

Notitie

Referentienummer
SWNL-0182316

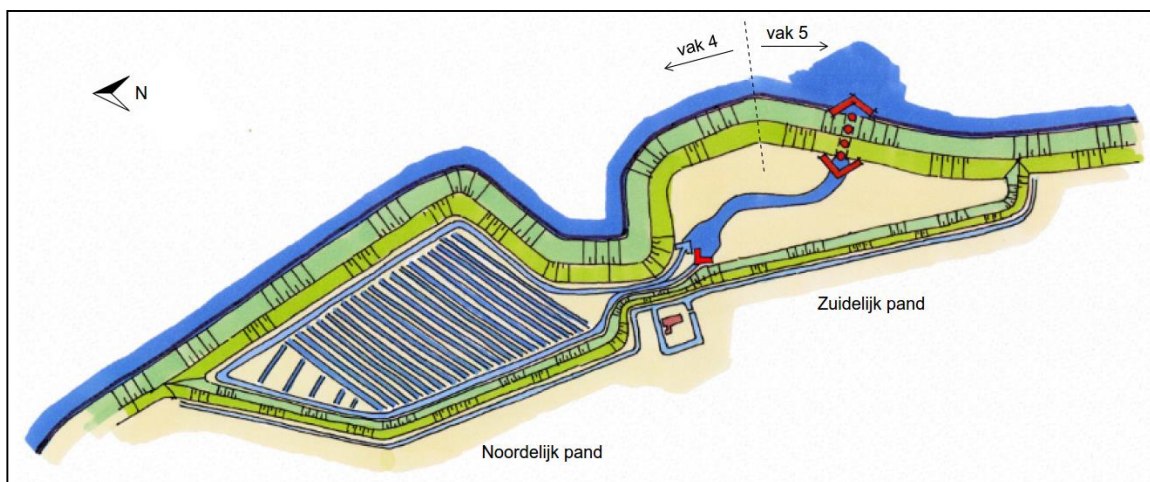
Kenmerk
341701

Betreft
Dijkversterking Eemshaven Delfzijl: schetsontwerp waterkeringen Pilot dubbele dijk

1 Inleiding

1.1 Beschrijving

Voor de dijkversterking Eemshaven Delfzijl is een dubbele dijk als oplossing voor de waterveiligheid verkend voor het traject tussen Nieuwstad en de dijk ter hoogte van Bierum. De inrichting van het tussengebied ten behoeve van zilte teelt en slibvang is als koppelkans in de verkenning meegenomen. De aanleg van een getijdenduiker in de voorliggende kering maakt deel uit van dit koppelproject. De provincie heeft een haalbaarheidsstudie laten uitvoeren door het landschapsarchitectenbureau Bosch-Slabbers [1]. Daarnaast is door Deltares een verkenning uitgevoerd naar de waterveiligheid van het ontwerp van de waterkeringen [2]. In deze notitie is de inrichtingsschets in beschouwing genomen zoals in figuur 1.1 is gepresenteerd. De dubbele dijk is gelegen in vak 4 en 5 van het referentieontwerp [3].



Figuur 1.1 Inrichtingsschets dubbele dijk

1.2 Scope

Sweco Nederland B.V. is door de provincie Groningen en Waterschap Noorderzijlvest gevraagd voor de dubbele dijk een schetsontwerp op te stellen. Binnen deze notitie is alleen het technisch ontwerp van zowel de voorliggende waterkering (de huidige primaire kering) als de achterliggende waterkering (nieuw aan te leggen kering) beschreven.

2 Uitgangspunten

In dit hoofdstuk zijn de uitgangspunten voor zowel de voorliggende als de achterliggende waterkering opgenomen.

2.1 *Algemeen*

Door het aanleggen van twee waterkeringen is het theoretisch mogelijk dat door uitruilen van faalkansen tussen de voorliggende en de achterliggende waterkering de combinatie van beide waterkering voldoet aan de topeis voor de kans op overstromen van het achterland. Hiervoor dient de waterkering probabilistisch te worden ontworpen wat op dit moment nog niet mogelijk is. De interactie tussen beide waterkeringen is in overleg met de provincie Groningen en Waterschap Noorderzijlvest afgestemd. De interactie tussen beide waterkeringen is vormgegeven door een hoger overslagdebiet toe te staan bij de voorliggende waterkering wat door de achterliggende waterkering dient te worden geacommodeerd. Hierbij dient te worden opgemerkt dat door het toestaan van een hoger overslagdebiet de waterveiligheid (de kans op een overstroming) van de voorliggende waterkering niet verandert. Dit omdat de effecten van het hogere overslagdebiet worden verdisconteerd bij de verschillende faalmechanismen.

2.2 *Aardbevingen*

De dubbele dijk is gelegen in een gebied wat onderhevig is aan aardbevingen. Ten tijde van het schrijven van deze notitie is het nog onbekend hoe om te gaan met deze aardbevingsbelasting. Verkennende studies naar aardbevingsbestendige ontwerpen van waterkeringen geven sterk uiteenlopende resultaten. Daardoor zijn in deze notitie de maatregelen voor een aardbevingsbestendig ontwerp niet beschouwd en wordt hier volstaan met de resultaten van de fictieve aardbevingsopgave [10]. In een vervolgfase dient te worden geverifieerd of het in deze notitie gepresenteerd ontwerp ook aardbevingsbestendig is.

2.3 *Hydraulische randvoorwaarden Waddenzee*

De hydraulische randvoorwaarden voor de Waddenzee zijn gelijk aan de hydraulische randvoorwaarden zoals deze voor het referentieontwerp van de dijkversterking Eemshaven Delfzijl zijn gehanteerd [4].

