

DO-rapport

Hydraulisch Ontwerp Waterkeringen

Projectnaam: **Natuurcompensatie Perkpolder**
 Overeenkomst: **9T9654.D0**
 Opdrachtgever: **Dienst Landelijk Gebied**
 Projectnummer: **154425**
 Opdrachtnemer: **Van Oord Nederland bv**
Jan Blankenweg 2, 4207 HN Gorinchem

Documentcode: 154425-TN02-DO-00064
 Werkpakketnummer: WP-00064
 Objectnummer: 1.1.1 & 1.1.2
 Activiteitnummer:
 Status: Ter Toetsing
 Revisie: 00
 Datum: 18 juni 2013

Distributielijst			
kopie nr.	functie	naam	bedrijf
1	Opdrachtgever	M. (Maurijn) Oude Essink	Dienst Landelijk Gebied
2	Regiomanager	C. (Carlos) Mollet	Van Oord Nederland bv
3	Projectmanager	P. (Peter) van Gelderen	Van Oord Nederland bv

Rev. no.	Verificatie		Goedkeuring	
			initialen	datum
00	Opsteller	L. (Lennart) Booster	LBR	18-6-'13
00	Gecontroleerd door	B. (Bud) de Quay	BQU	18-6-'13
00	Goedgekeurd door	P. (Peter) van Gelderen	PGE	18/6/13

Acceptatie				
00	n.v.t.			
Vrijgave document				
00	Vrijgegeven door Projectmanager ON	P. (Peter) van Gelderen	PGE	18/6/13

Documenthistorie		
Rev.no.	Datum	Omschrijving
00	18-06-2013	Ingediend ter Toetsing

Technische Notitie

Project:	NATUURCOMPENSATIE PERKPOLDER	Pagina:	2 of 14
Document:	HYDRAULISCH ONTWERP WATERKERINGEN	Revisie datum:	18-06-2013
		Revisie nummer:	00
		Document nummer:	154425-TN02-DO-00064

INHOUDSOPGAVE

1.	INLEIDING	3
1.1	Werkpakket.....	3
1.2	Object.....	3
1.3	Relatie met andere documenten	3
2.	OBJECT 1.1.1 WATERKERINGEN NATUURGEBIED	4
2.1	Kruinhoogte (golfoverslag).....	4
2.2	Taludbescherming: Gezette steenbekleding	5
2.3	Taludbescherming: Breuksteenbekleding	6
2.4	Taludbescherming: Grasbekleding	7
2.5	Teenconstructie waterkeringen (kreukelberm)	7
2.6	Teenconstructie breskoppen (falling apron)	8
2.7	Geotextiel.....	9
3.	OBJECT 1.1.2 WATERKERINGEN VEERHAVEN.....	10
3.1	Kruinhoogte (golfoverslag).....	10
3.2	Taludbescherming: gezette steenbekleding	11
3.3	Taludbescherming: Asfaltbekleding.....	12
3.4	Taludbescherming: Grasbekleding	12
3.5	Teenconstructie	13
3.6	Overgangsconstructie: Overgang naar havenplateau.....	13
4.	REFERENTIES	14

Technische Notitie

Project:	NATUURCOMPENSATIE PERKPOLDER	Pagina:	3 of 14
Document:	HYDRAULISCH ONTWERP WATERKERINGEN	Revisie datum:	18-06-2013
		Revisie nummer:	00
		Document nummer:	154425-TN02-DO-00064

1. INLEIDING

Voor u ligt de Technische Notitie Hydraulisch Ontwerp Waterkeringen dat is opgesteld in kader van het project Natuurcompensatie Perkpolder (NCP). Het doel van deze technische notitie is om de hydraulische berekeningen die zijn uitgevoerd ter verificatie van het definitief ontwerp van de waterkeringen op een overzichtelijke en makkelijk toegankelijke wijze te presenteren.

1.1 Werkpakket

Deze technische notitie is van toepassing op werkpakket 00064 Definitief Ontwerp Waterkeringen.

1.2 Object

Deze technische notitie is van toepassing op subsysteem 1.1: Primaire Waterkeringen. Hieronder vallen:

- object 1.1.1 - Waterkeringen rondom natuurgebied (A, B, C, D, F)
- object 1.1.2 - Waterkeringen rondom veerhaven (E, F, G)

1.3 Relatie met andere documenten

Rapportages

154425-ONO-DO-00064	Definitief Ontwerp Waterkeringen
154425-TN01-DO-00026	Aanvullend geotechnisch onderzoek
154425-TN01-DO-00064	Ontwerpbasis Waterkeringen
154425-TN02-DO-00064	Hydraulisch ontwerp Waterkeringen
154425-TN03-DO-00064	Geotechnisch ontwerp Waterkeringen

Tekeningen

154425-TEK-DO-00064.01-001	Definitief Ontwerp Waterkeringen / Bovenaanzicht
154425-TEK-DO-00064.02-001	Definitief Ontwerp Waterkeringen / Dwarsdoorsneden

Verificatie

154425-VP-ONT-00025	Integraal Verificatieplan Natuurcompensatie Perkpolder
154425-EAR-DO-00064	Eisen Analyse Rapport DO Waterkeringen
154425-VR-DO-00064	Verificatierapport DO Waterkeringen

