



Water en zand in balans

Evaluatie zandsuppleties na 1990; een
morfologische beschouwing

P. Roelse

Rapport RIKZ/2002.003
ISBN 90-36-369-3426-5

Referaat

In Nederland is al ongeveer 25 jaar ervaring opgedaan met zandsuppletie als een maatregel om stranden en duinen te herstellen na kusterosie en zwakke duinregels te verzwaren. In 1990 is een nieuw kustbeleid ingevoerd, waarbij zandsuppleties als belangrijkste middel is gekozen om de kusterosie te bestrijden. De rijksoverheid heeft de taak op zich genomen om de structurele kustachteruitgang te stoppen. De kustlijn van 1990, basiskustlijn genoemd, geldt hierbij als norm. Omdat geen structurele erosie meer mag optreden, maar wel het natuurlijke kustgedrag zo veel mogelijk wordt toegelaten, spreekt men van Dynamisch Handhaven.

In dit rapport wordt vanuit een morfologische invalshoek het kustbeleid geëvalueerd. Het blijkt dat de kustachteruitgang met zandsuppleties kan worden gestopt, hoewel er wel enige zorg bestaat over de duurzaamheid van de methode bij zeer steile onderwateroeveren. De zandbalans van de erosiegebieden is in evenwicht gebracht. Met de zandsuppleties wordt de benodigde ruimte voor de diverse kustfuncties gewaarborgd. De veiligheid tegen overstroming van het polderland en van objecten in de duinen neemt niet meer af. Er gaat geen duinareaal meer verloren en de recreatiestranden worden groter. Om goedkoper en meer met de natuur mee te werken wordt de laatste jaren zo veel mogelijk op de onderwateroever gesuppleerd. De ervaringstijd is nog te kort voor een evaluatie, maar de resultaten zijn bemoedigend.

Trefwoorden

zandsuppletie - kustverdediging - kustlijnhandhaving - kustbeleid – veiligheid

In The Netherlands experience with sand nourishment as a measure to repair beaches and dunes after coastal erosion and to reinforce weak dune belts has been acquired for about 25 years. In 1990 a new coastal policy was introduced, in which sand nourishment is the major means to control coastal erosion. The national government has undertaken the task to bring the structural coastal erosion to a halt. The coastline of 1990, called the basal coastline, is the standard in this. As no structural erosion is allowed anymore, but the natural behaviour of the coastal area is to remain as well as possible, this is called Dynamic Preservation.

In this report the coastal management is evaluated from a morphological approach. It appears that the coastal retreat can be stopped with sand nourishments, though there is some concern about the sustainability of the method in the case of very steep underwater slopes. The sand balance of the erosion areas has been balanced. The space needed for the various coastal functions is being guaranteed with sand nourishment. The safety against flooding of the polders and objects in the dunes is not decreasing anymore. No dune area is being lost and the recreational beaches are becoming larger. To work more economical and to work more with nature sand has been supplied to the (underwater) shore face as much as possible in the last few years. This period of experience is still too short for an evaluation, but the results are encouraging.

Key words

Sand nourishment – coastal defence – coastline preservation – coastal policy - safety

Inhoudsopgave

Samenvatting	9
Summary	11
1 Inleiding	15
2 Terugblik	19
2.1 Aanleiding tot evaluaties	19
2.2 Uitgevoerde evaluaties	19
2.3 Verandering evaluatiemethode	20
2.4 Resultaten van de vorige evaluaties	21
3 Uitgangspunten huidige evaluatie	25
3.1 Probleemstelling	25
3.2 Overzicht uitgevoerde strandsuppleties	26
3.3 Indeling van de kust	29
3.4 Data	30
4 Evaluatie handhaving Basiskustlijn	33
4.1 Besluitvorming suppletieschema	33
4.1.1 Criteria	33
4.1.2 Betrokken instanties	34
4.1.3 Procedure en verantwoordelijkheden	35
4.1.4 Regionale verschillen	36
4.2 Overschrijdingen Basiskustlijn	36
4.2.1 Algemene ontwikkelingen	36
4.2.2 Regionale verschillen	39
4.2.3 Verklaringen voor de huidige BKL-overschrijdingen	40
4.3 Kustlijnpositie	42
4.3.1 Algemene trends	42
4.3.2 Relatie met suppleties	44
4.3.3 Ontwikkelingen in sedimentatie- en erosiegebieden	46
4.3.4 Regionale verschillen	47
4.4 Zandvolume kustnabije zone	50
4.4.1 Inleiding	50
4.4.2 Zandbalans kustnabije zone	51
4.4.3 Zandverliezen in het gehele Nederlandse kuststelsel	58
4.5 Suppletie-ontwerp	59
4.5.1 Ontwerpfasen	59
4.5.2 Ontwerpfilosofie	60
4.5.3 Probleemschets	62
4.5.4 Werkwijze	63
4.5.5 Resultaten	64
4.6 Samenvatting kustlijnhandhaving	66
5 Evaluatie beleidsdoelstelling	69
5.1 Waterkering	69
5.2 Veiligheid in de zeeoever	71
5.3 Recreatie	73
5.4 Natuur	77
5.5 Samenvatting realisatie beleidsdoelstelling	80

6	Synthese: evaluatie dynamisch handhaven	83
6.1	Wordt de kusterosie efficiënt bestreden?	83
6.2	Wordt de duinenkust duurzaam gehandhaafd?	84
6.3	Blijven de fysieke randvoorwaarden voor de diverse kustfuncties en -kustwaarden aanwezig?	84
6.4	Aandachtspunten voor optimalisatie "dynamisch handhaven".	86
7	Onderwatersuppleties	89
7.1	Aanleiding	89
7.2	Werking en typen	89
7.3	Evaluaties	91
8	Conclusies en aanbevelingen	97
8.1	Eindconclusies	97
8.2	Discussie en aanbevelingen	97
	Literatuur	99
	Begrippenlijst	101
	BIJLAGE 1: Kustvakken waar "Dynamisch Handhaven" wordt uitgevoerd	104
	Figuren	
1.1	Nederlandse kust, regio's en kustvakken	
2.1	Geografische namen	
3.1	Jaarlijkse suppletiehoeveelheden sinds 1966	
3.2	Gesommeerde suppletiehoeveelheden sinds 1966	
3.3	Nederlandse kust, gesuppleerde hoeveelheden per kustvak sinds 1991 in het kader van "dynamisch handhaven".	
4.1	Berekening kustlijnpositie	
4.2	Berekening Basiskustlijn	
4.3	Besluitvorming zandsuppleties	
4.4	Overschrijdingen basiskustlijn 1992-1999	
4.5	Vergelijking te suppleren en gesuppleerde aantallen raaien	
4.6	Verdeling BKL-overschrijdingen in 1992 en 1999	
4.7	Procentuele BKL-overschrijdingen in de regio's	
4.8	BKL-overschrijdingen in de kustvakken	
4.9	BKL-overschrijdingen volgens de toetsingsmethodiek (TKL) en volgens de metingen (opgetreden MKL)	
4.10	Ontwikkeling kustarealen	
4.11	Verplaatsingen gemiddelde MKL langs de Nederlandse kust en de suppletie-invloeden hierop	
4.12	Kustlijnpositie 1990 en 1998 t.o.v. BKL	
4.13	Gemiddelde kustlijnverplaatsing, onderverdeeld in sedimentatie- en erosiegebieden	
4.14	Trends MKL-verplaatsing in de regio's Wadden, Holland en Delta, in de perioden 1980-1989 en 1990-1998	
4.15	Trends MKL-verplaatsing in de regio's diverse kustvakken in de perioden 1980-1989 en 1990-1998	
4.16	Profielversteiling zuidwestkust Walcheren	
4.17	Nederlandse kust. Volume-ontwikkeling JARKUS-zone 1969-1998.	
4.18	Vergelijking verloop autonome kustontwikkeling met 18,6-jaarlijkse getijcyclus	
4.19	Regio Wadden. Volume-ontwikkeling JARKUS-zone 1969-1998	

- 4.20 Regio Holland. Volume-ontwikkeling JARKUS-zone 1969-1998
- 4.21 Regio Delta. Volume-ontwikkeling JARKUS-zone 1969-1998
- 4.22 Erosie en suppletie na 1990 in de Nederlandse kustvakken
- 4.23 Principeschets suppletie-ontwerp
- 4.24 Jaarlijkse suppletiekosten, jaarlijkse suppletiehoeveelheden en m³-prijs versus herhalingstijd
- 5.1 Locaties zwakke schakels en markante objecten in de zeereep.
- 5.2 Effect suppleties op waterkeringsfunctie
- 5.3 Effect suppleties op veiligheid objecten in zeereep
- 5.4 Ontwikkeling gemiddelde strandbreedten Nederlandse recreatietrajecten
- 5.5 Verplaatsing strand- en duinvoetlijnen Nederlandse recreatietrajecten
- 5.6 Breedte recreatiestranden in 1990 en 1998
- 5.7 Effect natuurlijke kustfluctuatie op positie strandlijnen recreatiestrand Schiermonnikoog
- 5.8 Effect natuurlijke kustfluctuatie op positie strandlijnen recreatiestrand Scheveningen
- 5.9 Ontwikkeling van het duinareaal tussen 1980 en 1998
- 5.10 Ontwikkeling van het duinareaal in de regio's
- 5.11 Ontwikkeling van het duinareaal in de kustvakken
- 7.1 Vergelijking effect onderwatersuppletie en strandsuppletie op MKL

Tabellen

- 2.1 Overzicht geselecteerde suppletieprojecten t.b.v. de evaluatie op lokale aspecten
- 2.2 Overzicht geëvalueerde kustvakken t.b.v. grootschalige effecten
- 3.1 Suppletiehoeveelheden Nederlandse kust t/m 2000 (Mm³)
- 3.2 Gesuppleerde kustlengte
- 4.1 Vergelijking aantallen te suppleren en gesuppleerde raai vakken
- 4.2 Ontwikkeling kustarealen en gemiddelde verplaatsing kustlijnen
- 5.1 Onderzochte zwakke schakels in de duinwaterkering
- 5.2 Onderzochte objecten in de zeereep
- 5.3 Trends strandlijnen en strandbreedten Nederlandse recreatietrajecten
- 5.4 Trends groei en afname Nederlands duinareaal
- 6.1 M³-prijzen (Euro) zandsuppleties Noordzeelanden (prijspeil 1999)
- 7.1 Vooroever- en onderwatersuppleties t/m 1999



(Foto Jan van den Broeke)

Samenvatting

Op basis van de gunstige ervaringen met zandsuppleties als kustverdediging heeft de rijksoverheid in 1990 besloten om deze methode voor de gehele Nederlandse kust toe te passen. Zandsuppleties hebben grote voordelen boven harde verdedigingsconstructies. Ze zijn effectief, passen goed in het natuurlijke systeem en zijn relatief goedkoop. Omdat zandsuppletie de mogelijkheid biedt om de kust enige vrijheid te geven voor natuurlijke fluctuaties wordt deze wijze van kustverdediging Dynamisch Handhaven genoemd.

Na bijna 10 jaar ervaring met Dynamisch Handhaven is een evaluatie uitgevoerd die de gehele Nederlandse kust omvat. Eerdere evaluaties moesten beperkt blijven tot individuele suppleties en tot kusttrajecten waar enkele suppleties waren uitgevoerd. Bij de huidige evaluatie kon voor het eerst ook aandacht worden gegeven aan onderwatersuppleties. De evaluatieresultaten hebben echter vrijwel uitsluitend betrekking op strandsuppleties. In enkele gevallen waren deze gecombineerd met een vooroever-suppletie. De effecten van de onderwatersuppleties, die op enige afstand uit de laagwaterlijn zijn aangebracht, zijn te recent om aan de hand van de meetreeksen te kunnen beoordelen. Alleen de onderwatersuppletie op Terschelling (1994) is hiervoor geschikt.

De resultaten van de evaluatie zijn bevredigend. De taak die de rijksoverheid in 1990 op zich heeft genomen, het bestrijden van de structurele erosie, kan met zandsuppleties goed worden uitgevoerd. Slechts op enkele locaties in Zeeland met zeer steile onderwateroever bestaat er zorg over de duurzaamheid van de methode. In het kustonderzoekprogramma wordt hieraan aandacht besteed. Bij de thans uitgevoerde evaluatie is de gehele Nederlandse kust beschouwd. Conclusie is dat met het nieuwe kustbeleid de structurele erosie onder controle is. De bedreiging van belangen in de kustzone door kustachteruitgang behoort hiermee tot het verleden. De controle over de kustontwikkeling biedt tevens kansen voor nieuwe ontwikkelingen. Zo zijn er mogelijkheden voor het toelaten van natuurlijke fluctuaties, doorbraken van de zeereep en verstuvende duinen. Ongewenste ontwikkelingen kunnen met zandsuppletie worden gestopt of teruggedraaid.

Hoewel het aantal nog steeds afneemt, wordt de te handhaven kustlijn, de Basiskustlijn, nog in ca 10% van het aantal meetraaien overschreden. Dit heeft te maken met de bedrijfseconomische invulling van het suppletieschema, maar ook met de visie op de toe te laten dynamiek. In de acceptatie van dynamiek komen regionale verschillen naar voren in kusttype, maar ook in bestuurlijke benadering. Door de zandsuppleties neemt het zandvolume in de kustnabije zone toe. Zonder suppleties zou in de afgelopen 15 jaar een trendmatig zandverlies in de kustnabije zone zijn opgetreden van 1,75 Mm³/j

Door de huidige programmering zijn de Nederlandse suppleties kosteneffectief. Slechts op enkele locaties in Zeeland en Noord-Holland moeten tussentijdse, relatief dure suppleties worden uitgevoerd omwille van de smalle waterkering en/of de veiligheid bij badplaatsen.

De kubieke meterprijzen van de Nederlandse kustsuppleties zijn de laagste van de Noordzeelanden.

Met zandsuppleties kunnen de fysieke randvoorwaarden van de diverse kustfuncties in stand worden gehouden.

- Het waterkerend vermogen van de zwakste schakels in de duinwaterkering is gehandhaafd of toegenomen.
- De schadekans bij duinafslag van voorheen bedreigde boulevards en gebouwen in de zeereep is afgenomen.
- Stranden voor dijken, boulevards en duinvoetverdedigingen kunnen met suppleties worden hersteld en/of behouden. Mede door de zandsuppleties neemt de ruimte tussen duinvoet en hoogwaterlijn (droge strand) van de Nederlandse recreatiestranden toe. Verlies van duinareaal door kusterosie is gestopt. Mede door zandsuppleties nam reeds voor 1990 het duinareaal aan de zeezijde toe met 23 ha per jaar. Sinds 1990 bedraagt de trendmatige jaarlijkse groei 57 ha.

Deze conclusies zijn voornamelijk gebaseerd op strandsuppleties. Om goedkoper en meer met de natuur mee te werken wordt de laatste jaren zo veel mogelijk op de onderwateroever gesuppleerd. De effecten hiervan op de kustlijnligging worden pas na enige jaren duidelijk. De ervaringstijd is dus nog te kort voor een evaluatie, maar de voorlopige resultaten zijn bemoedigend. Op basis van de evaluatie wordt aanbevolen aandacht te besteden aan:

- het spanningsveld tussen handhaven en dynamiek toelaten,
- de risico's van steile vooroevers,
- de effectiviteit van onderwatersuppleties,
- de verdere afstemming tussen het handhaven van de BKL en het compenseren van de zandverliezen op dieper water (zowel inhoudelijk als ten aanzien van de besluitvormingsprocedure),
- het niveau waarnaar het aantal BKL overschrijdingen dient te worden teruggebracht en
- ontwikkelingen in de kustzone zoals grootschalige zandwinning, Europese regelgeving, de kustverdediging bij kustplaatsen en zwakke schakels.

Summary

Based on the favourable experiences with sand nourishment as a way of coastal defence, the national government decided in 1990 to apply this method to the entire Dutch coast.

Sand nourishment has huge advantages over solid defence constructions. It is effective, fits the natural systems very well and is relatively cheap. As sand nourishment offers the opportunity to let the coast have a bit of freedom to fluctuate naturally, this way of coastal defence is called Dynamic Preservation.

After almost 10 years of experience with Dynamic Preservation an evaluation has been carried out that covers the entire Dutch coast. Former evaluations had to be limited to sand nourishment on particular spots and to coast sections where on several spots sand nourishment had been carried out.

The present evaluation, however, can pay attention to the underwater sand nourishment. The evaluation results concern almost exclusively beach nourishment though. In a few cases these were combined with sand nourishment of the shore face. The effects of underwater nourishment, that has been supplied at a certain distance from the low-water line, are too fresh to judge by way of the measurement series. The only underwater sand nourishment project that is suitable is that of the Isle of Ameland.

The results of the evaluation are satisfactory. The task, which the national government undertook in 1990, the fighting of structural erosion, can be carried out well with sand nourishment. Only on a few locations in the province of Zeeland that have very steep underwater slopes, there is concern about the sustainability of the method. Attention is being paid to it in the coastal research programme. In the present evaluation the entire Dutch coast is involved. It can be concluded that with the new coastal policy the structural erosion is under control. The threat to interests in the coastal zone by coastal retreat is now a part of the past. The control of the coastal development is offering opportunities for new developments. There are opportunities for allowing natural fluctuations, breaches in the foredune and drifting dunes. Unwanted developments may be stopped or reversed by sand nourishment.

Although the number is still decreasing, the coastline to be maintained, the Basal Coastline, is still being exceeded in about 10 % of the number of the transects. This has got to do with both the business economic interpretation of the nourishment scheme and the view on the dynamics allowed. In the acceptance of dynamics both regional differences in coastal type emerge and in administrative approach.

The volume of sand is increasing in the near-coastal zone by the nourishments. Without sand nourishment a trend-like sand loss in the near-coastal zone would have occurred of 1.75 Mm³/j.

The programming of the nourishments is cost effective. Only on a few locations in the provinces of Zeeland and Noord-Holland premature, relatively expensive nourishments have to be carried out, because of

the narrow dikes and/or safety for seaside resorts.

The costs per cubic metre of the Dutch sand nourishments are lowest compared to all North Sea countries.

With sand nourishments the physical limiting conditions of the various coastal functions can be maintained.

- The damming capacity of the weakest links in the dune dams has been maintained or increased.
- The odds that damage of formerly threatened sea-fronts and buildings occurs by dune erosion has diminished.
- Beaches in front of dikes, sea-fronts and dune-toe defences can be restored and/or preserved with sand nourishment. Partly due to sand nourishment the space between dune-toe and high-water line of the Dutch recreational beaches is increasing (dry beach). The loss of dune area by coastal erosion stopped. Partly due to sand nourishment the dune area increased at the seaward side with 23 ha per year already before 1990. Since 1990 the trend-like annual growth amounts to 57 ha.

These conclusions have been based mainly on beach nourishment. The last couple of years as much as possible sand is being supplied to the underwater shore face in order to work cheaper and to cooperate more with nature. Its effects on the position of the coastline will become clear only after a couple of years. Therefore, the period of experience is still too short for evaluation, the preliminary results are encouraging though.

Based on the evaluation it is recommended to pay attention to:

- The field of tension between maintaining and allowing dynamics,
- The risks of steep foreshores,
- The effectiveness of underwater sand nourishment,
- The further tuning between maintaining of the BC and compensating sand losses in deeper water (both with respect to contents and the decision-making procedure),
- The level to which the number of BC-exceedings needs to be reduced and
- the developments in the coastal zone such as large-scale sand extraction, European regulations, coastal defence near seaside towns and weak links



Van de ongeveer 3000 km duinenkust in Europa ligt zo'n 10% in Nederland. Door de bijzondere landschappelijke en ecologische betekenis hebben de duinen een grote belevingswaarde. Het handhavingsbeleid draagt bij aan het instandhouden van de duinenkust.
(Foto Jan van den Broeke)

1. Inleiding

In 1991 is begonnen met de uitvoering van "Dynamisch Handhaven", het bestrijden van de kusterosie met behoud van enige natuurlijke dynamiek. De norm is de kustlijnpositie van 1990, de basiskustlijn genoemd; deze mag in principe niet landwaarts worden overschreden. Naast enkele harde constructies zijn bij de erosiebestrijding voornamelijk zandsuppleties toegepast.

Na de 1e kustnota, de beleidskeuzenota van 1990, verscheen in 1995 de 2e kustnota met een evaluatie van 4 jaar kustlijnhandhaving. In 2000 is de 3e kustnota uitgebracht, die na 9 jaar ervaring met kustlijnbeheer een aanzet geeft voor integraal kustzonebeheer.

Ten behoeve van de 2e kustnota werd de doelmatigheid van zandsuppleties als kustverdediging onderzocht. Naast het handhaven van de basiskustlijn werd hierbij tevens gekeken naar de effecten op het zandbudget, het duinareaal, de strandbreedte en de duinwaterkering. Een belangrijke beperking vormde de korte ervaringstijd met handavingsuppleties. Voor de evaluatie werden daarom 5 kusttrajecten geselecteerd waarin op diverse plaatsen en jaren suppleties waren uitgevoerd. Hierbij werden ook de suppleties van vóór 1991 betrokken.

Op de ruimteschaal van de beschouwde trajecten -enkele kilometers- bleken de zandsuppleties zeer effectief. Gemiddeld werden zowel de kustlijn als het volume van de kustzone goed gehandhaafd.

Op raainiveau bleek het kustgedrag echter vrij grillig, zodat overschrijdingen van de basiskustlijn niet geheel zijn te voorkomen.

Bij de thans uitgevoerde evaluatie is de zandbalans van de Nederlandse kust over haar gehele lengte beschouwd. Hierbij zijn 3 regio's onderscheiden met 14 van de in totaal 17 kustvakken (figuur 1.1). Voorts is onderscheid gemaakt tussen erosie- en sedimentatiegebieden (zie bijlage 1).

In deze evaluatie wordt het "Dynamisch Handhaven" beleid beschreven aan de hand van (fysisch/morfologische) parameters, waarna vervolgens de ontwikkelingen in de tijd worden geïnterpreteerd. Enkele summiere uitstapjes worden gemaakt naar morfologische processen, financiële aspecten en besluitvorming. Andere aspecten van kustzonezorg, zoals zandwinning, nieuwe uitvoeringstechnieken van zandsuppleties, nieuwe contractvormen en Europese regelgeving zijn niet of in andere kaders geëvalueerd.

Na een samenvatting van de vroegere evaluaties in hoofdstuk 2 worden in hoofdstuk 3 de uitgangspunten en aanpak van de huidige evaluatie besproken. De hoofdstukken 4 en 5 geven de resultaten weer; hoofdstuk 4 met betrekking tot het tegengaan van de kusterosie en het handhaven van de Basiskustlijn, hoofdstuk 5 vanuit de optiek van de diverse functies van de kustzone. In hoofdstuk 6 worden de resultaten geconfronteerd met de doelstellingen van "Dynamisch Handhaven". Speciale aandacht is er in hoofdstuk 7 voor de vrij nieuwe vorm van kustonderhoud, de onderwatersuppleties. In hoofdstuk 8 volgen naast de vermelding van de conclusies enkele aanbevelingen voor onderzoek en voor de volgende evaluatie.

Dit betreft naast de monitoring o.a de criteria voor het omgaan met BKL-overschrijdingen en de afstemming hierop van het ontwerp van zandsuppleties.

Figuur 1.1
Nederlandse kust, regio's en kustvakken.





(Foto Jan van den Broeke)

2. Terugblik

2.1 Aanleiding tot evaluaties

Kustverdediging was vroeger een taak van de lokale kustbeheerder, een waterschap of hoogheemraadschap, de Rijkswaterstaat en soms een gemeente. De middelen die toegepast konden worden waren strandhoofden, oeverbestortingen, duinvoetverdedigingen of dijken. Pas met de invoering van het rijksbeleid voor de kustverdediging behoort erosiebestrijding tot de taken van de rijksoverheid. De zorg voor de waterkering bleef bij de lokale beheerders. Vanaf de jaren '70 waren de baggertechnieken zover ontwikkeld dat een efficiënte uitvoering van zandsuppleties aan de kust mogelijk werd. Met name de ontwikkeling van de sleephopperzuiger droeg hieraan bij. De eerste suppleties werden overwegend uitgevoerd in combinatie met grote werken waar zand overbleef. In tegenstelling tot de harde maatregelen bleek zandsuppletie een uitstekend middel om de kusterosie te stoppen met duurzaam behoud van strand en duin. Gezien de aanvankelijke scepsis tegen deze nieuwe, zachte manier om de kust te verdedigen zijn diverse evaluaties uitgevoerd om de doelmatigheid te checken.

In 1987 werd aan de kop van Schouwen eenmalig de zogenaamde Rainbow suppletie-methode toegepast. Een van de nadelen ervan was dat er zoute spuitnevel in de duinen terecht kwam. (Foto archief RIKZ)



2.2 Uitgevoerde evaluaties

Een eerste evaluatie is uitgevoerd in 1987 (Rijkswaterstaat, 1987). Aanleiding waren vragen in de Tweede Kamer over de effectiviteit van zandsuppleties in vergelijking tot andere typen kustverdediging. In 1990 kozen Regering en parlement op basis van de eerste kustnota voor 'dynamisch handhaven van de kustlijn'. Het toepassen van zandsuppleties werd één van de uitgangspunten van het kustbeleid en sindsdien worden er jaarlijks suppleties uitgevoerd. Om de doelmatigheid van deze suppleties te kunnen onderzoeken startte in 1991 het project Evazand (EVALuatie ZANDsuppleties). Dit project legt

de nadruk op de morfologische effecten van de suppleties. In het kader van een voortgangsrapportage voor de Tweede Kamer voerde Evazand in 1993 voor de tweede keer een evaluatie uit, waarbij het gedrag van afzonderlijke suppletie werd gevolgd (Roelse, 1993).

Ten behoeve van de Tweede kustnota (Min. V&W, 1995) bracht EVAZAND het evaluatierapport 'Evaluatie van zandsuppleties aan de Nederlandse kust 1975-1994' uit (Roelse, 1996). Dit rapport bestaat uit twee delen: deel I geeft nogmaals de resultaten van de voortgangsrapportage van 1993, deel 2 geeft een evaluatie van vijf kustvakken waar in de genoemde periode diverse malen is gesuppleerd.

2.3 Verandering evaluatiemethode

Bij de eerste evaluatie in 1987 was het aantal suppleties en de informatie ervan beperkt. Bovendien waren de (hoofd)doelstellingen verschillend en niet altijd goed vastgelegd, mede door de combinatie met andere werken. De evaluatieresultaten hadden daarom slechts betrekking op lokale effecten en op korte termijn. Pas naarmate er meer suppleties zijn uitgevoerd en systematisch zijn gemonitord wordt een beoordeling op een grotere tijd- en ruimteschaal mogelijk.

Voor de eerste evaluatie van de kustsuppleties zijn 9 kustvakken onderzocht. Er is gekozen voor de 'volumebenadering': op basis van hoogte- en dieptecijfers wordt de zandinhoud van een kustvak en van de suppletie voor een groot aantal jaren bepaald.

Door de jaarcijfers naast elkaar te houden en de trend te vergelijken kan een indruk worden verkregen van de aanzanding of erosie. Deze benadering is vrij grof.

Bij de tweede evaluatie in 1993 zijn de suppleties in breder kader geplaatst. De volgende aspecten zijn bij deze evaluatie onderscheiden: handhaving basiskustlijn, erosiecompensatie, ontwerp (inschatting erosie), effectiviteit suppletie, strandbreedte, veiligheid waterkering (volume afslagzone) en de stabiliteit van de duinvoet. Om op een objectieve manier te kunnen toetsen zijn per aspect kengetallen vastgelegd en deze kengetallen zijn voor iedere individuele suppletie berekend. Er zijn 12 kustvakken bekeken, waarvan 5 ook opgenomen waren in de eerste evaluatie. Overigens, de 12 geëvalueerde suppleties waren allen voor 1990 uitgevoerd, van de nieuwe "handhavings-suppleties" was nog niet veel te zeggen na zo'n korte tijd.

Het nadeel van onderzoek met kengetallen per vak is dat er geen rekening wordt gehouden met effecten op aangrenzende kustvakken en ook niet met de beïnvloeding van in de loop der tijd in een bepaald kusttraject uitgevoerde suppleties.

In de loop van de jaren werd het aantal suppleties groter. Het werd mogelijk een bredere kijk te krijgen op de effecten van de suppleties. In deel 2 van de tweede evaluatie werden vijf kustvakken betrokken, die representatief voor de hele kust werden geacht, er werd gekeken naar het totale zandvolume en naar de positie van de kustlijn.

In het rapport dat nu voor u ligt wordt de kust over haar hele lengte bekeken. Daarvoor is uitgegaan van dezelfde kustvakindeling als in "Zand voor Nederland" (Groenendijk, 1997).

2.4 Resultaten van de vorige evaluaties

Uit de vorige evaluaties zijn enkele algemene conclusies te trekken. Ten eerste dat suppleren een doelmatige methode is om de Nederlandse kustlijn te handhaven, zowel nu als in de toekomst. Ten tweede dat het goede uitgangspunten biedt voor het instandhouden van de overige functies en waarden op het strand en in de duinen. Door de suppleties werden de duinveiligheid, de natuur en de strandrecreatie goed tot zeer goed gediend. En tot slot is geconcludeerd dat de effectiviteit van de suppleties kan worden verbeterd door een goede programmering en door uitgekiend ontwerpen. De economische herhalingsijd moet ca. 5 jaar zijn.

De gemiddelde effectiviteit van de suppleties bedroeg 80%. Zoals uit tabel 2.1 blijkt, werd op de meeste plaatsen de kustachteruitgang goed tot staan gebracht door de suppleties. De effectiviteit is bepaald door vergelijking van kusterosie vóór en ná het suppleren. Het nadeel van deze methode is, dat de veranderende natuurlijke ontwikkeling mede de effectiviteit bepaalt, de resultaten liepen dan ook nogal uiteen. De locaties uit tabel 2.1 zijn aangegeven in figuur 1.1 en 2.1. Hierin zijn tevens de locaties aangegeven die in het vervolg van dit rapport worden genoemd.

Tabel 2.1

Overzicht geselecteerde suppletieprojecten
t.b.v. de evaluatie op lokale aspecten.

locatie	jaar	Beoogde levensduur (j)	hoeveelheid (Mm ³)	type	Beoordeling			
					Kustlijnhandhaving	Effectiviteit*)	Functies kustzone	
Ameland	1980	8 à 10	2,2	365	Duinfront	++	++	++
Texel, Eierland	1979	5	3,05	510	Strand + banket	+	-	+
Texel, Eierland	1985	5	2,85	480	Strand + banket	+	+	+
Texel, DeKoog	1984	10	3,02	500	Strand + banket	-	-	+
Callantsoog	1986	13	1,30	440	Strand+ duin	+	—	+
Zwanenwater	1987	15 à 20	1,70	400	Strand + banket	+	+	-
Scheveningen	1975	-	0,70	230	Strand + banket	?	?	?
Scheveningen	1985	-	0,33	130	Strand + banket	?	?	?
Goeree	1977	5	1,27	420	Strand + duinfront	++	?	?
Goeree	1984/5	5	0,86	290	Strand	++	?	?
Schouwen	1987	5	1,83	1080	Strand + vooroever	++	+	++
Cadzand	1988	5	1,02	560	Strand + vooroever	++	—	++

Toelichting: ++ zeer goed + goed - matig — slecht ? geen gegevens

*) erosie vóór t.o.v. erosie ná suppleren (niet gecorrigeerd voor autonome trendverandering)

De suppleties Ameland (1980), Eierland (1979), Eierland (1985), De Koog (1984) en Scheveningen (1975) werden zowel in de eerste als in de tweede evaluatie meegenomen. De resultaten van beide evaluaties kwamen goed overeen. De suppletie in Ameland heeft in vrijwel alle opzichten ruimschoots voldaan, de eerste suppletie op Eierland blijft wat effectiviteit wat achter (70%) en benadert voorts de doelstelling. De volgende suppletie op Eierland (1985) heeft de kustlijn minder dan vijf jaar gehandhaafd, voor de overige aspecten scoort deze suppletie redelijk tot goed. Bij De Koog was er een matige effectiviteit (60%), terwijl de doelstellingen voor kustlijnhandhaving en erosiecompensatie niet geheel zijn gehaald.

Figuur 2.1

Geografische namen.



Van de suppletie in Scheveningen werd in beide evaluaties geconstateerd dat deze moeilijk op zijn doelstellingen was te beoordelen.

Van elk kustvak is de ontwikkeling in de tijd van het volume en van de kustlijn onderzocht (tabel 2.2). Tussen De Koog en het Eierlandsche Gat (Texel) is tussen 1979 en 1995 14,8 Mm³ zand opgespoten, dit kon de erosie (15,8 Mm³) niet helemaal compenseren. In de overige kustvakken bleek de erosie juist kleiner dan de totaal opgebrachte hoeveelheid zand. Dit hoort deels zo omdat de laatste suppletie in een vak nog niet is uitgewerkt, maar in de kustvakken Ameland, Schouwen en Walcheren is ook sprake van afnemende natuurlijke erosie (P. Roelse, Evaluatie van zandsuppleties aan de Nederlandse kust 1975-1994, een morfologische beschouwing).

