

Boskalis

**Eerste fase Marker Wadden
Realisatiefase**

**Ontwerpnota UO buitenhaven (IE2)
en havendammen (IE2.1)
MW-UO-WP-OW03-1**

Boskalis

Project **Eerste fase Marker Wadden**
Fase: Realisatie
Titel: Ontwerpnota UO buitenhaven (IE2) en havendammen (IE2.1)
Documentnummer: MW-UO-WP-OW03-1
Datum: 21-03-2016
Versie: 1.0

Revisiegeschiedenis

versie	opgesteld door	datum	wijzigingen
1.0		21-03-2016	n.v.t.

Controle status

actie	naam	datum	paraaf
auteur(s)		21 maart 2016	
geverifieerd			
geverifieerd		21 maart 2016	
goedgekeurd			

INHOUDSOPGAVE	blz.
1. INLEIDING	1
1.1. Doel	1
1.2. Object en functie	1
1.3. Leeswijzer	1
2. ONTWERPBESCHRIJVING	3
2.1. Algemene beschrijving	3
2.1.1. Binnenhaven, toegangsegeul, zwaairom en haveningang	4
2.1.2. Noordelijke havendam	5
2.1.3. Zuidelijke havendam	5
2.2. Hoeveelheden	6
2.3. Uitvoeringsfasering	6
2.4. Uitvoeringseisen	6
2.5. Raakvlakken	8
2.6. Risico's	8
3. EISEN EN UITGANGSPUNTEN	9
3.1. Eisen	9
3.2. Geometrische uitgangspunten	14
3.2.1. Bodemniveau Markermeer	14
3.2.2. Nautiek	14
3.2.3. Layout buitenhaven voor verificatie golfdoordringing	15
3.3. Hydraulische uitgangspunten	15
3.3.1. Golfbelasting en waterstanden	15
3.3.2. Meteorologische uitgangspunten	16
3.3.3. Stromingsbelasting	17
3.4. Materialen	17
3.4.1. Stortsteen	17
3.4.2. Kernmateriaal	17
3.4.3. Geotextielen	18
4. ONTWERPMETHODIEK BUITENHAVEN	19
4.1. Nautisch gegarandeerde diepte	19
4.2. Vereiste oriëntatie haveningang en steigers	20
4.3. Golfdoordringing	20
4.3.1. Toegangsegeul	20
4.3.2. Ligplaatsen en afmeerboeien	21
4.4. Breedte haveningang	21
4.5. Zwaairom	22
4.6. Breedte toegangsegeul	22
4.7. Steiger en meerboeien	22
5. ONTWERPMETHODIEK HAVENDAMMEN	24
5.1. Faalmechanismen	24
5.2. Overslag	25
5.3. Stabiliteit bekleding	26
5.3.1. Toplaag buitentalud	26
5.3.2. Toplaag binnentalud	27
5.3.3. Teenconstructie	29
5.3.4. Kopconstructie	29
5.3.5. Filterconstructie	29

5.3.6.	Rietbekleding	31
6.	BUITENHAVEN	32
6.1.	Nautische beoordeling	32
6.2.	Golfoordringing	32
6.2.1.	Eisen	32
6.2.2.	Toegangsgeul buitenhaven	33
6.2.3.	Ligplaatsen en afmeerboeien buitenhaven	37
6.3.	Steigerconstructie en meerboeien	41
7.	NOORDELIJKE HAVENDAM	43
7.1.	Overslag	43
7.2.	Stabiliteit bekleding	43
7.2.1.	Toplaag buitentalud	44
7.2.2.	Toplaag binnentalud	44
7.2.3.	Kopconstructie	44
7.2.4.	Teenconstructie	44
7.3.	Filterconstructie	44
7.4.	Rietbegroeiing	45
8.	ZUIDELIJKE HAVENDAM	46
8.1.	Overslag	46
8.2.	Stabiliteit bekleding	46
8.2.1.	Toplaag buitentalud	47
8.2.2.	Toplaag binnentalud	47
8.2.3.	Kopconstructie	47
8.2.4.	Teenconstructie	47
8.3.	Filterconstructie	47
8.4.	Rietbegroeiing	48
9.	REFERENTIES	49

BIJLAGEN

I	Risico's
II	Eisenverificatie
III	Golfoordringing
IV	Overslag
V	Toplaagstabiliteit
VI	Kernmateriaal en filterconstructie
VII	Ontwerptekening UO

Gebruikte afkortingen

afkorting	omschrijving
NAP	Normaal Amsterdams Peil
NGD	Nautisch gegarandeerde diepte
UO	Uitvoeringsontwerp
VSE	Vraagspecificatie Eisen
VSP	Vraagspecificatie Processen

1. INLEIDING

1.1. Doel

Project

De Eerste fase Marker Wadden omvat het aanleggen van in eerste instantie één natuureiland (modules A en B) in het Markermeer. Als meer financiële middelen beschikbaar komen, wordt dit uitgebreid met meer natuureilanden (module C en verder). De natuureilanden worden een vogelparadijs. Daarnaast wordt op de Marker Wadden recreatie ontwikkeld in de vorm van een haven, zandstrand, wandelpaden, uitkijktoren, vogelkijkhutten en een speelvallei.

Ontwerp

De algemene ontwerpdoelstelling is het realiseren van een uitvoeringsgereed ontwerp (UO) voor de Eerste fase Marker Wadden welke de modules A, B en C omvat. Belangrijke succesfactoren daarbij zijn:

- Het UO is afgestemd met en akkoord bevonden door uitvoering.
- Het ontwerp is gevalideerd met de opdrachtgever, voordat het UO ter acceptatie wordt ingediend.
- De ruimtelijke kwaliteit van het is UO is minimaal gelijk aan de hoge ruimtelijke kwaliteit in het voorontwerp zonder overschrijding van de projectkosten.
- Het ontwerp voldoet expliciet aantoonbaar aan de gestelde eisen voordat wordt begonnen met de uitvoeringswerkzaamheden.

Ontwerpnota

Het natuureiland wordt een nieuwe vaarbestemming in het Markermeer door de aanleg van een haven voor met name recreatievaart. Voorliggende ontwerpnota gaat in op de buitenhaven en havendammen en heeft de volgende doelen:

- vastleggen van de technische onderbouwing van het ontwerp;
- vastleggen van de raakvlakken en risico's ten behoeve van de registers;
- vastleggen van de eisenverificatie voor het object.

1.2. Object en functie

De rapportage heeft betrekking op object buitenhaven (IE2) en het onderliggende object havendammen (IE2.1). Het object aanlegvoorzieningen (IE2.2) is opgenomen in een andere rapportage (Tabel 1-1).

Tabel 1-1. Objectenboom

objectcode	omschrijving
MW	Eerste fase Marker Wadden
IE	Inrichtingselementen
IE2	Buitenhaven
IE2.1	Havendammen
IE2.2	Aanlegvoorzieningen

1.3. Leeswijzer

Relatie tussen rapporten

De voorliggende rapportage maakt integraal onderdeel uit van een set rapporten ten behoeve van de technische onderbouwing van het object Eerste fase Marker Wadden. Een

overzicht van de meest relevante documenten voor voorliggende ontwerpnota is gegeven in Tabel 1-2.

Tabel 1-2. Overzicht relevante documenten

titel	documentnummer	inhoud
Ontwerpnota UO buitenhaven (IE2) en havendammen (IE2.1)	MW-UO-OW03-1 (voorliggend)	beschrijving van het UO en (rekenkundige) onderbouwing
Ontwerpnota UO harde rand (RA1)	MW-UO-WP-OW02-1	beschrijving van het UO en rekenkundige onderbouwing
Geotechnisch ontwerp Marker Wadden: Zettings- en stabiliteitsberekeningen	13084-04-R01-XX-PTUR ¹	geotechnische beoordeling van het UO
Ontwerpnota UO zachte rand (RA2)	MW-UO-WP-OW04-1	beschrijving van het UO en onderbouwing
Risicoregister	MW-REG-007	register van de risico's
Raakvlakkenregister	MW-REG-004	register van de raakvlakken
Hoeveelhedenstaat	MW-HGG-001	toegepaste hoeveelheden Marker Wadden
Verificatierapport buitenhaven (IE2) en havendammen (IE2.1)	MW-VER-019	plan voor verificatie en validatie van de ontwerpisen

Ontwerpnota

Hoofdstuk 2 van voorliggende ontwerpnota betreft een beschrijving van het ontwerp en kan gezien worden als een samenvatting van de uitgevoerde analyses. Naast een algemene beschrijving behandelt het hoofdstuk de uitvoeringsfasering, eisen voor uitvoering vanuit het ontwerp, risico's en raakvlakken.

De objectspecifieke eisen en uitgangspunten voor de buitenhaven en havendammen zijn gegeven in hoofdstuk 3. De aangehouden ontwerpmethodiek voor de buitenhaven is uiteengezet in hoofdstuk 4. De ontwerpmethodiek voor de havendammen is beschreven in hoofdstuk 5. In de hoofdstukken 6, 7 en 8 is het ontwerp (rekenkundig) beoordeeld. Bij de rekenkundige beoordelingen wordt regelmatig naar de bijlagen verwezen, waar de belangrijkste uitvoer van de berekeningen zijn opgenomen. Het rapport wordt afgesloten met een lijst van geraadpleegde documenten in hoofdstuk 9.

De objectgerelateerde risico's zijn opgelijst in bijlage I. In bijlage II is de verificatie van de eisen gegeven. De berekeningsresultaten, ten behoeve van de rekenkundige beoordeling, zijn opgenomen in bijlage III tot en met bijlage VI. In bijlage VII zijn de UO tekeningen bijgevoegd.

¹ XX verwijst naar de laatste versie van het document. Omdat de geotechniek tot nieuwe inzichten m.b.t. bouwfasering kan leiden, is het van belang dat het laatste rapport wordt geraadpleegd.

2. ONTWERPBESCHRIJVING

2.1. Algemene beschrijving

De buitenhaven en havendammen zijn onderdeel van Fase 1 Marker Wadden welke weergegeven is in Afbeelding 2.1. Het wit omcirkelde gebied betreft de gehele buitenhaven met daarin de afzonderlijke onderdelen. Dit gebied is weergegeven in Afbeelding 2.2. De noordelijke en zuidelijke havendammen vormen de toegang tot de buitenhaven. Via een toegangsgemaal is de binnenhaven te bereiken.

De UO tekening van de buitenhaven [ref. 8.] en de UO tekening van de havendammen [ref. 9.] zijn ook weergegeven in bijlage VII.

Afbeelding 2.1. Overzicht Fase 1 Marker Wadden



Afbeelding 2.2. Overzicht buitenhaven (afbeelding ter indicatie)



2.1.1. Binnenhaven, toegangsgeul, zwaaiком en haveningang

De binnenhaven biedt afmeermogelijkheden voor verschillende vormen van recreatievaart. Zowel kleine zeil- en motorjachten als schepen uit de bruine vloot of rondvaartschepen kunnen de haven aanvaren.

De noordelijke en zuidelijke havendam zijn dusdanig gepositioneerd dat deze voldoende beschutting creëren om een veilige toegang tot de Marker Wadden te garanderen. De uiteinden van de havendammen zijn 80 m uit elkaar gepositioneerd, zodat een voldoende brede haveningang ontstaat op nautisch gegarandeerde diepte (NAP - 2,90 m). De uiteinden worden voorzien van nautische markering zonder licht.

Binnen de havendammen in de buitenhaven is een zwaaiком ontworpen met een diameter van 104,4 m. De verbinding tussen de binnen- en buitenhaven is gerealiseerd middels een toegangsgeul welke met 39,22 m voldoende breed is voor twee passerende maatgevende schepen.

De afmeervoorzieningen zijn gepositioneerd in de zuidwestelijke hoek van de binnenhaven. Hierdoor is de aanvaarroute richting de haven in de richting van de meest voorkomende windrichting. Hierdoor wordt de haven met de “wind in de kop” aangevaren.

Het gehele havengebied wordt aangelegd met een overdiepte van 1,40 m ten opzichte van de nautisch benodigde diepte (NAP - 4,30 m). Hierdoor wordt onderhoudsbaggerwerk geminimaliseerd.

2.1.2. Noordelijke havendam

De noordelijke havendam is de langste van de twee havendammen. Deze dam beschermt de buitenhaven voor golven uit de hoofdrichtingen noord en west. De totale lengte van de dam bedraagt 302,1 m (gemeten over de kruin). In dwarsdoorsnede DP2 (UO tekening havendammen bijlage VII en [ref. 9.]) is de doorsnede van het profiel getoond.

De belangrijkste aspecten van dit profiel zijn:

- bodemniveau: NAP - 4,30 m;
- taludhelling vooroever: 1:7;
- bovenkant teen: NAP - 2,00 m;
- lengte teen: 3,00 m
- buitentaludhelling: 1:4;
- kruinhoogte: NAP + 1,50 m;
- volledig bestorte kruin: 2,00 m;
- binnentaludhelling: 1:3;
- bovenkant teen: NAP - 2,00 m;
- lengte teen: 1,50 m;
- talud 1:7 tot bodemniveau NAP - 4,30 m;
- toegepast geotextiel: conform specificaties gegeven in paragraaf 3.4.3;
- toegepaste gradering toplaag: 40-200 kg.

Bij de aansluiting met het strand versterft het buitentalud van de noordelijke havendam in het strand. Deze dwarsdoorsnede is getoond in DP1 (UO tekening havendammen bijlage VII en [ref. 9.]).

De kop van de noordelijke dam wordt zwaarder aangevallen dan het doorlopende deel van de dam. Hiertoe is een zwaarder profiel ontworpen, dat is weergegeven in dwarsdoorsnede DP3 (UO tekening havendammen bijlage VII en [ref. 9.]).

De belangrijkste aspecten van dit profiel zijn:

- bodemniveau: NAP - 4,30 m;
- taludhelling vooroever: 1:7;
- bovenkant teen: NAP - 2,00 m;
- lengte teen: 3,00 m;
- buitentaludhelling: 1:5;
- kruinhoogte: NAP + 1,50 m;
- volledig bestorte kruin: 2,00 m;
- toegepast geotextiel: conform specificaties gegeven in paragraaf 3.4.3;
- toegepaste gradering toplaag: 60-300 kg;
- toegepaste gradering filterlaag: 45/125 mm.

2.1.3. Zuidelijke havendam

De zuidelijke havendam is de kortste van de twee havendammen. Deze dam beschermt de buitenhaven voor golven uit de hoofdrichting zuid. De totale lengte van de dam bedraagt 155,6 m (gemeten over de kruin). In dwarsdoorsnede DP5 (UO tekening havendammen bijlage VII en [ref. 9.]) is de doorsnede van het profiel getoond.

De belangrijkste aspecten van dit profiel zijn:

- bodemniveau: NAP - 4,30 m;
- taludhelling vooroever: 1:7;
- bovenkant teen: NAP - 2,00 m;

- lengte teen: 3,00 m
- buitentaludhelling: 1:4;
- kruinhoogte: NAP + 1,50 m;
- volledig bestorte kruin: 2,00 m;
- binnentaludhelling: 1:3;
- bovenkant teen: NAP - 2,00 m;
- lengte teen: 1,50 m;
- talud 1:7 tot bodemniveau NAP - 4,30 m;
- toegepast geotextiel: conform specificaties gegeven in paragraaf 3.4.3;
- toegepaste gradering toplaag: 40-200 kg.

Bij de aansluiting met het strand versterft het buitentalud van de zuidelijke havendam in het strand. Deze dwarsdoorsnede getoond in DP4 (UO tekening havendammen bijlage VII en [ref. 9.]).

De kop van de zuidelijke dam wordt zwaarder aangevallen dan het doorlopende deel van de dam. Hiertoe is een zwaarder profiel ontworpen, dat is weergegeven in dwarsdoorsnede DP6 (UO tekening havendammen bijlage VII en [ref. 9.]).

De belangrijkste aspecten van dit profiel zijn:

- bodemniveau: NAP - 4,30 m;
- taludhelling vooroever: 1:7;
- bovenkant teen: NAP - 2,00 m;
- lengte teen: 3,00 m;
- buitentaludhelling: 1:5;
- kruinhoogte: NAP + 1,50 m;
- volledig bestorte kruin: 2,00 m;
- toegepast geotextiel: conform specificaties gegeven in paragraaf 3.4.3;
- toegepaste gradering toplaag: 60-300 kg;
- toegepaste gradering filterlaag: 45/125 mm.

2.2. Hoeveelheden

De benodigde hoeveelheden zijn opgenomen in de Hoeveelhedenstaat [ref. 6.].

2.3. Uitvoeringsfasering

De uitvoeringsfasering van de havendammen hangt nauw samen met de geotechnische beschouwing. Om deze reden is de uitvoeringsfasering van de havendammen opgenomen in het geotechnische rapport [ref. 5.]

2.4. Uitvoeringseisen

Vanuit ontwerp is een aantal eisen gedefinieerd voor uitvoering, welke zijn opgenomen in het verificatierapport buitenhaven en havendammen (IE2) [ref. 10.]. In Tabel 2-1 zijn de uitvoeringseisen beknopt weergegeven.

Tabel 2-1. Uitvoeringseisen

Eisnummer: IE2.1-UA-18	Titel: Minimale laagdikte stortsteen
	Eistekst: De minimale laagdikte van stortsteen is groter of gelijk aan $1,5 \cdot D_{n50, \text{toegepast}}$. De streefaanlegdikte van de gehele havendam is $2,0 \cdot D_{n50}$ van de toegepaste steen.
	Toelichting: In het ontwerp wordt een laagdikte van $2 \cdot D_{n50}$ gehanteerd, in deze eis is de ondergrens van de laagdikte beschreven. De gehanteerde waarden voor D_{n50} zijn: 40-200 kg: $D_{n50} = 0,36$ m 60-300 kg: $D_{n50} = 0,42$ m
	Methode: Om de 20 m worden de dwarsprofielen opgemeten en de laagdiktes bepaald.
	Verantwoordelijke: Uitvoerder
Eisnummer: IE2.1-UA-19	Titel: Dichtheid stortsteen
	Eistekst: De dichtheid van de toegepaste stortsteen is groter of gelijk aan 2650 kg/m^3
	Toelichting: In de ontwerpnota is van deze dichtheid uitgegaan.
	Methode: Keuringsrapport of certificaat
Eisnummer: IE2.1-UA-20	Titel: Aanlegtolerantie zandtalud
	Eistekst: De ligging van het zandtalud dient gelijk te zijn aan het theoretische profiel, met maximale absolute afwijking van 0,2 m
	Toelichting:
	Methode: Om de 20 m worden de dwarsprofielen opgemeten.
Eisnummer: IE2.1-UA-21	Titel: Aanlegtolerantie stortsteen
	Eistekst: De ligging van het steentalud dient gelijk te zijn aan het theoretische profiel, met maximale absolute afwijking van 0,2 m
	Toelichting:
	Methode: Om de 20 m worden de dwarsprofielen opgemeten.
Eisnummer: IE2.1-UA-22	Titel: Specificaties geotextiel
	Eistekst: Het toegepaste geotextiel dient te voldoen aan de volgende eisen: <ul style="list-style-type: none"> - openingsgrootte geotextiel $O_{90} \leq 0,27 \text{ mm}$ ($= 270\mu\text{m}$); - permittiviteit $> 0,1$ [1/s]; - treksterkte bij breuk (in twee richtingen) $\geq 35 \text{ kN/m}$ (bij toepassen van een vlies $\geq 15 \text{ kN/m}$); - reststerkte na 50 jaar, rekening houdend met een RF_{ID} van 1,5 en een RF_{CH} van 1,3, is minimaal 50% van de korte duursterkte (indexwaarde);¹ - In geval van een composiet dient één van de componenten aan de minimale treksterkte eis te voldoen. De treksterktes van de samengestelde delen mogen niet bij elkaar worden opgeteld; - In geval van een composiet van een weefsel met daarop een beschermend vlies, dient het vlies minimaal 170 gr/m^2 te wegen; - bij toepassing van een gradering groter dan 40-200 kg, dient een geometrisch gesloten filterlaag te worden toegepast tussen de breuksteen en het geotextiel.
	Toelichting:
	Methode: Certificering geotextiel
	Verantwoordelijke: Uitvoerder
Eisnummer: IE2.1-UA-23	Titel: Plaatsing en afwerking geotextiel
	Eistekst: Voor de plaatsing en afwerking van het geotextiel dient: <ul style="list-style-type: none"> - de overlap tussen twee geotextielen dient ten minste 0,5 m te bedragen; - overtollig geotextiel te worden afgesneden; - de valhoogte van de stenen kleiner te zijn dan 1 m.

¹ RF_{ID} : Reductiefactor voor schade bij het aanbrengen

RF_{CH} : Reductiefactor voor chemische en biologische degradatie

	Toelichting:
	Methode: Inspectie
	Verantwoordelijke: Uitvoerder
Eisnummer: IE2.1-UA-24	Titel: Proceseis m.b.t. aanleghoogte
	Eistekst: De definitieve aanleghoogte dient tijdens de uitvoeringsfase door een geotechnisch adviseur te worden bepaald op basis van meetresultaten van de zetting tijdens de uitvoering.
	Toelichting:
	Methode: Berekening
	Verantwoordelijke: Geotechnisch adviseur
Eisnummer: IE2.1-UA-25	Titel: Initieel aanlegprofiel
	Eistekst: Het initieel aanlegprofiel voor de havendammen dient te worden aangelegd met een taludhelling van minimaal 1:2,5 boven water en minimaal 1:2 onder water. De kruin mag in combinatie met genoemde taludhellingen initieel worden aangelegd op NAP +2,00 m. Het aanbrengen van de zanddam met steilere taluds dient vooraf ter toetsing te worden voorgelegd aan de geotechnisch adviseur en dient te worden onderbouwd met aanvullende geotechnische informatie.
	Toelichting:
	Methode: Op de UO tekening wordt het initieel aanlegprofiel gecontroleerd. Indien steilere taluds dan 1:2,5 en 1:2 voor respectievelijk boven water en onder water worden toegepast, dient de geotechnisch adviseur hier goedkeuring voor te geven.
	Verantwoordelijke: Geotechnisch adviseur
Eisnummer: IE2.1-UA-26	Titel: Uitvoeringsfasering
	Eistekst: Tijdens de uitvoeringsfase dient de conceptuele fasering uit het geotechnisch uitvoeringsontwerp (13084-04-R02-xx-PTUR) te worden verwerkt in werktekeningen/werkplannen. De werktekeningen/werkplannen dienen ter toetsing te worden voorgelegd aan de geotechnisch adviseur.
	Toelichting: Met de aanduiding xx in het documentnummer wordt de laatste versie van het document bedoeld.
	Methode: De werktekeningen/werkplannen worden door de geotechnisch adviseur getoetst op geotechnische stabiliteit
	Verantwoordelijke: Uitvoerder

2.5. Raakvlakken

Het object buitenhaven en havendammen heeft raakvlakken met:

- strand-fase1-zand: aansluiten noordelijke en zuidelijke havendam op strand;
- loswal: aansluiting met noordelijke havendam;
- veerstoep: aansluiting met zuidelijke havendam;
- eilandrand1-zand: aansluiting met zuidelijke havendam.

2.6. Risico's

De risico's en bijbehorende maatregelen volgende uit deze ontwerpnota voor de buitenhaven en havendammen zijn gegeven in bijlage I.

3. EISEN EN UITGANGSPUNTEN

De relevante eisen en uitgangspunten voor het object buitenhaven en havendammen zijn in voorliggend hoofdstuk opgenomen.

3.1. Eisen

De eisen en het verificatieplan, geldend voor het object buitenhaven en havendammen, zijn opgenomen in bijlage II. In Tabel 3-1 is per eis de eistekst en het criterium herhaald, hierin zijn de uitvoeringseisen benoemd in paragraaf 2.4 niet herhaald.

Tabel 3-1. Eisen buitenhaven en havendammen

Code	Eistitel	Eistekst	Criterium
MW-04	Secundaire bouwstoffen 2	Secundaire bouwstoffen zijn toegestaan in de bekleding van een harde rand en als functionele funderingslaag in eventuele (bouw)wegen waarbij wordt aangetoond dat aan de bijbehorende wettelijke zorgplicht wordt voldaan.	Niet van toepassing. In de hier beschouwde objecten zijn geen secundaire bouwstoffen verwerkt.
MW-05	Secundaire bouwstoffen 3 (industrie-klasse)	Grond en/of baggerspecie met kwaliteitsklasse Industrie / B mag uitsluitend als kernmateriaal toegepast worden in een harde rand, vooroeverdam of in het zandplateau waarbij wordt aangetoond dat aan de bijbehorende wettelijke zorgplicht wordt voldaan. Toelichting: Omdat het moeras niet stabiel is qua uitspoeling kan de zorgplicht behorende bij grond met kwaliteitsklasse Industrie en/of B door de opdrachtgever in lengte van jaren niet gegarandeerd worden. mede doordat opdrachtgever de intentie heeft het moeras in de toekomst open te stellen voor de dynamiek van het Markermeer.	Niet van toepassing. In de hier beschouwde objecten zijn geen secundaire bouwstoffen verwerkt.
MW-10	Bieden recreatie	Het systeem Eerste fase Marker Wadden dient recreanten de mogelijkheid te bieden te recreëren passend bij de doelstellingen van natuurmonumenten.	Aan deze eis is voldaan, indien voldaan is aan de onderliggende eis(en).
IE2-01	De buitenhaven biedt veiligheid voor boten	De buitenhaven dient bij alle weersomstandigheden en jaargetijden primair beschutting te bieden aan boten om veilig te kunnen afmeren en voor (on)bepaalde tijd afgemeerd te laten blijven. Toelichting: Ont-	Aan deze eis is voldaan: a). indien de significante golfhoogte bij de ligplaatsen tijdens stormcondities met een overschrijdingskans van 1/50 per jaar kleiner of gelijk is aan 0,40 m. Met dit criterium van 0,40 m

Code	Eistitel	Eistekst	Criterium
		werpen op de volgende maatgevende boten: - zeil-/motorboot: lengte 15 m, breedte 4 m en diepgang 2,1 m. bruine vloot-schip: lengte 35 m, breedte 7 m en diepgang 1,4 m. Rondvaartboot: lengte 20 m, breedte 5 m en diepgang 1,5 m.	(ref. PIANC (1981)) kan veilig afgemeerd worden aan zowel een gefixeerd afmeersysteem (rigid type mooring) als een flexibel afmeersysteem (flexible mooring system). en b). indien de significante golfhoogte bij de afmeerboeien tijdens stormcondities met een overschrijdingskans van 1/50 per jaar kleiner of gelijk is aan 0,60 m. Dit veiligheids criterium van 0,60 m (ref. PIANC (1981)) is van toepassing omdat een afmeerboei een flexibel afmeersysteem (flexible mooring system) is.
IE2-02	Capaciteit buitenhaven	De buitenhaven biedt een ligplaats aan een steiger voor 3 boten van de bruine vloot, 1 rondvaartboot en 22 zeil-/motorboten en 5 meerboeien voor boten die solitair willen meren (niet aan een steiger).	Aan deze eis is voldaan, indien voldaan is aan de onderliggende eis(en). IE2-A-11 IE2-A-12
IE2-03	Land betreden	De buitenhaven dient zodanig te zijn aangelegd dat de opvarenden op een veilige manier van boord en aan land kunnen gaan en vice versa.	Aan deze eis is voldaan, indien voldaan is aan de onderliggende eis(en). IE2-A-13 IE2-A-14
IE2-04	Lage onderhoudskosten	De buitenhaven, haar toegang en voorzieningen dienen zo te zijn ontworpen en aangelegd dat onderhoudskosten worden geminimaliseerd.	Aan deze eis is voldaan, indien voldaan is aan de onderliggende eis(en). IE2-E-08 IE2-A-20
IE2-05	Veilig bereiken en verlaten	Maatgevende boten en jachten (qua lengte en diepgang) moeten de buitenhaven bij alle weersomstandigheden veilig kunnen bereiken en verlaten.	De haven is op basis van expert judgement beoordeeld en veilig geacht voor het invaren en uitvaren van schepen.
IE2-06	Ontwerp levensduur	Toe te passen materialen hebben een ontwerp levensduur van minimaal 40 jaar.	aan deze eis is voldaan, indien voldaan is aan de onderliggende eis(en).
IE2-A-09	Riet begroeiing toegangskanaal en havenkom	De oevers van de toegangseul en havenkom zijn begroeid met riet.	Het binnenprofiel van de havenkom dient een vlakstand te hebben met een breedte van minimaal 5 m tot maximaal 15 m, op een niveau NAP -0,20 m aan de kruinzijde tot NAP -0,40 m aan de havenzijde, ten behoeve van rietbegroeiing. Deze vlakstand

Code	Eistitel	Eistekst	Criterium
			dient te zijn afgewerkt met 0,30 m klei. Na aanleg dient 1 m aan de kruinzijde te worden ingeplant met rietstekken in een dichtheid van 9 st/m ² .
IE2-A-10	Ontwerplevensduur steiger	De steiger incl. toebehoren hebben een ontwerplevensduur van 40 jaar.	Te specificeren door de steigerleverancier
IE2-A-11	Capaciteit steiger	De buitenhaven biedt een ligplaats aan een steiger voor 3 boten van de bruine vloot, 1 rondvaartboot en 22 zeil-/motorboten	Aan de steiger in de buitenhaven is ruimte voor 3 boten van de bruine vloot, 1 rondvaartboot en 22 zeil-/motorboten conform de afmetingen gegeven in de toelichting
IE2-A-12	Capaciteit meerboeien	De buitenhaven biedt plaats voor 5 afzonderlijke meerboeien	Er zijn 5 afzonderlijke meerboeien in buitenhaven aanwezig. Deze zijn ontworpen conform eis IE2-07
IE2-A-13	Toegang schip tot steiger	De steiger dient zodanig te zijn aangelegd dat de opvarenden op een veilige manier van boord kunnen.	-Op enig punt van het schip is in afgemeerde positie de horizontale afstand tussen schip en steiger $\leq 0,5$ m -Vrijboord steiger t.o.v. zomerpeil minimaal 0,5 m
IE2-A-14	Toegang steiger tot land	De steiger dient zodanig te zijn aangelegd dat de opvarenden op een veilige manier aan land kunnen gaan.	Aan te tonen door leverancier steiger
IE2-A-15	Golfindringing toegangsgeul	De significante golfhoogte in de toegangsgeul dient tijdens storm met windsnelheden tot 7 Bft zodanig te zijn dat maatgevende boten de buitenhaven veilig kunnen bereiken en verlaten.	Aan deze eis is voldaan, indien de significante golfhoogte in de toegangsgeul tijdens condities met een windsnelheid van 7 Bft kleiner of gelijk is aan 0,60 m conform PIANC (1981).
IE2-A-16	Invaarbreedte steiger	De invaarbreedte (jachthaven) tussen de steiger en oever dient groot genoeg te zijn om veilig invaren te faciliteren.	Invaarbreedte (jachthaven) tussen de steiger en oever dient minimaal 20 m te bedragen, gemeten op de nautisch gegarandeerde diepte van NAP -2,90 m.
IE2-A-17	Uitvaar ruimte ligvak	De uitvaar ruimte achter een ligplaatsvak dient voldoende te zijn om veilig in- en uit te kunnen varen.	Uitvaar ruimte achter een ligplaatsvak minimaal 1,5 * lengte ligplaats gemeten op de nautisch gegarandeerde diepte van NAP -2,90 m.
IE2-A-18	Nautisch gegarandeerde diepte	De nautisch gegarandeerde bodemniveau in de gehele buitenhaven \leq NAP -2.90 meter	De nautisch gegarandeerde bodemniveau \leq NAP -2,90 m
IE2-A-19	Positie binnenhaven	Positie van de steiger dient in het daarvoor geldende bestemmingsgebied geplaatst te worden	Positie van de steiger + ligplaatsvakken ligt binnen de daarvoor geldende bestem-

