

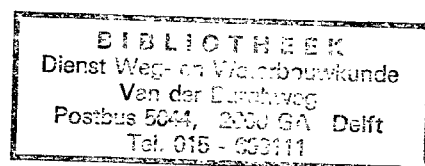


RIJWS  
Dienst Weg en Water Bouwkunde  
Van der Goochweg  
1016 CA Den Haag  
Tel. 018 493111



dienst **weg en water** bouwkunde

nota WBA - N - 91130  
Kruinhoogten havengebied  
Vlissingen-Oost



**auteur : ir. J. Niemeijer**

**datum : 20-1-1992**

**opdrachtgever : waterschap Walcheren, waterschap Noord- en Zuid Beveland**

1. Rapport nr. WBA - M - 91130	2. Serie nr.	3. Ontvanger catalogus nummer	
4. Titel en sub-titel Kruinhoogten havengebied Vlissingen-Oost		5. Datum rapport 20 - 1 - 1992	
		6. Kode uitvoerende organisatie	
7. Schrijvers ir J. Niemeijer		8. Nr. rapport uitvoerende organisatie	
9. Naam en adres opdrachtnemer RWS - DWM van der Burghweg 1 Delft		10. Projektnaam Sloehaven	
		11. Kontaktnummer	
12. Naam en adres opdrachtgever waterschap Walcheren postbus 179 4430 AD Middelburg		13. Type rapport	
		14. Kode andere opdrachtgever waterschap Noord- en Zuid Beveland postbus 114 4460 AC Goes	
15. Opmerkingen			
16. Referaat  De kruinhoogten van de dijken rond het havengebied Vlissingen-Oost (Sloehavengebied) worden binnenkort op deltahogte gebracht. De kruinhoogten zijn berekend volgens de deltanormen, rekening houdend met zeespiegelstijging, opwaaiing, seiches en lokale golfgroei. De huidige kruinhoogten zijn geevalueerd.			
17. Trefwoorden Deltaveilig, dijk, kruinhoogte		18. Distributie systeem	
19. Classificatie	20. Classificatie deze pagina	21. Aant. blz. 11	22 Prijs

**Kruinhoogten havengebied Vlissingen-Oost**

**1. Inleiding**

De dijken rond het Sloehaven gebied nabij Vlissingen dienen in het kader van de Deltawet nog op voldoende sterkte gebracht te worden. Deze dijken maken onderdeel uit van de dijkringen Walcheren en Zuid-Beveland en zijn in beheer bij de waterschappen Walcheren en Noord- en Zuid-Beveland en voor een klein deel bij rijkswaterstaat. Aan de Dienst Weg- en Waterbouwkunde is gevraagd de benodigde kruinhoogten te bepalen en de huidige kruinhoogten hieraan te toetsen. Hiervan wordt in deze nota verslag gedaan. Deze nota is op verzoek van deze waterschappen geschreven. Waar nodig is hierbij samengewerkt met de Dienst Getijdewateren te Middelburg.

In paragraaf 2 van deze notitie worden de uitgangspunten beschreven, gevolgd door de nodige berekeningen in paragraaf 3. Een samenvatting en conclusies zijn in paragraaf 4 opgenomen.

## 2. Uitgangspunten en beschrijving situatie

### 2.1 situatie

Het havengebied Vlissingen Oost (het Sloehavengebied) ligt enkele kilometers ten Oosten van Vlissingen aan de Westerschelde. Het haven- en industriegebied is tussen 1961 en 1978 aangelegd. Hierbij is het terrein opgehoogd tot minimaal 5 m +NAP en zijn diverse havens gegraven. De dijk rond het gebied is enkele malen verlegd in deze periode. De haveningang wordt beschermd door twee havendammen, met een hoogte van 6,50 m +NAP. In figuur 1 is het terrein schematisch weergegeven. Het is mogelijk dat meer terrein buitengedijkt wordt, en dat nog meer havens gegraven worden (lit [1]).

