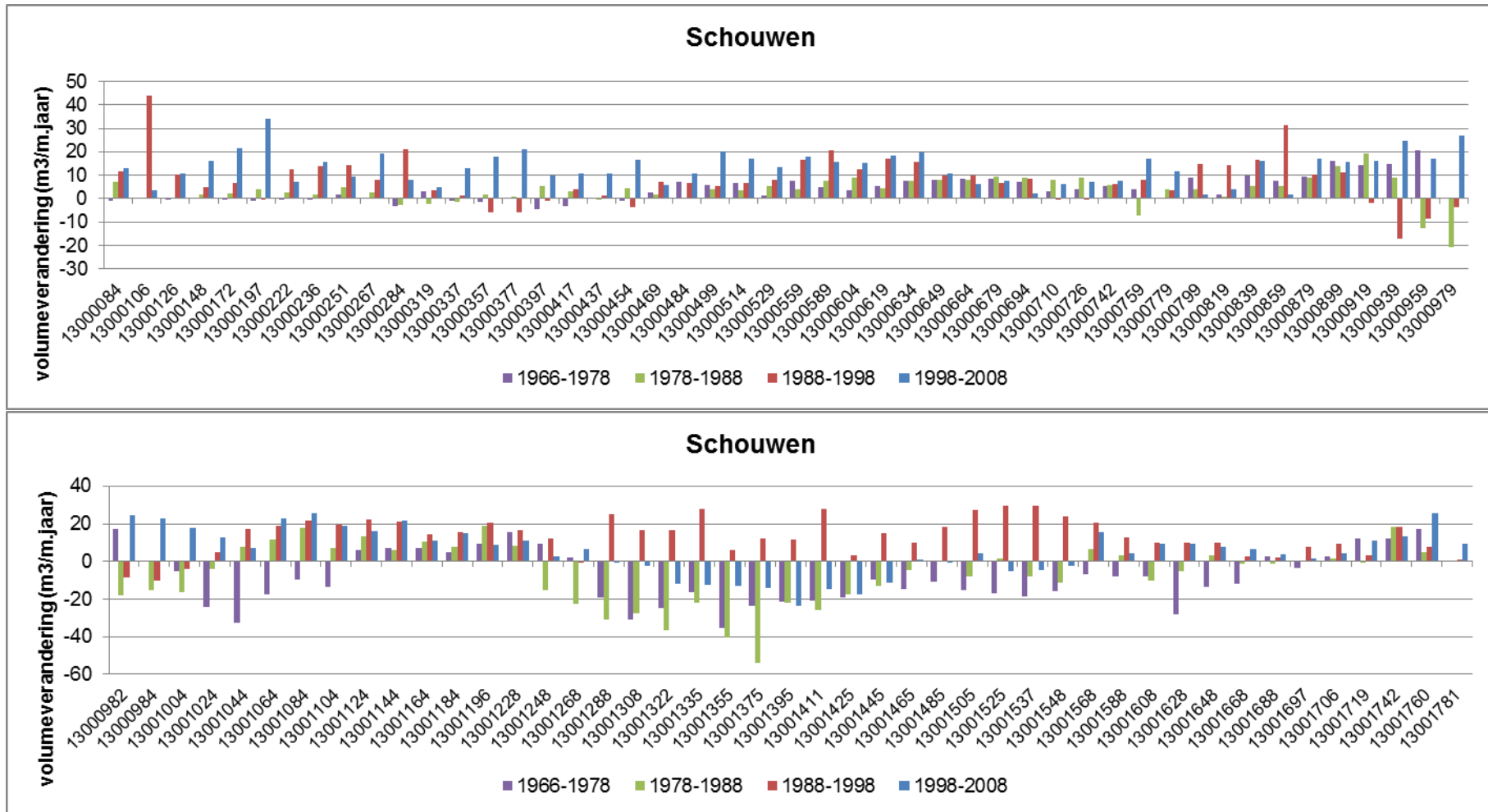
Ten opzichte van 1988 is de situatie drastisch veranderd. Met name op de kop, tussen km 14 en 15 is er sprake van een extreem dynamische ontwikkeling, met afslag, kerf- en stuifkuilontwikkeling en een forse doorvoer van zand landwaarts van de zeereep. Er zijn slechts weinig plaatsen in Nederland met een vergelijkbare ontwikkeling (Noord-Hollands Duinreservaat, Terschelling – Noordsvaarder). Verder valt op dat de zeereep vaak zeer dicht begroeid is met struweel. Afgezien van de kop overheerst een ontwikkeling met aanstuiving aan de voorzijde van de zeereep, soms met embryonale duinontwikkeling, vaak met overstuiving van de zone rondom de duinvoet en de zeewaartse helling. Qua volumeontwikkeling is met uitzondering van km 13-15 overal het zandbudget positief, met toenames van rond de 5-15 m³/m per jaar. Tussen 13 en 15 is het budget negatief, tussen -10 en -15 m³/m per jaar. Er wordt hier flink gesuppleerd (400.000 m³ elke 4 jaar), maar blijkbaar niet genoeg om een negatieve volumeontwikkeling te compenseren. Mogelijk wordt een deel van de negatieve volumeontwikkeling veroorzaakt door winderosie (afvoer via het strand).



Figuur 4.74 Classificatie van de zeereep voor Schouwen. Het betreft de huidige classificatie van responstypen zoals ze nu (2012) gelden, gebaseerd op laseraltimetrie 1997/1998-2012 en luchtfoto's 2011 en 2012.



Figuur 4.75 Volumeverandering boven de +3 m NAP per kilometer. De volumeberekening is gebaseerd op de laseraltimetrie meting. Notatie: kustvak 13, km. Km00 (raai 0) ligt aan de noordoostkant, 18 (raai 1800) aan de zuidkant. Kop van Schouwen ligt tussen 12 en 15 (raaien 1200 – 1500).



Figuur 4.76 Volumeveranderingen zeereep 1966-2008 (13000984 = kustvak 13 raai 984 of RSP of km 9,84)

4.4.3 Beschrijving situatie 1988 en 2011 per deelgebied

Deze deelgebieden zijn ingedeeld op basis van bepaalde kenmerken wat betreft duindynamiek, ze wijken daarom dus af van de deelgebieden zoals ingedeeld in paragraaf 4.4.2, waarbij de focus lag op morfologische kenmerken en (deel)systemen onder water en op het strand. In Figuur 4.74 staan de deelgebieden (A t/m N) aangegeven waarnaar hieronder wordt gerefereerd.

De vijf responstypen die zijn gedefinieerd zijn (zie ook Figuur 4.74):

1. Geen dynamiek
2. Dynamiek in embryonale duinen vóór zeereep
3. Beperkte dynamiek, voorzijde zeereep
4. Dynamische zeereep, beperkte doorstuiving
5. Zeer dynamische of gekerfde zeereep, forse doorstuiving

RSP 0.84-3.57 (Renesse) (Jarkus raaien 84-357)

1988

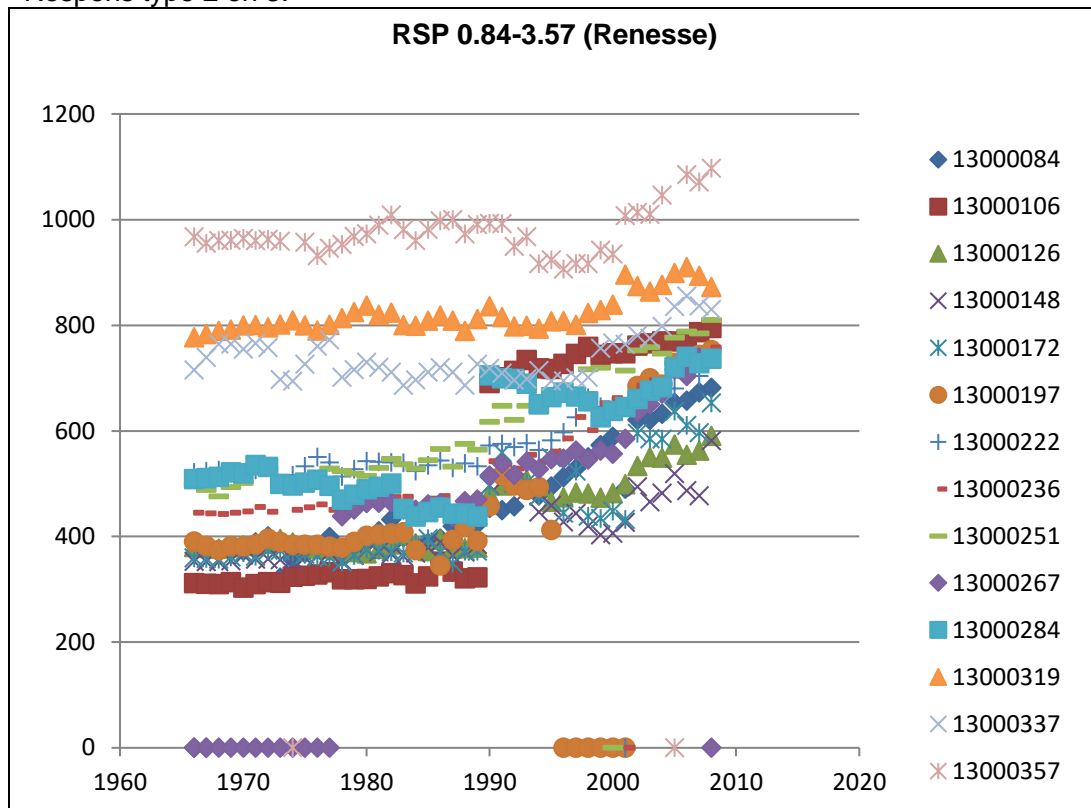
Stabiele en statische zeereep met een vorm die sterk door het beheer beïnvloed lijkt. Plaatselijk is de duinvoet verhard. Er zijn geen verdere beheersingrepen te zien. De zeereep is vrijwel geheel begroeid. Er zijn geen sporen van overstuiving of van winderosie.

2011

Stabiele en statische zeereep waarvan de bovenkant dichtbegroeid is met struweel. Aan de voorzijde is er sprake van een dynamische ontwikkeling in de vorm van embryonale duinvorming tegen de duinvoet.

Forse volumetoename in middendeel vanaf circa 1990, tot meer dan 30 m³/m per jaar, veel variatie in ruimte. Diverse suppleties.

Respons type 2 en 3.



Figuur 4.77 Volume (m³) boven +3m NAP (verticale as) per jaar (horizontale as) voor RSP 0.84-3.57, zie legenda.

RSP 3.57-9.39 (Oosterenban) (Jarkus raaien 357-939)

1988

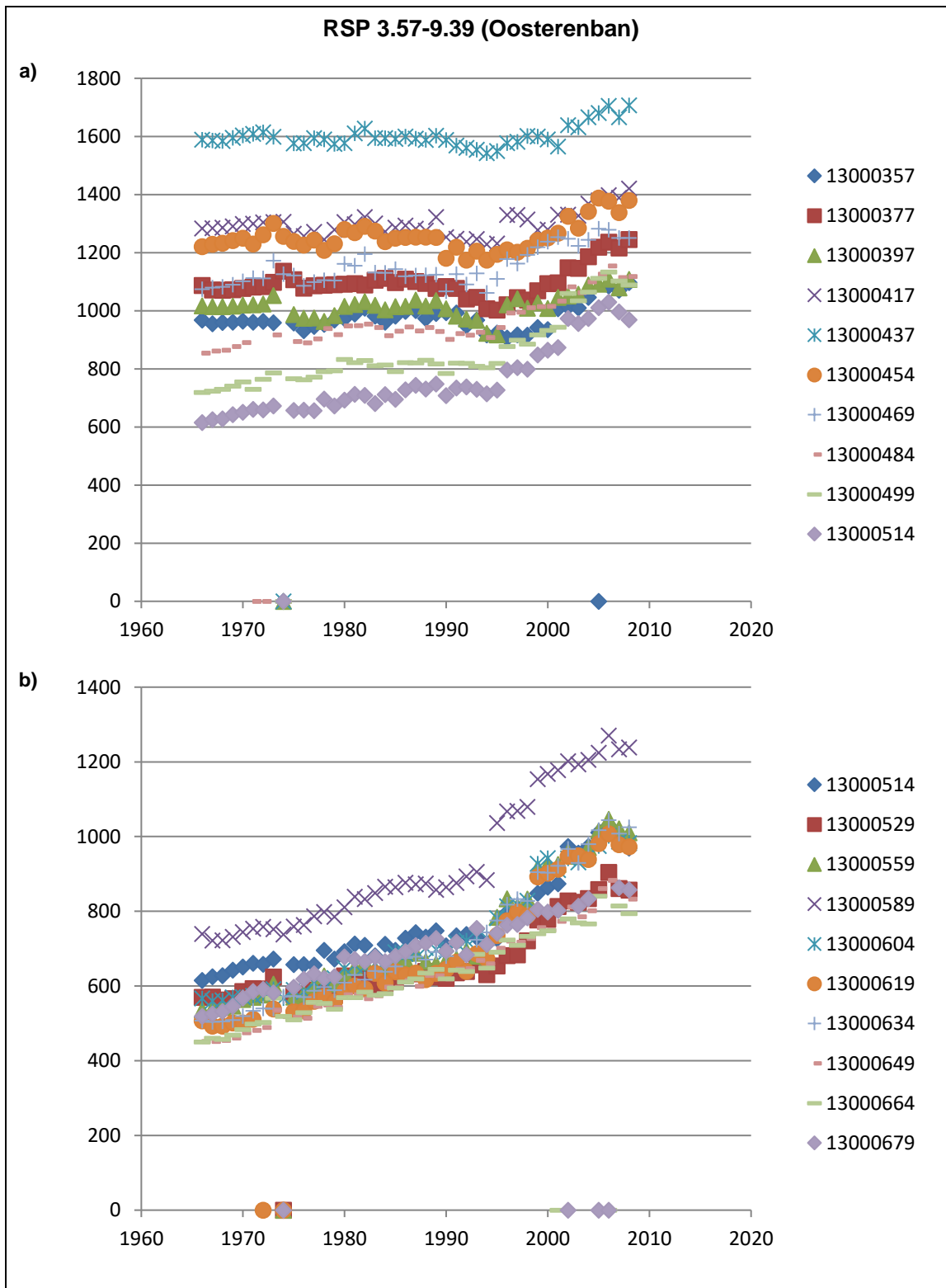
Uitbreiding van de zeereep ten westen van RSP 4.69, waarschijnlijk onder invloed van een zandgolf. Ten westen van RSP 7.10 zeereepvorming voor de oude zeereep. Er vindt geringe overstuiving plaats, geen winderosie. Wel bevinden zich op enkele plaatsen blow-outs in de landwaartse helling. Uitbreiding vindt plaats door aanstuiving tegen de duinvoet en de zeewaartse helling. Beheersingrepen bestaan voornamelijk uit stuifschermen en aanplant op de duinvoet. Op het strand komen zeer grote streep/lengte duinen voor, deze zijn verder nergens in dit formaat waargenomen.

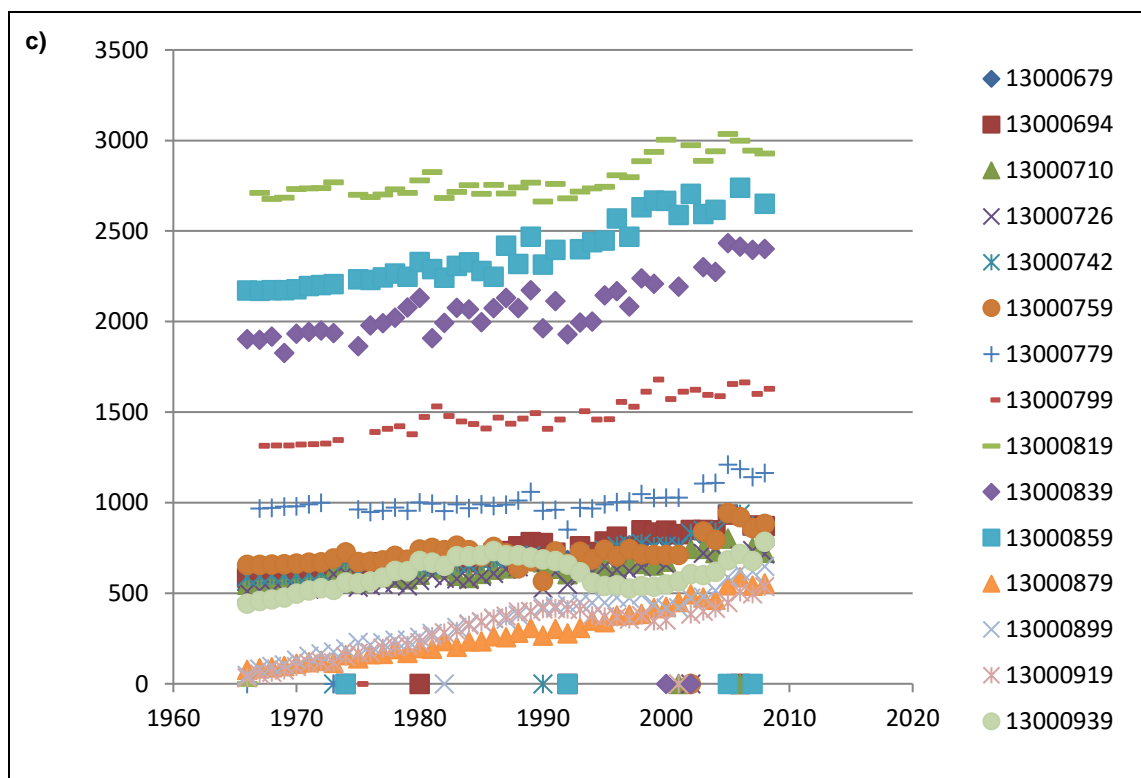
2011

Dichtbegroeide, nauwelijks dynamische zeereep met een aanstuivingszone met embryonale duinontwikkeling aan de zeewaartse zijde. Rondom strandlagen is er sprake van enige overstuiving naar binnen toe. Tussen 6.49 en 8.59 neemt de strandbreedte fors toe (tot circa 600m) en de dynamiek aan de voorzijde fors af. Vanaf 8.59 neemt de strandbreedte weer af en dynamiek aan de duinvoet weer toe. Met name bij 9.39 is er sprake van meer doorstuiving over de zeereep, ook hier echter in combinatie met een strandslag. Bij 8.99 bevindt zich een beperkte zone met erosie aan de duinvoet (over een traject van 230m).

