

DIJKVERBETERING

WILLEM-ANNAPOLDER

Ontwerpnota

Versie 1

16-4-2003

Projectbureau Zeeweringen Dijkverbetering Willem-Annapolder Ontwerpnota				
Auteur: W.C.D. Kortlever	controle	Intern	Intern	A.O.
Versie: 1	Paraaf	YD	W	A
Datum: 16-4-2003	d.d.	22-4-03	13-5-03	4-6-03
Documentnummer: PZDT-R-03010ontw				



007510 2003 PZDT-R-03010 ontw
Ontwerpnota Willem-Annapolder

Bij ontwerpnota Dijkverbetering Willem-Annapolder, versie 1, d.d. 16-4-2003

1. Bij het Projectbureauoverleg is besloten dat betonzuilen met ecotoplaag niet meer op de boventafel worden toegepast. Dit omdat uit onderzoek is gebleken dat er geen verschil in begroeiing is tussen betonzuilen zonder en betonzuilen met ecotoplaag (Project Ecozuilen, Eindrapport monitoring 2001-2002, Meetinformatiedienst Zeeland, ZLMD-03.N.006). Dit betekent voor Willem-Annapolder dat in de nieuwe bekleding geen betonzuilen met ecotoplaag zullen worden gebruikt. Het nieuwe voorkeursalternatief is Alternatief 3 uit paragraaf 5.7. Als gevolg hiervan moet de gekozen zuilhoogte op de boventafel tussen dp 299 (+25m) en dp 308 worden gewijzigd van 0,47 m in 0,50 m (2300 kg/m³).
2. Overeenkomstig de Handleiding Ontwerpen kunnen bekledingen van vol en zat gepenetreerde breuksteen zowel in 5-40 kg als in 10-60 kg worden uitgevoerd. De minimale laagdikten die moeten worden aangebracht zijn 0,40 m voor 5-40 kg en 0,50 m voor 10-60 kg. Aangezien een gepenetreerde bekleding van 5-40 kg goedkoper is dan die van 10-60 kg (minder gietasfalt nodig bij 0,40 m 5-40 kg), wordt bij Willem-Annapolder gekozen voor een penetratie van 5-40 kg. Een keuze voor 10-60 kg ligt meer voor de hand op locaties waar de golfbelastingen aanzienlijk groter zijn.

08/05/03

Van: W. Kortlever

Aan: M. Haaksma

3. In hoofdstuk 6.1 wordt onderscheid gemaakt tussen het aanbrengen van een nieuwe kreukelberm (nieuwe breuksteen sortering 10-60 en 40-200 kg) en het verzwaren van de bestaande lichte kreukelberm met vrijkomende natuursteen.
Op de bijlagen figuur 4 en 5 is dat onderscheid niet gemaakt. In de figuren 10 en 11 moet "kreukelberm breuksteen 40-200 kg" vervangen worden door "bijstorten met vrijkomende steen".

03/06/03

Van: P. Hengst n.a.v. Ambtelijk overleg 21/05/03

Aan: PBZ

INHOUDSOPGAVE

SAMENVATTING		1
1. INLEIDING		2
1.1	Achtergrond	2
1.2	Doelstelling Ontwerpnota	2
1.3	Leeswijzer	3
2. SITUATIEBESCHRIJVING		4
2.1	Locatie projectgebied	4
2.2	Geometrie en bekleding	4
3. ONTWERPCONDITIONS		6
3.1	Uitgangspunten	6
3.2	Randvoorwaarden	6
3.2.1	Waterstanden	6
3.2.2	Golven	6
3.2.3	Ecologische randvoorwaarden	7
4. TOETSING		9
4.1	Algemeen	9
4.2	Toetsing toplaag	9
4.3	Toetsing reststerkte bekleding	9
4.4	Bermniveau en grasbekleding bovenbeloop	10
4.5	Conclusie	10
5. KEUZE BEKLEDING		11
5.1	Inleiding	11
5.2	Beschikbaarheid	11
5.3	Voorselectie	12
5.4	Technische toepasbaarheid zetsteenbekledingen	14
5.4.1	Inleiding	14
5.4.2	Bermniveau en taludhellingen	14
5.4.3	Betonzuilen	15
5.4.4	Gekantelde Haringmanblokken	15
5.4.5	Breuksteen	15
5.5	Ecologische toepasbaarheid	16
5.6	Landschapsvisie	16
5.7	Afweging en keuze	17

6.	DIMENSIONERING	21
6.1	Kreukelberm en teenconstructie	21
6.1.1	Toplaag	21
6.1.2	Geokunststof	21
6.1.3	Teenconstructie	22
6.2	Zetsteenbekleding	22
6.2.1	Toplaag van betonzuilen	22
6.2.2	Uitvullaag	24
6.2.3	Geokunststof	25
6.2.4	Basismateriaal	25
6.3	Gepenetreerde bekledingen	26
6.4	Overgangsconstructies	26
6.5	Overgang tussen boventafel en berm	27
6.6	Berm	27
7.	AANDACHTSPUNTEN VOOR BESTEK EN UITVOERING	28

FIGUREN
LITERATUUR
BIJLAGEN

SAMENVATTING

Deze ontwerpnota, opgesteld in het kader van Project Zeeweringen van Rijkswaterstaat, betreft het ontwerp van de nieuwe dijkbekleding voor het dijktraject langs de Willem-Annapolder. Dit dijktraject, vallend onder het beheer van het Waterschap Zeeuwse Eilanden, ligt op Zuid-Beveland, tussen dp 290 en dp 323, en heeft een lengte van ongeveer 3300 m.

De bestaande bekleding tussen de teen en circa NAP + 1 m bestaat uit Doornikse steen, ingegoten Doornikse steen, Petiet graniet, granietblokken, ingegoten granietblokken en gebakken steen. Rond NAP + 1 m bevinden zich enkele smalle stroken basalt en ingegoten Vilvoordse steen, en een klein vlak met vlakke blokken. De bekleding hierboven, tot aan circa NAP + 4 m, bestaat uit Haringmanblokken met enkele grote vlakken basalt, die grotendeels zijn ingegoten met asfalt of beton. Boven de steenbekleding liggen enkele rijen doorgroeištenen. Het overige deel van de boventafel, tot aan de buitenkniklijn van de berm op circa NAP + 5,6 à 6,2 m, en de berm en het bovenbeloop zijn met klei en gras bekleed.

De ontwerpwaterstand (ontwerppeil 2060) van de dijken bedraagt circa NAP + 6,5 m, uitgaande van een zeespiegelrijzing van 0,60 m/eeuw. De bijbehorende ontwerpwaarden voor de golfhoogte H_s en de golfperiode T_p variëren van 1,8 m tot 2,2 m en van 5,7 s tot 6,6 s.

Uit de toetsing is gebleken dat verschillende vlakken met Doornikse steen, die direct boven de teen liggen, en een groot vlak met gepenetreerde basalt, dat hoger op de ondertafel ligt, kunnen worden gehandhaafd. De berm moet worden verhoogd tot NAP + 6,5 m.

De mogelijke nieuwe bekledingen zijn: betonzuilen, gekantelde Haringmanblokken en 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. Aan de toepassing van 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.

Voor het gehele dijktraject zijn drie alternatieven ontworpen die alle bestaan uit een beperkte overlaging van de ondertafel, tot aan de onderzijde van de goedgekeurde gepenetreerde basalt, en voor het overige betonzuilen. De alternatieven verschillen in het wel of niet toepassen van betonzuilen met een ecotoplaag en in het aantal nieuwe teenconstructies.

Het gekozen alternatief, dat verder is uitgewerkt, bestaat voor een groot deel uit betonzuilen met een ecotoplaag en heeft één nieuwe teenconstructie meer.

De toplaag van de nieuwe kreukelberm wordt uitgevoerd in breuksteen 40-200 kg en 10-60 kg.

De nieuwe onderhoudsstrook wordt uitgevoerd in grindasfaltbeton of dicht asfaltbeton.

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 en langs de Oosterschelde uitgekozen, waaronder het traject van de Willem-Annapolder met een totale lengte van 3300 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. Krui, 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 2001 [1], inclusief de nota van wijzigingen voor 2002, 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 de Willem-Annapolder;
- het toetsresultaat en de ontwerpberekeningen;
- het resulterend ontwerp.

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

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de huidige situatie van het dijktraject beschreven. Hoofdstuk 3 beschrijft de uitgangspunten en de randvoorwaarden. 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 de Willem-Annapolder ligt op Zuid-Beveland, in de gemeente Kapelle, en valt onder het beheer van het Waterschap Zeeuwse Eilanden. De locatie is weergegeven in figuur 1. Het gedeelte dat is geselecteerd voor verbetering ligt in de randvoorwaardenvakken 45a, 45b en 45c, in het vervolg aangeduid met de dijkvakken 45a t/m 45c, en heeft een lengte van 3300 m. Het traject ligt tussen dp 290 en dp 323. In deze nota wordt het dijktraject behandeld in oplopende volgorde van de dijkpaalnummering, van oost naar west. Het aangrenzende dijktraject aan de oostzijde, Breede Watering Bewesten Yerseke, is in 2000 verbeterd en het aangrenzende dijktraject aan de westzijde, Biezelingsche Ham, is in 2001 verbeterd.

2.2 Geometrie en bekleding

Bij het 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 bestaande geometrie van het onderhavige dijktraject kan worden beschreven door de karakteristieke dwarsprofielen die zijn weergegeven in figuur 6 t/m figuur 12.

Vanaf dp 290 tot dp 295 (+70m) daalt de bovenkant van de teen van circa NAP + 0,5 m tot NAP - 0,5 m. Hier zijn de ondertafel en de boventafel bekleed met Haringmanblokken en basalt die is ingegoten met asfalt.

Tussen dp 296 en dp 323 varieert de teen tussen circa NAP - 1,2 m en NAP - 1,5 m. Het talud vanaf de teen tot aan circa NAP + 1 m is grotendeels bekleed met Doornikse steen, waarvan een deel is ingegoten met asfalt. Ook zijn hier vlakken aanwezig van Petiet graniet, granietblokken, granietblokken ingegoten met beton en gebakken steen. Rond NAP + 1 m bevinden zich enkele smalle stroken basalt en ingegoten Vilvoordse steen, en een klein vlak met vlakke blokken. De bekleding hierboven, tot aan circa NAP + 4 m, bestaat uit Haringmanblokken met enkele grote vlakken basalt, die grotendeels zijn ingegoten met asfalt of beton. Boven de steenbekleding liggen enkele rijen doorgroeistenen. Het overige deel van de boventafel, tot aan de buitenkniklijn van de berm op circa NAP + 5,6 à 6,2 m, en de berm en het bovenbeloop zijn met klei en gras bekleed.

De kern van de dijk bestaat uit zand.

De gemiddelde helling van het talud bedraagt ongeveer 1:3,6.

Op de teen van de bekleding ligt zand en slib, met de bovengrens variërend tussen circa NAP + 1 m (dp 290) en circa NAP - 1 m. Er is aan de teen nagenoeg geen stortsteen van een kreukelberm aanwezig.

Voor een schematische weergave van de bekledingen van het gehele dijktraject wordt verwezen naar figuur 2.

Het onderhavige dijktraject bestaat uit drie rechte trajecten en twee bochten (dp 301 en dp 309). Voor het rechte traject tussen dp 290 en dp 301 ligt een voorland met een breedte van enkele honderden meters. De overige trajecten grenzen aan de diepe geul van het Middelgat. Langs de dijk bevinden zich drie strekdammen (dp 294, dp 308 en dp 323). Bij dp 308 is een dijkovergang.

In 1999 en 2002 heeft het Waterschap Zeeuwse Eilanden de bovenbeschreven bekledingen geïnventariseerd, en globale en gedetailleerde toetsingen uitgevoerd. Voor meer informatie over de bekledingen en de toetsresultaten wordt verwezen naar hoofdstuk 4.

3. ONTWERPCONDITIONS

3.1 Uitgangspunten

Voor de uitgangspunten wordt verwezen naar de Algemene Nota 2001 [1], inclusief de nota van wijzigingen voor 2002.

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.

Na overleg met RIKZ is besloten de oostgrens van dijkvak 45c, voorheen dp 290 (+50m), te verplaatsen naar de oostgrens van het dijktraject, dat wil zeggen naar dp 290. De randvoorwaarden wijzigen hierdoor niet [5].

Tabel 3.1 Karakteristieke waterstanden [2,3]

Locatie	Dijkvak	Gemiddeld Hoogwater [NAP + m]	Ontwerppeil 2060 [NAP + m]
dp 290 - dp 296 (+50m)	45c	2,37	6,50
dp 296 (+50m) - dp 317 (+50m)	45b	2,37	6,50
dp 317 (+50m) - dp 323	45a	2,37	6,45
Gemiddeld laagwater [NAP+ m] Hansweert [3]		-2,06	

3.2.2 Golven

Het RIKZ heeft met behulp van modelberekeningen bij verschillende waterstanden de maatgevende golfgegevens vastgesteld [2]. Bij dijkvak 45a zijn, bij een waterstand van NAP + 6 m, twee verschillende combinaties van golfhoogte en golfperiode gegeven. Uit stabiliteitsberekeningen is geconcludeerd dat toets- en ontwerpberoeeningen moeten worden uitgevoerd met de maatgevende waarden uit tabel 3.2. De golfrichtingsband betreft de voorkomende voortplantingsrichtingen van de maatgevende golven, gegeven in graden ten opzichte van het noorden.

Tabel 3.2 Golfrandvoorwaarden [2]

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]
45c	240 - 180	1,1	5,0	1,6	5,6	1,8	6,4
45b	240 - 170	1,6	5,0	1,9	5,6	2,1	6,3
45a	210 - 165	1,3	4,9	1,6	5,2	1,8	5,6

Voor de golfrandvoorwaarden bij tussenliggende waterstanden wordt lineair geïnterpoleerd. Bij lagere en hogere waterstanden wordt lineair geëxtrapoleerd. In tabel 3.3 is weergegeven welke golfrandvoorwaarden horen bij het Ontwerppeil 2060.

Tabel 3.3 Golfrandvoorwaarden bij Ontwerppeil 2060

Dijkvak	Ontwerppeil 2060 [NAP + m]	Golffparameters	
		H_s [m]	T_p [s]
45c	6,50	1,85	6,60
45b	6,50	2,15	6,48
45a	6,45	1,84	5,68

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 3.4. Voor de indeling van de bekledingstypen in categorieën wordt verwezen naar de Milieu-inventarisatie en naar de Algemene Nota [1].

Tabel 3.4 Minimaal benodigde categorie van type dijkbekleding conform de Milieu-inventarisatie [6]

Dijkvak	Getijdenzone		Boven GHW	
	Herstel	Verbetering	herstel	verbetering
45a / 45b / 45c	(redelijk) goed / voldoende	(redelijk) goed	redelijk goed / voldoende	redelijk goed / voldoende

Het buitendijkse gebied maakt, voor zover het bij laagwater droogvalt, deel uit van een Integraal Milieubeschermingsgebied. Langs dijkvak 45c liggen de slikken van de Kapellebank.

Afhankelijk van het gekozen type bekleding, moet in de toekomst rekening worden gehouden met broedende plevieren (meer dan 2 paren voor het gehele dijktraject) [7]. Het toepassen van overlagingen van zware breuksteen of het afstrooien met grond maakt de dijk ongeschikt als broedplaats. Uitgaande van broedende plevieren is het gewenst de onderhoudsstrook ter hoogte van de Kapellebank 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 gebakken blokken bij dp 323 zijn van cultuurhistorische waarde.

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 3.5. In het algemeen wordt het Detailadvies opgevolgd omdat dit gebaseerd is op een recent vegetatieonderzoek.

Tabel 3.5 Minimaal benodigde categorie van type dijkbekleding conform het Detailadvies (bijlage 3)

Locatie	In dijkvak	Getijdenzone ¹⁾		Boven GHW ¹⁾	
		Herstel	verbetering	Herstel	verbetering
dp 290 - dp 294	45c	<i>(redelijk) goed</i>	<i>(redelijk) goed (eco)</i>	redelijk goed / voldoende	<i>redelijk goed</i>
dp 294 - dp 295 (+50m)	45c	<i>(redelijk) goed</i>	<i>(redelijk) goed</i>	redelijk goed / voldoende	<i>redelijk goed</i>
dp 295 (+50m) - dp 301	45c / 45b	<i>(redelijk) goed / voldoende</i>	<i>(redelijk) goed</i>	<i>redelijk goed</i>	<i>redelijk goed (eco)</i>
dp 301 - dp 316 (+50m)	45b	<i>(redelijk) goed / voldoende</i>	<i>(redelijk) goed</i>	<i>redelijk goed</i>	<i>redelijk goed (eco)</i>
dp 316 (+50m) - dp 323	45b / 45a	<i>(redelijk) goed / voldoende</i>	<i>(redelijk) goed</i>	redelijk goed / voldoende	redelijk goed / voldoende

¹⁾ Afwijkingen van de Milieu-inventarisatie zijn cursief weergegeven.

