

Beheerbibliotheek Kust Walcheren en Noord-Beveland

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



Beheerbibliotheek Kust Walcheren en Noord-Beveland

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

Auteur(s)

Nienke Vermeer

Marc Hijma

Maaïke Maarse

Ad van der Spek

Ellen Quataert

Beheerbibliotheek Kust Walcheren en Noord-Beveland

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

Opdrachtgever	Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving
Contactpersoon	de heer F van Bakel, de heer N van Kuik
Referenties	Zie Hoofdstuk 8
Trefwoorden	Beheerbibliotheek, kustvak (16) Walcheren, kustvak (15) Noord-Beveland, morfologische ontwikkeling, beheer en onderhoud kust

Documentgegevens

Versie	0.1
Datum	19-08-2024
Projectnummer	11210366-002
Document ID	11210366-002-ZKS-0003
Pagina's	80
Classificatie	
Status	definitief

Auteur(s)

	Nienke Vermeer	
	Marc Hijma	
	Maaïke Maarse	
	Ad van der Spek	
	Ellen Quataert	

Samenvatting

Om de kennis over het kuststelsel uit te breiden en te verspreiden voert Deltares in opdracht van Rijkswaterstaat kustonderzoek uit binnen het kennisprogramma B&O Kust (Beheer en Onderhoud Kust). Dit gebeurt in nauwe samenwerking met andere onderzoeksinstituten en met Rijkswaterstaat. In deze beheerbibliotheek van de kust van Walcheren en Noord-Beveland wordt de meest recente kennis vanuit onderzoek en beheer samengebracht en inzichtelijk gemaakt. De beheerbibliotheek biedt onder andere een basis voor het opstellen van het suppletieprogramma, kustadvies en onderzoek. Het omvat een beschrijving van het kustlijnbeleid en -beheer, morfologische systeemwerking, kustverdediging/primaire waterkering en gebruiksfuncties van de kust. De kennis die in de beheerbibliotheek terecht komt, is zowel ontwikkeld binnen het programma B&O Kust als binnen andere kust(onderzoek)projecten en wetenschappelijk onderzoek.

De voorliggende beheerbibliotheek van de kustvakken Walcheren en Noord-Beveland is een actualisatie van de tweede versie uit 2018 (Deltares, 2018). Tekst, figuren en tabellen zijn aangevuld en geactualiseerd en resultaten van nieuwe studies zijn opgenomen. Zo bevat deze beheerbibliotheek een samenvatting van de morfologische ontwikkeling van de Westerschelde op basis van Elias et al. (2023). Daarnaast is een samenvatting van de sedimenthuishouding in de Oosterscheldemonding opgenomen, gebaseerd op Taal et al. (2023) en Vermeer & Elias (2023). De laatste jaren zijn er meerdere studies uitgevoerd naar de morfologische ontwikkeling van de kust: Elias & Quataert (2021) beschrijven de morfologische ontwikkeling van de kust van noordwest Walcheren en Noord-Beveland en Quataert & Elias (2022) bespreken de kust tussen Vlissingen en Dishoek. Tot slot zijn er enkele nieuwe studies naar onderhoudsstrategieën voor de kust van Walcheren en Noord-Beveland opgenomen (bv. Lazar & Elias, 2023; Quataert et al., 2024).

Inhoud

	Samenvatting	4
1	B&O Kust en de beheerbibliotheken	7
1.1	Kustonderhoud en -onderzoek	7
1.2	Waarom een beheerbibliotheek?	7
1.3	Wat staat er in een beheerbibliotheek?	7
1.4	Kustviewer	8
1.5	Kustlijnkaartenboek	8
1.6	Leeswijzer	8
2	Algemene gebiedsbeschrijving	9
3	Beleid t.a.v. kustonderhoud en waterveiligheid	11
3.1	Achtergrond kustbeleid dynamisch handhaven	11
3.2	Basiskustlijn voor Walcheren en Noord-Beveland	13
3.3	Waterveiligheidsbeleid	15
4	Gebruiksfuncties van de kust van Walcheren en Noord-Beveland	18
4.1	Inleiding	18
4.2	Waterveiligheid	18
4.2.1	Kustverdedigingswerken	18
4.2.2	Primaire waterkering	20
4.2.3	Beoordeling van de primaire waterkering	21
4.3	Strandrecreatie	22
4.4	Natuur	23
4.4.1	Natuurwetgeving	23
4.4.2	Habitatkarakteristieken	24
4.4.3	Suppleties en wet- en regelgeving natuurbehoud	26
4.5	Drinkwaterwinning	26
5	Langetermijnontwikkelingen	27
5.1	Inleiding	27
5.2	Paleogeografische ontwikkeling	27
5.2.1	Ontwikkeling Voordelta	29
5.3	Bodemdaling en zeespiegelstijging	32
6	Beschrijving van het morfologisch systeem	36
6.1	Hoofdlijnen van het morfologisch gedrag	36
6.2	Westerscheldemonding	36
6.2.1	Algemene kenmerken	36

6.2.2	Grootschalige morfologische ontwikkelingen	37
6.2.3	Morfologische ontwikkeling van de kustlijn	38
6.3	Oosterscheldemonding	39
6.3.1	Algemene kenmerken	39
6.3.2	Grootschalige morfologische ontwikkelingen	41
6.3.3	Morfologische ontwikkeling van de kustlijn	42
6.4	Dynamiek van de duinen	52
6.4.1	Natuurlijk Veilig	52
6.4.2	Suppleties en volumeveranderingen in de zeereep	54
6.4.3	Natuurdoelanalyse in relatie tot dynamiek	55
7	Kustlijnontwikkeling	57
7.1	Hoofdlijnen	57
7.2	Bagger- en stortgegevens relevant voor Kustlijnzorg	58
7.3	Zandsuppleties	58
7.3.1	Noord-Beveland	58
7.3.2	Walcheren	59
7.4	Ontwikkeling kustindicatoren	62
7.4.1	MKL – BKL	62
7.4.2	Duinvoet	63
7.4.3	Strandbreedte	64
7.4.4	Faalkans van de eerste duinenrij	66
8	Referenties	68
A	Kustindicatoren: berekenmethode	72
A.1	Gemiddeld hoog- en laagwater	72
A.2	Duinvoet	73
A.3	Strandbreedte	73
A.4	Faalkans van de eerste duinenrij	73
B	Suppletieoverzicht Walcheren en Noord-Beveland	76
C	Scheldekaart van Beautemps-Beaupré	79

1 B&O Kust en de beheerbibliotheken

1.1 Kustonderhoud en -onderzoek

Rijkswaterstaat is verantwoordelijk voor het onderhoud van de Nederlandse kust. Hiervoor suppleert Rijkswaterstaat jaarlijks gemiddeld 11 miljoen m³ zand. Voor ontwerp, volume en de uitvoeringsperiode van de suppletie is kennis van het zandige kuststelsysteem nodig.

In de loop der jaren is veel kennis over het kuststelsysteem 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 kuststelsysteem uit te breiden en te verspreiden voert Deltares - in opdracht van Rijkswaterstaat - kustonderzoek uit binnen het kennisprogramma B&O Kust (Beheer en Onderhoud Kust) in nauwe samenwerking met andere onderzoeksinstituten en met Rijkswaterstaat. Nieuwe inzichten die uit het onderzoek voortkomen, kunnen ertoe leiden dat de suppletiepraktijk wordt aangepast.

1.2 Waarom een beheerbibliotheek?

Het hoofddoel van de beheerbibliotheek is het samenbrengen en inzichtelijk maken van de meest recente kennis per kustvak. Beheer en onderhoud vindt plaats in een complex (morfologisch) systeem. Het begrijpen van die complexiteit is van belang voor de kustlijn zorg met zandsuppleties, maar ook voor maatregelen van andere beheerders. Het is daarom van belang dat de beheerbibliotheek een integraal overzicht vormt van de voor beheer en onderhoud benodigde kennis van de kust.

Gebruikers van de beheerbibliotheek zijn Rijkswaterstaat, Deltares en andere (kennis)partijen en regionale beheerders. De beheerbibliotheek ondersteunt het opstellen van het suppletieprogramma, kustadvies en de programmering van kustonderzoek.

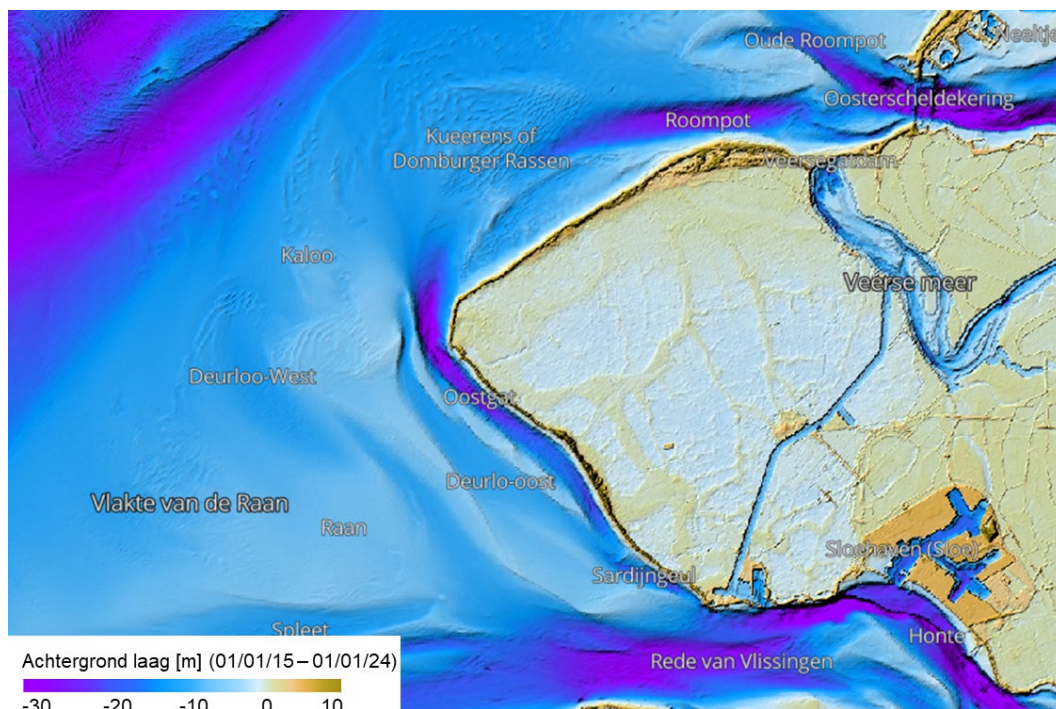
1.3 Wat staat er in een beheerbibliotheek?

De beheerbibliotheek beschrijft de toestand van het betreffende kustvak en omvat een beschrijving van de morfologische systeemwerking, de kustverdediging en de primaire waterkeringen. Verder bevat de beheerbibliotheek een overzicht van het uitgevoerde kustbeheer, met nadruk op de eerder uitgevoerde suppleties, en de waargenomen effecten van dat beheer. Ten slotte wordt in de beheerbibliotheek de informatie over de gebruiksfuncties van de kust (zoals recreatie en natuur) samengevat. Het gaat daarbij om informatie die relevant is voor het vaststellen van het suppletieprogramma. De kennis in de beheerbibliotheek komt voort uit het programma B&O Kust, maar ook uit andere kustprojecten en wetenschappelijk onderzoek. Tevens wordt opgedane ervaring en kennis uit de uitvoering meegenomen in de beheerbibliotheek.

De voorliggende beheerbibliotheek van de kustvakken Walcheren en Noord-Beveland is een actualisatie van de tweede versie uit 2018 (Deltares, 2018). Tekst, figuren en tabellen zijn aangevuld en geactualiseerd en resultaten van nieuwe studies zijn opgenomen. Zo bevat deze beheerbibliotheek een samenvatting van de morfologische ontwikkeling van de Westerschelde op basis van Elias et al. (2023). Daarnaast is een samenvatting van de sedimenthuishouding in de Oosterscheldemonding opgenomen, gebaseerd op Taal et al. (2023) en Vermeer & Elias (2023). De laatste jaren zijn er meerdere studies uitgevoerd naar de morfologische ontwikkeling van de kust: Elias & Quataert (2021) beschrijven de morfologische ontwikkeling van de kust van noordwest Walcheren en Noord-Beveland en Quataert & Elias (2022) bespreken de kust tussen Vlissingen en Dishoek. Tot slot zijn er enkele nieuwe studies naar onderhoudsstrategieën voor de kust van Walcheren en Noord-Beveland opgenomen (bv. Lazar & Elias, 2023; Quataert et al., 2024).

1.4 Kustviewer

Deltares heeft 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 Nederlandse Noordzeekust online bekijken via: <https://www.openearth.nl/coastviewer-static/>



Figuur 1-1 – Een voorbeeld van de Kustviewer. Walcheren en Noord-Beveland zijn weergegeven met de Vaklodingen en AHN data en benaming van morfologische gebieden. Bron: <https://www.openearth.nl/coastviewer-static/>

1.5 Kustlijkaartenboek

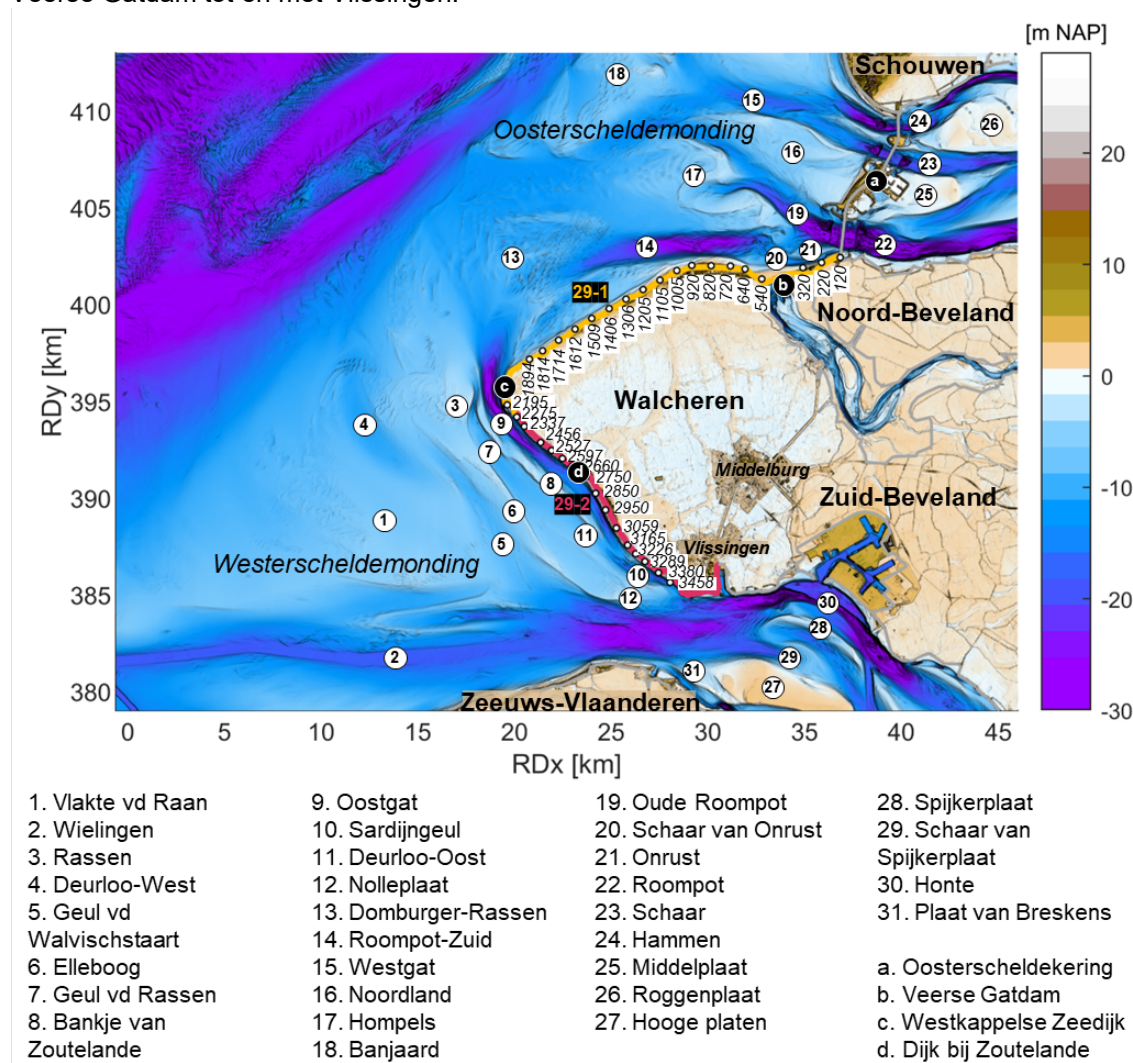
Jaarlijks wordt door Rijkswaterstaat gemeten en berekend hoe de ligging van de kustlijn (de momentane kustlijn, MKL) zich verhoudt tot de basiskustlijn (BKL). Op basis hiervan wordt een suppletieprogramma opgesteld, met als doel structurele achteruitgang van de Nederlandse kust te voorkomen. Het kustlijkaartenboek geeft informatie over de huidige en de verwachte kustlijnligging ten opzichte van de BKL en wordt jaarlijks opgesteld door Rijkswaterstaat. Het bevat ook de trend van de kustlijnontwikkeling. De digitale versie van het kustlijkaartenboek is te vinden op: <https://www.rijkswaterstaat.nl/kaarten/kustlijkaart>

1.6 Leeswijzer

Het volgende hoofdstuk (Hoofdstuk 2) geeft een algemene gebiedsbeschrijving van Walcheren en Noord-Beveland, met een korte samenvatting over de inhoud van de daaropvolgende (technisch inhoudelijke) hoofdstukken. Hoofdstuk 3 legt de achtergrond van het kustbeleid uit. Hierin staat een beschrijving van de totstandkoming van de Basiskustlijn, inclusief landelijke herzieningen en regionale afspraken. Ook het beleid met betrekking tot de waterveiligheid met het Beoordelings- en Ontwerpinstrumentarium voor de primaire waterkeringen is hierin opgenomen. Hoofdstuk 4 gaat kort in op de gebruiksfuncties van de kust; waterveiligheid, strandrecreatie, natuur en drinkwatervoorziening. Hoofdstuk 5 start met de langetermijnontwikkelingen bij Walcheren/Noord-Beveland, waaronder de paleografische ontwikkeling en het onderzoek met betrekking tot bodemdaling. Hoofdstuk 6 gaat in op het morfologisch systeem, waarbij er telkens van grote schaal (Zeegat niveau) naar kleinere schaal (kust niveau) wordt toegewerkt. Met deze kennis wordt in Hoofdstuk 7 de ontwikkeling van de kustindicatoren in relatie tot het kustbeheer en -onderhoud verklaard. Dit hoofdstuk omvat tevens een overzicht van het uitgevoerde kustonderhoud voor Walcheren/Noord-Beveland.

2 Algemene gebiedsbeschrijving

Kustvak Noord-Beveland (kustvak 15) (Figuur 2-1) betreft de Noordzeekust van Noord-Beveland vanaf de Oosterscheldekering (OSK) in het oosten tot en met de Veerse Gatdam in het westen. Kustvak Walcheren (kustvak 16) betreft de Noordzeekust van Walcheren vanaf de Veerse Gatdam tot en met Vlissingen.



Figuur 2-1. De kust van Noord-Beveland en Walcheren middels een hoogtekaart van de kustzone op basis van de meest recente Vaklodingen en AHN4. De nummers van de dijktrajecten langs de kustvakken zijn ook weergegeven.

Nadat grote delen van Zeeland tijdens de watersnoodramp van 1 februari 1953 onder water kwamen te staan, werd het Deltaplan ontwikkeld en uitgevoerd. Het project bestond uit de afsluiting van de verschillende zeegaten met dammen (de Deltawerken) om de veiligheid tegen overstroming te verhogen. De Veerse Gatdam is één van de 13 Deltawerken en verbindt Walcheren met Noord-Beveland. Het Veerse Meer heette voor de afsluiting in 1961 het Veerse Gat. Het slotstuk van de Deltawerken, de Oosterscheldekering, werd uiteindelijk tussen 1976 en 1986 aangelegd tussen Schouwen-Duiveland en Noord-Beveland.

De primaire waterkering op Noord-Beveland is opgesplitst in twee normtrajecten: normtraject 29-1 ten westen van de Oosterscheldekering (langs de Noordzee) en normtraject 28-1 ten oosten van de Oosterscheldekering. Deze beheerbibliotheek focust op de Noordzeekust van Noord-Beveland, dus normtraject 29-1 (zie ook Figuur 2-1). Normtraject 29-1 loopt van de

Oosterscheldekering tot de Westkappelse Zeedijk. Dit traject bestaat uit een duin voor dijk waterkering op Noord-Beveland, een dam (Veerse Gatdam) met voorliggend duin, een breed duingebied (Manteling), een enkele duinenrij (Domburg – Westkapelle) en een dijk (Westkappelse Zeedijk). Voor dit traject is er sprake van samenloop met Rijkswaterstaat voor de Veerse Gatdam. Ten zuiden van de Westkappelse Zeedijk ligt normtraject 29-2 dat loopt tot Vlissingen. Dijktraject 29-2 bestaat uit een enkele duinenrij en dijken bij Zoutelande en bij Vlissingen. Voor dit traject is er sprake van samenloop met de Provincie Zeeland voor de schutsluis en het doorlaatmiddel bij de Buitenhaven Vlissingen. Daarnaast zijn de boulevards in Vlissingen als langsconstructie beschouwd.

De morfologische veranderingen van de kust van Walcheren en Noord-Beveland worden voornamelijk veroorzaakt door de migratie van geulen en banken. Langs het zuidwesten van Walcheren heeft de nabijheid van de geul het Oostgat geresulteerd in kust- en geulwandering en veelvuldige zandsuppleties van de aanliggende stranden en vooroevers. Langs de kust bij het Banjaardstrand (Noord-Beveland) en nabij Breezand (Walcheren), grenzend aan de Oosterscheldemonding, wordt de erosie van het smalle strand veroorzaakt door de voorliggende geul Schaar van Onrust. De aanleg van de Stormvloedkering heeft het gedrag van de Oosterscheldemonding, en de aangrenzende kusten, duidelijk veranderd.

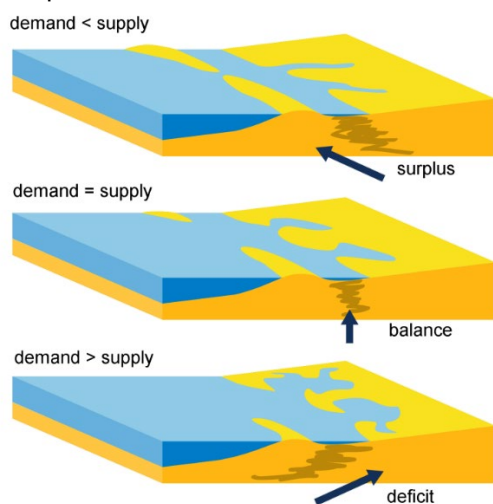
Tot slot is de kust van Noord-Beveland en Walcheren onderdeel van verschillende natuurgebieden. Zo is het bijvoorbeeld onderdeel van het Natura2000-gebied de Voordelta: Het ondiepe zeegedeelte van de Zeeuwse en Zuid-Hollandse Delta, gekenmerkt door de aanwezigheid van een gevarieerd en dynamisch milieu van kustwateren (zout), intergetijdengebied en stranden, dat een relatief beschutte overgangszone vormt tussen de (voormalige) estuaria en volle zee. De zuidwestkust van Walcheren grenst aan het Natura2000-gebied Vlake van de Raan en Westerschelde & Saeftinghe en aan de noordwestrand van Walcheren bevindt zich het kalkarm duingebied de Manteling van Walcheren. De natuurgebieden en andere bijzondere landschappen maken dat de kust van Walcheren en Noord-Beveland goed bezocht wordt.

3 Beleid t.a.v. kustonderhoud en waterveiligheid

Sinds 1990 wordt de Nederlandse kust dynamisch gehandhaafd met zandsuppleties. Paragraaf 3.1 licht de achtergrond van dit kustbeleid toe en paragraaf 3.2 doet dit voor de ligging van de Basiskustlijn en de beheerpraktijk voor de kustvakken Walcheren en Noord-Beveland. Paragraaf 3.3 beschrijft het beleid met betrekking tot waterveiligheid en beoordeling van de primaire waterkering.

3.1 Achtergrond kustbeleid dynamisch handhaven

Kusterosie - De Nederlandse kust vertoont gemiddeld genomen al duizenden jaren een eroderende trend. Op kleine tijd- en ruimteschaal is soms wel sprake van afwisseling tussen kustopbouw en -erosie. De oorzaak van de eroderende trend is een grote zandvraag, terwijl er slechts een gering zandaanbod is (Figuur 3-1). 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 Noordzeebodem vrijwel tot nul is gereduceerd en de rivieren eveneens al lange tijd nauwelijks meer zand naar de kustzone transporteren.



Figuur 3-1. Samenspel van vraag (demand) en aanbod (supply) van sediment. Een tekort (deficit) van sediment zal uiteindelijk leiden tot erosie en landwaartse terugtrekking van de kust. (Nichols, 1989, aangepast door RWS).

Dynamische kusthandhaving - In 1990 besloot de regering dat de positie van de kustlijn gehandhaafd moest worden, zodat de veiligheid van het achterland en de aanwezige functies langs de kust (natuur, recreatie, drinkwaterwinning) duurzaam behouden blijven (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1990). Sindsdien wordt het structurele zandverlies aangevuld met zandsuppleties. Het gesuppleerde zand wordt door stroming, wind en golven over het kuststelsel verspreid.

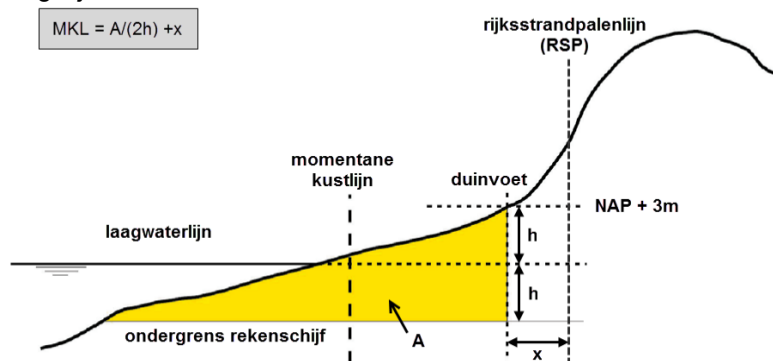
Basiskustlijn (BKL) - Om te bepalen waar het zand langs de kust gesuppleerd moet worden, is in 1990 de 'Basiskustlijn' ofwel BKL, als referentie gedefinieerd. De BKL wordt gebruikt als instrument om eventuele kustachteruitgang te signaleren. De BKL vertegenwoordigt een zandvolume dat (kustdwars) aanwezig is in het kustprofiel rondom de laagwaterlijn, tussen de duinvoet en de ondiepe vooroever. De positie van de BKL wordt berekend aan hand van dit aanwezige volume zand en uitgedrukt in een positie ten opzichte van de Rijksstrandpalenlijn (RSP). De BKL-positie is initieel gebaseerd op de trend in de kustlijnliggingen tussen 1980 en 1989 (bovenste deel Figuur 3-3). Elk jaar wordt de ligging van de kustlijn berekend en vergeleken met de positie van de Basiskustlijn. Als de Basiskustlijn structureel overschreden dreigt te worden, wordt het zandverlies met suppleties aangevuld. Het benodigde jaarlijkse

suppletievolume om de kustlijn op die manier te handhaven werd in 1990 vastgesteld op 6 miljoen m³ zand.

Kustfundament - In de jaren na 1990 groeide het inzicht dat er niet alleen structurele erosie optrad in de ondiepe kustzone, maar ook in dieper water (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1995; Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2003; 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 is destijds (rekenkundig) gedefinieerd als de zone tussen de binnenduintrand en de doorgaande -20m NAP-dieptelijn. Het hele oppervlak van het kustfundament moet meegroeien met de zeespiegel. Het landelijke suppletievolume werd daartoe verhoogd van 6 naar gemiddeld 12 miljoen m³ zand per jaar. Met het aanleggen en onderhouden van de Hondsbossche Duinen (2015) en de Tweede Maasvlakte (2013), waarbij tot op heden geen BKL is vastgesteld, is hier in de loop der jaren in totaal 1 miljoen m³ aan jaarlijks suppletievolume bijgekomen. In 2011 is voor de kust van Ter Heijde en Kijkduin de Zandmotor aangelegd, 21,5 Mm³. In navolging op het advies vanuit Kustgenese 2.0 is het jaarlijkse suppletievolume voor de gehele Nederlandse kust echter verlaagd naar 10 miljoen m³ voor 2022-2023 en 11 miljoen m³ vanaf 2024 (Tweede Kamer der Staten-Generaal, 2021). Hiervan is 10 miljoen m³ bestemd voor locaties waar een basiskustlijn is vastgesteld. Binnen het Kennisprogramma Zeespiegelstijging Systeemverkenningen Zandige Kust (2019-2025) wordt onderzocht welk effect een verhoogde zeespiegel op de kust heeft. In het kader van dit programma geeft Taal et al. (2023) de kennis weer over de sedimentbehoefte van de Nederlandse zandige kust.

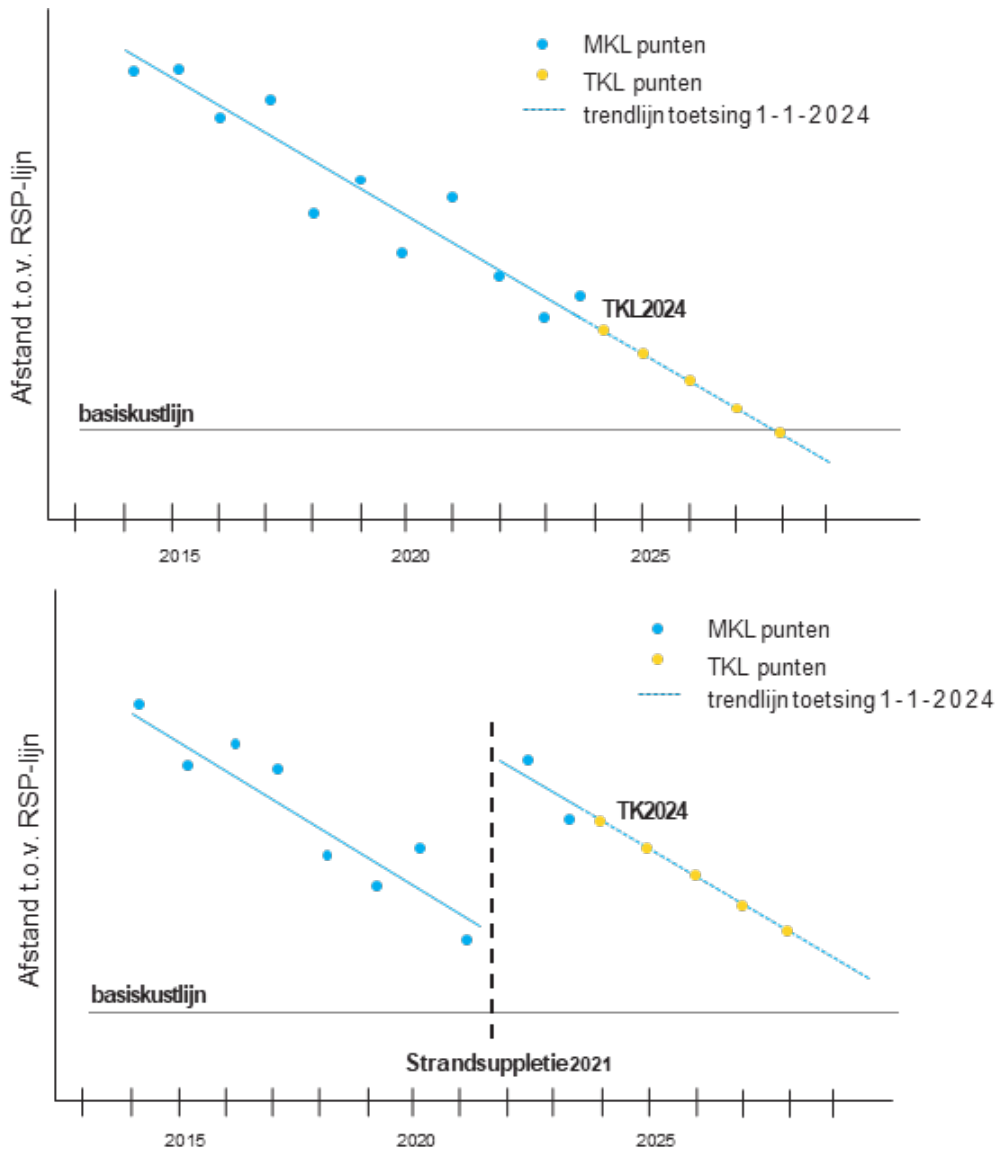
Herziening Basiskustlijn - Om ervoor te zorgen dat de Basiskustlijn overeen blijft komen met de, vanuit de verschillende functies gezien, gewenste kustlijn, is de Basiskustlijn geëvalueerd in 2001, 2012, 2017 en 2023, en op verschillende locaties herzien (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2003, Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2012, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2018; Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat 2023). In de Waterwet en het Nationaal Waterplan is, net als in de voorgaande Wet op de Waterkering, de noodzaak tot regelmatige (iedere 6 jaar) herziening van de Basiskustlijn vastgelegd. Het hoofddoel van de herziening van de basiskustlijn is om (weer) de juiste signaalfunctie voor het kustonderhoud te creëren. Een herziening houdt de basiskustlijn dus actueel.

Momentane Kustlijn (MKL) en Toekomstige Kustlijn (TKL) - Sinds 1965 wordt de kustlijn jaarlijks gemeten (m.a.w. JarKus: JAaRlijks KUSmeting). Op basis van deze JarKus-profielen kan de positie van de Momentane KustLijn (MKL) bepaald worden. De MKL-positie wordt, net zoals de BKL-positie, berekend op basis van het aanwezige volume zand tussen de duinvoet en de ondiepe vooroever en ook uitgedrukt in meters ten opzichte van RSP (Figuur 3-2). Door middel van een lineaire trend in MKL-positie over de laatste jaren wordt de ligging van de Toekomstige KustLijn (TKL) afgeleid voor 1 januari dat volgende jaar (Figuur 3-3). Ieder jaar wordt beoordeeld of de BKL wordt overschreden, door de TKL-positie met de BKL-positie te vergelijken.



Figuur 3-2. Bepaling Momentane Kustlijn (MKL). Waarbij het zandvolume (gele oppervlak A) wordt bepaald in de zogenaamde rekenschijf tussen de rekenkundige duinvoet (doorgaans + 3m NAP) en de ondergrens. De afstand van het gemiddeld laagwater tot de duinvoet en gemiddeld laagwater tot de ondergrens (h) is gelijk.

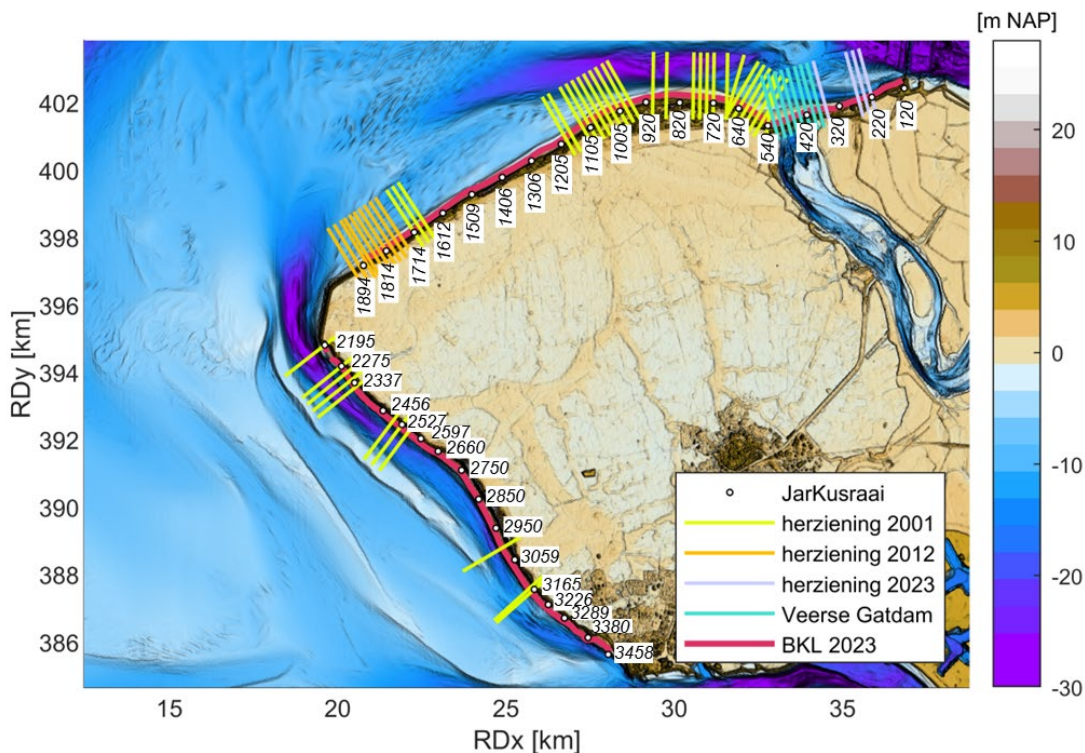
Vervolgens wordt de MKL-positie bepaald door het volume (A) te delen door de hoogte van de rekenschijf (2h) en de afstand tot de rijksstrandpalenlijn daarbij op te tellen.



