

BIBLIOTHEEK
Dienst Weg- en Waterbouwkunde
Postbus 5044, 2600 GA DELFT
Tel. 015-699111

technisch rapport 11 **strand- en duinsuppleties**

**kustverdediging
na 1990**

BIBLIOTHEEK
Dienst Weg- en Waterbouwkunde
Postbus 5044, 2600 GA DELFT
Tel. 015-699111

TECHNISCH RAPPORT NUMMER 11 : STRAND- EN DUINSUPPLETIES
effectiviteit en kosten

april 1989

Dit rapport is tot stand gekomen door samenwerking van:

ing. G.A. Beaufort



RIJKSWATERSTAAT

Directie Sluizen en Stuwen
Hoofdafdeling Waterbouw

ir. G. Baarse

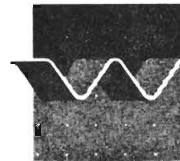


ir. M. Pluym



Rijkswaterstaat
Dienst Getijdewateren

ing. P. Roelse



ir. E.B. Peerbolte

waterloopkundig laboratorium | WL

Typewerk: T. van Doorn

KUSTVERDEDIGING NA 1990

INHOUDSOPGAVE	BLZ.
HET KADER VOOR DIT RAPPORT	5
SAMENVATTING TR11	7
1 INLEIDING	14
2 PROBLEEMSTELLING	14
3 INVENTARISATIE	16
4 EFFECTIVITEIT VAN ZANDSUPPLETIES	21
5 KOSTEN VAN ZANDSUPPLETIES	25
5.1 Inleiding	25
5.2 Uitgangspunten voor de kostenbepaling	25
5.3 Kosten van zandsuppleties	31
5.4 Samenvatting kosten van zandsuppleties	34
6 STRANDHOOFDEN EN SUPPLETIES: EEN ECONOMISCHE BENADERING	37
6.1 Inleiding	37
6.2 Begrippen, definities en beschouwde rekengevallen	38
6.3 Kostenvergelijking van verdedigingsmogelijkheden	44
6.4 Samenvatting resultaten en conclusies	54
...	
BIJLAGEN	
Bijlage 1	Lijst van algemene begrippen en definities
Bijlage 2	Evaluatie strandsuppleties, nota DGW-GWWS 87.006, oktober 1987
Bijlage 3A	Overzicht van kosteninformatie en technische parameters (Hooft bij hoofdstuk 6 van deze nota.)
Bijlage 3B	Uitwerking van kostenvergelijkingen (Hooft bij hoofdstuk 6 van deze nota.)

HET KADER VAN DIT RAPPORT

Dit rapport is een onderdeel van de studie die rond de discussienota "Kustverdediging na 1990" is uitgevoerd. Deze studie heeft in 1988 en 1989 plaatsgevonden. Hierin wordt een aantal alternatieve mogelijkheden ten aanzien van kustverdedigingsbeleid onderzocht en worden deze mogelijkheden naast elkaar gepresenteerd.

De beleidsanalytische studie vereist kennis over een groot aantal, soms nogal uiteenlopende aspecten van kustverdediging(sbeleid): kustgedrag, veiligheid van de duinenkust, voorspelling van kustgedrag, gebruiksfuncties in het duingebied en hoe deze te beoordelen, welke maatregelen zijn zinvol, etc. Al deze onderwerpen zijn in onderbouwende studies aan de orde gekomen en gerapporteerd in Technische Rapporten.

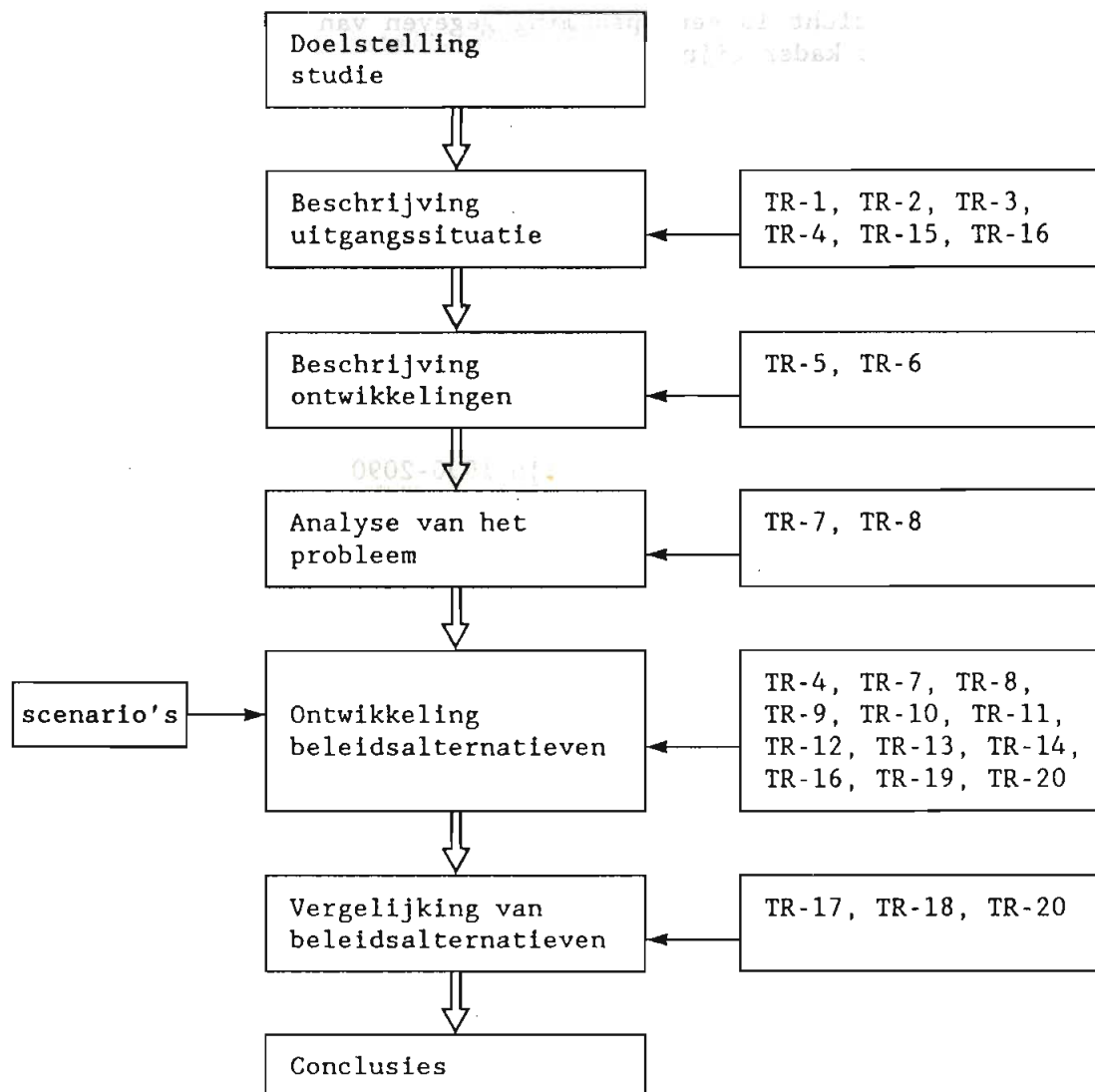
Het onderhavige rapport bevat de technische onderbouwing van een van de aspecten van de beleidsanalytische studie.

In onderstaand overzicht is een opsomming gegeven van alle Technische Rapporten die in dit kader zijn verschenen.

- TR-0 Overzicht technische onderbouwing discussienota Kustverdediging;
 samenvatting en conclusies van de uitgevoerde projecten.
- TR-1 Zandsysteem kust
 een morfologische karakterisering.
- TR-2 Toestand kust 1990
 kusttypering en kustligging
- TR-3 Kustonderhoud
 kosten van basisonderhoud.
- TR-4 Inventarisatie duinfuncties.
- TR-5 Kustvoorspelling
 voorspelling ontwikkeling kustlijn 1990-2090.
- TR-6 Zeespiegelrijzing
 Hydro-meteo-scenario's.
- TR-7 Duinen als waterkering
 invloed van kustgedrag op veiligheid.
- TR-8 Duinfuncties
 invloed van kustgedrag
- TR-9 Inventarisatie functies onderwateroever
 interactie met kustverdediging.
- TR-10 Zeezandwinning
 invloed op kustgedrag; een verkenning.
- TR-11 Strand- en duinsuppleties
 effectiviteit en kosten.
- TR-12 Strandhoofden en paalrijen
 evaluatie werking.
- TR-13 Grote civiele werken
 invloed op kustgedrag.
- TR-14 Onderwateroeversuppleties
 een alternatieve kustverdedigingsmethode.
- TR-15 Monitoring kustgedrag
 huidige situatie en toekomstbeeld.
- TR-16 Harde kustverdediging
 zeedijken, havengebieden en strandmuren als waterkering

- TR-17 Systeemanalytisch model
beschrijving computermodel.
- TR-18 Berekeningsresultaten beleidsalternatieven
detailresultaten van computermodel.
- TR-19 Innovatie van kustverdediging
inspelen op het kustsysteem.
- TR-20 Zeewaartse kustverdediging
een globale uitwerking van enkele mogelijkheden.

De onderbouwende studies bestrijken het brede scala van onderwerpen dat met de beleidsanalytische studie van de kustverdediging samenhangt. De relatie met deze studie komt tot uitdrukking door bij de verschillende stappen aan te geven waar deze door een technisch rapport ondersteund worden. Dit is in onderstaand schema aangegeven.



SAMENVATTING TR 11

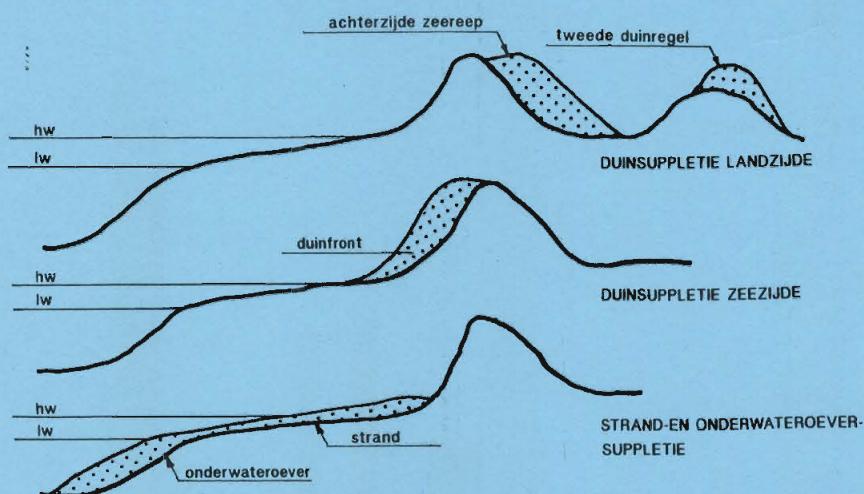
STRAND- EN DUINSUPPLETIES, effectiviteit en kosten

In Technisch Rapport 11 (TR 11) wordt een overzicht gegeven van de strand- en duinsuppleties, welke ter compensatie van kusterosie zijn uitgevoerd.

In 1988 is het "Handboek zandsuppleties" uitgegeven. Hierin is een schat van gegevens verzameld over het desbetreffende onderwerp. Dit rapport voorziet in een aanvulling op het handboek, met meer recente gegevens. Overlappending van dit rapport met het handboek is zoveel mogelijk vermeden.

Naast de aanvulling wordt ingegaan op de levensduur van suppleties en wordt een eerste aanzet gegeven om een puur economische afweging te maken tussen zandsuppleties, die nu een belangrijke maatregel bij kustverdediging zijn, en de bouw van strandhoofden, wat in het verleden een belangrijke maatregel geweest is.

Zandsuppleties, om opgetreden erosie te compenseren, kunnen op verschillende plaatsen in het dwarsprofiel plaatsvinden, figuur 1.



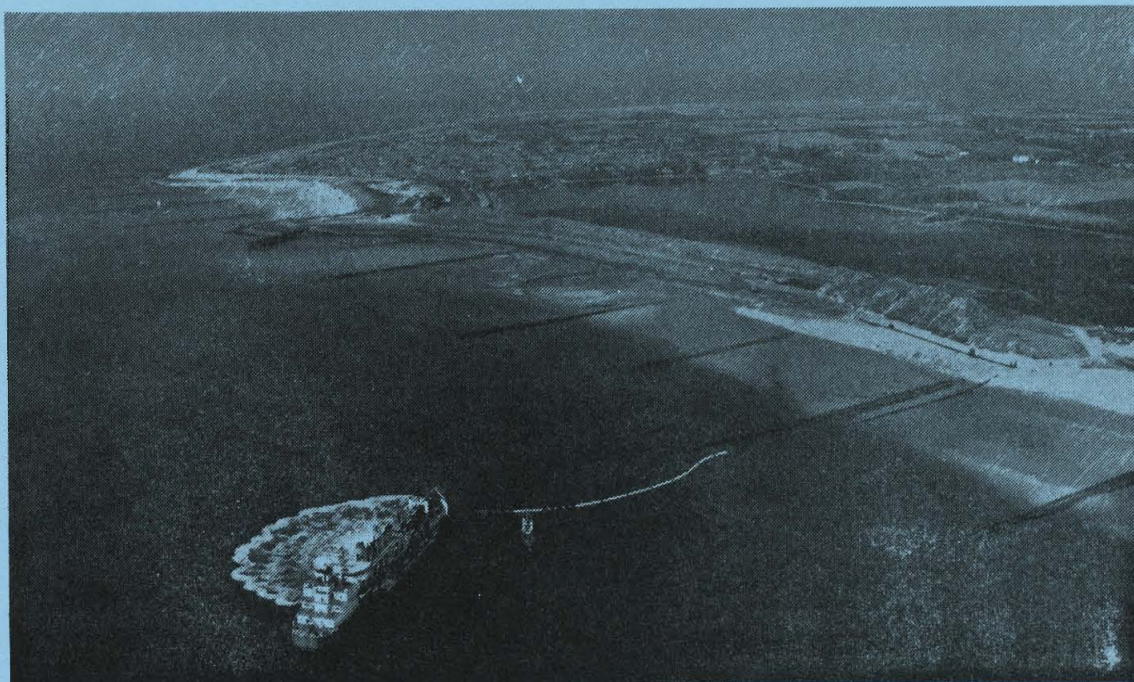
Figuur 1 Plaats van suppletie in het dwarsprofiel

Zand wordt met grote drijvende werktuigen relatief goedkoop, als zand-watermengsel, verplaatst.

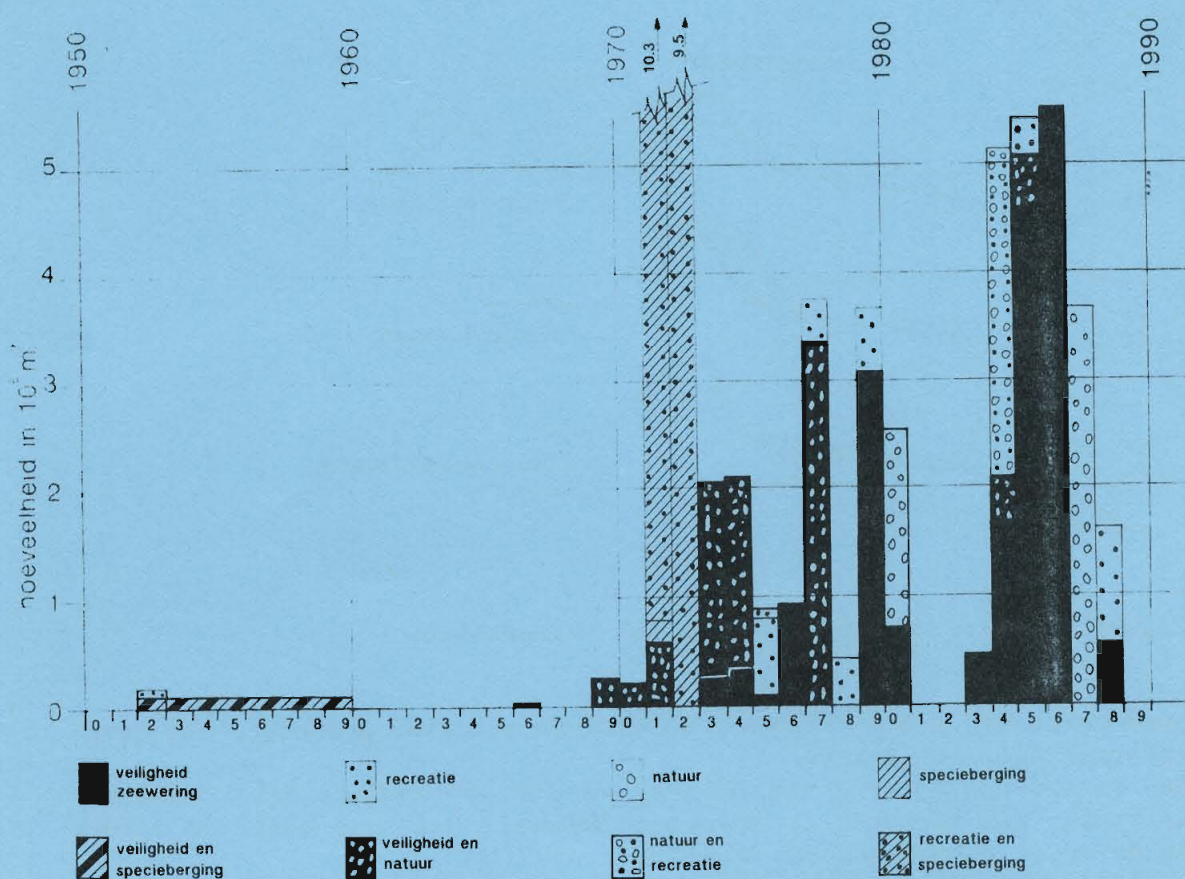
Een netto-verplaatsing van 200.000 tot 500.000 kubieke meter zand per werktuig, per werkweek is haalbaar. Naarmate het zand hoger en verder op de oever gebracht wordt nemen de kosten toe.

De foto op de volgende bladzijde geeft een indruk van zo'n zandsuppletiebedrijf.

In figuur 2 is aangegeven hoeveel zand er in de afgelopen decennia als suppletie op de Nederlandse kust is aangebracht.



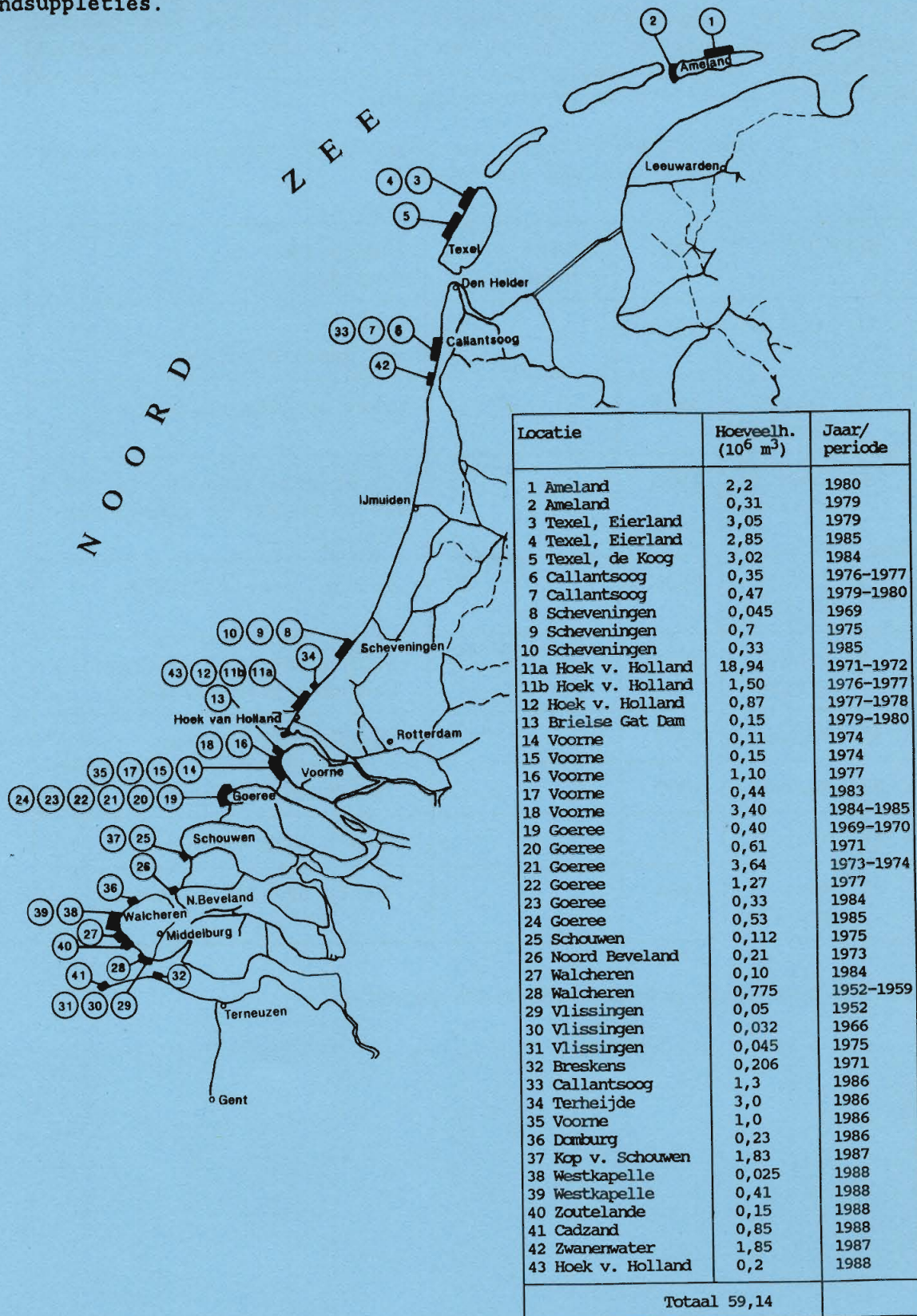
Zandsuppletie Westkapelle



Figuur 2 Hoeveelheid en doel van suppleties in Nederland.

- horizontaal: de tijd in jaartallen
- vertikaal: de hoeveelheid in miljoenen m^3
- symbolen (raster): het doel van de suppletie

In tabel 1 wordt een overzicht gegeven van de in Nederland uitgevoerde zandsuppleties.



Tabel 1 In Nederland uitgevoerde zandsuppleties

Voldoen suppleties aan het doel, waarvoor ze uitgevoerd worden?

Dit doel is: compensatie van erosie. Dit geldt voor een beperkte ontwerpperiode, meestal variërend van 5 tot 10 jaar. Van een negental uitgevoerde, redelijk omvangrijke suppleties, zijn voldoende gegevens beschikbaar om een evaluatie uit te voeren.

In tabel 2 zijn de bevindingen weergegeven. De nummers van de suppleties komen overeen met die uit tabel 1.

SUPPLETIE	JAAR	ONTWERP levensduur	VERWACHTING levensduur
1. Ameland	1980	10	1990 zal gehaald worden
3. Texel/ Eierland	1979	5	heeft precies voldaan
4. Texel/ Eierland	1985	5	is net niet gehaald. In '89 was de suppletie geheel ver- dwenen
5. Texel/ de Koog	1984	10	voldoet waarschijnlijk
9. Scheve- ningen	1975	n.v.t.	hier wordt naar (recreatie) behoefte gesuppleerd.
16. Voorne	1977	5	heeft ruim voldaan
21. Goeree	1973	n.v.t.	heeft ruim voldaan
22. Goeree	1977	5	heeft ruim voldaan
27. West- kapelle	1984	5	heeft precies voldaan

Tabel 2 Levensduur geëvalueerde zandsuppleties

Uit deze evaluatie van uitgevoerde zandsuppleties kan geconcludeerd worden, dat:

- van de 9 geëvalueerde suppleties er 5 inmiddels aan hun doelstelling, met betrekking tot de levensduur, hebben voldaan; er 3 naar alle waarschijnlijkheid hieraan zullen voldoen en dat er slechts één is, die hier net niet aan voldaan heeft (Texel/Eierland - 1985).
- het mogelijk gebleken is om - ook binnen de grillige natuurlijke omstandigheden aan de kust - strandsuppleties goed te dimensioneren; dat wil zeggen, de aan te brengen hoeveelheden zodanig te kunnen bepalen, dat een suppletie voldoet aan vooraf gestelde randvoorwaarden met betrekking tot de levensduur.
- de toepassing van strandsuppleties, als methode van kustverdediging, als effectief beschouwd mag worden. De optredende erosie kan met deze methode uitstekend worden gecompenseerd (tegen relatief geringe kosten).

KOSTEN

De kosten variëren sterk met de plaats van zandwinning en de plaats van de suppletie. Naast de plaats van winning is de wijze van kostprijsberekening van belang. Daarom zijn ook kosten bepaald voor een hoge calculatiewaarde. Er worden drie scenario's voor de bepaling van zandwinkosten onderscheiden;

- 1) Huidige zandwingebieden dicht bij de kust;
- 2) alternatieve zandwingebieden, gebaseerd op de nieuwste morfologische inzichten en
- 3) huidige zandwingebieden met hoge calculatiewaarde.

In tabel 3 is te zien, dat de prijs (inclusief toeslagen, B.T.W. enzovoorts) varieert van Fl. 3,00 per kubieke meter, indien vlakbij zand gewonnen wordt (tussen de Waddeneilanden), tot fl. 10,70 per kubieke meter, als de bron van het zand voor de Hollandse kust (ongeveer 20 km. op zee of buiten de NAP -20 m dieptelijn) ligt en een hoge calculatiewaarde aangehouden wordt.

Scenario voor de bepaling van zandwinkosten	SUPPLETIEGEBIED		
	Wadden	Holl. kust	Delta
huidige zandwingebieden	3,00	9,30	4,80
alternatieve zandwingeb.	4,50	4,80	4,80
huidige zandwingebieden met hoge calculatiewaarde	5,80	10,70	6,40

Tabel 3: Zandprijzen suppleties in Fl. per kubieke meter.
(incl. toeslagen, BTW enz., op basis van kostprijsberekening).

Indien een duinsuppletie achter de zeereep plaats vindt, worden de prijzen f 3,90 per m³ hoger.

Er is bij de bepaling van de eenheidsprijzen geen rekening gehouden met het marktmechanisme van vraag en aanbod.

Momenteel, medio 1989, kunnen aannemingsprijzen aanzienlijk lager zijn.

De in de berekeningen t.b.v. de "discussienota Kustverdediging na 1990" gehanteerde eenheidsprijzen voor zandsuppleties zijn die van de "huidige zandwingebieden" uit tabel 3.

De bij de drie scenario's voor de bepaling van zandwinkosten behorende zandwingebieden zijn weergegeven in tabel 4.

Scenario voor de bepaling van zandwinkosten	Wadden	Holl. kust	Delta
	ZANDWINGEBIEDEN		
huidige zandwingebieden	geulen tussen de eilanden, incl. deel binnen- en buitendelta*	buiten 20 km uit de kust of buiten de NAP - 20m dieptelijn	voordelta, geulen en platen
alternatieve zandwingebieden	buiten de NAP - 10 m dieptelijn	buiten de NAP - 10 m dieptelijn	voordelta, geulen en platen
huidige zandwingebieden met hoge calculatiewaarde	geulen tussen de eilanden incl. deel binnen- en buitendelta*	buiten 20 km uit de kust of buiten de NAP - 20m dieptelijn	voordelta, geulen en platen

* opmerking: recent is afgesproken geen suppletiezand meer in de Waddenzee te winnen.

Tabel 4 Zandwingebieden bij de drie scenario's voor de bepaling van zandwinkosten

STRANDHOOFDEN EN ZANDSUPPLETIES

Op veel plaatsen langs de Nederlandse kust zijn strandhoofden gebouwd. Nu erosiebestrijding economisch en met succes d.m.v. zandsuppleties aangepakt wordt, rijst de vraag wat we met die strandhoofden aanmoeten. In het verlengde ligt de vraag of er economische redenen zijn om nieuwe strandhoofden te bouwen, al dan niet gecombineerd met zandsuppleties.

Omdat de effectiviteit van strandhoofden om erosie te verminderen nauwelijks gemeten kan worden, is een methodiek bedacht om een afweging te kunnen maken tussen suppleren en het toepassen van strandhoofden. De gedachte achter deze methodiek is in essentie: in hoeverre dient een strandhoofd de erosie te verminderen om economisch verant-

woord te zijn?

Deze benadering is experimenteel en nog niet aan de praktijk getoetst. De uitkomsten zijn derhalve indicatief.

De antwoorden zijn echter voldoende interessant en richtinggevend om ze te presenteren. Beschouwd worden kustvakken welke (nog) niet zijn verdedigd met strandhoofden en kustvakken die dat wel zijn.

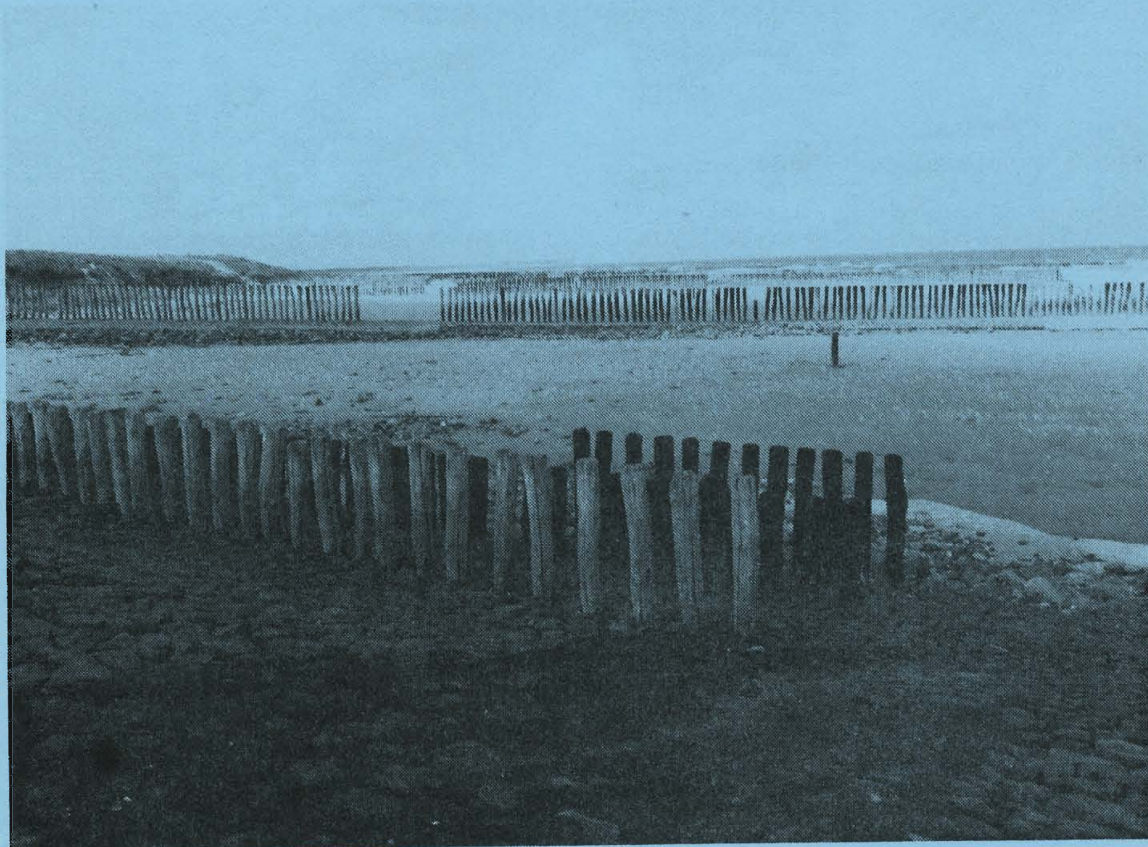
De volgende **conclusies** kunnen getrokken worden:

Kust zonder strandhoofden

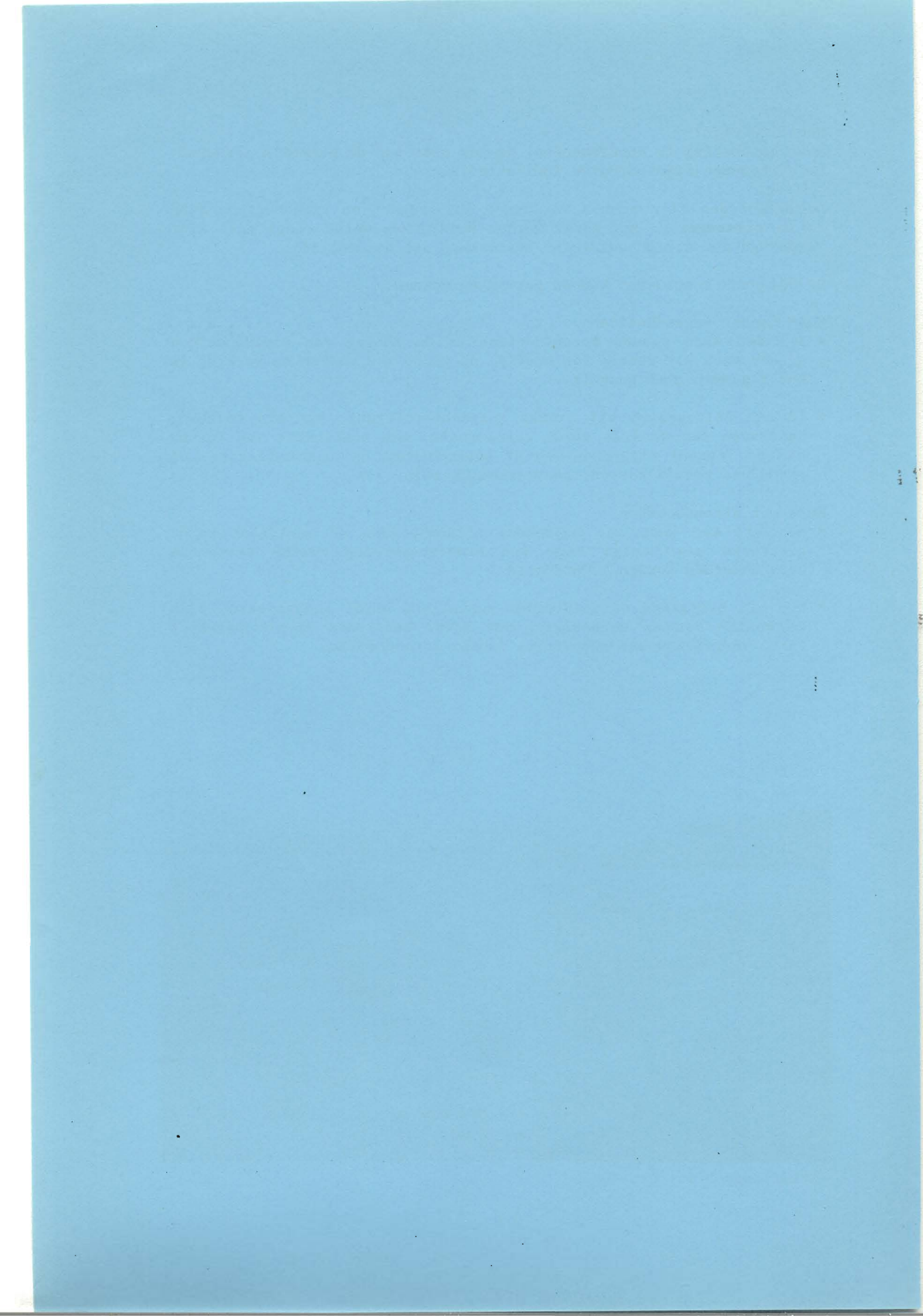
- * Bij een kust zonder strandhoofden is de aanleg van strandhoofden alléén voor het remmen van erosie, op grond van kosten en werking in het algemeen niet gunstig.
- * In het Deltagebied bij sterke kustachteruitgang, kan als volledig handhaven van de kust wordt nagestreeft, een combinatie van (nieuw aan te leggen) strandhoofden of paalschermen en zandsuppleties, op grond van totale kosten, aantrekkelijk zijn.