Technische Notitie

Project:	NATUURCOMPENSATIE PERKPOLDER	Pagina:	4 of 14
Document:	HYDRAULISCH ONTWERP WATERKERINGEN	Revisie datum:	18-06-2013
		Revisie nummer:	00
		Document nummer:	154425-TN02-DO-00064

2. OBJECT 1.1.1 WATERKERINGEN NATUURGEBIED

2.1 Kruinhoogte (golfoverslag)

De kruinhoogtes van waterkeringen B en C moeten conform eis 1.1-F-1 [1] worden gedimensioneerd op een overslagdebiet van 0,1 l/s/m bij maatgevende hydraulische randvoorwaarden en voor de verwachte situatie in 2060. De kruinhoogte van waterkering D moet conform eis 1.1-F-2 [1] worden gedimensioneerd op een overslagdebiet van 1,0 l/s/m bij maatgevende hydraulische randvoorwaarden en voor de verwachte situatie in 2060. In het referentieontwerp zijn de kruinhoogtes van waterkering B, C en D vastgesteld op een niveau van +8,6m NAP. Met behulp van het programma PC Overslag is deze kruinhoogte getoetst. Bij de dimensionering van het benedenbeloop is rekening gehouden met een tonronde conform de eis 1.1-A-8 [1] De inputwaarden voor PC Overslag ten aanzien van het geometrisch ontwerp staan in onderstaande tabel.

Naam van dijkvak	Segment	Onderkant	Bovenkant	Talud [1:n]	Materiaal	Ruwheids-
		bekleding [m NAP]	bekleding [m NAP]			factor [-]
NCP - Waterkering B	1a	0.00	4.62	1 : 2.86	Basalton (eco)	0.90
	1b	4.62	6.65	1 : 3.31	Basalton (eco)	0.90
	2	6.65	6.85	1 : 25	Doorgroei st.	0.95
	3	6.85	8.60	1 : 3	Gras	1.00
NCP - Waterkering C/D	1a	0.00	4.62	1 : 2.86	Basalton (eco)	0.90
	1b	4.62	6.65	1 : 3.31	Basalton (eco)	0.90
	2	6.65	6.85	1 : 25	Asfalt	1.00
	3	6.85	8.60	1 : 3	Gras	1.00

De benodigde kruinhoogtes van de drie waterkeringen (B, C en D), zoals berekend met PC-Overslag, staan in onderstaande tabel.

Naam van dijkvak	Hydraulische condities			Benodigde kruinhoogte in [+m NAP]	
	OWP	Hs	Tp	Overslagdebiet	Overslagdebiet
	[m NAP]	[m]	[s]	0.1 l/s/m	1.0 l/s/m
NCP - Waterkering B	+6,65	1,1	5,0	8.8	8.2
NCP - Waterkering C	+6,65	1,0	4,8	8.6	8.0
NCP - Waterkering D	+6,65	1,3	4,8	9.2	8.5

Hieruit kan geconcludeerd worden dat een kruinhoogte van +8,6m NAP bij waterkering B niet voldoet aan het overslagcriterium van 0,1 l/s/m. Er zijn drie mogelijke maatregelen:

- waterkering B een afwijkende ontwerphoogte geven (+8,8m NAP) zodat bij de opgelegde hydraulische randvoorwaarden wel voldaan wordt aan het overslagcriterium;
- het overslagcriterium wijzigen van maximaal 0,1 l/s/m naar maximaal 1 l/s/m zodat bij de opgelegde hydraulische randvoorwaarden een ontwerphoogte van +8,6m NAP wel hoog genoeg is;
- windrichtingsafhankelijkheid meenemen bij de bepaling van de golfcondities zodat de maatgevende golfbelasting lager wordt en er bij een ontwerphoogte van +8,6m NAP wel voldaan wordt aan het

Technische Notitie

Project:	NATUURCOMPENSATIE PERKPOLDER	Pagina:	5 of 14
Document:	HYDRAULISCH ONTWERP WATERKERINGEN	Revisie datum:	18-06-2013
		Revisie nummer:	00
		Document nummer:	154425-TN02-DO-00064

overslagcriterium van 0,1 l/s/m. Dit laatste is bij het referentieontwerp ook toegepast voor waterkering G (zie paragraaf 3,.1).

In deze DO fase is gekozen de ontwerphoogte op +8,6m NAP te houden. In overleg met de OG zal in de UO-fase de eindkeuze worden vastgelegd en eventueel de ontwerphoogte worden aangepast.

Tot slot wordt opgemerkt dat bovengenoemde kruinhoogtes de ontwerpwaarde betreft. Bij de realisatie moet rekening worden gehouden met zettingen van de ondergrond. Deze zettingen moeten worden gecompenseerd zodanig dat over de gehele levensduur van de waterkeringen (50 jaar) voldaan wordt aan de ontwerphoogte. In 154425-TN03-DO-00064 (Geotechnisch Ontwerp Waterkeringen) zijn de zettingen per waterkeringen bepaald. In de UO-fase worden per dijkvak de overhoogtes voor de zettingscompensatie per dijkvak op tekening gezet.