Code	Eistitel	Eistekst	Criterium
			mingslijn gepositioneerd.
IE2-A-20	Lage onderhoudskosten	De buitenhaven, haar toegang en voorzieningen dienen zo te zijn ontworpen en aangelegd dat onderhoudskosten worden geminimaliseerd.	Er is voldoende rekening gehouden met onderhoud minimalisatie
IE2-A-21	Nautische markeringen	De hoofden van de havendammen dienen voorzien te zijn van nautische markeringen ten behoeve van het veilig binnenvaren van de buitenhaven	De hoofden van de havendammen zijn voorzien van Nautische markeringen
IE2-E-06	Locatie steigers	De aanvaarrichting naar de aanlegsteigers dient onder 225 graden t.o.v. het noorden geïmponeerd te worden met een marge van +/- 20 graden.	De aanvaarrichting naar de aanlegsteigers is 225 graden t.o.v. het noorden met een marge van +/- 20 graden.
IE2-E-07	Dimensies haventoeegang	De havenmond heeft een breedte van 80 m met daarachter een draaicirkel van 100 m, zodat de maatgevende schepen veilig de buitenhaven kunnen invaren en verlaten. Het toegangsgeul dient daarnaast breed genoeg te zijn om veilig de binnenhaven te bereiken.	i) havenmond breedte ≥ 80 m ii) draaicirkel diameter ≥ 100 m iii) breedte toegangsgeul ≥ 25 m
IE2-E-08	Havenbodem	Bij aanleg ligt het gemiddelde bodemniveau van de buitenhaven op NAP -4,30 m.	Gemiddeld aanlegniveau van de havenbodem \leq NAP -4,30 m (m.u.v. steiger en loswal)
IE2.1-A-02	Natuurlijke uitstraling van toe te passen materialen	Eis overgenomen van harde rand RA1-01 Toelichting OG: Breuksteen met een sortering niet zwaarder dan 60-300 kg voldoet aan deze eis. normale betonnen en stalen elementen die zichtbaar zijn voldoen niet aan deze eis. Ook geotextielen die zichtbaar zijn voldoen niet aan deze eis.	De havendammen hebben een natuurlijke uitstraling, te beoordelen door de landschapsarchitect.
IE2.1-A-03	Maximaal gewicht breuksteen (indien toegepast)	Eventueel toe te passen breuksteen dient niet zwaarder te zijn dan de sortering 60-300 kg.	Toegepaste bestorting heeft een standaard gradering lichter of gelijk aan 60-300 kg.
IE2.1-A-04	Rietbegroeiing havendam	Het binnenprofiel van de havendammen dient een vlakstand te hebben met een breedte van 5 meter, op een niveau -0,20m NAP aan de kruinzijde tot -0,40m NAP aan de havenzijde, ten behoeve van rietbegroeiing. Deze vlakstand dient te zijn afgewerkt met 30 cm klei.	Op het binnentalud van de havendam is een vlakstand aangebracht met de volgende specificaties: breedte ≥ 5 m niveau kruinzijde NAP - 0,20 m niveau teenzijde NAP - 0,40 m kleilaagdikte $\geq 0,30$ m
IE2.1-A-06	Ontwerpperiode stabiliteit ha-	De stabiliteit van de havendam	i) Te gebruiken materialen heb-

Code	Eistitel	Eistekst	Criterium
	vendam	van stortsteen dient ontworpen te worden voor een periode van minimaal 50 jaar.	ben een minimale levensduur van 50 jaar. ii) De hydraulische randvoorwaarden uit Bijlage I van de VSE met een herhalingsperiode van 50 jaar zijn gebruikt.
IE2.1-A-07	Ontwerpmethodiek en uitvoeringspraktijk havendam	De stabiliteit van de havendam van stortsteen dient te voldoen aan de hiervoor geldende ontwerp- en uitvoeringspraktijk voor wat betreft grensvlak stabiliteit (iii), interne stabiliteit (ii) en toplaagstabiliteit (i).	(i) toplaagstabiliteit conform eis IE2.1-A-08 (ii) interne stabiliteit toplaag: toepassen standaard steengraderingen (iii) grensvlakstabiliteit tussen geotextiel en kernmateriaal van havendam: conform CUR 205
IE2.1-A-08	Schade aan bestorting	De bestorting dient bij een maatgevende storm van eens in de 50 jaar een schade te vertonen die niet groter is dan: $S=5$ bij een helling 1 op 1,5 of $S=6$ bij een helling 1 op 2 of $S=9$ bij een helling 1 op 3 of $S=12$ bij een helling 1 op 4 of flauwer, conform de formule Van Der Meer.	Het schadegetal S in de rekenkundige beoordeling van de toplaag is ≤ 12 . De hydraulische randvoorwaarden zijn gelijk aan eis IE2.1-A-06
IE2.1-A-09	Golfoverslag	De kruinhoogte havendam is gedimensioneerd om weerstand te bieden tegen golfoverslag, waarmee een stabiel binnentalud wordt beoogd. Hierbij geldt een maatgevende storm van eens in de 50 jaar.	gemiddeld golfoverslagdebiet $q \leq 50$ l/s/m, berekend op de binnenkruinlijn De hydraulische randvoorwaarden zijn gelijk aan eis IE2.1-A-06
IE2.1-A-10	Rear side stability	De gradering stortstenen op de achterzijde van de havendammen is gedimensioneerd om weerstand te bieden tegen golfoverslag en golfindringing bij een maatgevende storm van eens in de 50 jaar.	Het schadegetal S in de rekenkundige beoordeling van de toplaag is ≤ 9 . De hydraulische randvoorwaarden zijn gelijk aan eis IE2.1-A-06
IE2.1-A-11	Teenstabiliteit	De teen van de havendam wordt opgebouwd met dezelfde gradering stortsteen als de taludbekleding	Gradering stortsteen teen is gelijk aan gradering stortsteen taludbekleding
IE2.1-A-12	Koppen havendam	De D_{n50} van het stortsteen op de koppen van de havendammen is 1,25 x groter dan de berekende D_{n50} voor het doorlopende deel van de havendam.	$D_{n50_kop} \geq 1,25 * D_{n50_doorlopend}$
IE2.1-A-13	Geotechnische stabiliteit	De veiligheid tegen instabiliteit van de havendam dient groter of gelijk te zijn aan 0,85, gebruik makend van partiële materiaal-factoren conform NEN-EN 9997-	Veiligheid tegen instabiliteit van de havendam $\geq 0,85$

Code	Eistitel	Eistekst	Criterium
		1+C1 (nl). De havendam dient te zijn ingedeeld in Reliability Class 1.	
IE2.1-A-14	zichtbaarheid onderwaterobjecten	Een object/talud/ondiepte welke zich bevindt tussen 2,0 min waterpeil en waterpeil (conform Projectplan Waterwet), en niet logischerwijs vastzit aan een duidelijk en omvangrijk boven water gelegen object, dient voor scheepvaart/ waterrecreanten met betoning gemarkeerd te zijn.	Een object/talud/ondiepte welke zich bevindt tussen 2,0 min waterpeil en waterpeil (conform Projectplan Waterwet), en niet logischerwijs vastzit aan een duidelijk en omvangrijk boven water gelegen object, is voor scheepvaart/ waterrecreanten met betoning gemarkeerd.
IE2.1-UA-16	Onderhoud havendam	Gedurende de onderhoudsperiode van 10 jaar dient herstellend onderhoud te worden uitgevoerd, wanneer de kruinhoogte onder het minimaal benodigde niveau komt.	kruinhoogte havendam \geq minimaal kruinhoogte havendam (IE2.1-A-09)
IE2.1-E-01	Lengte havendammen	De lengte van de havendammen bedraagt minimaal 125 m.	Lengte noordelijke havendam \geq 125 m Lengte zuidelijke havendam \geq 125 m
IE2.1-E-02	Verzanding havenmonding	De lengte van de havendammen is dusdanig dat verzanding in de haven wordt beperkt. Hierbij dient rekening gehouden te worden met de te verwachten (profiel-/waterlijn-) ontwikkeling van de naastgelegen stranden.	Lengte havendammen dusdanig dat verzanding in haven wordt beperkt.
IE2.1-UA-15	Onderhoud bekleding havendam	Gedurende de onderhoudsperiode van 10 jaar dient herstellend onderhoud te worden uitgevoerd aan de steenbestorting, wanneer het schadegetal aan het einde van het stormseizoen groter dan 7 is.	Schadegetal S \leq 7.

3.2. Geometrische uitgangspunten

3.2.1. Bodemniveau Markermeer

Het oorspronkelijk bodemniveau van het Markermeer ligt in het projectgebied op gemiddeld NAP - 4,30 m.

3.2.2. Nautiek

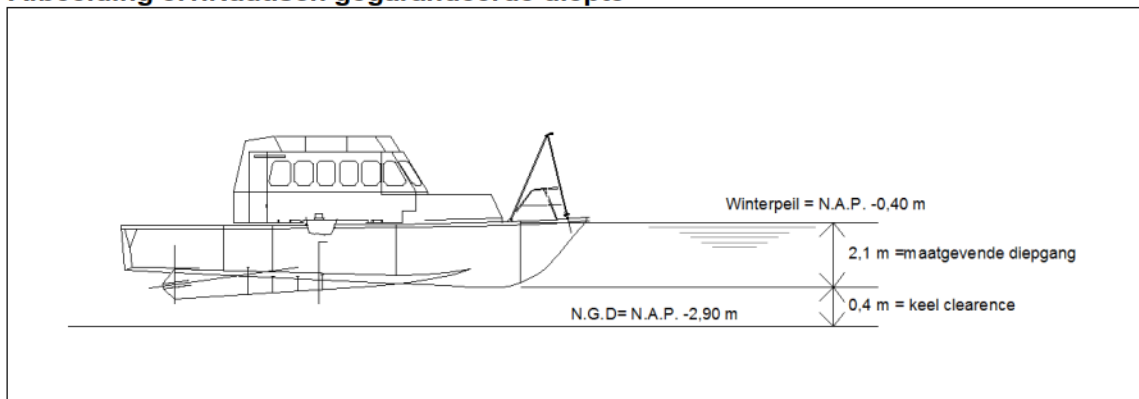
Voor de nautische beoordeling zijn de ontwerpschepen gehanteerd, zoals weergegeven in Tabel 3-2.

Tabel 3-2. Ontwerpschepen

	Zeil/motorboot	Bruine vloot	Rondvaartboot
Lengte (m)	15	35	20
Breedte (m)	4	7	5
Diepgang (m)	2,1	1,4	1,5
Aantal ligplaatsen (st)	22	3	1
Klasse volgens RVW [ref. 26.]	ZM-A	BVA	BVB

In de haven geldt een nautisch gegarandeerde diepte van NAP - 2,90 m, deze is afgeleid aan de hand van tabel 18 uit de richtlijn vaarwegen [ref. 26.] . Een schematisering is gegeven in Afbeelding 3.1

Afbeelding 3.1. Nautisch gegarandeerde diepte



3.2.3. Layout buitenhaven voor verificatie golfdoordringing

Voor het bepalen van de golfdoordringing in de buitenhaven is uitgegaan van de layout volgens het aanbiedingsontwerp [ref. 4.] Het effect van latere ontwerpwijzigingen van de layout van de buitenhaven op de golfcondities in de buitenhaven is beoordeeld op basis van expert judgement, zie het laatste deel van de paragrafen 6.2.2 en 6.2.3.

3.3. Hydraulische uitgangspunten

Voor water is uitgegaan van een dichtheid van $\rho_w = 1000 \text{ kg/m}^3$.

3.3.1. Golfbelasting en waterstanden

De golfcondities offshore van de projectlocatie zijn gegeven in Bijlage I van 'Eerste fase Marker Wadden, Vraagspecificatie Eisen' (VSE) [ref. 20.]. De golfrandvoorwaarden zijn weergegeven in Tabel 3-3. Voor het waterbouwkundig ontwerp van de havendammen is de 1/50 jaar storm met een stormduur van 6 uur gehanteerd.

Tabel 3-3. Hydraulische golfvoorwaarden [bron VSE]

Windrichting	1/1 jaar ⁻¹			1/10 jaar ⁻¹			1/20 jaar ⁻¹			1/50 jaar ⁻¹			1/100 jaar ⁻¹		
	d* [m]	H _i [m]	T _p ** [s]	d* [m]	H _i [m]	T _p ** [s]	d* [m]	H _i [m]	T _p ** [s]	d* [m]	H _i [m]	T _p ** [s]	d* [m]	H _i [m]	T _p ** [s]
NNO(30)	-0,6	0,4	2,3	-0,8	0,5	2,6	-0,8	0,6	2,6	-0,9	0,6	2,7	-0,9	0,6	2,8
ONO(60)	-0,8	0,4	2,3	-1,0	0,5	2,5	-1,0	0,5	2,5	-1,1	0,6	2,6	-1,2	0,6	2,7
O(90)	-0,7	0,4	2,3	-0,9	0,5	2,5	-1,0	0,5	2,6	-1,0	0,6	2,6	-1,0	0,6	2,7
OZO(120)	-0,6	0,4	2,3	-0,7	0,5	2,6	-0,8	0,5	2,6	-0,8	0,6	2,7	-0,9	0,6	2,8
ZZO (150)	-0,5	0,5	2,6	-0,6	0,6	2,9	-0,6	0,7	2,9	-0,7	0,7	3,0	-0,7	0,8	3,1
Z(180)	-0,4	0,8	3,3	-0,4	0,9	3,6	-0,4	0,9	3,6	-0,4	1,0	3,7	-0,4	1,1	3,8
ZZW (210)	0,0	1,0	3,9	0,1	1,2	4,4	0,2	1,2	4,4	0,3	1,3	4,5	0,3	1,4	4,7
WZW(240)	0,2	1,1	4,2	0,5	1,3	4,7	0,7	1,4	4,8	0,8	1,5	4,9	0,9	1,7	5,2
W (270)	0,2	1,1	4,2	0,5	1,3	4,7	0,6	1,4	4,8	0,8	1,5	4,9	0,9	1,7	5,2
WNW(300)	-0,1	1,0	3,8	0,1	1,2	4,4	0,2	1,2	4,4	0,3	1,3	4,6	0,4	1,5	4,8
NNW(330)	-0,3	0,8	3,4	-0,3	1,0	3,8	-0,2	1,0	3,8	-0,2	1,1	4,0	-0,2	1,2	4,1
N(360)	-0,5	0,6	2,8	-0,5	0,7	3,1	-0,5	0,8	3,2	-0,6	0,8	3,3	-0,6	0,9	3,4

^{*)} Waterstand inclusief windopzet, stille water diepte is 4,6 m (uitgaande van 5m diepte -0,4 m winterpeil).

^{**)} Relatie tussen piek en gemiddelde golfperiode: $T_m = T_p * 0,8$

In toevoeging op de informatie uit de VSE zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- d [m + NAP];
- $H_i = H_s$;
- $T_p = 1,1 T_{m-1,0}$.

3.3.2. Meteorologische uitgangspunten

Wind

De extremere windcondities zijn opgenomen in Tabel 3-4.

Tabel 3-4. Windsnelheid en strijklengte. Bron: VSE.

Windrichting	Strijklengte [m]		Windsnelheid [m/s]	Windsnelheid [m/s]	Windsnelheid [m/s]
	Loefzijde	Lijzijde	1/10 per jaar	1/50 per jaar	1/100 per jaar
NNO(30)	2200	16200	16,0	18,0	18,9
ONO(60)	1700	22500	16,7	18,8	19,7
O(90)	1900	21300	16,2	18,2	19,1
OZO(120)	2400	16000	15,3	17,2	18,0
ZZO (150)	3500	9700	16,4	18,4	19,3
Z(180)	7600	4900	19,2	21,4	22,3
ZZW (210)	16200	2200	22,4	25,1	26,3
WZW(240)	22500	1700	23,8	27,0	28,4
W (270)	21300	1900	24,1	27,5	29,0
WNW(300)	16000	2400	22,5	26,1	27,6
NNW(330)	9700	3500	19,9	22,8	24,0
N(360)	4900	7600	17,1	19,7	20,8

3.3.3. Stromingsbelasting

In het Markermeer is er niet tot nauwelijks stroming. Daarnaast is de stromingsbelasting door passerende schepen langs de havendam naar verwachting verwaarloosbaar ten opzichte van de golfbelasting. Derhalve is stromingsbelasting niet meegenomen in het ontwerp van de havendammen.

3.4. Materialen

3.4.1. Stortsteen

De havendammen zijn bekleed met stortsteen met een maximale gradering van 60-300 kg. Voor het stortsteen is een dichtheid van 2650 kg/m^3 gehanteerd. In Tabel 3-5 zijn de in het ontwerp aangehouden eigenschappen (conform NEN-EN 13383-1:2002) van standaard steengraderingen opgenomen.

Tabel 3-5. Nominale steendiameters standaard steensorteringen

	10-60 kg	40-200 kg	60-300 kg
M₅₀ [kg]	37	126,5	192,5
D_{n50} [m]	0,24	0,36	0,42

Als uitgangspunt geldt dat de D_{n50} van de toegepaste gradering groter dient te zijn dan de berekende D_{n50} , oftewel: $D_{n50, \text{toegepast}} \geq D_{n50, \text{berekend}}$. Voor de laagdikte wordt $2 \cdot D_{n50}$ gehanteerd, met een minimum van $1,5 \cdot D_{n50}$.

Voor het bepalen van een geometrisch gesloten filterlaag onder de 60-300 kg gradering, is er aanvullende informatie over de gebruikte stenen nodig. Deze informatie is weergegeven in Tabel 3-6.

Tabel 3-6. Zeefdiameters filtermateriaal en toplaag

Gradering	D ₁₀ [m]	D ₁₅ [m]	D ₆₀ [m]	D ₈₅ [m]
45/125 mm	0,047	0,059	0,095	0,114
60-300 kg	n.v.t	0,400	n.v.t	n.v.t

Voor zowel stortsteen als het filtermateriaal is de verwachte levensduur > 50 jaar.

3.4.2. Kernmateriaal

Voor de kern van de havendammen wordt zand toegepast dat wordt gewonnen in het projectgebied. De eigenschappen van dit zand zijn beschreven in 'Rapportage geotechnisch veldwerk betreffende Onderzoek Marker Wadden' van Fugro [ref. 16.], in bijlage VI zijn de eigenschappen van de relevante boringen weergegeven. In Tabel 3-7 zijn de gehanteerde eigenschappen van het zand weergegeven.

Tabel 3-7 Eigenschappen kernmateriaal

	D ₁₀ [mm]	D ₄₀ [mm]	D ₅₀ [mm]	D ₉₀ [mm]	C _u [-]
Mediaan van boringen	0,13	0,24	0,27	0,59	2,3
Grofste zandgradering	0,25	0,46	0,57	14,00	3,0

3.4.3. Geotextielen

In bijlage VI.2 zijn, op basis van het kernmateriaal, de specificaties voor het geotextiel afgeleid. Het te gebruiken geotextiel dient aan de volgende eisen te voldoen:

- openingsgrootte geotextiel $O_{90} \leq 0,27 \text{ mm}$ ($= 270\mu\text{m}$);
- permittiviteit $> 0,1 [1/\text{s}]$;
- treksterkte bij breuk (in twee richtingen) $\geq 35 \text{ kN/m}$ (bij toepassen van een vlies $\geq 15 \text{ kN/m}$);
- reststerkte na 50 jaar, rekening houdend met een RF_{ID} van 1,5 en een RF_{CH} van 1,3, is minimaal 50% van de korte duursterkte (indexwaarde);¹
- In geval van een composiet dient één van de componenten aan de minimale treksterkte eis te voldoen. De treksterktes van de samengestelde delen mogen niet bij elkaar worden opgeteld;
- In geval van een composiet van een weefsel met daarop een beschermend vlies, dient het vlies minimaal 170 gr/m^2 te wegen;
- bij toepassing van een gradering groter dan 40-200 kg, dient een geometrisch gesloten filterlaag te worden toegepast tussen de breuksteen en het geotextiel.

¹ RF_{ID} : Reductiefactor voor schade bij het aanbrengen

RF_{CH} : Reductiefactor voor chemische en biologische degradatie

4. ONTWERPMETHODIEK BUITENHAVEN

Om schepen veilig de haven in en uit te laten varen en onder acceptabele omstandigheden te laten afmeren en afgemeerd te liggen, worden de volgende onderdelen beschouwd:

1. oriëntatie haveningang en steigers;
2. golfdoordringing;
3. breedte haveningang;
4. diameter zwaairom;
5. breedte toegangseuil;
6. positie en ontwerp ligplaatsen en afmeerboeien;
7. nautisch gegarandeerde diepte.

Bovenstaande elementen zijn weergegeven op Afbeelding 4.1. De nautisch gegarandeerde diepte geldt in de gehele buitenhaven en is daarom niet in deze afbeelding opgenomen.

Afbeelding 4.1. Onderdelen nautische beoordeling buitenhaven



4.1. Nautisch gegarandeerde diepte

Om voldoende diepgang voor de schepen te garanderen is in de gehele haven een minimale diepgang van NAP - 2,90 m vereist. Deze is bepaald in paragraaf 3.2.2.

4.2. Vereiste oriëntatie haveningang en steigers

De oriëntatie van de haveningang dient zodanig te zijn dat:

- de golfcondities in het toegangsecul lager zijn dan het criterium in PIANC (1981) [ref. 22.], zodat de maatgevende boten de haven veilig kunnen bereiken en verlaten tot weersomstandigheden met windkracht 7;
- de golfcondities bij de afmeerlocaties lager zijn dan het criterium in PIANC (1981) [ref. 22.], zodat de maatgevende boten veilig kunnen afmeren en afgemeerd kunnen blijven tot een storm met een overschrijdingskans van 1/50 per jaar.

Daarnaast beïnvloedt de oriëntatie van de haveningang de golfbelasting op de binnenzijde van de havendammen.

De positie van de aanlegsteigers dient zodanig gekozen te zijn, dat deze met de kop in de wind te benaderen is.

4.3. Golfdoordringing

4.3.1. Toegangsecul

Voor het verifiëren van de golfhoogte van de golfcondities in de toegangsecul zijn achtereenvolgens de volgende stappen doorlopen voor een windsnelheid van 7 Bft:

1. Bepalen van de golfcondities offshore van de buitenhaven op basis van golfgroeiformulering van Brettscheider (basic)¹ voor een windsnelheid van 7 Bft², uitgaande van de strijklengtes uit Tabel 3-4 en de waterstanden met een overschrijdingskans van 1/1 per jaar;
2. Bepalen van diffractie om de havendammen op basis van Goda diffractiediagrammen [ref. 27.];
3. Bepalen van reflectie van inkomende golf op de havendammen;
4. Bepalen van transmissie over de havendammen op basis van empirische formules uit [ref.18.];
5. Bepalen van golfhoogte in de toegangsecul door superpositie op basis van sommatie van de golfenergie van de golfhoogtes [ref. 18. blz. 137] die resulteren uit stap 1 t/m 4.

Deze stappen zijn doorlopen voor de windrichtingen 150°N, 180°N, 210°N, 240°N en 270°N. Andere windrichtingen zijn buiten beschouwing gelaten, vanwege de oriëntatie van de toegangsecul en de haveningang.

Lokale golfgroei in de zwaairom en de toegangsecul is niet meegenomen, omdat het effect daarvan verwaarloosbaar is. In de zwaairom en de toegangsecul is golfdoordringing dominant.

¹ Deze golfgroeiformulering is ook door Opdrachtgever toegepast voor het bepalen van de golfcondities in tabel 2 van de VSE (zie Tabel 3-3) en is vanwege consistentie ook hier toegepast. Uit ervaring weten we dat met Brettscheider (basic) de golfcondities overschat worden.

² Te weten: een windsnelheid van 15,5 m/s. Dit is het gemiddelde van het bereik van windkracht 7 Bft (13,9 tot 17,1 m/s zoals gehanteerd wordt door het KNMI [ref. 19.]).

4.3.2. Ligplaatsen en afmeerboeien

Voor het verifiëren van de golfhoogte van de golfcondities bij de ligplaatsen en afmeerboeien zijn achtereenvolgens de volgende stappen doorlopen voor iedere windrichting voor hydraulische condities met een overschrijdingskans van 1/50 per jaar:

1. Bepalen van diffractie om de havendammen op basis van Goda diffractiediagrammen [ref. 27.];
2. Bepalen van reflectie van inkomende golf op de havendammen met de formule van Zanuttigh en van der Meer [ref. 18. blz. 132];
3. Bepalen van transmissie over de havendammen op basis van empirische formules uit [ref. 18. blz. 150];
4. Bepalen van golfhoogte in de toegangsgedul door superpositie op basis van sommatie van de golfenergie van de golfhoogtes [ref. 18. blz. 137] die resulteren uit stap 1 t/m 3;
5. Schatten van diffractie van de golf uit de toegangsgedul om de dam in de binnenhaven op basis van aflezen van Goda diffractiediagram in [ref. 18.];
6. Bepalen van reflectie van de golf uit de toegangsgedul tegen de compartimenteringsdam aan de achterzijde van de haven (in het verlengde van de toegangsgedul) aan de hand van de classificering in Goda (2010) [ref. 18. blz. 132];
7. Lokale golfgroei op basis van golfgroei-formulering van Young-Verhagen. Deze formulering wordt door de Rock Manual aangeraden voor het bepalen van de golfgroei in kleinschalige bekkens [ref. 12. blz. 371];
8. Bepalen van golfhoogte bij de ligplaatsen en afmeerboeien door superpositie op basis van sommatie van de golfenergie van de golfhoogtes [ref. 18. blz. 137] die resulteren uit stap 5 t/m 7.

4.4. Breedte haveningang

De benodigde breedte van de haveningang hangt af van vaarsnelheid, windsnelheid en richting, golfhoogte en richting, stromingen en of schepen elkaar moeten kunnen passeren. De opbouw van de benodigde breedte van de haveningang conform richtlijnen opgenomen in [ref. 23.] en [ref. 1.] zijn gegeven in Tabel 4-1. Per component wordt een factor van de scheepsbreedte gegeven. Onder de totalen worden deze factoren gesommeerd en vermenigvuldigd met de scheepsbreedte per type schip.

Tabel 4-1. Benodigde breedte haveningang

Benodigde componenten	Breedte toeslag	Zeil/motorboot	bruine vloot	rondvaartboot
Benodigde breedte enkel schip (invaart)	1,3-1,8 B	1,5 B	1,5 B	1,5 B
Benodigde breedte enkel schip (uitvaart)	1,3-1,8 B	1,5 B	1,5 B	1,5 B
Afstand tussen schepen	1,5 B	1,5 B	1,5 B	1,5 B
Toeslag voor golfhoogte	Hs<1m => 0 Hs>1m = 1,0 B	1,0 B	1,0 B	1,0 B
Toeslag voor sloopssnelheid	U<12knots =>0	0 B	0 B	0 B
Zijwind*	U<15knots => 0 U>15knots => 0,4 B U>33knots => 0,8 B	0,8 B	0,8 B	0,8 B
Totaal [-]		6,3B	6,3 B	6,3 B
Breedte schip [m]		4	7	5
Benodigde breedte op navigeerbare diepte [m]		25,2	44,1	31,5

*33 knots komt overeen met 7 bft. Door uit te gaan van 33 knots wordt voldaan aan eis IE2-05.

De benodigde breedte is minimaal 45 m, in de aanbieding is gekozen voor een breedte van 80 m. Hieraan zal het ontwerp getoetst worden.

4.5. Zwaairom

De schepen moeten in het havengebied kunnen draaien. Vuistregels voor de diameter van de draaicirkel zijn conform PIANC richtinglijnen [ref. 23.]:

- Voor schepen zonder boegschroef: 3,5 x scheepslengte
- Voor schepen met boegschroef: 1,3 x scheepslengte

De benodigde diameter is voor de verschillende schepen gegeven in Tabel 4-2. De bruine vloot heeft geen boegschroef en derhalve leidt dit schip tot de maatgevende benodigde diameter. Merk op dat het gaat om een richtlijn, waarvan afgeweken kan worden. Het aantal schepen uit de bruine vloot is beperkt, en derhalve kan gekozen worden voor een kleinere diameter (orde ~80 - 100m). De bruine vloot heeft ook de mogelijkheid om te zwaaien in de binnenhaven waar voldoende ruimte beschikbaar is. In het EMVI-2 document is een diameter van 100 m aangeboden, welke in het ontwerp gehanteerd wordt.

Tabel 4-2. Benodigde diameter draaicirkel in haven

	zeilboot	bruine vloot	rondvaartschip
Met boegschroef	19,5 m	nvt	26,0 m
Zonder boegschroef	52,5 m	122,5 m	nvt

4.6. Breedte toegangseul

De vaargeul van de buitenhaven richting de buitenhaven dient voldoende breed te zijn, zodat 2 maatgevende schepen elkaar veilig kunnen passeren. De in Nederland gehanteerde richtlijn is de Richtlijn Vaarwegen 2011 van Rijkswaterstaat [ref. 26.]. Volgens de richtlijn zijn de ontwerpschepen te categoriseren in de klassen ZM-A (zeil- en motorjachten) en BV-A (bruine vloot).

Tabel 4-3. Vaarweg afmetingen per scheepsklasse

Bootklasse	Normaal profiel		Krap profiel	
	Vaarweg diepte [m]	Bevaarbare breedte [m]	Vaarweg diepte [m]	Bevaarbare breedte [m]
ZM-A	2,5	25,0	2,3	17,0
BV-A	1,9	29,0	1,8	24,0

Het type profiel, normaal of krap, wordt bepaald door de intensiteit van de vaarweg. De verwachte intensiteit is laag. Omdat voldoende ruimte aanwezig is, is gekozen voor een normaal profiel. De beschikbare breedte op nautisch gegarandeerde diepte (NAP - 2,90 m) dient dan minimaal 29,0 m te bedragen.

4.7. Steiger en meerboeien

Het ontwerp van de steigers en meerboeien in de binnenhaven dient getoetst worden op capaciteit en nautische veiligheid.

