

DIJKVERBETERING

Ellewoutsdijkpolder (Fort en Haven)

Ontwerpnota

Projectbureau Zeeweringen Dijkverbetering Ellewoutsdijkpolder (Fort en Haven) Ontwerpnota				
Auteur: M.D. Groenewoud	controle	Intern	Toetsgroep	A.O
Versie: 5	Paraaf			
Datum: 13-10-2005	d.d.			
Documentnummer:PZDT-R-05008ontw				

INHOUDSOPGAVE

SAMENVATTING	1
1. INLEIDING	3
1.1 Achtergrond	3
1.2 Doelstelling Ontwerpnota	3
1.3 Leeswijzer	4
2. SITUATIEBESCHRIJVING	5
2.1 Locatie projectgebied	5
2.2 Geometrie en bekleding	5
2.3 Ontwerpfilosofie Traject Fort	7
3. ONTWERPCONDITIONS	9
3.1 Uitgangspunten	9
3.2 Randvoorwaarden	9
3.2.1 Waterstanden	9
3.2.2 Golven	9
3.2.3 Golfaanval op de landwaartse dijk	10
3.2.4 Ecologische randvoorwaarden	10
3.3 Landschapvisie	11
4. TOETSING	13
4.1 Algemeen	13
4.2 Toetsing toplaag	13
4.3 Conclusies	14
5. KEUZE BEKLEDING: ALGEMEEN	15
5.1 Inleiding	15
5.2 Beschikbaarheid	15
5.3 Voorselectie	16
6. TRAJECT HAVEN: KEUZE BEKLEDING EN DIMENSIONERING	18
6.1 Inleiding	18
6.2 Technische toepasbaarheid	18
6.2.1 Alternatief 'havendam'	18
6.2.2 Alternatief 'damwand'	18
6.3 Afweging alternatieven	19
6.4 Keuze alternatief	20
6.5 Dimensionering	21
6.6 Overgangsconstructies	22
7. TRAJECT FORT: KEUZE BEKLEDING EN DIMENSIONERING	24
7.1 Inleiding	24
7.2 Technische Toepasbaarheid	24
7.2.1 Buitenbeloop zeewaartse dijk	24
7.2.2 Kruin zeewaartse dijk	27
7.2.3 Binnenbeloop zeewaartse dijk	27
7.2.4 Buitentalud landwaartse dijk	29
7.3 Afweging en keuze alternatief	31

7.4	Grondmechanische stabiliteit	31
7.5	Golfoploop	32
7.6	Dimensionering	32
7.6.1	Zeewaartse dijk	32
7.6.2	Landwaartse dijk	36
7.7	Overgangsconstructies	36
8.	AANDACHTSPUNTEN VOOR BESTEK EN UITVOERING	38
9.	LITERATUUR	39

FIGUREN
BIJLAGEN

SAMENVATTING

Deze ontwerpnota, opgesteld in het kader van Project Zeeweringen van Rijkswaterstaat, betreft het ontwerp van de nieuwe dijkbekleding voor het dijktraject langs de Ellewoutsdijkpolder (deels). Dit dijktraject (zie Figuur 1 en Figuur 2), vallend onder het beheer van het Waterschap Zeeuwse Eilanden, ligt op Zuid-Beveland, in de gemeente Borsele, en heeft een lengte van ruim 500 m (dp 467+70 m - dp473-12m). Binnen het dijktraject wordt onderscheid gemaakt tussen een tweetal deeltrajecten die qua opbouw sterk verschillen:

- **Traject Haven:** Het haventje van Ellewoutsdijk (ter hoogte van dp 468) bestaat uit een tweetal havendammen die hoofdzakelijk bekleed zijn met Doornikse steen, basalt, basalt met asfalt, Vilvoordse steen, Vilvoordse steen met asfalt en Vilvoordse steen met beton. De binnenzijde bestaat uit een betonnen damwandconstructie met trekankers.
- **Traject Fort:** Dit traject loopt langs Fort Ellewoutsdijk (dp 468 – dp 473–12m) en is bijzonder omdat het hier gaat om een stelsel van twee min of meer parallel liggende dijken die gezamenlijk de veiligheid van het achterliggende gebied moeten waarborgen. Het Fort Ellewoutsdijk ligt tussen deze beide dijken in. De oude, aan de buitenzijde liggende waterkering vervult nu tijdens extreme omstandigheden de rol van golfbreker, omdat de kruin op ca. ontwerppeil ligt. De landwaarts van het fort gelegen dijk is hoger en dient om het water te keren. De zeewaartse dijk is in de ondertafel opgebouwd uit doornikse steen en basalt (grotendeels gepenetreerd met asfalt). Nabij de havendammen bevindt zich nog een gedeelte bestaande uit met asfalt gepenetreerde betonzuilen. In de boventafel bevinden zich Haringmanblokken. Op de kruin bevinden zich over een breedte van 3m betonblokken. Het binnentalud is onbeschermd. De landwaartse dijk heeft een kleibekleding.

Uit de toetsing is gebleken dat de bestaande bekledingen van de twee trajecten niet voldoen onder maatgevende omstandigheden.

De mogelijke nieuwe bekledingen zijn bepaald rekening houdend met het eventuele hergebruik van materiaal, de technische en de ecologische toepasbaarheid, de inpasbaarheid in het landschap, de uitvoerings- en beheersaspecten en de kosten. Voor elk deeltraject is gekeken welke mogelijkheden er zijn. Er is een keuze gemaakt, waarna nadere dimensionering heeft plaatsgevonden. De uiteindelijke keuzes zijn hieronder verwoord.

- **Traject Haven**
Bij de haven zullen stalen damwanden aan weerszijden van de bestaande betonnen wand geplaatst worden, die aansluiten op de glooiing oostelijk en westelijk van het haventje. Aan de havendammen zal niets veranderen. Landwaarts van de damwandconstructie zal op de toegangsweg waterbouwasfaltbeton toegepast worden. Op de glooiing daarboven worden betonzuilen toegepast.
- **Traject Fort**
Het Traject Fort is bijzonder omdat het hier een stelsel van twee dijken betreft. De keuze is gemaakt om het stelsel van twee dijken, die gezamenlijk de primaire waterkering vormen, te handhaven. Bij de zeewaartse dijk zal niet alleen de buitenzijde (opnieuw) bekleed worden (zoals gebruikelijk), maar zal aan de

binnenzijde ook een bekleding worden aangebracht. De bekleding aan de binnenzijde dient ter bescherming tegen overslaand water. Het gebied tussen de twee dijken zal gemiddeld eens in de tientallen jaren onder water komen te staan. De bekleding van de ondertafel van de buitenste dijk zal overlaagd worden met vol-en-zat gepenetreerde breuksteen (5-40 kg). Er zal een kreukelberm van met stroken gepenetreerde breuksteen (40-200 kg) aangelegd worden. In de boventafel zullen betonzuilen toegepast worden. Op de kruin wordt waterbouwasfaltbeton toegepast. De binnenzijde van de dijk wordt overslagbestendig gemaakt d.m.v. een laag open steenasfalt die afgedekt wordt met grond.

Tijdens ontwerpomstandigheden komt het gebied tussen de twee dijken vol te staan met water. Golven die over de zeewaartse dijk slaan, belasten ook de landwaartse dijk, zij het in geringere mate. Het gedeelte van de landwaartse dijk westelijk van het fort wordt vanaf de bestaande Haringmanblokken t/m de berm op ontwerppeil bekleed met open steenasfalt, bedekt met een laag grond en ingezaaid met een graszaadmengsel.

1. INLEIDING

1.1 Achtergrond

Uit onderzoek van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW) is gebleken dat een groot aantal van de taludbekledingen op de zeedijken in Zeeland niet sterk genoeg is. De belangrijkste problemen doen zich voor bij bekledingen van betonblokken, die direct op een onderlaag van klei zijn aangebracht. Rijkswaterstaat heeft het Project Zeeweringen opgestart om deze problemen op te lossen. In samenwerking met de Zeeuwse waterschappen en de Provincie Zeeland worden binnen dit project de taludbekledingen van de primaire waterkeringen in Zeeland verbeterd, zodanig dat ze voldoen aan de wettelijke eisen.

Voor de uitvoering in 2006/2007 zijn meerdere dijktrajecten langs de Westerschelde en de Oosterschelde uitgekozen, waaronder het traject van Ellewoutsdijkpolder met een lengte van ongeveer 500 m (dp 467+70m - dp 473-12m).

Dit traject Ellewoutsdijkpolder maakte in eerste instantie deel uit van een groter traject genaamd Ellewoutsdijk-, Van Hattum- en Everingepolder met een totale lengte van 2600 m. Voor dit gehele traject is één voorontwerpdokument geschreven [1]. Ingeschat werd dat de discussie rond de oplossingsrichting voor de dijkverbetering bij de Van Hattum- en Everingepolder langer zal gaan duren dan voorzien (gezien de complexe situatie). Om het overige gedeelte, langs de Ellewoutsdijkpolder, hiervan geen vertraging te laten ondervinden, is tijdens de behandeling van dit voorontwerpdokument in het Projectbureau Zeeweringen-overleg besloten het totale traject in tweeën te delen, namelijk:

- Ellewoutsdijkpolder (Fort en Haven: dp 467+70m - dp 473-12m)
- Van Hattum- en Everingepolder (Zuidgors): dp 442- 467+70m)

Beide trajecten zullen elk in een aparte ontwerpnota behandeld worden.

In de voorliggende ontwerpnota worden van het traject Ellewoutsdijkpolder (Fort en Haven) verschillende mogelijke ontwerpen voor dijkbekledingen uitgewerkt en afgewogen. Daarbij worden er twee deeltrajecten onderscheiden, namelijk Traject Haven (ter hoogte van dp 468) en Traject Fort (dp 469 – 473-12m).

In de ontwerpen wordt normaliter alleen de bekleding van het buitentalud beschouwd, vanaf de teen tot en met het bovenbeloop. Kruin, binnentalud, kern en ondergrond van de dijk worden niet meegenomen. De berm wordt bij het ontwerp betrokken voor zover dat voor de uitvoering van de werken van belang is.

Bij het traject bij Fort Ellewoutsdijk zal gezien het stelsel van twee dijken een aangepaste aanpak gevolgd worden.

1.2 Doelstelling Ontwerpnota

De ontwerpen worden vastgelegd in **ontwerpnota's**, met onder meer een beschrijving van de uitgangspunten en randvoorwaarden, en van de keuzes die op grond hiervan worden gemaakt.

Ten behoeve van de helderheid is besloten om de ontwerpnota's op te splitsen. De algemene aspecten die gelden voor dit werk zijn beschreven in de Algemene Nota 2005 [2], terwijl de specifieke aspecten in deze ontwerpnota worden vastgelegd.

Voor de ontwerpnota kan de volgende doelstelling worden geformuleerd: de nota moet een beschrijving geven van:

- de specifieke aspecten die van belang zijn voor het ontwerp van de taludbekleding op de dijk van Ellewoutsdijkpolder (Fort en Haven)
- het toetsresultaat en de ontwerpberekeningen
- het resulterend ontwerp

Het resulterend ontwerp bestaat uit een overzicht van de ontwerpgegevens die moeten worden opgenomen in het systeem van leggers en beheersregisters van de waterschappen. De ontwerpnota vormt als zodanig een onderdeel van de documentatie die bij het overdrachtsprotocol na het verstrijken van de onderhoudsperiode aan de beheerder wordt overgedragen.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de huidige situatie van het dijktraject beschreven. Hoofdstuk 3 beschrijft de uitgangspunten en de randvoorwaarden. Hoofdstuk 4 behandelt de toetsing van de huidige bekleding en in hoofdstuk 4 wordt geconcludeerd welke delen binnen het Project Zeeweringen moeten worden verbeterd. In hoofdstuk 5 volgen algemene uitgangspunten en randvoorwaarden voor de keuze van de nieuwe bekleding.

Het gehele dijktraject is in twee stukken verdeeld qua ontwerp. Hoofdstuk 6 en 7 behandelen respectievelijk Traject Haven en Traject Fort wat betreft de keuze van de bekleding en de verdere dimensionering. In hoofdstuk 8 volgen aandachtspunten voor bestek en uitvoering. Hoofdstuk 9 bevat een literatuuroverzicht.

2. SITUATIEBESCHRIJVING

2.1 Locatie projectgebied

Het dijkgedeelte ligt aan de noordoever van de Westerschelde (Zuid-Beveland) bij Ellewoutsdijk en valt onder het beheer van het Waterschap Zeeuwse Eilanden. De locatie is weergegeven in Figuur 1 en Figuur 2. Het gedeelte dat is geselecteerd voor verbetering ligt tussen dp 467+70 m en dp 473 -12m (van oost naar west) en in de (hydraulische) randvoorwaardenvakken 32b en 32a (van oost naar west), in het vervolg aangeduid met de dijkvakken 32b en 32a, en heeft een lengte van ruim 500 m.

Het ontwerp van de dijkverbetering van het aangrenzende traject aan de oostzijde, dat langs de Ellewoutsdijkpolder (deels), Van Hattum- en Everingepolder (deels) ligt, moet nog worden gemaakt.