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 golfvoorwaarden. Ook het dijktraject van de Willem-Annapolder is met nieuwe berekeningen getoetst, gebruikmakend van de randvoorwaarden uit paragraaf 3.2.

4.2 Toetsing toplaag

In 1999 heeft het Waterschap Zeeuwse Eilanden het gehele dijktraject geïnventariseerd, en globale en gedetailleerde toetsingen uitgevoerd [10]. Bij deze toetsingen zijn nagenoeg alle bekledingen als 'twijfelachtig', 'geavanceerd' of 'onvoldoende' beoordeeld. Het Projectbureau Zeeweringen heeft de bekledingen opnieuw beoordeeld, en GeoDelft en het Waterloopkundig Laboratorium hebben in september 2001 een aantal geavanceerde toetsingen uitgevoerd [11].

In januari 2002 heeft het waterschap de toetsingen uit 1999 herzien, met een nieuwe versie van de rekenprogrammatuur (Steentoets) en rekening houdend met geconstateerde afwijkingen tussen de eerste toetsingen en latere waarnemingen in het veld [12]. Het eindoordeel van de toetsingen, gegeven door het Projectbureau, is weergegeven in tabel 4.1 en figuur 3 [13].

De bekledingen, die tussen dp 299 (+50m) en dp 307 (+20m) onder de huidige zandlijn liggen, zijn goedgekeurd, ervan uitgaande dat hier een nieuwe kreukelberm wordt aangebracht (overlaging). De bekledingen van gepenetreerde basalt tussen dp 299 (+50m) en dp 307 (+80m) zijn goedgekeurd na een analyse van de infiltratieproeven bij Kruiningen, Baarland en Willem-Anna [14]. Drie bekledingen met Doornikse steen zijn goedgekeurd, tot aan niveaus van NAP + 0,6 m, NAP + 0,1 m en NAP + 0,4 m.

De overige bekledingen, inclusief de doorgroeistenen, zijn afgekeurd.

4.3 Toetsing reststerkte bekleding

Toetsing van de reststerkte is relevant voor die vakken waarvan de toplaag onvoldoende stabiel is. De reststerkte wordt als 'voldoende' beoordeeld als

- de ontwerpgolfhoogte (H_s bij Ontwerppeil 2060) lager is dan 2 m, én
 - de kern van de dijk tot voldoende hoogte uit goede klei bestaat, of
 - op de kern een laag van goede klei ligt, met voldoende dikte.

Bij het dijktraject van deze nota is de reststerkte onvoldoende, omdat de H_s in dijkvak 45b hoger is dan 2 m en de kleilaag op de kern onvoldoende dik is.

Tabel 4.1 Goedgekeurde bekledingen

Locatie	Type toplaag	Hoogte van/tot [NAP + m]
dp 299 (+50m) - dp 307 (+20m)	Doornikse steen, graniet	tot aan de bovengrens van de huidige zandlijn/kreukelberm ¹⁾
dp 299 (+50m) - dp 300 (+95m)	basalt, gepenetreerd met asfalt	1,0 / 3,0
dp 300 (+95m) - dp 301 (+25m)	basalt, gepenetreerd met asfalt	1,0 / 3,9
dp 301 (+25m) - dp 307 (+80m)	basalt, gepenetreerd met asfalt	1,0 / 3,1
dp 307 (+20m) - dp 308 (+80m)	Doornikse steen, gekanteld	teen / 0,6
dp 309 (+40m) - dp 313 (+20m)	Doornikse steen, gekanteld	teen / 0,1
dp 313 (+20m) - dp 322 (+70m)	Doornikse steen, gekanteld	teen / 0,4

¹⁾ Goedgekeurd, ervan uitgaande dat een nieuwe kreukelberm wordt aangebracht.

4.4 Bermniveau en grasbekleding bovenbeloop

Het niveau van de buitenknik van de berm ligt op circa NAP + 5,6 à 6,2 m, dat wil zeggen op 0,3 tot 0,9 m beneden het ontwerppeil. Dit betekent dat de berm 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, dat wil zeggen tot aan de nieuwe onderhoudsstrook. 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 Conclusie

De goedgekeurde bekledingen zijn vermeld in tabel 4.1. De berm moet worden opgehoogd tot NAP + 6,5 m.

5. KEUZE BEKLEDING

5.1 Inleiding

Uit de toetsing is gebleken dat een groot deel van de dijkbekleding moet 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 Haringmanblokken en basalt weergegeven die vrijkomen bij het vernieuwen van de bekleding en die eventueel kunnen worden hergebruikt. De overige vrijkomende natuursteen en gepenetreerde bekledingen zijn niet geschikt voor hergebruik en kunnen worden verwerkt in de kreukelberm.

Tabel 5.1 Beschikbare hoeveelheid Haringmanblokken

Toplaag	Afmetingen	Oppervlakte [m ²]	Oppervlakte gekanteld [m ²]
Haringman	0,20 x 0,50 x 0,50 m ³	25.847	10.338
basalt	0,23	789	

Materialen uit bestaande depots of uit een ander dijktraject

In de bestaande depots zijn geen geschikte materialen beschikbaar. Bij de verbetering van andere dijktrajecten in 2003 komen waarschijnlijk geen materialen vrij voor toepassing bij de Willem-Annapolder. 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 2001 [1], inclusief de nota van wijzigingen voor 2002, worden de volgende mogelijke bekledingstypen genoemd:

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

Ad 1.

Uit de berekening van de technische toepasbaarheid in paragraaf 5.4 moet blijken tot welk niveau de Haringmanblokken onder de maatgevende golfcondities stabiel zijn. De gekantelde blokken worden direct tegen elkaar geplaatst, omdat de toepasbaarheid van blokken met relatief veel tussenruimte niet is aangetoond. Aangezien weinig (niet gepenetreerde) basalt beschikbaar is, wordt afgezien van de toepassing van basalt in de nieuwe bekledingen.

Ad 2.

Bij een gepenetreerde bekleding in de getijdezone 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 deel van de ondertafel onvoldoende sterk is en een hoger, aanmerkelijk groot deel kan worden gehandhaafd, of wanneer het deel, dat onvoldoende is, relatief diep ligt en moeilijk bereikbaar is. Het eerste is het geval tussen dp 299 (+50m) en dp 307 (+80m), waar de gepenetreerde basalt kan worden gehandhaafd.

Ad 5.

Een groene dijk is hier niet mogelijk, omdat het voorland (Kappellebank) te laag ligt.

Tabel 5.2 geeft de voorkeuren voor de bekledingstypen volgend uit de Milieu-inventarisatie en het bijbehorende Detailadvies, rekening houdend met de beschikbaarheid en de mogelijke bekledingstypen uit de Algemene nota. Deze voorkeuren zijn randvoorwaarden bij het ontwerp, waarvan niet mag worden afgeweken.

Tabel 5.2 Voorkeuren 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
dp 290 - dp 294	45c	<ul style="list-style-type: none"> • betonzuilen • Haringman (gekanteld) • niet vol-en-zat gepenetreerde breuksteen 	<ul style="list-style-type: none"> • betonzuilen met ecotoplaag 	<ul style="list-style-type: none"> • betonzuilen • Haringman (gekanteld) • breuksteen • niet vol-en-zat gepenetreerde breuksteen (overlagen) 	<ul style="list-style-type: none"> • betonzuilen • Haringman (gekanteld)
dp 294 - dp 295 (+50m)	45c				
dp 295 (+50m) - dp 301	45c / 45b	alle (beschikbare) m.u.v. breuksteen patroon- gepenetreerd of vol-en-zat gepenetreerd met asfalt		<ul style="list-style-type: none"> • betonzuilen • Haringman (gekanteld) 	<ul style="list-style-type: none"> • betonzuilen met ecotoplaag
dp 301 - dp 316 (+50m)	45b				
dp 316 (+50m) - dp 323	45b / 45a				

Uit tabel 5.2 wordt geconcludeerd dat voor het opnieuw bekleden van de dijken betonzuilen, gekantelde Haringmanblokken, breuksteen en gepenetreerde breuksteen kunnen worden gebruikt. Aan de toepassing van 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 bepaald of betonzuilen, gekantelde Haringmanblokken en (gepenetreerde) breuksteen technisch toepasbaar zijn.

5.4 Technische toepasbaarheid zetsteenbekledingen

5.4.1 Inleiding

De technische toepasbaarheid van een bekleding met zetsteen moet worden aangetoond met het rekenprogramma ANAMOS, met inachtneming van het Handboek [15], en uitgaande van de representatieve waarden voor de constructie en de randvoorwaarden. De rekenmethodiek wordt beschreven in de Handleiding Ontwerpen [16].

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 een sluisje. 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 nieuwe berm wordt opgehoogd tot aan het ontwerppeil (NAP + 6,5 m) en krijgt een breedte van ongeveer 5 m. De breedte van de huidige berm is op de meeste plaatsen ruim 5 m, maar op enkele plaatsen 4 m. Bij het bepalen van de nieuwe taludhellingen is, voor zover mogelijk, uitgegaan van de bestaande teen. De nieuwe taludhellingen zijn gegeven in tabel 5.3.

Tabel 5.3 Nieuwe taludhellingen

Locatie	Dwarsprofiel	Taludhelling	
		Ondertafel	Boventafel
dp 290 - dp 296	1	3,6	3,6
dp 296 - dp 299 (+25m)	2	3,4	3,6
dp 299 (+25m) - dp 308	3	3,1 (3,3) ¹⁾	3,2
dp 308 - dp 309 (+40m)	4	3,3	3,3
dp 309 (+40m) - dp 313 (+10m)	5	3,6	3,6
dp 313 (+10m) - dp 323	6	3,4	3,4

¹⁾ 1:3,1 tot dp 299 (+50m), 1:3,3 vanaf dp 307 (+80m). Dit betreft de hellingen die aansluiten op de te handhaven gepenetreerde basalt.

Rekening houdend met uitvoeringstolerantie en tonrondte, wordt in de berekeningen een taludhelling ingevoerd die onder NAP + 3 m 0,4 steiler en boven NAP + 3 m 0,2 steiler is [16].

5.4.3 Betonzuilen

De stabiliteit van de zwaarste zuilen, met een dichtheid van 2900 kg/m³ en een dikte van 0,50 m, is berekend bij de zwaarste randvoorwaarden uit tabel 3.3 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 Gekantelde Haringmanblokken

De maximale toepassingsniveaus van Haringmanblokken, met een blokbreedte (gekanteld) van 0,20 m, zijn berekend, uitgaande van gekantelde toepassing, zonder tussenruimte. De resultaten zijn vermeld in tabel 5.4. Voor nadere informatie wordt verwezen naar bijlage 1.2.

Tabel 5.4 Maximale toepassingsniveaus gekantelde Haringman (0,20 m)

Locatie	Taludhelling ondertafel	Max. toepassingsniveau [NAP + m]
dp 290 - dp 296	3,6	2,10
dp 296 - dp 299 (+25m)	3,4	beneden NAP
dp 299 (+25m) - dp 308	3,1 (3,3) ¹⁾	beneden NAP
dp 308 - dp 309 (+40m)	3,3	beneden NAP
dp 309 (+40m) - dp 313 (+10m)	3,6	beneden NAP
dp 313 (+10m) - dp 317 (+50m)	3,4	beneden NAP
dp 317 (+50m) - dp 323	3,4	0,90

¹⁾ 1:3,1 tot dp 299 (+50m), 1:3,3 vanaf dp 307 (+80m). Dit betreft de hellingen die aansluiten op de te handhaven gepenetreerde basalt.

5.4.5 Breuksteen

Volgens de Milieu-inventarisatie en het Detailadvies kan een groot deel van de afgekeurde bekledingen worden overlaagd (bekleed) met breuksteen. Een deel daarvan mag alleen met breuksteen worden bekleed wanneer deze wordt gepenetreerd. Aan de toepassing van gepenetreerde breuksteen zijn voorwaarden verbonden, die afhankelijk zijn van de locatie langs de dijk.

Een bekleding van breuksteen zonder penetratie wordt niet meegenomen, omdat de minimaal benodigde sortering 300-1000 kg bedraagt. Het waterschap keurt een bekleding met zware breuksteen af. Bovendien maakt de zware breuksteen de dijk ongeschikt als broedplaats voor plevieren.

De Haringmanblokken worden niet overlaagd, omdat de blokken kunnen worden hergebruikt.

Op een groot deel van de ondertafel mag de breuksteen vol-en-zat worden gepenetreerd met asfalt en afgestrooid met lavasteen. Rekening houdend met golfklappen, moeten steensorteringen van 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. Het bezwijken door wateroverdrukken wordt voorkomen door aan de bovenzijde van de gepenetreerde bekledingen een waterslot aan te brengen.

5.5 Ecologische toepasbaarheid

De ecologische toepasbaarheid is een randvoorwaarde bij de voorselectie. Afhankelijk van het gekozen type bekleding, moet in de toekomst rekening worden gehouden met broedende plevieren (meer dan 2 paren voor het gehele dijktraject) [7]. Het toepassen van overlagingen van zware breuksteen of het afstrooien met grond maakt de dijk 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 [17]. 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 type, laten aansluiten op de te handhaven bekleding;
3. Overlaging met breuksteen, die wordt gepenetreerd met asfalt, heeft niet de voorkeur;
4. Het aantal verticale overgangen beperken en deze zo min mogelijk in de boven- en ondertafel laten samenvallen;
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 golfoploop onder gemiddeld getij;
7. De nieuwe bekleding doorzetten achter de landzijde van de drie strekdammen, die moeten worden behouden.

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 westen (Biezelingsche Ham) bestaat, ter plaatse van de aansluiting, uit betonzuilen op zowel de ondertafel als de boventafel. De nieuwe bekleding aan de oostgrens (Breede Watering Bewesten Yerseke) bestaat uit betonzuilen in de ondertafel en betonzuilen met een ecotoplaag in de boventafel.

5.7 Afweging en keuze

In tabel 5.5 zijn drie alternatieven gegeven voor de nieuwe bekleding langs het dijktraject van de Willem-Annapolder. Alle alternatieven bestaan uit een beperkte overlaging van de ondertafel, tot aan de onderzijde van de goedgekeurde basalt, en voor het overige betonzuilen.

Bij de alternatieven 1 en 2 zijn op de boventafel betonzuilen met een ecotoplaag toegepast.

Verhoging en verbreding van de berm tussen dp 320 (+50m) en dp 322 (+60m) leidt bij alternatief 1 tot een steiler talud. Bij de alternatieven 2 en 3 wordt hier een steiler talud voorkomen door de teen van de dijk te verhogen en de bestaande bekleding vanaf de teen geheel te vernieuwen. Een vooraanzicht van de alternatieven is gegeven in figuur 4.

Tabel 5.5 Alternatieven voor de bekleding van het gehele dijktraject

Bekleding	Ondergrens [NAP + m]	Bovengrens [NAP + m]
Alternatief 1		
(Eco)Betonzuilen, gepenetreerde breuksteen en gekantelde Haringman		
• kreukelberm	-1,0	0,0
• overlagen met gepenetreerde breuksteen tot aan gepenetreerde basalt, vol-en-zat en afstrooien met lavasteen	-1,5	1,1
• handhaven gepenetreerde basalt	1,0	3,0
• gekantelde Haringman	-0,8	2,1
• betonzuilen, boventafel grotendeels met ecotoplaag	-1,0	6,5
Alternatief 2		
(Eco)Betonzuilen, gepenetreerde breuksteen en gekantelde Haringman		
• kreukelberm, nieuwe teenconstructie dp 321	-1,0	0,0
• overlagen met gepenetreerde breuksteen tot aan gepenetreerde basalt, vol-en-zat en afstrooien met lavasteen	-1,5	1,1
• handhaven gepenetreerde basalt	1,0	3,0
• gekantelde Haringman	-0,8	2,1
• betonzuilen, boventafel grotendeels met ecotoplaag	-1,0	6,5
Alternatief 3		
Betonzuilen, gepenetreerde breuksteen en gekantelde Haringman		
• kreukelberm, nieuwe teenconstructie dp 321	-1,0	0,0
• overlagen met gepenetreerde breuksteen tot aan gepenetreerde basalt, vol-en-zat en afstrooien met lavasteen	-1,5	1,1
• handhaven gepenetreerde basalt	1,0	3,0
• gekantelde Haringman	-0,8	2,1
• betonzuilen	-1,0	6,5

De alternatieven zijn op de volgende aspecten tegen elkaar afgewogen:

- uitvoering,
- hergebruik,
- milieu,
- landschap,
- beheer,
- kosten.