2.2 Taludbescherming: Gezette steenbekleding

De gezette steenbekleding op het benedenbeloop van waterkeringen A, B, C, D en F en de breskoppen bestaan uit betonzuilen. Bij waterkeringen A en F en bij de breskoppen worden de betonzuilen tussen +3,50m NAP en +6,65m NAP geplaatst. Bij waterkeringen B, C en D worden de zuilen tussen NAP en +6,65m NAP geplaatst. De minimaal benodigde dikte van de betonzuilen is berekend met behulp van het programma Steentoets2010 conform paragraaf 5.2 van 154425-TN01-DO-00064 Ontwerpbasis. De belangrijkste inputwaarden staan in onderstaande tabel.

	Onderkant steenzetting	Bovenkant steenzetting	OWP	Rekenwaarde talud	Dikte onderlaag	Dikte filterlaag
Naam van dijkvak	[m NAP]	[m NAP]	[m NAP]	[1:n]	klei [m]	[m]
NCP -Waterkering A	3.50	6.65	6.65	1:2.86	0.80	0.10
NCP -Waterkering B	0.00	6.65	6.65	1:2.86	0.80	0.10
NCP -Waterkering C	0.00	6.65	6.65	1:2.86	0.80	0.10
NCP -Waterkering D	0.00	6.65	6.65	1:2.86	0.80	0.10
NCP -Waterkering F	3.50	6.65	6.65	1:2.86	0.80	0.10
Breskop A	3.50	6.65	6.65	1:3.77	0.80	0.10
Breskop F	3.50	6.65	6.65	1:3.77	0.80	0.10

In de 4^{de} kolom 'Rekenwaarde talud' is rekening gehouden met een tonronde van 1/100 volgens de methode beschreven in [4] . Hierbij is het onderste (steilere) segment als maatgevend beschouwd. In de 6^{de} kolom is de filterlaag dikte weergegeven. Als inputwaarde is een dikte van 0,10m aangehouden, terwijl een filterlaag met een dikte van maximaal 0,08m zal worden aangebracht. Hierdoor wordt een extra veiligheid meegenomen, omdat een dunnere filterlaag resulteert in een grotere toplaag stabiliteit.

In onderstaande tabel is te zien dat op alle waterkeringen een betonzuildikte van 0,25m voldoende zou zijn om te voldoen aan het criterium toplaagstabiliteit. Echter, conform eis 1.1-A-10 dienen de betonzuilen een minimale dikte van 0,30m te hebben om uitspoelen van inwasmateriaal te voorkomen. Verder volgt uit de berekeningen dat op de breskoppen betonzuilen met een dikte van 0,35m moeten worden toegepast, uitgaande van gemiddelde taludhelling van 1:4.

Technische Notitie

Project:	NATUURCOMPENSATIE PERKPOLDER	Pagina:	6 of 14
Document:	HYDRAULISCH ONTWERP WATERKERINGEN	Revisie datum:	18-06-2013
		Revisie nummer:	00
		Document nummer:	154425-TN02-DO-00064

Naam van dijkvak	Benodigde betonzuildikte [m]	Fabrieksmaat betonzuildikte [m]	Voorgeschreven betonzuildikte [m]	Extra veiligheids- marge [%]
NCP -Waterkering A	0.21	0.25	0.30	43%
NCP -Waterkering B	0.21	0.25	0.30	43%
NCP -Waterkering C	0.21	0.25	0.30	43%
NCP -Waterkering D	0.24	0.25	0.30	25%
NCP -Waterkering F	0.24	0.25	0.30	25%
Breskop A	0.32	0.35	0.35	9%
Breskop F	0.32	0.35	0.35	9%

2.3 Taludbescherming: Breuksteenbekleding

Op waterkeringen A en F en de breskoppen is op het benedenbeloop onder het niveau van +3,5m NAP een taludbescherming van breuksteen voorzien. Deze relatief open taludbescherming wordt noodzakelijk geacht om het optreden van wateroverdrukken onder de gezette steenbekleding te voorkomen. Opdrachtnemer heeft de OG geadviseerd om deze oplossing bij alle waterkeringen toe te passen, maar daar is vooralsnog geen overeenstemming over bereikt.

De toplaagstabiliteit onder golfaanval is bepaald volgens de Van der Meer formules, zoals beschreven in paragraaf 5.3 van 154425-TN01-DO-00064 Ontwerpbasis. De belangrijkste inputwaarden voor deze berekening zijn als volgt:

Naam van dijkvak	Bovenkant [m NAP]	Hs [m]	Tp [m]	Tm [m]	Ls [m]	ξm [-]	Slope [1:n]	P [-]	Sd [-]
NCP -Waterkering A	+3,50	1.0	4.3	3.3	16.67	1.36	3.0	0.10	3
NCP -Waterkering F	+3,50	1.1	4.8	3.6	20.78	1.21	3.5	0.10	3
Breskop A	+3,50	1.7	4.3	3.3	16.67	0.68	4.0	0.10	6
Breskop F	+3,50	1.7	4.3	3.3	16.67	0.68	4.0	0.10	6

Hierbij wordt uitgegaan van de meest ongunstige situatie, waarbij de waterstand gelijk is aan bovenkant breuksteenbekleding (+3,5m NAP). De bijbehorende golfcondities zijn overgenomen uit paragraaf 3.6 van 154425-TN01-DO-00064 Ontwerpbasis. De benodigde breuksteen gradering per waterkering is als volgt:

Naam van dijkvak	Benodigd Dn50 [m]	Gekozen gradering	Dn50 [m]	Laagdikte [m]
NCP -Waterkering A	0.31	40-200 kg	0.33	0.62
NCP -Waterkering F	0.32	40-200 kg	0.33	0.62
Breskop A	0.33	40-200 kg	0.33	0.62
Breskop F	0.33	40-200 kg	0.33	0.62

Op het benedenbeloop van waterkeringen A en F en de breskoppen wordt een breuksteen gradering van 40-200kg aangebracht met een minimale D_{n50} van 0,33m en een minimale laagdikte van 0,62m. Om niet een zwaardere gradering dan 40-200kg aan te hoeven brengen op waterkering F is gekozen het talud daar te verflauwen van 1:3 naar 1:3,5.