De dijkverbetering van het aangrenzende traject aan de westzijde, dat langs het westelijk deel van Ellewoutsdijkpolder ligt, is gereedgekomen in 1999. In de ondertafel zijn betonzuilen toegepast (0,45m / 2500kg/m³). In de boventafel zijn betonzuilen met een eco-toplaag toegepast (0,45m / 2700kg/m³). De bekleding is daar reeds verbeterd tot aan dp 473 -12 m.

2.2 Geometrie en bekleding

Bij het maken van een ontwerp zijn de bekleding en de kern van de dijk van belang (toplaag, granulaire onderlaag en basismateriaal). Het profiel van de dijk bestaat in het algemeen uit de teen, de ondertafel, de boventafel, de berm en het bovenbeloop. De grens tussen de ondertafel en de boventafel ligt op het niveau van het gemiddelde hoogwater.

Voor een schematische weergave van de bestaande bekledingen van het volledige dijktraject wordt verwezen naar Figuur 3.

Indeling in deeltrajecten

In deze ontwerpnota wordt onderscheid gemaakt tussen twee deeltrajecten die onderling sterk verschillen van opbouw, namelijk:

- 1. Traject Haven**
- 2. Traject Fort**

Ad 1. Traject Haven

Traject Haven omvat de dijk ter hoogte van het haventje van Ellewoutsdijk (ter hoogte van dp 468) inclusief de havendammen (Figuur 2). Dit jachthaventje wordt op diepte gehouden door de spuiboezem van gemaal Ellewoutsdijk; het overtollig oppervlaktewater wordt geloosd in de Westerschelde. Watersportvereniging Ellewoutsdijk heeft daar haar thuisbasis. Het haventje moet regelmatig uitgebaggerd worden.

De westelijke havendam (zie Figuur 3) is bekleed met Doornikse steen, basalt, basalt met asfalt, Vilvoordse steen met beton, Vilvoordse steen met asfalt, asfalt en betonklinkers. Bij de oostelijke dam bevindt zich stortsteen aan de teen en de dam is verder bekleed met Doornikse steen en Vilvoordse steen, Vilvoordse steen met beton, Vilvoordse steen met asfalt en asfalt.

Halverwege tussen de havendammen bevinden zich twee dwarsdammetjes die de havenmond verkleinen.

De kruinhoogte van de havendammen varieert van ongeveer NAP +3,5 m aan de wortelzijde tot NAP +3,0 m aan de kop.

Aan de oostzijde van de haven bevindt zich een plateau in het verlengde van de oostelijke havendam dat fungeert als parkeerplaats en waarop het clubgebouw van de watersportvereniging staat.

Het haventje wordt tegen de twee havendammen en tegen de dijk begrensd door betonnen damwanden die verankerd zijn. In het midden daarvan bevindt zich de uitwateringssluis.

In de boventafel, landwaarts van de dammen en de betonnen damwand bevinden zich Haringmanblokken en vlakke betonblokken.

Ad 2. Traject Fort

Traject Fort omvat het tracé bij Fort Ellewoutsdijk (dp 469 – dp 473-12m) westelijk van de haven (Figuur 2). Dit tracé is bijzonder omdat het hier gaat om een stelsel van twee min of meer parallel liggende dijken die gezamenlijk de veiligheid van het achterliggende gebied moeten waarborgen. Het Fort Ellewoutsdijk ligt tussen deze beide dijken in. De oude, zeewaarts liggende dijk vervult nu tijdens extreme omstandigheden de rol van golfbreker. Er mag dan water over de dijk heen slaan, waardoor het gebied rondom het fort (tussen beide dijken) onder water komt te staan. De landwaarts gelegen dijk is hoger dan de zeewaartse dijk en zorgt ervoor dat het achtergelegen gebied droge voeten houdt (zie onderstaande schets).

Om verwarring te voorkomen, zullen de dijken als volgt worden aangeduid:

- Zeewaartse dijk
- Landwaartse dijk



Schets tandemdijkprincipe

Buitenbeloop zeewaartse dijk

Het bestaande buitenbeloop bestaat uit Doornikse steen vanaf de teen (zie Figuur 3, Figuur 8 en Figuur 9). Het huidige niveau van de teen van Doornikse varieert tussen NAP -0,4 m en NAP -1,6 m en de Doornikse is gedeeltelijk bedekt met stortsteen van de kreukelberm. In 2005 is een vooroeverbetasting aangebracht (beneden NAP -2,0 m) om de onderwatertaluds te verflauwen (tot talud 1:3) en te stabiliseren. Boven de Doornikse zit basalt dat grotendeels is gepenetreerd met asfalt. In de boventafel, vanaf circa NAP +3,0 m tot aan de kruin op circa NAP +6,0 m, zitten Haringmanblokken. De Haringmanblokken in het westelijk gedeelte zijn 25 cm dik, de Haringmanblokken in het oostelijk gedeelte zijn 20 cm dik. Er is geen berm aanwezig. De taludhellingen variëren van 1:3,2 tot 1:3,6.

Kruin zeewaartse dijk

De kruin van de dijk ligt relatief laag (NAP + 6,0 m) en fungeert als onderhoudspad. Het ontwerppeil ligt zelfs hoger, op NAP +6,2 m. Er zal tijdens ontwerpomstandigheden dus water over de kruin stromen. Op de kruin bevinden zich aan de zeewaartse zijde vlakke blokken (0,50 x 0,50 x 0,20 m) aangebracht in een strook van 3 m breedte. De landwaartse zijde is begroeid met gras.

Binnenbeloop zeewaartse dijk

Het binnenbeloop van de zeewaartse dijk is begroeid met gras. De taluds zijn steil opgezet. Ter hoogte van dp 472 wordt zelfs een talud van 1:1,7 gemeten.

Landwaartse dijk

De landwaartse dijk (zie Figuur 2 en Figuur 10) wordt gedeeltelijk afgeschermd door de aanwezigheid van het fort. De kruin ligt op circa NAP +10,5 m. De kern van de dijk bestaat uit zand en is afgedekt met 80 cm klei aan de buitenzijde en op de kruin en 60 cm klei aan de binnenzijde. Aan weerszijden van het fort zijn kleine waterpartijen die grenzen aan de teen van de landwaartse dijk. Rond het waterpeil van deze waterpartijen bevinden zich Haringmanblokken op de glooiing van de landwaartse dijk. De rest van de glooiing en de kruin zijn begroeid met gras.

2.3 Ontwerpfilosofie Traject Fort

De situatie rond het fort is bijzonder. Een stelsel van twee dijken zorgt voor de veiligheid van het achterliggende gebied. Nu er ingrijpende werkzaamheden aan de dijk gepland zijn, kan de keuze voor een systeem van twee dijken opnieuw tegen het licht gehouden worden. Het is namelijk ook mogelijk om d.m.v. één dijk de veiligheid te waarborgen. Feitelijk zijn er een drietal opties.

1. veiligheid d.m.v. zeewaartse dijk waarborgen
2. veiligheid d.m.v. landwaartse dijk waarborgen
3. veiligheid d.m.v. stelsel twee dijken waarborgen

Ad 1. De eerste optie heeft als voordeel hebben dat het fort geen natte voeten meer zal krijgen. De ruimte ontbreekt echter om deze optie te verwezenlijken. Om de dijk als primaire waterkering te laten fungeren moet deze met zeker 4m verhoogd moeten worden, waardoor de breedte van de dijk ook fors zal toenemen. Vanwege de steile vooroever is uitbreiding in zeewaartse richting technisch erg problematisch en zou zeer hoge kosten met zich meebrengen. Uitbreiding in landwaartse richting is niet mogelijk vanwege de ligging van het fort. Deze optie is hierdoor niet realistisch.

Ad 2. Versterking van de landwaartse dijk zou inhouden dat de dijk geheel bekleed zou moeten worden. De aansluitingen op het fort en de glooiingen aan weerszijden van dit traject zijn complex. Tijdens maatgevende condities mag niet op de aanwezigheid van de zeewaartse dijk gerekend worden, aangezien deze niet gedimensioneerd is op deze condities (zie Hoofdstuk 4: Toetsing). Het gevaar bestaat dat onherstelbare schade aan het fort zou kunnen optreden.

Ad 3. Bij deze optie blijft het systeem van twee dijken als primaire waterkering gehandhaafd. Gemiddeld eens in de tientallen jaren zal het fort natte voeten krijgen door overslaand water (zie Bijlage 9). Qua te treffen maatregelen komt het er op

neer dat de bekleding van de zeewaartse dijk aan de buitenzijde moet worden verbeterd. Daarnaast zullen ook de kruin en de binnenzijde van de zeewaartse dijk bekleed moeten worden, hetgeen nu niet het geval is. De bekleding moet goed bestand zijn tegen overslaand water. De landwaartse dijk zal gedeeltelijk moeten worden verbeterd vanwege de belasting door transmissiegolven over de zeewaartse dijk.

Keuze ontwerpfilosofie

Gezien de bovenstaande overwegingen is voor de laatste optie gekozen: het handhaven van het stelsel van twee dijken als primaire waterkering. Dit is in het projectbureauoverleg van Projectbureau Zeeweringen van 10 maart 2004 besloten [3].

3. ONTWERPCONDITIONES

3.1 Uitgangspunten

Voor de uitgangspunten wordt verwezen naar de Algemene Nota 2005 [2].

3.2 Randvoorwaarden

3.2.1 Waterstanden

De karakteristieke waterstanden, die van belang zijn voor het ontwerp, zijn weergegeven in Tabel 3.1 [4,5]. De locaties van de verschillende randvoorwaardevakken staan afgebeeld in Figuur 2. Het Ontwerppeil is gebaseerd op de nota 'De basispeilen langs de Nederlandse kust' [6]. Voor de bepaling van het Ontwerppeil is een zeespiegelrijzing van 0,60 m bij Ellewoutsdijk, voor de duur van 75 jaar, opgeteld bij het vastgestelde ontwerppeil voor 1985.

Tabel 3.1 Karakteristieke waterstanden [4,5]

Locatie	Dijkvak	Gemiddeld Hoogwater [NAP + m]	Ontwerppeil 2060 [NAP + m]
dp 467+70 – dp 470*	32b	2,25	6,20
dp 470 – dp 473–12m	32a	2,25	6,20
Gemiddeld laagwater Terneuzen (NAP + m) [5]	-1,90		

*Opmerking: De oorspronkelijke oostelijke begrenzing van randvoorwaardevak 32b (dp468) is vanuit praktische redenen 30m oostelijk opgeschoven (tot dp467+70m) tot aan het einde van het projectgebied. Aangezien de golfrandvoorwaarden van het aangrenzende randvoorwaardevak (33a) veel lichter zijn, is dit een veilige benadering.

3.2.2 Golven

Voor verschillende waterstanden zijn de maatgevende golfrandvoorwaarden berekend door het RIKZ [5,6]. De startnotitie randvoorwaarden [7] wordt normaal gesproken als maatgevend beschouwd. Tijdens het ontwerpproces zijn de randvoorwaarden geactualiseerd [8]. De geactualiseerde randvoorwaarden staan weergegeven in Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Golfrandvoorwaarden [8]

Dijkvak	Golfrichtingsband [°]	Waterstand					
		NAP + 2 m		NAP + 4 m		NAP + 6 m	
		H_s [m]	$T_{p(m)}$ [s]	H_s [m]	$T_{p(m)}$ [s]	H_s [m]	$T_{p(m)}$ [s]
32b	212-260	2,0	5,5	2,3	5,8	2,6	6,3
32a	223-273	2,5	5,8	2,8	6,2	3,1	6,7

Voor de golfrandvoorwaarden bij tussenliggende waterstanden wordt lineair geïnterpoleerd. Bij lagere en hogere waterstanden wordt lineair geëxtrapoleerd. In Tabel 3.3 zijn de (geëxtrapoleerde) golfrandvoorwaarden behorend bij het Ontwerppeil 2060 gegeven.

Tabel 3.3 Golfrandvoorwaarden bij Ontwerppeil 2060

Dijkvak	Ontwerppeil 2060 [NAP + m]	Golfparameters	
		$H_s [m]$	$T_{p(m)} [s]$
32b	6,20	2,63	6,35
32a	6,20	3,13	6,75

3.2.3 Golfaanval op de landwaartse dijk

Tijdens ontwerpomstandigheden zal het gebied rondom het fort vol komen te staan met water. De waterstand aan de buitenzijde is dan gelijk aan de kruinhoogte van de zeewaartse dijk en aan het waterpeil rondom het fort. De golfaanval op de landwaartse dijk zal dan bestaan uit transmissiegolven (over de zeewaartse dijk) en lokaal opgewekte golfenergie.