Het ontwerp van de constructie wordt uitgevoerd door een derde partij, derhalve wordt in voorliggende nota geen ontwerpbeoordeling gedaan. Wel wordt een overzicht van de eisen geldend voor deze onderdelen gegeven. Wel wordt aangegeven welke richtlijnen en uitgangspunten gehanteerd worden.

Capaciteit

De capaciteit van de haven wordt getoetst aan de hand van de gegevens in Tabel 3-2.

Meerboeien

Aan de meerboeien zullen schepen uit de klasse recreatiotoervaart afmeren. Conform Richtlijn Vaarwegen [ref. 26.] dient de meerboei geschikt te zijn voor een troskracht van 40 kN. Het ontwerp van de meerboeien wordt uitgevoerd door een derde partij.

Nautische veiligheid steiger

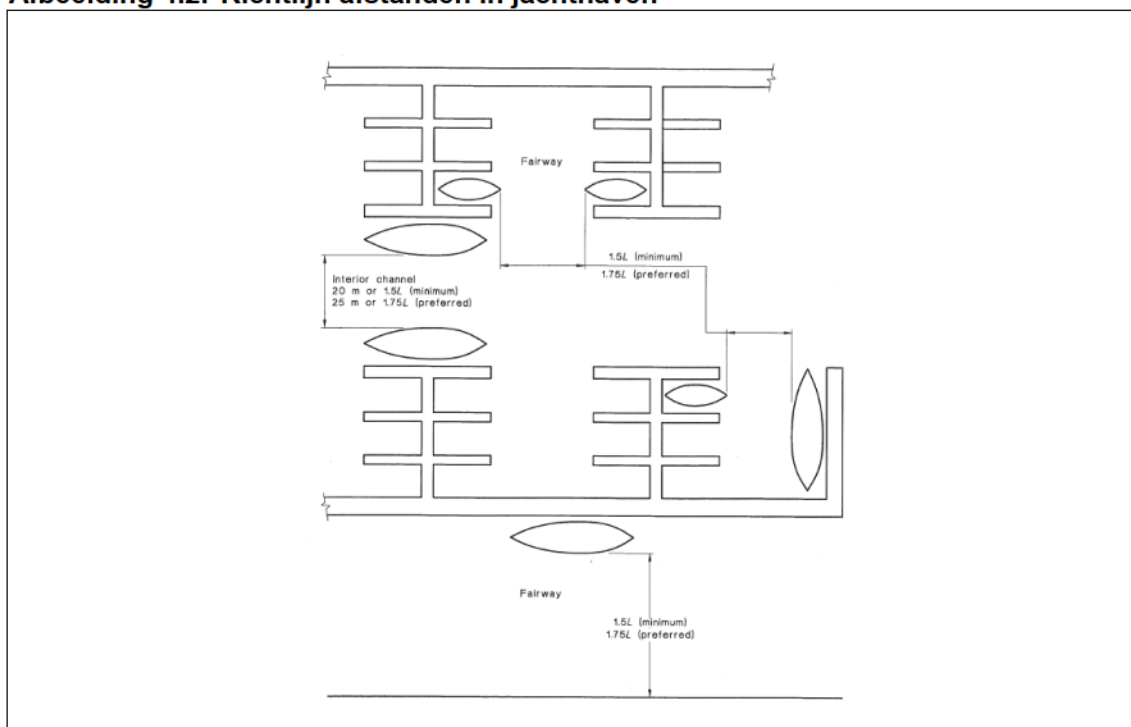
Om de nautische veiligheid in de haven te garanderen zal in het ontwerp getoetst worden of er voldoende afstand tussen de elementen aangehouden is om de nautische veiligheid te waarborgen.

De verificatie van het ontwerp en het ontwerp zelf worden uitgevoerd door de steigerleverancier. Vandaar dat bij de toetsen van het steigerontwerp gekeken wordt of de lay-out dusdanig is ontworpen dat deze vanuit nautisch oogpunt veilig is. Als basis wordt Afbeelding 4.2 afkomstig uit de Code of Practice van de British Yacht Harbour Associations [ref. 11.] gebruikt, hieruit zijn de volgende criteria af te leiden:

Tabel 4-4. Criteria steigerontwerp

eis	criterium
Afstand tussen 2 boxen	minimaal 1,5 scheepslengten
Interne kanaal in jachthaven	minimaal 25 m
Afstand tussen box en oever (op NGD)	minimaal 2 scheepslengten

Afbeelding 4.2. Richtlijn afstanden in jachthaven

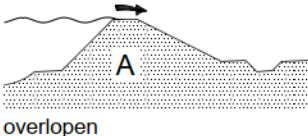
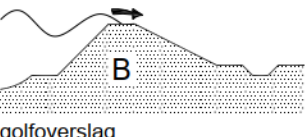
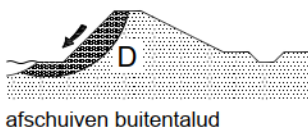
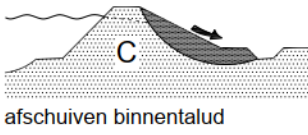
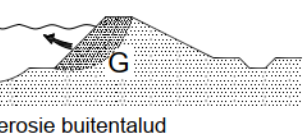



5. ONTWERPMETHODIEK HAVENDAMMEN

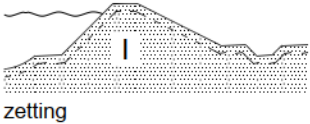
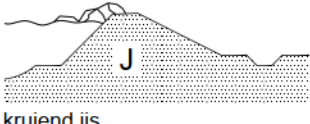

5.1. Faalmechanismen

Het ontwerp van de havendammen is beoordeeld op verschillende faalmechanismen. Een korte beschrijving van de verschillende faalmechanismen is gegeven in Tabel 5-1. De beoordeling is per faalmechanisme gebundeld in een bijlage of separaat rapport. Verwijzingen naar de betreffende bijlage en/of rapport is opgenomen in de laatste kolom van de tabel.

Tabel 5-1. Omschrijving faalmechanismen¹

faalmechanisme	omschrijving	verwijzing
 <p>overlopen</p>	Zonder dat de dam bezwijkt, kan er schade aan achterliggende objecten ontstaan door het overlopen van water. Het faalmechanisme is alleen relevant als de ontwerpwaterstand hoger is dan de kruin, wat bij de havendammen niet het geval is.	-
 <p>golfverslag</p>	Erosie van het binnentalud of schade aan achterliggende objecten door stromend water ten gevolge van golfverslag.	paragraaf 4.2
 <p>afschuiven buitentalud</p>	De kans op instabiliteit (afschuiven) van het buitentalud is met name relevant tijdens de realisatie (ongeconsolideerd gedrag) of na een snelle daling van de buitenwaterstand. De taluds zijn op dit mechanisme gecontroleerd in een separaat rapport.	rapport Geotechnisch ontwerp Marker Waddens [ref. 5.].
 <p>afschuiven binnentalud</p>	Het binnentalud (indien aanwezig) is beoordeeld op instabiliteit ten gevolge van infiltratie van instromend water of door de waterdruk tegen de rand en verhoogde waterspanningen in de ondergrond. De taluds zijn op dit mechanisme gecontroleerd in een separaat rapport.	rapport Geotechnisch ontwerp Marker Waddens [ref. 5.].
 <p>erosie buitentalud</p>	<p>Erosie van het buitentalud door golfbelasting is beoordeeld. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen de volgende deelmechanismen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - stabiliteit toplaag: <ul style="list-style-type: none"> - buitentalud - kruin - binnentalud - stabiliteit filterlagen - stabiliteit teenconstructie 	paragraaf 4.3
	De erosie van het ondertalud (beneden NAP -2,7 m) is niet beoordeeld in voorliggende rapportage. Dit onderdeel is meegenomen in de beschouwing van de zachte rand.	ontwerpnota zachte rand [ref. 7.]
 <p>instabiliteit vooroever</p>	Instabiliteit vooroever als gevolg van afschuiving en zettingvloeiing is beoordeeld indien er in de nabijheid van de oever een wingebied aanwezig is. De taluds zijn op dit mechanisme gecontroleerd in een separaat rapport.	rapport Geotechnisch ontwerp Marker Waddens [ref. 5.].

¹ Vrij naar: TAW, Grondslagen voor Waterkeren [ref. 28].

faalmechanisme	omschrijving	verwijzing
 zetting	De kruindaling als gevolg van zettingen van de natuurlijke ondergrond en klink van het aangebrachte materiaal is beoordeeld in een separaat rapport.	rapport Geotechnisch ontwerp Marker Waddens [ref. 5].
 kruieend ijs	Mechanische bedreiging ten gevolge van kruieend ijs is niet beoordeeld.	-
 aanvaring	Mechanische bedreiging ten gevolge van een aanvaring door scheepvaart is niet beoordeeld. In het geval van een aanvaring kan, afhankelijk van de scheepskarakteristieken, hoek van aanvaren en vaarsnelheid, schade aan de havendammen ontstaan. In dat geval dient de schade hersteld te worden.	-

5.2. Overslag

Om schade aan het binnentalud van de havendammen te voorkomen, dient de golfoverslag beperkt te worden. In Tabel 5-2 zijn de relevante criteria voor de havendammen opgenomen, conform The Rock Manual [ref.12.].

Tabel 5-2. Golfoverslagcriteria

onderdeel	gemiddeld overslagdebiet [l/s/m]	schade
Havendam	$q < 2$	geen schade indien onbeschermd
	$2 < q < 20$	schade bij onbeschermd kruin
	$20 < q < 50$	schade bij onbeschermd achtertalud

Voor de havendammen geldt dat de kruin volledig beschermd is. Ook het binnentalud is beschermd. Derhalve geldt voor het overslagcriterium bij de havendammen $q < 50$ l/s/m. Het punt waarop de overslag wordt bekeken is aan het eind van de kruin (binnenkruinlijn).

Het gemiddeld overslagdebiet (q) wordt bepaald met de TAW methode zoals beschreven in The Rock Manual. Voor brekende golven ($\gamma_b \xi_{m-1,0} \leq 2$) geldt:

$$\frac{q}{\sqrt{gH_{m0}^3}} = \frac{0,067}{\sqrt{\tan \alpha}} \gamma_b \cdot \xi_{m-1,0} \cdot \exp\left(-4,3 \frac{R_C}{H_{m0}} \frac{1}{\xi_{m-1,0} \cdot \gamma_b \cdot \gamma_f \cdot \gamma_\beta}\right)$$

met maximaal:

$$\frac{q}{\sqrt{gH_{m0}^3}} = 0,2 \cdot \exp\left(-2,3 \frac{R_C}{H_{m0}} \frac{1}{\gamma_f \cdot \gamma_\beta}\right)$$

waarin:

- $H_{m0} = H_s$ [m]

golfhoogte;

- α [-]

taludhelling;

- $\xi_{m-1,0}$ [-]

getal van Iribarren bepaald met $\xi_{m-1,0} = \tan \alpha / \sqrt{2\pi/g \cdot H_s/T_{m-1,0}^2}$;

- $RC = [m]$

vrijboord;

- $\gamma_b = 1$ [-]

coëfficiënt voor de aanwezigheid van een berm. Omdat er geen berm aanwezig is, geldt een waarde van 1;

- $\gamma_f = 0,55$ [-]

coëfficiënt voor de ruwheid van de toplaag. Voor stortsteen geldt een waarde van 0,55;

- γ_β [-]

coëfficiënt voor de hoek van golfval bepaald met $\gamma_\beta = 1 - 0,0033|\beta|$. Voor invalshoeken $|\beta| > 80^\circ$, wordt een invalshoek van 80° gehanteerd.

Een reductiefactor (zoals benoemd in The Rock Manual) is toegepast, indien de bekleding op de kruin doorloopt. Hierbij wordt verwezen naar het rapport van Besley [ref. 3.], waarin voor breuksteenconstructies de volgende reductiefactor C_f wordt gegeven voor de beschermde kruinbreedte:

$$C_f = 3,06 \exp \left(-1,5 \frac{C_w}{H_s} \right)$$

waarin:

- $C_w = [m]$

beschermde kruinbreedte.

Het gereduceerde gemiddelde overslagdebiet wordt dan bepaald met:

$$q_{red} = C_f \cdot q$$

5.3. Stabiliteit bekleding

5.3.1. Toplaag buitentalud

Voor de dimensionering van het stortsteen op het buitentalud van de havendammen is gebruik gemaakt van de Van der Meer formules 3.26 en 3.27 uit het PhD rapport van Van der Meer [ref.29.]:

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = c_{pl} P^{0,18} \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0,2} \xi_m^{-0,5} \frac{H_s}{H_{2\%}} \quad \text{als: } \xi_m < \xi_{cr}$$

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = c_s P^{-0,13} \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0,2} \sqrt{\cot \alpha} \xi_m^P \frac{H_s}{H_{2\%}} \quad \text{als: } \xi_m \geq \xi_{cr}$$

$$\xi_{cr} = \left[\frac{c_{pl}}{c_s} P^{0,31} \sqrt{\tan \alpha} \right]^{\frac{1}{P+0,5}}$$

waarin:

- $\Delta = 1,65$ [-]

relatieve dichtheid stortsteen. Gebaseerd op de dichtheden van stortsteen en water zoals beschreven in de uitgangspunten;

- $c_{pl} = 7,78$ [-] en $c_s = 1,22$ [-]

coëfficiënten voor 'plunging' en 'surging' golven. Hiervoor zijn de waardes gekozen met 5% overschrijdingskans, volgend uit de BREAKWAT manual [ref. 16.];

- $P = 0,1$ [-]

permeabiliteitsfactor. Voor constructies met een geotextiel is de waarde 0,1 aangehouden conform The Rock Manual [ref. 12.];

- $S_d = 12$ [-]

schadegetal. Conform de eisen is bij een buitentalud van 1:4 of flauwer een schadegetal van 12 gehanteerd. Voor een 1:3 talud geldt een schadegetal van 9. Hiermee wordt schade aan de constructie toegestaan, omdat deze combinaties van taludhelling en schadegetal staan voor 'intermediate damage' conform The Rock Manual;

- $N \leq 7500$ [-]

aantal golven. Het aantal golven is bepaald door de maatgevende stormduur (6 uur) te delen door de golfperiode. Een maximaal aantal van 7500 golven is gehanteerd, conform The Rock Manual;

- H_s [m]

significante golfhoogte: Voor de significante golfhoogte zijn de opgegeven golfhoogtes bij een 1/50 jaar storm, zoals beschreven in Tabel 3-3;

- $H_{2\%}$ [m]

golfhoogte met overschrijdingskans van 2%: Deze golfhoogte is bepaald met de methode van Battjes en Groenendijk [ref. 1.];

- $\cot(\alpha)$ [-]

taludhelling. taludhelling 1:4 geeft $\cot(\alpha)=0,25$, taludhelling 1:5 geeft $\cot(\alpha)=0,20$;

- ξ_m [-]

getal van Iribarren bepaald met $\xi_m = \tan \alpha / \sqrt{2\pi/g \cdot H_s/T_m^2}$.

5.3.2. Toplaag binnentalud

Het binnentalud van de havendammen is beschermd met stortsteen. Voor de dimensionering van deze stenen is gebruik gemaakt van twee methodes.

Voor de golven die via de havenmond het binnentalud aanvallen is gebruik gemaakt van de Van der Meer methode zoals beschreven in paragraaf 5.3.1. Hierbij zijn de golfrandvoorwaarden van de analyse van de golfdoordringing toegepast uit bijlage III behorend bij een storm met een overschrijdingskans van 1/50 per jaar. De hoek van golfinval aan de binnenzijde van havendammen is niet direct te herleiden uit deze gegevens. Om deze reden is voor beide havendammen een inschatting van de hoek gemaakt.

Voor de schuininvallende golven kan een reductiefactor worden toegepast, zoals beschreven in het artikel van Van Gent 'Oblique wave attack on rubble mound breakwaters' [ref. 30.]:

$$\gamma_\beta = (1 - c_\beta)(\cos \beta)^2 + c_\beta$$

waarin:

- $c_\beta = 0,42$ [-]

coëfficiënt voor steenbekledingen en korte golven [ref. 30.];

- $\beta = [^\circ]$

hoek van golfinval. Recht inkomende golven hebben een hoek van 0° . Bovenstaande reductiefactor is geldig voor hoeken tussen de 0° en 90° .

Bovenstaande reductiefactor is afgeleid voor een 1:1,5 talud. De verwachting is dat het reducerende effect bij flauwere taluds minder is, omdat toename van het oppervlak dat de golfenergie opneemt relatief kleiner wordt. Om deze reden is een conservatieve aanname voor de hoek van golfinval toegepast.

Voor de dimensionering van het binnentalud voor golfoverslag is gebruik gemaakt van de formules van Van Gent en Pozueta, zoals beschreven in paragraaf 5.2.2.11 van The Rock Manual [ref. 12.]

$$D_{n50} = 0,008 \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{-1/6} \left(\frac{u_{1\%} T_{m-1,0}}{\sqrt{\Delta}} \right) (\cot \alpha_{rear})^{-2,5/6} \left(1 + 10 \exp(-R_{c,rear}/H_s) \right)^{1/6}$$

met:

$$u_{1\%} = 1,7 (g \gamma_{f-c})^{0,5} \left(\frac{R_{u1\%} - R_c}{\gamma_f} \right)^{0,5} / \left(1 + 0,1 \frac{B}{H_s} \right)$$

en

$$R_{u1\%}/(\gamma H_s) = c_0 \xi_{s-1,0} \quad \text{als: } \xi_{s-1,0} \leq p$$

$$R_{u1\%}/(\gamma H_s) = c_1 - c_2/\xi_{s-1,0} \quad \text{als: } \xi_{s-1,0} > p$$

waarin:

- $S_d = 12$ [-]

schadegetal. Conform de eisen is bij een talud van 1:4 of flauwer een schadegetal van 12 gehanteerd. Voor een 1:3 talud geldt een schadegetal van 9. Hiermee wordt schade aan de constructie toegestaan, omdat deze combinaties van taludhelling en schadegetal staan voor 'intermediate damage' conform The Rock Manual;

- $N \leq 7500$ [-]

aantal golven. Het aantal golven is bepaald door de maatgevende stormduur (6 uur) te delen door de golfperiode. Een maximaal aantal van 7500 golven is gehanteerd, conform The Rock Manual;

- $T_{m-1,0}$

energie golfperiode. Gelijk aan $T_p / 1,1$;

- $\Delta = 1,65$ [-]

relatieve dichtheid stortsteen. Gebaseerd op de dichtheden van stortsteen en water zoals beschreven in de uitgangspunten;

- $\cot(\alpha_{rear})$ [-]

taludhelling achterzijde. taludhelling 1:3 geeft $\cot(\alpha)=3$;

- $R_{c,rear}$ [m]

vrijboord achterzijde;

- H_s [m]

significante golfhoogte: Voor de significante golfhoogte zijn de opgegeven golfhoogtes bij een 1/50 jaar storm, zoals beschreven in Tabel 3-3;

- $u_{1\%}$ [m/s]

maximale dieptegemiddelde stroomsnelheid aan de achterzijde van de kruin tijdens de overslag, overschreden door 1 % van de inkomende golven;

- $\gamma_{f-c} = 0,55$ [-]

factor voor ruwheid op de kruin. Voor breuksteen gelijk aan 0,55;

- $\gamma_f = 0,55$ [-]

factor voor ruwheid op het buitentalud. Voor breuksteen gelijk aan 0,55;

- $R_{u1\%}$ [m]

fictieve golfoploophoogte overschreden door 1 % van de inkomende golven;

- R_c [m]

vrijboord voorzijde;

- B [m]

kruinbreedte;

- γ [-]

reductiefactor. Gelijk aan $\gamma_f \cdot \gamma_\beta$. γ_f voor ruwheid op het buitentalud, voor breuksteen gelijk aan 0,55. γ_β voor hoek van golfval met $\gamma_\beta = 1 - 0,0022 \beta$ voor $\beta \leq 80^\circ$;

- c_0, c_1, c_2 [-]

coëfficiënten. $c_0 = 1,45$, $c_1 = 5,1$, $c_2 = 0,25$ $c_1^2/c_0 = 4,48$;

- p [-]

coëfficiënt. Gelijk aan 0,5 $c_1/c_0 = 1,76$;

- $\xi_{s-1,0}$ [-]

getal van Iribarren bepaald met $\xi_{s-1,0} = \tan \alpha / \sqrt{2\pi/g \cdot H_s/T_{m-1,0}^2}$;

- $\tan(\alpha)$ [-]

taludhelling buitentalud. taludhelling 1:4 geeft $\tan(\alpha)=0,25$.

5.3.3. Teenconstructie

De toegepaste steengradering in de teenconstructie is gelijk aan de gradering van de top-laag op het buitentalud. Aangezien de golven niet direct de teenconstructie aanvallen, zal de belasting hier lager zijn. Door op de teen dezelfde gradering als het buitentalud toe te passen, is een robuuste en praktisch uitvoerbare teen ontworpen.

De teenbestorting dient, conform The Rock Manual [ref. 12.], minimaal 3 D_{n50} breed te zijn.

5.3.4. Kopconstructie

De kopconstructies worden zwaarder belast dan het doorlopende deel van de havendammen. Om deze reden is een factor 1,25 op de D_{n50} toegepast. Deze factor volgt uit de verhouding tussen de coëfficiënten voor doorlopende secties en kopconstructies zoals gebruikt in de Hudson stabiliteitsvergelijking en beschreven in tabel 5.52a van The Rock Manual [ref. 12.]

Voor het bepalen van de benodigde $D_{n50,kop}$ is eerst de benodigde $D_{n50,doorlopend}$ bepaald met de methode Van der Meer, zoals beschreven in paragraaf 5.3.1. Vervolgens is de $D_{n50,doorlopend}$ vermenigvuldigd met de factor 1,25.

5.3.5. Filterconstructie

De specificaties voor het geotextiel zijn gebaseerd een combinatie van eisen die volgen uit CUR 205 'Ontwerprichtlijn voor geotextielen onder steenbekledingen' (conceptversie) [ref. 15.] en eisen uit de uitvoering. De CUR 205 is een nadere specificatie van de CUR 174 [ref. 13.] en geeft meer specifiek eisen ten aanzien van geotextielen onder steenbekledingen. De CUR 205 is gebruikt om de minimale eigenschappen van het geotextiel te bepalen voor de volgende parameters:

- openingsgrootte O_{90} ;
- permittiviteit;
- sterkte;
- levensduur.

De eisen van het geotextiel volgen uit de randvoorwaarden die komen uit het ontwerp en de uitvoering. De belangrijkste parameters zijn:

- basismateriaal;
- levensduur;
- steengradering;
- extra robuustheid van het geotextiel voor de uitvoeringsfase.

Openingsgrootte van het geotextiel

Voor dynamische belasting (golven) en een korreldiameter van het basismateriaal van $D_{40} > 0,06$ mm geldt:

- $O_{90} < 1,5 * D_{10} * C_u^{0,5}$;
- $O_{90} < D_{50}$;
- $O_{90} < 0,5$ mm.

Permittiviteit

Om drukopbouw te voorkomen, dient de doorlatendheid van het geotextiel groter te zijn dan die van de onderliggende laag. Deze doorlatendheid hangt samen met de permittiviteit Ψ , waarvoor de CUR 205 [ref. 15.] minimale waarden geeft per grondsoort (Tabel 5-3). Wanneer de aanwezige grondsoort zich tussen de twee klassen bevindt, wordt de meest doorlatende soort aangenomen. Dit is een conservatieve benadering.

Tabel 5-3 Eisen ten aanzien van permittiviteitseisen

Grondsoort	D_{50} [mm]	minimale Ψ [1/s]
Zand	0,17	0,01
Zandig grind	3	0,1

Sterkte en levensduur

Voor de sterkte van het geotextiel wordt in CUR 205 [ref. 15.] het volgende voorgeschreven:

- De treksterkte bij breuk, zowel in de lengte- als dwarsrichting, dient in geval van een weefsel minimaal 35 kN/m te zijn. In geval een vlies toegepast wordt, dient de treksterkte bij breuk in 2 richtingen minimaal 15 kN/m te zijn;
- De reststerkte na 50 jaar, rekening houdend met een RF_{ID} van 1,5 en een RF_{CH} van 1,3, dient minimaal 50% te zijn van de korte duursterkte (indexwaarde).

Daarnaast wordt in CUR 205 [ref. 15.] een rek bij breuk van 60% voorgeschreven. Dit betekent dat een vlies moet worden toegepast. Vanuit de uitvoering is de wens om tot een robuuste oplossing (grotere treksterkte) te komen en daarom is de wens vanuit de uitvoering om een combinatie van een weefsel met daarop een vlies toe te passen. Het vlies beschermt hierbij het weefsel tijdens de installatie. Voor dit gecombineerde product (composiet) geldt conform CUR 205 [ref. 15.]:

- In geval van een combinatieproduct zal het toe te passen vlies minimaal 200 gr/m² moeten wegen, of er zal d.m.v. performance testen moeten worden aangetoond dat een ander vlies ook voldoet;
- In geval van een composiet dient één van de componenten aan de minimale treksterkte eis te voldoen. De treksterktes van de samengestelde delen mogen niet bij elkaar worden opgeteld.

De combinatie van een geotextiel met een vlies voldoet niet aan de eisen ten aanzien van minimale rek bij breuk. Voor project Maasvlakte 2 zijn praktijkproeven uitgevoerd voor een situatie voor het geotextiel die goed overeenkomt met de situatie van Markerwadden [ref. 25.]. De resultaten laten zien dat bij valtesten van zwaardere graderingen (40-200kg) en een valhoogte van $> 1,0$ m schade kan ontstaan als alleen een weefsel wordt toegepast. Bij de situatie waarbij een combinatie van een vlies (170 gr/m²) bovenop het weefsel is toegepast, zijn geen schades geconstateerd aan het weefsel. Een vlies van tenminste 170 gr/m² wordt daarom voorgeschreven als een composiet wordt toegepast.

Filterlaag

Wanneer steengraderingen groter dan 40-200 kg worden toegepast, kunnen deze niet direct op het geotextiel worden geplaatst. Tussen de toplaag en het geotextiel is dan een geometrisch gesloten filterlaag toegepast. Deze filterlaag is ontworpen conform paragraaf 5.4.3.6 van The Rock Manual [ref. 12.].

Voor een geometrisch gesloten filter (waardoor uitspoeling wordt voorkomen) dienen de grootste korrels van het filtermateriaal ($D_{85,f}$) vast komen te zitten in de kleine ruimtes van de toplaag (gerepresenteerd door $D_{15,t}$). Dit leidt tot het volgende criterium volgens formule. 5.272 van The Rock Manual:

$$\frac{D_{15,t}}{D_{85,f}} < 5$$

Om drukopbouw tussen de lagen te voorkomen, dient de permeabiliteit van de bovenliggende laag groter te zijn. Formule. 5.275 van de Rock Manual [ref. 12.] geeft hiervoor het volgende criterium:

$$\frac{D_{15,t}}{D_{15,f}} > 5$$

Daarnaast dient het filtermateriaal zelf ook stabiel te zijn, hiervoor dient te worden voldaan aan:

$$\frac{D_{60,f}}{D_{10,f}} < 10$$

In deze relaties is:

$D_{15,t}$ = [m]	zeefdiameter gepasseerd door 15% van de stenen van de toplaag;
$D_{85,f}$ = [m]	zeefdiameter gepasseerd door 85% van de stenen van de filterlaag;
$D_{15,f}$ = [m]	zeefdiameter gepasseerd door 15% van de stenen van de filterlaag;
$D_{60,f}$ = [m]	zeefdiameter gepasseerd door 60% van de stenen van de filterlaag;
$D_{10,f}$ = [m]	zeefdiameter gepasseerd door 10% van de stenen van de filterlaag.

5.3.6. Rietbekleding

In CUR201 Natuurvriendelijke oevers [ref. 13.] zijn de toelaatbare golfbelastingen voor riet en mattenbies genoteerd in paragraaf 3.3.1. Hieronder zijn de toelaatbare belastingen voor riet overgenomen:

- In het eerste jaar na aanplant of vestiging is elke mate van golfaanval ongewenst. Om de planten te ontzien kan een tijdelijke bescherming worden toegepast;
- In het tweede jaar kunnen golfhoogten tot 0,15 m toegestaan worden. Riet kan deze golfhoogtes ook bij veel golven weerstaan;
- Na het tweede jaar kan riet in dagelijkse omstandigheden, dus bij hoge intensiteiten, een golfhoogte van 0,25 m weerstaan. Incidenteel (niet meer dan 5000 golven per jaar en niet in een aaneengesloten periode) mag de golfhoogte 0,40 m bedragen.

6. BUITENHAVEN

6.1. Nautische beoordeling

Verificatie van de nautische veiligheid vindt plaats door het toetsen van de minimale afmetingen zoals bepaald in hoofdstuk 4. De toets wordt uitgevoerd op de UO tekening buitenhaven, 52812492-TEK-UO-0018 rev 1.0 [ref. 8.].

De haveningang, zwaairom, toegangseul en binnenhaven worden aangelegd op een gemiddeld niveau van NAP - 4,311 m, zoals beoordeeld op de UO tekening. Deze diepte is lager dan nautisch gegarandeerde diepte van NAP - 2,90 m, hierdoor is voldoende diepte aanwezig in de gehele buitenhaven. Met deze aangelegde diepte wordt voldaan aan eisen IE2-A-18 en IE2-E-08.

De haveningang heeft een minimale breedte van 80 m op nautische gegarandeerde diepte hiermee voldoet het aan de gestelde eisen. De zwaairom heeft een diameter van 104,4 m en biedt daarmee voldoende ruimte voor de maatgevende schepen om te zwaaien met voldoende diepte. De haveningang is voorzien van nautische markering op de kop van de havendammen (IE2-A-21), waardoor de haveningang goed zichtbaar is, ook vanaf grotere afstanden. Schippers kunnen hierdoor de invaarmanoeuvre ver van tevoren inschatten. De toegangseul is minimaal 39,22 m breed op nautisch gegarandeerde diepte. De haveningang, zwaairom en toegangseul voldoen hiermee aan eis IE2-E-07.

Bovenstaande beoordelingen in combinatie met de golfindringing (paragraaf 6.2) en het algemene overzicht van de buitenhaven, maakt dat de buitenhaven veilig wordt geacht conform de gebruikte richtlijnen (Richtlijn vaarwegen [ref. 26.] ; PIANC guideline [ref. 23.] ; ASCE design guidelines [ref. 1.]). Hiermee wordt voldaan aan eis IE2-05.

6.2. Golfdoordringing

Voor het veilig afmeren en afgemeerd blijven en voor het veilig bereiken en verlaten van de buitenhaven is de golfdoordringing mede van belang. Deze paragraaf onderbouwt de golfdoordringing in de buitenhaven ten behoeve van de eisenverificatie en ten behoeve van de golfbrandvoorwaarden aan de binnenzijde van de havendammen¹.