Kust met strandhoofden

- * Als bij een kust met bestaande strandhoofden of paalrijen wordt gestreefd naar enige vorm van erosiebeperking moeten bestaande strandhoofden worden gehandhaafd.
- * Als bij bestaande strandhoofden aanvullend wordt gesuppleerd, zijn de kosten van de verdediging per meter bestreden erosie relatief laag, vergeleken met suppleties zonder strandhoofden.



Strandhoofden met paalrijen



1 INLEIDING

Na 1990 zal de door uitvoering van de Deltawet bereikte veiligheid gehandhaafd moeten worden. Een middel om dit bij een eroderende, zandige kust te doen is het periodiek uitvoeren van zandsuppleties.

In deze nota wordt in hoofdstuk 3 een inventarisatie van in Nederland tot nu toe uitgevoerde strand- en duinsuppleties gepresenteerd. Zoveel mogelijk wordt daarbij overlapping met het in 1988 verschenen handboek "Zandsuppleties" vermeden.

In hoofdstuk 4 komt de effectiviteit van suppleties aan bod. Als bijlage 2 "Evaluatie strandsuppleties, Nota DGW-GWWS 87.006", is de uitgebreide evaluatie, zoals die in 1987 aan de Tweede Kamer is aangeboden, opgenomen.

Hoofdstuk 5 behandelt de kosten van suppleties in relatie tot de plaats van zandwingebieden.

In hoofdstuk 6 wordt een economische analyse geponeerd, waarmee de vergelijking van strandhoofden en zandsuppleties uitgevoerd kan worden.

Quality Assurance (QA) is uitgevoerd door prof. E.W. Bijker van de TU Delft en ir. H. Postma van BOSKALIS.

2 PROBLEEMSTELLING

Zandsuppleties worden in Nederland toegepast als middel om kusterosie te compenseren.

Veelal gaat aan de beslissing om te suppleren, een gedegen technisch-financiële afweging vooraf. Soms speelt reeds een locale beleidsanalyse een rol in het beslissingsproces. Maatschappelijke druk om (recreatie)zandstranden met zand aan te vullen en geen harde verdediging te maken, speelt soms een rol. Doordat suppletie met zand bovendien meestal een goedkope oplossing blijkt, wordt die maatregel de laatste jaren steeds frequenter toegepast.

Het ontwerpen van de zandsuppleties wijkt sterk af van het ontwerp van overige waterbouwkundige werken als dijken en sluizen. Deze laatste worden voor 50 of 100 jaar gebruik ontworpen. Ze slijten niet anders dan door veroudering.

Zandsuppleties worden op hun slijtage ontworpen. Ze moeten voor een korte periode, meestal 5 tot 10 jaar, de natuurlijke erosie compenseren.

Na de ontwerp-levensduur moet dus opnieuw gesuppleerd worden.

Het is duidelijk, dat suppletiekosten een grote rol spelen, alsook het al dan niet halen van de ontwerp-levensduur.

Langs de Nederlandse, zandige kust zijn in het verleden op vele plaatsen strandhoofden gebouwd om de erosie tegen te gaan. Passen die nog steeds in het verdedigingssysteem, als erosie ook bestreden wordt met zandsuppleties?

De drie te destilleren vragen zijn:

* Wat is de effectiviteit van zandsuppleties ?

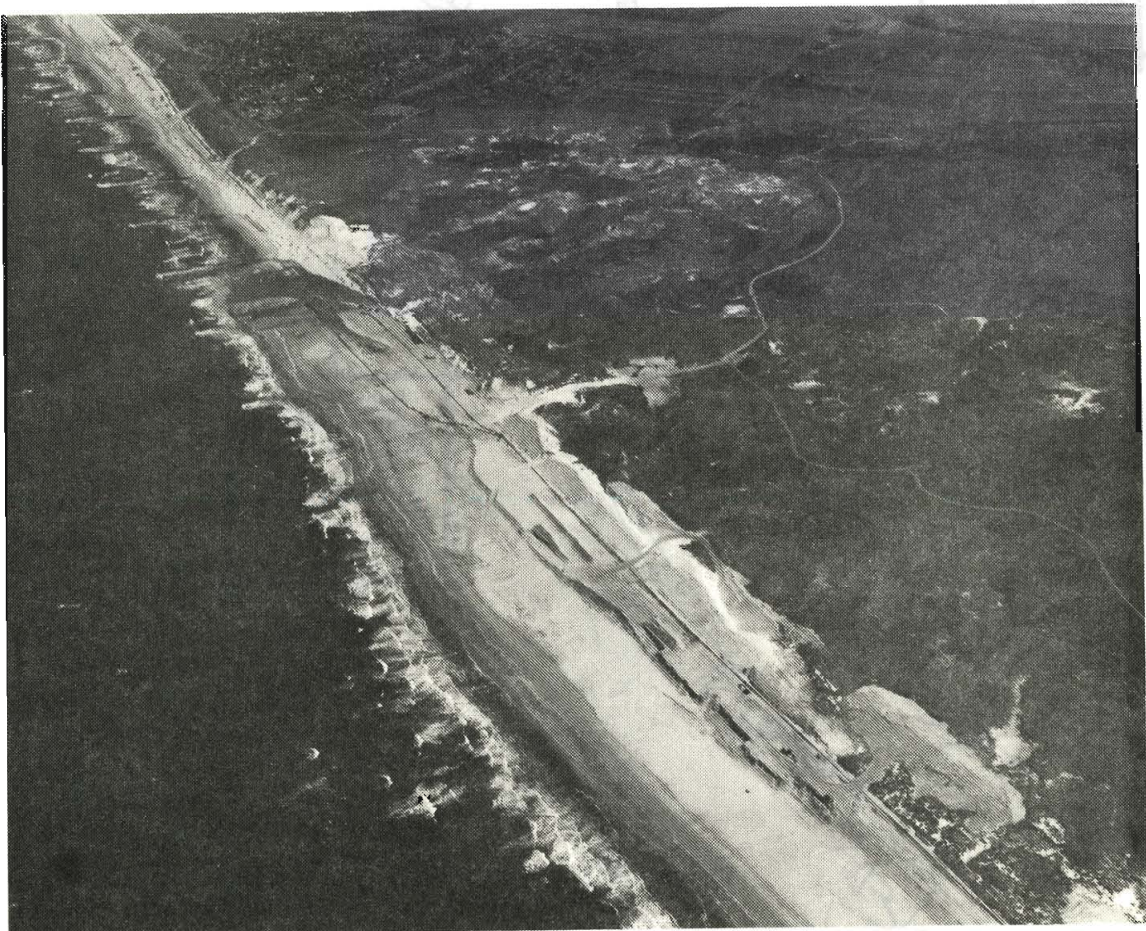
In hoofdstuk 4 wordt op basis van een evaluatie (zie ook bijlage 2) aangegeven, hoe de werkelijke levensduur zich verhoudt tot de ontwerp levensduur.

* Wat zijn de kosten van zandsuppleties ?

In hoofdstuk 5 wordt hiervan een up to date - beeld gegeven voor de regio's Wadden, Holland en Delta.

* Strandhoofden en/of zandsuppleties ?

In hoofdstuk 6 wordt een economische analyse van dit vraagstuk gepresenteerd.



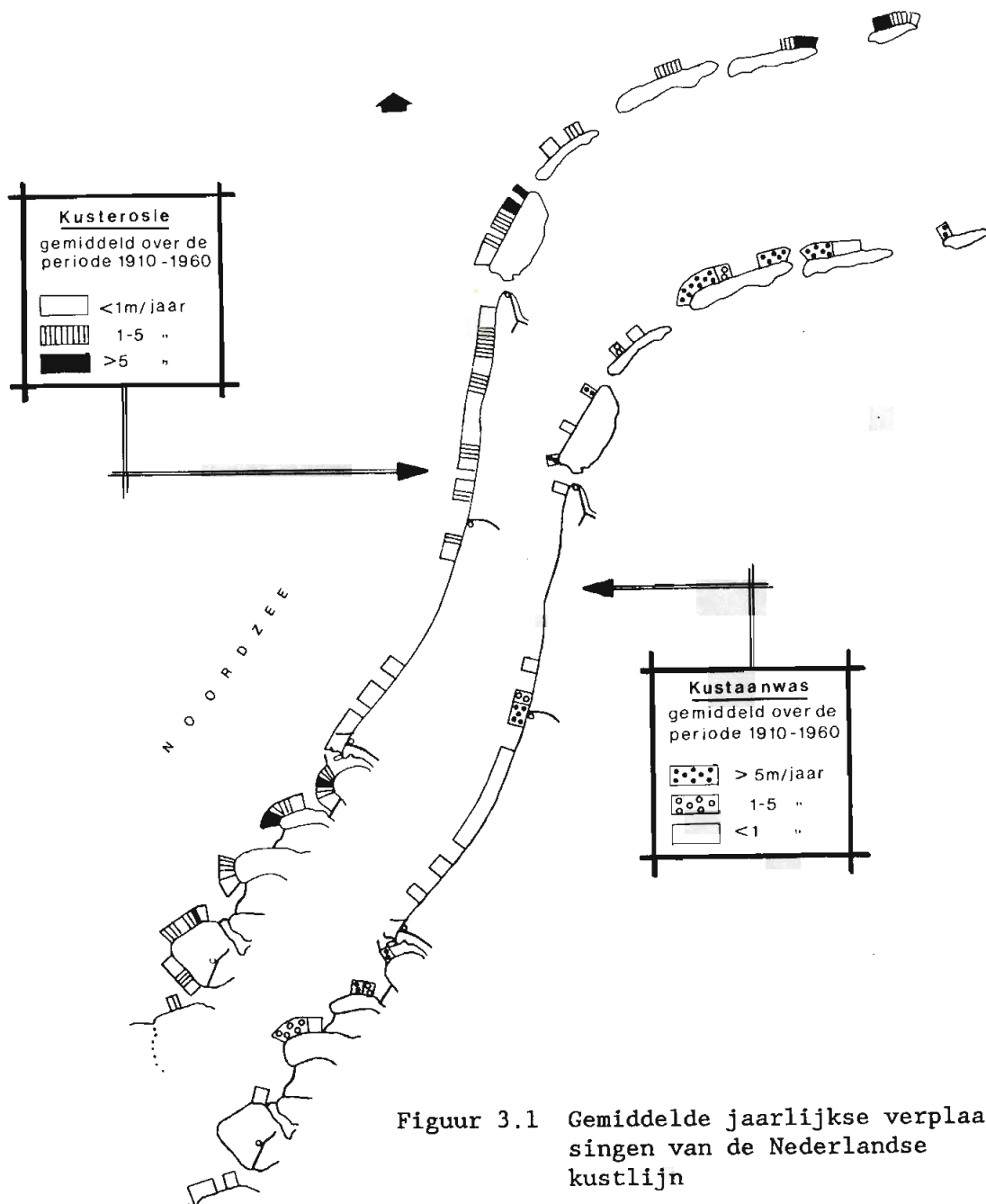
Strandsuppletie Callantsoog

3 INVENTARISATIE

In figuur 3.1 zijn de natuurlijke aanwas en erosie van de Nederlandse kust weergegeven.

In tabel 3.1 worden 43 in Nederland uitgevoerde zandsuppleties gepresenteerd. Hiermee wordt bewust een deel overlapping met het "Handboek Zandsuppleties" bewerkstelligd om een totaalbeeld t/m 1988 te laten zien.

In tabel 3.2 is de locatie van de suppletie globaal weergegeven. In de figuren 3.2 en 3.3 wordt grafisch getoond, hoeveel en met welk doel gesuppleerd is en waar het zand gewonnen is.



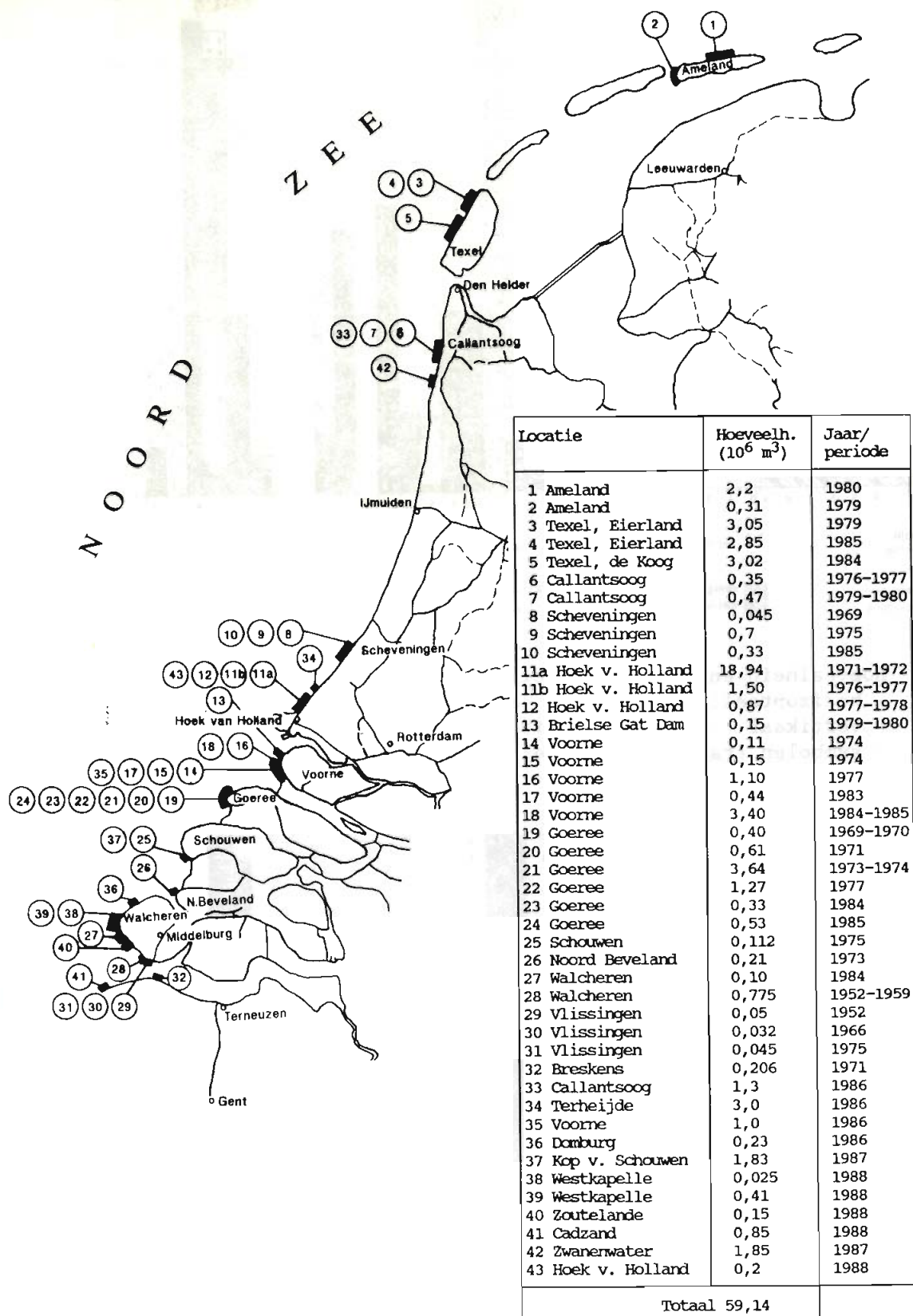
Figuur 3.1 Gemiddelde jaarlijkse verplaatsingen van de Nederlandse kustlijn

Tabel 3.1 Gegevens zandsuppleties langs de Nederlandse kust in de periode 1952 t/m 1988

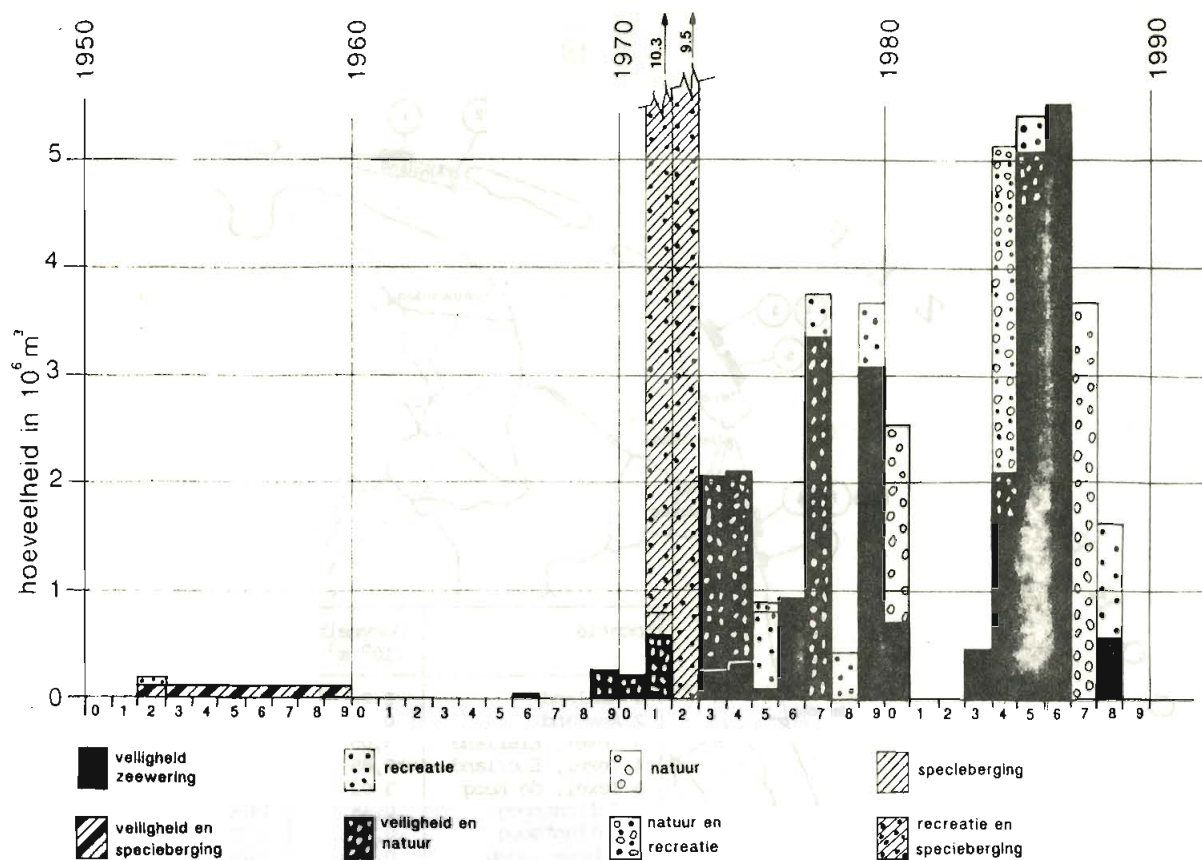
tabel 2.1 gegevens zandsubstituties langs de kustlijn van de provincie Noord-Holland													
nr	suppletiegebied	kilome- tering (km)	jaar/ perio- de	hoeveel- heid (10 ⁶ m ³)	zandwingsgebied	transport afstand	materieel ¹	zandprijs ² (guldens/m ³)		prijs 1984	doel	dimensioneringswijze	
								werk	index				
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l		
1	Ameland	1	10,20- 15,80	1980	2,20	Bornrif	8 A 14 km	CZ + 1 TS	3,00	1,27	3,51	. bescherming duingebied . studie object	. beschikbare financiën . duinafslagberekeningen
2	Ameland	2	1,60- 2,30	1979	0,31	Bornrif	0,8 A 1,5 km	WZ	3,00	1,45	4,35	. bescherming duinvoet- verdediging . behoud van recreatie- strand	. opgetreden erosie
3	Texel Eierland	1	26,20- 31,00	1979	3,05	Robbengat (Waddenzee)	2,5 A 5 km	CZ	3,00	1,45	4,35	. bescherming achterland tegen overstroming	. opgetreden erosie
4	Texel Eierland	3	26,00- 31,00	1985	2,85	Robbengat	4 A 9 km	WZ	2,50			. herhaling na erosie	. opgetreden erosie
5	Texel De Koog	2	18,00- 24,00	1984	3,02	Robbengat	10 A 16 km	WZ	3,80	1,00	3,80	. bescherming duingebied met recreatiebelangen	. kustlijnberkeningen . beschikbare financiën
6	Callantsoog	1	11,50- 13,60	1976- 1977	0,175 0,175	Malzwin (Waddenzee)	15 km SH 6 km VA	SH + VA	5,50	1,63	8,97	. bescherming achterland tegen overstroming	. duinafslagberekeningen . verwachte kustontwikkeling
7	Callantsoog	2	11,50- 13,60	1979- 1980	0,235 0,235	Malzwin (Waddenzee)	15 km SH 6 km persen	SH + 1 TS	5,50	1,50	8,25	. bescherming achterland tegen overstroming	. duinafslagberekeningen . verwachte kustontwikkeling
8	Scheveningen	1	100,00- 101,50	1969	0,045	Oosterschelde		SH + VA				. strandverbetering t.b.v. recreatie	
9	Scheveningen	2	99,75- 101,50	1975	0,70	Noordzee	20 km 1 A 3,5 km persen	ZSH + WZ + 1 TS	7,27	1,83	13,30	. strandverbetering . bescherming voet strandmuur	. beschikbare financiën . opgetreden erosie
10	Scheveningen	3	99,00- 101,00	1985	0,33	Noordzee	8 km SH 0,5 A 7 km persen	SH + 1 TS				. herhaling na erosie	
11a	Hoek van Holland	1	115,70- 119,00	1971- 1972	9,47 9,47	Scheepvaart- geul naar Rotterdam en havenbekkens	2 A 4 km	90% ZSH 10% ZSH (vooroever)	0,39	2,53	0,99 ³	. berging baggerspecie . bescherming achterland tegen overstroming . creëren natuur- en recreatiegebieden	. beschikbare hoeveelheden . kustlijnberkeningen
11b	Hoek van Holland		115,70- 119,00	1976- 1977	0,75 0,75								
12	Hoek van Holland	2	115,70- 119,00	1977- 1978	0,435 0,435	Oude + Nieuwe Maas, Maasgeul	2 A 30 km	ZSH				. strandherstel na erosie	. opgetreden verliezen
13	Brielse Gatdam		11,50- 13,40	1979- 1980	0,08 0,08	Maasvlakte			±2,80			. vermindering doorbraak- kans dam	. duinafslagberekening
14	Voorne	1	12,60- 13,60	1974	0,11							. bescherming achterland tegen overstroming	. duinafslagberekeningen
15	Voorne	2	12,60- 15,20	1974	0,15							. bescherming achterland tegen overstroming	. duinafslagberekeningen
16	Voorne	3	8,80- 12,50	1977	1,10	8 ^e petroleum- haven van Rotterdam	10 A 12,5 km	ZSH + WZ + 1 TS	2,90	1,60	4,64 ³	. in afwachting van effec- ten Deltaverken: . bescherming achterland tegen overstroming . voorkomen verder verlies van duingebied	. duinafslagberekeningen
17	Voorne	4	8,00- 15,20	1983	0,44	Hartelkanaal			4,15	1,02	4,23 ³	. strandherstel ter be- scherming van de zeereep	. opgetreden verliezen
18	Voorne	5		1984- 1985	1,70 1,70	Europahaven	9 A 12 km	CZ + 2 TS	3,80	1,00	3,80 ³	. bescherming achterland tegen overstroming (duinversterking)	. duinafslagberekeningen
19	Goeree	1	14,50- 18,50	1969- 1970	0,20 0,20	Grevelingen- meer	5 A 9 km	WZ	2,15	2,87	6,17	. bescherming achterland tegen overstroming . voorkomen verder verlies van duingebied	. opgetreden erosie (voortuitlopend op deltaverzwaring)
20	Goeree	2	14,75- 16,75	1971	0,61	Grevelingen- meer	5 A 5,6 km	WZ	1,50	2,71	4,07	. strandherstel na erosie . zgn. "veilig duinprofiel"	. opgetreden erosie
21	Goeree	3	14,50- 17,50	1973- 1974	1,82 1,82	Grevelingen- meer	4 A 7 km	WZ	0,79	2,20	1,74	. strandherstel na erosie . deltaverzwaring duinen	. zgn. "veilig duinprofiel" . opgetreden erosie
22	Goeree	4	14,50- 17,25	1977	1,27	spuigeul Brouwersdam	7,5 A 10 km	CZ	3,00	1,60	4,80	. strandherstel na erosie	. opgetreden erosie
23	Goeree	5		1984	0,33	Philipsdam + Haringvliet	32 A 65 km	WZ + B + BZ	11,70	1,00	11,70	. strandherstel na erosie . zgn. "veilig duinprofiel"	. opgetreden erosie
24	Goeree	6	14,50- 17,50	1985	0,53	Slijkgrat+ Bol- len v. Goeree	9 A 14 km	SH				. strandherstel na erosie . berging baggerspecie	. zgn. "veilig duinprofiel" . opgetreden erosie

nr	suppletiegebied	kilome- tering perio- de (km)	jaar/ de	hoeveel- heid (10 ⁶ m ³)	zandwinge- bied	transport afstand	materieel	zandprijs (gulden/m ³)		prijs 1984	doel	dimensioneringswijze
								werk	index			
25	Schouwen Burgh en Westlandpr.	17,00- 17,41	1975	0,112	Deltawerken	WZ + VA		6,05	1,78	10,77	bescherming duin in comb. met duinvoetver- dediging	beschikbare financiën beschikbare ruimte
26	Noord Beveland	1,80- 2,20	1973	0,21	Sophiahaven	4 km	WZ	0,30			specieberging i.v.m. havenaanleg Deltawerken bescherming dijk na oevererosie	beschikbare hoeveelheid
27	Walcheren Joosesweg	22,90- 23,56	1984	0,10	Nolleplaat	11 & 13 km	WZ	10,00	1,00	10,00	herstel duin- en strandprofiel na erosie studieobject	opgetreden erosie
28	Walcheren Zwanenburg	1 32,60- 33,40	1952- 1959	0,096 0,096	Sardijngaul	1 & 2 km	BLZ + B				storten specie onder- houdsbaggerwerk tegengaan vooroever- erosie	beschikbare hoeveelheden
29	Vlissingen	34,00- 34,40	1952	0,050	Sardijngaul	0,5 km	BLZ + B				storten specie onder- houdsbaggerwerk tegengaan vooroever- erosie	beschikbare hoeveelheden
30	Vlissingen	34,00- 34,40	1966	0,032	Sardijngaul	0,5 km	BLZ + B				storten specie onder- houdsbaggerwerk tegengaan vooroever- erosie	beschikbare hoeveelheden
31	Vlissingen	34,00- 34,40	1975	0,045	Nolleplaat	0,5 km	SH + BZ	6,82	1,78	12,14	strandverbreding t.b.v. recreatie	recreatiebehoeften beschikbare financiën
32	Breskens	0,40- 0,85	1971	0,206	Veerhaven	0,5 & 1 km	WZ				berging zand van werken havenvergroting	beschikbare hoeveelheden
33	Callantsoog	10,00- 14,00	1986	1,30	Schulpengat	4 & 7 km	ZSH + Z	4,90		6,37		
34	Terheijde		1986	3,0								
35	Voorne		1986	1,0								
36	Doornburg	16,50- 17,30	1986	0,230	inloop Oostgat 9 & 12 km		ZSH	8,08			bescherming achterland tegen overstroming	duinafslagberekeningen + opgetreden erosie
37	Kop v. Schouwen	13,20- 14,90	1987	1,83	Krabbenplaat	0,5 km	CZ + RB	1,57			bescherming natuur- en watergebied	opgetreden erosie
38	Westkapelle	21,85- 22,05	1988	0,025	bankje van Zoutelande	1 & 2 km	SH	9,36			strandrecreatie	budget
39	Westkapelle	22,50- 23,60	1988	0,404	bankje van Zoutelande	3 & 4 km	ZSH	4,72			bescherming achterland tegen overstroming	opgetreden erosie + duinaf- slag berekeningen
40	Zoutelande	24,80- 25,80	1988	0,153	bankje van Zoutelande	1 & 2 km	ZSH	4,72			bescherming achterland tegen overstroming	duinafslagberekening + opgetreden erosie
41	Cadzand	11,62- 13,45	1988	0,850	Sluis Hompels	6 & 8 km	ZSH + SH	4,68			kustbeheer en recreatie	erosie en kustlijnberekening
42	Zwanewater	13,00- 19,00	1987	1,850	Schulpengat		SHZ + Z	5,50				
43	Hoek van Holland		1988	0,2	Maasgeul Zuidtalud	2 & 5 km						
Totaal				59,14								
1 excl. BTW	2 WZ - windzuiger CZ - cutterzuiger		SH - sleepopperzuiger Z - zinken		RB - rainbowen ZSH - zeegaande sleep- hopperzuiger B - bak, beunschip		BZ - bakkenzuiger BLZ - bakkenladende zuiger TS - tussenstation VA - vrachtauto		3 additionele kosten			

Overzicht totale hoeveelheden per jaar x 10 ⁶ m ³	
1952	0,146
1953 t/m 1959	0,672
1966	0,032
1969	0,245
1970	0,200
1971	10,286
1972	9,470
1973	2,030
1974	2,080
1975	0,857
1976	0,925
1977	3,730
1978	0,435
1979	3,675
1980	2,515
1983	0,440
1984	5,150
1985	5,410
1986	5,530
1987	3,680
1988	1,632
Totaal	59,14

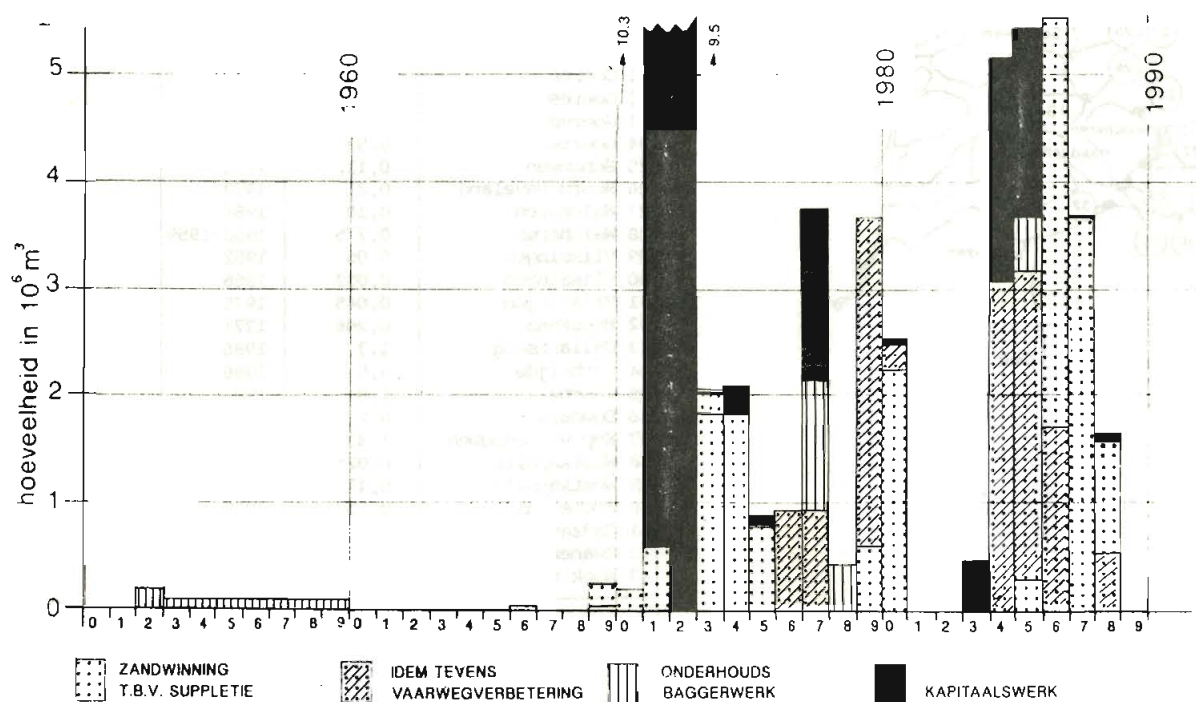


Tabel 3.2 Globale plaats van in Nederland uitgevoerde zandsuppleties



Figuur 3.2 Hoeveelheid en doel van Nederlandse zandsuppleties

- horizontaal: de tijden in jaartallen
- vertikaal : de hoeveelheid in miljoenen m^3
- symbolen (raster): het doel van de suppletie



Figuur 3.3 Zandvoorziening Nederlandse zandsuppleties

4 EFFECTIVITEIT VAN ZANDSUPPLETIES

In oktober 1987 is de nota "Evaluatie strandsuppleties" verschenen (zie bijlage 2). Sindsdien is er opnieuw een tweetal storm-seizoenen verlopen en een aantal suppleties uitgevoerd. De redenen voor deze suppleties worden deels gevormd door het onderhoud van de kust (bijvoorbeeld de kop van Schouwen/1987 en Cadzand/1988) en deels door het uitvoeren van nog benodigde Delta-verzwaringen (bijvoorbeeld Zoutelande/1988).

Aanleiding voor het uitbrengen van genoemde nota waren vragen van de zijde van de "Vaste commissie voor Verkeer en Waterstaat".

In die nota is een negental voor de Nederlandse kust representatief geachte suppleties uit het recente verleden op hun effectiviteit geëvalueerd. Het criterium hierbij was of de uitgevoerde suppleties aan hun doelstelling, te weten het compenseren van een vooraf voorspelde erosie gedurende een gepland aantal jaren, voldaan hadden c.q. zullen voldoen. Tabel 4.1 geeft hiervan een overzicht.

Over het geheel genomen waren de conclusies positief. Acht van de negen suppleties hadden voldaan of zullen voldoen; van de negende (bij Eierland op Texel) was de toekomst wat twijfelachtig. Naar destijds verwacht werd, zou deze het "net niet halen". Inmiddels is gebleken, dat dit zo is. In 1989 was de gehele suppletie verdwenen, terwijl ze tot 1990 had moeten voldoen.

