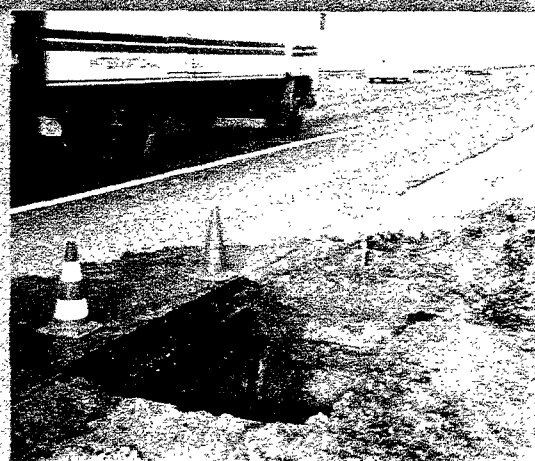




dienst **weg en water** bouwkunde



g.5 - 184

nota WBA - N - 90157

Deltaversterking van de
waterkering rond de
Buitenhaven van Vlissingen

project : Haven.vliss

opdrachtgever : ir. H.A.Q. Verhees, directie Zeeland

auteur : ir. J. Niemeijer

Delft, 17.10.1990

19 NOV. 1990

BIBLIOTHEEK

Dienst Weg- en Waterbouwkunde
Postbus 5044, 2600 GA DELFT

Inhoud

1. Inleiding
2. Uitgangspunten
3. Alternatieven voor de vakken 1 tot en met 7
4. Coupure op de overgang van vak 8 op vak 9
5. Dijringfilosofie
6. Samenvatting en conclusies.
7. Literatuur

Bijlage 1: profielgegevens bij de alternatieven

Bijlage 2: overzicht van de elementen per dijkvak

Bijlage 3: berekening van de kruinhoogten

Figuur 1: Buitenhaven Vlissingen met indeling in vakken

1. Inleiding

De waterkering om de Buitenhaven van Vlissingen voldoet blijkens berekeningen van de Dienst Getijdewateren [1] niet aan de veiligheidsnormen volgens de deltawet. In een eerder stadium is een versterkingsplan voor de dijken opgesteld. Dit plan behelst een landwaartse versterking, met binnentaludhellingen van 1:3. Voor het uitvoeren van dit plan is het nodig dat de bestaande weg aan de binnenzijde van de dijk gereconstrueerd wordt, en dat een strook grond verworven wordt.

De benodigde kruinverhogingen zijn voor een deel slechts gering. Hierdoor bepaalt de grondaankoop en de reconstructie van wegen in dit plan voor een belangrijk deel de kosten. Aangezien in de huidige situatie enige ruimte beschikbaar is tussen de binnenteen van de dijk en de weg aan de binnenzijde van de dijk, leek het zinvol alternatieven op te stellen waarbij het ruimtebeslag van het nieuwe profiel kleiner is dan bij het eerder opgestelde plan. Hierdoor kan dan mogelijk de reconstructie van wegen achterwege blijven en is minder grondverwerving nodig.

In deze nota worden een aantal van deze meer uitgekende alternatieven globaal uitgewerkt. Voor de volledigheid komen ook het bovengenoemde plan en een zeewaartse versterking aan de orde.

Na deze inleiding worden in hoofdstuk 2 de algemene uitgangspunten vermeld. In hoofdstuk 3 worden de beschouwde alternatieven voor de waterkering ten oosten en ten noorden van de haven besproken, zowel per alternatief als per vak. In hoofdstuk 4 wordt globaal aangegeven wat nodig is om de coupure die in de waterkering ten westen van de haven aanwezig is de nodige veiligheid te geven.

Hoofdstuk 5 bevat een globale kwalitatieve beschouwing van een dijkkringfilosofie voor dit gebied en de consequenties hiervan voor de waterkering rond de Buitenhaven.

Het geheel wordt afgesloten met een samenvatting en enkele conclusies in hoofdstuk 6.

In bijlage 1 wordt een overzicht gegeven van de benodigde profielen voor de diverse alternatieven.

In bijlage 2 is schematisch aangegeven welke elementen per dijkvak per alternatief een rol spelen.

Tekening 1 geeft een overzicht van de Buitenhaven in Vlissingen met de indeling in vakken.

2. Uitgangspunten

2.1 Hydraulische randvoorwaarden en waakhoopte

Voor wat betreft de golftrandvoorwaarden is uitgegaan van hetgeen in [1] door de Dienst Getijdewateren is aangegeven. Dit geldt ook voor de uitgangspunten die voor de golfoploopberekeningen gebruikt zijn, en voor zover van toepassing voor de golfoploopberekeningen zelf. De randvoorwaarden met betrekking tot de waterstand, seiches en lokale opwaaiing zijn eveneens uit [1] overgenomen.

De maatgevende waterstand uit [1] is 5.70 m+NAP. Hierin is een bedrag van 0.2 m voor seiches en 0.1 m voor zeespiegelrijzing opgenomen.

Als criterium voor de benodigde kruinhoogte is het 2% golfoploopcriterium gebruikt, voor zover niet anders vermeld. Alleen het bezwijkmechanisme golfoploop/-overslag en overlopen is in beschouwing genomen in dit stadium. In een later stadium zal ook een controle op andere bezwijkmechanismen gedaan moeten worden.

2.2 Geometrie

In de kruinhoogten die vermeld worden is 0,20 m voor zetting gereserveerd. Wellicht zal nog nader onderzoek nodig zijn naar de te verwachten zetting voor tot een definitieve vaststelling van de aanleghoogten overgegaan kan worden.

Tenzij anders vermeld is een kruinbreedte van 2 m aangehouden.

De bron voor de bestaande geometrie is een tekening van de directie Zeeland [2]. De informatie die hieruit verkregen kon worden is slechts globaal. Voor een aantal alternatieven is het niet geheel duidelijk of er genoeg ruimte voor is. Gedetailleerde informatie, en het verder uitwerken van de alternatieven zal dan uitsluitend moeten bieden.

Waar in deze nota over 'beschikbare ruimte' gesproken wordt, wordt de afstand tussen de weg aan de binnenzijde van de dijk en de buitenteen van de dijk, of de afstand tussen de genoemde weg en de grens van het in concessie gegeven haventerrein bedoeld. Met 'breedte van een profiel' wordt in deze nota bedoeld de (horizontale) afstand tussen de binnen- en de buitenteen van een profiel. Er zal in het ontwerp enige ruimte moeten zijn tussen de teen van de dijk en de weg die langs de dijk loopt. Hoe groot deze ruimte moet zijn zal uit overleg met de betrokkenen moeten volgen. In deze nota is er rekening mee gehouden dat hier tenminste 0,5 à 1 m voor nodig is.

3. Alternatieven voor de vakken 1 tot en met 7

In paragraaf 1 van dit hoofdstuk wordt een overzicht over de beschouwde alternatieven gegeven.

In paragraaf 2 worden de alternatieven besproken, waarbij de bijzonderheden voor ieder dijkvak weggelaten zijn. In paragraaf 3 worden de alternatieven en varianten per dijkvak besproken.

Hierbij zijn de algemene kenmerken die in paragraaf 2 aan de orde zijn geweest in het algemeen weggelaten.

3.1 Overzicht van de alternatieven

Er wordt onderscheidt gemaakt tussen 3 alternatieven: een buitenwaartse verzwaring, een binnenwaartse verzwaring en een verzwaring waarbij verwerving van grondgebruik en reconstructie van wegen zoveel mogelijk vermeden wordt. Bij de eerste twee alternatieven wordt uitgegaan van een gangbaar profiel met taludhellingen van 1:3, bij het derde alternatief wordt naar meer uitgekende ontwerpen gekeken.

Alternatief 3 is opgesplitst in verschillende varianten, die voor één of meerdere dijkvakken gelden.

In tabel 1 is een overzicht van de alternatieven en varianten gegeven.

Alternatief 1: Buitenwaartse verzwaring, gangbaar profiel

Alternatief 2: Binnenwaartse verzwaring, gangbaar profiel

Alternatief 3: Verzwaring binnen beschikbare ruimte

variant 1: steilere binnen- en/of buitentaluds toepassen

variant 2: golfoploop remmen door middel van stortsteen

variant 3: verticale wand in oploopzone

variant 4: vak 1, nol op waterkering Zuidwatering

variant 5: vak 2, invloed kaden om oliedepots meerekenen

variant 6: vak 7, grotere hoeveelheid golfoverslag toelaten

variant 7: vakken 1,6,7, wegen buitendijks als berm laten functioneren.

tabel 1: overzicht van de alternatieven en varianten.

3.2 Kenmerken van de alternatieven

3.2.1 Alternatief 1: verzwaring buitendijks

Bij dit alternatief wordt een buitendijkse dijkverzwaring uitgevoerd. Dit houdt in dat over de hele lengte van het tracee een strook grond aangekocht moet worden, en op enkele plaatsen bebouwing verwijderd moet worden.

Er worden taludhellingen van 1:3 toegepast, en een kruinbreedte van 2 [m].

3.2.2 Alternatief 2

Alternatief 2 komt in principe overeen met het eerder opgestelde plan, zoals dat in [2] is aangegeven.

Dit alternatief behelst evenals alternatief 1 een profiel met hellingen van 1:3. De verzwaring wordt nu echter landwaarts uitgevoerd. Aan de binnenzijde van de dijk ligt langs praktisch het hele tracee een weg. De beschikbare ruimte tussen de teen van de dijk en de weg is niet voldoende voor de benodigde versterking. Dit houdt in dat de weg gereconstrueerd dient te worden.

3.2.3 Alternatief 3

3.2.3.1 Algemeen

Bij de alternatieven 1 en 2 dient een vrij brede strook grond verworven te worden en dienen bestaande wegen en gebouwen verplaatst te worden. Ter voorkoming hiervan wordt bij alternatief 3 een aantal varianten opgesteld.

Getracht wordt de benodigde verzwaring zoveel mogelijk zodanig te doen dat geen reconstructie van wegen of verwijdering van bebouwing nodig is. Het grondgebruik wordt zoveel mogelijk beperkt. Er wordt echter wel gebruik gemaakt van de strook grond tussen de binnenteen van de dijk en de weg aan de binnenzijde van de dijk, waarvoor mogelijkerwijs enige grondverwerving noodzakelijk is.

De bestaande binnen- of buitentaluds en bekledingen worden zoveel mogelijk gehandhaafd. Dit zal overigens alleen mogelijk zijn als de bestaande taludbekledingen van voldoende kwaliteit zijn, en de bestaande taludhelling binnen het alternatief past.

