

DEFINITIEF

Opdrachtgever:

Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat
Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ

Indicatoren basisscenario voor de zoute
wateren

Ten behoeve van de tOETs van de Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening

Verslag

oktober 1999

Indicatoren basisscenario voor de zoute wateren

Ten behoeve van de tOETs van de Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening

A.W. vd Weck



wL | delft hydraulics



OPDRACHTGEVER:		Ministerie van Verkeer en Waterstaat Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ Postbus 20907 2500 EX 's-Gravenhage			
TITEL:		Indicatoren basisscenario voor de zoute wateren Ten behoeve van de tOETs van de Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening			
SAMENVATTING:		<p>Ten behoeve van de ex-ante beoordeling van de effecten die het nieuw voor te stellen beleid in de Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening zal hebben op het Nederlandse watersysteem, dient dat systeem te worden beschreven met behulp van indicatoren. In eerste instantie moet aan de hand van bestaande studies de toekomstige situatie van het watersysteem worden beschreven bij gelijkblijvend beleid en onder invloed van autonome ontwikkelingen zoals (versnelde) zeespiegelstijging.</p> <p>In overleg met de opdrachtgever is een pragmatische keuze gemaakt voor de indicatoren 'Zandvraag van estuaria' en 'Zandvraag van de kustzone'. De recent ontwikkelde indicator Veerkracht wordt wel beschreven, maar verder niet uitgewerkt.</p> <p>De indicator Zandvraag van estuaria is beschreven aan de hand van een drietal scenariostudies van de verschillende Nederlandse estuaria. De gevolgen van verschillende menselijke ingrepen en autonome fysische ontwikkelingen op de Waddenzee in het jaar 2020 kunnen hiermee gedetailleerd worden beschreven. Voor de Westerschelde is de beschikbare informatie wat minder uitgebreid, en kan slechts een eerste, kwalitatieve inschatting worden gemaakt van de gevolgen van zeespiegelstijging voor de morfologie van het systeem. De Oosterschelde is door recente ingrepen zeer ver uit evenwicht gebracht. De (toekomstige) gevolgen van deze menselijke ingreep op de zandvraag zijn goed beschreven in een bestaande scenariostudie.</p> <p>Ook de indicator zandvraag kust is uitgebreid beschreven, onder andere in het vele onderzoek dat is uitgevoerd voor de totstandkoming van de diverse kustnota's. In de huidige studie is de zandvraag van de Nederlandse kust in 2020 beschreven, waarbij onderscheid is gemaakt tussen de Waddenkust, de Hollandse kust en de Deltakust.</p> <p>Geconcludeerd wordt dat naast het overzicht dat met de indicatoren kan worden bereikt, de gepresenteerde getallen nog aan veel discussie onderhevig zijn en dat het beeld dat de verschillende indicatoren van het zoute watersysteem geven niet geheel consistent is.</p>			
REFERENTIES:		Offerte-aanvraag RIKZ/OS 996198, datum 6 juli 1999 Offerte MCM5362/Z2724/ls, datum 7 juli 1999 Opdrachtbon 22991934, datum 22 juli 1999			
REV.	AUTEUR	DATUM	OPMERKINGEN	REVIEW	GOEDKEURING
0.2	A.W. vd Weck	31-08-99	Concept		
1.0	A.W. vd Weck	<i>AW</i> 01-10-99	Definitief	F. Hoozemans	T. Schilperoord <i>T.S.</i>
TREFWOORDEN			INHOUD		STATUS
Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening, veerkracht, indicatoren, zandhonger			TEKST:	19 bladzijden	<input type="checkbox"/> VOORLOPIG
			TABELLEN:	4	<input type="checkbox"/> CONCEPT
			FIGUREN:	5	<input checked="" type="checkbox"/> DEFINITIEF
			APPENDICES:	-	
			PROJECTNUMMER	Z2724	

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Achtergrond	1
1.2	Doel.....	1
1.3	Aanpak en uitgangspunten.....	1
2	Keuze indicatoren en uitwerking	3
2.1	Indicatoren	3
2.2	Indicator: Veerkracht	3
2.2.1	Bepaling van de veerkracht, methodiek.....	3
2.2.2	Samenstellende elementen in formule voor veerkracht.....	4
2.2.3	Veerkracht in de tijd.....	5
3	Indicator: Zandvraag estuaria	6
3.1	Inleiding.....	6
3.2	Waddenzee	6
3.2.1	Achtergronden zandvraag	6
3.2.2	Scenario: ontwikkeling zandvraag Waddenzee tot 2020	7
3.2.3	Scenario zandvraag Waddenzee.....	8
3.2.4	Factsheet indicatorberekening zandvraag Waddenzee	9
3.3	Zandvraag Westerschelde en Oosterschelde.....	10
3.3.1	Zandvraag Westerschelde	10
3.3.2	Zandvraag Oosterschelde.....	11
4	Indicator: Volume duinzand	12
4.1	Inleiding.....	12
4.2	Achtergronden volume duinzand en zandvolume kustzone.....	12
4.3	Scenario: ontwikkeling benodigde hoeveelheid zand om de kustzone te onderhouden tot 2020	13
4.3.2	Scenario zandverlies Nederlandse kustzone	15
4.4	Factsheet indicatorberekening zandvolume kustzone.....	16

5	Conclusies en aanbevelingen.....	18
6	Literatuurlijst.....	19

I Inleiding

I.1 Achtergrond

Begin 2000 zal door het Ministerie van VROM de Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening worden gepresenteerd. Parallel aan de totstandkoming van de Vijfde Nota wordt door de planbureaus RIVM, SCP, CPB, RPD en de AVV een onderzoek uitgevoerd naar de bijdrage die deze nota zal gaan leveren aan het bereiken van diverse beleidsdoelen. In het kader van dit onderzoek, Omgevings Effecten Toets (tOETs) genoemd, zal een ex-ante evaluatie van de effecten van het in de Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening voorgestelde beleid op ruimte, economie, ecologie, milieu, sociaal-culturele aspecten en financiën worden uitgevoerd. Hiertoe wordt eerst een basisscenario voor het jaar 2020 opgesteld. Het basisscenario is een toekomstbeeld van Nederland bij ongewijzigd beleid. In het basisscenario moet ondermeer aangegeven worden wat de te verwachten milieutoestand en de te verwachten ruimtelijke orde in 2020 wordt (RPD, 1999b). In de vervolgfase zullen vervolgens de effecten van het in de Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening voorgestane beleid tegen dit basisscenario worden afgezet.

Eén van de onderwerpen die in de tOETs wordt onderzocht is de relatie tussen ruimte en water. Aspecten die hierbij een rol spelen zijn bijvoorbeeld de veiligheid tegen overstromen, de ruimte voor water, de beschikbaarheid van voldoende schoon drinkwater, de natuur en het gebruik van water voor economische activiteiten en recreatie. Deze aspecten hebben voor de diverse zoete en de zoute wateren uiteraard niet hetzelfde gewicht. De status van de verschillende aspecten (nu en in de toekomst tot 2020) zal worden vastgelegd met behulp van indicatoren.

Het Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ (als onderaannemer van het RIVM betrokken bij de tOETs) heeft WL | DELFT HYDRAULICS door middel van opdrachtbon 22991934 (22 juli 1999) opdracht gegeven om ten behoeve van het basisscenario voor de zoute wateren de ontwikkeling van een tweetal indicatoren tot 2020 uit te werken en te presenteren. Het voorliggende rapport beschrijft de resultaten van dit onderzoek.

I.2 Doel

Het doel van de huidige studie is het uitwerken en presenteren van indicatoren voor de aspecten veiligheid en natuur van het basisscenario voor de zoute wateren. Gezien de beschikbaarheid van bestaande scenariostudies is de huidige studie beperkt tot twee indicatoren: de zandvraag van estuaria en het volume duinzand in de kustzone.

I.3 Aanpak en uitgangspunten

Het project is uitgewerkt in de vorm van een literatuurstudie. Hierbij is gebruik gemaakt van reeds bestaande scenariostudies voor de ontwikkeling van de Nederlandse kust en estuaria in de komende decennia. Aan de hand van deze bestaande studies is een inschatting

gemaakt van de gevolgen van autonome, fysische processen die invloed kunnen hebben op het functioneren van het zoute watersysteem. Processen waarvan de invloed is meegenomen zijn: klimaatsveranderingen, zeespiegelstijging, bodemdaling in laag Nederland, verzilting en vernatting van West-Nederland. De inschatting wordt weergegeven met behulp van de eerder genoemde indicatoren. Deze indicatoren zijn uitgewerkt voor de periode tot 2020 (de tijdshorizon van de Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening).

Het onderzoek is uitgevoerd en gerapporteerd door drs. A.W. van der Weck. Prof.dr.ir. M.J.F. Stive heeft geadviseerd bij de uitwerking van de verschillende indicatoren.