De vraag rijst nu of de genoemde nota om deze redenen moet worden aangevuld en de conclusies eventueel bijstelling behoeven.

Het probleem, dat zich hierbij voordoet, is, dat een suppletie pas beoordeeld kan worden als deze een aantal jaren aan de werking van de zee is blootgesteld geweest.

De belangrijkste reden hiervoor is het feit, dat er bij dit soort beschouwingen altijd wordt uitgegaan van een trendanalyse (verloop van de zand-inhoud van een kustvak in de tijd) en er dus eerst een redelijk aantal metingen beschikbaar moet zijn alvorens deze analyse uitgevoerd kan worden.

Daarnaast treedt er nog een tweede fenomeen op. Om praktische redenen wordt een suppletie vrijwel nooit volgens z'n natuurlijke profiel aangebracht. Gedurende de eerste 2 à 3 jaar na de aanleg vindt dan ook profielaanpassing naar een meer natuurlijke ligging plaats. Hoewel er in die fase feitelijk geen extra verlies van zand plaatsvindt, wordt hieraan toch vaak de onterechte conclusie verbonden dat de suppletie sneller afslaat dan verwacht werd.

Ook om deze reden moet voor het verantwoord kunnen uitvoeren van een trendanalyse over minimaal 2 à 3 (jaarlijkse) kustmetingen beschikt worden, nádat de profielaanpassing heeft plaatsgevonden. Het aantal jaarlijkse metingen, dat vooraf gaat aan een verantwoorde analyse, bedraagt daardoor 4 à 5.

Dit in beschouwing nemende, leidt dit tot de conclusie, dat ten opzichte van de nota uit 1987 nu toegevoegd zouden kunnen worden Goeree 1984 en 1985, alsmede Scheveningen 1985.

De overige (zoals Terheijde 1986 en Callantsoog 1986) kunnen om deze redenen dus nog niet op een betrouwbare wijze geëvalueerd worden.

Voor wat betreft de genoemde suppleties, die wel voor aanvullende informatie in aanmerking komen, kan het volgende worden opgemerkt:

* zonder nu extra berekeningen uit te hoeven voeren, kan, mede op basis van de beschikbare visuele informatie worden geconcludeerd, dat:

- de beide suppleties op Goeree, net als hun beide reeds geëvalueerde voorgangers (1973 en 1977), goed voldoen. De verwachting is dan ook, dat deze gecombineerde suppletie aan z'n gestelde doel zal beantwoorden.
- met betrekking tot de suppletie bij Scheveningen wordt opgemerkt, dat de behoefte hier met name bepaald wordt door recreatiewensen. Het veiligheidsaspect is hier dus veel minder sturend bij de beslissing tot het al dan niet suppleren. Gezien deze overweging en de huidige conditie van het Scheveningse strand wordt niet verwacht, dat hier op korte termijn actie ondernomen moet worden. Met andere woorden: deze suppletie voldoet tot nu toe goed aan het in 1985 gestelde doel.

* voor wat betreft de enige suppletie die in de nota uit 1987 waarschijnlijk niet geheel aan het gestelde doel leek te voldoen, te weten de suppletie bij Eierland op Texel uit 1985, kan het volgende worden opgemerkt:

- deze suppletie is inderdaad sneller achteruit gegaan dan aanvankelijk verwacht werd. Echter, deze achteruitgang treedt met name op, daar waar op dit het minste kwaad kan. Het natuurgebied bij de Mandenvallei en de vuurtoren waren begin 1989 nog veilig. Inmiddels is ten gevolge van een ernstige storm in februari 1989, de rest van de suppleties verdwenen.

In de nota uit 1987 (bijlage 2) werd de conclusie getrokken, dat deze suppletie het "waarschijnlijk net niet zou halen" (tot 1990), thans is dit bewaarheid.

SUPPLETIE	JAAR	ONTWERP levensduur	VERWACHTING levensduur
1. Ameland	1980	10	1990 zal gehaald worden
3. Texel/ Eierland	1979	5	heeft precies voldaan
4. Texel/ Eierland	1985	5	is net niet gehaald. In '89 was de suppletie geheel verdwenen
5. Texel/ de Koog	1984	10	voldoet waarschijnlijk
9. Scheveningen	1975	n.v.t.	hier wordt naar (recreatie) behoefte gesuppleerd.
16. Voorne	1977	5	heeft ruim voldaan
21. Goeree	1973	n.v.t.	heeft ruim voldaan
22. Goeree	1977	5	heeft ruim voldaan
27. Westkapelle	1984	5	heeft precies voldaan

Tabel 4.1 Levensduur geëvalueerde zandsuppleties

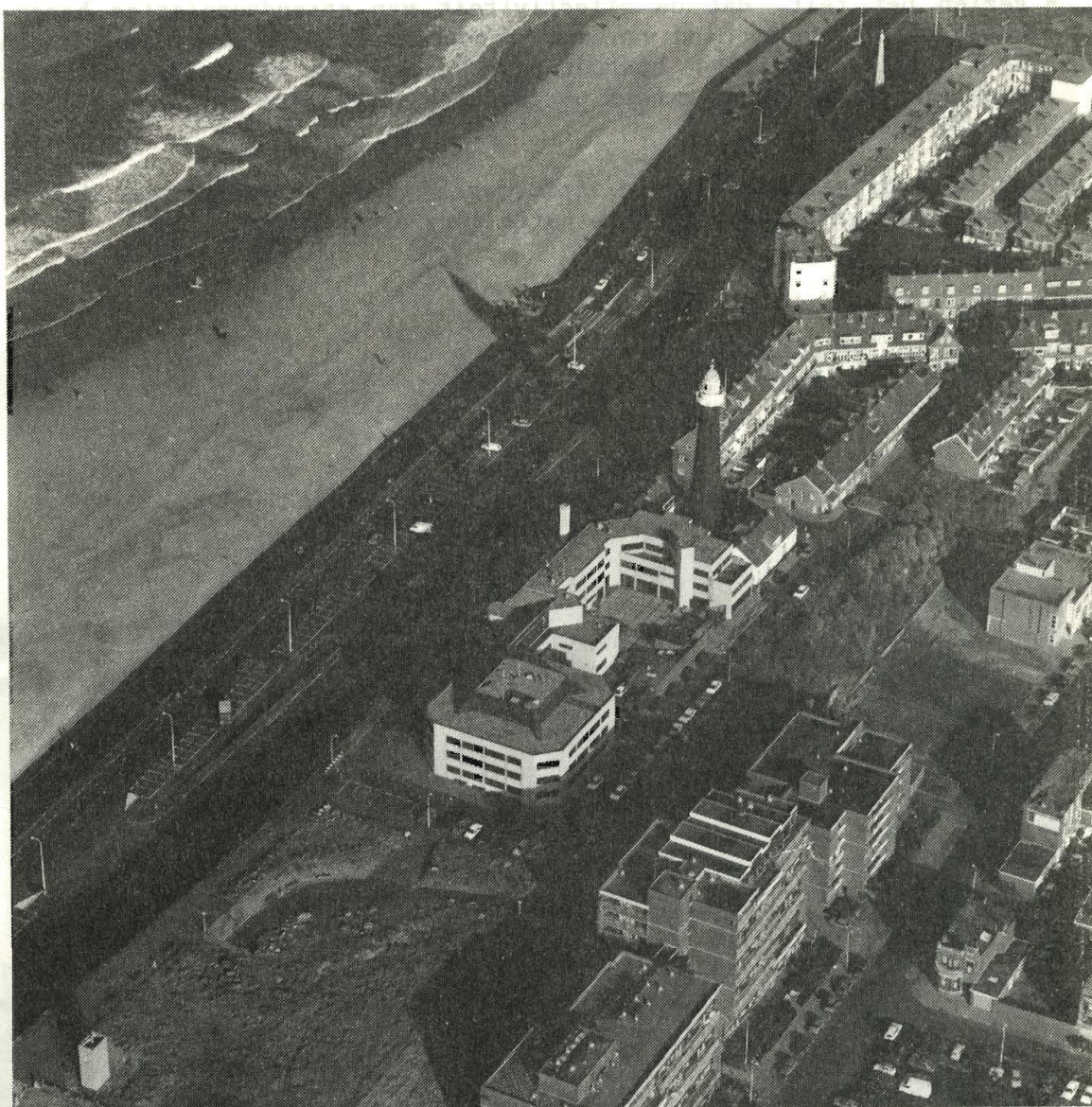
Samenvattend kan gesteld worden, dat:

- * er momenteel geen duidelijke aanleiding bestaat om de conclusies, zoals deze in 1987 zijn getrokken in de nota "Evaluatie strandsuppleties", bij te stellen.
- * gezien het feit, dat de effectiviteit van strandsuppleties beoordeeld wordt aan de hand van een trendanalyse en er dus minimaal een 4- à 5-tal (jaarlijkse) kustmetingen beschikbaar moet zijn, het niet mogelijk is om ook de recent uitgevoerde suppleties aan de evaluatie toe te voegen.

Voor de overige (achtergrond-)informatie wordt verwezen naar de als bijlage 2 toegevoegde nota "Evaluatie strandsuppleties".



Paalschermen



Het droge badstrand in Scheveningen is op, weggeërodeerd.
Zandsuppleren is dan een oplossing.

5 KOSTEN VAN ZANDSUPPLETIES

5.1 Inleiding

De mogelijkheden voor zandwinning ten behoeve van de diverse supplementies langs de Nederlandse kust lopen sterk uiteen. De verschillen in transportafstanden en in de wijze van transporteren en de wijze van suppleren veroorzaken tevens aanzienlijke verschillen in de kosten per kubieke meter zand. Om bij de kostprijsberekening van de diverse kustmaatregelen zo reëel mogelijke zandprijzen te kunnen hanteren, zijn m^3 -prijzen bepaald die speciaal zijn afgestemd op de eisen van het beleidsanalytische model. Deze prijzen zijn gebaseerd op een aantal gedetailleerde kostprijsberekeningen voor diverse kustsuppleties.

Voor elk van de regio's, Wadden, Hollandse kust en Delta, is een maatgevende m^3 -prijs benodigd voor de beleidsanalyse. Gekozen is voor een "gewogen" gemiddelde, dat wil zeggen de gemiddelde zandprijs van alle suppleties in een regio, rekening houdend met de per object te suppleren hoeveelheid. Hiertoe zijn, afhankelijk van de erosiehoeveelheden, de lokale situatie en de uitvoeringsmogelijkheden, logische suppletieprojecten bedacht, waarvoor kostenramingen zijn gemaakt.

Alle aannamen en uitgangspunten die hier genoemd worden, zijn uitsluitend bedoeld en gebruikt om kosten te bepalen. In dit hoofdstuk en deze nota wordt uitdrukkelijk niet behandeld, welke zandwinplaatsen, welke methoden van zandsuppletie- en welke suppletiehoeveelheden wenselijk zouden zijn.

5.2 Uitgangspunten voor de kostenbepaling

5.2.1 Zandwingebieden

Voor de kostprijsberekening is per regio gekozen uit een vijftal zandwingebieden. Tabel 5.1 geeft hiervan een overzicht. Aan de hand van de m^3 -prijzen en mede gelet op de nieuwste inzichten met betrekking tot de morfologische effecten van zandwinning, is ten behoeve van de beleidsanalyse gekozen voor drie mogelijke combinaties:

- De tot op heden gebruikte zandwingebieden.
Voor de regio Wadden zandwinning in de geulen tussen de eilanden (hiertoe ook gedeelten van de buiten- en binnendelta gerekend), voor de Hollandse kust zandwinning in de omgeving van de NAP -20 m dieptelijn* en voor het Deltagebied uit de voordelta.
- Zandwingebieden, alternatief 1.
Hierbij wordt voor de Wadden en de Hollandse kust in de omgeving van de NAP - 10 m dieptelijn gewonnen, voor het Deltagebied in de voordelta.
- Zandwingebieden, alternatief 1a.
Variant op alternatief 1, waarbij voor de Wadden in de omgeving van de NAP -20 m dieptelijn wordt gewonnen.

* Een uitzondering hierop vormt de kop van Noord-Holland. Hier wordt de buitendelta, het Schulpengat, als zandwingebied gebruikt.

Zandwingebied	Regio		
	Wadden	Hollandse kust	Delta
Noordzee, omgeving NAP - 20 m	x	x	x
Noordzee, omgeving NAP - 10 m	x	x	x
Voordelta			x
Geulen tussen de eilanden	x		
Waddenzee*	x		

* opmerking: recent is afgesproken geen suppletiezand meer in de Waddenzee te winnen.

Tabel 5.1 Beschouwde zandwingebieden

5.2.2 Alternatieven voor het kustverdedigingsbeleid

De gewogen m³-prijzen zijn mede afhankelijk van de plaats en van de aan te brengen zandhoeveelheden langs de kust. Dit is verschillend bij de diverse wijzen van verdediging van de kustlijn. Om de invloed van beleidskeuzen op de zandprijs te bepalen zijn enkele relevante beleidsalternatieven beschouwd:

T Terug

De kustlijn wordt slechts gehandhaafd op plaatsen, waar dit voor de veiligheid van het polderland nodig is.

Se Selectief handhaven, economisch

Als T, doch tevens kustlijnhandhaving ten behoeve van economische functies (wonen, drinkwater, recreatie, bedrijven).

Sn Selectief handhaven, natuur

Als T, doch tevens kustlijnhandhaving ten behoeve van waardevolle natuurgebieden.

H Handhaven

De kustlijn wordt overal gehandhaafd.

5.2.3 Overige aannamen ten behoeve van de kostprijsberekening

De kostenbepaling heeft plaatsgevonden op basis van kostprijsberekeningen. Er is geen rekening gehouden met het marktmechanisme van vraag en aanbod. Dit marktmechanisme kan een grote invloed op de prijzen hebben. Momenteel (begin 1989) kunnen de aannemingsprijzen aanzienlijk lager zijn. Verondersteld is voorts, dat al het zand speciaal ten behoeve van de kustsuppleties wordt gewonnen. Er is dus geen rekening gehouden met de mogelijkheid van "werk met werk maken".

In de prijzen zijn de volgende kostenelementen begrepen:

- Zandverliezen tijdens de uitvoering;
- Aannemerskosten en BTW (18,5%);
- Onvoorzien;
- Beplanting stuifschermen e.d.

Niet in de prijs begrepen zijn:

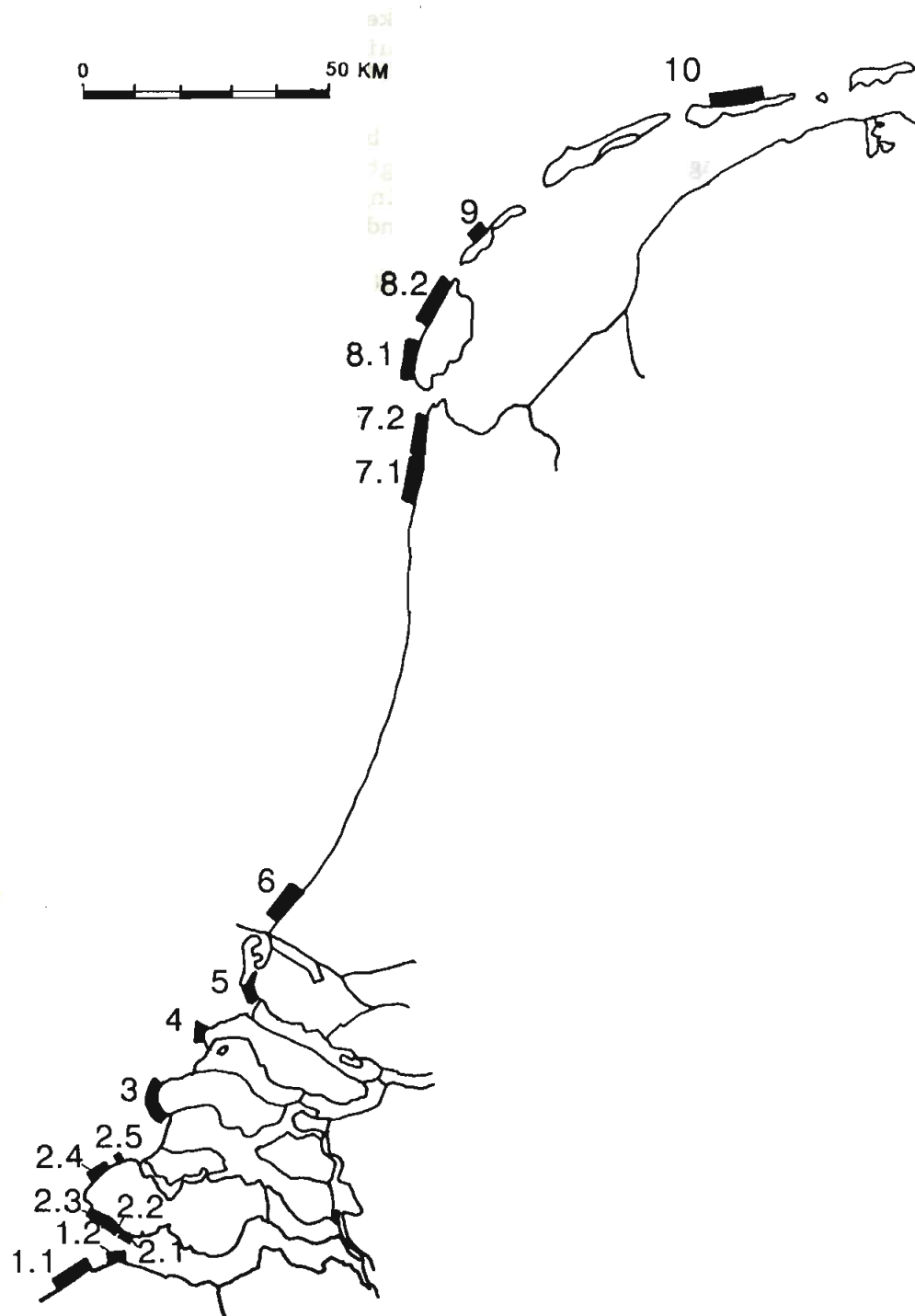
- Domeingelden;
- Loodsgelden;
- Voorbereidingsstudies, het maken van een bestek;
- Werkbegeleiding door de opdrachtgever;
- Evaluatie na het werk;
- De invloed op de suppletiehoeveelheid van grover of fijner zand, alsmede verspreidingsverliezen bij plaatselijke suppleties;
- Eventuele aanpassing van infrastructuur bij duinsuppleties;
- Nevenopbrengsten.

Uit gedetailleerde voorbeeldberekeningen is een beeld verkregen van de kosten. Hierbij is rekening gehouden met de lengte van de drijvende of afgezonden leiding en de lengte van de walleiding. Voorts is de relatie bepaald tussen de kosten per m^3 en de volgende uitvoeringskarakteristieken:

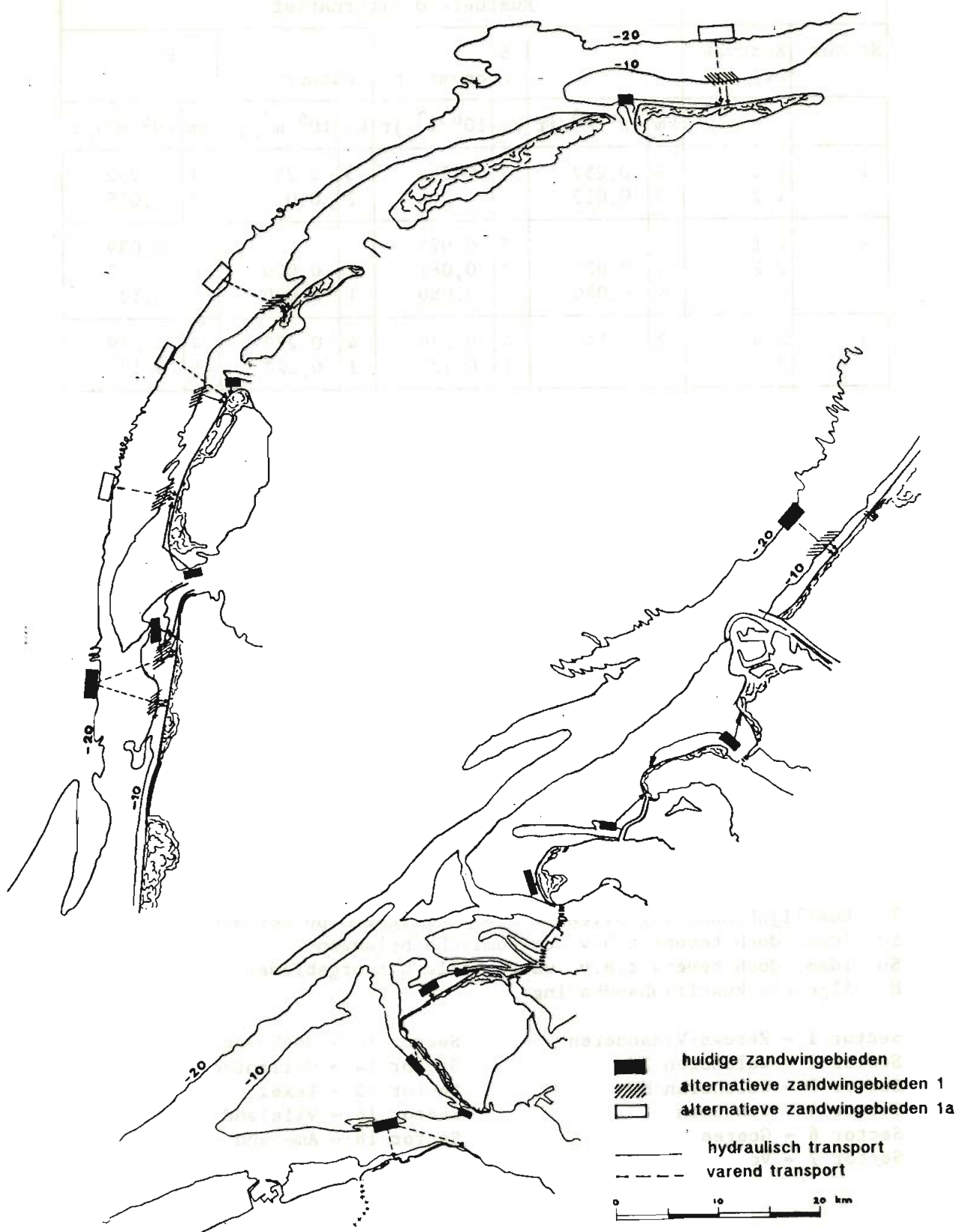
- persafstand;
- vaarafstand;
- korreldiameter;
- winwerktuig;
- suppletiemethode.

5.2.4 Zandsuppletie hoeveelheden

Ten behoeve van de weegfactoren per regio zijn aan de hand van een globale schatting van de kusterosie in de periode 1990 - 2010 de toekomstige suppletiehoeveelheden in beeld gebracht. Tabel 5.2 geeft een overzicht van deze globale schatting van de jaarlijkse erosiehoeveelheden, die bij de beschouwde beleidsalternatieven moeten worden gecompenseerd. In figuur 5.1 zijn de erosiegebieden aangegeven. Figuur 5.2 geeft de hiervoor gekozen zandwinlocaties weer.



Figuur 5.1 Erosiegebieden, tevens suppletielocaties (t.b.v. kostprijsberekeningen)



Figuur 5.2 Gekozen zandwingebieden ten behoeve van kostprijsberekeningen

		Kustbeleidsalternatief							
Sector	Kustvak nr.	T		S economisch		S natuur		H	
		km	10 ⁶ m ³ /jr	km	10 ⁶ m ³ /jr	km	10 ⁶ m ³ /jr	km	10 ⁶ m ³ /jr
1	1.1	7	0,252	3	0,252	3	0,252	7	0,252
	1.2	3	0,015			1	0,015	3	0,015
2	2.1			2	0,025			3	0,039
	2.2	1	0,020	3	0,061	1	0,020	6	0,122
	2.3	4	0,080	1	0,080	1	0,080	4	0,138
3	2.4	2	0,140	4	0,279	4	0,279	4	0,279
	2.5			1	0,127	1	0,127	1	0,127
4	3			6	0,400	6	0,400	8	0,468
6	4			3	0,380	3	0,380	3	0,380
7	5	3	0,352	3	0,352	3	0,352	3	0,352
10	6	7	0,017	6	0,015			7	0,017
14	7.1							7	0,100
	7.2	5	0,070	8	0,120	5	0,070	10	0,140
15	8.1	1	0,100	7	0,656	1	0,050	7	0,656
	8.2			7	0,700	7	0,700	9	0,758
16	9			3	0,424	3	0,424	3	0,424
18	10	4	0,300	6	0,422	7	0,500	10	0,704
Totaal		1,346		4,293		3,649		4,971	

T Kustlijnhandhaving alleen t.b.v. veiligheid polderland.

Se Idem, doch tevens t.b.v. economische belangen.

Sn Idem, doch tevens t.b.v. waardevolle natuurgebieden.

H Algehele kustlijnhandhaving.

Sector 1 = Zeeuws-Vlaanderen

Sector 2 = Walcheren ZW

Sector 3 = Walcheren NW

Sector 4 = Schouwen

Sector 6 = Goeree

Sector 7 = Voorne

Sector 10 = Hoek van Holland

Sector 14 = Callantsoog

Sector 15 = Texel

Sector 16 = Vlieland

Sector 18 = Ameland

Tabel 5.2 Geschatte benodigde zandhoeveelheden bij diverse beleidsalternatieven.

N.B. Zie voor voorspelling andere Technische Rapporten.

5.3 Kosten van zandsuppleties

5.3.1 Suppletie op strand en onderwateroever

Aan de hand van de erosiehoeveelheden (tabel 5.2), de uitvoeringsmogelijkheden en de situatie aan de kust, zijn suppletie-objecten bepaald met een beoogde levensduur van 5 of 10 jaar. Tabel 5.3 geeft de berekende m³-prijzen voor het geval alle erosie moet worden gecompenseerd (beleidsalternatief H). Hierbij zijn diverse zandwingebieden beschouwd van tabel 5.1.

Tabel 5.4 geeft de m³-prijzen voor de diverse kustbeleidsalternatieven bij gebruik van de huidige zandwingebieden.

Verondersteld is, dat de gehele hoeveelheid zand door middel van een persleiding aan de wal wordt gebracht.

					Wingebied									
kuststrook :		sectie	erosie in N jaar		Noordzee NAP -20 m		Noordzee NAP -10 m		Voordelta		Tussen Eilanden		Waddenzee	
NR.	NAAM	KM	N	10 ⁶ M ³ / JAAR	TRANSP. KETEN	M3-PRIJS IN FL.	TRANSP. KETEN	M3 PR IN FL.	TRANSP. KETEN	M3 PR IN FL.	TRANSP. KETEN	M3 PR IN FL.	TRANSP. KETEN	M3 PR IN FL.
1.1	Z-Vlaand.	7- 14	5	1,26	shz	10,87	shz	11,01	shz	7,47				
2	"	1- 4	10	0,15	shz	13,06	shz	16,66	shz	13,86				
2.1	Walcheren	32- 35	5	0,195	shz	11,84	shz	14,36	shz	11,14				
2.2	"	26- 32	5	0,61	shz	9,57	shz	10,07	shz	7,89				
2.3	"	22- 26	5	0,69	shz	8,64	shz	8,93	shz	7,40				
2.4	"	13- 17	5	1,395	shz	8,21	shz	8,59	cz	3,02				
2.5	"	8- 9	5	0,636	shz	8,49	shz	8,63	cz	3,11				
3	Schouwen	9- 17	5	2,34	shz	9,32	shz	9,25	cz	3,12				
4	Goeree	15- 18	5	1,9	shz+cz	7,41	shz+cz	6,76	cz	4,76				
5	Voorne	10- 13	5	1,76	shz+cz	6,64	shz+cz	5,99	cz	3,12				
GEMIDDELD:			2,172m ³ /jr		Fl 8,58/m ³		Fl 8,45/m ³		Fl 4,65/m ³					
6	Delfland	108-115	10	0,174	shz	16,69	cz	9,03						
7.1	N.Holland	2- 9	10	1,0	shz	8,23	cz	3,69						
7.2	"	9- 19	10	1,4	shz	7,76	cz	3,86						
GEMIDDELD:			0,257m ³ /jr		Fl 8,55/m ³		Fl 4,15/m ³							
8.1	Texel	9- 16	5	3,28	shz	7,24	cz	4,25			cz	2,49	cz	5,47
8.2	"	21- 30	5	3,79	shz+cz	6,43	cz	4,15			cz	2,43	cz	4,34
9	Vlieland	40- 43	5	2,12	shz	7,84	cz	3,35			cz	2,64	cz	3,03
10	Ameeland	8- 18	5	3,52	shz+cz	6,62	cz	4,29			cz	3,03	cz	3,65
GEMIDDELD:			2,782m ³ /jr		Fl 6,93/m ³		Fl 4,08/m ³				Fl 2,64/m ³		Fl 4,22/ m ³	

Delta

Holl.
kust

Wadden

shz = sleepopperzuiger
cz = cutterzuiger

per sector gewogen gemiddelde = $\frac{\text{som kosten/jr}}{\text{som m}^3 \text{ erosie/jr}}$

Tabel 5.3 Berekende kubiekemeterprijzen strand- en vooroeversuppleties bij algehele kustlijnhandhaving (beleidsalternatief H)

Kust- vaknr	Beleidsalternatief kustverdediging												
	T			S economisch			S natuur			H			
	erosie in n jaar		kost- prijs	erosie in n jaar		kost- prijs	erosie in n jaar		kost- prijs	erosie in n jaar		kost- prijs	
	n	10 ⁶ m ³	f/m ³	n	10 ⁶ m ³	f/m ³	n	10 ⁶ m ³	f/m ³	n	10 ⁶ m ³	f/m ³	
1.1	5	1,26	7,47	5	1,26	7,47	5	1,26	7,47	5	1,26	7,47	Delta
1.2	10	0,15	13,86				10	0,15	13,86	10	0,15	13,86	
2.1				10	0,25	9,85				5	0,195	11,14	
2.2	5	0,20	11,75	5	0,31	9,71	10	0,20	11,75	5	0,61	7,89	
2.3	5	0,40	8,61	5	0,40	8,61	5	0,40	8,61	5	0,69	7,40	
2.4	5	0,70	3,14	5	1,40	3,02	5	1,40	3,02	5	1,395	3,02	
2.5							5	0,63	3,11	5	0,636	3,11	
3				5	2,00	3,13	5	2,00	3,13	5	2,34	3,12	
4				5	1,90	4,76	5	1,90	4,76	5	1,90	4,76	
5	5	1,76	3,12	5	1,76	3,12	5	1,76	3,12	5	1,76	3,12	
gemid.		0,859 /jaar	5,30		1,831 /jaar	4,60		1,905 /jaar	4,83		2,172 /jaar	4,65	
6	10	0,174	16,69	10	0,15	18,31				10	0,174	16,69	Holl. kust
7.1										10	1,00	8,23	
7.2	10	0,70	8,59	5	0,60	8,87	10	0,70	8,59	10	1,40	7,76	
gemid.		0,087 /jaar	10,19		0,135 /jaar	9,92		0,70 /jaar	8,59		0,257 /jaar	8,55	Wadden
8.1	5	0,50	4,92	5	3,28	2,49	10	0,50	4,93	5	3,28	2,49	
8.2				5	3,50	2,46	5	3,50	2,46	5	3,79	2,43	
9				5	2,12	2,65	5	2,12	2,65	5	2,12	2,65	
10	5	1,50	3,70	5	2,11	3,36	5	2,50	3,24	5	3,52	3,03	
gemid.		0,40 /jaar	4,01		2,20 /jaar	2,68		1,674 /jaar	2,81		2,782 /jaar	2,64	

Tabel 5.4 Zandprijzen bij verschillende beleidsalternatieven kustverdediging.
Huidige zandwingebieden.

5.3.2 Duinsuppletie

Bij duinverzwaring op of achter de zeereep is uitgegaan van de in de laatste jaren veel toegepaste methode, waarbij het zand op het strand in depot wordt gespoten en vervolgens per as in het werk wordt gebracht. De extra kosten ten opzichte van een strandsuppletie bedragen volgens een globale schatting:

vervoer	f 1,50/m ³
helm, schermen, afrastering	
en duinovergangen	f 0,90/m ³
profileren	f 0,50/m ³
Totaal excl.	f 2,90/m ³
Toeslagen	f 1,04/m ³
Totaal incl.	f 3,94 m ³

5.3.3 Bepaling zandprijs met hoge calculatiewaarde

De in de tabellen 5.3 en 5.4 vermelde prijzen kunnen beschouwd worden als gemiddelde schattingen, gebaseerd op de meest voor de hand liggende uitvoeringsmethode. Foutieve inschatting van uitvoeringsmogelijkheden, beperkingen door locale regelgeving en onnauwkeurigheden bij de kostprijsbepaling kunnen tot hogere kostprijzen leiden. Om een indruk te krijgen van een tegenvallende zandprijs zijn de volgende toeslagen in rekening gebracht:

- 5% in verband met rekenon nauwkeurigheden;
- 15% à 40% voor zandwingsgebieden, waarbij onder andere direct in het werk kan worden gespoten.

In het laatste geval is verondersteld, dat één object met een sleep-hopper moet worden uitgevoerd in plaats van met een winzuiger.

Voor duinsuppleties is in verband met onzekerheden ten aanzien van vervoersafstanden, herbeplanting, enz. de gemiddelde kubiekemeterprijs met 40% verhoogd tot f 5,58.

In tabel 5.5 zijn de berekende m³-prijzen voor de beschouwde zandwingsgebieden en beleidsalternatieven kustverdediging verzameld en afgerond.

5.3.4 Conclusies

- De zandprijzen lopen sterk uiteen. De verschillen in zandwingsgebieden en de hiermee samenhangende uitvoeringswijze zijn hiervan de voornaamste oorzaken.
- Bij de tot op heden gebruikte (huidige) zandwingsgebieden, zijn voor de regio's Wadden en Delta de zandprijzen het laagst, gemiddeld resp. ca. f 3,00 en f 4,80 per m³. Voor de Hollandse kust kan de m³-prijs ongeveer gehalveerd worden (tot ca. f 4,80 per m³), door in de omgeving van de dieptelijn van NAP - 10 m te winnen in plaats van in de omgeving van de dieptelijn van NAP - 20 m.
- Zandwinning met een winzuiger, waarbij direct in het werk kan worden gespoten, levert aanzienlijk goedkopere (ca. de helft) zandprijzen op dan winning met een sleephopperzuiger. Deze goedkope methode is

- in het Deltagebied slechts op een beperkt aantal locaties mogelijk.
- Een kustbeleid, waarbij zoveel mogelijk wordt geretireerd, verhoogt de m³-prijzen met f 0,60 (Delta) à f 1,60 (Hollandse kust) ten opzichte van een kustbeleid, waarbij de gehele kustlijn wordt gehandhaafd.
 - Bij kleine suppletiehoeveelheden maken de initiële kosten een zeer groot deel uit van de kostprijs. Door inventiviteit op technisch en organisatorisch gebied kunnen deze opstartkosten wellicht worden verminderd.