Figuur 3-3 – Voorbeeldweergave hoe de jaarlijkse Toekomstige Kustlijn (TKL) wordt afgeleid uit de trend in de Momentane Kustlijn (MKL) van de voorgaande jaren. Voor de bepaling van de BasisKustLijn (BKL) in 1990 is gebruik gemaakt van de trend in MKL van de jaren ervoor. Het tweede voorbeeld geeft aan hoe voor de bepaling van TKL 2024 wordt omgegaan met een trendbreuk (namelijk, een strandsuppletie) (Kustlijnkaartenboek 2024).

3.2 Basiskustlijn voor Walcheren en Noord-Beveland

Voor Walcheren is de BKL vastgesteld tussen raaien 2195 en 3458 ten zuiden van de Westkappelse Zeedijk en tussen raaien 540 en 1927 ten noorden van de zeedijk (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1993). Voor de raaien langs de zeedijk (1948-2185) is geen BKL gesteld en vormt de dijk de primaire kering. Ook voor de raaien langs de Veerse Gatdam (380-520) is geen BKL vastgesteld. Voor Noord-Beveland is de BKL vastgesteld tussen raaien 120 en 520. Na vaststelling heeft er in 2001 een bestuurlijke en technische evaluatie van de BKL plaatsgevonden. Vervolgens is de BKL voor Walcheren en Noord-Beveland in 2012 herzien voor de raaien 1755-1927 (Westkappelse Zeedijk). In 2023 is de BKL herzien voor de raaien 220-260 (Banjaardstrand), 360 en is de Veerse Gatdam (raaien 380-520) toegevoegd aan de BKL. Hieronder worden deze herzieningen besproken. De vigerende (en oude) BKL-ligging is te zien in de Kustviewer (<https://www.openearth.nl/coastviewer-static/>).



Figuur 3-4. Ligging van de huidige (2023) Basiskustlijn voor Walcheren en Noord-Beveland, samen met de positie van enkele JarKus raaien, de locatie van de herzieningen in 2001 (geel), 2012 (oranje) en 2023 (lichtpaars) en de locatie van de Veerse Gatdam waarop de BKL is vastgesteld.

In 2001 heeft Rijkswaterstaat Zeeland aan het Zeeuws Overlegorgaan Waterkeringen zowel een technische als een bestuurlijke evaluatie van de BKL voorgelegd (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2003). Eerst zijn enkele technische aanvullingen gegeven en afwijkingen op de standaard BKL-bepaling tegen het licht gehouden, welke te vinden zijn in het achtergrondrapport van het Zeeuws Overlegorgaan Waterkeringen (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2000). Er werd gevonden dat langs de Zeeuwse kust situaties voorkwamen waarin de standaard-berekening niet zonder meer toepasbaar was. Vervolgens zijn nieuwe berekeningen gemaakt, rekening houdend met zandgolven, taludhelling kustprofiel, zandbanken en geulen, dynamiek en veerkracht. Dit speelde bijvoorbeeld langs de kust tussen Domburg en Oranjezon en op grote delen van de kop van Schouwen. Ook is gerekend met de na 1993 vastgestelde herziene basispeilen, die lager waren dan de destijds vigerende basispeilen. En tenslotte is er een bestuurlijke afweging gemaakt, waarbij rekening werd gehouden met het belang van andere functies dan puur waterveiligheid (o.a. recreatie en natuur).

Het resultaat was een aantal BKL aanpassingen: 26 raaien tussen 540-1185, raaien 1673-1714, raai 2195, zeven raaien tussen Westkapelle en Zoutelande en drie raaien nabij Dishoek (3010, 3153 en 3165). De meeste wijzigingen betroffen een landwaartse verplaatsing van de BKL. Daar waar de BKL destijds vanwege de veiligheid meer zeewaarts was gelegd, kon deze op basis van de nieuwe basispeilen weer worden teruggebracht. Op locaties waar van nature een overmaat aan veiligheid was, werd de nieuwe BKL eveneens landwaarts gelegd om hiermee de dynamiek van het strand en de zeereep meer kansen te geven.

De herziening in 2012 bij de Westkappelse Zeedijk betrof het zeewaarts verleggen van de BKL om de daar uitgevoerde zandige, zeewaartse versterking (Zwakke Schakels) te handhaven.

De herziening in 2023 betrof het landwaarts verleggen van de BKL voor Noord-Beveland ter hoogte van het Banjaardstrand (raai 220-260). Hier vindt doorgaande erosie plaats, maar wordt de kustlijn wel op zijn plek gehouden door regelmatige suppleties. De kustlijnpositie die op deze manier onderhouden kan worden ligt enkele meters landwaarts van de basiskustlijn. Dit komt doordat het strandprofiel hier snel overgaat in de steile geulwand. De BKL werd hier dan ook regelmatig overschreden. In 2023 is de basiskustlijn in dit gebied (220-260) enkele

meters landwaarts verplaatst. Hierdoor sluit de BKL beter aan op de reële ligging en vorm van de kust en is het weer een bruikbaar middel om kusterosie te signaleren en om het moment van suppleren te bepalen. Verder is ter hoogte van de Veerse Gatdam één bestaande raai (360) 80m zeewaarts verplaatst in verband met het waarborgen van het minimaal profiel voor de waterveiligheid. Ook is er een nieuwe BKL toegevoegd voor het westelijke deel van de Veerse Gatdam (raaien 380 t/m 520), aangezien dit deel van de kust nu als 'zandige waterkering' is beoordeeld en middels een BKL het onderhoud wettelijk wordt verankerd (zie ook paragraaf 4.2.3).

3.3 Waterveiligheidsbeleid

Eerste Landelijke Beoordeling van Primaire Waterkeringen

In de Waterwet is vastgesteld dat de veiligheid van alle primaire waterkeringen elke twaalf jaar moet worden beoordeeld. De beoordeling van de veiligheid van een primaire kering dient te worden uitgevoerd volgens procedurele regels. De basis voor de beoordeling was het Wettelijk BeoordelingsInstrumentarium 2017 (WBI 2017¹). Het WBI 2017 bevat de methoden en regels die waterkeringbeheerders dienen te gebruiken bij de beoordeling van de primaire waterkeringen. Het WBI 2017 verving de VTV (Voorschrift Toetsen op Veiligheid). De vorige beoordelingsronde liep van 2017 tot 2023. Deze beoordelingsronde was de eerste ronde op basis van de overstromingskansbenadering (LBO-1, sinds 2017 vigerend) en werd gebruikt om een eerste veiligheidsbeeld van de keringen te schetsen, ervaring op te doen met de nieuwe systematiek en te leren voor de toekomst.

Tweede Landelijke Beoordeling van Primaire Waterkeringen

In 2023 is de Tweede Landelijke Beoordeling van Primaire Waterkeringen Overstromingskansen (LBO-2) gestart met een nieuwe wettelijke regeling, de Omgevingsregeling. De LBO-2 loopt van 2023-2035 en de overstap naar overstromingskansen van primaire waterkeringen staat centraal. De komende periode ligt de nadruk op het op orde brengen van de primaire waterkeringen voor 2050. Dat betekent dat in 2035 een nauwkeurig beeld van de veiligheidsopgave bekend moet zijn.

Om dit te bereiken heeft het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat samen met de waterkeringbeheerders een beoordelingsprocedure ontwikkeld. De beoordelingsmethodiek voor de landelijke beoordelingsronde die loopt tot 2035 is een doorontwikkeling van de in 2017 in gebruik genomen overstromingskansbenadering. In het programma BOI (beoordeling en ontwerpinstrumentarium) 2020-2023 zijn verschillende onderdelen van het instrumentarium doorontwikkeld en in de komende jaren wordt er verder aan gewerkt. Meer informatie is te vinden in het BOI-portaal van het Informatiepunt Leefomgeving (IPLO): www.iplo.nl/thema/water/waterveiligheid/primaire-waterkeringen/boi-portaal/beoordelings-ontwerpinstrumentarium-boi/.

De gegevens over de belasting op de waterkering (bijvoorbeeld golfcondities en waterstanden) die nodig zijn voor de beoordeling, worden aangeleverd in de hydraulische belastingendatabank. De beheerders van de waterkering zijn verantwoordelijk voor gegevens over de actuele fysieke toestand van de waterkering.

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

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

Voor al deze categorieën zijn beoordelingsinstrumenten beschreven in het BOI.

¹ <https://iplo.nl/thema/water/waterveiligheid/primaire-waterkeringen/beoordelen-primaire-waterkeringen/>

De waterkeringen van dijktraject 29-1 en 29-2 zijn grotendeels in beheer bij het Waterschap Scheldestromen. Voor de Veerse Gatdam is er sprake van samenloop met Rijkswaterstaat. Voor de schutsluis en het doorlaatmiddel bij de buitenhaven Vlissingen is er sprake van samenloop met de Provincie Zeeland. De Oosterscheldekering is in beheer bij Rijkswaterstaat. In het volgende tekstkader staan begrippen die in het waterveiligheidsbeleid gebruikt worden toegelicht.

De beoordeling van de waterkering van Walcheren en Noord-Beveland is uitgewerkt in paragraaf 4.2.3.

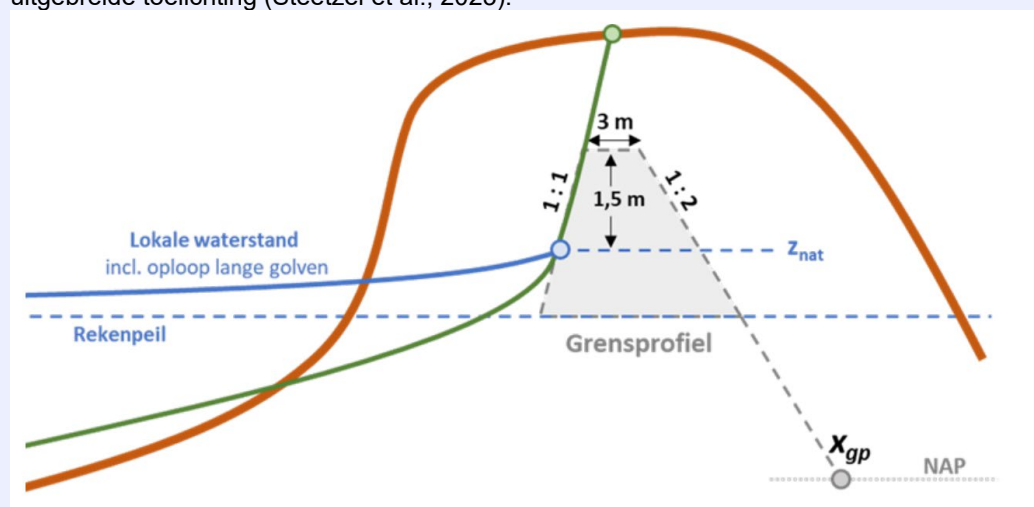
Begrippenlijst Beoordeling Waterkering

Aansluitingsconstructie

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

Grensprofiel

Het grensprofiel is een pragmatische wijze om aan te tonen dat er een minimaal volume zand in het profiel aanwezig is tijdens en na het initiële faalmechanisme duinafslag om de wettelijke veiligheid van het binnendijks gelegen gebied te waarborgen. De rol en definitie van het grensprofiel is in het BOI (2023-2035) minder strikt voorgeschreven dan in het WBI, zie voor een uitgebreide toelichting (Steetzel et al., 2023).



Bron: Steetzel et al. (2023). De rode lijn is het duinprofiel en de groene lijn het afslagprofiel.

Hybride kering

Dit is een kering die bestaat uit een combinatie van twee type waterkeringen die de waterveiligheid waarborgen, 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.

Omgevingswaarde

Een omgevingswaarde legt de kwaliteit vast voor de fysieke leefomgeving. Voor waterveiligheid zijn de omgevingswaarden waaraan dijktrajecten in 2050 moeten voldoen vastgelegd in het Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl). De omgevingswaarde voor de meeste dijktrajecten is de maximale toelaatbare 'overstromingskans per jaar'. Voor een aantal dijktrajecten is een andere of aanvullende omgevingswaarde in het Bkl vastgelegd.

Signaleringsparameter

Gebruikte term om 'de andere parameter voor de signalering over de veiligheid van een dijktraject' aan te duiden. De monitoring van de omgevingswaarden in relatie tot de

signaleringsparameters zorgt ervoor dat tijdig maatregelen kunnen worden getroffen om de veiligheid van de primaire waterkeringen te borgen.

Voorland

Dit is het gebied dat aan de zeezijde van een waterkering gelegen is.

Zeereep

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

4 Gebruiksfuncties van de kust van Walcheren en Noord-Beveland

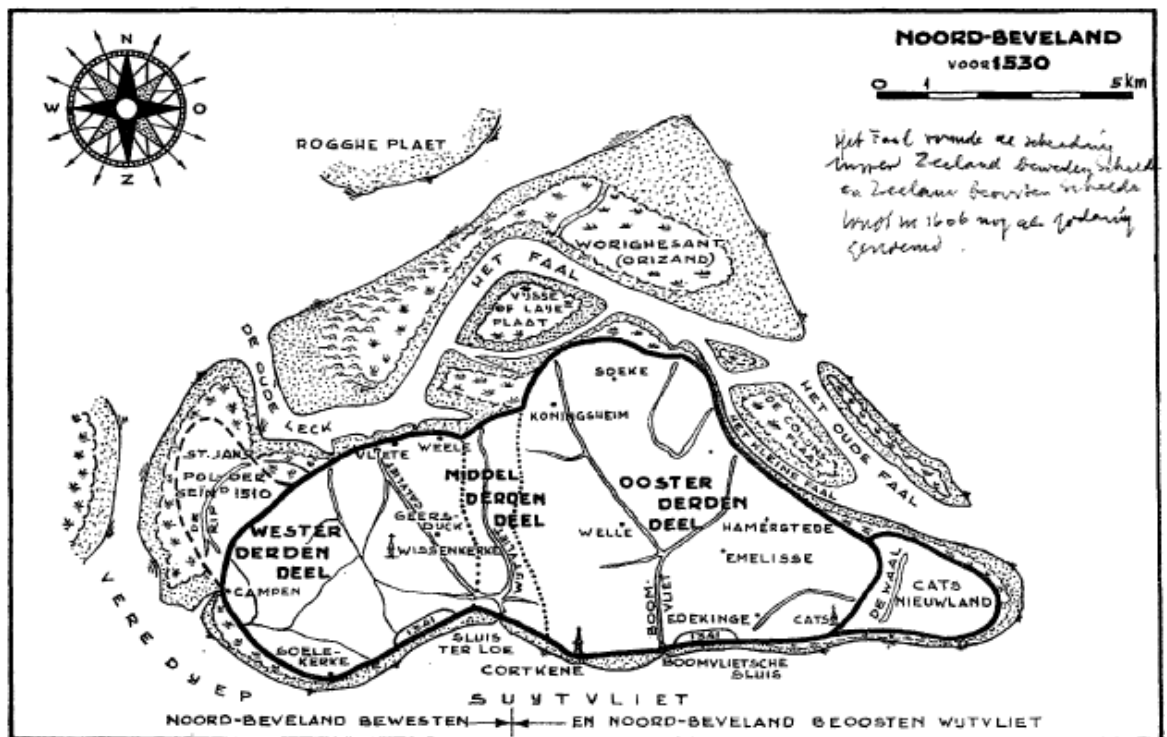
4.1 Inleiding

De kustzone is niet alleen belangrijk voor de waterveiligheid, maar biedt ruimte aan vele gebruiksfuncties, zoals natuur, recreatie en drinkwaterwinning. Met dergelijke gebruiksfuncties wordt rekening gehouden bij de vaststelling van de Basiskustlijn en het suppletieprogramma. Dit hoofdstuk geeft een overzicht en korte beschrijving van de waterkeringen (paragraaf 4.2), strandrecreatie (paragraaf 4.3), natuur (paragraaf 4.4) en drinkwater (paragraaf 4.5) voor Walcheren en Noord-Beveland.

4.2 Waterveiligheid

4.2.1 Kustverdedigingswerken

De Bruin en Wilderom (1961) beschrijven de waterstaatkundige ontwikkeling van Noord-Beveland tot halverwege de 20^{ste} eeuw. Noord-Beveland was tot halverwege de Middeleeuwen een natuurlijk gevormd, vrijwel onbeschermd eiland. Na de stormvloed van 1134 werd besloten om over te gaan tot volledige bedijking van Noord-Beveland. In 1200 was al het bewoonde land beschermd door dijken en duinen (Figuur 4-1).



Figuur 4-1. Noord-Beveland voor 1530, reconstructie in De Bruin en Wilderom, (1961).

In de 16^e eeuw vonden twee rampen plaats: op 5 november 1530 werd Noord-Beveland getroffen door één van de grootste stormvloed ooit, de Sint-Felixvloed, waardoor het gehele eiland onder water kwam te staan. De Allerheiligenvloed in 1532 maakte de ramp nog groter. Van de verdronken plaatsen bleef niets over; alleen de kerktorens van Wissenkerke en Kortgene bleven op de schorren zichtbaar. Een deel van Noord-Beveland werd in 1598 opnieuw ingepolderd en in 1685 werd het verdronken stadje Kortgene bedijkt (Figuur 4-2). In 1850 bereikte het eiland ongeveer de huidige omvang.



Figuur 4-2. Noord-Beveland omstreeks 1748, naar een kaart van George-Louis Le Rouge, een Franse cartograaf. Duidelijk te zien is dat de westelijke grens van het eiland veel oostelijker ligt dan nu. Aan de noordzijde is sindsdien weer veel land verloren.

Op Noord-Beveland ligt het dijktraject langs de Onrustpolder aan de Noordzezijde, tussen de Veerse Gatdam en de aansluiting op de Oosterscheldekering. Deze polder, een oud schorren- en slikkengebied dat regelmatig overstroomde, is in 1846 bedijkt (De Groot, 2002). Ook werd helmgras geplant om duingroei te stimuleren. Door de kustwaartse migratie van de Schaar van Onrust (Paragraaf 6.3) is het profiel steeds steiler geworden. Om de geulmigratie tegen te gaan is in 1920 ter hoogte van de huidige raai 180 een oeverwerk, een bestort zinkstuk loodrecht op de kust, aangelegd. Later is dit uitgebreid en versterkt en is ook de dijk versterkt en verhoogd. Tijdens de watersnoodramp van 1953 zijn de duinen en dijk doorgebroken waardoor een deel van de Onrustpolder onderliep. Na de watersnoodramp werden de Deltawerken aangelegd om de kustlijn te verkorten, dit was namelijk één van de belangrijkste uitgangspunten van het Deltaplan. Met de aanleg van de Veerse Gatdam tussen 1957 en 1961 is een groot deel van de dijk van de Onrustpolder binnendijsk geworden. De Oosterscheldekering, die Schouwen met Noord-Beveland verbindt werd tussen 1976 en 1986 aangelegd. Door de aanleg van deze twee Deltawerken werd de lengte van de Noordzeekust van Noord-Beveland teruggebracht tot minder dan 3 km. Als gevolg van de sterke stroming in de stroomgeulen van de Oosterscheldekering ontstaan in de nabijheid van de bodembeschermingsmatten, onderdeel van de fundering van de kering, ontgrondingskuilen. Ten behoeve van de stabiliteit van deze erosiekuilen is Rijkswaterstaat voornemens om bestortingen uit te gaan voeren (bv. Staatscourant 31 mei 2019).

Langs de kust van Walcheren zijn verschillende verdedigingswerken aanwezig. Langs vrijwel de gehele kust zijn paalhoofden aanwezig, met uitzondering van de uiterste noordoostkant (nabij natuurgebied Oranjezon) (Figuur 4-3). Verhagen en van Rossum (1989) geven een overzicht van de aanleg van de strandhoofden bij Walcheren. Met de aanleg van strandhoofden is begonnen in 1856. Tussen 1861- 1866 is deze verdediging zuidwaarts, richting de Westkappelse Zeedijk, uitgebreid. Aan de noordkant is tussen 1876 en 1891 2 km kust uitgebouwd, aangevuld met 1,5 km in 1955. Met de bouw van 1,5 km aan paalrijen in 1965 is vrijwel de gehele noordwestkust van Walcheren beschermd door harde constructies. Ten noorden van Vlissingen is al in 1856 begonnen met het bouwen van strandhoofden over een lengte van 3 km. Deze zijn in de volgende jaren zowel noord- als zuidwaarts verder uitgebreid.

Langs de zuidwestkust van Walcheren zijn verschillende zeedijken aangelegd: de Westkappelse Zeedijk, de dijk bij Zoutelande, de Nolledijk en de versterkte boulevard van Vlissingen (Figuur 4-3). De Westkappelse Zeedijk en de Nolledijk zijn tijdens de Tweede Wereldoorlog gebombardeerd om Walcheren te laten inunderen. Het water ten zuiden van Westkapelle, de Westkappelse Kreek, is een overblijfsel hiervan. Een stuk van de zeedijk bij Westkapelle is door het bombardement in de geul terecht gekomen. Direct ten noorden hiervan is hierdoor een erosiekuil ontstaan. De Westkappelse Zeedijk is versterkt in 1986 en in 2008 als één van de Zwakke Schakels (zie ook paragraaf 7.3.2). De Nolledijk is in 2009/2010 ook versterkt als één van de Zwakke Schakels.



Figuur 4-3. Harde elementen als onderdeel van de kustverdediging op Walcheren en Noord-Beveland, van rechtsboven tegen de klok in: Oosterscheldekering, Veerse Gatdam, Westkappelse Zeedijk, Dijk bij Zoutelande, Nolledijk en de Boulevard van Vlissingen. De lichtgrijze lijnen weergeven de ligging van de strandhoofden en palenschermen langs de kust. Dijktraject 29-1 is weergegeven als donkergrijze lijn en dijktraject 29-2 als donkergrijs gestreepte lijn.

4.2.2 Primaire waterkering

Tegenwoordig wordt de veiligheid tegen overstromingen gewaarborgd door de aanwezigheid van een primaire waterkering bestaande uit duinen en dijken. De primaire waterkering van Walcheren en Noord-Beveland bestaat uit twee trajecten: Dijktraject 29-1 en dijktraject 29-2.

Dijktraject 29-1 loopt van de Oosterscheldekering tot Westkapelle. Het bestaat uit een duin voor dijk waterkering op Noord-Beveland, een dam (Veerse Gatdam) met voorliggend duin, een breed duingebied (Manteling), een enkele duinenrij (Domburg – Westkapelle) en een dijk (Westkappelse Zeedijk).

Dijktraject 29-2 loopt tussen Westkapelle en Vlissingen (Figuur 4-3). Het bestaat uit een enkele duinenrij en dijken bij Zoutelande en bij Vlissingen.

Beide dijktrajecten zijn voor het grootste gedeelte in beheer bij het Waterschap Scheldestromen. Voor dijktraject 29-1 is er voor de Veerse Gatdam sprake van samenloop tussen het waterschap en Rijkswaterstaat. Voor dijktraject 29-2 is er voor de schutsluis en het

doorlaatmiddel bij de Buitenhaven van Vlissingen sprake van samenloop tussen het waterschap en de Provincie Zeeland.

Traject 29-1 heeft een signaleringsparameter ('signaleringswaarde' in de Waterwet) van 1:3.000 en een omgevingswaarde ('ondergrens' in de Waterwet) van 1:1.000. Traject 29-2 heeft een signaleringsparameter van 1:10.000 en een omgevingswaarde van 1:3.000 (www.waterveiligheidsportaal.nl).

4.2.3 **Beoordeling van de primaire waterkering**

De beoordeling van de normtrajecten van Walcheren en Noord-Beveland (29-1 en 29-2) is te vinden in het waterveiligheidsportaal (www.waterveiligheidsportaal.nl). Figuur 4-4 geeft de actuele veiligheidsstatus van de primaire keringen voor Walcheren en Noord-Beveland weer.

Op 24 september 2021 is beoordeeld dat dijktraject 29-1 aan de signaleringswaarde voldoet (categorie A, overstromingskans kleiner dan 1:3.000 per jaar). Door de robuustheid van het traject zal een maatgevende storm zeer waarschijnlijk niet tot een overstroming leiden.

In deze beoordeling is de Veerse Gatdam, één van de primaire Rijkskeringen en onderdeel van traject 29-1, beoordeeld als zijnde een duinwaterkering in plaats van een reguliere dam (Witteveen+Bos, 2021a). De Veerse Gatdam voldoet als duinwaterkering op vakniveau aan de signaleringswaarde (vakoordeel II_v). De Veerse Gatdam is in 1961 aangelegd als een asfaltdam, en sindsdien op natuurlijke wijze overlaagd met zand, waardoor zich een zandige kustlijn heeft gevormd. Aan weerszijden van de dam wordt de kust gevormd door de duinwaterkering. In eerdere beoordelingen werd de Veerse Gatdam altijd beschouwd als een reguliere dam en daarom was er voor het grootste deel van de Veerse Gatdam geen basiskustlijn (BKL) gedefinieerd. In het handelingsperspectief van de Veerse Gatdam (Witteveen+Bos, 2021b) is verkend wat het benodigde beheer is om de waterkerende functie in stand te houden, en welke aspecten van het waterkeringbeheer mogelijk aangepast moeten worden op basis van de uitgevoerde beoordeling en het beoordelingsresultaat. Aangezien de BKL in Nederland wordt gebruikt voor het beheren en dynamisch handhaven van de zandige kust, was het definiëren van een BKL voor de gehele Veerse Gatdam essentieel in het kader van het handelingsperspectief. Sinds de herziening van de basiskustlijn in 2023 is er om deze reden een BKL op basis van het minimaal hand te haven kustprofiel voor waterveiligheid vastgesteld voor de Veerse Gatdam (zie ook paragraaf 3.2).

Op 17 februari 2022 is voor dijktraject 29-2 beoordeeld dat het traject niet aan de signaleringswaarde (kans per jaar 1:10.000) en ook niet aan de ondergrens (kans per jaar 1:3.000) voldoet (categorie C). De toetssporen asfalt golfklappen (Boulevard de Ruyter) en hoogte kunstwerk (keersluis Michiel de Ruyterhaven) leveren de grootste bijdragen aan de faalkans. Ook de toetssporen hoogte, grasbekleding buitentalud en duinafslag leveren een substantiële bijdrage aan het toetsoordeel. Voor duinafslag, voor de toepassing van dit rapport vooral van belang, geldt dat de meeste raaien van traject 29-2 voldoen aan de signaleringswaarde op doorsnede niveau (II_v), vier raaien voldoen aan de ondergrenswaarde (III_v) en een raai (3202) voldoet mogelijk aan de ondergrenswaarde (IV_v). Voor deze laatste raai geldt dat voor een lengte van 80m er onvoldoende volume aan de achterzijde van het duin aanwezig is om een grensprofiel in te passen (Waterschap Scheldestromen, 2023).



Figuur 4-4. Actuele veiligheidsstatus (toetsoordeel op vakniveau) van de primaire keringen ingezoomd op normtraject 29-1 en 29-2 (www.waterveiligheidsportaal.nl, geraadpleegd februari 2024).

4.3 Strandrecreatie

Strandrecreatie speelt een belangrijke rol voor Zeeland. De provincie staat bekend om zijn stranden. Een aantal stranden van Walcheren en Noord-Beveland dragen de Blauwe Vlag (Figuur 4-5). Dit is een internationale onderscheiding die elk jaar wordt toegekend aan stranden die veilig en schoon zijn. Het Banjaardstrand van Noord-Beveland won in 2023 de prijs voor het Schoonste Strand van Nederland (www.strandverkiezingen.nl).

De Zeeuwse stranden kennen tal van strandpaviljoens. De strandpaviljoens vallen vaak in de prijzen. Zo is de Bombaai Strandbar aan het strand van Westkapelle in 2023 door de Strandtenten Index uitgeroepen tot beste strandpaviljoen van Nederland. Ook op nummer 2 staat een strandpaviljoen van Walcheren, namelijk Zeecafé uit Oostkapelle.

Mede door strandsuppleties wordt de kustlijn op zijn plek gehouden en blijft Walcheren goed beschermd tegen de zee. De Zeeuwse kustgemeenten hebben zich verenigd om zandsuppleties vanuit Kustlijn zorg beter te laten aansluiten op de recreatieve functie van de stranden (Kenniscentrum Kusttoerisme, 2019).

Het Kenniscentrum Kusttoerisme, onderdeel van de HZ University of Applied Sciences, heeft een raming gemaakt van het economisch belang van de stranden voor toerisme in Zeeland (Kenniscentrum Kusttoerisme, 2019). Hieruit blijkt dat er jaarlijks meer dan 6 miljoen overnachtingen zijn op Walcheren en Noord-Beveland tezamen. De stranden zijn een belangrijke attractie en reden voor een bezoek. Zo'n 60% van de uitgaven in Zeeuwse kustgemeenten houdt rechtstreeks verband met strandtoerisme. Dit is goed voor ca. 800 miljoen euro per jaar aan commerciële inkomsten en 4000 fte aan werkgelegenheid.



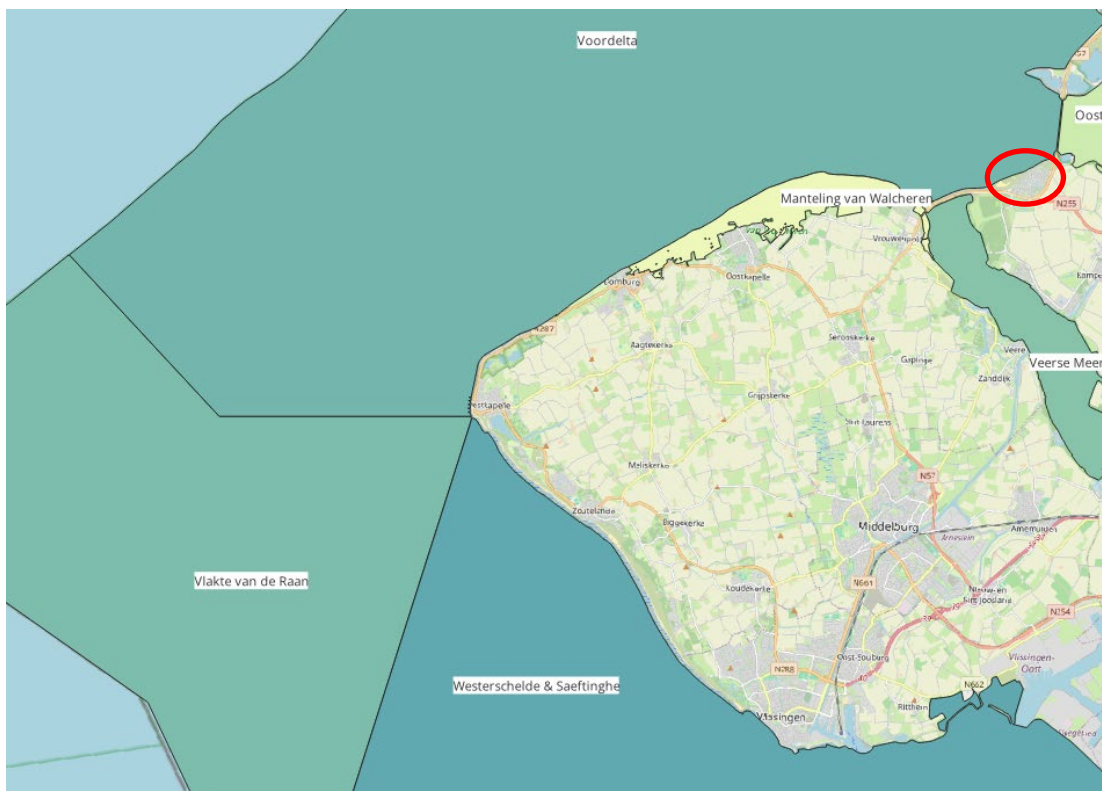
Figuur 4-5. Stranden met de Blauwe Vlag en twee (prijswinnende) strandpaviljoens.

4.4 Natuur

4.4.1 Natuurwetgeving

De kust van Noord-Beveland is onderdeel van verschillende natuurgebieden. Ten eerste is het onderdeel van Natura 2000-gebied de Voordelta en ligt het nabij Natura 2000 gebied Veerse Meer. Tevens is het gebied geclassificeerd als Wetland (Voordelta en Veerse Meer) en hoort het bij het Nationaal Landschap Zuid-West Nederland. In Noord-Beveland bevindt zich langs de kustlijn het Banjaardgebied (met de slufster), wat is aangemerkt als Natura2000 gebied als onderdeel van de Voordelta. Het duingebied, de Banjaardput en de verschillende binnendijken zijn onderdeel van Natuurnetwerk Zeeland.

De duinen, het strand en de vooroever van Walcheren zijn eveneens belangrijke gebieden voor de natuur, zoals duidelijk wordt uit de ligging van de verschillende Natura 2000-gebieden. De kust van Walcheren grenst aan de zeezijde overal aan het Natura 2000-gebied "Voordelta", dat aan de landzijde is begrensd op de duinvoet van Walcheren. Het duingebied op de Noordweststrand van Walcheren is aangewezen als Natura 2000-gebied "Manteling van Walcheren" (Figuur 4-6). In de nabije omgeving liggen ook de Natura 2000 gebieden Veerse Meer, Vlake van Raan, Westerschelde en Saeftinge. Deze gebieden worden voor de beschrijving van dit kustvak buiten beschouwing gelaten.



Figuur 4-6. Ligging van de Natura 2000-gebieden Manteling van Walcheren, Voordelta, Vlakte van de Raan, Veerse Meer en Westerschelde & Saeftinghe. (GIS-kaart Natura 2000-gebieden, 23 december 2023). In de rode cirkel is het Banjaardgebied aangegeven, dit valt onder het gebied Voordelta.

In paragraaf 4.4.2 zijn de gebiedsbeschrijvingen weergegeven zoals deze zijn opgenomen op de website van Natura 2000 voor de Voordelta en Manteling van Walcheren. Voor gedetailleerde informatie over de specifieke habitats en soorten wordt geadviseerd de online informatie te raadplegen via de website van Natura 2000: www.natura2000.nl.

4.4.2 Habitatkarakteristieken

Manteling van Walcheren

De Manteling van Walcheren betreft een kalkarm duingebied aan de noordwestrand van het voormalige eiland Walcheren. De kust is hier al vele honderden jaren een afslagkust en de kustlijn is in de loop der tijd met enkele kilometers landinwaarts verplaatst. Hierdoor is de zone met primaire duinen uiterst smal of ontbreekt volledig en komen de oude duinen tot zeer kort aan de kustlijn. Aan de zeezijde is tamelijk veel reliëf aanwezig dat meer landinwaarts overgaat naar minder geaccidenteerd terrein. In het westelijke deel van het duingebied liggen, niet ver achter de zeereep, oude duineikenbossen die hier een natuurlijke bosgrens vormen. Het oostelijk gelegen Oranjezon herbergt een aantal vochtige duinvalleien en soortenrijke duindoornstruwelen. Van oudsher wordt de Manteling van Walcheren gekenmerkt door buitenplaatsen met statige landhuizen en soortenrijke bossen met stinzeplanten in de binnenduintrand.

Voordelta

De onderstaande beschrijving is overgenomen uit de ecologische evaluatie van het Natura 2000-beheerplan van de Voordelta (Brekelmans et al., 2023). Deze evaluatie is opgesteld ter voorbereiding op de nieuwe generatie beheerplannen. Het huidige beheerplan is opgesteld voor de beheerperiode van 2015-2021 en is in 2022 verlengd en geldig tot en met 2027. Voor een beschrijving van de doelen, huidige stand van zaken en mogelijke effecten van menselijk gebruik op de instandhoudingsdoelen kan dit document geraadpleegd worden.

Het Natura 2000-gebied Voordelta bestaat uit de kustwateren van de Zuid-Hollandse en Zeeuwse Delta. Het betreft grofweg het ondiepe kustgebied (tot -20 NAP) van de Maasvlakte (Maasgeul) tot Westkapelle (Walcheren). De Voordelta vormt daarbij een overgangszone

tussen de aangelegen Natura 2000-wateren en het open water van de Noordzee. De aansluiting met de aangelegen (voormalige) estuaria is daarbij sterk gereduceerd door de aanleg van de Deltawerken in de jaren 1961 t/m 1986. Dit heeft tevens geleid tot grote veranderingen in sedimentatie- en erosieprocessen binnen het gebied. De Voordelta is een dynamisch gebied met diepe geulen, overstromde zandbanken, droogvallende zandplaten (afbeelding 2.1). Het intergetijdengebied bevat leefgebied voor zeehonden en is van belang voor verscheidene (trek) vogels en vissen. Voornamelijk het gebied Slikken van Voorne vervult een belangrijke functie als tussenstop voor trekvogels. De Voordelta grenst aan diverse Natura 2000-gebieden namelijk; Voornes Duin, Haringvliet, Duinen Goeree & Kwade Hoek, Grevelingen, Kop van Schouwen, Oosterschelde, Veerse Meer, Manteling van Walcheren, en Vlake van Raan.

De onderlinge samenhang tussen deze gebieden is sterk. Leefgebieden van diverse vogel- en vissoorten beperken zich niet tot Natura 2000-gebied Voordelta maar strekken zich uit over de omliggende Natura 2000-gebieden. De connectiviteit met gebieden Haringvliet, Grevelingen, Oosterschelde en Veerse Meer wordt daarbij sterk beïnvloed door de Deltawerken.