Technische Notitie

Project:	NATUURCOMPENSATIE PERKPOLDER	Pagina:	7 of 14
Document:	HYDRAULISCH ONTWERP WATERKERINGEN	Revisie datum:	18-06-2013
		Revisie nummer:	00
		Document nummer:	154425-TN02-DO-00064

2.4 Taludbescherming: Grasbekleding

De grasbekleding op het bovenbeloop van de waterkeringen rond het natuurgebied is getoetst op golfloop en golfoverslag conform paragraaf 5.5 van 154425-TN01-DO-00064 Ontwerpbasis. Hierbij is aangenomen dat de grasbekleding op waterkeringen B, C en D alleen belast wordt door golfloop en de die van waterkeringen A en F door zowel golfloop vanuit het natuurgebied als golfoverslag vanuit de Westerschelde.

Golfloop

Bij de waterkeringen waar golfloop maatgevend is mag de effectieve optredende stormduur op vereenvoudigde wijze bepaald worden, omdat de ophoogte dan kleiner is dan de gemiddelde getijslag. In de maatgevende situatie wordt een effectieve optredende stormduur van 6 uur aangehouden [3]. De maximale toelaatbare stormduur ($t_{s,max}$) is als volgt:

	Hs	Tp	Lop	tan(α_0)	v_r	$t_{s,max}$
Naam van dijkvak	[m]	[s]	[m]	[-]	[m/s]	[uur]
NCP -Waterkering A	1.0	5.0	39.03	0.33	2.61	16
NCP -Waterkering B	1.1	5.0	39.03	0.33	2.75	12
NCP -Waterkering C	1.0	4.8	35.97	0.33	2.61	16
NCP -Waterkering D	1.3	4.8	35.97	0.33	2.87	10
NCP -Waterkering F	1.3	4.8	35.97	0.33	2.87	10

Voor alle waterkeringen is de maximaal toelaatbare stormduur groter dan de effectieve optredende stormduur van 6 uur. Hiermee is aangetoond dat de grasbekleding op het bovenbeloop van waterkeringen A, B, C, D en F.

Golfoverslag

Waterkeringen A en F worden ook belast door golfoverslag door golven afkomstig vanaf de Westerschelde respectievelijk Veerhaven. De maximale toelaatbare stormduur ($t_{s,max}$) wordt is dan als volgt:

	Hs	Tp	Lop	tan(α_0)	v_r	$t_{s,max}$
Naam van dijkvak	[m]	[s]	[m]	[-]	[m/s]	[uur]
NCP -Waterkering A	1.5	5.7	50.73	0.28	2.17	38
NCP -Waterkering F	1.3	4.8	35.97	0.33	1.91	70

De maximale toelaatbare stormduur is 38 uur voor waterkering A en 70 uur voor waterkering F. Er kan gesteld worden dat de grasbekledingen op het bovenbeloop van de waterkeringen rondom het natuurgebied voldoende robuust zijn.

2.5 Teenconstructie waterkeringen (kreukelberm)

Alle teenconstructies langs de waterkeringen worden conform eisen 1.1.1-A-4 en 1.1.1-A-12 aangelegd op NAP-niveau. De benodigde steengradering in de teenconstructie is afhankelijk van de waterdiepte en de golfhoogte. De maatgevende situatie is als de teenconstructie belast wordt door golfklappen en golfterugloop. De benodigde gradering en minimale lengte van de kreukelberm zijn berekend

Technische Notitie

Project:	NATUURCOMPENSATIE PERKPOLDER	Pagina:	8 of 14
Document:	HYDRAULISCH ONTWERP WATERKERINGEN	Revisie datum:	18-06-2013
		Revisie nummer:	00
		Document nummer:	154425-TN02-DO-00064

overeenkomstig de randvoorwaarden en uitgangspunten zoals vastgelegd in paragraaf 5.6 van 154425-TN01-DO-00064 Ontwerpbasis. De inputwaarden zijn als volgt:

Naam van dijkvak	OWP [+m NAP]	Hs [m]	Tp [m]	Tm [m]	Ls [m]	ξ m [-]	Slope [1:n]	P [-]	Sd [-]
NCP -Waterkering A	2	0.9	3.5	2.7	11.05	0.58	6	0.10	3
NCP -Waterkering B	2	0.3	3.5	2.7	11.05	1.01	6	0.10	3
NCP -Waterkering C	2	0.6	4.3	3.3	16.67	0.88	6	0.10	3
NCP -Waterkering D	2	0.8	4.3	3.3	16.67	0.76	6	0.10	3
NCP -Waterkering F	2	0.8	4.3	3.3	16.67	0.76	6	0.10	3

De benodigde graderingen en minimale lengtes per waterkering zijn als volgt.