In de rapportage 'Maatgevende golfrandvoorwaarden Fort Ellewoutsdijk' (zie Bijlage 8), is onderzocht welke golfbelasting er zal optreden op de landwaartse dijk. De resultaten van dit onderzoek staan vermeld in Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Golfrandvoorwaarden landwaartse dijk bij Ontwerppeil 2060

Dijkvak	Golfparameters	
	$H_s [m]$	$T_{p(m)} [s]$
Westelijk van fort	1,15	4,92
Oostelijk van fort	0,66	4,15

3.2.4 Ecologische randvoorwaarden

In de Milieu-inventarisatie [10] is voor het onderhavige dijktraject een inventarisatie gemaakt van de huidige natuurwaarden en van de potenties voor natuurontwikkeling. Alle relevante bekleedingsstypen zijn op grond van hun ecologische kenmerken ingedeeld in categorieën. Voor elk gedeelte van het dijktraject is vastgesteld welke categorieën minimaal moeten worden toegepast om de natuurwaarden te herstellen of te verbeteren. Binnen een traject wordt onderscheid gemaakt in de getijdenzone en de zone boven gemiddeld hoogwater (GHW). De resultaten zijn weergegeven in Tabel 3.5. Voor de indeling van de bekleedingsstypen in categorieën wordt verwezen naar de Milieu-inventarisatie en naar de Algemene Nota [2].

Tabel 3.5 Minimaal benodigde categorie van type dijkbekleding conform de Milieu-inventarisatie [10]

Dijkvak	Getijdenzone		Boven GHW	
	Herstel	Verbetering	Herstel	Verbetering
32a,b	geen voorkeur	geen voorkeur	redelijk goed/voldoende	redelijk goed

Aanvullend op de Milieu-inventarisatie heeft de Meetdienst Zeeland in juni 2001 een meer gedetailleerd onderzoek uitgevoerd naar de vegetatie van het dijktraject langs het Zuidgors (dp 442 – 468), hetgeen geresulteerd heeft in een Detailadvies [11]. De

omgeving van het fort en de haven is toen niet meegenomen. Daarom is in mei 2004 de omgeving van het fort en de jachthaven apart geïnspecteerd en is er een aanvullend detailadvies geschreven. Dit 'Aanvullend Detailadvies natuurwaarden zeewering Van Hattumpolder' [12] is opgenomen in Bijlage 3. Het resultaat van dit detailadvies is samengevat in Tabel 3.6. In het algemeen wordt het (aanvullend) Detailadvies opgevolgd omdat dit gebaseerd is op een recent vegetatieonderzoek.

Tabel 3.6 Minimaal benodigde categorie van type dijkbekleding conform Aanvullend detailadvies (Bijlage 3)

In dijkvak	Getijdenzone		Boven GHW	
	Herstel	Verbetering	Herstel	Verbetering
Traject Haven	(Redelijk) goed	Goed (ecozuilen)	Redelijk goed	Redelijk goed
Traject Fort	Geen voorkeur	Geen voorkeur	Redelijk goed	Redelijk goed

Omgeving fort

Vanwege de mogelijke werkzaamheden rondom het fort is deze omgeving ook onderzocht. Het fort valt onder de vogel- en habitatrichtlijn. Uit de inventarisatie is gebleken dat er geen kwalificerend habitat voorkomt rond het fort. Er zijn ook geen Flora en Fauna Wet beschermde plantensoorten aangetroffen. Het fort is in beheer bij Natuurmonumenten.

3.3 Landschapsvisie

In de Algemene Nota [2] is verwoord dat nadrukkelijk rekening moet worden gehouden met de wensen uit de Landschapsvisie Zeeweringen Westerschelde [13]. Een aanvulling hierop is het advies van de Dienst Landelijk Gebied (zie Bijlage 4), dat hieronder is verwoord.

Traject Fort

Het advies is om in de voorliggende dijk donker gekleurde materialen te gebruiken in de ondertafel en licht gekleurde materialen te gebruiken in de boventafel, de kruin en de binnenzijde van de dijk. Het heeft sterk de voorkeur de achterliggende dijk een groene dijk te laten.

Traject Haven

Bij het haventje van Ellewoutsdijk is het advies om de glooiing als een blinde glooiing achter de havendammen langs te trekken. De bekleding van de havendammen kan dan met rust gelaten worden en gespaard blijven. Indien de havendammen wel onderdeel blijven uitmaken van de primaire waterkering is hiervoor aanvullend advies nodig. Voor de bekleding van de dijk gelden de algemene uitgangspunten van een donker gekleurde ondertafel (betonzuil met basaltsplit) en een licht gekleurde boventafel (betonzuil). Gezien de cultuurhistorische waarde en recreatieve aantrekkingskracht is het van belang om zoveel mogelijk aan deze uitgangspunten te voldoen.

De gekozen bekleding voor het onderhavige dijktraject moet, vanuit een landschappelijk oogpunt, aansluiten op de aangrenzende dijktrajecten. Het aangrenzende dijkvak aan de oostzijde moet nog worden verbeterd. Er is daar

nog geen ontwerp van beschikbaar.

Aan de westzijde ligt het reeds verbeterde gedeelte langs Ellewoutsdijkpolder. Daar zijn in de ondertafel (tot NAP +2,7m) 'gewone' betonzuilen toegepast. In de boventafel zijn betonzuilen voorzien van eco-top toegepast.

4. TOETSING

4.1 Algemeen

In 1996 heeft Grondmechanica Delft gerapporteerd over de toestand van de dijkbekledingen in Zeeland [14]. Een globale toetsing is uitgevoerd aan de hand van de 'Leidraad toetsen op veiligheid' [15]. Aangezien uit de toetsresultaten is gebleken dat een groot aantal van de bekledingen niet voldoende sterk is, is het Project Zeeweringen gestart. Binnen dit project worden de bekledingen opnieuw getoetst, met verbeterde gegevens en golfrandvoorwaarden. Ook het dijktraject Ellewoutsdijkpolder (Haven en Fort) is getoetst met nieuwe berekeningen, gebruikmakend van de randvoorwaarden uit paragraaf 3.2. Ten tijde van de toetsing maakte dit dijktraject deel uit van een groter dijktraject (Ellewoutsdijk-, Van Hattum- en Everingepolder), dat nu dus is opgesplitst in twee delen.

4.2 Toetsing toplaag

In 1999 heeft het Waterschap Zeeuwse Eilanden in het kader van de inventarisatie steenzettingen Zeeland reeds toetsingen uitgevoerd.

In verband met het in voorbereiding nemen van het ontwerp van dit dijktraject en vanwege geconstateerde afwijkingen in het veld heeft het waterschap de toetsing geactualiseerd. Door PBZ is een controle uitgevoerd op de actualisatie.

De uiteindelijke controle door PBZ van de toetsing van het dijktraject heeft plaatsgevonden in 2004. De daarbij behorende glooiingskaart met toetsresultaten is opgenomen in Figuur 4.

Het vrijgavedocument van de toetsing [16] beschrijft in het kort de toetsgeschiedenis en verwijst ook naar de speciale situatie bij het fort, waar de primaire waterkering bestaat uit een systeem van twee dijken. Uitgangspunt bij de aanleg van dat stelsel is geweest dat de zeewaartse dijk de golven breekt en de landwaartse dijk de hoge waterstand keert. Nu de steenbekleding van de voorliggende dijk onvoldoende blijkt te zijn, kan opnieuw een keuze worden gemaakt door

- a. de bestaande bekleding te vernieuwen en zoals nu wateroverlast bij het fort te accepteren, of
- b. de bestaande bekleding niet te vervangen, maar de achterliggende dijk ook met steen te bekleden.

In 2000 is in het kader van een afstudeeropdracht onderzoek gedaan naar de mogelijkheden van deze en andere varianten. Variant a kwam bij dat onderzoek als het meest reële uit de bus. Nadeel van variant b is voor de beheerder dat een schadegevoelige oude glooiing wordt gehandhaafd en voorts dat de landwaartse dijk aan twee kanten met een verborgen glooiing moet worden aangesloten op de aangrenzende dijktrajecten. Groot nadeel van variant b is ook dat het fort meer gevaar zal lopen wanneer de zeewaartse dijk niet wordt verbeterd.

Overigens geldt voor variant a dat extra kosten moeten worden gemaakt. Het is namelijk te verwachten dat, wil de zeewaartse dijk overloopbestendig zijn, ook het binnentalud bekleed zal moeten worden.

In het Projectbureau Overleg van 10 maart 2004 is deze keuze aan de orde geweest. Met het waterschap is daar besloten om de steenbekleding van de zeewaartse dijk te verbeteren en in principe niet die van de landwaartse.

Argumenten daarvoor waren: de huidige status van de voorliggende dijk, de risico's

van schade (dus onderhoudskosten) aan de glooiing bij niet verbeteren, de extra kosten die bij het bekleden van de achterliggende gemaakt moeten worden, o.a. omdat daarbij de doorgaande bekleding van de aansluitende dijken als verborgen glooiing moet worden aangesloten op de achterliggende dijk.

Toetsing landwaartse dijk

Tijdens het ontwerpproces bleek dat de golven die over de zeewaartse dijk heen slaan, ook nog wel eens voor problemen zouden kunnen zorgen op de landwaartse dijk aan weerszijden van het fort. De met gras beklede dijk is toen apart getoetst, zie [17]. Uit deze toetsing is gebleken dat, westelijk van het fort, het gedeelte tussen *ontwerppeil* en *ontwerppeil min max(Hs of ys)* "onvoldoende" is. Het gedeelte oostelijk van het fort, dat minder zwaar wordt aangevallen, voldoet wel.

In het vrijgavedocument is ook aangegeven dat zal worden onderzocht in hoeverre dit dijktraject onderdeel uit kan maken van een Europees proefproject in het kader van het overslagbestendig maken van dijken. De Nederlandse benaming voor dit project is Dijk met Bereik; de internationale benaming is COMCOAST.

4.3 Conclusies

Zeewaartse dijk

Nagenoeg de gehele bekleding inclusief de havendammen heeft als toetsresultaat "onvoldoende". De betonnen damwand aan de achterzijde van de haven is op beheerdersoordeel goedgekeurd (zie Bijlage 10). De bekleding landwaarts van de betonnen damwand is wel afgekeurd.

Landwaartse dijk

Het gedeelte westelijk van het fort heeft als toetsresultaat "onvoldoende", het gedeelte oostelijk van het fort voldoet wel.

Er zal dus een volledig nieuw ontwerp gemaakt moeten worden, waarbij de bekleding van zowel de zeewaartse dijk als het westelijk deel van de landwaartse dijk verbeterd zal moeten worden.

5. KEUZE BEKLEDING: ALGEMEEN

5.1 Inleiding

Uit de toetsing is gebleken dat de gehele bekleding van de zeewaartse dijk en de havendammen moet worden verbeterd. Van de landwaartse dijk moet alleen het westelijk deel worden verbeterd. In dit hoofdstuk wordt bepaald welke nieuwe bekledingstypen op de zeewaartse dijk, het westelijk deel van de landwaartse dijk en de havendammen kunnen worden toegepast.

De volgende stappen worden gevolgd (zie hoofdstuk 7 van de Algemene Nota [2]):

- beschikbaarheid;
- voorselectie;
- technische toepasbaarheid;
- ecologische toepasbaarheid;
- landschapsvisie;
- afweging en keuze.

5.2 Beschikbaarheid

In Tabel 5.1 zijn de hoeveelheden betonblokken weergegeven die vrijkomen bij het vernieuwen van de bekleding en die eventueel kunnen worden hergebruikt. De overige vrijkomende bekledingen zijn niet geschikt voor hergebruik en kunnen, mocht dit gewenst zijn, worden verwerkt in de kreukelberm. De hoeveelheden zijn bepaald aan de hand van de dwarsprofielen (om de 100m) en het vooraanzicht van de glooiing (zie Figuur 3).

Tabel 5.1 Vrijkomende hoeveelheden betonblokken

Toplaag	Afmetingen	Oppervlakte [m ²]	Oppervlakte gekanteld [m ²]
Haringmanblokken*	0,50 x 0,50 x 0,25 m ³	2500	1250
Haringmanblokken*	0,50 x 0,50 x 0,20 m ³	2250	900
vlakke betonblokken	0,50 x 0,50 x 0,20 m ³	1200	480

* In het westelijk gedeelte van de glooiing bij Traject Fort komen Haringmanblokken met een dikte van 25 cm voor. In het oostelijk gedeelte van de glooiing komen Haringmanblokken met een dikte van 20 cm voor. De overgang tussen beide zit bij dp470+60m (zie Figuur 11).

Materialen uit bestaande depots of uit een andere dijkverbetering

De verbetering van de dijkbekleding van Fort en Haven Ellewoutsdijk staat gepland voor 2006/2007. Het is in dit stadium niet te zeggen of er herbruikbare materialen beschikbaar zullen zijn of komen voor de uitvoering van dit werk. Daarom wordt als uitgangspunt voor het ontwerpwerk gesteld dat er geen herbruikbare materialen uit depots beschikbaar zijn.

Nieuwe materialen

Aanvoer van de volgende nieuwe materialen is mogelijk:

1. betonzuilen,
2. asfalt,

3. waterbouwasfaltbeton,
4. klei,
5. breuksteen, wel of niet gepenetreerd met asfalt of beton.