Tabel 2.2

Overzicht geëvalueerde kustvakken
t.b.v. grootschalige effecten.

locatie	kustvak (km)	Uitgevoerde suppleties t/m 1994			Verandering kustvolume		
		sinds	aantal	Volume (Mm ³)	periode	Hoeveelh. (Mm ³)	Zandbalans (Mm ³)
Ameland	10-20	1980	3	4,87	'80-'95	-3,98	0,89
Texel	18-31	1979	6	14,76	'79-'95	-15,76	-1,00
N-Holland	05-20	1976	7	5,77	'75-'95	-4,70	1,07
Schouwen	11-17	1987	2	4,33	'85-'95	-2,38	1,95
Walcheren	22-26	1984	6	1,61	'84-'95	-1,25	0,36



*(Foto archief Meet- en Informatiedienst
RWS Vlissingen)*

3. Uitgangspunten huidige evaluatie

3.1 Probleemstelling

Uit de hoofddoelstellingen van “dynamisch handhaven”, gekozen op basis van het beleidsplan “Kustverdediging na 1990, Beleidskeuze voor de kustlijn­zorg” volgen de vragen voor de morfologische evaluatie van de zandsuppleties:

- Wordt de erosie efficiënt bestreden?
- Wordt de duinenkust duurzaam gehandhaafd?
- Blijven de fysieke randvoorwaarden voor de diverse kustfuncties en -waarden aanwezig?

Aanpak

Bij de evaluatie is onderscheid gemaakt tussen de beleidsuitvoering en de effecten van het beleid.

1. Wordt het beleid goed uitgevoerd?

De uitvoering van “dynamisch handhaven” is opgedragen aan de Rijkswaterstaat. Deze heeft tot taak de kustlijn te handhaven. De te toetsen kustlijn (TKL) mag de basiskustlijn (BKL) niet overschrijden. Omdat vanaf 1990 niet gelijk alle eroderende kustdelen konden worden gesuppleerd zijn er toch overschrijdingen opgetreden.

Nagegaan is of het aantal overschrijdingen in de daaropvolgende jaren is afgenomen en of tijdig is ingegrepen met suppleties.

Met het handhaven van de BKL wordt beoogd de kusterosie te stoppen. De BKL heeft echter alleen betrekking op het bovenste deel van het kustprofiel. Door het uitvoeren van strandsuppleties wordt het kustprofiel steiler. Het kan daarom voorkomen dat de BKL wordt gehandhaafd, terwijl de totale zandhoeveelheid in het kuststelsel toch afneemt. Nagegaan is of het zandvolume in de eroderende trajecten van de kustnabije zone (het meetgebied van JARKUS, de Jaarlijkse kustmetingen) op peil is gehouden.

Tot slot is gekeken naar de kosteneffectiviteit van suppleties.

Hierbij heeft de keuze van de herhalingstijd een belangrijke invloed op de kosten over langere periode. Een lange herhalingstijd betekent een grote zandhoeveelheid per suppletie. Dat drukt de kosten per m³, omdat de vaste kosten niet toenemen. De kosten voor de laatste jaren moeten echter langer van tevoren worden uitgegeven. Dat kost extra. Bovendien wordt de effectiviteit van de suppleties minder omdat door een snellere verspreiding van het suppletiezand een groter deel terecht komt in sedimenterende kustdelen en geen dienst doet voor de erosiebestrijding.

De evaluatie van de uitvoering van het beleid taakuitoefening van de Rijkswaterstaat is beschreven in hoofdstuk 4.

2. Worden de doelstellingen van het kustbeleid gehaald?

De achterliggende doelstelling van de erosiebestrijding is het niet verloren laten gaan van de duinenkust. Vanwege de beschermende waterkeringsfunctie voor het laaggelegen achterland worden de Nederlandse duinen al lange tijd beschermd door de waterkeringbeheerders. Dankzij deze bescherming neemt de Nederlandse duinenkust in Europees verband een unieke plaats in en vervult ze een belangrijke ecologische functie. Daarnaast is de kust van

groot economisch belang door de recreatieve functie. Bij de evaluatie van de beleidsdoelstellingen zijn de volgende aspecten beschouwd:

- Waterkering

In Nederland zijn ca. 10 locaties waar de duinveiligheid zo marginaal is dat stringente handhaving van de BKL nodig is om het vereiste veiligheidsniveau te handhaven. Voor deze locaties is de ontwikkeling van de duinsterkte nagegaan aan de hand van de duinafslag die (theoretisch) zou zijn opgetreden onder maatgevende omstandigheden.

- Veiligheid duinobjecten

Ten behoeven van de functies wonen en recreatie zijn in diverse kustplaatsen gebouwen op de zeereep geplaatst. Van een aantal tot de verbeelding spreken de objecten is nagegaan of de faalkans door duinafslag na 1990 niet is toegenomen.

- Strandrecreatie

De strandrecreatie heeft baat bij voldoende ruimte, met name van het zgn. droge strand, de ruimte die bij hoogwater over blijft tussen de waterlijn en de duinvoet. Omdat niet overal sprake is van intensief strandgebruik, zijn alleen de kustgebieden met recreatieconcentraties beschouwd. Van deze gebieden is de ontwikkeling van de strandbreedte (droog strand en strand bij laagwater) na 1990 vergeleken met die vóór 1990.

- Natuur

Voor de natuurfunctie is nagegaan of het verlies aan duinareaal is gestopt. Hiervoor is de verplaatsing van de zeewaartse begrenzing van het duingebied maatgevend gesteld. Zowel de ontwikkeling van het duinfront, als van de duinvoet is in beeld gebracht.

De effecten van het kustbeleid op de diverse functies zijn beschreven in hoofdstuk 5.

3.2 Overzicht uitgevoerde strandsuppleties

De eerste zandsuppleties ontstonden vaak door lokaal initiatief.

Van een integrale visie op suppleties was nog geen sprake.

De suppleties hadden daarom diverse doelstellingen en werden vaak in combinatie met andere waterstaatswerken uitgevoerd, waarbij zand vrij kwam. Naarmate de technische mogelijkheden toenamen en voordelen duidelijker werden werd suppleren meer structureel.

Zo werden in de jaren '80 veel duinverzwaringen uitgevoerd met een strandsuppletie om de erosie voor een bepaalde tijd op te vangen.

Op plaatsen waar recreatiestranden landwaarts werden gegrensd door harde constructies bleek zandsuppletie het enige afdoende middel om een voldoende breed strand te creëren en te behouden (Scheveningen, Vlissingen, Bergen). Suppleties werden ook toegepast in combinatie met bestaande strandhoofden, enerzijds als aanvulling op de werking van de hoofden, anderzijds om dure reconstructie van hoofdenstelsels te voorkomen.

Met het nieuwe kustbeleid in het verschiet werd in 1990 een speciale suppletieronde langs de Nederlandse kust gemaakt om de schade te herstellen die was aangericht door de stormenperiode in februari en maart van dat jaar, bekend als de "crocusstormen".

Na 1990 zijn vrijwel uitsluitend suppleties uitgevoerd ter handhaving van de basiskustlijn, met als doel het duurzaam behoud van de duinen als waterkering en met behoud van functies en waarden. Hierbij wordt gewerkt volgens een landelijk schema, waarbij vrij grote kusttrajecten in een keer worden gesuppleerd. Deze schaalvergroting en

uniformering zijn ook in het baggermaterieel terug te vinden. Op enkele uitzonderingen met stationaire zuigers na worden thans vrijwel uitsluitend middelgrote sleephopperzuigers ingezet. Een nieuwe ontwikkeling is de toepassing van onderwatersuppleties, waarbij het zand op enkele honderden meters van het strand op de zeebodem wordt gedumpt. Het grote voordeel hiervan is de lage kostprijs in vergelijking met een strandsuppletie. Met deze suppletie-methode werd ook een nieuwe contractvorm geïntroduceerd. Omdat deze werkwijze minder aan tijd (strandexploitatie) gebonden is, kunnen onrendabele uren van zuigers worden benut onder "optiecharter". Hierbij huurt de Rijkswaterstaat het werktuig tegen een van tevoren afgesproken tarief.

Tabel 3.1 geeft een overzicht van de t/m 2000 aan de Nederlandse kust nabije zone toegevoegde zandhoeveelheden. In de figuren 3.1 en 3.2 is voor de drie onderscheiden regio's de ontwikkeling van de suppletiehoeveelheden in de tijd weergegeven. Figuur 3.3 geeft voor de diverse kustvakken de hoeveelheden aan die zijn gesuppleerd in het kader van "dynamisch handhaven".

Tabel 3.2 geeft per regio de kustlengten, waarover vóór "dynamisch handhaven" (t/m 1990) en tot voor kort (t/m 2000) suppleties zijn uitgevoerd.

In de evaluatieperiode (t/m 1998) is 96 Mm³ zand in het kuststelsel gebracht, 51 Mm³ in de periode 1991-1998 in het kader van "dynamisch handhaven" en 45 Mm³ in de periode t/m 1990.

Voor het in stand houden van de waterkering en enkele recreatie-stranden was voor 1991 reeds een kwart van de nadien te handhaven kustlengte gesuppleerd (de kustuitbouw bij Hoek van Holland niet meegerekend). Na 10 jaar "dynamisch handhaven" is ruim 60% gesuppleerd. Verwacht mag worden dat door zeespiegelstijging en verplaatsende erosiegebieden dit percentage zal toenemen.

Tabel 3.1

Suppletiehoeveelheden Nederlandse kust t/m 2000 (Mm³).

Regio	Vóór "dynamisch handhaven"		"Dyn. handhaven"	Evaluatie-periode	Recent	
	t/m 1965	1966 t/m 1990	1991 t/m 1998	Totaal t/m 1998	1999 t/m 2000	Totaal t/m 2000
Wadden	0	14,9	19,3	34,2	3,8	38,0
Holland	0	10,4	16,5	27,0	4,9	31,8
Delta	0,86	19,4	14,8	35,0	2,4	37,4
Nederland	0,86	44,7	50,6	96,2	11,1	107,3

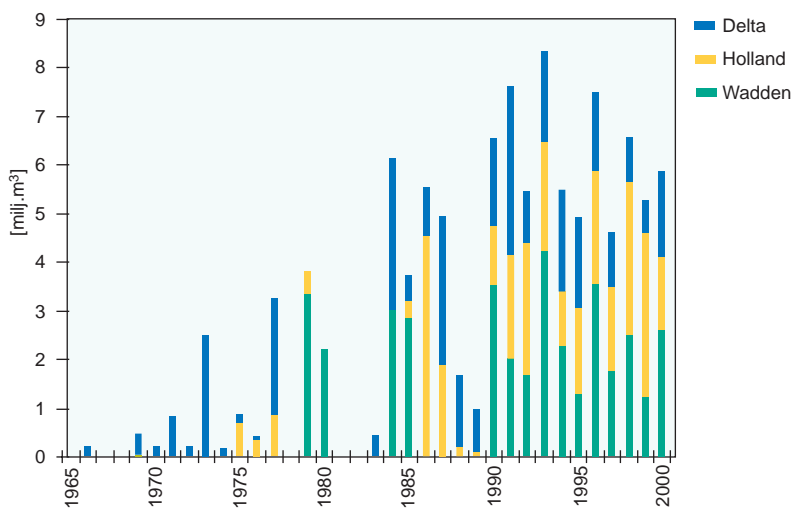
toelichting:

Hoeveelheden gesuppleerd in dynamisch systeem, dus exclusief landwaartse duinverzwaringen en de kustuitbreidingen bij Hoek van Holland en de Maasvlakte; tevens exclusief het onderhoud aan de Maasvlakte en de Slufter.

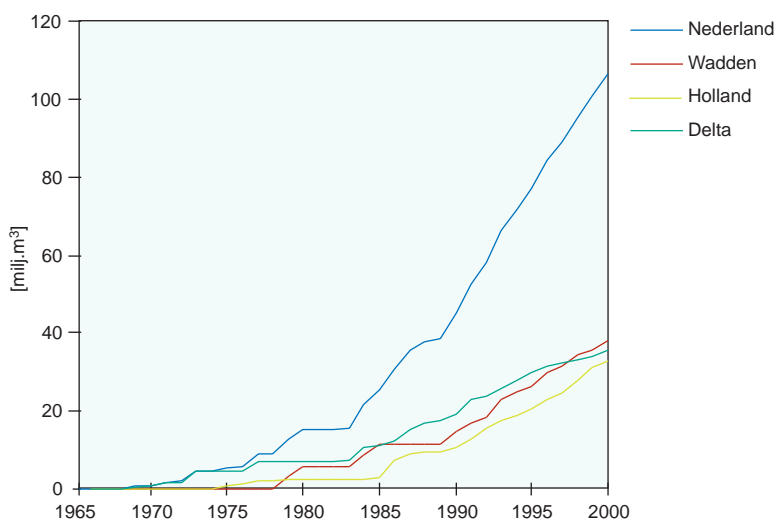
Tabel 3.2
Gesuppleerde kustlengte.

regio	Te handhaven kustlengte (km)	Gesuppleerd t/m 1990	Gesuppleerd t/m 2000
Wadden	96	21%	44%
Holland	134	27%	63%
Delta	87	31%	62%
Nederland	317	26%	57%

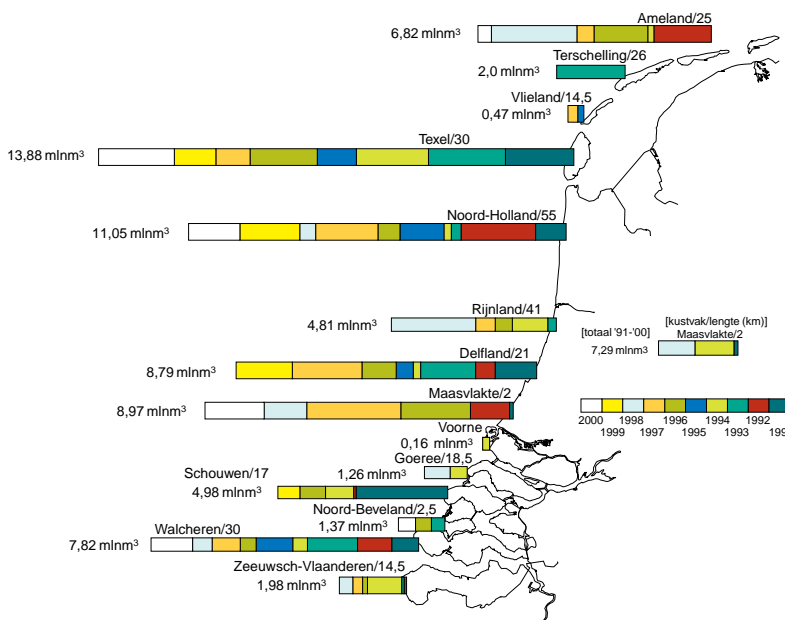
Figuur 3.1
Jaarlijkse suppletiehoeveelheden sinds 1966.



Figuur 3.2
Gesommeerde suppletiehoeveelheden sinds 1966.



Figuur 3.3
Nederlandse kust, gesuppleerde hoeveelheden per kustvak sinds 1991 in het kader van "dynamisch handhaven".



3.3 Indeling van de kust

Ten behoeve van de jaarlijkse toetsing van de kustlijn zijn aan de Nederlandse kust 17 kustvakken onderscheiden (fig. 1.1). Uitgangspunt hierbij was de geografische situatie. Kustvakken zijn dus de (evt. voormalige) eilanden in de Delta en Wadden en kustvakken van de drie beheerders van de Hollandse kust. Drie van de 17 vakken zijn niet in de evaluatie betrokken omdat daar geen kustlijnhandhaving plaatsvindt. Dit zijn Rottum, de Maasvlakte/Slufter en Neeltje Jans. In "Zand voor Nederland" (Groenendijk, 1997) zijn deze vakken onderverdeeld in kustsecties, waarbij vooral naar morfologische eenheden is gekeken. Dit betekent onderscheid naar erosie/sedimentatie, maar ook naar dijken/duinen en verdelingen door bijvoorbeeld havenmonden. Omdat door migratie van erosie- en sedimentatievakken de waarde van deze indeling in de loop der tijd is verminderd, is op enkele plaatsen de indeling aangepast. Ook zijn vakken opgesplitst om onderscheid te kunnen maken tussen vakken waar de kustlijn wel en waar deze niet wordt gehandhaafd. De vakindeling met de aanpassingen zijn vermeld in Walhout, Walburg en Kalf (2000).

De ontwikkeling van de strandbreedte is alleen geëvalueerd voor kustvakken met intensieve strandrecreatie.

Bijlage 1 geeft de diverse kustvakken weer met de erosie- en sedimentatievakken, de recreatievakken en de aanduiding of het een handhavinggebied betreft.

Voor de presentatie van de evaluatieresultaten in de vorm van tijdreeksen zijn de kustvakken samengevoegd voor de drie regio's Wadden, Holland en Delta. Daarnaast is per regio onderscheid gemaakt tussen erosie- en sedimentatiegebieden. Om de Nederlandse kust als geheel in beeld te kunnen brengen, bijvoorbeeld ter vergelijking van de situatie voor en na 1990, zijn de resultaten per kustvak gepresenteerd.

De totale lengte van de Nederlandse kust bedraagt ca. 350 km. In 286

km is een (te handhaven) basiskustlijn vastgesteld. Bij de evaluatie van de kustlijnhandhaving zijn uiteraard alleen deze kustvakken beschouwd. De strandvlakten in de Wadden, de zeedijken zonder een voorliggend strand en de Maasvlakte met de speciebergings hebben geen basiskustlijn. Bij de ontwikkeling van de kustvolumen is behalve naar de te handhaven kustvakken ook gekeken naar de totale kust.

3.4 Data

De basis voor de evaluatie zijn de kustprofielen van de jaarlijkse kustmetingen (JARKUS) en het suppletiebestand van RIKZ.

JARKUS-bestand

De originele kustmetingen worden opgeslagen in de landelijke DONAR-databank (Data Opslag Natte Rijkswaterstaat). Om de gegevens voor gebruik gereed te maken moeten uitvoerfiles worden aangemaakt, waarbij de hoogte- en dieptemetingen aan elkaar worden gekoppeld. Hierbij worden overlappen gemiddeld.

De DONAR-databank is de formele bron voor de Regionale directies van de Rijkswaterstaat bij toetsing van de kustlijn volgens de Wet op de Waterkering. De toetsingsgegevens voor paragraaf 4.1, ontleend aan de Kustlijnkaarten (Rijkswaterstaat, 1992 t/m 2000) zijn hierop gebaseerd.

Werkbestand RIKZ

Om bij morfologische analyses de bewerkelijke procedure van de DONAR-uitvoerfile te omzeilen is door RIKZ een werkbestand gemaakt met de gekoppelde raai-informatie. Hierbij zijn de profielen zo compleet mogelijk gemaakt, onder andere met behulp van vorige en recentere metingen. Dit is nodig omdat de bestaande analyse-programmatuur (kuberingen, tijdreeksen) stopt bij het ontbreken van gegevens. Het werkbestand is op CD-rom op bescheiden schaal verspreid. Op dit medium zijn tevens de lange termijn tijdreeksen opgenomen van de kustmetingen vóór de periode van de huidige JARKUS-profielmetingen. Deze betreffen de ligging van de hoog- en de laagwaterlijn en de duinvoetlijn in de kilometerraaien.

Projectmetingen Regionale directies

De werking van de onderwatersuppleties is nog niet geheel duidelijk. Daarom worden deze meer in detail gevolgd. Dit detail wordt alleen gevonden in de metingen van de aannemers of de regionale directies, die naast een grotere frequentie een grotere raai-dichtheid hebben dan de jaarlijkse kustmetingen.



De ligging van de kustlijn wordt ieder jaar bepaald. De momentane kustlijn is dan bekend, de trendlijn kan opnieuw worden berekend. Wanneer de trendlijn de basiskustlijn snijdt, moet in elk geval de structurele erosie bestreden worden, in het algemeen door een zandsuppletie.

(Foto Jan van den Broeke)

4. Evaluatie handhaving Basiskustlijn

4.1 Besluitvorming suppletieschema

Besluiten tot het uitvoeren van zandsuppleties worden door de Staatssecretaris van Verkeer en Waterstaat genomen na raadpleging van de betrokken instanties.

De procedure om jaarlijks tot een suppletieschema voor kustlijnhandhaving te komen heeft in de afgelopen jaren gewerkt. Men is ingespeeld.

4.1.1 Criteria

Criteria die bij de besluitvorming een rol spelen zijn structurele erosie en de basiskustlijn.

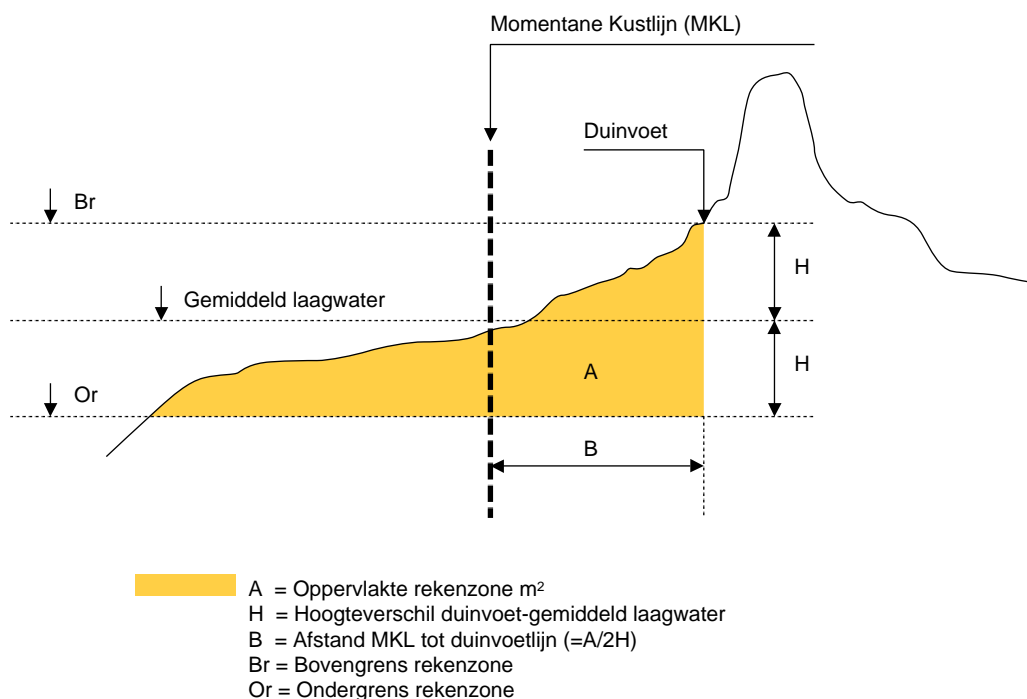
Er is sprake van **structurele erosie** als de laagwaterlijn gedurende een periode van 10 jaar trendmatig landwaarts verplaatst.

Om toevalligheden, veroorzaakt door profiel fluctuaties rond het laagwaterniveau, te elimineren is een kustlijn gedefinieerd die de gemiddelde positie van een profieldeel weergeeft (figuur 4.1).

Het profieldeel omvat het strand tussen de duinvoet en laagwater en het deel van de onderwateroever met een hoogte gelijk aan het niveauverschil tussen duinvoet en laagwater. Van elke jaarlijkse kustmeting wordt voor elke meetraai de kustlijnpositie berekend, de momentane kustlijn (MKL).

Figuur 4.1

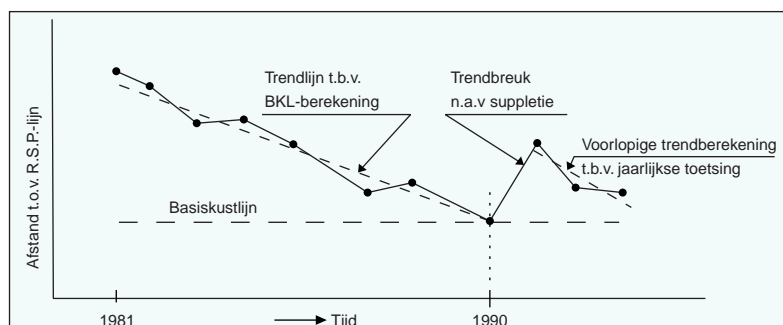
Berekening kustlijnpositie.



De norm voor kustlijnhandhaving is de basiskustlijn (BKL). Dit is in principe de positie van de kustlijn op 1-1-1990. Omdat op deze datum de kust niet is opgemeten en om toevalligheden te elimineren, is de positie bepaald door extrapolatie van een reeks momentane kustlijnen (figuur 4.2). De berekende positie is op een aantal plaatsen aangepast in verband met reeds uitgevoerde zandsuppleties, eisen vanuit de waterkering en wensen voor kustdynamiek. Overschrijding van de BKL door structurele erosie geeft aan of en wanneer moet worden gesuppleerd. De 1^e kustnota (min. V&W, 1990) is hierin echter niet geheel duidelijk.

“De structurele erosie wordt bestreden door zandsuppleties. Deze worden in het algemeen uitgevoerd als de trendlijn de basiskustlijn snijdt, maar kunnen ook eerder uitgevoerd worden. De landwaartse grens van de marge is de uiterste grens: als deze wordt overschreden, wordt in elk geval gesuppleerd”.

Figuur 4.2
Berekening Basiskustlijn.



Overschrijding van de BKL tot aan de landwaartse grens van een marge om de BKL kan blijkbaar worden toegestaan. In de 1^e kustnota wordt dus een marge genoemd “waarbinnen de momentane ligging van de kustlijn kan variëren zonder dat dit leidt tot daadwerkelijke bestrijding van de structurele erosie”. Deze zou moeten worden vastgesteld op basis van natuurlijke fluctuaties van de kustlijn en “kan worden beperkt door eisen die belangen op het duin en het strand stellen”.

De marge is om praktische redenen nooit vastgesteld. Op sommige plaatsen is het ontbreken van een marge ondervangen door een landwaartse verschuiving van de BKL.

4.1.2 Betrokken instanties

Om een goede implementatie en uitvoering van het kustbeleid te verzekeren zijn in 1990 door de Minister van Verkeer en Waterstaat Provinciale Overlegorganen voor de Kust (POK) ingesteld. Hierin worden suppletiewerken en andere werken aan de kust besproken en afgestemd.

Bij het vaststellen van suppletiewerken spelen in het algemeen de volgende actoren een rol:

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

De Staatssecretaris stelt ieder jaar het suppletieprogramma vast.

Om de 5 jaar stelt zij zonodig de Basiskustlijn bij.

Rijkswaterstaat

De diverse diensten van RWS verzorgen jaarlijks de kustmonitoring, de toetsing van de kustlijn en de uitvoering van de suppleties

Provincie

De provincie coördineert het regionaal kustoverleg. Ze voert daartoe het voorzitterschap en het secretariaat van de POK's.

Waterschap, Hoogheemraadschap

De kustbeheerders brengen het waterkeringsbelang in.

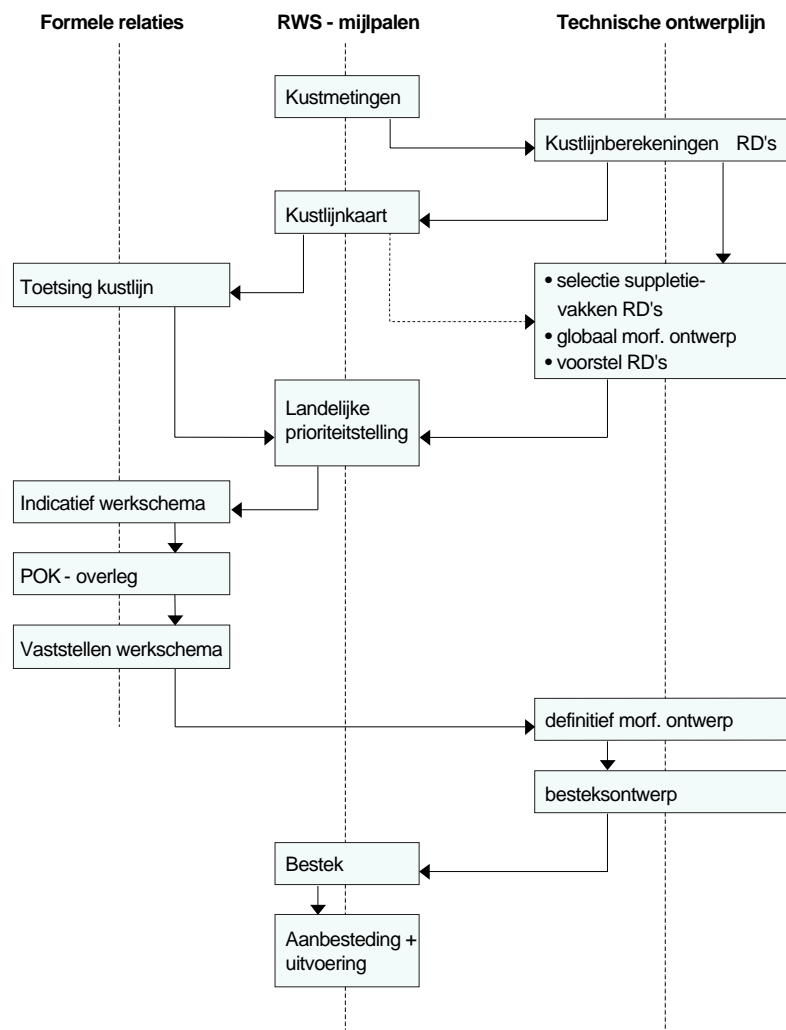
Gemeente

Gemeenten zorgen voor de inbreng van overige belangen, met name de strandrecreatie.

4.1.3 Procedure en verantwoordelijkheden

De jaarlijkse kustlijnkaarten geven de toetsingsresultaten weer. Op basis hiervan worden door RWS potentiële suppletievakken geselecteerd. Uit een globale kostenraming en een belangenafweging volgt een landelijke prioriteitsstelling, die als basis dient voor een indicatief werkschema. Dit schema wordt door de staatssecretaris voor commentaar voorgelegd aan de diverse POK's. Na verwerking van het commentaar stelt de staatssecretaris het werkschema vast (figuur 4.3). De prioriteitsstelling geschiedt op basis van een bestuurlijke afweging. De verantwoordelijkheid voor het suppletieschema berust derhalve bij de staatssecretaris en de POK's. De Rijkswaterstaat voert het schema uit en is dus niet verantwoordelijk voor BKL-overschrijdingen in kustvakken waar besloten is om niet te suppleren.

Fig. 4.3
Besluitvorming zandsuppleties.



4.1.4 Regionale verschillen

Het is voor de natuur belangrijk dat de natuurlijke dynamiek zoveel mogelijk wordt gerespecteerd. Dit staat op gespannen voet met rigide omgaan met de basiskustlijn. Omdat de kustlijnmarginen niet is vastgesteld is op diverse plaatsen de BKL landwaarts verlegd om niet direct te hoeven ingrijpen. De besluitvorming daarover is mede beïnvloed door de verschillen in bestuurlijke cultuur van de diverse POK's. De reactie van de diverse POK's op BKL-overschrijdingen en het indicatieve werkschema verschilt daardoor. Dit verklaart voor een deel de verschillen in de aantallen overschrijdingen per provincie.

De Waddenkust en grote delen van de Hollandse kust met brede duingebieden laten grote natuurlijke fluctuaties toe, doorgaans veroorzaakt door cyclische migratie van brekerbanken en getijgeulen. Bij badplaatsen en bij smalle duinregels aan de Hollandse kust en de Deltakust zijn de mogelijkheden voor fluctuaties doorgaans zeer beperkt. Grofweg kan gesteld worden dat van noord naar zuid gaande de BKL stringenter moet worden gehandhaafd. Er kan daarom worden verwacht dat in die richting ook de BKL-overschrijdingen minder worden.

4.2 Overschrijdingen Basiskustlijn

4.2.1 Algemene ontwikkelingen

Na de eerste suppleties in het kader van "dynamisch handhaven" in 1991 bleek 31% van de Nederlandse kust niet aan de norm te voldoen. In de afgelopen jaren zijn de overschrijdingen teruggebracht tot 11%.

Door de toenemende waardering van de natuurlijke kustdynamiek rijst de vraag of een situatie zonder BKL-overschrijdingen wel gewenst is.

Verklaring ontwikkeling 1991-1999

Figuur 4.4 geeft het verloop weer van de overschrijdingspercentages in de periode 1992-1999.

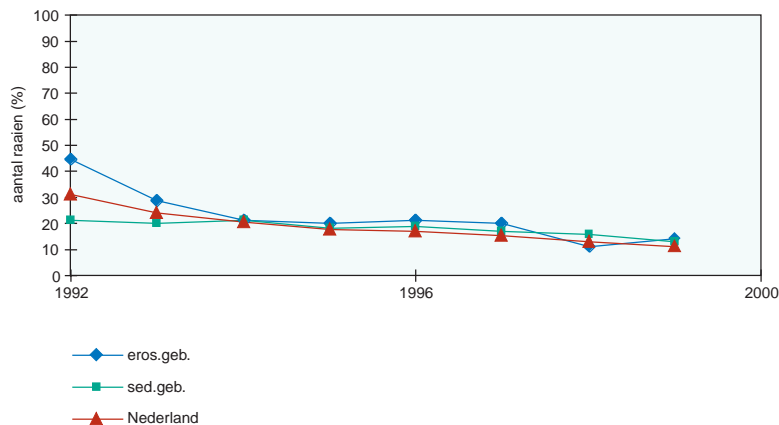
De belangrijkste oorzaak van het grote aantal overschrijdingen bij de eerste toetsing (situatie januari 1992) is van praktische aard. Het jaarlijkse budget is afgestemd op de zandbehoefte per jaar. Dat betekent dat een achterstand niet in één keer kan worden ingelopen. In 1991 werd met het budget 12% van de kust gesuppleerd en bleef 88% ongesuppleerd. Aangezien de helft van de kust erodeert en aannemende dat in de erosievakken werd gesuppleerd, kon worden verwacht dat de kustlijn in ca. 38% van de raai vakken landwaarts zou liggen van de positie in 1991. Dat het percentage BKL-overschrijding in 1992 lager is uitgekomen heeft diverse oorzaken:

- De basiskustlijn is op diverse locaties landwaarts of zeewaarts van de 1990-positie gelegd. De kustlengte waarover landwaarts is verlegd is groter dan de kustlengte waarover zeewaarts is verlegd.
- In de jaren vóór 1991 zijn diverse suppleties uitgevoerd, met name om de duinwaterkering op het vereiste veiligheidsniveau te brengen en gedurende 5 à 10 jaar veilig te houden. De BKL is hier afgestemd op de situatie vóór het suppleren. Omdat veel van het suppletiezand in 1992 nog niet was weggeërodeerd, was op diverse plaatsen nog enige reserve aanwezig.