Zandwingebieden (fig. 5.2)	kustbeleid	Wadden		Hollandse kust		Delta	
		wingebied	f/m ³	wingebied	f/m ³	wingebied	f/m ³
Huidige, (tot op heden gebruikte) zandwingebieden	T	tussen	4,00	Noord-	10,20	Voordelta	5,30
	Se	de ei-	2,70	zee	9,90		4,60
	Sn	landen	2,80	20 km	8,60		4,80
	H		2,60 (3,70)		8,60 (9,03)		4,70 (5,70)
Zandwingebieden Alt. 1	T	Noord-	5,70	Noord-	5,40	Voordelta	5,30
	Se	zee	4,20	zee	5,20		4,60
	Sn	NAP -	4,20	NAP -	4,60		4,80
	H	10 m	4,10 (4,30)	10 m	4,20 (4,40)		4,70 (5,70)
Zandwingebieden Alt. 1a	T	Noord-	10,20	Noord-	5,40	Voordelta	5,30
	Se	zee	8,90	zee	5,20		4,60
	Sn	NAP -	8,80	NAP -	4,60		4,80
	H	20 m	8,70 (9,10)	10 m	4,20 (4,40)		4,70 (5,70)

Opmerkingen:

- tussen haakjes: hoge calculatiewaarde voor kustbeleid H.
- bedragen uit tabel 5.4 afgerond op f 0,10.

Tabel 5.5 Zandprijzen suppleties op strand en vooroever bij de verschillende beleidsalternatieven van kustverdediging

5.4 Samenvatting kosten van zandsuppleties

Samenvatting van de kosten ten behoeve van gebruik in de beleidsanalyse.

De kosten variëren sterk met de plaats van zandwinning en de plaats van de suppletie. Daarom is in het voorgaande de invloed van een aantal variabelen beschouwd.

Ten behoeve van de beleidsanalyse wordt uit de hiervoor berekende prijzen een selectie gemaakt.

- Huidige zandwingebieden dienen als uitgangspunt voor de kostprijsberekening. (In feite moeten we spreken over de tot op heden gebruikte zandwingebieden. Afgesproken is geen winning in de Waddenzee meer

toe te staan.)

- Alternatieve zandwingebieden 1^a vervallen, winning op of buiten de NAP - 20 m dieptelijn bij de Waddeneilanden lijkt morfologisch gezien niet nodig.
- De hoge calculatiewaarde wordt apart gepresenteerd. Tegenvallen van de kosten, met name wegens de noodzaak ander materieel in te zetten, is denkbaar.

We onderscheiden drie zandprijzen, voor:

- Tot op heden gebruikte zandwingebieden;
- Alternatieve zandwingebieden;
- Tot op heden gebruikte zandwingebieden met hoge calculatiekosten.

In tabel 5.6 is te zien dat de prijs (inclusief toeslagen, B.T.W. en-zovoorts) varieert van f 3,00 per kubieke meter, indien vlakbij zand gewonnen wordt (tussen de Waddeneilanden), tot f 10,70 per kubieke meter, als de bron van het zand voor de Hollandse kust buiten de NAP - 20 m dieptelijn ligt en een hoge calculatiewaarde wordt aangehouden.

Plaats zandwinning	SUPPLETIEGEBIED		
	Wadden	Holl. kust	Delta
Tot op heden gebruikte zandwingebieden	3,00	9,30	4,80
alternatieve zandwingeb.	4,50	4,80	4,80
Tot op heden gebruikte zandwingebieden met hoge calculatiewaarde	5,80	10,70	6,40

Tabel 5.6: Zandprijzen suppleties in Fl. per kubieke meter.
(incl. toeslagen, BTW enz., op basis van kostprijsberekening).

Indien een duinsuppletie achter de zeereep plaats vindt, worden deze prijzen voor de eerste twee scenario's f 3,90 per m³ hoger en voor het derde scenario f 5,60 per m³ hoger.

De getallen in tabel 5.6 zijn bepaald door te middelen over de beleidsalternatieven T, Se, Sn en H.

Voor de hoge calculatiewaarde is de hoogste m³ -prijs aangehouden van de vier beschouwde alternatieven (tabel 5.4), vermeerderd met een toeslag voor onzekerheden in de uitvoering en in de calculatie.

De bijbehorende zandwingebieden zijn weergegeven in tabel 5.7.

Scenario voor de bepaling van zandwinkosten	Wadden	Holl. kust	Delta
	ZANDWINGEBIEDEN		
tot op heden gebruikte zandwingebieden	geulen tussen de eilanden, incl. deel binnen- en buitendelta	buiten 20 km uit de kust of buiten de NAP - 20m dieptelijn	voordelta, geulen en platen
alternatieve zandwingebieden	buiten de NAP - 10 m dieptelijn	buiten de NAP - 10 m dieptelijn	voordelta, geulen en platen
tot op heden gebruikte zandwingebieden met hoge calculatiewaarde	geulen tussen de eilanden, incl. deel binnen- en buitendelta	buiten 20 km uit de kust of buiten de NAP - 20m dieptelijn	voordelta, geulen en platen

Tabel 5.7 Zandwingebieden bij de drie scenario's voor de bepaling van zandwinkosten

6 STRANDHOOFDEN OF SUPPLETIES: EEN ECONOMISCHE BENADERING

6.1 Inleiding

De discussienota Kustverdediging heeft tot doel om een inzicht te geven in de kosten en de gevolgen van alternatieve beleidsopstellingen ten aanzien van de verdediging van de zandige Noordzeekust. In de analyse van kustverdedigingsmaatregelen spelen de kennis en de inzichten betreffende de kosten en de werking van de verschillende kustverdedigingsmaatregelen een belangrijke rol. In verschillende technische rapporten wordt in detail op deze zaken ingegaan (o.a. in deze nota, TR11, in TR12 en TR14).

Uit deze rapporten blijkt dat er nog steeds een vrij grote mate van onzekerheid bestaat over de werking en effectiviteit van bepaalde kustverdedigingsmaatregelen, met name van strandhoofden. Daarnaast geldt dat ook de informatie over de kosten van maatregelen een vrij grote spreiding vertoont. Het is daarom in het algemeen niet eenvoudig om tot een eenduidige keuze van de 'beste' kustverdedigingsmaatregel te komen.

In dit hoofdstuk wordt getracht om tot een ondersteuning van dergelijke keuzen te komen op grond van een zuiver economische benadering. Daartoe wordt het keuzeprobleem van kustverdedigingsmaatregelen uitsluitend toegespitst op de factoren **kosten** en **werking** (uitgedrukt in de effectiviteit). Het gaat er daarbij om de "gebieden", in termen van kosten en effectiviteit, af te bakenen, waarbinnen bepaalde eenduidige keuzen kunnen worden gemaakt. In specifieke gevallen kan dan op grond van technische en kustmorfologische kennis worden vastgesteld in welk "gebied" men zich bevindt. Op deze wijze wordt in feite een omgekeerde weg gevolgd. De vraag is daarbij niet: "Wat zijn de kosten en de effectiviteit van een bepaalde maatregel?", maar, gegeven de grenzen van kosten en effectiviteit waarbinnen de ene maatregel te prefereren is boven de andere: "Is het te verwachten dat de kosten en de effectiviteit wel of niet binnen die grenzen zullen liggen?".

Bij de uitwerking van deze gedachtengang gelden de volgende beperkingen en kanttekeningen.

- o In de vergelijking van kosten en werking wordt uitsluitend gekeken naar strandhoofden en zandsuppleties (en combinaties daarvan).
- o De vergelijking is gebaseerd op de kosten die in verschillende gevallen nodig zijn om eenzelfde effect in termen van kustverdediging te realiseren; aan de **wenselijkheid** van de kustverdediging op zich wordt in deze uitwerking geen aandacht besteed.
- o De verschillende situaties, die in de vergelijking worden beschouwd, hebben een algemeen karakter en staan los van de resultaten van voorgaande hoofdstukken in dit rapport. De hier gegeven uitwerking moet dan ook als een op zichzelf staand resultaat worden gezien.
- o Op grond van de thans beschikbare kennis over waargenomen effectiviteiten van strandhoofden (zie Technisch Rapport 12), dienen de verwachtingen omtrent de werking van strandhoofden in het algemeen niet te hoog gespannen te zijn. Dit geldt in het bijzonder voor de kustdelen met minder steile onderwateroevers. In het rapport TR 12 wordt gesteld, dat hiervoor in 40% van de gevallen de effectiviteit niet significant groter is dan 0%.

In dit hoofdstuk wordt een tweeledige doelstelling nagestreefd.

- 1 Het bieden van een algemeen inzicht in de voorwaarden en omstandigheden waaronder aan de toepassing van strandhoofden of suppleties, dan wel aan combinaties daarvan, de voorkeur moet worden gegeven.
- 2 Het verschaffen van een denkwijze en een hulpmiddel om in konkrete gevallen op basis van meer specifieke kennis en gegevens tot een keuze van de te prefereren technische oplossing te komen.

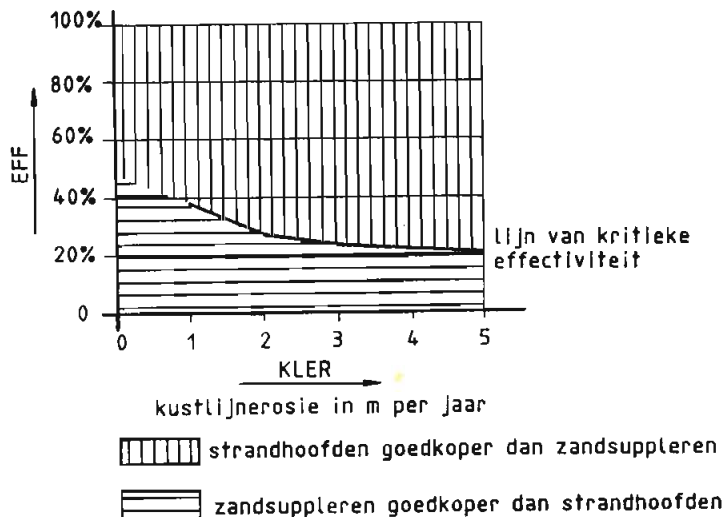
In dit hoofdstuk komen achtereenvolgens de volgende zaken aan de orde. In paragraaf 6.2 wordt een aantal begrippen en definities verklaard, die bij de uitwerking van de kostenvergelijkingen van belang zijn. Tevens wordt hierin een overzicht gegeven van de in de vergelijking beschouwde rekengevallen. Paragraaf 6.3 beschrijft de feitelijke uitwerking van de kostenvergelijking voor de verschillende gevallen en formuleert hierover een aantal conclusies. Een samenvatting van de resultaten en conclusies wordt gegeven in paragraaf 6.4. Ten slotte is een tweetal bijlagen (3A en 3B) toegevoegd. Bijlage 3A bevat een overzicht van de gehanteerde kosten- en technische gegevens en de daarbij geldende uitgangspunten. Bijlage 3B geeft voor elk van de rekengevallen een overzicht van de gehanteerde vergelijkingen en de getalsmatige uitkomsten.

6.2 Begrippen, definities en beschouwde rekengevallen

6.2.1 Begrippen en definities

Centraal in de te maken kostenvergelijkingen staat de effectiviteit van strandhoofden (aangeduid met EFF). De effectiviteit van een strandhoofd wordt gedefinieerd als de omvang van het gunstige effect dat een strandhoofd heeft op de van nature optredende erosie binnen het invloedsgebied van het strandhoofd, uitgedrukt in een percentage. Een effectiviteit van 100% betekent, dat een strandhoofd de lokale, natuurlijke erosie geheel voorkomt. Een effectiviteit van 50% betekent dat het strandhoofd de natuurlijke erosie met 50% doet afnemen.

In de kostenvergelijkingen wordt steeds bepaald bij welke effectiviteit (uitgedrukt in %) van een strandhoofd de kosten van zandsuppletie precies gelijk zijn aan de kosten van strandhoofden. De effectiviteit waarbij dit het geval is wordt gedefinieerd als de "kritieke effectiviteit". De kritieke effectiviteit wordt mede bepaald door de grootte van de natuurlijke of autonome kustlijnerosie (aangeduid met KLER). Deze vormt een tweede belangrijke variabele in de kostenbeschouwing. Bij alle gemaakte vergelijkingen wordt een erosie-interval van 0 tot 5 m/jaar beschouwd. Door de kritieke effectiviteit te bepalen voor het erosie-interval van 0 tot 5 m/jaar ontstaat in feite een "lijn van kritieke effectiviteit". Figuur 6.1 geeft een voorbeeld van een dergelijke lijn.



Figuur 6.1 Principe van kritieke effectiviteit van strandhoofden

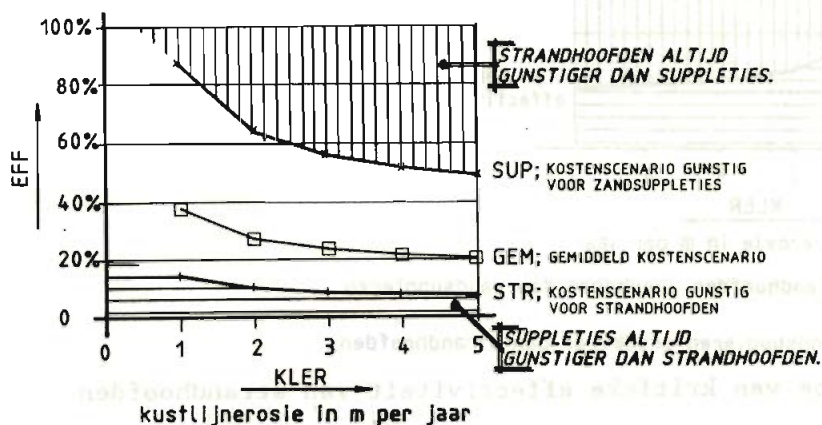
In het vertikaal gearceerde gebied boven de "lijn van kritieke effectiviteit" is verdedigen met strandhoofden voordeliger dan met zandsuppleties. Onder deze lijn valt de suppletie voordeliger uit. Merk op dat de kritieke effectiviteit afneemt bij toenemende erosie. Immers, bij grotere erosie zal met een lagere, relatieve effectiviteit toch een voldoende mate van erosie-reduktie (in absolute kustlijnverplaatsing) worden bereikt om de strandhoofden uit het oogpunt van kosten interessant te maken. Op basis van deze grafiek kan een snel inzicht worden verkregen in de vereiste werking van een strandhoofden-systeem, wil het systeem de kostenvergelijking met een zandsuppletie kunnen doorstaan.

Gezien de onzekerheidsmarges in de kostenfactoren, die de kostenvergelijking bepalen, wordt een aantal verschillende kostenscenario's gehanteerd. Het gaat hierbij om de volgende drie scenario's:

- o scenario GEM: een GEMiddeld kostenscenario, gebaseerd op de best mogelijke schattingen voor de verschillende kostenfactoren en de daaraan gerelateerde technische parameters;
- o scenario STR: een kostenscenario waarbij de onzekerheden in de kostenfactoren zodanig zijn geïnterpreteerd, dat de kostenvergelijking zoveel mogelijk ten gunste van STRandhoofden uitvalt;
- o scenario SUP: een kostenscenario waarbij de onzekerheden in de kostenfactoren zodanig zijn geïnterpreteerd, dat de kostenvergelijking zoveel mogelijk ten gunste van zandSUPpleties uitvalt.

Ter illustratie van de werking van deze scenario's zijn in figuur 6.2 drie lijnen van kritieke effectiviteit weergegeven. Deze representeren de kritieke effectiviteit van strandhoofden voor de kostenscenario's: GEM, STR en SUP. In het voorbeeld is duidelijk te zien, dat onder scenario STR de strandhoofden reeds bij een lage effectiviteit gunstiger dan de zandsuppletie uit de bus komen. Bij het scenario SUP daarentegen zullen de strandhoofden zelfs bij een grote mate van erosie een hoge effectiviteit moeten hebben om de zandsuppletie op grond van kosten de loef af te steken.

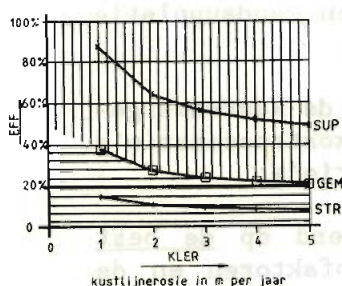
effectiviteit van strandhoofden in %.



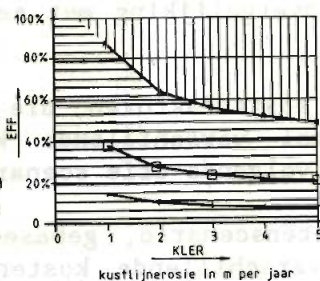
Figuur 6.2 Lijnen van kritieke effectiviteit van strandhoofden voor verschillende kostenscenario's: GEM, STR en SUP

Nadere toelichting op figuur 6.2

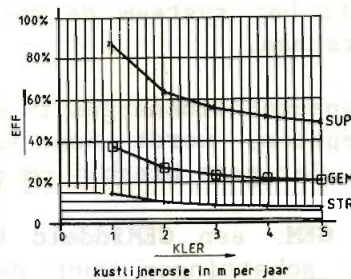
In de onderstaande drie figuren wordt van links naar rechts aangegeven waar bij respectievelijk Gemiddeld-, Suppletie- en Strandhoofden kostenscenario de lijn van kritieke effectiviteit ligt. Onder de figuren wordt de betekenis uitgelegd.



Bij GEMiddeld kostenscenario is boven de lijn van kritische effectiviteit GEM, het toepassen van strandhoofden goedkoper en onder deze lijn het toepassen van zandsuppleties.



Bij SUPpletie kostenscenario is boven de lijn van kritische effectiviteit SUP, het toepassen van strandhoofden goedkoper en onder deze lijn het toepassen van zandsuppleties.



Bij STRandhoofden kostenscenario is boven de lijn van kritische effectiviteit STR, het toepassen van strandhoofden goedkoper en onder deze lijn het toepassen van zandsuppleties.

strandhoofden goedkoper dan zandsuppleren
 zandsuppleren goedkoper dan strandhoofden

Hieruit volgt, dat boven de lijn SUP het toepassen van strandhoofden en onder de lijn STR, het toepassen van strandsuppleties altijd goedkoper is.

Bij de verzameling van de basisinformatie voor de in de vergelijkingen te beschouwen kosteninformatie en technische parameters bleek er in bepaalde gevallen sprake te zijn van vrij grote regionale verschillen. Daarom is - in overeenstemming met de schematisatie ten behoeve van de beleidsanalyse - uitgegaan van een indeling in drie verschillende regio's, te weten: de Delta, de Hollandse kust en de Wadden.

In de uitwerking van de kostenvergelijkingen wordt steeds uitgegaan van de jaarlijkse kosten van de verdediging van de kustlijn per kilometer lengte. Daarbij zijn de volgende grootheden van belang.

Initiële kosten

- o Initiële aanlegkosten van strandhoofden per km kustlijn.
- o Sloopkosten van strandhoofden per km kustlijn, uitgedrukt als percentage van de aanlegkosten.

Jaarlijkse kosten

- o Basisonderhoudskosten van strandhoofden per km kustlijn per jaar.
- o Extra onderhoudskosten van strandhoofden per km kustlijn per jaar per meter kustlijnnachteruitgang.

Eenhedsprijzen

- o Zandkosten per m^3 zand.

Overige economische grootheden

- o Levensduur (afschrijvingsperiode) van strandhoofden.
- o Reële rentevoet in %.

Technische grootheden

- o Zandvolume in m^3 (bruto, dus inclusief zandverliezen) nodig om 1 meter kustlijnnachteruitgang te compenseren per km kustlijn.
- o Kustlijnerosie in onverdedigde situatie, uitgedrukt in m per jaar (KLER).
- o Effectiviteit van strandhoofden (EFF). Deze grootheid is gedefinieerd als de reductie van de erosie in %, die als gevolg van de aanwezigheid van strandhoofden zou optreden in vergelijking met de onverdedigde situatie.

Afgeleide grootheden

- o Jaarlijkse vaste kosten aan rente en aflossing op basis van een annuïteitenberekening voor de aanlegkosten van strandhoofden.
- o Jaarlijkse vaste kosten aan rente en aflossing op basis van een annuïteitenberekening voor de aanlegkosten van een eenmalige suppletie ter compensatie van het negatieve effect, dat kan optreden bij het verwijderen van een bestaande strandhoofdenreeks. De omvang van deze eenmalige suppletie is arbitrair gelijk gesteld aan de hoeveelheid zand die nodig is om de kustlijn 10 m zeewaarts te verplaatsen.

In de te maken kostenvergelijkingen zijn EFF en KLER de sleutelvariabelen. Voor de kustlijnerosie KLER worden steeds de waarden 1, 2, 3, 4 en 5 m gehanteerd. De overige variabelen zijn zo goed mogelijke geschat en worden binnen de beschouwde regio's en scenario's steeds constant verondersteld.

Voor een overzicht van de feitelijk gehanteerde (kosten)informatie volgens bovenstaande definities, voor de drie onderscheiden regio's en de drie kostenscenario's, wordt verwezen naar Bijlage 3A.

6.2.2 Beschouwde rekengevallen

Bij de opzet van de rekengevallen zijn de volgende hoofdstellingen onderscheiden.

H Handhaven van de kustlijn.

R Remmen van de erosie: het toelaten van een bepaalde mate van erosie.

T Terugtrekken: het toelaten van de volle erosie.

Dit onderscheid is in de praktijk niet altijd even relevant. Soms zal men ongeremde erosie toelaten tot een bepaalde grens, waar bijvoorbeeld bepaalde waardevolle gebruiksfuncties in gevaar komen. Dan wordt "echt" ingegrepen en wordt overgegaan tot het handhaven van de kustlijn.

De bovengenoemde hoofdstellingen zijn voor een tweetal situaties bekeken:

I een "schoon" kustvak, zonder strandhoofden;

II een kustvak, verdedigd door bestaande strandhoofden.

Binnen deze zes combinaties zijn de volgende verdedigingsmogelijkheden onderscheiden.

I "Schoon" kustvak zonder strandhoofden

H: handhaven kustlijn

IH 1: het kustvak wordt verdedigd door nieuwe strandhoofden. Omdat deze de erosie nooit geheel kunnen tegengaan, wordt er aanvullend gesuppleerd.

IH 2: het kustvak wordt alleen verdedigd met zandsuppleties.

R: remmen van de erosie

IR 1: de oorspronkelijke erosie wordt gereduceerd door de aanleg van nieuwe strandhoofden.

IR 2: het kustvak wordt verdedigd met zandsuppleties, waarbij een met IR 1 vergelijkbare reductie van de erosie wordt verkregen.

T: terugtrekken

IT 1: er worden geen maatregelen aan het schone kustvak genomen waardoor de erosie ongeremd doorgaat.

II Kustvak verdedigd door bestaande strandhoofden

H: handhaven kustlijn

IIH 1: de bestaande strandhoofden worden onderhouden en er wordt bijgesuppleerd om de kustlijn op zijn plaats te houden.

IIH 2: de bestaande strandhoofden worden verwijderd en de kustlijn wordt met suppleren vastgehouden.

R: remmen van de erosie

IIR 1: de bestaande strandhoofden worden onderhouden; er wordt niet gesuppleerd en een bepaalde erosie zal blijven optreden.

IIR 2: de bestaande strandhoofden worden verwijderd en er wordt gesuppleerd in een mate, die een met de strandhoofden vergelijkbare erosie toelaat.

T: terugtrekken

IIT 1: de bestaande strandhoofden worden verwijderd en verder wordt er niets gedaan, zodat de volledige, natuurlijke erosie zal plaatsvinden.

Een overzicht van bovenstaande uitwerking is gegeven in Tabel 6.1.

I Geen strandhoofden aanwezig	II Wel reeds strandhoofden aanwezig
Opstelling H: handhaven van de kustlijn	
IH 1 aanleg strandhoofden en suppletie	IIH 1 bestaande strandhoofden en suppletie
IH 2 alleen suppleren	IIH 2 slopen en suppleren
Opstelling R: remmen van de erosie	
IR 1 aanleg strandhoofden	IIR 1 bestaande strandhoofden
IR 2 alleen suppleren	IIR 2 slopen en suppleren
Opstelling T: terugtrekken met volledige erosie	
IT 1 niets doen	IIT 1 slopen strandhoofden

Tabel 6.1 Overzicht verdedigingsmogelijkheden bij hoofdopstellingen H, R en T bij kust met en zonder strandhoofden

De bovenstaande combinaties en de verdedigingsmogelijkheden daarbinnen zijn zo gedefinieerd, dat steeds een zuivere vergelijking kan plaatsvinden. Immers, binnen de combinaties zijn de effecten die verband houden met de Ausgangssituatie en de mate van kustverdediging steeds precies gelijk.

Op grond hiervan is een rechtstreekse vergelijking mogelijk tussen:

- 1 IH 1 en IH 2;
- 2 IR 1 en IR 2;
- 3 IIH 1 en IIH 2;
- 4 IIR 1 en IIR 2.

Binnen IT en IIT bestaan geen alternatieven en is dus geen vergelijking mogelijk.

Daarnaast is het voor een tweetal situaties zinvol om een vergelijking te maken tussen verschillende combinaties.

- 5 Vergelijking tussen IR 1 en IH 1. Dit geeft een inzicht in het antwoord op de vraag: in hoeverre is het zinvol alleen nieuwe strandhoofden aan te leggen, dan wel in aanvulling daarop over te gaan tot bijsuppleren, eventueel tot volledig handhaven van de kustlijn.
- 6 Vergelijking tussen IIR 1 en IIH 1. Dit geeft een inzicht in het antwoord op de vraag: in hoeverre is het zinvol alleen bestaande strandhoofden te handhaven, dan wel in aanvulling daarop over te gaan tot bijsuppleren, eventueel tot volledig handhaven van de kustlijn.

Bij de eerste vier beschouwde vergelijkingssituaties gaat het om een vergelijking van maatregelen die precies hetzelfde effect op de kust hebben. De vergelijking kan dus plaatsvinden op basis van jaarlijkse

totaalkosten.

In de laatste twee situaties doet zich de complicatie voor, dat de beschouwde maatregelen niet hetzelfde effect op de kust hebben.

Om hieraan tegemoet te komen wordt de vergelijking bij de situaties 5 en 6 gebaseerd op de jaarlijkse kosten per m bestreden erosie. In dit verband worden de volgende twee begrippen geïntroduceerd:

- o de erosie-reduktieprijs van strandhoofden: de jaarlijkse kosten van strandhoofden per m daadwerkelijk bestreden erosie;
- o de suppletie-meerprijs: de jaarlijkse kosten per m bestreden erosie door zandsuppleties, die in aanvulling op nieuw aan te leggen of bestaande strandhoofden worden uitgevoerd.

De kostenvergelijking voor de gevallen 5 en 6 is gebaseerd op de vergelijking van de erosie-reduktieprijs (ERP) van strandhoofden met de suppletie-meerprijs (SMP). De lijn van kritieke effectiviteit van de strandhoofden wordt in dit geval bepaald door de punten waarvoor geldt: $ERP = SMP$. Dit leidt tot de volgende mogelijke interpretaties.

- o $ERP > SMP$: indien wordt aangenomen dat de aanleg van nieuwe, of het handhaven van bestaande strandhoofden een juiste investeringsbeslissing is, dan geldt dat hoogstwaarschijnlijk ook voor het bijsuppleren (daar de kosten per m erosiebestrijding van aanvullende zandsuppleties lager zijn).
- o $ERP < SMP$: indien wordt aangenomen dat de aanleg van nieuwe, of het handhaven van bestaande strandhoofden een juiste investeringsbeslissing is, dan hoeft dit niet te gelden voor het bijsuppleren (daar de kosten per m erosiebestrijding van aanvullende zandsuppleties hoger zijn).

In de volgende paragraaf wordt de kostenvergelijking voor de bovenstaande zes situaties nader uitgewerkt en in figuren weergegeven.

6.3 Kostenvergelijking van verdedigingsmogelijkheden

6.3.1 Vergelijking van IH 1 en IH 2

Het gaat hier om de kostenvergelijking tussen de maatregelen:

- IH 1: het handhaven van de "schone" kust door middel van nieuwe strandhoofden en aanvullende suppleties;
- IH 2: het handhaven van de "schone" kust door middel van uitsluitend zandsuppleties.

De uitwerking van de berekening is opgenomen in Bijlage 3B. De berekeningsresultaten zijn grafisch weergegeven in figuur 6.3.

In het algemeen kan worden geconcludeerd dat bij toenemende autonome kusterosie de kritieke effectiviteit van nieuw aan te leggen strandhoofden vrij sterk afneemt. De gevoeligheid voor de verschillende kostenscenario's is echter zeer groot. De hierdoor geïntroduceerde onzekerheid neemt iets af bij toenemende autonome kusterosie.

Meer specifiek kunnen wat betreft de waarde van de kritieke effectiviteit de volgende observaties worden gemaakt (zie figuur 6.3).

Deltagebied

- o Bij een gematigde autonome kustlijnerosie van 1-2 m dient onder het scenario STR de effectiviteit van strandhoofden 40% tot 20% te bedragen om deze uit oogpunt van kosten interessant te maken. Onder het scenario GEM is dit 100% tot 55%. Bij het scenario SUP ligt dit boven de 100% (strandhoofden altijd duurder). Uitgaande van het gemiddelde kostenscenario dient de effectiviteit van strandhoofden dus groter te zijn dan 55% om bij een gematigde erosie van 1-2 m per jaar de aanleg van strandhoofden te verkiezen boven strandsuppleties.
- o Bij een sterke erosie van 4-5 m geldt voor scenario STR een kritieke effectiviteit van ca. 10%. Voor GEM ligt dit op ca. 25% en voor SUP rond de 60%.

Hollandse kust

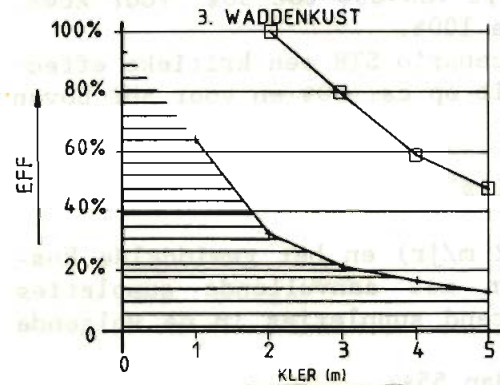
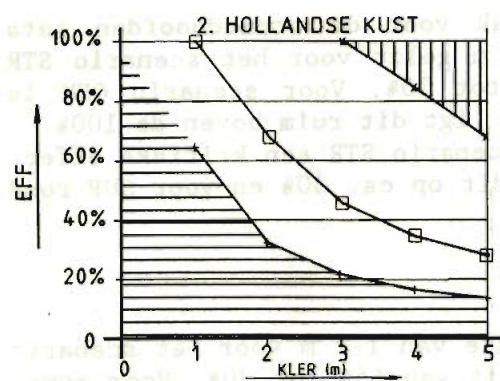
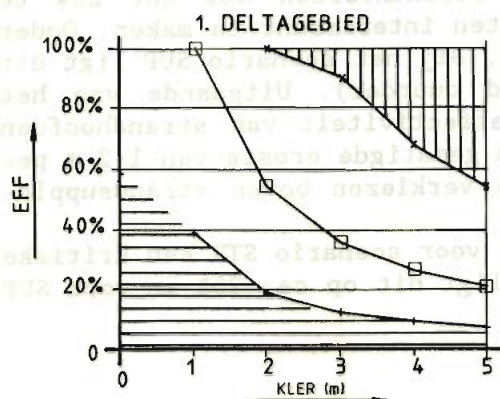
- o Voor de Hollandse kust ligt de zaak voor de strandhoofden iets ongunstiger. Bij een erosie van 1-2 m geldt voor het scenario STR een kritieke effectiviteit van 65% tot 30%. Voor scenario GEM is dit 100% tot 70% en voor scenario SUP ligt dit ruim boven de 100%.
- o Bij een erosie van 4-5 m geldt voor scenario STR een kritieke effectiviteit van ca. 15%. Voor GEM ligt dit op ca. 30% en voor SUP rond de 75%.

Waddenkust

- o Voor de Waddenkust geldt bij een erosie van 1-2 m voor het scenario STR eveneens een kritieke effectiviteit van 65% tot 30%. Voor zowel scenario GEM als SUP ligt dit boven de 100%.
- o Bij een erosie van 4-5 m geldt voor scenario STR een kritieke effectiviteit van ca. 15%. Voor GEM ligt dit op ca. 50% en voor SUP boven de 100%.

Samenvattend gelden de volgende conclusies.

- o Bij een lage autonome kusterosie (1-2 m/jr) en het gemiddelde kostenscenario GEM kunnen strandhoofden met aanvullende suppleties eventueel goedkoper zijn dan uitsluitend suppleties in de volgende gevallen:
 - Deltagebied: effectiviteit groter dan 55%;
 - Hollandse kust: effectiviteit groter dan 70%;
 - Waddenkust: nooit.
- o Bij een hoge autonome kusterosie (4-5 m/jr) en het gemiddelde kostenscenario GEM kunnen strandhoofden met aanvullende suppleties eventueel goedkoper zijn dan uitsluitend suppleties in de volgende gevallen:
 - Deltagebied: effectiviteit groter dan 25%;
 - Hollandse kust: effectiviteit groter dan 30%;
 - Waddenkust: effectiviteit groter dan 50%.



||||| strandhoofden altijd goedkoper

===== zandsuppletie altijd goedkoper

* lijn van kritieke effectiviteit bij SUP, kostenscenario gunstig voor zandsuppleties.

□ lijn van kritieke effectiviteit bij GEM, gemiddeld kostenscenario.

— lijn van kritieke effectiviteit bij STR, kostenscenario gunstig voor strandhoofden.

Figuur 6.3 Kostenvergelijking IH 1 en IH 2

IH ; geen strandhoofden aanwezig, handhaven kust.

IH 1; kust verdediging door aanleg strandhoofden en aanvullend suppleren.

IH 2; kust verdedigen door alleen suppleren.

6.3.2 Vergelijking van IR 1 en IR 2

Het gaat hier om de kostenvergelijking tussen de maatregelen:

- IR 1: het remmen van de erosie aan de "schone" kust door middel van nieuwe strandhoofden;
- IR 2: het remmen van de erosie aan de "schone" kust in een mate gelijk aan IR 1 door middel van zandsuppleties.

De uitwerking van de berekening is opgenomen in Bijlage 3B. De berekeningsresultaten zijn grafisch weergegeven in figuur 6.4.

In grote lijnen treedt hetzelfde beeld op als bij het voorgaande geval. Bij toenemende autonome kusterosie neemt de kritieke effectiviteit van aan te leggen strandhoofden af. De gevoeligheid voor de gemaakte kostenschattingen is ook hier groot.

