

DIJKVERBETERING HOOFDPLAATPOLDER

Ontwerpnota

Versie 5

MAART 1998



001845 1998 PZDT-R-98208

boldeONTWERPNOTA HOOFDPLAATPOLDER



INHOUDSOPGAVE

SAMENVATTING	1
1. INLEIDING	4
1.1 Achtergrond	4
1.2 Doelstelling Ontwerpnota	4
1.3 Leeswijzer	5
2. SITUATIEBESCHRIJVING	6
2.1 Locatie projectgebied	6
2.2 Geometrie en bekleding	6
3. ONTWERP-CONDITIES	8
3.1 Uitgangspunten	8
3.2 Randvoorwaarden	8
3.2.1 Waterstanden	8
3.2.2 Golfrandvoorwaarden	9
3.2.3 Ecologische randvoorwaarden	9
4. TOETSING	11
4.1 Algemeen	11
4.2 Toetsing toplaag	11
4.2.1 Basaltzuilen	12
4.2.2 Vlakke betonblokken	12
4.2.3 Diaboolblokken	13
4.2.4 Basaltbetonblokken	13
4.2.5 Grasbekleding bovenbeloop	14
4.3 Toetsing reststerkte bekleding	15
4.4 Conclusie	15
5. KEUZE BEKLEDING	16
5.1 Voorselectie	16
5.2 Beschikbaarheid	17
5.3 Constructieve toepasbaarheid	17
5.3.1 Taludhelling	18
5.3.2 Betonzuilen	19
5.3.3 Betonblokken	19
5.3.4 Natuursteen	20
5.4 Ecologische toepasbaarheid	20
5.5 Afweging	21
5.6 Gekozen bekleding	23
6. DIMENSIONERING	24
6.1 Teenconstructie	24
6.2 Overgangsconstructie	24
6.3 Bekleding	24
6.3.1 Toplaag	25
6.3.2 Uitvullaag	27
6.3.3 Geokunststof	27
6.3.4 Basismateriaal	28
6.4 Overgang boventafel-berm	29
6.5 Berm	29
6.6 Aansluiting havendam	29

FIGUREN
LITERATUUR
BIJLAGEN
APPENDIX

SAMENVATTING

In deze nota wordt het ontwerp beschreven van de verbetering van de glooiing van het dijkvak van de Hoofdplaatpolder, in het kader van het Project Zeeweringen. Deze specifieke ontwerpnota behandelt de specifieke aspecten van dit dijkvak; algemene aspecten, geldig voor alle dijkvakken die worden voorbereid voor uitvoering in 1998, worden beschreven in een Algemene Ontwerpnota 1998.

Het dijkvak van de Hoofdplaatpolder is in beheer bij het Waterschap Het Vrije van Sluis. De lengte van het vak is ongeveer 3,8 km. De kern van de dijk bestaat uit zand, de ondertafel is bekleed met basaltzuilen op een granulaire laag, de boventafel is bekleed met betonblokken op klei. Een klein deel van het dijkvak heeft een afwijkend profiel met alleen maar een boventafel, die bekleed is met deels betonblokken en deels diaboolblokken. In de glooiing van het dijkvak bevinden zich bovendien een dijkovergang met onderhoudsstrook en de aansluiting op een havendam.

Voor de ontwerpen van de dijkvakken die worden voorbereid voor uitvoering in 1998 gelden de volgende algemene **uitgangspunten**:

- de gehele bekleding moet sterk genoeg zijn om niet te bezwijken tot aan de ontwerp-omstandigheden met een gemiddelde overschrijdingsfrequentie van 1/4000 per jaar;
- het ontwerp moet goed uitvoerbaar zijn en goede voorwaarden scheppen voor beheer en onderhoud;
- bij het ontwerp moet rekening worden gehouden met de omgeving (waaronder landschap, natuur, cultuurhistorie, recreatie, woon- en leefmilieu); met betrekking tot natuurwaarden geldt, dat het ontwerp moet leiden tot behoud en waar mogelijk tot verbetering van de natuurwaarden;
- er wordt gestreefd naar optimaal hergebruik van aanwezige materialen; dit geldt in de eerste plaats binnen het dijkvak zelf, en indien dat niet mogelijk is binnen het Project Zeeweringen als geheel;
- vertragingen in ontwerp, procedures en uitvoering moeten worden vermeden; dit betekent onder meer dat er naar gestreefd wordt alleen oplossingen toe te passen die in de praktijk bewezen zijn.

Voor het vak van de Hoofdplaatpolder gelden specifieke **randvoorwaarden** met betrekking tot de golfaanval en met betrekking tot de natuurwaarden. Afhankelijk van de waterstand varieert de golfhoogte H_s tussen 1,1 m en 2,1 m en de periode T_p tussen 5,2 s en 6,8 s. De randvoorwaarden met betrekking tot de natuurwaarden zijn geformuleerd als de bekledingscategorie die minimaal nodig is voor ofwel *herstel* van de huidige natuurwaarden, ofwel *verbetering* van de natuurwaarden voor zover die mogelijk is, uitgaand van de natuurlijke omstandigheden van het dijkvak. Voor *herstel* van de huidige natuurwaarden kan in dit dijkvak elk toepasbaar bekledingstype worden gebruikt. *Verbetering* van de natuurwaarden is niet relevant voor de getijdezone en voor het westelijke deel van het dijkvak, in het oostelijke deel bestaan boven Gemiddeld Hoogwater wel mogelijkheden voor verbetering mits bepaalde bekledingstypen worden gekozen (betonzuilen, deels zonder en deels met ecotop).

Toetsing van de huidige bekleding van het dijkvak is nodig om vast te stellen welke delen van de bekleding moeten worden verbeterd. Deze toetsing is uitgevoerd conform de Leidraad Toetsen op Veiligheid. Daarbij is rekening gehouden met de aspecten beheerdersoordeel, afschuiving, materiaaltransport, stabiliteit top laag onder golfaanval en reststerkte. De ondertafel van basaltzuilen is beoordeeld als 'goed' en kan worden gehandhaafd. De boventafel van betonblokken en diaboolblokken is beoordeeld als 'onvoldoende' en moet worden verbeterd. De grasbekleding van het bovenbeloop boven de berm is beoordeeld als 'goed'. De bekleding van de dijkovergang kan niet volledig worden getoetst, maar wordt wel volledig verbeterd om uitvoeringstechnische redenen. Op de glooiing onder de aansluiting met de havendam wordt de bekleding van de ondertafel doorgetrokken: dit is niet gebaseerd op toetsing, maar op de algemene lijn die op dit gebied binnen het Project Zeeweringen wordt gevolgd.

De **keuze van het bekledingstype** wordt bepaald door de beschikbaarheid van materiaal, constructieve toepasbaarheid, ecologische toepasbaarheid, uitvoeringstechnische aspecten en kosten. Voor de verbetering van de bekledingen die als 'onvoldoende' zijn beoordeeld, worden binnen het project alleen bewezen bekledingstypen gebruikt, op grond van het uitgangspunt dat uitvoering in 1998 mogelijk moet zijn. Uit dat oogpunt zijn vier bekledingstypen mogelijk:

- nieuwe betonzuilen op een uitvullaag op een vlies;
- hergebruik van natuursteen op een uitvullaag op een vlies;
- hergebruik van betonblokken op een uitvullaag op een vlies;
- uitstellen van de verbetering en in later stadium overlagen van de bestaande bekleding met breuksteen.

Hergebruik van natuursteen is voor dit dijkvak geen optie vanwege de uitvoeringstechnische moeilijkheden die daarbij worden verwacht. Er zijn voor dit dijkvak geen bijzondere redenen (esthetiek, inpassing) om toch voor hergebruik van natuursteen te kiezen. Een uitzondering wordt gemaakt voor de glooiing onder de aansluiting met de havendam, waarop de bekleding in principe wordt doorgetrokken: dit betreft slechts een klein vakje. Het uitstellen van de verbetering voor latere overlaging wordt alleen overwogen als zich onderin de glooiing een 'onvoldoende' bekleding en daarboven een te handhaven bekleding bevindt. Deze situatie doet zich in dit dijkvak niet voor. Uitstellen en overlagen is voor dit dijkvak dus geen optie.

Voor de nieuwe bekleding onder de aansluiting met de havendam wordt gekozen voor een bekleding van graniet bloksteen, die beschikbaar is uit het depot van het werk Hans van Kruiningenpolder van 1997.

Voor het westelijke deel van de boventafel geldt, dat moet worden gekozen tussen hergebruik van gekantelde betonblokken en nieuwe betonzuilen. Uit ecologisch oogpunt bestaat geen voorkeur, zodat op grond van het uitgangspunt van hergebruik en uit het oogpunt van kosten wordt gekozen voor een bekleding van gekantelde betonblokken. Het bovenste deel van de bekleding, de afgeronde overgang van glooiing naar berm, kan niet goed worden uitgevoerd in gekantelde blokken. Voor dat deel van de glooiing worden betonzuilen gebruikt.

Binnen het westelijke deel bevindt zich de dijkovergang, met daarbinnen een berijdbare onderhoudsstrook van teen naar berm. De bestaande bekleding van basaltzuilen en basaltbetonblokken wordt vervangen door een bekleding van betonzuilen. Gekantelde blokken kunnen hier niet worden toegepast omdat daarmee de benodigde variaties in taludhellingen niet kunnen worden aangebracht.

Voor het oostelijke deel wordt gekozen voor toepassing van betonzuilen, omdat gekantelde blokken in constructieve zin alleen in het onderste deel van de boventafel kunnen worden toegepast (tot ongeveer NAP+3,5 m), terwijl bovendien geldt dat toepassing van betonzuilen leidt tot verbetering van de natuurwaarden. Toepassing van een ecotop heeft alleen ecologische meerwaarde in de spatwaterzone van de meest oostelijke kilometer van het dijkvak. Alleen voor dat gedeelte wordt daarom gekozen voor betonzuilen met ecotops, de overige betonzuilen worden uit kosten oogpunt uitgevoerd zonder ecotop.

Het **detailontwerp** van het algemene deel van het dijkvak bestaat van onder naar boven uit de volgende onderdelen:

- voor een klein deel van het dijkvak: een teenconstructie van hergebruikte betonbanden ondersteund door azobépalen, ter ondersteuning van de nieuwe bekledingen;
- voor het grootste deel van het dijkvak: handhaving van de bestaande bekleding van de ondertafel, grotendeels handhaving van de bestaande overgangsconstructie en penetratie van die overgangsconstructie met gietasfalt;
- op de boventafel een toplaag van deels gekantelde betonblokken (0,50 m × 0,50 m × 0,20 m) en deels betonzuilen (dikte 0,35 m, soortelijke massa 2700 kg/m³); beide typen toplaag liggen in het ontwerp op een uitvullaag (sortering 14/32 mm, laagdikte 0,10 m) op een vlies; de kleilaag onder een groot deel van de nieuwe bekleding moet worden aangevuld tot een dikte van 0,80 m;
- tussen glooiing en berm een afgeronde overgang van betonzuilen op een uitvullaag op een vlies;
- op de berm een onderhoudsstrook van slakken op een weefsel, later af te werken met een laag asfaltbeton.

De dijkovergang wordt uitgevoerd met betonzuilen van dezelfde afmetingen (dikte 0,35 m, soortelijke massa 2700 kg/m³); het te berijden deel wordt gepenetreerd met gietasfalt en overlaagd met grindasfalt.

Voor de glooiing onder de aansluiting met de havendam wordt de beschikbare graniet bloksteen gebruikt met een minimale dikte van 0,30 m, op dezelfde onderlagen als onder de overige nieuwe bekledingsgedeelten. Deze bekleding wordt ondersteund door een kreukelberm van vrijkomend bekledingsmateriaal en een rij azobépalen. Over de nieuwe bekleding heen wordt de bestaande havendam hersteld, waarbij de bestaande bekleding van basaltzuilen wordt herzet op nieuwe onderlagen, conform het ontwerp van de nieuwe bekledingsgedeelten.

1. INLEIDING

1.1 Achtergrond

Uit onderzoek van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW) is gebleken dat een groot deel van de taludbekledingen van de glooiingen van zeedijken in Zeeland niet sterk genoeg is. De belangrijkste problemen doen zich voor bij bekledingen van betonblokken die direct op een onderlaag van klei liggen. Om dit probleem op te lossen is door Rijkswaterstaat het Project Zeeweringen opgestart. Binnen het Project Zeeweringen wordt, in samenwerking met de Zeeuwse Waterschappen en de Provincie Zeeland, de taludbekleding van de primaire waterkeringen in Zeeland zodanig verbeterd dat ze voldoet aan de wettelijke eisen.

Voor uitvoering in 1998 zijn zes dijkvakken langs de Westerschelde uitgekozen; één van deze zes dijkvakken is de Hoofdplaatpolder. Het ontwerp van dit dijkvak is het onderwerp van deze nota.

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

1.2 Doelstelling Ontwerpnota

De gemaakte ontwerpen worden formeel vastgelegd in ontwerpnota's. In deze nota's moet een inzichtelijke beschrijving worden gegeven van de uitgangspunten en van de ontwerpkeuzes die op grond daarvan worden gemaakt.

Ter verbetering van de helderheid is besloten om de ontwerpnota's te splitsen. Aspecten die voor alle werken in 1998 gelden worden beschreven in een Algemene Nota [1], terwijl de specifieke aspecten voor elk dijkvak in aparte ontwerpnota's worden vastgelegd. De voorliggende nota is de specifieke ontwerpnota voor de Hoofdplaatpolder.

Voor deze specifieke nota 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 van de glooiing van de Hoofdplaatpolder;
- toetsings- en ontwerpberoeeningen;
- het resulterend ontwerp.

Het resulterend ontwerp moet daarnaast zodanig worden beschreven dat het een overzicht geeft van de ontwerpgegevens die moeten worden opgenomen in het systeem van leggers en beheersregisters van de waterschappen.

1.3 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 wordt de huidige situatie van het dijkvak beschreven. Hoofdstuk 3 beschrijft de ontwerp-uitgangspunten en de randvoorwaarden. In Hoofdstuk 4 komt de toetsing van de huidige bekleding aan de orde en wordt geconcludeerd welke delen wel en niet binnen het Project Zeeweringen moeten worden verbeterd. In Hoofdstuk 5 wordt op basis van de vastgestelde uitgangspunten en randvoorwaarden een principe-oplossing gekozen voor elk gedeelte van het dijkvak dat moet worden verbeterd. In Hoofdstuk 6 tenslotte wordt de dimensionering van de bekledingen beschreven.

2. SITUATIEBESCHRIJVING

2.1 Locatie projectgebied

Het dijkvak van de Hoofdplaatpolder ligt in Zeeuws-Vlaanderen, in het beheersgebied van het Waterschap Het Vrije van Sluis, ten oosten van Breskens. De locatie is weergegeven in Figuur 1. Het gedeelte dat is geselecteerd voor verbetering heeft een lengte van ongeveer 3,8 km en ligt tussen dp 30,5 (westgrens) en dp 68,7 (oostgrens).

2.2 Geometrie en bekleding

De geometrie van de bestaande glooiing van het dijkvak kan globaal worden beschreven door één karakteristiek dwarsprofiel. Ter indicatie is het dwarsprofiel van het gedeelte dp 45 - dp 52,5 weergegeven in Figuur 2.

Voor een schematische weergave van de bekleding van het gehele dijkvak wordt verwezen naar Figuur 3a.

Het interessegebied strekt zich uit vanaf de teen tot aan het bovenbeloop. Van belang voor het ontwerp zijn de kern van de dijk en de bekleding van de dijk (toplaag, granulaire onderlaag en basismateriaal). Ten behoeve van toetsing en ontwerp is de situatie van de glooiingen geïnventariseerd.

De opbouw van de kern van de dijk varieert: op de gedeelten dp 33 - dp 42 en dp 52,5 - dp 68,7 wordt de basis van de dijk gevormd door de oude dijk, zodat de kern tot aan het niveau van de berm uit klei bestaat. Voor de overige gedeelten geldt, dat de kern is opgebouwd uit zand.

Verticaal gezien bestaat de bekleding uit vijf relevante gedeelten: teen, ondertafel, boventafel, berm en bovenbeloop.

Van het meest westelijke deel van het vak, het gedeelte dp 30,5 - dp 33,7, is de geometrie afwijkend; verder bevindt zich rond dp 52,5 een aansluiting met een havendam. Deze twee gedeelten worden ter afsluiting apart besproken.