Overwegend constante (langdurige) volumetoename, 5-20 m³/m per jaar. De raaien 3.57-6.34 zijn enkele malen gesuppleerd, vanaf 6.34 nooit gesuppleerd.

Respons type 2 en 3 (dominant).





Figuur 4.78 Volume (m³) boven +3m NAP (verticale as) per jaar (horizontale as) voor RSP 3.57-5.14 (a), 5.14-6.79 (b) en 6.79-9.39 (c), zie legenda.

RSP 9.39-10.24 (Verklikkerduinen) (Jarkus raaien 939-1024)

1988

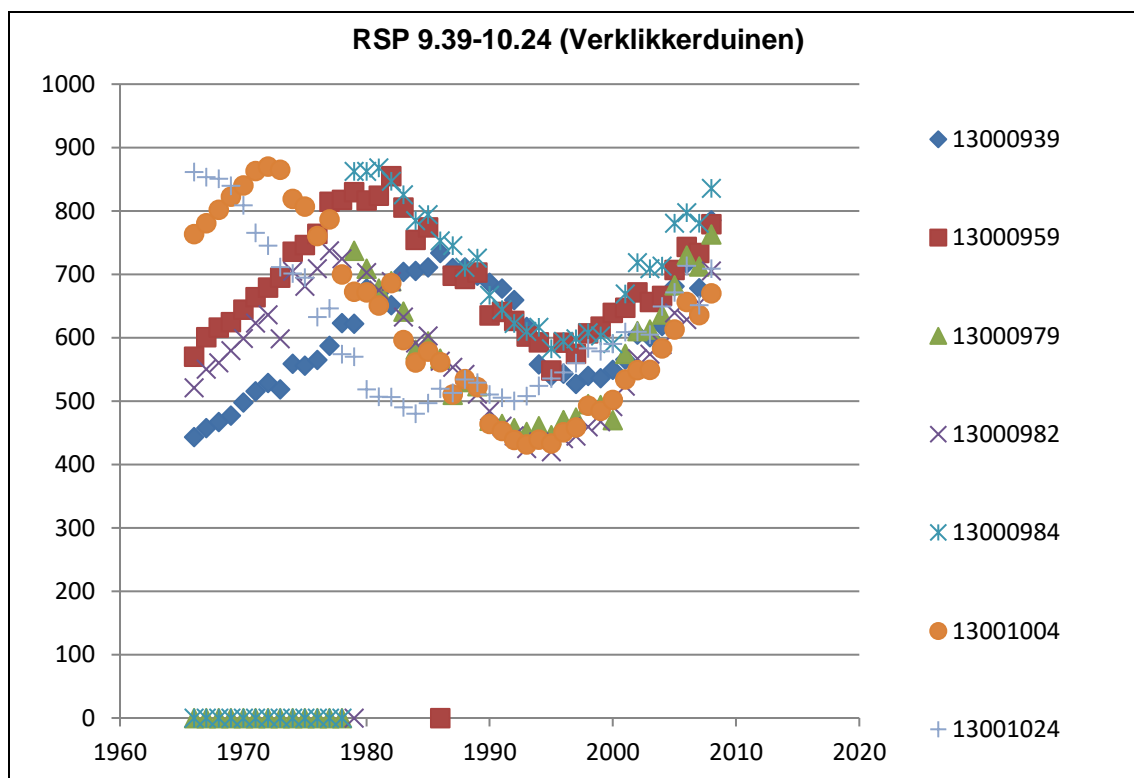
Bij 9.39 afslag sinds 1984, bij 10.24 afslag sinds 1966. Vorming van een afslagklif. Duinvoet is begroeid dus afslagklif zal niet actief zijn. Op de zeewaartse helling vindt winderosie plaats, op de zeereeptop winderosie en overstuiving. Geen verdere beheersingrepen zichtbaar

2011

Dicht begroeide zeereep met dynamiek op de zeewaartse helling, vooral in de vorm van overstuiving, geen winderosie. Dit deelgebied zit in de aanloop naar de volgende piek van een zandgolf.

Vooral recentelijk volumetoename, 10 m³/m per jaar naar 20 m³/m per jaar. Vanaf 10.04 enkele malen gesuppleerd, daarvoor nooit.

Respons type 4.



Figuur 4.79 Volume (m³) boven + 3m NAP (verticale as) per jaar (horizontale as) voor RSP 9.39-10.24, zie legenda.

RSP 10.24-12.28 (Nieuw-Haamstede) (Jarkus raaien 1024-1228)

1988

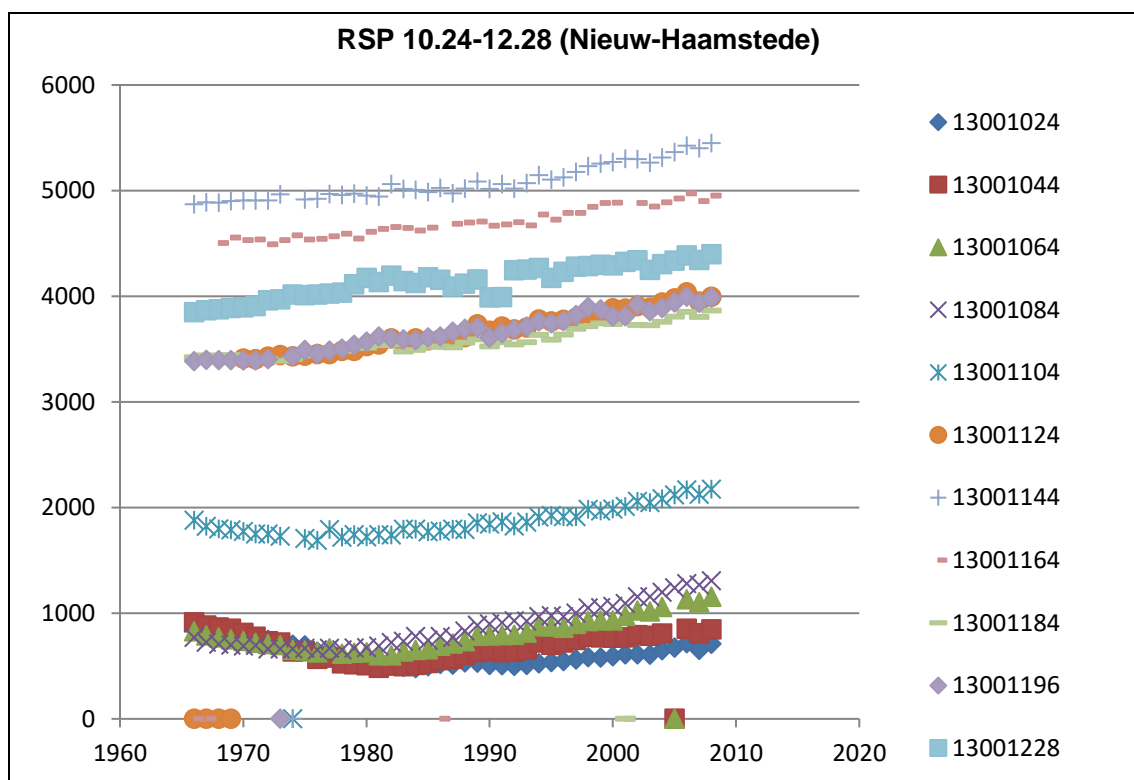
Sterke erosie op de onderwateroever. Tot 11.04 geringe achteruitgang met overstuiving (en ophoging) en winderosie. Ook hier weer stuifschermen en aanplant op de duinvoet. Geen afslagklif. Na 11.04 stabiele zeer hoge (>30 m) zeereep met afname van dynamiek (minder overstuiving en winderosie). Palenrijen op het strand.

2011

Dynamische zone in de vorm van overstuiving aan de voorzijde van de zeereep, geen winderosie. Vanaf 11.84 wordt het strand erosief en neemt de breedte van de overstuivingszone af.

Langdurige volumetoename in de orde van 10-20 m³/m per jaar. Diverse malen gesuppleerd.

Respons type 4.



Figuur 4.80 Volume (m³) boven + 3m NAP (verticale as) per jaar (horizontale as) voor RSP 10.24 – 12.28, zie legenda.

RSP 12.28-15.88 (Kop van Schouwen) (Jarkus raaien 1228-1588)

1988

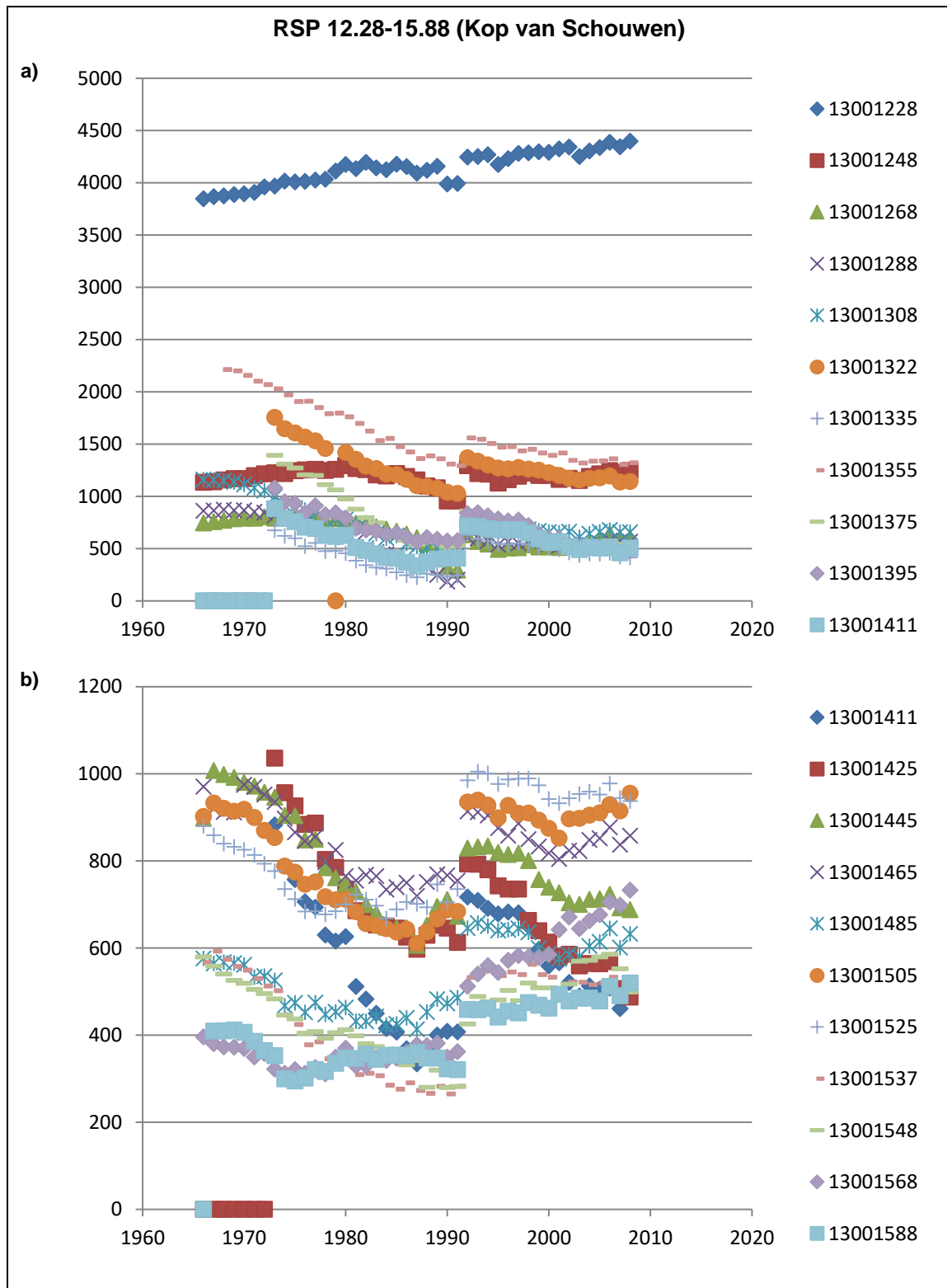
Voornamelijk achteruitgang. Weinig overstuiving, wel blow-outvorming op de zeereep. Slechts op enkele plaatsen vindt ophoging van de zeereep plaats. Afslagklif. In 1987 heeft een strandsuppletie plaats gevonden. Met name na 13.95 is de zeereepvorm sterk door het beheer beïnvloed. De zeereep is hier geheel ingepakt met stuifschermen. Tussen 13.95 en 14.11 en tussen 15.25 en 15.37 bevindt zich een laagte in de zeereep, bijna een gat. Huidige beheer stuifschermen, aanplant en palenrijen op het strand.

2011

De ontwikkeling van dit deelgebied is divers. Tussen 12.28 en 12.88 is er sprake van aanstuiving bij de duinvoet en voorzijde van de zeereep, met lichte kerfontwikkeling. Tussen 12.88 en 13.95 overwegend erosie, waarbij er nauwelijks of geen sprake is van dynamiek in de zeereep. Het zeereepvolumeneemt hier dan ook gestaag af. Tussen 13.95 en 15.05 is wel sprake van een dynamiserende zeereep met kerfontwikkeling die vanaf 2007 goed op gang is gekomen. Vanaf 15.05 naar het zuid(oosten) neemt de dynamiek weer af en is er een overgang van erosie bij de duinvoet naar aanstuiving bij de duinvoet met ontwikkeling van embryonale duinen aan de voorkant van de zeereep.

Over het algemeen is er sprake van erosie met een volumeafname van de zeereep, afgewisseld door perioden met volumetoename. Veelvuldig gesuppleerd.

Respons type 2, 4 en 5.



Figuur 4.81 Volume (m^3) boven +3m NAP (verticale as) per jaar (horizontale as) voor RSP 12.28-14.11 (a) en 14.11-15.88 (b), zie legenda.

RSP 15.88-17.06 (Westenschouwen) (Jarkus raaien 1588-1706)

1988

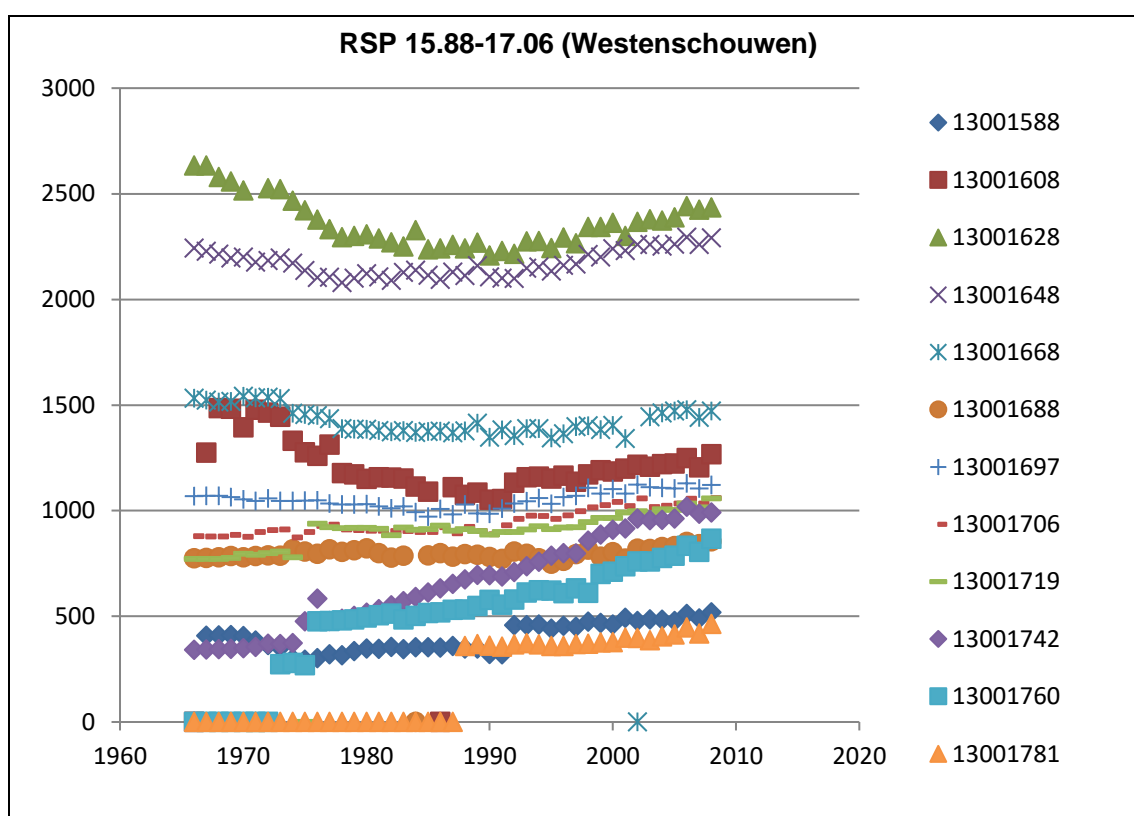
Achteruitgang. Vrij statische zeereep, nauwelijks overstuiving, geen winderosie. Bij 17.06 suppletie in 1975.