Specifiek voor de kustlijn van Walcheren en Noord-Beveland is er een aandachtspunt voor 'embryonale duinen' (H2110) (behoud van oppervlakte en kwaliteit). Ook is de kust bij de Manteling van Walcheren aangewezen als natuurstrand waar 1) potenties liggen voor embryonaal duin om tot ontwikkeling te komen in samenhang met achterliggend duin en 2) waar geen scherpe conflicten zijn met recreatieve belangen. Op deze locaties wordt proactief de ontwikkeling van embryonaal duin bevorderd. Zoals door terughoudend te zijn met schoonmaken, in ieder geval vindt geen intensieve schoonmaak via beach cleaner plaats, maar wordt gevaarlijk en verontreinigd afval via handpicking verwijderd. Het wintervloedmerk blijft liggen, aangezien dit een belangrijk begin stadium is voor embryonale duinvorming. Daarnaast wordt in deze gebieden voorkómen dat voertuigen door jonge duintjes/beginnende vegetatie rijden. Voertuigen mogen dus alleen rijden voorbij de hoogwaterlijn. Voorts is men terughoudend met het ontwikkelen van grootschalige badstrandrecreatie in deze potentiegebieden.

Het Banjaardgebied - De Sluffer bij de Veerse Gatdam

De onderstaande tekst is overgenomen uit de Integrale gebiedsvisie De Banjaard (De Jong, 2021).

Het Banjaardgebied is aangemerkt als Natura2000-gebied als onderdeel van de Voordelta. De begrenzing is gelegen langs de kustlijn inclusief de embryonale duinen ten westen van de sluffer. Op Noord-Beveland komt het habitatype embryonale duinen (H2110) en witte duinen (H2120) voor. Hiervoor geldt een instandhoudingsverplichting. Tijdens de laatste inventarisatie in 2019 is door Rijkswaterstaat enkel het type witte duinen waargenomen. Tevens geldt vanuit de vogelrichtlijn een instandhoudingsverplichting voor de soorten steenloper, brilduiker en topser om er te kunnen foerageren en / of slapen. Het duingebied, de Banjaardput en de verschillende binnendijken zijn onderdeel van Natuurnetwerk Zeeland. Het doel van het natuurnetwerk is het behoud en de versterking van het aantal soorten in het wild voorkomende planten en dieren. De natuurgebieden van het Natuurnetwerk Zeeland dragen ook sterk bij aan de identiteit van Zeeland en aan de kwaliteit van Zeeland als woon- en werkgebied. Ook de Schotsman aan de zuidzijde van de N57 is onderdeel van het natuurnetwerk. Het duingebied rondom de Banjaard is binnen het provinciaal Natuurbeheerplan gekarakteriseerd als het beheertype open duin (N.802). Open duin bevat structuurrijke begroeiingen en deels onbegroeide delen van zeeduinen. Processen zoals verstuing en begrazing zorgen voor variatie. Open duin ontstaat bij aanwaskusten op natuurlijke wijze uit strand en embryonaal duin.

Het landschap in het Banjaardgebied zoals dit er nu ligt is sterk gevormd door de aanleg van de Veerse Gatdam en de Oosterscheldedekering en het daaraan gekoppelde wegennet. Het gebied ligt als het ware in een kom. Deels is dit het gevolg van de dijkstructuur. Aan de voet van de Veerse Gatdam ligt een dynamisch duingebied. Binnen een beperkt oppervlak zijn vrijwel alle stadia van duinvorming zichtbaar, waaronder waardevolle embryonale duinvorming. Hier liggen tevens een sluffervallei en een duinvallei. De slufferopening is sterk verzand. Enkel bij een zeer hoge waterstand loopt de sluffer nog vol water. De vallei is de laatste jaren

langzaam dichtgegroeid. Door het oprukken van de begroeiing staat duinvorming hier onder druk. Het duin transformeert in kort tijdsbestek van embryonaal duin tot grijs duin en van grijs duin tot duindoornstruweel. Uiteindelijk zal dit gebied – zonder ingrijpen - verhouten en verbossen.

4.4.3 Suppleties en wet- en regelgeving natuurbehoud

De zandsuppleties die nodig zijn voor het dynamisch onderhoud van de kust, kunnen effect hebben op de natuur langs de Nederlandse kust. Op basis van de Omgevingswet gelden regels ter bescherming van deze natuur. Rijkswaterstaat stelt daarom altijd een borgingsdocument op voor zandsuppleties om deze zorgvuldigheid ten aanzien van de natuur te borgen. Als deze zandsuppletie in of vlakbij een Natura2000-gebied plaatsvindt, hanteert Rijkswaterstaat daarnaast de voorwaarden uit het Natura 2000 beheerplan voor het gebied als aanvullend uitgangspunt voor het zorgvuldig werken.

Suppleties moeten uitgevoerd worden conform alle geldende wet- en regelgeving voor natuurbehoud, en met zo min mogelijk effecten op het lokale ecosysteem. In het borgingsdocument worden de activiteiten (winning, transport, suppleren) getoetst aan het onderdeel gebieds- en soortenbescherming uit de Omgevingswet. De borgingsdocumenten zijn te raadplegen op de website van [IPLO](https://www.iplo.nl).

4.5 Drinkwaterwinning

Evides Waterbedrijf levert het drinkwater voor inwoners van Walcheren en Noord-Beveland uit de waterwingebieden op de Brabantse Wal (Ossendrecht en Huijbergen) (Figuur 4-7). In het verleden (vanaf 1892) werd er drinkwater onttrokken uit het natuurgebied Oranjezon. Eerst voor de bevolking van Middelburg, en later ook voor delen van het Walcherse platteland. Deze drinkwaterwinning leidde tot aanzienlijke verlaging van de grondwaterstand in Oranjezon. In 1984 is de onttrekking daarom sterk verminderd en uiteindelijk is in 1995 de winning beëindigd. In geval van calamiteit kan er nog drinkwater gewonnen worden. De afgelopen jaren is er hard gewerkt om de oorspronkelijke duinvegetatie van Oranjezon weer een kans te geven, en zand te laten stuiven. Dichtgegroeide duinvalleien zijn weer open gemaakt en Amerikaanse vogelkers is geroid (www.hetzeeuwselandschap.nl/natuurgebieden/oranjezon).



Figuur 4-7. Overzichtskaart van de (voormalige) drinkwaterwingebieden voor Walcheren en Noord-Beveland. Huijbergen en Ossendrecht liggen op de Brabantse Wal. Het voormalige drinkwaterwingebied Oranjezon maakt deel uit van het natuurgebied de Manteling van Walcheren.

5 Langetermijnontwikkelingen

5.1 Inleiding

De huidige toestand van de kusten van Walcheren en Noord-Beveland en de zeewaarts daarvan gelegen Voordelta wordt voor een belangrijk deel bepaald door ontwikkelingen in het verleden. Dit betreft zowel natuurlijke ontwikkelingen als, met name sinds de Romeinse tijd, de effecten van menselijk handelen. Dit hoofdstuk schets de Holocene landschapontwikkeling van de Nederlandse kustvlakte in het algemeen, met toenemende aandacht voor het Deltagebied (paragraaf 5.2). De ontwikkeling van de Voordelta wordt besproken in paragraaf 5.2.1. De geologische bodemdaling in het gebied rondom Walcheren en Noord-Beveland, eveneens een langetermijnontwikkeling, komt aan bod in paragraaf 5.3.

5.2 Paleogeografische ontwikkeling

De hierna volgende beschrijving van de Holocene ontwikkeling van de Nederlandse kust en die van Zeeland in het bijzonder, is gebaseerd op Vos et al. (2011).

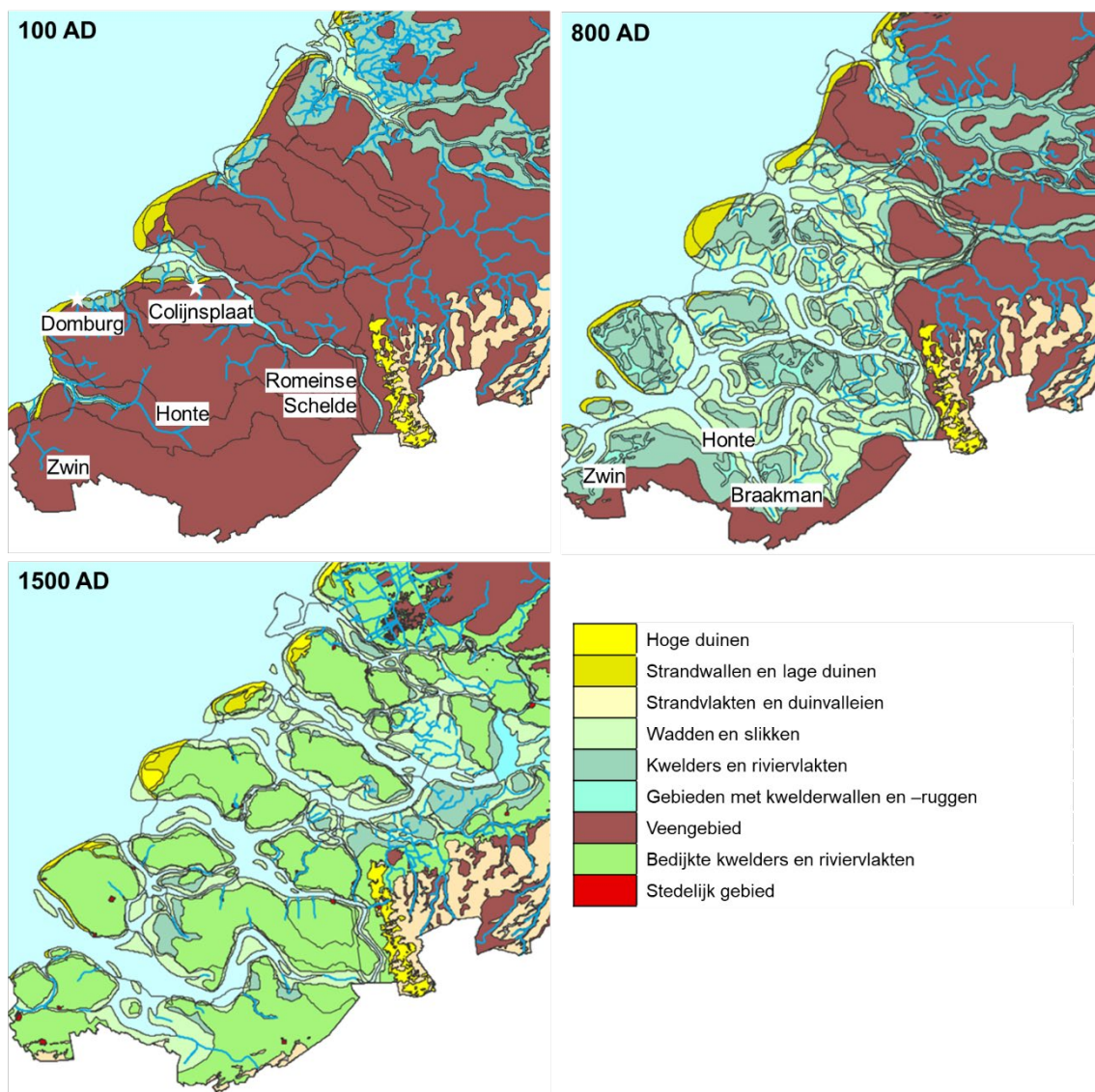
Kort na het eind van de laatste ijstijd steeg de temperatuur snel. De zeespiegel stond tientallen meters lager dan tegenwoordig, omdat veel water nog in de smeltende ijskappen was opgeslagen. Hierdoor lag de bodem van de Noordzee droog. Met het stijgen van de zeespiegel breidde de Noordzee zich uit en bereikte zo het huidige Nederland.

Tussen 9000 en 5500 v.Chr. steeg de zeespiegel zeer snel. Rond ca. 6500 v.Chr. bereikte de randzone van de Noordzee het huidige Nederland. Met het stijgen van de zeespiegel steeg ook het grondwaterpeil in de kustzone. Daar waar het grondwater tot het maaiveld steeg ontstonden moerassen waarin veen gevormd werd. Veen bestaat uit plantenresten die niet vergaan omdat ze onder water opgeslagen worden, onder zuurstofloze condities. De kustzone bestond, van land naar zee, uit een veengordel, regelmatig doorsneden door rivieren en riviertjes, welke overging in een waddegebied waarin zand en slib afgezet werden en dat (deels) droogviel bij laagwater. Deze waddegebieden werden aan de zeewaartse zijde begrensd door lage en smalle, zandige strandwallepjes. Met het stijgen van het zeeniveau schoof dit kuststelsel landinwaarts: het kustveenmoeras breidde zich steeds verder landwaarts uit, het zeewaartse deel van het veen werd steeds vaker overstromd door de zee waardoor er zand en slib op het veen afgezet werd. De kustlijn schoof landwaarts op door verplaatsing van het zand van de strandwallepjes naar het achterliggende bekken door overspoeling en via de zeegaten.

Rond 3850 v.Chr. was de snelheid van zeespiegelstijging zo ver afgenomen dat de afzetting van zand en slib in de waddegebieden langs de kust de stijging bij kon houden. Hierdoor schoof het kuststelsel niet meer landwaarts op. Vanaf 3500 v.Chr. veranderde de west-Nederlandse kust van een open waddenlandschap in een gesloten strandwallenkust door verlanding van de getijdebekken. Door de afgenomen snelheid van zeespiegelstijging en voldoende aanvoer van zand en slib breidden de kwelders/schorren uit en namen de geulen in omvang en doorsnede steeds verder af. Als gevolg van de afname van de getijdebekken werden de zeegaten uiteindelijk gesloten door golfgedreven zandaanvoer. Achter de gesloten kustlijn verzoetten de voormalige bekken waardoor grootschalige veenvorming op gang kwam. Deze ontwikkeling kwam in het Deltagebied later op gang. De kustlijn in het noorden van Nederland, het huidige Waddegebied, is nooit gesloten.

De gesloten kust in west- en zuidwest-Nederland bestond uit een serie strandwallen die, ondanks dat de zeespiegel nog steeds langzaam steeg, zich in zeewaartse richting konden uitbouwen door een grote aanvoer van zand. Deze kust werd alleen nog doorsneden door de mondingen van rivieren Rijn, Maas en Schelde en de restanten van een zeegat in Noord-Holland. Achter de strandwallen ging de veenvorming onverminderd door: rond 1500 v.Chr. was half Nederland met veen bedekt.

Rond 500 v.Chr. was Nederland niet veel veranderd ten opzichte van 1000 jaar eerder: het laatste zeegat in Noord-Holland was gesloten, het veen had zich uitgebreid en de invloed van de mens op het landschap nam toe. Na 500 v.Chr. begon de zee weer toegang te krijgen tot het achter de kustbarrière gelegen gebied: de kustlijn in Zeeland brak geleidelijk open. Aanvankelijk drong de zee niet ver door in het achterland, maar na verloop van tijd breidden de inbraken zich uit. Dit was een gevolg van het ontwateren van het veen: hierdoor daalde het veenoppervlak. Daarnaast kon de zee via de gegraven ontwateringskanalen steeds verder in het veengebied doordringen. Bovendien begonnen de bewoners op steeds grotere schaal het ontwaterde veen af te graven: het was een uitstekende brandstof. Ook in de andere riviermondingen breidde de invloed van de zee zich uit.



Figuur 5-1. De paleogeografische ontwikkeling van zuidwest Nederland sinds het begin van de jaartelling. Bron: Vos et al., 2018 (verkregen via: cultureelerfgoed.nl)

Rond het jaar 800 was Zeeland veranderd in een groot intergetijdlandschap, doorsneden door een uitgebreid stelsel van getijgeulen en de Schelde rivier (Figuur 5-1). Door het inzakken van het veen en de daarop volgende erosie nam de komberging sterk toe en ontwikkelden zich grote getijsystemen. Hierbij vormden zich ook verbindingen met de noordelijker gelegen Rijn-Maas monding. Als gevolg van de aanvoer en afzetting van zand en slib begonnen zich in de als eerste overstromde gebieden weer kwelders / schorren te vormen. De Schelde had zich

ontwikkeld tot een aanzienlijk estuarium, de monding lag ter hoogte van de huidige Oosterschelde.

Door de grote aanvoer van zand en slib uit zee slibden na 800 langs de hele kust kwelders en schorren hoog op en verlandden de getijgeulen. In de tiende eeuw vielen delen van de nieuwe schorren permanent droog en raakten bewoond. Vanaf de elfde eeuw werden delen van de schorgebieden bedijkt. In deze periode ontstonden de eerste polders: geheel door dijken omringd land met een eigen waterhuishouding (waterafvoer). Door het bedijken van land nam het bergend oppervlak voor water tijdens stormvloed af, met toenemende stormvloedstanden tot gevolg, terwijl het bedijkte land langzaam inklonk. Bovendien werd het buitendijkse land door afzetting van sediment steeds hoger. Een en ander noopte tot een steeds verder verhogen van de dijken. De gevolgen van een dijkdoorbraak waren hierdoor vaak desastreuus. Zo ging het (nu) verdrinken Land van Zuid-Beveland op deze manier definitief verloren en ontstond de voorloper van de Westerschelde welke uiteindelijk de afvoer van de Schelde rivier overnam van de Oosterschelde.

Na 1500 AD gingen aanzienlijke oppervlakten land verloren in Zeeuws-Vlaanderen, op Saefthinghe, bij Tholen en bij Reimerswaal. Het ging hierbij veelal om uitgeveende gebieden die daardoor extra kwetsbaar waren voor overstroming.

Vanaf 1750 werd minder landverlies geleden en werd het intergetijdegebied grotendeels ingepolderd. Landverlies trad alleen nog op door uitbochting van de getijgeulen waardoor dijken ondermijnd werden. Met name trajecten met zandige geulopvullingen in de ondergrond bleken kwetsbaar hiervoor (De Bruin & Wilderom, 1961). Vanaf de 19e eeuw werd de invloed van bestorting van de onderwateroevers merkbaar. De geulen werden hierdoor grotendeels vastgelegd. Dijkvallen traden daardoor niet meer op, al werden de buitenbochten van de geulen hierdoor dieper. Alleen aan de andere zijde van de geulen, bij de ondiepe platen kon nog erosie optreden waardoor hier plaatvallen voorkwamen (De Bruin & Wilderom, 1961).

Walcheren heeft een strategische positie aan de monding van de Westerschelde. Om de Duitse bezettingstroepen te verdrijven en de vaarweg naar Antwerpen vrij te maken bombardeerden de geallieerden in oktober 1944 de dijken bij Westkapelle, Vlissingen en Veere². Door de geslagen bressen stroomde het zeewater over het eiland, in november 1944 stond 80% van de landerijen onder water. Door de getijwerking schuurden achter de dijkgeden diepe getijgeulen uit. De grootste diepte, 24,5 m onder NAP, werd gemeten in het gat bij Fort Rammekens (Vlissingen), het gat bij Veere bereikte de grootste breedte, bijna 1 km. De meeste gaten konden in oktober 1945 worden gesloten, alleen het gat bij Fort Rammekens werd pas in februari 1946 gesloten. Een uitgebreid verslag van het dichten van de dijkgeden is te vinden in bijvoorbeeld het boek van Den Doolaard – Het Verjaagde Water.

De laatste ingrijpende gebeurtenis in het Deltagebied 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.

5.2.1 Ontwikkeling Voordelta

De Voordelta bestaat uit de aaneengegroeide buitendelta's van, van noord naar zuid, Haringvliet, Grevelingen en Oosterschelde, en de monding van de Westerschelde. De Westerscheldemonding is geen buitendelta in strikte zin, omdat de kenmerkende morfodynamiek van regelmatig verplaatsende geulen en banken als gevolg van de interactie van ebstroming en golfwerking hier vrijwel ontbreekt (Elias et al., 2023).

De ontwikkeling van de Voordelta hangt samen met het ontstaan van de grote inbraken in het deltagebied. Een zich uitbreidende inbraak gaat gepaard met een toenemend getijdebiet en daarmee met een groter wordend zeegat. Naarmate een zeegat in grootte toeneemt zal het zich in de ondergrond inschuren, het vrijkomende sediment wordt met name zeewaarts van het zeegat afgezet. Hierdoor worden buiten- of ebdelta's gevormd. Naarmate de zeegaten

² <https://www.zeeuwsarchief.nl/zeeuwse-verhalen/walcheren-onder-water-1944-1946/bombardementen-op-de-dijken-van-walcheren/> (geraadpleegd op 25 april 2024).

groter worden zullen ook de buitendelta's in omvang toenemen, totdat deze uiteindelijk samengroeien tot een ondiep kustgebied, gekenmerkt door ondiepe vlakten met daarop zandbanken en doorsneden door getijgeulen. De ligging en de breedte en diepte van de getijdengeulen lijken tot op zekere hoogte bepaald te zijn door de aanwezigheid van erosie-resistente kleilagen en van geconsolideerd zand in de ondergrond van de Voordelta (Hijma, 2017).

Tot in de Romeinse tijd stroomde de Schelde als relatief kleine rivier uit in de toenmalige kustzone, waarvan overigens niet bekend is hoe deze eruit zag. Figuur 5-1, situatie 100 AD, toont naast de Scheldemonding een drietal (kleine) intergetijdengebieden. Dit suggereert dat de toenmalige kustzone kleiner en veel minder aaneengesloten is geweest dan de huidige Voordelta. Zeker is wel dat de riviermonding een strategische betekenis had, omdat ten zuiden van die monding overblijfselen van een tweetal Romeinstijdige heiligdommen zijn gevonden (ter hoogte van Colijnsplaat en voor Domburg), in verband met de handelsvaart op Engeland in die periode. Ook wordt aangenomen dat op de noordoever van de Romeinse Schelde (nu in de monding van de huidige Oosterschelde ter hoogte van het voormalige werkeiland Roggenplaat) 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).

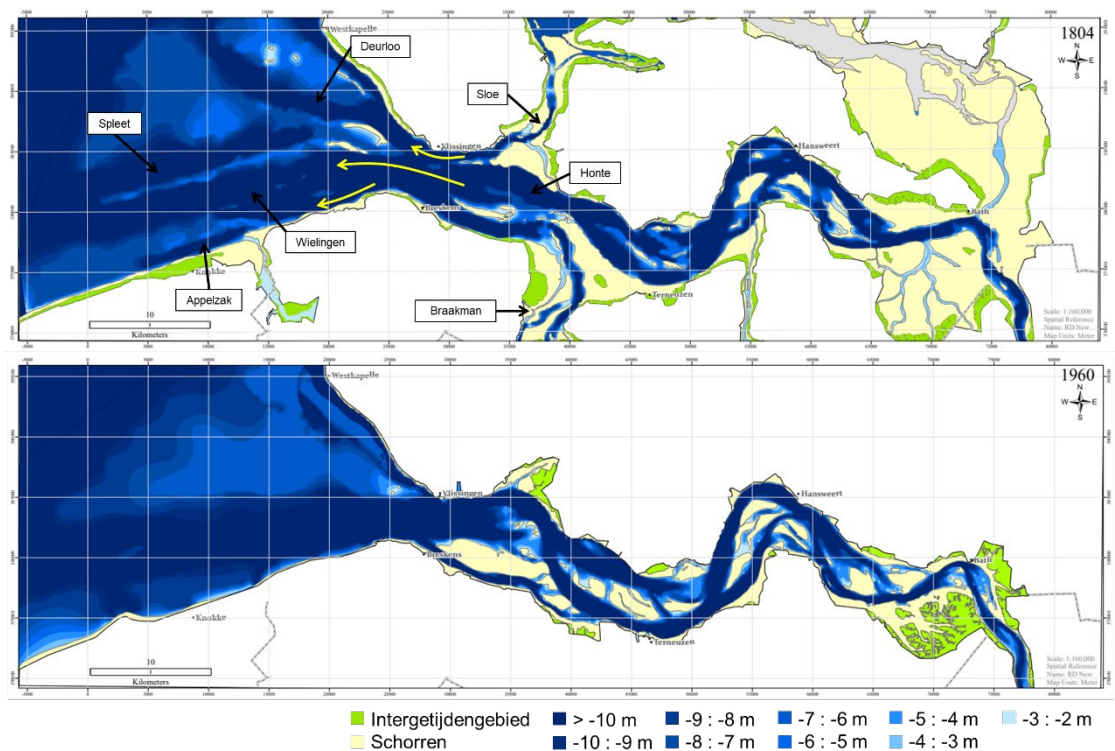
Door de overstromingen na de 4e eeuw en de daarmee gepaard gaande uitbreiding van de getijdensystemen moet de Voordelta al in de middeleeuwen een omvang hebben gehad die vergelijkbaar is met de huidige. Zeker in de 13e eeuw is er export van sediment uit het Oosterschelde bekken, naar het gebied van de huidige Voordelta (Beekman, 2007). Tot in de 16e eeuw nam het getijdenvolume geleidelijk toe, vanaf de tweede helft van de 16e eeuw nam het getijdevolume snel toe door verlies aan buitendijks- en polderland, gepaard gaand met oevervallen, en erosie van intergetijdengebieden. Het ging in totaal om duizenden hectaren (De Bruin & Wilderom, 1961; Wilderom, 1968; Beekman, 2007). Het steeds verder toenemende getijdenvolume van de Oosterschelde (meer dan 50% toename sinds 1530; Van den Berg, 1986) transporteerde een groeiend volume sediment vanuit het bekken naar de buitendelta. Tegen het eind van de 16e eeuw moet de zandplaat "De Banjaard" (zie Figuur 6-4 voor de hedendaagse ligging) wel 15x15 km (ruim 22.000 ha) groot zijn geweest, terwijl deze niet of nauwelijks werd doorsneden door geulen (Beekman, 2007).

Het ontstaan van de Westerschelde en zijn monding in de vroege middeleeuwen hangt nauw samen met de ontwikkelingen in het Vlaamse kustgebied. De Honte is van oorsprong een afwateringsgeul van het veengebied in het oostelijk deel van de huidige Westerschelde, die naar het noorden richting de Oosterschelde stroomde. Er was op dat moment geen directe verbinding met zee, de kust was nog gesloten. In de 4e eeuw overstroomde de kustvlakte, waarbij in het mondingsgebied eilanden ontstonden. Het Zwin is aanvankelijk de belangrijkste zeearm in het gebied, de Honte neemt deze rol geleidelijk aan over. Tussen 1000 en 1200 ontwikkelt de Honte zich over zijn gehele lengte, waarbij het zeegat verruimt. In de daarop volgende eeuwen schuren geulen verder uit, terwijl elders platen aangroeien waardoor het geulpatroon in het gebied verandert. Tegelijkertijd breidde het bekken zich verder uit. Stormvloed en speelden hierbij een belangrijke rol. Zo ontstond en groeide de Braakman door overstromingen aan het eind van de 14e eeuw. De militaire inundaties tijdens de Tachtigjarige Oorlog bevorderden erosie en vergrootten de getijdebieden vanaf het laatste kwart van de 16e eeuw.

De eerste kaarten van het mondingsgebied van rond 1500 (bv. Figuur 5-1) laten een landschap zien dat bestaat uit (droge) kernen omringt door op- en aanwassen en doorsneden door een netwerk van getijgeulen. Latere kaarten laten zien dat de monding sinds de 16e eeuw verbreedt en verdiept, waarbij eilandresten werden opgeruimd en alleen ondiepe zandbanken overbleven. De Westerschelde bereikte in de eerste helft van de 17e eeuw (waarschijnlijk) zijn grootste omvang.

De grootschalige morfologie van de Westerscheldemonding is sinds het einde van de 16e eeuw niet significant veranderd: de (hoofd)geulen en platen liggen nog steeds min of meer op dezelfde plaats. Wel zijn hun dimensies in de loop van de tijd veranderd. Het zuidelijke deel

van het mondingsgebied is relatief diep, alle grote en diepe geulen liggen hier. De strekking van de geulen en banken is westzuidwest-oostnoordoost. Het noordelijke deel van de monding omvat grote ondieptes. De strekking van geulen en banken is hier van westnoordwest naar oostzuidoost, vrijwel haaks op de andere geulen. De ontwikkeling van het mondingsgebied is vanaf ca. 1800 goed te volgen (Figuur 5-2). Op de kaart van Beautemps-Beaupré (de eerste kaart gebaseerd op gedetailleerde hydrografische opnamen van het gebied en betrouwbare plaatsbepaling, Appendix C) zien we vanuit het zeegat 3 ebgeulen komen, een grote centrale ebgeul, een geul onder de kust van Zeeuws-Vlaanderen en een geul direct onder de kust van Walcheren. Deze geul komt uit het Sloe en wordt door een zandplaat vrijwel geheel gescheiden van de centrale ebgeul, hij maakt connectie met de Deurloo en het Oostgat. Vanuit zee lopen er 3 vloedgeulen richting het zeegat, de Wielingen, de Spleet ten noorden daarvan en de Appelzak langs de Vlaamse kust. Daar waar eb- en vloedgeulen elkaar ontmoeten ontstaat een typische interactie waarbij de geulen elkaar vermijden en drempels vormen³. In de periode na 1800 breiden de geulen zich verder uit, de ebgeulen zeewaarts, de vloedgeulen landwaarts. De interactie van de eb- en vloedgeulen bepaalt in belangrijke mate de ontwikkeling van de monding. De centrale ebschaar breidt steeds verder naar het westen uit, waardoor de aangrenzende geulen en banken naar het noorden opschuiven. De Wielingen breidt verder naar het oosten, richting zeegat, uit waarbij de zandbanken in de geul tot een langgerekte bank samensmelten. Rond 1900 lijkt de Wielingen een ebgedomineerde geul geworden te zijn die daarna alleen maar groter en dieper wordt. De aanleg van de havendam van Zeebrugge in het begin van de 20e eeuw creëert luwte aan zijn oostzijde, met aanzanding tot gevolg. In de jaren '30 van de vorige eeuw is de Wielingen een grote, diepe geul waaruit de banken vrijwel verdwenen zijn. De Geul van de Walvischstaart breidt verder naar het noorden uit en maakt uiteindelijk contact met de Deurloo.



Figuur 5-2. Morfologie van de Westerschelde en zijn mondingsgebied in 1804 en 1960. (Bron: Beyaard, 2022).

³ zie Van Veen, J., 1950. Eb- en vloedschaar systemen in de Nederlandse getijdewateren. Tijdschrift Kon. Nederlands Aardrijkskundig Genootschap 67, 303-325, voor een verdere uitleg.

5.3 Bodemdaling en zeespiegelstijging

In Nederland wordt de ligging van het maaiveld en de waterbodem gerelateerd aan het Normaal Amsterdams Peil (NAP). Er zijn momenteel 6 NAP-merken, allemaal gelegen in Midden-Nederland, die als stabiel worden verondersteld en alle andere NAP-merken zijn opgehangen aan deze punten. De laatste landelijke aanpassing van de primaire NAP-merken vond plaats in 2004 na de 5^e nauwkeurigheidswaterpassing (1996-1999). Ook de jaarlijks gemiddelde zeespiegelstand langs de Nederlandse kust wordt in NAP uitgedrukt; de laatste jaren stond de zee gemiddeld net onder de 0,10 m NAP (Stolte et al., 2023).

Metingen laten zien dat de bodem van Nederland in beweging is, waarbij sommige delen omhoog komen en andere delen juist dalen. De laatste jaren zijn verschillende overzichtskaarten voor bodembeweging langs de Nederlandse kust gepresenteerd binnen de [Bodemdalingsmonitor](#) (Hijma, 2022). De kaarten zijn vooral gemaakt met het oog op het vaststellen van de bijdrage van bodembewegingen aan relatieve zeespiegelstijging in Nederland en maken het ook mogelijk om bodembewegingsvolumes uit te rekenen. Deze volumes geven inzicht in hoeveel sedimentbehoefte er potentieel is in het kuststelsel als gevolg van bodembewegingen. De kaarten maken onderscheid in geologische en antropogene bodemdaling (Tabel 5-1), uitgesplitst naar de laatste 100, laatste 30 en komende 30 jaar⁴. Hierbij wordt geen rekening gehouden met sedimentatie, het betreft feitelijk de bodembeweging van de top van de Pleistocene afzettingen. Dit betekent dat de verwachte bodemdaling niet gelijk is aan de feitelijke veranderingen aan het maaiveld of de waterbodem. Indien bijvoorbeeld 5 cm bodemdaling optreedt van de top van het Pleistoceen, maar er wordt ook 5 cm zand afgezet, dan is er geen verandering waarneembaar in de ligging van het maaiveld of waterbodem. Wel is dan het bodemdalingsvolume bekend dat is opgevuld met sediment.

De verwachte bodemdaling is gebaseerd op gepubliceerde modelberekeningen en kent een relatief grote mate van onzekerheid (+/- 50%), al worden de modelresultaten wel vergeleken met gemeten trends in bodemdaling in de laatste decennia. Er wordt momenteel gewerkt aan de verbetering van de monitoring van bodembeweging langs de Nederlandse kust om de bestaande onzekerheden te verkleinen, waarbij Global Navigation Satellite System (GNSS)-data een steeds grotere rol gaat spelen (Nougues, 2022).

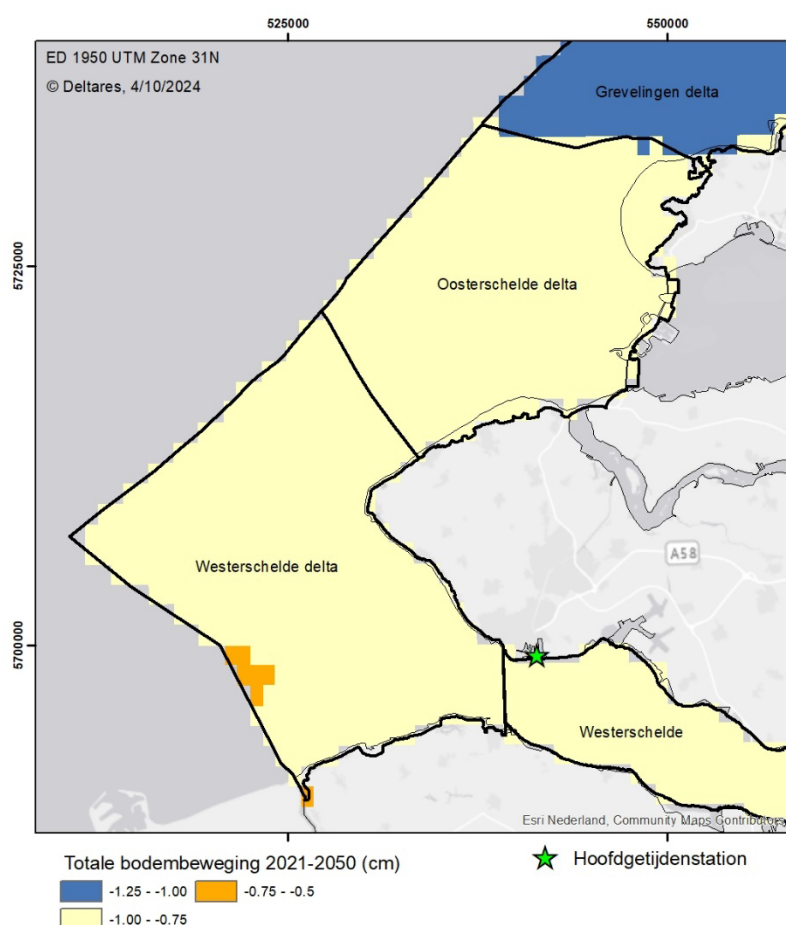
Tabel 5-1. De belangrijkste componenten van bodembeweging in Nederland.

Hoofdoorzaak	Oorzaak	Beschrijving
Geologische bodembeweging	Tektoniek (< 1 cm/eeuw)	Daling of opheffing die wordt veroorzaakt door spanningen in de ca. 100 km dikke Euraziatische aardplaat waar Nederland deel van uitmaakt. De spanningen hangen samen met het naar elkaar toe bewegen van de Afrikaanse en Euraziatische aardplaat en het uit elkaar drijven van Europa en Noord-Amerika. Walcheren en Noord-Beveland liggen net ten zuiden van het kantelpunt tussen tektonische daling (noorden) en opheffing (zuiden). De verticale tektonische beweging is daarom zeer beperkt, maar zal lichtjes stijgend zijn (rond 1 mm/eeuw).
	Isostasie (2-6 cm/eeuw)	Daling die samenhangt met het terugbuigen van de aardplaat in Noordwest Europa door het afsmelten van de grote ijskappen die in de laatste glaciële periode op Groot-Brittannië en Scandinavië rustten. Bij het ontstaan van de ijskappen werd de aardplaat onder het gewicht van het vele ijs doorgedrukt en in een rand daarom heen kwam de aardplaat juist omhoog. Het proces van herstel (terugbuigen) is nog gaande, en omdat Nederland op de omhoogkomende rand lag daalt Nederland. Voor Walcheren en Noord-Beveland gaat het om een daling van 2-3 cm/eeuw.
Antropogene bodemdaling	Olie-/gaswinning (cm-dm per eeuw)	Daling aan het maaiveld die wordt veroorzaakt door de drukverlaging in olie- of gasvelden en die zorgt voor samendrukking van de betreffende lagen.
	Zoutwinning (cm-dm per eeuw)	Daling die wordt veroorzaakt door de lage druk in de cavernes die ontstaan door het winnen van zout. De cavernes worden langzaam dichtgedrukt en zorgen voor inzakking van bovenliggende lagen.

⁴ De kaarten worden gemaakt binnen het *Bodemdalingsmonitor*-programma van B&O Kust en zullen om de zoveel jaar geactualiseerd worden. Actualisaties zullen nodig zijn als bijvoorbeeld modellen voor het berekenen van geologische bodembeweging geoptimaliseerd worden n.a.v. nieuwe inzichten of winningsplannen veranderen.

