



Aan
geadresseerde

Contactpersoon
dr. J. Cleveringa

Datum
16 april 2004

Ons kenmerk

RIKZ/ 2004/05414

Onderwerp
Aanbieding rapport "Kustverdediging van
de Koppen van de Waddeneilanden"

Doorkiesnummer
070-3114206

Bijlage(n)
Rapport RIKZ/2004.017

Uw kenmerk

Product
K2005-Wadden

Geachte Mevrouw / Meneer,

Hierbij bied ik U een exemplaar aan van het rapport 'Kustverdediging van de koppen van de Waddeneilanden'. Het rapport is een product van het RWS programma KUST2005, dat is gericht op de kennisontwikkeling ten bate van efficiënt kustbeheer en het op peil houden van de zandvoorraad van de Nederlandse kust.

In dit rapport worden aanbevelingen gegeven voor de optimale wijze van kustlijnhandhaving van de koppen van de Waddeneilanden én voor eventuele zandwinning op de buitendelta's van de zeegaten. Op basis van bestaand beleid en kennis zijn specifiek voor de eilandkoppen in het beheergebied van Rijkswaterstaat Directie Noord-Nederland en Noord-Holland aanbevelingen geformuleerd en zijn de onderliggende argumenten op rij gezet.

In de huidige beheerpraktijk is het beheer van de kust en de zandwinning voor de suppleties ingericht volgens de aanbevelingen uit het rapport. Bij het maken van nieuwe keuzes voor het beheer van eilandkoppen en bij eventuele zandwinning op buitendelta's is dit rapport een eerste ingang. De aanbevelingen worden hieronder kort op een rij gezet.

Aanbevelingen voor het kustbeheer van eilandkoppen

In lijn met het vigerende kustbeleid voor de Nederlandse kust wordt ook bij de Koppen van de Waddeneilanden een drietrapsstrategie gehanteerd voor het beheer van de kust.

1. Bij voorkeur wordt niet ingegrepen, zodat de dynamiek van de kust alle ruimte krijgt. Alle Waddeneilanden hebben tenminste één kop waar deze strategie wordt ingezet.
2. De tweede stap is het inzetten van zandbuffers. Strandsuppleties voldoen niet altijd voor het handhaven van eilandkoppen en daarom wordt aanbevolen om andere typen



RIKZ/ 2004/05414

zandbuffers, in de vorm van geulwandsuppleties, zanddammen en geulsluitingen in de praktijk te testen.

3. De derde en laatste stap in de beheerstrategie is de inzet van harde kustverdedigingsmaatregelen, omdat deze geen bijdrage leveren aan de zandvoorraad van de Nederlandse kust en hinder kunnen opleveren voor de uitwisseling van zand tussen kust, buitendelta en Waddenzee.

Aanbevelingen voor het winnen van suppletiezand

Zand voor het kustbeheer wordt bij voorkeur niet op de buitendelta's van de Waddenzee gewonnen, omdat dit beschouwd kan worden als een tijdelijke maatregel. Wanneer zand wordt gewonnen op de buitendelta moet namelijk later alsnog zand worden aangevoerd vanaf de Noordzee, voor het op peil houden van de zandvoorraad van de kust.

Ik verwacht dat dit rapport een waardevolle bijdrage levert aan het kustbeheer, zodat ook in de toekomst, als onderdeel van de Service Level Agreement 'Kustlijnzorg', de koppen van de Waddeneilanden op optimale wijze worden onderhouden.

Hoogachtend,

DE HOOFDINGENIEUR-DIRECTEUR,

Mw. drs. I. van der Hee, MBA



Kustverdediging van de koppen van de Waddeneilanden

De dynamiek van de kust nabij buitendelta's en passende
maatregelen voor het kustbeheer

Project:	KUST2005
Rapport:	RIKZ/2004.017
Datum:	april 2004
Auteur:	Jelmer Cleveringa Saskia Mulder Albert Oost
Bijdrage:	Geert Koskamp Gerard Poot

Samenvatting

In dit rapport wordt een overzicht geboden van mogelijke kustbeheermaatregelen bij de eilandkoppen van de Wadden en de Kop van Noord-Holland. Daarbij wordt de vraag beantwoord waar zandwinning voor suppleties kan plaatsvinden. Hiervoor is het noodzakelijk om een overzicht te schetsen van de belangrijkste processen rond de koppen van de eilanden. De buitendelta's van de Waddenzee blijken hierbij een belangrijke rol te spelen, zowel door hun invloed op de kustachteruitgang, als door hun rol in het zanddelende systeem van Waddenzee, eilandkusten en buitendelta's.

De buitendelta's zijn zandrijke ondieptes zeewaarts van de zeegaten die tussen de Waddeneilanden liggen. De buitendelta's bestaan uit platen, die merendeels onder water liggen, en getijdegeulen. De geulen en platen op de buitendelta's zijn dynamisch, zowel de locatie als de hoogte verandert in de loop van de tijd.

De veranderingen op de buitendelta's beïnvloeden de aangrenzende kust, doordat geulen in de richting van de kust verplaatsen en doordat zandplaten met de kust verhelen. Ten opzichte van de 'normale' doorgaande kust zijn de kustprofielen van eilandkoppen zowel extreem steil, wanneer een getijdegeul onder de kust ligt, als extreem flauw, bij verheelde zandplaten. Bij de koppen van de Waddeneilanden én de kop van Noord-Holland is de achteruitgang van de kustlijn meestal gekoppeld aan de landwaartse verplaatsing van een getijdegeul.

De buitendelta's vormen een schakel in het zanddelende systeem, samen met de Waddenzee en de eilandkusten. Onder invloed van de stijgende zeespiegel 'vraagt' de Waddenzee zand, dat voor een belangrijke deel wordt geleverd door de eilandkusten, met kustlijnachteruitgang als gevolg.

Het huidige Nederlandse kustbeleid heeft als strategische doel het duurzaam handhaven van de veiligheid en duurzaam behoud van de functies en waarden in het duingebied. Beheermaatregelen worden genomen wanneer de achteruitgang van de kust waarden en functies van het achterliggende gebied bedreigt. Bij de koppen van de eilanden zijn zowel ontwikkelingen op de buitendelta, als de zandvraag van de Waddenzee oorzaak van achteruitgang van de kust. De beheermaatregelen moeten zó worden ingericht dat functies en waarden kunnen worden behouden. Voortkomend uit het strategische doel van het kustbeleid zijn twee operationele doelstellingen voor beheermaatregelen geformuleerd:

1. Het tegengaan van structurele kustachteruitgang.
2. Het aanvullen van de zandvoorraad van het gehele zanddelende systeem. Samen met de drietrapsstrategie van zand vrij laten bewegen (niet ingrijpen) – zandbuffers aanleggen (suppleren)– zand vasthouden (harde constructies) vormen de twee doelstellingen het uitgangspunt voor het beoordelen van verschillende beheermaatregelen voor eilandkoppen.

Strandsuppleties

Strandsuppleties voeden de ondiepe kustzone. Wanneer de kustachteruitgang wordt veroorzaakt door de landwaartse verplaatsing van een geul compenseren strandsuppleties dit slechts voor een deel. Voor het tegengaan van de landwaartse geulverplaatsing moeten andere methoden dan strandsuppleties in stelling worden gebracht. Wanneer Noordzeezand (zand

van buiten het zanddelend systeem) gebruikt wordt voor suppleties van de kustzone, zal het zand direct ten goede komen aan het zandbudget van het zanddelend systeem.

Harde verdedigingen (bestorting, strandhoofden, korte en lange dammen)
Wanneer ontwerp en uitvoering van de harde kustverdedigingen goed passen bij het erosieprobleem kunnen deze lokaal zeer effectief zijn. Harde kustverdedigingswerken leveren echter geen aanvulling van de zandvoorraad van de Nederlandse kust en belemmeren in sommige gevallen het doorgaande zandtransport langs de kust.

Zandbuffers (geulwandsuppleties, zanddammen)
Indien voldoende zand wordt aangebracht, langs de geulwand of dwars op de geul, zal een getijdegeul tijdelijk uit de kust worden gehouden. Ervaringen met grote ingrepen met zand rond eilandkoppen zijn beperkt, zodat niet op voorhand is vast te stellen hoe lang een dergelijke ingreep meegaat. Zandbuffers van Noordzeezand dragen bij aan de tweede doelstelling voor het kustbeheer, het op peil houden van het zandbudget van de Nederlandse kust.

Zandsluitingen
In situaties met structurele kusterosie als gevolg van de aanwezigheid van een relatief kleine getijdegeul onder kust kan een zandsluiting van de getijdegeul overwogen worden. De oorzaak van de kustachteruitgang wordt hiermee weggenomen en ter plaatse ontstaat een zandbuffer voor de kust. Zandsluitingen voldoen aan beide operationele doelstellingen voor het kustbeheer, mits het zand op de Noordzee wordt gewonnen. Ervaringen met zandsluitingen ten bate van het kustbeheer ontbreken vooralsnog.

Aanbevolen wordt om operationele kennis op te doen met het aanbrengen van zandbuffers en het uitvoeren van zandsluitingen bij eilandkoppen. Deze ingrepen kunnen gebruikt worden om tijdelijke fasen van erosie, die kenmerkend zijn voor de ontwikkelingen bij eilandkoppen, te overbruggen.

Zandwinning
Voor zandwinning zijn op de Noordzee, buiten de -20 m NAP contour zandwingsgebieden aangewezen. Zandwinning is niet toegestaan op buitendelta's, in de kustzone en in de Waddenzee. Het zandwinbeleid voor de Waddenzee en aangrenzende gebieden is onder andere ingegeven door de kennis van het zanddelende systeem. De tweede doelstelling van het kustbeheer, aanvullen van de zandvoorraad van het fundament van de kust, niet wordt bereikt als het suppletiezand gewonnen wordt op de buitendelta's. Zandwinning op de buitendelta's is daarom een tijdelijke maatregel, die niet wordt aanbevolen.

Bovenstaande overzicht is een algemene schets van de voor- en nadelen van beheermaatregelen voor eilandkoppen. Lokale factoren bepalen deels ontwerp, morfologische ontwikkelingen en de impact van de verschillende beheermaatregelen. Per locatie dient daarom een afweging gemaakt te worden over de haalbaarheid van de verschillende beheermaatregelen. Naast de bovenstaande operationele doelstellingen van het kustbeheer moeten de beheermaatregelen gericht zijn op het duurzaam behoud van de functies en waarden in het kustgebied. Hiervoor dienen ook de korte en lange termijn baten en lasten, risico's en effecten op ecologie en waterkwaliteit te worden vergeleken.

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
Inhoudsopgave	5
Lijst van Figuren	7
Lijst van Tabellen	9
Lijst van Kaders	10
1 Doel van het rapport & Leeswijzer	11
1.1 Doel van het rapport	11
1.2 Leeswijzer	11
2 Aanleiding	13
2.1 Vragen van de kustbeheerder	13
2.2 Het kustbeheer van de koppen van de Waddeneilanden	13
2.3 Beheermaatregelen voor eilandkoppen	15
2.4 Zandwinning voor het kustbeheer	15
3 De buitendelta's van de Waddenzee	17
3.1 Wat zijn buitendelta's?	17
3.2 Golven en getij	17
3.3 Zandpad	18
3.4 Waterweg	18
3.5 Leven op de buitendelta?	18
3.6 En meer	19
4 Kustvorm en kustdynamiek nabij buitendelta's	21
4.1 De vorm van eilandkoppen	21
4.2 Kustdynamiek bij buitendelta's	22
4.3 Plaat – geul – kust	22
4.4 De noodzaak tot kustverdediging bij eilandkoppen	23
5 Het zanddelend systeem: buitendelta's, eilandkusten en de Waddenzee	25
5.1 Wat is het zanddelend systeem?	25
5.2 Het zanddelend systeem in evenwicht	25
5.3 'Zandhonger' en 'zandvraag': De effecten van zeespiegelstijging op het zanddelend systeem.	26
5.4 De rol van buitendelta's in het zanddelend systeem	27
5.5 Kustbeheer en het zanddelende systeem	28
6 De twee doelstellingen van het kustbeleid	31
6.1 Het kustbeleid: Duurzaam handhaven van veiligheid én functies en waarden	31
6.2 De korte termijn doelstelling: Een stabiele kustlijn	31
6.3 De lange termijn doelstelling: De zandvoorraad op peil.	32
6.4 Van doelstellingen naar beheermaatregel volgens de drietrapsstrategie.	32

7	Beheermaatregelen voor eilandkoppen op rij	35
7.1	Kustbeheer: Strandsuppleties, zandbuffers, of harde kustverdedigingsmaatregelen ?	35
7.2	Strandsuppleties	36
7.3	Harde verdedigingen (bestorting, strandhoofden, korte en lange dammen)	37
7.4	Zandbuffers (geulwandsuppleties, zanddammen)	39
7.5	Zandsluitingen	41
8	Aanbevelingen voor het kustbeheer van eilandkoppen	43
8.1	Twee operationele doelstellingen en de drietrapsstrategie	43
8.2	Vier kustbeheermaatregelen	43
8.3	Tijdelijke overbrugging bij morfologische cyclus	44
8.4	'No regret': beheermaatregelen met zand	44
8.5	De integrale afweging en lokale haalbaarheid zijn doorslaggevend	45
9	Aanbevelingen voor zandwinning ten bate van het kustbeheer	47
9.1	Zandwinning voor het kustbeheer	47
9.2	Zandwinning op de buitendelta's en de tweede operationele doelstelling van het kustbeleid	47
9.3	Een bredere kijk op de effecten van zandwinning	47
9.4	Morfologisch baggeren	47
10	Een afwegingskader voor het kustbeheer van eilandkoppen	49
10.1	Doelstellingen van kustbeleid en kustbeheer	50
10.2	Ecologie	50
10.3	Kosten	50
10.4	Wet- en Regelgeving	51
10.5	Risico's	51
11	Conclusies	53
12	Referenties	55
	Colofon	59
	Bijlage 1 Kustbeheermaatregelen en het afwegingskader	61
1	Harde verdedigingen (bestorting, strandhoofden, korte en lange dammen)	61
2	Strandsuppleties	63
3	Zandbuffers (geulwandsuppleties, zanddammen)	65
	Bijlage 2 Zandwinning	67
1	Zandwinning op de Noordzee (buiten de -20 m dieptelijn).	67
2	Zandwinning binnen het zanddelende systeem: op de buitendelta, bij de kust of in de Waddenzee.	68

Lijst van Figuren

- Figuur 2.1:** De buitendelta's van de Waddenzee, de koppen van de Waddeneilanden en de Kop van Noord-Holland.
- Figuur 3.1:** Schematische voorstelling van een buitendelta en de aangrenzende eilandkoppen, met de kenmerkende morfologische elementen
- Figuur 3.2:** Duinvorming op de strandvlakte 'de Hors' aan de zuidpunt van Texel.
- Figuur 3.3:** Een van de zeegaten van de Waddenzee, met de gebiedsgrenzen uit verschillende wettelijke kaders.
- Figuur 4.1:** De vorm van de kustlijn bij een eilandkop, met veel variatie in de breedte van het strand.
- Figuur 4.2:** Verschillende kustprofielen bij een eilandkop, met veel variatie in de steilheid en maximale diepte. 1: Steil profiel en smal strand, kenmerkend voor een getijdegeul die dicht langs een eilandkop loopt. 2: Flauw profiel met breed strand, dat aanwezig is wanneer een grote zandplaat met de eilandkop is verheeld.
- Figuur 4.3:** Kustprofielen dwars op de Kop van Noord-Holland (Jarkus raai 409) in verschillende jaren uit de periode 1965 tot 2000 (Elias en Cleveringa, 2003). In de profielen is steeds het kenmerkende plaat-geul-kust profiel zichtbaar. De drie profielen laten zien dat de geul en plaat steeds dichter tegen de kust 'drukken'.
- Figuur 4.4:** Morfologische cyclus van de buitendelta van Het Zeegat van Ameland (Israel, 1998) In de tekst van het kader op pagina 24 staat een uitgebreide beschrijving van de cyclus.
- Figuur 5.1:** De belangrijkste componenten van het zanddelend systeem: de buitendelta's, de aangrenzende kusten en de geulen en platen van de Waddenzee.
- Figuur 5.2:** Een schematische voorstellingen van de zandtransport-processen in het zanddelende systeem van buitendelta's, eilandkusten en Waddenzee.
- Figuur 5.3:** 'Zandvraag' en 'zandhonger' onder invloed van de stijgende zeespiegel. A: Doorsnede van de kust, Waddeneilanden en Waddenzee, inclusief buitendelta en zeegat. B: De Waddenzee groeit mee met de stijgende zeespiegel. Het zand voor de Waddenzee wordt onttrokken aan de kustzone en de buitendelta, waardoor deze terugschrijden. C: De 'zandhonger' van de Waddenzee en de 'zandvraag' aan de kustzone en buitendelta.
- Figuur 5.4:** Het resultaat van veranderingen in het zanddelende systeem, bijvoorbeeld door het stijgen van de zeespiegel. A: de buitendelta als doorgeefluik tussen Waddenzee en kust. B: De resulterende algehele achteruitgang van de kust en de buitendelta.
- Figuur 5.5:** Dwarsdoorsnede door de ondergrond, loodrecht op de kust van Haarlem naar Zandvoort, met daarin tijdlijnen (in jaren voor heden). De tijdlijnen zijn gereconstrueerd aan de hand van C14-dateringen van schelpen. De tijdlijnen suggeren dat de Hollandse kust van 4000 á 3800 voor heden uitbouwden in zeewaartse richting (uit van der Spek, e.a, 1999).

-
- Figuur 6.1:** De kustlijnkaart van Ameland met momentane kustlijn (MKL) en basiskustlijn (BKL), het instrument om de stabiliteit van de kustlijn vast te stellen.
- Figuur 6.2:** Schatting van de suppletiebehoefte per deelsystemen van de Waddenkust, waarbij onderscheid wordt gemaakt in de suppletiebehoefte gericht op de kustlijnhandhaving (ondiep) en de resterende suppletie behoefte ter compensatie van de negatieve zandbalans (diep). Samen (diep + ondiep) wordt met deze suppletiehoeveelheden de zandvoorraad op peil gehouden (naar Mulder, 2000).
- Figuur 7.1:** Drie typen kustlangse beheermaatregelen voor de kustverdediging van eilandkoppen varianten: strandsuppleties harde ingrepen en zandbuffers.
- Figuur 7.2:** Een harde kustverdediging en een zandbuffer dwars op de kust.
- Figuur 7.3:** Suppletie op het strand van Texel.
- Figuur 7.4:** De Eijerlandse Dam aan de noordkop van Texel. Op de foto is ook het Bolwerk Eijerland te zien: een kustverdedigingswerk dat in 1955 is aangelegd om het terugschrijden van de noordkop van Texel tegen te gaan.
- Figuur 7.5:** Sleephopper 'Hein' lost zijn lading zand dicht onder de kust van zuidwest Texel, op de geulwand van het Molengat
- Figuur 7.6** Zandsluiting, in de vorm van twee zanddammen, die de stroming door de getijdegeul volledig beëindigen.

Lijst van Tabellen

Tabel 2.1: De eilandkoppen Waddeneilanden en de Kop van Noord-Holland, met de bijbehorende buitendelta's en de wijze waarop het kustbeheer is ingericht.

Tabel 10.1: Overzicht van de verschillende aspecten van een afwegingskader voor de haalbaarheid van kustverdedigingsmaatregelen. Van de oranje aspecten is relatief weinig bekend.

Lijst van Kaders

- Kader 1:** Grenzen in de wet en de morfologie
- Kader 2:** De dynamiek van de buitendelta van het Zeegat van Ameland
- Kader 3:** Kustuitbouw bij zeespiegelstijging: Een kwestie van voldoende zand
- Kader 4:** Harde kustverdedigingswerken: De kustverdediging van de noordkust van Texel.
- Kader 5:** De geulwand-suppletie in het Molengat aan de zuidwestkust van Texel.

1 Doel van het rapport & Leeswijzer

1.1 Doel van het rapport

Het doel van het rapport is om een beknopt overzicht te bieden van mogelijke kustbeheermaatregelen bij de eilandkoppen van de Wadden en de Kop van Noord-Holland. Daarbij wordt de vraag beantwoord of zandwinning op de buitendelta's van de Wadden ingezet kan worden ten bate van zandsuppleties.

Context

Het rapport schetst de context waarbinnen kustbeheermaatregelen bij eilandkoppen plaatsvinden, zowel het gebied van de fysieke kennis, als op het gebied van kustbeleid. Verder komen andere gebruiksfuncties en wet- en regelgeving aan de orden en wordt een aanzet gegeven voor een afwegingskader waarmee de haalbaarheid van kustverdedigingsmaatregelen kan worden beoordeeld.

1.2 Leeswijzer

Het rapport geeft van Inleiding tot Conclusies het verhaal over de specifieke morfologische kenmerken van eilandkoppen, de achterliggende oorzaken, de doelen en methoden van het kustbeheer van eilandkoppen, inclusief de bronnen van zand voor zandsuppleties. Lezers die willen concentreren op het kustbeheer van de eilanden of op zandwinning voor kustverdediging vinden in de paragrafen hieronder aanwijzingen:

Kustbeheer van eilandkoppen

De lezer die geïnteresseerd is in de maatregelen voor het kustbeheer kan volstaan met lezen van paragraaf 2.2 en 2.3 en hoofdstuk 6 voor een inleiding in de noodzaak en doelen van de beheermaatregelen. In hoofdstuk 7 worden de effectiviteit op rij gezet van vier typen maatregelen. Aanbevelingen voor het kustbeheer volgen in hoofdstuk 8.