Daartegenover staat dat tussen het "normtijdstip" januari 1990 en het "toetstijdstip" januari 1992 de kusterosie is doorgegaan.

Opvallend is voorts dat in de als sedimentatiegebieden aangeduide kusttrajecten in de eerste jaren ongeveer 20% overschrijdingen voorkwamen. Voor een deel is dit een gevolg van de rekenmethode voor de BKL, voor een deel een gevolg van dynamiek in deze vakken. Omdat deze gebieden een lage suppletieprioriteit hebben, neemt dit percentage maar langzaam af.

Figuur 4.4
Overschrijdingen basiskustlijn Nederland
1992-1999.



Effect van prioritering

Zoals vermeld in par. 4.1.1 gaat de eerste kustnota uit van een marge landwaarts van de basiskustlijn, die zeker niet mag worden overschreden. Bij de implementatie van het beleid is de marge -waar mogelijk- verdisconteerd in een landwaarts verlegde basiskustlijn. Het gevolg is nu dat in het algemeen overschrijdingen moeten worden voorkomen. Dit laatste impliceert weer dat in een optimale situatie alleen nog wordt gesuppleerd als de BKL (nog) niet is overschreden. Door de toenemende waardering van de natuurlijke kustdynamiek rijst de vraag of een situatie zonder BKL-overschrijdingen wel gewenst is. Op enkele plaatsen (Ameland, Schouwen) is bewust gekozen voor overschrijding omwille van de natuurlijke fluctuaties. Voorts werden overschrijdingen geaccepteerd vooruitlopend op rekentechnische BKL-aanpassingen. Ondanks deze trend in het omgaan met BKL-overschrijdingen en de verschillen per POK is in de nu volgende analyse uitgegaan van de veronderstelling dat elke overschrijding moet worden voorkomen.

BKL-overschrijdingen worden aan het begin van het jaar vastgesteld. Om aan bovengenoemd uitgangspunt te voldoen, moeten ook de raai vakken worden gesuppleerd waarin de loop van het jaar de BKL zal worden overschreden. Het minimaal te suppleren aantal raai vakken is dus het aantal volgens de toetsing plus de verwachte overschrijdingen in het suppletiejaar.

Het suppletieprogramma is gericht op kustvakken met een grote lengte (5 à 15 km), en een herhalingsperiode van ca. 5 jaar. Naast de raai vakken waar directe overschrijding dreigt, moet derhalve ook rekening worden gehouden met overschrijdingen binnen de herhalingsperiode. Het aantal te suppleren raai vakken is daarom aanzienlijk groter dan het aantal overschrijdingen als aangegeven in de kustlijnkarten.

Tabel 4.1 geeft een cijfermatig overzicht van de BKL-overschrijdingen, de minimaal te suppleren raai vakken en de gesuppleerde raai vakken in de periode 1992 t/m 1999. In figuur 4.5 wordt dit geïllustreerd.

Tabel 4.1

Vergelijking aantallen te suppleren en gesuppleerde raavakken.

Jaar	Aantal raavakken				procentueel (getoetste raaien = 100 %)					
	getoetste raaien	BKL-overschr.	jaar-overschr.	te suppleren	gesuppleerd			BKL-overschr.	te suppleren	gesuppl. totaal
					totaal	BKL-overschr.	Jaar-overschr.			
1992	1436	446	47	493	171	93	10	31	34	12
1993	1438	351	18	369	141	93	2	24	26	10
1994	1435	299	35	334	106	52	1	21	23	7
1995	1462	258	38	296	124	104	2	18	20	8
1996	1463	252	53	305	139	70	14	17	21	10
1997	1464	225	49	274	176	67	15	15	19	12
1998	1463	192	30	222	152	76	8	13	15	10
1999	1463	163	40	203	83	22	4	11	14	6
gem.		273						19	22	9

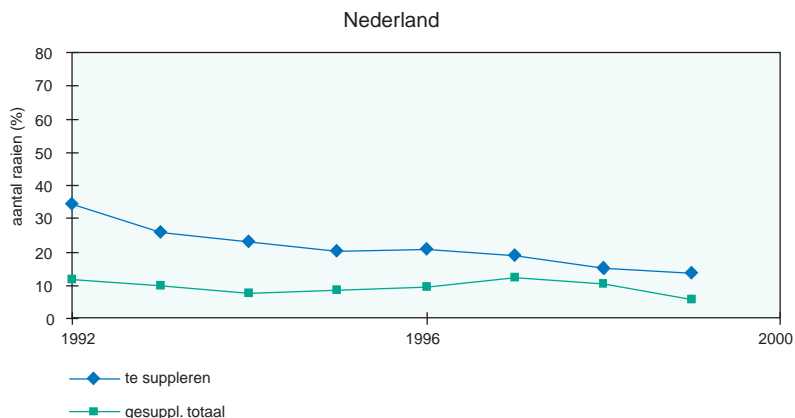
Toelichting bij de tabel:

De toename van het aantal raavakken tussen 1994 en 1995 is een gevolg van de aanpassing van het raaienstelsel aan de gewijzigde ligging van strandhoofden in Noord-Holland.

Jaaroverschrijding = verwachte overschrijdingen van de BKL in de loop van het jaar (kustachteruitgang groter dan reserve).

Figuur 4.5

Vergelijking te suppleren en gesuppleerde aantallen raaien.



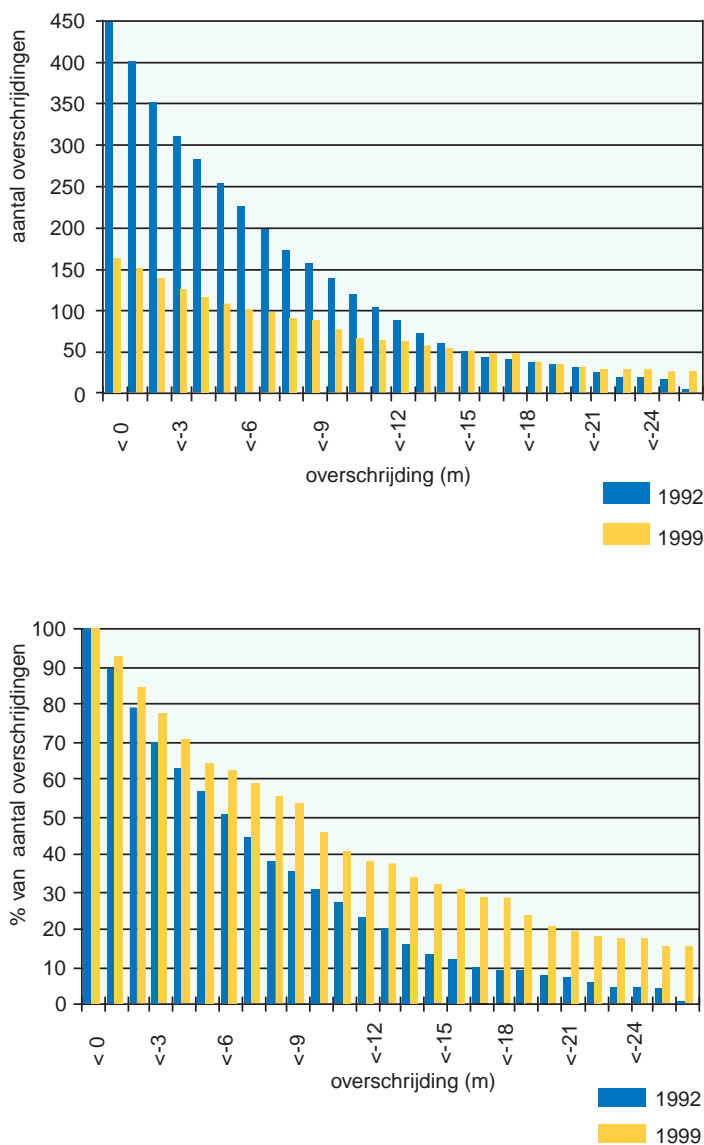
Opmerkingen bij de figuur:

- Opvallend is dat fig. 4.5 zeer weinig suppletie-inspanning suggereert in 1999. Dit beeld is feitelijk niet juist. In 1999 zijn voornamelijk suppleties op de onderwateroever aangebracht. Omdat deze voor het grootste deel zijn aangebracht buiten de zone waarover de MKL wordt berekend, zijn ze niet als "gesuppleerd" aan raavakken toegekend.
- In veel van de gesuppleerde raavakken was op het moment van suppleren de BKL nog niet overschreden, maar werd overschrijding gedurende de levensduur verwacht. Het aantal te suppleren raavakken dat niet is gesuppleerd is dus groter dan het verschil tussen de beide grafieken.

Mate van overschrijding

In het bovenstaande is het criterium "wel of niet overschreden". In de suppletiepraktijk zal ook de mate van overschrijding meewegen. Ter illustratie geeft figuur 4.6 de absolute en procentuele verdeling van de BKL-overschrijdingen in 1992 en 1999 weer. Hoewel het aantal overschrijdingen in de tussenliggende periode aanzienlijk is afgenomen, is het aandeel van de grote overschrijdingen toegenomen. In 1992 bedroeg ca. 1/3 van de overschrijdingen 10 m of meer, nu is dat bijna de helft. De aantallen overschrijdingen van 17 m en meer waren in 1999 zelfs in absolute zin groter dan in 1992. De belangrijkste reden hiervoor is het toestaan van meer dynamiek.

Figuur 4.6
Verdeling BKL-overschrijdingen in 1992 en 1999.



4.2.2 Regionale verschillen

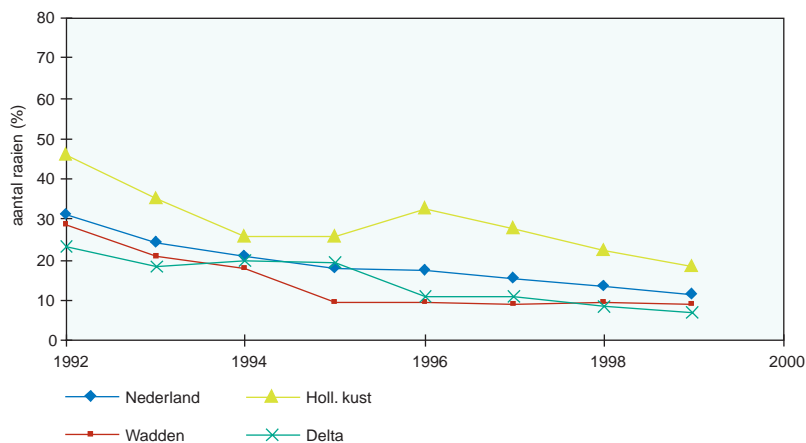
De Hollandse kust heeft meer overschrijdingen dan de Wadden en de Delta.

De regio's vertonen vrij grote verschillen in het verloop van de BKL-overschrijdingen (fig. 4.7). Aan de Hollandse kust treden aanzienlijk meer overschrijdingen op dan het landelijk gemiddelde. De Wadden en

het Deltagebied zitten onder het gemiddelde, waarbij in de Wadden de sterkste afname is bereikt.

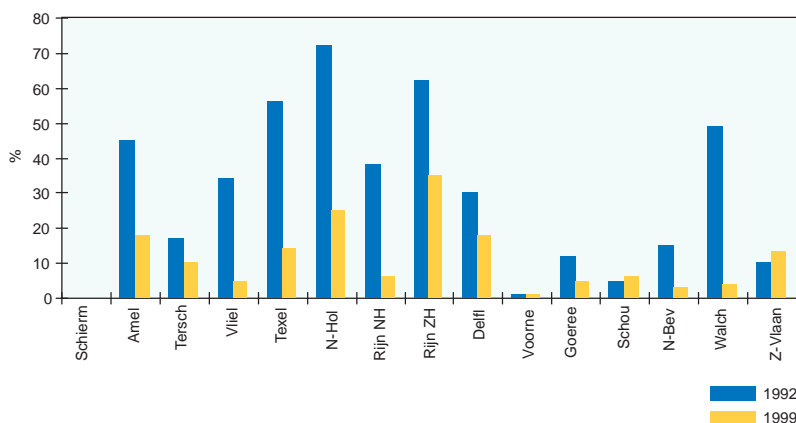
De schommelingen in de tijdreeks met BKL-overschrijdingen van de Hollandse kust zijn aanzienlijk groter dan in de andere regio's. In het algemeen zijn de schommelingen moeilijk te verklaren uit het verloop van de suppletievolumes in de tijd.

Figuur 4.7
Procentuele BKL-overschrijdingen in Nederland en in de regio's.



Figuur 4.8 geeft voor de diverse kustvakken het verschil (afname) weer van de BKL-overschrijdingen in 1992 en 1999, alsmede het gemiddelde over de periode 1992-1999. Afgezien van Walcheren waren in 1992 de overschrijdingen aan de kusten van de Wadden en Holland aanzienlijk groter dan in de Delta. In 1999 vormden Ameland, Noord-Holland, het Zuid-Hollandse deel van Rijnland en Delfland de top-vier.

Figuur 4.8
BKL-overschrijdingen in de kustvakken.



4.2.3 Verklaringen voor de huidige BKL-overschrijdingen

Betrouwbaarheid voorspelling kustontwikkeling.

Morfologische processen zijn van invloed op de betrouwbaarheid van de kustlijnvoorspelling, maar ook het leerproces en correcties als reactie op gunstig dan wel ongunstig uitgevallen voorspellingen.

Om een verwachte overschrijding te signaleren wordt bij de jaarlijkse toetsing de kustontwikkeling geëxtrapoleerd naar het begin van het volgende jaar. Een te gunstige voorspelling van de kustlijnontwikkeling is een van de verklaringen voor het overschrijden van de BKL.

Het gedrag van de kust is soms onvoorspelbaar. Op Ameland werd aan het eind van de negentiger jaren de basiskustlijn lokaal overschreden doordat het geulenpatroon van een strandhaak zich door het strand slingerde.
(Foto archief RIKZ)



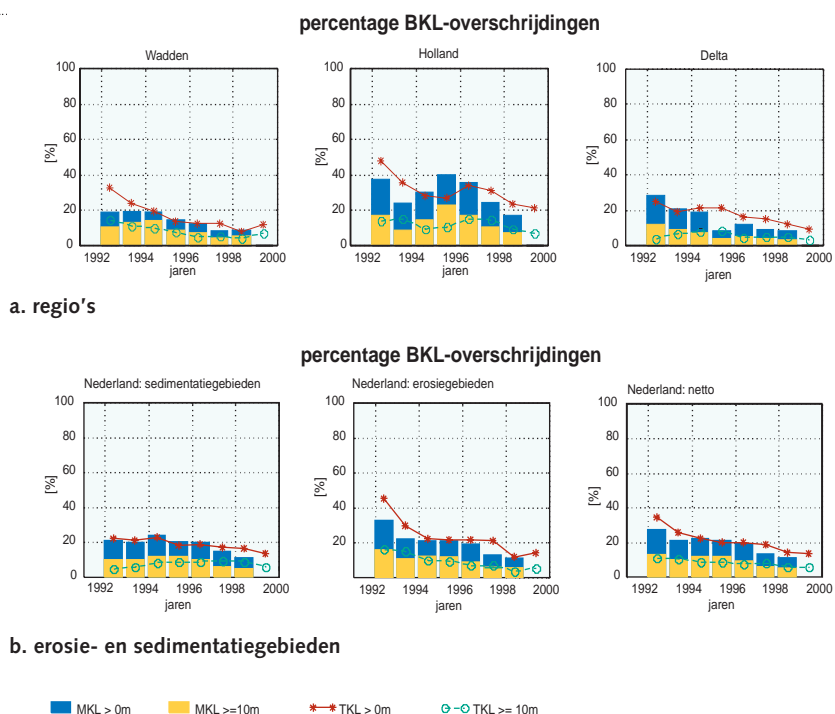
Het kustlijngedrag is vrij grillig. De grote variaties in de kustlijnverplaatsingen van jaar tot jaar bemoeilijken het voorspellen van overschrijdingen. Er zijn immers maar enkele jaren voorbij gegaan sinds de vorige suppletie. Om de kans op overschrijdingen te minimaliseren zou een grote zandbuffer nodig zijn. Omdat jaarlijks meer zand wordt gesuppleerd dan er uit de BKL-zone verdwijnt, vindt er wel reeds buffervorming plaats.

De eerste jaren zijn een leerproces geweest. Uit een vergelijking tussen de voorspelde theoretische positie van de kustlijn (TKL) en de werkelijke kustlijnligging (MKL) volgens de JARKUS-meting (figuur 4.9) blijkt dat in de erosiegebieden in de eerste jaren de werkelijkheid vaak gunstiger was dan de voorspelling. De achteruitgang is dus conservatief geschat. In de daaropvolgende jaren is preciezer geschat.

Verder vallen regionale verschillen op. Zo vertoont de Waddenkust een rustig beeld. De overschrijdingen nemen gestaag af. Na enkele jaren is

Figuur 4.9

BKL-overschrijdingen volgens de toetsingsmethodiek (TKL) en volgens de JARKUS-metingen (opgetreden MKL).



men "ingespeeld" en zijn er nauwelijks afwijkingen. Aan de Hollandse kust geven de schattingen t/m 1995 een afnemend overschrijdingspercentage te zien, terwijl uit de metingen een toename blijkt. De oorzaak hiervan moet wellicht gezocht worden in een trendbreuk door verplaatsende brekerbanken. Na de sterke onderschatting van 1995 volgt een bijstelling met lichte overschattingen in 1997 en 1998. In de Delta kwam de schatting t/m 1994 uit op een vrij constant aantal overschrijdingen. Na een grote meevaller in 1994 werd een afnemend aantal overschrijdingen geschat, hetgeen toch nog iets ongunstiger bleek dan de werkelijkheid.

Ondanks de aanzienlijke afname sinds 1992 hebben Ameland, Noord-Holland en Rijnland ten zuiden van IJmuiden de grootste overschrijdingspercentages. De verklaring hiervoor moet gezocht worden in het toelaten van dynamiek waar dat een gering risico voor overige kustbelangen met zich mee brengt. De Hollandse en de Waddenkust met de brekerbanken-dynamiek en de overwegend brede duinen bieden hiertoe volop mogelijkheden. Het grote percentage bij Delfland vindt deels zijn oorzaak in de veilige (zeewaartse) positionering van de basiskustlijn.

Urgentie in relatie tot economische factoren en andere belangen.

Verspreid voorkomende overschrijdingen hebben een lagere prioriteit dan aaneengesloten overschrijdingstrajecten of raaivakken waar de sterkte van de duinwaterkering in het geding dreigt te komen. In het laatste geval zal er veelal gesuppleerd worden op een plaats waar (nog) geen overschrijding optreedt.

Indien een suppletie niet urgent is kan besloten worden dat (een combinatie van) andere factoren zwaarder wegen, zoals:

- een combinatie van werken,
- de te verwachte overschrijdingen gedurende de levensduur van een suppletie in de omgeving,
- de wens tot en de mogelijkheden voor het toelaten van dynamiek.

Dit alles betekent dat een vergelijking van het percentage **te suppleren** en **gesuppleerde** raaivakken (figuur 4.5 en tabel 4.1) genuanceerd moet worden geïnterpreteerd.

4.3 Kustlijnpositie

4.3.1 Algemene trends

De kustachteruitgang is gestopt. In de erosiegebieden is een gemiddelde achteruitgang van 0,8 m per jaar omgebogen in een vooruitgang van 1,3 m per jaar.

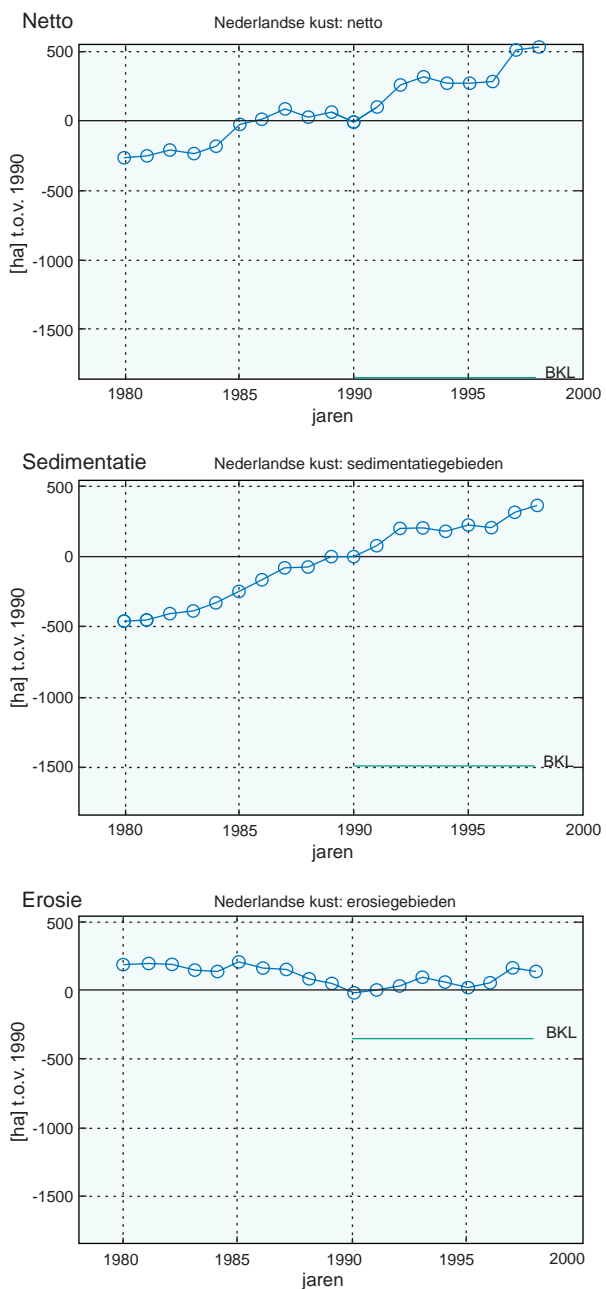
Tussen 1990 en 1998 nam het kustareaal toe met 560 ha. Dat is bijna 300 ha meer dan in de periode tussen 1980 en 1990.

Onderzocht is het effect van het Kustbeleid 1990 op de ligging van de kustlijn. Daartoe is de ontwikkeling van de kustlijn van 1990-1998, de periode waarin het Kustbeleid 1990 gold, vergeleken met de kustlijnontwikkeling tussen 1980 en 1990, het decennium vóór het Kustbeleid 1990. Het betreft dus een beschouwing over een middellange termijn.

Dankzij het handhavingsbeleid komt structurele duinafslag niet meer voor. Daardoor blijft het areaal duingebied overal behouden.
(Foto archief RIKZ)



Figuur 4.10
Ontwikkeling kustarealen.



Met strandhoofden kon kustachteruitgang niet overal worden voorkomen.
Erosie van het strand was vaak de oorzaak van schade.
(Foto archief RIKZ)



Voor de beoordeling van de kustlijnhandhaving is de ontwikkeling in de erosieve delen van de kust maatgevend. Gemiddeld over de erosiegebieden van heel Nederland is een achteruitgang van 0,8 m per jaar omgebogen in een vooruitgang van 1,3 m per jaar, ofwel een verlies van 22 ha/j is omgezet in een winst van 33 ha/j.

Figuur 4.10 geeft de ontwikkeling van de kustarealen weer. Trendmatig is het verschil tussen de genoemde perioden minder groot dan volgens de absolute getallen, die sterk beïnvloed worden door de "dip" in 1990. De toename van de kustvooruitgang kan worden toegeschreven aan de grotere jaarlijkse zandsuppleties ná 1990 door de invoering van het kustbeleid. Dit komt vooral tot uiting in de erosiegebieden. Daartegenover staat een kleinere groei in de sedimentatiegebieden, voornamelijk door wijzigingen in het Waddengebied.

4.3.2 Relatie met suppleties

Het verloop van de gemiddelde MKL van de hele Nederlandse kust tussen 1980 en 1998 is weergegeven in fig. 4.11. Hierin is te zien dat er gedurende de hele periode een zeewaartse verplaatsing is opgetreden. Ná 1990 is de toename groter dan tussen 1980 en 1990. Een vergelijking van het MKL-verloop met de jaarlijkse suppletie-

hoeveelheden die eronder zijn weergegeven, laat zien dat er in grote lijnen sprake is van een verband.

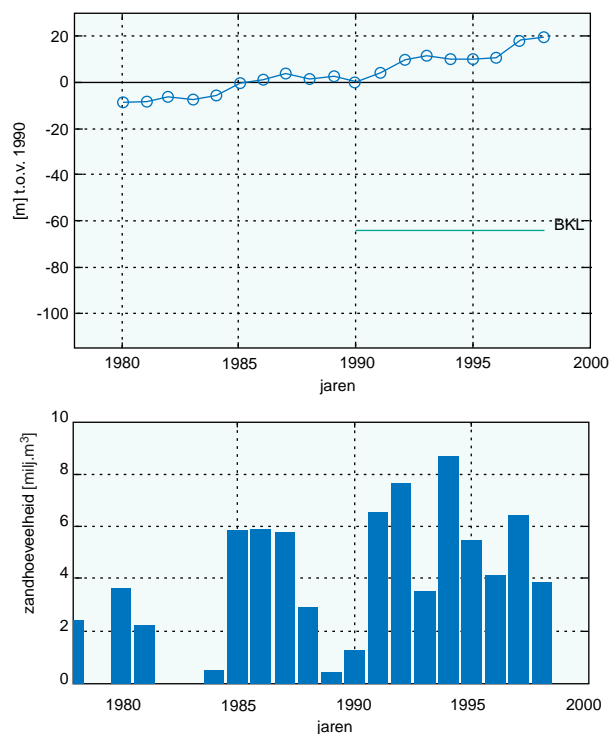
Na weinig verandering van 1980 tot 1984 is ertussen 1985 en 1987 een zeewaartse verplaatsing van de gemiddelde MKL-ligging te zien. Dat kan worden verklaard uit de suppletie-inspanning van jaarlijks ca. 6 miljoen m³ in 1984 t/m 1986. De grootste suppletie-inspanning vond plaats in 1984 op Texel en Voorne, in 1985 op Texel en in 1986 bij Ter Heijde (Delfland).

Na 1990 is jaarlijks gemiddeld 5,8 Mm³ gesuppleerd. De variatie hierin is niet in het beeld van de kustlijnverplaatsing te herkennen. Van 1993 tot 1996 verandert de gemiddelde kustligging nauwelijks, terwijl aanzienlijk is gesuppleerd.

De "dip" in de grafiek in 1990 is waarschijnlijk eerder toe te schrijven aan de verminderde suppletie-inspanning in de jaren ervoor dan aan de "krokcusstormen" in feb./mrt. van dat jaar.

Figuur 4.11

Verplaatsingen gemiddelde MKL langs de Nederlandse kust en de suppletie-invloeden hierop.

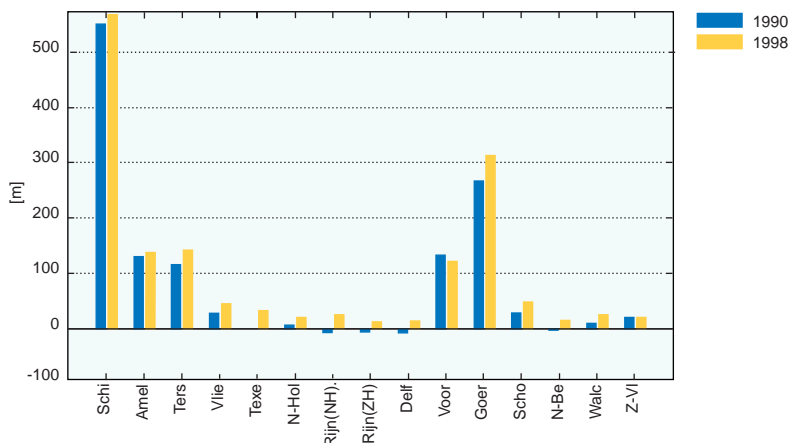


Verklaringen bij de figuur:

1. De positie van de kustlijn wordt elk jaar berekend aan de hand van de JARKUS-meting. Per meetraai wordt de momentane kustlijnpositie (MKL) berekend. Dit is de gemiddelde positie van het strand en een deel van de vooroever. Over het algemeen vinden de zandsuppleties in deze zone plaats. In een suppletiegebied reageert de MKL daarom sterk op suppleties. De laatste jaren wordt echter steeds meer zeewaarts van deze zone op de onderwateroever gesuppleerd.
2. De suppleties zijn aangegeven in het jaar dat ze de JARKUS-meting beïnvloeden. Dat is meestal een jaar later dan het suppleren. Bij de interpretatie dient voorts te worden meegewogen dat in grote delen van de Nederlandse kust de autonome ontwikkelingen van de kustlijn (m.n. fluctuaties door brekerbanken) vaak de suppletie-effecten overheersen.

Om natuurlijke kustdynamiek te kunnen toelaten waar dat mogelijk en gewenst werd geacht, is de basiskustlijn op vele plaatsen aanzienlijk landwaarts gelegd van de kustlijnpositie in 1990 (fig. 4.12). Gemiddeld over de totale te handhaven kustlengte is zo een reserve van 64 m gecreëerd. In 1998 was de reserve uitgereid tot ruim 80 m.

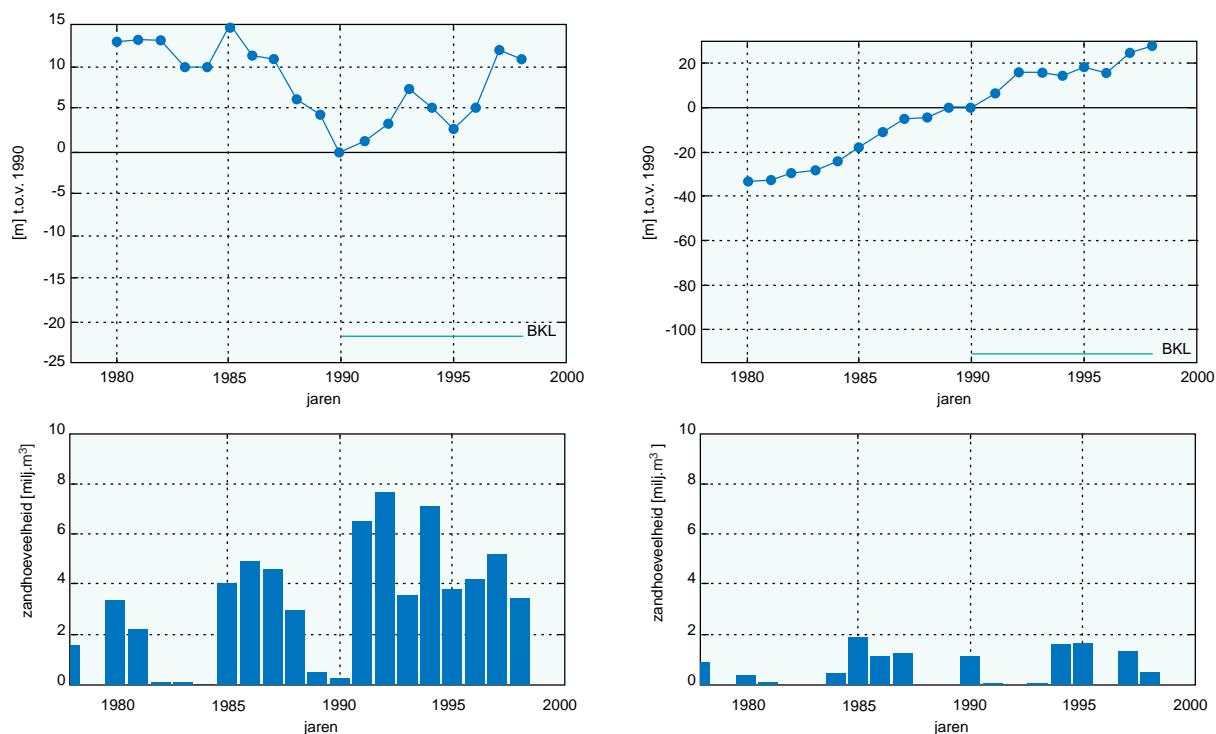
Figuur 4.12
Kustlijnpositie 1990 en 1998 t.o.v. BKL.



4.3.3 Ontwikkelingen in sedimentatie- en erosiegebieden

In de **sedimentatiegebieden** is gedurende de hele periode een gestage groei opgetreden (fig. 4.13). Vóór 1990 was dat 4,1m/j en daarna 2,8m/j. Deze groei is behalve aan autonoom kustgedrag voor een klein deel te danken aan suppleties. Alhoewel dit onlogisch lijkt, komt het toch voor dat ook in sedimentatiegebieden gesuppleerd moet worden omdat een deel ervan erodeert. Of er heeft, zoals in 1990, stormherstel aan de duinen plaatsgevonden. De oorzaak van de kleinere toename

Figuur 4.13
Gemiddelde kustlijnverplaatsing, onderverdeeld in sedimentatie- en erosiegebieden.



van 1990-1998 ten opzichte van de periode 1980-1989, is vooral toe te schrijven aan de ontwikkelingen op Schiermonnikoog, waar de kustaanwas vanaf 1990 stagneert.