2 Keuze indicatoren en uitwerking

2.1 Indicatoren

Een geschikte indicator voldoet aan een aantal eisen. In de eerste plaats moet de indicator een goed beeld geven van relevante aspecten van het weer te geven onderwerp. Dit houdt ook in dat veranderingen in de waarde van de indicator representatief moeten zijn voor veranderingen in het weer te geven onderwerp. Ten tweede moet de indicator veranderingen in het weer te geven onderwerp éénduidig weergeven. Ten derde is onderscheidend vermogen (in ruimte en tijd) cruciaal om met behulp van indicatoren een zinvolle afweging te kunnen maken tussen verschillende beleidsopties.

Voor het huidige onderzoek is (op verzoek van de opdrachtgever) een pragmatische keuze gemaakt voor een tweetal relatief eenvoudig te bepalen indicatoren (volume duinzand en zandvraag van de estuaria), waarvan bovendien bestaande scenariostudies beschikbaar zijn.

Voor een meer geavanceerde analyse van het gedrag van de Nederlandse kustzone kan wellicht ook het recent geïntroduceerde begrip veerkracht worden gebruikt. Ter verduidelijking is in het navolgende een korte introductie van de berekeningswijze van deze indicator opgenomen (geheel afkomstig uit Baan *et al.*, 1999).

2.2 Indicator: Veerkracht

Bij de ontwikkeling en operationalisering van een veerkrachtmeter is gebruik gemaakt van de resultaten van eerdere studies naar de veerkracht van de kust. Deze studies richtten zich op de uitwerking van de morfologische veerkracht als maatstaf voor de ruimte die er is voor kustdynamiek langs een zandige kust. Veerkracht werd in deze onderzoeken als volgt gedefinieerd (Baan *et al.*, 1999):

Veerkracht is het (zelforganiserend) vermogen van de kust om actuele en potentiële functies te behouden onder veranderende hydraulische en morfologische condities. Dit vermogen is gebaseerd op de dynamiek van morfologische en ecologische processen in de kustzone.

2.2.1 Bepaling van de veerkracht, methodiek

Uitgaande van de betekenis die het beleid toekent aan het begrip veerkracht (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1998), zou de veerkracht van de kust een maatstaf moeten vormen voor de ruimte die er in een kustvak is voor dynamische processen. De eerste voorstellen voor het uitwerken van de veerkracht van de kust kwamen neer op het bepalen van de totale potentieel mobiele zandbuffer (als volume of als oppervlak per strekkende meter kustlijn), het quotiënt van het surplus aan zand (het potentieel mobiele deel van het zand) en de totale hoeveelheid zand (ook weer uitgewerkt als oppervlakken of als volumes). Voor het beleid is een absolute maat minder interessant omdat die zich minder leent voor het vergelijken van verschillende situaties en het beoordelen van het effect van ingrepen. Een relatieve maat

(bijvoorbeeld de verhouding tussen twee volumina zand) geeft meer inzicht. Deze overwegingen hebben geleid tot het volgende voorstel om de veerkracht van de kust te berekenen (Baan *et al.*, 1999):

$$VK(t) = \alpha \times (V(pm) / V(d)) - \beta \quad (1)$$

waarin:

$VK(t)$ veerkracht op tijdstip t (dimensie tijd)

α schaalfactor (voor omzetting naar een praktische schaal)

$V(pm)$ volume potentieel mobiel zand in een kustvak ofwel de hoeveelheid zand die zou kunnen verdwijnen zonder verlies van functies (m^3 per meter kustlijn, ofwel m^2)

$V(d)$ volume dynamisch zand ofwel de hoeveelheid zand die aan dynamiek onderhevig is (aangroei en afslag) binnen een zekere periode (m^3 per meter kustlijn per tijdsperiode, ofwel $m^2 \cdot \text{tijd}^{-1}$)

β nulpuntscorrectie (voor omzetting naar een praktisch nulpunt op de schaal)

In formule (1) staat $V(pm)$ voor de hoeveelheid zand die potentieel mobiel is en beschikbaar is voor dynamiek. De hoeveelheid dynamisch zand $V(d)$ geeft de hoeveelheid zand aan die daadwerkelijk 'beweeglijk' is binnen de beschouwde tijdsperiode. Het quotiënt van beiden kan worden beschouwd als een soort morfologische *surplus-factor*, een maat voor de ruimte voor morfologische dynamiek.

2.2.2 Samenstellende elementen in formule voor veerkracht

Ten aanzien van de samenstellende elementen $V(pm)$ en $V(d)$ in formule (1) zijn keuzen mogelijk, die bepalend zijn voor de uitkomst van de veerkrachtberekeningen. In de volgende paragrafen wordt hier op ingegaan.

Volume potentieel mobiel zand

Het volume potentieel mobiel zand wordt in eerste instantie berekend als de zandinhoud in het aanwezige kustprofiel per strekkende meter kust tot een zeker sluitingsprofiel (de onderste begrenzing van het profiel). Vervolgens wordt daar de hoeveelheid zand vanaf getrokken die voor functievervulling nodig is en die dus niet als potentieel mobiel is aan te merken. Zo is voor de functie veiligheid een zekere minimale hoeveelheid zand nodig om het achterland tegen overstroming te beschermen. Maar ook de aanwezigheid van andere functies kan ertoe leiden dat de hoeveelheid zand, die potentieel mobiel is, wordt beperkt. Bijvoorbeeld als sprake is van bebouwing of waterwinning in de duinen is het zand ter plaatse nodig voor deze functies en niet meer beschikbaar voor dynamiek.

De keuze van het aan te houden sluitingsprofiel is mede bepalend voor de uitkomsten van de veerkrachtberekeningen. Daarnaast is van belang welk beslag functies leggen op de hoeveelheid potentieel mobiel zand. Dat wordt enerzijds bepaald door de eisen, die functies stellen aan de ondergrond, en is anderzijds afhankelijk van de lokatie van functies in het duingebied (meer of minder ver van zee). Hoofdstuk 3 gaat verder in op deze aspecten.

Volume dynamisch zand

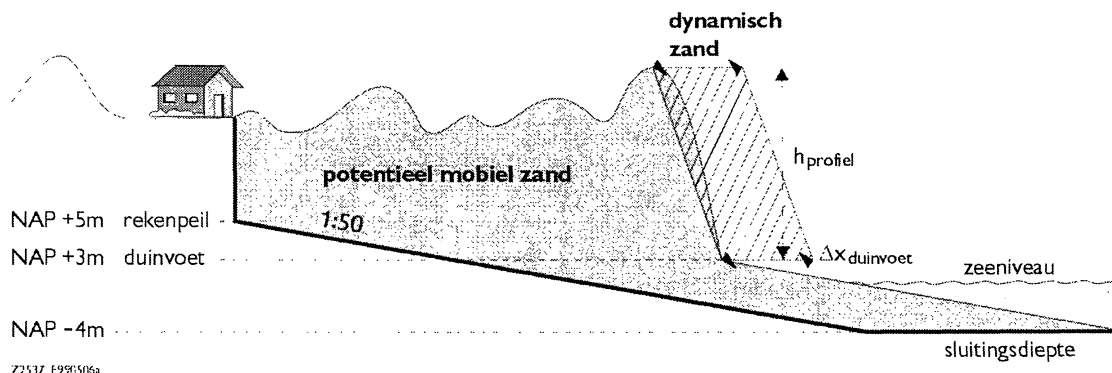
De hoeveelheid dynamisch zand kan als volgt worden berekend (Baan *et al.*, 1999):

$$V(d) = h_{\text{profiel}} \cdot \Delta x_{\text{duinvoet}} \quad (2)$$

waarin:

h_{profiel} hoogte van het gedefinieerde profiel (m)
 $\Delta x_{\text{duinvoet}}$ dynamiek van de kust, gekarakteriseerd door de verplaatsing van de duinvoet in een zekere periode (m.tijd^{-1})

In figuur 2.1 zijn de elementen en parameters die in de veerkrachtberekening een rol spelen schematisch weergegeven.



Figuur 2-1 Parameters die worden gebruikt bij de bepaling van veerkracht

De wijze waarop de hoogte van het profiel en de verplaatsing van de duinvoet worden bepaald zijn van invloed op de uitkomsten van de veerkrachtberekeningen.

2.2.3 Veerkracht in de tijd

De veerkracht, zoals die met de formule (1) wordt berekend, geeft een momentopname weer. De hoeveelheid dynamisch zand $V(d)$ varieert langs de kust en zou ook in de tijd kunnen wijzigen. Het laatste geldt zeker voor de hoeveelheid potentieel mobiel zand. Bij een eroderende kust neemt de hoeveelheid potentieel mobiel zand in de tijd af, terwijl deze bij een aanzandende kust in de tijd toeneemt. Om de veerkracht voor een toekomstig tijdstip te bepalen moet worden gekwantificeerd hoe de hoeveelheid potentieel mobiel zand in de tijd verandert. Per kustvak is over het algemeen bekend wat de aangroei of afslag is ter hoogte van de duinvoet. Conform de berekeningsmethodiek is aangenomen dat de aangroei en afslag van de kust uniform over de profielhoogte is verdeeld (de vorm van het profiel blijft gelijk, alleen de ligging ervan verandert).

