

**DIJKVERBETERING**

**VOORLAND NUMMER EEN**

Ontwerpnota

Versie 4

18-12-2003

Projectbureau Zeeweringen Dijkverbetering Voorland Nummer Eén Ontwerpnota				
Auteur: W.C.D. Kortlever	controle	Intern	Toetsgrp	A.O.
Versie: 4	Paraaf	<i>W</i>	<i>JP</i>	<i>J</i>
Datum: 18-12-2003	d.d.	<i>18-12-03</i>	<i>18-12-03</i>	<i>6-1-04</i>
Documentnummer: PZDT-R-03.196ontw				



007696 2003 PZDT-R-03196 ontw

Ontwerpnota Voorland Nummer Een

**INHOUDSOPGAVE**

<b>SAMENVATTING</b>		<b>1</b>
<b>1. INLEIDING</b>		<b>2</b>
1.1	Achtergrond	2
1.2	Doelstelling Ontwerpnota	2
1.3	Leeswijzer	3
<b>2. SITUATIEBESCHRIJVING</b>		<b>4</b>
2.1	Locatie projectgebied	4
2.2	Keuze tracé verbetering	4
2.3	Geometrie en bekleding	5
<b>3. ONTWERPCONDITIONES</b>		<b>6</b>
3.1	Uitgangspunten	6
3.2	Randvoorwaarden	6
3.2.1	Waterstanden	6
3.2.2	Golven	6
3.2.3	Ecologische randvoorwaarden	8
<b>4. TOETSING</b>		<b>10</b>
4.1	Algemeen	10
4.2	Toetsing toplaag	10
4.3	Handhaven basaltbetonblokken	11
4.4	Bermniveau en grasbekleding bovenbeloop	11
4.5	Conclusies	11
<b>5. KEUZE BEKLEDING</b>		<b>12</b>
5.1	Inleiding	12
5.2	Beschikbaarheid	12
5.3	Voorselectie	13
5.4	Technische toepasbaarheid zetsteenbekledingen en kleidijk	15
5.4.1	Inleiding	15
5.4.2	Bermniveau en taludhellingen	15
5.4.3	Betonzuilen	16
5.4.4	Basalt	16
5.4.5	Basaltbetonblokken	17
5.4.6	Breuksteen	17
5.4.7	Kleidijk	18
5.5	Ecologische toepasbaarheid	18
5.6	Landschapsvisie	18
5.7	Afweging en keuze	19

6.	DIMENSIONERING	23
6.1	Kreukelberm en teenconstructie	23
6.2	Zetsteenbekleding	24
6.2.1	Toplaag van betonzuilen	24
6.2.2	Basaltzuilen	25
6.2.3	Uitvullaag	26
6.2.4	Geokunststof	26
6.2.5	Basismateriaal	27
6.3	Gepenetreerde bekledingen	27
6.4	Overgangsconstructies	28
6.5	Kleidijk	28
6.6	Berm	28
6.7	Gemaal	28
7.	AANDACHTSPUNTEN VOOR BESTEK EN UITVOERING	29

FIGUREN  
LITERATUUR  
BIJLAGEN

## SAMENVATTING

Deze ontwerpnota, opgesteld in het kader van Project Zeeweringen van Rijkswaterstaat, betreft het ontwerp van de nieuwe dijkbekledingen voor het dijktraject van Voorland Nummer Eén. Dit dijktraject, vallend onder het beheer van het Waterschap Zeeuws-Vlaanderen, ligt tussen dp 4 (+12m) en dp 32 (+90m), en heeft een lengte van ongeveer 2900 m.

De zeewering is opgebouwd uit een oude, lage zeedijk en een relatief nieuwe, hoge Deltadijk, die ongeveer 125 m achter de oude zeedijk ligt. Tussen beide dijken ligt het voorland, dat aansluit op de kruin van de oude zeedijk.

Aangezien de kruin van de oude zeedijk op circa NAP + 2,7 m ligt, heeft deze dijk alleen een ondertafel. De taludbekleding op de buitenzijde bestaat uit Vilvoordse steen, basalt, Doornikse steen en gepenetreerde breuksteen. Op de kruin van de oude zeedijk bevindt zich een onderhoudsweg van basaltbetonblokken en een asfaltstrook. Het binnentalud is grotendeels bekleed met Vilvoordse steen.

De Deltadijk, met de berm beginnend op NAP + 5,8 m, is met klei en gras bekleed. Het voorland bestaat uit zand afgedekt met een kleilaag.

Op de westgrens van de oude zeedijk ligt de uitstroomopening van een gemaal, met daarlangs twee geleidedammen, bekleed met basalt en Vilvoordse steen.

De ontwerpwaterstand (ontwerppeil 2060) bij Voorland Nummer Eén bedraagt NAP + 5,9 m. De bijbehorende ontwerpwaarden voor de golfhoogte  $H_s$  en de golfperiode  $T_p$  variëren van 1,3 m tot 2,1 m en van 5,6 s tot 7,8 s.

Bij de toetsing en het ontwerp van de dijkbekledingen zijn de oude zeedijk en de Deltadijk beschouwd als onderdelen van één zeewering, die bestand moet zijn tegen 1/4000-golfcondities. Uit de toetsing is gebleken dat de kleibekleding op de Deltadijk en de bekledingen op de kruin en het binnentalud van de oude zeedijk onvoldoende zijn. Op het buitentalud van de oude zeedijk zijn alle Vilvoordse steen en een aantal vlakken met basalt onvoldoende. De basaltbetonblokken op de onderhoudsweg worden gehandhaafd, omdat wordt verwacht dat de werkelijke sterkte van deze blokken aanzienlijk hoger is dankzij klemkrachten. (De eerste resultaten van een onderzoek naar klemkrachten worden verwacht in 2004.)

De berm van de Deltadijk moet worden verhoogd tot NAP + 5,9 m. De kruin van de oude zeedijk mag niet worden verhoogd.

Voor de oude zeedijk zijn de volgende nieuwe bekledingen mogelijk: betonzuilen, basaltzuilen, (gepenetreerde) breuksteen. Deze 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 de oude zeedijk zijn de volgende alternatieven beschouwd: (1) overlaging met gepenetreerde breuksteen, (2) betonzuilen, (3) overlaging en basaltzuilen, en (4) betonzuilen en basaltzuilen. Het vierde alternatief is gekozen, omdat dit voor planten en vogels gunstiger is en omdat de kosten kunnen worden beperkt door zoveel mogelijk basaltzuilen te hergebruiken. De bekleding van de oostelijke geleidedam van het gemaal wordt verbeterd, achter de westelijke geleidedam wordt een verborgen bekleding van betonzuilen toegepast, die aansluit op de naastliggende dijk.

Op de Deltadijk wordt een erosiebestendige kleibekleding aangebracht (categorie 1), met een dikte van 2 tot 2,3 m, met daarop een 'make-up'-laag van 0,5 m klei, waarin gras wordt gezaaid.

## **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 2004 zijn meerdere dijktrajecten langs de Westerschelde uitgekozen, waaronder het traject van Voorland Nummer Eén met een totale lengte van ongeveer 2900 m. In de voorliggende nota worden van dit traject de nieuwe ontwerpen van de bekledingen uitgewerkt.

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

### **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 te splitsen. De algemene aspecten die gelden voor dit werk zijn beschreven in de Algemene nota 2003 [1], 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 Voorland Nummer Eén;
- het toetsresultaat en de ontwerpberoevingen;
- 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. In hoofdstuk 4 komt de toetsing van de huidige bekleding aan de orde en wordt geconcludeerd welke delen binnen het Project Zeeweringen moeten worden verbeterd. In hoofdstuk 5 wordt op basis van de vastgestelde uitgangspunten en randvoorwaarden een voorkeursoplossing gekozen voor elk gedeelte van het dijktraject dat moet worden verbeterd. In hoofdstuk 6 wordt de dimensionering van de bekledingen beschreven. Tenslotte wordt in hoofdstuk 7 een lijst gegeven met aandachtspunten voor het bestek en de uitvoering.

## **2. SITUATIEBESCHRIJVING**

### **2.1 Locatie projectgebied**

Het dijktraject van Voorland Nummer Eén ligt langs de Hoofdplaatpolder in Zeeuwsch-Vlaanderen, in de gemeente Sluis, en valt onder het beheer van het Waterschap Zeeuws-Vlaanderen. De locatie is weergegeven in figuur 1. Het gedeelte dat is geselecteerd voor verbetering ligt in de randvoorwaardenvakken 135, 136, 137a en 137b, in het vervolg aangeduid met de dijkvakken 135, 136, 137a en 137b, en heeft een lengte van ongeveer 2900 m.

Het traject ligt tussen dp 4 (+12m) en dp 32 (+90m). In deze nota wordt het dijktraject behandeld in aflopende volgorde van de dijkpaalnummering, van oost naar west. Het aangrenzende dijktraject aan de oostzijde, Hoofdplaatpolder, is in 1998 verbeterd en het aangrenzende dijktraject aan de westzijde, Hans-van-Kruiningenpolder, is in 1997 verbeterd.

### **2.2 Keuze tracé verbetering**

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.

De onderhavige zeewering is opgebouwd uit een oude, lage zeedijk en een hoge Deltadijk, die 30 tot 130 m achter de oude zeedijk ligt. De Deltadijk is aangelegd in 1977. Tussen beide dijken ligt het voorland, dat aansluit op de kruin van de oude zeedijk. Feitelijk ligt de ondertafel van de zeewering op de oude zeedijk, de eerste berm van de zeewering wordt gevormd door het voorland en de boventafel ligt op de Deltadijk. Boven de boventafel ligt een tweede, kortere berm.

De oude zeedijk is met steen bekleed. Het voorland en de Deltadijk zijn met klei bekleed. Op het voorland is in 1995 een natuurontwikkelingsproject gerealiseerd. Voordat is gestart met het ontwerp van de nieuwe bekledingen, zijn door het Ambtelijk Overleg de volgende tracéalternatieven als uitgangspunt gekozen:

1. het verbeteren van de bestaande ondertafel (oude zeedijk) in combinatie met het verbeteren van de bestaande boventafel (Deltadijk);
2. het aanleggen van een nieuwe onder- en boventafel ter plaatse van de Deltadijk.

#### **Ad 1.**

Het verbeteren van de bestaande ondertafel voorkomt dat de breedte van het voorland onder de maatgevende stormcondities zal afnemen. De maatgevende randvoorwaarden voor de boventafel worden door het voorland gereduceerd. Voor de verbetering van de boventafel kan voor een steenbekleding of voor een kleibekleding worden gekozen.

#### **Ad 2.**

Bij dit alternatief wordt de bestaande ondertafel niet verbeterd, met als gevolg dat de breedte van het voorland onder de maatgevende stormcondities zal afnemen. De maatgevende randvoorwaarden voor de boventafel worden door het voorland niet gereduceerd. Gegeven een afname van de breedte van het voorland en de hogere randvoorwaarden moet op de onder- en boventafel een steenbekleding worden aangebracht. Een kleibekleding is in dit geval niet mogelijk.



Alleen bij het eerste alternatief is, door te kiezen voor een kleibekleding, een herstel van natuurwaarden op de boventafel mogelijk. Bovendien is uit een kosteninschatting gebleken, dat het eerste alternatief goedkoper is. Daarom is door het Ambtelijk Overleg besloten alleen dit alternatief verder uit te werken [22,23]. Aangezien voor de boventafel alleen een kleibekleding mogelijk is, blijven de in deze nota gemaakte constructiekeuzes beperkt tot de steenbekleding van de oude zeedijk, dat wil zeggen tot de bekleding van de ondertafel.

### 2.3 Geometrie en bekleding

Voor een schematische weergave van de bestaande bekledingen van het dijktraject wordt verwezen naar figuur 2. De geometrie van het dijktraject kan worden beschreven door de karakteristieke dwarsprofielen die zijn weergegeven in figuur 5 t/m figuur 17.

De teen van de oude zeedijk ligt bij dp 32 en dp 6 op NAP - 0,7 m, en bij dp 15 op NAP - 0,3 m. Daartussen verloopt de teen van circa NAP tot circa NAP + 1,5 m. In het algemeen bevindt zich langs de teen een strook stortsteen.

Aangezien de kruin van de oude zeedijk op NAP + 2,6 á 2,9 m ligt, heeft deze dijk alleen een ondertafel. De taludbekleding op de buitenzijde bestaat uit Vilvoordse steen, aansluitend op de teen, en basalt, aansluitend op de Vilvoordse steen. Bij dp 32 is beneden de Vilvoordse steen een vlak met Doornikse steen aanwezig. Bij dp 7 bestaat de gehele bekleding uit gepenetreerde breuksteen (reparatie na oeverval). Op de kruin van de oude zeedijk bevindt zich een onderhoudsweg van basaltbetonblokken, afgewisseld door een asfaltstrook bij dp 7. Het binnentalud, met de teen op NAP + 1,7 m, is grotendeels bekleed met Vilvoordse steen.

De teen van de nieuwe Deltadijk bestaat uit een kleikist die is aangebracht op een oorspronkelijke kleilaag. De onderkant van de kleikist ligt NAP á NAP + 0,7 m, de bovenkant ligt op circa NAP + 3,2 m en valt samen met de bovenkant van het voorland, dat tegen de kleikist is aangebracht.

Vanaf de oostgrens tot dp 30 (+68m) is de boventafel van de Deltadijk, als onderdeel van de aangrenzende dijkverbetering, bekleed met gekantelde betonblokken. In de afronding naar de berm, met de buitenkniklijn op NAP + 5,95 m, zijn Pit-betonzuilen toegepast. Vanaf dp 30 (+68m) tot de westgrens zijn de ondertafel en de boventafel van de Deltadijk bekleed met een kleilaag van 0,8 m, die boven het voorland met gras is begroeid. Hier varieert de buitenkniklijn van de berm tussen NAP + 5,5 m en NAP + 5,8 m. Een klein vlak met graniet vormt de aansluiting op de reeds uitgevoerde dijkverbetering aan de westzijde, waarvan de bekleding geheel uit Pit-betonzuilen bestaat. Hier ligt de buitenkniklijn van de berm op NAP + 5,6 m.

De berm en het bovenbeloop van de Deltadijk zijn bekleed met een kleilaag van 0,8 m, die met gras is begroeid. De kern van de Deltadijk bestaat uit zand.

Het voorland tussen de oude zeedijk en de Deltadijk ligt op NAP + 2,5 á 3,0 m, en sluit aan op het binnentalud van de oude zeedijk op circa NAP + 2,6 m. De toplaag van het voorland, met een dikte van 0,4 m, bestaat uit klei. Daaronder bevindt zich een zandlaag, waarvan de onderkant op circa NAP ligt.

Binnen de westgrens van de oude zeedijk ligt de uitstroomopening van een gemaal, met daarlangs twee geleidedammen. De taluds van deze dammen zijn bekleed met basalt en Vilvoordse steen. De kruinen van de dammen zijn niet bekleed. Boven de uitstroomopening is een vlak met basalt aanwezig.

Het dijktraject tussen dp 4 en dp 15 grenst aan een diepe geul, het Vaarwater langs Hoofdplaat, en de ontgronding bij het gemaal.

Ten oosten van dp 17 liggen 9 strekdammetjes voor de oude zeedijk. In de bocht tussen dp 9 en dp 10 ligt een korte nol.

### 3. ONTWERPCONDITIONES

#### 3.1 Uitgangspunten

Voor de uitgangspunten wordt verwezen naar de Algemene Nota 2003 [1].

#### 3.2 Randvoorwaarden

##### 3.2.1 Waterstanden

De karakteristieke waterstanden, die van belang zijn voor het ontwerp, zijn weergegeven in tabel 3.1 [2,3]. Het Ontwerppeil is gebaseerd op de nota 'De basispeilen langs de Nederlandse kust' [4]. Voor de bepaling van het Ontwerppeil 2060 is een zeespiegelrijzing voor de duur van 75 jaar opgeteld bij de vastgestelde ontwerppeilen voor 1985.

**Tabel 3.1 Karakteristieke waterstanden [2,3]**

Locatie	Dijkvak	Gemiddeld Hoogwater [NAP + m]	Ontwerppeil 2060 [NAP + m]
dp 32 (+90m) - dp 28	135	2,10	5,90
dp 28 – dp 24	136	2,10	5,90
dp 24 – dp 16	137a	2,10	5,90
dp 16 - dp 5 (+40m)	137b	2,10	5,85
dp 5 (+40m) – dp 4 (+12m) <sup>1)</sup>	137c	2,10	5,85
Gemiddeld laagwater [NAP+ m] Vlissingen [3]		-1,8	

<sup>1)</sup> Voor de opsplitsing van dijkvak 137b in dijkvak 137b en dijkvak 137c wordt verwezen naar paragraaf 3.2.2.

##### 3.2.2 Golven

Het RIKZ heeft met behulp van modelberekeningen bij verschillende waterstanden de maatgevende golfgegevens voor de oude zeedijk bepaald [2,5]. Daarnaast heeft het RIKZ modelberekeningen laten uitvoeren door Alkyon, waarmee de invloed van het voorland is bepaald op de maatgevende golfbelastingen op de Deltadijk [5]. Hierbij is uitgegaan van een stabiel voorland dat door de oude zeedijk in stand wordt gehouden en waarvan de hoogte tijdens storm maximaal 1 m afneemt [5]. De maatgevende golfcondities voor de oude zeedijk en de Deltadijk zijn gegeven in tabel 3.2 en tabel 3.3. Dijkvak 137b is gesplitst in dijkvak 137b, waarvan de westgrens samenvalt met de westgrens van het voorland, en dijkvak 137c, ter plaatse van het gemaal. Bij het gemaal worden de golfbelastingen niet gereduceerd door het voorland en moet voor de Deltadijk met de randvoorwaarden uit dijkvak 137c worden gerekend.

De golfrichtingsband betreft de voorkomende voortplantingsrichtingen van de maatgevende golven, gegeven in graden ten opzichte van het noorden.

Tabel 3.2 Golfrandvoorwaarden oude zeedijk [2,5]

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]
135	312 – 342	1,0	4,5	1,5	5,3	1,9	5,7
136	347 – 17	0,9	4,6	1,3	4,9	1,6	5,6
137a	348 – 18	0,9	4,7	1,3	4,9	1,5	5,6
137b/c	320 – 350	1,3	5,3	1,6	7,1	2,1	7,9

Tabel 3.3 Golfrandvoorwaarden Deltadijk [5]

Dijkvak	Golf- richtingsband [°]	Waterstand							
		NAP + 2 m		NAP + 3 m <sup>2)</sup>		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]	$H_s$ [m]	$T_{p(m)}$ [s]
135 <sup>1)</sup>	350 – 20	-	-	0,8	4,9	1,1	5,3	1,5	5,7
136	352 – 22	-	-	0,4	4,8	0,8	4,9	1,4	5,6
137a	352 – 22	-	-	0,5	4,8	0,8	4,9	1,4	5,6
137b	331 – 1	-	-	0,4	6,2	0,8	7,1	1,3	7,9
137c	320 – 350	1,3	5,3	1,5	6,2	1,6	7,1	2,1	7,9

<sup>1)</sup> Ten westen van dp 32 (+90m) zijn dit de randvoorwaarden voor de Deltadijk. Ten oosten van dp 32 (+90m) vallen de oude zeedijk en de Deltadijk samen en moet met de ongereduceerde randvoorwaarden van tabel 3.2 worden gerekend.

<sup>2)</sup> De waterstand van NAP + 3 m is toegevoegd, omdat het voorland bij NAP + 2 m droog blijft.

Voor de golfrandvoorwaarden bij tussenliggende waterstanden wordt lineair geïnterpoleerd. Bij lagere en hogere waterstanden wordt lineair geëxtrapoleerd. In tabel 3.4 is weergegeven welke golfrandvoorwaarden bij de Deltadijk horen bij het Ontwerppeil 2060.

Tabel 3.4 Golfrandvoorwaarden voor Deltadijk bij Ontwerppeil 2060

Dijkvak	Ontwerppeil 2060 [NAP + m]	Golfparameters	
		$H_s$ [m]	$T_p$ [s]
135	5,90	1,48	5,68
136	5,90	1,37	5,57
137a	5,90	1,37	5,57
137b	5,85	1,26	7,84
137c	5,85	2,06	7,84

### 3.2.3 Ecologische randvoorwaarden

In de Milieu-inventarisatie [6] is voor het onderhavige dijktraject een inventarisatie gemaakt van de huidige natuurwaarden en van de potenties voor natuurontwikkeling. Alle relevante bekledingstypen 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 bekledingstypen in categorieën wordt verwezen naar de Milieu-inventarisatie en naar de Algemene Nota [1].

**Tabel 3.5 Minimaal benodigde categorie van type dijkbekleding conform de Milieu-inventarisatie voor oude zeedijk [6]**

Dijkvak	Getijdenzone		Boven GHW	
	Herstel	Verbetering	herstel	verbetering
135/136/137	geen voorkeur	(redelijk) goed / voldoende	geen oordeel	geen oordeel

Uit het oogpunt van de ecologie is de Deltadijk geschikt voor de aanleg van een groene dijk.

Het voorland tussen de oude zeedijk en de Deltadijk wordt door vogels gebruikt als hoogwatervluchtplaats en als broedplaats. In het voorland is speciaal voor sterns en steltlopers een vogeleiland aangelegd, met een gracht eromheen om te voorkomen dat de vogels verstoord worden. De zandbank midden in de Westerschelde, de Hoge Platen, is een belangrijk foerageer - en rustgebied voor de vogels.

Het buitendijkse gebied maakt, voor zover het bij laagwater droogvalt, deel uit van een Integraal Milieubeschermingsgebied.

Afhankelijk van de gekozen nieuwe bekledingen op de oude dijk of op de Deltadijk, moet in de toekomst rekening worden gehouden met broedende plevieren (meer dan 2 paren per dijkvak) [7]. Overlagingen van zware breuksteen en begroeiing maken de dijken ongeschikt als broedplaats.

Uitgaande van broedende plevieren is het gewenst de onderhoudsstrook op de kruin van de oude zeedijk in het broedseizoen af te sluiten voor recreatie. Dit is in strijd met het beleid van het waterschap dat de buitenzijde van de dijk toegankelijk wil houden voor recreatie (fietsers, vissers).

De bekledingen van natuursteen op de oude zeedijk en op de dammen bij het gemaal zijn van cultuurhistorische waarde.

Dicht achter de Deltadijk bevindt zich de bebouwing van de Hoogeweg.

Aanvullend op de Milieu-inventarisatie, heeft de Meetinformatiedienst Zeeland een meer gedetailleerd onderzoek uitgevoerd naar de vegetatie in het dijktraject. De resultaten van dit onderzoek zijn verwoord in het Detailadvies, dat is opgenomen in bijlage 3 en samengevat in tabel 3.6. In het algemeen wordt het Detailadvies opgevolgd omdat dit gebaseerd is op een recent vegetatieonderzoek.