2011

De meeste dynamiek is in de vorm van aanstuiving tegen de zeewaartse helling. Er zijn geen sporen van winderosie.

Tussen 1970 en 1980 is er een overgang van volumeafname naar volumetoename. De toename ligt nu rond de 10 m³/m per jaar. Diverse malen gesuppleerd.

Respons type 2 en 3.

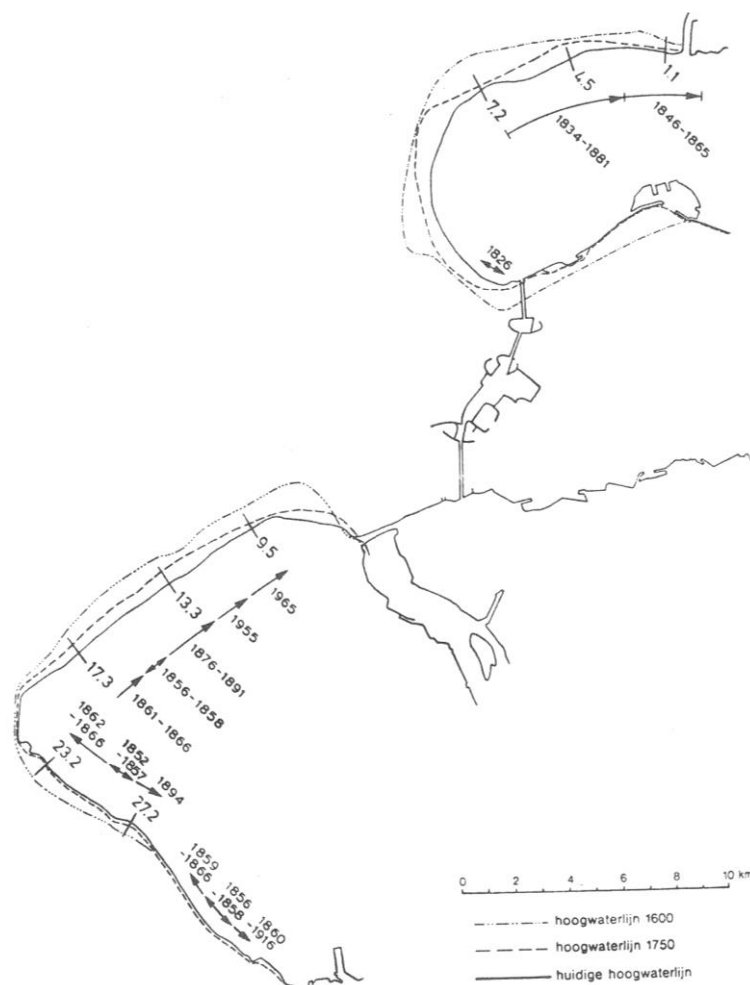


Figuur 4.82 Volume (m³) boven +3m NAP (verticale as) per jaar (horizontale as) voor RSP 15.88 – 17.06, zie legenda.

5 Kustverdediging en primaire waterkering

5.1 Harde kustverdediging langs het kustvak Schouwen

Het overzicht van de harde ingrepen is overgenomen uit Verhagen en van Rossum (1990). Figuur 5.1 geeft een overzicht van de locaties en aanleg perioden voor de strandhoofden.

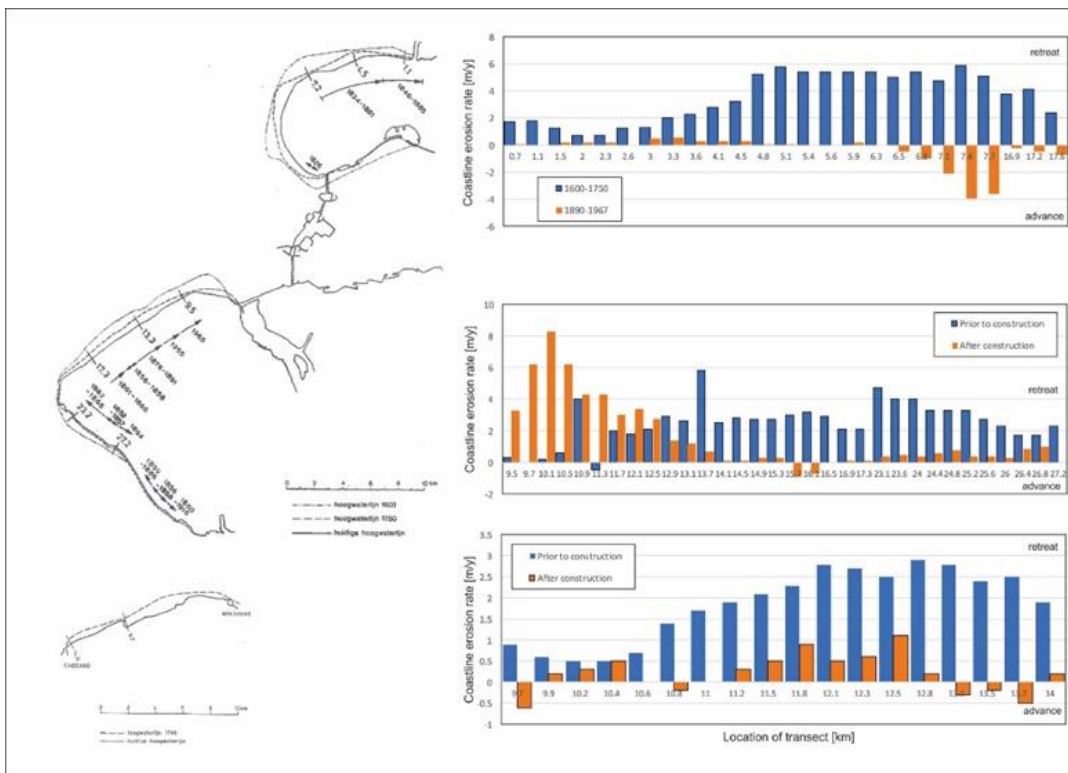


Figuur 5.1 Overzicht van de plaatsing van strandhoofden en de landwaartse verplaatsing van de HW-lijn sinds 1600 op Schouwen en Walcheren (Verhagen en van Rossum, 1990).

Een uitgebreide studie naar de effecten van strandhoofden langs de kust van Zeeland sinds de 18^e eeuw is gerapporteerd door Verhagen en Van Rossum (1989). In deze paragraaf (zie ook Figuur 5.2) worden de resultaten van deze studie samengevat, met name voor de kustvakken Walcheren en Schouwen (Lazar et al, 2017).

Hoewel de geschiedenis van de bescherming tegen de zee in Zeeland en Holland vele eeuwen terug gaat, werden de eerste hedendaagse strandhoofden langs de kust van Walcheren en Schouwen gebouwd in de 19^e eeuw (Figuur 5.2). Als eerste werden tussen 1834 en 1881 strandhoofden gebouwd over een lengte van 6 km langs de noordlijn van Schouwen om de duinerosie tegen te gaan. Deze duinerosie hield verband met de

aanwezigheid van een belangrijke getijdegeul, het Brouwershavensche Gat, langs de kust. Sindsdien nam de erosiesnelheid sterk af, van 0,7 à 1,8 m/jaar tot 0 à 0,2 m/jaar. De afname was nog sterker tussen km 3 en 7, waar voor 1865 nog erosiesnelheden van 5 à 6 m/jaar werden waargenomen en sedertdien vrijwel tot 0 gereduceerd werden. Een deel van deze afname wordt ook wel toegeschreven aan de meer grootschalige morfodynamische veranderingen, zoals de kustlangse migratie van zandgolven. In het zuiden, juist ten westen van de hedendaagse locatie van de aanzet van de Stormvloedkering, werden strandhoofden geplaatst om de erosie van de kustlijn te verminderen die werd veroorzaakt door de aanliggende getijdegeul de Hammen. Beide constructies bleken succesvol, want de erosiesnelheden namen af van 2,4 à 4,8 m/jaar voor 1861, tot een gemiddelde aangroei van 0,5 m/jaar tot aan de bouw van de Stormvloedkering. In 1968 werden houten palen geplaatst tussen de twee strandhoofdvelden (km 10 – 12). Een belangrijke les die werd geleerd was dat de houten palen niet succesvol waren om de erosie door de oprukkende getijdegeul te verminderen. De palen spoelden uit en vielen gewoon voorover in het zeeget. Gezegd moet worden dat voor beide plaatsen tegenwoordig de effecten van de Deltawerken de lokale kustontwikkeling hebben veranderd en dat nu meer ernstige erosie wordt waargenomen omdat de grootschalige morfologie sterk is veranderd (zie paragraaf 3.3.2). Langs de zuidelijke strandhoofden treedt nu sterke erosie op en periodieke zandsuppleties zijn nu nodig om de kustlijn te onderhouden en de strandhoofden te behouden.



Figuur 5.2 (links) Kustlijnontwikkeling van de eilanden Walcheren en Schouwen van 1600-1900. (rechts) Samenvatting kustlijnontwikkeling voor en na de aanleg van de strandhoofden (Lazar et al, 2017, gebaseerd op Verhagen en Van Rossum, 1989)

Strandhoofden en bestortingen Deelgebied I Noorderstrand-Renesse

“Ter bescherming van dijken en duinen ten westen van Brouwershaven is men halverwege de 19^e eeuw begonnen met uitgebreide beteugelingswerken (bestortingen en hoofden). Het westelijke deel van dit kustvak bestaat uit een duinkust. Daar zijn vanaf 1843 enige

strandhoofden gebouwd. Deze reeks is in de jaren daarna naar het oosten uitgebreid. In 1846 werd oostelijker begonnen met een nieuwe reeks. Hierop sloot de eerste reeks in 1881 aan, zodat een doorgaande reeks ontstond. De geul ligt pal voor de koppen van de strandhoofden.” - uit Verhagen en van Rossum (1990).

De strandhoofden en bestortingen bij het Noorderstrand zijn sinds de aanleg van de Brouwersdam nagenoeg volledig onder het zand verdwenen. Een uitzondering wordt gevormd door de hoofden bij de erosie ‘hotspot’ van raaien 397-437 (1 in Figuur 5.3). Soms komen de strandhoofden tijdelijk weer tevoorschijn, mede door de verplaatsing van zandgolven langs de kust en door de herverdeling van zandsuppleties (2 in Figuur 5.3). De altijd bedekte strandhoofden en de bedekte bestortingen spelen geen rol meer in de huidige kustontwikkeling. De strandhoofden die tijdelijk bloot liggen op het strand zullen dan een beperkte invloed hebben op de ontwikkeling van het strand. De strandhoofden en mogelijk de bestorting bij de erosie ‘hot spot’ van raai 397-437 spelen daar mogelijk nog een bescheiden rol in de ontwikkeling van de laagwaterlijn en mogelijk van de geulwand.



Figuur 5.3 Luchtfoto 2010 van het Noorderstrand met zichtbare strandhoofden bij 1 en 2 (Geoloket, provincie Zeeland).

Strandhoofden en bestortingen Deelgebied IV Krabbengat en Hammen

“Aan de zuidwestzijde rukte het Krabbengat steeds verder op. Daar werden tussen 1826 en 1883 zeven hoofden gebouwd. Ten Noorden daarvan is in de zeventiger jaren een reeks paalschermen gebouwd.” -- uit Verhagen en van Rossum (1989). In Figuur 5.4 zijn deze strandhoofden in de situatie in 1959 aangeduid met de cijfers 1 tot en met 4. De overgang naar de dijk is gemarkeerd met 5.

De strandhoofden zijn tegenwoordig zichtbaar, behalve als deze na het aanbrengen van een suppletie onder het zand worden bedekt. In Figuur 5.4 zijn deze strandhoofden gemarkeerd met B,C,D en er staat een vraagteken op de plek van het vierde strandhoofd. A in deze figuur is een van de palenrijen die in de zeventiger jaren zijn geplaatst. E is het bolwerk dat de overgang van de duinwaterkering naar de dijk markeert (tijdens de aanleg van de Oosterscheldekering heeft dit gefungeerd als bruggenhoofd voor de tijdelijke werkbrug naar het werkeiland Neeltje Jans). F is de aansluitconstructie naar de Stormvloedkering.



Figuur 5.4 Luchtfoto's uit 1959 (boven) en 2012 (onder) van zuidoostelijke strand van Schouwen (Geoloket, provincie Zeeland).

Palenrijen Krabbengat (raai 1040-1650)

De palenrijen tussen raai 1040 en 1240 zijn in 1968 aangebracht en tussen raaien 1240 en 1650 in 1975. Het afremmende effect van de palenrijen viel tegen, er is over opgemerkt: "een groot aantal palen is reeds uitgespoeld ten gevolge van de voortgaande verdieping van de vooroever" (in Verhagen en Rossum, 1989). Door Kevelam en Postma (1988) wordt opgemerkt dat het niet is uitgesloten dat de palenrijen hebben bijgedragen aan de verflauwing van het strand. Gedetailleerde analyse door Roelse (1984) heeft laten zien dat het vermeende positieve effect van paalschermen in Zeeland in alle gevallen een andere oorzaak had en dat bij oprukkende getijgeulen de palen geen enkele weerstand bieden (Verhagen en van Rossum, 1999).

Naar verwachting hebben strandhoofden en palenrijen alleen effect op het langtransport (bijv. branding gedreven) en geen effect op dwarstransport richting de geul (bijv. door erosie tijdens stormen en door strand- of vooroevervallen).

5.2 Primaire waterkering dijkringgebied Schouwen-Duiveland

De veiligheid tegen overstromingen wordt gewaarborgd door de aanwezigheid van een primaire waterkering die het dijkringgebied 26 Schouwen-Duiveland omsluit. De primaire waterkering bestaat uit duinen en dijken. Het beheer van deze dijkring ligt in handen van Waterschap Scheldestromen.

Dijkring 26 grenst aan de Noordzee, de Oosterschelde en het Grevelingenmeer. In het voorliggende rapport wordt alleen de waterkering grenzend aan de Noordzee beschouwd. Deze primaire waterkering bestaat vrijwel volledig uit duinen, alleen in het uiterste zuidoosten, aangrenzend aan de Oosterscheldekering is sprake van een stuk dijk (vanaf raai 1733 tot aan de Stormvloedkering).

Het beleid van dynamisch handhaven, zoals dat in 1990 is ingevoerd voor de Nederlandse kust heeft als doel om de ligging van de kustlijn te handhaven en daarmee de duinen langs de kust te behouden. Daarmee blijft de veiligheid duurzaam behouden en wordt het behoud van functies gegarandeerd (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1990).



Figuur 5.5 Overzicht waterkeringen dijkring 26 (Veiligheid Nederland in Kaart, VNK2, Grontmij et al, 2012)

5.3 Toetsing primaire waterkering

De Waterwet⁸ schrijft voor dat er elke zes jaar een toetsing van de primaire waterkering moet plaatsvinden. Bij de toetsing wordt gekeken of de waterkering in kwestie nog aan de wettelijke veiligheidsnormen voldoet. Uit de toetsing komt één van drie mogelijke oordelen voort:

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

De wijze van toetsen wordt beschreven in het Voorschrift Toetsen op Veiligheid (VTV) (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2007) en de hulpmiddelen die nodig zijn voor de

⁸ <http://wetten.overheid.nl/>

toetsing worden aangeleverd in het Wettelijk Beoordelings Instrumentarium (WBI⁹). Hiernaast zijn er de nodige gegevens nodig om de toets uit te kunnen voeren. De gegevens over de belasting op de waterkering (bijvoorbeeld golfeigenschappen en waterstanden) worden aangeleverd in de Hydraulische Randvoorwaarden (HR). De beheerders van de waterkering zijn verantwoordelijk voor gegevens over (de actuele toestand van) de waterkering.

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

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

Voor al deze categorieën zijn toetsmethodieken beschreven in het WBI.

De primaire waterkeringen zijn voor ongeveer 90% bij de waterschappen en voor ongeveer 10% bij Rijkswaterstaat in beheer. Deze waterkering beheerders zijn verantwoordelijk voor het (laten) uitvoeren van de toetsing en de beschikbaarheid van de actuele gegevens met betrekking tot de toetsing van de waterkering.

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

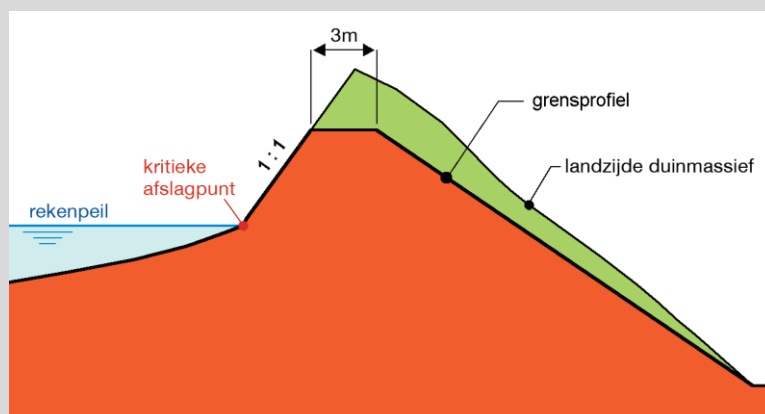
Begrippenlijst Toetsing Waterkering

Aansluitingsconstructie

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

Grensprofiel

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



Hybride kering

⁹[https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/waterveiligheid/primaire/beoordelen-\(wbi\)/](https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/waterveiligheid/primaire/beoordelen-(wbi)/)

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.