2.4 *Tussengebied*

De waterstand in het tussengebied heeft een effect op het ontwerp van de voorliggende en achterliggende waterkering. Per faalmechanismen is beschreven wat de effecten van de waterstand in het tussengebied op het ontwerp zijn. Voor het sluitpeil van de buitenwaterstand van de getijdeduiker voor het zuidelijke tussengebied is een waterstand van NAP +2,0 m gehanteerd. Het noordelijk pand staat via een open geul in verbinding met het zuidelijk pand. Voor het tussengebied is uitgegaan van een gemiddeld maaiveldniveau van circa NAP -0,50 m á NAP -0,75m. De effecten van de indeling van het tussengebied (ligging bodem, waterstanden etc.) dienen in een vervolgfase te worden beschouwd.

2.5 *Voorliggende waterkering*

Voor de uitgangspunten van de voorliggende waterkering zijn de uitgangspunten zoals deze zijn gehanteerd voor het opstellen van het referentieontwerp [3] voor de dijkversterking tussen Eemshaven en Delfzijl toegepast.

Ten opzichte van het referentieontwerp voor Eemshaven Delfzijl is de eis voor het maximaal toelaatbaar overslagdebiet van 5 l/m/s losgelaten. Het nieuwe uitgangspunt ter plaatse van de dubbele dijk is dat de huidige kruinhoogte van de waterkering gehandhaafd blijft. De effecten van het hierbij optredende overslagdebiet worden verdisconteerd bij het faalmechanisme bekledingen. Voor macrostabiliteit wordt verondersteld dat het hogere overslagdebiet geen effect heeft op het verloop van de freatische lijn doordat de kern van de waterkering uit zandig materiaal bestaat.

Tijdens maatgevende omstandigheden op de Waddenzee kunnen zich twee situaties voordoen, het tussengebied staat leeg en het tussengebied staat vol. Voor de stabiliteitsberekeningen is alleen de situatie van een leeg tussengebied beschouwd omdat dit de maatgevende situatie is.

2.6 Achterliggende waterkering

Voor het uitvoeren van de stabiliteitsanalyse zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

- Voor het ontwerp van het dijklichaam is uitgegaan van een kleidijk.
- Voor het dijklichaam is de benodigde kruinhoogte gehanteerd over een breedte van 3,0 m met aan beide zijden taluds met een helling van 1v:3h.
- Voor de benodigde veiligheidsfactor zijn dezelfde waarden gehanteerd als voor de voorliggende waterkering.
- In het beoogde tussengebied ligt in de huidige situatie een hoofdwatgang. Voor het ontwerp van de achterliggende waterkering is ervan uitgegaan dat deze hoofdwatgang wordt verplaatst achter de achterliggende waterkering. De geometrie van de hoofdwatgang is aangehouden conform de legger van het waterschap, zie tabel 2.1.
- Voor de bodemopbouw is uitgegaan van de schematisatie van de bodemopbouw van het achterland zoals deze voor het referentieontwerp in vak 4 is gehanteerd [5].
- De rekenwaarde van de sterkteparameters van de aanwezige grondlagen zijn gehanteerd zoals deze voor het referentieontwerp zijn gehanteerd [3].
- De freatische lijnen zijn geschematiseerd conform TR waterspanningen bij dijken [6].
- De stijghoogte in het watervoerende pakket is gelijk gehouden aan het maatgevend hoogwater in het tussengebied.
- Een verkeersbelasting van 5,0 kN/m² over een breedte van 2,5 m op de kruin.

Tabel 2.1 Geometrie hoofdwatgang

Onderdeel	Waarde	Eenheid
Ligging bodem	-2,20	[NAP+m]
Bodembreedte	2,0	[m]
Taludhelling	2v:3h	-

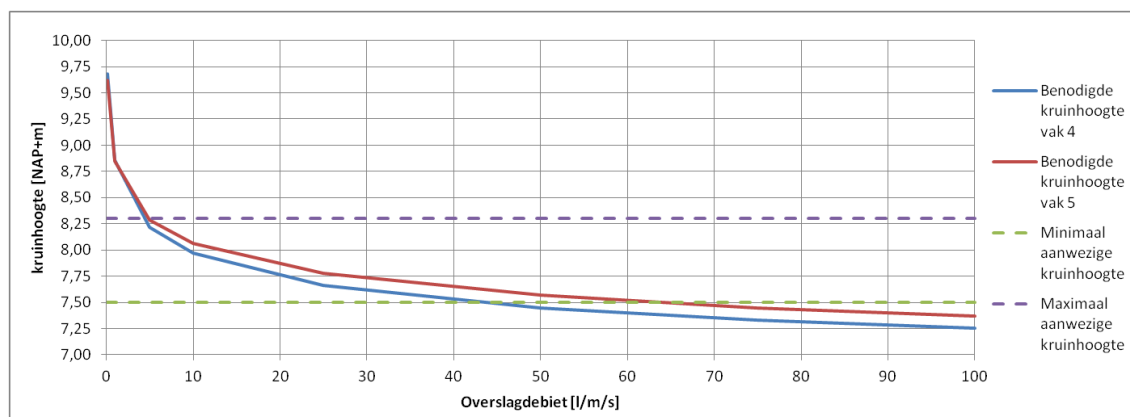
3 Uitwerking ontwerp voorliggende waterkering

3.1 Hoogte

Voor de kruinhoogte van de voorliggende waterkering is als uitgangspunten de huidige kruinhoogte aangehouden. De huidige kruinhoogte ligt tussen circa NAP +7,5 m en NAP +8,3 m. Bij het opstellen van het referentieontwerp is per vak een berekening uitgevoerd voor de benodigde kruinhoogte bij verschillende overslagdebieten [4]. De beoogde locatie van de dubbele dijk is gelegen in vak 4 en 5 van het referentieontwerp. De resultaten van de kruinhoogte berekeningen voor vak 4 en 5 zijn overgenomen van het referentieontwerp, gepresenteerd in tabel 3.1 en zijn gevisualiseerd in figuur 3.1.