5.3 Voorselectie

In de Algemene Nota 2005 [2] worden de volgende mogelijke bekledingstypen genoemd:

- 1) zetsteen op uitvullaag:
 - a) (gekantelde) betonblokken,
 - b) (gekantelde) granietblokken,
 - c) (gekantelde) koperslabblokken,
 - d) basaltzuilen,
 - e) betonzuilen;
- 2) breuksteen op filter of geotextiel:
 - a) losse breuksteen,
 - b) patroon- of vol-en-zat gepenetreerde breuksteen of vrijkomend materiaal (eventueel gebroken) met asfalt of dicht colloïdaal beton; de vol-en-zat-variant kan ook in de categorie 'plaatconstructie' vallen;
- 3) plaatconstructie:
 - a) waterbouwasfaltbeton boven GHW;
- 4) overlaagconstructies:
 - a) losse breuksteen,
 - b) patroon- of vol-en-zat gepenetreerde breuksteen of vrijkomend materiaal (eventueel gebroken) met asfalt of dicht colloïdaal beton; de vol-en-zat-variant kan ook in de categorie 'plaatconstructie' vallen;
- 5) kleidijk.

Ad 1.

Uit de berekening van de technische toepasbaarheid moet blijken tot welke niveaus de beschikbare betonblokken (zowel Haringman- als vlakke blokken) onder de maatgevende golfcondities stabiel zijn.

Ad 2.

Bij een gepenetreerde bekleding in de getijdenzone wordt in het algemeen asfalt als penetratiemateriaal gebruikt, omdat een penetratie met colloïdaal beton moeilijker is uit te voeren en meer onderhoud vergt.

Ad 4.

Een overlaging wordt veelal toegepast wanneer een lager liggend deel van de ondertafel onvoldoende sterk is en een hoger liggend, aanmerkelijk groot deel kan worden gehandhaafd, of wanneer het deel, dat onvoldoende is, relatief diep ligt en moeilijk bereikbaar is.

Ad 5.

Aangezien de dijk zeewaarts van het fort geen voldoende hoog en stabiel voorland heeft, komt deze niet voor de toepassing van een kleidijk in aanmerking.

Tabel 5.2 geeft de voorkeuren voor de bekledingstypen volgend uit de Milieu-inventarisatie en het bijbehorende Detailadvies, rekening houdend met de beschikbaarheid en de mogelijke bekledingstypen uit de Algemene nota. Voor zover mogelijk, mag van deze voorkeuren worden afgeweken.

Tabel 5.2 Voorkeuren uit de Milieu-inventarisatie en het Detailadvies, rekening houdend met de beschikbaarheid en de Algemene nota

In dijkvak	Getijdenzone		Boven GHW	
	Herstel	Verbetering	Herstel	Verbetering
Traject Haven (haven-dammen) 32b	- Betonblokken - Haringmanblokken - Betonzuilen - Breuksteen - gepenetreerd met asfalt, niet vol en zat en 'schone koppen' (overlagen)	betonzuilen met ecotoplaag	- Betonblokken met tussenruimte - Haringmanblokken - Betonzuilen	- Betonblokken met tussenruimte - Haringmanblokken - Betonzuilen
Traject Fort 32a/b (zeew. dijk)	geen voorkeur	geen voorkeur	- Betonblokken met tussenruimte - Haringmanblokken - Betonzuilen	- Betonblokken met tussenruimte - Haringmanblokken - Betonzuilen
Traject Fort 32a/b (landw. dijk)	Geen voorkeur			

Uit Tabel 5.2 wordt geconcludeerd dat voor de havendammen van het Traject Haven voor de nieuwe bekledingen in de ondertafel betonzuilen, Haringmanblokken, vlakke betonblokken of ingegoten breuksteen moet worden gebruikt. In de boventafel en op de berm kunnen betonzuilen, Haringmanblokken en vlakke betonblokken worden toegepast.

Voor de zeewaartse dijk van het Traject Fort bestaat geen voorkeur voor de ondertafel, alle technisch toepasbare materialen mogen in principe gebruikt worden. In de boventafel en op de berm kunnen betonzuilen, Haringmanblokken en vlakke betonblokken worden toegepast.

Voor de landwaartse dijk van het Traject Fort bestaat er geen voorkeur.

In de volgende hoofdstukken wordt bepaald of de bovengenoemde bekledingen technisch toepasbaar zijn.

6. TRAJECT HAVEN: KEUZE BEKLEDING EN DIMENSIONERING

6.1 Inleiding

De toetsing van de bekledingen op de havendammen en de achterliggende dijk ter hoogte van het haventje Ellewoutsdijk heeft het resultaat 'onvoldoende' opgeleverd (zie Hoofdstuk 4). In paragraaf 6.2 wordt de technische toepasbaarheid van twee mogelijke alternatieven besproken. In paragraaf 6.3 volgt de afweging van de alternatieven. In paragraaf 6.4 volgt de keuze van het alternatief. De dimensionering van het ontwerp volgt in paragraaf 6.5. Paragraaf 6.6 behandelt de overgangsconstructies.

6.2 Technische toepasbaarheid

6.2.1 Alternatief 'havendam'

De bekledingen van de dammen kunnen zodanig aangepast worden, dat de dammen de ontwerpomstandigheden aan kunnen. Het voordeel hiervan is dat er geen verborgen glooiing behoeft te worden aangelegd. De golfreducerende werking van de dammen voor de landwaarts van de haven gelegen dijk, kan verwaarloosd worden. Dit wordt onderbouwd in Bijlage 6.

In Tabel 6.1 zijn de mogelijkheden vermeld die volgen uit de Milieu-inventarisatie en het Detailadvies, rekening houdend met de beschikbaarheid en de Algemene nota.

Tabel 6.1 Voorkeuren uit de Milieu-inventarisatie en het Detailadvies, rekening houdend met de beschikbaarheid en de Algemene nota

In dijkvak	Getijdenzone		Boven GHW	
	Herstel	Verbetering	Herstel	Verbetering
Traject Haven 32b	- Betonblokken - Haringmanblokken - Betonzuilen - Breuksteen gepenetreerd met asfalt, niet vol en zat en 'schone koppen' (overlagen)	Ecozuilen	- Betonblokken - Haringmanblokken - Betonzuilen	- Betonblokken - Haringmanblokken - Betonzuilen

Gekantelde blokken blijken niet toepasbaar vanwege de zwaarte van de hydraulische randvoorwaarden.

Betonzuilen zijn technisch toepasbaar in de getijdenzone en boven GHW (zie Bijlage 1). Vanwege het milieuadvies komen betonzuilen als enig alternatief in aanmerking voor de zone boven GHW.

6.2.2 Alternatief 'damwand'

I.p.v. de dammen te versterken, kan ook de dijk achter de haven dusdanig aangepast worden dat deze voldoet aan de veiligheidseisen. Bij dit alternatief wordt er van uitgegaan dat tijdens ontwerpomstandigheden de havendammen volledig verdwenen zijn en geen bescherming voor de achtergelegen dijk bieden. Dit alternatief betekent niet dat er geen onderhoud aan de dammen meer zal

plaatsvinden en dat schade niet gerepareerd worden. De dammen maken echter geen onderdeel meer uit van de primaire waterkering. Door het niet aanpassen van de dammen wordt er een grotere kans op schade aan de dammen geaccepteerd dan 1/4000.

Uitgangspunt voor de beheerder is dat de betonnen damwand in de haven voldoet aan de veiligheidseisen. Aan weerszijden van de betonnen damwand wordt een stalen damwand geplaatst die aansluit op de glooiing oostelijk en westelijk van de haven (zie Figuur 6). De dammen kunnen volledig intact gelaten worden. De aansluiting op de betonnen damwand dient nader te worden gedetailleerd. Van de damwand is normaal gesproken niets te zien. De damwand zal zijn functie pas vervullen wanneer tijdens extreme omstandigheden de havendammen weggeslagen zouden zijn.

Opmerking: Er is ook overwogen om i.p.v. een damwandconstructie een verborgen glooiing inclusief kreukelberm aan te leggen. Dit is uitvoeringstechnisch erg lastig omdat er in de bestaande damwanden trekankers zijn aangebracht. Ook de aansluiting op de uitwateringskoker is lastig. Verder zou er veel grondverzet plaats moeten plaatsvinden. Gezien het voorgaande is dit alternatief niet verder in beschouwing genomen.

6.3 Afweging alternatieven

Constructie

De damwandoplossing is constructief gezien een goede oplossing. De versterking van de havendammen is constructief gezien ook een goede oplossing. Op het gebied van flexibiliteit (het volgen van zettingen) zijn beide alternatieven gelijkwaardig. Wat betreft de overgangen worden geen problemen verwacht. De overgang tussen damwand en aansluitende glooiing aan westelijke zijde wordt gerealiseerd door de overlaging tegen de damwand te laten beëindigen. Er ontstaat dan een kegelvormige aansluiting van de glooiing op de damwand. Ook zal de overlaging in de bocht doorgezet, zodat er voldoende overlap is (zie paragraaf 7.7). Constructief gezien bestaat er daarom geen voorkeur.

Uitvoering

Het damwandalternatief zal veel minder tijd in beslag nemen dan het havendamarternatief. Bij de verbetering van de havendammen moet sterk rekening gehouden worden met het getij. Het damwandalternatief is minder gevoelig voor tijwerkzaamheden. Ook de vele krommingen in de dammen maken het werk er niet eenvoudiger op, toleranties moeten worden beperkt. Zowel qua tijd als qua moeilijkheidsgraad scoort het havendamarternatief minder dan het damwandalternatief.

Hergebruik

Bij het damwandalternatief komen nauwelijks of geen materialen vrij. Wel scoort een damwand laag als het gaat om de LCA waarde (Life Cycle Analysis). Bij het havendamarternatief komen veel materialen vrij die kunnen worden hergebruikt als stortmateriaal. Dit is geen echte benodigde bouwstof. Bovendien moeten er veel nieuwe materialen (betonzuilen, breuksteen) worden aangevoerd. Qua hergebruik zijn de alternatieven niet onderscheidend.

Onderhoud

Het damwandalternatief vergt meer onderhoud aan de havendammen, omdat deze niet versterkt zijn. De damwand zelf zal nagenoeg onderhoudsvrij zijn. Zowel bij het havendamalternatief als bij het damwandalternatief zal opgetreden schade goed zichtbaar zijn.

Landschap

Een onder normale omstandigheden onzichtbare damwand voldoet aan het detailadvies landschapsvisie, waarin een duidelijke voorkeur wordt uitgesproken voor handhaving van de bestaande dammetjes.

Natuur

Vanuit milieuoogpunt heeft de damwandoplossing geen enkel effect, noch negatief noch positief.

De aanpassing van de havendammen d.m.v. (eco)zuilen zou de natuur kans geven op herstel/verbetering. In vergelijking met het andere alternatief worden wel eerst natuurwaarden verstoord door ontmanteling van de huidige bekleding.

Kosten

Vanwege het feit dat de golfreducerende werking van de havendammen wordt verwaarloosd, moet de bekleding van de dijk landwaarts van de damwand bij beide alternatieven nagenoeg hetzelfde zijn. In de onderstaande kostenbepaling wordt daarom alleen gekeken naar de onderdelen die van elkaar verschillen bij de alternatieven.

- *Alternatief 'havendam'*

Gezien het milieuvanadvies (zie Tabel 3.6 en Tabel 5.2) blijven er weinig materialen over om toe te passen. Uit berekeningen blijkt dat onder maatgevende omstandigheden blokken niet meer toepasbaar zijn, zuilen blijken wel toepasbaar (zie Bijlage 1).

Om tot een eerste schatting van de kosten te komen is bepaald hoeveel m² aan zuilen zal moeten worden toegepast ter verbetering van de dammen. De benodigde oppervlakte bedraagt ongeveer 4.500 m² (zie Bijlage 5). Wanneer we voor de levering en verwerking van de zuilen een eenheidsprijs van € 90/m² aanhouden, komen we op een totaal van € 405.000,-.

- *Alternatief 'damwand'*

De totale benodigde damwandlengte bedraagt ongeveer 70 m. Voor de diepte van de damwand is 10 m aangehouden (uitgaande van 2/3 deel onder de grond, 1/3 deel kerend lijkt dit ruim voldoende), voorzien van trekankers.

Er is een globale kostenraming gemaakt waaruit is gebleken dat de kosten ongeveer € 300.000,- euro bedragen, exclusief de overgangsconstructies. Er wordt daarom vanuit gegaan dat de kosten van een damwand incl. post onvoorzien ongeveer € 400.000,- zullen bedragen.

- *Vergelijking kosten*

Qua kosten zijn de alternatieven niet onderscheidend.

6.4 Keuze alternatief

Het damwandalternatief scoort op een aantal punten beter dan het havendamalternatief en met name op het gebied van de uitvoering en landschap.