Uitvoering

Bij de alternatieven 2 en 3 moet ter plaatse van dp 321 lager op het talud worden gewerkt, omdat de teenconstructie wordt vernieuwd. Het resultaat is een flauwer talud waarop lichtere betonzuilen kunnen worden toegepast, vergelijkbaar met het aangrenzende deel van de dijk.

Het aantal overgangen is voor alle alternatieven gelijk. Een overgang verdient extra aandacht, omdat deze een zwak onderdeel in de nieuwe bekleding kan zijn.

Hergebruik

Bij alle alternatieven worden de vrijkomende Haringmanblokken, zo veel als mogelijk is, opnieuw gebruikt, in gekantelde opstelling.

Milieu, landschap

Bij alle alternatieven is sprake van verbetering of herstel van natuurwaarden. De verbetering is naar verwachting groter bij betonzuilen die zijn voorzien van een ecotoplaag.

Gelet op de landschappelijke inpassing, onderscheiden de alternatieven 1 en 2 zich van alternatief 3 door een groter verschil tussen de ondertafel en de boventafel.

Beheer

Ten behoeve van de penetratie geeft de beheerder de voorkeur aan asfalt, omdat een met asfalt gepenetreerde bekleding, in tegenstelling tot een penetratie met beton, eventuele zettingen van de ondergrond kan volgen. Bovendien is een penetratie met asfalt eenvoudiger uit te voeren en vraagt deze minder onderhoud. Het is de wens van de beheerder het aantal vlakken met verschillende typen bekledingen, en daarmee het aantal overgangen, te beperken.

De beheerder geeft de voorkeur aan een flauwer talud bij dp 321, waar dezelfde zuilen worden toegepast als aan het aangrenzende deel van de dijk. Dankzij de verplaatsing van de teenconstructie kan de berm worden verbreed.

Kosten

De kosten van alternatief 3 zijn lager, omdat in dit alternatief geen betonzuilen met ecotoplaag worden gebruikt. Het kostenverschil als gevolg van het wel of niet vernieuwen van de teen bij dp 321 is marginaal.

In tabel 5.6 is de afweging samengevat. De voorkeur gaat uit naar het tweede alternatief dat in hoofdstuk 6 verder wordt uitgewerkt.

Tabel 5.6 Afweging alternatieven

Bekleding	Uitvoering	Hergebruik	Landschap	Beheer	Kosten	Milieu	Voorkeur
Alternatief 1 (Eco)Betonzuilen, gepenetreerde breuksteen en gekantelde Haringman	0	0	+	0	0	+	
Alternatief 2 (Eco)Betonzuilen, gepenetreerde breuksteen en gekantelde Haringman, nieuwe teen dp 321	0	0	+	+	0	+	X
Alternatief 3 Betonzuilen, gepenetreerde breuksteen en gekantelde Haringman, nieuwe teen dp 321	0	0	0	+	+	0	

Legenda: goed + neutraal 0 slecht -

Onderhoudsstrook

Op de berm, die wordt verhoogd tot NAP + 6,50 m, wordt een nieuwe onderhoudsstrook aangelegd. De toplaag van deze strook wordt uitgevoerd in grindasfaltbeton of dicht asfaltbeton.

Ten behoeve van de landschappelijke inpassing moet op de onderhoudsstrook een lichtgrijze slijtlaag worden aangebracht.

6. DIMENSIONERING

In dit hoofdstuk wordt het voorkeursalternatief van het ontwerp, alternatief 2 uit figuur 4, in detail uitgewerkt. De uitgewerkte dwarsprofielen zijn weergegeven in de figuren 6 t/m 12. De dimensionering wordt beschreven per constructieonderdeel, van de kreukelberm tot en met het bovenbeloop. Voor achtergrondinformatie wordt verwezen naar de Handleiding Ontwerpen [16].

6.1 Kreukelberm en teenconstructie

Langs het gehele dijktraject waar de teenconstructie moet worden vernieuwd, moet een nieuwe kreukelberm worden aangelegd. De kreukelberm bestaat uit een toplaag van breuksteen, met daaronder een geokunststof met een 'nonwoven'. De teenconstructie wordt vernieuwd op die plaatsen waar tot aan de teen een nieuwe bekleding van gezette steen moet worden aangebracht.

Over 1200m moet de teenconstructie niet worden vernieuwd omdat het onderste deel van de ondertafel goed is. Op dat traject zal de bestaande kreukelberm overlaagd worden met vrijkomende Doornikse bloksteen en met de eveneens in het werk vrijkomende graniet en gepenetreerde basalt. Door het waterschap wordt deze kreukelberm in het kader van het onderhoud zonodig afgestort met breuksteen.

6.1.1 Toplaag

De sortering van de toplaag werd tot januari 2003 bepaald aan de hand van de significante golfhogte bij NAP + 6 m, die hier varieert tussen 1,8 m en 2,1 m. Uitgaande van de Handleiding Ontwerpen uit 2002 [16], zou langs dijkvak 45b minimaal een sortering van 60-300 kg moeten worden toegepast, en langs 45a en 45c minimaal 40-200 kg.

Uitgaande van de nieuwe rekenregels voor de kreukelberm, die opgenomen zullen worden in het Technisch Rapport Steenzettingen (TAW) [18], moet langs 45b minimaal een sortering van 40-200 kg worden toegepast, en langs 45a en 45c minimaal 10-60 kg. Aangezien de dijkvakken 45a en 45b direct langs de geul liggen, wordt hier gekozen voor een sortering van 40-200 kg. Ter plaatse van de Kapellebank, tussen dp 290 en dp 298, voldoet een kreukelberm van 10-60 kg (flauw voorland voldoet aan de breedte-eis). De sorteringen 10-60 kg en 40-200 kg moeten in minimale laagdiktes van respectievelijk 0,5 m en 0,7 m worden aangebracht.

Ter bescherming van het onderliggende geokunststof, tijdens het storten van de toplaag, wordt geadviseerd onder de toplaag van 40-200 kg een circa 0,20 m dikke laag van lichter materiaal toe te passen, bijvoorbeeld van vrijkomende natuursteen.

6.1.2 Geokunststof

Onder de toplaag wordt een geokunststof aangebracht, in het vervolg aangeduid met 'type 2', die hetzelfde is als het geokunststof onder de onderhoudsstrook. 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 ≥ 15 mm/s
poriegrootte O_{90}	< 350 μ 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 breuksteen. Het geokunststof moet aansluiten op de buitenkant van de teenconstructie.

6.1.3 Teenconstructie

De teenconstructie wordt vernieuwd tussen dp 290 en dp 299 (+50m) en tussen dp 320 (+50m) en dp 323. De bovenkant van de nieuwe teenconstructie komt ongeveer op het niveau van de huidige stortstenen berm te liggen. De 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 m²). 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.

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 kg/m³. 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

Dijkvak / locatie	Helling ondertafel / boventafel	Type betonzuil onder NAP + 3 m [m] / [kg/m ³]	Type betonzuil boven NAP + 3 m [m] / [kg/m ³]
45c dp 290 - dp 296	3,6 / 3,6	0,35 / 2300 0,30 / 2500 0,25 / 2700	0,40 / 2300 0,35 / 2500 0,30 / 2700
45b dp 296 – dp 299 (+25m)	3,4 / 3,6	0,40 / 2300 0,35 / 2500 0,30 / 2700	0,45 / 2300 0,40 / 2400 0,35 / 2600 0,30 / 2800
45b dp 299 (+25m) - dp 308	3,1 (3,3) ¹⁾ / 3,2	0,45 / 2300 (45 / 2300) 0,40 / 2400 (35 / 2500) 0,35 / 2600 (30 / 2800) 0,30 / 2900	0,47 / 2300 0,45 / 2400 0,40 / 2500 0,35 / 2700
45b dp 308 – dp 309 (+40m)	3,3 / 3,3	0,45 / 2300 0,35 / 2500 0,30 / 2800	0,45 / 2300 0,40 / 2500 0,35 / 2700
45b dp 309 (+40m) - dp 313 (+10m)	3,6 / 3,6	0,40 / 2300 0,35 / 2400 0,30 / 2600	0,45 / 2300 0,40 / 2400 0,35 / 2600 0,30 / 2800
45b dp 313 (+10m) - dp 317 (+50m)	3,4 / 3,4	0,40 / 2300 0,35 / 2500 0,30 / 2700	0,45 / 2300 0,40 / 2500 0,35 / 2700 0,30 / 2900
45a dp 317 (+50m) - dp 323	3,4 / 3,4	0,35 / 2300 0,30 / 2500 0,25 / 2700	0,40 / 2300 0,35 / 2400 0,30 / 2600 0,25 / 2900

¹⁾ 1:3,1 tot dp 299 (+50m), 1:3,3 vanaf dp 307 (+80m). Dit betreft de hellingen die aansluiten op de te handhaven gepenetreerde basalt.

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 uitvulling 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 ³]	Type betonzuil boven NAP + 3 m [m] / [kg/m ³]
Dp 290 - dp 296	0,40 / 2300 ¹⁾	
dp 296 - dp 299 (+25m)	0,45 / 2300	0,45 / 2300 ¹⁾
dp 299 (+25m) - dp 308		0,47 / 2300 ¹⁾
dp 308 - dp 309 (+40m)		0,45 / 2300 ¹⁾
dp 309 (+40m) - dp 313(+10m)	0,40 / 2300	0,40 / 2300
dp 313 (+10m) - dp 317(+50m)		
dp 317 (+50m) - dp 323		

¹⁾ betonzuilen met eco-toplaag.

Een gedeelte van de betonzuilen moet zijn voorzien van een eco-toplaag, met een minimale dikte van 0,03 m.

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. Meer informatie over de uitgevoerde stabiliteitsberekeningen is opgenomen in bijlage 2.

6.2.2 Uitvullaag

De granulaire uitvullaag onder de toplaag is voornamelijk van belang voor de uitvoering. Gelet op stabiliteit en uitvoering, moet het materiaal in deze uitvullaag zo fijn mogelijk zijn. Het materiaal mag echter niet zo fijn zijn dat het tussen de elementen van de toplaag door kan wegspoelen. De fijnste sortering die uit dat oogpunt voor betonzuilen mogelijk is, bedraagt 16/32 mm. De sortering 16/32 mm dient in het bestek te worden voorgeschreven. In de ontwerpberekeningen wordt uitgegaan van een bijbehorende D₁₅ van 20 mm. Dit is een conservatieve benadering. De werkelijke waarde van de D₁₅ is circa 17 mm. Bij de plaatsing van gekantelde blokken wordt een sortering van 4/20 mm toegepast, met een D₁₅ van circa 5 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.

6.2.3 Geokunststof

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

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

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 onderhoudstrook.

6.2.4 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 [16].

Uitgaande van de Handleiding Ontwerpen [16] bedraagt in het gekozen ontwerp de vereiste minimale dikte van de kleilaag onder de betonzuilen 0,80 m tot 1,10 m en onder de gekantelde blokken 0,80 (zie tabel 6.5).

Tabel 6.5 Minimale kleilaagdiktes

Dijkvak	Minimale kleilaagdikte	Minimale kleilaagdikte
	ondertafel	boventafel
	[m]	[m]
dp 290 - dp 296	0,80	0,99
dp 296 - dp 299 (+25m)	0,82	0,94
dp 299 (+25m) - dp 308	0,95	1,12
dp 308 - dp 309 (+40m)	0,83	1,09
dp 309 (+40m) - dp 313(+10m)	0,80	0,94
dp 313 (+10m) - dp 317(+50m)	0,82	1,04
dp 317 (+50m) - dp 323	0,80	0,80

Aangezien in de huidige situatie een laag van circa 0,8 m tot 1,4 m klei aanwezig is, moet de kleilaag alleen plaatselijk worden aangevuld (verwijderen kleilaag, ontgraven zandpakket, aanbrengen nieuwe kleilaag).

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

De ondertafel tussen dp 299 (+50m) - dp 307 (+80m) wordt overlaagd tot op de goedgekeurde gepenetreerde basalt. Bij dp 309 wordt het kleine vlak met Petiet graniet overlaagd. Beide overlagingen bestaan uit breuksteen 10-60 kg, met een laagdikte van 0,50 m, vol-en-zat gepenetreerd met asfalt en afgestrooid met lavasteen. Het alternatief met 'schone' koppen wordt hier niet toegepast, omdat de uitvoering hiervan minder eenvoudig is en de benodigde hoeveelheid steen groter. Bovendien is deze constructie hier, vanuit het landschappelijke oogpunt gezien, minder aantrekkelijk.

Uit de resultaten van de infiltratieproef is geconcludeerd dat de gepenetreerde basalt niet zal bezwijken door de druk van geïnfilterd water tegen de onderzijde van de bekleding. Lokaal neemt de totale hoogte van de gepenetreerde bekleding toe door het aanbrengen van de gepenetreerde overlaging, met als gevolg dat de waterdruk tegen de onderzijde van de bekleding hoger kan oplopen. Bezwijken door wateroverdruk wordt voorkomen door aan de bovenzijde van de gepenetreerde basalt een waterslot aan te brengen.

Op de plaats van het waterslot wordt de bestaande bekleding tot aan de onderliggende kleilaag verwijderd. Vervolgens wordt vanaf de klei tot aan de onderzijde van de gepenetreerde basalt een pakket fosforslakken aangebracht (hydraulisch bindend). Hierop wordt de gepenetreerde basalt aangebracht. Ook bij dp 309 wordt aan de bovenzijde van de overlaging een waterslot aangebracht.

6.4 Overgangsconstructies

Bij de horizontale overgangen van gehandhaafde basaltzuilen en Doornikse steen naar de nieuwe betonzuilen moet een overgangsconstructie worden aangebracht. De betonzuilen kunnen zonder horizontale overgangsconstructie tegen de gekantelde Haringmanblokken worden geplaatst.

Bij de verticale overgangen moeten de betonzuilen zo goed mogelijk aansluiten tegen de basaltzuilen, de Doornikse steen, de gekantelde blokken en de bekledingen van de aangrenzende dijktrajecten. Te grote kieren moeten worden gepenetreerd.

De berm van het dijktraject van deze nota komt ongeveer 0,50 m hoger te liggen dan de berm van de aangrenzende trajecten.

6.5 Overgang tussen boventafel en berm

De overgang tussen de boventafel en de berm wordt uitgevoerd door de betonzuilen aan te brengen met een afronding, waarvan de kromtestraal (R) 10 m bedraagt. De betonzuilen worden over een lengte van 1 m op de berm doorgezet. Met betrekking tot de uitvullaag en de geokunststof wordt aangesloten bij de constructie volgens paragraaf 6.2.

6.6 Berm

De berm moet worden opgehoogd tot aan het ontwerppeil, dat wil zeggen tot aan NAP + 6,5 m.

Aansluitend op de in paragraaf 6.5 beschreven bekleding van betonzuilen wordt op de berm een nieuwe onderhoudsstrook aangebracht, met een breedte van 3,0 m. Voor het ontwerp van de nieuwe strook is in eerste instantie het verkeer in de uitvoeringsfase maatgevend.

Tijdens de uitvoering bestaat de strook uit een 0,4 m dikke laag fosforslakken, van de sortering 0/40 mm, op een geokunststof volgens type 2. De eigenschappen van dit standaardweefsel zijn vermeld in tabel 6.1.

De strook van fosforslakken wordt na de uitvoering niet verwijderd, maar afgewerkt tot een definitieve onderhoudsstrook. De toplaag van de definitieve strook wordt uitgevoerd in grindasfaltbeton of dicht asfaltbeton, en voorzien van een lichtgrijze slijtlaag.