Grondwaterwinning (cm-dm per eeuw)	Daling die wordt veroorzaakt door de waterdrukverlaging in de bodemlagen in de omgeving van de winning waardoor de laag waaruit wordt gewonnen, maar ook boven en/of onderliggende lagen, worden samengedrukt.
Peilbeheer (cm-dm per eeuw)	Daling die samenhangt met periodische aanpassing/verlaging (t.o.v. NAP) van het waterpeil in sloten en vaarten in gebieden met maaiveldaling om een gewenste drooglegging (verschil tussen maaiveld en waterpeil) te handhaven.
Zetting (cm-dm per eeuw)	Daling onder invloed van extra gewicht dat op het maaiveld (of waterbodem) wordt aangebracht door de mens en waardoor lagen in de ondergrond worden samengedrukt.

De kaart in Figuur 5-3 is afgeleid van de landelijke kaarten voor bodembeweging langs de Nederlandse kust (Hijma, 2022) en toont de verwachte totale bodemdaling tussen 2021 en 2050, waarbij is ingezoomd op de omgeving van Walcheren en Noord-Beveland. In het gebied vindt geen winning van delfstoffen plaats en ook de invloed van de andere componenten van antropogene bodemdaling is afwezig. De bodemdaling wordt langs de kust van Walcheren en Noord-Beveland daarom volledig veroorzaakt door geologische bodembewegingen. In dit deel van het kustfundament gaat deze beweging relatief langzaam en de verwachte bodemdaling bedraagt slechts 0.75-1.00 cm in de komende 30 jaar.



Figuur 5-3. Totale bodembeweging voor de periode 2021-2050 met de relevante deelgebieden (naar Hijma, 2022). Omdat de geologische bodembeweging constant is op tijdschalen van eeuwen, zijn de getallen voor de afgelopen en komende 30 jaar identiek. Ter vergelijking: de huidige trend van relatieve zeespiegelstijging is 2.9 mm/jaar (Deltares, 2023), oftewel 9 cm in 30 jaar. Deze trend omvat de geologische bodemdaling, die dus ongeveer 10% bijdraagt aan de relatieve zeespiegelstijging.

Tabel 5-2 geeft voor deelgebieden Westerschelde, Westerschelde en Oosterschelde Delta de bodemdalinggetallen voor de afgelopen en komende 30 jaar. Omdat de geologische bodembeweging constant is op tijdschalen van eeuwen, zijn de getallen voor de afgelopen en

komende 30 jaar identiek. Ter vergelijking: de huidige trend van relatieve zeespiegelstijging is 2.9 mm/jaar (Deltares, 2023), oftewel 9 cm in 30 jaar. Deze trend omvat de geologische bodemdaling, die dus ongeveer 10% bijdraagt aan de relatieve zeespiegelstijging.

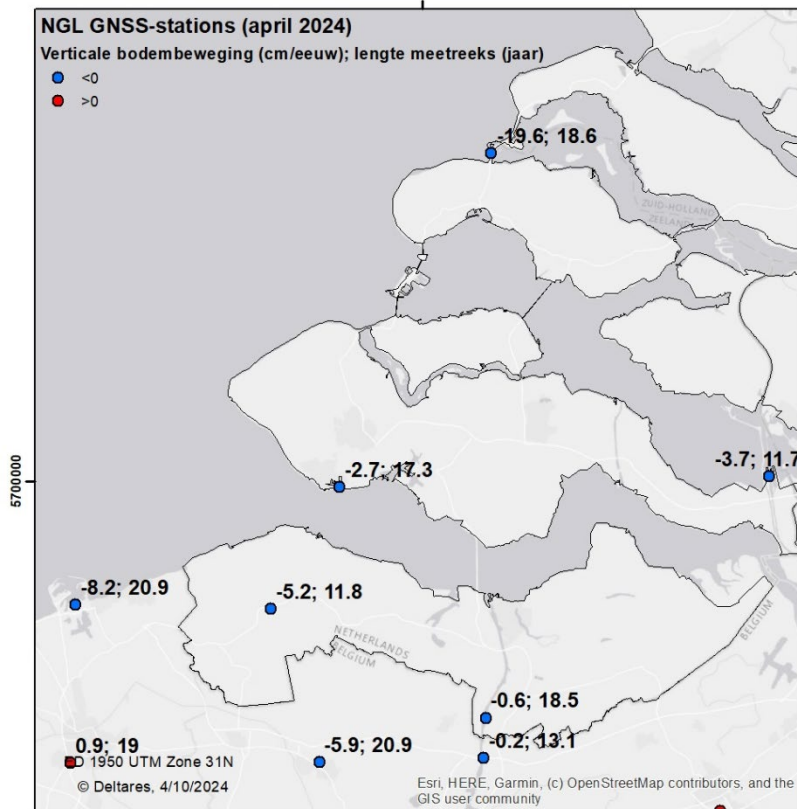
Tabel 5-2 Bodembewegingsgetallen voor de deelgebieden in Figuur 5-3 (deze zijn aangepast ten opzichte van Hijma & Kooi (2018); zie dat rapport voor onderbouwing van de berekende onzekerheden, zie Hijma (2022) voor de laatst gerapporteerde bodemdalingsvolumes).

Deelgebieden per periode	Gemiddelde geologische bodembeweging (cm)	Gemiddelde bodembeweging door winning van olie, gas en zout (cm)	Gemiddelde bodembewegings-snelheid (cm/jaar)	Totale bodemdalingsvolume ± onzekerheid (Mm ³)	Totale bodemdalingsvolume ± onzekerheid (Mm ³ , gem. per jaar)
<i>1991-2020</i>					
Westerschelde	-0.74	0	-0.02	1.77 ± 0.83	0.059 ± 0.031
Westerschelde Delta	-0.78	0	-0.02	3.03 ± 1.59	0.101 ± 0.053
Oosterschelde Delta	-0.85	0	-0.03	2.91 ± 1.47	0.097 ± 0.049
<i>2021-2050</i>					
Westerschelde	-0.74	0	-0.02	1.77 ± 0.83	0.059 ± 0.031
Westerschelde Delta	-0.78	0	-0.02	3.03 ± 1.59	0.101 ± 0.053
Oosterschelde Delta	-0.85	0	-0.03	2.91 ± 1.47	0.097 ± 0.049

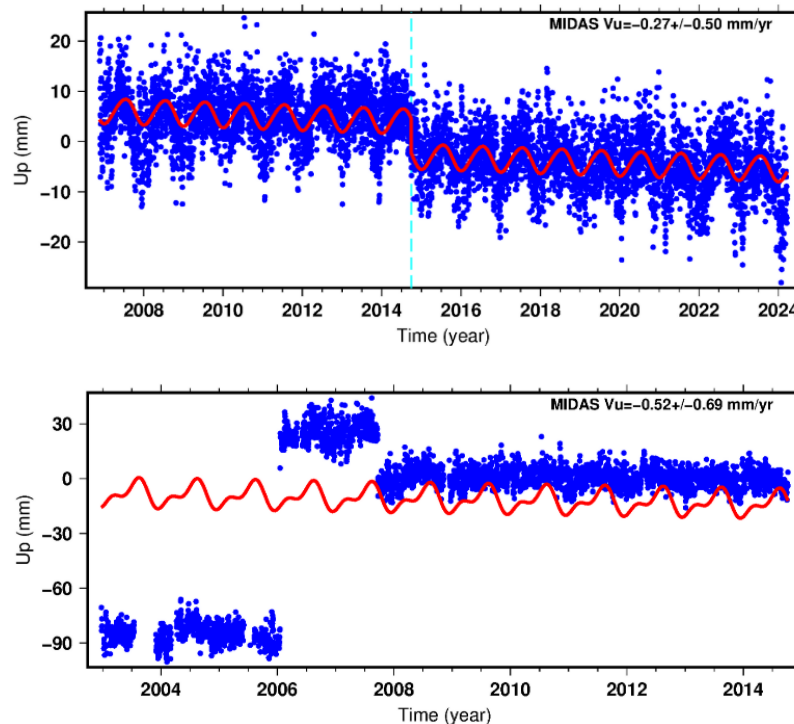
In de omgeving van Walcheren en Noord-Beveland staan ook GNSS-stations die nauwkeurige hoogtemetingen doen. Belangrijke vragen daarbij zijn altijd wel hoe diep de stations gefundeerd staan en welke bodemdaling ze dus feitelijk meten. Dat is voor vrijwel alle stations echter helaas onbekend (Nougues, 2022). Daarnaast is het essentieel dat aanpassingen aan het station, bijvoorbeeld aanpassingen aan de antenne, goed gedocumenteerd zijn.

Figuur 5-4 laat de GNSS-stations in en rondom het aandachtsgebied zien met een meetreeks langer dan 10 jaar: omdat bodembewegingssnelheden laag zijn, is een lange meetreeks nodig om een eventuele trend met enige zekerheid vast te stellen. De data zijn afkomstig van het Nevada Geodetic Laboratory (NGL; <http://geodesy.unr.edu/>). Op basis van de gemodelleerde geologische bodembeweging voor de *Bodemdalingsmonitor* worden snelheden van 2-3 cm/eeuw verwacht (zie ook vierde kolom in Tabel 5-2). Dit sluit goed aan bij de door NGL berekende bodemdalingstrend voor Vlissingen van 2.7 cm/eeuw, maar de overige GNSS-stations laten behoorlijk wisselende snelheden zien. Een gedetailleerde analyse van elk station, inclusief de funderingsdiepte en gedane aanpassingen aan antenne en meetapparatuur, zal nodig zijn om deze verschillen te kunnen verklaren. Dit valt buiten de scope van deze beheerbibliotheek. Figuur 5-5 laat de GNSS-data zien voor de stations bij Vlissingen en Oostburg (Zeeuws-Vlaanderen). Vlissingen daalt met een constante snelheid, NGL corrigeert de trend voor de aanpassing in hoogteligging van de antenne eind 2014. Dit station zit vastgemaakt aan hoofdgetijdenstation Vlissingen, waarvan de waterstandsmetingen gebruikt worden voor de Zeespiegelmonitor (Stolte et al., 2022). Het station wordt beheerd door Kadaster en aanpassingen worden daarom goed gedocumenteerd en ingemeten. Bij Oostburg zijn in het verleden grote aanpassingen verricht aan de hoogteligging van de antenne, waardoor de achterliggende bodemdalingstrend moeilijk nauwkeurig te bepalen is. De bepaalde trend in Vlissingen wordt daarom betrouwbaarder geacht.

Samengevat: de geologische bodemdaling in het gebied rondom Walcheren en Noord-Beveland heeft een snelheid van 2-3 cm/eeuw en is voor Nederland relatief beperkt. Er komt geen bodemdaling door delfstofwinning voor in het gebied.



Figuur 5-4 – Kaart van omgeving van Walcheren en Noord-Beveland met bij ieder GNSS-station de bodemdaling in cm/eeuw. Er worden alleen stations getoond met een meetreeks langer dan 10 jaar. De data is afkomstig van het Nevada Geodetic Laboratory (NGL).



Figuur 5-5 – GNSS-data van station Vlissingen (boven, station VLIS, data gedownload op 10-4-2024 van <http://geodesy.unr.edu/NGLStationPages/stations/VLIS.sta>) en station Oostburg (onder, OOS1, data gedownload op 10-4-2024 van <http://geodesy.unr.edu/NGLStationPages/stations/OOS1.sta>). De blauwe punten zijn de metingen, de rode lijn de door NGL bepaalde trendlijn.

6 Beschrijving van het morfologisch systeem

6.1 Hoofdlijnen van het morfologisch gedrag

Het kustvak Noord-Beveland is begrensd door de Oosterscheldekering in het noordoosten en de Veerse Gatdam in het zuidwesten. Kustvak Walcheren strekt zich van de Veerse Gatdam tot Vlissingen. De morfologische veranderingen van de kust van Walcheren en Noord-Beveland worden voornamelijk veroorzaakt door de migratie van geulen en banken. De aanleg van de Stormvloedkering heeft het gedrag van de Oosterscheldemonding, en de aangrenzende kusten, duidelijk veranderd.

In de volgende paragrafen wordt een beknopt overzicht gegeven van de morfologische ontwikkelingen van de Westerschelde- en Oosterscheldemonding, de aangrenzende kust en de kust van Walcheren buiten deze invloedsfeer. Deze ontwikkelingen staan uitgebreid beschreven in Elias & Van der Spek (2015), Quataert & Elias (2022) en Elias et al. (2023).

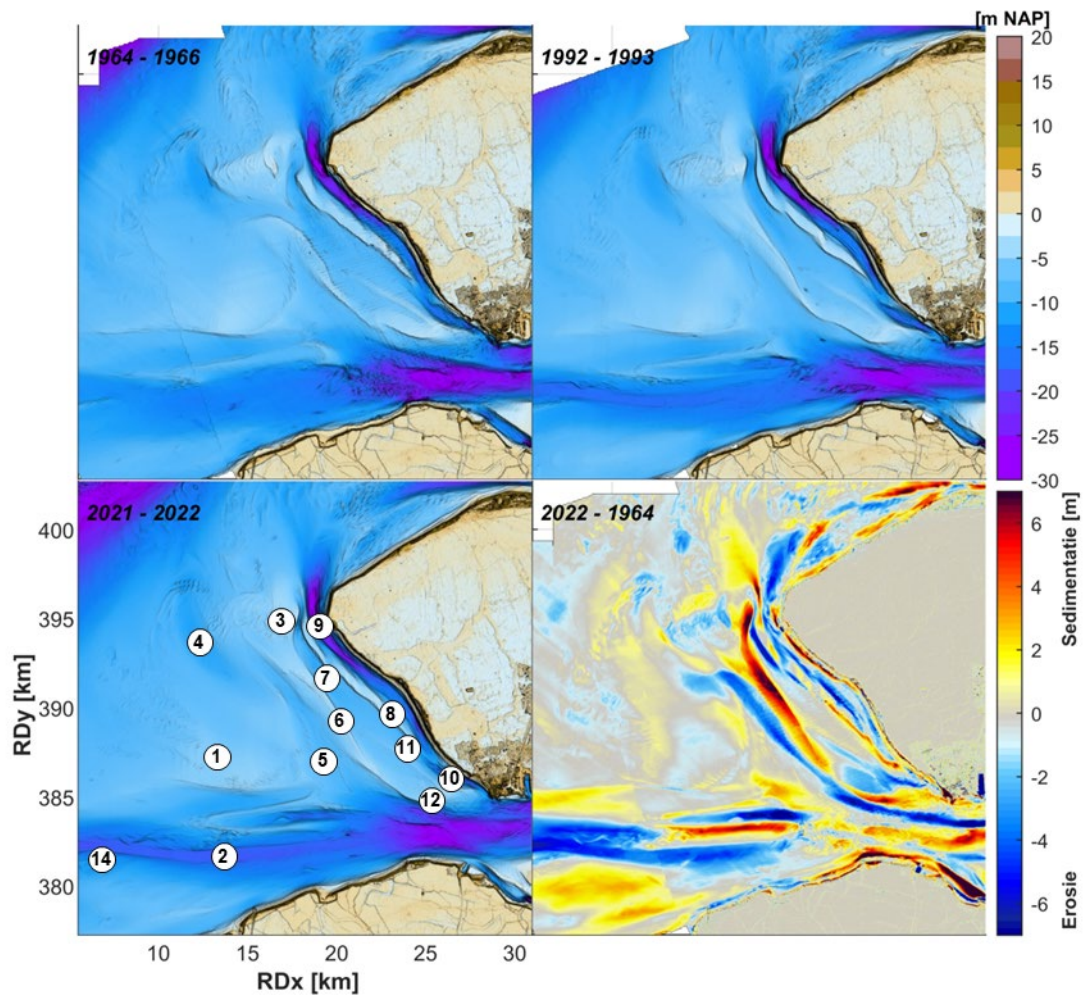
6.2 Westerscheldemonding

6.2.1 Algemene kenmerken

De Westerscheldemonding strekt zich uit van het eiland Walcheren in het noorden tot de Belgische kustwateren in het zuiden (Van Enckevoort, 1996). De zuidelijke morfologische begrenzing is niet duidelijk vastgesteld, omdat ten zuiden van de monding van de Wielingen de kustzone samenvalt met de Vlaamse Banken, een gebied met ondiepe kustparallele zandruggen, gescheiden door diepe troggen (Van Cauwenberghe, 1971). De lijn Vlissingen-Breskens vormt de grens tussen de monding en het estuarium.

De Westerscheldemonding bestaat uit de hoofdgeul Wielingen, het uitgestrekte subgetijdengebied de Vlakte van de Raan in het noorden en een dynamisch stelsel van getijdegeulen en banken langs de zuidwestelijke kust van Walcheren (Figuur 6-1). In de hedendaagse situatie bevinden zich drie parallelle geulen langs de zuidwestelijke kust van Walcheren: Oostgat, Geul van de Rassen-Deurloo Oost en Deurloo-West-Walvischstaart, welke worden gescheiden door twee bankcomplexen, namelijk het Bankje van Zoutelande en het bankencomplex Rassen-Elleboog-Nolleplaat dat in 1964 nog uit afzonderlijke platen bestond.

Figuur 6-1 laat zien dat de Geul van de Walvischstaart zich in de tijd verdiepte en verlengde, terwijl de positie van het Oostgat tamelijk stabiel is. De stabiliteit van het Oostgat is deels het gevolg van het voorkomen van Tertiaire en Pleistocene erosiebestendige lagen in de geulwand, de zuidwestelijke bodem van Walcheren (Van der Spek, 1997). Ook in de ondergrond van de Vlakte van de Raan en de Wielingen bevinden zich erosieresistente lagen die bijdragen aan hun stabiliteit (Van der Spek, 1997; Van der Vegt et al., 2021).



1. Vlake vd Raan	5. Geul vd Walvischstaart	9. Oostgat
2. Wielingen	6. Elleboog	10. Sardijngeul
3. Rassen	7. Geul vd Rassen	11. Deurloo-Oost
4. Deurloo-West	8. Bankje van Zoutelande	12. Nolleplaat

Figuur 6-1. De bodemhoogte van de Westerscheldemonding op basis van de data uit 1964-1966, 1992-1993 en 2021-2022 en het verschil in bodemhoogte tussen de 1964-1966 en de 2021-2022 kaarten. De eilanden zijn opgevuld met het AHN4.

6.2.2 Grootschalige morfologische ontwikkelingen

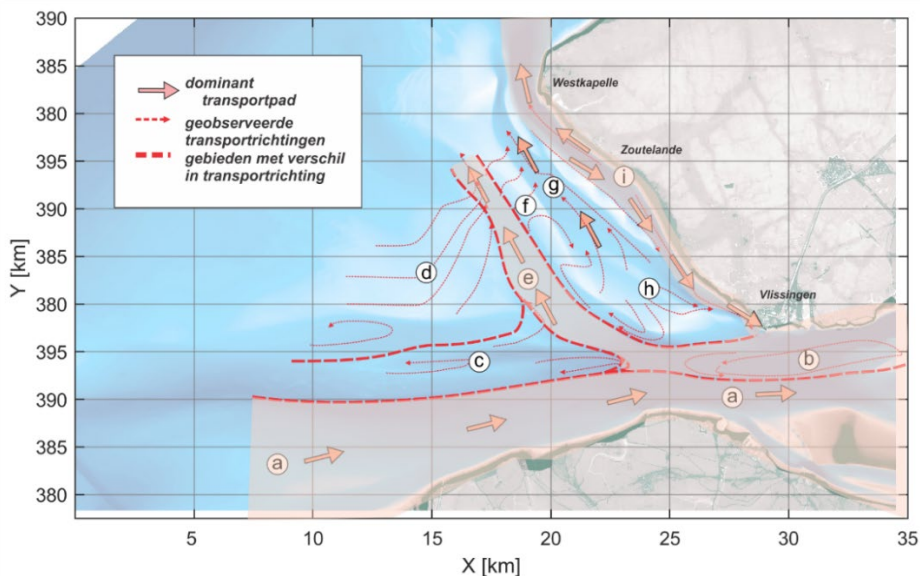
Elias et al. (2023) vatten de morfologische ontwikkeling van de Westerscheldemonding samen. De hedendaagse indeling van de monding ontstond ongeveer een eeuw geleden toen de Deurloo, een derde geul die de grote sublitorale plaat Vlake van de Raan doorsneed, verzandde. Het twee-geulen stelsel bleef 45 jaar bestaan. De vorming van dit twee-geulen stelsel had een belangrijke invloed op de morfodynamische processen in het noordelijk deel van de buitendelta, waar de belangrijkste banken en het Oostgat allemaal noordwaarts draaiden of landwaarts verplaatsten (Van Enkevoort, 1996, Van der Slikke, 1998). Met toenemende afvoer verdiepte de Wielingen en droeg daarmee bij aan de erosie van de kustlijn van Zeeuws-Vlaanderen.

Elias et al. (2016) berekenden het sedimentbudget van het Nederlandse deel van de monding en kwamen op een sedimentverlies van 0,8 miljoen m³/jaar in de periode 1965-2010 en een verlies van 1,2 miljoen m³/jaar tussen 1980 en 2010.

Elias & Van der Spek (2015) schatten het volumeverlies van de gehele Westerscheldemonding, inclusief het Belgische deel, tussen de 200 en 278 miljoen m³ in de periode 1980-2010. Rond de haven van Zeebrugge werden grote morfodynamische

veranderingen waargenomen. De uitbreiding van de havendammen tot een lengte van 4 km (1972 – 1986) resulteerde in grootschalige erosie rond de dammen en de verdieping van de toegangsegul resulteerde in een sedimentverlies van bijna 50 miljoen m³. De verdieping van de Wielingen had geen directe impact op het sedimentbudget, aangezien de gebaggerde volumes langs de gul werden gestort. Langs het zuidwesten van Walcheren hebben zich aanzienlijke morfodynamische veranderingen voorgedaan (Figuur 6-1), voornamelijk veroorzaakt door de migratie van geulen en banken. Het Oostgat wordt geleidelijk dieper over de gehele lengte en zijn zeewaartse deel van de westelijke punt van Walcheren breidt zich uit in noordelijke richting. Deze gul in de nabijheid van de kust heeft geresulteerd in kust- en gulwandering en veelvuldige zandsuppleties van de aanliggende stranden en gulwanden. Ondanks de grote bruto morfodynamische veranderingen van bijna 170 miljoen m³ tussen 1967 en 2011 is de netto aangroei van 17 miljoen m³ klein en vrijwel gelijk aan het zand dat aan de kust is toegevoegd door suppleties. De gulwandsuppleties hebben de vooroever gestabiliseerd en de as van de gul zeewaarts verplaatst (Nederbragt en Koomans, 2006; Dekker, 2012).

In de studie van Elias et al. (2021) zijn SedTRAILS analyses uitgevoerd om sedimenttransportstromen rond het Bankje van Zoutelande in kaart te brengen. Figuur 6-2 geeft een conceptuele beschrijving van de werking van het sedimenttransportsysteem van de Westerscheldemonding.



Figuur 6-2. Een conceptuele beschrijving van de jaargemiddelde sedimenttransporten op de Westerscheldemonding. Bron: Elias et al. (2021).

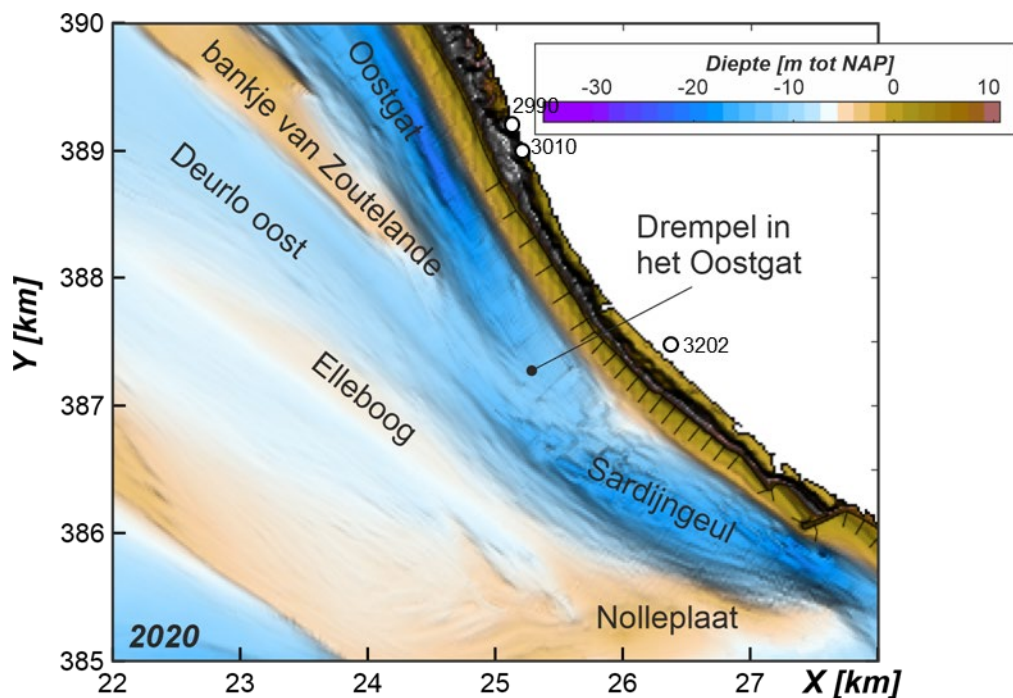
Rijkswaterstaat is voornemens om een kustfundamentsuppletie in de monding van het Schelde-estuarium aan te leggen om 1) de kennis van suppleren in buitendelta's te vergroten, 2) kennis te ontwikkelen van de lokale effecten op waterbeweging, morfologie en ecologie als gevolg van een suppletie, 3) deze kennis te gebruiken om grootschalige modellen te verbeteren om vraagstukken zoals de effecten van zeespiegelstijging beter te kunnen beantwoorden. Uit een studie van Van der Werf et al. (2021a) kwam het gebied langs de zuidelijke rand van de Vlakte van de Raan, ten noorden van de getijgeul Wielingen, naar voren als voorkeurzone. Van der Werf et al. (2021b) heeft vervolgens een variantenstudie gedaan naar mogelijke suppletievarianten. Uit een variantenstudie door Van der Werf et al. (2021b) volgt de voorkeur voor twee ronde suppleties langs de zuidelijke rand van de Vlakte van de Raan, waarvan één in het westen van de gul Spleet en één in de ebschaar.

6.2.3 Morfologische ontwikkeling van de kustlijn

De kust van Walcheren tussen de Westkappelse Zeedijk en Vlissingen wordt beschermd door strandhoofden (Paragraaf 4.2.1). Deze strandhoofden, waarvan de aanleg begon in 1856, waren in staat om de kustlijn terugtrekking ten gevolge van de landwaartse migratie van het Oostgat aanzienlijk te verminderen. Naast het Oostgat ligt de Sardijngeul voor de kust van Walcheren. Ter plaatse van de overgang van het Oostgat naar de Sardijngeul ligt een

drempelgebied (Figuur 6-3). Deze drempel ligt ter hoogte van Jarkus raaien 3110 – 3215, en wordt regelmatig gebaggerd om deze op diepte te houden ten behoeve van de scheepvaart. Vóór 2014 werd de Sardijngeul reactief onderhouden (wanneer nodig), en sinds 2014 wordt de vaargeul proactief gebaggerd (jaarlijks). Iedere keer wordt ca. 200.000 m³ gebaggerd en verspreid in het kuststelsel, met name nabij de Westkappelse Zeedijk (zie ook H7). Zeewaarts van de geulen ligt een complex gebied van banken en ondiepe geulen. Ten noorden van het drempelgebied, naast het Oostgat strekt het Bankje van Zoutelande zich uit tot ongeveer Westkapelle. Ten zuiden van het drempelgebied ligt het bankengebied van de Nolleplaat waar ook een klein langgerekte bankje Elleboog ligt. Tussen deze twee banken ligt een ondiepe geul Deurloo oost met een NW-ZO oriëntatie. Ook het Deurloo-Oost komt op het drempelgebied uit waardoor er op de drempel 3 geulen samenkomen.

Niettemin maakte de doorgaande migratie van het Oostgat uitgebreide beschermings- en onderhoudsmaatregelen van de strandhoofden nodig, terwijl langs de kust regelmatig zandsuppleties nodig waren om de stranden te onderhouden (Quataert & Elias, 2022). Monitoring van de strandhoofden vindt continu plaats. Aanvankelijk werd onderhoud gedaan door vervanging en toevoeging van steenbestorting, maar sinds 2005 worden de strandhoofden met name onderhouden middels geulwand- en strandsuppleties. De geulwandsuppleties zijn tot op heden nog niet uitgevoerd bij Dishoek, maar wel ten noorden in het Oostgat, westelijk van Zoutelande.



Figuur 6-3. Een detailweergave van het gebied rond de Drempel in het Oostgat. Bron: Quataert & Elias (2022).

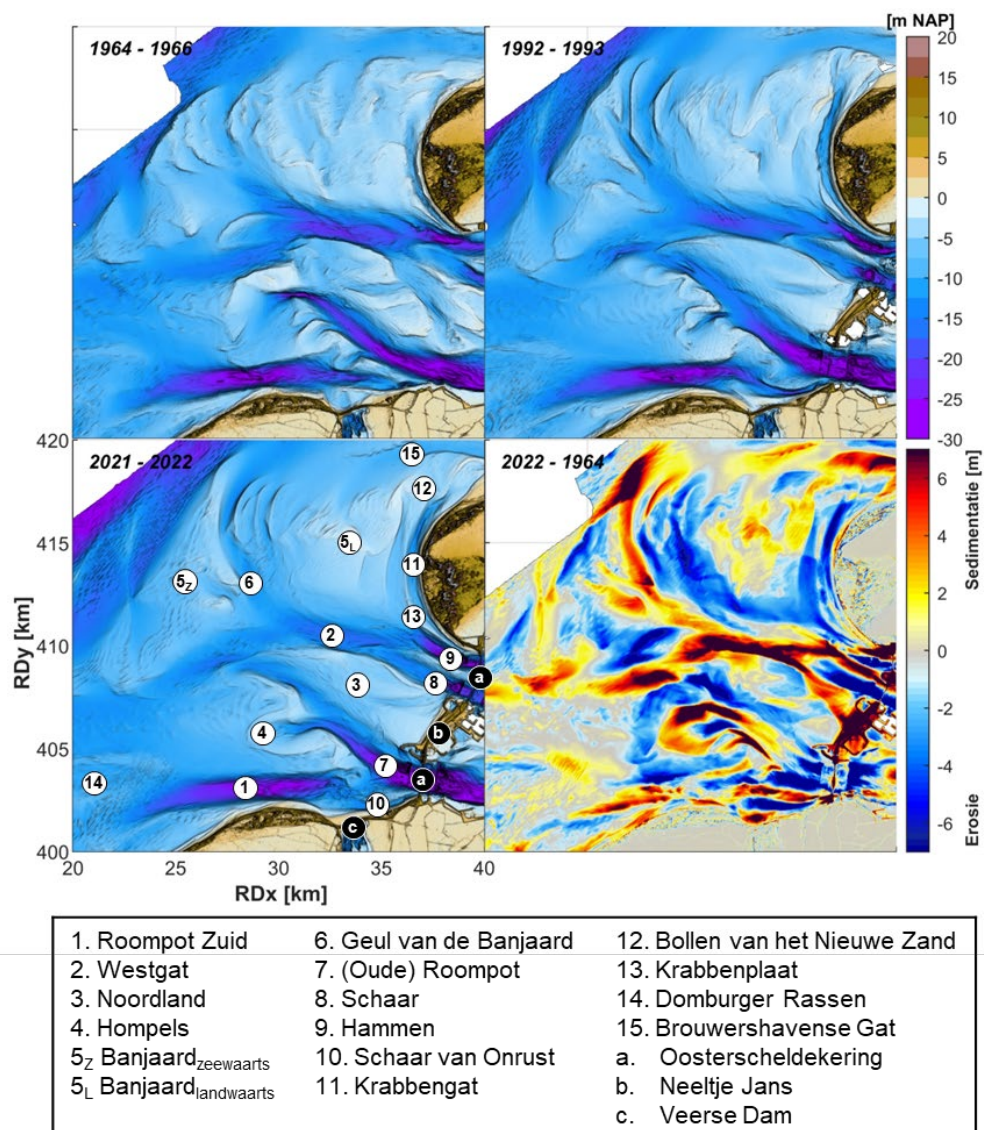
6.3 Oosterscheldemonding

6.3.1 Algemene kenmerken

De Oosterscheldemonding strekt zich uit tussen de (voormalige) eilanden Walcheren-Noord-Beveland en Schouwen. Figuur 6-4 laat het complexe patroon van meerdere geulen en banken van de Oosterschelde buitendelta zien. In het noorden is de Oosterschelde buitendelta begrensd door een ondiep gebied, de Banjaard. De Banjaard plaat is doorsneden door kleinere geulen. De hoofdgeulen Hammen en Schaar liggen ten noorden van Neeltje Jans, waar zich o.a het bediengebouw van de Oosterschelde Stormvloedkering, het J.W. Topshuis, bevindt. 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 doorsnijdt, zoals de naam al aangeeft, 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 westnoordwesten en heet Oude Roompot. Deze geul heeft een uitstroming naar het Westgat. Kleine zijtakken hebben voorliggende vloedschildjes gevormd naar het zuidwesten, dit gebied heet de Hompels. Lokaal hebben deze geulen dieptes van meer dan 20 m t.o.v. NAP. De ontgrondingskuilen nabij de Oosterscheldekering hebben lokaal een diepte van meer dan 50 m t.o.v. NAP.

De Oosterscheldemonding kan worden onderverdeeld in een noordelijk deel (tussen het Brouwershavense Gat en het Westgat), een zuidelijk deel (ten zuiden van de Roompot Zuid) en een centraal deel (tussen het Westgat en de Roompot Zuid). Taal et al. (2023) beschrijven de sedimenthuishouding van (o.a.) de Oosterscheldemonding. Het noordelijke deel wisselt zand uit met de noordelijker gelegen buitendelta's van Grevelingen en Haringvliet. Het zuidelijk deel lijkt weinig actief en heeft niet veel interactie met de aangrenzende monding van de Westerschelde. Dit komt doordat het tussengelegen gebied (de Domburger Rassen) relatief diep is, waardoor sediment daar zal worden afgezet in plaats van toegevoegd te worden aan één van beide gebieden. Daarbij heeft de getijgeul Roompot Zuid, voor de noordwestkust van Walcheren, geen afzettingsgebied. De geulen en platen in het centrale deel van de Oosterscheldemonding hebben weinig interactie met de aangrenzende kusten.



Figuur 6-4. De bodemhoogte van de Oosterscheldemonding op basis van de data uit 1964-1966, 1992-1993 en 2021-2022 en het verschil in bodemhoogte tussen de 1964-1966 en de 2021-2022 kaarten. De eilanden zijn opgevuld met het AHN4.

6.3.2 Grootschalige morfologische ontwikkelingen

Het geulen- en platenpatroon in de bodems van 1964 en 2021 is in hoofdlijnen gelijk, maar er hebben zich wel grote veranderingen in de bodem voorgedaan (Figuur 6-4). In de studies van Elias en van der Spek (2015), Elias et al. (2016), Elias & Quataert (2021) en Vermeer & Elias (2023) zijn deze veranderingen samengevat. Voor een gedetailleerde uitwerking van de sedimentvolumebalans wordt naar deze studies verwezen. Hieronder staan de belangrijkste ontwikkelingen samengevat.

Elias en van der Spek (2015) concluderen dat de veranderingen in de monding sterk beïnvloed zijn door de gedeeltelijke afsluiting van de Oosterschelde in 1986, maar ook de voorafgaande afsluiting van de Grevelingen (1971). Ook de aanleg van dammen aan de binnenkant van het estuarium (de Philipsdam in de Krammer en de Oesterdam bij het Zoommeer) hebben invloed gehad.

Tussen 1960 en 1980 vond er op de buitendelta netto aanzanding plaats. In deze periode fungeerde de monding van de Oosterschelde nog als een actieve buitendelta. Aanvoer van sediment vanuit de Oosterschelde deed in deze periode het volume van de buitendelta toenemen. Als verklaring voor deze toename geven Van den Berg (1984) en Eelkema (2013) dat er tussen 1965 en 1985 een toename van de sedimentexport optrad ten gevolge van de afsluitingen in het estuarium en van de Grevelingen. De grote veranderingen die in het geulensysteem plaats vonden laten al zien dat in aanloop naar de aanleg van de stormvloedkering de invloed van menselijk ingrijpen al groot was. Door aanleg van het werkeiland Neeltje Jans werd de 'Geul', de verbindingsgeul tussen Roompot en Westgat, afgedamd waarna deze volledig verzandde. Grote morfologische veranderingen vonden ook plaats in de Geul van de Banjaard en de Hammen. Het kleinere werkeiland tussen de Geul van de Roggen en de Hammen zorgt dat deze twee geulen verder gescheiden werden. Hierdoor zijn deze lokaal sterk verdiept door uitschuring.

De ontwikkeling van het zuidelijke gedeelte van de monding wordt gedomineerd door de veranderingen rond de geul Roompot. De karakteristieke ebschild en ebschaartjes op de Hompels geven aan dat de Oude Roompot een eb-gedomineerde geul is. De ebschaartjes leken vóór de afsluiting een patroon te volgen: Ze ontstonden landwaarts, migreerden zeewaarts, waarna er landwaarts weer een nieuwe ebschaar vormde. Dit patroon blijft tot 1985 duidelijk zichtbaar. De Oude Roompot verruimde richting het Westgat, waarbij het ebschild verder opgeruimd werd. De vergrote getijprisma's in de Oosterscheldemonding, door aanleg van de Grevelingen- en Volkerakdam, zouden hier mogelijk de oorzaak van kunnen zijn. Het geulensysteem Roompot verloor sediment (ca. 40 miljoen m³), terwijl de naastliggende Hompels in volume toenam (ca. 40 miljoen m³). De Schaar van Onrust erodeerde in deze periode (1960 – 1980) met bijna 10 miljoen m³.