**Tabel 3.6 Minimaal benodigde categorie van type dijkbekleding conform het Detailadvies voor oude zeedijk (bijlage 3)**

Locatie	In dijkvak	Getijdenzone <sup>1)</sup>		Boven GHW <sup>1)</sup>	
		herstel	verbetering	herstel	verbetering
WP 54 – WP 56 <sup>2)</sup> ≈ dp 24 - dp 33	135, 136	(redelijk) goed <sup>3)</sup>	goed (eco)	redelijk goed / voldoende	redelijk goed
WP 53 - WP 54 ≈ dp 17 - dp 24	137a	(redelijk) goed / voldoende	(redelijk) goed / voldoende	redelijk goed / voldoende	redelijk goed
WP 50 - WP 53 ≈ dp 10 - dp 17	137a, 137b	(redelijk) goed / voldoende	(redelijk) goed	redelijk goed / voldoende	redelijk goed
WP 49 - WP 50 ≈ dp 9 - dp 10	137b	geen voorkeur	(redelijk) goed / voldoende	redelijk goed / voldoende	redelijk goed
dp 5 – WP 49 ≈ dp 5 - dp 9	137b, 137c	(redelijk) goed	(redelijk) goed	redelijk goed / voldoende	redelijk goed

<sup>1)</sup> Afwijkingen van de Milieu-inventarisatie zijn cursief weergegeven.

<sup>2)</sup> WP staat voor waypoint. De locaties van de waypoints zijn weergegeven in de figuur in bijlage 3.

<sup>3)</sup> De Vilvoordse steen is hier goed begroeid met bruinwieren (type III). De nieuwe bekleding moet voldoen aan de categorie '(redelijk) goed'. Een vol-en-zat met asfalt gepenetreerde constructie is toegestaan, wanneer de vrijkomende Vilvoordse steen wordt gebroken tot een sortering van 50/100 mm en deze gebroken steen over de nog warme asfalt wordt uitgestrooid. Deze begroeibare bekleding valt binnen de categorie '(redelijk) goed / voldoende'.

De bestaande bekleding van de Deltadijk bestaat uit een kleilaag die met gras is begroeid. Deze bekleding valt binnen de categorie 'uitmuntend'. Het is daarom niet mogelijk de natuurwaarden te verbeteren door het aanbrengen van een nieuwe bekleding. In het Detailadvies wordt geadviseerd ten behoeve van het herstel van natuurwaarden op de Deltadijk opnieuw een groene dijk (kleidijk) aan te leggen.

## 4. TOETSING

### 4.1 Algemeen

In 1996 heeft Grondmechanica Delft gerapporteerd over de toestand van de dijkbekledingen in Zeeland [8]. Een globale toetsing is uitgevoerd aan de hand van de 'Leidraad toetsen op veiligheid' [9]. 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 golfbrandvoorwaarden. Ook het dijktraject van Voorland Nummer Eén is met nieuwe berekeningen getoetst, gebruikmakend van de randvoorwaarden uit paragraaf 3.2. De bekledingen op het buitentalud van de oude zeedijk zijn getoetst, uitgaande van een doorlopend talud, dat wil zeggen zonder het effect van de kruin mee te nemen.

### 4.2 Toetsing toplaag

In 1999 en 2001 (actualisatie) heeft het Waterschap Zeeuws-Vlaanderen de gezette bekledingen langs het gehele dijktraject geïnventariseerd, en globale en gedetailleerde toetsingen uitgevoerd [10]. Bij deze toetsingen zijn meerdere bekledingen als 'twijfelachtig', 'geavanceerd' of 'onvoldoende' beoordeeld. In 2002 heeft het waterschap de toetsing van de gepenetreerde breuksteen bij dp 7 toegevoegd (reparatie van oeverval) [11]. In 2001 en 2002 heeft het Projectbureau Zeeweringen de geactualiseerde toetsingen gecontroleerd en geavanceerde toetsingen uitgevoerd [12,13,14]. In aanvulling hierop heeft het projectbureau de bekledingen van waterbouwasfaltbeton en basaltbetonblokken op de kruin van de oude zeedijk getoetst [15,16,17]. Vervolgens heeft het projectbureau de bekledingen opnieuw getoetst, nadat de hydraulische randvoorwaarden voor de oude zeedijk waren gewijzigd [18].

Het eindresultaat van de toetsing luidt als volgt (zie ook figuur 3):

- alle vakken met Vilvoordse steen zijn onvoldoende;
- de vakken met basalt tussen dp 17 en dp 15 (+30m) zijn onvoldoende, omdat bij deze vakken onder de basalt geen kleilaag van voldoende dikte aanwezig is, of omdat de vakken een kleine oppervlakte hebben en de onderliggende vakken onvoldoende zijn;
- het vak met basalt boven NAP + 2,4 m, tussen dp 15 (+30m) en dp 10 (+50m), is onvoldoende;
- de vakken met basalt tussen dp 9 (+40m) en dp 8 (+10m) zijn onvoldoende, omdat deze vakken een kleine oppervlakte hebben en de onderliggende vakken onvoldoende zijn;
- de gepenetreerde breuksteen bij dp 7 is voldoende;
- de vakken met basalt op het buitentalud tussen dp 5 (+90m) en dp 5 (+20m) zijn onvoldoende;
- het vak met Basaltonzuilen is onvoldoende;
- de basalt rond de uitstroomgeul van het gemaal is voldoende tot NAP + 2,50 m;
- de basalt ten westen van de uitstroomgeul is voldoende tot NAP + 3,35 m;
- het vak met granietblokken in de aansluiting op de Hans-van-Kruiningenpolder is onvoldoende;
- de basaltbetonblokken op de onderhoudsweg zijn onvoldoende;
- de waterbouwasfaltbeton op de onderhoudsweg en het binnentalud is onvoldoende, tenzij in de asfaltbekleding 'gaten' worden aangebracht, waarmee overdrukken kunnen worden voorkomen;
- de bestaande kleibekleding op de Deltadijk is onvoldoende;
- de overige bekledingen zijn voldoende.

#### **4.3 Handhaven basaltbetonblokken**

De toetsing volgens de huidige rekenmethoden heeft uitgewezen dat de basaltbetonblokken op de kruin van de oude zeedijk en op de aansluitende onderhoudsstroken tijdens ontwerpcondities niet voldoen. Daarbij is echter aangenomen dat de basaltbetonblokken niet of nauwelijks ingeklemd zijn. Het oordeel van de beheerder, het Waterschap Zeeuws-Vlaanderen, luidt dat de basaltbetonblokken kunnen worden gehandhaafd, omdat in het verleden nauwelijks schades zijn voorgekomen aan de bekledingen van de basaltbetonblokken. Verwacht wordt dat de werkelijke sterkte van deze blokken aanzienlijk hoger is dan de berekende sterkte, vanwege de inklemming.

Ten tijde van het schrijven van deze ontwerpnota is onderzoek gestart naar de invloed van de klemkrachten op de stabiliteit van bekledingen van gezette steen, waaronder basaltbetonblokken. De eerste resultaten van dit onderzoek worden verwacht in 2004. Wanneer hieruit zal blijken dat de klemkrachten en daarmee de stabiliteit van de basaltbetonblokken onvoldoende zijn, moeten de blokken vervangen worden.

#### **4.4 Bermniveau en grasbekleding bovenbeloop**

Bij de Deltadijk varieert de hoogte van de buitenknik van de berm van circa NAP + 5,5 m tot NAP + 5,95 m, dat wil zeggen van 0 tot 0,4 m beneden het ontwerppeil. Dit betekent dat de berm plaatselijk moet worden opgehoogd tot het ontwerppeil, of dat een bekleding moet worden aangebracht op de berm en op een deel van het bovenbeloop.

Gekozen is voor het ophogen van de berm, omdat dit in het algemeen goedkoper is. Hierbij wordt de nieuwe bekleding van de boventafel over 1 m op de berm doorgezet. De grasbekleding op de berm en op het bovenbeloop hoeft niet te worden aangepast, omdat de significante golfhoogte bij het ontwerppeil kleiner is dan 3,0 m.

#### **4.5 Conclusies**

De berm moet worden opgehoogd tot NAP + 5,90 m.

Op het buiten - en het binnentalud van de oude zeedijk moeten de Vilvoordse steen en enkele vakken met basalt worden vernieuwd. De basaltbetonblokken op de kruin worden gehandhaafd, aangenomen dat de klemkrachten tussen de blokken zo groot zijn dat de blokkenbekleding een zware storm kan weerstaan.

De bestaande kleibekleding op de Deltadijk is onvoldoende.

## 5. KEUZE BEKLEDING

### 5.1 Inleiding

Uit de toetsing is gebleken dat een groot deel van de bekleding van de oude zeedijk en de gehele bekleding van de Deltadijk moeten worden verbeterd. In dit hoofdstuk wordt eerst bepaald welke nieuwe bekledingstypen kunnen worden toegepast. Vervolgens wordt een keuze gemaakt. De volgende stappen worden gevolgd (zie hoofdstuk 7 van de Algemene Nota [1]):

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

### 5.2 Beschikbaarheid

In tabel 5.1 zijn de hoeveelheden basalt weergegeven die vrijkomen bij het vernieuwen van de bekleding en die eventueel kunnen worden hergebruikt. Vilvoordse steen kan niet worden hergebruikt en moet worden verwerkt in de kreukelberm of worden gebroken, zodat de steen geschikt is als afstrooimateriaal. Aangezien de vrijkomende hoeveelheid Basalton te klein is en de technische toepasbaarheid van de vrijkomende graniet te beperkt is voor hergebruik, moeten de Basalton en de graniet worden afgevoerd of verwerkt in de kreukelberm.

**Tabel 5.1 Vrijkomende hoeveelheden basalt en basaltbetonblokken**

Toplaag	Afmetingen	Oppervlakte [m <sup>2</sup> ]	Oppervlakte gekanteld [m <sup>2</sup> ]
Basalt	zuilhoogten [m]:		
	0,24	490	-
	0,25	594	-
	0,27	863	-

#### **Materialen uit bestaande depots of uit een ander dijktraject**

In 2001 is het dijktraject van Perkpolder Oost en West verbeterd. Bij dit traject is basalt vrijgekomen die mogelijk geschikt is voor hergebruik bij Voorland Nummer Eén. Ten tijde van het schrijven van de voorliggende nota werd deze basalt op hoogte gesorteerd.

In een depot bij Borssele ligt een grote hoeveelheid ongesorteerde basalt (4.000 tot 6.000 m<sup>2</sup>, zuilhoogte: 0,25 - 0,35 m?). Waarschijnlijk is ook deze basalt geschikt voor hergebruik bij Voorland Nummer Eén.

Bij de verbetering van andere dijktrajecten in 2004 komen waarschijnlijk geen materialen vrij voor toepassing bij Voorland Nummer Eén. Hergebruik uit een ander, gelijktijdig uit te voeren dijktraject wordt niet aanbevolen, in verband met mogelijke verschuivingen in de planning en de daaruit volgende knelpunten.



### **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 2003 [1] worden de volgende mogelijke bekledingstypen genoemd:

- 1) zetsteen op uitvullaag:
  - a) (gekantelde) betonblokken,
  - b) (gekantelde) granietblokken,
  - c) (gekantelde) koperslakblokken,
  - 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 in paragraaf 5.4 moet blijken tot welke niveaus de beschikbare basalt onder de maatgevende golfcondities stabiel is.

#### **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 vraagt.

#### **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. Het eerste is van toepassing op de vakken waar de Vilvoordse steen is afgekeurd en de hoger liggende basalt is goedgekeurd.

#### **Ad 5.**

Op de Deltadijk kan een kleibekleding worden aangebracht, omdat het voorland dat door de oude zeedijk in stand wordt gehouden voldoende hoog ligt en omdat de significante golfhoogte op het ontwerppeil kleiner is dan 2 m.

Tabel 5.2 geeft voor de oude zeedijk 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. Deze voorkeuren zijn randvoorwaarden bij het ontwerp, waarvan niet mag worden afgeweken.

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

Locatie	In dijkvak	Getijdenzone		Boven GHW	
		herstel	verbetering	herstel	verbetering
WP 54 - WP 56 <sup>1)</sup> dp 24 - dp 33	135, 136	<ul style="list-style-type: none"> <li>• betonzuilen</li> <li>• basalt</li> <li>• basaltbetonblokken (weg)</li> <li>• niet vol-en-zat gepenetreerde breuksteen</li> <li>• breuksteen vol-en-zat gepenetreerd met asfalt, afgestrooid met gebroken Vilvoordse steen</li> </ul>	betonzuilen met ecotoplaag	<ul style="list-style-type: none"> <li>• betonzuilen</li> <li>• basalt</li> <li>• basaltbetonblokken (weg)</li> <li>• breuksteen</li> <li>• niet vol-en-zat gepenetreerde breuksteen (overlagen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• betonzuilen</li> <li>• basalt</li> </ul>
WP 53 - WP 54 dp 17 - dp 24	137a	alle m.u.v. breuksteen patroon-gepenetreerd of vol-en-zat gepenetreerd met asfalt			
WP 50 - WP 53 dp 10 - dp 17	137a, 137b			zie herstel van dp 5 - WP 49 dp 5 - dp 9	
WP 49 - WP 50 dp 9 - dp 10	137b	Alle		zie herstel van WP 53 - WP 54 Dp 17 - dp 24	
dp 5 - WP 49 dp 5 - dp 9	137b, 137c	<ul style="list-style-type: none"> <li>• betonzuilen</li> <li>• basalt</li> <li>• basaltbetonblokken (weg)</li> <li>• niet vol-en-zat gepenetreerde breuksteen</li> </ul>			

<sup>1)</sup> WP staat voor waypoint. De locaties van de waypoints zijn weergegeven in de figuur in bijlage 3.

Uit tabel 5.2 wordt geconcludeerd dat voor het verbeteren van de bekledingen op de oude zeedijk betonzuilen, basalt, basaltbetonblokken, breuksteen en gepenetreerde breuksteen kunnen worden gebruikt. Aan de toepassing van breuksteen en gepenetreerde breuksteen zijn voorwaarden verbonden, die afhankelijk zijn van de locatie langs de dijk en de gewenste invloed van de nieuwe bekleding op planten en vogels.

In de volgende paragraaf wordt voor de oude zeedijk bepaald of betonzuilen, basalt, basaltbetonblokken en (gepenetreerde) breuksteen technisch toepasbaar zijn. Ook wordt getoetst of op de Deltadijk een nieuwe bekleding van klei technisch mogelijk is.

## **5.4 Technische toepasbaarheid zetsteenbekledingen en kleidijk**

### **5.4.1 Inleiding**

De technische toepasbaarheid van een bekleding met zetsteen moet worden aangetoond met het rekenprogramma ANAMOS, met inachtneming van het Handboek [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, bijvoorbeeld bij de aansluiting op het gemaal. De benodigde dikte van de kleilaag wordt berekend in hoofdstuk 6. Met het bezwijkmechanisme 'materiaaltransport' wordt rekening gehouden bij het ontwerp van het geokunststof (zie hoofdstuk 6).

### **5.4.2 Bermniveau en taludhellingen**

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 gekozen taludhellingen zijn gegeven in tabel 5.3. De berm van de Deltadijk wordt opgehoogd tot aan het ontwerppeil (NAP + 5,9 m).

**Tabel 5.3 Gekozen taludhellingen**

Locatie	Dwarsprofiel	Taludhelling [1:]	
		Oude zeedijk	Deltadijk
135	1 / dp 32	3,1	3,5
136	2 / dp 26 (+70m)	3,4	3,5
137a	3 / dp 22 (+50m)	3,5	3,5
	4 / dp 16 (+40m)	3,9	3,5
137b	5 / dp 15 (+40m)	3,5	3,5
	6 / dp 14 (+70m)	4,8	3,5
	7 / dp 12 (+70m)	3,4	3,5
	8 / dp 10 (+80m)	4,4	3,5
	9 / dp 9 (+30m)	3,3	3,5
	10 / dp 5 (+70m)	3,3 (3,5 <sup>1</sup> )	3,5
137c	11 / dp 5 (+40m)	3,5 (3,3 <sup>1</sup> )	3,5
	12 / dp 5	-	3,3
	13 / dp 4 (+50m)	3,5	3,5

<sup>1</sup>) Taludhelling boven de onderhoudsstrook.

In het algemeen wordt de gekozen taludhelling in de stabiliteitsberekeningen gecorrigeerd voor uitvoeringstoleranties en tonrondte. Bij het onderhavige dijktraject is de rekenwaarde van de taludhelling veelal niet meer dan 0,2 steiler dan de gekozen helling, omdat de gekozen helling aansluit op de omringende bekledingen die zijn goedgekeurd.

#### 5.4.3 Betonzuilen

De stabiliteit van de zwaarste zuilen, met een dichtheid van 2900 kg/m<sup>3</sup> en een dikte van 0,50 m, is berekend bij de zwaarste randvoorwaarden uit tabel 3.4 en een taludhelling van 1:3,1 (bestekswaarde). Hieruit blijkt dat toepassing van betonzuilen langs het gehele dijktraject mogelijk is. De berekening is opgenomen in bijlage 1.1. Indien betonzuilen worden toegepast, zal het optimale zuiltype worden bepaald in hoofdstuk 6.

#### 5.4.4 Basalt

De maximale toepassingsniveaus van basaltzuilen, met zuilhoogten van 0,24 m, 0,25 m, 0,27 m en 0,30 m (rekenwaarde zuilhoogte is zuilhoogte - 3 cm), zijn berekend voor verschillende taludhellingen en de golfrandvoorwaarden in de dijkvakken 135 en 137b. Het resultaat is opgenomen in tabel 5.4. Voor nadere informatie wordt verwezen naar bijlage 1.2. Basaltzuilen met een zuilhoogte van 0,30 zijn toegevoegd, voor het geval dat deze elders beschikbaar komen.

**Tabel 5.4 Maximale toepassingsniveaus basaltzuilen**

Taludhelling (rekenwaarde)	Max. toepassingsniveau dijkvak 135 / dijkvak 137b [NAP + m]			
	D = 0,24 m	D = 0,25 m	D = 0,27 m	D = 0,30 m
1 : 2,9	> 2,7 / 1,3	> 2,7 / 1,5	> 2,7 / 1,9	> 2,7 / 2,3
1 : 3,0	> 2,7 / 1,4	> 2,7 / 1,6	> 2,7 / 2,0	> 2,7 / 2,5
1 : 3,1	> 2,7 / 1,5	> 2,7 / 1,8	> 2,7 / 2,1	> 2,7 / 2,7
1 : 3,2	> 2,7 / 1,6	> 2,7 / 1,9	> 2,7 / 2,3	> 2,7 / > 2,7
1 : 3,3	> 2,7 / 1,7	> 2,7 / 2,0	> 2,7 / 2,4	> 2,7 / > 2,7

#### 5.4.5 Basaltbetonblokken

Uit stabiliteitsberekeningen blijkt dat de basaltbetonblokken op de onderhoudsstrook niet stabiel zijn, hetgeen bij de toetsing in hoofdstuk 4 reeds is vastgesteld. Ook wanneer de ontwerpfrequentie wordt verhoogd van 1/4000 per jaar naar 1/100 per jaar en dus met lichtere golfrandvoorwaarden wordt gerekend, zijn de basaltbetonblokken niet stabiel. Eén van de berekeningen is opgenomen in bijlage 1.3.

Het Waterschap Zeeuws-Vlaanderen wenst de onderhoudsstrook van basaltbetonblokken te handhaven, omdat zij veronderstelt dat de klemkrachten tussen de blokken zo groot zijn dat de blokken een zware storm kunnen weerstaan. De invloed van de grootte van de klemkracht, die nu nog niet in de berekeningen wordt meegenomen, is onderdeel van een recent gestart onderzoek. De eerste resultaten van dit onderzoek worden verwacht in 2004.

#### 5.4.6 Breuksteen

Volgens de Milieu-inventarisatie en het Detailadvies kan een groot deel van de afgekeurde bekledingen worden overlaagd (bekleed) met breuksteen. Langs het dijkvak 137a en een groot deel van het dijkvak 137b mag beneden gemiddeld hoogwater een bekleding van niet gepenetreerde breuksteen worden aangebracht. De benodigde sorteringen zijn 40-200 kg (dijkvak 137a) en 300-1000 kg (dijkvak 137b). Het waterschap keurt een bekleding met zware breuksteen af, vooral omdat de niet gepenetreerde breuksteen de dijk ontoegankelijk maakt voor recreanten (vissers). Bovendien maakt de niet gepenetreerde breuksteen de dijk ongeschikt als broedplaats voor plevieren.

Langs de gehele oude zeedijk mogen de afgekeurde bekledingen worden overlaagd met niet vol-en-zat gepenetreerde breuksteen. Tussen dp 9 en dp 33 mag het talud beneden gemiddeld hoogwater worden overlaagd met vol-en-zat gepenetreerde breuksteen, onder de voorwaarde dat deze wordt afgestrooid met gebroken Vilvoordse steen of lavasteen.

Rekening houdend met golfklappen, moeten de gepenetreerde bekledingen, uitgevoerd in de sorteringen 5-40 kg en 10-60 kg, in minimale laagdiktes van respectievelijk 0,40 m en 0,50 m worden aangebracht. Wanneer de koppen van de stenen aan het oppervlak schoon moeten worden gehouden (niet vol-en-zat uit de Milieu-inventarisatie), moet de minimale dikte van de overlaging met 0,10 m worden vergroot.

#### 5.4.7 Kleidijk

Op de Deltadijk kan een kleibekleding worden aangebracht, omdat het voorland, dat door de oude zeedijk in stand wordt gehouden, voldoende hoog ligt en omdat de significante golfhoogte op het ontwerppeil kleiner is dan 2 m. De nieuwe taludhelling van de kleidijk moet gelijk zijn aan of flauwer zijn dan 1:3. Het voorland mag niet afschuiven in een voorliggende stroomgeul of plaatselijke verdieping. Ter plaatse van het gemaal ligt voor de oude zeedijk een diepe ontgronding, die mede het gevolg is van de stroming vanuit het gemaal. Hier is in het verleden een oeverval opgetreden. Om te voorkomen dat dit in de toekomst opnieuw zal gebeuren, is het onderwatertalud bestort met breuksteen.

### 5.5 Ecologische toepasbaarheid

De ecologische toepasbaarheid is een randvoorwaarde bij de voorselectie. Afhankelijk van de gekozen nieuwe bekledingen op de oude dijk, moet in de toekomst rekening worden gehouden met broedende plevieren (meer dan 2 paren per dijkvak) [7]. Overlagen van zware breuksteen en begroeiing maken de dijken ongeschikt als broedplaats.