Voor het gedeelte ten oosten van dp 33,7 varieert het niveau van de teen van ongeveer NAP-1 m tot ongeveer NAP+1,0 m. De teen is aangezand tot ongeveer NAP+1 m.

De bekleding wordt in tweeën gedeeld door een overgang rond NAP+3,0 m; dit is ongeveer 1 m boven Gemiddeld hoogwater (GHW).

Het gedeelte van de steenbekleding vanaf de teen tot aan de overgang wordt de ondertafel genoemd. De taludhelling van de ondertafel varieert tussen 1:3,1 en 1:3,6. De bekleding bestaat uit basaltzuilen met een gemiddelde dikte van ongeveer 0,24 m. Onder de toplaag ligt een granulaire laag (steenslag) met sortering 20/40 mm, met een dikte van 0,10 m. Het basismateriaal van de ondertafel bestaat uit mijnsteen op het gedeelte dp 42 - dp 52,5 en uit klei op de rest van het dijkvak.

Het bovenste gedeelte, tussen de overgang en de berm (rond NAP+5,7 m), wordt de **boventafel** genoemd. De taludhelling is circa 1:3,5, de bekleding bestaat uit betonblokken van 0,50 m bij 0,50 m met een dikte van 0,20 m. Het basismateriaal van de boventafel bestaat uit klei; op het gedeelte dp 42 - dp 52,5 betreft het een afdekkende laag met een dikte van 0,8 m, op de rest van het dijkvak ligt onder de glooiing de kleikern van de oude dijk, met daarop een zandlens. De kleilaag tussen zandlens en bekleding is ook op dit gedeelte minimaal 0,8 m dik.

Op de **berm** ligt een onderhoudsstrook van betonblokken, met een breedte van 6 blokken. De rest van de berm en het **bovenbeloop** tussen berm en kruin hebben een bekleding van gras op klei.

Voor het gedeelte ten westen van dp 33,7 is het profiel afwijkend. Vanwege een overgang van het dijkprofiel ligt het voorland van de aan te pakken bekleding op een hoog niveau, rond NAP+3 m. De teenconstructie ligt onder de grond, rond NAP+2,5 m. De bekleding daarboven heeft een taludhelling van ongeveer 1:3,4 en bestaat op het westelijke uiteinde uit vlakke betonblokken en verder uit diaboolblokken. Het basismateriaal is een kleilaag met een dikte van 0,8 m op een zandkern. De bovenkant van de bekleding ligt op hetzelfde niveau als in het aansluitende dijkvak, rond NAP+5,7 m, de berm en het bovenbeloop zijn bekleed met gras. Rond de dijkovergang, bij dp 33,5, ligt een bekleding van basaltzuilen en loopt een berijdbare onderhoudsstrook van de teen naar de berm die is bekleed met basaltbetonblokken.

Rond dp 52,5 bevindt zich loodrecht op de dijk een havendam, die aansluit op de ondertafel van de glooiing. De basis van de dam is ongeveer 40 m breed en de kruin ligt rond NAP+4,9 m. De dam is opgebouwd uit klei en bekleed met basaltzuilen op puin- en vlijlagen. Ten westen van de dam bevindt zich een zandstrand, ten oosten een schor.

3. ONTWERP-CONDITIES

3.1 Uitgangspunten

In de Algemene Nota voor de dijkvakken van 1998 wordt een beschrijving gegeven van uitgangspunten die in het algemeen gelden voor dijkversterking en van de uitgangspunten die in het bijzonder gelden voor de werken die in 1998 worden uitgevoerd. Op grond hiervan zijn de volgende technische uitgangspunten voor het ontwerp vastgesteld:

- de gehele bekleding moet sterk genoeg zijn om niet te bezwijken tot aan de ontwerp-omstandigheden met een gemiddelde overschrijdingsfrequentie van 1/4000 per jaar;
- het ontwerp moet goed uitvoerbaar zijn en goede voorwaarden scheppen voor beheer en onderhoud;
- bij het ontwerp moet rekening worden gehouden met de omgeving (waaronder landschap, natuur, cultuurhistorie, recreatie, woon- en leefmilieu); met betrekking tot natuurwaarden geldt, dat het ontwerp moet leiden tot behoud en waar mogelijk tot verbetering van de natuurwaarden;
- er wordt gestreefd naar optimaal hergebruik van aanwezige materialen; dit geldt in de eerste plaats binnen het dijkvak zelf, en indien dat niet mogelijk is binnen het Project Zeeweringen als geheel;
- vertragingen in ontwerp, procedures en uitvoering moeten worden vermeden; dit betekent onder meer dat er naar gestreefd wordt alleen oplossingen toe te passen die in de praktijk bewezen zijn.

3.2 Randvoorwaarden

3.2.1 Waterstanden

De karakteristieke waterstanden die van belang kunnen zijn voor het ontwerp zijn weergegeven in Tabel 3.1. De waarde voor Gemiddeld Hoogwater is gebaseerd op de Inventarisatie door Grondmechanica Delft [2], het Toetspeil 2000.0 is gebaseerd op het Randvoorwaardenboek [3], het Ontwerppeil 2050 is gebaseerd op de nota 'De basispeilen langs de Nederlandse kust' [4]. Voor de bepaling van dit ontwerppeil is een zeespiegelrijzing voor de duur van 65 jaar opgeteld bij de vastgestelde basispeilen voor 1985.

dijkvak [volgens [1]]	locatie [dp]	Gemiddeld Hoogwater	Toetspeil 2000.0	Ontwerppeil 2050
135	30,5-41	2,10	5,45	5,60
134	41-45	2,10	5,45	5,60
133	45-68,7	2,10	5,55	5,65

Tabel 3.1: Karakteristieke waterstanden

3.2.2 Golfrandvoorwaarden

De golfrandvoorwaarden voor het ontwerp worden bepaald door het gekozen uitgangspunt dat de dijk sterk genoeg moet zijn om veiligheid tegen overstroming te bieden tot aan een hoogste hoogwaterstand met een gemiddelde overschrijdingskans van 1/4000 per jaar. De maatgevende golfgegevens bij verschillende waterstanden zijn met behulp van modelberekeningen vastgesteld door RIKZ [5]. De resultaten van de berekeningen zijn weergegeven in Tabel 3.2. De aangegeven golfrichting betreft de hoek ten opzichte van het noorden die hoort bij de gegeven maatgevende golfbelasting.

dijkvak [volgens [1]]	locatie [dp]	golfrichting [°]	waterstand NAP+6 m		waterstand NAP+4 m		waterstand NAP+2 m	
			H_s	T_p	H_s	T_p	H_s	T_p
135	30,5-41	360	1,9	6,2	1,5	5,7	1,1	5,2
134	41-45	360	1,9	6,8	1,5	5,7	1,1	5,2
133	45-68,7	360	2,1	6,8	1,6	5,7	1,1	5,2

Tabel 3.2: Golfrandvoorwaarden

Voor de golfrandvoorwaarden bij tussenliggende waterstanden wordt lineair geïnterpoleerd. Bij waterstanden lager dan NAP+2 m is de maximale golfhoogte gelijk aan 70 % van de waterdiepte ($H_s = 0,7 \times d$).

3.2.3 Ecologische randvoorwaarden

In de Milieu-inventarisatie [6] is voor het dijkvak een inventarisatie gemaakt van de huidige natuurwaarden en van de potenties voor natuurontwikkeling. Bovendien zijn alle relevante bekledingstypen op grond van hun ecologische kenmerken verdeeld in categorieën. Voor elk gedeelte van het dijkvak is vervolgens vastgesteld welke categorie bekledingstype minimaal moet worden toegepast om de natuurwaarden respectievelijk te herstellen en te verbeteren. Voor de indeling van de bekledingstypen in categorieën wordt verwezen naar de Milieu-inventarisatie [6] en naar de Algemene Nota [1].

Ten opzichte van versie 5 van de Milieu-inventarisatie (d.d. 8 augustus 1997) is voor een aantal vakken boven GHW de minimaal benodigde categorie voor herstel van natuurwaarden veranderd van 'goed' naar 'matig (mits losse elementen)'. Met deze aanpassing is rekening gehouden in het ontwerp. Binnen het dijkvak wordt onderscheid gemaakt tussen drie gedeelten. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 3.3.

dijkvak [volgens [1]]	locatie [dp]	getijdezone		boven GHW	
		<i>herstel</i>	<i>verbetering</i>	<i>herstel</i>	<i>verbetering</i>
135	30,5 - 41	geen voorkeur	matig	matig	matig
134	41 - 45	geen voorkeur	matig	geen voorkeur	geen voorkeur
133	45 - 68,7	geen voorkeur	matig	matig (alleen losse elementen)	goed (ecotop)

Tabel 3.3: Minimaal benodigd type dijkbekleding

In overleg met experts van RIKZ Middelburg is vastgesteld dat toepassing van een ecotop in vak 133 boven GHW alleen meerwaarde oplevert in het gedeelte ten oosten van dp 58, en daar alleen in de spatwaterzone, met een breedte van ongeveer 3,5 m vanaf de bovenkant van de te handhaven bekleding van basaltzuilen.

4. TOETSING

4.1 Algemeen

In 1996 heeft Grondmechanica Delft de toestand van de bekledingen van de glooiingen geïnventariseerd [2]. Deze inventarisatie was de directe aanleiding tot het Project Zeeweringen. Ook de bekleding van het dijkvak van de Hoofdplaatpolder is in dat kader globaal getoetst aan de hand van de Leidraad Toetsen op Veiligheid; de hele bekleding van de boventafel van het dijkvak is daarbij beoordeeld als 'onvoldoende', de beoordeling van de ondertafel varieert tussen 'onvoldoende', 'twijfelachtig' en 'goed'. In het inventarisatierapport is aangegeven dat de geldigheid van dit resultaat wordt beperkt doordat

- niet alle gegevens beschikbaar waren;
- de gebruikte golfbrandvoorwaarden eigenlijk niet zijn bedoeld voor toetsing van bekledingen;
- de gebruikte rekenmethodes slechts indicatief zijn.

De uitgevoerde globale toetsing is dan ook niet geschikt als basis voor het ontwerp.

Op grond van de verbeterde gegevens (zie Hoofdstuk 2) en de verbeterde golfbrandvoorwaarden (zie § 3.2) zijn nieuwe toetsingsberekeningen uitgevoerd. Wederom is gewerkt volgens de Leidraad [7]. Deze toetsing wordt in dit Hoofdstuk beschreven.

Een korte beschrijving en een schematische weergave van het toetsingsproces zijn opgenomen in Appendix A. Uit de figuur in de Appendix volgt, dat bij toetsing de volgende aspecten stapsgewijs moeten worden behandeld:

- schade-ervaring beheerder;
- afschuiving;
- materiaaltransport;
- stabiliteit toplaag;
- reststerkte.

De toetsing van de toplaag en van de reststerkte van de bekleding worden in de volgende paragrafen apart behandeld. Aansluitend wordt het eindresultaat van de toetsing vastgesteld, op grond waarvan wordt geconcludeerd welke delen van de bekleding moeten worden verbeterd.

4.2 Toetsing toplaag

De toetsing wordt beschreven per bekledingstype en globaal van onder naar boven.

De gehele ondertafel (dus alleen op het gedeelte ten oosten van dp 33) is bekleed met basaltzuilen op een granulaire laag. Alleen de glooiing onder de aansluiting met de havendam, rond dp 52,5, is afwijkend. Dit bijzondere geval wordt niet expliciet getoetst, maar nader besproken in Hoofdstuk 5.

Op de boventafel liggen vier soorten bekleding:

- betonblokken op klei
- diaboolblokken op klei;
- basaltzuilen op een granulaire laag;
- basaltbetonblokken op klei.

Meer gedetailleerde informatie over de uitgevoerde stabiliteitsberekeningen is opgenomen in Bijlage 1. Voor de verschillende dijkvakken is in de Bijlage een aparte bladzijde opgenomen. Het voorblad van Bijlage 1 bevat een inhoudsopgave.

4.2.1 Basaltzuilen

De bekleding van basaltzuilen komt voor in de ondertafel ten oosten van dp 34. Daarnaast is een klein deel van de boventafel, rond de dijkovergang bij dp 33,5, bekleed met basaltzuilen.

De gebruikte gegevens en de basis voor de gekozen waarden worden weergegeven in Tabel 4.1.

parameter	waarde				basis
	dijkovergang	vak 135	vak 134	vak 133	
bovengrens bekleding [m+NAP]	5,6	3,1	3,1	3,2	metingen
steilste taludhelling	1:3,3	1:3,3	1:3,4	1:3,4	metingen
gemiddelde steendikte [m]	0,27	0,24	0,24	0,24	metingen
soortelijke massa [kg/m ³]	2900	2900	2900	2900	aanname

Tabel 4.1: Gegevens toetsing basaltzuilen

Het beoordelingsresultaat is als volgt:

Beheerdersoordeel: niet relevant: uit de verdere toetsing volgt een eenduidige beoordeling, er is geen formeel beheerdersoordeel opgevraagd. Dit geldt tevens voor de overige bekledingstypen, met uitzondering van diaboolblokken (zie § 4.2.3)

Afschuiving: overal 'goed'

Materiaaltransport: overal 'goed'

Stabiliteit: in de ondertafel overal 'goed' op basis van de *gedetailleerde methode*, in de boventafel bij de dijkovergang 'onvoldoende' op basis van de *eenvoudige methode*

Op basis van deze resultaten wordt de gehele bekleding van de ondertafel ten oosten van dp 34 als 'goed' beoordeeld, terwijl de basaltbekleding van de boventafel rond de dijkovergang als 'onvoldoende' wordt beoordeeld op basis van de beoordeling op stabiliteit.

4.2.2 Vlakke betonblokken

Dit bekledingstype komt voor in de boventafel, op het gedeelte dp 30,5 - dp 31,2 en op het gedeelte dp 33,7 - dp 68,7. De gebruikte gegevens en de basis voor de gekozen waarden worden weergegeven in Tabel 4.2.

parameter	waarde				basis
	westgrens	vak 135	vak 134	vak 133	
bovengrens bekleding [m+NAP]	5,6	5,7	5,7	5,7	metingen
steilste taludhelling	1:3,4	1:3,5	1:3,5	1:3,6	metingen
gemiddelde steendikte [m]	0,20	0,20	0,20	0,20	metingen/ besteksgeg.
soortelijke massa [kg/m ³]	2300	2300	2300	2300	aanname

Tabel 4.2: Gegevens toetsing vlakke betonblokken

Het beoordelingsresultaat is als volgt:

Beheerdersoordeel: niet relevant

Afschuiving: twijfelachtig

Materiaaltransport: niet specifiek getoetst, waarschijnlijk 'onvoldoende'

Stabiliteit: overal 'onvoldoende' op grond van de *eenvoudige methode*.

Op grond van de 'onvoldoende' beoordeling van de stabiliteit wordt de toplaag van vlakke betonblokken beoordeeld als 'onvoldoende'.

4.2.3 Diaboolblokken

Dit bekledingstype komt voor in de boventafel, op het gedeelte dp 31,2 - dp 33,5.

Dit bekledingstype wordt in overleg met de beheerder als 'onvoldoende' beoordeeld op grond van de overweging dat diaboolblokken ongunstig zijn uit het oogpunt van beheer. Door de onderlinge samenhang van de blokken zakt de toplaag niet als er uitspoeling van filtermateriaal optreedt: deze vorm van schade is dan niet waarneembaar.

Op grond van het beheerdersoordeel wordt de toplaag als 'onvoldoende' beoordeeld.

4.2.4 Basaltbetonblokken

Dit bekledingstype komt voor ter plaatse van de dijkovergang, als bekleding van een onderhoudsstrook die van de teen naar de berm loopt.

De gebruikte gegevens en de basis voor de gekozen waarden worden weergegeven in Tabel 4.3.

parameter	waarde	basis
bovengrens bekleding [m+NAP]	5,6	metingen
steilste taludhelling	1:10	metingen
gemiddelde steendikte [m]	0,20	metingen
soortelijke massa [kg/m ³]	2300	aanname

Tabel 4.3: Gegevens toetsing basaltbetonblokken

Het beoordelingsresultaat is als volgt:

Beheerdersoordeel: niet relevant

Afschuiving: 'goed'

Materiaaltransport: 'goed'

Stabiliteit: het resultaat volgens de *eenvoudige methode* is 'twijfelachtig', maar toetsing volgens de *gedetailleerde methode* is niet mogelijk vanwege de extreem flauwe taludhelling.