De versterking wordt zoveel mogelijk binnendijs uitgevoerd. Alleen bij de varianten 2 en 7 wordt gedeeltelijk een buitenwaartse verzwaring toegepast, aangezien uit de aard van deze varianten toch werkzaamheden aan de buitenzijde van de dijk plaatsvinden.

3.2.3.2 Variant 1

Variant 1 behelst het toepassen van taluds steiler dan 1:3. Een steiler binnentalud toepassen bij een gelijkblijvende hoeveelheid golfoverslag wil zeggen dat relatief meer overslag toegelaten wordt. Er dienen dan wel extra eisen aan de kwaliteit van de klei, aan de grasmat en aan het onderhoud en gebruik gesteld te worden.

Bij taludhellingen tot 1: 2,5 kan nog met een grasmat als bekleding van het binnentalud volstaan worden. Bij steilere taluds verdient een verharde bekleding de voorkeur.

3.2.3.3 Variant 2

Bij variant 2 wordt de golfoploop geremd door het toepassen van een stortstenen bekleding op het buitentalud, en worden indien nodig taluds steiler dan 1:3 toegepast.

Door het aanbrengen van stortsteen kan maximaal een reductie van 40% op de waakhogte verkregen worden, vergeleken met de benodigde waakhogte bij een grasmatt:

$$z = 0.6 \cdot z_0.$$

Deze reductie wordt bereikt wanneer een laag met een dikte van minimaal tweemaal de D_{50} van de gebruikte stortsteen aangebracht wordt. De benodigde diameter van de stortsteen (D_{50}) volgt uit het criterium voor de stabiliteit. Met de methode gegeven in [3] is berekend dat bij een taludhelling van 1:3 de D_{50} tenminste 0.31 m moet zijn voor de vakken die bloot staan aan golfdoordringing uit de havenmond. Voor de vakken die alleen door lokaal opgewekte windgolven aangevallen worden is de benodigde D_{50} 0.20 m.

3.2.3.4 Variant 3

Bij variant 3 wordt in de oploophoek een verticale wand toegepast. De taluds hebben een helling van 1:3.

De verticale wand wordt aangebracht in de oploophoek, dat wil zeggen boven de ontwerpwaterstand van 5.70 m+NAP. De benodigde kruinhoogte voor een profiel met een verticale wand kan niet zondermeer berekend worden. In [5] wordt aanbevolen de waakhogte bij een dergelijk profiel gelijk aan de golfhoogte te nemen. Blijkens de grafieken die in [4] gepresenteerd worden is dit echter zeker niet in alle gevallen correct, en is de waakhogte sterk afhankelijk van de golfsteilheid. Voor de vergelijking met de andere varianten in deze nota is een kruinhoogte aangenomen volgens de volgende methodiek:

- Bij strijkgolven is de waakhogte gelijk aan de significante golfhoogte H_s .
- Bij golven met een ander invalshoek wordt de kruinhoogte verkregen uit [4]. De grafieken uit [4] betreffen een verticale wand met een voorland met een helling van 1:10, in het geval aanval door regelmatige golven plaatsvindt. Dit komt niet helemaal overeen met de situatie rond de Buitenhaven, waar in deze variant een buitentalud van 1:3 gebruikt wordt.
- De waakhogte die nodig is vanwege de golfaanval uit de havenmond en de waakhogte die nodig is vanwege lokale golfopwekking wordt apart berekend. Hierbij wordt gesteld dat de waakhogte minimaal gelijk is aan H_s .

De totaal benodigde waakhogte wordt verkregen op de wijze zoals in [1] beschreven:

$$z_{\text{totaal}} = (z_d^2 + z_w^2)^{0.5}$$

- Minimaal wordt een waakhogte van 1 m aangehouden.

Indien in een later stadium van de planvorming deze variant verder uitgewerkt wordt zal nadere studie naar de benodigde kruinhoogte nodig zijn.

3.2.3.5 varianten 4 tot en met 7

De varianten 4 tot en met 7 betreffen oplossingen die voor één of een paar vakken tot lagere kruinhoogten leiden.

3.2.3.6 Niet beschouwde alternatieven

Aangezien de golfbelasting per dijkvak verschillend is zal voor ieder dijkvak een andere kruinhoogte berekend worden. Om dit te voorkomen kan de taludhelling gevarieerd worden, of kunnen bermen in het buitentalud toegepast worden. In het algemeen zal dit meer ruimte in beslag nemen.

In principe komen dit soort varianten overeen met de varianten die wel in deze nota beschouwd zijn, reden waarom ze niet in de vergelijking betrokken zijn.

Bij verdere detaillering van de plannen kan dit eventueel uitgewerkt worden.

Op de beschouwde alternatieven is nog een groot aantal variaties mogelijk. Gedacht kan worden aan gedeeltelijk binnen- en gedeeltelijk buitenwaartse verzwaring, andere bermbreedten en ander taludhellingen.

3.3 Uitwerking van de alternatieven per vak.

In deze paragraaf wordt een toelichting gegeven op de diverse varianten. In bijlage 1 is een overzicht gegeven van de profielen per variant en per dijkvak.

3.3.1 Vak 1

3.3.1.1 Algemeen

Bij geen van de alternatieven is het mogelijk de beide bestaande wegen aan de binnen- en buitenzijde van het dijkvak te handhaven. De beschikbare ruimte is globaal 28 m, terwijl voor het kleinste profiel ruim 44 m nodig is. In bijlage 2 is per variant aangegeven welke elementen een rol spelen.

3.3.1.2 Alternatief 1

De benodigde kruinhoogte is 10,6 m+NAP bij een buitentalud van 1:4. (Bij een helling van het buitentalud van 1:3 is de breedte van het profiel groter, vandaar dat hier een helling van 1:4 is aangehouden).

De weg aan de buitenzijde van de dijk moet gereconstrueerd worden

en een deel van de bebouwing moet verwijderd worden. Bij toepassing van een berm van 10 [m] breed wordt de kruinhoogte 9.65 [m]. De weg die aan de buitenzijde van de dijk ligt kan op de berm aangelegd worden (variant 7). Aan de zuidzijde van het vak is de invalshoek van de golven kleiner, waardoor slechts een smalle berm nodig is. Hierdoor kan de hoogte van de berm aan de zuidzijde afnemen tot maaiveldhoogte, waardoor een afrit voor de weg gevormd wordt.

3.3.1.3 Alternatief 2

Hetzelfde profiel als bij alternatief 1 wordt aangehouden. Er is verwerving van grond aan de binnenzijde van de dijk nodig en de weg aan de binnenzijde wordt gereconstrueerd.

3.3.1.4 Alternatief 3, variant 1

Door een steiler binnentalud te nemen wordt de benodigde ruimte enigszins beperkt. Dit geldt ook voor een steiler buitentalud, echter dan wordt de kruinhoogte groter, wat in verband met de aansluiting op de waterkering van de Zuidwatering minder gewenst is. Aangezien de winst ten opzichte van alternatief 2 gering is, is deze variant niet verder uitgewerkt.

3.3.1.5 Alternatief 3, variant 2

Door het toepassen van een stortstenen bekleding op het buitentalud wordt de golfoploop geremd. De benodigde kruinhoogte is dan 8.75 m+NAP zonder berm en 8.20 m+NAP met berm. Aangezien de dijk aan de Zuidzijde op de dijk van de Zuidwatering moet aansluiten kan van de hieruit voortvloeiende ruimtewinst slechts beperkt gebruikt gemaakt worden. Ook als een binnentalud van 1:2,5 toegepast wordt is over het hele dijkvak niet genoeg ruimte voor de versterking.

3.3.1.6 Alternatief 3, variant 3

Een verticale wand biedt bij vak 1 geen oplossing. De ruimtewinst is niet voldoende om te voorkomen dat de weg gereconstrueerd moet worden. Een verticale wand is bij vak 1 niet wenselijk omdat de weg op de overgang van vak 1 naar vak 2 over de dijk gaat. Deze variant is daarom niet verder uitgewerkt.

3.3.1.7 Alternatief 3, variant 4

Indien de dijk enigszins in de luwte van de waterkering van de Zuidwatering aangelegd kan worden hoeft de kruinhoogte van vak 1 niet op gelijke hoogte op deze waterkering aan te sluiten. Dit kan gebeuren door de waterkering van de Zuidwatering een stuk te verlengen, en vak 1 hier loodrecht op te laten aansluiten. De kruinhoogte van vak 1 kan dan over het hele vak op 8,75 m+NAP gehouden worden (8,20 M+NAP wanneer een berm toegepast wordt). De ruimtewinst hierdoor zal moeten worden afgewogen tegen de extra benodigde ruimte en aanlegkosten voor de 'nol' op de waterkering van de Zuidwatering.

3.3.1.8 Alternatief 3 variant 7

De weg die aan de buitenzijde van vak 1 loopt kan op een berm aangelegd worden. Hierdoor ontstaat enige ruimtewinst omdat de weg dan in het dijkprofiel is opgenomen. Het dijkprofiel is met berm echter breder dan zonder berm, zodat ook hier een afweging van de kosten nodig is. Deze variant kan in combinatie met andere varianten toegepast worden, en is bij alternatief 1 verder besproken.

3.3.2 Vak 2

3.3.2.1 Algemeen

Vak 2 sluit aan op vak 1, waar de kruinhoogte en profielbreedte groter is dan bij vak 2 noodzakelijk is. Deze overgang moet geleidelijk zijn, bijvoorbeeld met een beloop van 1:100 in de kruinhoogte. Dit houdt in dat voor het zuidelijke deel van vak 2 (100 à 200 m, afhankelijk van het alternatief) hetzelfde geldt als voor vak 1. De weg die aan de binnenzijde van de dijk loopt kan hier niet gehandhaafd worden tenzij de versterking geheel buitenwaarts uitgevoerd wordt.

Verder in deze paragraaf wordt gesproken over het noordelijk deel van vak 2, dat wil zeggen voorbij de overgang naar vak 1, tenzij anders vermeld.

3.3.2.1 Alternatief 1

Buitenwaartse verzwaring houdt in dat een deel van de op het haventerrein aanwezige olietanks verwijderd moet worden. Bij de aansluiting op vak 1 is de breedte van het profiel ongeveer tweemaal zo groot als de beschikbare ruimte.

3.3.2.2 Alternatief 2

Bij een binnenwaartse verzwaring moet de weg aan de binnenzijde gereconstrueerd worden.

3.3.2.3 Alternatief 3, variant 1

Bij een buitentalud helling van 1:2,6 (huidige talud) en een binnentalud van 1:2,5 is er juist niet genoeg ruimte. Bij een binnentalud van 1:2 past het profiel wel binnen de beschikbare ruimte. Bekleding van het binnentalud verdient dan aanbeveling.