### 5.6 Landschapsvisie

In de Algemene nota [1] is verwoord dat nadrukkelijk rekening moet worden gehouden met de wensen uit de Landschapsvisie Westerschelde [21]. Een aanvulling hierop is het advies van de Dienst Landelijk Gebied, dat is opgenomen in bijlage 4. Dit betekent voor het ontwerp het volgende:

1. Benadrukken van de horizontale opbouw door in de ondertafel een ander materiaal toe te passen dan in de boventafel. Voorkeur geven aan het gebruik van donkere materialen in de ondertafel en lichte materialen in de boventafel;
2. Nieuwe bekleding, wat betreft kleur en soort, laten aansluiten op de te handhaven bekleding;
3. Het overlagen met breuksteen, die wordt gepenetreerd met asfalt, heeft niet de voorkeur;
4. De overgangen tussen materialen verticaal uitvoeren;
5. Toepassen van een onderhoudsstrook met doorgroeibare verharding. Indien mogelijk, materialen uit vrijkomende bekleding gebruiken;
6. Bij voorkeur de bovenzijde van de boventafel afstrooien met grond. De breedte van de in te strooien strook bepalen uit de golfloop onder gemiddeld getij;
7. De nieuwe bekleding doorzetten achter de landzijde van de dammen. Deze dammen moeten worden behouden;
8. De ondertafel langs de uitstroomopening van het gemaal moet op dezelfde wijze worden behandeld als de oude zeedijk.

De gekozen bekleding voor het onderhavige dijktraject moet, vanuit een landschappelijk oogpunt, aansluiten op de aangrenzende dijktrajecten. De nieuwe bekleding van het aangrenzende traject in het oosten (Hoofdplaatpolder) bestaat, ter plaatse van de aansluiting, uit basaltzuilen op de ondertafel en gekantelde betonblokken op de boventafel. De nieuwe bekleding aan de westgrens (Hans-van-Kruiningenpolder) bestaat uit betonzuilen in zowel de ondertafel als de boventafel.

## 5.7 Afweging en keuze

In tabel 5.5 zijn vier alternatieven gegeven voor de nieuwe bekleding van de oude zeedijk. Bij alternatief 1 worden alle afgekeurde bekledingen overlaagd met gepenetreerde breuksteen, uitgezonderd een smalle strook basalt net onder de onderhoudsstrook, die wordt vervangen door betonzuilen.

Bij alternatief 2 worden alleen de afgekeurde vlakken met Vilvoordse steen, waarvan de bovenkant ongeveer op NAP + 1,5 m ligt, overlaagd met gepenetreerde breuksteen. De overige versterkingen worden uitgevoerd in betonzuilen.

Alternatief 3 is gelijk aan alternatief 1, behalve dat op twee plaatsen basaltzuilen worden hergebruikt. Alternatief 4 is gelijk aan alternatief 2, behalve dat op dezelfde twee plaatsen als bij alternatief 3 basaltzuilen worden aangebracht.

Een vooraanzicht van de alternatieven is gegeven in figuur 4a t/m figuur 4d.

De alternatieven zijn op de volgende aspecten tegen elkaar afgewogen:

- constructie-eigenschappen,
- uitvoering,
- hergebruik,
- onderhoud,
- landschap,
- natuur,
- kosten.

### Constructie

De overgangen van de betonzuilen naar de basalt en gepenetreerde breuksteen, vooral aanwezig bij de alternatieven 1 en 4, verdienen extra aandacht, omdat deze zwakke punten in de bekleding kunnen zijn.

Aangezien de bestaande bekledingen op de oude zeedijk, naar verwachting, nauwelijks meer zullen zetten, is de flexibiliteit van de nieuwe bekleding, een overlaging of zuilen, niet onderscheidend.

### Uitvoering

De alternatieven met betonzuilen en/of basalt scoren minder op uitvoering dan de alternatieven met overlaging, omdat de overgangen van de betonzuilen op de andere bekledingen extra inspanning vergen en omdat de basalt handmatig moet worden gezet.

### Hergebruik

Bij de alternatieven 3 en 4 wordt de vrijkomende basalt zoveel mogelijk hergebruikt. De LCA-score van een overlaging met gepenetreerde breuksteen is lager dan die van betonzuilen. Basalt heeft hier de hoogste LCA-score. Hieruit volgt dat alternatief 1 de laagste LCA-score heeft en alternatief 4 de hoogste.

### Onderhoud

Eventuele schade aan de onderzijde van de bekleding, bijvoorbeeld als gevolg van onvoorzienne zettingen of erosie, is bij de overlagingen niet goed zichtbaar. Voor alle alternatieven geldt dat reparaties aan de bekleding eenvoudig zijn uit te voeren.

### Landschap

De alternatieven met betonzuilen bestaan uit lichte en donkere vlakken, die elkaar afwisselen. Daarom gaat de voorkeur uit naar hergebruikt basalt in combinatie met donkere overlagingen. Benadrukt wordt dat de gepenetreerde overlagingen worden uitgevoerd met 'schone koppen' (niet vol-en-zat).

**Tabel 5.5 Alternatieven voor de bekleding van de oude zeedijk**

Locatie (dp)	Bekleding	Ondergrens [NAP + m]	Bovengrens [NAP + m]
<b>Alternatief 1 Overlagen</b>			
32 (+90m) – 17	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vilvoordse steen overlagen met breuksteen, vol-en-zat gepenetreerd en afgestrooid met gebroken Vilvoordse of lavasteen</li> </ul>	0,2	1,5
17 - 15 (+30m)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vilvoordse steen en basalt overlagen met niet vol-en-zat gepenetreerde breuksteen</li> </ul>	1,0	2,7
15 (+30m) - 12(+20m)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• betonzuilen</li> </ul>	2,4	2,7
13 (+80m) - 12(+20m)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vilvoordse steen overlagen met breuksteen, vol-en-zat gepenetreerd en afgestrooid met gebroken Vilvoordse of lavasteen</li> </ul>	1,1	1,5
12 (+20m) - 10(+50m)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vilvoordse steen en basalt overlagen met niet vol-en-zat gepenetreerde breuksteen</li> </ul>	1,1	2,7
9 (+40m) - 8 (+10m)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vilvoordse steen en basalt overlagen met niet vol-en-zat gepenetreerde breuksteen</li> </ul>	0,8	2,7
5 (+90m) - 5 (+20m)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• basalt overlagen met niet vol-en-zat gepenetreerde breuksteen</li> </ul>	-0,3	2,7
<b>Alternatief 2 Betonzuilen</b>			
32 (+90m) – 17	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zie alternatief 1</li> </ul>	0,2	1,5
17 - 15 (+30m)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• betonzuilen</li> </ul>	1,0	2,7
15 (+30m) - 12(+20m)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zie alternatief 1</li> </ul>	2,4	2,7
13 (+80m) - 12(+20m)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zie alternatief 1</li> </ul>	1,1	1,5
12 (+20m) - 10(+50m)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• betonzuilen</li> </ul>	1,1	2,7
9 (+40m) - 8 (+10m)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• betonzuilen</li> </ul>	0,8	2,7
5 (+90m) - 5 (+20m)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• betonzuilen</li> </ul>	-0,3	2,7
<b>Alternatief 3 Basalt + overlagen</b>			
32 (+90m) - 30(+90m)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vilvoordse steen vervangen door vrijkomende basalt</li> </ul>	0,7	1,5
17 – 15 (+30m)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• basalt</li> </ul> <p>overige: zie alternatief 1</p>	1,0	2,7
<b>Alternatief 4 Basalt + betonzuilen</b>			
32 (+90m) - 30(+90m)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zie alternatief 3</li> </ul>	0,7	1,5
17 - 15 (+30m)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zie alternatief 3</li> </ul> <p>overige: zie alternatief 2</p>	1,0	2,7

**Natuur**

Tussen dp 24 en dp.5 is bij alle alternatieven een verbetering van natuurwaarden mogelijk. Een bekleding van zuilen is voor plevieren als broedplaats het meest geschikt.

**Kosten**

Het alternatief, waarbij de afgekeurde bekledingen worden overlaagd en vrijkomende basaltzuilen worden hergebruikt, is het goedkoopst.



In tabel 5.6 is de afweging samengevat, waaruit blijkt dat de totaalscores, nadat alle ontwerpcriteria in rekening zijn gebracht, weinig uiteenlopen. De voorkeur gaat uit naar alternatief 4, omdat dit alternatief voor planten en vogels gunstiger is en er van uitgaande dat de kosten verder worden beperkt door zoveel mogelijk basaltzuilen te hergebruiken (depot Borssele). Er wordt dus aangenomen dat bij alternatief 4 in plaats van een deel van de nieuwe betonzuilen basaltzuilen worden toegepast. In hoofdstuk 6 wordt dit alternatief verder wordt uitgewerkt.

### **Onderhoudsstrook**

De bestaande onderhoudsstrook van basaltbetonblokken en waterbouwasfaltbeton blijft gehandhaafd. In de waterbouwasfaltbeton op de kruin moeten gaten worden geboord, waarmee hoge overdrukken, die de asfaltbekleding kunnen beschadigen, worden voorkomen. De diameter van de boorgaten moet 0,25 m bedragen en de hart-op-hart-afstand 25 m. De boorgaten moeten worden opgevuld met zeer open asfaltbeton (ZOAB) of met open steenasfalt (OSA). Indien onder de waterbouwasfaltbeton zand aanwezig is, moeten de gaten zanddicht worden gemaakt door onder de ZOAB of OSA een filterdoek aan te brengen. Wanneer uit het onderzoek naar klemkrachten zal blijken, dat de basaltbetonblokken onvoldoende zijn, moeten deze blokken vervangen worden door een asfaltstrook, zonodig voorzien van dezelfde ontluchtingsgaten als aan te brengen in de waterbouwasfaltbeton.

### **Binnentalud oude zeedijk**

Langs het binnentalud van de dijk kunnen tijdens een storm ontgrondingen in het voorland ontstaan van 1,4 m in diepte. Daarom wordt de Vilvoordse steen op het binnentalud overlaagd met breuksteen, gepenetreerd met beton. De overlaging mag niet boven de huidige kruin van de oude zeedijk uitkomen, omdat de hoeveelheid overslag gelijk moet blijven, ten behoeve van de toekomstige vegetatie op het binnentalud. Dit betekent dat de Vilvoordse steen direct naast de kruin verwijderd moet worden, zodat ook in de aansluiting op de kruin een 0,40 m dikke laag gepenetreerde breuksteen kan worden aangebracht. Het alternatief, het handhaven van de Vilvoordse steen en het aansluiten met een spie van gepenetreerde breuksteen, is onvoldoende sterk.

Er is gekozen voor penetratie met beton, in plaats van penetratie met asfalt, omdat tegen het binnentalud minder of geen water staat. Bovendien is beton goedkoper dan asfalt en zijn bij beton hogere natuurwaarden mogelijk. Aangezien het binnentalud grotendeels onder het voorland ligt, zijn de Milieu-inventarisatie en het Detailadvies hier niet van toepassing.

Vanaf de huidige teen van het binnentalud, op NAP + 1,70 m, tot aan NAP + 1,30 m wordt een bescherming van losse breuksteen aangelegd.

### **Deltadijk**

Op de boventafel van de Deltadijk wordt een nieuwe kleibekleding aangebracht. De berm wordt opgehoogd tot aan het ontwerppeil (NAP + 5,9 m).

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	moelijkheidsgraad	toleranties	hergebruik	LCA	duurzaamheid	zichtbaarheid	tijd		natuurwaarden	vogels
Weging subcriteria >	50	50	33	33	33	50	50	33	33	33	100	50	50
Scoretabel													
Overlagen	3	3	3	3	3	1	1	3	2	3	2	1	1
Betonzuilen	3	1	3	2	3	1	2	3	3	3	2	3	3
Basalt + overlagen	3	3	2	2	3	2	2	3	2	3	3	2	2
Basalt + betonzuilen	3	1	2	2	3	2	3	3	3	3	2	3	3
Gewogen score	Constructie	Uitvoering	Hergebruik	Onderhoud	Landschap	Natuur	Totaal	Kosten	Score/kosten				
Overlagen	21,7	11,7	3,9	19,3	7,8	7,2	71,5	1,0	71,48				
Betonzuilen	14,4	10,4	5,8	21,7	7,8	21,7	81,8	1,2	68,13				
Basalt + overlagen	21,7	9,1	7,8	19,3	11,7	14,4	83,9	0,9	93,22				
Basalt + betonzuilen	14,4	9,1	9,7	21,7	7,8	21,7	84,4	1,1	76,69				

Opmerkingen:  
Kosten zijn geschat en in verhouding tot overlagen

Tabel 5.6 Afweging alternatieven

## 6. DIMENSIONERING

In dit hoofdstuk wordt het voorkeursalternatief van het ontwerp, alternatief 4 uit figuur 4d, in detail uitgewerkt. De uitgewerkte dwarsprofielen zijn weergegeven in de figuren 5 t/m 17. In dwarsprofiel 4 (figuur 8) en dwarsprofiel 5 (figuur 9) ontbreekt de Deltadijk, omdat de oude zeedijk hier niet evenwijdig aan de Deltadijk loopt. Verondersteld wordt dat de Deltadijk hier nagenoeg overeenkomt met de aangrenzende dwarsprofielen.

De bekledingen op het buitentalud van de oude zeedijk zijn gedimensioneerd, uitgaande van een doorlopend talud, dat wil zeggen zonder het effect van de kruin mee te nemen.

De dimensionering wordt beschreven per constructieonderdeel, van de kreukelberm tot en met het bovenbeloop. Voor achtergrondinformatie wordt verwezen naar de Handleiding Ontwerpen [20].

### 6.1 Kreukelberm en teenconstructie

De teenconstructie wordt vernieuwd op die plaatsen waar tot aan de teen een nieuwe bekleding van gezette steen moet worden aangebracht. Dit is het geval tussen dp 17 en dp 15 (+30m), dp 12 (+20m) en dp 10 (+50m), dp 9 (+40m) en dp 8 (+10m), en tussen dp 5 (+90m) en dp 5 (+20m). Ter ondersteuning van de teenconstructie en de bovenliggende bekleding moet hier een kreukelberm met een toplaag van 40-200 kg worden aangelegd, met een laagdikte van 0,7 m.

Onder de toplaag wordt een geokunststof aangebracht, in het vervolg aangeduid met 'type 2', die hetzelfde is als het geokunststof onder de onderhoudstrook. De eigenschappen van dit standaardweefsel zijn vermeld in tabel 6.1.

**Tabel 6.1 Eisen geokunststof type 2**

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

Op het geokunststof wordt een 'nonwoven' aangebracht, ter bescherming van het geotextiel tijdens het storten van de steen. Het geokunststof moet aansluiten op de buitenkant van de teenconstructie.

Een nieuwe teenconstructie bestaat uit een teenschot van drie, 0,20 m hoge planken en wordt gesteund door palen met een lengte van 1,80 m (h.o.h. 0,20 m, doorsnede: 0,07x0,07 m<sup>2</sup>). Het hout is FSC-hout uit de duurzaamheidsklasse 1. Boven het teenschot wordt een afgeschuinde betonband aangebracht. Indien aanwezig en van voldoende kwaliteit, worden de betonbanden uit de bestaande bekleding opnieuw gebruikt.

De gepenetreerde overlagingen worden doorgetrokken tot 2,0 m voorbij de bestaande teen, zoals weergegeven in de dwarsprofielen. Er worden hier geen kreukelbermen van losse breuksteen aangebracht, met name omdat deze breuksteen een hindernis vormt voor jonge plevieren die vanaf de dijk de aangrenzende slikken willen bereiken.

## 6.2 Zetsteenbekleding

In hoofdstuk 5 is vastgesteld welke bekledingstypen zullen worden aangebracht. De zetsteenbekleding moet voldoen aan de eisen ten aanzien van toplaagstabiliteit, afschuiving en materiaaltransport. De eisen ten aanzien van toplaagstabiliteit bepalen de dimensionering van de toplaag en de uitvullaag. Voor afschuiving is van belang dat de dikte van de gehele bekleding, inclusief onderliggende kleilaag, voldoende groot is. Het transport van klei door de bekleding moet worden voorkomen door op de klei een geokunststof aan te brengen.

### 6.2.1 Toplaag van betonzuilen

In paragraaf 5.4.3 is vastgesteld dat betonzuilen in technische zin ruimschoots toepasbaar zijn langs het gehele dijktraject. Voor die delen waar betonzuilen worden aangebracht (zie paragraaf 5.7) is een nadere dimensionering uitgevoerd. Uit stabiliteitsberekeningen volgt een aantal praktische combinaties van dikte en dichtheid. De dikte wordt daarbij afgerond op 5 cm en de dichtheid op  $100 \text{ kg/m}^3$ . De uiteindelijke keuze wordt bepaald door overwegingen van kosten, uitvoeringstechniek en beheersaspecten. Daarom dient de dichtheid van de zuilen zo min mogelijk af te wijken van de meest gangbare betonsamenstelling. Bij de vereiste dichtheid worden de kleinste zuilen bepaald. De resultaten zijn vermeld in tabel 6.2.

**Tabel 6.2 Mogelijke typen betonzuilen**

Locatie / dijkvak	Helling ondertafel / boventafel [1:]	Type betonzuil onder NAP + 3 m [m] / [kg/m <sup>3</sup> ]	Type betonzuil boven NAP + 3 m [m] / [kg/m <sup>3</sup> ]
oude zeedijk dp 15 (+30m) - dp 12 (+20m)  137b	3,4 / geen	onder NAP + 2,7 m 0,45 / 2300 0,40 / 2400 0,35 / 2500 0,30 / 2800	n.v.t.
oude zeedijk dp 5 (+90m) - dp 5 (+20m) 137b / 137c	3,3 / 3,5	onder NAP + 2,7 m 0,45 / 2300	boven NAP + 2,7 m 0,50 / 2300
gemaal dp 5  137c	3,5 / 3,3	0,50 / 2300 0,45 / 2400 0,40 / 2500 0,35 / 2700	0,50 / 2300 <sup>1)</sup> 0,45 / 2500 0,40 / 2600 0,35 / 2900
verborgen bekleding westelijke dam dp 4 (+50m) 137c	3,5 / 3,5	0,50 / 2300	0,50 / 2300

<sup>1)</sup> Wanneer boven de uitstroomopening van het gemaal tot NAP + 5 m een tonronde van 0,2 wordt toegepast, zijn deze betonzuilen tot NAP + 5 m tijdens ontwerpcondities niet stabiel. Benadrukt wordt dat de hellingen en de bekledingen ter plaatse van het gemaal in de besteksfase van de dijkverbetering moeten worden geoptimaliseerd.

Gelet op kostenverschillen, wordt voor de laagste dichtheid gekozen. Rekening houdend met beheer, is het ongewenst dat zuilen met dezelfde hoogte en verschillende dichtheden in één profiel (onder elkaar) worden toegepast. Deze zuilen kunnen naast elkaar worden toegepast, indien dit betekent dat de dikte van de uitvullaag niet hoeft te worden gewijzigd (gelijke constructiehoogte). De uiteindelijk gekozen zuiltypen zijn vermeld in tabel 6.3.

**Tabel 6.3 Gekozen typen betonzuilen**

Locatie	Type betonzuil onder NAP + 3 m [m] / [kg/m <sup>3</sup> ]	Type betonzuil boven NAP + 3 m [m] / [kg/m <sup>3</sup> ]
oude zeedijk dp 15 (+30m) - dp 12 (+20m)  137b	onder NAP + 2,7 m 0,45 / 2300	n.v.t.
oude zeedijk dp 5 (+90m) - dp 5 (+20m)  137b / 137c	onder NAP + 2,7 m 0,45 / 2300	boven NAP + 2,7 m 0,50 / 2300
gemaal dp 5  137c	0,50 / 2300	0,50 / 2300
verborgen bekleding westelijke dam dp 4 (+50m)  137c	0,50 / 2300	0,50 / 2300

De toplaag van betonzuilen zal worden ingewassen met ongeveer 50 kg/m<sup>2</sup> gebroken materiaal. De sortering van dit inwasmateriaal is afhankelijk van het type zuil (met betrekking tot de vorm) dat zal worden toegepast. Meer informatie over de uitgevoerde stabiliteitsberekeningen is opgenomen in bijlage 2.

### 6.2.2 Basaltzuilen

Basaltzuilen worden hergebruikt in een vlak tussen dp 32 (+90m) en dp 30 (+90m) en in een vlak tussen dp 17 en dp 15 (+30m). Het eerst vlak wordt bekleed met de basaltzuilen die vrijkomen tussen dp 15 (+30m) en dp 10 (+50m), met een minimale toepasbare zuilhoogte van 0,24 m. In het tweede vlak, waar onder de zuilen een dikkere kleilaag moet worden aangebracht, kunnen tot NAP + 1,8 m de ter plaatse vrijkomende basaltzuilen worden hergebruikt, met een minimale toepasbare zuilhoogte van 0,25 m. De basaltzuilen, die vrijkomen bij het gemaal, met een minimale zuilhoogte van 0,27 m, kunnen hier worden toegepast tot NAP + 2,4 m. Daarboven moeten basaltzuilen van minimaal 0,30 m worden geplaatst, die vanaf elders moeten worden aangevoerd.

Aangenomen dat uit het depot bij Borssele een extra hoeveelheid basaltzuilen beschikbaar komt, kan aan de hand van tabel 5.4 worden vastgesteld waar en tot welke hoogte deze zuilen kunnen worden toegepast.

### 6.2.3 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 en basaltzuilen 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 sorteringen, 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.

### 6.2.4 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 1997-2001 wordt gekozen voor een vlies met een gegarandeerde maximum maaswijdte ( $O_{90}$ ) van 100  $\mu\text{m}$ , 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  $\mu\text{m}$ . Het geokunststof type 1 moet voldoen aan de eisen uit tabel 6.4.

**Tabel 6.4 Eisen geokunststof type 1**

<b>Eigenschap</b>	<b>Waarde</b>
Treksterkte	$\geq 20 \text{ kN/m}$
rek bij breuk	$< 60 \%$
Doordrukkracht	$\geq 3500 \text{ N}$
poriegrootte $O_{90}$	$\leq 100 \mu\text{m}$

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 weg, met een overlapping van minimaal 1 m met het geokunststof onder de onderhoudsstrook.

### 6.2.5 Basismateriaal

De totale dikte van het pakket, bestaande uit de toplaag, de uitvullaag en de onderliggende kleilaag, moet voldoende groot zijn om lokale afschuiving van dit pakket te voorkomen. De vereiste dikte wordt onder meer bepaald door de taludhelling. Wanneer de taludhelling kleiner is dan 1:5, is de weerstand tegen afschuiving voldoende [20].

Uitgaande van de Handleiding Ontwerpen [20] bedraagt in het gekozen ontwerp de vereiste minimale dikte van de kleilaag onder de betonzuilen 1,3 m tot 1,6 m en onder de basaltzuilen 0,8 m tot 1,2 m (zie tabel 6.5).