Naam van dijkvak	Dn50 [m]	Gekozen gradering	Dn50 [m]	Laagdikte [m]	Lengte [m]
NCP -Waterkering A	0.18	10-60 kg	0.22	0.40	2.70
NCP -Waterkering B	0.08	10-60 kg	0.22	0.40	0.90
NCP -Waterkering C	0.15	10-60 kg	0.22	0.40	1.80
NCP -Waterkering D	0.18	10-60 kg	0.22	0.40	2.40
NCP -Waterkering F	0.18	10-60 kg	0.22	0.40	2.40

De teenconstructie van waterkeringen A, B, C, D en F zullen bestaan uit breuksteen met een gradering van 10-60kg met een minimale D_{n50} van 0,22m en een minimale laagdikte van 0,40m. Voor de lengte van de kreukelberm bij waterkeringen A en B wordt 3m aangehouden. Voor de lengte van de teenconstructie bij waterkeringen C, D en F wordt 5m aangehouden, overeenkomstig eis 1.1.1-A-4.

2.6 Teenconstructie breskoppen (falling apron)

De teenconstructie van de breskoppen wordt gedeeltelijk uitgevoerd als falling apron. Bij het toepassen van een falling apron in een getijden gebied is het van belang dat de apron voldoende diep geplaatst wordt om invloed van golfbelasting te minimaliseren. Er is gekozen de apron op een niveau van -3m NAP te plaatsen. De maximaal te verwachten geuldiepte ligt op een diepte van -5m NAP. In het meest ongunstige geval zal dus 2 meter ontgroning kunnen optreden aan de voet van de breskop. Om deze ontgroning af te dekken en daarmee doorgaande erosie te voorkomen is de inhoud van de apron berekend volgens paragraaf 5.7 van 154425-TN01-DO-00064 Ontwerpbasis. In deze berekening is van het volgende uitgegaan:

- helling erosiekuil 1:2
- diepte erosiekuil $[h_s] = 2\text{m}$
- D50 materiaal 10-60kg = 0,22m (gradering 10-60kg)

Dit resulteert in een apron inhoud van $1,4 \text{ m}^3/\text{m}$, inclusief 20% extra hoeveelheid materiaal. Als de apron wordt aangelegd met een laagdikte van 0,7m dan worden de afmetingen van de apron: B x L = als volgt: 0,7m x 2,0m.

Technische Notitie

Project:	NATUURCOMPENSATIE PERKPOLDER	Pagina:	9 of 14
Document:	HYDRAULISCH ONTWERP WATERKERINGEN	Revisie datum:	18-06-2013
		Revisie nummer:	00
		Document nummer:	154425-TN02-DO-00064

2.7 Geotextiel

Vanwege het criterium ten aanzien van openingsgrootte wordt tussen de gezette steenbekleding (of eigenlijk de granulaire filterlaag) en de onderlaag van klei een non-woven geotextiel toegepast. In dit geval is een vlies van polypropyleen, zoals *Polyfelt TS50* van TenCate Nicolon, geschikt om toegepast te worden.

Onder de breuksteenbekleding op waterkeringen A, F en de breskoppen en onder de asfaltverhardingen op de berm met als onderlaag het kernmateriaal wordt een woven geotextiel toegepast. Gelet moet worden dat onder de breuksteenbekleding een dik geotextiel aangebracht wordt, omdat de toplaag bestaat uit een 40-200kg gradering (met relatief grote stenen). In dit geval is een weefsel van polypropyleen, zoals *ProPex 7080* van Geopex, geschikt zijn om toe te passen.

Hieronder worden beide geotextielen (*Polyfelt TS50* en *ProPex 7080*) nader getoetst op de criteria uit paragraaf 5.8 van 154425-TN01-DO-00064 Ontwerpbasis.

Openingsgrootte

Geotextiel	D ₉₀ [mm]	basislaag [m/s]	D ₉₀ [mm]	O ₉₀ < D ₉₀ [j/n]
Propex 7080	0.250	zand	0.21	ja
Polyfelt TS50	0.125	klei	0.10	ja

Waterdoorlatendheid

Geotextiel	basislaag [m/s]	k _{basis} [m/s]	k _{geotextiel} [m/s]	factor [-]
Propex 7080	zand	1.0E-05	4.2E-04	42
Polyfelt TS50	klei	1.0E-08	3.4E-03	340000

Technische Notitie

Project:	NATUURCOMPENSATIE PERKPOLDER	Pagina:	10 of 14
Document:	HYDRAULISCH ONTWERP WATERKERINGEN	Revisie datum:	18-06-2013
		Revisie nummer:	00
		Document nummer:	154425-TN02-DO-00064

3. OBJECT 1.1.2 WATERKERINGEN VEERHAVEN

3.1 Kruinhoogte (golfoverslag)

Voor waterkeringen E, F en G rondom de Veerhaven heeft de OG geen eisen gesteld aan het maximaal toegestane overslagdebiet. Voor waterkering E geldt een ontwerphoogte van +8,6m NAP van de kruin. Voor waterkeringen F en G geldt dat de huidige kruinhoogtes (+8,6m NAP respectievelijk +8,75m NAP) gehandhaafd moeten blijven [3]. Volledigheidshalve zijn deze kruinhoogtes getoetst ten aanzien van golfoverslag met het programma PC Overslag. De inputwaarden voor het ruimtelijk ontwerp zijn als volgt:

Naam van dijkvak	Segment	Onderkant bekleding [m NAP]	Bovenkant bekleding [m NAP]	Talud [1:n]	Materiaal	Ruwheids- factor [-]
Veerplein - Waterkering E	1a	0.00	2.67	1:3.15	Basalton	0.90
	1b	2.67	4.00	1:2.86	Basalton	0.90
	2	4.00	5.50	1:16.7	Asfalt	1.00
	3	5.50	8.60	1:4	Gep. Breukst.	0.80
Veerplein - Waterkering F	1a	0.00	2.37	1:4.26	Basalton	0.90
	1b	2.37	3.56	1:3.77	Basalton	0.90
	2	3.56	4.36	1:10	Asfalt	1.00
	3	4.36	7.20	1:3	OSA	0.90
	4	7.20	8.60	1:3	Gras	1.00
Veerplein - Waterkering G	1a	0.00	2.25	1:3.15	Basalton	0.90
	1b	2.25	3.37	1:2.86	Basalton	0.90
	2	3.37	4.53	1:16.7	Asfalt	1.00
	3	4.53	7.30	1:3	OSA	0.90
	4	7.30	8.75	1:3	Gras	1.00

Bij de segmenten met gezette steenbekleding (1a en 1b) is rekening gehouden met een tonronde. De ruwheidsfactor van de materialen zijn overgenomen uit Tabel 5-1 van 154425-TN01-DO-00064 Ontwerpbasis. Voor de havenplateaus lang de waterkeringen E, F en G zijn de minimale breedtes aangehouden volgens het referentieontwerp [3]. De resultaten van de overslagberekeningen staan in onderstaande tabel.

Naam van dijkvak	Benodigde kruinhoogte in [m NAP]		Getoetste kruinhoogte [m NAP]	Berekend overslagdebiet [l/s/m]
	Overslagdebiet 0.1 l/s/m	Overslagdebiet 1.0 l/s/m		
Veerplein - Waterkering E	8.50	8.00	+8,60	0.06
Veerplein - Waterkering F	10.46	9.48	+8,60	7.80
Veerplein - Waterkering G	10.71	9.66	+8,75	7.41

Dit resulteert voor waterkering E in een benodigde kruinhoogte van +8,5m NAP bij een overslagdebiet van 0,1 l/s/m. De benodigde kruinhoogte is kleiner dan +8,6m NAP en voldoet hiermee aan het criterium overslagdebiet van 0,1 l/s/m. Dit geldt niet voor waterkering F en G. Met de opgelegde hydraulische

Technische Notitie

Project:	NATUURCOMPENSATIE PERKPOLDER	Pagina:	11 of 14
Document:	HYDRAULISCH ONTWERP WATERKERINGEN	Revisie datum:	18-06-2013
		Revisie nummer:	00
		Document nummer:	154425-TN02-DO-00064

randvoorwaarden van de opdrachtgever [5] voldoen deze kruinhoogtes niet. Het overslagdebiet voor de getoetste kruinhoogte bedraagt hier meer dan 7 l/s/m.

Voor waterkering F heeft dit functioneel weinig consequenties, omdat waterkering F gerealiseerd wordt als een overslagbestendige dijk. In het vorige hoofdstuk is reeds aangetoond dat de grasbekleding op het bovenbeloop van waterkering F aan de natuurlijkzijde voldoende sterk is.

Voor waterkering G heeft een te groot overslagdebiet wel consequenties voor het achterland. Echter, in het referentieontwerp is bepaald dat de huidige kruinhoogte wel voldoet en dat deze niet aangepast hoeft te worden. De onderbouwing die in het referentieontwerp wordt gegeven komt voort uit toepassing van windrichtingsafhankelijke golfcondities. In het referentieontwerp is een golfhoogte van 0,8m toegepast i.p.v. de maatgevende golfhoogte van 1,6m. Bij een golfhoogte van 0,8m voldoet de huidige kruinhoogte aan een overslagdebiet van 1 l/s/m.

3.2 Taludbescherming: gezette steenbekleding

De gezette steenbekleding op het benedenbeloop van waterkeringen E, F en G rondom de Veerhaven worden vervangen door betonzuilen. Bij alle waterkeringen worden zuilen geplaatst tussen NAP en het niveau van het havenplein op circa +4,0m NAP. De minimaal benodigde dikte van de betonzuilen is berekend met behulp van het programma Steentoets2010 conform paragraaf 5.2 van 154425-TN01-DO-00064 Ontwerpbasis. De belangrijkste inputwaarden staan in onderstaande tabel.