Gegeven een verdichte fundering van fosforslakken, stelt het toekomstige gebruik van de onderhoudsstrook geen aanvullende sterkte-eisen.

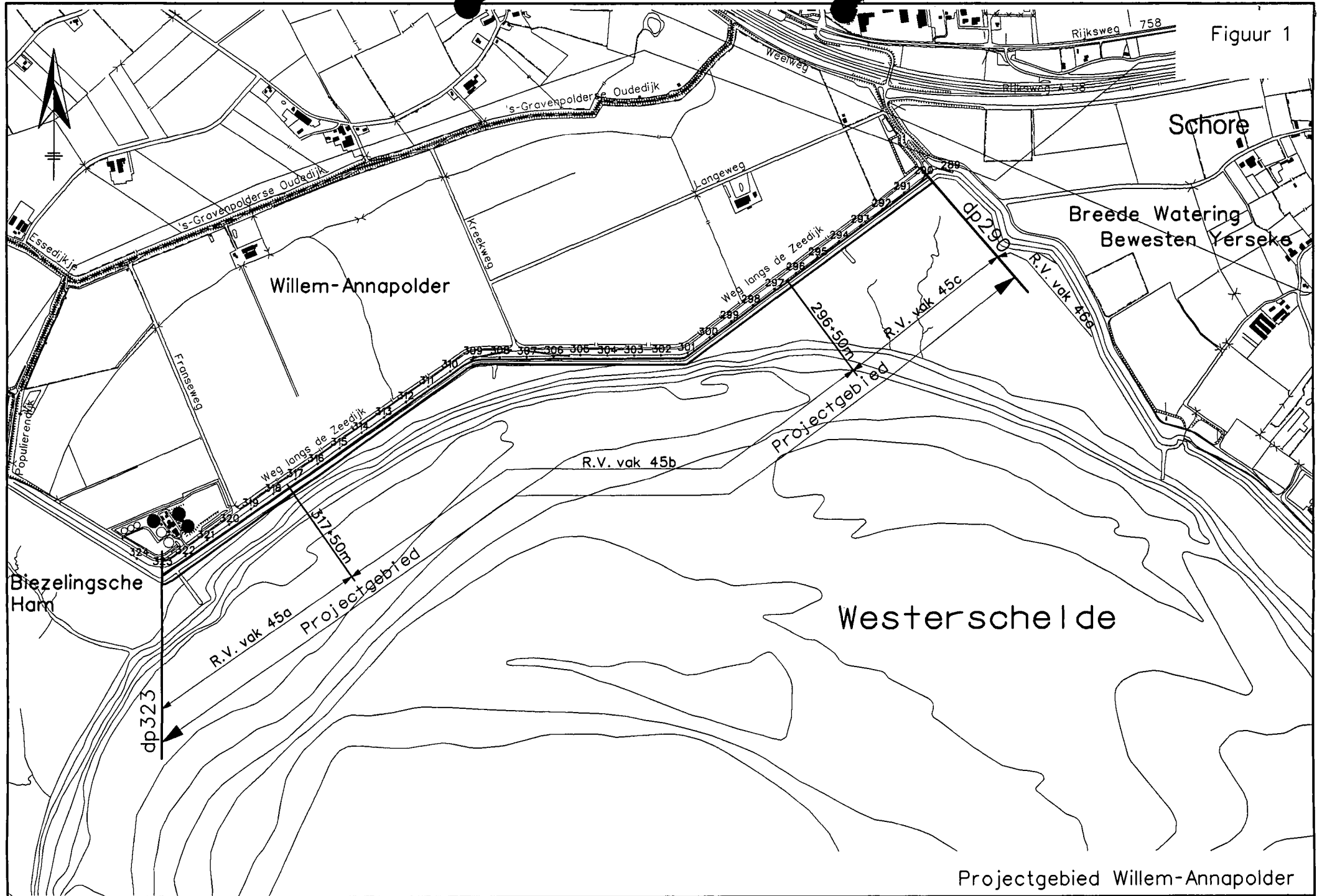
Uitgaande van broedende plevieren is het gewenst de onderhoudsstrook ter hoogte van de Kapellebank in het broedseizoen af te sluiten voor recreatie. Dit moet worden overlegd met het waterschap, die de buitenzijde van de dijk toegankelijk wil houden voor recreatie.

7. AANDACHTSPUNTEN VOOR BESTEK EN UITVOERING

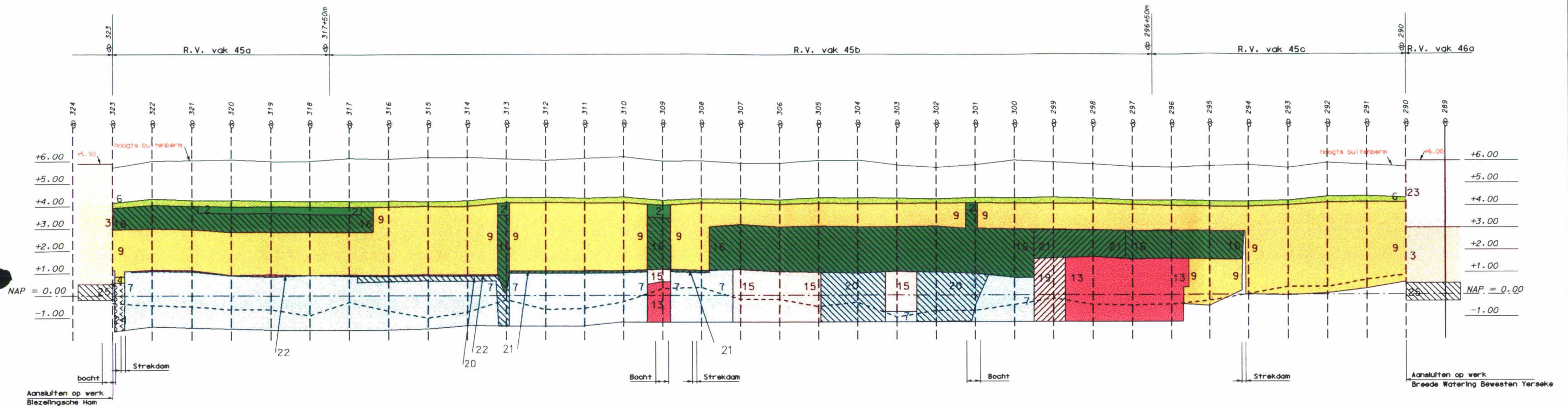
- De overlagingen van de ondertafel tussen dp 299 (+50m) - dp 307 (+80m) en bij dp 309 moet worden afgestrooid met lavasteen.
 Voorafgaande aan het aanbrengen van de overlaging moet de onderliggende laag worden schoongemaakt. Er mogen geen algen, en geen zand- en slibresten aanwezig zijn. Er moet rekening 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.
 Het waterslot aan de bovenzijde van de bekledingen moet zo aansluiten op de onderliggende kleilaag dat geen water van bovenaf onder de bekleding kan komen. Bij de aansluiting van de overlaging op de kreukelberm moet de dikte van de overlaging worden vergroot, zodat de bovenzijde van de overlaging samenvalt met de bovenzijde van de kreukelberm (geen vrijliggende stenen).
- Bij het werken aan de overlagingen op de ondertafel moet de kwaliteit van de te handhaven basaltbekledingen worden gewaarborgd.
- De betonzuilen op de boventafel tussen dp 290 en dp 317 (+50m) moeten zijn voorzien van een eco-toplaag, met een minimale dikte van 0,03 m. Op de ondertafel boven de gekantelde blokken moeten dezelfde betonzuilen, met eco-toplaag, worden toegepast als op de daarboven liggende boventafel. Bij een eco-toplaag van 0,03 m is de hoogte van de betonzuilen op de boventafel tussen dp 299 (+25m) en dp 308 gelijk aan de maximale zuilhoogte van 0,50 m (hoogte is 0,47 m zonder eco-toplaag).
- Bij de overgang van gekantelde Haringmanblokken naar betonzuilen moet de uitvullaag overgaan van 4/20 mm naar 16/32 mm. Deze overgang in de uitvullaag verdient extra aandacht. Aangezien de gekantelde blokken hoger zijn dan de zuilen, kunnen de verschillende uitvullagen onder de zuilen, over een korte afstand, overlappen, waarbij de uitvullaag van 16/32 mm boven moet liggen, om uitspoeling te voorkomen.
- Rekening houdend met de komst van broedende plevieren wordt de boventafel niet afgestrooid met grond.
- Ten behoeve van een infiltratieproef is bij dp 305 aan de bovenzijde van de gepenetreerde basalt een sleuf aangebracht, die na de proef is afgedicht.
- Ter plaatse van ongeveer dp 323 bevindt zich een rioleringsbuis in de dijk, die onder de strekdam doorloopt en bij de kop van de strekdam in de Westerschelde uitmondt. Omdat deze buis niet meer in gebruik is, moet het deel van de buis dat zich tussen de kruin en de teen van de dijk bevindt met schuimbeton worden gevuld.
- De nieuwe bekledingen worden achter de strekdammen doorgezet.

FIGUREN

- Figuur 1 Projectgebied
- Figuur 2 Gloomingskaart bestaande situatie
- Figuur 3 Gloomingskaart eindbeoordeling toetsing
- Figuur 4 Gloomingskaart ontwerpalternatieven
- Figuur 5 Gloomingskaart ontwerp
- Figuur 6 Dwarsprofiel 1, dp 295, bestaande en nieuwe situatie
- Figuur 7 Dwarsprofiel 2, dp 299, bestaande en nieuwe situatie
- Figuur 8 Dwarsprofiel 3, dp 306, bestaande en nieuwe situatie
- Figuur 9 Dwarsprofiel 4, dp 309, bestaande en nieuwe situatie
- Figuur 10 Dwarsprofiel 5, dp 313, bestaande en nieuwe situatie
- Figuur 11 Dwarsprofiel 6, dp 318, bestaande en nieuwe situatie
- Figuur 12 Dwarsprofiel 7, dp 323, bestaande en nieuwe situatie



Projectgebied Willem-Annapolder

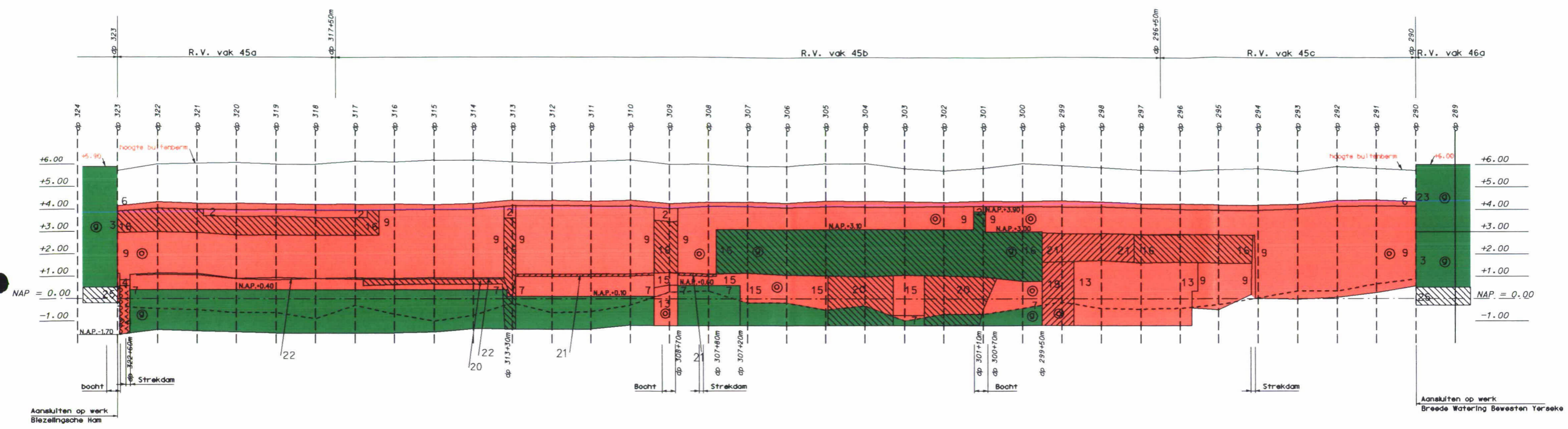


Figuur 2

huidige situatie
legenda

- 1 asfalt
- 2 basalt
- 3 basalt
- 4 betonblokken
- 5 diaboolglaaiing
- 6 doorgroei stenen
- 7 doornikse steen
- 8 pools graniet
- 9 haringmanblokken
- 10 hydroblokken
- 11 koper slakblokken
- 12 lessinische steen
- 13 petite graniet
- 14 vilvoordse steen
- 15 granietblokken
- 16 basalt+asfalt
- 17 basalt+asfalt
- 18 vilvoordse steen+beton
- 19 granietblokken+beton
- 20 doornikse steen+asfalt
- 21 basalt+beton
- 22 vilvoordse steen+asfalt
- 23 betonzuilen ECD
- 24 gebakken steen
- 25 kreukelberm
- Zand/siltlijn (voorland)