### 2.2 normstelling

De kruinhoogten worden op dezelfde wijze berekend als de kruinhoogten van de overige dijken in dit gebied, wat inhoudt dat met een dijkvakbenadering gewerkt wordt. De dijkringfrequentie voor de genoemde dijkringen is 1/4000 jaar.

Als criterium voor de kruinhoogte wordt het 2% oloopcriterium gebruikt. De formules die hiervoor gebruikt worden zijn de formules uit de Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken deel 2 (lit [2]).

Vanwege de onzekerheden in de berekeningen wordt minimaal een waakhoogte van 1 m aangehouden. Elders in Zeeland wordt deze waarde eveneens aangehouden.

### 2.3 belastingen

#### - waterstand

Als maatgevende waterstand bij de monding van de haven wordt een waterstand van 5,50 m +NAP aangehouden. Dit is 5 cm lager dan de maatgevende waterstand te Borssele en 10 cm hoger dan de maatgevende waterstand te Vlissingen, een en ander volgens het Deltarapport. Deze waterstanden golden rond 1950.

Voor de ontwerpwaterstand ter plaatste van de dijken is verder nog van belang:

- zeespiegelstijging
- lokale opwaaiing in het havengebied
- seiches

Voor zeespiegelstijging wordt een waarde van 20 cm per eeuw aangehouden. Dit is de door de TAW geadviseerde waarde voor de zeespiegelstijging. Uitgegaan wordt van een planperiode van 50 jaar, waar een zeespiegelstijging van 10 cm bij hoort. Verder dient de ontwerpwaterstand nog gecorrigeerd te worden voor de sinds het vaststellen hiervan opgetreden zeespiegelstijging. Sinds het vaststellen van de ontwerpwaterstand rond 1950 is er al 10 cm zeespiegelstijging opgetreden (afgeronde waarde). De ontwerpwaterstand inclusief zeespiegelstijging wordt hiermee 5,70 m +NAP.

Voor dijkvakken die eventueel binnenkort door buitendijking komen te vervallen is te overwegen met een lagere zeespiegelstijging rekening te houden. In deze nota is hier niet vanuit gegaan.

Lokale opwaaiing is berekend met een DUFLOW model, waarvan verslag is gedaan in 'Lokale opwaaiing in de havens van Vlissingen-Oost' (lit [4]). De waterstandsverhogingen tengevolge hiervan zijn voor ieder vak verschillend en kunnen oplopen tot 70 cm. In bijlage 2 zijn de aangehouden waarden gegeven.

Naar de grootte van seiches is onderzoek gedaan, gerapporteerd in 'Seiches in de buitenhaven van Vlissingen en de havens in Vlissingen-Oost' (lit [3]).

Op basis hiervan wordt uitgegaan van een waterstands verhoging tengevolge van seiches van 20 cm voor dijken met voorland en 30 cm voor de dijken die direct aan een haven liggen.

Bij de opwaaiingsberekeningen zijn de seiches niet in de waterstand verwerkt. Reden hiervoor is dat de seiches relatief kort duren, zodat het water in het havenbekken niet de gelegenheid heeft zich aan de verhoogde waterstand aan te passen. De waterstandsverhoging ten gevolge van seiches wordt daarom bij de waterstand inclusief opwaaiing opgeteld.

#### - golven

De volgende golfbelastingen zijn mogelijk:

- doordringing van deining vanaf de Noordzee
- doordringing van op de Westerschelde opgewekte golven
- lokale golfgroei in het havengebied.

In navolging van de werkgroep hydraulica van het project Westerschelde Oeververbinding (lit [5]) wordt de bijdrage van deining verwaarloosd.