3.3.2.3 Alternatief 3, variant 2

Door het aanbrengen van stortsteen op het buitentalud kan met een kruinhoogte van 6.90 m+NAP volstaan worden. De minimum aangehouden waakhogte van 1 m is dan aanwezig. Met een binnentalud van 1:2,5 past het profiel binnen de beschikbare ruimte.

3.3.2.4 Alternatief 3, variant 3

Bij een verticale wand in het buitentalud is de benodigde kruinhoogte 6.90 m+NAP. Het profiel past juist binnen de beschikbare ruimte.

3.3.2.5 Alternatief 3, variant 5

De invloed van de kade om de oliedepots ter hoogte van vak 2 op de golfaanval op de dijk is moeilijk te berekenen. De golfhoogte zal waarschijnlijk afnemen, maar door refractie is het mogelijk dat de invalshoek minder gunstig wordt.

De benodigde waakhoogte bij vak 2 is ook als de invloed van de kaden niet wordt meegenomen niet erg groot, zodat wel meenemen van deze invloed slechts een gering effect heeft.

Als aangenomen wordt dat de invloed van de kaden zodanig is dat met de minimum waakhoogte volstaan kan worden, is bij taludhellingen van 1:3 evengoed niet genoeg ruimte aanwezig.

3.3.3 Vak 3

3.3.3.1 Algemeen

Voor vak 3 geldt hetzelfde als voor het noordelijke deel van vak 2. Vak 3 wordt weliswaar niet door golven vanuit de havenmond aangevallen, maar de golfinvalshoek van de lokaal opgewekte windgolven is minder gunstig dan bij vak 2. De benodigde kruinhoogte is voor vak 3 hetzelfde als voor vak 2. Het enige verschil met vak 2 is dat het terrein aan de havenzijde 0,2 m hoger ligt, zodat het dijkprofiel 0,5 à 0,6 m minder breed is. Voor de bespreking van de alternatieven 2 en 3 wordt naar vak 2 verwezen.

3.3.3.2 Alternatief 1

Mogelijkerwijs moeten enkele van de op het haventerrein aanwezige gebouwen (gedeeltelijk) verwijderd worden. Verdere detaillering en de situatie ter plaatse kan hier uitsluitsel over geven.

3.3.4 Vak 4

3.3.4.1 Algemeen

In grote lijnen geldt voor vak 4 hetzelfde als voor de vakken 2 en 3.

3.3.4.2 Alternatief 1

Wanneer een berm van 2 m breed toegepast wordt is een kruinhoogte van 7.50 m+NAP nodig. Door een berm toe te passen wordt ook de benodigde breedte voor het profiel kleiner.

Bij dit alternatief moet een klein gebouw op het haventerrein verwijderd worden.

3.3.4.3 Alternatief 2

De weg aan de binnenzijde van de dijk moet gereconstrueerd worden.

3.3.4.4 Alternatief 3, variant 1

Vak 4 wordt uitsluitend aangevallen door golven vanuit de havenmond, waarvan is aangenomen dat ze regelmatig zijn. Blijkens de beschikbare literatuur [6] is de golfoploop dan nauwelijks afhankelijk van de taludhelling. Bij een buitentaludhelling van 1:2,5 kan daarom met praktisch dezelfde kruinhoogte volstaan worden als bij de alternatieven 1 en 2. Door het toepassen van een berm neemt de benodigde kruinhoogte en de breedte die het profiel in beslag neemt af. Zowel met als zonder berm past het profiel juist binnen de beschikbare ruimte. De variant met berm lijkt de voorkeur te verdienen.

3.3.4.5 Alternatief 3, variant 2

Door het aanbrengen van stortsteen op het buitentalud neemt de benodigde kruinhoogte af tot 7.15 m+NAP. Bij een binnentaludhelling van 1:2,5 zal het profiel waarschijnlijk juist niet binnen de beschikbare ruimte passen. Meer gedetailleerde informatie en nadere detaillering is nodig om hier uitsluitsel over te verkrijgen. Bij een binnentaludhelling van 1:2 past het profiel wel binnen de beschikbare ruimte.

3.3.4.6 Alternatief 3, variant 3

Wanneer in de oploophoofzone een verticale wand wordt aangebracht in plaats van een 1:3 talud is een kruinhoogte van 7.60 m+NAP nodig. Het profiel zal juist niet binnen de beschikbare ruimte passen.

3.3.5 Vak 5

3.3.5.1 Algemeen

Voor vak 5 geldt in grote lijnen hetzelfde als voor vak 4. De benodigde kruinhoogte is iets lager. Ter hoogte van vak 5 wordt de dijk gekruist door een viaduct. Dit viaduct is op voldoende hoogte aangelegd, zodat het in alle gevallen gehandhaafd kan worden. De opritten van het viaduct beperken de beschikbare ruimte.

De weg die aan de binnenzijde van de dijk ligt ter hoogte van vak 5 kan in verband met het viaduct waarschijnlijk niet op de berm aangelegd worden. Vandaar dat alternatief 3, variant 7 niet voor dit vak beschouwd is.

3.3.5.2 Alternatief 1

Bij buitenwaartse verzwaring zal de weg die over een gedeelte van het vak aan de buitenzijde van de dijk loopt verlegd moeten worden. De weg die onder het viaduct door gaat kan net gehandhaafd worden. De ruimte tussen de teen van de dijk en deze weg wordt dan echter zeer gering, zodat wellicht bescherming van de teen van de dijk noodzakelijk wordt.

3.3.5.3 Alternatief 2

Bij binnenwaartse verzwaring moet de weg die gedeeltelijk aan de binnenzijde van de dijk ligt gereconstrueerd worden.

3.3.5.4 Alternatief 3, variant 1

Voor het buitentalud kan een helling van 1:2,5 aangehouden worden, zie vak 4. Alleen wanneer voor het binnentalud een helling van 1:2 gekozen wordt en een berm in het buitentalud aangebracht wordt past het profiel binnen de beschikbare ruimte.

3.3.5.5 Alternatief 3, variant 2

Door het toepassen van stortsteen op het buitentalud neemt de benodigde kruinhoogte af en past het profiel met een binnentaludhelling van 1:2,5 juist binnen de beschikbare ruimte. Mocht uit verdere detaillering blijken dat het juist niet past, dan kan nog voor een bekleed binnentalud met een helling van 1:2 gekozen worden.

3.3.5.6 Alternatief 3, variant 3

Met een verticale wand in de oploopzone is de benodigde kruinhoogte 7.50 m+NAP. Het profiel zal dan net niet binnen de beschikbare ruimte passen.

3.3.6 Vak 6

3.3.6.1 Algemeen

Ter hoogte van vak 6 ligt zowel aan de binnenzijde als aan de buitenzijde van de dijk een weg.

3.3.6.2 Alternatief 1

Bij een buitenwaartse verzwaring kan de weg die aan de buitenzijde van de dijk ligt niet gehandhaafd blijven. Door het aanbrengen van een berm neemt zowel de benodigde kruinhoogte als de profielbreedte af. Mogelijkerwijs kan de weg op de berm aangebracht worden (zie variant 7).

3.3.6.3 Alternatief 2

Bij een binnenwaartse verzwaring moet de weg die aan de binnenzijde van de dijk ligt gereconstrueerd worden. Ook bij dit alternatief kan door het toepassen van een berm de kruinhoogte en profielbreedte verminderd worden.

3.3.6.3 Alternatief 3, variant 1

Bij een buitentaludhelling van 1:2,5 (zie vak 4) en een binnentaludhelling van 1:2 past het profiel juist binnen de

beschikbare ruimte. Door toepassing van een berm neemt de benodigde kruinhoogte weliswaar af, maar de profielbreedte neemt toe. Met berm past het profiel juist niet binnen de beschikbare ruimte.

3.3.6.4 Alternatief 3, variant 2

Door het aanbrengen van stortsteen op het buitentalud neemt de benodigde kruinhoogte en de profielbreedte af. Bij een binnentaludhelling van 1:2,5 past het profiel waarschijnlijk niet binnen de beschikbare ruimte. Bij een (bekleed) binnentalud met een helling van 1:2 is er wel voldoende ruimte.

3.3.6.5 Alternatief 3, variant 3

Met een verticale wand in de oploophoogte is de benodigde kruinhoogte 7.50 m+NAP. Omdat de verticale wand in combinatie met taludhellingen van 1:3 toegepast wordt is de breedte van het profiel groter dan bij variant 2. Mogelijk past het juist binnen de beschikbare ruimte.

3.3.6.5 Alternatief 3, variant 7

De weg die aan de buitenzijde van dijk ligt kan bij de alternatieven 1 en 2 en variant 1 van alternatief 3 op de berm aangebracht worden. Afhankelijk van de benodigde breedte voor de weg is mogelijkserwijs een bredere berm nodig dan de berm van 4,50 m die bij de genoemde alternatieven gebruikt is.

Een bredere berm heeft als bijkomstig voordeel een iets lagere kruinhoogte.

Bij alternatief 1 is het voordeel ruimtewinst: de weg hoeft niet verderop op het haventerrein gereconstrueerd te worden.

Bij alternatief 2 brengt deze oplossing alleen extra kosten met zich mee.

Bij variant 1 van alternatief 3 is het voordeel dat de beschikbare ruimte groter is, zodat flauwere taluds mogelijk zijn, en de bekleding van het binnentalud achterwege kan blijven. Overigens zal de situatie ter plaatse nader bestudeerd moeten worden om te kunnen beoordelen of deze variant mogelijk is. Overleg met de gebruiker/eigenaar van de weg zal hiervoor ook nodig zijn.

3.3.7 Vak 7

3.3.7.1 Algemeen

Aan de binnenzijde van de dijk ter hoogte van vak 7 is het terrein opgehoogd en is bebouwing aanwezig. Hierdoor is de beschikbare ruimte aanzienlijk minder dan bij de andere vakken. Als extra variant is bij dit vak gekeken naar de mogelijkheid tot het toelaten van een groter overslagdebiet.

De golfbelasting en de mogelijke profielen zijn hetzelfde als voor vak 6.

3.3.7.2 Alternatief 1

Bij een buitenwaartse verzwaring kan de weg die aan de buitenzijde van de dijk ligt niet gehandhaafd blijven. De benodigde kruinhoogte kan door het aanbrengen van een berm verminderd worden. De breedte van het profiel veranderd niet door het aanbrengen van een berm.

3.3.7.3 Alternatief 2

Bij een binnenwaartse verzwaring dient aanwezige bebouwing verwijderd te worden.