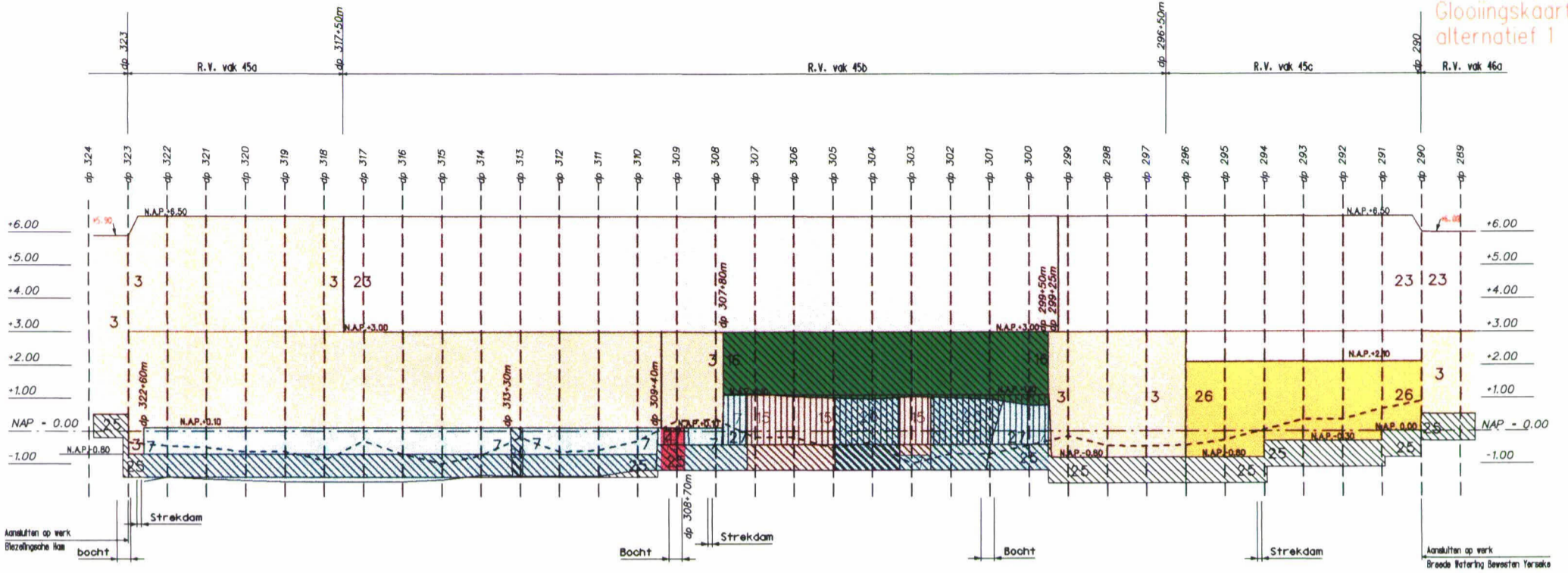




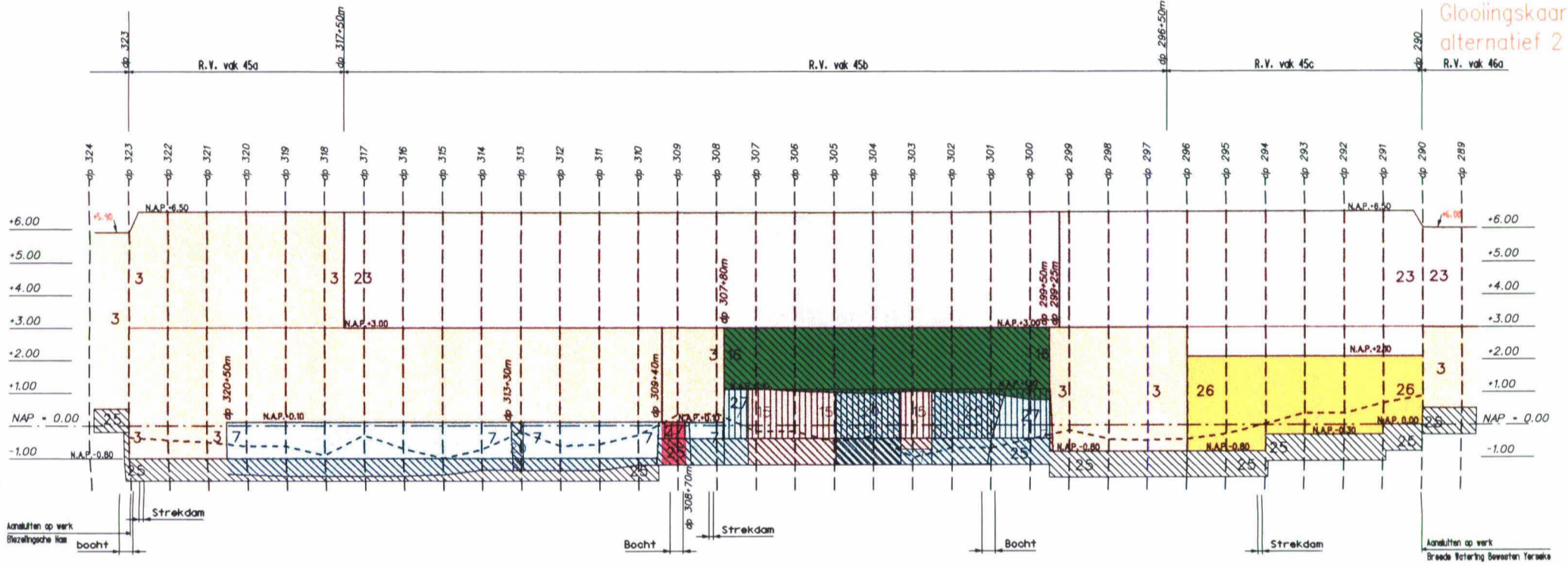
Figuur 3
eindbeoordeling
toetsing

- legenda
- ⊙ goed
 - ⊙ onvoldoende

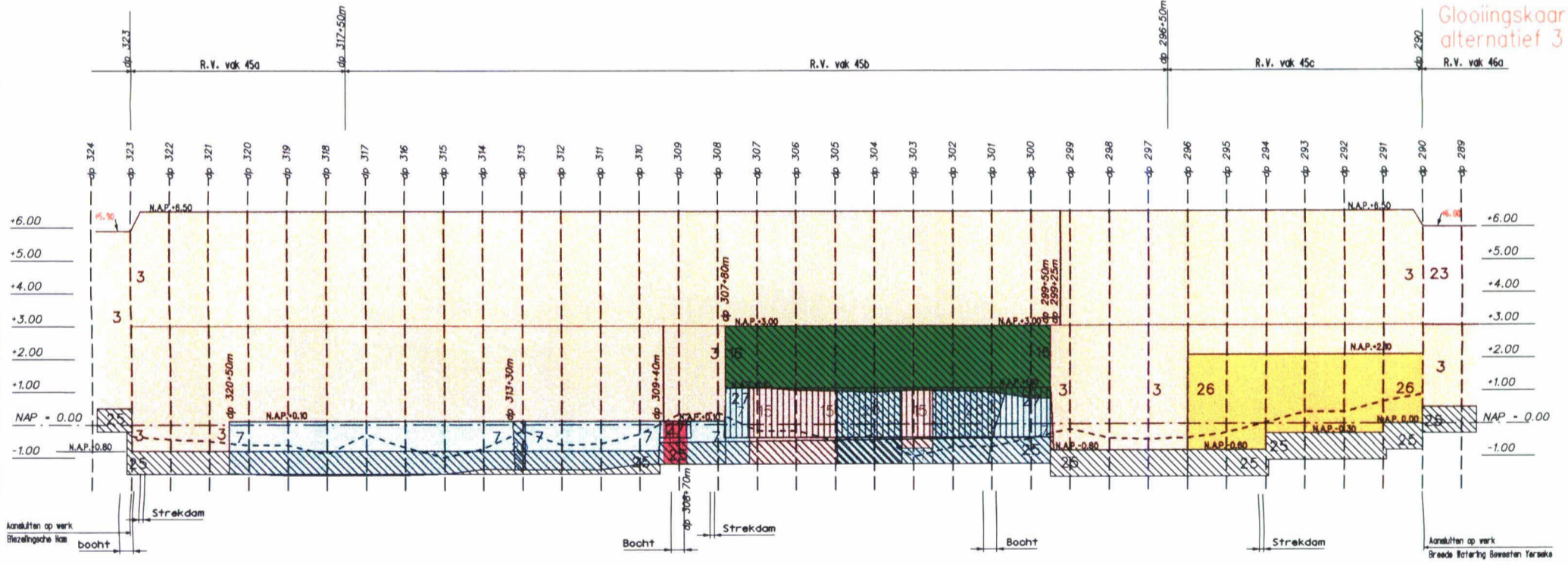
Glooiingskaart alternatief 1



Glooiingskaart alternatief 2



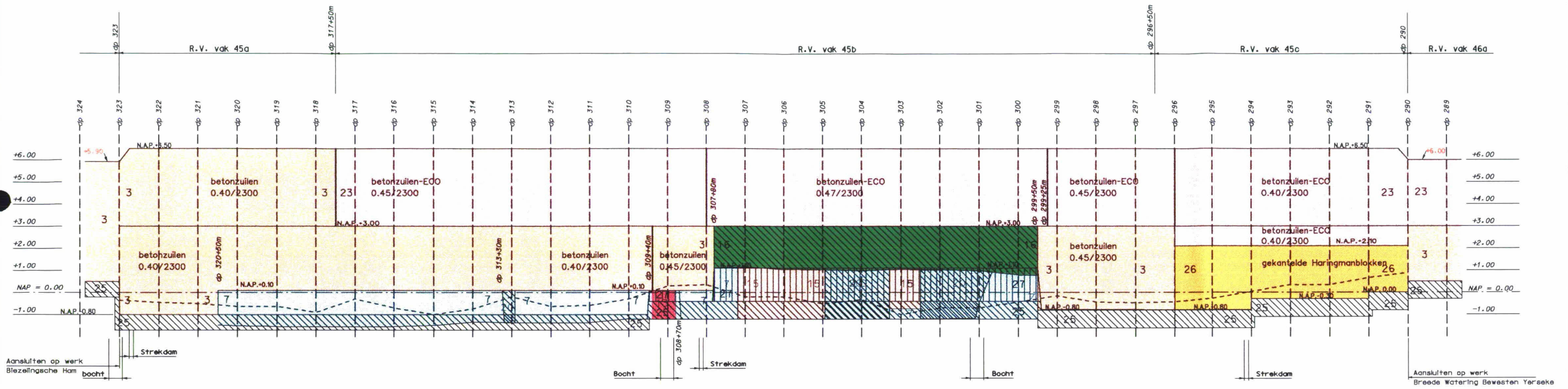
Glooiingskaart alternatief 3



legenda

- 1 asfalt
- 2 basalt
- 3 betonzuilen
- 4 betonblokken
- 5 diabaalglooiing
- 6 doorgroei-stenen
- 7 doornikse steen
- 8 pools graniet
- 9 haringmanblokken
- 10 hydrablokken
- 11 koperslabblokken
- 12 lessinische steen
- 13 petite graniet
- 14 vilvaardse steen
- 15 granietblokken
- 16 basalt+asfalt
- 17 basalt+asfalt
- 18 vilvaardse steen+beton
- 19 granietblokken+beton
- 20 doornikse steen+asfalt
- 21 basalt+beton
- 22 vilvaardse steen+asfalt
- 23 betonzuilen ECO
- 24 gebakken steen
- 25 kreukelbierm
- 26 gekantelede haringmanblokken
- 27 overlaging
- Zand/siltlijn (voorland)

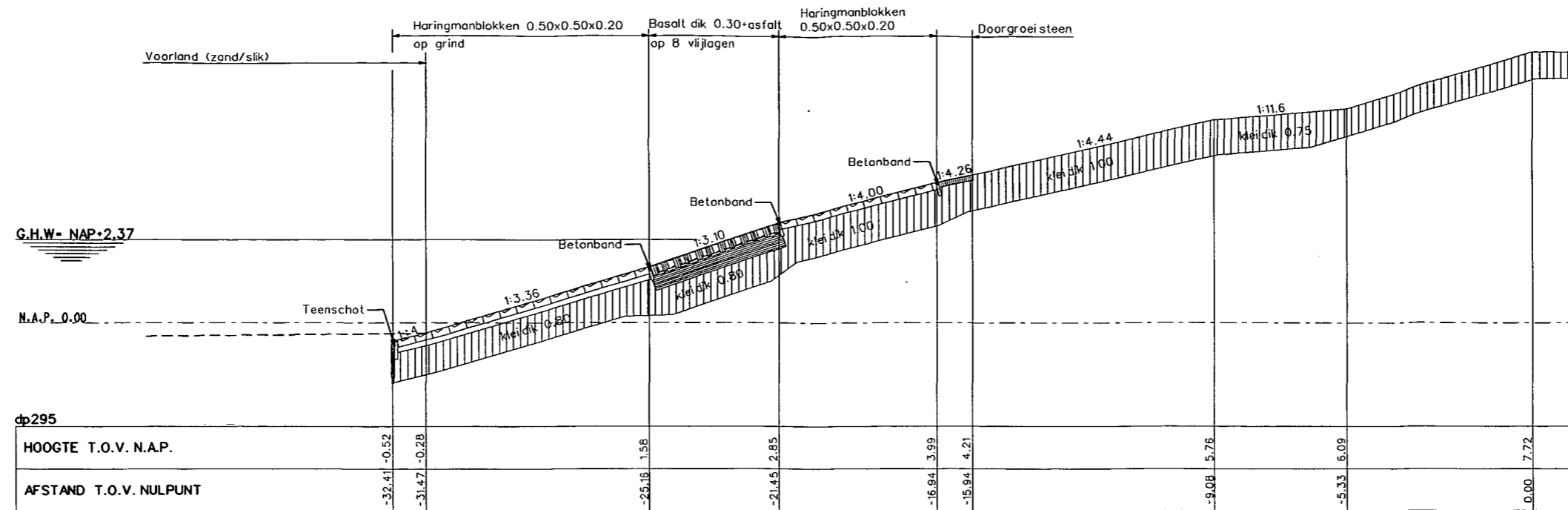




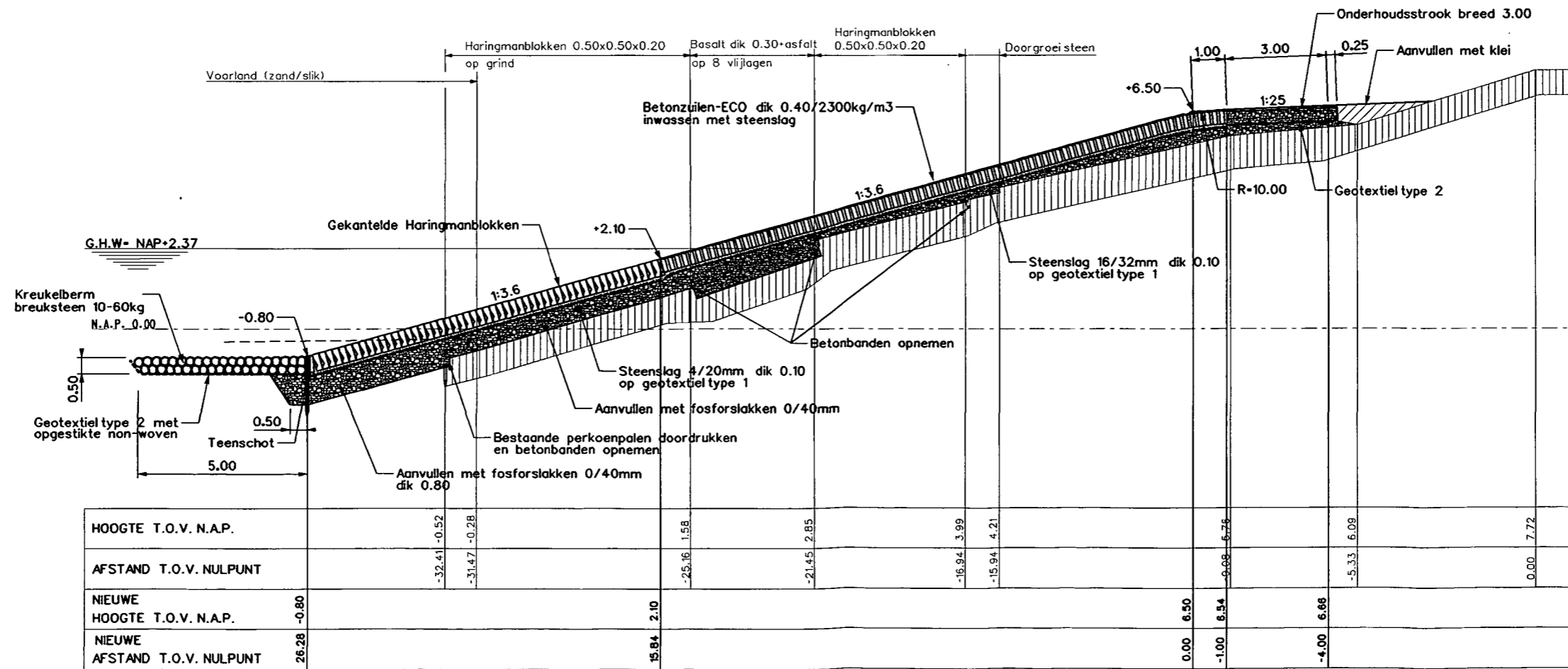
Figuur 5
glooiingskaart
ontwerp

Legenda

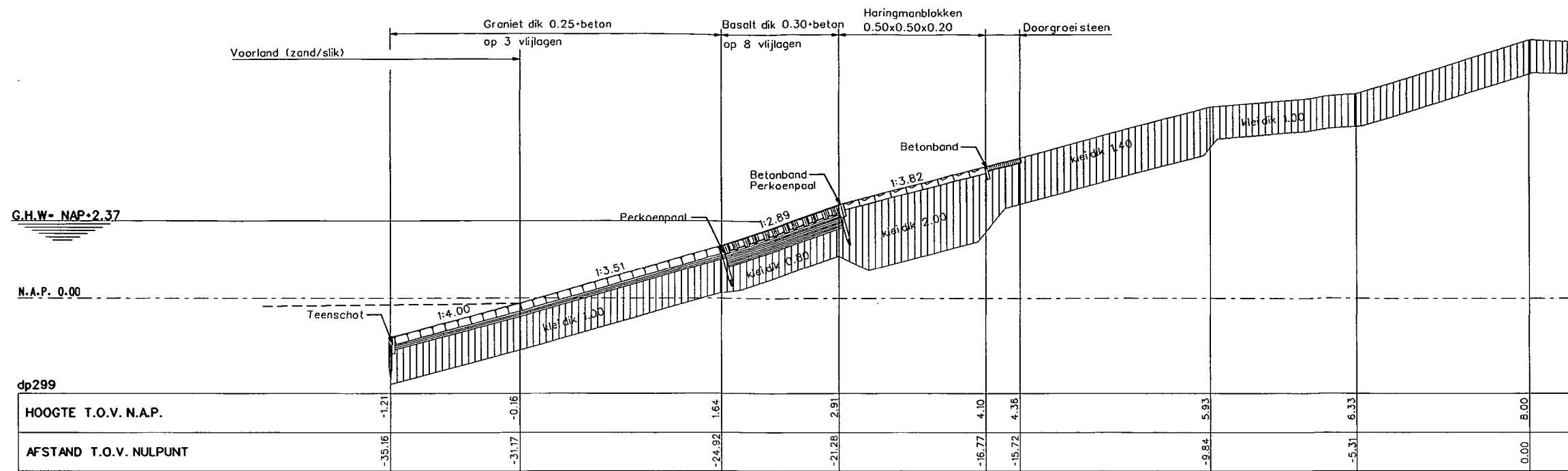
- 1 asfalt
- 2 basalt
- 3 betonzuilen
- 4 betonblokken
- 5 diaboolglooiing
- 6 doorgraaiesteen
- 7 doornikse steen
- 8 pools graniet
- 9 haringmanblokken
- 10 hydrablokken
- 11 koperslablokken
- 12 lessinische steen
- 13 petite graniet
- 14 vilvoordse steen
- 15 granietblokken
- 16 basalt+asfalt
- 17 basalton+asfalt
- 18 vilvoordse steen+beton
- 19 granietblokken+beton
- 20 doornikse steen+asfalt
- 21 basalt+beton
- 22 vilvoordse steen+asfalt
- 23 betonzuilen ECO
- 24 gebakken steen
- 25 kreukelberm
- 26 gekantele haringmanblokken
- 27 overlaging
- Zand/sliktlijn (voorland)