De berekende veerkracht in de huidige situatie geeft een indruk hoeveel ruimte (surplus aan zand) er in een bepaald kustvak is voor morfologische dynamiek. Dit is voor het beleid een interessant gegeven. We kunnen de op deze manier berekende veerkracht zien als een soort toestandsvariabele die in kwantitatieve zin een beeld geeft van de mate waarin morfologische processen de ruimte krijgen in een kustvak.

De berekende veerkracht voor toekomstige situaties geeft een indruk hoeveel ruimte er in een zeker toekomstig jaar in een bepaald kustvak zal zijn voor morfologische dynamiek. In combinatie met uitkomsten voor de huidige situatie kan worden nagegaan of de veerkracht zich in gunstige of ongunstige zin ontwikkelt en hoe groot de toe- of afname in de tijd is. Daaruit is af te leiden wanneer het tijd wordt om eventueel maatregelen te treffen om de veerkracht te verhogen.

3 Indicator: Zandvraag estuaria

3.1 Inleiding

Estuaria en vloedkommen vormen naast de kust het belangrijkste onderdeel van het Nederlandse zoutwater systeem. Hier worden de Waddenzee (in feite een combinatie van meerdere vloedkommen en één estuarium, de Eems-Dollard), de Oosterschelde (na de aanleg van de compartimenteringsdammen meer vloedkom dan estuarium) en de Westerschelde genoemd. Gekozen is om ten behoeve van het basisscenario deze estuaria en vloedkommen te karakteriseren aan de hand van de te verwachten zandvraag.

3.2 Waddenzee

De Waddenzee is een wetland van wereldfaam. Maar er is sprake van een wankel evenwicht. Zonder de stijging van de zeespiegel zou de Waddenzee langzaam verlanden, maar bij een snelle zeespiegelstijging zal ze verdrinken als gevolg van een tekort aan sediment. Het gaat erom het natuurlijk evenwicht tussen zand en water te behouden. Daarvoor is veel zand nodig: ongeveer 15 tot 20 miljoen m³ per jaar in de komende eeuw (Bolsius *et al.*, 1999).

3.2.1 Achtergronden zandvraag

Het huidige Waddengebied verkeert in een status van dynamisch evenwicht. Dit houdt in dat de bodem in de zeegaten en vloedkommen de afgelopen eeuwen mee omhoog is gegaan met de zeespiegelstijging. Dit wil niet zeggen dat er geen veranderingen zijn opgetreden: door veranderingen in het zandaanbod of door veranderingen in de stroomsnelheden kunnen tijdelijk aanzandingen of verdiepingen optreden. Ook kunnen profielveranderingen optreden doordat bijvoorbeeld geulen zich verleggen. Ondanks deze veranderingen is het karakter van het systeem hetzelfde gebleven (Louters & Gerritsen, 1994).

Wanneer echter de zeespiegel sneller gaat stijgen dan tot nu toe het geval was, zal een grotere hoeveelheid zand nodig zijn om de bodem met voldoende snelheid mee omhoog te laten komen. De totale hoeveelheid zand die nodig is voor het herstel van het dynamische evenwicht is recht evenredig met de mate van zeespiegelstijging. Indien het sedimentaanbod onvoldoende is om het waddengebied gelijke tred te laten houden met de zeespiegelstijging, dan kan er geen dynamisch evenwicht ontstaan. Het waddengebied zal dan geleidelijk aan de zeespiegelstijging gaan achterlopen, wat uiteindelijk leidt tot verdrinking van het waddengebied (Louters & Gerritsen, 1994). Het effect van verdieping van het bekken of delen daarvan door bodemdaling als gevolg van gaswinning, zand- en schelpenwinning leidt evenals relatieve zeespiegelstijging tot een zandvraag, maar dan op een meer lokaal niveau. Hier geldt dat de totale zandhoeveelheid die nodig is voor het herstel van het dynamische evenwicht recht evenredig is met de omvang van de verdieping.

3.2.2 Scenario: ontwikkeling zandvraag Waddenzee tot 2020

De te verwachten ontwikkeling van de zandvraag in de Waddenzee de komende decennia is gebaseerd op de scenariostudies die zijn gepresenteerd in Louters & Gerritsen (1994). Bij het bepalen van de toekomstige zandvraag is rekening gehouden met zeespiegelstijging, zand- en schelpenwinning, gaswinning, de afsluitingen van de Zuiderzee en de Lauwerszee en natuurlijke opslibbing van randzones en kwelders. Voor deze factoren die de zandvraag bepalen zijn de volgende aannames gedaan

Zeespiegelstijging

Er is uitgegaan van een zeespiegelstijging van 60 centimeter per eeuw voor de Noordzee. Deze schatting komt overeen met de hoogste schatting die wordt gehanteerd bij het opstellen van de Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening (De Vries, 1999).

Zand- en schelpenwinning

Voor het basisscenario wordt ervan uitgegaan dat de zand- en schelpenwinning in de Waddenzee met ingang van 2000 geheel wordt stilgelegd, met uitzondering van winning ten behoeve van vaargeulonderhoud. Dit beleid wordt momenteel reeds gehanteerd bij de vergunningverlening voor zandwinning en zal in de loop van 1999 worden vastgelegd als hard beleid in de nieuwe PKB Waddenzee (Van Bentum, 1999). Overigens zijn de Duitse autoriteiten natuurlijk niet gebonden aan dat beleid, waardoor de zandwinning als gevolg van vaargeulonderhoud in de Eems-Dollard ook na 2000 een belangrijke post op de zandbalans van de Waddenzee zal blijven.

Gaswinning

De morfologische gevolgen van bodemdaling als gevolg van delfstoffenwinning uit de Waddenzee is uiteraard sterk afhankelijk van het beleid ten aanzien van deze winning. Op dit moment is niet met zekerheid te zeggen of uitbreiding van de gaswinning in het Waddengebied zal worden toegestaan, maar dit is tenminste twijfelachtig of onwaarschijnlijk. Voor het basisscenario is uitgegaan van de huidige activiteiten, zonder uitbreiding in de toekomst.

Afsluitingen Zuiderzee en Lauwerszee

De (morfologische) gevolgen van de grote afsluitingen in het Waddengebied (Zuiderzee en Lauwerszee) werken op dit moment nog steeds door. Doordat het getijvolume door de verschillende afsluitingen steeds kleiner werd, is extra zandvraag ontstaan om de te ruime geulen op te vullen. Deze processen naderen langzamerhand een nieuw evenwicht, dat uiteindelijk pas over enkele eeuwen zal worden bereikt. In de loop van de volgende eeuw zal de zandvraag als gevolg van de afsluitingen wel steeds verder afnemen. Voor het basisscenario is rekening gehouden met een extra zandvraag ter grootte van 2,5 miljoen m³ per jaar (Louters & Gerritsen, 1994).

Opslibbing van randzones en kwelders

De opslibbing van randzones en kwelders betreft een natuurlijk proces, dat wordt beïnvloed door de mens door de opslibbing te versterken en door hogere delen in te polderen zodra dat mogelijk wordt. Op deze wijze is de afgelopen eeuwen reeds een aanzienlijk deel van het oorspronkelijke Waddengebied ingepolderd. Voor het basisscenario is ervan uitgegaan dat het huidige beleid (extensief onderhoud van de kwelderwerken, geen nieuwe inpolderingen en geen ontpolderingen) zal worden voortgezet.