Wat betreft de waarde van de kritieke effectiviteit kunnen de volgende observaties worden gemaakt (zie figuur 6.4).

Deltagebied

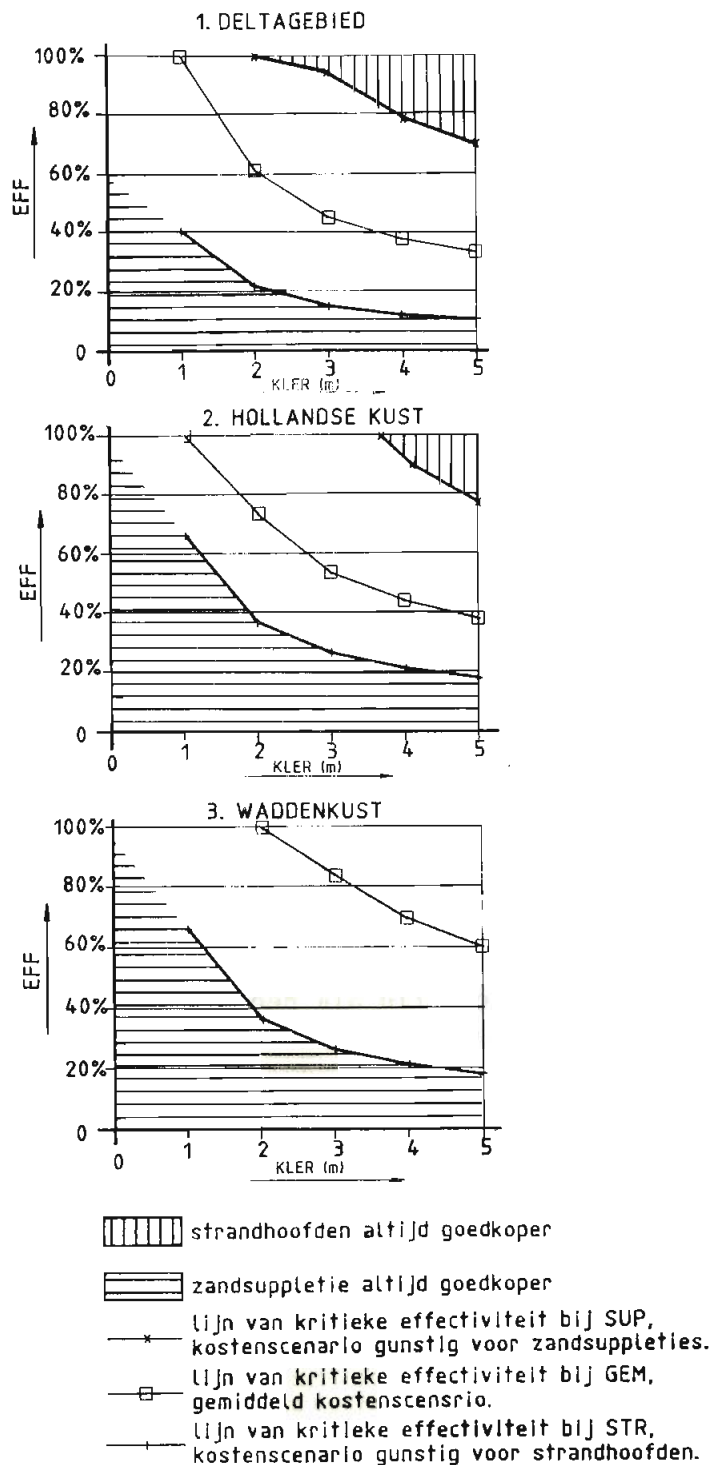
- o Bij een erosie van 1-2 m is bij scenario STR de kritieke effectiviteit van strandhoofden 40% tot 20%. Onder het scenario GEM is dit 100% tot 60%. Bij het scenario SUP ligt dit boven de 100%.
- o Bij een sterke erosie van 4-5 m geldt voor scenario STR een kritieke effectiviteit van ruim 10%. Voor GEM ligt dit op ca. 35% en voor SUP rond de 75%.

Hollandse kust

- o Voor de Hollandse kust ligt de zaak weer iets ongunstiger voor de strandhoofden. Bij een erosie van 1-2 m geldt voor het scenario STR een kritieke effectiviteit van 65% tot 35%. Voor scenario GEM is dit 100% tot 75% en voor scenario SUP ligt dit ruim boven de 100%.
- o Bij een erosie van 4-5 m geldt voor scenario STR een kritieke effectiviteit van ca. 20%. Voor GEM ligt dit op ca. 40% en voor SUP op ruim 80%.

Waddenkust

- o Voor de Waddenkust geldt bij een erosie van 1-2 m voor het scenario STR eveneens een kritieke effectiviteit van 65% tot 35%. Voor zowel scenario GEM als SUP ligt dit boven de 100%.
- o Bij een erosie van 4-5 m geldt voor scenario STR een kritieke effectiviteit van ca. 20%. Voor GEM ligt dit op ca. 65% en voor SUP altijd boven de 100%.



Figuur 6.4 Kostenvergelijking IR 1 en IR 2
 IR ; geen strandhoofden aanwezig, remmen van erosie.
 IR 1; kust verdedigen door aanleg strandhoofden en aanvullend suppleren.
 IR 2; kust verdedigen door alleen suppleren.

Samenvattend gelden de volgende conclusies.

- o Bij een lage autonome kusterosie (1-2 m/jr) en het gemiddelde kostenscenario GEM kunnen strandhoofden eventueel goedkoper zijn dan suppleties in de volgende gevallen:
 - Deltagebied: effectiviteit groter dan 60%;
 - Hollandse kust: effectiviteit groter dan 75%;
 - Waddenkust: nooit.
- o Bij een hoge autonome kusterosie (4-5 m/jr) en het gemiddelde kostenscenario GEM kunnen strandhoofden eventueel goedkoper zijn dan suppleties in de volgende gevallen:
 - Deltagebied: effectiviteit groter dan 35%;
 - Hollandse kust: effectiviteit groter dan 40%;
 - Waddenkust: effectiviteit groter dan 65%.

6.3.3 Vergelijking van IIH 1 en IIH 2

Het gaat hier om de kostenvergelijking tussen de volgende maatregelen:

- IIH 1: het handhaven van de reeds met strandhoofden verdedigde kust door het onderhouden van de strandhoofden en het uitvoeren van aanvullende suppleties;
- IIH 2: het handhaven van de reeds met strandhoofden verdedigde kust door het verwijderen van de bestaande strandhoofden en het uitvoeren van uitsluitend zandsuppleties.

De uitwerking van de berekening is opgenomen in Bijlage 3B.

Uit de vergelijking van bovenstaande situaties volgen negatieve waarden voor de kritieke effectiviteit, voor alle kostenscenario's en voor alle beschouwde waarden van de autonome kusterosie. Hieruit volgt dat in alle gevallen de oplossing om bestaande strandhoofden te onderhouden, gecombineerd met bijsuppleren de goedkoopste manier is om een eroderende kust met bestaande strandhoofden te handhaven.

6.3.4 Vergelijking van IIR 1 en IIR 2

Het gaat hier om de kostenvergelijking tussen de maatregelen:

- IIR 1: het remmen van de erosie van een reeds met strandhoofden verdedigde kust door het uitsluitend onderhouden van de bestaande strandhoofden;
- IIR 2: het remmen van de erosie van een reeds met strandhoofden verdedigde kust door het verwijderen van de bestaande strandhoofden en het uitvoeren van zandsuppleties, die eenzelfde mate van erosie-redukatie bewerkstelligen als de voormalige strandhoofden.

De uitwerking van de berekening is opgenomen in Bijlage 3B.

Uit de vergelijking van bovenstaande situaties volgen eveneens negatieve waarden voor de kritieke effectiviteit voor alle kostenscenario's en voor alle beschouwde waarden van de autonome kusterosie. Hieruit volgt, dat in alle gevallen de oplossing om bestaande strandhoof-

den te onderhouden de goedkoopste manier is om de erosie-redukatie, die samenhangt met de bestaande standhoofden, te bereiken.

6.3.5 Vergelijking van IR 1 en IH 1

Het gaat hier om de kostenvergelijking tussen de volgende maatregelen:

- IR 1: het remmen van de erosie aan de "schone" kust door middel van nieuwe strandhoofden;
- IH 1: het handhaven van de kustlijn, door middel van nieuwe strandhoofden en aanvullende suppleties.

Daar de uitwerking van beide maatregelen op de kustlijnligging in dit geval niet dezelfde is, wordt uitgegaan van een kostenvergelijking per m bestreden erosie. Hierbij worden de begrippen: erosie-redukatieprijs van strandhoofden (ERP) en suppletie-meerprijs (SMP) gehanteerd. Voor de lijn van kritieke effectiviteit van de strandhoofden geldt: $ERP = SMP$. De uitwerking van de berekening is opgenomen in Bijlage B. De berekeningsresultaten zijn grafisch weergegeven in figuur 6.5.

Evenals in voorgaande gevallen kan worden geconcludeerd, dat bij toenemende autonome kusterosie de kritieke effectiviteit van nieuw aan te leggen strandhoofden vrij sterk afneemt. De gevoeligheid voor de verschillende kostenscenario's blijkt ook hier groot.

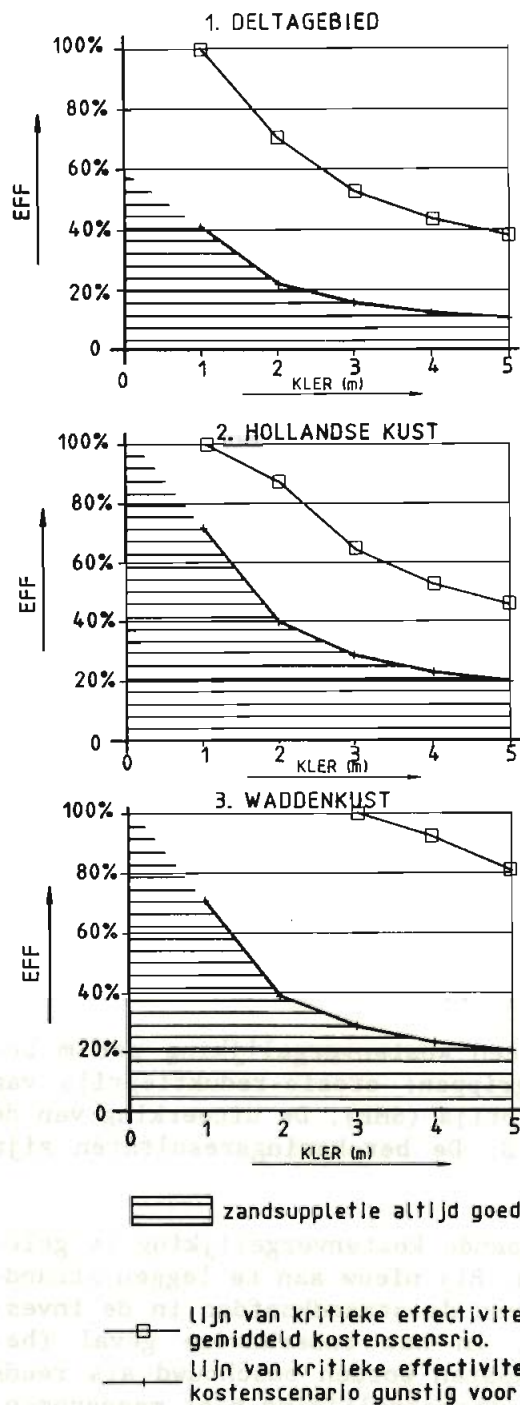
Meer specifiek kunnen wat betreft de waarde van de kritieke effectiviteit de volgende observaties worden gemaakt (zie figuur 6.5).

Deltagebied

- o Bij een gematigde autonome kustlijnerosie van 1-2 m en het scenario STR geldt dat SMP kleiner is dan ERP, indien de effectiviteit van strandhoofden minder is dan 40% tot 20%. In dat geval zouden de kosten van een aanvullende suppletie per m bestreden erosie dus minder bedragen dan de kosten per m bestreden erosie van de strandhoofden en is een aanvullende suppletie dus relatief voordelig. Onder het scenario GEM is dit 100% tot 70%. Bij het scenario SUP ligt dit boven de 100% en is de aanvullende suppletie per m bestreden erosie dus altijd goedkoper dan de strandhoofden.
- o Bij een sterke erosie van 4-5 m geldt voor scenario STR een kritieke effectiviteit van ca. 10%. Voor GEM ligt dit op ca. 40% en voor SUP nog steeds boven de 100%.

Hollandse kust

- o Voor de Hollandse kust ligt de zaak voor de strandhoofden ongunstiger. Bij een erosie van 1-2 m geldt voor het scenario STR een kritieke effectiviteit van 70% tot 40%. Voor scenario GEM is dit 100% tot 90% en voor scenario SUP ligt dit ruim boven de 100%.
- o Bij een erosie van 4-5 m geldt voor scenario STR een kritieke effectiviteit van ca. 20%. Voor GEM ligt dit op ca. 50% en voor SUP nog steeds boven de 100%.



Figuur 6.5 Kostenvergelijking IR 1 en IH 1

IR ; geen strandhoofden aanwezig, remmen van erosie.

IH ; geen strandhoofden aanwezig, handhaven kust.

IR 1; kust verdedigen door aanleg strandhoofden.

IH 1; kust verdedigen door aanleg strandhoofden en aanvullend supplieren.

Waddenkust

- o Voor de Waddenkust geldt bij een erosie van 1-2 m voor het scenario STR eveneens een kritieke effectiviteit van 70% tot 40%. Voor zowel scenario GEM als SUP ligt dit boven de 100%.
- o Bij een erosie van 4-5 m geldt voor scenario STR een kritieke effectiviteit van ca. 20%. Voor GEM ligt dit op ca. 85% en voor SUP ruim boven de 100%.

Samenvattend gelden de volgende conclusies.

- o Bij een lage autonome kusterosie (1-2 m/jr) en het gemiddelde kostenscenario GEM geldt, dat de kosten per m bestreden erosie voor nieuwe strandhoofden hoger zijn dan voor aanvullende zandsuppleties in de volgende gevallen:
 - Deltagebied: effectiviteit kleiner dan 70%;
 - Hollandse kust: effectiviteit kleiner dan 90%;
 - Waddenkust: altijd.
- o Bij een hoge autonome kusterosie (4-5 m/jr) en het gemiddelde kostenscenario GEM geldt, dat de kosten per m bestreden erosie voor nieuwe strandhoofden hoger zijn dan voor aanvullende zandsuppleties in de volgende gevallen:
 - Deltagebied: effectiviteit kleiner dan 40%;
 - Hollandse kust: effectiviteit kleiner dan 50%;
 - Waddenkust: effectiviteit kleiner dan 85%.

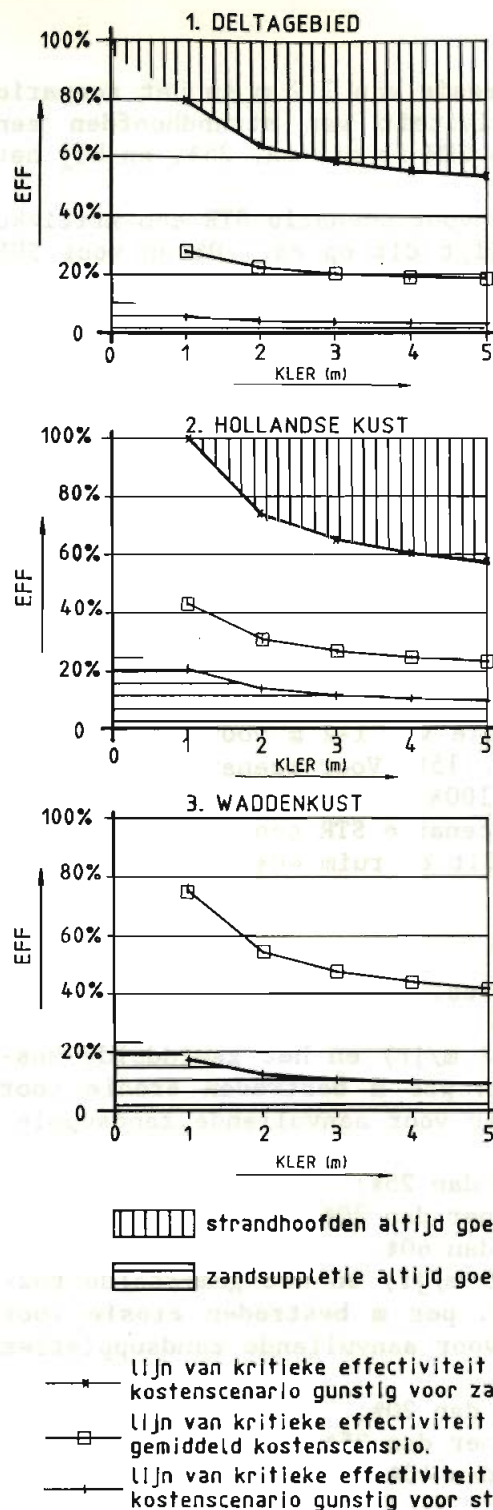
6.3.6 Vergelijking van IIR 1 en IIH 1

Het gaat hier om de kostenvergelijking tussen de maatregelen:

- IIR 1: het remmen van de erosie van een reeds met strandhoofden verdedigde kust door het uitsluitend onderhouden van de bestaande strandhoofden;
- IIH 1: het handhaven van de kustlijn, van een met strandhoofden verdedigde kust door het onderhouden van de strandhoofden en het uitvoeren van aanvullende suppleties.

Ook hier moet worden uitgegaan van een kostenvergelijking per m bestreden erosie, gebaseerd op de begrippen: erosie-redukatieprijs van strandhoofden (ERP) en suppletie-meerprijs (SMP). De uitwerking van de berekening is opgenomen in Bijlage B. De berekeningsresultaten zijn grafisch weergegeven in figuur 6.6.

Het verschil tussen deze en de voorgaande kostenvergelijking is gelegen in de status van de strandhoofden. Bij nieuw aan te leggen strandhoofden moeten de kosten van aanleg van de strandhoofden in de investeringsbeslissing worden meegenomen. In het onderhavige geval (bestaande strandhoofden) kunnen deze kosten worden beschouwd als reeds gemaakte kosten en worden ze in de kostenvergelijking niet meegenomen. Wat betreft de waarde van de kritieke effectiviteit kunnen de volgende observaties worden gemaakt (zie figuur 6.6).



Figuur 6.6 Kostenvergelijking IIR 1 en IIH 1

- IIR ; reeds met strandhoofden verdedigde kust, remmen van erosie.
- IIH ; reeds met strandhoofden verdedigde kust, handhaven kust.
- IIR 1; erosie remmen door uitsluitend het onderhouden van bestaande strandhoofden.
- IIH 1; handhaven kust door onderhouden bestaande strandhoofden en aanvullend suppleren.

Deltagebied

- o Bij een gematigde autonome kustlijnerosie van 1-2 m en het scenario STR geldt voor de kritieke effectiviteit van strandhoofden een waarde van ca. 5%. Onder het scenario GEM is dit ca. 25%, en bij het scenario SUP 80% tot 60%.
- o Bij een sterke erosie van 4-5 m geldt voor scenario STR een kritieke effectiviteit van ca. 3%. Voor GEM ligt dit op ca. 20% en voor SUP op ca. 55%.

Hollandse kust

- o Bij een erosie van 1-2 m geldt voor het scenario STR een kritieke effectiviteit van 20% tot 15%. Voor scenario GEM is dit 40% tot 30% en voor scenario SUP ligt dit op 100% tot 75%.
- o Bij een erosie van 4-5 m geldt voor scenario STR een kritieke effectiviteit van ca. 10%. Voor GEM ligt dit op ca. 25% en voor SUP op ca. 60%.

Waddenkust

- o Voor de Waddenkust geldt bij een erosie van 1-2 m voor het scenario STR een kritieke effectiviteit van ca. 15%. Voor scenario GEM is dit ruim 60%. Voor SUP ligt dit boven de 100%.
- o Bij een erosie van 4-5 m geldt voor scenario STR een kritieke effectiviteit van ca. 10%. Voor GEM ligt dit op ruim 40% en voor SUP nog steeds boven de 100%.

Samenvattend gelden de volgende conclusies.

- o Bij een lage autonome kusterosie (1-2 m/jr) en het gemiddelde kostenscenario GEM geldt, dat de kosten per m bestreden erosie voor bestaande strandhoofden hoger zijn dan voor aanvullende zandsuppleties in de volgende gevallen:
 - Deltagebied: effectiviteit kleiner dan 25%;
 - Hollandse kust: effectiviteit kleiner dan 30%;
 - Waddenkust: effectiviteit kleiner dan 60%.
- o Bij een hoge autonome kusterosie (4-5 m/jr) en het gemiddelde kostenscenario GEM geldt, dat de kosten per m bestreden erosie voor nieuwe strandhoofden hoger zijn dan voor aanvullende zandsuppleties in de volgende gevallen:
 - Deltagebied: effectiviteit kleiner dan 20%;
 - Hollandse kust: effectiviteit kleiner dan 25%;
 - Waddenkust: effectiviteit kleiner dan 40%.

6.4 Samenvatting resultaten en conclusies

6.4.1 Samenvatting resultaten

Bij het opstellen van de kostenvergelijkingen is een onderscheid gemaakt naar een tweetal Ausgangssituaties:

- o een "schoon" kustvak zonder strandhoofden;

o een kustvak met bestaande strandhoofden.

Voor deze beide situaties wordt een samenvatting van de berekeningsresultaten gegeven.

De schone kust

Bij de verdediging van de schone kust zijn de volgende maatregelen overwogen:

- IH 1: het handhaven van de kust door middel van nieuwe strandhoofden en aanvullende suppleties;
- IH 2: het handhaven van de kust door middel van uitsluitend zandsuppleties;
- IR 1: het remmen van de erosie door middel van nieuwe strandhoofden;
- IR 2: het remmen van de erosie (in een mate gelijk aan IR 1) door middel van zandsuppleties.

Daarbij zijn de volgende kostenvergelijkingen gemaakt:

- o IH 1 versus IH 2;
- o IR 1 versus IR 2;
- o IR 1 versus IH 1.

Vergelijking IH 1 en IH 2: handhaven kustlijn

- o Bij een lage autonome kusterosie (1-2 m/jr) en het gemiddelde kostenscenario GEM kunnen strandhoofden met aanvullende suppleties eventueel goedkoper zijn dan uitsluitend suppleties in de volgende gevallen:
 - Deltagebied: effectiviteit van de strandhoofden groter dan 55%;
 - Hollandse kust: effectiviteit van de strandhoofden groter dan 70%;
 - Waddenkust: nooit.
- o Bij een hoge autonome kusterosie (4-5 m/jr) en het gemiddelde kostenscenario GEM kunnen strandhoofden met aanvullende suppleties eventueel goedkoper zijn dan uitsluitend suppleties in de volgende gevallen:
 - Deltagebied: effectiviteit van de strandhoofden groter dan 25%;
 - Hollandse kust: effectiviteit van de strandhoofden groter dan 30%;
 - Waddenkust: effectiviteit van de strandhoofden groter dan 50%.

Vergelijking IR 1 en IR 2: remmen van de erosie

- o Bij een lage autonome kusterosie (1-2 m/jr) en het gemiddelde kostenscenario GEM kunnen strandhoofden eventueel goedkoper zijn dan suppleties in de volgende gevallen:
 - Deltagebied: effectiviteit van de strandhoofden groter dan 60%;
 - Hollandse kust: effectiviteit van de strandhoofden groter dan 75%;
 - Waddenkust: nooit.
- o Bij een hoge autonome kusterosie (4-5 m/jr) en het gemiddelde kostenscenario GEM kunnen strandhoofden eventueel goedkoper zijn dan suppleties in de volgende gevallen:
 - Deltagebied: effectiviteit van de strandhoofden groter dan 35%;

- Hollandse kust: effectiviteit van de strandhoofden groter dan 40%;
- Waddenkust: effectiviteit van de strandhoofden groter dan 65%.

Vergelijking IR 1 en IH 1: wel of niet aanvullend suppleren

- o Bij een lage autonome kusterosie (1-2 m/jr) en het gemiddelde kostenscenario GEM geldt, dat de kosten per m bestreden erosie voor nieuwe strandhoofden hoger zijn dan voor aanvullende zandsuppleties in de volgende gevallen:
 - Deltagebied: effectiviteit van de strandhoofden kleiner dan 70%;
 - Hollandse kust: effectiviteit van de strandhoofden kleiner dan 90%;
 - Waddenkust: altijd.
- o Bij een hoge autonome kusterosie (4-5 m/jr) en het gemiddelde kostenscenario GEM geldt, dat de kosten per m bestreden erosie voor nieuwe strandhoofden hoger zijn dan voor aanvullende zandsuppleties in de volgende gevallen:
 - Deltagebied: effectiviteit van de strandhoofden kleiner dan 40%;
 - Hollandse kust: effectiviteit van de strandhoofden kleiner dan 50%;
 - Waddenkust: effectiviteit van de strandhoofden kleiner dan 85%.

Kustvak met bestaande strandhoofden

Bij de (verdere) verdediging van een kustvak met bestaande strandhoofden zijn de volgende maatregelen overwogen:

- IIH 1: het handhaven van de kust door het onderhouden van de strandhoofden en het uitvoeren van aanvullende suppleties;
- IIH 2: het handhaven van de kust door het verwijderen van de bestaande strandhoofden en het uitvoeren van uitsluitend zandsuppleties.
- IIR 1: het remmen van de erosie door het uitsluitend onderhouden van de bestaande strandhoofden;
- IIR 2: het remmen van de erosie door het verwijderen van de bestaande strandhoofden en het uitvoeren van zandsuppleties die eenzelfde mate van erosie-redukatie bewerkstelligen als de voormalige strandhoofden.

Daarbij zijn de volgende kostenvergelijkingen gemaakt:

- o IIH 1 versus IIH 2;
- o IIR 1 versus IIR 2;
- o IIR 1 versus IIH 1.

Vergelijking IIH 1 en IIH 2: kustlijn handhaven

In alle gevallen blijkt de oplossing om bestaande strandhoofden te onderhouden gecombineerd met bijsuppleren de goedkoopste manier om een eroderende kust met bestaande strandhoofden te handhaven.

Vergelijking IIR 1 en IIR 2: remmen van de erosie

In alle gevallen blijkt de oplossing om bestaande strandhoofden te onderhouden de goedkoopste manier om de erosie-redukatie die wordt

bereikt met de bestaande strandhoofden, te realiseren.

Vergelijking IIR 1 en IIR 1: wel of niet aanvullend suppleren

- o Bij een lage autonome kusterosie (1-2 m/jr) en het gemiddelde kostenscenario GEM geldt, dat de kosten per m bestreden erosie voor bestaande strandhoofden hoger zijn dan voor aanvullende zandsuppleties in de volgende gevallen:
 - Deltagebied: effectiviteit van de strandhoofden kleiner dan 25%;
 - Hollandse kust: effectiviteit van de strandhoofden kleiner dan 30%;
 - Waddenkust: effectiviteit van de strandhoofden kleiner dan 60%.
- o Bij een hoge autonome kusterosie (4-5 m/jr) en het gemiddelde kostenscenario GEM geldt, dat de kosten per m bestreden erosie voor nieuwe strandhoofden hoger zijn dan voor aanvullende zandsuppleties in de volgende gevallen:
 - Deltagebied: effectiviteit van de strandhoofden kleiner dan 20%;
 - Hollandse kust: effectiviteit van de strandhoofden kleiner dan 25%;
 - Waddenkust: effectiviteit van de strandhoofden kleiner dan 40%.

6.4.2 Conclusies

Algemeen

- 1 In het algemeen is de spreiding in de kritieke effectiviteit van strandhoofden, waarboven een strandhoofdensysteem qua kosten voordeliger uitvalt dan strandsuppleties, groot. Vergelijk hiertoe de uitkomsten in par. 6.3 voor de verschillende kostenscenario's GEM, STR en SUP.
- 2 Op grond van de thans gehanteerde kosteninformatie en de schattingen voor de technische parameters blijkt het Deltagebied als potentieel toepassingsgebied voor strandhoofden relatief het meest gunstig te zijn. De Hollandse kust is in dat opzicht iets minder gunstig, terwijl de Waddenkust duidelijk ongunstiger is.

Schone kust

- 3 De aanleg van nieuwe strandhoofden in combinatie met aanvullende suppleties om de kustlijn te handhaven, is bij gematigde erosietempo's duurder dan het toepassen van alleen zandsuppleties, tenzij een hoge effectiviteit van de strandhoofden aangenomen wordt. Bij het gemiddelde kostenscenario dient de effectiviteit in het voor de strandhoofden gunstigste geval (Deltagebied) meer dan 55% te bedragen (vergelijk IH 1 en IH 2).
- 4 De aanleg van nieuwe strandhoofden in combinatie met aanvullende suppleties om de kustlijn te handhaven, zou bij hoge erosietempo's, met name in het Deltagebied goedkoper kunnen zijn dan het toepassen van alleen zandsuppleties. Bij het gemiddelde kostenscenario dient de effectiviteit in het gunstigste geval (Deltagebied) dan evengoed meer dan 25% te bedragen (vergelijk IH 1 en IH 2).
- 5 De aanleg van nieuwe strandhoofden om erosie te remmen is bij gema-

tigde erosietempo's duurder dan het toepassen van alleen zandsuppleties, tenzij een zeer hoge effectiviteit van de strandhoofden wordt bereikt. Bij het gemiddelde kostenscenario dient de effectiviteit in het gunstigste geval (Deltagebied) meer dan 60% te bedragen. Bij hoge erosietempo's is in dit geval een effectiviteit van meer dan 35% vereist (vergelijk IR 1 en IR 2).

- 6 Bij aanleg van nieuwe strandhoofden om erosie te remmen is de suppletie-meerprijs (kosten per m bestreden erosie door aanvullende zandsuppleties) in nagenoeg alle gevallen beduidend lager dan de door de strandhoofden gerealiseerde erosie-redukatieprijs, tenzij een hoge effectiviteit van de strandhoofden wordt bereikt maximaal 40% in het Deltagebied bij hoog erosietempo). Dit suggereert dat aanvullende suppleties in veel gevallen gunstig kunnen zijn.

Kust met bestaande strandhoofden

- 7 In alle gevallen blijkt de oplossing om bestaande strandhoofden te onderhouden, gecombineerd met bijsuppleren, de goedkoopste manier om een eroderende kust met bestaande strandhoofden te handhaven. Evenzo blijkt in alle gevallen de oplossing om bestaande strandhoofden te onderhouden de goedkoopste manier om de erosie-redukatie, die wordt bereikt met de bestaande strandhoofden, te realiseren. Hieruit kan worden geconcludeerd, dat bestaande strandhoofden altijd moeten worden gehandhaafd, zolang men het wenselijk acht de kustverdediging in stand te houden.

- 8 Bij bestaande strandhoofden geldt, dat de door de strandhoofden gerealiseerde erosie-redukatieprijs in bepaalde gevallen lager kan zijn dan de suppletie-meerprijs (kosten per m bestreden erosie door aanvullende zandsuppleties). Dit doet zich voor bij hogere erosietempo's in het Deltagebied en de Hollandse kust, indien de effectiviteit van de strandhoofden minstens 20% à 25% bedraagt. In deze gevallen ligt het dus niet zonder meer voor de hand, dat aanvullende suppleties gunstig zijn.

Ten slotte nog een tweetal aanvullende opmerkingen.

- o Bij bovenstaande resultaten mag de grote gevoeligheid voor de gehanteerde kostenscenario's (en de bijbehorende technische parameters) niet uit het oog worden verloren. Hierbij moet voorts worden bedacht, dat eventuele veranderingen in het zandwinbeleid in aanvulling op deze scenario's nog vrij grote aanpassingen van de zandprijs kunnen veroorzaken. Met name voor de Hollandse kust zou dit nog tot een aanzienlijke redukatie van de kosten van suppleties, en daarmee tot een nog beduidend minder gunstige situatie voor de strandhoofden, kunnen leiden.
- o Op grond van de thans beschikbare kennis over waargenomen effectiviteiten van strandhoofden (zie Technisch Rapport TR12) is er reden om te veronderstellen, dat de benodigde kritische effectiviteiten in veel gevallen niet worden gehaald. Dit geldt in het bijzonder voor de kustdelen met minder steile onderwateroevers. In het rapport wordt gesteld dat hiervoor in 40% van de gevallen de effectiviteit niet significant groter dan 0% is. Hoewel de verdeling van de effectiviteiten over de resterende 60% niet bekend is geeft, dit toch een

duidelijke indikatie, dat de verwachtingen omtrent de werking van strandhoofden in het algemeen niet al te hoog gespannen dienen te zijn.



Strandhoofd

BIJLAGEN

- Bijlage 1 Lijst van algemene begrippen en definities
- Bijlage 2 Evaluatie strandsuppleties,
nota DGW-GWWS 87.006, oktober 1987
- Bijlage 3A Overzicht van kosteninformatie en technische
parameters.
(Hooft bij hoofdstuk 6 van deze nota.)
- Bijlage 3B Uitwerking van kostenvergelijkingen.
(Hooft bij hoofdstuk 6 van deze nota.)