**Tabel 6.5 Minimale kleilaagdiktes**

Dijkvak	Minimale kleilaagdikte ondertafel [m]	Minimale kleilaagdikte boventafel [m]
dp 32 (+90m) - dp 30 (+90m) basaltzuilen	0,80	n.v.t.
dp 17 - dp 15 (+30m) basaltzuilen	1,19	n.v.t.
dp 15 (+30m) - dp 12 (+20m) betonzuilen	1,25	n.v.t.
dp 5 (+90m) - dp 5 (+20m) betonzuilen	1,31	1,41
dp 5 gemaal betonzuilen	1,41	1,59
dp 4 (+50m) verborgen bekleding betonzuilen	1,59 (tot aan NAP + 4 m)	1,46

Aangezien de kleilagen in de huidige situatie niet overal voldoende dik zijn, moet de kleilaag plaatselijk worden aangevuld (verwijderen kleilaag, ontgraven zandpakket, aanbrengen nieuwe kleilaag). Bij bestaande kleilagen van 0,80 m of dikker, die niet voldoende dik zijn, wordt aanbevolen geen grondverbetering toe te passen, omdat de sterkte-toename gering is en de te plegen inspanning groot.

Aangenomen dat lokale afschuiving bij gepenetreerde bekledingen niet mogelijk is, door de samenhang van de bekleding, zijn hier kleinere diktes van de kleilaag toelaatbaar.

### 6.3 Gepenetreerde bekledingen

Alle overlagingen op het buitentalud van de oude zeedijk bestaan uit breuksteen 5-40 kg, aangebracht in een laagdikte van 0,40 m, gepenetreerd met gietasfalt en afgestrooid met gebroken Vilvoordse steen of lavasteen.

De overlaging van de Vilvoordse steen op het binnentalud bestaat uit breuksteen 5-40 kg, aangebracht in een laagdikte van 0,40 m en vol-en-zat gepenetreerd met beton. Direct naast de kruin wordt de Vilvoordse steen verwijderd, zodat de laag gepenetreerde breuksteen ook naast de kruin 0,40 m dik is.

## 6.4 Overgangsconstructies

Bij de horizontale overgang van gehandhaafde basaltzuilen naar nieuwe betonzuilen moet een overgangsconstructie worden aangebracht. Bij de verticale overgangen moeten de betonzuilen zo goed mogelijk aansluiten tegen de basaltzuilen. Te grote kieren moeten worden gepenetreerd.

De berm van het dijktraject van deze nota komt ongeveer op gelijke hoogte te liggen met de berm van de Hoofdplaatpolder en ongeveer 0,30 m hoger dan de berm van de Hans-van-Kruiningenpolder.

## 6.5 Kleidijk

Op de Deltadijk kan een kleibekleding worden aangebracht, omdat het voorland, dat door de oude zeedijk in stand wordt gehouden, voldoende hoog ligt en omdat de significante golfhoogte op het ontwerppeil kleiner is dan 2 m. In tabel 6.6 zijn de minimale diktes van de kleibekleding (erosie categorie 1) gegeven, benodigd om de verwachte erosie door de ontwerpstorm en door enkele lichtere stormen, die mogelijk aan de ontwerpstorm voorafgaan, op te kunnen vangen. De berekeningen zijn opgenomen in bijlage 2.2. Bij dijkvak 135 is afgeweken van de berekende geadviseerde dikte van 2,5 m, omdat de minimaal vereiste dikte 2,1 m bedraagt. Een kleilaagdikte van 2,3 m is dan voldoende.

Op de erosiebestendige kleilaag wordt een 'make-up'-laag van 0,5 m klei aangebracht, waarin gras wordt gezaaid. De kleidijk moet met tonrondte worden uitgevoerd.

**Tabel 6.6 Minimale kleilaagdiktes kleidijk**

Dijkvak	Kleilaagdikte (categorie 1) [m]	Kleilaagdikte, inclusief make-up [m]
135	2,3	2,8
136	2,0	2,5
137a	2,0	2,5
137b	2,0	2,5

## 6.6 Berm

De berm van de Deltadijk moet worden opgehoogd tot aan het ontwerppeil, dat wil zeggen tot aan NAP + 5,9 m.

## 6.7 Gemaal

De basaltzuilen op de oostelijke geleidedam, boven NAP + 2,50 m, en de basaltzuilen boven de uitstroomopening van het gemaal moeten worden vervangen door betonzuilen. Deze bekleding van betonzuilen wordt doorgezet achter de westelijke geleidedam tot aan de aansluiting met de zuilenbekleding van de Hans-van-Kruiningenpolder (verborgen bekleding). Het buitentalud van de westelijke havendam wordt dus niet verbeterd. De nieuwe bekledingen zijn weergegeven in de dwarsprofielen 11, 12 en 13.



## 7. AANDACHTSPUNTEN VOOR BESTEK EN UITVOERING

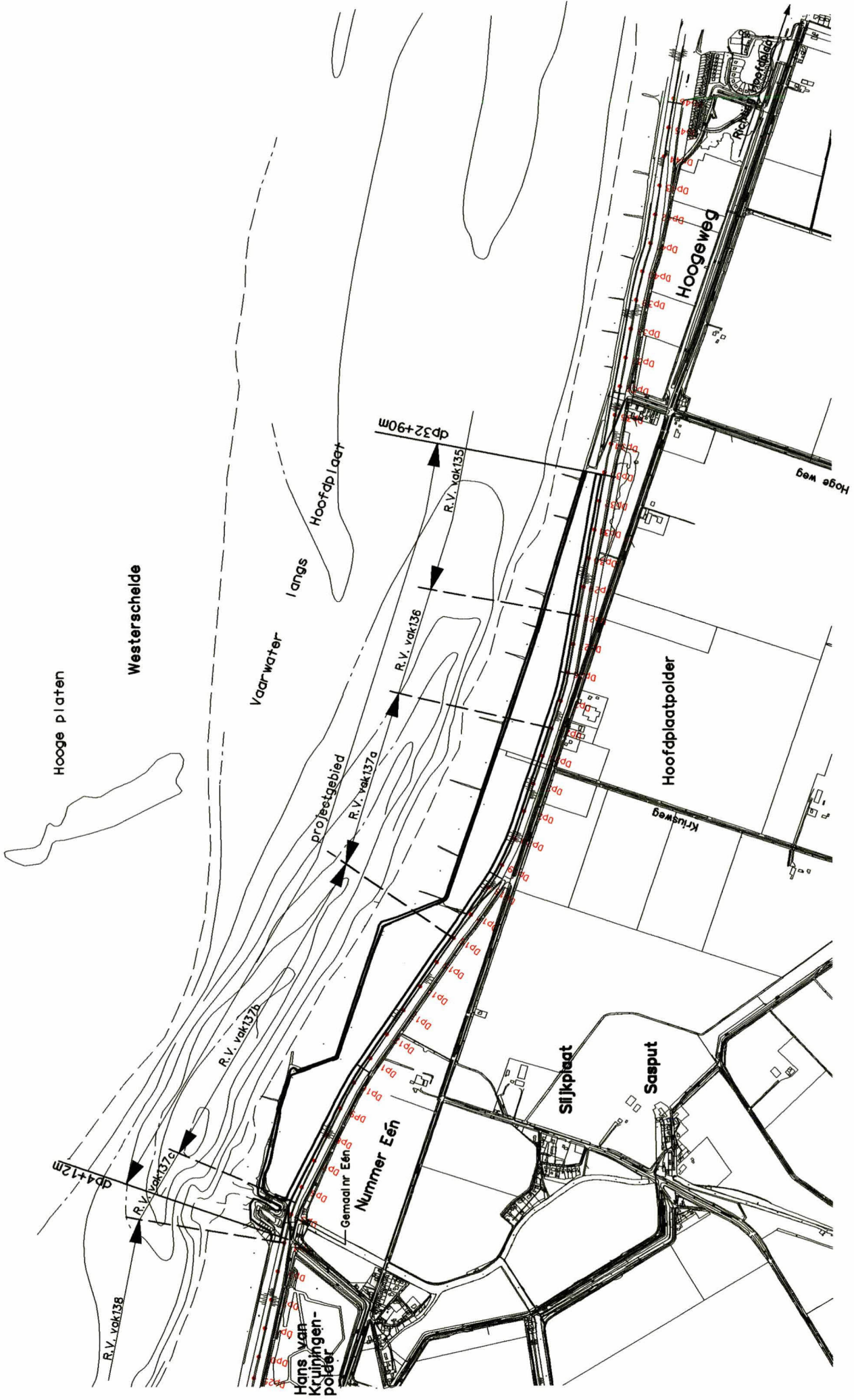
- Alle overlagingen op het buitentalud moeten worden afgestrooid met gebroken Vilvoordse steen of lavasteen. Voorafgaande aan het aanbrengen van de overlaging moet de onderliggende laag worden schoongemaakt. Er mogen geen algen, en geen zand- en slibresten aanwezig zijn. Er moet rekening gehouden worden 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 voorafgaande aan het penetreren schoon kan worden gespoten. Voorkomen moet worden dat de gietasfalt kort voor en tijdens het aanbrengen te veel afkoelt.
- Bij het werken aan de overlagingen moet de kwaliteit van de te handhaven basaltbekledingen worden gewaarborgd.
- De Vilvoordse steen bij dp 32 wordt vervangen door basalt. Bij het zetten van de basaltzuilen moet worden voorkomen dat de bovenliggende bekleding van basaltzuilen naar beneden zakt.
- De strook tussen dp 17 en dp 12 (+20m) en boven NAP + 2,40 m kan alleen in basalt worden uitgevoerd, wanneer hogere basaltzuilen van minimaal 0,30 m vanaf elders kunnen worden aangevoerd.
- De betonzuilen in de nieuwe bekledingen op de oude zeedijk moeten worden voorzien van zwarte koppen, omdat, voor deze dijk, de landschappelijke waarde van bekledingen met zwarte betonzuilen hoger is dan van bekledingen met de gebruikelijke grijze zuilen.
- Hoewel volgens de huidige ontwerp - en toetsregels onvoldoende, worden de basaltbetonblokken op de kruin van de oude zeedijk en op de aansluitende onderhoudsstroken niet vervangen. Aangenomen wordt dat deze blokken, dankzij de klemkrachten tussen de blokken onderling, een zware storm kunnen weerstaan. Wanneer uit het onderzoek naar klemkrachten, dat recent is gestart, zal blijken, dat de basaltbetonblokken onvoldoende stabiel zijn, moeten deze blokken vervangen worden door een asfaltstrook, zonodig voorzien van dezelfde ontluchtingsgaten als aan te brengen in de te handhaven waterbouwasfaltbeton.
- Het verwijderen van de Vilvoordse steen op het binnentalud van de oude zeedijk verdient extra aandacht, omdat de klemkrachten tussen de basaltbetonblokken op de kruin moeten worden gehandhaafd. De belastingen van de (kleine) kraan, die voor het verwijderen wordt gebruikt, moeten over het oppervlak van de kruin worden verdeeld door op de kruin rijplaten aan te brengen. Bovendien mag de Vilvoordse steen niet over te grote strekkingen (< 50 m) gelijktijdig worden verwijderd, om de duur van belastende werkzaamheden te beperken.

- In de waterbouwasfaltbeton op de kruin van de oude zeedijk, die wordt gehandhaafd, moeten gaten worden geboord, waarmee hoge overdrukken, die de asfaltbekleding kunnen beschadigen, worden voorkomen. De diameter van de boorgaten moet 0,25 m bedragen en de hart-op-hart-afstand 25 m. De boorgaten moeten worden opgevuld met zeer open asfaltbeton (ZOAB) of met open steenasfalt (OSA). OSA kan echter niet in een kleine hoeveelheid geleverd worden. ZOAB is feitelijk OSA van een fijnere sortering. Tijdens het aanbrengen mag de temperatuur van de ZOAB niet te hoog zijn, om te voorkomen dat de ZOAB direct na het aanbrengen uitzakt. Voorafgaande aan het aanbrengen van de ZOAB moeten de wanden van de gaten schoon en droog worden gemaakt, en ingesmeerd met bitumenemulsie. Indien onder de waterbouwasfaltbeton zand aanwezig is, moeten de gaten zanddicht worden gemaakt door onder de ZOAB of OSA een filterdoek aan te brengen.
- De kleidijk moet met tonrondte worden uitgevoerd.
- In het bestek moet worden omschreven, hoe de kleibekleding moet worden verdicht of aan welke verdichtingsgraad moet worden voldaan.
- Wanneer de kleibekleding onder het maaiveld komt te liggen (verborgen kleibekleding, dwarsprofiel 2), dan moet de 'make-up'-laag op het maaiveld worden aangebracht, en niet op de verborgen bekleding.
- De oprit naar de Hoofdplaatpolder, die is voorzien van een toplaag van basaltbetonblokken, wordt gehandhaafd.
- Bij het gemaal wordt de bekleding op de oostelijk geleidedam verbeterd. De bekleding op de westelijke geleidedam wordt niet verbeterd. Hier wordt de nieuwe bekleding achter de dam doorgezet (verborgen bekleding) en aangesloten op de dijkbekleding van de Hans-van-Kruiningenpolder.
- Wanneer boven de uitstroomopening van het gemaal tot NAP + 5 m een tonrondte van 0,2 wordt toegepast, zijn betonzuilen van 0,50 m/2300 kg/m<sup>3</sup> tot NAP + 5 m tijdens ontwerpcondities niet stabiel. Benadrukt wordt dat de hellingen en de bekledingen ter plaatse van het gemaal in de besteksfase van de dijkverbetering moeten worden geoptimaliseerd.

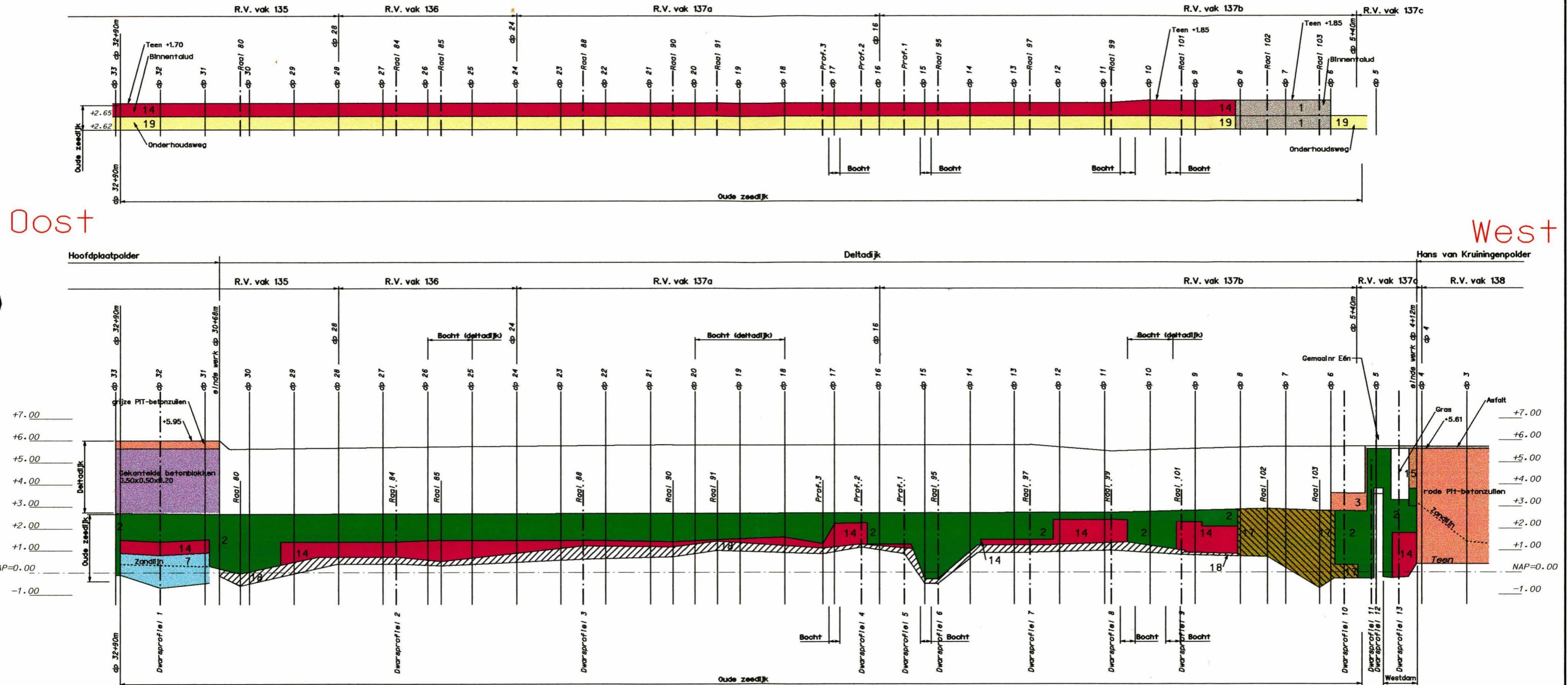
## FIGUREN

- Figuur 1 Projectgebied
- Figuur 2 Gloomingskaart bestaande situatie
- Figuur 3 Gloomingskaart eindbeoordeling toetsing
- Figuur 4a t/m 4d Gloomingskaart ontwerpalternatieven
- Figuur 5 Dwarsprofiel 1 / dp 32
- Figuur 6 Dwarsprofiel 2 / dp 26 (+70m)
- Figuur 7 Dwarsprofiel 3 / dp 22 (+50m)
- Figuur 8 Dwarsprofiel 4 / dp 16 (+40m)
- Figuur 9 Dwarsprofiel 5 / dp 15 (+40m)
- Figuur 10 Dwarsprofiel 6 / dp 14 (+70m)
- Figuur 11 Dwarsprofiel 7 / dp 12 (+70m)
- Figuur 12 Dwarsprofiel 8 / dp 10 (+80m)
- Figuur 13 Dwarsprofiel 9 / dp 9 (+30m)
- Figuur 14 Dwarsprofiel 10 / dp 5 (+70m)
- Figuur 15 Dwarsprofiel 11 / dp 5 (+40m)
- Figuur 16 Dwarsprofiel 12 / dp 5
- Figuur 17 Dwarsprofiel 13 / dp 4 (+50m)

Figuur 1



# Voorland Nummer Eén



Oost

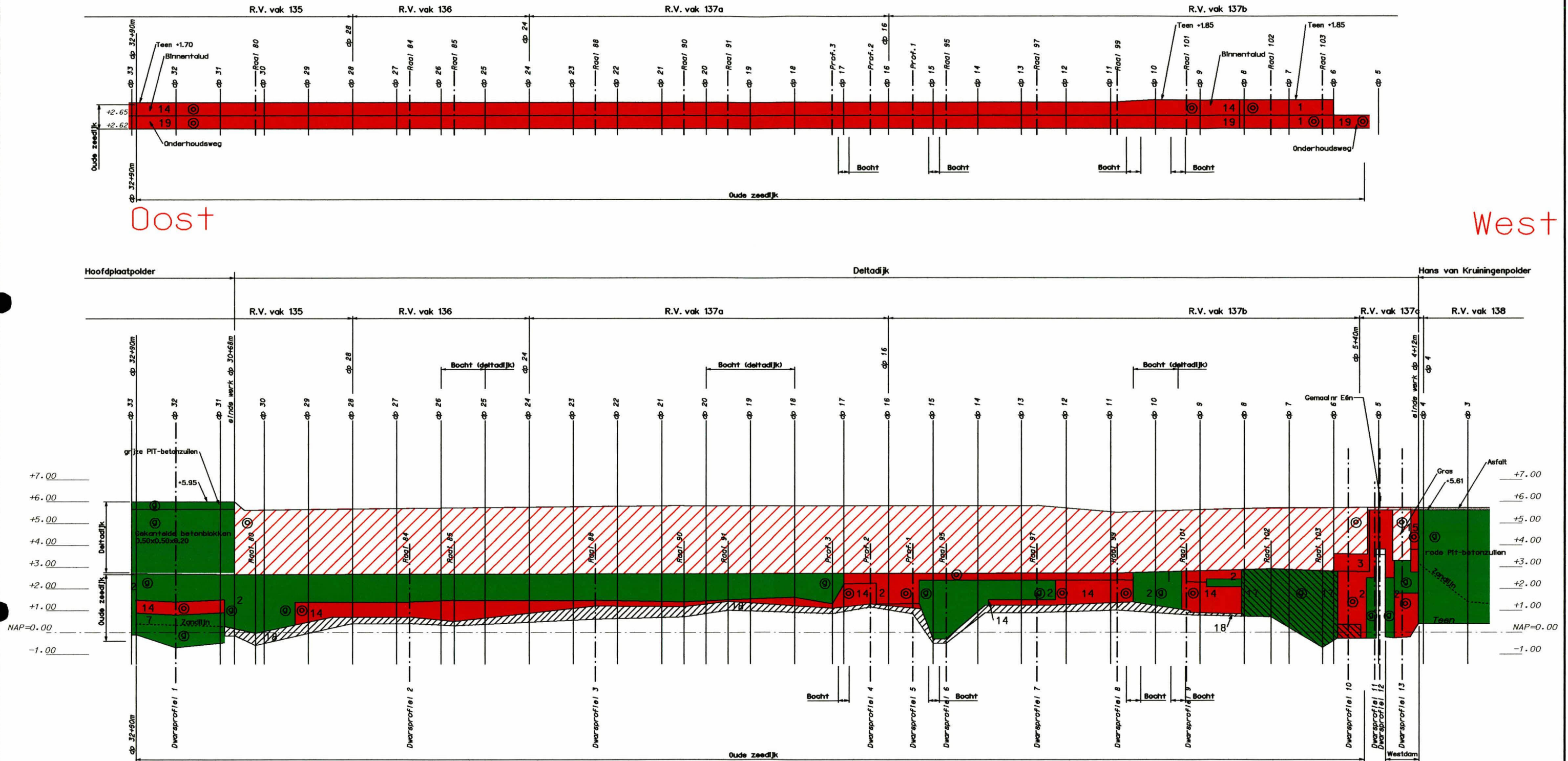
West

Figuur 2  
Glooiingskaart  
huidige situatie

- legenda
- 1 waterbouwasfaltbeton
  - 2 basalt
  - 3 betonzuilen
  - 4 betonblokken
  - 5 diaboolglooiing
  - 6 doorgroei stenen
  - 7 doornikse steen
  - 8 pools graniet
  - 9 haringmanblokken
  - 10 hydroblokken
  - 11 koperslakblokken
  - 12 lessensisse steen
  - 13 petite graniet
  - 14 vilvoordse steen
  - 15 granietblokken
  - 16 blokken op z'n kant
  - 17 stortsteenpenetratie
  - 18 stortsteen
  - 19 basaltbetonblokken
  - 20 overlaging