3.2.3 Scenario zandvraag Waddenzee

Gebaseerd op bovenstaande uitgangspunten en aannamen kan een scenario voor de zandvraag van de Waddenzee in 2020 worden opgesteld (tabel 1)

	Sedimentvraag (miljoenen kubieke meters per jaar)	
	1990	2020
Zeespiegelstijging	4 - 5 (20 cm per eeuw)	7 - 9 (60 cm per eeuw)
Zand en schelpenwinning	8 - 9	6
Gaswinning	0,3	1 - 2
Afsluitingen Zuiderzee en Lauwerszee	2 - 3	0,7
Langjarige verlanding	0 - 9	0 - 9
Totaal	14 - 24	15 - 20

Tabel 1 De jaarlijkse zandvraag van de Waddenzee (in miljoenen kubieke meters per jaar) in de komende 20 jaar als gevolg van zeespiegelstijging en menselijke ingrepen (naar Louters & Gerritsen, 1994)

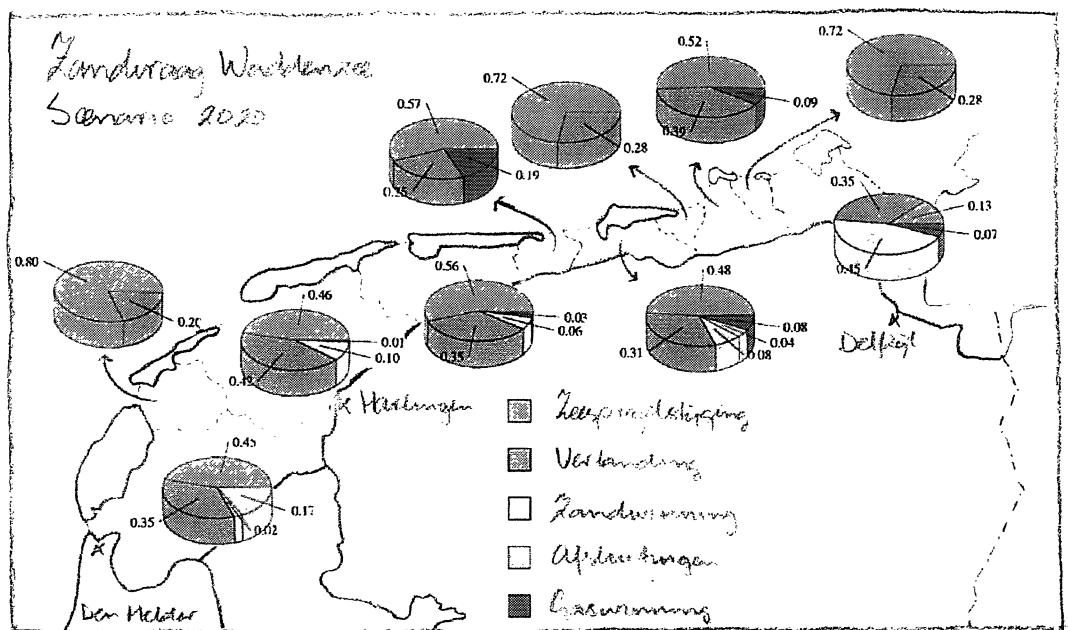
De in tabel 1 gepresenteerde gegevens zijn verkregen door interpolatie van de gegevens die door Louters & Gerritsen (1994) worden gepresenteerd voor 1990 en 2040. Verder uitgewerkt naar de verschillende kombergingsgebieden ontstaat het volgende overzicht (tabel 2).

	Zeespiegel stijging	Langjarige verlanding	Zand- winning	Afsluiting	Gaswinning	Totaal
Waddenzee	8,75	8,6	5,25	0,75	1,1	24,5
Marsdiep	1,81	1,41	0,1	0,7	0	4,0
Eyerlandse gat	0,78	0,2	0	0	0	1,0
Vlie	2,07	1,89	0,45	0,05	0	4,5
Borndiep	0,89	0,55	0,1	0	0,05	1,6
Pinkegat	0,3	0,13	0	0	0,1	0,5
Friesche Zeegat	0,6	0,39	0,1	0,05	0,1	1,2
Eilanderbalg	0,21	0,08	0	0	0	0,3
Lauwers	0,58	0,44	0	0	0,1	1,1
Schild	0,18	0,07	0	0	0	0,3

	Zeespiegel stijging	Langjarige verlanning	Zand- winning	Afsluiting	Gaswinning	Totaal
Eems- Dollard	1,33	3,44	4,5	0	0,7	9,97

Tabel 2 Verwachte sedimentvraag van de Waddenzee in 2020, bij een zeespiegelstijging van 60 centimeter per eeuw en aannamen volgens tabel 1. In miljoenen kubieke meters zand per jaar (naar Louters & Gerritsen, 1994).

Uit tabel 2 blijken de verschillen tussen de opbouw van de zandvraag van de verschillende kombergingsgebieden. Zeespiegelstijging speelt in alle zeegaten een belangrijke rol. De afsluitingen hebben vooral effect op het Marsdiep en het Friesche Zeegat. Gaswinning leidt voornamelijk in de meer naar het oosten gelegen zeegaten tot versterkte zandvraag en zandwinning zal na 2000 vrijwel alleen in de Eems-Dollard plaatsvinden. Overigens wordt opgemerkt dat de hier gepresenteerde sedimentvraag kan worden voldaan door import van zowel zand als slib. Vergelijking van bovenstaande getallen met de in de kustzone beschikbare hoeveelheid zand kan dus niet rechtstreeks tot conclusies leiden over verdrinking of verlanning van het Waddengebied. De import van slib moet bij een dergelijke analyse worden betrokken!



Figuur 3-1 Zandvraag Waddenzee.

3.2.4 Factsheet indicatorberekening zandvraag Waddenzee

1	Gegevens	De indicator 'Zandvraag Waddenzee' is de hoeveelheid zand die jaarlijks nodig is om het huidige Waddemilieu te behouden bij de aangenomen zeespiegelstijging en omvang van menselijk ingrijpen.
2	Invuller / datum	Arjan van der Weck, augustus 1999
3	Herkomst	De indicator is afgeleid uit bestaande literatuurgegevens door Arjan van der Weck, WL DELFT HYDRAULICS

4	Beschrijving	De indicator is gebaseerd op lodingsgegevens die door Rijkswaterstaat worden gebruikt bij de uitvoer van het beheer van het Waddengebied (vaargeulonderhoud, monitoring en bescherming). Daarnaast is informatie over gewonnen hoeveelheden zand en schelpen gebruikt, evenals cijfers over hoeveelheden baggerwerk voor vaargeulonderhoud. Al deze gegevens zijn afkomstig van Rijkswaterstaat. Deze gegevens worden gebruikt voor handhaving van de afgegeven vergunningen en prestatie controle van aannemers.
5	Rekenschema	Zie Louters & Gerritsen, 1994. Gebruik is gemaakt van het grootschalig empirisch sedimentbalans model MORRES.
6	Onzekerheid	Een ruwe inschatting van de onzekerheden blijkt uit de bandbreedte van de getallen die zijn gegeven in tabel 1.
7	Invoer	De indicator 'Zandvraag Waddenzee' is gebaseerd op lodingsgegevens van de Waddenzee en de nabijgelegen kustzone, inclusief ebdelta's, uit de afgelopen tientallen jaren. Deze gegevens zijn afkomstig van Rijkswaterstaat. Daarnaast is gebruik gemaakt van algemeen geldende relaties tussen waterbeweging en inhoud en morfologie van kombergingsgebieden. De aannames die zijn gedaan voor de scenario-berekeningen zijn verantwoord in bovenstaande tekst.
9	Referenties	Louters & Gerritsen, 1994

3.3 Zandvraag Westerschelde en Oosterschelde

3.3.1 Zandvraag Westerschelde

Voor de Westerschelde zijn geen betrouwbare scenarioberekeningen voor het lange termijn gedrag van de morfologie beschikbaar (Vroon, 1999). Wel is er in het kader van het project Verdieping een eerste inschatting gemaakt van de reactie van de Westerschelde op de te verwachten veranderingen in de hydraulische randvoorwaarden. Hierbij is uitgegaan van een zeespiegelstijging van 60 centimeter in de komende eeuw en een toename van het getijverschil van 4 %. De gevolgen hiervan worden als volgt ingeschat (Svašek, 1998):

- De toename van de snelheden resulteert in een verdere verruiming van de geulen met 3%.
- Het zand dat uit de geulen beschikbaar komt is ruim voldoende om de ondiepere delen en de plaatgebieden volledig op te bouwen, gerelateerd aan het gestegen gemiddelde zeeniveau.