3.3.7.4 Alternatief 3, variant 1

Bij het toepassen van een binnen- en buitentalud helling van 1:2 past het profiel niet in de beschikbare ruimte. Bij een kruinbreedte van 1 m zouden hellingen van 1:1,5 nodig zijn.

3.3.7.5 Alternatief 3, variant 2

Wanneer op het buitentalud stortsteen aangebracht wordt, en een buitentaludhelling van 1:2 wordt aangehouden, past het profiel juist binnen de beschikbare ruimte. Voor de sloot die aanwezig is tussen de buitentalud van de dijk en weg moet dan wel een andere oplossing gevonden worden.

3.3.7.5 Alternatief 3, variant 3

Het aanbrengen van een verticale wand geeft niet genoeg ruimtewinst bij vak 7. De weg aan de buitenzijde van de dijk moet evengoed gereconstrueerd worden.

3.3.7.6 Alternatief 3, variant 6

Het terrein aan de binnenzijde van de dijk ter hoogte van vak 7 is geheel verhard. Indien ook het binnentalud bekleed wordt (wat aannemelijk lijkt omdat de beschikbare ruimte zeer gering is, en er derhalve een steil talud toegepast zal gaan worden), kan een overslagdebiet tot 10 l/s/m toegelaten worden. Eventueel moet nog worden gezien of dit op het binnendijkse terrein tot problemen leidt.

De berekening van het overslagdebiet bij regelmatige golven kan niet volgens de methode uit [5] gebeuren, aangezien daar alleen over onregelmatige golven informatie gegeven wordt. In [4] wordt een methode gegeven waarmee het golfoverslag debiet bij regelmatige overslag berekend kan worden, echter de nauwkeurigheid daarvan is niet groot. Een globale indicatie van de winst in kruinhoogte door het toelaten van meer overslag kan er echter wel mee verkregen worden. Als in het definitieve ontwerp een criterium voor het overslagdebiet gehanteerd wordt, zal nog een nadere literatuurstudie nodig zijn.

Globaal kan met behulp van [4] berekend worden dat met een 0,2 m lagere kruinhoogte volstaan kan worden als een overslagdebiet van 10 l/s/m' toelaatbaar is. Dit geldt zowel voor een glad buitentalud als voor een talud dat met stortsteen bekleed is. De winst is derhalve vrij gering, en leidt bij geen van de

alternatieven tot andere conclusies met betrekking tot het ruimtebeslag. Bij 1:3 taluds wordt het profiel 1,20 m minder breed, bij 1:2 taluds is dat 0,80 m.

3.3.7.7. Alternatief 3, variant 7

Evenals bij vak 6 kan de weg op de berm aangelegd worden. Zie verder bij vak 6. In de tabel in bijlage 1 wordt een bermbreedte van 15 m genoemd. In feite kan de bermbreedte afhankelijk van de breedte die voor de weg nodig is gekozen worden.

4. Coupure op overgang vak 8 en vak 9

De verhoging voor de vakken 8 en 9 die nodig is kan gebeuren door de bestaande dijk te verhogen. Indien de ruimte het toelaat verdienen flauwere taluds de voorkeur. De benodigde kruinhoogte is 6.90 m+NAP (zie [1]).

Op de overgang van vak 8 naar vak 9 bevindt zich een coupure in de dijk. De coupure kan met behulp van een schuifdeur afgesloten worden. Door de coupure loopt een weg die toegang geeft tot het westelijke haventerrein, en tevens loopt een kraanbaan door de coupure.

De aanwezigheid van een coupure zal in het algemeen de veiligheid nadelig beïnvloeden, vanwege het feit dat de mogelijkheid bestaat dat de coupure niet of niet tijdig gesloten wordt. Er kan derhalve niet worden volstaan met simpelweg het afsluitmiddel, dat in de huidige situatie uit een schuifdeur bestaat, de vereiste kerende hoogte te geven.

Er zijn twee mogelijkheden voor versterking:

Alternatief 1.

De coupure laten vervallen en de twee dijkvakken op elkaar laten aansluiten. Aangezien de weg en de kraanbaan gehandhaafd dienen te blijven, zullen deze over de dijk heen moeten. Voor de kraanbaan is een zeer flauw verlopende op- en afrit vereist. Als hier niet voldoende ruimte voor is kan met behulp van verticale wanden eventueel voorkomen worden dat bebouwing verwijderd moet worden. In [2] is een mogelijke oplossing getekend.

Alternatief 2.

De coupure handhaven. Zoals gesteld is het niet voldoende alleen de schuifdeur, of een eventueel ander aan te brengen kerend middel, de benodigde kerende hoogte te geven. Er zal een risico-analyse uitgevoerd moeten worden, waarin aangegeven wordt hoe groot de faalkans van de coupure is, en hoe groot de invloed hiervan is op de kans op inundatie. Elementen die hierbij een rol spelen zijn:

- het waarschuwingssysteem; de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid hiervan,
- het bedieningssysteem; inclusief zaken als het oproepen van de mensen die de coupure bedienen.
- de faalkans van de coupure zelf; hierbij speelt onder andere de trefzekerheid van het sluitmechanisme een rol.

Met behulp van een risicoanalyse kan de kans op inundatie door falen van de kering de coupure berekend worden. Dit kan voor verschillende ontwerpen, inclusief de procedures die nodig zijn voor het op tijd afsluiten van de coupure, gebeuren.

Daarnaast dient een beslissing genomen te worden over de toelaatbare kans op inundatie door de coupure. Deze kans is gerelateerd aan de geldende dijkringfrequentie, en bedraagt daar meestal een fractie van. Aspecten die hierbij een rol spelen zijn onder andere het aantal 'kunstwerken' dat voorkomt in de dijkring en de berekeningsmethode.

Bij een volledig probabilistische rekenmethode volgens de dijkringfilosofie is het mogelijk een reële kans toe te kennen. Bij een deterministische methode, zoals tot nu toe gebruikelijk, wordt meestal een fractie van de dijkringfrequentie (1/10 of

1/100) als toelaatbaar geacht voor het falen van kunstwerken in een dijkkring.
Afhankelijk van de gekozen kans kan voor één van de ontwerpen gekozen worden.

In dit geval zal een kostenafweging een belangrijk criterium zijn voor het al dan niet toepassen van een coupure. De ervaring heeft geleerd dat een coupure meestal kostbaarder is dan een oplossing zonder coupure.

5. Dijkringfilosofie

In de voorgaande hoofdstukken is steeds uitgegaan van een dijkvakbenadering, zoals in de ontwerppraktijk tot nu toe gebruikelijk is. Dit houdt in dat voor ieder dijkvak voldaan wordt aan de gestelde normen. Hiermee is echter nog geen duidelijkheid over de veiligheid voor de gehele dijkkring, in dit geval Walcheren.

Dit is de reden waarom momenteel nieuwe rekenmethodes geïntroduceerd worden, waarin een dijkkring als één geheel beschouwd wordt.

Bijkomende voordelen van een dergelijke rekenmethode zijn dat genuanceerder ontworpen kan worden en dat er enige variatie in kruinhoogten mogelijk is.

Wanneer dezelfde norm en hetzelfde sterktecriterium gehanteerd wordt in een dijkkringbenadering als in een dijkvakbenadering, kan gesteld worden dat de kruinhoogten volgend uit een dijkvakbenadering een minimumeis zijn in een dijkkringbenadering. Bij een dijkkring als Walcheren is slechts één maatgevende belasting te verwachten, namelijk stormvloeden bij wind uit het noordwesten. Het gevolg hiervan is dat het verschil in kruinhoogten tussen de twee benaderingen niet groot zal zijn vergeleken met bijvoorbeeld het benedenrivierengebied.

De praktische uitwerkingen van een dijkkringberekening voor de kruinhoogten vergt een aanzienlijke inspanning. Er dienen onder andere veel meer statistische gegevens bekend te zijn dan bij een berekening per dijkvak. Een bijkomend probleem is dat de waterkering rond Walcheren niet alleen door dijken gevormd wordt, maar ook door duinen. Voor een dergelijke dijkkring zijn momenteel nog geen ervaringen opgedaan omtrent dijkkringberekeningen. Verder zal ook het op een juiste wijze in rekening brengen van de gecompliceerde golfaanval bij zeedijken en met name in een haven nadere studie vergen.

Er kan derhalve niet verwacht worden dat op korte termijn een dijkkringberekening voor Walcheren haalbaar is.

6. Samenvatting en Conclusies

Voor de versterking van de waterkering aan de noord- en oostzijde van de Buitenhaven van Vlissingen zijn een aantal alternatieven globaal uitgewerkt. Het doel hiervan is het aantal bijkomende werken, zoals de reconstructie van wegen, en de benodigde grondverwerving zoveel mogelijk te beperken. Hiertoe zijn profielen beschouwd die afwijken van de gebruikelijke profielen met taludhellingen van 1:3. Ruimtewinst kan verkregen worden door het toepassen van steilere taluds. Voor de binnentaluds komt dit neer op het toelaten van relatief meer golfoverslag. Ook door het verminderen van de golfoploop door het toepassen van stortsteen op het buitentalud kan ruimtewinst verkregen worden. Een derde mogelijkheid om ruimte te winnen is het toepassen van een verticale wand in de oploopzone.

In het algemeen kan gesteld worden dat zonder verder detaillering het niet mogelijk is te concluderen of het zinvol is een uitgekiend ontwerp toe te passen.

Het blijkt niet mogelijk te zijn voor het vak dat aansluit op de waterkering van de Zuidwatering (vak 1) een alternatief op te stellen dat binnen de beschikbare ruimte past. Dat wil zeggen dat ter hoogte van vak 1 de weg aan de binnenzijde of de weg aan de buitenzijde van de dijk gereconstrueerd moet worden. Dit geldt ook voor het zuidelijke deel van vak 2. Op de overgang van vak 1 naar vak 2 gaat de weg over de dijk heen. Reconstructie van deze overgang is altijd nodig.

Voor de overige dijkvakken lijkt het bij de gedane aannamen omtrent de geometrie wel mogelijk een alternatief op te stellen waarbij reconstructie van wegen achterwege kan blijven. Dit alternatief behelst het aanbrengen van stortsteen op het buitentalud, gecombineerd met binnentaluds steiler dan 1:3. Voor een deel zullen de binnentaluds hierbij bekleed moeten worden. Een afweging van de kosten zal uit moeten wijzen of dit opweegt tegen het achterwege laten van de reconstructie van de weg.

Worden uitsluitend steilere taluds toegepast, dan is bij een aantal vakken juist wel en bij een aantal vakken juist niet genoeg ruimte. Meer gedetailleerde informatie en verdere detaillering van dit alternatief zal uit moeten wijzen of bij dit alternatief de weg gereconstrueerd moet worden.