Op de Westerschelde kunnen aanzienlijke golven ontstaan. Door diffractie lopen deze golven de Sloehaven binnen. Tijdens deze diffractie worden de golven met 70 % gereduceerd (lit [5]), waardoor de golfhoogte bij de havenmonding bij westelijke wind globaal 1 m is. De golfinvalshoek is ongeveer zuidwest. Door verdere diffractie en door reflecties kan deze golf de dijken bereiken. Er wordt echter vanuit gegaan dat de golfhoogte dan al zover verminderd is dat deze nergens maatgevend wordt of een belangrijke bijdrage aan de lokaal opgewekte golf geeft.

De lokale golfgroei wordt berekend met de formules van Bretschneider, waarbij de schematisatiemethode van het voorland en brekingscriteria uit lit [2] worden aangehouden. De maatgevende windrichting is noordwest, de maatgevende windsnelheid is 40 m/s. Bij andere windrichtingen wordt de maatgevende waterstand niet bereikt, terwijl ook de lokale opwaaiing bij deze windrichting maximaal is. Er wordt vanuit gegaan dat bij andere windrichtingen de haventerreinen niet onder water komen te staan.

#### 2.4 Geometrie en dijkvakgegevens.

Aangenomen wordt dat het voorland overal 5 m + NAP is. De eventuele invloed van bebouwing in het voorland op de golven wordt niet in rekening gebracht. Het dijktracee is schematisch weergegeven in figuur 1. De ligging van de havens, eveneens in figuur 1 weergegeven, is evenals het dijktracee, van de topografische kaart afkomstig, aangevuld met informatie van recente luchtfoto's.

De strijklengten zijn van de topografische kaarten afgelezen. Voor de bodemdiepten van de havens is een waarde van 15 m -NAP aangehouden. In

werkelijkheid hebben de diverse havens verschillende diepten. Voor de golfgroei heeft dit echter geen invloed omdat de diepte steeds veel groter is dan de golfhoogten.

De dijk is geschematiseerd in 12 dijkvakken (zie figuur 1). Informatie over de huidige kruinhoogten en dwarsprofielen is afkomstig van de provinciale waterstaat Zeeland (lit [1]). Niet voor ieder dijkvak zijn profielgegevens beschikbaar. Uit de aanwezige informatie is aangenomen dat de vakken 3 tot en met 12 een boventalud van 1:3 hebben en een berm van 35 à 40 m breed op 5,00 m +NAP. Bij de meeste dijkvakken is dit ongeveer tweemaal de golflengte. Dit houdt in dat de golven geheel breken. De formules voor bermen uit lit [2] houden hier geen rekening mee, omdat deze niet voor dergelijk brede bermen opgesteld zijn. In de golfploopberekeningen worden deze bermen daarom ingevoerd als 'voorland' (in bijlage 1 zijn de bermen wel apart vermeld).

In alle berekeningen is uitgegaan van een buitentalud van 1:3. De profielgegevens zijn in bijlage 1 opgenomen.

### 3. kruinhoogte berekeningen

In bijlage 2 zijn de golfhoogten en -perioden aan de teen van de dijken weergegeven, na eventuele breking.

In bijlage 3 zijn de benodigde kruinhoogten en de huidige hoogten weergegeven.

De berekende kruinhoogten zijn die hoogten die nodig zijn om aan de gestelde eisen te voldoen, en zijn gelijk aan de waterstand aan de teen van de dijk vermeerderd met de benodigde oploophoogte.

Eventuele zetting of klink is hier niet in verwerkt. Voor het verkrijgen van aanleghoogten dient hier nog rekening mee gehouden te worden.

#### - Algemeen

De waterstand die in de golfgroeiberekeningen is aangehouden is de waterstand inclusief zeespiegelstijging, opwaaiing en seiche die aan de teen van de dijk optreedt. Verder van de dijk af is de waterstand minder hoog, omdat de opwaaiing daar minder is. Omdat de waterstand nabij de teen van de dijk de belangrijkste is bij het berekenen van de golfhoogte is deze waterstand toch in het gehele voorland aangehouden.

Behalve bij vak 10 is er vanuit gegaan dat de huidige bermbreedte ongewijzigd blijft.