Vanwege de onduidelijkheid over de stabiliteit wordt geen definitief toetsresultaat gegeven. Vanwege de kleine afmetingen van het vakje wordt besloten om deze bekleding hetzelfde te behandelen als de omliggende bekleding van basaltzuilen. In § 4.2.1 is vastgesteld dat deze basaltzuilen als 'onvoldoende' zijn beoordeeld.

4.2.5 Grasbekleding bovenbeloop

Het bovenbeloop ligt hoger dan de Maatgevende Hoogwaterstand en hoeft dus niet te worden ontworpen op golfbelasting. De functie van het bovenbeloop is het opvangen van de golfoploop: het bovenbeloop wordt dus wel belast door het water dat vanuit de golven naar boven en terug naar beneden stroomt.

Er bestaat voor dit aspect geen in detail uitgewerkte toetsingsmethode. In het kader van het Project Zeeweringen is een analyse gemaakt van het onderzoek dat in het verleden naar dit aspect is uitgevoerd. Op grond daarvan is vastgesteld dat toetsing op dit aspect nodig is tot aan het niveau van de Maatgevende Hoogwaterstand plus de helft van de bijbehorende ontwerpgolfhoogte H_s . De significante golfhoogte op het niveau NAP+5,65 m is volgens Tabel 3.2/2,0 m; het topniveau van de te toetsen strook is dus ongeveer NAP+6,65 m.

Verder is vastgesteld welke golfhoogten zeker door een grasbekleding kunnen worden weerstaan, afhankelijk van de taludhelling. De gevonden waarden, die gelden voor de zone boven de berm, zijn weergegeven in Tabel 4.4.

taludhelling	maximale H_s [m]
1:3,5	2,3
1:7,0	2,9

Tabel 4.4: Toetsing grasbekleding bovenbeloop

Tussen de gegeven taludhellingen moet lineair worden geïnterpoleerd. Voor de Hoofdplaatpolder geldt, dat de taludhelling van het bovenbeloop ongeveer 1:3,5 is. De grenswaarde van de golfhoogte H_s bedraagt daarom 2,3 m. In het hele dijkvak is de maatgevende golfhoogte lager dan deze grenswaarde (zie Tabel 3.2). Op grond daarvan wordt het met gras beklede bovenbeloop als 'goed' beoordeeld. De grasbekleding is sterk genoeg, zodat op het bovenbeloop geen steenbekleding nodig is.

4.3 Toetsing reststerkte bekleding

Toetsing van de reststerkte is alleen relevant voor die vakken waarvan de toplaag is beoordeeld als 'onvoldoende'. Voor dit dijkvak is dat alleen de boventafel.

Bij de toetsing van de reststerkte van de bekleding is de volgende werkwijze gevolgd: de reststerkte wordt slechts als 'voldoende' beoordeeld als

- de ontwerpgolfhoogte H_s duidelijk kleiner is dan 2 m; én,
 - de kern van de dijk tot voldoende hoogte uit goede klei bestaat; of,
 - er een laag van goede klei met voldoende dikte op de kern ligt.

Voor het te toetsen gedeelte, de boventafel, is de ontwerpgolfhoogte H_s deels 1,9 m en deels 2,1 m. Dit is niet duidelijk kleiner dan 2 m; de beoordeling van de reststerkte van de boventafel is daarom direct 'onvoldoende'.

4.4 Conclusie

Het eindresultaat van de toetsing is weergegeven in Tabel 4.5.

dijkvak	locatie [dp]	toetsingsresultaat		
		ondertafel	boventafel	bovenbeloop
135	30,5 - 33	niet aanwezig	onvoldoende	goed
	33 - 34	onvoldoende	onvoldoende	goed
	34 - 41	goed	onvoldoende	goed
134	41 - 45	goed	onvoldoende	goed
133	45 - 68,7	goed	onvoldoende	goed

Tabel 4.5: Toetsingsresultaat

Het toetsingsresultaat wordt grafisch weergegeven in Figuur 3b.

5. KEUZE BEKLEDING

In dit Hoofdstuk wordt voor het hele dijkvak de keuze van het bekledingstype beschreven.

Het toetsingsresultaat is weergegeven in Tabel 4.5. De delen die zijn beoordeeld als 'onvoldoende' moeten worden verbeterd. Dit betreft een klein deel van de ondertafel en de gehele boventafel.

Daarnaast moet speciale aandacht worden besteed aan de glooiing onder de aansluiting met de havendam rond dp 52,5. Binnen het Project Zeeweringen wordt met betrekking tot aansluitende dammen uitgegaan van de situatie waarin deze niet meer aanwezig zijn. In het ontwerp wordt daarom de lijn gevolgd, dat de bekleding van de glooiing in principe wordt doorgetrokken. Dit houdt in dat de dam bij de aansluiting tijdelijk wordt verwijderd om een bekleding aan te brengen, waarna de dam weer wordt aangesloten op de glooiing. In de detaillering van het ontwerp wordt in beperkte mate rekening gehouden met de beschermende werking van de havendam. Dit wordt nader uitgewerkt in § 6.6.

De keuze van het bekledingstype wordt beschreven aan de hand van de volgende stappen:

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

5.1 Voorselectie

In de Algemene Nota is op grond van de vastgestelde uitgangspunten geconcludeerd dat alleen de oplossingsrichting 'zetsteen op een uitvullaag op een vlies' beschikbaar is voor uitvoering in 1998. In principe zijn de volgende typen zetsteen mogelijk:

- betonzuilen (nieuw aan te voeren);
- natuursteen (hergebruik);
- betonblokken (hergebruik).

Hergebruik van natuursteen heeft belangrijke uitvoeringstechnische nadelen. Het herzetten van natuursteen wordt daarom in het Project vooralsnog niet nader beschouwd tenzij hiervoor bijzondere redenen zijn (esthetiek, inpassing, etc.) of het kleine hoeveelheden betreft. Voor het grootste deel van dit dijkvak gelden deze uitzonderingen niet en wordt het herzetten van natuursteen niet beschouwd als een oplossingsrichting. Alleen voor de glooiing onder de aansluiting met de havendam rond dp 52,5 is gebruik van natuursteen wel mogelijk, omdat het een apart gedeelte met kleine afmetingen betreft, waardoor uitvoeringstechnische nadelen minder zwaar wegen. Natuursteen dat verder vrijkomt wordt deels in depot gezet en deels verwerkt in de kreukelberm. Van de drie genoemde typen zetsteen worden dus voor het grootste deel van het dijkvak alleen nieuw aan te voeren betonzuilen en hergebruikte betonblokken beschouwd als mogelijke bekledingstypen.

Naast de drie typen zetsteen is er een vierde optie: het overlagen van de bestaande bekleding met breuksteen. Dit is met name van belang in situaties waarin het onderste deel van de bekleding moet worden verbeterd, terwijl een hogergelegen deel kan worden gehandhaafd. Overlagen met breuksteen is in zo'n geval een alternatief voor het vervangen van zowel de 'onvoldoende' als de 'goede' bekleding door een nieuwe bekleding. Als door het overlagen niet een 'goede' middentafel kan worden gespaard, valt deze oplossingsrichting bij voorbaat af op grond van de hogere kosten en het nadeel van het uitstellen van de verbetering.

In dit dijkvak doet deze situatie zich niet voor. Overlagen met breuksteen wordt daarom in het vervolg van dit hoofdstuk niet beschouwd als een oplossingsrichting.

5.2 Beschikbaarheid

Aanvoer van nieuwe **betonzuilen** is in alle gevallen mogelijk.

Vanuit verschillende locaties zijn **betonblokken** beschikbaar voor hergebruik, namelijk uit de huidige bekleding, uit depot van de werken die in 1997 zijn uitgevoerd en uit andere werken die in 1998 zullen worden uitgevoerd. Het uitgangspunt voor het project is, dat het huidige bekledingsmateriaal optimaal moet worden hergebruikt. Ook aanvoer vanuit veraf gelegen depots of dijkvakken wordt dus in principe in de beschouwing betrokken. Voor dit dijkvak geldt echter, dat uit de huidige bekleding meer dan voldoende betonblokken beschikbaar zijn voor toepassing in gekantelde vorm in de nieuwe bekleding; het betreft ongeveer 175.000 blokken met afmetingen 0,50 m × 0,50 m × 0,20 m. Eventueel beschikbare blokken uit verder verwijderde depots of bestaande bekledingen worden voor dit dijkvak niet in de beschouwing betrokken.

Met betrekking tot **natuursteen** voor hergebruik op de glooiing onder de aansluiting met de havendam zijn de volgende materialen beschikbaar:

- bloksteen van graniet, uit het nabijgelegen depot Hans van Kruiningenpolder;
- zuilen van basalt, uit de bestaande bekleding bij de dijkovergang.

Over de her te gebruiken materialen wordt opgemerkt, dat wordt gestreefd naar optimaal hergebruik; dit houdt in dat de afweging moet worden uitgevoerd in combinatie met de andere werken die worden uitgevoerd of voorbereid, waar dit zelfde materiaal ook kan worden hergebruikt.

5.3 Constructieve toepasbaarheid

Een bekledingstype is toepasbaar in constructieve zin als een berekening met het rekenprogramma ANAMOS op basis van het Handboek [8] en met gebruikmaking van representatieve waarden voor de constructie en de randvoorwaarden dit aantoon. Na een uiteenzetting over de taludhelling die voor deze berekening moet worden gebruikt, wordt voor alle beschikbare bekledingstypen aangegeven in hoeverre ze toepasbaar zijn.

De berekeningsresultaten zijn weergegeven in Bijlage 2.

5.3.1 Taludhelling

Een belangrijk aspect van de berekening van de constructieve toepasbaarheid is de taludhelling. Binnen bepaalde grenzen bestaat er in het ontwerp vrijheid in het kiezen van de taludhelling; het is in principe mogelijk om de taludhelling zo flauw te kiezen dat elk bekledingstype toepasbaar is. In de praktijk moet een nieuwe bekleding worden ingepast tussen de bestaande teen en de bestaande berm en zal de bekleding vanwege minimaal grondverzet zoveel mogelijk worden aangepast aan de bestaande taludhelling. Daarnaast geldt soms de eis dat een bepaalde dikte van de kleilaag moet worden gehandhaafd, met name als het een kleilaag op zand betreft. Ook dit beïnvloedt de keuze van de taludhelling.

Afhankelijk van de vraag of de gehele bekleding moet worden vervangen of niet zijn in principe twee oplossingen beschikbaar:

- handhaven van de huidige taludhellingen;
- aanbrengen van één constante, nieuwe taludhelling.

In dit geval wordt voornamelijk de boventafel aangepast. Voorafgaand aan de constructieve uitwerking is voor dit dijkvak bepaald wat de optimale taludhelling is per vak, uitgaand van de geometrie van de dwarsprofielen. Deze hellingen zijn weergegeven in Tabel 5.6.

dijkvak	locatie [dp]	taludhelling
135	30,5 - 41	3,4
134	41 - 45	3,4
133	45 - 68,7	3,5

Tabel 5.6: Bestaande taludhellingen

Benadrukt wordt, dat deze hellingen niet noodzakelijk de ontwerphellingen hoeven te zijn: deze hellingen worden gebruikt voor het verkrijgen van een goede indicatie van de constructieve toepasbaarheid. De resultaten worden gebruikt als eerste indicatie voor het ontwerp, maar voor het uiteindelijke ontwerp worden in principe aparte berekeningen gemaakt. Dit wordt beschreven in Hoofdstuk 6.

Voor de benedentafel, bij de aansluiting met de havendam, geldt dat de bestaande bekleding van de ondertafel zal worden doorgetrokken. De helling van de ondertafel ter plaatse bedraagt 1:3,4.

5.3.2 Betonzuilen

De insteek met betrekking tot bekledingen van betonzuilen is, dat ze sterk genoeg moeten zijn voor toepassing op het zwaarst belaste gedeelte, omdat betonzuilen op dit moment het sterkste bekledingsmateriaal vormen. Het is daarom van belang dat de toepasbaarheid van betonzuilen wordt geverifieerd door middel van een berekening van de toepasbaarheid van het zwaarste type zuil bij de zwaarste randvoorwaarden. De zwaarste betonzuilen die momenteel leverbaar zijn, hebben een soortelijke massa van 2900 kg/m^3 en een dikte van 0,40 m. Overigens is de verwachting, dat medio 1998 ook zuilen met grotere afmetingen dan 0,40 m leverbaar zullen zijn.

Uit de verrichte berekeningen blijkt, dat toepassing van betonzuilen in het hele dijkvak mogelijk is. Ter indicatie: bij de zwaarste randvoorwaarden uit Tabel 3.2 is nog een taludhelling van 1:2,1 mogelijk. Voor die gedeelten waar wordt gekozen voor toepassing van betonzuilen, zal het optimale zuiltype worden bepaald in Hoofdstuk 6.

5.3.3 Betonblokken

De insteek met betrekking tot gekantelde betonblokken is het maximaliseren van hergebruik (rekening houdend met andere toepassingsmogelijkheden). Het is daarom van belang om alle locaties in beeld te krijgen waar hergebruik van gekantelde blokken technisch mogelijk is.

De afmetingen van de betonblokken staan vast. Hierdoor kan worden bepaald waar gekantelde betonblokken wel en niet toepasbaar zijn, uitgaand van een bepaalde taludhelling. Uit § 5.2 blijkt, dat voor dit bestek alleen uit hoeft te worden gegaan van de vrijkomende blokken uit de bestaande bekleding, met de afmetingen $0,50 \text{ m} \times 0,50 \text{ m} \times 0,20 \text{ m}$. Voor de filterlaag wordt in de berekeningen gebruik gemaakt van ontwerpwaarden (zie Hoofdstuk 6).

De berekening is uitgevoerd voor alle drie vakken waarvoor verschillende golfrandvoorwaarden gelden (zie Tabel 3.2); uitgaand van de vastgestelde gemiddelde taludhellingen. De maximale hoogte tot waar de gekantelde betonblokken in de drie afzonderlijke vakken kunnen worden toegepast, is weergegeven in Tabel 5.7.

dijkvak	locatie [dp]	maximaal topniveau [m+NAP]
135	30,5 - 41	6,0
134	41 - 45	6,0
133	45 - 68,7	3,8

Tabel 5.7: Constructieve toepasbaarheid gekantelde blokken

Geconcludeerd wordt, dat toepassing van gekantelde blokken met een breedte (in gekantelde vorm) van 0,20 m mogelijk is op het gedeelte dp 30,5 - dp 45. Op het gedeelte dp 45 - dp 68,7 is toepassing van gekantelde blokken tot aan een beperkt niveau mogelijk.

De taludhelling van de ondertafel onder de aansluiting met de havendam is 1:3,4, terwijl de toepassingsgrens in vak 133 is bepaald met een taludhelling van 1:3,5. Uit berekeningen blijkt echter, dat bij een helling van 1:3,4 hetzelfde topniveau als in Tabel 5.7 wordt berekend, namelijk NAP+3,8 m. Geconcludeerd kan worden, dat toepassing van gekantelde betonblokken mogelijk is in de gehele ondertafel onder de aansluiting met de havendam.

5.3.4 Natuursteen

Zoals besproken is hergebruik van natuursteen alleen van belang voor de glooiing onder de aansluiting met de havendam, rond dp 52,5.

Bekledingen van natuursteen hebben in het algemeen geen uniforme dikte. Voor het bepalen van de constructieve toepasbaarheid wordt een berekening gemaakt met de bekende ontwerpwaarden voor de golfaanval (horend bij het topniveau rond NAP+3 m), de taludhelling, de onderlagen en de soortelijke massa's. Het resultaat van deze berekening is de minimale zuildikte die nodig is. Aan de hand van de verdeling van de zuildikte van de beschikbare partijen kan vervolgens besloten worden of genoeg zuilen of blokken met voldoende dikte beschikbaar zijn en of het mogelijk is om het benodigde materiaal uit te sorteren.

De minimaal benodigde dikte voor hergebruik van de bloksteen van graniet is 0,26 m, voor basaltzuilen is dat 0,23 m. Beide bekledingstypen kunnen in principe worden toegepast, mits er wordt gesorteerd. De afweging, rekening houdend met het benodigde sorteerwerk en andere aspecten wordt beschreven in § 5.5.