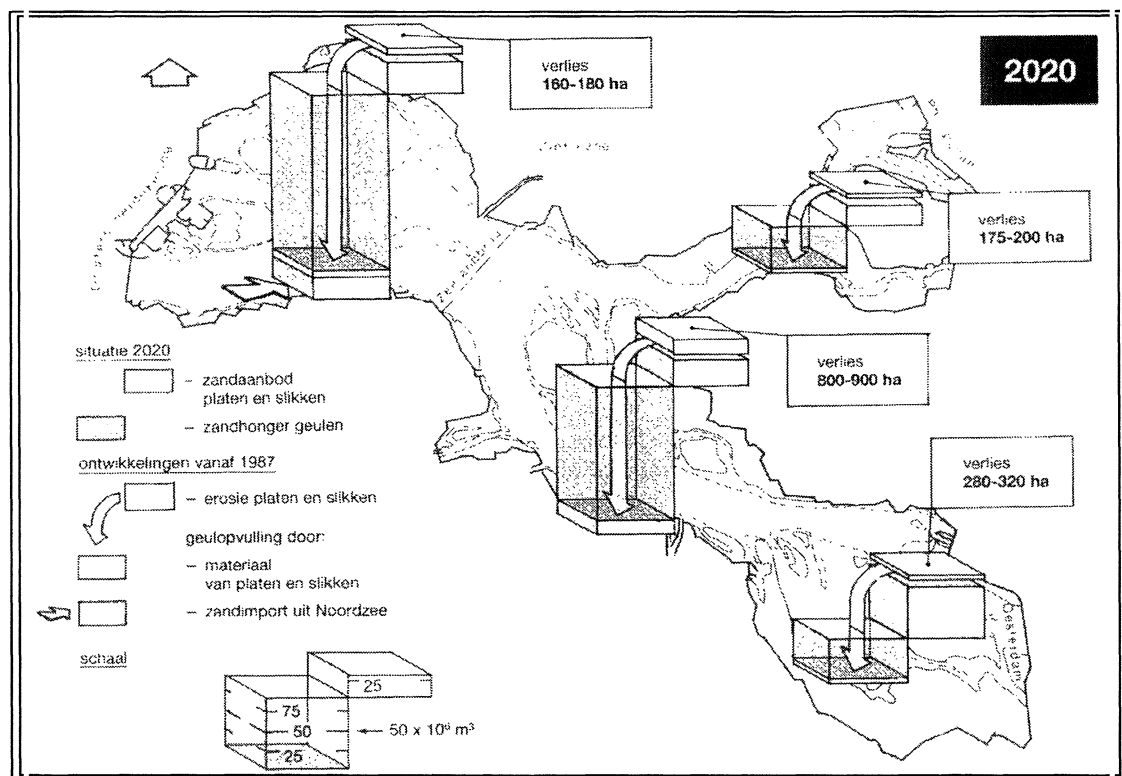
Hieruit zou kunnen worden geconcludeerd dat er geen toename van de zandvraag van de Westerschelde ten gevolge van zeespiegelstijging en toename van het getijverschil hoeft te worden verwacht. Opgemerkt wordt dat het uiteindelijke gedrag van de Westerschelde verregaand wordt bepaald door de zeer omvangrijke baggerwerkzaamheden ten behoeve van de bereikbaarheid van de haven van Antwerpen. Deze baggeractiviteiten en de omvangrijke maatregelen die mogelijk zullen worden getroffen om de natuurlijkheid van de

Westerschelde veilig te stellen, zullen zonder twijfel grote invloed hebben op de zandvraag van het estuarium.

3.3.2 Zandvraag Oosterschelde

Fysisch kan aannemelijk worden gemaakt dat in het geval van dynamisch evenwicht de doorsnede van het zeegat in verband staat met de grootte van het getijprisma (Van Kleef, 1991). Hoe groter het getijprisma is, hoe groter de doorsnede van het zeegat. Deze relaties zijn ook geldig voor meer naar binnen gelegen geuldoorsneden. Gedeeltelijke afdamming van een getijdebekken met als resultaat een vermindering van het getijprisma leidt tot sedimentatie in het bekken; hierdoor ontstaat er zandhonger. Inpoldering van de randen van een getijdebekken leidt tot een analoog proces (Louters & Gerritsen, 1994).

Met de aanleg van de compartimenteringsdammen (Philipsdam en Oesterdam) werd de komberging van de Oosterschelde met ongeveer 30 % verkleind. Deze verkleining had een onmiddellijke en grote zandvraag tot gevolg om de sterk overgedimensioneerde geulen te verkleinen. Deze zandvraag werd uiteraard voorzien en het verloop van de zandvraag is door middel van een scenariostudie beschreven (Kohsiek *et al.*, 1987). Voor de volledigheid worden de resultaten van deze scenariostudie hier weergegeven.



Figuur 3-2 De voorspelling, per deelgebied, van het verlies aan plaat- en slikareaal na de gereedkoming van de Oosterscheldewerken (Kohsiek *et al.*, 1987).

Overigens wordt opgemerkt dat bovenstaande voorspelling inmiddels een aantal malen is geëvalueerd. Hierbij is gebleken dat de voorspelde import van zand door de Oosterscheldekering niet of in veel mindere mate plaatsvindt dan verwacht. Hierdoor verloopt de aanpassing van de Oosterschelde minder snel dan verwacht en wordt de bodemsamenstelling van de Oosterschelde slibrijker dan verwacht.

4 Indicator: Volume duinzand

4.1 Inleiding

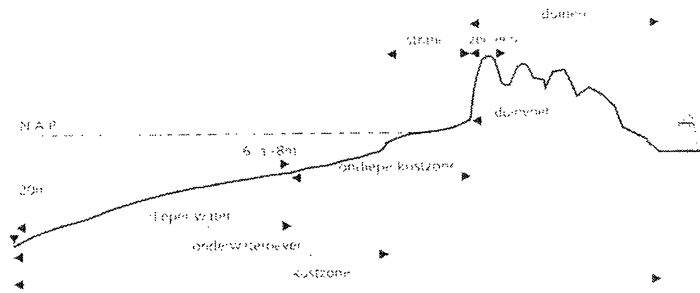
In de tweede kustnota worden zorgen over de toekomstige ontwikkeling van de kustzone uitgesproken. Zeespiegelstijging, winning van zand en aardgas, bebouwing in de kustzone en kustuitbreidingsplannen zullen leiden tot wezenlijke veranderingen in de kustzone en kunnen leiden tot een aanmerkelijk grotere inspanning om de kustlijn op zijn plaats te houden (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1996). Ook bij het opstellen van de Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening wordt expliciet aandacht besteed aan het kustbeheer. In de startnotitie staat hierover onder meer het volgende (RPD, 1999a):

“De huidige ‘harde’ verdediging tegen het water - langs de kust en langs rivieren - kunnen we nog lang volhouden. Maar het zal wel steeds moeilijker worden. Het vele water dat Nederland rijk is kan uitgangspunt worden voor de ruimtelijke inrichting, in plaats van de waterhuishouding aan te passen aan die inrichting. Maar dit heeft consequenties voor de landbouw, de verstedelijking en de infrastructuur. Ook cultureel is er een dilemma: ruimte geven aan water in een land dat zo gevormd is door de strijd tegen het water, vereist een omslag in denken.”

De geschetste ontwikkelingen zijn deels het gevolg van autonome ontwikkelingen waarop niet (of niet meer) kan worden ingegrepen (zoals zeespiegelstijging en gaswinning) en deels het gevolg van gevoerd of nog te voeren beleid (zoals bebouwing in de kustzone, kustuitbreiding en meer ruimte voor water). Voor de tOETs dienen de gevolgen van deze ontwikkelingen en beleidskeuzen te worden samengevat met behulp van een indicator. Gekozen is de indicator zandvolume daarvoor te gebruiken.

4.2 Achtergronden volume duinzand en zandvolume kustzone

De Nederlandse kustlijn bestaat voor het grootste deel uit zandstranden en duinen. Daar waar de kustlijn wordt verdedigd met behulp van dammen en dijken, is de onderwateroever opgebouwd uit zand. Duinen vormen samen met strand en onderwateroever de kustzone. De gemeenschappelijke factor in de kustzone is zand. (Plaatje pagina 4 onderaan KB1995) Het totale zandvolume voor de Nederlandse kust bepaalt samen met aspecten als de helling van de onderwateroever, de omvang en de morfologie van het duinmassief en de natuurlijke variatie in de ligging van de kustlijn het karakter (en daarmee ook de veiligheid) van de kust. Ontwikkelingen zoals zeespiegelstijging en menselijke ingrepen beïnvloeden de zandstromen en kunnen aanzienlijke effecten hebben op een groot gebied.



Figuur 4-1 Schematisch dwarsprofiel met verschillende onderdelen van de kustzone (uit: Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1996)

Na het uitbrengen van de eerste kustnota (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1990) is ervoor gekozen geen verder verlies van duingebied te accepteren. Dit beleid, dat bekend staat onder de naam *dynamisch handhaven*, is nogmaals bevestigd in de tweede kustnota (Ministerie van verkeer en Waterstaat, 1996). De praktische consequentie hiervan is dat eventuele verliezen van zand in de ondiepe kustzone en de duinen worden gecompenseerd met behulp van kustsuppleties. Het volume zand in die delen van de kust wordt dus kunstmatig constant gehouden. Bij voortzetting van het huidige (harde) beleid van dynamisch handhaven is de hoeveelheid duinzand in 2020 dus vergelijkbaar met de huidige hoeveelheid duinzand. De hoeveelheid te suppleren zand om deze hoeveelheid duinzand te onderhouden zal echter zijn toegenomen, als gevolg van de in de inleiding van dit hoofdstuk geschetste ontwikkelingen. Voorgesteld wordt om de benodigde hoeveelheid zand om de gehele kustzone (diep en ondiep) te onderhouden als indicator te gebruiken.