Het aanbrengen van verticale wanden in de oploopzone geeft profielen die iets meer of iets minder ruimte in beslag nemen dan het alternatief met steilere taluds. Ook hier zal verdere detaillering en nadere informatie uitsluitsel moeten geven over de mogelijkheid tot behoud van de bestaande weg.

Bij de vakken 6 en 7 is een goed alternatief de weg aan de buitenzijde van de dijk op de berm aan te leggen. Het voordeel hiervan is dat meer ruimte voor de versterking beschikbaar komt. Nadere bestudering van de situatie ter plekke en overleg met de gebruiker/eigenaar van de bestaande weg zal nodig zijn voor het verder uitwerken van dit alternatief.

De coupure op de overgang tussen de vakken 8 en 9 kan indien gewenst gehandhaafd worden. Er dient dan wel een risicoanalyse uitgevoerd te worden. Het lijkt niet waarschijnlijk dat het handhaven van de coupure zal leiden tot vermindering van de kosten.

Een dijkringbenadering voor de dijkring Walcheren, waar de waterkering rond de Buitenhaven deel van uitmaakt, is alleen al uit praktische overwegingen niet haalbaar, gezien de relatief korte termijn waarbinnen de versterkingen gerealiseerd dienen te worden. Het praktisch uitwerken van een dijkringberekening voor Walcheren vergt nog een aanzienlijke hoeveelheid voorstudie. Een dijkringbenadering zal in het algemeen tot hogere kruinhoogten leiden, wanneer dezelfde normen en dezelfde sterkte criteria gehandhaafd worden als bij een dijkvakbenadering.

7. Literatuur

- [1] P. Roelse, 'Vereiste kruinhoogten waterkering Buitenhaven Vlissingen',
RWS-DGW notitie GWWS-90.13127, concept 13 juli 1990.
- [2] 'Buitenhaven Vlissingen', verhogen hoogwaterkering,
situatietekening met profielen, RWS dir. Zeeland, tekeningnr.
ZLNW 1990-1081.
- [3] K.W. Pylarczyk, 'Design of seawalls and dikes', in: 'Coastal Protection', proceedings of the short course on coastal protection, Delft University of Technology/ 30 june - 1 july 1990, Rotterdam 1990.
- [4] 'Shore Protection Manual', Coastal Engineering Research Centre, Vicksburg-Mississippi, 1984.
- [5] 'Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken', Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, Den Haag, 1985, 1989.
- [6] 'Golfoploop en golfoverslag', Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, Den Haag, 1972

BIJLAGE 1: overzicht profielen

	vak 1		vak 2		vak 3		vak 4		vak 5		vak 6		vak 7	
Alternatief 1/2: gangbaar deltaprofiel														
kruinhoogte	10.50	9.50	9.65 / 7.25		7.25		8.00	7.50	7.85	7.50	8.25	7.50	8.25	7.50
buitentalud	1:4	1:4	1:4 / 1:3		1:3		1:3	1:3	1:3	1:3	1:3	1:3	1:3	1:3
binnentalud	1:3	1:3	1:3		1:3		1:3	1:3	1:3	1:3	1:3	1:3	1:3	1:3
bermbreedte	-	10.5	10.5/ 0		-		2		-	2	-	4.50	-	4.50
breedte prof	56	59	59 / 32.0		32.0		36.5	35.5	35.6	35.5	38.4	36.4	26.8	26.8
Alternatief 3 variant 1: steilere taluds, variant 6: bij de vakken 1,6 en 7 de weg aan de buitenzijde op de berm														
kruinhoogte			9.50 / 7.50		7.50		8.10	7.50	7.85	7.50	8.25	7.50 (1)	8.25	7.30 (2)
buitentalud			1:4 / 1:2.6		1:2.6		1:2.5	1:2.5	1:2.5	1:2.5	1:2.5	1:2.5	1:2	1:2.5
binnentalud			1:2.5		1:2.5		1:2	1:2	1:2	1:2	1:2	1:2	1:2	1:2
bermbreedte			-		-		-	2	-	2	-	4.50	-	15
breedte prof			59 / 28.6		28.6		27.4	26.7	28.2	26.7	26.9	28.0	18.6	31.3
Alternatief 3 variant 2: stortsteen op buitentalud														
kruinhoogte	9.50/8.70	9.50/8.15	8.15 / 6.90		6.90		7.15	7.15	7.05	7.05	7.30	7.30	7.30	7.30
buitentalud	1:4	1:4	1:4 / 1:3		1:3		1:3	1:3	1:3	1:3	1:3	1:3	1:3	1:2 (3)
binnentalud	1:2.5	1:2.5	1:2.5		1:2.5		1:2.5	1:2	1:2.5	1:2	1:2.5	1:2	1:2	1:2
bermbreedte	-	0/10.5	10.5- 0		-		-	-	-	-	-	-	-	-
breedte prof	42/39	42/44	44 / 26.6		26.6		28.0	24.6	27.4	24.05	27.85	24.45	17.9	13.8
Alternatief 3 variant 3: verticale wand in de oploophoeft (4)														
kruinhoogte			8.20 / 6.90		6.90		7.60		7.50		7.50		7.50	
buitentalud			1:4 / 1:3		1:3		1:3		1:3		1:3		1:3	
binnentalud			1:3		1:3		1:3		1:3		1:3		1:3	
bermbreedte			10.5- 0		-		-		-		-		-	
breedte prof			44 / 26.3		25.7		28.4		28.1		27.7		16.9	
Gegevens huidige situatie														
buitentalud			1:2.6		1:2.5		1:2.5				1:2.7			
teen buiten	4.70		4.20		4.40		4.20		4.20*		4.35		4.10	
teen binnen	0.30*		0.30		0.30*		0.30*		0.30*		0.70		4.13	
beschikbare ruimte	23*		28*		28*		28*		28*		26*		14*	

bijlage 1: Profielgegevens voor de diverse alternatieven en varianten en gegevens van het huidige dijkprofiel.

Alle lengtematen in [m], hoogtematen in [m+NAP].

Voor een toelichting en definitieschetsen van de profielen zie de volgende bladzijden.

BIJLAGE 1

toelichting:

breedte prof : De benodigde breedte voor het profiel van de teen aan de binnenzijde tot de teen aan de buitenzijde
beschikbare ruimte : zie tekst
teen buiten : Hoogte van de buitenteen
teen binnen : Hoogte van de binnenteen

De aanduiding a/b betekent dat de betreffende waarde verloopt van a naar b. Dit komt voor bij vak 1 door aansluiting op de waterkering van de Zuidwatering en bij vak 2 door de aansluiting op vak 1.

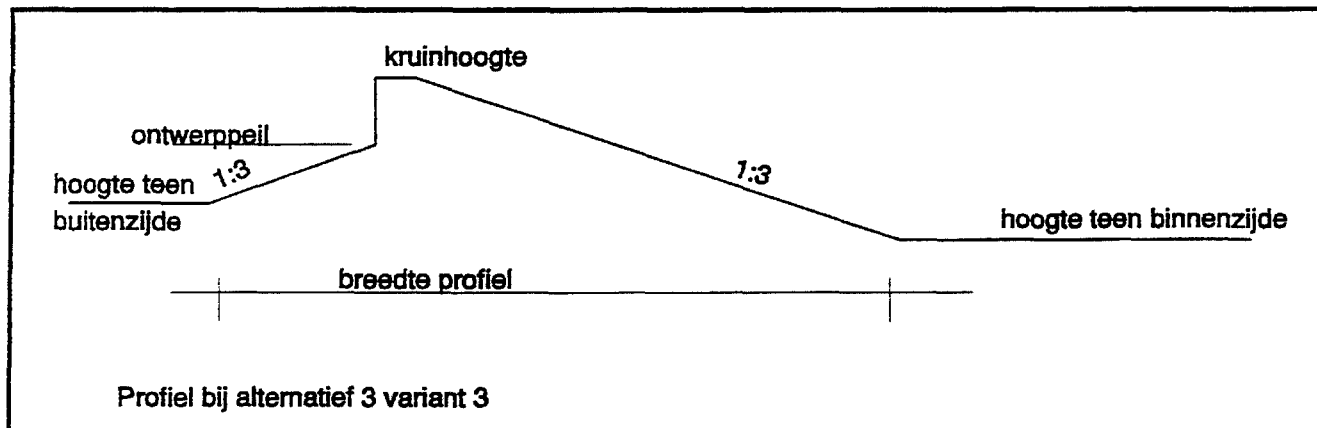
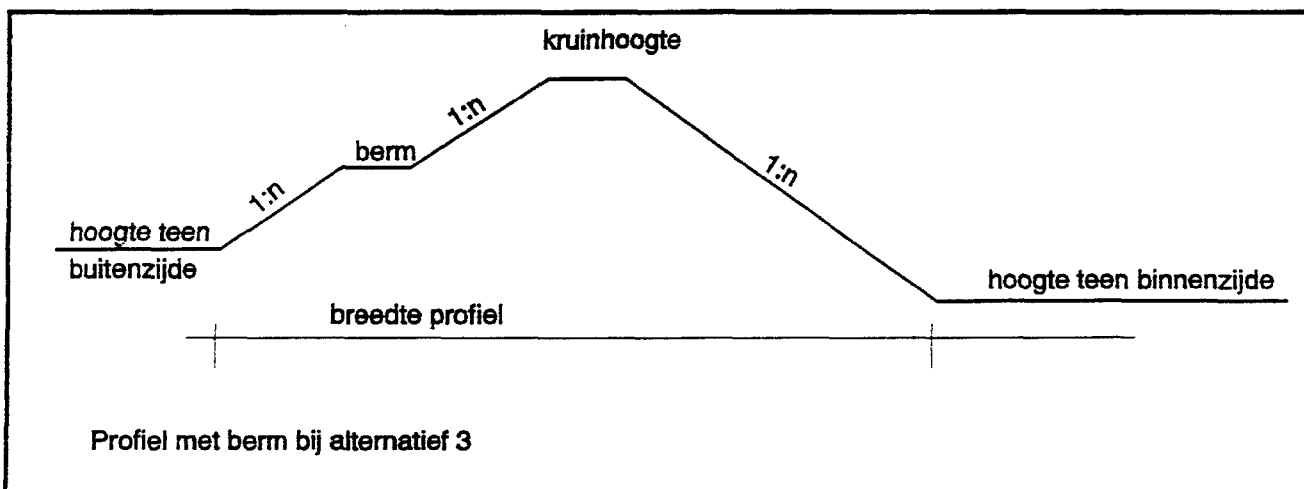
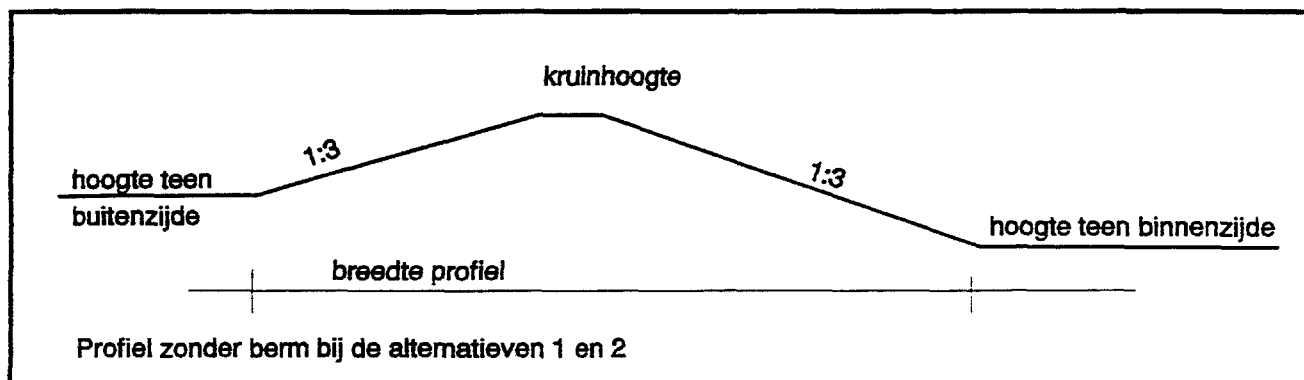
bron gegevens huidige situatie: [1], de waarden gemerkt met * zijn aangenomen op basis van 2.