In kaders op pagina 38 en 40 worden voorbeelden gegeven van de verschillende typen beheermaatregelen. In bijlage 1 wordt nader ingegaan op de kosten, ecologische effecten, wet- en regelgeving en risico's bij de kustbeheermaatregelen.

Zandwinning voor kustverdediging

Voor de lezer met een interesse in zandwinning ten bate van kustbeheermaatregelen volstaat het lezen van paragrafen 2.4 en 5.5, waarna de aanbevelingen volgen in Hoofdstuk 9. In bijlage 2 wordt in meer detail ingegaan op verschillende aspecten rond zandwinning op de Noordzee en op de buitendelta's van de Waddenzee.

Kaders: Uitgebreide illustraties

De verschillende hoofdstukken zijn voorzien van kaders, met tekst en afbeeldingen. Voor de loop van het verhaal kunnen deze kaders overgeslagen worden. De kaders zijn uitgebreide illustraties van de tekst in het hoofdstuk en kunnen op zichzelf gelezen worden.

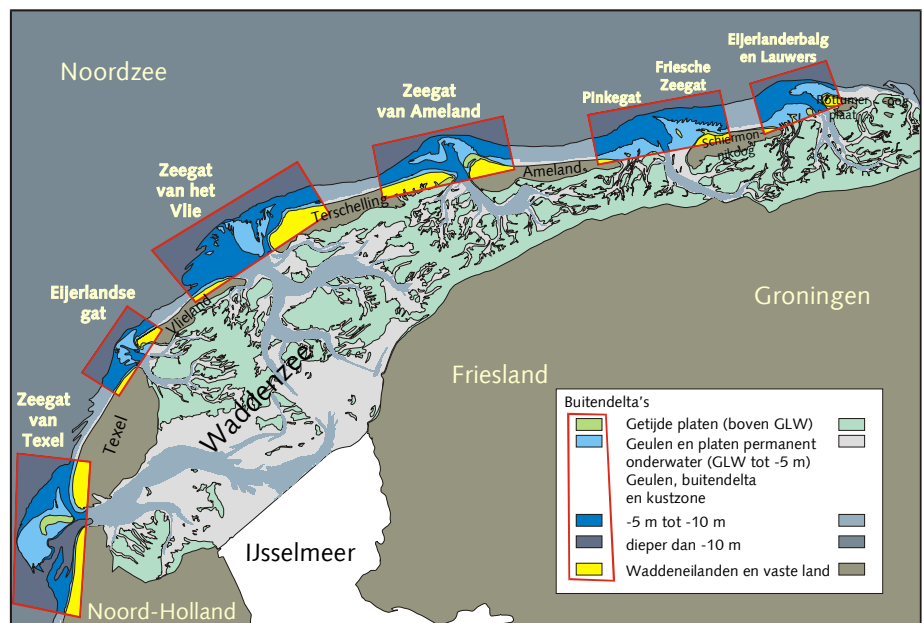
2 Aanleiding

2.1 Vragen van de kustbeheerder

Beheervragen van de RWS directies Noord-Holland en Noord-Nederland over de meest optimale wijze van kustlijnhandhaving nabij de koppen van de Waddeneilanden en over de (on-)mogelijkheden van zandwinning op de buitendelta's zijn aanleiding geweest voor dit rapport. De koppen van de Waddeneilanden én de kop van Noord-Holland wijken in vorm en dynamiek af van de Hollandse kust en de centrale delen van de Waddeneilanden. Belangrijkste oorzaak voor de andere vorm en dynamiek is de invloed van de buitendelta's op de kust (figuur 2.1). Voor een antwoord op de beheervragen wordt daarom dieper ingegaan op de buitendelta's en hun invloed op de kust en het zanddelende systeem.

Figuur 2.1:

De buitendelta's van de Waddenzee, de koppen van de Waddeneilanden en de Kop van Noord-Holland.



2.2 Het kustbeheer van de koppen van de Waddeneilanden

In sommige gevallen nopen ontwikkelingen op de buitendelta tot kustbeheermaatregelen aan de eilandkop. Dit is bijvoorbeeld het geval wanneer een getijdegeul steeds dichterbij de kust komt te liggen en té dicht nadert, of wanneer snelle kustachteruitgang plaatsvindt bij een strandvlakte, die uitsteekt ten opzichte van de doorgaande kustlijn. Beheermaatregelen worden genomen wanneer de achteruitgang van de kust functies in het kustgebied bedreigt. Bij alle Nederlandse Waddeneilanden heeft overigens tenminste één van de twee eilandkoppen de ruimte voor natuurlijke dynamiek. Dit rapport is niet gericht op deze dynamische eilandkoppen, maar op de andere helft, de verdedigde eilandkoppen (tabel 2.1).

Tabel 2.1:

De eilandkoppen Waddeneilanden en de Kop van Noord-Holland, met de bijbehorende buitendelta's en de wijze waarop het kustbeheer is ingericht.

Buitendelta	Eilandkop	Beheer	Bestaande beheermaatregelen
Zeegat van Texel (Marsdiep)	Kop van Noord-Holland (Den Helder-Julianadorp)	Handhaven kustlijn	Harde kustverdediging (zinkwerk, bestorting & instandhouden hoofden Helderse Zeewering- tot RSP 1) Strandsuppleties & instandhouden strandhoofden (ten zuiden van RSP 1,5)
	Zuidwest- Texel	Geen maatregelen	Ruimte voor dynamiek strandvlakte (De Hors tot RSP 9)
Het Eijerlandse Gat	Noordkop Texel (Eijerland)	Handhaven kustlijn	Instandhouden strandhoofden, strandsuppleties en geulwandsuppletie (ten noorden RSP 9) Strandsuppleties (voorheen tot RSP 31 , tegenwoordig tot RSP 28)
	Zuidwest Vlieland (De Vliehors)	Geen maatregelen	Harde kustverdediging Eijerlandse Dam en bolwerken Eijerland en Robbengat (zinkwerk en bestorting) Ruimte voor dynamiek strandvlakte (De Vliehors tot RSP 40)
Het Vlie	Oostkop Vlieland	Handhaven kustlijn	Strandhoofden, onderwatersuppletie, strandsuppleties Havenstrand en oostpunt: korte dammen met bestorting & duinvoet verdediging
	Noordwest Terschelling	Geen maatregelen (wél BKL vastgesteld)	Ruimte voor dynamiek strandvlakte, strand en duinen (Noordvaarder, tot RSP 8)
Zeegat van Ameland	Oost Terschelling (De Boschplaat)	Geen maatregelen (wél BKL vastgesteld)	Ruimte voor dynamiek strandvlakte, strand en duinen (Boschplaat, RSP 20 - 26)
		Geen maatregelen	Ruimte voor dynamiek strandvlakte (Boschplaat RSP 26 tot oostpunt)
	West Ameland	Handhaven kustlijn	Lokaal harde kustverdediging: geulwandverdediging (RSP 47.5-49.5) en palenrijen en dammen (RSP 49.5-2.4) Strandsuppleties (RSP 2 – 4)
		Geen maatregelen (wél BKL vastgesteld)	Ruimte voor dynamiek strandvlakte (RSP 4 -10)
Pinkegat & Friesche Zeegat	Oost Ameland (De Hon)	Handhaven kustlijn	Onderwatersuppletie, strandsuppleties (RSP 10 en verder)
	West Schiermonnikoog	Geen maatregelen	Ruimte voor dynamiek strandvlakte (De Hon, vanaf RSP 23)
Lauwers	Oost Schiermonnikoog	Handhaven kustlijn	Ruimte voor dynamiek strandvlakte (RSP 1 – 7)
		Geen maatregelen	Ruimte voor dynamiek strandvlakte (De Balg, vanaf RSP 10.4)

2.3 Beheermaatregelen voor eilandkoppen

De standaard beheermaatregel voor eilandkoppen is de strandsuppletie. Zandsuppleties onder water, in de vorm van geulwandsuppleties of zanddammen dwars op de kust, worden beperkt of niet ingezet bij eilandkoppen. Traditioneel worden eilandkoppen verdediging met harde ingrepen van steen en beton, in de vorm van geulwandbestortingen, strandhoofden, korte- en lange dammen en hangende stranden.

Strandsuppleties, harde kustverdedigingsmaatregelen en onderwatersuppleties worden in dit rapport vergeleken ten opzichte van de operationele doelstellingen van het kustbeheer.

2.4 Zandwinning voor het kustbeheer

Beheermaatregelen in de vorm van zandsuppleties op het strand of onder water maken zandwinning noodzakelijk. De buitendelta's van de Waddenzee lijken voor de hand liggende zandwingebieden te zijn, dichtbij de gebieden waar gesuppleerd wordt. De winning van het suppletiezand op buitendelta's wordt in dit rapport bekeken in het licht van de doelstellingen van het kustbeheer en vergeleken met zandwinning op de Noordzee (buiten de de -20 m NAP contour).

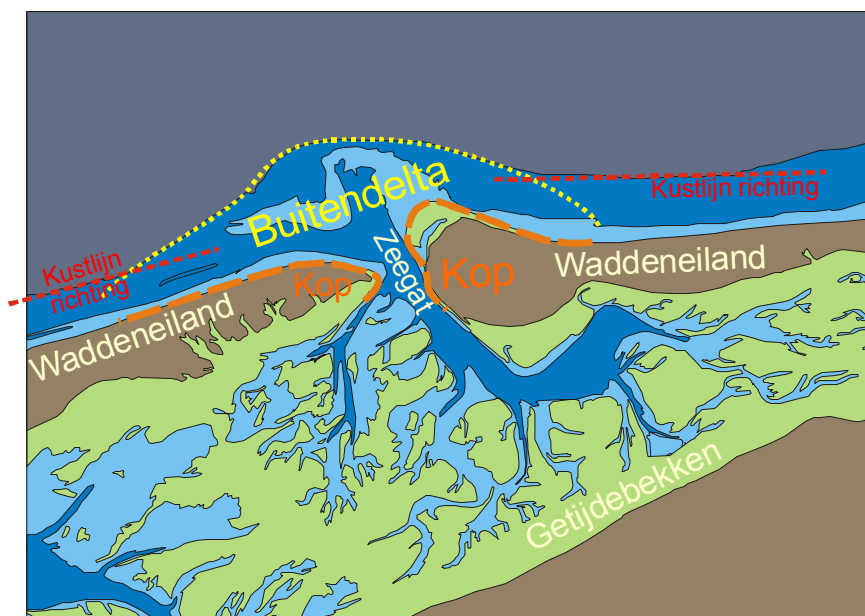
3 De buitendelta's van de Waddenzee

3.1 Wat zijn buitendelta's?

De bijna onzichtbare buitendelta's zijn onderdeel van de kuststrook en buitendelta's vormen de verbindende schakel tussen de overige onderdelen van het kustgebied: de Noordzee, de eilandkusten, de Hollandse kust en de achterliggende getijdebekken en estuaria.

Figuur 3.1:

Schematische voorstelling van een buitendelta en de aangrenzende eilandkoppen, met de kenmerkende morfologische elementen



Buitendelta's zijn de zandige ondieptes zeewaarts van de zeegaten die tussen de Waddeneilanden liggen (zie bijvoorbeeld van Veen, 1936, Sha, 1990 en Steijn, 1991). Ten opzichte van de eilandkusten en de onderwateroevers steken de buitendelta's zeewaarts uit. De buitendelta's bestaan uit platen, die al dan niet boven water uitsteken en getijdegeulen (figuur 3.1). Vaak lopen de getijdegeulen uit in ondieptes of drempels. De ligging van de platen en geulen is niet statisch, zowel de plaats als de hoogte variëren sterk in de tijd (Van Veen, 1936, Joustra, 1971, Steijn 1991 en het kader op pagina 24). De grootte van de buitendelta is gerelateerd aan de grootte van het getijdegebied en het getijdvolume dat bij het zeegat hoort (Walton en Adams, 1976, Steijn, 1991 en Louters en Gerritsen, 1994). Hoe groter het getijdeprisma, des te meer zand er in de buitendelta aanwezig is. Bij de Zeeuwse en Zuid-Hollandse zeearmen kan de Voordelta beschouwd worden als een aaneenschakeling van buitendelta's (Sha en Van den Berg, 1993).

3.2 Golven en getij

De getijdestromingen en de golfwerking bepalen samen de grootte, de vorm en ook de dynamiek van de buitendelta's (Sha, 1990, Steijn, 1991). De getijdestromingen en de golfwerking resulteren iedere dag weer in de verplaatsing van zeer veel water en zand. In vergelijking met de hoeveelheden water en zand die in beweging zijn, zijn de veranderingen in de ligging van geulen en platen klein. De veranderingen zijn klein, omdat de meeste verplaatsing door de getijdestromingen heen én weer gaat en de netto

verplaatsing van water en zand uiteindelijk gering is. De golven transporteren het zand vaak over langere perioden één kant op, maar wanneer de golfrichting verandert kan het zand ook weer de andere kant op gaan.

Figuur 3.2:

Duinvorming op de strandvlakte 'de Hors' aan de zuidpunt van Texel.



3.3 Zandpad

De buitendelta's zijn het kruispunt van de zandtransportpaden tussen de eilandkusten, de Noordzee en de Waddenzee (figuur 3.2). Deze zandverbindingen hebben hun eigen kenmerkende tijdschalen. Over korte perioden, van seizoenen tot jaren, kunnen grote hoeveelheden sediment naar of uit de Waddenzee getransporteerd worden via één enkele buitendelta. De richting van het sedimenttransport is het resultaat van een samenspel van fysische en biologische factoren (Oost en de Boer, 1994). Op langere termijn, van tientallen tot honderden jaren, lijkt het zandtransport via de buitendelta's altijd van de eilandkusten en Noordzee naar de Waddenzee plaats te vinden (Louters en Gerritsen, 1994). De voortdurende uitwisseling van zand tussen de eilandkusten, de Noordzee buitendelta's en de achterliggende getijddebekken, op korte en lange termijn, vormt samen het zanddelend systeem (Hoofdstuk 5).

3.4 Waterweg

De buitendelta's zijn onderdeel van de waterverbinding tussen de Noordzee en de Waddenzee en van de zandverbinding tussen de eilandkusten en de Waddenzee. Als onderdeel van de water- en zandverbinding zijn de buitendelta's ook bepalend voor alle andere aspecten die samenhangen met het transport van zand en water. Naast de aan- en afvoer van enorme hoeveelheden zeewater tijdens ieder getij wordt via de buitendelta's ook het in de Waddenzee gespuide zoete water afgevoerd naar de Noordzee. Met het water worden ook zand, slib en allerlei in het water opgeloste stoffen van en naar de Waddenzee getransporteerd. Ook verschillende organismen, van algen en vislarven tot vissen en zoogdieren, passeren, actief of passief, de buitendelta's.

3.5 Leven op de buitendelta?

In dit rapport wordt uitgebreid stilgestaan bij de rol van de buitendelta's in het zanddelende systeem, terwijl een hoofdstuk over de ecologie van buitendelta's ontbreekt. Het ontbreken van een ecologisch hoofdstuk is niet ingegeven door

het beperkte belang van ecologie, maar er is zo weinig bekend over de ecologie van buitendelta's, dat een heel hoofdstuk niet gerechtvaardigd is. Dat de ecologie van de buitendelta wel degelijk van belang lijkt te zijn, blijkt uit het feit dat het gebied onderdeel uitmaakt van een speciale beschermingszone in het kader van de Vogel- en Habitatrichtlijn.

De droogvallende zandplaten op de buitendelta's worden door zeehonden gebruikt als rustplaats. Ook verschillende vogelsoorten, zoals zee-eenden, duikers en strandlopers maken gebruik van de buitendelta's, bijvoorbeeld als hoogwatervluchtplaats en foerageergebied. Met name over de bodemfauna en het voorkomen van vissen op de buitendelta is heel weinig bekend, aangezien de meeste biologische monitoringsprogramma's de buitendelta's overslaan. Er zijn wel enkele eenmalige metingen uitgevoerd in het kader van andere projecten (schelpdieren meting in 1994 door Alterra en benthos meting in 1995 door het NIOZ). Hieruit blijkt dat er verschillende soorten wormen, schelpdieren, krabben en platvissen voorkomen. De buitenste zone van de buitendelta doet ook dienst als kinderkamer voor jonge vis, net als de Waddenzee en de ondiepe kustzone (van Leeuwen e.a., 1994, Lindeboom e.a., 1996).

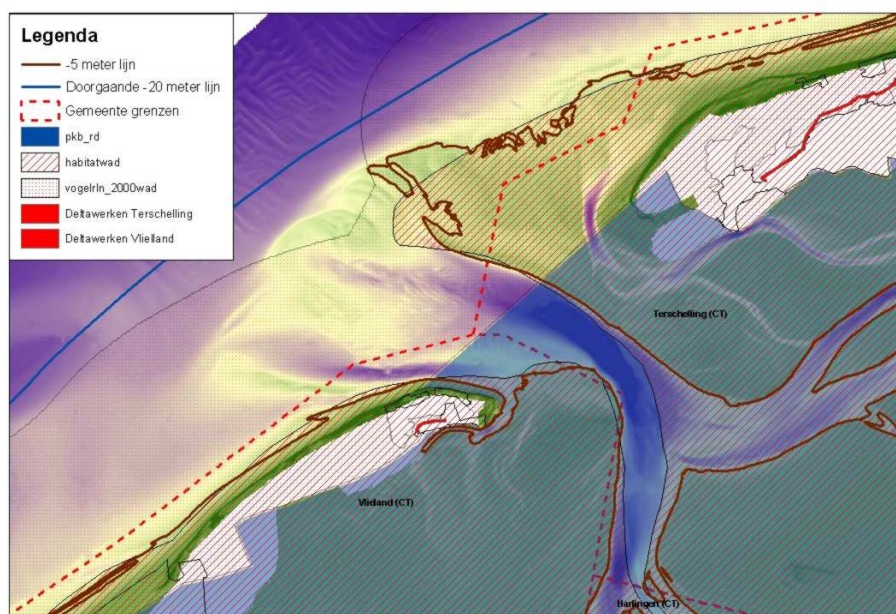
De verschillende morfologische onderdelen van de buitendelta zijn enigszins te vergelijken met de morfologische onderdelen in de ondiepe kustzone en de Waddenzee. De droogvallende zandplaten kunnen vergeleken worden met het intergetijde gebied van het natte strand en met platen in de Waddenzee, de ondieptes waarop golven breken met de brandingszone op het strand en de vooroever en de geulen met geulen in de Waddenzee. Dit lijkt, na een vergelijking van de beperkte informatie die beschikbaar is over de buitendelta en de ondiepe kustzone, ook voor de ecologie te gelden. Het verdient aanbeveling om te controleren of dit inderdaad het geval is.

3.6 En meer

De buitendelta's zijn meer dan een doorgeefluik voor water, slib en zand, ze vormen ook voor de scheepvaart een belangrijke schakel tussen de Noordzee en de vaarwegen op de Wadden. Ook schermen de ondieptes op de buitendelta's de kusten rondom de zeegaten af van de golfwerking van de Noordzee. Voordat de golven de eilandkusten bereiken, breken ze op de buitendelta. De duinen en dijken in de luwte van de buitendelta's worden daardoor aan minder sterke golfbelasting blootgesteld. De buitendelta's en met name de ondieptes daarvan, beschermen ook begraven zaken, zoals archeologisch waardevolle wrakken en verschillende pijpleidingen. Het menselijk gebruik van de buitendelta's loopt uiteen van recreatief tot militair. Ook zijn het mogelijke winlocaties voor energie uit wind en getijdestromingen en voor aardgas.

Figuur 3.3:

Een van de zeegaten van de Waddenzee, met de gebiedsgrenzen uit verschillende wettelijke kaders.



1. Grenzen in de wet en de morfologie.

Naast de veranderlijke fysieke grenzen (paragraaf 3.1 en figuur 3.1), worden de buitendelta's ook begrensd vanuit verschillende wet- en regelgeving. De wet- en regelgeving betreft niet alleen de buitendelta's, maar ook andere gebieden. Hieronder volgt een niet-uitputtend overzicht grenzen die voor de buitendelta's belangrijk zijn. Een aantal van deze grenzen is in figuur 3.3 weergegeven.

De PKB-grenzen: De planologische kernbeslissing Waddenzee is geldig voor het gebied dat op de kaart in de pkb is weergegeven. Een deel van de zeegaten valt binnen het pkb-gebied. In de PKB staan beleidsregels voor activiteiten in het Waddengebied, die voor de overheid bindend zijn.

De basiskustlijn: De basiskustlijn is de kustlijn die conform het beleid 'dynamisch handhaven' gehandhaafd moet worden. Hij komt overeen met de ligging van de gemiddelde kustlijn in 1990. [derde kustnota]

De kustlijn: De ligging van de kustlijn komt ongeveer overeen met de laagwaterlijn en vormt de scheiding tussen water en land.

De 1-kilometergrens: Grens van de provinciale en gemeentelijke indeling. Daarmee ook de grens van de invloedssfeer van de streek- en bestemmingsplannen en de daarin verankerde uitwerking van het ruimtelijke ordeningsbeleid. Deze lijn is veelal in coördinaten weergegeven.

Grenzen van de Speciale Beschermingszone i.k.v. de Habitatrichtlijn: De Waddenzee is gedeeltelijk aangemeld als Speciale Beschermingszone i.k.v. de Habitatrichtlijn, deze grens varieert in de ligging t.o.v. de kust.

Grenzen van de Speciale Beschermingszone i.k.v. de Vogelrichtlijn: De Waddenzee is aangewezen als speciale beschermingszone in het kader van de vogelrichtlijn. Deze grens komt overeen met de 3-mijlsgrens.

De -5 meter dieptelijn: De grens waaronder schelpenwinning (als grondstof) voor bepaalde gebieden is toegestaan. Daarboven is het winnen van schelpen uitgesloten.