Voordeel van het havendamalternatief zit juist in het verminderde onderhoud aan de dammen. Alhoewel deze dammen geen onderdeel meer uitmaken van de primaire waterkering, zullen ze toch onderhouden moeten blijven. De kosten van beide alternatieven zijn niet onderscheidend. De criteria en de beoordeling zijn op een rijtje gezet m.b.v. de keuze matrix (zie Tabel 6.2). De keuze valt op het damwandalternatief (Zie Figuur 6).

6.5 Dimensionering

Damwand

Er is een ontwerp gemaakt van de damwand waarvan een separaat ontwerpdocument is opgesteld (zie Bijlage 7). Maatgevende situatie voor de dimensionering van de damwand blijkt te zijn wanneer de havendammen volledig weggeslagen zijn, de achterliggende dijk deels verzadigd is en de buitenwaterstand laag is. Concreet zijn de volgende aannamen gedaan voor de dimensionering van de damwand:

- Waterstand in de dijk bedraagt NAP +3,5 m
- Maaiveldniveau zeewaarts van de damwand bedraagt NAP 0,0 m.
- Waterstand zeewaarts van de damwand bedraagt NAP –1,90 m (= GLW).

De damwand heeft een lengte van 10 m (van NAP +3,45 m tot aan NAP – 6,55m). Op NAP 2,0 m zullen groutankers worden toegepast. De groutankers hebben een lengte van 24,5 m, waarvan 6 m groutlichaam. De groutankers worden onder een hoek van 20° aangebracht met een h.o.h. afstand van 2,52 m. Het gekozen damwandtype is een AZ18. In de besteksfase zullen de aansluitingen op de glooiing en de betonnen damwand nader gedimensioneerd worden. Voor verdere details wordt verwezen naar het separate ontwerpdocument (zie Bijlage 7).

Glooiing landwaarts van betonnen en stalen damwand

Landwaarts van de damwanden zal op het horizontale gedeelte waterbouwasfaltbeton toegepast worden (vanwege de functie als toegangsweg tot de haven). Het waterbouwasfaltbeton (laagdikte 0,20 m) wordt op een laag fosforslakkenmengsel (laagdikte 0,40 m) en een geotextiel (type 2) aangebracht. In Figuur 7 is een dwarsprofiel met de bestaande en de nieuwe situatie weergegeven. Figuur 11 bevat een bovenaanzicht van het ontwerp.

In de boventafel worden betonzuilen (50 cm/2500 kg/m³) toegepast. De keuze en dimensionering van dit type bekleding hebben mede te maken met de keuzes die voor de glooiing van het Traject Fort zijn gemaakt. Hiervoor wordt verwezen naar hoofdstuk 7 en specifiek naar paragraaf 7.6.

Berm landwaarts van betonnen en stalen damwand

Landwaarts van de haven begint de bestaande berm op circa NAP +5,30 m. De berm zal zoals gebruikelijk op ontwerppeil worden gebracht. Op de berm wordt een onderhoudsstrook aangelegd. De toplaag wordt uitgevoerd in grindasfaltbeton of dicht asfaltbeton, en voorzien van een lichtgrijze slijtlaag. De breedte van de onderhoudsstrook is 3,0 m. Tijdens de uitvoering bestaat de strook uit een 0,4 m dikke laag fosforslakken, van de sortering 0/40 mm, op een geokunststof (type 2). De eigenschappen van dit standaardweefsel staan vermeld in Tabel 6.1. De strook van fosforslakken wordt na de uitvoering niet verwijderd, maar afgedekt met asfalt. Gegeven een verdichte fundering van fosforslakken, stelt het toekomstige gebruik

van de onderhoudsstrook geen aanvullende sterkte-eisen.

Tabel 6.1 Eisen geokunststof type 2

Eigenschap	Waarde
Treksterkte	≥ 50 kN/m (ketting en inslag)
rek bij breuk	≤ 20 % (ketting en inslag)
doorstromingsweerstand	$V_{I_{H50}}\text{-index} \geq 15$ mm/s
poriegrootte O_{90}	≤ 350 μm
Levensduurverwachting	type B (NEN 5132)
Sterkte naaiaad	≥ 50 % van breuksterkte geokunststof

6.6 Overgangsconstructies

De overgang van de damwand op de glooiing ten westen evenals landwaarts van de damwand (Traject Fort) wordt behandeld in hoofdstuk 7. De overgang aan oostelijke zijde hangt af van het ontwerp dat daar nog voor gemaakt moet worden. De aansluiting van de stalen damwand op de bestaande damwand zal in de besteksfase nader gedimensioneerd worden.

Keuzemodel		v1.2 mei 2003		Minimaal 2 varianten doorrekenen. De waarden zijn relatief.										
Polder:														
Criteria		Constructie	Uitvoering	Hergebruik	Onderhoud	Landschap	Natuur	Totaal (1)	Wegingsfactor					
Constructie (flexibiliteit/overgangen)		0	3	3	2	3	2	13	21,7					
	Uitvoering	1	0	2	1	2	1	7	11,7					
	Hergebruik	1	2	0	1	2	1	7	11,7					
	Onderhoud	2	3	3	0	3	2	13	21,7					
	Landschap	1	2	2	1	0	1	7	11,7					
	Natuur	2	3	3	2	3	0	13	21,7					
	Totaal (2)								60	100,0				
Criteria >		Constructie		Uitvoering			Hergebruik		Onderhoud			Landschap	Natuur	
Subcriteria >		flexibiliteit	overgangen	tijd	moeilijkheidsgraad	toleranties	hergebruik	LCA	duurzaamheid	zichtbaarheid	tijd	100	natuurwaarden	vogels
Weging subcriteria >		50	50	33	33	33	50	50	33	33	33		50	50
Scoretabel														
	Havendam alternatief	2	2	1	1	1	1	2	3	2	3	1	2	2
	Damwand alternatief	2	2	3	3	3	2	2	1	2	2	3	3	3
Gewogen score		Constructie	Uitvoering	Hergebruik	Onderhoud	Landschap	Natuur	Totaal	Kosten	Score/kosten				
	Havendam alternatief	14,4	3,9	5,8	19,3	3,9	14,4	61,8	1,0	61,76				
	Damwand alternatief	14,4	11,7	7,8	12,0	11,7	21,7	79,3	1,0	79,26				
		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0						
		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0						

Opmerkingen:

TOELICHTING OP INGEVULDE SCORES

score 3 is goed

score 2 is neutraal

score 1 is slecht

Tabel 6.2 Keuzemodel Haven

7. TRAJECT FORT: KEUZE BEKLEDING EN DIMENSIONERING

7.1 Inleiding

Gezien het stelsel van twee dijken is een enigszins aangepaste aanpak nodig. In paragraaf 7.2 wordt de technische toepasbaarheid besproken van diverse bekledingen op de verschillende onderdelen van de twee dijken. Een afweging van de alternatieven en een keuze volgt in paragraaf 7.3. In paragraaf 7.4 wordt verslag gedaan van een onderzoek naar de grondmechanische stabiliteit. In paragraaf 7.6 wordt de dimensionering van het gekozen ontwerp behandeld. Paragraaf 7.7 behandelt de overgangsconstructies.

7.2 Technische Toepasbaarheid

7.2.1 Buitenbeloop zeewaartse dijk

In Tabel 7.1 staan de mogelijkheden vermeld die volgen uit de Milieu-inventarisatie en het Detailadvies, rekening houdend met de beschikbaarheid en de Algemene nota. Voor de getijdenzone bestaat geen voorkeur, voor het gedeelte boven GHW wel.

Tabel 7.1 Voorkeuren uit de Milieu-inventarisatie en het Detailadvies, rekening houdend met de beschikbaarheid en de Algemene nota

In dijkvak	Getijdenzone		Boven GHW	
	Herstel	Verbetering	Herstel	Verbetering
Traject Fort 32a/b	• Geen voorkeur	• geen voorkeur	• Betonblokken met tussenruimte • Haringmanblokken • Betonzuilen	• Betonblokken met tussenruimte • Haringmanblokken • Betonzuilen

Zetsteenbekledingen

De technische toepasbaarheid van een bekleding met zetsteen moet worden aangetoond met het rekenprogramma ANAMOS, met inachtneming van het Technische Rapport Steenzettingen [19], en uitgaande van de representatieve waarden voor de constructie en de randvoorwaarden. De rekenmethodiek wordt beschreven in de Handleiding Ontwerpen [20].

De berekeningen betreffen alleen het bezwijkmechanisme 'instabiliteit van de toplaag'. Met het bezwijkmechanisme 'afschuiving' wordt rekening gehouden door te werken met hellingen flauwer dan of gelijk aan 1:3,1 (rekenwaarde ondertafel flauwer dan of gelijk aan 1:2,7). Steilere hellingen worden alleen toegelaten wanneer het niet anders kan, bijv. bij de aansluiting op een gemaal of sluis. In paragraaf 7.4 worden de uitkomsten van extra onderzoek naar de grondmechanische stabiliteit nader toegelicht.

Met het bezwijkmechanisme 'materiaaltransport' wordt rekening gehouden bij het ontwerp van het geokunststof (zie paragraaf 7.6).

Talud

Een belangrijk aspect in de berekening van de technische toepasbaarheid is de taludhelling. Binnen bepaalde grenzen biedt het ontwerp de mogelijkheid tot het kiezen van de taludhelling. Het is in principe mogelijk om de taludhelling zo flauw te kiezen dat elk bekledingstype toepasbaar is. In het algemeen moet een nieuwe bekleding worden aangelegd tussen de bestaande teen en de bestaande berm, en zoveel mogelijk worden aangepast aan de bestaande taludhelling, ter beperking van het benodigde grondverzet. Daarnaast kan worden geëist dat een bepaalde dikte van de kleilaag wordt gehandhaafd, met name als het een kleilaag op zand betreft. Ook dit kan de keuze van de taludhelling beïnvloeden. Wanneer de bestaande kleilaag moet worden afgegraven en opnieuw opgebouwd, om te voldoen aan een minimale laagdikte, kan de taludhelling worden gewijzigd.

De huidige taludhellingen staan weergegeven in Tabel 7.2. Een tweetal dwarsprofielen (dp 471 en dp 472) staat afgebeeld in Figuur 8 en Figuur 9. Voor de locatie van de dwarsdoorsneden wordt verwezen naar het bovenaanzicht in Figuur 11.

Rekening houdend met uitvoeringstoleranties en tonrondte, wordt in de berekeningen een taludhelling ingevoerd die in het onderste 2/3 deel van het talud 0,4 steiler en in het bovenste 1/3 deel 0,2 steiler is [20].

Tabel 7.2 Bestaande gemiddelde taludhellingen buitentalud

Locatie dwarsprofiel	Taludhelling [1:]
469	3.2
470	3.3
471	3.4
472	3.4
473	3.6

Betonzuilen

De stabiliteit van de zwaarste zuilen, met een dichtheid van 2900 kg/m³ en een dikte van 0,50 m, is berekend bij de zwaarste randvoorwaarden uit randvoorwaardenvak 32a en een taludhelling van 1:2,8 (rekenwaarde). Hieruit blijkt dat toepassing van betonzuilen langs het gehele Traject Fort mogelijk is. De berekening is opgenomen in Bijlage 1.

Haringman en vlakke blokken

De maximale toepassingsniveaus van Haringmanblokken en vlakke betonblokken, met blokbreedtes (gekanteld) van 0,20 m, zijn berekend, uitgaande van gekantelde toepassing, zonder tussenruimte. Hierbij is uitgegaan van het steilste talud binnen ieder randvoorwaardenvak. De golfrandvoorwaarden zijn dermate zwaar dat gekantelde blokken zowel in de getijdenzone als boven GHW niet toepasbaar zijn (zie Bijlage 1).

Basaltzuilen

Het basalt dat eventueel vrijkomt bij het werk (afhankelijk van gekozen oplossing), is gepenetreerd met asfalt en is daarom niet geschikt voor hergebruik. Deze mogelijkheid is verder niet onderzocht.

Samenvattend voor zone boven GHW

Voor de zone boven GHW komen alleen betonzuilen in aanmerking (rekening houdend met het Milieuvadvis).

Overige bekledingstypen getijdenzone

Voor de getijdenzone komen in principe alle technische mogelijkheden in aanmerking.

Breuksteen

Vanwege het feit dat 'boven GHW' alleen betonzuilen kunnen worden toegepast, valt een oplossing met breuksteen af, omdat het bovenbeloop daar niet goed op kan steunen.

Overlaging met breuksteen

In principe zijn er drie typen overlagingen mogelijk

- Losse breuksteen
- Patroon-gepenetreerde breuksteen
- Vol-en-zat gepenetreerde breuksteen

Deze oplossingen zijn wel mogelijk, omdat de boventafel dan steunt op de onderliggende basaltzuilen, die dan overlaagd zijn.