BIJLAGE 1

Lijst van algemene begrippen en definities

Beleidsalternatief	- een met maatregelen ingevulde beleidsopstelling.
Bestek	- nauwkeurige beschrijving waarnaar een werk of levering kan worden begroot, aangenomen en uitgevoerd.
Beun	- ruim van een schip bestaande uit een aparte bak (los van de huid van het schip), voor het vervoer van losgestorte materialen (ook wel: bun).
Cutterzuiger	- snijkopzuiger, een zandzuiger die voorzien is van een cutter, een roterende snijschroef, die de op te zuigen grond eerst stuk snijdt.
Dumpen	- storten, lozen.
Duinafslag	- hoeveelheid zand die bij een ontwerpstorm theoretisch uit de zeereep kan verdwijnen en op strand en onderwateroever terecht komen.
Duingebied	- het gebied tussen duinvoet en polderlijn.
Duinprofiel	- dwarsdoorsnede over het duin.
Duinregel	- min of meer gesloten rij duinen.
Duinvoet	- overgang van strand naar duin, meestal rond NAP + 3 m.
Duinvoetverdediging	- constructie tegen de duinvoet, meestal een glooiing van gezette steen of van cement- of asfaltbeton, om de duinafslag tijdens storm te reduceren of te voorkomen.
Dwarsprofiel	- vorm van een doorsnede dwars op de lengterichting.
Eroderen	- afslijpen, verweren.
Erosie(kust-)	- afslijpen van land door de werking van de wind, ijs of stromend water.
Gebruiksfunctie	- de wijze waarop een gebied maatschappelijk benut wordt.
Hoogheemraadschap	- waterschap waarin hoogheemraden het bestuur voeren.
Kusterosie	- de achteruitgang van de kust door het afslijpen van het land door de zee.
Kustachteruitgang	- het landwaarts verplaatsen van de kustlijn.
Kustlijn	- grens tussen het "droge" en "natte" kustgedeelte; in het algemeen de duinvoetlijn.
Kustlijnachtteruitgang	- zie kustachteruitgang.
Kustlijn handhaven	- het op de actuele positie vasthouden van de kustlijn.
Kustlijn retireren	- het landwaarts verplaatsen van de kustlijn, waarbij het beheer van de kustverdedigingsstrook zodanig is dat geen veiligheidsproblemen ontstaan.
Kustvak	- een bepaald gedeelte van de kust.
Laagwaterlijn	- snijlijn van het vlak van gemiddeld laagwater met het strand.
Onderwateroever	- gedeelte van de kuststrook zeewaarts van de laagwaterlijn (NAP - 1 m) tot een diepte van ca. 20 m.
Paalrij	- constructie dwars op de kust, bestaande uit een

- of meer rijen palen, aangelegd om kustachteruitgang tegen te gaan.
- Paalschermb** - paalrij haaks op de kust om de stroomsnelheid te reduceren; onderdeel van een kustverdedigingssysteem.
- Polderland** - het gebied dat landwaarts van het duingebied ligt.
- Raai** - denkbeeldige lijn, meestal loodrecht op de richting van een dijk of het strand; geprojecteerd t.b.v. lodingen of andere opnemingen.
- Rainbow-system (rainbowen)** - methode waarbij een water-zand mengsel onder grote druk door de lucht naar de gewenste plaats wordt gespoten.
- Regio** - geografische gebieden (Delta, Hollandse kust, Wadden) een eenheid waarin de kust in lengterichting is opgedeeld, vaak een geografische eenheid.
- Sleephopperzuiger** - zelfvarende zuiger met een beun, die d.m.v. een sleepkop, die over de bodem sleept, zand of slib opzuigt.
- Specie** - door uitgraven of baggeren verkregen grond.
- Strand** - het gedeelte van de kuststrook tussen laagwaterlijn en duinvoet.
- Strandhoofd** - lage stenen dam of hoofd aangelegd tot bescherming van het strand (beteugeling langstransport).
- Strandmuur** - op de grens van het strand en de hoogwaterkering opgetrokken muur van steen of beton, meestal ter ondersteuning van een weg of promenade.
- Suppletie** - aanvulling van de kustverdedigingsstrook met zand om kustachteruitgang te compenseren.
- Tussenstation** - opjaagstation met als doel het zand-watmengsel in een persleiding voldoende snelheid te geven.
- Vooroever** - deel van de oever zeewaarts van de laagwaterlijn; ook wel onderwateroever genoemd.
- (Kust)Voorspelling** - weergave van de kustligging in de periode 1990-2090.
- Zeegat** - toegang tot de open zee, plaats waar een rivier of binnenzee in open zee uitmondt.
- Zeereep** - duinregel onmiddellijk langs het strand.

BIJLAGE 2

evaluatie strandsuppleties

nota DGW-GWWS 87.006

's-Gravenhage, oktober 1987

BIJLAGE 2

28

Deze nota is opgesteld door de betrokken kustdirecties en de Dienst Getijdewateren.

Heeft u na het lezen nog vragen of wilt u exemplaren van deze nota nabestellen, neemt u dan contact op met:

Dienst Getijdewateren
t.a.v. het directiesecretariaat
Postbus 20907
2500 EX 's-Gravenhage
telefoon: 070-889370 toestel 310

Inhoud

Samenvatting	4
1. probleemstelling	5
2. strandsuppletles als kustverdediging	6
3. evaluatie suppletles	8
3.1 werkwijze	8
3.2 Ameland	11
3.3 Texel	12
3.4 Scheveningen	17
3.5 Voorne	19
3.6 Goeree	21
3.7 Westkapelle	23
4. de kust en de toekomst	25
4.1 de Nederlandse kust in ontwikkeling	25
4.2 potentiële suppletlegebieden	26
5. conclusies	28

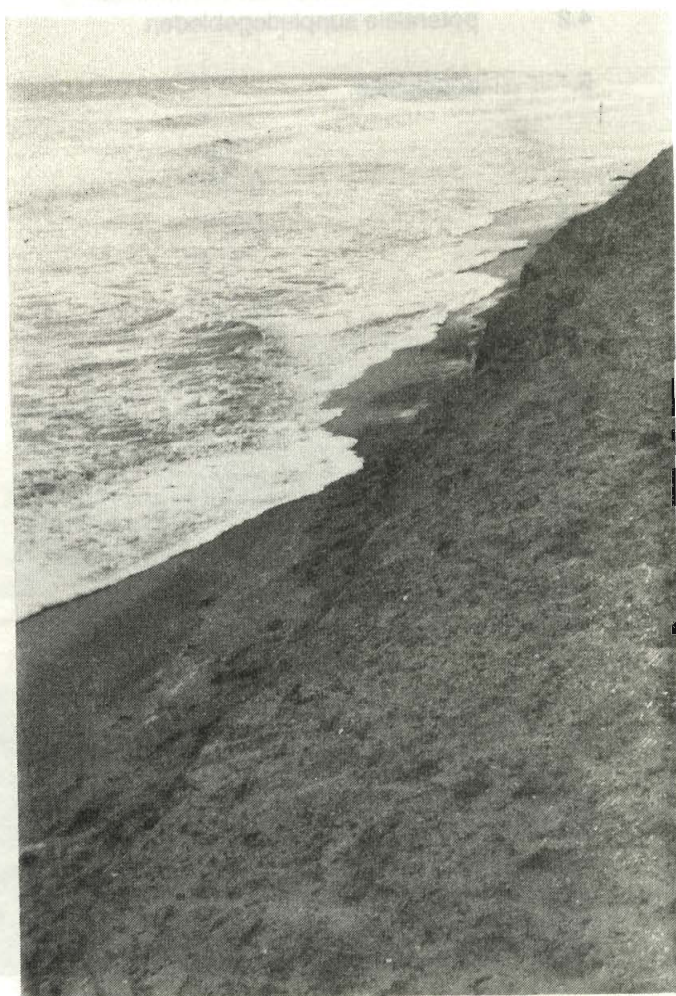


samenvatting

Een 9-tal strandsuppleties uit het recente verleden is geëvalueerd. Nagenoeg al deze suppleties hebben aan de gestelde verwachtingen qua levensduur voldaan of zullen, naar het zich nu laat aanzien, hieraan voldoen. Een uitzondering hierop vormt de laatste suppletie bij Eierland (Texel), die mogelijk eerder dan voorzien herhaald zal moeten worden.

Geconcludeerd wordt, dat het uitvoeren van strandsuppleties als middel ter compensatie van plaatselijke kustachteruitgang als gevolg van erosie, vanuit kustmorfologisch oogpunt, in de regel als zeer effectief beschouwd mag worden.

Om deze methode van kustverdediging te kunnen toetsen aan en vergelijken met andere methoden in relatie tot de verschillende gebruiksfuncties van de kustzone, wordt in het kader van "de nota Kustbeleid" een uitgebreide beleidsanalytische studie uitgevoerd, die in 1989 tot een rapportage zal leiden.



1. probleemstelling

Tijdens de 61-ste vergadering van de "Vaste commissie voor Verkeer en Waterstaat" van 6 april j.l. stond onder andere de Nota Kustverdediging Texel (19025) op de agenda. Door een aantal leden zijn naar aanleiding van deze Nota aan de Minister vragen gesteld m.b.t. de effectiviteit van strandsuppleties in vergelijking tot andere typen kustverdediging, zoals bijvoorbeeld strandhoofden. De aandacht richtte zich daarbij met name op Texel.

In antwoord op deze vragen heeft de Minister toegezegd een evaluatienota betreffende deze materie op te zullen stellen zodra het stormseizoen ten einde zou zijn en er weer gemeten kon worden.

Deze actie is door de Rijkswaterstaat opgepakt en uitgevoerd. Gezien het feit dat de hiervoor beschikbare tijd uiterst beperkt is, is gekozen voor een pragmatische aanpak. In grote lijnen wordt deze gekenmerkt door het feit, dat alleen die suppleties in beschouwing worden genomen, die in het laatste decennium tot stand zijn gekomen en bovendien van een behoorlijke omvang zijn. Daarbij is bovendien een zodanige geografische spelding aangebracht, dat de beschouwde suppleties representatief mogen worden geacht voor de gehele Nederlandse kust.

Deze nota zal aan de hand van een evaluatie van elk van deze suppleties een antwoord moeten geven op de vraag of, gezien vanuit het kustbeheer en dan met name vanuit kustmorfologisch oogpunt, deze vorm van kustverdediging nu aan de doelstelling voldoet of niet. Beoordeeld zal dus moeten worden of het mogelijk is om met de bestaande ontwerp- en uitvoeringstechnieken een suppletie dusdanig vorm te geven en aan te leggen, dat de veiligheid van het betreffende kustvak met een redelijke mate van zekerheid voor een van te voren vastgestelde periode kan worden gegarandeerd. Wanneer hieruit zou blijken dat er nog veel twijfels hieromtrent bestaan, dan zal overwogen moeten worden of hiervan voorlopig maar beter kan worden afgezien en teruggегреpen wordt op de "oude" aanpak met dijken en strandhoofden.

Meer in concreto dus een beoordeling van de zandsuppletie als geheel in relatie tot de geplande danwel gehaalde levensduur.

Gezien de voor deze evaluatie beschikbare tijd, zal er in het kader van deze nota geen economische afweging tussen de verschillende typen en mogelijkheden qua kustverdediging kunnen plaatsvinden. Hiervoor is, mede gezien de vele verschillende gebruiksfuncties van en in de kustzone, een aparte beleidsanalytische studie noodzakelijk.

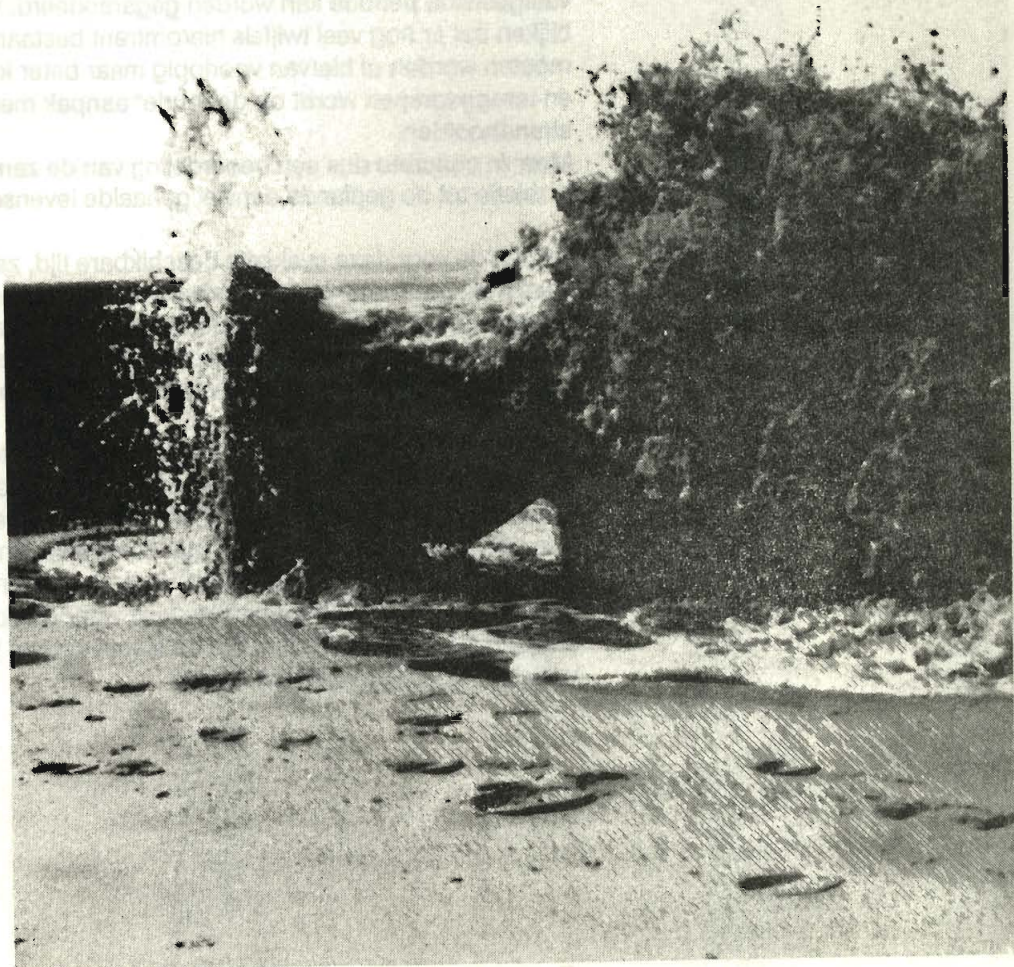
De opbouw van deze nota is als volgt : in de eerste plaats wordt enige aandacht besteed aan het fenomeen strandsuppletie als methode van kustverdediging, daarna worden een aantal suppleties beoordeeld op hun effectiviteit voor wat betreft hun compenserende werking voor de lokale terugschrijding van de kust, vervolgens wordt aandacht besteed aan die delen van de Nederlandse kust waar op korte termijn suppleties voorzien worden, om tot slot te komen tot een beoordeling van deze wijze van kustverdediging.

2. strandsuppleties als kustverdediging

De Nederlandse kust is in beweging. Dat is altijd zo geweest en dat zal ook altijd zo blijven. Zolang de kust zich zeewaarts verplaatst maakt men zich over het algemeen geen zorgen, maar zodra er land moet worden prijsgegeven aan de oprukkende zee zal men dit door het nemen van maatregelen een halt willen toeroepen.

Vroeger bestreed men de afslag van de kust met de kennis en middelen die men toen tot z'n beschikking had. Daar waar de kust achteruit ging of de veiligheid op een andere manier in het gedrang kwam, bouwde men dijken, dammen, strandhoofden, etc. In die tijd was het inzicht in de kust(ver)vormende processen sterk lokaal en op de korte termijn gericht, en al naar gelang de veranderingen die men waarnam, werd er ingegrepen m.b.v. de methoden en technieken die men tot z'n beschikking had.

Geleidelijk aan komt hierin verandering als tegen het eind van de jaren '60 het inzicht in het hoe en waarom van de kustprocessen zich sterk begint te ontwikkelen. Mede dankzij verbeterde en systematisch uitgevoerde metingen, leert men begrijpen waarom bepaalde veranderingen optreden en eveneens waarom het lang niet altijd noodzakelijk is om direct hierin te moeten ingrijpen.

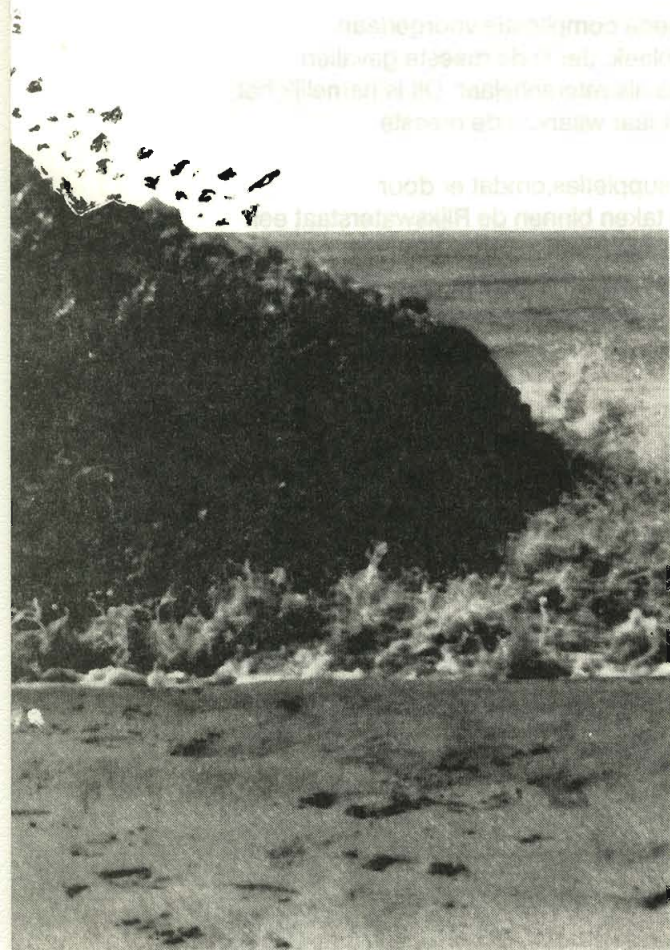


Ook gaat men de afslag van de duinen bij een storm anders beoordelen. Niet langer wordt alleen de afslag op het droge strand beschouwd; dankzij onderzoek en metingen weet men nu dat het afgeslagen zand zich in het algemeen tijdens de storm weer direct op de vooroever onder water afzet, om daar verder z'n bijdrage aan de veiligheid te leveren.

Ook groeit het besef dat het "bestrijden" van kustachteruitgang over het algemeen het best kan geschieden door juist zo veel mogelijk op de natuurlijke processen in te spelen in plaats van ze te "bestrijden". Konsekwentie hiervan is, dat ook de materiaalkeuze gaat veranderen. Zo zal men bij voorkeur het voor de kust natuurlijke materiaal zand toepassen in plaats van de meer traditionele steenconstructies. Zeer belangrijk hierbij is, dat de evolutie in de baggertechniek deze aanpak ook mogelijk heeft gemaakt.

Het huidige beleid m.b.t. het kustonderhoud wordt derhalve gekenmerkt door de volgende aanpak. Bij constatering van een teruggang van de kustlijn wordt onderzocht, of deze het gevolg is van een enkele storm of dat deze zich over een groot aantal jaren uitstrekt en dus structureel van aard is. In dit laatste geval zal, na afweging tussen de verschillende belangen, de mogelijke oplossingen, hun levensduur c.q. herhalingsijd en daarmee hun respectievelijke kosten, de beslissing worden genomen tot het al dan niet treffen van maatregelen.

In de huidige praktijk zal deze afweging veelal uitvallen in het voordeel van de periodiek te herhalen strandsuppletie.



3. evaluatie suppleties

3.1. werkwijze

Uitgegaan wordt van een beperkt, doch voor de beoordeling van deze wijze van kustverdediging voldoende geacht aantal suppleties. Primair selectie criterium hierbij is dus de vraag of de te evalueren suppletie representatief gesteld kan worden voor een bepaald deel van de Nederlandse kust c.q. een kustvak. Direct hieraan gerelateerd zijn dan :

- de omvang (grootte) van de suppletie in relatie tot de van nature reeds optredende kustprocessen;
- het type suppletie, bijv. afhankelijk van de vraag of deze is uitgevoerd als (achterwaartse) duinverzwaring (Callantsoog; 1976) of als "echte" en dus direct aan de zee blootgestelde strandsuppletie.

Suppleties die aan deze criteria voldoen zijn :

- Ameland	1980
- Texel	1979, 1984, 1985
- Scheveningen	1975
- Voorne	1977
- Goeree	1973 en 1977
- Westkapelle	1984

Daarnaast heeft, gezien de tijdsdruk, ook het min of meer direct voorhanden zijn van een redelijke hoeveelheid informatie een rol gespeeld bij de selectie.

Hierbij moet dan gedacht worden aan kant en klare nota's betreffende deze materie, de jaarlijkse kustmeetbestanden en hierop toegesneden computerprogrammatuur.

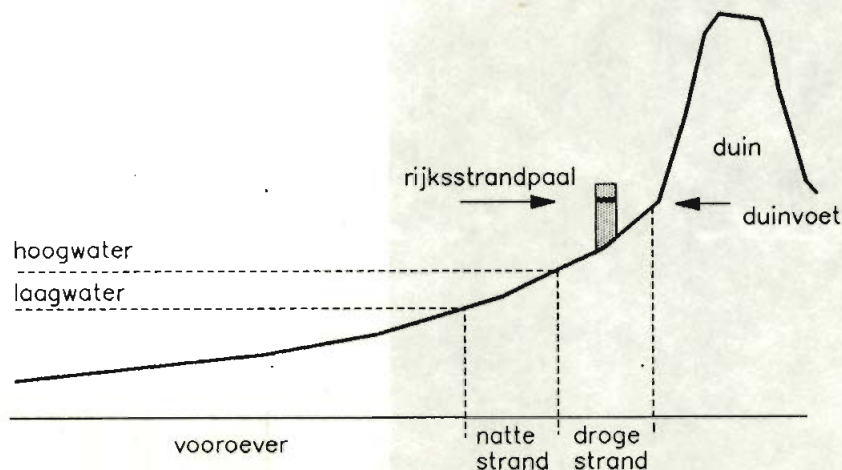
Sommige suppleties konden om deze reden niet geëvalueerd worden (bijvoorbeeld Goeree / 1985).

Daarnaast heeft zich nog een tweede complicatie voorgedaan.

Gaandeweg de werkzaamheden bleek, dat in de meeste gevallen uitgegaan moest worden van 1985 als referentiejaar. Dit is namelijk het "meest complete" jaar, oftewel het jaar waarvan de meeste meetwaarden beschikbaar zijn.

Het jaar 1986 vervalt voor enkele suppleties, omdat er door reorganisatie en herverdeling van taken binnen de Rijkswaterstaat een groot aantal metingen niet is uitgevoerd.

Om dezelfde redenen geeft ook het jaar 1987 problemen. Alleen voor Texel en Westkapelle waren tijdig meetwaarden beschikbaar.



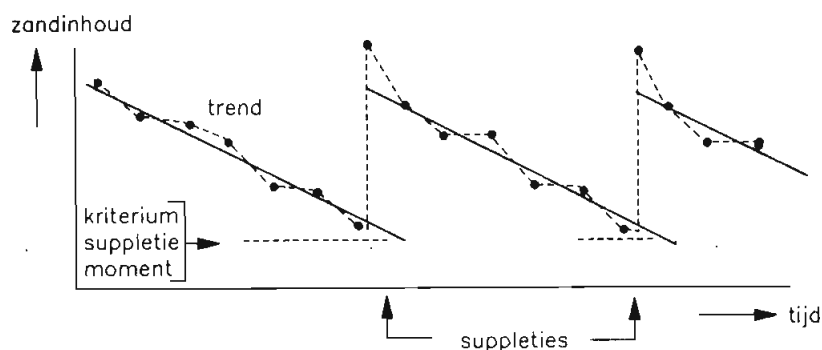
Om de te beschouwen suppleties, die langs de gehele Nederlandse kust gesitueerd zijn, op een eenduidige wijze te kunnen vergelijken is gekozen voor de volgende werkwijze.

Als begrenzing van het te onderzoeken gebied is dat deel van de kust in beschouwing genomen wat direct aan de kust(ver)vormende processen onder invloed van golven en stromingen wordt blootgesteld (de "actieve zone").

In de regel strekt deze zone zich zo'n 800 meter zeewaarts en 50 tot 150 meter landwaarts uit. Deze waarden gelden ten opzichte van de zogenaamde Rijksstrandpalenlijn. Dit is een vast coördinatenstelsel langs het strand, wat in de regel gelegen is tussen de hoog- en laagwaterlijn.

In de Zeeuwse delta gelden o.a. als gevolg van de aldaar soms wel erg ingewikkelde stromingen wat andere waarden (bijv. maar 300 meter zeewaarts, omdat er dan een stelling en vaak met steen verdedigde geulwand aanwezig is).

Op basis van de hoogte- en dieptecijfers zoals deze in het computerbestand van de kustmetingen zijn opgeslagen is in eerste instantie de zandinhoud van het gehele betreffende kustvak alsmede van een gedeelte daarvan (de suppletie) bepaald. Op deze wijze stelt men vast hoeveel zand dat kustvak(gedeelte) in het beschouwde jaar bevat. Door dit voor een groot aantal jaren te doen en de trend in de verkregen waarden vervolgens te vergelijken, krijgt men een indruk van de hoeveelheden zand, die er in de beschouwde periode is bijgekomen (aanzanding) danwel verdwenen (erosie).



Het gegeven dat iedere suppletie in het begin sneller afslaat dan later gemiddeld over de gehele levensduur het geval blijkt te zijn (op zich logisch, omdat in die eerste tijd na aanleg het strand en de vooroever opnieuw een evenwichtshelling zoeken) wordt hierdoor uitgefilterd en vertekent het beeld derhalve niet.

Wanneer nu blijkt, dat de trendlijn na de geplande levensduur weer terug is op het niveau van voor de suppletie c.q. naar verwachting hierop uit zal komen of daar zelfs boven blijft, dan is er sprake van een geslaagde suppletie. Bereikt deze lijn echter reeds eerder het oorspronkelijke niveau, dan heeft deze suppletie niet volledig aan z'n doelstelling voldaan.

Voor alle van de hierna te evalueren suppleties is een dergelijke trendanalyse uitgevoerd.

Daar waar mogelijk zijn deze trendanalyses aangevuld met informatie uit reeds bestaande evaluatie-nota's.

De evaluatie van de respectievelijke suppleties zal, voor zover dit steeds mogelijk is, geschieden aan de hand van de volgende aandachtspunten :

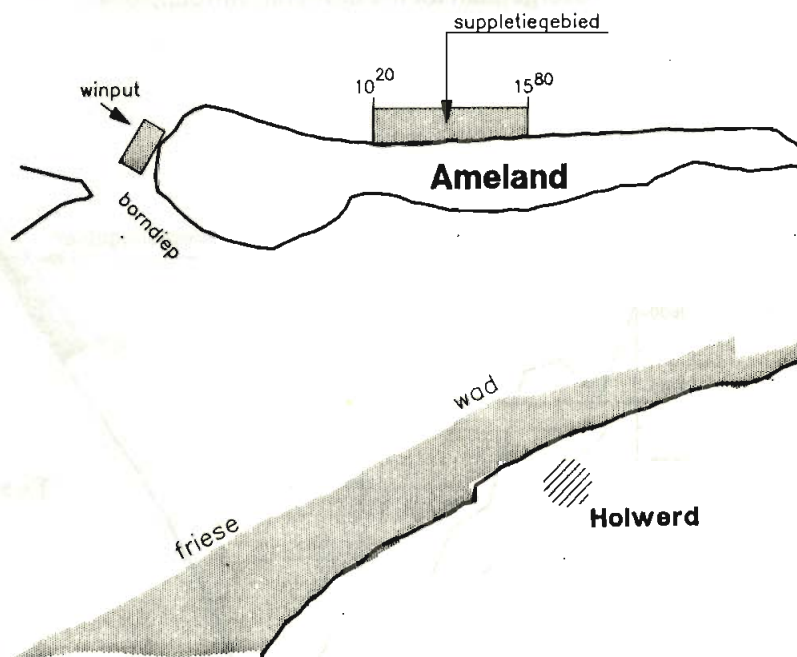
- de ontwikkeling van het betreffende kustvak. Hiermee wordt bedoeld een beschrijving te geven van wat er morfologisch gezien door de jaren heen aan de hand is in het kustvak;
- de reden(en) voor het nemen van maatregelen (in dit geval het aanbrengen van één of meerdere suppleties);
- het ontwerp oftewel de bepaling van de aan te brengen hoeveelheid zand in relatie tot de geplande levensduur, de wijze van aanbrengen van het zand, de locatie van de winplaats, etc.;
- bij de evaluatie wordt met name aan de hand van de trendanalyse bekeken of de gestelde levensduur inderdaad is of naar verwachting wordt bereikt (of dat er zelfs sprake is van een reserve);
- per suppletie wordt tenslotte dit resultaat kort in een conclusie samengevat.

3.2. Ameland (1980 / km. 10.20 - 15.80)

De ontwikkeling van dit kustvak laat zich het best als volgt omschrijven.

Vanaf 1880 blijkt de Noordzeekust van Ameland tussen de strandraalen 9 (km. 9) en 16 (km. 16) gemiddeld 1 à 2.5 meter per jaar achteruit te gaan. Deze achteruitgang is niet continu, maar wordt afgewisseld door tijdelijke stilstand of soms zelfs ook vooruitgang. Het gemiddeld zandverlies in dit kustvak bedraagt in de periode 1965-1975 ca. 0,3 miljoen m³ per jaar.

Om dit zandverlies te compenseren wordt besloten om in 1980 een suppletie uit te voeren.



Redenen hiervoor zijn de bescherming van duin- en natuurgebieden alsmede de veiligheid van het achterland.

Bij het **ontwerp** heeft men, mede aan de hand van de vastgestelde gemiddelde jaarlijkse erosie over een periode van 10 jaar, besloten de suppletie een omvang te geven van 2.3 miljoen m³.

Dit zou genoeg moeten zijn voor de (dan) volgende 10 jaar.

Het zand, afkomstig van het Bornrif bij Ameland, is via een profielzuiger met daaraan gekoppelde persleiding in het werk gebracht.

Met betrekking tot de **evaluatie** van deze suppletie kan het volgende worden opgemerkt.

Uit analyse van de profielontwikkeling en kuberingen blijkt, dat anno 1986 er nog ca. 50% van het oorspronkelijk aangebrachte materiaal aanwezig is.

Op basis hiervan wordt verwacht, dat de levensduur van 10 jaar gehaald wordt en dat de suppletie het mogelijk zelfs beter doet dan aanvankelijk verwacht werd. Deze verwachting wordt verder ondersteund door de uitgevoerde trendberekeningen.

Concluderend kan voor wat betreft deze suppletie gesteld worden, dat deze voldoet aan de beoogde doelstelling, t.w. de bescherming van waardevolle duin- en natuurgebieden alsmede het achterland voor de gestelde periode van 10 jaar.

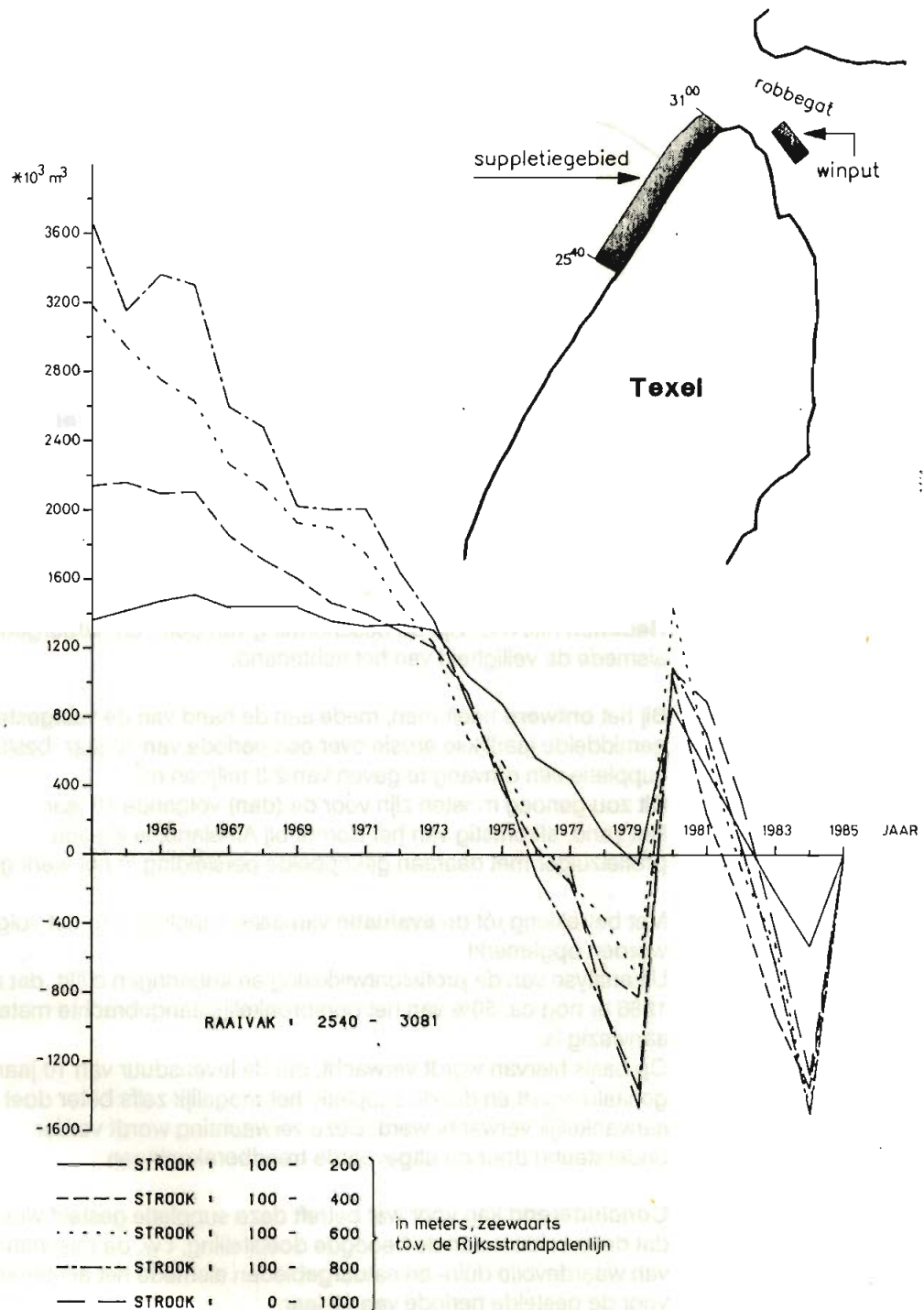
3.3. Texel

Eierland (1979 en 1985 / km. 25.40 - 30.8)

Bestudering van de **ontwikkeling** van de Texelse Noordzeekust laat zien, dat deze nabij Eierland van 1900 tot 1950 ca. 300 tot 500 meter achteruit gegaan is. Van 1950 tot 1970 valt enige stabillisering waar te nemen. Echter, vanaf 1965 begint de vooroever weer af te nemen, gevolgd door de duinvoet na 1970.

Van 1973 tot 1978 bedraagt het zandverlies in dit kustvak dan ca. 3 miljoen m³.

Om dit steeds verder voortschrijdende zandverlies te compenseren is men in eerste instantie in 1979 en vervolgens nog eens in 1985 overgegaan tot het uitvoeren van suppleties.



De redenen zijn het waarborgen van de standzekerheid van de vuurtoren alsmede bescherming van duin- en natuurgebieden.

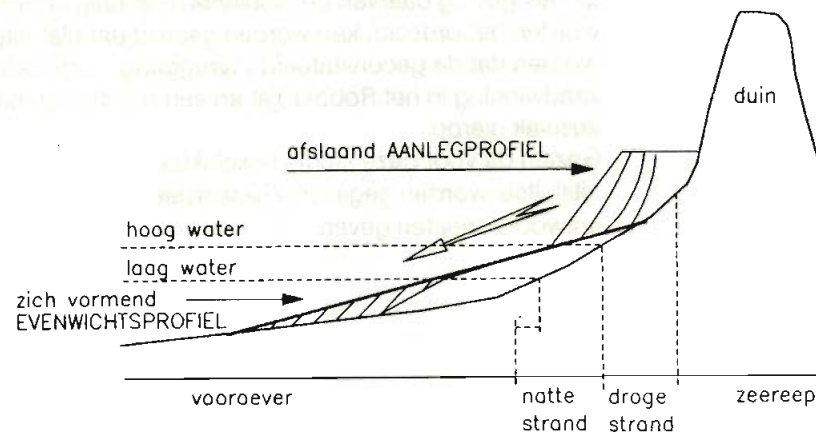
Bij het ontwerp heeft men zich in hoofdzaak gebaseerd op de hoeveelheden zand die jaarlijks afslaan en het aantal jaren dat de suppletie moet overleven. Zo kwam men in 1979 tot een hoeveelheid van 3 miljoen m^3 voor een periode van 5 jaar, in 1985 bedroeg dit 2.8 miljoen m^3 voor een zelfde periode.

