ministerie van verkeer en waterstaat

rijkswaterstaat

technisch rapport 16

harde kustverdediging

kustverdediging na 1990

TECHNISCH RAPPORT 16: HARDE KUSTVERDEDIGING

Zeedijken, havengebieden en strandmuren als waterkering

Opgesteld door: ing. P.J. Eversdijk
Hoofdafdeling Waterbouw
Directie Sluizen en Stuwen

Nota nr. : SSWB-R-89016

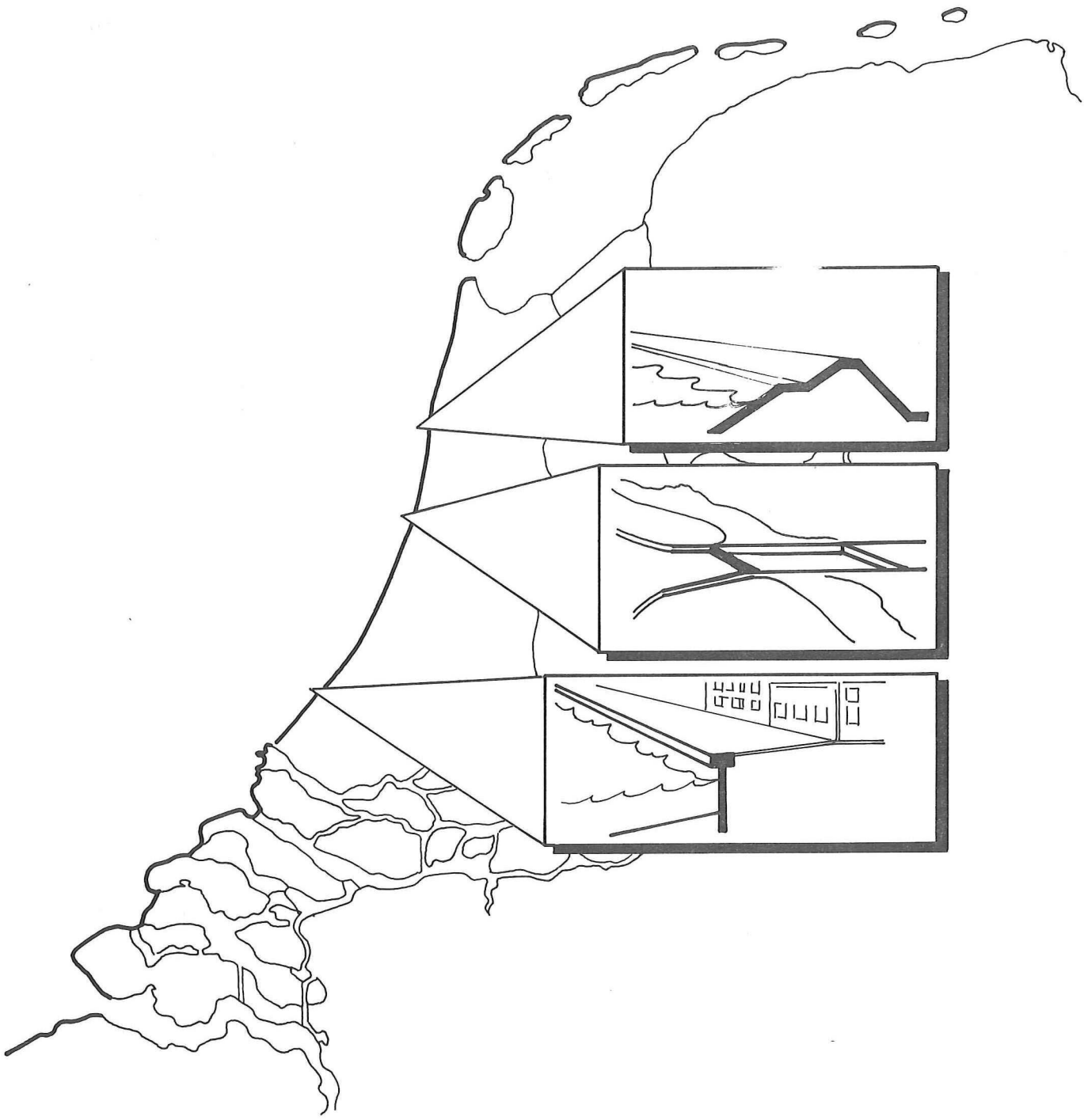
april 1989

Tekenwerk: Paul Prast
Typewerk : Tineke van Doorn

KUSTVERDEDIGING NA 1990

RIJKSWATERSTAAT

Directie Sluizen en Stuwen
Hoofdafdeling Waterbouw



INHOUDSOPGAVE BLZ.

HET KADER VAN DIT RAPPORT 5

SAMENVATTING EN CONCLUSIES 7

1 INLEIDING 13

2 PROBLEEMSTELLING 15

3 AANPAK EN WERKWIJZE 17

4 UITGANGSPUNTEN EN DEFINITIES 19

5 TE BEOORDELEN ONDERDELEN KUSTVERDEDIGINGSSTROOK 23
5.1 Schematisatie kustverdedigingsstrook 23
5.2 Harde kustverdediging 23
5.3 Nadere begrenzingen 24

6 INVENTARISATIE HUIDIGE SITUATIE 27
6.1 Inleiding 27
6.2 Ameland 27
6.3 Bolwerk Texel 29
6.4 Helderse Zeewering 29
6.5 Hondsbossche en Pettemer Zeewering 35
6.6 Havengebied IJmuiden 39
6.7 Katwijk 41
6.8 Scheveningen 45
6.9 Zuiderdam Maasvlakte 49
6.10 Stellendam 50
6.11 Flaauwe werk 53
6.12 Schouwen Duiveland 54
6.13 Onrustpolder 54
6.14 Westkapelse Zeedijk 57
6.15 Zeedijk Zoutelande 58
6.16 Nolledijk/Zwanenburg 59
6.17 Vlissingen 61
6.18 Zeeuws-Vlaanderen 63
6.19 Samenvatting huidige situatie 68

7 RICHTLIJNEN BEHEER EN ONDERHOUD WATERKERINGEN 69
7.1 Inleiding 69
7.2 Ontwerp-Wet op de Waterkering 69
7.2.1 Verplichtingen volgens de wet 69
7.2.2 Actualisering hydraulische randvoorwaarden 70
7.2.3 Beheer waterkeringen 71
7.3 Kruinhoogte 71
7.4 Glooiingsconstructie 73
7.5 Onderwateroever 75
7.5.1 Stabiliteitscriteria 75
7.5.2 Bewaking onderwateroever 77

8 VERANDERINGEN HYDRO-METEO-CONDITIES 79
8.1 Scenario's 79
8.2 Basispeilen 79
8.3 Golfhoogten 80

9 VERWACHTE MORFOLOGISCHE ONTWIKKELINGEN 83

10 CONSEQUENTIES HANDHAVEN DELTAVEILIGHEID 87
10.1 Inleiding 87
10.2 Onderhoud waterkering 89
10.3 Aanpassingen glooiingsconstructies 90
10.4 Periodieke kruinverhoging 90
10.4.1 Aanpak 90
10.4.2 Berekening kruinverhoging bij diverse scenario's 91
10.4.3 Tijdstip kruinverhoging 95
10.4.4 Kosten kruinverhoging 95
10.4.5 Samenvatting kosten en tijdstip kruinverhogingen 102
10.5 Onderhoud onderwateroever 102
10.6 Samenvatting kosten handhaven Deltaveiligheid 106

11 RETIREREN HARDE WATERKERING 113
11.1 Inleiding 113
11.2 Retireren Hondsbossche en Pettemer Zeewering 113
11.3 Conclusies 117

12 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN 119

Literatuuroverzicht 121

Bijlagen
1 In de studie beschouwde Noordzeekust; totale lengte 353 km 123
2 Overzicht sectorindeling en plaats harde kustverdedigingen 124
3 Onderhoudskosten harde kustverdedigingen en onderwateroeverbeschermingen in de kustverdedigingsstrook (periode 1975 t/m 1984) 125
4 Situering en lengte sectoren in de kustverdedigingsstrook 126
5 Overzicht harde elementen in de kustverdedigingsstrook (situatie begin 1989) 128

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.

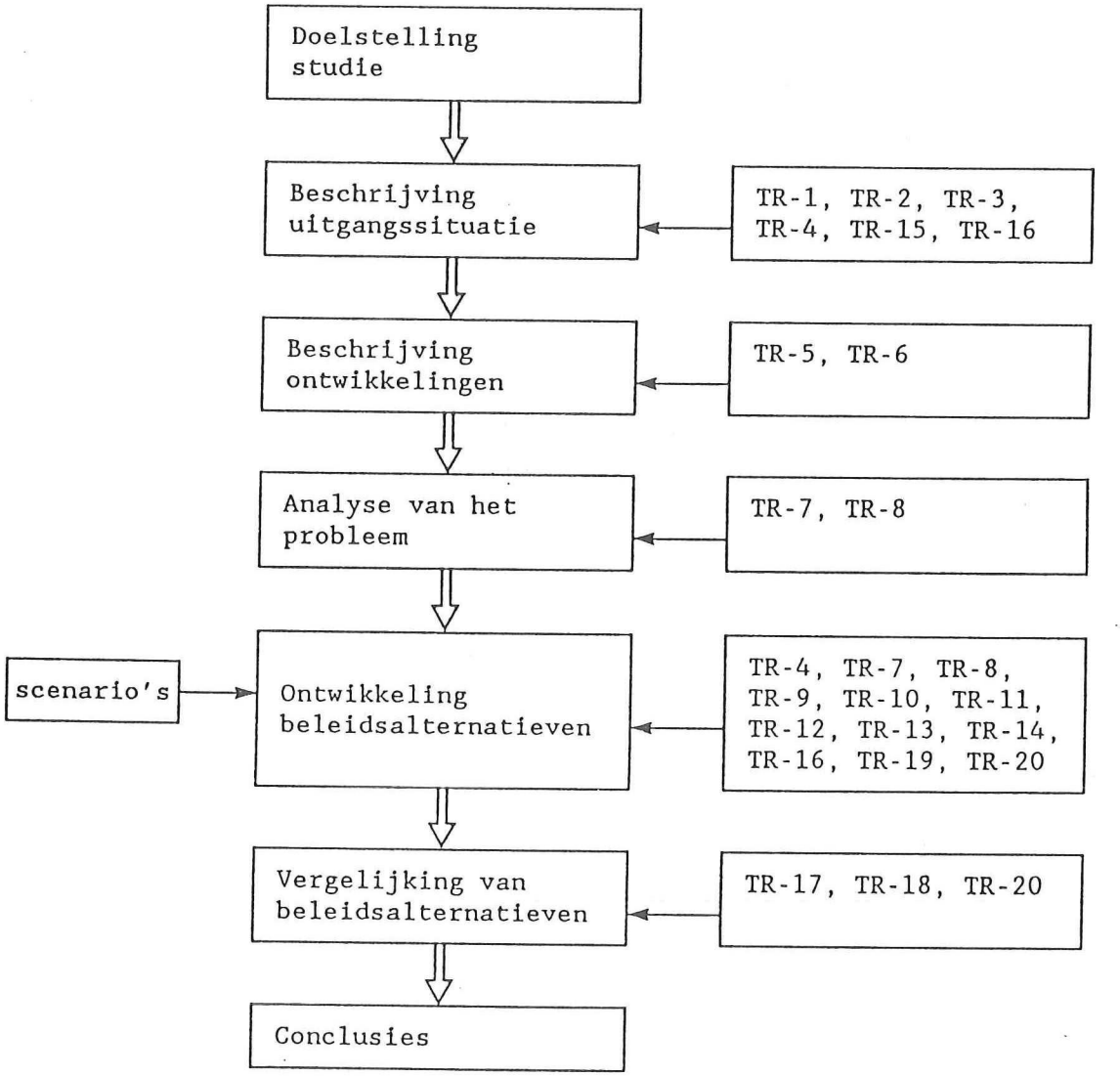
De beleidsanalytische studie vereist kennis over een groot aantal, soms nogal uiteenlopende aspecten van kustverdediging(sbeleid): kustgedrag, veiligheid van de duinenkust, voorspelling van kustgedrag, gebruiksfuncties in het duingebied en hoe deze te beoordelen, welke maatregelen zijn zinvol, etc. Al 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 analyse van enkele mogelijkheden.

De onderbouwende studies bestrijken het brede scala van onderwerpen die met de beleidsanalyse 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 EN CONCLUSIES

Deltaveiligheid

In het kader van de Deltawet zijn en worden versterkingen van de Nederlandse kust uitgevoerd, opdat hiervoor naar verwachting in 1990 de zogenaamde Deltaveiligheid bereikt kan zijn. Door veranderende hydro-meteo-condities en door morfologische ontwikkelingen zullen in de toekomst maatregelen nodig blijven om de Detaveiligheid te handhaven.

Technisch rapport 16

In Technisch Rapport 16 wordt een studie verricht naar de gedeelten van de kustverdedigingsstrook, die hoofdzakelijk worden gevormd door een harde kustverdediging: zeedijken, havengebieden en strandmuren. In de studie wordt nagegaan, welke (vooral financiële) consequenties zijn verbonden aan het handhaven van de Deltaveiligheid voor deze verdedigingen. Tevens wordt onderzocht of het verantwoord is de waterkering tot elke prijs in het huidige tracé te handhaven.

Scenario's

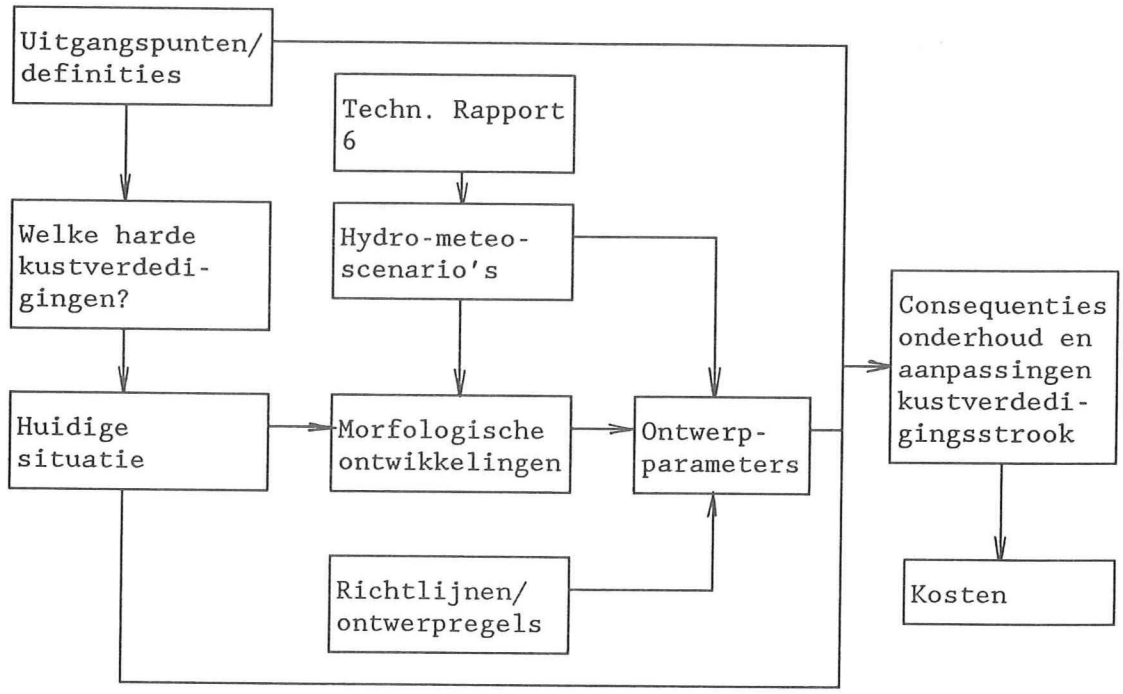
Over de mate waarin hydro-meteo-condities zich wijzigen, bestaan grote onzekerheden.
Daarom wordt hiervoor een drietal scenario's gehanteerd:

A Beleids Scenario: huidige situatie, zeespiegelrijzing 0,20 m/eeuw.
B Anticiperend Scenario: verwachte ontwikkeling, zeespiegelrijzing 0,60 m/eeuw; constante golfhoogte op diepwater.
C Ongunstig scenario, zeespiegelrijzing 0,85 m/eeuw, ongunstige ontwikkeling golfcondities.

Voor de genoemde scenario's zijn de veranderingen van de, voor de sterkte van de waterkering belangrijkste, ontwerpparameters (basispeil en golfhoogte) afgeleid. Hierbij is, vooral ten aanzien van de golfhoogte, rekening gehouden met de plaatselijke omstandigheden.

Aanpak

Ten behoeve van de studie zijn een aantal uitgangspunten gedefinieerd. Daarnaast is vastgesteld, welke onderdelen van de kustverdedigingsstrook behoren tot de categorie zeedijken, havengebieden en strandmuren.
Van de te beoordelen onderdelen zijn gegevens verzameld over het huidige ontwerp en de ligging van de onderwateroever. Tevens is een inschatting gemaakt van de te verwachten morfologische ontwikkelingen bij de verschillende scenario's.
Op basis van richtlijnen en ontwerpregels is bepaald, welke ontwerpparameters, door wijzigingen in de ligging van de onderwateroever en door veranderende hydro-meteo-condities, worden beïnvloed.
Vervolgens is van deze parameters de invloed op de kustverdedigingsconstructie nagegaan.
Uiteindelijk zijn de consequenties vertaald in kosten.
Het beschreven proces is schematisch weergegeven in figuur 1.



Figuur 1 Schematische weergave van de werkwijze ter bepaling van de consequenties voor handhaven van de veiligheid.

Enkele uitgangspunten

- De studie bestrijkt de periode van 1990 tot 2090.
- Bij het berekenen van kosten voor het handhaven van Deltaveiligheid worden in principe alleen de kosten voor het in stand houden van veiligheid van het achterland in beschouwing genomen.
- Uitgegaan wordt van de veiligheidsnormen, zoals die zijn vastgelegd in de conceptversie eind 1988 van de Wet op de Waterkering.
- Periodieke kruinverhogingen van zeedijken vinden plaats om de 50 jaar; voor kunstwerken (keermuren, sluizen) en keringen die door de bebouwing lopen, wordt een periode van 100 jaar gehanteerd.
- Verondersteld wordt, dat in 1990 alle deltaversterkingen zijn uitgevoerd en dat aan de normen is voldaan.

Harde kustverdediging

De in Technisch Rapport 16 te beschouwen gedeelten van de kustverdedigingsstrook zijn:

Zeedijken:
- Helderse Zeewering
- Pettemer Zeewering
- Hondsbossche Zeewering
- Stellendam en Flaauwe Werk (Goeree-Overflakkee)
- Schouwen-Duiveland (aansluiting op stormvloedkering Oosterschelde)
- Onrustpolder (Noord-Beveland)
- Westkapelse Zeedijk, Zeedijk Zoutelande en Zwanenburg/Nolledijk (Walcheren)
- Zeeuws-Vlaanderen (diverse dijkvakken)

Overige elementen:
- Bolwerk Texel
- Havengebied IJmuiden (Hoogoventerrein, sluizen, bebouwing IJmuiden)
- Uitwateringssluis en kering door bebouwing Katwijk
- Kering rond haven en door bebouwing Scheveningen
- Strandmuren Scheveningen en Vlissingen.
- Onderwateroeverbeschermingen
  * Ameland (westzijde)
  * Zuiderdam Maasvlakte (blokkendam)
  * Ter plaatse van zeedijken en strandmuren.

De deltadammen, de stormvloedkering Oosterschelde en de Haringvlietdam (met uitwateringssluizen) bieden veiligheid in samenhang met de dijken rondom het achterliggende bekken. Deze dammen bezitten geen direct erachtergelegen polderland en worden daarom in de studie niet meegenomen.
Verder worden niet meegenomen de duinvoetverdedigingen (o.a. Domburg, Ter Heijde) en de strandhoofden in de duinenkust. Deze worden beschouwd als harde onderdelen van de zachte kustverdediging (duinenkust) en derhalve behandeld in Technisch Rapport 7, "Duinen als waterkering".

Vakindeling Nederlandse kust

Om de resultaten van de beleidsanalyse van de kustverdediging op een overzichtelijke wijze te kunnen presenteren, is de Nederlandse kust in lengterichting onderverdeeld in een twintigtal sectoren. Deze sectorindeling is voornamelijk gebaseerd op onderscheid in het beheer van de kustverdedigingsstrook, vaak samenvallend met geografisch logisch te onderscheiden deelgebieden.
Bij het beoordelen van de harde kustverdedigingen wordt steeds uitgegaan van de werkelijke lengte. Bij het verwerken van de resultaten in de beleidsanalyse worden de resulterende kosten verdeeld over een geheel aantal vakjes van 1 km lengte, de zogenaamde cellen.

Consequenties handhaven Deltaveiligheid

Uitgangspunt hierbij is, dat de waterkering in het huidige tracé blijft gehandhaafd. Daartoe is het van belang, dat de kering voldoende sterk blijft en dat een voldoende stabiele onderwateroever in stand wordt gehouden.
Samengevat zijn met het in stand houden van de Deltaveiligheid de volgende kosten gemoeid:

Waterkering	- onderhoud
	- aanpassing glooiingsconstructies
	- periodieke kruinverhoging
	- aanpassen keermuren en sluizen
	- aanpassen keringen door bebouwing
Onderwateroever	- onderhoud
	- incidentele aanpassingen

Door het Waterloopkundig Laboratorium zijn de onderhoudskosten van de kustverdediging over de periode 1975-1984 geïnventariseerd. Hieruit zijn de te verwachten jaarlijkse onderhoudskosten voor de periode tot 2090 afgeleid. Voor plaatsen, waarover geen of niet voldoende gegevens bekend waren, zijn de kosten geschat.

Door de te verwachten morfologische ontwikkelingen zijn tevens op een aantal plaatsen aanvullende aanpassingen van de onderwateroever noodzakelijk. Hiervoor zijn kosten geschat.

De veranderingen in de hydro-meteo-condities leiden tot een aantal aanpassingen aan de glooiingsconstructies. In dit rapport zijn slechts de kosten meegenomen van het verlengen van de harde glooiing, aan de zeezijde, tot een hoger niveau.
Ten aanzien van de periodieke kruinverhogingen is onderscheid gemaakt tussen zeedijken en overige constructies. Voor zeedijken zijn de kosten voor verhogingen bepaald voor enkele representatieve dwarsprofielen. Hieruit zijn de kosten voor alle dijkvakken afgeleid. Voor de overige constructies zijn de kosten per geval bepaald.
Uit het tijdstip van de laatste verhoging, ten behoeve van het bereiken van Deltaveiligheid, is voor de verschillende scenario's afgeleid, wanneer een volgende aanpassing moeten plaatsvinden en wanneer dus hiervoor kosten moeten worden gemaakt.
De maat voor de verhoging is afgeleid uit de veranderende hydraulische randvoorwaarden (basispeil en golfhoogte).
In tabel 1 zijn de kosten die zijn gemoeid met het in stand houden van de Deltaveiligheid samengevat.

Retireren harde waterkering

Met het in stand houden van de veiligheid ter plaatse van een erosieve kust kunnen soms hoge kosten gemoeid zijn. Door het landinwaarts verplaatsen van de waterkering zouden de kosten voor het in stand houden wellicht sterk kunnen worden teruggebracht. Om de consequenties van dit alternatief na te kunnen gaan is voor de Hondsbossche en Pettemer Zeewering een vergelijking gemaakt tussen de varianten handhaven in het huidige tracé en retireren.
Uiteraard moet daarbij een aantal grove inschattingen worden gedaan.
De resultaten laten zien, dat het handhaven van de kering in het huidige tracé, ondanks de hoge onderhoudskosten, financieel aantrekkelijker is dan retireren. Bovendien speelt daarnaast nog een aantal andere aspecten een rol, die ook pleiten voor handhaven.
De conclusie is, dat het uitgangspunt voor de studie om de waterkeringen die bestaan uit harde elementen, in het huidige tracé te handhaven, juist is.

Belangrijkste conclusies

- Door het plegen van onderhoud en het doen van aanpassingen (ten gevolge van zeespiegelrijzing) kunnen de harde kustverdedigingen in het huidige tracé worden gehandhaafd.
- Retireren van een "harde" waterkering is financieel onaantrekkelijk ten opzichte van handhaven in het huidige tracé.
- Op plaatsen waar de waterkering door de bebouwing loopt (Scheveningen, Katwijk), zijn aanpassingen erg gecompliceerd en duur.
- Bij de onderhavige studie zijn slechts kosten in rekening gebracht die nodig zijn voor het handhaven van de veiligheid van het achterliggende land. Op diverse plaatsen zijn bebouwingen buitendijks gelegen. Bij stijging van de zeespiegel neemt de veiligheid van deze gebieden af.

Tabel 1 Overzicht kosten handhaven Deltaveiligheid

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Onderdeel kustverdedigingsstrook	Cellen	Jaarlijkse onderhoudskosten		Aanpassingen onderwateroever (incidenteel)	Periodieke kruinverh. (kosten per verhoging in Mfl)					
					scenario A	scenario B			scenario C	
		Waterkering	Onderwateroever		2030 + 2080	2005 + 2055	2010 + 2060	2020 + 2070	1995 + 2045	2000 + 2050
- Ameland	311	n.v.t.	0,05	-	-	-	-	-	-	-
- Texel (Bolwerk)	260	0,09	-	1990-2000 5,0	0,4			1,3		2,5
- Helderse Zeewering	227 t/m 232	0,78	0,46	1990-1995 20,0	2,1			6,8		13,0
- Pettemer Zeewering	206, 207	0,22	0,05	-	0,7	3,2			5,6	
- Hondsb. Zeewering	202 t/m 206	0,66	0,58	-	1,8	8,6			14,9	
- IJmuiden	172, 173	-	-	-	0,8			pm/2,6[1]		pm/8,2[1]
- Katwijk	140, 141	0,07	-	-	0,2			11,7/0[1]		42,5/0[1]
- Scheveningen	126 t/m 128	-	0,07	1995-2090 14,0	-	3,5/0[1)]			8,0/0[1)]	8,0/0[1)]
- Zuiderdam Maasvlakte	101 t/m 104	-	0,40	1990-2000 1,5[3]						
- Stellendam	81	0,01	0,02	-	0,3			1,7		3,4
- Flaauwe Werk	71 t/m 73	0,05	0,01	-	0,7	5,8			9,9	
- Schouwen-Duiveland	-	0,02	0,01	-	0,2			0,5		1,0
- Onrustpolder	47	0,05	0,03	2020-2030 5,0	0,4			1,3	2,6	
- Westkapelse Zeedijk	30 t/m 33	0,12	0,13	-	2,0		8,2		11,1	
- Zeedijk Zoutelande	25	0,06	-	1990-2000 2,0	0,4		1,6		2,4	
- Zwanenburg/Nolledijk	18	0,05	0,03	-	0,4		1,7		2,7	
- Vlissingen	16, 17		0,06	-	0,8	5,5/ 1,9[1)]			8,9/ 2,9[1)]	
- Zeeuws-Vlaanderen	2, 5, 6, 8 t/m 12, 14 en 15	0,30	0,30	1990-2030 13,0	4,0		18,0		27	
Totaal		2,48	2,20	60,5[3]	15,2/ 15,2	26,6/ 19,5	29,5/ 29,5	23,3+pm /14,2	93,1/ 79,1	70,4+pm /28,1

1) Bedragen respectievelijk eerste en tweede verhoging.
2) Bij de scenario's B en C moeten hoge kosten worden gemaakt voor het deltaveilig maken van de sluizen (Noordersluis bij scenario B en Noordersluis en Middensluis bij scenario C). Gedacht moet daarbij worden aan nieuwe sluishoofden, keersluizen of zelfs nieuwe sluizen. Hiervoor zijn geen kosten ingeschat.
3) Bij scenario B tevens 5 Mfl. in de periode 2020-2030 en bij scenario C tevens 10 Mfl. in de periode 2000-2010.

N.B. De totaalbedragen van de kolommen 6 t/m 11 horen respectievelijk bij de eerste en tweede aanpassing.

1 INLEIDING

In het kader van de Deltawet zijn en worden versterkingen van de Nederlandse kust uitgevoerd, opdat in 1990 de kustverdediging, naar de huidige maatstaven, een voldoende veiligheid tegen overstroming zal bieden, de zogenaamde Deltaveiligheid.
Door veranderende hydro-meteo-condities en door morfologische ontwikkelingen zullen in de toekomst maatregelen nodig zijn om het (naar verwachting) in 1990 bereikte veiligheidsniveau te handhaven.

In dit Technisch Rapport nr. 16 worden in het kader van het handhaven van de Deltaveiligheid, de gedeelten van de kustverdediging bestaande uit harde elementen (zeedijken, havengebieden en strandmuren) behandeld.
Bij een duinenkust hoeven duinafslag (kustachteruitgang) en zeespiegelrijzing niet direct te leiden tot een veiligheidsprobleem. Bij een harde kustverdediging ligt dit anders. De sterkte (verdedigingsconstructies, hoogte) is hier direct afgeleid van een aantal ontwerpparameters. Als de waarde van deze parameters verandert, bijvoorbeeld door verandering van hydro-meteo-condities, heeft dit vrijwel direct invloed op het veiligheidsniveau van de waterkering.
Om het huidige veiligheidsniveau te handhaven zijn dan maatregelen noodzakelijk. Voor het in stand houden van de waterkering is het verder van essentieel belang, dat een voldoende stabiele onderwateroever in stand wordt gehouden.
In dit rapport worden alleen consequenties aangegeven in relatie tot de veiligheid. Dit betekent bijvoorbeeld, dat de kosten van strandsuppleties, die noodzakelijk zijn om de recreatiefunctie te kunnen blijven vervullen, niet worden meegenomen.
Op de overige functies in de kustverdedigingsstrook wordt verder ingegaan in de Technische Rapporten 4, 8 en 9.
De resultaten van de studie worden verwerkt in een beleidsanalytisch model, dat wordt beschreven in Technisch Rapport 17.

In hoofdstuk 2 wordt de probleemstelling nader omschreven.
In hoofdstuk 3 wordt aangegeven, op welke wijze het oplossen van de gestelde problemen wordt aangepakt.
Ten behoeve van de studie wordt een aantal uitgangspunten vastgesteld. Deze worden vermeld in hoofdstuk 4. Tevens wordt in dit hoofdstuk een aantal gehanteerde begrippen nader gedefinieerd.
In hoofdstuk 5 wordt aangegeven welke elementen in de Nederlandse kust behoren tot de categorie "hard".
Van deze harde elementen wordt in hoofdstuk 6 de huidige toestand beschreven, waarbij, waar mogelijk, wordt aangegeven hoe het ontwerp tot stand is gekomen.
In hoofdstuk 7 wordt een aantal richtlijnen vermeld, voor het beheer en onderhoud van waterkeringen. Tevens wordt een aantal ontwerpregels genoemd, die van belang zijn om de consequenties van veranderende omstandigheden, voor de veiligheid van de kering, te kunnen nagaan.
In hoofdstuk 8 worden de gevolgen van de veranderingen in hydro-meteo-condities voor de belangrijkste ontwerpparameters uitgewerkt.
Een schatting van de morfologische ontwikkelingen van de onderwateroever wordt in hoofdstuk 9 beschreven. In dit rapport wordt hierop slechts globaal ingegaan. In de Technische Rapporten 1, 2 en 5 wordt de morfologie van de Nederlandse kust uitgebreid behandeld.

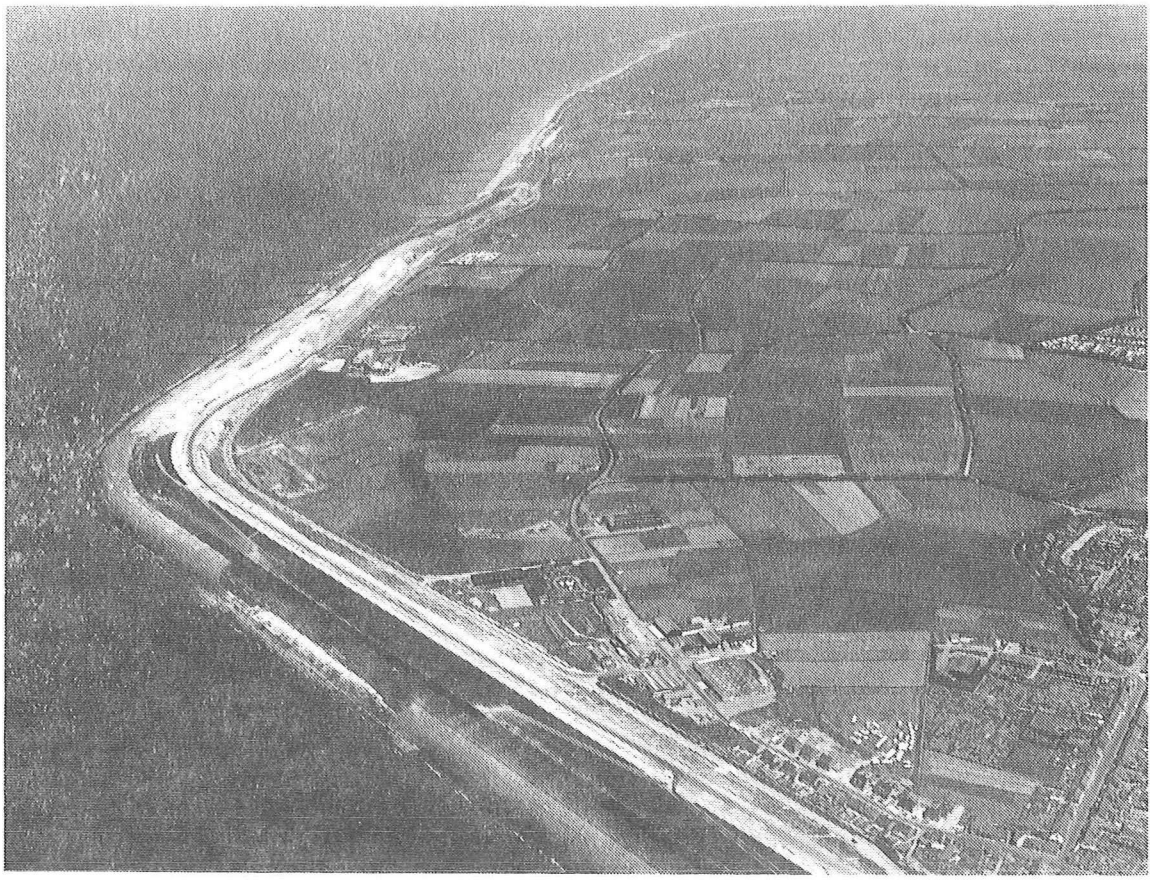
De gegevens uit de hoofdstukken 2 t/m 9 vormen de basis voor de, in hoofdstuk 10 uitgewerkte consequenties voor het handhaven van de Deltaveiligheid, in de periode tot 2090. Het eindresultaat is samengevat in een kostentabel.

Op een aantal plaatsen zijn hoge kosten gemoeid met het in stand houden van de waterkering in het huidige tracé. In hoofdstuk 11 wordt nagegaan, of het wellicht te overwegen is op die plaatsen de kering landinwaarts te verplaatsen.

Tot slot wordt in hoofdstuk 12 de belangrijkste conclusies genoemd, die uit de studie volgen. Tevens wordt een aantal aanbevelingen gedaan voor nadere studie.

Voor het tot stand komen van dit rapport zijn door de diverse Rijkswaterstaatsdiensten (directies Sluizen en Stuwen, Noord-Holland, Zeeland en DGW) en door de betreffende kustbeheerders bijdragen geleverd. Voorzover deze bijdragen zijn vastgelegd in rapporten, nota's etc., is hiervan melding gemaakt in het literatuuroverzicht.

In het kader van een zogenaamde externe kwaliteitscontrole is het rapport beoordeeld door Prof. dr. ir. E.W. Bijker van de TU-Delft en ir. A.J. Bliek van Bureau Svasek. Van de door hen gemaakte opmerkingen is bij het opstellen van de definitieve versie van het rapport dankbaar gebruik gemaakt.



Westkapelse Zeedijk

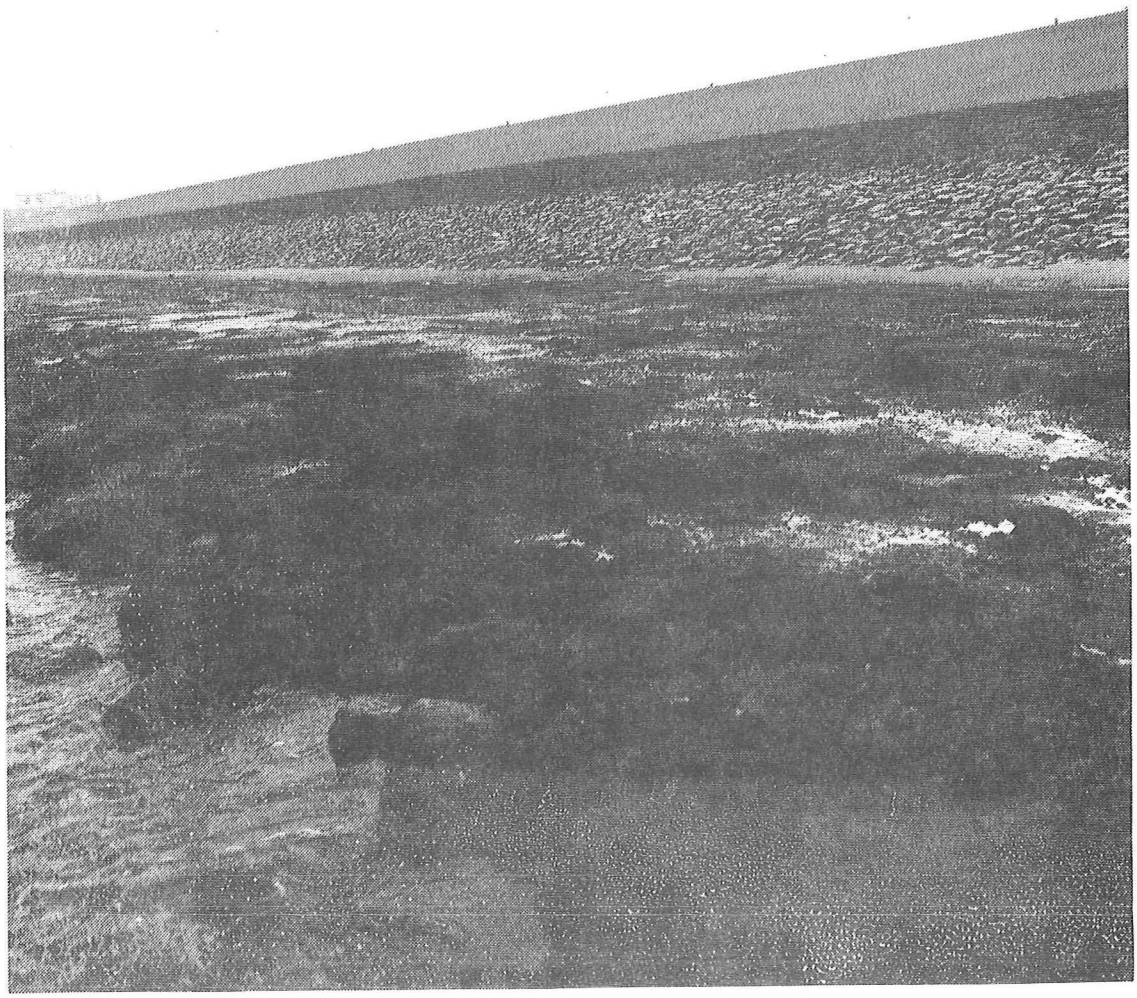
2 PROBLEEMSTELLING

In het onderhavige rapport moeten de volgende vragen worden beantwoord:

- Wat zijn de (kosten-)consequenties van het handhaven van de naar verwachting in 1990 bereikte Deltaveiligheid voor de harde kustverdedigingen, voor de periode 1990 - 2090?

- Als uitgangspunt voor de studie is bepaald, dat de harde waterkeringen, als onderdeel van de Nederlandse kustverdedigingsstrook, op hun plaats moeten blijven.
  Is dit een juist uitgangspunt?

Bij het beantwoorden van bovenstaande vragen moet rekening worden gehouden met veranderende hydro-meteo-condities en morfologische ontwikkelingen van de onderwateroever.



3 AANPAK EN WERKWIJZE

Om de in hoofdstuk 2 gestelde vragen te kunnen beantwoorden is als volgt te werk gegaan:

a Ten behoeve van de studie is een aantal uitgangspunten vastgesteld en een aantal begrippen gedefinieerd (hoofdstuk 4).

b Vastgesteld is welke onderdelen van de Nederlandse kustverdedigingsstrook worden beschouwd (hoofdstuk 5).

c Van de te behandelen onderdelen zijn gegevens verzameld over de huidige situatie en hoe het ontwerp tot stand is gekomen (hoofdstuk 6).

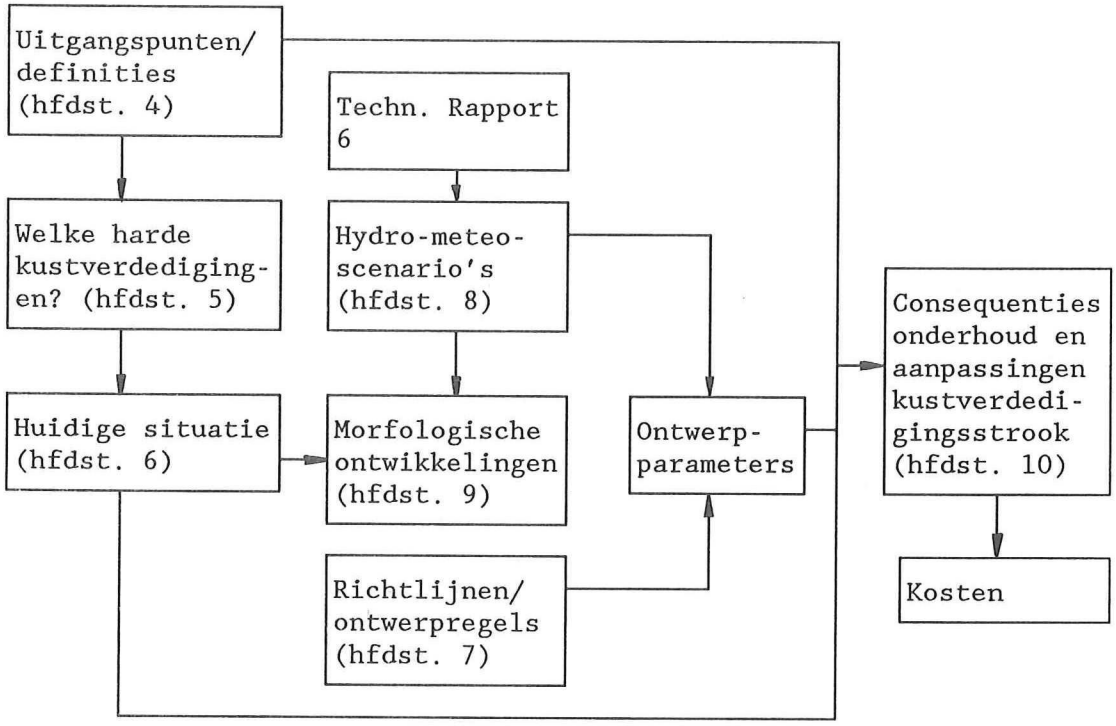
d Een leidraad voor het ontwerp van zeedijken is (nog) niet beschikbaar. Hier is gebruik gemaakt van de concept - "Leidraad Benedenrivieren" en van bestaande ontwerpregels.
Voor het beheer van waterkeringen is tevens een aantal regels afgeleid uit de conceptversie eind 1988 van de "Wet op de Waterkering" (hoofdstuk 7).

e Bij de studie wordt uitgegaan van verschillende hydro-meteo-condities. Om de invloed hiervan op het handhaven van de veiligheid te kunnen nagaan zijn 3 scenario's gehanteerd. Hiervoor zijn de invloeden op de belangrijkste ontwerpparameters nagegaan (hoofdstuk 8).

f Een belangrijke faktor bij het bepalen van de kosten voor het handhaven van de Deltaveiligheid is de morfologie van de onderwateroever.
Uitgaande van de huidige ontwikkelingen is een (globale) inschatting gemaakt voor de toekomst. Hierbij is, waar mogelijk, ook rekening gehouden met veranderingen van hydro-meteo-condities (hoofdstuk 9).

g Uit de hierboven genoemde gegevens zijn de consequenties en kosten afgeleid voor het handhaven van de Deltaveiligheid, bij diverse mogelijke veranderingen van hydro-meteo-condities voor de komende eeuw (1990 - 2090) (hoofdstuk 10).

In figuur 3.1 is de hierboven geschetste aanpak schematisch weergegeven.



Figuur 3.1 Schematische weergave van de werkwijze ter bepaling van de consequenties voor het handhaven van de Deltaveiligheid

Vlissingen

4 UITGANGSPUNTEN EN DEFINITIES

Onder harde kustverdedigingen worden verstaan de gedeelten van de Nederlandse kustverdedigingsstrook, waar de waterkering wordt gevormd door een dijk, deltadam, strandmuur of kunstwerk (sluis, kade e.d.). De ter plaatse van de duinenkust aanwezige harde constructies, zoals duinvoetverdedigingen en strandhoofden, worden in dit rapport niet meegenomen .

Met de Nederlandse kust wordt bedoeld, de kustlijn vanaf de Belgische grens (het Zwin) tot Den Helder en op het gedeelte noordelijk van Den Helder, de Noordzeekust van de Waddeneilanden (tot aan de Eems) (zie bijlage 1). De kust van Friesland en Groningen, de Afsluitdijk en de keringen langs de open zeearmen (Westerschelde, Nieuwe Waterweg) worden buiten beschouwing gelaten. Verder worden de deltadammen (zoals nader genoemd in hoofdstuk 5) niet in de studie betrokken.