Paragraaf 6.2.1 geeft een overzicht van de eisen die verband houden met de golfcondities in de buitenhaven. De golfcondities in de toegangseul van de buitenhaven en de verificatie van eis IE2-A-15 is beschreven in paragraaf 6.2.2. De golfcondities bij de ligplaatsen en de afmeerboeien in de buitenhaven en de verificatie van eis IE2-01 is beschreven in paragraaf 6.2.3.

6.2.1. Eisen

Tabel 6-1. Eisen buitenhaven en havendammen

Code	Eistitel	Eistekst	Criterium
IE2-01	De buitenhaven biedt veiligheid voor boten	De buitenhaven dient bij alle weersomstandigheden en jaargetijden primair beschutting te bieden aan boten om veilig te kunnen afmeren en voor (on)bepaalde tijd afgemeerd te laten blijven.	Aan deze eis is voldaan: a). indien de significante golfhoogte bij de ligplaatsen tijdens stormcondities met een overschrijdingskans van 1/50 per jaar kleiner of gelijk is aan 0,40 m. Met dit cri-

¹ Een overzicht van de verschillende objecten van de buitenhaven is te vinden in Afbeelding 2.2.

Code	Eistitel	Eistekst	Criterium
			terium van 0,40 m (ref. PIANC (1981)) kan veilig afgemeerd worden aan zowel een gefixeerd afmeersysteem (rigid type mooring) als een flexibel afmeersysteem (flexible mooring system). en b). indien de significante golfhoogte bij de afmeerboeien tijdens stormcondities met een overschrijdingskans van 1/50 per jaar kleiner of gelijk is aan 0,60 m. Dit veiligheids criterium van 0,60 m (ref. PIANC (1981)) is van toepassing omdat een afmeerboei een flexibel afmeersysteem (flexible mooring system) is.
IE2-A-15	Golfdoordringing toegangseul	De significante golfhoogte in de toegangseul dient tijdens storm met windsnelheden tot 7 Bft zodanig te zijn dat maatgevende boten de buitenhaven veilig kunnen bereiken en verlaten.	Aan deze eis is voldaan, indien de significante golfhoogte in de toegangseul tijdens condities met een windsnelheid van 7 Bft kleiner of gelijk is aan 0,60 m conform PIANC (1981).

6.2.2. Toegangsgeul buitenhaven

Voor het veilig bereiken en verlaten van de buitenhaven is de golfdoordringing geverifieerd voor condities met een windsnelheid van 7 Bft.

Stap 1. Offshore golfcondities

De golfcondities offshore van de buitenhaven tijdens storm met windkracht 7 Bft (15,5 m/s) voor de verschillende windrichtingen zijn opgenomen in Tabel 6-2.

Tabel 6-2. Hydraulische golfrandvoorwaarden offshore van buitenhaven tijdens storm met windkracht 7 Bft, bepaald met golfgroeiformulering van Brettschneider (basic)

Windrichting [°N]	Wind 7 Bft	
	H _s [m]	T _p [s]
NNO(30)	0,4	2,3
ONO(60)	0,4	2,3
O(90)	0,4	2,3
OZO(120)	0,4	2,3
ZZO (150)	0,5	2,6
Z(180)	0,8	3,3
ZZW (210)	1,0	3,9
WZW(240)	1,1	4,2
W (270)	1,1	4,2
WNW(300)	1,0	3,8
NNW(330)	0,8	3,4
N(360)	0,6	2,8

Stap 2. Diffractie om havendammen

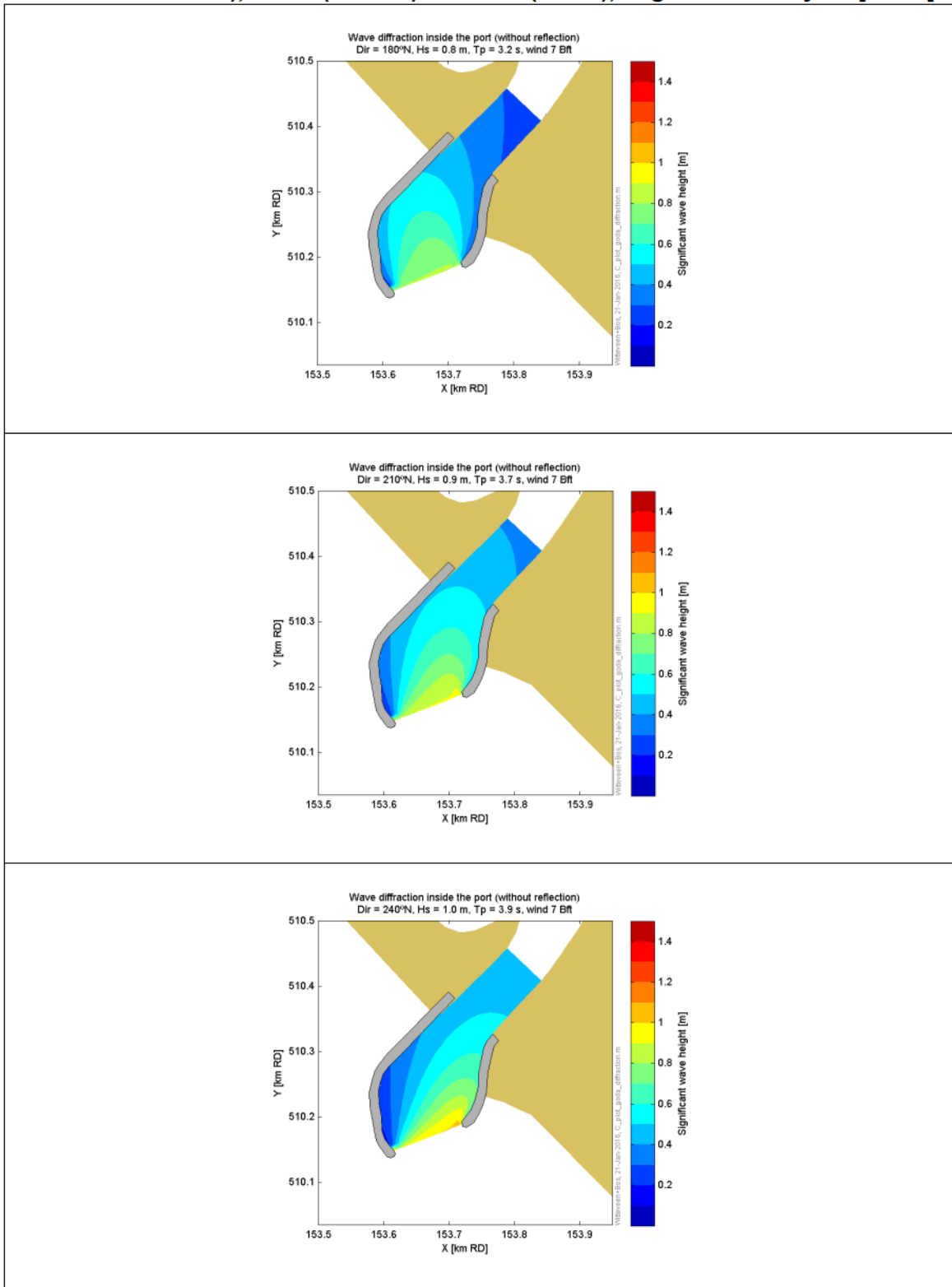
De golfdiffractie om de havendammen is vervolgens bepaald met Goda diffractiediagrammen, uitgaande van de offshore golfcondities uit Tabel 6-2. Het diffractiepatroon voor de

windrichtingen 180°N, 210°N en 240°N is weergegeven in Afbeelding 6.1. Deze windrichtingen leiden tot de hoogste golven in de zwaairom en de toegangseul.

Bij de maatgevende windrichting 240°N is de significante golfhoogte ten gevolge van alleen diffractie $H_s = 0,46$ m in de toegangseul. Deze locatie is gemarkeerd in Afbeelding 6.2.

Het diffractiepatroon is weergegeven voor offshore golfcondities met een overschrijdingskans van 1/1 per jaar en 1/50 per jaar is weergegeven in bijlage III.

Afbeelding 6.1. Significante golfhoogte tussen de havendammen ten gevolge van diffractie, tijdens windkracht 7 Bft voor windrichtingen 180°N (boven), 210°N (midden) en 240°N (onder); uitgaande van layout [ref. 4].



Stap 3. Reflectie op havendammen

De golven die door diffractie de haven indringen, reflecteren op de binnentaluds van de havendammen. Voor het bepalen van de reflectie is uitgegaan van een breukstenen talud met een helling van 1:4. Dit resulteert in een reflectiecoëfficiënt van 0,19 tot 0,24 (afhankelijk van de golfkarakteristieken van de inkomende golf). De significante golfhoogte van de gereflecteerde golf in de toegangsecul is $H_s = 0,11$ m bij maatgevende windrichting 240°N .

Stap 4. Transmissie over havendammen

Golftransmissie over de havendammen draagt alleen bij extreme condities bij aan de golfhoogte in de toegangsecul. Dit is met name van belang bij opwaaiing omdat in die situaties de relatieve kruinhoogte laag is. De transmissiecoëfficiënt (over de havendammen) is bij windkracht 7 Bft 0,0 (-). Voor deze transmissiecoëfficiënt is uitgegaan van een havendam met de volgende geometrie:

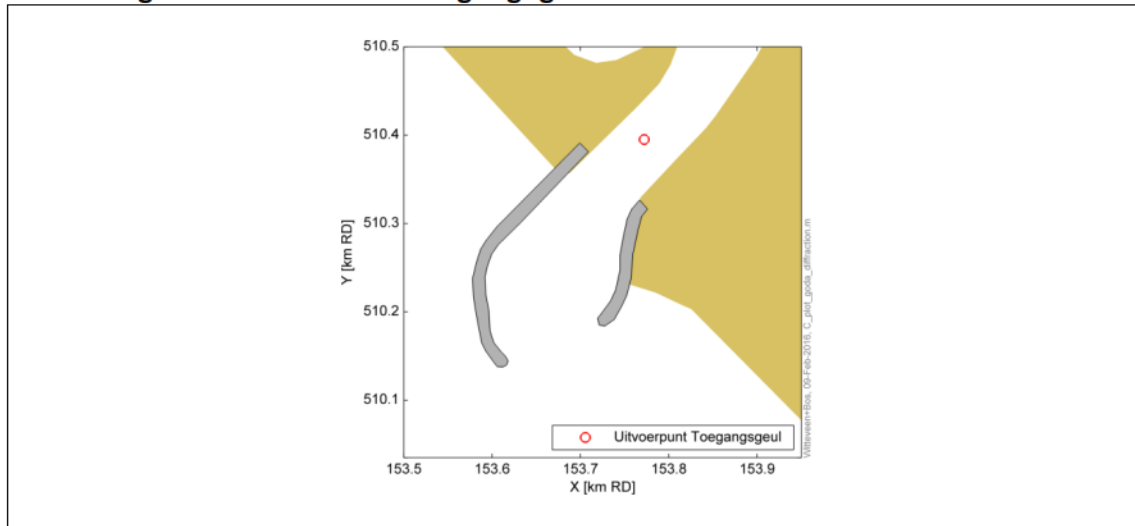
- talud aan binnenzijde van havendammen: 1:4;
- talud aan buitenzijde van havendammen: 1:4;
- kruinhoogte: NAP + 1,50 m;
- kruinbreedte: 2 m.

De resulterende significante golfhoogte in de toegangsecul ten gevolge van golftransmissie is $H_s = 0,0$ m bij windkracht 7 Bft.

Stap 5. Totale golfhoogte in toegangsecul

De totale significante golfhoogte in de toegangsecul inclusief diffractie, reflectie en transmissie is $H_s = \sqrt{H_{s,diffractie}^2 + H_{s,reflectie}^2 + H_{s,transmissie}^2} = \sqrt{0,46^2 + 0,11^2 + 0,0^2} = 0,47$ m bij een maatgevende windrichting van 240°N . Deze locatie is gemarkeerd in Afbeelding 6.2.

Afbeelding 6.2. Uitvoerlocatie toegangsecul



Effect gewijzigde layout van havendammen op golfhoogte in toegangsecul

Het UO van de buitenhaven en havendammen [ref.8.] is enigszins gewijzigd ten opzichte van het aanbiedingsontwerp [ref. 4.] waarvoor de golfdoordringing is bepaald. De belangrijkste wijzigingen zijn:

1. de zwaairom en havenmond zijn 40 m verplaatst richting het zuidwesten;
2. de breedte van de havenmond is verkleind.

De eerste wijziging heeft geen invloed op de golfdoordringing omdat de layout en de diepte niet wijzigingen. De kleinere breedte van de havenmond leidt tot een lichte reductie van de golfcondities in de toegangseul.

Toetsing aan eis IE2-A-15

Aan eis IE2-A-15 wordt voldaan, omdat de significante golfhoogte in de toegangseul tijdens condities met een windsnelheid van 7 Bft kleiner of gelijk is aan 0,60 m conform PI-ANC (1981) [ref. 22.]. Bij zowel het aanbiedingsontwerp als het UO is de significante golfhoogte in de toegangseul namelijk 0,47 m of lager.

6.2.3. Ligplaatsen en afmeerboeien buitenhaven

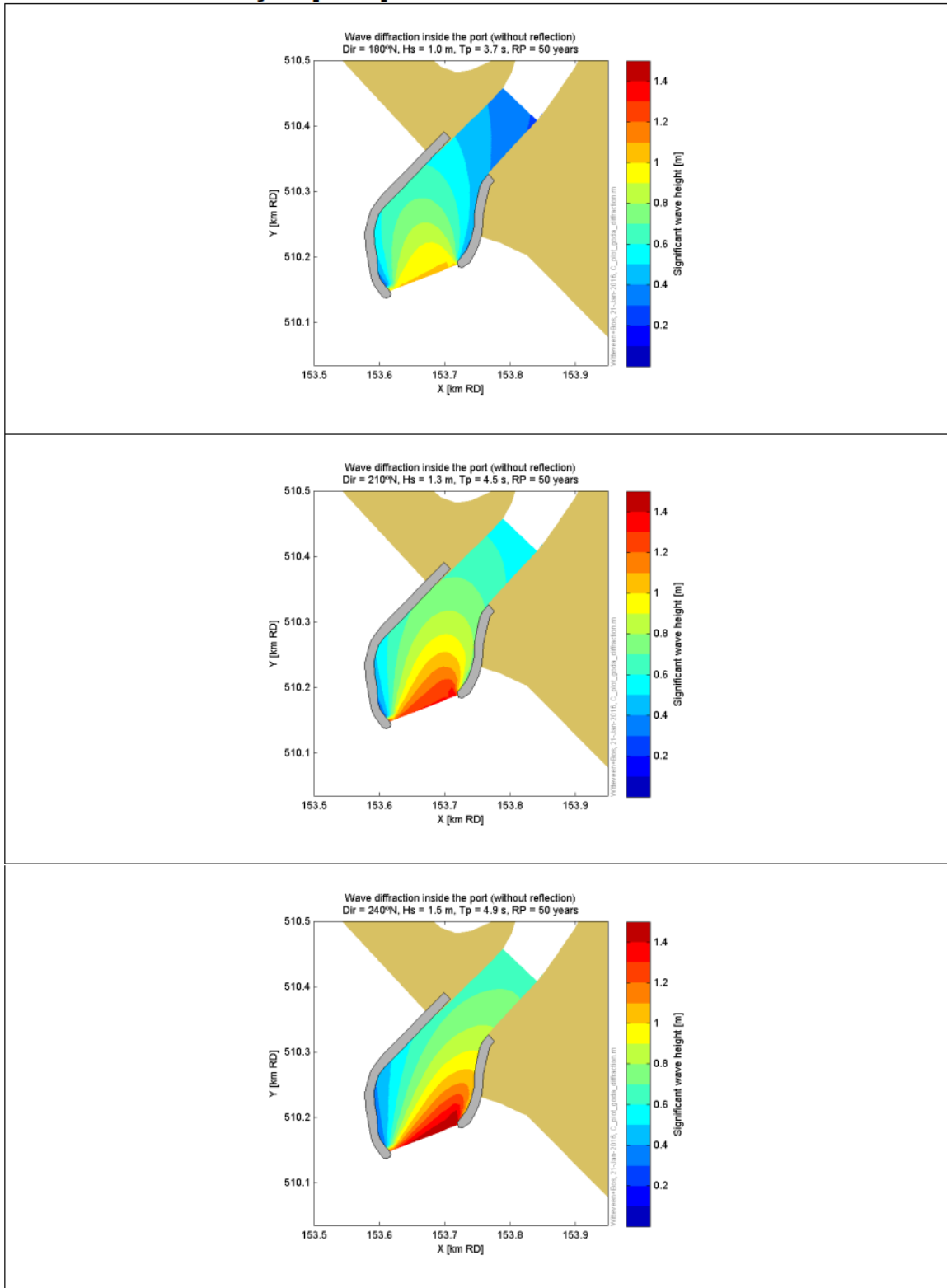
Voor het veilig afmeren en afgemeerd blijven, is de golfdoordringing geverifieerd voor condities met een overschrijdingskans van 1/50 per jaar.

Stap 1. Diffractie om havendammen

De golfdiffractie om de havendammen is bepaald met Goda diffractiediagrammen, uitgaande van de offshore golfcondities met een overschrijdingskans van 1/50 per jaar uit Tabel 3-3. Het diffractiepatroon voor de windrichtingen 180°N, 210°N en 240°N is weergegeven in Afbeelding 6.3. Deze windrichtingen leiden tot de hoogste golven tussen de havendammen.

Bij de maatgevende windrichting 240°N is de significante golfhoogte ten gevolge van alleen diffractie $H_s = 0,70$ m in de toegangseul.

Afbeelding 6.3. Significante golfhogte tussen de havendammen ten gevolge van diffractie, met overschrijdingskans van 1/50 per jaar voor windrichtingen 180°N (boven), 210°N (midden) en 240°N (onder); uitgaande van layout [ref. 4].



Stap 2. Reflectie op havendammen

De golven die door diffractie de haven indringen, reflecteren op de binnentaluds van de havendammen. Voor het bepalen van de reflectie is uitgegaan van een breukstenen talud met een helling van 1:4. Dit resulteert in een reflectiecoëfficiënt van 0,20 tot 0,25 (afhankelijk van de golfkarakteristieken van de inkomende golf).

De significante golfhoogte van de gereflecteerde golf in de toegangsecul is $H_s = 0,20 \cdot 0,70 = 0,14$ m bij een maatgevende windrichting van 240°N.

Stap 3. Transmissie over havendammen

Golftransmissie over de havendammen draagt ook bij aan de golfhoogte in de toegangsecul. Dit is met name van belang bij opwaaiing omdat in die situaties de relatieve kruinhoogte laag is. De transmissiecoëfficiënt (over de havendammen) is maximaal 0,20. Voor deze transmissiecoëfficiënt is uitgegaan van een havendam met de volgende geometrie:

- talud aan binnenzijde van havendammen: 1:4;
- talud aan buitenzijde van havendammen: 1:4;
- kruinhoogte: NAP + 1,50 m;
- kruinbreedte: 2 m.

De resulterende significante golfhoogte in de toegangsecul ten gevolge van golftransmissie is $H_s = 0,20 \cdot 1,50 = 0,30$ m bij een maatgevende windrichting van 240°N.

Stap 4. Golfhoogte in toegangsecul

De significante golfhoogte in de toegangsecul die resulteert van diffractie, reflectie en transmissie is $H_s = \sqrt{H_{s,diffractie}^2 + H_{s,reflectie}^2 + H_{s,transmissie}^2} = \sqrt{0,70^2 + 0,14^2 + 0,30^2} = 0,78$ m bij een maatgevende windrichting van 240°N. Dit is de golfhoogte van de inkomende golf die nodig is voor stap 5 en 6.

Stap 5 t/m 8 voor ligplaatsen

Stap 5. Diffractie in binnenhaven

De diffractie van de golven uit de toegangsecul om de dam in de binnenhaven is afgelezen uit een Goda diffractiediagram voor een enkele golfbreker [ref. 18.]. De refractiecoëfficiënt is voor de ligplaatsen maximaal 0,1. Dit resulteert in een significante golfhoogte ten gevolge van diffractie van $H_s = 0,1 \cdot 0,78 = 0,08$ m bij een windrichting van 240°N.

Stap 6. Reflectie in binnenhaven

De golven uit de toegangsecul kunnen de ligplaatsen ook bereiken door reflectie op de compartimenteringsdam aan de achterzijde van haven (in het verlengde van de toegangsecul). Voor het bepalen van de reflectie is uitgegaan van een reflectiecoëfficiënt van 0,2, behorend bij een 'natural beach' (volgens Goda (2010) [ref. 18.] tussen 0,05 en 0,20) vanwege de vegetatie op berm van de compartimenteringsdam en het natuurlijke karakter van de compartimenteringsdam (onderdeel van zachte rand).

De significante golfhoogte van de gereflecteerde golf bij de ligplaatsen is $H_s = 0,2 \cdot 0,78 = 0,16$ m bij een maatgevende windrichting van 240°N.

Stap 7. Lokale golfgroei in binnenhaven

De maximale significante golfhoogte in de binnenhaven door lokale golfgroei is $H_s = 0,15$ m bij de ligplaatsen.

Stap 8. Golfhoogte bij ligplaatsen

De totale significante golfhoogte bij de ligplaatsen in de binnenhaven inclusief diffractie en reflectie van de golven uit de toegangsgedul en inclusief lokale golfgroei is maximaal $H_s =$

$$\sqrt{H_{s, \text{diffractie}}^2 + H_{s, \text{reflectie}}^2 + H_{s, \text{golfgroei}}^2} = \sqrt{0,08^2 + 0,16^2 + 0,15^2} = 0,23 \text{ m.}$$

De golfhoogte bij de ligplaatsen wordt dus gedomineerd door golfreflectie van de golf uit het toegangsgedul en lokale golfgroei.

Stap 5 t/m 8 voor afmeerboeien

Stap 5. Diffractie in binnenhaven

De diffractie van de golven uit de toegangsgedul om de dam in de binnenhaven is afgelezen uit een Goda diffractiediagram voor een enkele golfbreker [ref. 18.]. De refractiecoëfficiënt is voor de meest oostelijke afmeerboei maximaal 0,5. Dit resulteert in een significante golfhoogte ten gevolge van diffractie van $H_s = 0,5 \cdot 0,78 = 0,39 \text{ m}$ bij windrichting 240°N.

Stap 6. Reflectie in binnenhaven

De golven uit de toegangsgedul kunnen de afmeerboeien niet of nauwelijks bereiken door reflectie op de compartimenteringsdam aan de achterzijde van haven (in het verlengde van de toegangsgedul), omdat de compartimenteringsdam op de betreffende plaats een opening heeft.

Er hoeft daarom geen rekening gehouden te worden met reflectie nabij de afmeerboeien.

Stap 7. Lokale golfgroei in binnenhaven

De maximale significante golfhoogte in de binnenhaven door lokale golfgroei is $H_s = 0,20 \text{ m}$ bij de afmeerboeien. De golfhoogte ten gevolge van lokale golfgroei is hoger dan bij de ligplaatsen, doordat de strijklengte bij de maatgevende windrichtingen bij de afmeerboeien hoger is dan bij de ligplaatsen.

Stap 8. Totale golfhoogte bij afmeerboeien

De totale significante golfhoogte bij de afmeerboeien in de binnenhaven inclusief diffractie en reflectie van de golven uit de toegangsgedul en inclusief lokale golfgroei is maximaal $H_s =$

$$\sqrt{H_{s, \text{diffractie}}^2 + H_{s, \text{reflectie}}^2 + H_{s, \text{golfgroei}}^2} = \sqrt{0,39^2 + 0,00^2 + 0,20^2} = 0,44 \text{ m.}$$

De golfhoogte bij de afmeerboeien wordt dus gedomineerd door diffractie van de golf uit het toegangsgedul en door lokale golfgroei.

Effect gewijzigde layout van havendammen op golfhoogte bij ligplaatsen en afmeerboeien

Het UO van de buitenhaven en havendammen [ref.8.] is enigszins gewijzigd ten opzichte van het aanbiedingsontwerp [ref. 4.] waarvoor de golfdoordringing is bepaald. De belangrijkste wijzigingen zijn:

1. de zwaairom en havenmond zijn 40 m verplaatst richting het zuidwesten;
2. de breedte van de havenmond is verkleind.

De eerste wijziging heeft geen invloed op de golfdoordringing omdat de layout en de diepte niet wijzigingen. De kleinere breedte van de havenmond leidt tot een lichte reductie van de golfcondities in de toegangsgedul, bij de ligplaatsen en bij de afmeerboeien.

Toetsing aan eis IE2-01 (ligplaatsen en afmeerboeien)

De significante golfhoogte bij de ligplaatsen is tijdens stormcondities met een overschrijdingskans van 1/50 per jaar maximaal $H_s = 0,23$ m bij zowel het aanbiedingsontwerp als het UO. Hiermee wordt voldaan aan het criterium dat de significante golfhoogte kleiner of gelijk aan $H_s = 0,40$ m moet zijn.

De significante golfhoogte bij de afmeerboeien is tijdens stormcondities met een overschrijdingskans van 1/50 per jaar maximaal $H_s = 0,44$ m bij zowel het aanbiedingsontwerp als het UO. Hiermee wordt voldaan aan het criterium dat de significante golfhoogte kleiner of gelijk aan $H_s = 0,60$ m moet zijn.

Hiermee wordt voldaan aan eis IE2-01.

6.3. Steigerconstructie en meerboeien

Het ontwerp van de steigerconstructie en meerboeien wordt uitgevoerd door een derde partij. Het ontwerp van deze constructies dient te voldoen aan de eisen zoals opgesteld in paragraaf 3.1 en de methodiek beschreven in paragraaf 4.7. Specifieke (onderliggende) eisen voor het ontwerp van de steiger en meerboeien zijn weergegeven in Tabel 6-3.

Tabel 6-3 Eisen aan steigerconstructie en meerboeien

Code	Eistitel	Eistekst	Criterium
IE2-03	Land betreden	De buitenhaven dient zodanig te zijn aangelegd dat de opvarenden op een veilige manier van boord en aan land kunnen gaan en vice versa.	Aan deze eis is voldaan, indien voldaan is aan de onderliggende eis(en). (IE2-A-13; IE2-A-14)
IE2-04	Lage onderhoudskosten	De buitenhaven, haar toegang en voorzieningen dienen zo te zijn ontworpen en aangelegd dat onderhoudskosten worden geminimaliseerd.	Aan deze eis is voldaan, indien voldaan is aan de onderliggende eis(en). (IE2-E-08; IE2-A-20)
IE2-06	Ontwerp levensduur	Toe te passen materialen hebben een ontwerplevensduur van minimaal 40 jaar.	Aan deze eis is voldaan, indien voldaan is aan de onderliggende eis(en). (IE2-A-10; IE2.1-A-07)
IE2-07	Meerboeien	Een meerboei heeft rondom een vrije ruimte (buiten een vaargeul) van 17 m met voldoende diepte voor de maatgevende boten / schepen.	<ul style="list-style-type: none">- Afstand rondom meerboei tot eventuele obstakels ≥ 17 m- Bodemniveau is rondom meerboei tot een afstand van minimaal 17 m \leq NAP -2.90 m (conform eis IE2-A-18)- afstand tussen meerboei en vaarroute minimaal 17 m- Capaciteit anker ≥ 40 kN (representatief)
IE2-A-10	Ontwerplevensduur steiger	De steiger incl. toebehoren hebben een ontwerple-	Te specificeren door de steigerleverancier

Code	Eistitel	Eistekst	Criterium
		vensduur van 40 jaar.	
IE2-A-11	Capaciteit steiger	De buitenhaven biedt een ligplaats aan een steiger voor 3 boten van de bruine vloot, 1 rondvaartboot en 22 zeil-/motorboten	Aan de steiger in de buitenhaven is ruimte voor 3 boten van de bruine vloot, 1 rondvaartboot en 22 zeil-/motorboten conform de afmetingen gegeven in de toelichting
IE2-A-12	Capaciteit meerboeien	De buitenhaven biedt plaats voor 5 afzonderlijke meerboeien	Er zijn 5 afzonderlijke meerboeien in buitenhaven aanwezig. Deze zijn ontworpen conform eis IE2-07
IE2-A-13	Toegang schip tot steiger	De steiger dient zodanig te zijn aangelegd dat de opvarenden op een veilige manier van boord kunnen.	-Op enig punt van het schip dient in afgemeerde positie de horizontale afstand tussen schip en steiger $\leq 0,5$ m -Vrijboord steiger tov zomerpeil minimaal 0,5 m
IE2-A-14	Toegang steiger tot land	De steiger dient zodanig te zijn aangelegd dat de opvarenden op een veilige manier aan land kunnen gaan.	Aan te tonen door leverancier steiger
IE2-A-16	Invaarbreedte steiger	De invaarbreedte (jachthaven) tussen de steiger en oever dient groot genoeg te zijn om veilig invaren te faciliteren.	Invaarbreedte (jachthaven) tussen de steiger en oever dient minimaal 20 meter te bedragen, gemeten op de nautisch gegarandeerde diepte van NAP -2,90 m.
IE2-A-17	Uitvaar ruimte ligvak	De uitvaar ruimte achter een ligplaatsvak dient voldoende te zijn om veilig in- en uit te kunnen varen.	Uitvaar ruimte achter een ligplaatsvak minimaal 1,5 * lengte ligplaats gemeten op de nautisch gegarandeerde diepte van NAP -2,90 m.
IE2-A-18	Nautisch gegarandeerde diepte	De nautisch gegarandeerde bodemniveau in de gehele buitenhaven \leq NAP -2.90 meter	De nautisch gegarandeerde bodemniveau \leq NAP -2.90 m
IE2-A-20	Lage onderhoudskosten	De buitenhaven, haar toegang en voorzieningen dienen zo te zijn ontworpen en aangelegd dat onderhoudskosten worden geminimaliseerd.	Er is voldoende rekening gehouden met onderhoud minimalisatie

7. NOORDELIJKE HAVENDAM

De belangrijkste uitgangspunten voor het doorlopende deel van de noordelijke havendam zijn:

- bovenkant teen: NAP - 2,00 m;
- lengte teen: 3,00 m;
- buitentaludhelling: 1:4;
- kruinhoogte: NAP + 1,50 m;
- volledig bestorte kruin: 2,00 m;
- binnentaludhelling: 1:3;
- bovenkant teen: NAP - 2,00 m;
- lengte teen: 1,50 m;
- talud 1:7 tot bodemniveau NAP - 4,30 m;
- toegepaste nominale steendiameter toplaag D_{n50} : 0,36 m (40-200 kg) op een geotextiel.

Bij de aansluiting met het strand versterft het buitentalud van de noordelijke havendam in het strand.