5.4 Ecologische toepasbaarheid

Voor de ecologische toepasbaarheid wordt gebruik gemaakt van de informatie uit de Milieu-inventarisatie [6]. De waardering van de verschillende beschikbare bekledingstypen per bekledingszone is weergegeven in de volgende tabel.

Waardering	getijdezone	boven GHW
goed	<ul style="list-style-type: none"> • basaltzuilen • betonzuilen met ecotoplaag 	<ul style="list-style-type: none"> • betonzuilen
matig	<ul style="list-style-type: none"> • gekantelde betonblokken • betonzuilen zonder ecotoplaag • graniet 	<ul style="list-style-type: none"> • gekantelde betonblokken

Tabel 5.8: Waardering toepasbare bekledingstypen

In Tabel 3.3 zijn de minimaal vereiste bekledingstypen voor het dijkvak opgenomen. Deze tabel wordt hier ter verduidelijking herhaald.

Dijkvak [volgens [1]]	locatie [dp]	getijdzone		boven GHW	
		<i>herstel</i>	<i>verbetering</i>	<i>herstel</i>	<i>verbetering</i>
135	30,5 - 41	geen voorkeur	matig	matig	matig
134	41 - 45	geen voorkeur	matig	geen voorkeur	geen voorkeur
133	45 - 68,7	geen voorkeur	matig	matig (alleen losse elementen)	goed (ecotop)

Tabel 5.9: Minimaal benodigd type dijkbekleding

De waardering voor de getijdzone is niet relevant: het grootste deel van de bekleding van de ondertafel wordt gehandhaafd, en de nieuwe bekleding onder de aansluiting met de havendam zal onder de grond komen zodat vegetatieontwikkeling niet van belang is.

Voor de zone boven GHW geldt, dat voor *herstel* van natuurwaarden alle bekledingstypen uit Tabel 5.8 voldoen. Voor *verbetering* van natuurwaarden geldt, dat alle bekledingstypen voldoen ten westen van dp 45, terwijl ten oosten van dp 45 alleen betonzuilen met ecotop kunnen worden toegepast. Zoals aangegeven in § 3.2.3 is in overleg met experts van RIKZ Middelburg vastgesteld dat toepassing van een ecotop op dit gedeelte alleen meerwaarde oplevert in het gedeelte ten oosten van dp 58, en daar alleen in de spatwaterzone, met een breedte van ongeveer 3,5 m vanaf de bovenkant van de te handhaven bekleding van basaltzuilen.

5.5 Afweging

In Tabel 5.10 wordt samengevat welke bekledingstypen kunnen worden toegepast, uitgaand van beschikbaarheid, constructieve toepasbaarheid en ecologische toepasbaarheid.

dijkvak [volgens [1]]	locatie [dp]	getijdezone	boven GHW	
			<i>herstel</i>	<i>verbetering</i>
135	30,5 - 41	niet relevant	betonblokken betonzuilen	betonblokken betonzuilen
134	41 - 45	niet relevant	betonblokken betonzuilen	betonblokken betonzuilen
133	45 - 58	niet relevant, m.u.v. dp 52,5 (onder havendam): betonblokken betonzuilen graniet bloksteen basaltzuilen	betonblokken* betonzuilen	betonzuilen
	58 - 68,7	niet relevant	betonblokken* betonzuilen	betonzuilen (met ecotop)**

* gekantelde betonblokken tot beperkte hoogte constructief toepasbaar (zie Tabel 5.7)

** ecotop alleen gewenst in spatwaterzone

Tabel 5.10: Bekledingstypen voor herstel of verbetering

De afweging wordt besproken per onderdeel van de glooiing. Ten eerste wordt de glooiing onder de aansluiting van de havendam (in de ondertafel) besproken, vervolgens wordt de boventafel besproken van west naar oost.

Voor de ondertafel onder de aansluiting met de **havendam** moet worden gekozen tussen vier bekledingstypen. Uit het oogpunt van optimaal hergebruik en van kosten wordt niet gekozen voor een bekleding van betonzuilen. Uit het oogpunt van de algemene lijn dat de bekleding aan weerszijden van de aansluiting moet worden doorgetrokken, heeft een bekleding van natuursteen de voorkeur. De keuze tussen toepassing van graniet bloksteen en basaltzuilen is gemaakt in overleg met de dijkbeheerder, die ook het beheer voert over het depot waar de graniet bloksteen zich bevindt en waar de basaltzuilen uit de bestaande bekleding rond de dijkovergang naartoe zullen worden vervoerd. Gekozen is voor toepassing van het graniet bloksteen, op grond van de voorkeur van de beheerder.

Voor het **gedeelte dp 30,5 - dp 45** van de boventafel moet worden gekozen tussen gekantelde betonblokken en betonzuilen. Er bestaat geen voorkeur uit ecologisch oogpunt. Op grond van het uitgangspunt van optimaal hergebruik en op grond van kosten wordt gekozen om op dit gedeelte een bekleding van gekantelde betonblokken aan te brengen. Zoals besproken in § 5.2 komen uit de bestaande bekleding alleen betonblokken vrij met afmetingen 0,50 m × 0,50 m × 0,20 m.

Het is niet goed mogelijk om een afgeronde overgang van glooiing naar berm uit te voeren in gekantelde betonblokken: voor dit gedeelte van de glooiing moeten alsnog betonzuilen worden gebruikt. De gekantelde betonblokken worden daarom toegepast tot aan het niveau NAP+5,6 m, daarboven worden betonzuilen toegepast. Toevoeging van een ecotop heeft geen ecologische meerwaarde, zodat uit kostenpunt wordt gekozen voor betonzuilen zonder ecotop.

Binnen het gedeelte dp 30,5 - dp 45 wordt een uitzondering gemaakt voor het gedeelte bij de dijkovergang, rond dp 33,5. De bestaande onderhoudsstrook moet ook in de nieuwe constructie worden opgenomen. De variatie in taludhellingen kan niet worden uitgevoerd met gekantelde betonblokken. Daarom wordt het **gedeelte dp 33,2 - dp 33,7** bekleed met betonzuilen, waarbij het gedeelte van de bekleding waarop de onderhoudsstrook ligt, wordt gepenetreerd met asfalt en wordt overlaagd met grindasfaltbeton. Voor dit hele gedeelte dp 33,2 - dp 33,7 geldt, dat ecotops geen ecologische meerwaarde opleveren, zodat uit kostenooptpunt wordt gekozen voor betonzuilen zonder ecotop.

Op het **gedeelte dp 45 - dp 58** is toepassing van gekantelde blokken in constructief opzicht alleen mogelijk in het onderste deel van de boventafel, onder het niveau NAP+3,8 m. Bovendien geldt, dat toepassing van betonzuilen gewenst is voor *verbetering* van natuurwaarden. Gekozen wordt voor toepassing van betonzuilen, omdat hiermee verbetering van natuurwaarden wordt bereikt, terwijl bovendien het toepassen van twee stroken met een verschillend bekledingstype in uitvoeringstechnische zin ongunstig is. Toevoeging van een ecotop levert geen ecologische meerwaarde op; uit kostenooptpunt wordt daarom gekozen voor toepassing van betonzuilen zonder ecotop.

Op het **gedeelte dp 58 - dp 68,7** geldt met betrekking tot gekantelde betonblokken dezelfde afweging. Ook hier wordt daarom gekozen voor toepassing van betonzuilen. Voor de onderste strook met een breedte van 3,5 m geldt, dat toepassing van betonzuilen met ecotop gewenst is voor *verbetering* van natuurwaarden. Voor deze strook wordt daarom gekozen voor toepassing van betonzuilen met ecotops. Voor het gedeelte daarboven geldt, dat toevoeging van een ecotop geen ecologische meerwaarde oplevert; uit kostenooptpunt wordt voor deze strook daarom gekozen voor toepassing van betonzuilen zonder ecotop.

5.6 Gekozen bekleding

De gekozen bekleding is samengevat in Tabel 5.11.

dijkvak	locatie [dp]	gekozen bekleding
135	30,5 - 33,2	tot aan NAP+5,6 m gekantelde betonblokken, daarboven betonzuilen zonder ecotop
	33,2 - 33,7	betonzuilen zonder ecotop, onderhoudsstrook gepenetreerd en overlaagd met asfalt
135, 134	33,7 - 45	tot aan NAP+5,6 m gekantelde betonblokken, daarboven betonzuilen zonder ecotop
133	45 - 58	ondertafel rond dp 52,5 (onder havendam) graniet bloksteen, boventafel betonzuilen zonder ecotop
	58 - 68,7	onderin betonzuilen met ecotop (strookbreedte 3,5 m), daarboven betonzuilen zonder ecotop

Tabel 5.11: Gekozen bekleding

6. DIMENSIONERING

Op basis van de gekozen bekledingstypen volgens Tabel 5.11 is het ontwerp in detail uitgewerkt. Een glooiingskaart van het resulterend ontwerp is weergegeven in Figuur 4, samen met de huidige situatie. De resulterende dwarsprofielen zijn grafisch weergegeven in Figuur 5 tot en met 9. De constructieve uitwerking wordt in dit hoofdstuk beschreven per constructie-onderdeel, vanaf de teen richting het bovenbeloop. Tenslotte wordt de glooiing onder de aansluiting met de havendam rond dp 52,5 apart besproken. Deze is weergegeven in Figuur 10.

6.1 Teenconstructie

De teenconstructie maakt alleen deel uit van het ontwerp op het gedeelte dp 30,5 - dp 33. De bestaande teenconstructie rond het niveau NAP+2,5 m wordt verwijderd en er wordt een nieuwe teenconstructie aangebracht op het niveau NAP+2,75 m.

De nieuwe teenconstructie wordt opgebouwd uit de betonbanden (afmetingen 0,50 m × 0,10 m × 1,0 m) die vrijkomen uit de bestaande constructie, ondersteund door nieuwe azobépalen (lengte 1,50 m, h.o.h. 0,33 m). De bandhoogte van 0,50 m is geschikt met het oog op de afmetingen van de te ondersteunen bekleding.

6.2 Overgangsconstructie

De overgangsconstructie betreft het gedeelte dp 34 - dp 68,7. De bestaande ondertafel van basaltzuilen wordt gehandhaafd, de bestaande boventafel van liggende betonblokken wordt vervangen door een nieuwe bekleding van deels gekantelde betonblokken en deels betonzuilen.

De bestaande overgangsconstructie tussen ondertafel en boventafel is over het algemeen in goede staat en zal daarom grotendeels kunnen worden gehandhaafd. Tijdens de uitvoering zal worden bezien in hoeverre het nodig is delen van de overgangsconstructie op te nemen en te herzetten. De gehele overgangsconstructie zal over een breedte van 0,20 à 0,30 m worden gepenetreerd met gietasfalt.

6.3 Bekleding

In Hoofdstuk 5 is vastgesteld welke bekledingstypen zullen worden aangebracht. Het betreft deels gekantelde betonblokken en deels betonzuilen, met of zonder ecotop. In alle gevallen bestaat de bekleding uit de betreffende toplaag, met daaronder een uitvullaag van granulair materiaal en daaronder een geokunststof. Tenslotte is de dikte van de kleilaag onder de bekleding van belang.

De overgang tussen glooiing en berm wordt apart besproken in § 6.4.

6.3.1 Toplaag

De dimensionering van de twee gekozen bekledingstypen wordt apart beschreven.

6.3.1.1 Gekantelde betonblokken

In het gedeelte dp 30,5 - dp 45 (met uitzondering van de dijkovergang op het gedeelte dp 33,2 - dp 33,7) is gekozen voor een toplaag van gekantelde betonblokken met afmetingen van 0,50 m × 0,50 m × 0,20 m, tot aan het niveau NAP+5,6 m. Het gedeelte daarboven, de afgeronde overgang naar de berm, wordt apart besproken in § 6.4.

In § 5.3.3 is vastgesteld dat toepassing van deze blokken mogelijk is bij de taludhellingen volgens Tabel 5.6. Bij deze berekening is uitgegaan van plaatsing tegen elkaar aan, zoals toegepast in de werken van 1997. In de berekening is daarom uitgegaan van een spleetbreedte tussen de blokken van 1 mm. Binnen het Project Zeeweringen is besloten, om bij de uitvoering van de werken van 1998 tussen de gekantelde blokken een spleet in langsrichting met een breedte van 1,5 à 2,0 cm aan te brengen door middel van een nader uit te werken systeem van afstandhouders. De relatieve open oppervlakte van de toplaag wordt hierdoor vergroot, wat een positief effect heeft op de stabiliteit van de toplaag. Anderzijds moet een grover filter worden toegepast, wat een negatief effect heeft op de stabiliteit van de toplaag. Het resulterend effect van de grotere spleetbreedte en het grovere filter op de stabiliteit van de toplaag is echter positief. Het is daarom veilig om in het ontwerp uit te gaan van een taludhelling van 1:3,4, conform Tabel 5.6.

In Bijlage 3 zijn geen invoergegevens van de ontwerpberekening van de gekantelde blokken opgenomen; die zijn namelijk hetzelfde als de berekening van de constructieve toepasbaarheid, zoals beschreven in § 5.3.3. Verwezen wordt daarom naar Bijlage 2.2.

De toplaag van gekantelde betonblokken wordt na het aanbrengen ingewassen met ongeveer 65 kg/m² steenslag van sortering 4/14 mm.

6.3.1.2 Betonzuilen

Betonzuilen worden toegepast op drie plaatsen:

- op het gedeelte dp 45 - dp 68,7, in de boventafel;
- op het gedeelte dp 33,2 - dp 33,7, rondom de dijkovergang;
- op het gedeelte dp 30,5 - dp 45 (met uitzondering van de dijkovergang), in de afgeronde overgang tussen de bekleding van gekantelde betonblokken en de berm; dit gedeelte wordt apart besproken in § 6.4.

Het belangrijkste vak met betonzuilen is het **gedeelte dp 45 - dp 68,7**; daarom wordt dit gedeelte als eerste besproken. Met betrekking tot dit gedeelte is in § 5.3.2 vastgesteld dat betonzuilen in constructieve zin toepasbaar zijn bij de taludhellingen volgens Tabel 5.6.

Bij de detaillering van het ontwerp wordt de volgende werkwijze gehanteerd.

- Ten eerste wordt bepaald hoe de nieuwe bekleding kan worden ingepast in het talud, rekening houdend met eventuele vaste punten bij de teen en bij de berm en minimaal grondverzet nastrevend. Voor dit dijkvak is deze taludhelling weergegeven in Tabel 5.6.
- Verder wordt uitgegaan van de zwaarste golfrandvoorwaarden uit Tabel 3.2, ofwel die bij een waterstand van NAP+6 m. Voor de filterlaag wordt gebruik gemaakt van de ontwerpwaarden van de uitvullaag, zoals verderop in deze paragraaf wordt besproken. Voor de soortelijke massa van de betonzuilen wordt rekening gehouden met een marge van 2 à 3 % vanwege het verschil tussen de soortelijke massa van droge en van natte zuilen. Deze marge wordt niet in de invoer van de berekeningen aangebracht: na de berekening wordt gecontroleerd of voldoende marge in de soortelijke massa aanwezig is.
- Door middel van berekeningen met ANAMOS wordt daarna bepaald wat de lichtst mogelijke zuiltypen zijn. Hierbij wordt voor de dikte een interval van 5 cm en voor de soortelijke massa van 100 kg/m³ aangehouden. Dit resulteert in één of meer combinaties van dikte en soortelijke massa; uit deze combinaties wordt vervolgens een keuze gemaakt op basis van kosten en uitvoeringsaspecten.
- De resulterende constructie wordt gecontroleerd op het bezwijkmechanisme afschuiving. Als de totale dikte van de toplaag te klein is, moet dit worden opgelost door het kiezen van een andere zuildikte of door het dikker maken van de kleilaag onder het geokunststof.

Voor een nadere beschrijving van de berekeningsmethode wordt verwezen naar Appendix A en naar het Handboek [8]. Opgemerkt wordt, dat de weerstand van de bekleding tegen het bezwijkmechanisme materiaaltransport verkregen wordt door het geokunststof dat onder de bekleding wordt aangebracht.

De optimale taludhelling bedraagt 1:3,4. Uit ANAMOS volgt, dat bij de zwaarste randvoorwaarden in dit vak drie verschillende combinaties van zuildikte en soortelijke massa mogelijk zijn:

- 0,30 m / 2900 kg/m³;
- 0,35 m / 2600 kg/m³;
- 0,40 m / 2400 kg/m³.