In een vooruit gaande kust wordt een grote veerkracht opgebouwd. Deze is onderkend en tot uiting gekomen in een grote landwaartse vaststelling van de Basiskustlijn, gemiddeld 110 m achter de actuele kustlijn van 1990. In 1998 was deze reserve gegroeid tot bijna 140 m.

De **erosiegebieden** geven tot 1990 een landwaartse verplaatsing van de gemiddelde MKL-ligging te zien van 0,8m/j. Daarna treedt er door het vergroten van de suppletie-inspanning een zeewaartse verplaatsing op van de gemiddelde MKL ligging van 1,3m/j.

De veerkracht in de erosiegebieden is aanzienlijk minder dan in de sedimentatiegebieden. De gemiddelde reserve van ruim 20 m in 1990 is dankzij het suppleren toegenomen tot ruim 30 m in 1998.

4.3.4 Regionale verschillen

Regionale verschillen

In fig. 4.14 zijn de trends van de MKL-verplaatsingen vóór en na 1990 weergegeven voor de regio's Wadden, Holland en Delta en voor de sedimentatie- en erosiegebieden.

Figuur 4.15 geeft het resultaat van een nadere onderverdeling in kustvakken.

Wadden

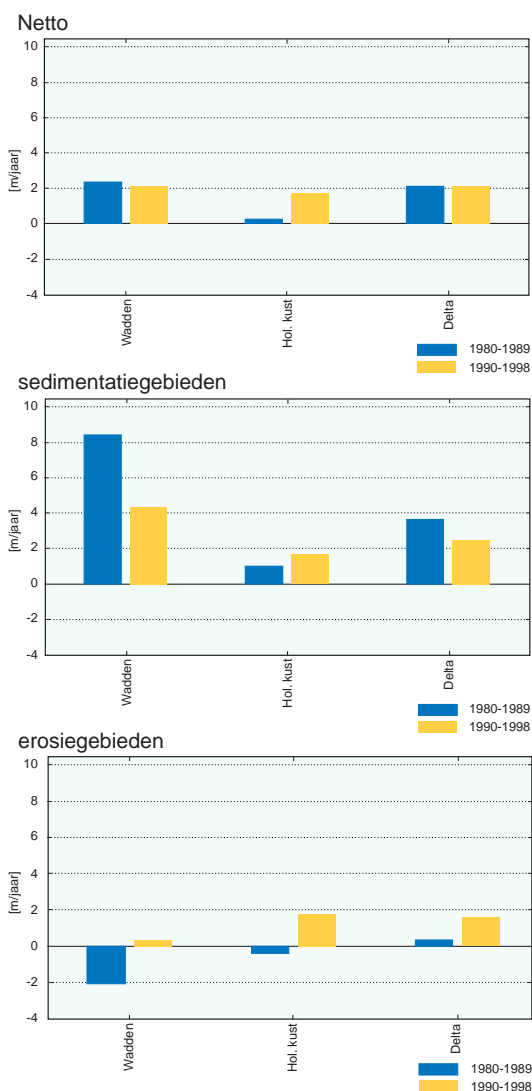
Per saldo lijkt er na 1990, ondanks de grote suppletie-inspanning, weinig te zijn veranderd. De trend blijft iets meer dan 2 m/j vooruitgang. Behalve Ameland gaan alle kustvakken na 1990 vooruit. In de sedimentatiegebieden blijkt de sterke kustaanwas vóór 1990 (meer dan 8 m/j) te zijn gehalveerd. In figuur 4.15 is te zien dat dit vrijwel geheel het gevolg is van stagnatie in de voorheen sterke groei van de kust van Schiermonnikoog. In de erosiegebieden is de gemiddelde kustachteruitgang van 2 m/j voor 1990 veranderd in een vooruitgang van 0,4 m/j. De grote suppletie-inspanning op Texel en -in mindere mate- op Terschelling hebben hieraan bijgedragen.

Holland

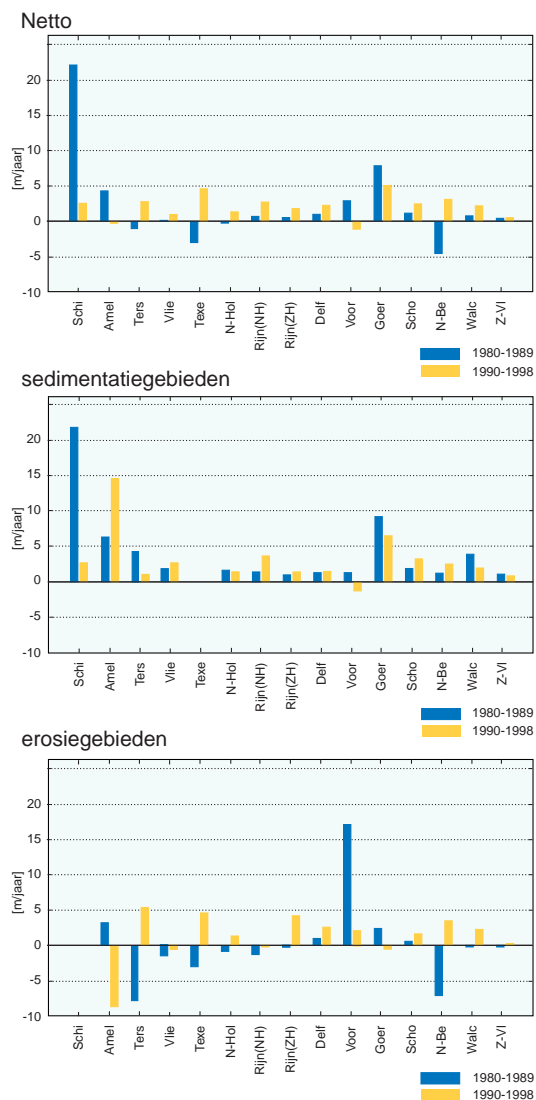
De Hollandse kust had voor 1990 een geringe netto vooruitgang van 0,4 m/j. Alleen Noord-Holland gaf netto enige achteruitgang te zien. Na 1990 gaan alle kustvakken netto vooruit, gemiddeld met 1,9 m/j. In de sedimentatiegebieden is de kustvooruitgang in het Noord-Hollandse deel van Rijnland sterk toegenomen. In de erosiegebieden is de achteruitgang van Noord-Holland omgezet in een vooruitgang, terwijl in het aansluitende deel van Rijnland de achteruitgang nagenoeg is weggewerkt. Delfland en het Zuid-Hollandse deel van Rijnland gaan na 1990 met 2,7 en 4 m/j vrij sterk vooruit.

Delta

De netto zeewaartse kustlijnverplaatsing van ca. 2 m/j in het Deltagebied is na 1990 nauwelijks veranderd. Dit dankzij de winst in de Zeeuwse kustvakken. Op de Zuid-Hollandse eilanden ging het slechter. Desondanks levert de (vooral autonome) kustontwikkeling op Goeree nog steeds het grootste aandeel in het positieve saldo van de Delta. Voorne daarentegen is een van de twee kustvakken in Nederland waar de kust na 1990 gemiddeld achteruit ging. Deze achteruitgang is echter zo gering dat suppleren hier in de afgelopen jaren nog niet nodig werd geacht.



Figuur 4.14 Trends MKL-verplaatsing in de regio's Wadden, Holland en Delta, in de perioden 1980-1989 en 1990-1998.



Figuur 4.15 Trends MKL-verplaatsing diverse kustvakken in de perioden 1980-1989 en 1990-1998.

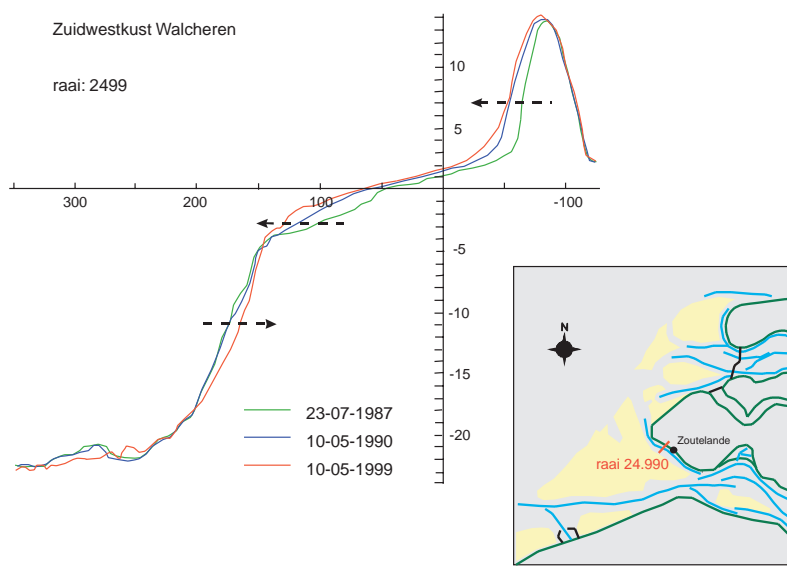
Mede door verplaatsing van zandgolven is in de Delta de positieve trend in de sedimentatiegebieden afgenomen van 3,8 m/j voor 1990 naar 2,5 m/j daarna. De geringe vooruitgang in de erosiegebieden die daar dankzij de suppleties al voor 1990 was bereikt, is na 1990 toegenomen tot 1,7 m/j.

Handhaving van de basiskustlijn is niet overal de oplossing voor erosieproblemen.

Overall aan de Nederlandse kust kan momenteel de basiskustlijn met zandsuppleties succesvol worden gehandhaafd. In 1990 was men daar niet geheel van overtuigd. Zo heeft men bij Eierland op Texel en bij de westkust van Ameland de resultaten van Dynamisch Handhaven niet afgewacht en harde constructies aangelegd. Na 10 jaar suppletie-ervaring rijst op enkele locaties de vraag of ook in de toekomst handhaving van de basiskustlijn met zandsuppleties mogelijk blijft. Bij een normale zandige vooroever zal erosie zeewaarts van de basiskustlijnzone (fig. 4.1) vroeger of later worden gecompenseerd

Figuur 4.16

Profielversteiling zuidwestkust
Walcheren.



door onderwatersuppleties of door zeewaarts zandtransport vanuit de basiskustlijnzone. Bij zeer steile onderwateroevers kan erosiebestrijding met zandsuppleties problematisch zijn. Als voorbeeld geldt de oever van de zuidwestkust van Walcheren (fig. 4.16).

De onderwateroever van Walcheren wordt gevormd door de noordoostelijke geulwand van de getijgeul Oostgat. Deze geul is in de loop der eeuwen oostwaarts verplaatst. Door de resistente ondergrond en door de kustverdediging met stroomhoofden is de geulmigratie verminderd. De noordoostelijke geulwand is hierbij versteild. Sinds 1984 worden in het kustvak strand- en duinfrontsuppleties uitgevoerd, resulterend in een vooruitgang van het strand en het duin. Er wordt aldus voldaan aan de BKL-norm. Onder het niveau van ca. NAP -5 m blijft de onderwateroever echter eroderen. In enkele delen van het kustvak is de onderwateroever echter te steil om door zeewaarts

Tabel 4.2

Ontwikkeling kustarealen en gemiddelde verplaatsingen kustlijnen.

Regio	erosie/ sedim.	Kustlengte (km)	Areaal	Areaal	Areaal	gem MKL	gem. MKL
			1990-1980 (ha)	1998-1990 (ha)	1990 tov BKL (ha)	1990-1980 (m)	1998-1990 (m)
Wadden	totaal	94,1	134	219	1189	14,2	23,2
	erosie	55,8	-175	146	80	-31,4	26,2
	sedim	38,3	309	73	1109	80,7	18,9
Holland	totaal	109,2	-23	202	0	-2,1	18,5
	erosie	50,6	-48	80	11	-9,5	15,7
	sedim	58,6	25	120	11	4,3	20,5
Delta	totaal	88,5	155	142	657	17,5	16,0
	erosie	40,7	0	37	94	0,0	9,1
	sedim	47,8	155	105	563	32,4	21,9
Nederland	totaal	291,8	266	562	1846	9,1	19,2
	erosie	147,1	-223	263	185	-15,2	17,8
	sedim	144,7	489	297	1661	33,8	20,5

zandtransport vanaf het strand te worden gevoed. Onderwatersuppleties kunnen alleen soelaas bieden als een fors deel van de geul wordt opgevuld. Gestort zand heeft onder water een flauwere helling dan grote delen van de vooroever. De ontwikkeling van het Oostgat met inbegrip van de zuidwestelijke oever van Walcheren is onderwerp van studie in het landelijke kustonderzoeksprogramma K2005. Een ander punt van zorg vormt de bergingsmogelijkheid voor strandsuppleties bij steile onderwateroevers. In het kustvak Noord-Beveland heeft een forse strandverhoging tot een zettingsvloeiing geleid. Hierbij is een deel van het strand en de onderwateroever naar de bodem van de geul verplaatst.

4.4 Zandvolume kustnabije zone

4.4.1 Inleiding

De kustnabije zone

Dit rapport beperkt zich tot de erosiebestrijding in relatie tot de kustlijnhandhaving. De volumeberekeningen betreffen daarom slechts de kustnabije zone. Dit is de strook van de kust waarvan elk jaar de hoogte- en diepteligging wordt gemeten, de JARKUS-zone. Deze meetzone strekt zich uit tot 800 à 1000m in zee en tot ca. 200 m landwaarts van de zeereep.

De totale lengte van de Nederlandse Noordzeekust, inclusief de afsluitdammen in het Deltagebied, bedraagt ca. 375 km. Van ongeveer 325 km zijn profielmetingen over een lange periode beschikbaar. Hiervan moet 285 km kustlijn worden gehandhaafd. Niet gehandhaafd worden strandvlakten aan de uiteinden van de Waddeneilanden en de kustlijnen voor de afsluitdammen en voor de Maasvlakte met het grootschalige slibdepot. Niet alle erosie in de kustnabije zone wordt dus in het kader van "dynamisch handhaven" gecompenseerd.

De vrij rigide zeewaartse beëindiging van de meetstrook legt beperkingen op. In kustgebieden met een flauw hellende vooroever valt vaak een flink deel van de actieve kuststrook buiten de JARKUS-zone. Dit is het geval bij de Hollandse kust en de middelste delen van de Waddeneilanden. Bij de Hollandse kust bijvoorbeeld eindigt de JARKUS-zone vaak op een diepte van grofweg NAP-6m. Zeewaarts daarvan blijft er dus een flink actief deel van het kustprofiel buiten het gezichtsveld.

In de zeegaten van het Wadden- en het Deltagebied eindigt de vooroever vaak in een getijgeul. Een deel van de banken in de buitendelta's valt hier binnen de JARKUS-zone. Omdat de banken niet tot het te handhaven kustprofiel worden gerekend zijn hier de metingen slechts tot de as van de geul gebruikt om het kustvolume te berekenen.

Grote delen van de Zeeuwse kust hebben een zo steil profiel dat de BKL-zone maar een deel (minder dan de helft) van de JARKUS-zone omvat.

Data

Sinds 1969 is een vrij compleet bestand van JARKUS-metingen beschikbaar. Bij kuberingen van de totale kuststrook is het -meer dan

bij de MKL berekeningen- van belang dat de tijdreeksen van de kustprofielen en de profielen zelf compleet zijn. Daarom is hiervoor het JARKUS-werkbestand van RIKZ gebruikt (par. 3.3).

Methodiek

Voor de diverse kustsecties zijn de kustvolumina over de periode 1969-1998 berekend. Deze secties zijn weer samengevoegd tot kustvakken en regio's. Bij de weergave van tijdreeksen is het jaar 1990 als referentie aangehouden (volume 1990 = 0).

Om het effect van de zandsuppleties zichtbaar te maken zijn van de berekende volumina de (gesommeerde) suppletiehoeveelheden afgetrokken. Dit geeft een reconstructie van het autonome kustgedrag. Er zijn derhalve steeds twee tijdreeksen gepresenteerd.

Ten opzichte van de evaluatie in 1995 is de analyse "grover" doordat geen onderscheid meer is gemaakt in duin, strand en vooroever. Daar staat tegenover dat nu de gehele Nederlandse kust (inclusief de gedeelten waar geen BKL is vastgesteld) in de analyse is betrokken, in plaats van enkele geselecteerde representatieve gebieden.

4.4.2 Zandbalans kustnabije zone

Algemene ontwikkelingen

Door de zandsuppleties neemt het zandvolume in de kustnabije zone toe. Zonder suppleties zou de kust netto zand hebben verloren.

Nederlandse kust

Figuur 4.17 geeft van de hele Nederlandse kust onder andere de netto-ontwikkeling van het kustvolume in de te handhaven gebieden weer vanaf 1969. De bovenste lijn geeft het gemeten volume weer.

De onderste lijn geeft het verloop van de volume-verandering weer nadat de suppleties op het volume in mindering zijn gebracht.

De ontwikkeling voor de hele Nederlandse kust, dus inclusief de niet te handhaven delen, wijkt hiervan slechts in detail vanaf en is daarom weggelaten.

Vanaf halverwege de jaren zeventig is het effect van de zandsuppleties merkbaar. Tussen 1975 en 1998 is ca. 90 Mm³ zand in de JARKUS-zone gebracht (figuur 3.2), waarvan ca. 7 Mm³ op de onderwater-oever. Het kustvolume nam hierdoor met gemiddeld 3 Mm³ per jaar toe.

Er zijn vrij grote fluctuaties in het kustvolume, ten opzichte van de trendlijn tot ca. 20 Mm³. De standaardafwijking bedraagt 8 Mm³.

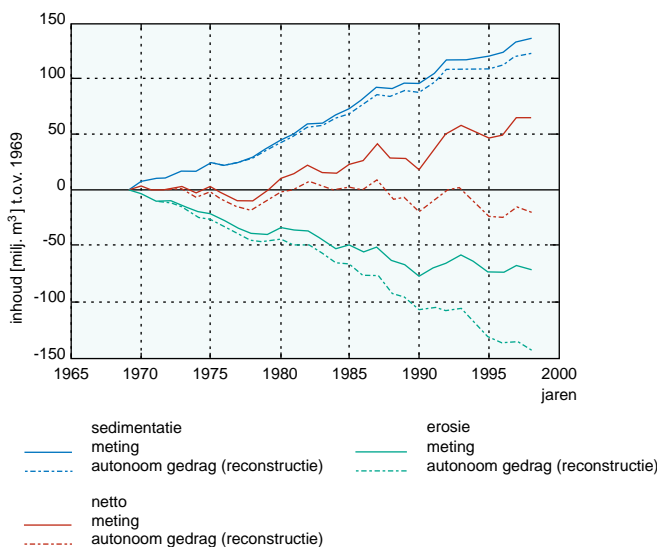
Waarschijnlijk zijn de volume-fluctuaties het gevolg van verplaatsende brekerbanken op de rand van de JARKUS-zone. In de gebieden met de grootste brekerbankendynamiek, de Hollandse kust en de centrale delen van de Waddeneilanden, zijn de fluctuaties namelijk het grootst.

Uit het verloop van de onderste lijn, het autonome kustgedrag kan moeilijk worden opgemaakt dat zonder de suppleties het volume van de kust over de gehele JARKUS-periode trendmatig zou zijn afgenomen. Over een kortere periode is dat wel het geval. Gemiddeld over de periode 1985- 1998 is uit de JARKUS-zone 1,75 Mm³ per jaar verdwenen. Na 1982 is dit 1,6 Mm³/j. Of een van deze trends representatief mag worden gesteld voor de lange termijnontwikkeling is niet duidelijk. Gezien de langjarige fluctuaties is het niet uitgesloten dat het verloop weer een positieve wending neemt. In figuur 4.18 is het autonome verloop van het kustvolume van de gehele JARKUS-zone (dus inclusief de niet-handhavingsgebieden) vergeleken met de

voorspelling van Groenendijk (1997). Deze geeft een toenemende erosie met een verwachting van ca 2,5 Mm³ per jaar voor de periode 2000-2010.

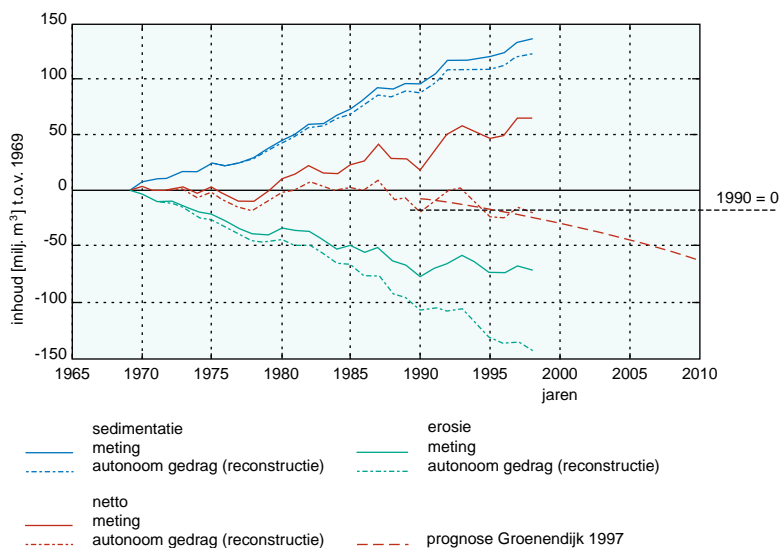
De oorzaak van de langjarige fluctuaties van het zandvolume verdient nader onderzoek. Indien er een relatie zou bestaan met bijvoorbeeld de 18,6-jarige cyclus in het getij, dan zou voor de komende periode wellicht weer een zandwinst mogen worden verwacht.

Figuur 4.17
Nederlandse kust. Volume-ontwikkeling JARKUS-zone 1969-1998.



Opmerking: Het volume betreft de totale kustlengte waar BKL-handhaving plaatsvindt. De volumes van de metingen bij de kustuitbreiding Hoek van Holland en in de kustvakken Maasvlakte, Brouwersdam en Neeltje Jans vallen hier niet onder. Hier zijn de metingen pas in de zeventiger jaren gestart.

Figuur 4.18
Vergelijking verloop autonome kustontwikkeling met voorspelling Groenendijk (1997).



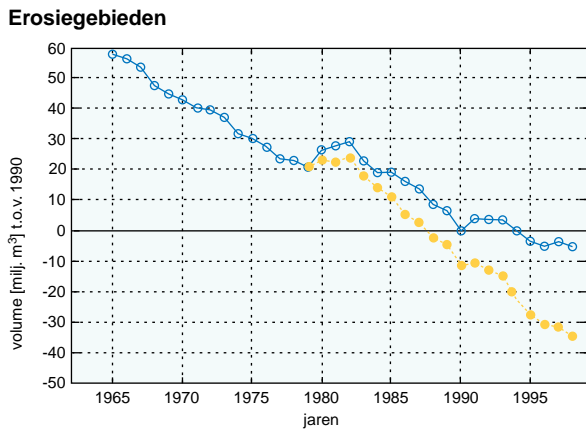
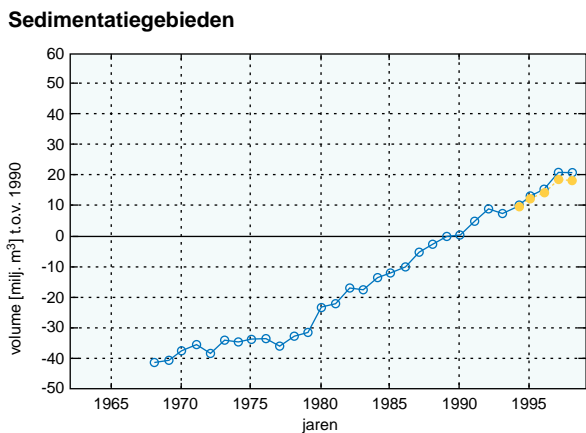
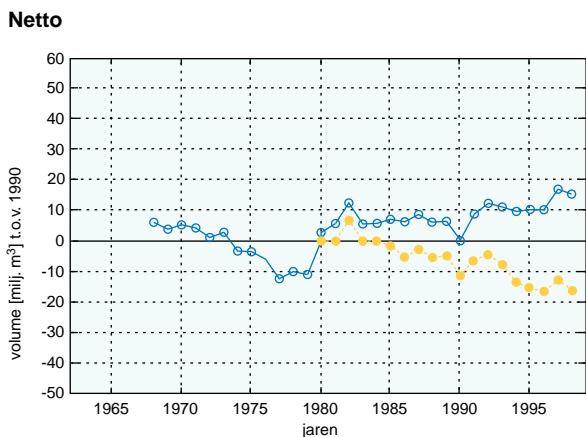
Opmerking: Het volume betreft de totale kustlengte waar jaarlijkse kustmetingen worden verricht, dus inclusief die delen waar geen BKL-handhaving plaatsvindt.

Ontwikkelingen in erosie- en sedimentatiegebieden en in de verschillende regio's.

Het totale zandverlies in de erosiegebieden is na 1990 volledig gecompenseerd, met uitzondering van de regio Wadden, waarop Ameland een grote dynamiek wordt toegelaten.

Uit het verloop van de volume-verandering in de **erosiegebieden** blijkt dat het autonome kustgedrag (zoals weergegeven door het verloop "gecorrigeerd voor suppleties") een doorgaande, na 1982 enigszins versterkte erosie vertoont. Ondanks de voor 1990 uitgevoerde suppleties nam ook het werkelijke volume sterk af. Dit verlies is in 1990

Figuur 4.19
Regio Wadden. Volume-ontwikkeling JARKUS-zone 1969-1998.



—○— Meting
—●— Reconstructie autonoom gedrag

gestopt. Deze trendbreuk kan geheel worden toegeschreven aan de uitvoering van de zandsuppleties in het kader van het Kustbeleid 1990. In 1998 bedroeg het volume van de erosiegebieden ca. 15 Mm³ meer dan in 1990.

Uit figuur 4.17 is af te leiden dat in het te handhaven deel van de Nederlandse kust een lange termijn erosie moet worden gecompenseerd van 4 Mm³ per jaar (totaal van de erosiegebieden). Door de voor 1990 uitgevoerde suppleties bedroeg de werkelijke erosie beduidend minder, namelijk 2,4 Mm³ per jaar. Na 1990 wordt de lange termijn erosie ruimschoots gecompenseerd met ca. 6 Mm³ suppletiezand per jaar. Deze hoeveelheid is zelfs voldoende om de totale erosie te compenseren, dus inclusief de erosie in de niet-handhavingsgebieden. De totale erosie bedraagt 5,4 Mm³ per jaar.

Zoals is te verwachten is er in de **sedimentatiegebieden** sprake van een doorgaande toename van het kustvolume. Ook in de sedimentatiegebieden zijn suppleties uitgevoerd, omdat delen ervan erosief zijn (geworden) of omdat in individuele raaien de BKL wordt overschreden. De autonome groei van het volume neemt hier sinds ca. 1985 af.

Wadden

Figuur 4.19 geeft de ontwikkeling van het totale kustvolume van de Wadden weer sinds 1969, met een onderverdeling naar erosie- en sedimentatiegebieden.

Van nature treedt zandverlies op. Opvallend in het volumeverloop is de toename met ca. 20 Mm³ omstreeks 1980. Alle eilanden hebben hieraan bijgedragen. Na deze "opleving" is weer een autonoom verlies opgetreden van ca. 1 Mm³ per jaar, ongeveer even groot als voor 1979. Opvallend is voorts dat in het totaal van de Wadden slechts omstreeks 1980 een discontinuïteit optreedt, terwijl het verloop van de eilanden diverse trendbreuken te zien geeft.

Dankzij de suppleties is na 1980 sprake van een licht toenemend kustvolume. In totaal is t/m 1998 ca. 34 Mm³ zand op de Waddeneilanden gesuppleerd.

In de Wadden is het verlies na 1990 niet geheel gecompenseerd. Dit is het gevolg van de toegelaten kustdynamiek aan de westkop van Ameland, waarbij tijdelijk netto erosie wordt geaccepteerd. In de erosiegebieden bedroeg het volume in 1998 5 Mm³ minder dan in 1990.

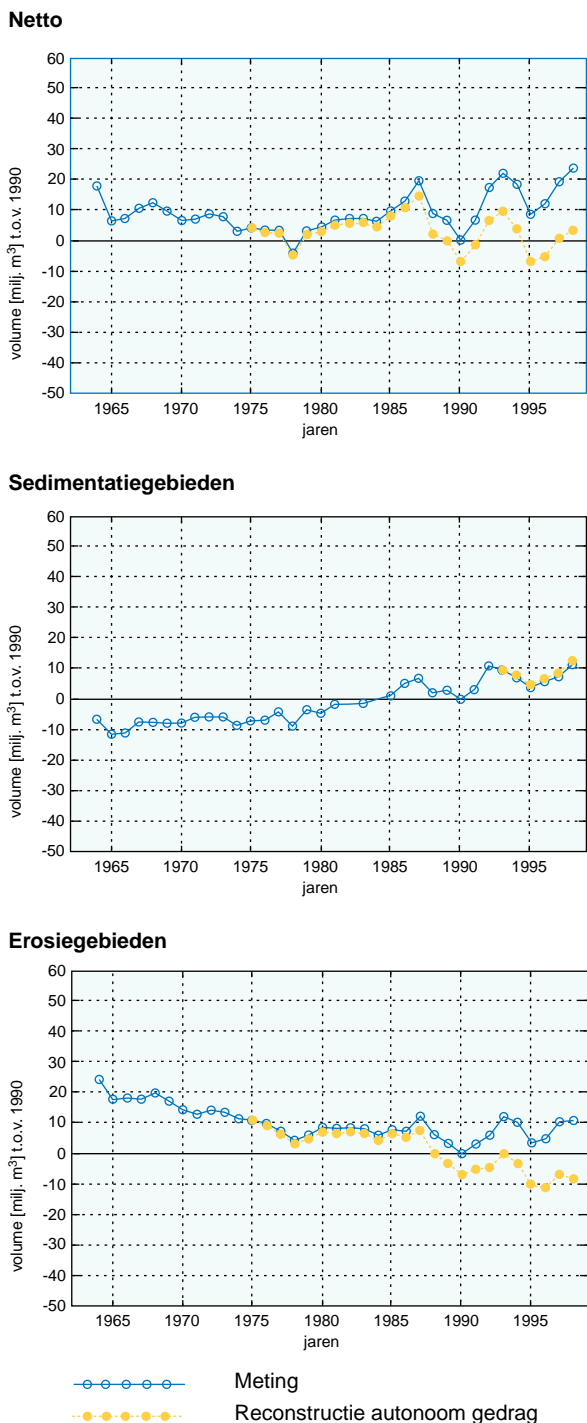
Holland

Figuur 4.20 geeft de ontwikkeling van het totale kustvolume van de Hollandse kust weer sinds 1969, met een onderverdeling naar erosie- en sedimentatiegebieden.

Voor 1980 trad aan de Hollandse kust een trendmatig zandverlies op. Na 1980 is het volume dankzij de zandsuppleties toegenomen. Indien niet zou zijn gesuppleerd, was het volume gemiddeld gelijk gebleven. Opvallend zijn de grote fluctuaties tot ca. 10 Mm³ ten opzichte van het gemiddelde verloop, in vergelijking met de periode voor 1980 en in vergelijking met de overige kustvakken. Zoals reeds eerder in deze paragraaf vermeld is dit waarschijnlijk het gevolg van verplaatsende brekerbanken op de zeevaartse grens van de JARKUS-zone.

De gunstiger ontwikkeling na 1980 is zowel in de erosie-, als in de sedimentatiegebieden te bespeuren. In de erosiegebieden is het effect van de zandsuppleties vanaf ca. 1985 duidelijk zichtbaar. In totaal is t/m 1988 27 Mm³ zand in de JARKUS-zone gebracht. Zonder de suppleties zou sindsdien een verlies van ca. 15 Mm³ zijn opgetreden. In 1998 bedroeg het volume ruim 10 Mm³ meer dan in 1990.

Figuur 4.20
 Regio Holland. Volume-ontwikkeling
 JARKUS-zone 1969-1998.



Delta

Figuur 4.21 geeft de ontwikkeling van het totale kustvolume van de Delta weer sinds 1969, met een onderverdeling naar erosie- en sedimentatiegebieden.

Al vanaf 1974 is het suppletie-effect in de Delta duidelijk herkenbaar. Opvallend is dat sedertdien de ontwikkeling van het zandvolume geheel door de suppleties is bepaald. Van nature is er nauwelijks sprake van verlies of winst. In totaal is er t/m 1988 35 Mm³ zand gesuppleerd, waarvan 15 Mm³ na 1990. De invoering van het Kustbeleid 1990 heeft slechts een gering effect op de zandvolumina gehad. Al vanaf halverwege de jaren tachtig is in de erosiegebieden al voldoende zand gesuppleerd om de erosie te compenseren.

Het Kennemerstrand ten zuiden van de havenmond van IJmuiden is een belangrijk sedimentatiegebied aan de Hollandse kust.

(Foto archief RIKZ)



De autonome zandwinst in de sedimentatiegebieden is na ca 1985 afgenomen ten gunste van de erosiegebieden. Dit is het gevolg van het verplaatsen van erosie- en sedimentatiegebieden (zandgolven), terwijl de grenzen van de rekensecties vastliggen. De suppleties die - deels als duinverzwaring- in de sedimentatiegebieden zijn uitgevoerd, hebben deze afname van de groei niet geheel kunnen compenseren.

Veranderingen autonoom kustgedrag.

Aan het eind van de jaren zeventig is er in alle regio's sprake van een omslag in het autonome kustgedrag.

Het totale kustvolume in de regio's Wadden en Holland neemt tot het eind van de zeventiger jaren af.