De 1-mijlsgrens: Tot de 1-mijlszone gelden zowel de ecologische als chemische doelstellingen van de Kaderrichtlijn Water. Tussen de 1-mijlszone en de 12-mijlszone alleen de chemische.

De 3-mijlsgrens: Dit is de zone de zeewaartse begrenzing van het Waddengebied, zoals overeengekomen in het trilaterale waddenzeeverdrag (tussen Nederland, Duitsland en Denemarken).

De -20meter dieptelijn: De grens waarvan landwaarts zandwinning niet is toegestaan, met uitzondering van de vaargeulen.

De 12-mijlsgrens: De 12-mijlsgrens bakent het verschil tussen de territoriale zee (het stuk zee waarover de Nederlandse staat evenveel zeggingskracht heeft als over haar land) en de exclusieve economische zone af. In de exclusieve economische zone is de rechtsmacht van Nederland minder verreikend.

In figuur 3.3 is één oogslag duidelijk dat de gebiedsgrenzen uit de verschillende wettelijke kaders soms dwars door elkaar heen lopen. Sommige grenzen hebben wel een duidelijke koppeling met de morfologie, anderen in het geheel niet. De lappendeken van wetten en regels die wel of niet geldig zijn op de buitendelta's kan integraal beheer in de weg staan.

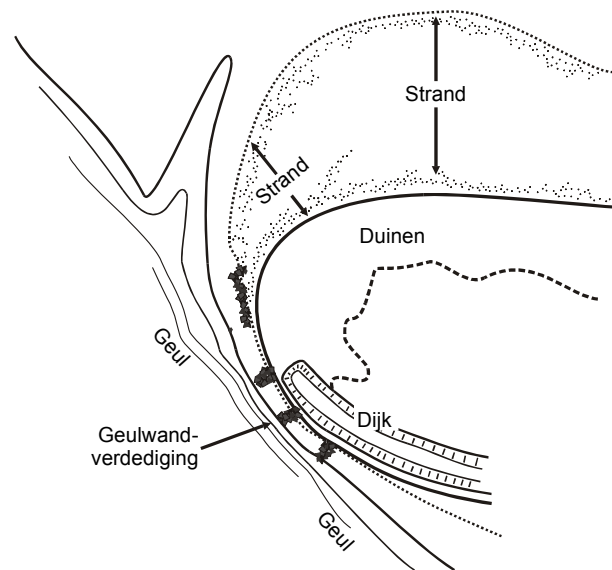
4 Kustvorm en kustdynamiek nabij buitendelta's

4.1 De vorm van eilandkoppen

De kust bij de eilandkoppen van de Waddenzee heeft een duidelijk andere vorm dan de kust van het centrale deel van de Waddeneilanden of de Hollandse kust. In een kaartbeeld vallen de sterke kromming van de kustlijn en de variatie in strandbreedte op (figuur 4.1). De strandbreedte varieert van enkele kilometers (er wordt dan meestal van strandvlakte gesproken) tot nul bij dijken met oeververdediging.

Figuur 4.1:

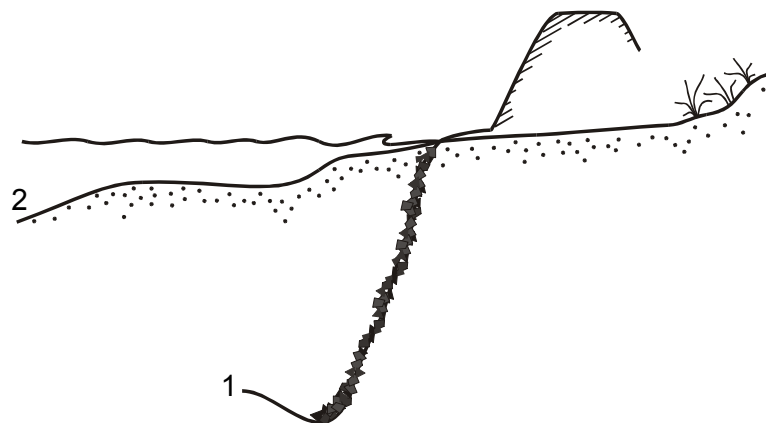
De vorm van de kustlijn bij een eilandkop, met veel variatie in de breedte van het strand.



Bij de kustprofielen nabij buitendelta's is ook de variatie opvallend (figuur 4.2). In sommige profielen gaat de bodem steil naar beneden tot grote diepte, terwijl in andere gevallen het profiel zeer flauw is. Voor de strandbreedte en de steilheid geldt ruwweg: hoe steiler het profiel, des te smaller het strand. De steile en diepe profielen liggen dáár waar getijdegeulen dicht onder de kust lopen. Juist bij de eilandkoppen bereiken de getijdegeulen hun grootste diepte. De variatie van de kustvorm bij een enkele eilandkop kan enorm zijn: gebieden met steile en diepe onderwateroevers liggen vaak niet meer dan enkele kilometers van de gebieden met zeer flauwe onderwateroevers.

Figuur 4.2:

Verskillende kustprofielen bij een eilandkop, met veel variatie in de steilheid en maximale diepte. 1: Steil profiel en smal strand, kenmerkend voor een getijdegeul die dicht langs een eilandkop loopt. 2: Flauw profiel met breed strand, dat aanwezig is wanneer een grote zandplaat met de eilandkop is verheeld.



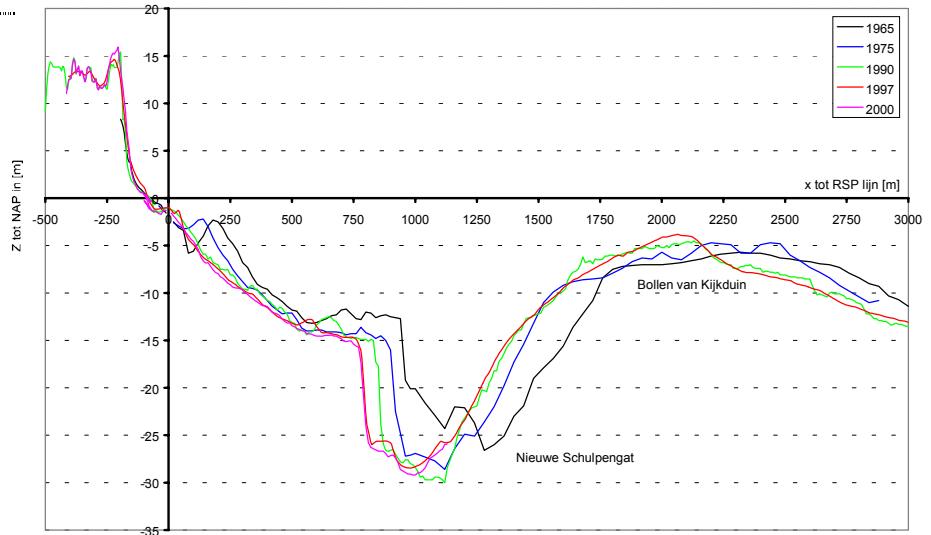
4.2 Kustdynamiek bij buitendelta's

De kustvakken bij eilandkoppen hebben een eigen dynamiek, die afwijkt van dynamiek van de Hollandse kust en de centrale delen van de Waddeneilanden (zie bijvoorbeeld IJnsen en van den Boogert, 1993 en Wijnberg, 1995). De tijdsduur waarop uitbouw en achteruitgang afwisselen is bij eilandkoppen meestal langer en de mate van uitbouw en achteruitgang groter.

De kustontwikkeling bij eilandkoppen wordt met name bepaald door de ontwikkelingen van de geulen en platen op de buitendelta's. De verplaatsing van een getijdegeul naar de kust leidt tot grote zandverliezen van de kustzone en (tijdelijke) kustachteruitgang. De verplaatsing van zandplaten van de buitendelta naar de kust en, uiteindelijk, de verheling van die zandplaten met de kust leidt tot zeer grote (tijdelijke) uitbouw. Die uitbouw kan overigens lokaal gepaard gaan met problemen, zoals op Ameland is voorgekomen (Israël en Oost, 2001). De uitbouw of achteruitgang kan permanent zijn, als gevolg van de lange termijn ontwikkeling van zeegeat, buitendelta en eiland, maar kan ook tijdelijk zijn, wanneer de ontwikkeling onderdeel is van een zich herhalende morfologische cyclus (zie het kader op pagina 24).

Figuur 4.3:

Kustprofielen dwars op de Kop van Noord-Holland (Jarkus raai 409) in verschillende jaren uit de periode 1965 tot 2000 (Elias en Cleveringa, 2003). In de profielen is steeds het kenmerkende plaat-geul-kust profiel zichtbaar. De drie profielen laten zien dat de geul en plaat steeds dichtert tegen de kust 'drukken'.



4.3 Plaat – geul – kust

In bijna alle gevallen waarbij op de eilandkop de kust terugschrijdt, gebeurt dit terwijl een getijdegeul landwaarts verplaatst. De getijdegeul "duwt" daarbij als het ware de kust naar achteren. In de meeste gevallen bevindt zich zeewaarts van de getijdegeul in een zandplaat, die ook landwaarts verplaatst. De karakteristieke plaat-geul-kust configuratie geeft een kenmerkende kustprofiel, met een steil kustprofiel van strand naar de as van de geul (figuur 4.3).

Vaak wordt het landwaarts verplaatsen van de getijdegeul, al dan of niet onder invloed van de landwaartse verplaatsing van de zandplaat, gezien als de onderliggende oorzaak van de kustachteruitgang. Deze oorzaak-gevolg relatie ligt niet altijd zo eenvoudig, de kustachteruitgang kan ook het gevolg zijn van (een combinatie van) andere factoren, bijvoorbeeld een verandering in de golfgedreven langstransporten (bijvoorbeeld bij de kust van Zuidwest Texel, Cleveringa, 2001).

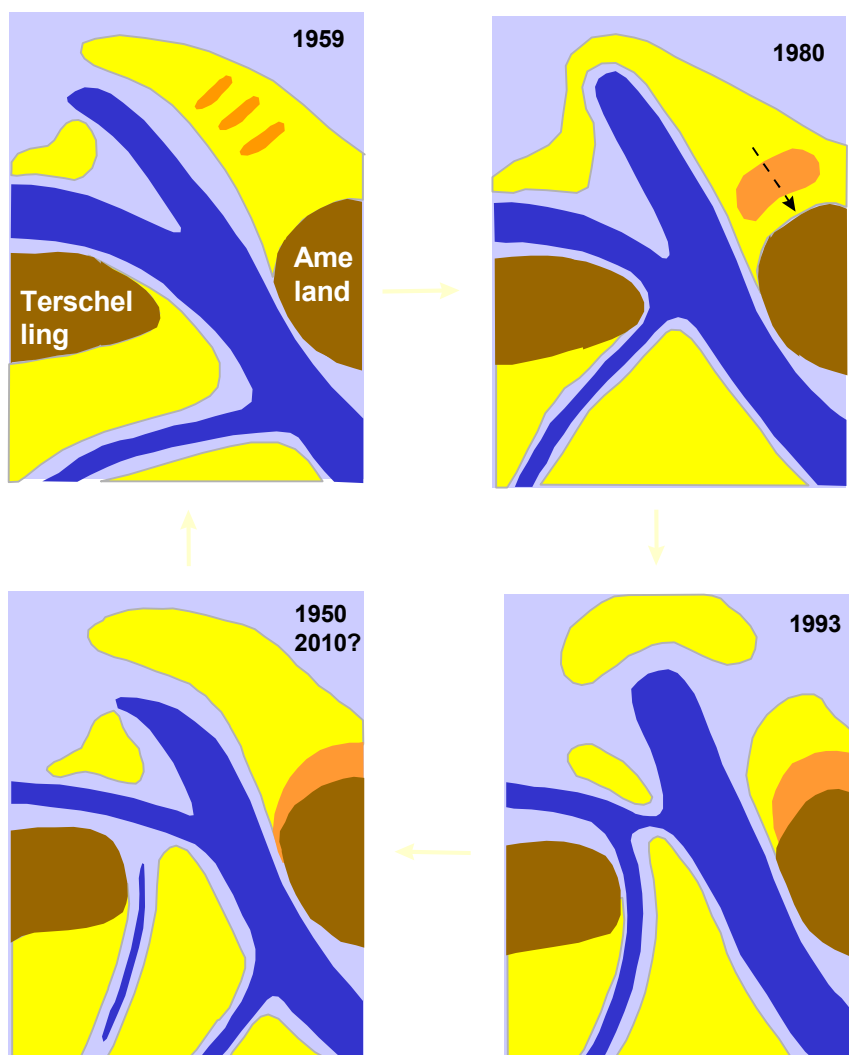
4.4 De noodzaak tot kustverdediging bij eilandkoppen

Bij alle grote zeegaten van de Waddenzee is in het verleden (van de 18^e eeuw) op een of andere wijze een poging gedaan om de kustachteruitgang van een van de eilandkoppen tegen te gaan. De noodzaak hiervoor kwam altijd voort uit directe bedreigingen van de veiligheid, omdat de kustachteruitgang bewoners en bebouwing bedreigde of al verzwolgen had. In alle gevallen was de kustachteruitgang het gevolg van de landwaartse verplaatsing van een getijdegeul (figuur 4.3). In de tweede helft van de 20^e eeuw zijn alle eilandkoppen waar sprake was van bedreiging van de veiligheid effectief vastgelegd.

Vanaf 1990 wordt de kustlijn gehandhaafd op toenmalige positie door het uitvoeren van zandsuppleties. Alleen wanneer het niet anders kan, worden harde kustverdedigingsmaatregelen uitgevoerd. Dit betrof in de periode sinds 1990 altijd een kop van een Waddeneiland, namelijk de noordkop van Texel, de oostkop van Vlieland en de westkop van Ameland. Overigens wordt alleen voor de bewoonde Waddeneilanden de kustlijn gehandhaafd en hebben alle Waddeneilanden een eilandkop waar de natuurlijke ontwikkelingen de vrije hand hebben (bij Terschelling betreft het zelfs beide eilandkoppen; tabel 2.1).

Figuur 4.4:

Morfologische cyclus van de buitendelta van Het Zeegat van Ameland (Israël, 1998) In het kader op pagina 24 staat een beschrijving van de cyclus.



2. De dynamiek van de buitendelta van het Zeegat van Ameland

De buitendelta's van de Waddenzee zijn altijd in beweging: de geulen en platen verschijnen, verplaatsen en verdwijnen in de loop van de tijd. Een mooi voorbeeld wordt gegeven door de ontwikkeling van de buitendelta van het Amelanders Zeegat, in de afgelopen eeuwen (Israël, 1998). In het zeegat zijn in elke periode van 50 tot 60 jaar vier stadia te zien (figuur 4.4). Ieder stadium van de cyclus heeft gevolgen voor de aangrenzende kust van Ameland (Oost e.a., 2000) en Terschelling. Sinds de jaren '40 van de 20ste eeuw wordt de kustlijn van Ameland wordt met zandsuppleties en harde kustverdedigingsmaatregelen op zijn plaats gehouden, terwijl de oostpunt van Terschelling zich vrij kan ontwikkelen. De morfologische cyclus wordt hier kort weergegeven (naar Israël, 1998):

In Fase 1 (1903 & 1959) is er sprake van een één-geul situatie in het zeegat tussen de twee eilanden. Met maar één geul in het zeegat is er ruimte voor de kust: de westkust van Ameland strekt relatief ver naar het westen en oostkust van Terschelling strekt ver uit naar het oosten. In deze situatie behoeft de kust bij Ameland slechts beperkte verdedigingsmaatregelen.

In Fase 2 (1926 & 1980) is er sprake van een kruispunt van geulen in het zeegat. Het zand uit het Bornrif is gemigreerd in zuidoostelijke richting en landt als strandplaat op noordwest Ameland. Een uitgebreide beschrijving van het proces van aanlanding en de vorming van strandhaken wordt gegeven in het rapport 'strandhaakontwikkeling op de koppen van de Waddeneilanden' (Israël en Oost, 2001). De oostpunt van Terschelling heeft in dit stadium nog de ruimte en strekt ver oostwaarts, terwijl de westkust van Ameland in breedte afneemt. De noodzaak voor kustbeheermaatregelen neemt in deze situatie toe. Wel levert de aangelande zandplaat een tijdelijke bijdrage aan de strandbreedte van de westkust.

Fase 3 (1934 & 1993) is een twee-geulen situatie in het zeegat, de geulen worden van elkaar gescheiden door de Koffiebonenplaat. Met twee geulen in het zeegat is er weinig ruimte voor de kust: de Boschplaat is in omvang afgenomen en de westkust van Ameland is op zijn smalst. De noodzaak voor kustverdedigingsmaatregelen voor de westkust van Ameland is maximaal.

Fase 4 (1892 & 1950) is de overgang van twee geulen naar één geul in het zeegat. Terschelling is een stuk verlengd naar het oosten en langzamerhand komt er meer ruimte voor de westkust van Ameland. De noodzaak voor kustverdedigingsmaatregelen neemt af.

Vervolgens begint de cyclus weer opnieuw met fase 1.

De geschetste cyclische ontwikkeling van het zeegat wordt veroorzaakt door de combinatie van golfgedreven zandtransport en getijwerking, waarbij zowel het getijdevolume per geul -het debiet-, als de kracht van de stroming door waterstandverschillen -het verhang- een rol spelen (Israël, 1998).

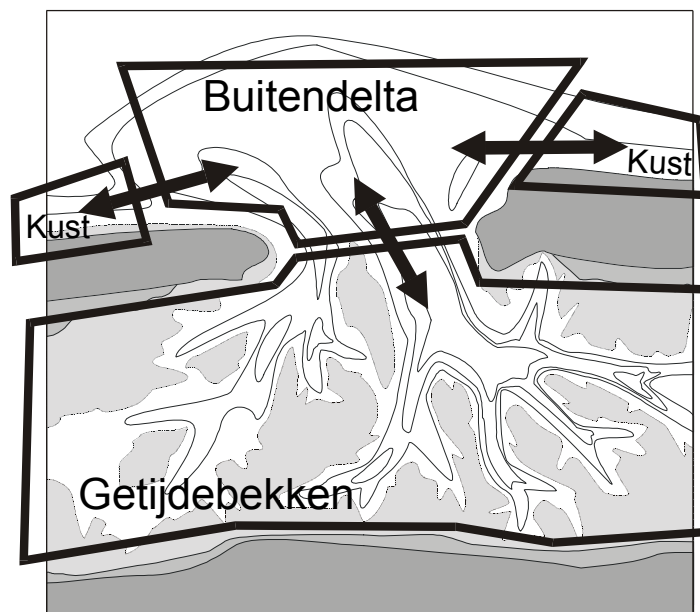
5 Het zanddelend systeem: buitendelta's, eilandkusten en de Waddenzee

5.1 Wat is het zanddelend systeem?

De kusten van de waddeneilanden en de buitendelta's vormen samen met de Waddenzee een zanddelend systeem (zie voor een toegankelijke inleiding 'Het mysterie van de Wadden; Hoe een getijdesysteem inspeelt op zeespiegelstijging' Louters en Gerritsen, 1994). Het begrip 'zanddelend systeem' is gebaseerd op de kennis over de ontwikkelingen van het gehele kuststelsel op een langere termijn (tien tot duizenden jaren) en de onderliggende processen (Oost e.a., 2000).

Figuur 5.1:

De belangrijkste componenten van het zanddelend systeem: de buitendelta's, de aangrenzende kusten en de geulen en platen van de Waddenzee.



Voor een schematische omschrijving van het zanddelende systeem beperken we ons tot één zeegegat (figuur 5.1). Op grote schaal is het systeem in vier componenten op te delen: het getijdebekken (de Waddenzee zelf), de eilandkusten links en rechts van het zeegegat en de buitendelta met de keel van het zeegegat. Langs de eilandkusten vindt golfgedreven transport van zand plaats (figuur 5.2). Dit golfgedreven transport bereikt de buitendelta, waar een deel van het zand naar het getijdebekken wordt getransporteerd en een deel langs het zeegegat wordt getransporteerd naar de volgende eilandkust ('sand by-passing'). De getijdestroming transporteert het zand door de keel van het zeegegat naar het getijdebekken, waarbinnen het transport verder gaat. In het getijdebekken wordt het zand verder getransporteerd door de getijdestroming en, wanneer het zand de platen bereikt heeft, ook onder invloed van golven.

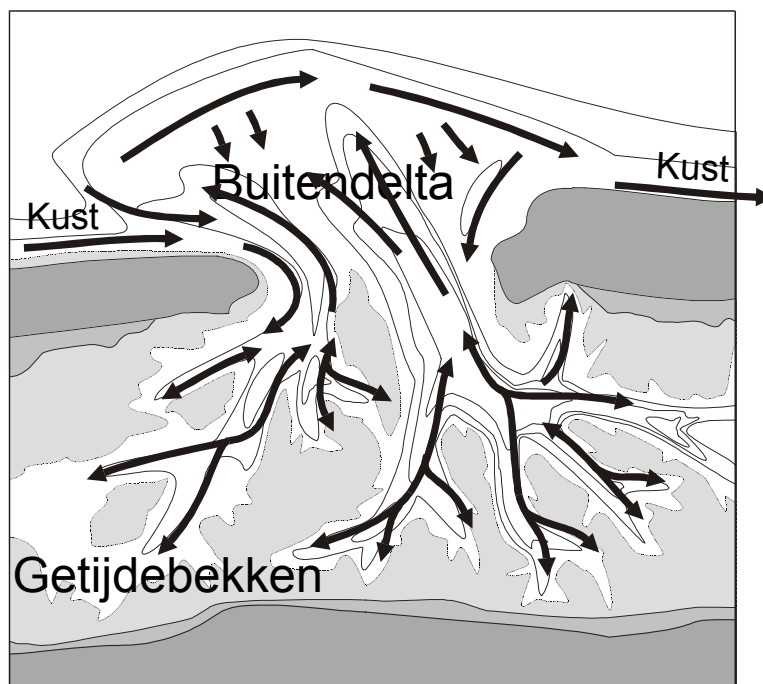
5.2 Het zanddelend systeem in evenwicht

Wanneer er geen veranderingen optreden in het zanddelend systeem is er sprake van een dynamische evenwichtssituatie: er gaat dan net zoveel zand het getijdebekken in, als er weer uit gaat (Louters en Gerritsen, 1994). De evenwichtssituatie manifesteert zich ook in een evenwicht tussen de

waterbeweging en de morfologie van het systeem. De 'natte doorsnede' van de geulen in het getijdebekken correspondeert dan met hoeveelheid water die er doorheen stroomt (Eysink, 1979, Gerritsen en de Jong, 1985, Sha, 1990, van der Spek, 1994, Louters en Gerritsen, 1994). Het volume zand in de buitendelta correspondeert met de hoeveelheid water die het zeegat (gemiddeld) in- en uitstroomt (Louters en Gerritsen, 1994). Deze empirische relaties worden gevonden voor alle zeegaten en buitendelta's in de wereld, waarbij lokale bijzonderheden, zoals de verhouding tussen de invloed van golven en getij en de korrelgrootte van het sediment, voor variatie zorgen (Jarret, 1976, Walton en Adams, 1976).