noten:

- (1) Deze combinatie van kruinhoogte en bermbreedte is bij vak 7 ook mogelijk
- (2) Deze combinatie van kruinhoogte en bermbreedte is bij vak 6 ook mogelijk
- (3) :De dikte van de stortsteen wordt dan : $D_{50} = 0.40$ m
- (4): De benodigde kruinhoogten bij deze variant moeten nader onderzocht worden, hier zijn slechts geschatte waarden vermeld.

Voor verdere toelichting wordt naar de tekst verwezen.

BIJLAGE 1



Definitie schetsen van diverse profielen
niet op schaal

BIJLAGE 2 : overzicht van de van toepassing zijnde
elementen per dijkvak en per alternatief.

In deze bijlage wordt per vak en per alternatief aangegeven welke werkzaamheden nodig zijn en welke elementen in het alternatief voorkomen.

Als maat voor de benodigde grondverwerving, in procenten ten opzichte van alternatief 1, is de afstand tussen de binnen- en de buitenteen in het alternatief minus die afstand in de huidige situatie aangegeven.

Overigens zijn er per alternatief of variant nog diverse mogelijkheden, zoals onder andere uit de tabel in bijlage 1 blijkt. In de onderstaande overzichten is steeds voor één van die mogelijkheden gekozen.

Verder geldt in het algemeen nog dat bij een buitenwaartse verzwaring minder grondaanvulling nodig is dan bij een binnenwaartse verzwaring, omdat het haventerrein opgehoogd is.

Overzicht vak 1

	grondverwerving	reconstructie weg binnen	reconstructie weg buiten	stortsteen buitentalud	bekleed binnentalud	reconstructie binnentalud	reconstructie buitentalud	vertikale elementen	opmerkingen
Alternatief 1	buitendijks 100%	nee	ja	nee	nee	ja	ja	nee	(1)
Alternatief 2	binnendijks 100%	ja	nee	nee	nee	ja	ja	nee	
Alternatief 3 variant 2 variant 4 variant 7	binnendijks 63% binnendijks 55% buitendijks 60%	ja ja nee	nee nee ja	ja ja nee	nee nee nee	ja ja nee	ja ja ja	nee nee nee	(2) (2)(3) (4)

(1) Amovatie van bebouwing nodig

(2) De weg gaat over de dijk heen, zodat reconstructie altijd nodig is, ook van een deel van de weg buitendijks.

(3) Bovendien aanpassen van de waterkering van de Zuidwatering

(4) Afhankelijk van verdere detaillering mogelijk amovatie bebouwing nodig

Overzicht vak 2

	grondverwerving (1)	reconstructie weg binnen(2)	stortsteen buitentalud	bekleed binnentalud	reconstructie binnentalud	reconstructie buitentalud	vertikale elementen	opmerkingen
Alternatief 1	buitendijks 100%	nee	nee	nee	ja	ja	nee	(3)
Alternatief 2	binnendijks 100%	ja	nee	nee	ja	ja	nee	
Alternatief 3 variant 1 variant 2 variant 3 variant 5	binnendijks 70% binnendijks 50% binnendijks 50% binnendijks 50%	ja nee nee nee	nee ja nee ja	nee nee nee nee	ja ja ja ja	nee ja ja ja	nee nee ja nee	

(1) Deze waarden gelden voor de noordzijde van vak 2.

(2) Er loopt geen weg buitendijks, maar de weg gaat bij de overgang naar vak 1 over de dijk heen. Reconstructie van deze overgang is bij ieder alternatief nodig.

(3) Amovatie van bebouwing (olietanks) nodig

Overzicht vak 3

	grondverwerving	reconstructie weg binnen	stortsteen buitentalud	bekleed binnentalud	reconstructie binnentalud	reconstructie buitentalud	vertikale elementen	opmerkingen
Alternatief 1	buitendijks 100%	nee	nee	nee	ja	ja	nee	(1)
Alternatief 2	binnendijks 100%	ja	nee	nee	ja	ja	nee	
Alternatief 3 variant 1	binnendijks 80%	ja	nee	nee	ja	nee	nee	
variant 2	binnendijks 70%	nee	ja	nee	ja	ja	nee	
variant 3	binnendijks 60%	nee	nee	nee	ja	ja	ja	

(1) Amovatie van bebouwing nodig

Overzicht vak 4

	grondverwerving	reconstructie weg binnen	stortsteen buitentalud	bekleed binnentalud	reconstructie binnentalud	reconstructie buitentalud	vertikale elementen	opmerkingen
Alternatief 1	buitendijks 100%	nee	nee	nee	ja	ja	nee	(1)
Alternatief 2	binnendijks 100%	ja	nee	nee	ja	ja	nee	
Alternatief 3 variant 1	binnendijks 50%	nee	nee	ja	ja	nee	nee	
variant 2	binnendijks 40%	nee	ja	ja	ja	ja	nee	
variant 3	binnendijks 55%	ja	nee	nee	ja	ja	ja	

(1) Amovatie van bebouwing nodig

Overzicht vak 5

	grondverwerving	reconstructie weg binnen	reconstructie weg buiten	stortsteen buitentalud	bekleed binnentalud	reconstructie binnentalud	reconstructie buitentalud	vertikale elementen	opmerkingen
Alternatief 1	buitendijks 100%	nee	deels	nee	nee	ja	ja	nee	(1)
Alternatief 2	binnendijks 100%	deels	nee	nee	nee	ja	ja	nee	
Alternatief 3 variant 1	binnendijks 45%	nee	nee	nee	ja	ja	nee	nee	
variant 2	binnendijks 25%	nee	nee	ja	ja	ja	ja	nee	
variant 3	binnendijks 50%	deels	nee	nee	nee	ja	ja	ja	

(1) Bovendien is reconstructie van een weg aan de buitenzijde nodig.

Overzicht vak 6

	grondverwerving	reconstructie weg binnen	reconstructie weg buiten	stortsteen buitentalud	bekleed binnentalud	reconstructie binnentalud	reconstructie buitentalud	vertikale elementen	opmerkingen
Alternatief 1	buitendijks 100%	nee	ja	nee	nee	ja	ja	nee	
Alternatief 2	binnendijks 100%	ja	nee	nee	nee	ja	ja	nee	
Alternatief 3 variant 1	binnendijks 40%	nee	nee	nee	ja	ja	nee	nee	
variant 2	binnendijks 35%	nee	nee	ja	ja	ja	ja	nee	
variant 3	binnendijks 40%	ja	nee	nee	nee	ja	ja	ja	
variant 7	buitendijks >40%	nee	ja	nee	ja	ja	ja	nee	

Overzicht vak 7

	grondverwerving	reconstructie weg buiten	stortsteen buitentalud	bek leed binnentalud	reconstructie binnentalud	reconstructie buitentalud	vertikale elementen	opmerkingen
Alternatief 1	buitendijks 100%	ja	nee	nee	ja	ja	nee	
Alternatief 2	binnendijks 100%	nee	nee	nee	ja	ja	nee	
Alternatief 3								
variant 1	buitendijks 45%	ja	nee	ja	ja	ja	nee	
variant 2	buitendijks 15%	nee	ja	ja	ja	ja	nee	(1)
variant 3	buitendijks 60%	ja	nee	nee	ja	ja	ja	
variant 6	buitendijks 40%	ja	ja	ja	ja	ja	nee	
variant 7	buitendijks 120%	ja	nee	ja	ja	ja	nee	(2)

- (1) Bovendien reconstructie van de sloot aan de buitenzijde van de dijk nodig
(2) Grondverwerving inclusief de weg aan de buitenzijde van de dijk

Bijlage 3 - Berekeningen

De golfrandvoorwaarden en voor zover van toepassing de golfoploopberekeningen zijn overgenomen uit de notitie 'Kruinhoogten waterkering Buitenhaven Vlissingen', GWWS - 90.13127, van DGW Middelburg, P. Roelse. In Appendix A van genoemde notitie staan de kruinhoogte berekeningen. Voor de duidelijkheid worden deze berekeningen hier, zonder toelichting, gedeeltelijk herhaald.