Datum: 10-12-2003

# Voorland Nummer Eén



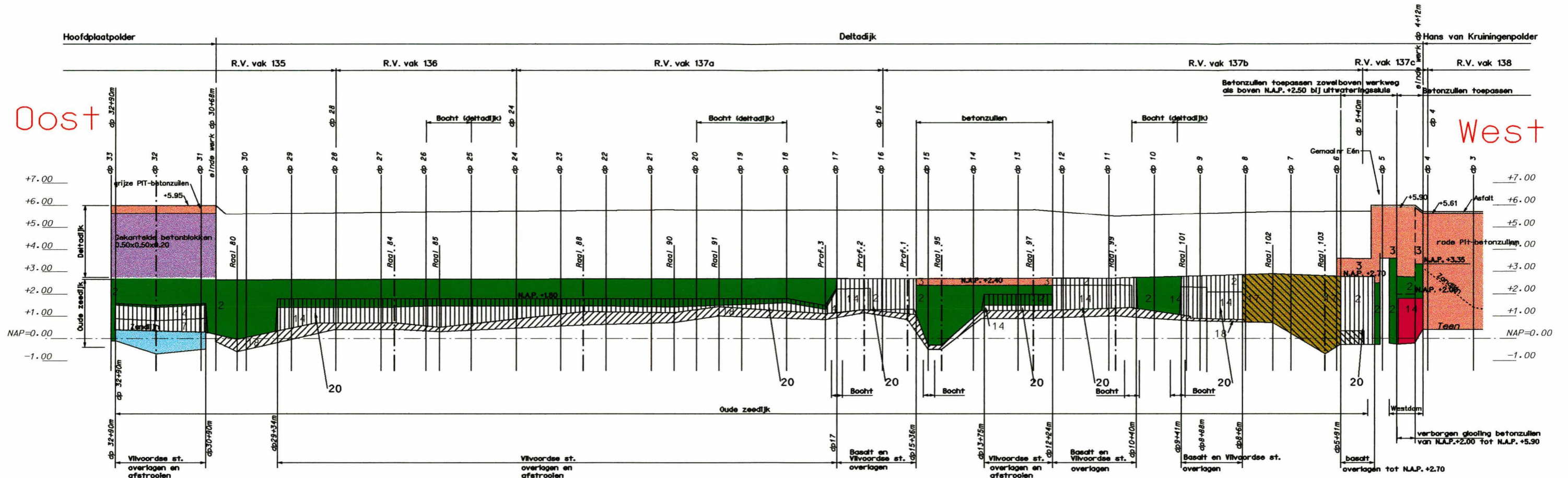
Figuur 3  
eindbeoordeling  
toetsing

- Legenda
- ⊕ goed
  - ⊙ onvoldoende
  - ⊙    (Deltadijk) onvoldoende

Datum: 10-12-2003

# Voorland Nummer Eén

Figuur 4a



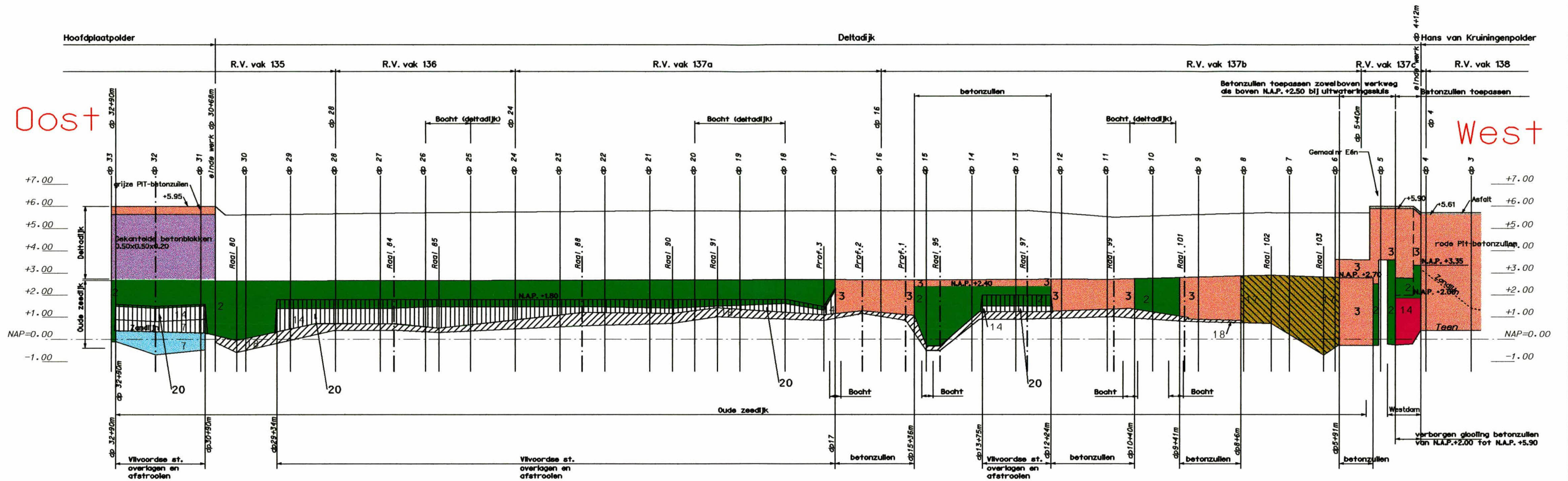
## Glooiingskaart Alternatief 1 (overlagen)

legenda

- 1 waterbouwasfaltbeton
- 2 basalt
- 3 betonzulen
- 4 betonblokken
- 5 diaboolglooiing
- 6 doorgroei stenen
- 7 doornikse steen
- 8 pools graniet
- 9 haringmanblokken
- 10 hydroblokken
- 11 koperlakblokken
- 12 lessenisse steen
- 13 petite graniet
- 14 vilvoordse steen
- 15 granietblokken
- 16 blokken op z'n kant
- 17 stortsteen+penetratie
- 18 stortsteen
- 19 basaltbetonblokken
- 20 overlaging

# Voorland Nummer Eén

Figuur 4b



## Glooiingskaart Alternatief 2 (betonzuilen)

Legenda

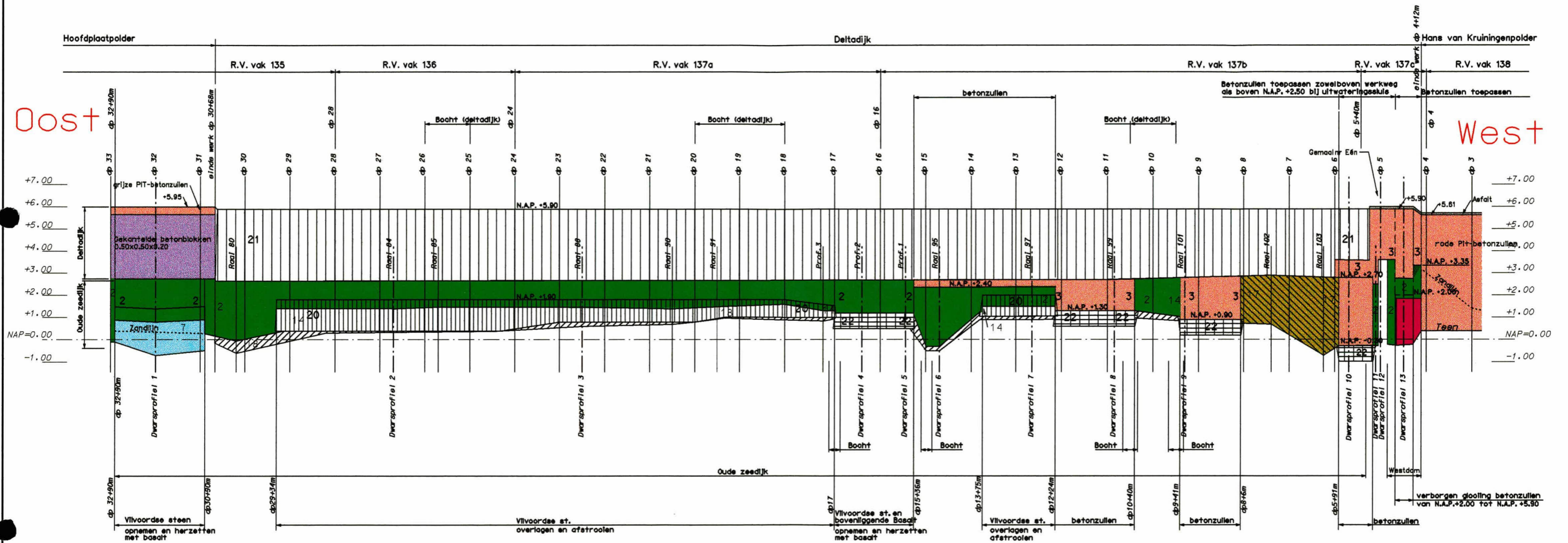
- 1 waterbouwafsluitbeton
- 2 basalt
- 3 betonzuilen
- 4 betonblokken
- 5 diaboolglooiing
- 6 doorgroei stenen
- 7 doornikse steen
- 8 pools graniet
- 9 haringmanblokken
- 10 hydroblokken
- 11 koperslabblokken
- 12 lessenisse steen
- 13 petite graniet
- 14 vilvoordse steen
- 15 granietblokken
- 16 blokken op z'n kant
- 17 startsteen+penetratie
- 18 startsteen
- 19 basaltbetonblokken
- 20 overlaging





# Voorland Nummer Eén

## Figuur 4d



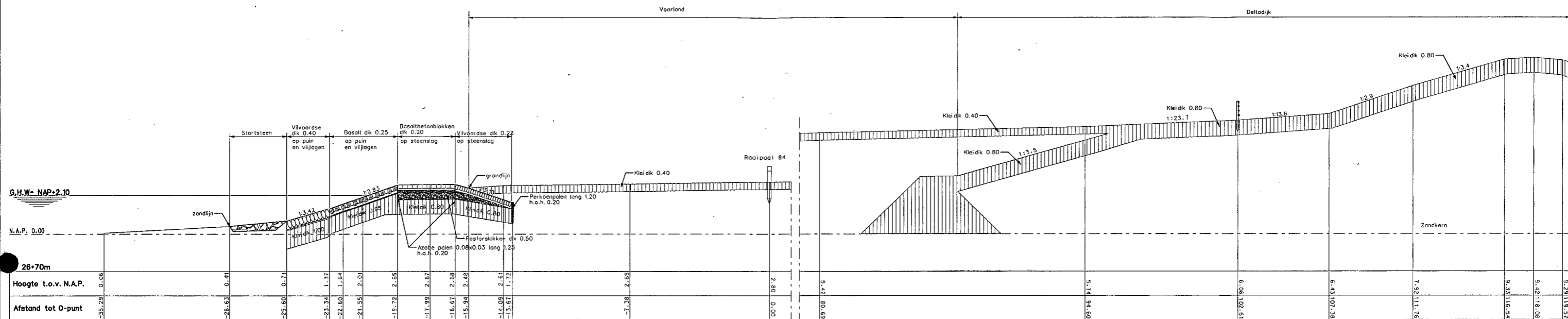
### Glooiingskaart Alternatief 4 (basalt+ betonzullen)

legenda

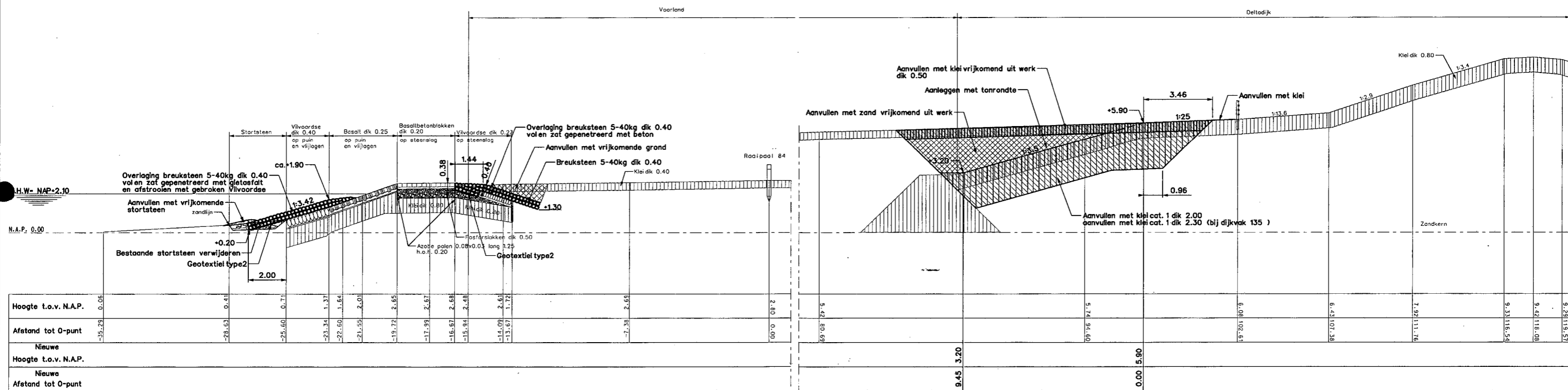
- 1 waterbuwasfaltbeton
- 2 basalt
- 3 betonzullen
- 4 betonblokken
- 5 diaboolglooiing
- 6 doorgroei stenen
- 7 doornikse steen
- 8 pools graniet
- 9 haringmanblokken
- 10 hydroblokken
- 11 koperslakblokken
- 12 lessenisse steen
- 13 petite graniet
- 14 vilvoordse steen
- 15 granietblokken
- 16 blokken op z'n kant
- 17 startsteenpenetratie
- 18 startsteen
- 19 basaltbetonblokken
- 20 overlaging
- 21 kleidijk
- 22 kreukelberm