De invoergegevens van de berekeningen zijn weergegeven in Bijlage 3.1. Dit zijn de lichtste zuiltypen waarbij de marge in de soortelijke massa groter is dan 3 %. Gekozen is voor toepassing van zuilen van 0,35 m / 2700 kg/m³. Deze keuze is gebaseerd op de wens, om de zuiltypen voor de verschillende werken van 1998 op elkaar af te stemmen. Hierdoor ontstaat de mogelijkheid om een deel van de benodigde betonzuilen voor meerdere werken apart te laten maken, voorafgaand aan de aanbesteding van de uitvoering. Als gevolg van de relatief late aanbesteding zou anders een deel van de jaarlijkse uitvoeringsperiode (1 april tot 1 oktober) verloren gaan doordat de aannemers zelf betonzuilen zouden moeten kopen.

De toplaag van betonzuilen zal worden ingewassen met ongeveer 50 kg/m² gebroken materiaal. De sortering van dit inwasmateriaal is afhankelijk van het type zuil (met betrekking tot de vorm) dat zal worden toegepast.

Ook ter plaatse van de dijkovergang op het gedeelte dp 33,2 - dp 33,7 zullen zuilen van 0,35 m / 2700 kg/m³ worden toegepast: uit het oogpunt van kosten is het gunstig om zoveel mogelijk met dezelfde zuiltypen te werken. De omstandigheden ter plaatse zijn minder zwaar (zie Tabel 3.2), zodat de gekozen zuilen ter plaatse zeker zullen voldoen. De onderhoudsstrook zal op dezelfde locatie worden gehandhaafd, met dezelfde taludhelling. De betonzuilen buiten deze onderhoudsstrook zullen worden ingewassen met 50 kg/m² gebroken materiaal van nader te bepalen sortering. Binnen de onderhoudsstrook zal de bekleding berijdbaar worden gemaakt door middel van penetratie met gietasfalt en overlaging met grindasfalt.

De gekozen bekledingstypen, met bijbehorende ontwerpwaarden voor afmetingen, niveaus en taludhellingen zijn weergegeven in Tabel 6.12.

dijkvak	locatie [dp]	niveau [m+NAP]	taludhelling	type
135	30,5 - 33,2	+2,75 tot +5,6	1:3,4	betonblokken d=0,50 m, l=0,50 m, b=0,20 m
	33,2 - 33,7	+3,0 tot +5,9	1:3,4 en flauwer	betonzuilen 0,35 m/2700 kg/m ³ , deels gepenetreerd en overlaagd met asfalt
135, 134	33,7 - 45	+3,0 tot +5,6	1:3,4	betonblokken d=0,50 m, l=0,50 m, b=0,20 m
133	45 - 58	+3,0 tot +5,9	1:3,4	betonzuilen 0,35 m/2700 kg/m ³
	58 - 68,7	+3,2, b=3,5 m	1:3,4	betonzuilen 0,35 m/2700 kg/m ³ met ecotop
		tot +5,9	1:3,4	betonzuilen 0,35 m/2700 kg/m ³

Tabel 6.12: Gekozen zuiltypen

6.3.2 Uitvullaag

De granulaire uitvullaag onder de toplaag is voornamelijk van belang voor de uitvoering. Uit het oogpunt van stabiliteit en uitvoering moet het materiaal zo fijn mogelijk zijn, maar het mag niet zo fijn zijn dat het tussen de elementen van de toplaag door uit kan spoelen. De fijnste sortering die uit dat oogpunt voor zowel gekantelde betonblokken (met spleetbreedte 1,5 à 2,0 cm) als betonzuilen mogelijk is, is 14/32 mm. Deze waarde wordt voorgeschreven in het bestek. In de ontwerpberekeningen wordt uitgegaan van een waarde voor de D₁₅ van 20 mm; hierdoor wordt een conservatieve benadering bereikt: de werkelijke waarde van de D₁₅ van de gekozen sortering van 14/32 mm is ongeveer 17 mm.

De minimale laagdikte waarin steenslag van deze sortering in uitvoeringstechnisch opzicht kan worden aangebracht, is 0,1 m. Deze waarde voor de laagdikte wordt voorgeschreven in het bestek; in de ontwerpberekeningen wordt echter rekening gehouden met een uitvoeringsmarge van 5 cm: er wordt gerekend met een laagdikte van 0,15 m.

6.3.3 Geokunststof

Het geokunststof onderin de bekleding wordt in het bestek en in het vervolg van deze ontwerpnota 'type 1' genoemd.

De belangrijkste eis aan het geokunststof op deze locatie is het voorkomen van uitspoeling van het basismateriaal door de toplaag heen. Maatgevend voor dit verschijnsel is de poriegrootte O_{90} . Conform de dijkvakken van 1997 wordt gekozen voor een vlies met een gegarandeerde maximum maaswijdte (O_{90}) van 100 μm , op grond van de overweging dat de zanddoorlatendheid van nog fijnere materialen niet goed te testen is en omdat fijnere materialen niet standaard leverbaar zijn. Bovendien is met proeven aangetoond dat de werkelijke doorlatendheid van het gekozen materiaal kleiner dan 64 μm is. Ten opzichte van de werken van 1997 wordt wel gekozen voor een vlies met een grotere massa, dikte en sterkte.

Het geokunststof type 1 moet verder voldoen aan de volgende eisen:

eigenschap	waarde
massa	$\geq 350 \text{ g/m}^2$
dikte	$\geq 3 \text{ mm}$
treksterkte	$\geq 20 \text{ kN/m}$
rek bij breuk	$\leq 60 \%$
doordrukkracht	$\geq 3000 \text{ N}$
poriegrootte O_{90}	$\leq 100 \mu\text{m}$
permittiviteit	$\leq 70 \text{ l/m}^2/\text{s}$

Tabel 6.13: Eisen geokunststof type 1

Aan de onderzijde wordt het geokunststof aangesloten op de teen- of overgangsconstructie, aan de bovenzijde wordt het geokunststof doorgetrokken tot onder de weg, waardoor een overlap van minimaal 1 m ontstaat met het geokunststof onder de werk- en onderhoudsstrook.

6.3.4 Basismateriaal

Met betrekking tot de dikte van de kleilaag onder de bekleding wordt binnen het Project Zeeweringen de volgende lijn aangehouden: de totale dikte van toplaag, uitvullaag, geokunststof en kleilaag moet in het ontwerp minimaal 1,20 m zijn. Als de nieuwe constructie hieraan niet voldoet, moet de kleilaag aan de onderzijde aangevuld worden (verwijderen kleilaag, ontgraven zandpakket, aanbrengen nieuwe kleilaag). Als deze aanvulling nodig is, wordt in alle gevallen een kleilaagdikte van minimaal 0,80 m aangebracht; deze maat is gebaseerd op de gebruikelijke dikte van afdekkende kleilagen.

Voor grote delen van de bestaande bekleding geldt, dat de huidige dikte van bekleding plus kleilaag niet meer dan 1,0 m bedraagt (0,2 m betonblokken plus 0,8 m klei). In de nieuwe constructie ligt de bovenkant van de toplaag globaal op hetzelfde niveau; op een groot deel van de boventafel is dus aanvulling van de kleilaag nodig. In de dwarsprofielen (Figuur 5 tot en met 9) is de benodigde aanvulling aangegeven.

6.4 Overgang boventafel-berm

De overgang van het relatief steile talud van de glooiing naar het relatief flauwe talud van de berm wordt uitgevoerd in betonzuilen, zoals beschreven in § 5.5. Dit geldt voor het gehele dijkvak, dus ook voor het gedeelte waar de boventafel wordt bekleed met gekantelde betonblokken. De overgang wordt uitgevoerd door de bekleding aan te brengen met een ronding, waarvan de bochtstraal (R) 10 m bedraagt. Boven de afronding wordt de bekleding nog 1 m op de berm doorgetrokken. Daarbij wordt voor het gehele dijkvak gebruik gemaakt van hetzelfde zuiltype dat is gekozen voor de glooiing, namelijk $0,35 \text{ m} / 2700 \text{ kg/m}^3$. Dit zuiltype voldoet zeker, omdat de omstandigheden in ieder geval niet ongunstiger zijn dan op de glooiing van vak 133, waarvoor de stabiliteitsberekeningen in Bijlage 3.1 zijn uitgevoerd. Ook met betrekking tot uitvullaag en geokunststof wordt aangesloten bij de constructie volgens § 6.3.

6.5 Berm

Aansluitend op de beschreven bekleding van betonzuilen wordt over de gehele lengte van het dijkvak op de berm een onderhoudsstrook aangebracht. Voor het ontwerp daarvan is het verkeer in de uitvoeringsfase maatgevend. De breedte van de strook is 3,0 m, de strook is opgebouwd uit een 0,4 m dikke laag fosforslakken met sortering 0/40 mm op een geokunststof. De strook wordt na de uitvoering niet verwijderd, maar zo aangepast dat deze dienst kan doen als onderhoudsstrook. Daartoe wordt de strook afgewerkt met 60 mm dik grindasfaltbeton.

Het geokunststof onder de onderhoudsstrook wordt in het bestek 'type 2' genoemd. Gekozen wordt voor een standaard-weefsel van polypropyleen met de volgende minimale eigenschappen:

eigenschap	waarde
treksterkte	$\geq 50 \text{ kN/m}$ (ketting en inslag)
rek bij breuk	$\leq 20 \%$ (ketting en inslag)
doorstromingsweerstand Δh_s	$\leq 30 \text{ mm}$ (bij filtersnelheid 10 mm/s)
poriegrootte O_{90}	$\leq 350 \mu\text{m}$
levensduurverwachting	type B (NEN 5132)
sterkte naaanaad	$\geq 50 \%$ van breuksterkte geokunststof

Tabel 6.14: Eisen geokunststof type 2

6.6 Aansluiting havendam

Zoals aangegeven in Hoofdstuk 5 wordt bij aansluitende dammen in principe de bekleding onder de aansluiting doorgetrokken. Dit houdt in dat de aansluiting eerst tijdelijk wordt verwijderd, zodat de bekleding op de glooiing kan worden aangebracht, waarna de aansluiting wordt hersteld. In de eindsituatie ligt de nieuwe bekleding daardoor onder de dam.

In de detaillering is op bepaalde punten rekening gehouden met de overweging, dat de constructie de ontwerpbelasting waarschijnlijk niet zal ondervinden zolang de havendam aanwezig is. Als de ontwerpomstandigheden zich voordoen zal de havendam eerst bezwijken. Tegen de tijd dat het materiaal van de havendam zover verwijderd is dat de onderliggende glooiing zwaar wordt belast, is de maatgevende stormduur al verstreken.

De lengte van het vak is ongeveer 40 m, het niveau van de teen is NAP+0,5 m, de bovenkant van de bekleding van graniet bloksteen valt samen met de onderkant van de nieuwe bekleding van de boventafel, op NAP+3,0 m. De constructie wordt besproken vanaf de teen in opwaartse richting.

Ter ondersteuning van de constructie wordt onderaan de teen een **kreukelberm** aangebracht met een breedte van 3 m en een dikte van 0,5 m. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van vrijkomend bekledingsmateriaal, met name de diaboolblokken en de puin- en vlijlagen uit de huidige bekleding van de havendam. Aan de afmetingen van dit materiaal worden geen speciale eisen gesteld op grond van de besproken afweging over de beschermende werking van de havendam. Onder de bestorting wordt een geokunststof type 2 aangebracht, zoals besproken in § 6.5.

De **teenconstructie** wordt uitgevoerd op dezelfde manier als de aansluitende teenconstructie, die de te handhaven basaltzuilen ondersteunt. De teenconstructie bestaat uit palen van azobé, 0,07 m × 0,07 m, met een lengte van 1,5 m, h.o.h. 0,20 m. Dezelfde constructie wordt aangebracht aan randen van het vak, als overgang tussen graniet bloksteen en de te handhaven basaltzuilen.

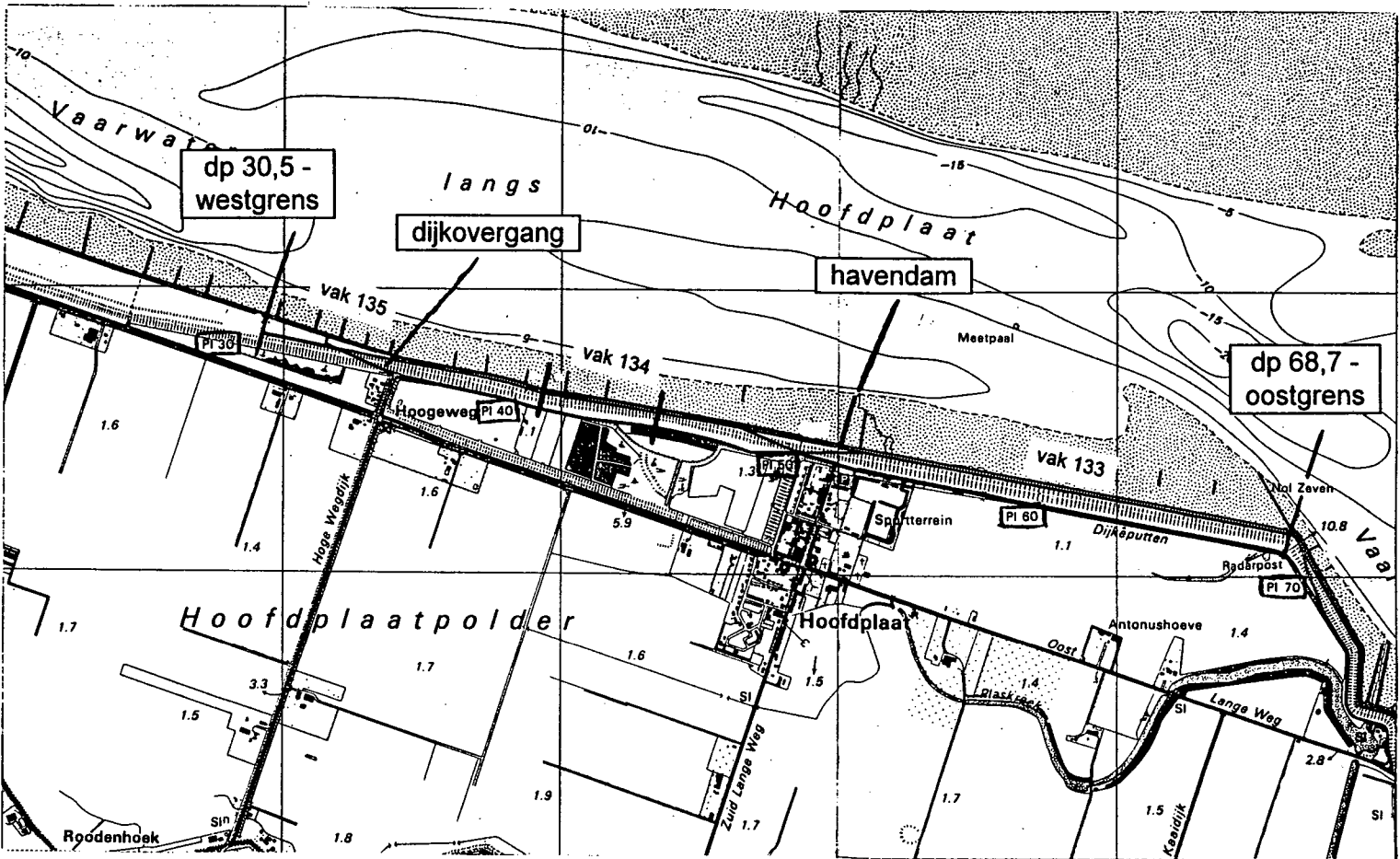
De constructieve eisen aan de **toplaag** zijn besproken in § 5.3.4. Vastgesteld is, dat voor graniet bloksteen een blokdikte van 0,28 m vereist is. Voor het ontwerp wordt gekozen voor een sorteergrens van 0,30 m. De **uitvullaag** is 0,10 m dik en bestaat uit granulair materiaal met sortering 4/20 mm, voor het **geokunststof** wordt type 1 toegepast, zoals besproken in § 6.3.3. Opgemerkt wordt, dat deze constructie is gebruikt voor de berekeningen in § 5.3.4. Voor de ontwerp-berekening wordt daarom verwezen naar Bijlage 2.3.