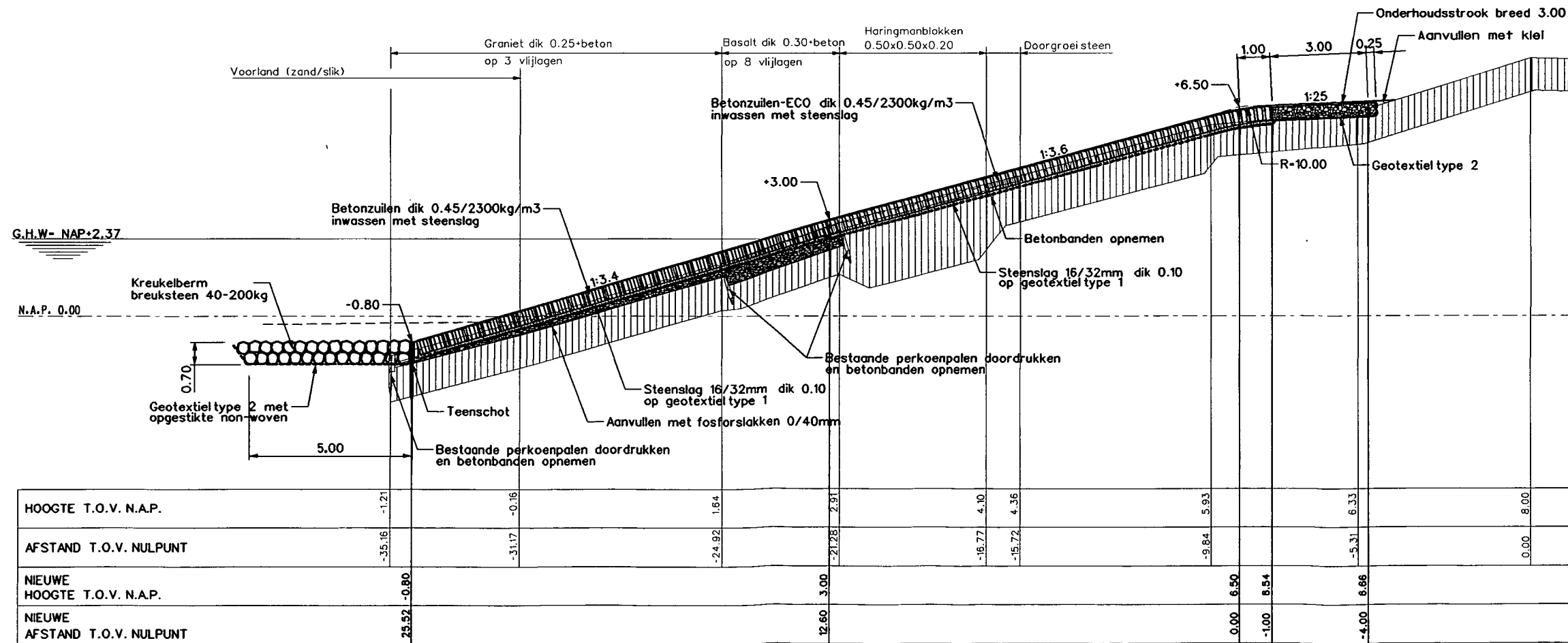
Dwarsprofiel 1 bestaand



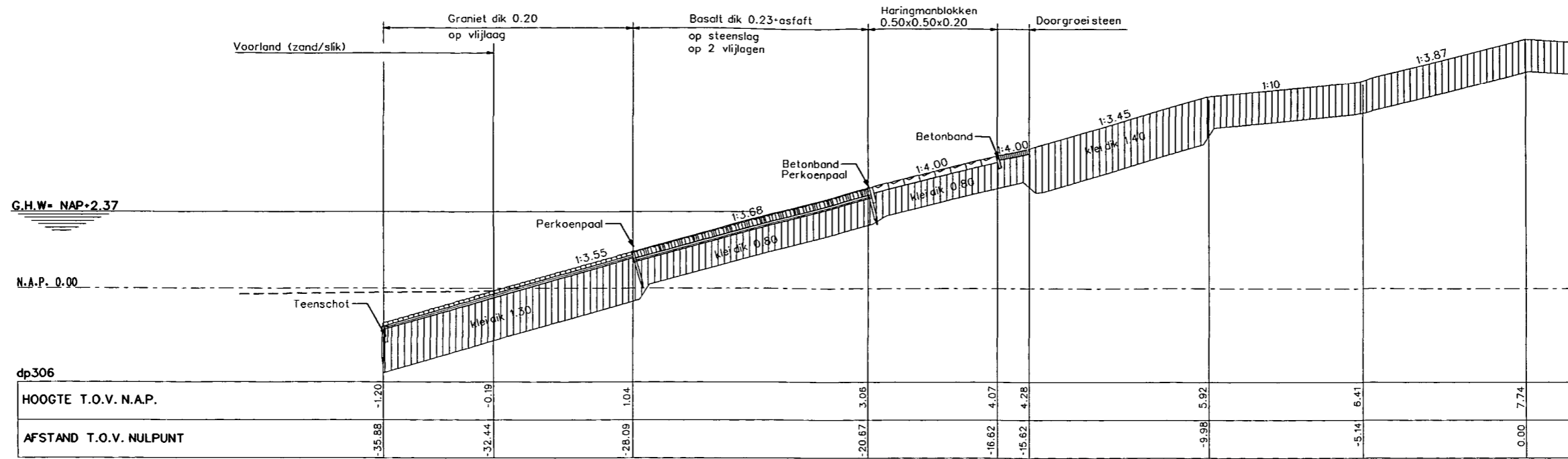
Dwarsprofiel 1 nieuw



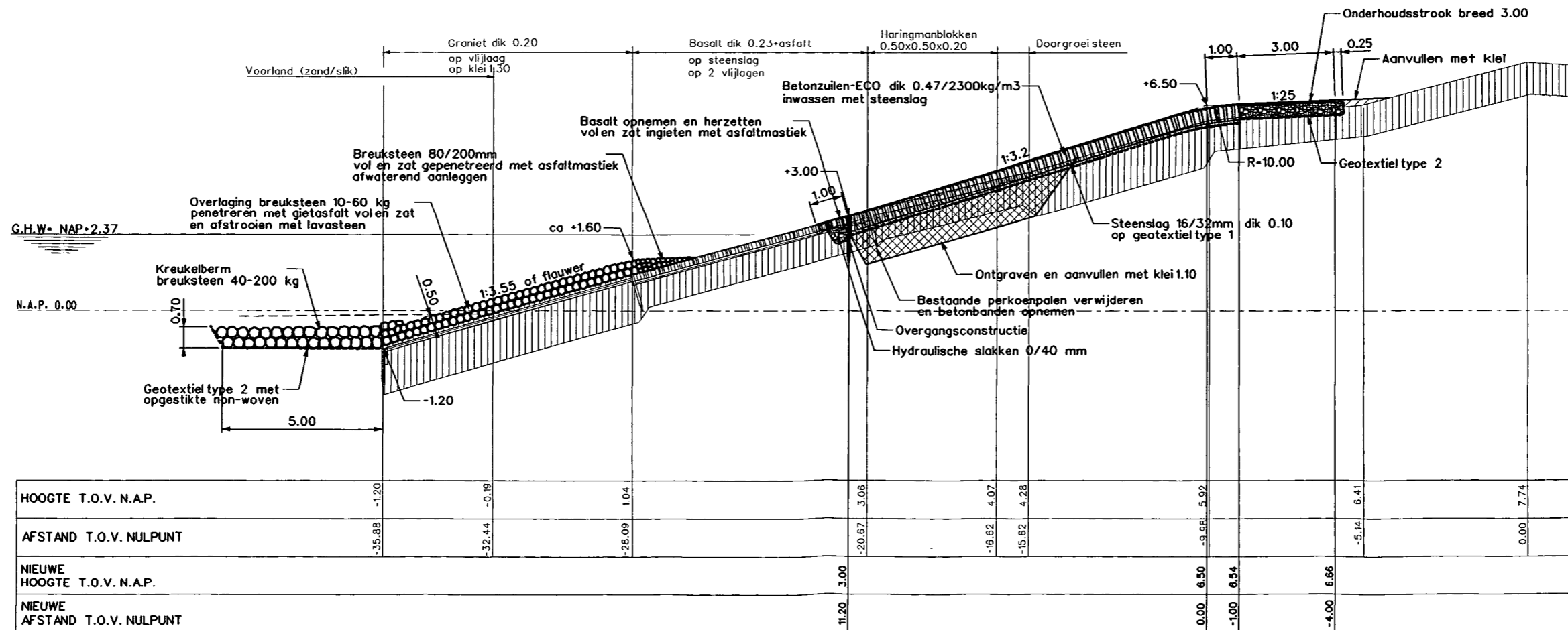
Dwarsprofiel 2 bestaand



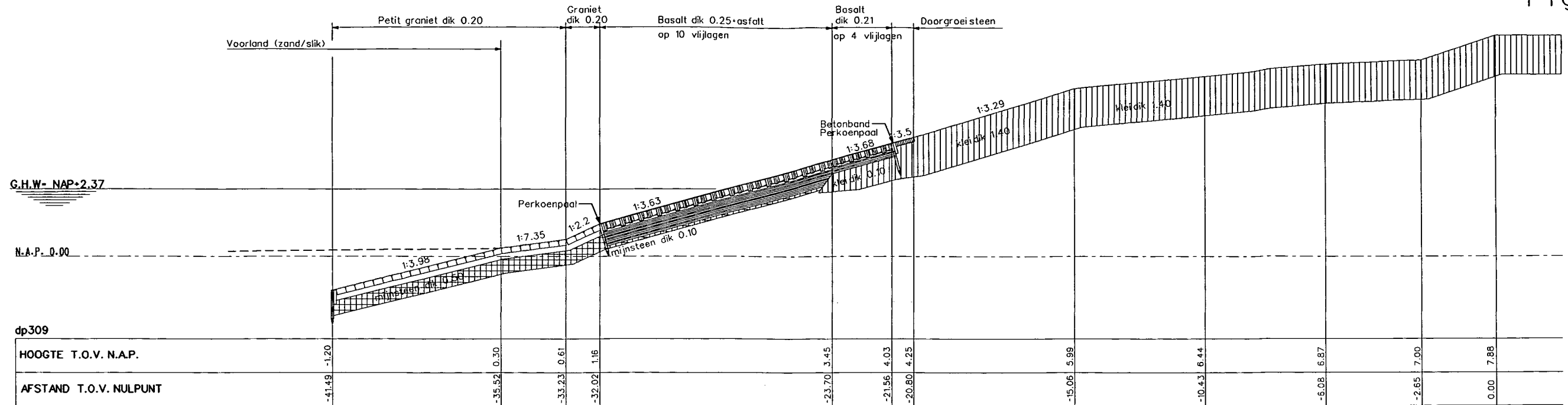
Dwarsprofiel 2 nieuw



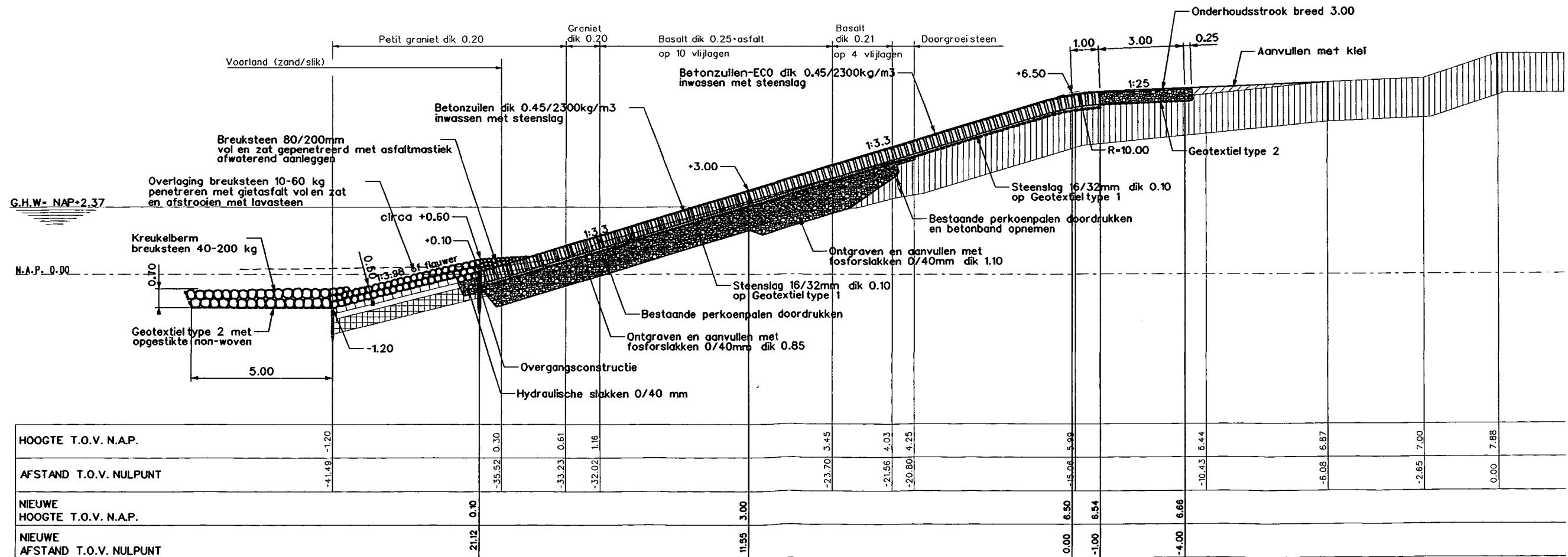
Dwarsprofiel 3 bestaand



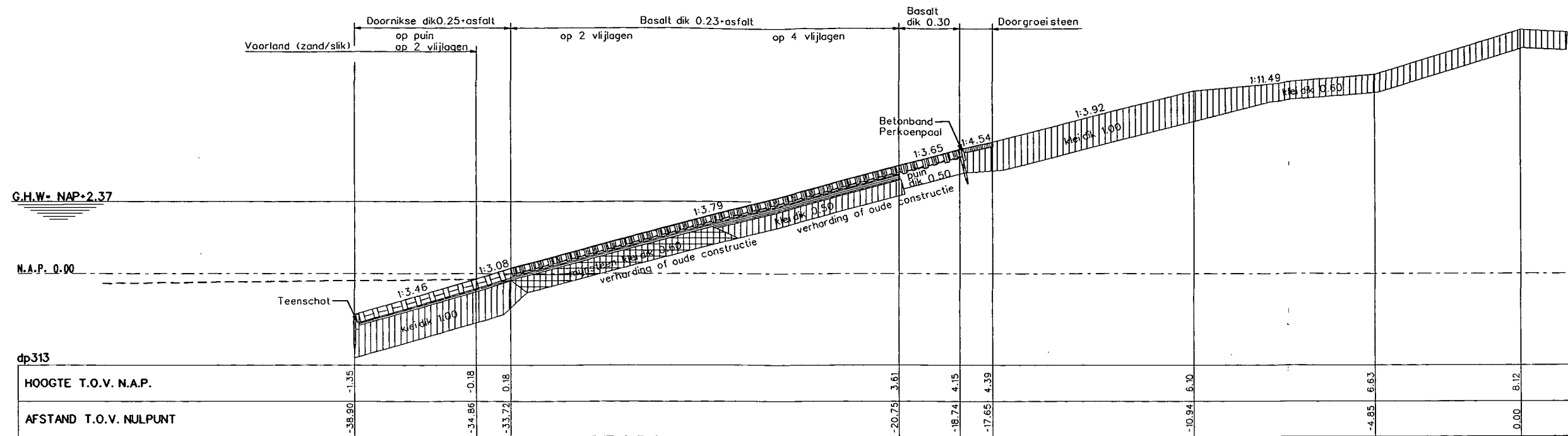
Dwarsprofiel 3 nieuw



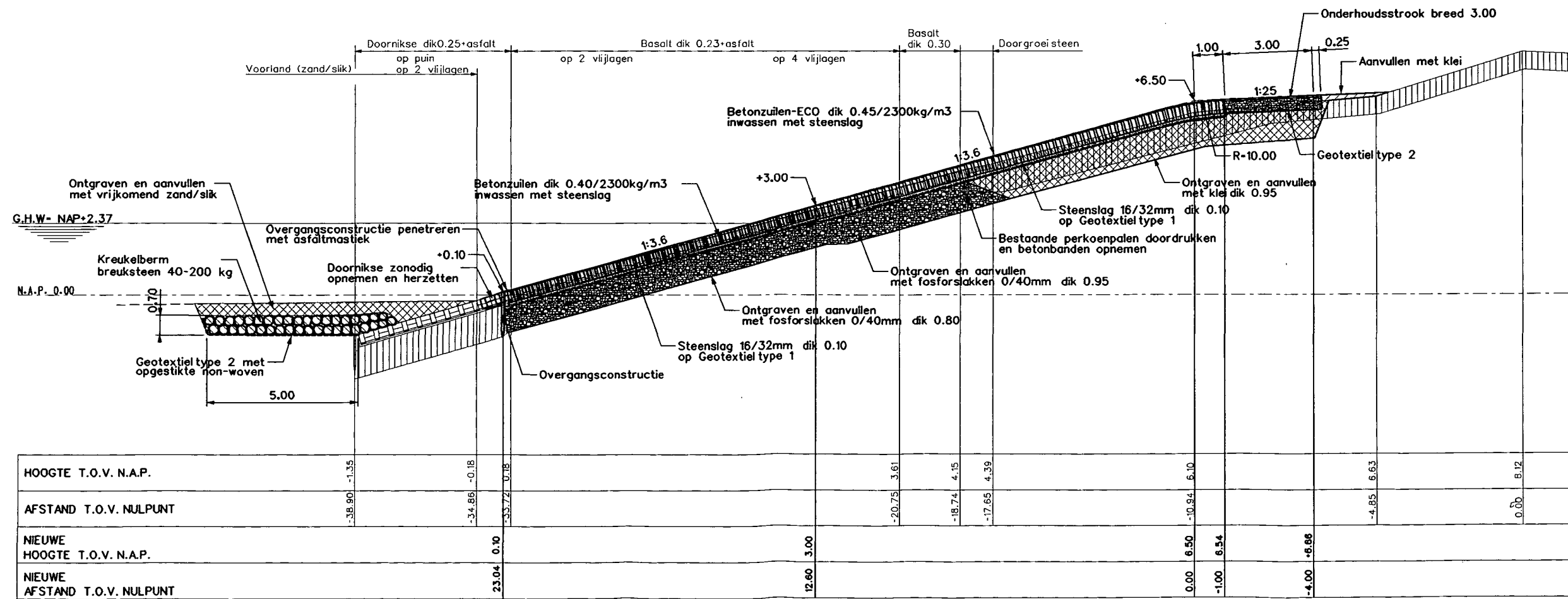
Dwarsprofiel 4 bestaand



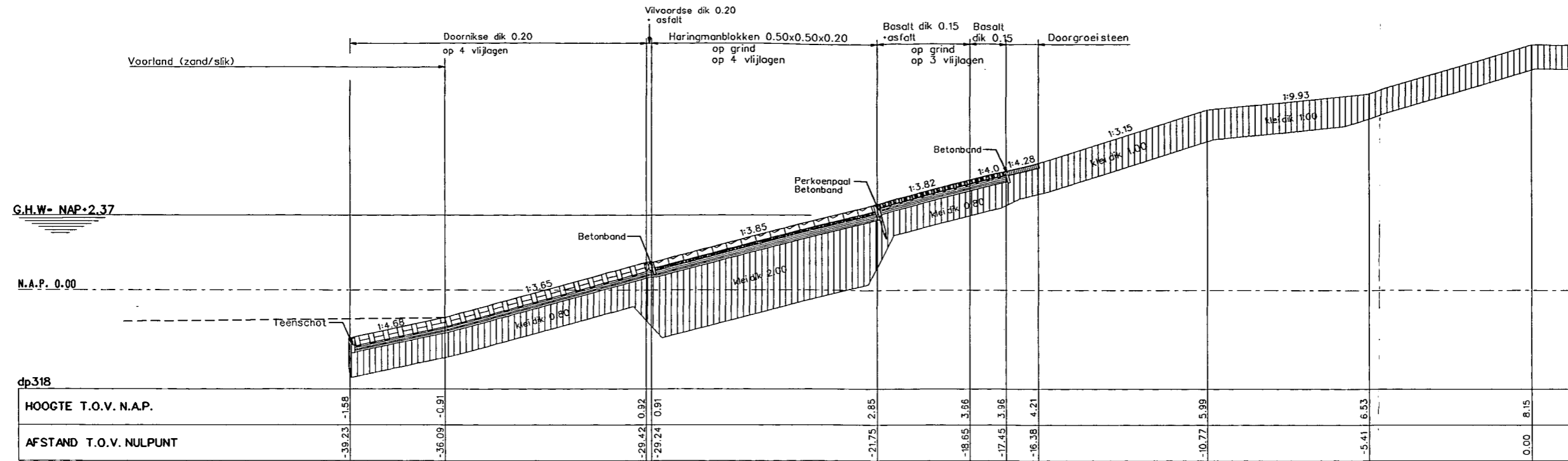
Dwarsprofiel 4 nieuw



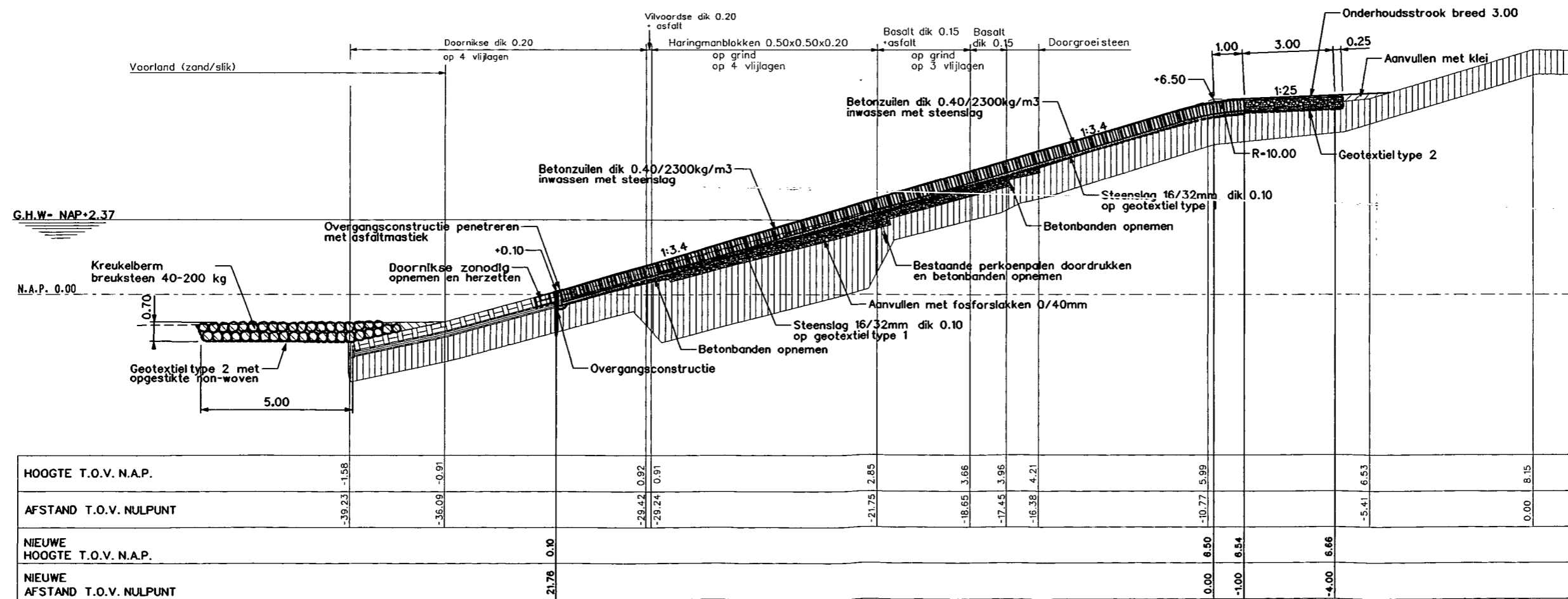
Dwarsprofiel 5 bestaand



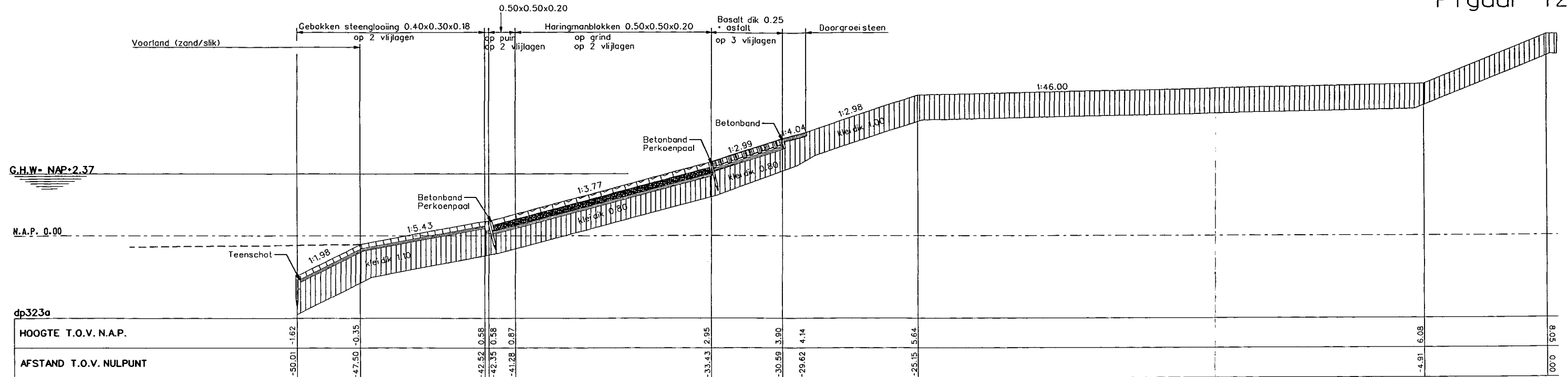
Dwarsprofiel 5 nieuw



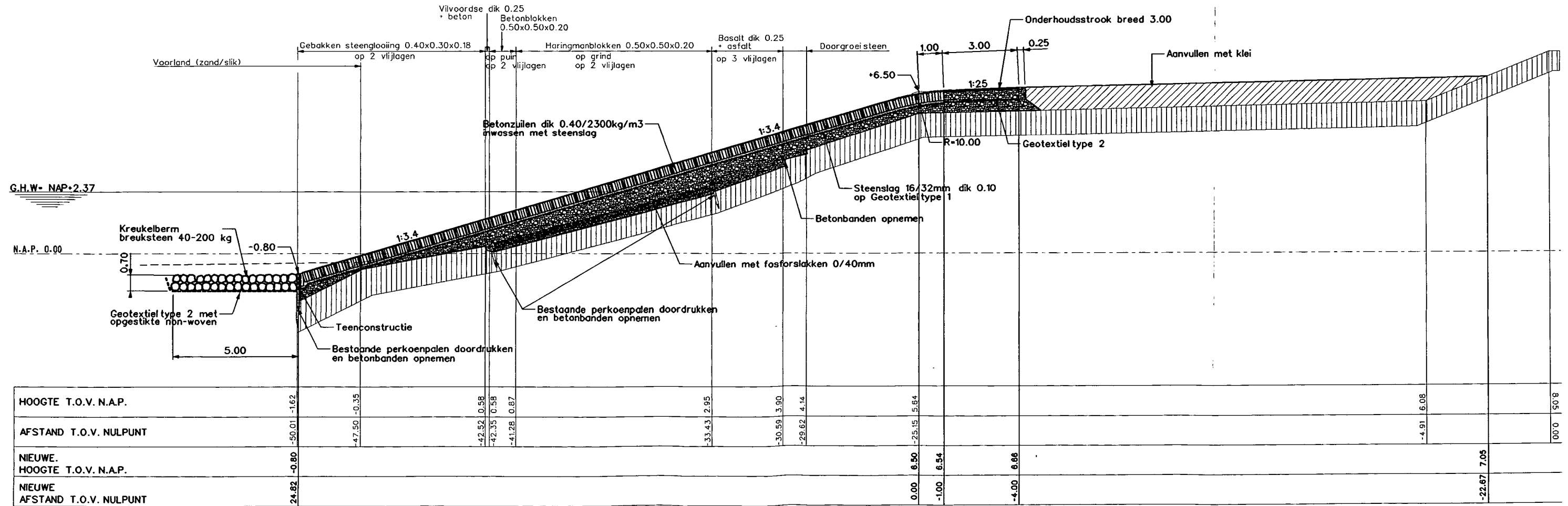
Dwarsprofiel 6 bestaand



Dwarsprofiel 6 nieuw



Dwarsprofiel 7 bestaand



Dwarsprofiel 7 nieuw

LITERATUUR

- 1 Algemene ontwerpnota van de dijkverbeteringen die in 2001 worden voorbereid
Dorst, C.J., Projectbureau Zeeweringen, Versie 2, Goes, 25-04-2001.
PZDT-R-01.095ontw
Wijzigingen in 'Algemene nota 2001'
Kortlever, W., Projectbureau Zeeweringen, Goes, 8-5-2002.
PZDT-N-02044ontw
- 2 Bijlagen bij 'Handleidingen Toetsen en Ontwerpen van dijkbekledingen'
Werkgroep Kennis, Versie 7, 18-03-2002.
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 Startnotitie Willem-Annapolder
Jacobse, S., Werkgroep Kennis, Projectbureau Zeeweringen, 5-8-2002.
k-02-08-33