	Onderkant steen­zetting	Bovenkant steen­zetting	OWP	Rekenwaarde talud	Dikte onderlaag	Dikte filterlaag	Dikte betonzuil
Naam van dijkvak	[+m NAP]	[+m NAP]	[+m NAP]	[1:n]	klei [m]	[m]	[m]
Veerplein - Waterkering E	0.00	4.00	6.65	1:2.86	0.80	0.10	0.30
Veerplein - Waterkering F	0.00	4.00	6.65	1:3.77	0.80	0.10	0.30
Veerplein - Waterkering G	0.00	4.00	6.65	1:2.86	0.80	0.10	0.30

In de 4^{de} kolom 'Rekenwaarde talud' is rekening gehouden met een tonronde van 1/100 volgens de methode beschreven in [4]. Hierbij is het onderste (steilere) segment als maatgevend beschouwd. In de 6^{de} kolom is de filterlaag dikte weergegeven. Als inputwaarde is een dikte van 0,10m aangehouden, terwijl een filterlaag met een maximale dikte van 0,08m zal worden aangebracht. Hiermee wordt een extra veiligheid in acht genomen, omdat een dunnere filterlaag resulteert in een grotere toplaagstabiliteit.

In onderstaande tabel is te zien dat op alle waterkeringen een betonzuildikte van 0,25m voldoende zou zijn om te voldoen aan het criterium toplaagstabiliteit. Echter, conform eis 1.1-A-10 dienen de betonzuilen een minimale dikte van 0,30m te hebben om uitspoelen van inwasmateriaal te voorkomen.

	Benodigde betonzuildikte	Fabrieksmaat betonzuildikte	Voorgeschreven betonzuildikte	Extra veiligheids- marge [%]
Naam van dijkvak	[m]	[m]	[m]	
Veerplein - Waterkering E	0.21	0.25	0.30	43%
Veerplein - Waterkering F	0.21	0.25	0.30	43%
Veerplein - Waterkering G	0.25	0.25	0.30	20%

Technische Notitie

Project:	NATUURCOMPENSATIE PERKPOLDER	Pagina:	12 of 14
Document:	HYDRAULISCH ONTWERP WATERKERINGEN	Revisie datum:	18-06-2013
		Revisie nummer:	00
		Document nummer:	154425-TN02-DO-00064

3.3 Taludbescherming: Asfaltbekleding

Het bovenbeloop van Waterkering E wordt voorzien van breuksteen (gradering 10-60kg) gepenetreerd met gietasfalt (vol en zat). Het waterstandsverschil over de bekleding is hier maatgevend. De benodigde laagdikte in de zone waarin wateroverdrukken optreden is bepaald volgens de methode gegeven in paragraaf 5.4 van 154425-TN01-DO-00064 Ontwerpbasis. De inputwaarden voor deze berekening zijn als volgt:

- $Q_n = 1$ voor een 1:4 talud (Figuur 7.10 uit [10])
- $P_w = 1025 \text{ kg/m}^3$
- $P_a = 2450 \text{ kg/m}^3$
- $a+v = 1,3$ (overgenomen uit [3])
- $R_w = 1$ (Figuur 7.9 uit [10])

Hieruit volgt een minimale laagdikte van 0,20m. Voor een goede penetratie met gietasfalt is een minimale laagdikte van $1,5 \cdot D_{n50}$ benodigd. Hieruit kan opgemaakt worden dat voor een 10-60kg gradering een laagdikte van 0,35m voldoende is. Echter, binnen Projectbureau Zeeweringen wordt bij een 10-60kg gradering gepenetreerd met gietasfalt een minimale laagdikte van 0,4m toegepast. Gekozen wordt om de 10-60kg gepenetreerd met gietasfalt aan te brengen met een laagdikte van 0,4m.

Op waterkeringen F en G wordt het havenplateau voorzien van waterbouwasfaltbeton (WAB) en het bovenbeloop tot een niveau van +7,2m NAP (waterkering F) en +7,3m NAP (waterkering G) voorzien van open steenasfalt (OSA). De golfklappen zijn hier maatgevend voor de laagdikte. De benodigde laagdikte is afhankelijk van de maatgevende golfhoogte en wordt bepaald aan de hand van Figuur 7.13 en 7.14 uit [10] , zoals beschreven in paragraaf 5.4 van 154425-TN01-DO-00064 Ontwerpbasis. Hieruit volgt:

Waterkering F (Hs=1,1m)

- Havenplateau bestaande uit WAB: laagdikte 0,12m
- Bovenbeloop bestaande uit OSA: laagdikte 0,23

Waterkering G (Hs=1,6m)

- Havenplateau bestaande uit WAB: laagdikte 0,13m
- Bovenbeloop bestaande uit OSA: laagdikte 0,24m

Het waterbouwasfaltbeton moet met een minimale laagdikte van 0,15m aangebracht worden op het havenplateau van waterkering F en G volgens de eisen. De open steenasfalt bekleding op het bovenbeloop van waterkering F en G moet aangebracht worden met een laagdikte van 0,25m volgens de eisen. Uit de resultaten volgt dat deze laagdiktes voldoen.

3.4 Taludbescherming: Grasbekleding

De bovenste gedeelte van het bovenbeloop van waterkering F en G (vanaf +7,2m resp. +7,3m NAP tot de kruin) wordt voorzien van een grasbekleding. Deze grasbekleding moet getoetst worden op golfoploop en golfoverslag. Hierbij is golfoploop maatgevend. De effectieve optredende stormduur mag in dit geval op vereenvoudigde wijze bepaald worden, aangezien de oploophoogte kleiner is dan de gemiddelde getijslag. In de maatgevende situatie wordt een effectieve optredende stormduur van 6 uur aangehouden [3] . De maximale toelaatbare stormduur ($t_{s,max}$) wordt als volgt.