Bovenaan de bekleding van graniet bloksteen is een **overgangsconstructie** nodig, ter ondersteuning van de nieuwe bekleding van betonzuilen op de boventafel. Hiervoor wordt dezelfde constructie toegepast als de teenconstructie op het gedeelte ten westen van dp 33,2 (zie § 6.1).

Het afgegraven materiaal van de **havendam** wordt vervolgens over de nieuwe glooiing heen aangebracht, tot aan het niveau NAP+4,0 m. De kruinbreedte bedraagt ongeveer 2 m, de taludhellingen aan weerszijden van de dam zijn 1:4. De tijdelijk verwijderde basaltzuilen worden herzet op nieuwe onderlagen conform de overige nieuwe bekledingen: een granulaire uitvullaag (dikte 0,10 m, sortering 14/32 mm) en een geokunststof type 1. Het nieuwe topniveau van de havendam is NAP+4,5 m. De aansluiting tussen de te herzetten bekleding van basaltzuilen en de nieuwe bekleding van betonzuilen op de boventafel van de glooiing wordt vormgegeven met vrijkomend glooiingsmateriaal, te penetreren met gietasfalt.

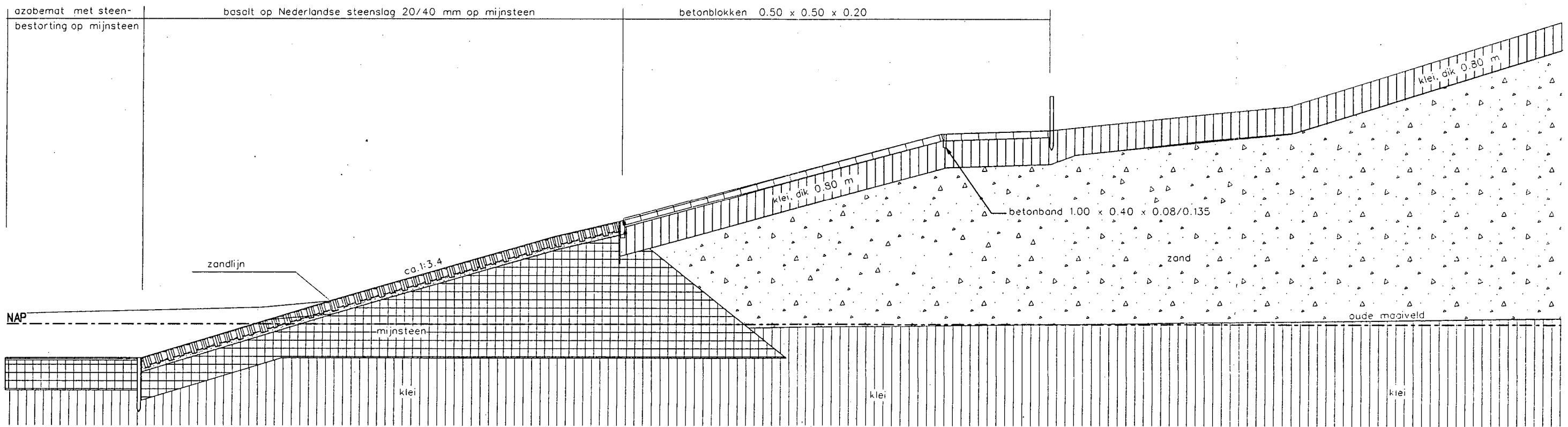
FIGUREN

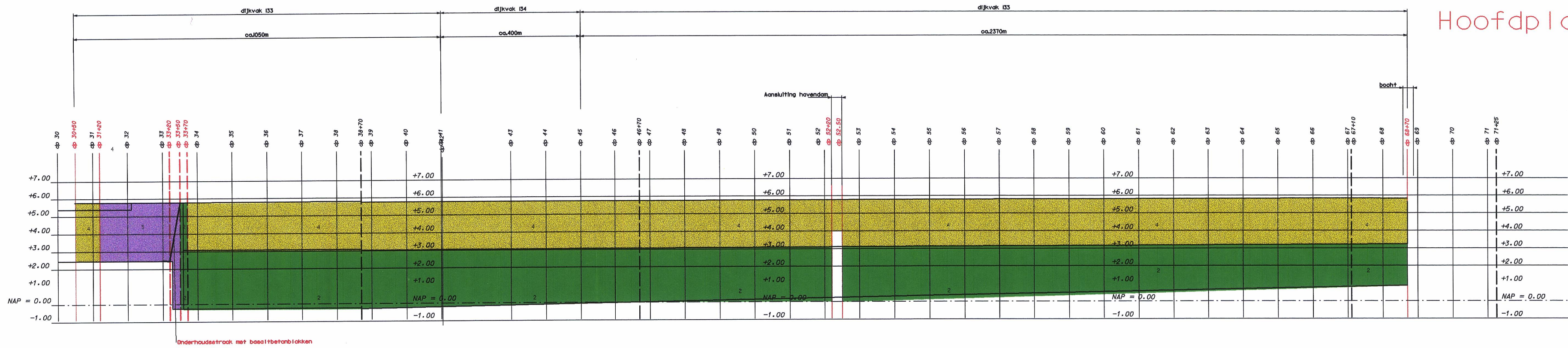
- Figuur 1: Locatie projectgebied
- Figuur 2: Algemeen dwarsprofiel
- Figuur 3a: Gloomingskaart huidige situatie
- Figuur 3b: Eindbeoordeling toetsing
- Figuur 4: Gloomingskaart ontwerp
- Figuur 5: Dwarsprofiel 1: dp 30,5 - dp 33
- Figuur 6: Dwarsprofiel 2: dp 33 - dp 42
- Figuur 7: Dwarsprofiel 3: dp 42 - dp 45
- Figuur 8: Dwarsprofiel 4: dp 45 - dp 52,5
- Figuur 9: Dwarsprofiel 5: dp 52,5 - dp 68,7
- Figuur 10: Profiel havendam



Figuur 1: Locatie projectgebied

Figuur 2
DWARSPROFIEL HUIDIGE SITUATIE
 Dp 45 - Dp 52+50

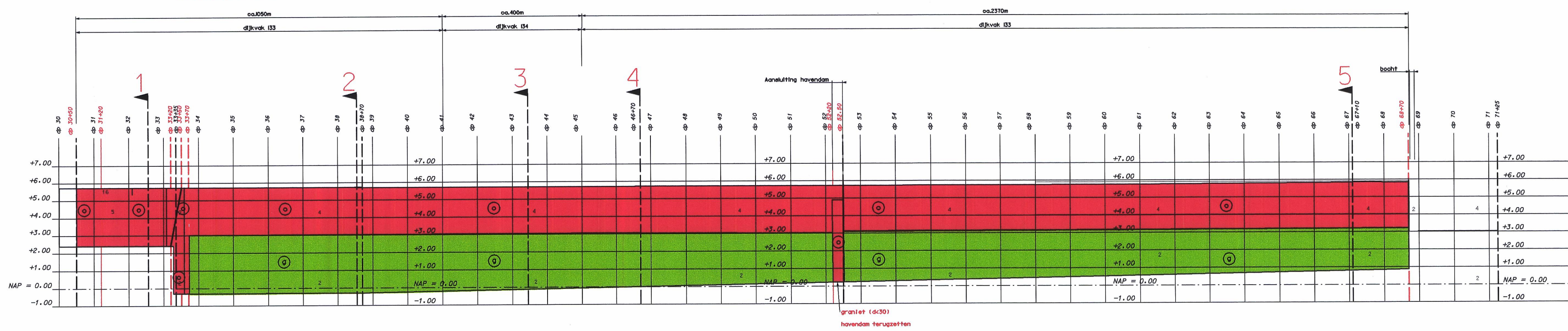




Hoofdpolder

Figuur 3A
Glooiingskaart
huidige situatie

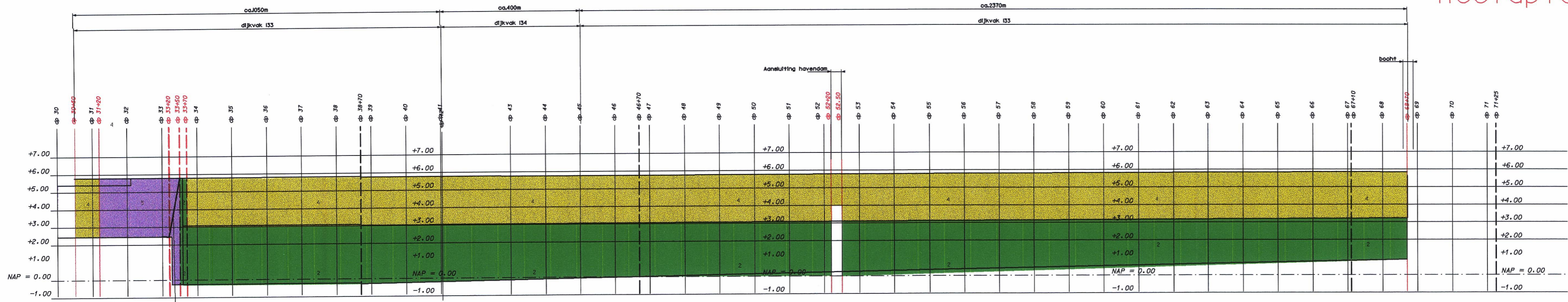
- Legenda
- 1 asfalt
 - 2 basalt
 - 3 betonzuilen
 - 4 betonblokken
 - 5 diaboolblokken
 - 6 doorgroei stenen
 - 7 doornikse steen
 - 8 poels graniet
 - 9 harlingenblokken
 - 10 hydrablokken
 - 11 koperslablokken
 - 12 lessinische steen
 - 13 petit graniet
 - 14 vliivoordse steen
 - 15 granietblokken
 - 16 onbekend



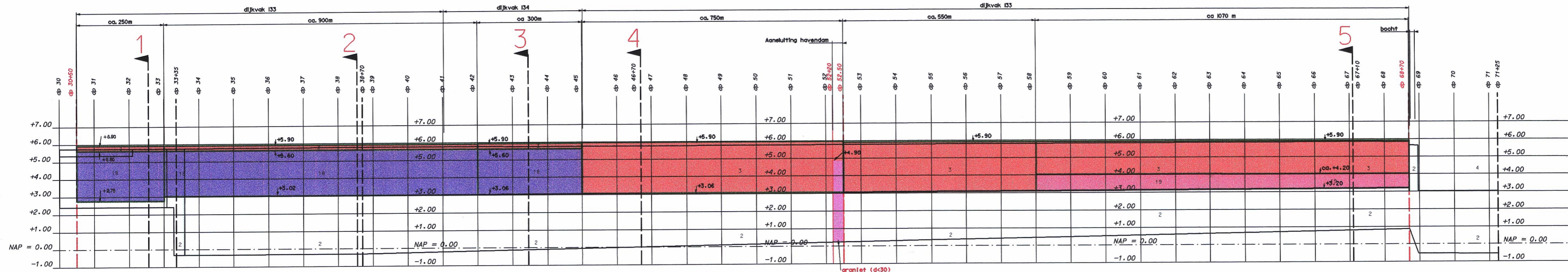
Figuur 3B
Eindbeoordeling
toetsing

- eindbeoordeling
toetsing
- Legenda
- g goed
 - v voldoende
 - no nader onderzoek
 - o onvoldoende

Hoofdpiaatpolder



- legenda
- 1 asfalt
 - 2 basalt
 - 3 betonzuilen
 - 4 betonblokken
 - 5 diafoonblokken
 - 6 doorgroei stenen
 - 7 doornikse steen
 - 8 poolis graniet
 - 9 harlingmanblokken
 - 10 hydrablokken
 - 11 koperslabblokken
 - 12 lessinische steen
 - 13 petit graniet
 - 14 vilvoordse steen
 - 15 granietblokken
 - 16 onbekend

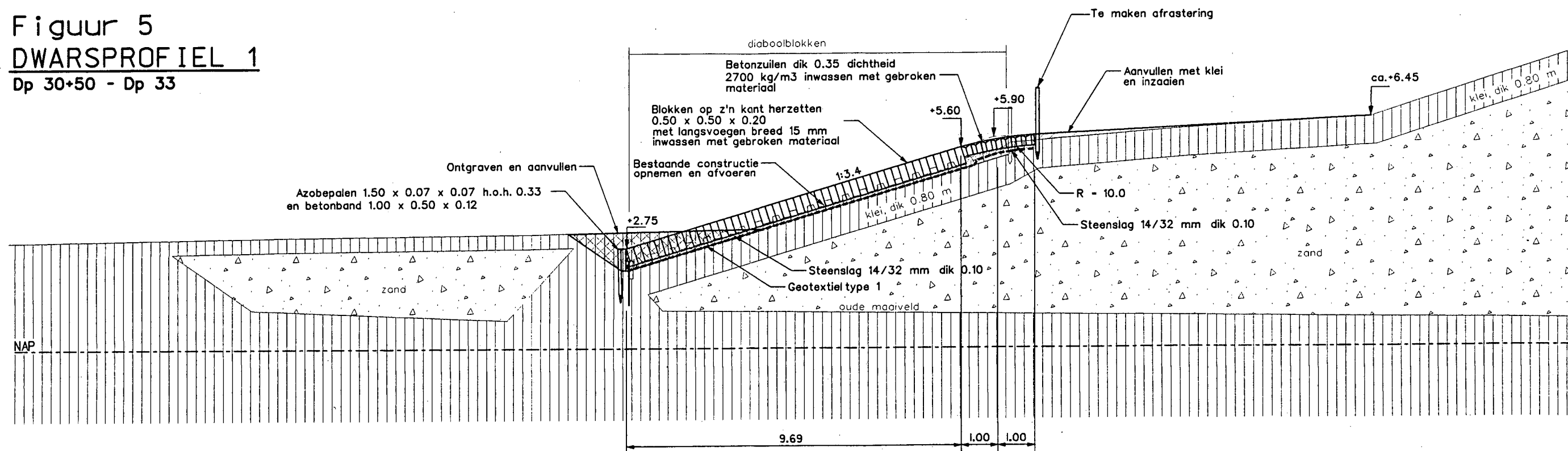


Figuur 4
Glooiingskaart
ontwerp

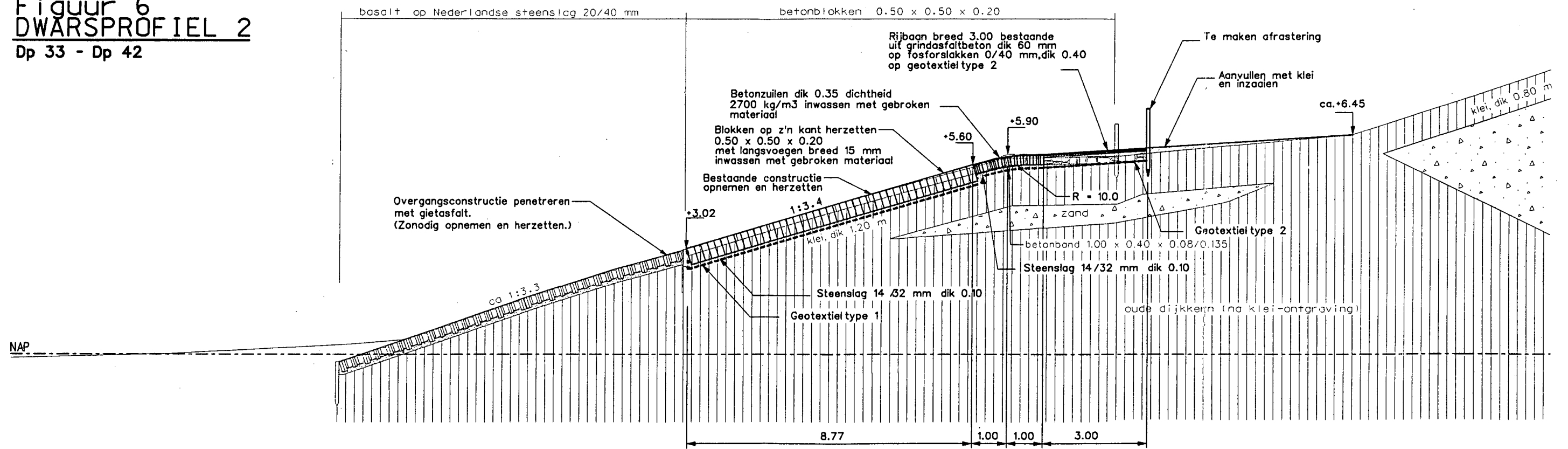
- legenda
- 1 asfalt
 - 2 basalt
 - 3 betonzuilen
 - 4 betonblokken
 - 5 diafoonblokken
 - 6 doorgroei stenen
 - 7 doornikse steen
 - 8 poolis graniet
 - 9 harlingmanblokken
 - 10 hydrablokken
 - 11 koperslabblokken
 - 12 lessinische steen
 - 13 petit graniet
 - 14 vilvoordse steen
 - 15 granietblokken
 - 16 onbekend
 - 17 bestorting
 - 18 blokken op z'n kant
 - 19 betonzuilen ECO

bovenberm	Zuil 0.35/2700+Blokken op					
boven	zuil 0.35/2700 B.O.K 0.50x0.50x0.20	zuil 0.35/2700 Blokken op z'n kant 0.50x0.50x0.20	z'n kant 0.50x0.50x0.20	zuil 0.35/2700	zuil 0.35/2700	zuil 0.35/2700+Betonzuilen eco 0.35/2700
onder				graniet		
overgangsconst.	geen overgangsc.	overgangsconst.	overgangsconst.	overgangsconst.	overgangsconst.	overgangsconst.
teenconstr	teenconstr					
kreukelberm						