Tabel 3.1 Benodigde kruinhoogte bij verschillende overslagdebieten

Overslagdebiet [l/m/s]	Benodigde kruinhoogte vak 4 [NAP+m]	Benodigde kruinhoogte vak 5 [NAP+m]
0,1	9,68	9,62
1	8,86	8,85
5	8,22	8,29
10	7,97	8,06
25	7,66	7,78
50	7,45	7,57
75	7,33	7,45
100	7,25	7,37



Figuur 3.1 Relatie tussen de benodigde kruinhoogte en het overslagdebiet

Uit figuur 3.1 blijkt dat het maximale overslagdebiet bij de minimaal aanwezige kruinhoogte (NAP +7,5 m) gelijk is aan circa 45 l/m/s voor vak 4 en circa 65 l/m/s voor vak 5. Omdat de aanwezige kruinhoogte van de waterkering circa tussen de NAP +7,5 m en NAP +8,3 m is gelegen wordt het maximale overslagdebiet slechts op enkele plekken bereikt. Voor de bekleding op het binnentalud (huidige kering) wordt het maximale debiet in beschouwing genomen en voor het bepalen van de extra waterschijf ten gevolge van het overslagdebiet wordt uitgegaan van een gemiddelde kruinhoogte van NAP +7,8 m wat resulteert in een gemiddeld overslagdebiet van circa 20 l/m/s.

3.2 Macrostabieleit

De dubbele dijk is gelegen in vak 4 en vak 5 van het referentieontwerp. Voor deze vakken is een binnenberm benodigd van respectievelijk 9 en 10 m. Voor het ontwerp van de voorliggende waterkering is een berm van 10 m over de gehele lengte aangehouden. Doordat de benodigde kruinhoogte van de voorliggende waterkering gelijk wordt gehouden aan de huidige kruinhoogte wordt het benodigde ruimtebeslag kleiner.

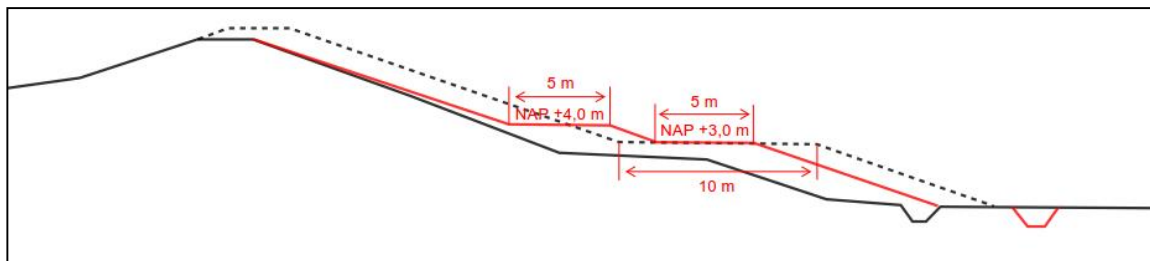
De binnenberm is in het referentieontwerp gelegen op NAP +3,0 m. Om de onderhoudsweg, ook bij een volledig gevuld tussengebied, bereikbaar te houden in het zuidelijke deel van het tussengebied is de binnenberm gedeeltelijk verhoogd tot de benodigde kruinhoogte van de achterliggende waterkering, zie paragraaf 4.1. De minimale benodigde breedte van de binnenberm is vanwege de onderhoudsweg 5,0 m. De benodigde binnenberm vanwege de stabiliteit van de waterkering is daarom in twee delen opgeknipt.

Bovengenoemde aanpassingen van het ontwerp zijn geanalyseerd middels stabiliteitsberekeningen. De resultaten van de berekeningen zijn in tabel 3.2 gepresenteerd en de grafische presentatie van de resultaten van de berekeningen is in bijlage 1 opgenomen.

Tabel 3.2 Resultaten stabiliteitsberekeningen

Berekening	Resultaat	Benodigd	Oordeel
Referentieontwerp	1,13	1,12	Voldoet
Ontwerp voorliggende waterkering (variant dubbele dijk)	1,12	1,12	Voldoet

Uit de stabiliteitsberekeningen blijkt dat aanpassingen van het ontwerp een minimaal effect hebben op de stabiliteit van de waterkering. Het ontwerp van de voorliggende waterkering voldoet nog steeds aan de minimaal benodigde stabiliteit. In figuur 3.2 zijn bovengenoemde aanpassingen van het referentieontwerp (zwarte gestreepte lijn) en het ontwerp van de voorliggende waterkering (rode doorgetrokken lijn) schetsmatig weergegeven.



Figuur 3.2 Huidige dijk (zwart), referentieontwerp voorliggende dijk (stippel) en ontwerp voorliggende kering bij een dubbele dijk variant (rood)

De aannemer zal ten behoeve van de aardbevingsbestendigheid de voorliggende kering zodanig ontwerpen als ware het een primaire waterkering zonder dubbele dijk.

Bij het stabiliteitsontwerp dienen onderstaande opmerkingen in ogenschouw te worden genomen.

- Slibwingebied

De gebiedsinrichting van het tussengebied is ten tijde van het opstellen van deze notitie onbekend. Indien bij de gebiedsinrichting ontgravingen nabij de voorliggende waterkering zijn voorzien, dienen de effecten van deze ontgravingen op de stabiliteit van de waterkering te worden beschouwd.

- Buitenwaartse stabiliteit

Bij het opstellen van het referentieontwerp is gebleken dat de buitenwaartse stabiliteit van de waterkering voldoet. Dit is voor het ontwerp van de voorliggende waterkering overgenomen.

3.3 Aardbevingen

Op dit moment wordt op basis van het referentieontwerp de aardbevingsopgave bepaald. Derhalve is in deze notitie nog geen aardbevingsontwerp uitgewerkt. De aannemer zal ten behoeve van de aardbevingsbestendigheid de voorliggende kering zodanig ontwerpen als ware het een primaire waterkering zonder dubbele dijk.