Alle dijkvakken hebben een hoog voorland of een berm, waardoor de golven steeds breken. De golfhoogte aan de teen van de dijk wordt daarom bepaald door de waterdiepte aan de teen van de dijk. Dit wil zeggen dat bij vakken waar veel opwaaiing optreedt de golfhoogte en daarmee ook de oploophoogte groter is dan bij vakken met weinig opwaaiing. (De oploophoogte is de hoogte boven de stilwaterlijn die volgens het 2% olopocriterium berekend wordt).

#### - vakken 1 en 2

De wind is aflagdig bij deze vakken, er valt derhalve geen golfaanval te verwachten bij de maatgevende waterstand. Volstaan wordt met de minimale waakhoogte van 1 m.

Voor het grootste deel zijn deze vakken enkele decimeters te laag. Enkele stukken zijn wel hoog genoeg.

#### - vak 3

Hier wordt een oploophoogte van 1,4 m berekend. Het tekort in kruinhoogte is 60 cm.

#### - vak 4

Berekend is een oploophoogte van 1,98 m. Het kruinhoogte tekort is 1,30 m.



- vakken 5 en 6

Door de oriëntatie van deze vakken blijft de golfoploop beperkt. Er kan volstaan worden met de minimale waakhogte van 1 m. Tekorten in kruinhoogte lopen van 30 tot 80 cm.

- vak 7

De opwaaiing is bij dit vak duidelijk merkbaar, waardoor de golfhoogte aan de teen van de dijk wat hoger is dan bij de vakken 3 en 4. De benodigde oploophogte is bijna 2 m. Het tekort in kruinhoogte is 1,4 m.

- vak 8

De benodigde oploophogte is 1,85 m en het kruinhoogte tekort loopt van 140 cm tot 155 cm.

- vak 9

Bij de maatgevende windrichting NW treden hier strijkgolven op. Er kan daarom volstaan worden met de minimale waakhogte van 1 m. Het tekort in kruinhoogte is maximaal 45 cm.

- vak 10

De opwaaiing bij dit vak is gering, echter door de grote diepte van het voorland wordt een lange golflengte bereikt, waardoor een aanzienlijke oploophogte nodig is.

De breedte van de berm is 35 m, ongeveer 1,5 maal de golflengte. Omdat de dijk hier naar buiten toe verzaamd zal worden is de berm na versterking minder breed, namelijk ongeveer 25 m. Dit is te smal om nog aan te kunnen nemen dat de golven geheel breken. Er is daarom voor dit vak met de formules uit de Leidraad rivierdijken deel 2 voor bermen gerekend. De benodigde oploophogte is 2,90 m, het tekort in kruinhoogte is ruim 2 m. Het is mogelijk de benodigde kruinhoogte te reduceren door de berm voor een deel te verhogen. De optimale reductie wordt verkregen bij een berm met een breedte van 0,4 maal de golflengte op de stilwaterlijn. Bij de hier gevonden golflengte van 26 m houdt dit in een berm met een breedte van 11 m op 6,10 m+NAP. De benodigde oploophogte is dan 2,55 m.

In figuur 2 zijn de profielen geschetst.

- vak 11

Er treedt bij dit vak een forse opwaaiing op. Door de oriëntatie van het vak is de golfoploop toch gering, zodat volstaan kan worden met de minimale waakhogte van 1 m. Het tekort in kruinhoogte loopt van 65 cm tot 1,20 m.

- vak 12

Evenals bij vak 11 is de opwaaiing voor dit vak aanzienlijk. De benodigde oploophogte is 2,28 m. Het tekort in kruinhoogte loopt van 1,70 m tot 2,25 m.

#### 4. samenvatting en conclusie

Voor de dijken rond het havengebied Vlissingen-Oost zijn de benodigde kruinhoogten berekend, rekening houdend met opwaaiing, seiches en zeespiegelstijging. Deze kruinhoogten zijn vergeleken met de aanwezige kruinhoogten. Het blijkt dat de dijken bijna overal te laag zijn. Het tekort in kruinhoogte loopt op tot 2,25 m.