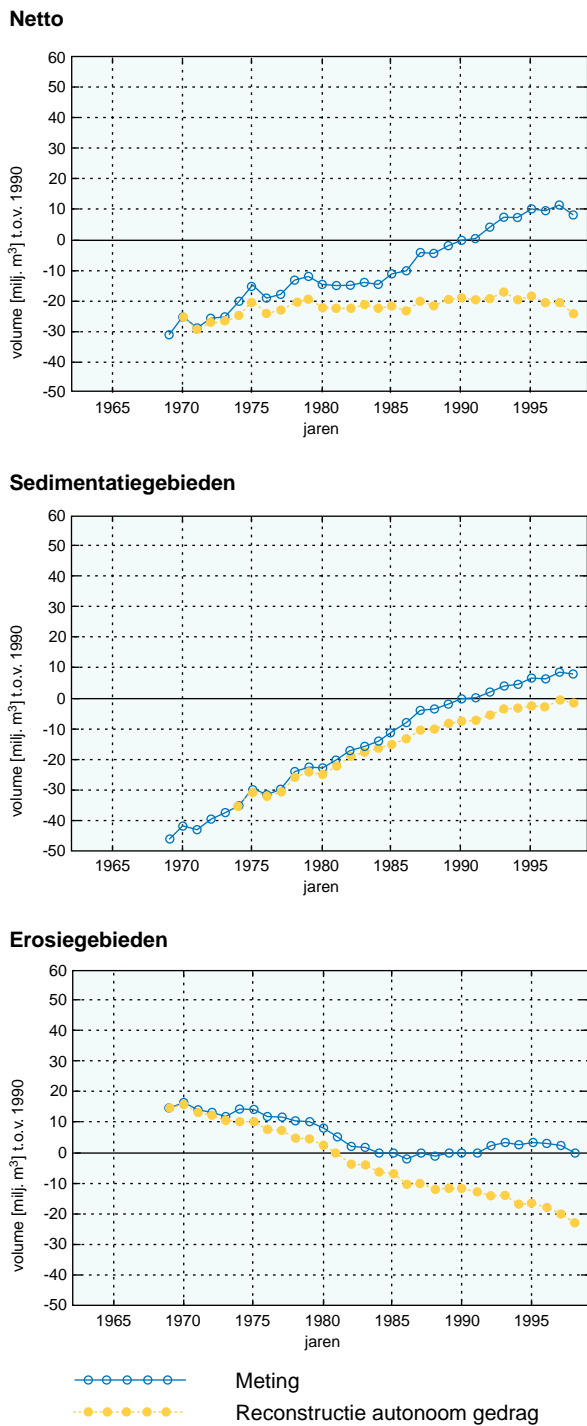
In de Delta neemt het kustvolume dan juist toe. Na deze periode vindt er in alle drie de gebieden een omslag plaats. De Waddenkust sedimenteert gedurende ca. 5 jaar. Bij de Hollandse kust duurt de periode met zandwinst ca. 10 jaar. In de Delta stopt de sedimentatie, maar er treedt gedurende twintig jaar ook geen zandverlies op. In de erosiegebieden van Wadden en Holland is het effect van de trendbreuk merkbaar als een onderbreking van de erosie. Bij de Wadden is daarna sprake van een versterkte erosie, bij de Hollandse kust treden daarna grote fluctuaties op. In de Delta neemt de erosie in de jaren tachtig iets toe, het geen in de jaren negentig weer gecompenseerd wordt door een mindere erosie.

Kustvakken

In figuur 4.22 is aangegeven hoe de actuele erosie, het trendmatig zandverlies na 1990, over de diverse kustvakken is verdeeld. Behalve de trendmatige erosie in de erosievakken is hierbij tevens de inmiddels opgetreden erosie opgeteld van de sedimentatievakken op Ameland. Op Terschelling en in het Zuid-Hollandse deel van Rijnland treedt in de erosievakken inmiddels sedimentatie op.

In de figuur is tevens aangegeven hoeveel de verliezen sinds 1990 in deze vakken gemiddeld door suppleties zijn gecompenseerd (dit betreft suppleties in de periode 1989 t/m 1997, omdat het effect pas een jaar later zichtbaar wordt). De suppletie-inspanning is in de eerste plaats afgestemd op het handhaven van de BKL en niet op de erosie in de

Figuur 4.21
 Regio Delta. Volume-ontwikkeling
 JARKUS-zone 1969-1998.



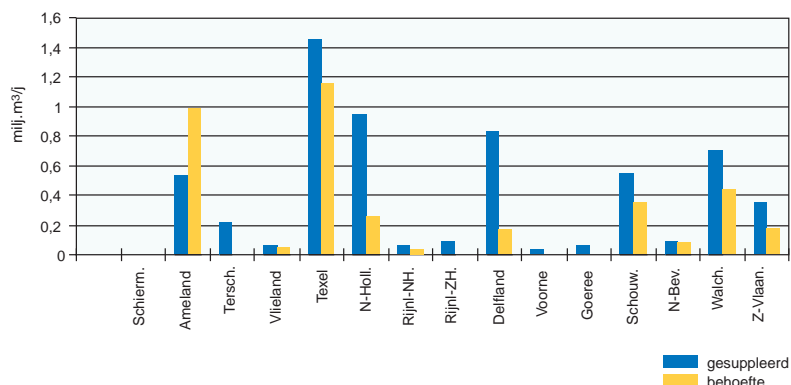
gehele JARKUS-zone. Als de profielvorm niet te veel wijzigt, zal over langere tijd gezien toch het gehele verlies in deze zone moeten worden gecompenseerd. Is de suppletie-inspanning nu kleiner dan het verlies, dan zullen in de toekomst wellicht grotere suppletievolumes nodig zijn. Het omgekeerde kan eveneens van toepassing zijn. Opgemerkt moet worden dat de fase van de suppletiecyclus waarin een kustvak in 1998 verkeerde mede het beeld bepaalt. De gemiddelde suppletie-inspanning wordt beïnvloed door het feit of een kustvak net wel of net niet is gesuppleerd.

Uit figuur 4.22 blijkt dat in vrijwel alle kustvakken de erosie na 1990 ruimschoots is goed gemaakt door de suppleties. Alleen op Ameland

overtreft de erosie de suppletie-inspanning. Dit is verklaarbaar door de ontwikkelingen aan de westkop, waar omwille van de natuurlijke dynamiek tijdelijk een grote achteruitgang wordt geaccepteerd. De "overdimensionering" in Noord-Holland, Delfland, Zeeuwsch-Vlaanderen en vooral Walcheren is mede een gevolg zijn van de zeer smalle waterkering. Van de suppleties is een deel ter verzwarening hiervan aangebracht. Op Schouwen is door het zeewaarts verleggen van het Krabbengat een zeer grote zandhoeveelheid onder water op de vooroever aangebracht.

Figuur 4.22

Erosie en suppletie na 1990 in de Nederlandse kustvakken.



4.4.3 Zandverliezen in het gehele Nederlandse kuststelsysteem

Zoals eerder aangegeven beperkt dit rapport zich tot de erosiebestrijding in de zogenaamde kustnabije zone. Met de Basiskustlijn als maatlat, is het van belang de zandhoeveelheden op peil te houden binnen de raavakken (kustsecties met een breedte van 100 à 250 m), in een ondiepe zone die loopt van de duinvoet (NAP +3m) tot ruwweg NAP -6m. Bepalend zijn ontwikkelingen over een voorbije periode van ca. 10 jaar.

De eerste prioriteit van Dynamisch Handhaven zal ook in de toekomst uitgaan naar compensatie van de zandverliezen in de te handhaven (ondiepe) kustnabije zone. De ontwikkelingen in de buitendelta's en het diepere deel van de vooroever zullen echter direct of indirect van invloed zijn op het ondiepe deel van het kustprofiel. Duurzame handhaving van het kuststelsysteem met al zijn waarden en functies vraagt daarom om het op peil houden van de totale zandhoeveelheid. Daarom voegt de derde Kustnota aan de kleinschalige benadering een lange termijn perspectief toe. Om mee te groeien met de zeespiegel wordt vanaf 2001 de zandvoorraad in het gehele kuststelsysteem op peil gehouden. De nieuwe, grootschalige aanpak geeft invulling aan de eis, zoals verwoord in de tweede Kustnota, om ook de zandverliezen in de diepere kustzone te compenseren.

Om na te gaan om hoeveel zand het gaat zijn 9 deelsystemen afgebakend en is de zandbalans opgemaakt voor de gehele kustzone. Uit de balans blijkt dat de totale suppletiebehoefte vanaf 2001 12-16 Mm³ per jaar bedraagt bij een gelijkblijvende zeespiegelstijging van 20 cm per eeuw. Bij een stijging oplopend tot 85 cm per eeuw zal de behoefte toenemen tot 23 à 38 Mm³ per jaar. De deelsystemen Vliestroom en Marsdiep zullen de grootste suppletieconcentraties (volume per kustlengte) vergen.

Voor een uitgebreide beschrijving van de resultaten wordt verwezen naar Mulder (2000).

4.5 Suppletie-ontwerp

Het ontwerpen van zandsuppleties is maatwerk. Dit houdt verband met de locale en regionale verschillen in onder andere kusttype en belangen in de kustzone.

4.5.1 Ontwerpfasen

Bij de voorbereiding van een suppletie kan onderscheid worden gemaakt tussen het morfologisch ontwerp en het besteksontwerp.

morfologisch ontwerp

Het doel hiervan is het vaststellen van de benodigde zandhoeveelheid en de verdeling hiervan langs de kust. De belangrijkste parameters zijn de te verwachten erosie (e) en de herhalingstijd (t). Omdat in een suppletievak de BKL niet overal tegelijkertijd overschreden wordt, zal in het algemeen worden gesuppleerd als het totale zandvolume nog niet de bij de BKL behorende minimumwaarde heeft bereikt. De zandreserve (R) bepaalt dus mede de suppletiehoeveelheid. Een algemene formule voor het suppletievolume (V) is:

$$V = e * t - R$$

Toeslagen

Aan het einde van de levensduur moet de kans op BKL-overschrijdingen in alle raavakken minimaal zijn. Omdat de autonome erosieverdeling in het suppletievak doorgaans in de tijd verandert, kan niet worden volstaan met de in de afgelopen jaren opgetreden verdeling. Bovendien zal de kustuitbouw door de suppletie de erosieverdeling beïnvloeden, met name aan de uiteinden van het suppletievak. In het algemeen wordt de onzekerheid in de toekomstige erosieverdeling gecompenseerd door een toeslag op het berekende suppletievolume.

Bij **strandsuppleties** kan doorgaans worden volstaan met 10 à 25% extra zand. Langs kustvakken die gevoelig zijn voor BKL-overschrijdingen door smalle duinen of bebouwing in de zeereep worden echter toeslagen tot 50% toegepast.

Bij **onderwatersuppleties** is er een extra onzekerheid in welke mate en waar het suppletiezand de MKL-ontwikkeling gunstig zal beïnvloeden. Omdat bij onderwatersuppleties de m^3 -prijs laag is en tot dusver de kosten van een strandsuppletie uitgangspunt zijn bij de hoeveelheidbepaling, wordt doorgaans meer dan het dubbele van de verwachte erosiehoeveelheid gesuppleerd.

In principe moet ook een toeslag worden toegepast als fijner zand en/of zand met een ruimere sortering wordt gebruikt. Omdat langs de Nederlandse kust zand van goede kwaliteit beschikbaar is, kan deze toeslag meestal achterwege worden gelaten.

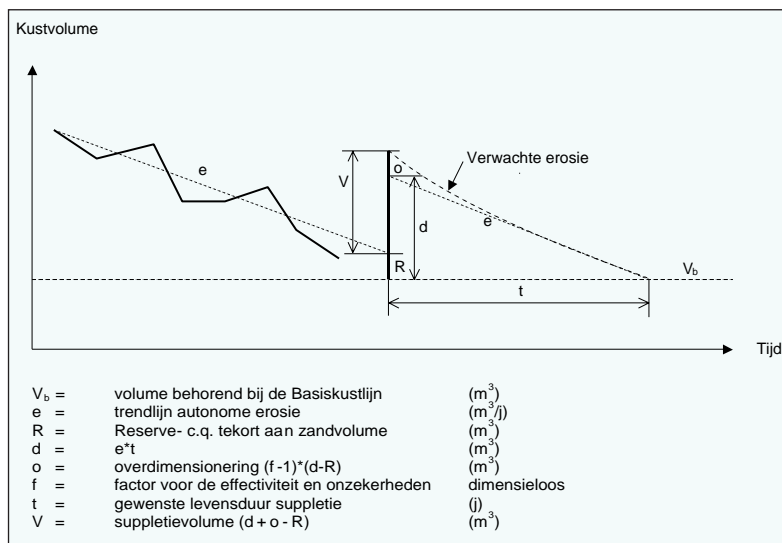
Met een toeslagfactor (f) wordt de formule:

$$V = f(e * t - R)$$

Figuur 4.23 geeft de hoeveelheidbepaling grafisch weer.

Figuur 4.23

Principeschets suppletie-ontwerp.



besteksontwerp

Het doel is de morfologisch benodigde zandhoeveelheid in te passen in de situatie. Het aanbrengen van de benodigde hoeveelheden moet in de praktijk uitvoerbaar zijn en een acceptabele situatie opleveren.

Bij een **strandsuppletie** zal de profielvorm zo moeten worden gekozen dat geen steile afslagranden ontstaan, die voor de recreatie gevaarlijk kunnen zijn. Mede hierdoor is de verhoging van het strand aan een maximum gebonden. Op plaatsen waar onder de laagwaterlijn geen zandberging mogelijk is (steile geulwand) of gewenst is (wijze van verrekening), is de benodigde hoeveelheid niet altijd aan te brengen. In dat geval moet een deel worden verschoven naar nabije raaivakken waar wel bergingscapaciteit is. Om een vloeiend verloop van het strandniveau over de raaivakken te krijgen wordt een vereffening in kustlangse richting toegepast. Omdat functie-eisen, bijvoorbeeld vanwege de duinveiligheid, plaatselijke volumevermindering niet altijd toestaan moet soms een extra hoeveelheid in de naastliggende raaivakken worden aangebracht.

Het aanbrengen van een dunne laag is niet economisch. In het besteksontwerp wordt daarom een minimumhoeveelheid toegepast. Afhankelijk van de situatie bedraagt deze 40 à 125 m³ per strekkende meter of ca. 0,2 Mm³ voor een hele suppletie.

Bij een **onderwatersuppletie** speelt de afstemming met de uitvoeringsmethode een grote rol. De stortplaats zal bereikbaar moeten zijn voor de in te zetten sleephopperzuiger. De hellingen van de "zandbult" zijn afhankelijk van de zandeigenschappen en de stortmethode.

4.5.2 Ontwerpfilosofie

Algemeen uitgangspunt bij het ontwerp is het voorkomen van overschrijdingen van de basiskustlijn. In de praktijk wordt de prioritering echter afgestemd op de aanwezige belangen in de kustzone. Waar BKL-overschrijding risico's voor belangen en functies inhouden wordt stringent gehandhaafd, bijvoorbeeld als de sterkte van smalle duinregels in gevaar komt. Hier wordt dus gestuurd op belangen. Waar kustdynamiek kan worden getolereerd en vanuit natuuroogpunt gewenst is wordt minder stringent gehandhaafd. Hier wordt bij het ontwerp gestuurd op het zandvolume in een kustvak en kan inhoud worden gegeven aan de beleidsdoelstelling "dynamisch handhaven".

Sturen op belangen

Het ontwerp wordt gekenmerkt door een gedetailleerde aanpak. Per raai wordt de benodigde zandhoeveelheid bepaald. In plaats van de zandreserve wordt door sommige ontwerpers de reservetijd (r) als maat gehanteerd voor het overschot aan het begin van de levensduur. Dit is de geschatte tijd tot de BKL wordt overschreden. Het suppletievolume wordt dan berekend als:

$$V = f \cdot e \cdot (t-r)$$

Maatwerk wordt toegepast in het zuidelijke deltagebied met overwegend smalle duinwaterkeringen en steile onderwateroevers. Hier zijn tot nu toe uitsluitend strandsuppleties uitgevoerd. In enkele gevallen is een ondersteunende vooroeversuppletie aangebracht.

Omdat bij steile profielen de erosie van de diepere vooroever en het duinfront sterk gekoppeld is aan de ontwikkelingen in de BKL-zone wordt de erosie van het gehele kustprofiel in rekening gebracht. Het suppletievolume kan hierdoor te groot worden in kustvakken met smalle stranden. Hier moet met een korte levensduur worden gerekend vanwege de beperkte bergingscapaciteit.

Sturen op zandvolume

Het ontwerp wordt gekenmerkt door een grove aanpak. Uitgangspunt is de structurele erosie en de zandreserve in het te handhaven kustvak. Omdat meer wordt gekeken naar de gemiddelde kustlijnpositie over het gehele vak dan naar de overschrijdingen per raai, zal de zandreserve een kleinere rol spelen dan bij het bovenbeschreven maatwerk.

De mogelijkheden voor dynamisch handhaven doen zich voornamelijk voor in het Waddengebied en langs delen van de Hollandse kust. Door de flauwe onderwateroevers kan de erosie in de BKL-zone hier doorgaans representatief worden gesteld voor de te verwachten zandverliezen.

Bij strandsuppleties over lange trajecten wordt een grove onderverdeling gemaakt om een differentiatie in de zandbehoefte te kunnen aanbrengen. In de genoemde gebieden worden de laatste jaren bij voorkeur suppleties op de onderwateroever toegepast. Hierbij past de grove benadering, mede gezien de grote toeslagen die door de lage m³-prijs kunnen worden toegepast.

De aangegeven handhavingfilosofie per regio is slechts zeer algemeen. Met name de Hollandse kust heeft een gemengde aanpak. Brede duingebieden met dynamisch handhaven worden hier afgewisseld door badplaatsen en smalle duinregels waar stringent wordt gehandhaafd.

De stranden en duinen van Walcheren zijn erg smal; hier is maatwerk vereist bij het ontwerp van de suppleties.
(Foto archief RIKZ)



Economische optimalisatie

De herhalings­tijd van ca. 5 jaar die in het meerjarenschema van de zandsuppleties wordt gehanteerd, komt vrijwel overeen met het economische optimum. Voor dit optimum is de Netto Contante Waarde een beter criterium dan de m³-prijs.

Nadat in 1990 was besloten om de kusterosie te bestrijden met zandsuppleties is door de Rijkswaterstaat een meerjarenschema opgesteld om de investeringen in de tijd te spreiden. Om diverse redenen is hierbij uitgegaan van een herhalings­tijd van ca. 5 jaar. Omdat de suppletiehoeveelheden en de uitvoeringsomstandigheden van gebied tot gebied nogal verschillen, is het logisch te veronderstellen dat ook de optimale herhalings­tijden zullen verschillen. In het kader van de optimalisatie van de zandsuppleties is onderzoek gedaan naar de optimale herhalings­tijd. De in deze paragraaf weergegeven resultaten zijn beperkt tot de kostprijs­technische aspecten van het suppletiebedrijf van de Rijkswaterstaat. Wensen vanuit de gebruiksfuncties en de ecologische functies in de kustzone komen hierin niet aan de orde.

Gezien de geringe ervaringstijd met onderwatersuppleties is het onderzoek beperkt tot strandsuppleties.

Bij het onderzoek is gebruik gemaakt van het "Bedrijfsmodel voor Kustsuppleties" (DHV, 1994)

4.5.3 Probleemschets

De optimale herhalings­tijd is van diverse factoren afhankelijk, waarvan er bovendien vele in de tijd variëren. In het volgende worden een aantal aspecten behandeld die een rol spelen bij de keuze van een herhalings­tijd.

Spreiding investeringen

Per locatie hangt de kostprijs af van:

- suppletietype; deze bepaalt mede de morfologische effectiviteit
- uitvoeringswijze, deels bepaald door het suppletietype
- suppletiehoeveelheid, die wordt bepaald door: autonome erosie, effectiviteit, vakgrootte en herhalings­tijd

Eenzijds is een kleine herhalings­tijd gunstig uit oogpunt van voor­investering. Het geld wordt pas uitgegeven kort voor het moment dat

dit echt nodig is. Hoe groot het effect van voorinvesteren is hangt af van de rentevoet.

Anderzijds geeft een grote herhalingstijd een gunstige m³-prijs omdat de vaste (installatie-)kosten over meer m³ verdeeld worden.

Een grotere herhalingstijd leidt bij sommige kustvakken tot een lagere effectiviteit en is daar dus ongunstig.

Handhavingstrategie

Maatgevend voor het suppletieprogramma is het al of niet overschrijden van de basiskustlijn. Bij de invulling van "dynamisch handhaven" kunnen worden onderscheiden:

- Stringent handhaven.
Dit wordt toegepast in kustvakken waar BKL-overschrijding risico inhoudt voor belangen en functies in de kustzone, met name voor de waterkeringsfunctie.
- Dynamisch handhaven.
In kustvakken waar tijdelijke BKL-overschrijding onderdeel uitmaakt van de gewenste natuurlijke dynamiek en geen gevaar oplevert voor overige belangen, wordt zo weinig mogelijk ingegrepen.

In kustvakken waar stringent moet worden gehandhaafd wordt de herhalingstijd bij voorkeur niet te lang gekozen. Hoe korter de herhalingstijd, hoe groter de bijsturingmogelijkheid c.q. hoe kleiner de kans op tussentijdse "reparatiesuppleties". Hierbij speelt uiteraard de risico-acceptatie van de opdrachtgever een rol.

Bedrijfsvoering RWS

De suppleties worden uitgevoerd in opdracht van de vier kustdirecties van RWS. Bij de spreiding van de suppleties in de tijd (meerjarenschema) speelt de continuïteit van het werk per regionale directie mede een rol. Voorts worden suppletietijdstippen soms mede bepaald door andere werken. Er wordt naar gestreefd om bij onderhoud- of verdiepings-baggerwerken vrijkomend zand te benutten voor kustsuppleties. Ook worden combinaties gezocht bij de inzet van baggermaterieel, bijvoorbeeld via optiecharters of een afwaaiclausule.

De herhalingstijd kan tevens worden bepaald door de wijze van aanbesteding, waarbij al dan niet in een meerjarencontract een combinatie van suppleties wordt aangeboden.

Functies in de kustzone

De belangrijkste functie in de kustzone is waterkering. Zoals reeds is vermeld wordt stringent gehandhaafd met een niet al te lange herhalingstijd, als BKL-overschrijding tot een veiligheidsrisico kan leiden. Een andere belangrijke functie is de strandrecreatie.

De strandexploitatie heeft enerzijds baat bij een grote herhalingstijd, die naast minder frequente hinder tevens een gemiddeld breder strand oplevert. Anderzijds levert een lange herhalingstijd een grote fluctuatie van de strandbreedte op en veel stuifoverlast vanwege het aanvankelijk brede droge strand.

Een lange herhalingstijd is overwegend gunstig voor de ecologie van het strand en de zandwinplaats. Flora en fauna krijgen een langere herstelperiode. Bovendien betekent meer zand meer verstuiving en dus meer natuurlijke dynamiek (aangroei en afslag) in de zeereep.

4.5.4 Werkwijze

Voor een aantal suppletiegebieden langs de Nederlandse kust zijn kostprijsberekeningen gemaakt, waarbij de herhalingstijd is gevarieerd.

De omgevingsfactoren, zoals erosie en vakgrootte zijn ontleend aan de gegevens van in de afgelopen decennia uitgevoerde suppleties. De op basis van de netto contante waarde (NCW) vastgestelde optimale herhalingstijden zijn vergeleken met de gemiddelde herhalingstijden van de uitgevoerde suppleties.

Uitgangspunt is om zo veel mogelijk reële suppletiegevallen door te rekenen. Bij de keuze van de suppletielocaties is gestreefd naar:

- geografische spreiding
- variatie van suppletiehoeveelheden
- een zo groot mogelijke reeks uitgevoerde suppleties

Bij de keuze is gebruik gemaakt van het suppletiebestand van RIKZ. De suppletiegegevens t/m 1997 zijn hierin gebaseerd op de opgaven van de uitvoerende diensten van de RD's. De gegevens van 1998 zijn deels hierop gebaseerd en ook op het werkschema 1998. De suppleties van 1999 zijn geheel conform het werkschema 1999. De verwachte levensduur van deze suppleties is afgeleid van het meerjarenschema.

Er zijn 14 suppletielocaties gekozen. Per locatie zijn gemiddelde waarden berekend voor :

- herhalingstijd
- suppletievolume
- begin en eind van het suppletietraject
- suppletie-intensiteit (m^3/m^1 per jaar)

Het bedrijfsmodel voor kustsuppleties (DHV, 1994) is opgezet om gevoeligheidsanalyses te kunnen uitvoeren voor de diverse beslisparameters bij het ontwerpen van zandsuppleties. Doelparameters zijn hierbij de kosten per suppletie, de m^3 -prijs en de netto contante waarde van een reeks suppleties.

N.B. Het programma bevat kostenparameters gebaseerd op het prijspeil 1993. Voor een gevoeligheidsonderzoek naar de gunstigste herhalingstijd is aangenomen dat de prijsindexering mag worden verwaarloosd.

Naast de locatiegebonden parameters zijn enkele algemene parameters vastgesteld op:

- projectperiode = 30 jaar
- profieldeel strand = 100 %
- rentevoet = 8 %
- inflatie = 3 %

De effectiviteitsfactor

In plaats van de autonome erosie is de suppletie-intensiteit ingevuld. Dit is de gemiddelde suppletiehoeveelheid per jaar per strekkende meter. Veronderstellend dat deze hoeveelheden goed zijn geschat, is de effectiviteit hierin begrepen. Om toch rekening te kunnen houden met een variërende effectiviteit bij grotere of kleinere kustuitbouw is een parameter ingevoerd, die de effectiviteitsfactor doet afnemen bij een toename van de herhalingstijd.

4.5.5 Resultaten

Netto contante waarde

De werkelijke herhalingstijden zijn overwegend kleiner dan de berekende optimale herhalingstijden; gemiddeld 0,7 jaar (=15%). Van de 5 locaties met grote suppleties (waar bij een herhalingstijd van 5 jaar een hoeveelheid van 1 Mm^3 nodig is) blijkt op 4 van deze locaties de optimale herhalingstijd te worden toegepast.

Een kortere of langere herhalingstijd heeft vaak slechts een geringe invloed op de netto contante waarde. Berekend is dat in 9 van de 14 beschouwde gevallen toepassing van de optimale herhalingstijd niet tot een kostenbesparing van meer dan 10% zou hebben geleid.

Kubieke meter prijs

De verandering van de m³-prijs bij een veranderende herhalingstijd hangt o.a. af van de verhouding vast/variabele kosten. Hoe groter de herhalingstijd, hoe groter de hoeveelheid per suppletie en hoe kleiner de m³-prijs.

Figuur 4.24 geeft het verloop van de m³-prijs in combinatie met de jaarlijkse suppletiehoeveelheid en de jaarlijkse suppletiekosten, gemiddeld over de 14 locaties.

De m³-prijs neemt nog maar weinig af bij een herhalingstijd groter of gelijk aan 3 à 4 jaar. Bij een toename van 4 naar 5 jaar wordt een winst van ca. 10 % geboekt.

Uit het verloop van de Netto Contante Waarden blijkt dat de winst van de lagere m³-prijs bij een herhalingstijd groter dan 5 jaar geheel teniet wordt gedaan door de toename van de benodigde zandhoeveelheid.

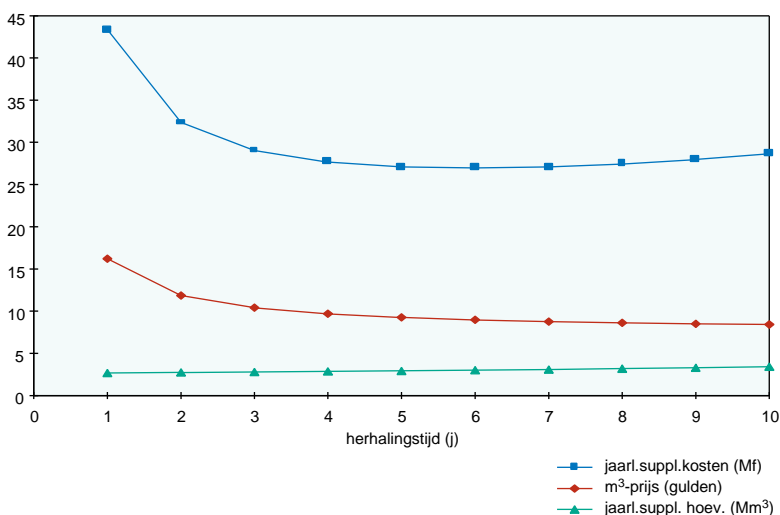
Opgemerkt moet worden dat deze toename het gevolg is van de bij de kostprijsberekeningen ingevulde factoren voor de effectiviteit.

De effectiviteitsfactor is in de praktijk moeilijk te bepalen en hangt mede af van de definitie van "zandverlies" en de tijd- en ruimteschaal waarop dit verlies wordt bepaald.

Opmerking:

Bij de uitgevoerde kostenanalyse is alleen de gevoeligheid voor de herhalingstijd onderzocht. De resultaten zijn mede afhankelijk van de invoerparameters van het Bedrijfsmodel, met name van de parameters die de verhouding vaste/variabele kosten beïnvloeden. Naast de genoemde effectiviteitsfactor zijn dit de werkbaarheidsfactor en de parameters voor materieel en uitvoeringswijze.

Figuur 4.24
 Jaarlijkse suppletiekosten, jaarlijkse suppletiehoeveelheden en m³-prijs versus herhalingstijd.



Voor het handhaven van de kustlijn kan plaatselijk een zeewaartse kustverdediging voordeliger zijn dan suppleren.

Op foto B is de aanzanding te zien aan de kop van Texel door de aanleg van de Eierlandse dam in 1995.

(Foto's archief RIKZ)



Foto A
situatie 1994.



Foto B
situatie 1999.

4.6 Samenvatting kustlijnhandhaving

Onder de huidige omstandigheden kan kustachteruitgang met zandsuppletie worden gestopt. Dit blijkt in de erosiegebieden, waar bij de opbouw van de slijtlaag een gemiddelde achteruitgang van 0,8 m per jaar is omgebogen naar een vooruitgang van 1,3 m per jaar. Toch zijn er enkele lokale zorgpunten bij zeer steile vooroevers.

Voor 1990 was er reeds sprake van een netto groei van het kustareaal. De grotere suppletie-inspanning door de effectuering van het kustbeleid heeft na 1990 een snellere groei van het kustareaal tot gevolg gehad. Tussen 1990 en 1998 nam het kustareaal toe met 560 ha. Dat is bijna 300 ha meer dan in de periode tussen 1980 en 1990.

Het aantal overschrijdingen van de basiskustlijn is teruggebracht van 31% in 1992 tot 11% in 1999.

Natuurlijke fluctuaties van de kustlijnpositie bemoeilijken het suppletie-ontwerp en de planning. Bij de huidige wijze van suppletieplanning zijn overschrijdingen van de basiskustlijn niet te voorkomen. De vraag rijst of bij de toegenomen waardering van de kustdynamiek een situatie zonder overschrijdingen wel gewenst is.

Door de zandsuppleties neemt het zandvolume in de kustnabije zone toe. Zonder suppleties zou in de afgelopen 15 jaar een trendmatig zandverlies in de kustnabije zone zijn opgetreden van 1,75 Mm³/j.

Uit de zandbalans voor de kustnabije zone blijkt verder dat in alle regio's de totale erosie per kustvak is gecompenseerd. Lokaal (Ameland-west) is soms de erosiebestrijding niet tot elke prijs doorgevoerd, onder andere omwille van de natuurlijke dynamiek.

Aan het eind van de jaren zeventig is er in alle regio's sprake van een trendbreuk in het autonome kustgedrag.

De morfologisch actieve kustzone omvat meer dan alleen de kustnabije zone waarin jaarlijks profielmetingen worden uitgevoerd en waarvoor in deze studie zandbalansen zijn opgesteld. Door zandverliezen op dieper water kan de zandbalans van de kustnabije zone negatief worden beïnvloed. De zandbalans op grotere tijd- en ruimteschaal laat zien dat de totale suppletiebehoefte vanaf 2001 12-16 Mm³ per jaar bedraagt bij een gelijkblijvende zeespiegelstijging van 20 cm per eeuw. Bij een stijging oplopend tot 85 cm per eeuw zal de behoefte toenemen tot 23 à 38 Mm³ per jaar.

Voor het ontwerpen van zandsuppleties wordt geen uniforme methode toegepast. Dit houdt verband met de lokale en regionale verschillen in onder andere kusttype en belangen in de kustzone, met name de waterkering.

De herhalingsperiode van ca. 5 jaar die in het meerjarenschema van de zandsuppleties wordt gehanteerd, komt vrijwel overeen met het economische optimum, met name bij de grotere suppleties. Voor dit optimum is de Netto Contante Waarde een beter criterium dan de m³-prijs. Tegenover de daling van de m³-prijs bij een grotere herhalingsperiode moet een ongeveer gelijke kostentoeename worden gesteld door grotere kapitaalslasten en een grotere suppletiehoeveelheid.



Callantsoog 1999.
(Foto archief RIKZ)

5. Evaluatie beleidsdoelstelling

5.1 Waterkering

Door de zandsuppleties is het waterkerend vermogen van de zwakste schakels in de duinwaterkeringen op peil gehouden.

Een duinwaterkering ontleent zijn sterkte aan zijn zandvolume. Tijdens stormvloed slaat door de golfaanval zand van het duin af dat weer op het strand wordt afgezet. Dit proces gaat door tot de golfaanval de (nieuwe) duinvoet niet meer kan bereiken. Dit komt op een moment dat de golfbeweging door het afgezette zand sterk geremd wordt en de waterstand na het stormhoogwater ver genoeg gedaald is. Om doorbreken van het duin te voorkomen, mag de afslag de breedte van het duin op stormvloedpeil niet overschrijden. De positie van de nieuwe duinvoet (het afslagpunt) is dus een maat voor het waterkerend vermogen.