Figuur 5.2:

Een schematische voorstellingen van de zandtransport-processen in het zanddelende systeem van buitendelta's, eilandkusten en Waddenzee.



5.3 'Zandhonger' en 'zandvraag': De effecten van zeespiegelstijging op het zanddelend systeem

Terugkerende begrippen bij het ter sprake komen van de Waddenzee en zeespiegelstijging zijn 'zandhonger' en 'zandvraag' en vragen die daarbij horen zijn 'waarom heeft de Waddenzee zandhonger?' en 'aan wie vraagt de Waddenzee zand?'.

'Zandhonger'

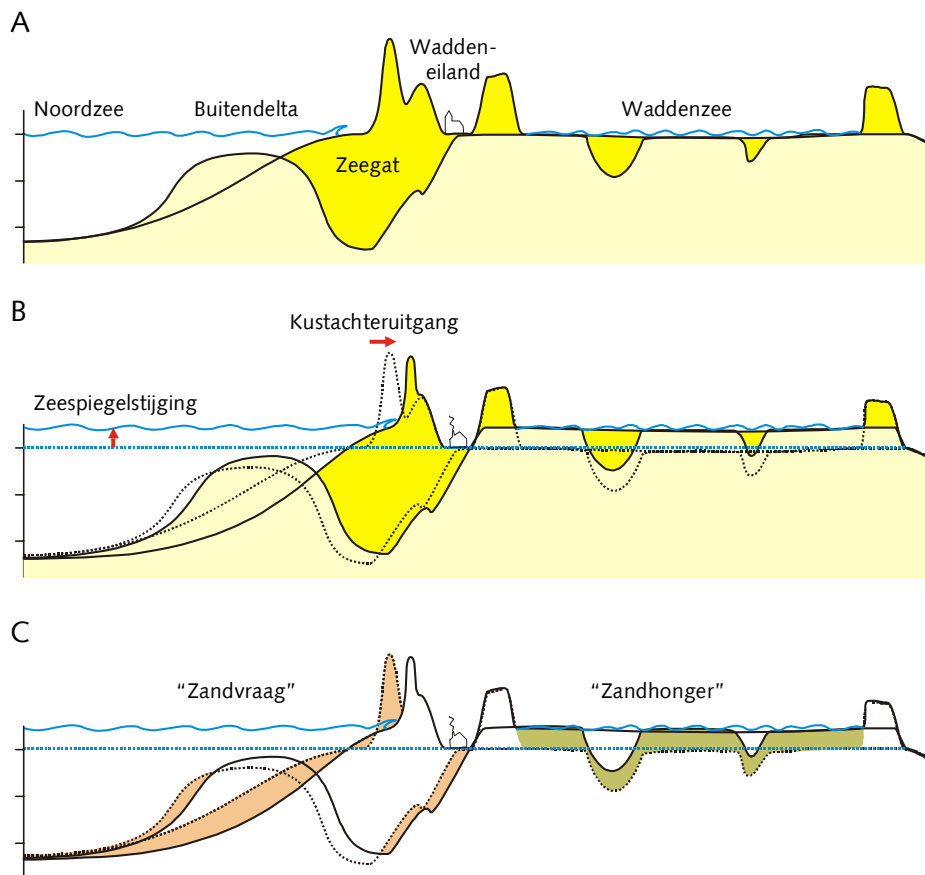
Een stijging van de zeespiegel (tegenwoordig met een snelheid van ongeveer 20 cm per eeuw, in de toekomst mogelijk sneller onder invloed van verschillende broeikas effecten) resulteert in een kleine verdieping van het getijdebekken. Een iets dieper bekken is beter in staat om sediment, dat steeds in grote hoeveelheden in beweging is binnen het zanddelende systeem, vast te houden. Ook zijn er andere effecten die zorgen voor zandhonger, zoals verlanding van de Waddenzee en bodemdaling door zand-, schelpen-, zout- of gaswinning. Elk proces dat de evenwichten in de Waddenzee verstoort, zodat zand van buiten de Waddenzee nodig is om de evenwichten te herstellen, draagt bij tot de zandhonger van de Waddenzee.

De bruto zandtransporten binnen het bekken en van en naar het bekken zijn enkele tientallen malen hoger dan het netto zandtransport (Oost e.a., 2000). De relatieve geringe toename in het netto transport kan dan ook makkelijke tot

stand komen. Het toegenomen netto zandtransport is de 'zandhonger'. Het is een combinatie van verschillende fysische effecten die de 'zandhonger' veroorzaakt, een inleiding hierin kan bijvoorbeeld gevonden worden in de 'Integrale Bodemdalingstudie' (Oost e.a., 2000).

Figuur 5.3:

'Zandvraag' en 'zandhonger' onder invloed van de stijgende zeespiegel. A: Doorsnede van de kust, Waddeneilanden en Waddenzee, inclusief buitendelta en zeegat. B: De Waddenzee groeit mee met de stijgende zeespiegel. Het zand voor de Waddenzee wordt onttrokken aan de kustzone en de buitendelta, waardoor deze terugschrijden. C: De 'zandhonger' van de Waddenzee en de 'zandvraag' aan de kustzone en buitendelta.



'Zandvraag'

Het zand om de 'zandhonger te stillen' komt uit de andere onderdelen van het zanddelend systeem en dit is de 'zandvraag' van het getijddebekken. De onderdelen die het zand leveren zijn de buitendelta en de kusten die aan het zeegat grenzen (figuur 5.3)¹. De buitendelta treedt waarschijnlijk op als zandbron, bij de algehele achteruitgang van de kust, én als doorgeefluik voor zand van de kust naar het getijddebekken.

Samenvattend: De 'Waddenzee heeft zandhonger' door de stijging van de zeespiegel en andere, deels antropogene, oorzaken.

De 'Waddenzee vraagt zand aan de andere onderdelen van het zanddelende systeem', dit zand komt uit de Noordzeekustzone.

5.4 De rol van buitendelta's in het zanddelend systeem

Over de rol van de buitendelta in het zanddelende systeem is het laatste woord nog niet gesproken. Door Louters en Gerritsen (1994) worden de buitendelta's

¹ De dimensies van de buitendelta blijken in evenwicht te zijn met de grootte van het getijddevolume van een zeegat. Dit evenwicht verandert niet persé bij een stijging van de zeespiegel (alleen bij een zeer snelle stijging zal de grootte van het getijddevolume en daarmee het zandvolume van de buitendelta toenemen). Bij een niet-veranderend getijddevolume kan de buitendelta zand leveren en toch haar dimensies behouden, als zij samen met de aangrenzende kust landwaarts terugtrekt.

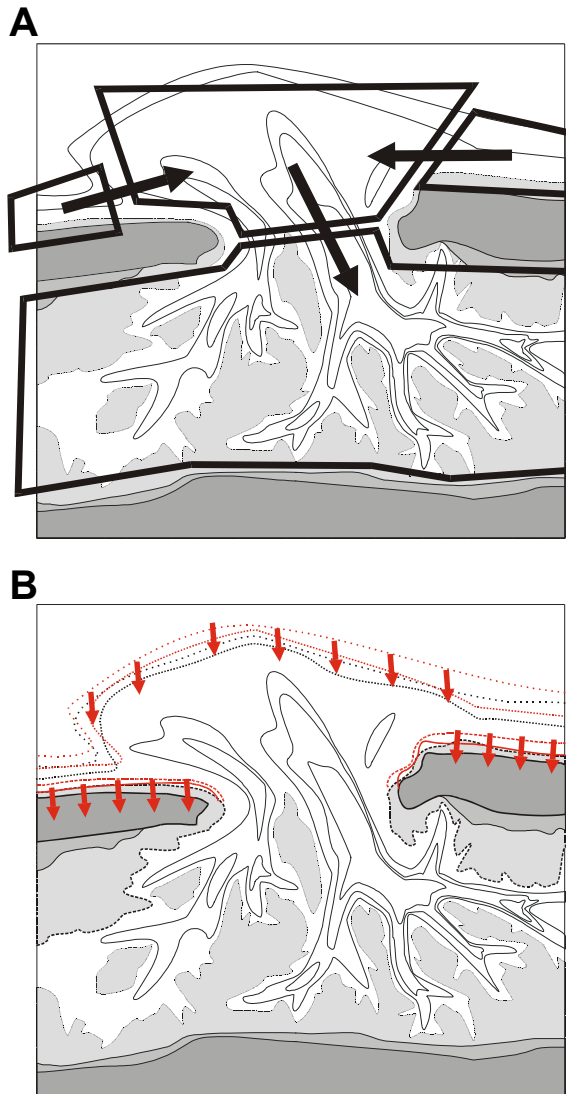
omschreven als tijdelijke zandbuffers voor de andere delen van het zanddelende systeem. De buitendelta's vangen ook de grote klappen op (Oost e.a., 2000). Op grond van nieuwe morfologische analyses (Walburg, 2001) en modelberekeningen (Kragtwijk, 2001) is geconstateerd dat veranderingen in het getijdebekken direct doorwerken in de kustvakken die aan buitendelta en het zeegat grenzen én in de buitendelta (figuur 5.4). De buitendelta lijkt daarmee vooral een doorgeefluik van zand tussen kust en Waddenzee.

Figuur 5.4:

Het resultaat van veranderingen in het zanddelende systeem, bijvoorbeeld door het stijgen van de zeespiegel.

A: de buitendelta als doorgeefluik tussen Waddenzee en kust.

B: De resulterende algehele achteruitgang van de kust en de buitendelta.



5.5 Kustbeheer en het zanddelende systeem

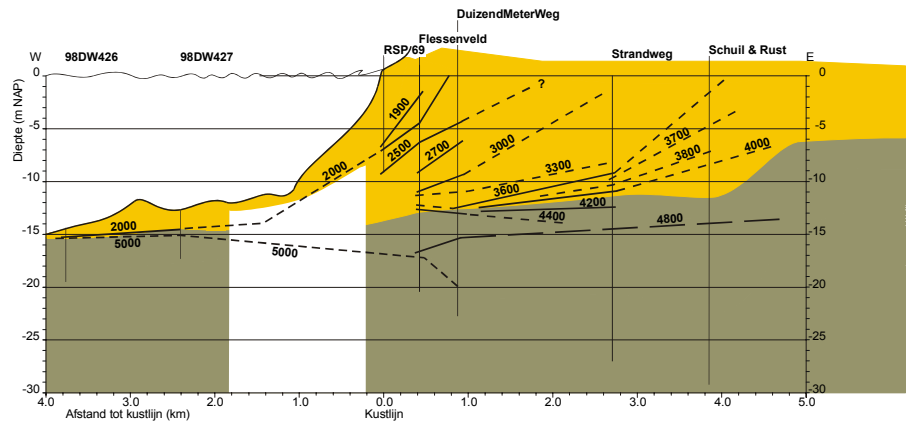
Het effect van de doorgaande stijging van de zeespiegelstijging is een continue zandvraag aan de Noordzeekustzone, die resulteert in een achteruitgang van de Waddenkust en de Kop van Noord-Holland. Ook de buitendelta's van de Waddenzee Schrijden langzaam landwaarts onder invloed van de stijgende zeespiegel (figuur 5.4 b). De kustlijn wordt vanaf 1990 op zijn plaats gehouden door het uitvoeren van zandsuppleties (op het strand en onderwater). Met deze suppleties wordt slecht een deel van de zandvraag gevoed, omdat ook zandverlies plaatsvindt waar de kustlijn niet wordt gehandhaafd (omdat geen Basisksuslijn is vastgesteld) en bij de buitendelta's. Om aan de zandvraag als gevolg van de zeespiegelstijging te voldoen moet derhalve meer zand worden gesuppleerd, dan nodig is voor het handhaven van de kustlijn (Mulder, 2000).

3. Kustuitbouw bij zeespiegelstijging: een kwestie van voldoende zand

In paragraaf 5.3 is de indruk gewekt dat zeespiegelstijging altijd leidt tot achteruitgang van de kust. Het tegendeel blijkt echter uit recente ontwikkelingen elders in de wereld én uit de Holocene ontwikkeling van het westen van Nederland (Beets e.a., 1994). Ondanks de doorgaande zeespiegelstijging bouwde de kust Van Den Haag tot Alkmaar in de periode tussen 5500 tot 2000 voor heden enkele kilometers zeewaarts uit (figuur 5.5). De uitbouw kon plaatsvinden omdat in die periode de aanvoer van zand relatief groot was. De zandbronnen voor de kustuitbouw van destijds waren eerder gevormde kustafzettingen in de Noordzee, de delta's die bij de Rijn/Maasmonding en bij Katwijk de zee instaken en het 'Texel Hoog'. Deze zandbronnen voor de uitbouw van de Nederlandse kust waren na 2000 voor heden uitgeput. Bij moderne kusten die zeewaarts uitbouwen blijkt ook dat er meer zand wordt aangevoerd dan wordt afgevoerd. Het kustbeleid is om de Nederlandse kust te handhaven. Dit betekent dat voldoende zand moet worden aangevoerd om de natuurlijke verliezen te compenseren. Onvoldoende zand aanvoeren betekent achteruitgang van de kustlijn. Meer zand aanvoeren leidt tot uitbouw van de kust !

Figuur 5.5:

Dwarsdoorsnede door de ondergrond, loodrecht op de kust van Haarlem naar Zandvoort, met daarin tijdlijnen (in jaren voor heden). De tijdlijnen zijn gereconstrueerd aan de hand van C^{14} -dateringen van schelpen. De tijdlijnen suggeren dat de Hollandse kust van 4000 á 3800 voor heden uitbouwden in zeewaartse richting (uit van der Spek, e.a, 1999).



6 De twee doelstellingen van het kustbeleid

6.1 Het kustbeleid: Duurzaam handhaven van veiligheid én functies en waarden

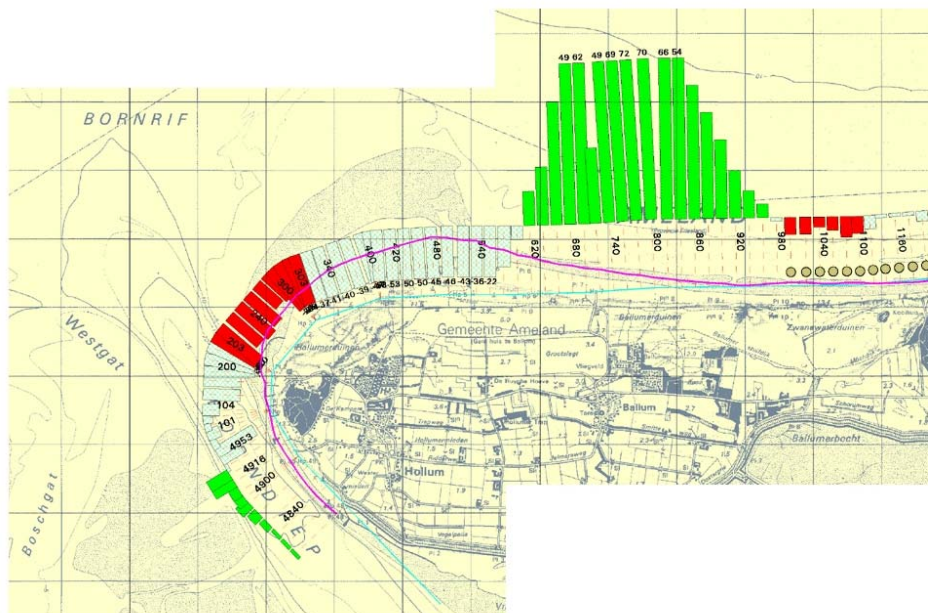
Het Nederlandse kustbeleid is gericht op het duurzaam handhaven van de veiligheid en duurzaam behoud van de functies en waarden in het duingebied (1^e, 2^e en 3^e kustnota, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1990, 1996 en 2000). Duurzaam betekent in dit geval met behoud van de karakteristieken van de zandige kust. De beheermaatregelen moeten zó worden ingericht dat functies en waarden kunnen worden behouden. Voortkomend uit deze wens zijn de twee operationele doelstellingen voor beheermaatregelen geformuleerd. De operationele doelstellingen sluiten direct aan op de dynamiek van de kust én op het zanddelende systeem van de buitendelta's, eilandkusten en de Waddenzee.

6.2 De korte termijn doelstelling: Een stabiele kustlijn

In de Wet op de Waterkering (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1996) is vastgelegd dat de kustlijn wordt gehandhaafd op zijn positie. In de praktijk wordt uitgegaan van de kustlijnligging van 1990, zoals bepaald met de MKL/BKL methode (Hillen e.a., 1991). De *korte termijn* operationele doelstelling van het beheer van de kust is het handhaven van de kustlijn. Het begrip 'korte termijn' betreft de reikwijdte van de beheermaatregelen en niet de reikwijdte van het beleidsdoel. De kustlijnligging is direct gekoppeld aan de dynamiek, die bij de koppen van de eilanden met name wordt bepaald door de buitendelta's (Hoofdstuk 4). Bij de keuze voor het type beheermaatregel om deze operationele doelstelling te bereiken speelt de vorm van de kust een belangrijke rol, hierop wordt in het volgende hoofdstuk dieper ingegaan

Figuur 6.1:

De kustlijnkaart van Ameland van het jaar 2003 met momentane kustlijn (MKL) en basiskustlijn (BKL), het instrument om de stabiliteit van de kustlijn vast te stellen (Snijders en Uit den Bogaard, 2003).



Bij het vaststellen van de kustlijnligging wordt uitgegaan van de trend over een periode van tien jaar in het zandvolume van de ondiepe kustzone. De impliciete tijdschaal van de methode ligt daarmee ook rond de tien jaar (Cleveringa e.a., 2003). Jaarlijks wordt beoordeeld of maatregelen noodzakelijk zijn voor het handhaven van de kustlijn (figuur 6.1). Voor alle duidelijkheid, ook over 50 jaar moet de kustlijn nog op zijn huidige positie liggen (uitgaande van het huidige beleid).

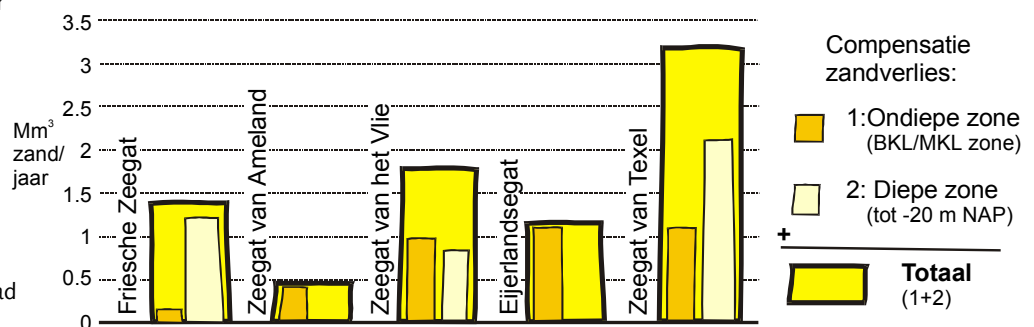
6.3 De lange termijn doelstelling: De zandvoorraad op peil

In de 3^e kustnota (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2000) is vastgesteld dat de zandverliezen van de gehele Nederlandse kust worden gecompenseerd. De gehele Nederlandse kust begint bij de dieptelijn van –20 m NAP op de Noordzee. De zandverliezen als gevolg van de ‘zandhonger’ van de Waddenzee en de Westerschelde zijn hierbij inbegrepen (figuur 6.2: zie Mulder, 2000 voor een uitwerking van de getallen). Vooralnog wordt uitgegaan van een scenario met de huidige snelheid van zeespiegelstijging, van circa 20 cm/eeuw, bij een versnelde stijging van de zeespiegel nemen de zandverliezen toe. De *lange termijn* doelstelling voor het beheer van de kustlijn is daarmee het compenseren van de zandverliezen van de gehele kust, oftewel het handhaven van de zandvoorraad van het kustfundament.

De zandverliezen van de kust van de kop van Noord-Holland tot de Monding van de Eems worden voor een belangrijk deel bepaald door de ‘zandhonger’ van de Waddenzee (Hoofdstuk 5). Door de zandhonger te compenseren kan de kustachteruitgang, die het gevolg is van de zandvraag, worden beperkt. Hiervoor is meer zand nodig dan gemiddeld sinds de start (in 1990) van het beleid van ‘dynamisch handhaven’ met zandsuppleties, in dit gebied wordt aangebracht.