- 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 Toetsing bekleding Willem-Annapolder
Waterschap Zeeuwse Eilanden, 8-9-1999.
- 11 Geavanceerde toetsing Willem-Annapolder
Waterloopkundig Laboratorium en Geodelft, november 2001.
Rapport CO-388710/111
- 12 Actualisatie toetsing Willem-Annapolder
Waterschap Zeeuwse Eilanden, concept 0.1, 31-1-2002.

- 13 Vrijgave toetsing Willem-Annapolder
Hengst, P., Projectbureau Zeeweringen, 19-6-2002.
PZDT-M-02202ontw
- 14 Infiltratieproef Willem-Annapolder
Meijers, P., Geodelft, november 2002.
CO-406350.0025.v1
- 15 Handboek voor dimensionering van gezette taludbekledingen, CUR 155
CUR Gouda, maart 1992.
- 16 Handleiding Ontwerpen Dijkbekledingen, Technische werkwijze van het Projectbureau
Zeeweringen
Werkgroep Kennis, Versie 7, 20-03-2002.
PZDT-R-02.066ken
- 17 Landschapsvisie Zeeweringen Westerschelde
Dienst Landelijk Gebied - Zeeland, juli 2001.
- 18 Technisch Rapport Steenzettingen; teenbestorting
TAW, concept.
Voor een onderbouwing wordt verwezen naar:
Teenbestorting bij een ondiep, flauw voorlaand
INFRAM, augustus 2002.

BIJLAGEN

Bijlage 1	Technische toepasbaarheid
Bijlage 1.1	Betonzuilen
Bijlage 1.2	Gekantelde betonblokken
Bijlage 2	Dimensionering
Bijlage 2.1	Betonzuilen
Bijlage 3	Detailadvies natuurwaarden
Bijlage 4	Detailadvies landschapsvisie

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 45b) is gecontroleerd of de zwaarste betonzuil stabiel is.