Aanleg van een asfaltdijk bij het Flaauwe Werk op Goeree in 1954.

Door het toepassen van suppleties komt het niet meer voor dat een duin door een dijk moet worden vervangen.

(Foto archief RIKZ)



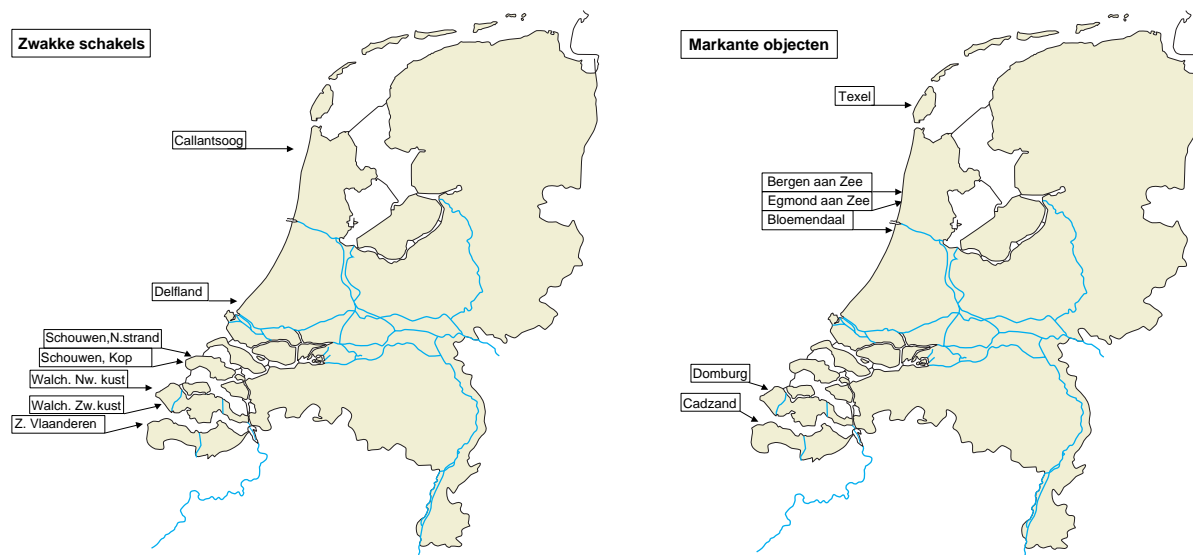
Voor een indruk van het effect van het suppletiebeleid op het waterkerend vermogen van de duinwaterkering zijn van de zwakste schakels de verplaatsingen van het theoretische afslagpunt berekend. Het afslagpunt is de verwachte positie van het duinfront na een maatgevende storm. De stormvloedstanden zijn gebaseerd op de overschrijdingskansen volgens de Wet op de Waterkering (1995). Voor centraal Holland geldt een kans van 1/10.000 per jaar, voor het Deltagebied een kans van 1/4000 per jaar.

Er zijn alleen duinen onderzocht. Daar is de sterkte direct afhankelijk van de zandmassa van strand en duin. Bij dijken is het waterkerend vermogen mede afhankelijk van de hoogte van een eventueel aanwezig strand, maar dit effect is veel geringer dan bij duinen. De selectie van de duinprofielen is beperkt. Er zijn alleen plaatsen beschouwd die eind tachtiger jaren in het kader van de Deltawet zijn verzwaaard. De meeste verzwaringen zijn toen uitgevoerd in Zeeland. In vrijwel alle beschouwde locaties is de duinverzwaring gedeeltelijk aan de zeezijde uitgevoerd. De basiskustlijn is dan mee zeewaarts verschoven om voldoende ruimte te houden voor een evenwichtig kustprofiel.

Figuur 5.1 geeft de beschouwde locaties weer. De berekende duinprofielen zijn vermeld in tabel 5.1.

Figuur 5.1

Locaties zwakke schakels en markante objecten in de zeeoep.



In tabel 5.1 is aangegeven of de bereikte duinsterkte nadien is gehandhaafd. Het eerste jaar met de initiële profielaanpassing is hierbij genegeerd.

In het algemeen bleef de sterkte na 1990 goed gehandhaafd, zij het soms met enkele mindere jaren. Dit is acceptabel, omdat bij de deltaverzwaringen met kustfluctuaties en enkele jaren kusterosie rekening is gehouden.

Een sterke achteruitgang trad alleen op in de raaien 1046 en 1068 in Zeeuwsch-Vlaanderen. De beperkte ruimte aan de achterzijde noopte hier tot een forse zeewaartse verzwaring. Gezien de vooruitgeschoven ligging van dit kustdeel werd een aanzienlijke extra erosie verwacht. Met de afname van de zandbuffer en de achteruitgang van het afslagpunt was in het ontwerp dus reeds rekening gehouden. Na 4 jaar was het strand- en duinprofiel in een evenwichtssituatie gekomen, die deltaveilig is en met normale strandsuppleties kan worden onderhouden. Mede op grond van deze gunstige ontwikkeling is de aanleg van een hangend strand niet doorgegaan. Dit betrof een laterale dam ter ondersteuning van een breder en hoger strand, één van de in de discussienota 1990 voorgestelde proeven met een zeewaartse verdedigingsconstructie.

Een lichte achteruitgang werd gevonden in raai 2527 bij Zoutelande op Walcheren. Hier zijn omwille van de duinsterkte extra suppleties uitgevoerd.

Figuur 5.2 geeft het verloop weer van de afslagpunten, gemiddeld over alle locaties. De teruggang na 1990 in Zeeuwsch-Vlaanderen blijkt elders te worden gecompenseerd. De wat minder gunstige ligging omstreeks 1995 is voornamelijk het gevolg van de situatie aan de Hollandse kust.

Tabel 5.1

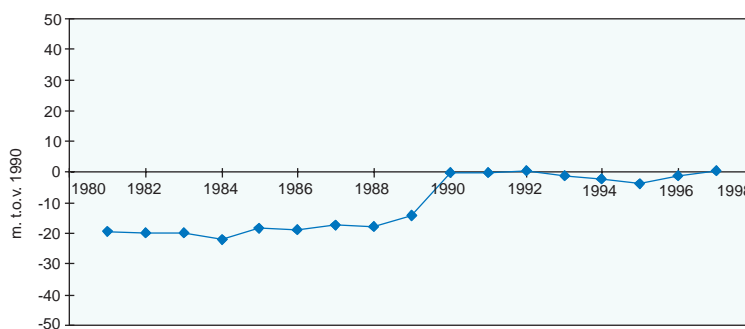
Onderzochte zwakke schakels in de duinwaterkering.

Locatie	raai(en)	deltaverzwarening	trend na verzwarening
Callantsoog	1360	1986	+
Delfland	1080.7, 1109, 1141.2	1986, 1986, 1986	+, 0, +
Schouwen-Noorderstrand	0106, 0172, 0197	1990, 1990, 1990	0, 0, 0
Schouwen-Kop	1548	1987*	0
Walcheren-noordwestkust	1714	1986	+
Walcheren-zuidwestkust	2349, 2527, 2555	1988, 1988, 1988	0, -, +
Zeeuwsch-Vlaanderen	1046, 1068, 1363	1990, 1990	-, -, +

* versterking zeereep, geen deltaverzwarening.

Figuur 5.2

Gemiddelde afslagpunt zwakke schakels. (tabel 5.1).



5.2 Veiligheid in de zeereep

Door het suppletiebeleid is de situatie van de onveiligste objecten in de zeereep verbeterd.

Op diverse plaatsen langs de Nederlandse kust bevinden zich belangen in de duinen. Het meest in het oog springend is de bebouwing. Op enkele locaties is zeer kort langs de zeekant gebouwd of is door kustachteruitgang het duinfront de bebouwing dicht genaderd. Deze bebouwing loopt bij een zeer zware storm een grote kans in zee te storten. Om het effect na te gaan van het suppletiebeleid op de veiligheid van objecten in de zeereep is de veiligheid van een aantal gebouwen op de zeereep en enkele boulevards met bebouwing onderzocht. Het betreft constructies die tijdens de stormvloed van 1990, de zgn. "Krokusstormen", maar ook regelmatig daarvoor de pers haalden omdat tijdens en na de duinafslag voor de stabiliteit werd gevreesd (figuur 5.1, tabel 5.2).

De positie van het afslagpunt ten opzichte van het object is een maat voor de veiligheid. De verplaatsing van het afslagpunt in de tijd is dus een aanwijzing voor een toe- of afnemende veiligheid. Hoewel voor objecten in de zeereep geen wettelijke veiligheidsnormen bestaan, wordt in diverse provincies een stormvloed met een overschrijdingsfrequentie van de hoogwaterstand van 1/500 per jaar maatgevend gesteld voor de vergunningverlening. Deze stormvloedfrequentie is ook hier toegepast.

Door de hogere strandligging is de kans op schade aan objecten in de zeereep afgenomen.

Bij dit gebouw in Bergen aan Zee is er ten opzichte van de situatie in 1990 nu een flinke zandbuffer aanwezig.



Foto A

Situatie na de "Krokus storm" in 1990.
(Foto archief RIKZ)



Foto B

Situatie in 2002.
(Foto Marinka Kiezebrink)

Tabel 5.2

Onderzochte objecten in de zeereep.

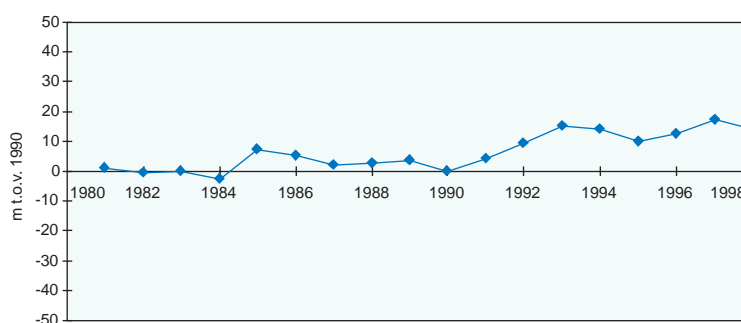
Locatie	raai	object	suppletie(s)	trend na 1990
Texel	1992	hotel	1984, 1991, 1997	+
Bergen aan Zee	3275	boulevard met bebouwing	1990, 1995	+
Egmond aan Zee	3775	boulevard met bebouwing	1990, 1992, 1995	+
Bloemendaal	6075	hotel "Parnassia"	1993	0
Domburg	1530	zomerresidentie "Carmen Sylva"	1989, 1990, 1993/4	+
Cadzand	1242	hotel "De Blanke Top"	1988, 1994	-

Met name op Texel (1984 en 1991), bij Cadzand (1988) en Domburg (1993/4) hebben strandsuppleties voor een aanzienlijke verbetering van de veiligheid gezorgd. Op de eertse twee locaties liep de veiligheid door kusterosie ook weer snel terug. Per saldo is door de suppleties een aanzienlijk veiliger situatie gecreëerd. Minder spectaculair maar niet onbelangrijk zijn de effecten van het suppleren bij de badplaatsen aan de Hollandse kust. De afname van de veiligheid is hier tot staan gebracht.

Figuur 5.3 geeft het verloop in de tijd van het gemiddelde afslagpunt voor alle locaties. Duidelijk is de positieve trend na 1990 te herkennen en het effect van de suppletie op Texel in 1984. De trend voor 1990 was negatief.

Figuur 5.3

Gemiddelde afslagpunt alle 6 objecten in de zeeleep t.o.v. 1990.



5.3 Recreatie

Harde maatregelen bij duinen of dijken betekenden vaak het einde van het voorliggende strand. Door de "zachte" zandsuppleties zijn stranden hersteld en behouden.

De breedte van de recreatiestranden neemt toe. Het effect van "dynamisch handhaven" hierop is gering.

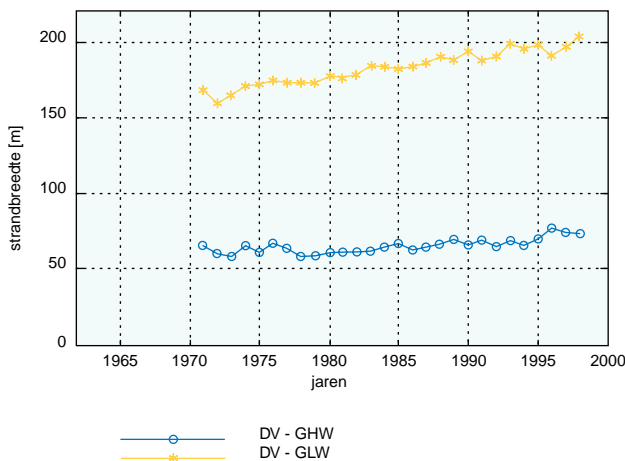
Om de gevolgen van "dynamisch handhaven" voor de strandrecreatie te bepalen is de strandbreedte als maatstaf genomen. Omdat aan de Nederlandse kust veel stranden slecht toegankelijk zijn en derhalve matig worden bezocht is niet de gehele kust beschouwd. Er zijn 44 recreatietrajecten gedefinieerd, waar in de zomer intensief wordt gerecreëerd (bijlage 1). Deze beslaan gezamenlijk 30% van de totale kustlengte. In 28 van de trajecten is een of meer keren gesuppleerd. Voor de strandrecreatie is vooral de breedte van het droge strand, tussen de duinvoet en de lijn van gemiddeld hoogwater, van belang. Naast het droge strand is ook de breedte van het gehele strand, dus tussen de duinvoet en de gemiddeld-laagwaterlijn, in beeld gebracht. In het algemeen is voor de positie van de duinvoet de snijding van NAP+ 3 m met het duinfront maatgevend gesteld. In geval van suppleties met een banket hoger dan NAP+ 3m is door de lokale beheerder aangegeven of dit tot de recreatieruimte mag worden gerekend.

Indien droogvallende banken meer laagwaterlijnen opleveren, is de totale strandbreedte gerekend tot de meest landwaartse laagwaterlijn.

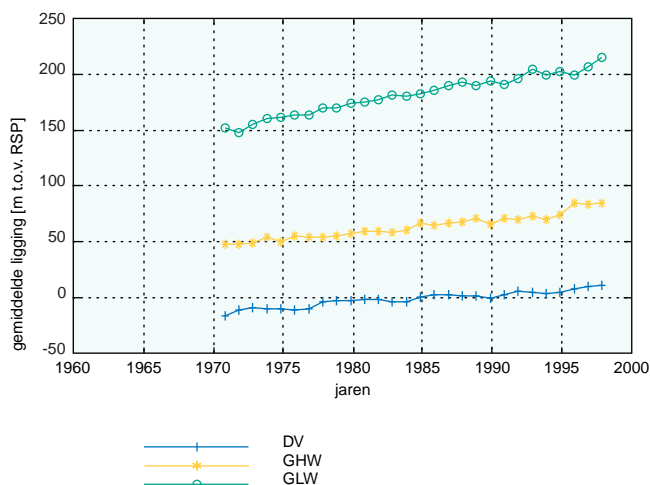
Figuur 5.4 geeft het verloop sinds 1971 weer van de strandbreedten, gemiddeld over de recreatietrajecten. In figuur 5.5 zijn de posities van de duinvoet-, hoogwater- en laagwaterlijn afgebeeld, waarvan de breedten zijn afgeleid. Tabel 5.3 geeft de trends voor de totale periode

en -om het effect van "dynamisch handhaven" te onderscheiden- voor de perioden 1980-1989 en 1990-1998.

Figuur 5.4
Ontwikkeling gemiddelde strandbreedten Nederlandse recreatietrajecten.



Figuur 5.5
Verplaatsing strand- en duinvoetlijnen Nederlandse recreatietrajecten.



Tabel 5.3
Trends (m/jaar) strandlijnen en strandbreedten Nederlandse recreatietrajecten.

periode	1971-1998	1980-1989	1990-1998
strandlijnen			
duinvoet (DV)	0,8	0,7	1,2
gem. hoogwater (GHW)	1,3	1,5	2,4
gem. laagwater (GLW)	2,2	2,1	2,3
strandbreedte			
droog (DV-GHW)	0,5	0,8	1,2
totaal (DV-GLW)	1,3	1,4	1,1

De breedte van het **droge strand** neemt vanaf ca. 1980 toe. Na 1990 gaat de groei sneller, ondanks een toenemende uitbouw van het duifront. De hoogwaterlijn verplaatst met 2,4 m/jaar echter tweemaal zo snel.

De totale **strandbreedte** neemt gedurende de gehele waarnemingsperiode gestaag toe met 1,3 m/jaar. Hiervoor is geen verklaring te geven. De recreatietrajecten beslaan zowel erosie- als sedimentatievakken. Omdat de laagwaterlijn over de gehele periode met ruim 2 m/j zeewaarts is verplaatst lijkt de sedimentatie de overhand te hebben. Opvallend is de afnemende trend van de

strandverbreding na 1990. Dit komt door een versnelde groei van het duinfront. Wellicht is de aanleg van banketten tegen het duinfront hiervan de oorzaak.

Figuur 5.6 geeft een vergelijking van de gemiddelde breedten van het droge strand in 1990 en 1998 van de diverse recreatielocaties. De volgnummers zijn conform bijlage 1. Tevens zijn de breedten van de recreatiestranden in de drie regio's en de gehele Nederlandse kust vergeleken.

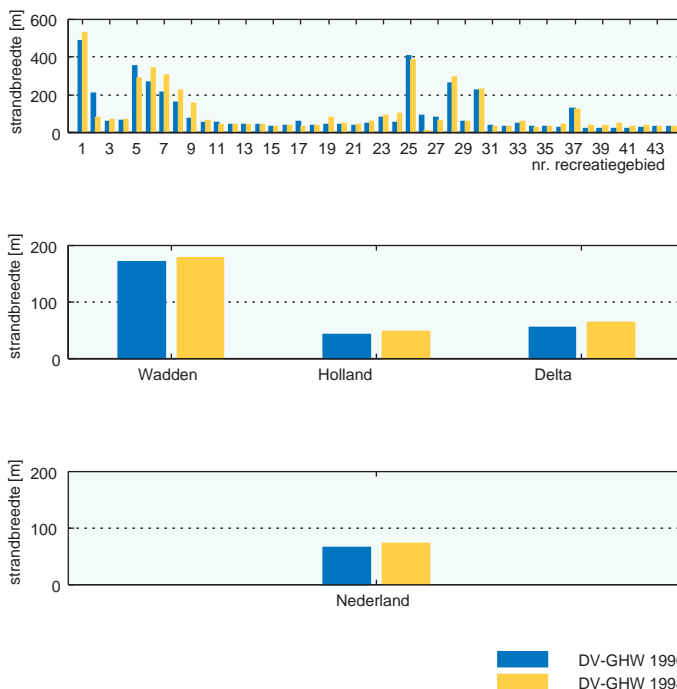
De gemiddelde breedte van de (droge) recreatiestranden is in alle regio's met ca. 10 m toegenomen tussen 1990 en 1998. De breedste recreatiestranden worden aangetroffen in de Wadden. De gemiddelde breedte van het droge strand bedraagt hier 180 m. In de regio's Holland en Delta bedraagt deze breedte thans resp. 50 en 65 m. Van de 44 beschouwde recreatiestranden ondergingen er 5 een significante achteruitgang (meer dan 10 m). Op geen van deze stranden is tussen 1990 en 1998 gesuppleerd.

Figuur 5.6

Breedten recreatiestranden in 1990 en 1998.

nr. recreatiegebied:

Schiermonnikoog	1
Ameland	2-4
Terschelling	5-9
Vlieland	10
Texel	11
Noord-Holland	12-14
Rijnland	15-18
Delfland	19-24
Voorne	25-27
Goeree	28-32
Schouwen	33-35
Noord-Beveland	36
Walcheren	37-40
Zeeuws Vlaanderen	41-44



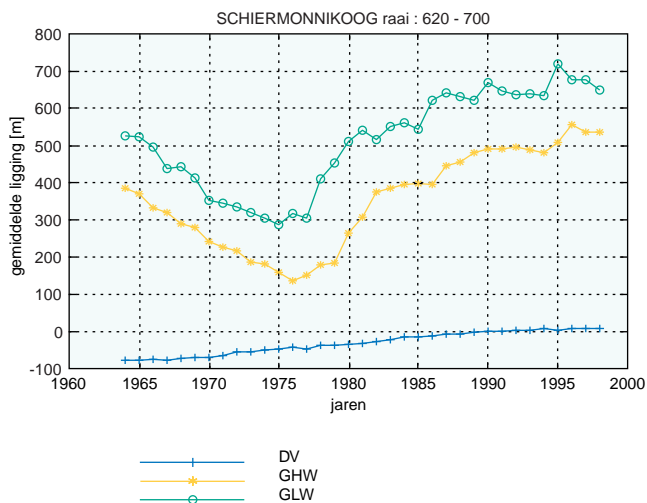
Verandering van de strandbreedte door strandsuppleties bedraagt hooguit enkele tientallen meters. Veranderingen door natuurlijke kustuitbouw of kusterosie kunnen aanzienlijk groter zijn. Dit wordt geïllustreerd aan de hand van de figuren 5.7 en 5.8.

Figuur 5.7 geeft het effect van een zandgolf weer op de kust van Schiermonnikoog, waar nog nooit is gesuppleerd. De breedte van het droge strand neemt af van ruim 450 m in 1964 tot 170 m in 1976. In 1998 bedroeg de breedte weer 525 m.

Figuur 5.8 geeft de kunstmatige ontwikkeling bij Scheveningen weer. Van nature bedroeg de breedte van het droge strand (voor de strandmuur) hier niet meer dan 30 à 40 m. Door de suppleties van 1975 en 1981/82/85 werd een breedte van 50 à 60 m gerealiseerd en in stand gehouden. Na de suppleties van 1990 en 1995 is gemiddeld ruim 80 m beschikbaar.

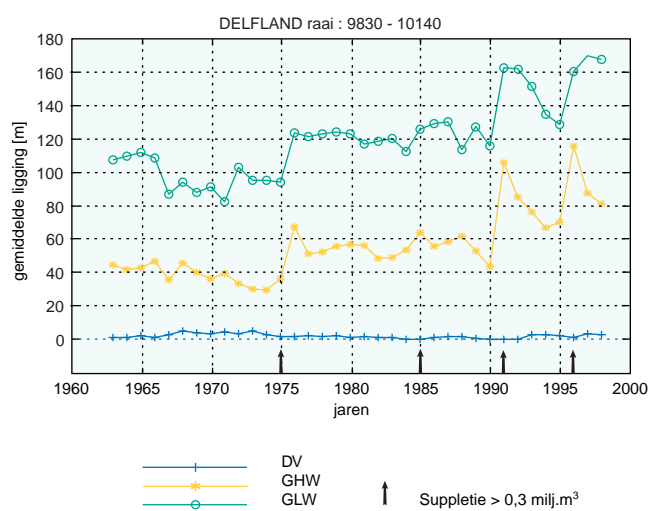
Figuur 5.7

Effect natuurlijke kustfluctuatie op positie strandlijnen recreatiestrand Schiermonnikoog.



Figuur 5.8

Effect strandsuppleties op positie strandlijnen recreatiestrand Scheveningen.



Het strand bij Scheveningen in 1994.
(Foto archief Meetkundige Dienst RWS)



5.4 Natuur

Mede dankzij de zandsuppleties is er een toename van het duinareaal. Door het kustbeleid is er sinds 1990 een sterkere groei.

Nederlandse duinen vormen een belangrijke schakel in de Europese kustketen. Op vele plaatsen staan de duinen als natuurgebied echter onder druk. Aan de landzijde is er de druk door verstedelijking en recreatie, aan de zeezijde is er aantasting door structurele kusterosie. Met nadruk wordt hier structurele erosie genoemd, omdat incidentele erosie als onderdeel van de normale kustdynamiek eerder als een verrijking dan als een aantasting van de natuur moet worden beschouwd. Het kustbeleid van 1990 om door middel van zandsuppleties de structurele kusterosie een halt toe te roepen, heeft mede als doelstelling om de natuurwaarde van de duinenkust beschermen. Ook vóór 1990 heeft de natuur al geprofiteerd van zandsuppleties. Bij deltaversterkingen is op diverse plaatsen een verzwaring aan de zeezijde van het duin aangebracht, meestal in combinatie met een strandsuppletie. In 1971/72 is bij Hoek van Holland voorts een buitendijks duingebied van ca. 90 ha aangelegd met overtollig zand van de nieuwe havens en de toegangsgeul van Europoort.

In het volgende is de effectenstudie beperkt tot de duinen. Er zijn echter ook duidelijke ecologische effecten van zandsuppleties op de winplaats en de stortplaats. Op de laatstgenoemde met name als op de onderwateroever wordt gesuppleerd. Om niet buiten het morfologische kader van deze evaluatie te treden is alleen gekeken naar de fysieke randvoorwaarden voor de natuurwaarde van de duinen.

Om het effect van het suppletiebeleid op de fysieke mogelijkheden voor de kustnatuur te meten is de verandering van het duinareaal in beeld gebracht. Gezien de beperkingen van de data uit de eerste periode van de Jaarlijkse kustmetingen is de ontwikkeling vanaf 1980 berekend. Een nadeel hiervan is dat geen periode zonder suppleties als referentie beschikbaar is, omdat ook tussen 1980 en 1990 al veel werd gesuppleerd.

De zeewaartse begrenzing van het duingebied is de duinvoet, de overgang van het tamelijk vlakke strand naar het steilere duinfront. Deze overgang is in het veld vaak moeilijk vast te stellen. Door seizoensgebonden processen van aanstuiving en afslag vormt de duinvoet in de regel een dynamisch deel van het kustprofiel. Om een eenduidige tijdreeks te verkrijgen en om de grootste dynamiek uit de weg te gaan is voor berekening van de duinarealen de duinvoet uit de JARKUS-profielen bepaald op een vrij hoog, vast niveau van NAP +3 m, conform de bovengrens van de MKL-zone (zie par. 4.1.1). Tevens is de positie van het duinfront zelf in beeld gebracht. Hiervoor is de hoogtelijn van NAP +6 m maatgevend gesteld. De berekende areaalontwikkeling betreft alleen de zeezijde van het duingebied. Aan de landzijde zijn overigens slechts marginale veranderingen opgetreden, bijvoorbeeld door landwaartse duinverbredingen in de jaren tachtig.

Figuur 5.9 geeft de ontwikkeling van het duinareaal weer tussen 1980 en 1998. Tabel 5.4 geeft een getalsmatig overzicht. Duidelijk is de grotere dynamiek van de duinvoet (NAP +3 m) te zien ten opzichte van het duinfront (NAP +6 m). Dit treedt vooral op in de

erosiegebieden. Naast natuurlijke dynamiek door aanstuiven en afslag speelt hier ook het effect van suppleties een rol. De achteruitgangen in 1983/4 en 1990 vallen samen met een verminderde suppletie-activiteit.

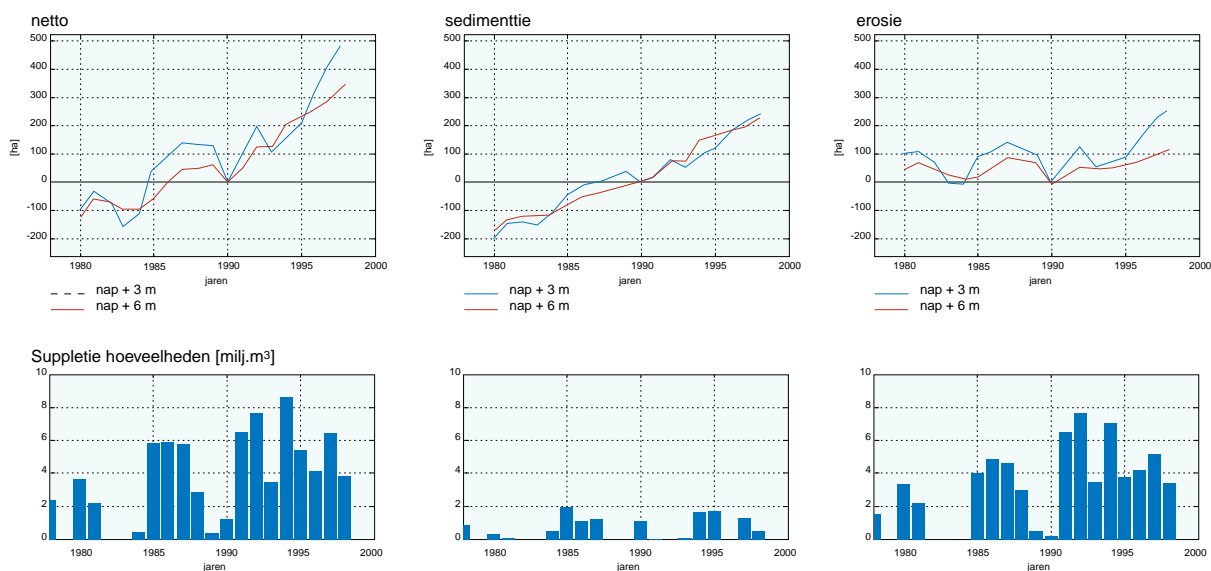
In figuur 5.10 is de ontwikkeling van het duinareaal in de perioden 1980-1990 en 1990-1998 voor de drie regio's weergegeven.

Figuur 5.11 geeft deze informatie op kustvkniveau. Het grootste effect van het kustbeleid geeft de Hollandse kust te zien, met name aan de duinvoet. Hier werd na een gering verlies een winst geboekt van 230 ha. Van de kustvakken valt Texel het meest op. Hier werd een verlies van 85 ha omgezet in een winst van 95 ha.

Goeree 2002.
Aanstuiving van het duinfront.
(Foto Tobias Walhout)



Figuur 5.9
Ontwikkeling van het duinareaal tussen 1980 en 1998.



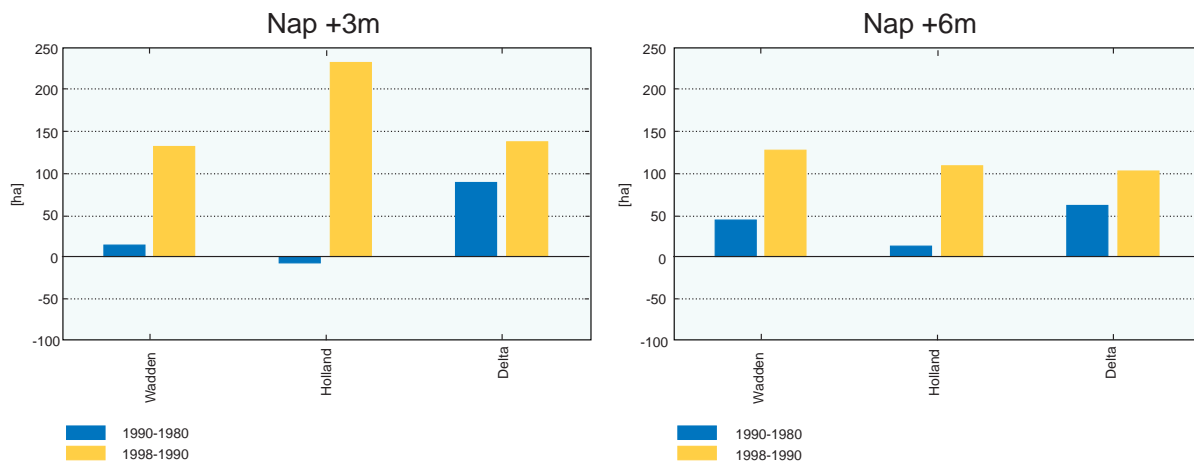
Tabel 5.4

Trends groei Nederlands duinareaal (ha/jaar) boven NAP +3m.

Regio	1980 - 1990		1990 - 1998	
	Boven NAP +3m	Boven NAP +6m	Boven NAP +3m	Boven NAP +6m
Wadden	7,7	6,5	13,7	15,4
Holland	4,0	3,7	27,0	13,3
Delta	11,6	6,4	16,3	13,2
Nederland	23,3	16,6	57,0	41,8

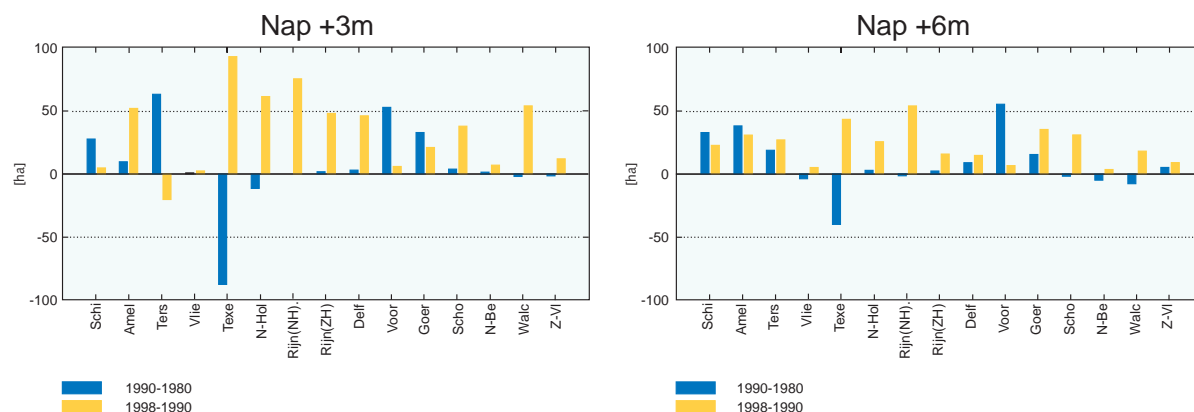
figuur 5.10

Ontwikkeling van het duinareaal in de regio's.