Datum: 10-12-2003

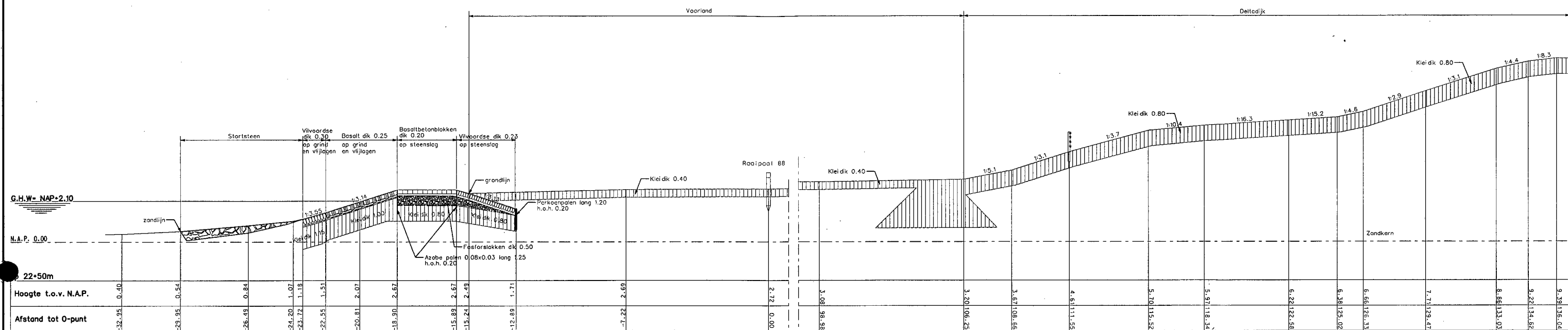




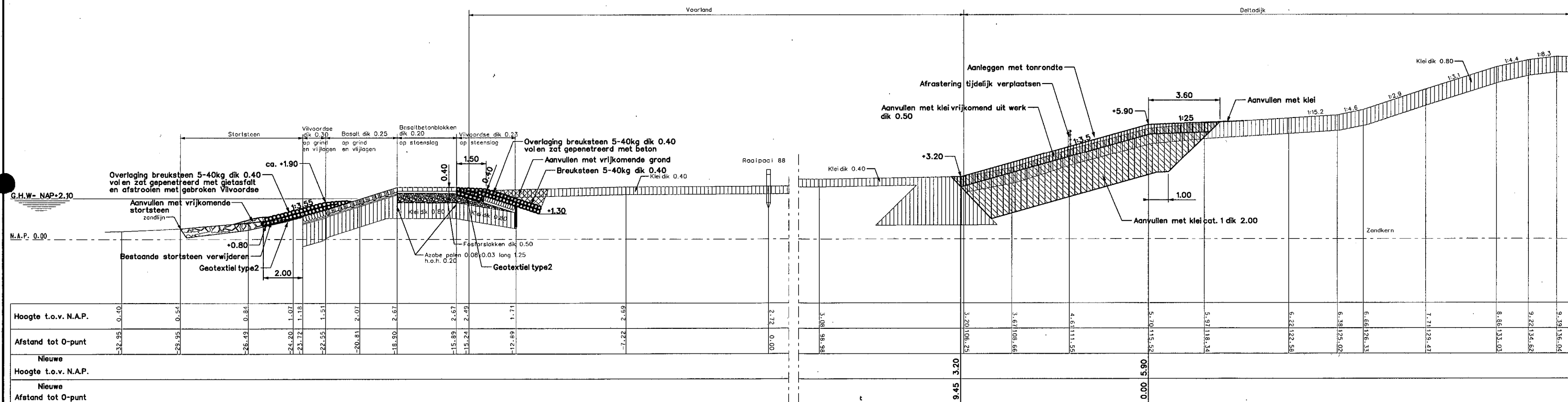
Dwarsprofiel 2 bestaand



Dwarsprofiel 2 nieuw

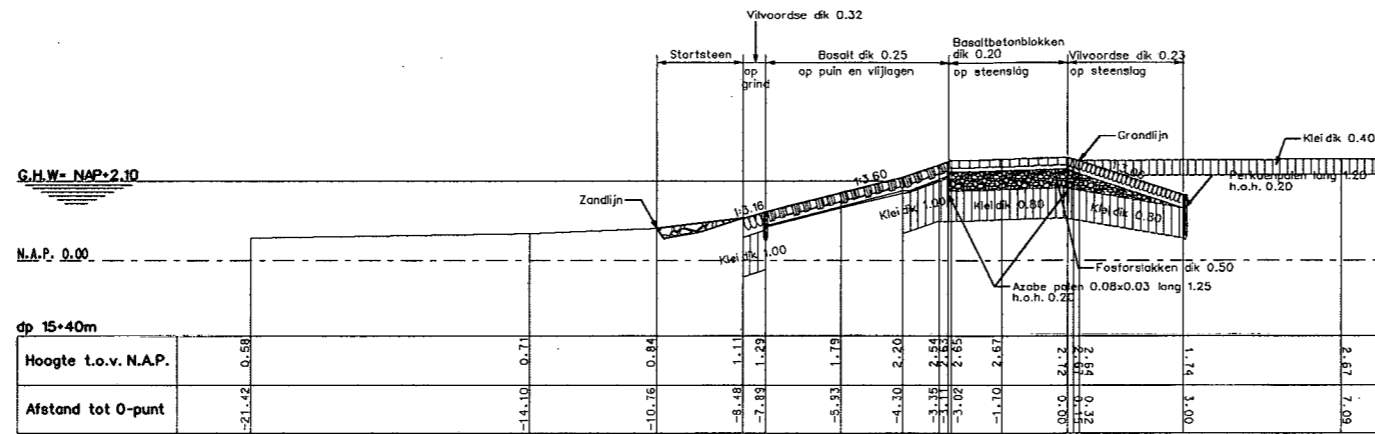


Dwarsprofiel 3 bestaand

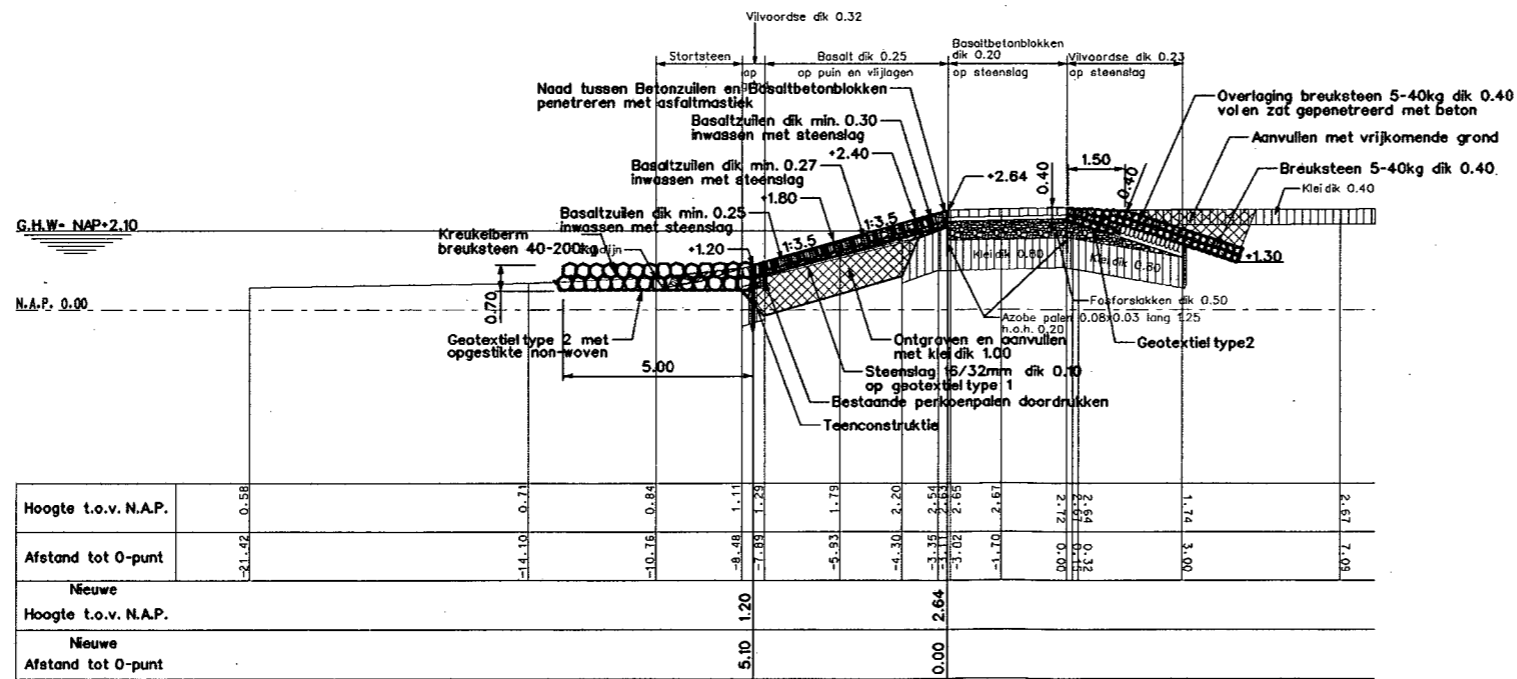


Dwarsprofiel 3 nieuw





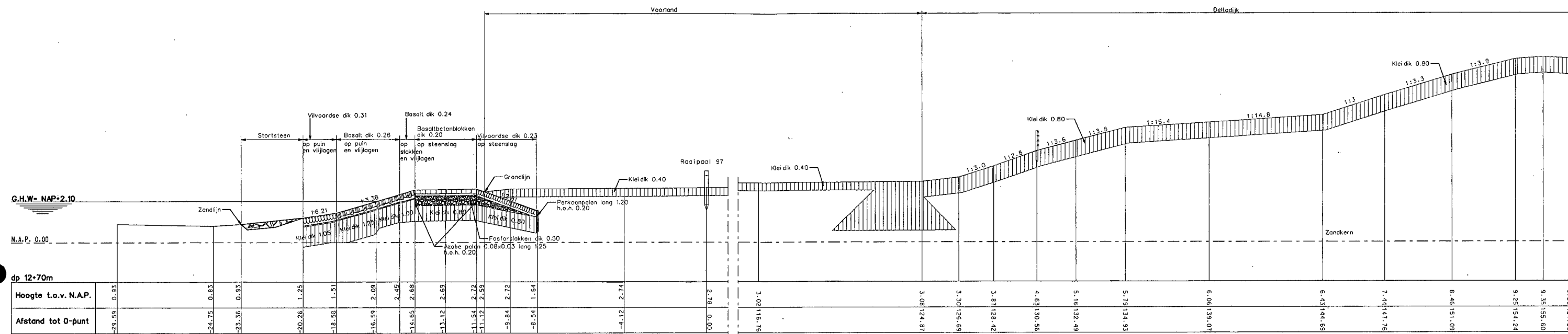
Dwarsprofiel 5 bestaand



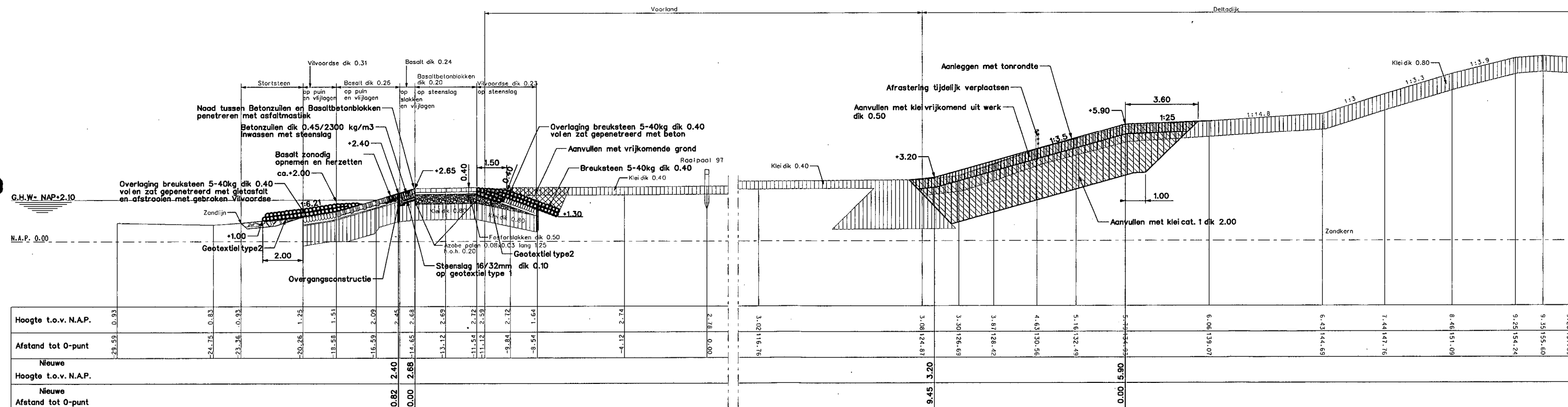
Dwarsprofiel 5 nieuw



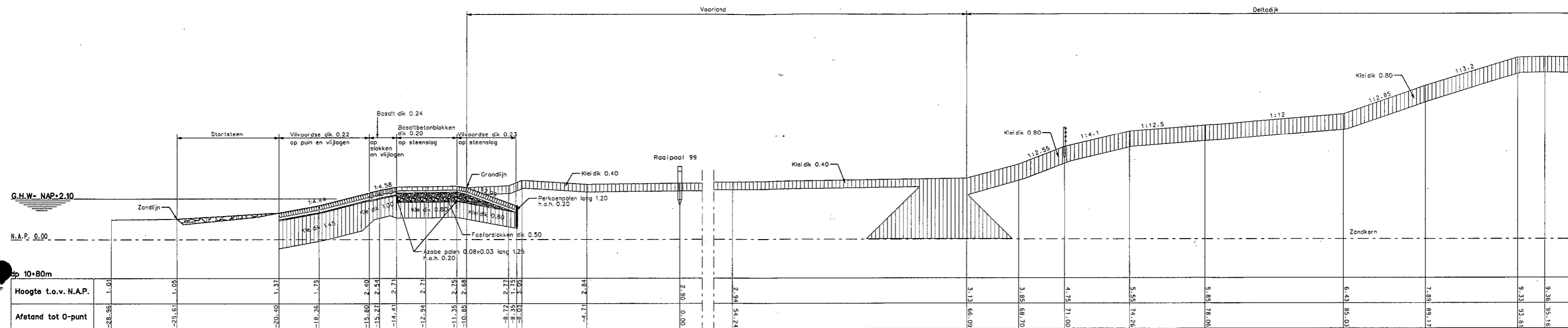




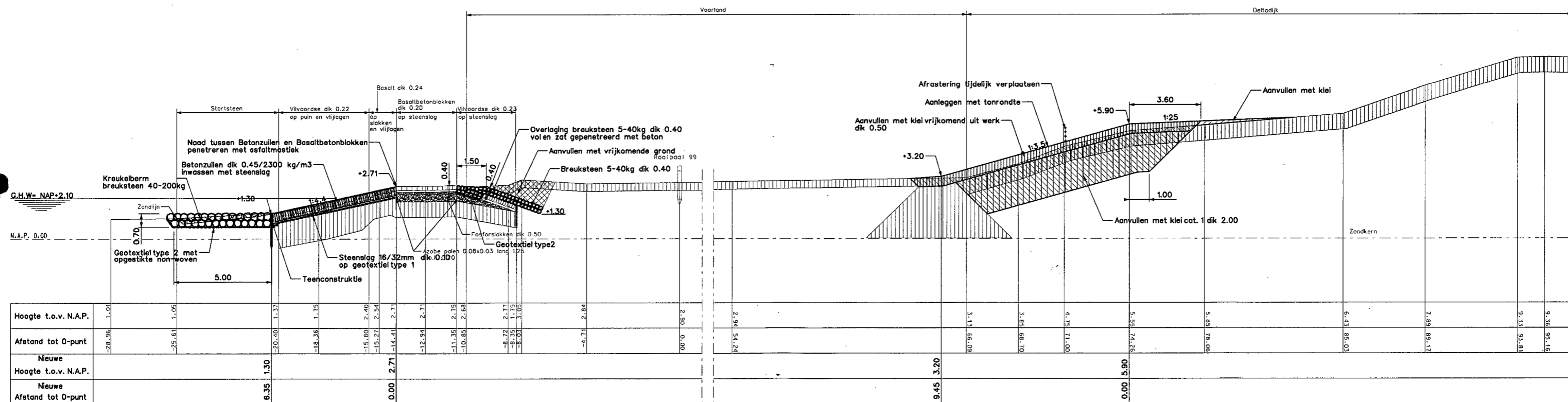
Dwarsprofiel 7 bestaand



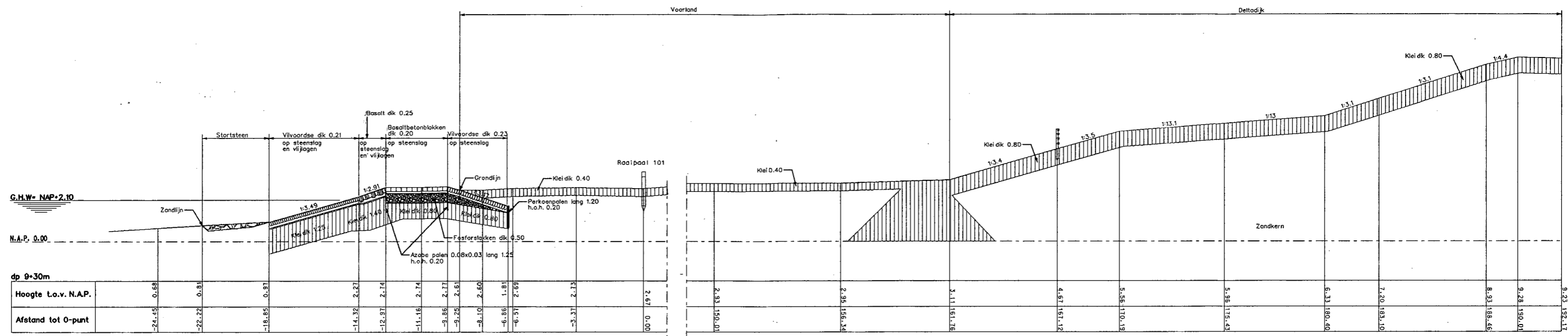
Dwarsprofiel 7 nieuw



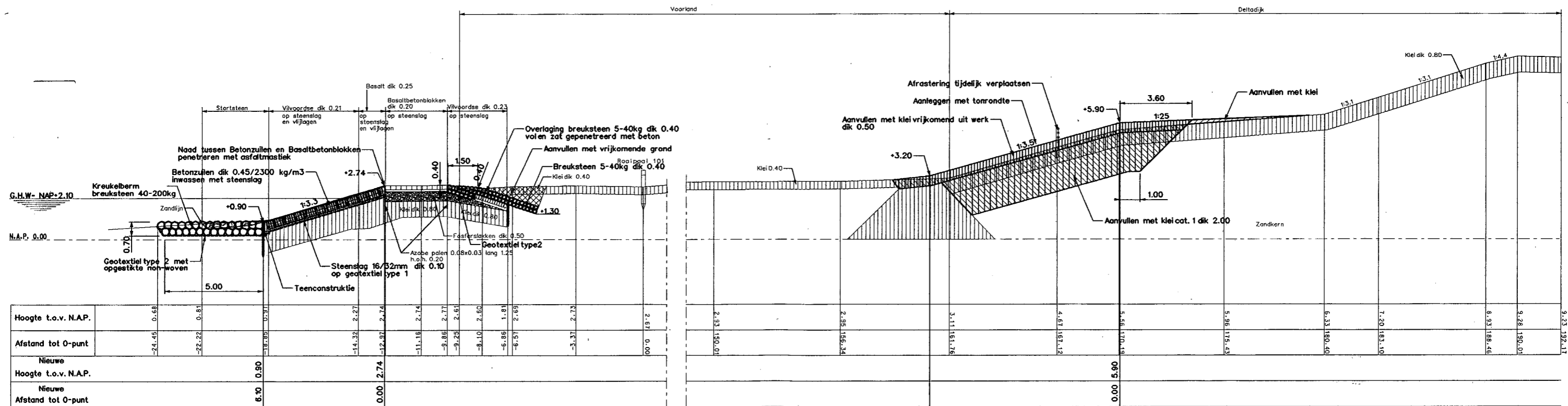
Dwarsprofiel 8 bestaand



Dwarsprofiel 8 nieuw

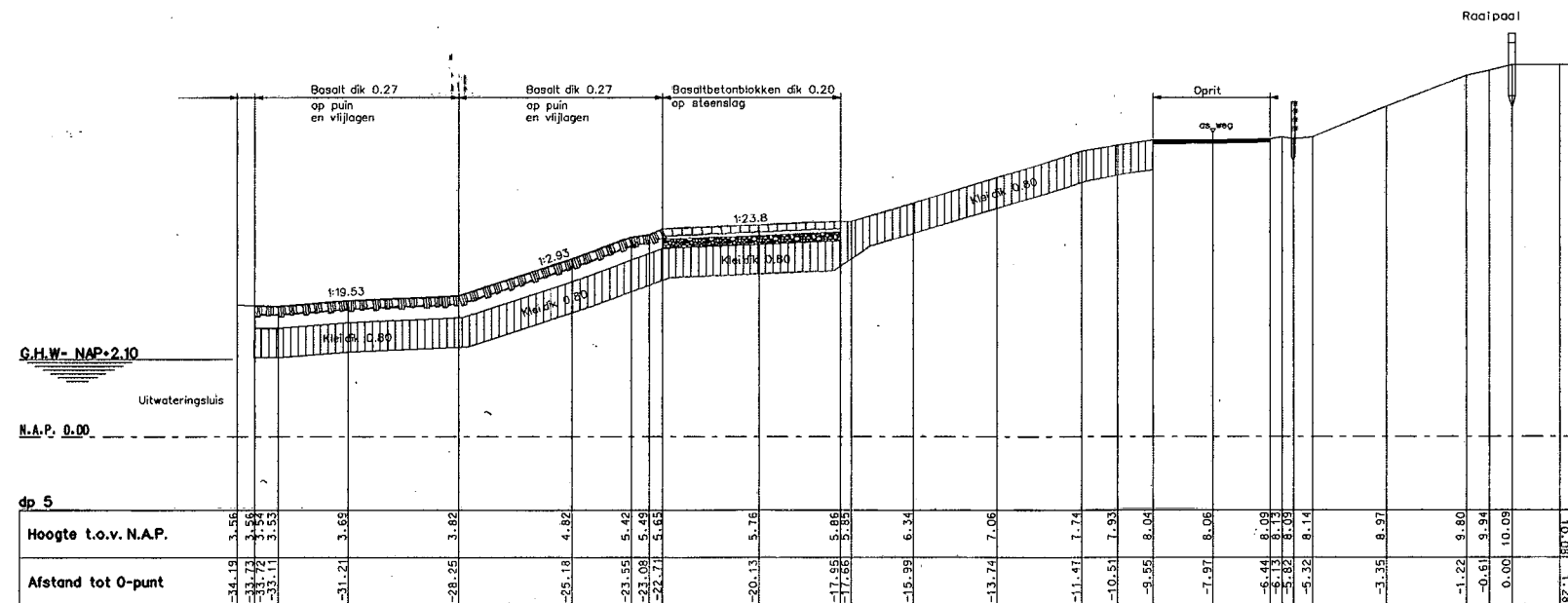


Dwarsprofiel 9 bestaand

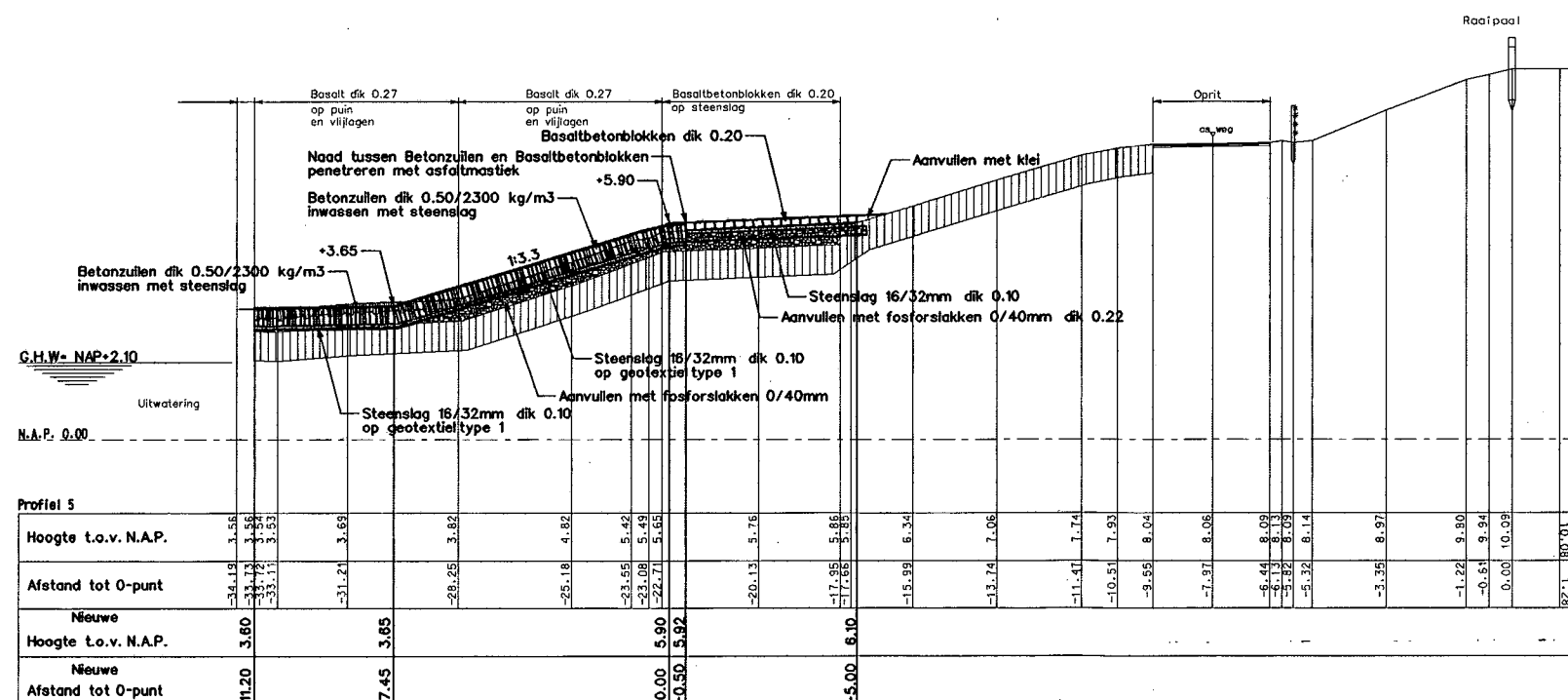


Dwarsprofiel 9 nieuw

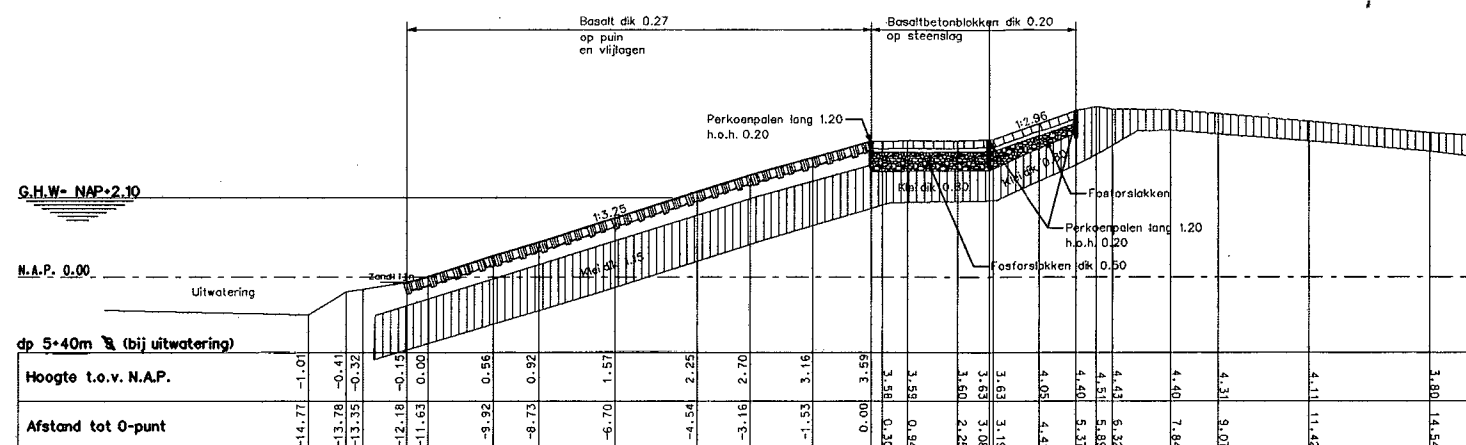




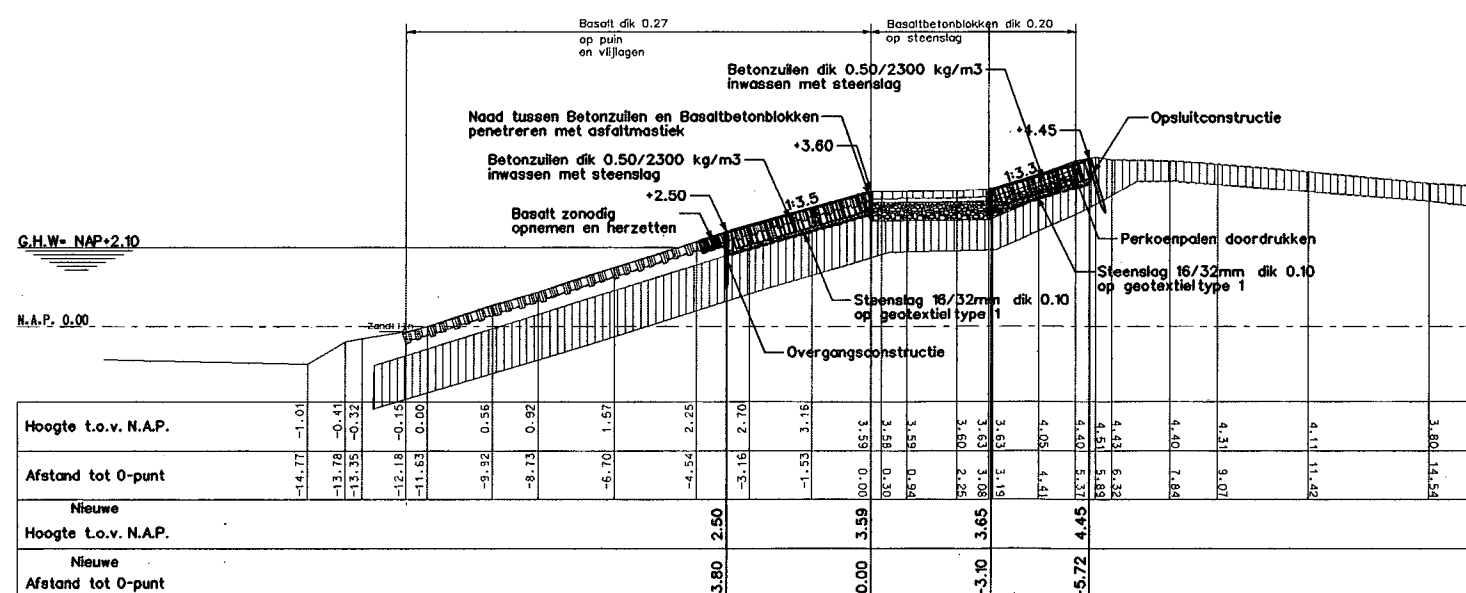
Dwarsprofiel 12 bestaand



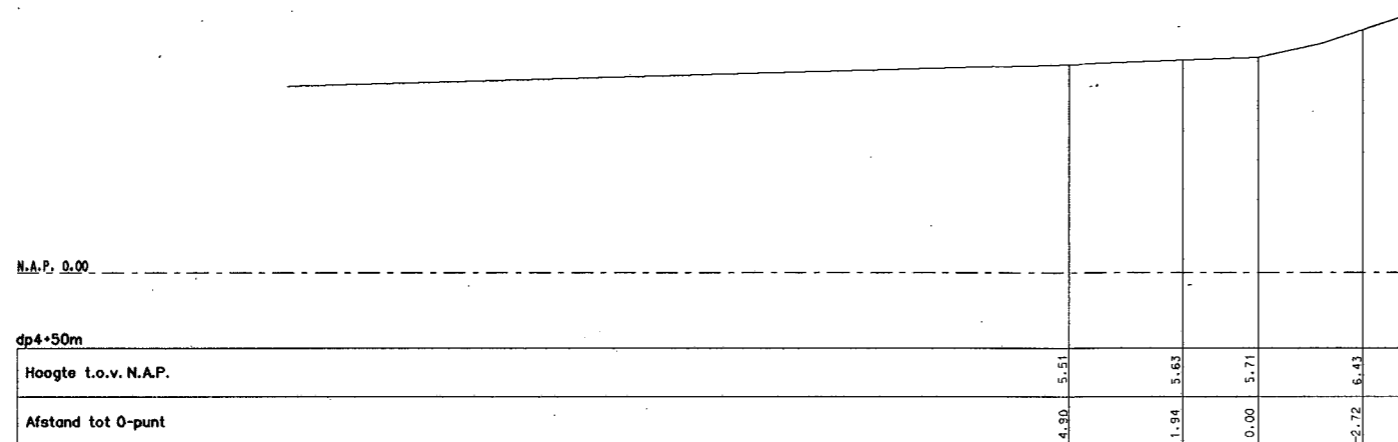
Dwarsprofiel 12 nieuw



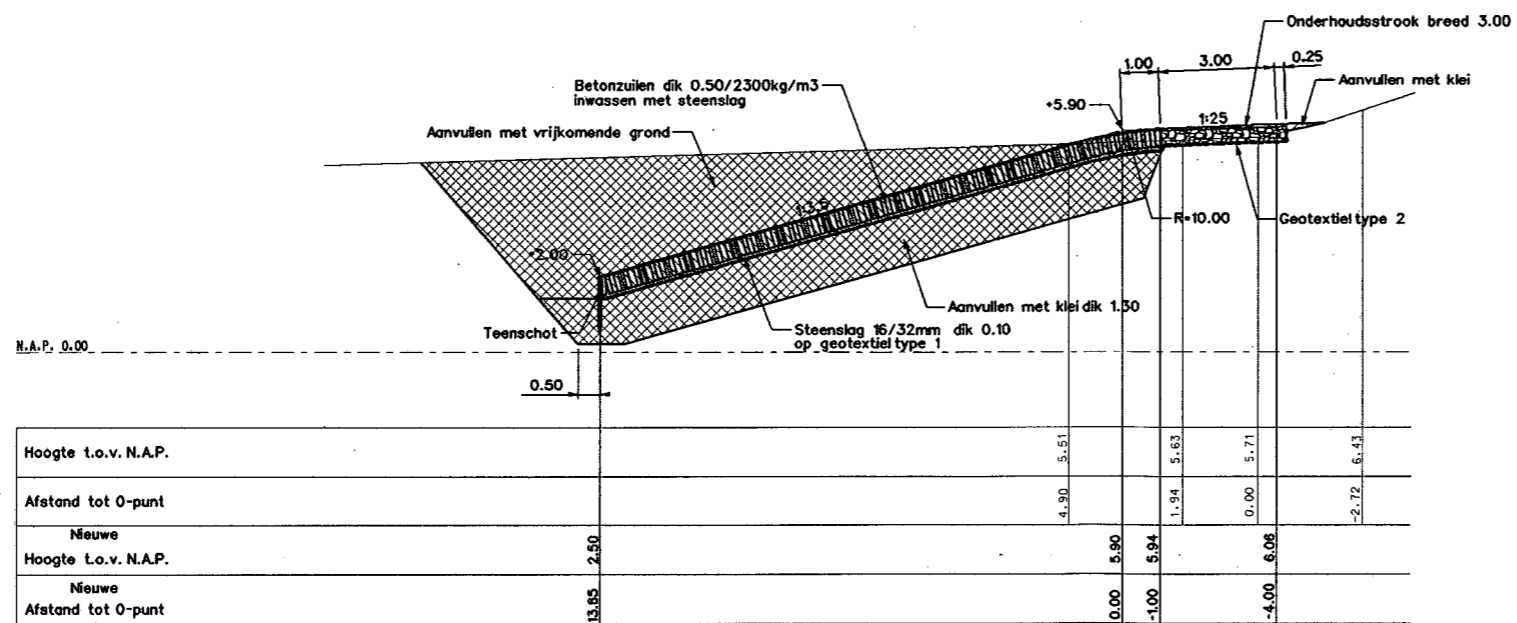
Dwarsprofiel 11 bestaand



Dwarsprofiel 11 nieuw



Dwarsprofiel 13 bestaand



Dwarsprofiel 13 nieuw

## LITERATUUR

- 1 Voorbereiding dijkverbeteringen 2003, algemene ontwerpnota  
Dorst, C.J. en Kortlever, W., Projectbureau Zeeweringen, Versie 4, Goes, 18-07-2003.  
PZDT-N-03.043ontw
- 2 Bijlagen bij 'Handleidingen Toetsen en Ontwerpen van dijkbekledingen'  
Werkgroep Kennis, Versie 8.1, 30-07-2003.  
PZDT-R-02.074ken
- 3 Gemiddelde getijkromme 1991.0  
Rijksinstituut voor Kust en Zee, 1994.
- 4 De basispeilen langs de Nederlandse kust  
Rijksinstituut voor Kust en Zee, mei 1995.  
RIKZ-95.008
- 5 Aanvullende golfbelastingen Deltadijk Voorland Nummer Eén  
Jacobse, S., Projectbureau Zeeweringen, Werkgroep Kennis, juli 2002.  
K-02-07-27
- 6 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
- 7 Nieuwe dijkbekleding Westerschelde en vogels  
Meininger, P.L., RIKZ Middelburg, 2001.  
RIKZ/OS/2001.812X
- 8 Inventarisatie sterkte gezette taludbekledingen in Zeeland  
Grondmechanica Delft, Delft, januari 1997.  
Kenmerk 362070/46
- 9 Leidraad Toetsen op Veiligheid  
TAW, Delft, augustus 1999.
- 10 Actualisatie toetsing Voorland Nummer Eén  
Waterschap Zeeuws-Vlaanderen, memo, 12-2-2001.  
PZDT-M-01.041
- 11 Aanvulling toetsing Voorland Nummer Eén  
Waterschap Zeeuws-Vlaanderen, memo, 22-4-2002.  
PZDT-M-02.112
- 12 Controle geactualiseerde toetsing Voorland Nummer Eén  
Van den Heuvel, A., Projectbureau Zeeweringen, november 2001.  
PZDT-R-01.344
- 13 Controle geactualiseerde toetsing Voorland Nummer Eén  
Otte, M., Projectbureau Zeeweringen, mei 2002.  
PZDT-M-02.129



- 14 Vrijgave toetsing Voorland Nummer Eén  
Hengst, P., Projectbureau Zeeweringen, mei 2002.  
PZDT-M-02.131
- 15 Toetsing bermpad op oude zeedijk bij Voorland Nummer Eén  
Provoost, Y.M., Projectbureau Zeeweringen, Werkgroep Kennis, juni 2002  
K-02-06-23
- 16 Nadere beschouwing asfaltbekleding op voorste dijk bij Voorland Nummer Eén  
Provoost, Y.M., Projectbureau Zeeweringen, Werkgroep Kennis, juni 2002  
K-02-06-24
- 17 Nadere beschouwing asfaltbekleding op voorste dijk bij Voorland Nummer Eén  
Provoost, Y.M., Projectbureau Zeeweringen, Werkgroep Kennis, oktober 2003  
E-mail d.d. 27-10-03.
- 18 Hoofdplaatpolder, Voorland Nummer Eén, controle toetsing  
Otte, M., Projectbureau Zeeweringen, oktober 2002.  
PZDT-M-02.305
- 19 Handboek voor dimensionering van gezette talusbekledingen, CUR 155  
CUR Gouda, maart 1992.
- 20 Handleiding Ontwerpen Dijkbekledingen, Technische werkwijze van het Projectbureau  
Zeeweringen  
Werkgroep Kennis, Versie 8, 13-05-2003.  
PZDT-R-02.066ken
- 21 Landschapsvisie Zeeweringen Westerschelde  
Dienst Landelijk Gebied - Zeeland, juli 2001.
- 22 Dijkverbetering Voorland Nummer Eén  
Projectbureau Zeeweringen.  
PZDT-M-03.181
- 23 Ambtelijk Overleg Voorland Nummer Eén  
Projectbureau Zeeweringen.  
PZAO-M-03.014

## **BIJLAGEN**

<b>Bijlage 1</b>	<b>Technische toepasbaarheid</b>
Bijlage 1.1	Betonzuilen
Bijlage 1.2	Basaltzuilen
Bijlage 1.3	Basaltbetonblokken
<b>Bijlage 2</b>	<b>Dimensionering</b>
Bijlage 2.1	Betonzuilen
Bijlage 2.2	Kleidijken
<b>Bijlage 3</b>	<b>Detailadvies natuurwaarden</b>
<b>Bijlage 4</b>	<b>Detailadvies landschapvisie</b>

**BIJLAGE 1 TECHNISCHE TOEPASBAARHEID****Bijlage 1.1 Betonzuilen**

De technische toepasbaarheid van betonzuilen wordt beschreven in paragraaf 5.4.3. Bij een taludhelling van 1:3,1 en bij de zwaarste randvoorwaarden (dijkvak 137c) is gecontroleerd of de zwaarste betonzuil stabiel is.

<b>PARAMETER/</b>	Dijkvak 137c
<b>BEREKENING</b>	Helling 1:3,1
<b>Golven</b>	
H <sub>s</sub> [m]	2,06
T <sub>p</sub> [s]	7,84
<b>Talud</b>	
Cot(α) [-]	2,9
Ft [-]	0,5
<b>Constructietype</b>	
Niet ingewassen zuilen	
Filter	
Geotextiel	
Basis	
<b>ZUILEN</b>	
Az [m <sup>2</sup> ]	0,090
Azo [%]	10
Dz [m]	0,50
sm [kg/m <sup>3</sup> ]	2813
G [-]	1,0
<b>Filter</b>	
b [m]	0,15
D <sub>15</sub> [mm]	20
n [-]	0,35

**EINDRESULTATEN**

<b>Stabiliteit</b>	
<b>toplaag</b>	