PARAMETER/	Dijkvak 45b
BEREKENING	Helling 1:3,1
Golven	
H _s [m]	2,15
T _p [s]	6,48
Talud	
cot(α) [-]	2,9
ft [-]	0,5
Constructietype	
Niet ingewassen zuilen	
Filter	
Geotextiel	
Basis	
ZUILEN	
Az [m ²]	0,090
Azo [%]	10
Dz [m]	0,50
sm [kg/m ³]	2813
G [-]	1,0
Filter	
b [m]	0,15
D ₁₅ [mm]	20
n [-]	0,35

EINDRESULTATEN

Stabiliteit	
toplaag	
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 Gekantelde betonblokken

De technische toepasbaarheid van de Haringmanblokken is beschreven in paragraaf 5.4.4. In deze bijlage is één van de uitgevoerde berekeningen gegeven.

PARAMETER/ BEREKENING	Dijkvak 45c Helling 1:3,6 Haringman 0,20 m
Golven	
H_s [m]	1,38
T_p [s]	5,33
Talud	
$\cot(\alpha)$ [-]	3,2
f_t [-]	0,5
Constructietype	
Niet ingewassen dichte blokken	
Filter	
Geotextiel	
Basis	
Blokken	
B [m]	0,20
L [m]	0,50
D [m]	0,48
s [mm]	1,0
ρ_m [kg/m ³]	2150
G [-]	1,0
Filter	
b [m]	0,15
D_{15} [mm]	5
n [-]	0,35

EINDRESULTATEN

Stabiliteit	
toplaag	
γ_s [m]	0,96
max. topniveau	NAP + 2,1 m
conclusie	De constructie is stabiel
ANAMOS	

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.

PARAMETER/ BEREKENING	Dijkvak 45c dp 290 - dp 296 boventafel helling 1:3,6	Dijkvak 45b dp 296 - dp 299 (+25m) boventafel helling 1:3,6
Golven		
H_s [m]	1,85	2,15
T_p [s]	6,60	6,48
Talud		
$\cot(\alpha)$ [-]	3,4	3,4
f_t [-]	0,5	0,5
Constructietype		
Niet ingewassen zuilen		
Filter		
Geotextiel		
Basis		
Zuilen		
A_z [m ²]	0,09	0,09
A_{z0} [%]	10	10
D_z [m]	0,40	0,45
s_m [kg/m ³]	2231	2231
G [-]	1,0	1,0
Filter		
b [m]	0,15	0,15
D_{15} [mm]	20	20
n [-]	0,35	0,35

EINDRESULTATEN

Stabiliteit		
toplaag		
Conclusie	De constructie is stabiel	De constructie is stabiel
ANAMOS		

PARAMETER/ BEREKENING	Dijkvak 45b dp 299 (+25m) - dp 308 ondertafel helling 1:3,1	Dijkvak 45b dp 299 (+25m) - dp 308 boventafel helling 1:3,2
Golven		
H _s [m]	1,94	2,15
T _p [s]	5,74	6,48
Talud		
cot(α) [-]	2,7	3,0
ft [-]	0,5	0,5
Constructietype		
Niet ingewassen zuilen		
Filter		
Geotextiel		
Basis		
Zuilen		
Az [m ²]	0,09	0,09
Azo [%]	10	10
Dz [m]	0,45	0,47
sm [kg/m ³]	2231	2231
G [-]	1,0	1,0
Filter		
b [m]	0,15	0,15
D ₁₅ [mm]	20	20
n [-]	0,35	0,35

EINDRESULTATEN

Stabiliteit		
toplaag		
Conclusie	De constructie is stabiel	De constructie is stabiel
ANAMOS		

PARAMETER/ BEREKENING	Dijkvak 45b dp 308 - dp 309 (+40m) ondertafel helling 1:3,3	Dijkvak 45b dp 308 - dp 309 (+40m) boventafel helling 1:3,3
Golven		
H_s [m]	1,93	2,15
T_p [s]	5,71	6,48
Talud		
$\cot(\alpha)$ [-]	2,9	3,1
ft [-]	0,5	0,5
Constructietype		
Niet ingewassen zuilen		
Filter		
Geotextiel		
Basis		
Zuilen		
A_z [m ²]	0,09	0,09
A_{zo} [%]	10	10
D_z [m]	0,45	0,45
sm [kg/m ³]	2231	2231
G [-]	1,0	1,0
Filter		
b [m]	0,15	0,15
D_{15} [mm]	20	20
n [-]	0,35	0,35

EINDRESULTATEN

Stabiliteit		
toplaag		
Conclusie	De constructie is stabiel	De constructie is stabiel
ANAMOS		

PARAMETER/ BEREKENING	Dijkvak 45b dp 313 (+10m) - dp 317 (+50m) ondertafel helling 1:3,4	Dijkvak 45a dp 317 (+50m) - dp 323 boventafel helling 1:3,4
Golven		
H _s [m]	1,92	1,84
T _p [s]	5,67	5,68
Talud		
cot(α) [-]	3,0	3,2
ft [-]	0,5	0,5
Constructietype		
Niet ingewassen zuilen		
Filter		
Geotextiel		
Basis		
Zuilen		
Az [m ²]	0,09	0,09
Azo [%]	10	10
Dz [m]	0,40	0,40
sm [kg/m ³]	2231	2231
G [-]	1,0	1,0
Filter		
b [m]	0,15	0,15
D ₁₅ [mm]	20	20
n [-]	0,35	0,35

EINDRESULTATEN

Stabiliteit toplaag		
Conclusie	De constructie is stabiel	De constructie is stabiel
ANAMOS		

BIJLAGE 3 DETAILADVIES NATUURWAARDEN

Op 19 juni 2001 is dijkvak 45, Willem-Annapolder door dhr. R. Jentink en dhr. C. Joosse van de Meetinformatiedienst bezocht. De begroeiing boven gemiddeld hoog water (GHW) is geïnventariseerd volgens de methode van Tansley¹. Voor de getijdenzone is tevens gebruik gemaakt van een inventarisatie uit 1990 (*rapport Waardenburg/Meyer*). Hiervan zijn de relevante gegevens opgenomen in de Milieu-Inventarisatie hierna MI genoemd.

Boven GHW

Vanwege verschil in dijkbekleding, expositie en vegetatiebedekking is de opname in vier stukken verdeeld en wel van west naar oost..

Het eerste gedeelte, DP323 tot DP316+50m basalt gepenetreerd met bitumen, kent naast een bovenstrook strandkweek slechts 2 soorten zoutplanten in lage bedekking t.w. Zilte schijnspurrie en Zeewinde. Voor herstel en verbetering car.: "red.goed/voldoende".

Het tweede en derde deel, DP316+50m tot DP294 met als bekleding Haringmanblokken, heeft 10 soorten echte zoutplanten waarvan 4 in grotere bedekking. EEA weergegeven in volgende tabel met afnemende zouttolerantie.

Nederlandse naam	Bedekking	Latijnse naam	Zoutgetal
Schorrezoutgras	o	Triglochin maritima	4
Strandmelde	f	Atriplex littoralis	4
Zeeweegbree	r	Plantago maritima	4
Gerande schijnspurrie	a	Spergularia maritima	4
Zilte schijnspurrie	a	Spergularia salina	4
Zeeaster	r	Aster tripolium	4
Gewone zoutmelde	r	Atriplex portulacoides	4
Zilte rus	r/o	Juncus gerardi	3
Strandkweek	f	Elymus athericus	3
Zeewinde	o/f	Calystegia soldanella	2
Heen	r	Scirpus maritimus	2

Ondanks de niet zo grote golfploop van 1.30m boven GHW (rapport Roelse-Walhout) komen zoutplanten redelijk hoog voor.

De bovengrens der zoutplanten (Strandkweek buiten beschouwing) ligt 3 a 3.5m boven de betonband (GHW) en de ondergrens daar 2 meter onder. Totale breedte is dus 5m, behalve ged. DP 308 tot DP301 waar beneden betonband basalt gepenetreerd is, daar is zoutplantenstrook noodgedwongen 3.5m breed. DP301 tot DP294 is maar hier en daar gepenetreerd en de zoutplanten groeien lager. Zodoende is de totale breedte weer 5m.

Voor herstel is dit minimaal al "redelijk goed" zodat voor de verbetering ecozuilen geadviseerd wordt.

Het vierde gedeelte DP294-DP290 ook Haringmanblokken, heeft naast de bovenstrook Strandkweek(a/d) nog drie soorten zoutplanten met de volgende bedekking. Gerande schijnspurrie(o), zeeweegbree(r), zilte schijnspurrie(f/a). Breedte zoutplantenstrook van 1.5m beneden GHW tot 4m hierboven. Voor herstel (conform MI pag.6 tabel 7) "red.goed/voldoende". Omdat hier al drie soorten voorkomen in behoorlijke breedteverspreiding is voor verbetering categorie: "red.goed" aanbevolen.

Getijdenzone

DP322 tot DP308 gaandeweg steeds meer bruinwieren. DP322 tot DP315 hier en daar matten, vanaf 315 tot 308 min of meer gesloten bruinwierdek op haringman. Type 2a3 (*Rapport Waardenburg/Meyer*) Conform MI: Herstel "(red.)goed/voldoende. Verbetering: "(red.)goed".

Het volgende deel DP308 tot DP300 is asfalt met asfaltpenetratie en heeft (waarschijnlijk hierdoor) geen begroeiing. In zo'n geval blijft MI advies gewoon gelden.

DP300 tot DP295+50m weinig bruinwieren op Doornikse steen (zie voorgaande opmerking). Van DP295+50m tot DP294 wisselende steenglooiing van Haringman en Doornikse steen en soms basalt gepenetreerd. Zeker de haringmanblokken zijn hier goed begroeid met bruinwieren, type3 (*Rapport Waardenburg/Meyer*). Herstel en verbetering allebei "(red.)goed".

Het laatste deel DP294 tot DP290 is haringmanglooiing zeer goed begroeid met de complete bruinwiergemeenschap (type 4). Hierbij hoort minimaal voor herstel een constructiealternatief uit cat: "(red)goed" met aanbeveling van **ecozuilen** voor 'verbetering'.

Voor vragen over dit advies kunt u contact opnemen met dhr. C. Joesse (0118-422217)

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

Dijkvaknr (dijkpaal)	locatie	Geti herstel	jdezone verbetering	BOVEN herstel	GHW verbetering
45 dp323-dp 316+50	Willem-Annapolder	(red)goed/vol- doende	(red)goed	red.goe/vol- doende	red.goe/vol- doende
45 dp 316+50-dp 301	Willem-Annapolder	(red)goed/vol- doende	(red)goed	red.goe	red.goe(eco)
45 dp 301-dp 295+50	Willem- Annapolder	(red)goed/vol- doende	(red)goed	red.goe	red.goe(eco)
45 dp 295+50-dp 294	Willem-Annapolder	(red)goed	(red)goed	red.goe/vol- doende	red.goe
45 dp 294-dp 290	Willem-Annapolder	(red)goed	(red)goed(eco)	red.goe/vol- doende	red.goe
Cursief = Milieu- Inventarisatie					
Dijkvaknr (dijkpaal)	locatie	Geti herstel	jdezone verbetering	boven herstel	GHW verbetering
45 dp323-dp 316+50	Willem-Annapolder	(red)goed/vol- doende	(red)goed	red.goe/vol- doende	red.goe/vol- doende
45 dp 316+50-dp 301	Willem-Annapolder	(red)goed/vol- doende	(red)goed	red.goe/vol- doende	red.goe/vol- doende
45 dp 301-dp 295+50	Willem-Annapolder	(red)goed/vol- doende	(red)goed	red.goe/vol- doende	red.goe/vol- doende
45 dp 295+50-dp 294	Willem-Annapolder	(red)goed/vol- doende	(red)goed	red.goe/vol- doende	red.goe/vol- doende
45 dp 294-dp 290	Willem-Annapolder	(red)goed/vol- doende	(red)goed	red.goe/vol- doende	red.goe/vol- doende

BIJLAGE 4 DETAILADVIES LANDSCHAPSVISIE

Advies landschappelijke vormgeving Zeeweringen Westerschelde

Dijkvak: Willem Annapolder

Datum: 03 juni 2002

Door: P.Goossen, Dienst Landelijk Gebied

Aanleiding

In 1996 is een begin gemaakt met de versterking van de zeeweringen langs de Westerschelde. Door Rijkswaterstaat werd geconstateerd dat bij de werkzaamheden verschillen in de vormgeving optraden tussen de dijkvakken waaruit de zeewering bestaat. Daarom is aan de Dienst Landelijk Gebied (DLG) gevraagd een landschapsvisie op de zeeweringen van de Westerschelde op te stellen. Deze is in november 1998 vastgesteld door het projectbureau Zeeweringen.

Vanaf dat moment wordt bij elk op te stellen bestek voor de aanpassing van de zeeweringen van de Westerschelde rekening gehouden met de adviezen uit de landschapsvisie.

Landschapsvisie

Het landschap op en rond de zeewering wordt bepaald door de Westerschelde en door de zeewering zelf, die zich als een continu lijnvormig element door het landschap beweegt. Uit de landschapsvisie blijkt dat de continuïteit wordt bepaald door:

- *De waterdynamiek;*
- *De vegetatie;*
- *De historische dijkopbouw;*
- *De waterkerende functie.*

Het continue, lijnvormige kenmerk van de zeewering dreigt echter te verdwijnen. Op basis van technische randvoorwaarden, de (min of meer toevallige) beschikbaarheid van het materiaal en de aanwezige natuurwaarden en -potenties en administratieve grenzen worden verschillende typen bekledingsmaterialen toegepast. Hierdoor treden grote verschillen op binnen dijkvakken en tussen de dijkvakken onderling.

De landschapsvisie geeft aan hoe bij de aanpassingen van de glooiingen aantasting van het beeld voorkomen/beperkt kan worden. Het beeld bestaat uit een horizontale zonering van bekledingsmaterialen op het dijklichaam en is tot stand gekomen door het patroon van bekledingsmaterialen te laten 'reageren' op de eerder genoemde aspecten.

Het advies komt in het kort neer op de volgende punten:

1. Het benadrukken van de horizontale opbouw door het toepassen van verschillende materialen in de onder- en de boventafel;
2. Donkere materialen gebruiken in de ondertafel;
3. Lichte materialen gebruiken in de boventafel;
4. Verticale overgangen beperken en zo min mogelijk in de boven- en ondertafel laten samenvallen;
5. Onderhoudspad niet met asfalt verharderen, maar bijvoorbeeld met betonblokken, om zo min mogelijk de grasberm te onderbreken;
6. In de landschapsvisie genoemde cultuurhistorische en recreatieve elementen krijgen extra aandacht;
7. Het afstrooien van de bovenste 4 meter van de glooiing met grond voor de sneller vestiging van grassen;

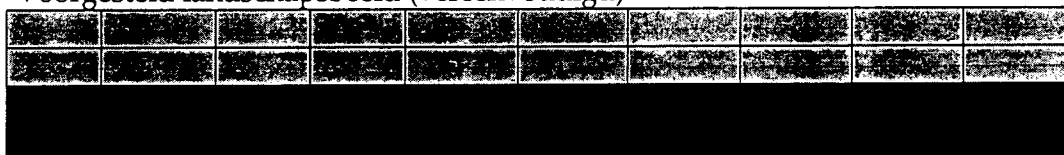
Advies landschappelijke vormgeving Zeeweringen Westerschelde

Dijkvak: *Willem Annapolder*

Datum: *03 juni 2002*

Door: *P.Goossen, Dienst Landelijk Gebied*

Voorgesteld landschapsbeeld (vereenvoudigd)



Dijkvak Willem Annapolder

Het advies voor de bekleding van het dijkvak voor de Willem Annapolder is het weer duidelijk aanbrengen van een boventafel en ondertafel. Hiervoor 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. Bij het toepassen van verticale overgangen tussen materialen deze zo min mogelijk op hetzelfde moment samen laten vallen in de onder- en de boventafel;
5. Het onderhoudspad toepassen met doorgroeibare verharding of bijvoorbeeld de koperslabblokken, of materialen die vrijkomen uit de glooiing;
6. Het afstrooien van de boventafel;
7. Overlaging met asfalt in principe niet toepassen;
8. Dammen sparen door de glooiing achterlangs door te trekken.

113