Figuur 5.11

Ontwikkeling van het duinareaal in de kustvakken.



5.5 Samenvatting realisatie beleidsdoelstelling

Dankzij het suppletiebeleid is het waterkerend vermogen van de duinwaterkeringen op peil gebleven. Alleen een zwakke schakel in Zeeuwsch-Vlaanderen ging na 1990 in sterkte achteruit. Het betreft hier echter een doorsnede waar in 1990 een zeewaartse verzwaring is aangebracht met een flinke erosiebuffer. De vereiste veiligheid is nog ruimschoots aanwezig.

De veiligheid van objecten in de zeereep is na 1990 toegenomen. Bij de meest vooruitgeschoven bouwwerken komt de duinafslag gemiddeld ruim 10 meter minder ver landwaarts dan voorheen. Hierbij is uitgegaan van een stormvloed met een kans van 1/500 per jaar.

De Nederlandse recreatiestranden vertonen gedurende de gehele periode waarin jaarlijks profielmetingen worden uitgevoerd een toename van de breedte. De voor de recreatie belangrijke strook tussen de duinvoet en de hoogwaterlijn, het droge strand, groeit na 1990 sneller dan daarvoor.

Op de totale strandbreedte heeft het suppletiebeleid nauwelijks invloed. Enerzijds omdat veel recreatiestranden in sedimentatiegebieden liggen met weinig suppleties, anderzijds omdat bij strandsuppleties uitbouw van de laagwater- en hoogwaterlijn vaak gepaard ging met uitbouw van de duinvoet door de aanleg van banketten of aanstuiving na het suppleren.

Mede dankzij de zandsuppleties is er een toename van het duinareaal. Door het kustbeleid is er sinds 1990 een sterkere groei. In erosiegebieden met veel suppleties is de dynamiek van de duinvoet groter dan in sedimentatiegebieden. Met name in de erosiegebieden is de dynamiek aan de duinvoet aanzienlijk groter dan op een hoger niveau van het duinfront.



(Foto Jan van den Broeke)

6. Synthese: evaluatie dynamisch handhaven

6.1 Wordt de kusterosie efficiënt bestreden?

Een maatregel is efficiënt als ze niet alleen effect sorteert, maar tevens economisch verantwoord is.

Effectiviteit van zandsuppleties

De zandsuppleties zijn een effectief middel gebleken om de **structurele kusterosie** te bestrijden. In de erosieve delen van de Nederlandse kust zijn de trendmatige zandverliezen gestopt.

De norm voor de bestrijding van de kusterosie is de **Basiskustlijn**, de (theoretische) kustlijnpositie op 1 januari 1990. Deze mag in principe niet worden overschreden. Een uitzondering vormt Ameland, waar aan de westzijde bewust overschrijding wordt toegelaten omwille van de grootschalige dynamiek.

De huidige wijze van suppleren levert ieder jaar nog overschrijdingen van de basiskustlijn op. Dit aantal is wel dalende. In 1992 werd in een achterstandspositie ruim 30% overschrijdingen geboekt. Dit percentage is inmiddels teruggebracht tot ca. 10%.

De vraag is echter of wel alle overschrijdingen moeten worden voorkomen. De kustnota uit 1990 ging uit van een marge waarbinnen overschrijdingen toelaatbaar zouden zijn. De natuurlijke kustlijn-bewegingen zijn erg grillig en moeilijk voorspelbaar. Voorkomen van overschrijdingen zou dus een dure extra zandbuffer vergen. Met frequenter suppleren zou beter op de veranderingen kunnen worden ingespeeld, doch hieraan kleven ecologische en economische bezwaren. Daarnaast is de waardering voor **natuurlijke dynamiek** groeiende. Afwisseling van (duin)afslag en aanwas horen nu eenmaal bij een duinenkust en worden meer en meer geaccepteerd.

De suppletiestrategie van de rijksoverheid wordt jaarlijks uitgewerkt in een werkschema voor het komende jaar en in een meerjarenschema. Bij de **besluitvorming** door de minister van Verkeer en Waterstaat worden via de Provinciale Overlegorganen voor de Kust (POK) de regionale besturen geraadpleegd. Op grote lijnen wordt ingestemd met de huidige gang van zaken.

Op enkele plaatsen met een zeer **steile onderwateroever** is zandsuppletie alleen op de duur wellicht niet afdoende. Hoewel thans met strandsuppleties de basiskustlijn wordt gehandhaafd blijft het diepere oevergedeelte eroderen.

Kosten

De **herhalingsijd** is een van de belangrijkste keuzeparameters bij een optimaal economisch ontwerp van een reeks zandsuppleties. Bij een (te) korte herhalingsijd vormen de vaste kosten een te groot aandeel van de investeringen; bij een lange herhalingsijd lopen de kapitaalslasten te hoog op.

Gebleken is dat de herhalingsjiden van uitgevoerde reguliere grote

suppleties (deels van vóór 1990) vrijwel gelijk waren aan het economisch optimum. Daar waar kustontwikkeling en belangen conflicteerden, zoals bij Bergen en Egmond, en waar frequenter moest worden gesuppleerd, werd minder economisch gewerkt. Ook dan kwamen de extra kosten slechts in enkele gevallen boven de 10%.

Uitgedrukt in een kubieke meter prijs zijn de Nederlandse suppleties niet duur. In 2000 is in opdracht van de North Sea Coastal Management Group een inventarisatie gemaakt van suppletiekenmerken in de Noordzeelanden. In tabel 6.1 zijn de m³-prijzen vermeld. De Engelse prijzen liggen aanzienlijk hoger dan elders, doch de Engelse situatie is niet vergelijkbaar met de andere landen. Nederland betaalt het minste voor zijn suppleties.

Tabel 6.1

Prijs per m³ (Euro; tussen haakjes in guldens) zandsuppleties Noordzeelanden (prijspeil 1999).

land	strandsuppleties	onderwatersuppleties
Groot-Brittannië	10-18 (22-40)	
België	5-10 (11-22)	
Nederland	3,2-4,5 (7-9,9)	0,9-1,5 (2-3,3)
Duitsland	4,4 (9,7)	
Denemarken	4,2 (9,3)	2,6 (5,7)

De doelmatigheid met betrekking tot de overschrijdingen van de basiskustlijn en een kostenbewuste aanpak vereisen een uitgebalanceerde programmering, waarin risico's voor overige belangen worden meegewogen. Dit lijkt aardig gelukt. Er wordt een economisch meerjarenprogramma opgesteld, waarbij over het algemeen enige kustlijnoverschrijding wordt geaccepteerd. Op risicovolle plaatsen wordt de kustlijn stringent gehandhaafd en worden tussentijds zonodig "reparatiesuppleties" uitgevoerd.

6.2 Wordt de duinenkust duurzaam gehandhaafd?

Het voortbestaan van een duinenkust hangt sterk af van de beschikbaarheid van voldoende zand. Als een zandtekort optreedt door zandverliezen uit het kuststelsel, of door een stijgende zeespiegel kan de duinenkust alleen voortbestaan door landwaartse verplaatsing. Dit laatste is in Nederland nog nauwelijks mogelijk. In erosiegebieden en bij smalle duinregels zouden daarom in de toekomst harde waterkeringen nodig zijn om het huidige veiligheidsniveau te handhaven. Door het kustvolume op peil te houden en mee te laten groeien met de zeespiegel kunnen de duinen blijven bestaan en blijven functioneren als primaire waterkering. In de toekomst zal meer zand nodig zijn. Ook dan zal Dynamisch Handhaven uitvoerbaar blijven (Mulder, 2000).

6.3 Blijven de fysieke randvoorwaarden voor de diverse kustfuncties en -kustwaarden aanwezig?

De belangrijkste functie van de duinenkust is **waterkering**. Tijdens stormvloedomstandigheden, behorend bij de veiligheidsnorm, moet in het kustprofiel voldoende zandvolume en duinbreedte aanwezig zijn om de duinerosie te kunnen opvangen. De ervaringen met het kustbeleid sinds 1990, maar ook met oudere zandsuppleties,

hebben aangetoond dat met strand- en duinsuppleties het waterkerend vermogen van de zwakste schakels kan worden verbeterd en duurzaam kan worden gehandhaafd. Strand- en duinsuppleties hebben een direct effect op de duinsterkte. Tijdens de uitvoering neemt de veiligheid toe. Sinds enkele jaren worden ook onderwatersuppleties toegepast. Deze hebben een indirect effect op de veiligheid door voeding van het strand of het voorkomen van strand- en duinerosie in de jaren na het aanbrengen. De ervaringstijd is nog kort, maar de ontwikkelingen wekken vertrouwen dat de veiligheid op locaties met onderwatersuppleties duurzaam kan worden gewaarborgd, zonedig in combinatie met strandsuppleties.

Door kustachteruitgang liepen voor 1990 op diverse locaties **objecten in de zeereep** in toenemende mate gevaar tijdens stormvloed. Dit gevaar is na 1990 afgenomen. In de afslagzone hebben gebouwen en boulevards met bebouwing weliswaar niet de veiligheid als gebouwen in het achterliggende polderland, maar de schadekans is door het suppletiebeleid niet verder toegenomen. In de meeste gevallen is nu sprake van een aanzienlijk veiliger situatie dan voor 1990.

Ongeveer de helft van de **recreatiestranden** is onderhevig aan natuurlijke erosie. Als de duinvoet met het strand landwaarts kan bewegen leidt dit niet tot het verlies van het strand. Op diverse locaties is hiervoor geen ruimte en werden tot in de zeventiger jaren duinvoetverdedigingen en/of dijken aangelegd c.q. uitgebreid om de waterkering te beschermen. Deze constructies betekenden op de duur het einde van het voorliggende strand. Door de zandsuppleties is de aanleg van dergelijke constructies niet meer nodig en zijn de stranden hersteld en behouden. Hoewel dit niet bij de uitvoering van Dynamisch Handhaven hoort, kunnen met zandsuppleties stranden bij recreatiespeerpunten zonedig worden verbreed. Scheveningen is hiervan een duidelijk voorbeeld.

De **natuur** van de duinenkust vaart wel bij de zandsuppleties. Het duinareaal neemt na 1990 sneller toe dan voordien en er is meer mogelijkheid om de natuur zijn gang te laten gaan. Gesteund door de zekerheid dat ongewenste ontwikkelingen kunnen worden gestopt of teruggedraaid staan kustbeheerders meer en meer open voor een natuurlijker ontwikkeling. In de praktijk betekent dit extensivering van het onderhoud en eventueel stimulering van verstuingen, maar soms ook ingrijpender maatregelen zoals een doorbreking van de zeereep (slufter bij Schoorl). Zandsuppleties betekenen op middellange termijn extra vernieuwing en extra dynamiek. Bij de positieve effecten van de zandsuppleties zijn ook enkele kantekeningen te maken. Zo is een erosieproces als incidentele duinafslag bij stormvloed zeldzaam geworden. Kustlijnhandhaving kan op langere termijn een verstarring van de dynamiek betekenen als grootschalige fluctuaties (zandgolven) worden onderdrukt. Het benutten van de aanwezige veerkracht ten opzichte van stringente kustlijnhandhaving zal in dit opzicht een van de toekomstige punten van afweging zijn. Zandwinning en onderwatersuppleties betekenen over lange termijn bezien een weliswaar geringe, doch continue verstoring van de zeebodem. In dit opzicht zal het suppletieprogramma mogelijk nog optimalisatie behoeven.

6.4 Aandachtspunten voor optimalisatie “dynamisch handhaven”.

Erosiebestrijding

Het speerpunt voor het op peil houden van het zandvolume moet in de omgeving van het Marsdiep liggen. Aan de kusten van Texel en Noord-Holland is over lange periode sprake van netto zandverlies (JARKUS-strook, buitendelta en diepwaterzone).

Het verloop van het zandvolume vertoont aanzienlijke fluctuaties. Wellicht is er een relatie met de 18,6 jaarlijkse getijcyclus. Als dat waar is, is de netto-erosieverwachting voor de lange termijn (Groenendijk 1997) aan de pessimistische kant. Nader onderzoek wordt aanbevolen.

Onderwatersuppleties zijn een goedkoop alternatief voor strandsuppleties. Deze kansrijke methode wordt thans alleen op flauwe kusten toegepast. Nader onderzoek naar mogelijkheden bij steile oevers wordt aanbevolen.

BKL-handhaving

Flexibeler omgaan met de kustlijn loont. Als in de BKL-zone inhoud-of areaalhandhaving zou worden toegepast voor grote kustvakken (minimaal een sedimentatie- en een erosiegebied omvattend) is voor kustlijnhandhaving minder zand nodig, omdat grote delen van de Nederlandse kust groeien. Dit betekent meer vrijheid bij de bestemming van het suppletiebudget. Hierdoor kan meer vorm worden gegeven aan integraal kustzonebeleid. Daarnaast krijgen we door minder in te grijpen interessante kustprocessen terug (verjonging door afslag/aangroei). Een eventuele keuze voor een flexibeler omgang met de kustlijn vraagt om aanvullende criteria in verband met de diverse belangen in de zeereep. Op sommige locaties kan de ruimte voor fluctuaties worden vergroot door de aanpassing van het duin waardoor de waterkerende zone wordt verbreed. Aanbevolen wordt de mogelijkheden tot het benutten en eventueel het vergroting van de veerkracht te onderzoeken.

Opmerking:

De grootste kansen op besparing lijken te liggen in de gebieden waar onderwatersuppleties kunnen worden uitgevoerd (Hollandse kust, centrale delen Wadden). De hierbij tot nu toe toegepaste overdimensionering in verband met de grote onzekerheden in de verspreiding van het zand, kan kleiner zijn bij een flexibeler benadering van de kustlijnhandhaving.

Compenseren zandverlies dieper water

Dynamisch handhaven richt zich op de ondiepe kustnabije zone. De evaluatie richt zich om deze reden ook op deze zone en toont aan dat het beleid succesvol is. Bij het vertalen van de resultaten van de evaluatie naar nieuw beleid, dient te worden gerealiseerd dat de kustnabije zone onderdeel is van een groter kuststelsel. Uit de balans voor de gehele kust blijkt dat de totale suppletiebehoefte vanaf 2001 12-16 Mm³ per jaar bedraagt bij een gelijkblijvende

zeespiegelstijging van 20 cm per eeuw. Bij een stijging oplopend tot 85 cm per eeuw zal de behoefte toenemen tot 23 à 38 Mm³ per jaar.

Aanbevolen wordt de samenhang tussen de kleinschalige (handhaven BKL) en grootschalige benadering (compenseren zand verlies dieper water) verder te integreren tot één kusthandhavingsbeleid.

Kustfuncties

Maatwerk kan een betere kwaliteit opleveren, misschien zelfs voor minder geld. De besparing door een flexibeler omgaan met de kustlijn zou kunnen worden aangewend voor andere belangen, zoals bredere stranden bij badplaatsen of het op peil houden van het veiligheidsniveau van objecten in de afslagzone bij een toenemende hydraulische belasting (m.n. zeespiegelstijging). Grofweg gezien neemt de behoefte aan maatwerk toe van noord naar zuid. In het noorden ligt het accent op het op peil houden van het zandvolume. Hierin passen onderwatersuppleties, waar dat kan. In het zuiden spelen de basisvoorzieningen voor de kustfuncties de belangrijkste rol. Hier zullen veelal strandsuppleties nodig zijn vanwege de waterkeringeisen en de recreatiewensen, maar ook vanwege de uitvoeringsmogelijkheden.

Werkschema

De huidige herhalingstijden van 4 à 5 jaar voor strandsuppleties behoeven niet te worden aangepast. Ze benaderen in het algemeen de economisch optimale herhalingstijd. Daar waar ad hoc tot (kleine) noodsuppleties wordt besloten (Bergen/Egmond) is de herhalingstijd niet optimaal. Concentratie van de suppleties op deze punten in combinatie met het flexibeler omgaan met de BKL in de omgeving zou efficiënter kunnen zijn. Deze mogelijkheid verdient nadere aandacht.

Suppletie-ontwerp

De ontwerpmethodieken die door de kustdirecties van RWS worden toegepast zijn in de afgelopen jaren in de praktijk afgestemd op de mate waarin maatwerk nodig is. Hierdoor zijn er regionale verschillen. Er is weinig onderlinge afstemming en kennisuitwisseling omdat het kader hiervoor ontbreekt. Voor een goede transparantie verdient het aanbeveling de ontwerpmethodieken zoveel mogelijk te uniformeren, zodat de regionale verschillen niet groter zijn dan strikt noodzakelijk.



Voor onderwatersuppleties zijn schepen met een beperkte diepgang nodig. Hier de sleehopperzuiger "Waterway".
(Foto Directie Noordzee RWS)

7. Onderwatersuppleties

7.1 Aanleiding

Onderwatersuppleties zijn een efficiënt middel om kusterosie te bestrijden.

Naast strandsuppleties zijn ook onderwatersuppleties geschikt om aan het regeringsbeleid 'dynamisch handhaven' uitvoering te geven, vooral als het erom gaat structurele zandverliezen te compenseren. Bij een acuut veiligheidsprobleem kan een onderwatersuppletie niet worden ingezet. Het duurt dan te lang (een jaar tot enkele jaren) totdat een deel van het aangebrachte zand zover landwaarts is getransporteerd dat de duinsterkte toeneemt (R. Spanhoff, 1999).

Onderwatersuppleties zijn aantrekkelijk, omdat ze in potentie goedkoper zijn dan strandsuppleties en minder overlast geven voor andere functies, met name voor de strandrecreatie. Bovendien is de werking van een onderwatersuppletie gebaseerd op de natuurlijke processen van erosie en sedimentatie. Juist dit aspect krijgt steeds meer waardering in de kustvisie van de Rijksoverheid.

7.2 Werking en typen

Kustzones

Langs de kust spelen de belangrijkste veranderingen zich af in de actieve zone. Dit is het hoogdynamische deel van het kustprofiel, grenzend aan de duinen, waar continu veranderingen plaatsvinden door golven en getijstroom. Deze zone wordt grotendeels afgedekt door de jaarlijkse kustmetingen. De ondergrens ligt op NAP -8 à 10 m. Dit is enkele meters dieper dan de ondergrens van de MKL-zone waarvan het zandvolume moet worden gehandhaafd.

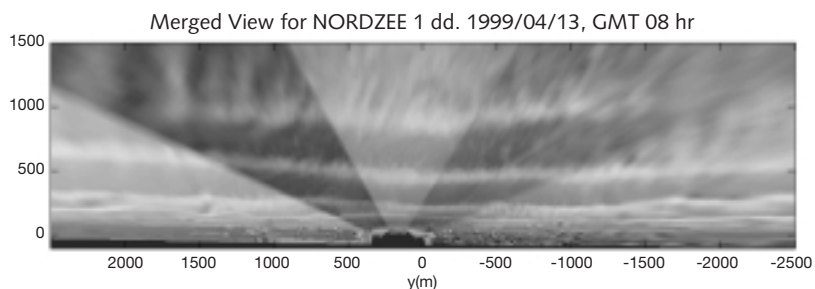
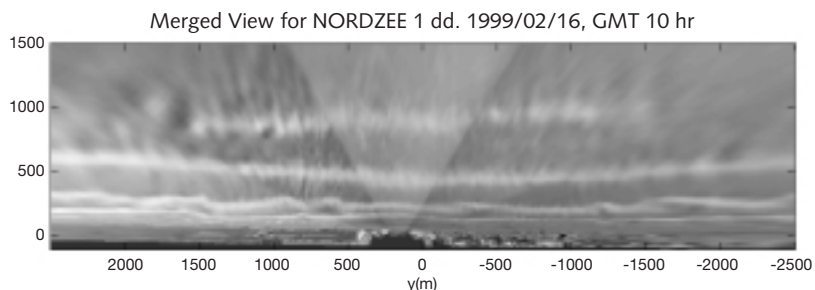
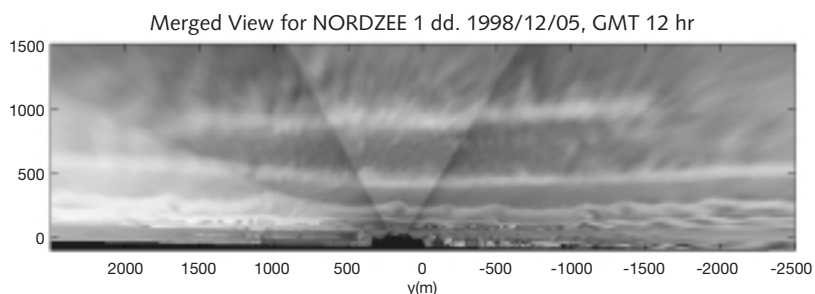
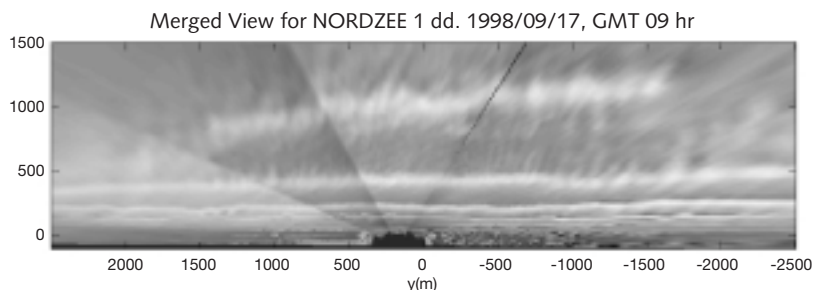
Als zandtransportprocessen in de actieve zone over langere tijd (enkele jaren) in evenwicht zijn, treedt geen netto volumeverandering op. Zandvolumeveranderingen kunnen echter al tot stand komen door relatief kleine veranderingen in dit evenwicht. Bij structureel verlies van zand kan het evenwicht hersteld worden door af en toe zand toe te voegen. Over langere tijd gezien doet het er niet zoveel toe waar het zand in het dwarsprofiel wordt gedeponeed. De waterbeweging door golven en getij zorgt ervoor dat de profielvorm wordt aangepast aan de heersende condities. Over het algemeen geldt: hoe hoger in het profiel, hoe sneller de aanpassing.

De diepere kustzone zeewaarts van de actieve zone is het laagdynamische deel van het kustprofiel. Veranderingen in deze zone zullen pas na lange tijd doorwerken in de actieve zone.

Typen

Onderwatersuppleties om de basiskustlijn te handhaven brengt men bij voorkeur zo hoog mogelijk in het kustprofiel aan; hoe dichterbij de rekenzone van de BKL, hoe directer het effect op de MKL. De lokale situatie en de hopperspecificaties bepalen de minimale diepte tot waar het zand kan worden geklapt. In de Nederlandse situatie worden onderwatersuppleties aangebracht in de actieve zone, net onder of gedeeltelijk in de rekenzone van de BKL.

Noordwijk 1998-1999. Deze video opnamen van het Argus systeem laten zien dat de onderwatersuppletie van begin 1998 zich landwaarts verplaatst. De bovenste witte band markeert de ligging van de suppletie.



Gezien de werking kunnen drie typen onderwatersuppleties worden onderscheiden:

1. Voedingslaag ('feeder berm')
 Met een voedingslaag wordt beoogd om het zandvolume van de actieve zone te vergroten. Bij de herverdeling van het zand dwars op de kust onder invloed van natuurlijke processen, zal een substantieel deel hoger in het profiel terecht komen, waardoor eerst het onderste deel van de rekenzone van de BKL en uiteindelijk ook het strand wordt gevoed. Het zand voor een voedingslaag moet dus gemakkelijk door golven en stroom getransporteerd kunnen worden.

2. Brekerbank ('breaker berm')

Een brekerbank heeft tot doel de golven buiten de normale brekerzone te laten breken, zodat het golfgedreven langstransport in de brandingszone achter de bank afneemt. De transportgradiënten zorgen hier voor sedimentatie. Het hogere deel van het profiel wordt extra beschermd (schaduwwerking). Aan zeezijde van de bank vindt erosie plaats, daar moet soms een extra zandsuppletie worden aangebracht.

De bank moet zo lang mogelijk in stand blijven. Het materiaal moet dus veel weerstand bieden tegen erosie.
3. Steunlaag

De diepere kustzone vormt het fundament van de actieve zone. Hoewel hier op korte termijn weinig in beweging is, kan op middellange termijn een dusdanige (geleidelijke) erosie optreden dat het fundament van de kust wordt aangetast en herstel gewenst is om de kustzone erboven te ondersteunen. Gezien de waterdiepte kan dit grootschalig gebeuren.

Omdat hier geen golfbreking of snelle verspreiding nodig is, behoeven aan het zand geen bijzondere eisen te worden gesteld.

Omdat een zandbult onder water nu eenmaal erodeert, zal altijd sprake zijn van een mengvorm van bovengenoemde typen. De werking als brekerbank zal tijdelijk zijn. Het geërodeerde zand zal de rest van het profiel voeden. Hierbij zal ook zand in de diepere kustzone terecht komen.

Effect op de kustlijnpositie

Strandsuppleties worden direct in de BKL-zone aangebracht. De momentane kustlijnpositie (MKL) schuift hierdoor zeewaarts op. Door de autonome zandverliezen, maar ook door de verspreiding van het gesuppleerde zand tot buiten de BKL-zone door de waterbeweging en door de wind, zal de kustlijn weer landwaarts verplaatsen. Een onderwatersuppletie komt voor het grootste deel buiten de BKL-zone te liggen. Door verspreiding van het zand door golven en getij komt een groter deel binnen de BKL-zone. De kustlijn verschuift hierdoor zeewaarts. Als de toevoer van suppletiezand minder wordt dan de erosie in de BKL-zone verplaatst de kustlijn weer landwaarts. De principeschetsjes in figuur 7.1 geven een vergelijking van het effect van strand- en onderwatersuppleties op de kustlijnpositie.

7.3 Evaluaties

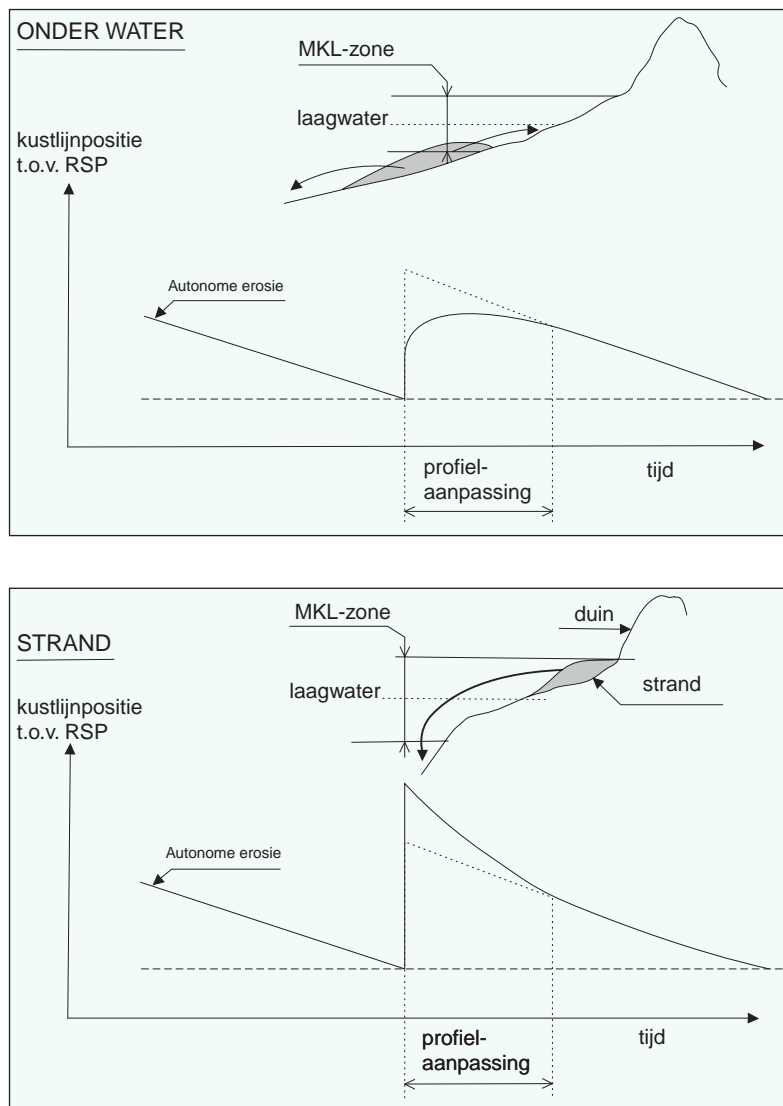
Onder water suppleren is niet geheel nieuw. Reeds in de vijftiger jaren van de 20e eeuw werd zand, afkomstig van onderhoudsbaggerwerk op drempels in het Oostgat, op de vooroever van Walcheren geklapt. In de zeventiger jaren werd op grote schaal overtollig zand van de havenuitbreiding in Europoort geklapt op de onderwateroever bij Hoek van Holland. In het eind van de jaren tachtig werden enkele strandsuppleties gecombineerd met suppleties op de vooroever. Tabel 7.1 geeft een overzicht van de t/m 2000 onder water uitgevoerde suppleties.

Proefsuppleties

Het gedrag van onderwatersuppleties is in Europees verband, met EU subsidie, gevolgd. De morfologische effecten zijn in het kader van het project NOURTEC (NOURishment TEChniques) bestudeerd, de

Figuur 7.1

Vergelijking effect strandsuppletie en onderwatersuppletie op MKL.



ecologische effecten in het kader van het project RIACON (Risk Analysis of Coastal Nourishment Techniques).

Ten behoeve van NOURTEC zijn vier suppleties uitgevoerd:

- Op Terschelling is in 1993 een voedingslaag aangebracht.
- Op Norderney (Duitsland) is in 1992 een zeewaarts uitgebreide strandsuppletie tussen twee hoofden uitgevoerd, die werd vergeleken met een eerdere, zuivere strandsuppletie.

-In Torsminde (Denemarken) zijn in 1993 twee suppleties uitgevoerd: een brandingsrug en een gewone strandsuppletie ter vergelijk.

In navolging van de RWS-praktijk is het effect van de onderwatersuppleties vooral uitgedrukt in een resulterende volumetoename van de MKL-zone.

Alle projecten vielen positief uit voor de onderwatersuppleties, zij het dat het verschil op Norderney klein was.

In het kader van RIACON zijn de NOURTEC suppleties en suppleties bij De Haan (België) en Costa Daurade (Spanje) bestudeerd. Naast de ecologische effecten van de onderwatersuppleties zijn voor Terschelling, Torsminde en Costa Daurade ook de ecologische effecten voor de bijbehorende zandwinningen bekeken. Er zijn metingen van het bodemleven vóór en ná de suppletie uitgevoerd, en gelijktijdige metingen in nabijgelegen gebieden. Geconcludeerd mag worden dat

Tabel 7.1

Overzicht onderwater- en vooroeversuppleties t/m 2000.

Locatie	jaar	Hoeveelheid (Mm ³)	Type	Diepte (m t.o.v. NAP)	kader
Badstrand Vlissingen	1952	0,05	Vooroever	-2 à -3	Stort baggerspecie
Badstrand Vlissingen	1966	0,03	Vooroever	-2 à -5	Stort baggerspecie
Schouwen	1987	1,83	Vooroever (incl. strand- en duinfront)	tot -10	Bescherming natuur en waterwinning
Cadzand	1988	0,85	Vooroever (incl. strand)	tot ca. -8	Stabiliteit strandhoofden
Groede	1989/90	0,44	Vooroever (incl. strand)	tot ca. -8	Stabiliteit dijkteen
Cadzand	1990	0,37	Vooroever (incl. strand)	tot ca. -8	stormherstel
Schouwen	1991	2,67	Vooroever (incl. strand)	tot -10	Bescherming natuur en waterwinning
Terschelling	1993	2,00	Onderwater	-5 à -7	Dyn. handhaven; proefproject
Terheijde	1997	1,03	Onderwater	-5 à -8	Dyn. handhaven
Noordwijk	1998	1,27	Onderwater	-5 à -7	Dyn. handhaven
Ameland	1998	2,50	Onderwater	-5 à -7	Dyn. handhaven
Katwijk	1998/99	0,75	Onderwater	-5 à -7	Dyn. handhaven
Scheveningen	1999	1,43	Onderwater	-5 à -8	Dyn. handhaven
Egmond	1999	0,9	Vooroever (incl. strand)	-5 à -8	Dyn. handhaven
Slufter Maasvlakte	2000	1,28(beun)	onderwater	-4 à -8	Afslagpreventie
Bergen	2000	1,0	onderwater	-5 à -7	Dyn. handhaven

de effecten voor zowel zandwinning als onderwatersuppleren meevallen, in elk geval voor de bodemvissen. Dit is te verklaren uit de relatief kleine oppervlakte en de korte duur van de verstoring. Wel kunnen onderwatersuppleties schade toebrengen aan de spulabanken (schelpen, voedselbron voor duikeenden). Daarom moeten deze banken vermeden worden bij het aanbrengen van het zand.