Figuur 6.2:

Schatting van de suppletiebehoefte per deelsystemen van de Waddenkust, waarbij onderscheid wordt gemaakt in de suppletiebehoefte gericht op de kustlijnhandhaving (ondiep) en de resterende suppletie behoefte ter compensatie van de negatieve zandbalans (diep). Samen (diep + ondiep) wordt met deze suppletiehoeveelheden de zandvoorraad op peil gehouden (naar Mulder, 2000).



Bij het vaststellen van de zandverliezen is gekeken naar een periode van 30 jaar (1965-1995), met een vooruitblik van 50 jaar. De impliciete tijdschaal waarop naar de zandverliezen van de gehele kust wordt gekeken is 50 jaar. De bijbehorende ruimteschaal beslaat de gehele kust van de –20 m tot en met Westerschelde en Waddenzee. De zandvoorraad van het kustfundament hoeft niet vandaag of morgen op peil te zijn, hiervoor is een periode van 50 jaar beschikbaar. De natuurlijke zandtransportprocessen (figuur 5.2) hebben alle tijd om het zand te verdelen, zodat het terecht komt dáár waar het nodig is.

6.4 Van doelstellingen naar beheermaatregel volgens de drietrapsstrategie

Het zand van het zanddelende systeem is constant in beweging en deze dynamiek is een kenmerkend onderdeel van de Nederlandse kust. Uitgaande van deze dynamiek én van de twee operationele doelstellingen is een

drietrapsstrategie benoemd voor kustbeheermaatregelen (uit de Beleidsagenda voor de kust, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2002):

1: Zand zoveel mogelijk laten bewegen: Ruimte voor dynamiek.

2: Zandtekorten aanvullen waar functies bedreigd worden, door zandsuppleties en het aanleggen van zandbuffers.

3: Zand vasthouden door het aanleggen van harde constructies.

Wanneer moet worden ingegrepen zijn zandsuppleties en zandbuffers de aangewezen maatregelen. Harde ingrepen zijn een laatste middel, vanwege de hoge aanlegkosten, negatieve omgevingseffecten en het feit dat harde kustverdedigingen geen bijdrage leveren aan de zandvoorraad van de Nederlandse kust. Alleen wanneer zandsuppleties geen oplossing bieden voor het erosieprobleem worden harde maatregelen overwogen.

7 Beheermaatregelen voor eilandkoppen op rij

7.1 Kustbeheer: Strandsuppleties, zandbuffers, of harde kustverdedigingsmaatregelen?

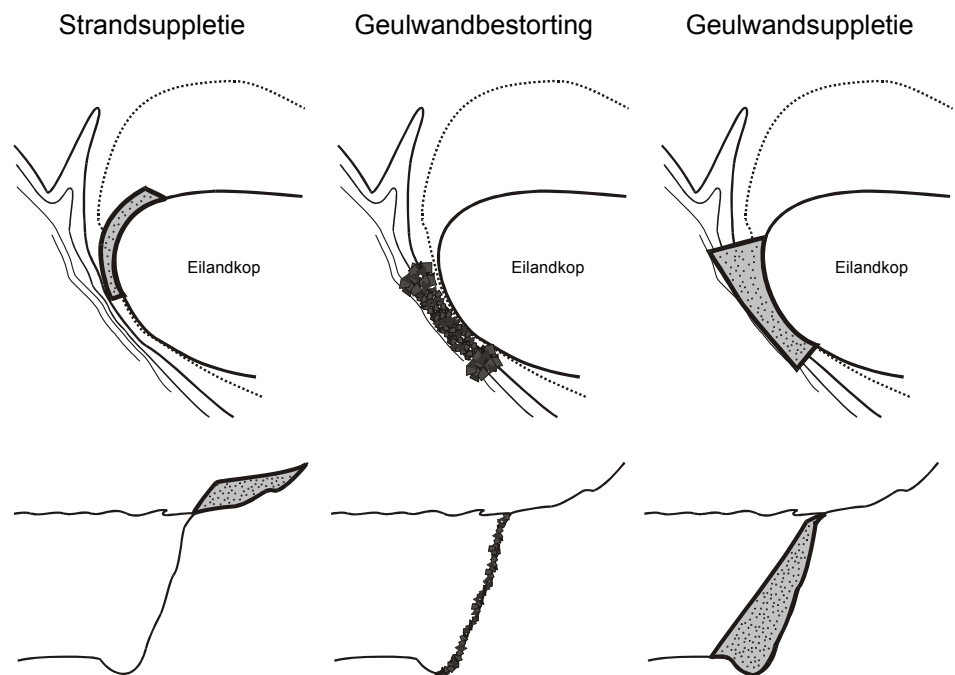
Kustbeheermaatregelen worden uitgevoerd met twee operationele doelen:

1. Het tegengaan van lokale kustachteruitgang.
 2. Het aanvullen van de zandvoorraad van het gehele zanddelende systeem.
- Uitgangspunt voor het inrichten van de beheermaatregelen is daarbij de drietrapsstrategie van - vrij laten bewegen - zandbuffers aanleggen - zand vasthouden.

In eerste instantie komt de noodzaak tot het nemen van beheermaatregelen voort uit de achteruitgang van de kustlijn. De beheermaatregelen zijn dan ook gericht op de eerste doelstelling, het stabiliseren van de kustlijn. Om ook aan de tweede doelstelling te voldoen moet meer zand in het kuststelsel worden gebracht dan in de periode 1990-2000. Het zand dat nodig is om de zandvoorraad op peil te houden biedt tal van nieuwe mogelijkheden voor beheermaatregelen bij eilandkoppen. Ook voor de eilandkoppen ontstaat de mogelijkheid om van statische handhaving, met strandsuppleties en harde kustverdedigingswerken, over te gaan naar dynamische handhaving, met ruimte voor de natuurlijke verplaatsingen van geulen en platen.

Figuur 7.1:

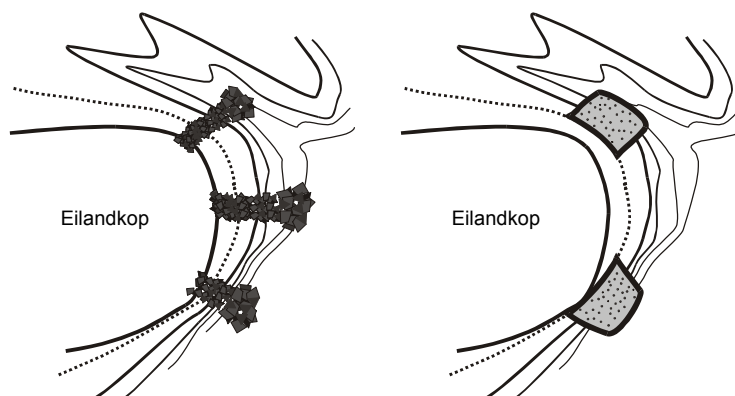
Drie typen kustlangse beheermaatregelen voor de kustverdediging van eilandkoppen varianten: strandsuppleties harde ingrepen en zandbuffers.



Alternatieve maatregelen (figuur 7.1 en 7.2) worden in dit hoofdstuk vergeleken in het licht van de operationele doelen en de drietrapsstrategie. Het strategische doel van het kustbeleid is het behoud van de functies en waarden van het kustgebied. Om dit doel te bereiken moeten ook de effecten op de verschillende functies en waarden vergeleken worden. De basis voor deze vergelijking is een afwegingskader, waarvoor in Hoofdstuk 9 een voorzet wordt gegeven.

Figuur 7.2:

Een harde kustverdediging en een zandbuffer dwars op de kust.

Stenen dammen**Zanddammen**

7.2 Strandsuppleties

Zandsuppleties zijn sinds 1990 dé aangewezen methode voor het beheer van de kust. Waar mogelijk worden zandsuppleties tegenwoordig op de vooroever aangebracht, zowel vanwege het kostenaspect (goedkoper) als vanwege de minimale hinder op het strand. Op de koppen van de Waddeneilanden en bij de kop van Noord-Holland worden nabij getijdegeulen vrijwel altijd strandsuppleties uitgevoerd (figuur 7.3).

Figuur 7.3:

Suppletie op het strand van Texel.



Strandsuppleties zijn een effectieve manier om het zandvolume in de ondiepe kustzone (de BKL/MKL zone) op peil te houden, maar juist bij situaties met een zeer steile vooroever (door de aanwezigheid van een getijdegeul) kan erosiebestrijding met strandsuppleties niet toereikend zijn (Roelse, 2002). Suppleties zijn niet eenmalig, herhaling blijft op termijn noodzakelijk, omdat (vrijwel altijd) sprake is van doorgaande kustachteruitgang en de uitgevoerde suppleties niets veranderen aan de erosieprocessen die leiden tot de achteruitgang.

Effectiviteit in termen van stabiliteit van de kustlijn

Strandsuppleties voeden de ondiepe kustzone en de invloed op het diepere deel van het kustprofiel is beperkt. Wanneer (een deel van) de kustachteruitgang wordt veroorzaakt door de landwaartse verplaatsing van een geul compenseren de strandsuppleties slechts een deel van deze ontwikkeling. Terwijl de geul verder landwaarts opschuift, blijft het strand netjes op peil. Het Oostgat bij de zuidwestkust van Walcheren is een duidelijk voorbeeld van deze ontwikkeling (Israël, 2001). Dit kan een tijdlang goed gaan, maar op een gegeven ogenblik moet ook de geulverplaatsing tot stilstand worden gebracht. Voor het tegengaan van de landwaartse geulverplaatsing moeten andere methoden dan strandsuppleties in stelling worden gebracht.

Effectiviteit in termen van de zandvoorraad van de Nederlandse kust

Wanneer Noordzeezand (zand van buiten het zanddelend systeem) gebruikt wordt voor suppleties van de kustzone, zal het zand direct ten goede komen aan het zandbudget van het zanddelend systeem. De zandvolumes per suppletie zijn relatief laag, maar wanneer de suppleties vaak herhaald worden kan toch sprake zijn van een substantiële aanvulling van de sedimentvoorraad van de Nederlandse kust.

7.3 Harde verdedigingen (bestorting, strandhoofden, korte en lange dammen)

Harde verdedigingen zijn de laatste trede van de drietrapsstrategie en moeten zoveel mogelijk worden vermeden. Alleen wanneer zandsuppleties geen oplossing bieden voor het erosieprobleem worden harde maatregelen overwogen.

Bij eilandkoppen met een landwaarts verplaatsende getijdegeul dicht onder de kust worden van oudsher harde (stenen of betonnen) constructies toegepast, in de vorm steenbestortingen met of zonder stroomhoofden. De Helderse Zeewering bij de Kop van Noord-Holland is het oudste voorbeeld uit het Waddengebied van harde verdediging, maar ook de noordpunt van Texel (Bolwerken Eijerland en Robbegat), de noordoostpunt van Vlieland en de westkop van Ameland zijn voorzien van steenbestorting. De Eijerlandse Dam op de noordpunt van Texel is een ander type harde verdediging, de beoogde werking van deze lange dam is het veranderen van de evenwichtsligging van de noordwestkust van Texel.

Effectiviteit in termen van stabiliteit van de kustlijn

De effectiviteit van de harde kustverdedigingen voor het tegengaan van kusterosie is afhankelijk van het ontwerp in relatie tot de oorzaak van de erosie. Alleen wanneer de maatregel goed aansluit op het erosieprobleem kan een harde kustverdediging effectief zijn (Technische Advies Commissie voor de Waterkeringen, 1995). Wanneer de kusterosie op lange termijn daadwerkelijk afneemt, hoeven ter plaatse minder zandsuppleties uitgevoerd te worden. Wanneer de maatregel niet goed aansluit op de erosieproblemen en daarom deels of niet effectief is, zijn aanvullende (harde of zachte) kustbeheermaatregelen noodzakelijk.

Effectiviteit in termen van de zandvoorraad van de Nederlandse kust

Harde kustverdedigingswerken leveren geen aanvulling van de zandvoorraad van de Nederlandse kust. De ingrepen kunnen een -tijdelijke- onderbreking opleveren van de zandtransporten tussen de onderdelen van het zanddelende systeem.

Figuur 7.4:

De Eijerlandse Dam aan de noordkop van Texel. Op de foto is ook het Bolwerk Eijerland te zien: een kustverdedigingswerk dat in 1955 is aangelegd om het terugschrijden van de noordkop van Texel tegen te gaan.



4. Harde kustverdedigingswerken: De kustverdediging van de noordkust van Texel.

De noordpunt van Texel is ingepakt met harde kustverdedigingswerken. Naast de bolwerken Eijerland en Robbegat ligt sinds 1995 de Eijerlandse dam (figuur 7.4). Minder zichtbaar is het zinkwerk dat de tenen van bolwerken en dam beschermt tegen uitschuring door getijdestromingen. Overigens dienen de bolwerken en de dam verschillende doelen: de bolwerken moeten het eiland beschermen tegen het naar het zuiden uitbreidende zeegat (Rijkswaterstaat, 1955), terwijl de dam de kusterosie langs het strand van Texel moet tegengaan (Rakhorst en Pwa, 1993).

De noordpunt van Texel grenst aan het Eijerlandse Gat, het zeegat tussen Texel en Vlieland. Sinds de tweede helft van de 18e eeuw wordt de noordkust van Texel langzaam geërodeerd, waarbij de ontwikkeling van de geulen op de buitendelta, in het zeegat en in het getijdebekken een belangrijke rol spelen. De vuurtoren van Eijerland stond rond 1850 nog comfortabel in een duincomplex, maar tegenwoordig staat hij op een steenworpafstand van de zee. In de jaren '50 van de 20ste eeuw zijn de bolwerken aangelegd, om verdere erosie en verlies van de vuurtoren en andere bebouwing tegen te gaan. De Eijerlandse dam is aangelegd om de erosie langs de Texelse kust te verminderen (door het beperken van de kustboog van Texel neemt de gradiënt in het langtransport af). De grote hoeveelheid zand die aan de noordzijde van de dam ligt is een bijkomend (onverwacht) voordeel die een extra bescherming oplevert voor het Bolwerk Eijerland.

7.4 Zandbuffers (geulwandsuppleties, zanddammen)

Oplossingen met zand om de landwaartse verplaatsing van getijdegeulen af te remmen, of ruimte te creëren tussen geul en kust zijn slechts zeer beperkt uitgevoerd. Oplossingen met zand kunnen de vorm krijgen van suppleties op de wand van de getijdegeul of zanddammen dwars op de kust (figuur 7.1 en 7.2, zie ook Roelse, 2002, voor andere typen ingrepen). Oplossingen met zand beperken de natuurlijke ontwikkelingen van de kust veel minder dan harde ingrepen, de uitwisseling van zand met andere delen van de kust blijft mogelijk. Verder levert het zand een bijdrage aan het zandbudget van het kustfundament.

Kustverdedigingsmaatregelen met zand, anders dan de reguliere strand- en onderwatersuppleties, worden niet met name genoemd in de kustnota's en de beleidsagenda voor de kust (Ministerie voor Verkeer en Waterstaat, 1991, 1996, 2000 en 2001). Uitgaande van de drietrapsstrategie en de doelstelling om de zandvoorraad van de gehele Nederlandse kust te handhaven kan gesteld worden dat zandbuffers bij uitstek passen in het huidige kustbeleid. Ingrepen met zand hebben, net als de gebruikelijke strand- en vooroeversuppleties, een beperkte levensduur. Herhaling van de ingreep blijft derhalve noodzakelijk, omdat (vrijwel altijd) sprake is van doorgaande kustachteruitgang. Wanneer de erosieprocessen cyclisch zijn (zie kader op pagina 24), kunnen de ingrepen met zand worden gebruikt om de periode van erosie te overbruggen. Herhaling van de suppleties is dan alleen gekoppeld aan de periode van erosie.

Effectiviteit in termen van stabiliteit van de kustlijn

Indien voldoende zand wordt aangebracht in de vorm van een geulwandsuppletie zal een getijdegeul tijdelijk uit de kust worden gehouden. Voor het schatten van de benodigde hoeveelheid zand voor een geulwandsuppletie volstaat het vergelijken van het bestaande profiel met het gewenste profiel, per raai over de lengte van het gebied. Het benodigde volume zal in alle gevallen (veel) groter zijn dan een strandsuppletie. De ervaring met geulwandsuppleties is beperkt (zie kader op pagina 41), maar bieden voldoende aanknopingspunten om een schatting te maken van de levensduur.

Zanddammen dwars op de kust dienen om een getijdegeul dicht onder de kust uit de kust te drukken. De zanddammen dwingen de getijdenstromen tot het volgen van een andere route en beperken daarmee de sturende kracht achter de bedreigende ontwikkelingen van de geul. Deze strategie lijkt bruikbaar op locaties waar de kustachteruitgang is gekoppeld aan een van de kleine (vloed)geulen. Zanddammen zijn niet toepasbaar waar de ontwikkelingen van de hoofdgeul in het zeegat bepalend zijn voor de kust. De voorspelbaarheid van de levensduur is vooralsnog beperkt.

Effectiviteit in termen van de zandvoorraad van de Nederlandse kust

Wanneer Noordzeezand (zand van buiten het zanddelend systeem) gebruikt wordt voor de aanleg van zandbuffers in de kustzone, zal het zand direct ten goede komen aan het zandbudget van het zanddelend systeem. De prijs per m³ is laag en de aangebrachte volumes zijn groot, waarmee de aanleg van zandbuffers een zeer effectieve wijze is om het kustfundament op peil te houden.

Figuur 7.5:

Sleephopper 'Hein' lost zijn lading zand dicht onder de kust van zuidwest Texel, op de geulwand van het Molengat

**5. De geulwand-suppletie in het Molengat aan de zuidwestkust van Texel.**

In gebieden met een sterke (getijde)stroming onder de kust, zoals bij veel eilandkoppen het geval is, worden normaal gesproken geen onderwatersuppleties uitgevoerd. Veronderstelt wordt dat het zand snel verdwijnt (Nourtec, 1997) en onderwatersuppleties weinig of niet effectief zijn (2^e Kustnota, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1995). Deze veronderstellingen zijn echter niet op praktijkvoorbeelden gebaseerd.

In 2001 is een kleine onderwatersuppletie aangebracht op de geulwand van het Oostgat van de Westerschelde (Koomans en Oosterhoff, 2002 en referenties in dit rapport). Het gestorte zand bleef goed liggen op de steile geulwand (met een helling van 1:7) en verassend genoeg bleek ook na 1 jaar nog veel van het zand op de geulwand aanwezig.

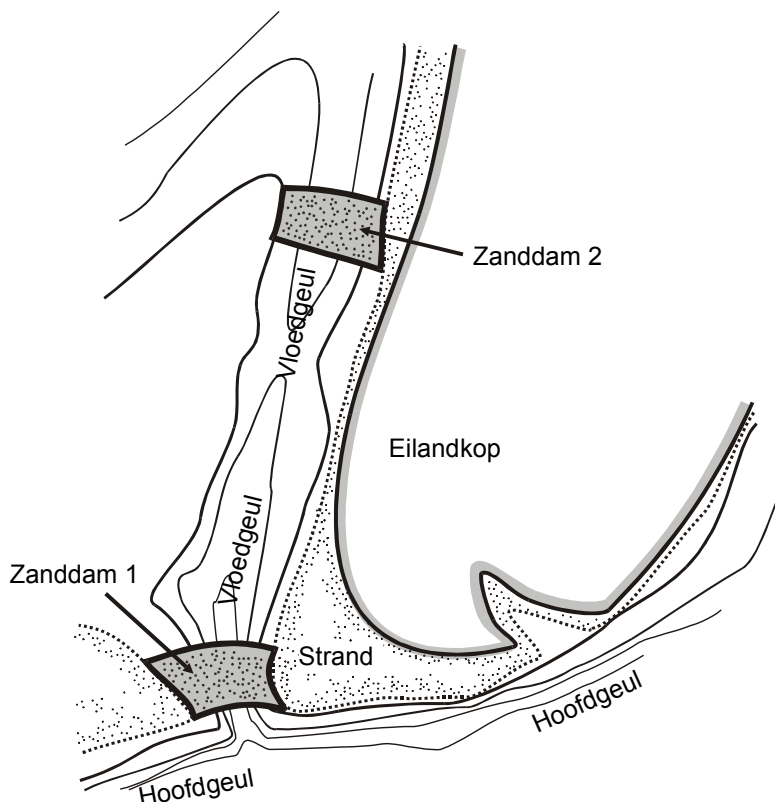
In 2003 is in het Molengat bij Zuidwest Texel een onderwatersuppletie aangebracht op de overgang van vooroever naar de getijdegeul Molengat (figuur 7.5). Deze suppletie moet de achteruitgang van de kustlijn tegengaan. Vragen die bij deze onderwatersuppletie spelen zijn: 1) komt het gesuppleerde zand ten goede aan de kustlijn (meer specifiek: aan de BKL/MKL zone)? en 2) hoe snel verdwijnt het gesuppleerde zand? Om deze vragen te beantwoorden wordt de ontwikkeling van de geulwandsuppletie Molengat en het aangrenzende strand regelmatig gemeten en geëvalueerd. De ervaringen bij het Molengat en het Oostgat kunnen aanleiding zijn om in de toekomst ook geulwandsuppleties op andere locaties in te zetten.

7.5 Zandsluitingen

Zand kan gebruikt worden om getijdegeulen volledig af te sluiten (figuur 7.6), om de structurele erosie door een geul dicht onder de kust te stoppen. Het getijdewater zal zijn weg vinden door een andere bestaande of nieuwe geul op de buitendelta. Deze oplossing kan alleen soelaas bieden in gebieden waar de kustlijnontwikkeling achteruitgang wordt bepaald door een relatief kleine kustnabije (vloed)geul. Met nadruk wordt vermeld dat dit type zandsluitingen niet is bedoeld om het volledige zeegat af te sluiten.