- *Overlaging losse breuksteen*

De maatgevende waterstand, m.a.w. het niveau voor de maatgevende randvoorwaarden voor een overlaging met bovengenoemde varianten is gelijk aan het topniveau van de bekleding (hoogste niveau langs het talud gemeten waar de laagdikte nog gelijk is aan 2*Dn50) vermeerderd met de dikte ervan, met als maximum het ontwerppeil. Als praktische waarde wordt in dit stadium 1,0 m laagdikte aangehouden. In Bijlage 1 staan de berekeningen met behulp van de 'spreadsheet breuksteen' weergegeven. Uit de berekeningen blijkt dat de benodigde steensortering 3000 – 6000 kg bedraagt. Aan een dergelijke sortering kleven grote nadelen, zoals een slechte toegankelijkheid en grote laagdiktes (de Dn50 van een 3-6 ton sortering bedraagt 1,19 m). De minimum laagdikte bedraagt 2*Dn50 dus 2,38 m. Vanwege de praktische bezwaren tegen een dergelijke grote laagdikte is dit alternatief niet verder onderzocht.

- *Overlaging patroon-gepenetreerde breuksteen*

Met behulp van dezelfde 'spreadsheet breuksteen' behorend bij de Handleiding Ontwerp is bepaald dat bij een overlaging met patroon-gepenetreerde breuksteen met **stippen** een sortering benodigd is van 1000-3000 kg. De daarbij behorende Dn50 bedraagt 0,91m. De minimale laagdikte bedraagt dan 1,82 m (2*dn50). Vanwege de grote benodigde laagdikte is dit alternatief niet verder onderzocht.

Een overlaging met patroon gepenetreerde breuksteen met **stroken** levert een benodigde sortering op van 300-1000 kg. De daarbij behorende Dn50 bedraagt 0,63 m. De minimale laagdikte bedraagt dan 1.26m (2*dn50). Vanwege de grote benodigde laagdikte is dit alternatief niet verder onderzocht.

- *Overlaging vol-en-zat gepenetreerde breuksteen*

Vol en zat gepenetreerde breuksteen kan op basis van veel kleinere sortering gemaakt worden (5-40 kg) (conform de richtlijnen uit de ontwerphandleiding). De

bijbehorende laagdikte bedraagt 0,40 m, hetgeen in de praktijk uitstekend mogelijk is.

Samenvattend voor getijdenzone

In ondertafel zijn twee alternatieven mogelijk, namelijk betonzuilen en een overlaging met vol-en-zat gepenetreerde breuksteen.

Voor de ondertafel is er een voorkeur voor een overlaging om een aantal redenen. In het verleden is er een ernstige verzakking in de glooiing is geweest. Nadat daar ter plekke met asfalt was ingegoten is er geen verdere verzakking op getreden. Ook het steile talud onder de teen (veroorzaakt door de diepe geul) geeft in de praktijk niet of nauwelijks de ruimte om daar een teenconstructie voor een nieuwe glooiing te maken. In 2005 is reeds een bestorting van de vooroever aangebracht (zie paragraaf 2.2). Een overlaging met vol-en-zat gepenetreerde breuksteen is daarom het enige alternatief dat in aanmerking komt.

7.2.2 Kruin zeewaartse dijk

Tijdens ontwerpomstandigheden staat het water tot aan de kruin (NAP +6,20 m). Voor de dimensionering van de kruin worden de rekenregels voor havendammen gehanteerd. Er wordt gebruik gemaakt van de 'spreadsheet havendammen' behorend bij de 'Handleiding Ontwerp'.

Zetsteen

Uit de berekeningen (zie Bijlage 1) volgt dat er bij toepassing van betonzuilen met een hoge dichtheid (2900 kg/m³) een zuilhoogte van 60 cm benodigd is. Momenteel is de maximaal beschikbare zuilhoogte 50 cm. Zetsteen komt daarom niet in aanmerking.

Waterbouwasfaltbeton

Aangezien de kruin ook gebruikt wordt als onderhoudsweg en ook een recreatieve functie heeft (uitzicht op fort en over Westerschelde), is waterbouwasfaltbeton ook een goed alternatief. Uit de spreadsheet asfaltbekledingen volgt een benodigde laagdikte van 0,25 m (zie Bijlage 1).

Om aan het landschappelijk advies te voldoen (lichtgekleurd boven GHW), kan de toplaag afgestrooid worden met split.

Met asfalt gepenetreerde breuksteen

Met asfalt gepenetreerde breuksteen is constructief gezien een goede oplossing. Gezien de functie van onderhoudsweg en de recreatieve functie, is een oneffen oppervlak niet gewenst. Daarom ligt deze constructievorm niet voor de hand en kan beter waterbouwasfaltbeton worden gebruikt.

Conclusie kruin

Waterbouwasfaltbeton komt het beste in aanmerking als bekleding voor de kruin. De minimaal benodigde dikte bedraagt 0,25 m.

7.2.3 Binnenbeloop zeewaartse dijk

Talud

Het binnenbeloop van de zeewaartse dijk is zeer steil opgezet. Ter hoogte van dp 472 wordt zelfs een taludhelling gemeten van 1:1,7 (zie Tabel 7.3). Het gevaar

bestaat voor afschuiving. De meest kritieke situaties zijn wanneer de dijk verzadigd is met water, de waterstand aan de zeewaartse zijde hoog is en aan de landwaartse zijde laag. Echter het omgekeerde kan ook voorkomen, een hoge waterstand aan de binnenzijde en een lage waterstand aan de buitenzijde (eb). De hoge waterstand aan de binnenzijde kan voorkomen wanneer de het gebied tussen de dijken door overslag is volgelopen en het peil in de Westerschelde weer daalt.

Om het gevaar van afschuiving kleiner te maken is het zaak het talud te verflauwen. Taludverflauwing valt niet mee, want aan de binnenzijde loopt een asfaltweg naar het fort, die bij voorkeur gespaard dient te blijven. Wanneer het binnentalud verflauwd wordt tot aan de asfaltweg (waar nodig), kunnen taludhellingen van 1:2.7 of flauwer worden bereikt (zie Tabel 7.4).

Tabel 7.3 Bestaande taludhellingen binnentalud

Locatie dwarsprofiel	Taludhelling [1:]
469	Nvt
470	2.0
471	2.1
472	1.7
473	nvt

Tabel 7.4 Mogelijke taludhellingen binnentalud

Locatie dwarsprofiel	Taludhelling [1:]
469	Nvt
470	3.2
471	3.1
472	2.7
473	nvt

Zetsteenbekledingen

Voor zetsteenbekledingen worden er geen taluds steiler dan 3.1 toegepast i.v.m. het gevaar voor afschuiving. Een verflauwing van het talud van 2.7 naar 3.1 komt in deze situatie overeen met een extra horizontaal ruimtebeslag van ongeveer 1,25 m. Er zijn twee mogelijkheden om toch een helling van 3.1 te bewerkstelligen; of de kruin minder breed maken, of een gedeelte van de asfaltweg beslaan en de asfaltweg iets landwaarts verplaatsen.

Het inkorten van de kruin gaat ten koste van de robuustheid van de dijk en wordt derhalve afgeraden. Ook het verplaatsen van de asfaltweg naar het fort in combinatie met het aanpassen van de taluds is ongewenst. Een alternatief met zetsteenbekleding heeft daarom niet de voorkeur.

Overige bekledingstypen

Groen binnentalud

Momenteel is de dijk aan de binnenzijde bekleed met gras. Tijdens ontwerpomstandigheden zal de dijk aan de binnenzijde belast worden door het

overslaande water. Een groene dijk bestaande uit grasbekleding is onvoldoende sterk en is geen geschikt alternatief.

Open steenasfalt (met grasmat als toplaag)

De ervaringen met open steenasfalt aan de buitenzijde van de dijk zijn in Zeeland niet goed. Dit komt o.a. doordat de dagelijkse golfwerking allerlei materiaal (veek) op het talud op en neer spoelt, hetgeen een erosieve werking heeft op het open steenasfalt. Ook UV-straling vermindert de hechtende werking van de bitumen. Het binnentalud van de zeewaartse dijk bij het fort zal echter zelden belast worden door stroming, maar is wel goed bestand tegen deze stroomsnelheden. Er bestaan geen standaard rekenregels voor open steenasfalt op een binnentalud. In dit specifieke geval heeft de beheerder (WZE) het ontwerp op basis van een beheerdersoordeel voorgeschreven (zie Bijlage 1). In deze notitie staat dat op basis van ervaring een laagdikte van 0,20 m voldoende geacht. In België zijn in overstromgebieden laagdiktes van 0,10 m toegepast die zich gedurende de afgelopen tien jaar prima hebben gedragen. Onder de open steenasfalt wordt een geotextiel type 2 aangebracht. Wel zullen de taludhellingen aangepast worden, aangezien een talud van 1:1,7 te steil is. Een taludhelling van 1:2,5 is voldoende flauw voor de toepassing van open steenasfalt. Het is daarom niet nodig de weg naar het fort te verplaatsen. Daar waar het talud steiler is dan 1:2,5 zal het talud worden verflauwd tot aan 1:2,5.

De teen van het talud moet ook beschermd worden tegen overstromend water. Daar waar aangesloten wordt op het min of meer horizontale maaiveld zal de laag open steenasfalt 3,0 m horizontaal worden doorgezet.

Uit landschappelijke overwegingen bestaat de voorkeur het open steenasfalt af te strooien met 10 cm grond, zodat daar begroeiing op kan plaatsvinden. Ook de negatieve effecten van direct zonlicht (UV straling) op de kwaliteit van het asfalt worden hierdoor vermeden. Het open steenasfalt kan zowel met gladgestreken als met ruw oppervlak aangebracht worden. Het afstrooien van de dijk met grond kan het beste gebeuren op een ruw oppervlak. Het open steenasfalt zal om deze redenen ruw afgewerkt worden.

Conclusie binnentalud zeewaartse dijk

Gezien de geringere kosten en de mogelijkheid voor toepassing op relatief steile taluds (1:2,5), bestaat er voorkeur voor de toepassing van open steenasfalt afgedekt met een laag grond. Zulen zijn niet stabiel bij deze taludsteilheden.

7.2.4 Buitentalud landwaartse dijk

Het buitentalud van de landwaartse dijk zal zeer zelden belast worden. Pas tijdens extreme omstandigheden die in de buurt komen van de ontwerpomstandigheden zal er dermate veel water over de dijk slaan dat het gebied tussen de twee dijken langzaam maar zeker gevuld wordt met water. De zwaarste golfbelasting voor de landwaartse dijk zal optreden wanneer de kom volledig gevuld is met water en het waterniveau op het ontwerppeil staat (NAP+6,20 NAP). De zeewaartse dijk fungeert dan als golfbreker. In paragraaf 3.2.3 staan de maatgevende golfbrandvoorwaarden voor de landwaartse dijk weergegeven.

Gedeelte oostelijk van het fort

Uit de toetsing (zie Hoofdstuk 4) is gebleken dat het gedeelte oostelijk van het fort voldoet.

Gedeelte westelijk van het fort

Het bestaande grastalud aan de westelijke zijde is niet bestand tegen de daarvoor geldende maatgevende golfrandvoorwaarden ($H_s=1,15\text{m}$; $T_p=4,92\text{s}$). Volgens de toetsing [17] voldoet een grasbekleding niet boven een niveau van (ontwerppeil minus $\max(H_s, y_s)$), hetgeen er op neer komt dat een grasbekleding boven een hoogte van NAP +5,10 m niet meer voldoet. Er zal een ander type bekleding moeten worden toegepast.

Uit het Detailadvies Milieu is gebleken dat er geen kwalificerend habitat voorkomt rondom het fort. Er zijn ook geen Flora en Faunawet beschermde plantensoorten aangetroffen. Vanuit milieuoogpunt is er dus geen voorkeur.

Vanwege de bijzondere situatie zal een aangepaste afweging worden gemaakt. De dijk zal zeer zelden door golven belast worden. De landschappelijke waarde van de dijk in combinatie met het fort is van groot belang. De dijk is nu groen en zal groen moeten blijven, tenzij niet anders mogelijk is. Dit is mogelijk door een verborgen glooiing toe te passen. Het uiterlijk van de dijk dient zo min mogelijk te veranderen. Hieronder passeert een aantal mogelijke constructies de revue.

- Kleidijk

Gezien de grootte golfbelasting zou een kleidijk mogelijk zijn. Er kleven echter een aantal nadelen aan een kleidijk. Er is veel grondverzet nodig omdat de dikte van de huidige kleilaag (0,8 m) onvoldoende is. Verder zal tijdens ontwerpomstandigheden er een stagnerend peil zijn in het gebied tussen de dijken, zodat de golfaanval telkens op het hetzelfde niveau plaatsvindt. De toepassing van een kleidijk is daarom niet verder overwogen.

- Open steenasfalt (met grasmatten als toplaag)

Een bekleding van open steenasfalt, zoals ook op het binnentalud van de zeewaartse dijk is toegepast, ligt voor de hand. Open steenasfalt is goed doorlaatbaar en vormt daarmee een goede ondergrond voor een grasmatten.