1. Vak 1

Alternatief 1 en 2

* golfaanval vanuit de havenmond

Randvoorwaarden:

$$H_s = 1,22 \text{ m}$$

$$T_s = 9 \text{ s.}$$

invalshoek noordelijk deel 40°

invalshoek zuidelijk deel 50°

golfoploop:

De maximale reductie treedt op bij $H_s = \text{waterdiepte} = 1.10 \text{ m}$

$$z_h = 0,71.9.(g.1,10)^{0,5}.1/4(\cos 30^\circ) = 4,55 \text{ m}$$

golfoploofformule: $C(\epsilon) \cdot T_p \cdot \sqrt{g H_s}$ aan α

* lokaal opgewekte golven

$$H_s = 0,60 \text{ m}$$

strijkgolven

$$z_w = H_s = 0,60 \text{ m}$$

* totale golfoploop

$$z_t = (4,55^2 + 0,60^2)^{0,5} = 4.59 \text{ m}$$

* kruinhoogte

K = maatgevende waterstand + golfoploop + zetting =

$$= 5,70 + 4.59 + 0,20 = 10,50 \text{ m+NAP}$$

Alternatief 3 variant 2: reductie door stortsteen:

* golfaanval vanuit de havenmond : $z_{bo} = 0,6.4.55 = 2.73 \text{ m}$

* lokaal opgewekte golven : $z_w = H_s = 0,6 \text{ m}$

$$*** \text{ Totale golfoploop : } z_t = (2,73^2 + 0,60^2)^{0,5} =$$

$$2.80 \text{ m} * \text{ Kruinhoogte : } K = 5,70 + 2,80 + 0,20 =$$

$$8,70 \text{ m+NAP}$$

Alternatief 3 variant 7: Berm in het buitentalud

Fictieve golfhoogte welke $z = 4.55$ geeft : $H_f = 1,10 \text{ m}$ (zie boven).

$$T_{gem} = 6 \text{ s, } L_0 = 56 \text{ m}$$

$$\text{bermbreedte} = 10 \text{ m}$$

* golfaanval uit de havenmond:

$$z_h = 0,71.9.(g.1,1)^{0,5}.1/4.(\cos 30^\circ - 10,5/56) = 3,56 \text{ m}$$

$$\text{reductie door stortsteen : } z_h = 0,6.3,56 = 2,14 \text{ m}$$

* lokaal opgewekte golven: $z_w = H_s = 0,6 \text{ m}$

$$* \text{ totale waakhoogte : } z_t = (2,14^2 + 0,60^2)^{0,5} = 2,22 \text{ m}$$

$$* \text{ kruinhoogte : } K = 5,70 + 2,22 + 0,20 = 8,15$$

m+NAP

Overig varianten

Bij een golfinvalshoek van 50° wordt de kruinhoogte:

In het zuidelijke deel van vak 1 is de golfinvalshoek groter, geschat op 50° .

*** golfaanval vanuit de havenmond:**

$$z_h = 0,71.9.(g.1.10)^{0,5}.1/4.\cos 40^\circ = 4,02 \text{ m}$$

*** lokaal opgewekte golven:** $z_w = H_s = 0,6 \text{ m}$

*** totale waakhogte :** $z_t = (4.02^2 + 0,60^2)^{0,5} = 4.06$

*** Kruinhoogte :** $K = 5,70 + 4,06 + 0,20 = 10,00 \text{ m}$

Verhoogd haventerrein

Stel terreinhoogte is 5,10 m+NAP (0,50 m hoger dan in de voorgaande berekeningen).

De waterdiepte is dan : $d = 5,70 - 5,10 = 0,60 \text{ m}$

voor alternatief 1 en 2 :

*** golfaanval vanuit de havenmond:**

$$z_h = 0,71.9.(g.0,6)^{0,5}.1/4.\cos 30^\circ = 3,36 \text{ m}$$

*** lokaal opgewekte golven:** $z_w = H_s = 0,60 \text{ m}$

*** totale waakhogte :** $z_t = (3,36^2 + 0,60^2)^{0,5} = 3,41 \text{ m}$

*** Kruinhoogte :** $K = 5,70 + 3,41 + 0,20 = 9,30 \text{ m}$
(1,20 m lager dan alternatief 1/2)

2. Vak 2 (noordelijk deel)

Alternatief 1 en 2

* **Golfaanval via de havenmond, regelmatige golven (aannee), strijkgolven:**

$$z_h = H_s = 0,60 \text{ m}$$

* **Lokaal opgewekte golven, invalshoek 45° :**

$$z_w = 0,74 \cdot 2,43 (g \cdot 0,60)^{0,5} \cdot 1/3 \cdot \cos 35^\circ = 1,19 \text{ m}$$

* **totale waakhoogte : $z_t = 1,33 \text{ m+NAP}$**

* **Kruinhoogte : $K = 5,70 + 1,33 + 0,20 = 7,25 \text{ m+NAP}$**

Alternatief 3 variant 1: steilere taluds

buitentaludhelling 1:2,5: $z_w = 1,19 \cdot 3/2,5 = 1,43 \text{ m}$

$$z_h = 0,60 \text{ m}$$

$$z_t = 1,55 \text{ m}$$

Kruinhoogte : $K = 5,70 + 1,55 + 0,20 = 7,45 \text{ m+NAP}$

Alternatief 3 variant 2: reductie door stortsteen

$$z_h = 0,60 \text{ m}$$

$$z_w = 0,6 \cdot 1,19 = 0,714 \text{ m}$$

$$z_t = 0,93 \text{ m, minimaal 1 m aanhouden}$$

Kruinhoogte $K = 5,70 + 1,00 + 0,20 = 6,90 \text{ m+NAP}$

Alternatief 3 variant 3: verticale wand in de oploopzone.

de waterstand aan de teen van de verticale wand $d = 0$.

* **golfaanval vanuit de havenmond**

strijkgolven

$$z_h = H_s = 0,60 \text{ m}$$

* **lokaal opgewekte golven**

$$H_0/gT^2 = 0,6/g \cdot 2,43^2 = 0,01$$

Schatting voor de golfoploop:

Volgens figuur 7.14 uit [4] geldt dan $z/H_0 = 0,65$

$$z_h = 0,65 \cdot 0,6 = 0,4 \text{ m}$$

* **totale waakhoogte: $z_t = (0,60^2 + 0,4^2)^{0,5} = 0,72 \text{ m}$, minimum waakhoogte 1 m**

* **de kruinhoogte: $K = 5,70 + 1, + 0,2 = 6,90 \text{ m+NAP}$**

3. Vak 3

Alternatief 1 en 2

Uitsluitend lokaal opgewekte windgolven, invalshoek 10^0

$$z_w = 0,74 \cdot 2,25 (g \cdot 0,60)^{0,5} \cdot 1/3 = 1,35 \text{ m}$$

$$\text{Kruinhoogte K} = 5,70 + 1,35 + 0,20 = 7,25 \text{ m+NAP}$$

Alternatief 3 variant 1: Steilere taluds

Buitentalud 1:2,5:

$$z_w = 1,35 \cdot 3/2,5 = 1,62$$

$$\text{Kruinhoogte K} = 5,70 + 1,62 + 0,20 = 7,55 \text{ m+NAP}$$

Alternatief 3 variant 2: Oploopreductie door stortsteen

$$z_w = 0,6 \cdot 1,35 = 0,81, \text{ minimum waakhoogte} = 1 \text{ m}$$

$$\text{Kruinhoogte K} = 5,70 + 1,00 + 0,20 = 6,90 \text{ m+NAP}$$

Alternatief 3 variant 3: Vertikale wand in de oploopzone

$$z_w = 0,65 \cdot 0,6 = 0,40 \text{ m, zie vak 2, minimum waakhoogte } 1 \text{ m}$$

$$\text{De kruinhoogte K} = 5,70 + 1,00 + 0,2 = 6,90 \text{ m+NAP}$$

4. Vak 4

Alternatief 1 en 2

*** golfaanval vanuit de havenmond**

Berekening met regelmatige golven (aanname).

waterdiepte op het haventerrein : $d = 5,70 - 4,20 = 1,50$ m

golfhoogte $H = 0,4d = 0,6$ m.

$d/H = 1,50/0,6 = 2,5$, figuur II.5.2 uit [6] is hierop van toepassing.

$$H/gT^2 = 0,6/gT^2 = 0,00076$$

Uit de figuur volgt: $z/H = 3,9$,

$$z_h = 3,9 \cdot 0,6 \cdot \cos 35^\circ = 1,92 \text{ m}$$

*** lokaal opgewekte windgolven**

$$z = 0,74 \cdot 2,25(g \cdot 0,6)^{0,5} 1/3 \cdot \cos 50^\circ = 0,87 \text{ m}$$

$$\text{* totale waakhoogte: } z_t = (1,92^2 + 0,87^2)^{0,5} = 2,11 \text{ m}$$

$$\text{* Kruinhoogte: } K = 5,70 + 2,11 + 0,20 = 8,00 \text{ m+NAP}$$

- Met berm:

bermbreedte $B = 2$ m

*** golfaanval vanuit de havenmond**

$$B/(H_0 L_0)^{0,5} = 2/(0,6 \cdot 126)^{0,5} = 0,23.$$

Volgens figuur II.5.23 uit [6] is de reductie ten gevolge van de berm dan: $r = 0,75$

$$z_h = 0,75 \cdot 1,92 = 1,44 \text{ m}$$

*** golfaanval door lokaal opgewekte golven**

$$z_w = 0,74 \cdot 2,25(g \cdot 0,60)^{0,5} 1/3 (\cos 50^\circ - 2/10,5) = 0,61 \text{ m}$$

$$\text{* totale waakhoogte: } z_t = (1,44^2 + 0,61^2)^{0,5} = 1,56 \text{ m}$$

$$\text{* Kruinhoogte: } K = 5,70 + 1,56 + 0,20 = 7,45 \text{ m+NAP}$$

Alternatief 3 variant 1: steilere taluds

Blijkens figuur II.5.2 uit [6] hangt de golfoploop nauwelijks af van de taludhelling bij bovengenoemde waarde voor H/gT^2 , voor taludhellingen tussen 1:1,5 en 1:4. De waakhoogte ten gevolge van lokaal opgewekte windgolven verandert wel.

$$z_h = 1,92 \text{ m}$$

$$z_w = 0,87 \cdot 3/2,5 = 1,04 \text{ m}$$

$$z_t = (1,92^2 + 1,04^2)^{0,5} = 2,19 \text{ m}$$

$$\text{Kruinhoogte } K = 5,70 + 2,19 + 0,20 = 8,10 \text{ m+NAP}$$

Alternatief 3 variant 2: oploopreductie door stortsteen

$$z_h = 0,6 \cdot 1,92 = 1,15 \text{ m}$$

$$z_w = 0,6 \cdot 0,87 = 0,52 \text{ m}$$

$$z_t = (1,15^2 + 0,52^2)^{0,5} = 1,26 \text{ m}$$

$$\text{Kruinhoogte K} = 5,70 + 1,26 + 0,20 = 7,15 \text{ m+NAP}$$

Alternatief 3 variant 3: verticale wand in de oploopzone

De waterdiepte aan de teen van de verticale wand $d = 0$.