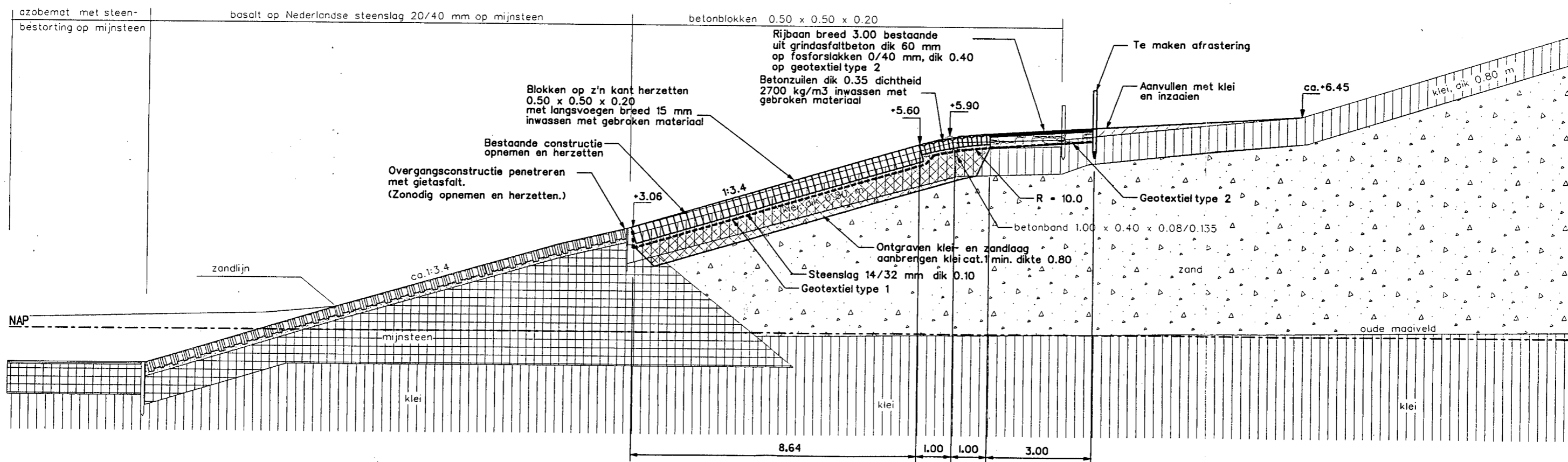
Figuur 5
DWARSPROFIEL 1
 Dp 30+50 - Dp 33



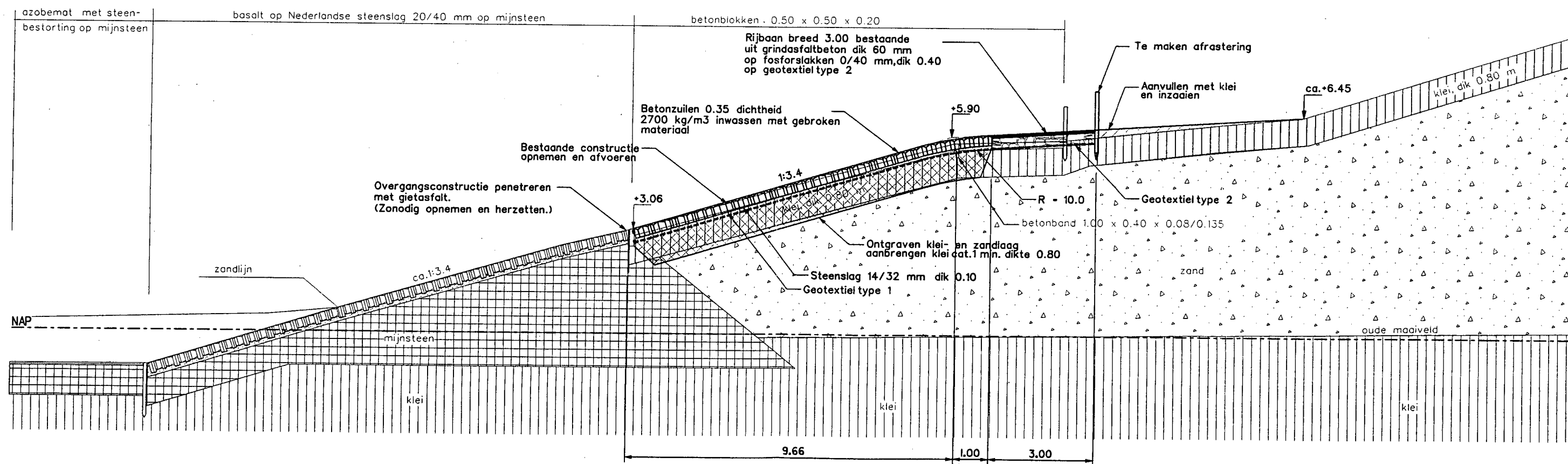
Figuur 6
DWARSPROFIEL 2
 Dp 33 - Dp 42



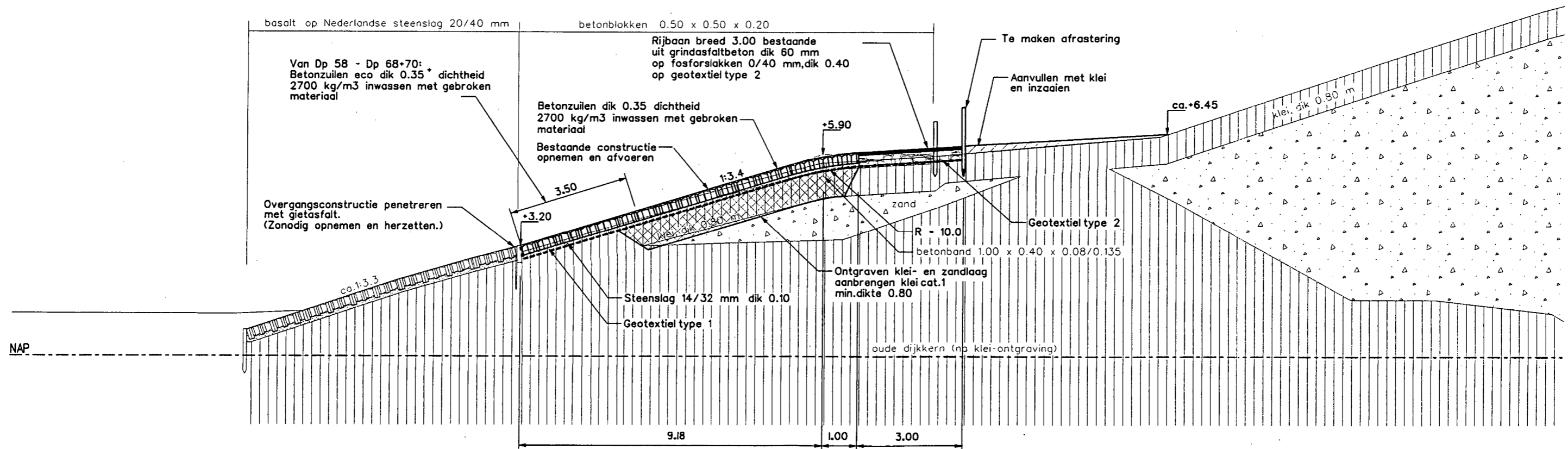
Figuur 7
DWARSPROFIEL 3
 Dp 42 - Dp 45



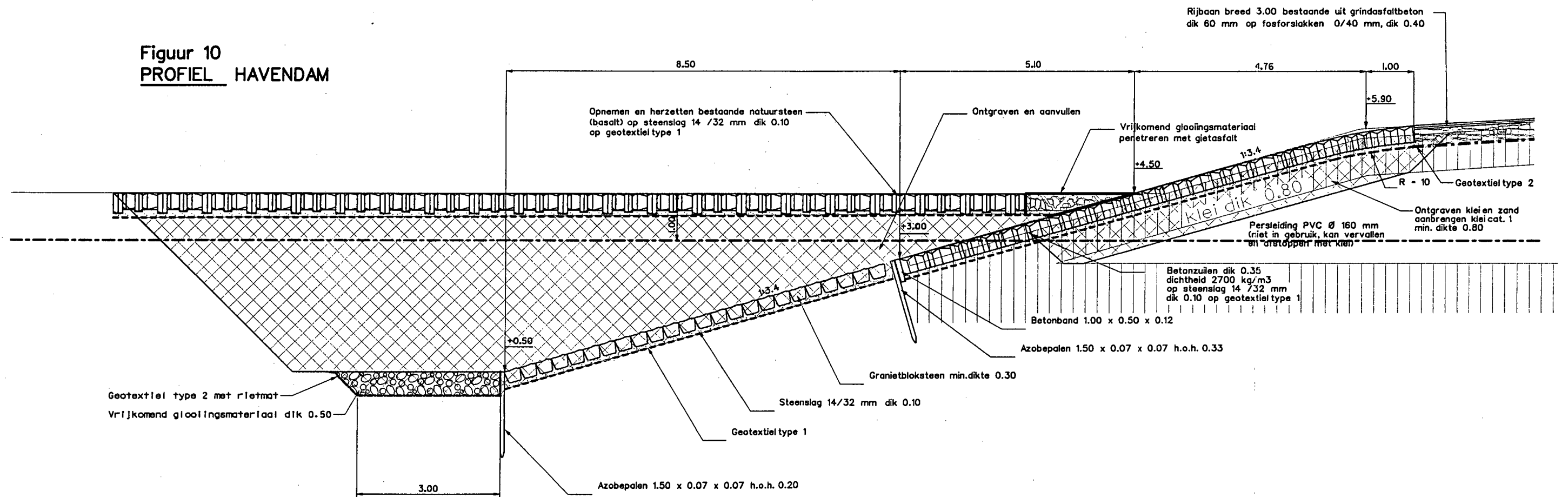
Figuur 8
DWARSPROFIEL 4
 Dp 45 - Dp 52+50



Figuur 9
DWARSPROFIEL 5
 Dp 52+50 - Dp 68+70



Figuur 10
PROFIEL HAVENDAM



LITERATUUR

- [1] Algemene nota dijkvakken 1998 (concept), Projectbureau Zeeweringen, Goes, september 1997
- [2] Inventarisatie sterkte gezette taludbekledingen in Zeeland, Grondmechanica Delft, kenmerk 362070/46, Delft, januari 1997
- [3] Hydraulische randvoorwaarden voor primaire waterkeringen, Rijkswaterstaat, Delft, september 1996
- [4] De basispeilen langs de Nederlandse kust, Rijksinstituut voor Kust en Zee, rapportnummer RIKZ-95.008, mei 1995
- [5] Golfrandvoorwaarden op de Westerschelde gegeven een 1/4000 windsnelheid, Rijksinstituut voor Kust en Zee, rapportnummer RIKZ-97.046, Middelburg, november 1997
- [6] Milieu-inventarisatie zeeweringen Westerschelde, Bouwdienst Rijkswaterstaat, documentnummer ZEEW-R-97013, Utrecht, augustus 1997
- [7] Leidraad Toetsen op Veiligheid, Groene versie, TAW, Delft, augustus 1996
- [8] Rapport 155, Handboek voor dimensionering van gezette taludbekledingen, CUR Gouda, maart 1992
- [9] Taludbekledingen van gezette steen, Vernieuwd Black-Box model, Waterloopkundig Laboratorium, kenmerk H1770, Delft, april 1994

BIJLAGEN

- Bijlage 1: Berekeningsresultaten toetsing
- Bijlage 2: Berekeningsresultaten keuze bekleding
- Bijlage 3: Berekeningsresultaten dimensionering

BIJLAGE 1: BEREKENINGSRESULTATEN TOETSING

- vak 135
- vak 134
- vak 133

TOETSING

POLDER	HOOFDPLAATPOLDER
DIJKVAKNR	135

RANDVOORWAARDEN RIKZ		
W_s [m + NAP]	H_s [m]	T_p [s]
2	1,1	5,2
4	1,5	5,7
6	1,9	6,2

algemeen	soort bekleding	basaltzuilen boven	basaltzuilen onder	betonblokken west	betonblokken	bas.betonblokken				
	dijkpaalnummer	33,5	34-41	30,5-31,2	33,7-41	33,2-33,7				
	niveau bovengrens [m + NAP]	5,6	3,1	5,6	5,7	5,6				
	niveau ondergrens [m + NAP]	2	-1	2,5	3,1	3				
	helling [1 : ?]	3,3	3,3	3,4	3,5	10,0				
	aanwezige/minimale helling									
toplaag	steëndikte [m]	0,27	0,24	0,20	0,20	0,20				
	soortelijke massa [ton/m ³]	2,9	2,9	2,3	2,3	2,3				
	bij blokken: breedte [m]			0,5	0,5					
	bij blokken: lengte [m]			0,5	0,5					
	toplaag geopentreed ? [ja/nee]	nee	nee	nee	nee	ja				
	aanwezige $H_s/\Delta D$ [-]	3,85	3,64	7,64	7,64	7,64				
onderlagen	filterdoorlatendheid [mm/s]									
	dikte filterlaag [m]	0,15	0,2	0	0	0				
	bij kleikern: niveau kruin [m + NAP]	5	5	5	5	5				
	dikte kleilaag m	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8				
maatgevende condities	W_s [m + NAP]	6,00	4,50	6,00	6,00	6,00				
	H_s [m]	1,90	1,60	1,90	1,90	1,90				
	T_p [s]	6,20	5,83	6,20	6,20	6,20				
	ξ [-]	1,70	1,74	1,65	1,61	0,56				
	y_s [m]	1,58	1,36	1,55	1,53	0,84				
globale toetsing	schade-ervaring beheerder ? [veel/weinig]	niet relevant	weinig	niet relevant	niet relevant	weinig				
	aansluiting toplaag-filter ? [goed/slecht]	niet relevant	goed	niet relevant	niet relevant	goed				
	zakkingen opgetreden ? [ja/nee]	niet relevant	nee	niet relevant	niet relevant	nee				
	beoordeling afschuiving	oke	oke	twijfel	twijfel	oke				
	type bekleding Black Box	3b	3b	3c	3c	3c				
	resultaat Black Box	onvoldoende	twijfelachtig	onvoldoende	onvoldoende	twijfelachtig				
bij filter: Anamos	$H_s/\Delta D_{max}$ [-]	4,21	4,14	4,29	4,38	8,81				
	geldig ?	geldig	geldig	ongeldig	ongeldig	geldig				
	resultaat		goed			buiten toep.grens				

BIJLAGE 2: BEREKENINGSRESULTATEN KEUZE BEKLEDING

- Bijlage 2.1: Toepasbaarheid betonzuilen
- Bijlage 2.2: Toepasbaarheid gekantelde betonblokken
- Bijlage 2.3: Toepasbaarheid natuursteen

Bijlage 2.1: Keuze bekleding: toepasbaarheid betonzuilen

De steilst mogelijke taludhelling bij toepassing van de zwaarst mogelijke betonzuilen onder de zwaarste randvoorwaarden is per vak bepaald. De volgende ANAMOS-berekeningen zijn de berekeningen met de steilst mogelijke helling.