3.4 Piping

Uit de derde toetsronde is gebleken dat het verbetertraject niet gevoelig is voor piping. Bij het opstellen van het referentieontwerp wordt dit rekenkundig onderbouwd. Ten tijde van schrijven van deze notitie zijn de berekeningen nog niet afgerond. De verwachting is dat uit de rekenkundige onderbouwing blijkt dat het traject niet gevoelig is voor piping. In een vervolgfase dient te worden geverifieerd of uit de rekenkundige onderbouwing voor het referentieontwerp ook is gebleken dat het traject voldoet aan de rekenregels voor piping.

Tevens wordt door het laten vollopen van het tussengebied het potentiaalverschil tussen de stijghoogte in de watervoerende laag en de waterstand in het tussengebied sterk verminderd. Dit heeft een gunstig effect op de berekeningen voor piping.

3.5 Bekledingen

De bekledingen van de voorliggende waterkering bestaan uit twee delen, namelijk een harde bekledingen op nagenoeg het gehele buitentalud en een kleibekleding met grasmat over de kruin en het binnentalud. In het kader van de pilot is er voor gekozen om de harde bekleding op het buitentalud van deze kering zijn niet aan te passen. In de komende maanden moet onderzoek van Deltares omtrent de reststerkte van de bestaande kering en de achterliggende kering voldoende inzichten geven dat het dubbele dijken concept voldoende veiligheid biedt aan hoogwater

situaties. Indien uit het onderzoek blijkt dat dit niet het geval is dient de harde bekleding op het buitentalud alsnog opgetrokken te worden. Of anders moet de achterliggende kering meer worden verhoogd en moet de bekleding worden aangepast om het extra aan overslaand water te kunnen accommoderen.

De bekleding op de kruin en het binnentalud van de voorliggende kering krijgt een hogere overslagdebiet te voorduren doordat de waterkering niet wordt opgehoogd. Het maximale overslagdebiet bedraagt circa tussen 45 l/m/s en 65 l/m/s bedragen (zie paragraaf 3.1). Voor overslagdebieten groter dan 10 l/m/s geeft OI2014v3 [8] zijn geen richtlijnen voor de bekleding op het binnentalud. Voor het referentieontwerp is een kleilaag van 0,60 m gehanteerd bij een overslagdebiet van 5 l/m/s. Bij de dubbele dijk variant wordt voor de huidige voorliggende kering de dikte van de kleilaag vergroot tot 1,0m. De kleilaag bestaat dan uit een toplaag bestaande uit klei erosieklasse 2 (of klei uit het tussengebied¹) met een dikte van 0,4 m en een onderlaag bestaande uit klei erosieklasse 1 met een dikte van 0,6 m en onderlaag. Als onderdeel van de pilot dient te worden geanalyseerd of dit afdoende is voor dergelijke grote overslagdebieten.

3.6 *Microstabiliteit*

In het ontwerp van de voorliggende waterkering is een drainage voorzien. Tijdens maatgevende condities is door de aanwezige drainage geen potentiaalverschil over de bekleding aanwezig, waardoor is uit te sluiten dat water uit het binnentalud wil uit treden. Met het uitsluiten van het uit treden van water kan ook micro-instabiliteit worden uitgesloten.

3.7 *Stabiliteit voorland*

Door de aanleg van een inlaatconstructie ten behoeve van zoutwater voorziening van het tussen gebied kunnen mogelijk geulen in het voorland van de voorliggende dijk ontstaan en bestaande geulen verplaatsen of wijzigen. De locatie en geometrie van de geulen en daarmee de invloed op het ontwerp van de waterkering is onbekend. In een vervolgfase dient te worden beschouwd of de geulen invloed hebben op de stabiliteit van de waterkering met de beoogde locatie en geometrie van de geulen. Tevens dient de standzekerheid van de geulen te worden beschouwd.

3.8 *Kunstwerken*

Binnen de scope van de dubbele dijk is één inlaatconstructie voorzien. Het schetsontwerp van de inlaatconstructie wordt separaat van deze notitie beschouwd.

3.9 *Niet waterkerende objecten*

Door de kruinhoogte niet te verhogen en het daaruit resulterende hogere overslagdebiet worden de negatieve effecten van niet waterkerende objecten mogelijk vergroot. De niet waterkerende objecten (o.a. VKA leiding) zijn niet beschouwd in deze notitie. In een vervolgfase dient de invloed van alle bestaande en beoogde objecten te worden beschouwd.

4 **Achterliggende waterkering**

Het ontwerp van de achterliggende kering is indicatief. Het ontwerp, zoals dat in deze paragraaf verder is uitgewerkt, is op basis van een representatief profiel bepaald.

4.1 *Hoogte*

Voor het bepalen van de hoogte van de achterliggende waterkering zijn bij het gestelde sluitpeil een aantal toeslagen opgeteld, te weten:

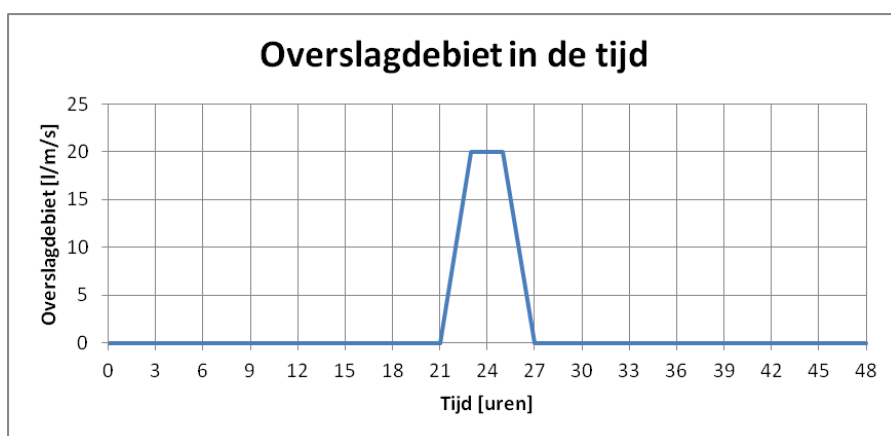
- **Overslagdebiet (huidige dijk)**

Doordat de aanwezige kruinhoogte van de voorliggende waterkering niet wordt aangepast neemt het overslagdebiet toe. Dit overslagdebiet wordt als toeslag meegenomen op het sluitpeil van de inlaat. Bij het bepalen van de toeslag die dat overslagdebiet oplevert zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd.