De volgende uitgangspunten worden gehanteerd:
- In 1990 worden alle Delta-versterkingen verondersteld te zijn uitgevoerd.
- Aangenomen wordt, dat de uitgevoerde versterkingen voldoen aan de huidige normen (Deltaveiligheid); dit wordt niet geverifieerd. Voor het nagaan van de consequenties voor het beheer van de waterkering wordt uitgegaan van het veiligheidsniveau, zoals dat in de, binnenkort in te voeren, Wet op de Waterkering is vastgelegd.
- Aangenomen wordt, dat bij het uitvoeren van Delta-versterkingen rekening is gehouden met een overhoogte, die gebaseerd is op een te verwachten kruindaling en zeespiegelrijzing, behorende bij een periode van 50 jaar. Bij het berekenen van benodigde, toekomstige kruinverhogingen wordt eveneens rekening gehouden met een periode van 50 jaar.
  Bij de noodzakelijke aanpassingen van sluizen, strandmuren en waterkeringen door bebouwingen wordt de aan te brengen overhoogte gebaseerd op een periode van 100 jaar.
- Waar over de huidige situatie wordt gesproken, wordt bedoeld de situatie in 1990.
- De studie strekt zich uit over een termijn van 100 jaar, tot 2090.
- De waterkering moet steeds voldoende veiligheid bieden. Er wordt van uitgegaan, dat deze wordt gehandhaafd via een defensieve benadering, dat wil zeggen: pas maatregelen nemen als een onderdeel te zwak dreigt te geraken (= vooraf opgestelde normen dreigen te worden overschreden).
- Om de invloed van veranderende hydro-meteo-condities te kunnen aangeven, worden hiervoor 3 scenario's gehanteerd:
  A Beleids scenario; de huidige situatie, zeespiegelrijzing 0,20 m/eeuw;
  B Anticiperend scenario; de verwachte ontwikkeling ten aanzien van de zeespiegelrijzing, 0,60 m/eeuw; constante golfhoogte op diep water;
  C Ongunstig scenario; zeespiegelrijzing 0,85 m/eeuw; ongunstige ontwikkelingen in windcondities.
- In dit rapport worden uitsluitend kosten opgenomen, die betrekking hebben op het handhaven van de veiligheid van het achterland. Er wordt geen rekening gehouden met beschermen van waarden in de kustverdedigingsstrook (natuur, wonen etc.).

Enige definities

Aanleghoogte dijk	-	kruinhoogte van een dijk/dam direct na het gereedkomen hiervan.
Basispeil	-	door de Deltacommissie vastgestelde waterstand, behorende bij een overschrijdingsfrequentie van 1/10000 per jaar, geldend voor Hoek van Holland.
Buioscillatie	-	onregelmatige schommelingen van de zeespiegel.
Buistoot	-	tijdelijke verheffing van de waterstand als gevolg van het passeren van een bui of een front.
Cel	-	eenheid van 1 km lengte langs de kust; kleinste eenheid voor de beleidsanalyse.
CUR	-	Civieltechnisch Centrum Uitvoering Research en Regelgeving.
Deltahoogte	-	hoogte van een waterkering, die voldoet aan de delta-veiligheidsnorm.
Deltaveiligheid	-	veiligheidsnorm tegen overstroming, zoals vastgelegd in de deltawet.
Dijkring	-	een gebied dat door een gesloten stelsel van waterkeringen beveiligd moet zijn tegen overstroming.
Dijktafelhoogte	-	minimaal toelaatbare kruinhoogte (momentaan). Als de kruin beneden dit niveau ligt, is aanpassing noodzakelijk.
Duinvoet	-	benedenrand van het duin, overgang van het duinbeloop naar het strand of het terrein achter het duin; meestal wordt de duinvoet aan de zeezijde bedoeld.
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.
Erosie (kust)	-	het verlies van zand door natuurlijke processen.
2% Golfoploop (Z2%)	-	golfoploop, welke door 2% van het totale aantal golven wordt overschreden.
Hoogheemraadschap	-	waterschap waarin hoogheemraden het bestuur voeren.
(Hoog)waterkering	-	natuurlijke of kunstmatige begrenzing of afscheiding die het hoogwater tegen houdt.
JARKUS	-	jaarlijkse kustlodingen; dieptemetingen langs raaien loodrecht op de kust tot 800 m zeewaarts van de rijksstrandpalenlijn, met een onderlinge raaiafstand van 200 - 500 m.
Kreukelberm	-	strook bestorting, direct aansluitend aan de teen van een dijk, aan de zeezijde.
Kruindaling	-	vermindering van de hoogte van de dijkkruin ten opzichte van NAP. De oorzaak hiervan is inklinking van de ondergrond door bovenbelasting van de dijk.
Kusterosie	-	de achteruitgang van de kust door het afslijpen van het land door de zee.
Kustlijn	-	algemeen begrip waarmee de overgang van zee naar land wordt aangeduid.
Kustlijn handhaven	-	het op de aktuele 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.
Kustverdedigingsstrook	-	de gehele strook van de kust die bijdraagt aan het garanderen van veiligheid tegen overstroming van het polderland.
Laagwaterlijn	-	snijlijn van het vlak van gemiddeld laagwater met het strand.
Onderhoudskosten	-	kosten van het gewoon of jaarlijks onderhoud, plus buitengewoon of meerjaarlijks onderhoud, inclusief BTW en overheadkosten.
Onderwateroever	-	algemene definitie: gedeelte van de kuststrook zeewaarts van de laagwaterlijn (NAP - 1 m) tot een diepte van ca. NAP - 20 m. In dit rapport wordt bedoeld het gedeelte van de onderwateroever, dat van belang is voor de stabiliteit van de waterkering.
Ontwerpwaterstand	-	een van het basispeil afgeleide waterstand voor een bepaald gedeelte van de Nederlandse kust, die als uitgangspunt wordt genomen voor het ontwerpen van een waterkerende constructie.
Paalschermen	-	paalrij haaks op de kust om de stroomsnelheid te reduceren; onderdeel van kustverdedigingssysteem.
Peilen	-	de hoogte of diepte van water opnemen.
Periodieke kruinverhoging	-	noodzakelijke verhoging van een waterkering, als gevolg van gewijzigde randvoorwaarden.
Polderland	-	het gebied dat landinwaarts van het duingebied of de overige waterkeringen ligt.
Primaire waterkering	-	een waterkering die beveiliging biedt tegen overstroming, doordat deze behoort tot het stelsel dat een dijkring omsluit. In deze nota op te vatten als het landinwaarts van het strand gelegen gedeelte van de primaire waterkering.
Scenario	-	geschat tijdsverloop van een niet door de mens te beïnvloeden natuurlijk verschijnsel.
Seiche	-	periodieke schommelingen in de waterspiegel, binnen een havenbekken, ingeleid door buistoten en buioscillaties en versterkt door de eigen trilling van het bekken.
Strand	-	het gedeelte van de kuststrook tussen laagwaterlijn en duinvoet, teen van de dijk of strandmuur.
Strandhoofd	-	lage stenen dam of hoofd, aangelegd tot bescherming van het strand (beteugeling langstransport).
Strandmuur	-	op de grens van het strand en de waterkering opgetrokken muur van steen of beton, meestal ter ondersteuning van een weg of een promenade; vormt soms de waterkering.
Stroomkrib	-	een van stenen aangelegde dam loodrecht op de kust, die de stroom uit de kust moet houden.
Suppletie	-	aanvulling van de kustverdedigingsstrook met zand om kustachteruitgang te compenseren.
Waterschap	-	lichaam, dat onder toezicht van de Provinciale Staten in een bepaald gebied voor de waterlozing, waterzuivering en waterkering zorgt en soms is belast met het onderhoud van wegen en bruggen.

Zandgolf - grote ribbels in een zandige bodem; ook: zich in voordelta's en langs de kust voortgewegende erosie- en sedimentatiezones.

Zeearm - lange, smalle inham van een zee.

Zeereep - duinregel onmiddelijk langs het strand.

Flaauwe Werk

5 TE BEOORDELEN ONDERDELEN KUSTVERDEDIGINGSSTROOK

5.1 Schematisatie kustverdedigingsstrook

Om de resultaten van de beleidsanalyse van de kustverdediging op een overzichtelijke wijze en op een voor het beleid relevante schaal te presenteren is besloten, de Nederlandse kust in langsrichting onder te verdelen in een twintigtal sectoren (overzicht zie bijlage 2). Deze sectorindeling is voornamelijk gebaseerd op onderscheid in het beheer van de kuststrook, vaak samenvallend met geografisch logisch te onderscheiden deelgebieden.

Daarnaast is voor een beoordeling van de resultaten van de beleidsanalyse ook een wat grovere indeling gemaakt. Mede gezien de geografische en morfologische verschillen is hiervoor de indeling Delta (Zeeuws-Vlaanderen t/m Voorne), (gesloten) Hollandse kust (Hoek van Holland - Den Helder) en Wadden (Texel t/m Rottum), aangehouden.
Sectoren hebben in alle gevallen een lengte van een geheel aantal kilometers; de vakjes van 1 km worden cellen genoemd.

5.2 Harde kustverdediging

Het grootste deel van de Nederlandse kust bestaat uit duinen.
Plaatselijk wordt de waterkering gevormd door een harde verdediging, waarbij onderscheid gemaakt kan worden in:
- zeedijken
- deltadammen (Brouwersdam, Veerse Dam, etc)
- stormvloedkering Oosterschelde en Haringvlietsluizen
- havengebieden (kaden, sluizen etc.)
- strandmuren
- waterkering door bebouwingen.

Op bijlage 5 is het resultaat van de inventarisatie van de harde kustverdedigingen weergegeven.
Tevens is aangegeven in welke sector de diverse onderdelen liggen.
Voor de berekening van kosten is steeds uitgegaan van de werkelijke lengten van de onderdelen, zoals deze op de bijlage zijn vermeld.

Niet te beschouwen gedeelten

Omdat de deltadammen, de stormvloedkering Oosterschelde en de Haringvlietdam (met uitwateringssluizen) geen veiligheid bieden aan direct erachter gelegen polders, maar in samenhang met de dijken rondom het achterliggende bekken, het rondom het bekken liggende polderland beschermen, worden deze onderdelen in deze studie niet meegenomen.
Verder worden niet meegenomen de duinvoetverdedigingen (o.a. Domburg, Ter Heijde) en de strandhoofden in de duinenkust. Deze worden beschouwd als harde onderdelen van de zachte kustverdediging (duinenkust).

Concreet komt het erop neer, dat in deze nota de volgende harde kustverdedigingen worden beschouwd:

Zeedijken:
- Helderse Zeewering
- Pettemer Zeewering
- Hondsbossche Zeewering
- Stellendam (dijkvak Buitenhaven)
- Flaauwe Werk
- Schouwen-Duiveland (aansluiting op stormvloedkering Oosterschelde)
- Onrustpolder (Noord-Beveland)
- Westkapelse Zeedijk
- Zeedijk Zoutelande
- Zwanenburg/Nolledijk (nabij Vlissingen)
- Zeeuws-Vlaanderen (diverse dijkvakken)

Overige constructies:
- Bolwerk Texel
- Havengebied IJmuiden (Hoogoventerrein, sluizen, bebouwing IJmuiden)
- Uitwateringssluis en kering door bebouwing Katwijk
- Strandmuur Scheveningen
- Kering rond haven en door bebouwing Scheveningen
- Strandmuur Vlissingen.

Onderwateroeverbeschermingen:
* Ameland (westzijde)
* Zuiderdam Maasvlakte (blokkendam)
* ter plaatse van zeedijken en strandmuren.

5.3 Nadere begrenzingen

In hoofdstuk 4 is reeds vermeld, dat de open zeearmen en het gebied rondom de Waddenzee buiten het kader van deze studie vallen. Hierna worden de grenzen in de overgangsgebieden nader gedefinieerd.

Ameland:
Hier wordt slechts de onderwateroeverbestorting aan de westzijde van het eiland bekeken. De overige verdedigingen zijn "zacht".

Texel:
Aan de noordzijde van het eiland worden het dijkgedeelte en de onderwateroeverbescherming langs het Robbengat niet meegenomen. Het dijkgedeelte aan de zuidkant van het eiland en de haven van Den Burg vallen eveneens buiten de studie. Deze gedeelten liggen buiten de kustlijn, zoals die voor deze studie is gedefinieerd.
Wel wordt het Bolwerk Eierland in beschouwing genomen.

Den Helder:
Het studiegebied begint hier direct ten westen van de haven van Den Helder en omvat in principe de Helderse Zeewering. Omdat verwacht wordt, dat op het gedeelte van de onderwateroever, direct ten zuiden van de Helderse Zeewering bestortingen moeten worden uitgevoerd, worden de kosten hiervan in dit Technisch Rapport ook meegenomen.

Hondsbossche en Pettemer Zeewering:
Het betreft hier één doorgaande zeewering, gelegen zuidelijk van Petten in Noord-Holland.
Van de zeewering is het gedeelte Pettemer Zeewering, met een lengte van ca. 1,7 km, in beheer bij de dienstkring Noordzeekust van Rijkswaterstaat.
De Hondsbossche Zeewering, met een lengte van 4,5 km, is in beheer bij het Hoogheemraadschap Noordhollands Noorderkwartier.

Havengebied IJmuiden:
De hoofdwaterkering loopt hier over het sluizencomplex. In dit rapport wordt het gedeelte tussen de aansluitingen van de kering aan de duingebieden, zowel aan de noord- als aan de zuidzijde van het complex, beoordeeld.

Katwijk:
Hier wordt beschouwd het dijkvak ter plaatse van de uitwateringssluis en het aansluitende gedeelte van de kering dat door de bebouwing loopt, tot het einde van de boulevard aan de zuidzijde.

Scheveningen:
Naast het gedeelte van de waterkering, waar een strandmuur met boulevard aanwezig is, wordt tevens beoordeeld het gedeelte van de hoofdwaterkering rondom de haven tot de aansluiting op het duingebied aan de zuidzijde van Scheveningen. De waterkering loopt hier gedeeltelijk door de bebouwing.

Gebied Nieuwe Waterweg:
Hier wordt slechts de Zuiderdam (blokkendam), als (onderwateroever)bescherming van de Maasvlakte, meegenomen.

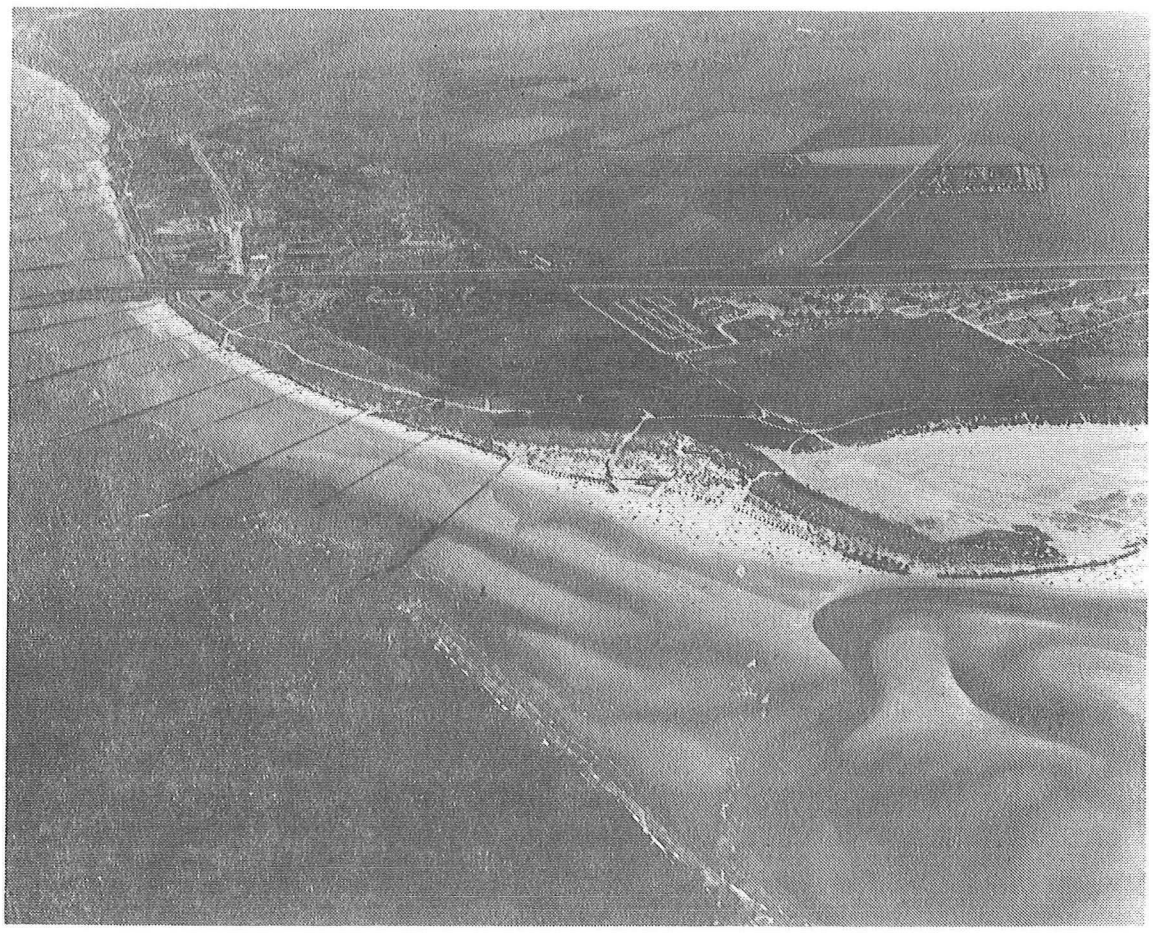
Goeree-Overflakkee:
Op dit eiland liggen twee dijkvakken.
a het dijkvak dat de zuidelijke begrenzing vormt van de Buitenhaven van Stellendam.
b het Flaauwe Werk, dat is gelegen aan de noordzijde van het eiland.

Schouwen-Duiveland:
Aan de zuidzijde van het eiland, aansluitend aan de damaanzet van de stormvloedkering Oosterschelde, ligt een kort dijkvak (0,4 km). Op het overige gedeelte van de kust wordt de waterkering gevormd door duinen.

Noord-Beveland:
Van de waterkering tussen de zuidelijke damaanzet van de stormvloedkering Oosterschelde en de Veerse Dam bestaat wordt het gedeelte beschouwd, dat bestaat uit de zeedijk, ter bescherming van de Onrustpolder.

Walcheren:
De kust van Walcheren bevat op diverse plaatsen een harde kustverdediging.
a Westkapelse Zeedijk
b Zeedijk Zoutelande
c Nolledijk/Zwanenburg; dit dijkgedeelte grenst aan de noordzijde van de strandmuur van Vlissingen

Zeeuws-Vlaanderen:
Het studiegebied betreft de westelijk van de haven van Breskens gelegen dijkvakken.
De zuidelijke begrenzing ligt bij het Zwin.



Zeeuws Vlaanderen, omgeving Cadzand

6 INVENTARISATIE HUIDIGE SITUATIE

6.1 Inleiding

Om aan te kunnen geven welke consequenties zijn verbonden aan het handhaven van de naar verwachting in 1990 bereikte Deltaveiligheid, is het noodzakelijk over een aantal gegevens te beschikken over de huidige situatie van de kustverdedigingsstrook.
In dit hoofdstuk zijn ten aanzien van de zeedijken, havengebieden, strandmuren en onderwateroeverbeschermingen een aantal gegevens bijeengebracht.
Daarbij komen de volgende punten aan de orde:

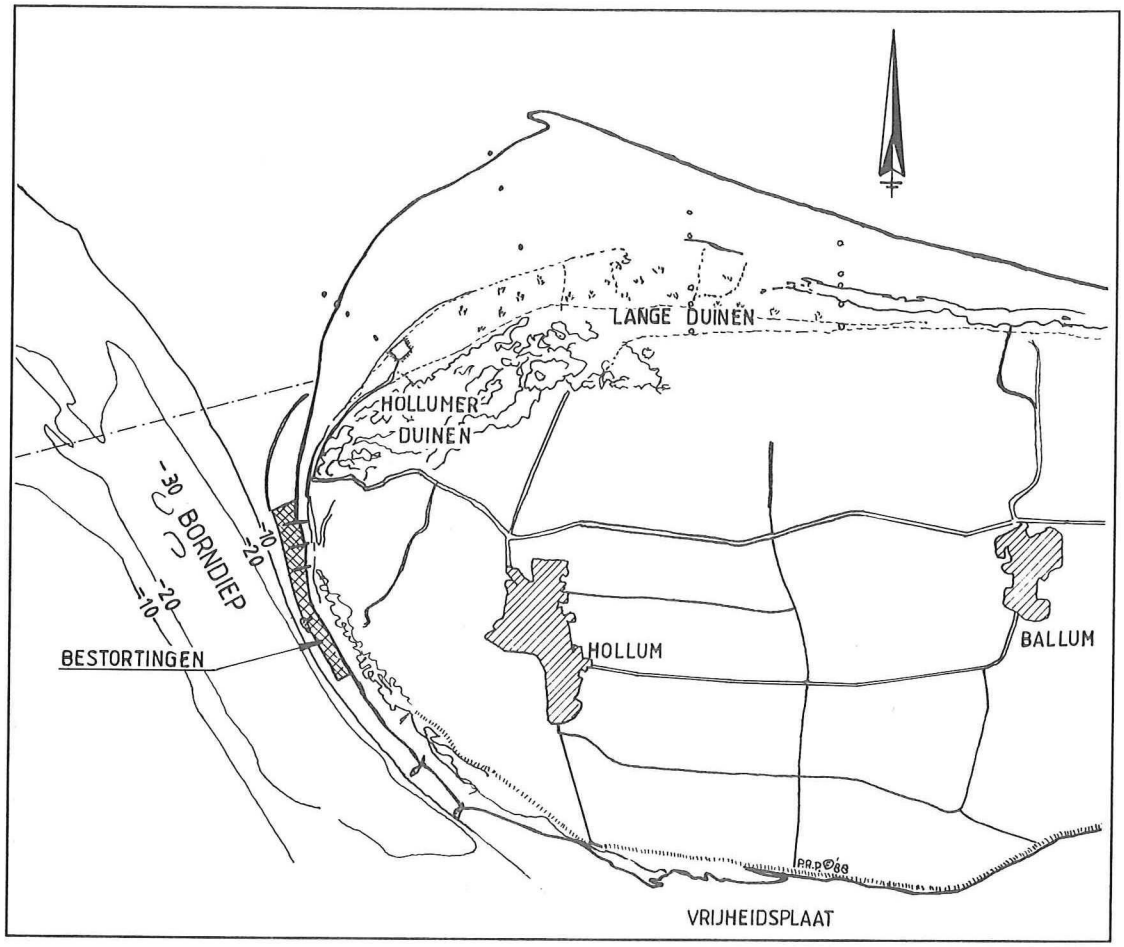
- (soms) stukje geschiedenis
- huidig beheer
- onderhoudskosten; hiervoor wordt gebruik gemaakt van de gegevens die zijn verzameld in lit. 4. Een samenvatting van de kosten, gesplitst naar waterkering en onderwateroever is weergegeven op bijlage 3. In de navolgende paragrafen wordt hierop niet nader ingegaan.
- tijdstip waarop Deltaveiligheid is bereikt
- kruinhoogte; hierbij wordt tevens aangegeven, hoe het ontwerp tot stand is gekomen en welke hydraulische randvoorwaarden zijn toegepast
- toegepaste verdedigingsconstructies op de waterkering en de onderwateroever
- huidige ligging en morfologische ontwikkelingen van de onderwateroever.

Het is niet mogelijk gebleken binnen het tijdsbestek alle gegevens in te zamelen. Tevens zijn niet alle gewenste gegevens bekend.
Getracht is voor de diverse onderdelen een representatief dwarsprofiel samen te stellen. Hierdoor zal dit niet overal exact overeenkomen met de werkelijke situatie. Het resultaat van de studie wordt hierdoor echter niet beïnvloed.
Van de huidige situatie is tevens niet nagegaan, of de veiligheid voldoet aan de normen van de Deltawet.

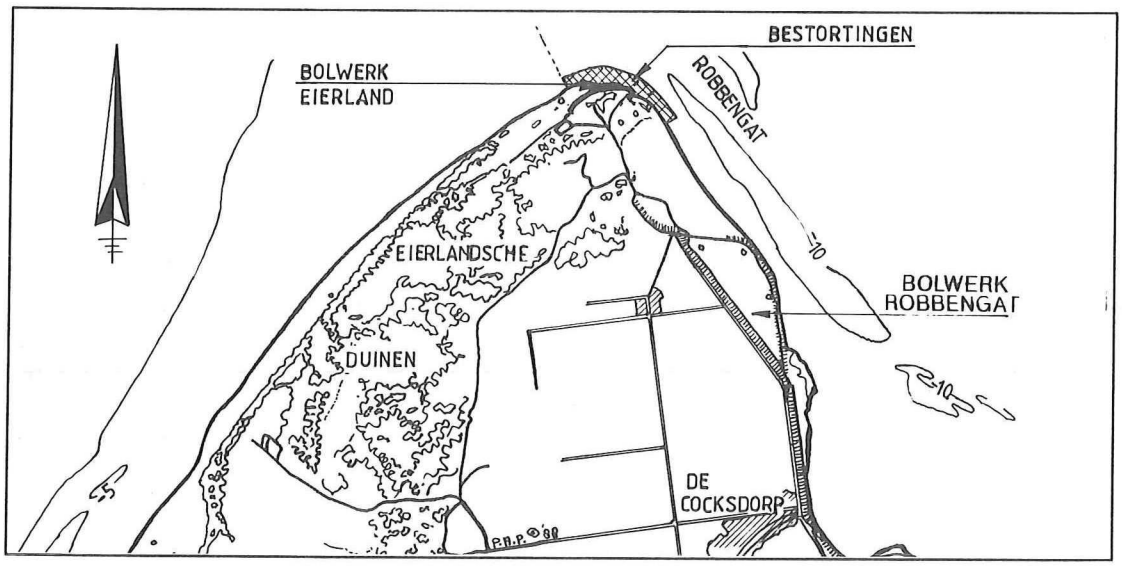
6.2 Ameland

Beheerder: Rijkswaterstaat, dienstkring Harlingen.

Aan de westzijde van het eiland loopt een geul (Borndiep) dicht onder de kust. De kust is hier erosief. Op de onderwateroever is over een lengte van ca. 3 km een bodem-/oeverbescherming aangebracht in verband met de optredende erosie (figuur 6.2.1). In 1985 is een aanvullende bestorting van staalslakken aangebracht. De oever is erg steil, plaatselijk 1:2½ over een hoogte van 20 m.
Het beschreven gebied valt gedeeltelijk buiten sector 18; de resultaten worden bij deze studie geheel verwerkt in cel 311 van sector 18.
De beheersfilosofie bestaat uit het handhaven van het strand door bij noodzaak de bodem-/oeverbescherming verder uit te breiden. Het handhaven van het strand wordt nodig geacht om een (snelle) achteruitgang van de kust te voorkomen.



Figuur 6.2.1 Onderwateroeverbestorting Ameland (westzijde)



Figuur 6.3.1 Onderwateroeverbestorting Bolwerk Texel

Voor het bepalen van de te verwachten kosten van toekomstige aanvullingen wordt het, gezien het globale karakter van de studie niet noodzakelijk geacht de samenstelling van de huidige bodemverdedigingsconstructie weer te geven.

6.3 Bolwerk Texel

Aan de noordzijde van het eiland loopt een geul (Robbengat) dicht onder de kust. De huidige diepte in ca. NAP - 8 à 12 m.
Ten behoeve van zandsuppleties en dijkverzwaring is in de oostelijke oever van deze geul, in de periode 1979 - 1985, ca. 9 miljoen m^3 zand gewonnen.
Door verwijding van de geul is de trend van licht toenemende stroomdruk op het "Bolwerk Robbengat" tijdelijk doorbroken.

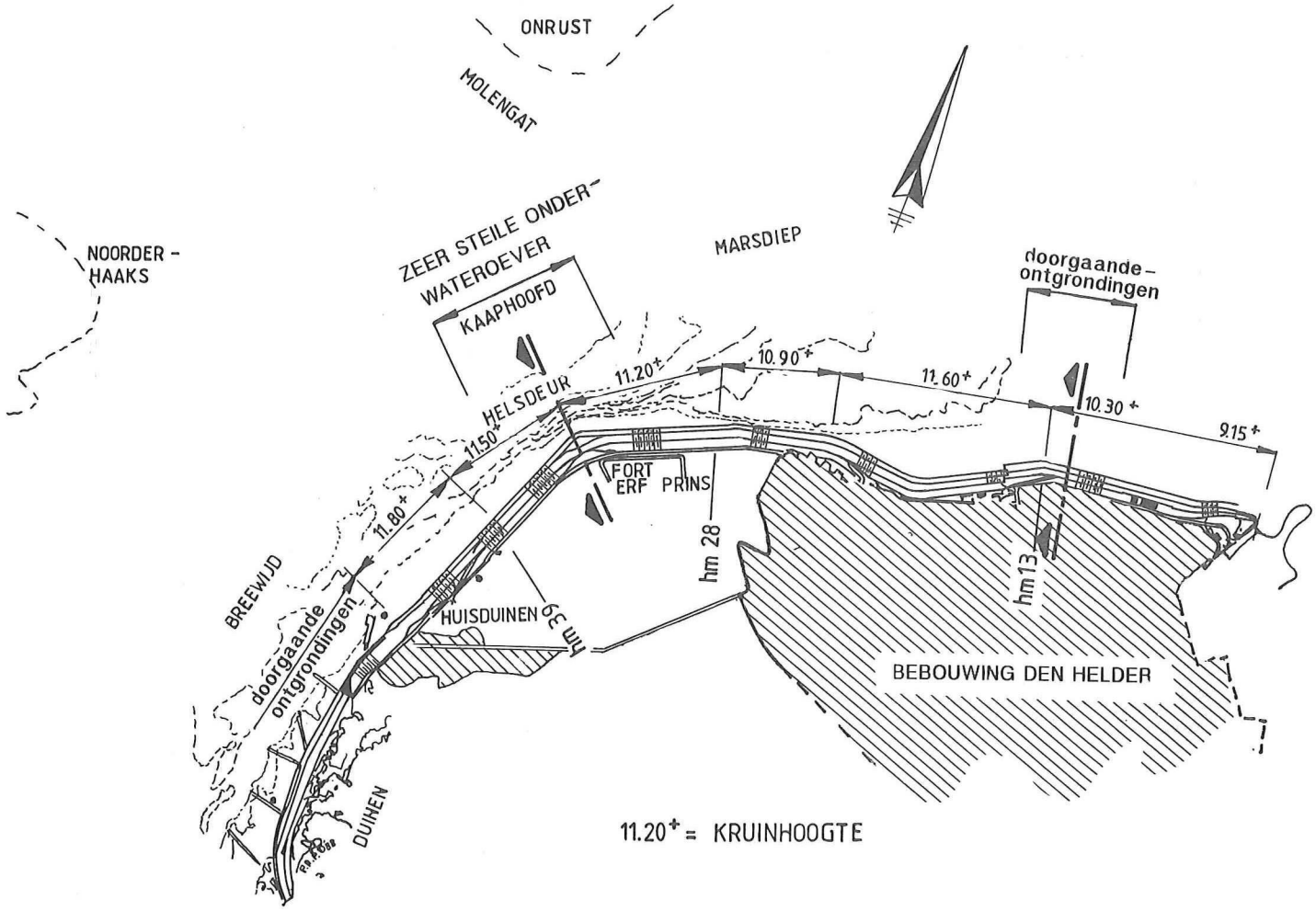
De onderwateroever van het Bolwerk Eierland is beschermd door middel van zinkstukken, met bestorting (ca. 34.000 m^2). De bestorting op de kraagstukken moet regelmatig worden aangevuld. De overige bezinking is sinds het aanbrengen niet meer aangevuld en zit zelfs gedeeltelijk onder het zand.
De waterkering van het Bolwerk Eierland bestaat uit een duin met, over een lengte van ca. 1 km, een zware duinvoetverdediging. De duinvoetverdediging loop door tot ca. NAP + 7,00 m, en bestaat hoofdzakelijk uit een laag asfaltbeton, dik 0,30 m. De bovenste taludhelling is 1:4. Op het bovenste gedeelte van het talud is van ca. NAP + 5,50 tot + 7,00 m, over het grootste gedeelte, een golfremmende constructie aangebracht.
Het gebied is in beheer bij Rijkswaterstaat, dienstkring Texel.

6.4 Helderse Zeewering

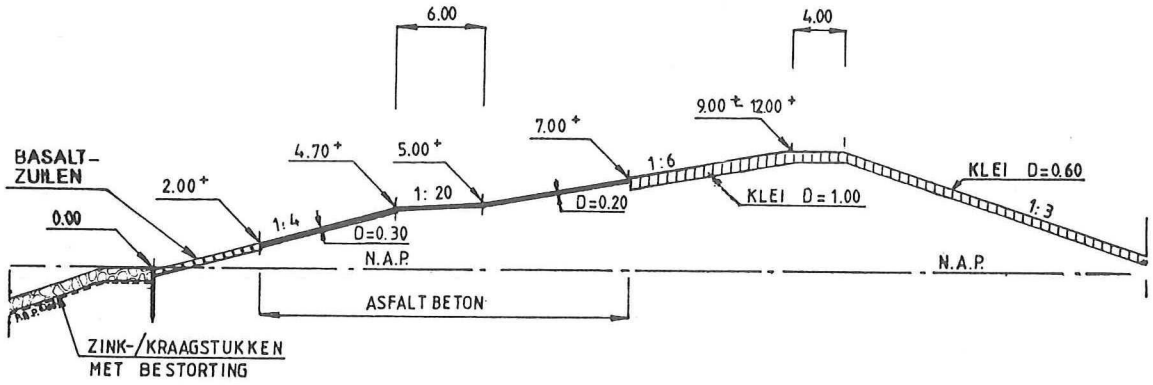
Geschiedenis

In 1726 is een zanddijk aangelegd in het huidige tracé, waarmee de ligging van de "Noord-kaap" werd bepaald. In een latere periode is deze dijk, in eerste instantie met primitieve middelen (pakketten zeewier) en later met steen bekleed. Door de aanleg van strandhoofden, welke geleidelijk werden verbeterd, werd de kering beschermd, terwijl door de aanleg van stroomkribben de toenemende verdieping van de dijk werd afgeleid.
De strandhoofden, die oorspronkelijk bestonden uit op het strand aangelegde werken van rijshout en steen, zakten mee met de verlaging van het strand. Daarna ging men over tot het maken van paalrijen, gevuld met rijshout en steen.
In 1731 sloeg de paalworm toe; dit leidde tot de toepassing van een nieuw systeem van verdediging: boven water gezette steenglooiing en onder water een gestorte steenglooiing.
In 1930 is de bescherming van de onderwateroever aanmerkelijk uitgebreid.

Kort na 1953 is de Zeewering in zuidelijke richting verlengd, in verband met het risico van doorbraak van de duinstrook, direct aansluitend aan de Zeewering. Het verloop van de verdediging in lengterichting is zodanig, dat deze met een flauwe boog landinwaarts loopt.



Figuur 6.4.1 Overzicht Helderse Zeewering



Figuur 6.4.2 Schematisch dwarsprofiel Helderse Zeewering

Hiermee werd beoogd de overgang op het duin zo te construeren, dat door een soepele overgang aantasting van de Zeewering ter plaatse van de overgang van dijk naar duin achterwege zou blijven.

Huidig beheer

De Zeewering is in beheer bij Rijkswaterstaat, dienstkring Noordzeekust.

Direct achter de dijk ligt de stad Den Helder met 60.000 inwoners.
De beheersfilosofie is: handhaven van de veiligheid.
Een abnormale toename van het onderhoud is niet te verwachten, mits de stabiliteit van de (zeer steile) onderwateroever geen gevaar loopt. De onderwateroever wordt tweemaal per jaar gepeild.

Deltaveiligheid

In de periode van 1968 tot 1979 is de Zeewering op Deltahoogte gebracht, volgens de volgende fasering:

hm 1 - 13	1977 - 1979
hm 10 - 28	1972 - 1974
hm 28 - 39	1968 - 1969
hm 39 - strand	1973 - 1975

(zie figuur 6.4.1)

Betwijfeld wordt of de onderwateroever, ter hoogte van Kaaphoofd voldoende stabiel is om, in samenhang met het dijklichaam, te voldoen aan de normen voor Deltaveiligheid.

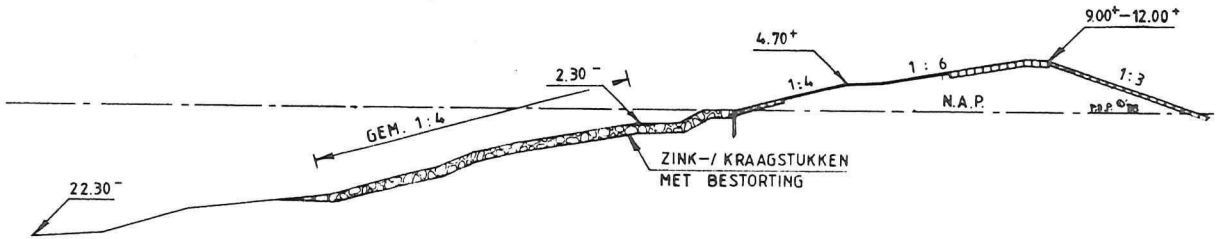
Kruinhoogte

De kruinhoogten zijn als volgt bepaald (Lit. 3, 5 en 6):

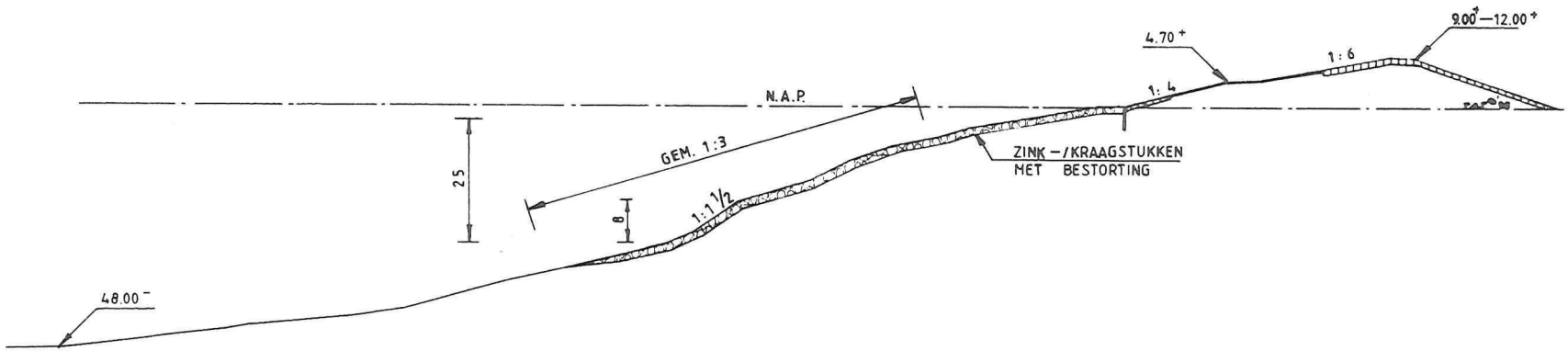
- Ontwerpwaterstand bij frequentie 1/10000 per jaar	NAP + 5,05 m
- Golfoploop bepaald met de formule $Z_{2\%} = 8 \cdot H_s \cdot \tan\alpha \cdot (\cos\beta - B/L)$*; H_s = 5,2 à 5,6 m	variabel
- Toeslag voor de invloed buistoten/ buioscillaties	0,10 à 0,15 m
- Relatieve zeespiegelrijzing	0,20 m
- Kruindaling t.g.v. zettingen ondergrond	0,05 à 0,80 m
(+)	
Aanleghoogte	NAP + variabel,

variërend van ca. NAP + 9,00 m tot NAP + 12,00 m.

Hierin is:
$Z_{2\%}$: golfoploop, die door 2% van het totale aantal golven wordt overschreden (m)
rf : ruwheidsfaktor in verband met de aard van de taludbekleding (-)
Hs : signifikante golfhoogte (m)
α : de hoek die het talud maakt met een horizontaal vlak (°)
β : de hoek tussen de normaal op de dam en de golfrichting (°)
B : bermbreedte (m)
L : golflengte (m)



Figuur 6.4.3 Dwarsprofiel Helderse Zeewering ter plaatse van hm 13



Figuur 6.4.4 Dwarsprofiel Helderse Zeewering ter plaatse van Kaap-hoofd

ad Golfoploop
De maatgevende golven zijn afgeleid van een windsnelheid van 35 m/s uit de richting 300°. Op het dijkvak Kaaphoofd - haven Den Helder zijn vooral golven bepalend, die via het Molengat de kering bereiken. Op het dijkvak westelijk van Kaaphoofd hebben de Haaksgronden invloed op de golfgrootte. Verder speelt de golfrichting ten opzichte van de dijk een grote rol.

Glooiingsconstructies

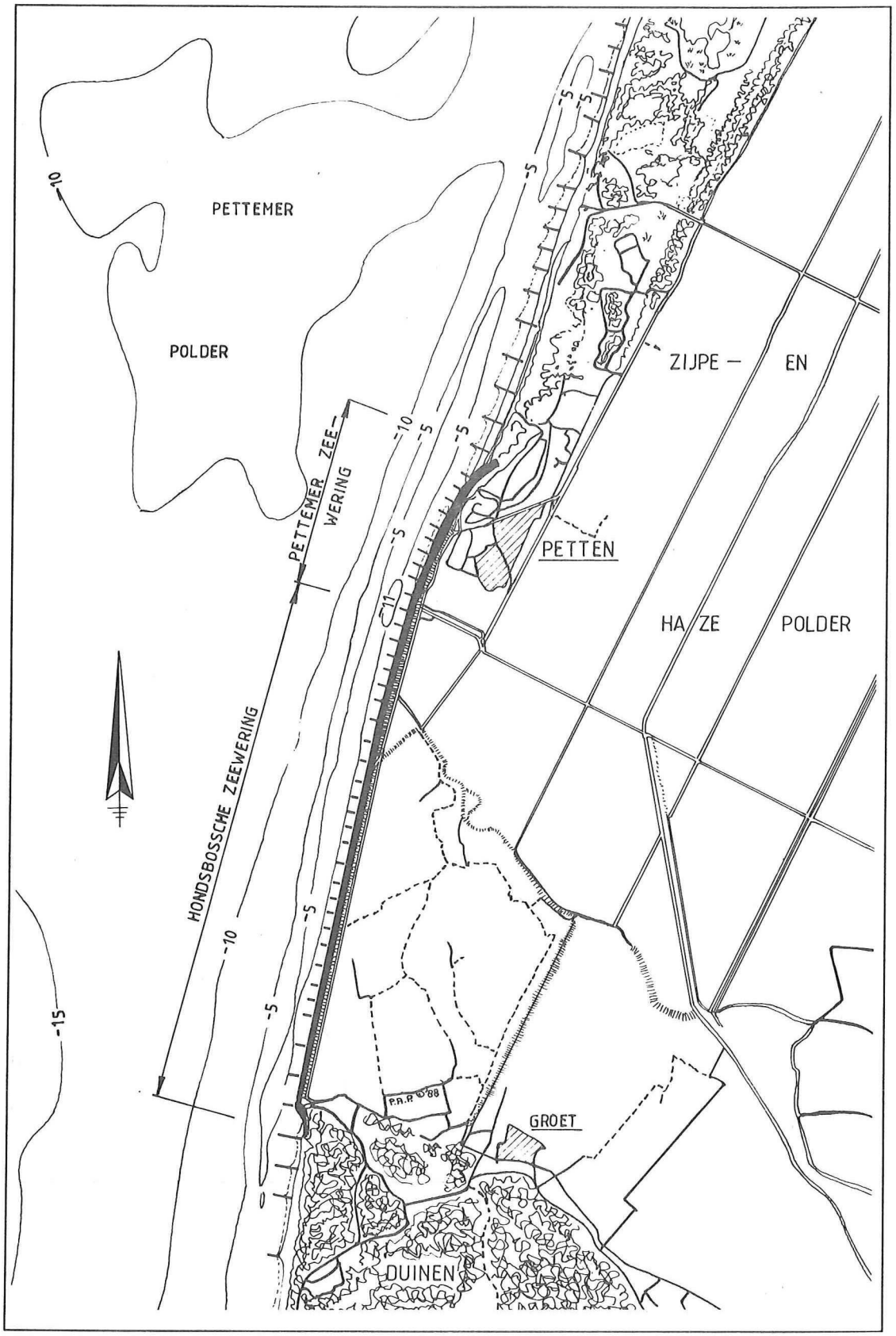
Bij de aanpassing van de dijk tot Deltahoogte is boven de gehandhaafde basaltzuilen (vanaf NAP + 2,00 m) een asfalt-glooiing aangebracht met een dikte, variërend van 0,20 tot 0,30 m. Daarboven, vanaf ca. NAP + 7,00 m bestaat de verdediging uit een kleilaag, dik 1,00 m. Een schematisch dwarsprofiel is weergegeven in figuur 6.4.2.

Verdedigingsconstructies onderwateroever

Over vrijwel de volledige lengte van de zeewering zijn op de onderwateroever verdedigingen aangebracht, bestaande uit zinkstukken met bestorting. Vooral bij Kaaphoofd is een uitgebreide verdediging aanwezig. Op NAP - 16 à 17 m bevindt zich een relatief dunne zandlaag, die gevoelig is voor zettingsvloeiingen. Aangezien de onderwateroever hier zeer steil is (gemiddeld 1:3; plaatselijk 1:1½ - fig. 6.4.4), is hernieuwd stabiliteitsonderzoek voorgesteld, aangezien er enige twijfel met betrekking tot de stabiliteit bestaat.
Daarom wordt sinds 2 jaar de oever verflauwd, door uitvulling met steenachtige materialen.
Aansluitend aan de zeewering, aan de zuidzijde, is de kust verdedigd met strandhoofden. De zinkwerken van de Helderse zeewering lopen voor de koppen van de strandhoofden door tot ca. 2 km ten zuiden van Huisduinen.

Morfologie

Op 2 tot 8 km uit de kust ligt een buitendelta (Haaksgronden), waarvan de Noorderhaaks zelfs bij G.H.W. gedeeltelijk boven water ligt. De buitendelta zorgt voor een sterke reductie van de Noordzee-golven.
De stroomgeul Helsdeur, als verbinding tussen de geulen Breewijd en Marsdiep, loopt vlak onder de kust. Vooral voor Kaaphoofd is de geul zeer diep (tot NAP - 50 m) en de onderwateroever steil. De morfologie wordt ter plaatse bepaald door stroming (de stroomsnelheden kunnen oplopen tot 2,5 m/s), door geulgedrag en interactie van het kombergingsgebied Zeegat van Texel (binnendelta) met buitendelta en kust.
De geul op zich is redelijk stabiel.
Op ca 1 km ten westen van de haven vindt, onder invloed van de Texelstroom, doorgaande ontgronding plaats. Op de plaatsen waar de verdiepingen te groot worden, wordt de oever vastgelegd met zinkstukken met een bestorting (fig. 6.4.3).
Op het gedeelte zuidelijk van Huisduinen is in 1980 en 1987 een verdieping opgetreden van 4 tot 9 m (tot NAP - 25 à - 27 m).