4.3 Scenario: ontwikkeling benodigde hoeveelheid zand om de kustzone te onderhouden tot 2020

Zoals hierboven aangegeven, kan de kustzone worden verdeeld in duinen, strand en kustoever. Het huidige onderhoudsbeleid van de kust komt er op neer dat de basis kustlijn wordt vastgelegd op de situatie van 1990, waarbij gebruik wordt gemaakt van zandsuppleties. Zandverliezen op het strand en de duinen worden op deze manier gecompenseerd. Eventuele zandverliezen op dieper water worden (nog) niet gecompenseerd, waardoor op zeer lange termijn versteiling van de kustzone optreedt (Stive, 1999a). Bij handhaving van het huidige beleid zal deze versteiling op lange termijn tot versterkte erosie leiden. Compensatie van de zandverliezen op dieper water lijkt noodzakelijk. De volgende aspecten hebben invloed op de zandhuishouding van de kust en dienen dus beschouwd te worden bij de beoordeling van de stabiliteit van de kust op lange termijn.

Zeespiegelstijging

Voor de Nederlandse waterkeringen en voor dynamisch handhaven wordt uitgegaan van een zeespiegelstijging van 60 centimeter in de komende eeuw (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1996). Dit komt neer op een stijging van 12 centimeter in de eerste 20 jaar van de volgende eeuw.

Als reactie op zeespiegelstijging verplaatst de kustlijn zich van nature in landwaartse richting. Het daarbij vrijkomende zand stelt de kust in staat mee te groeien met de zeespiegelstijging. Met de keuze voor dynamisch handhaven is de kustlijnachteruitgang verleden tijd. De zandverliezen in de ondiepe kustzone worden met behulp van suppleties gecompenseerd, maar dat geldt niet voor zandverliezen op dieper water. Daar nemen de zandverliezen toe bij (versnelde) zeespiegelstijging. De kust 'versteilt' (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1996). Ook de zandvraag van de estuaria speelt hierbij een belangrijke rol. De zandvraag van Waddenzee wordt in eerste instantie voldaan uit de voorraad zand die ligt opgeslagen in de buitendelta's. Uit metingen blijkt dat de buitendelta's jaarlijks enige miljoenen kubieke meters zand aan de Waddenzee verliezen (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1996). De buitendelta's fungeren echter slechts als tijdelijke zandbuffer: het benodigde zand wordt uiteindelijk onttrokken aan het kuststelsel.

Bovengenoemde gevolgen van versnelde zeespiegelstijging zijn meegenomen bij het opstellen van het basisscenario 2020.

Zand- en gaswinning

Het zandwinbeleid op de Noordzee (zowel voor de zandhandel als voor suppleties) is vastgelegd in het Regionaal Ontgrondingenplan Noordzee. Zandwinning vindt plaats op de Noordzee, zeewaarts van de 20 meter dieptelijn, en beïnvloedt daarmee de zandhuishouding van de kustzone niet (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1996). Zandwinning dicht onder de kust is alleen in incidentele gevallen toegestaan in combinatie met bijvoorbeeld onderhoudsbaggerwerk of de bestrijding van lokale erosie. Voor het huidige scenario 2020 is deze zandwinning niet meegenomen. Schelpenwinning in de kustzone is slechts toegestaan zolang de gewonnen hoeveelheden overeenstemmen met de natuurlijke aanwas. Hierdoor heeft schelpenwinning geen invloed op het lange termijn kustgedrag. De winning van schelpen is daarom ook niet meegenomen voor het scenario 2020.

Gaswinning leidt tot bodemdaling en daarmee tot vergroting van de hoeveelheid zand die nodig is om de hoeveelheid zand in de kustzone op peil te houden. De huidige gaswinning heeft vooral effect op het Waddengebied, en daarmee via de zandvraag van de dalende Waddenzee op de kustzone. Met de extra zandvraag van de Waddenzee en de effecten daarvan op de kustzone is in het huidige scenario rekening gehouden (zie ook paragraaf 3.2.2).

Bebouwing in de kustzone

Bebouwing in de kustzone (zeewaarts van de deltakering) houdt per definitie een risico in voor de veiligheid. Het directe gevolg van bebouwing in de kustzone is dat de ruimte voor natuurlijke morfologische dynamiek (zoals wordt gebruikt bij de berekening van de veerkracht) afneemt. Het huidige beleid (niet hard, maar wel geaccepteerd door de rechter) bestaat uit een verzoek van de Minister van Verkeer en Waterstaat aan de provinciale besturen om niet mee te werken aan verdere bebouwing van de kustzone (De Kruik, 1999).

Bij het huidige beleid heeft bebouwing in de kustzone geen gevolgen voor de hoeveelheid zand die nodig is om de kust te onderhouden. Voor het vaststellen van het scenario 2020 zijn de gevolgen van bebouwing in de kustzone dan ook niet meegenomen.

Kustuitbreiding

Kustuitbreiding zoals de aanleg van een tweede Maasvlakte of de kustlokatie tussen Den Haag en Hoek van Holland is nergens in Nederland noodzakelijk vanuit het gezichtspunt van de kustverdediging. De motivatie voor kustuitbreiding wordt doorgaans gevonden in de toegenomen ruimtedruk in de Randstad. De gevolgen van (grootschalige) kustuitbreiding voor de huidige kustzone zijn vrijwel altijd aanzienlijk. Plannen voor grootschalige kustuitbreiding zullen daarom altijd aan een milieu-effect onderzoek worden onderworpen. Volgens het huidige beleid moeten de eventuele negatieve gevolgen van kustuitbreiding op de huidige kustzone worden gecompenseerd (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1996). Om deze reden zijn de gevolgen van de huidige (onzekere) plannen voor kustuitbreiding niet meegenomen bij het opstellen van het basisscenario 2020.

4.3.2 Scenario zandverlies Nederlandse kustzone

Gebaseerd op modelberekeningen die zijn uitgevoerd als onderbouwing van de tweede kustnota en aan de hand van nader onderzoek dat is uitgevoerd in het kader van het Kust*2000 project, kan de volgende schatting worden gemaakt van het bruto zandverlies in het Nederlandse kuststelsel op de middellange termijn. Hierbij is uitgegaan van de huidige zeespiegelstijging van 20 centimeter per eeuw (Stam, 1999).

	Dieper water						Ondiep water		Totaal	
	Kust		Buitendelta's		Subtotaal		Subtotaal			
	gem.	range	gem.	range	gem.	range	gem.	range	gem.	range
Wadden	0,9	+/- 200%	4,2	+/- 300%	5,1	+/- 300%	2,5	+/- 50%	7,0	+/- 200%
Holland	1,1	+/- 50%			1,1	+/- 50%	1,1	+/- 50%	2,2	+/- 100%
Delta			0,3	+/- 100%	0,3	+/- 100%	1,0	+/- 50%	1,3	+/- 50%
Totaal	2,0	+/- 100%	4,5	+/- 200%	6,5	+/- 200%	4,6	+/- 50%	11,1	+/- 100%

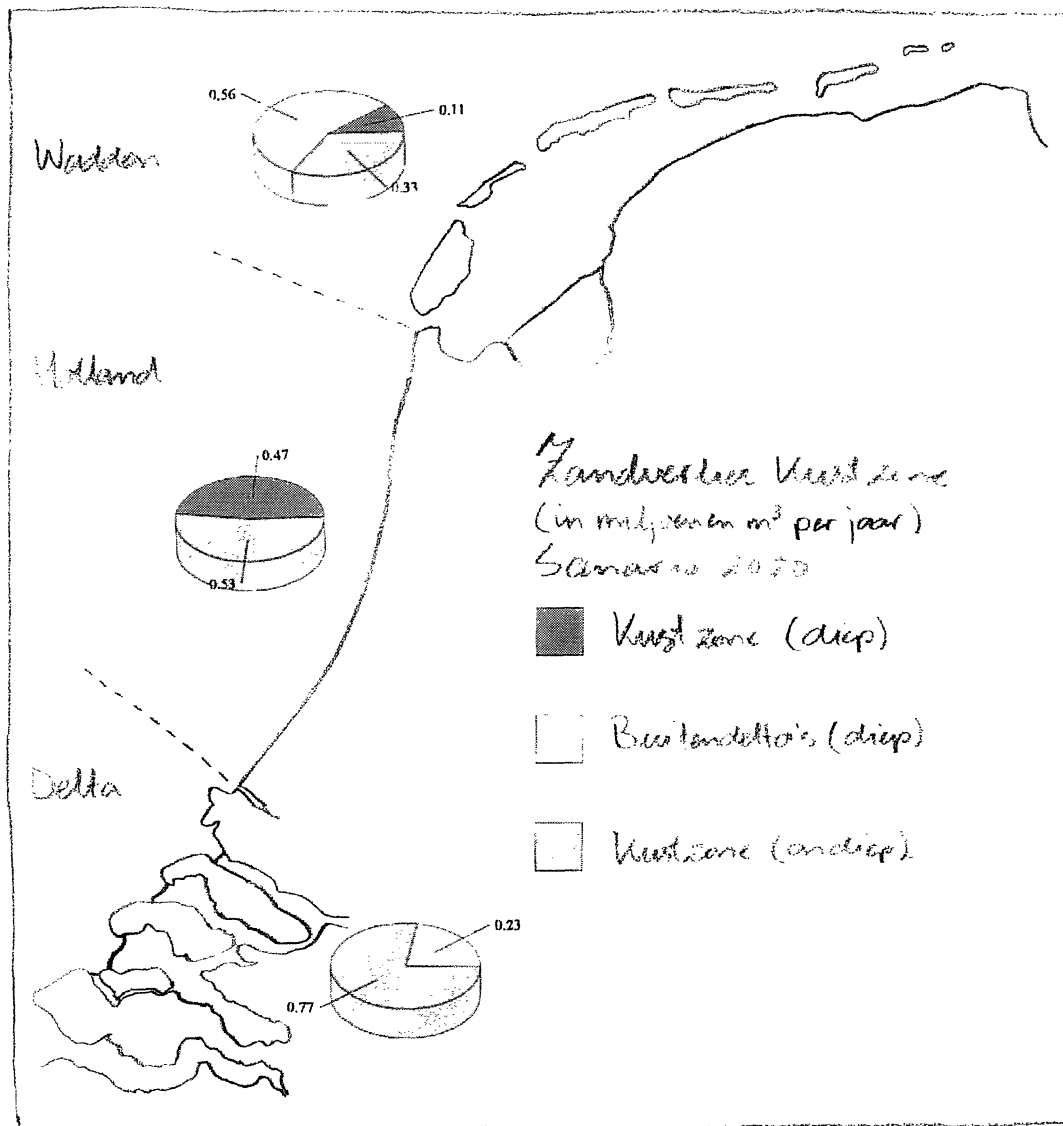
Tabel 3 Voorspelling van de trends (in miljoenen kubieke meters per jaar) in het totale bruto zandverlies in het Nederlandse kuststelsel voor de middellange termijn, bij de huidige zeespiegelstijging van 20 centimeter per eeuw (Stam, 1999).