#### 5. literatuur

- [1] Zeewering rond industriegebied Vlissingen-Oost, P. Hengst, provinciale waterstaat Zeeland, 9 april 1990
- [2] Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken deel 2 - benedenrivieren, TAW, 1989
- [3] Seiches in de buitenhaven van Vlissingen en de havens in Vlissingen-Oost, Frederic R. Harris B.V., augustus 1989
- [4] Lokale opwaaiing in de havens van Vlissingen-Oost, Frederic R. Harris B.V., november 1991
- [5] Golfrandvoorwaarden bouwdok WOV, J. Vroon, RWS-directie Zeeland notitie AX 91.053, 1 juni 1991

**BIJLAGEN**

## Bijlage 1. geometrie dijkvakken

vaknummer	waterstand incl. zeespiegelstijging opwaaiing en seiche	oriën tatie	lengte voorland NW	diepte voorland aan de teen	bermlengte <sup>1</sup>	bermhoogte <sup>1</sup>	taludhelling
	[m +NAP]	[°]	[m]	[m +NAP]	[m]	[m +NAP]	[-]
1	5.90	var.	0	nvt	nvt	nvt	nvt
2	5.90	var.	0	nvt	nvt	nvt	nvt
3	5.95	294° 333	1500	5	-	-	1:3
4	6.05	294° 333	1900	-15	35	5	1:3
5	6.40	226	2000	-15	35	5	1:3
6	6.30	240° 226	2750	5	-	-	1:3
7	6.34	330	2750	5	-	-	1:3
8	5.95	6.34 287	3250	5	-	-	1:3
9	6.09	226	4200	-15	35	5	1:3
10	6.09	310	4000	-15	15	5	1:3
11	6.61	226	4500	5	-	-	1:3
12	6.61	340	4750	5	-	-	1:3

Voor alle vakken is een buitentaludhelling van 1:3 aangehouden.

<sup>1</sup>: De berm is hier apart vermeld. In de berekeningen is deze als 'voorland' verwerkt, met uitzondering van vak 10.

bijlage 2: golfhogten en perioden aan de teen van de dijk (na breken)

vaknummer	significante golfhoogte	significante golfperiode
	[m]	[s]
1	-	-
2	-	-
3	0.51	3.0
4	0.56	4.0
5	0.45	3.9
6	0.61	4.1
7	0.65	3.6
8	0.66	3.6
9	0.51	4.5
10	1.86	4.7
11	0.73	4.4
12	0.74	4.1