Figuur 6.5.1 Hondsbossche en Pettemer Zeewering

6.5 Hondsbossche en Pettemer Zeewering

Geschiedenis

In het verleden is de Zeewering diverse malen landinwaarts verplaatst (sinds 1660 ca 600 m).
Sinds omstreeks 1800 ligt de Zeewering in het huidige tracé. De aanliggende duinenkust is sinds die tijd nog verder geërodeerd, waardoor de zeewering steeds meer een bolwerk is gaan vormen (figuur 6.5.1).

Huidig beheer

De Pettemer Zeewering is in beheer bij Rijkswaterstaat, dienstkring Noordzeekust.
De Hondsbossche Zeewering is in beheer bij het Hoogheemraadschap Noordhollands Noorderkwartier.

Direct achter de Pettemer Zeewering ligt het dorp Petten.
Als beheersfilosofie geldt: Zeewering met alle daarin voorkomende functies handhaven.

Deltaveiligheid

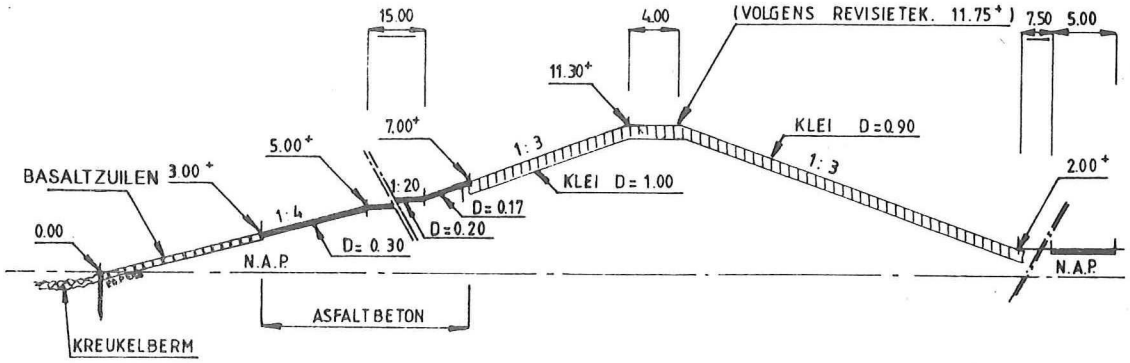
Deltaveiligheid is bereikt in:
- Pettemer Zeewering 1969
- Hondsbossche Zeewering 1977 - 1980

Kruinhoogte

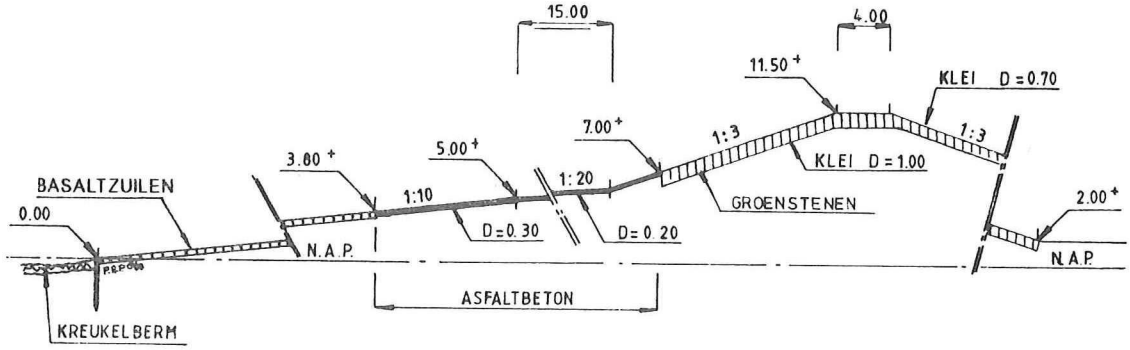
De kruinhoogte is bepaald met behulp van modelonderzoek (Lit. 7). Ook is gebruik gemaakt van de gegevens uit Lit. 8.
De volgende gegevens/uitgangspunten zijn gehanteerd:

- Ontwerpwaterstand bij frequentie 1/10000 per jaar	NAP + 5,05 m
- Golfoploop ($Z_{2\%}$; golven behorende bij windsnelheid 30 m/s); vastgesteld met modelonderzoek (Hs = 5,0 m; L = 70 m)	NAP + 6,10 m
- Toeslag voor buioscillaties	0,15 m
- NAP-daling	0,20 m
- Ontwerp-kruinhoogte (exclusief zetting)	NAP + 11,50 m

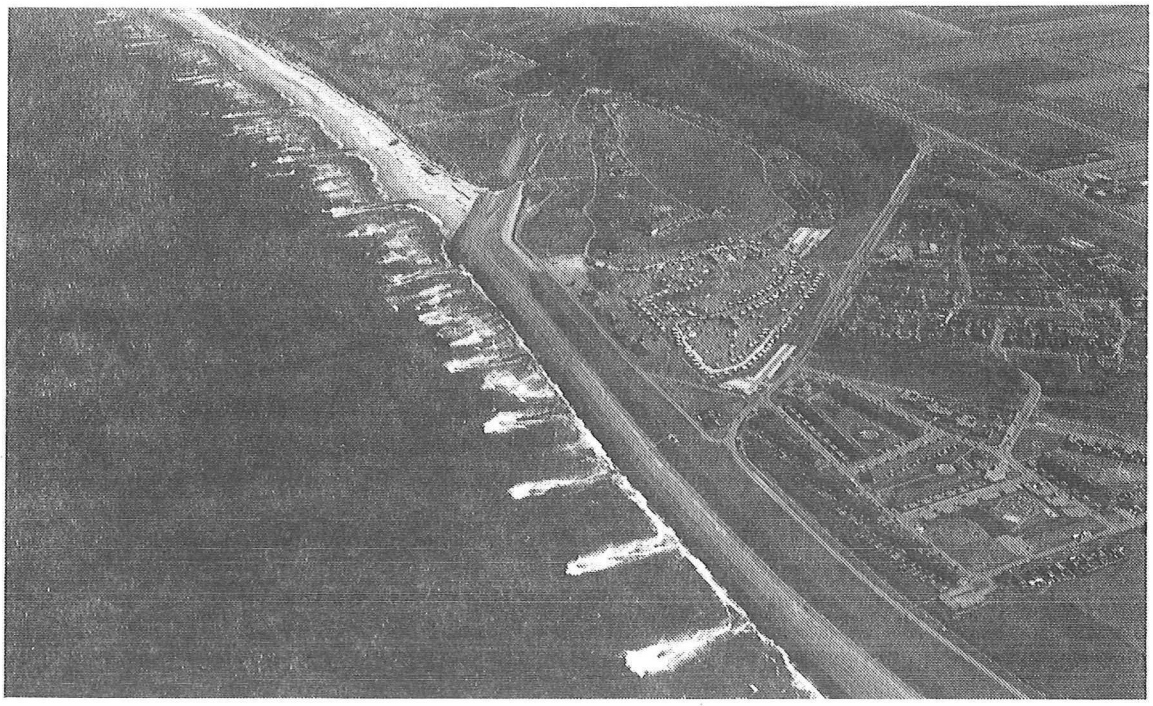
Bij het vaststellen van de kruinhoogte is uitgegaan van de toenmalige ligging van de onderwateroever en een verwachte daling van enige meters.
Opvallend is dat de Hondsbossche Zeewering een flauwer profiel heeft dan de Pettemer Zeewering. Bovendien is de Pettemer Zeewering lager.
In de praktijk blijkt de Pettemer Zeewering zwaarder aangevallen te worden dan de Hondsbossche Zeewering. Er bestaat met de huidige inzichten over de (golf)randvoorwaarden twijfel over de Deltaveiligheid van de Pettemer Zeewering.



Figuur 6.5.2 Algemeen dwarsprofiel Pettemer Zeewering



Figuur 6.5.3 Algemeen dwarsprofiel Hondsbossche Zeewering



Glooiingsconstructies

Bij de aanpassing van de Zeewering tot Deltaveiligheid is het onderste gedeelte van de glooiing, bestaande uit basaltzuilen, gehandhaafd tot NAP + 3,00 à 4,00 m. Daarboven is een asfaltglooiing aangebracht, die in dikte varieert van 0,30 tot 0,17 m tot NAP + 7,00 m (zie figuren 6.5.2 en 6.5.3).
Op NAP + 5,00 m is een berm aangelegd, breed 15 m.

Verdedigingsconstructie onderwateroever

Dwars op de kering liggen op afstanden van ca. 150 m strandhoofden (totaal 38 stuks). De lengte van de hoofden bedraagt 80 à 100 m, gemeten uit de teen van de dijk. Aansluitend aan de Zeewering ligt voor de teen van het talud een kreukelberm, met een breedte van 6,25 m. Vòòr deze constructie liggen bij de Hondsbossche Zeewering zinkstukken met bestortingen, over een breedte van 20 à 25 m.
Door golven en stroom worden genoemde constructies aangetast, hetgeen regelmatig onderhoud vergt.
De erosie van de onderwateroever kan echter op de lange termijn extra onderhoud noodzakelijk maken.

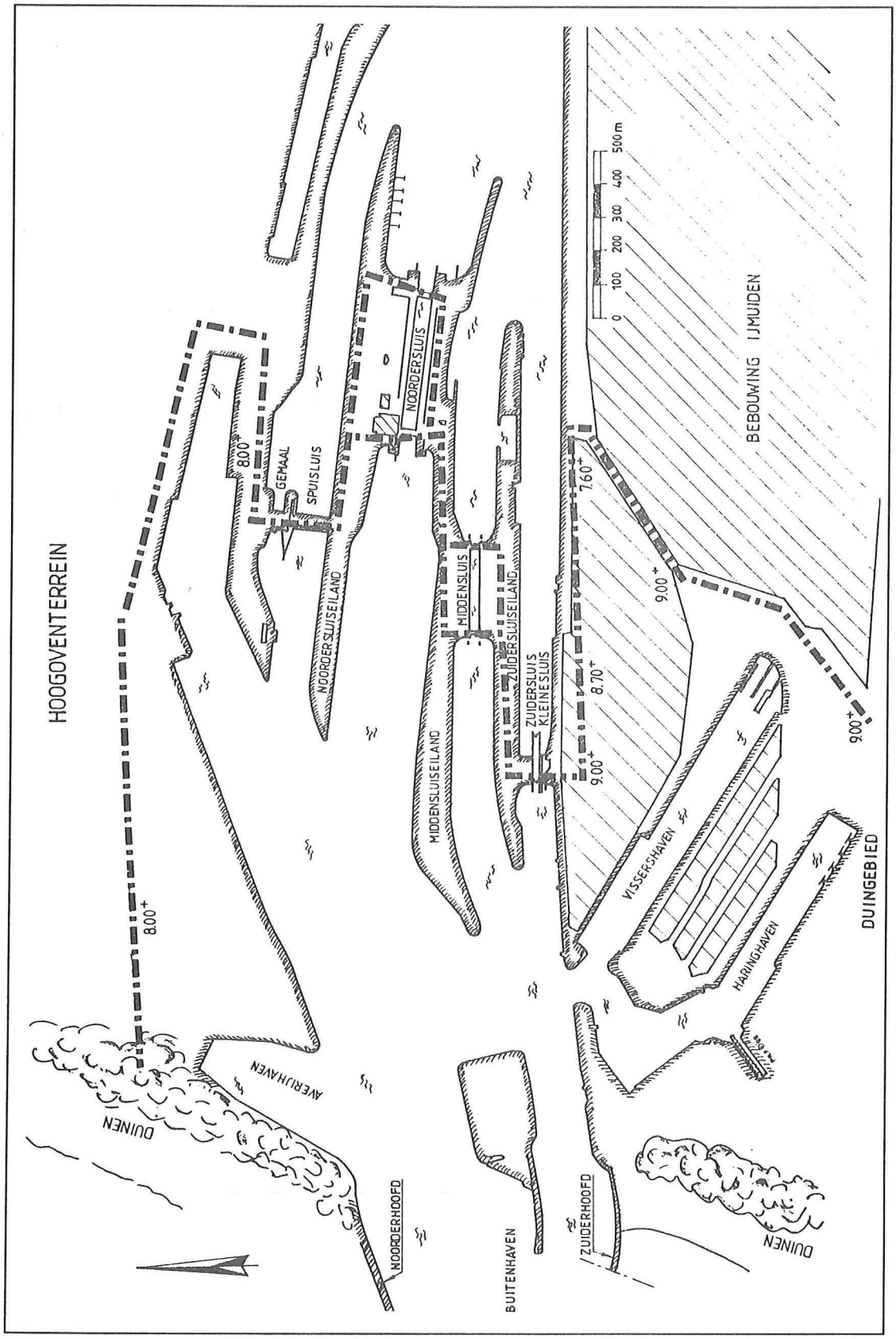
De onderwateroever is gemiddeld steiler dan in het gebied ten noorden en ten zuiden van de zeewering, doordat in de onderwateroever van de zeewering een geul aanwezig is. Ter hoogte van de overgang van Hondsbossche en Pettemer Zeewering verdiept deze geul aanzienlijk. Het onderhoud aan de ter plaatse aanwezige strandhoofen neemt daardoor toe.

De NAP - 10 m lijn heeft een vloeiend verloop. Aangezien de zeewering echter verder naar het westen ligt dan de aansluitende duinenkust, ligt deze lijn hier dichter bij de kering.

Morfologie

Vanaf de dieptelijnen NAP - 7,5 m (en dieper) is de onderwateroever stabiel.
Vooral in het zuidelijk deel van de zeewering heeft de brandingsrug zich zeewaarts verplaatst, waardoor zich een geul landinwaarts van deze brandingsrug heeft ontwikkeld.

Hierdoor vindt erosie plaats. Deze is naar verwachting tijdelijk, omdat het verplaatsen van de brandingsruggen een periodiek verschijnsel is. De periode wordt hier geschat op ca. 20 jaar.
De onderwateroever van de Pettemer Zeewering en het noordelijk deel van de Hondsbossche Zeewering worden momenteel sterker aangevallen dan in het verleden. Beginnend vanuit het zuiden verdwijnt in dit gebied het zand geleidelijk. Ter hoogte van de overgang van de Hondsbossche in de Pettemer Zeewering is sinds 1983 een geul ontwikkeld tot NAP-11,5 m.



Figuur 6.6 Verloop hoogwaterkering havengebied IJmuiden

6.6 Havengebied IJmuiden

Verloop waterkering

Het verloop van de waterkering is aangegeven in figuur 6.6.
Zowel aan de noord- als aan de zuidzijde van het havengebied wordt de kering gevormd door duinen.
Van noord naar zuid bestaat de primaire kering achtereenvolgens uit:
- Hoogoventerrein (industrie)
- Spuisluis en gemaal
- Noordersluiseiland
- Noordersluis
- Middensluiseiland
- Middensluis
- Zuidersluiseiland
- Zuidersluis
- Kleine Sluis
- Bebouwing IJmuiden

De totale lengte van de kering bedraagt 7,5 km, waarvan ca. 2 km over het Hoogoventerrein, 2 km over de sluiseilanden, 0,5 km over kunstwerken en 3 km door de bebouwing aan de zuidzijde van het havengebied.

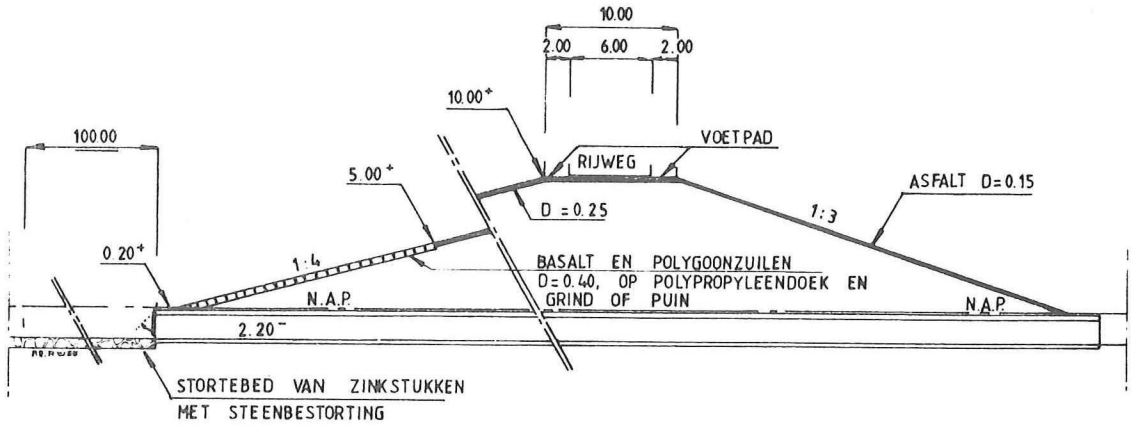
Het beheer van het gebied is in handen van Rijkswaterstaat, dienstkring Noordzeekanaal.

Deltaveiligheid

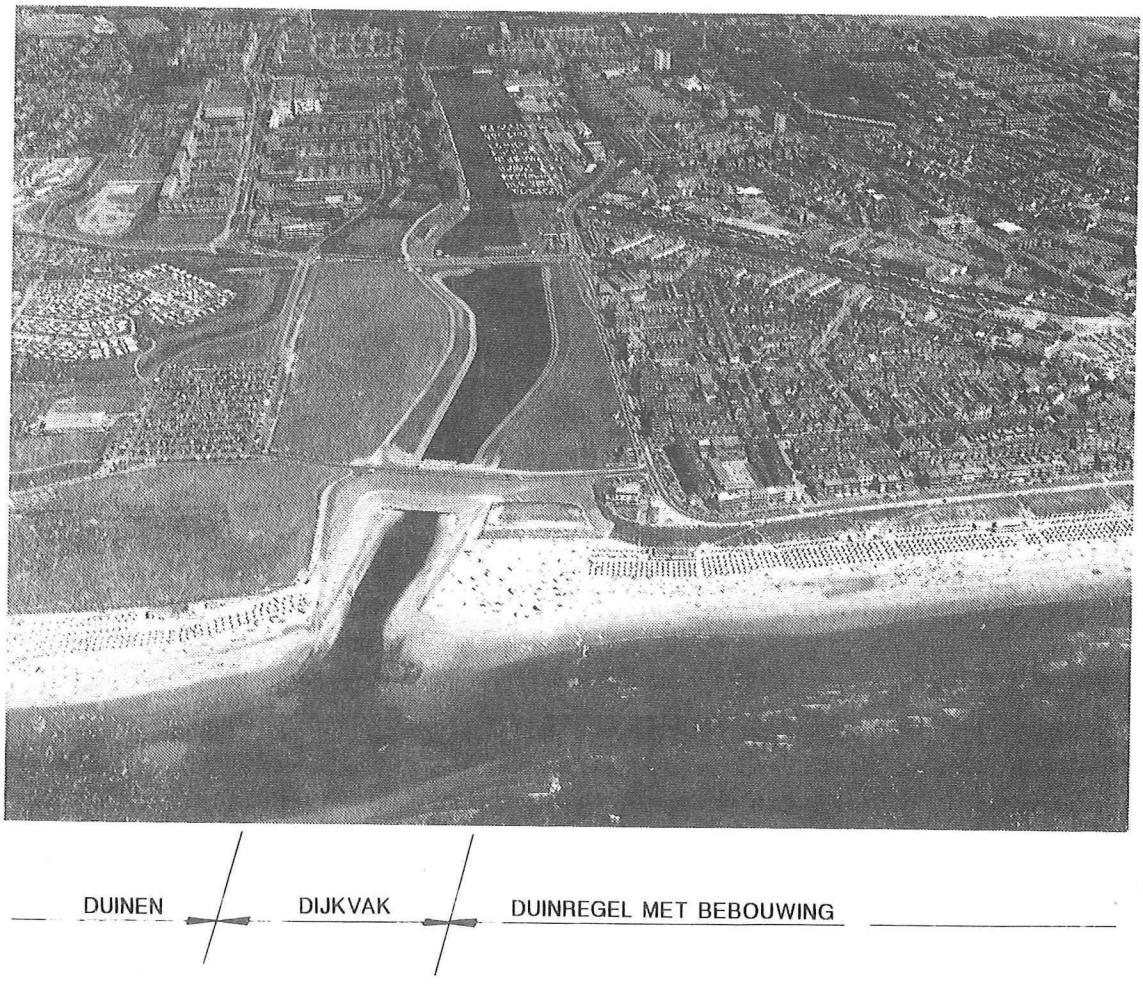
Momenteel worden aan de Midden- en Noordersluis werkzaamheden uitgevoerd, die moeten leiden tot Deltaveiligheid van deze sluizen. Voor de Kleine- en Zuidersluis wordt een studie uitgevoerd naar mogelijkheden, die kunnen leiden tot Deltaveiligheid. De mogelijke oplossingen lopen uiteen van het opknappen van de sluizen tot de aanleg van (een) nieuwe slui(s)zen.
De sluiseilanden zijn nog niet Deltaveilig. Ook hiervoor is nog geen definitieve oplossing bekend (grondlichaam, keermuur). In deze studie wordt uitgegaan van een dijklichaam.
Volgens de planning zal Deltaveiligheid van de sluiseilanden zijn bereikt in 1991 en voor de Kleine- en Zuidersluis in 1993. Dit is echter afhankelijk van de te kiezen oplossing.
De kering door de bebouwing van IJmuiden is momenteel voldoende hoog. Wel ligt een gedeelte van de bebouwing buitendijks (zie fig 6.6). Het gedeelte van de kering ten noorden van de Noordersluis is Deltaveilig.

Kruinhoogte

Aangezien de aanpassing tot Deltaveiligheid nog in studie is, zijn de hoogten van de dijklichamen en kunstwerken nog niet (exact) bekend.
De hoogten van het betonwerk en de keermiddelen van de diverse sluizen zijn/worden ca. NAP + 6,00 m.
Voor de hoogte van de dijklichamen wordt uitgegaan van een gemiddelde hoogte van NAP + 8,00 m.



Figuur 6.7.1 Dwarsprofiel waterkering uitwateringssluis Katwijk



Figuur 6.7.2 Waterkering uitwateringssluis Katwijk

Te hanteren ontwerpwaterstand bij overschrijdingsfrequentie van 1/10000 : NAP + 5,15 m

Seiche	0,65 m
Golfoploop (Hs bedraagt gemiddeld orde 1,5 m)	variabel
Zeespiegelrijzing	0,20 m

De hoogte van het Hoogoventerrein, grenzend aan de haven, bedraagt ca. NAP + 8,00 m. De bebouwing aan de zuidzijde is gebouwd in/op een voormalig duinengebied.

Onderwateroever

Voor de haveningang ligt een geul met een maximale diepte van ongeveer NAP - 20 m. Aan de westzijde van het Zuiderhoofd ligt deze geul dicht langs de dam. Voor de koppen van beide hoofden liggen ontgrondingskuilen. (Bij het Zuiderhoofd tot ca. NAP - 30 m.)
Aan de noordzijde van het Noorderhoofd en de zuidzijde van het Zuiderhoofd is het onderwateroever richting hoofd en richting kust erg flauw.

Morfologie

Door het optredende stroombeeld treden ontgrondingen op voor de koppen van de hoofden, vooral voor het Zuiderhoofd, omdat dit verder uitsteekt.
In de hoek tussen de hoofden en de kust treedt verdere aanzanding op.

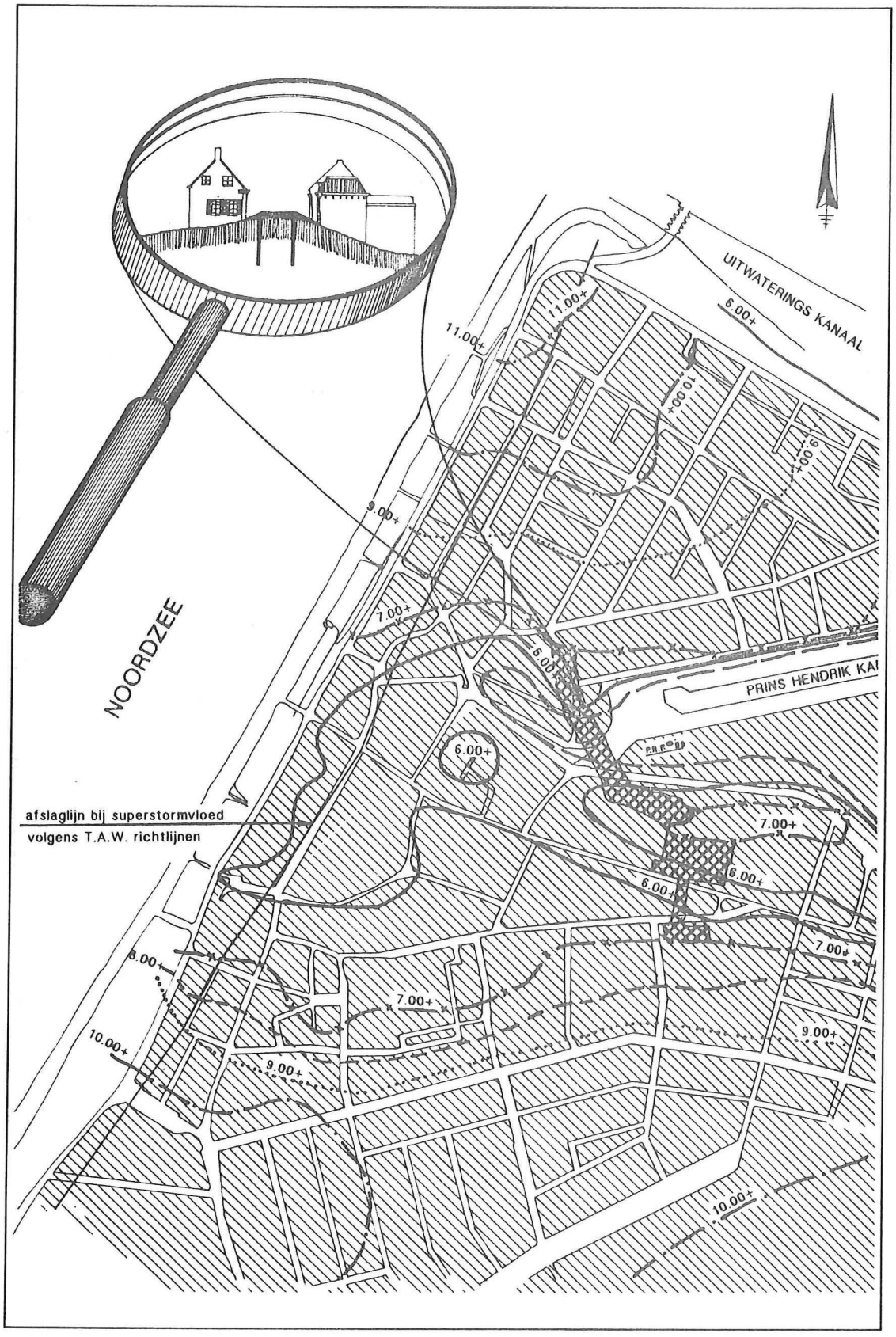
6.7 Katwijk

Omschrijving

Onderscheiden worden hier twee gedeelten:
a dijkvak ter plaatse van uitwateringssluis
b waterkering bebouwing Katwijk.

Ad a: De uitmonding van het Katwijkse Kanaal is ten behoeve van de aanleg van een nieuwe uitwateringssluis noordwaarts verlegd. Ter plaatse van de nieuwe sluis is een dijklichaam aangelegd. Het dijklichaam sluit aan de noord-zijde aan op het duinengebied.
In het dijklichaam is een uitwateringssluis opgenomen, bestaande uit 3 kokers (ieder breed 6,50 m), waarin zich 2 x 3 (enkelkerende) schuiven bevinden. Dit resulteert in een dubbele kering.
De kokers kunnen afzonderlijk drooggezet worden (zie figuur 6.7.1).

Ad b: Aan de zuidzijde wordt de waterkering gevormd door een volledig bebouwde duinregel. Het tracé van de feitelijke kering loopt hier meer landinwaarts. Aan de buitenzijde van de zeereep ligt een boulevard, waarvan de buitenzijde onverdedigd is. De kerende hoogte van de boulevard bedraagt over een lengte van 300 m ca. NAP + 6,00 m en is over een lengte van ca. 450 m lager dan NAP + 7,00 m. Daarbij moet worden opgemerkt dat het door aanstuiving verkregen zandmassief tussen de boulevard en het strand over het algemeen op een hoogte van ca. NAP + 7,00 m wordt onderhouden. De afstand tussen de voorgevels van de



Figuur 6.7.3 Waterkering door bebouwing Katwijk

bebouwing langs het lage gedeelte van de boulevard en de duinvoet bedraagt 50 à 60 m. De ruimte tussen de boulevard en de kruin van de feitelijke waterkering is volledig bebouwd (zie figuur 6.7.3).
Het gehele gebied tussen de duinvoet en de landinwaarts gelegen kering wordt als waterkering bestempeld.

Beheer

Achter de uitwateringssluis ligt een toeleidingskanaal, waarin op 0,5 km uit de sluis een gemaal ligt. Het kanaalgedeelte tussen het gemaal en de uitwateringssluis vormt een boezem.
Het onder ad a en ad b genoemde gebied wordt beheerd door het Hoogheemraadschap van Rijnland.

Deltaveiligheid

Ad a: In 1984 is de dijk ter plaatse van de nieuwe uitwateringssluis gereed gekomen. Hiermee werd op dat gedeelte Deltaveiligheid bereikt.

Ad b: Uitgaande van de afslaglijn, berekend volgens de TAW richtlijn, is op het smalste duingedeelte de resterende strook tot het Prins Hendrikkanaal 50 m breed, met een hoogte van NAP + 5,40 à 5,75 m. Daarom is/wordt over een lengte van ca. 0,5 km het laagste gedeelte van de kering verhoogd tot NAP + 7,0 m, om daarmee een voldoende grote veiligheid te bereiken. De bebouwing op de waterkering zelf zal minder goed beschermd zijn. De aanpassingen zijn vrij complex door de aanwezigheid van bebouwing (zie figuur 6.7.3).

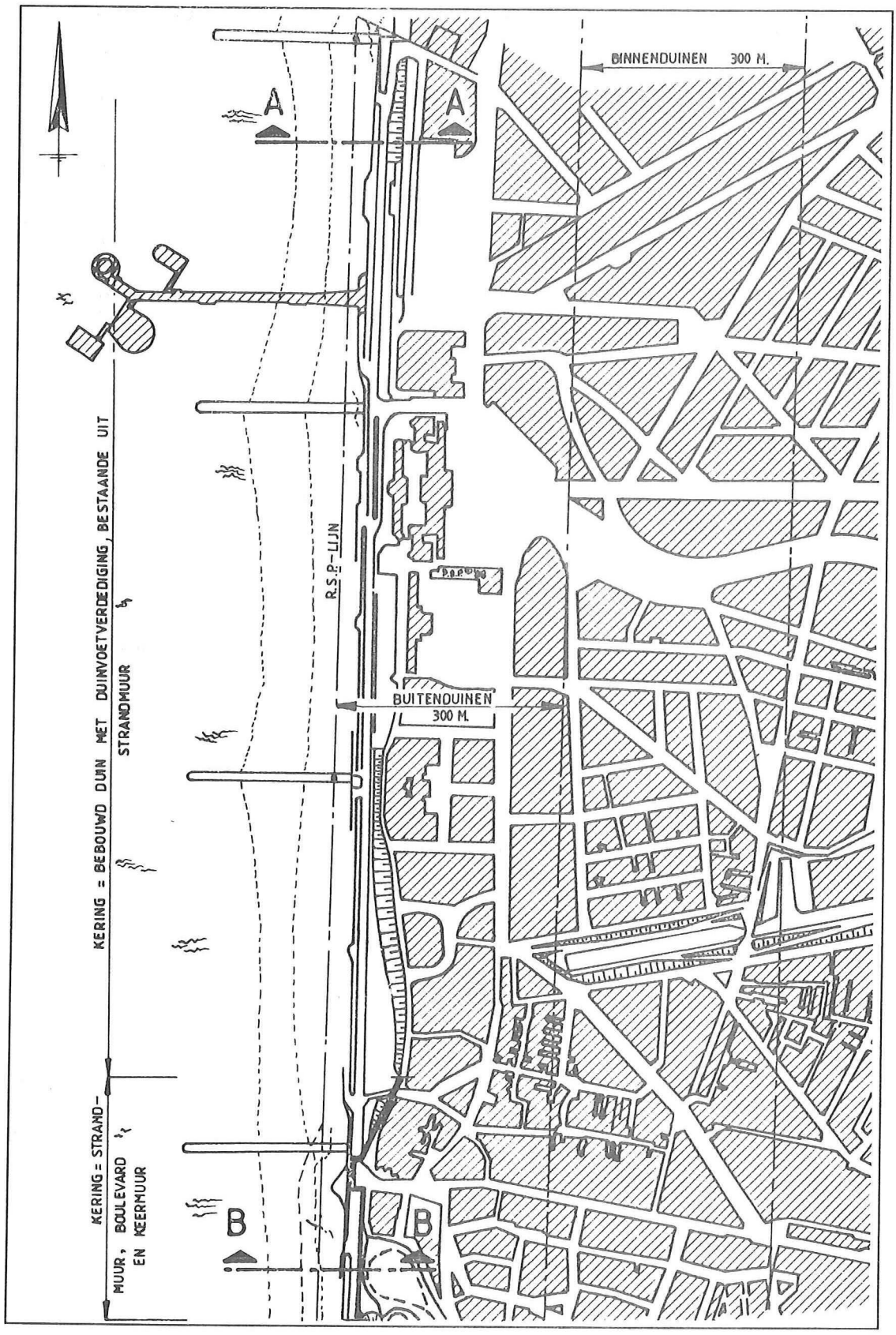
Kruinhoogte (dijkvak uitwateringssluis)

De kruinhoogte is als volgt bepaald:

- Ontwerpwaterstand	NAP + 5,40 m
- Golfoploop	3,90 m
- Buistoot	0,20 m
- Buioscillatie	0,10 m
- NAP-daling	0,20 m
	NAP + 9,80 m
Afgrond	NAP + 10,00 m

Glooiingsconstructies (dijkvak uitwateringssluis)

Aan de zeezijde is het dijktalud bekleed met een open bekleding van basalt- en betonzuilen van NAP - 0,20 m tot NAP + 5,00 m. Daarboven ligt een gesloten asfaltbekleding. Aan de zeezijde ligt een 100 m lange bodembescherming, bestaande uit zinkstukken met een steenbestorting (zie figuur 6.7.1).



Figuur 6.8.1 Overzicht zeewering Scheveningen

6.8 Scheveningen

Waterkering noordelijk van de haven

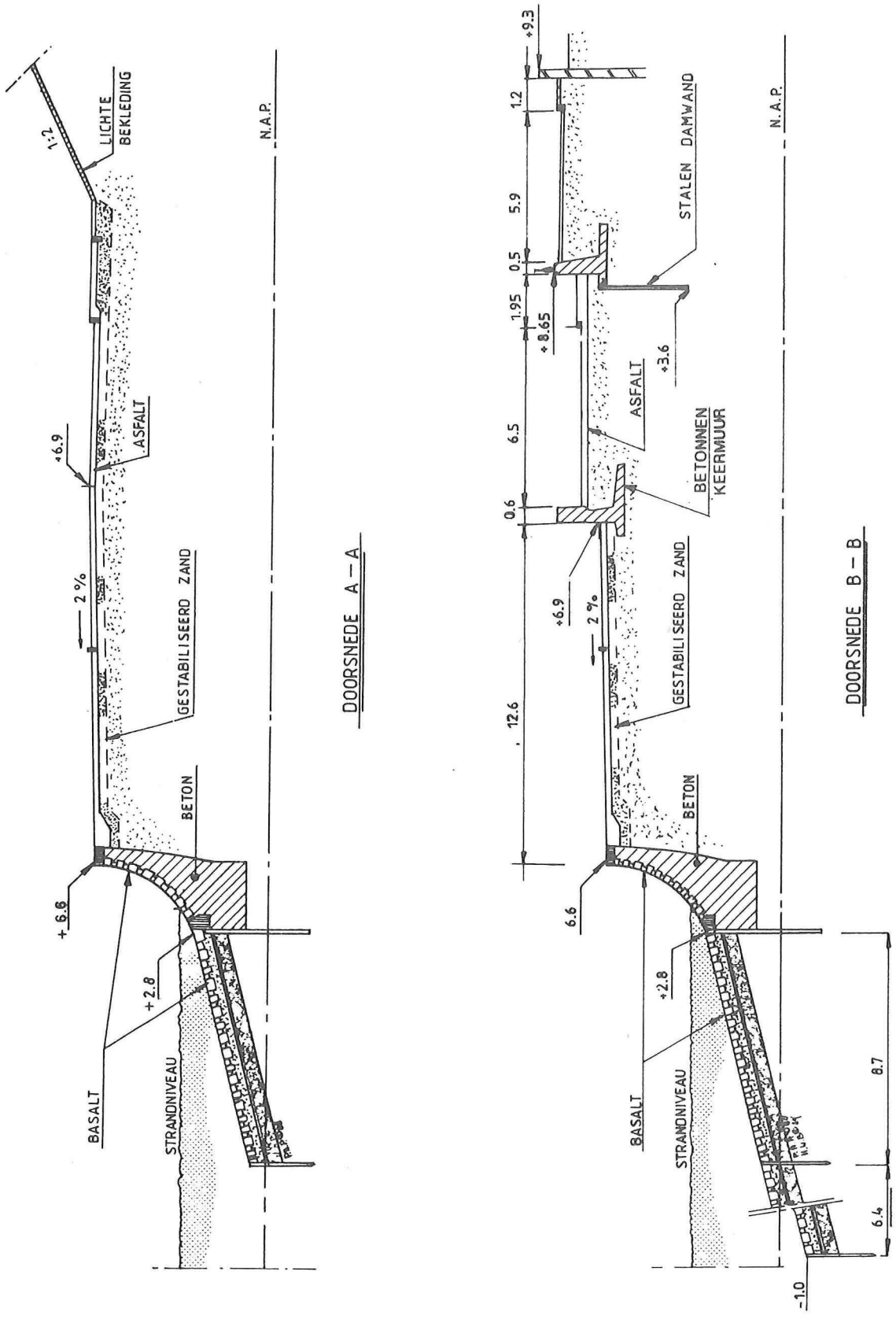
De waterkering wordt hier gevormd door een duinstrook, die bestaat uit "binnenduinen" (= strook van 300 m tot 600 m uit de Rijksstrandpalenlijn) en "buitenduinen" (= gedeelte buiten de 300 m-lijn). De buitenduinen worden aan de zeezijde begrensd door een boulevard, die wordt beschermd door een strandmuur. Slechts een gedeelte ter lengte van circa 140 m van deze 2500 m lange, strandmuur is gebouwd vanuit zeeweringsbelang. Hiermee werd in 1895/1896 de zeer smalle buitenduinregel bij de Keizerstraat versterkt (profiel B-B uit figuur 6.8.1).
Het belang van de overige, in 1896, 1902 en 1907 gebouwde delen van de strandmuur is gelegen in bescherming van de boulevard. De duinen zijn daar hoog en breed genoeg, om zonder aanvullende verdediging het achterland voldoende veiligheid tegen overstroming te bieden.
Teneinde de strandmuur te vrijwaren voor schade tengevolge van ontgronding van de funderingsgrondslag, door de zee is de voet ervan voorzien van een verdedigingsconstructie (voetglooiing). De teen van de voetglooiing reikt niet overal tot dezelfde diepte. Dit is ondermeer een gevolg van het feit dat strandverlaging in het verleden aanleiding heeft gegeven de glooiing plaatselijk te verlengen tot een lager niveau. Het peil van de teen varieert thans tussen NAP + 1,10 m en NAP - 1,65 m.
Aangaande het belang van het strand, gelegen voor de boulevard, blijkt uit het voorgaande dat een te lage ligging risico kan inhouden voor de standzekerheid van de strandmuur.
De strandmuur bij de Keizerstraat vormt een essentieel onderdeel van de zeewering ter plaatse. In het kader van de Deltawet is in 1973 de zeewering bij de Keizerstraat versterkt door de bouw van een stormvloedkering, bestaande uit een ca. 400 m lange damwandconstructie, met een bovenbouw, in de vorm van een golfkerende muur (doorsnede B-B, figuur 6.8.2). Tevens is de Strandweg plaatselijk verhoogd en van een waterdichte verharding voorzien.
De voetglooiing van de voor de zeewering belangrijke strandmuur voor de Keizerstraat reikt na verlenging (in benedenwaartse richting), in 1972, tot een diepte van NAP - 1,00 m. De ligging van het strand is een factor, die mede de veiligheid van de zeewering ter plaatse bepaalt.

Waterkering langs haven

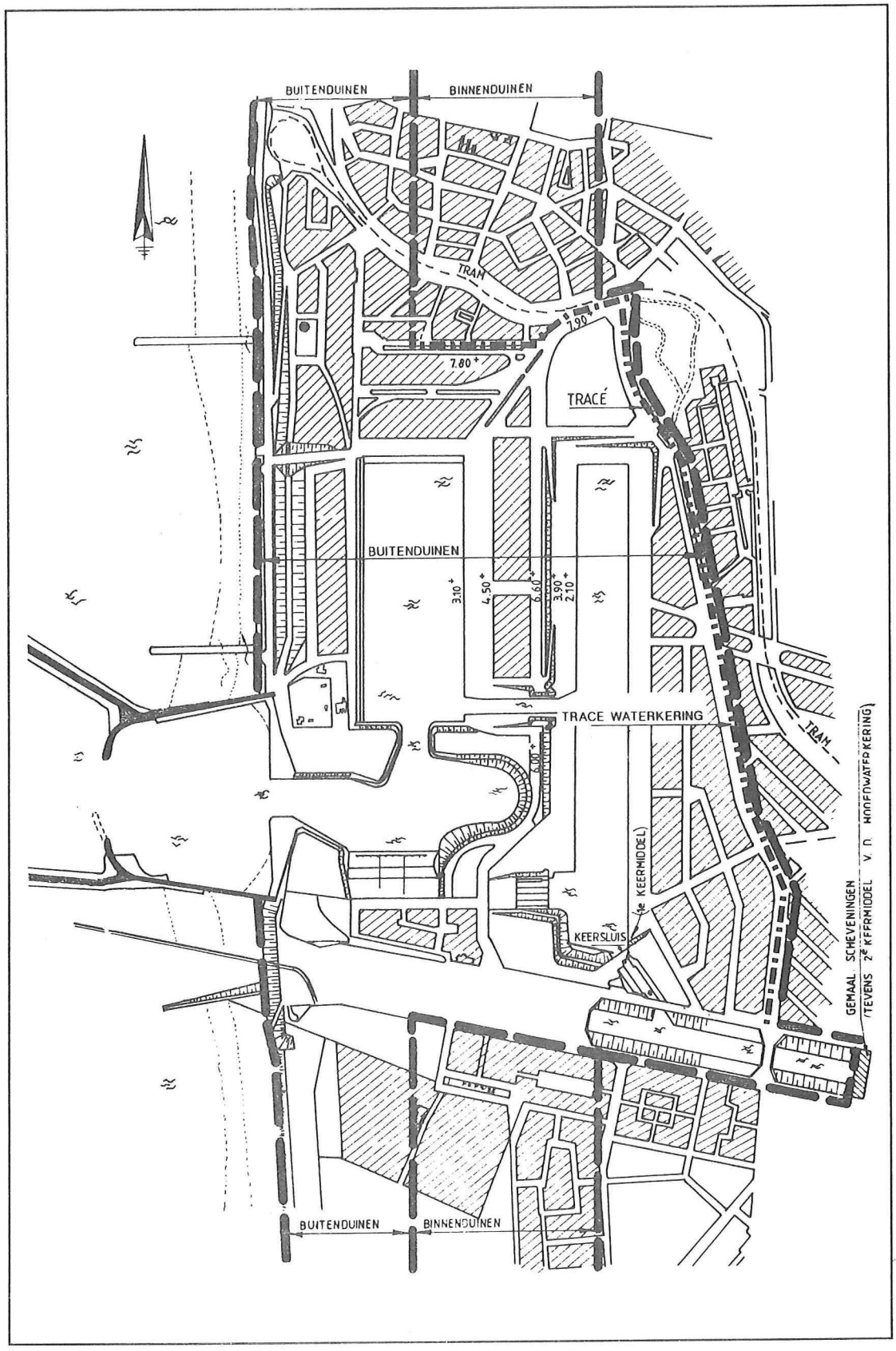
Het tracé van de kering langs de haven is aangegeven in figuur 6.8.3.
De kerende hoogte varieert van NAP + 7,00 m tot + 8,00 m. Een gedeelte van de bebouwing rond de haven en de kade ligt buitendijks. In de kering is, op de plaats waar het uitwateringskanaal uitmondt in de haven, een keersluis aangebracht.

Beheerfilosofie

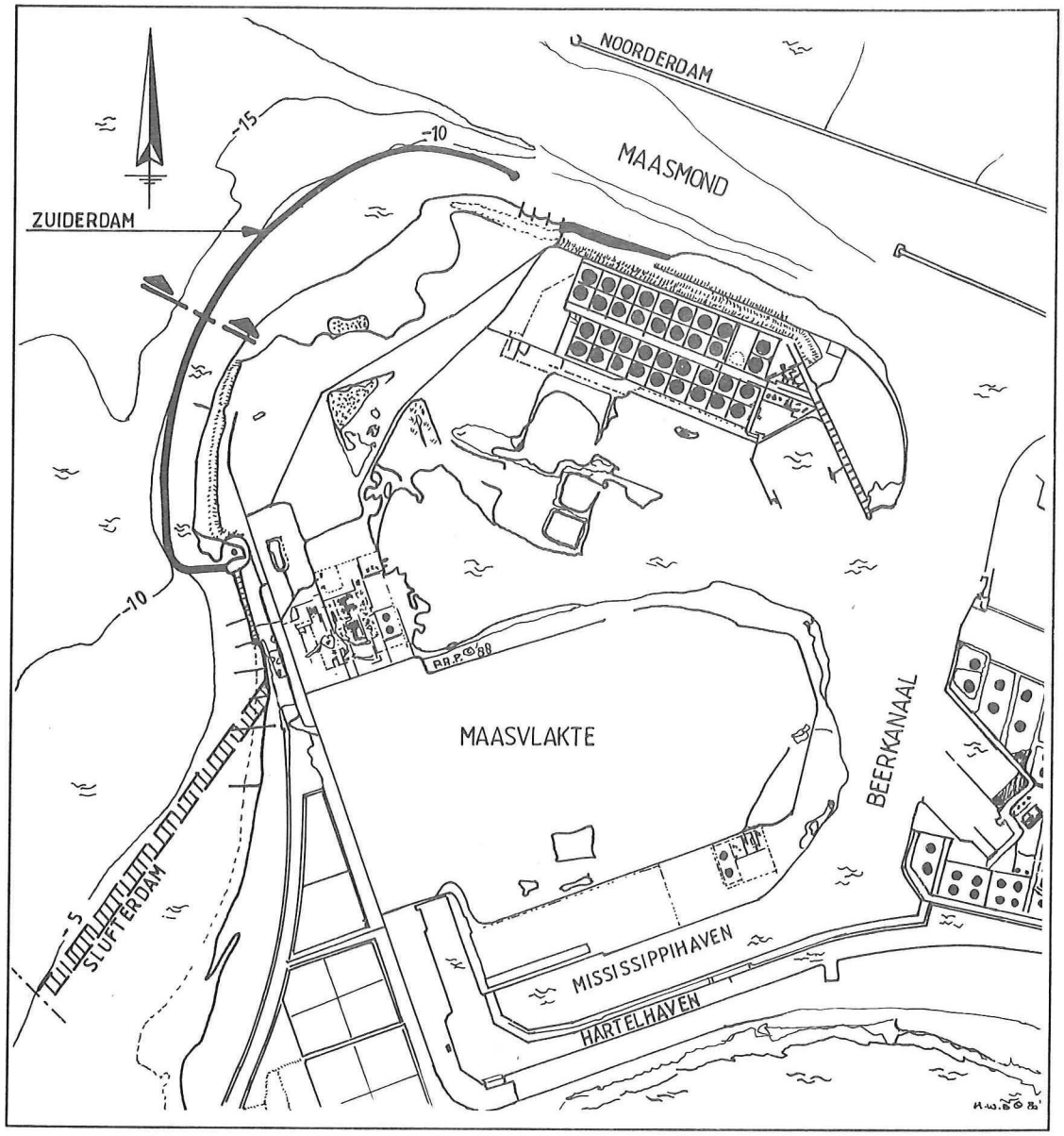
De bestaande bebouwing in de zeereep wordt geaccepteerd. Plannen tot vernieuwing of uitbreiding van de bebouwing worden kritisch beoordeeld. In de, door het beherende waterschap af te geven vergunning is/wordt onder andere opgenomen, dat schade door storm niet kan worden verhaald op de beheerder van de waterkering.
De waterkering wordt beheerd door het Hoogheemraadschap van Delfland.



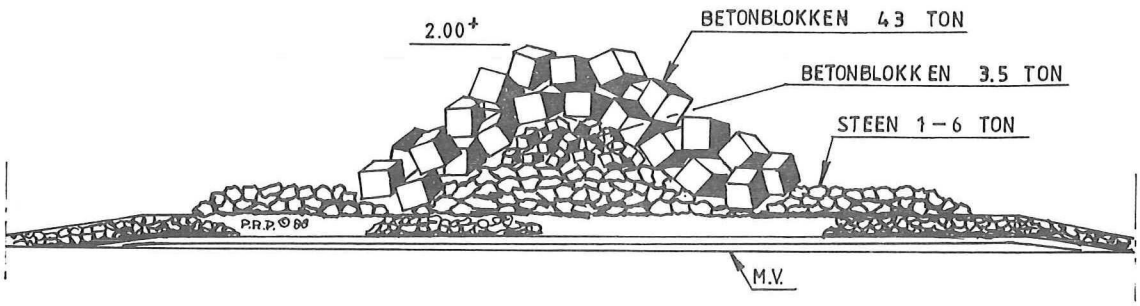
Figuur 6.8.2 Dwarsprofielen zeewering Scheveningen



Figuur 6.8.3 Tracé hoogwaterkering haven Scheveningen



Figuur 6.9.1 Situatie Zuiderdam Maasvlakte



Figuur 6.9.2 Dwarsprofiel Zuiderdam Maasvlakte

Veiligheidsfilosofie

Ten aanzien van de veiligheid wordt geaccepteerd dat de strandmuur onder de maatgevende stormcondities schade oploopt of zelfs bezwijkt. Daarbij wordt voorshands aangenomen dat de strandmuur en de andere constructies de op zichzelf te zwakke buitenduinregel zo lang bescherming bieden, dat ten tijde van het bezwijken van de strandmuur de storm over het hoogtepunt heen is en de nog optredende duinafslag niet leidt tot een doorbraak van de waterkering. De stand van het wetenschap laat een toetsing van deze theorie nog niet toe.
Ten aanzien van de sterkte en stabiliteit van de strandmuur is een stormvloed met een overschrijdingsfrequentie van 1/500 per jaar maatgevend gesteld. Uitgaande hiervan is met het oog op de ontgronding van de teen van de voetglooiing bij een stormvloed een minimum strandligging vastgesteld. De ligging is globaal als volgt:
- hoogte bij de strandmuur NAP + 2,80 m;
- helling boven gemiddeld hoogwater 1:20;
- helling tussen gemiddeld hoogwater en gemiddeld laagwater 1:40;
- beneden gemiddeld laagwater het bodemprofiel van omstreeks 1984.

De aangegeven minimum strandligging geldt slechts als in de langsrichting van de kust geen grote verschillen in de omstandigheden optreden. Daarom geldt dit minimumprofiel over de gehele lengte van de boulevard.

Morfologie

De morfologie 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 het recente verleden zijn suppleties uitgevoerd van ca. 0,7 miljoen m^3 zand in 1975 en 0,3 miljoen m^3 zand in 1985. De noodzaak van deze suppleties kan slechts gedeeltelijk worden toegeschreven aan zeeweringsbelang.

6.9 Zuiderdam Maasvlakte

Aan de zeezijde van de Maasvlakte is een blokkendam aangelegd. De functies van deze dam zijn:
- getijdestroom op zodanige wijze leiden, dat geen hinderlijke dwarsstromingen ontstaan voor de scheepvaart;
- golfslag onder alle omstandigheden breken; de ruimte tussen de blokkendam en de Maasvlakte fungeert als uitwoelruimte voor overslaande golven.

In verband met te verwachten ontgrondingen is de dam aangelegd in een cunet.
De lengte van de blokkendam is ca. 4 km; er zijn ca. 37.000 blokken in verwerkt, met variërend gewicht, 39, 43 en 49 ton.
In figuur 6.9.1 is de situatie en in figuur 6.9.2 het dwarsprofiel van de dam weergegeven.

Beheer

In de huidige situatie moeten jaarlijks ca. 60 stuks betonblokken worden aangevuld. Vermindering van dit aantal heeft op korte termijn geen effect, doch leidt op langere termijn tot strandafslag.
De Zuiderdam is in beheer bij Rijkswaterstaat, dienstkring Nieuwe Waterweg.

In de onderhavige studie wordt de dam beschouwd als een onderwateroeverbescherming. Wel moet worden opgemerkt, dat de Maasvlakte geen onderdeel vormt van de hoofdwaterkering; deze is meer landinwaarts gelegen. De blokkendam levert daarom geen directe bijdrage in de beveiliging van het achterland.

Morfologie

Vlak langs de westzijde van de blokkendam loopt een geul met een diepte tot NAP - 10 à 15 m. De aanzethelling richting dam is vrij steil. Er zijn echter geen stabiliteitsproblemen te verwachten.
Aan de zuidzijde van de dam is een strandprofiel aanwezig.

6.10 Stellendam

Omschrijving waterkering

De waterkering wordt hier gevormd door het dijklichaam achter de buitenhaven in combinatie met twee havendammen (zie figuur 6.10.1). De havendammen vormen een wezenlijk deel van de zeewering door hun golfremmende werking. Het gedeelte zeedijk, dat is gelegen in het tracé van de Haringvlietdam (ca. 0,9 km), wordt in deze studie niet meegenomen, omdat dit een onderdeel vormt van een Deltadam.

Beheer

De waterkering is in beheer bij Rijkswaterstaat, dienstkring Oud-Beijerland (per 1 mei 1989 dienstkring Haringvliet).

Deltaveiligheid: Het werk is in 1970 gereed gekomen.

Kruinhoogte

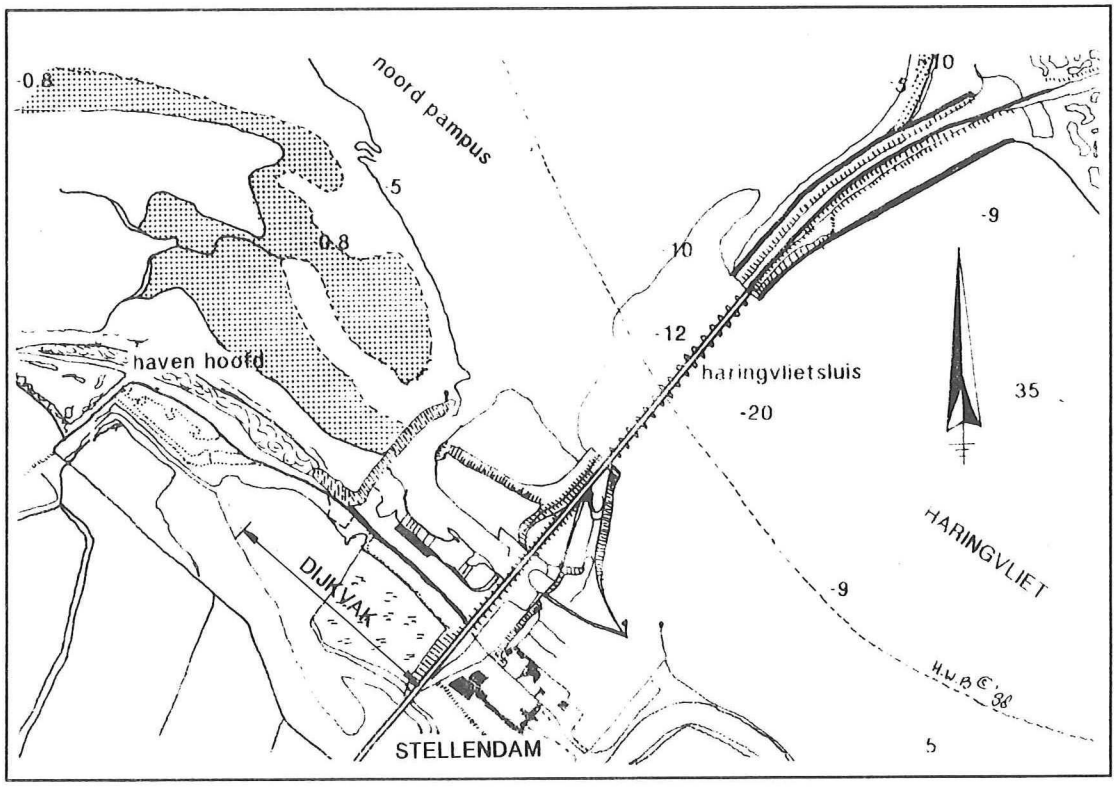
De vormgeving van met name de mond van de buitenhaven is door het Waterloopkundig Laboratorium onderzocht. Gebleken is, dat met de huidige vormgeving de golven in de haven nergens groter zijn dan 10% van de golven buiten de haven. De maximaal te verwachten golfhoogte buiten zal ca. 3 m zijn, zodat in de haven de golfhoogte ten hoogste 0,30 m zal bedragen. De kruinhoogte van de westelijke havendam bedraagt NAP + 8,00 m, zodat de haven vanaf die zijde volledig beschermd ligt tegen golfaanval. Hierdoor en door de aanwezigheid van een haventerrein kan de kruinhoogte van de waterkering aan de zuidzijde van de haven beperkt blijven. De hoogte van het haventerrein bedraagt NAP + 5,10 m tot + 5,70 m. De hoogte van de waterkering is ca. NAP + 7,20 m.

Glooiingsconstructie

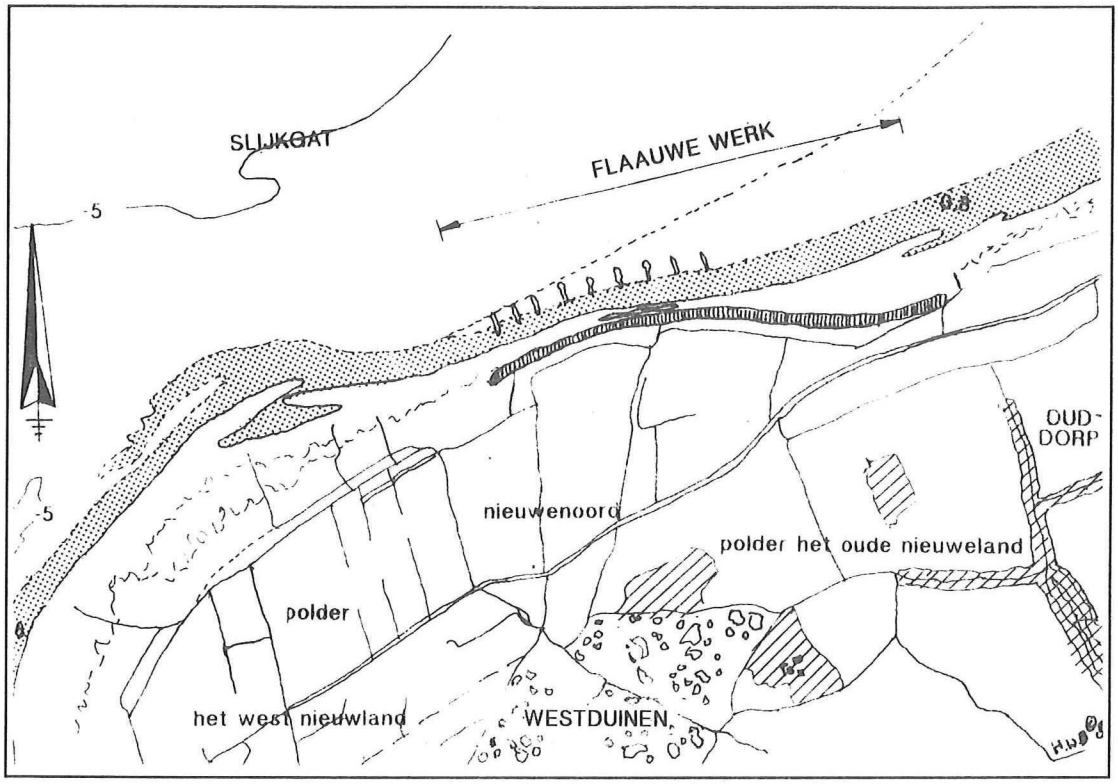
Het onderwatertalud is 1:3 en is op NAP - 0,50 m onderbroken door een 2 m brede berm. Vanaf de tussenberm tot het op NAP + 4,00 m gelegen haventerrein is het talud verdedigd met betonblokken, systeem Leendertse, op een laag grind.

Morfologie

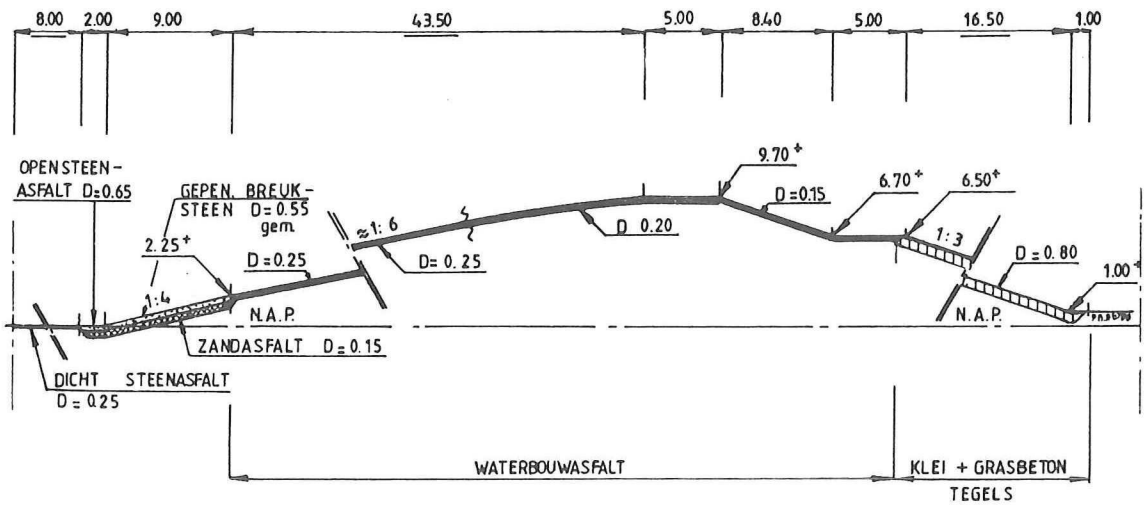
Daar de aanwezigheid van de ca. 0,7 km lange, loodrecht op de dijk liggende, havendam staat het dijkvak buiten de invloed van morfologische ontwikkelingen.



Figuur 6.10.1 Situatie dijkvak Stellendam



Figuur 6.11.1 Situatie Flaauwe Werk



Figuur 6.11.2 Dwarsprofiel dijkvak Flaauwe Werk

6.11 Flaauwe werk

Historische ontwikkeling

Reeds in de vorige eeuw baarde het kustgedeelte ter hoogte van het Flaauwe Werk zorgen. Reden, waarom er in 1718 al tussen RSP 8,75 en RSP 12,25 een kleidijk werd aangelegd, welke in 1790 werd doorgetrokken tot RSP 13,75. De kleidijk lag nu eens onder het zand en dan weer bloot, afhankelijk van de zandbeweging ter plaatse van de onderwateroever.

Tevens werden er in de 18^{e} en 19^{e} eeuw strandhoofden aangelegd om de achteruitgang van oever en strand tegen te gaan. Naar aanleiding van de stormvloed van 1953 is de dijk verhoogd (tot NAP + 8,50 m) en verzwaard.

Huidige situatie

Het gebied kenmerkt zich door een starre vooruitstekende zeewering (zeedijk) te midden van een flexibele zeewering (duinen). Aan weerszijden is de dijk "ingepakt" in een verbreed duin.
Voor de dijk liggen 9 strandhoofden. De landwaartse beëindiging van deze hoofden lag ca. 100 m zeewaarts van de teen van de dijk, waardoor aan die zijde ontgrondingen optraden. Daardoor zijn ze in 1988 achterwaarts (richting kust) verlengd.
In studie is, of de kribben ook nog zeewaarts moeten worden verlengd en verhoogd.
De asfaltbekleding op de dijk is doorgetrokken tot over de kruin (zie figuur 6.11.2).

Beheer

De aansluiting van de starre zeedijk op de flexibele duinen vergt de nodige aandacht. Hier vindt extra peil- en meetwerk plaats voor de dijk en de strandhoofden.
De waterkering is in beheer bij Rijkswaterstaat, dienstkring Oud-Beijerland (per 1 mei 1989 dienstkring Haringvliet).

Deltaveiligheid: De zeedijk is in 1984/1985 deltaveilig gemaakt.

Kruinhoogte: NAP + 9,50 m (ontwerphoogte).

Morfologie

De onderwateroever is tamelijk flauw. Het kustvak verkeert nagenoeg in dynamisch evenwicht, hoewel het strand iets afneemt en de geul iets dichterbij de koppen van de strandhoofden lijkt te komen. De dieptelijn van NAP - 1,0 m heeft een nagenoeg stabiel karakter. Tijdelijk treden voor de koppen van de strandhoofden extreme verdiepingen op, vermoedelijk door het passeren van zandgolven.
Van essentieel belang is, dat de strandhoofden in stand worden gehouden.

6.12 Schouwen-Duiveland

Het betreft hier een dijkvak van ca. 0,4 km, dat is gelegen aan de zuidzijde van de kop van Schouwen-Duiveland, direct aansluitend aan de damaanzet van de Stormvloedkering Oosterschelde. Op de onderwateroever is een bestorting aangebracht.
Vanwege de korte lengte (0,4 km) zijn van dit damvak hier verder geen ontwerpgegevens opgenomen.
De te verwachten kosten van verderop in deze nota te behandelen scenario's worden afgeleid van ongeveer gelijkwaardige dijkvakkken.
Het dijkvak is in beheer bij Rijkswaterstaat, dienstkring Deltakust.

Morfologie

De natuurlijke trend is, dat sterke aanzanding aan de noordelijke oever van de Hammen aanwezig is.
De morfologie kan nog worden beïnvloed door de invloed van de ontgrondingskuil aan de rand van de bodembescherming van de stormvloedkering in de richting van de oever. Hierdoor zijn echter geen problemen te verwachten.

6.13 Onrustpolder

Het dijkvak vormt een onderdeel van de verbinding tussen de Veersedam en de damaanzet van de Stormvloedkering Oosterschelde (figuur 6.13.1).

Het beheer van het dijkvak ligt bij het Waterschap Noord- en Zuid-Beveland.

Deltaveiligheid: De zeedijk is in 1985 deltaveilig gemaakt.

Kruinhoogte

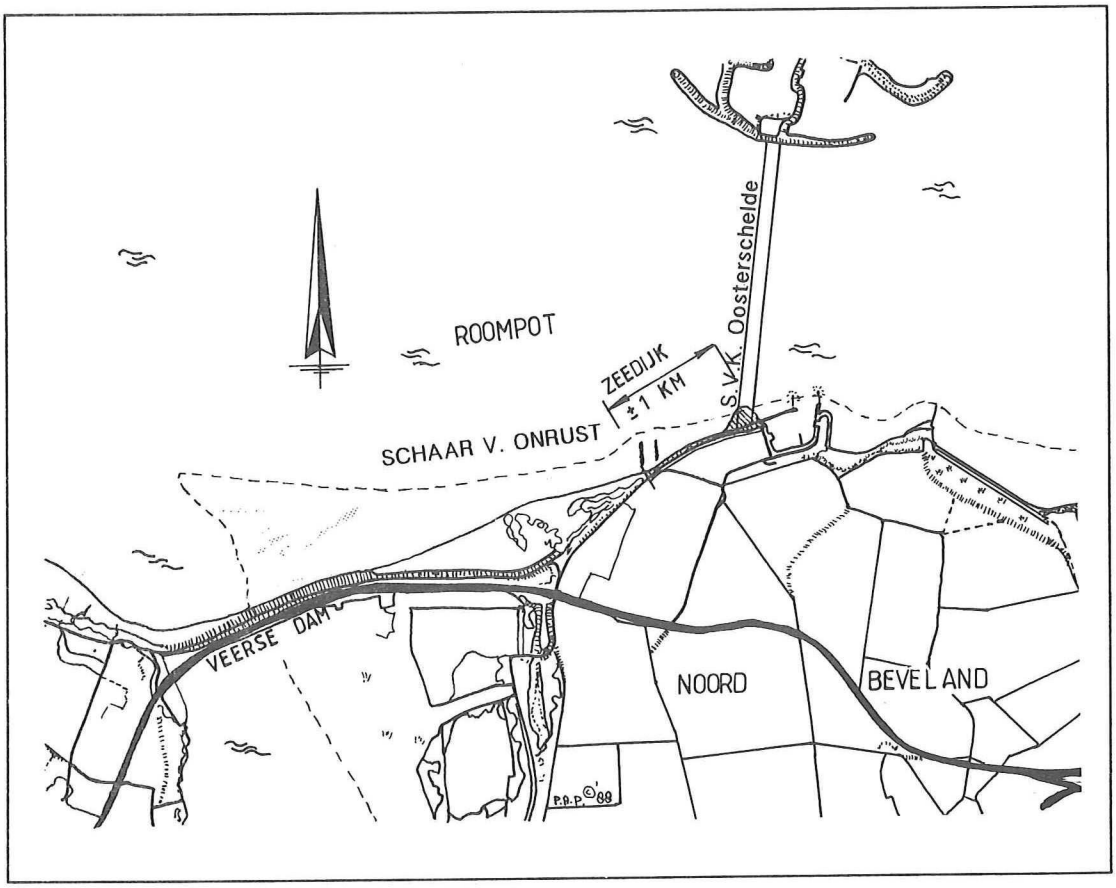
- Ontwerpwaterstand	NAP +	5,45 m
- Golfoploop ($Z_{2\%}$) (bij windsnelheid 34 m/s; Hs = 3,7 m)		7,80 à 9,00 m
- Buistooteffect		0,05 m
- Extra waakhoogte		0,50 m
- Kruinhoogte (exclusief kruindaling)	NAP +	13,10 à 13,90 m,

(bron: lit. 10 en 11 en ontwerptekeningen)

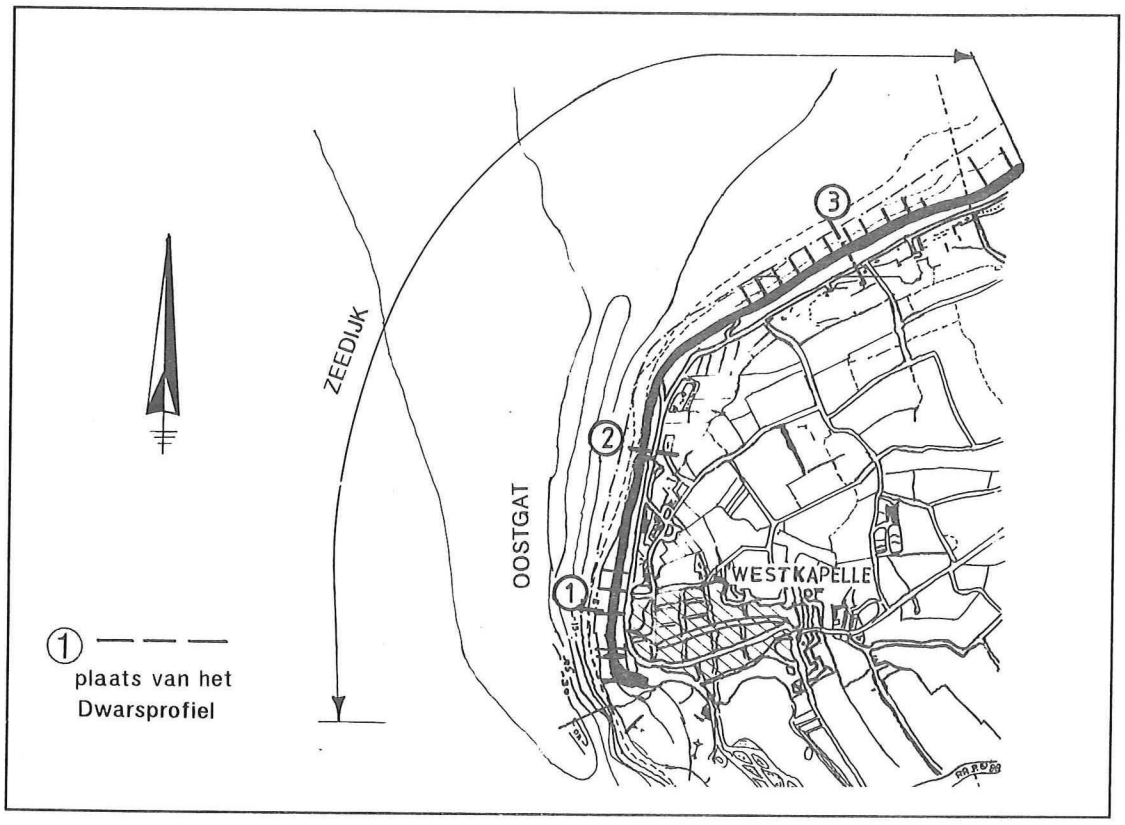
Morfologie/onderwateroever

De hoogwaterkering bestond sedert de indijking van de polder Onrust uit een relatief lage zeedijk, waarvoor een vrij breed schorrengebied was gelegen tot aan de geul.
Begin 20e eeuw is dit schor opgeruimd door het opdringen van de stroomgeul Schaar van Onrust.
In de periode 1940 - 1960 is de situatie gestabiliseerd.
Door de uitvoering van de Deltawerken (sluiting van de monding van het Veerse Gat en de bouw van de Stormvloedkering Oosterschelde) is het erosieproces in omvang toegenomen. Verwacht werd, dat na het gereed-

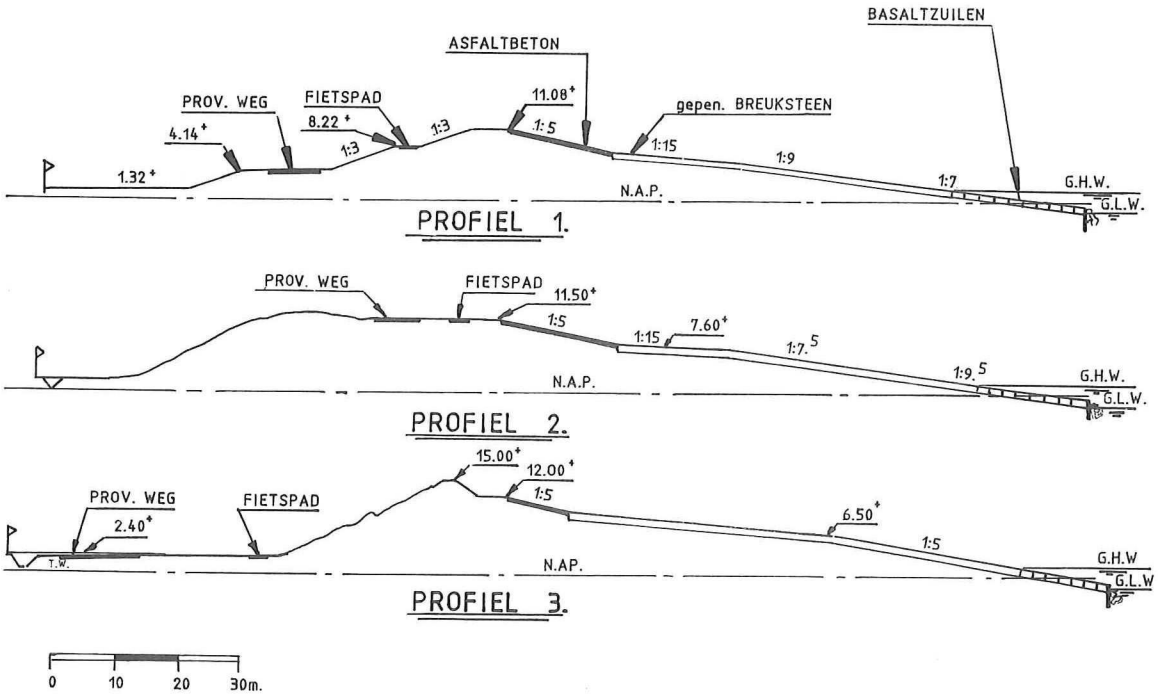
komen van de stormvloedkering de stroomsnelheden af zouden nemen. Het is nog niet geheel duidelijk, of dit werkelijk het geval is.
Momenteel is over de gehele lengte een smal strand aanwezig. De huidige diepte van de Schaar van Onrust is NAP - 14 m. Door het instand houden van zinkwerken en twee hoofden wordt gepoogd het oprukken van de geul te beperken. Door het instand houden van een verbindingsdam tussen de onderwateroeverbestorting en de zeedijk wordt achterloopsheid voorkomen. Door het steiler worden van de oever is de kritieke helling bij de onderwateroeverbescherming nagenoeg bereikt. Op dit moment is echter geen gevaar voor instabiliteiten aanwezig.



Figuur 6.13.1 Dijkvak Onrustpolder



Figuur 6.14.1 Situatie Westkapelse Zeedijk



Figuur 6.14.2 Dwarsprofielen Westkapelse Zeedijk

6.14 Westkapelse Zeedijk

Omschrijving

In de lengterichting is de dijk te verdelen in 3 segmenten (zie figuren 6.14.1 en 6.14.2)

1 Ter plaatse van het dorp Westkapelle.
De opritten van de provinciale weg en het fietspad liggen hier aan de landzijde op het dijklichaam. De kruinhoogte verloopt op dit gedeelte van NAP + 11,00 m tot NAP + 11,50 m.
Het profiel aan de landzijde heeft het aanzien van een groene dijk.

2 Het overige gedeelte van het op het westen gelegen dijkvak.
Hier zijn de provinciale weg en het fietspad op de brede kruin gelegen. De kruinhoogte bedraagt NAP + 11,50 m. Aan de landzijde heeft de dijk enigszins het aanzien van een duin.

3 Het gedeelte van de dijk dat op het noord-westen is gelegen.
De kering bestaat hier uit een kunstmatig duin (kruinhoogten tussen NAP + 13,00 à + 20,00 m) met aan de zeezijde een harde bekleding, die doorloopt tot NAP + 12,00 m. De wegen liggen op dit gedeelte aan de binnenzijde van het "duin".

Deltaveiligheid

Aanpassing tot Deltaveiligheid heeft plaatsgevonden van 1986 - 1988.

Kruinhoogte

(lit. 12 t/m 14)

De kruinhoogte is als volgt bepaald:

- Ontwerpwaterstand (frequentie 1/4000)	NAP + 5,25 m
- Golfoploop (Hs = 5 à 6 m)	5,00 à 6,00 m
- Buistoot	0,10 m
- Overhoogte	0,50 m
- Kruinhoogte (exclusief kruindaling)	NAP + 11,00 m tot 12,00 m

Glooiingsconstructies

De taludverdediging aan de zeezijde van de dijk is van beneden naar boven als volgt opgebouwd:

a Aansluitend aan de bestaande verdediging boven de teen van de dijk zijn, bij de aanpassing tot Deltaveiligheid, uit het werk komende basaltzuilen gezet op een door steenslag afgedekte 0,60 m dikke mijnsteenlaag. Deze basaltzetting is gepenetreerd met asfaltmastiek.

b Boven NAP + 3,60 m is een halve meter dikke laag breuksteen aangebracht, ook op een 0,60 m dik mijnsteenpakket. Deze breuksteen is gepenetreerd met gietasfalt.

c In aansluiting hierop is op de buitenberm, vanaf NAP + 6,50 m, op het boventalud en op de kruin een laag waterbouwasfaltbeton aangebracht met een dikte van 0,20 m.

Onderwateroever

Ter hoogte van Westkapelle ligt de (diepe) geul dicht onder de oever, met plaatselijk een aanzethelling van 1:5, over een hoogte van 28 m. Op de overige gedeelten is de onderwateroever redelijk flauw. Van 1985 - 1987 heeft nog een uitbreiding van de steenbestorting plaatsgevonden.
De geul (Oostgat) is een kortsluitgeul, die voornamelijk door het getij-faseverschil tussen de Ooster- en Westerschelde wordt bepaald.

Morfologie

Langs het gedeelte van de zeedijk dat op het westen is gelegen, stroomt het water zowel in eb- als in vloedrichting door de parallel aan de kustlijn lopende geul. In de morfologie is de stroming volledig dominant ten opzichte van de golven. Er treedt een langzame verdieping op. Voor het op het noordwesten gelegen damvak heerst een ingewikkeld stroombeeld met tevens invloed van zandgolven. Hier vindt thans overwegend aanzanding plaats.

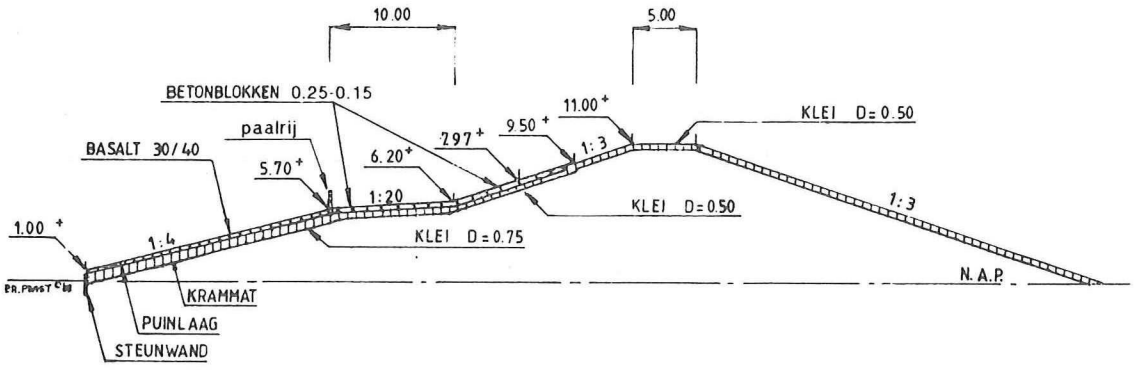
6.15 Zeedijk Zoutelande

Voor de zeedijk bevindt zich een laag strand.

Deltaveiligheid 1955 - 1956.

Kruinhoogte (bron lit. 4)

- Ontwerpwaterstand	NAP + 5,40 m
- Golfoploop (Hs = 4 à 5 m)	5,00
- Buioscillatie	
- Overhoogte	
- Zeespiegelrijzing	
- Kruinhoogte (exclusief kruindaling)	NAP +11,00 m



Figuur 6.15.1 Algemeen dwarsprofiel zeedijk Zoutelande

Glooiingsconstructies

Op het onderste gedeelte van het talud zijn basaltblokken aangebracht op een onderlaag van puin. In 1988 is deze glooiing gepenetreerd met gietasfalt. Tevens is toen op het buitentalud een golfremmende paalrij aangebracht.
Op de buitenberm en het daarboven gelegen talud (tot NAP + 9,5 m) liggen betonblokken (met nokken; oploop remmend), met een dikte variërend van 0,25 tot 0,15 m, op een onderlaag van klei.
In figuur 6.15.1 is het volledige dwarsprofiel van de dijk weergegeven.

Onderwateroever

De geul Oostgat ligt hier vlak onder de kust; wel is nog een strook nat strand aanwezig. De aanzethelling is vrij steil, plaatselijk 1:4,5 over een hoogte van 17 m.

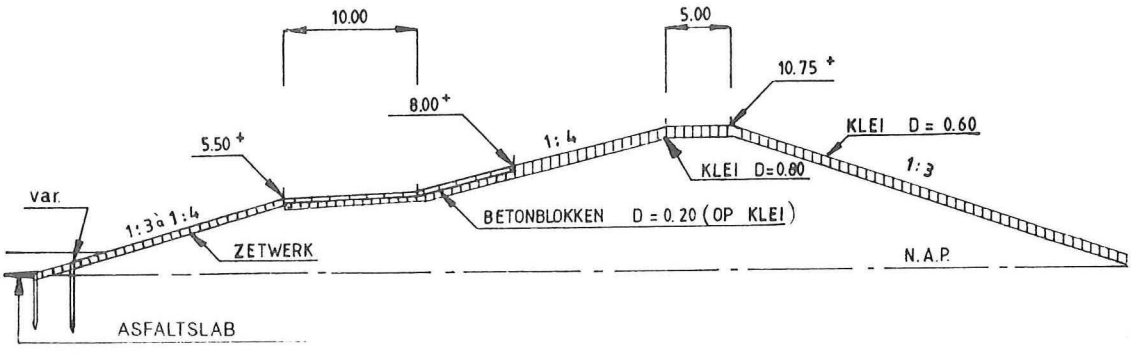
Morfologie

De potentiële achteruitgang bedraagt ca. 1 m per jaar.
Doorgaande erosie is te verwachten. Ook bij het instand houden van de uitgebouwde kribben zal wellicht een gedeelte van het strand verdwijnen.

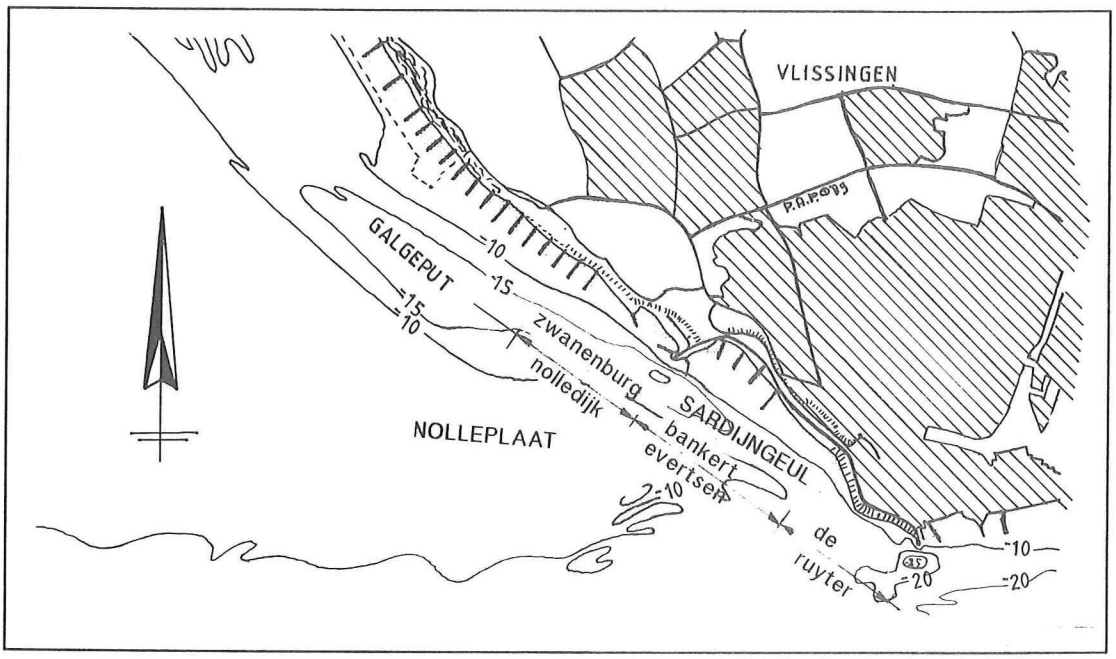
6.16 Nolledijk/Zwanenburg

Kruinhoogte (bron: lit. 15)

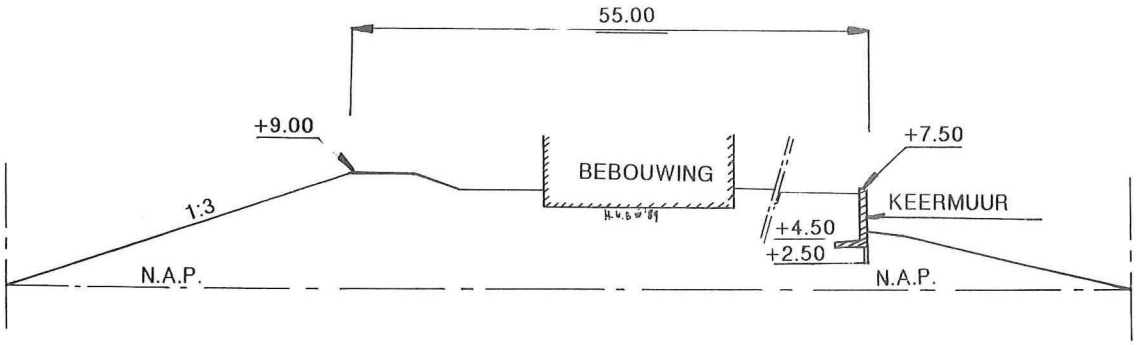
- Ontwerpwaterstand	NAP + 5,45 m
- Golfoploop	4,83 m
- Buioscillatie	0,10 m
- Extra waakhoogte	0,50 m
- Kruinhoogte (exclusief kruindaling)	NAP +10,75 m



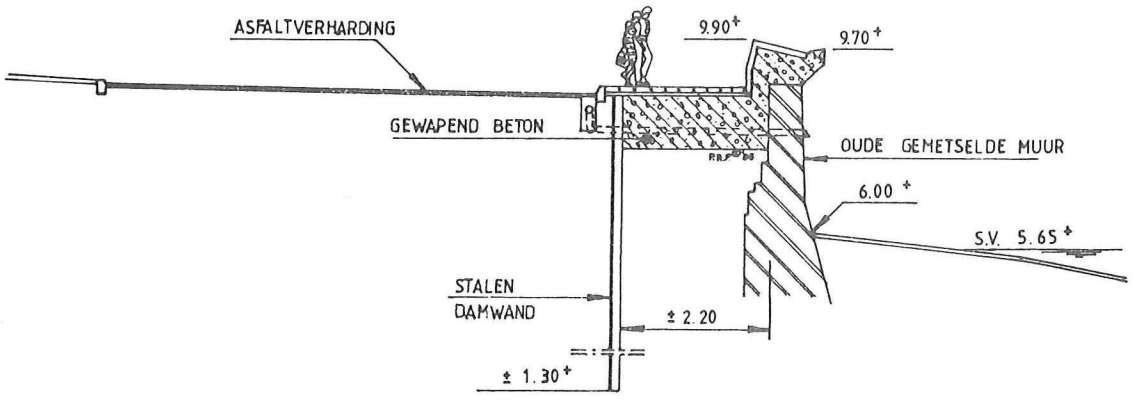
Figuur 6.16.1 Dwarsprofiel dijkvak Zwanenburg



Figuur 6.17.1 Overzicht zeewering zuid-westkust Walcheren



Figuur 6.17.2 Dwarsprofiel boulevards Bankert en Evertsen



Figuur 6.17.3 Dwarsprofiel boulevard De Ruyter

In 1985 en 1986 heeft versterking tot Deltaveiligheid plaatsgevonden.

De ligging van de dijkvakken is weergegeven in figuur 6.17.1; een dwarsprofiel van het dijkvak Zwanenburg is te zien in figuur 6.16.1.
Om te voorkomen dat bij storm voor de teen van het talud ontgrondingskuilen zouden ontstaan, met als gevolg instabiliteit van het talud, is in 1986/1987 de teenconstructie op een lager niveau aangebracht en is tevens voor het talud een asfaltslab aangebracht. De diepte van de teenconstructie is variabel, en is afhankelijk van de aanwezigheid van een kleilaag en het niveau tot waar deze kleilaag reikt.
Van het ontwerp zijn geen verdere gegevens bekend.

6.17 Vlissingen

Boulevards Bankert, Evertsen en De Ruyter (figuur 6.17.1)

Boulevards Bankert en Evertsen.
De kering wordt hier gevormd door de combinatie van een strandmuur, met een hoogte variërend van NAP + 7,50 m tot + 8,70 m, en een achterwaartse kering met een kruinhoogte van NAP + 9,00 m (zie figuur 6.17.2). De lengte van de boulevards bedraagt 1,1 km. De keermuur aan de zeezijde is voorzien van een naar voren stekende rand om de golfoploop te beperken (parapetconstructie).
Nadere toelichting op de berekening van de kerende hoogten etc. is te vinden in lit. 16 t/m 19.

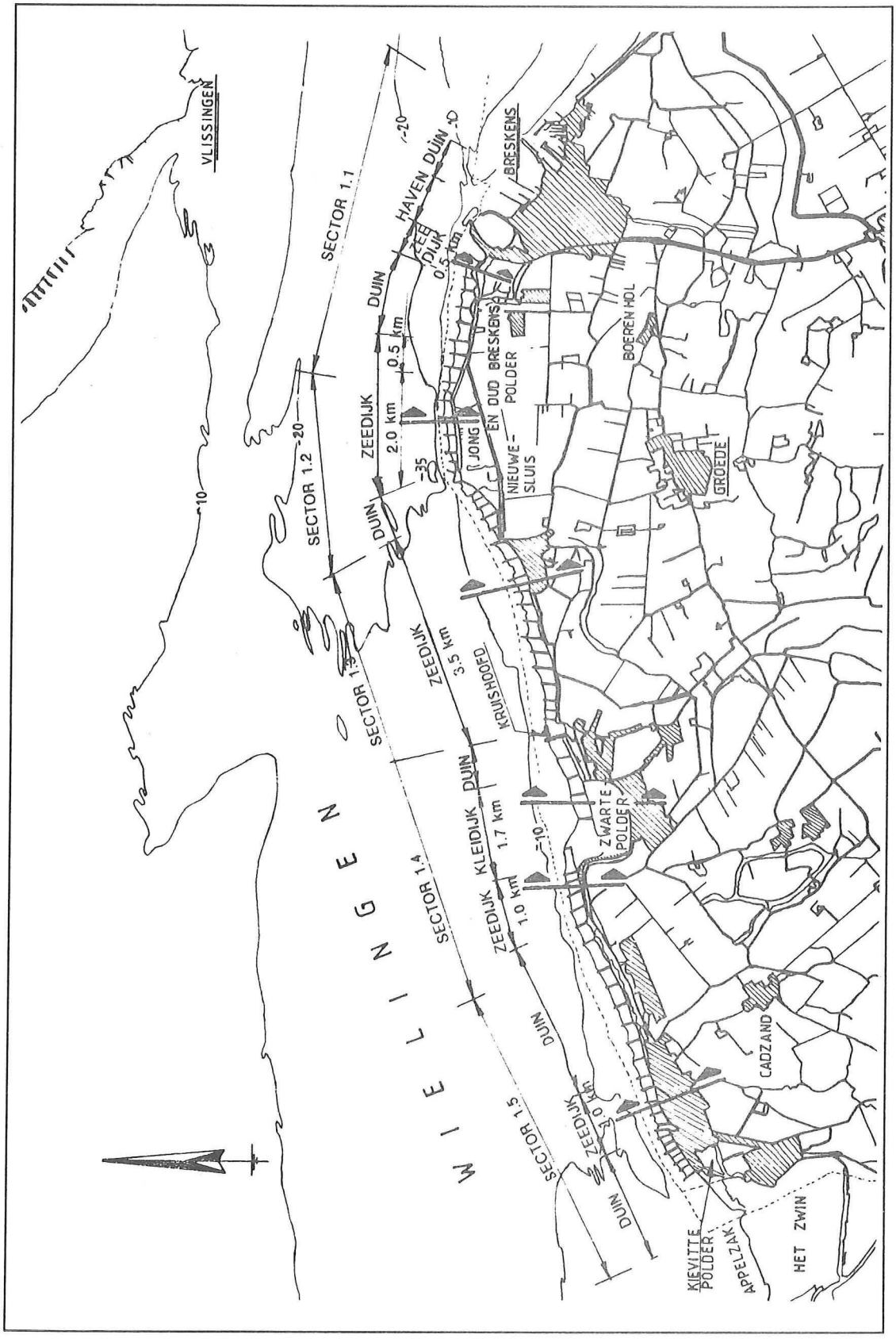
Boulevard De Ruyter.
De primaire kering loopt hier over de strandmuur aan de zeezijde van de boulevard. Ook hier aan de bovenzijde van de muur een overstekende rand aangebracht (parapetconstructie) om de golfoploop te beperken. Tevens is om die reden de berm van aan de zeezijde van de keermuur aangelegd op een hoogte van NAP + 6,00 m (zie figuur 6.17.3).
Bij de aanpassing van de kering tot Deltahoogte is de bestaande, gemetselde strandmuur gehandhaafd. In verband met mogelijke verborgen gebreken is aan de binnenzijde van de muur op een afstand van ca. 2,7 m een damwand geplaatst (van NAP + 1,30 tot + 8,70 m) als extra zekerheid. Nadere toelichting ten aanzien van de belastingen op de kering is te vinden in lit. 20.

Deltaveiligheid

- Op het gedeelte Bankert/Evertsen is de achterwaartse kering aangelegd in 1974 - 1976. De strandmuur, de bestaande buitenbermen en het benedenbuitenbeloop zijn aangepast in 1981/1982.
- De aanpassing van de buitenberm op het gedeelte boulevard De Ruyter heeft plaatsgevonden in 1958 - 1960. De aanpassing van de keermuur heeft plaatgevonden in 1984.

Randvoorwaarden

	Bankert/Evertsen	De Ruyter
- Ontwerpwaterstand	NAP + 5,40 m	NAP + 5,65
- Buioscillaties		
- Golven	Hs = 4,3 m Ts = 9,5 s	



Figuur 6.18.1 Overzicht kustvak Zeeuws-Vlaanderen

Onderwateroever

De Sardijngeul loopt hier, vooral ter hoogte van Boulevard De Ruyter dicht onder de oever. Op dit laatste gedeelte is de diepte NAP -25 à 30 m en de aanzethelling naar de oever (= kop krib) van 1:2.
Bij de andere kribben is deze helling 1:2 à 1:4 tot een diepte van NAP -15 à 20 m.

Vaste punten zijn het Nollehoofd en het korte hoofdje voor boulevard de Ruijter, daartussen liggen 3 paalschermen (deze hebben geen kribwerking) en 2 ingezande dammetjes van de voormalige uitwateringssluis.

Morfologie

De Sardijngeul heeft de neiging zich oostwaarts te verplaatsen.
Tussen de kribben erodeert het strand.
Uitgevoerde zandsuppleties op het Badstrand, ten behoeve van de recreatie, vervormden en waren na 5 à 10 jaar weer verdwenen. Toch hebben ze aan de verwachtingen voldaan.
Onder de huidige omstandigheden zullen ook nieuwe zandsuppleties niet stabiel zijn.
Zandsuppletie is voor de veiligheid waarschijnlijk niet nodig.

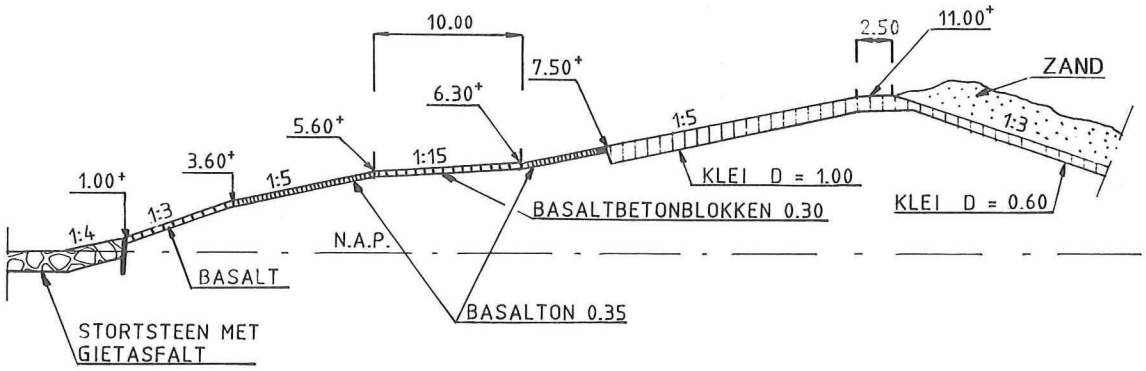
6.18 Zeeuws-Vlaanderen

Langs de Noordzeekust van Zeeuws-Vlaanderen wordt de waterkering afwisselend gevormd door duinen en dijken.
In tabel 6.18.1 en figuur 6.18.1 is een overzicht gegeven van de diverse dijkvakken.

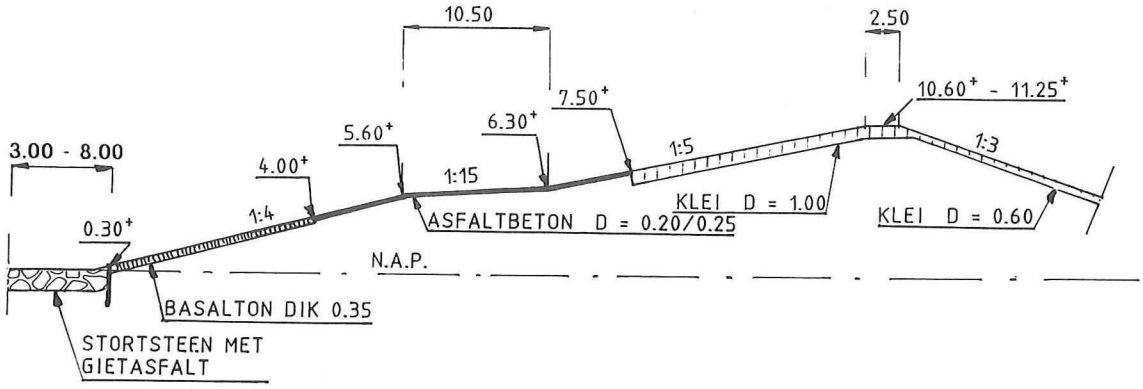
Sector	Vak	Lengte (km)	Dwarsprofiel zie figuur
1.1	Oud Breskenspolder	1,0	6.18.2
1.2	Jong Breskenspolder	2,0	6.18.3
1.3	Nieuwe Sluis - Kruishoofd	3,5	6.18.4
1.4	Zwartepolder - Kleidijk	1,7	6.18.5
	- Zeedijk	1,0	6.18.6
1.5	Kievittepolder	1,0	6.18.7
	Totaal Zeedijk	8,5km	
	Kleidijk	1,7km	

Tabel 6.18.1 Overzicht zeedijken Noordzeekust Zeeuws-Vlaanderen

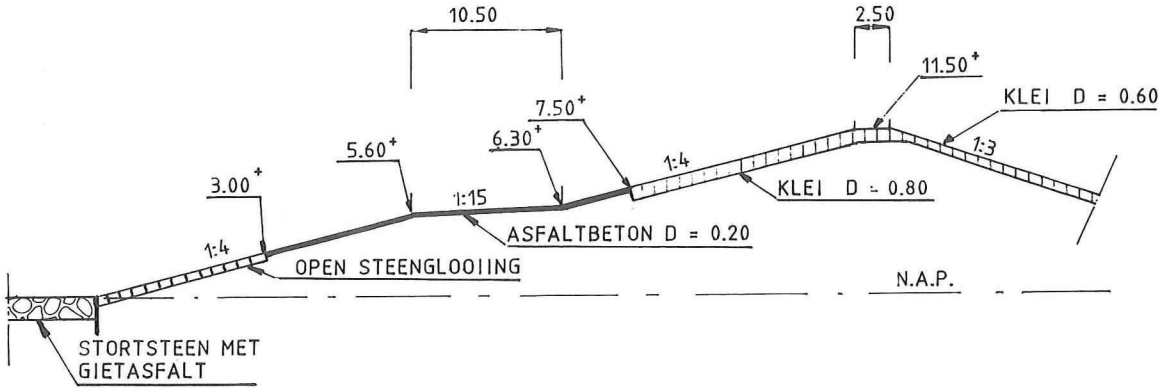
Het gedeelte kleidijk uit sector 1.4 is gelegen rondom het geïnundeerde gedeelte van de Zwarte Polder. Hier is een hoog en breed voorland aanwezig.



Figuur 6.18.2 Algemeen dwarsprofiel dijkvak Oud Breskenspolder-oost (sector 1.1)



Figuur 6.18.3 Algmeen dwarsprofiel dijkvak Jong Breskenspolder (sector 1.2)



Figuur 6.18.4 Algemeen dwarsprofiel dijkvak Nieuwe Sluis-Kruis-hoofd (sector 1.3)

Deltaveiligheid

Sector	Vak	Tijdstip Deltaveiligheid bereikt
1.1	Oud Breskenspolder	ca. 1960
1.2	Jong Breskenspolder	1989 - 1990
1.3	Nieuwe Sluis - Kruishoofd	1985 - 1986
1.4	Zwarte Polder*	1980 - 1982
1.5	Kievittepolder	1987 - 1988

* aanvullende werken vereist

Kruinhoogte

	Sector			
	1.1. en 1.2	1.3	1.4	1.5
- Ontwerpwaterstand	NAP +5,60 m	+ 5,60 m	1)	+ 5,55 m
- Golfoploop	ca. 5 m	4,15 à 5,15m		ca. 5 m
- Golhoogte (Hs)	ca. 5 m			
- Buistooteffect	0,10 m	0,15 m		0,15 m
- Overhoogte	0,50 m	0,50 m		0,50 m
- Kruinhoogte (excl. kruindaling)	NAP +11,20 m	10,40 à 11,40m		ca. + 11 m[2)]
- Referentie	Lit. 21	Lit. 22		Lit. 23

1) Nader vast te stellen in verband met negatieve zandgolf.

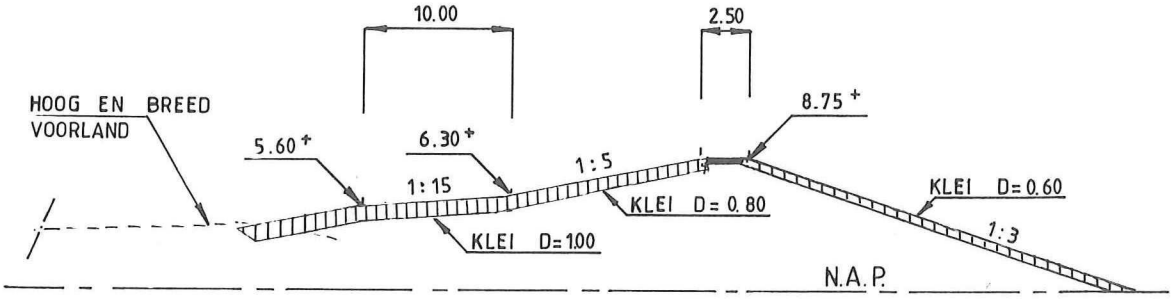
2) De kruin van de dijk is uitgevoerd op NAP + 10,5 m; daarboven is nog een zandafdekking aangebracht.

Onderwateroever

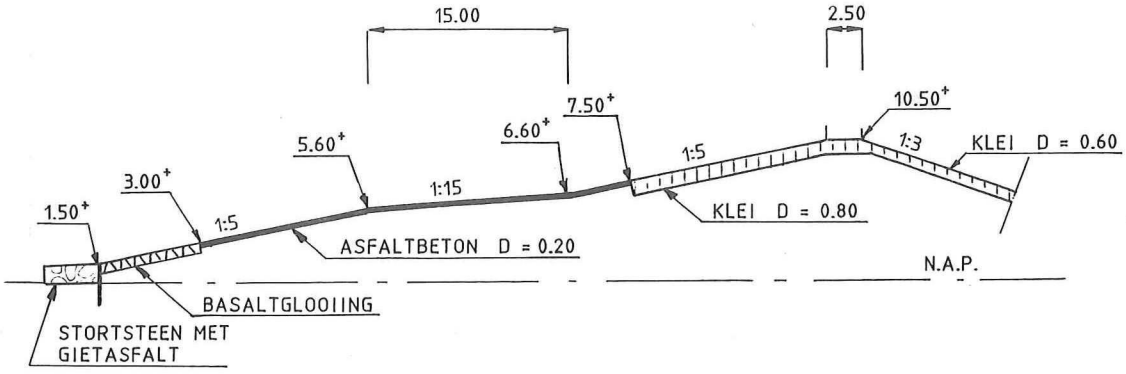
Het water stroomt zowel bij eb als bij vloed door de dicht onder de kust lopende geul Wielingen en bij Cadzand door een restant van het nevengeultje Appelzak. Langs de gehele kust zijn 84 strandhoofden uitgebouwd.

Sector 1.2
Voor de kop van de dijk bij Nieuwe Sluis ligt een diepe stroomgeul (NAP - 30 à 35 m) op ca. 200 m uit de teen van de dijk. De steile oever (plaatselijk 1:2 over een hoogte van ca. 20 m) is plaatselijk verdedigd met oeverwerken, die door strandhoofden zijn verbonden met de dijk. Ter plaatse is geen droog strand meer aanwezig. Het gebied is verder plaatselijk gevoelig voor het optreden van zettingsvloeiingen.

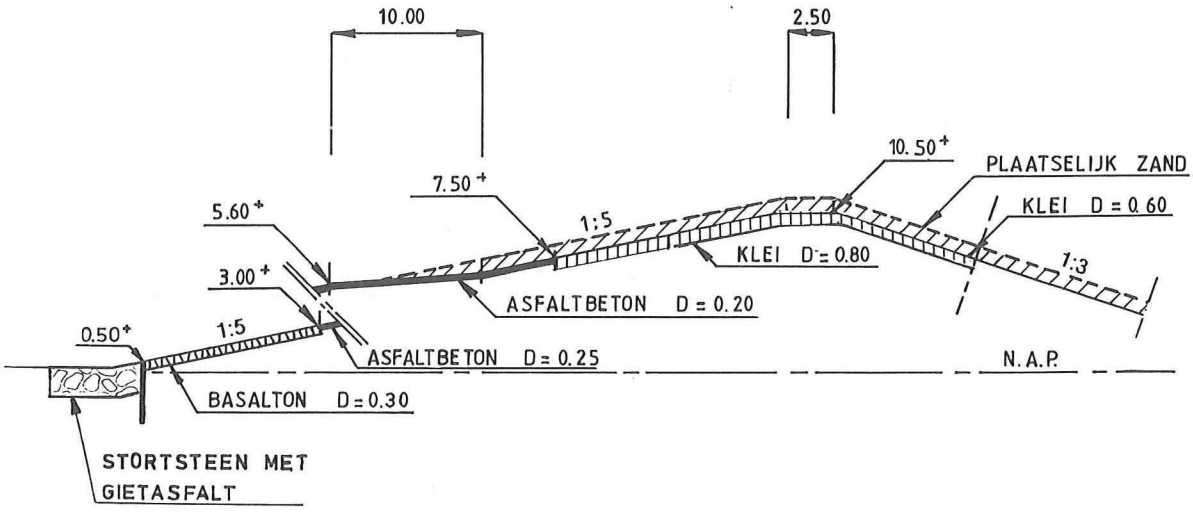
Sector 1.3
De kust is op dit gedeelte deels in evenwicht en deels aanzandend, onder invloed van een passerende zandgolf met zowel positieve als



Figuur 6.18.5 Algemeen dwarsprofiel gedeelte Kleidijk Zwarte Polder (sector 1.4)



Figuur 6.18.6 Algemeen dwarsprofiel dijkvak Zwarte Polder (sector 1.4)

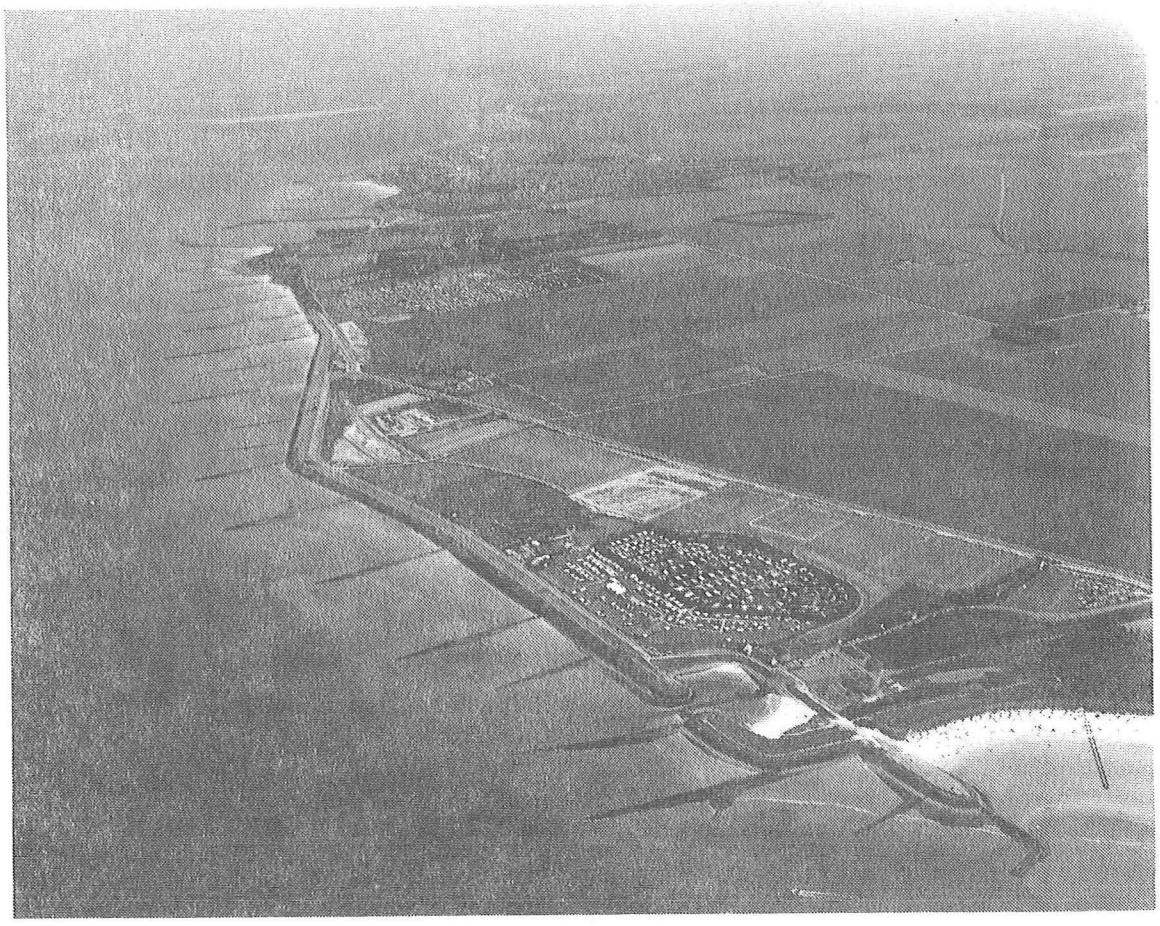


Figuur 6.18.7 Dijkvak Kievittepolder (sector 1.5)

negatieve effecten. Op het strand is plaatselijk erosiebestendige schorklei aanwezig.
De hoogte van de onderwateroever varieerd; de teen van de dijk ligt op NAP - 1,00 m tot NAP + 0,50 m; de strandhelling bedraagt ca. 1:40.

Sector 1.4
Hier zijn brede stranden aanwezig. De onderwateroever erodeert en op het strand vindt nog een sterke aanzanding plaats.
Vastgesteld moet nog worden welke voorzieningen nodig zijn in verband met een aanwezige ontgrondingskuil.

Sector 1.5
De kusttendens is duidelijk negatief (afnemende oever), met een achteruitgaande duinvoet en lage stranden, wellicht het gevolg van een passerende zandgolf.
De droge strandbreedte is niet erg groot en is in 1988 middels een zandsuppletie (ca. 0,95 miljoen m^3, waarvan ca. 30% op het kustgedeelte waar een zeedijk ligt) met ca. 40 m verbreed. Tevens is het natte strand met ca. 1,50 m opgehoogd.



Kustvak Breskens - Nieuwe Sluis

6.19 Samenvatting huidige situatie

In tabel 6.19 zijn een aantal relevante ontwerpgegevens van de diverse harde elementen samengevat.

Onderdeel kustverdedigingsstrook	Lengte (km)	Aanpassing tot Deltaveiligheid		Ontwerp			
		periode	gem.	Kruinhoogte (m t.o.v. NAP)	Hs (m) (gem)	$Z_{2\%}$ (m) (gem)	Ontwerp waterstand
- Helderse Zeewering	5,2	1968-1979	1970	+ 9 tot + 12	5,5	4,5	+ 5,05
- Pettemer Zeewering	1,7		1969	+ 11,5	5,0	6	+ 5,05
- Hondsbossche Zeewering	4,5	1977-1980	1978	+ 11,5	5,0	6	+ 5,05
- IJmuiden	7,5[1]	v.a.1990	1992	var.	1,5		+ 5,15
- Katwijk(uitw.sluis)	0,3		1984	+ 10,0		3,9	+ 5,40
- Scheveningen							
* boulevard	2,0		1973				
* haven	2,5			+ 7,0 à 8,0			
- Stellendam	1,0	1970		+ 7,2	0,3		+ 5,30
- Flaauwe Werk	2,3	1984-1985	1985	+ 9,5			
- Onrustpolder	1,0		1985	+ 13,1 à 13,9	3,7	8,5	+ 5,45
- Westkapelse Zeedijk	4,1	1986-1988	1987	+ 11,0 à 12,0	5,5	5,5	+ 5,25
- Zeedijk Zoutelande	0,9	1955-1956	1956	+ 11,0	5,0	5,0	+ 5,40
- Zwanenburg/ Nolledijk	1,0	1985-1986	1986	+ 10,75		4,8	+ 5,45
- Vlissingen							
* Bankert+Evertsen	1,1	1974-1976[2] 1981-1982[3]	1975 1982	+ 9,0	4,3		+ 5,40
* De Ruyter	0,9	1958-1984[4]	1984	+ 9,9			+ 5,65
- Zeeuws-Vlaanderen	10,0	1980-1990	1985	+ 10,4 à 11,4	5,0	5,0	+ 5,60

NB: referentie: basispeil Hoek van Holland NAP + 5,00 m; hiervan zijn de ontwerpwaterstanden voor de diverse kustvakken afgeleid.

1) Hoogoventerrein 2,0 km, sluiseilanden 2,0 km, kunstwerken 0,5 km, bebouwing IJmuiden 3,0 km
2) keermuur/buitenberm
3) hoogwaterkering achterlangs
4) buitenberm respectievelijk keermuur

Tabel 6.19 Samenvatting ontwerpgegevens harde elementen

7 RICHTLIJNEN BEHEER EN ONDERHOUD WATERKERINGEN

7.1 Inleiding

De verdediging van de Nederlandse kust is door historisch-technische en maatschappelijke omstandigheden tot stand gekomen. Na de stormvloedramp van 1953 is, op advies van de toemalige Deltacommissie, als norm vastgesteld, dat de waterkering in "Holland" hydraulische omstandigheden, die voorkomen met een overschrijdingsfrequentie van 1/10000 keer per jaar, nog moet kunnen weerstaan. Voor het zuiden van het land en Texel werd deze norm vastgesteld op 1/4000 keer per jaar. Voor de overige Waddeneilanden gold de norm 1/2000 keer per jaar.
Binnen afzienbare tijd krijgen deze normen een wettelijke basis in de Wet op de Waterkering (Lit. 1).
In dit hoofdstuk wordt nagegaan, welke consequenties bovenstaand beleid heeft voor de harde elementen in de Nederlandse kust. Tevens wordt een aantal belangrijke ontwerpregels behandeld, die hierbij van belang zijn. Hieruit worden aannamen afgeleid, die in dit rapport worden gehanteerd.

7.2 Ontwerp-Wet op de Waterkering

7.2.1 Verplichtingen volgens de wet

Hierna wordt in het kort de inhoud van de ontwerpwet op de Waterkering (versie eind 1988) weergegeven, voorzover deze van belang is voor primaire waterkeringen langs de kust.

Veiligheidsnorm.
Deze is aangegeven als: de gemiddelde overschrijdingskans - per jaar- van de hoogste hoogwaterstand, waarop de tot directe kering van het buitenwater bestemde waterkering moet zijn berekend, mede gelet op overige, het waterkerend vermogen bepalende factoren. Voor Holland is deze kans 1/10.000 keer per jaar.
Aangenomen wordt, dat de werkelijke kans op doorbreken nog een factor 10 kleiner is, dus bijvoorbeeld voor Holland 1/100.000 keer per jaar.
Voor zuid-west Nederland en Texel geldt als norm 1/4000 keer per jaar en voor de overige Waddeneilanden 1/2000 keer per jaar.

Hoogwaterstanden.
Iedere 5 jaar moet de relatie tussen hoogwaterstanden en de overschrijdingskans daarvan worden vastgesteld. Dit houdt dan in, dat de tot dat moment opgetreden zeespiegelrijzing hierin is verdisconteerd.

Leidraden.
De toetsing van de veiligheid moet geschieden aan de hand van technische leidraden voor het ontwerp, het beheer en het onderhoud van primaire waterkeringen.
Voor zeedijken is een dergelijke leidraad nog niet opgesteld.

Toezicht primaire waterkeringen.
Het toezicht op alle primaire waterkeringen ligt bij Gedeputeerde Staten.

Beheer.
* Iedere 5 jaar brengt de beheerder verslag uit over de algemene waterstaatkundige toestand (m.n. veiligheid) van de primaire waterkering.

* De beheerder draagt zorg voor de vaststelling van een legger, waarin is omschreven, waaraan de kering moet voldoen en een beheersregister, waarin de voor het behoud van het waterkerend vermogen kenmerkende gegevens van de constructie en het feitelijke bestand nader zijn omschreven.

Kostenverdeling.
* Werken die worden uitgevoerd om een landwaartse verplaatsing van de kustlijn te voorkomen of tegen te gaan, zijn voor rekening van het Rijk.
* Kosten van beheer en onderhoud van de waterkering, alsmede van bestaande harde werken in de kust, komen voor rekening van de waterkeringbeheerder.
* In de kosten van beheer en onderhoud, door waterschappen, van de waterkering wordt door het Rijk voor 20% bijgedragen.

7.2.2 Actualisering hydraulische randvoorwaarden

Bij het stellen van een veiligheidsnorm geldt als eis, dat deze in de toekomst zijn waarde behoudt.
Het wettelijk vaststellen van waterstanden zou er op den duur toe kunnen leiden, dat door ontwikkelingen zoals zeespiegelrijzing de kans op overschrijding van die waterstanden - en daarmee de kans op een doorbraak van de waterkeringen - zou toenemen. De veiligheid zou dan verminderen.
Daarom zijn in de ontwerp-Wet op de Waterkering kansen vastgelegd en is een periodieke (één keer in de 5 jaar) actualisering van de bijbehorende hydraulische gegevens, zoals waterstanden, golven e.d., verplicht gesteld.
Bij het opstellen van de ontwerpen, voor aanpassingen in het kader van de Deltawet, is steeds uitgegaan van hoogwaterfrequentielijnen, die zijn afgeleid van gegevens over de periode 1887 - 1956 (minus de oorlogsjaren). Deze hoogwaterfrequentielijnen zijn dus eigenlijk geldig voor ≈1920. Dit betekent, dat de verhoging van het basispeil tengevolge van de zeespiegelrijzing, die in de periode tussen 1920 en het tijdstip van het tot stand komen van het ontwerp is opgetreden, in feite niet is meegerekend. Het gaat hier om marginale verschillen; bij een periode van 50 jaar en een zeespiegelrijzing van 0,20/eeuw spreken we over een afwijking van 0,10 m.

Aanname voor dit rapport

De meest recente berekeningen, met de beschikbare gegevens t/m 1985, waarbij volledig rekening is gehouden met zeespiegelrijzing en vergroting van de getij-amplitude, geven uitkomsten voor de basispeilen, die niet significant verschillen van de nu geldende basispeilen.
Bij de onderhavige studie wordt aangenomen dat de, bij het tot stand komen van de huidige ontwerpen, toegepaste waterstanden juist zijn en dat de eerstvolgende aanpassing pas na 50 jaar plaatsvindt. Verder

tot een aangenomen waarde. In hoofdstuk 8 wordt hierop nader ingegaan.

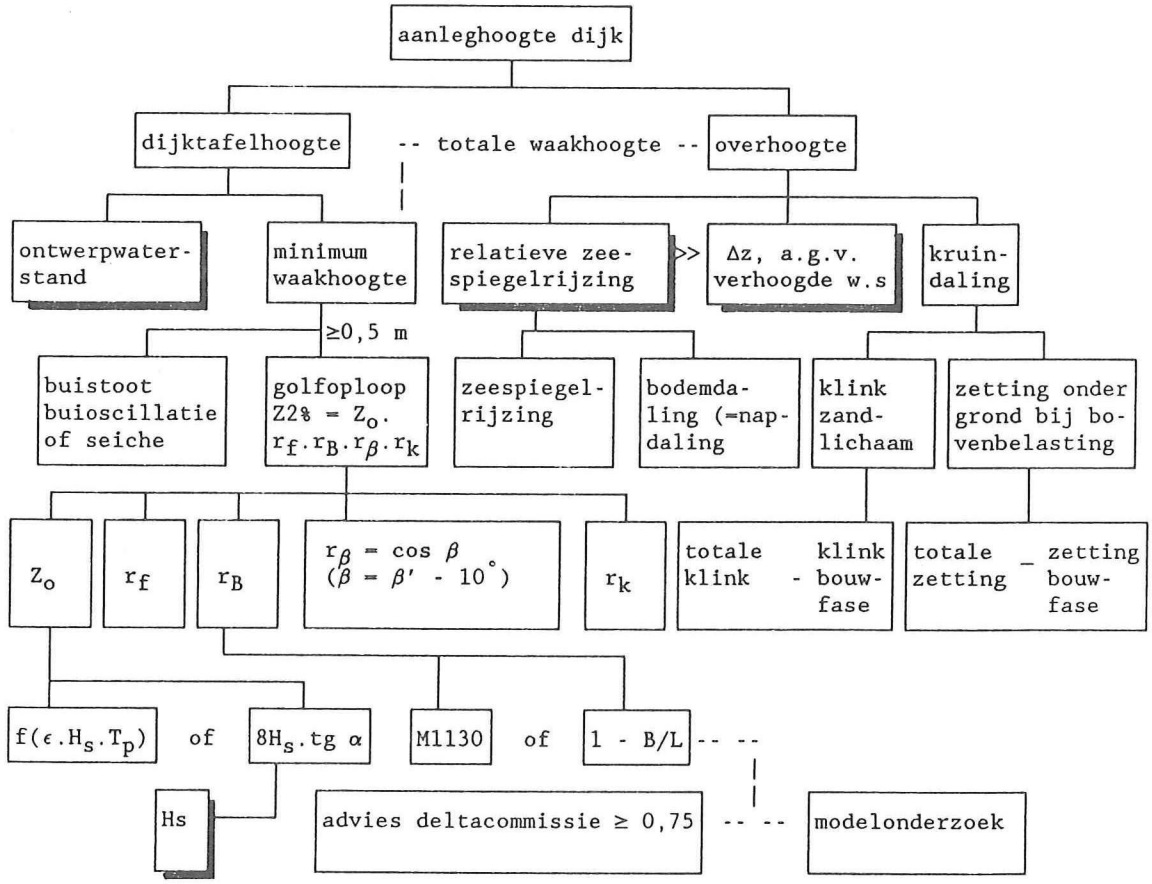
7.2.3 Beheer waterkeringen

Conform de ontwerpwet op de Waterkering zijn beheerders van waterkeringen (zee- en rivierdijken, duinen, IJsselmeerdijken) verplicht om iedere 5 jaar de door hen beheerde hoofdwaterkeringen te toetsen aan de veiligheidsnorm.
Een dergelijk toetsingssysteem moet geënt zijn op de veiligheidsnormen en de daaruit voortvloeiende constructieve eisen. Om blijvend aan de eisen te voldoen is een adequaat onderhoud nodig.
Bij de sterkte van een dijk spelen de kruinhoogte en de glooiingsconstructies een grote rol. Hierop wordt nader ingegaan in de paragrafen 7.3 en 7.4. Verder is voor de stabiliteit van een waterkering de ligging van de onderwateroever erg belangrijk (paragraaf 7.5).
Een beheersysteem voor waterkeringen moet dus zowel elementen betreffende veiligheid en constructieve eisen, als elementen betreffende (rationeel) onderhoud bevatten.
Tevens moeten deze op elkaar worden afgestemd. Momenteel wordt in CUR verband gewerkt aan het opzetten van "Normen en gedragsmodellen" en "Meet- en Detectiesystemen". In dit rapport wordt hierop verder niet ingegaan.

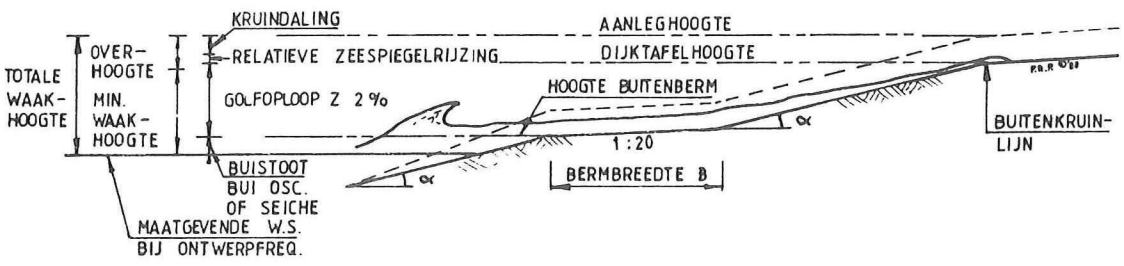
7.3 Kruinhoogte

Bij het bepalen van de kruinhoogte kan worden uitgegaan van de methodiek, zoals die is weergegeven in de figuren 7.3.1. (stroomschema) en 7.3.2. (schematisch dwarsprofiel dijk). De methodiek is in grote lijnen gebaseerd op de richtlijnen en aanbevelingen van de Deltacommissie, aangevuld met nieuwe ontwikkelingen.
Bij het vaststellen van de kruinhoogte wordt rekening gehouden met wijzigingen, die zich gedurende een periode van (meestal) 50 jaar kunnen voordoen (relatieve zeespiegelrijzing, zetting van de ondergrond en een hogere golfoploop ten gevolge van de toename van Hs als gevolg van een hogere waterstand door een gewijzigd windklimaat). De aanleghoogte van de dijk wordt dus zodanig bepaald, dat de veranderingen gedurende de ontwerpperiode kunnen worden opgevangen. Een en ander houdt in, dat de vereiste dijktafelhoogte geen vast gegeven is, doch zich wijzigt gedurende de ontwerpperiode. In figuur 7.3.3 is het verloop van de diverse parameters, die voor het bepalen van de kruinhoogte van belang zijn, weergegeven als functie van de tijd. De opgetreden zeespiegelrijzing vertaalt zich na verloop van tijd in de (aangepaste) hoogwaterfrequentielijnen.

Volgens de ontwerpwet op de Waterkering moet iedere 5 jaar een toetsing plaatsvinden, waarbij de hydraulische randvoorwaarden opnieuw moeten worden vastgesteld. In figuur 7.3.1 zijn de parameters die aan veranderingen onderhevig zijn, nader aangeduid.



Figuur 7.3.1 Stroomschema voor het bepalen van de kruinhoogte van een waterkering



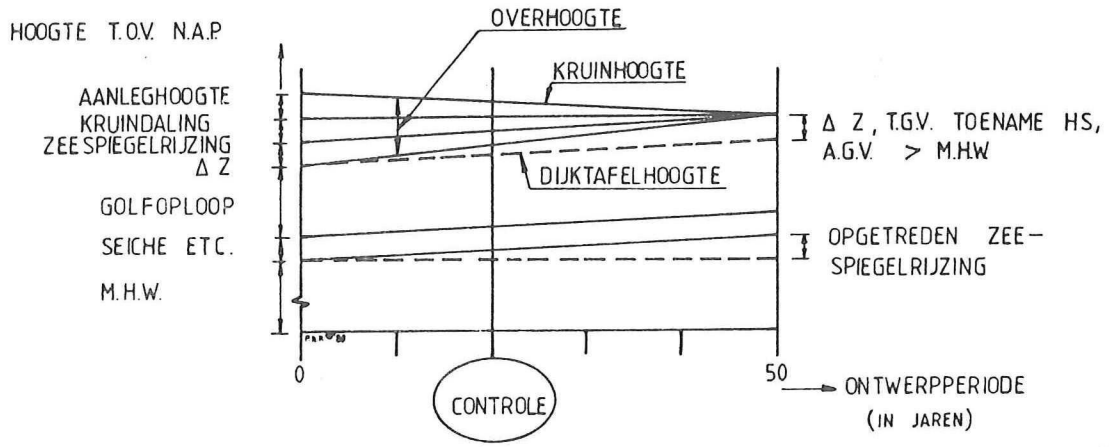
Figuur 7.3.2 Schematisch dwarsprofiel voor de bepaling van de berm- en kruinhoogte van een waterkering

Uitgangspunten voor dit rapport

Aangenomen wordt dat de zeespiegelrijzing lineair verloopt over de ontwerpperiode, en dat steeds aan het einde van deze periode een kruinaanpassing plaatsvindt. Tevens wordt in dit rapport slechts de toename van de kruinhoogte berekend, ten gevolge van veranderingen in het basispeil en de golfhoogte.
Bij een verhoging van de ontwerpwaterstand is de hoogte van de buitenberm niet meer optimaal ten aanzien van de reductie van de golfoploop. Verhoging van de berm zal echter grote kosten met zich meebrengen. Het is wellicht aantrekkelijker een geringere reductie te accepteren, waardoor de kruin iets hoger wordt. Bij deze (globale) studie is met deze extra kruinverhoging geen rekening gehouden.

In hoofdstuk 8 worden voor de diverse te hanteren scenario's de gevolgen van veranderingen in hydro-meteo-condities voor de ontwerpparameters bepaald.

Overslagdijken
In bepaalde gevallen zou kunnen worden overwogen een grotere golfoploop dan 2% te accepteren.
De hoeveelheid overslaand water mag dan geen bezwaar vormen voor het achterland. Bovendien moet de dijk bestand zijn tegen overslag. In dit rapport wordt hiervan niet uitgegaan.



Figuur 7.3.3 Verloop parameters kruinhoogte gedurende de ontwerpperiode

7.4 Glooiingsconstructie

De buitenzijde van een zeedijk is voorzien van een harde bekleding tot een niveau, dat (over het algemeen) is gelegen enkele meters boven het niveau van de tussenberm. Daarboven is veelal een kleibekleding aangebracht. De bekleding moet zodanig worden gedimensioneerd, dat deze behalve tegen dagelijkse omstandigheden ook bestand is tegen extreme (ontwerp-)omstandigheden.
Aangezien in de periode na de aanleg zowel de sterkte van de bekleding als de belasting zich wijzigen, zijn aanpassingen in de toekomst veelal noodzakelijk. Van belang hierbij zijn:

a. levensduur constructie;
b. zwaarte constructie; wijzigingen ten gevolge van toenemende belasting;
c. gebied waarover de harde verdediging zich uitstrekt.

ad a Ieder materiaal dat wordt toegepast heeft een bepaalde levensduur; theoretisch is het zo, dat aan het eind van de levensduur het materiaal moet worden vervangen. Als echter pas aan het einde van de levensduur het materiaal zou worden vervangen, is de sterkte van de constructie reeds te ver afgenomen. In de praktijk wordt dan ook in de vorm van jaarlijks en meerjaarlijks (groot) onderhoud de constructie, door herstel en vervanging op peil gehouden.

Aanname voor dit rapport

In het kader van deze studie is de huidige kwaliteit van de glooiingsconstructies en het tijdstip waarop deze eventueel aan vervanging toe is, niet nagegaan.
In dit rapport wordt er vanuitgegaan, dat de kosten van vervanging van een glooiingsmateriaal zijn opgenomen in de onderhoudskosten.
Als bij een 5-jaarlijkse controle blijkt dat een glooiingsconstructie moet worden vervangen is het zinvol in overweging te nemen of tergelijkertijd het niveau van de buitenberm moet worden aangepast.

ad b Bij het dimensioneren van een glooiingsconstructie spelen de golfaanval en in mindere mate de buitenwaterstand een belangrijke rol. In de loop van de tijd veranderen deze randvoorwaarden. Bovendien zijn nieuwe inzichten en rekenmethodieken ontwikkeld. Een en ander heeft tot gevolg dat pas een uitspraak over de sterkte van de glooiingsconstructie kan worden gedaan als deze is gecontroleerd. Dit voert voor deze studie te ver.

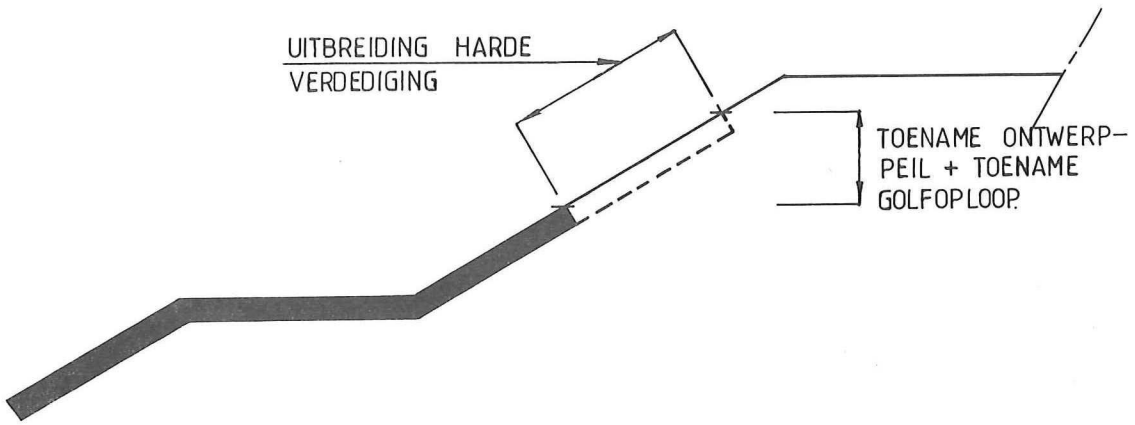
Aanname voor dit rapport

De toename van de belastingen bij de diverse scenario's leidt niet tot de noodzaak een glooiingsconstructie te vervangen.

ad c Het niveau tot waar de harde verdedigingsconstructie wordt aangebracht, is afhankelijk van de ontwerpwaterstand en de golfoploop. Aangezien zeespiegelrijzing leidt tot een verhoging van zowel de ontwerpwaterstand als de golfoploop, moet daarmee ook de verdedigingsconstructie worden uitgebreid.

Aanname voor dit rapport

De uitbreiding strekt zich uit over een hoogte, die gelijk is aan de verhoging van de ontwerpwaterstand en de toename van de golfoploop (zie fig. 7.4)



Figuur 7.4 Uitbreiding harde verdediging

7.5 Onderwateroever

7.5.1 Stabiliteitscriteria

Door afname van de onderwateroever kan, bij een ongunstige combinatie van de aanzethelling en de diepte van de geul, een instabiliteit optreden.
Als de afstand van de geul tot de hoogwaterkering onvoldoende is kan dit leiden tot aantasting en eventueel doorbraak van de waterkering.
Het is dus van belang om te kunnen aangeven tot hoever afname van de onderwateroever kan worden geaccepteerd, zonder dat de veiligheid (of eventueel andere belangen) in gevaar komt.

Daarbij spelen de volgende aspecten een rol:
a de kans op het optreden van een instabiliteit, uitgaande van een bepaalde geometrie van de onderwateroever (diepte en aanzethelling geul);
b de kans dat bij het optreden van een instabiliteit de inscharing de waterkering bereikt;
c de kans dat daarbij de waterkering doorbreekt;
d de kans dat bij doorbraak schade optreedt aan het achterland.

Voor het bepalen van de punten a en b is het van belang te weten of de ondergrond al dan niet gevoelig is voor zettingsvloeiingen.

Afschuivingen

Voor een ondergrond bestaande uit zand kunnen in taluds van beperkte hoogte (kleiner dan 5 m), door plaatselijke versteilingen (tot 1:2 à 1:4) afschuivingen ontstaan. Voor de gemiddelde eindhelling na afschuiven wordt een helling aangenomen van steiler dan of gelijk aan 1:6.
Bij een vastgepakte zandondergrond (poriëngehalte kleiner dan 40 à 42%) zullen bij grotere taludhoogten afschuivingen kunnen optreden.

Hierbij kan voor de gemiddelde eindhelling eveneens een helling steiler dan of gelijk aan 1:6 worden aangenomen. Deze aangenomen waarde wordt beschouwd als een veilige waarde.

Zettingsvloeiingen

Bij losgepakt zand (poriëngehalte groter dan 40 à 42%) kunnen locale afschuivingen overgaan in zettingsvloeiingen. De kans op een zettingsvloeiing is afhankelijk van:
- de helling van het steilste deel van het talud over een hoogte van 5 m of meer;
- de gemiddelde helling van het totale talud over een hoogte van 5 m of meer.

De gemiddelde eindhelling na het optreden van een zettingsvloeiing is daarbij veel flauwer, maar blijft is de meeste gevallen beperkt tot een talud van 1:15.

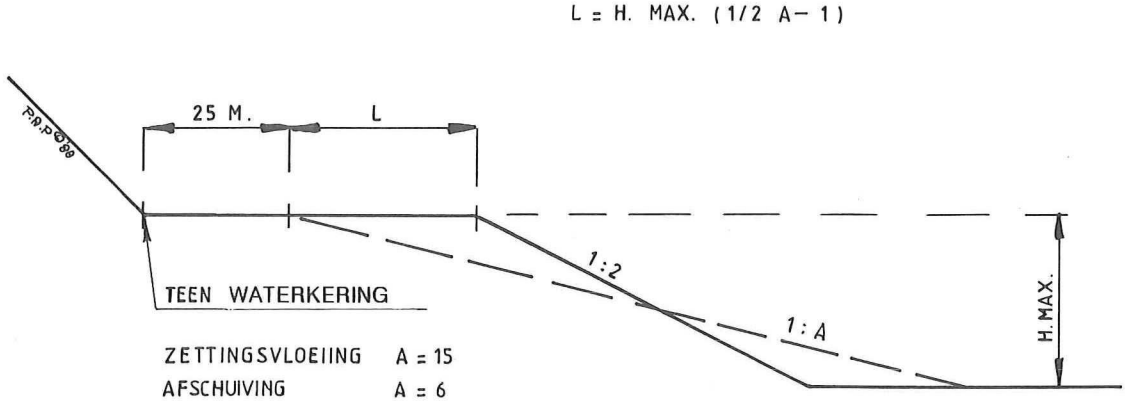
Het mechanisme van zettingsvloeiingen is vooral langs vele oevers en zandbanken in het Oosterscheldegebied een regelmatig voorkomend verschijnsel. Met name recent afgezette holocene zandlagen staan bekend om hun gevoeligheid voor het optreden van zettingsvloeiingen.

Uitgangspunt voor de beoordeling van het gevaar voor instabiliteiten door ontgrondingen is, dat deze niet de stabiliteit van de waterkering mogen aantasten.

Annamen voor dit rapport

1 Het optreden van een afschuiving of zettingsvloeiing onder ontwerpomstandigheden is acceptabel.
2 De inscharing mag niet verder reiken dan tot 25 m uit de teen van de hoofdwaterkering (arbitrair vastgesteld).
3 De gemiddelde eindhelling na een opgetreden afschuiving bedraagt 1:6. Dit is een veilige waarde (95% onderschrijdingskans).
4 De gemiddelde eindhelling na een opgetreden zettingsvloeiing bedraagt 1:15.

Inmiddels zijn rekenmethoden beschikbaar, die een probabilistische benadering van de problematiek mogelijk maken.

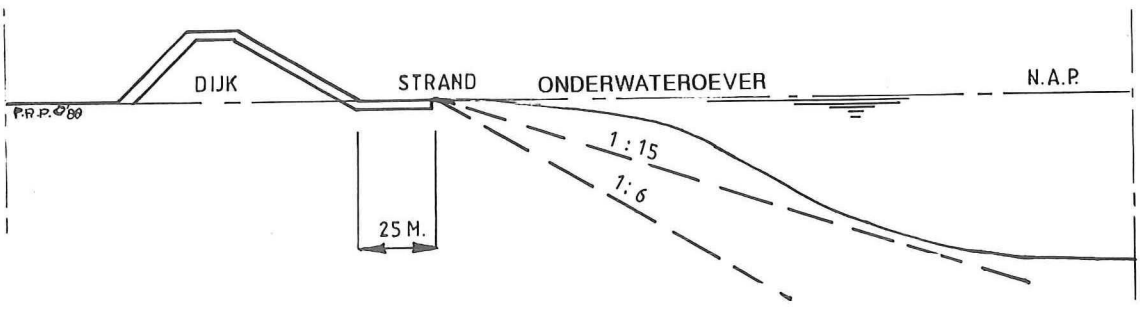


Figuur 7.5.1 Geometrie voor en na optreden instabiliteit

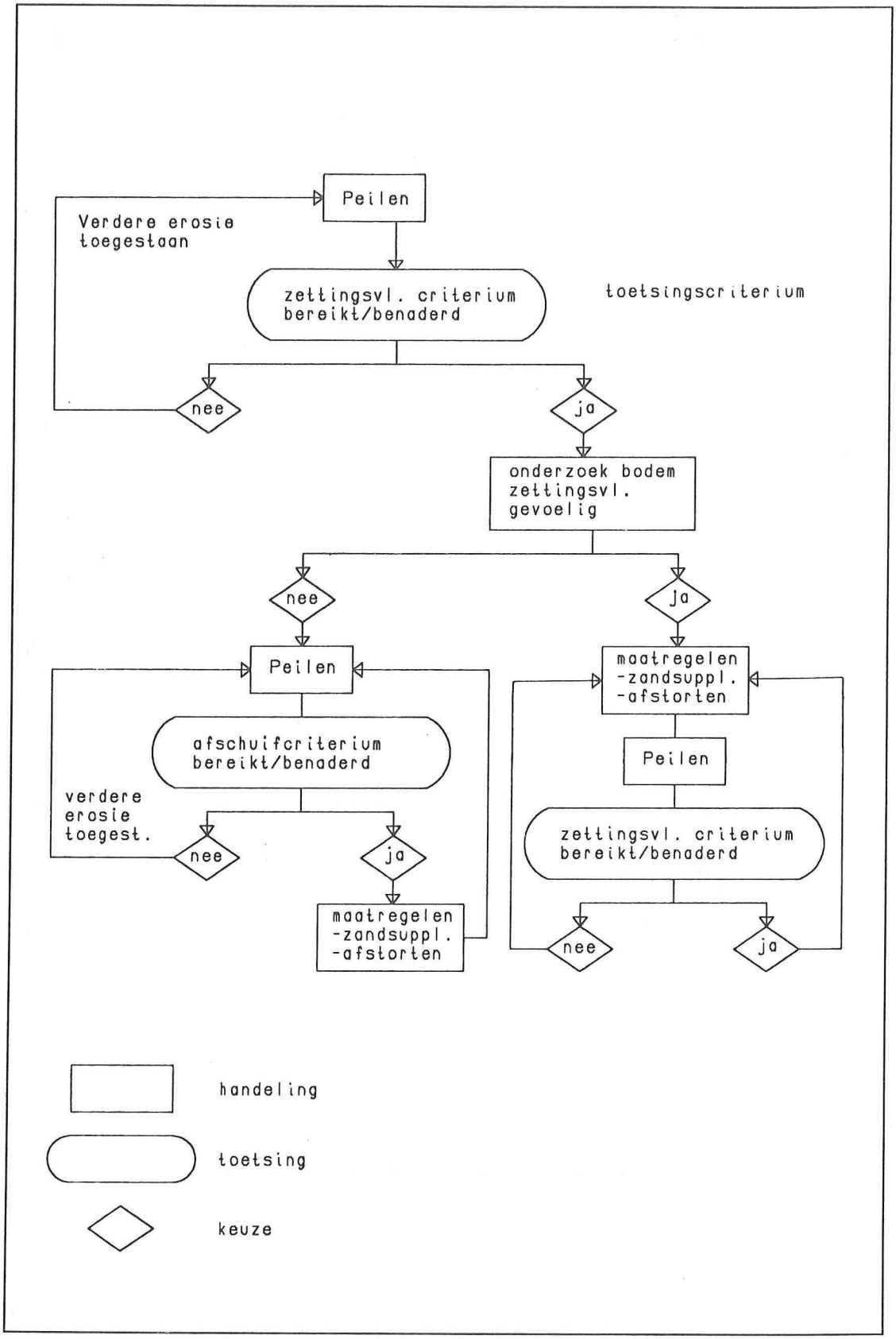
Gezien het globale karakter van de onderhavige studie en het gebrek aan voldoende gegevens over de onderwateroever gaat een probabilistische rekenmethode, momenteel te ver.
Wellicht kan hierop in de toekomst worden overgegaan.
Hier wordt volstaan met een deterministische aanpak volgens een geschematiseerd profiel van de onderwateroever, zoals dat in figuur 7.5.1 is weergegeven.

7.5.2 Bewaking onderwateroever

In hoofdstuk 6 is gebleken dat slechts op enkele plaatsen verwacht mag worden, dat de onderwateroever langs de kust gevoelig is voor zettingsvloeiingen (Helderse Zeewering en Zeeuws-Vlaanderen). Zekerheid hierover is er echter niet.
Om meer zekerheid te krijgen zou wellicht een uitgebreid grondmechanisch onderzoek nodig zijn, hetgeen kostbaar en tijdrovend is. Daarom wordt de volgende aanpak voorgesteld:
In eerste instantie wordt aangenomen, dat de samenstelling van de ondergrond van de onderwateroever zodanig, is dat deze gevoelig is voor zettingsvloeiingen (pessimistische aanname). Dit betekent dat eroderen van de onderwateroever acceptabel is, totdat het vlak 1:15, dat loopt door een punt dat is gelegen op 25 m uit de teen (veilige aanname) van de waterkering (zie figuur 7.5.2) wordt doorsneden of (nagenoeg) wordt bereikt. Op dat moment moet door middel van een grondmechanisch onderzoek worden vastgesteld, of de ondergrond op de bewuste plaats gevoelig is voor zettingsvloeiingen. Om voldoende tijd voor het onderzoek, de interpretatie van de gegevens en eventueel te nemen maatregelen te hebben, moet tijdig worden ingegrepen.
Wijst het onderzoek uit dat de ondergrond gevoelig is voor zettingsvloeiingen, dan worden maatregelen genomen in de vorm van (zand)suppletie en/of het vastleggen van de onderwateroever met zinkstukken en/of bestortingen.
Is de ondergrond niet gevoelig voor zettingsvloeiingen, dan kan verdere erosie worden toegelaten totdat het vlak van 1:6, dat loopt door een punt op 25 m uit de teen van de hoofdwaterkering, is bereikt. Op dat moment moeten dan maatregelen worden genomen, zoals hierboven zijn genoemd.
Een en ander is samengevat in een stroomschema (figuur 7.5.3).



Figuur 7.5.2 Toelaatbare erosie onderwateroever



Figuur 7.5.3 Stroomschema bewaking onderwateroever

8 VERANDERINGEN HYDRO-METEO-CONDITIES

8.1 Scenario's

Ten aanzien van de veranderingen in de hydro-meteo-condities zijn in Technisch Rapport 6 een drietal scenario's (hier A, B en C genoemd) gegeven, waarmee de veiligheid van de kust voor de komende 100 jaar kan worden doorgerekend.
De scenario's kunnen als volgt worden omschreven.

A Beleids Scenario; huidige situatie; zeespiegelrijzing 0,20 m/eeuw;
B Anticiperend Scenario; verwachte ontwikkeling; zeespiegelrijzing 0,60 m/eeuw, geen veranderingen in de golfcondities;
C Ongunstig Scenario; zeespiegelrijzing 0,85 m/eeuw, ongunstige ontwikkeling golfcondities.

Uit deze gegevens zijn in Technisch Rapport 6 een aantal parameters (basispeil en significante golfhoogte) afgeleid, die van belang zijn voor het veiligheidsniveau van de kustverdedigingsstrook.

In tabel 8.1. zijn de gegevens uit Technisch Rapport 6 samengevat.

Parameters	A. Huidige situatie	B. Verwachte ontwikkeling	C. Ongunstige ontwikkeling
Gem. zeespiegel	+ 0,20 m	+ 0,60 m	+ 0,85 m
Gem. hoogwater	+ 0,20 m	+ 0,60 m	+ 0,90 m
Windkracht	0	0	+ 10 %
Windrichting	0	0	+/- 10 gr
Afgeleide parameters			
Basispeil	+ 0,20 m	+ 0,65 m	+ 1,50 m
Significante golfhoogte (NAP - 20 m-lijn)	0 %	0 %	+ 8 %
Golfperiode	0 s	0 s	+ 1 s
Golfrichting	0 gr	0 gr	+ 10 gr

Tabel 8.1 Veranderingen van de hydro-meteo parameters voor de drie scenario's voor de periode 1990-2090

8.2 Basispeilen

Door de Deltacommissie is destijds het basispeil vastgesteld op NAP + 5,00 m. Dit basispeil geldt voor Hoek van Holland en heeft een overschrijdingsfrekwentie van 1/10000 jaar. Voor de overige delen van Nederland is van dit basispeil een ontwerppeil afgeleid. Daarbij is afhankelijk van de plaatselijke situatie, al dan niet een zogenaamde economische reduktie toegepast.

Ten behoeve van het bepalen van ontwerppeilen in het Benedenrivierengebied is het basispeil bij Hoek van Holland inmiddels bijgesteld tot NAP + 5,15 m, met als argument de opgetreden relatieve zeespiegelrijzing en de opgetreden verhoging van het gemiddelde hoogwater.
De in tabel 8.1 weergegeven verhogingen van het basispeil, ten gevolge van de zeespiegelrijzing, gelden in principe voor Hoek van Holland. Voor overige delen van de kust zou dus nog een economische reductie moeten worden toegepast. Bij deze studie wordt daarvan afgezien.

8.3 Golfhoogten

In tabel 8.1 is de golfhoogte ter plaatse van de NAP - 20 m-lijn weergegeven. Voor het bepalen van de invloed van de golfhoogte op de kruinhoogte en de stabiliteit van de glooiingsconstructies is het noodzakelijk te weten, welke golfhoogte optreedt vlak voor de waterkering. Deze wordt als volgt afgeschat.
Allereerst wordt onderscheid gemaakt in:
a gebieden met een relatief ondiepe/flauwe onderwateroever, vergelijkbaar met een strandprofiel en
b gebieden waar een geul vrij dicht onder de oever loopt (dus diepe onderwateroever).

Ad a Ondiepe onderwateroever
In dit geval wordt de maximaal mogelijke golf begrensd door de waterdiepte voor de teen van de dijk. Bij benadering Hs (max.) = 0,5 à 0,7 maal D (waterdiepte).
Aangenomen wordt, dat de bij het tot stand komen van het huidige ontwerp gehanteerde Hs op die plaatsen reeds een fysisch begrensde golf was. Uit hoofdstuk 9 blijkt, dat op de plaatsen waar momenteel een ondiepe onderwateroever aanwezig is, geen grote veranderingen van de onderwateroever ten gevolge van zeespiegelrijzing worden verwacht. Dit houdt in dat bij een hogere waterstand, Hs toeneemt met 0,5 à 0,7 maal de waarde van de waterstandverhoging, ofwel de volgende toename van Hs:

Zeespiegelrijzing	verhoging basispeil	toename Hs
0,20 m	0,20 m	0,6*0,20 = 0,10 m*
0,60 m	0,65 m	0,6*0,65 = 0,40 m
0,85 m	1,50 m	0,6*1,50 = 0,90 m

* toename van Hs bedraagt enkele procenten, dit is te verwaarlozen en wordt verder in deze studie niet meegenomen.

Tabel 8.3.1 Toename Hs bij ondiepe onderwateroever

Ad b Diepe onderwateroever
Op de plaatsen waar een diepe onderwateroever aanwezig is, wordt slechts bij scenario C gerekend met een toename van Hs (met 8%).
In verband met de grote onzekerheden in de meteorologische ontwikkelingen en de grote spreiding in een aantal andere hydraulische parameters, wordt in Technisch Rapport 6 geadviseerd om de wijziging in buistoten en buioscillaties te verwaarlozen.

onderdelen van de kustverdedigingsstrook ondergebracht in de categorieen "ondiepe" of "diepe" onderwateroever. Op plaatsen waar de onderwateroever niet over de gehele lengte gelijkvormig is, is gekozen voor één van de categorieen.
In tabel 8.3.2 zijn de resultaten weergegeven.

Onderdeel kustverdedigings-strook	Situatie Onderwater-oever[1)]	Bij ontwerp gehanteerde gem. Hs (m)	Toename Hs(m) voor scenario	
			B	C
-Texel (Bolwerk)	geul	6,0[4)]	0	8%
-Helderse Zeewering	diepe geul	5,5	0	8%
-Pettemer en Hondsbossche Zeewering	strandprofiel; relatief smalle geul op 200 m uit dijk	5,0	0,4 (≈8%)	0,9 (≈18%)
-IJmuiden	havendammen	≈1,5	nihil	0,15(10%)
-Katwijk				
* uitwaterings-sluis	toeleidings-geul		nihil	8%
* boulevard	strandprofiel	5,0[4)]	0,4 (8%)	0,9 (18%)
-Scheveningen				
* boulevard	strandprofiel	5,0[4)]	0,4 (8%)	0,9 (18%)
* haven	havendammen	1,5[2)]	nihil	10%
-Stellendam	havendammen			
-Flaauwe Werk	strandprofiel	3[3)]	0,4 (13%)	0,9 (30%)
-Schouwen-Duiveland	diepe geul		0	8%
-Onrustpolder	diepe geul	3,7	0	8% (0,4 m)
-Westkapelse Zeedijk	strandprofiel /geul	5,5	0,4 (7%)	0,9 (16%)
-Zeedijk Zoutelande	strandprofiel /geul	5	0,4 (8%)	0,9 (18%)
-Nolledijk/ Zwanenburg	strandprofiel /geul	4,8	0,4 (8%)	0,9 (18%)
-Vlissingen				
*Bankert/ Evertsen	strandprofiel	4,3	0,4 (9%)	0,9 (21%)
* De Ruyter	hoge berm/ geul	4	0,4 (10%)	0,9 (23%)
-Zeeuws-Vlaanderen	strandprofiel	5,0	0,4 (≈8%)	0,9 (≈18%)

1) niet over volledige vak gelijk; maatgevend profiel aangehouden
2) waarde niet bekend; aangenomen zelfde waarde als bij IJmuiden
3) ontwerpwaarde niet bekend; Hs afgeleid uit ontwerp, kruinhoogte en dwarsprofiel
4) ingeschat

Tabel 8.3.2 Toename Hs ten gevolge van hydro-meteo-veranderingen

9 VERWACHTE MORFOLOGISCHE ONTWIKKELINGEN

De morfologische ontwikkelingen hebben invloed op de stabiliteit van de onderwateroever en hebben tevens gevolgen voor de golfhoogte vlak voor de waterkering.
Hierna zal een (globale) inschatting worden gegeven van de verwachte toekomstige morfologische ontwikkelingen. Omdat de invloed van de zeespiegelrijzing vaak moeilijk is aan te geven, wordt meestal geen onderscheid gemaakt voor de drie scenario's.
In dit rapport wordt alleen beschouwd de onderwateroever ter hoogte van harde zeeweringen, zoals genoemd in hoofdstuk 5. De overige kustvakken worden uitgebreid behandeld in de Technische Rapporten 1, 2 en 5.

Ameland en Texel

Het kombergingsgebied van de zeegaten, de Waddenzee, bestaat uit een groot aantal hooggelegen platen. Bij een stijging van de waterspiegel zal onder meer het getijvolume toenemen, uitgaande van een gelijkblijvende getij-amplitude. Dit zou leiden tot een hogere stroomsnelheid en erosie van de geul.
Bij deze studie wordt aangenomen, dat doorgaande erosie optreedt, die in de toekomst aanvullende bestortingen noodzakelijk maakt.

Helderse Zeewering

Door de zeespiegelsrijzing wordt een extra vraag naar zand verwacht van het kombergingsgebied van het zeegat van Texel en van de buitendelta. Dit zou kunnen leiden tot toename van de erosie van de aangrenzende kustvakken.
Los hiervan is te verwachten, dat de ontgrondingen ten gevolge van de Texelstroom (zie paragraaf 6.4) ook zonder zeespiegelrijzing in de toekomst blijven optreden.
Op het gedeelte ten zuiden van Huisduinen zullen de ontgrondingen zich naar verwachting verder uitbreiden.

Hondsbossche en Pettemer Zeewering

In de toekomst is een doorgaande erosie te verwachten ter plaatse van de overgang Hondsbossche/Pettemer Zeewering. Bij een eroderende, aangrenzende, zandige kust vormt de zeewering steeds meer een bolwerk. Door de golfinvloed zal de bodem zich naar verwachting weer aanpassen aan de morfologie ten noorden en ten zuiden van de zeewering.

Havengebied IJmuiden

Aangezien de morfologie van de onderwateroever slechts het gebied ter hoogte van de havendammen betreft en dus geen directe invloed heeft op de veiligheid van de waterkering, wordt hieraan verder geen aandacht besteed.

Katwijk

Het kustgebied rondom Katwijk is niet erosief. Ook in de toekomst zal dit beeld niet sterk veranderen.

Scheveningen

Ook in de toekomst is te verwachten dat het strand voor de strandmuur afneemt. De levensduur van een suppletie voor een strandmuur is sterk afhankelijk van het al of niet optreden van stormvloeden en derhalve nauwelijks te voorspellen.
Op grond van ervaringen uit het verleden wordt arbitrair aangenomen dat 20.000 à 35.000 m^3 zand per jaar erodeert.
De invloed van zeespiegelrijzing is moeilijk aan te geven.
Ten aanzien van de havendammen geldt hetzelfde als bij IJmuiden.

Zuiderdam Maasvlakte

Er zijn hier geen bijzondere morfologische ontwikkelingen te verwachten.

Goeree-Overflakkee

Het dijkvak bij Stellendam staat niet direct onder invloed van veranderingen in de onderwateroever, door de aanwezigheid van de havendammen.
Ter hoogte van het Flaauwe Werk zijn weinig of geen problemen, ten gevolge van erosie te verwachten.

Schouwen-Duiveland

Hier zijn in de toekomst geen stabiliteitsproblemen te verwachten; door de uitvoering van de Deltawerken vindt aanzanding plaats.

Onrustpolder

De tendens was een achteruitgang van de onderwateroever in oostelijke richting. In 1986 is een (tijdelijke?) stilstand opgetreden door de invloed van de Deltawerken. De geul is momenteel "te ruim". Hierdoor breidt de plaat aan de noordzijde van de geul zich uit. Na verloop van tijd zal de geul hierdoor wellicht weer "te klein" worden, waardoor de onderwateroever kan worden aangetast. Arbitrair wordt aangenomen dat dit in 2020 à 2030 leidt tot maatregelen. Dit geldt tevens voor het gedeelte duinenkust tot aan de Veerse Dam.

Westkapelse Zeedijk

Gezien de huidige ontwikkelingen zijn in de toekomst, ook bij een grotere zeespiegelrijzing, geen problemen, ten gevolge van erosie te verwachten.

Zeedijk Zoutelande

In de toekomst is een doorgaande erosie te verwachten. Ook bij het in stand houden van de uitgebouwde kribben zal wellicht een gedeelte van het strand verdwijnen. De zeespiegelrijzing heeft hierop naar verwachting weinig invloed.

Zwanenburg/Nolledijk

Bij Zwanenburg is een smal strand aanwezig. Op middellange termijn zijn geen problemen, ten gevolge van erosie te verwachten.

Vlissingen

De Sardijngeul heeft de neiging zich oostwaarts te verplaatsen.
Tussen de kribben erodeert het strand.
Zandsuppletie is voor de veiligheid naar verwachting niet nodig.
Over de invloed van zeespiegelrijzing is weinig te zeggen. Bij het bepalen van de kosten wordt hier dan ook geen rekening mee gehouden.

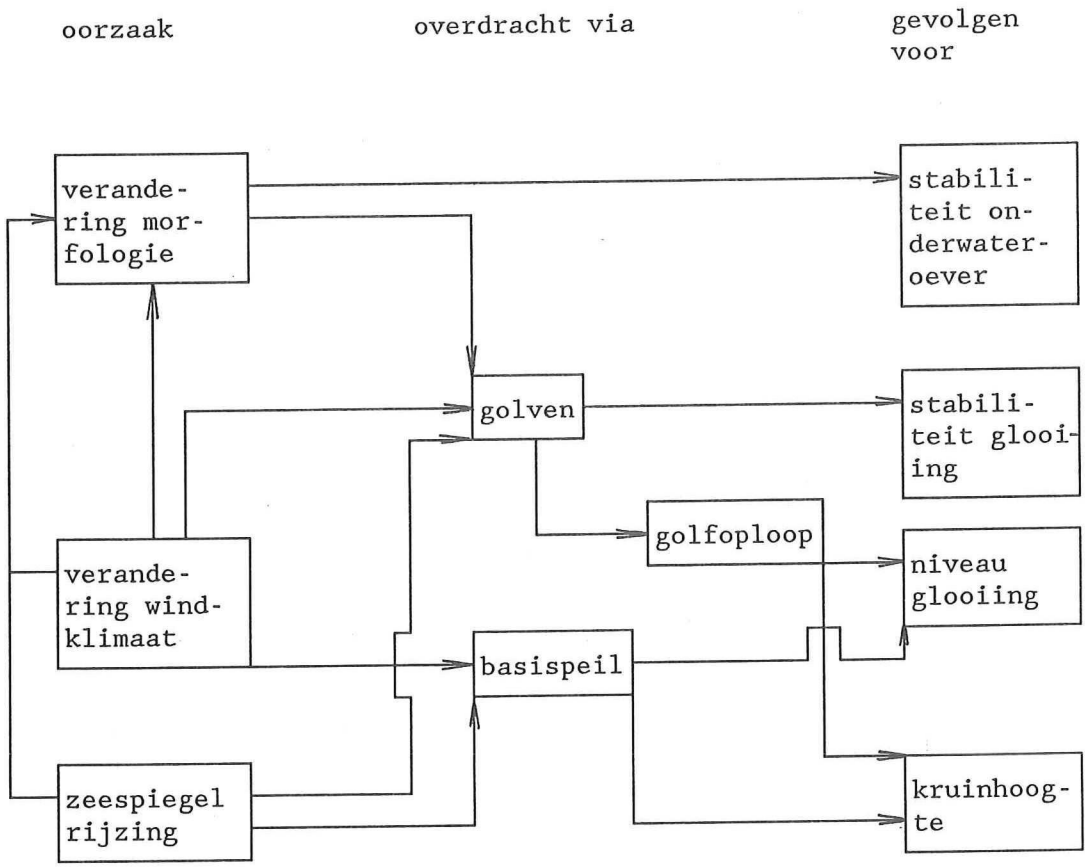
Zeeuws-Vlaanderen

Het kustvak van Cadzand tot Nieuwe Sluis staat sterk onder de invloed van zandgolven. In de toekomst is een sterke erosie te verwachten bij de Tienhonderd- (sector 1.5) en Zwartepolder (sector 1.4); later ook bij de Baanstpolder.
In het grootste gedeelte van sector 1.3 is veel erosie opgetreden, tot op de plaatselijk aanwezige erosiebestendige schorklei op de stranden. Verdere erosie is niet te verwachten.
Gezien de ervaringen uit het verleden bij Cadzand zullen de hoofden de erosie in de sectoren 1.4 en 1.5 niet voorkomen.
In het verleden zijn aanzienlijke erosies opgetreden van de Duinkerke-III-ondergrond. Deze bestaat afwisselend uit resistent (klei) en erosief (zand) materiaal.
Over de gevolgen van de zeespiegelrijzing op de morfologische ontwikkelingen is weinig te zeggen. Bij de kosten is hier dan ook geen rekening mee gehouden.

10 CONSEQUENTIES HANDHAVEN DELTAVEILIGHEID

10.1 Inleiding

Het uitgangspunt voor dit rapport is, dat in 1990 voor de kustverdedigingsstrook zogenaamde Deltaveiligheid is bereikt. Door (veranderende) morfologische ontwikkelingen en door veranderende hydro-meteo-condities (zeespiegelrijzing en windklimaat) zijn maatregelen nodig om de Deltaveiligheid te behouden.
In figuur 10.1 is aangegeven in hoeverre de bovengenoemde veranderingen invloed hebben op de veiligheid van de harde kustverdediging. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen de onderwateroever en de waterkering (dijklichaam, strandmuur, kunstwerk). Het schema richt zich hoofdzakelijk op zeedijken. Bij strandmuren en kunstwerken (sluizen e.d.) strekt de invloed zich hoofdzakelijk uit tot de hoogte van de constructie.



Figuur 10.1 Gevolgen van veranderingen in hydro-meteo-condities

Naast de hierboven beschreven gevolgen voor de zeewering moet ook normaal onderhoud worden gepleegd.

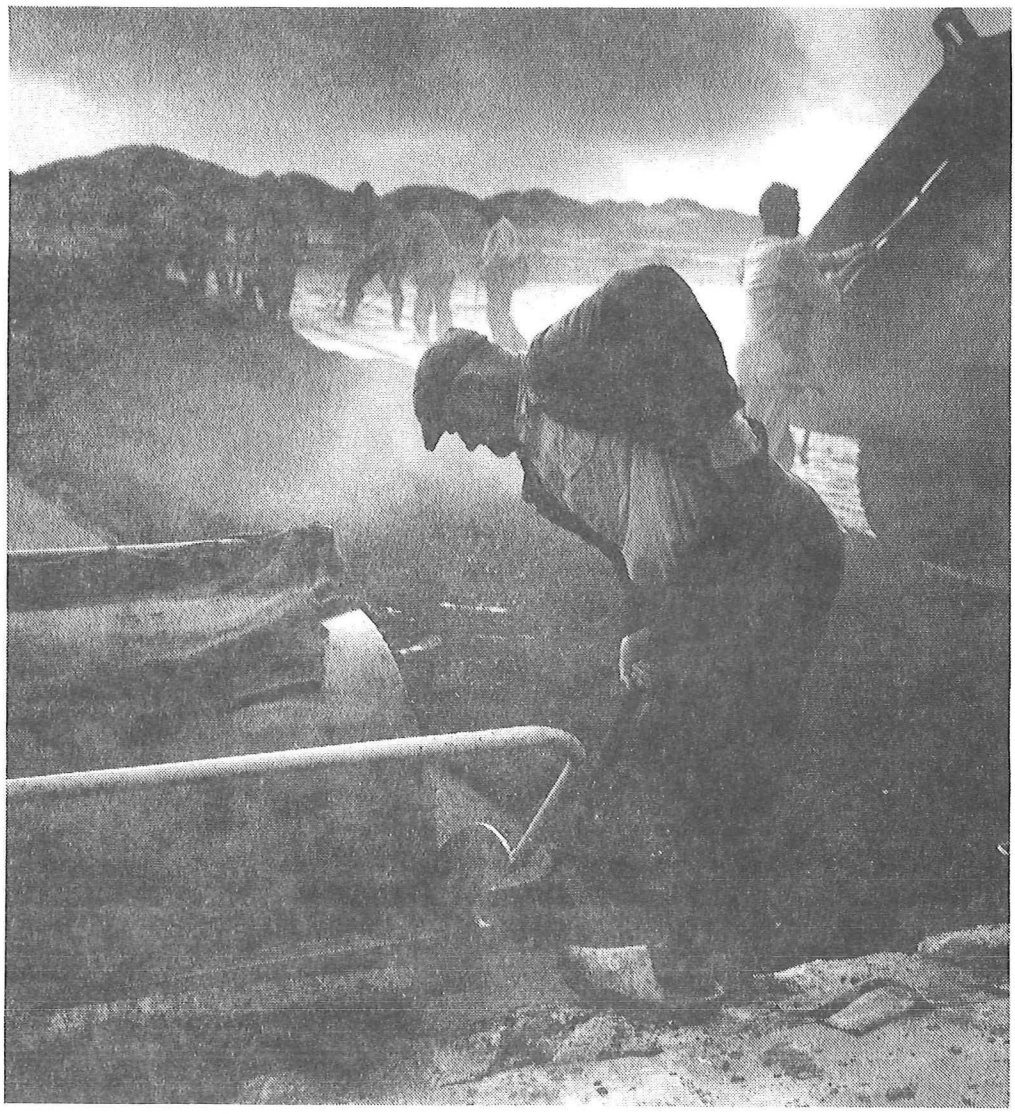
Samengevat zijn met het instand houden van de veiligheid de volgende kosten gemoeid:

1 Waterkering	- onderhoud (§ 10.2)
	- aanpassen glooiingsconstructies (§ 10.3)
	- periodieke kruinverhoging, aanpassen keermuren en sluizen, aanpassen kering door bebouwing (§ 10.4)
2 Onderwateroever	- onderhoud (§ 10.5)
	- incidentele aanpassingen (§ 10.5)

Om het verwerken van de gegevens in het (computer)model van de beleidsanalyse (Technisch Rapport 17) mogelijk te maken zijn (in tabel 10.6.3) naast de totaalkosten de kosten per vak van 1 km (cel) aangegeven.

Ten aanzien van de hydro-meteo-condities wordt een drietal scenario's gehanteerd:

A Beleids Scenario; huidige situatie, zeespiegelrijzing 0,20 m geëxtrapoleerd over de gehele voorspelperiode;
B Anticiperend Scenario; verwachte ontwikkeling, zeespiegelrijzing 0,60 m/eeuw, constante golfhoogte op diep water;
C Ongunstig Scenario; zeespiegelrijzing 0,85 m/eeuw, ongunstige ontwikkeling golfcondities.



10.2 Onderhoud waterkering

Onder de waterkering wordt in dit verband verstaan het dijklichaam, de strandmuur of het kunstwerk en de bestortingen die direct grenzen aan de kering, over een breedte van ca. 10 m.
Overige bestortingen worden beschouwd bij de onderwateroever.
In lit. 4 is een inventarisatie opgenomen van het jaarlijks en meerjaarlijks onderhoud van de waterkeringen langs de Nederlandse kust, over de periode 1975 t/m 1984. De kosten hebben betrekking op het onderhoud van grasmat, steenzettingen en bestortingen. De gegevens zijn voor de zeedijken, strandmuren en onderwateroevers samengevat op bijlage 3.
In tabel 10.2 zijn hiervan de onderhoudskosten weergegeven, voorzover dit de waterkering betreft.

Onderdeel kustverdedigings-strook	Sector	Lengte (km)	Onderhoudskosten per jaar (kfl)	
			per km	per vak
-Texel(Bolwerk)	15.4	1,0	85	85
-Helderse Zeewering	14.1	5,2	150	780
-Pettemer Zeewering	14.2	1,7	131	220
-Hondsbossche Zeewering	14.3	4,5	146	660
-IJmuiden	12.2	7,5	marginaal	-
-Katwijk	11.1	1,6	35	70
-Scheveningen				
*boulevard	10.1	2,0	marginaal	-
*haven	10.1	2,5	marginaal	-
-Stellendam	6.1	1,0	9	10
-Flaauwe Werk	6.1	2,3	22	50
-Schouwen-Duiveland	4.2	0,4	50[1)]	20
-Onrustpolder	3.1	1,0	50[1)]	50
-Westkapelse Zeedijk	3.3	4,1	29	120
-Zeedijk Zoutelande	2.2	0,9	69	60
-Zwanenburg/ Nolledijk	2.4	1,0	50[1)]	50
-Vlissingen	2.5	2,0	marginaal	-
-Zeeuws-Vlaanderen	1.2-1.5	10,0	30	300
Totaal		48,7	50 (gem)	2475

1) niet of nauwelijks gegevens bekend; ingeschat

Tabel 10.2 Onderhoudskosten waterkering

Door een toename van de golfaanval bij de scenario's B en C zullen de onderhoudskosten wellicht iets toenemen. Verwacht wordt, dat de toename minder dan 10% is. Aangezien dit binnen de nauwkeurigheidsmarge valt voor de beleidsanalyse, wordt aangenomen, dat de onderhoudskosten van de waterkering over de periode tot 2090 constant blijven.

10.3 Aanpassingen glooiingsconstructies

In het schema van figuur 10.1 is te zien, dat veranderingen in de hydro-meteo-situatie invloed hebben op de glooiingsconstructies van de waterkering ten aanzien van:
a stabiliteit
b niveau.

ad a Bij het dimensioneren van glooiingsconstructies spelen de golfaanval en in mindere mate de buitenwaterstand een grote rol. Door een toename van Hs is theoretisch een zwaardere constructie vereist. Hier wordt aangenomen, dat een voldoende veiligheidsmarge aanwezig is om de toename van Hs (bij scenario B kleiner dan 10% en bij scenario C ca. 10%, met op enkele plaatsen ca. 20%) te kunnen weerstaan. Opgemerkt zij, dat nadere studie moet uitwijzen of dit inderdaad het geval is.
Ten gevolge van zeespiegelrijzing veranderen naast de stormvloedstanden ook de laagwaterstanden. Dit kan het verloop van de freatische lijn in een dijklichaam doen veranderen. Op de gevolgen hiervan wordt niet nader ingegaan.

ad b Bij zeespiegelrijzing wordt de ontwerpwaterstand hoger en nemen in vele gevallen de golven en daarmee de golfoploop toe. Dit betekent dat het niveau, tot waar een "harde" glooiingsconstructie nodig is, hoger wordt (figuur 7.4).
In deze studie wordt aangenomen dat dit niveau toeneemt met een waarde, die gelijk is aan de verhoging van het basispeil en de toename van de golfoploop. Omdat het tijdstip van het aanpassen van de glooiing samen valt met een periodieke kruinverhoging zijn de kosten die hiermee zijn gemoeid, opgenomen onder de kosten van kruinverhoging (zie hiervoor paragraaf 10.4).

In dit rapport wordt geen rekening gehouden met een totale vervanging van een glooiingsconstructie aan het einde van de levensduur.
In paragraaf 7.4 is hierop nader ingegaan.

10.4 Periodieke kruinverhogingen

10.4.1 Aanpak

In paragraaf 7.3 is aangegeven op welke wijze de benodigde kruinhoogte kan worden bepaald. Hier wordt slechts, uitgaande van de gegevens van de bestaande situatie (uit hoofdstuk 6) en de wijzigingen in de hydraulische randvoorwaarden, zoals die bepaald zijn in hoofdstuk 8, de toename van de kruinhoogte bepaald. Uit het schema van figuur 7.3.1 is af te lezen, dat deze toename is te bepalen uit de verhoging van de ontwerpwaterstand en de toename van de golfoploop, ten gevolge van een toename van Hs.

De toename van de golfoploop door de verandering van de windrichting (in het schema r_β) wordt hier, evenals de veranderingen van buistoot en buioscillatie, verwaarloosd.
In eerste instantie worden de vereiste kruinverhogingen bepaald voor een periode van 100 jaar. Aangezien voor zeedijken wordt aangenomen dat deze na 50 jaar worden verhoogd, geldt hiervoor de helft van de berekende verhoging.
Bij kunstwerken (strandmuren en sluizen) wordt, gezien de complicaties bij aanpassingen, een rekenperiode gehanteerd van 100 jaar.

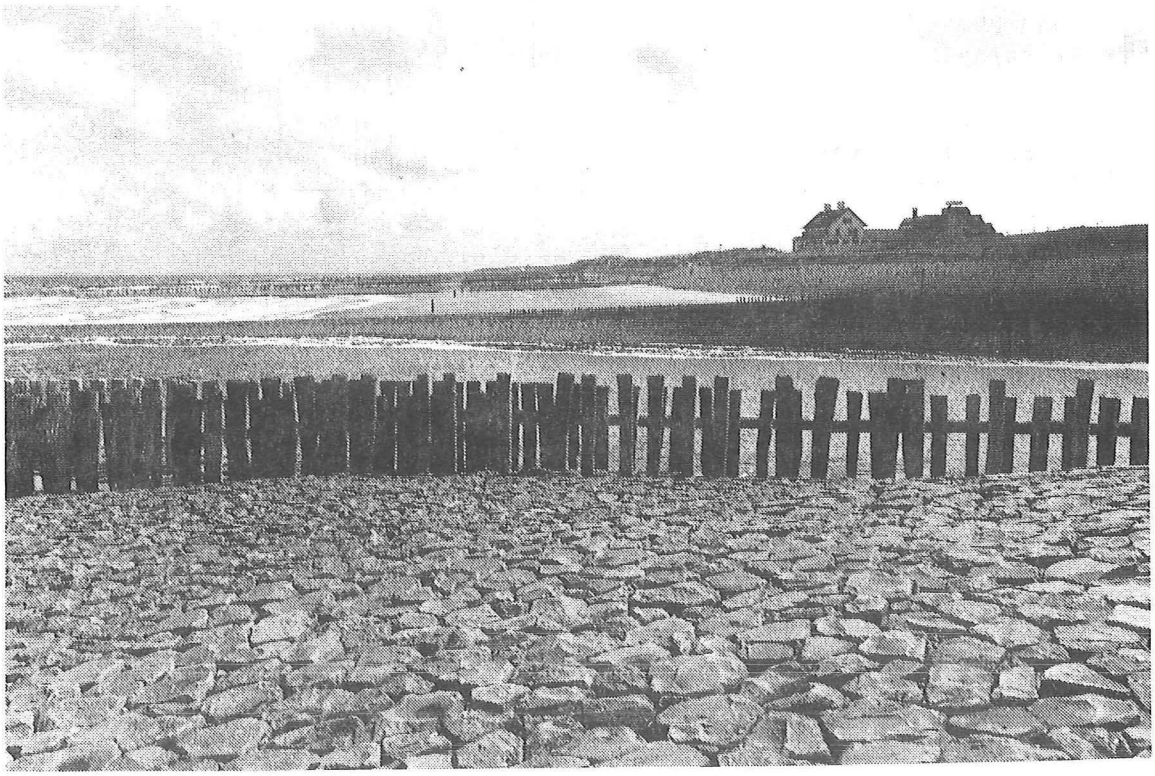
Om het aantal verhogingen binnen de termijn tot 2090 te kunnen bepalen en om het tijdstip van de uitgaven vast te stellen, wordt voor de diverse dijkvakken en overige harde waterkeringen bepaald, wanneer bij de diverse scenario's kruinverhogingen noodzakelijk zijn.

De aanpak is verder schematisch. Het komt voor dat zodanig geringe kruinverhogingen nodig zijn, dat ze in de praktijk niet zullen worden uitgevoerd. In dit rapport wordt hier echter wel van uitgegaan en worden de bijbehorende kosten bepaald.

10.4.2 Berekening kruinverhoging bij diverse scenario's

Scenario A

Bij scenario A wordt aangenomen, dat de verhoging van de golven marginaal is.
De periodieke kruinverhoging is dan gelijk aan de basispeilverhoging, behorende bij een zeespiegelrijzing van 0,20 m/eeuw, dus 0,20 m voor een periode van 100 jaar.



Scenario B

Bij scenario B bedraagt de verhoging van het basispeil 0,65 m. Ervan uitgaande, dat de golfoploop lineair toeneemt met de toename van Hs, kan uit de toename van Hs (volgens tabel 8.3.2) en de golfoploop volgens het ontwerp (uit tabel 6.19) de toename van de golfoploop ΔZ worden bepaald. Van diverse onderdelen is de bij het ontwerp toegepaste golfoploop niet bekend; op die plaatsen is de ontwerpgolfoploop afgeleid/ingeschat aan de hand van de beschikbare gegevens. De resultaten zijn samengevat in tabel 10.4.1.

Onderdeel kustverdedigingsstrook	$Z_{2\%}$ volgens ontwerp (m)	Toename Hs	Kruinverhoging		
			ΔZ (m)	t.g.v. basis-peil (m)	totaal (m)
- Texel (Bolwerk)	n.v.t.	0	0	0,65	0,65
- Helderse Zeewering	n.v.t.	0	0	0,65	0,65
- Pettemer Zeewering; Hondsb. Zeewering	6,0	8%	0,5	0,65	1,15
- IJmuiden	n.v.t.	0	0	0,65	0,65
- Katwijk	n.v.t.	0	0	0,65	0,65
- Scheveningen					
* boulevard	n.v.t.	0	0,4	0,65	1,05
* haven	n.v.t.	0	0	0,65	0,65
- Stellendam	n.v.t.	0	0	0,65	0,65
- Flaauwe Werk	3,5[1)]	13%	0,45	0,65	1,10
- Schouwen-Duiveland	n.v.t.	0	0	0,65	0,65
- Onrustpolder	n.v.t.	0	0	0,65	0,65
- Westkapelse Zeedijk	5,5	7%	0,4	0,65	1,05
- Zeedijk Zoutelande	5[2)]	8%	0,4	0,65	1,05
- Zwanenburg/Nolledijk	4,5[2)]	8%	0,35	0,65	1,00
- Vlissingen					
*Bankert/Evertsen	3[1)]	9%	0,3	0,65	0,95
*De Ruyter	4[1)]	0%	0,4	0,65	1,05
- Zeeuws-Vlaanderen	5,0	8%	0,4	0,65	1,05

1) ontwerpwaarde niet bekend; $Z_{2\%}$ afgeleid uit kruinhoogte en dijkprofiel
2) ingeschat

Tabel 10.4.1 Kruinverhoging bij scenario B voor een periode van 100 jaar

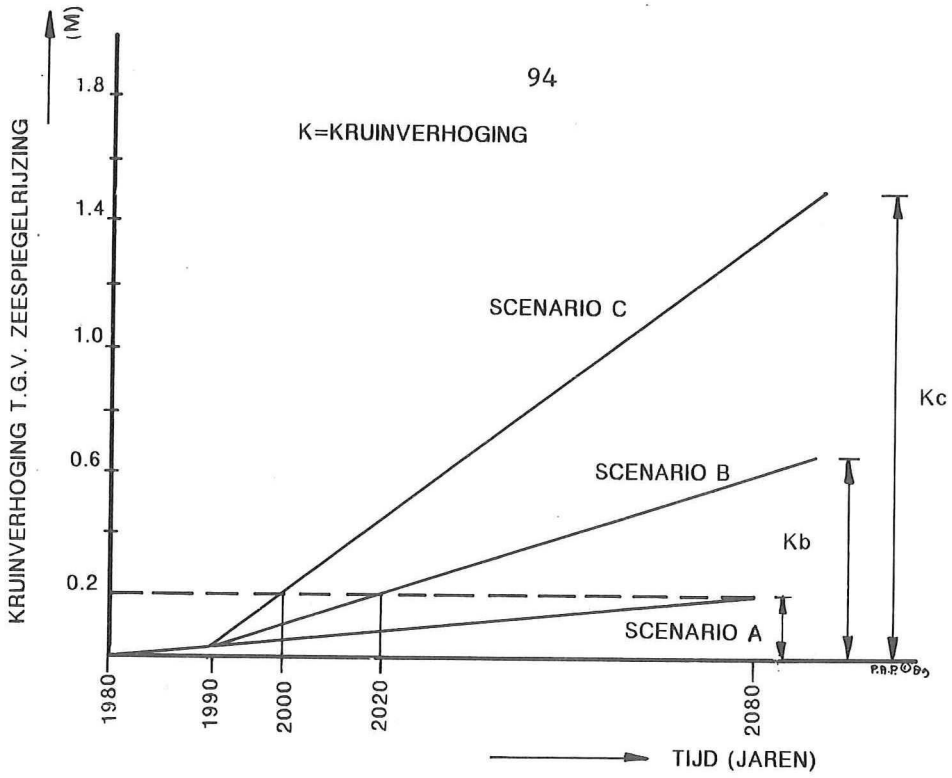
Scenario C

Bij scenario C neemt het basispeil toe met 1,50 m. De kruinverhoging ten gevolge van de toename van de golfoploop kan op dezelfde wijze als bij scenario B worden afgeleid. De resultaten zijn samengevat in tabel 10.4.2.

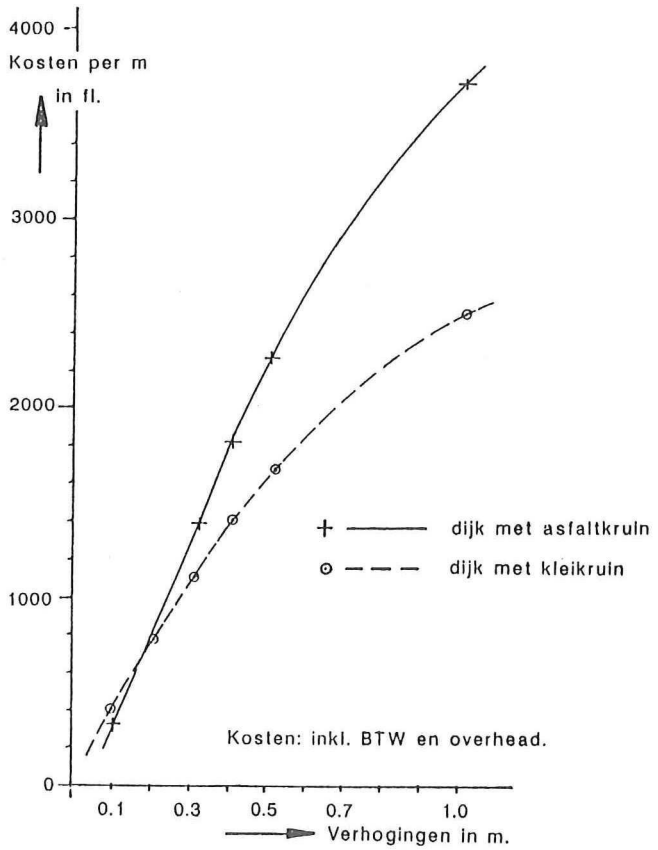
Onderdeel kustverdedigingsstrook	$Z_{2\%}$ volgens ontwerp (m)	Toename Hs	Kruinverhoging		
			ΔZ[1] (m)	t.g.v. basis-peil (m)	totaal (m)
- Texel (Bolwerk)	6,0[5]	8%	0,50	1,50	2,00
- Helderse Zeewering	5,5	8%	0,45	1,50	1,95
- Pettemer Zeewering; Hondsb. Zeewering	6,0	18%	1,10	1,50	2,60
- Haven IJmuiden	orde 3 m	10%	0,30	1,50	1,80
- Katwijk					
* uitwateringssluis	3,9	8%	0,30	1,50	1,80
* boulevard			n.v.t.	1,50	1,50
- Scheveningen					
* boulevard			0,9	1,50	2,40
* haven	2[2]	10%	0,20	1,50	1,70
- Stellendam			0,30[4]	1,50	1,80
- Flaauwe Werk	3,5[3]	30%	1,05	1,50	2,55
- Schouwen-Duiveland		8%	0,30[4]	1,50	1,80
- Onrustpolder	8,5	8%	0,70	1,50	2,10
- Westkapelse Zeedijk	5,5	16%	0,90	1,50	2,40
- Zeedijk Zoutelande	5[5]	18%	0,90	1,50	2,40
- Zwanenburg/Nolledijk	4,5[5]	19%	0,85	1,50	2,35
- Vlissingen					
* Bankert en Evertsen	3[3]	21%	0,65	1,50	2,15
* De Ruyter		23%	0,90	1,50	2,40
- Zeeuws-Vlaanderen	5,0	18%	0,90	1,50	2,40

1) de toename van de golfoploop is rechtevenredig met de toename van Hs; ΔZ kan daarom worden bepaald uit (percentage toename Hs) * $Z_{2\%}$
2) waarde niet bekend; aangenomen lagere waarde dan bij IJmuiden in verband met afstand waterkering tot havenbekken.
3) ontwerpwaarde niet bekend; $Z_{2\%}$ afgeleid uit kruinhoogte en dijk-profiel
4) waarde arbitrair vastgesteld
5) ingeschat

Tabel 10.4.2 Kruinverhoging bij scenario C voor een periode van 100 jaar.



Figuur 10.4.1 Bepalen tijdstip kruinverhoging (voorbeeld Helderse Zeewering)



Figuur 10.4.2 Kosten periodieke kruinverhoging en verlengen glooiingsconstructie zeezijde.

10.4.3 Tijdstip kruinverhoging

Bij het vaststellen van de tijdstippen voor periodieke kruinverhogingen wordt een rekenperiode aangenomen van 50 jaar bij zeedijken en 100 jaar bij strandmuren en sluizen. Tevens wordt aangenomen, dat het niveau van de ontwerpwaterstand ten gevolge van de zeespiegelrijzing lineair toeneemt.
Aanpassing tot Deltahoogte heeft op diverse tijdstippen plaatsgevonden, variërend van 1956 tot 1990. Voor de onderhavige studie wordt hiervoor een gewogen gemiddelde aangehouden, dat uitkomt op 1980. Voor alle te beschouwen onderdelen wordt dus aangenomen, dat de laatste aanpassing heeft plaatsgevonden in 1980.
Uit hoofdstuk 6 valt af te leiden, dat bij de laatste aanpassing van de kruinhoogte bij de meeste dijkvakken een overhoogte van 0,2 m voor de zeespiegelrijzing (soms ook NAP-daling genoemd) is aangehouden. Voor scenario A wordt desondanks een eerste verhoging aangenomen na 50 jaar (dus in 2030) en een tweede na 100 jaar (dus in 2080).

Voor de scenario's B en C is een andere benadering toegepast:
Uitgaande van een laatste aanpassing in 1980 en een overhoogte voor zeespiegelrijzing van 0,20 m/eeuw kan worden bepaald, welk gedeelte van de overhoogte in 1990 reeds is "gebruikt". Hieruit kan vervolgens voor de scenario's B en C worden afgeleid op welke tijdstippen de kruinhoogte moet worden aangepast, ervan uitgaande dat in 1990 op zo'n scenario wordt overgestapt.
In figuur 10.4.1 is voor de Helderse Zeewering een voorbeeld uitgewerkt. Een eerste aanpassing blijkt noodzakelijk in 2020 bij scenario B en in 2000 bij scenario C. De volgende aanpassing volgt na 50 jaar, dus respectievelijk in 2070 en 2050.
Volgens de hierboven beschreven methode zijn ook voor de overige onderdelen de tijdstippen van periodieke (kruin)verhogingen bepaald.

Het aldus bepaalde tijdstip van de eerste kruinverhoging vormt tevens een indicatie voor het moment van beslissen of moet worden overgegaan op een ander scenario. Hierbij moeten in de praktijk natuurlijk ook worden meegewogen de beoordeling die volgt uit de vijfjaarlijkse toets volgens de Wet op de Waterkering.

10.4.4 Kosten kruinverhogingen

Algemeen

Bij het bepalen van de kosten van kruinverhogingen is onderscheid gemaakt tussen:
- zeedijken
- strandmuren
- kunstwerken (sluizen)
- keringen door bebouwingen.

Bij zeedijken is schematisch te werk gegaan. Voor diverse typen zeedijken (kleikruin, asfaltkruin) zijn voor een algemeen, representatief dwarsprofiel de kosten bij diverse maten van verhogingen uitgerekend. Daarbij is aangenomen, dat een verhoging/verzwaring steeds aan de landzijde plaatsvindt. Vooral bij aanmerkelijke verhogingen betekent dit, dat vaak een weg moet worden verlegd en grond moet worden aan-

gekocht. Op sommige plaatsen is zelfs de aankoop en sloop van huizen noodzakelijk. Dit laatste komst echter slechts incidenteel voor en is daarom hier niet in rekening gebracht.

Eén en ander heeft geleid tot de volgende uitgangspunten:

Kleidijk
- verhoging 0,10 m t/m 0,50 m; de kosten bestaan uit een schijf klei op de kruin en het binnentalud;
- verhoging van 1,00 m; bij de kosten is tevens opgenomen het verleggen van een weg aan de binnenzijde; geen grondaankoop nodig;
- verhoging van 2,00 m (of 2 x 1 m); in de kosten is tevens opgenomen het verleggen van een sloot en grondaankoop.

Asfaltdijk
- verhoging t/m 0,20 m; enkel aanbrengen asfalt;
- verhoging 0,30 m t/m 1,00 m; opbreken oude asfalt en aanbrengen nieuw asfalt.

De aldus verkregen kosten zijn grafisch uitgezet in figuur 10.4.2. In de kosten is tevens begrepen het verlengen van de harde bekleding aan de zeezijde, zoals is genoemd in paragraaf 10.3.

Waar het gaat om van verhogingen van strandmuren, kunstwerken of keringen door bebouwingen, zijn de kosten per geval bepaald.
Toelichting hierop wordt gegeven bij het desbetreffende scenario.

Scenario A

De noodzakelijke kruinverhoging bedraagt 0,20 m/eeuw. Uitgaande van een verhoging na 50 jaar, bedraagt de verhoging 0,10 m in 2030 en 2080.

Onderdeel kustverdedigingsstrook	Lengte (km)	Kosten (Mfl)	
		per km	totaal
- Texel (Bolwerk)	1,0	0,4	0,4
- Helderse Zeewering	5,2	0,4	2,1
- Pettemer Zeewering	1,7	0,4	0,7
- Hondsbossche Zeewering	4,5	0,4	1,8
- IJmuiden			
* sluiseilanden	2,0	0,4	0,8
* kunstwerken			1)
* bebouwing IJmuiden			2)
* Hoogoventerrein			2)
- Katwijk			
* uitwateringssluis	0,3	0,7	0,2
* boulevard			2)
- Scheveningen			2)
- Stellendam	1,0	0,3	0,3
- Flaauwe Werk	2,3	0,3	0,7
- Schouwen-Duiveland	0,4	0,4	0,2
- Onrustpolder	1,0	0,4	0,4
- Westkapelse Zeedijk	4,1	0,4	2,0
- Zeedijk Zoutelande	0,9	0,4	0,4
- Zwanenburg/Nolledijk	1,0	0,4	0,4
- Vlissingen	2,0	0,4	0,8 3)
- Zeeuws-Vlaanderen	10	0,4	4,0

1) Kunstwerken; rekenperiode 100 jaar; aanpassing tot Deltahoogte vindt plaats na 1990, dus eerste verhoging valt na 2090.
2) De huidige hoogteligging wordt voldoende geacht voor verhoging zeespiegel van 0,20 m.
3) Gezien de geringe verhoging is geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende boulevards.

Tabel 10.4.3 Kosten kruinverhogingen (per aanpassing) voor scenario A

Scenario B

In tabel 10.4.1 zijn de vereiste kruinverhogingen aangegeven voor een periode van 100 jaar. Voor zeedijken wordt uitgegaan van kruinaanpassing na 50 jaar. De maat van de verhoging bedraagt dus per keer de helft van de in genoemde tabel aangegeven waarden. Voor een aantal elementen is uitgegaan van aanpassing na 100 jaar. Aangenomen wordt, dat de kosten van de eerste en de tweede verhoging gelijk zijn.
Gezien het globale karakter van de studie zijn de overgangen van "zachte" naar "harde" constructies niet nader beoordeeld. Deze vormen

echter wel een punt van aandacht.

Onderdeel kustverdedigingsstrook	Lengte (km)	Laatste verhoging	Tijdstip kruinverhoging		Verhoging in m	Kosten (Mfl) per aanpassing	
		Deltahoogte	1e aanp.	2e aanp.		per km	totaal
- Texel (Bolwerk)	1,0	?	2020	2070	0,35	1,3	1,3
- Helderse Zeewering	5,2	1970	2020	2070	0,35	1,3	6,8
- Pettemer Zeewering	1,7	1969	2005	2055	0,60	1,9	3,2
- Hondsb. Zeewering	4,5	1978	2005	2055	0,60	1,9	8,6
- IJmuiden							
* sluiseilanden	2,0	na 1990	2020	2070	0,35	1,3	2,6
* kunstwerken[1]	n.v.t.	na 1990	2020	-	0,65		pm
* bebouwing IJmuiden	3,0				0,65		2)
* Hoogoventerrein	2,0				0,65		2)
- Katwijk[1]							
* uitwateringssluis		1984	2020	-	0,65	1,7	1,7
* boulevard			2020	-	0,65		10,0
- Scheveningen[1]							
* boulevard			2005	-	1,05		3,5
* haven	2,5	?	-	-	0,35		2)
- Stellendam	1,0	1970	2020	2070	0,35	1,7	1,7
- Flaauwe Werk	2,3	1985	2005	2055	0,55	2,5	5,8
- Schouwen-Duiveland	0,4	?	2020	2070	0,35	1,3	0,5
- Onrustpolder	1,0	1985	2020	2070	0,35	1,3	1,3
- Westkapelse Zeedijk	4,1	1987	2010	2060	0,55	2,0	8,2
- Zeedijk Zoutelande	0,9	1956	2010	2060	0,55	1,8	1,6
- Zwanenburg/Nolledijk	1,0	?	2010	2060	0,50	1,7	1,7
- Vlissingen							
* Bankert en Evertsen	1,1	1982	2005	2055	0,50	1,7	1,9
* De Ruyter[1]	0,9	1984	2005	-	1,05	4	3,6
- Zeeuws-Vlaanderen	10,0	1985	2010	2060	0,55	1,8	18

1) Rekenperiode 100 jaar gehanteerd
2) De huidige hoogteligging wordt voldoende geacht

Tabel 10.4.4 Tijdstip en kosten kruinverhogingen (per aanpassing) voor scenario B

Nadere toelichting:

- Haven IJmuiden

Ontwerpwaterstand huidig ontwerp (inclusief seiche)	NAP + 5,80 m
Verhoging basispeil	0,65 m
Nieuwe ontwerpwaterstand (incl. seiche)	NAP + 6,45 m

Hoogoventerrein: ligt gunstig ten opzichte van golfaanval; terreinhoogte NAP + 8,00 m. Mede gezien de terreinbreedte is geen veiligheidsprobleem te verwachten. Wel grotere kans op schade Hoogovencom-

plex. Hierop wordt niet nader ingaan.

Bebouwing IJmuiden.
Een gedeelte van de bebouwing ligt buitendijks (zie figuur 6.6, tracé kering). De kering wordt hier in feite gevormd door een bebouwd duin. Het laagste punt van de waterkering ligt op NAP + 7,60 m; dit gedeelte ligt echter erg gunstig ten opzichte van de golfaanval. Het overige gedeelte van de waterkering heeft een hoogte van NAP + 8,00 à 9,00 m. Conclusie: geen veiligheidsprobleem te verwachten.

Sluizen
De staat van de Noordersluis is zodanig, dat een verhoging van het basispeil met 0,65 m niet met geringe aanpassingen is op te vangen. Gedacht moet dan worden aan oplossingen zoals een nieuw buitenhoofd, een keersluis of misschien zelfs nieuwbouw van de sluis. Hiervoor zijn geen kosten ingeschat.
De overige sluizen zijn wellicht met enige aanpassingen voldoende veilig te maken. Daarbij moet worden gedacht aan oplossingen die orde 20 Mfl. kosten. Daarbij moet wel worden opgemerkt, dat de kosten voor het aanpassen van de veiligheid van de Kleine- en Zuidersluis erg afhankelijk zijn van de te kiezen oplossing van het bereiken van Deltaveiligheid in 1990.

- Katwijk
Ten zuiden van de uitwateringssluis wordt de kering gevormd door een bebouwde duinregel. In figuur 6.7.3 is te zien, dat een gedeelte van de duinregel erg laag is. Bij de aanpassing tot Deltaveiligheid is/wordt over een lengte van ca. 0,4 km de kerende hoogte aangepast. Hiervoor zijn ingrijpende maatregelen nodig, omdat het tracé een aantal wegen en bebouwingen kruist. Bij scenario B zal opnieuw een aanpassing moeten plaatsvinden, nu over een lengte van ca. 0,5 km. Omdat de aanpassingen vrij ingrijpend zijn, wordt gerekend met een planperiode van 100 jaar. De kosten hiervoor worden globaal geschat op 10 Mfl.

- Scheveningen
Op het boulevardgedeelte wordt de kering gevormd door een bebouwde duinregel, met een strandmuur als een soort duinvoetverdediging. Over het algemeen is het duin hoog genoeg. Ter plaatse van het einde van de trambaan (profiel B uit figuur 6.8.2) is de duinregel echter smal en laag. Om Deltaveiligheid te bereiken is hier dan ook aan de landzijde van de strandweg (boulevard) een betonnen keermuur geplaatst. Bij extra zeespiegelrijzing zal dit gedeelte moeten worden verhoogd, naar schatting over een lengte van 0,5 km. Bij het bepalen van de kosten hiervoor is hoofdzakelijk het aspect veiligheid in beschouwing genomen. Het esthetische aspect van een hogere keermuur is buiten beschouwing gelaten.

- Vlissingen
Op het gedeelte boulevards Bankert en Evertsen is uitgegaan van een kruinverhoging van de kering achterlangs de bebouwing. Bij boulevard De Ruyter zijn de ingeschatte kosten gebaseerd op het verhogen van de strandmuur. Het esthetische aspect van een hogere strandmuur is buiten beschouwing gelaten.

Scenario C

In tabel 10.4.2 zijn de vereiste kruinverhogingen aangegeven voor een periode van 100 jaar.
Kruinaanpassingen van zeedijken vinden echter na 50 jaar plaats. Hiervoor moeten de waarden uit genoemde tabel dus worden gehalveerd. Voor een aantal elementen is gerekend met een aanpassing na 100 jaar. Dit is dan aangegeven in tabel 10.4.5.
Aangenomen is, dat de kosten van de eerste en tweede verhoging gelijk zijn.

Onderdeel kustverdedigingsstrook	Lengte (km)	Laatste verhoging Delta-hoogte	Tijdstip kruinverhoging 1e aanp.	2e aanp.	Verhoging in m	Kosten (Mfl) per aanpassing per km	totaal
- Texel (Bolwerk)	1,0	?	2000	2050	1,0	2,5	2,5
- Helderse Zeewering	5,2	1970	2000	2050	1,0	2,5	13
- Pettemer Zeewering	1,7	1969	1995	2045	1,3	3,3	5,6
- Hondsb. Zeewering	4,5	1978	1995	2045	1,3	3,3	14,9
- IJmuiden							
* sluiseilanden	2,0	na 1990	2000	2050	0,9	2,4	4,8
* kunstwerken[1)]	n.v.t.	na 1990	2000	-	1,5		pm
* bebouwing IJmuiden	3,0		2000	-	1,5	1,4	1,0
* Hoogoventerrein	2,0		2050	-	1,5	1,7	3,4
- Katwijk[1)]							
* uitwateringssluis		1984	2000	-	1,8		2,5
* bebouwing			2000	-	1,5		40,0
- Scheveningen[1)]							
* boulevard			1995	-	2,4		8,0
* haven	2,5	?	2000	-	1,5		8,0
- Stellendam	1,0	1970	2000	2050	0,9	3,4	3,4
- Flaauwe Werk	2,3	1985	1995	2045	1,3	4,3	9,9
- Schouwen-Duiveland	0,4	?	2000	2050	0,9	2,4	1,0
- Onrustpolder	1,0	1985	1995	2045	1,1	2,6	2,6
- Westkapelse Zeedijk	4,1	1987	1995	2045	1,2	2,7	11,1
- Zeedijk Zoutelande	0,9	1956	1995	2045	1,2	2,7	2,4
- Zwanenburg/Nolledijk	1,0	?	1995	2045	1,2	2,7	2,7
- Vlissingen							
* Bankert en Evertsen	1,1	1982	1995	2045	1,1	2,6	2,9
* De Ruyter[1)]	0,9	1984	1995	-	2,4	6,7	6,0
- Zeeuws-Vlaanderen	10,0	1985	1995	2045	1,2	2,7	27,0

1) Rekenperiode 100 jaar gehanteerd.

Tabel 10.4.5 Tijdstip en kosten kruinverhoging voor scenario C.

Nadere toelichting:

- Haven IJmuiden

Ontwerpwaterstand huidig ontwerp (inclusief seiche)	NAP + 5,80 m
Verhoging basispeil	1,50 m
Nieuwe ontwerpwaterstand (incl. seiche)	NAP + 7,30 m

Hoogoventerrein: ligt gunstig ten opzichte van golfaanval; terreinhoogte NAP + 8,00 m. Arbitrair wordt aangenomen, dat een verhoging tot NAP + 8,50 m noodzakelijk is. Deze verhoging hoeft pas in een laat stadium te worden uitgevoerd.

Bebouwing IJmuiden:
Arbitrair wordt aangenomen dat over een lengte van ca. 0,7 km een verhoging moet plaatsvinden. Dit betreft het gedeelte, dat is gelegen langs het Noordzeekanaal.

Sluizen
Voor de Noordersluis geldt hetzelfde als bij scenario B is vermeld.
De verhoging van het basispeil is nu zodanig, dat ook de Middelsluis niet zonder omvangrijke maatregelen (nieuw sluishoofd, keersluis of nieuwe sluis) voldoende veilig is te maken. Hiervoor zijn geen kosten ingeschat. Voor aanpassing van de Kleine- en Zuidersluis geldt hetzelfde als bij scenario B is vermeld.

- Katwijk
Hier moet evenals bij scenario B een gedeelte van de kering door de bebouwing worden aangepast. Door de grote toename van het basispeil (1,5 m) moet de aanpassing over een grotere lengte plaatsvinden (ca. 0,6 km). Verder zijn de te verrichten ingrepen in de bestaande bebouwing en infrastructuur zeer ingrijpend, zodat hiermee zeer hoge kosten zijn gemoeid. Te overwegen valt bij dit scenario, in verband met de hoge kosten voor het aanpassen van de kering in het huidige tracé, te kiezen voor aanleg van een nieuwe kering aan de zeezijde van de boulevard. In dit rapport is daar niet van uitgegaan.

- Scheveningen
Van de kering rond de haven wordt aangenomen, dat tot een basispeilverhoging van ca. 0,5 m geen aanpassingen noodzakelijk zijn. Vanaf dat moment (ca. in het jaar 2000) zijn bepaalde stukken te laag en wordt de kering zodanig aangepast, dat deze veiligheid biedt tegen een basispeilverhoging van 1,5 m. De aanpassingen bestaan uit het aanbrengen van een keerwand, bouwkundige aanpassingen, verkeersvoorzieningen etc.

Op het gedeelte van de kering ten noorden van de haven moet op de plaats, waar nu reeds naast de boulevardmuur een extra keermuur aanwezig is, een aanpassing plaatsvinden, zoals ook reeds is beschreven bij scenario B. Ook hier zijn de ingeschatte kosten slechts gebaseerd op het verhogen van de keermuur en bijkomende werken. Het esthetische aspect is niet meegewogen.

- Vlissingen
Hiervoor geldt hetzelfde als bij scenario B.

10.4.5 Samenvatting kosten en tijdstip kruinverhogingen

Onderdeel kustverdedigingsstrook	Scenario A	Scenario B			Scenario C	
	2030 + 2080	2005 2055	2010 2060	2020 2070	1995 2045	2000 2050
- Texel (Bolwerk)	0,4			1,3		2,5
- Helderse Zeewering	2,1			6,8		13,0
- Pettemer Zeewering	0,7	3,2			5,6	
- Hondsb. Zeewering	1,8	8,6			14,9	
- IJmuiden	0,8			pm/2,6[1)]		pm/8,2[1)]
- Katwijk	0,2			11,7/0[1)]		42,5/0[1)]
- Scheveningen	-	3,5/0[1)]			8,0/0[1)]	8,0/0[1)]
- Stellendam	0,3			1,7		3,4
- Flaauwe Werk	0,7	5,8			9,9	
- Schouwen-Duiveland	0,2			0,5		1,0
- Onrustpolder	0,4			1,3	2,6	
- Westkapelse Zeedijk	2,0		8,2		11,1	
- Zeedijk Zoutelande	0,4		1,6		2,4	
- Zwanenburg/Nolledijk	0,4		1,7		2,7	
- Vlissingen	0,8	5,5/ 1,9[1)]			8,9/ 2,9[1)]	
- Zeeuws-Vlaanderen	4,0		18,0		27	
Totaal	15,2/ 15,2	26,6/ 19,5	29,5/ 29,5	23,3+pm/ 14,2	93,1/ 79,1	70,4 + pm/ 28,1

1) bedragen respectievelijk eerste en tweede genoemde tijdstip

Tabel 10.4.6 Samenvatting kosten (per aanpassing) en tijdstip kruinverhoging in Mfl

Nadere toelichting:

- IJmuiden
De kosten voor de eerste verhoging bestaan hoofdzakelijk uit sluisaanpassingen; hiervoor zijn geen kosten ingeschat.
Bij scenario B behoeft het gedeelte van de kering, dat is gelegen op de sluiseilanden, in 2070 een volgende aanpassing. De kosten hiervoor bedragen 3,4 Mfl. Bij scenario C moet in 2050 het gedeelte van de kering op de sluiseilanden een tweede keer worden aangepast; tevens moet in dat jaar het Hoogoventerrein worden verhoogd. De totale kosten hiervoor bedragen 8,2 Mfl.

10.5 Onderhoud onderwateroever

In lit. 4 is een inventarisatie opgenomen van het jaarlijkse en meerjaarlijkse onderhoud van de waterkeringen langs de Nederlandse kust over de periode 1975 t/m 1984.
Deze kosten zijn samengevat op bijlage 3. In tabel 10.5 zijn hiervan weergegeven de kosten van het onderhoud van de onderwateroever. Hierin

zijn onder andere begrepen de kosten van het onderhoud en herstel van strandhoofden, onderwateroeverbestortingen en bestortingen rond de koppen van strandhoofden. Op sommige plaatsen was de situatie zodanig, dat aanvullende bestortingen noodzakelijk waren. Deze zijn in de genoemde kosten inbegrepen.
Voor een inschatting van de kosten voor de komende 100 jaar worden als basis genomen de kosten uit tabel 10.5. Verwacht wordt, dat bij een toenemende zeespiegelrijzing de kosten iets toe zullen nemen. Deze toename is echter nauwelijks te kwantificeren en daarom is aangenomen dat deze binnen de nauwkeurigheidsmarge valt.
Naast de bovengenoemde onderhoudskosten zijn op een aantal plaatsen incidentele uitgaven te verwachten. Hierbij is uitgegaan van de verwachte morfologische ontwikkelingen, zoals die zijn beschreven in hoofdstuk 9.

Ameland

In de toekomst is een doorgaande erosie te verwachten, die aanvullende bestortingen noodzakelijk maakt.
Bij Ameland is in het bedrag, dat is opgenomen voor jaarlijks onderhoud reeds een voldoende groot bedrag begrepen voor aanvullende bestortingen.

Texel

Ook hier is in de toekomst een doorgaande erosie te verwachten. Voor aanvullende bestortingen wordt een bedrag opgenomen van 5 Mfl.

Helderse Zeewering

Voor Kaaphoofd is de onderwateroever momenteel zeer steil. Volgens een eerste inschatting moeten hier op korte termijn maatregelen worden genomen, bestaande uit het uitvullen van de oever met steenachtige materialen. De kosten hiervan worden geraamd op Mfl. 10,0.
Op de plaats waar de Texelstroom de oever aanvalt zijn ook regelmatig aanvullende bestortingen te verwachten. Deze zijn reeds begrepen in de in tabel 10.5 genoemde jaarlijkse onderhoudskosten.
Op het gedeelte ten zuiden van Huisduinen zijn op zeer korte termijn maatregelen noodzakelijk. De hiervoor geraamde kosten bedroegen in 1987 ca. 3 Mfl. en in 1988 7 Mfl. Als niet snel maatregelen worden genomen zullen de kosten verder oplopen. Hier wordt een bedrag van 10 Mfl. opgenomen. Bovendien wordt voor dit gebied een bedrag van f 100.000,-- bij de jaarlijkse onderhoudskosten opgenomen om hieruit toekomstige maatregelen te kunnen financieren.

Hondsbossche en Pettemer Zeewering

Door de achteruitgang van de aangrenzende duinenkust wordt de zeewering in toenemende mate een bolwerk. Hierdoor zal de ontgronding aan de noord- en aan de zuidzijde van de zeewering toenemen, waarmee extra kosten zijn gemoeid.
Tevens is, beginnende vanaf de overgang van de Hondsbossche op de Pettemer Zeewering, vanwege doorgaande ontgrondingen, een toename van het onderhoud te verwachten.
Het is zinvol een aantal alternatieve oplossingen voor dit probleem te bekijken. Te denken valt aan:

a zandaanvullingen
b (uitgebreide) bestortingen.
Dergelijke oplossingen vergen een hoge investering. De huidige onderhoudskosten zullen dan echter duidelijk minder worden. Hier wordt er van uitgegaan, dat de kapitaalslasten van de investering gedekt worden door de besparingen op de onderhoudskosten.
Conclusie: De kosten voor jaarlijks onderhoud uit tabel 10.5 worden beschouwd als een bovengrens. De (mogelijke) reductie van de totale kosten door een eenmalige investering wordt niet meegenomen.

Scheveningen

Op grond van ervaringen in het verleden wordt aangenomen dat in de toekomst orde 25.000 m^3 zand per jaar erodeert. Tevens wordt aangenomen dat de eerstvolgende suppletie plaatsvindt in 1995, en daarna om de 15 jaar. Een gedeelte van de suppletiekosten komt voor rekening van de recreatie. Voor het veiligheidsaandeel in de suppleties wordt een bedrag ingeschat van 2 Mfl per suppletie.
Samengevat betekent dit suppleties in 1995, 2010, 2025, 2040, 2055, 2070 en 2085; de kosten bedragen 7*2 = 14 Mfl.

Zuiderdam Maasvlakte

In lit. 4 is voor het huidige onderhoud een bedrag van 0,6 Mfl. per jaar opgenomen. Het onderhoud bestaat hoofdzakelijk uit het bijstorten van betonblokken (ca. 60 à 90 stuks per jaar). Dit bijstorten kan worden gezien als een inloopoperatie die naar verwachting in orde 10 jaar kan worden afgebouwd tot ongeveer de helft van de kosten.
Voor inschatten van de kosten voor de komende 100 jaar wordt een en ander als volgt geïnterpreteerd:
Voor de jaarlijkse onderhoudskosten wordt 0,4 Mfl. aangehouden.
Voor het afbouwen van de kosten voor achterstallig onderhoud wordt een bedrag van 1,5 Mfl. voor de periode 1990-2000 opgenomen.
Tevens worden voor de scenario's B en C de volgende incidentele kosten opgenomen.
Scenario B: Zoals in paragraaf 6.9 is vermeld, vervult de blokkendam onder andere de functie van golfbreker. Om deze functie ook bij een hogere ontwerpwaterstand in dezelfde mate te kunnen blijven vervullen, wordt hier aangenomen, dat de blokkendam wordt verhoogd met een maat die gelijk is aan de stijging van het basispeil, in dit geval 0,65 m. Gezien de afmetingen van de blokken (ribben ca. 2,50 m) is één laag blokken meer dan voldoende. Voor het bepalen van de kosten wordt uitgegaan van een onderbroken laag. De kosten, die hiermee zijn gemoeid bedragen ongeveer 5 Mfl. Wellicht is het voordeliger in plaats van het verhogen van de blokkendam, een grotere golfaanval op de oever van de Maasvlakte toe te staan en de verdediging van die oever hierop aan te passen.
Scenario C: Bij dit scenario geldt hetzelfde als bij scenario B. Hier wordt aangenomen, dat een volledige laag blokken nodig is; kosten 10 Mfl. Ook hier geldt weer, dat alternatieve oplossingen mogelijk zijn.

Onrustpolder

Als de omstandigheden door de aanleg van de stormvloedkering niet gunstiger worden - hierover bestaat nog geen duidelijkheid - zijn bestortingswerken en/of zandsuppleties noodzakelijk. Hier wordt ar-

bitrair aangenomen, dat de kosten hiervoor 5 Mfl. bedragen in de periode 2020 - 2030. Hierin is tevens begrepen een te bestorten gedeelte van de onderwateroever ter plaatse van de duinenkust tot aan de Veerse Dam.

Zeedijk Zoutelande

In verband met de doorgaande erosie is te verwachten, dat enige werkzaamheden aan de strandhoofden noodzakelijk zijn. Tevens wordt enige zandsuppletie voorzien. Hiervoor wordt een bedrag van 2 Mfl. voor de periode 1990 - 2000 opgenomen.

Zeeuws-Vlaanderen

Voor het dijkvak direct oostelijk van Nieuwe Sluis (sector 1.1) worden in de toekomst bestortingen voorzien. Opgenomen wordt een bedrag van 2,5 Mfl in de periode 2000 - 2020.
Ter plaatse van de dijkvakken Zwarte Polder en Cadzand zullen naar verwachting tot omstreeks 2030 regelmatig zandsuppleties noodzakelijk zijn. Hiervoor zijn de volgende kosten ingeschat.

Periode	Zwarte Polder (sector 1.4)	Cadzand (sector 1.5)
1990 - 1995	1,7 Mfl	0,8 Mfl
1995 - 2000	1,6	0,7
2000 - 2010	1,5	0,6
2010 - 2020	1,4	0,5
2020 - 2030	1,3	0,4
Totaal	7,5 Mfl	3,0 Mfl

De jaarlijkse onderhoudskosten en de kosten van de te verwachten aanvullende maatregelen zijn samengevat in tabel 10.5.

Onderdeel kustverdedigingsstrook	Lengte (km)	Onderhoudskosten per jaar Kfl.		Incidenteel	
		per km	per vak	tijdvak	Mfl.
- Ameland	3,0	15	45		-
- Texel (Bolwerk)			nihil	1990-2000?	5,0
- Helderse Zeewering[1]	7,2	64	464	1990-1995	20,0
- Pettemer Zeewering	1,7	28	48		-
- Hondsb. Zeewering	4,5	129	581		-
- IJmuiden			nihil		-
- Katwijk			nihil		-
- Scheveningen	2,6[4]	25	65	v.a. 1995 iedere 15 jr. à 2 Mfl	14,0
- Zuiderdam Maasvlakte	4,0		400	1990-2000	1,5
				2020-2030	5,0[2]
				2000-2010	10,0[3]
- Stellendam	1,0	18	18		
- Flaauwe Werk	2,3	2	5		
- Schouwen-Duiveland	0,4	30*	12		
- Onrustpolder	1,0	30*	30	2020-2030	5,0
- Westkapelse Zeedijk	4,1	32	131		
- Zeedijk Zoutelande	0,9	-	-	1990-2000	2,0
- Zwanenburg/Nolledijk	1,0	30*	30		
- Vlissingen	2,0	30*	60		
- Zeeuws-Vlaanderen	10	30	300	1990-2030	13,0

* Geen gegevens bekend; bedragen geschat.
1) Hierin is begrepen de onderwateroeverbestorting, die over een lengte van ca. 2 km zuidelijk van de zeewering, ter hoogte van de duinenkust ligt.
2) alleen bij scenario B
3) alleen bij scenario C
4) lengte langs de kust gemeten

Tabel 10.5 Kosten instand houden onderwateroever

10.6 Samenvatting kosten handhaven Deltaveiligheid

In hoofdstuk 10 is nagegaan welke kosten zijn gemoeid met het handhaven van het in 1990 te bereiken veiligheidsniveau van de zeewering voor de komende 100 jaar (tot 2090). Uitgangspunt hierbij is, dat de kering in het huidige tracé blijft gehandhaafd.
Daartoe is het van belang, dat de waterkering voldoende sterk blijft en dat een voldoende stabiele onderwateroever in stand wordt gehouden. Samengevat zijn met het instand houden van de veiligheid de volgende kosten gemoeid:

Waterkering
- onderhoud
- aanpassing glooiingsconstructies
- periodieke kruinverhoging, aanpassen keermuren en keringen door bebouwingen

Onderwateroever - onderhoud
- incidentele aanpassingen

Scenario's

De benodigde aanpassingen aan de kering worden in belangrijke mate bepaald door de hydraulische randvoorwaarden. Omdat vooral nog (grote) onzekerheden bestaan omtrent de te verwachten zeespiegelrijzing wordt een drietal scenario's bekeken.

A Beleids Scenario; huidige situatie; zeespiegelrijzing 0,20 m/eeuw;
B Anticiperend Scenario; verwachte ontwikkeling, zeespiegelrijzing 0,60 m/eeuw; geen verandering in golfcondities;
C Ongunstig Scenario; zeespiegelrijzing 0,85 m/eeuw en een ongunstige ontwikkeling van de golfcondities.

Onderhoudskosten

Door het Waterloopkundig Laboratorium is een inventarisatie gepleegd van de onderhoudskosten van de zeewering over de periode 1975-1984 (lit. 4). Hieruit zijn de te verwachten jaarlijkse onderhoudskosten voor de periode tot 2090 afgeleid. Voor plaatsen waarover geen of niet voldoende gegevens bekend waren, zijn deze ingeschat. Bij het vaststellen van de jaarlijkse onderhoudskosten is geen onderscheid gemaakt voor de verschillende scenario's. De kosten zijn samengevat in tabel 10.6.3, kolom 3 voor de waterkering en kolom 4 voor de onderwateroever.
Voor zeedijken zijn de kosten nog eens samengevat in tabel 10.6.1.

Zeedijken 32,4 km	Kosten per jaar	
	Totaal (Mfl)	Gem. per km (fl)
* Onderwateroever	1,62	90.000,--
* Waterkering	2,48	77.000,--
Totaal	4,10	127.000,--

Tabel 10.6.1 Overzicht onderhoudskosten zeedijken

Aanpassingen onderwateroever

Naast de jaarlijkse onderhoudskosten zijn op diverse plaatsen aanvullende maatregelen noodzakelijk. De kosten hiervoor zijn samengevat in kolom 5 van tabel 10.6.3. en grafisch weergegeven in figuur 10.6.2.

Aanpassingen glooiingsconstructies

Ten gevolge van de veranderingen in de hydro-meteo-condities zijn aanpassingen aan de glooiingsconstructies noodzakelijk. Hier zijn slechts de gevolgen meegenomen van het verlengen van de harde glooiing tot een hoger niveau. De kosten hiervan zijn ondergebracht bij de

kosten van de periodieke kruinverhogingen (kolommen 6 t/m 11 uit tabel 10.6.3).

Periodieke verhogingen

Er is een onderscheid gemaakt tussen zeedijken en overige waterkerende elementen. Voor zeedijken zijn de kosten voor verhogingen bepaald voor twee representatieve dwarsprofielen. Hieruit zijn de kosten voor alle dijkvakken afgeleid. Voor de overige elementen zijn de kosten per geval bepaald.
Aangenomen is, dat periodieke verhogingen plaatsvinden na 50 jaar bij zeedijken en na 100 jaar bij de overige elementen. Uit het tijdstip waarop aanpassing tot Deltahoogte heeft plaatsgevonden is voor de verschillende scenario's afgeleid, wanneer een volgende aanpassing moet plaatsvinden en wanneer dus hiervoor kosten moeten worden gemaakt.
De maat voor de verhoging is afgeleid uit de veranderende hydraulische randvoorwaarden (basispeil en golfhoogte).
Bij de scenario's B en C zijn voor het sluizencomplex IJmuiden geen kosten ingevuld. Door de staat waarin de sluizen verkeren is voor het bereiken van Deltaveiligheid nu reeds een omvangrijke ingreep nodig ten aanzien van de Kleine- en Zuidersluis. Bij een volgende verhoging (aanpassing) zijn ook de Middensluis en Noordersluis slechts via forse ingrepen op het vereiste veiligheidsniveau te brengen. De kosten hiervoor zijn erg hoog en afhankelijk van de te kiezen oplossing.
De kosten van de periodieke (kruin)verhogingen zijn samengevat in de kolommen 6 t/m 11 van tabel 10.6.3.

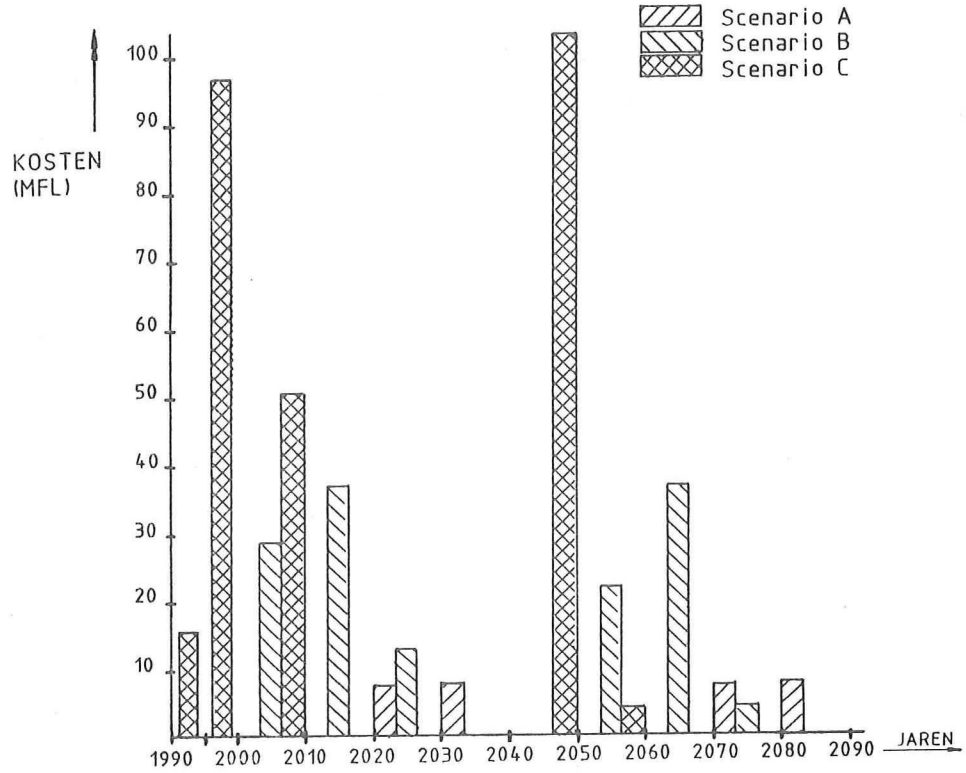
In tabel 10.6.2 zijn alle verwachte kosten voor de periode 1990 - 2090 nog eens kort samengevat.

	Scenario		
Onderdeel	A	B	C
- Onderwateroever			
* jaarlijks onderhoud (100 x 2,2)	220	220	220
* incidentele aanpassingen	60,5	65,5	70,5
- Waterkering			
* jaarlijks onderhoud (100 x 2,48)	248	248	248
* kruinverhogingen			
1e aanpassing	15,2	79,4+PM1)	163,5+PM1)
2e aanpassing	15,2	142,6	107,2
Totale kosten	558,9	755,5 + PM	809,2 + PM

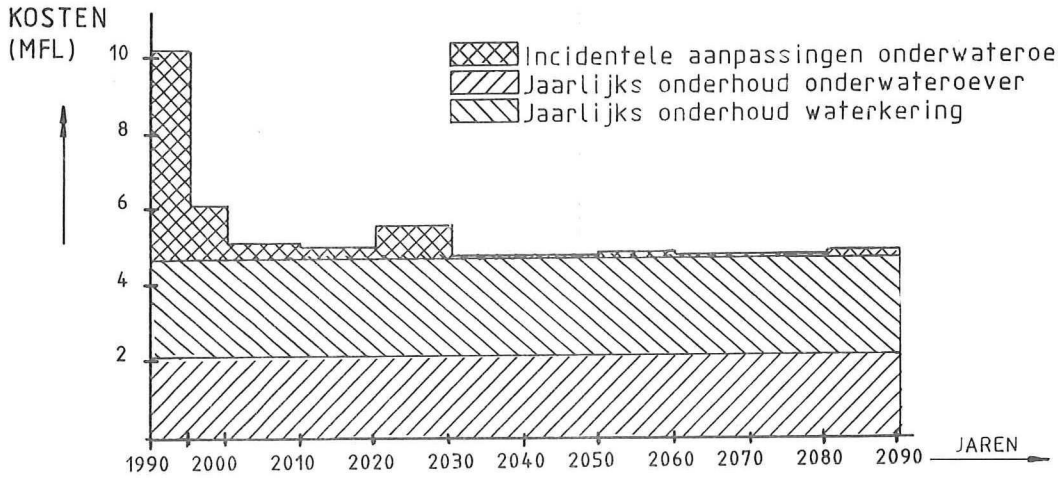
1) PM = niet te ramen kosten aanpassing sluizencomplex IJmuiden

Tabel 10.6.2 Totale kosten over de voorspelperiode 1990 - 2090 (in Mfl)

In tabel 10.6.3 is aangegeven in welk jaar kosten moeten worden gemaakt voor kruinaanpassingen. Dit tijdstip is op een globale manier bepaald. In feite moet rondom dit tijdstip een zekere marge worden aangehouden. In figuur 10.6.1 zijn de uitgaven grafisch uitgezet. Hierbij zijn de kosten van de verhogingen verdeeld over tijdvakken van 5 (1990 - 2000) of 10 jaar (2000 - 2090).
In figuur 10.6.2 zijn de kosten voor jaarlijks onderhoud en incidentele aanpassingen van de onderwateroevers uitgezet. De kosten voor incidentele aanpassingen zijn hierbij uitgedrukt in kosten per jaar.



Figuur 10.6.1 Kosten kruinverhogingen per scenario



Figuur 10.6.2 Kosten jaarlijks onderhoud en incidentele aanpassingen onderwateroever bij scenario A, B en C

1	2	3	4	5
Onderdeel kustverdedigingsstrook	Cellen	Jaarlijkse onderhoudskosten		Aanpassingen onderwateroever (incidenteel)
		Waterkering	Onderwateroever	
- Ameland	311	n.v.t.	0,05	-
- Texel (Bolwerk)	260	0,09	-	1990-2000 5,0
- Helderse Zeewering	227 t/m 232	0,78	0,46	1990-1995 20,0
- Pettemer Zeewering	206, 207	0,22	0,05	-
- Hondsb. Zeewering	202 t/m 206	0,66	0,58	-
- IJmuiden	172, 173	-	-	-
- Katwijk	140, 141	0,07	-	-
- Scheveningen	126 t/m 128	-	0,07	1995-2090 14,0
- Zuiderdam Maasvlakte	101 t/m 104	-	0,40	1990-2000 1,5[3]
- Stellendam	81	0,01	0,02	-
- Flaauwe Werk	71 t/m 73	0,05	0,01	-
- Schouwen-Duiveland	-	0,02	0,01	-
- Onrustpolder	47	0,05	0,03	2020-2030 5,0
- Westkapelse Zeedijk	30 t/m 33	0,12	0,13	-
- Zeedijk Zoutelande	25	0,06	-	1990-2000 2,0
- Zwanenburg/Nolledijk	18	0,05	0,03	-
- Vlissingen	16, 17		0,06	-
- Zeeuws-Vlaanderen	2, 5, 6, 8 t/m 12, 14 en 15	0,30	0,30	1990-2030 13,0
Totaal		2,48	2,20	60,5[3]

Tabel 10.6.3 Overzicht kosten instandhouden zeewering

1	6	7	8	9	10	11
Onderdeel kustverdedigingsstrook	Periodieke kruinverh. (kosten per verhoging in Mfl)					
	scenario A	scenario B			scenario C	
	2030 + 2080	2005 + 2055	2010 + 2060	2020 + 2070	1995 + 2045	2000 + 2050
- Ameland	-	-	-	-	-	-
- Texel (Bolwerk)	0,4			1,3		2,5
- Helderse Zeewering	2,1			6,8		13,0
- Pettemer Zeewering	0,7	3,2			5,6	
- Hondsbossche Zeewering	1,8	8,6			14,9	
- IJmuiden[2]	0,8			pm/2,6[1]		pm/8,2[1]
- Katwijk	0,2			11,7/0[1]		42,5/0[1]
- Scheveningen	-	3,5/0[1]			8,0/0[1]	8,0/0[1]
- Zuiderdam Maasvlakte						
- Stellendam	0,3			1,7		3,4
- Flaauwe Werk	0,7	5,8			9,9	
- Schouwen-Duiveland	0,2			0,5		1,0
- Onrustpolder	0,4			1,3	2,6	
- Westkapelse Zeedijk	2,0		8,2		11,1	
- Zeedijk Zoutelande	0,4		1,6		2,4	
- Zwanenburg/Nolledijk	0,4		1,7		2,7	
- Vlissingen	0,8	5,5/ 1,9[1]			8,9/ 2,9[1]	
- Zeeuws-Vlaanderen	4,0		18,0		27	
Totaal 1e verhoging	15,2/	26,6/	29,5/	23,3+pm	93,1/	70,4+pm
2e verhoging	15,2	19,5	29,5	/14,2	79,1	/28,1

1) Bedragen respectievelijk eerste en tweede verhoging.
2) Bij de scenario's B en C moeten hoge kosten worden gemaakt voor het deltaveilig maken van de sluizen (Noordersluis bij scenario B en Noordersluis en Middensluis bij scenario C). Gedacht moet daarbij worden aan nieuwe sluishoofden, keersluizen of zelfs nieuwe sluizen. Hiervoor zijn geen kosten ingeschat.
3) Bij scenario B tevens 5 Mfl. in de periode 2020-2030 en bij scenario C tevens 10 Mfl. in de periode 2000-2010.

N.B. Kosten zijn inclusief BTW en overhead en aangegeven in Mfl.

Tabel 10.6.3 Overzicht kosten instandhouden zeewering (vervolg)

11 RETIREREN HARDE WATERKERING

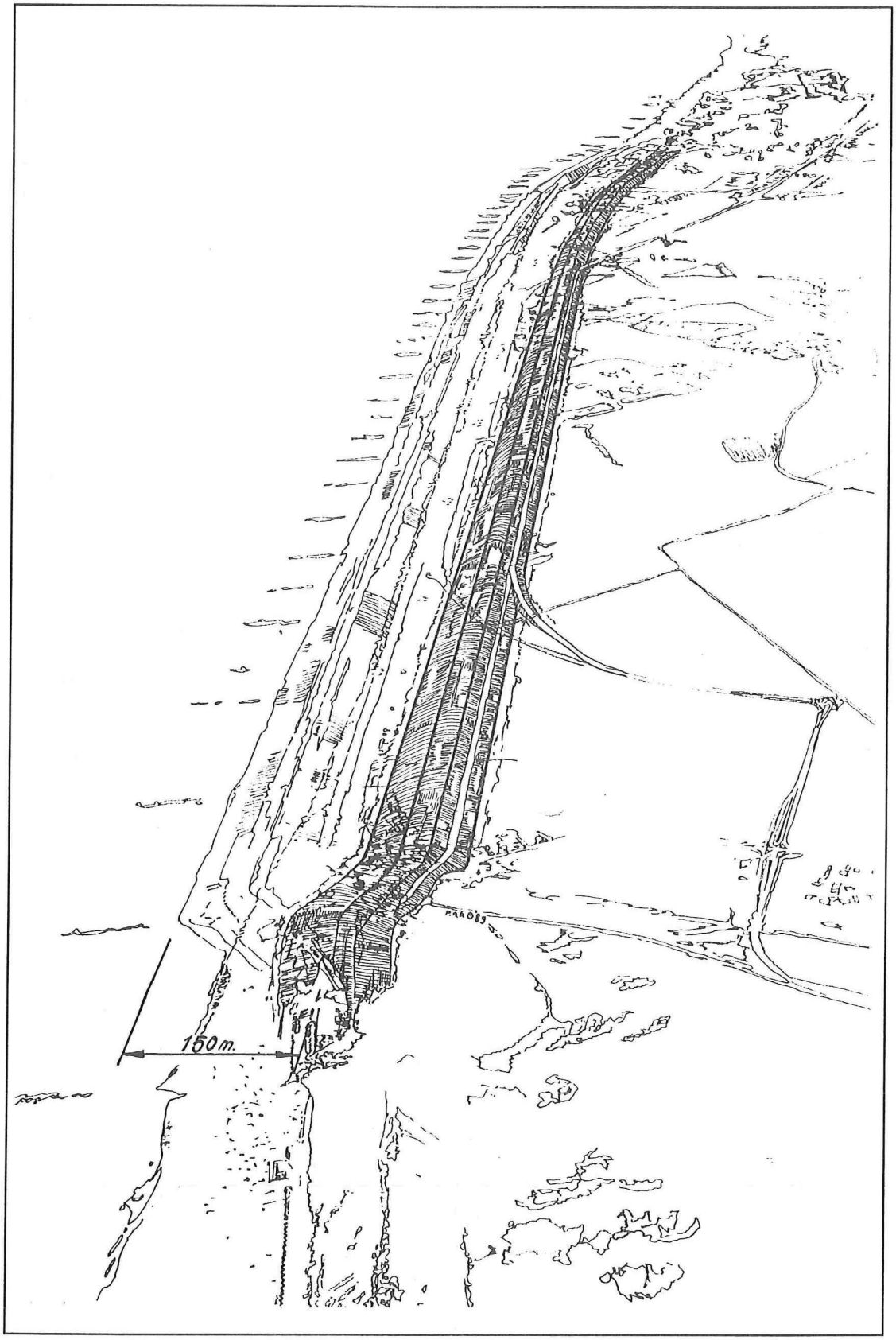
11.1 Inleiding

Bij een duinenkust bestaat de waterkering uit zand. Als aan de zeezijde van de duinen zand erodeert, hoeft dit nog niet te betekenen, dat de sterkte van de waterkering onvoldoende wordt, mits de duinen breed en hoog genoeg zijn.
Als de waterkering wordt gevormd door een zeedijk, strandmuur of kunstwerk betekent aantasting direct een afname van de sterkte en dus van het veiligheidsniveau. Het is daarom van groot belang, dat de kering bestand is tegen de optredende belastingen (waterstand, golven, weersinvloeden). Een belangrijke bijdrage in de sterkte wordt geleverd door de verdedigingsconstructies en de stabiliteit van de ondergrond. Verder speelt de ligging van de onderwateroever een grote rol. Omdat op diverse plaatsen de kust erosief is, zijn soms omvangrijke maatregelen noodzakelijk om een voldoende stabiele onderwateroever in stand te houden. Hiermee zijn dikwijls hoge kosten gemoeid. Op plaatsen waar de zeewering een bolwerk vormt (uitsteekt buiten de aanliggende kust), zijn tevens de onderhoudskosten van de waterkering erg hoog.
Uit het overzicht van de huidige onderhoudskosten (bijlage 3) en de ingeschatte kosten voor aanvullende maatregelen voor het in stand houden van de onderwateroever (paragraaf 10.5) blijkt, dat de kosten per km dijkvak voor de Helderse en de Hondsbossche/Pettemer Zeewering veel hoger liggen dan voor de overige plaatsen (orde 3 à 4 maal zo hoog). Door de waterkering landinwaarts te verplaatsen (retireren), zouden de kosten voor het in stand houden van de kering wellicht terug gebracht kunnen worden. Daar staat tegenover, dat hoge kosten moeten worden gemaakt voor het verleggen van de waterkering. Bovendien zullen de onderhoudskosten van de aanliggende kust wellicht stijgen. Verder speelt natuurlijk nog een aantal andere aspecten een rol.
Om het alternatief van retireren te kwantificeren en te toetsen op de realiteitszin is in paragraaf 11.2 voor de Hondsbossche en Pettemer Zeewering een kostenvergelijking gemaakt tussen handhaven en retireren.

11.2 Retireren Hondsbossche en Pettemer Zeewering

Een van de keringen, die een bolwerk vormt in de Nederlandse kust en waar met het in stand houden hoge kosten zijn gemoeid, is de Hondsbossche/Pettemer Zeewering.
Om handhaven en retireren van de zeewering te kunnen vergelijken is van de volgende uitgangspunten uitgegaan:

- Rekenperiode 100 jaar; retireren aan begin rekenperiode.
- Verplaatsen van het dijklichaam over een afstand van 200 m; afgeleid uit een rekenperiode van 100 jaar en terugschrijding van de kust met 1 à 2 m/jaar, en het uitgangspunt dat de nieuwe kering volledig landinwaarts van huidige kering komt te liggen (figuur 11.2).
- Bestaande strandhoofden en zeedijk worden ontmanteld en materialen hergebruikt; restanten strandhoofden blijven liggen; samen zorgen ze ervoor, dat gedurende orde 10 jaar geen direkte erosie bij nieuwe dijk optreedt. Na verloop van tijd is de aanleg 38 nieuwe



Figuur 11.2 Hondsbossche en Pettemer Zeewering retireren?

strandhoofden nodig.
- Na retireren geen onderhoud aan (oude) strandhoofden verrichten.
- Onderhoudskosten nieuwe dijk zijn ca. 50% van de huidige onderhoudskosten. Dit lijkt een optimistische aanname.
- Aangenomen, wordt dat de huidige onderhoudskosten gemiddeld over de rekenperiode van 100 jaar als volgt toenemen:

Scenario	Zeespiegelrijzing	Waterkering	Onderwateroever
A	0,20 m	-	1%
B	0,60 m	1 %	2%
C	0,85 m	2,5 %	4%

Tabel 11.2.1 Gemiddelde toename onderhoudskosten over 100 jaar.

- Bij het handhaven van de waterkering in het huidige tracé wordt aangenomen, dat over een periode van 100 jaar de aangrenzende zandige kust bij de scenario's A, B en C respectievelijk 50 m, 100 m en 200 m retireert.

Kosten in stand houden huidige kering.

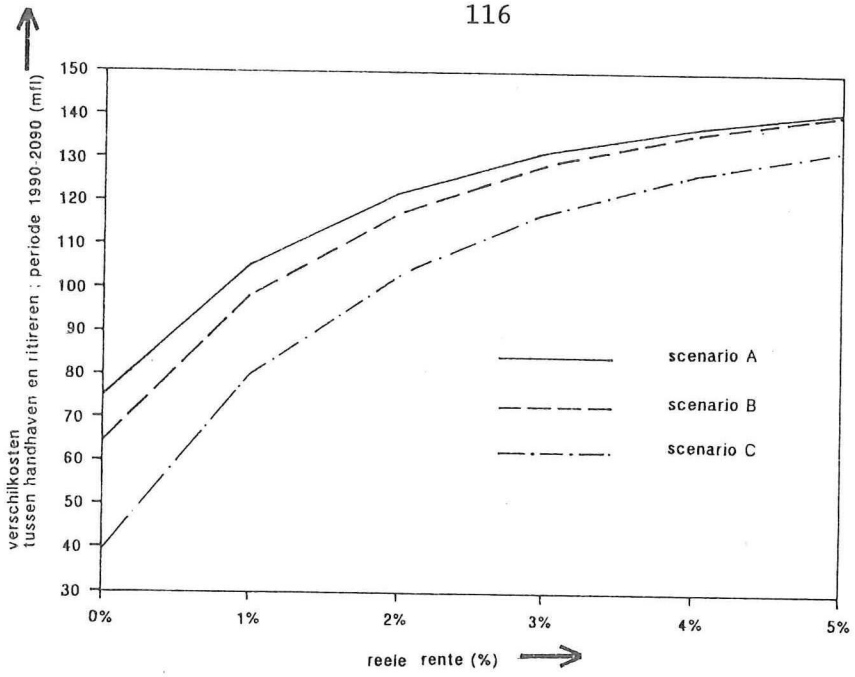
De kosten betreffen:
- normaal onderhoud waterkering en onderwateroever;
- toename onderhoud door veranderende hydro-meteo-condities;
- periodieke kruinverhoging;
- kosten verlenging zeewering ten behoeve van aansluiting op retirerende duinenkust.

In tabel 11.2.2 zijn de geschatte kosten samengevat.

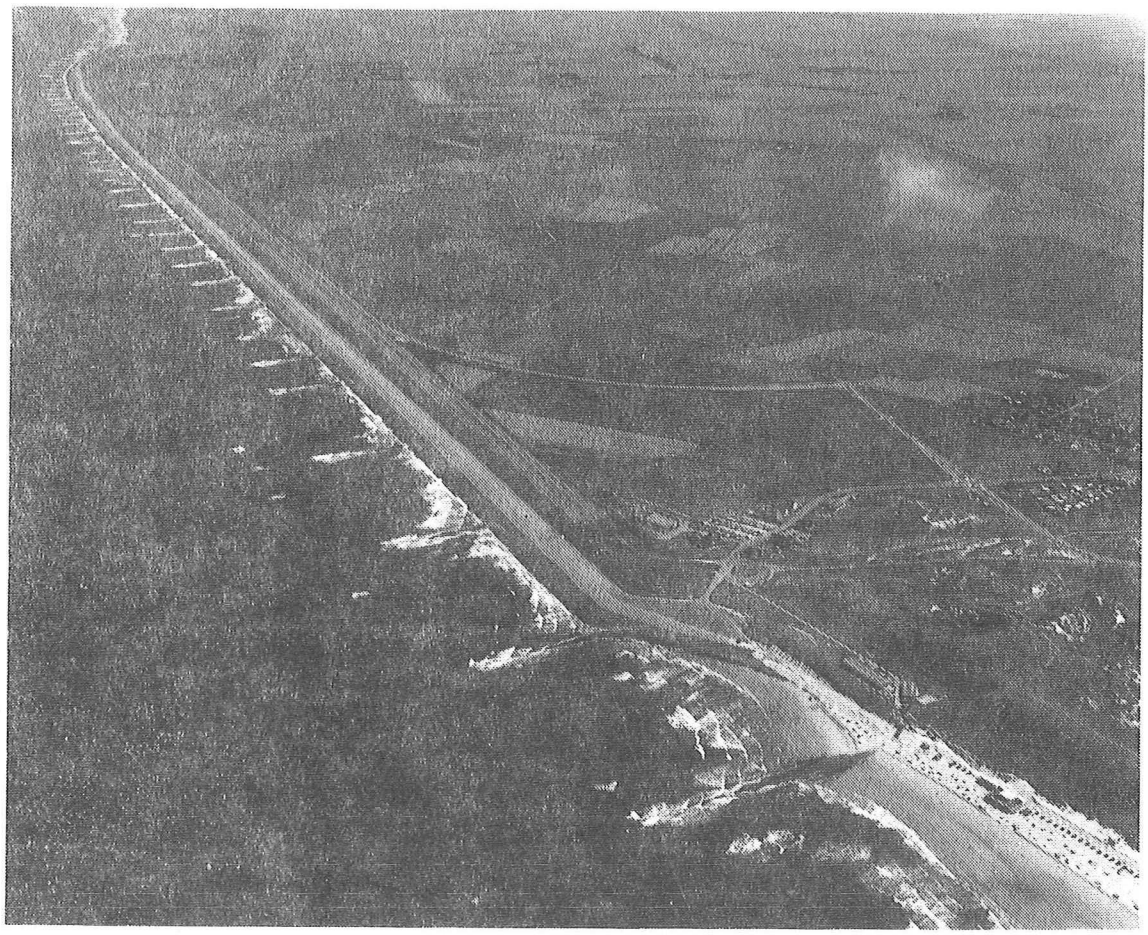
Scenario	Onderhoudskosten		Kosten periodieke kruinverhogingen 3)	Verlenging dijk t.b.v. aansluiting op duinen 4)	Totaal (Mfl)
	waterkering 1) 2)	onderwateroever 1) 2)			
A	88+0=88	63+1=64	2* 2,5= 5,0	4	161
B	88+1=89	63+1=64	2*11,8=23,6	10	187
C	88+2=90	63+3=66	2*20,5=41,0	30	227

1) kosten bepaald uit huidig onderhoud (zie kolommen 3 en 4, tabel 10.6.1), respectievelijk 0,88 en 0,63 Mfl/jaar.
2) extra kosten ten gevolge van veranderende hydro-meteo-condities.
3) kosten per aanpassing; af te leiden uit tabel 10.6.3, kolommen 6, 7 en 10.
4) kosten van dijkvak voor aansluiting op retirerende, aanliggende, zandige kust.

Tabel 11.2.2 Overzicht kosten (Mfl) handhaven hoogwaterkering in huidige tracé bij de scenario's A, B en C.



Figuur 11.3 Verschilkosten handhaven en retireren



Hondsbossche en Pettemer Zeewering

Kosten retireren

De kosten betreffen:
- aanleg nieuwe dijk met kruinhoogte respektievelijk NAP + 11,50, + 12,00 en + 12,50 m;
- aanleg nieuwe strandhoofden;
- grondaankoop;
- normaal onderhoud waterkering en onderwateroever;
- toename onderhoud door veranderende hydro-meteo-condities;
- toename onderhoud aangrenzende zandige kust, ofwel extra achteruitgang van deze kust - PM.

De kosten zijn samengevat in tabel 11.2.3.

Scenario	Aanlegkosten		Grond-aankoop	Onderhoudskosten 2)	Kosten periodieke kruinverhoging	Totaal (Mfl)
	dijk	strandhoofden 1)				
A	114	38	5	76	1* 3	236
B	119	38	5	77	1*12	251
C	124	38	5	78	1*21	266

1) Kosten per strandhoofd arbitrair aangenomen op 1 Mfl
2) 50% van onderhoudskosten uit tabel 2

Tabel 11.2.3 Overzicht kosten (Mfl) retireren Hondsbossche en Pettemer Zeewering bij de scenario's A, B en C.

11.3 Conclusies

Retireren is aanmerkelijk duurder dan handhaven in het huidige tracé (variërend van 75 Mfl bij scenario A tot 39 Mfl bij scenario C).
Gekapitaliseerd is het verschil nog groter, omdat bij retireren een groot gedeelte van de kosten aan het begin van de rekenperiode ligt, tegenover de onderhoudskosten bij handhaven, die gespreid zijn over de periode.
In figuur 11.3 zijn de verschilkosten voor de scenario's A t/m C weergegeven bij verschillende rentepercentages.
Hierbij zijn nog niet betrokken de kosten voor aankoop van woningen. In het geval van de Hondsbossche en Pettemer Zeewering komt dit neer op orde 30 Mfl.
Als we nu kijken naar de gehele Nederlandse kust, dan zien we, dat op de plaatsen waar de kust zodanig afneemt, dat retireren overwogen zou kunnen worden, steeds direkt achter de kering of op de kering bebouwing aanwezig is.
Dit betekent, dat retireren van een waterkering in alle gevallen veel hogere kosten met zich meebrengt dan handhaven in het huidige tracé. Bovendien speelt nog aantal andere aspekten een rol, die ook niet pleiten voor retireren.

12 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

- Door het plegen van onderhoud en het doen van aanpassingen (ten gevolge van zeespiegelrijzing) kunnen alle dijken etc. in het huidige tracé worden gehandhaafd.

- Retireren van een "harde" waterkering is financieel onaantrekkelijk ten opzichte van handhaven in het huidige tracé.

- Op plaatsen waar de waterkering door de bebouwing loopt (Scheveningen, Katwijk), zijn aanpassingen aan de waterkering erg gecompliceerd en duur. Het verdient daarom aanbeveling reeds in een vroeg stadium in te spelen op toekomstige ontwikkelingen (extra zeespiegelrijzing). Daartoe is een deelstudie voor deze gebieden zinvol.

- Bij de onderhavige studie zijn slechts kosten in rekening gebracht, die nodig zijn voor het handhaven van de veiligheid van het achtergelegen polderland. Op diverse plaatsen zijn bebouwingen buitendijks gelegen. Bij stijging van de zeespiegel neemt de veiligheid van deze gebieden af. Van belang is om na te gaan in hoeverre dit nog acceptabel is. Aanbevolen wordt het toelaatbare veiligheidsniveau voor deze bebouwing vast te stellen.

- Omdat zeespiegelrijzing niet duidelijk meetbaar is, is het moeilijk aan te geven wanneer moet worden overgestapt op een ander scenario (= hogere waarde). Aanbevolen wordt een filosofie te ontwikkelen, die aangeeft hoe in geval van kruinverhoging met de verschillende scenario's voor zeespiegelrijzing wordt omgegaan.
  Op plaatsen waar de aanpassing tot Deltaveiligheid nog moet plaatsvinden is het, zeker als het gaat om betonconstructies (bijvoorbeeld IJmuiden), zinvol bij de ontwerpen rekening te houden met een mogelijke aanpassing ten gevolge van een hogere zeespiegelrijzing.

- In paragraaf 7.5 is een aantal kriteria genoemd ten aanzien van de stabiliteit van de onderwateroever. Bij het opstellen van te verwachten toekomstige maatregelen is het binnen het tijdsbestek van de nota niet mogelijk gebleken hier voldoende rekening mee te houden. Bovendien is erg weinig bekend over de samenstelling van de ondergrond van de onderwateroever (wel/niet gevoelig voor zettingsvloeiingen).
  Aanbevolen wordt dit onderwerp nog nader uit te werken.
  Dit zou kunnen leiden tot hogere kosten dan zijn aangegeven.

- Bij het opstellen van ontwerpen in het kader van de Deltawet is voor het vaststellen van de hydraulische randvoorwaarden (vooral de golfhoogte) steeds uitgegaan van de momentane ligging van de onderwateroever. Op diverse plaatsen is daarbij enige reserve ingebouwd in verband met ongunstige morfologische ontwikkelingen. Het is zinvol na te gaan, of de huidige situatie nog overeenkomt met de uitgangspunten.

- De studie naar de zeewering, bestaande uit harde elementen, heeft zich hoofdzakelijk afgespeeld in een vlak, loodrecht op de kustlijn. Zeker zo belangrijk zijn de overgangen naar de duinenkust. In dit opzicht is het ook van belang na te gaan, hoe de veiligheid in grensgebieden (België) is gewaarborgd.

- Bij de studie zijn de volgende aannamen gedaan, die bij nadere uitwerking of bij toetsing volgens de Wet op de Waterkering kunnen leiden tot extra uitgaven ten opzichte van de in dit rapport genoemde kosten:
  a In 1990 voldoen alle waterkeringen aan de norm "Deltaveiligheid".
  b Van de glooiingsconstructies is aangenomen dat zij tot 2090 niet behoeven te worden vervangen.
  c De toename van de hydraulische belastingen leidt niet tot vervanging van glooiingsconstructies.

- Als bij een toetsing volgens de Wet op de Waterkering blijkt dat aanpassingen aan de glooiingsconstructies noodzakelijk zijn, is het zinvol te overwegen of wellicht de hoogte van de buitenberm moet worden aangepast op de dan geldende of verwachte hydraulische omstandigheden (ontwerppeil).

Literatuuropgave

Lit. 1 Ontwerp Wet op de Waterkering, versie eind 1988, Den Haag.

Lit. 2 Sluizen en Stuwen, Notitie KB-M-89010, Onderbouwing kosten en overige uitgangspunten Technisch Rapport 16, Kustverdediging, Utrecht, april 1989.

Lit. 3 Centrum voor Onderzoek Waterkeringen, Nota S-75.039a, Inventarisatie van methoden voor de berekening van de kruinhoogten van zeedijken, juni 1978.

Lit. 4 Waterloopkundig Laboratorium, Rapport H316, Inventarisatie van het gewone (jaarlijkse) en buitengewone (meerjaarlijkse) onderhoud over de periode 1975-1984, banden A, B en C, De Voorst, maart 1987.

Lit. 5 Studiedienst Hoorn, Memorandum 73.10, Verhoging Helderse Zeewering (oostelijk deel), Hoorn, juni 1973.

Lit. 6 Studiedienst Hoorn, Memorandum 73.7, Verhoging Helderse Zeewering, Hoorn, april 1973.

Lit. 7 Waterloopkundig Laboratorium, Rapport Modelonderzoek Golfoverslag Hondsbossche en Pettemer Zeewering, M663, Delft, oktober 1963.

Lit. 8 Rijkswaterstaat, Rapport inzake verzwaren Hondsbossche- en Pettemer Zeewering, Alkmaar, oktober 1956.

Lit. 9 Hoogheemraadschap van Rijnland, De uitwateringssluizen van Katwijk, 1404 - 1985, Leiden, 1984.

Lit. 10 Roelse, P., Notitie WWKZ-81.V311, Deltaverzwaring hoogwaterkering Onrustpolder op Noord-Beveland, Vlissingen, november 1981.

Lit. 11 Waterloopkundig Laboratorium, Modelonderzoek M1890, Zeedijk Onrustpolder op Noord-Beveland (golfoploop), september 1982.

Lit. 12 Roelse, P., Notitie WWKZ-81.V262, Historie van het plan tot verbetering van de Westkapelse Zeedijk in het kader van de Deltawerken en het daarvoor verrichte waterloopkundig onderzoek, Vlissingen, februari 1981.

Lit. 13 Roelse, P., Notitie WWKZ-85.V361, Deltaverzwaring Westkapelse Zeedijk, Vereiste afmetingen langs het badstrand, Vlissingen, september 1985.

Lit. 14 Waterschap Walcheren, Toelichting op het ontwerp tot verbetering van de Westkapelse Zeedijk, 1981.

Lit. 15 Roelse, P., Notitie WWKZ-84.V252, Toetsing kruinhoogte deltadijk Zwanenburg op Walcheren met behulp van resultaten CREDIZ-berekeningen, Vlissingen, januari 1984.

Lit. 16 Adviesdienst Vlissingen, Nota WWKZ-81.V002, Golfbelasting op de keermuur van de boulevards Bankert en Evertsen te Vlissingen tijdens superstormvloedomstandigheden, Vlissingen, mei 1981.

Lit. 17 Studiedienst Vlissingen, Nota 73.5, Het deltaprofiel van de zeewering langs de boulevards Bankert en Evertsen te Vlissingen, zeewaarts van de bebouwing, Vlissingen, november 1973.

Lit. 18 Waterloopkundig Laboratorium, Modelonderzoek M1583, Golfoverslag over de dijk van plan achterlangs (boulevards Bankert en Evertsen te Vlissingen), mei 1980.

Lit. 19 Waterloopkundig Laboratorium, Modelonderzoek M1161, Voorzieningen aan de zeezijde van de bebouwing van de boulevard Vlissingen, april 1973.

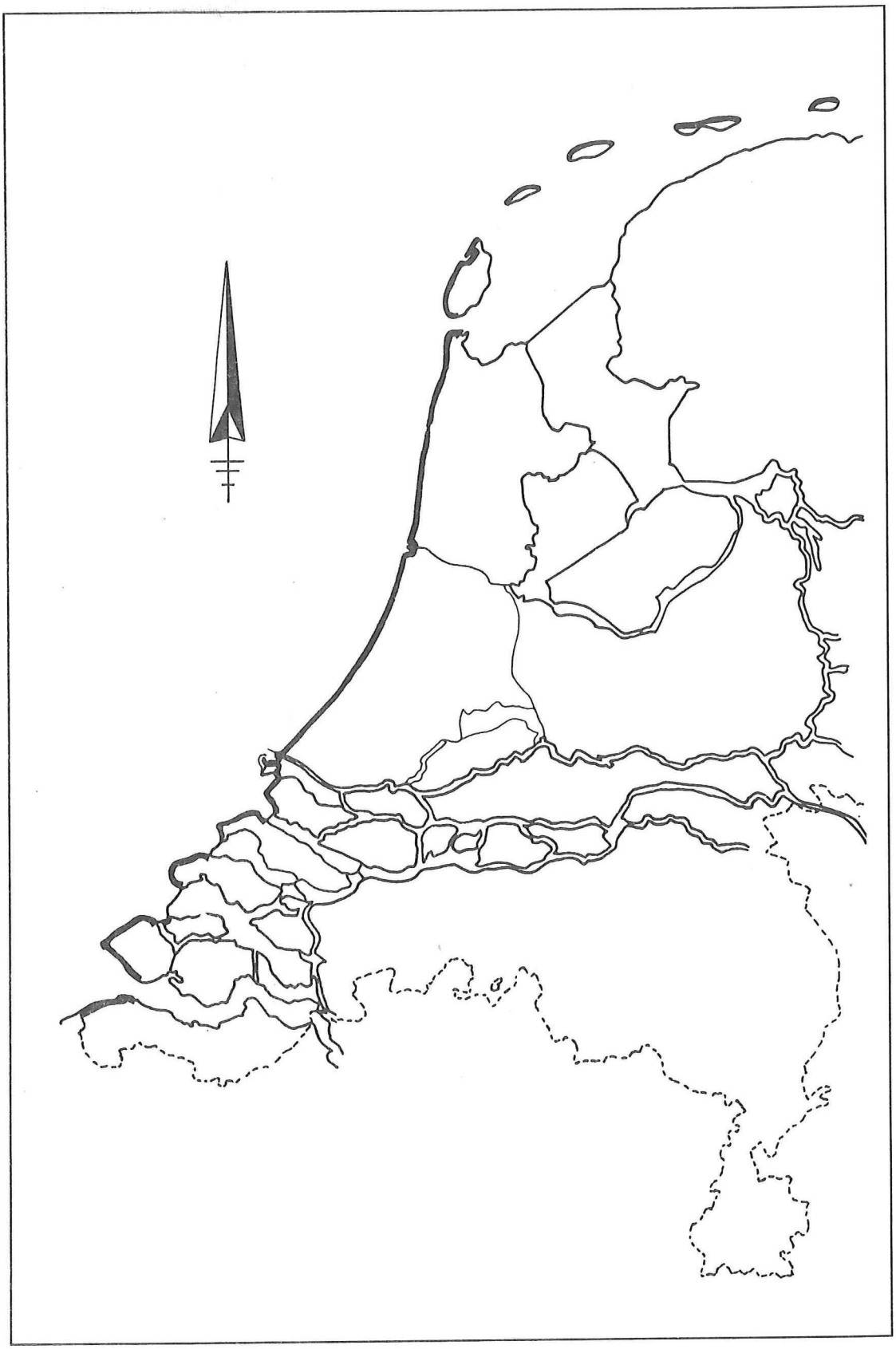
Lit. 20 Waterloopkundig Laboratorium, Modelonderzoek M1366, Golfbelasting en golfoverslag boulevard De Ruyter te Vlissingen, februari 1956.

Lit. 21 Roelse, P., Notitie WWKZ-82.V297, Deltaprofielen van de Oud en Jong Breskenspolder, Vlissingen, juli 1982.

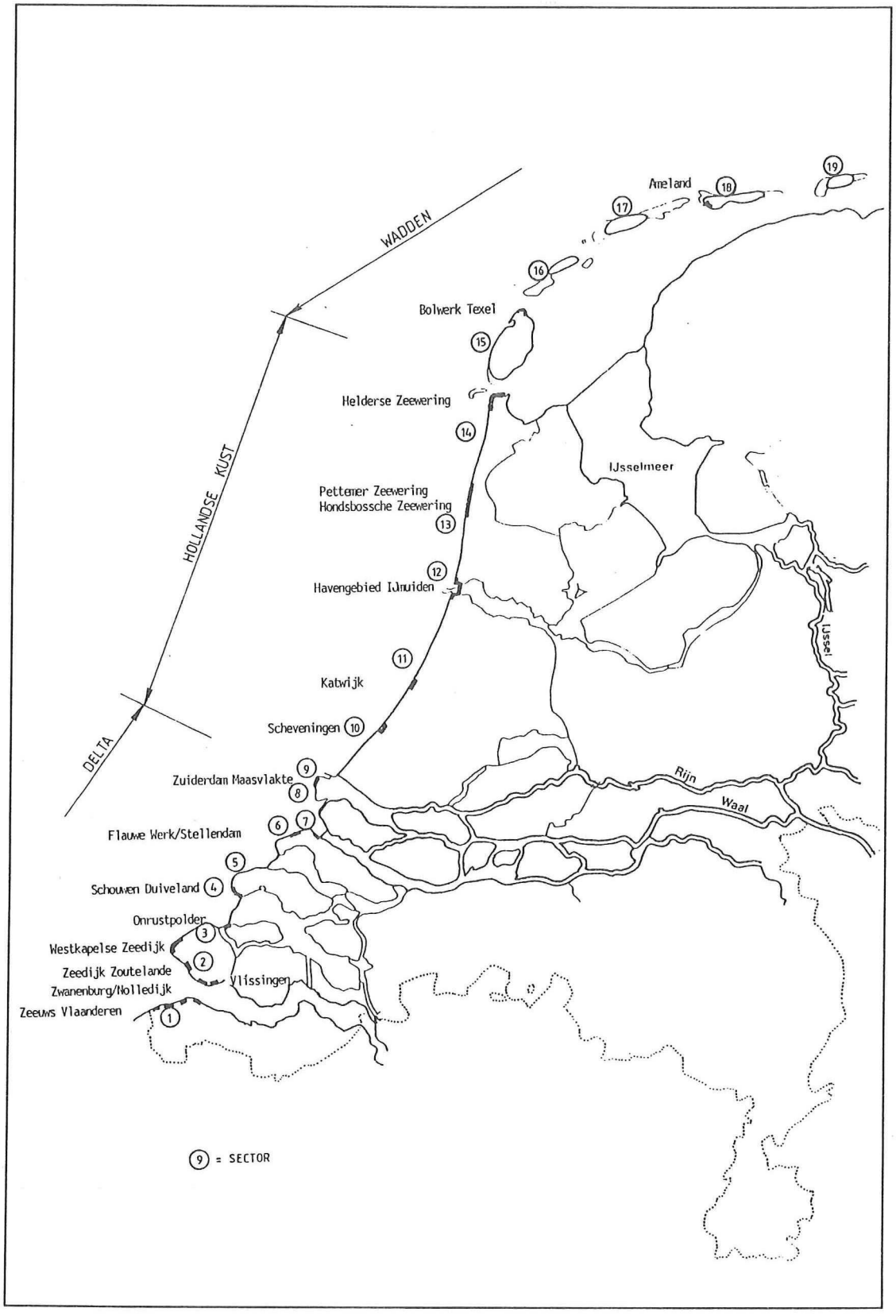
Lit. 22 Roelse, P., Notitie WWKZ-81.V287, Deltaprofielen van de zeedijken van de polders Baanst t/m Jong Breskens in Zeeuws Vlaanderen, Vlissingen, mei 1981.

Lit. 23 Verhagen, H.J., Notitie Kruinhoogte Kievitte-Oost, Vlissingen, juni 1987.

Lit. 24 Studiedienst Vlissingen, Nota 55-1, Verbetering van de Zeewering bij Zoutelande; Beschouwing over het dwarsprofiel, Vlissingen, januari 1955.



Bijlage 1: In de studie beschouwde Noordzeekust; totale lengte 353 km



Bijlage 2: Overzicht sectorindeling en plaats harde kustverdedigingen

Onderdeel kustverdedigings-strook	segment	lengte (km)	Onderhoudskosten[1] per km per jaar in Kfl			Totaal-kosten per vak per jaar (Kfl)
			waterkering	onderwateroever	totaal	
Ameland	18.1	3,0	n.v.t.	15	15	45
Texel (Bolwerk)	15.4	1,0	85	-	-	85
Helderse Zeewering	14.1	5,2	150	70	220	1150
Pettemer Zeewering	14.2	1,7	131	28	159	270
Hondsb. Zeewering	14.3	4,5	146	129	275	1240
IJmuiden	12.2	2,0[2)]	*	*	*	*
Katwijk	11.1	2,0	35	-	35	70
Scheveningen	10.1	2,6[2)]	nihil	25	25	65
Stellendam	6.1	1,0	9	18	27	27
Flaauwe Werk	6.1	2,3	22	2	24	50
Schouwen Duiveland	4.2	0,4	*	*	*	*
Onrustpolder	3.1	1,0	*	*	*	*
Westk. Zeedijk	3.3	4,1	29	32	61	250
Zeedijk Zoutelande	2.2	0,9	69	-	69	60
Zwanenburg/Nolle-dijk	2.4	1,0	*	*	*	*
Vlissingen	2.5	2,0	*	*	*	*
Zeeuws-Vlaanderen	1.2t/m 1.5	10,0	30	30	60	600

1) Samengesteld uit onderhoudskosten (jaarlijks en meerjaarlijks) 1975 t/m 1984; inclusief Overhead en BTW (bron; lit 4).
2) Lengte langs de kust gemeten
* niet voldoende gegevens bekend.

Bijlage 3: Onderhoudskosten harde kustverdedigingen en onderwateroeverbeschermingen in de kustverdedigingsstrook (periode 1975 t/m 1984.)

Sector	RSP[1] (km)	Lengte (km)	Cel no	
Rottumeroog	11 - 12	1	353	
Rottumerplaat	3 - 6	3	352 - 350	
Schiermonnikoog	16 - 1	15	349 - 335	
Ameland	24 - 4	24	334 - 311	
Terschelling	28 - 4	30	310 - 281	
Vlieland	49 - 42	20	280 - 261	
Texel	31 - 9	28	260 - 233	
Noord-Holland (Noord)	5[2] - 26	31	232 - 202	Den Helder t/m Hondsb. Zeewering
Noord-Holland (Midden)	26 - 38	12	201 - 190	vanaf Hondsb. Zeewering tot Egmond aan Zee
IJmuiden	38 - 68	30	189 - 160	Egmond aan Zee tot Zandvoort
Rijnland (Z)	68 - 98	30	159 - 130	Zandvoort tot Wassenaar
Delfland	98 - 119	21	129 - 109	Wassenaar tot Nieuwe Waterweg
Europoort	? - 5	8	108 - 101	Nieuwe Waterweg tot Slufter
Slufter	5 - ?	9	100 - 92	Slufter tot Voorne
Voorne	6 - 16	10	91 - 82	
Goeree	2 - 19	17	81 - 65	
Schouwen (Noord)	0 - 10	10	64 - 55	Brouwersdam tot Verklikkerduinen
Schouwen (Zuid/kop)	10 - 17	7	54 - 48	Verklikkerduinen tot SVK Oosterschelde

Bijlage 4: Situering en lengte sectoren in de kustverdedigingsstrook

Sector	RSP[1] (km)	Lengte (km)	Cel no	
Walcheren (Noord)	1 - 2 5 - 23	1 18	47 46 - 29	Noord-Beveland Veerse Dam tot Westk.
Walcheren (Zuid)	23 - 36	13	28 - 16	Westkapelle tot Vlissingen
Zeeuws-Vlaanderen	0 - 15	15	15 - 1	

1) Afgeronde waarden.
2) -5 tot 0 is een verlenging van de Helderse Zeewering; niet overeenkomstig JARKUS administratie.
3) Niet volgens JARKUS bestand

Bij de segmentindeling zijn niet meegenomen:
- Haringvlietdam
- Brouwersdam
- Stormvloedkering Oosterschelde
- Veerse Dam

Vervolg Bijlage 4: Situering en lengte sectoren in de kustverdedigingsstrook

Onderdeel kustverdedigingsstrook	Beheerder	lengte waterkering (km)				Segment	Cel no
		Zeedijk	Deltadam	Strandmuur + div.	Vooroever bescherming (km)		
Ameland	Dienstkring Harlingen				3,0	18.1	311
Texel (Bolwerk)	Dienstkring Texel			1,0	0,5	15.4	260
Helderse zeewering	Dienstkring Noordzeekust	5,2			7,2	14.1	227 t/m 232
Pettemer zeewering	Dienstkring Noordzeekust	1,7				14.2/ 14.3	206,207
Hondsbossche zeewering	H.H.R. N.H.-Noorderkwartier	4,5			4,5	14.3	202 t/m 206
IJmuiden	Dienstkring Noordzeekanaal			7,5		12.2	172,173
Katwijk -uitwateringssluis -bebouwing	H.H.R. van Delfland	0,3				11.1	141
Scheveningen -boulevard -haven	H.H.R. van Delfland			2,0 2,5		10.1 10.1	126,127 128
Zuiderdam Maasvlakte	Dienstkring Nieuwe Waterweg				4,0	9.1	101 t/m 104
Haringvlietdam*			3,0			-	-

Bijlage 5: Overzicht harde elementen in de kustverdedigingsstrook (situatie begin 1989)

Onderdeel kustverdedigingsstrook	Beheerder	lengte waterkering (km)				Segment	Cel no
		Zeedijk	Deltadam	Strandmuur + div.	Vooroever beschermming (km)		
Goeree-Overflakkee	Dienstkring Oud-Beijerland						
-Stellendam		1,0				6.1	81
-Flaauwe werk		2,3				6.1	71 t/m 73
Brouwersdam*			7,0			-	-
Schouwen-Duiveland	Dienstkring Deltakust	0,4				4.2	-
Stormvloedkering O.S.*			8,0			-	
Onrustpolder	Waterschap Noord+Zuid Beveland	1,0			0,3	3.1	47
Veerse Dam*			3,0		3,0	-	-
Westkapelse Zeedijk	Waterschap Walcheren	4,1				3.3	30 t/m 33
Zeedijk Zoutelande	Waterschap Walcheren	0,9				2.2	25
Nolledijk+ Zwanenburg	Waterschap Walcheren	1,0				2.4	18
Vlissingen	Waterschap Walcheren			2,0		2.5	16, 17
Zeeuws-Vlaanderen	Waterschap het Vrije van Sluis	10				1.1 t/m 1.5	2,5,6,8 t/m 12 14,15
Totaal		32,4	21	16,3	22,5		

* deze onderdelen zijn in de studie niet meegenomen

Vervolg bijlage 5: Overzicht harde elementen in de kustverdedigingsstrook (situatie begin 1989)