Het zand is in beide gevallen gewonnen m.b.v. een profielzuiger in het Robbegat, waarna het met een persleiding op het strand werd gespoten.

Evaluatie van deze suppleties leert ons het volgende.

De suppletie van 1979 heeft het in feite precies de geplande 5 jaar volgehouden, hoewel er in het 5-de jaar op sommige plaatsen afslag van de duinregel optrad.

Van de in 1985 gesuppleerde hoeveelheid is volgens berekeningen momenteel nog ca. 30 % aanwezig (na 40 % van de geplande tijd).



Probleem bij dit soort analyses over een dergelijke korte periode van 2 jaar is, dat er zich juist direct na aanleg van een suppletie altijd relatief veel afslag op het droge strand voordoet. Om uitvoeringstechnische redenen wordt het aangelegde profiel immers relatief steil opgezet en verkeert daardoor nog niet in evenwicht met de natuurlijke omstandigheden. Het moet zich dan nog "zetten", wat tot gevolg heeft dat een deel van het op het strand aangebrachte zand zich via dwarstransport (afslag) verplaatst naar de direct onder de laagwaterlijn gelegen vooroever. Hoe alarmerend dit proces soms ook mag lijken, in de praktijk blijkt meestal dat de netto verliezen in zo'n periode verwaarloosbaar zijn.

Toch kan in dit geval de geconstateerde teruggang hier niet volledig aan worden geweten.

Zo is er hier, naast het probleem van de (te) korte periode waarover de suppletie slechts geëvalueerd kan worden cq. de profielaanpassingen, nog mogelijk een andere factor in het geding, namelijk de zandwinning in het Robbegat.

De enorme hoeveelheden zand die voor de drie achtereenvolgende suppleties benodigd waren (Eierland 1979 en 1985, de Koog 1984 ; totaal ca. 9 miljoen m^3) zijn in dit zeeget gewonnen. Reden voor het aanwijzen van deze zandwinplaats was, dat het doorstroomprofiel van het Robbegat als gevolg hiervan ruimer wordt, waardoor de stroomdruk op het bolwerk afneemt en kostbare zinkwerken ter behoud van deze constructie kunnen uitblijven.

Deze aanpak heeft goed gewerkt. Echter, niet volledig uitgesloten mag worden, dat de onttrokken hoeveelheden wat te groot zijn geweest en dat als gevolg daarvan er nu een beïnvloeding plaatsvindt van het Texelse kustgebied. De suppletie van 1985 zou daardoor wat sneller kunnen verminderen dan bij het ontwerp mocht worden verwacht. Binnen het kader van een pragmatische studie zoals deze kan een dergelijk gedetailleerd probleem niet zondermeer worden gekwantificeerd en nader onderzoek is derhalve noodzakelijk.

Conclusies: de suppleties voldoen aan het beoogde doel, t.w. de bescherming van de vuurtoren en de daarachter gelegen duin- en natuurgebieden.

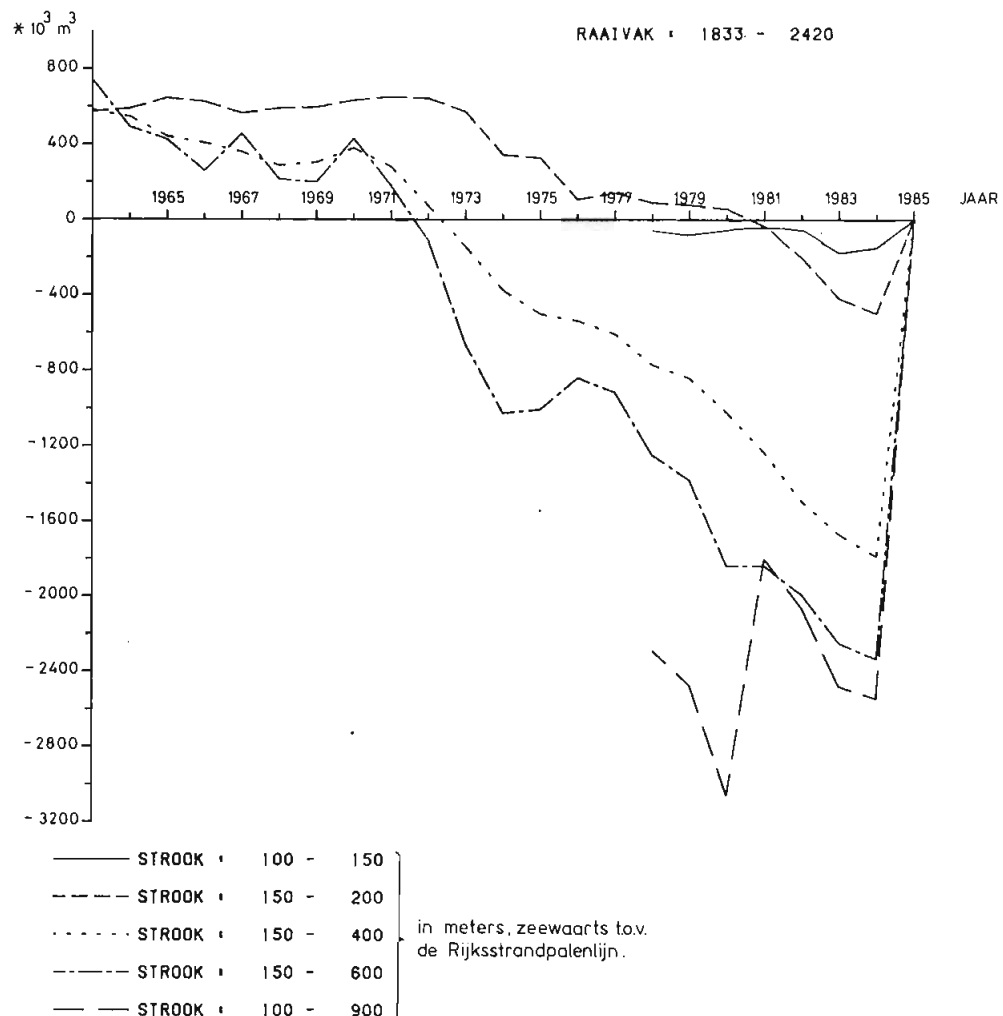
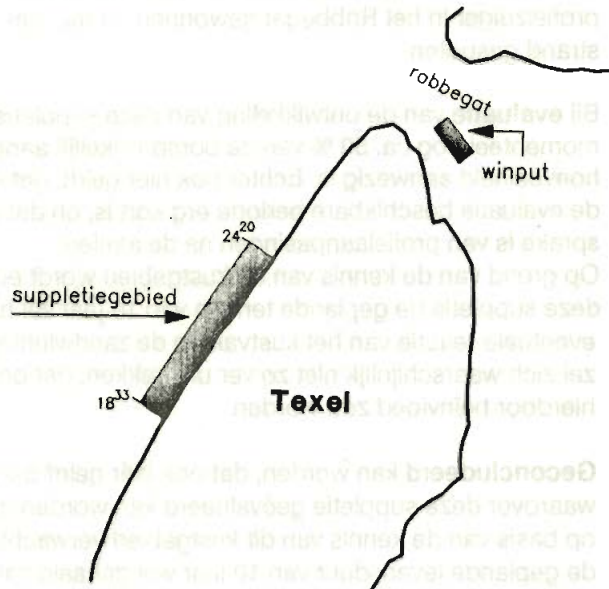
De eerste suppletie (1979) heeft de geplande levensduur van 5 jaar goed doorstaan.

De tweede (1985) lijkt echter, zoals het er nu naar uitziet, z'n geplande levensduur (net) niet te gaan halen. Tot nu toe is namelijk een sterkere teruggang geconstateerd dan op grond van de ontwerpuitgangspunten mocht worden verwacht. Hoewel de periode waarover de suppletie geëvalueerd kan worden erg kort is (2 jaar) en dat als gevolg daarvan de resultaten met enig voorbehoud moeten worden beoordeeld, kan worden gesteld dat niet uitgesloten mag worden dat de geconstateerde teruggang mede beïnvloed is door de zandwinning in het Robbengat en een reactie van het aangrenzende kustvak hierop.

Gezien de voor deze studie beschikbare tijd kan hierover geen uitsluitsel worden gegeven. Gedetailleerd onderzoek zal hierop het antwoord moeten geven.

de Koog (1984 / km. 18.33 - 24.00)

Qua ontwikkeling laat de kust hier ter plaatse tussen 1850 en 1900 een vooruitgang zien van 100 meter (bij km. 18) tot 500 meter (t.p.v. km. 24). In de periode daarna (1900 tot heden) is er echter sprake van een kustachteruitgang in de orde van 100 meter (km. 18) tot 250 meter (km. 24). Dit proces is nog niet ten einde.



Hoewel de veiligheid hier niet direct in het geding is, is na een gedegen beleidsanalytische studie (Sibas) om **redenen** van recreatie en natuurwaarde besloten tot het uitvoeren van een suppletie (1984).

Bij het **ontwerp** heeft het beschikbare budget een grote rol gespeeld bij de bepaling van de aan te brengen hoeveelheid. Er is uiteindelijk ca. 3 miljoen m³ gesuppleerd.

De levensduur is geschat op ca. 10 jaar. Het zand is m.b.v. een profielzuiger in het Robbegat gewonnen en met een persleiding op het strand gespoten.

Bij **evaluatie** van de ontwikkeling van deze suppletie blijkt, dat momenteel nog ca. 50 % van de oorspronkelijk aangebrachte hoeveelheid aanwezig is. Echter ook hier geldt, dat enerzijds de voor de evaluatie beschikbare periode erg kort is, en dat er anderzijds sprake is van profieleaanpassingen na de aanleg.

Op grond van de kennis van dit kustgebied wordt echter verwacht, dat deze suppletie de geplande termijn van 10 jaar zal halen. Een eventuele reactie van het kustvak op de zandwinning in het Robbegat zal zich waarschijnlijk niet zo ver uitstrekken, dat ook deze suppletie hierdoor beïnvloed zou worden.

Geconcludeerd kan worden, dat ook hier geldt dat de periode waarover deze suppletie geëvalueerd kan worden erg kort is, maar dat op basis van de kennis van dit kustgebied verwacht mag worden dat de geplande levensduur van 10 jaar wel gehaald zal worden.

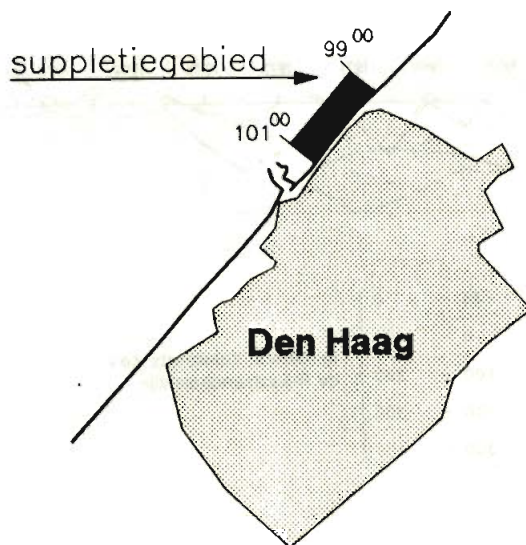


3.4. Scheveningen

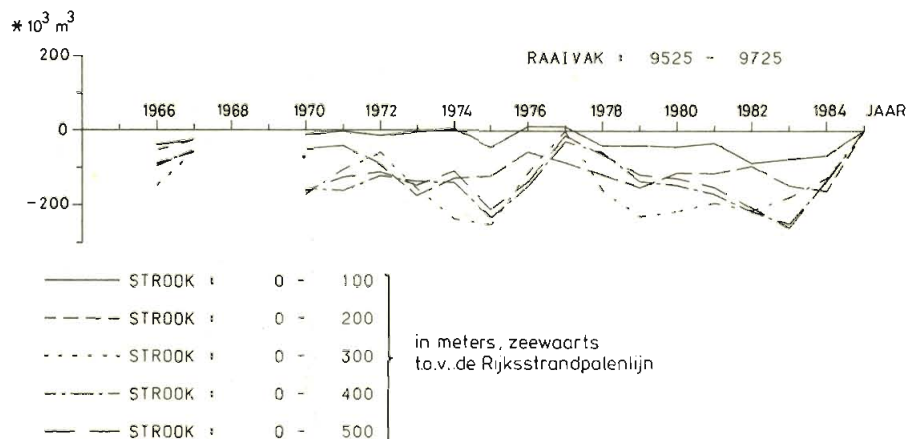
De ontwikkeling van dit kustvak wordt in sterke mate bepaald door het feit, dat er hier sprake is van een achter het strand gelegen strandmuur met boulevard. Een stukje kust dus zonder achterliggend duin waarmee een dynamisch geheel kan worden gevormd.

Aanslagen op dit kustgedeelte door extreme omstandigheden (waterstand en golven) manifesteren zich dan ook direct in verlaging en versmalling van het strand, waarvan het herstel langs natuurlijke weg door het ontbreken van er achter liggende duinen uiterst langzaam verloopt.

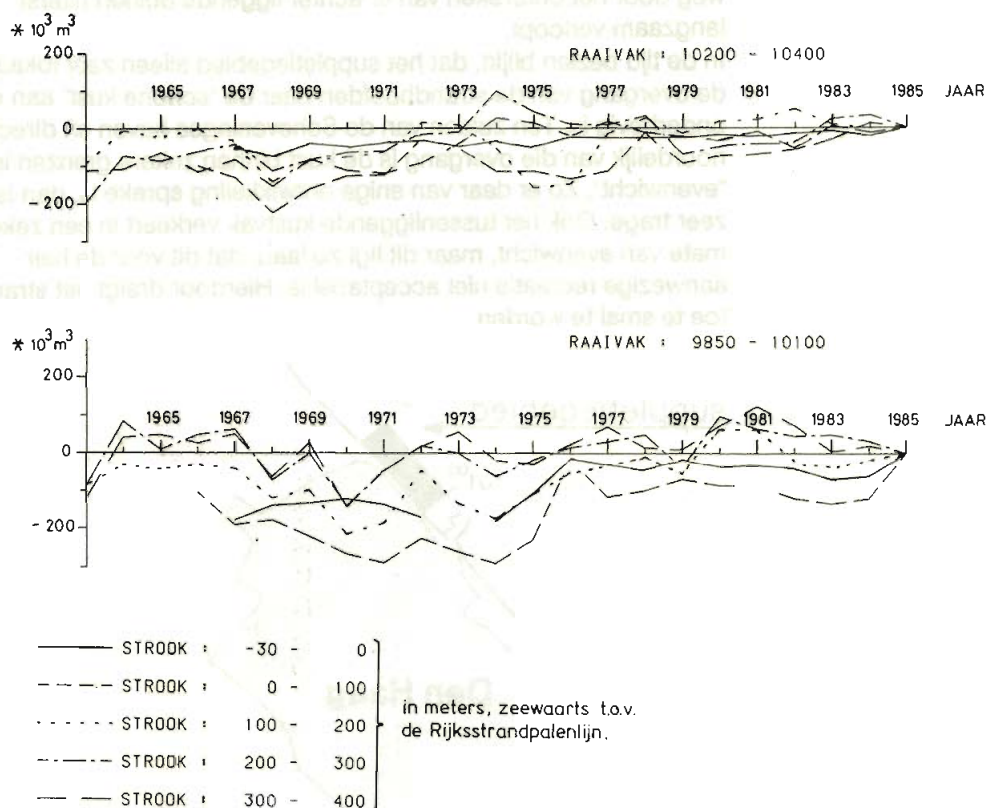
In de tijd bezien blijkt, dat het suppletiegebied alleen zeer lokaal, n.l. bij de overgang van de strandhoofden naar de "schone kust" aan erosie onderhevig is. Ten zuiden van de Scheveningse haven en direct noordelijk van die overgang is de kust binnen zekere grenzen in "evenwicht". Zo er daar van enige ontwikkeling sprake is, dan is dit een zeer trage. Ook het tussenliggende kustvak verkeert in een zekere mate van evenwicht, maar dit ligt zo laag, dat dit voor de hier aanwezige recreatie niet acceptabel is. Hierdoor dreigt het strand af en toe te smal te worden.



Gezien de recreatieve belangen die hier op het spel staan, is een dergelijk minimaal strand niet acceptabel. Reden dan ook voor de Gemeente den Haag om, in overleg met andere belanghebbenden zoals het Hoogheemraadschap van Delfland (veiligheid), over te gaan tot het uitvoeren van strandsuppleties. In 1969 is dit voor de eerste keer op kleine schaal gedaan, gevolgd door suppleties in 1975 en 1985 (resp. 0.7 en 0.3 miljoen m³).



Bij het ontwerp wordt hier dus niet direct van een verwachte levensduur uitgegaan, doch veel meer van de momentane behoefte. De onvoorspelbaarheid van de stormselzonen in relatie tot een dergelijk door "harde randvoorwaarden" bepaald kuststelsel (strandmuur) maken een andere werkwijze ook niet echt mogelijk. Het suppletiezand wordt aangevoerd van buiten het actieve deel van de kustzone, zoals bijvoorbeeld van de toppen van zandgolven op meer dan 20 kilometer uit de kust.

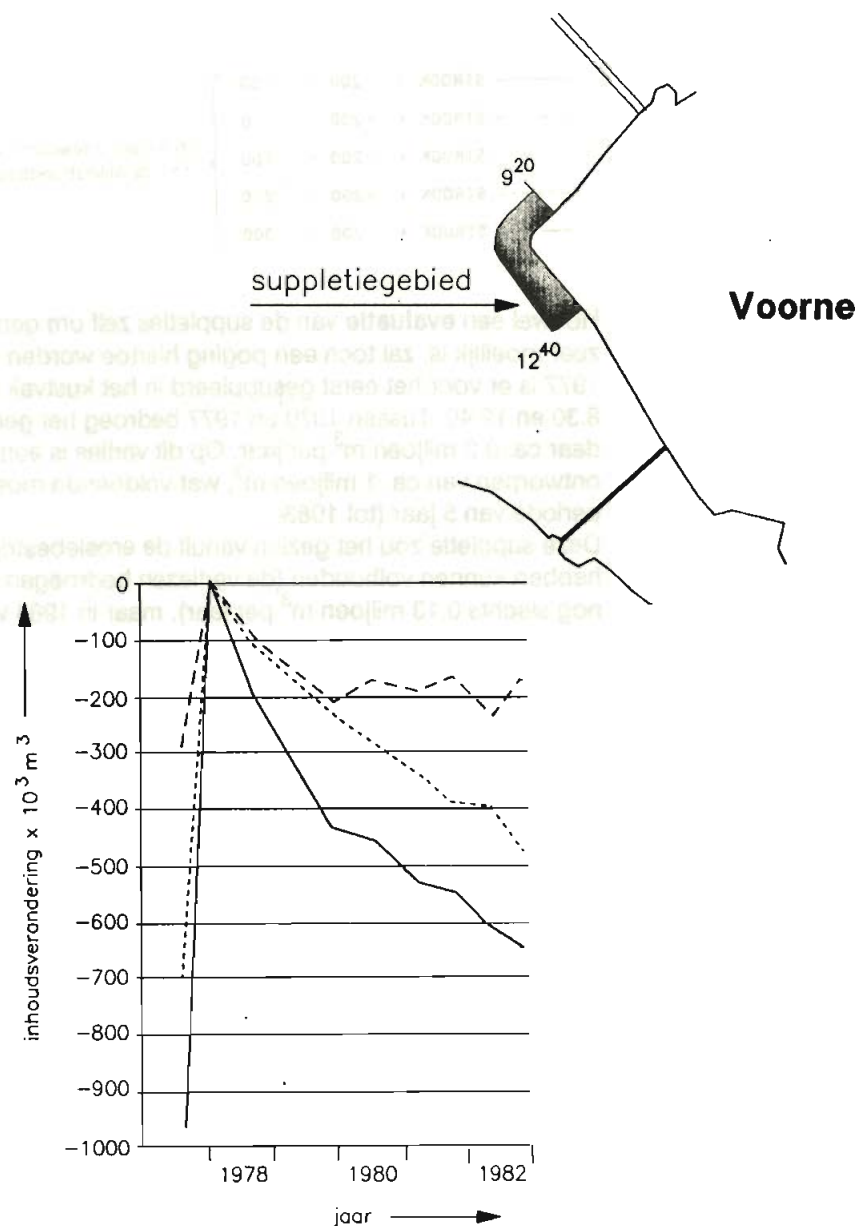


Een **evaluatie** is derhalve niet echt mogelijk. Zodra het strand voor de recreatie weer te smal is geworden en er van een behoefte aan zand sprake is, wordt een nieuwe suppletie uitgevoerd. De jaarlijkse fluctuaties spelen hierin een direct bepalende en prioriteitstellende rol.

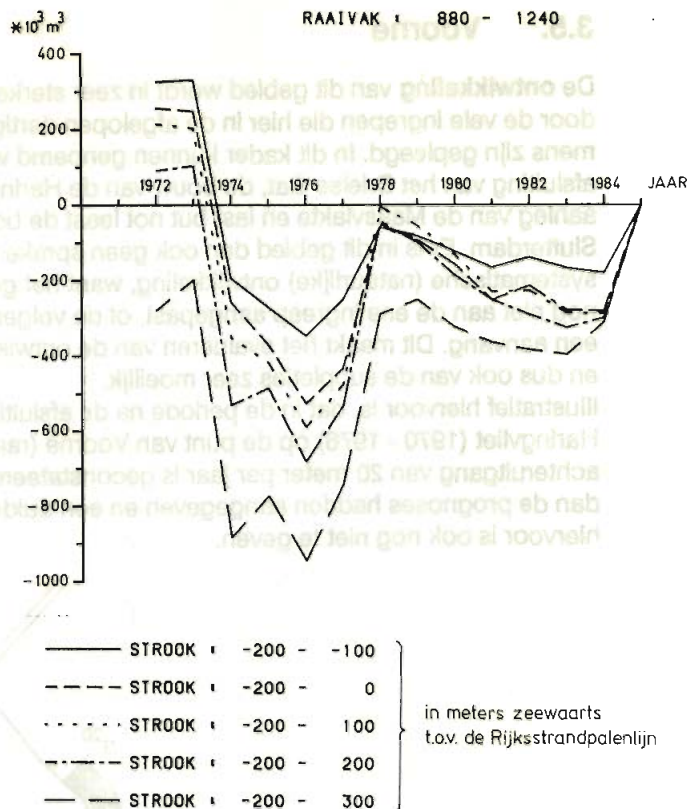
3.5. Voorne

De **ontwikkeling** van dit gebied wordt in zeer sterke mate bepaald door de vele ingrepen die hier in de afgelopen dertig jaar door de mens zijn gepleegd. In dit kader kunnen genoemd worden de afsluiting van het Brielse Gat, de bouw van de Haringvlietssluisen, de aanleg van de Maasvlakte en last but not least de bouw van de Slufterdam. Er is in dit gebied dan ook geen sprake van een enigszins systematische (natuurlijke) ontwikkeling, want het gebied heeft zich nog niet aan de ene ingreep aangepast, of de volgende neemt alweer een aanvang. Dit maakt het evalueren van de ontwikkeling van de kust en dus ook van de suppleties zeer moeilijk.

Illustratief hiervoor is, dat in de periode na de afsluiting van het Haringvliet (1970 - 1976) op de punt van Voorne (raai 10.02) een achteruitgang van 20 meter per jaar is geconstateerd. Dit is veel meer dan de prognoses hadden aangegeven en een duidelijke verklaring hiervoor is ook nog niet te geven.



Om **redenen** van het in stand houden van de zeewering en van vanuit natuurwetenschappelijk oogpunt waardevolle gebieden, is besloten tot het uitvoeren van strandsuppleties.



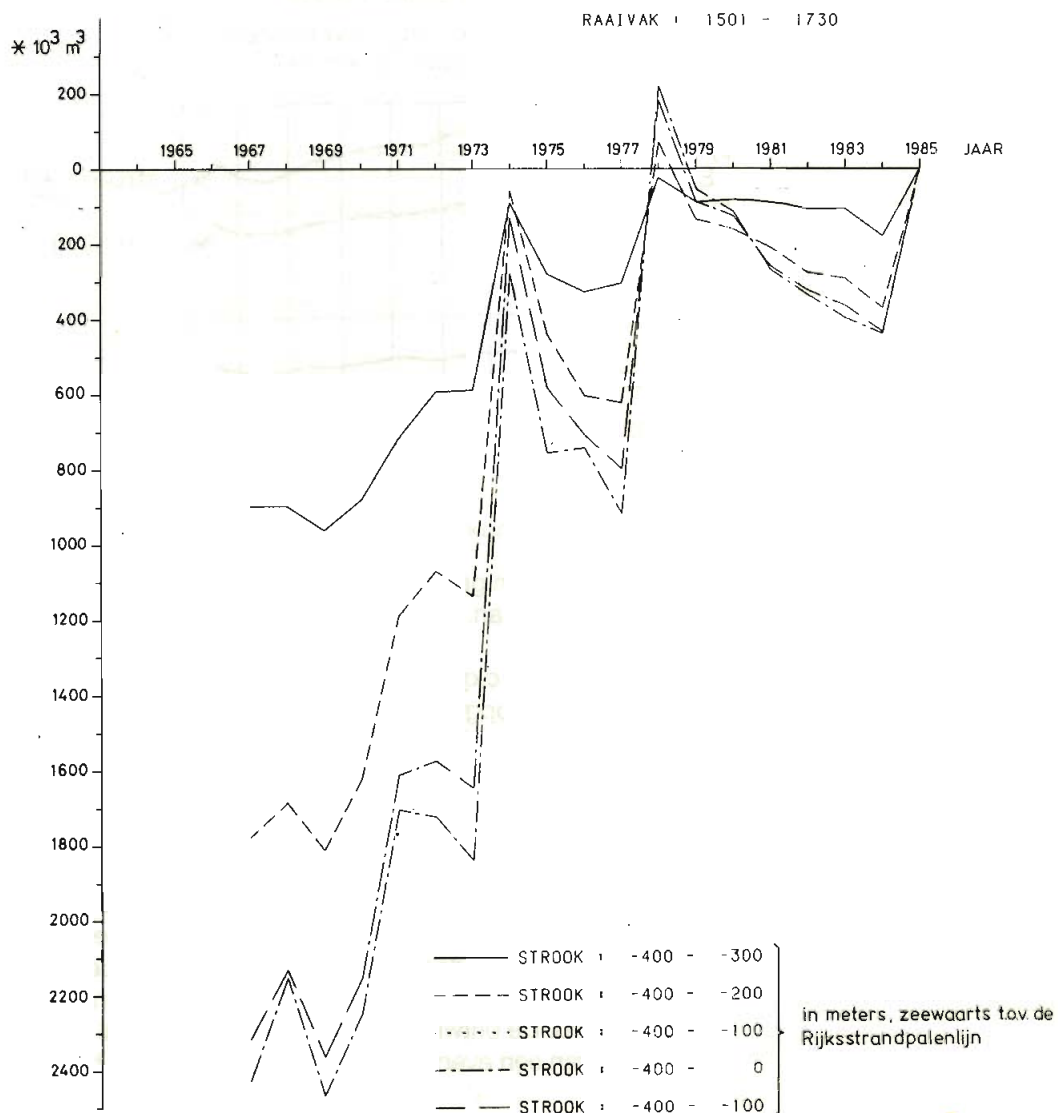
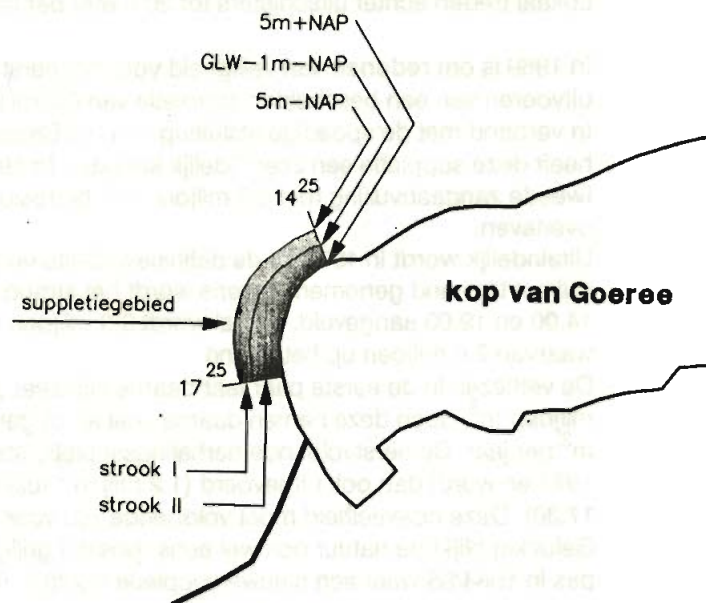
Hoewel een **evaluatie** van de suppleties zelf om genoemde redenen zeer moeilijk is, zal toch een poging hiertoe worden ondernomen. In 1977 is er voor het eerst gesuppleerd in het kustvak tussen de raalen 8.30 en 12.40. Tussen 1970 en 1977 bedroeg het gemiddelde verlies daar ca. 0.2 miljoen m^3 per jaar. Op dit verlies is een suppletie ontworpen van ca. 1 miljoen m^3 , wat voldoende moest zijn voor een periode van 5 jaar (tot 1983).

Deze suppletie zou het gezien vanuit de erosiebestrijding langer hebben kunnen volhouden (de verliezen bedroegen na de suppletie nog slechts 0.13 miljoen m^3 per jaar), maar in 1984 wordt reeds overgegaan tot de definitieve Delta-versterking van de duinen van Voorne. Hiervoor is langs de gehele kust ca. 8 miljoen m^3 aangebracht, waarvan een deel later nog naar de achterzijde van het duin zal worden verplaatst (versterking).

Concluderend kan gesteld worden, dat het evalueren van strandsuppleties in een door de mens dermate beïnvloed gebied zeer moeilijk is. Toch kan wel gesteld worden dat de eerste suppletie z'n taak goed heeft volbracht. Deze als overbrugging bedoelde maatregel bleek voldoende totdat de definitieve versterking een feit werd. Er was zelfs sprake van een reserve.

3.6. Goeree

De ontwikkeling van het gebied van de Kop van Goeree wordt eveneens beïnvloed door menselijke ingrepen, maar in een beduidend mindere mate dan het kustgebied van Voorne. Het is hier in feite in



hoofdzaak de afsluiting van de Brouwersdam die hier z'n grootste invloed doet gelden. De overige hier uitgevoerde werken hebben voor de Kop geen directe gevolgen. Het gedrag van de Kop wordt gekarakteriseerd door een vrij continue achteruitgang van ca. 7 meter per jaar, die al sinds het begin van deze eeuw vrij constant lijkt te zijn. Lokaal treden echter uitschieters tot 20 meter per jaar op.

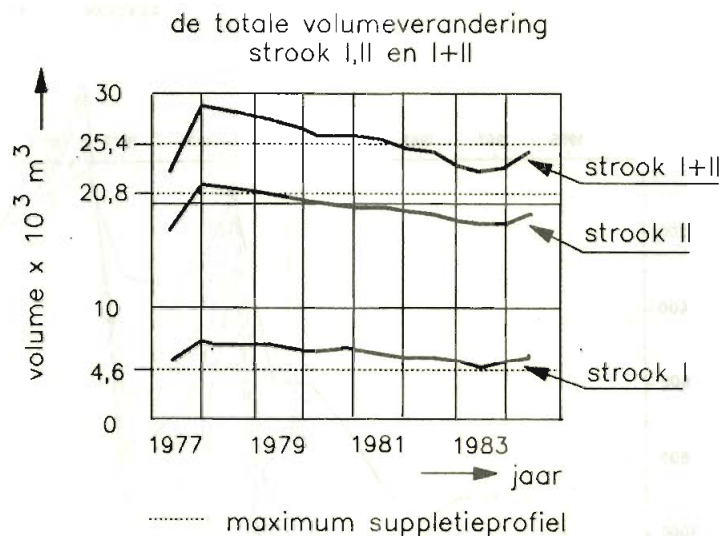
In 1969 is om redenen van veiligheid voor het eerst besloten tot het uitvoeren van een bescheiden suppletie van 0.4 miljoen m^3 . In verband met de spoedige afsluiting van het Brouwershavense Gat heeft deze suppletie een zeer tijdelijk karakter. In 1971 volgt een tweede zandaanvulling met 0.6 miljoen m^3 , bedoeld om 2 jaar te overleven.

Uiteindelijk wordt in 1973/74 de definitieve Delta-versterking van de duinen ter hand genomen. Tevens wordt het strand tussen de raaien 14.00 en 19.00 aangevuld. Totaal wordt 3.3 miljoen m^3 aangebracht, waarvan 2.6 miljoen op het strand.

De verliezen in de eerste paar jaar daarna zijn zeer groot, te weten 0.6 miljoen m^3 , doch deze nemen daarna snel af tot gemiddeld 0.3 miljoen m^3 per jaar. De eerstvolgende herhalingsuppletie staat gepland voor 1977 en wordt dan ook uitgevoerd (1.2 milj. m^3 tussen raai 15.00 en 17.30). Deze hoeveelheid moet voldoende zijn voor 4 jaar.

Gelukkig blijkt de natuur ook wel eens "positief grillig" en het blijkt dat pas in 1984/85 weer een nieuwe suppletie nodig is (ca. 1 miljoen m^3).

kop van Goeree



Dit **evaluerend** kan geconcludeerd worden, dat al deze maatregelen ruim hebben voldaan.