¹ Uit het grondonderzoek [9] blijkt dat mogelijk een deel van de klei in het tussengebied geschikt zou kunnen zijn voor gebruik als afdeklaag. De klei voldoet volgens de huidige richtlijn niet aan erosie klasse 2 klei, maar kan volgens het waterschap eventueel dienen als deklaag in combinatie met een Cat 1 klei als toplaag.

- Gemiddeld overslagdebiet 20 l/m/s (zie paragraaf 3.1)
- Duur van het overslagdebiet 6 uur
- Duur van het maximale overslagdebiet 2 uur
- Verloop van overslagdebiet in de tijd zie figuur 4.1
- Oppervlakte tussengebied 0,60 km²
- Lengte voorliggende waterkering 2,00 km (2,75 km)

Vanwege de variërende oriëntatie van de voorliggende waterkering is voor de berekening van de toeslag uitgegaan van een lengte van 2 km (totale lengte van de voorliggende waterkering is 2,75 km) van de voorliggende waterkering die tegelijkertijd het overslagdebiet krijgt te verduren.



Figuur 4.1 Geschematiseerd verloop van het overslagdebiet in de tijd

Dit samen resulteert in stijging van de waterstand in het tussenliggende gebied als gevolg van overslag met circa 1,0 m.

- Opwaaiing

In het tussengebied kan door de aanhoudende wind vanuit eenzelfde richting opwaaiing plaatsvinden. Hiervoor is 0,10 m in rekening gebracht.

- Buïenoscllatie

De weeromstandigheden behorende bij de maatgevende hydraulische randvoorwaarden die leiden tot het overslagdebiet gaan vaak gepaard met regenval. Deze regenval kan leiden tot een hogere waterstand in het tussengebied dan het gehanteerde sluitpeil van de inlaat. Voor buïoscllatie is rekening gehouden met een toeslag van 0,10 m.

- Bodemdaling

De waterkering is gelegen in een gebied dat onderhevig is aan bodemdaling ten gevolge van aardgaswinning. Hierdoor zakt de waterkering langzaam naar beneden. Hiervoor is 0,20 m in rekening gebracht in overeenstemming met de gehanteerde bodemdaling voor het referentieontwerp voor Eemshaven Delfzijl [3].

- Klimaatverandering

Door klimaatverandering treedt zeespiegelstijging op. Er is van uitgegaan dat het sluitpeil gehandhaafd blijft. Klimaatverandering zorgt in de toekomst dan voor het vaker sluiten van de inlaatconstructie maar niet tot een hogere waterstand in het tussengebied.

- **Onzekerheidstoeslag**

De onzekerheidstoeslag wordt gebruikt voor het verdisconteren van statistische en model-onzekerheden bij het afleiden van de hydraulische randvoorwaarden. Deze onzekerheden zijn niet van toepassing op het sluitpeil van de inlaat voor het tussengebied en daarom is ook geen onzekerheidstoeslag meegenomen.

- **Golfoploop**

Bij het bepalen van de golfoploop zijn onderstaande randvoorwaarden gehanteerd.

- Golfhoogte 0,5 m
- Golfperiode 2,5 s
- Hoek van inval 0°
- Helling talud 1:3
- Overslagdebiet 5 l/m/s

De gehanteerde randvoorwaarden resulteren in een toeslag voor de golfoploop (golfoploophoogte) van circa 0,6 m.

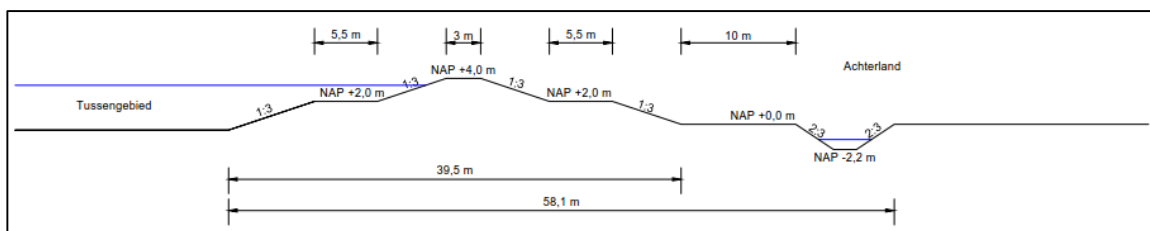
Bovengenoemde toeslagen zijn samengevat in tabel 4.1. Hierbij dient te worden opgemerkt dat het niet ophogen van de voorliggende waterkering resulteert in een 1,0 m hoger kruinhoogte van de achterliggende waterkering.