In vergelijking met de grote veranderingen in de Haringvliet en Grevelingen zijn de veranderingen in de Oosterscheldemonding door de aanleg van de Oosterscheldekering beperkt. Dit komt omdat er na aanleg nog een verbinding met het estuarium blijft. Dit houdt zowel het noordelijk als zuidelijk geulensysteem op hoofdlijnen in stand. Wel is de sedimenttoevoer duidelijk gereduceerd. De volumeverandering van de monding over de periode 1980-2010 vertoont dan ook een tegengesteld beeld met de periode 1960-1980. Over het totale gebied is er een afname in sedimentvolume van bijna 150 miljoen m³. Het merendeel van de afname, 90 miljoen m³, vond plaats op de zandplaten Banjaard en de Hompels. In de periode 1960-1980 was het noordelijke gedeelte van de Banjaard nog vooral aanzandend, maar sinds 1980 vindt hier vooral een herverdeling van sediment plaats.

Langs de kust van Noord-Beveland blijft tussen 1980 en 2010 de erosie van Schaar van Onrust domineren (-8 miljoen m³). De afwisselende patronen van erosie, sedimentatie en erosie laten zien dat deze erosie samenhangt met het zuidelijk verplaatsen van zowel de geul en naastliggende bank Onrust.

De morfologische veranderingen over de periode 2010-2019 lijken beperkt. In tegenstelling tot voorgaande periode nemen nu de volumes toe; in totaal met bijna 40 miljoen m³. De grootste toename treedt op in het Westgat en de geul van de Banjaard. Op het bankengebied van de

Banjaard is vooral een landwaartse verplaatsing van de banken en geulen te zien. Dit resulteert in elkaar afwisselende gebieden van sedimentatie en erosie. Nabij Noord-Beveland is een grote aanzanding zichtbaar in de Schaar van Onrust. Deze aanzanding komt mede door de in 2013 aangelegde geulwandsuppletie die heeft geleid tot gedeeltelijke geulopvulling. Ook langs de noordkust van Walcheren is over het algemeen aanzanding te zien. De voorliggende Roompot Zuid wordt aan de landzijde ondieper. Alleen ter plaatse van Breezand is een klein gebied van lokale erosie zichtbaar.

6.3.3 **Morfologische ontwikkeling van de kustlijn**

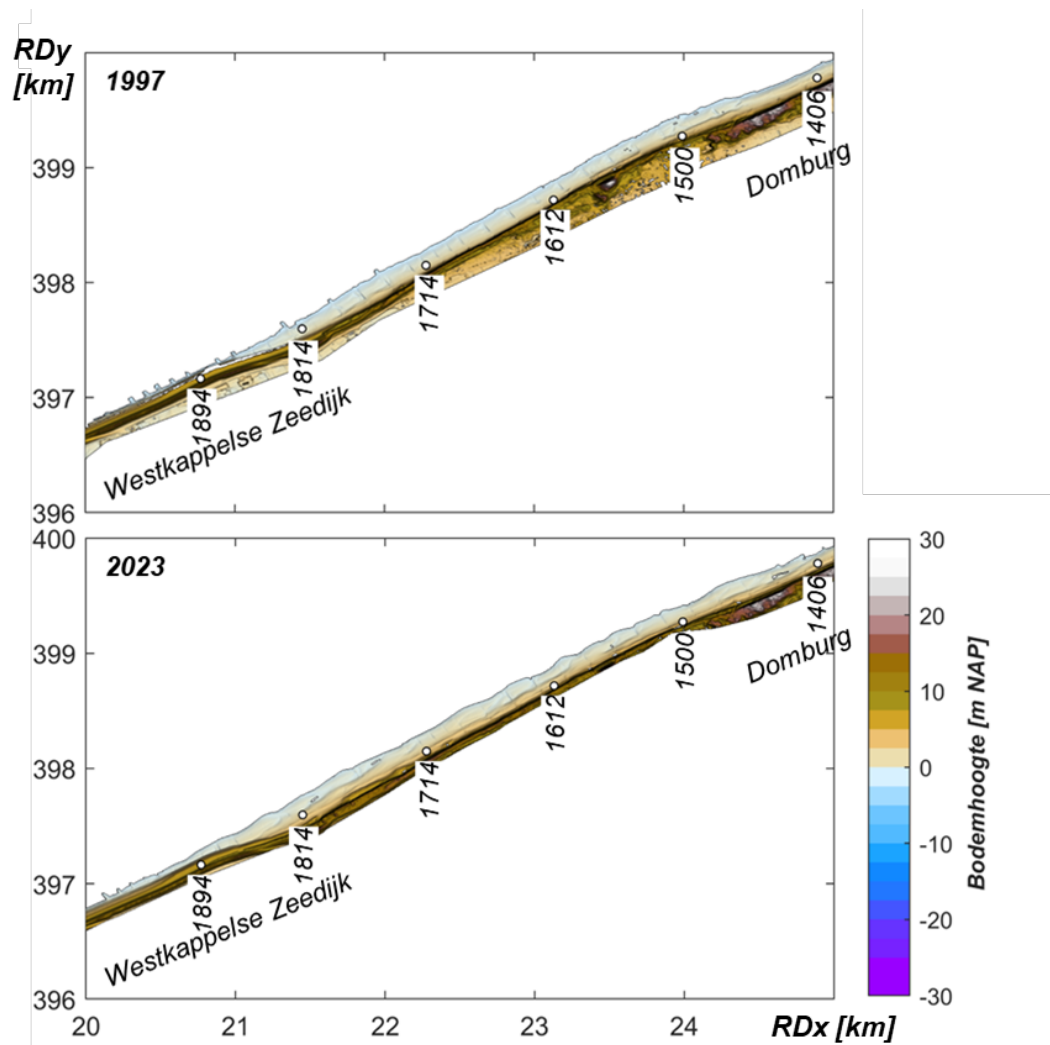
De historische ontwikkeling van noordwest Walcheren werd geïllustreerd door Wilderom (1968). Wilderom laat zien hoe de kust zich sterk terugtrok tussen ca. 1546 en 1863/1864, waarna deze door de aanleg van vele strekdammen stabiliseert. De in het verleden relatief diepe geul De Urk is in de huidige bodemkaarten vrijwel niet meer zichtbaar. In het heden zijn de geulen ten zuiden van Neeltje Jans van belang voor de kustlijnontwikkeling. Aan de zijde van de Oosterschelde is daar een enkele hoofdgeul: de Roompot. Deze geul splitst aan de zeewaartse zijde van de stormvloedkering in twee takken. Westnoordwestelijk gericht is er de 'Oude Roompot' en in westzuidwestelijke richting loopt de 'Roompot Zuid'. De verbinding van de Roompot Zuid met de Roompot loopt via een ondiep drempelgebied. Het bankengebied Hompels scheidt de Oude Roompot en de Roompot Zuid. Ingeklemd tussen de Roompot Zuid en de kust van Noord-Beveland bevindt zich nog een smalle, maar diepe, geul: de Schaar van Onrust. Aan de noordzijde hiervan ligt de bank Onrust.

Op basis van de morfologische karakteristieken en de uitgevoerde suppleties is de kustlijn in vijf deelgebieden opgesplitst: Westkapelle – Domburg, Domburg – Oostkapelle, de kust bij Oranjezon, de kust bij Breezand en de kust van Noord-Beveland. Hieronder wordt de recente ontwikkeling van de kustlijn per deelgebied beschreven.

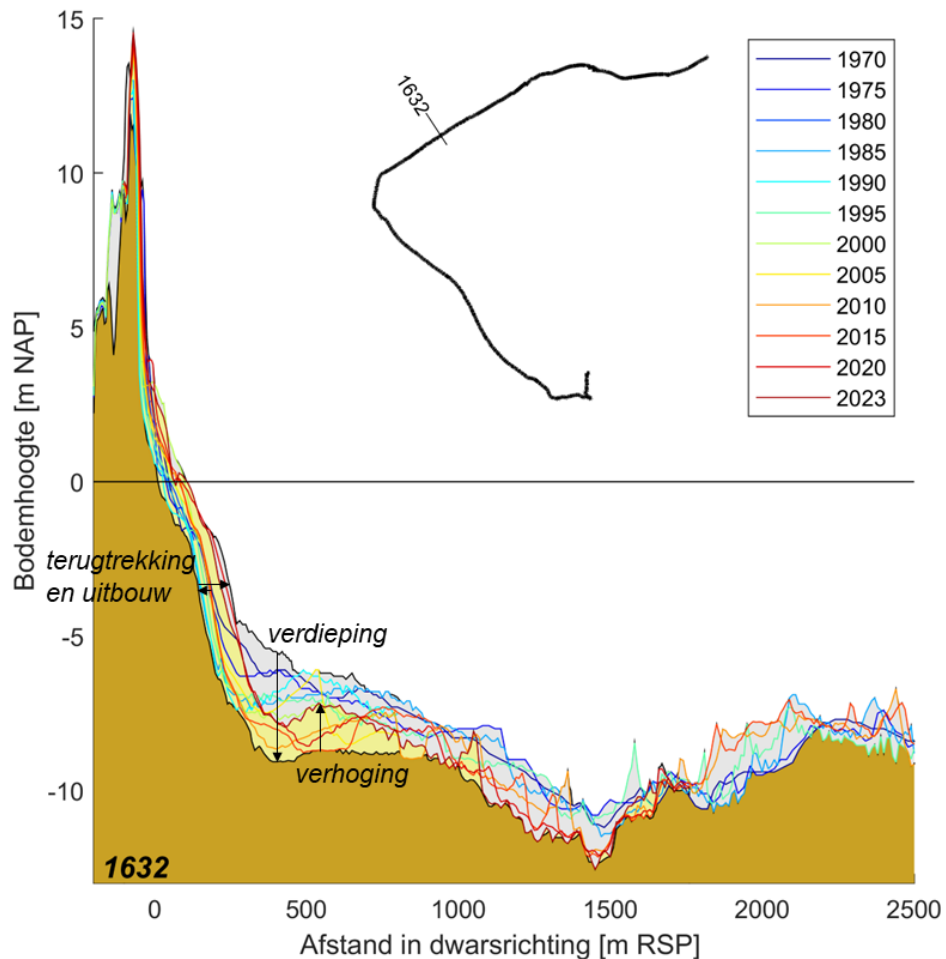
Westkapelle - Domburg (raaien 1406-1948)

De kust tussen Westkapelle en Domburg (Figuur 6-5) wordt frequent gesuppleerd. Sinds 1990 zijn hier 11 strand- of vooroeversuppleties uitgevoerd. De meest recente suppletie is uitgevoerd in 2019 en was een vooroeversuppletie van 0,5 miljoen m³. De frequente suppleties zijn in staat de kustlijn te behouden. Sinds 2019 zijn geen suppleties meer uitgevoerd, toch blijft het profiel nog steeds zeewaarts van de minimumpositie liggen. In het hogere deel van het profiel, tussen de gemiddelde waterlijn en duinvoet, vindt wel een kleine terugtrekking plaats. Het is mogelijk dat de grote suppleties bij Westkapelle ervoor gezorgd hebben dat er meer sediment noordelijk verplaatst, waardoor er minder gesuppleerd moet worden ten noorden van Westkapelle.

De kustlijn tussen Domburg en de Westkappelse Zeewering wordt weergegeven door raai 1632 (Figuur 6-6). In dit dwarsprofiel is een tweedeling in gedrag te zien. De gemiddelde waterlijn en het droge deel van het profiel veranderen relatief weinig in positie, maar in het natte deel van het profiel is een periode van terugtrekking en verdieping te observeren tussen 1970 en 1995 en vanaf 1995 verplaatst de kustlijn zich weer zeewaarts. Tussen 1970 en 1995 trekt het kustprofiel zich ongeveer 40 m terug. Het deel tussen de -5 m en -8 m NAP erodeert dan sterk en er ontstaat in de vooroever een klein horizontaal platform tussen de 400 – 800 m tot de RSP. Vanaf 1995 verplaatst de kustlijn zich dan weer zeewaarts. Deze verplaatsing bedraagt ongeveer 70 m. De huidige kustlijn ligt dan ook zeewaarts van het minimumprofiel. Het platform blijft behouden, maar neemt wel in diepte af, van een maximale diepte van -9 m NAP in 2013 tot een diepte tussen de -7 / -8 m NAP in 2023. Verhoging van dit platform vindt vooral recentelijk plaats (2020-2023).



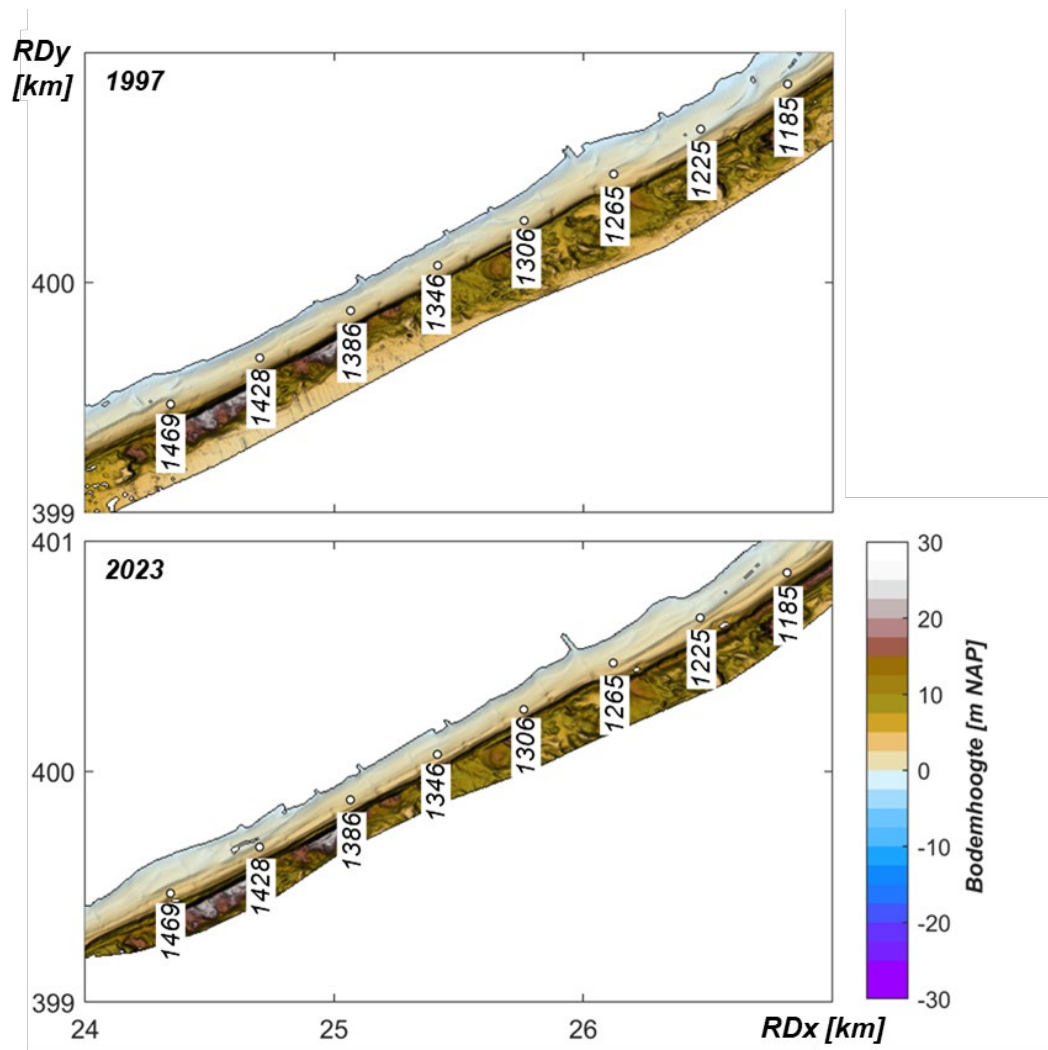
Figuur 6-5. Een overzicht van de kust van Walcheren tussen Westkapelle en Domburg op basis van de LiDAR kusthoogtemeting in 1997 (boven) en 2023 (onder). Witte punten geven de ligging van enkele Jarkusraaien weer.



Figuur 6-6. Een overzicht van ontwikkeling van raai 1632 in 5-jaarlijks interval sinds 1970. Het bruine vlak geeft de minimum bodemligging over de gehele periode weer. Het gele vlak illustreert de huidige bodemligging (in 2023). De grijze vlakken geven de morfologische enveloppe (maximum bodemligging) weer.

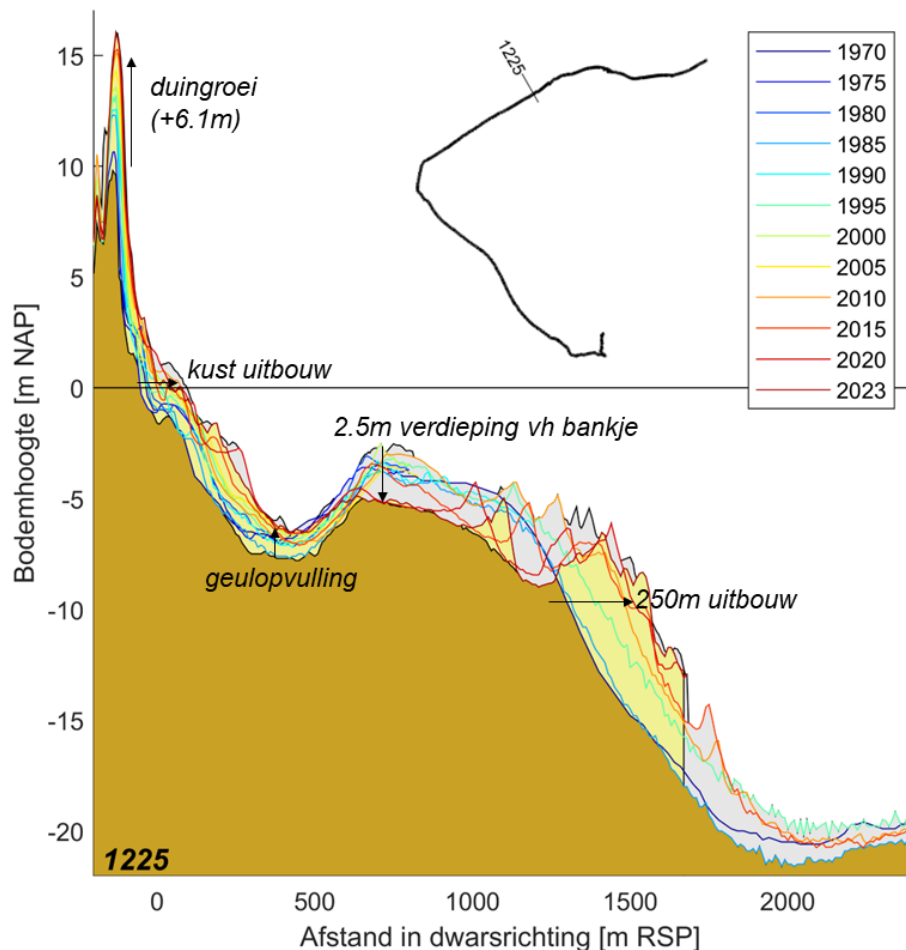
Domburg – Oostkapelle (raaien 1428-1248)

De kust tussen Domburg en Oostkapelle (Figuur 6-7) is, in tegenstelling tot de kust tussen Westkapelle en Domburg, maar weinig gesuppleerd. De kustlijn is hier vrijwel recht met een smalle strandzone tussen raai 1496 en 1306. Ter hoogte van raai 1265 bevindt zich een kleine knik in de kustlijn. Ten noorden hiervan ligt de duinenrij dan iets landwaarts ten opzichte van de duinenrij ten zuiden van het knikpunt.



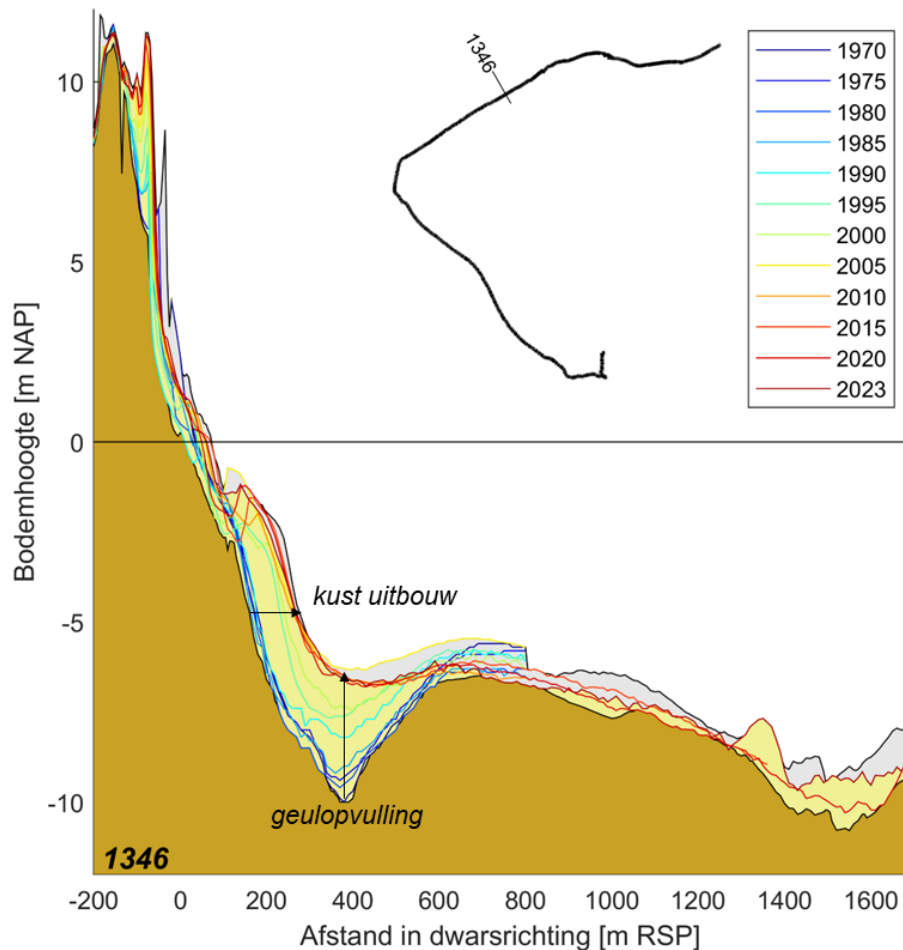
Figuur 6-7. Een overzicht van de kust van Walcheren tussen Domburg en Oostkapelle op basis van de LiDAR kusthoogtemeting in 1997 (boven) en 2023 (onder). Witte punten geven de ligging van enkele Jarkusraaien weer.

In de meest noordelijke raai (raai 1225, Figuur 6-8) is de geul Roompot nog zichtbaar op een afstand van 2000 m tot de RSP. De geuldiepte bedraagt hier -20 m NAP. De geulwand lijkt hier duidelijk zeewaarts te zijn verplaatst. De -10 m NAP contour was stabiel tussen 1970 en 1985, maar is sindsdien 250 m zeewaarts gemigreerd. De geulwand is uitgebouwd, maar het bankje landwaarts hiervan vertoont een duidelijke verdieping. De geulwand is daardoor verflauwd. De verdieping van dit bankje en de opvulling van het geultje (De Urk) tussen de bank en de kust zorgt ervoor dat er zich een ondiep platform vormt in de vooroever (van 400 tot 1200 m tot de RSP). Zowel de kustzone als het duin vertonen een sterke groei. De gemiddeld laagwaterlijn ligt in 2023 zo'n 150 m zeewaarts t.o.v. de 1970 positie en het duin is meer dan 6 m in hoogte toegenomen. Het merendeel van deze duingroei vindt plaats tussen 1970 en 2010. Sindsdien blijft de hoogte vrijwel gelijk.



Figuur 6-8. Een overzicht van ontwikkeling van raai 1225 in 5-jaarlijks interval sinds 1970. Het bruine vlak geeft de minimum bodemligging over de gehele periode weer. Het gele vlak illustreert de huidige bodemligging (in 2023). De grijze vlakken geven de morfologische enveloppe (maximum bodemligging) weer.

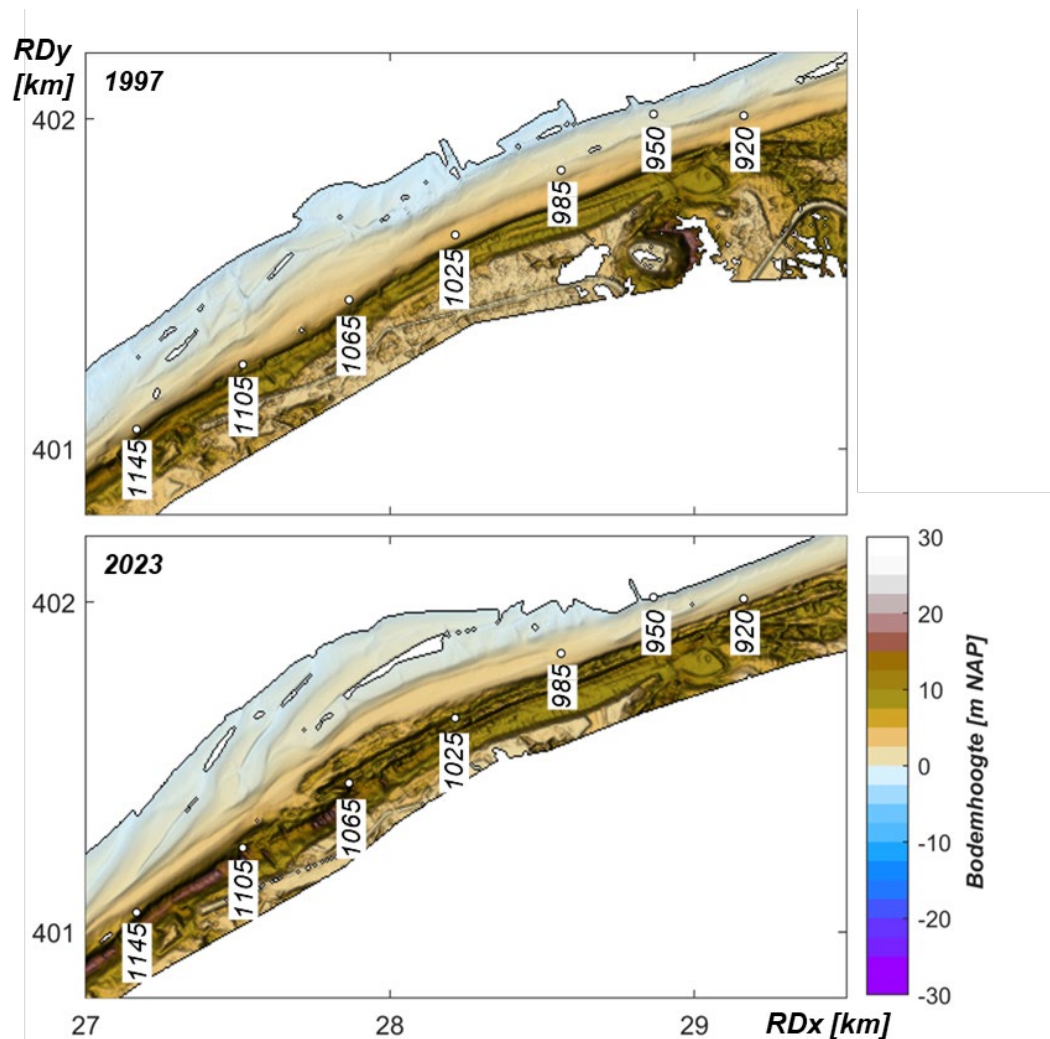
De overige raaien langs dit stuk kust, raaien 1265 tot 1428, vertonen een gelijkwaardig gedrag. In raai 1346 bevindt dit geultje zich op 400 m tot de RSP (Figuur 6-9) en vult tussen 1985 en 2005 volledig op. Sinds 2005 blijft de diepte van de vooroever dan vrijwel gelijk. Ook het landwaarts gelegen, diepere deel van het profiel, tussen de laagwaterlijn en de -5 m NAP, bouwt sterk uit. Deze uitbouw is zeer groot tussen 1985 en 1990. Mogelijk is deze sterke respons gerelateerd aan de suppleties die ten zuiden, bij Domburg, zijn uitgevoerd. In de periode 1990-1995 zijn hier veelvuldig strandsuppleties uitgevoerd. Het duin bouwt in raai 1346 nog wel iets zeewaarts uit, maar deze groei is veel kleiner dan de grote aanwas ten noorden van deze raai. Ten zuiden van raai 1346 vertoont het duin vrijwel geen verandering.



Figuur 6-9. Een overzicht van ontwikkeling van raai 1346 in 5-jaarlijks interval sinds 1970. Het bruine vlak geeft de minimum bodemligging over de gehele periode weer. Het gele vlak illustreert de huidige bodemligging (in 2023). De grijze vlakken geven de morfologische enveloppe (maximum bodemligging) weer.

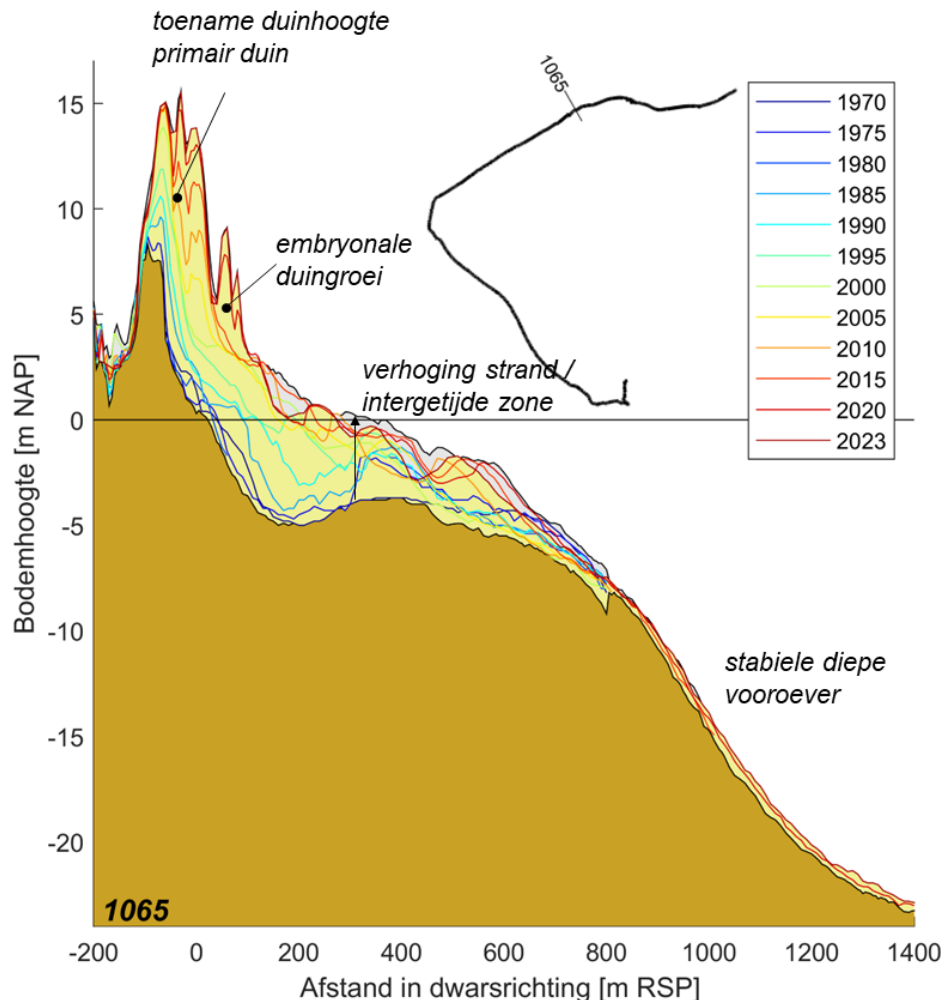
Kust bij Oranjezon (raaien 940-1246)

In dit deel vindt een sterke uitbouw van de duinzone plaats. Deze uitbouw is maximaal tussen raai 1085 en raai 1025. De sterk uitbouw is mogelijk door het aanwezige platform dat zich op de ondiepe vooroever (rond de -5 m NAP) bevindt. Dit platform vormt een buffer tussen de strandzone en de voorliggende geul Roompot en zorgt ervoor dat er accommodatieruimte is waarop aanzanding kan plaatsvinden. De aanwezige strandhoofden dragen naar alle waarschijnlijkheid bij aan de vorming van dit platform en het uit de kust houden van de geul Roompot. Hier speelt ook dat op basis van de grootschalige ontwikkeling geconcludeerd kan worden dat de Oosterscheldekering wel een invloed heeft gehad op de Roompot (Zuid), maar er is geen zuidelijke geulverplaatsing of opdringen van de geul richting de kust zichtbaar. Het meest zeewaartse deel van de geul lijkt recentelijk wel in te vullen, waarbij de geulwand verflauwt.



Figuur 6-10. Een overzicht van de kust van Walcheren bij Oranjeson op basis van de LiDAR kusthoogtemeting in 1997 (boven) en 2023 (onder). Witte punten geven de ligging van enkele Jarkusraaien weer.

Dwarsprofiel 1065 geeft een duidelijke weergave van de opbouw van het platform dat de ondiepe vooroever vormt (Figuur 6-11). In 1970 strekt het ondiepe platform zich nog tot ongeveer 800 m zeewaarts van de RSP uit. Tot 500 m RSP bedraagt de diepte -5 m en deze neemt dan langzaam toe tot -8 m op een afstand van 800 m. Hier gaat de ondiepe vooroever over in de landwaartse geulwand van de Roompot. In de volgende 500 m neemt de diepte verder toe tot meer dan 23 m op een afstand van 1400 m RSP. De diepe geulwand blijft in dit dwarsprofiel over de gehele periode vrijwel stabiel in positie. Het platform neemt sterk in hoogte toe tussen 1980 en 2000. Sinds 2000 blijft de hoogte dan eigenlijk gelijk, maar domineren landwaarts migrerende banken de veranderingen. De duinzone neemt eerst in omvang toe door groei en zeewaartse verplaatsing van het primaire duin. Dit duin heeft in 1970 een maximale hoogte van 7,5 m NAP met een breedte bij de duinvoet (gedefinieerd als de 3 m NAP ligging) van 70 m. Het primaire duin groeit tussen 1970 en 2000 sterk in hoogte en breedte. In 2000 wordt een maximale hoogte bereikt van 15 m NAP. De breedte is dan toegenomen tot 150 m. In de periode 2000-2015 bouwt vooral het hogere deel, het duinfront, uit. Daarnaast begint rond 2013 de vorming van een nieuw embryonaal duintje op ongeveer 50 m tot RSP. Dit duintje groeit tot een hoogte van meer dan 9 m in de 2023 opname. De totale breedte van het duin is dan toegenomen tot meer dan 225 m. Een soortgelijke sterke duingroei is zichtbaar vanaf raai 965 tot raai 1245. Embryonale duinvorming is slechts in een beperkt deelgebied, raai 1045 – 1065, zichtbaar.

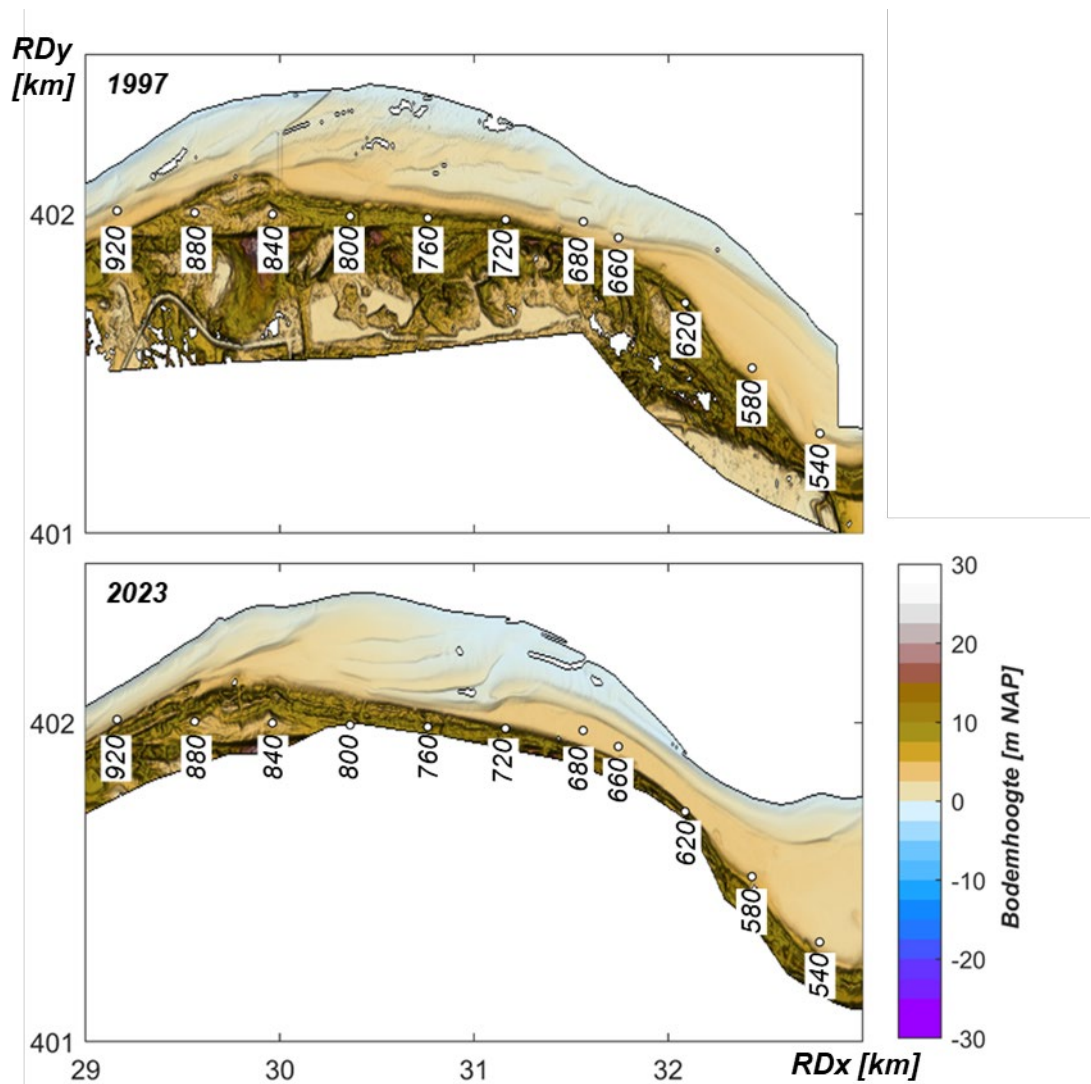


Figuur 6-11. Een overzicht van ontwikkeling van raai 1065 in 5-jaarlijks interval sinds 1970. Het bruine vlak geeft de minimum bodemligging over de gehele periode weer. Het gele vlak illustreert de huidige bodemligging (in 2023). De grijze vlakken geven de morfologische enveloppe (maximum bodemligging) weer.