conclusie	De constructie is stabiel
ANAMOS	

Opgemerkt wordt dat de dimensionering van de betonzuilen in de praktijk wordt bepaald door het toepassingscriterium van ANAMOS ( $H_s/\Delta D \leq 6\xi^{-2/3}$ ). Voor de berekening geldt dat aan deze voorwaarde is voldaan: ANAMOS is geldig.

**Bijlage 1.2 Basaltzuilen**

De technische toepasbaarheid van de basaltzuilen is beschreven in paragraaf 5.4.4. In deze bijlage is een aantal van de uitgevoerde berekeningen gegeven.

<b>PARAMETER/ BEREKENING</b>	Dijkvak 137b	Dijkvak 137b	Dijkvak 137b	Dijkvak 137b
	Helling 1:3,1 (rekenwaarde) D = 0,24 m	Helling 1:3,1 (rekenwaarde) D = 0,25 m	Helling 1:3,1 (rekenwaarde) D = 0,27 m	Helling 1:3,1 (rekenwaarde) D = 0,30 m
<b>Golven</b>				
H <sub>s</sub> [m]	1,41	1,47	1,54	1,70
T <sub>p</sub> [s]	5,93	6,29	6,74	7,26
<b>Talud</b>				
cot(α) [-]	3,1	3,1	3,1	3,1
ft [-]	0,5	0,5	0,5	0,5
<b>Constructietype</b>				
Niet ingewassen zuilen				
Filter				
Geotextiel				
Basis				
<b>Zuilen</b>				
Az [m <sup>2</sup> ]	0,09	0,09	0,09	0,09
Azo [%]	10	10	10	10
Dz [m]	0,21	0,22	0,24	0,27
sm [kg/m <sup>3</sup> ]	2900	2900	2900	2900
G [-]	1,0	1,0	1,0	1,0
<b>Filter</b>				
b [m]	0,15	0,15	0,15	0,15
D <sub>15</sub> [mm]	20	20	20	20
n [-]	0,35	0,35	0,35	0,35
<b>EINDRESULTATEN</b>				
<b>Stabiliteit toplaag</b>				
Conclusie	De constructie is	De constructie is	De constructie is	De constructie is
ANAMOS	stabiel	stabiel	stabiel	stabiel

### Bijlage 1.3 Basaltbetonblokken

De technische toepasbaarheid van de basaltbetonblokken is beschreven in paragraaf 5.4.5. In deze bijlage zijn de belangrijkste berekeningen gegeven.

#### Basaltbetonblokken op kruin van oude zeedijk

$$D \times B \times L = 0,20 \text{ m} \times 0,25 \text{ m} \times 0,30 \text{ m}$$
$$\rho = 2550 \text{ kg/m}^3$$

Dijkvak 136 (lichtste randvoorwaarden, 1/4000 per jaar)  
NAP + 3,5 m  
Hs = 1,20 m  
Tp = 4,82 s  
 $\Delta = 1,49$

##### Mechanisme 1

Belasting door stijghoogteverschillen over de toplaag, veroorzaakt door golf die over de kruin trekt

$$Hs/(\Delta D) < 3 \quad \Rightarrow \quad D > 0,27 \text{ m, basaltbetonblokken voldoen niet}$$

##### Mechanisme 2

Belasting door hoge stroomsnelheden, veroorzaakt door golf die over de kruin trekt

$$U_{cr} \approx 2,7\sqrt{g \cdot \Delta \cdot D}$$

$$U = g \cdot T_p / (2 \cdot \pi) \cdot v \cdot \tanh(4 \cdot \pi^2 \cdot h / (g \cdot T_p^2))$$

$$U = U_{cr} = 6 \text{ m/s} \quad \Rightarrow \quad D > 0,34 \text{ m, basaltbetonblokken voldoen niet}$$

De golven bij 1/100-per-jaar-condities zijn ongeveer 12 % lager en de golfperiode blijft gelijk. Hieruit wordt geconcludeerd dat de basaltbetonblokken ook bij die lichtere golfcondities onvoldoende dik zijn.

## BIJLAGE 2 DIMENSIONERING

### Bijlage 2.1 Betonzuilen

De dimensionering van de betonzuilen is beschreven in paragraaf 6.2.1. De lichtste combinaties van zuildikte en dichtheid zijn bepaald, gebruikmakend van het toepassingscriterium van ANAMOS ( $H_s/\Delta D \leq 6\xi^{-2/3}$ ), voor alle vakken waarin betonzuilen worden toegepast. Vervolgens is de gekozen zuil gecontroleerd met ANAMOS. Slechts de gekozen zuil is in de onderstaande tabellen opgenomen.

<b>PARAMETER/BEREKENING</b>	Dijkvak 137b Oude zeedijk Onder NAP + 2,7 m dp 15 (+30m) - dp 12 (+20m) Helling 1:3,4
<b>Golven</b>	
$H_s$ [m]	1,70
$T_p$ [s]	7,26
<b>Talud</b>	
$\text{Cot}(\alpha)$ [-]	3,2
ft [-]	0,5
<b>Constructietype</b>	
Niet ingewassen zuilen	
Filter	
Geotextiel	
Basis	
<b>Zuilen</b>	
$A_z$ [m <sup>2</sup> ]	0,09
$A_{zo}$ [%]	10
$D_z$ [m]	0,45
$S_m$ [kg/m <sup>3</sup> ]	2231
G [-]	1,0
<b>Filter</b>	
b [m]	0,15
$D_{15}$ [mm]	20
n [-]	0,35

### EINDRESULTATEN

<b>Stabiliteit</b>	
<b>toplaag</b>	
Conclusie	De constructie is stabiel
ANAMOS	

<b>PARAMETER/ BEREKENING</b>	Dijkvak 137c Gemaal dp 5 Ondertafel Helling 1:3,3	Dijkvak 137c Gemaal dp 5 Ondertafel Helling 1:3,3
<b>Golven</b>		
H <sub>s</sub> [m]	1,83	2,06
T <sub>p</sub> [s]	7,46	7,84
<b>Talud</b>		
cot(α) [-]	2,9	3,1
ft [-]	0,5	0,5
<b>Constructietype</b>		
Niet ingewassen zuilen		
Filter		
Geotextiel		
Basis		
<b>Zuilen</b>		
Az [m <sup>2</sup> ]	0,09	0,09
Azo [%]	10	10
Dz [m]	0,50	0,50
sm [kg/m <sup>3</sup> ]	2231	2231
G [-]	1,0	1,0
<b>Filter</b>		
b [m]	0,15	0,15
D <sub>15</sub> [mm]	20	20
n [-]	0,35	0,35
<b>EINDRESULTATEN</b>		
<b>Stabiliteit toplaag</b>		
Conclusie	De constructie is stabiel	De constructie is stabiel
ANAMOS		

## **Bijlage 2.2 Kleidijken**





**Spreadsheet Kleidijken** (tot Ontwerppeil; geen berm)

10-2-03 versie 5.2

Na elke wijziging opnieuw laten rekenen via het menu 'Kleidijk'

17-11-03

Invoer

Dijkvak :   
 Meetstation :

Teen kleidijk :  m tov NAP  
 Ontwerppeil :  m tov NAP  
 GHW :  m tov NAP

cotan talud :

**Uitvoer bij de maatgevende hoogte**

Maatgevende hoogte : NAP +3,82 m

Belasting duur : 6 uur en 25 min

Hs : 0,75 m

Tp : 4,88 s

Dikte kleilaag : 1,79 m

Ontwerpdikte kleilaag : 2 m

(= dikte zonder make-uplaag)

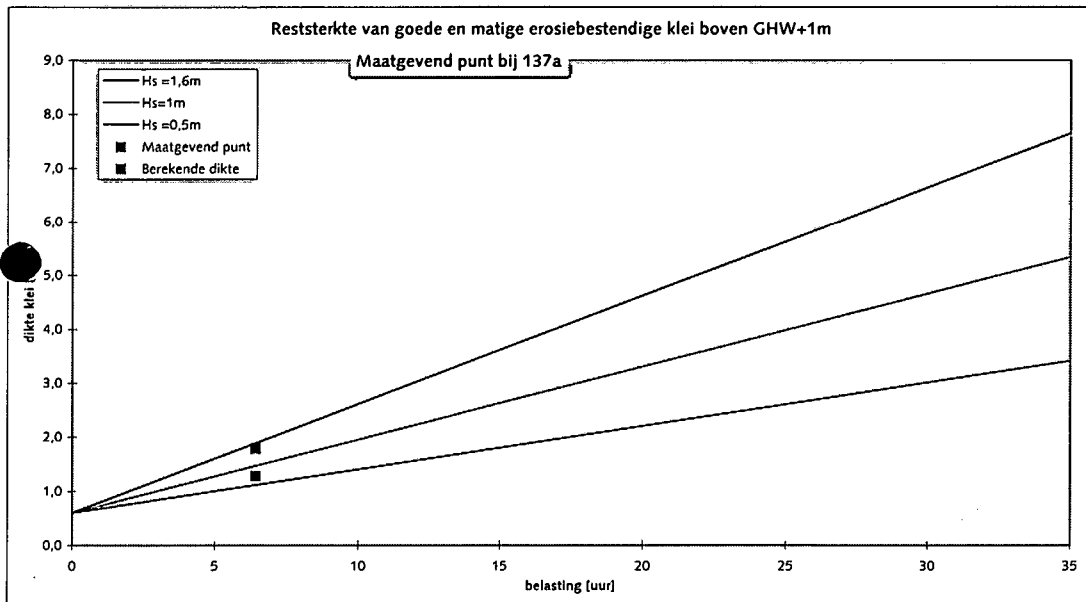
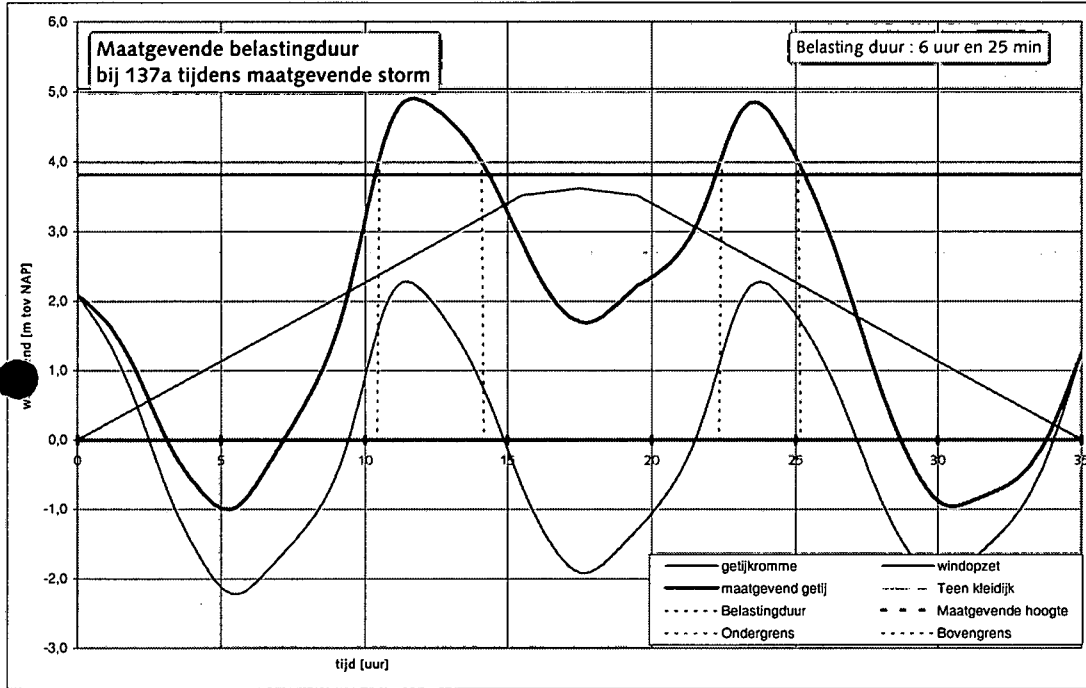
(= dikte zonder make-uplaag)