Figuur 7.6

Zandsluiting, in de vorm van twee zanddammen, die de stroming door de getijdegeul volledig beëindigen.



Zandsluitingen van geulen onder de kust zijn omvangrijke varianten op de eerder genoemde zandbuffers. De zandsluiting vormt met de aanliggende zandplaat een grote zandbult voor de kust. In veel gevallen betekent een zandsluiting een versnelling van de natuurlijke trend, waarbij zandplaten met de kust verhelen. Ook bij zandsluitingen is ruimte voor de natuurlijke ontwikkelingen van de kust, de zandbult zal onder invloed van de zandtransporten van vorm veranderen en in omvang afnemen. Het zand levert hiermee een bijdrage aan het zandbudget van het kustfundament.

Effectiviteit in termen van stabiliteit van de kustlijn

Zandsluitingen dwingen de getijdenstromen tot het volgen van een andere route en stoppen daarmee de sturende kracht achter de bedreigende ontwikkelingen van de geul. Daarbij wordt door de zandsluiting, samen met de ondiepte zeewaarts van de getijdegeul, een grote zandbult voor de kust gecreëerd. Hiermee wordt een situatie geschapen die vergelijkbaar is met natuurlijke verhelings van zandplaten met de kust, zoals bijvoorbeeld bij Ameland en Schiermonnikoog zijn opgetreden (Israel en Oost, 2001). Zandsluitingen lijken uitstekend bruikbaar op locaties waar de kustachteruitgang is gekoppeld aan een van de kleine (vloed)geulen. Voorbeelden van dergelijke geulen zijn het Molengat bij zuidwest Texel, de

Zuiderstortemelk bij Vlieland, het Boomkensdiep bij Noordwest Terschelling en de anonieme geul ('Oostgat') bij de noordwestkust van Ameland.

In de Zeeuwse en Zuid-Hollandse Delta is veel ervaring opgedaan met zandsluitingen van (delen van) getijdebekkens (Struik e.a., 1992). Deze zandsluitingen waren overigens van een veel grotere omvang dan de sluiting van de relatief kleine geulen waarvan hier sprake is. Op basis van relatief eenvoudige berekeningen kan vastgesteld worden hoeveel en hoe snel zand moet worden aangebracht om een volledige sluiting te bereiken (Struik e.a., 1992). Voor het aanbrengen van zanddammen dwars op de kust is relatief veel zand nodig ten opzichte van reguliere zandsuppleties.

Effectiviteit in termen van de zandvoorraad van de Nederlandse kust

Wanneer Noordzeezand (zand van buiten het zanddelend systeem) gebruikt wordt voor de aanleg van zandsluitingen, zal het zand direct ten goede komen aan het zandbudget van het zanddelend systeem. De prijs per m³ is laag en de aangebrachte volumes zijn groot, waarmee zandsluitingen een zeer effectieve methode vormen om het kustfundament op peil te houden.

8 Aanbevelingen voor het kustbeheer van eilandkoppen

In dit rapport wordt een beknopt overzicht gegeven van de mogelijke kustbeheermaatregelen bij de eilandkoppen van de Wadden en de Kop van Noord-Holland. Deze kustgebieden hebben een vorm en dynamiek die afwijkt van de Hollandse kust en de kust van de centrale delen van de Waddeneilanden, omdat de ontwikkelingen voor een belangrijk deel worden bepaald door de buitendelta's van de Waddenzee.

8.1 Twee operationele doelstellingen en de drietrapsstrategie

Het vigerende Nederlandse kustbeleid is gericht op het duurzaam handhaven van de veiligheid en duurzaam behoud van de functies en waarden in het duingebied. Op basis van de kennis van de dynamiek van de kust en van het zanddelende systeem is het kustbeleid vertaald in twee operationele doelstellingen voor beheermaatregelen:

1. Het handhaven van de kustlijn, door lokale kustachteruitgang tegen te gaan.
2. Het handhaven van de totale zandvoorraad in de kustzone, door de zandvoorraad van de kust aan te vullen.

En bij de operationele doelstelling is de drietrapsstrategie van - vrij laten bewegen - zandbuffers aanleggen - zand vasthouden uitgangspunt voor het inrichten van de beheermaatregelen.

8.2 Vier kustbeheermaatregelen

Vier kustbeheermaatregelen voor eilandkoppen, namelijk zandsuppleties op het strand, harde kustverdedigingsmaatregelen, zandbuffers (geulwandsuppleties en zanddammen) en zandsluitingen zijn bekeken in het licht van bovenstaande operationele doelstellingen.

Strandsuppleties

1^e Operationele doelstelling: +/-

Wanneer de kustachteruitgang wordt veroorzaakt door de landwaartse verplaatsing van een geul compenseren strandsuppleties dit slechts voor een deel.

2^e Operationele doelstelling: +

Wanneer Noordzeezand wordt gebruikt, zal het zand direct ten goede komen aan het zandbudget van het zanddelend systeem.

Aanbevolen wordt om strandsuppleties in te blijven zetten, zolang het alternatief geulwandsuppletie of zandbuffer nog niet operationeel beproefd is. Zandsuppleties zijn de aangewezen maatregelen om strandverlaging en strandachteruitgang nabij eilandkoppen te compenseren.

Harde verdedigingen (bestortingen, strandhoofden, korte en lange dammen)

1^e Operationele doelstelling: +

Wanneer ontwerp en uitvoering van de harde kustverdedigingen goed passen bij het erosieprobleem kunnen deze lokaal zeer effectief zijn.

2^e Operationele doelstelling: -

Harde kustverdedigingswerken leveren geen aanvulling van de zandvoorraad van de Nederlandse kust en belemmeren het zandtransport langs de kust

Harde kustverdedigingsmaatregelen zijn de laatste keuze in de drietrapsstrategie voor kustbeheer. Derhalve wordt, in lijn met huidige

kustbeleid, aanbevolen tot terughoudend bij het inzetten van harde kustverdedigingsmaatregelen.

Zandbuffers (geulwandsuppleties, zanddammen)

1^e Operationele doelstelling: + ?

Indien voldoende zand wordt aangebracht, langs de geulwand of dwars op de geul, zal een getijdegeul tijdelijk uit de kust worden gehouden. De samenhang van kust, buitendelta en Waddenzee blijft in stand en daarmee de zanduitwisseling in het zanddelende systeem.

Ervaringen met grote ingrepen met zand rond de eilandkoppen zijn zeer beperkt, zodat zandbuffers voornamelijk op papier bestaan. Aanbevolen wordt om kennis op te bouwen over de effectiviteit (levensduur, kosten, omgevingseffecten) van zandbuffers op basis van praktijkervaring, omdat zandbuffers een alternatief zijn voor strandsuppleties en harde kustverdedigingswerken.

2^e Operationele doelstelling: +

Wanneer Noordzeezand wordt gebruikt wordt de zandbuffers, zal het zand direct ten goede komen aan het zandbudget van het zanddelend systeem.

Zandsluitingen

1^e Operationele doelstelling: + ?

In situaties met een relatief kleine getijdegeul onder de kust neemt een zandsluiting de oorzaak van de kustachteruitgang weg en ontstaat ter plaatse een zandbuffer voor de kust.

Ook zandsluitingen van kustnabije (vloedgeulen) voldoen op papier aan beide doelstellingen van het kustbeheer. Met een zandsluiting wordt op een grootschalige wijze ingegrepen in de natuurlijke dynamiek, maar blijft ruimte voor de natuurlijke ontwikkelingen. Praktijkervaring met zandsluitingen ten bate van het kustbeheer ontbreekt. Aanbevolen wordt om deze beheersoptie nader te verkennen.

2^e Operationele doelstelling: +

Wanneer Noordzeezand wordt gebruikt wordt de zandsluitingen, zal het zand direct ten goede komen aan het zandbudget van het zanddelend systeem.

8.3 Tijdelijke overbrugging bij morfologische cyclus

Veel van beheerproblemen bij eilandkoppen zijn gekoppeld aan cyclische ontwikkelingen van geulen en platen op de buitendelta's. Het is belangrijk om bij het inzetten van maatregelen vanwege een tijdelijke negatieve trend, ook rekening te houden met toekomstige positieve ontwikkelingen. De positie van een geul fixeren met harde kustverdedigingswerken is op korte termijn een uitstekende oplossing, maar op deze manier worden de natuurlijke positieve ontwikkelingen op langere termijn vrijwel uitgesloten. *Met zachte kustverdedigingswerken, in de vorm van zandsuppleties om een erosieve periode te overbruggen of (partiele) zandsluitingen om de periode van erosie versneld te beëindigen, is er nog alle ruimte voor toekomstige positieve natuurlijke ontwikkelingen.*

8.4 'No regret': beheermaatregelen met zand

Ingrepen met zand, ook in de vorm van zandbuffers of zandsluitingen, kunnen beschouwd worden als 'no regret' maatregelen. Na enige tijd heeft de doorgaande erosie de aangebrachte zandvoorraad opgeruimd en is uitgangssituatie hersteld. Dit geldt niet voor harde kustverdedigingswerken, waarvan het opruimen (kostbare) inspanning vereist. Van zachte ingrepen die

niet de beoogde effectiviteit of levensduur hebben, hoeft men dan ook minder spijt te hebben dan van harde ingrepen die niet voldoen.

8.5 De integrale afweging en lokale haalbaarheid zijn doorslaggevend

De drie verschillende kustbeheermaatregelen zijn vergeleken ten aanzien van de twee operationele doelstellingen die voortkomen uit het vigerende kustbeleid. Bij deze vergelijking zijn andere doelen en randvoorwaarden, zoals kosten, risico's, ecologische, en juridische overwegingen buiten beschouwing gebleven. In de praktijk moet voor iedere locatie een integrale afweging gemaakt worden over de haalbaarheid van verschillende beheermaatregelen. Hiervoor wordt in Hoofdstuk 10 een aanzet gegeven.

9 Aanbevelingen voor zandwinning ten bate van het kustbeheer

9.1 Zandwinning voor het kustbeheer

Kustbeheermaatregelen met zand, in de vorm van zandsuppleties op het strand, geulwandsuppleties of zanddammen maken zandwinning noodzakelijk. De buitendelta's van de Waddenzee liggen dichtbij de suppletielocaties en bevatten grote volumes zand, waarmee de buitendelta's een voor de hand liggende bron van (relatief goedkoop) zand vormen. Zandwinning is echter niet toegestaan op buitendelta's, in de kustzone en in de Waddenzee. Voor zandwinning zijn op de Noordzee, buiten de -20 m NAP contour zandwingebieden aangewezen. Het zandwinbeleid voor de Waddenzee en aangrenzende gebieden is onder andere ingegeven door de kennis van het zanddelende systeem (Werkgroep 1, 1981).

9.2 Zandwinning op de buitendelta's en de tweede operationele doelstelling van het kustbeleid

De buitendelta's van de Waddenzee zijn een onlosmakelijk onderdeel van het zanddelende systeem, samen met de aangrenzende kust en de Waddenzee (Hoofdstuk 5). Zandwinnen op de buitendelta's om er zandsuppleties mee uit te voeren betekent dus: zand herverdelen binnen het zanddelende systeem. De tweede doelstelling van het kustbeheer, het op peil houden van de zandvoorraad (Hoofdstuk 6), wordt niet bereikt met suppletiezand uit de buitendelta's. Zandwinnen op de buitendelta is daarom in het beste geval een tijdelijke maatregel, die hoe dan ook moet worden gevolgd door compensatie van de zandverliezen met zand uit de Noordzee.

9.3 Een bredere kijk op de effecten van zandwinning

Kustbeheermaatregelen met zand sorteren wél effect op de tweede doelstelling van het kustbeheer wanneer hiervoor zand van de Noordzee en géén effect wanneer zand uit de buitendelta's wordt gebruikt. Vanuit het kustbeleid heeft zandwinning op de Noordzee daarom de voorkeur boven zandwinning op de buitendelta's. Daarnaast zijn er ook fysische en ecologische argumenten om zandwinning op de Noordzee te prefereren. In Bijlage 2 is een beschrijving gegeven van verschillende aspecten die bij zandwinning een rol spelen.

Aanbevolen wordt om zand te winnen op de Noordzee (buiten de -20 m dieptelijn), omdat de tweede doelstelling van het kustbeheer, aanvullen van de zandvoorraad van het fundament van de kust, niet wordt bereikt als het suppletiezand gewonnen wordt op de buitendelta's. Deze aanbeveling stemt overeen met het vigerende zandwinbeleid, dat zandwinning alleen op de Noordzee toestaat.

9.4 Morfologisch baggeren

In het verleden zijn zandwinputten met meer en minder succes gebruikt om de ontwikkelingen op de buitendelta (van het Eijerlandse Gat: Rakhorst, 1999), op de Voordelta (Krabbegat: in Rijkswaterstaat, 1988, Onrustpolder: De Groot, 2002) en in getijdebekkens (Robbengat: Rakhorst, 1981) te sturen. Dit zogeheten 'morfologische baggeren' kan een positief effect hebben op de kust,

zodat de eerste doelstelling van het kustbeheer, het handhaven van de kustlijn, makkelijker wordt behaald. Bij morfologisch baggeren moeten de voordelen voor het behalen van de eerste doelstelling worden afgewogen tegen het niet behalen van de tweede doelstelling. Daarnaast spelen de effecten op andere doelen een rol. Het afwegingskader dat in het volgende hoofdstuk wordt gepresenteerd biedt hier aanknopingspunten voor.

10 Een afwegingskader voor het kustbeheer van eilandkoppen

In dit rapport zijn de voor- en nadelen van verschillende kustbeheermaatregelen op rij gezet in het licht van de twee operationele doelstellingen van het kustbeheer. Naast de twee operationele doelstellingen moeten de verschillende beheermaatregelen worden vergeleken in termen van financiële haalbaarheid, ecologische effecten, juridische aspecten en risico's en effecten op andere doelen. In ieder geval dient getoetst te worden of de kustbeheermaatregel voldoet aan het strategische doel van het kustbeleid, namelijk het duurzaam behoud van functies en waarden.

Tabel 10.1

Overzicht van de verschillende aspecten van een afwegingskader voor de haalbaarheid van kustverdedigingsmaatregelen (zie bijlage 2). + : positief; ± : neutraal; - : mogelijk negatieve gevolgen; -- : zeker negatieve gevolgen ; ? onvoldoende kennis

Kustbeheermaatregel	Baten & Kustbeleid				Lasten		Risico's		
	Drietrapsstrategie	1 ^e operationele doelstelling	Handhaven kustlijn	Grootschalige zandbalans 2 ^e operationele doelstelling	Ecologisch en Waterkwaliteit	Korte termijn kosten: Aanleg	Lange termijn kosten: Onderhoud	Voorbereidingstraject	Uitvoeringstrategie
Zandsuppleties op het strand	1	+	+	?	±	-	+	±	+
Zandbuffers (geulwandsuppleties & zanddammen) & Zandsluitingen	2	?	+	?	-	?	±	±	±
Harde kustverdedigingsmaatregelen	3	+	--	?	--	-	-	-	-

Een afwegingskader kan bij het bepalen van de haalbaarheid een nuttig instrument zijn. In het afwegingskader worden de verschillende functies van kust én buitendelta uitgewerkt. Bestaande afwegingskaders, zoals in de PKB Waddenzee (Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu, 2001), voor de lange termijn ontwikkeling van de Westerschelde (Graveland e.a., 2002), ingrepen ten bate van de kustveiligheid (Maasbommel, 2003) en zandwinning op de Noordzee (Willems, 2002) kunnen hiervoor als basis

dienen. In tabel 10.1 worden een aantal aspecten benoemd waarop het afwegingskader in ieder geval betrekking dient te hebben.

10.1 Doelstellingen van kustbeleid en kustbeheer

In het rapport is uitgebreid ingegaan op de 2 operationele doelstellingen van het kustbeheer (Hoofdstuk 6). In hoofdstuk 7 is per type kustbeheermaatregel stilgestaan bij de operationele doelstellingen. Op de aspecten uit Tabel 10.1 die nog niet aan de orde zijn geweest wordt hieronder kort ingegaan. In Bijlage 1 is per type beheermaatregelen een uitgebreide beschrijving van de onderstaande aspecten gegeven.

10.2 Ecologie

Het ecologische afwegingskader kan nog niet volledig worden ingevuld, omdat er weinig kennis voorhanden is van de ecologie van de ondiepe kustzone van eilandkoppen en van buitendelta's (zie de paragraaf 'Leven op de buitendelta' in Hoofdstuk 3). Het ecologische afwegingskader wordt in toenemende mate van belang, vanwege de eisen die de Vogel- en Habitatrictlijn oplegt aan de toetsing van activiteiten.

De impact van de kustbeheermaatregelen op de ecologie betreft niet alleen de lokale gevolgen en de hersteltijd, maar ook het behoud van de natuurlijke dynamiek van geulen en platen. De harde kustverdedigingsmaatregelen en de zandsuppleties hebben zeer verschillende gevolgen. Harde kustverdedigingsmaatregelen hebben ter plaatse een grote impact, omdat het strandhabitat vervangen wordt door hard substraat. In de omgeving blijft het strand- en vooroeverhabitat meestal wel behouden. Op lange termijn verandert een harde maatregel de dynamiek van een gebied ingrijpend en permanent. Strand- en vooroeversuppleties en zandbuffers hebben in eerste instantie grote gevolgen voor het gehele gebied. Op lange termijn verandert de dynamiek van het gebied echter niet, er blijft ruimte voor variatie in strandligging en geulontwikkeling.

De ecologische effecten van zandsuppleties, op strand, vooroever en geulwanden kunnen overigens beperkt worden door meer rekening te houden met de seizoenen waarin juist wel (lage biologische activiteit) of juist niet (voortplantingsseizoen) gesuppleerd kan worden en door rekening te houden met de herstelduur na de suppletie. Een zogenaamde 'ecologische suppletiekalender' zou daarvoor heel nuttig zijn. Daarvoor zouden de effecten van de frequentie en de timing van het suppleren beter in kaart gebracht moeten worden, zodat bepaald kan worden wat het meest gunstig is voor de ecologie.

10.3 Kosten

In het algemeen geldt dat de aanlegkosten van harde verdedigingsmaatregelen (zeer) hoog zijn in vergelijking met de aanleg van een suppletie. Daar staat tegenover dat suppleties herhaald moeten worden, zodat de aanlegkosten terugkeren. Ondanks de herhalingen blijken suppleties ook op lange termijn goedkoper dan harde kustverdedigingsmaatregelen (zie bij voorbeeld van Kleef, 1994, voor een kostenvergelijking van verschillende oplossingen voor de plaat-geul-kust situatie bij de zuidwestkust van Walcheren). De kosten hangen sterk af van de herhaaltijd tussen de suppleties. Zolang niets bekend is over de effectiviteit van zandbuffers kunnen de kosten van dit type ingrepen niet vergeleken worden met andere maatregelen. Ook de kostenschatting dient per geval gemaakt te worden, omdat lokale condities medebepalend zijn voor de uitvoeringskosten.

10.4 Wet- en Regelgeving

In het kader op pagina 20 is geïllustreerd dat rond de eilandkoppen van de Waddenzee veel grenzen van wet- en regelgeving samenkomen. Welke wet- en regelgeving wel of niet van toepassing is mede daarom locatieafhankelijk. Ook het type ingreep speelt daarbij een rol, bij harde kustverdedigingsmaatregelen speelt meer dan bij strandsuppleties. Bij zandbuffers speelt de grootte en verwachte impact een rol. De wet- en regelgeving is met name van belang als risico in het voorbereidings- en uitvoeringstraject, daarvoor meer aandacht in de volgende paragraaf.

10.5 Risico's

De verschillende kustbeheermaatregelen kennen verschillende risico's. In het algemeen geldt dat complexere regelgeving en complexere ontwerpen een groter risico geven van kostenstijgingen. Bij de alternatieven voor het kustbeheer van eilandkoppen is het risico laag bij suppleties, en neemt het via zandbuffers en zandsluitingen toe naar harde verdedigingen. De risico's (in termen van kosten) worden opgesplitst in drie factoren:

- 1) Alle alternatieven kennen verschillende voorbereidingstrajecten: Een uitgebreidere voorbereiding, bijvoorbeeld doordat een milieueffectrapportage gewenst is, of omdat er een uitgebreid technisch ontwerp gemaakt moet worden, brengt hogere kosten met zich mee. Daarnaast bestaat het risico dat het project als zodanig in het geheel niet uitgevoerd mag worden. Dit risico is groot bij harde kustverdedigingsmaatregelen, klein bij strandsuppleties en ligt ergens in het midden voor zandbuffers.
- 2) De uitvoering zelf kent een zeker risico: Tijdens de uitvoering kunnen externe factoren, met name het weer, maar ook gesloten werkperiodes, bijvoorbeeld ten bate recreatie of natuur, de uitvoering vertragen of belemmeren. Onvoorziene ontwikkelingen kunnen ook de kosten opdrijven (bijvoorbeeld het ontstaan van een diepere stroomkuil bij de aanleg van harde werken). Ook hierbij geldt dat het risico oploopt van strandsuppleties, via zandbuffers en zandsluitingen naar harde kustverdedigingsmaatregelen.
- 3) De uitwerking kan meevallen of tegenvallen in termen van effectiviteit: Wanneer een ingreep niet voldoet moeten er extra kosten gemaakt worden om de doelen alsnog te bereiken. Met name bij maatregelen die gericht zijn op het wegnemen van oorzaken, zoals bij bepaalde harde kustverdedigingswerken (strandhoofden, dam), kan dit betekenen dat er alsnog een heel andere strategie gevolgd dient worden. Hier bij moet gerealiseerd worden dat de aanleg van harde kustverdedigingswerken vrijwel onomkeerbaar is, zodat de andere strategie het inpassen van het harde verdedigingswerk vereist. Wanneer de kosten voor het instandhouden van een harde kustverdediging tegenvallen blijft dit een lange termijn financiële verplichting.