Tabel 4.1 Benodigde kruinhoogte

Onderdeel	Achterliggend dijk	Eenheid
Sluitpeil	2,00	[NAP + m]
A.g.v. overslag	1,00	[m]
Opwaaiing	0,10	[m]
Buïoscillatie	0,10	[m]
Bodemdaling	0,20	[m]
Klimaatverandering	0,00	[m]
Onzekerheidstoeslag	0,00	[m]
Maatgevende waterstand	3,40	[NAP + m]
Golfoploophoogte	0,60	[m]
Robuustheidstoeslag	0,00	[m]
Waakhoogte	0,00	[m]
Ontwerp kruinhoogte	4,00	[NAP + m]

4.2 Macrostabieliteit

Uit de stabiliteitsanalyses is gebleken dat het ontwerp met een binnentalud (zonder berm) een niet stabiel ontwerp oplevert. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door de aanwezige slappe lagen tussen NAP +0,0 m en NAP -5,0 m. Om tot een stabiel ontwerp te komen is gevarieerd met de aanleg van een berm en de afstand van de hoofdwatgang tot aan de binnenteen van de waterkering. Dit heeft geresulteerd in het ontwerp zoals gepresenteerd in figuur 4.2 en de bijbehorende rekenresultaten zoals gepresenteerd in tabel 4.2. Hierbij is ervan uitgegaan dat de kern van de achterliggende dijk is opgebouwd uit klei dat ter beschikking komt bij het afgraven van het tussengebied tot de vereiste diepte.



Figuur 4.2 Ontwerp achterliggende waterkering). Bermbreedte bestaat uit 3m stabiliteitsberm tgv hoogwater en 2,5m tgv aardbevingsbestendigheid.

Tabel 4.2 Resultaten macrostabiliteit

Situatie	Berekend	Benodigde	Oordeel
STBI	1,13	1,12	Voldoet
STBU	1,09	1,05	Voldoet

4.3 Aardbevingen

Versnellingen aan maaiveld worden sterk gereduceerd door de beperkte sterkte van de aanwezige slappe lagen. Echter ook bij deze lagere versnellingen treedt in zandlagen met een lage co-nusweerstand nog steeds een grote mate van verweking op. Doordat verweking van de zandlagen optreedt voldoet het ontwerp niet meer aan de gestelde stabiliteits- en vervormingseisen.

Daarom wordt vanuit de ervaring met de fictieve aardbevingsopgaven [10] ook voor de achterliggende kering extra ruimte gereserveerd voor een berm om de kering aardbevingsbestendig te maken. Zowel aan de binnen- als aan de buitenzijde van de achterliggende kering is hiervoor 2,5m extra ruimte gereserveerd. Het niveau van de kruin van deze extra berm ligt ook op NAP+2m net als de berm voor macrostabiliteit.

4.4 Piping

Gezien de dikte van de deklaag (circa 10 m conform gehanteerde bodemopbouw) is verondersteld dat opbarsten niet optreedt en daarmee piping is uit te sluiten. In een vervolgfase dient dit rekenkundig te worden onderbouwd.

4.5 Microstabiliteit

Microstabiliteit kan alleen optreden bij een waterkering met een zandkern. Voor het ontwerp van de waterkering is een kleikern beoogd waardoor micro-instabiliteit kan worden uitgesloten.

4.6 Bekledingen

Gezien de vermoedelijk lage golven in het tussengebied kan op het buitentalud worden volstaan met een kleilaag met daarop een grasbekleding. Het tussengebied vult en leegt zich met elk getij. Er is verondersteld dat dit niet leidt tot hoge stroomsnelheden langs het buitentalud van de waterkering. Bij het selecteren van het type gras dient rekening te worden gehouden met het zoute water wat in het tussengebied aanwezig is. Voor de dikte van de kleilaag wordt uitgegaan van een kleidek met een dikte van 0,80 m op het buitentalud en de kruin en een dikte van 0,60 m op het binnentalud. De kwaliteit van de klei wordt geacht te voldoen aan erosieklasse 2 en is gedeeltelijk beschikbaar in het tussengebied.

4.7 *Stabiliteit voorland*

In het tussengebied ontstaan stroomgeulen indien deze niet al dan niet worden aangelegd. De locatie en geometrie van de geulen en daarmee de invloed op het ontwerp van de waterkering is onbekend. In een vervolgfase dient te worden beschouwd of de geulen invloed hebben op de stabiliteit van de waterkering met de beoogde locatie en geometrie van de geulen. Tevens dient de standzekerheid van de geulen te worden beschouwd.

4.8 *Kunstwerken*

Binnen de scope van deze notitie zijn geen kunstwerken in de achterliggende waterkering voorzien.

4.9 *Niet waterkerende objecten*

De agrariërs in het tussengebied hebben mogelijk ook een zoetwater aanvoer nodig die de achterliggende waterkering mogelijk kruist. De zoetwaterleiding dient dusdanig te worden ontworpen dat deze geen negatieve invloed heeft op de waterkering.

De huidige VKA-leiding doorsnijdt het gebied waarin de dubbele dijk komt te liggen. De kruising van de VKA met de achterliggende kering dient dusdanig te worden ontworpen dat deze geen negatieve invloed heeft op de waterkering.

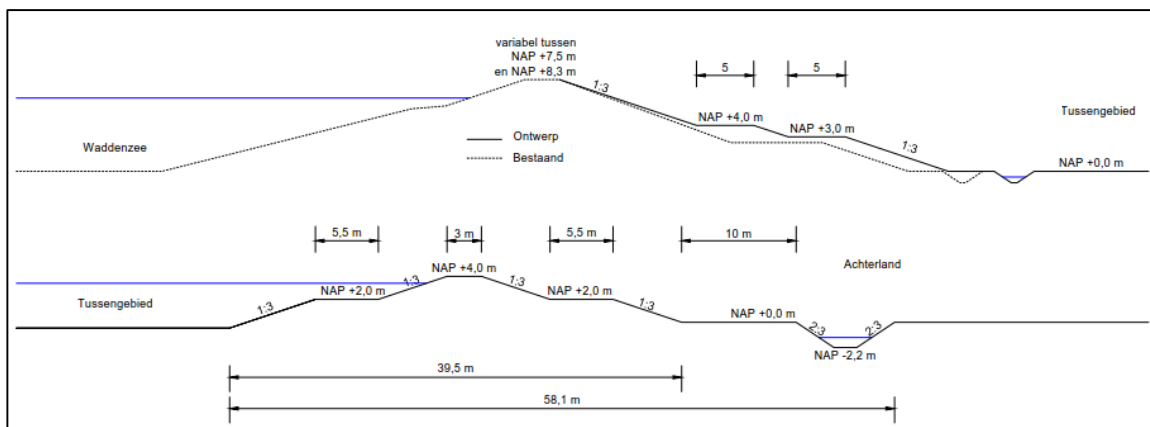
De invloed van overige niet waterkerende objecten (bestaande kabels en leidingen, gebouwen Hoogwatum) is niet beschouwd in deze notitie. In een vervolgfase dient de invloed van alle bestaande objecten te worden beschouwd.