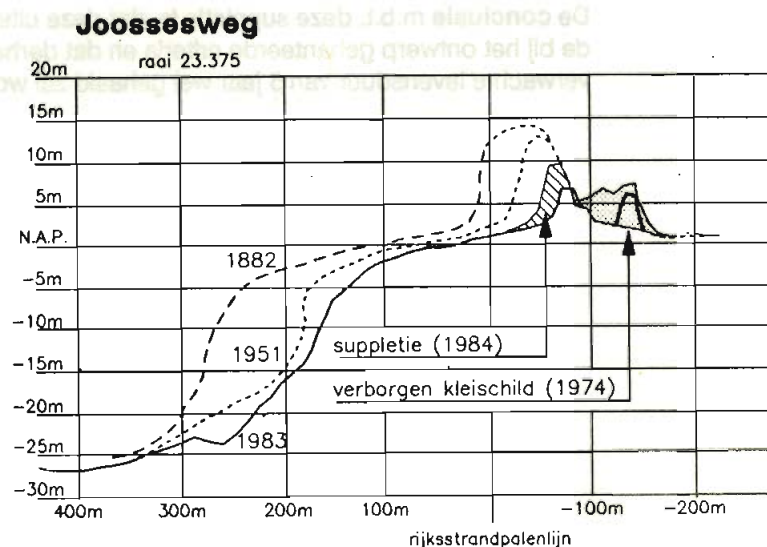
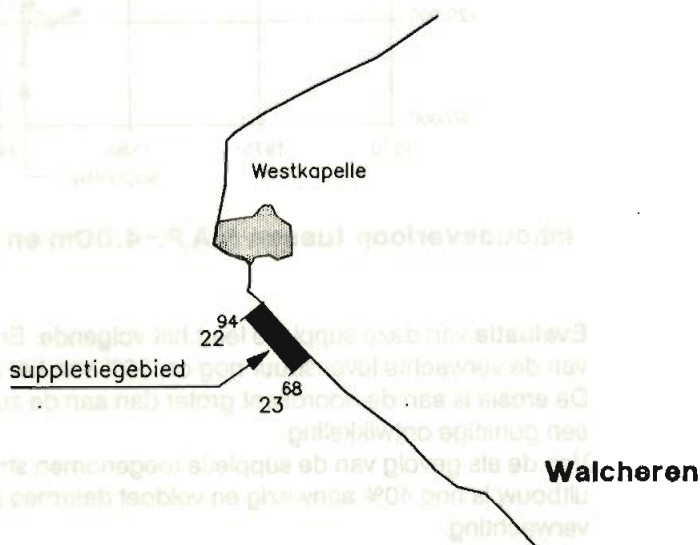
T.a.v. het **ontwerp** c.q. de bepaling van de hoeveelheden kan het volgende worden opgemerkt. Destijds is op grond van praktische overwegingen gesteld, dat iedere suppletiehoeveelheid minimaal in de orde van 1 miljoen m^3 moest bedragen om economisch aantrekkelijk te kunnen zijn. Gezien de toenmaals geconstateerde verliezen betekent dit een suppletie om de 4 jaar.

Concluderend kan gesteld worden, dat de suppleties op de Kop van Goeree prima voldoen. Uit profielanalyses kan zelfs geconstateerd worden dat een groot deel van het verlies weer ten goede komt aan het gebied in de duinen. Hier wordt een duidelijke "zandwinst" geconstateerd. De ontwikkeling van dit duingebied zal bij het ontwerpen van een eventuele volgende suppletie van belang kunnen zijn.

3.7. Westkapelle / Joossesweg

Bij bestudering van de **ontwikkeling** van dit kustvak blijkt, dat er hier sprake is van een geheel andere morfologische situatie dan in de voorgaande gevallen. Dicht onder de kust loopt hier namelijk een diepe getijgeul, terwijl bovendien de hier aanwezige sterke stroming door zwaar verdedigde strandhoofden "uit de kust" wordt gehouden. Sedert lange tijd is dit kustvak aan erosie onderhevig en een aanzienlijke kustachteruitgang tekent zich dan ook duidelijk af. Als een eerste antwoord op deze ontwikkeling heeft men in 1974 een achterwaartse, dus landwaartse, verzwaring aangebracht. In 1983 echter was de oorspronkelijke duinregel door de steeds verder gaande erosie geheel opgeslokt, en heeft men besloten tot de uitvoering van een voorlopige en bescheiden strandsuppletie, teneinde verder duinverlies te voorkomen (1984). Door op deze wijze te werk te gaan, kon de keuze van het definitieve ontwerp van de verzwaring op grond van de Delta-wet worden uitgesteld tot het moment, waarop het plan voor het gehele kustvak van Westkapelle tot Zoutelande gereed zou zijn.

Voorts kon deze suppletie als testcase dienen voor andere delen van dit kustvak.

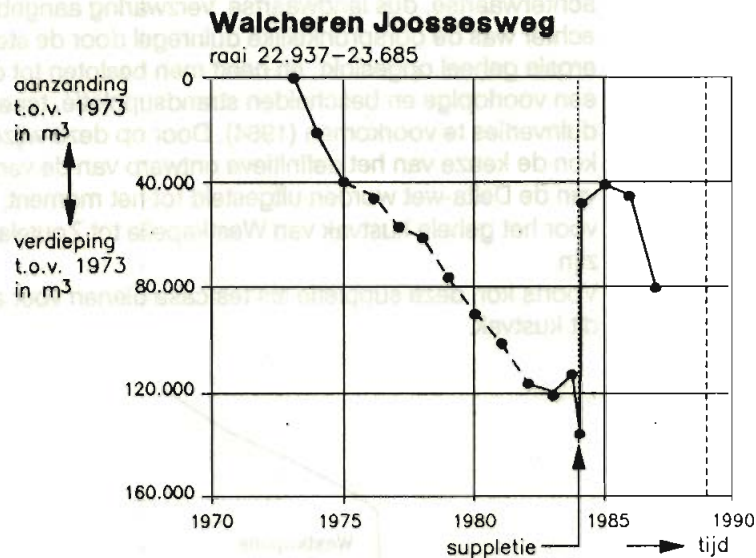


Het betreft hier dus suppleties die primair om **redenen** van veiligheid (moeten) worden uitgevoerd.

Bij het maken van het ontwerp is men ervan uitgegaan, dat de duinregel over een zekere afstand hersteld diende te worden (km. 23.2 - 23.5) en dat de suppletie de verwachte kusterosie voor de (dan) komende 5 jaar moet kunnen compenseren.

Tevens zijn door de beheerder t.p.v. de suppletie een drietal hoofden voorzlen van stenen bermen op het strand. De verwachting is, dat deze het langtransport reduceren en daardoor een positieve invloed hebben op de levensduur van de suppletie.

Hieruit resulteert een hoeveelheid van ca. 0.1 miljoen m³.



Inhoudsverloop tussen N.A.P.-4.00m en top- duin

Evaluatie van deze suppletie leert het volgende. Er blijkt, dat na 60% van de verwachte levensduur nog ca. 50% van het zand aanwezig is. De erosie is aan de noordkant groter dan aan de zuidkant. Dit lijkt dus een gunstige ontwikkeling.

Van de als gevolg van de suppletie toegenomen strandbreedte c.q. uitbouw is nog 40% aanwezig en voldoet daarmee precies aan de verwachting.

De **conclusie** m.b.t. deze suppletie is, dat deze uitstekend voldoet aan de bij het ontwerp gehanteerde criteria en dat derhalve ook de verwachte levensduur van 5 jaar wel gehaald zal worden.

4. de kust en de toekomst

In deze nota zijn een aantal zorgvuldig geselecteerde en voor de Nederlandse kust representatieve suppleties geëvalueerd. Lokaal bezien is daarmee nu zichtbaar gemaakt wat het nemen van een dergelijke maatregel voor effect ressourceert.

Een evaluatie als deze is echter niet compleet zonder een relatie met de ontwikkeling van onze kust als geheel en, als afgeleide daarvan, wat ons de komende 5 tot 10 jaar te wachten staat.

4.1. de Nederlandse kust in ontwikkeling

Zoals reeds eerder opgemerkt: onze kust is tot nu toe altijd in beweging geweest en dat zal ook altijd zo blijven. Soms gaat deze vooruit, dan weer achteruit.

Een belangrijke drijvende kracht hierbij is zonder twijfel de gestage stijging van de zeespiegel, die er met name in het verre verleden toe bijgedragen heeft dat de kust zich sterk heeft teruggetrokken. Bedroeg deze zeespiegelrijzing in de oudheid zo'n 1.5 meter per eeuw, gelukkig is dit momenteel gereduceerd tot nog maar enkele decimeters per eeuw.

In een aantal gevallen echter, moet de verklaring voor de kustachteruitgang net zo goed (mede) gezocht worden in de vele door de mens aangelegde kunstwerken (zoals havens) en de reactie van de kust daarop.

Maar, ook al zijn de oorzaken (nog) niet precies bekend, toch laat recent onderzoek zien dat er netto per jaar totaal zo'n 1 à 3 miljoen kubieke meter zand "verdwijnt".

Potentiele knelpunten voor wat betreft dit soort grootschalige fenomenen zijn de erosie op de vooroever van de kop van Noord-Holland tussen Callantsoog en Den Helder (ca. 1 miljoen m³ per jaar) en in Zeeland voor de kust van Zeeuws-Vlaanderen (ca. 0.2 miljoen m³ per jaar).

Het probleem blijft echter, dat deze processen zich niet altijd even duidelijk zichtbaar manifesteren.

Het geheel speelt zich immers in hoofdzaak af onder water op de zogenaamde vooroever en bovendien zijn de tijd- en ruimteschalen waarop deze processen zich voltrekken dermate groot, dat men zich (nog) niet bedreigd voelt. En hierin schuilt dan tevens het venijn, want hoewel nu nog niet direct bedreigend voor de veiligheid van de kust, niet uitgesloten mag worden dat dit binnen afzienbare tijd wel het geval zal zijn.

Immers, een dergelijke erosie van de vooroever zal op termijn zeker leiden tot versnelde afslag van strand en duin. Hierdoor zullen niet alleen plaatselijke belangen worden aangetast, maar vermoedelijk ook de veiligheid.

Eigenlijk is alleen het tijdstip, waarop zo'n deel van de kust "onderuit" zal gaan, voorlopig nog onbekend.

In ieder geval staat al wel vast, dat wordt ingeteerd op de soms nog slechts magere reserves van onze kust en dat daarmee het probleem voor deze en volgende generaties groeiende is.

Nader onderzoek zal dus o.a. moeten aangeven op welke termijn e.e.a. daadwerkelijk in de gevarenzone terechtkomt.

Met name door het onbekend zijn van deze tijdsfactor, zijn het niet dit soort grootschalige effecten, waarop bij het onderhoud van de zandige kust in eerste instantie de aandacht gericht wordt.

Het betreft hier veel meer het compenseren van erosie zoals deze zich na een aantal stormseizoenen, vaak zeer lokaal en duidelijk zichtbaar, manifesteert.

Men ziet de kust dan terugschrijden en afhankelijk van de belangen die daardoor in het gedrang komen wordt wel of niet ingegrepen.

Dankzij het groeien van de kennis omtrent de kust (ver)vormende processen en het leren denken in deze processen, is inmiddels het besef ontstaan dat direct ingrijpen in veel gevallen lang niet altijd noodzakelijk is.

Zo is het bijvoorbeeld niet uitgesloten, dat een lokale achteruitgang van een kustvak enige jaren later "vanzelf" weer wordt gevolgd door een vooruitgang van dezelfde orde van grootte. In dit soort gevallen is er dan sprake van langs de kust trekkende zandgolven.

Helaas is dit lang niet altijd het geval en zal langs kunstmatige weg het verloren gegane zand weer moeten worden aangevuld.

4.2. potentiële suppletiegebieden (1988 - 1992)

Voor de korte termijn (ca. 5 jaar) geldt, dat daar waar als gevolg van de achteruitgang van de kust belangen in het gedrang zijn of komen, er wel wordt ingegrepen, zeker als de veiligheid van het achterliggende polderland in het geding is. Het aanrekenen van dergelijke knelpunten kan door alle mogelijke instanties worden ondernomen. Want het is natuurlijk niet alleen de Rijksoverheid die zorgen heeft over de kust. Ook de Provincies en de Waterschappen hebben daar een taak en in geval van bijvoorbeeld recreatieve belangen kan ook een plaatselijke overheid zoals een Gemeente actief betrokken zijn.

Gezien het brede scala aan belangen, is het aangeven van potentiële suppletiegebieden voor bijvoorbeeld de komende 5 jaar een moeilijke zaak.

Als voorbeeld hierbij mag misschien het strand van Schevevingen dienen. Zoals uit de evaluatie is gebleken, is er hier sprake van een evenwicht van de kust, dat voor de recreatie een te smal strand tot gevolg heeft. Bovendien is er hier door de aanwezige boulevard geen sprake van een duinsysteem wat eventueel aan het natuurlijk herstel van het strand kan bijdragen en er moet dus worden ingegrepen op een moment dat het strand voor de badgasten te klein wordt. Gezien de plaatselijke situatie (het ontbreken van duinen) wordt dit echter volledig bepaald door de opeenvolging van de respectievelijke stormseizoenen en laat zich derhalve niet plannen.

Op andere locaties geven de resultaten van de evaluatiestudie meer houvast bij het opstellen van een prognose voor het jaar waarin de met de suppletie aangebrachte hoeveelheid zand weer zal zijn opgebruikt en vernieuwd moet worden.

Zo goed mogelijk ook met andere facetten - zoals bij Scheveningen - rekening houdend, is in onderstaande tabel een overzicht samengesteld van de jaren waarin op de verschillende locaties opnieuw gesuppleerd zou moeten worden en de hoeveelheden die daar dan waarschijnlijk mee gemoeld zullen zijn.

Uitdrukkelijk wordt opgemerkt, dat hierbij alleen van morfologische criteria is uitgegaan en dat alleen de in het kader van deze nota onderzochte locaties in beschouwing zijn genomen.

locatie	moment van herhaling		hoeveelheid [milj.m ³]	
	1988-1992	na 1992	1988-1992	na 1992
Ameland	1993		2.5	
Texel/Eierland	1989		3	
/de Koog		1994		3
Scheveningen	1990 ?		0.6	
Voorne	? ?		?	?
Goeree	1992		1	
Westkapelle	1989	1994	0.2	0.2

Samenvattend kan gesteld worden, dat voor het op z'n plaats houden van de kust op de hier beschouwde plaatsen in de komende 5 tot 7 jaar zo'n 5 à 6 miljoen kubieke meter zand benodigd is. De op langere termijn om aandacht vragende slijtage van de kust is hierin niet verdisconteerd.



5. conclusies

In het kader van deze nota zijn een 9-tal strandsuppleties uit het recente verleden geëvalueerd. Gezien de hiervoor beschikbare tijd, is dit gebeurd middels een pragmatische aanpak.

Criteria bij de selectie van deze suppleties zijn :

- het hebben van een voldoende omvang (grootte) in relatie tot de optredende kustprocessen;
- het type suppletie (geen achterwaartse duinverzwaringen, vooroeversuppleties, etc;

Op deze wijze is een selectie gemaakt van suppleties die representatief gesteld mogen worden voor deze manier van kustverdediging langs de gehele Nederlandse kust.

Aan de hand van deze evaluatie kunnen de volgende conclusies worden getrokken :

- met betrekking tot het wel of niet voldoen aan de verwachtingen qua levensduur kan het volgende overzicht worden samengesteld:

suppletie	jaar van aanleg	levensduur	verwachting qua levensduur
Ameland	1980	10	verwachting is dat deze suppletie 1990 ruimschoots haalt.
Texel/ Eierland	1979	5	deze suppletie heeft precies aan de doelstelling voldaan.
Eierland	1985	5	deze zal het waarschijnlijk (net) niet halen.
de Koog	1984	10	de verwachtingen zijn positief.
Scheveningen	1975	n.v.t.	hier wordt "naar behoefte" gesuppleerd (recreatie).
Voorne	1977	5	deze suppletie heeft ruimschoots voldaan.
Goeree	1973	n.v.t.	heeft ruimschoots voldaan
	1977	5	deze suppletie heeft het ruimschoots gehaald.
Westkapelle	1984	5	deze suppletie zal naar verwachting net aan z'n levensduur toekomen.

samenvattend kan worden gesteld, dat :

- van de 9 geëvalueerde suppleties er 5 inmiddels (ruimschoots) aan hun doelstelling met betrekking tot de levensduur hebben voldaan; er 3 naar alle waarschijnlijkheid hieraan zullen voldoen en dat er slechts één is die - naar het zich nu laat aanzien - hier niet aan zal voldoen (Texel/Eierland - 1985).
- het derhalve mogelijk gebleken is om - ook binnen de grillige natuurlijke omstandigheden aan de kust - strandsuppleties goed te dimensioneren; dat wil zeggen, de aan te brengen hoeveelheden zodanig te kunnen bepalen dat de suppletie voldoetaan vooraf gestelde randvoorwaarden met betrekking tot de levensduur.
- de toepassing van strandsuppleties als methode van kustverdediging vanuit morfologisch standpunt gezien als erg effectief beschouwd mag worden. De optredende erosie kan met deze methode uitstekend worden gecompenseerd (tegen relatief geringe kosten).

Bijlage 3A: Overzicht van kosteninformatie en technische parameters
(Hoort bij hoofdstuk 6 van deze nota.)

In de kostenvergelijkingen wordt steeds uitgegaan van de jaarlijkse kosten van de verdediging van de kustlijn per kilometer lengte. Daarbij zijn de volgende grootheden van belang.

Initiële kosten

- o Initiële aanlegkosten van strandhoofden per km kustlijn (IAKS).
- o Sloopkosten van strandhoofden per km kustlijn, uitgedrukt als percentage van de aanlegkosten (SLKS).

Jaarlijkse kosten

- o Basisonderhoudskosten van strandhoofden per km kustlijn per jaar (BOKS).
- o Extra onderhoudskosten van strandhoofden per km kustlijn per jaar per meter kustlijnachteruitgang (EOKS).

Eenhedsprijzen

- o Zandkosten per m³ zand (ZKOS).

Overige economische grootheden

- o Levensduur (afschrijvingsperiode) van strandhoofden (N).
- o Reële rentevoet in % (R).

Technische grootheden

- o Zandvolume in m³ (bruto, dus inclusief zandverliezen), nodig om 1 meter kustlijnachteruitgang te compenseren per km kustlijn (ZVOL).

Afgeleide grootheden

- o Jaarlijkse vaste kosten aan rente en aflossing op basis van een annuïteitenberekening voor de aanlegkosten van strandhoofden (JRKS). De waarde van JRKS wordt afgeleid uit IAKS, N en R.
- o Jaarlijkse vaste kosten aan rente en aflossing op basis van een annuïteitenberekening voor de aanlegkosten van een eenmalige suppletie ter compensatie van het negatieve effect, dat kan optreden bij het verwijderen van een bestaande strandhoofdenreeks (KOMP). De omvang van deze eenmalige suppletie is arbitrair gelijk gesteld aan de hoeveelheid zand die nodig is om de kustlijn 10 m zeewaarts te verplaatsen. Als zodanig kan de waarde van KOMP worden afgeleid uit ZVOL, ZKOS, N en R.

Bij de uitwerking van de kostenvergelijkingen wordt een onderscheid gemaakt naar een drietal scenario's:

- o scenario **GEM**: een gemiddeld kostenscenario, gebaseerd op de best mogelijke schattingen voor de verschillende kostenfactoren en de daaraan gerelateerde technische parameters;
- o scenario **STR**: een kostenscenario waarbij de onzekerheden in de kostenfactoren zodanig zijn geïnterpreteerd, dat de kostenvergelijking zoveel mogelijk ten gunste van strandhoofden uitvalt;
- o scenario **SUP**: een kostenscenario waarbij de onzekerheden in de kostenfactoren zodanig zijn geïnterpreteerd, dat de kostenvergelijking zoveel mogelijk ten gunste van zandsuppleties uitvalt.

Daarnaast wordt op grond van de regionale verschillen in de waarde van de te hanteren kosteninformatie en technische parameters een onderscheid gemaakt in drie regio's, te weten:

- o de Delta;
- o de Hollandse kust;
- o de Waddenkust.

De benodigde informatie is verzameld in samenwerking en overleg met de regionale direkties van Rijkswaterstaat. Daarbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- o Voor de aanlegkosten van strandhoofden aan de Hollandse kust is uitgegaan van 1 miljoen gulden; dit geldt bij benadering ook voor de Waddenkust.
- o Voor de Hollandse kust wordt uitgegaan van 4 à 5 strandhoofden per km; voor de Waddenkust (Texel) ligt dit op 2 à 3 strandhoofden per km.
- o Het jaarlijkse onderhoud van strandhoofden wordt gemiddeld geschat op 10.000 gulden per strandhoofd per jaar voor zowel de Hollandse als de Waddenkust.
- o Voor de bepaling van de onderhoudskosten van strandhoofden per m kustachteruitgang is voor de Hollandse en voor de Waddenkust globaal uitgegaan van een onderhoudspost van 400.000 gulden per strandhoofd bij een achteruitgang van 50 m, voornamelijk voor het onderhoud van de kop (verzwaring en bestorting).
- o De relatie m^3 per m^1 ten behoeve van de berekening van de omvang van suppleties beweegt zich voor de Hollandse en voor de Waddenkust tussen de 10 en 20. De hieruit afgeleide schattingen voor het benodigde zandvolume zijn inclusief de optredende zandverliezen bij het aanbrengen van de zandsuppletie.
- o Voor de schattingen van de gemiddelde zandprijs gelden de volgende aannamen:
 - voor scenario GEM is uitgegaan van de "beste" kostenschattingen, zoals die ten behoeve van de beleidsanalyse zijn gemaakt;
 - voor scenario STR zijn de voor de beleidsanalyse gemaakte schattingen gehanteerd die zijn gebaseerd op ongunstige veronderstellingen ten aanzien van de achterliggende kostenfactoren;
 - voor scenario SUP zijn de prijzen van scenario GEM met 25% verlaagd; dit kan bijvoorbeeld worden gezien als het mogelijk dumpen van marktprijzen door aannemers.

Met mogelijke veranderingen in het zandwinbeleid, hetgeen potentieel tot een aanzienlijke verlaging van de zandprijs voor de Hollandse kust zou kunnen leiden, is bij deze berekeningen geen rekening gehouden.

Het volgende biedt een overzicht van de gehanteerde informatie voor de drie regio's en de drie scenario's.

KOSTENSCENARIO'S VOOR DE DELTA

	STR	GEM	SUP
IAKS (1000 fl)	3500	4500	5500
SLKS (-)	0.4	0.6	0.8
BOKS (1000 fl/jr)	10	25	40
EOKS (1000 fl/m)	10	35	60
ZKOS (fl/m ³)	6.4	4.8	3.6
N (jaar)	50	50	50
R (%)	3	4	5
ZVOL (1000 m ³ /m.km)	60	45	35
JRKS (1000 fl/jr)	136	209	301
KOMP (1000 fl/jr)	149	101	69

KOSTENSCENARIO'S VOOR DE HOLLANDSE KUST

	STR	GEM	SUP
IAKS (1000 fl)	3500	4500	5500
SLKS (-)	0.4	0.6	0.8
BOKS (1000 fl/jr)	35	45	55
EOKS (1000 fl/m)	20	35	50
ZKOS (fl/m ³)	10.7	9.3	7.0
N (jaar)	50	50	50
R (%)	3	4	5
ZVOL (1000 m ³ /m.km)	25	20	15
JRKS (1000 fl/jr)	136	209	301
KOMP (1000 fl/jr)	104	87	58

KOSTENSCENARIO'S VOOR DE WADDEN

	STR	GEM	SUP
IAKS (1000 fl)	2000	2500	3000
SLKS (-)	0.4	0.6	0.8
BOKS (1000 fl/jr)	15	25	35
EOKS (1000 fl/m)	10	20	30
ZKOS (fl/m ³)	5.8	3.0	2.25
N (jaar)	50	50	50
R (%)	3	4	5
ZVOL (1000 m ³ /m.km)	25	20	15
JRKS (1000 fl/jr)	78	116	164
KOMP (1000 fl/jr)	56	28	18

Bijlage 3B: uitwerking van kostenvergelijkingen
(Hoort bij hoofdstuk 6 van deze nota.)

Beschouwde maatregelen

Schone kust:

- IH1: het handhaven van de kust door middel van nieuwe strandhoofden en aanvullende suppleties;
- IH2: het handhaven van de kust door middel van uitsluitend zandsuppleties;
- IR1: het remmen van de erosie door middel van nieuwe strandhoofden;
- IR2: het remmen van de erosie (in een mate gelijk aan IR1) door middel van zandsuppleties.

Kustvak met bestaande strandhoofden:

- IIH1: het handhaven van de kust door het onderhouden van de strandhoofden en het uitvoeren van aanvullende suppleties;
- IIH2: het handhaven van de kust door het verwijderen van de bestaande strandhoofden en het uitvoeren van uitsluitend zandsuppleties.
- IIR1: het remmen van de erosie door het uitsluitend onderhouden van de bestaande strandhoofden;
- IIR2: het remmen van de erosie door het verwijderen van de bestaande strandhoofden en het uitvoeren van zandsuppleties, die eenzelfde mate van erosie-redukatie bewerkstelligen als de voormalige strandhoofden.

Uitgevoerde kostenvergelijkingen:

- 1 IH1 versus IH2;
- 2 IR1 versus IR2;
- 3 IIH1 versus IIH2;
- 4 IIR1 versus IIR2;
- 5 IR1 versus IH1.
- 6 IIR1 versus IIH1.

Vergelijking IH1 en IH2 (par. 6.3.1)

Naam : IH1
Aanduiding: jaarlijkse kosten van nieuwe strandhoofden en aanvullende suppleties
Grooth. : IH1
Dimensie : f1 1000/jr
Formule : $IH1 = JRKS + BOKS + (1 - EFF) * KLER * ZVOL * ZKOS$

Naam : IH2
Aanduiding: jaarlijkse kosten suppleties
Grooth. : IH2
Dimensie : f1 1000/jr
Formule : $IH2 = KLER * ZVOL * ZKOS$

Het break-even point wordt gevonden door IH1 en IH2 gelijk te stellen.
Hieruit volgt:

$$EFF = (JRKS + BOKS) / (KLER * ZVOL * ZKOS)$$

Dit levert de volgende waarden van EFF als functie van KLER, voor de drie scenario's (STR, GEM en SUP) en voor de drie beschouwde regio's.

1 Deltagebied

KLER(m)	Scenario	STR	EFF(-)	
			GEM	SUP
1		.38	1.09	2.71
2		.19	.54	1.35
3		.13	.36	.90
4		.10	.27	.68
5		.08	.22	.54

2 Hollandse kust

KLER(m)	Scenario	STR	EFF(-)	
			GEM	SUP
1		.64	1.37	3.39
2		.32	.68	1.70
3		.21	.46	1.13
4		.16	.34	.85
5		.13	.27	.68

3 Waddenkust

KLER(m)	Scenario	STR	EFF(-)	
			GEM	SUP
1		.64	2.36	5.91
2		.32	1.18	2.95
3		.21	.79	1.97
4		.16	.59	1.48
5		.13	.47	1.18

Vergelijking IR1 en IR2 (par. 6.3.2)

Naam : IR1
 Aanduiding: jaarlijkse kosten van nieuw aan te leggen strandhoofden
 Grooth. : IR1
 Dimensie : fl 1000/jr
 Formule : $IR1 = JRKS + BOKS + (1 - EFF) * KLER * EOKS$

Naam : IR2
 Aanduiding: jaarlijkse kosten van suppleties zodanig, dat vergelijkbare erosie optreedt met IR1
 Grooth. : IR2
 Dimensie : fl 1000/jr
 Formule : $IR2 = EFF * KLER * ZVOL * ZKOS$

Het break-even point wordt gevonden door IR1 en IR2 gelijk te stellen.
 Hieruit volgt:

$$EFF = (JRKS + BOKS + KLER * EOKS) / (KLER * ZVOL * ZKOS + KLER * EOKS)$$

Dit levert de volgende waarden van EFF als functie van KLER, voor de drie scenario's (STR, GEM en SUP) en voor de drie beschouwde regio's.

1 Deltagebied

Scenario	STR	EFF(-)	
		GEM	SUP
KLER(m)			
1	.40	1.07	2.16
2	.21	.61	1.24
3	.15	.45	.93
4	.12	.37	.78
5	.10	.33	.69

2 Hollandse kust

Scenario	STR	EFF(-)	
		GEM	SUP
KLER(m)			
1	.66	1.31	2.62
2	.37	.73	1.47
3	.27	.54	1.09
4	.22	.45	.90
5	.19	.39	.78

3 Waddenkust

Scenario	STR	EFF(-)	
		GEM	SUP
KLER(m)			
1	.66	2.02	3.60
2	.37	1.13	2.03
3	.26	.84	1.51
4	.21	.69	1.25
5	.18	.60	1.10

Vergelijking IIH1 en IIH2 (par. 6.3.3)

Naam : IIH1

Aanduiding: jaarlijkse kosten bestaande strandhoofden en aanvullende suppleties

Grooth. : IIH1

Dimensie : fl 1000/jr

Formule : $IIH1 = BOKS + (1 - EFF) * KLER * ZVOL * ZKOS$

Naam : IIH2

Aanduiding: jaarlijkse kosten van verwijderen strandhoofden en supplemen

Grooth. : IIH2

Dimensie : fl 1000/jr

Formule : $IIH2 = SLKS * JRKS + KOMP + KLER * ZVOL * ZKOS$

Het break-even point wordt gevonden door IIH1 en IIH2 gelijk te stellen. Hieruit volgt:

$$EFF = (BOKS - SLKS * JRKS - KOMP) / (KLER * ZVOL * ZKOS)$$

Dit levert de volgende waarden van EFF als functie van KLER, voor de drie scenario's (STR, GEM en SUP) en voor de drie beschouwde regio's.

1 Deltagebied

Scenario KLER(m)	STR	EFF(-)	
		GEM	SUP
1	-.50	-.93	-2.14
2	-.25	-.47	-1.07
3	-.17	-.31	-.71
4	-.13	-.23	-.54
5	-.10	-.19	-.43

2 Hollandse kust

Scenario KLER(m)	STR	EFF(-)	
		GEM	SUP
1	-.46	-.90	-2.32
2	-.23	-.45	-1.16
3	-.15	-.30	-.77
4	-.12	-.22	-.58
5	-.09	-.18	-.46

3 Waddenkust

Scenario KLER(m)	STR	EFF(-)	
		GEM	SUP
1	-.50	-1.21	-3.40
2	-.25	-.61	-1.70
3	-.17	-.40	-1.13
4	-.12	-.30	-.85
5	-.10	-.24	-.68

Vergelijking IIR1 en IIR2 (par. 6.3.4)

Naam : IIR1

Aanduiding: jaarlijkse kosten bestaande strandhoofden

Grooth. : IIR1

Dimensie : fl 1000/jr

Formule : $IIR1 = BOKS + EOKS * (1 - EFF) * KLER$

Naam : IIR2

Aanduiding: jaarlijkse kosten verwijderen strandhoofden en suppleren tot dezelfde erosie optreedt als bij IIR1

Grooth. : IIR2

Dimensie : fl 1000/jr

Formule : $IIR2 = SLKS * JRKS + KOMP + EFF * KLER * ZVOL * ZKOS$

Het break-even point wordt gevonden door IIR1 en IIR2 gelijk te stellen. Hieruit volgt:

$$EFF = (BOKS + EOKS * KLER - SLKS * JRKS - KOMP) / (KLER * (ZVOL * ZKOS + EOKS))$$

Dit levert de volgende waarden van EFF als functie van KLER, voor de drie scenario's (STR, GEM en SUP) en voor de drie beschouwde regio's.

1 Deltagebied

KLER(m)	Scenario	EFF(-)		
		STR	GEM	SUP
1		-.47	-.66	-1.13
2		-.22	-.26	-.40
3		-.14	-.13	-.16
4		-.10	-.06	-.04
5		-.07	-.02	.03

2 Hollandse kust

KLER(m)	Scenario	EFF(-)		
		STR	GEM	SUP
1		-.36	-.60	-1.25
2		-.15	-.22	-.46
3		-.07	-.09	-.20
4		-.04	-.03	-.07
5		-.02	.01	.01

3 Waddenkust

KLER(m)	Scenario	EFF(-)		
		STR	GEM	SUP
1		-.14	-.14	-.21
2		-.06	-.04	-.07
3		-.03	-.01	-.02
4		-.01	.00	.00
5		-.01	.01	.02

Vergelijking IR1 en IH1 (par. 6.3.5)

Naam : IR1m
 Aanduiding: kosten van bestaande strandhoofden per m erosie-redukatie
 Grooth. : IR1m
 Dimensie : fl 1000/jr
 Formule : $IR1m = (BOKS + EOKS * (1 - EFF) * KLER) / (EFF * KLER)$

Naam : IH1m
 Aanduiding: kosten van aanvullende suppleties per m erosie-redukatie
 Grooth. : IH1m
 Dimensie : fl 1000/jr
 Formule : $IH1m = ZVOL * ZKOS - EOKS$

Het break-even point wordt gevonden door IR1m en IH1m gelijk te stellen. Hieruit volgt:

$$EFF = (BOKS + EOKS * KLER) / (KLER * ZVOL * ZKOS)$$

Dit levert de volgende waarden van EFF als functie van KLER, voor de drie scenario's (STR, GEM en SUP) en voor de drie beschouwde regio's.

1 Deltagebied

Scenario KLER(m)	STR	EFF(-)	
		GEM	SUP
1	.05	.28	.79
2	.04	.22	.63
3	.03	.20	.58
4	.03	.19	.56
5	.03	.19	.54

2 Hollandse kust

Scenario KLER(m)	STR	EFF(-)	
		GEM	SUP
1	.21	.43	1.00
2	.14	.31	.74
3	.12	.27	.65
4	.11	.25	.61
5	.10	.24	.58

3 Waddenkust

Scenario KLER(m)	STR	EFF(-)	
		GEM	SUP
1	.17	.75	1.93
2	.12	.54	1.41
3	.10	.47	1.23
4	.09	.44	1.15
5	.09	.42	1.10

Vergelijking IIRlm en IIHlm (par. 6.3.6)

Naam : IIRlm
 Aanduiding: kosten van nieuwe strandhoofden per m erosie-redukatie
 Grooth. : IIRlm
 Dimensie : fl 1000/jr
 Formule : $IIRlm = (JRKS + BOKS + EOKS * (1 - EFF) * KLER) / (EFF * KLER)$

Naam : IIHlm
 Aanduiding: kosten van aanvullende suppleties per m erosie-redukatie
 Grooth. : IIHlm
 Dimensie : fl 1000/jr
 Formule : $IIHlm = ZVOL * ZKOS - EOKS$

Het break-even point wordt gevonden door IIRlm en IIHlm gelijk te stellen. Hieruit volgt:

$$EFF = (JRKS + BOKS + EOKS * KLER) / (KLER * ZVOL * ZKOS)$$

Dit levert de volgende waarden van EFF als functie van KLER, voor de drie scenario's (STR, GEM en SUP) en voor de drie beschouwde regio's.

1 Deltagebied

KLER(m)	Scenario	STR	EFF(-)	SUP
			GEM	
1		.41	1.25	3.18
2		.22	.70	1.83
3		.15	.52	1.38
4		.12	.43	1.15
5		.10	.38	1.02

2 Hollandse kust

KLER(m)	Scenario	STR	EFF(-)	SUP
			GEM	
1		.71	1.56	3.87
2		.39	.87	2.17
3		.29	.64	1.61
4		.23	.53	1.32
5		.20	.46	1.15

3 Waddenkust

KLER(m)	Scenario	STR	EFF(-)	SUP
			GEM	
1		.71	2.69	6.79
2		.39	1.51	3.84
3		.28	1.12	2.86
4		.23	.92	2.37
5		.20	.80	2.07