11 Conclusies

De eilandkoppen van de Waddenzee en de Kop van Noord-Holland hebben een vorm en dynamiek die afwijkt van de 'normale' Hollandse kust en de centrale delen van de waddeneilanden. De vorm en dynamiek van deze kustvakken is het direct resultaat van de buitendelta's van de Waddenzee. De kustachteruitgang in het zanddelende systeem van buitendelta's, eilandkusten en Waddenzee is gerelateerd aan de 'zandvraag' van Waddenzee, als gevolg van de stijgende zeespiegel.

Wanneer functies en waarden van de achterliggende gebieden in het geding zijn, noopt de kustachteruitgang van de koppen van eilanden tot het nemen van beheermaatregelen. Uitgangspunt voor het inrichten van de beheermaatregelen is de drietrapsstrategie van vrij laten bewegen - zandbuffers aanleggen - zand vasthouden. De beheermaatregelen worden beoordeeld op twee operationele doelstellingen:

1. Het tegengaan van structurele kustachteruitgang.
2. Het aanvullen van de zandvoorraad van het gehele zanddelende systeem.

Beheermaatregelen in de vorm van zandsuppleties, op het strand of onderwater, maken zandwinning noodzakelijk. Om aan de tweede operationele doelstelling van het kustbeleid te voldoen, moet het zand worden gewonnen buiten het zanddelende systeem van buitendelta's, eilandkusten en Waddenzee. Zandwinning op de buitendelta's is een tijdelijke maatregel, die niet wordt aanbevolen.

Strandsuppleties zijn bij situaties met een getijdegeul dicht onder de kust niet altijd toereikend voor het tegengaan van structurele kustachteruitgang en voldoen dan niet aan de eerste operationele doelstelling. In dergelijke gevallen moet worden gekeken naar andere beheermaatregelen.

Zandbuffers en zandsluitingen zijn een alternatief voor strandsuppleties bij eilandkoppen met een getijdegeul dicht onder de kust. Zandbuffers en zandsluitingen leveren een bijdrage aan de zandvoorraad van het zanddelende systeem en daarmee aan de tweede operationele doelstelling. Aanbevolen wordt om de effectiviteit van zandbuffers op de achteruitgang van de kust te bepalen door op verschillende locaties zandbuffers aan te brengen en de morfologische ontwikkelingen te monitoren en te evalueren.

Harde kustverdedigingsmaatregelen in de vorm van geulwandbestortingen, korte of lange dammen zijn de laatste en minst wenselijke optie in de drietrapsstrategie voor het kustbeheer. Harde ingrepen kunnen de kustlijnachteruitgang effectief tegengaan, maar leveren geen bijdrage aan de zandvoorraad van de kust en kunnen de uitwisseling van zand hinderen. Aanbevolen wordt om zeer terughoudend met harde kustverdedigingsmaatregelen te blijven omgaan.

De drie typen beheermaatregelen zijn niet vergeleken ten aanzien van kosten, risico's, en ecologische effecten. In de praktijk moet voor iedere locatie een integrale afweging gemaakt worden over de haalbaarheid van de beheermaatregelen, waarbij verschillende alternatieven vergeleken worden. Een van de hindernissen bij het vergelijken van beheermaatregelen is het

ontbreken van voldoende ecologische kennis van eilandkoppen en
buitendelta's.

12 Referenties

- Adriaanse, L.A., Coosen, J., 1991, Beach and dune nourishment and environmental aspects, *Coastal Engineering* 16, pag. 129-146.
- Beets, D.J., A.J.F. van der Spek en BL. van der Valk, 1994, Holocene ontwikkeling van de Nederlandse kust, Rijks Geologische Dienst, rapport 40.016, 46 pag, 4 tab., 22 fig. en 2 bijlagen.
- Biegel, E. en P. Hoekstra, 1995, Morphological response characteristics of the Zoutkamperlaag, Frisian inlet (The Netherlands), to a sudden reduction in basin area, Special publication of the International association sedimentologists no 42, red. B.W. Flemming en A. Bartholomä, 85-99.
- Bijkerk, R., 1988, Ontsnappen of begraven blijven; De effecten op bodemdieren van een verhoogde sedimentatie als gevolg van baggerwerkzaamheden, *RDD aquatic ecosystems*, 72 pag.
- Camphuysen, C.J. en M.F. Leopold, 1998, Kustvogels, zeevogels en bruinvissen in het Hollandse kustgebied, Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee (NIOZ) en Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN) en CSR Consultancy, rapport NIOZ -1998-4; CSR-1998-2; IBN-345, 72 pag.
- Cleveringa, 2001, Zand voor zuidwest Texel; Technisch advies RIKZ over vier mogelijke ingrepen in het Zeegat van Texel, Rijkswaterstaat RIKZ, rapport RIKZ/2001.031, 59 pag.
- Cleveringa, J., D.W. Dunsbergen, J. van der Kreeke, J.P.M. Mulder en R. Spanhoff, 2003, KUST2005 Stand en vorderingen in morfologische praktijkkennis, Rijkswaterstaat RIKZ, rapport RIKZ/2003.022, 68 pag.
- Daan, N., Bromley, P.M., Hislop, J.R.G., Nielsen, N.A. (1990) Ecology of North Sea fish. *Netherlands Journal of Sea Research* 26: 343-386.
- Dankers, N., Binsbergen, M., Zegers, K., 1983, De effecten van zandsuppletie op de fauna van het strand van Texel en Ameland, Rijksinstituut voor Natuurbeheer, rapport RIN-83/6.
- Elias, E. en J. Cleveringa, 2003, Morfologische analyse van de ontwikkeling van het Nieuwe Schulpengat en de aangrenzende kust, Rijkswaterstaat RIKZ, rapport RIKZ/2003.040, 60 pag..
- Essink, K., 1997, Risk analysis of coastal nourishment techniques (RIACON); Final evaluation report; Rijkswaterstaat, rapport RIKZ-97.031, 42 pag.
- Eysink, W.D., 1979, Morfologie van de Waddenzee : gevolgen van zand- en schelpenwinning : verslag literatuuronderzoek, Waterloopkundig Laboratorium, rapport nr. R1336, 92 pag.
- Gerritsen, F. en H. de Jong, 1985, Stabiliteit van doorstroomprofielen in het Waddengebied, Rijkswaterstaat, rapport WWKZ-84.V016, 53 pag.
- Gerritsen, F., 2000, Response time scales for Dutch Wadden Sea, 46 pag.
- Graveland, J, B. Dauwe en B. Kornman, 2002, Waardering voor de Westerschelde : voorstel voor beoordelingscriteria gebaseerd op inventarisaties van de ecologische toestand, gebruik, beleid en beoordelingsmethoden, Rijkswaterstaat, Rapport RIKZ/2002.053, 92 pag.
- Groot, A.V. de, 2002, Kustlijnhandhaving Onrustpolder, Evaluatie van de effecten van morfologische baggeren en strandsuppleties, Afstudeerverslag Fysische Geografie Universiteit Utrecht en Rijkswaterstaat Directie Zeeland, 36 pag. en 7 bijlagen.

-
- Hillen, R., J.H.M. de Ruig, P. Roelse en F. Hallie, 1991, De basiskustlijn, een technisch morfologische uitwerking, Rijkswaterstaat, Nota GWWS 91.006.
- Hoogewoning, S.E. en M. Boers, 2001, Fysische effecten van zeezandwinning, Rijkswaterstaat, rapport RIKZ/2001.050, 96 pag.
- Ierland, van E.T., Veer, van der H.W., 1982, Literatuuronderzoek naar de mogelijke gevolgen voor zandwinning in de Waddenzee, Werkgroep "Biologisch-ecologisch onderzoek met betrekking tot winning van zand in de Waddenzee c.a.", NIOZ, 54 pag.
- IJnsen, F. en J.M. van den Boogert, 1993, Analyse ligging kustlijn Friese Waddeneilanden met extrapolaties, Rijkswaterstaat, directie Friesland, Nota ANW93.06, 33 pag., 36 bijlagen.
- Israël, C.G., 1998, Morfologische ontwikkeling Amelander Zeegat, Rijkswaterstaat RIKZ, werkdocument RIKZ/OS-98.147x, 32 pag., 11 bijlagen.
- Israël, C.G., 2001, Definitiestudie Westerscheldemond, Rijkswaterstaat RIKZ, werkdocument RIKZ/OS/2001.102x, 25 pag. en 5 bijlagen.
- Israël, C.G., en A.P. Oost, 2001, Strandhaakontwikkeling op de koppen van de Waddeneilanden, Rijkswaterstaat RIKZ, werkdocument RIKZ/OS/2001.116x, 27 pag., 1 appendix en 12 bijlagen.
- Jarret, J.T., 1976, Tidal prism-inlet area relationships; General investigations of tidal inlets, Coastal engineering research centre, report 3, 32 pag.
- Joustra, D. S., 1971, Geulbeweging in de buitendelta's van de Waddenzee, Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, Afdeling Kustonderzoek, Den Haag, studierapport WWK 71-14, 27 pag., 21 bijlagen.
- Kleef, A.W. van, 1994, Verdediging zuidwestkust Walcheren : kostenvergelijking van alternatieve oplossingen, Rijkswaterstaat, Directie Zeeland, Nota NWL 94-18, 46 pag. en 3 bijlagen.
- Koomans, R.L. en E. Oosterhoff, 2002, Medusa metingen in het oostgat; de effectiviteit van een geulwandsuppletie, Medusa explorations, rapport 2001-P-015-R4, 37 pag. en 1 bijlage.
- Kragtwijk N.G., 2001, Aggregated scale modelling of tidal inlets of the Wadden Sea; Morphological response to the closure of the Zuiderzee, Afstudeerverslag TU Delft, WLI Delft Hydraulics / Delft Cluster, rapport Z2822, 128 pag., 7 bijlagen.
- Leeuwis, R.J.(ed.), 1988, Onderwaterleven met houvast (rotskusten en kliffen in Nederland), Projectgroep Hardsub, Bureau Waardenburg en Rijkswaterstaat Dienst Getijdewateren, 13 pag.
- Leopold, M.F., 1996, *Spisula subtruncata* als voedselbron voor zee-eenden in Nederland, Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO); Programma Bureau BEON, rapport BEON-96-2, 58 pag.
- Lindeboom, H.J., Bergman, M.J.N., de Gee, A., 1996, Ecologisch minst kwetsbare locaties voor exploratieboringen in de Waddenzee en Noordzee Kustzone, NIOZ Rapport 1996-4, 116 pag.
- Louters, T, en F. Gerritsen, 1994, Met mysterie van de wadden; Hoe een getijde systeem inspeelt op de zeespiegelstijging, Rijkswaterstaat RIKZ, rapport RIKZ-94.040, 69 pag.
- Maasbommel, M., 2003, Omgaan met afslagrisico's in kustplaatsen : een afwegingskader als hulpmiddel in het besluitvormingsproces, Rijkswaterstaat, RIKZ, rapport RIKZ/AB/2003.102x, 147 pag.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1991, Kustverdediging na 1990; beleidskeuze voor de kustlijnverzorg, nota.

-
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1991, Regionaal ontgrondingsplan Noordzee / Milieu-effect rapport (RON/MER): verkorte versie ten behoeve van voorlichting en inspraak, Rijkswaterstaat, 32 pag.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1996, Kustbalans 1995, de tweede Kustnota, 49 pag.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1996, Wet op de Waterkering.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2000, Traditie, Trends en Toekomst, 3^e Kustnota, 120 pag.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2002, Naar integraal kustbeleid; Beleidsagenda voor de kust, 48 pag.
- Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke ordening en Milieu, 2001, Derde Nota Waddenzee, Ontwerp planologische kernbeslissing en Nota van toelichting, 120 pag.
- Mulder, J.P.M., 2000, Zandverliezen in het Nederlandse kuststelsel, Rijkswaterstaat RIKZ, rapport RIKZ/2000.36, 54 pag.
- Nourtec, 1997, Innovative nourishment techniques evaluation Final Report, Rijkswaterstaat RIKZ, 105 pag.
- Oost, A.P. en P.L. de Boer, 1994, Sedimentology and development of barrier islands, ebb-tidal deltas, inlets and back barrier areas of the Dutch Wadden Sea, Senckenbergiana Maritima, vol. 24, pag. 65-115 (ook als hoofdstuk in Oost, 1995).
- Oost, A.P., B.J. Ens, A.G. Brinkman, K.S. Dijkema, W.D. Eysink, J.J. Beukema, H.J. Gussinklo, B.M.J. Verboom en J.J. Verburgh, 1998, Integrale bodemdalingstudie Waddenzee, Nederlandse Aardolie Maatschappij, rapport, 372 pag.
- Oost, A.P., Israël, C.G. en D.W. Dunsbergen, 2000, Kusterosie van noordwest Ameland: ontwikkelingen op verschillende tijdschalen, Rijkswaterstaat RIKZ, rapport RIKZ/2000.057, 38 pag., 4 tab. en 18 figuren.
- Rakhorst, H.D., 1981, Verruiming Robbengat, Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, Adviesdienst Hoorn, notitie WWKZ-81.H235, 10 pag. en 15 bijl.
- Rakhorst, H.D., 1999, Evaluatie zeewaartse kustverdediging : Texel - dam Eierland, Rijkswaterstaat, Directie Noord-Holland, 33 pag.
- Rakhorst, H.D. en S.T. Pwa, 1993, Morfologische en technische haalbaarheidstudie naar zeewaartse kustverdediging Eierland; Morfologische werkgroep Eierland, RWS Rapport DGW-93.012, 65 pag. en 31 figuren.
- Rijkswaterstaat, 1955, Verdedigingsplannen kop Eierland 1955, Rijkswaterstaat, Nota WWKZ-55.0, 23 pag.
- Rijkswaterstaat, 1988, Handboek zandsuppleties, Rijkswaterstaat Dienst Getijdewateren (DGW) en Dienst Weg- en Waterbouwkunde (DWW), 310 pag.
- Roelse, P., 2002, Water en zand in balans; evaluatie zandsuppleties na 1990; een morfologische beschouwing, Rijkswaterstaat, Rapport RIKZ/2002/003, 101 pag., en 1 bijlage.
- Roelse, P., 2002, Brainstorm Onrustpolder, Rijkswaterstaat, Werkdocument RIKZ/AB/2002.828x, 13 pag. en 1 bijlage.
- Roelvink, J.R., G. van Holland en R.C. Steijn, 1998, Gevoeligheidsberekeningen Eierland en ZW-Texel Fase I: Eierland, rapport samenwerkingsverband Alkyon/WLIDelft Hydraulics A266/Z2430, 49 pag., 27 tab., 113 fig.

-
- Sha, L.P., 1990, Sedimentological studies of the ebb-tidal deltas along the West Frisian Islands, the Netherlands, *Geologica Ultrajectina* 64, Proefschrift Rijksuniversiteit Utrecht, 160 pag.
- Sha, L.P. en J.H. van den Berg, 1993, Variation in ebb-tidal delta geometry along the coast of the Netherlands and the German bight, *Journal of Coastal Research*, 9, pag. 730-746. Steijn 1991
- Snijders, G.H. en L.A. Uit den Bogaard, 2003, *Kustlijnkaarten 2003*, Rijkswaterstaat, Rapport RIKZ-2003.021, 27 pag. en 2 bijlagen.
- Steijn, R.C., 1991, Some considerations on tidal inlets : a literature survey on hydrodynamic and morphodynamic characteristics of tidal inlets with special attention to 'Het Friesche Zeegat', *Waterloopkundig Laboratorium*, rapport H840.45 in het kader van project *Kustgenese*, 109 pag.
- Struik, P., 't Hart, R., Boeters, R.E.A.M., Mulder, H.P.J., Postma, H., van Roode, F., van Rossum, H., Stefess, H., Verwoert, H., van der Vorm, H.P., Venis, W.A., Vergeer, G. & Agema, J.F., 1992, *Sand closures*, Civieltechnisch Centrum Uitvoering Research en Regelgeving, CUR-rapport 157, 236 pag.
- Technische Advies Commissie voor de Waterkeringen, 1995, *Basisrapport zandige kust; behorende bij de leidraad Zandige Kust*, TAW, 406 pag. en 8 bijlagen.
- van Dalssen, J.A., 2000, *Ecologische effecten van zandwinning op zee*, Koeman en Bijkerk, Rapportnr. 2000-16, 60 pag.
- van Dalssen, J.A. en K. Essink, 2001, *Benthic community response to sand dredging and shoreface nourishment in Dutch coastal waters*, *Senckenbergiana maritima*, vol. 31, pag. 329-332.
- van der Spek, A. J. F., 1994, *Large-scale evolution of Holocene tidal basins in the Netherlands*, Proefschrift, Universiteit Utrecht, 191 pp.
- Van der Veer, H.W., 1986, *Immigration, settlement and density-dependent mortality of a larval and early postlarval 0-groep plaice (Pleuronectes platessa) population in the western Waddensea*, *Marine Ecology Progress series* 29, pag. 223-236.
- Van Leeuwen, A., Postma, T.A.C., Leopold, M.F., Bergman, M.J.N., 1994, *De ecologie van de kustzone van Ameland tot Borkum*, NIOZ, rapport 1994-4, 100 pag.
- van Veen, J., 1936, *Onderzoekingen in de Hoofden in verband met de gesteldheid van de Nederlandse kust*, Proefschrift, Rijksuniversiteit Leiden, 252 pp.
- Walburg, L., 2001, *De zandbalans van het Zeegat van Texel, bepaald met verschillende buitendelta-definities*, Rijkswaterstaat RIKZ, werkdocument, RIKZ/OS/2001.136x, 46 pag. en 1 bijlage.
- Walton en Adams, 1976, *Capacity of inlet bars to store sand*, *Proceedings of the 15th Conference on Coastal Engineering*, ASCE, vol. 2, 1919-1938.
- Werkgroep 1 (Stuurgroep zandwinning in de Waddenzee), 1981, *Zandwinning in de Waddenzee: resultaten van een hydrografisch - sedimentologisch en biologisch ecologisch onderzoek*, Rijkswaterstaat, 40 pag. (ook bekend onder de titel 'Rapport Stuurgroep Zandwinning in de Waddenzee').
- Willems, D, 2002, *Bridging a gap?!; A study into matching specialists knowledge and managers needs for the issue of large-scale sand extraction in the North Sea*, *Afstudeerverslag*, TU Twente en RIKZ, 50 pag., en 9 bijlagen.
- Wijnberg, K.M., 1995 *Morphologic behaviour of a barred coast over a period of decades*, proefschrift Universiteit Utrecht, 245 pag.

Colofon

KUST2005

Dit rapport is geschreven in het kader van het KUST2005 programma van Rijkswaterstaat. KUST2005 is het morfologische kennisontwikkelingsprogramma ten dienste van het beleid en het beheer van de Nederlandse kust. Beheervragen van de RWS directies Noord-Holland en Noord-Nederland over de meest optimale wijze van kustlijnhandhaving nabij de koppen van de Waddeneilanden en de (on-)mogelijkheden van zandwinning op de buitendelta's zijn aanleiding geweest voor het werk aan eilandkoppen en buitendelta's.

Informatie over het KUST2005 programma vindt u op het intranet van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat, op het adres:

<http://www.venwnet.minvenw.nl/rws/rikz/projecten/kust2005>

Uitgegeven door

Rijksinstituut voor Kust en Zee
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat
Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Kortenaerkade 1
Postbus 20907
2500 EX Den Haag

Informatie

Dr J. Cleveringa

Telefoon: 070-311 4206

Fax: 070-311 4206

Email: J.Cleveringa@rikz.rws.minvenw.nl

Dankwoord

Door verschillende RWS collega's zijn verbeteringen, opmerkingen en aanvullingen geleverd op eerdere versies van (delen van) dit rapport. Eenieder die een bijdrage heeft geleverd aan het tot stand komen van dit rapport wordt daarvoor hartelijk bedankt .

Bijlage 1 Kustbeheermaatregelen en het afwegingskader

1 Harde verdedigingen (bestorting, strandhoofden, korte en lange dammen)

Kosten

De aanlegkosten van een harde ingreep zijn hoog, door de materiaal- en personele kosten. Daarbij komt dat veelal een uitgebreid voortraject noodzakelijk is enerzijds om tot een effectief ontwerp te komen, anderzijds vanwege mogelijke MER-plicht. Het onderzoek kan in dergelijke gevallen een substantieel deel van de kosten vormen. De onderhoudskosten zijn variabel en onvoorspelbaar, want sterk afhankelijk van bijvoorbeeld stormen en morfologische veranderingen. Veelal is het noodzakelijk een depot met onderhoudsmateriaal aan te houden. De monitoring van harde werken is arbeidsintensief (duikers, schouw) en daarmee relatief kostbaar. De zandvoorraad van de Nederlandse kust moet alsnog op peil gehouden worden. De kosten voor het op peil brengen komen boven op de kosten voor harde kustverdedigingswerken.

Harde verdedigingswerken hebben altijd negatieve effecten op de omgeving ('uitstraling'), in de vorm van ontgrondingskuilen, lijzijde-erosie of het (tijdelijk) onderbreken van het langstransport. Compensatie van de omgevingseffecten is veelal noodzakelijk door uitbreiding van de werken of door het uitvoeren van aanvullende zandsuppleties. De kosten voor de compensatie van omgevingseffecten van harde maatregelen kunnen eenmalige zijn, wanneer de werken uitgebreid moeten worden (bijvoorbeeld bij de bestorting van een ontgrondingskuil), of blijvend bij de compensatie van doorgaande lijzijde erosie met extra zandsuppleties.