5.3.1 Eerste toetsronde: 1996-2001

De veiligheid tegen overstromingen wordt gewaarborgd door de aanwezigheid van een primaire waterkering die het dijkkringgebied 26 Schouwen-Duiveland omsluit. Dijkkring 26 heeft een normfrequentie van 1/4000 per jaar. Het beheer van deze dijkkring ligt in handen van Waterschap Scheldestromen. De ligging van de waterkering is vastgelegd in de Legger waterkeringen waterschap Scheldestromen. Dijkkring 26 grenst aan de Noordzee, de Oosterschelde en het Grevelingenmeer.

Conform de Waterwet (en eerder conform de Wet op de waterkering) is de dijkkring getoetst, volgens de leidraad (1^e toetsronde) en voorschriften (2^e en 3^e toetsronde).

Zandige kust: De score voor duinen is 'veilig'. De aansluitingsconstructies bij de Brouwersdam en de Oosterscheldekering krijgen 'Geen oordeel', omdat hier nader onderzoek noodzakelijk is.

5.3.2 Tweede toetsronde: 2001-2006

Zandige kust: Een kort traject (< 1 km, ter plaatse van het Noorderstrand) van de duinwaterkering voldoet niet. De versterking van dit kustvak is gestart in 2013. De rest van de duinwaterkering voldoet aan de norm.

5.3.3 Derde toetsronde: 2006-2011

Zandige kust: De duinwaterkering (met uitzondering van te versterken stuk bij het Noorderstrand) voldoet aan de norm. De bekleding van de dijk aan de zuidoostzijde is afgekeurd en deze zal worden versterkt.

In 2012 is een risicoanalyse uitgevoerd voor het dijkringgebied Schouwen–Duiveland (Veiligheid Nederland in Kaart 2, 2012), echter dit is geen toetsing in het kader van de Waterwet (Figuur 5.4).

6 Gebruiksfuncties

In deze beheerbibliotheek staat de kennis over het morfologische systeem en morfologische kustindicatoren centraal (Hoofdstuk 2 en 3). Daarnaast bevat de beheerbibliotheek een beschrijving van het uitgevoerde kust- en zeeoeverbeheer (Hoofdstuk 4), met nadruk op de uitgevoerde suppleties, alsmede van de waargenomen effecten van dat beheer. De beheerbibliotheek dient, op termijn, verder aangevuld te worden met ecologische en socio-economische kennis die relevant is voor het vaststellen van de suppletie strategie. Hiervoor zal in de aankomende jaren bekeken worden of en waar deze kennis beschikbaar is. In deze versie van de beheerbibliotheek is alvast een bescheiden gestart gemaakt met de volgende onderwerpen: In paragraaf 6.1 volgt een samenvatting van het voorkomen van type recreatiestranden in Schouwen. 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. Op basis van uitgevoerde Passende Beoordelingen wordt deze informatie aangevuld met een beschrijving van de voorkomende ecologie en hoe hier bij het uitvoeren van suppleties rekening mee wordt gehouden.

6.1 Recreatie Noordzeekust (Decisio, 2011)

6.1.1 Economische waarde

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

Jaarlijks maken Nederlanders circa 6,5 miljoen dagtochten naar het strand (Centraal Bureau voor Statistiek, Tabel 6.1) 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 (NRIT, 2007). Het Nederlands Bureau voor Toerisme en Congressen (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 strand gerelateerd.

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

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

Kerngegevens Nederlandse kust

Onderwerp	
Aantal strandpaviljoens	374
Aantal campings Noordzeepadplaatsen	347
Als percentage van camping in de vier kustprovincies	45%
Als percentage van campings in Nederland	15%
Aantal logiesaccommodaties 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 alle overnachtingen in de vier kustprovincies	48%
Als percentage van alle overnachtingen in Nederland	23%
Dagtochten naar zee	6.499.000*

* Dit is waarschijnlijk een sterke onderschatting. Alleen in Scheveningen is volgens de gemeente het aantal bezoekers hoger. In België met een veel kleinere kustlijn ligt het aantal dagbezoekers jaarlijks tussen de 16 en 19 miljoen⁸.

Tabel 6.1 Kerngegevens voor de Nederlandse kust (Decisio, 2011).

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

De recreatiebasiskustlijn (rBKL) is gedefinieerd als “een zone die aangeeft hoe breed het strand moet zijn om voldoende ruimte te bieden aan de toeristisch-recreatieve functies van de 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 6.2). Recreative stranden zijn in dit onderzoek gedefinieerd als stranden waar economische activiteit op of direct achter het strand plaats vindt. Er zijn hier strandpaviljoens, georganiseerde activiteiten op het strand, of campings en stads/dorpskernen direct achter het strand. Met behulp van luchtfoto's en Kustlijnkaarten zijn de locaties bepaald waar economische activiteit op of achter het strand plaats vindt. Deze locaties zijn vervolgens doorgesproken in de discussiebijeenkomsten met vertegenwoordigers van provincies, gemeenten, ondernemers, waterschappen en (in Zeeland en Zuid-Holland) Rijkswaterstaat.

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

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

6.1.3 Strandrecreatie Zeeland

Het achterland van Zeeland is (relatief) dun bevolkt, waardoor het aantal dagtochten naar zee lager ligt dan in de verstedelijkte provincies Noord- en Zuid-Holland (Tabel 6.3). De aantrekkingskracht op verblijfstoerisme is wel zeer groot. In Zeeland overnacht men het meest op campings en in bungalowparken. Van de vier kustprovincies heeft Zeeland de meeste campings. In totaal heeft Zeeland vijf gemeenten met badplaatsen aan de Noordzee, namelijk gemeente Sluis, Veere, Vlissingen, Noord-Beveland, en Schouwen-Duiveland.

De stranden in Zeeland zijn in het algemeen niet breed en op sommige plekken zelfs ronduit smal.

Categorie strandgebruik	Toelichting en voorbeelden	Strandbreedte vanaf de duinvoet
Sport/evenementen stranden	Gebruik door ruimte vragende (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)

Tabel 6.2 De categorieën strandgebruik en de daarbij horende minimale strandbreedte (Decisio, 2011).

Onderwerp	
Aantal strandpaviljoens	60
Totaal aantal horecabedrijven	1.598
Aantal campings	296
Aantal logiesaccommodaties	632
Aantal slaappleaatsen	131.294
Aantal Hotelovernachtingen	1.320.000
Waarvan zakelijk	39%
Aantal overnachtingen logiesaccommodaties	7.648.300
Percentage buitenlandse overnachtingen	18%
Aantal overnachtingen verblijfsrecreatie	6.327.500
Percentage buitenlandse overnachtingen verblijfsrecreatie	39%
Werkzame personen in de Horeca	10.940
Dagtochten naar zee	873.000

Cijfers voor gehele provincie Zeeland, inclusief niet-kustgemeenten.

Tabel 6.3 Kerngegevens voor Zeeland kust (Decisio, 2011).

De gemeente Renesse zelf geeft aan dat de stranden rondom Renesse en Westenschouwen zeer druk zijn.

Overzicht van belangrijkste stranden in Zeeland (Figuur 6.1):

- *Sport en evenementstrand* Zeeland: Cadzand-Bad, strand bij Veerse Gatdam, Brouwersdam
- *Matig / redelijk intensieve stranden van Zeeland*: Cadzand-Bad, Nieuwvliet, Groede, Nieuwesluis, Breskens, Vlissingen (strand bij boulevard, Nollehoofd en richting Vebeenbos), Dishoek, Zoutelande, Westkapelle, Domburg, Oostkapelle, Breezand, Roompot, veel gebieden in Veere tussen de kernen met paviljoens (meestal nabij campings), Brouwersdam, Renesse, Nieuw-Haamstede, Westenschouwen, Noordzeestrand Noord-Beveland.

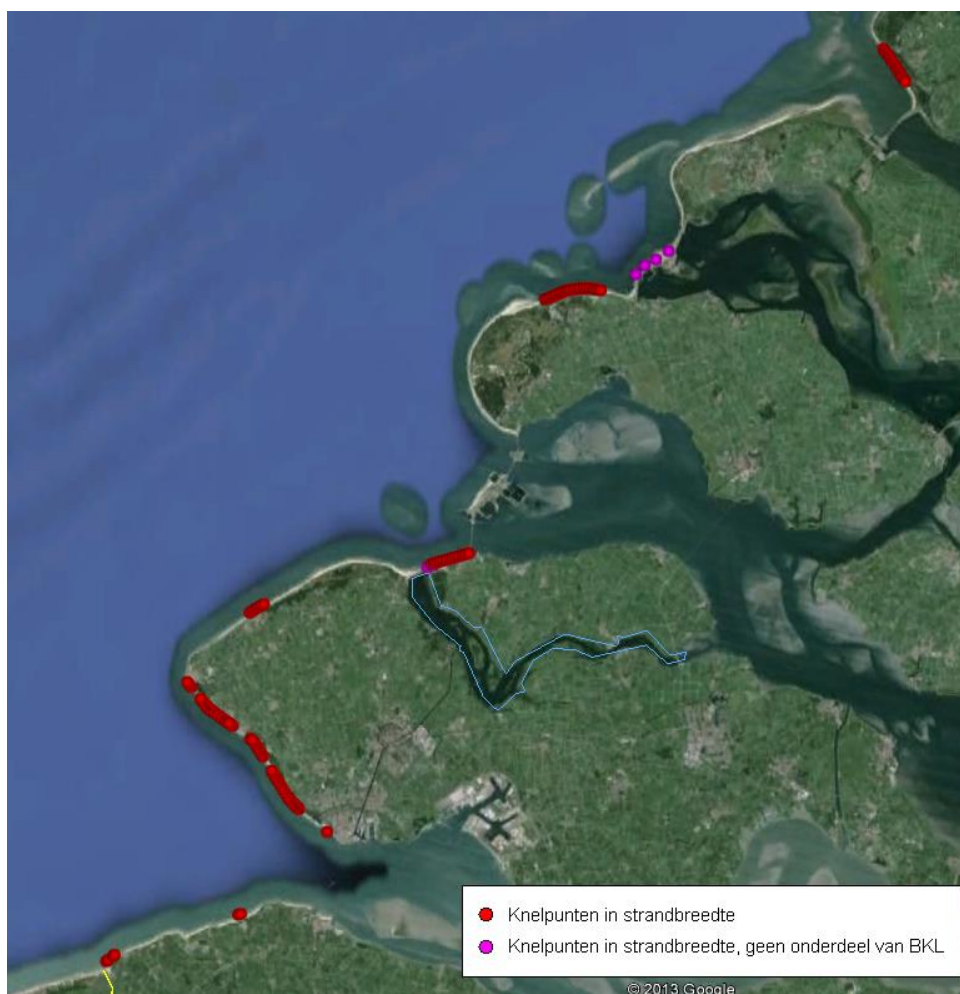
Overzicht van knelpunten in Zeeland (Decisio, 2011)

Op diverse plekken is het strand in Zeeland te smal om de recreatieve activiteiten goed te kunnen faciliteren, zie Figuur 6.2. Daarnaast spelen beperkingen vanuit natuur en milieu. Verder speelt ook in Zeeland het knelpunt van de “opschuivende” duinvoet, slaan stukken strand weg en zijn stranden soms zo smal dat ze bij harde wind onveilige situaties voor wandelaars opleveren. Knelpunten in strandbreedte (Decisio, 2011) bij Schouwen:

- Het strand van Noord-Beveland is aan de smalle kant volgens de gemeente en betrokken ondernemers. Met name tegen de Veerse Gatdam aan, waar veel sportactiviteiten zijn te vinden, is het strand te smal
- Bij Renesse is het strand regelmatig aan de smalle kant. Bij Westenschouwen komt het oude door de zee verzwolgen dorp door erosie bloot te liggen, wat gepaard gaat met stenen en slib op het strand.
- Het strand bij de Brouwersdam is momenteel te klein om zowel de badgasten als de extreme sporten te huisvesten.



Figuur 6.1 Recreative stranden Zeeland (Decisio, 2011)

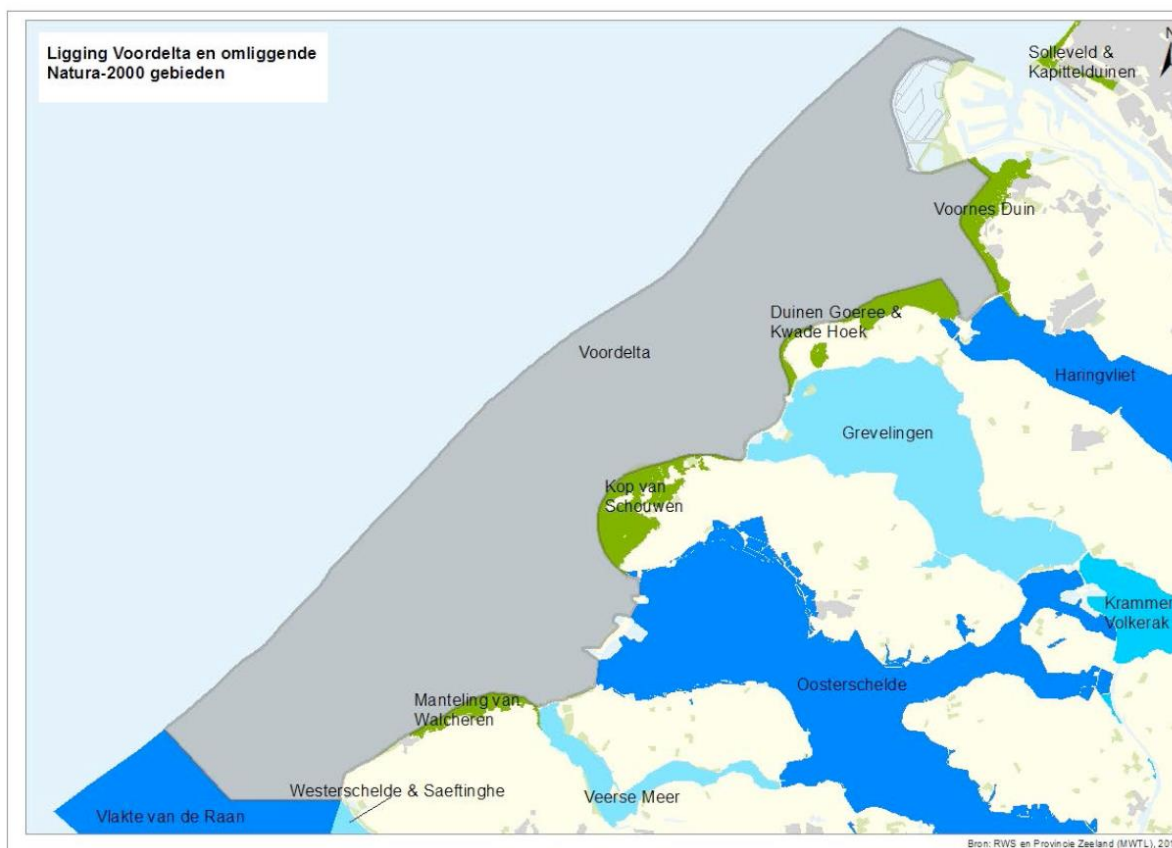


Figuur 6.2 Locaties waar regelmatig knelpunten in strandbreedte optreden langs de Zeeuwse kust (Decisio, 2011).
Knelpunten zijn tijdens workshops door deelnemers aangegeven.

6.2 Natuur

6.2.1 Natuurwetgeving

De duinen, het strand en de vooroever van Schouwen zijn belangrijke gebieden voor de natuur, zoals duidelijk wordt uit de ligging van de verschillende Natura 2000-gebieden. De kust van Schouwen grenst aan de zeezijde overal aan het Natura 2000 gebied "Voordelta" (Figuur 6.3), dat aan de landzijde is begrensd op de duinvoet. De duinen maken overal deel uit van het Natura 2000-gebied Kop van Schouwen. In de nabije omgeving liggen ook de Natura 2000-gebieden Oosterschelde en Grevelingen.