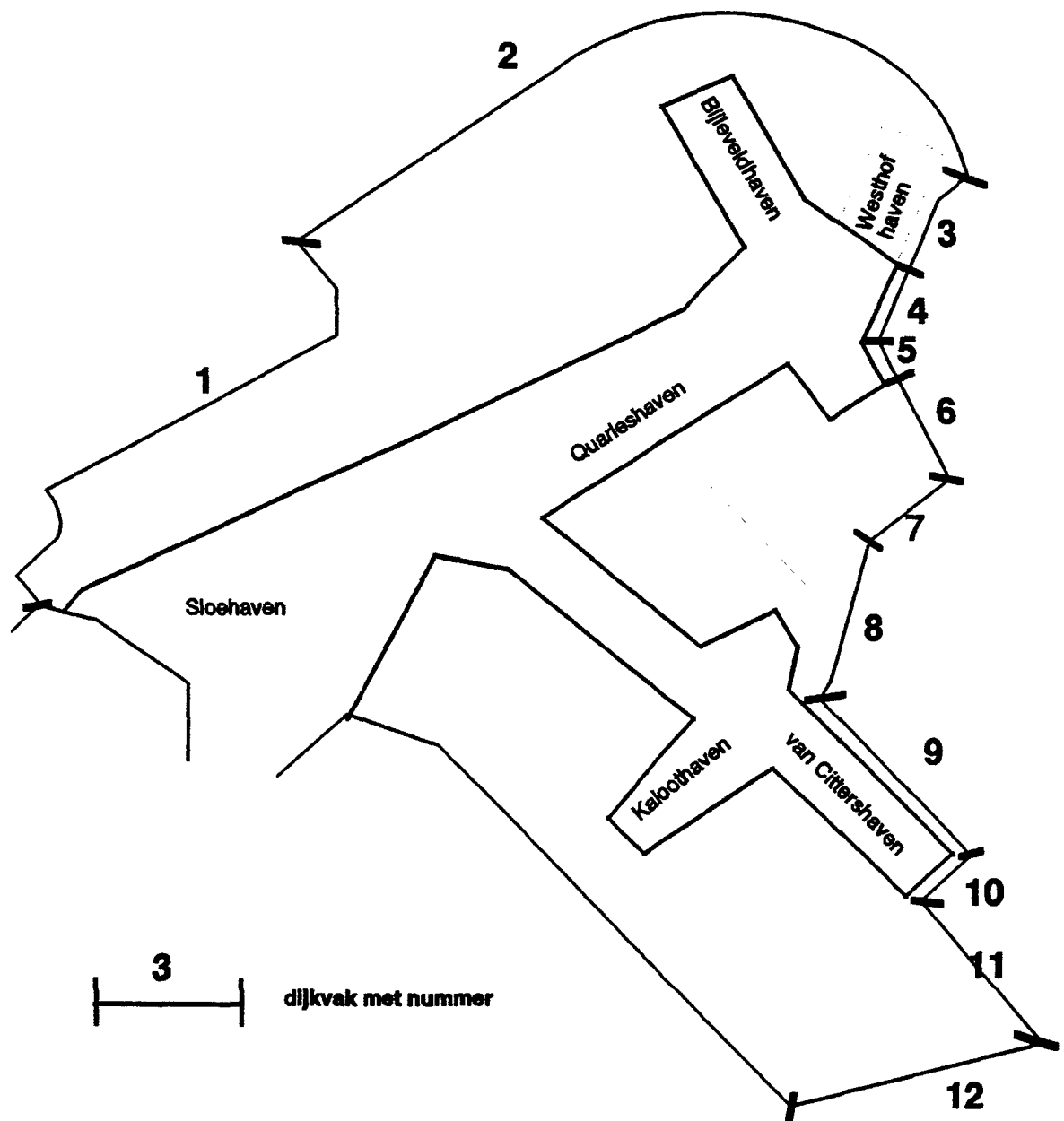
Waarom is  $H_s(9)$  niet gelijk aan  $H_s(10)$  ?  
 Kun als voorbeeld in rekening gebracht