Ecologie

De uitvoeringswerkzaamheden kunnen vogels en zeehonden verstoren en ook de bewoners van de zeebodem ter plaatse van de ingreep. Deze effecten zijn tijdelijk en beperkt in oppervlak. Op lange termijn verandert het ecotoop permanente. De natuurlijke kust werd gekenmerkt door een zachte ondergrond (zand, klei, veen), terwijl het nieuwe systeem gekenmerkt wordt door een hard substraat (steen). De soortensamenstelling van het antropogeen beïnvloede systeem is veranderd: het harde substraat heeft kenmerkende flora en fauna (wieren, poliepen, kokerbouwende organismen) en vormt een aantrekkelijke rustplaats voor vogels. De ontwikkeling van flora en fauna is afhankelijk van de aard van de ondergrond, de diepte tot waar het harde substraat gaat, de lokale stroomsterkte en de hoeveelheid licht, slib en voedsel in het water (Leeuwis, 1988).

Wanneer de dynamiek van het omliggende gebied permanent verandert door de aanleg van een constructie, verandert ook de habitat. Daardoor zal ook de ecologie in de omgeving veranderen, de soortensamenstelling verschuift en de dichtheid en de biomassa veranderen.

De waterkwaliteit wordt over het algemeen niet of slechts beperkt beïnvloed door de aanleg van harde verdedigingen. Lokaal kan enige vertroebeling optreden bij het ontstaan van ontgrondingskuilen.

Wet- en regelgeving

Bij het uitvoeren van harde verdedigingswerken zijn relatief veel regels en wetten van kracht, met name wanneer het nieuwe ingrepen betreft. Nieuwe harde verdedigingswerken MER-plichtig op grond van de Wet Milieubeheer². Ze moeten derhalve onderworpen worden aan een milieu-effectrapportage (MER).

Risico's

Bij harde kustverdedigingswerken is het voorbereidingstraject uitgebreid, waardoor vertragingen kunnen optreden. Ook bestaat het risico dat de uitvoering niet wordt toegestaan. Het risico tijdens uitvoering is afhankelijk van het ontwerp, naarmate de complexiteit toeneemt, neemt ook dit risico toe. Bij harde verdedigingswerken bestaat altijd het risico dat de effectiviteit tegenvalt en de aanleg van de ingreep is permanent, repareren van ongewenste effecten is duur of onmogelijk. Het is daarom extra belangrijk om de morfologische effecten van harde kustverdedigingswerken goed te voorspellen. Bij traditionele ontwerpen, zoals bestortingen, kan worden teruggegrepen op ervaringen met eerder uitgevoerde werken en de vuistregels die daarvan afgeleid zijn. Bij nieuwe, locatiespecifieke ontwerpen moet gebruik gemaakt worden van modelstudies. De voorspelbaarheid van de morfologische ontwikkelingen bij complexe eilandkopsituaties blijkt in de praktijk beperkt. De beperkte voorspelbaarheid kan meevallers opleveren, zoals de zandaanwas 'achter' (noordoostelijk van) de Eijerlandse Dam, en tegenvallers, zoals de ontwikkeling van de ontgrondingskuil bij de kop van diezelfde Eijerlandse Dam (Roelvink e.a., 1998).

Aanbevolen wordt om meerdere modelstudies uit te voeren met verschillende typen modellen en variabele randvoorwaarden. Voor specifieke vragen, bijvoorbeeld omtrent de ontwikkeling van ontgrondingskuilen, moeten specifieke modellen ingezet worden.

² Besluit milieu-effectrapportage 1994 zoals gewijzigd bij Besluit van 7 mei 1999 (Staatsblad nr 224, 1999): Hoofdstuk 2, Onderdeel D 12.3: 'De aanleg, wijziging of uitbreiding van kustwerken om erosie te bestrijden, van maritieme werken die de kust kunnen wijzigen en van andere kustverdedigingswerken, met uitzondering van het onderhoud of herstel van deze werken'; waarbij in de toelichting als voorbeeld genoemd wordt: 'Men kan hierbij bij voorbeeld denken aan de aanleg van de Eijerlandse Dam'.

2 Strandsuppleties

Kosten

Juist bij de koppen van de eilandkoppen is de kustlijnhandhaving door middel van strandsuppleties relatief duur. Strandsuppleties bij eilandkoppen moeten vaak herhaald worden, omdat weinig ruimte is om het zand aan te brengen (de reserve is klein) en het zand snel wordt afgevoerd. Herhaalperiodes van 3 jaar (zoals bij de Kop van Noord-Holland) zijn hierdoor geen uitzondering. Het relatief kleine volume resulteert in een hoge prijs per m³ zand. De combinatie van hoge herhaalfrequentie en de relatief hoge prijs per m³ zand maakt het kustonderhoud prijzig ten opzichte van de 'normale' kustvakken. De prijs van een m³ zand is relatief hoog voor de strandsuppleties bij eilandkoppen ten opzichte van de 'normale' kustvakken. Afhankelijk van het gesuppleerde volume is verdere aanvulling van de zandvoorraad voor het kustfundament noodzakelijk.

In veel gevallen komt het zand van de suppletie ten goede aan aangrenzende kustdelen, zodat sprake is van positieve omgevingseffecten. De noodzaak voor suppleties of onderhoud aan andere werken in de aangrenzende kustdelen zal daardoor afnemen. Suppleties hebben geen of zeer beperkte negatieve effecten op de omgeving, hoewel afhankelijk van de (abrupte of geleidelijke) overgang van het suppletievak naar de aangrenzende kustsecties randeffecten kunnen optreden. Bij strandsuppleties is geen sprake van onderhoudskosten en zijn geen kosten voor de compensatie van omgevingseffecten.

Ecologie

Bij suppleties wordt de bodemfauna van het strand bedolven onder een dikke laag zand. Dit zal in de meeste gevallen leiden tot het afsterven van de gehele bodemfauna (Dankers e.a., 1983; Rijkswaterstaat, 1988). De sterfte is afhankelijk van de dikte van de opgebrachte laag, de sedimentsoort en de diersoort (Bijkerk, 1988). Voor dieren die prederen op de bodemfauna van het strand, zoals de drieteenstrandloper (*Calidris Alba*), zal de sterfte leiden tot een afname van de voedselbeschikbaarheid (Dankers e.a., 1983). Herstel van de diversiteit en de dichtheid van de bodemfauna treedt ongeveer 1-2 jaar na de suppletie op (Dankers e.a., 1983; Adriaanse en Coosen, 1991). Of de uitgangssituatie daadwerkelijk weer bereikt wordt is afhankelijk van het herstel van de habitat en dus ook van de herhaalfrequentie van de suppleties. Bij een hoge herhaalfrequentie is er minder tijd voor het herstel van het ecosysteem. Op langere termijn verandert de habitat niet; zandige kust blijft zandige kust. Wel wordt de dynamiek van het gebied beïnvloed door de suppleties, naast de natuurlijke variatie in bodemligging door seizoens- en storminvloeden komt hier de variatie door de strandsuppleties bij.

Wet- en regelgeving

Strand- en vooroeversuppleties zijn onderdeel van het normale kustonderhoud. De juridische gevolgen van de EU Vogel- en Habitatrichtlijn voor het uitvoeren van zandsuppleties worden op dit moment door RWS onder de loupe genomen. Omdat het gaat om "dwingende redenen van groot openbaar belang" zal een suppletie waarschijnlijk altijd doorgang vinden. Kustsuppleties zijn niet m.e.r.-beoordelingsplichtig³.

Risico's

Het voorbereidingstraject voor een strandsuppletie is beperkt, omdat in de afgelopen jaren een routine is opgebouwd bij deze wijze van

³ In de toelichting bij het Besluit milieu-effectrapportage 1994 zoals gewijzigd bij Besluit van 7 mei 1999 (Staatsblad nr 224, 1999) wordt dit letterlijk gesteld: 'Kustsuppleties in de zin van artikel 10 van de Wet op de waterkering worden beschouwd als onderhoud en zijn derhalve niet m.e.r.-beoordelingsplichtig'.

kustlijnhandhaving. Ook bij de uitvoering is sprake van routine en de afhankelijkheid van de weersomstandigheden is in de afgelopen jaren afgenomen, hoewel een zeker risico niet uitgesloten kan worden. De levensduur van een strandsuppletie kan mee of tegenvallen. De voorspelbaarheid van de ontwikkeling van strandsuppleties is echter niet van groot belang voor deze methode van kustlijnhandhaving. De ontwikkeling van de suppleties wordt gevolgd en wanneer herhaling noodzakelijk blijkt, wordt een nieuwe strandsuppletie uitgevoerd. Het bestaande instrumentarium, de MKL/BKL zoals weergegeven in de Kustlijnkaarten, voldoet uitstekend voor monitoring en interventie.

3 Zandbuffers (geulwandsuppleties, zanddammen)

Kosten

De aanlegkosten van een grote ingreep met zand zijn groot, omdat er grote volumes zand mee gemoeid zijn. De prijs per kubieke meter van het zand is laag, omdat voor (een deel van) het werk grote schepen ingezet kunnen worden.

De kosten op lange termijn worden bepaald door de herhaalfrequentie van de ingrepen. De herhaalfrequentie is afhankelijk van de lokale processen en van het gesuppleerde volume per strekkende meter kust. Door het ontbreken van kennis van de levensduur van geulwandsuppleties is het nog niet mogelijk om een schatting te maken van de kosten op lange termijn van deze manier van kustlijnhandhaving. Een complete zandsluiting van een getijdegeul heeft waarschijnlijk een lange levensduur, met name wanneer dit resulteert in de versnelde verheiling van zandplaten met de kust.

De prijs per m³ is laag en de aangebrachte volumes zijn groot, waarmee de aanleg van zandbuffers een zeer effectieve wijze is om het kustfundament op peil te houden.

De vorm van de ingreep is bepalend voor eventuele omgevingeffecten. Afhankelijk van de overgang van het suppletievak naar de aangrenzende kustsecties zouden randeffecten kunnen optreden, bijvoorbeeld in de vorm van lijzijde erosie. Het zand van de zandbuffer zal ten goede komen aan andere delen van de kust. De noodzaak voor suppleties in die kustsecties zal daardoor afnemen. Wanneer in de omgeving sterke kustachteruitgang optreedt, bijvoorbeeld door randeffecten, of onverwachte morfologische ontwikkelingen, kan het noodzakelijk zijn om aanvullende suppleties uit te voeren. Bij zandbuffers is geen sprake van onderhoudskosten.

Ecologie

De effecten op ecologie en waterkwaliteit zijn vergelijkbaar met reguliere suppleties onder water en op het strand, met als belangrijke verschillen dat de bodemfauna anders is in getijdegeulen dan op het strand. Verder zijn de gebieden die worden beïnvloed door zandbuffers waarschijnlijk groter dan bij strandsuppleties. Bij volledige zandsluiting van een getijdegeul verandert het milieu sterk, omdat de getijdestroming wegvalt en slib tot afzetting kan komen. Op korte termijn (enkele jaren) betekent een zandsluiting een abrupte overgang van het ene in het andere biotoop. Op lange termijn (tientallen jaren) blijven de karakteristieken van de eilandkoppen, zoals het zachte substraat en de natuurlijke dynamiek, behouden.

Wet- en regelgeving

Er is geen ervaring met deze ingrepen binnen de vigerende wet- en regelgeving. Wanneer de ingrepen met zand in andere vormen dan strand- of vooroever-suppleties geen wezenlijke veranderingen veroorzaken van de morfologie vereisen deze waarschijnlijk dezelfde vergunningen als de normale suppleties. Voor de beoordeling van het begrip 'wezenlijke veranderingen' is overigens geen criterium beschikbaar.

Risico's

De risico's tijdens voorbereiding en uitvoering zijn sterk afhankelijk van het ontwerp. Naarmate het ontwerp complexer en ingrijpender is, zullen de risico's toenemen. Ook de effectiviteit van dit type ingrepen kan mee- of tegenvallen, maar omdat de ervaring met geulwandsuppleties en de aanleg van zanddammen bij eilandkoppen ontbreekt is over de morfologische ontwikkeling nog weinig te zeggen. Met zandsluitingen van getijdegeulen is veel ervaring op gedaan in de Zeeuwse en Zuid-Hollandse Delta. De ingrepen zijn in principe omkeerbaar.

Bijlage 2 Zandwinning

1 Zandwinning op de Noordzee (buiten de –20 m dieptelijn)

Zandwinning in de Noordzee is toegestaan in de aangewezen gebieden uit het Regionaal Ontgrondingenplan Noordzee (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1991; RON2 in concept). Voor zandwinning in de Noordzee, buiten de –20 m NAP dieptelijn, in de aangewezen gebieden, wordt vergunning verleend door de Inspectie Verkeer en Waterstaat van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat (voorheen door directie Noordzee van Rijkswaterstaat).

De zandvoorraad van de Nederlandse kust:

Zandwinning op de Noordzee vindt plaats buiten het zanddelende systeem. Zandsuppleties met zand uit de Noordzee komen direct ten goede aan het zandbudget van het zanddelend systeem en leveren daarmee een bijdrage aan het kustfundament. De winning resulteert niet in extra kustachteruitgang.

Kosten

De prijs per kubieke meter van zand uit de Noordzee is afhankelijk van de afstand tot het verwerkingspunt. Hoe langer de scheepstijd tussen winning en levering, hoe duurder het zand. Omdat winning zeewaarts van de –20 m NAP dieptelijn plaatsvindt is de afstand altijd relatief groot.

Fysische effecten

Een overzicht van de fysische effecten van zandwinning op de Noordzee wordt gegeven in het rapport 'Fysische effecten zeezandwinning' (Hoogewoning en Boers, 2001). De aanwezigheidsduur van de winput op de Noordzee is variabel. Omdat de winlocaties de stroming beïnvloeden (de winput gaat 'stroom trekken') kan de vorm van de oorspronkelijke put veranderen. De kans op slibsedimentatie in winputten is niet groot, door de combinatie van sterke stroming en beperkte aanvoer van slib.

Ecologie

Bij de winning van zand wordt de bodemfauna lokaal ernstig verstoord, het leidt lokaal tot veranderingen in de biomassa en de soortensamenstelling. Een overzicht van de ecologische effecten bij winning van zand op de Noordzee is te vinden in Van Dalen (2000). Daaruit blijkt dat bij ondiepe winning het oppervlak dat wordt aangetast groter is dan bij diepe winning, maar dat de veranderingen bij een diepe winning langduriger zijn dan bij een ondiepe winning. Het volledige herstel van de biomassa en de soortensamenstelling van de bodemfauna zal voor de meeste soorten 1-2 jaar in beslag nemen. Voor langlevende soorten zoals schelpdieren en zee-egels zal dat 2-5 jaar zijn, omdat deze soorten niet ieder jaar een succesvolle broedval hebben (Essink, 1997). Tijdens de winning vindt ook verstoring plaats door de scheepsactiviteiten zelf, wat van invloed kan zijn op foeragerende en rustende vogels. Winning van zand leidt waarschijnlijk tot verhoogde slibconcentraties in het water en op de zeebodem. De verandering van de slibconcentratie in de waterkolom duurt niet langer dan de periode van winning. Volgens Van Dalen (2000) moet vertroebeling door grootschalige zandwinning niet als een relevant aspect beschouwd worden in de beoordeling van de ecologische effecten van de Noordzee, omdat dit én een zeer lokaal karakter heeft én grote natuurlijke fluctuaties kent. De eventuele toename van de slibconcentratie aan de bodem kan een langere duur hebben.

2 Zandwinning binnen het zanddelende systeem: op de buitendelta, bij de kust of in de Waddenzee.

Zandwinning in de Waddenzee en in de buitendelta's is alleen toegestaan ten bate van regulier vaargeulonderhoud. Zandwinning in de kust, dat wil zeggen landwaarts van de -20 m dieptelijn, is alleen toegestaan voor tijdelijke zandwinputten, die binnen 3 maanden weer opgevuld moeten worden.

De zandvoorraad van de Nederlandse kust:

Zandwinning op de buitendelta, bij de kust of in de Waddenzee vindt plaats binnen het zanddelende systeem. Zand dat gebruikt voor suppleties in het kustgebied is budgetneutraal voor de grootschalige zandbalans, in feite is het herverdelen van zand binnen het zanddelende systeem. Herverdelen van zand levert geen bijdrage aan het kustfundament.

Kosten

De prijs per kubieke meter van zand uit buitendelta's, kust en Waddenzee is relatief laag. Winning vindt meestal dicht bij het werk (de suppletie) plaats. De condities zijn variabel, zowel in de ruimte (relatief rustig, wanneer gewerkt wordt landwaarts van platen, onrustig aan de Noordzee en in geulen), als in de tijd. De 'downtime' door slechte condities (golven) zal het laagst zijn in de Waddenzee en hoger op de buitendelta's en in de kustzone.

Fysische effecten:

De omgevingseffecten van zandwinning zijn anders voor kust, buitendelta en Waddenzee. Ook zijn de effecten anders wanneer de winning op platen plaatsvindt of in geulen. De verschillen zijn toe te schrijven aan de sterke verschillen in hydrodynamiek (invloed van golven of getij) en substraat (van slib tot grof zand). Deze verschillen werken ook door in de soortensamenstelling en – rijkdom en de biomassa van de gebieden.

Voor een beschrijving van de effecten van zandwinning in de Waddenzee geeft het rapport 'Zandwinning in de Waddenzee' (Werkgroep 1, Stuurgroep zandwinning in de Waddenzee, 1981) nog steeds een goed overzicht. De verstoring (winput) blijft langdurig aanwezig op platen en korter in (de nabijheid van) geulen. Verder zal de verstoring sneller verdwijnen op plekken die direct onder invloed van golfwerking staan. De kans dat winlocaties de stroming beïnvloeden (de winput gaat 'stroom trekken') is groot en dit kan leiden tot morfologische veranderingen van de winput en de omgeving.

Het herstel van de bodemsamenstelling is afhankelijk van de locatie van de winput. Zandwinputten in geulen worden snel opgevuld en na twee jaar zijn bodemligging en –samenstelling nauwelijks meer te onderscheiden van de omgeving. Op platen in het intergetijdegebied gaat het herstel veel langzamer en duurt het tot 10 á 15 jaar voordat deze opgevuld zijn met sediment. Het materiaal in de winput is in dergelijke gevallen veel slibrijker dan het oorspronkelijke materiaal (Werkgroep 1 (Stuurgroep zandwinning in de Waddenzee), 1981). De kans op sedimentatie van slib in winputten op de buitendelta en in de kustzone is niet groot, omdat de condities relatief onrustig zijn.

Ecologie

Bij de winning van zand wordt de bodemfauna lokaal ernstig verstoord (volledig vernietigd). Het effect hiervan op de fauna in de Waddenzee is redelijk goed bekend. Voor de buitendelta en kust geldt dit in veel mindere mate, omdat van deze gebieden relatief weinig ecologische kennis beschikbaar is.

In de Waddenzee is de biomassa en de soortenrijkdom op geulbodems in het algemeen lager is dan op (droogvallende) wadplaten, waardoor de verstoring

kleiner is bij winning in geulen dan op platen (van Ierland en van der Veer, 1978, Werkgroep 1 (Stuurgroep zandwinning in de Waddenzee), 1981). Indirect heeft winning in de Waddenzee gevolgen voor dieren die prederen op bodemdieren, dat wil zeggen: voor vogels op platen en vissen en garnalen in geulen. Op buitendelta's en bij de kust kunnen lokaal Spisula-banken aanwezig zijn, die voor duikeenden (bijvoorbeeld de zwarte zee-eend (*Melanitta nigra*) en de eidereend (*Somateria mollissima*)) als voedsel dienen (Leopold, 1996, Camphuysen en Leopold, 1998). Verstoring hiervan kan negatieve gevolgen hebben voor de duikeenden.

Bij winning vindt directe verstoring plaats door de activiteiten. Met name in herfst en winter kunnen op de buitendelta's Roodkeelduikers (*Gavia stellata*) en Parelduikers (*Gavia arctica*) voorkomen, die zeer gevoelig zijn voor verstoring door schepen. Ook op zeehonden kunnen de activiteiten een directe versturende invloed hebben. Zandplaten die onder normale condities boven hoogwater komen (bijvoorbeeld de zandplaat Noorderhaaks op de buitendelta van het Zeegat van Texel), worden door zeehonden gebruikt als rustplaats en in de zomermaanden om te werpen en te zogen.

Verhoging van de slibconcentratie in de waterkolom of in de bodem tijdens de winning heeft ecologische gevolgen in alle gebieden waar dit optreedt. Dit kan zowel tot verhoogde als verlaagde biologische activiteit leiden. Verhoging van de troebelheid door zandwinning valt over het algemeen binnen de natuurlijke fluctuaties en voor korte periodes zijn de soorten in de Waddenzee hierop aangepast (van Ierland en van der Veer, 1978). Voor alle bovenstaande factoren geldt overigens dat de mate van verstoring afhankelijk is van het seizoen waarin de winning plaatsvindt (van Leeuwen, 1994, Van der Veer, 1986, Daan e.a., 1990).

Voor het herstel van bodemfauna is het herstel van de bodem zelf van doorslaggevende betekenis. De gevolgen op langere termijn worden bepaald door de snelheid waarmee bodemdieren de winlocatie koloniseren, de veranderingen in de bodemligging en -samenstelling en de duur van de herstelperiode. Kolonisatie vindt in eerste instantie vrij snel (maanden) plaats door opportunistische soorten, maar het volledige herstel van soortensamenstelling en biomassa duurt langer (jaren). De veranderingen duren ten minste zo lang als het duurt om de uitgangssituatie te herstellen. In het algemeen duurt dit (veel) langer op platen dan in geulen. Herstel zal ook sneller plaatsvinden in de gebieden die direct onder invloed van golfwerking staan. De fauna in dergelijke dynamische gebieden is aangepast aan de dynamiek en heeft meer herstelvermogen dan de fauna van stabielere gebieden.