Figuur 6.3 Ligging Voordelta en omliggende Natura 2000 gebieden

Hieronder zijn de gebiedsbeschrijvingen opgenomen van de Natura 2000-gebieden Kop van Schouwen en Voordelta, zoals deze zijn opgenomen in het beheerplan Natura 2000 Voordelta (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2016) en in Besluit Natura 2000-gebied Kop van Schouwen, zie website Ministerie van Economische zaken, Beschermde natuur in Nederland, Natura 2000-gebieden, Kop van Schouwen:

<https://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase.aspx?subj=n2k&groep=1&id=n2k116>

en Voordelta:

<https://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase.aspx?subj=n2k&groep=10&id=n2k113&topic=introductie>

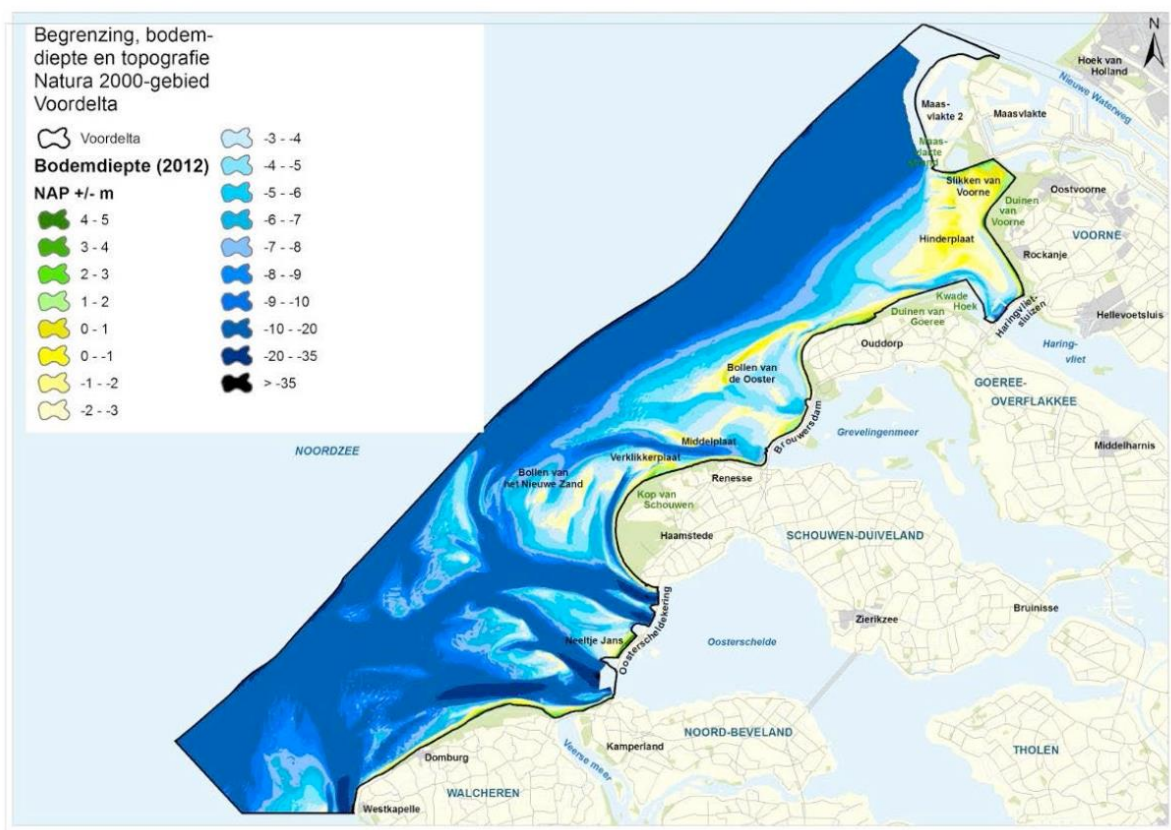
6.2.2 Kop van Schouwen

Natura 2000-gebied Kop van Schouwen is een duingebied op het westelijke uiteinde van Schouwen-Duiveland. Het gebied omvat een aantal deelgebieden met een verschillende ontstaansgeschiedenis, waardoor kalkrijke jonge duinen, kalkarme oude duinen, klifduinen en stuifduinen aanwezig zijn. Aan de zeezijde van het gebied zijn de duinen sterk geaccidenteerd, met natuurlijke begroeiing, verstuivingsprocessen en natte valleien; de open binnenduinen zijn licht golvend. Daardoor komt een brede variatie aan duinhabitattypen voor.

In de aangroeiende noordwestpunt (Verklikkerduinen) zijn jonge duinvalleien aanwezig. De iets zuidelijker gelegen Meeuwenduinen vormen een naar verhouding grootschalig actief stuivend duin waarin in de laatste 50 jaar geen maatregelen zijn getroffen voor vastlegging van het duin. Er komen evenwel geen duinvalleien in voor. In de Zeepe ten oosten daarvan zijn in het kader van natuurontwikkeling valleien opnieuw uitgegraven en zijn nieuwe uitblazingsvalleien ontstaan. In het zuidwesten van het gebied worden jonge duinen met struweel en bos aangetroffen. In de oostelijke binnenduinen liggen ontkalkte vroongronden met soortenrijke graslanden, afgewisseld met de zogenaamde elzenmeten (hakhout), duinheide en landgoedbossen. Tussen Burgh-Haamstede en Renesse zijn de meeste natte duinvalleivegetaties te vinden.

6.2.3 Voordelta

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 grenzen van het Natura 2000-gebied Voordelta zijn bepaald met het oog op de ligging van de natuurlijke habitats en de leefgebieden van soorten waarvoor het Natura 2000-gebied is aangewezen. Het Natura 2000-gebied omvat globaal het ondiepe zeegebied vanaf de Maasgeul tot aan Westkapelle (Walcheren). (zie Figuur 6.4).



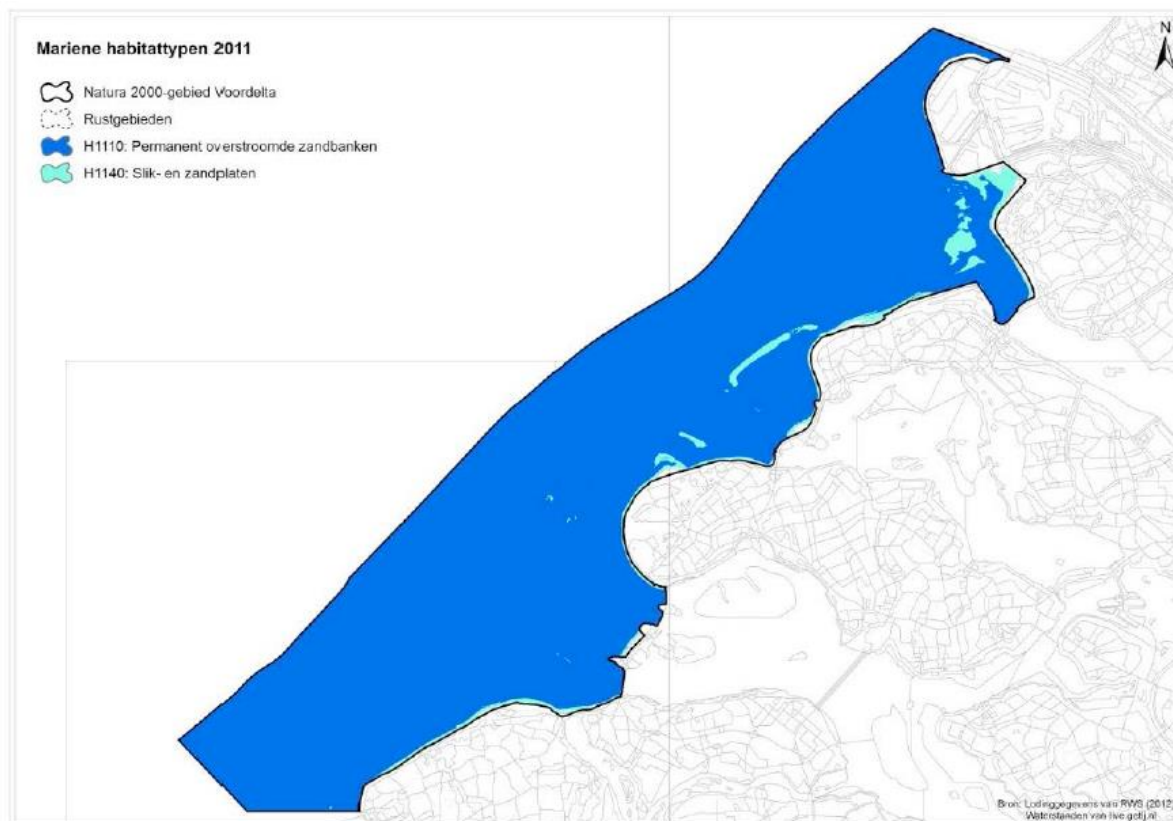
Figuur 6.4 Locaties Begrenzing Natura 2000-gebied Voordelta, bodemdiepte, platen en topografie.

De Voordelta herbergt natuurlijke habitats en leefgebieden die voor het Europese netwerk Natura 2000 van belang zijn.

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 vis etende trekvogels, in het bijzonder voor de roodkeelduiker, en voor schelpdiereters, als zwarte zee-eend en eider. De intergetijdengebieden zijn van belang voor steltlopers en eenden, zoals scholeksters, drieteenstrandlopers en bergeenden.

Sinds 2008 zijn er rustgebieden voor zeehonden ingesteld rond de Verklikkerplaat / Middelplaat, de Hinderplaat en de Bollen van de Ooster. Zowel grijze als gewone zeehonden maken hier goed gebruik van en komen daarnaast in kleinere concentraties op andere platen voor.

De Voordelta in de omgeving van Schouwen is aangewezen voor de habitattypen 'permanent overstroomde zandbanken' (H1110, subtypen A en B) en 'slik- en zandplaten' (H1140, subtypen A en B), Figuur 6.5. Voor beide habitattypen is de doelstelling behoud van oppervlakte en kwaliteit.



Figuur 6.5 Verspreiding mariene habitattypen in de Voordelta

7 Literatuur

- Aarninkhof, S.G.J. & Van Kessel, T. (1999). Data analyse Voordelta: Grootschalige morfologische veranderingen 1960-1996. WL|Delft Hydraulics, Z2694.
- Alkyon, 2006a, Morfodynamische ontwikkeling Voordelta, Alkyon rapport A1698.
- Alkyon, 2006b, Morfodynamische ontwikkeling Voordelta; Samenvatting en analyse rustgebieden conceptplan mei 2006, Alkyon rapport A1698R3.
- Alkyon, 2006c, Kwantitatieve analyse en prognose morfologische ontwikkeling Voordelta, Alkyon rapport A1770.
- Arcadis, 2013, Beheerbibliotheek Schouwen; Morfologie en ingrepen, C03041.003080
- Arens, B., Geelen, L. van der Hagen, H. & Slings, R. (2009). Duurzame verstuiving in de Hollandse duinen. Kans, droom of nachtmerrie. Eindrapport fase 2. Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek, Waternet, Dunea, PWN, RAP 2009.03.
- Arens, S.M., 2009. Effecten van suppleties op duinontwikkeling; geomorfologie. Rapportage fase 1. Rapport RAP2009.02 in opdracht van Rijkswaterstaat Waterdienst.
- 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, S.M.; Everts, F.H.; Kooijman, A.M.; Leek, S.T.; Nijssen, M. en de Vries, N.P.J., 2012. Ecologische effecten van zandsuppletie op de duinen langs de Nederlandse kust (Ecological effects of nourishments on dunes along the Dutch coast). Bosschap rapport OBN166-DK in opdracht van ministerie van EL&I, 120 pp + bijlagen.
- Balen, W. van; Vuik, V. 2011. Indicatoren voor kustlijnzorg; Analyse van indicatoren voor veiligheid en recreatie. HKV rapport PR2063.20.
- Beekman, F. (2007), De Kop van Schouwen onder het zand, Duizend jaar duinvorming en duingebied op een Zeeuws eiland, Matrijs Uitgeverij, ISBN 9789053453148
- Berg, J.H. van den, 1984. Morphological changes of the ebb-tidal delta of the Eastern Scheldt during recent decades. *Geologie en Mijnbouw* 63(4): 363–375.
- Berg, J.H. van den, 1986. Aspects of sediment- and morphodynamics of subtidal deposits of the Oosterschelde (The Netherlands), PhD-Thesis Utrecht University 126 p.
- Berg, J.H. van den, 1987. Toelichting op de isallobatenkaart Voordelta. Rijkswaterstaat rapport ZL-87.0020.
- Boers, M., van Geer, P.M.C. Huisman, B.J.A., J.H. de Vroeg, 2011. Morfologisch onderzoek versterking Noorderstrand; Autonoom Gedrag en Zeewaartse Versterking. Rapport Deltares 1205323-000-HYE-0005.

- Bok, C. de, 2001. Long-term morphology of the Eastern Scheldt, MSc-thesis TU Delft and Rijkswaterstaat RIKZ werkdocument RIKZ-2002.108x.
- Bruens, A.; McCall, R.; Steetzel, H.; Santen, R. Van. (2012) Achtergrondrapport Basiskustlijn 2012 – feiten & cijfers ter onderbouwing van de herziening van de Basiskustlijn
- Bruin, M.P. de en Wilderom, M.H., 1961. Tussen Afsluitdammen en Deltadijken, deel 1, Noord-Beveland
- Cleveringa, J., R.C. Steijn & J. Geurts van Kessel, 2007, Time-scales of morphological change of the former ebb-tidal deltas of the Haringvliet and Grevelingen (The Netherlands) IAHR RCEM conference proceedings.
- Cleveringa, J. 2008, Morphodynamics of the Delta Coast (south-west Netherlands): Quantitative analysis and phenomenology of the morphological evolution 1964-2004. Alkyonrapport A1881; ook WL | Delft Hydraulics & Rijkswaterstaat RIKZ.
- Davis, R.A., Hayes, M.O., 1984. What is a wave-dominated coast? *Marine Geology*, 60, 313-329.
- Decisio (2011). Ruimte voor recreatie op het strand. Onderzoek naar een 'recreatiebasiskustlijn'.
- 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*
- Eelkema, M. 2013. Eastern Scheldt Inlet Morphodynamics. Thesis TU Delft.
- 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>
- Giardino, A., den Heijer, K. en Santinelli, G. (2014), The state of the coast / Toestand van de Kust; case study: The South-Westerly Delta', *Deltares*, 1209381-006
- Giardino, A., den Heijer, K. en Santinelli, G. (2014), Ontwikkeling van de Zuidwestelijke Delta, Samenvatting van het rapport The state of the coast; case study: The South-Westerly Delta', *Deltares* (2 p.)
- Grontmij / Witteveen+Bos (2012), Veiligheid Nederland in Kaart 2, Overstromingsrisico dijkringgebied 26, Schouwen-Duiveland
- 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.

- Heijer, K. den en de Zeeuw, R. (2017) Memo Kop van Schouwen September 2017, Deltares
- Hijma, M. (2017) Geology of the Dutch coast, The effect of lithological variation on coastal morphodynamics. Deltares, 1220040-007
- Hillen, R.; Ruig, de J. H. M.; Roelse, P.; Hallie, F. P. (1991) De basiskustlijn, een technisch / morfologische uitwerking.
- Hoozemans, F.M.J., 1991. Horizontale zandgolven – literatuurstudie. Waterloopkundig laboratorium | WL Delft, H840.
- Jeuken, M.C.J.L., S.G.J. Aarninkhof, R. Bruinsma, G. van Holland & J.A. Roelvink. 2000. Modelling van de grootschalige bodemveranderingen in de voordelta van Oosterschelde en Grevelingen.
- Jorissen, R. E. and Vrijling, J. K., 1989, Local scour downstream hydraulic constructions: Proceedings of the 23rd Congress of the International Association for Hydraulic Research, Ottawa.
- Kevelam, D. & H. Postma. 1988. Morfologische studie Krabbengat; deel I Prognoses. Rapport Zanen Verstoep nv.
- Kevelam, D. & H. Postma. 1989. Morfologische studie Krabbengat; deel II Maatregelen. Rapport Zanen Verstoep nv.
- Kohsiek, L.H.M., & J.P.M. Mulder (redactie), 1988, Een verkenning van een veranderend watersysteem: De Voordelta, Rijkswaterstaat DGW nota GWAO-88.002.
- Kohsiek, L.H.M., & J.P.M. Mulder (redactie), 1989, De Voordelta; Een watersysteem verandert, Rijkswaterstaat DGW.
- 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. and 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
- Ligtendag, W.A. 1990. Van Ijzer tot Jade; Een reconstructie van de zuidelijke Noordzeekust in de jaren 1600 en 1750.
- 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.
- Maranus, J.W. en Verhagen, H.J., 1987. Zandgolven en kustverdediging in Zeeland – Voorspelling van kustgedrag.

- Maranus, J.W. 1996. Zandwinning suppleties Kop van Schouwen 1996/1997. Rijkswaterstaat directie Zeeland Memo NWL 96-40.
- Ministerie van Economische zaken, Beschermde natuur in Nederland, Natura 2000, Kop van Schouwen:
<https://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase.aspx?subj=n2k&groep=1&id=n2k116>
- Ministerie van Economische zaken, Beschermde natuur in Nederland, Natura 2000, Voordelta:
<https://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase.aspx?subj=n2k&groep=10&id=n2k113&topic=introductie>
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2016), Beheerplan Natura 2000 Voordelta 2015-2021 (februari 2016)
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu. (2012) Basiskustlijn 2012. Herziening Basiskustlijn.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1990. Kustverdediging na 1990; beleidskeuze voor de kustlijnverzorging. (de 1e kustnota).
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat. (1993) De Basiskustlijn, Norm voor Dynamisch Handhaven.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1995. Kustbalans 1995; De tweede kustnota.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat. (2003) Basiskustlijn 2001 - Evaluatie ligging Basiskustlijn.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2008. Beheerplan Voordelta.
- 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.
- Postma, R., J.P.M. Mulder, T. Louters, F.P. Hallie, 1990b, Een prognose van de morfologie van de Grevelingen-buitendelta, Rijksuniversiteit Utrecht Rapport Geopro 1991.08, Rijkswaterstaat DGW Notitie GWAO 900.1345.
- Rijkswaterstaat, 1971. De ontwikkeling van de kust van Schouwen tussen 1885 en 1965. Rijkswaterstaat Directie Zeeland, Studiedienst Vlissingen, Nota 71.8.
- Roelse, P. 1984. Ervaringen met paalschermen in Zeeland, Kust en zee, pp 24-35.
- Roelse, P. en Maranus, J.W. (1988), Prognose Kustontwikkeling Zeeland 1990-2090, Rijkswaterstaat
- Ronde, J.G. de, A.P. Oost, J. de Lima Rego & A.C. Bijlsma. 2012. Stormvloedkering Oosterschelde: ontwikkeling ontgrondingskuilen en stabiliteit bodembescherming. Deelrapportage Morfologie. Deltares rapport 1206907-004-GEO-0003.