*** golfaanval vanuit de havenmond**

$$H_0/gT^2 = 0,6/g9^2 = 0,00076$$

Schatting voor de golfoploop:

Volgens figuur 7.14 uit [4] geldt dan $z/H_0 = 2,6$

$$z_h = 2,6 \cdot 0,6 = 1,56 \text{ m}$$

*** lokaal opgewekte golven**

$$H_0/gT^2 = 0,6/g \cdot 2,25^2 = 0,01$$

Schatting voor de golfoploop:

Volgens figuur 7.14 uit [4] geldt dan $z/H_0 = 0,65$

$$z_h = 0,68 \cdot 0,6 = 0,4 \text{ m}$$

$$\text{* totale waakhoogte: } z_t = (1,56^2 + 0,4^2)^{0,5} = 1,61 \text{ m}$$

$$\text{* de kruinhoogte: } K = 5,70 + 1,61 + 0,2 = 7,50 \text{ m+NAP}$$

5. Vak 5

Alternatief 1 en 2

Alleen golfaanval vanuit de havenmond, invalshoek 45°

$$H_0/gT^2 = 0,00076.$$

Volgens figuur II.5.2 van [6] geldt dan : $z/H_0 = 3,9$.

$$z_h = 3,9 \cdot 0,6 \cdot \cos 35^\circ = 1,92 \text{ m}$$

$$\text{De kruinhoogte K} = 5,70 + 1,92 + 0,20 = 7,85 \text{ m+NAP}$$

- met berm:

Zie vak 4, bij een bermbreedte $B = 2 \text{ m}$ is de reductie $r = 0,75$.

$$z_h = 0,75 \cdot 1,92 = 1,44 \text{ m}$$

$$\text{De kruinhoogte K} = 5,70 + 1,44 + 0,20 = 7,34 \text{ m+NAP.}$$

Alternatief 3 variant 1: steilere taluds

Bij een buitentalud van 1:2,5 kan dezelfde kruinhoogte aangehouden worden (zie vak 4).

Alternatief 3 variant 2: oploopreductie door stortsteen

$$z_h = 0,6 \cdot 1,92 = 1,15 \text{ m}$$

$$\text{De kruinhoogte K} = 5,70 + 1,15 + 0,2 = 7,05 \text{ m+NAP}$$

Alternatief 3 variant 3: verticale wand in de oploopzone

$$z_h = 2,6 \cdot 0,6 = 1,56 \text{ m, zie vak 4}$$

$$\text{De kruinhoogte } K = 5,70 + 1,56 + 0,2 = 7,50 \text{ m+NAP}$$

6. Vak 6

Alternatief 1 en 2

Alleen golfaanval vanuit de havenmond, inval loodrecht.

$$z/H_0 = 3,9 \text{ (zie vak 5)}$$

$$z_h = 3,9 \cdot 0,6 = 2,34 \text{ m}$$

$$\text{De Kruinhoogte } K = 5,70 + 2,34 + 0,2 = 8,25 \text{ m+NAP}$$

Alternatief 3 variant 1: steilere taluds

Bij een buitentalud van 1:2,5 kan dezelfde kruinhoogte aangehouden worden, zie vak 4.

Alternatief 3 variant 2: oploopreductie door stortsteen

$$z_h = 0,6 \cdot 2,34 = 1,40 \text{ m}$$

$$\text{De kruinhoogte } K = 5,70 + 1,40 + 0,20 = 7,30 \text{ m+NAP}$$

Alternatief 3 variant 3: verticale wand in de oploopzone

$$z_h = 2,6 \cdot 0,6 = 1,56 \text{ m, zie vak 4}$$

$$\text{De kruinhoogte } K = 5,70 + 1,56 + 0,2 = 7,50 \text{ m+NAP}$$

Alternatief 3 variant 7: berm in het buitentalud

$$\text{- Bermbreedte } B = 4,50 \text{ m}$$

$B/(H_0 L_0)^{0,5} = 0,51$. Uit figuur II.5.23 van [6] volgt dan de reductie factor voor de oploop $r = 0,68$.

$$z_h = 0,68 \cdot 2,34 = 1,59.$$

$$\text{De kruinhoogte } K = 5,70 + 1,59 + 0,2 = 7,50 \text{ m+NAP.}$$

$$\text{- Bermbreedte } B = 15 \text{ m}$$

$B/(H_0 L_0)^{0,5} = 1,72$. Uit figuur II.5.23 van [6] volgt dan de reductie factor voor de oploop $r = 0,6$.

$$z_h = 0,6 \cdot 2,34 = 1,40.$$

$$\text{De kruinhoogte } K = 5,70 + 1,40 + 0,2 = 7,30 \text{ m+NAP.}$$

7. Vak 7

Alternatief 1 en 2

Zie vak 6.

Alternatief 3 variant 1: steilere taluds

Zie vak 4 en 6. Eventueel kan met een taludhelling van 1:2 volstaan worden bij dezelfde kruinhoogte.

Alternatief 3 variant 2 en 3

Zie vak 6

Alternatief 3 variant 3: toelaatbaar overslagdebiet verhogen

Regelmatige golven.

Toelaatbaar overslagdebiet $Q = 10 \text{ l/s/'m}$

$$H_0/gT^2 = 0,00076$$

$$d/H_0 = (5,70 - 4,10)/0,60 = 2,67$$

Met behulp van figuur 7.25 en formule 7.10 uit [4] volgt een schatting voor het overslagdebiet bij een buitentalud van 1:1,5:

Bij een waakhogte $z = 2,15 \text{ m}$ is het overslagdebiet $Q \approx 9 \text{ l/s/m}$

$$\text{De kruinhoogte } K = 5,70 + 2,15 + 0,2 = 8.05 \text{ m+NAP}$$

Met behulp van figuur 7.28 en formule 7.10 uit [4] volgt een schatting van het overslagdebiet bij een buitentalud van 1:1,5 met stortsteen:

Bij een waakhogte van 1,15 m is het overslagdebiet $Q \approx 10 \text{ l/s/m}$

$$\text{De kruinhoogte } K = 5,70 + 1,15 + 0,2 = 7.05 \text{ m+NAP}$$

Alternatief 3 variant 7: berm in het buitentalud

Zie vak 6.

8. Steendiameter van stortsteen

Randvoorwaarden:

taludhelling 1:3

soortelijk gewicht stortsteen $2,65 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$

*** golfaanval vanuit de havenmond**

golfhoogte 0,60 m

golfperiode 6 sec

Met behulp van de black-box methode uit [3] voor het berekenen van de stabiliteit van stortsteen volgt dan : $D_{50} = 0,31 \text{ m}$

Bij een taludhelling van 1:2 is de benodigde steendiameter $D_{50} = 0,40 \text{ m}$.

*** lokaal opgewekte golven**

golfhoogte 0,60 m

golfperiode 2,5 s

$$D_{50} = 0,20 \text{ m}$$

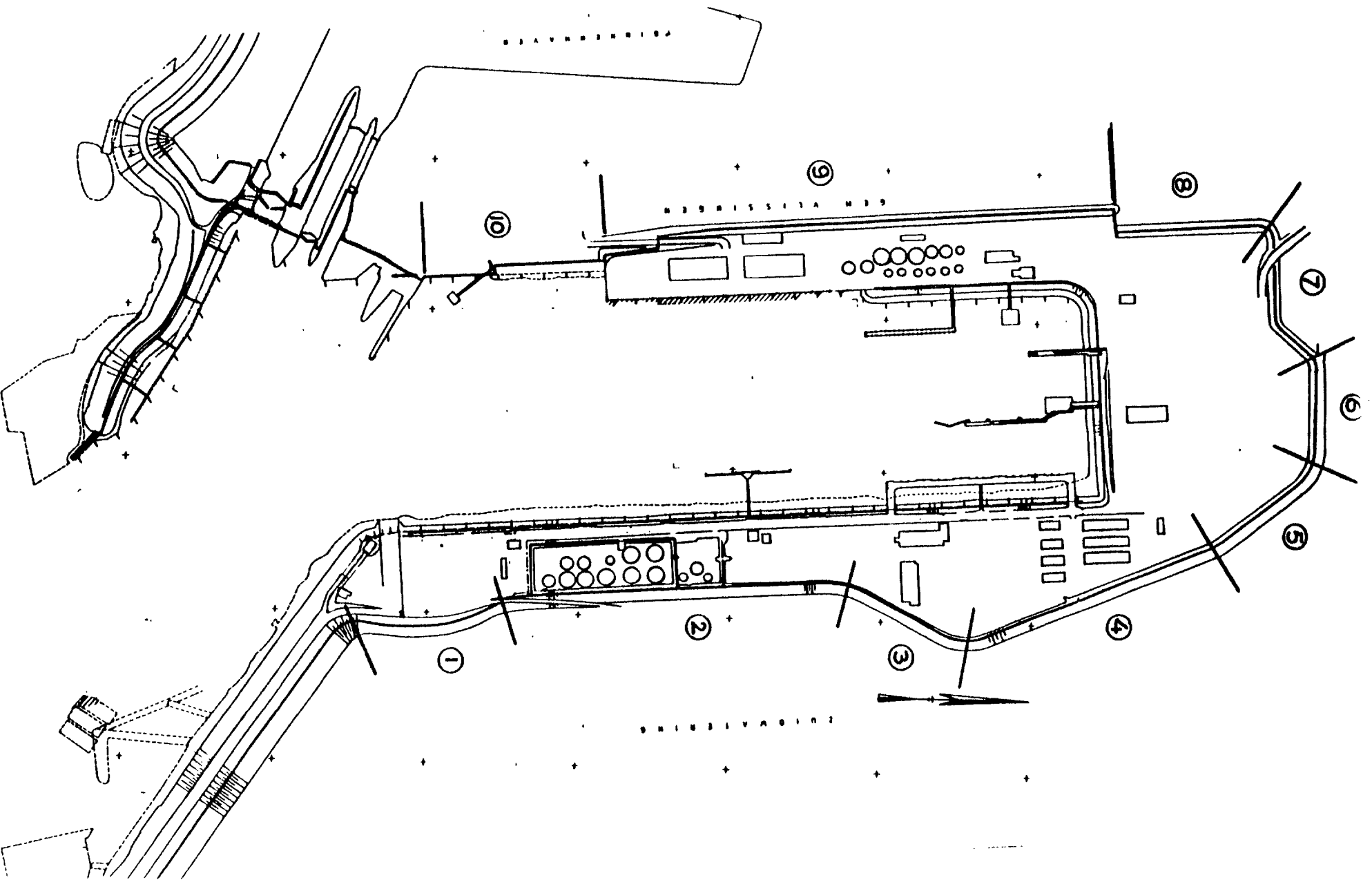


fig 1

BUITENHAVEN VLISSINGEN

Nummering Dijkvakken

0 100 200 m
1 cm = 70,10 m