De belangrijkste uitgangspunten voor de kop van de noordelijke havendam zijn:

- bovenkant teen: NAP - 2,00 m;
- lengte teen: 3,00 m;
- taludhelling: 1:5;
- kruinhoogte: NAP + 1,50 m;
- volledig bestorte kruin: 2,00 m;
- toegepaste nominale steendiameter toplaag D_{n50} : 0,42 m (60-300 kg);
- toegepaste gradering filterlaag tussen toplaag en geotextiel: 45/125 mm.

Deze dwarsdoorsnedes zijn getoond op de UO tekening havendammen in bijlage VII en [ref. 9].

De noordelijke havendam sluit aan op de loswal. De bestorting sluit aan op de constructie van de loswal. Omdat het ontwerp van de loswal op een later moment wordt voltooid, is de aansluiting nog niet uitgewerkt. Een belangrijk aandachtspunt bij de aansluiting is dat deze grond dicht dient te zijn om uitspoeling van het basismateriaal te voorkomen. Wanneer de loswal verder landinwaarts wordt verplaatst, dient ook de bestorting verder te worden doorgetrokken, totdat deze weer aansluit op de constructie van de loswal.

7.1. Overslag

Conform eis IE2.1-A-09 is een gemiddeld overslagdebiet van maximaal 50 l/s/m aangehouden, gemeten op het einde van de bestorting op de kruin (na 2 m). De ontwerpmethodiek is weergegeven in paragraaf 5.2. Er is gerekend met loodrechte golfval voor golven uit het westen.

De berekening is getoond in bijlage IV. Hieruit volgt dat het gemiddelde overslagdebiet gelijk is aan 14,6 l/s/m, waarmee aan de overslageis is voldaan.

7.2. Stabiliteit bekleding

De stabiliteit van de bekleding is getoetst op vier vlakken: de toplaag van het buitentalud, de toplaag van het binnentalud, de teenconstructie en de filterconstructie.

7.2.1. Toplaag buitentalud

De toplaag van het buitentalud is getoetst met de Van der Meer methode, zoals beschreven in paragraaf 5.3.1. Er is gerekend met loodrechte golfval. Conform eis IE2.1-A-08 is een maximaal schadegetal 12 toegestaan voor een 1:4 talud. De berekening is getoond in bijlage V. Hieruit volgt een schadegetal van 9,3, waarmee de toplaag van het buitentalud voldoet.

7.2.2. Toplaag binnentalud

De toplaag van het binnentalud is getoetst voor golfindringing met de methode Van der Meer (zoals beschreven in paragraaf 5.3.1) en voor golfoverslag met de methode van Van Gent en Pozueta (zoals beschreven in paragraaf 5.3.2). Conform eis IE2.1-A-10 is een maximaal schadegetal van 9 toegestaan voor een 1:3 talud.

Voor de golfindringing met de methode Van der Meer is de berekening getoond in bijlage V. Uit de analyse van de golfindringing van de 1/50 jaar storm in bijlage III is op te maken dat de golven uit de maatgevende richtingen vrij recht aankomen op de noordelijke haven-dam. Om deze reden is met loodrechte golfval gerekend. Hieruit volgt een schadegetal van 1,9, waarmee de toplaag van het binnentalud voldoet voor golfindringing.

Voor de golfoverslag met de methode Van Gent en Pozueta is de berekening (met een schadegetal van 9) getoond in bijlage V. Hieruit volgt een benodigde steengrootte van 0,13 m, waarmee de gradering 40-200 kg (met $D_{n50} = 0,36$ m) voldoet voor golfoverslag.

Aangezien aan beide toetsen voor het binnentalud is voldaan, voldoet de toplaag van het binnentalud.

7.2.3. Kopconstructie

De toplaag van de kopconstructie is getoetst met de methode zoals beschreven in paragraaf 5.3.4. De berekening is getoond in bijlage V. Hieruit volgt een benodigde steendiameter van 0,38 m, waarmee de toegepaste $D_{n50,kop}$ van 0,42 m (gradering 60-300 kg) voldoet.

7.2.4. Teenconstructie

Zoals beschreven in paragraaf 5.3.3 is de toplaag van de teenconstructie stabiel, wanneer de toegepaste steengradering gelijk is aan die van de toplaag van het buitentalud. Aangezien dit het geval is in dit ontwerp, wordt de teenconstructie stabiel geacht.

Zoals verder beschreven in paragraaf 5.3.3 dient de minimale breedte van de teen gelijk te zijn aan $3 D_{n50}$. Met een D_{n50} van 0,36 m (40-200 kg op het doorlopende deel) komt dit neer op 1,08 m en met een D_{n50} van 0,42 m (60-300 kg op de kop) komt dit neer op 1,26 m.

In het ontwerp is de teen van het buitentalud 3,00 m breed, waarmee de teenbreedte voldoet. Bij het binnentalud is de teen 1,50 m breed, waarmee de teenbreedte ook voldoet.

7.3. Filterconstructie

Op basis van het kernmateriaal en de steengradering van de toplaag, zijn in bijlage VI de eisen voor de filterconstructie opgesteld. Hieruit volgen de volgende eisen:

- openingsgrootte geotextiel $O_{90} \leq 0,27 \text{ mm}$ ($= 270\mu\text{m}$);
- permittiviteit $> 0,1 [1/\text{s}]$;
- treksterkte bij breuk (in twee richtingen) $\geq 35 \text{ kN/m}$ (bij toepassen van een vlies $\geq 15 \text{ kN/m}$);
- reststerkte na 50 jaar, rekening houdend met een RF_{ID} van 1,5 en een RF_{CH} van 1,3, is minimaal 50% van de korte duursterkte (indexwaarde);¹
- In geval van een composiet dient één van de componenten aan de minimale treksterkte eis te voldoen. De treksterktes van de samengestelde delen mogen niet bij elkaar worden opgeteld;
- In geval van een composiet van een weefsel met daarop een beschermend vlies, dient het vlies minimaal 170 gr/m^2 te wegen;
- bij toepassing van een gradering groter dan 40-200 kg, dient een geometrisch gesloten filterlaag te worden toegepast tussen de breuksteen en het geotextiel.

De steengradering 60-300 kg kan niet direct op het geotextiel worden geplaatst, waardoor tussen het geotextiel en de toplaag een filterlaag van 0,20 m van steengradering 45/125 mm is toegepast. In bijlage VI is aangetoond dat hiermee een geometrisch gesloten filter is ontworpen.

7.4. Rietbegroeiing

Uit de analyse van de golfindringing in bijlage III is te herleiden dat de golfhoogte (zonder reflectie) op de noordelijke havendam bij een 1/1 jaar storm boven de 0,40 m ligt (golfrichting 150° N). Voor een groot gedeelte van de noordelijke havendam is de golfhoogte (zonder reflectie) hoger dan 0,60 m bij de jaarlijkse condities (golfrichting 180° N en 210° N). Bij een 1/50 jaar storm kunnen de golven oplopen tot 0,80 m (zonder reflectie).

In CUR201 Natuurvriendelijke oevers [ref. 13.] is de maximale golfhoogte voor volgroeid riet gesteld op 0,25 m, met een incidentele belasting van 0,40 m (niet meer dan 5000 golven per jaar). Gezien de optredende golven op de noordelijke havendam (ook bij de jaarlijkse condities) deze waarden overschrijden, zal een rietbegroeiing te zwaar worden belast om zich in stand te houden. Om deze reden is afgezien van de toepassing van riet op de noordelijke havendam.

¹ RF_{ID} : Reductiefactor voor schade bij het aanbrengen

RF_{CH} : Reductiefactor voor chemische en biologische degradatie

8. ZUIDELIJKE HAVENDAM

De belangrijkste uitgangspunten voor het doorlopende deel van de zuidelijke havendam zijn:

- bovenkant teen: NAP - 2,00 m;
- lengte teen: 3,00 m;
- buitentaludhelling: 1:4;
- kruinhoogte: NAP + 1,50 m;
- volledig bestorte kruin: 2,00 m;
- binnentaludhelling: 1:3;
- bovenkant teen: NAP - 2,00 m;
- lengte teen: 1,50 m;
- talud 1:7 tot bodemniveau NAP - 4,30 m;
- toegepaste nominale steendiameter toplaag D_{n50} : 0,36 m (40-200 kg) op een geotextiel.

Bij de aansluiting met het strand versterft het buitentalud van de zuidelijke havendam in het strand.

De belangrijkste uitgangspunten voor de kop van de zuidelijke havendam zijn:

- bovenkant teen: NAP - 2,00 m;
- lengte teen: 3,00 m;
- taludhelling: 1:5;
- kruinhoogte: NAP + 1,50 m;
- volledig bestorte kruin: 2,00 m;
- toegepaste nominale steendiameter toplaag D_{n50} : 0,42 m (60-300 kg);
- toegepaste gradering filterlaag tussen toplaag en geotextiel: 45/125 mm.

Deze dwarsdoorsnedes zijn getoond op de UO tekening havendammen in bijlage VII en [ref. 9].

De zuidelijke havendam sluit aan op de veerstoep. De bestorting sluit aan op de constructie van de veerstoep. Omdat het ontwerp van de veerstoep op een later moment wordt voltooid, is de aansluiting nog niet uitgewerkt. Een belangrijk aandachtspunt bij de aansluiting is dat deze grond dicht dient te zijn om uitspoeling van het basismateriaal te voorkomen. Wanneer de veerstoep verder landinwaarts wordt verplaatst, dient ook de bestorting verder te worden doorgetrokken, totdat deze weer aansluit op de constructie van de veerstoep.

8.1. Overslag

Conform eis IE2.1-A-09 is een gemiddeld overslagdebiet van maximaal 50 l/s/m aangehouden, gemeten op het einde van de bestorting op de kruin (na 2 m). De ontwerpmethodiek is weergegeven in paragraaf 5.2. De zuidelijke rand wordt hoofdzakelijk aangevallen door golven uit het zuiden en zuidwesten. Er is gerekend met loodrechte golfval.

De berekening is getoond in bijlage IV. Hieruit volgt dat het gemiddelde gelijk is aan 0,3 l/s/m, waarmee aan de overslageis is voldaan.

8.2. Stabiliteit bekleding

De stabiliteit van de bekleding is getoetst op vier vlakken: de toplaag van het buitentalud, de toplaag van het binnentalud, de teenconstructie en de filterconstructie.

8.2.1. Toplaag buitentalud

De toplaag van het buitentalud is getoetst met de Van der Meer methode, zoals beschreven in paragraaf 5.3.1. Er is gerekend met loodrechte golfval. Conform eis IE2.1-A-08 is een maximaal schadegetal 12 toegestaan voor een 1:4 talud. De berekening is getoond in bijlage V. Hieruit volgt een schadegetal van 4,9, waarmee de toplaag van het buitentalud voldoet.

8.2.2. Toplaag binnentalud

De toplaag van het binnentalud is getoetst voor golfindringing met de methode Van der Meer (zoals beschreven in paragraaf 5.3.1) en voor golfoverslag met de methode van Van Gent en Pozueta (zoals beschreven in paragraaf 5.3.2). Conform eis IE2.1-A-10 is een maximaal schadegetal van 9 toegestaan voor een 1:3 talud.

Voor de golfindringing met de methode Van der Meer is de berekening getoond in bijlage V. Uit de analyse van de golfindringing van de 1/50 jaar storm in bijlage III is op te maken dat de golven uit de maatgevende richtingen schuin aankomen op de zuidelijke havendam. Een hoek van golfval van 30° is gehanteerd in de berekening. Hieruit volgt een schadegetal van 5,2, waarmee de toplaag van het binnentalud voldoet voor golfindringing.

Voor de golfoverslag met de methode Van Gent en Pozueta is de berekening (met een schadegetal van 9) getoond in bijlage V. Hieruit volgt dat er geen bestorting nodig is, waarmee de gradering 40-200 kg (met $D_{n50} = 0,36$ m) voldoet voor golfoverslag.

Aangezien aan beide toetsen voor het binnentalud is voldaan, voldoet de toplaag van het binnentalud.

8.2.3. Kopconstructie

De toplaag van de kopconstructie is getoetst met de methode zoals beschreven in paragraaf 5.3.4. De berekening is getoond in bijlage V. Hieruit volgt een benodigde steendiameter van 0,38 m, waarmee de toegepaste $D_{n50,kop}$ van 0,42 m (gradering 60-300 kg) voldoet.

8.2.4. Teenconstructie

Zoals beschreven in paragraaf 5.3.3 is de toplaag van de teenconstructie stabiel, wanneer de toegepaste steengradering gelijk is aan die van de toplaag van het buitentalud. Aangezien dit het geval is in dit ontwerp, wordt de teenconstructie stabiel geacht.

Zoals verder beschreven in paragraaf 5.3.3 dient de minimale breedte van de teen gelijk te zijn aan $3 D_{n50}$. Met een D_{n50} van 0,36 m (40-200 kg op het doorlopende deel) komt dit neer op 1,08 m en met een D_{n50} van 0,42 m (60-300 kg op de kop) komt dit neer op 1,26 m.

In het ontwerp is de teen van het buitentalud 3,00 m breed, waarmee de teenbreedte voldoet. Bij het binnentalud is de teen 1,50 m breed, waarmee de teenbreedte ook voldoet.

8.3. Filterconstructie

Op basis van het kernmateriaal en de steengradering van de toplaag, zijn in bijlage VI de eisen voor de filterconstructie opgesteld. Hieruit volgen de volgende eisen:

- openingsgrootte geotextiel $O_{90} \leq 0,27 \text{ mm} (= 270\mu\text{m})$;
- permittiviteit $> 0,1 [1/\text{s}]$;
- treksterkte bij breuk (in twee richtingen) $\geq 35 \text{ kN/m}$ (bij toepassen van een vlies $\geq 15 \text{ kN/m}$);
- reststerkte na 50 jaar, rekening houdend met een RF_{ID} van 1,5 en een RF_{CH} van 1,3, is minimaal 50% van de korte duursterkte (indexwaarde);¹
- In geval van een composiet dient één van de componenten aan de minimale treksterkte eis te voldoen. De treksterktes van de samengestelde delen mogen niet bij elkaar worden opgeteld;
- In geval van een composiet van een weefsel met daarop een beschermend vlies, dient het vlies minimaal 170 gr/m^2 te wegen;
- bij toepassing van een gradering groter dan 40-200 kg, dient een geometrisch gesloten filterlaag te worden toegepast tussen de breuksteen en het geotextiel.

De steengradering 60-300 kg kan niet direct op het geotextiel worden geplaatst, waardoor tussen het geotextiel en de toplaag een filterlaag van 0,20 m van steengradering 45/125 mm is toegepast. In bijlage VI is aangetoond dat hiermee een geometrisch gesloten filter is ontworpen.

8.4. Rietbegroeiing

Uit de analyse van de golfindringing in bijlage III is te herleiden dat de golfhoogte (zonder reflectie) op de zuidelijke havendam bij een 1/1 jaar storm boven de 0,60 m ligt (golfrichting 240° N). Bij een 1/50 jaar storm kunnen de golven oplopen tot 1,10 m (zonder reflectie).

In CUR201 Natuurvriendelijke oevers [ref. 13.] is de maximale golfhoogte voor volgroeid riet gesteld op 0,25 m, met een incidentele belasting van 0,40 m (niet meer dan 5000 golven per jaar). Gezien de optredende golven op de zuidelijke havendam (ook bij de jaarlijkse condities) deze waarden overschrijden, zal een rietbegroeiing te zwaar worden belast om zich in stand te houden. Om deze reden is afgezien van de toepassing van riet op de zuidelijke havendam.

¹ RF_{ID} : Reductiefactor voor schade bij het aanbrengen

RF_{CH} : Reductiefactor voor chemische en biologische degradatie

9. REFERENTIES

1. American Society of Civil Engineers (ASCE) (2012): "ASCE Manual 50 - Planning and Design Guidelines for Small Craft Harbors", United States;
2. Battjes, J.A. & Groenendijk, H.W. (2000). Wave height distributions on shallow foreshores;
3. Besley, P. (1999). Overtopping of seawalls Research and Development project Record W5/006/5, Environment Agency;
4. Boskalis (2015). Marker Wadden; Ontwerp 42M. Kenmerk: 52812492-D-0001, definitief d.d. 13 mei 2015;
5. Boskalis (2016). Geotechnisch ontwerp Marker Wadden: Zettings- en stabiliteitsberekeningen, 13084-04-R02-0-PTUR;
6. Boskalis (2016). Hoeveelhedenstaat, MW-HGG-001;
7. Boskalis (2016). Ontwerpnota UO zachte rand (RA2), MW-UO-WP-OW04-1;
8. Boskalis (2016). Buitenhaven, 52812492-TEK-UO-0018 rev 1.0;
9. Boskalis (2016). Overzicht havendammen, 52812492-TEK-UO-0005 rev 1.0;
10. Boskalis (2016). Verificatierapport buitenhaven (IE2) en havendammen (IE2.1), MW-VER-019;
11. British Yacht Harbour Associations (1993). Code of Practice;
12. CIRIA/CUR/CETMEF (2007). The Rock Manual, The use of rock in hydraulic engineering;
13. CUR (1999). CUR201, Natuurvriendelijke oevers: Belasting en Sterkte;
14. CUR (2009). CUR174, Geokunststoffen in de waterbouw, Tweede, herziene uitgave;
15. CUR (2016). CUR205, Ontwerprichtlijn voor geotextielen onder steenbekledingen, conceptversie;
16. Deltares (2010). BREAKWAT 3.3, March 2010 User & Technical Manual;
17. Fugro (2013). Rapportage geotechnisch veldwerk betreffende Onderzoek Marker Wadden, 1013-0294-000_21.KR01;
18. Goda, Y. (2010). Random seas and design of maritime structures. Advanced Series on Ocean Engineering: volume 33, 3rd edition;
19. KNMI (2016). Uitleg over windschaal van Beaufort. Website: <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/windschaal-van-beaufort>. Laatste bezocht op: 9 februari 2016;
20. Natuurmonumenten (2014). Eerste fase Marker Wadden, Vraagspecificatie eisen, definitief, BA8757-107-101/R005/501063/402505/Nijm;
21. NNI (2002). NEN-EN 13383: Waterbouwsteen;
22. PIANC (1981). Design of breakwaters for yacht harbours with particular reference to the following: navigation of yachts entering and leaving harbour, protective measures against shoaling and seaweed, limited depth of yacht harbours as compared with commercial harbours. PIANC report: Supplement to bulletin No. 38 (Vol. I/1981);
23. PIANC (2013). Report no 134, Design and Operational Guidelines for Superyacht Facilities;
24. Pilarczyk, K.W. (1998). Dikes and Revetments, Design, Maintenance and Safety Assessment;
25. PUMA (2012). Memo bepalen maximale valhoogte, memo-k&o-tasp-003;
26. Rijkswaterstaat (2011). Richtlijn Vaarwegen;
27. Svasek (2014). Finding the correct implementation of Goda/Sommerfeld solutions on diffraction diagrams for directional random waves;
28. TAW (1998). Grondslagen voor waterkeren;
29. Van der Meer, J.W. (1988). Rock slopes and gravel beaches under wave attack, PhD thesis, Delft University of Technology;
30. Van Gent, M.R.A. (2014). Oblique wave attack on rubble mound breakwaters, Coastal Engineering 88 (2014) 43-54.

BIJLAGE I RISICO'S

In Tabel I.1 zijn de geobserveerde risico's voor het uitvoeringsontwerp van de buitenhaven en havendammen genoteerd. De maatregelen zijn gekoppeld aan de oorzaken: bij O1 hoort PM1, bij O2 PM2 enzovoort.

Tabel I.1 Risico's uitvoeringsontwerp buitenhaven en havendammen

ID	gebeurtenis	oorzaak	gevolgen	maatregelen
1	Schade aan de teenbestorting	<p>Meerdere oorzaken aan te wijzen:</p> <p>O1: Aangehouden steensortering blijkt te licht</p> <p>O2: Er treedt meer erosie aan de vooroever op dan voorspeld</p> <p>O3: Er treedt een hogere belasting op dan voorspeld</p> <p>O4: Teenconstructie is niet goed aangelegd</p> <p>O5: Teenconstructie en vooroever zijn onvoldoende geïnspecteerd</p>	Herstelkosten aan teenconstructie en vooroever	<p><u>Preventief</u></p> <p>PM1: In het ontwerp is voor de teenbestorting dezelfde steengradering als de toplaag gehanteerd.</p> <p>PM2: De teenbestorting van het buitentalud is dusdanig gedimensioneerd dat de teen kan meezakken</p> <p>PM4: In de uitvoeringseisen zijn toleranties voor de verschillen met het theoretische profiel opgesteld. Daarnaast is hier vastgelegd het toegepaste materiaal aan de specificaties moet voldoen</p> <p><u>Correctief</u></p> <p>CM1,2,3,4,5: Erosiekuilen en schade herstellen door het bijstorten van stortsteen</p>
2	Grotere schade aan de toplaag dan toegestaan	<p>Meerdere oorzaken aan te wijzen:</p> <p>O1: Aangehouden steensortering blijkt te licht</p> <p>O2: Er treedt meer schade aan toplaag op dan voorspeld</p> <p>O3: Er treedt een hogere belasting op dan voorspeld</p> <p>O4: Toplaag is niet goed aangelegd</p> <p>O5: Toplaag is onvoldoende geïnspecteerd</p>	Herstelkosten aan de toplaag	<p><u>Preventief</u></p> <p>PM1: In het ontwerp zijn de waardes behorend bij de 5 % overschrijdingskans toegepast in de Van der Meer formule i.p.v. de 50% waardes</p> <p>PM4: In de uitvoeringseisen zijn toleranties voor de verschillen met het theoretische profiel opgesteld. Daarnaast is in de eisen vastgelegd dat het toegepaste materiaal aan de specificaties moet voldoen</p> <p>PM5: Opstellen van een monitoringsplan</p> <p><u>Correctief</u></p> <p>CM1,2,3,4,5: Schade</p>

ID	gebeurtenis	oorzaak	gevolgen	maatregelen
				herstellen door middel van herprofileren en/of bijstorten van stortsteen
3	Ontwerp voldoet niet (aantoonbaar) aan de eisen	<p>Meerdere oorzaken aan te wijzen:</p> <p>O1: Aangehouden eiseninterpretaties blijken niet juist</p> <p>O2: Aangehouden uitgangspunten/rekenmethodieken blijken niet juist</p> <p>O3: Uitgevoerd verificatieproces voldoet niet</p> <p>O4: (Onderliggende) eisen in het contract zijn niet in beeld</p>	<p>Meerdere gevolgen aan te wijzen:</p> <p>G1: Vertraging, ontwerpproces duurt langer dan voorzien</p> <p>G2: Ontwerpkosten hoger dan begroot</p> <p>G3: Herstellkosten door te lichte constructie</p> <p>G4: Onderhoudskosten vallen hoger uit</p>	<p><u>Preventief</u></p> <p>PM1: De verificatieplannen zijn vooraf met de Opdrachtgever besproken</p> <p>PM2-a: Alle berekeningen zijn door minimaal 1 tweede lezer beoordeeld</p> <p>PM2-b: De gebruikte methodes zijn inzichtelijk met duidelijke referenties</p> <p>PM3: Het verificatieproces is bewaakt door een Systems Engineer</p> <p>PM4: Alle eisen en onderliggende eisen zijn opgenomen in Relatics en worden bewaakt door de Systems Engineer</p> <p><u>Correctief</u></p> <p>CM1: Eisen opnieuw afstemmen met de Opdrachtgever</p> <p>CM2-a: Onderbouwing toegepaste methode opstellen</p> <p>CM2-b: Wijzigen rekenmethode</p> <p>CM3: Verificatieproces herzien</p> <p>CM4: Aanvullen van relevante eisen in Relatics</p>
4	Ontwerp is niet uitvoerbaar	O1: Ontwerp sluit niet aan op wensen/capaciteiten uitvoering	<p>Meerdere gevolgen aan te wijzen:</p> <p>G1: Vertraging, ontwerpproces duurt langer dan voorzien</p> <p>G2: Ontwerpkosten hoger dan begroot</p>	<p><u>Preventief</u></p> <p>PM1: Integraal ontwerpproces, waarbij uitvoering steeds betrokken is</p> <p><u>Correctief</u></p> <p>CM1: In overleg met uitvoering het ontwerp aanpassen om de uitvoerbaarheid te vergroten</p>
5	Ontwerp is niet beheerbaar	O1: Ontwerp sluit niet aan bij wensen /capaciteiten beheer- en onderhoudsorganisatie	Beheerkosten zijn groter dan voorzien	<p><u>Preventief</u></p> <p>PM1: Overleg met beheerders over de beheerbaarheid van het ontwerp</p> <p><u>Correctief</u></p>

ID	gebeurtenis	oorzaak	gevolgen	maatregelen
				CM1: Wijzigen gereali- seerde ontwerp om de beheerbaarheid te ver- groten

BIJLAGE II EISENVERIFICATIE

In Tabel II.1 zijn de aan de buitenhaven en havendammen gestelde eisen weergegeven. In de laatste kolom is aangegeven waar in de ontwerpnota deze eis geverifieerd is.

Tabel II.1 Eisen verificatie

Code	Eistitel	Eistekst	Criterium	Verificatie in sectie
MW-04	Secundaire bouwstoffen 2	Secundaire bouwstoffen zijn toegestaan in de bekleding van een harde rand en als functionele funderingslaag in eventuele (bouw)wegen waarbij wordt aangetoond dat aan de bijbehorende wettelijke zorgplicht wordt voldaan.	Niet van toepassing. In de hier beschouwde objecten zijn geen secundaire bouwstoffen verwerkt.	n.v.t.
MW-05	Secundaire bouwstoffen 3 (industrie-klasse)	Grond en/of baggerspecie met kwaliteitsklasse Industrie / B mag uitsluitend als kernmateriaal toegepast worden in een harde rand, vooroeverdam of in het zandplateau waarbij wordt aangetoond dat aan de bijbehorende wettelijke zorgplicht wordt voldaan. Toelichting: Omdat het moeras niet stabiel is qua uitspoeling kan de zorgplicht behorende bij grond met kwaliteitsklasse Industrie en/of B door de opdrachtgever in lengte van jaren niet gegarandeerd worden. mede doordat opdrachtgever de intentie heeft het moeras in de toekomst open te stellen voor de dynamiek van het Markermeer.	Niet van toepassing. In de hier beschouwde objecten zijn geen secundaire bouwstoffen verwerkt.	n.v.t.
MW-10	Bieden recreatie	Het systeem Eerste fase Marker Wadden dient recreanten de mogelijkheid te bieden te recreëren passend bij de doelstellingen van natuurmonumenten.	Aan deze eis is voldaan, indien voldaan is aan de onderliggende eis(en).	zie onderliggende eis(en)
IE2-01	De buitenhaven biedt veiligheid voor boten	De buitenhaven dient bij alle weersomstandigheden en jaargetijden primair beschutting te bieden aan boten om veilig te kunnen afmeren en voor (on)bepaalde tijd afgemeerd te laten blijven. Toelichting: Ontwerpen op de volgende maatgevende boten: - zeil-/motorboot: lengte 15 m, breedte 4 m en diepgang 2,1 m. brui-ne vlootschip: lengte 35 m, breedte 7 m en diepgang 1,4 m. Rondvaartboot: lengte 20 m,	Aan deze eis is voldaan: a). indien de significante golfhoogte bij de ligplaatsen tijdens stormcondities met een overschrijdingskans van 1/50 per jaar kleiner of gelijk is aan 0,40 m. Met dit criterium van 0,40 m (ref. PIANC (1981)) kan veilig afgemeerd worden aan zowel een	verificatie in sectie: 6.2.3

Code	Eistitel	Eistekst	Criterium	Verificatie in sectie
		breedte 5 m en diepgang 1,5 m.	gefixeerd afmeersysteem (rigid type mooring) als een flexibel afmeersysteem (flexible mooring system). en b). indien de significante golfhoogte bij de afmeerboeien tijdens stormcondities met een overschrijdingskans van 1/50 per jaar kleiner of gelijk is aan 0,60 m. Dit veiligheids criterium van 0,60 m (ref. PI-ANC (1981)) is van toepassing omdat een afmeerboei een flexibel afmeersysteem (flexible mooring system) is.	
IE2-02	Capaciteit buitenhaven	De buitenhaven biedt een ligplaats aan een steiger voor 3 boten van de bruine vloot, 1 rondvaartboot en 22 zeil-/motorboten en 5 meerboeien voor boten die solitair willen meeren (niet aan een steiger).	Aan deze eis is voldaan, indien voldaan is aan de onderliggende eis(en). IE2-A-11 IE2-A-12	n.v.t. eis voor uitvoering
IE2-03	Land betreden	De buitenhaven dient zodanig te zijn aangelegd dat de opvarenden op een veilige manier van boord en aan land kunnen gaan en vice versa.	Aan deze eis is voldaan, indien voldaan is aan de onderliggende eis(en). IE2-A-13 IE2-A-14	n.v.t. eis voor uitvoering
IE2-04	Lage onderhoudskosten	De buitenhaven, haar toegang en voorzieningen dienen zo te zijn ontworpen en aangelegd dat onderhoudskosten worden geminimaliseerd.	Aan deze eis is voldaan, indien voldaan is aan de onderliggende eis(en). IE2-E-08 IE2-A-20	zie onderliggende eis(en)
IE2-05	Veilig bereiken en verlaten	Maatgevende boten en jachten (qua lengte en diepgang) moeten de buitenhaven bij alle weersomstandigheden veilig kunnen bereiken en verlaten.	De haven is op basis van expert judgement beoordeeld en veilig geacht voor het invaren en uitvaren van schepen.	verificatie in sectie 6.1
IE2-06	Ontwerp levensduur	Toe te passen materialen hebben een ontwerp levensduur van minimaal 40 jaar.	aan deze eis is voldaan, indien voldaan is aan de onderlig-	n.v.t. eis voor uitvoering