- 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
- Snijders, G.H. & L. Walburg, 1998. Morfologische ontwikkeling Voordelta 1980-1997. DG Rijkswaterstaat, RIKZ, rapport RIKZ-98.019.
- Spek, A.J.F. van der, 1987. Inventariserend morfologisch onderzoek VOORDELTA. Beschrijving van de ontwikkeling van de buitendeltas van Haringvliet en Grevelingen. Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren, Nota GWAO-87.105.
- Spek, A.J.F. van der, 1988. Empirische voorspelling morfologie Voordelta; 1. voorlopige resultaten (waaronder een prognose voor 2020). Concept. Rijkswaterstaat, nota GWAO-88.1013.
- Spek, A.J.F. van der, 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.
- Spek, A.J.F. van der, Elias, E.P.L., Lodder, Q. en Hoogland, R. (2015), Toekomstige Suppletievolumes – Eindrapport 1208140-005, Deltares
- Steetzel, H.J. & M. Stive, M., 1986. Dwarstransportstudie Voordelta; een onderzoek naar profielontwikkelingen door dwarstransport in de Zeeuwse voordelta als gevolg van gehele of gedeeltelijke afsluiting van de estuaria. WL rapport H329.
- Steijn, R.C. (2002) Vormveranderingen van getijgeulen op buitendelta door laterale zandtoevoer. Alkyon rapport A888
- Stuijzand, P.J, Arens, S.M.; Oost, A.P. en Baggelaar, P.K., 2012. Geochemische effecten van zandsuppleties in Nederland; langs de kust van Ameland tot Walcheren. Bosschap rapport OBN167-DK in opdracht van ministerie van EL&I
- Termaat, G.R. & J.W. Maranus. 2000. Evaluatie basiskustlijn 2000 Zeeland. Notitie Rijkswaterstaat Directie Zeeland –nwl – 00.41.
- 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 e.a. (2013) Voorhoedeproject: Slimmer omgaan met zand op Schouwen. De effecten van het uitvoeren van de verwachte suppletie in 2016 tussen de raaien 1248-1425 (Schouwen) op de morfologie, hydrologie, natuur en recreatie. Deltares, 1208510
- Valk, L. van der e.a. (2013) Monitoringsplan Meeuwenduinen Schouwen t.b.v. PINK en PAS, 2014 - 2020. Deltares, 1209935

- Verhagen, H.J. en H. van Rossum (1989) Kustverdediging na 1990; technisch rapport 12; Strandhoofden en paalrijen, Rijkswaterstaat
- Vermaas, T. en Elias, E.P.L., 2014. Evaluatie verlegging Krabbengat 1987/1991/1996. Deltares rapport 1209381-008-ZKS-0005, 15 augustus 2014, definitief.
- Vermaas, T., 2014. Analyse ontwikkeling diepe vooroever Grevelingen. Deltares memo 20 november 2014.
- Vermaas, T., Elias, E.P.L., Van der Spek, A.J.F., 2015, Relocating Krabbengat channel; a tale of two developments. Proceedings of Coastal Sediments 2015, San Diego, USA.
http://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/9789814689977_0242
- Vos, P.C.; van Heeringen, R.M. (1997). Holocene geology and occupation history of the province of Zeeland, in: Fischer, M.M. (Ed.) Holocene evolution of Zeeland (SW Netherlands). Mededelingen. Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen, 59: pp. 5-109.
- Vos, P.C., 2015. Origin of the Dutch coastal landscape. Long-term landscape evolution of the Netherlands during the Holocene, described and visualized in national, regional and local palaeogeographical map series. Barkhuis, Groningen, 359 pp
- Vroon, J., 1994. Hydrodynamic characteristics of the Oosterschelde/Eastern Scheldt in recent decades. Hydrobiologia 282/283, 17-27.
- Vuik, V.; W. Van Balen en A.J. Paarlberg. 2012. Indicatoren voor kustlijn­zorg; Analyse 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.
- Wang, Z.B. 2010. Morfologische effecten van een getijdecentrale in de Brouwersdam Deltares rapport 1201650-000.
- Wijnberg, K.M., 1995. Morphologic behaviour of a barred coast over a period of decades. PhD Thesis. Utrecht University (Utrecht): 245 pp.
- Wilderom, M.H. 1964. Tussen Afsluitdammen en Deltadijken, deel 2, Noord-Zeeland (Schouwen-Duiveland, Tholen, St-Philipsland)

A Teksten uit Kustlijnkaartenboeken voor kustvak 13 (Schouwen)

1992

Op Schouwen is de trend '92 tussen raai 84 en 1024 hoofdzakelijk positief. Op dit deel van het eiland wordt de basiskustlijn slechts incidenteel (en in zeer beperkte mate) overschreden. Voor raaien waar de trend negatief is wordt voor het jaar 2000 geen overschrijding van de basiskustlijn verwacht.

Ten zuiden van raai 1024 is de trend '92 voornamelijk negatief. In 1991 is een strandsuppletie uitgevoerd die de raaien 1184 t/m 1733 omvat. Direct ten noorden van het gesuppleerde gebied wordt de basiskustlijn op drie raaien (1084,1144 en 1164) enkele meters overschreden.

1993

De onderwateroever van het Noorderstrand op Schouwen zandt aan, terwijl het strand en de duinvoet overwegend een geringe achteruitgang te zien geven. Migratie van geultjes op het strand zorgt lokaal voor sterk wisselende trends. Ter plekke kan de BKL daardoor overschreden zijn, zonder dat hier een structurele erosie aan ten grondslag ligt.

Het brede strand van de Verklikkerduinen (raai 694-984) schuift geleidelijk langs de kust in oostelijke richting op.

De kop van Schouwen (raai 1164-1733) is in 1991 gesuppleerd. De huidige kustlijn ligt ruim zeewaarts van de BKL.

1994

Op het Noorderstrand van Schouwen (raai 84-319) is in 1990 een suppletie uitgevoerd. De trends zijn overwegend positief. Op enkele raaien (m.n. 267, 284) is de BKL overschreden. Hier wordt in 1994 een kleine suppletie uitgevoerd.

In de omgeving van Renesse (raaien 377-634) is de BKL overschreden bij een overwegend negatieve trend. Voor dit gedeelte van Schouwen wijken de toetsingsresultaten duidelijk af van het voorgaande jaar als gevolg van de kortere rekenperiode.

Het brede strand van de Verklikkerduinen bouwt aan de oostzijde uit (raai 649-799) en erodeert aan de westkant (raai 819-979). De "zandgolf" schuift geleidelijk langs de kust in oostelijke richting op.

In het gedeelte tussen de raaien 982 en 1144 wordt de BKL op twee raaien overschreden, voor zes raaien is een negatieve trend berekend. Naar verwachting zal zich hier de komende jaren een verandering in de trend manifesteren: voor de noordelijke raaien (m.n. 982-984) zal de trend negatief worden, voor het zuidelijke deel (m.n. 1104-1144) zal de trend waarschijnlijk verbeteren. De Kop van Schouwen (raai 1164-1733) is in 1991 gesuppleerd. De huidige kustlijn ligt ruim zeewaarts van de BKL. Gezien de berekende TKL's is voorlopig geen snijding van de BKL te verwachten.

N.B. Bij gebrek aan meetgegevens kon de TKL-'93 voor raai 1733 niet worden bepaald.

1995

Op het Noorderstrand van Schouwen (raai 84-319) zijn in 1990 en lokaal in 1994 suppleties uitgevoerd. In het aansluitende stuk ter hoogte van Renesse (raai 377-619) is de basiskustlijn soms fors overschreden bij een overwegend negatieve trend (-1 tot -5 m/jaar). Hier wordt nog voor de zomer van 1995 een suppletie uitgevoerd. Het brede strand van de Verklikkerduinen

bouwt aan de oostzijde uit (raai 679-779) en erodeert aan de westkant (raai 799-984). Hier bevindt zich ook de enige locatie (raai 819) ten zuiden van Renesse waar de kustlijn landwaarts van de basiskustlijn ligt.

De Kop van Schouwen (raai 1164-1733) is in 1991 gesuppleerd. De huidige kustlijn ligt meestal nog ruim zeewaarts van de basiskustlijn. Toch kan ter hoogte van Nieuw-Haamstede (raai 1196-1268) en Westenschouwen (raai 1628-1697) vanaf volgend jaar een (lokale) overschrijding van de basiskustlijn verwacht worden.

1996

Op het Noorderstrand van Schouwen (raai 84-319) zijn in 1990 en lokaal in 1994 suppleties uitgevoerd. In het aansluitende deel is in 1995 een suppletie uitgevoerd tussen de raaien 377 en 649.

Het brede strand van de Verklikkerduinen bouwt aan de oostzijde uit (raai 679-799) en erodeert aan de westkant (raai 819-984). Hier bevindt zich ook de enige locatie (raai 819) ten westen van Renesse waar de kustlijn landwaarts van de basiskustlijn ligt. Diverse andere raaien zullen binnen 2 jaar volgen. De Kop van Schouwen (raai 1164-1733) is in 1991 gesuppleerd. De huidige kustlijn ligt meestal nog ruim zeewaarts van de basiskustlijn. Toch zijn ter hoogte van Nieuw-Haamstede (raai 1164-1208) enkele raaien met een kustlijnligging landwaarts van de BKL. De trendontwikkeling is negatief, maar verwacht wordt dat ter plaatse van de Burgh en Westlandpolder (raai 1626-1719) vanaf 1998 een (lokale) overschrijding van de basiskustlijn kan optreden.

1997

Op het Noorderstrand van Schouwen (raai 84-319) zijn in 1990 en lokaal in 1994 suppleties uitgevoerd. In het aansluitende deel is in 1995 een suppletie uitgevoerd tussen de raaien 377 en 649.

Behoudens twee incidentele raaien (267 en 284) wordt voor 1999 geen overschrijding van de norm verwacht. Het brede strand van de Verklikkerduinen bouwt aan de oostzijde uit (raai 679-799) en erodeert aan de westkant (raai 819-984). Hier bevinden zich de raaien 819 en 919, die ten westen van Renesse zijn gelegen, waar de kustlijn landwaarts van de basiskustlijn ligt. Dit wordt veroorzaakt door het verhelten- of 'los' raken van zandbanken met de kust.

Inmiddels heeft in het vierde kwartaal van 1996 in het traject raai 1164-1268 en het meeliftende kustvak Burgh en Westlandpolder (raai 1628-1733) een suppletie plaatsgevonden.

1998

Op het Noorderstrand van Schouwen (raai 84-319) zijn in 1990 en lokaal in 1994 suppleties uitgevoerd. In het aansluitende kustvak Renesse (337-649) heeft in 1995 een suppletie plaatsgehad. Voor beide vakken staat een volgende suppletie voor 1999 gepland. Behoudens een enkele incidentele raai (148 en 284) wordt voor het Noorderstrand geen overschrijding van de norm basiskustlijn verwacht. Voor het kustvak Renesse wordt de basiskustlijn alleen ter plaatse van raai 417 overschreden. Voor een viertal raaien (417, 437, 529 en 544) zal dit naar verwachting in 1998 het geval zijn en komt de voor 1999 geplande suppletie net op tijd.

Het brede strand ter hoogte van Oude Hoeve / Verklikkerduinen (raai 649-1064) bouwt uit aan de oostzijde en erodeert aan de westkant. In dit kustvak bevinden zich de raaien 819, 899, en 919 waar de norm basiskustlijn thans wordt onderschreden. Omdat voor dit kustvak een omvangrijk bank- en geulenstelsel is gelegen, kan de kustligging sterk wisselen, waardoor de toetsingsresultaten niet meer representatief zijn voor het gedrag van het strand en duin. Dit kustvak zal bij de evaluatie van de basiskustlijnligging (1999) nader onder de loep

genomen worden, waarbij de vervorming van het hele kustvak als uitgangspunt genomen worden. Vooralsnog wordt een suppletie niet overwogen.

Nadat in 1991 het gehele kustvak van de Vuurtoren tot de Stormvloedkering is gesuppleerd, heeft in 1996 een volgende suppletie plaatsgehad in de raaien 1144-1248 en 1648-1733. Thans wordt de norm basiskustlijn nergens overschreden.

1999

In 1999 zullen het Noorderstrand, het strand ter hoogte van Renesse en Burgh en Westland (raai 84-634 en 1648-1719) aangevuld worden met suppletiezand.

Het brede strand ter hoogte van Oude Hoeve / Verklikkerduinen (raai 649-1064) bouwt uit aan de oostzijde en erodeert aan de westkant. Voor dit kustvak ligt een omvangrijk bank- en geulenstelsel. De kustligging wisselt daarom sterk zonder dat de natuur- en recreatiefuncties op het strand en in het duin gevaar lopen. Dit kustvak zal bij de evaluatie van de basiskustlijnligging (1999) nader onder de loep genomen worden, waarbij de vervorming van het hele kustvak als uitgangspunt genomen worden. Vooralsnog is er geen aanleiding om een suppletie uit te voeren.

In 1991 is vrijwel het gehele en 1996 gedeeltelijk kustvak van de Vuurtoren tot de Stormvloedkering (raai 1144-1733) gesuppleerd. De basiskustlijn wordt nergens overschreden. Een volgende, grote suppletie staat gepland voor 2003.

2000

De kustvakken Noorderstrand en Renesse (raai 84 - 649) zijn in 1999 gesuppleerd. Hier is geen toetsing van de basiskustlijn uitgevoerd.

Het brede strand ter hoogte van Oude Hoeve / Verklikkerduinen (raai 649 - 1064) bouwt uit aan de oostzijde en erodeert aan de westkant. Voor dit kustvak ligt een omvangrijk bank- en geulenstelsel. De kustligging wisselt daarom sterk zonder dat de natuur- en recreatiefuncties op het strand en het duin gevaar lopen. De basiskustlijn wordt in drie raaien overschreden; raai 799 (5 m), raai 899 (37 m) en raai 919 (1 m). Bij de evaluatie van de basiskustlijn wordt de ligging nader onder de loep genomen. Vooralsnog wordt een suppletie hier niet overwogen.

In de kustvak van de Vuurtoren tot de Stormvloedkering (raai 1144 - 1719) is in het gedeelte tussen raai 1628 en 1719 (Burgh en Westland) in 1999 een suppletie uitgevoerd. Derhalve is hiervoor geen toetsing uitgevoerd.

In het overige deel (raai 1144 - 1628) wordt de basiskustlijn alleen in raai 1164 met ca. 2 meter overschreden.

2001

Op de locaties waar dit nodig is, wordt volgens de planning in 2003 gesuppleerd.

De kustsectie Noorderstrand (raai 84 t/m 319) is in 1999 gesuppleerd. De basiskustlijn wordt niet overschreden.

De kustsectie Renesse (raai 337 t/m 634) is ook in 1999 gesuppleerd. De basiskustlijn wordt in raai 417 met 3 meter overschreden. De trend varieert van +1,9 tot -4,8 m/j. Hierdoor is over enkele jaren een suppletie noodzakelijk.

Het brede strand ter plaatse van de Verklikkerduinen (raai 649 t/m 1144) bouwt uit aan de oostzijde en erodeert aan de westkant. In dit kustvak is recent niet gesuppleerd. De basiskustlijn wordt in vier raaien overschreden; raai 799 (15 m), raai 899 (30 m), raai 1084 (1 m) en raai 1144 (12 m). Voor dit kustvak zijn voorstellen gedaan voor landwaartse verplaatsing van de basiskustlijn met soms honderden meters. Door deze verschuiving wordt rekening gehouden met de natuurlijke dynamiek van het kuststelsel. De fluctuaties in de kustlijnligging veroorzaakt geen gevaar voor de natuur- en recreatiefuncties op het strand en in de duinen.

In de kustsectie van de Vuurtoren tot de Stormvloedkering (raai 1164 t/m 1719) zijn in 1996 en 1999 voor enkele gedeelten suppleties uitgevoerd. De basiskustlijn wordt nu alleen in raai 1164 met 11 meter overschreden. In de overige raaien verschuift de kustlijn in landwaartse richting. In de komende jaren is een suppletie nog niet noodzakelijk. Dit mede gezien de verwachting dat de voorgestelde aanpassing van de basiskustlijn binnenkort wordt overgenomen.

2002

De kustsectie Noorderstrand (raai 84 - 319) is in 1999 gesuppleerd. De basiskustlijn wordt hier nergens overschreden en de trend is in hoofdzaak positief.

De kustsectie Renesse (raai 337 - 634) is ook in 1999 gesuppleerd. De basiskustlijn wordt nog niet overschreden, de negatieve trend bedraagt -0,5 tot -4 meter per jaar. In het westelijk deel van deze sectie (raai 529 - 634) is de BKL met 18-98 meter landwaarts verlegd, zodat de afstand tussen BKL en kustlijn flink is vergroot.

Het brede strand t.p.v. de kustsectie Verklikkerduinen (raai 649 - 1144) bouwt uit aan de oostzijde en erodeert aan de westkant. In dit kustvak is recent niet gesuppleerd. De basiskustlijn is op veel plaatsen honderden meters landwaarts verlegd om de dynamiek in het kuststelsel te handhaven.

In de kustsectie van de Vuurtoren tot de Stormvloedkering (raai 1164 - 1719) zijn in 1996 en 1999 voor enkele gedeelten suppleties uitgevoerd. Behalve in de meest zuidelijk raai is overal een negatieve trend geconstateerd die varieert van 0,7 – 6 meter per jaar. De BKL wordt bijna nergens overschreden.