INVOERGEGEVENS

PARAMETER / BEREKENING	vak 135 dp 30,5-41	vak 134 dp 41-45	vak 133 dp 45-68,7
Golven			
H_s [m]	1,9	1,9	2,1
T_p [s]	6,2	6,8	6,8
h_1 [m+NAP]	6,0	6,0	6,0
Talud			
$\cot(\alpha)$ [-]	1,8	1,9	2,1
f_t [-]	0,5	0,5	0,5
h_2 [m+NAP]	0,0	0,0	0,0
h_3 [m+NAP]	6,0	6,0	6,0
Constructietype			
niet ingewassen zuilen			
filter			
geotextiel			
basis			
Zuilen			
A_z [m ²]	0,09	0,09	0,09
A_{zo} [%]	10	10	10
D_z [m]	0,40	0,40	0,40
s_m [kg/m ³]	2900	2900	2900
f_{wz} [-]	0,5	0,5	0,5
Filter			
b [m]	0,15	0,15	0,15
D_{15} [mm]	20	20	20
n [-]	0,35	0,35	0,35

EINDRESULTATEN

Stabiliteit toplaag			
conclusie ANAMOS	De constructie is stabiel	De constructie is stabiel	De constructie is stabiel

Opgemerkt wordt, dat de dimensionering van de betonzuilen in de praktijk wordt bepaald door het toepassingscriterium van ANAMOS ($H_s/\Delta D \leq 6\xi^{-2/3}$): de steilst mogelijke taludhellingen zijn op basis van dat criterium bepaald en vervolgens gecontroleerd met ANAMOS.

Bijlage 2.2: Keuze bekleding: toepasbaarheid gekantelde betonblokken

De constructieve toepasbaarheid van gekantelde betonblokken wordt beschreven in § 5.3.3. De beschikbare blokken hebben een breedte (in gekantelde vorm) van 0,20 m.

De niveaus tot waar de twee beschikbare typen gekantelde blokken kunnen worden toegepast zijn bepaald voor de drie vastgestelde taludhellingen. Het resultaat van deze ANAMOS-berekeningen is de waterstand h_1 ; het maximale topniveau volgt uit een berekening van de verticale afstand y_s tussen waterstand (h_1) en zwaarst belaste locatie. Deze verticale afstand y_s en het maximale topniveau zijn apart weergegeven onderin de tabel. Het resulterende topniveau wordt naar beneden afgerond op hele decimeters ten opzichte van NAP.

Bijlage 2.2: Gekantelde betonblokken, breedte 0,20 m

INVOERGEGEVENS

PARAMETER / BEREKENING	vak 135 dp 30,5-41	vak 134 dp 41-45	vak 133 dp 45-68,7
Golven			
H_s [m]	1,9	1,9	2,0
T_p [s]	6,2	6,8	6,5
h_1 [m+NAP]	6,0	6,0	5,5
Talud			
$\cot(\alpha)$ [-]	3,4	3,4	3,5
f_t [-]	0,5	0,5	0,5
h_2 [m+NAP]	0,0	0,0	0,0
h_3 [m+NAP]	6,0	6,0	6,0
Constructietype			
niet ingewassen dichte blokken			
filter			
geotextiel			
basis			
Blokken			
B [m]	0,20	0,20	0,20
L [m]	0,50	0,50	0,50
D [m]	0,50	0,50	0,50
s [mm]	1	1	1
sm [kg/m ³]	2300	2300	2300
fwz [-]	0,5	0,5	0,5
Filter			
b [m]	0,15	0,15	0,15
D_{15} [mm]	5	5	5
n [-]	0,35	0,35	0,35

EINDRESULTATEN

Stabiliteit toplaag			
conclusie ANAMOS	De con- structie is stabiel	De con- structie is stabiel	De con- structie is stabiel
Maximaal topniveau			
y_s [m]	n.v.t.	n.v.t.	1,64
topniveau [m+NAP]	6,0	6,0	3,8

Bijlage 2.3: Keuze bekleding: toepasbaarheid natuursteen

Voor de bepaling van de toepasbaarheid van basaltzuilen en graniet bloksteen in de ondertafel rond dp 52,5 is met ANAMOS berekend wat de minimaal benodigde zuildikte is, uitgaand van de andere, vastliggende ontwerpparameters. De verticale afstand y_s en het maximale topniveau zijn apart weergegeven onderin de tabel.

INVOERGEGEVENS

PARAMETER / BEREKENING	graniet	basalt
Golven		
H_s [m]	1,73	1,73
T_p [s]	5,98	5,98
h_1 [m+NAP]	4,5	4,5
Talud		
$\cot(\alpha)$ [-]	3,4	3,4
f_t [-]	0,5	0,5
h_2 [m+NAP]	0,0	0,0
h_3 [m+NAP]	6,0	6,0
Constructietype		
	niet ingewassen dichte blokken	niet ingewassen zuilen
	filter	filter
	geotextiel	geotextiel
	basis	basis
Toplaag		
	$B=0,30$ m	$A_z=0,09$ m ²
	$L=0,40$ m	$A_{z0}=10$ %
	$D=0,26$ m	$D_z=0,23$ m
	$s=3$ mm	$s_m=2900$ kg/m ³
	$s_m=2600$ kg/m ³	$f_{wz}=0,5$
	$f_{wz}=0,5$	
Filter		
b [m]	0,15	0,15
D_{15} [mm]	5	20
n [-]	0,35	0,35

EINDRESULTATEN

Stabiliteit toplaag		
conclusie ANAMOS	De constructie is stabiel	De constructie is stabiel
Maximaal topniveau		
y_s [m]	1,43	1,43
topniveau [m+NAP]	3,0	3,0

BIJLAGE 3: BEREKENINGSRESULTATEN DIMENSIONERING

- Bijlage 3.1: Dimensionering toplaag bekleding

Bijlage 3.1: Dimensionering toplaag bekleding

Voor vak 134 is met ANAMOS bepaald wat de lichtst mogelijke zuiltypen zijn voor toepassing in de boventafel. De invoergegevens voor de drie mogelijke combinaties van dikte en soortelijke massa zijn weergegeven in onderstaande tabel.

INVOERGEGEVENS

PARAMETER / BEREKENING	d=0,30 m	d=0,35 m	d=0,40 m
Golven			
H _s [m]	2,1	2,1	2,1
T _p [s]	6,8	6,8	6,8
h1 [m+NAP]	6,0	6,0	6,0
Talud			
cot(α) [-]	3,4	3,4	3,4
ft [-]	0,5	0,5	0,5
h2 [m+NAP]	0,0	0,0	0,0
h3 [m+NAP]	6,0	6,0	6,0
Constructietype			
niet ingewassen zuilen			
filter			
geotextiel			
basis			
Zuilen			
Az [m ²]	0,09	0,09	0,09
Azo [%]	10	10	10
Dz [m]	0,30	0,35	0,40
sm [kg/m ³]	2900	2600	2400
fwz [-]	0,5	0,5	0,5
Filter			
b [m]	0,15	0,15	0,15
D ₁₅ [mm]	20	20	20
n [-]	0,35	0,35	0,35

EINDRESULTATEN

Stabiliteit toplaag			
conclusie ANAMOS	De constructie is stabiel	De constructie is stabiel	De constructie is stabiel

Opgemerkt wordt, dat de dimensionering van de betonzuilen in de praktijk wordt bepaald door het toepassingscriterium van ANAMOS ($H_s/\Delta D \leq 6\xi^{-2/3}$): de lichtst mogelijke zuiltypen zijn op basis van dat criterium bepaald en vervolgens gecontroleerd met ANAMOS.

APPENDIX A: METHODIEK TOETSING EN ONTWERP

De methodiek die binnen het Project Zeeweringen wordt gevolgd voor de toetsing van de bestaande bekleding en voor het ontwerp van de nieuwe bekleding, wordt beschreven in het interne document 'Kookboek voor de toetsing van de huidige en het ontwerp van de toekomstige dijkbekleding op veiligheid - Werkwijze op basis van Leidraad Toetsing op Veiligheid'. Het Kookboek is gebaseerd op de Leidraad [7] en op het Handboek [8]. In deze Appendix wordt een korte samenvatting gegeven van de methodiek.

Toetsing

In de Leidraad wordt het toetsingsproces schematisch weergegeven in Figuur 2.2.1.1. Die figuur is in deze Appendix opgenomen.

De toplaag van de bekleding wordt getoetst op vier aspecten:

- beheerdersoordeel;
- afschuiving;
- materiaaltransport;
- stabiliteitsverlies.

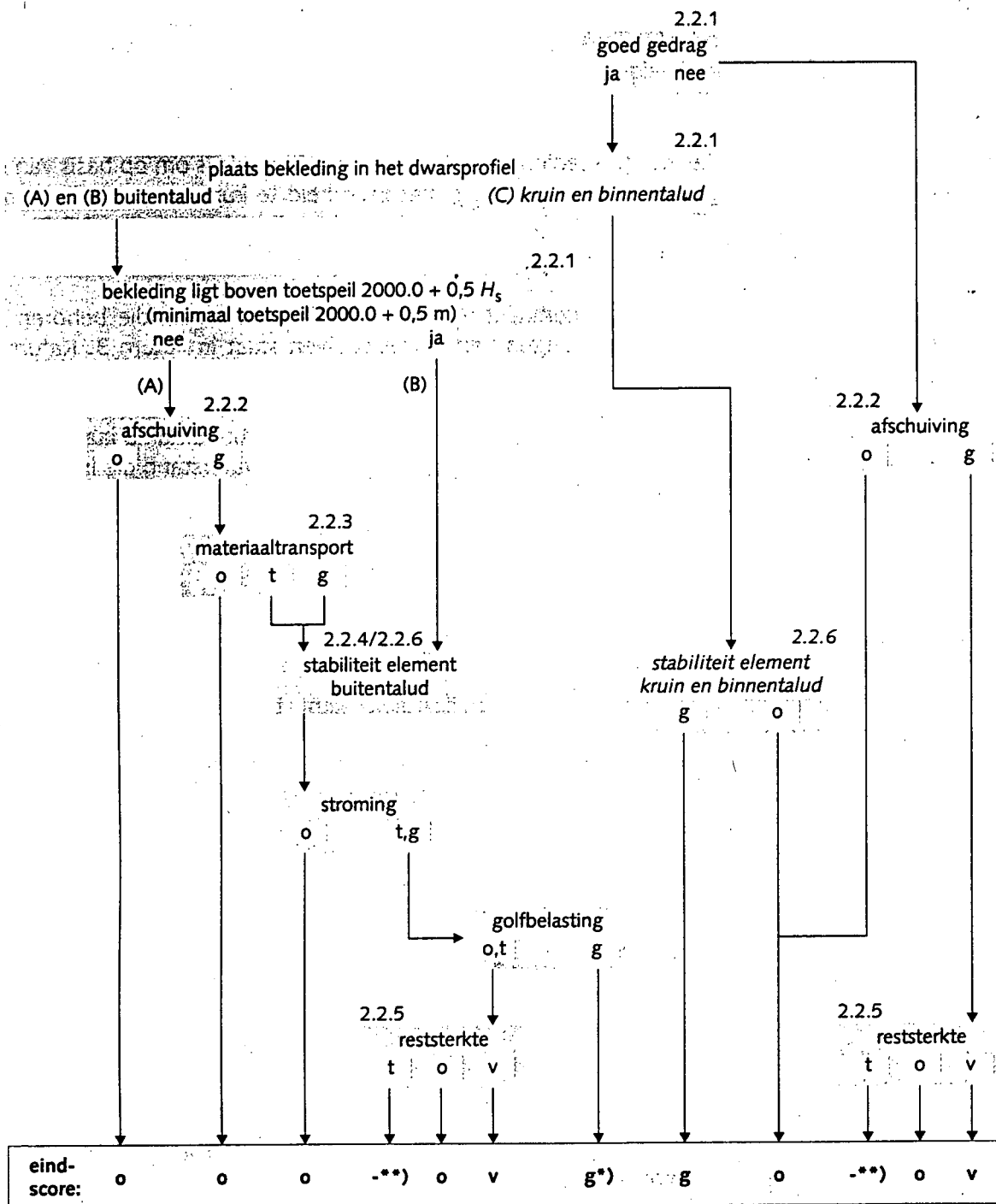
In het kort wordt voor deze vier aspecten aangegeven hoe de toetsing wordt uitgevoerd. Voor een meer gedetailleerde beschrijving wordt verwezen naar de paragraafnummers uit de Leidraad zoals ze in Figuur 2.2.1.1 zijn opgenomen.

De beschrijving van het **beheerdersoordeel** is in de praktijk alleen relevant voor zover de toetsing van de andere aspecten niet leidt tot een eenduidig toetsingsresultaat. Ongeacht het beheerdersoordeel wordt de bekleding overigens in principe altijd getoetst op de andere aspecten: bij een negatief oordeel is het immers ook van belang de oorzaak te kennen.

Voor de toetsing op **afschuiving** zijn de golfhoogte, de taludhelling en de totale dikte van de bekleding van belang. Afhankelijk van de taludhelling moet de bekleding dikker zijn dan een bepaalde grens. Dit wordt voor elke bekleding gecontroleerd.

De toetsing op **materiaaltransport** wordt voornamelijk uitgevoerd op basis van visuele inspectie van de bekleding en in nauw overleg met de beheerder. Van belang is voornamelijk of holtes of verzakkingen aanwezig zijn.

De **stabiliteit van de toplaag onder stromingsaanval** wordt niet voor elk dijkvak apart getoetst. In aanvullend onderzoek in het kader van Project Zeeweringen is vastgesteld dat de kritieke waarde voor de stroomsnelheid bij de lichtste bestaande bekleding 3,8 m/s bedraagt. Omdat deze snelheid nergens in het projectgebied wordt bereikt, zal het toetsingsresultaat voor dit aspect altijd 'goed' zijn.



De beoordeling kan stoppen zodra een eindscore is bereikt

*) score is "v" als materiaaltransport en/of stroming een "t" scoort

***) nader onderzoek zie paragraaf 2.2.7

Figuur 2.2.1.1 Schema beoordeling steenzettingen

Bij toetsing van de **stabiliteit van de toplaag onder golfaanval** volgens de Leidraad bestaan verschillende niveaus van detail. Als de ervaringsgegevens niet eenduidig wijzen op 'onvoldoende' stabiliteit, wordt de bekleding met de *eenvoudige methode* getoetst. Hierbij wordt gebruik gemaakt van het 'black-box'-model, gebaseerd op metingen uit modelproeven [9]. Als deze eenvoudige toetsing tot een beoordeling 'goed' of 'onvoldoende' leidt, is dat tevens het eindresultaat. Als de bekleding volgens de eenvoudige toetsing 'twijfelachtig' is, moet indien mogelijk worden getoetst met de *gedetailleerde methode*, waarbij gebruik wordt gemaakt van het rekenprogramma ANAMOS. Dit programma geeft een meer fysische weergave van de werkelijkheid weer, waarbij onder meer de doorlatendheid van toplaag en filterlaag een rol spelen. Als deze toetsing nog niet tot een eindresultaat leidt, volgt *geavanceerde toetsing*. Daarbij wordt een eindoordeel uitgesproken op basis van expert judgement van de situatie ter plaatse.

Ontwerp

Bij het ontwerp wordt rekening gehouden met dezelfde bezwijkmechanismen als bij de toetsing:

- afschuiving;
- materiaaltransport;
- stabiliteitsverlies onder golfaanval.

Met betrekking tot **afschuiving** wordt gebruik gemaakt van dezelfde formule als bij toetsing. In feite wordt het ontwerp, dat bepaald is op grond van de vereiste stabiliteit, getoetst op het aspect afschuiving. Het resultaat wordt bepaald door de golfhoogte, de taludhelling en de totale dikte van de bekleding.

De weerstand tegen **materiaaltransport** wordt in de ontwerpen verzorgd door het geokunststof (type 1) dat onder toplaag en uitvullaag wordt aangebracht. De eisen die aan dit geokunststof worden gesteld, zijn gebaseerd op dit aspect. Voor alle ontwerpen wordt gebruik gemaakt van één zelfde geokunststof.

Het aspect **stabiliteit van de toplaag onder golfaanval** is in de meeste gevallen bepalend voor het ontwerp. Voor de ontwerpberekeningen wordt gebruik gemaakt van het rekenprogramma ANAMOS.