Code	Eistitel	Eistekst	Criterium	Verificatie in sectie
			gende eis(en).	
IE2-A-09	Riet begroeiing toegangskanaal en havenkom	De oevers van de toegangseul en havenkom zijn begroeid met riet.	Het binnenprofiel van de havenkom dient een vlakstand te hebben met een breedte van minimaal 5 m tot maximaal 15 m, op een niveau NAP -0,20 m aan de kruinzijde tot NAP -0,40 m aan de havenzijde, ten behoeve van rietbegroeiing. Deze vlakstand dient te zijn afgewerkt met 0,30 m klei. Na aanleg dient 1 m aan de kruinzijde te worden ingeplant met rietstekken in een dichtheid van 9 st/m ² .	n.v.t. eis voor landschapsarchitect
IE2-A-10	Ontwerplevensduur steiger	De steiger incl. toebehoren hebben een ontwerplevensduur van 40 jaar.	Te specificeren door de steigerleverancier	n.v.t. eis voor uitvoering
IE2-A-11	Capaciteit steiger	De buitenhaven biedt een ligplaats aan een steiger voor 3 boten van de bruine vloot, 1 rondvaartboot en 22 zeil-/motorboten	Aan de steiger in de buitenhaven is ruimte voor 3 boten van de bruine vloot, 1 rondvaartboot en 22 zeil-/motorboten conform de afmetingen gegeven in de toelichting	n.v.t. eis voor uitvoering
IE2-A-12	Capaciteit meerboeien	De buitenhaven biedt plaats voor 5 afzonderlijke meerboeien	Er zijn 5 afzonderlijke meerboeien in buitenhaven aanwezig. Deze zijn ontworpen conform eis IE2-07	n.v.t. eis voor uitvoering
IE2-A-13	Toegang schip tot steiger	De steiger dient zodanig te zijn aangelegd dat de opvarenden op een veilige manier van boord kunnen.	-Op enig punt van het schip is in afgemeerde positie de horizontale afstand tussen schip en steiger $\leq 0,5$ m -Vrijboord steiger t.o.v. zomerpeil minimaal 0,5 m	n.v.t. eis voor uitvoering
IE2-A-14	Toegang steiger tot land	De steiger dient zodanig te zijn aangelegd dat de opvarenden op een veilige manier aan land kunnen gaan.	Aan te tonen door leverancier steiger	n.v.t. eis voor uitvoering
IE2-A-15	Golfindringing toegangseul	De significante golfhoogte in de toegangseul dient tijdens storm	Aan deze eis is voldaan, indien de signi-	verificatie in sectie 6.2.2

Code	Eistitel	Eistekst	Criterium	Verificatie in sectie
		met windsnelheden tot 7 Bft zodanig te zijn dat maatgevende boten de buitenhaven veilig kunnen bereiken en verlaten.	ficante golfhoogte in de toegangsgeul tijdens condities met een windsnelheid van 7 Bft kleiner of gelijk is aan 0,60 m conform PIANC (1981).	
IE2-A-16	Invaarbreedte steiger	De invaarbreedte (jachthaven) tussen de steiger en oever dient groot genoeg te zijn om veilig invaren te faciliteren.	Invaarbreedte (jachthaven) tussen de steiger en oever dient minimaal 20 m te bedragen, gemeten op de nautisch gegarandeerde diepte van NAP -2,90 m.	n.v.t. eis voor uitvoering
IE2-A-17	Uitvaarruimte ligvak	De uitvaarruimte achter een ligplaatsvak dient voldoende te zijn om veilig in- en uit te kunnen varen.	Uitvaarruimte achter een ligplaatsvak minimaal 1,5 * lengte ligplaats gemeten op de nautisch gegarandeerde diepte van NAP -2,90 m.	n.v.t. eis voor uitvoering
IE2-A-18	Nautisch gegarandeerde diepte	De nautisch gegarandeerde bodemniveau in de gehele buitenhaven <= NAP -2.90 meter	De nautisch gegarandeerde bodemniveau <= NAP -2,90 m	verificatie in sectie 6.1
IE2-A-19	Positie binnenhaven	Positie van de steiger dient in het daarvoor geldende bestemmingsgebied geplaatst te worden	Positie van de steiger + ligplaatsvakken ligt binnen de daarvoor geldende bestemmingslijn gepositioneerd.	n.v.t. eis voor uitvoering
IE2-A-20	Lage onderhoudskosten	De buitenhaven, haar toegang en voorzieningen dienen zo te zijn ontworpen en aangelegd dat onderhoudskosten worden geminimaliseerd.	Er is voldoende rekening gehouden met onderhoud minimalisatie	n.v.t. eis voor uitvoering
IE2-A-21	Nautische markeringen	De hoofden van de havendammen dienen voorzien te zijn van nautische markeringen ten behoeve van het veilig binnenvaren van de buitenhaven	De hoofden van de havendammen zijn voorzien van Nautische markeringen	verificatie in sectie 6.1
IE2-E-06	Locatie steigers	De aanvaarrichting naar de aanlegsteigers dient onder 225 graden t.o.v. het noorden gepositioneerd te worden met een marge van +- 20 graden.	De aanvaarrichting naar de aanlegsteigers is 225 graden t.o.v. het noorden met een marge van +-20 graden.	n.v.t. eis voor uitvoering
IE2-E-07	Dimensies haventoe-gang	De havenmond heeft een breedte van 80 m met daarachter een draaicirkel van 100 m, zodat de maatgevende schepen veilig de	i) havenmond breedte >= 80 m ii) draaicirkel diameter >= 100 m	verificatie in sectie 6.1

Code	Eistitel	Eistekst	Criterium	Verificatie in sectie
		buitenhaven kunnen invaren en verlaten. De toegangseul dient daarnaast breed genoeg te zijn om veilig de binnenhaven te bereiken.	iii) breedte toegangseul ≥ 25 m	
IE2-E-08	Havenbodem	Bij aanleg ligt het gemiddelde bodemniveau van de buitenhaven op NAP -4,30 m.	Gemiddeld aanlegniveau van de havenbodem \leq NAP -4,30 m (m.u.v. steiger en loswal)	verificatie in sectie 6.1
IE2.1-A-02	Natuurlijke uitstraling van toe te passen materialen	Eis overgenomen van harde rand RA1-01 Toelichting OG: Breuksteen met een sortering niet zwaarder dan 60-300 kg voldoet aan deze eis. normale betonnen en stalen elementen die zichtbaar zijn voldoen niet aan deze eis. Ook geotextielen die zichtbaar zijn voldoen niet aan deze eis.	De havendammen hebben een natuurlijke uitstraling, te beoordelen door de landschapsarchitect.	n.v.t. eis voor landschapsarchitect
IE2.1-A-03	Maximaal gewicht breuksteen (indien toegepast)	Eventueel toe te passen breuksteen dient niet zwaarder te zijn dan de sortering 60-300 kg.	Toegepaste bestorting heeft een standaard gradering lichter of gelijk aan 60-300 kg.	verificatie in sectie 2.1
IE2.1-A-04	Rietbegroeiing havendam	Het binnenprofiel van de havendammen dient een vlakstand te hebben met een breedte van 5 meter, op een niveau -0,20m NAP aan de kruinzijde tot -0,40m NAP aan de havenzijde, ten behoeve van rietbegroeiing. Deze vlakstand dient te zijn afgewerkt met 30 cm klei.	Op het binnentalud van de havendam is een vlakstand aangebracht met de volgende specificaties: breedte ≥ 5 m niveau kruinzijde NAP - 0,20 m niveau teenzijde NAP - 0,40 m kleilaagdikte $\geq 0,30$ m	n.v.t. Riet wordt niet toegepast. Toelichting in secties: 7.4 8.4
IE2.1-A-06	Ontwerperperiode stabiliteit havendam	De stabiliteit van de havendam van stortsteen dient ontworpen te worden voor een periode van minimaal 50 jaar.	i) Te gebruiken materialen hebben een minimale levensduur van 50 jaar. ii) De hydraulische randvoorwaarden uit Bijlage I van de VSE met een herhalingsstijd van 50 jaar zijn gebruikt.	verificatie in sectie i) 3.4 ii) 3.3
IE2.1-A-07	Ontwerpmethodiek en uitvoeringspraktijk havendam	De stabiliteit van de havendam van stortsteen dient te voldoen aan de hiervoor geldende ontwerp- en uitvoeringspraktijk voor wat betreft grensvlak stabiliteit	i) toplaagstabiliteit conform eis IE2.1-A-08 ii) interne stabiliteit toplaag: toepassen	i) zie eis IE2.1-A-08 ii) 3.4.1 iii) 7.3 8.3

Code	Eistitel	Eistekst	Criterium	Verificatie in sectie
		(iii), interne stabiliteit (ii) en top-laagstabiliteit (i).	standaard steengra- deringen iii) grensvlakstabiliteit tussen geotextiel en kernmateriaal van ha- vendam: conform CUR 205	
IE2.1-A-08	Schade aan bestorting	De bestorting dient bij een maatgevende storm van eens in de 50 jaar een schade te verto- nen die niet groter is dan: S=5 bij een helling 1 op 1,5 of S=6 bij een helling 1 op 2 of S=9 bij een helling 1 op 3 of S=12 bij een helling 1 op 4 of flauwer, con- form de formule Van Der Meer.	Het schadegetal S in de rekenkundige be- oordeling van de top- laag is ≤ 12 . De hy- draulische randvoor- waarden zijn gelijk aan eis IE2.1-A-06	verificatie in sectie 7.2.1 8.2.1
IE2.1-A-09	Golfoverslag	De kruinhoogte havendam is gedimensioneerd om weerstand te bieden tegen golfoverslag, waarmee een stabiel binnenta- lud wordt beoogd. Hierbij geldt een maatgevende storm van eens in de 50 jaar.	gemiddeld golfover- slagdebiet $q \leq 50$ l/s/m, berekend op de binnenkruinlijn De hydraulische rand- voorwaarden zijn ge- lijk aan eis IE2.1-A-06	verificatie in sectie 7.1 8.1
IE2.1-A-10	Rear side stability	De gradering stortstenen op de achterzijde van de havendam- men is gedimensioneerd om weerstand te bieden tegen golf- overslag en golfindringing bij een maatgevende storm van eens in de 50 jaar.	Het schadegetal S in de rekenkundige be- oordeling van de top- laag is ≤ 9 . De hy- draulische randvoor- waarden zijn gelijk aan eis IE2.1-A-06	verificatie in sectie 7.2.2 8.2.2
IE2.1-A-11	Teenstabiliteit	De teen van de havendam wordt opgebouwd met dezelfde grade- ring stortsteen als de taludbe- kleiding	Gradering stortsteen teen is gelijk aan gra- dering stortsteen ta- ludbekleding	verificatie in sectie 7.2.4 8.2.4
IE2.1-A-12	Koppen havendam	De Dn50 van het stortsteen op de koppen van de havendam- men is 1,25 x groter dan de be- rekenende Dn50 voor het doorlo- pende deel van de havendam.	$Dn50_{kop} \geq 1,25 * Dn50_{doorlopend}$	verificatie in sectie 7.2.3 8.2.3
IE2.1-A-13	Geotechnische stabili- teit	De veiligheid tegen instabiliteit van de havendam dient groter of gelijk te zijn aan 0.85, gebruik makend van partiële materiaal- factoren conform NEN-EN 9997- 1+C1 (nl). De havendam dient te zijn ingedeeld in Reliability Class 1.	Veiligheid tegen in- stabiliteit van de ha- vendam $\geq 0,85$	n.v.t. eis voor geo- technisch rapport [ref. 5.]
IE2.1-A-14	zichtbaarheid onderwa- terobjecten	Een object/talud/ondiepte welke zich bevindt tussen 2,0 min wa- terpeil en waterpeil (conform Projectplan Waterwet), en niet	Een ob- ject/talud/ondiepte welke zich bevindt tussen 2,0 min water-	Ontwerptekening UO Overzicht ha- vendammen, 52812492-TEK-UO-

Code	Eistitel	Eistekst	Criterium	Verificatie in sectie
		logischerwijs vastzit aan een duidelijk en omvangrijk boven water gelegen object, dient voor scheepvaart/ waterrecreanten met betoning gemarkeerd te zijn.	peil en waterpeil (conform Projectplan Waterwet), en niet logischerwijs vastzit aan een duidelijk en omvangrijk boven water gelegen object, is voor scheepvaart/ waterrecreanten met betoning gemarkeerd.	0005 rev 1.0 [ref. 9.]
IE2.1-UA-16	Onderhoud havendam	Gedurende de onderhoudsperiode van 10 jaar dient herstellend onderhoud te worden uitgevoerd, wanneer de kruinhoogte onder het minimaal benodigde niveau komt.	kruinhoogte havendam \geq minimaal kruinhoogte havendam (IE2.1-A-09)	n.v.t. onderhoudseis
IE2.1-E-01	Lengte havendammen	De lengte van de havendammen bedraagt minimaal 125 m.	Lengte noordelijke havendam \geq 125 m Lengte zuidelijke havendam \geq 125 m	verificatie in sectie 2.1.2 2.1.3
IE2.1-E-02	Verzanding havenmonding	De lengte van de havendammen is dusdanig dat verzanding in de haven wordt beperkt. Hierbij dient rekening gehouden te worden met de te verwachten (profiel-/waterlijn-) ontwikkeling van de naastgelegen stranden.	Lengte havendammen dusdanig dat verzanding in haven wordt beperkt.	n.v.t. eis geverifieerd in ontwerpnota UO zachte rand
IE2.1-UA-15	Onderhoud bekleding havendam	Gedurende de onderhoudsperiode van 10 jaar dient herstellend onderhoud te worden uitgevoerd aan de steenbestorting, wanneer het schadegetal aan het einde van het stormseizoen groter dan 7 is.	Schadegetal $S \leq 7$.	n.v.t. onderhoudseis

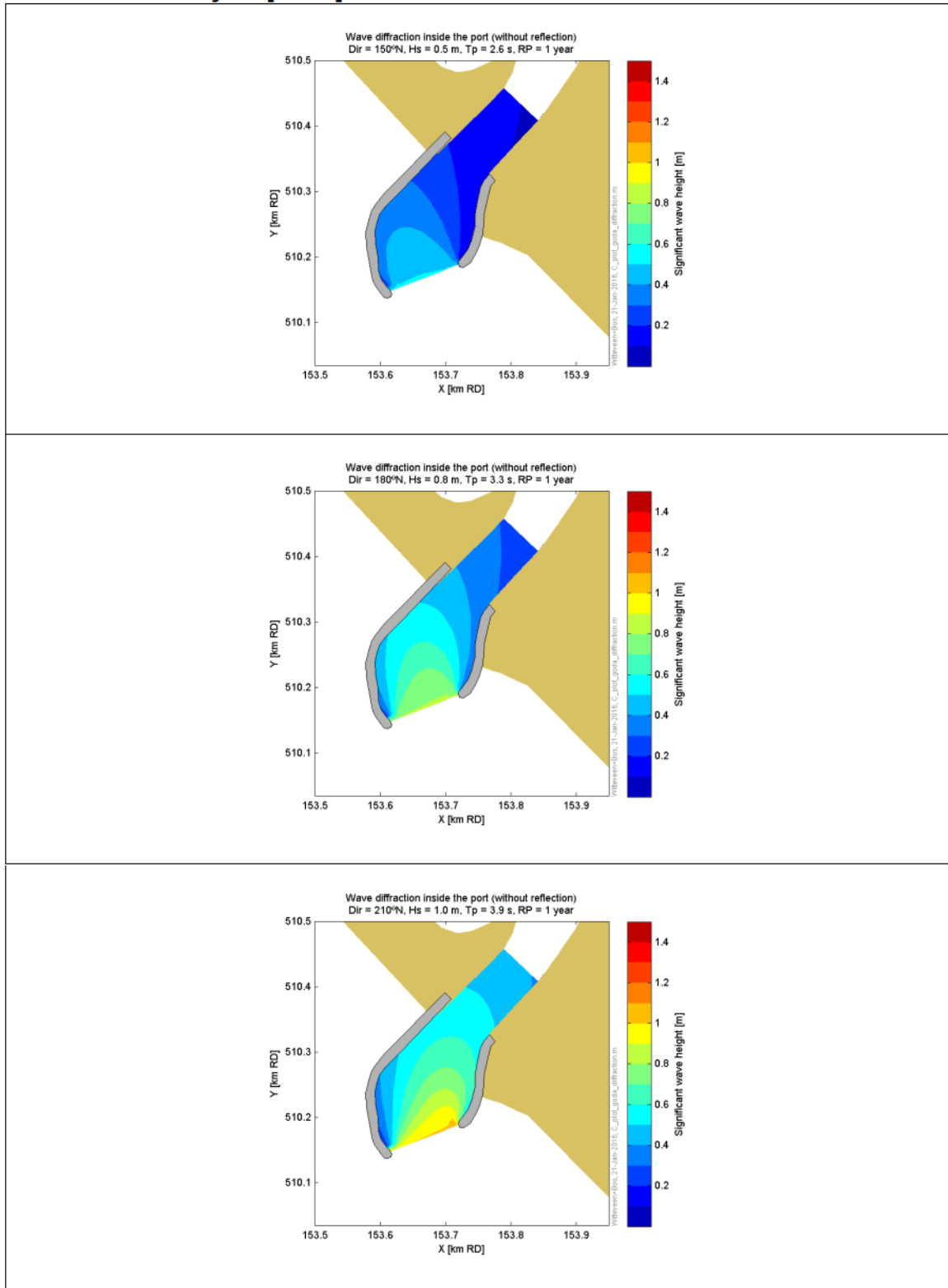
BIJLAGE III GOLFDOORDRINGING

De golfdiffractie om de havendammen is ook bepaald voor offshore golfcondities met een overschrijdingskans van 1/1 per jaar en 1/50 per jaar. Hiervoor is dezelfde methodiek toegepast als beschreven is in paragraaf 4.3. Het diffractiepatroon voor een storm met een overschrijdingskans van 1/1 per jaar is weergegeven in Afbeelding III.1 voor de windrichtingen 150°N, 180°N en 210°N en in Afbeelding III.2 voor de windrichtingen 240°N en 270°N. Afbeelding III.3 toont het diffractiepatroon voor een storm met een overschrijdingskans van 1/50 per jaar voor de windrichtingen 150°N, 180°N en 210°N en Afbeelding III.4 voor de windrichtingen 240°N en 270°N.

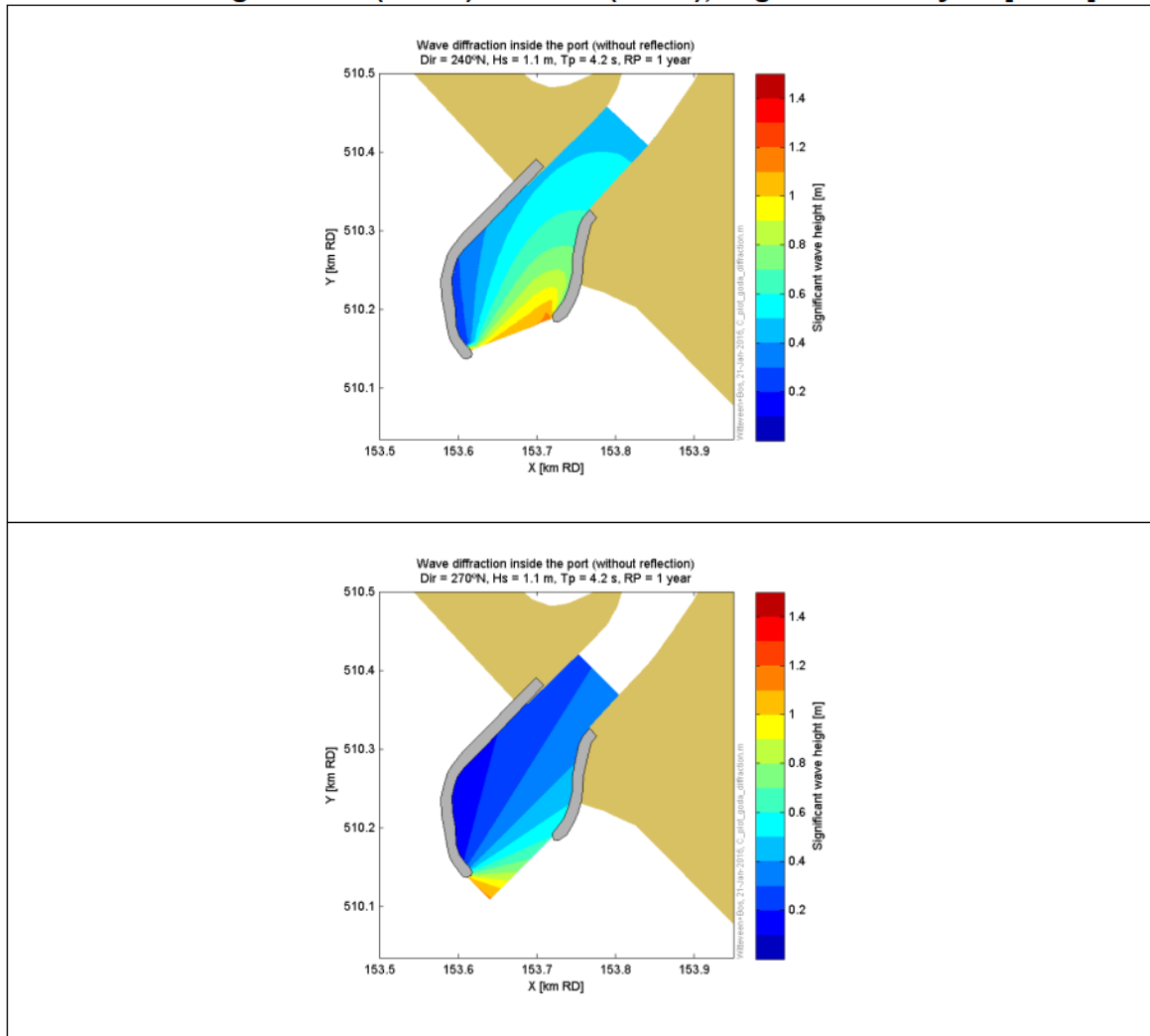
De windrichtingen (180°N, 210°N en 240°N) leiden tot de hoogste golven in de zwaairom tussen de havendammen.

Hierbij wordt opgemerkt dat de getoonde diffractiepatronen exclusief golfreflectie en golftransmissie zijn.

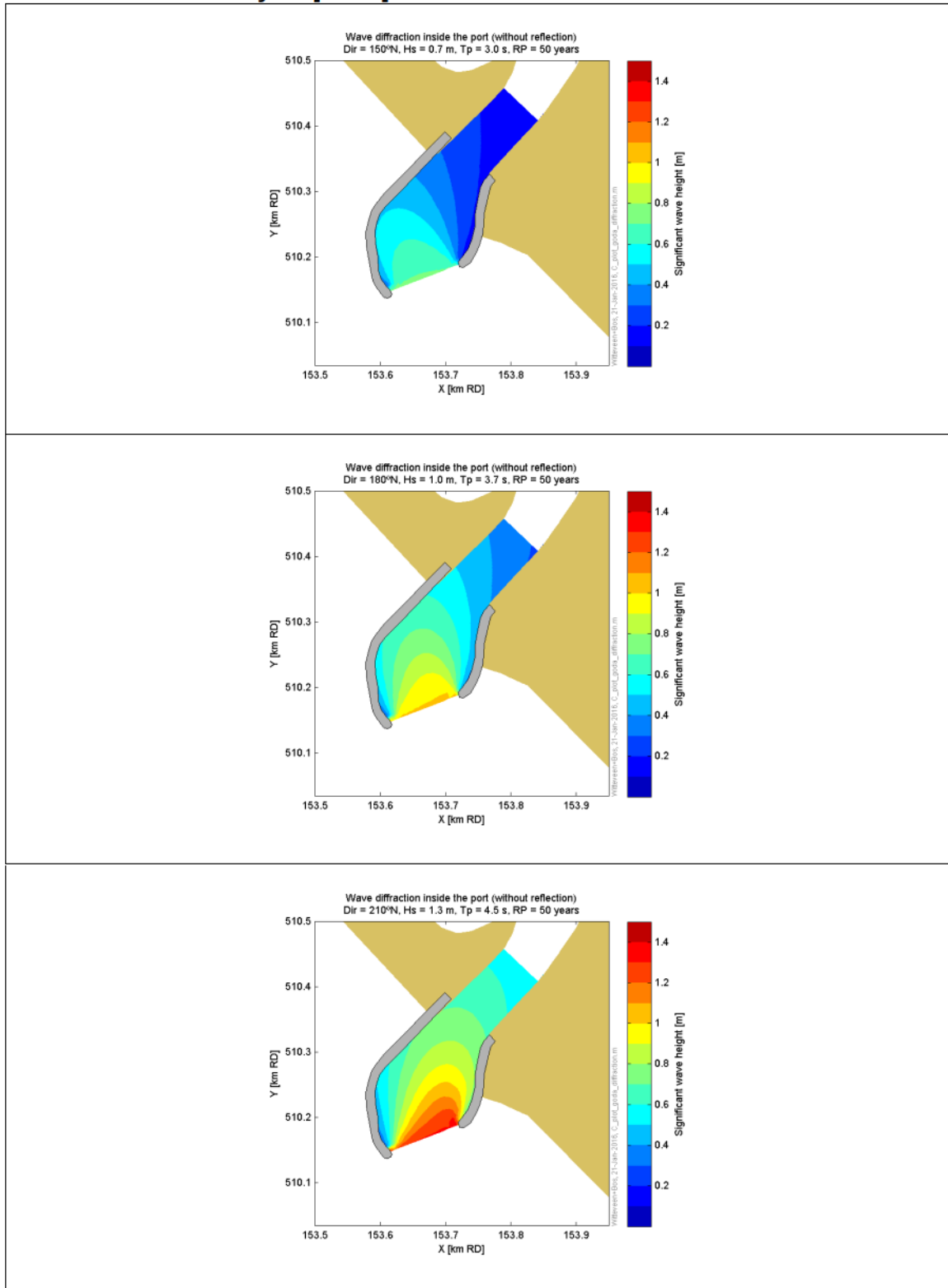
Afbeelding III.1. Significante golfhogte tussen de havendammen ten gevolge van diffractie, met overschrijdingskans van 1/1 per jaar voor windrichtingen 150°N (boven), 180°N (midden) en 210°N (onder) uitgaande van layout [ref. 4].



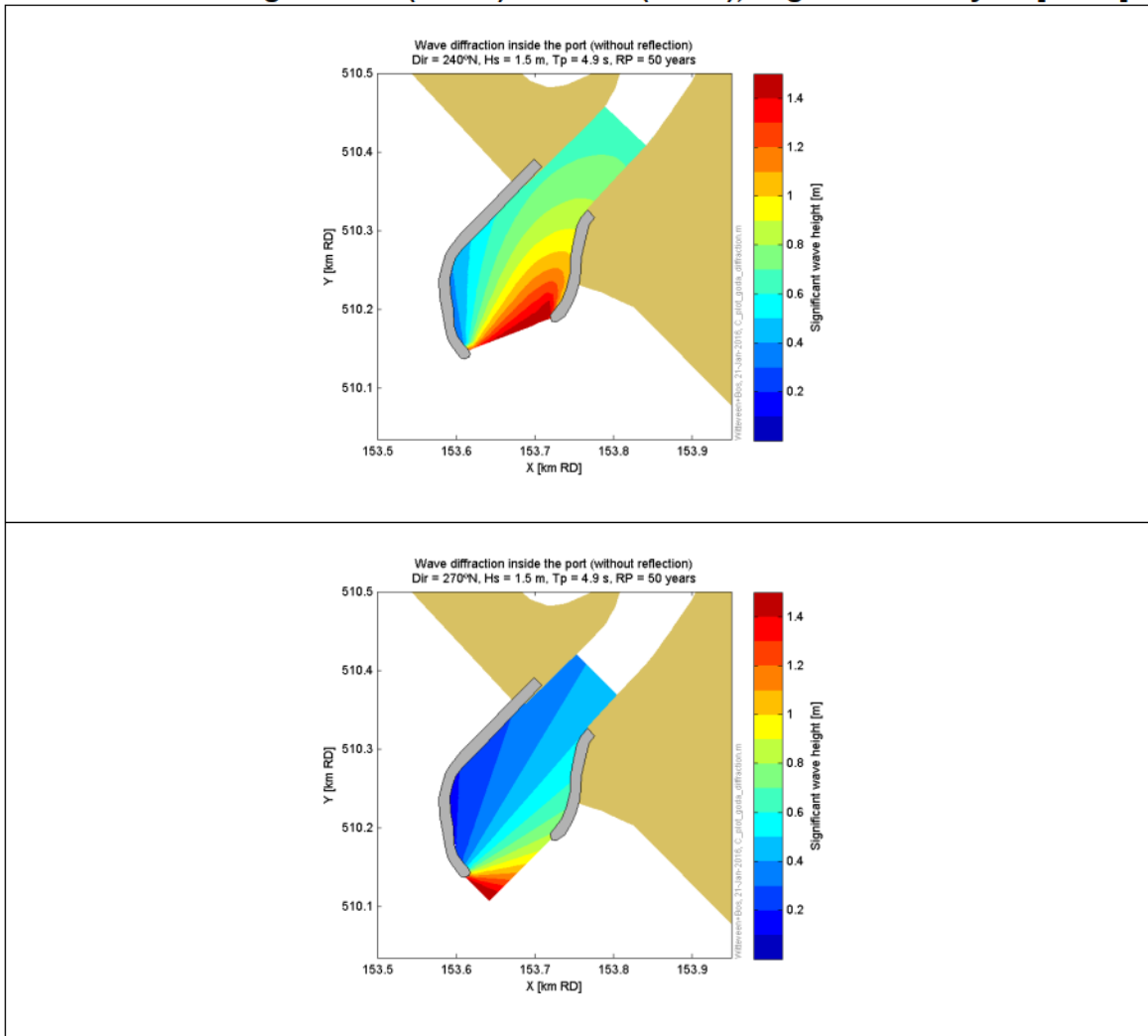
Afbeelding III.2. Significante golfhoogte tussen de havendammen ten gevolge van diffractie, met overschrijdingskans van 1/1 per jaar voor windrichtingen 240°N (boven) en 270°N (onder); uitgaande van layout [ref. 4].



Afbeelding III.3. Significante golfhoopte tussen de havendammen ten gevolge van diffractie, met overschrijdingskans van 1/50 per jaar voor windrichtingen 150°N (boven), 180°N (midden) en 210°N (onder) uitgaande van layout [ref. 4].



Afbeelding III.4. Significante golfhoogte tussen de havendammen ten gevolge van diffractie, met overschrijdingskans van 1/50 per jaar voor windrichtingen 240°N (boven) en 270°N (onder); uitgaande van layout [ref. 4].



BIJLAGE IV GOLFOVERSLAG

Overslagberekening havendammen Marker Wadden

Beschrijving

Deterministische berekening van het gemiddeld overslagdebiet

Referenties

[ref. 1] CIRIA/CUR/CE/IMEF (2007). The Rock Manual, The use of rock in hydraulic engineering.