2003

De kustsectie Noorderstrand (raai 0.84 t/m 3.19) is in 1999 gesuppleerd. De basiskustlijn wordt in raai 1.48 overschreden met 3 meter. Er treedt lichte erosie op van 0 tot 2 meter per jaar. In de raaien 0.84 t/m 1.97 is in 2003 een nieuwe suppletie gepland.

Ook de kustsectie Renesse (raai 3.37 t/m 6.34) is in 1999 gesuppleerd. Ondanks algemene erosie van 0 tot 15 meter per jaar, wordt de BKL in deze kustsectie (met één uitzondering) voorlopig nog niet overschreden. In 2003 is in de raaien 3.37 t/m 4.69 een suppletie gepland. De basiskustlijn in de kustsectie Verklikkerduinen (raai 6.49 t/m 11.44) is honderden meters landwaarts verlegd om de dynamiek in het kuststelsel te handhaven. Het brede strand bouwt nog steeds uit aan de oostzijde en erodeert nog steeds aan de westkant.

De BKL wordt overschreden in de raaien 11.04, 11.24 en 11.44. In de raaien 10.04 t/m 11.44 is dit jaar een suppletie gepland.

In de kustsectie van de Vuurtoren tot de Stormvloedkering (raai 11.64 t/m 17.19) zijn in 1991, 1996 en 1999 suppleties uitgevoerd. In raai 11.64 en raai 13.95 wordt de BKL overschreden. In de overige raaien van deze kustsectie is de BKL niet overschreden. Met één uitzondering (raai 17.19) is overal een negatieve trend geconstateerd van 0 t/m 8 meter per jaar. In de raaien 11.64 t/m 17.19 is in 2003 een suppletie gepland.

2004

In het jaar 2003 is de Kop van Schouwen op een viertal locaties gesuppleerd. Hier is daarom geen toetsing uitgevoerd. Het gaat om de locaties Noorderstrand (raai 126 t/m 197), Renesse (raai 337 t/m 469), Verklikker/Meeuwenduinen (raai 1004 t/m 1525) en Burgh en Westland (raai 1608 t/m 1719). De tussengelegen kustsecties zijn wel getoetst. Op geen van deze locaties wordt de BKL overschreden en is sprake van een meestal kleine landwaartse of zeewaartse trend.

2005

Op meerdere gedeeltes van dit kustvak treedt erosie op. In 2003 is er op diverse plaatsen gesuppleerd. Zo ook het strand nabij de Brouwersdam t.p.v. raai 126 t/m raai 197. De afstand tussen TKL en BKL is, ondanks deze suppletie, in een enkele raai nu al nihil geworden. In raai 106 t/m raai 222 is de trend negatief en er treedt erosie op tot 5 meter per jaar.

Verder westwaarts nabij Renesse, tot ca. raai 679, heeft de basiskustlijn een overschot van ca. 30 tot 40 meter. In enkele raaien is een lichte positieve trend, maar in de meeste raaien is de trend negatief, tot ca. 9 meter per jaar. In raaien 417, 437 en 454 licht de TKL 1 a 4 m zeewaarts van de BKL, maar is een negatieve trend tot 6 m per jaar berekend.

De basiskustlijn in de kustsectie Verklikkerduinen (raai 649 t/m raai 1144) is middels evaluatie BKL 2000 op veel plaatsen honderden meters landwaarts verlegd om de natuurlijke dynamiek in het kuststelsel te stimuleren. Het brede strand bouwt nog steeds uit aan de oostzijde (tot raai 984) en erodeert nog steeds aan de westkant. Daar wordt de BKL in raai 1104 met ca 2 meter overschreden.

Voor de gehele verdere kust tot raai 1719 is de trend overal negatief. In 2003 is t.p.v. raai 1164 t/m raai 1525 en raai 1608 t/m raai 1719 het strand en de vooroever (deels) gesuppleerd. De trend is overal negatief en varieert van nihil tot ca 7 meter per jaar terwijl de afstand tussen TKL en BKL van 10 tot ca. 53 meter varieert.

Voor grote delen van het kustvak Schouwen, zowel aan de noord- als aan de westkust, is de negatieve trend oorzaak van het landwaarts opschuiven van de kustlijn richting BKL. In 2005 hoeft er echter nog niet gesuppleerd te worden.

2006

Omdat op meerdere gedeeltes van dit kustvak al jaren lang erosie optreedt is in 2003 op diverse plaatsen zand gesuppleerd. Desondanks gaat de kustligging in de meeste raaien nog steeds achteruit. In het westelijk en zuidwestelijk deel (raai 1164 t/m 1719) is in 2003 t.p.v. raai 1164 t/m 1525 en 1608 t/m 1719 het strand en de vooroever (deels) gesuppleerd.

De trend is overal negatief en varieert van nihil tot ruim 5 meter per jaar, terwijl de TKL t.o.v. de BKL tot ruim 50 meter zeewaarts ligt. In een tweetal raaien is de afstand TKL-BKL gering geworden.

Verder noordoostwaarts nabij de Verklikkerduinen (raai 694 t/m 1144) is de Basiskustlijn middels evaluatie BKL 2000 op veel plaatsen honderden meters landwaarts verlegd, om de natuurlijke dynamiek in het kuststelsel te stimuleren. Als gevolg van het zandgolfgedrag bouwt het brede strand nog steeds uit aan de oostzijde (tot raai 1004) en erodeert het nog steeds aan de westzijde. De BKL wordt in raai 1084 t/m 1144 met gemiddeld 5 meter overschreden.

Langs de noordelijke kust wordt de BKL in 2 raaien met enkele meters overschreden, terwijl enkele andere raaien het komend jaar lijken te worden overschreden. Toch zijn er ook gedeeltes (raai 197 - 397 en raai 499 - 679) waar de TKL nog ruim zeewaarts t.o.v. de BKL ligt.

2007

In het kustvak Schouwen treedt overwegend erosie op. Als gevolg van het zandgolfgedrag bouwt het brede strand ten oosten van de Verklikkerduinen nog steeds uit. Het gedeelte van dit kustvak tussen Noorderstrand en Renesse west (raai 84 t/m raai 649) erodeert tot ca. 5 meter per jaar. In enkele raaien (raai 222 - raai 251) bouwt de kust uit met enkele meters per jaar. De basiskustlijn wordt in 4 raaien overschreden.

In 2007 is een suppletie gepland t.p.v. raai 106 t/m raai 197 en raai 377 t/m raai 484.

Om de natuurlijke dynamiek t.p.v. de Verklikkerduinen (raai 664 t/m raai 1144) te stimuleren, is de basiskustlijn middels evaluatie BKL 2000 op veel plaatsen honderden meters landwaarts verlegd. Het brede strand bouwt aan de oostzijde nog iets uit en erodeert aan de westzijde, waar de BKL in raai 1084 t/m raai 1144 met ca. 5 meter wordt overschreden.

In het westelijk deel van het kustvak, van vuurtoren tot de Stormvloedkering (raai 1164 t/m raai 1719), is een negatieve trend van ca. 5 meter per jaar te zien. Het kustlijnoverschot t.o.v. de BKL varieert van enkele meters tot 60 meter. In een 3-tal raaien is de afstand TKL-BKL gering geworden. Tussen raai 1024 en raai 1485 is daarom in 2007 een zandsuppletie gepland.

In de BKL-rekenzone t.p.v. Westenschouwen (raai 1667 t/m raai 1741) is de zandaanwas onder water groter dan het zandverlies boven water. Hoewel de basiskustlijn daar niet wordt overschreden, wordt het strand wel erg smal.

2008

In Schouwen treedt vooral erosie op. Het brede strand ten oosten van de Verklikkerduinen verplaatst nog steeds zeewaarts. In 2007 is in de Kop van Schouwen op vier locaties gesuppleerd. Dat zijn de locaties Noorderstrand (raai 106 t/m 197), Renesse (raai 377 t/m 469), Verklikker/Meeuwenduinen (raai 1024 t/m 1505) en Burgh en Westland (raai 1525 t/m 1742). Omdat de suppletie in 2007 heeft plaatsgevonden, vindt hier dit jaar geen toetsing plaats. De overige delen zijn wel getoetst.

Noorderstrand tot aan Renesse (raai 222 t/m 357)

De kustlijn ligt 20 tot 50 meter zeewaarts van de BKL. De trend in het oostelijke deel is positief en in de overige raaien licht negatief.

Renesse-west tot aan Haamstede (raai 484 t/m 1004)

In het oostelijke deel, tussen raai 484 t/m 694 treedt lichte erosie op. In het westelijke deel bij de Verklikkerduinen vindt aanzanding plaats. Om de natuurlijke dynamiek hier te stimuleren, is de BKL na de evaluatie in 2000 op veel plaatsen honderden meters landwaarts verlegd. De BKL wordt nergens overschreden.

2009

Op Schouwen treedt vooral aan de westkust erosie op. Het brede strand ten oosten van de Verklikkerduinen verplaatst zich nog steeds zeewaarts. In 2007 heeft op de Kop van Schouwen op vier locaties zandsuppletie plaatsgevonden, namelijk op het Noorderstrand (raai 106 t/m 197), bij Renesse (raai 377 t/m 469), bij de Verklikker/Meeuwenduinen (raai 1024 t/m 1505) en bij Burgh en Westland (raai 1525 t/m 1742).

Noorderstrand tot aan Renesse (raai 84 t/m 357)

De kustlijn ligt 20 tot 50 meter zeewaarts van de BKL. De trend is afwisselend licht positief en licht negatief.

Renesse-west tot aan Nieuw Haamstede (raai 377 t/m 1004)

In het oostelijke deel treedt tussen raai 377 t/m 694 lichte erosie op. In het westelijke deel bij de Verklikkerduinen vindt aanzanding plaats. In het oostelijke deel ligt de TKL enkele tot tientallen meters zeewaarts van de BKL. In het westelijke deel is dit 100 tot 200 meter. De BKL is nergens overschreden.

Nieuw-Haamstede tot aan Westenschouwen (raai 1024 t/m 1719)

In alle raaien tussen raai 1024 en raai 1719 treedt erosie op. De BKL is in raai 1084 en 1104 overschreden. In de overige raaien ligt de TKL nog 10 tot 40 meter zeewaarts van de BKL. Het positieve effect van de suppletie in 2007 is duidelijk zichtbaar.

2010

Op Schouwen treedt vooral aan de westkust erosie op. Het brede strand ten oosten van de Verklikkerduinen verplaatst zich nog steeds zeewaarts. In 2007 hebben op de Kop van Schouwen op vier locaties zandsuppletie plaatsgevonden, namelijk op het Noorderstrand (raai 106 t/m 197), bij Renesse (raai 377 t/m 469), bij de Verklikker/Meeuwenduinen (raai 1024 t/m 1505) en bij Burgh en Westland (raai 1525 t/m 1742).

Noorderstrand tot aan Renesse (raai 84 t/m 357)

De kustlijn ligt 15 tot 55 meter zeewaarts van de BKL. De trend is afwisselend licht positief en licht negatief.

Renesse-west tot aan Nieuw Haamstede (raai 377 t/m 1004)

In het gebied wisselen gebieden met aanzanding en erosie elkaar af. Vooral in het westelijke deel bij de Verklikkerduinen vindt aanzanding plaats. In het oostelijke deel ligt de TKL enkele tot tientallen meters zeewaarts van de BKL. In het westelijke deel is dit 100 tot 200 meter. De BKL is alleen in raai 417 licht overschreden.

Nieuw-Haamstede tot aan Westenschouwen (raai 1024 t/m 1719)

In alle raaien tussen raai 1024 en raai 1719 treedt erosie op. De BKL is in 3 raaien van raai 1084 tot 1124 overschreden. In de overige raaien ligt de TKL nog 5 tot 62 meter zeewaarts van de BKL. Vooral in het zuidoosten is de reserve nog vrij groot.

2011

Op Schouwen treedt vooral aan de westkust erosie op. Het brede strand ten oosten van de Verklikkerduinen daarentegen verplaatst zich nog steeds langzaam zeewaarts. In 2007 hebben op de Kop van Schouwen op vier locaties zandsuppletie plaatsgevonden, namelijk op het Noorderstrand (raai 106 t/m 197), bij Renesse (raai 377 t/m 469), bij de Verklikker/Meeuwenduinen (raai 1024 t/m 1505) en bij Burgh en Westland (raai 1525 t/m 1742). In het suppletieprogramma 2011 staat een strandsuppletie gepland bij Noorderstrand en Renesse.

Noorderstrand tot aan Renesse (raai 84 t/m 357)

De kustlijn ligt 11 tot 53 meter zeewaarts van de BKL. De trend is afwisselend licht positief en licht negatief. De verwachting is dat, in 2015, de BKL in raai 284 overschreden zal worden.

Renesse-west tot aan Nieuw Haamstede (raai 377 t/m 1004)

In het gebied wisselen aanzanding en erosie elkaar kustlangs af. Vooral in het westelijke deel bij de Verklikkerduinen vindt aanzanding plaats. In het oostelijke deel (raai 377 t/m 469) is de BKL, op 1 januari 2011, overschreden voor de raaien 397 t/m 437. De direct omliggende raaien (raaien 377, 454 en 469) zullen vóór 2015 overschreden worden. De raaien 726 t/m 1004 zitten goed in het zand met een TKL ligging 110 tot 250 meter zeewaarts ten opzichte van de BKL.

Nieuw-Haamstede tot aan Westenschouwen (raai 1024 t/m 1719)

In vrijwel alle raaien tussen raai 1024 en raai 1719 treedt erosie op. De BKL is in 5 raaien (raai 1084 tot 1124 en 1445 tot 1465) overschreden. In de overige raaien ligt de TKL meestal

nog 10 tot 30 meter zeewaarts van de BKL. Vooral in het zuidoosten is de zandbuffer ten opzichte van de BKL nog vrij groot.

2012

Op Schouwen treedt vooral aan de westkust erosie op. Het brede strand ten oosten van de Verklikkerduinen daarentegen verplaatst zich nog steeds langzaam zeewaarts. In 2007 hebben op de Kop van Schouwen op vier locaties zandsuppletie plaatsgevonden, namelijk op het Noorderstrand (raai 106 t/m 197), bij Renesse (raai 377 t/m 469), bij de Verklikker/Meeuwenduinen (raai 1024 t/m 1505) en bij Burgh en Westland (raai 1525 t/m 1742). In het suppletieprogramma 2011 staat een strandsuppletie gepland van het Noorderstrand tot Renesse, in de raaien 126 t/m 469.

Noorderstrand tot aan Renesse (raai 84 t/m 357)

De kustlijn ligt 10 tot 57 meter zeewaarts van de BKL. De trend is afwisselend licht positief en licht negatief. De verwachting is dat de BKL in raai 267 en 284 in 2016 overschreden zal worden.

Renesse-west tot aan Nieuw Haarstede (raai 377 t/m 1004)

In het gebied wisselen aanzanding en erosie elkaar kustlangs af. Vooral in het westelijke deel bij de Verklikkerduinen vindt aanzanding plaats. In het oostelijke deel is de BKL overschreden in raai 397, 417 en 437. In de direct omliggende raaien zal de BKL ook worden overschreden: raai 377 ca. 2012 en raai 454 ca. 2015. Verder naar het westen ligt de TKL tientallen tot ca. 250 meters zeewaarts ten opzichte van de BKL.

Nieuw-Haarstede tot aan Westenschouwen (raai 1024 t/m 1719)

In vrijwel alle raaien tussen raai 1024 en raai 1719 treedt erosie op. De BKL is overschreden in raai 1064 tot 1124, 1395 en 1425 tot 1465. In de overige raaien ligt de TKL meestal nog enkele tot 70 meter zeewaarts van de BKL. Vooral in het zuidoosten is de zandbuffer ten opzichte van de BKL nog vrij groot.

2013

Op Schouwen treedt vooral aan de westkust erosie op. Het brede strand ten oosten van de Verklikkerduinen daarentegen verplaatst zich nog steeds langzaam zeewaarts. In 2007 hebben op de Kop van Schouwen op vier locaties zandsuppletie plaatsgevonden, namelijk op het Noorderstrand (raai 106 t/m 197), bij Renesse (raai 377 t/m 469), bij de Verklikker/Meeuwenduinen (raai 1024 t/m 1505) en bij Burgh en Westland (raai 1525 t/m 1742). In 2011 is een strandsuppletie uitgevoerd tussen het Noorderstrand en Renesse (raai 106 t/m 469). In 2012 heeft er een strandsuppletie plaatsgevonden bij de Westkop van Schouwen tussen raai 1044 en 1719, deze suppletie is echter nog niet te zien in de huidige data.

Noorderstrand tot aan Renesse (raai 84 t/m 357)

In dit gebied heeft in 2011 een strandsuppletie plaatsgevonden. De kustlijn ligt 20 tot 80 meter zeewaarts van de BKL. De trend is afwisselend licht positief en licht negatief. De verwachting is dat tussen 2014 en 2018 de BKL in geen van de raaien zal worden overschreden.

Renesse-west tot aan Nieuw Haarstede (raai 377 t/m 1004)

In het gebied wisselen aanzanding en erosie elkaar kustlangs af. Vooral in het westelijke deel bij de Verklikkerduinen vindt aanzanding plaats. In het oostelijke deel heeft in 2011 een strandsuppletie plaatsgevonden. De BKL is hier overschreden in raai 397. In de direct omliggende raaien zal de BKL ook worden overschreden: raai 377 in ca. 2015, raai 417 in ca.

2014 en raai 437 in ca. 2016. Verder naar het westen ligt de TKL tientallen tot ca. 250 meters zeewaarts ten opzichte van de BKL.