Technische Notitie

Project:	NATUURCOMPENSATIE PERKPOLDER	Pagina:	13 of 14
Document:	HYDRAULISCH ONTWERP WATERKERINGEN	Revisie datum:	18-06-2013
		Revisie nummer:	00
		Document nummer:	154425-TN02-DO-00064

Naam van dijkvak	Hs [m]	Tp [s]	Lop [m]	tan(α_0) [-]	v _r [m/s]	t _{s,max} [uur]
Veerplein - Waterkering F	1.10	5.00	39.03	0.33	2.56	17.02
Veerplein - Waterkering G	1.30	4.80	35.97	0.33	2.70	13.20

Voor de waterkeringen is de maximaal toelaatbare stormduur groter dan de effectieve optredende stormduur (6uur). Hiermee is aangetoond dat de grasbekleding op het bovenbeloop van waterkering F en G voldoet.

3.5 Teenconstructie

Het benedenbeloop van de waterkeringen rond de Veerhaven worden voorzien van een teenconstructie op NAP niveau conform de eisen. Deze teenconstructie bestaat uit de volgende onderdelen:

- afgeschuinde betonband (1,0x0,3x0,12/0,07m) ondersteund door minimaal twee palen
- teenschot met een hoogte van 0,6m en een dikte van minimaal 20mm
- FCS hardhouten palen (0,7x0,7m) met een lengte van 1,8m en een h.o.h. afstand van 0,33m (duurzaamheidsklasse 1). Deze palen worden verticaal in de ondergrond gedrukt.

De teenconstructie moet aangesloten worden op de bestaande situatie. Hierbij wordt er vanuit gegaan dat er in de huidige situatie een kreukelberm aanwezig is. Voor een goede kreukelberm is voldoende lengte van belang om stabiliteit van de gezette steenbekleding op het benedenbeloop te garanderen en ondermijning van het talud te voorkomen. Om dit risico te beheersen wordt in de werkvoorbereidingsfase een visuele inspectie inclusief inmeting van de bestaande kreukelbermen rondom de Veerhaven uitgevoerd.

3.6 Overgangsconstructie: Overgang naar havenplateau

In zeer extreme condities zou de overgang van het bovenbeloop van waterkering E naar het havenplateau belast kunnen worden. De kans op voorkomen is echter zeer klein ($\ll 1/4000$ jaar), omdat de waterkering oostelijk georiënteerd is. Het is wel van belang een robuuste overgang te realiseren, zodat eventuele erosie van de toplaag op het havenplateau niet zal leiden tot schade of ondermijning van het bovenbeloop van waterkering E. Om dit te voorkomen wordt de overgang voorzien van een kreukelberm. Deze kreukelberm moet de teen van de gepenetreerde breuksteen bekleding op het bovenbeloop beschermen tegen erosie en de bekleding ondersteunen. De kreukelberm zal bestaan uit breuksteen 10-60kg met een laagdikte van 0,4m, die wordt aangebracht op een geotextiel. Om de functionaliteit van het havenplateau niet te belemmeren wordt de kreukelberm onder het maaiveld geplaatst. Om drukverschillen t.p.v. de overgang te voorkomen wordt de eerste 0,4m van de teen ook gepenetreerd met gietasfalt. Om eventuele ontgronding ver genoeg van het bovenbeloop te houden wordt de kreukelberm met een lengte van 3m aangebracht.

Technische Notitie

Project:	NATUURCOMPENSATIE PERKPOLDER	Pagina:	14 of 14
Document:	HYDRAULISCH ONTWERP WATERKERINGEN	Revisie datum:	18-06-2013
		Revisie nummer:	00
		Document nummer:	154425-TN02-DO-00064

4. REFERENTIES

- [1] RHK (2012), Vraagspecificatie deel 1 – algemeen en eisendeel, VS1
- [2] RHK (2007), Hydraulische ontwerpwaarden gebiedsontwikkeling Perkpolder, Bind-6
- [3] RHK (2010), Definitief Ontwerp Voorkeursvariant, Info-3
- [4] Projectbureau Zeeweringen (2012), Handleiding toetsing en ontwerp
- [5] RWS (2007), Hydraulische Randvoorwaarden primaire waterkeringen, HR2006
- [6] NEN (2011), Geotechnisch ontwerp van constructies, Deel 1: Algemene regels, NEN 9997-1:2011
- [7] TAW (2007), Addendum bij Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies
- [8] CUR (2007), The Rock Manual
- [9] TAW (2001), Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies
- [10] TAW (2002). Technisch Rapport Asfalt voor Waterkeren
- [11] RWS (2012), Handreiking Toetsen Grasbekleding op Dijken
- [12] TAW (2000), Technisch Rapport Waterspanningen bij dijken
- [13] TAW (1999), Technisch Rapport Zandmeevoerende Wellen
- [14] Hoffmans, G.J.C.M., Verheij, H.J., 'Scour manual', Delft 1997
- [15] WBL Antwerpen, België (2000), Rapport: Overzicht Tijwaarnemingen Zeescheldebekken gedurende het decennium 1991-2000
- [16] Schiereck, G.J., 'Introduction to Bed, bank and shore protection', TU Delft 2001
- [17] CUR (2009), Geokunststoffen in de waterbouw, Centre for Civil Engineering Research and Codes, CUR Rapport 174