Bij een snellere relatieve zeespiegelstijging neemt dit zandverlies toe. In de volgende tabel zijn de zandverliezen bij zeespiegelstijgingen van 60 en 80 centimeter per eeuw weergegeven, relatief ten opzichte van de huidige relatieve zeespiegelstijging van 20 centimeter per eeuw. Deze getallen zijn gebaseerd op de berekeningen die zijn uitgevoerd ter onderbouwing van de tweede kustnota.

	Dieper water			Ondiep water	Totaal
	Kust	Buitendelta's	Subtotaal	Subtotaal	
20 cm	0	0	0	0	0
60 cm	+ 5 %	+ 18 %	+ 15 %	+ 18 %	+ 16 %
85 cm	+ 5 %	+ 29 %	+ 22 %	+ 42 %	+ 30 %

Tabel 4 Relatieve invloed van zeespiegelstijging op de te verwachten zandverliezen in het kuststelsel bij verschillende scenario's voor zeespiegelstijging (Stam, 1999).

Overigens moet worden opgemerkt dat de voorspelde toename van de zandverliezen op ondiep water voor de drie onderscheiden gebieden volgens de eerste kustnota veel groter is dan volgens de tweede kustnota (Stive, 1999b). Recent uitgevoerde modelberekeningen geven eveneens aanleiding het te verwachten zandverlies op ondiep water bij versnelde zeespiegelstijging aanzienlijk hoger in te schatten (Stive, 199b).



Figuur 4-2 Zandverlies kustzone

4.4 Factsheet indicatorberekening zandvolume kustzone

1	Gegevens	De indicator 'Zandvolume kustzone' bestaat uit de hoeveelheid zand die nodig is om de huidige kust te handhaven.
2	Invuller / datum	Arjan van der Weck, augustus 1999
3	Herkomst	De indicator is afkomstig uit bestaande literatuur. De gegevens werden opgezocht door Arjan van der Weck, WL DELFT HYDRAULICS

4	Beschrijving	De indicator betreft de hoeveelheid zand die jaarlijks verdwijnt uit de Nederlandse kustzone ten gevolge van structurele erosie. De indicator werd berekend met gedragsmodellen die zijn afgeregeld op het gedrag van de Nederlandse kust.
5	Rekenschema	Zie de onderbouwende rapporten bij Kustbalans 1995, de tweede kustnota, Stive (1999b) en Stam (1999).
6	Onzekerheid	Een inschatting van de onzekerheden is gegeven in tabel 3. Overigens wordt opgemerkt dat de hier gepresenteerde getallen onderwerp zijn van uitvoerige discussie, waaruit zou kunnen blijken dat de onzekerheden groter zijn dan hier aangegeven.
7	Invoer	Kustbalans 1995, Stam (1999). De voor de scenario-berekeningen gedane aannames zijn verantwoord in bovenstaande tekst.
8	Overige opmerkingen	-
9	Referenties	Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1996 Stam, 1999 Stive, 1999a,b

5 Conclusies en aanbevelingen

In dit rapport is, ten behoeve van de ex-ante evaluatie van de Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening (tOETs), met behulp van een tweetal indicatoren het basisscenario voor de zoute wateren beschreven. Dit basisscenario beschrijft de toestand van de Nederlandse zoute wateren in 2020, bij gelijkblijvend beleid. Aan de hand van bestaande literatuur is de zandvraag van de belangrijkste Nederlandse estuaria en vloedkommen (Waddenzee, Oosten- en Westerschelde) beschreven, alsmede de te verwachten zandvraag van het Nederlandse kuststelsel in de komende decennia.

Gebleken is dat, ondanks de uitvoerige scenariostudies die ten grondslag lagen aan de huidige studie, de onzekerheid van de verschillende indicatoren nog relatief groot is. Het gevolg hiervan is dat het beeld dat de verschillende indicatoren geven niet geheel consistent is. De zandvraag van de Waddenzee is bijvoorbeeld groter dan de zandleverantie aan de Waddenzee vanuit kustzone. Een deel van deze inconsistentie kan wellicht worden verklaard uit slibverplaatsingen naar de Waddenzee. Het slib werkt wel mee aan het voldoen van de zandvraag van de Waddenzee, maar is uiteraard niet meegenomen in de berekeningen voor het zandverlies uit de kustzone.

Aanbevolen wordt bij het vervolg van de tOETs gebruik te maken van de indicator morfologische veerkracht. Deze recent ontwikkelde indicator is relatief eenvoudig te bepalen. Voor deze bepaling zijn in principe geen scenariostudies met behulp van numerieke modellen noodzakelijk, zoals wel het geval is bij de in dit rapport gepresenteerde indicatoren.