Kust bij Breezand (raaien 560-940)

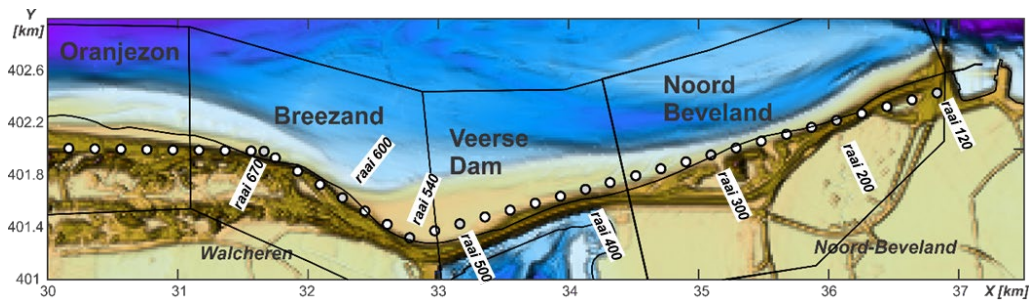
Rond raai 940 buigt de kust van een zuidwest-noordoostelijke richting naar een west-oost richting. De ontwikkeling tussen Jarkusraai 560 en 940 vertoont hierdoor een iets ander verloop in vergelijking tot de ontwikkeling ten westen hiervan.

Een vergelijking tussen de 2023 en 1997 kusthoogtemeting (Figuur 6-12) laat zien dat het meest westelijke deel (raai 860 – 900) uitbouwt. In oostelijke richting blijft de duinenrij dan vrijwel in positie liggen. Tussen raai 580 en raai 700 bevindt de duinenrij zich zelfs landwaarts van de RSP-positie en wordt de BKL overschreden. Hier is in 2022 een grote strandsuppletie uitgevoerd (0,5 miljoen m³). Deze suppletie is in de 2023 meting nog duidelijk terug te zien. In tegenstelling tot de erosie nabij Breezand, bouwt de vooroever nabij de Veerse dam (raai 540-580) sterk uit.

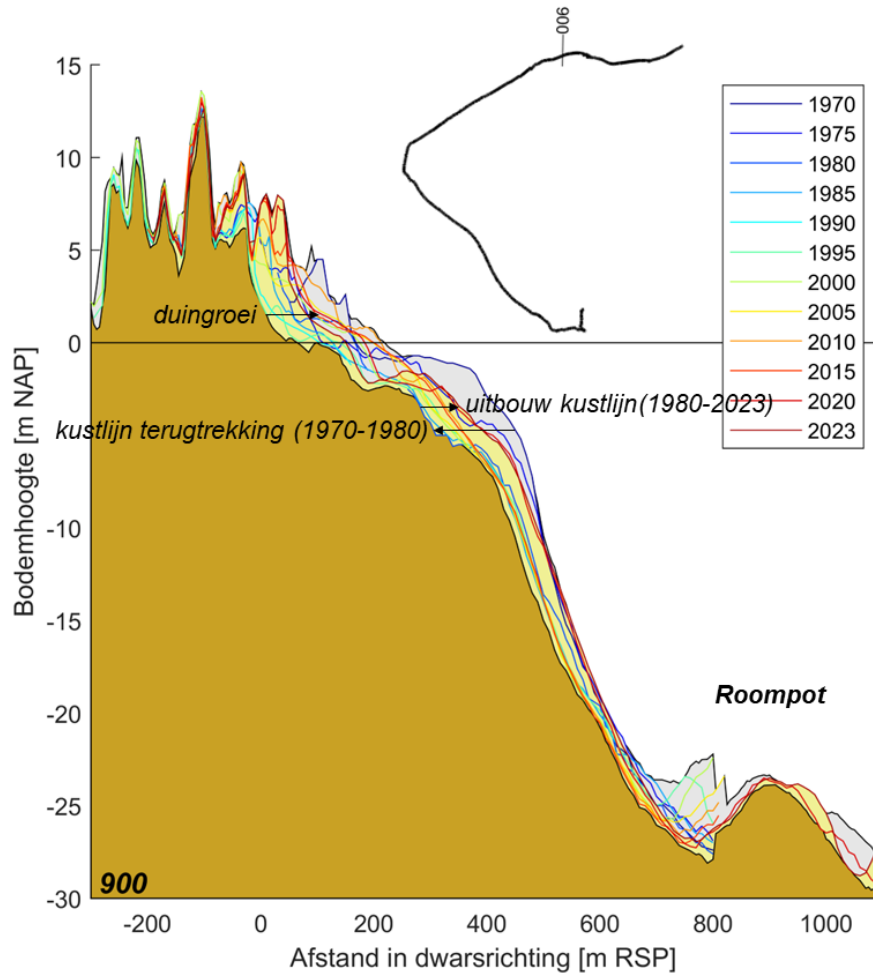


Figuur 6-12. Een overzicht van de kust van Walcheren bij Breezand op basis van de LiDAR kusthoogtemeting in 1997 (boven) en 2023 (onder). Witte punten geven de ligging van enkele Jarkusraaien weer.

Elias & Quataert (2021) beschrijven en verklaren de morfologische veranderingen van de kust nabij Breezand (Walcheren) en bij het Banjaardstrand (Noord-Beveland) (Figuur 6-13). In deze studie wordt geconcludeerd dat het zandaanbod vanaf de westkust van Walcheren hier belangrijk is voor de sedimenthuishouding en morfologische ontwikkeling. Rond raai 940 verandert de oriëntatie van de kustlijn, van een zuidwest-noordoost naar een west-oost richting. Ten westen/zuiden van het knikpunt bouwt de kust uit. Dit is duidelijk zichtbaar als duingroei in Figuur 6-12 en raai 900 (Figuur 6-14). Daarnaast vormen zich langgerekte banken (spits) die zich ver oostelijk uitstrekken (Figuur 6-12). Deze banken groeien en migreren langzaam oostelijk en richting de kust. Periodiek landen ze dan aan, zo tussen raai 600 en 760, en bouwen de kustlijn dan tijdelijk uit. Dit migreren en aanlanden van banken zorgt ervoor dat de strandbreedte hier periodiek groter en kleiner wordt ('kleinschalige zandgolven'). Deze kleinschalige, horizontale zandgolven langs de kust van Walcheren zijn in het verleden veelvuldig bestudeerd (o.a. Giardino et al., 2014; Hoozemans, 1991; Lambeek, 1991; Maranus, 1989; Maranus en Verhagen, 1987). In de periode 1998-2007 lijkt deze zandtoevoer voldoende om de strandzone te behouden, maar rond 2007 neemt deze tijdelijk af en is er verdieping van de vooroever. Vanaf 2014 lijkt de zandtoevoer zich weer te herstellen, er is dan weer de vorming van een grotere bank zichtbaar. Deze bank landt rond 2018 aan, waardoor het strand tussen raai 700 en 800 weer in breedte toeneemt. Dit zand heeft dan echter de raaien oostelijk hiervan nog niet bereikt. In deze raaien is het zandtekort nog aanwezig en is de strandzone vrijwel verdwenen. Dit zandtekort geeft een grote overschrijding van de BKL, waardoor een suppletie bij Breezand in 2022 noodzakelijk was.



Figuur 6-13. Een overzicht van de kust van Noord-Beveland (raai 120 – 520) en Walcheren (raai 540 – 670). Aangepast naar Elias & Quataert (2021).



Figuur 6-14. Een overzicht van ontwikkeling van raai 900 in 5-jaarlijks interval sinds 1970. Het bruine vlak geeft de minimum bodemligging over de gehele periode weer. Het gele vlak illustreert de huidige bodemligging (in 2023). De grijze vlakken geven de morfologische enveloppe (maximum bodemligging) weer.

Oostelijk van Breezand, net voor de Veerse Dam, bevindt zich een tweede knikpunt in de kustlijn. In het luwtegebied hiervan vindt veel sedimentatie plaats. Voor 1998 resulteerde de grote zandtoevoer in bankvorming ten oosten van raai 600; door de sterke draaiing van de kust ontstaat een luwte gebied waar bankvorming mogelijk is. Het stukje kust tussen raai 540 en 620 zit ruim in het zand. Het strand voor de Veerse Dam is sinds afsluiting van de Veerse Dam zeewaarts uitgebouwd. Dit komt doordat de voorliggende banken zich landwaarts verplaatsen en zandtoevoer vanaf Breezand; de erosie van Breezand geeft aanbod ten oosten hiervan.

De erosie van het smalle Banjaardstrand van Noord-Beveland wordt veroorzaakt door de voorliggende geul Schaar van Onrust. Deze geul is na aanleg van de Stormvloedkering zuidelijk verplaatst en grenst direct aan het Banjaardstrand. Dit zorgt ervoor dat zand vanaf het

strand via de geul afgevoerd kan worden, waardoor de afvoer groter is dan de aanvoer van sediment en er structurele erosie van het strand optreedt. De geulwandsuppletie in 2013 heeft het doorstroomoppervlak van de geul verkleind, maar de geul is nog steeds aanwezig, daarom is er nog steeds erosie van de kustlijn (Quataert et al., 2024). De verwachting is dat deze kustlijnerosie zich in de toekomst zal voortzetten. Alleen door frequent suppleren kan hier een (smal) strand behouden blijven (zie ook paragraaf 7.2).

6.4 Dynamiek van de duinen

6.4.1 Natuurlijk Veilig

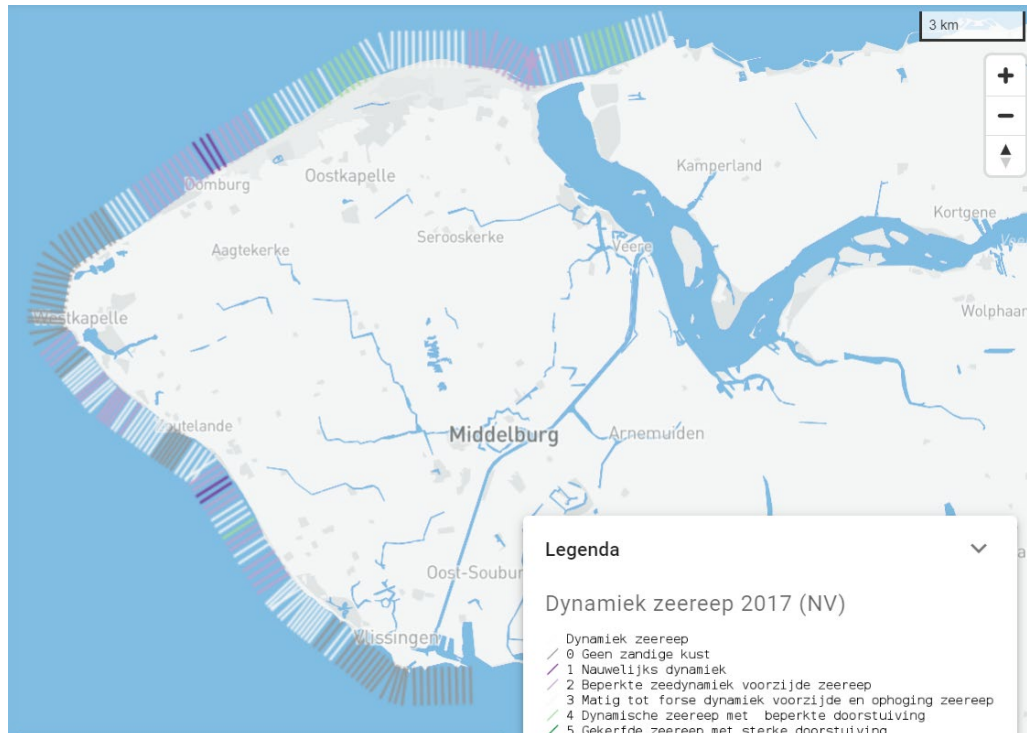
Binnen het Beheer en Onderhoud Kust programma is het onderdeel “Natuurlijk Veilig” opgenomen. Dit onderdeel van het programma onderzoekt onder andere of, en hoe, de ruimtelijke planning en uitvoering van suppleties (locatie/frequentie) kan bijdragen aan het maximaliseren van biodiversiteit van duinlandschappen op Nederlandse schaal, door gedifferentieerd landschapsbeheer toe te laten zonder andere functies in het gedrang te brengen. Er zijn twee rapporten over verschenen (IJff et al. 2019 en De Groen et al. 2019) en de data zijn openbaar beschikbaar (zie www.natuurlijkveilig.nl).

In Natuurlijk Veilig wordt de dynamiek en doorstuiving van de zeereep gecategoriseerd in zogenoemde ‘responstypen’ (Tabel 6-1). Binnen deze responstypen wordt de overstuivingsgradiënt van Type 1 naar Type 5 steeds uitgestrekter in de kustdwarse richting, met een steeds grotere beïnvloeding van de achter de zeereep liggende duinen. De responstypen zijn voor de Nederlandse kust geïdentificeerd m.b.v. luchtfoto’s, hoogtekaarten en hoogteverschilkaarten (o.b.v. laseraltimetriegegevens). Op basis van de criteria is per JarKus raai het responstype bepaald. Met de hoogteverschilkaarten is het aantal cm sedimentatie en erosie bepaald, en met een combinatie van de hoogtekaart en de luchtfoto zijn embryonale duinen, kerven en stuifkuilen geïdentificeerd. Er is zowel gekeken naar het gebied direct achter de raai en het gebied aan weerszijden van de raai.

Tabel 6-1. Responstypen met criteria hoe de responstypen zijn bepaald per JarKus raai (gebied voor de zeereep, de kruin, of achter de zeereep, behorend tot een bepaalde JarKus raai).

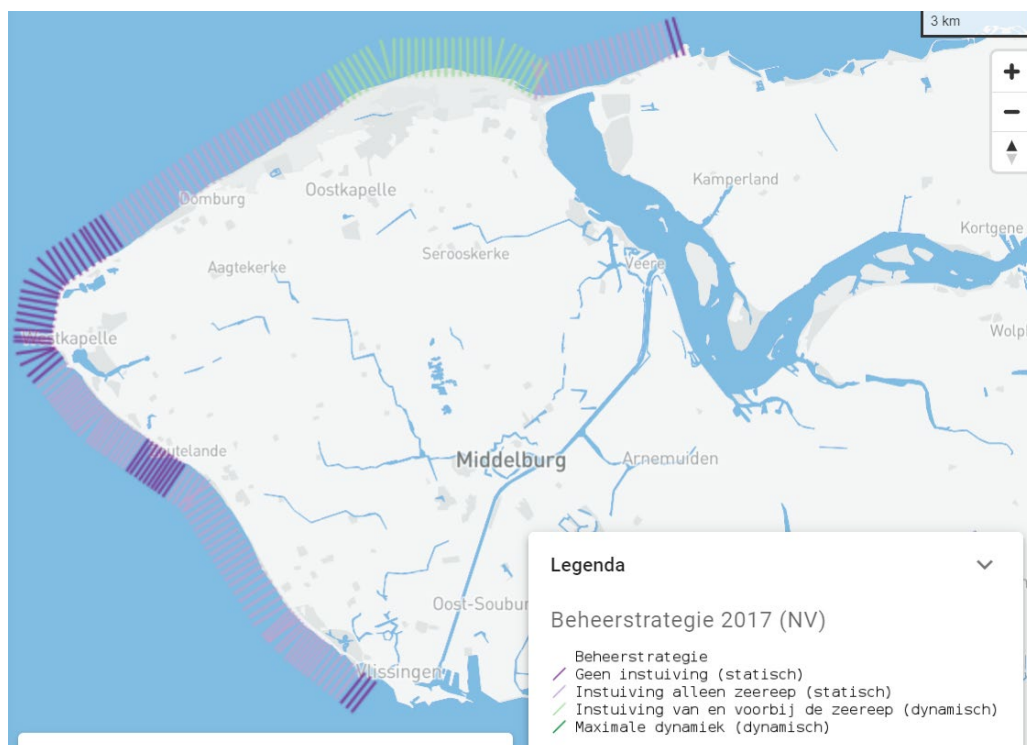
Aanduiding	Responstype	Criteria
0	Geen zandige kust	<ul style="list-style-type: none"> Bijvoorbeeld een dijk of boulevard
1	Nauwelijks dynamiek	<ul style="list-style-type: none"> Geen sedimentatie op de kruin of achter de zeereep Geen embryonale duinen Evt. lichte sedimentatie aan duinvoet
2	Beperkte dynamiek voorzijde zeereep	<ul style="list-style-type: none"> Sedimentatie vóór de zeereep Evt. aanwezigheid en/of ontwikkeling van embryonale duinen Geen sedimentatie op of achter de zeereep
3	Matig tot forse dynamiek voorzijde en ophoging zeereep	<ul style="list-style-type: none"> Sedimentatie vóór de zeereep Sedimentatie op de kruin van de zeereep Evt. aanwezigheid en/of ontwikkeling van embryonale duinen Geen sedimentatie achter de zeereep
4	Dynamische zeereep met beperkte doorstuiving	<ul style="list-style-type: none"> Sedimentatie vóór en op de kruin van de zeereep Aanwezigheid van stuifkuilen en/of kerven in en/of achter de zeereep Lichte sedimentatie achter de zeereep (>10 cm in 5 jaar voor 10% van het oppervlak)
5	Gekerfde zeereep met sterke doorstuiving	<ul style="list-style-type: none"> Sterke sedimentatie vóór en op de kruin van de zeereep (>50 cm in 5 jaar voor 10% van het oppervlak tussen twee JarKus raaien in) Aanwezigheid van kerven die de zeereep helemaal doorklieven Evt. aanwezigheid van stuifkuilen achter de zeereep Sterke sedimentatie achter de zeereep (>50 cm in 5 jaar voor 10% van het oppervlak)

In Figuur 6-15 is de dynamiek van de zeereep op Walcheren en Noord-Bevenland in 2017 weergegeven.



Figuur 6-15. Dynamiek van de zeereep in 2017 (bron: waterinfo-extra.rws.nl – Natuurlijk Veilig – Dynamiek zeereep 2017).

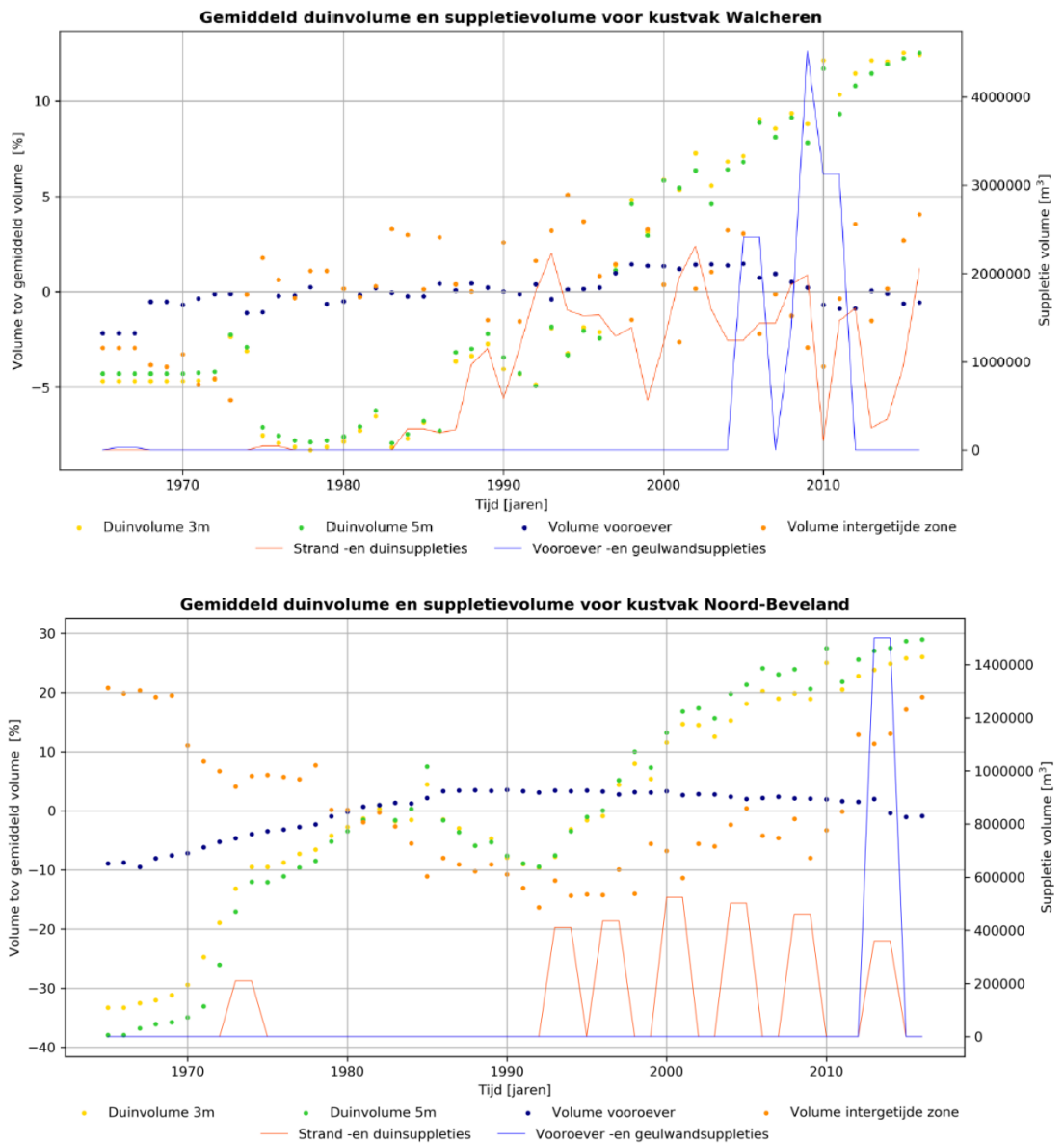
Op een stuk langs de noordkust van Walcheren vindt instuiving van en voorbij de zeereep plaats (Figuur 6-16). Op de overige delen van de kust vind nauwelijks tot geen instuiving plaats.



Figuur 6-16. Beheerstrategie van de zeereep, 2017 (bron: waterinfo-extra.rws.nl – Natuurlijk Veilig – Beheerstrategie 2017).

6.4.2 Suppleties en volumeveranderingen in de zeereep

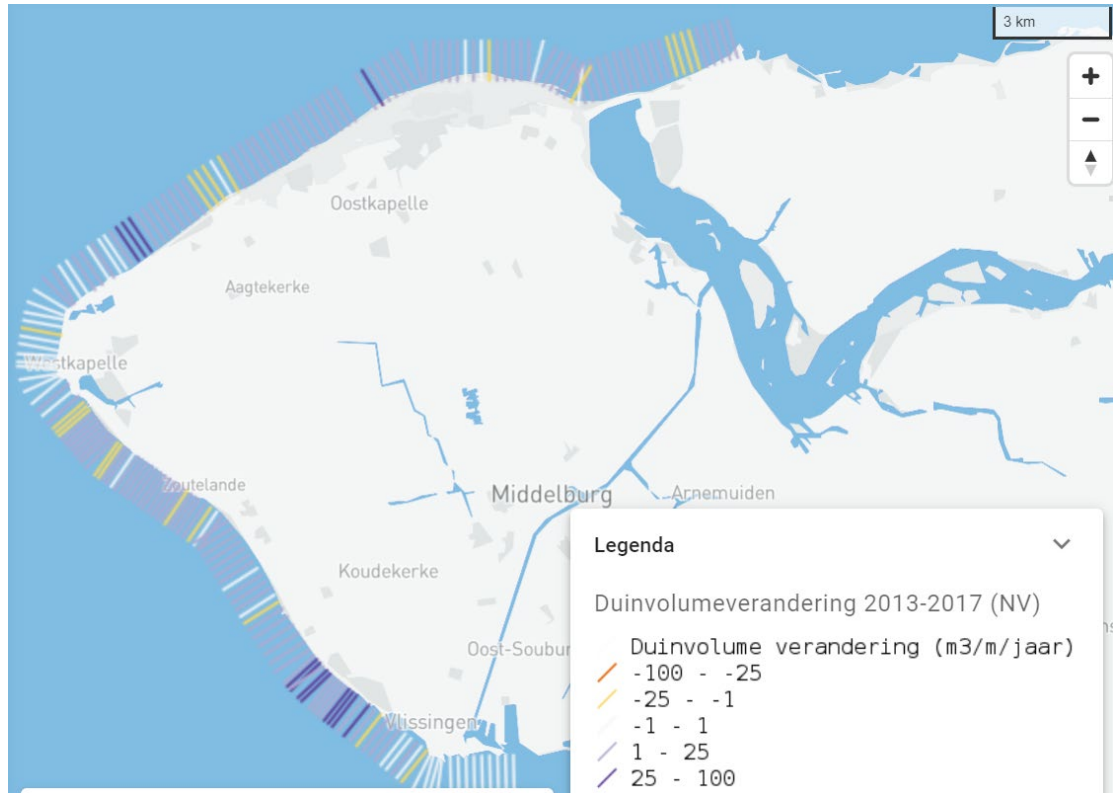
In een studie van Natuurlijk veilig (IJff et al., 2019) is langs de gehele Nederlandse kust het duinvolume bepaald per JarKus raai voor de periode 1965-2017. Figuur 6-17 laat het gemiddelde duinvolume en suppletievolume voor Walcheren en Noord-Beveland zien. De figuur laat zien dat het duinvolume is toegenomen sinds 1990. Het is aannemelijk dat de suppleties de drijvende factor zijn achter de geobserveerde volumeveranderingen.



Figuur 6-17. Volumeverandering voor Walcheren (boven) en Noord-Beveland (onder) van de zeereep (berekend met een duinvoet van 3m en 5m), de vooroever en de intergetijdzones (stippelijnen) en de volumeverandering van vooroeverssuppleties (inclusief geulwandsuppleties, blauwe lijn) (bron: IJff et al., 2019).

Figuur 6-18 toont de duinvolumeveranderingen in de periode 2013-2017. Voor de meeste raaien is er een lichte toename van het duinvolume waargenomen. Op enkele plekken is er een afname te zien. De duinvolumeveranderingen tonen een soortgelijk gedrag als de morfologie van de kust (zie paragraaf 6.2 en 6.3): Daar waar de kust erosief is (bijvoorbeeld bij Noord-Beveland of Domburg) heeft tussen 2013 en 2017 een afname van het duinvolume plaatsgevonden. Mogelijk speelt hier de plaatsing van suppleties in 2013/2014 ook een rol. Indien de suppleties aan het begin van de geobserveerde periode resulteren in een toename in het duinvolume, zal de volumeverandering in de jaren erna naar waarschijnlijkheid negatief zijn. Daar waar aanzanding optreedt, bijvoorbeeld net ten noordoosten van de Westkappellese

Zeedijk is de duinvolumeverandering positief. Tussen Vlissingen en Dishoek is het duinvolume ook toegenomen in de periode 2013-2017. Hier is in 2016 een strandsuppletie uitgevoerd, die mogelijk een bijdrage aan deze volumetoename heeft geleverd.



Figuur 6-18. Duinvolumeveranderingen in de periode 2013-2017 (waterinfo-extra.rws.nl – Natuurlijk Veilig – Duinvolumeverandering 2013-2017).

6.4.3 Natuurdoelanalyse in relatie tot dynamiek

Onderstaande tekst is overgenomen uit de Natuurdoelanalyse Natura 2000-gebied Manteling van Walcheren (Provincie Zeeland, 2023).

De Manteling van Walcheren is een duingebied met een totaaloppervlak van circa 735 hectare, gelegen aan de noordwestzijde van het voormalige eiland Walcheren (zie Figuur 4-6). In het westelijke deel van het duingebied liggen, niet ver achter de zeereep, oude duineikenbossen die hier een natuurlijke bosgrens vormen. Het oostelijk gelegen Oranjezon (voor ligging zie Figuur 4-7) herbergt een aantal vochtige duinvalleien, duingraslanden en soortenrijke duindoornstruwelen.

Jarenlang was er sprake van verzuuring en vergrassing in de Manteling van Walcheren wat ten koste is gegaan van de soortenrijkdom in dit gebied. Dit is het gevolg van enerzijds een hoge stikstofdepositie en anderzijds een gebrek aan dynamiek in het gebied. Delen in het gebied zijn hierdoor sterk verzuurd en te rijk aan nutriënten (vermesting). Ook verdroging en de toename van met name de invasieve exoot Amerikaanse vogelkers speelden hierbij een belangrijke rol.

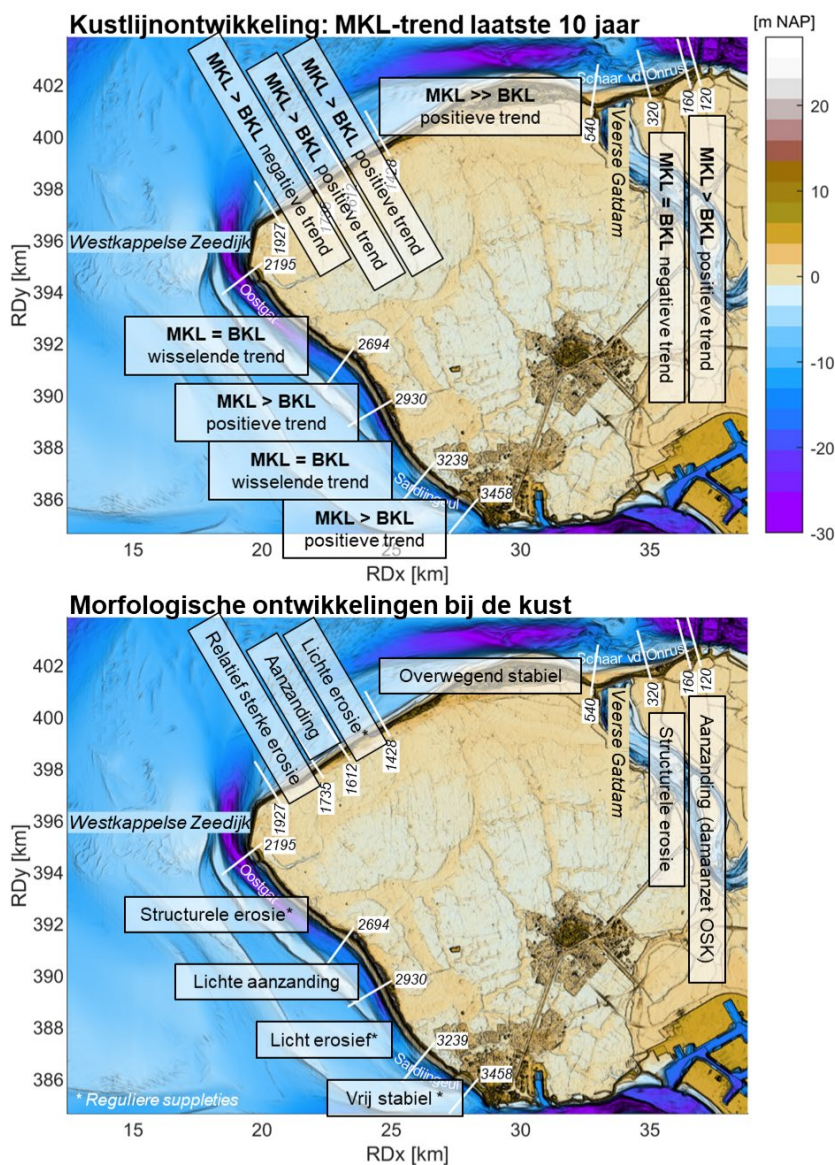
Om verzuuring en verzuring aan te pakken, zijn in de Manteling van Walcheren al vele jaren maatregelen getroffen. Grote delen van het gebied zijn open gemaakt door massaal Amerikaanse vogelkers te verwijderen. In duinvalleien is ook veel andere vegetatie weggehaald, waarna de bovenlaag van de bodem is verwijderd om de voedselrijke bovenlaag af te voeren. Het beheer is tegelijkertijd geïntensiveerd, wat met name inhoudt een uitbreiding van de begrazing met vee in het hele gebied en het maaibeheer in de valleien. Daarnaast zijn de aantallen damherten, op natuurlijke wijze gestegen, waardoor de begrazingdruk nog verder is toegenomen.

Door dit alles is het gebied opener geworden en is de verruiging teruggedrongen. Zeer lokaal is verstuiving op gang gekomen. Hierdoor zijn in delen de condities verbeterd waardoor verschillende doelsoorten, zoals die van de duinvalleien, zijn toegenomen. Tegelijkertijd is duidelijk geworden dat vermesting en verzuring een negatieve rol blijven spelen in het gebied. Dit als gevolg van de aanhoudende hoge stikstofdepositie en gebrek aan dynamiek in grote delen van het gebied. Een natuurlijk duingebied is een dynamisch systeem, maar de Manteling is vooral een gestabiliseerd gebied met een zeer zure bodem. Vooral in het bredere deel van het gebied in de Oranjezon is de zure bodem de reden dat veel soorten ontbreken. De meeste soorten worden vooral aangetroffen in een smalle kalkrijke zone aan de randen van het gebied. Verzuring blijkt ook een grote rol te spelen in de zichtbare achteruitgang in vitaliteit van de kenmerkende Duinbossen in de Manteling. Deze achteruitgang wordt versterkt door verdroging. Met name het snel wegzakken van het waterpeil in het vroege voorjaar betreft een probleem voor dit natuurtype. De combinatie van verdroging en verzuring maakt dat de vitaliteit van de duinbossen achteruitgaat en delen niet meer kwalificeren voor Natura 2000.

7 Kustlijnontwikkeling

7.1 Hoofdlijnen

Op basis van de morfologische kenmerken uit Hoofdstuk 6 zijn twaalf deelgebieden te onderscheiden, opgedeeld tussen JarKus raaien. Figuur 7-1 geeft de hoofdlijnen weer van de algemene kenmerken van de MKL-trends als gevolg van de morfologische ontwikkelingen. De morfologische ontwikkeling zegt iets over de langjarige natuurlijke ontwikkeling van de kust. De kustlijnontwikkeling vertelt de trend van de berekende kustlijnposities van de laatste tien jaar. Deze kunnen verschillen, zo kan een kust van nature morfologisch erosief zijn, maar als gevolg van ingrijpen middels zandsuppleties in de afgelopen tien jaar toch zeewaarts bewegen.



Figuur 7-1. Samenvatting van de morfologische ontwikkelingen nabij de kust (uit Hoofdstuk 6) en de ontwikkelingen in kustlijnpositie zoals gepresenteerd in paragraaf 7.4.1. Trends in kustlijnontwikkeling zijn afkomstig uit het Kustlijkaartenboek 2024 en onderverdeeld in twaalf deelgebieden: 120-160, 160-320, 320-540, 540-1428, 1428-1612, 1612-1735, 1735-1927, 1927-2195, 2195-2694, 2694-2930, 2930-3239 en 3239-3458

7.2 Bagger- en stortgegevens relevant voor Kustlijnzorg

Het zand van het vaargeulonderhoud van de Sardijnegeul wordt in principe gestort in de buurt van de Westkappelse Zeedijk (Appendix B – Verspreidingsvak Westkapelle). Dit is terug te zien als kleine vooroeversuppleties (2014, 2015, 2016, 2018, 2019, 2021, 2023) in Figuur 7-3. In 2020 is eenmalig een strandsuppletie (210.000 m³) met dit gebaggerde zand uitgevoerd bij Dishoek om de waterveiligheid na stormafslag te waarborgen. In 2022 is eenmalig 188.646 m³ zand naar een project van de Provincie/Zeeuws Landschap gegaan: de Hooge Platen in de Westerschelde. Er wordt, met name in de Westerschelde nog meer gebaggerd ten behoeve van vaargeulonderhoud, maar dit heeft een minder directe relatie met het beheer en onderhoud van de kust in programma Kustlijnzorg en wordt daarom hier niet nader uitgewerkt.

7.3 Zandsuppleties

Zandsuppleties vinden sinds 1952 plaats langs de kust van Walcheren en sinds 1973 langs de kust van Noord-Beveland. Een overzicht van alle uitgevoerde zandsuppleties is te vinden in Appendix B. Tabel 7-1 en de volgende paragrafen geven een samenvatting van de typerende suppleties langs de kust van Noord-Beveland en Walcheren.