[ref. 2] Besley, P. (1999). Overtopping of seawalls Research and Development project record W5/006/5

Gebruikte relaties

For breaking waves ($\gamma_b \cdot \xi_{m-1,0} < \approx 2$):

$$q / \sqrt{g H_{m0}^3} = \frac{A}{\sqrt{\tan \alpha}} \gamma_b \xi_{m-1,0} \exp\left(-B \frac{R_c}{H_{m0}} \frac{1}{\xi_{m-1,0} \gamma_b \gamma_f \gamma_\beta}\right) \quad (5.32) \quad \text{[ref. 1]}$$

with a maximum (for non-breaking waves generally reached when $\gamma_b \cdot \xi_{m-1,0} > \approx 2$):

$$q / \sqrt{g H_{m0}^3} = C \exp\left(-D \frac{R_c}{H_{m0}} \frac{1}{\gamma_f \gamma_\beta}\right) \quad (5.33) \quad \text{[ref. 1]}$$

Reductiefactor voor beschermde kruinbreedte

$$C_f = 3,06 \exp\left(-1,5 C_w / H_s\right) \quad \text{[ref. 2]}$$

Hydraulische randvoorwaarden

Symbool	beschrijving	eenheid	Noordelijke	zuidelijke
			havendam	havendam
H_s	Significante golthoogte	[m]	1,50	1,30
T_p	Piek golfperiode	[s]	4,90	4,50
$T_{m-1,0}$	Gemiddelde spectrale golfperiode	[s]	4,45	4,09
β	Hoek van inval golven	[°]	0,00	0,00
L_0	Diep water golfengte	[m]	30,96	26,11
$\xi_{m-1,0}$	Inribaren getal	[-]	1,1	1,1

Geometrie en resultaten

		Noordelijke	zuidelijke	
		havendam	havendam	
Golfbreker geometrie				
Bodem niveau		[m + NAP]	-4,30	-4,30
Kruinhoogte		[m + NAP]	1,50	1,50
Ondertalud cot(α)	Helling van het ondertalud	[1:m]	4,00	4,00
Ondertalud tan(α)	Helling van het ondertalud	[-]	0,25	0,25
Boventalud cot(α)	Helling van het boventalud	[1:m]	4,00	4,00
Boventalud tan(α)	Helling van het boventalud	-	0,25	0,25
HWN	hoogwater niveau	[m + NAP]	0,80	0,30
RC	wijboordhoogte	[m]	0,7	1,20
Correctie coëfficiënten				
η	frictie coëfficiënt voor golfoploop	[-]	0,55	0,55
γ_b	coëfficiënt voor schuinvallende golven	[-]	1,00	1,00
γ_b	coëfficiënt voor aanwezigheid berm	[-]	1,00	1,00
Coëfficiënten				
A	coëfficiënt	[-]	0,067	0,067
B	coëfficiënt	[-]	4,3	4,3
C	coëfficiënt	[-]	0,2	0,2
D	coëfficiënt	[-]	2,3	2,3
g	gravitatieconstante	[m/s ²]	9,81	9,81
q1	gemiddeld golfoverslagdebiet (conform 5.32)		0,0352481	0,0011109
q2	maximaal golfoverslag debiet (conform 5.33)		0,1634817	0,0195588
q	gemiddeld overslagdebiet bij de buitenkruin	[m ³ /s/m]	0,03525	0,00111
			35,248	1,111
C_w	beschermde kruinbreedte	[m]	2	2
C_f	reductiefactor voor beschermde kruinbreedte		0,414125967	0,304441176
q-red.	gereduceerd gemiddeld overslagdebiet bij einde beschermde kruin	[m ³ /s/m]	0,0146	0,0003
q-red.	gereduceerd gemiddeld overslagdebiet bij einde beschermde kruin	[l/s/m]	14,6	0,3
q-allowed	Toegeestaan overslagdebiet bij	[l/s/m]	50	50

BIJLAGE V TOPLAAGSTABILITEIT

V.1. Toplaagstabiliteit buitentalud en koppen

Toplaagstabiliteit buitentalud havendammen Marker Wadden

Beschrijving

Referenties [ref.1.] J.M. Van der Meer (1988) Rock slopes and gravel beaches under wave attack
[ref.2.] Van Gent (2014) Oblique wave attack on rubble mound breakwaters

Gebruikte relaties

Van der Meer formule 3.26 en 3.27 uit [ref.1.] met toevoeging Hs/H2% voor het meenemen van het effect van ondiepe vooroevers.

$$\frac{K_{D,2\%}}{K_{D,50\%}} = c_{2\%} P^{-0,25} \left(\frac{S_d}{\sqrt{H_s}} \right)^{0,5} \zeta_{ms}^{-0,25} \frac{H_s}{H_{2\%}} \sin \alpha; \zeta_{ms} < \zeta_{crit}$$

[ref. 1.]

$$\frac{K_{D,2\%}}{K_{D,50\%}} = c_{2\%} P^{-0,25} \left(\frac{S_d}{\sqrt{H_s}} \right)^{0,5} \sqrt{100 L_{0,2\%}} \zeta_{ms}^2 \frac{H_s}{H_{2\%}} \sin \alpha; \zeta_{ms} \geq \zeta_{crit}$$

[ref. 1.]

$$\gamma_{2\%} = [1 - c_2] (L_{0,2\%} \beta)^2 + c_2$$

[ref. 2.]

Randvoorwaarden

Symbol	beschrijving	eenheid	Noordelijke havendam		Zuidelijke havendam	
			Doorlopend	Koppen	Doorlopend	Koppen
H _s	Significante golfhoogte	[m]	1,50	1,50	1,30	1,50
T _p	Piek golfperiode	[s]	4,90	4,90	4,50	4,90
T _m	Gemiddelde golfperiode	[s]	3,92	3,92	3,60	3,92
β	Hoek van inval goven	[°]	0,00	0,00	0,00	0,00
c _β	Coëfficiënt	[-]	0,42	0,42	0,42	0,42
L ₀	Diep water golflengte	[m]	23,97	23,97	20,22	23,97
cot α	Helling talud	[t.m]	4	5	4	5
ξ _m	Imbarren getal	[-]	1,0	0,8	1,0	0,8
	Bodemniveau	[m+NAP]	-4,3	-4,3	-4,3	-4,3
HWN	Hoogwater niveau	[m+NAP]	0,8	0,8	0,3	0,8
d	Waterdiepte	[m]	5,1	5,1	4,6	5,1
	Bodemhelling	[t.m]	10000	10000	10000	10000
ρ _s	Dichtheid steen	[kg/m ³]	2650	2650	2650	2650
ρ _w	Dichtheid water	[kg/m ³]	1000	1000	1000	1000
D _{50, toegepast}	Toegepaste nominale diameter stortsteen	[m]	0,36	-	0,36	-

Bepaling H2%/Hs met Battjes & Groenendijk 2000

Symbol	beschrijving	eenheid	Noordelijke havendam		Zuidelijke havendam	
			Doorlopend	Koppen	Doorlopend	Koppen
H _r	Transitionele golfhoogte	[m]	1,79	1,79	1,61	1,79
m0	Variatie vrije oppervlak beweging	[m]	0,14	0,14	0,11	0,14
H _{rms}	Root mean squared golfhoogte	[m]	1,10	1,10	0,95	1,10
-H _r	Verhouding H _r /H _{rms}	[-]	1,63	1,63	1,70	1,63
H _{2% / H_{rms}}	Verhouding H2%/H _{rms} volgens Battjes	[-]	1,83	1,83	1,86	1,83
H _{2%}	Golfhoogte overschreden door 2% v.d. goven	[m]	2,01	2,01	1,77	2,01
H _{2% / H_s}	Verhouding H2%/H _s	[-]	1,34	1,34	1,36	1,34

Van der Meer

Symbol	beschrijving	eenheid	Noordelijke havendam		Zuidelijke havendam	
			Doorlopend	Koppen	Doorlopend	Koppen
H _s	Significante golfhoogte	[m]	1,50	1,50	1,30	1,50
Δ	Relatieve dichtheid	[-]	1,65	1,65	1,65	1,65
c _{pt}	Coëfficiënt voor 'plunging waves'	[-]	7,76	7,76	7,76	7,76
c _s	Coëfficiënt voor 'surging waves'	[-]	1,22	1,22	1,22	1,22
P	Permeabiliteitsfactor	[-]	0,1	0,1	0,1	0,1
S _d	Schadegetal	[-]	12	12	12	12
T	Stormduur	[uur]	6	6	6	6
N	Aantal goven	[-]	5510	5510	6000	5510
ξ _{cr}	kritische Imbarren waarde	[-]	2,09	1,74	2,09	1,74
D ₅₀	Benodigde nominale steendiameter doorlopende sectie bij S _d =12 (voor taluds 1:4 en flauwer)	[m]	0,34	0,31	0,30	0,31
γ _r	Reductiefactor voor schuine gollinval	[-]	1,00	-	1,00	-
D _{50,β}	Benodigde steendiameter doorlopende sectie (met reductie voor hoek van gollinval)	[m]	0,34	-	0,30	-
D _{50, kop}	Benodigde nominale steendiameter kop = 1,25*D ₅₀	[m]	-	0,38	-	0,38
S _d	Schadegetal doorlopende sectie bij toegepaste steendiameter D _{50, toegepast}	[-]	9,3	-	4,9	-

V.2. Toplaagstabiliteit binnentalud

Toplaagstabiliteit golfindringing binnentalud havendammen Marker Wadden

Beschrijving

Referenties [ref.1.] J.M. Van der Meer (1988) Rock slopes and gravel beaches under wave attack
[ref.2.] Van Gent (2014) Oblique wave attack on rubble mound breakwaters

Gebruikte relaties

Van der Meer formule 3.26 en 3.27 uit [ref.1.] met toevoeging $H_s/H_{2\%}$ voor het meenemen van het effect van ondiepe vooroevers.

$$\frac{H_p}{H_{D_{50}}} = c_p P^{0,25} \left(\frac{S_d}{\sqrt{H}}\right)^{0,25} \zeta_m^{-0,25} \frac{H_p}{H_{D_{50}}} \text{ als } \zeta_m < \zeta_m^* \quad [\text{ref. 1.}]$$

$$\frac{H_p}{H_{D_{50}}} = c_p P^{-0,25} \left(\frac{S_d}{\sqrt{H}}\right)^{0,25} \sqrt{\cot \alpha} \zeta_m^* \frac{H_p}{H_{D_{50}}} \text{ als } \zeta_m \geq \zeta_m^* \quad [\text{ref. 1.}]$$

$$\zeta_m^* = (1 - \epsilon_g)(\cot \alpha \beta)^2 + \epsilon_g \quad [\text{ref. 2.}]$$

Randvoorwaarden

Symbool	beschrijving	eenheid	Noordelijke	Zuidelijke
			havendam	havendam
			Doorlopend	Doorlopend
H_s	Significante golfhoogte	[m]	0,80	1,20
T_p	Piek golfperiode	[s]	4,50	4,90
T_m	Gemiddelde golfperiode	[s]	3,60	3,92
β	Hoek van inval golven	[°]	0,00	30,00
L_0	Diep water golflengte	[m]	20,22	23,97
$\cot \alpha$	Helling talud	[1.m]	3	3
ζ_m	Iribarren getal	[-]	1,7	1,5
	Bodemniveau	[m+NAP]	-4,3	-4,3
HWN	Hoogwater niveau	[m+NAP]	0,3	0,8
d	Waterdiepte	[m]	4,6	5,1
	Bodemhelling	[1.m]	10000	10000
ρ_s	Dichtheid steen	[kg/m ³]	2650	2650
ρ_w	Dichtheid water	[kg/m ³]	1000	1000
$D_{n50, \text{toegepast}}$	Toegepaste nominale diameter stortsteen	[m]	0,36	0,36

Bepaling $H_{2\%}/H_s$ met Battjes & Groenendijk 2000

Symbool	beschrijving	eenheid	Noordelijke	Zuidelijke
			havendam	havendam
			Doorlopend	Doorlopend
H_{tr}	Transitionele golfhoogte	[m]	1,61	1,79
m_0	Variatie vrije oppervlak beweging	[m]	0,04	0,09
H_{rms}	Root mean squared golfhoogte	[m]	0,57	0,86
$\sim H_{tr}$	Verhouding H_{tr}/H_{rms}	[-]	2,85	2,07
$H_{2\%}/H_{rms}$	Verhouding $H_{2\%}/H_{rms}$ volgens Battjes	[-]	1,98	1,98
$H_{2\%}$	Golfhoogte overschreden door 2% v.d. golven	[m]	1,12	1,71
$H_{2\%}/H_s$	Verhouding $H_{2\%}/H_s$	[-]	1,40	1,43

Toplaagstabiliteit golfindringing binnentalud havendammen Marker Wadden

Beschrijving

Referenties [ref.1.] J.M. Van der Meer (1988) Rock slopes and gravel beaches under wave attack
 [ref.2.] Van Gent (2014) Oblique wave attack on rubble mound breakwaters

Gebruikte relaties

Van der Meer formule 3.26 en 3.27 uit [ref.1.] met toevoeging $H_s/H_{2\%}$ voor het meenemen van het effect van ondiepe vooroevers.

$$\frac{H_s}{H_{D_{n50}}} = c_{pl} P^{0,25} \left(\frac{S_d}{\sqrt{H_s}}\right)^{0,25} \zeta_m^{-0,25} \frac{H_s}{H_{2\%}} \text{ als } \zeta_m < \zeta_{cr} \quad [\text{ref. 1.}]$$

$$\frac{H_s}{H_{D_{n50}}} = c_{pl} P^{-0,25} \left(\frac{S_d}{\sqrt{H_s}}\right)^{0,25} \sqrt{\zeta_m \zeta_{cr}} \zeta_m^2 \frac{H_s}{H_{2\%}} \text{ als } \zeta_m \geq \zeta_{cr} \quad [\text{ref. 1.}]$$

$$\eta_r = (1 - \epsilon_\beta)(\zeta_m \beta)^2 + \epsilon_\beta \quad [\text{ref. 2.}]$$

Van der Meer

Symbol	beschrijving	eenheid	Noordelijke	Zuidelijke
			havendam Doorlopend	havendam Doorlopend
H_s	Significante golfhoogte	[m]	0,80	1,20
Δ	Relatieve dichtheid	[-]	1,65	1,65
c_{pl}	Coëfficiënt voor 'plunging waves'	[-]	7,76	7,76
c_s	Coëfficiënt voor 'surgung waves'	[-]	1,22	1,22
P	Permeabiliteitsfactor	[-]	0,1	0,1
S_d	Schadegetal	[-]	9	9
T	Stormduur	[uur]	6	6
N	Aantal golven	[-]	6000	5510
ζ_{cr}	Kritische Iribarren waarde	[-]	2,66	2,66
D_{n50}	Benodigde nominale steendiameter doorlopende sectie	[m]	0,26	0,38
γ_β	Reductiefactor voor schuine golfval	[-]	1,00	0,86
$D_{n50,\beta}$	Benodigde steendiameter doorlopende sectie (met reductie voor hoek van golfval)	[m]	0,26	0,32
$D_{n50,kop}$	Benodigde nominale steendiameter kop = $1,25 \cdot D_{n50}$	[m]	-	-
S_d	Schadegetal doorlopende sectie bij toegepaste steendiameter $D_{n50, toegepast}$	[-]	1,9	5,2

Toplaagstabiliteit golfverslag binnentalud havendammen Marker Wadden

Beschrijving

Referenties [ref.1.] CIRIA/CUR/CETMEF (2007). The Rock Manual, The use of rock in hydraulic engineering

Gebruikte relaties

Methode Van Gent en Pozueta uit [ref.1.]

$$R_{s,2D} = 0,008 \left(\frac{B_s}{T_p} \right)^{-3,5} \left(\frac{R_{s,1D} T_p - 2,2}{\sqrt{H_s}} \right) (c_{1f} c_{2f})^{-0,25/c} \left(1 + 10 \exp \left(-R_{s,1D} / H_s \right) \right)^{1/2}$$

$$c_{1f} = 1,7 (\gamma \gamma_f - c)^{0,5} \left(\frac{R_{s,1D} - R_p}{\gamma_f} \right)^{0,5} / \left(1 + 0,1 \frac{B}{H_s} \right)$$

$$R_{s,1D} / (\gamma H_s) = c_1 c_2 / \zeta_{s-1,0} \quad \text{als: } \zeta_{s-1,0} \leq p$$

$$R_{s,1D} / (\gamma H_s) = c_1 - c_2 / \zeta_{s-1,0} \quad \text{als: } \zeta_{s-1,0} > p$$

Randvoorwaarden

Symbool	beschrijving	eenheid	Noordelijke	Zuidelijke
			havendam Doorlopend	havendam Doorlopend
H_s	Significante golfhoogte	[m]	1,50	1,30
T_p	Piek golfperiode	[s]	4,90	4,50
T_m	Gemiddelde golfperiode	[s]	3,92	3,60
$T_{m-1,0}$	Energie golfperiode	[s]	4,45	4,09
β	Hoek van inval golven	[°]	0,00	0,00
$\cot \alpha$	Helling buitentalud	[1:m]	4	4
$\cot \alpha_{rear}$	Helling binnentalud	[1:m]	3	3
g	Gravitatieversnelling	[m/s ²]	9,81	9,81
$\zeta_{s-1,0}$	Imbaren getal	[-]	1,14	1,12
	Bodemniveau	[m+NAP]	-4,3	-4,3
HWN	Hoogwater niveau	[m+NAP]	0,8	0,3
d	Waterdiepte	[m]	5,1	4,6
h_k	Kruinhoogte (binnen- en buitenkruin)	[m+NAP]	1,5	1,5
B	Kruinbreedte	[m]	2	2
R_c	Vrijboord buitenkruin	[m]	0,7	1,2
$R_{c, rear}$	Vrijboord binnenkruin	[m]	0,7	1,2
ρ_s	Dichtheid steen	[kg/m ³]	2650	2650
ρ_w	Dichtheid water	[kg/m ³]	1000	1000
Δ	Relatieve dichtheid	[-]	1,65	1,65

Bepaling Ru1% en u1%

Symbool	beschrijving	eenheid	Noordelijke	Zuidelijke
			havendam	havendam
c_0	Coëfficiënt	[-]	1,45	1,45
c_1	Coëfficiënt	[-]	5,10	5,10
c_2	Coëfficiënt	[-]	4,48	4,48
p	Coëfficiënt	[-]	1,76	1,76
γ_f	Reductiefactor voor frictie toplaag	[-]	0,55	0,55
γ_β	Reductiefactor voor hoek van golfinval	[-]	1,00	1,00
γ	Reductiefactor (= $\gamma_f \cdot \gamma_\beta$)	[-]	0,55	0,55
γ_{fc}	Reductiefactor voor frictie kruin	[-]	0,55	0,55
$R_{u1\%}$	Fictieve golfploophoogte	[m]	1,36	1,16
$u_{1\%}$	Dieptegemiddelde stroomsnelheid achterzijde kruin	[m/s]	3,81	<0,10

Toplaagstabiliteit golfoverslag binnentalud havendammen Marker Wadden

Beschrijving

Referenties [ref.1.] CIRIA/CUR/CETMEF (2007). The Rock Manual, The use of rock in hydraulic engineering

Gebruikte relaties

Methode Van Gent en Pozueta uit [ref.1.]

$$D_{150} = 0,003 \left(\frac{R_{250}}{\gamma_f} \right)^{-0,75} \left(\frac{R_{250} T_{p-2,0}}{\sqrt{H_s}} \right) (1,05 R_{250})^{-0,22/0} \left(1 + 1,05 R_{250} (-R_{250}/H_s) \right)^{1/2}$$

$$R_{250} = 1,7 (\gamma_f - \rho) \left(\frac{R_{250} - R_p}{\gamma_f} \right)^{0,5} / \left(1 + 0,1 \frac{B}{H_s} \right)$$

$$R_{250}/(\gamma H_s) = c_1 k_{s-1,0} \text{ als } k_{s-1,0} \leq p$$

$$R_{250}/(\gamma H_s) = c_1 - c_2/k_{s-1,0} \text{ als } k_{s-1,0} > p$$

Van Gent en Pozueta

Symbool	beschrijving	eenheid	Noordelijke	Zuidelijke
			Doorlopend	Doorlopend
H _s	Significante golfhoogte	[m]	1,50	1,30
Δ	Relatieve dichtheid	[-]	1,65	1,65
S _{d, rear}	Schadegetal achterzijde	[-]	9	9
T	Stormduur	[uur]	6	6
N	Aantal golven	[-]	5510	6000
D ₁₅₀	Benodigde nominale steendiameter	[m]	0,13	geen

BIJLAGE VI KERNMATERIAAL EN FILTERCONSTRUCTIE

VI.1. Kernmateriaal

In 2013 is door Fugro een rapportage uitgebracht over het geotechnische onderzoek op de locatie van de Marker Wadden [ref. 16.] Onderdeel van dit onderzoek was het nemen van boringen en het uitvoeren van zeefproeven. Op basis van de hieruit verkregen data en geproduceerde zeefcurves, zijn de relevante eigenschappen weergegeven in Tabel VI.1. De D_{50} en de C_u , zijn overgenomen waardes uit het rapport. De waardes voor D_{10} , D_{40} en D_{90} zijn niet expliciet in het rapport gegeven en zijn daarom afgelezen uit de zeefcurves.

Tabel VI.1 Gegevens kernmateriaal (zand)

Boring nr	Monster nr	D_{10} [mm]	D_{40} [mm]	D_{50} [mm]	D_{90} [mm]	$C_u = D_{90}/D_{10}$ [-]
B1	13	0,08	0,15	0,15	0,20	2,0
B1	15	0,13	0,21	0,23	0,45	2,0
B1	16	0,13	0,20	0,22	0,45	1,8
B1	19	0,16	0,31	0,37	0,71	2,4
B1	21	0,20	0,35	0,40	1,40	2,3
B1	31	0,08	0,15	0,16	0,28	2,2
B1	37	0,10	0,20	0,23	0,44	2,7
B2	10	0,11	0,22	0,25	0,40	2,5
B2	13	0,06	0,15	0,17	0,32	3,0
B2	17	0,13	0,24	0,27	0,80	2,3
B2	18	0,18	0,32	0,39	4,00	2,7
B2	20	0,20	0,40	0,46	9,00	2,8
B2	28	0,13	0,20	0,22	0,40	1,9
B2	39	0,23	0,42	0,51	1,40	2,7
B3	10	0,10	0,16	0,17	0,38	1,9
B3	15	0,18	0,31	0,36	0,90	2,3
B3	19	0,21	0,38	0,41	1,80	2,2
B3	21	0,21	0,33	0,37	0,69	1,9
B3	23	0,25	0,46	0,57	14,00	3,0
B3	29	0,13	0,24	0,27	0,60	2,6
B3	33	0,07	0,13	0,15	0,25	2,3
B3	41	0,15	0,25	0,28	0,50	2,2
B4	12	0,11	0,17	0,18	0,25	1,8
B4	17	0,19	0,38	0,45	2,00	2,8
B5	15	0,13	0,26	0,29	0,70	2,7
B5	18	0,13	0,21	0,24	0,70	2,3
B6	12	0,17	0,25	0,27	0,48	1,9
B6	15	0,15	0,24	0,26	0,58	2,1
MEDIAAN	-	0,13	0,24	0,27	0,59	2,3

VI.2. Specificaties geotextiel

Om uitspoeling van het kernmateriaal door de toplaag te voorkomen, wordt een geotextiel tussen deze twee lagen aangebracht. Omdat de dwarsdoorsneden van beide havendammen gelijk zijn, gelden voor beide dammen dezelfde specificaties voor het geotextiel. De ontwerpmethodiek is beschreven in paragraaf 5.3.5.

Openingsgrootte van het geotextiel

Voor het bepalen van de openingsgrootte van het geotextiel is de fijne fractie van het kernmateriaal bepalend. Doordat het kernmateriaal van de havendam wordt opgespoten, zullen de fijnste deeltjes nog wegspoelen. Daarnaast is tijdens de boringen geobserveerd

dat er in de diepere lagen relatief grover zand aanwezig is. Aangezien dit materiaal later wordt gewonnen, zal dit materiaal hogerop in het profiel terechtkomen. Op basis van deze twee beschouwingen is gekozen om de mediaan van alle boringen te gebruiken voor het bepalen van de openingsgrootte van het geotextiel.

Boring nr	Monster nr	D ₁₀ [mm]	D ₅₀ [mm]	D ₉₀ [mm]	C _u = D ₆₀ /D ₁₀ [-]
MEDIAAN	-	0,128	0,273	0,59	2,3

Voor dynamische belasting en $D_{40} > 0,06$ mm geldt:

- $O_{90} < 1,5 * D_{10} * C_u^{0,5} = 0,29$ mm
- $O_{90} < D_{50} = 0,273$ mm
- $O_{90} < 0,5$ mm

Hieruit volgt $O_{90} \leq 0,27$ mm = 270 μ m

Permittiviteit

Om drukopbouw te voorkomen, dient de doorlatendheid van het geotextiel groter te zijn dan die van de onderliggende laag. Een grovere zandsortering heeft een hogere doorlatendheid en is daarmee maatgevend. Om deze reden is het grofste monster (Boring B3 - Monster 23) gehanteerd in de bepaling van de doorlatendheid.

Boring nr	Monster nr	D ₁₀ [mm]	D ₅₀ [mm]	D ₉₀ [mm]	C _u = D ₆₀ /D ₁₀ [-]
B3	23	0,250	0,565	14	3

Deze doorlatendheid hangt samen met de permittiviteit Ψ , waarvoor de CUR 205 [ref. 15.] minimale waarden geeft per grondsoort (Tabel 5-3). Wanneer de aanwezige grondsoort zich tussen de twee klassen bevindt, wordt de meest doorlatende soort aangenomen. Dit is een conservatieve benadering.

Grondsoort	D ₅₀ [mm]	minimale Ψ [1/s]
Zand	0,17	0,01
Zandig grind	3	0,1

Met een $D_{50} = 0,565$ m wordt de minimale permittiviteit gebaseerd op zandig grind. Hieruit volgt dat $\Psi > 0,1$ [1/s].

Sterkte en levensduur

Voor de sterkte van het geotextiel wordt in CUR 205 [ref. 15.] het volgende voorgeschreven:

- De treksterkte bij breuk, zowel in de lengte- als dwarsrichting, dient in geval van een weefsel minimaal 35 kN/m te zijn. In geval een vlies toegepast wordt, dient de treksterkte bij breuk in 2 richtingen minimaal 15 kN/m te zijn;
- De reststerkte na 50 jaar, rekening houdend met een RF_{ID} van 1,5 en een RF_{CH} van 1,3, dient minimaal 50% te zijn van de korte duursterkte (indexwaarde).

Daarnaast wordt in CUR 205 [ref. 15.] een rek bij breuk van 60% voorgeschreven. Dit betekent dat een vlies moet worden toegepast. Vanuit de uitvoering is de wens om tot een robuuste oplossing (grotere treksterkte) te komen en daarom is de wens vanuit de uitvoering om een combinatie van een weefsel met daarop een vlies toe te passen. Het vlies beschermt hierbij het weefsel tijdens de installatie. Voor dit gecombineerde product (composiet) geldt conform CUR 205 [ref. 15.]:

- In geval van een combinatieproduct zal het toe te passen vlies minimaal 200 gr/m² moeten wegen, of er zal d.m.v. performance testen moeten worden aangetoond dat een ander vlies ook voldoet;
- In geval van een composiet dient één van de componenten aan de minimale treksterkte eis te voldoen. De treksterktes van de samengestelde delen mogen niet bij elkaar worden opgeteld.

De combinatie van een geotextiel met een vlies voldoet niet aan de eisen ten aanzien van minimale rek bij breuk. Voor project Maasvlakte 2 zijn praktijkproeven uitgevoerd voor een situatie voor het geotextiel die goed overeenkomt met de situatie van Markerwadden [ref. 25.]. De resultaten laten zien dat bij valtesten van zwaardere graderingen (40-200kg) en een valhoogte van > 1,0 m schade kan ontstaan als alleen een weefsel wordt toegepast. Bij de situatie waarbij een combinatie van een vlies (170 gr/m²) bovenop het weefsel is toegepast, zijn geen schades geconstateerd aan het weefsel. Een vlies van tenminste 170 gr/m² wordt daarom voorgeschreven als een composiet wordt toegepast.

Samenvattend worden voor de sterkte en levensduur van het geotextiel de volgende eisen gesteld:

- De treksterkte bij breuk, zowel in de lengte- als dwarsrichting, dient in geval van een weefsel minimaal 35 kN/m te zijn. In geval een vlies toegepast wordt, dient de treksterkte bij breuk in 2 richtingen minimaal 15 kN/m te zijn;
- De reststerkte na 50 jaar, rekening houdend met een RF_{ID} van 1,5 en een RF_{CH} van 1,3, dient minimaal 50% te zijn van de korte duursterkte (indexwaarde);
- In geval van een composiet dient één van de componenten aan de minimale treksterkte eis te voldoen. De treksterktes van de samengestelde delen mogen niet bij elkaar worden opgeteld;
- In geval van een composiet van een weefsel met daarop een beschermend vlies, dient het vlies minimaal 170 gr/m² te wegen.

Tussenlaag geotextiel en stortsteen

Bij het doorlopende deel van de noordelijke en zuidelijke havendam wordt een gradering van 40-200 kg toegepast. Deze stenen worden zonder tussenlaag op het doek geplaatst, wel is er een maximale valhoogte van 1 m ingesteld.

Bij de koppen van de havendammen wordt een steengradering van 60-300 kg toegepast. Deze gradering is te groot om direct op het geotextiel te plaatsen en daarom wordt een tussenlaag toegepast van steengradering 45/125 mm. Deze filterlaag dient als een geometrisch gesloten filter te werken. Zoals beschreven in paragraaf 5.3.5 dient daarom aan drie regels te worden voldaan:

$$\frac{D_{15,t}}{D_{85,f}} < 5$$

$$\frac{D_{15,t}}{D_{15,f}} > 5$$

$$\frac{D_{60,f}}{D_{10,f}} < 10$$

In deze relaties is:

D_{15,t} = 0,40 m zeefdiameter gepasseerd door 15% van de stenen van de toplaag;

D_{85,f} = 0,114 m zeefdiameter gepasseerd door 85% van de stenen van de filterlaag;

$D_{15,f} = 0,059$ m zeefdiameter gepasseerd door 15% van de stenen van de filterlaag;
 $D_{60,f} = 0,095$ m zeefdiameter gepasseerd door 60% van de stenen van de filterlaag;
 $D_{10,f} = 0,047$ m zeefdiameter gepasseerd door 10% van de stenen van de filterlaag.

Invullen van deze waarden geeft:

$$\frac{D_{15,t}}{D_{85,f}} = \frac{0,40}{0,114} = 3,51 < 5 \quad ; \quad \frac{D_{15,t}}{D_{15,f}} = \frac{0,40}{0,059} = 6,78 > 5 \quad ; \quad \frac{D_{60,f}}{D_{10,f}} = \frac{0,095}{0,047} = 2,02 < 10 ,$$

waarmee is aangetoond dat de standaardgradering 45/125 mm als geometrisch gesloten filterlaag kan worden toegepast onder de standaardgradering 60-300 kg. Hierbij wordt een laagdikte van 0,20 m gehanteerd.