NOURTEC heeft naast praktische resultaten ook een beter begrip voor het concept onderwatersuppleties opgeleverd. De belangrijkste conclusies en aanbevelingen zijn:

- Onderwatersuppleties zijn goedkoper dan strandsuppleties omdat het zand niet via pijpleidingen, maar rechtstreeks door de sleepopperzuiger op de bodem kan worden geklapt. Daarnaast kunnen onderwatersuppleties in specifieke gevallen voordeliger zijn vanwege de schaduwwerking, waardoor in het hogere deel van het kustprofiel minder erosie optreedt. Het voordeel wordt deels tenietgedaan als compenserende strandsuppleties aan lijzijde nodig zijn.
- Zowel in kustvakken met (dynamische) bankensystemen (zoals langs de Hollandse Kust en de centrale delen van de Waddeneilanden) als in kustvakken met gladdere profielen zonder brandingruggen (zoals bij Delfland) hebben onderwatersuppleties een redelijke kans op succes. Zeewaartse verliezen zijn waarschijnlijk verwaarloosbaar klein.
- Een optimaal ontwerp voor onderwatersuppleties stelt vier eisen:
 1. Voorafgaand aan de suppletie dienen toetsbare ontwerpdoelstellingen en -parameters gedefinieerd te worden in verband met een latere evaluatie.
 2. Omvang en locatie van de suppletie dienen te worden gebaseerd op een ontwikkeling van het zandvolume in de actieve zone van

- tenminste de laatste 20 jaar en over voldoende kustlengte (orde 5 á 10 km). Zo mogelijk moet een te suppleren systeem uitgebreider worden geanalyseerd dan alleen op basis van de kusttraaien. De hoeveelheid zand die nodig zal zijn voor het suppleren kan zo beter ingeschat worden waardoor geld bespaard kan worden.
3. De vorm van de suppletie en de kwaliteit van het zand dienen te worden vastgesteld op grond van overwegingen over de gewenste werking; als voedingslaag of als kunstmatige brekerbank.
 4. het zand voor een voedingslaag moet qua korrelgrootte bij voorkeur veel lijken op het strand zand in z'n nieuwe omgeving. Een brekerbank zal het langst functioneren als het zand grover is dan in de omgeving;
- De huidige kennis rond de techniek van onderwatersuppleties kan nog niet alle vragen oplossen. Daarom moet elke onderwatersuppletie vergezeld gaan van een toegesneden monitoringprogramma om een goede evaluatie te kunnen maken. Met het compenseren van zandverliezen op dieper water is nog geen ervaring opgedaan.

Vooroeversuppleties

De ervaringen in Nederland met de verschillende soorten onderwatersuppleties zijn nog beperkt. Wel zijn al vóór het NOURTEC-project suppleties uitgevoerd, waarbij zand onder water werd aangebracht.

Bij **Vlissingen** is in 1952 en in 1966 zand beneden laagwater geklapt, afkomstig van vaarwegonderhoud. Dit heeft duidelijk een positief effect gehad op het normaal licht eroderende strand. Bij **Schouwen** (1987), **Cadzand** (1988 en 1990) en in **Groede** (1990) zijn strandsuppleties uitgevoerd die werden uitgebreid met een vooroeversuppletie. De suppleties bij Schouwen en Cadzand (1988) zijn geëvalueerd, beide suppleties zijn als 'zeer goed' gekwalificeerd als het gaat om de handhaving van de kustlijn en om de overige functies in de kustzone. De effectiviteit (zandverlies t.o.v. van de normale kusterosie) van de suppletie op Schouwen was 'goed', De effectiviteit van de suppletie bij Cadzand was echter 'slecht'. Omdat door de suppletie de werking van de strandhoofden vrijwel was uitgeschakeld, was het zandverlies aanvankelijk driemaal het verlies voor het suppleren.

Onderwatersuppleties

In het kader van NOURTEC is dus in 1993 op **Terschelling** een onderwatersuppletie (voedingslaag) aangebracht in de trog tussen de twee meest zeewaartse brekerbanken, op een diepte van NAP -5 à -7 m. Men is uitgegaan van een levensduur van acht jaar. Naar verwachting zullen het er tien worden. De zandwinst in bijv. de BKL-zone was veel groter dan verwacht. Vooraf was men uitgegaan van een resultaat slechts op basis van het dwarstransport. In hoeverre dit dwarstransport uiteindelijk precies is opgetreden is moeilijk te bepalen, omdat het effect van de schaduwwerking veel groter bleek te zijn. Schattingen geven aan dat het opgetreden dwarseffect van dezelfde orde is als verwacht.

Bij **Delfland** is in 1997 onder water gesuppleerd. Het zand is zo hoog mogelijk in het profiel aangebracht, tussen NAP -5m en NAP -8m. De kust bij Delfland staat minder bloot aan golfaanval dan de kust in Terschelling. Bij Delfland zal dus de schaduwwerking -en daarmee het

kustlangse transport- minder zijn. Daarom is het ontwerp van deze onderwatersuppletie alleen gebaseerd op dwarstransport (voedingslaag). Bij de tussentijdse evaluatie is een netto zandtoename in het gebied geconstateerd die op enige schaduwwerking duidt (Evaluatie onderwatersuppletie Delfland, interim-rapportage, Biegel e.a, nov. 1999).

Nagegaan is of er suppletiezand naar dieper water is verdwenen. Dat is niet het geval, het suppletiezand is nog vrijwel allemaal terug te vinden in de actieve zone.

Enige zorg baarde aanvankelijk de ontwikkeling van een trog tussen het strand en de suppletie, die wijst op stroomcontractie (achterloopsheid). Het lijkt erop dat de trog inmiddels stabiel is geworden. Landwaarts van de trog is een strook met toenemende sedimentatie te zien. Deze sedimentatie vindt onder GLW plaats zodat nog geen effecten op het strand en het duin kunnen worden waargenomen.

Zeewaarts van de trog is de bodem (van de suppletie) juist omhoog gekomen. Omdat hierdoor extra golfbreking op zal treden kan dit een positief effect hebben op de positie van de waterlijn (schaduwwerking), waardoor het volume in de BKL-zone zich ter hoogte van de suppletie extra positief kan ontwikkelen. De MKL-positie is aldaar inmiddels (23-7-1999) 10 tot 15m vooruitgegaan; de MKL ligt verder zeewaarts dan ooit sinds het begin van de JARKUS-opnames, en ligt (ook voor het eerst) duidelijk zeewaarts van de BKL.

Bij **Ameland** lijken de omstandigheden sterk op die bij Terschelling. In 1998 is hier een onderwatersuppletie uitgevoerd: het zand is gestort buiten de buitenste brekerbank op een diepte van NAP -5 à -7 m. Het ontwerp is gebaseerd op dwarstransport en op schaduwwerking (via een vergelijking met de Terschellinger suppletie). Het totale zandvolume landwaarts van de suppletie, onder NAP, lijkt toe te nemen. Deze zandaanwas wijst inderdaad op enige schaduwwerking (Evaluatie onderwatersuppletie Ameland, interim-rapportage, Biegel e.a., sept. 1999).

In de laatste fase van het werk traden stormen op. Dit is wellicht de verklaring voor de constatering dat een aanzienlijk deel van het zand tot buiten het suppletiegebied is verspreid.

Ten oosten van de suppletie ontstaat vrij snel een kuil die wijst op stroomcontractie t.g.v. de suppletie. Het lijkt erop dat de omvang van de kuil stabiel is, en dat de kuil in oostelijke richting mee migreert met het oostelijke front van de suppletie. De ontwikkelingen na het suppleren duiden op een ophanden zijnd herstel van de BKL. Er valt (nog) geen duidelijk effect vast te stellen van de suppletie op de strandbreedte en op de positie van de duinvoet.

De laatste jaren zijn er onderwatersuppleties aangebracht bij **Noordwijk** en **Katwijk** (beide 1998), in **Scheveningen** (1999) en in **Egmond** (1999). In het laatste geval is de onderwatersuppletie ontworpen om de strandsuppletie te verstevigen. Over de effecten van deze suppleties is nog niets te zeggen.



(Foto Jan van den Broeke)

8. Conclusies en aanbevelingen

Hoofdstuk 6 geeft een vrij gedetailleerde samenvatting van de conclusies betreffende de doelstellingen van “dynamisch Handhaven”. In het nu volgende worden slechts op hoofdlijnen eindconclusies, discussiepunten en aanbevelingen gegeven, die tevens de methodieken en procedures van de beleidsuitvoering betreffen.

8.1 Eindconclusies

Het kustbeleid “Dynamisch Handhaven” is succesvol en kan worden voortgezet. De kusterosie wordt efficiënt bestreden, de duinenkust wordt duurzaam gehandhaafd en de fysieke randvoorwaarden voor de diverse kustfuncties blijven aanwezig. Belangrijke succesfactoren zijn de goede monitoring en de regionale afstemming in de Provinciale Overlegorganen voor de Kust (POK). De handhaving van enkele steile vooroevers bij diepe getijgeulen vraagt in de komende jaren aandacht.

De methodiek van de jaarlijkse toetsing werkt en is een goede basis voor de jaarlijkse opstelling van het suppletieschema en voor de periodieke evaluatie van de beleidsuitvoering. De procedure om jaarlijks tot een suppletieschema voor kustlijnhandhaving te komen heeft in de afgelopen jaren gewerkt. Men is ingespeeld.

Voor de komende jaren zullen naast kustlijnhandhaving ook compensatie voor zandverliezen op dieper water en aspecten uit de kustzonebenadering moeten worden meegenomen.

Dynamisch handhaven omvat een dubbeldoelstelling die spanning oproept: handhaven en dynamiek toelaten. Zowel bij de vaststelling van de basiskustlijn als bij het omgaan met de toetsingsresultaten treden regionale verschillen naar voren.

8.2 Discussie en aanbevelingen

Handhaven en dynamiek toelaten

Het toelaten van natuurlijke dynamiek betekent op vele locaties dat BKL-overschrijdingen moeten worden geaccepteerd. De afwegingen hiervoor zullen regionaal worden gemaakt. Aanbevolen wordt om een afwegingskader op te stellen ter bevordering van een landelijke afstemming en communicatie.

Steile vooroevers

De versteiling van vooroevers langs getijgeulen in kustvakken waar strandsuppleties worden toegepast vormt een potentiële bedreiging voor de stabiliteit van het kustprofiel en mogelijk ook voor de waterkerende functie. Op Noord-Beveland is al een zettingsvloeiing opgetreden. Aanbevolen wordt deze gebieden in kaart te brengen en naar passende oplossingen te zoeken.

Volgende evaluatie

Bij een volgende evaluatie zal naast de kustlijnhandhaving ook de compensatie voor erosie op dieper water moeten worden beoordeeld. Hiervoor zullen criteria moeten worden opgesteld en zal het monitoringprogramma moeten zijn toegerust.

Onderwatersuppleties zijn nog te recent uitgevoerd voor een goede evaluatie. Voor een volgende evaluatie zullen beleidsmatige en technische beoordelingscriteria moeten worden opgesteld. Voor een optimale kosten/baten verhouding zullen richtlijnen nodig zijn voor het morfologische en het uitvoerings(besteks-)ontwerp.

De huidige praktijk van omgaan met BKL-overschrijdingen weerspiegelt de balans die is gevonden tussen handhaven en het toelaten van dynamiek. Continuering van deze praktijk betekent dat voor een volgende evaluatie criteria moeten worden opgesteld. Is de huidige 10% BKL-overschrijdingen acceptabel, of moet dit percentage lager liggen?

Besluitvorming

Het suppletieschema wordt thans door de Rijkswaterstaat opgesteld. De behoefte aan zandsuppleties volgt uit de jaarlijkse toetsing van de BKL-handhaving. Bij de prioritering worden per regio de wensen van overige belangen (met name waterkering) meegenomen. Nu de rijkstaak met ingang van 2001 is uitgebreid met erosiebestrijding in een bredere kuststrook (ook de dieper zone), is het suppletiebudget vergroot. Omdat slechts een deel gereserveerd is voor BKL-handhaving, zijn er meer mogelijkheden om te anticiperen op toekomstige ontwikkelingen en hierbij de behoeften van overige belangen in de kustzone te betrekken. Het kan wenselijk zijn de besluitvormingsprocedure hierop aan te passen. Een duidelijk afwegingskader zal dan nodig zijn om een transparante besluitvorming mogelijk te maken.

Ontwikkelingen in de kustzone

De voorliggende evaluatie is beperkt tot de beleidscriteria en de achterliggende beleidsdoelen van "Dynamisch Handhaven" met enkele summier uitstapjes naar morfologische processen, financiële aspecten en besluitvorming. Het verdient aanbeveling een volgende evaluatie integraler uit te voeren en verbanden te leggen met andere aspecten van kustzonezorg, zoals zandwinning, nieuwe suppletietechnieken en contractvormen, Europese regelgeving. Daarnaast zal nieuw beleid moeten worden geëvalueerd, met name met betrekking tot de kustverdediging bij kustplaatsen en zwakke schakels.

Literatuur

Biegel E.J. (SEPra), Spanhoff R. (RIKZ), Walburg A.M. (RIKZ), november 1999
Evaluatie onderwatersuppletie Ameland, Interim—rapportage, 1999
Werkdocument RIKZ/OS-99.162X ; SEPra/B-99.12

Biegel E.J. (SEPra), Spanhoff R. (RIKZ), Walburg A.M. (RIKZ), september 1999
Evaluatie onderwatersuppletie Delfland, Interim—rapportage, 1999
Werkdocument RIKZ/OS-99.147x; SEPra/B-99.11

DHV, 1994
Bedrijfsmodel voor Kustsuppleties Belkust*3
DHV Milieu en Infrastructuur BV, Amersfoort

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, 1992...2000
Kustlijnkaarten.
Rapporten DGW/RIKZ 92.012, 93.021, 94.013, 95.028, 95.062, 97.012, 98.005, 99.004, en 2000.002; RIKZ Den Haag

Groenendijk F.C., juni 1997
Zand voor Nederland, een analyse vanaf 1964 en een extrapolatie tot 2010 van het zandvolume in de Jarkus-zone
Rapport RIKZ-95.003, RIKZ Den Haag

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, juni 1990
Kustverdediging na 1990, beleidskeuze voor de kustlijnverzorging (de eerste kustnota)
Rijkswaterstaat Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Den Haag

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, april 1996
Kustbalans 1995 (de tweede kustnota)
Rijkswaterstaat Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Den Haag

Mulder, J.P.M., 2000
Zandverliezen in het Nederlandse kuststelsel; Advies voor Dynamisch Handhaven in de 21e eeuw
rapport RIKZ-2000.36; RIKZ Den Haag

North Sea Coastal Management Group, 2000
Nourishment Practice in the North Sea Countries

Roelse P., oktober 1993
Evaluatie van zandsuppleties, een morfologische beschouwing, interim-rapportage
rapport DGW-93054; RIKZ Middelburg

Roelse P., oktober 1996
Evaluatie van zandsuppleties aan de Nederlandse kust 1975-1994, een morfologische beschouwing
rapport RIKZ-96.028; ISBN 90-369-0455-2, RIKZ Middelburg

Rijkwaterstaat, Dienst Getijdewateren, 1987
Evaluaties strandsuppleties.
Nota DGW-GWWS 87.006, RIKZ Den Haag

Rijkwaterstaat, 1988
Handboek Zandsuppleties.
ISBN 90 212 3134 4, Waltman, Delft.

Spanhoff R., ontwerpversie 1999
Suppleren onder water
Werkdocument RIKZ/OS-97.150x, RIKZ Den Haag

Walhout T., Kalf R. en Walburg L., 1990
Evaluatie suppleties na 1990
Werkdocument RIKZ/AB-2000.824x, RIKZ Middelburg

Begrippenlijst

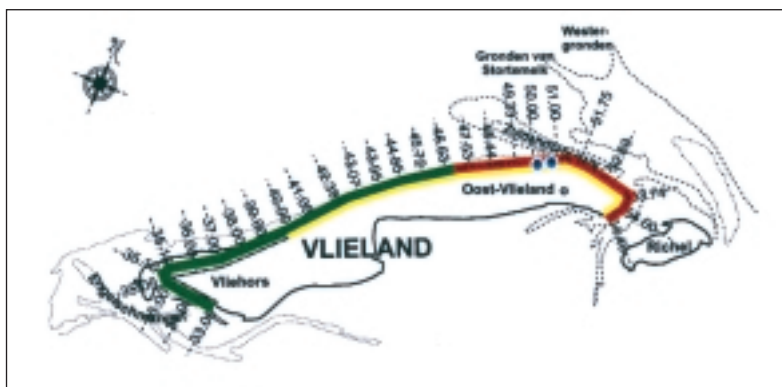
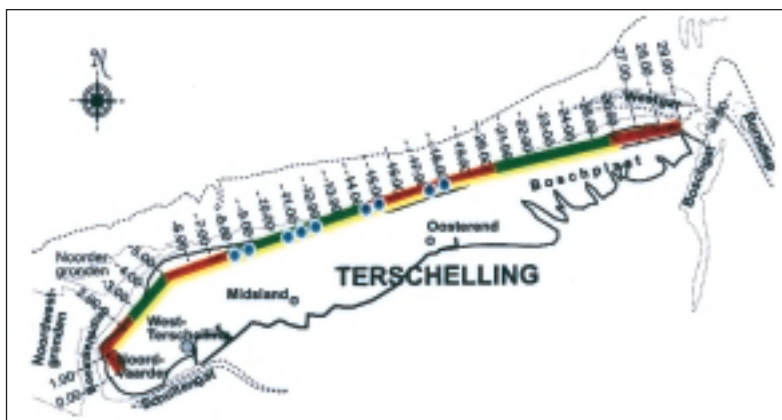
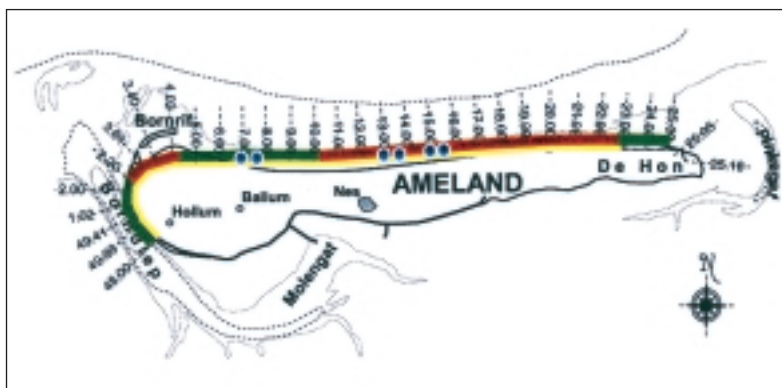
afslagpunt	punt tot waar bij een stormvloed het duin afslaat; dit kan zijn de nieuwe duinvoet of de bovenrand van het (steile) duinfront; hier het berekende punt onder maatgevende (extreme) omstandigheden
afslagzone	de strook die tijdens een stormvloed van het duin afslaat
afwaaiclausule	bepaling in een baggercontract over de inzet van baggermaterieel tijdens onwerkbaar weer
autonome kustontwikkeling	ontwikkeling zonder externe invloeden; hier de ontwikkeling van het kustvolume, zoals dat zonder zandsuppleties zou zijn verlopen
basiskustlijn (BKL)	norm bij het handhaven van de kustlijn; uitgangspunt is de (theoretische) positie op 1-1-1990, berekend uit de MKL-waarden over de voorgaande 10 jaar
banket	verhoogd gedeelte van het strand tegen het duinfront; soms bij suppleties aangebracht als extra zandbuffer, soms met zand van het strand als bouwplaats voor een strandpaviljoen
BKL-zone, MKL-zone	strook van de kust waarover de kustlijnpositie wordt berekend (zie MKL)
brandingsrug, brekerbank	zandophoping, vrijwel evenwijdig aan de kust, onder invloed van zandtransport door brekende golven
DONAR	structuur voor DataOpslag NAtte Rijkswaterstaat
duinfront	zeewaartse zijde van een duin, tussen de duinvoet en de top van de zeereep
duinvoet	overgang van het vrij vlakke strand naar het steilere duinfront; voor de berekening van de BKL en de MKL arbitrair vastgesteld op NAP +3 m
duinvoetverdediging	harde constructie tegen het duinfront om de mate van duinafslag tijdens storm te reduceren
eroderen, erosie	afslipen, verweren, achteruitgaan door zandverlies
geulmigratie	het verschuiven van een getijgeul onder invloed van stroming en golven
handhavingsuppleties	zandsuppleties met als doel de kustachteruitgang te stoppen, met de BKL als norm
JARKUS	het meetprogramma van de jaarlijkse kustmetingen, waarbij doorgaans op afstanden van 200 à 250 m profielen worden gemeten
JARKUS-zone	de strook van de kust waarover de jaarlijkse kustmetingen worden uitgevoerd, doorgaans tot 800 m uit de rijksstrandpalenlijn (lodingen) en tot 200 m landwaarts van de voorste duintop (stereofotogrammetrie, laseraltimetrie)

kubering	inhoudsbepaling
kustdynamiek	beweeglijkheid van de kust, proces van aanzanding en erosie waardoor de kustvorm steeds wijzigt
kustlijnkaart	jaarlijks uit te geven kaart van de Nederlandse kust waarop de resultaten van de kustlijntoetsing (TKL-BKL) zijn aangegeven
kustmeetraai	denkbeeldig geprojecteerde meetlijn loodrecht op de kust t.b.v. de JARKUS-metingen met de Rijksstrandpalenlijn (RSP) als basis
kustmonitoring	metingen om ontwikkelingen in de kustzone te volgen, bijvoorbeeld JARKUS voor de morfologische veranderingen
kustnabije zone	hoogdynamische deel van de kust; dit deel wordt sinds 1963 jaarlijks gelood in het kader van JARKUS
kustvak	deel van de kust, zoals onderscheiden bij de jaarlijkse BKL-toetsing; gebaseerd op geografische eenheden (Waddeneilanden en voormalige eilanden in de Delta) en beheergebieden (Hollandse kust)
momentane kustlijn (MKL)	de kustlijn berekend uit de jaarlijkse profielmeting van JARKUS; de gemiddelde positie van het profieldeel zeewaarts van de duinvoet tot een diepte onder laagwater, gelijk aan het hoogteverschil tussen duinvoet en laagwater
morfologie	leer en beschrijving van de vormen van het aardoppervlak
netto contante waarde	som van de gekapitaliseerde bedragen van een reeks (toekomstige) kosten en opbrengsten
oeverbestorting	bedekking van de onderwateroever met steenachtig materiaal om erosie tegen te gaan
onderwatersuppletie	zandtoevoeging op de onderwateroever; ter onderscheiding van vooroeversuppletie hier alleen zo genoemd indien op enige afstand van de laagwaterlijn aangebracht
optiecharter	overeenkomst met een aannemer waarbij baggermaterieel (inclusief bemanning) tegen een afgesproken tarief ter beschikking van de opdrachtgever wordt gesteld
raaivak	afstand waarover een profiel in een JARKUS-meetraai maatgevend wordt gesteld; gelijk aan de som van de halve afstanden tot de naastliggende meetraaien
regio	delen van het kustgebied, onderscheiden naar kusttype: Wadden, Holland en Delta
RSP	Rijksstrandpalenlijn
slephopperzuiger	gangbaar baggervaartuig voor kustsuppleties, dat zich al varende laadt en via bodemkleppen en/of een pijpleiding kan lossen
strandhoofd	stenen constructie dwars op de kust om het strand te beschermen (ter beteugeling langstransport); vaak van een zware stroomkop voorzien om de getijstroom uit de oever te houden

strandvlakte	niet door duinen begrensd strand aan de uiteinden van de Waddeneilanden, waar geen kustlijnhandhaving plaatsvindt
structurele erosie	geleidelijk, voortdurend verlies van zand uit een kustprofiel of balansgebied; bij de uitvoering van het kustbeleid als over ca. 10 jaar een trendmatige MKL-achteruitgang optreedt
toetskustlijn (TKL)	de theoretische kustlijn op 1 januari van elk jaar, ter vergelijking met de BKL; de TKL wordt bepaald uit extrapolatie van een voorafgaande reeks MKL-waarden
veerkracht	vermogen van de kust om op natuurlijke wijze veranderingen op te vangen zonder functieverlies
vooroeversuppletie	zandtoevoeging op de onderwateroever, aansluitend aan de laagwaterlijn en meestal in combinatie met een strandsuppletie
zandbalans	staat van de ontwikkeling van de hoeveelheid zand in een balansgebied
zandgolf	zich in voordelta's en langs de kust voortbewegende erosie- en sedimentatiezones, resulterend in een langjarige, cyclische beweging van de kustlijn
zeereep	meest zeewaarts gelegen duinregel, grenzend aan het strand
zettingsvloeiing	zandverplaatsing doordat de waterspanning zo hoog is dat de stabiliteit van het korrelskelet verloren gaat

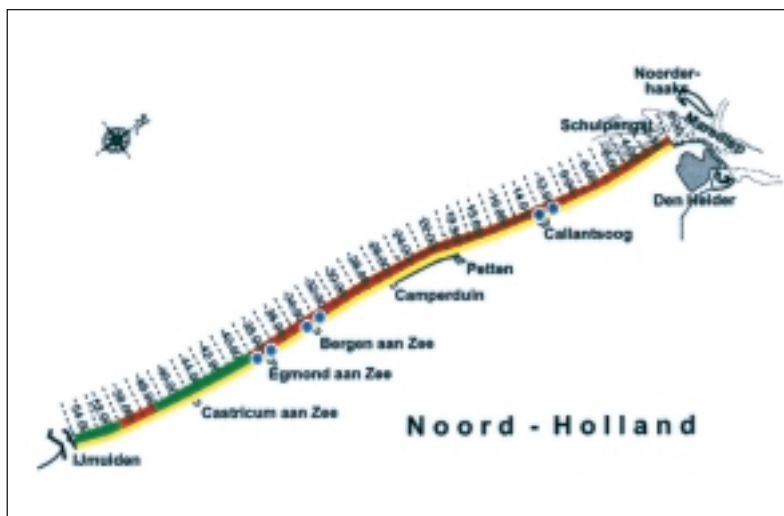
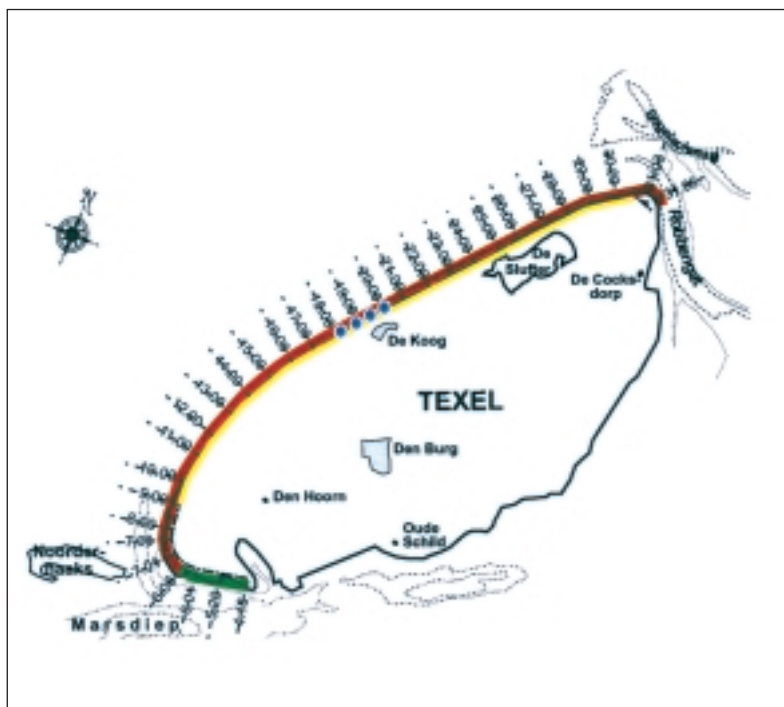
Bijlage 1

Kustvakken waar "Dynamisch Handhaven" wordt uitgevoerd.



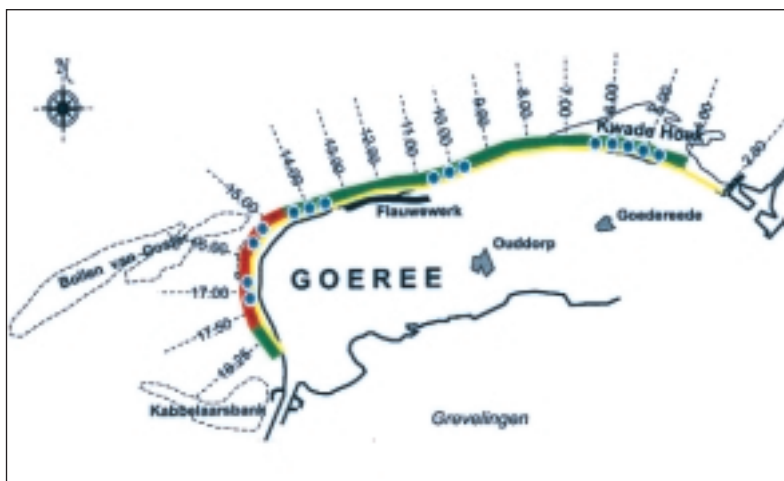
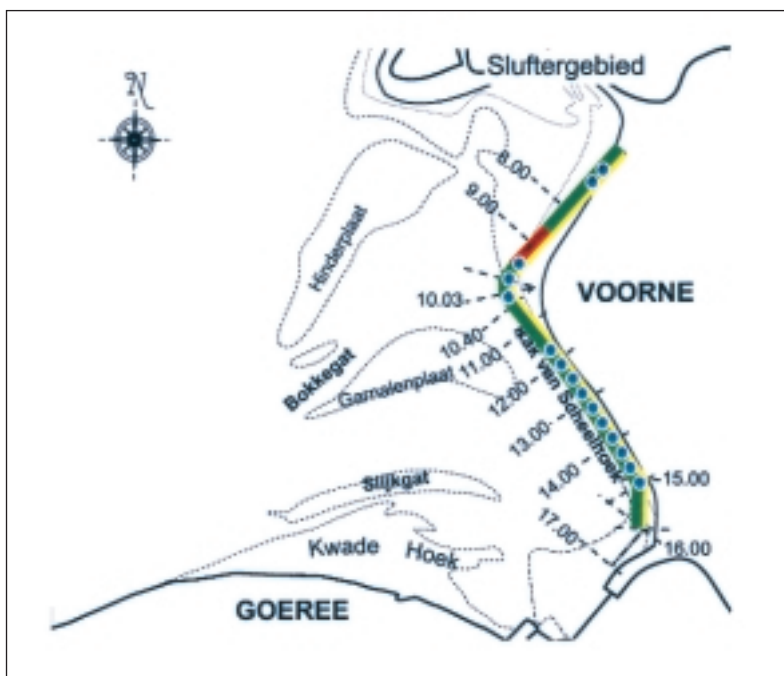
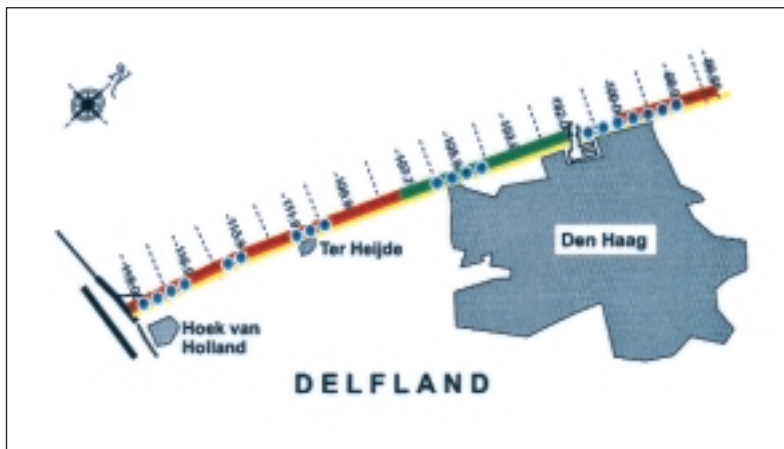
- Sedimentatie
- Erosie
- Handhavingsgebied (BKL)
- Recreatie

Kustvakken waar "Dynamisch Handhaven" wordt uitgevoerd.



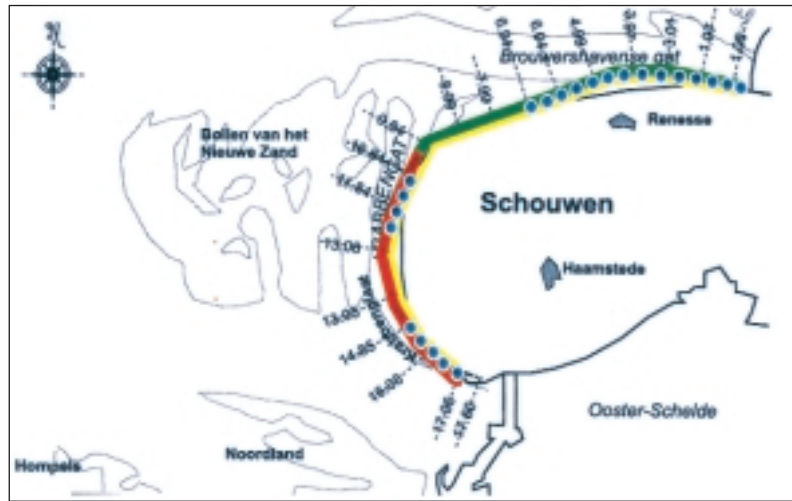
- Sedimentatie
- Erosie
- Handhavingsgebied (BKL)
- Recreatie

Kustvakken waar "Dynamisch Handhaven" wordt uitgevoerd.



- Sedimentatie
- Erosie
- Handhavingsgebied (BKL)
- Recreatie

Kustvakken waar "Dynamisch Handhaven" wordt uitgevoerd.



Colofon

Bijdragen:	Roland Kalf Lia Walburg Tobias Walhout Lilian Withagen
Auteur:	Piet Roelse
Redactie:	Piet Roelse Leo Uit den Boogaard Jacques Vroon
Lay-out + figuren:	Jan van den Broeke LnO drukkerij uitgeverij, Zierikzee
Omslag:	Jan van den Broeke
Foto's:	Zie verantwoording bij de foto's
Grafische realisatie:	LnO drukkerij uitgeverij, Zierikzee