- Betonblokken op zijn kant

Gezien de geringe golfbelasting zouden betonblokken op zijn kant ook goed mogelijk zijn. Daar kleeft echter een belangrijk nadeel aan. Ten eerste is een glooiing van blokken slecht doorlaatbaar, waardoor de grasmatten ten tijden van langdurige droogte het loodje zou kunnen leggen. Ten tijde van nattigheid gebeurt het tegenovergestelde. Om uitdroging of oververzadiging met water te voorkomen zou een grote laagdikte moeten worden toegepast (minimaal 30 à 40 cm). Onder de betonblokken moet ook nog een filter aangebracht worden. Aangezien de huidige kleibekleding van de dijk (dik 80 cm) het liefst gespaard moet blijven, zou de totale laagdikte ordegrrootte een meter toenemen. Dit zou ook het aanzicht van het fort schaden. Dit alternatief is daarom verder niet uitgewerkt.

Keuze bekleding

Om de bovengenoemde redenen is er op beheerdersoordeel (zie Bijlage 1) de landwaartse dijk met een laag open steenasfalt te bekleden en deze te bedekken met een laagje grond zodat er visueel niets van zichtbaar is. Dit sluit ook goed aan op de bekleding van het binnentalud van de zeewaartse dijk.

Opmerking: Momenteel bevinden zich op het binnentalud van de landwaartse dijk

Haringmanblokken langs de waterpartijen op waterpeilniveau. Deze blokken dienen als beschoeiing en voorkomen erosie van het talud door de dagelijkse werking van kleine windgolfjes. Deze blokken moeten dus gewoon gehandhaafd blijven.

7.3 Afweging en keuze alternatief

In voorgaande paragrafen zijn reeds conclusies getrokken over de typen bekleding die de voorkeur hebben op de verschillende onderdelen van de dijk. Telkens voldeed er maar één bekledingstype aan de randvoorwaarden. Zodoende heeft de combinatie van die verschillende onderdelen automatisch geleid tot een voorkeursalternatief. Zonder af te wijken van de randvoorwaarden zijn er geen andere alternatieven mogelijk. Er is daarom besloten de matrix van het keuzemodel niet in te vullen, aangezien dit geen toegevoegde waarde heeft.

Zeewaartse dijk

In de ondertafel zal een overlaging met vol-en-zat gepenetreerde breuksteen toegepast worden. Op de boventafel (vanaf NAP +3,0 m) zullen zuilen toegepast worden. Op de kruin zal waterbouwasfaltbeton toegepast worden in een laagdikte van 0,25 m. Aan de binnenzijde van de dijk zal open steenasfalt met een laagdikte van 0,20 m toegepast worden.

Landwaartse dijk

De landwaartse dijk zal bekleed worden met open steenasfalt. Het open steenasfalt zal worden bedekt met een laagje grond dat ingezaaid zal worden met een graszaadmengsel.

7.4 Grondmechanische stabiliteit

Vanwege de speciale situatie rondom het fort is er extra onderzoek uitgevoerd naar de grondmechanische stabiliteit van zowel de landwaartse als de zeewaartse dijk.

Zeewaartse dijk

Wanneer tijdens extreme omstandigheden het gebied rondom het fort vol met water komt te staan, zal er in de periode daarna een negatief verval ontstaan over de dijk. Er moet rekening mee worden gehouden dat het gebied rondom het fort na een extreme storm niet op korte termijn gelegeerd zal kunnen worden. Het waterschap heeft een viertal noodpompen ter beschikking, maar het is de vraag of die niet elders ingezet moeten worden na zo'n extreme storm.

Wanneer de waterstand op de Westerschelde zakt, kan er bij eb een waterstandsverschil van wel ruim 7 m kunnen optreden. Dit zou kunnen leiden tot het afdrukken van de buitenbekleding door de eventuele opbouw van waterdruk in de dijk (micro-instabiliteit). Ook zou het gevaar kunnen bestaan dat een deel van de dijk afschuift (macro-instabiliteit).

Uit aanvullend grondonderzoek [21] en bestudering van historische gegevens is gebleken dat de kern van de dijk uit klei bestaat. Aanvullende analyses en berekeningen [22] hebben aangetoond dat er geen gevaar voor micro- of macro-instabiliteit van de zeewaartse dijk bestaat.

Landwaartse dijk

Er is ook onderzocht of de stabiliteit van de landwaartse dijk voldoende is, wanneer het gebied rondom het fort gedurende langere periode onder water staat. Hieruit is gebleken dat er geen gevaar voor stabiliteitsverlies is [22].

7.5 Golfoploop

De golfoploop zou kunnen veranderen door een wijziging in de taluds. De taludsteilheden van de zeewaartse dijk veranderen niet, op het gedeelte bij de haven na, waar de berm op ontwerppeil wordt gelegd.

Bij de landwaartse dijk zal de berm ook iets verhoogd worden tot ontwerppeil (alleen westelijk van het fort). Het effect op de golfoploop staat voor de gewijzigde taluds weergegeven in Tabel 7.5. Hieruit blijkt dat de golfoploop vermindert, hetgeen veroorzaakt wordt doordat de berm op een hoger peil komt.

Tabel 7.5 Effect op golfoploop

Lokatie	Traject Haven Dwarsprofiel 1	Traject Fort (landwaartse dijk) Dwarsprofiel 4
Toename golfoploop (vergrotingsfactor)	0,92	0,95

7.6 Dimensionering

7.6.1 Zeewaartse dijk

Kreukelberm

In het algemeen bestaat de kreukelberm uit een toplaag van breuksteen, met daaronder een geokunststof met een 'nonwoven'. De kreukelberm moet de teen van de bekleding tegen erosie beschermen en de bekleding ondersteunen. De gehele kreukelberm van het onderhavige dijktraject moet worden vernieuwd of versterkt. Er is voor gekozen om de bestaande kreukelberm uit te vlakken en te overlagen met patroon-gepenetreerde breuksteen (in stroken) met een sortering 40-200 kg (zie berekeningen in Bijlage 2). Dit heeft de voorkeur boven een kreukelberm van losse breuksteen of een kreukelberm van breuksteen patroon-penetratie met stippen, die zwaardere sorteringen behoeven (respectievelijk 300-1000 kg en 60-300 kg).

De kreukelberm zal worden aangesloten op de vooroeverbetorting die in 2005 is uitgevoerd. Dit houdt dat de breedte van de aan te brengen stortsteen enigszins zal variëren. Alleen de eerste 5 m kreukelberm (vanuit de teen gemeten) zal in stroken worden gepenetreerd. Het niveau van de bovenkant van de nieuwe kreukelberm ligt op ongeveer NAP 0,0 m (zie Figuur 9).

Op de gedeelten waar de kreukelberm nu (nagenoeg) verdwenen is, zal een geokunststof (zgn. 'type 2') worden toegepast. De eigenschappen van dit standaardweefsel zijn vermeld in Tabel 6.1.

Op het geokunststof wordt een 'nonwoven' aangebracht, ter bescherming van het geotextiel tijdens het storten van de steen. Het verdient aanbeveling voorafgaande aan het storten van de toplaag van 40-200 kg een laag van fijnere breuksteen of fijner vrijkomend materiaal aan te brengen, eveneens ter bescherming van het geokunststof.

Teenverschuiving

Er zal geen teenverschuiving plaatsvinden.

Ondertafel

In de ondertafel zal een overlaging met vol-en-zat gepenetreerde breuksteen met gietasfalt toegepast worden met een dikte van 0,4 m (5-40 kg) (zie Figuur 5, Figuur 8, Figuur 9 en Figuur 11). De bovenkant van de kreukelberm is gelijk aan de bovenkant van de overlaging.

De aansluiting van de aan te brengen overlaging op de nieuw aan te brengen betonzuilen zal worden uitgevoerd middels een overgangsconstructie en tevens waterslot welke wordt doorgezet tot in de kleilaag. De zuilen welke aansluiten op de watersloten zullen ook worden ingegoten.

Boventafel

Op de boventafel (vanaf NAP + 3,2 m) zullen zuilen toegepast worden. Voor de boventafel zijn de bestaande taluds bepaald (zie Tabel 7.6). Deze taluds zullen worden gehandhaafd.

Tabel 7.6 Taludhellingen boventafel buitentalud

Randvoorwaardevak	Locatie dwarsprofiel	Taludhelling [1:]
32 b	469	3.5
	470	3.6
32a	471	3.6
	472	3.6
	473	3.6

Standaard wordt bij de berekeningen uitgegaan van een versteiling van het talud met 0,4 in het onderste 2/3 deel van de totale glooiing i.v.m. tonrondte en uitvoeringstolerantie. Echter bij de overlaging zal geen tonrondte worden toegepast. In de boventafel zal ook geen tonrondte worden toegepast.

Sinds 2004 wordt een aanvullende marge van 2 cm op het resultaat van de stabiliteitsberekeningen gezet. Uit de toetsing van eerder uitgevoerde verbeteringswerken is immers gebleken dat de voorheen aangehouden marges op betonzuilen niet altijd voldoende zijn om onvoorziene wijzigingen in bijv. de hydraulische randvoorwaarden te compenseren.

In het randvoorwaardenvak met de zwaarste randvoorwaarden (32a) blijken er tot een niveau bovengrens van NAP +6,20 m en bij een taludhelling van 1:3,6 (bestekswaarde, dus rekenwaarde 1:3,4) drie mogelijkheden te zijn (zie Bijlage 2).

- Zuilen met dichtheid van 2500 kg/m³, hoogte 50 cm
- Zuilen met dichtheid van 2700 kg/m³, hoogte 45 cm
- Zuilen met dichtheid van 2900 kg/m³, hoogte 40 cm

Kleidikte

De daarbij behorende kleidikte is ongeveer 1,0 m (zie Bijlage 2). Uit een viertal recentelijke kleiboringen is gebleken dat minimaal 1,40 m klei aanwezig is, hetgeen ruim voldoende is.

In het randvoorwaardenvak met de lichtere randvoorwaarden (32b) blijken er bij een taludhelling van 1:3,5 (bestekswaarde, dus rekenwaarde 1:3,3) twee mogelijkheden te zijn.

- Zuilen met dichtheid van 2400 kg/m³, hoogte 50 cm

- Zuilen met dichtheid van 2500 kg/m³, hoogte 45 cm
(Kleinere zuilen met nog hogere dichtheid zouden mogelijk zijn, maar er bestaat voorkeur om de dichtheid zo laag mogelijk te houden).

Gezien het geringe verschil met randvoorwaardevak 32a is het verstandiger om overal dezelfde zuilen toe te passen. Randvoorwaardevak 32a is in dit geval maatgevend. De voorkeur bestaat voor zuilen met een hoogte van 50 cm en een dichtheid van 2500 kg/m³. De toplaag zal worden ingewassen met gebroken materiaal (85 kg/m²). De sortering van dit inwasmateriaal is afhankelijk van het type zuil (met betrekking tot de vorm) dat zal worden toegepast.

Glooiing landwaarts van damwand bij haven

De zuilen van 50 cm en 2500kg/m³ zullen ook toegepast worden op de glooiing landwaarts van de damwand (zie paragraaf 6.5). Berekeningen (zie Bijlage 2) tonen aan dat deze zuilen daar ook voldoen. De aanwezige kleidikte (1,40 m) is voldoende; er is 1,14 m benodigd.

Uitvullaag

De granulaire uitvullaag onder de toplaag is voornamelijk van belang voor de uitvoering. Gelet op stabiliteit en uitvoering, moet het materiaal in deze uitvullaag zo fijn mogelijk zijn. Het materiaal mag echter niet zo fijn zijn dat het tussen de elementen van de toplaag door kan wegspoelen. De fijnste sortering die uit dat oogpunt voor betonzuilen mogelijk is, bedraagt 16/32 mm. De sortering 16/32 mm dient in het bestek te worden voorgeschreven. In de ontwerpberekeningen wordt uitgegaan van een bijbehorende D_{15} van 20 mm. Dit is een conservatieve benadering. De werkelijke waarde van de D_{15} is circa 17 mm.

De minimale laagdikte waarin steenslag van bovengenoemde sortering, in uitvoeringstechnisch opzicht, kan worden aangebracht, is 0,10 m. Deze waarde voor de laagdikte wordt voorgeschreven in het bestek. In de ontwerpberekeningen wordt een laagdikte van 0,15 m ingevoerd, rekening houdend met een uitvoeringsmarge van 0,05 m.

Geokunststof

Het geokunststof onderin de bekleding wordt in het bestek en in het vervolg van deze ontwerpnota 'type 1' genoemd. De belangrijkste eis aan dit geokunststof is het voorkomen van uitspoeling van het basismateriaal door de toplaag heen.

Maatgevend voor dit verschijnsel is de poriegrootte O_{90} . Conform de eerder uitgevoerde dijkvakken van 1997-2003 wordt gekozen voor een vlies met een gegarandeerde maximum maaswijdte (O_{90}) van 100 μm , omdat de zanddoorlatendheid van nog fijnere materialen niet goed te testen is en fijnere materialen niet standaard leverbaar zijn. Bovendien is met proeven aangetoond dat de werkelijke doorlatendheid van het gekozen materiaal kleiner is dan 64 μm . Het geokunststof type 1 moet voldoen aan de eisen uit

Tabel 7.7.