Randvoorwaarden : NAP +2m    NAP +4m    NAP +6m

Hs :	0,2	0,8	1,4
------	-----	-----	-----

Tp :	4,7	4,9	5,6
------	-----	-----	-----

Getijkromme : Hoogwater gemiddeld tij



Invoer

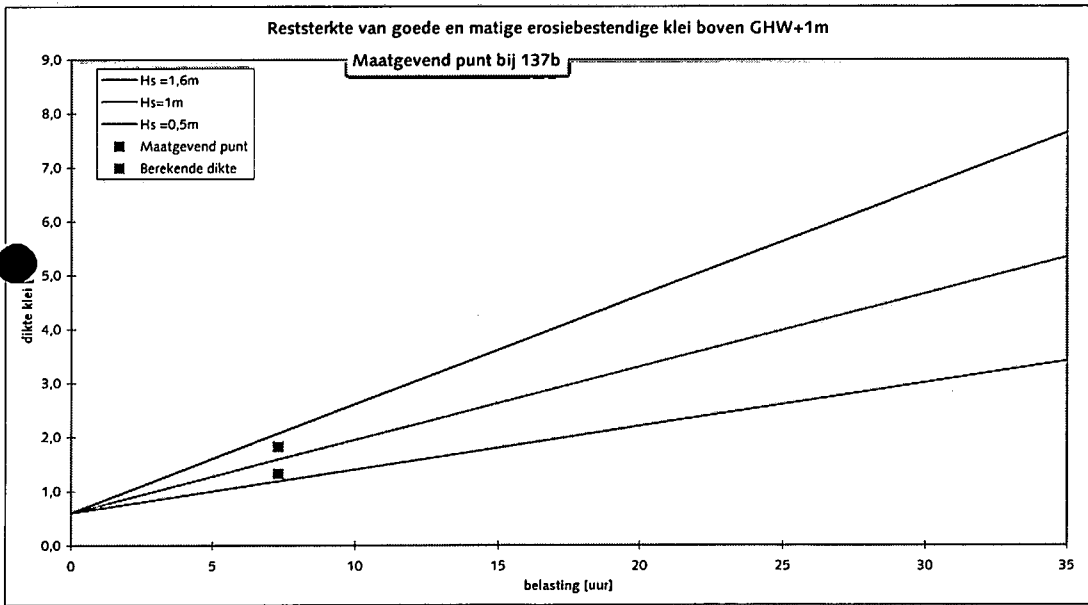
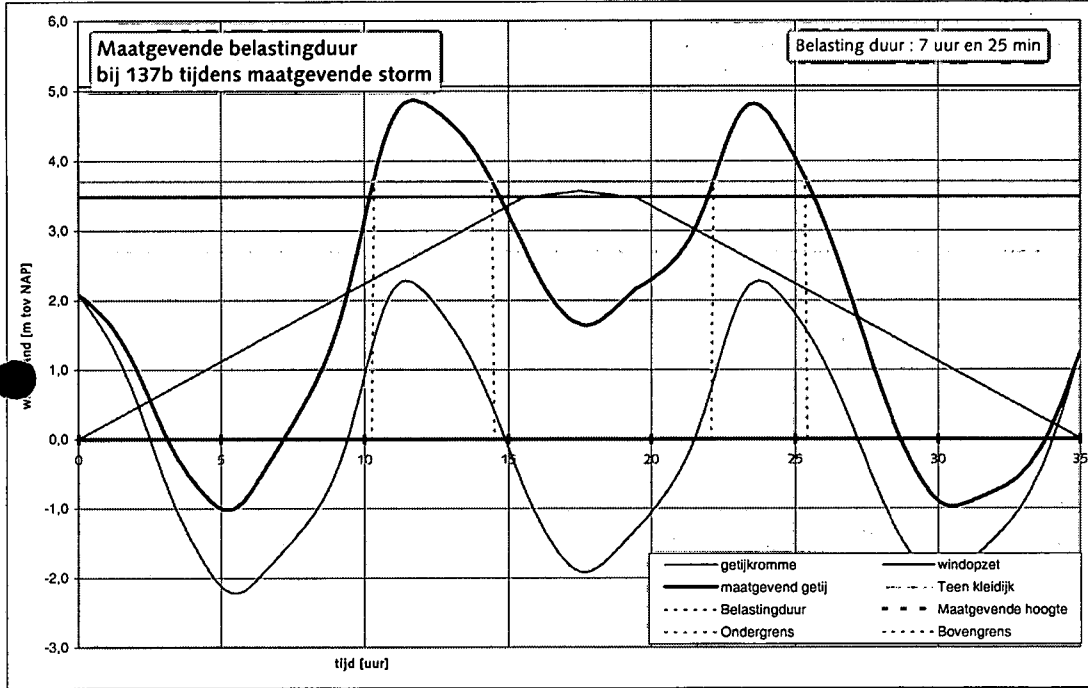
Dijkvak : 137b  
 Meetstation : Wissingen  
 Teen kleidijk : 2,70 m tov NAP  
 Ontwerppeil : 5,85 m tov NAP  
 GHW : 2,10 m tov NAP  
 cotan talud : 3,00

Uitvoer bij de maatgevende hoogte

Maatgevende hoogte : NAP +3,49 m  
 Belasting duur : 7 uur en 25 min  
 Hs : 0,67 m  
 Tp : 6,64 s  
 Dikte kleilaag : 1,83 m (= dikte zonder make-uplaag)  
 Ontwerpdikte kleilaag : 2 m (= dikte zonder make-uplaag)

Randvoorwaarden :	NAP +2m	NAP +4m	NAP +6m
Hs :	0,3	0,8	1,3
Tp :	5,3	7,1	7,9

Getijkromme : Hoogwater gemiddeld tij



### **BIJLAGE 3 DETAILADVIES NATUURWAARDEN**



-Aan  
Projectbureau Zeeweringen

Contactpersoon  
C. Joosse  
Datum

Doorkiesnummer  
0118-422217  
Bijlage(n)

Ons kenmerk

Uw kenmerk

Onderwerp  
detailadvies natuurwaarden zeewering Voorland Nummer Een

Ten behoeve van de versterking van de zeewering Voorland Nummer Een geef ik hier advies betreffende het aspect natuur. Voor de getijdenzone baseer ik mijn advies op onderzoeksgegevens Milieu-Inventarisatie(MI) uit 1990(*rapport Waardenburg/Meyer*). Voor de zone boven gemiddeld hoogwater(GHW) heb ik 22 juni 2001 een veldbezoek uitgevoerd om de begroeiing te inventariseren(methode Tansley<sup>1</sup>). Het onderzochte dijkvak bevat de nrs 137,136 en ged.135.

#### Getijdenzone

##### Dijkvak 137 ,136 en ged.135

##### Vanaf Spuisluis bij DP5 tot wp49

3 Wisselende glooiingsconstructie varieërend van basalt, stortsteen en vanaf wp48 weer basalt met onderin Vilvoordse steen.De laatste twee constructies, met inbegrip van basaltstrook, zijn matig tot goed begroeid met bruinwieren tot 1m beneden GHW. Het laatste stuk zelfs type IV, (*rapport Waardenburg/Meyer*). Herstel hier is tevens verbetering allebei **Cat:"red.goed"**.

##### Wp49 tot wp50

3 Basaltglooiing niet begroeid, zelfs kreukelberm niet., voor **Herstel "geen voorkeur", voor verbetering Cat: "voldoende"**.

##### Wp50 tot wp53.

3 Glooiing van Vilvoordse steen en gedeelte basalt..Matig begroeid met bruinwieren (type II) (Waardenburg). Begroeid tot 1a2m beneden GHW, bij basalt tot 3m. Kreukelberm goed begroeid. **Voor herstel Cat: "voldoende", verbetering Cat: "red.goed"**.

##### Wp53 tot wp54

3 Hier en daar spaarzaam bruinwier op basalt+Vilvoordse steen (type Ia II)  
**Herstel en verbetering allebei Cat:"voldoende"**.

##### Wp54 tot wp 56

3,5 Glooiing boven bestaat uit basalt en ligt zodanig dat 1.5a2m nog in getijdezone valt.en heeft maar hier en daar presentie van bruinwieren.  
Benedenstrook van Vilvoordse steen is juist weer goed begroeid met bruinwieren (**zie foto1**)  
Mate van begroeiing is type III, dit in tegenstelling tot Milieu-Inventarisatie, die voor potentiële begroeiing nog maar type II verwachtte.)  
Om minimaal deze begroeiing weer mogelijk te maken is **voor herstel een constructie benodigd uit cat: ' red.goed"**. **Voor verbetering cat:: "goed"(eco).**



### Wp56 tot nieuw werk Hoofdplaat

Basaltglooiing met marginale begroeiing. Conform MI voor herstel "geen voorkeur", voor verbetering "voldoende".

### Boven GHW

#### Dijkvak 137 en 136

#### Vanaf Spuisluis bij DP5 tot wp52

Zomin op basalt als op stukje gepenetreerde stortsteen: geen begroeiing. In dit gedeelte verwacht de MI 4tot8 zoutplanten aan te treffen en geeft hier zelfs potentie aan.

### Wp52 tot wp56

Op basaltglooiing sporadisch zoutplanten. De volgende soorten kwamen voor in lage bedekking: Gerande schijnspurrie(r), Zeekraal(r), Zeeweegbree(r)en Gewoon kweldergras.(r). Dit komt wel overeen met verwachting MI (1-3) zoutplanten.

Waarschijnlijk ligt de basaltglooiing net iets te laag voor de schorplanten die zich in de spatzone thuisvoelen. Temeer omdat op het pad (werkweg/fietspad) juist wel veel zoutplanten van laag schor voorkomen. Dit ligt dan net op het juiste niveau en gaat dan over in het wat hoger liggend schor met soorten zoals Gewone zoutmelde, Lamsoor en Zeealsem.

**Voor de basaltglooiing geldt dan: voor Herstel voldoende, Verbetering "redelijk goed".**

Het oppervlak van de werkweg bestaat uit basaltbetonblokken waarvan de naden volgroeien met zoutplanten van laag schor. De volgende soorten komen voor:

Nederlandse naam	Bedekking	Latijnse naam	Zoutgetal
<b>Gerande schijnspurrie</b>	f	<b>Spergularia maritima</b>	4
<b>Zeekraal</b>	f	<b>Salicornia(spec.)</b>	4
<b>Schorrekruid</b>	o	<b>Suaeda maritima</b>	4
<b>Gewone zoutmelde</b>	r	<b>Halimione portulacoides</b>	4
<b>Melkkruid</b>	o	<b>Glaux maritima</b>	3
Kweldergras	r/o	Puccinellia maritima	3
Rood zwenkgras	o	Festuca rubra	2

Hoewel een vegetatie op een werkweg nooit optimaal kan uitgroeien wil ik er toch voor pleiten deze soortenrijkdom in de toekomst te behouden. Dit kan bereikt worden door weer voor een verharding met voegen te kiezen.

Verder voeg ik nog een foto toe van de groene dijk landwaarts ter plekke(foto2).

Hier is mooi de overgang te zien van Heen (Zeebies) op Hoog Schor naar zoete grassen op de dijk met bovenop nog het Rood zwenkgras.

-----  
<sup>1</sup> Methode van Tansley: r = rare (zeldzaam), o = occasional (weinig voorkomend), fr = frequent (regelmatig voorkomend), a= abundant (grotere aantallen/bedekking), d =dominant (overheersend in aantal/bedekking)  
-----

### **Aanvulling op detailadvies Voorland nummer Eén**

Naar aanleiding van het veldbezoek tijdens startoverleg Nummer EEN dd 05/03/02 is het volgende naar voren gekomen. Het is mogelijk dat de bestaande basaltglooiing blijft zitten daar deze als voldoende getoetst is. Hieronder zit dan de strook Vilvoordse steen, die wel vervangen moet worden. Deze Vilvoordse steen is een begroeiër bij uitstek. Het Waterschap bij monde van Martin Stroo kwam met een idee voor hergebruik. Het is volgens hem heel goed mogelijk met een mobiele steenbreker de Vilvoordse steen op grove sortering 50/100 te malen. Dit product extra ruim uitstrooien over een nog warme gepenetreerde constructie geeft dan een goed begroeibaar alternatief. Deze constructie hoort echter thuis in categorie "voldoende" van de Milieu-



inventarisatie en geeft dan conflict in dijkgedeelte. wp54-56 (DP23-DP33) waar voor herstel (red.goed) geldt.

Gezien de milieu-vriendelijkheid van dit experiment en de geringe breedte van het dagziende deel van Vilvoordse steenstrook (1a1.5m) moet dit een kans krijgen en zetten we voor 'herstel' dit dijksdeel in cat."voldoende".

Voor het dijkgedeelte spuisluis tot DP10(wp49), wat van boven tot onder als onvoldoende getoetst is, blijft dan wel (red.goed) als constructie-alternatief gelden.

De landwaarts gelegen "groene dijk" is nu ook in beeld is gekomen voor reconstructie. Voor wat betreft natuurwaarden valt er weinig te verbeteren omdat een onverharde glooiing bij MI in de klasse "uitmuntend" valt. In de bestaande situatie is de (voor constructeurs te dunne) kleiglooiing helemaal begroeid en vormt een geleidelijke overgang tussen de brakke vegetatie op het hoge schor en de zoete vegetatie op de dijk (zie foto bij detailadvies). Om deze overgang weer mogelijk te maken adviseer ik voor herstel en verbetering een groene- of kleidijk uit categorie "uitmuntend" van de MI.

Mocht men om dwingende technische redenen een verharding toe moeten passen, dan deze uitvoeren als zg. "blinde glooiing". Deze wordt dan afgedekt met minimaal 0.5m klei zodat er geen kale onbegroeide strook zichtbaar blijft.



Dijkvaknr (dijkpaal)	locatie	Geti herstel	jdezone verbetering	BOVEN herstel	GHW verbetering
137b Spuisluis tot wp 49	Voorland Nummer EEN	(red)goed	(red)goed	voldoende	red.goed
137b Wp49 tot wp50	Voorland Nummer EEN	geen voorkeur	red.goed/vol- doende	voldoende	red.goed
137b en 137a Wp50 tot wp53	Voorland Nummer EEN	red.goed/vol- doende	(red)goed	voldoende	red.goed
137a wp53 tot wp54	Voorland Nummer EEN	red.goed/vol- doende	red.goed/vol- doende	voldoende	red.goed
136 en ged.135 Wp54 tot wp56	Voorland Nummer EEN	red.goed/vol- doende	goed(eco)	voldoende	red.goed
ged.135 wp56 tot nieuw werk	Voorland Nummer EEN	geen voorkeur	red.goed/vol- doende	voldoende	red.goed
		<i>Cursief = Milieu-</i>	<i>Inventarisatie</i>		
Dijkvaknr (dijkpaal)	locatie	Geti herstel	jdezone verbetering	boven herstel	GHW verbetering
137b Spuisluis tot wp 49	Voorland Nummer EEN	geen voorkeur	red.goed/vol- doende	-----	-----
137b Wp49 tot wp50	Voorland Nummer EEN	geen voorkeur	red.goed/vol- doende	-----	-----
137b en 137a Wp50 tot wp53	Voorland Nummer EEN	geen voorkeur	red.goed/vol- doende	-----	-----
137a wp53 tot wp54	Voorland Nummer EEN	geen voorkeur	red.goed/vol- doende	-----	-----
136 en ged.135 Wp54 tot wp56	Voorland Nummer EEN	geen voorkeur	red.goed/vol- doende	-----	-----
ged.135 wp56 tot nieuw werk	Voorland Nummer EEN	geen voorkeur	red.goed/vol- doende	-----	-----





1

Voorland Nummer EEN

bij wp55



2

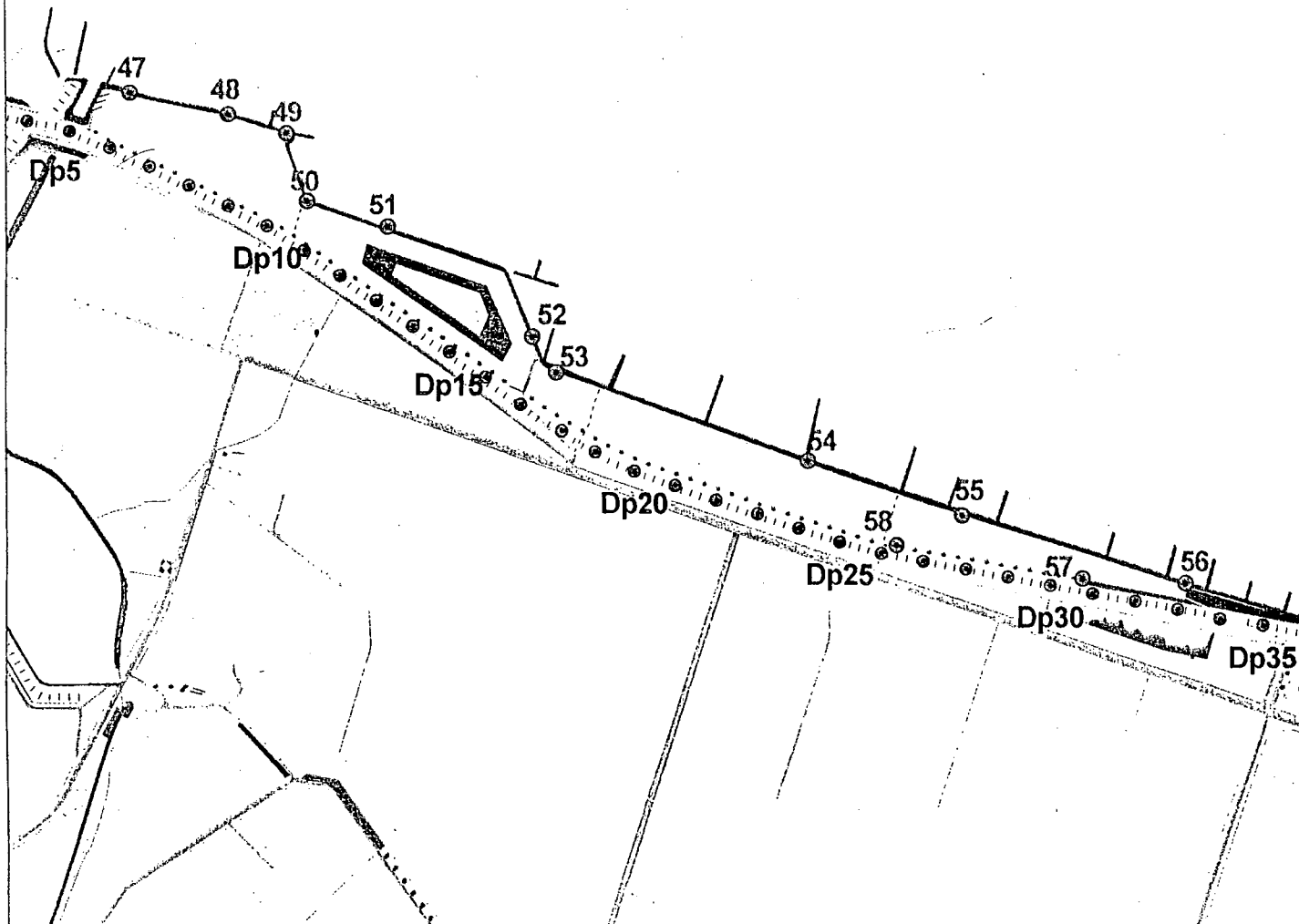
Voorland Nummer EEN

bij wp58

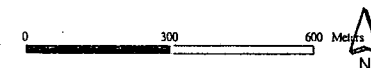
# Voorland nummer 1

Waypoint X-coördinaat Y-coördinaat

47	30729	378929
48	30952	378881
49	31085	378838
50	31131	378683
51	31315	378625
52	31643	378378
53	31698	378299
54	32278	378103
55	32636	377982
56	33154	377830
57	32916	377840
58	32484	377914



Datum : 21 februari 2002  
 Referentie : k:\project\dijkpalen\vesterschelde.apr



Ministerie van Verkeer en Waterstaat  
 Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat  
 Directie Zeeland  
 Kaartproductie: AXI-GIS



**BIJLAGE 4 DETAILADVIES LANDSCHAPSVISIE**

## Advies landschappelijke vormgeving Zeeweringen Westerschelde

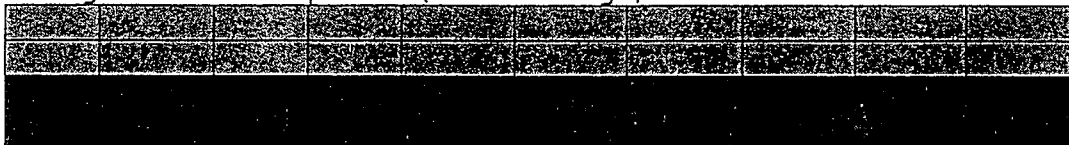
**Dijkvak:** Voorland Nummer Een - Hogeweg

**Datum:** 22 juli 2002

**Door:** P.Goossen, Dienst Landelijk Gebied

---

Voorgesteld landschapsbeeld (vereenvoudigd)



### Dijkvak Voorland Nummer Een - Hogeweg

Het advies voor de bekleding van het dijkvak Voorland Nummer Een - Hogeweg is tweeledig: 1) de ondertafel blijft de glooiing van de oude zeedijk of 2) de ondertafel wordt verborgen in de nieuwe dijk. In beide gevallen blijft de boventafel op de nieuwe zeedijk. De keuze hangt af van de beslissing of het oude dijkvak deel uit mag maken van de waterkering. Indien de ondertafel de glooiing van de oude zeedijk blijft en de boventafel op de nieuwe dijk ligt, gelden de volgende uitgangspunten, zoals (onder andere) in de landschapsvisie en de actualisatie van de landschapsvisie verwoord:

- ✓ 1. De horizontale opbouw benadrukken door het toepassen van licht gekleurde materialen in de boventafel (betonconstructies) en donker gekleurde materialen in de ondertafel (natuursteen of donkerbetonconstructies);
- ✓ 2. Nieuwe materialen wat betreft kleur en soort laten aansluiten op oude materialen.
- ✓ 3. Overgangen tussen materialen verticaal laten aansluiten.
- ✓ 4. Het onderhoudspad toepassen met doorgroeibare verharding of bijvoorbeeld de koperslabblokken, of materialen die vrijkomen uit de glooiing;
- ✓ 5. Het afstrooien van de boventafel;
- ✓ 6. Overlaging met asfalt in principe niet toepassen;
- ✓ 7. Dammen en nollen sparen door de glooiing achterlangs door te trekken;
- ✓ 8. De zeewering in de uitwateringssluis hetzelfde behandelen als de ondertafel van de oude zeedijk. De boventafel wordt gevormd door de nieuwe zeedijk.

Indien de ondertafel verborgen wordt in de nieuwe zeedijk dan gelden voor de boventafel eveneens bovengenoemde relevante uitgangspunten. De ondertafel in de oude zeedijk blijft dan in principe ongewijzigd.