4.10 *Beheer en onderhoud*

Doordat de binnenberm van de achterliggende kering met 2,5m wordt verlengd ten behoeve van de aardbevingsbestendigheid ontstaat er een berm van 5,5m breed. Deze berm kan ingericht worden met een onderhoudstrook. Aangezien de eisen die aan de achterliggende kering gelijk zijn aan die van de primaire waterkering en doordat de berm die benodigd is voor macrostabiliteit nog eens extra met 2,5m wordt verbreed ontstaat een berm die naar verwachting voldoende stabiel is om een onderhoudsvoertuig toe te laten. In de volgende fase verdient het aanbeveling om de achterliggende kering hierop te toetsen. Daarnaast verdient het ook aanbeveling om onder dergelijke omstandigheden de stabiliteit met verkeersbelasting te toetsen omdat de maatgevende en dagelijkse omstandigheden voor de achterliggende kering dicht bij elkaar liggen.

5 **Conclusie**

In deze notitie is het schetsontwerp van de voorliggende en achterliggende waterkering bepaald voor het dubbele dijk concept. Hierbij is voor de voorliggende waterkering de bestaande kruinhoogte gehandhaafd waardoor een hoger overslagdebiet wordt gerealiseerd. De effecten van dit hogere overslagdebiet zijn beschouwd bij de relevante faalmechanismen. De achterliggende waterkering dient het water in het tussengebied te accommoderen. Daarbij is ook rekening gehouden met een extra waterschijf als gevolg van het hogere overslagdebiet over de voorliggende waterkering. Het ontwerp van zowel de voorliggende en de achterliggende waterkering is gepresenteerd in figuur 5.1. In de figuur zijn de ontwerphoogten aangegeven. Er is geen rekening gehouden met zetting van de ondergrond.



Figuur 5.1 Ontwerp voorliggende en achterliggende waterkering

In het referentieontwerp wordt de voorliggende waterkering ter hoogte van de dubbele dijk tussen 0,0 m en 1,0 m opgehoogd. Door het niet ophogen van de waterkering voor de dubbele dijk wordt een hoger overslagdebiet gerealiseerd, wat resulteert in een waterschijf ter groter van 1,0 m in het tussengebied. Dat leidt tot een hoger benodigde kruinhoogte voor de achterliggende waterkering. Door het niet verhogen van de voorliggende waterkering dient de achterliggende waterkering met dezelfde orde grote te worden opgehoogd om het extra aan overslaand water te kunnen accommoderen.

Daarnaast is het bij het ontwerp van de voorliggende waterkering van belang dat de bekleding op de kruin en het binnentalud bestand is tegen het hoge overslagdebiet. Hiertoe wordt een dikkere kleilaag op het binnentalud aangebracht

Opgemerkt dient te worden dat het schetsontwerp van de dubbele dijk is bepaald op basis van een maatgevend dwarsprofiel.

6 Aanbevelingen

Bij het opstellen van het memo zijn onderstaande aanbevelingen te maken

- Aardbevingen

De dubbele dijk is gelegen in een gebied wat onderhevig is aan aardbevingen. Ten tijde van het schrijven van deze notitie is nog onbekend hoe om te gaan met de aardbevingsbelasting en derhalve ook niet beschouwd in deze notitie. In een vervolgfase dient te worden geverifieerd of het in deze notitie gepresenteerd ontwerp ook aardbevingsbestendig is. De bermen zijn met circa 2 m verlengt om de stabiliteit tijdens een aardbeving te kunnen garanderen.

- Huidige kruinhoogte voorliggende waterkering handhaven

Door het blijven handhaven van de huidige kruinhoogte van de voorliggende waterkering dient de achterliggende waterkering met dezelfde orde grote te worden opgehoogd om de waterschijf in het tussengebied te accommoderen. Daarnaast dient het binnentalud bestand te worden gemaakt tegen het hogere overslagdebiet.

- Standzekerheid tussengebied en waddengebied

Door de aanleg van de dubbele dijk ontstaan stromingen in het tussengebied en op het waddengebied, welke kunnen leiden tot erosie. Er dient te worden geanalyseerd of erosie nabij de voorliggende of achterliggende waterkering leidt tot stabiliteitsproblemen van de waterkering en of de klei uit het tussengebied hier voldoende tegen bestand is.

- Erosiebestendigheid

Door het niet ophogen van de voorliggende waterkering krijgt het binnentalud een overslagdebiet tot 65 l/m/s te verduren. Voor het schetsontwerp van de voorliggende waterkering is verondersteld dat een dikkere kleilaag (1,0 m) dan is gebruikt voor het referentieontwerp bij 5 l/m/s, voldoende weerstand biedt tegen een dergelijk groot overslagdebiet. In een vervolgfase dient te worden onderzocht of het toepassen van een dikkere kleilaag afdoende is om voldoende veiligheid te bieden. Als alternatief kan worden gedacht aan het toepassen van erosiematten of eventueel het bekleden met een erosiebestendigere bekleding.

- Niet waterkerende objecten

De niet waterkerende objecten zijn niet beschouwd in deze notitie. Bij het toestaan van hogere overslagdebieten worden de effecten rondom niet waterkerend objecten ook groter. In een vervolgfase dient te worden onderzocht hoe groot deze effecten zijn.