BIJLAGE VII ONTWERPTEKENING UO

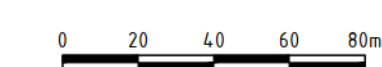


LEGENDA	
	Nautisch gegarandeerd bodemniveau op NAP -2.90m
	Ontwerplijnen

OPMERKINGEN

1. Coördinatensysteem RD(x,y)
2. Maten in meters, tenzij anders vermeld
3. Materiaalmaten in millimeters, tenzij anders vermeld
4. Peilmaten in meters t.o.v. NAP, tenzij anders vermeld
5. Deze tekening is ter informatie. Uitvoering gebeurt d.m.v. een 3D model

Gereed voor uitvoering

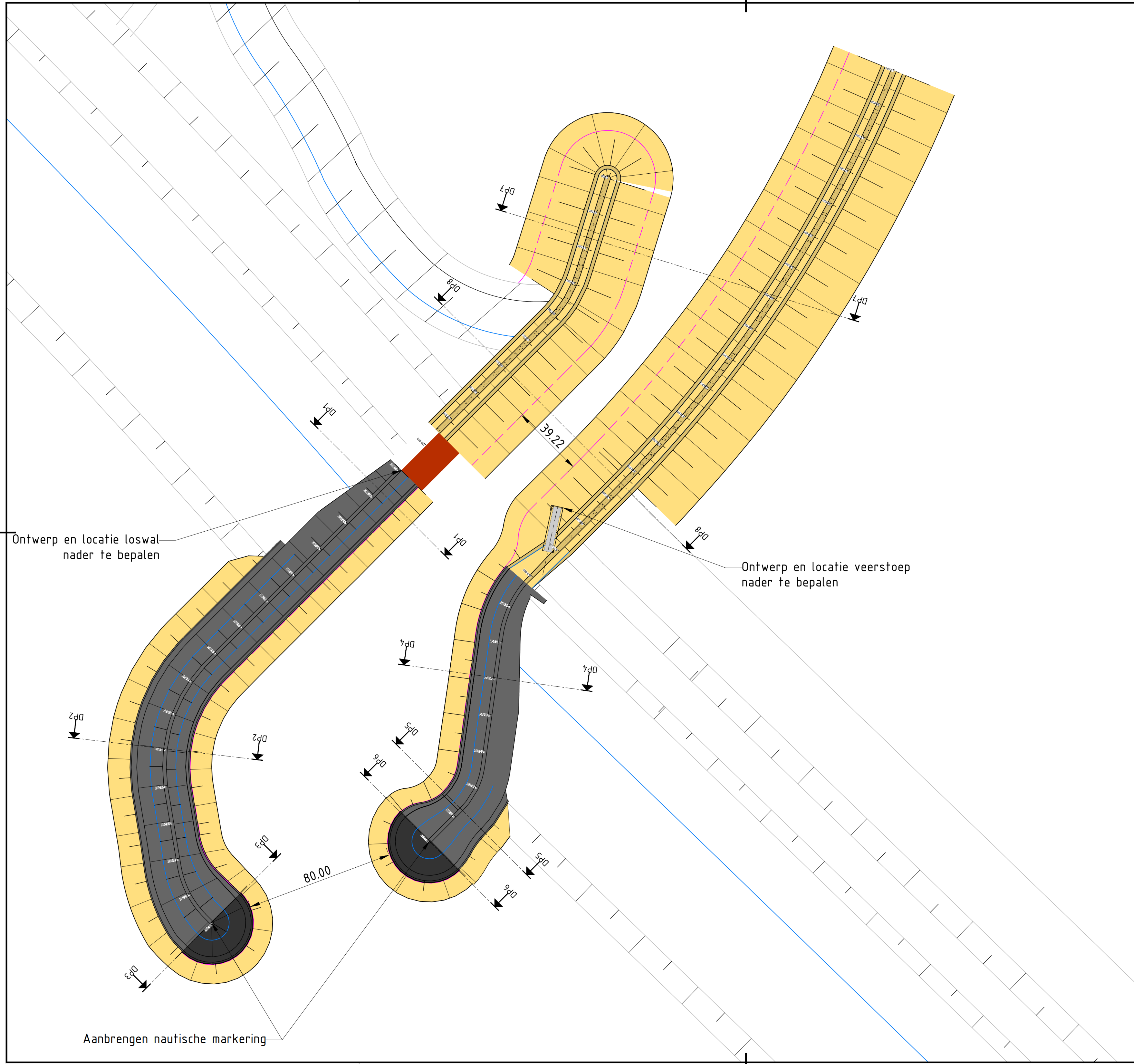


SCHAAL 1:2000

Revisie	Datum	Getekend	Gecontroleerd	Wijzigingen
1.0	17-03-2017			Goedkeuring
0.3	10-03-2016			Aanpassing Buitenhaven
0.2	04-12-2015			Aanpassing steiger en controle eisen
0.1	25-11-2015			Eerste uitgave

WIJZIGINGSBEHEER DOCUMENT HISTORIE

 Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Milieu	Project: Marker Wadden Opdrachtgever: Rijkswaterstaat & Natuurmonumenten Tekeningomschrijving: Onderdeel Buitenhaven Bovenaaanzicht			
	Opdrachtnummer: Proj.Nr: 52812492 Getek: Gecontr: Datum: 17-03-2016	Doc.Type: TEKENING Papierformaat: ISO full bleed A1 (594,00 x 841,00 MM)	Doc. nr.: - Tekeningnummer: 52812492-TEK-UO-0018	Status: DEFINITIEF Schaal: 1: 1000/2000 Blad: 1/1 Revisie: 1.0



Ontwerp en locatie loswal nader te bepalen

Ontwerp en locatie veerstoep nader te bepalen

Aanbrengen nautische markering

LEGENDA

	Zand
	Berm
	Stortsteen 40-200kg (0.72m)
	Stortsteen 60-300kg (0.84m)
	Nautisch gegarandeerd bodemniveau op NAP -2.90m
	Waterpeil (zie opmerking 5)

OPMERKINGEN

1. Coördinatensysteem RD(x,y)
2. Maten in meters, tenzij anders vermeld
3. Materiaalmaten in millimeters, tenzij anders vermeld
4. Peilmaten in meters t.o.v. NAP, tenzij anders vermeld
5. Waterpeil op NAP -0,20m (zomerpeil)
6. Deze tekening is ter informatie. Uitvoering gebeurt d.m.v. een 3D model

Gereed voor uitvoering

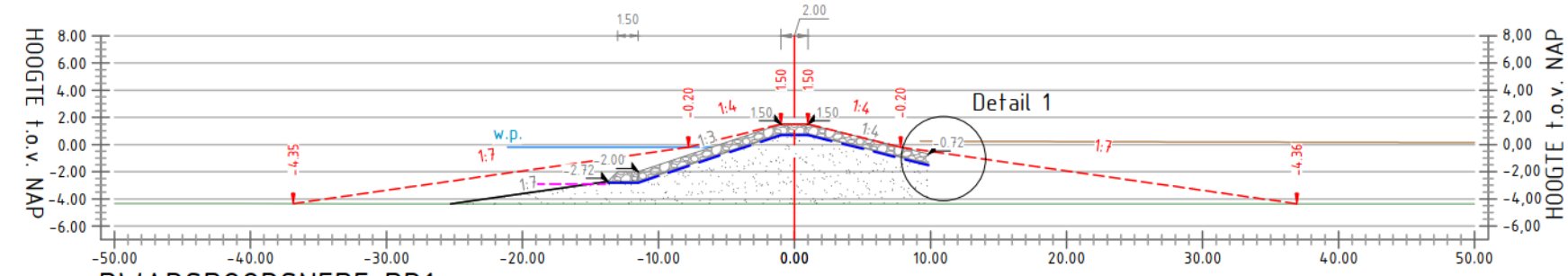
SCHAAL 1:1000

Revisie	Datum	Getekend	Gecontroleerd	Wijzigingen
1.0	17-03-2017			Goedkeuring
0.4	16-02-2016			Aanpassing havendammen
0.3	09-02-2016			Aanpassing havendammen
0.2	25-11-2015			Aanpassing taluds havendammen
0.1	12-11-2015			Eerste uitgave

WIJZIGINGSBEHEER DOCUMENT HISTORIE

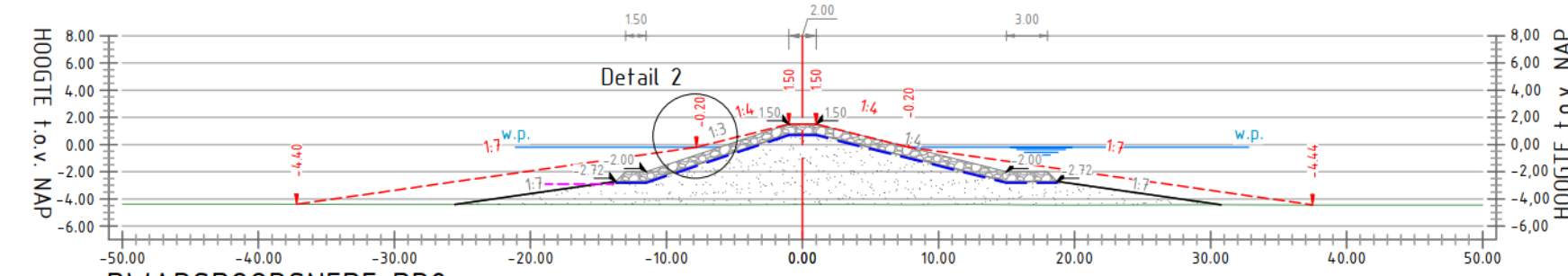
 Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Milieu	Project: Marker Wadden		
	Opdrachtgever: Rijkswaterstaat & Natuurmonumenten		
 Natuurmonumenten Lokale natuur in NL. Lokaal!	Tekeningomschrijving: Onderdeel Havendammen Bovenaanzicht & Locatie dwarsprofielen		
	Opdrachtnummer: Proj.Nr: 52812492 Doc.Type: TEKENING Doc.nr.: - Status: Definitief		
 Boskalis	Geformuleerd: Gecontr.: Tekeningnummer:		Schaal: 1:1000
	Datum: 17-03-2016 52812492-TEK-UO-0005		Blad: 1/2 Revisie: 1.0

© Boskalis Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden



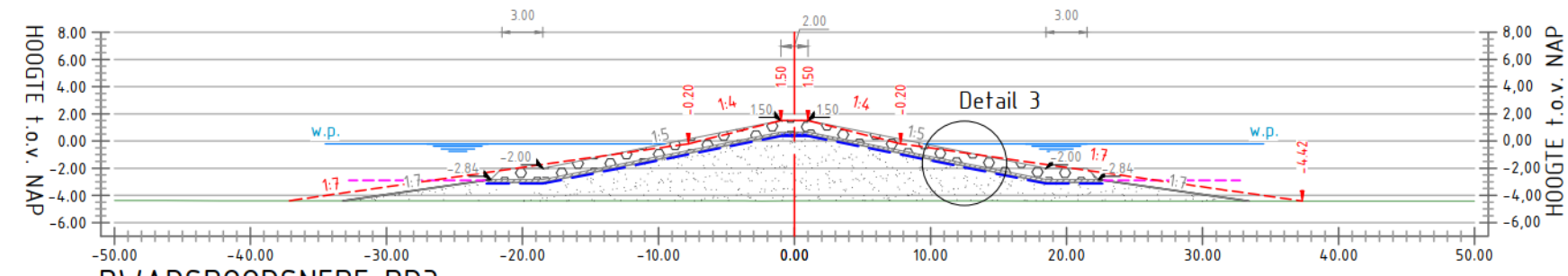
DWARSDOORSNEDE DP1
schaal 1:500

Hoogte profiel Havendam (eindhoogte)			-4.31	-2.00	-2.00	1.50	1.50		
Afstand profiel Havendam	-50.00	-25.26	-13.00	-11.50	-1.00	0.00	1.00	1.00	50.00



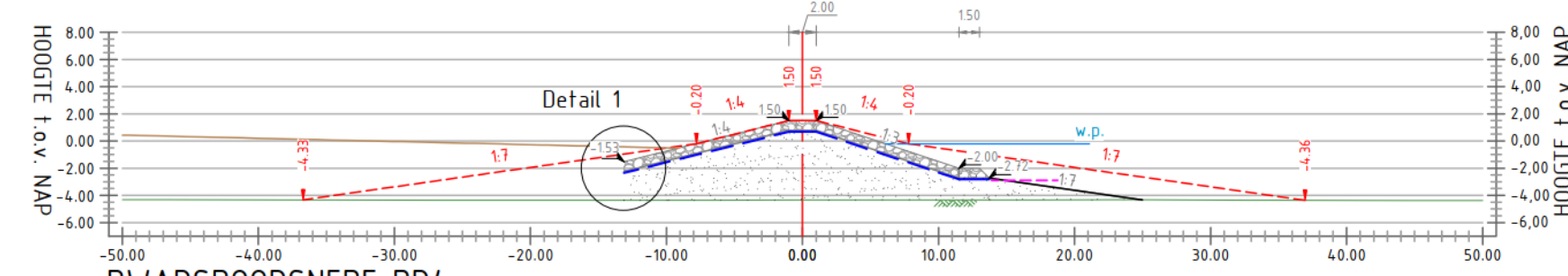
DWARSDOORSNEDE DP2
schaal 1:500

Hoogte profiel Havendam (eindhoogte)			-4.41	-2.00	-2.00	1.50	1.50		
Afstand profiel Havendam	-50.00	-25.55	-13.04	-11.50	-1.00	0.00	1.00	1.00	50.00



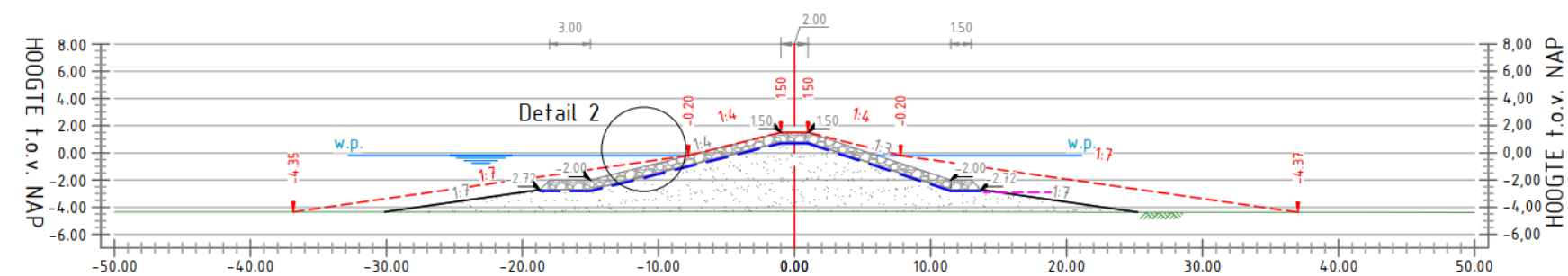
DWARSDOORSNEDE DP3
schaal 1:500

Hoogte profiel Havendam (eindhoogte)			-4.31	-2.00	-2.00	1.50	1.50	-2.00	-4.41
Afstand profiel Havendam	-50.00	-33.20	-21.50	-18.50	-1.00	0.00	1.00	18.50	31.40



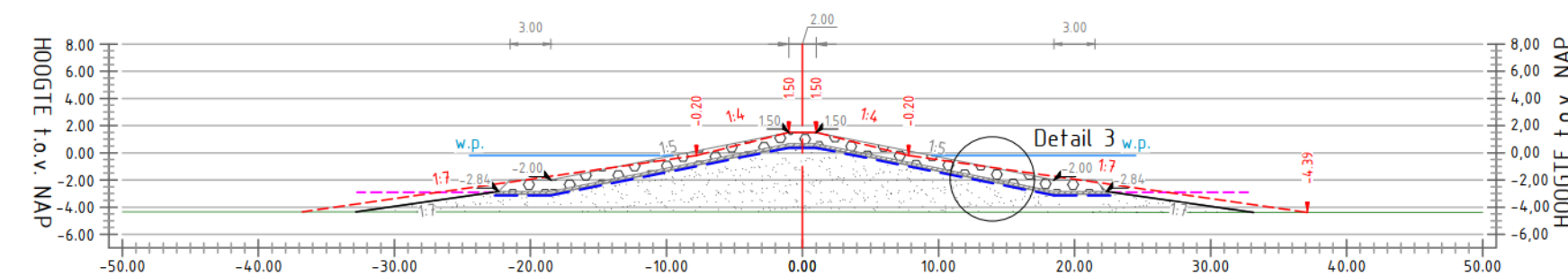
DWARSDOORSNEDE DP4
schaal 1:500

Hoogte profiel Havendam (eindhoogte)				-2.00	-2.00	1.50	1.50		-4.31
Afstand profiel Havendam	-50.00			11.50	10.00	1.00	1.00	24.98	50.00



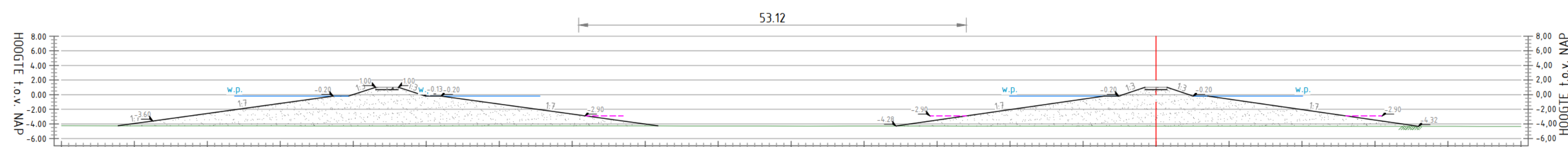
DWARSDOORSNEDE DP5
schaal 1:500

Hoogte profiel Havendam (eindhoogte)			-4.35	-2.00	-2.00	1.50	1.50		-4.31
Afstand profiel Havendam	-50.00	-36.11	-18.00	-15.00	-1.00	0.00	1.00	11.50	25.34



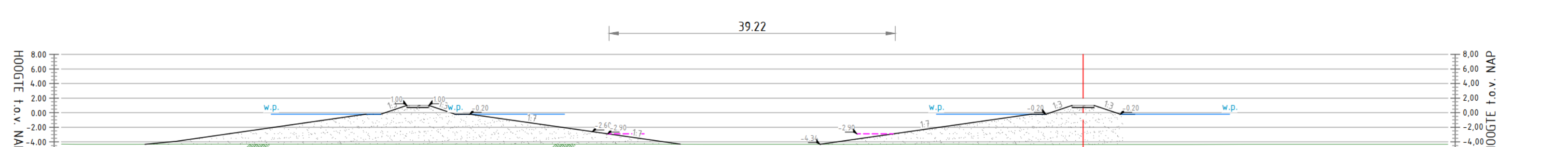
DWARSDOORSNEDE DP6
schaal 1:500

Hoogte profiel Havendam (eindhoogte)			-4.34	-2.00	-2.00	1.50	1.50		-4.34
Afstand profiel Havendam	-50.00	-32.86	-21.14	-18.50	-1.00	0.00	1.00	18.50	31.14



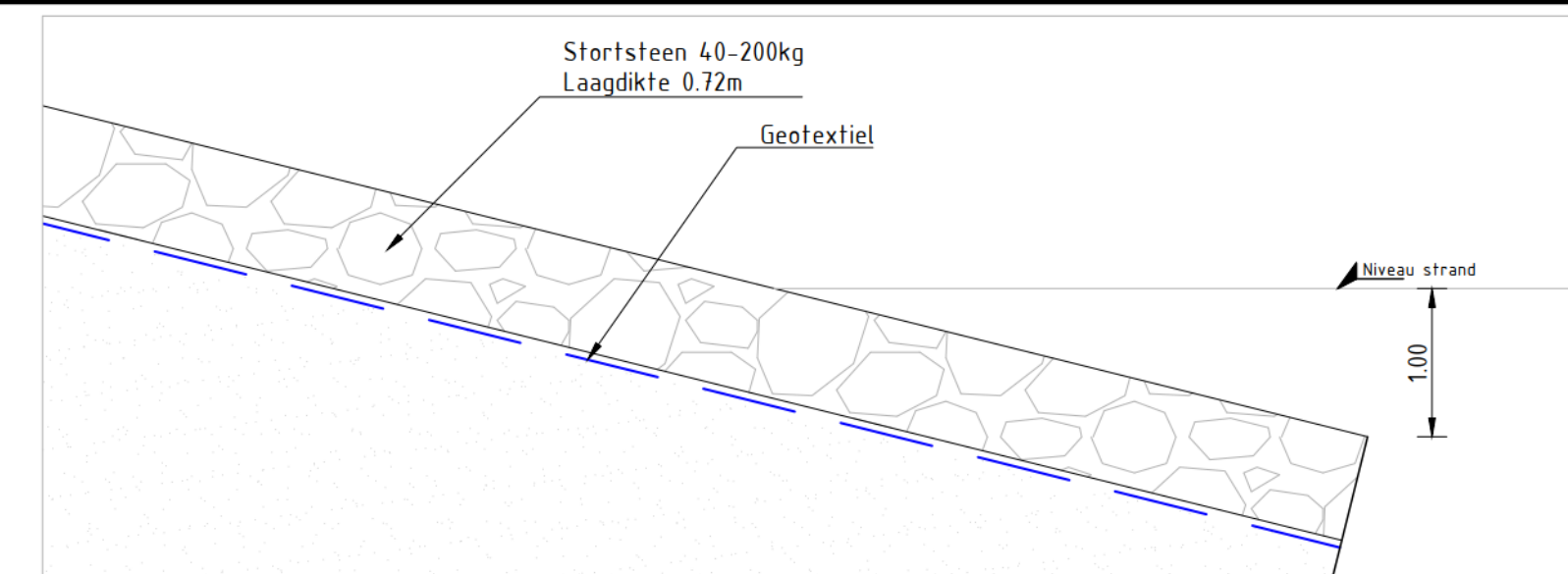
DWARSDOORSNEDE DP7
schaal 1:500

Hoogte profiel Havendam (eindhoogte)		-4.27	-3.66	-0.20	-0.20	1.00	1.00	1.00	1.00	-0.20	-2.20	-4.27		
Afstand profiel Havendam	-50.00	-44.21	-37.44	-17.76	-17.68	-10.84	-10.84	-10.84	-10.84	-10.84	-9.98	-8.91	-6.82	50.00

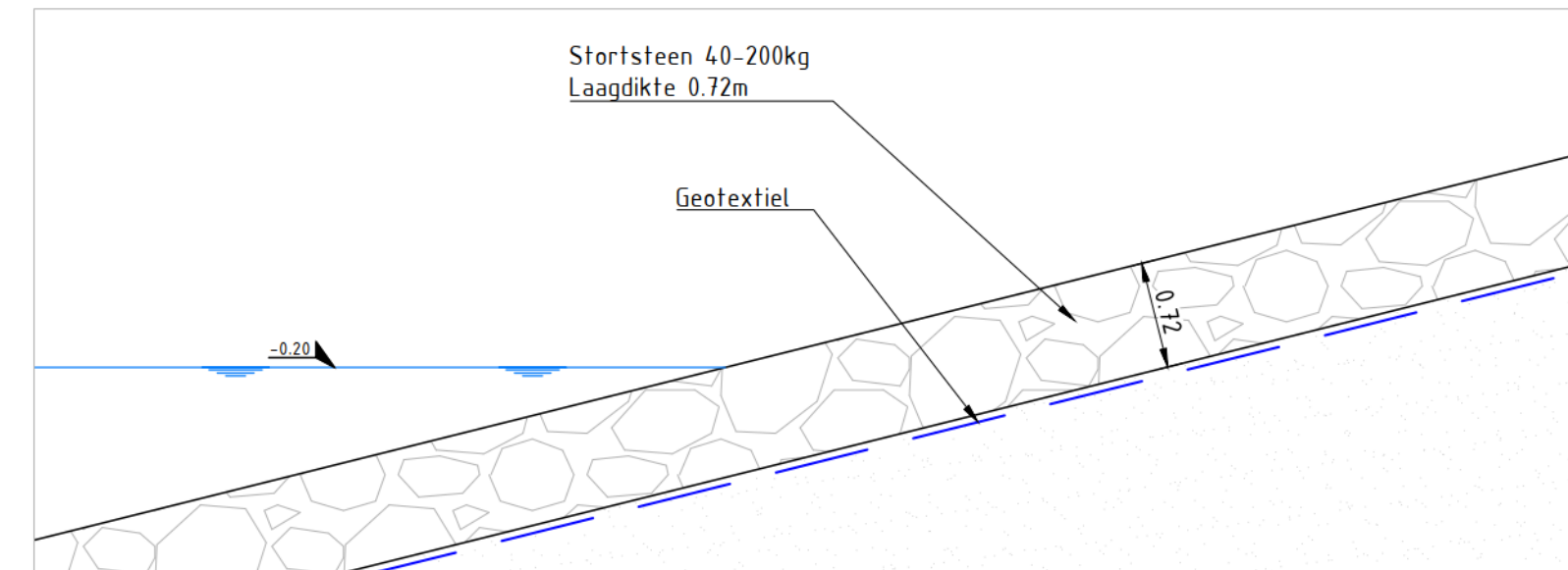


DWARSDOORSNEDE DP8
schaal 1:500

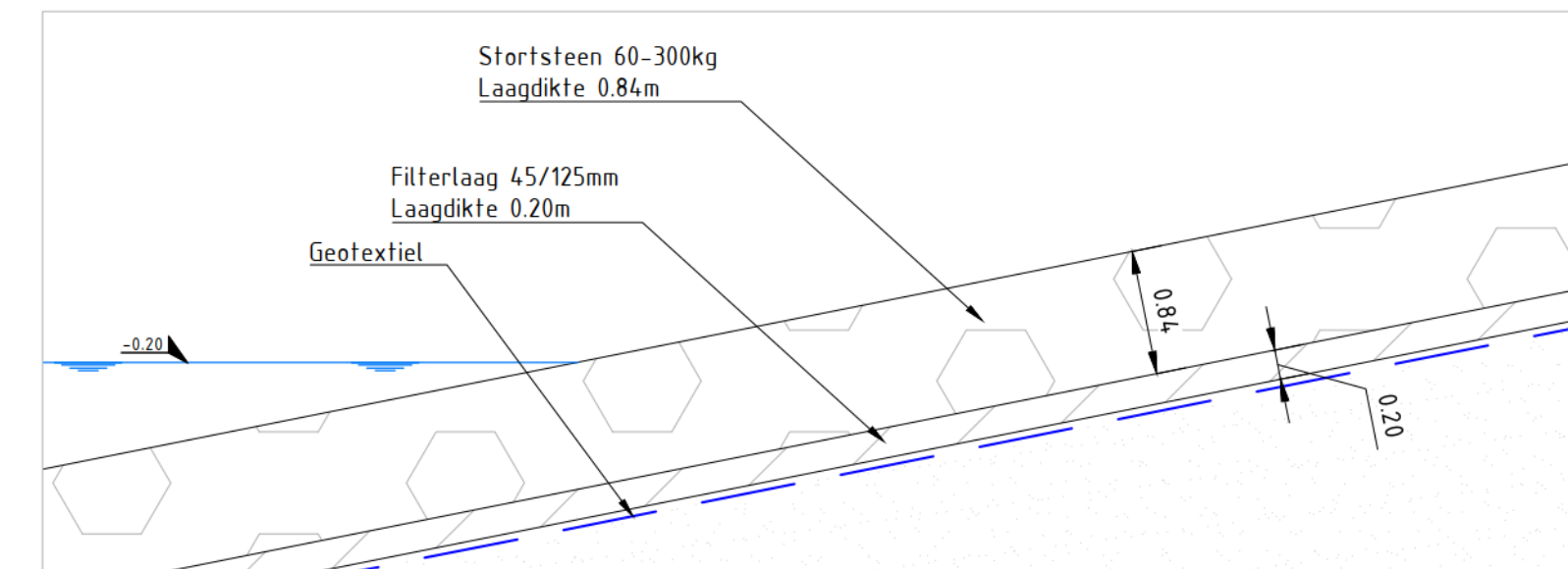
Hoogte profiel Havendam (eindhoogte)		-4.33	-3.93	-1.38	-0.20	-0.20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-2.60	-4.32	-4.34	
Afstand profiel Havendam	-14.00	-12.85	-12.33	-8.65	-8.14	-8.14	-8.14	-8.14	-8.14	-8.14	-8.14	-8.14	-8.14	-8.14	-8.14	-8.14	-8.14	50.00



Detail 1 - Aansluiting stortstenen op strand
schaal 1:50



Detail 2 - Opbouw stortstenen 40-200kg
schaal 1:50



Detail 3 - Opbouw stortstenen 60-300kg
schaal 1:50

LEGENDA	
	Bestaande bodem
	Taludlijn zand
	Strand
	Geotextiel
	Waterpeil (zie opmerking 5)
	Nautisch gegarandeerd bodemniveau op NAP -2.90m
	Initieel aanlegprofiel
	Aanvulling met zand
	Stortsteen 40-200kg (0.72m)
	Stortsteen 60-300kg (0.84m)
	Filterlaag 45/125mm (0.20m)

OPMERKINGEN

1. Coördinatensysteem RD(x,y)
2. Maten in meters, tenzij anders vermeld
3. Materiaalmaten in millimeters, tenzij anders vermeld
4. Peilmaten in meters t.o.v. NAP, tenzij anders vermeld
5. Waterpeil op NAP -0,20m (zomerpeil)
6. Deze tekening is ter informatie. Uitvoering gebeurt d.m.v. een 3D model

Gereed voor uitvoering

SCHAAL 1:500

Revisie	Datum	Getekend	Gecontroleerd	Wijzigingen
1.0	17-03-2016			Goedkeuring
0.4	16-02-2016			Aanpassing havendammen
0.3	09-02-2016			Aanpassing havendammen
0.2	25-11-2015			Aanpassing taluds havendammen
0.1	12-11-2015			Eerste uitgave

WIJZIGINGSBEHEER DOCUMENT HISTORIE

	Opdrachtgever:	Marker Wadden															
	Opdrachtgever:	Rijkswaterstaat & Natuurmonumenten															
	Tekeningomschrijving:	Onderdeel Havendammen Dwarsprofielen															
	Opdrachtnamen:	<table border="1"> <tr> <td>ProjMn: 52812492</td> <td>Doc.Type: TEKENING</td> <td>Doc.nr.: -</td> <td>Status: Definitief</td> </tr> <tr> <td>Getek: -</td> <td>Papierformaat: ISO full bleed A1 (594.00 x 841.00 MM)</td> <td>Schaal: 1:500</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Gecontr: -</td> <td>Tekeningnummer:</td> <td>Blad: 2/2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Datum: 17-03-2016</td> <td>52812492-TEK-UO-0005</td> <td>Revisie: 1.0</td> <td></td> </tr> </table>	ProjMn: 52812492	Doc.Type: TEKENING	Doc.nr.: -	Status: Definitief	Getek: -	Papierformaat: ISO full bleed A1 (594.00 x 841.00 MM)	Schaal: 1:500		Gecontr: -	Tekeningnummer:	Blad: 2/2		Datum: 17-03-2016	52812492-TEK-UO-0005	Revisie: 1.0
ProjMn: 52812492	Doc.Type: TEKENING	Doc.nr.: -	Status: Definitief														
Getek: -	Papierformaat: ISO full bleed A1 (594.00 x 841.00 MM)	Schaal: 1:500															
Gecontr: -	Tekeningnummer:	Blad: 2/2															
Datum: 17-03-2016	52812492-TEK-UO-0005	Revisie: 1.0															

© Boskalis Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden