

Bijlagenboek 1.22

MEMO

Kopie aan

-

Van

Onderwerp

Toelichting overzicht
berekeningsresultaten
Markermeerdijken

Documentnummer

AMMD-005939 (18.0215383)

Datum

31-7-2018

Toelichting overzicht berekeningsresultaten Markermeerdijken

Inleiding

In het projectplan Waterwet en het MER is een tabel (tabel 2) opgenomen dat het veiligheidstekort beschrijft voor alle delen van de dijk. In een bijlage bij deze memo zijn twee exceltabellen bijgevoegd waarin de berekeningsresultaten van de verschillende ontwerpen zijn opgenomen. De eerste excel bevat de berekeningsresultaten van de ontwerpen zoals deze in het MER (november 2017) zijn onderzocht. De tweede excel bevat de berekeningsresultaten van de aangepaste ontwerpen zoals die in de Notitie aanvulling op het MER (juni 2018) zijn onderzocht.

Ook zijn de ontwerpbasis Dijken en Oeverdijk toegevoegd. Deze twee documenten kunt u beschouwen als een kookboek om te komen tot een veilig ontwerp. De ontwerpen zoals onderzocht in het MER 2017 (en de Notitie aanvulling op het MER 2018) en gepresenteerd in bijgevoegde exceltabellen lossen het veiligheidsprobleem voor een periode van ten minste 50 jaar op.

De berekeningsresultaten voor de oeverdijk (module 2, 3, 7) en de dijk buitenom (module 15) kennen een afwijkende methodiek en treft u niet aan in de exceltabel. Op verzoek kunnen hiervan de ontwerpnota's worden verstrekt.

Overigens hebben alle documenten die hebben geleid tot de ontwerpen (zoals meet-data en ontwerpnota's met berekeningen) van 8 mei tot en met 1 juli ter inzage gelegen op het projectbureau van de Alliantie. De documenten blijven voor belangstellenden gedurende de verdere voorbereiding en uitvoering van het project raadpleegbaar op het projectbureau.

Hoe is gekomen tot deze tabel?

De in de ontwerpbasis Dijken en Oeverdijk genoemde ontwerpuitgangspunten en ontwerpstappen worden doorlopen om te komen tot een vergunningsontwerp.

In het kort beschrijft de ontwerpbasis de achtergronden van de ontwerpuitgangspunten, de ontwerpstrategie, de faalmechanismes en hoe dit uiteindelijk wordt vertaald naar een vergunningsontwerp. De berekeningsresultaten van deze exercitie zijn opgenomen in de exceltabellen.

De ontwerpuitgangspunten en de ontwerpstrategie sluiten aan op het ontwerpinstrumentarium (OI) dat door het Rijk beschikbaar is gesteld. Hiermee wordt de koppeling gemaakt met de Normering 2017 zoals in de Waterwet is opgenomen.

Is er een veiligheidsprobleem?

Een veiligheidsprobleem is het tekort schieten van een beschermende eigenschap van de dijk (faalmechanisme), zoals de hoogte of de stabiliteit. Een faalmechanisme is een mechanisme dat leidt tot het falen van de dijk met een overstroming tot gevolg. Met een berekening van een zogenaamde nulvariant wordt het veiligheidsprobleem in kaart gebracht op de verschillende faalmechanismen. In de ontwerpbasis Dijken zijn de diverse faalmechanismen verder uitgelegd.

Stabiliteit:

In de tabel ziet u in de kolom Eis wat er wettelijk nodig is aan stabiliteit. Dit wordt uitgedrukt in een getal bijvoorbeeld 1.16 en dat heet de minimale benodigde stabiliteitsfactor (eis) behorende bij het gebruikte gangbare type berekeningsmodel. In dit geval het Spencer model voor binnenwaartse stabiliteit en Bishop model voor buitenwaartse stabiliteit. In kolommen 'nulvariant' en Ontwerp zijn de berekeningsresultaten voor stabiliteit opgenomen. Dit getal berekenen we kort samengevat als volgt.

Per (deel) sectie wordt op basis van geotechnisch grondonderzoek (boringen en sonderingen) een maatgevend profiel bepaald. Dit maatgevend profiel (zogenaamd rekenprofiel) wordt vertaald in een grondopbouw in het berekeningsmodel. Op basis van de maatgevende belastingen berekent het model de stabiliteit. Deze stabiliteit wordt getoetst aan de benodigde stabiliteit conform de wettelijke eisen. In de exceltabel ziet u eerst de resultaten van de nulvariant en daarna die van de ontwerpen zoals in het MER beoordeeld.

Hoogte:

De benodigde hoogte van de dijk wordt bepaald op basis van hydraulische berekeningen afkomstig uit het door het Rijk beschikbaar gesteld model (Hydra Zoet). Op basis van maatgevende omstandigheden, bodemligging, taludhelling en oriëntatie van de betreffende dijksectie wordt dit vertaald naar een benodigde dijkhoogte ook wel de kruinhoogte genoemd. Deze hoogte wordt vergeleken met de bestaande kruinhoogte.

Lossen de ontwerpen het veiligheidsprobleem op?

Na het vaststellen van het veiligheidstekort worden er verschillende ontwerpen ontwikkeld. Deze ontwerpen worden conform het stappenplan uit de ontwerpbasis verder vormgegeven. In de kolom 'Ontwerpen in het MER', zijn de verschillende ontwerpvarianten benoemd zoals opgenomen in het MER. In deze kolom worden de berekeningsresultaten getoond per ontwerpvariant en of dit voldoet aan de gestelde veiligheidseisen.

Onderstaand worden enkele punten nog nader toegelicht, die niet direct zijn af te leiden uit de tabel

1. Bij het toepassen van constructies in combinatie met een grondplossing wordt op basis van een schetsontwerp en expert judgement bepaald of dit het veiligheidsprobleem oplost. Van de grondplossing in combinatie met constructie wordt geen aparte berekening van de stabiliteit gemaakt. De ontwerpen berusten deels op een kwalitatieve beschouwing en deels op een schetsontwerp van de experts.
2. Daarnaast wordt in het MER en projectplan uitgegaan van een kruinverhoging ook al blijkt uit de berekeningsresultaten van de nulvariant dat er geen veiligheidsopgave op dit punt is. Dit is gedaan om een marge te hebben om in de uitvoering de afgekeurde bekleding (steen en gras) te kunnen herstellen en oneffenheden in het talud en kruin te kunnen herstellen.
3. In de tabel (VO MER) zijn in kolom met de berekende ontwerphoogte hoogtes genoemd die in een aantal gevallen afwijken van de hoogtes op de ontwerptekeningen opgenomen in het MER. In Ontwerpbasis dijken zijn de hoogtes nader verklaard en is toegelicht waarom de berekende hoogte afwijkt van de hoogte op de ontwerptekeningen in het MER. De voornaamste redenen voor afwijkingen tussen de berekende hoogte en de hoogte op de ontwerptekeningen in het MER zijn:

- a. Voor de ontwerptekening in het MER is soms de bestaande hoogte van de huidige dijk leidend geweest (bijvoorbeeld Westerdijk Hoorn en Noordeinde Volendam);
 - b. Om te voldoen aan de landschappelijke eisen, zoals de minimale eis van 2 m tussen kruin en insteek berm en een eenduidig beeld, zijn op een aantal secties vanuit landschappelijk oogpunt de ontwerphoogtes gebruikt van naastliggende secties;
 - c. de hydraulische randvoorwaarden zijn verder doorontwikkeld. Zo was bij de ontwerpen zoals deze in het MER (november 2017) zijn opgenomen nog sprake van een overslagdebiet van 1 l/m/sec en wordt vanaf 2018 een overslagdebiet van 5 l/m/sec gehanteerd. Het toepassen van een hoger overslagdebiet heeft als positief effect dat minder kruinhoogte nodig is. Wel worden hierdoor hogere eisen aan de kwaliteit van het binnentalud gesteld.
4. Wanneer voor naastgelegen (deel)secties de specifieke omstandigheden gelijk zijn kan ertoe besloten worden de resultaten van het ontwerpproces over de naast liggende (deel) sectie over te nemen. Het kan dus voorkomen dat in de tabel met berekeningsresultaten bepaalde sommen niet één op één terug te vinden zijn bij de betreffende sectie. Voor die berekeningsresultaten wordt verwezen naar de naastliggende secties.

Welke begrippen treft u verder aan ?

- **Rekenprofiel**
Het maatgevende profiel (ter plaatse van genoemde dijkpaal) waarmee is gerekend. Bepaald op basis van boringen en sonderingen om de 100 m.
- **Kruinhoogte**
Dit is het hoogste punt van de dijk dat ontwerptechnisch nodig is.
- **Taludhelling (1:3)**
De helling van een dijklichaam (aan de buitenkant van een sectie) waar de benodigde kruinhoogte voor is berekend.
- **Overslagdebiet (1 of 5 l/m/s)**
Gemiddelde hoeveelheid water per tijdeenheid dat over de dijk stroomt. Deze waarde is onderdeel van de kruinhoogte berekening.
- **Hoogte-insteek berm**
Dit is het verschil in hoogte tussen kruin van de dijk en de binnenberm. Vanuit de ontwerpvisie mag dit niet kleiner zijn dan 2 m.
- **Calamiteitenbelasting**
Deze belasting wordt op secties waar de weg op de kruin van de dijk bevindt in de stabiliteitsberekening meegenomen. De dijk moet deze belasting aankunnen om via deze wegen bij calamiteiten gebieden te kunnen evacueren en om bij vitale onderdelen zoals gemalen en sluizen, te kunnen komen.
- **Over-/onder hoogte**
Dit is het verschil tussen de benodigde berekende hoogte en de huidige aanwezige hoogte. Dit kan een overschrijding dan wel een onderschrijding zijn.
- **Stabiliteit (STBI = Stabiliteit binnenwaarts, STBU = Stabiliteit buitenwaarts)**
De berekende stabiliteit uitgedrukt in een stabiliteitsfactor en de benodigde stabiliteit benoemd in een factor.
- **MHW**
Maatgevend hoogwater. Is de belaste situatie waar de binnenwaartse stabiliteit op wordt berekend.
- **Val na MHW**
De belastingsituatie waar buitenwaartse stabiliteit op wordt berekend.

- **Bishop, Spencer**

Benaming van het specifieke model waarin stabiliteitsberekeningen worden gemaakt.

Bijlagen:

- Twee tabellen met berekeningsresultaten
- Ontwerpbasis Dijken
- Ontwerpbasis Oeverdijken

Modules			Secties					Rekenprofielen				Ontwerphoogte			Voldoet?	EIS		nulvariant		nulvariant		ontwerp	ontwerp						
Module	Modulenaam	Dijkpaal-nummers	Sectie	Sectionaam	Dijknr en dijknaam	Dijkpaal-nummers	Lengte	Sectie	Sectionaam	Dijkpaal-nummers	Rekenprofiel	Kruinhoogte (m+NAP) 1 l/s/m 1:3	Hoogte insteek berm (m+NAP) h_k 1:4 - 2m	Calamiteitenbelasting (kPa)	Over-/onderhoogte (m)	Te halen SF STBI (-) SPENCER	Te halen SF (-) STBU BISHOP	MHW Spencer STBI (-)	Val na MHW Bishop STBU (-)	ontwerpen in MER		MHW Spencer STBI (-)	Val na MHW Bishop STBU (-)						
module 1	Hoorn, binnenstad	DP 5- 10 ⁺⁴⁰	HE 1	Hoom – Binnenstad	20: Westerdijk van Drechterland	DP 5- 10 ⁺⁴⁰	540	HE 1	Hoom – Binnenstad	DP 5- 10 ⁺⁴⁰	DP 6 ⁺¹⁰	3,0	1,0	5,0	-0,9	1,16	1,06	2,29	1,00	Buitenberm Buitenwaartse taludverflauwing		3,14	1,77						
module 2	Strand Hoorn	DP 14 – 22 ⁺⁵⁰	HE 2	Hoom – Grote Waal	20: Westerdijk van Drechterland	DP 14 – 34	2000	HE 1C + 2A		DP 13 – 26	DP 17 ⁺³⁰	4,8	1,9	13,3	-2,7	1,16	1,06	1,09	1,22	Buitenwaartse asverschuiving		1,30	1,11						
								HE 2B		Hoom – Grote Waal	DP 26 - 29	DP 20 ⁺⁹⁰	4,8	1,9	13,3	-2,7	1,16	1,06	1,04	1,05									
												DP 23 ⁺⁹⁰	4,9	2,0	13,3	-2,6	1,16	1,06	1,00	0,94	Buitenwaartse asverschuiving		1,16	1,31					
												DP 28 ⁺⁹⁰	4,9	2,0	13,3	-2,6	1,16	1,06	1,37	1,83									
module 3	Grote Waal en de Hulk	DP 22 ⁺⁵⁰ - 60	HE 3	De Hulk	20: Westerdijk van Drechterland	DP 34 – 53	1900	HE 2C		Hoom – Grote Waal	DP 29 – 34	DP 31 ⁺⁹⁰	4,9	2,0	5,0	-2,6	1,16	1,06	1,26	1,51									
								HE 3A		De Hulk	DP 34 – 39 ⁺⁵⁰	DP 35 ⁺¹⁰	2,6	0,6	5,0	0,0	1,16	1,06	1,16	1,48	Binnenwaartse berm met asverschuiving		1,30	1,13					
												DP 37 ⁺⁹⁰	2,6	0,6	5,0	0,0	1,16	1,06	1,00	1,08	Buitenwaartse asverschuiving		1,37	1,33					
								HE 3B		Scharwoude	DP 39 ⁺⁵⁰ – 53	DP 45 ⁺⁰	2,5	0,5	5,0	0,4	1,16	1,06	1,11	1,59									
						tot dp 46	DP 42 ⁺⁹⁰	2,5	0,5	5,0	0,4	1,16	1,06	1,08	1,48	Buitenwaartse asverschuiving		1,25	1,22										
						vanaf dp 46	DP 51	2,5	0,5	5,0	0,4	1,16	1,06	0,94	0,94														
			HE 4	De Karperput	20: Westerdijk van Drechterland	DP 53 – 63	1000	HE 4A		De Karperput	DP 53 – 60	DP 56 ⁺⁹⁰	4,1	1,6	5,0	-1,4	1,16	1,06	1,00	1,55	Buitenwaartse asverschuiving		1,26	1,19					
											DP 58 ⁺⁹⁰	4,1	1,6	5,0	-1,4	1,16	1,06	0,84	1,69			n.v.t.	n.v.t.						
			module 4	De Kogen	DP 60 – 06	HE 5	Rietkoog	20: Westerdijk van Drechterland	DP 63 – 74	1100	HE 4B		De Karperput	DP 60 – 63									Buitenwaartse asverschuiving (kan weg is vervangen door nieuw ontwerp)		1,37	1,17			
											HE 5A		Rietkoog	DP 63 – 66	DP 64 ⁺⁹⁰	4,1	1,6	5,0	-1,3	1,16	1,06	0,93	0,94	Buitenwaarts optimalisatie asverschuiving		1,20	1,12		
								HE 5B		Rietkoog	DP 66 – 74	DP 71 ⁺⁹⁰	2,6	0,6	5,0	0,3	1,16	1,06	1,01	1,36	Binnenwaartse berm		1,32	1,66					
																									Binnenwaartse optimalisatie berm (???)	1,52	1,75		
								HE 6		Floriskoog	21, 22: Klandijk, Schardam en Keukendijk	DP 74 – 06	950	HE 6A	Floriskoog	DP 74 – 78 ⁺⁵⁰ of 01	DP 74 ⁺⁹⁰	1,7	-0,3	5,0	1,1	1,16	1,06	0,92	0,90	Buitenwaartse asverschuiving		2,01	1,56
																DP 78 ⁺¹⁰	2,3	0,4	5,0	0,7	1,11	1,01	1,29	1,12					
module 5	Etersheimerbraak	DP 12 – 27 ⁺⁵⁰	HE 7	Etersheimerbraak	22: Schardam en Keukendijk	DP 12 – 27 ⁺⁵⁰	1550				DP 2 ⁺¹⁰	2,3	0,4	5,0	0,7	1,11	1,01	1,47	1,12										
											DP 3 ⁺⁹⁰	2,3	0,4	5,0	0,7	1,11	1,01	1,27	1,05										
											DP 5 ⁺⁹⁰	2,3	0,4	5,0	0,7	1,11	1,01	1,68	1,34										
											DP 11 ⁺⁹⁰	2,4	0,4	5,0	0,3	1,11	1,01	1,16	1,01										
								HE 7A1		Etersheimerbraak	DP 12 – 16	DP 13 ⁺⁹⁰	2,4	0,4	5,0	0,3	1,11	1,01	1,17	1,57									
											DP 14 ⁺⁹⁰	2,4	0,4	5,0	0,3	1,11	1,01	1,06	1,07										
module 6	Heintjesbraak en Warder	DP 27 ⁺⁵⁰ – 56	HE 8	Heintjesbraak	23: Zeevangsseedijk	DP 27 ⁺⁵⁰ – 49	2150	HE 7A2 + 7A2		Etersheimerbraak	DP 16 - 22 ⁺⁵⁰	DP 15 ⁺⁹⁰	2,5	0,4	5,0	0,3	1,11	1,01	0,90	1,04	Buitenwaartse asverschuiving		1,33	1,31					
																								Binnenwaartse berm	1,18	1,02			
								HE 7B		Etersheimerbraak	DP 22 ⁺⁵⁰ – 27 ⁺⁵⁰	DP 25 ⁺⁹⁰	2,7	0,6	5,0	0,0	1,11	1,01	0,92	1,08	Buitenwaartse asverschuiving		1,42	1,17					
								HE 8A1 + 8A2		Heintjesbraak	DP 27 ⁺⁵⁰ – 34 ⁺⁵⁰	DP 28 ⁺⁹⁰	3,9	1,3	5,0	-0,9	1,11	1,01	1,01	1,00	Gecombineerd binnenwaarts/buitenwaarts		1,12	1,05					
																									Buitenwaartse asverschuiving	1,18	1,18		
								HE 8A3 + 8A4		Heintjesbraak	DP 34 ⁺⁵⁰ - 39	DP 35 ⁺⁹⁰	3,9	1,3	5,0	-0,9	1,11	1,01	0,74	0,90	Gecombineerd binnenwaarts/buitenwaarts		1,12	1,23					
module 7	Polder Zeevang	DP 56 – 106	HE 10	Zandbraak	23: Zeevangsseedijk	DP 62 ⁺⁵⁰ – 78 ⁺⁵⁰	1600	HE 8B		Heintjesbraak	DP 39 – 49	DP 41 ⁺⁹⁰	3,5	1,0	5,0	-0,9	1,11	1,01	0,94	0,97	Binnenwaartse versterking		1,20	1,20					
								HE 9A		Warder	DP 49 – 52	DP 50 ⁺⁹⁰	3,5	1,1	5,0	-0,4	1,11	1,01	0,93	0,85	Gecombineerd binnenwaarts/buitenwaarts								
																					Gecombineerd optimalisatie smallere berm	1,14	1,21						
																					Buitenwaartse asverschuiving	1,31	1,26						
								HE 9B		Warder	DP 52 – 62 ⁺⁵⁰	DP 52 ⁺⁹⁰	3,8	1,3	5,0	-0,9	1,11	1,01	0,91	1,01	Buitenwaartse asverschuiving		1,21	1,24					
																									Buitenwaartse asverschuiving	1,13	1,12		
			HE 11	Grote Braak	23: Zeevangsseedijk	DP 78 ⁺⁵⁰ – 95	1650				DP 65 ⁺⁹⁰	3,8	1,3	5,0	-1,0	1,11	1,01	0,99	1,13	Buitenwaartse asverschuiving		1,13	1,12						
																									Binnenwaartse berm	1,17	1,06		
								HE 10B		Zandbraak	DP 66 – 78 ⁺⁵⁰	DP 70 ⁺⁵⁰	3,8	1,3	5,0	-0,9	1,11	1,01	1,08	1,20	Buitenwaartse asverschuiving		1,26	1,35					
																									Buitenwaartse asverschuiving	1,22	1,31		
																									Binnenwaartse berm	1,17	1,15		
								HE 11A		Grote Braak	DP 78 ⁺⁵⁰ – 85	DP 80 ⁺⁷⁰	3,3	1,1	5,0	-0,4	1,11	1,01	1,10	1,63	Buitenwaartse asverschuiving		1,12	1,47					
												DP 85 ⁺¹⁰	3,3	1,1	5,0	-0,4	1,11	1,01	0,97	0,96	Buitenwaartse asverschuiving		1,18	1,15					
			HE 11B	Grote Braak		DP 85 - 89					DP 89 ⁺³⁰	3,8	1,2	5,0	-0,5	1,11	1,01	1,15	1,37	Buitenwaartse asverschuiving		1,13	1,07						
																										Buitenwaartse asverschuiving	1,21	1,26	
																										Binnenwaartse berm	1,17	1,46	
								HE 11C		Grote Braak	DP 89 - 95	DP 91 ⁺⁵⁰	3,4	1,0	5,0	-0,5	1,11	1,01	1,01	1,03	Buitenwaartse asverschuiving		1,29	1,18					
																										Binnenwaartse berm	1,25	1,00	
module 8	Haven Edam	DP106 - 3									DP 94 ⁺¹⁰	3,4	1,0	5,0	-0,5	1,11	1,01	1,11	1,34	Buitenwaartse asverschuiving		n.v.t.	n.v.t.						
								HE 12A		Fort Edam	DP 95 -106	DP 95 ⁺¹⁰	2,4	0,4	5,0	0,7	1,11	1,01	1,06	1,36									
											DP 99 ⁺¹⁰	2,4	0,4	5,0	0,7	1,11	1,01	1,12	1,25										
											DP 102 ⁺¹⁰	2,4	0,4	5,0	0,7	1,11	1,01	1,20	1,78										
											DP 105 ⁺⁹⁰	2,4	0,4	5,0	0,7	1,11	1,01	1,31	1,41										
											DP 108 ⁺⁹⁰	1,9	-0,1	5,0	1,2	1,11	1,01	1,04	1,25										
											DP 109 ⁺⁹⁰	1,9	-0,1	5,0	1,2	1,11	1,01	1,36	1,52										
																							</						

module 9	Broeckgouw Edam	DP 3 - 18	EA 1	Edam/Volendam	24: Zuiderpolderzeedijk	DP 0 – 16	1600	HE 12B	Fort Edam	DP 109 – 111 ⁺²⁰	DP 110 ⁺⁹⁰	1,9	-0,1	5,0	1,2	1,11	1,01	1,35	1,25												
								EA 1A	Edam/Volendam	DP 0 - 3	DP 0 ⁺⁹⁰	1,6	-0,4	5,0	1,8	1,16	1,06	1,00	1,13	Buitenwaartse asverschuiving (zie VDO)	n.v.t.	n.v.t.									
								EA 1B	Edam/Volendam	DP 3- 7 ⁺⁵⁰	DP 7 ⁺¹⁰	3,8	1,3	5,0	1,8	1,16	1,06	0,91	1,07	Buitenwaartse asverschuiving (zie VDO)	n.v.t.	n.v.t.									
								EA 1C	Edam/Volendam	DP 7 ⁺⁵⁰ - 16	Binnenwaartse versterking												1,26	1,31							
module 10	Noordeinde Volendam	DP 18 – 29	EA 2	Noordeinde	24: Zuiderpolderzeedijk	DP 16 – 29	1300	EA 2A	Noordeinde	DP 16 - 18 ⁺⁵⁰	DP 21 ⁺⁹⁰	4,0	1,3	13,3	-1,5	1,16	1,06	0,83	1,17	Buitenwaartse asverschuiving met behoud kruin		1,30	1,26								
								EA 2B	Noordeinde	DP 18 ⁺⁵⁰ - 24										Buitenwaarts asverschuiving met behoud kruin		1,08	1,31								
								EA 2C	Noordeinde	DP 24 - 29										DP21 ⁺⁹⁰	4,0	1,3	13,3	-1,5	1,16	1,06	0,85	1,05	Buitenwaartse asverschuiving met behoud kruin	1,17	1,39
								EA 3A	Pieterman	DP 1 - 6										DP 0 ⁺⁹⁰	2,1	0,1	5,0	0,7	1,16	1,06	1,46	0,93	Binnenwaartse berm	1,20	1,36
module 11	Pieterman	DP 1 – 11	EA 3	Pieterman	25: Katwouderzeedijk	DP 1 – 11	1000				DP 1 ⁺⁹⁰	2,1	0,1	5,0	0,7	1,16	1,06	1,20	0,89	Binnenwaartse berm	n.v.t.	n.v.t.									
											DP 6 ⁺⁹⁰	2,9	0,8	5,0	-0,1	1,16	1,06	1,05	0,65	Buitenwaartse asverschuiving	1,67	1,22									
																				Binnenwaartse berm	1,17	1,09									
								EA 3B	Pieterman	DP 6 – 11	DP 9 ⁺⁹⁰	2,9	0,8	5,0	-0,1	1,16	1,06	1,37	1,25	Buitenwaartse asverschuiving	1,91	1,06									
module 12	Katwoude	DP 25 ⁺⁵⁰ – 39 ⁺⁵⁰	EA 4	Katwoude	25: Katwouderzeedijk	DP 25 ⁺⁵⁰ – 39 ⁺⁵⁰	1400			Special - Kaap	DP 10 ⁺⁹⁰	2,9	0,8	5,0	-0,1	1,16	1,06	1,02	1,20	Buitenwaartse asverschuiving	1,20	1,16									
								EA 4	Katwoude	DP 25 ⁺⁵⁰ – 39 ⁺⁵⁰	DP 37 ⁺⁵⁰	3,1	0,6	5,0	-0,7	1,16	1,06	1,36	1,04	Binnenwaartse berm	1,20	1,16									
module 13	De Nes en Opperwoud	DP 54 – 72	EA 5	De Nes	28: Uitdammerdijk	DP 54 – 70	1600	EA 5	De Nes	DP 52 - 70	DP 59 ⁺⁹⁰	2,2	0,2	5,0	0,4	1,16	1,06	1,01	0,98	Buitenwaartse asverschuiving		1,22	1,17								
																							2,02								
																										Buitenwaartse asverschuiving	1,37	1,06			
																										Binnenwaartse berm	1,50	1,23			
Module 14	Uitdam-dorp	DP 72 - 81	EA 6	Opperwoud	28: Uitdammerdijk	DP 70 – 73 ⁺⁵⁰	350				DP 67 ⁺⁹⁰							0,99	1,02			1,33	1,19								
								EA 6	Opperwoud	DP 70 – 73 ⁺⁵⁰	DP 71 ⁺⁹⁰	3,7	1,3	5,0	-1,3	1,16	1,06	1,06	1,01	Buitenwaartse asverschuiving		1,30	1,25								
																								Buitenwaartse asverschuiving	1,17	1,31					
																										Binnenwaartse versterking	1,18	1,18			
module 15	Uitdammerdijk	DP 81 – 147 ⁺⁵⁰	EA 7	Uitdam	28: Uitdammerdijk	DP 73 ⁺⁵⁰ – 81	750				DP 74 ⁺⁹⁰			5,0		1,16	1,06														
								EA 7	Uitdam	DP 73 ⁺⁵⁰ – 81	DP 78 ⁺⁹⁰	3,9	1,3	5,0	-1,9	1,16	1,06	1,04	0,77	Buitenwaartse asverschuiving		1,59	1,16								
			EA 8	Uitdammer Die	28: Uitdammerdijk	DP 81 – 95	1600				DP 83 ⁺⁹⁰	3,8	1,2	5,0	-1,1	1,16	1,06	0,89	1,04	Buitenwaartse asverschuiving		1,31	1,27								
								EA 8B	Uitdammer Die	DP 95 - 97	Gecombineerd		1,26	1,20																	
			EA 9	Blijkmeer	28: Uitdammerdijk	DP 97 – 120	2300	EA 9	Blijkmeer	DP 97 – 120	DP 111 ⁺⁹⁰	3,8	1,1	5,0	-1,1	1,16	1,06	0,77	0,99	Gecombineerd		1,31	1,21								
											DP 120 ⁺⁹⁰	3,9	1,4	5,0	-1,4	1,16	1,06	0,88	0,74	Gecombineerd		1,34	1,29								
			EA 10	Kinselmeer	28: Uitdammerdijk	DP 120 – 141	2100	EA 10A	Kinselmeer	DP 120 – 130 ⁺⁵⁰													Gecombineerd	1,28	1,39						
								EA 10B	Kinselmeer	DP 130 ⁺⁵⁰ – 141	DP 134 ⁺⁹⁰	3,9	1,4	5,0	-1,4	1,16	1,06	1,12	0,96	Gecombineerd		1,17	1,11								
EA 11	Polder Ijdoorn	28: Uitdammerdijk	DP 141 – 149	800				Vakantiehuisjes	DP 136 ⁺⁹⁰	3,9	1,4	5,0	-1,4	1,16	1,06	1,26	0,86	Buitenwaarts asverschuiving		1,20	1,09										
																			</												

Resultaten 0-variant en Ontwerp

Fase - Voorbereiding DO

[illegible]

Ontwerpbasis Dijken DO

Projectomschrijving	Versterking Markermeerdijken		
Documentnummer	AMMD-003314		
Verantwoordelijk cluster	Ontwerp en Innovatie		
Werkpakket	WP-00116 - Voorbereiden DO Dijken		
Object	O-WK - Waterkerend systeem		
Versienummer	1.0	Versiedatum	25-10-2017



Inhoudsopgave

1	Algemeen	6
1.1	Scope	6
1.2	Doel	6
1.2.1	Het project	6
1.2.2	De ontwerpbasis dijken	6
1.3	Beschrijving van de objecten	6
1.4	Leeswijzer	11
2	Eisen Dijken	13
2.1	Afgeleide eisen van top eisen	13
2.2	KES eisen	15
2.3	Beheer en onderhoud eisen	16
2.4	Normen, richtlijnen en leidraden	20
3	Uitgangspunten Dijken	22
3.1	Geometrische uitgangspunten	22
3.1.1	Dijvakken en trajecten	22
3.1.2	Bestaande geometrie	23
3.2	Hydraulische uitgangspunten	24
3.2.1	Waterstanden	24
	Waterstand bij normfrequentie	24
	Val van hoogwater	25
	Polderpeil 25	
	Minimale buitenwaterstand	25
3.2.2	Golven (kruinhoogte)	25
3.2.3	Golven (bekleding)	31
3.2.4	Stroming	32
3.3	Geotechnische uitgangspunten	32
3.3.1	Bodemopbouw	32
3.3.2	Verkeersbelasting	33
3.3.3	Sterkteparameters	33
3.4	Zettingseisen	34

3.5	Geohydrologische uitgangspunten	35
3.5.1	Uitgangspunten geohydrologie kleidijk	35
3.5.2	Uitgangspunten geohydrologie zanddijk	37
3.5.3	Verloop waterspanningen	37
3.5.4	Respons	37
3.5.5	Val na hoogwater	38
3.6	Veiligheidsfilosofie	39
3.6.1	Faalkanseis op doorsnedeniveau	39
3.6.2	Faalkansruimte	39
3.6.3	Lengte-effectfactor	39
4	Ontwerpmethodiek	41
4.1	Faalmechanismen	41
4.2	Hoogte	42
4.2.1	Ontwerpkruinhoogte	42
4.2.2	Opleverhoogte	45
4.3	Bekleding	47
4.4	Wegen en wegbermen op dijken	47
4.5	Kruiend ijs	47
4.6	Piping	48
4.6.1	Opbarsten	48
4.6.2	Heave	49
4.6.3	Terugschrijdende erosie	49
4.7	Macrostabiliteit binnenwaarts en buitenwaarts tijdens de eindsituatie	50
4.7.1	Materiaalmodel	50
4.7.2	Partiële factoren	51
4.8	Macrostabiliteit tijdens de uitvoering	53
4.9	Microstabiliteit	54
4.10	Omgang NWO	54
4.10.1	Faalpaden gegeven intact NWO	56
4.10.2	Faalpaden gegeven gefaald NWO	56
5	Raakvlakkenbeheer	59
5.1	Aansluitingen op andere objecten	59

5.1.1	Gemalen	59
5.1.2	Oeverdijk	59
5.2	Beheer en onderhoud	59
6	Bijlagen	60
6.1	Numerieke uitwerking freatische lijn	60

1 Algemeen

1.1 Scope

De scope van de Alliantie Markermeerdijken laat zich goed omschrijven door Topeis 1 en 3. Vrij vertaald: De Markermeerdijk dient conform de Waterwet het achterland te beschermen tegen hydraulische condities in het Markermeer voor de komende 50 jaar (2071).

Met de Markermeerdijken wordt bedoeld het traject van Hoorn tot aan Durgerdam (zuid) dat in de tweede toetsronde is afgekeurd. De dijk is voornamelijk afgekeurd op stabiliteit binnenwaarts. Het afgekeurde traject is opgedeeld in modules en verder in secties. Elke sectie is conform het SE protocol van de alliantie ook een object. Een overzichtskaart en een tabel van de objecten staan op de volgende pagina.

De waterwet is in 1 januari 2017 gewijzigd. De uitwerking van deze wijziging van de waterwet is het OI (Ontwerpinstrumentarium) en het WBI (Wettelijke Beoordelingsinstrumentarium). Deze worden in de praktijk ook wel de Nieuwe Normering genoemd.

1.2 Doel

1.2.1 Het project

Het doel van het project is de dijk integraal te versterken zodat de dijk voor 50 jaar voldoet aan de gestelde eisen.

1.2.2 De ontwerpbasis dijken

De ontwerpbasis dijken geldt als basis voor het ontwerp van de dijken die onderdeel uitmaken van het project versterking Markermeerdijken. Het doel van de ontwerpbasis is:

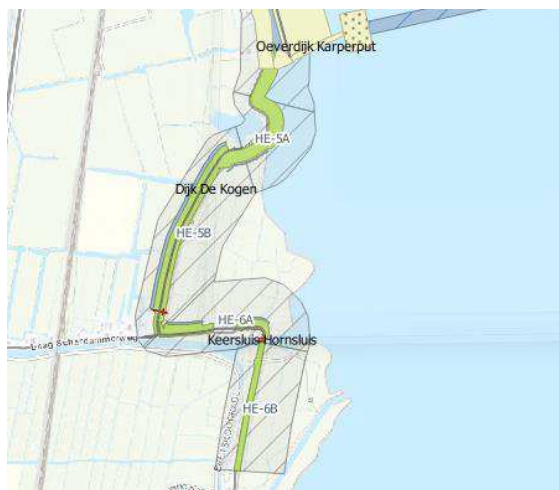
1. de kaders met betrekking tot de diepgang en de afbakening van het dijkontwerp binnen het project vaststellen;
2. in een vroeg stadium de te hanteren rekenmethoden en technieken kenbaar te maken en ter acceptatie aan te bieden om zo in een later stadium efficiënt te kunnen werken;
3. het vroegtijdig signaleren van eventuele hiaten in de kennis die benodigd is om de dijken te ontwerpen; en
4. vaststellen op welke keuzes en uitgangspunten het DO-ontwerp wordt gebaseerd.

1.3 Beschrijving van de objecten

De objecten waar deze ontwerpbasis betrekking op heeft, worden in deze paragraaf besproken. Per object wordt de ligging en de betreffende versterkingssecties beschreven en de bijzonderheden worden in het kort aangehaald. Veel van deze bijzonderheden kunnen worden gezien als aandachtspunt en/of raakvlak tijdens het ontwerp.



Object ID O-WK-HH-D01
 Object naam Dijk Hoorn Westerdijk
 Dijkvak 20
 Module 1
 Secties HE-1A, HE-1B
 Dijkpalen DP 5 tot DP 10⁺⁴⁰
 Bijzonderheden - Binnenstad Hoorn



Object ID O-WK-HH-D02
 Object naam Dijk De Kogen
 Dijkvak 20/21/22
 Module 4
 Secties HE-4, HE-5A, HE-5B, HE-6A, HE-6B
 Dijkpalen 20/21 - DP 61⁺⁵⁰ tot DP 78⁺⁵⁰
 22 - DP 0 tot DP 6
 Bijzonderheden - Aansluiting Oeverdijk
 - Gemaal Schardam
 - Keersluis Hornsluis + constructieve dijkversterking
 - Afwateringsduiker Rietkoog



Object ID O-WK-KL-D01
 Object naam Dijk Etersheimerbraak
 Dijkvak 22/23
 Module 5
 Secties HE-7A-1, HE 7A-2, HE-7A-3, HE-8B
 Dijkpalen DP 12 tot DP 27⁺⁵⁰
 Bijzonderheden Geen



Object ID	O-WK-ZV-D01
Object naam	Dijk Heintjesbraak en Warder
Dijkvak	23
Module	6
Secties	HE-8A1, HE-8A2, HE-8A3, HE-8A5, HE-8B, HE-9A, HE-9B1
Dijkpalen	DP 27 ⁺⁵⁰ tot DP 56
Bijzonderheden	- Constructieve Dijkversterking Gemaal Warder - Constructieve Dijkversterking zwembad Warder



Object ID	O-WK-ZV-D02
Object naam	Dijk Polder Zeevang
Dijkvak	23
Module	7
Secties	HE-9B2, HE-10A, HE-10B, HE-11A, HE-11B, HE-11C, HE-12A-a
Dijkpalen	DP 56 tot 106
Bijzonderheden	Geen



Object ID	O-WK-ZV-D03
Object naam	Dijk Haven Edam
Dijkvak	23/24
Module	8
Secties	HE-12A-b, HE-12B, EA-1A
Dijkpalen	23 - DP 106 tot DP 111 ⁺²⁰ 24 - DP 0 tot DP 3
Bijzonderheden	- Watersportvereniging de Zeevang



Object ID	O-WK-ZV-D04
Object naam	Dijk Broeckgouw Edam
Dijkvak	24
Module	9
Secties	EA-1B1, EA-1B2, EA-1B3, EA-2A
Dijkpalen	DP 3 tot DP 18
Bijzonderheden	- Constructieve dijkversterking gemaal Volendam



Object ID	O-WK-ZV-D05
Object naam	Dijk Noordeinde Volendam
Dijkvak	24
Module	10
Sectie	EA-2B
Dijkpalen	DP 18 tot DP 29
Bijzonderheden	- NWO woningen Volendam - Special



Object ID	O-WK-ZV-D06
Object naam	Dijk Pieterman
Dijkvak	25
Module	11
Secties	EA-3A, EA-3B
Dijkpalen	DP 1 tot DP 11
Bijzonderheden	- Vervuilde grond buitenwaarts bij EA-3A



Object ID	O-WK-GZ-D01
Object naam	Dijk Katwoude
Dijkvak	25
Module	12
Secties	EA-4A, EA-4B
Dijkpalen	DP 25 ⁺⁵⁰ tot DP 39 ⁺⁵⁰
Bijzonderheden	- Kunstwerk Inlaat Katwoude



Object ID	O-WK-WL-D01
Object naam	Dijk De Nes en Oppervoud
Dijkvak	28
Module	13
Secties	EA-5, EA-6 (tot DP 72)
Dijkpalen	DP 54 tot DP 72
Bijzonderheden	- Vakantiepark - Afwateringsduiker De Nes



Object ID	O-WK-WL-D02
Object naam	Dijk Uitdam Dorp
Dijkvak	28
Module	14
Secties	EA-6 (vanaf DP 72), EA-7A, EA-7B
Dijkpalen	DP 72 tot DP 81
Bijzonderheden	- NWO woningen Uitdam - Vernagelingstechniek - Laag draagvlak bewoners - Het dijkontwerp bij Uitdam dorp (EA-7A) krijgt een aparte (aanvullende) uitgangspuntennotitie en ontwerpnota.



Object ID	O-WK-WL-D03
Object naam	Dijk Uitdammerdijk
Dijkvak	28
Module	15
Secties	EA-8A1, EA-8A2, EA-8B, EA-9, EA-10A, EA-10B, EA-11 (tot DP 147 ⁺⁵⁰)
Dijkpalen	DP 81 tot DP 147 ⁺⁵⁰
Bijzonderheden	- Vakantiewoningen Kinselmeer (Noord en Zuid)

Durgerdam wordt volledigheidshalve toegevoegd, hiervoor is echter een apart projectplan gemaakt.



Object ID	O-WK-WL-D04
Object naam	Waterkering Durgerdam
Dijkvak	29
Module	16
Secties	EA-11 (vanaf DP 147 ⁺⁵⁰), EA-12A, EA-12B, EA-13
Dijkpalen	DP 147 ⁺⁵⁰ tot DP 163 ⁺⁵⁰
Bijzonderheden	- NWO woningen Durgerdam - Special / golfbreker - Laag draagvlak bewoners - Gemaal Polder IJdoorn - Het dijkontwerp bij Durgerdam dorp (EA-12A,B en 13) krijgt een aparte (aanvullende) uitgangspuntennotitie en ontwerpnota.

1.4 Leeswijzer

Deze ontwerpbasis dijken is op delen weer een samenvatting van onderliggende ontwerpbases, te weten:

- AMMD-003182 - Ontwerpbasis hydraulische randvoorwaarden (DO2);
- AMMD-003757 - Ontwerpbasis sterkteparameters;
- AMMD-003443 - Ontwerpbasis zetting DO;
- AMMD-003275 - Ontwerpbasis bekleding DO.

De onderliggende ontwerpbases zijn onderdeel van het dijkontwerp en onderbouwen gedetailleerd de uitgangspunten.

Tevens zijn er diverse notities opgesteld over deelonderwerpen in ontwerpkeuzes. De notities zijn gebruikt als werkdokument en de belangrijkste zijn:

- AMMD-003109 - Niet Waterkerende Objecten;
- AMMD-003778 - Aanscherping methode voor de overgang van harde bekleding naar gras;
- AMMD-003181 - Bodemopbouw voor piping analyse;
- AMMD-003165 - Voorgenomen besluit overslagdebiet;
- AMMD-003454 - Zand in de kern / korrelstabiliteit;

De ontwerpbasis dijken is in principe een vervanging van deze notities (tenzij er naar verwezen wordt). De overige notities zijn hierdoor ter informatie waarin de achtergrond van de ontwerprandvoorwaarden en uitgangspunten wordt toegelicht.

Deze ontwerpbasis begint met de eisen die aan de dijk gesteld worden, dit is een belangrijk kader voor het ontwerp. De meest up to date versie van de eisen staan in VISE.

2 Eisen Dijken

Alle eisen aan de dijken zijn opgenomen in VISE en worden ook binnen dat systeem aangetoond. Wel worden de eisen opgenomen in deze ontwerpbasis ter duiding van gemaakte keuzes en ontwerputgangspunten.

Basisset dijkobjecten

Veel eisen zijn gekoppeld aan alle dijkobjecten. Om de leesbaarheid van de tabellen te vergroten is in deze gevallen een basisset dijkobjecten gedefinieerd waarnaar wordt gerefereerd. Deze staat opgenomen in onderstaande tabel:

Tabel 1: Basisset dijkobjecten

Object-ID	Object
O-WK-GZ-D01	Dijk Katwoude
O-WK-HH-D01	Dijk Hoorn Westerdijk
O-WK-HH-D02	Dijk De Kogen
O-WK-KL-D01	Dijk Etersheimerbraak
O-WK-WL-D01	Dijk De Nes en Opperwoud
O-WK-WL-D02	Dijk Uitdam dorp
O-WK-WL-D03	Dijk Uitdammerdijk
O-WK-ZV-D01	Dijk Heintjesbraak en Warder
O-WK-ZV-D02	Dijk Polder Zeevang
O-WK-ZV-D03	Dijk Haven Edam
O-WK-ZV-D04	Dijk Broeckgouw Edam
O-WK-ZV-D05	Dijk Noordeinde Volendam
O-WK-ZV-D06	Dijk Pieterman

2.1 Afgeleide eisen van top eisen

Eis-ID	Eis	Actuele Eistekst (15-3-17)	Object-ID
E-00321	Archeologische vrijgave bij zettingen en verticale drainage	Bij zettingen danwel de toepassing van verticale drainage op locaties waar sprake is van een speciaal aandachtsgebied in het kader van archeologie, dient vrijgave voor uitvoering te worden verleend door archeologie middels waardestellend onderzoek.	Basisset dijkobjecten
E-00322	Dijkzone dijken	De dijkversterking dient ontworpen te worden binnen het ruimtebeslag (inclusief hoogte) zoals gedefinieerd in de ruimtelijk onderbouwing.	Basisset dijkobjecten

Eis-ID	Eis	Actuele Eistekst (15-3-17)	Object-ID
E-00323	Kruiend ijs	In het ontwerp van waterbouwkundige bekledingen dient rekening gehouden te zijn met belastingen ten gevolge van kruiend ijs conform B4 punt (i) van de basisrapportage Leidraad Zee- en Meerdijken.	Basisset dijkobjecten
E-00324	Fiets- en wandelpaden	Het dijkontwerp dient te voorzien in de aanleg van doorlopende fiets- en wandelpaden.	Basisset dijkobjecten
E-00325	Verhardingen bestand tegen overslagdebiet en golfaanval	Aansluitingen van verhardingen op de dijkbekleding (wandel-, fiets- en onderhoudspaden) dienen bestand te zijn tegen het geldende overslagdebiet (op kruin en binnendijkse zijde) en tegen golfaanval (aan de buitendijkse zijde).	Basisset dijkobjecten
E-00326	Sterkte dijken bij oplevering	De versterkte dijken dienen vanaf de opleverdatum (of eerder), de hydraulische belastingen gedurende de vereiste levensduur te kunnen keren.	
E-00327	Restzettingsverschillen dijken met autoweg	Tot 10 jaar na de ingebruikname dienen de geprognoseerde restzettingsverschillen van de wegen voor snelverkeer in de langsrichting beperkt te blijven tot maximaal 0,05 m over 25 m.	
E-00328	Restzetting dijken	De kruin van de dijk dient na oplevering maximaal een restzetting van 0,50 m te hebben (tot einde zettingsperiode).	
E-00330	Aansluiting gemaal Schardam	De ontwerpgeometrie ter plaatse van Gemaal Schardam in sectie HE-6A dient niet af te wijken van het profiel zoals opgenomen in tekening 'Indicatie aanpassing dijkprofiel t.p.v. Gemaal'.	
E-00331	Migratiestrook kleine zoogdieren	Op de binnenberm van de dijk bij polder Zeevang (sectie HE_09B tot en met HE-12) dient ecologisch maaibeheer toegepast te worden om de hele zomer een migratiestrook voor kleine zoogdieren, insecten en ringslangen te behouden.	
E-00332	Terugbrengen (bredere) fietsverbindingen	In Modules 13, 14 en 15 dienen de fietspaden (breder) teruggebracht te worden	

Eis-ID	Eis	Actuele Eistekst (15-3-17)	Object-ID
E-00333	Wandel- en fietsverbinding Westerdijk	In het ontwerp van de dijk tussen de Schouwborg en het Visserseiland dient rekening gehouden te worden met een wandel- en fietsverbinding langs de Westerdijk.	
E-00334	Cultuurhistorische waarden Zeevang	De dijken langs de Polder Zeevang dienen te voorzien in de aanleg van maximaal 4 inrichtingselementen die de cultuurhistorische waarde van de dijk accentueren.	

2.2 KES eisen

Eis-ID	Eis	Actuele Eistekst (15-3-17)	Object-ID
E-00134	Bereikbaarheid zwembad en KNRM	De bereikbaarheid van het zwembad en de KNRM dient voor alle gebruikers te allen tijde gewaarborgd te zijn.	O-WK-ZV-D01
E-00135	Recreatieve uitzichtpunt Floriskoog	De functionaliteit van het huidige recreatieve uitzichtpunt op Sectie HE-06 Floriskoog dient behouden te zijn.	O-WK-HH-D02
E-00151	Cultuur historische waarden Oorgat	De cultuurhistorische waarden op het Oorgat (sluiswachterswoning, Stelling van Amsterdam) dienen onaangetast te zijn.	O-WK-ZV-D02
E-00152	Inpassing sectie HE-11B, C en HE-12A	De inpassing tussen de secties: Sectie HE-11B + C Grote Braak en Sectie HE-12A Fort Edam dient te zijn ingepast conform XXX	O-WK-ZV-D02
E-00154	Functionaliteit HE-01 terugbrengen	Bestaande functionaliteit in Sectie HE-01 Binnenstad Hoorn dienen te zijn teruggebracht conform SOK-ontwerp zie doc. XXX.	O-WK-HH-D01
E-00155	Behouden monumentale bomen	De monumentale bomen op het oostelijk gedeelte van de Westerdijk dienen te worden behouden;	O-WK-HH-OH-BD
E-00156	Fiets-/voetpad HE-01	Fiets-/voetpad in Sectie HE-01 Binnenstad Hoorn dienen (incl. fysieke scheiding?) 5 meter breed op het buitentalud van de Westerdijk te zijn gerealiseerd, en De fiets-/voetpad in Sectie HE-01 Binnenstad Hoorn dienen fysiek gescheiden te zijn.	O-WK-HH-D01

Eis-ID	Eis	Actuele Eistekst (15-3-17)	Object-ID
E-00160	Bereikbaarheid woningen HE-09A en B	De woningen en bedrijven in de Secties HE-09A en B Warder dienen tijdens de werkzaamheden bereikbaar te zijn. (voor gemotoriseerd verkeer?)	O-WK-ZV-D01 O-WK-ZV-D02
E-00163	Alignement versterkte berm	Het alignement van de versterkte berm op traject EA7b, EA8a en EA8B dient geen rechte lijn te zijn.	O-WK-WL-D02 O-WK-WL-D03
E-00169	Waarden Uitdam	Bij de dijkversterkingsmaatregelen bij Uitdam dient rekening te zijn gehouden met de waarden op het gebied landschap, natuur en cultuurhistorie; conform de eisen uit document "XXX".	O-WK-WL-D02
E-00172	Vakantiepark Jachthaven Uitdam	Tijdens ontwerp en realisatie dient rekening te zijn gehouden met de ontwikkeling van een vakantiepark met het zwemparadijs bij camping Jachthaven Uitdam.	O-WK-WL-D02
E-00173	Buitenwaardse verontreiniging HE-03	Er dienen, in overleg met Realistatie, maatregelen getroffen te worden om de Buitenwaardse Verontreiniging in sectie HE-3 zo min mogelijk te verspreiden.	O-WK-HH-GW-BD
E-00180	Voortbouwen havenuitgang Edam	In het ontwerpproces dient het ontwerp nabij de havenuitgang Edam voort te bouwen op uitkomsten ateliers Edam (dec2014) Corsa 15.3418	O-WK-ZV-D03 O-WK-ZV-D04
E-00265	Noordse stenen behouden	De Noordse stenen dienen als dijkbekleding behouden of teruggebracht te worden conform de Parelkaart.	Basisset dijkobjecten
E-00266	Kwetsbare fundering boerderij Warder	Gedurende de uitwerking van de overgang naar buitenwaarts, ter hoogte van kruispunt Warder, dient rekening gehouden te worden met de kwetsbare fundering van boerderij Warder.	O-WK-ZV-D01
E-00267	Strandje bij Willempie	Bij 'Willempie' op het Noordeinde dient het bestaande strandje terug te keren.	O-WK-ZV-D05
E-00278	Maaiveld bij Gemaal Schardam	Het maaiveld moet na afronding van de toekomstige dijkversterking afwaterend (1:50) richting uitwateringskanaal van het Gemaal Schardam worden aangebracht.	O-WK-HH-D02
E-00285	Dijktrappen met fietsgoot	Dijktrappen dienen teruggeplaatst te worden en bij voorkeur met een fietsgoot uitgevoerd te worden. Daarmee kunnen fietsers van de binnenberm naar de kruin van de dijk komen, wanneer daar een fietspad loopt.	Basisset dijkobjecten

2.3 Beheer en onderhoud eisen

Eis-ID	Eis	Actuele Eistekst (15-3-17)	Object-ID
E-00027	Geen nieuwe bomen op waterkering	Er dienen geen nieuwe aanplant van bomen op de waterkering te worden geplaatst.	Basisset dijkobjecten
E-00028	Waterveiligheid	De waterveiligheid bij de dijkversterking dient te allen tijde gewaarborgd te zijn.	Basisset dijkobjecten + O-WK-HH-GW-BD O-WK-HH-KP-BD O-WK-HH-OH-BD O-WK-WL-D05
E-00031	Grasmat aanslaan	De grasbekleding dient na het moment van overdracht binnen maximaal vier jaar volledig aangeslagen zijn. Hierover dienen afspraken gemaakt te worden met de opdrachtnemer.	Basisset dijkobjecten + O-WK-HH-GW-BD O-WK-HH-KP-BD O-WK-HH-OH-BD O-WK-WL-D05
E-00035	Voorzieningen met negatieve invloed minimaliseren.	Er dient gestreefd te worden naar zo min mogelijk voorzieningen die een negatieve invloed hebben op de waterveiligheid.	Basisset dijkobjecten
E-00037	Functies behouden tijdens werkzaamheden	Tijdens de werkzaamheden dienen alle functies van het systeem (d.w.z. waterkering, watersysteem) geborgd te zijn.	Basisset dijkobjecten
E-00039.3	Opleveren tekeningen	Tekeningen van de nieuwe waterkering, inclusief aansluitingen op de bestaande keringen dienen opgeleverd te worden in shape of autocad-format en als pdf.	Basisset dijkobjecten
E-00039.4	Opleveren berekeningen	Onderbouwing van de nieuwe waterkering, inclusief aansluitingen op de bestaande keringen wordt vastgelegd door geotechnisch rapport inclusief rekenfiles voor Mstab e.o. en piping/kwelberekeningen.	Basisset dijkobjecten
E-00039.5	Wijzigingen legger	De legger dient geactualiseerd te worden volgens het document: [Corsa ref: 15.0029422].	Basisset dijkobjecten
E-00041.1	Bereikbaarheid kruin voor inspectie	De kruin van de waterkering dient onder alle omstandigheden bereikbaar te zijn voor reguliere inspectie. Kruin dient vrij te zijn van obstructies.	Basisset dijkobjecten
E-00041.2	Maximale belasting kruin	De kruin van de waterkering dient ten tijde van maatgevende condities inspecteerbaar te zijn. Hiertoe moet in het ontwerp rekening gehouden worden met een verkeersbelasting ten tijde van maatgevend hoogwater van 5 kPa over een breedte van 1,5 m.	Basisset dijkobjecten

Eis-ID	Eis	Actuele Eistekst (15-3-17)	Object-ID
E-00042	Steenbekleding niet afdekken	Indien steenbekleding bij de oeverdijk wordt toegepast dient deze goed zichtbaar te zijn en niet afgedekt.	O-WK-HH-OH-BD
E-00043	Bereikbaarheid en onderhoudbaarheid	Het object dient goed bereikbaar te zijn en te onderhouden met gangbaar, niet specialistisch materieel. Onderhoud moet mogelijk uitvoerbaar zijn door meerdere partijen, concurrentie moet mogelijk zijn.	Basisset dijkobjecten + O-WK-HH-GW-BD O-WK-HH-KP-BD O-WK-HH-OH-BD O-WK-WL-D05
E-00044	Onderhoudstrook binnendijks	Als onderhoudstrook wordt er binnendijks een obstakelvrije strook aangehouden van minimaal 5m breed, liggend tussen de insteek watergang en de teen van het talud. Deze strook wordt als beschermingszone opgenomen in de legger.	Basisset dijkobjecten + O-WK-HH-GW-BD O-WK-HH-KP-BD O-WK-HH-OH-BD O-WK-WL-D05
E-00045	Bereikbaarheid steenbestorting	Steenbekleding dient te worden onderhouden vanaf een goed bereikbaar inspectiepad of vlakke berm, met daarvoor geschikt materieel. Voor specificaties zie eistoelichting	Basisset dijkobjecten + O-WK-HH-GW-BD O-WK-HH-KP-BD O-WK-HH-OH-BD O-WK-WL-D05
E-00048	Levensduur niet vervangbare elementen	Niet of moeilijk vervangbare elementen zoals teenopsluiting en andere overgangsconstructies dienen minimaal gedurende de ontwerp levensduur van de waterkering mee te gaan, waarbij geen schade toelaatbaar is.	Basisset dijkobjecten
E-00049	Onderhoud kritieke elementen	Kritieke elementen dienen zo te worden ontworpen dat preventief onderhoud (levensduur verlengend) is uit te voeren. Falende of kapotte kritieke elementen hebben direct invloed op de waterveiligheid of functie van de kering tot gevolg. Onder kritieke elementen wordt verstaan elementen met de functie: bescherming tegen erosie, recreatie, peilregulering, wegverhardingen, nutsvoorzieningen.	Basisset dijkobjecten
E-00054	Vormgeving kruin: afwatering	De bovenzijde van een nieuw aan te brengen kruin dient natuurlijk af te wateren door middel van een afwerking met een tonrond profiel (3,0 centimeter op 1,0 meter).	Basisset dijkobjecten
E-00055	Bekleding dijk	Een dijk dient bij voorkeur met grasbekleding te worden bekleed. Indien dit niet mogelijk is kan hiervan worden afgeweken met steen- of asfalt bekledingen.	Basisset dijkobjecten + O-WK-HH-GW-BD O-WK-HH-KP-BD O-WK-HH-OH-BD O-WK-WL-D05

Eis-ID	Eis	Actuele Eistekst (15-3-17)	Object-ID
E-00056	Nieuw grastalud	Een nieuw grastalud dient niet bemest te worden, dient ingezaaid te worden met inheems grassen-kruidenmengsel vegetatietypen 'soortenrijke kamgrasweide' en 'soortenrijk hooiland'. Algemeen in Nederland wordt Dijkenmengsel D1 (beweiding) en D2 (hooiland) gebruikt. Deze dient aangevuld te zijn met 10% kruidenmengsel (Margrietengmengsel nr.1 (firma Biodivers)) Mengsel is locatiespecifiek (beweiden of maaien, in overleg met gebiedsbeheer)	Basisset dijkobjecten
E-00057	Beheer grasbekleding	De grasbekleding dient beheerd te kunnen worden volgens het beheerregime natuur technisch beheer.	Basisset dijkobjecten
E-00061	Vormgeving bermen: afwatering	De bovenzijde van nieuw aan te leggen bermen dienen, in verband met afwatering, onder een helling van 1:20 te worden gerealiseerd.	Basisset dijkobjecten
E-00062	Waterafvoer op dijk	De waterafvoer op en in de dijk dient gereguleerd te zijn om verweking te voorkomen door toepassing dijksloot. Indien afwatering met een dijksloot onmogelijk is wordt overgegaan op drainage of een andere oplossing.	Basisset dijkobjecten
E-00063	Veiligheidsmaatregelen tijdens uitvoering	Er dienen maatregelen te zijn getroffen om de waterveiligheid ten tijde van graaf- en bouwwerkzaamheden aan primaire keringen bij dreigend hoogwater te kunnen blijven garanderen. Deze werkzaamheden dienen niet plaats te vinden tijdens het stormseizoen (van 15 oktober tot aan 15 april), bij uitzondering als het de waterveiligheid kan bieden of maximaal 1 dag betreft wanneer geen hoogwater dreigt.	Basisset dijkobjecten
E-00072	Toetsen ontwerpmethodes	De toegepaste ontwerpmethodiek dient toetsbaar te zijn. Toetsen op maat dient zoveel mogelijk te worden voorkomen.	Basisset dijkobjecten
E-00075	Voorschrift toetsen op veiligheid	Het geldende Voorschrift Toetsen op Veiligheid Primaire Waterkeringen, de Leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen en beleidsregels Watervergunningen van het hoogheemraadschap zijn van toepassing	Basisset dijkobjecten
E-00076	Handhaven bestaande onverharde paden	Daar waar onverharde wandelpaden over de kruin van de bestaande dijk lopen dient in de eindsituatie deze functie van de kruin behouden te blijven.	Basisset dijkobjecten

Eis-ID	Eis	Actuele Eistekst (15-3-17)	Object-ID
E-00084.1	Toegangsspade n waterkering afsluiten voor motorverkeer	Toegangspaden dienen gesloten te zijn voor motorvoertuigen. Er dienen maatregelen (bijv. borden, slagbomen, klaphekken...) te worden getroffen om de toegankelijkheid van toegangspaden voor gemotoriseerd verkeer te hinderen. Toegangspaden mogen alleen worden gebruikt door fietsers en voetgangers en vergunninghouders (toegang via pasje of sleutel; afhankelijk van type hek/afrastering).	Basisset dijkobjecten
E-00109	Faciliteiten agraris ch medegebruik	De waterkering dient agrarisch medegebruik te kunnen faciliteren volgens beleidsnota Waterkeringen '12-17. Dit geldt alleen voor primaire keringen enkel buiten stormseizoen.	Basisset dijkobjecten
E-00109b	Bescherming gras op waterkering	Vee kan het gras op de waterkering negatief beïnvloeden. Dat dient te worden ondervangen door hekken en poorten te plaatsen.	Basisset dijkobjecten

2.4 Normen, richtlijnen en leidraden

Top eis 5 (TP-05), over de ontwerpvoorschriften, leidraden en richtlijnen, is een gebruikelijk eis die onderbouwd wordt met deze ontwerpbasis. Het OI2014v4 is de vigerende norm in het DO. Tabel 2 geeft een overzicht van alle van toepassing zijnde leidraden waarvan velen zijn opgesteld voor de normwijziging, desalniettemin zijn de leidraden nog wel toepasbaar.

Tabel 2: vigerende leidraden

Titel	Datum/versie	Organisatie
Addendum I bij de Leidraad Rivieren	2008	ENW
Addendum bij het Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies	2007	ENW
Handreiking Constructief Ontwerpen	1994	TAW
Leidraad Rivieren	2007	ENW
NEN 9997-1+C1 - Geotechnisch ontwerpen van constructies	2012	NEN
Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies	2001	TAW
Technisch Rapport Zandmeevoerende Wellen	1999-a	TAW
Technisch Rapport Waterspanningen bij Dijken	2004	TAW
Technisch Rapport Golfoploop en golfoverslag bij dijken	2002	TAW
Technisch Rapport Ruimtelijke Kwaliteit (TRRK)	2007-c	ENW
Leidraad Kunstwerken	2003	TAW
Leidraad zee- en meerdijken	1999	TAW
Addendum I bij de Leidraad zee- en meerdijken	2009	ENW
Leidraad Kunstwerken	2003	TAW
Leidraad zee- en meerdijken	1999	TAW
Addendum I bij de Leidraad zee- en meerdijken	2009	ENW
Nationaal Waterplan 2016-2021	2015	IenM

Titel	Datum/versie	Organisatie
OI2014v4 – Handreiking ontwerpen met overstromingskansen - Veiligheidsfactoren en belastingen bij nieuwe overstromingskansnormen	2017	RWS WVL
Waterwet geldend van 14-04-2016 t/m heden. http://wetten.overheid.nl/BWBR0025458	21 april 2016	

3 Uitgangspunten Dijken

De ontwerpuitgangspunten voor dijken zijn verdelen in de volgende subgroepen:

- Geometrische uitgangspunten
 - o Dijkvakken en trajecten
 - o Geometrie
 - o Principe ontwerpprofielen
- Hydraulische uitgangspunten
 - o Waterstanden
 - o Golven en
 - o stroming
- Geotechnische uitgangspunten
 - o Grondinterpretatie
 - o Bovenbelastingen op dijken
 - o Sterkteparameters
- Zettingseisen
 - o Zettingsparameters
- Geohydrologische uitgangspunten

In dit hoofdstuk wordt in paragraaf 3.6 ook de uitgangspunten voor de veiligheidsfilosofie toegelicht.

3.1 Geometrische uitgangspunten

3.1.1 Dijkvakken en trajecten

In tabel 3 staan onder andere de dijkvakindeling en het trajectnummer conform de waterwet. Binnen dijkvakken zijn secties onderscheiden. In secties 2A tot en met 4 van dijkvak 20 is de Oeverdijk voorzien. Voor deze secties wordt geen dijkontwerp opgesteld. De ontwerpseisen aan deze sectie wordt verwezen naar de ontwerpbasis Oeverdijk [AMMD-002796 - Ontwerpbasis Oeverdijk DO].

Tabel 3: Sectie-indeling DO

Tracé	Dijkvak	Sectie	van dp	tot dp	Lengte [m]	Traject
Hoorn-Edam (HE)	20	1	5.0	10.4	540	13-7
		2A	14.0	26.0	1200	
		2B	26.0	29.0	300	
		2C	29.0	34.0	500	
		3A	34.0	39.5	550	
		3B1	39.5	46.0	650	
		3B2	46.0	53.0	700	
		4	53.0	61.5	850	
		5A	61.5	66.0	450	
		5B	66.0	74.0	800	
	21/22	6A	74.0	1.0	450	13-8
	22	6B	1.0	6.0	500	

Tracé	Dijkvak	Sectie	van dp	tot dp	Lengte [m]	Traject
	22/23	7A1	12.0	16.0	400	
		7A2 - 7A3	16.0	22.5	650	
	23	7B	22.5	27.5	500	
		8A1 - 8A2	27.5	34.5	700	
		8A3 - 8A5	34.5	39.0	450	
		8B	39.0	48.5	950	
		9A	48.5	52.0	350	
		9B	52.0	62.5	1050	
		10A	62.5	66.0	350	
		10B	66.0	78.5	1250	
		11A	78.5	85.0	650	
		11B	85.0	89.0	400	
		11C	89.0	95.0	600	
		12A1	95.0	106.0	1100	
		12A2	106.0	109.0	300	
		12B	109.0	111.2	220	
Edam-Amsterdam (EA)	24	1A	0.0	3.0	300	13-9
		1B - 1C	3.0	15.0	1200	
		2A - 2B	15.0	24.0	900	
		2C	24.0	29.0	500	
	25	3A	1.0	6.0	500	
		3B	6.0	11.0	500	
		4A	25.5	27.0	150	
		4B	27.0	39.5	1250	
	28	5	54.0	70.0	1800	
		6	70.0	73.5	350	
		7	73.5	81.0	750	
		8A1	81.0	83.5	250	
		8A2	83.5	95.0	1150	
		9	95.0	120.0	2500	
		10	120.0	141.0	2100	
		11	141.0	149.0	800	
		12A	149.0	152.0	300	
		12B	152.0	157.5	550	
		13	157.5	163.0	550	

3.1.2 Bestaande geometrie

De hoogte van de dijk en de diepte van het voorland of vooroever is bepaald op basis van de volgende informatiebronnen:

1. Hoogte, bron DTM, ingewonnen op 17-03-2016;
2. Slootdiepte, bron Waterlopen Bodem, ingewonnen in mei 2017;
3. Diepte, bron Periplus in opdracht van HHNK (2014);
4. Diepte, bron Rijkswaterstaat (2013).

Deze data staat ter beschikking in het uitgebreide GIS systeem van de Alliantie Markermeerdijken. De maatgevende geometrie van de dijk is afhankelijk van het faalmechanisme.

3.2 Hydraulische uitgangspunten

Hydraulische randvoorwaarden bestaan uit:

- waterstanden (§ 3.2.1);
- golfbelasting (§ 3.2.2 kruinhoogte en § 3.2.3 bekleding); en
- stroming (§ 3.2.4).

Deze paragraaf presenteert de waarden die zijn berekend met Hydra-NL en staan uitgewerkt in AMMD-003182 Ontwerpbasis Hydraulische Randvoorwaarden (DO2). Er is afgesproken om regelmatig de HR te controleren met Riskeer / RingToets (en eventueel aan te passen)¹.

3.2.1 Waterstanden

Er zijn verschillende waterstanden van belang voor het ontwerp, deze zijn:

- waterstand bij normfrequentie in het zichtjaar 2071 voor stabiliteit;
- val na hoogwater;
- polderpeil;
- minimale buitenwaterstand.

De waterstanden worden hieronder toegelicht.

Waterstand bij normfrequentie

Tabel 4 presenteert de maatgevende waterstand voor het faalmechanisme stabiliteit en piping in het zichtjaar 2071 per sectie.

Tabel 4 Waterstand voor stabiliteit in het zichtjaar 2071

Sectie	Sectionaam	Dijkpaal-nummers	Waterstand bij normfrequentie [m+NAP]
HE 1	Hoorn – Binnenstad	DP 5- 10+40	0,9
HE 2	Hoorn – Grote Waal	DP 14 – 34	0,9
HE 3	De Hulk	DP 34 – 53	0,9
HE 4	De Karperput	DP 53 – 63	0,9
HE 5	Rietkoog	DP 63 – 74	0,8
HE 6	Floriskoog	DP 74 – 06	0,8
HE 7	Etersheimerbraak	DP 12 – 27+50	0,8
HE 8	Heintjesbraak	DP 27+50 – 49	0,8
HE 9	Warder	DP 49 – 62+50	0,8
HE 10	Zandbraak	DP 62+50 – 78+50	0,8
HE 11	Grote Braak	DP 78+50 – 95	0,8
HE 12	Fort Edam	DP 95 -111+20	0,8
EA 1	Edam/Volendam	DP 0 – 16	0,8
EA 2	Noordeinde	DP 16 – 29	0,8
EA 3	Pieterman	DP 1 – 11	0,8
EA 4	Katwoude	DP 25+50 – 39+50	0,8

¹ achtergrond is het discussiestuk AMMD-003604 en het Advies vakgroep Waterveiligheid: Uitgangspunten versterking, registratienummer 17.0078736 datum 4 juli 2017.

EA 5	De Nes	DP 54 – 70	0,8
EA 6	Opperwoud	DP 70 – 73+50	0,8
EA 7	Uitdam	DP 73+50 – 81	0,8
EA 8	Uitdammer Die	DP 81 – 97	0,8
EA 9	Blijkmeer	DP 97 – 120	0,8
EA 10	Kinselmeer	DP 120 – 141	0,9
EA 11A-1	Polder IJdoorn	DP 141 – 143+50	0,9
EA 11A-2	Polder IJdoorn	DP 143+50 – 149	1,1
EA 12	Durgerdam	DP 149 – 157+50	1,1
EA-13	Durgerdam-Westeind	DP 157+50 – 163	1,1

Val van hoogwater

De val na hoogwater is nodig voor de beoordeling van de stabiliteit van het buitentalud. De buitenwaterstand zakt naar de dagelijkse waterstand, zijnde minimale buitenwaterstand.

Polderpeil

De polder binnendijs wordt bemalen en heeft een gereguleerd peil. Het polderpeil heeft invloed op het verval over de waterkering en de freatische lijn door de waterkering.

Het uitgangspunt zijn de huidige winterpolderpeilen zoals deze in het GIS systeem.

Minimale buitenwaterstand

De minimale buitenwaterstand is het winterpeil in het Markermeer van NAP -0,4 m. Dit minimum peil wijzigt niet komende 50 jaar, het peil is gereguleerd.

3.2.2 Golven (kruinhoogte)

De golfbelasting is afhankelijk van het faalmechanisme waarvoor het maatgevend is, dat kan zijn hoogte (1/8.333 jaar), stabiliteit binnenwaarts (1/1.000 jaar) en stabiliteit bekleding (1/1.000 jaar).

De golfcondities voor het faalmechanisme hoogte en stabiliteit binnenwaarts worden vertaald naar een kruinhoogte. De kruinhoogte staat in deze paragraaf 3.2.2 Golven(kruinhoogte). De golfbelasting voor bekleding staat in paragraaf 3.2.3 Golven (bekleding).

Tabel 5 presenteert dus niet de golfcondities bij de maatgevende omstandigheid, maar de kruinhoogte bij een toelaatbaar overslagdebiet van $q=0,1 / 1,0 / 5 \text{ l/s/m}$ bij verschillende terugkeertijden.

In de vorige versie van HYDRA (HYDRA-Zoet) moest de kruinhoogte bepaald worden met PC-Overslag aan de hand van de golfcondities. Met HYDRA-NL is de overslagmodule verwerkt in de software, waardoor we kunnen volstaan met de kruinhoogte zelf. De buitentaludhelling is het huidige buitentalud. In de volgende tabel, Tabel 6, staat de kruinhoogte bij een buitentalud van 1:3. Meestal is het huidige talud iets flauwer dan 1:3 en is de kruinhoogte dus lager.

Tabel 5 HBN bij een terugkeertijd van 1.000 en 8.333 jaar voor het huidige buitentalud inclusief onzekerheid en meerpeilslingering

Talud huidig	T=1.000 jaar q=0,1 l/s/m [m + NAP]	T=1.000 jaar q=1,0 l/s/m [m + NAP]	T=8.333 jaar q=0,1 l/s/m [m + NAP]	T=8.333 jaar q=1,0 l/s/m [m + NAP]	T=8.333 jaar q=5,0 l/s/m [m + NAP]
HE-1A_1	3,4	2,7	3,9	3,1	2,6
HE-1A_2	3,3	2,6	3,9	3,1	2,6
HE-1B	3,5	2,8	4,1	3,3	2,7
HE-2A tot HE-4	oeverdijk	oeverdijk	oeverdijk	oeverdijk	oeverdijk
HE-4_2	4,2	3,3	4,8	3,7	3,0
HE-5A-1	4,1	3,2	4,6	3,6	2,9
HE-5A-2_1	4,2	3,2	4,7	3,7	3,0
HE-5A-2_2	1,9	1,6	2,4	2,0	1,7
HE-5B_1	1,8	1,5	2,2	1,9	1,6
HE-5B_2	1,5	1,3	1,9	1,6	1,5
HE-6A_1	1,2	1,1	1,5	1,4	1,3
HE-6A_2	1,3	1,2	1,7	1,5	1,4
HE-6B	1,5	1,3	1,9	1,6	1,5
HE-7A1_1	1,4	1,2	1,8	1,6	1,4
HE-7A1_2	1,4	1,2	1,8	1,6	1,4
HE-7A2	1,4	1,3	1,8	1,6	1,5
HE-7A3	1,5	1,3	1,9	1,6	1,5
HE-7B	1,8	1,5	2,3	1,9	1,7
HE-8A1_1	1,7	1,4	2,2	1,8	1,6
HE-8A1_2	4,1	3,2	4,6	3,6	2,9
HE-8A2	4,1	3,2	4,6	3,6	2,9
HE-8A3	4,1	3,2	4,6	3,6	2,9
HE-8A4	4,2	3,3	4,8	3,7	3,0
HE-8A5	4,1	3,2	4,6	3,6	2,9
HE-8B-1_1	2,3	1,8	2,8	2,2	1,9
HE-8B-1_2	1,5	1,3	2,0	1,7	1,5
HE-8B-2	1,3	1,1	1,7	1,5	1,4
HE-8B-3	2,1	1,6	2,6	2,1	1,8
HE-8B-4	3,6	2,8	4,0	3,2	2,6
HE-9A	3,7	2,9	4,1	3,3	2,7
HE-9B1_1	3,9	3,0	4,4	3,4	2,8
HE-9B1_2	4,0	3,1	4,6	3,6	2,9
HE-9B2-1	4,0	3,1	4,6	3,6	2,9
HE-9B2-2_1	3,8	3,0	4,3	3,4	2,8
HE-9B2-2_2	3,8	3,0	4,3	3,4	2,8
HE-10A	4,0	3,1	4,6	3,6	2,9
HE-10B1	4,0	3,1	4,6	3,6	2,9
HE-10B2-1	4,1	3,2	4,7	3,7	3,0
HE-10B2-2	4,0	3,1	4,5	3,5	2,9
HE-11A_1	3,8	2,9	4,3	3,4	2,7
HE-11A_2	2,3	1,8	2,9	2,3	1,9
HE-11A_3	3,7	2,9	4,2	3,3	2,7
HE-11B_1	3,5	2,7	4,0	3,1	2,6

Talud huidig	T=1.000 jaar q=0,1 l/s/m [m + NAP]	T=1.000 jaar q=1,0 l/s/m [m + NAP]	T=8.333 jaar q=0,1 l/s/m [m + NAP]	T=8.333 jaar q=1,0 l/s/m [m + NAP]	T=8.333 jaar q=5,0 l/s/m [m + NAP]
HE-11B_2	3,8	2,9	4,3	3,4	2,7
HE-11C	3,7	2,9	4,2	3,3	2,7
HE-12A1	2,2	1,7	2,8	2,2	1,8
HE-12A2	2,4	1,8	3,0	2,3	1,9
HE-12A3-1	2,0	1,6	2,5	2,1	1,7
HE-12A3-2_1	1,3	1,1	1,6	1,4	1,3
HE-12A3-2_2	0,9	0,9	1,1	1,1	1,1
HE-12B_1	0,9	0,9	1,1	1,1	1,1
HE-12B_2	0,9	0,9	1,1	1,1	1,1
EA-1A- 2_1	0,9	0,9	1,1	1,1	1,1
EA-1A- 2_2	1,7	1,4	2,3	1,9	1,7
EA-1B-1	4,0	3,1	4,5	3,5	2,8
EA-1B-2	4,0	3,1	4,4	3,5	2,8
EA-1B-3	3,9	3,0	4,4	3,5	2,8
EA-2 A	4,4	3,4	4,9	3,9	3,1
EA- 2B-1	4,3	3,3	4,8	3,8	3,0
EA- 2B- 2	4,3	3,3	4,8	3,8	3,0
EA-3A-1	0,9	0,9	1,2	1,1	1,1
EA-3A- 2_1	0,9	0,9	1,2	1,1	1,1
EA-3A- 2_2	2,5	1,9	3,0	2,4	2,0
EA-3B-2	3,1	2,5	3,7	2,9	2,4
EA-4A	3,1	2,3	3,9	3,0	2,4
EA-4B_1	2,7	2,1	3,3	2,6	2,1
EA-4B_2	2,3	1,8	2,7	2,1	1,7
EA-4B_3	2,7	2,1	3,3	2,6	2,1
EA-5A-1	0,9	0,9	1,2	1,2	1,1
EA-5A- 2_1	0,9	0,9	1,2	1,2	1,1
EA-5A- 2_2	1,0	0,9	1,3	1,2	1,2
EA-6	4,1	3,1	4,7	3,7	2,9
EA-7A_1	4,1	3,2	4,8	3,7	3,0
EA-7A_2	4,1	3,1	4,7	3,7	3,0
EA-7A_3	4,1	3,2	4,8	3,7	3,0
EA-7B	4,0	3,1	4,6	3,6	2,9
EA-8A-1	4,2	3,2	4,8	3,8	3,0
EA-8A-2_1	3,3	2,6	3,8	3,0	2,4
EA-8A-2_2	3,3	2,6	3,8	3,0	2,4
EA-8B	3,5	2,7	4,0	3,1	2,5
EA-9A-1_1	4,1	3,2	4,8	3,7	3,0
EA-9A-1_2	3,8	2,9	4,4	3,4	2,7
EA-9A-2_1	3,8	2,9	4,4	3,4	2,8
EA-9A-2_2	3,6	2,8	4,1	3,2	2,5
EA-9A-2_3	3,9	3,0	4,5	3,5	2,8
EA-9A-3	4,1	3,1	4,8	3,7	2,9

Talud huidig	T=1.000 jaar q=0,1 l/s/m [m + NAP]	T=1.000 jaar q=1,0 l/s/m [m + NAP]	T=8.333 jaar q=0,1 l/s/m [m + NAP]	T=8.333 jaar q=1,0 l/s/m [m + NAP]	T=8.333 jaar q=5,0 l/s/m [m + NAP]
EA-10A_1	4,3	3,3	5,1	4,0	3,2
EA-10A_2	4,2	3,3	5,0	3,9	3,1
EA-10A_3	4,3	3,3	5,0	3,9	3,2
EA-10B-1	3,9	3,0	4,6	3,6	2,9
EA-10B-2_1	4,3	3,3	5,1	4,0	3,2
EA-10B-2_2	3,2	2,4	3,9	3,0	2,4
EA-10B-2_3	3,9	3,0	4,6	3,6	2,9
EA-11A-1	1,3	1,2	1,7	1,5	1,4
EA-11A-2	1,6	1,5	2,0	1,8	1,7
EA-12A	1,7	1,5	2,1	1,9	1,7
EA-12B_1	1,9	1,7	2,5	2,2	1,9
EA-12B_2	2,4	2,0	3,0	2,5	2,2
EA-13_1	2,8	2,3	3,6	3,0	2,5
EA-13_2	2,8	2,3	3,6	3,0	2,5
EA-13_3	2,8	2,3	3,6	3,0	2,5

Tabel 6 HBN bij een terugkeertijd van 1.000 en 8.333 jaar voor een 1:3 buitentalud inclusief onzekerheid en meerpeilslingering

Talud 1:3	T=1.000 jaar q=0,1 l/s/m [m + NAP]	T=1.000 jaar q=1,0 l/s/m [m + NAP]	T=8.333 jaar q=0,1 l/s/m [m + NAP]	T=8.333 jaar q=1,0 l/s/m [m + NAP]	T=8.333 jaar q=5,0 l/s/m [m + NAP]
HE-1A_1	3,4	2,7	3,9	3,1	2,6
HE-1A_2	3,3	2,6	3,8	3,1	2,5
HE-1B	3,4	2,7	4,0	3,2	2,6
HE-2A tot HE-4	oeverdijk	oeverdijk	oeverdijk	oeverdijk	oeverdijk
HE-4_2	4,2	3,3	4,8	3,7	3
HE-5A-1	4,3	3,3	4,9	3,8	3,1
HE-5A-2_1	4,4	3,4	5	3,9	3,1
HE-5A-2_2	4,1	3,2	4,6	3,6	2,9
HE-5B_1	1,8	1,5	2,2	1,9	1,6
HE-5B_2	1,5	1,3	1,9	1,6	1,5
HE-6A_1	1,2	1,1	1,5	1,4	1,3
HE-6A_2	1,3	1,2	1,7	1,5	1,4
HE-6B	1,5	1,3	1,9	1,6	1,5
HE-7A1_1	1,4	1,2	1,8	1,6	1,4
HE-7A1_2	1,4	1,2	1,8	1,6	1,4
HE-7A2	1,4	1,3	1,8	1,6	1,5
HE-7A3	1,5	1,3	1,9	1,6	1,5
HE-7B	1,8	1,5	2,3	1,9	1,7
HE-8A1_1	1,7	1,4	2,2	1,8	1,6
HE-8A1_2	4,1	3,2	4,6	3,6	2,9
HE-8A2	4,1	3,2	4,6	3,6	2,9
HE-8A3	4,1	3,2	4,6	3,6	2,9

Talud 1:3	T=1.000 jaar q=0,1 l/s/m [m + NAP]	T=1.000 jaar q=1,0 l/s/m [m + NAP]	T=8.333 jaar q=0,1 l/s/m [m + NAP]	T=8.333 jaar q=1,0 l/s/m [m + NAP]	T=8.333 jaar q=5,0 l/s/m [m + NAP]
HE-8A4	4,2	3,3	4,8	3,7	3
HE-8A5	4,1	3,2	4,6	3,6	2,9
HE-8B-1_1	3,4	2,6	3,9	3,1	2,5
HE-8B-1_2	1,5	1,3	2	1,7	1,5
HE-8B-2	1,3	1,1	1,7	1,5	1,4
HE-8B-3	3,3	2,6	3,8	3	2,5
HE-8B-4	3,7	2,9	4,2	3,3	2,7
HE-9A	3,8	3	4,4	3,4	2,8
HE-9B1_1	3,9	3	4,4	3,4	2,8
HE-9B1_2	4	3,1	4,6	3,6	2,9
HE-9B2-1	4	3,1	4,6	3,6	2,9
HE-9B2-2_1	4	3,1	4,5	3,6	2,9
HE-9B2-2_2	4	3,1	4,5	3,6	2,9
HE-10A	4	3,1	4,6	3,6	2,9
HE-10B1	4	3,1	4,6	3,6	2,9
HE-10B2-1	4,1	3,2	4,7	3,7	3
HE-10B2-2	4	3,1	4,5	3,5	2,9
HE-11A_1	3,8	2,9	4,3	3,4	2,7
HE-11A_2	3,4	2,6	3,9	3,1	2,5
HE-11A_3	3,7	2,9	4,2	3,3	2,7
HE-11B_1	3,6	2,8	4,1	3,3	2,7
HE-11B_2	3,9	3	4,5	3,5	2,8
HE-11C	3,7	2,9	4,2	3,3	2,7
HE-12A1	3,8	3	4,3	3,4	2,8
HE-12A2	3,5	2,8	4,1	3,2	2,6
HE-12A3-1	3,4	2,7	4	3,2	2,6
HE-12A3-2_1	1,3	1,1	1,6	1,4	1,3
HE-12A3-2_2	0,9	0,9	1,1	1,1	1,1
HE-12B_1	0,9	0,9	1,1	1,1	1,1
HE-12B_2	0,9	0,9	1,1	1,1	1,1
EA-1A-2_1	0,9	0,9	1,1	1,1	1,1
EA-1A-2_2	1,7	1,4	2,3	1,9	1,7
EA-1B-1	4	3,1	4,5	3,5	2,8
EA-1B-2	4,1	3,2	4,6	3,6	2,9
EA-1B-3	3,9	3	4,4	3,5	2,8
EA-2 A	4,4	3,4	4,9	3,9	3,1
EA-2B-1	4,2	3,2	4,7	3,7	3
EA-2B-2	4,2	3,2	4,7	3,7	3
EA-3A-1	0,9	0,9	1,2	1,1	1,1
EA-3A-2_1	0,9	0,9	1,2	1,1	1,1
EA-3A-2_2	3,2	2,5	3,8	3	2,4
EA-3B-2	3,2	2,5	3,7	2,9	2,4
EA-4A	3,3	2,5	4,1	3,2	2,5

Talud 1:3	T=1.000 jaar	T=1.000 jaar	T=8.333 jaar	T=8.333 jaar	T=8.333 jaar
	q=0,1 l/s/m	q=1,0 l/s/m	q=0,1 l/s/m	q=1,0 l/s/m	q=5,0 l/s/m
	[m + NAP]	[m + NAP]	[m + NAP]	[m + NAP]	[m + NAP]
EA-4B_1	2,6	2,1	3,2	2,5	2,1
EA-4B_2	2,2	1,7	2,6	2	1,7
EA-4B_3	2,7	2,1	3,2	2,5	2,1
EA-5A-1	0,9	0,9	1,2	1,2	1,1
EA-5A- 2_1	0,9	0,9	1,2	1,2	1,1
EA-5A- 2_2	1	0,9	1,3	1,2	1,2
EA-6	4,1	3,1	4,7	3,7	2,9
EA-7A_1	4,1	3,2	4,8	3,7	3
EA-7A_2	4,1	3,1	4,7	3,7	3
EA-7A_3	4,1	3,2	4,8	3,7	3
EA-7B	4,2	3,2	4,8	3,8	3
EA-8A-1	4,1	3,2	4,8	3,7	3
EA-8A-2_1	3,2	2,5	3,7	2,9	2,3
EA-8A-2_2	3,2	2,5	3,7	2,9	2,3
EA-8B	3,4	2,6	3,9	3	2,4
EA-9A-1_1	4	3,1	4,7	3,7	2,9
EA-9A-1_2	3,7	2,8	4,2	3,3	2,7
EA-9A-2_1	3,8	2,9	4,4	3,4	2,8
EA-9A-2_2	3,6	2,8	4,1	3,2	2,5
EA-9A-2_3	3,9	3	4,5	3,5	2,8
EA-9A-3	4,0	3,1	4,7	3,6	2,9
EA-10A_1	4,2	3,3	5	3,9	3,2
EA-10A_2	4,2	3,2	4,9	3,8	3,1
EA-10A_3	4,2	3,3	5	3,9	3,1
EA-10B-1	3,8	2,9	4,5	3,5	2,8
EA-10B-2_1	4,2	3,3	5	3,9	3,1
EA-10B-2_2	3,1	2,3	3,8	2,9	2,3
EA-10B-2_3	3,8	2,9	4,5	3,5	2,9
EA-11A-1	1,3	1,2	1,7	1,5	1,4
EA-11A-2	1,6	1,5	2	1,8	1,7
EA-12A	1,7	1,5	2,1	1,9	1,7
EA-12B_1	2	1,7	2,5	2,2	2
EA-12B_2	2,4	2	3	2,5	2,2
EA-13_1	3	2,5	3,7	3,1	2,6
EA-13_2	3	2,5	3,7	3,1	2,6
EA-13_3	3	2,5	3,7	3,1	2,6

3.2.3 Golven (bekleding)

De golfbelasting voor bekleding zijn afhankelijk van de terugkeertijd, de hoogte van de bekleding en het type bekleding. De golfbelasting is bepaald voor

- Betonzuilen;
- Breuksteen (BGT en UGT);
- Gras in golfklapzone.

De golfbelasting voor bekleding betonzuilen en breuksteen (UGT) zijn nagenoeg hetzelfde. De golfcondities in tabel 7 zijn ingekort en afgerond overgenomen uit paragraaf 4.3 van de ontwerpbasis hydraulische randvoorwaarden DO2 (AMMD-003182). De golfbelasting van gras ligt hoger op het talud en heeft een lagere terugkeertijd.

Tabel 7 Maatgevende golfcondities (afgerond) voor harde en zachte bekleding

Sectie	breuksteen 1/1.000 jaar		gras 1/44.444 jaar	
	Hs	TP	Hs	TP
	[m]	[s]	[m]	[s]
HE-1	0,6	4,0	1,0	5,5
HE-2	0,6	4,0	1,1	5,5
HE-3	0,4	2,5	0,9	4,4
HE-4	0,6	3,6	0,8	5,3
HE-5	0,5	3,2	0,9	4,4
HE-6	0,3	2,4	0,4	4,6
HE-7	0,3	2,5	0,5	4,5
HE-8	0,5	2,6	0,9	4,1
HE-9	0,5	2,6	0,9	4,1
HE-10	0,8	4,5	0,9	4,1
HE-11	0,8	4,6	0,9	4,6
HE-12	0,8	4,5	0,9	4,1
EA-1	0,8	4,5	0,9	4,6
EA-2	1,0	4,7	0,9	4,6
EA-3	0,4	2,8	0,6	4,6
EA-4	0,3	2,3	0,6	3,7
EA-5	-	-	0,3	4,6
EA-6	0,3	2,8	0,8	4,7
EA-7	0,4	3,0	0,8	4,9
EA-8	0,5	3,2	0,7	5,4
EA-9	0,4	3,5	0,7	5,5
EA-10	0,5	4,4	1,2	6,3
EA-11	0,3	2,2	0,3	6,2
EA-12	0,4	2,9	0,6	4,0
EA-13	0,5	3,2	0,9	4,0

De hoogte van de grasbekleding wordt bepaald door het cumulatieve golfbelasting (golfhoogte en duur) te bepalen. De berekening leert dat gras niet voldoet in de golfklapzone en wel in de

golfoploop zone. Ergo de steenbekleding dient tot de golfklap zone te komen (plus een robuustheidstoeslag in hoogte van +0,5 m).

3.2.4 Stroming

De waterstroming is verwaarloosbaar klein. Het uitgangspunt is dat de golfbelasting maatgevend is boven eventuele waterstroming voor het dijkontwerp en specifiek de dijkbekleding.

3.3 Geotechnische uitgangspunten

3.3.1 Bodemopbouw

Macrostabieleit

De bodemopbouw wordt opgesteld op basis van de boring in het achterland, de klasse 1 sonderingen in de kruin en binnenberm en de bol- of conussonderingen in het voorland. Het grondonderzoek is elke 100 meter uitgevoerd. Per sectie is bepaald welke raai van sonderingen maatgevend is voor stabiliteit in de betreffende sectie.

Bij het vaststellen van de maatgevende locatie worden verschillende zaken in overweging genomen:

- sondeerwaarden zijn direct van invloed op de sterkte van de ondergrond door het gekozen materiaalmodel. De sonderingen worden binnen een sectie over elkaar geprojecteerd om de slapste locatie te bepalen;
- de geometrie op verschillende locaties worden over elkaar geprojecteerd waarbij het steilste profiel voor dit criterium maatgevend is;
- uit ervaring blijkt dat veen in het projectgebied sterker is dan klei waardoor een dunne veenlaag maatgevend is.

Op basis van bovenstaande overwegingen wordt met expert judgement bepaald welk profiel binnen een sectie maatgevend is. Deze overweging wordt per dijksectie bij de ontwerpnota DO bijgevoegd.

Bij grote wijzigingen in geometrie, bodemopbouw of hydraulische randvoorwaarden (inclusief het polderpeil) wordt een aanvullende berekening opgesteld.

Het KPR-advies van 14 februari 2017 geeft aan '...in een volgende fase, wel meerdere sneden per vak door te rekenen, zodat meer duiding aan de stabiliteitsresultaten gegeven kan worden'. De onderbouwing voor de keuze voor de sectie-indeling en de representatieve profielen, en het effect hiervan op de bepaling van de veiligheidsopgave zijn in reactie daarop nader onderbouwd in notitie AMMD-003172, Onderbouwing secties en rekenprofielen.

Piping

Voor het spoor Piping wordt een aparte bodemopbouw afgeleid omdat hier andere eigenschappen maatgevend zijn. Hierbij wordt als maatgevend gehanteerd een dunne afdekkende laag met veel veen (laag volumiek gewicht) in combinatie met een dik watervoerend pakket. Deze beschouwing dient te gebeuren op basis van het veldonderzoek in het achterland omdat daar opbarsten optreedt. Hierin wordt ook meegenomen of de pipinggevoelige laag onder de hele kering doorloopt.

3.3.2 Verkeersbelasting

Stabiliteit waterveiligheid

Indien er een weg aanwezig is, wordt gerekend met een bovenbelasting (verkeersbelasting) van 13 kN/m² over een breedte 2,5 m op de kruin met een spreiding van 30°.

Er wordt een verkeersbelasting op de kruin aangenomen van 5 kN/m² over een breedte van 1,5 m met een spreiding van 30° indien een weg op de kruin ontbreekt.

Stabiliteit weg

De openbare weg op de binnenberm en op enkele locaties op de kruin van de dijk wordt voor een aantal representatieve doorsnede gecontroleerd op stabiliteit. De overall veiligheidsfactor moet voldoen aan 1,1 (-)² gegeven een verkeersbelasting van 23,3 kN/m² over een breedte 2,5 m met een spreiding van 30°. Dit komt overeen met een vrachtwagen van 70 ton conform VTW-00024.

Stabiliteit onderhoudsvoertuig

De stabiliteit van een onderhoudsvoertuig wordt gecontroleerd voor een aantal representatieve doorsnede met een stabiliteitsberekening onder dagelijkse omstandigheden. Dit wil zeggen dat de freatische waterlijn niet verhoogd ligt. De overall veiligheidsfactor moet voldoen aan 1,1 (-) gegeven een verkeersbelasting van 13 kN/m² over een breedte 2,5 m met een spreiding van 30°. Dit komt overeen met een onderhoudsvoertuig van 40 ton.

Aanpassingspercentage niet-cohesieve lagen

Voor het aanpassingspercentage van niet-cohesieve lagen wordt 100% gehanteerd en voor cohesieve lagen wordt 20% gehanteerd.

3.3.3 Sterkteparameters

De sterkteparameters van de ondergrond zijn bepaald in de Ontwerpbasis sterkteparameters DO (AMMD-003757). Zonder nadere toelichting zijn de sterkteparameters uit paragraaf 3.6 overgenomen. In onderstaande tabel staat per grondsoort de relevante parameter.

Tabel 8 Geotechnische karakteristieke sterkteparameters ondergrond

Grondsoort	Locatie (N/Z)	γ_{nat} [kN/m ³]	N_{kt} [-]	VC_{NKT}	N_b	VC_{N_b}	m	POP [kPa]	S	ϕ [°]	s_u [kPa]
Veen	A	10	15.8	0.25	19.8	0.28	0.85	7	0.45	-	-
	B	10.4/10.1									
	Kr	10.4/10.1									
	V/W	10									
Detritus/ Gyttja	-	11.1	15.8	0.25	19.8	0.28	0.85	10	0.39	-	-
Klei, Antr.	-	14.3/14.1	18	0.25	18	0.28	0.8	20	0.22	-	-
Klei, Cal.	A	14/14.8	18	0.25	18	0.28	0.8	10/11	0.22	-	-
	B	14.3/15.1									
	Kr	14.3/15.1									
	V/W	14.1/15.1									
Klei, Duink.	A	13.5/13.4	18	0.25	18	0.28	0.8	14/12	0.25	-	-
	B	13.5/13.4									

² Normaliter zou deze eis 1,0 (-) zijn, echter met het OI2014v4 is er de materiaalfactor 1,0 (-) om toch iets veiligheid mee te nemen én om te volstaan met enkele representatieve doorsneden is de veiligheidsfactor gesteld op 1,1 (-).

	Kr	13.5/13.4									
	V/W	13.5/13.4									
Ophoogklei	-	16.5	-	-	-	-	-	-	-	-	15
Zand	-	18/20	-	-	-	-	-	-	-	32	-

Aanvullend zijn voor het faalmechanisme piping uitgegaan van een d_{70} van 200 μm , een doorlatendheid k van 30 m/dag, deze waarden komen uit de schematiseringshandleiding piping. Aanvullend is voor sectie EA-8 onderzoek uitgevoerd naar deze parameters voor een hoog liggende zandlaag. Uit het onderzoek volgt dat hier een d_{70} van 80 μm gehanteerd moet worden in combinatie met een doorlatendheid k van 11 m/dag.

3.4 Zettingseisen

De geotechnische zettingsparameters staan in Ontwerpnota de Geotechnische Ontwerpbasis DO (AMMD-003443). De restzettingseis is 0,5 m op de kruin van de dijk.

Tabel 9 Gemiddelde samendrukkingsparameters Noord

Grondsoort	<u>$\gamma(d/n)$</u> (aantal)	<u>POP</u> (aantal)	<u>OCR</u> (aantal)	<u>C_v</u> (aantal)	RR	CR	C_α
	[kN/m ³]	[Kpa]	[-]	[m ² /s]	[-]	[-]	[-]
Veen Achterland ¹⁾	10 (27)	8,8 -	1,6 -	2,4E-07 -	0,079	0,489	0,029
Veen Berm/Kruin/Teen	10,4 (28)	16,1 (1)	1,7 (1)	1,3E-07 (1)	0,066	0,417	0,024
Veen Voorland/Water	10,0 (98)	14,7 (20)	2,5 (20)	2,3E-07 (10)	0,072	0,452	0,026
KLEI – Calais Achterland	14,0 (25)	19,0 (2)	2,3 (2)	2,7E-07 (2)	0,035	0,229	0,011
KLEI – Calais Berm/Kruin	14,3 (36)	21,1 (4)	2,2 (4)	7,1E-08 (4)	0,033	0,221	0,011
KLEI – Calais Voorland/water	14,1 (74)	15,7 (13)	1,9 (13)	3,5E-08 (5)	0,035	0,229	0,011
KLEI – Antropogeen Berm/Kruin	14,3 (59)	28,9 (7)	2,5 (7)	1,7E-07 (7)	0,033	0,221	0,011
Klei – Duinkerke Achterland/Voorland	13,5 (111)	12,7 (25)	2,4 (25)	9,2E-08 (21)	0,038	0,247	0,012
ZAND – Calais	18,0 / 20,0	10	1,1	0,4	0,001	0,004	0
ZAND – Pleistoceen	18,0 / 20,0	10	1,1	0,4	0,001	0,004	0

Tabel 10 Gemiddelde samendrukkingsparameters Zuid

Grondsoort	<u>$\gamma(d/n)$</u> (aantal)	<u>POP</u> (aantal)	<u>OCR</u> (aantal)	<u>C_v</u> (aantal)	RR	CR	C_α
	[kN/m ³]	[Kpa]	[-]	[m ² /s]	[-]	[-]	[-]

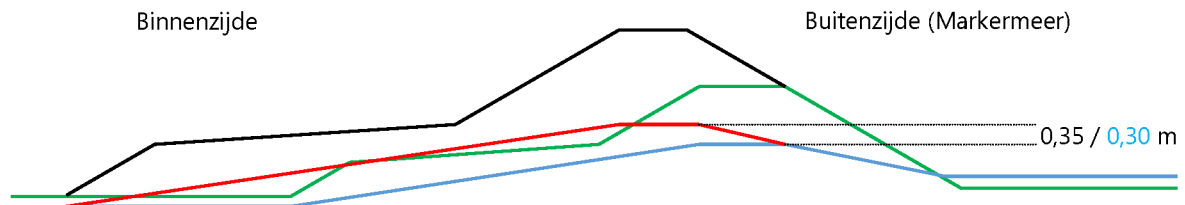
Veen Achterland	10,0 (86)	8,8 (16)	1,6 (16)	2,4E-07 (3)z	0,073	0,458	0,027
Veen Berm/Kruin/Teen	10,1 (67)	11,8 (18)	1,8 (18)	2,0E-07 (5)	0,070	0,441	0,026
Veen Voorland/Water	10,0 (106)	7,4 (11)	3,7 (11)	2,3E-07 (10)	0,072	0,454	0,026
KLEI – Calais Achterland	14,8 (17)	8,1 (9)	1,3 (9)	6,8E-08 (3)	0,031	0,207	0,010
KLEI – Calais Berm/Kruin	15,1 (19)	10,7 (8)	1,3 (8)	4,1E-07 (3)	0,030	0,198	0,009
KLEI – Calais Voorland/water	15,1 (43)	11,9 (14)	1,4 (14)	8,4E-07 (9)	0,030	0,198	0,009
KLEI – Antropogeen Berm/Kruin	14,1 (57)	13,1 (26)	1,3 (26)	7,8E-08 (12)	0,034	0,228	0,011
Klei – Duinkerke Achterland/Voorland	13,4 (21)	14,1 (3)	2,0 (3)	9,2E-08 (21)	0,039	0,253	0,013
ZAND–Calais	18,0 / 20,0	10	1,1	0,4	0,001	0,004	0
ZAND–Pleistoceen	18,0 / 20,0	10	1,1	0,4	0,001	0,004	0

3.5 Geohydrologische uitgangspunten

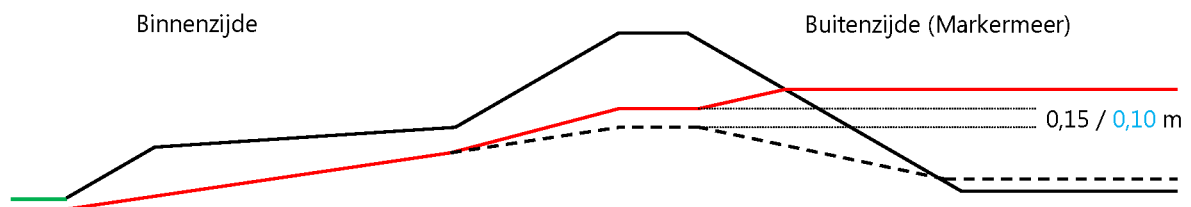
3.5.1 Uitgangspunten geohydrologie kleidijk

Bij het ontwerp wordt de freatische lijn door het dijkprofiel aangehouden te verlopen conform de geschetste situaties in de onderstaande figuren. De geohydrologische uitgangspunten komen overeen met de uitgangspunten uit het Technisch Achtergronddocument Markermeerdijken Hoorn - Amsterdam en gaan uit van een kleidijk.

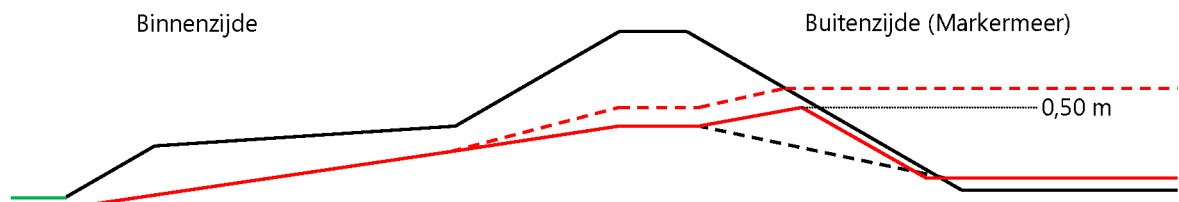
Situatie 0: van huidig naar ontwerp



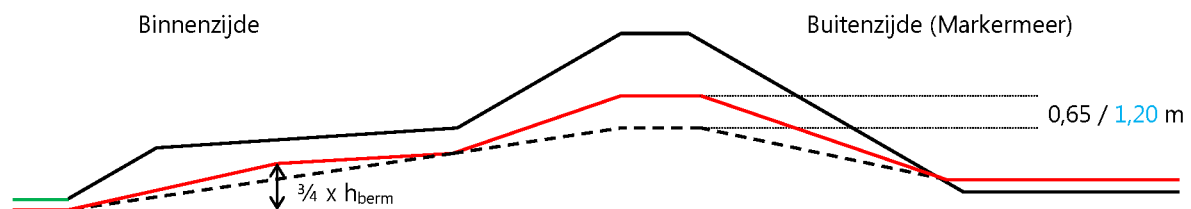
Situatie 1: maatgevend hoogwater (MHW)



Situatie 2: val na MHW



Situatie 3: extreme neerslag (ENS)



Legenda

- Huidige geometrie
- Toekomstige geometrie na dijkversterking
- Huidige freatische lijn
- Geschematiseerde freatische lijn per belastingsituatie
- - - Freatische lijn bij toekomstige geometrie (situatie 1)
- - - Aanduiding freatische lijn bij MHW tijdens val na MHW

Hoorn - Edam

 ### / ###

 Edam - Amsterdam

Op de figuren van de freatische waterlijnen zijn de volgende uitgangspunten verwerkt:

- Er is een verloop aangenomen van het MHW waarbij gedurende een periode van 5 weken het waterpeil stijgt tot MHW en vervolgens gedurende 5 weken weer zakt naar een normale waterstand **[4.6]**;
- Bij een kruinverhoging in combinatie met een bermverhoging en -verbreding wordt 0,35m (Hoorn-Edam) of 0,30 m (Edam-Amsterdam) opgeteld bij de reeds aanwezige opbolling van de freatische lijn in het dijklichaam **[4.8]**;
- Bij MHW in combinatie met een bermverhoging en -verbreding wordt 0,15m (Hoorn-Edam) of 0,10 m (Edam-Amsterdam) opgeteld bij de reeds aanwezige opbolling van de freatische lijn door het dijklichaam. Indien op het traject Edam-Amsterdam het snijpunt van MHW met het buitentalud boven de freatische lijn in de kruin ligt onder dagelijkse omstandigheden wordt niks opgeteld bij de reeds aanwezige opbolling **[4.9]**;
- Bij extreme neerslag wordt 0,65m (Hoorn-Edam) of 1,20 m (Edam-Amsterdam) opgeteld bij de reeds aanwezige opbolling van de freatische lijn in het dijklichaam **[4.10]**;
- Bij de dagelijkse omstandigheden, MHW en de val na hoogwater situatie verloopt de freatische lijn lineair door het binnentalud **[4.11]**;
- In de extreme neerslagsituatie is de freatische lijn in het midden van de binnenberm aangenomen op driekwart van de hoogte van de berm **[4.12]**;
- De freatische lijn wordt lineair geïnterpoleerd tussen de volgende geometrische punten: voorland, buitenkruinlijn, binnenkruinlijn, knikpunt binnentalud-berm, midden binnenberm (ENS), binnenteen en achterland **[4.14]**;

Bij een lokaal voorkomende afwijking van de standaardgeometrie dient het verloop van de freatische lijn in overleg met het HHNK nader te worden bepaald **[4.16]**.

De uitgangspunten voor de freatische lijn en de bijbehorende numerieke waarden (zie bijlage 6.1 6.1 Numerieke uitwerking freatische lijn) gaan uit van een overslagdebiet van 0,1 l/s/m **[4.18]**.

3.5.2 Uitgangspunten geohydrologie zanddijk

Bij een buitenwaartse asverschuiving van tenminste een kruinbreedte kan ook een zanddijk worden ontworpen waarbij een kern van zand is afgedekt met een kleibekleding van 2 m aan alle kanten (binnen-/buitentalud en kruin). In de schematisering van de freatische waterlijn bij een zanddijk dient altijd de zandkern volledig verzadigd te zijn. In de praktijk komt het er op neer dat, mocht de freatische waterlijn zoals beschreven in de vorige paragraaf 3.5.1. zo uit komen dat de zandkern deels droog staat, dan dient daar de freatische waterlijn verhoogd te worden zodat de zandkern altijd verzadigd is.

3.5.3 Verloop waterspanningen

Conform TR Waterspanning bij Dijken verlopen de waterspanningen lineair over de cohesieve laag onder de dijk **[4.14]**. Er wordt gerekend met een indringingslaag van 7 m. Dit wordt gemodelleerd als zijnde dat de waterspanningen verlopen over de onderste 7 m van de cohesieve lagen in het deel daarboven de freatische waterspanning heerst.

3.5.4 Respons

Fugro heeft de respons van het watervoerend pakket en de tussenzandlaag bepaald (documentnummer 11 augustus 2015, 1214-0007-040.R16v2), de alliantie heeft aanvullende metingen gedaan. De metingen ondersteunen de conclusie/resultaten van Fugro **[4.5]**.

Het resultaat voor het watervoerende pakket staat in tabel 11.

Tabel 11: stijghoogterespons eerste watervoerende pakket (tabel 4.3, 1214-0007-040.R16v2)

Dijkvak	Naam	Traject van	tot	Lengte [m]	Rekenwaarde WVP [%]
20	Westerdijk van Drechterland	DP 0	DP 74	7100	40
21	Klamdijk	DP 74	DP 78	400	40
22	Schardam en Keukendijk	DP 0	DP 21	2100	40
23	Zeevangszeedijk	DP 21	DP 49	2800	40
		DP 49	DP 66	1700	42
		DP 66	DP 85	1900	44
		DP 85	DP 95	1000	47
		DP 95	DP 111.2	1620	48
24	Zuidpolderzeedijk	DP 0	DP 3	300	43
		DP 3	DP 45	4300	53
25	Katwouderzeedijk	DP 0	DP 6	600	42
		DP 6	DP 39.5	3350	43
28	Uitdammerdijk	DP 54	DP 70	1600	54
		DP 70	DP 81	1100	53
		DP 81	DP 97	1600	55
		DP 97	DP 141	4400	48
29	Durgerdammerdijk	DP 141	DP 149	800	42
		DP 149	DP 164	1500	40

Het resultaat voor de tussenzandlaag is in onderstaande tabel opgenomen.

Tabel 12: stijghoogterespons tussenzandlaag per dijktraject (tabel 4.4, 1214-0007-040.R16v2)

Dijkvak	Buitendijkse polder	50 m landinwaarts	Kruin	50 m Markermeer
20	Nee	30%	60%	80%
	Ja	30%	60%	100%
21	Ja	30%	60%	105%
22	Ja	30%	60%	100%
23	Nee	35%	60%	80%
	Ja	35%	60%	110%
24	Nee	35%	60%	80%
25	Nee	35%	60%	80%
28	Ja	30%	70%	120%
29	Geen tussenzandlaag			

3.5.5 Val na hoogwater

De schematisering van de freatische lijn voor de buitenwaartse stabiliteit staat bij situatie 2. De geohydrologische schematisatie is overgenomen uit het Technisch Achtergronddocument **[4.1]**, en deze luidt als volgt: "Als gevolg van een dalende buitenwaterstand wordt bij "val na MHW" de freatische lijn *onder* de kruin aangenomen, zoals deze is aangehouden voor de verzwaarde dijk tijdens MHW. De freatische lijn op het buitentalud zakt 0,5 m ten opzichte van het snijpunt van de waterstand bij MHW met het buitentalud."

3.6 Veiligheidsfilosofie

Voor de versterking van de Markermeerdijken wordt uitgegaan van een maximaal toelaatbare overstromingskans. Deze wordt op doorsnede niveau bepaald. Hiertoe dient de faalkans per traject te worden vertaald in een faalkanseis op doorsnedeniveau.

3.6.1 Faalkanseis op doorsnedeniveau

De faalkanseis op doorsnedeniveau wordt bepaald met de volgende vergelijking:

$$P_{eis,dsn} = \frac{P_{max} \cdot \omega}{N}$$

waarin:

$P_{eis,dsn}$ = Faalkanseis die per doorsnede aan een faalmechanisme wordt gesteld [/jaar]

P_{max} = Maximaal toelaatbare overstromingskans van het dijktraject [/jaar]

ω = Faalkansruimtefactor voor het betreffende faalmechanisme (zie 3.6.2)

N = Lengte-effectfactor

3.6.2 Faalkansruimte

Voor de dijkversterking Markermeerdijken is de onderstaande faalkansbegroting opgesteld. Ten opzichte van de standaard faalkansbegroting uit het OI2014 is 20% faalkansruimte overgeheveld van het faalmechanisme 'opbarsten en piping' naar 'macrostabiliteit binnenwaarts' (de onderbouwing hiervan is voor de strekkingen binnen en buiten de versterking opgenomen in het document *Keuzes OI2014/WBI2017*, documentnummer: AMMD-001227).

Type	Faalmechanisme	Faalkansruimtefactor
Dijk	Overloop en golfoverslag	0,24
	Opbarsten en piping	0,04
	Macrostabiliteit binnenwaarts	0,24
	Beschadiging bekleding en erosie	0,10
Kunstwerp	Niet sluiten	0,04
	Piping	0,02
	Constructief falen	0,02
Duin	Duinafslag	0,10
Overig		0,20
Totaal		1,00

3.6.3 Lengte-effectfactor

Voor het faalmechanisme macrostabiliteit en piping wordt de lengte-effectfactor als volgt bepaald:

$$N = 1 + \frac{a \cdot L_{traject}}{b}$$

waarin

a fractie van de lengte van het traject dat gevoelig is voor het betreffende faalmechanisme

b Lengte van onafhankelijke, equivalente vakken voor het betreffende faalmechanisme

$L_{traject}$ Lengte van het dijktraject waarop de norm van toepassing is

Het lengte-effect komt voort uit het idee dat de kans dat de dijk ergens bezwijkt groter is dan de kans dat de dijk op één bepaalde plaats bezwijkt. Daarnaast kan het lengte-effect ook voortkomen

uit de ruimtelijke variabiliteit van de belasting (KPR Factsheet Lengte-effect). Het lente-effect is niet afhankelijk van het wel of niet overdimensioneren van de dijk, dit wordt verdisconteerd door middel van de schematiseringsfactor. Vanuit het OI2014 worden waarden aangereikt voor de factoren a en b , deze zijn opgenomen in onderstaande tabel.

Faalmechanisme	a	b
Piping	0,40	300
Macrostabiliteit	1/30	50

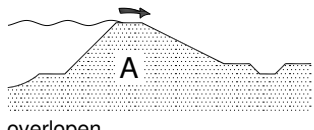
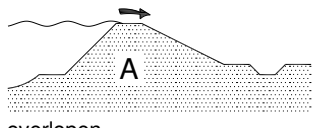
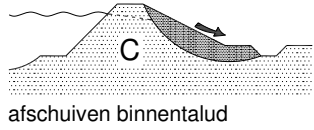
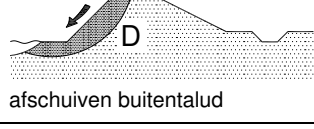
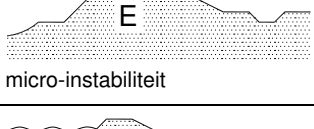
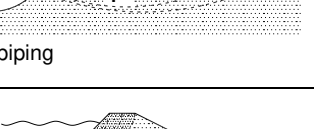
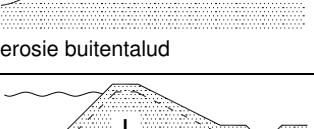
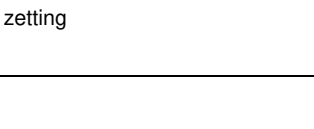
De gehanteerde trajectlengtes (cursief) komen uit het overzicht 'werkgetallen normspecificatie per dijktraject v12' uit oktober 2014 dat is opgesteld door het HWBP. De daadwerkelijke (gemeten) waarde voor de trajectlengte zijn gebruikt in het DO. Het verschil tussen de trajectlengten ontstaat door afrondingen.

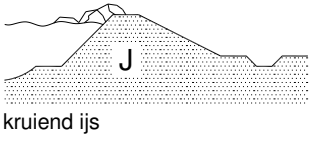
Traject	$L_{traject}$ [m]
13-7	29500 (29600)
13-8	11800 (11600)
13-9	28500 (28800)

4 Ontwerpmethodiek

4.1 Faalmechanismen

De waterkering wordt beoordeeld op verschillende faalmechanismen. Een korte beschrijving van de verschillende faalmechanismen staat hieronder

faalmechanisme	omschrijving
 overlopen	De hoogte van de dijken is overal hoger dan de ontwerpwaterstand incl. toeslagen. Overloop is dus niet aan de orde.
 overlopen	De kruinhoogte en de kruin- binnentaludbekleding worden ontworpen op een overslagdebiet van 0,1 en '3' l/s/m in paragraaf 4.2.1.
 afschuiven binnentalud	Instabiliteit (afschuiven) binnentalud ten gevolge van infiltratie van instromend water of door de waterdruk tegen de kering en verhoogde waterspanningen in de ondergrond. Het dijkprofiel worden op dit mechanisme gedimensioneerd in paragraaf 4.7.
 afschuiven buitentalud	Instabiliteit (afschuiven) van het buitentalud na een snelle daling van de buitenwaterstand. Het dijkprofiel worden op dit mechanisme gedimensioneerd in paragraaf 4.7.
 micro-instabiliteit	Lokale instabiliteit van het binnen- of buitentalud (bijvoorbeeld opdrukken en afschuiven van de bekleding) door uittredend kwelwater door het grondlichaam, zie paragraaf 4.9.
 piping	Zandmeevoerende wellen onder de dijk door het waterstandsverschil. Dit mechanisme kan onder andere alleen ontstaan als er een uittreepunt is. Toelichting paragraaf 4.6.
 erosie buitentalud	Erosie van het buitentalud door golfbeweging, golfklap. Toelichting paragraaf 4.3.
 zetting	Zettingen van het grondlichaam. De zettingen voor de grondlichamen zijn bepaald en worden bij de aanleg gecompenseerd. Dit is parallel beoordeeld in de ontwerpbasis de Geotechnische Ontwerpbasis DO (AMMD-003443). Toelichting paragraaf 3.4.

	Mechanische bedreiging ten gevolge van kruierend ijs. Dit onderdeel wordt beoordeeld bij de bekledingen (erosie buitentalud) in de DO fase (toelichting paragraaf 4.5).
---	---

4.2 Hoogte

4.2.1 Ontwerpkruinhoogte

De kruinhoogte bij verschillende overslagdebieten is overgenomen uit paragraaf 3.2.2 van deze ontwerpbasis. Voor meer achtergrond wordt verwezen naar de ontwerpbasis Hydraulische Randvoorwaarden DO (AMMD-003182).

Het overslagdebiet is één van de bepalende factoren voor de kruinhoogte een andere factor is de geometrie, de beheerbaarheid en de daarbij behorende zode kwaliteit.

Het overslagdebiet

Het overslagdebiet voor de Markermeerdijken is in beginsel 5,0 l/s/m voor het faalmechanisme Grasbekleding erosie kruin en binnentalud (GEKB) (het vroegere spoor hoogte (HT)) met een terugkeertijd (faalkanseis 1/) 8.333 jaar. Tenzij de macrostabiliteit binnenwaarts maatgevend is voor de infiltratie door het binnentalud. Deze wordt bepaald voor het faalmechanisme Macrostabiliteit binnenwaarts (STBI) bij een overslagdebiet van 1 l/s/m met een terugkeertijd (faalkanseis 1/) 1.000 jaar.

Dit komt neer op een te hanteren overslagdebiet van circa 3,0 l/s/m, deze waarde is het resultaat van een combinatie van twee verschillende faalmechanismen. Uit oogpunt van de leesbaarheid is ervoor gekozen om dit uit te drukken in één getal, zijnde 3,0 l/s/m.

Als het overslagdebiet 3 l/s/m is dan wordt bedoeld de maximale kruinhoogte bij:
- 5,0 l/s/m met een terugkeertijd van 1/8.333 jaar en
- 1,0 l/s/m met een terugkeertijd van 1/1.000 jaar.

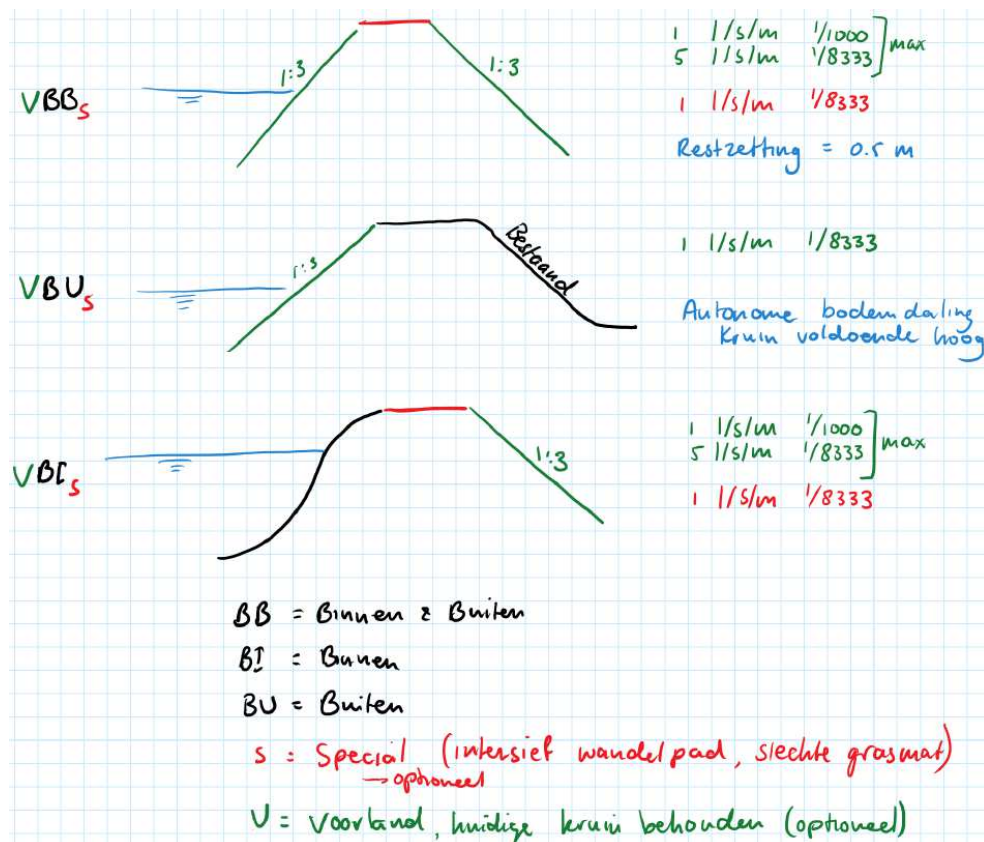
Geometrie, beheerbaarheid en graszode

De ontwerpkruinhoogte is tevens afhankelijk specifieke overwegingen bij het voorkeursalternatief:

- Een nieuw binnen- of buitentalud is altijd 1:3. Als het talud in het voorkeursalternatief intact blijft, dan wordt ook echt het huidige talud gebruikt in de kruinhoogtebepaling.
- Het huidige binnentalud is te steil en daardoor slecht onderhoudbaar. Een overslagdebiet van meer dan 1 l/s/m is niet toelaatbaar.
- Het overslagdebiet is 0,1 l/s/m bij NWO's direct op of in het binnentalud en eerste deel binnenberm. De terugkeertijd is anders namelijk 1/209 jaar (zie §4.10). Als de grasmat niet onderhoudbaar is (bijvoorbeeld tussen de huizen in Drugerdam en Volendam), dan dient de kruinhoogte te voldoen aan het overslagdebiet van 0,1 l/m/s bij 1/8.333 jaar.
- Bij een intensief belopen wandelpad van gras op de kruin is een overslagdebiet van meer dan 1 l/s/m is niet toelaatbaar.

In onderstaande Tabel 13 is ontwerpkuinhoogte bepaald overwegende bovenstaande punten van overslagdebiet, geometrie beheerbaarheid en graszode. Om enige herleidbaarheid te verschaffen zijn bovenstaande punten vervat in een tekening met een codering. Bijvoorbeeld: **BI_s** staat voor Binnentalud - special en betekent dat er een binnenwaartse versterking is waarbij het binnentalud wordt ontworpen met een 1:3 helling waardoor in principe 3 l/s/m kan worden toegepast (groen); echter door de special (rood) is het toelaatbaar overslagdebiet 1 l/s/m bij een terugkeertijd van 8.333 jaar.

Afbeelding 1 de kuinhoogte wordt bepaald door verschillende aspecten, als geometrie en overslagdebiet. De situatie is per dijkvak is gecodeerd.



Tabel 13 Ontwerpkuinhoogte.

Sectie	Van [dp]	Tot [dp]	Codering en opmerkingen	Ontwerphoogte [NAP+m]	Opleverhoogte [NAP+m]
HE 1	5	10,4	Special - Hoorn buitenberm	behoud huidig	behoud huidig
HE 1C tot 3B	14	53	oeverdijk tot DP62		
HE 4	53	63	BB	3.4	3.9
HE 5A	63	66	BB	3.4	3.9
HE 5B	66	74	VBI	n.v.t.	n.v.t.
HE 6A	74	78,5	Special - gemaal	n.t.b.	n.t.b.
HE 6B	1	6	V	n.v.t.	n.v.t.
HE 7A1	12	16	VBI	n.v.t.	n.v.t.
HE 7A2 - 7A3	16	22,5	VBB	1.5	2.0
HE 7B	22,5	27,5	VBB	1.7	2.2
HE 8A1 - 8A2	27,5	34,5	BB	3.2	3.7
HE 8A3 - 8A5	34,5	39	BB	3.3	3.8
HE 8B1	39	48,5	VBI	n.v.t.	n.v.t.
HE 9A	48,5	52	BB	3.0	3.5
HE 9B	52	56	BB	3.1	3.6
HE 10A	62,5	66	BB	3.1	3.6
HE 10B	66	78,5	BB	3.2	3.7
HE 11A	78,5	85	BB	2.9	3.4
HE 11B	85	89	BB	3.0	3.5
HE 11C	89	95	BB	2.9	3.4
HE 12A1-2	95	106	V	n.v.t.	n.v.t.
HE 12A3	106	109	VBI	n.v.t.	n.v.t.
HE 12B	109	111,2	V	n.v.t.	n.v.t.
EA 1A	0	3	VBI	n.v.t.	n.v.t.
EA 1B1-1B3	3	16	BI	n.v.t.	n.v.t.
EA 2A	16	24	BB	3.4	3.9
EA 2B	24	29	Special - Noordeinde	n.t.b.	n.t.b.
EA 3A	1	6	Vs	n.v.t.	n.v.t.
EA 3B	6	11	BBs	2.9	3.4
EA 4A	25,5	27	BIs	n.v.t.	n.v.t.
EA 4B	27	39,5	BBs	2.5	3.0
EA 5	54	70	VBB	1.2	1.7
EA 6	70	74,3	BB	3.1	3.6
EA 7A - 7B	74,3	81	Special - Uitdam	n.v.t.	n.v.t.
EA 8A1	81	83,5	BB	3.2	3.7
EA 8A2	83,5	95	BB	2.6	3.1
EA 8B	95	97	BB	2.6	3.1
EA 9	97	119	BB	3.1	3.6
EA 9 en EA 10A-1	119	121,7	BB	3.3	3.8
EA-10	121,7	134,9	BB	3.3	3.8
EA-10B2	130,9	141	BB	3.3	3.8
EA 11	141	147,8	V	n.v.t.	n.v.t.
EA 12A tot 13	147,8	163	Special - Durgerdam	n.t.b.	n.t.b.

4.2.2 Opleverhoogte

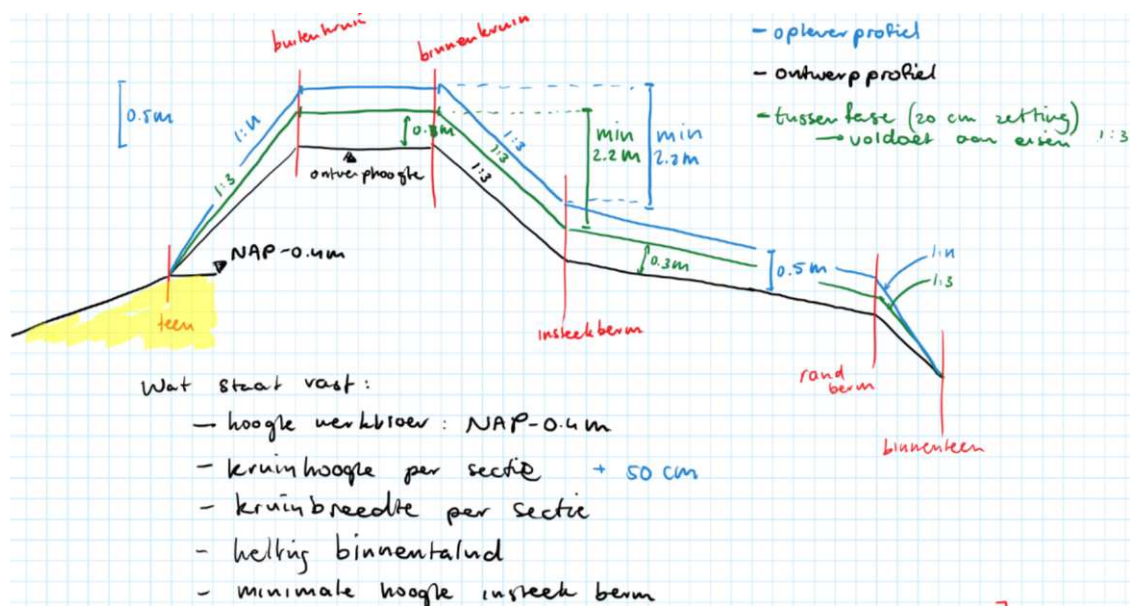
Met de opleverhoogte wordt bedoeld de hoogte van de dijk net na opleveren. De restzettingeis van maximaal 0,5 m tot 2071 gaat dan in. De opleverhoogte staat in de laatste kolom van tabel 13. De opleverhoogte wordt bepaald door de berekende ontwerpkruinhoogte plus (blauw in afbeelding 2):

- de restzetting (in principe gemaximaliseerd door de restzettingeis van 0,5 m) of
- de prognose van de kruindaling.

Restzetting

De restzetting is maximaal 0,5 m. Door zetting zal over een periode van 50 jaar de dijk dus 0,5 m zakken. Dit heeft ook gevolgen voor de taludhellingen, die zullen verflauwen door de kruindaling. Beheer heeft in principe als eis dat het talud nooit steiler mag zijn dan 1:3, de landschappelijke eisen stellen dat het nooit flauwer mag zijn dan 1:3. Dit is door de zettingen onverenigbare eisen. Om de tegengestelde belangen tegemoet te komen is de taludhelling bij aanleg steiler dan 1:3 (max 1:2,8) (afbeelding 2 blauw). Na 0,2 m zetting is de taludhelling 1:3 (groen). En na 50 jaar zal de dijk flauwer zijn dan 1:3.

Afbeelding 2. Situatie schets met verschil in opleverprofiel (blauw) en ontwerpprofiel (groen)



Kruindaling

De prognose van de kruindaling is niet overgenomen uit het Technisch Achtergrond document **[afwijking 2.2]**. De data uit het TA is opnieuw geanalyseerd (in document AMMD-002486 - Modelleren Kruindaling Markermeerdijk). De kruindaling is per dwarsprofiel berekend voor het zichtjaar 2071. De voorspelde bovengrens van de kruindaling varieert tussen 0,0 m en 0,6 m.

Tabel 14 Prognose kruindaling

Dijktraject [dijkvak: dijkpaalnr - dijkpaalnr]	Predictie kruindaling 2014-2071 [m]
'20: DP 0-10'	0,10
'20: DP 10-14'	- (0,10)*
'20: DP 14-29'	0,10
'20: DP 29-36'	0,00
'20: DP 36.5-48'	0,00
'20: DP 48.5-62'	0,00
'20: DP 62-74'	0,00
'21: DP 74-78'	0,10
'22: DP 0-12'	0,15
'22: DP 12-21'	0,20
'23: DP 21-30'	0,25
'23: DP 30-42'	0,20
'23: DP 42-66'	0,20
'23: DP 66-85'	0,15
'23: DP 85-100'	0,20
'23: DP 100-112'	0,25
'24: DP 1-3'	0,40
'24: DP 4-11'	0,30
'24: DP 12-20'	0,35
'24: DP 21-31'	0,20
'24: DP 32-45'	0,20
'25: DP 0-4'	0,25
'25: DP 5-14'	- (0,60)*
'25: DP 15-27'	0,60
'25: DP 28-39'	0,15
'25: DP 40-53'	0,10
'26: DP 1-5'	0,00
'27: DP 1-8'	0,00
'27: DP 9-13'	0,15
'27: DP 14-39'	0,20
'27: DP 40-74'	0,50
'28: DP 55-78'	0,40
'28: DP 75-92'	- (0,40)*
'28: DP 79-108'	0,40
'28: DP 93-131'	0,25
'28: DP 109-149'	0,35
'28: DP 132-149'	0,35
'29: DP 150-163'	0,30
'30: DP 164-184'	0,15

* () is een schatting, omdat geen waarde bepaald is.

4.3 Bekleding

Het ontwerpprincipe van de bekleding is:

- Breuksteen 40-200 kg tot wintermeerpeil van NAP -0,4 m;
- Zetsteen tot en met de golfklapzone (NAP +1,5 m);
- Grasbekleding in de golfloopzone.

De ontwerpmethode van de bekleding is uitgewerkt in de Ontwerpbasis Bekleding DO [AMMD-003275]. Belangrijke uitgangspunten zijn:

- de grasbekleding op het buitentalud heeft een (dichte of) gesloten zode (conform paragraaf 7.3 OI2014v4).
- de hydraulische randvoorwaarden zijn bepaald met daarbij rekening te houden met de diepte gelimiteerd golfhoogte volgens de Battjes-Groenendijk³.
- de stormduur kan verkort worden van 720 uur naar ca. 120 uur. De onderbouwing van de 120 uur én de daadwerkelijk gekozen stormduur staat in de ontwerpbasis bekleding DO.

Bovenstaande uitgangspunten zijn uitgebreid besproken met bevoegde instanties, de discussiestukken zijn AMMD-001278, 003313, 003853, 003778 en brief van het KPR van 14-09-2017 'Aanleghoogte harde bekledingen Markermeerdijk'.

4.4 Wegen en wegbermen op dijken

Het wegontwerp ligt bij discipline wegontwerp. De raakvlakken met het wegontwerp dient wel te worden gewaarborgd in het DO. Bij het wijzigen van de bestaande wegfaciliteiten dient rekening te worden en afgestemd te worden met het discipline wegontwerp.

4.5 Kruiend ijs

Het basisrapport bij de Leidraad Zee- en Meerdijken geeft aan: "Er is nog onvoldoende kennis voorhanden om een waterkering te kunnen dimensioneren op een zware ijsbelasting. Het is wel mogelijk maatregelen te treffen om de gevolgen van ijsbelasting zoveel mogelijk te voorkomen:

- Een glad oppervlak zonder uitsteeksels. Vermeden moet worden dat overgangsconstructies boven het talud uitsteken. Vooral bij bekledingen zonder duidelijke samenhang, zoals stortsteen in een plasberm dat het kruiend ijs elementen kan meevoeren tegen het talud op.
- De aanwezigheid van een berm beperkt de ijsbelasting op het boventalud en kruin. Een berm boven het stilwaterniveau is gunstig omdat de berm als opslagplaats kan dienen voor ijsschotsen. Het ijs zal namelijk in schotsen breken bij het opklimmen tegen het ondertalud en ter plaatse van de voorrand van de berm."

In overleg met de beheerder is de breuksteen - zetsteen overgang gelegd op wintermeerpeil NAP - 0,4 m. Zodoende ligt alleen de gladde bekleding boven water zodat kruiend ijs geen vat heeft op de bekleding.

³ Battjes, J.A. and Groenendijk, H.W. [2000] Wave height distributions on shallow foreshores, Coastal Engineering, 40 (2000)

4.6 Piping

Bij Markermeerdijken is 20% van de faalkansruimte voor piping overgeheveld naar macrostabiliteit binnenwaarts. Dit betekent dat de faalkansruimte voor het faalmechanisme piping 4% bedraagt (in plaats van 24%). Dit heeft als gevolg dat de normafhankelijke veiligheidsfactoren voor de deelfaalmechanismen opbarsten, heave en piping hoger worden, waardoor de eis aan deze deelfaalmechanismen strenger wordt.

Het ontwerp en de controle op dit faalmechanisme bestaat uit de volgende drie deelmechanismen:

1. opbarsten;
2. heave-situatie; en
3. terugschrijdende erosie

Indien aan één van de bovenstaande deelfaalmechanismen wordt voldaan, kan het faalmechanisme opbarsten, heave en piping worden uitgesloten.

4.6.1 Opbarsten

In de lijn met OI en WBI wordt de veiligheid tegen opbarsten bepaald op basis van het beschouwen van de korrelspanning, die bestaat uit het vergelijken van het stijghoogteverschil over de deklaag ($\Delta\phi$) bij het uittredepunt en het kritieke stijghoogteverschil ($\Delta\phi_{c,u}$) over de deklaag. Bij deze vergelijking is rekening gehouden met:

γ_{up}	Norm afhankelijke veiligheidsfactor voor opbarsten	[-]
$\gamma_{b,u}$	Schematiseringsfactor voor opbarsten	[-]

Voor de schematiseringsfactor ($\gamma_{b,u}$) wordt uitgegaan van 1,1 (gelijk aan macrostabiliteit). Deze wordt in het DO onderbouwd. De normafhankelijke veiligheidsfactor (γ_{up}) wordt bepaald conform het formule 4.9 uit OI2014v4.

$$\gamma_{up} = 0,48 \cdot e^{(0,46\beta_{eis,dsn} - 0,27\beta_{max})}$$

De veiligheidsfactor voor het deelfaalmechanisme per traject staat hieronder opgenomen:

$\gamma_{up,13-7}$	= 1,86
$\gamma_{up,13-8}$	= 1,71
$\gamma_{up,13-9}$	= 1,85

Voor het optredende stijghoogteverschil over de deklaag ($\Delta\phi$) is het volgende formule toegepast:

$$\Delta\phi = \phi_{exit} - h_{exit} = (h - h_{exit})r_{exit}$$

Het kritieke stijghoogteverschil is als volgt bepaald:

$$\Delta\phi_{c,u} = \frac{D_{deklaag}(\gamma_{sat} - \gamma_{water})}{\gamma_{water}}$$

Het resultaat wordt getoetst aan:

$$\Delta\phi_{c,u} \leq \frac{\Delta\phi_{c,u}}{\gamma_{up} * \gamma_{b,u}}$$

4.6.2 Heave

Dit deelfaalmechanisme bestaat uit een vergelijking van de optredende heave gradiënt over de deklaag (i) de met de kritieke heave gradient ($i_{c,h}$), waar bij is rekening gehouden met de volgende factoren:

γ_{he}	Norm afhankelijke veiligheidsfactor voor het deelfaalmechanisme heave	[-]
$\gamma_{b,h}$	Schematiseringsfactor voor heave	[-]

Tevens de schematiseringsfactor ($\gamma_{b,h}$) voor het heave is gelijkgesteld aan 1,1 [-]. De veiligheidsfactor voor heave (γ_{he}) is door de onderstaande vergelijking bepaald:

$$\gamma_{he} = 0,37 \cdot e^{(0,48\beta_{eis,dsn}+0,30\beta_{max})}$$

De veiligheidsfactor voor het deelfaalmechanisme per traject staat hieronder opgenomen:

$\gamma_{he,13-7}$	= 1,44
$\gamma_{he,13-8}$	= 1,31
$\gamma_{he,13-9}$	= 1,43

De optredende heave gradiënt wordt bepaald:

$$i = \frac{(h - h_{exit})r_{exit}}{D_{deklaag}}$$

Het heave criterium is:

$$i \leq \frac{i_{c,h}}{\gamma_{he} \cdot \gamma_{b,h}}$$

De kritieke heave gradiënt ($i_{c,h}$) bedraagt 0,3.

4.6.3 Terugschrijdende erosie

De controle op terugschrijdende erosie omvat de vergelijking van het optreden verval (ΔH) met het kritieke verval ($\Delta H_{c,p}$) over de waterkering, rekening houdend met de bijbehorende veiligheidsfactoren:

γ_{pip}	Norm afhankelijke veiligheidsfactor voor het piping	[-]
$\gamma_{b,p}$	Schematiseringsfactor voor piping	[-]

Voor de schematiseringsfactor wordt uitgegaan van 1,1 [-]. De veiligheidsfactor is als volgt tot stand gekomen:

$$\gamma_{pip} = 1,04 \cdot e^{(0,37\beta_{eis,dsn}-0,43\beta_{max})}$$

De veiligheidsfactor voor het deelfaalmechanisme per traject staat hieronder opgenomen:

$\gamma_{he,13-7}$	= 1,60
$\gamma_{he,13-8}$	= 1,49
$\gamma_{he,13-9}$	= 1,60

Het bepalen van het optredende verval, het kritieke verval en de benodigde kwelweglengte worden bepaald op basis van de aangepaste rekenregel van Sellmeijer, zoals opgenomen in het OI2014v4. Het ontwerp moet voldoen aan de volgende vergelijking:

$$\Delta H \leq \frac{\Delta H_{c,p}}{\gamma_{pip} \cdot \gamma_{b,p}}$$

4.7 Macrostabiliteit binnenwaarts en buitenwaarts tijdens de eindsituatie

4.7.1 Materiaalmodel

Bij het bepalen van de macrostabiliteit wordt conform het OI2014v4 en in aansluiting op het toekomstige Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium (WBI2017) uitgegaan van het *critical state soil model* (CSSM). Kenmerkend voor het CSSM-framework is dat onderscheid wordt gemaakt tussen ongedraineerd (cohesieve lagen) en gedraineerd (zand/grind) grondgedrag tijdens het afschuiven.

Voor het bepalen van de ongedraineerde schuifsterkte voor klei en veen wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van de conus- en/of bolsonderingen (ook wel dijken op veenmethode genoemd). In de gevallen waar geen sondering beschikbaar is en/of de grensspanning wordt overschreden (denk aan een relatief forse ophoging of een berm), wordt de ongedraineerde schuifsterkte bepaald op basis van SHANSEP relaties (de zogenaamde WBI-methode). Beide methode worden hieronder toegelicht. Voor zand wordt met de gedraineerde parameters gerekend.

Ongedraineerde schuifsterkte op basis van sondering

Bij de dijken op veen methode wordt de ongedraineerde schuifsterkte gecorreleerd aan de conus- en/of bolsondeweerstand. De relatie tussen de gemeten weerstand en ongedraineerde bij een conussondering wordt als volgt gedefinieerd:

$$s_u = \frac{q_{net}}{N_{kt}} \quad , \quad q_{net} = q_t - \sigma_v \quad , \quad q_t = q_c + (1 - a)u_2$$

Hierin zijn:

- s_u ongedraineerde schuifsterkte [kPa]
- q_{net} conusweerstand gecorrigeerd voor gemeten waterspanning en verticale grondspanning [MPa]
- N_{kt} correlatiefactor tussen q_{net} en s_u [-]
- q_t conusweerstand gecorrigeerd voor gemeten waterspanning [MPa]
- u_2 waterspanning direct boven de conus gemeten [MPa]
- q_c conusweerstand [MPa]

Ongedraineerde schuifsterkte SHANSEP⁴ relaties

Bij de SHANSEP relaties wordt de ongedraineerde schuifsterkte (s_u) bepaald aan de hand van relatie tussen de effectieve verticale spanning (σ'_{vi}) en de grensspanning (σ'_{vy}). Hierbij wordt de ongedraineerde schuifsterkte van de cohesieve lagen bepaald met:

$$s_u = \sigma'_{vi} \cdot S \cdot OCR^m \quad \text{met} \quad OCR = \sigma'_{vy} / \sigma'_{vi}$$

Hierin zijn:

- s_u ongedraineerde schuifsterkte (overgeconsolideerd) [kN/m²]
- σ'_{vi} effectieve verticale spanning in het veld [kN/m²]
- S normaal geconsolideerde schuifsterkte ratio (volgt uit laboratoriumproeven)
- OCR overconsolidatiegraad

⁴ Stress History And Normalized Soil Engineering Properties, Ladd&Foot, 1974

m exponent voor de toename van sterkte
 σ'_{vy} grensspanning (volgt uit samendrukkingsproeven of sonderingen) [kN/m²]

Glijvlakmodel

De binnenwaartse stabiliteit wordt gecontroleerd met het glijvlakmodel Spencer-Van der Meij. De buitenwaartse stabiliteit wordt gecontroleerd met het glijvlakmodel Uplift Van.

4.7.2 Partiële factoren

De veiligheidsfilosofie voor het is met het Kennisplatform Risicobenadering (KPR) besproken en akkoord bevonden. Het DO wordt opgesteld op basis van de nieuwe versie van het OI2014 (OI2014v4). De opzet sluit aan op de vigerende filosofie en op de filosofie van het WBI2017. De filosofie houdt in dat wordt gerekend met partiële factoren, namelijk:

- γ_m Partiële factor voor de onzekerheid over de materiaaleigenschappen (materiaalfactor);
- γ_n Partiële factor die verband houdt met de normhoogte, het al dan niet falen door hoogwater en het lengte-effect (schadefactor);
- γ_d Partiële factor voor de modelonzekerheid (modelfactor); en
- γ_b Partiële factor voor de onzekerheid over de ondergrondopbouw en de water(over)spanningen (schematiseringfactor).

Materiaalfactoren

Conform OI2014v4 hebben alle materiaal factoren de waarde van 1,0 (-) gekregen. De gedachtegang bij deze verandering ten opzichte van eerdere versie van OI is dat de benodigde veiligheid wordt volledig verdisconteerd in schadefactor. Daarom is de waarde voor de schadefactor hoger dan in het VO is gehanteerd.

Schadefactor

De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd voor de bepaling van de eis op doorsnedeniveau en bijbehorende betrouwbaarheidsindex:

- Signaleringswaarde: 1/3.000 [1/jr]
- Maximaal toelaatbare faalkans: $P_{\text{norm}} = 1/1.000$ [1/jr]
- De kans op doorbraak gegeven instabiliteit van het binnentalud:
 - bij extreem hoogwater: $P_{\text{flinstb}} = 1,0$
 - bij extreme neerslag/stabiliteit buitenwaarts: $P_{\text{flinstb}} = 0,1^5$
- Faalkansbegroting: $\omega = 0,04$ is gewijzigd naar 0,24 door faalkansruimte van piping te gebruiken.
- Trajectlengte:
 - 13-7: $L = 29600$ m
 - 13-8: $L = 11600$ m
 - 13-9: $L = 28800$ m
- Fractie van trajectlengte met bijdrage aan faalkans macrostabiliteit: $a = 1/30$
- Lengte van equivalente, onafhankelijke vakken: $b = 50$ m.

⁵ De kans op doorbraak gegeven instabiliteit van het talud voor extreme neerslag en stabiliteit buitenwaarts is nader beschouwd in discussiestuk Faalkanseis macrostabiliteit buitenwaarts AMMD-003269. Hieruit blijkt, afhankelijk van de gekozen uitgangspunten, deze voorwaardelijke kans 1/2 à 1/12 is. De standaard waarde $P_{\text{flinstb}} = 0,1$ is daarom aangehouden.

De volgende formule is gehanteerd voor de bepaling van de schadefactor. Dit is in lijn met het OI2014v4:

$$\gamma_n = 0,15\beta_{eis,dsn} + 0,41$$

waarbij:

$$\beta_{eis,i} = \Phi^{-1}(P_{eis,dsn}) \quad , \quad P_{eis,i} = \frac{P_{max} \cdot \omega}{N \cdot P_{flinstb}} \quad \text{en} \quad N = 1 + \frac{a \cdot L_{traject}}{b}$$

De brekende schadefactoren voor situatie staan in der onderstaande tabel

Tabel 15: Schadefactoren [OI2014v4]

	Traject	normeis doorsnedeniveau ($\beta_{eis,dsn}$)	schadefactor (γ_n)
Extreem hoogwater	13-7	4,232	1,045
	13-8	4,033	1,015
	13-9	4,226	1,044
Extreme neerslag/ STBU	13-7	3,682	0,962
	13-8	3,455	0,928
	13-9	3,675	0,961

Modelfactor

In de lijn van het OI2014v4 worden voor het CSSM-materiaalmodel de volgende modelfactoren gehanteerd:

Tabel 16: De gehanteerde modelfactoren [OI2014v4]

Rekenmodel	Modelfactor
Bishop	1,11
LiftVan	1,06
Spencer-Van der Meij	1,07

Schematiseringsfactor

De schematiseringsfactor is bepaald op 1,1 (-) en is onderbouwd in het document schematiseringsfactor [AMMD- 002987]. Dit is de lijn met uitgangspunten het TA, de schematisering voor de stabiliteitsberekening dient der mate conservatief te zijn, dat de factor 1,1 (-) is **[1.4]**.

Vereiste stabiliteitsfactor

De vereiste stabiliteitsfactor wordt bepaald door de model-, schade-, en schematiseringsfactor:

$$SF = \gamma_b \gamma_d \gamma_n$$

waarbij

γ_b schematiseringsfactor

[-]

γ_d	modelfactor	[-]
γ_n	schadefactor	[-]
SF	veiligheidsfactor (Safety Factor)	[-]

De vereiste veiligheidsfactor staat per traject, situatie en model samengevat in onderstaande tabel.

Tabel 17: De vereiste veiligheidsfactoren per situatie en glijvlakkenmodel

	Traject	Bishop	LiftVan	Spencer
Extreem hoogwater/ zone I	13-7	1,28	1,22	1,23
	13-8	1,24	1,18	1,19
	13-9	1,27	1,22	1,23
Extreme neerslag/ STBU	13-7	1,17	1,12	1,13
	13-8	1,13	1,08	1,09
	13-9	1,17	1,12	1,13

4.8 Macrostabiliteit tijdens de uitvoering

De binnenwaartse en buitenwaartse dijkversterking van de Markermeerdijk zal worden uitgevoerd als een gefaseerde ophoging. Er worden twee tijdelijke maatregelen toegepast om de stabiliteit tijdens de gefaseerde ophoging te beheersen:

1. verticale drainage
2. doek voor tijdelijke sterkte

Deze maatregelen zijn alleen van kracht tijdens de uitvoeringsperiode. Er wordt aangenomen dat ze na oplevering geen effect hebben (zie onderbouwing in AMMD-003624 - Geotextiel en VD).

Verticale drainage

De dissipatie van wateroverspanningen in de tijd hangt kwadratisch af van de laagdikte. Verticale drainage wordt toegepast om de afstrooimengte tijdens consolidatie te verkorten. Naast het versnellen van het consolidatieproces heeft verticale drainage als doel om de onzekerheden in te perken. De invloed van de consolidatie coëfficiënt, een relatief onzekere parameter, wordt ingeperkt. De ervaring leert dat het consolidatieproces beter te voorspellen is als verticale drainage toegepast wordt. Verticale drainage wordt toegepast onder de volgende voorwaarden:

- Er moet minimaal 1 m ruimte worden gehouden tussen de onderkant van de drains en de bovenkant van de pleistocene zandlaag om kortsluiting te voorkomen.
- De verticale drains worden vanaf het droge geïnstalleerd; bij een ophoging in het Markermeer moet eerst een slag tot boven de waterlijn worden aangebracht om de verticale drains te kunnen prikken.
- Voor het aanbrengen van de drains moet een werkvloer van zand worden aangebracht, die gedimensioneerd wordt op basis van de vereiste draagkracht van de ondergrond.
- De drainerende randvoorwaarde aan de bovenzijde van de drains moet gehandhaafd blijven tijdens de ophoging. Als de drainerende bovenlaag ingesloten raakt door ondoorlatende lagen tijdens zetting kan overwogen worden om de verticale drains aan te sluiten op een horizontale drain.

Tijdens uitvoering zullen de waterspanningen gemonitord worden om de stabiliteit verder te beheersen.

Doek voor tijdelijke sterkte

Een doek onder of tussen de ophoogslagen levert een bijdrage aan de macrostabiliteit van het grondlichaam. Het op trek belaste doek introduceert extra weerstand tijdens het vervormen van het grondlichaam. Voor een optimale werking van het doek moet het zo laag mogelijk geplaatst worden. Doeken die voor sterkte worden toegepast hebben een zeer hoge doorlatendheid en hebben geen effect op de waterhuishouding.

De eerste ophoogslagen zullen het meest kritisch zijn. De aanpassing van de wateroverspanningen vergt tijd en bij verticale spanningen onder de grensspanning neemt de sterkte nog niet toe. In deze fase levert het doek de benodigde sterkte. Het doel wordt toegepast onder de volgende voorwaarden:

- Het doek wordt in principe vanaf het droge uitgerold. Uitvoeringstechnisch is het lastig om de kwaliteit van het doek te waarborgen bij plaatsing in en vanaf het water, als dat al mogelijk zou zijn in verband met de beperkte diepgang.
- Om de volledige treksterkte te kunnen mobiliseren moet het doek verankerd worden. Het doek zal aan de binnenzijde omgeslagen worden en over minimaal 2m vastgelegd worden door 0,5m grond. Uniaxiale geotextielen (treksterkte hoger in een van de twee richtingen) moeten georiënteerd worden met de sterke richting in dwarsrichting. In de langsrichting van de dijk moet een overlap van minimaal 0,5m aangehouden worden als de doeken niet onderling verbonden worden.
- De drains kunnen door het doek geprikt worden, mits het doek niet al te sterk is. Wij gaan voorlopig uit van een maximale sterkte van 200 kN. Hogere waarden zijn mogelijk, maar vereisen aanpassingen aan de lansen van de drainagestelling. De sterkte van het aangetaste doek moet gereduceerd worden. We gaan voorlopig uit van een (conservatieve) reductie met een factor 2. Optimalisaties zijn mogelijk, maar zullen nader onderbouwd moeten worden.
- De rekenwaarde van de sterkte van het doek wordt volgens de NEN tevens gecorrigeerd voor een aantal factoren, zoals levensduur, mogelijke beschadiging en zuurgraad van het grondwater.

De ophoogslagen onder water in het Markermeer zullen dus worden uitgevoerd zonder aanvullende maatregelen. De taluds zullen zeer flauw worden aangebracht (1v:6h) om de stabiliteit te waarborgen.

4.9 Microstabiliteit

Microstabiliteit is alleen van toepassing bij een dijk met een zandkern. Bij een grote buitenwaartse asverschuiving is een zandkern voorzien. De zandkern heeft met een kleiafdekking van 2 m. Dit is een dikke kleiafdekking die ruim zal voldoen aan het faalmechanisme microstabiliteit. Het faalmechanisme wordt daarom alleen kwalitatief beoordeeld dat 2 m kleiafdekking ruim voldoet.

4.10 Omgang NWO

Het spoor Niet Waterkerende Objecten (NWO) wordt in de nieuwe normering beschouwd als een indirect faalmechanisme dat invloed heeft op verschillende directe faalmechanismen. De directe faalmechanismen waar het NWO invloed op heeft zijn:

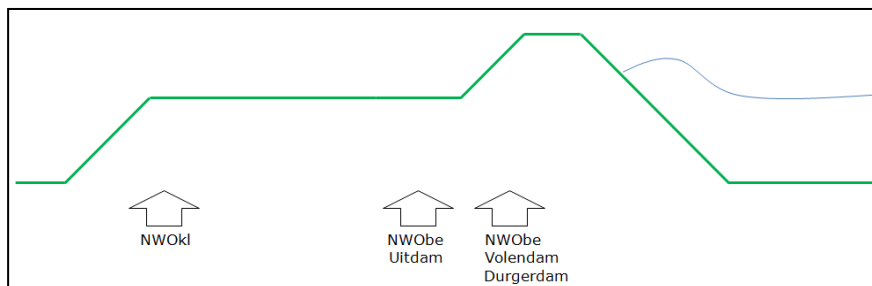
1. Grasbekleding erosie kruin en binnentalud (GEKB) het vroegere spoor hoogte (HT);
2. Macrostabiliteit binnenwaarts (STBI);

3. Opbarsten, heave en piping (STPH).

Er zijn niet veel NWO's langs de Markermeerdijk. Er onderscheiden zich drie standaard situaties:

1. Durgerdam en Volendam. Huizen in het binnentalud;
2. Uitdam. Huizen in de binnenberm;
3. Leidingen aan de binnenzijde van de binnenberm.

Afbeelding 3. Aanwezige NWO's langs de Markermeerdijken

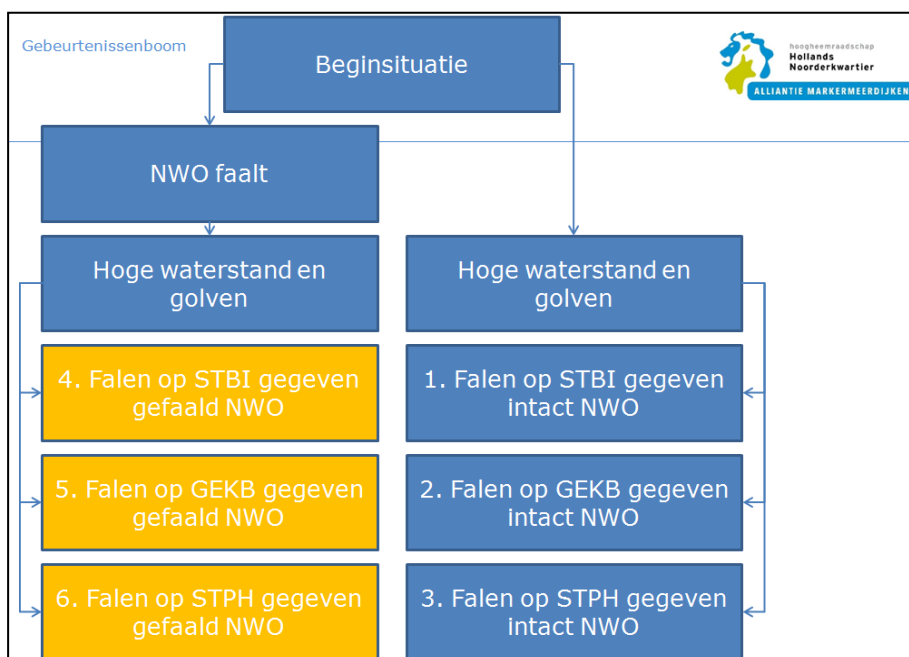


Voor iedere dijk met NWO's worden deze faalmechanismen beschouwd voor de twee mogelijke scenario's:

1. Met intact NWO;
2. Met gefaald NWO.

Er worden dus, als weergegeven in de gebeurtenissenboom (afbeelding 4), zes faalpaden onderscheiden. Al deze zes paden dienen in het ontwerp te worden beschouwd.

Afbeelding 4. Gebeurtenissenboom relevante faalmechanismen NWO's



4.10.1 Faalpaden gegeven intact NWO

Faalkanseis

Aangezien de kans op een intact NWO ongeveer gelijk is aan één, is de faalkanseis voor de situatie gegeven een intact NWO gelijk aan de faalkanseis voor doorsneden zonder NWO. Dit is een conservatieve benadering, het verschil is echter zeer klein.

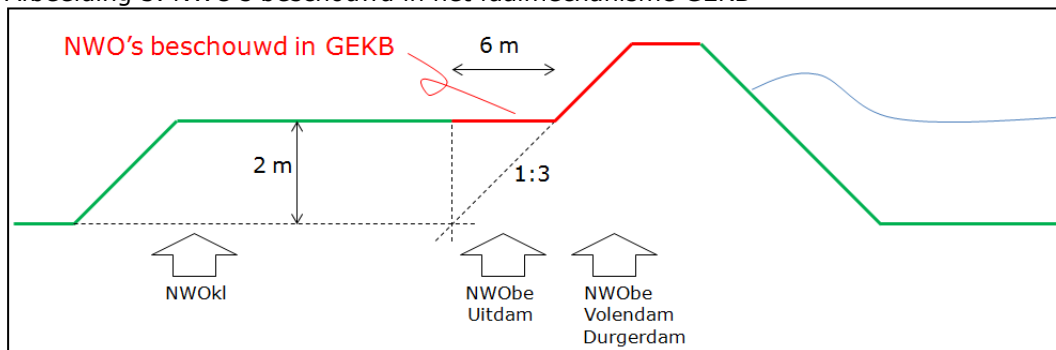
1. Berekening STBI

De doorsnede wordt geschematiseerd met 'forbidden line' in het NWO of geen ontgrondingskuil (in het geval van NWOKI). De glijcirkel wordt gezocht buiten het NWO. Het gewicht van het NWO wordt niet meegenomen.

2. Berekening GEKB

Het toelaatbaar overslagdebiet in de berekening wordt bepaald conform het OI2014v4. Omdat het voor NWObe op de kruin, binnentalud en binnenberm (tot 6 m) praktisch onmogelijk is om bij hoge overslagdebieten erosie te voorkomen op de aansluitingen is hier een toelaatbaar overslagdebiet van 0,1 l/s/m⁶ gehanteerd. Merk op dat voor GEKB de situatie met gefaald NWO naar verwachting maatgevend is.

Afbeelding 5. NWO's beschouwd in het faalmechanisme GEKB



3. Berekening STPH

Dit faalmechanisme is weinig relevant voor een NWO op de binnenberm of het binnentalud. De schematisatie is identiek aan de schematisatie voor doorsneden zonder NWO. Het uittredepunt wordt gezocht in het achterland.

4.10.2 Faalpaden gegeven gefaald NWO

Faalkanseis

De faalkanseis wordt versoepeld door de faalkanseis voor doorsneden zonder NWO te delen door de faalkans van het NWO op doorsnedeniveau. De faalkans van het NWO op trajectniveau is door de Design Board vastgesteld op 1/10 jaar.

⁶ In ieder geval maximaal 1 l/m/s. Het is 0,1 l/m/s als aannemelijk is dat de grasmat tussen de NWO's niet onderhoudbaar zijn. Dit is bij Durgerdam en Volendam het geval.

Er zijn drie dorpskernen waarvoor NWO's relevant zijn (Durgerdam⁷, Uitdam en Volendam). Ervan uitgaande dat dit voor STBI en STPH drie verschillende doorsneden zijn is de faalkans op doorsnedenniveau 1/30 jaar.

Voor GEKB is de lengte-effectfactor echter slechts 2 en is de faalkans op doorsnedenniveau 1/20 jaar.

Voor de waterstand- en golfstatistiek wordt uitgegaan van jaarkansen. Impliciet wordt dus aangenomen dat:

1. De kans op falen van het NWO onafhankelijk is van hoogwater;
2. Dat de hersteltijd van het NWO één jaar bedraagt.

1). De eerste aanname lijkt gegeven dat het moedwillig verwijderen van een huis het maatgevende faalmechanisme is voor het NWO aannemelijk.

2). De tweede lijkt te conservatief. Een ontdek- en hersteltijd van 6 maanden⁸ voor een NWO lijkt aannemelijker. Dit moet wel als zodoende opgenomen worden/zijn in het beheersplan van het Hoogheemraadschap. Er is dus 1/2 kans dat in het jaar dat een NWO is gefaald tijdens de jaarlijks maximum hydraulische belasting. Dit is verdisconteerd door de faalkans op doorsnedenniveau van het NWO door 2 te delen. De faalkans van het NWO op doorsnedenniveau kan dus als volgt gedefinieerd worden: "*de kans dat tijdens de jaarlijks maximum hydraulische belasting het NWO gefaald is*". Voor de drie verschillende mechanismen is deze kans opgenomen in de onderstaande tabel.

Mechanisme	Kans dat NWO gefaald is tijdens jaarlijks maximum hydraulische belasting (jaar)
Macrostabiliteit binnenwaarts (STBI)	1/60
Grasbekleding erosie kruin en binnentalud (GEKB)	1/40
Opbarsten, heave en piping (STPH)	1/60

4. Berekening STBI

De doorsnede wordt geschematiseerd met ontgrondingskuil en zonder 'forbidden line' en zonder het gewicht van het NWO. De glijcirkel treedt (vaak) uit in de ontgrondingskuil.

- Voor NWObe wordt de ontgrondingskuil bepaald op basis van de lengte in het dwarsprofiel van het gebouw en de kelderdiepte.
- Voor NWOkI wordt de ontgrondingskuil bepaald met een erosiekrater berekening en bij volledig verzadigd berm. Indien dit gunstig is voor het ontwerp wordt gebruik gemaakt van de restbreedte bij overhoogte methode.

5. Berekening GEKB

Het toelaatbaar overslagdebiet in de berekening wordt bepaald conform het OI2014v4. Omdat na falen van een NWObe op de kruin, binnentalud en binnenberm (tot 6 m) de ondergrond bloot ligt wordt er aan geen enkele eis voldaan en wordt hier conform het OI2014v4 een toelaatbaar overslagdebiet van maximaal 0,1 l/s/m gehanteerd.

⁷ Voor Durgerdam komt nog een aparte ontwerpbasis (naast deze ontwerpbasis)

⁸ Hier stond eerst 2 maanden voor, dit is na opmerkingen van de Design Board aangepast naar 6 maanden.

6. Berekening STPH

De dijk dient gecontroleerd te worden op opbarsten, heave en terugschrijdende erosie in de ontgrondingskuil. Voor dit faalpad wordt de bodem van de ontgrondingskuil als uittredepunt gekozen.

Samengevat betekent dit in de ontwerppraktijk voor de drie type aanwezige NWO's het volgende:

1. NWObe op het binnentalud en
2. NWObe op de binnenberm:
 - a. Overslagdebiet van 0,1 l/s/m met een terugkeertijd van 209 jaar ($=8.333/40$);
 - b. Overslagdebiet van 0,1 l/s/m met een terugkeertijd van 8.333 jaar;
 - c. Faalkansanalyse voor STBI (onderscheiden scenario met gefaald en intact NWO);
 - d. Check op opbarsten met ontgrondingskuil;
3. NWOkI op de binnenberm:
 - a. Geen extra eisen aan het overslagdebiet;
 - b. Faalkansanalyse voor STBI (onderscheiden scenario met gefaald en intact NWO);
 - c. Het gefaalde NWOkI zorgt voor een volledig verzadigde berm;
 - d. Check op opbarsten met ontgrondingskuil;

5 Raakvlakkenbeheer

5.1 Aansluitingen op andere objecten

5.1.1 Gemalen

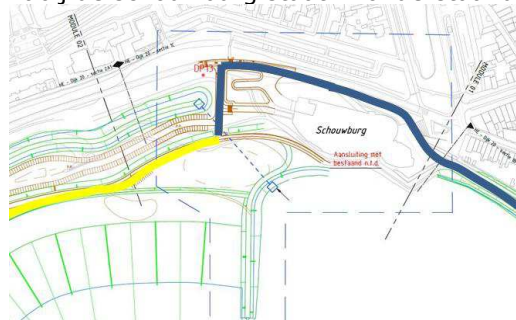
5.1.2 Oeverdijk

De oeverdijk komt voor de bestaande dijk in het Markermeer. Hierdoor wordt de bestaande dijk afgewaardeerd tot een regionale kering IPO klasse III.

De aansluiting van de dijk op de oeverdijk is een dam loodrecht op de dijk en de oeverdijk. Hierdoor worden deze einddammen een primaire waterkering. Er is afgesproken dat de ontwerpverantwoordelijkheid van de dammen bij de discipline dijken ligt.

Het damontwerp zal het dijkontwerp volgen, behoudends de volgende uitzonderingen:

- De dam bestaat volledig uit zand met eventueel een kleiafdekking aan de binnenzijde (tenzij deze kleiafdekking bij de oeverdijk niet wordt toegepast, dan vervalt de klei);
- de breuksteen bij de uiterste einddammen is één steensortering groter dan benodigd, daarmee wordt ontworpen op de ijsbelasting⁹;
- de hydraulische randvoorwaarden kunnen worden aangescherpt door een SWAN analyse. Met name bij het gemaal Westerkogge heeft dat effect. Hier is ook geen ijsbelasting mogelijk¹;
- de principe oplossing nabij de schouwburch staat in onderstaande afbeelding



5.2 Beheer en onderhoud

De geometrie van de dijk is afgestemd met Beheer en onderhoud, zodat een beheerbaar ontwerp ontstaat. Een voorbeeld daarvan is de taludhelling van 1:3 en slootbreedte.

Detail aansluitingen, zoals wegaansluiting en maaiboot afritten zijn inpassingsvraagstukken en hebben niet direct invloed op de waterveiligheid. Er zijn meerdere inpassingseisen door de beheerder opgesteld om de onderhoudbaarheid te waarborgen. Deze worden in de betreffende verificatierapport aangetoond.

⁹ Verslag Vergadering Ontwerpcondities einddammen Oeverdijk, 8-8-2017, AMMD-003924

6 Bijlagen

6.1 Numerieke uitwerking freatische lijn

In onderstaande tabel zijn de hoogte van de freatische lijn in het voorland en het polderpeil opgenomen [4.17].

Dijkvak	Sectie	Dijkpaal		Meerpeil/voorland		Polderpeil	
		van	tot	dgl/ENS	MHW	zomer	winter
20	1	5	10.4	-0.4	1.1	-2.05	-2.05
20	2A	14	26	-0.4	1.1	-3.2	-3.2
20	2B	26	29	-0.4	1.1	-3.2	-3.2
20	2C	29	34	-0.4	1.1	-3.4	-3.4
20	3A	34	36	-0.4	1.1	-3.2	-3.2
20	3A	36	39.5	-0.4	1.1	-3.2	-3.2
20	3B	39.5	53	-0.7	1.1	-3.55	-3.55
20	4	53	63	-0.7	1.1	-3.55	-3.55
20	5A	63	66	-0.7	1.1	-4.2	-4.2
20	5B	66	74	-0.9	1.1	-3.55	-3.55
20/21	6A	74	78.5	-0.9	1.1	-0.9	-0.9
20/21	6B	1	6	-0.9	1.1	n.v.t.	n.v.t.
22/23	7A1	12	16	-0.6	1.1	n.v.t.	n.v.t.
22/24	7A2	16	22.5	-0.6	1.1	-4.6	-4.6
22/25	7B	22.5	27.5	-0.6	1.1	-4.6	-4.6
23	8A1 t/m 8A2	27.5	34.5	-0.4	1	-4.6	-4.6
23	8A3 t/m 8A5	34.5	39	-0.6	1	-2.5	-2.5
23	8B	39.5	52	-0.6	1	-2.26	-2.31
23	9A en 9B tot dp 56	52	56	-0.4	1	-2.26	-2.31
23	9B vanaf dp 56	56	62.5	-0.4	1	-2.26	-2.31
23	10A	62.5	66	-0.4	1	n.v.t.	n.v.t.
23	10B	66	78.5	-0.4	1	n.v.t.	n.v.t.
23	11A	78.5	85	-0.4	1	n.v.t.	n.v.t.
23	11B	85	89	-0.4	1	-2.26	-2.31
23	11c	89	95	-0.4	1	-2.26	-2.31
23	12A	95	106	-0.4	1	-2.26	-2.31
23	12A	106	109	-0.4	1	-2.26	-2.31
24	12B	109	111.2	-0.4	1	-2.26	-2.31
24	1A	0	3	-0.4	1	-1.43	-1.43
24	1B	3	16	-0.4	1	-1.43	-1.43
25	2	16	29	-0.4	1	-1.43	-1.43
25	3A	1	6	-0.2	1	-1.45	-1.45
25	3B	6	11	-0.4	1	-1.45	-1.45
28	4	25.5	39.5	-0.4	1	-1.45	-1.45
28	5	54	70	-0.47	1	-1.56	-1.56
28	6	70	73.5	-0.4	1	-1.56	-1.56
28	7	73.5	81	-0.4	1	n.v.t.	n.v.t.
28	8	81	87	-0.4	1.1	-1.56	-1.56

Dijkvak	Sectie	Dijkpaal		Meerpeil/voorland		Polderpeil	
		van	tot	dgl/ENS	MHW	zomer	winter
		87	97	-0.4	1.1	-2	-2
28	9	97	120	-0.4	1.1	-1.56	-1.56
29	10	120	132	-0.4	1.1	-1.56	-1.56
		132	141	-0.4	1.1	-1.56	-1.56
29	11	141	147.5	-0.26	1.1	-1.56	-1.56
		147.5	149	-0.3	1.1	-1.56	-1.56
29	12	149	157.5	-0.26	1.2	-1.56	-1.56
29	13	157.5	1630	-0.26	1.2	-1.56	-1.56

In onderstaande tabel is de hoogte van de freatische lijn in de kruin opgenomen ten behoeve van de macrostabiliteitsberekeningen [4.17].

Dijk	Sectie	Dijkpaal van	Dijkpaal tot	0-variant dagelijks	MHW		ENS	Ontwerp dagelijks	MHW		ENS
					water	voorland			water	voorland	
20	1	5	10.4	0.85	1	1.65	1.5	1.2	1.35	2	1.85
20	2A	14	26	0.85	1	1.65	1.5	1.2	1.35	2	1.85
20	2B	26	29	0.85	1	1.65	1.5	1.2	1.35	2	1.85
20	2C	29	34	-0.45	-0.3	-0.7	0.2	-0.1	0.05	-0.35	0.55
20	3A	34	36	-0.45	-0.3	-0.7	0.2	-0.1	0.05	-0.35	0.55
20	3A	36	39.5	-0.45	-0.3	-0.7	0.2	-0.1	0.05	-0.35	0.55
20	3B	39.5	53	0.25	0.4	1.05	0.9	0.6	0.75	1.4	1.25
20	4	53	63	0.25	0.4	1.05	0.9	0.6	0.75	1.4	1.25
20	5A	63	66	0.25	0.4	1.05	0.9	0.6	0.75	1.4	1.25
20	5B	66	74	0.05	0.2	0.85	0.7	0.4	0.55	1.2	1.05
20/21	6A	74	78.5	0.05	0.2	0.85	0.7	0.4	0.55	1.2	1.05
20/21	6B	1	6	0.05	0.2	0.85	0.7	0.4	0.55	1.2	1.05
22/23	7A1	12	16	1.15	1.3	1.95	1.8	1.5	1.65	2.3	2.15
22/24	7A2	16	22.5	1.15	1.3	1.95	1.8	1.5	1.65	2.3	2.15
22/25	7B	22.5	27.5	1.15	1.3	1.95	1.8	1.5	1.65	2.3	2.15
23	8A1 t/m 8A2	27.5	34.5	0.85	1	1.65	1.5	1.2	1.35	2	1.85
23	8A3 t/m 8A5	34.5	39	0.95	1.1	1.75	1.6	1.3	1.45	2.1	1.95
23	8B	39.5	52	0.95	1.1	1.75	1.6	1.3	1.45	2.1	1.95
23	9A en 9B tot dp 56	52	56	1.35	1.5	2.15	2	1.7	1.85	2.5	2.35
23	9B vanaf dp 56	56	62.5	1.35	1.5	2.15	2	1.7	1.85	2.5	2.35
23	10A	62.5	66	1.35	1.5	2.15	2	1.7	1.85	2.5	2.35
23	10B	66	78.5	1.35	1.5	2.15	2	1.7	1.85	2.5	2.35
23	11A	78.5	85	1.25	1.4	2.05	1.9	1.6	1.75	2.4	2.25
23	11B	85	89	0.55	0.7	1.35	1.2	0.9	1.05	1.7	1.55

Dijk	Sectie	Dijkpaal		0-variant dagelijks	MHW		ENS	Ontwerp dagelijks	MHW		ENS
		van	tot		water	voorland			water	voorland	
23	11c	89	95	0.55	0.7	1.35	1.2	0.9	1.05	1.7	1.55
23	12A	95	106	0.55	0.7	1.35	1.2	0.9	1.05	1.7	1.55
23	12A	106	109	0.55	0.7	1.35	1.2	0.9	1.05	1.7	1.55
24	12B	109	111.2	0.55	0.7	1.35	1.2	0.9	1.05	1.7	1.55
24	1A	0	3	0.95	0.95	-	1.65	1.25	1.25	-	1.95
24	1B	3	16	1	1	-	1.7	1.3	1.3	-	2
25	2	16	29	1.23	1.23	-	1.93	1.53	1.53	-	2.23
25	3A	1	6	0.05	0.55	-	0.75	0.35	0.85	-	1.05
25	3B	6	11	0.3	0.8	-	1	0.6	1.1	-	1.3
28	4	25.5	39.5	0.3	0.8	-	1	0.6	1.1	-	1.3
28	5	54	70	0.71	1.21	-	1.41	1.01	1.51	-	1.71
28	6	70	73.5	0.88	1.38	-	1.58	1.18	1.68	-	1.88
28	7	73.5	81	0.88	1.38	-	1.58	1.18	1.68	-	1.88
28	8	81	87	0.37	0.87	-	1.07	0.67	1.17	-	1.37
		87	97	0.6	1.1	-	1.3	0.9	1.4	-	1.6
28	9	97	120	0.4	0.9	-	1.1	0.7	1.2	-	1.4
29	10	120	132	0.9	1.4	-	1.6	1.2	1.7	-	1.9
		132	141	0.65	1.15	-	1.35	0.95	1.45	-	1.65
29	11	141	147.5	0.64	1.14	-	1.34	0.94	1.44	-	1.64
		147.5	149	1.2	1.2	-	1.9	1.5	1.5	-	2.2
29	12	149	157.5	1.18	1.18	-	1.88	1.48	1.48	-	2.18
29	13*	157.5	163.0	1.18	1.18	-	1.88	1.48	1.48	-	2.18

* Voor het VO is de freatische lijn bij sectie EA-13 gelijkgesteld aan die bij sectie EA-12

Stijghoogtelijn

Er wordt verondersteld dat onder dagelijkse omstandigheden de stijghoogte in het voorland, achterland en onder de dijk constant is **[4.4]** In onderstaande tabel zijn de waarden opgenomen voor de stijghoogte in de pleistocene zandlaag en de tussenzandlaag voor de dagelijkse/ENS situatie en de situatie bij maatgeven hoogwater **[4.5]**.

Dijk	Sectie	Dijkpaal		Dagelijks/ENS		MHW	Tussenzandlaag		
		van	tot	Pleistoceen	Tussen- zandlaag		Pleistoceen	Achterland	Kruin
20	1	5	10.4	-2.23	-1.33	-1.65	-0.90	-0.46	-0.17
20	2A	14	26	-2.55	-2.29	-1.97	-1.86	-1.42	-1.13
20	2B	26	29	-2.55	-2.29	0.58	0.44	0.87	1.16
20	2C	29	34	-2.31	-2.4	-1.73	-1.97	-1.53	-1.24
20	3A	34	36	-2.31	-2.4	0.55	0.41	0.83	1.10
20	3A	36	39.5	-2.6	-2.38	-2.05	-1.97	-1.55	-1.28
20	3B	39.5	53	-2.8	-2.8	-2.25	-2.39	-1.97	-1.70
20	4	53	63	-2.8	-2.29	-2.25	-1.88	-1.46	-1.19
20	5A	63	66	-2.8	-2.5	-2.25	-2.09	-1.67	-1.40
20	5B	66	74	-2.8	-2.5	-2.25	-2.09	-1.67	-1.12
20/21	6A	74	78.5	-2.8	-2.3	-2.25	-1.89	-1.48	-0.86
20/21	6B	1	6	-2.7	-2.1	-2.15	-1.69	-1.28	-0.73

Dijk	Sectie	Dijkpaal		Dagelijks/ENS		MHW	Tussenzandlaag			
		van	tot	Pleistoceen	Tussen- zandlaag		Pleistoceen	Achterland	Kruin	Voorland
22/23	7A1	12	16	-2.75	-2.45	-2.20	-2.20	-2.04	-1.63	-1.08
22/24	7A2	16	22.5	-2.75	-2.45	-2.20	-2.20	-2.04	-1.63	-1.08
22/25	7B	22.5	27.5	-3.1		-2.55		0.41	0.82	1.51
	8A1 t/m									
23	8A2	27.5	34.5	-2.8	-2.4	-2.25		-1.92	-1.58	-1.30
	8A3 t/m									
23	8A5	34.5	39	-2.3	-2.45	-1.75		-1.97	-1.63	-1.35
23	8B	39.5	52	-2.3	-2.45	-1.75		-1.97	-1.63	-1.35
	9A en 9B tot dp 56									
23		52	56			0.57		0.48	0.82	1.09
	9B vanaf dp 56									
23		56	62.5			0.57		0.48	0.82	1.09
23	10A	62.5	66	-2.4	-2.05	-1.83		-1.57	-1.23	-0.96
23	10B	66	78.5	-2.55	-1.7	-1.95		-1.22	-0.88	-0.61
23	11A	78.5	85	-2.25	-1.8	-1.65		-1.32	-0.98	-0.71
23	11B	85	89	-2.8	-2.1	-2.16		-1.62	-1.28	-1.01
23	11c	89	95	-2.8	-2.1	-2.17		-1.63	-1.29	-1.02
23	12A	95	106	-2.2	-2.8	-1.55		-2.33	-1.99	-1.72
23	12A	106	109	-2.4	-1.73	-1.75		-1.26	-0.92	-0.65
24	12B	109	111.2	-2.3	-1.7	-1.65		-1.23	-0.89	-0.62
24	1A	0	3	-2.77	-2.29	-2.10		-1.80	-1.45	-1.17
24	1B	3	16	-2.77	-2.29	-2.03		-1.80	-1.45	-1.17
25	2	16	29	-2.4	-2.2	-1.66		-1.71	-1.36	-1.08
25	3A	1	6	-2.7	-1.37	-2.11		-0.88	-0.53	-0.25
25	3B	6	11	-2.8	-1.64	-2.20		-1.15	-0.80	-0.52
28	4	25.5	39.5	-2.44	-1.99	-1.84		-1.50	-1.15	-0.87
28	5	54	70	-2.1	-1.7	-1.34		-1.28	-0.72	-0.02
28	6	70	73.5	-2.3		-1.56				
28	7	73.5	81	-2		-1.26				
28	8	81	87	-1.9		-1.13				
		87	97	-1.9		-1.13				
28	9	97	120	-1.9		-1.23				
29	10	120	132	-1.9		-1.23				
		132	141	-1.9		-1.23				
29	11	141	147.5	-1.9		-1.31				
		147.5	149	-1.9		-1.31				
29	12	149	157.5	-1.9		-1.34				
29	13*	157.5	163.0	-1.9		-1.34				

* Voor het VO is de freatische lijn bij sectie EA-13 gelijkgesteld aan die bij sectie EA-12

Ontwerpbasis Oeverdijk DO

Projectomschrijving	Versterking Markermeerdijken		
Documentnummer	AMMD-002796		
Verantwoordelijk cluster	O&I		
Werkpakket	WP-00117		
Object	Oeverdijk		
Versienummer	1.0	Versiedatum	2017-09-27



Inhoudsopgave

1	Algemeen	7
1.1	Scope	7
1.2	Doel	7
1.2.1	Het project	7
1.2.2	Versterkingsvariant Oeverdijk	7
1.3	Beschrijving van de trajecten	8
1.4	Leeswijzer	9
1.5	Wijziging t.o.v. Ontwerpbasis VO	9
2	Gerelateerde documenten	10
2.1	Samenhang documenten	10
2.2	Project overkoepelende documenten	10
3	Aan te tonen eisen	11
3.1	Water keren	11
3.2	Aspect levensduur	11
3.2.1	Zichtperiode waterveiligheid	11
3.2.2	Onderhoudsperiode morfologie	11
3.3	Normen, richtlijnen en leidraden	11
3.4	Overige	12
3.4.1	Stadstrand Hoorn	12
3.4.2	Vispasseerbaarheid	12
3.4.3	Fietspad op de Oeverdijk	12
3.4.4	Cultuurhistorisch waarde	12
4	Ontwerpfilosofie	13
4.1	Veiligheidswerking Oeverdijk	13
4.2	Faalmechanismen	14
4.3	Functie huidige dijk	14
5	Uitgangspunten veiligheid	16

5.1	Totstandkoming uitgangspunten	16
5.2	Faalkanseis en overschrijdingskans rekenwaarde	17
5.3	Veiligheid aangrenzende waterkeringen	19
5.4	Veiligheid kunstwerken	19
6	Uitgangspunten ontwerp	20
6.1	Inleiding	20
6.2	Geometrische uitgangspunten	20
6.2.1	Dijkzone	20
6.2.2	Bestaande geometrie	21
6.2.3	Principeprofielen	21
6.3	Ruimtereservering	22
6.3.1	Ruimtereservering planproducten	23
6.3.2	Ruimtereservering legger	23
6.4	Instelperiode	23
6.4.1	Algemeen	23
6.4.2	Gebruik instelperiode Oeverdijk	24
6.4.3	Hoofddoel instelperiode Oeverdijk	26
6.5	Slijtlaag	26
6.6	Nominale korreldiameter	27
6.7	Ontwerp veiligheidsprofiel	28
6.7.1	Methode ontwerp veiligheidsprofiel	28
6.7.2	Methode afleiden Hydraulische randvoorwaarden	28
6.7.3	Hydraulische randvoorwaarden	32
6.7.4	Ontwerp buitenprofiel	33
6.7.5	Ontwerp grensprofiel	34
6.7.5.1	Overloop	34
6.7.5.1	Overslag	34
6.7.5.2	Kruinhoogtebepaling	35
6.7.5.3	Macrostabieliteit binnenwaarts (STBI)	35
6.7.6	Overige faalmechanismen	37
6.8	Ruimtelijke inpassing	37
6.8.1	Ruimtelijke inpassing dwarsprofiel	37
6.8.2	Bepalen morfologisch onderhoud	37
6.8.3	Bepalen slijtlaag	38
6.8.4	Functiedoelen strekdammen	38

6.9	Strekdammen	39
6.9.1	Algemeen	39
6.9.2	Hydraulische randvoorwaarden	40
6.9.3	Dimensionering	45
6.10	Einddammen	46
6.11	Tussenwater	46
6.11.1	Dimensies	46
6.11.2	Peilbeheer	46
6.11.3	Bestaande dijk	47
6.11.4	Waterkwaliteit tussenwater	47
6.12	Kunstwerken	47
6.12.1	Bestaande kunstwerken	47
6.12.2	Uitwateringswerken	47
6.13	Ecologische inrichting/compensatie	48
6.13.1	Oppervlakte Natuurontwikkeling	48
6.13.2	Benodigde oppervlakte compensatie KRW	52
6.13.3	Ontwerp-aanpassingen	52
6.13.4	Beheer en onderhoud natuur	53
6.14	Ontwerpinpassingen ten behoeve van beheer en onderhoud	54
6.15	Geohydrologie	55
6.15.1	Verloop freatische lijn	55
6.15.2	Stijghoogte respons	55
6.15.3	Indringingslaag	55
6.16	Geotechnische uitgangspunten	55
6.16.1	Interpretatie grondonderzoek Oeverdijk	56
6.16.2	Sterkte parameters	58
6.16.3	Samendrukkingsparameters	58
6.16.4	Overzicht samendrukkingsparameters NEN-Bjerrum	60
6.16.5	Aanvullende aspecten zettingen Oeverdijk	61
6.16.6	(Grond)waterstanden en stijghoogtes zettingsberekeningen	62
7	Literatuur	63
	Bijlage I Omgang overige faalmechanismen	65
	Bijlage II Overzicht KPR advies	68
	Bijlage III Effect systeembenadering – Faalkanseis	69

Bijlage IV Effect systeembenadering – Oeverdijkprofiel	70
Bijlage V Effect systeembenadering – Consequenties	71
Bijlage VI Oeverdijk gedraineerd vs ongedraineerd	72
Bijlage VII Faalkanseis binnentalud Oeverdijk	73
Bijlage VIII Kookboek ontwerp Oeverdijk	74
Bijlage IX Onderbouwing afleiden hydraulische ontwerprandvoorwaarden buitenprofiel	75
Bijlage X Hydraulische randvoorwaarden buitenprofiel	76
Bijlage XI Hydraulische randvoorwaarden strekdammen	80
Bijlage XII Stijghoogte Oeverdijk	87
Bijlage XIII Bodemopbouw maatgevend sonderingen	88
Bijlage XIV TOM Kleilaag Binnentalud Oeverdijk	95
Bijlage XV Analyse waterbalans tussenwater	96
Bijlage XVI TOM Bekleding Eind en Strekdam Oeverdijk	97

1 Algemeen

1.1 Scope

Alliantie Markermeerdijken is voornemens om circa 33 km van de Markermeerdijken tussen Hoorn en Amsterdam te versterken. Deels gebeurt dit volgens 'traditionele' dijkversterkingsmethodes en deels in de vorm van een Oeverdijk. De Oeverdijk is voorzien in het noorden van het versterkingstraject, tussen de Schouwburg van Hoorn tot voorbij Scharwoude.

Een Oeverdijk is een zandig lichaam dat voor de bestaande dijk komt te liggen om de functie van primaire kering geheel over te nemen. Het voornaamste doel is dat de bestaande dijk met historische cultuurwaarde onaangetast blijft. Bovendien hoeft deze dan niet te worden versterkt en hoeven er dus ook geen landwaartse bermen te worden aangelegd. Een ander groot voordeel is het feit dat de waterkering nu volledig vanaf water kan worden aangelegd en dat daarmee alle problemen die samenhangen met de aanleg vanaf land (bereikbaarheid, draagkracht) worden vermeden.

Het voorliggende document dient als een ontwerpbasis en dient te worden gelezen in samenhang met de eisen voor het ontwerp van de Oeverdijk. In dit document zijn de verschillende aannames en uitgangspunten vastgelegd. Als leidraad voor de voorliggende ontwerpbasis zijn de uitgangspunten overgenomen welke reeds ten grondslag liggen aan het vergunningsontwerp (VO) van de oeverdijk van oktober 2016.

In de ontwerpbasis van de 'traditionele' dijkversterking van de andere trajecten van de Markermeerdijken zijn veel van de algemene dijkversterkingsuitgangspunten behandeld [ref. 8]. De uitgangspunten die specifiek ook gelden voor de Oeverdijk zijn in voorliggende ontwerpbasis overgenomen. Daarnaast behandelt deze ontwerpbasis specifieke afwijkingen en aanvullingen ten behoeve van de Oeverdijk.

1.2 Doel

1.2.1 Het project

In de landelijke toetsronde in 2006 is de conditie van de primaire waterkering tussen Hoorn en Amsterdam getoetst aan de wettelijke norm. De toetsing resulteerde in afkeuring van 33,8 km van de totale 47 km van het traject. De primaire doelstelling voor de dijkversterking Markermeerdijken is om de veiligheid weer te laten voldoen aan de wettelijke norm. De afgekeurde delen zijn opgenomen in het tweede Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP2). Uitgangspunt van het HWBP is dat de dijkversterking sober, robuust en doelmatig dient te zijn. Dit betekent dat de maatregelen in ieder geval voor een periode van 50 jaar voldoen aan de eisen voor een veilige waterkering en dat de uitgaven van de versterkingsmaatregelen in verhouding staan tot de opbrengsten.

1.2.2 Versterkingsvariant Oeverdijk

De Oeverdijk betreft een dijkversterkingsmethode welke afwijkt van de traditionele dijkversterkingsmethoden. In plaats van dijkversterkingsmaatregelen aan de bestaande dijk wordt een nieuwe waterkering voor de bestaande kering aangelegd. Deze nieuwe waterkering, genaamd Oeverdijk, neemt de functie als primaire waterkering over van de bestaande dijk.

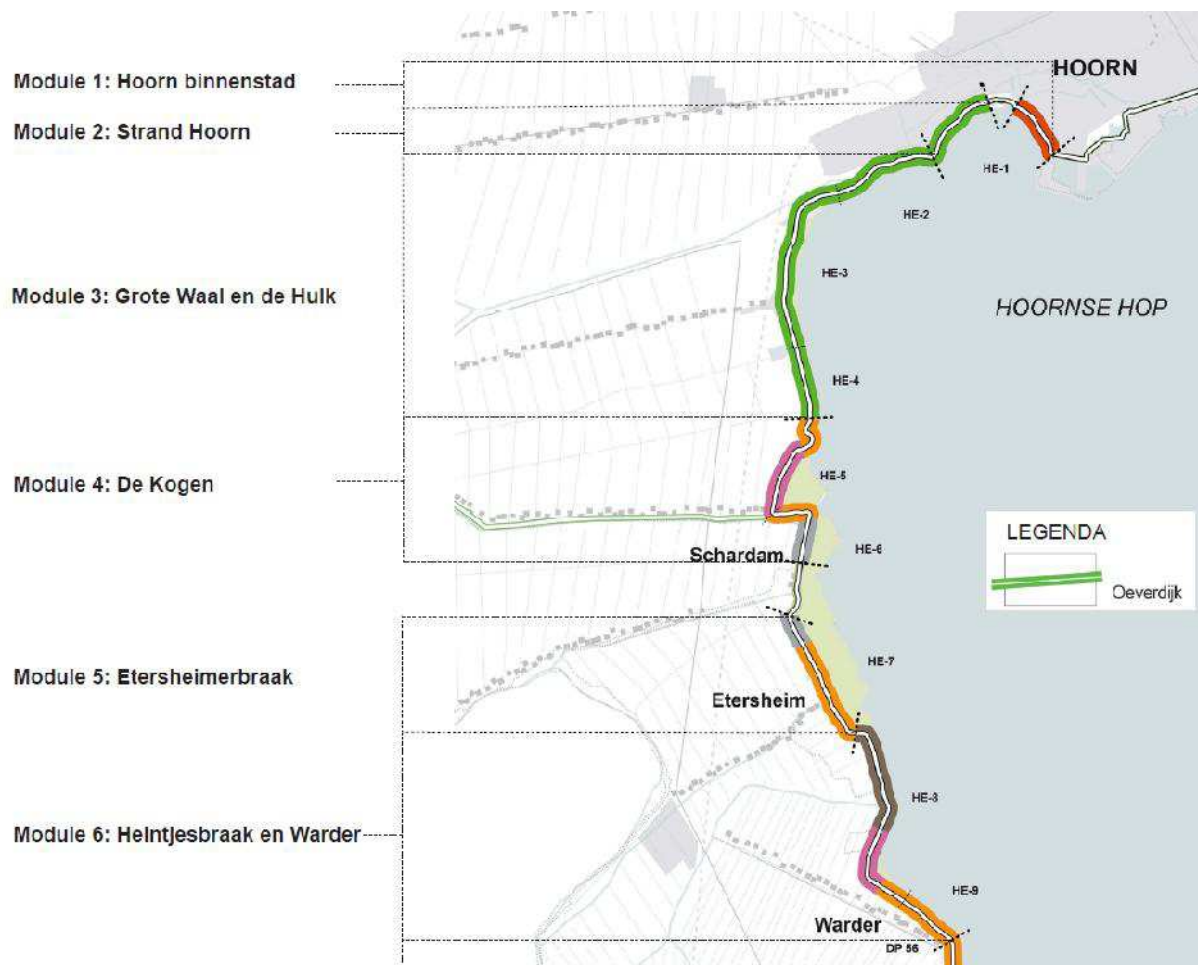
Zo wordt een belasting op de bestaande dijk tijdens maatgevende situaties voorkomen en wordt het gevolg van een doorbraak in de bestaande dijk geminimaliseerd. Een primair uitgangspunt voor het ontwerp van de Oeverdijk is daarom dat de bestaande dijk niet hoeft te worden versterkt. Dit is voordelig is voor de kosten, maar ook voor de landschappelijke en cultuurhistorische waarden. Tevens biedt deze oplossing verschillende kansen voor natuurontwikkeling, zowel op de Oeverdijk als tussen de Oeverdijk en de bestaande kering.

1.3 Beschrijving van de trajecten

De oeverdijk wordt op de volgende 2 trajecten als oplossing gezien:

- Module 2, Strand Hoorn, Sectie HE2, circa 1000 m;
- Module 3, Grote Waal en de Hulk, Sectie HE2-HE4, circa 3800 m;

De gehanteerde sectienummering is overgenomen uit de toetsing. De indeling in modules (zie Figuur 1) is in de VO fase toegepast. De gehele dijkversterkingsopgave loopt nog verder zuidelijk door, voorbij Edam. Op het zuidelijke traject wordt geen Oeverdijkoplossing beoogd.



Figuur 1 Overzicht locaties Oeverdijk uit VO (noordelijke deel versterkingstraject)

1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 1 geeft een algemene inleiding van het document. In hoofdstuk 2 worden de gerelateerde documenten behandeld. In hoofdstuk 3 wordt de link tussen deze ontwerpbasis en het eisendocument gelegd. In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de ontwerpfilosofie. In hoofdstuk 5 volgen de uitgangspunten met betrekking tot de veiligheidsfilosofie. De fysische randvoorwaarden volgen in hoofdstuk 6. Hoofdstuk 7 geeft een overzicht van de gebruikte literatuur.

1.5 Wijziging t.o.v. Ontwerpbasis VO

Daar waar in de Ontwerpbasis Oeverdijk VO [ref. 11] het ontwerp uit het voortraject (VOPP) als basis diende, gebruikt het voorliggende document het ontwerp uit het VO [ref. 14] als basis. De ontwerpbasis uit het VO is verder aangevuld met onder andere de onderstaande punten:

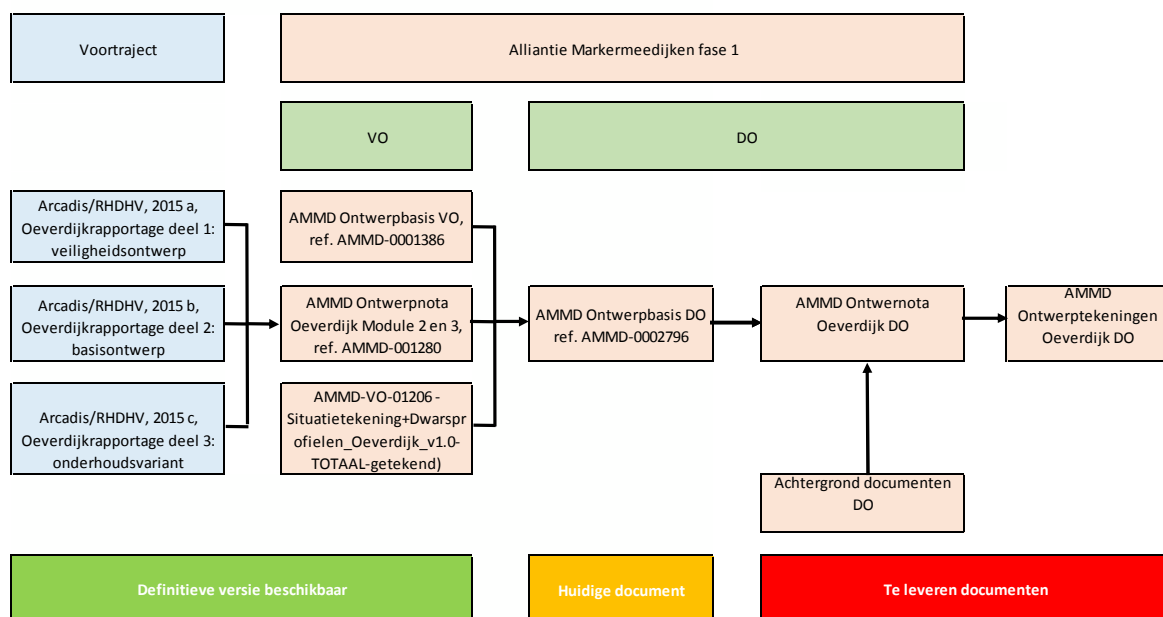
- Sinds 01-01-2017 zijn de nieuwe normen voor waterkering vigerend. Deze zijn prominent aanwezig in deze ontwerpbasis;
- Het ontwerpinstrumentarium is geüpdatet naar OI2014v4, voorheen OI2014v3 en ook de hydraulische randvoorwaarden zijn nieuw afgeleid;
- De ontwerpmethodiek en ontwerpprincipes uit het VO zijn uitvoerig met KPR en de vakgroep waterveiligheid HHNK besproken. Uitkomsten van deze overleggen zijn verwerkt in hoofdstuk 4 en komen deels terug in de overige hoofdstukken;
- Uitgangspunten voor optimalisaties voor het Definitieve ontwerp (DO) zijn toegevoegd. (zoals het vormgeven van het morfologisch onderhoud, binnentalud Oeverdijk zonder waterremmende kleilaag, steenbekleding eind- en strekdammen).

2 Gerelateerde documenten

2.1 Samenhang documenten

De totstandkoming van het ontwerp van de Oeverdijk kent een voorgeschiedenis van enkele jaren. Dit heeft geleid tot het ontwerp van het zogenaamde Basis Veiligheids Variant profiel (BVV-profiel) en een ruimtelijke inpassing van dit profiel. Het BVV-profiel betreft een tot een door het Expertise Netwerk Waterveiligheid (ENW) gedragen ontwerp ([ref. 29]). De totstandkoming van dit ontwerp is samengebracht in een serie achtergrond documenten, bestaande uit drie delen.

Het Vergunningsontwerp (VO) van de Oeverdijk betreft een verdere uitwerking van het in het voortraject tot stand gekomen ontwerp. Hierop is het Definitief Ontwerp (DO) het vervolg. In het VO is het ontwerp geoptimaliseerd en verder in detail uitgewerkt. Het geheel leidt tot een serie ontwerp documenten, schematisch weergegeven in Figuur 2. De ontwerpbasis dient dan ook in samenhang gelezen te worden met de eerder genoemde rapportages. De overige in de ontwerpbasis aangehaalde documenten zijn opgenomen in de literatuurlijst in Hoofdstuk 7.



Figuur 2 Overzicht beschikbare documenten

2.2 Project overkoepelende documenten

Dit document dient te worden gelezen in samenhang met de volgende project overkoepelende documenten:

- Ontwerpbasis Dijken [ref. 8];
- Ontwerpbasis Hydraulisch randvoorwaarden (DO) [ref.10];
- Ontwerpbasis Kunstwerken [ref. 9];
- Ontwerpbasis Zettingen [ref.18].

3 Aan te tonen eisen

In het verificatieplan ten behoeve van de Oeverdijk [ref.1] zijn de eisen en de daarbij horende methoden om deze eisen te verifiëren beschreven. Deze ontwerpbasis behandelt de uitgangspunten die voor het ontwerp worden gehanteerd en vormt naast het verificatieplan de basis voor het ontwerp. De onderstaande paragrafen geven een globaal overzicht van de aan te tonen eisen. Voor een gedetailleerd overzicht wordt verwezen naar het reeds genoemde verificatieplan.

3.1 Water keren

Systeem MMD dient uiterlijk 31 december 2021 het achterland te beschermen tegen de maatgevende hydraulische condities in het Markermeer (details in eisenoverzicht). Deze eis is conform topeis *TP-01 Dijken veilig*.

Er dient een minimaal veiligheidsprofiel ontworpen te worden, door bepaling van profielvorm en profielvolume rond de hydraulische belasting bij norm in combinatie met de kwantificering van het benodigd restvolume (kruinhoogte en kruinbreedte).

3.2 Aspect levensduur

3.2.1 Zichtperiode waterveiligheid

De kunstwerken en constructieve versterkingselementen in de primaire waterkering worden ontworpen met een levensduur van 100 jaar. De overige waterveiligheidselementen worden ontworpen met een levensduur van 50 jaar. Dit betekent dat het ontwerp is gedimensioneerd op ontwerprandvoorwaarden zoals die, afhankelijk van het object, over respectievelijk 100 en 50 jaar te verwachten zijn. Deze eis is conform topeis *TP-03 Levensduur*.

In het ontwerp wordt ervan uitgegaan dat de waterkering in 2021 gereed moet zijn. Dit betekent dat de ontwerprandvoorwaarden gelden tot respectievelijk 2071 en 2121.

3.2.2 Onderhoudsperiode morfologie

De Oeverdijk dient zo veel mogelijk onderhoudsvrij te zijn gedurende de levensduur. Vanuit morfologisch oogpunt betekent dit dat zandverliezen zoveel mogelijk voorkomen dienen te worden, dan wel dat er een voldoende groot zandlichaam wordt aangelegd. Om tot een enigszins flexibele oplossing te komen (omdat het morfologisch gedrag van de Oeverdijk maar beperkt kan worden voorspeld) en om de overmaat aan zand (en daarmee het benodigde ruimtebeslag) te beperken wordt er uitgegaan van een morfologische onderhoudsperiode van tenminste 25 jaar. Dit betekent dat gedurende deze periode geen herprofilering nodig is. Conform topeis *TP-08 Instelperiode* wordt er gemonitord en geëvalueerd na oplevering, tijdens de instelperiode.

3.3 Normen, richtlijnen en leidraden

De Markermeerdijken betreft een primaire waterkering welke het achterland beschermt tegen het water van het Markermeer. Deze eis is conform topeis *TP-05 Ontwerpvoorschriften, leidraden en richtlijnen* en topeis *TP-07 Omgaan met onzekerheden*.

Voor het ontwerp wordt rekening gehouden met het ontwerp overeenkomstig met het Wettelijk BeoordelingsInstrumentarium 2017 (WBI2017). Hierbij wordt gewerkt volgens de door Rijkswaterstaat geschreven *Handreiking ontwerpen met overstromingskansen* [ref. 35], het

zogenaamde OntwerpInstrumentarium 2014 (OI2014). Voor het ontwerp wordt gebruik gemaakt van de meeste recente versie, versie 4. De handreiking geeft aan hoe met de meest recente ontwikkelingen en de vigerende leidraden, handreikingen en technische rapporten kan worden ontworpen. De relevante documenten zijn opgenomen in de literatuurlijst en worden gerefereerd bij de relevante ontwerputgangspunten.

Omdat de Oeverdijk een volstrekt nieuwe versterkingsvariant betreft, is voor het correct toepassen van de Nieuwe Normering advies gevraagd aan het Kennis Platform Risicobenadering (KPR). Dit adviestraject wordt in meer detail beschreven in Hoofdstuk 5.

3.4 Overige

3.4.1 Stadstrand Hoorn

In 2015 heeft het HHNK een Samenwerkingsovereenkomst (SOK) met de gemeente Hoorn opgesteld ([ref.36]). Deze SOK omvat een aantal afspraken omtrent de recreatieve invulling van de Oeverdijk tussen de Schouwburg Hoorn en de Galgenbocht. Het ontwerp dient te voldoen aan de eisen uit de SOK, een nadere invulling van de eisen is afgestemd en gevalideerd met de gemeente Hoorn (ref. AMMD-003287).

3.4.2 Vispasseerbaarheid

Het HHNK heeft de Nota Visbeleid (2005) en de Nota Vismigratiebeleid "Vice Versa" (2008) vastgesteld die worden verduidelijkt in de motie 13 nov 2014 nr. 14.37409. Hierin wordt beschreven dat er voor nieuwe gemalen met een pomp of een vijzel (zoals voorzien in het tussenwater) de noodzaak voor visvriendelijkheid en vispasseerbaarheid beschouwd dient te worden. Hierbij is het principe "visvriendelijk, tenzij.." leidend (Bron: Rik Beentjes, 12 mei 2016 HHNK).

3.4.3 Fietspad op de Oeverdijk

Op gedeeltes van de kruin van de Oeverdijk is een verhard fietspad voorzien. Dit fietspad dient het afslagproces van de Oeverdijk niet te beïnvloeden. Hierdoor dient het fietspad ten minste 0,5 meter landwaarts van de buitenkruinlijn te worden geplaatst. Specifieke uitgangspunten voor de fietspadverharding zijn opgenomen in de Ontwerpbasis Wegen en Paden ([ref. 12]).

3.4.4 Cultuurhistorisch waarde

Een belangrijk argument voor de keuze voor de Oeverdijk als versterkingsvariant betreft de cultuurhistorische waarde van de huidige dijk als onderdeel van de West-Friese Omringdijk. Door de aanleg van de Oeverdijk hoeft de huidige dijk niet te worden versterkt en behoudt deze haar cultuurhistorische waarde. Hierbij wordt opgemerkt dat naar verwachting enige aanpassing van de huidige dijk noodzakelijk zal zijn om de aansluitingen van de Oeverdijk naar weg op de huidige dijk te realiseren.

4 Ontwerpfilosofie

4.1 Veiligheidswerking Oeverdijk

De Oeverdijk bestaat in essentie uit een brede zanddijk die in het Markermeer voor de bestaande dijk wordt aangebracht. Tussen de Oeverdijk en de bestaande dijk wordt een watergang (tussenwater) aangelegd waardoor de Oeverdijk fysiek en functioneel wordt gescheiden van de bestaande kering. Daarmee is dit een geheel nieuwe oplossing die wezenlijk anders is dan traditionele dijkversterkingen. Het gaat om een brede 'zachte' waterkering, die de primaire waterkerende functie van de bestaande, achterliggende dijk overneemt. Een 'zachte' waterkering wil zeggen dat het gaat om een kering die niet (grotendeels) is voorzien van een bekleding van een bepaalde erosieklasse, zoals stenen, klei of een bepaalde begroeiing.

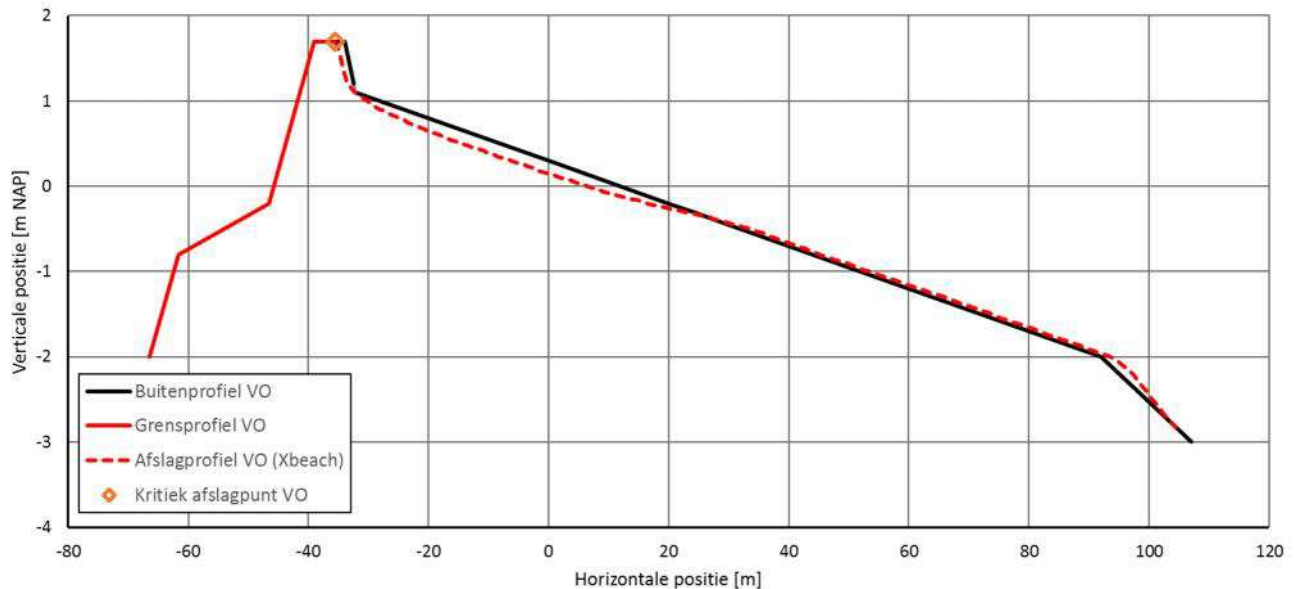
Het doel is een situatie waarbij de Oeverdijk de functie van primaire waterkering van de bestaande, achterliggende dijk overneemt.

Om de huidige dijk zo min mogelijk te beïnvloeden komt er een watergang tussen de Oeverdijk en de huidige dijk. Dit wordt het tussenwater genoemd en krijgt een breedte van minimaal 10 meter op een niveau van NAP-0,4 m. Het peil in het tussenwater wordt beheerst, zodat de bestaande kering voldoet aan de veiligheidsnormen voor een regionale kering (zie sectie 4.3).

Wat betreft de werking van de Oeverdijk wordt zoveel mogelijk de parallel getrokken met de werking van een kustduin. Dit houdt in dat de werking van de Oeverdijk als volgt kan worden samengevat:

- De primaire werking berust op het afslagprincipe. Dit houdt in dat duinafslag het leidende faalmechanisme is voor het falen van het buitentalud van de Oeverdijk;
- Conform de werking van kustduinen, wordt de waterkerende veiligheid vervolgens gegarandeerd door het resterende 'grensprofiel'. Dit grensprofiel zorgt voor het net niet doorbreken van de waterkering in het geval van maatgevende duinafslag. Het grensprofiel dient van zichzelf, dus volgens de vigerende normen, ook voldoende stabiel te zijn.

Een en ander is samengebracht in Figuur 3. Het meest meerwaartse punt van het grensprofiel valt samen met het kritieke afslagpunt. Dit punt is gedefinieerd als het meest landwaartse punt op het buitenprofiel tot waar het afslagprofiel reikt.



Figuur 3 Definitie buitenprofiel en grensprofiel

4.2 Faalmechanismen

Het ontwerp van de Oeverdijk berust op het ontwerp van twee profielonderdelen:

- Het buitenprofiel;
- Het grensprofiel.

Het *buitenprofiel* van de Oeverdijk wordt ontworpen op het faalmechanisme Duinafslag (DA) (zie Hoofdstuk 5). Macrostabiliteit buitenwaarts (STBU) is in theorie ook van belang voor het buitenprofiel. Echter, voor de vormgeving van het buitenprofiel is STBU ondergeschikt aan duinafslag. Daarom wordt hier niet expliciet rekening mee gehouden. Dit uitgangspunt wordt geïntegreerd in de ontwerpnota. De werkwijze hiervoor wordt toegelicht in Bijlage I.

Voor het ontwerp van het *grensprofiel* zijn het voormalige spoor Overloop en overslag (HT) en Macrostabiliteit binnenwaarts (STBI) de leidende faalmechanismen. Specifieke uitgangspunten betreffende deze mechanismen worden beschreven in Hoofdstuk 5. Daarnaast zijn de volgende mechanismen geïdentificeerd waarmee in het ontwerp van het grensprofiel rekening gehouden moet worden:

- Piping en heave (STPH);
- Microstabiliteit (STMI);
- Bekleding binnentalud (STBK).

In Bijlage I wordt aangegeven hoe er in het ontwerp met deze mechanismen wordt omgegaan.

4.3 Functie huidige dijk

De primaire waterkerende functie van de huidige dijk wordt in zijn geheel overgenomen door de Oeverdijk. De bestaande kering wordt afgewaardeerd naar een regionale kering, met IPO klasse III normering (overschrijdingskansen van 1/100 per jaar).

- In [ref. 44] is aangetoond dat deze IPO-klasse voldoende bescherming biedt;
- In [ref. 4] is aangetoond dat deze klasse voldoende is om het achterliggende gebied te beschermen en dat er geen versterkingsmaatregelen nodig zijn voor de bestaande kering;

- In [ref. 45] is een additionele beschouwing uitgevoerd op basis van gedraineerde schuifsterkteparameters;
- [ref. 46] geeft een samenvatting van bovenstaande documenten
- In [ref. 47] is de afstemming met de vakgroep waterveiligheid van HHNK beslecht in samenhang met onderbouwing parameters (mailwisseling Jody Kames en Richard de Jager van 24-08-2017).

5 Uitgangspunten veiligheid

Dit hoofdstuk beschrijft de meer cijfermatige ontwerpuitgangspunten betreffende de veiligheid van de Oeverdijk. Om tot een breed gedragen voorstel te komen is een uitgebreid adviestraject doorlopen met het KPR. Eerst wordt een beknopte beschrijving gegeven van dit traject. Vervolgens wordt in meer detail ingegaan op de diverse uitgangspunten.

5.1 Totstandkoming uitgangspunten

Om tot een juiste toepassing van de Nieuwe Normering te komen is op verschillende onderwerpen advies ingewonnen bij KPR. Er zijn diverse memoranda opgesteld waarin de keuzes zijn toegelicht. Deze documenten zijn in een aantal overleggen tussen KPR en afgevaardigden van de alliantie besproken. Uiteindelijk is van dit traject een overzichtsdocument opgesteld (Bijlage II), welke een laatste maal aan KPR is voorgelegd en door KPR is beoordeeld (Bijlage II). In het kader van de Oeverdijk betreffen de adviesaanvragen de volgende onderwerpen:

1. Bestaande kering als peilscheiding;
2. Bestaande kering als onderdeel van de primaire kering (systeemwerking Oeverdijk);
3. Trajectindeling;
4. Faalkansruimte/lengte-effectfactor duinafslag;
5. Waterstand bij norm voor Duinafslag;
6. Faalkanseis stabiliteit binnentalud;
7. Rekenmethodiek stabiliteit binnentalud;
8. Oeverdijk als innovatie.

Punt 1 is voor het DO niet meer van toepassing. Inmiddels is het uitgangspunt dat de huidige kering wordt afgewaardeerd tot een regionale kering (zie ook sectie 4.3).

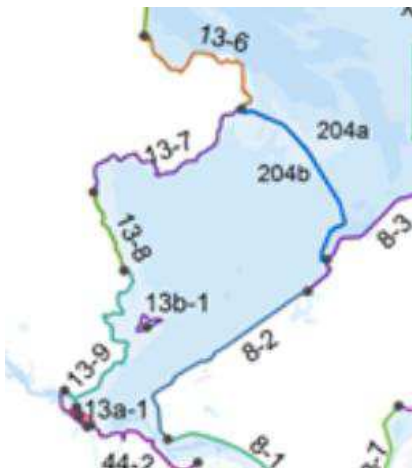
Punt 2 betreft het actief meenemen van enige reststerkte van de huidige dijk in het ontwerp van de Oeverdijk; de zogenaamde 'systeemwerking'. Hierdoor kan de faalkanseis voor de Oeverdijk orde grootte een factor 100 soepeler. De Oeverdijk wordt dan kleiner uitgevoerd. De onderliggende analyse is opgedeeld in drie delen en te vinden in drie memo's (Bijlage III, IV en V). In het overleg tussen de alliantie en het opdrachtgeversteam op 10 juli 2017 is besloten om in het ontwerp geen rekening te houden met systeemwerking en de Oeverdijk te ontwerpen om zelfstandig voldoende bescherming tegen overstroming van het buitenwater te bieden.

De adviezen van KPR betreffende punten 4 tot en met 7 zijn expliciet meegenomen in de uitgangspunten. Dit wordt verder uitgewerkt in sectie 5.2. Tot slot betreft punt 8 het advies dat de toepassing van de Oeverdijk een innovatie betreft en dat daaraan per definitie risico's gebonden zijn. Dit wordt onderkend door de Alliantie. Het gebruik van de instelperiode en het verkrijgen van een breed draagvlak voor de ontwerpkeuzes (o.a. bij KPR en ENW) zijn twee voorbeelden van maatregelen die zijn getroffen om de risico's zoveel mogelijk te beperken.

Om ook bij HHNK voldoende draagvlak te creëren zijn de ontwerpkeuzes voorgelegd aan de vakgroep waterveiligheid van HHNK. Het betreft hier de volgende memo's: *ongedraineerde vs gedraineerde schuifsterkte parameters* (Bijlage VI), *memo's systeemwerking* (Bijlage III, IV en V) en *faalkansruimte binnentalud* (Bijlage VII). De conclusies uit deze memo's zijn verwerkt in deze ontwerpbasis.

5.2 Faalkanseis en overschrijdingskans rekenwaarde

De nieuwe normering werkt met een zogenaamde signaleringswaarde en maximaal toelaatbare overstromingskans welke per normtraject worden vastgesteld in de waterwet. Voor het traject waarbinnen de Oeverdijk is voorzien (traject 13-7, zie Figuur 4) geldt een signaleringswaarde van 1/3.000 per jaar en bijbehorende maximaal toelaatbare faalkans (ondergrens) van 1/1.000 per jaar.



Figuur 4 Dijktrajecten rond het Markermeer [ref. Bijlage I van de Waterwet geldend vanaf 01-01-2017]

De faalkanseis voor een specifiek faalmechanisme op doorsnede niveau kan worden bepaald volgens de formule ([ref. 35]):

$$P_{eis,dsn} = \frac{P_{max} \cdot \omega}{N}$$

Hierin is:

$P_{eis,dsn}$ de faalkanseis die per doorsnede geldt voor een specifiek faalmechanisme

P_{max} de maximaal toelaatbare overstromingskans van het dijktraject (gelijk aan 1/1.000 per jaar)

ω de faalkansruimtefactor (voor duinafslag gelijk aan 0,10)

N de lengte-effectfactor (voor duinafslag hier gelijk aan 2).

Dit leidt tot een faalkanseis voor duinafslag op doorsnedeniveau van 1/20.000 per jaar.

De overschrijdingskans horend bij de rekenwaarde van de belasting is niet gelijk aan de faalkanseis op doorsnedeniveau. Voor duinafslag is de rekenwaarde van de belasting een overschrijdingskans 2,15 (= $10^{1/3}$, ofwel 1/3 decimeringshoogte) keer groter dan de faalkanseis op doorsnedeniveau. Dit betekent een overschrijdingskans van de rekenwaarde van de belasting van 1/9.300 per jaar ($1/20.000 \times 2,15$).

Het grensprofiel moet reststerkte bieden in het geval van een maatgevende duinafslag situatie. Het falen van het binnentalud als gevolg van erosie en/of het afschuiven (STBI) van het binnentalud *tijdens* een maatgevende duinafslag situatie dient te worden uitgesloten. Erosie van het

binnentalud treedt op tijdens golfoverslag. De kans op golfoverslag is het grootst tijdens een duinafslag situatie bij norm. Daarom geldt voor golfoverslag dezelfde rekenwaarde van de belasting als voor duinafslag. Meer specifieke uitgangspunten worden behandeld in sectie 6.7.5. Daarnaast dient het grensprofiel voldoende hoogte te bieden voor het voormalige spoor overloop. Hiervoor geldt een faalkansruimte (ω) van 0,24 met een lengte effect factor van 2. De faalkanseis op doorsnedeniveau wordt dan 1/8.333 per jaar.

Voor falen op macrostabiliteit van het binnentalud is, conform de ontwerpuitgangspunten voor de dijkversterking Markermeerdijken, een faalkansruimte (ω) van 0,24 en een lengte-effectfactor (N) van 20,7 gehanteerd ([ref. 8]). Dit betreft een volledige afschuiving van het binnentalud (STBI), waardoor de Oeverdijk geen water meer kan keren. De faalkanseis op doorsnedeniveau voor het binnentalud van Oeverdijk is op deze wijze gelijk aan die van de naastliggende bestaande/versterkte dijk, namelijk 1/86.250 per jaar. Bij het toepassen van de schadefactorformule uit OI2014v4 en rekenen met het CSSM-model leidt dit tot een schadefactor van 1,045. Met een schematiseringfactor van 1,1 (later in het ontwerp is optimalisatie mogelijk) en een modelfactor van 1,07 (voor Spencer) bedraagt de vereiste stabiliteitsfactor voor STBI 1,23.

Voor het bepalen van de stabiliteit van het binnentalud van de oeverdijk is het maatgevende peil in het tussenwater van belang in het geval van falen van de bestaande kering. In dat geval loopt (een gedeelte van) het tussenwater leeg richting het achterland. De onzekerheid is gelijk aangenomen als de norm van de bestaande kering (IPO-3 norm). Met deze onzekerheid wordt rekening gehouden in het ontwerp. In theorie kan dit meegenomen worden als scenario bij de bepaling van de schematiseringsfactor. Echter heeft het wegvallen van het tussenwater grote gevolgen voor de stabiliteit. Daarom is gekozen om ook een aparte berekening uit te voeren waarbij het tussenwater wegvalt. De faalkanseis op trajectniveau is in dit scenario een factor honderd soepeler aangenomen (gelijk aan faalkans van 1/100 per jaar bij een IPO-3 norm). Bij dit scenario leidt dit tot een vereiste stabiliteitsfactor voor STBI van 1,02.

In Bijlage VII is aangetoond dat de kans op optreden van STBI tijdens een maatgevende duinafslag situatie twee orders kleiner is dan het optreden van een op zichzelf staande afschuiving. Dit dubbele mechanisme heeft daardoor een verwaarloosbare faalkansbijdrage en mag daarom verwaarloosd worden.

Samengevat zijn de faalkanseis op doorsnede niveau en de overschrijdingskansen als volgt afgeleid.

- Er wordt gerekend met een faalkansruimte van 0,10 voor duinafslag welke geldt voor een duin binnen een dijktraject in de standaard faalkansbegroting;
- Er wordt gerekend met een lengte-factor van $N=2$ voor duinafslag;
- Dit leidt tot een faalkanseis op doorsnedeniveau voor duinafslag van 1/20.000 per jaar en een overschrijdingskansen van rekenwaarde van de belasting van 1/9.300 per jaar;
- Er wordt gerekend met een faalkansruimte van 0,24 voor STBI;
- Dit leidt tot een faalkanseis op doorsnedeniveau voor STBI van 1/86.250 per jaar;
- Dit vertaalt zich in een ontwerp met een vereiste stabiliteitsfactor van 1,23 voor het scenario met tussenwater en 1,02 voor het scenario zonder tussenwater;
- Erosie van het binnentalud door golfoverslag en overloop wordt uitgesloten in het ontwerp;
- Het optreden van STBI in combinatie met duinafslag mag worden verwaarloosd.

5.3 Veiligheid aangrenzende waterkeringen

De overgang tussen de Oeverdijk en de bestaande kering wordt ontworpen als een primaire waterkering. Deze overgang wordt 'einddam' genoemd. Deze aansluiting wordt dus ook onderdeel van de primaire kering. De einddammen zijn de verbindingen tussen de kruin van de Oeverdijk en huidige dijk. De einddammen zullen worden ontworpen als een dijk (primaire kering). Dit houdt in dat dezelfde eisen die gelden voor dijken ook gelden voor de einddammen. De specifieke uitgangspunten voor het ontwerp van de einddammen zijn opgenomen in de ontwerpbasis dijken [ref. 8].

Daarnaast zullen een aantal dammen dwars op de kust worden opgenomen in het ontwerp, de zogenaamde strekdammen. Deze zijn geen onderdeel van de primaire waterkering, maar dienen enkel om het zand binnen de sectie vast te houden. Aan de uiteinden van de Oeverdijk bevinden de strekdammen zich in het verlengde van de einddammen. De strekdammen maken nadrukkelijk *geen* onderdeel uit van de primaire kering, maar dienen enkel ter ondersteuning van de Oeverdijk. Door het verschil in functie worden er verschillende eisen gesteld aan de einddammen en aan de strekdammen. De uitgangspunten voor de strekdammen zijn opgenomen in deze ontwerpbasis (zie sectie 6.9).

5.4 Veiligheid kunstwerken

Ten behoeve van het peilbeheer van het tussenwater, worden er in- en uitlaatconstructies opgenomen in het ontwerp. Deze kunstwerken worden verwerkt in de einddammen en maken dus onderdeel uit van de primaire waterkering. Deze constructies moeten dus ook volgens bijbehorende normen worden ontworpen. Dit geldt ook voor de nieuwe inlaatconstructie bij gemaal Westerkogge (zie sectie 6.11 en 6.12). De specifieke uitgangspunten voor de kunstwerken zijn opgenomen in de ontwerpbasis Kunstwerken [ref. 9].

6 Uitgangspunten ontwerp

6.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft in meer detail de uitgangspunten voor de werkwijze van het ontwerp. Hieruit is op hoofdlijnen een stappenplan afgeleid welke gevolgd moet worden om tot het ontwerp van het veiligheidsprofiel van de Oeverdijk te komen. Dit wordt het 'kookboek' genoemd. Deze is opgenomen in Bijlage VIII.

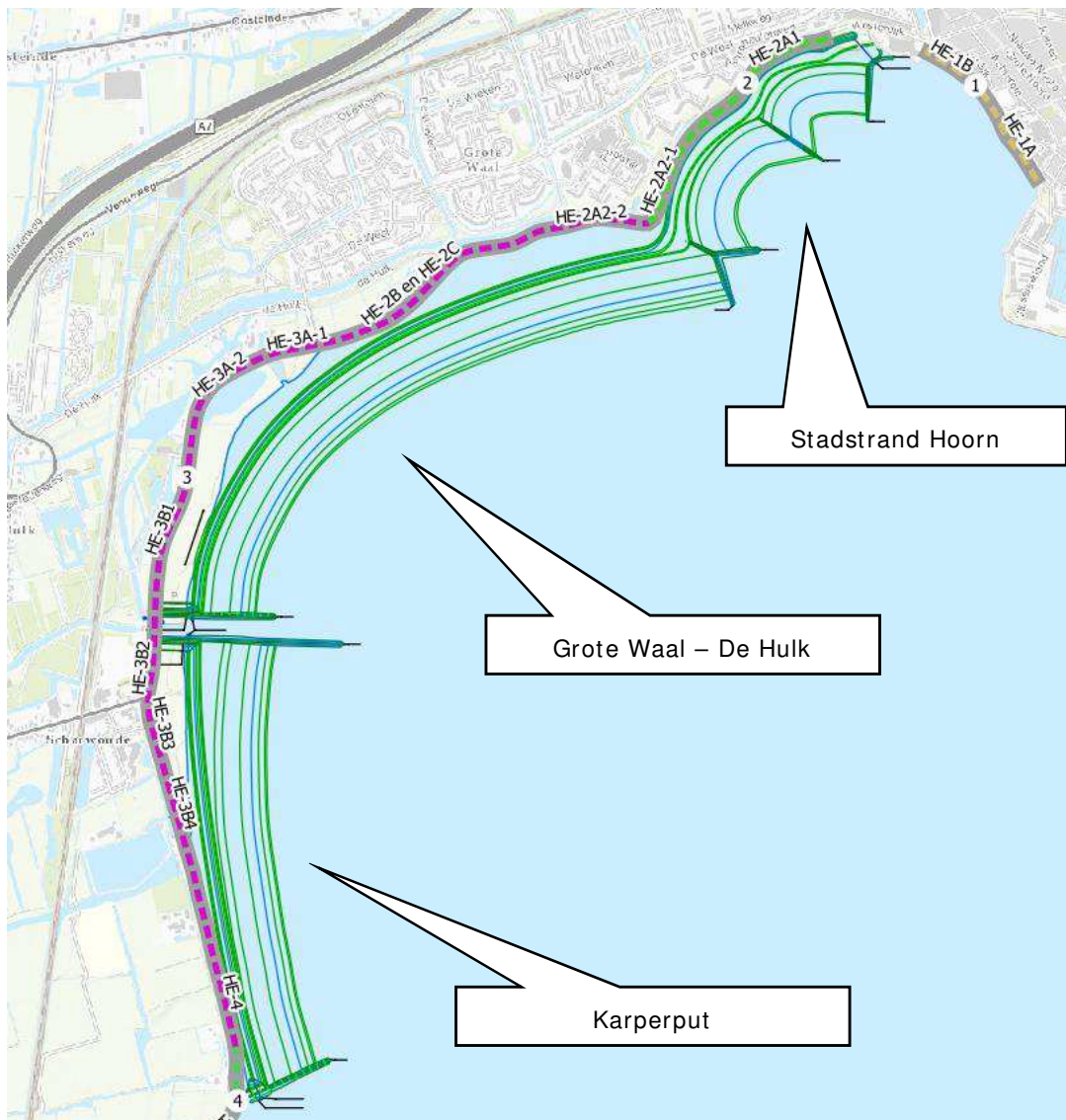
6.2 Geometrische uitgangspunten

6.2.1 Dijkzone

Zoals beschreven in §1.3 zijn er twee modules te beschouwen waar de Oeverdijk wordt voorzien:

- Module 2: Strand Hoorn (circa 1000 m);
- Module 3: Grote Waal - de Hulk (circa 2200 m) en Karperput (circa 1300).

In Figuur 5 is de locatie van de noordelijkste twee trajecten (Strand Hoorn en Grote Waal en de Hulk) gepresenteerd. De ingetekende profielen (kruinlijn, dimensies strekdammen, oeverlijn, etc.) zijn indicatief en zullen in de DO-fase verder worden gedetailleerd.



Figuur 5 Locatie Oeverdijktraject Stadstrand Hoorn, Grote Waal – De Hulk en Karperput. Ontwerp is volgens het VO

6.2.2 Bestaande geometrie

De hoogte van de bestaande dijk en voorland en de dieptes van het Markermeer zijn bepaald op basis van de volgende informatiebronnen:

1. Hoogte, bron DTM, ingewonnen op 17-03-2016;
2. Diepte, bron Periplus in opdracht van HHNK (2014);
3. Diepte, bron Rijkswaterstaat (2013).

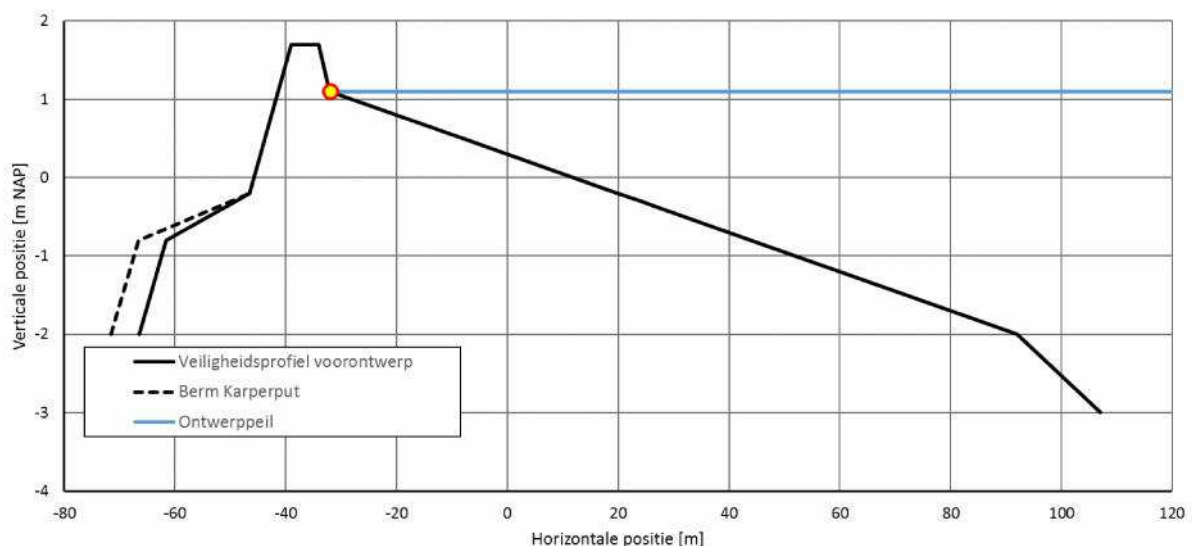
Deze data staat ter beschikking in het uitgebreide GIS systeem van de Alliantie Markermeerdijken.

6.2.3 Principeprofielen

De Oeverdijk wordt, op de aansluitingspunten na, los van de bestaande kering aangelegd. Dat wil zeggen: los genoeg van elkaar dat er minstens een 10 m breed tussenwater tussen past (op een niveau van NAP - 0,4 m) en bevaarbaar is voor onderhoudsmaterieel. De buitenzijde van de

Oeverdijk wordt dermate flauw aangelegd dat de golfaanval onder normcondities op de kruin gering is.

Het in het voortraject ontworpen (en door ENW gedragen) BasisVeiligheidsVariant-profiel (BVV-profiel) is geüpdatet in het VO (Figuur 6; enkel het geüpdatete profiel is getoond). De karakteristieken zijn samengebracht in Tabel 1. Door de update is de vorm van het buitenprofiel niet veranderd, slechts de karakteristieken zijn gewijzigd. In het DO worden de verschillende onderdelen van dit profiel nogmaals tegen het licht worden gehouden. In het in Figuur 6 getoonde profiel is de doorsnede van de slijtlaag en de zettingscompensatie niet weergegeven. Deze profielonderdelen zijn wel onderdeel van het aanlegprofiel, maar kunnen in omvang en vormgeving verschillen per traject.



Figuur 6 Schematische weergave BVV-profiel Oeverdijk uit VO

Tabel 1 Overzicht karakteristieken BVV-profiel Oeverdijk uit VO

Karakteristiek	Waarde
Binnentalud onderste deel	1 : 4
Bermhoogte	NAP-0,80 m
Berm talud	1 : 25 / 1 : 33,3
Insteek berm	NAP-0,20 m
Binnentalud bovenste deel	1 : 4
Kruinniveau	NAP+ 1,7 m
Buitentalud	1 : 4
Knikpunt naar veiligheidsdeel	NAP+ 1,1 m
Talud veiligheidsdeel	1 : 40
Overgang dieper deel	NAP-2,0 m

6.3 Ruimtereservering

Er zijn twee ruimtereserveringen te onderscheiden. Ten eerste geldt de ruimtereservering ten behoeve van de planproducten. Op basis van deze grenzen zijn de effecten van het ontwerp beoordeeld. Voor de uitvoeringseffecten is tevens een tijdelijk ruimtebeslag bepaald, deze zijn in het bijlageboek opgenomen. Wijzigingen in het ontwerp tijdens latere ontwerpfasen dienen binnen

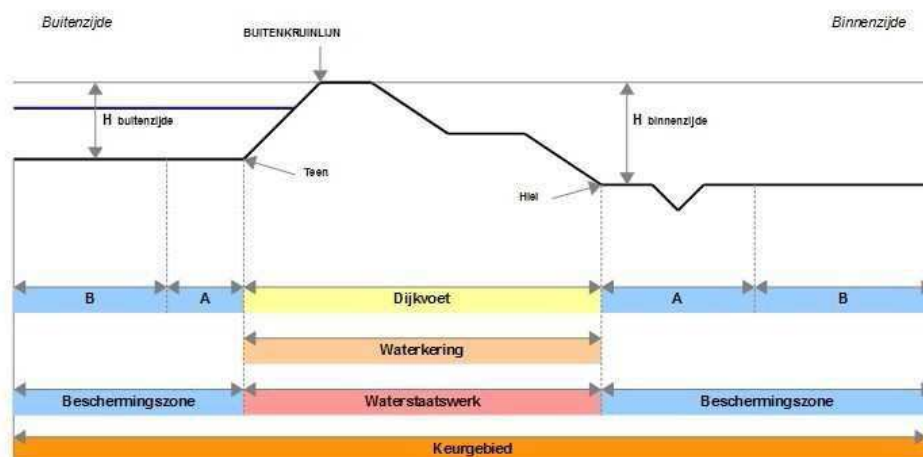
deze grenzen te blijven. Als dit niet mogelijk is, kan het tot een aanpassing van de planproducten leiden. Daarnaast geldt de ruimtereservering ten behoeve van de legger. Deze wordt vastgesteld op basis van hetgeen daadwerkelijk is aangelegd.

6.3.1 Ruimtereservering planproducten

De benodigde ruimte van de Oeverdijk wordt begrensd door de modulegrenzen (module 2 en 3) zoals gegeven in §1.3, de binnenteen en de buitenteen van de Oeverdijk. De positie van de buitenteen wordt bepaald door de benodigde ruimte van het gehele oeverdijkprofiel, inclusief de extra breedte ten behoeve van slijtlaag en zettingscompensatie. In de VO-ontwerpnootities zijn de eerste ruimte reserveringen gedaan. Het daadwerkelijke ruimtebeslag wordt in de DO fase nader uitgewerkt en waar mogelijk geoptimaliseerd. Dit geoptimaliseerde ruimtebeslag dient binnen de grenzen van het VO te blijven. Dit geldt zowel in de verticaal als in de horizontaal.

6.3.2 Ruimtereservering legger

De ruimtereservering voor de legger hangt samen met de definitie van de zogenaamde keurgrenzen. Bij een reguliere kering wordt er aan de binnenzijde van de kering ruimte gereserveerd voor het uitvoeren van toekomstige versterkingen, zie Figuur 7.



Figuur 7 Primaire waterkering langs het Markermeer.

In het geval van de Oeverdijk kunnen deze zones niet direct worden overgenomen, omdat de veiligheidswerking van de Oeverdijk op andere principes berust dan de werking van een reguliere dijk. Daarom zal na de DO fase een specifiek toegesneden indeling in keurzones voorgesteld worden. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van de zone indeling zoals die geldt voor de zandige kust. Voor de bepaling van de ruimtereservering voor de legger wordt een zichttermijn van 100 jaar aangehouden.

6.4 Instelperiode

6.4.1 Algemeen

De instelperiode betreft een periode van vijf jaar na oplevering van de dijkversterking. In die periode is er de mogelijkheid om de aangelegde oplossingen te monitoren en waar nodig aanpassingen door te voeren. Hierdoor kunnen innovatieve oplossingen efficiënter worden toegepast. De mogelijke aanpassingen kunnen betrekking hebben op het herprofilen van de

slijtlaag, aanpassingen ten behoeve van natuurontwikkelingen of maatregelen ten behoeve van de kwaliteit van het tussenwater. De volgende sectie beschrijft in meer detail de inzet van de instelperiode aangaande het morfologisch onderhoud.

6.4.2 Gebruik instelperiode Oeverdijk

De instelperiode voor de Oeverdijk kan in beginsel gebruikt worden voor de monitoring van vier onderwerpen, te weten:

- Veiligheidswerking;
- Zettingen;
- Natuur;
- Morfologische ontwikkeling.

Hieronder wordt de toepasbaarheid van de instelperiode voor deze vier onderwerpen verder toegelicht.

Veiligheidswerking

De Oeverdijk wordt ontworpen voor een vrij kleine overschrijdingsfrequentie van de hydraulische rekenwaardes, namelijk 1/9.300 per jaar. De kans dat een dergelijke conditie optreedt tijdens de instelperiode is erg klein. Daardoor is het niet te verwachten dat het mogelijk is om de daadwerkelijke veiligheidswerking van de Oeverdijk gedurende de instelperiode te beoordelen. Echter, door het ontwerp voldoende robuust in te steken is monitoring op de veiligheidswerking in feite ook niet nodig.

Zettingen

De Oeverdijk moet op het moment van opleveren geotechnisch voldoende stabiel zijn. In het geval van de Oeverdijk betekent dit dat met name de macrostabiliteit van het binnentalud moet voldoen aan de gestelde normen (overige stabiliteit mechanismes moeten uiteraard ook voldoen, maar bevinden zich niet op het kritische pad). De ondergrond dient hiervoor te worden versterkt doormiddel van voorbelasting en/ of verticale drainage. De instelperiode begint pas na oplevering, waardoor deze niet gebruikt kan worden om de mate van voorbelasting te optimaliseren.

Na opleveren zal de Oeverdijk gedurende de levensduur langzaam blijven zetten, de zogenaamde restzetting. Om de hoogte gedurende de levensduur te garanderen wordt over het hele profiel een over-hoogte gedimensioneerd. De over-hoogte kan door monitoring tijdens de instelperiode worden geoptimaliseerd. Dit betekent echter dat in een ongunstig scenario na oplevering over het hele profiel extra zand moet worden opgebracht. Gezien de geplande inrichting van de Oeverdijk is dit onwenselijk (denk aan een verhard fietspad op de kruin en natuurontwikkeling). Daarom wordt de instelperiode niet ingezet om de over-hoogte te optimaliseren. Uiteraard dienen zettingen wel gemonitord te worden om de daadwerkelijke verliezen als gevolg van zettingen inzichtelijk te maken.

Natuur

Natuurontwikkeling is een belangrijk inrichtingsdoel voor de Oeverdijk. Een groot gedeelte van de noodzakelijke natuurcompensatie van de gehele dijkversterkingsopgave is voorzien op de Oeverdijk en in het tussenwater. Gedurende de instelperiode wordt nagegaan in hoeverre aan de natuurcompensatieopgave wordt voldaan. Indien nodig bestaat er dan nog de mogelijkheid om bij te sturen.

Morfologische ontwikkeling

De instelperiode kan wel worden gebruikt om de langjarige stabiliteit van de constructie te monitoren. De Oeverdijk dient gedurende een termijn van 50 jaar voldoende veiligheid te bieden, bij zo min mogelijk onderhoud. Extra zandsuppleties of herverdelingen van het zand dienen daarom zo veel mogelijk voorkomen te worden. Echter, doordat de Oeverdijk in beginsel bestaat uit mobiel zand, is het aannemelijk dat er erosieve zones gaan ontstaan waar op den duur een mogelijk te kort aan zand ontstaat.

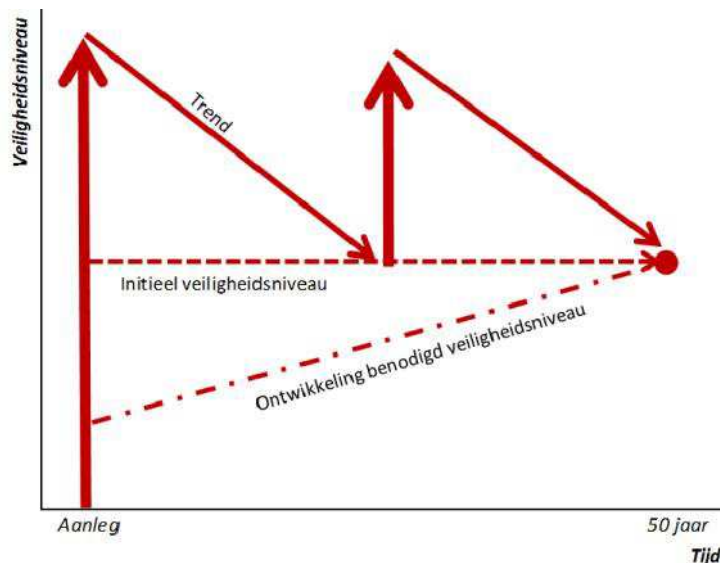
Om de onderhoudsinspanning voor de beheerder te beperken is er een zogenaamde slijtlaag gedimensioneerd. In het VO is als eerste uitgangspunt een onderhoudstermijn van 25 jaar aangehouden. De eerste 25 jaar is de Oeverdijk dan morfologisch gezien onderhoudsvrij. Afhankelijk van de morfologische ontwikkeling gedurende deze periode is dan na 25 jaar (of later) onderhoud noodzakelijk.

De omvang van de slijtlaag is gebaseerd op modelberekeningen met de rekenpakketten Delft3D en XBeach. Deze pakketten zijn goed in staat om de algemene trend te voorspellen. Omdat de modellen in dit geval niet getoetst kunnen worden aan een referentie situatie dienen de berekende volumes echter met enige voorzichtigheid te worden benaderd. Voor het bepalen van het volume van de slijtlaag zijn de volgende aannames aangehouden:

- De onderhoudsvolumes zijn bepaald op het optredende transport als gevolg van het ontworpen profiel, na één morfologisch jaar en vervolgens lineair geëxtrapoleerd;
- Er is niet naar een evenwicht gerekend;
- Omwille van de uniformiteit zijn de onderhoudsvolumes langs de gehele waterlijn aangelegd (dus niet alleen in de erosieve zones);

In het algemeen geldt dat wanneer de voorspelde onderhoudsvolumes worden geëxtrapoleerd in de tijd de fout toeneemt. In feite wordt dus bij een langere onderhoudstermijn fout op fout gestapeld. Hierdoor wordt dus een conservatief onderhoudsvolume verkregen. In werkelijkheid zal het profiel zich naar een evenwicht instellen en de transporten zullen dan afnemen.

De ontwikkeling van het profiel in de erosieve zones is schematisch in Figuur 8 weergegeven. De afwisselend gestreepte en gestippelde lijn geeft de ontwikkeling van het benodigde veiligheidsniveau weer. Als gevolg van klimaatverandering neemt deze toe in de tijd. Het initiële veiligheidsniveau (gestreepte lijn) is gelijk aan het benodigde veiligheidsniveau over 50 jaar. Dit wordt initieel veiligheidsniveau genoemd, omdat dit veiligheidsniveau al bij aanleg gerealiseerd dient te worden. Dit volume is echter voor de toetsing op korte termijn nog niet noodzakelijk (vergelijk met de ontwikkeling van het benodigde veiligheidsniveau). Bij ieder onderhoudsmoment (dikke pijlen) wordt het veiligheidsniveau in één keer zwaar verhoogd. Als gevolg van de erosieve trend neemt het veiligheidsniveau in de tijd vervolgens geleidelijk af.



Figuur 8 Ontwikkeling veiligheidsoverschot bij éénmaal tussentijds onderhoud.

De figuur illustreert ook dat door gebruik van te maken van een relatief groot onderhoudsinterval er in feite maar twee momenten gedurende de levensduur zijn waarop het ontwerp bijgestuurd kan worden; bij aanleg en halverwege de levensduur. Indien de omvang van de slijtlaag enkel op modelberekeningen berust toont dit ook dat er een relatief grote onzekerheidsmarge in het ontwerp opgenomen moet worden. Immers, het moment van mogelijke bijsturing dient zich pas halverwege de levensduur aan. Hierdoor kan men zich initieel geen scherp ontwerp veroorloven.

Efficiënter is het om het gedrag van zandige profiel gedurende de instelperiode te monitoren en vervolgens daar de onderhoud strategie op af te stemmen. Hierdoor kan op de lange termijn een zowel op kosten als op inspanning efficiënt ontwerp worden verkregen. Doel is om aan het eind van de instelperiode een maatregel te treffen waardoor aan de levensduureis van 50 jaar wordt voldaan.

6.4.3 Hoofddoel instelperiode Oeverdijk

Het doel van de instelperiode is om meer zekerheid omtrent de morfologische ontwikkelingen te verkrijgen, zodat het (minimale) veiligheidsprofiel gedurende de hele levensduur (50 jaar) aanwezig blijft.

Indien uit de monitoring blijkt dat het aangebrachte slijtlaagvolume niet voldoende is, zullen aanvullende maatregelen worden getroffen om ten minste het restant van de levensduur te kunnen vervolmaken. Hiervoor zullen met de monitoringgegevens de in het ontwerp gebruikte morfologische modellen worden gevalideerd/verbeterd. Aan de hand van deze modellen zullen vervolgens de onderhoud beperkende maatregelen worden bepaald.

6.5 Slijtlaag

Door de instelperiode kan de positie en de omvang van de slijtlagen specifiekier worden ingeschat. Voor het ontwerp van de slijtlaag zal nog steeds worden uitgegaan van een zichttermijn voor morfologisch onderhoud van 25 jaar. Echter, doordat gedurende de instelperiode nog bijsturing

mogelijk is, kan de slijtlaag scherper worden ontworpen, met een mogelijke reductie van het benodigd aanlegvolume tot gevolg. Het DO leidt hierdoor tot twee benodigde slijtlagen.

1. Een conservatieve bepaling van het volume. Dit is het volume dat benodigd is op basis van conservatieve aannames voor het bepalen van de slijtlaag. Door de relatief lange onderhoudsvrije periode is er geen tussentijdse bijsturing mogelijk, waardoor onzekerheden zoveel mogelijk moeten worden beperkt. Dit volume betreft een bovengrens indien uit de monitoring blijkt dat de gemeten zandverliezen in overeenstemming zijn met de op voorhand berekende zand verliezen.
2. Een scherpe bepaling van het volume. Hierbij wordt eveneens uitgegaan van een onderhoudsperiode van 25 jaar, maar worden er scherpe aannames gedaan in het berekenen van het onderhoudsvolume. Hierdoor is de kans aanwezig dat de daadwerkelijke verliezen groter uitvallen dan de berekende verliezen, met als gevolg dat er een te klein onderhoudsvolume is aangelegd. Door middel van monitoring tijdens de instelperiode wordt de ontwikkeling bewaakt. Indien monitoring een tekort aan onderhoudsvolume uitwijst dient tijdens de instelperiode het onderhoudsvolume worden aangevuld.

Indien de morfologische ontwikkeling (volgend uit de monitoring tijdens de instelperiode) van de Oeverdijk veel gunstiger is dan verwacht, zou na de instelperiode het onderhoudsvolume voor de gehele 50 jaar kunnen worden aangelegd. Dit kan alleen indien de oplossing dan niet groter wordt dan het vergunde ruimtebeslag.

Overigens wordt de lengte van de strekdammen gedimensioneerd op basis van de conservatieve methode. Hierdoor is er altijd voldoende lengte aanwezig is om de in het VO vormgegeven slijtlaag alsnog aan te leggen, mocht dat noodzakelijk zijn. Achterliggende reden is dat een aanpassing of uitbreiding aan de strekdammen complex is na realisatie.

Mitigerende maatregelen moeten worden getroffen, indien de morfologische ontwikkeling ongunstiger is dan verwacht. In beginsel zijn dit zandaanvullingen binnen het vergunde ruimtebeslag, al dan niet uitgevoerd met zand met een grovere korreldiameter. Hierdoor worden sedimenttransporten mogelijk geremd. Ook kan worden gedacht aan het toevoegen van extra constructieve elementen (bijvoorbeeld extra langs- of dwarsdammen). Een nieuwe vergunning dient te worden aangevraagd indien de maatregel niet pas binnen het vergunde ruimtebeslag.

6.6 Nominale korreldiameter

Voor het ontwerp van het minimaal benodigde veiligheidsprofiel wordt een korrelgrootte met een D_{50} van 200 μm aangehouden (dit is conform de gehanteerde sedimenteigenschappen uit het VO). Daarnaast is voor de valsnelheid een karakteristieke waarde van 0,02 m/s aangenomen. Deze korreldiameter geldt voor het veiligheidsprofiel. Dit is het volume zand dat vanuit de waterveiligheid minimaal in het profiel aanwezig dient te zijn.

6.7 Ontwerp veiligheidsprofiel

6.7.1 Methode ontwerp veiligheidsprofiel

Het ontwerp van het veiligheidsprofiel berust op het ontwerp van het *buitenprofiel* en het ontwerp van het *grensprofiel*. In §6.7.4 en §6.7.5 wordt de ontwerpmethode per profielonderdeel toegelicht. Eerst volgt een beschrijving van het afleiden van de hydraulische randvoorwaarden.

6.7.2 Methode afleiden Hydraulische randvoorwaarden

Onderscheid hydraulische belasting

Voor het ontwerp van de Oeverdijk worden twee type hydraulische ontwerprandvoorwaarden onderscheiden:

- i) ontwerpcondities tijdens stormvloeden;
- ii) ontwerpcondities tijdens Extreem Hoog Water (EHW).

Het EHW is equivalent aan het Maatgevend Hoog Water (MHW), zoals dat gangbaar is in de 'oude' normering. Echter, als gevolg van de risico benadering is de term Maatgevend Hoog Water komen te vervallen.

Afslag wordt verwacht tijdens stormvloed. Voor dergelijke condities is er sprake van zowel een verhoogde waterstand als een zware golfaanval, wat zal leiden tot sediment transport van bovenin het profiel naar de vooroever. Anders dan aan de kust verschilt de waterstand die wordt verkregen tijdens stormvloed van de maximaal *mogelijke* waterstand, gegeven een bepaalde normfrequentie. Dit komt doordat de maximaal mogelijke waterstand (het EHW) wordt verkregen wanneer er sprake is van langdurige neerslag, waarbij er geen of beperkte mogelijkheid is van afwateren richting de Waddenzee. Deze situaties gaan niet noodzakelijkerwijs gepaard met zware windcondities waarbij golven zouden kunnen ontstaan.

In voorliggende paragraaf worden zowel de hydraulische condities die horen bij stormvloed als de hydraulische condities die horen bij het EHW gepresenteerd.

Hydraulisch randvoorwaardenmodel

De hydraulische randvoorwaarden worden afgeleid met het Hydra-NL model. In het VO is het Hydra-Zoet model gehanteerd. In de tussentijd is echter het WBI2017 van kracht geworden. Daarnaast is na oplevering van het VO ook versie 4 van het ontwerpinstrumentarium gepubliceerd: OI2014v4. Deze versie wordt ook toegepast in de voorliggende ontwerpbasis.

Toeslagen

Met het Hydra-NL model dient de modelonzekerheid in de golfhoogte en waterstand probabilistisch mee gerekend te worden bij het afleiden van de randvoorwaarden. Dit is wezenlijk anders dan de methode zoals in het VO gehanteerd, waar de modelonzekerheid achteraf werd op gelegd op de waterstand en de golfcondities.

Voor klimaatverandering dient te worden uitgegaan van het W+ klimaatscenario van het KNMI [ref. 32]. Dit scenario komt overeen met de klimaatopgave binnen de Deltascenario's Stoom en Warm [ref. 26]. Het OI2014v4 biedt overigens de mogelijkheid om te ontwerpen volgens een milder middenscenario (G of G+), mits het ontwerp uitbreidbaar is. Gezien het zandige karakter is dit in

principe van toepassing voor de Oeverdijk. Het ontwerp dient echter te voldoen voor de komende 50 jaar, zonder tussentijdse aanpassingen. Daarom wordt er ontworpen volgens het W+ scenario.

De toeslag behorende bij klimaatverandering is alleen van toepassing op het meerpeil. Hiervoor geldt een meerpeilstijging van het IJsselmeerpeil van 0,3 m tussen 2050 en 2080. Na 2080 stijgt het meerpeil in het IJsselmeer niet meer mee met de zeespiegelstijging. Dit betekent dus een meerpeilstijging van 30 cm tussen 2050 en 2080 in het IJsselmeer. Volgens het ontwerpinstrumentarium stijgt het Markermeerpeil in 2080 daardoor met 15 cm. Vervolgens moet ervan uit worden gegaan dat één derde van de meerpeilstijging kan worden weggepompt. Netto blijft hierdoor een meerpeilstijging van 10 cm over in 2080 ($15 \times 2/3$). Doordat de zichttermijn van het dijkversterkingsproject is vastgesteld in 2071, moet er gerekend worden met een meerpeilstijging in het Markermeer van 7 cm ($10 / (2080 - 2050) \times 21$).

Tot slot wordt het effect van bodemdaling niet meegenomen in het afleiden van de hydraulische randvoorwaarden. Dit wijkt af van de procedure voor het reguliere dijkontwerp [ref. 8]. De bodemdaling in dit gebied bedraagt 5 cm gedurende de planperiode. De bodemdaling heeft alleen effect op de maatgevende golfbelasting. Dit relatieve effect op de golfhoogte is hooguit enkele centimeters en daarmee niet maatgevend voor de Oeverdijk.

Methode afleiden hydraulische randvoorwaarden stormvloeden.

Door het toepassen van het Hydra-NL-model is de methode van het afleiden van de hydraulische randvoorwaarden voor stormvloeden gewijzigd ten opzichte van het VO. De analyse hiervoor is gepresenteerd in Bijlage IX. De werkwijze voor het afleiden van de hydraulische randvoorwaarden tijdens stormvloeden aan de hand van Hydra-NL volgt zoveel mogelijk de procedure zoals voor de dijken gehanteerd [ref. 8] en is als volgt:

- Er wordt gebruik gemaakt van het Hydra-NL-model v2.3.2;
- Er wordt gerekend in de test-modus, waarbij de aanpassingen zoals beschreven in [ref. 27] zijn doorgevoerd;
- Er wordt gebruik gemaakt van de functie *bekledingen*;
- De relatieve bijdragen voor golfhoogte, golfperiode en golfrichting worden gelijkgesteld aan 1 (respectievelijk parameters a, b en c);
- De toeslagen (modelonzekerheid) op de waterstand en golfhoogte worden probabilistisch meegerekend in Hydra-NL;
- De meerpeilstijging als gevolg van klimaatverandering wordt vooraf opgelegd zodat het effect op de golfcondities wordt meegerekend;
- De golfcondities worden berekend door telkens de waterstand met 10 cm te verhogen tussen de niveaus NAP+0 m en NAP+1,5 m;
- De maatgevende terugkeertijd van de hydraulische belasting is 1/9.300 per jaar (zie ook sectie 5.2)
- De hydraulische belasting in het illustratiepunt wordt als maatgevend aangehouden;
- De resultaten worden naar boven afgerond op decimalen.

Er wordt gebruik gemaakt van de statistiekbestanden in

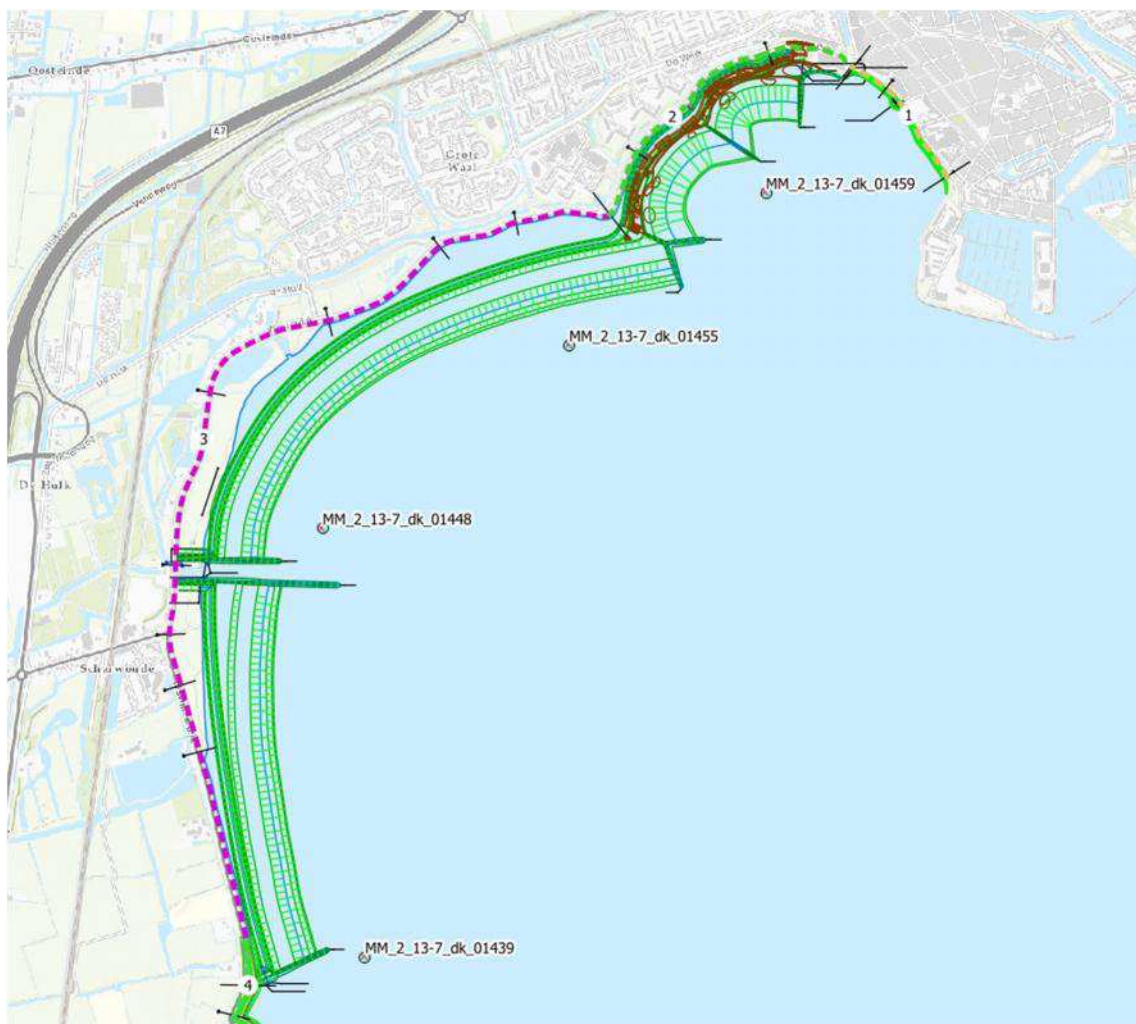
- Tabel 2.

Tabel 2 Overzicht invoerstatistiek bestanden

Type	Bestand
Overschrijdingskansen piekmeerpeilen	<i>Ovkans_Markermeer_piekmeerpeil_2017_metOnzHeid.txt</i>
Overschrijdingskansen windsnelheid	<i>Ovkanswind_Schiphol_12sectoren_2017_metOnzHeid.txt</i>
Momentante kansen windrichting	<i>Richtingskansen_Schiphol_12sectoren_2017.txt</i>
Kansen stormduren	<i>kansstormduur.txt</i>
Topduren meerpeiltrapezia	<i>Topduur_Markermeer_2017.txt</i>

Uitvoerpunten en dijknormalen

In Figuur 9 is de ligging van de Hydra-NL uitvoerlocaties getoond ter hoogte van de Oeverdijk locaties. Ter referentie is ook het in het VO opgestelde ontwerp van de Oeverdijk getoond.



Figuur 9 Overzicht voor de Oeverdijk relevante Hydra-NL uitvoerlocaties

Om per oeverdijksectie één representatief profiel te kunnen ontwerpen dient ook per sectie één enkele set aan hydraulische randvoorwaarden te worden afgeleid. Daarom dient ook per oeverdijksectie één representatieve uitvoerlocatie gekozen te worden.

De dijknormaal is bepalend voor de hydraulische belasting wanneer wordt gerekend met de functie bekledingen. Ter hoogte van iedere uitvoerlocaties kan een lokaal representatieve dijknormaal worden afgeleid (kolom 2 in Tabel 3). Het uitvoerpunt MM_2_13-7_dk_1448 ligt zowel dicht bij sectie 'De Grote Waal' als dicht bij sectie 'De Karperput'. Daarom gelden voor deze uitvoerlocatie ook twee representatieve dijknormalen: 116°N voor sectie 'De Grote Waal' en 88°N voor sectie 'De Karperput'.

Per oeverdijksectie zal één representatief dwarsprofiel worden afgeleid. Secties 'De Grote Waal' en 'Stadstrand Hoorn' kennen een grote variatie in oriëntatie van de waterlijn. Om het effect van deze variatie op de hydraulische randvoorwaarden te bepalen wordt voor de HR-punten die relevant zijn voor deze Oeverdijk secties variërende dijknormalen gebruikt, waarbij de oriëntatie in stappen van 22,5° varieert. Deze procedure is gelijk aan de procedure voor de hydraulische randvoorwaarden dijken [ref. 10]. De maatgevende normaal is de dijknormaal met de zwaarste hydraulische condities. Deze wordt gebruikt voor het ontwerp. De oriëntatie voor sectie de Karperput kent een variatie van hooguit 10°. Daarom kan voor deze sectie alleen de representatieve dijknormaal worden gebruikt. Wel moet voor deze sectie nog het maatgevende uitvoerpunt worden bepaald.

De beschouwde dijknormalen zijn getoond in Tabel 4.

Tabel 3 karakteristieke dijknormalen (op basis van het VO) voor de relevante HR-punten oeverdijk secties.

Locatie	Karakteristiek dijknormaal [° tov N]	Min [° tov N]	Max [° tov N]	Representatief voor oeverdijksectie
MM_2_13-7_dk_01459	135	90	180	Stadstrand Hoorn
MM_2_13-7_dk_01455	166	90	180	Grote Waal
MM_2_13-7_dk_01448	116/88	88	180	Grote Waal/ Karperput
MM_2_13-7_dk_01439	88	-	-	Karperput

Tabel 4 Beschouwde dijknormalen per Hydra-uitvoerpunt

Locatie	Min dijknormaal [° tov N]	Max dijknormaal [° tov N]	Beschouwde dijknormalen [° tov N]					
MM_2_13-7_dk_01459	90	180	90	112.5	116.2	135	157.5	180
MM_2_13-7_dk_01455	90	180	90	112.5	135	157.5	166	180
MM_2_13-7_dk_01448	88	180	88	90	112.5	135	157.5	180
MM_2_13-7_dk_01439	85	95	85	88	95			

Methode afleiden extreem hoogwater

De maximale waterstand wordt eveneens afgeleid met het Hydra-NL-model. De waterstand is profielonafhankelijk en varieert hooguit langs de strekking van de dijk. Voor de waterstand wordt een terugkeertijd van 1/8.333 per jaar gehanteerd. Ook voor de waterstand worden de toeslagen voor de modelonzekerheid en de klimaatverandering meegerekend in het model.

6.7.3 Hydraulische randvoorwaarden

Hydraulische condities tijdens stormvloeden

Met behulp van het Hydra-NL-model zijn voor de vier uitvoerlocaties de hydraulische condities behorende bij de hydraulische overschrijdingsfrequentie van 1/9.300 per jaar afgeleid (zie Bijlage X). Vervolgens is voor elke oeverdijksectie het maatgevende uitvoerpunt en de maatgevende dijknormaal bepaald. Deze zijn samengebracht in Tabel 5. Uitvoerpunt MM_2_13_7_dk 01448 blijkt voor geen van de oeverdijksecties maatgevend. Voor lage waterstanden zijn in sommige gevallen geen golfcondities berekend. Dit houdt in dat statistisch gezien in de betreffende uitvoerlocaties deze waterstanden voor de beschouwde overschrijdingsfrequentie niet voorkomen.

Tabel 5 Maatgevende stormcondities voor alle relevante uitvoerlocaties in het hoofdillustratiepunt

Oeverdijk sectie		De Karperput			De Grote Waal			Stadstrand		
Maatgevende Hydra-NL locatie		MM_2_13-7_dk_01439			MM_2_13-7_dk_01455			MM_2_13-7_dk_01459		
Maatgevende dijknormaal		88°N			180°N			180°N		
Terugkeertijd [jaar]	Lokale Waterstand [m+NAP]	Hs [m]	Tp [s]	Meerpeil [m NAP]	Hs [m]	Tp [s]	Meerpeil [m NAP]	Hs [m]	Tp [s]	Meerpeil [m NAP]
9300	0.0	1.3	6.2	-0.2	-	-	-	-	-	-
9300	0.1	1.4	5.8	-0.2	-	-	-	-	-	-
9300	0.2	1.4	5.8	-0.2	-	-	-	1.5	5.9	-0.1
9300	0.3	1.3	6.0	-0.2	1.6	5.9	-0.3	1.5	6.0	-0.1
9300	0.4	1.3	6.0	-0.1	1.6	6.0	-0.1	1.5	6.0	-0.1
9300	0.5	1.3	5.5	0.0	1.5	6.2	-0.1	1.4	6.3	-0.2
9300	0.6	1.1	5.1	0.2	1.5	5.7	-0.2	1.5	5.7	-0.2
9300	0.7	1.0	4.4	0.3	1.3	5.8	-0.2	1.3	5.7	0.0
9300	0.8	0.8	4.2	0.4	1.1	5.2	0.4	1.0	5.7	0.2
9300	0.9	0.7	3.6	0.7	0.8	4.6	0.7	0.8	4.9	0.6
9300	1.0	0.5	2.8	0.8	0.6	3.7	0.8	0.6	3.8	0.8

Extreem hoogwater

Met het Extreem HoogWater (EHW) wordt de waterstand behorende bij het maximaal mogelijke meerpeil tijdens normcondities bedoeld. Hiervoor geldt het voormalige spoor overloop waarvoor een maximaal toelaatbare faalkans op doorsnede niveau van 1/8.333 per jaar geldt (zie ook sectie 5.2). In Tabel 6 zijn per uitvoerlocatie de maatgevende waterstanden getoond.

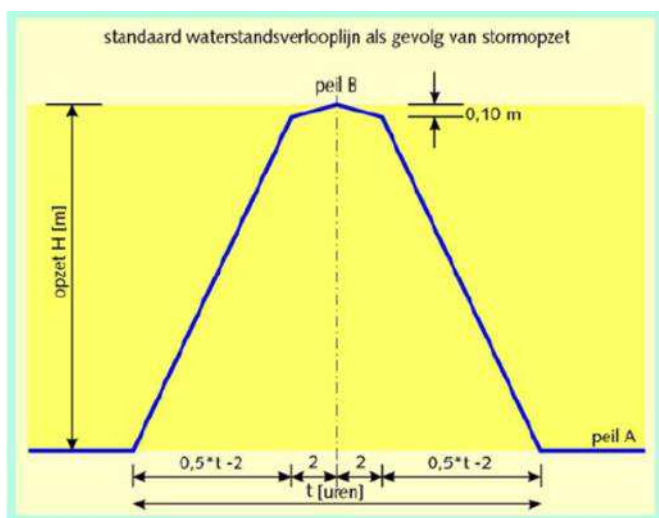
Tabel 6 Overzicht extreem hoog water

Maatgevend hydra punt	Oeverdijksectie	Waterstand [m NAP]
MM_2_13-7_dk_01459	Stadstrand Hoorn	1,1
MM_2_13-7_dk_01455	Grote Waal	1,1
MM_2_13-7_dk_01448	Karperput/ Grote Waal	1,1
MM_2_13-7_dk_01439	Karperput	1,1

6.7.4 Ontwerp buitenprofiel

Stormverloop

Voor het ontwerp van een zandige versterking is naast de golfcondities ook het waterstandsverloop tijdens de maatgevende storm van belang. De basisvorm van dit waterstandsverloop is opgenomen in de HR2006 en niet geüpdatet in het WBI2017 (Figuur 10).



Figuur 10 Standaardvorm waterstandsverloop als gevolg van stormopzet (conform HR2006).

Dit verloop bestaat uit een basis met een vaste tijdsduur en twee flanken. Rond de top (peil B) van het waterstandsverloop is een iets afgevlakt verloop van toepassing waarbij de waterstand op 2 uur uit het midden 0,10 m onder de top ligt.

In de HR2006 is voor het toetsen van een waterkering een duur van 35 uur voorgeschreven. Daarbij wordt echter ook opgemerkt dat een dergelijke duur nadrukkelijk niet mag worden gebruikt voor het ontwerp van een waterkering. In het VO is daarom voor de aan te houden stormduur een waarde van 48 uur aangenomen. Deze duur is gebaseerd op de uitwerkingen zoals deze tot dusver zijn gehanteerd ([ref. 20]). Ook geldt deze waarde voor de ontwerpbelasting voor toepassingen op het IJsselmeer.

De waterstand op de piek van de storm ('peil B' in de figuur) valt normaal gesproken samen met het toetspeil. Voor het ontwerp heeft deze betrekking op de maximaal te beschouwen waterstanden waarvoor de golfcondities zijn afgeleid (zie Tabel 5).

Het basispeil (peil A in de figuur), is in de HR2006 gelijk aan het streefpeil. In het VO (en ook in eerdere uitwerkingen) is hiervoor het winter streefpeil aangehouden, waarbij ook rekening is gehouden met klimaatverandering. Al met al leidt dit tot een niveau van afgerond NAP-0,3 m. Echter, uit Tabel 5 blijkt dat hoge waterstanden in het Hydra-uitvoerpunt statistisch gezien alleen kunnen worden bereikt wanneer het algehele meerpeil toch al hoog is. Daarom is in het DO ook het basispeil afhankelijk van de beschouwde waterstand in de uitvoerlocatie. Dit is een enigszins conservatievere aanpak dan in het VO gehanteerd, maar sluit in de toekomst mogelijk beter aan bij de toetsing.

Ontwerp veiligheidsdeel

Het ontwerp van het buitenprofiel wordt gebaseerd op het duinafslagprincipe. Omdat ten opzichte van het VO het afleiden van hydraulische randvoorwaarden is veranderd (en daarmee dus ook de hydraulische randvoorwaarden), zal opnieuw het veiligheidsprofiel worden afgeleid. De werkwijze zal zo veel mogelijk aansluiten bij de tot dusver gehanteerde methode. Dit houdt onder meer in dat aan de hand van verschillende duinafslagmodellen (DuroSTA en XBeach) het afslagprofiel zal worden berekend. Hierbij wordt gerekend met een initieel 'oneindig' doorlopend profiel. Aangezien er wordt gerekend met een sedimentkorrelgrootte van 200 μm wordt hiervoor een profielhelling van 1:40 aangehouden. Dit zal worden gedaan voor iedere combinatie van waterstand, golfhoogte en golfperiode uit Tabel 5. Per uitvoerlocatie wordt vervolgens het maatgevende afslagprofiel bepaald. Deze wordt gedefinieerd door het afslagvolume boven het NAP+0,5 m niveau (verticale grens van de actieve zone) in combinatie met de positie van het afslagpunt in de verticaal. Vervolgens wordt voor iedere Oeverdijksectie één maatgevend profiel gekozen.

6.7.5 Ontwerp grensprofiel

Het ontwerp van het grensprofiel berust op het feit dat deze een zekere reststerkte moet bieden tijdens een maatgevende duinafslag situatie. Gezien het zandige karakter van het binnentalud treedt erosie op wanneer er water over de kruin stroomt. Dit dient door het ontwerp te worden uitgesloten (overslag is dus niet toegestaan). De hoogte en de breedte van de kruin van de Oeverdijk worden dus in feite gedimensioneerd op de voormalige ontwerpssporen Overloop en Golfoverslag. Daarnaast wordt macrostabiliteit van het binnentalud (STBI) als apart faalspoor beschouwd. De kans op de combinatie van duinafslag van het buitentalud en afschuiven van het binnentalud is dusdanig klein, dat hier geen rekening mee wordt gehouden [ref. 19].

6.7.5.1 Overloop

Overloop treedt op als het EHW hoger is dan de kruin. De kruinhoogte wordt (minimaal) hierop ontworpen doormiddel van de EHW-bepaling uit sectie 6.7.2.

6.7.5.1 Overslag

Naast het mechanisme overloop, berusten de hoogte en breedte van de kruin op het uitgangspunt dat er geen golfoverslag mag plaats vinden op het hoogtepunt van de maatgevende hydraulische belasting. Uitgangspunt is dat het overslagdebiet lager is dan 0,1 l/m/s bij 2% golfoploop aan de meerzijde van de kruin. Dit is een factor 10 lager dan het overslagdebiet waarop de hoogte van het grensprofiel in kustduinen is gebaseerd [ref. 37], en daarmee dus conservatief. Dit is gewenst omdat de Oeverdijk in vergelijking met een kustduin smal wordt uitgevoerd. Erosie van het

binnentalud als gevolg van golfoverslag heeft daardoor een potentieel sterker destabiliserend effect op de Oeverdijk dan dat dit zou hebben aan kustduinen. Golfoverslag moet daarom zoveel mogelijk worden beperkt. De hoeveelheid overslag wordt bepaald aan de hand van het programma PC-Overslag. Hierbij wordt het afslagprofiel tijdens het maximum van de storm gebruikt.

6.7.5.2 Kruinhoogtebepaling

De kruinhoogte van het grensprofiel ligt minimaal 0,5 m boven de maximaal benodigde hoogte van het veiligheidsdeel (Tabel 1). Dit is vergelijkbaar met de kruinhoogtebepaling van het grensprofiel in kustduinen, welke in dat geval op een zekere afstand boven het rekenpeil is gepositioneerd. Op deze manier zijn de mechanismes overloop en golfoploop/ golfoverslag ook voldoende in het ontwerp ondervangen. Indien uit de overslagberekeningen blijkt dat deze marge niet voldoende is, zal de kruin verder verhoogd worden.

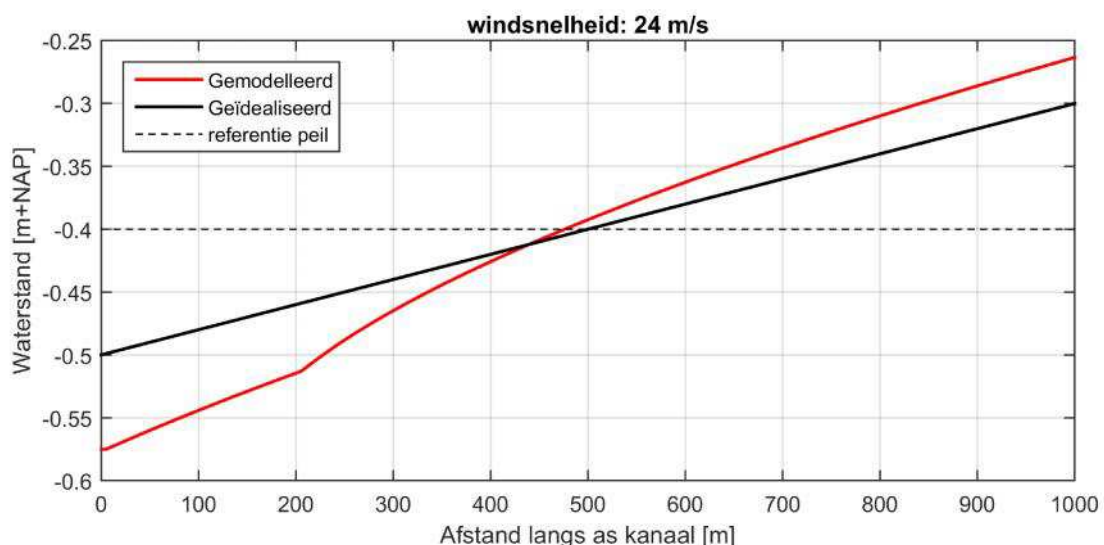
6.7.5.3 Macrostabiliteit binnenwaarts (STBI)

De vorm (en dus het volume) van het grensprofiel berust op het uitgangspunt dat deze geotechnisch stabiel moet zijn. De stabiliteit van het binnentalud wordt gecontroleerd voor de situatie bij norm.

Afwaaing tussenwater

Vanwege mogelijke schommelingen is in de berekeningen rekening gehouden met scheefstand door windopzet. Hiervoor zijn de windcondities behorende bij de hydraulische rekenwaarde bepaald. De voor de Oeverdijk meest conservatieve situatie is een zuidelijke wind van circa 24 m/s over een strijklengte van 1000 m.

De opwaaiing en afwaaiing is berekend met een numeriek model (Delft3D) en een geïdealiseerde formulering: $W = 0,5 * K * \frac{u_f^2}{g \cdot d} * F$. Hierin is $K = 3,4 * 10^{-6}$ aangenomen [ref. 25]. De beide uitkomsten zijn gegeven in Figuur 11.



Figuur 11 Indicatie opwaaiing en afwaaiing in tussenwater

Opgemerkt wordt dat bij beide methodes kanttekeningen kunnen worden geplaatst voor de toepassing in het tussenwater. Daarom wordt in de berekeningen rekening gehouden met maximale afwaaiing. Dit levert een afwaaiing op van 20 cm in het tussenwater.

Val tussenwater

In geval van bezwijken van de bestaande waterkering kan het tussenwater volledig droog komen te staan. Voor deze situatie wordt gekeken naar de stabiliteit van het binnentalud waarbij het tussenwater droog staat, dus de waterstand van het tussenwater gelijk ligt aan het bodemniveau. Omdat de bestaande kering een norm krijgt toegewezen geldt hiervoor een soepelere vereiste veiligheidsfactor (zie sectie 5.2).

Kruinbreedte stadstrand

Ter plaatse van het stadsstrand is de kruinbreedte groter dan de standaard kruinbreedte. Afhankelijk van het maatgevende glijvlak kan de breedte van de kruin van invloed zijn op de stabiliteit binnenwaarts. In de ontwerpnota's wordt de invloed van de kruinbreedte beschouwd.

Bekleding binnentalud

Op de kruin en het binnentalud bevindt zich geen bekleding. Vanwege de kleine overslagdebieten is dit niet nodig. Als uitgangspunt is gehanteerd dat de kleilaag uit het ontwerp van de VO-fase niet meer benodigd is. Deze afweging is gemaakt in een Trade-off-matrix, zie bijlage XIV. De nadelen van het aanbrengen van de kleilaag wegen niet op tegen de voordelen. Oorspronkelijk was een kleilaag op het binnentalud voorzien om kwelwater door de Oeverdijk te voorkomen, nadere analyse heeft uitgewezen dat deze hoeveelheid water zeer beperkt is en goed kan worden opgevangen in het tussenwatersysteem, zie bijlage XV. De geringe toename aan kwelwater betekent tevens een verwaarloosbare bijdrage in nutriëntenbelasting.

Verkeersbelasting/kruinbelasting

Tijdens extreem hoog water wordt een verkeersbelasting van 5 kPa over een breedte van 1,5 m op de kruin van de Oeverdijk toegevoegd. Ook moet de Oeverdijk grotere onderhoudsvoertuigen kunnen dragen tijdens een dagelijkse situatie. Als waterstand wordt hiervoor het streefpeil in het Markermeer aangehouden. Een eerste indicatie laat zien dat dit niet maatgevend is voor de stabiliteit.

Voor de dagelijkse situatie wordt gerekend met een belasting van 13,3 kPa over een breedte van 2,5m ten behoeve van beheer en onderhoudswerkzaamheden. Hierbij wordt gerekend dat deze belasting oneindig doorloopt over de lengte van de kruin. In werkelijkheid zal de belasting lokaal aanwezig zijn.

Slib

Op basis van recent grondonderzoek [ref 43] is weinig tot geen (ongeconsoleerd) slib geconstateerd. Hier worden dan ook geen problemen verwacht voor de opleverstabiliteit. Deze constatering is bevestigd met eigen waarnemingen, vastgelegd in [ref. 49].

Rekenmodel

De glijvlakken worden berekend met behulp van het Spencer-model. De buitencontourlijnen van dit model worden ingeschat door eerst een berekening uit te voeren met het UpLift-Van-model.

Partiële veiligheidsfactoren

Conform OI2014v4 wordt geen rekening gehouden met materiaalfactoren (= 1,0). Als modelfactor wordt een factor van 1,07 gehanteerd voor de methode Spencer. Als schematiseringsfactor wordt 1,1 gebruikt welke later in het ontwerpproces wordt geverifieerd/geoptimaliseerd. Gelijkwaardig aan de dijkversterking is een faalkansruimte van 0,24 voor STBI gebruikt. Als schadefactor wordt 1,045 gehanteerd voor een situatie met tussenwater en 0,867 voor een volledige val van het tussenwater (faalkanseis op trajectniveau wordt 100 keer minder streng, vanwege de faalkans van een IPO-III kering).

Deze factoren leiden uiteindelijk tot een vereiste stabiliteitsfactor van 1,23 voor de situatie van aanwezig tussenwater en een vereiste stabiliteitsfactor van 1,02 voor een val van het tussenwater.

De definitieve afleiding van de schadefactor (en vervolgens de vereiste stabiliteitsfactor) wordt gepresenteerd in het DO.

6.7.6 Overige faalmechanismen

De in de voorgaande paragrafen behandelde faalmechanismen zijn leidend voor het ontwerp. De overige faalmechanismen zijn daardoor niet expliciet behandeld in het ontwerp. Dit uitgangspunt zal in het DO worden gecontroleerd. De uitgangspunten voor deze analyses staan beschreven in bijlage III.

6.8 Ruimtelijke inpassing

6.8.1 Ruimtelijke inpassing dwarsprofiel

Voor de ruimtelijke inpassing van het dwarsprofiel is voor het VO gekozen om de waterlijn in langsrichting zo min mogelijk te onderbreken (zie [ref 14]). Hierbij vervalt voor het ontwerp op voorhand de mogelijkheid om potentieel morfologisch onderhoud te mitigeren met constructieve elementen¹. Uitzondering hierop betreft de vormgeving voor Stadstrand Hoorn, omdat deze al is vastgelegd in de Samenwerkingsovereenkomst – Hoorn (SOK-Hoorn).

Ook voor het DO wordt gezocht naar een oplossing waarbij de waterlijn zo min mogelijk wordt onderbroken. Om de morfologische onderhoudsinspanning te beperken wordt een overmaat aan zand gedimensioneerd.

6.8.2 Bepalen morfologisch onderhoud

Het morfologisch onderhoud wordt bepaald middels het inzetten van zogenaamde procesgestuurde numerieke rekenmodellen zoals XBeach en Delft3D ([ref. 21]). Naast de algemene morfologische werking van de varianten zijn in het VO de volgende afhankelijkheden van het ontwerp onderzocht:

- 'Lange' termijn ontwikkeling;
- Gevoeligheid oever oriëntatie;
- Korrelgrootte afhankelijkheid (D50);
- Lengte strekdammen;
- Effect grootschalige circulatie;
- Variatie in dominante golfrichting.

¹ Merk op dat indien de morfologische ontwikkeling gedurende de instelperiode tegenvalt (groter morfologisch onderhoud) er alsnog voor maatregelen in de vorm van constructieve elementen gekozen kan worden. In dat geval moet wel opnieuw een vergunningstraject worden doorlopen.

In het DO zullen de resultaten van de gevoeligheidsanalyse van het VO worden toegepast in het ontwerp. Daarnaast zal de lange termijn ontwikkeling explicieter aanbod komen.

6.8.3 Bepalen slijtlaag

Wanneer het te verwachten jaarlijks zandverlies uit een sectie bekend is kan, gegeven een onderhoudstermijn, een inschatting worden gemaakt van de benodigde slijtlagen. Dit betreft een extra zandvolume gepositioneerd tegen het veiligheidsprofiel. Deze slijtlaag dient om het minimaal benodigd zandvolume in het veiligheidsprofiel gedurende de onderhoudstermijn te garanderen. De werkwijze voor de dimensionering van de slijtlaag is afhankelijk van het morfologisch gedrag en de omvang van de sedimenttransporten. Daarom wordt de werkwijze voor het bepalen van de slijtlaag verder behandeld in de ontwerpnota. Ten opzichte van het VO zal de dimensionering van de slijtlaag verder worden geoptimaliseerd. Belangrijkste verandering hierin is de mogelijkheid tot het toepassen van de instelperiode. Als gevolg daarvan kan initieel een kleinere slijtlaag worden aangelegd. De belangrijkste optimalisaties betreffen de volgende onderwerpen:

1. *In evenwicht aanleggen van het dwarsprofiel.* Verliezen in dwarsrichting hebben met name te maken met het instellen van het profiel naar een evenwichtstoestand. Monitoringsresultaten van de pilot Houtribdijk laten zien dat het profiel betrekkelijk snel een evenwichtstoestand bereikt, waarna verliezen in dwarsrichting niet meer optreden ([ref. 5] en [ref. 28]). In dit kader zou het voor de hand liggen om het verwachte profiel alvast aan te leggen. Omdat de diverse dwarsprofielmodellen de langjarige ontwikkeling van het dwarsprofiel van de pilot Houtribdijk nog onvoldoende kunnen reproduceren, zal voor dit punt zoveel mogelijk aansluiting worden gezocht bij de bevindingen rondom de pilot Houtribdijk.
2. *Afname transport in de tijd.* In het VO zijn de berekende transporten op het initiële profiel berekend. Dit profiel is initieel echter nog niet in evenwicht. In de loop van de tijd zal het systeem zich steeds meer naar een evenwicht instellen. Daardoor nemen de sedimenttransporten af. Dit effect is in het VO niet meegenomen in de berekeningen van de slijtlaag, maar worden wel expliciet beschouwd in het DO.
3. *Tijdschaal.* In het licht van optimalisatie 2 is ook de tijdschaal waarover een evenwicht wordt bereikt relevant. Wanneer deze tijdschalen erg groot zijn hoeft mogelijk niet de gehele slijtlaag te worden aangelegd. Immers, de slijtlaag is met name bedoeld om voldoende zand in het systeem beschikbaar te hebben zodat een evenwicht kan worden bereikt. Bij grote tijdschalen zal het evenwicht niet gedurende de levensduur worden bereikt en hoeft dus niet de gehele buffer te worden aangelegd, dus wordt voor het DO nader ingegaan op de verwachte tijdschaal.
4. *Locatie specifiek aanbrengen van de buffer.* In het DO zal de slijtlaag alleen daar worden aangelegd waar deze op basis van de modelberekeningen ook daadwerkelijk nodig is. Tijdens de instelperiode (zie sectie 6.4) wordt vervolgens gemonitord in hoeverre de slijtlaag ook daadwerkelijk op de juiste plek is aangebracht.

6.8.4 Functiedoelen strekdammen

Voor het ruimtelijk inpassen van de Oeverdijk zal gebruik moeten worden gemaakt van een aantal strekdammen (hier gedefinieerd als dammen dwars op de oever) om het zand van de Oeverdijk op

te sluiten en zandverliezen naar het meer te beperken. Daarnaast kunnen de strekdammen worden gebruikt voor een specifieke werking op de golfrichting. Over het algemeen worden drie typen functies voor dammen onderscheiden (combinaties zijn ook mogelijk):

1. Compartimenteren: het primaire doel is het voorkomen van zandtransport tussen de verschillende Oeverdijk compartimenten. Voorbeelden van dergelijke constructie is strekdam 2 en strekdam 3.
2. Opsluiten: deze constructies vormen de uiteinden van de Oeverdijk. Aan één van de zijden van de constructie is dus geen zandig oeverdijkprofiel aanwezig. Het landwaartse startpunt van deze dammen bevindt zich ter hoogte van de kruin van de Oeverdijk. Tussen de kruin van de oeverdijk en de huidige dijk bevindt zich de zogenaamde 'einddam', welke een primaire kering is. De einddam maakt geen onderdeel uit van de opsluitconstructie. Strekdam 1 is een voorbeeld van een opsluitconstructie.
3. Diffractiefunctie: sommige van de damconstructies dienen naast één van bovengenoemde functies ook nog enige mate van golfbijdraaiing te forceren. Hierdoor kunnen stabiele kustbogen aangelegd worden, ook wanneer de golven overwegend scheef invallen. Deze golfbijdraaiing gebeurt om het meest meerwaarts gelegen droge punt van de dam. Dit punt heet het diffractiepunt. Voor stabiele kustbogen is de ligging van dit diffractiepunt dus essentieel. De diffractiefunctie gaat vaak gepaard met een opsluitende, danwel compartimenterende functie. Strekdam 2 is een voorbeeld van een diffractiedam.

Voor een gedetailleerde beschrijving van de verschillende functies wordt verwezen naar [ref. 21].

6.9 Strekdammen

6.9.1 Algemeen

De strekdammen dienen onder andere om het zand van de Oeverdijk zoveel mogelijk binnen de sectie te houden. In het VO zijn hiervoor verschillende uitvoeringsvarianten onderzocht. Door middel van een Trade-Off-Matrix (TOM) zijn de varianten tegen elkaar afgewogen. Uiteindelijk is de keuze gevallen op de breukstenenvariant ([ref. 16]). Deze variant is in het VO uitgewerkt en zal in het DO verder worden gedetailleerd. Voor het ontwerp van de strekdammen gelden de volgende algemene uitgangspunten:

- De strekdammen worden aangelegd op het sediment bed van de Oeverdijk. De meeste voorbelasting wordt dus gerealiseerd door het sediment.
- Ten behoeve van realisatie dient de kruin ten minste 2 m breed te zijn. Dit heeft te maken met de minimale breedte welke benodigd is voor het materieel dat gebruikt wordt tijdens de uitvoering.
- De strekdammen dienen goed bereikbaar te zijn voor beheer en onderhoud. Indien varend onderhoud niet mogelijk is (zie ook sectie 6.14) dient er een onderhoudspad van minimaal 3 m breed op de kruin aanwezig te zijn. Het is het uitgangspunt dat de dammen zo smal mogelijk gehouden worden.
- Belasting door ijs wordt niet in het ontwerp van de strekdammen beschouwd omdat de verwachting is dat de kans op ijsbelasting gering is en omdat de strekdammen geen deel uitmaken van de primaire kering. Dit sluit aan op de eisen voor de strekdammen [ref. 1] en het resultaat van de beslissessie [ref.16].

6.9.2 Hydraulische randvoorwaarden

Normfrequentie

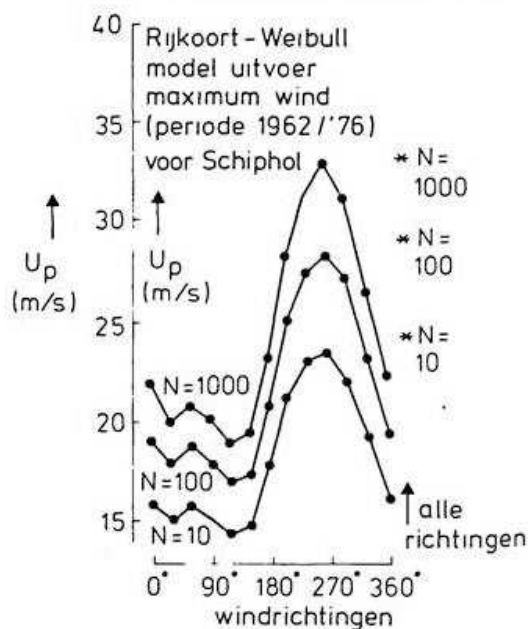
- Aangezien de strekdammen geen onderdeel vormen van de primaire waterkering, mag enige schade optreden tijdens een 1/9.300 per jaar stormconditie. Tijdens deze conditie mag de functie van de strekdammen niet volledig verloren gaan.
- Voor de strekdammen wordt een normfrequentie van 1/1.000 per jaar aangehouden. Ter beperking van het onderhoud, is bij deze normfrequentie schade niet toegestaan (zie sectie 6.9.2). In het ontwerp wordt daarom de schadefactor voor start van schade gehanteerd. Ter illustratie: bij een ontwerppperiode van 50 jaar (wel een constructie, maar geen onderdeel van de primaire kering) is de kans op overschrijding van de ontwerpbelasting ongeveer 5% ($= 1 - (1 - 1/1.000)^{50}$).

Meerpeilstijging door klimaatverandering

De toeslag voor de meerpeilstijging is reeds beschreven in §6.7.2.

Afwaaing

Voor de stabiliteit van de strekdammen is de mate van afwaaiing tijdens extreme condities relevant. Hiervoor dient de afwaaiing als gevolg van een afluiddige windconditie behorende bij een 1/1.000 per jaar overschrijdingsfrequentie te worden beschouwd. In [ref. 41] is een analyse gemaakt van de richtingafhankelijke windsnelheden behorende bij verschillende overschrijdingsfrequenties voor het meetstation Schiphol (Figuur 12).

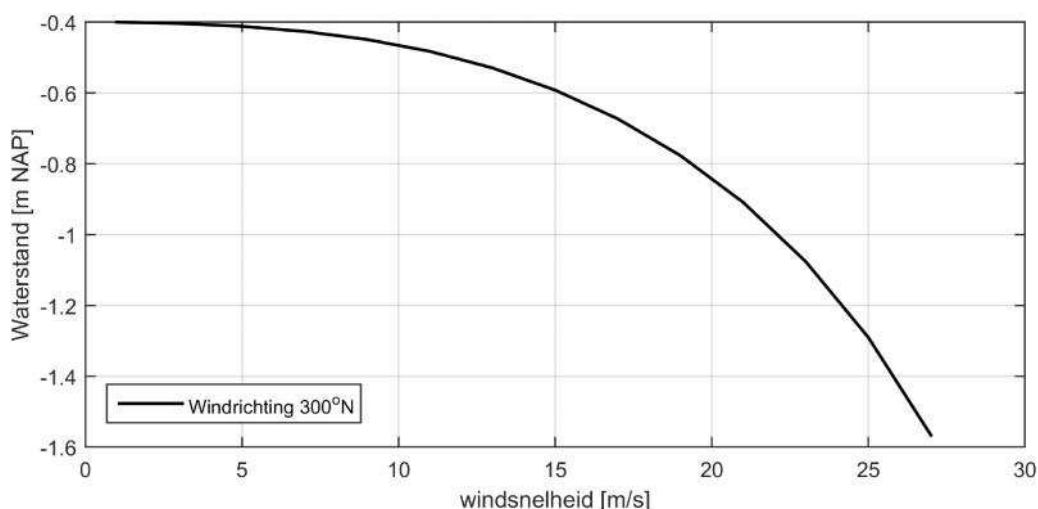


Figuur 12 Verwachtingswaarde hoogste gemiddelde windsnelheid in N jaren (Bron: ref. 41).

In [ref. 21] is voor een groot aantal windcondities (waarbij zowel windsnelheid als windrichting is gevarieerd) gecombineerde golf-, -, stromings-, en waterstandsberekeningen uitgevoerd (gebruikmakend van de SWAN en Delft3D pakketten). De maximaal beschouwde windsnelheid in deze exercitie bedraagt 27 m/s. Figuur 12 toont dat alleen voor de richtingen 270°N (westelijke

richting) en 300°N (westnoordwesterlijke richting) er grotere windsnelheden mogen worden verwacht.

De maximaal berekende afwaaiing ter hoogte van het uitwateringskanaal bij gemaal Westerkogge is gevonden voor de conditie met een windrichting van 300°N (Figuur 13). Hieruit volgt dat gegeven een waterdiepte aan de buitenkant van de damconstructie (dus daar waar geen Oeverdijkprofiel is voorzien) van ongeveer NAP-2m, er in het ontwerp rekening gehouden dient te worden met droogval.



Figuur 13 Gemodelleerde relatie windsnelheid en waterstand ter hoogte van het uitwateringskanaal van gemaal Scharwoude (bron: ref. 21).

Hydraulisch randvoorwaarden model

De hydraulische randvoorwaarden voor het ontwerp van de strekdammen zijn gebaseerd op de resultaten volgend uit het Hydra-NL model. Echter, de uitvoerlocaties van dit model liggen op enige afstand van de strekdammen. Daarnaast kan het Oeverdijkprofiel niet worden meegenomen in het model. Ruimtelijke effecten en het effect van het Oeverdijkprofiel hebben daardoor geen invloed op de hydraulische belasting. Om dit effect wel mee te nemen is het spectrale golfmodel SWAN toegepast.

De hier toegepaste methodiek volgt die van de eerder uitgevoerde modelstudie naar de ontwerpcondities in het Markermeer [ref.6]. De methodiek is gebaseerd op het nesten van een detailgolfmodel in een grootschalig model van het Markermeer. De detailmodellen krijgen op deze manier hun randvoorwaarden van het grootschalige model.

De randvoorwaarden worden aangepast om ervoor te zorgen dat de modelresultaten ter plaatse van de Hydra uitvoerlocaties gelijk zijn aan de omgevingscondities uit Hydra. De corresponderende golfcondities ter plaatse van de strekdammen worden vervolgens representatief geacht voor de lokale ontwerpcondities.

Om het effect van de Oeverdijk inzichtelijk te maken zijn vier configuraties doorgerekend:

- Situatie zonder Oeverdijk (meest conservatief);

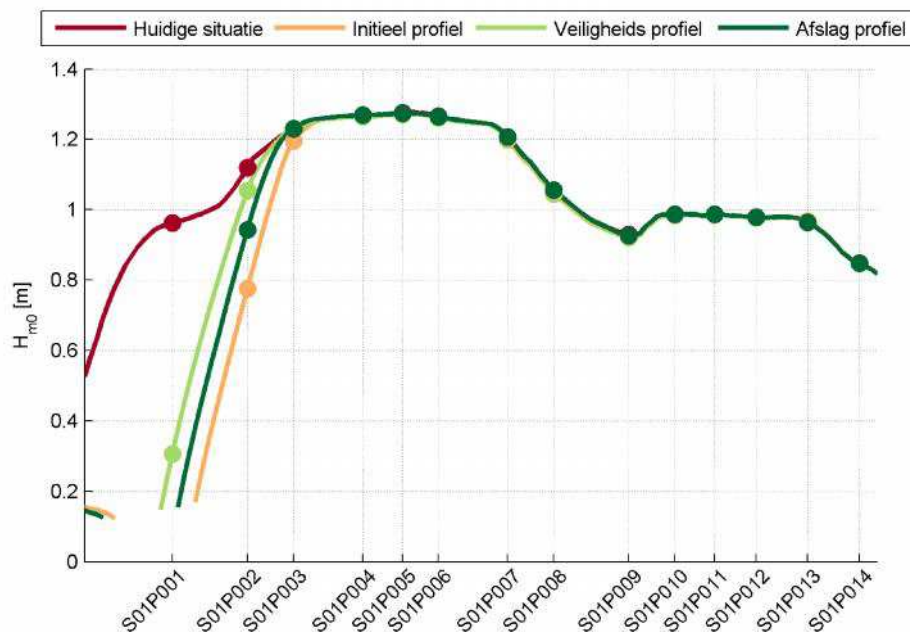
- Situatie met Oeverdijk en slijtlaag (minst conservatief, slijtlaag op basis van VO);
- Situatie met alleen het veiligheidsprofiel;
- Situatie met een afslagprofiel.

In [ref. 15] is de uitwerking van deze modeloefening beschreven. In deze ontwerpbasis worden alleen de resultaten gepresenteerd.

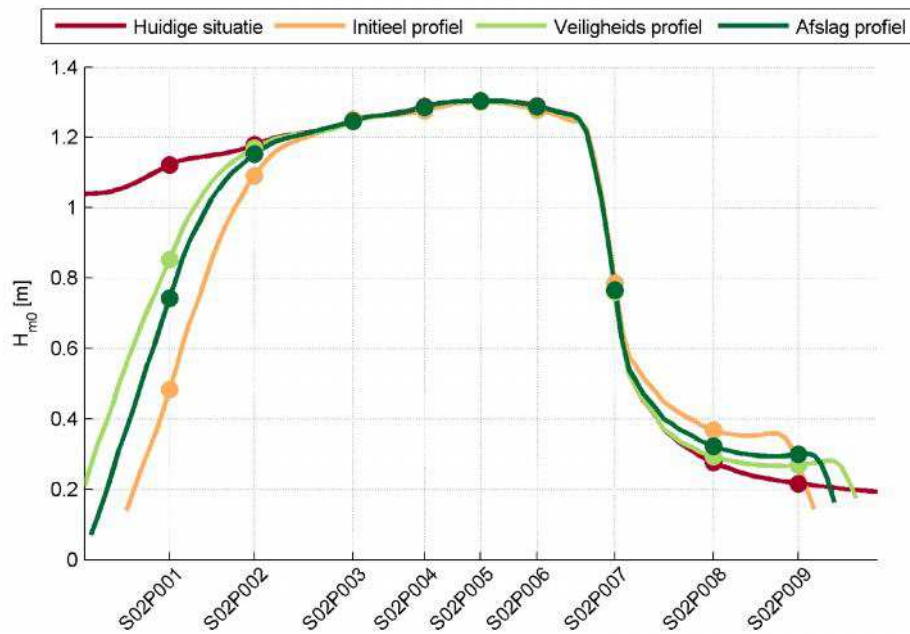
Hydraulische randvoorwaarden

In Bijlage XI.1 is een overzicht gegeven van de Hydra condities die zijn vertaald met het detailgolfmodel. De rode rijen zijn representatieve condities die tot de maatgevende belasting bij de strekdammen leiden. In Figuur 14 - Figuur 19 is voor de representatieve condities de resulterende significante golfhoogte op de uitvoerlocaties voor 4 situaties (gerepresenteerd door de bodemschematisatie) gegeven:

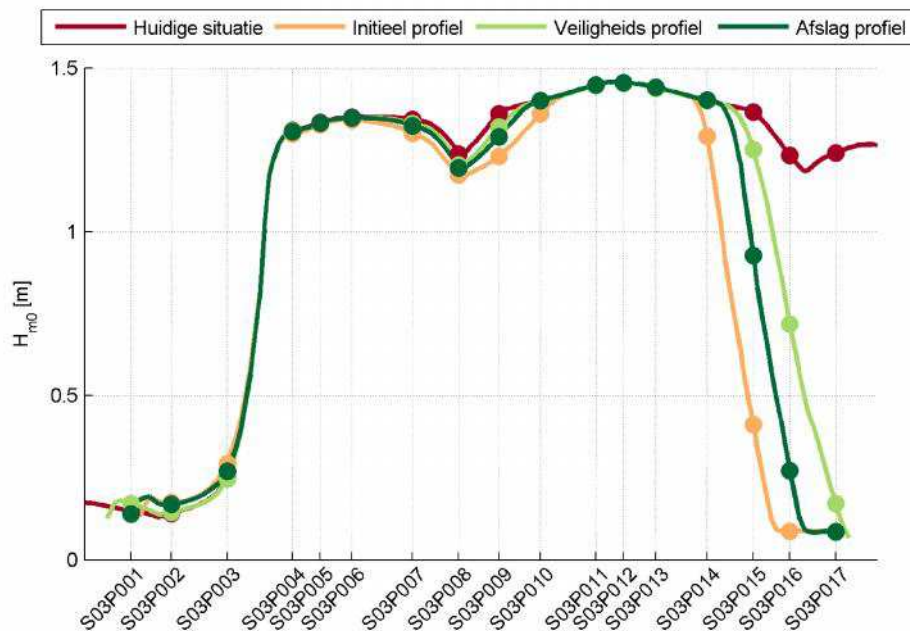
1. Huidige situatie (bodempligging zonder Oeverdijk, maar strekdammen wel meegenomen)
2. Initiële Oeverdijk
3. Veiligheidsprofiel Oeverdijk
4. Afslagprofiel Oeverdijk



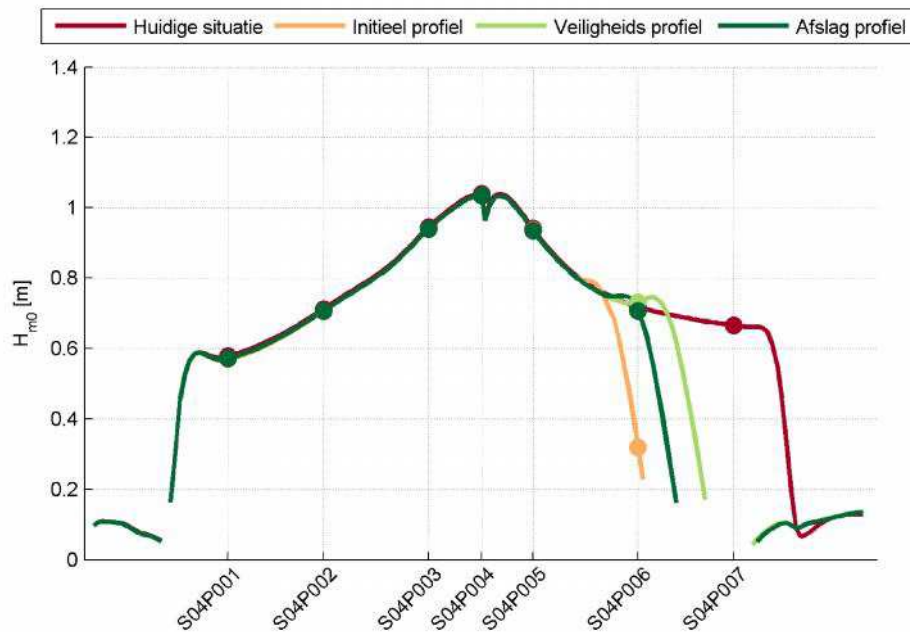
Figuur 14: Significante golfhoogte langs strekdam 1 voor verschillende bodemschematisaties.



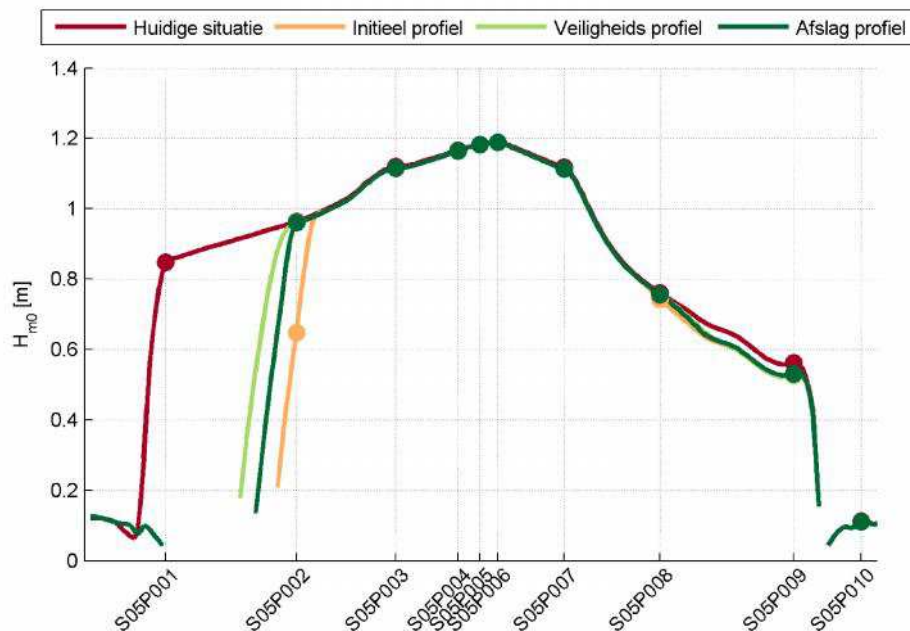
Figuur 15: Significante golfhoogte langs strekdam 2 voor verschillende bodemschematisaties.



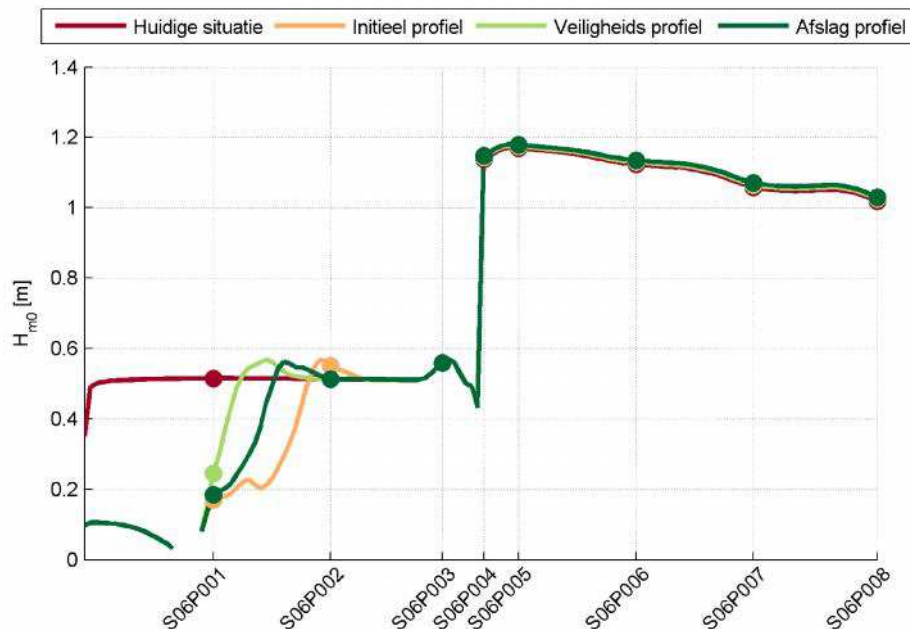
Figuur 16: Significante golfhoogte langs strekdam 3 voor verschillende bodemschematisaties



Figuur 17: Significante golfhoogte langs strekdam 4 voor verschillende bodemschematisaties



Figuur 18: Significante golfhoogte langs strekdam 5 voor verschillende bodemschematisaties



Figuur 19: Significante golfhoogte langs strekdam 6 voor verschillende bodemschematisaties

In Bijlage XI.2 zijn de tabellen met de hydraulische randvoorwaarden per strekdam voor de vier configuraties van de Oeverdijk opgenomen. Voor het ontwerp van de strekdammen zijn in principe de golfcondities behorend bij het veiligheidsprofiel (minimale afslagprofiel) leidend. Immers, dit is het minimale profiel dat onder dagelijkse condities aanwezig zou kunnen zijn.

Het veiligheidsprofiel treedt op bij een 1/9.300 per jaar conditie. Hierdoor doet zich de situatie voor dat voor de strekdammen de maatgevende golfconditie (terugkeertijd 1/1.000 jaar) optreedt bij een afslagprofiel dat optreedt bij een zwaardere conditie. Omdat de verschillen tussen de golfcondities bij de verschillende afslagprofielen klein zijn, wordt voor het ontwerp van de strekdammen uitgegaan van de meest conservatieve golfcondities (veiligheidsprofiel).

De strekdammen worden ontworpen op een 1/1.000 jaar conditie, de Oeverdijk zelf dient een 1/9.300 per jaar conditie te weerstaan. De Oeverdijk dient zijn functie van primaire kering niet te verliezen door schade aan de strekdam. In het Definitieve Ontwerp zal dit nader worden beschouwd.

Stromingscondities

Naar verwachting zijn de stromingscondities voor het ontwerp van de strekdammen niet maatgevend, tenzij er een spuistroom aanwezig is. De bekleding wordt hierop gecontroleerd.

6.9.3 Dimensionering

In lengterichting van de strekdam varieert zowel de kruinhoogte van de strekdam als de hoogte van de bodem (vooroever), waardoor ook de golfcondities variëren.

De golfcondities zijn het zwaarst ter plaatse van de kop en het begin van de vooroever waarna deze worden gereduceerd door de daadwerkelijke vooroever.

Op de locatie waar de strekdam onder maatgevende omstandigheden boven water ligt, wordt de strekdam in theorie wel zwaar belast, maar de golfcondities kunnen hier ook lichter zijn als gevolg van de afname van de waterdiepte. Daarnaast zijn de ontwerpformules voor strekdammen boven water anders dan strekdammen onder water.

6.10 Einddammen

De einddammen zijn de verbinding tussen de versterkte bestaande dijk en de toekomstige Oeverdijk en vormen dus onderdeel van de primaire kering. Bovendien vormen de einddammen de beëindiging van het tussenwater.

De einddammen worden ontworpen als een dijk en dus ook op de faalmechanismen die gelden voor dijken. De hydraulische ontwerpcondities zijn beschreven in de ontwerpbasis hydraulische randvoorwaarden voor dijken [ref. 10]. De overige uitgangspunten voor het ontwerp zijn beschreven in de ontwerpbasis dijken [ref. 8].

Extra aandachtspunt is hierbij dat de einddammen qua vormgeving met stortsteen wordt bekleed. Het streven is om hierbij zoveel mogelijk te ontwerpen conform de kaderrichtlijn ruimtelijke kwaliteit. De keuze hiervoor is afgewogen in een Trade-off-matrix, zie bijlage XVI.

6.11 Tussenwater

6.11.1 Dimensies

De breedte van het tussenwater is minimaal 10 m ter hoogte van NAP -0,4 m.

Als uitgangspunt is aangenomen dat de maximale breedte van het tussenwater een verwaarloosbare invloed heeft op de hydraulische belasting op de bestaande of de nieuwe dijk (door middel van opzet/ verhang). Voor de bestaande dijk vanwege de aanwezige bekleding (goedgekeurd als primaire waterkering tijdens de toetsing in 2006) en voor de Oeverdijk vanwege de natuurlijke bescherming van het riet en de flauwte van de berm rond de waterlijn. Voor de ontwikkeling van het riet blijkt dat golfhoogtes van 0,20 m onder dagelijkse condities en golfhoogtes van 0,60 m onder extreme omstandigheden toelaatbaar zijn [ref. 42]. Een eerste Bretschneider-berekening laat zien dat deze golfhoogtes bij lange na niet worden behaald.

De minimale diepte en breedte van het tussenwater wordt bepaald doordat het toegankelijk moet zijn voor beheer en onderhoud door middel van boten. Daarom is de minimale diepte en breedte vastgelegd in de eisen.

6.11.2 Peilbeheer

Ter beheersing van het peil in het tussenwater worden aan de uiteinden van het tussenwater peilregulerende kunstwerken geplaatst in de vorm van een gemaal en een duiker (als inlaat). De constructies worden onderdeel van de primaire waterkering en dienen daarop te worden ontworpen. Enkele van de eindconstructies liggen nabij het gemaal Westerkogge, welke water uitlaat vanuit de polders. Het water uit deze polders is relatief gezien erg voedselrijk. Ter voorkoming van algengroei dient dit water zo min mogelijk in het tussenwater te komen. Daarom worden ter hoogte van het gemaal Westerkogge de uitlaten geplaatst. De inlaat voor sectie stadstrand Hoorn en Grote Waal komt ter hoogte van de schouwburg in Hoorn. De inlaat voor sectie Karperput bevindt zich ter hoogte van strekdam 6. De in-, en uitlaten komen altijd uit op het Markermeer.

Het te hanteren streefpeil in het tussenwater is een minimum van NAP-0,6 m en een maximum van NAP-0,4 m. Hierdoor vallen delen van de berm van het Oeverdijkprofiel droog tijdens droge periodes of staan deze gebieden onder water tijdens natte periodes.

6.11.3 Bestaande dijk

De bestaande kering, inclusief huidige inlaat, wordt afgewaardeerd tot IPO-III-klasse. Dit betekent een faalkansnorm van 1/100 per jaar. In [ref. 4] is aangetoond dat de keringen ook bij een waterstand gelijk aan NAP+ 1,2m kan voldoen. Hierdoor geeft de bestaande kering geen strengere eisen aan het peil van het tussenwater.

Anderzijds worden de nieuwe in- en uitlaatconstructies als onderdeel van de primaire waterkering ontworpen op een benodigde sluitfrequentie van 1/100 per jaar (gelijk aan de IPO-III-norm). Hierdoor zijn de ontwerpisen voor de constructies in de primaire waterkering (1/100 per jaar) strenger dan de ontwerpcondities voor de regionale kering (NAP + 1,2 m). Dit biedt ruimte in het DO en in toekomstige beoordelingsrondes.

6.11.4 Waterkwaliteit tussenwater

De gewenste waterkwaliteit in het tussenwater is helder water waarin waterplanten groeien, en waarin geen overlast optreedt door (blauw)algenbloei of muggenplagen. Om dit voldoende te borgen is deze wens vertaald naar een eis in de ontwerpisen [ref. 1]. Voor een goede waterkwaliteit dient de productie van nutriënten vanuit de huidige waterbodem te worden tegengegaan. Daarom wordt de bodem van het tussenwater afgedekt met zand ($D_{50} > 63 \mu\text{m}$). Daarnaast kan de waterkwaliteit worden beïnvloed door het beperken van windinvloed. Dit kan door lokaal ondieptes te creëren. Hierbij dient rekening te worden gehouden met de minimale doorvaartdiepte voor beheer-, en onderhoudsvaartuigen. In hoeverre deze laatste maatregel uitvoerbaar is zal worden onderzocht in het DO. Overige maatregelen worden indien nodig getroffen tijdens de instelperiode.

6.12 Kunstwerken

6.12.1 Bestaande kunstwerken

Op het Oeverdijktraject bevinden zich op het moment twee kunstwerken. Ter hoogte van dijkpaal 36 (D20-DP36) bevindt zich de huidige *inlaat* Westerkogge. Ongeveer één kilometer zuidelijker, ter hoogte van dijkpaal 36 (D20-DP46) bevindt zich het *gemaal* Westerkogge. Het gemaal Westerkogge dient ten alle tijden in directe verbinding te staan met het Markermeer.

De functie van de inlaat wordt verplaatst naar de locatie van het gemaal Westerkogge. De huidige inlaat verliest dus haar functie en hoeft niet langer in directe verbinding te staan met het Markermeer. De Oeverdijk mag hier dus voorlangs 'lopen'. De huidige inlaat moet echter nog wel water kunnen inlaten, ten behoeve van het waterpeil van de maalkom aan de binnenzijde van de dijk. Dit betekent dat de huidige inlaat na aanleg van de Oeverdijk moet gaan voldoen aan de faalkanseisen behorende bij een regionale kering (in plaats van een primaire kering).

6.12.2 Uitwateringswerken

Ten behoeve van onder andere het beheer van het peil in het tussenwater, het beheer van de ecologische kwaliteit en mogelijkheid tot uitwisseling van vissen tussen het tussenwater en het Markermeer zijn op de eindconstructies uitwateringswerken voorzien. De technische

uitgangspunten voor deze uitwateringswerken worden grotendeels behandeld in een separate ontwerpbasis [ref. 9] en de daaruit volgende ontwerpnota('s). Eisen voor de capaciteit (vissen en water) volgen uit de ontwerpnota's van de Oeverdijk.

6.13 Ecologische inrichting/ compensatie

Delen van het projectgebied zijn gelegen binnen het Natuur Netwerk Nederland (NNN), voorheen Ecologische Hoofd Structuur (EHS). Het ontwerp van de nieuwe dijk leidt tot verliezen, maar ook tot winst. Volgens het beleid is een dergelijke ontwikkeling toegestaan als er per saldo voor natuur sprake is van winst. Dit betekent dat de natuurontwikkeling binnen het project gestimuleerd moet worden, om op die manier een positief saldo te garanderen. De Oeverdijk is het meest geschikte deel voor natuurontwikkeling. Dit gegeven dient als ontwerpbasis voor de ecologische inrichting van de Oeverdijk.

Uitgangspunt voor de inrichting is het basisprofiel van de Oeverdijk dat nodig is voor de waterveiligheid. Om aan de natuurontwikkelingseis te kunnen voldoen zijn er een aantal aanpassingen mogelijk aan het basisprofiel om de abiotische voorwaarden te creëren voor ontwikkeling van het gewenste natuurbeheertype.

Onderstaande paragrafen beschrijven de uitgangspunten voor de benodigde ontwikkeling voor de NNN en compensatie voor de KaderRichtlijn Water (KRW). Daarnaast worden de mogelijke aanpassingen besproken om per saldo te spreken over een positief resultaat.

6.13.1 Oppervlakte Natuurontwikkeling

Door het ontwerp van de bestaande dijk gaat er natuur verloren.

Tabel 7 geeft een overzicht van de verlies per natuurbeheertype. Deze compensatieopgave² is gebaseerd op het ruimtebeslag van het ontwerp inclusief werkstroken (tijdelijk ruimtebeslag). Daarnaast wordt de locatie aangegeven waar op de Oeverdijk dit natuurbeheertype gerealiseerd kan worden en welk bodemtype benodigd is. In

² Het aantal hectares is worst-case in beeld gebracht, dat wil zeggen het volledige ruimtebeslag van het ontwerp en het tijdelijke ruimtebeslag ten behoeve van werkstroken. Indien deze hectares op de Oeverdijk kunnen worden gevonden, is zeker dat aan de compensatieopgave kan worden voldaan. In het document Toetsing Natuurnetwerk Nederland wordt aangegeven of het ook noodzakelijk is deze worst-case compensatieopgave te compenseren.

Tabel 8 wordt de Gemiddelde Voorjaars Grondwaterstand (GVG) aangeduid die de natuurbeheertype nodig hebben. Vervolgens wordt de range bepaald waarbinnen de vegetaties zich kunnen ontwikkelen op basis van het voorziene peilbeheer. In Tabel 9 is de omschrijving van de natuurbeheertype opgenomen uit de 'Index Natuur en landschap' inclusief een beheersadvies. Voor de natuurbeheertypen N06.01 Veenmosrietland en moerasheide en N13.01 Vochtig weidevogelgrasland is de Oeverdijk ongeschikt.

Tabel 7: Overzicht verlies per natuurbeheertype, bodemhoogte met geschikte hydrologische omstandigheden, bodemtype en de locatie op het dwarsprofiel van de Oeverdijk. De verantwoording van de minimale en maximale bodemhoogte is gegeven in tabel 10.

Natuurbeheertype	Verlies door werkzaamheden (ha)	bodemtype	locatie op dwarsprofiel
A01.01 Weidevogelgebied	0,5	nvt	nvt
N04.02 Zoete plas	0,5	nvt	Tussenwater
N05.01 Moeras	2,5	klei/ zand	Tussenwater
N05.02 Gemaaid rietland	0,1	fijn zand	
N06.01 Veenmosrietland en moerasheide	0,6	nvt	nvt
N10.02 Vochtig hooiland	0,3	fijn zand	Markermeer (lagere delen talud)
N12.02 Kruiden en faunarijk grasland	0,1	fijn zand	
N12.04 Zilt- en overstromingsgrasland	nvt	klei/ zand	
N13.01 Weidevogelgrasland	6,0	nvt	nvt
Tijdelijke natuur	nvt	Fijn zand	Markermeer (laagste delen talud, oever, waterkant)
L02.01 Fortterrein	0,2	nvt	Markermeer (lagere delen talud)

De milieurangvoorwaarde voor vochttoestand wordt uitgedrukt in GVG (Gemiddelde Voorjaarsgrondwaterstand). Het is voor planten namelijk relevant wat de vochttoestand in het voorjaar is als het groeiseizoen begint. Soms wordt additioneel ook wel de GLG opgegeven als randvoorwaarde in verband met het kunnen optreden van vochttekorten in de zomerperiode wanneer sprake is van een neerslagtekort. Nu zakken grondwaterstanden vaak te diep uit. Het is daarom niet gebruikelijk om de GHG te gebruiken als parameter voor de vochttoestand (zie bijv. Waterlood 3). Overigens zijn de GHG en GVG vaak sterk gecorreleerd.

Tabel 8: Verantwoording afleiden abiotische randvoorwaarden natuurbeheertypen

Natuur type	GVG (m - mv) - = boven maaiveld		Bron	Winter Peil	Zomer Peil	range (m NAP)			toelichting
						min	max	range	
N5.01	0,05	-0,5	1	-0,4	-0,6	-1,1	-0,35	0,75	Mag 0,5 m onder water staan. Bij zomerpeil 0,5 m beneden -0,6 m NAP. Bij winterpeil 0,05 m boven -0,4 m NAP.
N5.02	0,5	-0,1	3	-0,4	-0,6	-0,7	0,1	0,80	Bij zomerpeil 0,1 m beneden -0,6 m NAP. Bij winterpeil 0,5 m boven -0,4 m NAP
N10.02	0,6	-0,6	2	-0,4	-0,2	0,5	1	1,00	Kan lager voorkomen maar overlap met 12.02 en 12.04. Bovenin bij knik in maaiveld grootste kansen. Niet op klei. Fijn zand, kalkrijk.
N12.02	0,6	-0,6	1	-0,4	-0,2	0,5	1	1,00	Als 10.02, maar dan mag het voedselrijker (klei mag), variëren zodat er structuur ontstaat. Lager op talud realiseren.
N12.04	0,3	-0,3	2	-0,4	-0,2	-0,4	-0,1	0,30	Inundaties in de winter wenselijk. Met inrichting stagnatie van water mogelijk maken. Op klei is ok (waterstagnatie, slikkige kommen voor steltlopers).

De hoogte range hangt af van:

- a. peilregime oppervlaktewater:
 - Voor Tussenwater is zomerpeil -0.6 m NAP en winterpeil -0.4 m NAP.
 - Voor Markermeer is zomerpeil -0.2 m NAP en winterpeil -0.4 m NAP.
- b. abiotische randvoorwaarde natuur(beheer)type:
 - Deels geachterhaald via (SNL) natuur portaal en deels via Waternood
- c. grondwaterregime:
 - Hangt mede af van textuur bodem (fijn zand, grof zand, klei)

Bron

- 1 = <http://www.portaalnatuurenlandschap.nl/themas/overzicht-typen-natuur-en-landschap/natuurtypen/>
- 2 = Waternood 3
- 3 = deels expert oordeel R. van Ek

Toelichting tot stand komen getallen in de bovenstaande tabel:

Rekenvoorbeeld N5.01 voor het tussenwater* :

De GVG range voor dit type is bepaald op 0.05 m beneden maaiveld en 0.5 m boven maaiveld. Deze range met een min en max waarde voor de grondwaterstand is gecombineerd met de range met een min en max stand voor het waterpeil (uitgaande van het peilbeheer in (voor dit type) het Tussenwater) uitgedrukt in m t.o.v. NAP.

Dus:

Max = max GVG+ max waterpeil = +0.05 + -0.4 = -0.35 m NAP

Min= min GVG + min waterpeil = -0.5 + -0.6 = -1.1 m NAP

Binnen deze range van waterpeilen is het type realiseerbaar qua GVG. * (NB. Niet valide voor de Markermeeroever, omdat vanwege het flauwe talud en de afstand tot het oppervlaktewater het grondwaterpeil (opbolling in oeverdijk) meer bepalend is)

Tabel 9: Omschrijving natuurbeheertypen uit Index Natuur en Landschap

Natuur-beheer-type	inrichting en beheersadvies
N5.01 (moeras)	- Overgang van water naar land. - Bodems zeer nat, voedselrijk en matig zuur tot neutraal. - Tot 20% open water, tot 10% struweel. - Gemiddelde grondwaterstand in het najaar zakt maximaal tot 40 cm onder het maaiveld, behoudens eventuele periodieke droogteperioden. In de nattere delen varieert de grondwaterstand tussen 0 en – 20 cm. - Een deel van de rietlanden wordt gemaaid, maar niet jaarlijks (overjarig riet).
N5.02 (rietland)	- Tijdens de instelperiode wordt de ontwikkeling van het riet gemonitord en waar nodig riet gemaaid en afgevoerd. - Een deel van de rietlanden wordt gemaaid, maar niet jaarlijks (overjarig riet). - meestal in laagveengebieden, in mindere mate ook op klei. - op natte tot vochtige bodems en onder invloed van oppervlaktewater. - enige aanvoer van voedingsstoffen via het water om er voor te zorgen dat de bodem niet te zuur wordt. - typisch cultureel exponent van moeras.
N10.02 (vochtig hooiland)	- Vochtig hooiland omvat hooilanden, al dan niet met beweiding. - Open landschappen kunnen van belang zijn voor weidevogels. - Vochtig hooiland wordt ofwel vrijwel jaarlijks overstroomd door oppervlaktewater (o.a. langs de rivieren); staat onder invloed van uitredend kwelwater (beekdalen) of is gelegen op een veenbodem met een gemiddeld waterpeil van 20-30 cm. onder maaiveld, waarbij het peil in de zomer alleen gedurende korte tijd dieper kan wegzakken. - Minder zeggenrijk dan nat schraalland. Dotterbloem-, kievitsbloem- of pimpernelhooilanden, weidekervelgraslanden, veldrus schraallanden of de wat schralere bovenveen graslanden. - Jaarlijks gemaaid en het maaisel wordt afgevoerd. - Geen bemesting, met uitzondering van ruige stalmest (max. 20 ton per ha per jaar) of bekalking.

Natuur-beheer-type	inrichting en beheersadvies
N12.02 (kruiden- en faunarij grasland)	- Diverse bodems van vochtig tot droog en heeft doorgaans een (matig) voedselrijk karakter. - Grasachtigen dominant, maar kruiden en mossen hebben een oppervlakteaandeel van ten minste 20%. - Kenmerkend voor een goede kwaliteit is variatie in structuur (ruigte en plaatselijk struweel, hogere en lage vegetatie) en een kruidenrijke graslandbegroeiing die rijk is aan kleine fauna. - Meestal extensief beweide of gehooid en niet bemest met uitzondering van ruige stalmest (max. 20 ton per ha per jaar) of bekalking. - het kruiden- en faunarij grasland dat verloren gaat heeft tevens een broedfunctie voor weidevogels.
N12.04 (zilt- en overstrom- ings- grasland)	- Overstromingsgrasland omvat korte grazige vegetaties. Het komt ook voor in kleigebieden, het rivierengebied of in het laagveengebied en wordt vrijwel jaarlijks langdurig overstroomd in het voorjaar door oppervlaktewater of door uittredend kwelwater. - overstromingsgrasland wordt niet bemest.

6.13.2 Benodigde oppervlakte compensatie KRW

Mogelijk is compensatie nodig voor de effecten op de doelen van de Kaderrichtlijn Water (KRW). Deze effecten worden getoetst vanuit de BPRW-toets (Beheer- en Ontwikkelplan voor de Rijkswateren). Als er vanuit de toetsing blijkt dat de Oeverdijk meer dan $\geq 1\%$ van het ecologisch areaal van het Markermeer beslaat (waarschijnlijk voor vissen, macrofauna en oeverplanten) dan dient dit verlies gemitigeerd en/of gecompenseerd te worden. De mitigatie/compensatie kan mogelijk worden gedaan door het enten van waterplanten, afschrapen en opnieuw aanbrengen van sediment van huidig waterplanten areaal, optimaliseren inrichting tussenwater voor waterplanten, e.d. Deze mitigatie/compensatie zou kunnen bestaan uit een kwaliteitsverbetering van het bestaande waterlichaam of van het tussenwater. In de exacte mitigatie/compensatie eis wordt bepaald op basis van een BPRW-toets.

6.13.3 Ontwerp-aanpassingen

Om aan de bovenstaande eisen te voldoen zijn er een aantal aanpassingen aan het ontwerp mogelijk. Deze ontwerp-aanpassingen zijn gebaseerd op het creëren van de juiste abiotische randvoorwaarden voor de verschillende natuurbeheertypes. De biotische randvoorwaarden zijn tevens belangrijk om de natuurontwikkeling tot een succes te maken. Deze vallen echter onder beheer en onderhoud en worden niet verder hier behandeld. De onderstaande aspecten komen uit verkenningen van de ecologische ontwikkelingen op de oeverdijk [ref. 30, 23, 24] en ecologische expertsessies (gehouden op 31 maart en 11 mei 2016 [ref. 2, 3]). Onderstaand is een overzicht van de abiotische randvoorwaarden die mogelijk kunnen worden aangepast in het basisontwerp als dit nodig is om de natuurontwikkeling te stimuleren. De toepassing van deze verschillende aanpassingen zal worden uitgewerkt in de ontwerpnota.

Binnenzijde

- Natuurlijk peilbeheer voor tussenwater (zie sectie 6.11.2).
- Verflauwing van de helling binnentalud.

- Variëren diepte tussenwater.

Buitenzijde

- Inmenging holocene klei in de bovenlaag van het buitentalud, variaties in percentage doormenging (percentage organische stof) en laagdikte kunnen de gewenste vegetatietypen stimuleren. Hierbij gebruik maken van de ervaringen van de pilot Houtribdijk [ref. 5].
- Helling buitentalud kan aangepast worden ($< 1:40$) om de juiste grondwaterstand te bereiken, meer ecologisch areaal met de gewenste diepte voor waterplanten te creëren of om de overstromingszone te vergroten.
- Strekdammen kunnen worden aangepast, zowel het gebruikte materiaal als de vorm/lengte om meer luwte te creëren aan de buitenoever, om het optimale vestigingsklimaat te creëren voor waterplanten en macrofauna.

Overige ontwerp aanpassingen

- Bij de Hulk huist een visdiefjeskolonie. De visdief als broedvogel is in het kader van de Vogelrichtlijn kwalificerend voor het Natura 2000-gebied Markermeer & IJmeer. Uit de toetsing blijkt dat de visdiefkolonie(s) op de Hulk slechts tijdelijke hinder zal ondervinden tijdens de aanlegwerkzaamheden [ref. 39], hier worden maatregelen voor genomen. In het ontwerp wordt rekening gehouden met de afstand van eventuele recreatie op de Oeverdijk (bv. fietspad) en de bestaande kolonie. Om verstoring door recreatie te voorkomen buigt een eventueel fietspad op de Oeverdijk naar de bestaande dijk af, zodat de kolonie ontzien wordt.

6.13.4 Beheer en onderhoud natuur

Om de compensatie doelen te bereiken dient het definitieve ontwerp aangevuld te worden met een beheer- en onderhoudsplan. Elementen die hierin verwerkt worden:

- Type en frequentie beheer i.e. natuurlijk beheer (maaien, begrazing), pragmatisch beheer (maaien en afvoeren), utrasteren, variatie in zaaien, toelaten onregelmatigheden in zetting en begroeiing (incidenteel struweel en bomen), etc.
- Onderhoudsstrategie i.e. frequentie, uitvoering en hoeveelheid zandsuppletie.
- Eventuele overeenkomsten met natuurorganisaties voor natuurbeheer.
- De inrichting van het gebied moet worden afgestemd op het beheer en onderhoud dat in de toekomst noodzakelijk is (zie ook paragraaf 6.13).

6.14 Ontwerpinpassingen ten behoeve van beheer en onderhoud

De onderhoudsstrategie voor de Oeverdijk is beschreven in [ref. 7]. Hieronder wordt ingegaan op beheer- en onderhoudsaspecten afkomstig uit het VO.

Uitgangspunt is dat de Oeverdijk en het tussenwater vanaf de Oeverdijk bereikbaar zijn via de eindconstructies, dit zijn de primaire keringen die de bestaande kering met de oeverdijk verbinden (in het verlengde van de strekdammen). De bereikbaarheid vanaf de bestaande kering naar de Oeverdijk wordt in het DO nader uitgewerkt. De oplossingen ten behoeve van de bereikbaarheid dienen te worden gezocht binnen het ruimtebeslag van het vergunningsontwerp. Afgezien van de nog te ontwerpen aansluitingen ter hoogte van de einddammen wordt er geen rekening gehouden met aanvullende op- en afritten van de bestaande kering, aanvullende bruggen of dammen. De uitgangspunten met betrekking tot het maatgevende voertuig dat nodig is om op de Oeverdijk te komen zijn beschreven in [ref. 17]

Oeverdijk

Om de Oeverdijk bereikbaar te maken dient de kruin berijdbaar te zijn door middel van (half)verharding. Er wordt rekening gehouden met een verkeersbelasting van 13,3kPa op de kruin van de Oeverdijk en de eindconstructies onder dagelijkse omstandigheden. Bij maatgevende omstandigheden wordt uitgegaan van 5kPa belasting op de kruin ten gevolge van een inspectievoertuig.

Tussenwater

Het tussenwater wordt zodanig gedimensioneerd dat onderhoudsvaartuigen een profiel van vrije ruimte krijgen van 6 m breedte en 0,8 m diepgang.

Einddammen

De einddammen dienen te worden voorzien van een berijdbaar pad met een minimale breedte van 3 m.

Strekdammen

Beheer en onderhoud van de strekdammen is in principe mogelijk vanaf het water. Dit kan alleen indien aan ten minste één zijde langs de gehele strekdam het water voldoende bevaarbaar is. Daarnaast dient de bevaarbaarheid niet te leiden tot een structurele extra beheerinspanning.

Als uitgangspunt voor de minimale diepgang wordt een typisch kraanschip aangehouden van de firma welke op het moment een onderhoudscontract heeft met HHNK, de Firma Klein Wieringen. De typische afmetingen zijn te vinden op de website. Dit schip heeft een geladen diepgang van 1,75 m, een breedte van 8,60 m en een lengte van ongeveer 52 m. De giek lengte van de kraan bedraagt ruim 27 m, het effectieve bereik is echter orde grootte 14 m. Er wordt van uitgegaan dat het schip niet ter plaatse van de strekdam hoeft te draaien. Daarom hoeft er geen rekening te worden gehouden met een minimale draaicirkel.

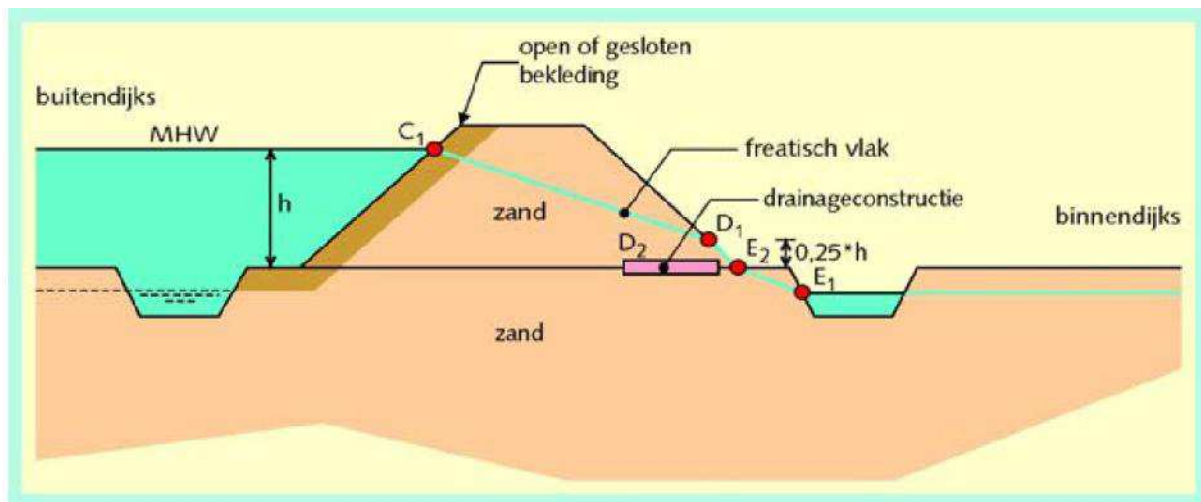
Indien varend onderhoud niet mogelijk is (bijvoorbeeld wanneer aan beide zijden van de strekdam sedimentatie wordt verwacht), dan is op de strekdam een pad van 3 m breed noodzakelijk. Ten behoeve van de landschappelijke kwaliteit wordt gestreefd naar een zo smal mogelijk pad.

6.15 Geohydrologie

Deze paragraaf behandelt de geohydrologische uitgangspunten.

6.15.1 Verloop freatische lijn

Het verloop van de freatische lijn in de kern van de Oeverdijk is geschematiseerd als een zanddijk. Hiervoor is de schematisatie conform [ref. 38] aangehouden waarbij de Oeverdijk is verondersteld als een zandkern op een zandige ondergrond, zie **Figuur 20**. Dit is voor de freatische lijn een conservatiever uitgangspunt dan een zandkern op een samendrukbare ondergrond.



Figuur 20: Schematisatie freatische lijn [Figuur b1.4 in ref. 38]

6.15.2 Stijghoogte respons

In Bijlage XII is een analyse uitgevoerd naar de te verwachten stijghoogte tijdens EHW onder de Oeverdijk en het tussenwater. Uit de berekeningen volgt een responsie van 59% op de stijghoogte ten opzichte van de dagelijkse situatie. Als stijghoogte in de dagelijkse situatie wordt NAP-0,9 m aangehouden. Aangezien de maximale responsie 1,6 m (+1,2—0,4) bedraagt volgt hieruit afgerond een stijghoogte van NAP+0,0 m tijdens EHW. Veiligheidsmarges worden hierbij niet direct opgeteld, deze zijn verwerkt in opbarstberekening en schematisering.

6.15.3 Indringingslaag

Boven de tussenzandlaag is een indringingslaag van 7 meter gedefinieerd conform [ref. 8]. De indringingslaag is de zone waarin de toegenomen waterspanning in de tussenzandlaag door het hoogwater in het Markermeer merkbaar is in de relatief slecht doorlatende laag. Over deze 7 meter verloopt de waterdruk van de stijghoogte in de tussenzandlaag tot de stijghoogte gedurende de dagelijkse situatie (NAP -0,9 m).

6.16 Geotechnische uitgangspunten

Normaliter wordt de (uitvoerings)stabiliteit bepaald met een ongezette geometrie in combinatie met de verwachte zetting ofwel gemiddelde samendrukkingsparameters. Dit wordt beschouwd als een praktisch en veilig uitgangspunt. Ter plaatse van de oeverdijk wordt een aanzienlijke ophoging op een maagdelijk bodem aangebracht en met deze rekenmethode voldoet de (uitvoerings)stabiliteit niet. Hierdoor is het noodzakelijk de ontwerpmethodiek te optimaliseren.

Voor deze optimalisatie wordt de lage karakteristieke waarden voor de parameters CR, RR en $C\alpha$ gehanteerd. De berekende zettingen vormen dan een ondergrensverwachting van de gezette geometrie.

Voor het bepalen van een bovengrens van de te verwachten zettingen (bijvoorbeeld voor een conservatieve inschatting van de hoeveelheid benodigd ophoogmateriaal) dienen hoge karakteristieke waarden voor de parameters CR, RR en $C\alpha$ te worden gehanteerd. De berekende zettingen vormen dan een bovengrensverwachting. Voor een 'gemiddelde' bepaling van de zettingen is meestal gekozen voor de verwachtingswaarde van de zettingsparameters. In deze fase wordt tevens een gevoeligheidsanalyse met de hoge en gemiddelde samendrukkingsparameters uitgevoerd. Hierdoor wordt het risico van extra zandaanvulling en overschrijding van de ruimtelijk grenzen in beeld gebracht. Afhankelijk van de resultaten kunnen nodige beheersmaatregelen tijdig in gang worden gezet.

In voorliggend hoofdstuk zijn de maatgevende bodemprofielen en de lage, gemiddelde en hoge samendrukking parameters weergegeven. Specifieke aspecten met betrekking tot de oeverdijk zijn tevens samengevat. Nadrukkelijk wordt verwezen naar het rapport Ontwerpbasis Zetting [ref. 18] voor de achtergrond van de analyse samendrukkingsparameters en algemene uitgangspunten ten behoeve van de zettingsberekeningen.

6.16.1 Interpretatie grondonderzoek Oeverdijk

In de vorige rekenfase is de (uitvoerings)stabiliteit van de oeverdijk bepaald met gedraineerde schuifparameters (Mohr- Coulomb model). In de DO-fase wordt gerekend met ongedraineerde schuifparameters (ofwel met een CSSM model). Voor de toepassing van correlaties voor het bepalen van de ongedraineerde schuifsterktes zijn echter hogere eisen gesteld aan de sondeerresultaten dan de reeds uitgevoerde sonderingen (klasse II). Hierdoor zijn in januari en februari van 2017 137 aanvullende klasse I en klasse II sonderingen uitgevoerd. In aanvulling op de sonderingen zijn tien mechanische boringen genomen waarbij ongeroerde monsters zijn genomen. Tevens zijn er diverse laboratoriumproeven uitgevoerd:

- Volumiek gewichten en samendrukkingsproeven: verificatie grondonderzoek uitgevoerd tot en met het voorontwerp fase.
- Korrelverdeling en de valsnelheid: vertroebeling en uitvoeringsaspecten vaargeul.
- Bepaling organische stofgehalte: onderdeel van de classificatie van grond
- De botanisch samenstelling veen: om de geotechnische classificatie van Veen te bepalen

De samendrukkingsproeven zijn bewerkt in de samendrukkingsparameter verzameling en gebruikt voor de voorontwerpfase.

Maatgevend bodemopbouw

Op basis van het geotechnisch lengteprofiel en aanvullend onderzoek [ref. 18] zijn de karakteristieke grondprofielen voor modules 2 en 3 gedefinieerd.

In de voorgaande fase (VO) is de Oeverdijk verdeeld in 4 secties. Gezien de resultaten uit het VO en het nieuwe grondonderzoek is er voor het DO geen aanleiding om het aantal secties aan te passen. Met de aanvullende sonderingen van Wiertsema [ref. 18], rekening houdend met het CSSM-rekenmodel en maatgevende zettingen, zijn de onderzoekspunten opnieuw beoordeeld.

In tabel 10 zijn de gekozen maatgevende sonderingen weergegeven.

- In een 2-tal gevallen zijn extra sonderingen gekozen omdat het niet duidelijk is welke sondering maatgevend is voor de binnenwaartse stabiliteit.
- Tussen dijkpaal 46-60 is een diepe kleilaag aangetroffen. Het is niet bekend hoeveel extra zetting in deze laag kan optreden. Hierdoor is deze sonderingen ook meegenomen in de analyse.
- De bodemopbouw van alle sonderingen uit tabel 10 is weergegeven in bijlage XIII.

Tabel 10. Maatgevende sonderingen per sectie

Module	Dijkpaal	Karakteristiek locatie - zetting	Gebruikte boring/sondering	Karakteristiek locatie – STBI	Gebruikte boring/sondering
2	dp 13-22	16	D20-DP16+ 15_DKMP866_W	16 en 22	D20-P16+ 15_DKMP866_W en DKM20-22+ 50W1
3	dp 22-34	32	D20-DP32+ 200_DKMP803_W	32	D20-DP32+ 200_DKMP803_W
3	dp 34-46	46	D20-DP46+ 40_DKMP213_W	46	D20-DP46+ 40_DKMP213_W
3	dp 46-60	60	DKM20-60W	60	DKM20-60W en D20-DP60+ 140_DKMP214_W
3	dp 46-60	55	DKM20-54W	-	-

Motivatie trajectindeling

Onderstaand wordt een onderbouwing van de gekozen maatgevende sonderingen weergegeven.

DP 13-22.

- Zetting - D20-P16+ 15_DKMP866_W: 1 m dikke veenlaag
- STBI – D20-P16+ 15_DKMP866_W: bodemniveau NAP -1,6 m; dikke samendrukbare laag; tussen zandlaag niveau NAP -9,5 m (indringing stijghoogte)
- STBI - D20-P16+ 15_DKMP866_W: bodemniveau NAP -2,7 m; (minder) dikke samendrukbare laag; tussen zandlaag niveau NAP –8,2 m
- Verschil in twee sonderingen t.a.v. STBI is niet duidelijk – gevoeligheidsanalyse uitvoeren

dp 22-34

- Zetting D20-DP32+ 200_DKMP803_W: 1 m dik veenlaag; bodemniveau NAP -1,50 m
- STBI – D20-DP32+ 200_DKMP803_W: zandlaag op NAP -9,8 m; dikke samendrukbare laag.

dp 34-46

- Zetting D20-DP46+ 40_DKMP213_W: 1,5 m dik veenlaag; bodemniveau NAP -1,50 m
- STBI D20-DP46+ 40_DKMP213_W – zandlaag op NAP -9,4 m; dikke samendrukbare laag.

dp 46-60

- Zetting DKM20-60W: 0,5 m dik veenlaag; bodemniveau NAP -1,80 m
- STBI – DKM20-60W en D20-DP60+ 140_DKMP214_W: zandlaag op NAP -10 m; dikke samendrukbare laag.

- Verschil in diepte zandlaag Fugro en Wiertsema. Bodemniveau NAP -10 m wordt gehanteerd

dp 46-60

- Zetting - DKM20-54W: dikke boven samendrukbare laag maaiveld en NAP -10 m in combinatie met dikke samendrukbare laag tussen NAP -14 m en NAP -23 m; bodemniveau NAP -1,80 m
- STBI – dikke samendrukbare laag tussen NAP -14 m en NAP -23 m heeft geen invloed op stabiliteit. Deze bodemopbouw is niet als maatgevend beschouwd.

6.16.2 Sterkte parameters

De rekenwaardes van de sterkteparameters van de ondergrond zijn bepaald in Ontwerpbasis Dijken DO [ref. 8].

6.16.3 Samendrukkingsparameters

De resultaten de gemiddelde samendrukkingsparameters zijn vastgelegd in het rapport Ontwerpbasis Zetting [ref. 18].

Statische verdeling van parameters

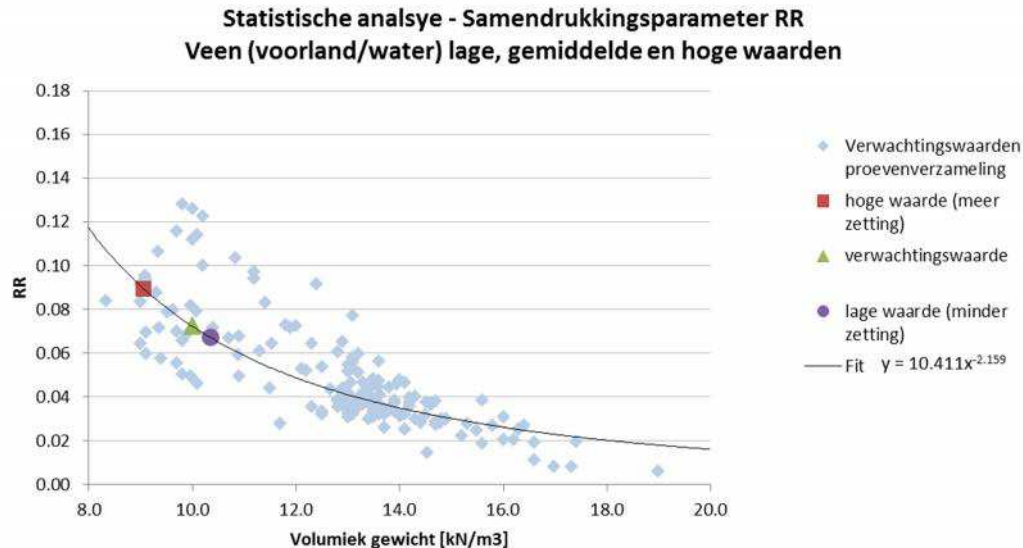
Voor het analyseren van de proevenverzameling zijn de karakteristieke ondergrens en bovengrens voor de gemiddeld samendrukkingsparameters met behulp van een lognormale verdeling bepaald. De karakteristieke waarden zijn bepaald volgens:

$$X_{k;gem} = \exp[\ln(X)_{gem} + /- t^{0,95}_{n-1} s_{\ln(X)} \sqrt{(\Gamma^2 + 1/n)}]$$

Waarin:

$\ln(X)_{gem}$	=	Gemiddelde van de logaritme van de proefresultaten
$t^{0,95}_{n-1}$	=	t-waarde uit de Student t-verdeling bij 5% onderschrijdingskans als functie van het aantal vrijheidsgraden r , met $r = n-1$
n	=	Aantal proefnemingen
$s_{\ln(X)}$	=	Standaardafwijking van de logaritme van de proefresultaten
Γ	=	Spreidingsreductiefactor (in dit geval is aangenomen $\Gamma = 0,25$)

Voor de proevenverzameling van de Markermeerdijken is het volumieke gewicht het uitgangspunt om de samendrukkingsparameters te bepalen. Heirdoor is het lage- en hoge grens van het volumieke gewicht bepaald. Vervolgens wordt de karakteristieke waardes bepaald met behulp van de reeds bepaald trendline. In de onderstaande grafiek is een voorbeeld weergegeven van de lage, gemiddelde en hoge samendrukkingswaarde RR voor Veen (voorland/water).

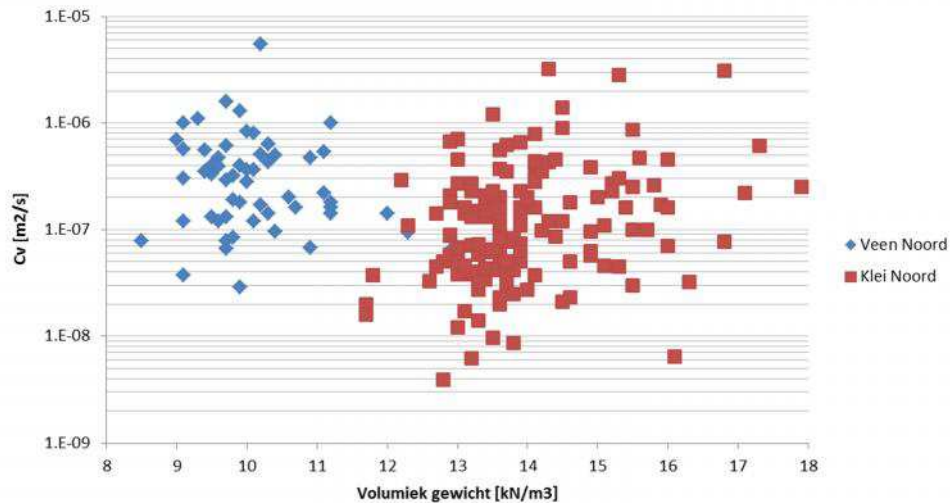


Figuur 21. Voorbeeld bepaling karakteristiek waarden

Bepaling verticale en horizontale consolidatiecoëfficiënt (cv en ch)

Er is sprake van een grote spreiding rondom de te verwachte waarden van klei en veen. Een factor van 100 tussen de onder- en bovengrens is niet uit te sluiten. Dit betekent dat de consolidatiesnelheid een grote onzekerheid kent, en daarmee eveneens een grote onzekerheid aanwezig zal zijn in de berekeningen van restzettingen en uitvoeringsstabiliteit. Voor de consolidatie tijd wordt uitgegaan van een gemiddelde consolidatiecoëfficiënt. Zie Ontwerpbasis zetting [ref. 18] voor aanvullende achtergrondinformatie/analyse met betrekking tot de consolidatiecoëfficiënt.

Vooralsnog zijn geen verticale drains gepland. Indien niet kan worden voldaan aan de restzettingseis zal zettingsversnellende maatregelen toegepaste moeten worden o.a. extra overhoogte en/of verticale drains. Voor nader toelichting over deze maatregelen wordt verwezen naar Ontwerpbasis Zetting [ref. 18].



Figuur 22. Grafiek relatie consolidatie

6.16.4 Overzicht samendrukkingsparameters NEN-Bjerrum

In de onderstaande tabel zijn de hoge, gemiddelde en lage waarden van de samendrukkingsparameters weergegeven.

Tabel 11 Samendrukkingsparameters Oeverdijk: hoge, gemiddeld, lage waarden NEN-Bjerrum

Grondsoort	$\gamma(d/n)$	POP	OCR	Cv	RR	CR	C α
	[kN/ m ³]	[Kpa]	[-]	[m ² / s]	[-]	[-]	[-]
Klei – Duinkerke Achterland/Voorland	13,4	10,9	2,5	8,5E-08	0,047 0,038 0,036	0,302 0,252 0,237	0,016 0,013 0,012
Veen Voorland/Water	10,0	13,3	2,4	2,6E-07	0,089 0,072 0,067	0,552 0,453 0,423	0,034 0,026 0,024
KLEI – Calais Voorland/water	14,1	15,7	1,9	3,5E-08	0,041 0,034 0,033	0,270 0,227 0,217	0,014 0,011 0,011

Op de zandlagen zijn geen proeven uitgevoerd. Daarom zijn hiervoor inschattingen gedaan, gebaseerd op ervaring en conservatieve standaardwaarden [tabel 2b uit NEN 9997-1]

Tabel 12. Samendrukkingsparameters zandgrond Oeverdijk

Grondsoort	$\gamma(d/n)$	POP	OCR	Cv	RR	CR	C α
	[kN/ m ³]	[Kpa]	[-]	[m ² / s]	[-]	[-]	[-]
ZAND–Calais ²	18,0 / 20,0	5,0	1,0	0,4	0,001	0,004	0
ZAND–Pleistoceen ²	18,0 / 20,0	5,0	1,0	0,4	0,001	0,004	0

2 Gebaseerd op EUROCODE 7 tabel 2b Zand schoon matig

6.16.5 Aanvullende aspecten zettingen Oeverdijk

Lokale bodemdaling

Bodemdaling treedt op door oxidatie van organische bestanddelen in bijvoorbeeld veen. De autonome bodemdaling voor de Markermeerdijken is vastgelegd in rapport Ontwerpbasis Zetting [ref 18] en bedraagt 0,05 meter. Deze daling is meegenomen in de berekening van de kruinhoogte.

Er is geen onderscheid gemaakt in het achtergrond document tussen de bodemdaling van de Oeverdijk en de traditionele dijk.

Klink

Klink betreft een afname van een grondlaagdikte door autonome verdichting van het materiaal. De te verwachten klink van vers aangebrachte grond is slechts bij benadering te bepalen. Voor klink van klei wordt 10% van de ophoging aanbevolen. Met voldoende verdichting, conform RAW Standaard Bepalingen, kan deze waarde worden verminderd tot 5%. Bij toepassing van zand is 5% vaak gehanteerd maar met een goede verdichting (ook volgens de RAW Standaard Bepalingen) is de hoeveelheid klink verwaarloosbare klein.

Indien het zand door middel van spuiten in het werk is gebracht (en niet meer wordt geroerd) kan een klinkpercentage van enkele procenten worden aangehouden.

Omdat klink afhankelijk is van de aanbrengmethode moet dit worden afgestemd met realisatie.

Horizontale vervormingen

Horizontale vervorming in, onder en naast de dijk: deze vervormingen kunnen leiden tot belastingen van constructies in en nabij de waterkering zoals de vispassage, in- en uitlaat constructies op de einddammen en de gemaal Westerlogge.

Daar waar de Oeverdijk dichtbij de bestaande dijk (< 20m) wordt aangelegd, wordt tijdens de uitvoering het tussenwater volledig gevuld met zand. Het zand wordt hierbij dan tot tegen de bestaande waterkering aangelegd. Dit heeft mogelijk negatieve invloed op de bestaande waterkering zowel qua zettingen als stabiliteit. Uit eerste verkennende beschouwingen [ref. 14] blijkt de invloed ter plaatse van de kruin en binnenberm nihil. Ter plaatse van de buitenteen waar de voorbelasting van de oeverdijk wordt aangebracht gaan er wel zettingen optreden. In het DO wordt de beïnvloeding op de bestaande waterkering nader beschouwd.

Restzetting parkeerterrein en fietspad

Er zijn enkel restzettingseisen gedefinieerd voor het parkeerterrein en het fietspad op de kruin ter hoogte van het stadsstrand, dp14 tot en met dp23. Deze eisen zijn echter niet gebruikelijk. Nieuwe verschildzettingseisen zijn met de gemeente Hoorn afgestemd. Deze zijn opgenomen in de eisenspecificatie.

Restzetting binnenberm ter plaatse van berm ten behoeve van natuurcompensatie

De binnenberm moet in verband met natuurcompensatie over een deel van de breedte droogvallen tijdens de zomer en nat zijn tijdens winterpeil. Om dit te realiseren mogen de restzettingen niet te groot zijn. Om bij oplevering (exclusief instelperiode) een strook te hebben die droog valt tijdens de zomer en nat is tijdens de winter is als maximale restzetting 0,30 m over een periode van 50 jaar aangehouden. Bij een grotere restzetting is het initiële aanlegniveau van de berm gelegen boven het winterpeil in het tussenwater en zal deze de eerste jaren niet afwisselend droog en nat zijn waardoor er na 5 jaar onvoldoende natuurontwikkeling kan plaatsvinden en niet wordt voldaan aan de eisen.

6.16.6 (Grond)waterstanden en stijghoogtes zettingsberekeningen

De polderpeilen en stijghoogten worden geacht in de planperiode van 50 jaar te worden gehandhaafd, zoals in Ontwerpbasis DO Waterhuishouding [ref. 13] wordt weergegeven.

7 Literatuur

1. AMMD, *Eisenplan*, beschikbaar via VISE.
2. AMMD-000900 - *Expertsessie TOM ecologie I*, d.d. 31 maart 2016
3. AMMD-000859 - *Expertsessie TOM ecologie II*, d.d. 11 mei 2016
4. AMMD, *IPO klassering bestaand*, definitief, d.d. juni 2017, AMMD-002819;
5. AMMD, *Lessons learned pilot houtribdijk*, definitief februari 2016, documentnummer AMMD-000012.
6. AMMD, *Morfologische beschouwing Oeverdijkvarianten*, definitief, augustus, 2016, documentnummer AMMD-001299.
7. AMMD, *Onderhoudsstrategie Oeverdijk*, september 2016, documentnummer AMMD-000710.
8. AMMD, *Ontwerpbasis dijken*, concept, augustus 2017, documentnummer AMMD-000637.
9. AMMD, *Ontwerpbasis Kunstwerken Markermeerdijken*, definitief, juli 2017, documentnummer AMMD-003153.
10. AMMD, *Ontwerpbasis Hydraulische randvoorwaarden (DO2)*, concept, augustus 2017, documentnummer AMMD-003182
11. AMMD, *Ontwerpbasis Oeverdijk*, definitief, oktober 2017, documentnummer AMMD-001386
12. AMMD, *Ontwerpbasis DO Wegen en paden*, definitief, september 2017, documentnummer AMMD-003105
13. AMMD, *Ontwerpbasis DO Waterhuishouding*, definitief, september 2017, documentnummer AMMD-003166
14. AMMD, *Ontwerpnota Oeverdijk module 2 en 3*, definitief, oktober 2017, documentnummer AMMD-001280
15. AMMD, *Optimalisatie ontwerpcondities strekdammen*, concept, augustus 2017, documentnummer AMMD-002594
16. AMMD, *Review en beslissessie keuzes oeverdijk*, concept, juni 2016, documentnummer AMMD-001123
17. AMMD, *Specificatie maatgevend voertuig onderhoud oeverdijk*, concept, maart 2016, documentnummer AMMD-003222
18. AMMD, *Ontwerpbasis Zetting*, definitief, juni 2017, documentnummer AMMD-003443.
19. [AMMD, Memo Faalkanseis Binnentalud Oeverdijk](#) AMMD-002429.
20. Arcadis/RHDHV, *Oeverdijkrapportage deel 1 - veiligheidsontwerp*, 2015, Ref: 15.0015935, d.d. 22-05-2015.
21. Arcadis/RHDHV, *Oeverdijkrapportage deel 2 - basisontwerp*, 2015, Ref: 15.0015937, d.d. 22-05-2015.
22. Arcadis/RHDHV, *Oeverdijkrapportage deel 3 - onderhoudsvariant*, 2015, Ref: -, d.d. 22-05-2015.
23. AMMD, *Monitorings- mitigatie- en compensatieplan*, versie 1.0, 31 maart 2017, documentnummer AMMD-002460.
24. AMMD, *Toets Natuurbeschermingswet 1998 (Passende Beoordeling), Natuurnetwerk Nederland en Flora- en faunawet in concept*, d.d. versie 16 April 2015, documentnummer AMMD-001025
25. Delta Commissie, *Rapport Deltacommissie, Deel 4: Beschouwingen over stormvloed en getijbeweging*, 's-Gravenhage: Staatsdrukkerij- en uitgeverijbedrijf 1960.;
26. Deltares, *Deltascenario's: Verkenning van mogelijk fysieke en sociaaleconomische ontwikkeling in de 21ste eeuw op basis van KNMI'06 en WLO-scenario's, voor gebruik in Deltaprogramma 2011-2012*. Projectnr. 1204151.002, Deltares, Delft, 2011.

-
27. Deltares, 2017. *Rekenrecept Hydra-NL (WBI2017) voor ontwerpen*, kenmerk: 11200575-002-GEO-0001. Deltares memo: d.d. 27-03-2017.
 28. Ecoshape, 2017, *Pilot Voorlandoplossing Houtribdijk Interim-Rapportage Februari 2017*, februari 2017. Documentnummer: 079132021:A – Definitief.
 29. ENW, *Advies aan HHNK inzake ontwerp oeverdijk*, memo, november 2015, referentie ENW-15-14.
 30. HHNK, *Inrichting en beheer van de Oeverdijk volgens VOPP januari 2015*, eindrapportage, 31 augustus 2015; referentie 15.55978 - 20150903
 31. HHNK, *Technisch Achtergronddocument Markermeerdijken Hoorn - Amsterdam*, mei 2015, referentie 15.8713.
 32. KNMI, *KNMI Climate change scenarios 2006 for the Netherlands*, KNMI Scientific Report WR 2006-01, KNMI, De Bilt, 2006
 33. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, *Voorschrift Toetsing op Veiligheid Primaire Waterkeringen (VTV2006)*, september 2007.
 34. NEN3651, *Aanvullende eisen voor buisleidingen in of nabij belangrijke waterstaatswerken*, 2012.
 35. Rijkswaterstaat, Ministerie van Infrastructuur en Milieu, *Handreiking ontwerpen met overstromingskansen, Veiligheidsfactoren en belastingen bij nieuwe overstromingskansen* (OI2014v4), d.d. december 2016;
 36. SOK *Stadstrand en Westerdijk DEFINITIEF*, d.d. 03 maart 2015, documentnummer 15.921
 37. TAW, 1987. *Breedte-hoogteverhouding lage grensprofielen*. Ref: H298 deel VI, december 1987.
 38. TAW, *Technisch Rapport Waterspanningen bij dijken*, d.d. september 2004;
 39. TAW, *Technisch rapport waterkerende grondconstructies*, juni 2001.
 40. Voortgangsmemo van Marc Scheepers 'Inrichting Oeverdijk op hoofdlijnen' (22-04-2015) die gebaseerd is op de resultaten van team 'Inrichting Oeverdijk' bestaande uit deskundigen van HHNK, Arcadis en RHDHV;
 41. Wieringa en Rijkoort, *Windklimaat van Nederland*, Staatsuitgeverij, Den Haag 1983, ISBN 90 12 044669;
 42. A. Steenbergen, *Forshores with reed vegetation as a resilient lake shore defence, Modelling of the incoming wave height at the reed-water boudary*, September 2015;
 43. Wiertsema & Partners, Mail: RE: 67170-1 Durgerdam - Hoorn *** DA ***, d.d. 08-02-2017 11:43;
 44. AMMD, *Besluit nieuwe normering huidige kering achter Oeverdijk*, ref. AMMD-001441;
 45. HHNK, *Gedraineerde berekeningen waterkering achter de Oeverdijk*, ref. 17.0057765;
 46. AMMD, *Oplegnotitie Normering bestaande kering achter de Oeverdijk*, ref. AMMD-003600;
 47. HHNK, *Advies vakgroep Waterveiligheid Uitgangspunten versterking*, d.d. 4 juli 2017, ref. 17.0078736;
 48. AMMD, *TOM Bekleding Eind en Strekdam Oeverdijk*, ref. AMMD-004024;
 49. AMMD, *Slibonderzoek Oeverdijk*, ref. AMMD-004061;
 50. AMMD, *TOM Kleilaag Binnentalud Oeverdijk*, ref. AMMD-004026;

Bijlage I Omgang overige faalmechanismen

De Oeverdijk en bijbehorende waterkerende elementen worden ontworpen aan de hand van de faalmechanismen voor duinprofielen (zie §4.1). Feitelijk is daarom alleen duinafslag van belang voor de Oeverdijk. Omdat de Oeverdijk een relatief gezien smal duin is (vergeleken met de kustduinen), zijn enkele faalmechanismen voor dijken of dammen nog steeds relevant voor het grensprofiel na (duin)afslag. Deze relevante faalmechanismen voor het grensprofiel zijn gegeven in §4.3. Daarnaast is er nog een aantal faalmechanismen waarop niet expliciet wordt ontworpen, maar welke later wel in de beoordelingsrondes zal worden meegenomen. In het VO zal worden geverifieerd dat deze faalmechanismen inderdaad van ondergeschikt belang zijn. Deze worden hieronder kort behandeld.

Piping en Heave (STPH)

Vermoedelijk treedt er geen opbarsten op aan de binnenzijde van de (oever)dijk en is piping daarom geen relevant faalmechanisme aangezien er geen uittredepunt kan ontstaan. Deze aanname wordt geverifieerd in de ontwerpnota's.

Macrostabiliteit buitenwaarts (STBU)

De buitenzijde van de Oeverdijk is ontworpen als een duin. Hiervoor gelden andere faalmechanismen (zie Hoofdstuk 5).

Hiervoor wordt de geotechnische stabiliteit van het buitentalud van de bestaande kering, de constructies, einddammen en het oeverdijkprofiel wordt berekend met de computersoftware D-Geo Stability.

Macrostabiliteit tijdens de uitvoering (STBU/ STBI)

Uitgangspunt is dat de bestaande dijk en de dekgrond in het tussenwater niet wordt vergraven tijdens de aanbreng van de Oeverdijk. De macrostabiliteit van de bestaande dijk wordt dus niet aangetast tijdens de uitvoering van de Oeverdijk.

De ophoging vindt gefaseerd plaats doormiddel van meerdere ophoogslagen. Voor de ophoogslagen wordt per keer een laagdikte van maximaal 1 m gehanteerd. Bij aanbrengen van een ophoogslag is gerekend met een consolidatiecoëfficiënt van 20% voor de aangebrachte laag. Voor de overige reeds aangebrachte lagen is de consolidatiegraad aan de hand van het consolidatiesnelheid bepaald.

Tijdens de uitvoering wordt gerekend met een minimaal vereiste stabiliteitsfactor $SF > 1,1$ waarbij gerekend wordt met karakteristieke waarden van de grondparameters. Hierbij wordt rekening gehouden met een belasting van werkvoertuigen boven het waterniveau (NAP -0,5m) van 20 kN/m² over een breedte van 2,5 m. De aanpassingspercentages in slecht doorlatende lagen ten gevolge van de deze belastingen is op 0% gesteld.

Tijdens de uitvoering wordt gerekend met de volgende (grond)waterstanden in de oeverdijk/ophoging.

Waterstand Markermeer: NAP -0,40 m

Waterstand tussen bestaande dijk en Oeverdijk: NAP -0,40 m

1x in de 5 jaar waterstand uitvoering: NAP +0,50 m

Freatisch waterstand in Oeverdijk: Een lineair verloop, uitgaande van een goede doorlatenheid (zand)

Stijghoogte tussenzandlaag: NAP -0,9 m

Microstabiliteit (STMI)

Microstabiliteit betreft de stabiliteit van grondlagen aan het oppervlak van het binnentalud onder invloed van door een grondlichaam stromend grondwater. Onderscheid kan daarbij worden gemaakt in het uitspoelen van zand of het afdrukken/afschuiven van de kleiafdekking. Aangezien er geen kleilaag aanwezig is wordt alleen getoetst op het uitspoelen van zand.

Het binnentalud wordt getoetst op het uitspoelen van zand/klei en het ontstaan van ondiepe glijvlakjes in de toplaag. Onderscheid wordt gemaakt in taluds boven water en taluds onder water.

Microstabiliteit wordt bepaald conform het Technisch rapport waterkerende grondconstructies [ref. 39].

Bekleding (STBK)

Bekleding op het buitentalud

De Oeverdijk en daarmee haar buitentalud wordt beschouwd als een zandige versterking. Hier geldt dus het faalmechanisme duinafslag. Vanuit het waterkerend vermogen van de Oeverdijk is geen bekleding benodigd. Afhankelijk van de ecologische (zie §6.13) en beheer en onderhoudstechnische (zie §6.14) wensen wordt klei/gras/begroeiing aangebracht op het buitentalud.

Bekleding kruin en binnentalud

De Oeverdijk wordt zo ontworpen dat het overslagdebiet kleiner is dan 0,1 l/s/m. Hierdoor kan het overslagdebiet worden verwaarloosd en hoeven geen eisen te worden gesteld aan de erosiebestendigheid van de kruin en het binnentalud m.b.t. overslag.

Aan de binnenzijde van de Oeverdijk wordt de erosiebestendigheid wel getoetst op basis van stroomsnelheden in het tussenwater. Aangenomen wordt dat de stroomsnelheden nabij de pompen/inlaatconstructies hierbij maatgevend zijn.

Voorland (STVL)

De Oeverdijk wordt als duin ontworpen en dankt zijn sterkte aan het dynamisch gedrag van de constructie. Derhalve is STVL hier niet van toepassing.

Niet-waterkerende objecten (NWO)

De niet-waterkerende objecten (NWO's) die van invloed kunnen zijn op de waterveiligheid van de waterkering kunnen, conform [ref. 33], in vier verschillende categorieën worden ingedeeld:

- Woningen/bebouwing;
- Bomen/begroeiing;
- Kabels en leidingen;
- Overige constructies (wegen, landhoofden, geleidewerken, steigers, niet-waterkerende kadeconstructies).

De omgang met NWO's in het kader van het stadstrand zijn beschreven in:

<https://project.vwinfra.nl/sites/AMMD/clusters/Documenten/AMMD-003000%20-%20Memo%20Eisen%20NWO%20Oeverdijk.docx>

Woningen/bebouwing

In de buurt van de Oeverdijk staan geen woningen of andere bebouwing of worden deze in de toekomst voorzien. Deze invloed hoeft dus niet te worden beschouwd.

Bomen/begroeiing

Er zijn geen bomen met een lengte groter dan 5 m voorzien op de Oeverdijk. Wanneer er toch bomen op de Oeverdijk worden voorzien dienen deze enigszins verhoogd te worden aangelegd, zodat omvallende/waaiende bomen slechts een verwaarloosbare invloed op de waterveiligheid hebben. Aangezien de Oeverdijk zodanig wordt ontworpen dat er geen overslag plaatsvindt over de kruin van de dijk, is ook de invloed van begroeiing op de erosiebestendigheid niet van belang.

Kabels en leidingen

Er worden geen kabels en leidingen in de Oeverdijk voorzien. Alleen de constructies dienen aangesloten te worden op het bestaande net. Kabels hebben geen effect op de veiligheid van de waterkering. De leidingen worden wel gecontroleerd of deze een waterveiligheidsrisico vormt. Dit wordt gedaan aan de hand van Bijlage E uit de NEN3651 [ref. 34].

Overige constructies

De overige constructies (gemalen, inlaten en toebehoren) worden in een separate ontwerpbasis [ref. 9] en ontwerpnota's beschouwd

Bijlage II Overzicht KPR advies

<https://project.vwinfra.nl/sites/AMMD/clusters/Documenten/AMMD-003141%20-%20AMMD%20Plan%20-%20Overzicht%20KPR%20advies.docx>

Bijlage III Effect systeembenadering – Faalkanseis

<https://project.vwinfra.nl/sites/AMMD/clusters/Documenten/AMMD-003059%20-%20Effect%20systeembenadering%20-%20Faalkanseis.docx>

Bijlage IV Effect systeembenadering – Oeverdijkprofiel

<https://project.vwinfra.nl/sites/AMMD/clusters/Documenten/AMMD-002232%20-%20Effect%20systeembenadering%20Oeverdijkprofiel.docx>

Bijlage V Effect systeembenadering – Consequenties

<https://project.vwinfra.nl/sites/AMMD/clusters/Documenten/AMMD-003060%20-%20Effect%20systeembenadering%20-%20Consequenties.docx>

Bijlage VI Oeverdijk gedraineerd vs ongedraineerd

<https://project.vwinfra.nl/sites/AMMD/clusters/Documenten/AMMD-002430%20-%20AMMD%20Memo%20Gedraineerd%20vs%20Ongedraineerd.docx>

Bijlage VII Faalkanseis binnentalud Oeverdijk

<https://project.vwinfra.nl/sites/AMMD/clusters/Documenten/AMMD-002429%20-%20AMMD%20Memo%20Faalkanseis%20Binnentalud%20Oeverdijk.docx>

Bijlage VIII Kookboek ontwerp Oeverdijk

<https://project.vwinfra.nl/sites/AMMD/clusters/Documenten/AMMD-003282%20-%20AMMD%20Memo%20kookboek%20Oeverdijk%20definitief%20ontwerp.docx>

Bijlage IX Onderbouwing afleiden hydraulische ontwerprandvoorwaarden buitenprofiel

<https://project.vwinfra.nl/sites/AMMD/clusters/Documenten/AMMD-004016%20-%20Afleiden%20hydraulische%20ontwerprandvoorwaarden%20buitenprofiel%20Oeverdijk%20DO.docx>

Bijlage X Hydraulische randvoorwaarden buitenprofiel

De tabellen in deze bijlagen tonen de resultaten van de Hydra-NL berekeningen voor hydraulische randvoorwaarden voor het buitenprofiel. Per uitvoerpunt is de maatgevende conditie geselecteerd. De groene kolommen zijn de maatgevende condities voor sectie De Karperput. De gele kolommen zijn de maatgevende condities voor sectie De Grote Waal. De blauwe kolommen zijn de maatgevende condities voor sectie Stadstrand Hoorn. Hydra-NL uitvoerlocatie MM_2_13_7_dk_01439 levert voor geen enkele sectie de maatgevende conditie op.

MM_2_13- 7_dk_01439		88°N	88°N	88°N
Terugkeertijd [jaar]	Lokale Waterstand [m+NAP]	Hs [m]	Tp [s]	Markermeerpeil [m+NAP]
9300	0.0	1.3	6.2	-0.2
9300	0.1	1.4	5.8	-0.2
9300	0.2	1.4	5.9	-0.2
9300	0.3	1.3	6.0	-0.2
9300	0.4	1.3	6.1	-0.1
9300	0.5	1.3	5.5	0.0
9300	0.6	1.1	5.2	0.2
9300	0.7	1.0	4.5	0.3
9300	0.8	0.8	4.2	0.4
9300	0.9	0.7	3.6	0.7
9300	1.0	0.5	2.8	0.8

MM_2_13- 7_dk_01448		88°N	90°N	112.5°N	116.2°N	135°N	157.5°N	180°N	88°N	90°N	112.5°N	116.2°N	135°N	157.5°N	180°N	88°N	90°N	112.5°N	116.2°N	135°N	157.5°N	180°N
Terugkeertijd [jaar]	Lokale Waterstand [m+NAP]	Hs [m]							Tp [s]							Markermeerpeil [m+NAP]						
9300	0.0	1.3	1.3	1.4	-	-	-	-	5.8	5.8	5.8	-	-	-	-	-0.2	-0.2	-0.2	-	-	-	-
9300	0.1	1.3	1.3	1.4	1.4	1.2	-	-	5.9	5.9	5.9	5.9	6.4	-	-	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-	-
9300	0.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.3	1.2	1.2	6.1	6.1	5.9	5.9	6.0	5.8	5.8	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2
9300	0.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	6.1	6.1	6.1	6.2	6.0	5.9	5.8	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.2	-0.1	-0.2
9300	0.4	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	5.6	5.6	6.2	6.2	6.2	6.1	6.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.1
9300	0.5	1.2	1.2	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	5.6	5.6	5.7	6.3	6.3	6.1	6.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.1	-0.1
9300	0.6	1.1	1.0	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	5.4	5.6	5.7	5.7	5.7	5.6	5.6	0.2	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.1
9300	0.7	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	5.4	5.4	5.4	5.4	5.8	5.7	5.6	0.2	0.2	0.2	0.2	-0.2	-0.1	0.0
9300	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	4.7	4.7	4.6	4.6	5.2	5.1	4.9	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
9300	0.9	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	3.7	3.8	4.2	4.2	4.2	4.6	4.4	0.7	0.7	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7
9300	1.0	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	3.0	3.0	3.4	3.4	3.3	3.7	3.5	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

MM_2_13- 7_dk_01455		90°N	112.5°N	135°N	157.5°N	166°N	180°N	90°N	112.5°N	135°N	157.5°N	166°N	180°N	90°N	112.5°N	135°N	157.5°N	166°N	180°N
Terugkeertijd [jaar]	Lokale Waterstand [m+NAP]	Hs [m]						Tp [s]						Markermeerpeil [m+NAP]					
9300	0.0	1.2	1.3	-	-	-	-	5.8	5.9	-	-	-	-	-0.2	-0.2	-	-	-	-
9300	0.1	1.2	1.4	1.5	-	1.5	-	5.9	6.4	5.9	-	5.8	-	-0.2	-0.2	-0.3	-	-0.2	-
9300	0.2	1.1	1.5	1.5	1.6	1.5	-	6.0	6.0	6.0	5.9	5.8	-	-0.2	-0.2	-0.1	-0.2	-0.2	-
9300	0.3	1.3	1.5	1.5	1.6	1.5	1.6	6.2	6.0	6.0	5.9	5.9	5.9	-0.2	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.3
9300	0.4	1.2	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6	6.3	6.0	6.2	6.0	6.1	6.0	-0.2	-0.1	-0.2	-0.1	-0.2	-0.1
9300	0.5	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	1.5	5.7	6.2	6.3	6.2	6.2	6.2	-0.1	-0.1	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1
9300	0.6	1.4	1.3	1.4	1.5	1.5	1.5	5.7	5.7	5.7	5.7	5.6	5.7	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.2	-0.2
9300	0.7	1.2	1.2	1.4	1.3	1.3	1.3	5.2	5.3	5.6	5.6	5.8	5.8	0.2	0.2	0.1	0.1	-0.2	-0.2
9300	0.8	0.9	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	4.9	5.4	5.3	5.2	5.2	5.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
9300	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	4.2	5.0	4.8	4.7	4.6	4.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7
9300	1.0	0.7	0.6	0.7	0.6	0.6	0.6	3.5	3.4	3.8	3.7	3.7	3.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

MM_2_13- 7_dk_01459		90°N	112.5°N	135°N	157.5°N	180°N	90°N	112.5°N	135°N	157.5°N	180°N	90°N	112.5°N	135°N	157.5°N	180°N
Terugkeertijd [jaar]	Lokale Waterstand [m+NAP]	Hs [m]					Tp [s]					Markermeerpeil [m+NAP]				
9300	0.0	0.7	-	-	-	-	5.2	-	-	-	-	-0.3	-	-	-	-
9300	0.1	0.7	1.1	-	-	-	5.3	5.9	-	-	-	-0.1	-0.3	-	-	-
9300	0.2	0.7	1.1	1.4	1.4	1.5	5.4	6.0	5.9	5.9	5.9	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.1
9300	0.3	0.7	1.1	1.4	1.4	1.5	5.5	6.0	6.0	5.9	6.0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.1
9300	0.4	0.7	1.1	1.4	1.4	1.5	5.0	6.2	6.0	6.0	6.0	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1
9300	0.5	1.1	1.1	1.4	1.4	1.4	6.3	6.3	6.2	6.2	6.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2
9300	0.6	1.0	1.3	1.4	1.4	1.5	5.7	6.3	5.7	5.7	5.7	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2
9300	0.7	0.9	1.3	1.3	1.3	1.3	5.0	5.6	5.6	5.6	5.7	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0
9300	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	4.4	5.3	5.3	5.6	5.7	0.4	0.4	0.4	0.2	0.2
9300	0.9	0.6	0.8	0.8	0.8	0.8	4.2	4.8	4.8	4.8	4.9	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
9300	1.0	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	3.4	3.9	3.8	3.8	3.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

Bijlage XI Hydraulische randvoorwaarden strekdammen

Bijlage XI.1: Hydra-NL randvoorwaarden belasting op bekleding met een terugkeerperiode van 1/ 1.000 jaar

#	Hydra uitvoerlocatie	Strek dam	Windrichting [°N]	Windsnelheid [m/ s]	Markermeer Lokale peil waterstand [m+ NAP]	Significante golfhoogte [m]	Piek golfperiode [s]	Gemiddelde golfrichting [°N]
1	MM_2_13-7_dk_01459	1, 2	180	8,6	0,4	0,8	0,5	173
2	MM_2_13-7_dk_01459	1, 2	180	12,9	0,3	0,7	0,7	169
3	MM_2_13-7_dk_01459	1, 2	180	18,0	-0,2	0,2	1,3	170
4	MM_2_13-7_dk_01459	1, 2	180	18,0	0,0	0,6	0,9	169
5	MM_2_13-7_dk_01459	1, 2	180	18,7	-0,2	0,5	1,2	170
6	MM_2_13-7_dk_01459	1, 2	180	19,0	-0,2	0,4	1,2	170
7	MM_2_13-7_dk_01459	1, 2	180	20,4	-0,2	0,3	1,2	171
8	MM_2_13-7_dk_01459	1, 2	210	22,0	-0,2	0,1	1,3	190
9	MM_2_13-7_dk_01459	1, 2	210	22,2	-0,3	0,0	1,3	190
10	MM_2_13-7_dk_01455	3	180	8,3	0,6	0,8	0,5	168
11	MM_2_13-7_dk_01455	3	180	12,8	0,3	0,7	0,7	161
12	MM_2_13-7_dk_01455	3	180	17,5	0,0	0,6	1,0	160
13	MM_2_13-7_dk_01455	3	180	18,0	-0,2	0,2	1,4	162
14	MM_2_13-7_dk_01455	3	180	18,4	-0,3	0,1	1,4	162
15	MM_2_13-7_dk_01455	3	180	18,5	-0,1	0,5	1,2	161
16	MM_2_13-7_dk_01455	3	180	18,6	-0,2	0,2	1,4	163
17	MM_2_13-7_dk_01455	3	180	20,4	-0,2	0,3	1,3	163
18	MM_2_13-7_dk_01455	3	180	21,2	-0,2	0,4	1,4	163
19	MM_2_13-7_dk_01448	4, 5	90	15,2	-0,3	0,0	1,2	102
20	MM_2_13-7_dk_01448	4, 5	90	17,3	-0,3	0,2	1,1	102
21	MM_2_13-7_dk_01448	4, 5	90	17,9	-0,3	0,1	1,1	101
22	MM_2_13-7_dk_01448	4, 5	150	6,7	0,4	0,8	0,4	142

23	MM_2_13-7_dk_01448	4, 5	150	10,7	0,2	0,7	0,6	4,0	136
24	MM_2_13-7_dk_01448	4, 5	150	14,5	-0,1	0,5	1,0	5,3	132
25	MM_2_13-7_dk_01448	4, 5	150	14,9	-0,2	0,4	1,0	6,0	131
26	MM_2_13-7_dk_01448	4, 5	150	16,7	-0,3	0,3	1,1	6,0	132
27	MM_2_13-7_dk_01448	4, 5	180	17,9	0,0	0,6	0,8	5,3	150
28	MM_2_13-7_dk_01439	6	90	14,6	-0,2	0,0	1,2	5,5	96
29	MM_2_13-7_dk_01439	6	90	14,8	-0,1	0,4	1,1	5,3	98
30	MM_2_13-7_dk_01439	6	90	14,9	-0,2	0,3	1,1	5,8	97
31	MM_2_13-7_dk_01439	6	90	16,3	-0,2	0,2	1,2	5,8	96
32	MM_2_13-7_dk_01439	6	90	17,5	-0,3	0,1	1,2	5,8	95
33	MM_2_13-7_dk_01439	6	150	10,2	0,3	0,7	0,6	3,8	136
34	MM_2_13-7_dk_01439	6	150	11,7	0,1	0,6	0,8	4,3	134
35	MM_2_13-7_dk_01439	6	150	14,0	0,0	0,5	1,0	5,1	131

Uitvoerlocatie	Huidige situatie					Initieel profiel					Veiligheids profiel					Afslag profiel				
	Hm0 [m]	Tp [s]	Tm-1,0 [m]	Dir [deg N]	Dspr [deg]	Hm0 [m]	Tp [s]	Tm-1,0 [m]	Dir [deg N]	Dspr [deg]	Hm0 [m]	Tp [s]	Tm-1,0 [m]	Dir [deg N]	Dspr [deg]	Hm0 [m]	Tp [s]	Tm-1,0 [m]	Dir [deg N]	Dspr [deg]
Hydra	1.3	5.4	-	190	-	1.3	5.4	-	190	-	1.3	5.4	-	190	-	1.3	5.4	-	190	-
S01P001	1.0	5.3	4.0	193	16	-	-	-	-	-	0.3	5.6	3.2	187	12	-	-	-	-	-
S01P002	1.1	5.5	4.1	187	19	0.8	5.6	3.9	184	15	1.1	5.6	4.1	185	16	0.9	5.6	4.0	183	17
S01P003	1.2	5.5	4.2	183	22	1.2	5.7	4.2	180	21	1.2	5.5	4.2	183	21	1.2	5.6	4.3	182	21
S01P004	1.3	5.5	4.3	182	23	1.3	5.5	4.3	182	23	1.3	5.5	4.3	182	23	1.3	5.5	4.3	182	23
S01P005	1.3	5.5	4.3	183	24	1.3	5.5	4.3	182	24	1.3	5.5	4.3	183	24	1.3	5.5	4.3	182	24
S01P006	1.3	5.5	4.2	183	24	1.3	5.5	4.2	183	23	1.3	5.5	4.2	183	24	1.3	5.5	4.2	183	23
S01P007	1.2	5.5	4.2	182	21	1.2	5.5	4.2	181	20	1.2	5.5	4.2	182	21	1.2	5.5	4.2	182	21
S01P008	1.1	5.7	4.3	176	17	1.0	5.7	4.3	176	17	1.1	5.7	4.3	176	17	1.1	5.7	4.3	176	17
S01P009	0.9	5.8	4.3	175	14	0.9	5.8	4.3	174	14	0.9	5.8	4.3	174	14	0.9	5.8	4.3	175	14
S01P010	1.0	5.8	4.1	180	14	1.0	5.8	4.1	180	14	1.0	5.8	4.1	180	14	1.0	5.8	4.1	180	14
S01P011	1.0	5.6	4.0	186	16	1.0	5.7	4.0	186	16	1.0	5.7	4.0	186	16	1.0	5.6	4.0	186	16
S01P012	1.0	5.6	3.9	191	17	1.0	5.6	3.9	191	17	1.0	5.6	3.9	191	17	1.0	5.6	3.9	191	17
S01P013	1.0	5.6	3.9	193	18	1.0	5.6	3.9	193	18	1.0	5.6	3.9	193	18	1.0	5.6	3.9	193	18
S01P014	0.8	5.6	3.9	195	17	0.8	5.6	3.9	195	17	0.8	5.7	3.9	195	17	0.8	5.6	3.9	195	17

Strekdam: 01

Detailgolf model: Hoorn_Schar_v01

Hydra uitvoerlocatie: 16 Hoorn West - MM_2-13-7_dk_01459

Uitvoerlocatie	Huidige situatie					Initieel profiel					Veiligheids profiel					Afslag profiel				
	Hm0 [m]	Tp [s]	Tm-1,0 [m]	Dir [deg N]	Dspr [deg]	Hm0 [m]	Tp [s]	Tm-1,0 [m]	Dir [deg N]	Dspr [deg]	Hm0 [m]	Tp [s]	Tm-1,0 [m]	Dir [deg N]	Dspr [deg]	Hm0 [m]	Tp [s]	Tm-1,0 [m]	Dir [deg N]	Dspr [deg]
Hydra	1.3	5.4	-	190	-	1.3	5.4	-	190	-	1.3	5.4	-	190	-	1.3	5.4	-	190	-
S02P001	1.1	5.8	4.4	170	22	0.5	5.7	3.4	168	14	0.9	5.8	4.1	168	14	0.7	5.8	3.9	165	15
S02P002	1.2	5.7	4.4	173	22	1.1	5.8	4.3	168	17	1.2	5.8	4.4	170	19	1.2	5.8	4.4	169	18
S02P003	1.2	5.6	4.3	177	23	1.3	5.6	4.4	176	22	1.2	5.6	4.4	176	23	1.2	5.6	4.4	176	23
S02P004	1.3	5.6	4.3	180	25	1.3	5.6	4.3	178	24	1.3	5.6	4.3	179	24	1.3	5.6	4.3	179	24
S02P005	1.3	5.5	4.3	180	25	1.3	5.5	4.3	180	25	1.3	5.5	4.3	180	25	1.3	5.5	4.3	180	25
S02P006	1.3	5.6	4.3	180	25	1.3	5.6	4.3	178	24	1.3	5.6	4.3	179	24	1.3	5.6	4.3	179	24
S02P007	0.8	6.1	4.5	159	19	0.8	6.0	4.6	156	20	0.8	6.1	4.5	158	19	0.8	6.1	4.5	158	19
S02P008	0.3	7.0	2.9	150	39	0.4	6.8	4.2	138	31	0.3	7.0	3.2	144	38	0.3	7.0	3.7	141	35
S02P009	0.2	7.6	1.9	162	48	0.3	7.1	4.1	127	29	0.3	7.1	3.3	137	42	0.3	7.0	3.9	136	36

Strekdam: 02

Detailgolf model: Hoorn_Schar_v01

Hydra uitvoerlocatie: 16 Hoorn West - MM_2-13-7_dk_01459

Uitvoerlocatie	Huidige situatie					Initieel profiel					Veiligheids profiel					Afslag profiel				
	Hm0 [m]	Tp [s]	Tm-1,0 [m]	Dir [deg N]	Dspr [deg]	Hm0 [m]	Tp [s]	Tm-1,0 [m]	Dir [deg N]	Dspr [deg]	Hm0 [m]	Tp [s]	Tm-1,0 [m]	Dir [deg N]	Dspr [deg]	Hm0 [m]	Tp [s]	Tm-1,0 [m]	Dir [deg N]	Dspr [deg]
Hydra	1.4	5.6	-	163	-	1.4	5.6	-	163	-	1.4	5.6	-	163	-	1.4	5.6	-	163	-
S03P001	0.1	7.6	1.6	131	42	-	-	-	-	-	0.2	7.7	2.7	111	44	0.1	7.6	3.8	90	35
S03P002	0.1	7.4	1.5	143	45	0.2	7.5	2.7	117	48	0.1	7.5	1.9	138	45	0.2	7.5	2.6	120	48
S03P003	0.3	7.3	3.1	123	34	0.3	7.2	3.7	117	32	0.2	7.3	3.2	123	34	0.3	7.2	3.4	119	34
S03P004	1.3	5.7	4.4	160	26	1.3	5.7	4.4	158	25	1.3	5.7	4.4	160	26	1.3	5.7	4.4	159	26
S03P005	1.3	5.7	4.4	160	27	1.3	5.7	4.4	159	26	1.3	5.7	4.4	160	27	1.3	5.7	4.4	159	27
S03P006	1.3	5.7	4.4	159	27	1.3	5.7	4.4	158	26	1.3	5.6	4.4	159	27	1.3	5.7	4.4	159	27
S03P007	1.3	5.7	4.4	158	26	1.3	5.7	4.5	154	23	1.3	5.7	4.5	157	26	1.3	5.7	4.5	156	25
S03P008	1.2	5.7	4.6	151	21	1.2	5.8	4.6	146	18	1.2	5.8	4.6	149	20	1.2	5.8	4.5	148	19
S03P009	1.4	5.6	4.5	158	26	1.2	5.8	4.5	149	20	1.3	5.7	4.5	156	25	1.3	5.7	4.5	153	23
S03P010	1.4	5.6	4.5	159	27	1.4	5.6	4.5	156	25	1.4	5.6	4.5	159	27	1.4	5.6	4.5	159	27
S03P011	1.4	5.6	4.5	158	28	1.4	5.6	4.5	158	28	1.4	5.6	4.5	158	28	1.4	5.6	4.5	158	28
S03P012	1.5	5.6	4.5	158	28	1.5	5.6	4.5	158	28	1.5	5.6	4.5	158	28	1.5	5.6	4.5	158	28
S03P013	1.4	5.6	4.5	158	28	1.4	5.6	4.5	158	28	1.4	5.6	4.5	158	28	1.4	5.6	4.5	158	28
S03P014	1.4	5.6	4.5	158	27	1.3	5.9	4.4	155	25	1.4	5.6	4.5	159	27	1.4	5.6	4.5	158	27
S03P015	1.4	5.6	4.4	159	27	0.4	5.2	3.1	158	30	1.3	5.9	4.4	155	25	0.9	5.8	4.1	155	27
S03P016	1.2	5.5	4.3	167	25	0.1	1.1	1.2	171	33	0.7	5.4	3.8	163	23	0.3	5.4	2.9	169	17
S03P017	1.2	5.6	4.3	165	24	0.1	0.9	1.3	180	26	0.2	5.4	2.7	171	16	0.1	1.1	1.1	177	26

Strekdiam: 03

Detailgolf model: Hoorn_Schar_v01

Hydra uitvoerlocatie: 18A De Hulk Oost - MM_2_13-7_dk_01455

Uitvoerlocatie	Huidige situatie					Initieel profiel					Veiligheids profiel					Afslag profiel				
	Hm0 [m]	Tp [s]	Tm-1,0 [m]	Dir [deg N]	Dspr [deg]	Hm0 [m]	Tp [s]	Tm-1,0 [m]	Dir [deg N]	Dspr [deg]	Hm0 [m]	Tp [s]	Tm-1,0 [m]	Dir [deg N]	Dspr [deg]	Hm0 [m]	Tp [s]	Tm-1,0 [m]	Dir [deg N]	Dspr [deg]
Hydra	1.2	5.7	-	102	-	1.2	5.7	-	102	-	1.2	5.7	-	102	-	1.2	5.7	-	102	-
S04P001	0.6	6.2	4.4	95	8	0.6	6.3	4.4	95	8	0.6	6.3	4.4	95	8	0.6	6.3	4.4	95	8
S04P002	0.7	6.3	4.5	97	9	0.7	6.3	4.5	97	9	0.7	6.3	4.5	97	9	0.7	6.3	4.5	97	9
S04P003	0.9	6.2	4.5	97	13	0.9	6.2	4.5	97	13	0.9	6.2	4.5	97	13	0.9	6.2	4.5	97	13
S04P004	1.0	6.1	4.4	99	17	1.0	6.1	4.4	99	17	1.0	6.1	4.4	99	17	1.0	6.1	4.4	99	17
S04P005	0.9	6.2	4.4	95	16	0.9	6.2	4.4	95	16	0.9	6.2	4.4	95	16	0.9	6.2	4.4	95	16
S04P006	0.7	5.9	4.0	85	15	0.3	5.5	4.2	109	22	0.7	5.9	4.2	87	14	0.7	5.6	4.4	95	17
S04P007	0.7	5.8	3.9	83	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Strekdam: 04

Detailgolf model: Hoorn_Schar_v01

Hydra uitvoerlocatie: 19A Westerkogge - MM_2_13-7_dk_01448

Uitvoerlocatie	Huidige situatie					Initieel profiel					Veiligheids profiel					Afslag profiel				
	Hm0 [m]	Tp [s]	Tm-1,0 [m]	Dir [deg N]	Dspr [deg]	Hm0 [m]	Tp [s]	Tm-1,0 [m]	Dir [deg N]	Dspr [deg]	Hm0 [m]	Tp [s]	Tm-1,0 [m]	Dir [deg N]	Dspr [deg]	Hm0 [m]	Tp [s]	Tm-1,0 [m]	Dir [deg N]	Dspr [deg]
Hydra	1.2	5.7	-	102	-	1.2	5.7	-	102	-	1.2	5.7	-	102	-	1.2	5.7	-	102	-
S05P001	0.8	5.8	4.5	108	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S05P002	1.0	6.3	4.4	108	17	0.6	5.7	4.8	104	11	1.0	6.4	4.5	108	17	1.0	6.3	4.6	107	16
S05P003	1.1	5.9	4.4	100	21	1.1	5.9	4.4	100	21	1.1	5.9	4.4	100	21	1.1	5.9	4.4	100	21
S05P004	1.2	5.8	4.6	100	20	1.2	5.8	4.6	100	20	1.2	5.8	4.6	100	20	1.2	5.8	4.6	100	20
S05P005	1.2	5.8	4.7	102	21	1.2	5.8	4.7	102	21	1.2	5.8	4.7	102	21	1.2	5.8	4.7	102	21
S05P006	1.2	5.8	4.7	101	20	1.2	5.8	4.7	101	20	1.2	5.8	4.7	101	20	1.2	5.8	4.7	101	20
S05P007	1.1	5.9	4.4	100	21	1.1	5.9	4.4	100	21	1.1	5.9	4.4	100	21	1.1	5.9	4.4	100	21
S05P008	0.8	5.8	4.2	86	13	0.7	5.8	4.2	85	13	0.8	5.8	4.2	86	13	0.8	5.8	4.2	86	13
S05P009	0.6	5.9	4.3	89	9	0.5	5.9	4.3	88	8	0.5	5.9	4.3	88	8	0.5	5.9	4.3	88	8
S05P010	0.1	0.8	1.1	89	36	0.1	0.8	1.1	89	36	0.1	0.8	1.1	89	36	0.1	0.8	1.1	89	36

Strekdam: 05

Detailgolf model: Hoorn_Schar_v01

Hydra uitvoerlocatie: 19A Westerkogge - MM_2_13-7_dk_01448

Uitvoerlocatie	Huidige situatie					Initieel profiel					Veiligheids profiel					Afslag profiel				
	Hm0 [m]	Tp [s]	Tm-1,0 [m]	Dir [deg N]	Dspr [deg]	Hm0 [m]	Tp [s]	Tm-1,0 [m]	Dir [deg N]	Dspr [deg]	Hm0 [m]	Tp [s]	Tm-1,0 [m]	Dir [deg N]	Dspr [deg]	Hm0 [m]	Tp [s]	Tm-1,0 [m]	Dir [deg N]	Dspr [deg]
Hydra	1.2	5.5	-	96	-	1.2	5.5	-	96	-	1.2	5.5	-	96	-	1.2	5.5	-	96	-
S06P001	0.5	3.6	3.3	51	17	0.2	4.4	2.5	76	27	0.2	4.3	3.3	67	15	0.2	3.9	2.8	76	25
S06P002	0.5	3.7	3.3	51	17	0.6	3.8	3.5	62	21	0.5	3.7	3.3	52	17	0.5	3.7	3.4	54	16
S06P003	0.6	3.7	3.5	55	18	0.6	3.7	3.5	56	18	0.6	3.7	3.5	56	18	0.6	3.7	3.5	56	18
S06P004	1.1	5.7	4.6	102	19	1.1	5.7	4.5	102	19	1.1	5.7	4.6	102	19	1.1	5.7	4.5	102	19
S06P005	1.2	5.7	4.5	99	20	1.2	5.7	4.5	99	20	1.2	5.7	4.5	99	20	1.2	5.7	4.5	99	20
S06P006	1.1	5.7	4.5	98	19	1.1	5.7	4.5	98	19	1.1	5.7	4.5	98	19	1.1	5.7	4.5	98	19
S06P007	1.1	5.8	4.5	95	17	1.1	5.8	4.4	95	17	1.1	5.8	4.5	95	17	1.1	5.8	4.4	95	17
S06P008	1.0	5.7	4.5	93	16	1.0	5.8	4.5	93	16	1.0	5.8	4.5	93	16	1.0	5.8	4.5	93	16

Strekdam: 06

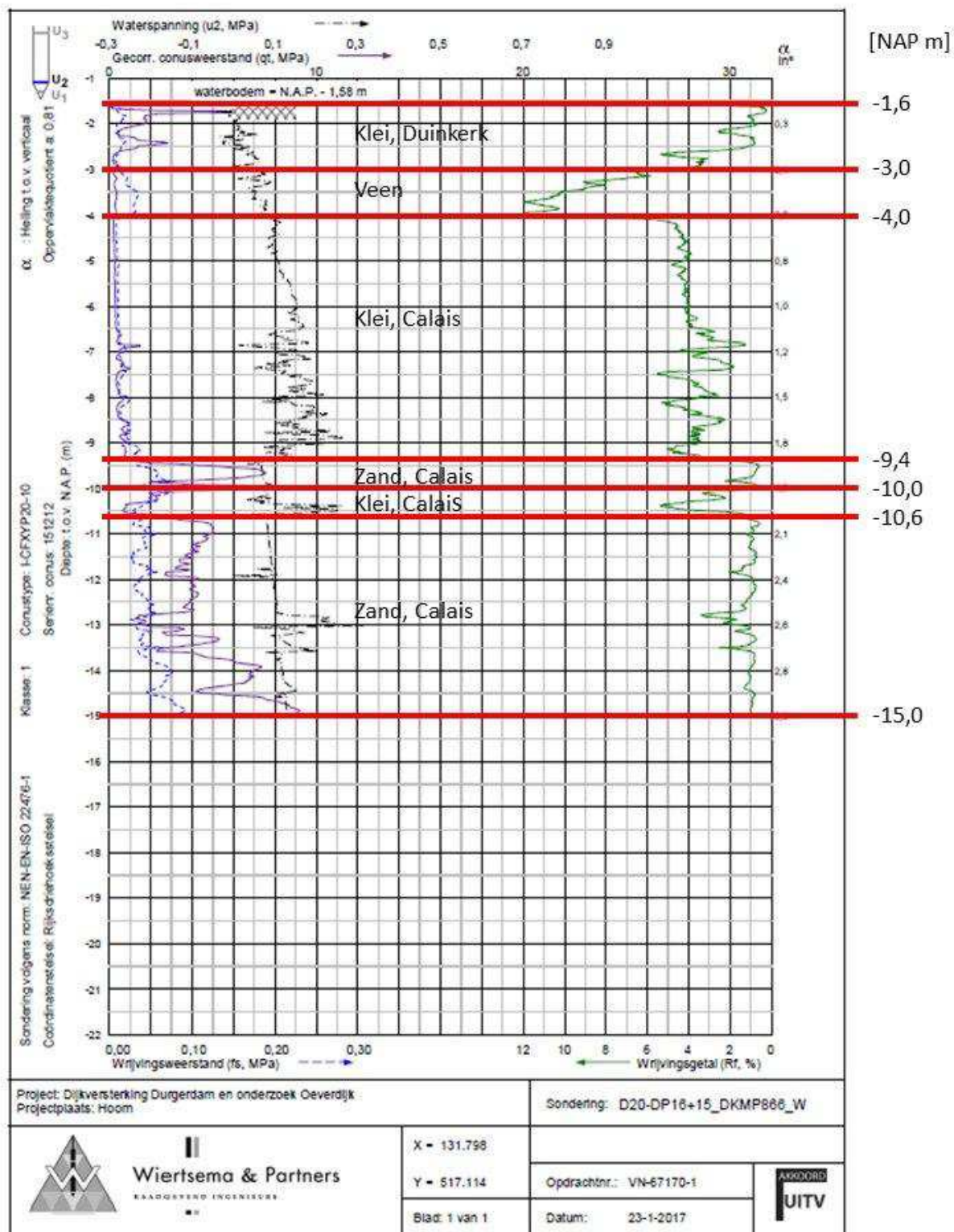
Detailgolf model: Hoorn_Schar_v01

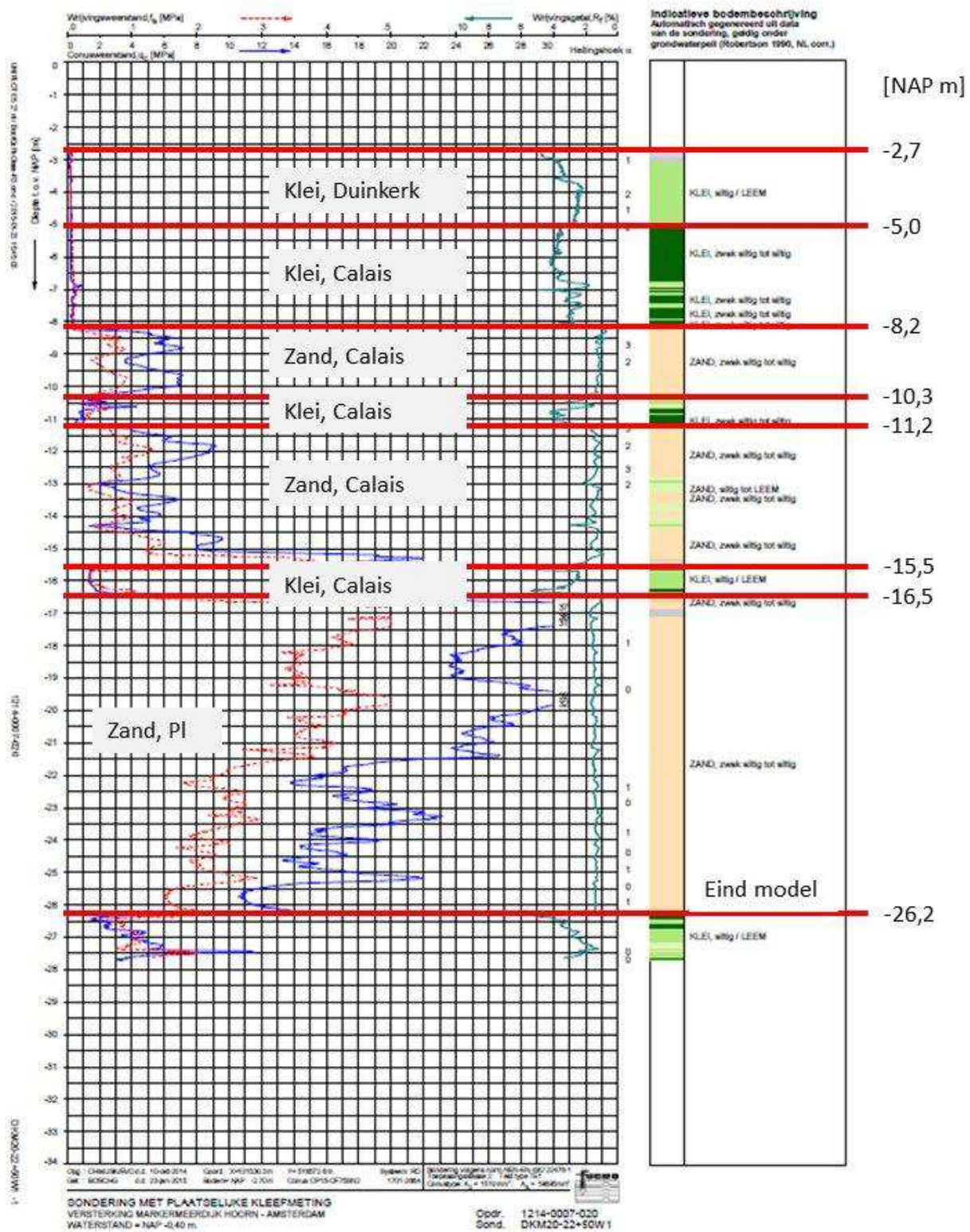
Hydra uitvoerlocatie: 20 Polder Beschoot - MM_2_13-7_dk_01439

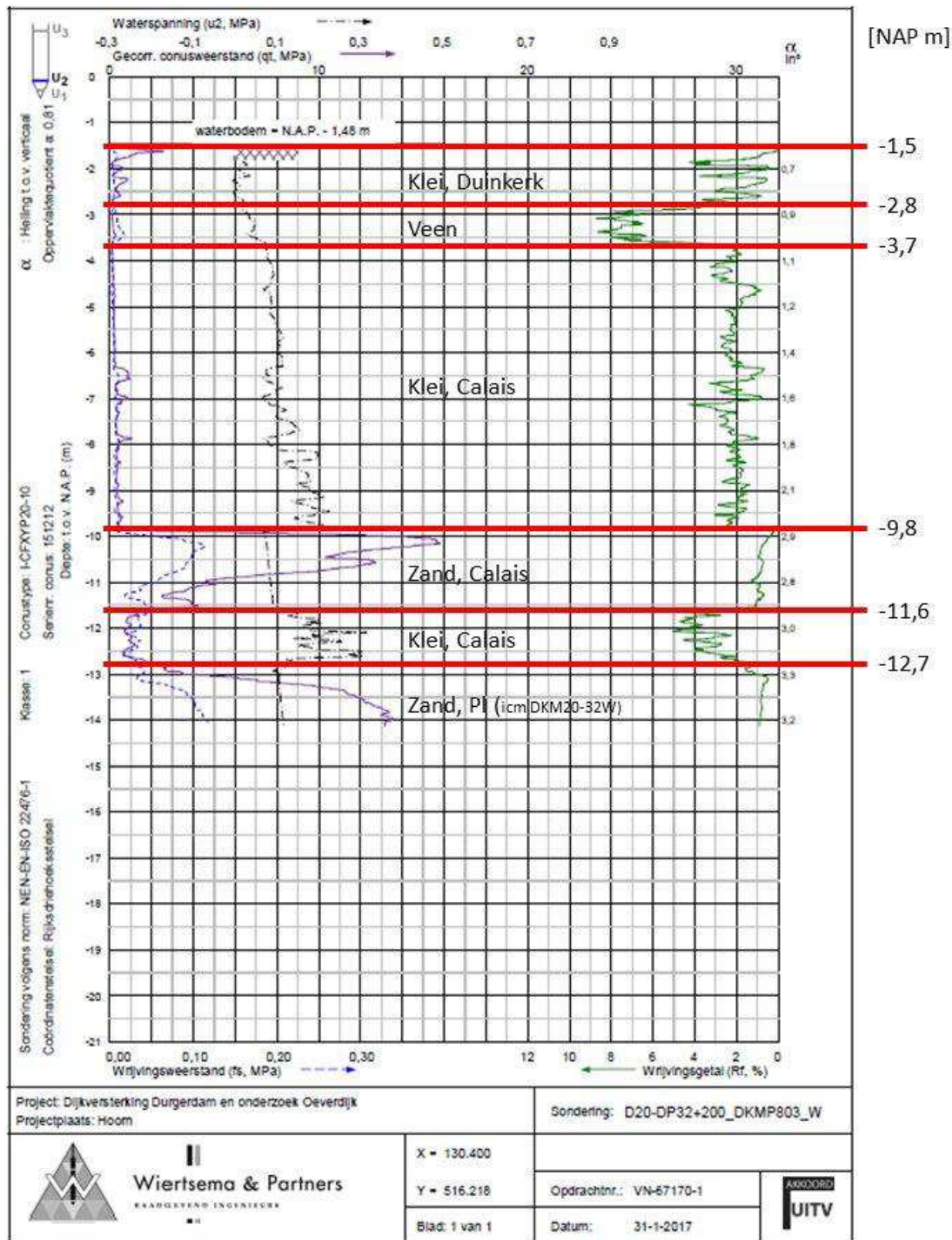
Bijlage XII Stijghoogte Oeverdijk

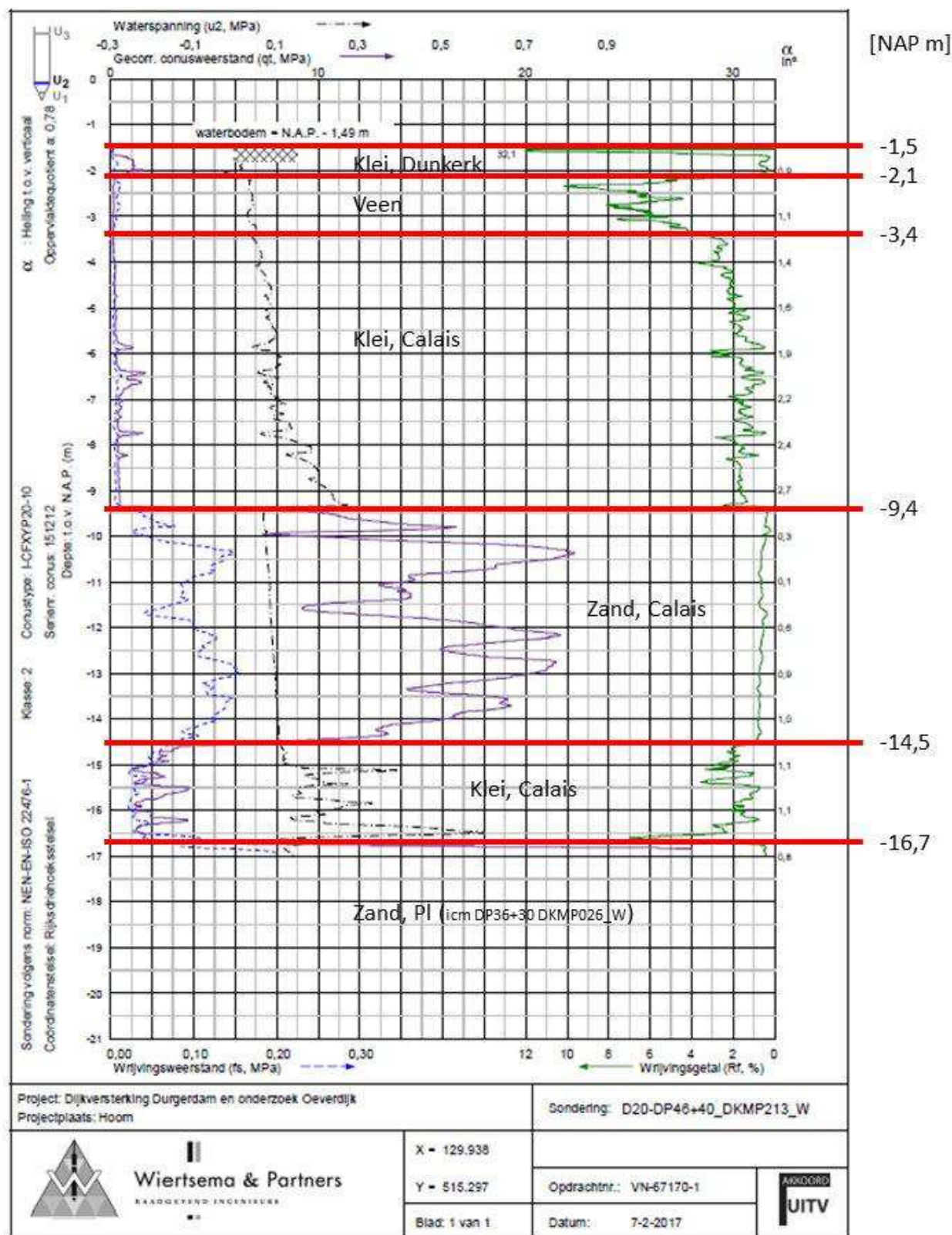
<https://project.vwinfra.nl/sites/AMMD/clusters/Documenten/AMMD-001040%20-%20stijghoogte%20oeverdijk.docx>

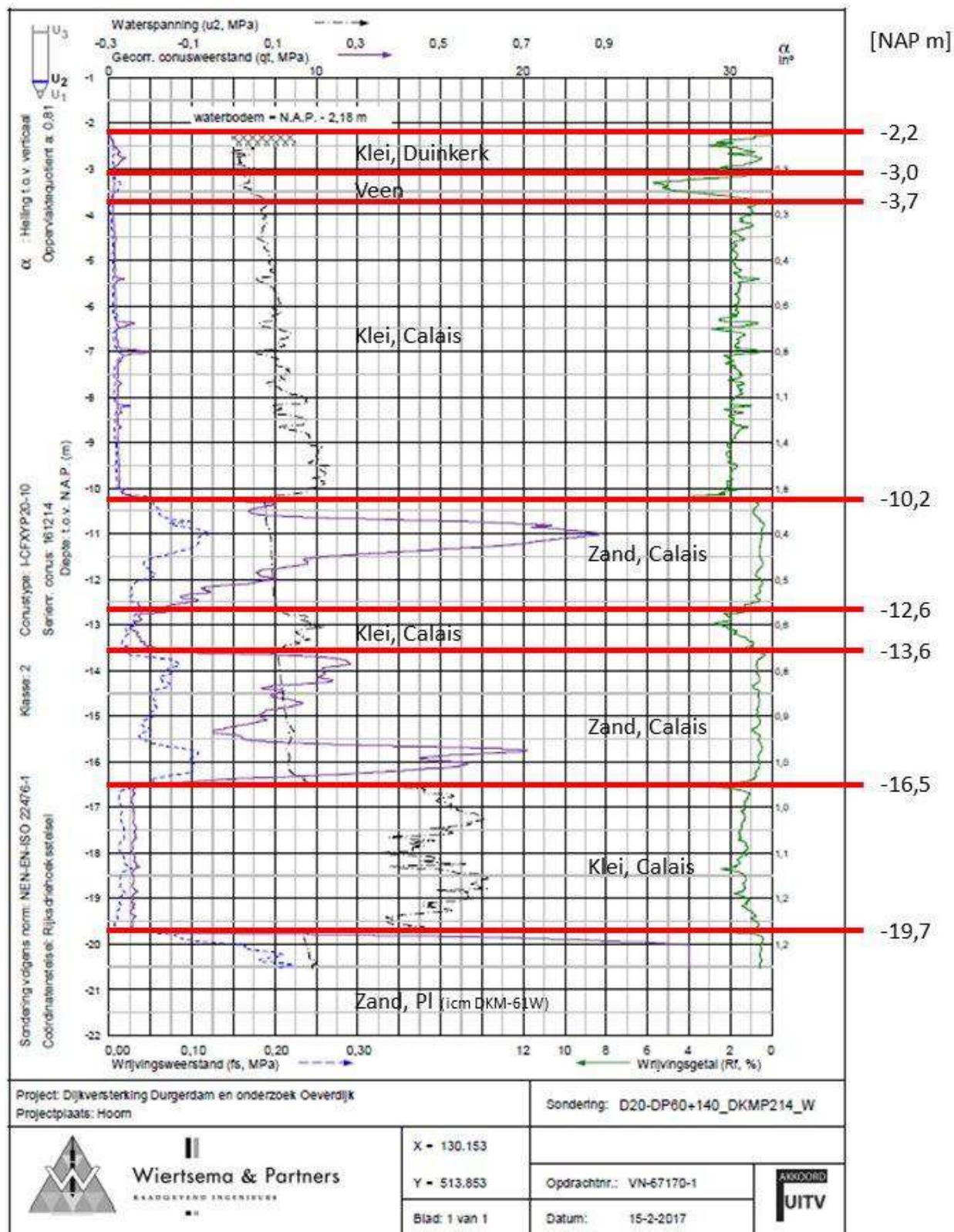
Bijlage XIII Bodemopbouw maatgevend sonderingen

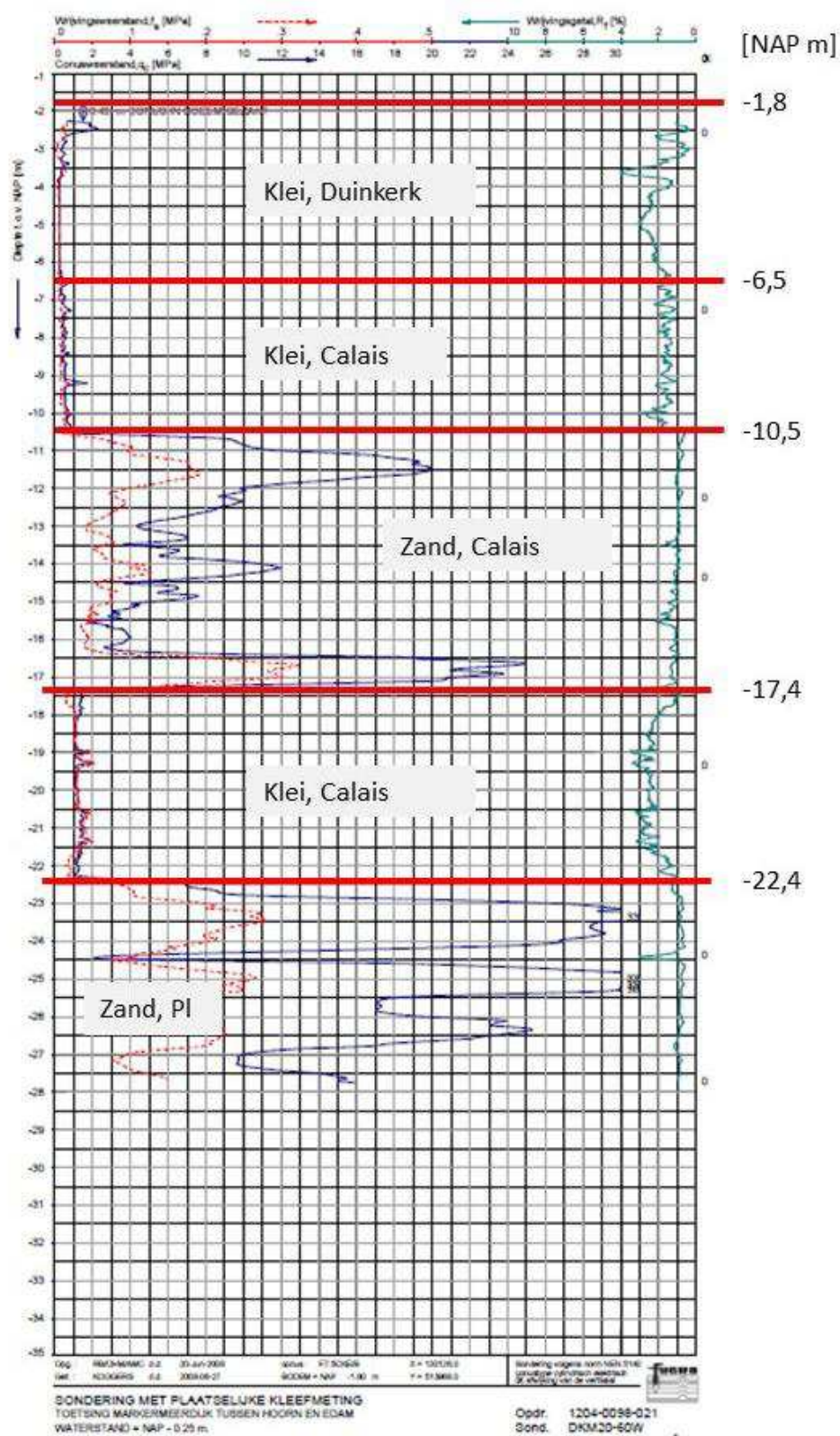


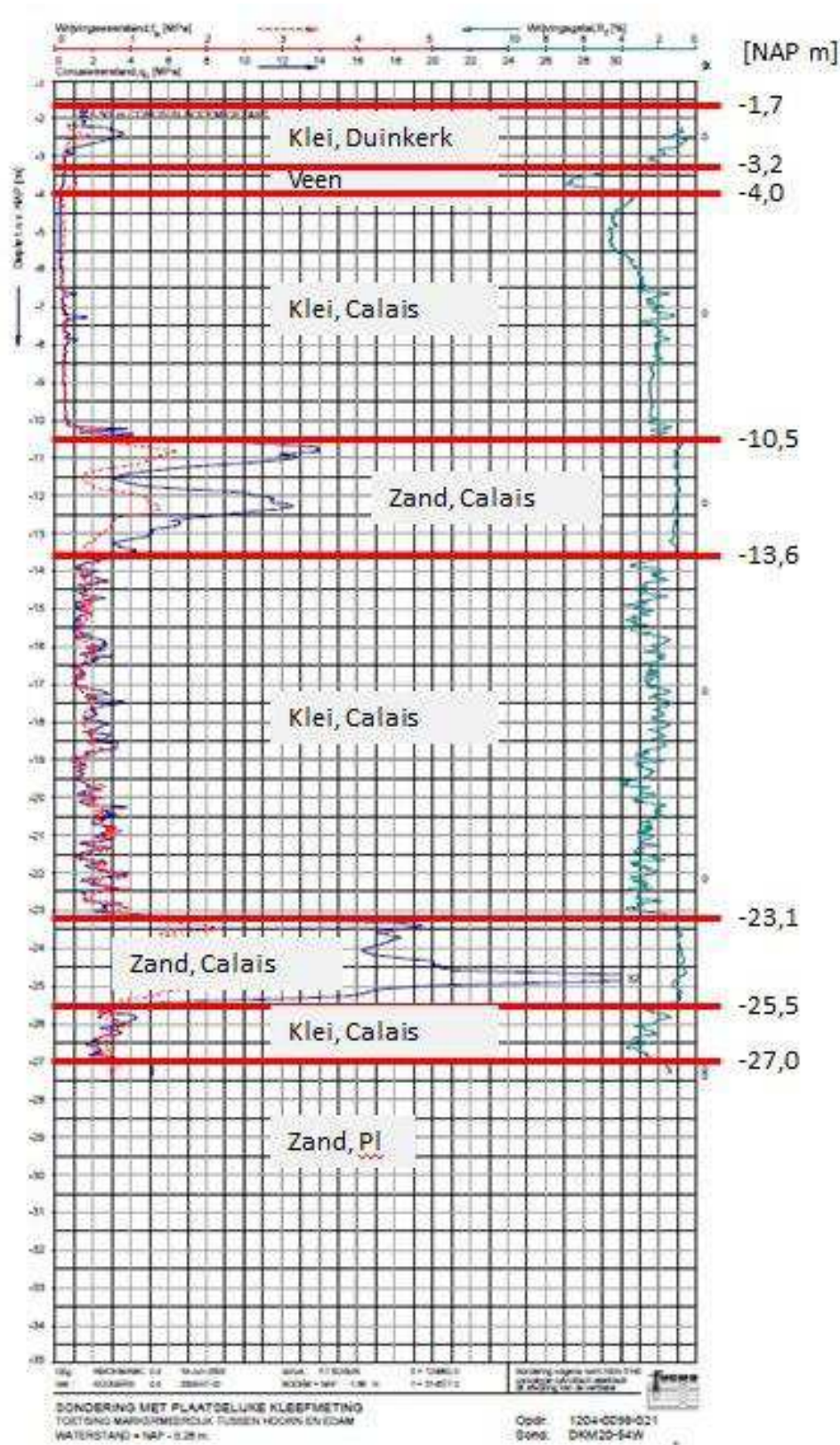












Bijlage XIV TOM Kleilaag Binnentalud Oeverdijk

<https://project.vwinfra.nl/sites/AMMD/clusters/Documenten/AMMD-004096%20-%20AMMD%20TOM%20Kleilaag%20Binnentalud%20Oeverdijk.pdf>

Bijlage XV Analyse waterbalans tussenwater

<https://project.vwinfra.nl/sites/AMMD/clusters/Documenten/AMMD-004087%20-%20Analyse%20waterbalans%20tussenwater%20PreDO.docx>

Bijlage XVI TOM Bekleding Eind en Stredam Oeverdijk

<https://project.vwinfra.nl/sites/AMMD/clusters/Documenten/AMMD-004095%20-%20AMMD%20-%20TOM%20Bekleding%20Eind%20en%20Stredam%20Oeverdijk.pdf>