- Stabiliteit achterliggende kering

Opgemerkt dient te worden dat de geometrie van de achterliggende dijk is gebaseerd op basis een representatief dwarsprofiel.

- Waterveiligheid

Het waterveiligheidsconcept voor de Dubbele Dijk is op moment van opstellen van het schetsontwerp nog onvoldoende uitgewerkt. Door de provincie Groningen en Waterschap Noorderzijlvest is de keuze gemaakt om op basis van het schetsontwerp het dubbele dijk concept te realiseren. Uitwerking van de veiligheidsfilosofie zal de komende jaren plaatsvinden, parallel aan de realisatie van de Dubbele Dijk.

Door de harde bekleding op het buitentalud van de voorliggende kering niet hoger aan te leggen en de kruin op de bestaande hoogte te handhaven voldoet de dijk op dit traject niet aan de waterveiligheidseisen als blijkt dat de dubbele dijk onvoldoende invulling aan het waterveiligheidsconcept geeft. Na realisatie van de dubbele dijk kan het nodig blijken de harde bekleding op het buitentalud van de voorliggende kering alsnog hoger aan te leggen en de kruin te verhogen. Een andere mogelijkheid kan het meer versterken van de achterliggende kering zijn.

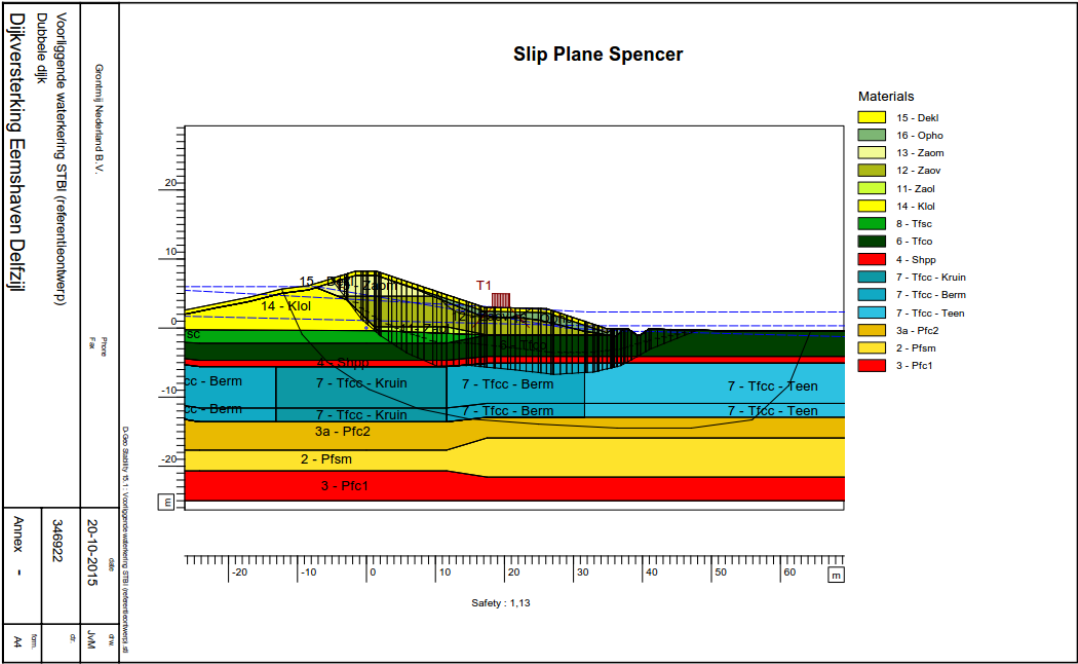
Tot slot dient de mate waarin de voorliggende en de achterliggende kering aardbevingsbestendig zijn geverifieerd te worden zodra de werkwijze voor het seismisch ontwerpen van de waterkeringen gereed is.

7 Literatuur

- [1] Wadlab, haalbaarheidstudie multifunctionele dubbele keringzone Eemshaven – Delfzijl, Bosch Slabbers Landschapsarchitecten, 20 januari 2015.
- [2] Dijkversterking Eemshaven-Delfzijl, waterveiligheid van een dubbele dijk, Deltares, conceptversie, augustus 2015.
- [3] Referentieontwerp dijkversterking Eemshaven Delfzijl, Appendix 1: Uitgangspunten, Grontmij, werkversie, 17 juli 2015.
- [4] Referentieontwerp dijkversterking Eemshaven Delfzijl, Appendix 2: Hydraulische randvoorwaarden, Grontmij, werkversie, 17 juli 2015.
- [5] Referentieontwerp dijkversterking Eemshaven Delfzijl, Appendix 3: Macrostabiliteit, Grontmij, intern document, 29 september 2015.
- [6] Technisch rapport waterspanningen bij dijken, 1-09-2004, TAW, ISBN-90-369-5565-3.
- [7] Leidraad Zee- en Meerdijken basisrapport, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW), december 1999.
- [8] OI2014v3 - Handreiking ontwerpen met overstromingskansen - Veiligheidsfactoren en belastingen bij nieuwe overstromingskansnormen. Rijkswaterstaat Water, juli 2015.
- [9] Geotechnisch Laboratoriumonderzoek _dubbele dijk Wiertsema & Partners 2015
- [10] Kostenraming aardbevingsopgave, Grontmij, 25 november 2015. Kenmerk GM-0173578.

Bijlage 1

Resultaten Macrostabiliteit



[illegible]

Slip Plane Spencer

Materials

- 15 - Dekl
- 6 - Tfco
- 4 - Shpp
- 7 - Tfco - Teen
- 3a - Pfc2
- 2 - Pfsm
- 3 - Pfc1

Geometrie

Geometrie: Nederland B.V.

Project: 346922

Opdracht: 20-10-2015

Uitvoering: J.M.

Check: J.M.

Annex: 1

Safety: 1.09