## bijlage 3: huidige kruinhoogten en benodigde kruinhoogten

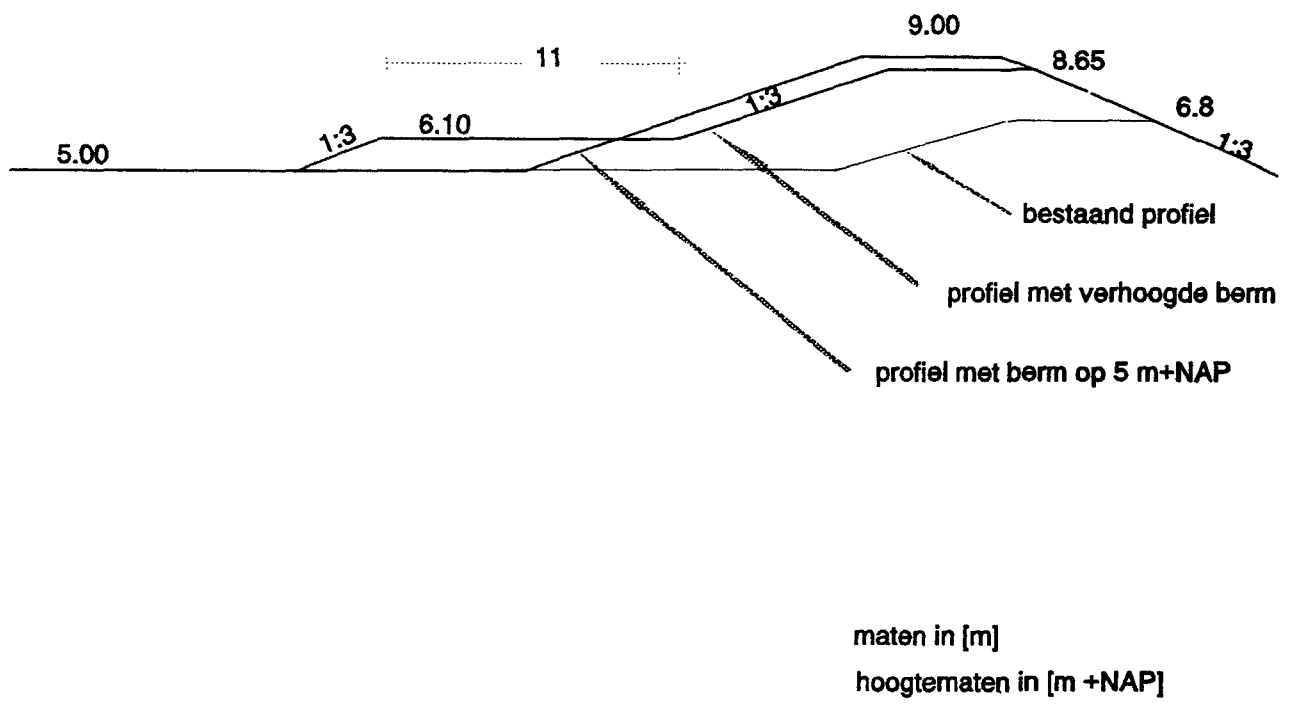
vaknummer	opwaaiing en 20 cm zee- spiegel- stijging	waterstand incl. zeesp.stijging, opwaaiing en seiche	oploop- hoogte	benodigde kruinhoogte	huidige kruinhoogte		kruinhoogte tekort
	[m]	[m +NAP]	[m]	[m +NAP]	[m +NAP]		[cm]
1	20	5.90 <sup>1</sup>	1.00	6.90	6.17	7.05	-15 <sup>2</sup> - 75
2	20	5.90 <sup>1</sup>	1.00	6.90	6.48	6.83	5 - 40
3	25	5.95 <sup>1</sup>	1.40	7.35	6.71	6.75	60 - 65
4	25	6.05	1.98	8.05	6.73	6.74	130
5	60	<del>6.05</del> 6.40	1.00	7.05	6.71	6.74	30 - 35
6	60	6.30 <sup>1</sup>	1.00	7.40	6.60	6.74	65 - 80
7	64	6.34 <sup>1</sup>	1.93	8.30	6.79	6.96	130 - 145
8	25	6.34 <sup>1</sup>	1.85	8.20	6.63	6.81	140 - 155
9	29	6.09	1.00	7.10	6.63	6.88	20 - 45
10	29	6.09	2.90	9.00	6.78	6.95	205 - 220
11	91	6.61 <sup>1</sup>	1.00	7.60	6.42	6.94	65 - 120
12	91	6.61 <sup>1</sup>	2.28	8.90	6.63	7.21	170 - 225

<sup>1</sup>: Bij deze vakken is 20 cm seiche in rekening gebracht, bij de overige 30 cm. Voor verklaring zie tekst.

<sup>2</sup>: Dat wil zeggen dat dit dijkvak plaatselijk nu reeds voldoende hoog is.



figuur 1: overzichtstekening havens Vlissingen-Oost



figuur 2: profielen voor dijkvak 10