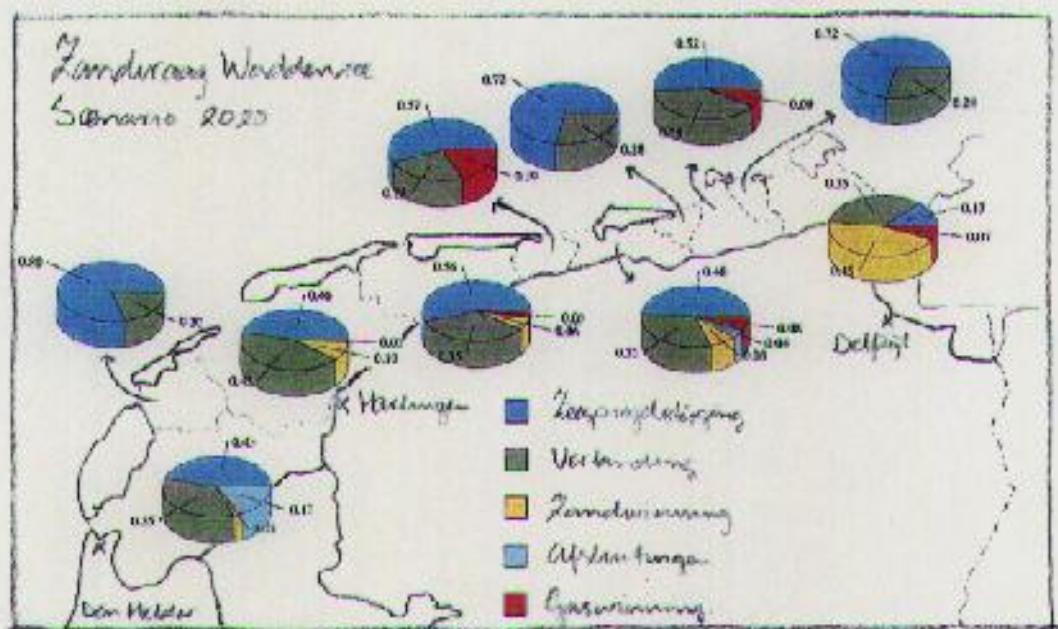
6 Literatuurlijst

- Baan, P.J.A., M.J. Baptist & W.H.G. Klomp, 1999. Meervoudig ruimtegebruik in de kustzone, deelrapport 7. Ontwikkeling en toepassing van een veerkrachtmeter. Rapport voor LWI Estuaria en Kusten.
- Bentum, F. van, 1999. Persoonlijke communicatie. Rijkswaterstaat directie Noord-Nederland.
- Bolsius, E., L. Frenkel, R. Hillen, H. de Kruik & J. de Win, 1999. Kust op koers, voorstudie. Ministeries van VROM, EZ, LNV, V&W.
- Kleef, A.W. van, 1991. Empirical relationships for tidal inlets, basins and deltas. Universiteit Utrecht rapport GEOPRO 1991.019 (IRO).
- Kohsiek, L.H.M., J.P.M. Mulder, T. Louters & F. Berben, 1987. De Oosterschelde, naar een nieuw onderwaterlandschap. Eindrapport project Geomor. Rijkswaterstaat, nota DGW.AO 87.029.
- Kruik, H. de, 1999. Documenten ten behoeve van een analyse van beleidsdoelen. Intern memo RIKZ, juli 1999.
- Louters, T. & F. Gerritsen, 1994. Het mysterie van de Wadden, hoe een getijdesysteem inspeelt op de zeespiegelstijging. Rijkswaterstaat rapport RIKZ-94.040.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1996. Kustbalans 1995, de tweede kustnota. Brief aan de Tweede Kamer HW/AK 216261.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1998. Water kader, Vierde Nota Waterhuishouding.
- RPD, 1999a. De ruimte van Nederland, Startnota ruimtelijke ordening 1999.
- RPD, 1999b. De Omgevingseffecten Toets. RPDwars, nummer 5, juli 1999.
- Stam, J.M.T., 1999. Zandverlies op dieper water. Omvang, oorzaken, gevolgen en mogelijke tegenmaatregelen. Een samenvatting van de jongste inzichten. Rijkswaterstaat rapport RIKZ, concept 29 juni 1999.
- Stive, M.J.F., 1999a. Persoonlijke communicatie. WL | DELFT HYDRAULICS.
- Stive, M.J.F., 1999b. Beoordeling advies zandverlies op diep water. Externe beoordeling rapport RIKZ. WL | DELFT HYDRAULICS
- Svašek, 1998. Lange termijn gedrag Westerschelde. Definitiestudie zeespiegelstijging. Svašek rapport 98101/1044
- Vries, I. de, 1999. Persoonlijke communicatie. Rijkswaterstaat RIKZ.
- Vroon, J., 1999. Persoonlijke communicatie. Rijkswaterstaat RIKZ.

	Zeespiegel stijging	Langjarige verlanding	Zand- winning	Afsluiting	Gaswinning	Totaal
Eems- Dollard	1,33	3,44	4,5	0	0,7	9,97

Tabel 2 Verwachte sedimentvraag van de Waddenzee in 2020, bij een zeespiegelstijging van 60 centimeter per eeuw en aannamen volgens tabel 1. In miljoenen kubieke meters zand per jaar (naar Louters & Gerritsen, 1994).

Uit tabel 2 blijken de verschillen tussen de opbouw van de zandvraag van de verschillende kombergingsgebieden. Zeespiegelstijging speelt in alle zeegaten een belangrijke rol. De afsluitingen hebben vooral effect op het Marsdiep en het Friesche Zeegat. Gaswinning leidt voornamelijk in de meer naar het oosten gelegen zeegaten tot versterkte zandvraag en zandwinning zal na 2000 vrijwel alleen in de Eems-Dollard plaatsvinden. Overigens wordt opgemerkt dat de hier gepresenteerde sedimentvraag kan worden voldaan door import van zowel zand als slib. Vergelijking van bovenstaande getallen met de in de kustzone beschikbare hoeveelheid zand kan dus niet rechtstreeks tot conclusies leiden over verdrinking of verlanding van het Waddengebied. De import van slib moet bij een dergelijke analyse worden betrokken!

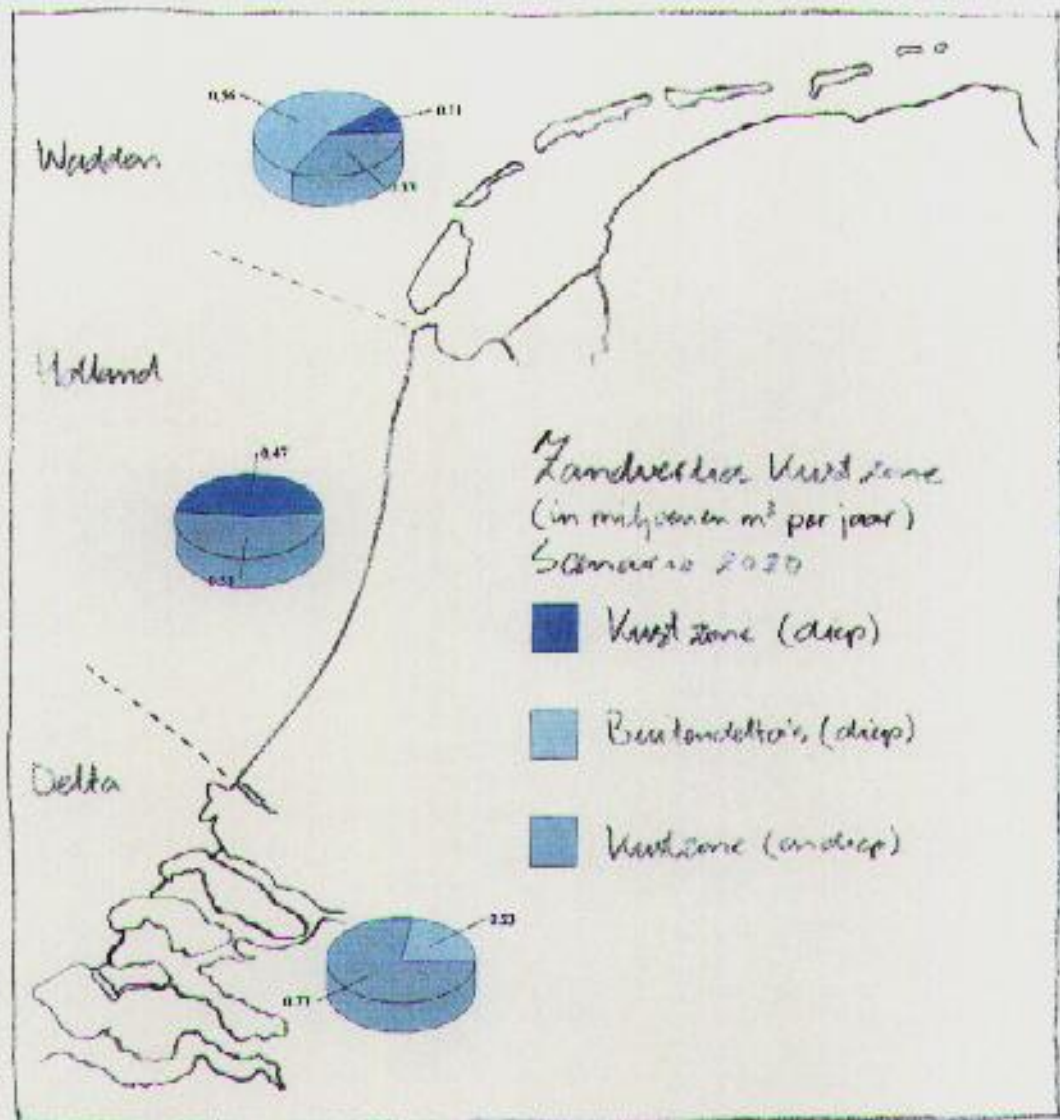


Figuur 3-1 Zandvraag Waddenzee.

3.2.4 Factsheet indicatorberekening zandvraag Waddenzee

1	Gegevens	De indicator 'Zandvraag Waddenzee' is de hoeveelheid zand die jaarlijks nodig is om het huidige Waddenmilieu te behouden bij de aangenomen zeespiegelstijging en omvang van menselijk ingrijpen.
2	Invuller / datum	Arjan van der Weck, augustus 1999
3	Herkomst	De indicator is afgeleid uit bestaande literatuurgegevens door Arjan van der Weck, w1. DELFT HYDRAULICS

Overigens moet worden opgemerkt dat de voorspelde toename van de zandverliezen op ondiep water voor de drie onderscheiden gebieden volgens de eerste kustnota veel groter is dan volgens de tweede kustnota (Stive, 1999b). Recent uitgevoerde modelberekeningen geven eveneens aanleiding het te verwachten zandverlies op ondiep water bij versnelde zeespiegelstijging aanzienlijk hoger in te schatten (Stive, 199b).



Figuur 4-2 Zandverlies kustzone

4.4 Factsheet indicatorberekening zandvolume kustzone

1	Gegevens	De indicator 'Zandvolume kustzone' bestaat uit de hoeveelheid zand die nodig is om de huidige kust te handhaven.
2	Invuller / datum	Arjan van der Weck, augustus 1999
3	Herkomst	De indicator is afkomstig uit bestaande literatuur. De gegevens werden opgezocht door Arjan van der Weck, WL DELFT HYDRAULICS