Nieuw-Haamstede tot aan Westenschouwen (raai 1024 t/m 1719)

In vrijwel alle raaien tussen raai 1024 en raai 1719 treedt erosie op. In twee gebieden is de de BKL al overschreden. Tussen raai 1064 en 1104 is de BKL al overschreden. Raai 1124 zal naar verwachting in ca. 2015 overschreden raken. Ook tussen 1395 en 1485 is de BKL overschreden. In de direct omliggende raaien zal de BKL ook worden overschreden: raai 1335 in ca. 2017, raai 1355 in ca. 2015, raai 1375 in ca.2014 en raai 1505 in ca. 2016. Raai 1196 en raai 1208 zullen naar verwachting in ca. 2016 en ca. 2017 overschreden raken en raai 1308 in ca. 2017. In 2012 is een strandsuppletie uitgevoerd in dit gebied.

Aangezien de suppletie na inmeting van de kust heeft plaatsgevonden zal het effect van deze suppletie pas in de volgende kustlijntoetsing zichtbaar zijn.

2014

Op Schouwen treedt vooral aan de westkust erosie op. Het brede strand ten oosten van de Verklikkerduinen tussen raai 649 en 859 verplaatst zich nog steeds langzaam zeewaarts. In 2007 hebben op de Kop van Schouwen op vier locaties zandsuppleties plaatsgevonden, namelijk op het Noorderstrand (raai 106 t/m 197), bij Renesse (raai 377 t/m 469), bij de Verklikker/ Meeuwenduinen (raai 1024 t/m 1505) en bij Burgh en Westland (raai 1525 t/m 1742). In 2011 is een strandsuppletie uitgevoerd tussen het Noorderstrand en Renesse (raai 106 t/m 469). In 2012 heeft er een strandsuppletie plaatsgevonden bij de Westkop van Schouwen tussen raai 1044 en 1719.

Noorderstrand tot aan Renesse (raai 84 t/m 357)

In dit gebied heeft in 2011 een strandsuppletie plaatsgevonden. De kustlijn ligt 20 tot 75 meter zeewaarts van de BKL. De trend is afwisselend licht zeewaarts en licht landwaarts. De verwachting is dat tussen 2014 en 2018 de BKL in geen van de raaien zal worden overschreden.

Renesse-west tot aan Nieuw Haamstede (raai 377 t/m 1004)

In het gebied wisselen aanzanding en erosie elkaar kustlangs af. Vooral in het westelijke deel bij de Verklikkerduinen vindt aanzanding plaats. In het oostelijke deel heeft in 2011 een strandsuppletie plaatsgevonden. De BKL is hier overschreden in raai 397 en 417. In de direct omliggende raaien zal de BKL ook worden overschreden: raai 377 in ca. 2015 en raai 437 in ca. 2015. Verder naar het westen ligt de TKL tientallen tot ca. 250 meters zeewaarts ten opzichte van de BKL.

Nieuw-Haamstede tot aan Westenschouwen (raai 1024 t/m 1719)

In vrijwel alle raaien tussen raai 1024 en raai 1719 treedt erosie op. In 2012 is er een strandsuppletie uitgevoerd in dit gebied. Het effect van de suppletie is duidelijk te zien in de metingen en nergens is de BKL overschreden. Door de blijvende erosie zal de BKL naar verwachting in de volgende raaien wel weer worden overschreden: raai 1084 in ca. 2018, raai 1375 in ca. 2018, raai 1395 en raai 1411 in ca. 2017 en raai 1425 t/m raai 1465 in ca. 2016.

2015

Op Schouwen treedt vooral aan de westkust erosie op. Het brede strand ten oosten van de Verklikkerduinen tussen raai 649 en 839 verplaatst zich nog steeds langzaam zeewaarts. In 2007 hebben op de Kop van Schouwen op vier locaties zandsuppleties plaatsgevonden, namelijk op het Noorderstrand (raai 106 t/m 197), bij Renesse (raai 377 t/m 469), bij de Verklikker/Meeuwenduinen (raai 1024 t/m 1505) en bij Burgh en Westland (raai 1525 t/m 1742). In 2011 is een strandsuppletie uitgevoerd tussen het Noorderstrand en Renesse (raai 106 t/m 469). In 2012 heeft er een strandsuppletie plaatsgevonden bij de Westkop van Schouwen tussen raai 1044 en 1719.

Noorderstrand tot aan Renesse (raai 84 t/m 357)

In dit gebied heeft in 2011 een strandsuppletie plaatsgevonden. De kustlijn ligt 13 tot 70 meter zeewaarts van de BKL. De trend is afwisselend licht sedimentierend en licht eroderend. De verwachting is dat tussen 2017 en 2020 de BKL in twee raaien overschreden zullen worden. In het meerjarenprogramma 2012 - 2015 staat een strandsuppletie gepland bij Renesse met een uitvoering in 2015/2016.

Renesse-west tot aan Nieuw Haarstede (raai 377 t/m 1004)

In het gebied wisselen aanzanding en erosie elkaar kustlangs af. Vooral in het gebied tussen raaien 649 tot 839 vindt aanzanding plaats. In het oostelijke deel heeft in 2011 een strandsuppletie plaatsgevonden. In 2015 is de BKL hier echter weer overschreden voor de raaien 377 t/m 437. Verder naar het westen is er voldoende zand aanwezig en ligt de TKL tientallen tot ca. 240 meters zeewaarts ten opzichte van de BKL.

Nieuw-Haarstede tot aan Westenschouwen (raai 1024 t/m 1719)

In vrijwel alle raaien tussen raai 1024 en raai 1719 treedt erosie op. In 2012 is er een strandsuppletie uitgevoerd in dit gebied. Het effect van de suppletie is duidelijk te zien in de metingen en nergens is de BKL overschreden. Door de blijvende erosie zal de BKL naar verwachting in de volgende raaien wel weer worden overschreden: raai 1084 in ca. 2018 en de raaien 1355 t/m 1485 tussen 2016 en 2018. In het kustvak tussen raai 1248 en 1425 wordt de pilot Schouwen uitgevoerd. Onderdeel van deze pilot is het eenmalig overslaan van de eerstvolgende suppletie en het volgen van de effecten hiervan op de duindynamiek.

2016*Noorderstrand tot aan Renesse (raai 84 t/m 357) en Renesse-west tot aan Nieuw Haarstede (raai 377 t/m 1004)*

In het oostelijke deel, tussen het Noorderstrand en Renesse (raai 106 t/m 469), heeft in 2011 een strandsuppletie plaatsgevonden. De trend tussen raai 84 t/m 469 is afwisselend licht zeewaarts en landwaarts gericht. In 2016 is de BKL overschreden in de raaien 377 t/m 417. De verwachting is dat tussen 2017 en 2019 de BKL in raai 148, 357 en 437 overschreden zal raken.

In het meerjarenprogramma 2012 - 2015 staat een strandsuppletie gepland van raai 222 t/m 469 met een uitvoering in 2015/2016. Het brede strand ten oosten van de Verklipperduinen tussen raai 634 en 839 verplaatst zich langzaam zeewaarts. Tot aan raai 1004 is er voldoende zand aanwezig en ligt de TKL tientallen tot ca. 240 meters zeewaarts ten opzichte van de BKL.

Nieuw-Haarstede tot aan Westenschouwen (raai 1024 t/m 1719)

In dit gebied is in vrijwel alle raaien sprake van een landwaartse trend. De kusterosie langs de Kop van Schouwen is veroorzaakt door de bolling van de kustlijn van Schouwen. Van nature wil de kust deze bolling recht trekken. De aanwezigheid van de geul het Krabbengat zorgt voor extra erosie van de kust. Om de kusterosie te verminderen is deze geul gefaseerd verlegd tussen 1986 en 1997. De geulverlegging lijkt echter weinig structureel te veranderen aan de ontwikkeling van de ondiepe onderwateroever van Schouwen, voornamelijk tussen raai 1300 en 1550.

Vanuit het meerjarenprogramma van 2012 – 2015 is de Westkop van Schouwen (raai 1044-1719) in 2012 gesuppleerd. Het effect van deze suppletie is duidelijk te zien in de metingen en nergens is de BKL overschreden. Door de blijvende erosie zal de BKL naar verwachting in de raaien 1308 en 1375 t/m 1485 wel weer overschreden raken. Tussen raai 1248 en 1425 vindt een pilot project 'slimmer omgaan met Schouwen' plaats. Onderdeel van deze pilot is het eenmalig niet suppleren van dit stuk kust in het meerjarenprogramma 2016-2019. De omliggende raaien zullen wel worden gesuppleerd.

2017

Schouwen ligt voldoende in het zand. De locaties waar een BKL overschrijding zichtbaar is zijn recent gesuppleerd of vallen onder de pilot 'Slimmer omgaan met zand op Schouwen'.

Noorderstrand tot aan Renesse (raai 84 - 357) en Renesse-west tot aan Nieuw Haamstede (raai 377 - 1004)

De trend tussen raai 84 en 469 is voornamelijk landwaarts gericht. In 2017 is de BKL overschreden in de raaien 377 t/m 417. De verwachting is dat tussen 2018 en 2021 de Basiskustlijn in raai 148, 357 en 437 wordt overschreden.

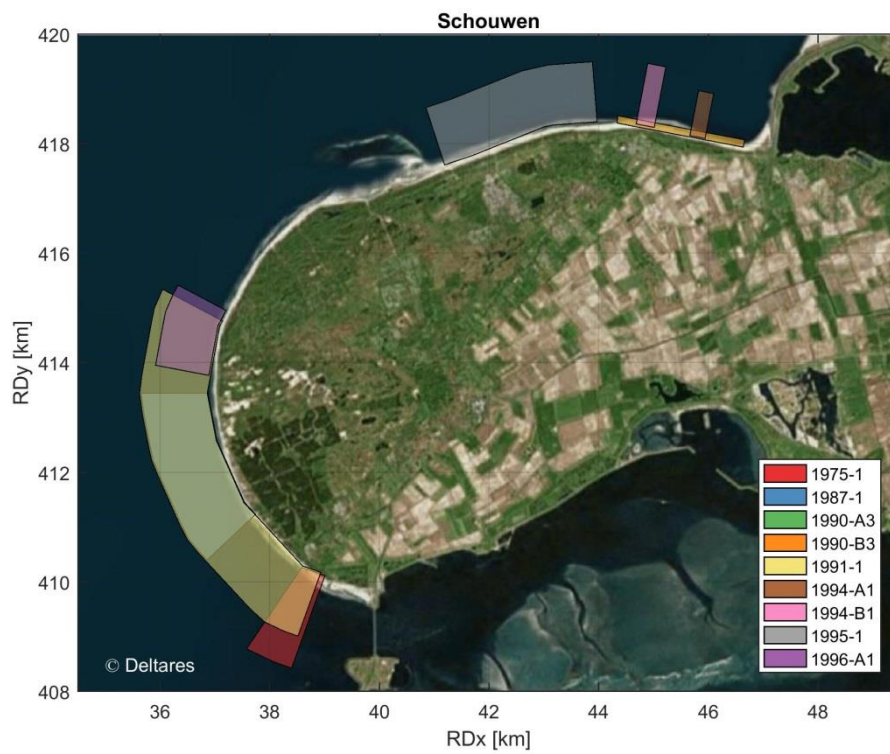
In 2011 is een strandsuppletie uitgevoerd tussen het Noorderstrand en Renesse (raai 106 t/m 469). In 2016 is de strandsuppletie op een deel van de raaien (319 t/m 469) herhaald. Van raai 469 t/m 544, bouwt de kust licht uit. Tussen de raaien 559 t/m 619 is een landwaartse trend zichtbaar. De basiskustlijn wordt hier niet overschreden. Het brede strand ten oosten van de Verklipperduinen tussen raai 634 en 879 verplaatst zich langzaam zeewaarts. Van raai 899 tot aan raai 1004 is er voldoende zand aanwezig en ligt de kustlijn tientallen tot ca. 240 meters zeewaarts van de basiskustlijn.

Nieuw-Haamstede tot aan Westenschouwen (raai 1024 - 1719)

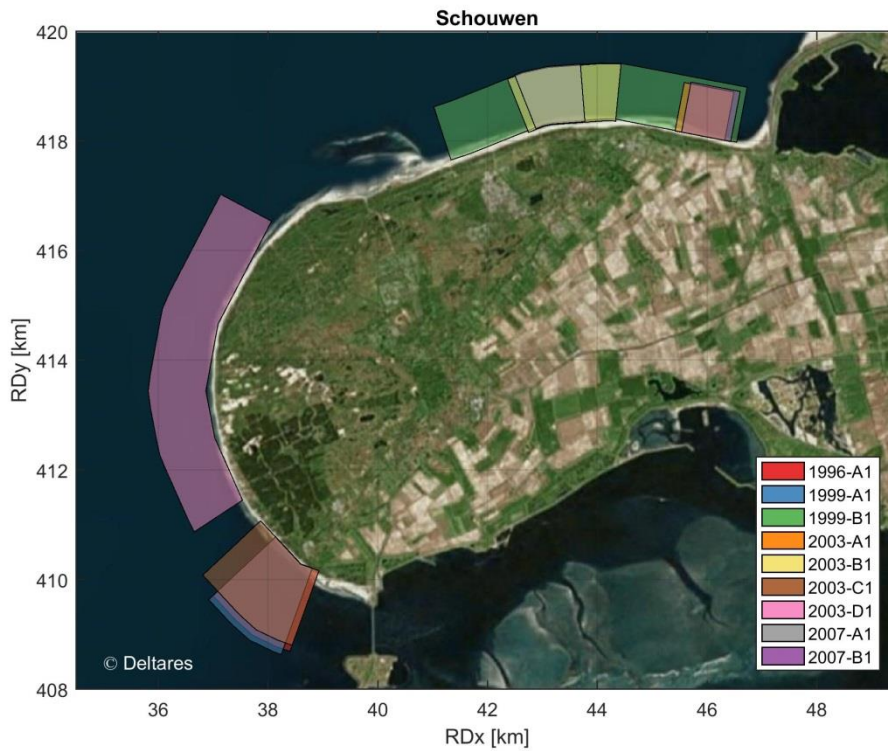
In dit gebied is in vrijwel alle raaien sprake van een landwaartse trend. De bolling van de kustlijn van Schouwen veroorzaakt de kusterosie langs de Kop van Schouwen. Van nature wil de kust deze bolling recht trekken. De aanwezigheid van de geul het Krabbengat zorgt voor extra erosie van de kust. Om de kusterosie te verminderen is deze geul (gefaseerd) verlegd tussen 1986 en 1997. De geulverlegging lijkt echter weinig structureel te veranderen aan de ontwikkeling van de ondiepe onderwateroever van Schouwen, voornamelijk tussen raai 1300 en 1550.

In 2012 is de Westkop van Schouwen (raai 1044 - 1719) gesuppleerd. Door de blijvende erosie wordt de basiskustlijn in de raaien 1395 t/m 1465 weer overschreden. In de raaien 1208, 1308, 1355, 1375 en 1485 en 1505 zal de Basiskustlijn vóór 2021 overschreden raken. Tussen raai 1248 en 1425 vindt het pilotproject 'Slimmer omgaan met zand op Schouwen' plaats. Onderdeel van deze pilot is het eenmalig niet suppleren van dit stuk kust in het meerjarenprogramma 2016-2019. De omliggende raaien worden wel gesuppleerd in 2017.

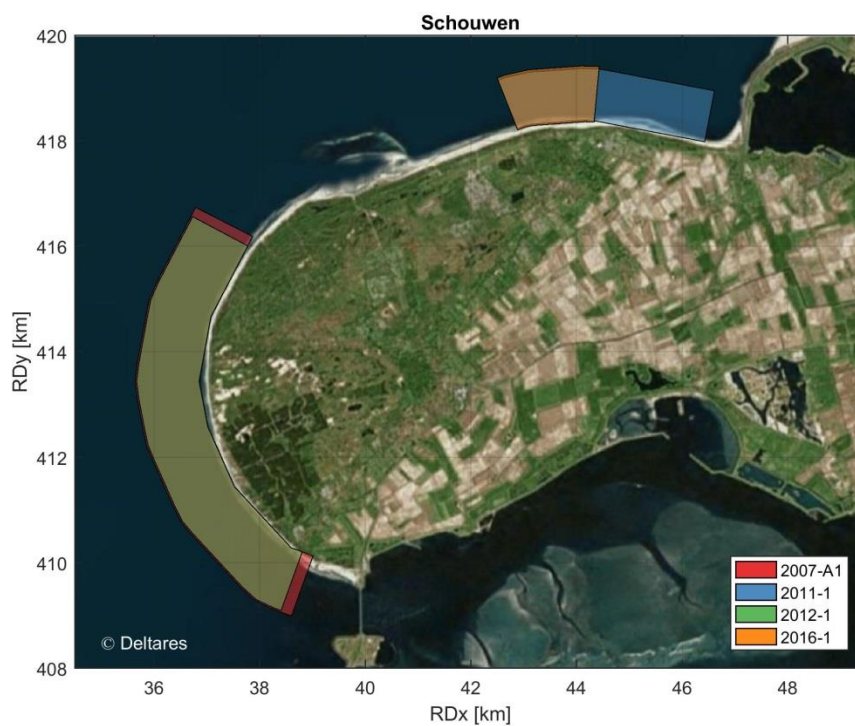
B Suppletieoverzicht Kustvak Schouwen



Figuur B.1 Suppletieoverzicht Kustvak Schouwen (1975-1996)



Figuur B.2 Suppletieoverzicht Kustvak Schouwen (1996-2007)



Figuur B.3 Suppletieoverzicht Kustvak Schouwen (2007-2016)

C Kustlijnindicatoren TKL-BKL Kustvak Schouwen