Tabel 7-1. Samenvatting van de typerende suppleties langs de kust van Noord-Beveland en Walcheren. De vastgestelde suppletieprogramma's en de actualisaties met onderbouwingen zijn te vinden via:

<https://open.rijkswaterstaat.nl/overige-publicaties/2023/suppletieprogramma-kustlijnzorg>

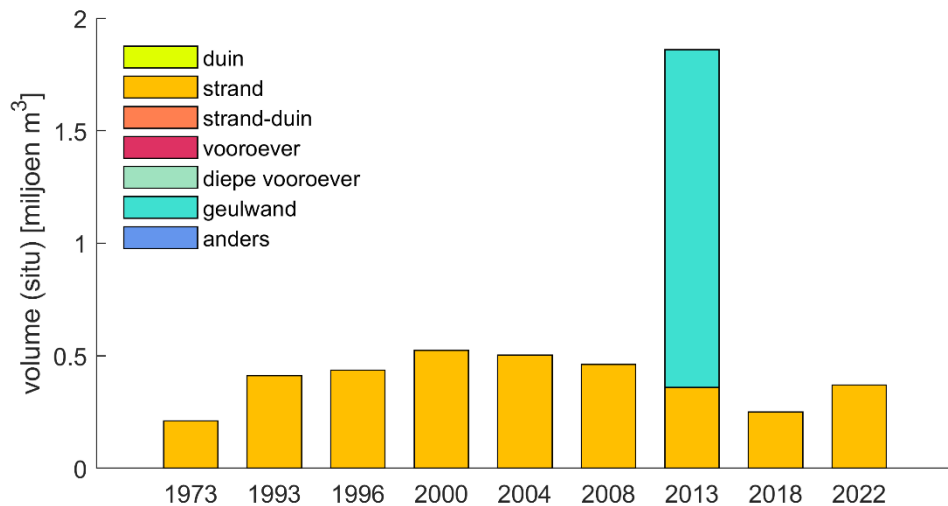
Locatie (raaien)	Typerende suppleties	Onderbouwing
Noord-Beveland (180-320)	Strand- en geulwandsuppleties	Vanwege de erosieve aard van de kust vinden hier veel strandsuppleties plaats. De suppleties vinden voornamelijk plaats op het strand, en soms tot in de geulwand.
Domburg (1448-1632)	strandsuppleties	De BKL ligt meer zeewaarts dan in de naastgelegen raaien, ter bescherming van de bebouwing op het duin en het aansluitende dijktraject. Hierdoor treedt structurele erosie op. Vanwege de plaatselijke morfologie worden met name strandsuppleties uitgevoerd (m.u.v. de 2017-vooroeversuppletie).
Westkappelse Zeedijk (raai 1795-1948)	strandsuppleties	De Westkappelse Zeedijk is in 2008 versterkt, waarbij het strand en de vooroever zeewaarts zijn uitgebouwd. Door de versterking is het aanwezige zandvolume direct van belang voor de waterveiligheid van de Westkappelse Zeedijk. Daarom wordt de kust op deze locatie regelmatig onderhouden.
Westkapelle – Dishoek (2255-3251)	Strand- en geulwandsuppleties	Hier treedt al jaren structurele erosie op door de aanwezigheid van het Oostgat. Om de erosie te compenseren en de BKL te handhaven vinden hier strand- en geulwandsuppleties plaats.

7.3.1 Noord-Beveland

Gemiddeld wordt er in het kustvak Noord-Beveland elke vier jaar een suppletie uitgevoerd (Figuur 7-2 en Appendix B). De voorliggende geul Schaar van Onrust veroorzaakt hier erosie van de kust (zie ook paragraaf 6.3.3). Vanwege deze aanwezige geul, vinden suppleties voornamelijk plaats op het strand. Lazar & Elias (2023) stellen dat suppleties hier minder succesvol zijn dan elders, aangezien er door het smalle strand en de aanwezigheid van de Schaar van Onrust slechts een relatief klein sedimentvolume efficiënt kan worden geplaatst zonder de geul te beïnvloeden. Bovendien veroorzaken de getijdensnelheden in deze geul een aanzienlijk sedimentverlies langs de kust. Als gevolg hiervan is het herhalingsinterval tussen suppleties kort.

Lazar & Elias (2023) en Quataert et al. (2024) hebben gekeken naar ingrepen voor de erosie van het Banjaardstrand. Morfologisch baggeren is niet succesvol in het verminderen van de erosie. Mogelijk is morfologisch baggeren niet effectief geweest i.v.m. beperkte baggervolumes uit de Roompot-Hompels. Dit had als reden de voorzichtigheid in relatie tot de nabije bodembescherming van de Stormvloedkering. Wat deels succesvol lijkt, is het (gedeeltelijk)

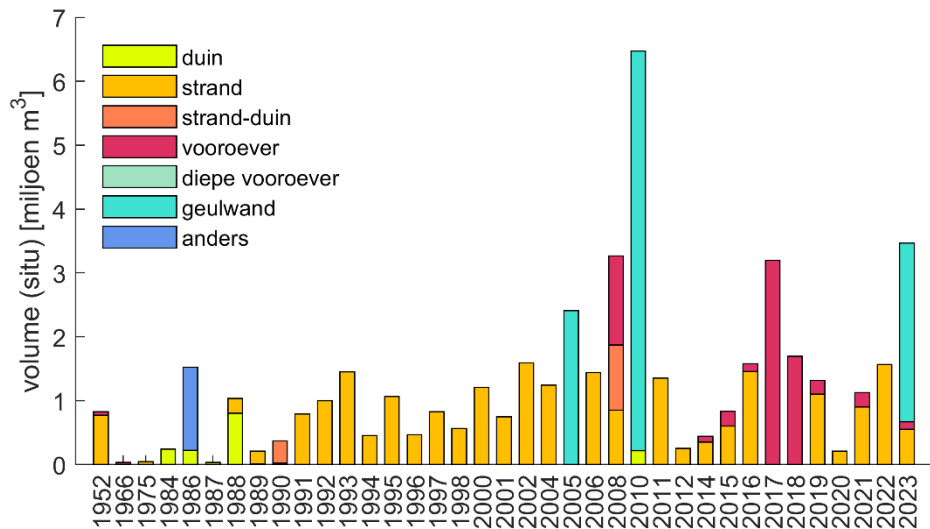
opvullen van de Schaar van Onrust. Dit volgt zowel uit Lazar & Elias (2023) als uit Quataert et al. (2024). Van der Werf et al. (2010) heeft een gedeeltelijke afsluiting van de Schaar van Onrust, die de stroming en daarmee de uitbochtiging zou moeten verminderen, onderzocht. Vervolgens zijn in 2013 een geulwand- en strandsuppletie uitgevoerd langs de Schaar van Onrust (zie Figuur 7-2). Ondersteunend onderzoek ter voorbereiding van de suppletie is gerapporteerd in Van der Werf (2012). Een uitgebreide evaluatie van deze suppletie ná aanleg is uitgevoerd door Schrijvershof (2017). De belangrijkste resultaten uit deze studies zijn samengevat in Elias & Quataert (2021): Het suppleren van de geul in 2013 leidde niet tot een groot sedimentverlies van de suppletie en er waren geen toegenomen negatieve effecten, zoals sterkere stranderosie of nieuwe geulvorming, als gevolg van deze maatregel waargenomen. Wel hebben de suppleties geresulteerd in een kleine verandering in stromingen in de Schaar van Onrust en op de zandbank Onrust en dus ook een beperkte verandering van de residuele transporten op die locaties (Quataert et al., 2024). Mogelijk is dit de oorzaak achter de in de data geobserveerde verflauwing van de geulwanden en hoogte afname van de Onrust. Zowel Lazar & Elias (2023) als Quataert et al. (2024) concluderen dat een verdere opvulling van de geul in de toekomst wellicht mogelijk is als maatregel om de kustlijn efficiënter te handhaven. Een dergelijke opvulling zal enerzijds de door getij veroorzaakte sedimentverliezen langs het Banjaardstrand verminderen en anderzijds zal het de accommodatieruimte voor toekomstige suppleties vergroten. Op langere termijn zouden er wel veranderingen kunnen optreden in de stroming naar de kering toe, als het drempelgebied tussen Roompot Zuid en Oude Roompot verandert ten gevolge van het verdwijnen van de Schaar van Onrust. Simulaties uitgevoerd door Quataert et al. (2024) met hypothetische suppletievarianten laten zien dat alleen bij volledige dichtzetting van de Schaar van Onrust een duidelijk grotere beïnvloeding van de transporten optreedt. Dit kan dan mogelijk gevolgen hebben voor de bestortingen van de kering.



Figuur 7-2. Overzicht van de uitgevoerde suppleties langs de kust van Noord-Beveland onderverdeeld per type.

7.3.2 Walcheren

Langs de kust van Walcheren vinden regelmatig suppleties plaats (Figuur 7-3). Hieronder worden enkele suppleties verder toegelicht.



Figuur 7-3. Overzicht van de uitgevoerde suppleties langs de kust van Walcheren onderverdeeld per type.

Breezand (raai 580-720)

De noordzijde van Walcheren grenst aan de grote getijgeul Roompot Zuid, waardoor grote stroomsnelheden en langtransporten optreden. De knik in de kustlijn net ten oosten van Breezand (raai 580–720) zorgt ervoor dat Breezand uitsteekt ten opzichte van de omliggende kust. Het uitstekende bolwerk veroorzaakt hier gradiënten in de stromingen en de transporten, wat leidt tot erosie van het strand (Elias & Quataert, 2021). Daarom is hier in 2022 een strandsuppletie uitgevoerd.

Oostkapelle (raai 700-1025)

Bij Oostkapelle (raai 700-1025) is er eind 2017/begin 2018 een geulwandsuppletie (in Figuur 7-3 aangeduid als 'vooroeversuppletie') uitgevoerd om het kustfundament op peil te houden. Staatsbosbeheer had hier namelijk de wens in het achterliggende gebied 'De Manteling' meer dynamiek in het duingebied toe te laten. Dit kusttraject kende bovendien een overwegend landwaartse trend, vandaar dat een dergelijke suppletie wenselijk was.

Domburg (raai 1448-1632)

Langs de kust van noordwest Walcheren vinden met name bij Domburg veel suppleties plaats. Ter bescherming van de veiligheid van de bebouwing op het duin en de dijkkring, ligt de te handhaven basiskustlijn hier meer zeewaarts ten opzichte van de naastgelegen kust. Omdat de kustlijn hierdoor uitsteekt, wordt de structurele erosie versterkt. De ervaring leert dat de kust van Domburg dusdanig erodeert dat de BKL gemiddeld drie tot vier jaar na een strandsuppletie overschreden raakt. Als pilot is in 2017 een vooroeversuppletie uitgevoerd.

Westkappelse Zeedijk (raai 1795-1948)

De Westkappelse Zeedijk is in 2008 versterkt als onderdeel van de Zwakke Schakels. Hier is o.a. de bekleding van de dijk verbeterd en zijn het strand en de vooroever zeewaarts uitgebouwd met behulp van een gecombineerde vooroever- en strandsuppletie aan de noordzijde van de Westkappelse Zeedijk. Er is gekozen voor een (deels) zandige versterking en verlegging van de BKL, welke bijdraagt aan de waterveiligheid, recreatie, natuur en overige functies in dit gebied. Een voorzien gevolg van deze zeewaartse versterkingswijze is dat er naar verwachting nog tot zeker 2028 sprake zal zijn van sterkere lokale erosie rondom de uitbouw. Door de versterking is het aanwezige zandvolume direct van belang voor de waterveiligheid van de Westkappelse Zeedijk. Daarom wordt de kust op deze locatie regelmatig onderhouden.

Oostgat (raai 2195-2694)

Van het totaal van de suppleties op Walcheren is er voornamelijk onderzoek gedaan naar de geulwandsuppleties in het Oostgat. In het najaar van 2005 is er ter hoogte van Zoutelande een geulwandsuppletie van 2,5 miljoen m³ uitgevoerd. Vervolgens is deze suppletie in 2009 met 6,2 miljoen m³ uitgebreid tot Westkapelle. Verder is in 2008 tussen Westkapelle en Domburg,

in het kader van de Zwakke Schakels, een suppletie van 2,5 miljoen m³ uitgevoerd, waarvan ca. 1,5 miljoen m³ op de vooroever.

Naar deze geulwandsuppleties zijn vooraf verschillende studies gedaan. Zo heeft Witteveen+Bos (2007) gekeken of er op economische gronden gekozen kon worden voor een vorm van suppleren. Elias en Walstra (2006) hebben met een proces-georiënteerd morfologisch model de morfologische effecten van verschillende ingrepen op een termijn van 10 jaar gesimuleerd. De mogelijke invloed van een geulwandsuppletie op de drempel Oostgat/Sardijngeul is nader onderzocht door Van Ormondt en De Ronde (2009).

In oktober 2001 is door Rijkswaterstaat Zeeland een praktijkproef uitgevoerd naar de effecten van een geulwandsuppletie. Er is een tracerexperiment gedaan waarbij 10.000 m³ glauconiethoudend zand ter hoogte van Dishoek op de geulwand is aangebracht. Hordijk (2002) heeft deze proef in Delft3D gesimuleerd en vergeleken met de praktijkresultaten. De metingen en het model tonen vergelijkbare resultaten, waarbij het model de sedimenttransporten iets overschat. Het grootste gedeelte van het gesuppleerde sediment blijft op dezelfde plek. De suppletiehoogte was iets afgenomen en het zwaartepunt is in vloedrichting (zuiden) verplaatst. Dekker (2012) heeft de twee uitgevoerde geulwandsuppleties uit 2005 en 2009 geanalyseerd op basis van multibeam opnames. Beide suppleties bleven relatief stabiel, wat in lijn was met de ervaringen van het tracerexperiment en de analyse van Van Ormondt en De Ronde (2009). De volumes namen enigszins af en er was noordwaarts transport zichtbaar. Het centrale deel van de suppletie zakte enigszins uit. De verwachting was dat de geulwand vooral bovenin (NAP -8 tot -12m) op korte termijn weer bloot zou komen te liggen.

Bankje van Zoutelande

Elias et al. (2021) hebben drie varianten van een mogelijke systeemsuppletie op het Bankje van Zoutelande uitvoerig bestudeerd. Op basis van de uitgevoerde modellering kan geen direct verband tussen het Bankje van Zoutelande en de kustlijnerosie van Zuidwest-Walcheren worden gelegd. Een rechtstreekse uitwisseling met de kustlijn van Walcheren treedt onder geen enkele conditie op. Een belangrijke conclusie is dat geen van de suppletievarianten een significante beïnvloeding van de processen (getij en golven) geeft. Zelfs met een aanleghoogte van 0 m NAP neemt de golfhoogte van de achterliggende kust niet af. Dit geringe effect komt vooral omdat de voorliggende monding al een hele effectieve golfbreker vormt.

Dishoek – Vlissingen (raai 2930-3420)

De kustzone wordt hier gekarakteriseerd door een enkel, relatief steil en smal duin (Figuur 7-4). Tussen het duin en voorliggende geul ligt een smal strand ingeklemd. In totaal zijn er 10 strandsuppleties aangebracht met een interval tussen de 1 en 5 jaar over de periode 1992-2021. Door de aanwezigheid van de diepe geul Oostgat en Sardijngeul zijn vooroeversuppleties niet mogelijk. De mogelijke invloed van een geulwandsuppletie op de drempel tussen het Oostgat en de Sardijngeul is nader onderzocht door Van Ormondt en De Ronde (2009). Tot op heden worden suppleties hier uitgevoerd in de vorm van een strandsuppletie. In 2009-2010 is er in het kader van het programma 'Zwakke Schakels' een duinverzwarende aangelegd tussen raaien 3153 – 3380. Bij raai 3202 is er naar aanleiding van de stormen Ciara en Dennis (2020) een deel van het strand geërodeerd. Omdat uit veiligheidssommen bleek dat niet gegarandeerd kon worden dat aan de nieuwe normen van 2017 kon worden voldaan, met het oog op het stormseizoen 2020-2021, is er in mei 2020 versneld gesuppleerd op de raaien 3165-3239 (zie paragraaf 7.2).

Quataert & Elias (2022) hebben een voorverkenning gedaan naar alternatieve beheer- en onderhoudsstrategieën voor deze kust. Deze is vervolgens nader uitgewerkt met specifieke scenario's door De Vries et al. (2023). De opgestelde alternatieve beheer- en onderhoudsstrategieën zijn: (1) de aanleg van een geulwandsuppletie (zacht), (2) het uitvoeren van een duinverzwarende in combinatie met voortzetting van de strandsuppleties (zacht) en (3) het verlengen van bestaande strandhoofden met strandsuppleties (hybride). In 2023 is scenario 2 door Rijkswaterstaat en het waterschap als voorkeursstrategie benoemd.



Figuur 7-4. Satellietopname bij Dishoek representatief voor laagwater (links) en hoogwater (rechts). Tijdens laagwater zijn de strekdammen duidelijk zichtbaar. Tussen deze dammen bevindt zich een intergetijdstrand dat aan de zeezijde abrupt over gaat in de voorliggende geulen. Tijdens hoogwater blijft er slechts een smalle droge strandzone over. Bron: Quataert & Elias (2022).

7.4 Ontwikkeling kustindicatoren

7.4.1 MKL – BKL

De MKL-positie (voor definitie, zie Hoofdstuk 3) representeert de jaarlijkse kustlijnligging en wordt vergeleken met de BKL. Figuur 7-5 geeft de MKL ontwikkeling voor 1965 tot 2023 (boven) en de laatste 10 jaar (onder) t.o.v. de BKL2023. Trends in kustlijnpositie zijn bepaald in het Kustlijnkaartenboek 2024 en zullen hieronder worden toegelicht.

Het kustvak Noord-Beveland wordt gekenmerkt door twee deelgebieden met wisselende trends in kustlijnpositie: (1) Oosterschelde tot de Veerse Gatdam en (2) de Veerse Gatdam.

Door een netto oostwaarts zandtransport langs de kust wordt zand afgezet tegen de damaanzet van de Oosterscheldekering (raai 120-140). In de raaien 160-320 treedt erosie op. Hier ligt de aanwezige geul, de Schaar van Onrust, het dichtst tegen de kust aan. De ligging van de geul is stabiel, maar het zand dat van het strand erodeert komt in de geul terecht en wordt afgevoerd. Om de kustlijn te handhaven zijn daarom reguliere strandsuppleties nodig. In 2023 is de BKL in dit gebied (raai 220-260) enkele meters landwaarts verplaatst (zie ook paragraaf 3.2). Door de in 2022 uitgevoerde suppletie wordt de (herziene) BKL momenteel niet overschreden, maar er worden voor de komende jaren wel BKL-overschrijdingen verwacht.

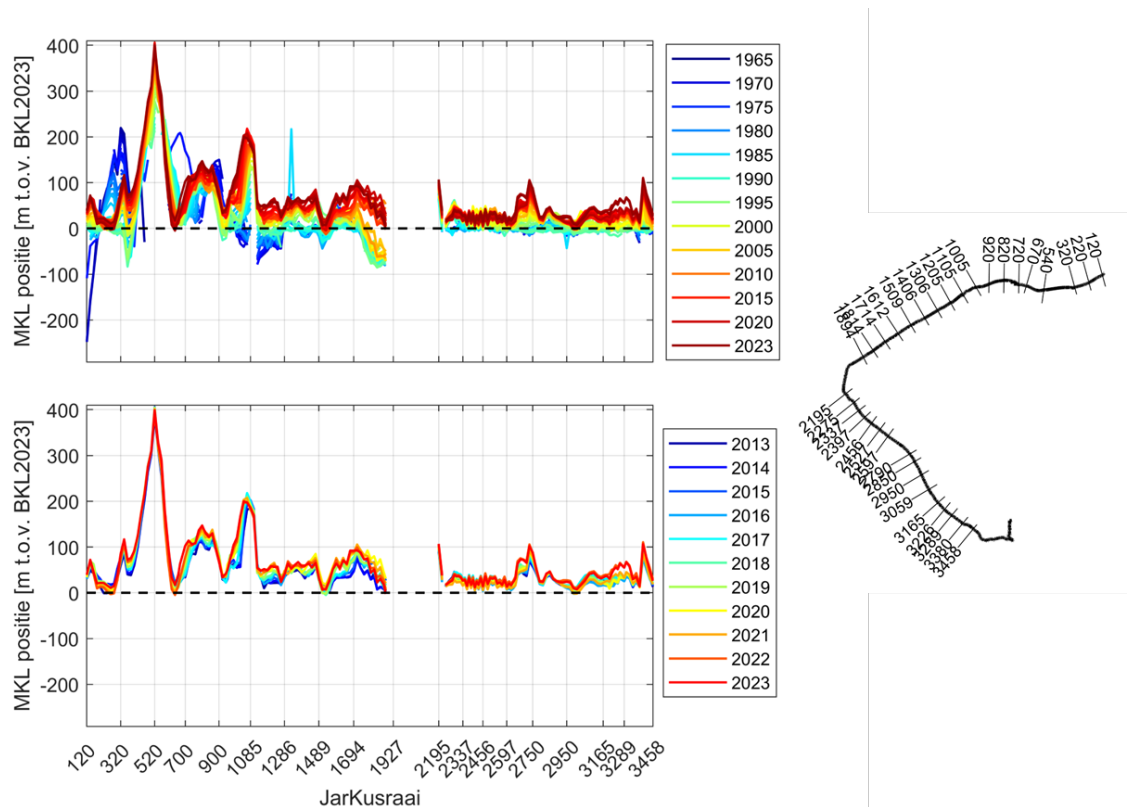
Voor de Veerse Gatdam (raai 380-520) is er in 2023 een BKL gedefinieerd. Sinds de afsluiting van het Veerse Meer in 1961 is de Veerse Gatdam sterk aangezand vanwege het oostwaarts transport van zand langs de kust van Walcheren en het landwaarts verplaatsen van de zandbanken op de voormalige buitendelta van het Veerse Gat. Het voorland van de dam wordt daarom tegenwoordig gezien als onderdeel van de zandige kust. De aanwezige geul, die noordelijker rond raai 120-340 voor erosie zorgt, is langs de Veerse Gatdam verder van de kust verwijderd. De aanzanding van dit gebied duurt nog steeds voort en de kustlijn vertoont dan ook een stabiele tot licht uitbouwende trend.

De kustlijn op Walcheren is door onderhoud vanuit het reguliere suppletieprogramma goed op orde, op enkele BKL-overschrijdingen na.

Langs de noordwestkust van Walcheren, van Breezand tot Domburg (raai 540 - 1428), is de kustlijn overwegend stabiel of uitbouwend. Alleen bij Breezand treedt lichte erosie op. Hier heeft Rijkswaterstaat in 2022 een strandsuppletie uitgevoerd. Ter hoogte van Domburg (raaien 1448-1612) vindt structureel erosie plaats. Ten westen van Domburg tot de Westkappelse zeedijk vindt gematigde aanzanding plaats (raai 1653-1735). Bij de Westkappelse Zeedijk vindt vervolgens weer (relatief sterke) erosie plaats (raaien 1775-1905). Hier is in 2023 een strandsuppletie aangebracht, maar deze is nog niet terug te zien in de metingen. Bij raaien

1448-1632 (t.h.v. Domburg) en 1735-2215 (t.h.v. Westkapelse Zeedijk) zijn in 2017 vooroeversuppleties uitgevoerd. Deze vooroeversuppleties hebben nog geen duidelijk effect op de kustlijn.

Langs de kust tussen de Westkappelle Zeedijk (die eindigt bij raai 2185) en het badstrand Vlissingen is de trend grotendeels erosief. Parallel aan de kust liggen de diepe getijdengeulen Oostgat en de Sardijngeul aan elkaar geschakeld. Rijkswaterstaat suppleert het strand hier regelmatig. Tussen Westkapelle en Zoutelande (raai 2215-2677) is een landwaartse trend in kustlijnpositie zichtbaar. De strandsuppletie van eind 2021 - begin 2022 heeft ervoor gezorgd dat de kustlijn hier weer goed in het zand zit. In de regio tussen Zoutelande en Groot Valkenisse (raai 2713-2930) is de kustlijn stabiel tot licht uitbouwend. Verder zuidwaarts richting Vlissingen is de trend weer erosief. Ter hoogte van het Nollebos en het Badstrand Vlissingen (raai 3251-3458) is de kustlijn vrij stabiel.

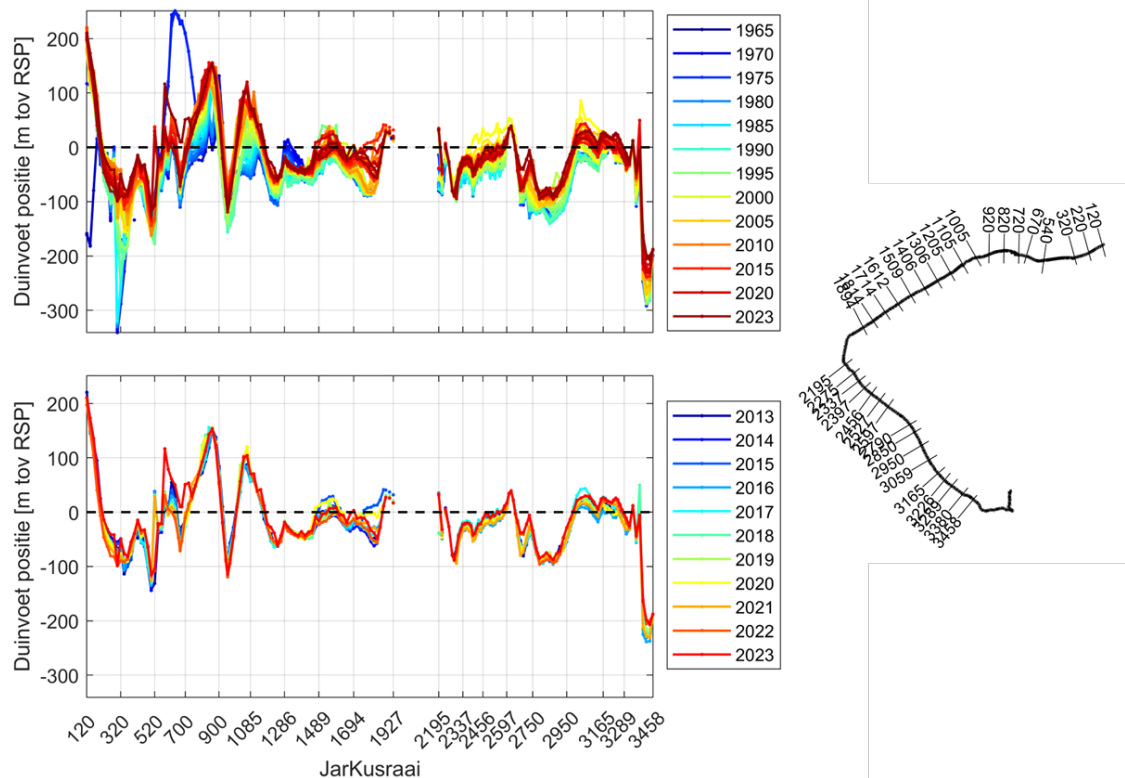


Figuur 7-5. Ontwikkeling MKL positie t.o.v. BKL2023 (zwarte stippellijn) over de periode 1965 tot 2023 (boven) en de laatste tien jaar (onder).

7.4.2 Duinvoet

De duinvoet is de overgang van het droge strand naar de eerste duinenrij. Deze wordt bepaald als de positie van het snijpunt van het profiel met de +3 m NAP lijn, ten opzichte van RSP (zie Appendix A2 voor de berekenmethode). Dit snijpunt hoeft in de realiteit niet altijd overeen te komen met de daadwerkelijke overgang van strand naar duinen (m.a.w. knippunt in het profiel).

In Figuur 7-6 wordt de ontwikkeling van de duinvoet tussen 1965 en 2023 en de laatste tien jaar weergegeven langs de kust van Walcheren en Noord-Beveland. De positie van de duinvoet bevindt zich afwisselend zeewaarts en landwaarts van de Rijksstrandpalen. De positie van de duinvoet is (met name de laatste tien jaar) overwegend stabiel. Bij de damaanzet van de Oosterscheldekering (raai 120-200) ligt de duinvoet ver zeewaarts. Bij Vlissingen, daarentegen, ligt de duinvoet juist ver landwaarts. Hier bevindt de +3m NAP zich pas landwaarts van de Boulevard.



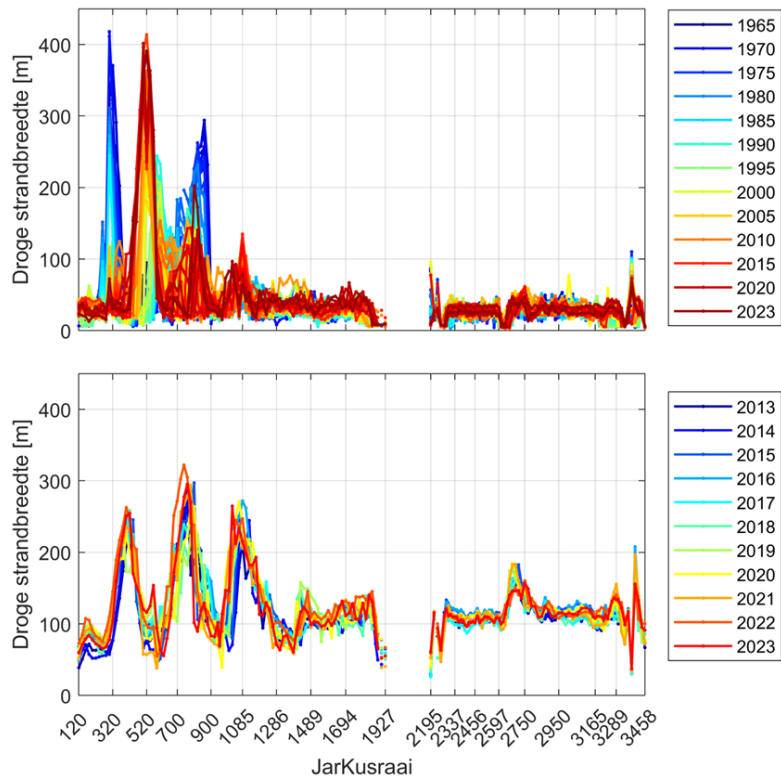
Figuur 7-6. Ontwikkeling duinvoet positie t.o.v. RSP over de periode 1965 tot 2023 (boven) en de laatste tien jaar (onder). Wanneer de waarde negatief is, dan ligt het duinvoet landwaarts van de Rijkswaterstaatspaal.

7.4.3 Strandbreedte

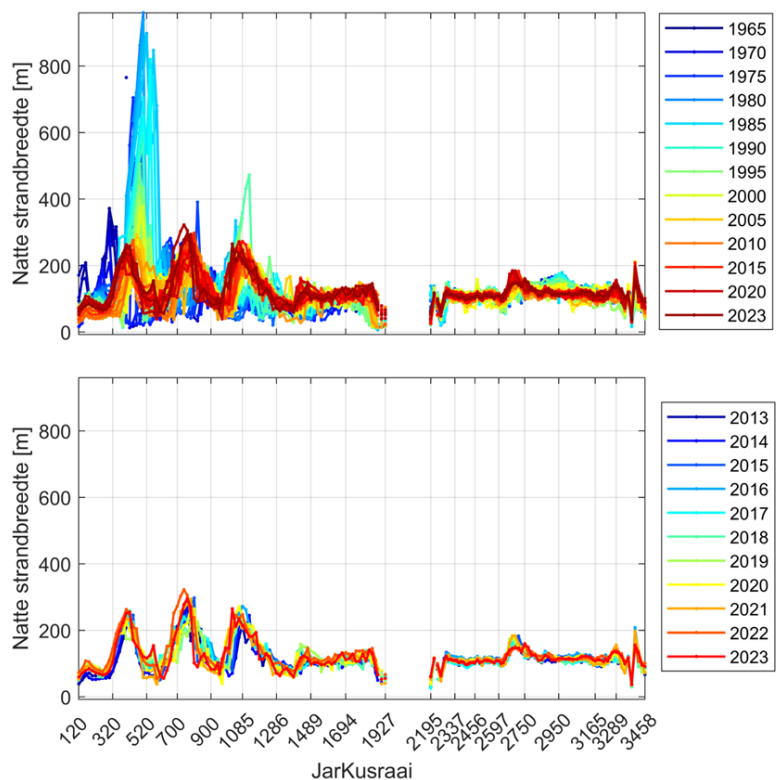
Het onderhouden van een strandbreedte is geen doelstelling van het beleid dat Rijkswaterstaat binnen Uitvoeringsprogramma Kustlijn zorg uitvoert voor het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, maar wel van belang voor recreatie. Er is onderscheid tussen het natte strand en het droge strand. De natte strandbreedte is de horizontale afstand tussen het snijpunt van het strandprofiel met de gemiddeld laag water (GLW) en gemiddeld hoog water (GHW). De droge strandbreedte is de afstand tussen de snijpunten van het strandprofiel met de GHW en de duinvoet (zie Appendix A3 voor de berekeningsmethode). In Figuur 7-7 en Figuur 7-8 staat de ontwikkeling van de droge en natte strandbreedte tussen 1965 en 2012 langs de kust van Walcheren en Noord-Beveland.

De figuren laten zien dat de strandbreedte langs de hele kust fluctueert. De strandbreedte van noordwest Walcheren is groter dan de strandbreedte van Noord-Beveland en zuidwest Walcheren. Door de aanwezigheid van de geulen voor de kust van Noord-Beveland en zuidwest Walcheren zijn de stranden hier smaller. De strandbreedte net ten westen van de Veerse Gatdam (raai 480 – 540) is sterk toegenomen door de afsluiting van het Veerse Gat. De strandbreedte is de laatste jaren vrij stabiel, mede door de frequente strandsuppleties die hier worden uitgevoerd.

Van Eijsbergen & Van Oeveren (2017) hebben het effect van strandsuppleties op de strandbreedte van Zuidwest Walcheren bestudeerd. Hier blijkt dat een strandsuppletie zorgt voor een initiële verbreding van het strand. De mate waarin is afhankelijk van het aangebrachte volume ter plekke en de vorm van de suppletie. Na aanleg van de strandsuppletie neemt de breedte van het strand direct weer af. De strandbreedte na de aanleg van een strandsuppletie is niet stabiel en breder dan deze van nature wil zijn. Voor Zuidwest Walcheren geldt dat zowel de droge strandbreedte als de totale strandbreedte na ongeveer 3 jaar weer terug is naar de breedte voor de suppletie.



Figuur 7-7. Ontwikkeling droge strandbreedte voor de periode 1965 – 2023 (boven) en de laatste tien jaar (onder) voor alle raaien bij de kust van Walcheren en Noord-Beveland.



Figuur 7-8. Ontwikkeling natte strandbreedte voor de periode 1965 – 2023 (boven) en de laatste tien jaar (onder) voor alle raaien bij de kust van Walcheren en Noord-Beveland.

7.4.4 Faalkans van de eerste duinenrij

De wettelijke beoordeling van de duinen als primaire waterkering is gebaseerd op het bepalen van de hoeveelheid duinafslag onder maatgevende condities. Bij deze beoordeling komt geen informatie beschikbaar over het effect van suppleties op de ontwikkeling van de veiligheid. Om dit effect in beeld te kunnen brengen is in 2011 een database samengesteld met faalkansen van alle JarKus raaien langs de Nederlandse duinenkust, voor de jaren 1965-2010 (HKV, 2011; zie Appendix A4). Op basis van deze database zijn analyses uitgevoerd van de effecten van het suppletiebeleid door de jaren heen op de faalkans van de duinen (HKV, 2012). In 2017 is deze database geactualiseerd voor de periode tot en met 2017 (HKV, 2017).

De hierbij berekende faalkansen hebben geen officiële betekenis voor de faalkans van de duinwaterkering, omdat het ontwikkelde probabilistische duinafslagmodel geen officiële status binnen het Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium (WBI) heeft.

Trends in de ontwikkeling van de faalkansen zijn bepaald voor twee perioden: 1965-1990 en 1990-2017. Figuur 7-9 toont de trend in de faalkans van de eerste duinenrij van Walcheren en Noord-Beveland voor elke periode. Er is een onderverdeling aangebracht in vijf klassen:

- 1 De faalkansen zijn sterk afgenomen in deze periode: de trend is zodanig dat een afname van de faalkans met een factor 10 minder dan 10 jaar heeft geduurd (donkerblauw).
- 2 De faalkansen zijn licht afgenomen in deze periode: de trend is zodanig dat een afname van de faalkans met een factor 10 meer dan 10 jaar heeft geduurd (lichtblauw).
- 3 Er zijn slechts 4 of minder faalkansen berekend in de beschouwde periode (vanwege een gebrek aan JarKus data of bruikbare resultaten van PC-Ring), op basis waarvan geen trend wordt weergegeven (groen).
- 4 De faalkansen zijn licht toegenomen in deze periode: de trend is zodanig dat een toename van de faalkans met een factor 10 meer dan 10 jaar heeft geduurd (geel).
- 5 De faalkansen zijn sterk toegenomen in deze periode: de trend is zodanig dat een toename van de faalkans met een factor 10 minder dan 10 jaar heeft geduurd (oranje).

De figuur laat zien dat de berekende faalkans na 1990 vrijwel overal sterk is afgenomen. Dit hangt samen met de vele suppleties die hier zijn uitgevoerd.

8 Referenties

- Beekman, F., 2007. De Kop van Schouwen onder het zand. Duizend jaar duinvorming en duingebbruik op een Zeeuws eiland. Matrijs, Utrecht, 304 pp.
- Beyaard, L., 2022. Effect of basin size reduction on morphodynamic interaction between estuary and mouth. A historical case study of the Western Scheldt. Bachelor's Thesis.
- Brekemans, A.C.P., Wolma, A., Schilt, B., Marijt, M., Versloot, F., 2023. Natura 2000-beheerplan Voordelta.
- De Bruin, M.P. & Wilderom, M.H., 1961. Tussen Afsluitdammen en Deltadijken, deel 1, Noord-Beveland.
- De Groen, F., V. van Zelst, L. van der Valk & B. Arens, 2019. Natuurlijk Veilig door Kust- en Zeereepbeheer. Delft, Deltares, rapport nr. 11203683-002-ZKS-0014, 73 pp.
- De Groot, A.V., 2002. Kustlijnhandhaving Onrustpolder. Evaluatie van de effecten van morfologisch baggeren en strandsuppleties. Stageverslag.
- De Jong, R., 2021. De Banjaard toekomstbestendig – Integrale gebiedsvisie De Banjaard.
- Dekker, L., 2012. Monitoring vooroeversuppleties Oostgat, Zeeuws-Vlaanderen t/m november 2011 en Zwakke Schakels t/m maart 2012 (eindrapport). Rijkswaterstaat, Meetadviesdienst Zeeland.
- Deltares, 2018. Beheerbibliotheek Walcheren en Noord-Beveland/Veerse Dam. Deltares rapport 11202190-000-0004. 187 pp.
- Deltares, 2023. Zeespiegelmonitor 2022. Deltares rapport 11209266-000-ZKS-0001.
- Den Doolaard, A., 1947. Het verjaagde water. Querido, Amsterdam. ISBN 9789040722240.
- De Vries et al., 2023. Verkenning probleemlocaties onderhoud Nederlandse kust: Alternatieve beheer- en onderhoudsstrategieën voor Vlieland Havenstrand, Texel Zuidwest, Dishoek en Nieuwvliet-Groede.
- Eelkema, M. 2013. Eastern Scheldt Inlet Morphodynamics. Proefschrift TU Delft.
- Elias, E.P.L., Pearson, S. & van Weerdenburg, R. (2021). Evaluatie systeemsuppletie Bankje van Zoutelande. Deltares rapport 11205236-003-ZKS-0002
- Elias, E. & Quataert, E., 2021. Morfologische ontwikkeling Noord-Beveland en Breezand: regio advies kusterosie Banjaardstrand en Breezand. Deltares rapport: 11206794-001-ZKS-0002.
- Elias, E.P.L. & Van der Spek, A.J.F., 2015, Uitwerking sedimentbudget van de Westerscheldemonding, Deltares rapport: 1210301-012.
- Elias, E.P.L., Van der Spek, A.J.F., Lazar, M. 2016. The 'Voordelta', the contiguous ebb-tidal delta's in the SW Netherlands; Large-scale morphological changes and sediment budget 1965-2013; Impacts of large-scale engineering. Accepted for publication Netherlands Journal of Geosciences)
- Elias, E. P., Van der Spek, A. J., Wang, Z. B., Cleveringa, J., Jeuken, C. J., Taal, M., & Van der Werf, J. J., 2023. Large-scale morphological changes and sediment budget of the

Western Scheldt estuary 1955–2020: the impact of large-scale sediment management. *Netherlands Journal of Geosciences*, 102, e12.

Elias, E.P.L. & Walstra, D.J.R., 2006. SMB ZW Walcheren - Modellerende effectiviteit zeewaartse kustbeschermingsalternatieven. Rapport Z4052, WL|Delft Hydraulics, Delft.

Giardino, A., den Heijer, K. & 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).

Hijma, M.P., 2022. Bodemdalingsmonitor 2022 - Kustfundament en de getijdenbekkens – Overzicht onderzoek 2018-2021, Deltares report 11208035-003-ZKS-0003.

Hijma, M.P., Kooi, H., 2018. Bodemdaling in het kustfundament en de getijdenbekkens (deel 2) - Een update, case IJmuiden en kwantificering onzekerheden, Deltares report 11202190-001-ZKS-0001_v1.0.

HKV, 2011. Indicatoren voor kustlijnzorg. Analyse van indicatoren voor veiligheid en recreatie. HKV rapport pr2063.20. Wim van Balen, Vincent Vuik en Saskia van Vuren, 29 oktober 2011.

HKV, 2012. Indicatoren voor kustlijnzorg. Analyse van stormen, suppleties en kustveiligheid. HKV rapport pr2063.30. Vincent Vuik, Wim van Balen en Andries Paarlberg, 29 oktober 2012.

HKV, 2017. Faalkansendatabase duinen. Update voor de periode 1965-2017. HKV rapport PR2063.70. Vincent Vuik en Guy Dupuits, december 2017.

Hoozemans F.M.J. 1991. Horizontale Zandgolven; literatuurstudie. Waterloopkundig Laboratorium | WL. H840.

Hordijk, D., 2002. Geulwandsuppletie Oostgat Westerschelde. Deel I: Voorstudie.

IJff, S., Smits, B., Van Zelst, V., Arens, B., 2019. Natuurlijk Veilig- Landschapsvormende processen. Invloed van suppleties en beheer op dynamiek in de zeeoep. Deltares rapport 11202190-001-ZKS-0012. 49 pp.

Kenniscentrum Kusttoerisme, 2019. Economisch belang van de stranden voor toerisme in Zeeland.

Lambeek, J.J.P., 1991. Zandgolven langs de Noordwestkust van Walcheren.

Lazar, M., Elias, E.P.L., 2023. Challenges of nature based flood protection. A case study of Banjaardstrand (The Netherlands).

Maranus, J.W., 1986. Grootchalige zandgolfbeweging langs de Zuidelijke Deltakust. Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren, nota DGW-86.002. 21p.

Maranus, J.W. & Verhagen, H.J., 1987. Zandgolven en kustverdediging in Zeeland: Voorspelling van kustgedrag.

Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2012. Basiskustlijn 2012. Herziening Basiskustlijn.

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2018. Basiskustlijn 2017 Herziening van de ligging van de basiskustlijn. 29 pp.

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2023. Basiskustlijn 2023. Herziening van de ligging van de basiskustlijn.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1990. Kustverdediging na 1990; beleidskeuze voor de kustlijnzorg. (de 1e kustnota).

- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1995. Nota Kustbalans 1995 – De Tweede Kustnota.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2000. Evaluatie Basiskustlijn 2000 Zeeland. Rijkswaterstaat, Directie Zeeland Afdeling Morfologie watersystemen (NWL). G.R. Termaat & J.W. Maranus. Juni 2000.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2003. Basiskustlijn 2001 Evaluatie ligging Basiskustlijn. 92 pp.
- Mulder, J. P. M., 2000. Zandverliezen in het Nederlandse kuststelsel: Advies voor dynamisch handhaven in de 21e eeuw. rapport RIKZ/2000.36.
- Nederbragt, G. en Koomans, R.L., 2006. Nourishment of the slope of a tidal channel – from experiment to practice. In: Sanchez-Arcilla, A. (ed.): Coastal dynamics 2005: state of the practice. Coastal Dynamics 5th International Conference, 4–8 April 2005, Barcelona, Spain.
- Nougues, L., Hijma, M.P., 2022. Bodemdalingsmonitor 2022 - Fundering en geologie bij GNSS-stations, Deltares report 11208035-003-ZKS-0004.
- Ormondt, M. van, J.G. de Ronde, 2009. Mogelijke effecten geulwandsuppletie Oostgat op de drempel tussen het Oostgat en de Sardijngeul. Rapport z4582.70. Deltares, Delft.
- Provincie Zeeland, 2023. Natuurdoelanalyse 2023. Manteling van Walcheren. 117 pp.
- Quataert, E. & Elias, E.P.L., 2022. Verkenning probleemlocaties kust. Deltares rapport: 11208035-001-ZKS-0001.
- Quataert, E., Elias, E., De Wilde, T., 2024. Regionaal Advies: Strand-geulwandsuppletie Noord-Beveland. Deltares rapport: 11209263-001-ZKS-0002
- Schrijvershof, R., 2017. Evaluatie geulwandsuppletie Onrust. Deltares Memo 11200538-004-ZKS-0004.
- Staatscourant (31 mei 2019). Projectplan Bestorten ontgrondingskuilen Oosterscheldekering, Rijkswaterstaat. Nr. 29913.
- Steezel, H., Van Santen, R., Coumou, L., McCall, R., De Goede, R., De Bakker, A., 2023. Achtergrond Sterktemodel Duinafslaginstrumentarium. BOI Zandige Waterkeringen.
- Stolte, W. et al., 2023. Zeespiegelmonitor 2022, Deltares report 11209266-000-ZKS-0001.
- Taal, M., Quataert, E., Van der Spek, A., Huisman, B., Elias, E., Wang, Z., Vermeer, N., 2023. Sedimentbehoefte Nederlands kuststelsel bij toegenomen zeespiegelstijging. Deltares rapport: 11207897-002-ZKS-0004.
- Tweede Kamer der Staten-Generaal, 2021. Waterbeleid. Vergaderjaar 2021–2022, nota 27 625, nr. 557, 16 november 2021.
- Van Cauwenberghe, C. 1971. Hydrografische analyse van de Vlaamse banken langs de Belgisch-Franse kust. Het Ingenieursblad 40(19): 563–576.
- Van den Berg, J.H., 1984. Morphological changes of the ebb-tidal delta of the Eastern Scheldt during recent decades. Geologie en Mijnbouw, 63: 363-375.
- Van der Slikke, M.J., 1998. Grootchalige en interne zandbalans Westerscheldemonding (1969– 1993). Report R98-05, Instituut voor marien en atmosferisch onderzoek (Utrecht): 60 pp.

Van der Spek, A.J.F., 1997. De geologische opbouw van de ondergrond van het mondingsgebied van de Westerschelde en de rol hiervan in de morfologische ontwikkeling. Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO, rapport NITG 97-284-B.

Van der Vegt, H., Van Onselen, E. & Van der Spek, A., 2021. Erosie-resistente lagen in het Westerschelde mondingsgebied en de invloed daarvan op de pilot-suppletie. Deltares rapport 11203725-001-ZKS-0012.

Van der Werf, J.J., 2012. Advies geulwandsuppletie Onrustpolder. Rapport 1206171-004-ZKS-0003, Deltares.

Van der Werf, J.J., Doornenbal, P.J., McCall., R.T., 2010. Verkenning van strategieën voor het kustonderhoud bij de Onrustpolder, Zeeland. Deltares rapport: 1202349-000, Deltares.

Van der Werf, J., Van Weerdenburg, R., Van der Heijden, L., Meijer – Holzhauer, Taal, M., 2021a. Pilotsuppletie Schelde-monding: afwegingskader en alternatieven voor suppletiezones. Rapport 11203725-000-ZKS-0022, Deltares, Nederland.

Van der Werf, J., Van Weerdenburg, R., Van der Heijden, L., 2021b. Pilotsuppletie Schelde-monding: suppletievarianten. Rapport 11206823-000-ZKS-0017, Deltares, Nederland.

Van Eijsbergen, E. & Van Oeveren, C., 2017. Effect van strandsuppletie op strandbreedte. Case study Zuidwest Walcheren. Deltares rapport: 1230043-002-ZKS-0005. 37 pp.

Van Enkevoort, I., 1996. Morfologische ontwikkeling van de Westerschelde monding sinds 1800. Report R96-21, Instituut voor marien en atmosferisch onderzoek Utrecht (Utrecht): 56 pp.

Verhagen, H. J. & Van Rossum, H., 1990. Strandhoofden en paalrijen: evaluatie van hun werking. Min V&W, Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde.

Vermeer, N.P. & Elias, E.P.L., 2023. Morfologisch onderzoek Kop van Schouwen: een verdiepend onderzoek naar de sedimentuitwisseling tussen (diepe) vooroever, buitendelta en kust. Deltares rapport: 11209263-004-ZKS-0003.

Vos, PC, Bazelmans, J, Weerts, HJT, van der Meulen, MJ (red.), 2011. Atlas van Nederland in het Holoceen. Landschap en bewoning vanaf de laatste ijstijd tot nu. Uitgeverij Bert Bakker, Amsterdam.

Vos, P., M. van der Meulen, H. Weerts en J. Bazelmans, 2018. Atlas van Nederland in het Holoceen. Landschap en bewoning vanaf de laatste ijstijd tot nu, Amsterdam (Prometheus).

Waterschap Scheldestromen (2022). Hoofdrapport Veiligheidsoordeel WBI2017. Normtraject 29-2.

Wilderom, M.H., 1968. Tussen Afsluitdammen en Deltadijken, deel 3, Midden Zeeland (Walcheren en Zuid-Beveland).

Witteveen+Bos, 2007. Oriënterende economische studie geulwandsuppletie Oostgat.

Witteveen+Bos, 2021a. Beoordeling Veerse Gatdam, referentienummer: 119857-21-011.651, juli 2021.

Witteveen+Bos, 2021b. Handelingsperspectief Veerse Gatdam. Morfologische studie en bepaling BKL. referentienummer: 119857/21-015.363, oktober 2021.

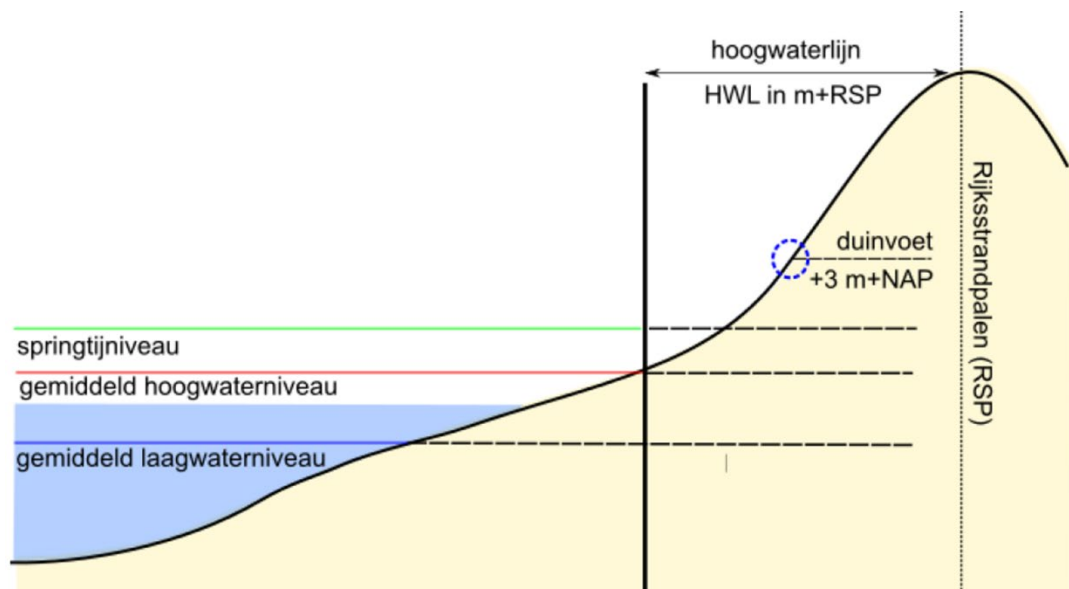
A Kustindicatoren: berekenmethode

A.1 Gemiddeld hoog- en laagwater

Het gemiddeld hoogwater niveau (GHW) is het verticale niveau ten opzichte van NAP (rode lijn in Figuur A 1). De doorkruising van GHW met het JarKus-profiel geeft dan de horizontale positie ten opzichte van RSP, de hoogwaterlijn (HWL). Dezelfde methode wordt gebruikt voor het gemiddeld laagwater niveau (GLW, blauwe lijn in Figuur A 1) en de laagwaterlijn (LWL).

Het gemiddeld hoog- en laagwater niveau (GHW en GLW) zijn berekend op basis van het astronomisch getij van het jaar 2018, en is gebaseerd op de harmonische componenten vanuit TPXO 8.0 (Egbert en Erofeeva, 2002⁵). TPXO is een wereldwijd model van de getijbewegingen gebaseerd op de TOPEX/Poseidon en JOSEN satelliet data en bevat de 13 harmonische componenten: M2, S2, N2, K2, K1, O1, P1, Q1, MF, MM, M4, MS4, MN4.

Van het getij-sigitaal wordt het gemiddelde van alle maxima (alle hoogwater-niveaus) en minima (alle laagwater-niveaus) bepaald, dit geeft dan het GHW en GLW. De GHW en GLW is dus bepaald inclusief het springtij. Het GHW en GLW dat nu op de server staat, wordt momenteel niet jaarlijks geüpdatet. Dit is voornamelijk omdat het GHW en GLW op jaarlijkse basis nauwelijks zullen variëren. Ook is het voor de bepaling van de overige kustindicatoren vaak beter om een vast referentiepunt te hebben, zodat het effect van veranderingen in het JarKus-profiel op de indicatoren niet wordt beïnvloed door variaties in GHW en GLW.

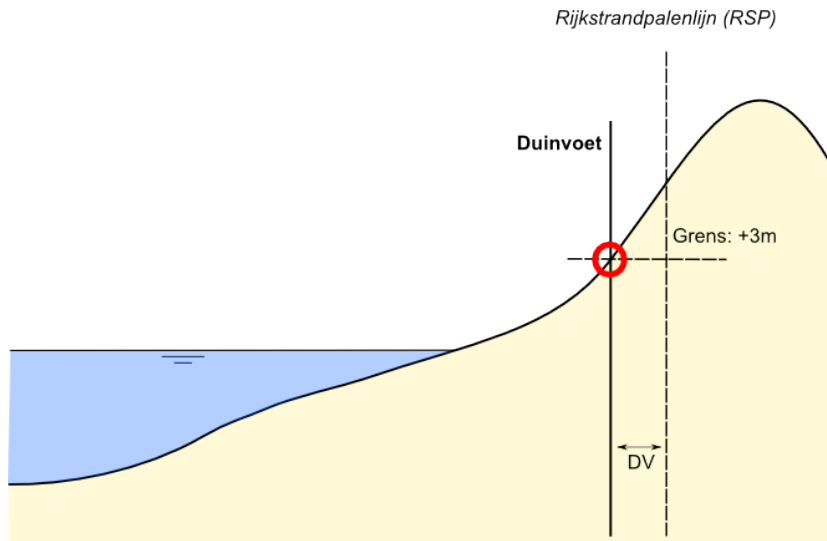


Figuur A 1. Rekenmethode voor de bepaling van gemiddeld hoogwater niveau (GHW), gemiddeld laagwater niveau (GLW), hoogwaterlijn (HWL) en laagwaterlijn (LWL).

⁵ Egbert, G. D., & Erofeeva, S. Y. (2002). Efficient inverse modeling of barotropic ocean tides. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 19(2), 183–204. [http://doi.org/10.1175/1520-0426\(2002\)019<0183:EIMOBO>2.0.CO;2](http://doi.org/10.1175/1520-0426(2002)019<0183:EIMOBO>2.0.CO;2)

A.2 Duinvoet

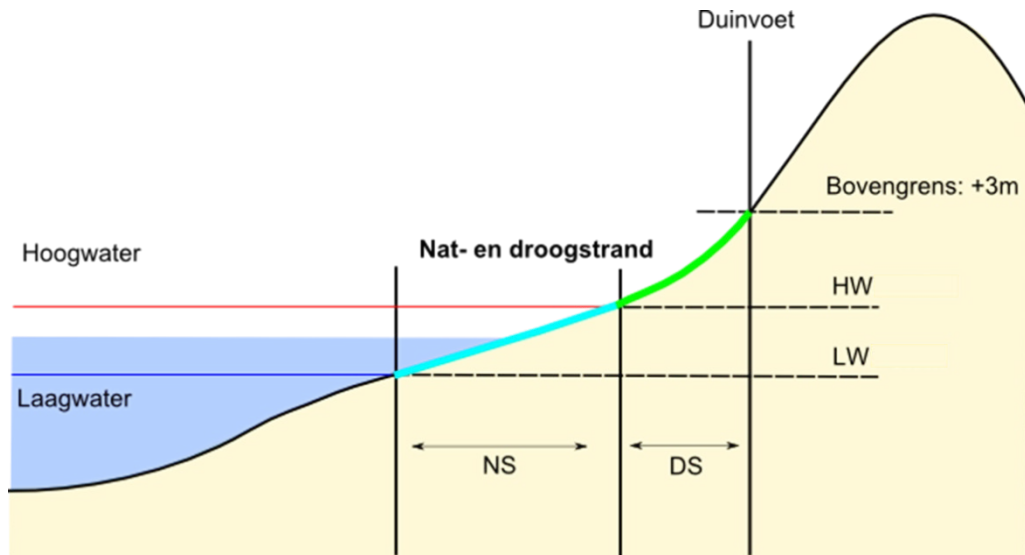
De duinvoet (DV in Figuur A 2) is de overgang van het droge strand naar de eerste duinenrij. Deze wordt bepaald als de positie van het snijpunt van het profiel met de +3 m NAP lijn, ten opzichte van RSP. Dit snijpunt hoeft in de realiteit niet altijd overeen te komen met de daadwerkelijke overgang van strand naar duinen (i.e. knikpunt in het profiel).



Figuur A 2. Rekenmethodiek voor de bepaling van de duinvoet.

A.3 Strandbreedte

De strandbreedte is geen indicator in het beleid van Rijkswaterstaat, maar wel van belang voor bijvoorbeeld recreatie. Er wordt onderscheid gemaakt tussen het natte strand en het droge strand. Het natte strand is de horizontale afstand tussen het snijpunt van het strandprofiel met de laagwaterlijn (LW) en hoogwaterlijn (HW). Het droge strand is de afstand tussen de snijpunten van het strandprofiel met de hoogwaterlijn (HW) en de duinvoet (+3m). Deze definities zijn weergegeven in Figuur A 3.



Figuur A 3. Rekenmethodiek voor de bepaling van de strandbreedte, natte strandbreedte (NS) in blauw en droge strandbreedte (DS) in groen.

A.4 Faalkans van de eerste duinenrij

De officiële wettelijke toetsing van de duinen als primaire waterkering, Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium (WBI), is gebaseerd op het bepalen van de hoeveelheid

duinafslag onder maatgevende belastingcondities. De belasting bestaat uit een combinatie van een extreem hoge waterstand en bijbehorende golfcondities. Elk jaar wordt voor enkele duizenden locaties langs de Nederlandse kust een dwarsprofiel gemeten. Deze jaarlijkse kustmetingen (JarKus metingen) bestrijken zowel het droge deel (strand en duin) als het natte deel (vooroever) van het profiel. Het programma DUROS+ wordt gebruikt om bij de maatgevende belastingcondities en een gegeven dwarsprofiel een maatgevende afslaglengte te berekenen. Als de berekende afslag de wettelijke grenzen niet overschrijdt, wordt de betreffende locatie goedgekeurd.

De toetsing geeft dus antwoord op de vraag of de duinen op een bepaalde locatie wel of niet aan de gestelde norm voldoen. Bij deze toetsing komt geen informatie beschikbaar over de ontwikkeling (trend) in (on)veiligheid en het effect van suppleties op deze trend. Om dit effect in beeld te kunnen brengen zijn faalkansen van de duinen berekend (HKV, 2011), per raai per jaar voor de periode 1965-2010. Deze getallen geven de kans op een duindoorbraak per jaar. De doorbraakkans kan bijvoorbeeld 1/10.000 per jaar zijn, wat inhoudt dat op die locatie gemiddeld eens per 10.000 jaar een doorbraak van de duinen te verwachten is. Op basis van deze faalkansen zijn analyses uitgevoerd van de effecten van veranderingen in suppletiebeleid door de jaren heen op de faalkans van de duinen (HKV, 2012). In 2017 deze database geactualiseerd voor de periode tot en met 2017 (HKV, 2017).

De berekende faalkansen hebben in absolute zin geen betekenis voor de officiële faalkans van de duinwaterkering. Het ontwikkelde probabilistische duinafslagmodel heeft daarnaast geen officiële status binnen het Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium (WBI).

Voor het bepalen van de faalkansen is een probabilistische duinafslagmodel in Matlab ontwikkeld. Hierbij wordt DUROS+ gebruikt om bij een gegeven belasting en dwarsprofiel een afslaglengte te bepalen. Er is sprake van falen zodra het berekende afslagpunt (X_a of X_k in Figuur A 4) een kritiek afslagpunt overschrijdt.

Falen kan optreden bij een zeer hoge waterstand, met een kleine kans van voorkomen. Een andere mogelijkheid is een combinatie van een iets minder hoge waterstand, met een grote waarde voor de modelfactor. Of een combinatie met een kleine waarde voor de korreldiameter.

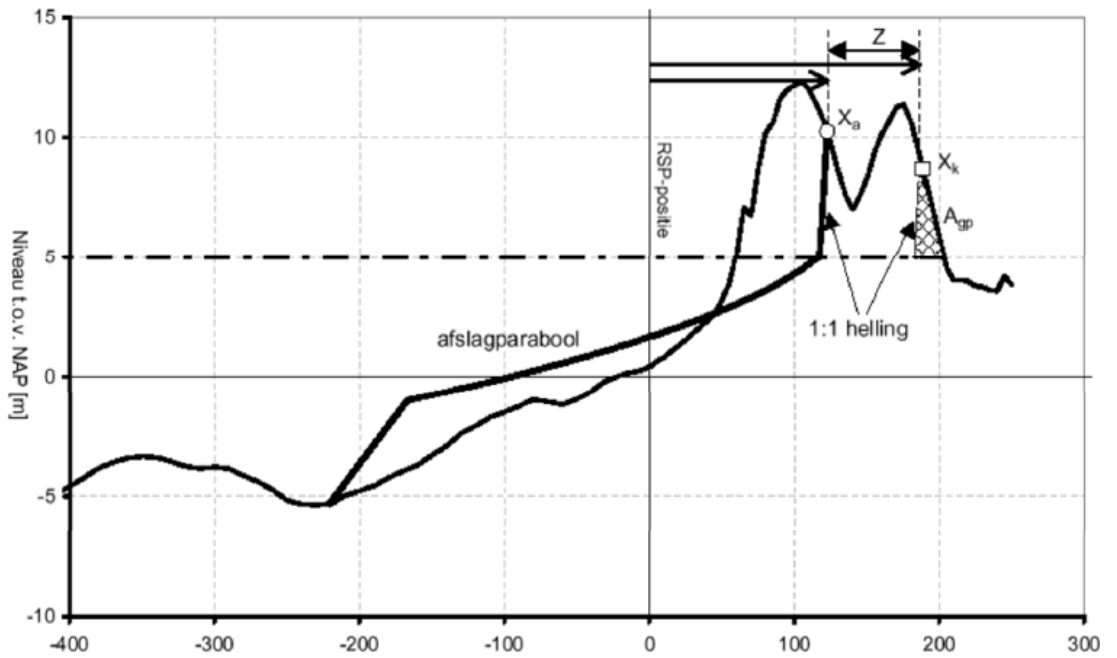
Elke combinatie die tot falen leidt, heeft een kans van voorkomen. De First Order Reliability Method, kortweg aangeduid als FORM, is een methode die bepaalt welke combinatie die tot falen leidt de grootste kans van voorkomen heeft. Deze kans van voorkomen is de faalkans. De geselecteerde combinatie staat bekend als het ontwerppunt (Engels: design point). Voor duinen is in vrijwel alle gevallen de waterstand de maatgevende parameter. Zonder hoge waterstand treedt er geen sterke golfaanval op bij het duinfront, en is de kans op duinafslag nihil. In het ontwerppunt is daarom een hoge waterstand aanwezig, in combinatie met een enigszins (maar niet extreem) conservatief gekozen waarde voor de andere parameters.

Meer gedetailleerde informatie over de berekening van faalkansen is te vinden in de volgende rapporten:

HKV (2011): [link naar rapport](#)

HKV (2012): [link naar rapport](#)

HKV (2017): [link naar rapport](#)



Figuur A 4. Afslagpunt (X_a) en kritiek afslagpunt (X_k), waarbij het kritieke afslagpunt is bepaald op basis van een kritiek afslagvolume (A_{gp}). De horizontale afstand Z is gedefinieerd als $X_k - X_a$, waarbij $Z < 0$ betekent dat er sprake is van falen. Uit HKV (2017).

B Suppletieoverzicht Walcheren en Noord-Beveland

Tabel B 1. Suppletieoverzicht Noord-Beveland (op basis van gegevens van Rijkswaterstaat t/m augustus 2023).

Locatie	Start	Einde	Begin-raai	Eindraai	Lengte [m]	Type	Volume [10 ³ m ³]
Onrustpolder	jan-1973	dec-1973	180	220	400	strandsuppletie	210
Onrustpolder	mei-1993	mei-1993	220	365	1450	strandsuppletie	411
Onrustpolder	jan-1996	dec-1996	210	380	1700	strandsuppletie	435
Onrustpolder	jan-2000	feb-2000	200	360	1600	strandsuppletie	524
N-Beveland	apr-2004	nov-2004	135	405	2700	strandsuppletie	502
Onrustpolder	okt-2008	okt-2008	140	400	2600	strandsuppletie	461
Onrustpolder	apr-2013	mei-2013	160	340	1800	geulwandsuppletie	1500
Onrustpolder	apr-2013	apr-2013	180	320	1400	strandsuppletie	360
Noord-Beveland	sep-2018	okt-2018	160	320	1600	strandsuppletie	250
Onrustpolder Noord-Beveland	mei-2022	jun-2022	120	360	2400	strandsuppletie	370

Tabel B 2. Suppletieoverzicht Walcheren (op basis van gegevens van Rijkswaterstaat t/m augustus 2023).

Locatie	Start	Einde	Begin-raai	Eindraai	Lengte [m]	Type	Volume [10 ³ m ³]
Zwanenburg	jan-1952	dec-1952	3260	3340	800	strandsuppletie	775
Vlissingen	apr-1952	okt-1952	3400	3440	400	vooroeversuppletie	50
Vlissingen	jan-1966	mrt-1966	3400	3440	400	vooroeversuppletie	32
Vlissingen	jan-1975	dec-1975	3400	3440	400	strandsuppletie	45
Oranjezon	apr-1984	apr-1984	950	1045	950	duinverzwaring	150
Westkapelle-Joossesweg	mei-1984	jun-1984	2275	2356	810	duinverzwaring	90
Westkapelse Zeedijk	jan-1986	dec-1986	1795	2300	5050	dijkverzwaring	1300
Domburg golf-links	sep-1986	sep-1986	1648	1735	875	duinverzwaring	25
Domburg golf-links	sep-1986	sep-1986	1648	1735	875	duinverzwaring	200
Dishoek Huvers	mrt-1987	mrt-1987	2950	2970	200	duinverzwaring	30
Boerenhof	jan-1988	dec-1988	2255	2354	990	strandsuppletie	230
Joossesweg	jan-1988	dec-1988	2325	2354	290	duinverzwaring	19
Joossesweg	jan-1988	dec-1988	2325	2354	290	duinverzwaring	75
Westkapelle	jan-1988	dec-1988	2419	2419	0	duinverzwaring	25
Zoutelande	jan-1988	dec-1988	2480	2580	1000	duinverzwaring	153
Westkapelle-Zoutelande	mei-1988	okt-1988	2245	2358	1130	duinverzwaring	532
Kom Domburg	apr-1989	mei-1989	1481	1583	1020	duinverzwaring	9

Kom Domburg	apr-1989	mei-1989	1481	1583	1020	strandsuppletie	201
Kom Domburg	jan-1990	dec-1990	1481	1583	1020	strand- duinsuppletie	246
Oostkapelle	jan-1990	dec-1990	1000	1030	300	strandsuppletie	20
Westkapelle- Zoutelande	jan-1990	dec-1990	2365	2494	1292	strand- duinsuppletie	105
Westkapelle- Zoutelande	jan-1991	dec-1991	2180	2590	4100	strandsuppletie	788
Domburg	jan-1992	dec-1992	1280	1742	4620	strandsuppletie	637
Vijgeter- Vlissingen	jan-1992	dec-1992	3160	3463	3030	strandsuppletie	169
Zoutelande- Vijgeter	jan-1992	dec-1992	2593	2783	1900	strandsuppletie	192
Kom Domburg	jan-1993	apr-1993	1430	1585	1550	strandsuppletie	318
Zoutelande- Vijgeter	mrt-1993	okt-1993	2763	3168	4050	strandsuppletie	619
Veersedam aansluiting	mei-1993	mei-1993	485	550	650	strandsuppletie	225
Oranjezon	jun-1993	jul-1993	935	1040	1050	strandsuppletie	287
Kom Domburg	jan-1994	dec-1994	1433	1605	1720	strandsuppletie	453
Dishoek	jan-1995	dec-1995	2550	2602	520	strandsuppletie	54
Domburg- Valkenisse	jan-1995	dec-1995	1686	1889	2030	strandsuppletie	550
Zoutelande	jan-1995	dec-1995	2983	3306	3235	strandsuppletie	463
Oranjezon	jan-1996	dec-1996	890	1050	1600	strandsuppletie	464
Vlissingen badstrand	mrt-1997	mrt-1997	3393	3470	770	strandsuppletie	125
Westkapelle- Zoutelande	apr-1997	mei-1997	2185	2707	5215	strandsuppletie	700
Zuidwestkust Walcheren	apr-1998	jun-1998	2820	3395	5750	strandsuppletie	564
Domburg	jan-2000	apr-2000	1406	1883	4770	strandsuppletie	886
Oranjezon	feb-2000	mrt-2000	880	1086	2060	strandsuppletie	323
Zoutelande	mrt-2001	apr-2001	2540	2710	1700	strandsuppletie	354
Westkapelle	sep-2001	sep-2001	2190	2380	1900	strandsuppletie	393
Westkapelle- Zoutelande	jan-2002	sep-2002	2380	2550	1700	strandsuppletie	462
Zoutelande- Vlissingen	feb-2002	apr-2002	2940	3475	5350	strandsuppletie	1130
Dijk en Duin Zwanenburg	apr-2004	nov-2004	3315	3375	600	strandsuppletie	67
Oranjezon	apr-2004	nov-2004	880	1070	1900	strandsuppletie	399
Westkapelle- Domburg	apr-2004	nov-2004	1465	1885	4200	strandsuppletie	778
zuidwest (prog 2006)	sep-2005	nov-2005	2475	2685	2100	geulwandsuppletie	2411
Zuid-west	mrt-2006	mei-2006	2180	3470	12900	strandsuppletie	1439
Domburg	mei-2008	jul-2008	1406	1633	2265	strandsuppletie	370
Westkapelse Zeedijk Zw.Sch.	jun-2008	nov-2008	1755	1970	2150	vooroeversuppletie	1393
Oranjezon	sep-2008	okt-2008	880	1070	1900	strandsuppletie	371

Westkapelse Zeedijk	nov-2008	dec-2008	1653	1735	820	strandsuppletie	110
Westkapelse Zeedijk Zw.Sch.	nov-2008	dec-2008	1755	1970	2150	strand-duinsuppletie	1023
Oostgat	apr-2009	jan-2010	2180	2500	3200	geulwandsuppletie	6254
Nolle Westduin (Zw.Sch.)	okt-2009	apr-2010	3153	3380	2270	duinverzwarend	217
Dishoek	mrt-2011	apr-2011	2950	3460	5100	strandsuppletie	654
Zoutelande	okt-2011	nov-2011	2195	2660	4650	strandsuppletie	702
Domburg	feb-2012	mei-2012	1489	1632	1430	strandsuppletie	250
Domburg	nov-2014	dec-2014	1469	1612	1430	strandsuppletie	350
Verspreidingsvak Westkapelle	dec-2014	dec-2014	2153	2165	120	vooroeversuppletie	94
Westkapelse Zeedijk	jan-2015	feb-2015	1755	1948	1930	strandsuppletie	600
Verspreidingsvak Westkapelle	mei-2015	mei-2015	2133	2165	320	vooroeversuppletie	230
Dishoek-Vlissingen	apr-2016	jun-2016	2950	3458	5080	strandsuppletie	650
Verspreidingsvak Westkapelle	apr-2016	apr-2016	2133	2165	320	vooroeversuppletie	126
Westkapelle-Zoutelande	mei-2016	jun-2016	2195	2694	4990	strandsuppletie	805
Domburg	jun-2017	dec-2017	1448	1632	1840	vooroeversuppletie	800
Westkapelse Zeedijk	jun-2017	dec-2017	1735	2215	4800	vooroeversuppletie	2400
Oostkapelle	dec-2017	mrt-2018	700	1025	3250	vooroeversuppletie	1500
Verspreidingsvak Westkapelle	mei-2018	mei-2018	2153	2165	120	vooroeversuppletie	197
Domburg	apr-2019	mei-2019	1448	1632	1840	strandsuppletie	500
Westkapelse Zeedijk	mei-2019	jun-2019	1735	1948	2130	strandsuppletie	600
Verspreidingsvak Westkapelle	jun-2019	jun-2019	2153	2165	120	vooroeversuppletie	216
Dishoek	mei-2020	jun-2020	3165	3239	740	strandsuppletie	210
Westkapelle-Zoutelande	mei-2021	jun-2021	2195	2730	5350	strandsuppletie	900
Verspreidingsvak Westkapelle	mei-2021	mei-2021	2195	2215	200	vooroeversuppletie	229
Vlissingen-Dishoek	sep-2021	jan-2022	2930	3458	5280	strandsuppletie	1065
Breezand	apr-2022	mei-2022	580	720	1400	strandsuppletie	500
Verspreidingsvak Westkapelle	mei-2023	mei-2023	2165	2180	150	vooroeversuppletie	119
Westkappelse Zeedijk	jun-2023	jun-2023	1832	1948	1160	strandsuppletie	550
Oostgat	mei-2023	dec-2023	2180	2470	2900	geulwandsuppletie	2800

C Scheldekaart van Beutemps-Beaupré



Bron: Koninklijke Oudheidkundige Kring van het Land van Waas, Cartografische collectie, Côtes des Pays Bas A4.

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

Deltares

www.deltares.nl