Tabel 7.7 Eisen geokunststof type 1

Eigenschap	Waarde
Treksterkte	≥ 20 kN/m
rek bij breuk	≤ 60 %
Doordrukkracht	≥ 3500 N
poriegrootte O_{90}	≤ 100 μm

De levensduur van het geokunststof moet minimaal 50 jaar bedragen. In het bestek is voorgeschreven aan welke eisen het geokunststof in dat geval moet voldoen.

Aan de onderzijde wordt het geokunststof aangesloten op de teen- of overgangsconstructie. Aan de bovenzijde wordt het geokunststof doorgetrokken tot onder de eventuele onderhoudsstrook, met een overlapping van minimaal 1 m met het geokunststof onder de onderhoudsstrook. De overlapping met de naastliggende banen geokunststof moet minimaal 0,5 m breed zijn.

Kruin

Op de kruin zal waterbouwasfaltbeton toegepast worden in een laagdikte van 0,25 m. Het waterbouwasfaltbeton wordt direct op de klei aangebracht. Om een goede overgang te bewerkstelligen op het binnen- en buitentalud wordt het waterbouwasfaltbeton 1,0 m doorgezet op het talud.

Binnentalud

Aan de binnenzijde van de dijk wordt open steenasfalt met een laagdikte van 0,20 m toegepast. De laagdikte is bepaald op beheerdersoordeel (zie Bijlage 1). Onder de open steenasfalt wordt een geokunststof aangebracht (type 1). Er wordt klei gebruikt om de rest van de aanvulling te maken.

7.6.2 Landwaartse dijk

De landwaartse dijk zal bekleed worden met een laag open steenasfalt (zie Figuur 10). Uit berekeningen blijkt dat de benodigde dikte van de open steenasfalt minimaal 0,13 m bedraagt (zie Bijlage 1). Er is voor gekozen een laagdikte van 0,20 m toe te passen. De laag open steenasfalt wordt afgedekt met een laag grond van 0,10 m die ingezaaid zal worden met een graszaadmengsel. Onder de laag open steenasfalt wordt een geokunststof type 1 aangebracht.

Dit geheel wordt op de bestaande dijk aangebracht, zodat dit niet ten koste van de aanwezige kleidikte zal gaan. Ook de huidige berm zal op deze wijze bekleed worden. De huidige hoogte van de berm begint bij NAP +5,85 m. De nieuwe berm zal iets opgehoogd worden zodat deze op ontwerppeil komt (NAP +6,20m). (De dikte van de grondlaag wordt niet in rekening gebracht omdat hier geen sterkte aan wordt toegekend).

7.7 Overgangsconstructies

Westelijk van de haven zal de nieuwe glooiing tegen de damwand 'aangedraaid' worden. Er ontstaat dan een kegelvormige aansluiting van de glooiing op de damwand.

Landwaarts van de damwand zal er een overgangsconstructie tussen het waterbouwasfaltbeton en de betonzuilen gemaakt worden. De kieren worden

ingegoten met asfaltmastiek. De overgang tussen de boventafel en de berm wordt uitgevoerd door de betonzuilen aan te brengen met een afronding, waarvan de kromtestraal (R) 10 m bedraagt. De betonzuilen worden over een lengte van 1 m op de berm doorgezet.

Aan de oostzijde van de haven wordt het traject beëindigd aan het einde van de damwand. Het traject oostelijk daarvan moet nog worden verbeterd. Het wordt aanbevolen de ondertafel van dat traject 15 m parallel aan de damwand door te laten lopen zodat er een overlap ontstaat.

Aan de westelijke zijde van het Traject Fort kan de glooiing aangesloten worden op de reeds verbeterde glooiing van het dijkvak Ellewoutsdijk, die bestaat uit betonzuilen in de ondertafel en betonzuilen met ecotop in de boventafel. De overlaging van traject Fort zal d.m.v. inkassing worden aangesloten op het reeds verbeterde traject. In de boventafel kunnen de zuilen naadloos worden aangesloten op de reeds verbeterde glooiing. Te grote kieren zullen worden gepenetreerd met asfaltmastiek.

8. AANDACHTSPUNTEN VOOR BESTEK EN UITVOERING

- De uitlaat van het gemaal van het poldertje rondom het fort zal opnieuw aangelegd moeten worden (dit betreft de afwatering van het gebied rond het fort). Dit zal in de besteksfase nader vormgegeven worden.
- De nieuwe bekledingen van betonzuilen op de zeewaartse dijk (boven de overlaging) moeten zonder tonrondte worden aangebracht.
- Er zal op het werk of in de directe omgeving een depotruimte moeten komen voor de vrijgekomen betonblokken.
- Afhankelijk van de staat van de bestaande kreukelberm moet worden besloten of de toepassing van een geokunststof onder de nieuwe kreukelberm noodzakelijk is.
- De damwandconstructie moet een gronddichte aansluiting krijgen op de bestaande betonnen damwand.
- De kreukelberm dient aan te sluiten op de vooroeverbestorting welke in 2005 is uitgevoerd. De vooroeverbestorting eindigt op NAP –2,0m.
- Voldoende aandacht besteden aan de details (overgangen e.d.).
- In het westelijk gedeelte van de glooiing komen Haringmanblokken met een dikte van 0,25 m voor. In het oostelijk gedeelte zitten Haringmanblokken met een dikte van 0,20 m. De overgang tussen beide zit bij dp470+60m.
- Wanneer het nodig blijkt dat zwaar vrachtverkeer het trace van de uitwateringssluis moet kunnen passeren, dan zullen hiervoor maatregelen moeten worden getroffen.
- Voorafgaande aan het aanbrengen van de overlagingen van gepenetreerde breuksteen moeten de onderliggende lagen worden schoongemaakt. Er mogen geen algen, en geen zand - en slibresten aanwezig zijn. Er moet rekening gehouden worden met de invloed van de getijbeweging op de kwaliteit van de penetratie. Aanvoer van sediment heeft, indien voorafgaand aan de penetratie, een verminderde sterkte tot gevolg door de slechtere hechting van de gepenetreerde asfalt aan de breuksteen. Het heeft de voorkeur de breuksteen aan te brengen en te penetreren tijdens hetzelfde laagwater. Wanneer dit niet mogelijk is, dient een pomp met spuitlans aanwezig te zijn, zodat de breuksteen voorafgaand aan het penetreren schoon kan worden gespoten. Voorkomen moet worden dat de gietasfalt kort voor en tijdens het aanbrengen te veel afkoelt. De toplaag van de overlaging moet bij de aansluiting op de kreukelberm samenvallen met de toplaag van de kreukelberm (geen vrij liggende stenen).
- Tijdens de uitvoering moet het waterbeheer rond het fort gecontinueerd worden. Hiervoor zal tijdens de besteksfase een adequate oplossing voor worden gezocht.

9. LITERATUUR

- 1 Voorontwerpdokument Dijkverbetering Ellewoutsdijk-, Van Hattum- en Everingepolder Groenewoud, M.D., Projectbureau Zeeweringen, Versie 3, 7-12-2004
- 2 Voorbereiding dijkverbeteringen, Algemene Ontwerpnota 2005/2006 Dorst, C.J. en Kortlever, W., Projectbureau Zeeweringen, Versie 2, Middelburg, 24-08-2005.
PZDT-R-05182ontw
- 3 Verslag Projectbureauoverleg van 10 maart 2004
Projectbureau Zeeweringen, PZPB-V-04014
- 4 Bijlagen bij 'Handleidingen Toetsen en Ontwerpen van dijkbekledingen' Werkgroep Kennis, Versie 8.1, 30-07-2003.
PZDT-R-02.074ken
- 5 Gemiddelde getijkromme 1991.0
Rijksinstituut voor Kust en Zee, 1994.
- 6 De basispeilen langs de Nederlandse kust
Rijksinstituut voor Kust en Zee, mei 1995
RIKZ-95.008
- 7 Startnotitie Van Hattum-, Everinge- en Ellewoutsdijkpolder
Jacobse, S., Projectbureau Zeeweringen, Werkgroep Kennis, juli 2004.
K-04-08-22
- 8 Golfcondities van Hattumpolder en Everingenpolder bij een 1/4000^{ste} windsnelheid
J.J. Jacobse, RIKZ\OS-2004.152W, december 2004
- 9 Maatgevende golfrandvoorwaarden Fort Ellewoutsdijk,
INFRAM, mei 2005
- 10 Milieu-inventarisatie Zeeweringen Westerschelde
Boetzelaer, M.E., en Bartels, A.F.X., Bouwdienst Rijkswaterstaat,
Hoofdafdeling Waterbouw, Utrecht, versie 17 (definitief), mei 2001.
PZDT-R-01144-inv
- 11 Detailadvies dijkvak van Hattum polder/Everingenpolder
R. Jentink/C.Joosse, Meetinformatiedienst Zeeland RWS, maart 2004
- 12 Aanvullend detailadvies natuurwaarden zeewering Van Hattumpolder
R. Jentink/C.Joosse, Meetinformatiedienst Zeeland RWS, juli 2004
- 13 Landschapsvisie Zeeweringen Westerschelde
Dienst Landelijk Gebied - Zeeland, juli 2001.
- 14 Inventarisatie sterkte gezette talusbekledingen in Zeeland
Grondmechanica Delft, Delft, januari 1997.

Kenmerk 362070/46

- 15 Leidraad toetsen op veiligheid, LTV, augustus 1999.
- 16 Vrijgave toetsing Everinge-(deels), Van Hattum- en Ellewoutsdijkpolder (deels)
P. Hengst, Projectbureau Zeeweringen, 1-03-2004
PZDT-M-04051
- 17 Toetsing grasbekleding deltadijk Fort Ellewoutsdijk,
Projectbureau Zeeweringen, 2005, K-05-05-20
- 18 Ontwerp damwandconstructie Haven Ellewoutsdijk
Projectbureau Zeeweringen, 2005, PZDT-r-05198ontw
- 19 Technisch Rapport Steenzettingen
TAW-rapport, december 2003
DWW-2003-097
- 20 Handleiding Ontwerpen Dijkbekledingen, Technische werkwijze van het
Projectbureau
Zeeweringen
Werkgroep Kennis, Versie 8, 13-05-2003.
PZDT-R-02.066ken
- 21 Rapport Grondonderzoek (Plaats: Ellewoutsdijk)
Van der Straaten aannemingsmaatschappij BV, april 2005-05-12
PZDB-R-05047
- 22 Grondmechanische stabiliteit Ellewoutsdijk
Werkgroep Kennis, mei 2005, K-05-05-17
- 23 Verslag voorontwerpoverleg Ellewoutsdijk-, Van Hattum- en Everingepolder
M.D. Groenewoud, Projectbureau Zeeweringen
PZDT-V-04225ontw

FIGUREN

Figuur 1	Overzichtssituatie
Figuur 2	Projectgebied
Figuur 3	Glooiingskaart huidige situatie
Figuur 4	Glooiingskaart eindbeoordeling toetsing
Figuur 5	Glooiingskaart nieuwe situatie
Figuur 6	Traject Haven: Damwandalternatief
Figuur 7	Traject Haven: Dwarsprofiel 1 (DP 468 +17m)
Figuur 8	Traject Fort: Dwarsprofiel 2 (DP 471)
Figuur 9	Traject Fort: Dwarsprofiel 3 (DP 472)
Figuur 10	Traject Fort: Dwarsprofiel 4: (Landwaartse dijk dp 472)
Figuur 11	Bovenaanzicht nieuwe situatie

BIJLAGEN

Bijlage 1 Technische toepasbaarheid

Bijlage 1.1	Traject Haven: betonzuilen
Bijlage 1.2	Traject Haven: betonblokken
Bijlage 1.3	Traject Fort: betonzuilen (buitentalud zeewaartse dijk)
Bijlage 1.4	Traject Fort: betonblokken (buitentalud zeewaartse dijk)
Bijlage 1.5	Traject Fort: overlaging (buitentalud zeewaartse dijk)
Bijlage 1.6	Traject Fort: betonzuilen (kruin zeewaartse dijk)
Bijlage 1.7	Traject Fort: asfaltbeton (kruin zeewaartse dijk)
Bijlage 1.8	Traject Fort: open steenasfalt (binnentalud zeewaartse dijk)
Bijlage 1.9	Traject Fort: open steenasfalt (landwaartse dijk)

Bijlage 2 Dimensionering

Bijlage 2.1	Traject Fort: Betonzuilen (buitentalud)
Bijlage 2.2	Traject Haven: Betonzuilen op dijk
Bijlage 2.3	Berekeningen kreukelberm

Bijlage 3 Aanvullend Detailadvies Natuurwaarden

Bijlage 4 Detailadvies landschapsvisie

Bijlage 5 Traject Haven: Berekening oppervlakte havendammen

Bijlage 6 Golfreducerende werking havendammen

Bijlage 7 Ontwerp damwandconstructie Haven Ellewoutsdijk

Bijlage 8 Maatgevende golfrandvoorwaarden Fort Ellewoutsdijk

Bijlage 9 Overslagdebieten bij Fort Ellewoutsdijk

Bijlage 10 Beheerdersoordeel betonnen damwand