

## Detailadvies Oud Noordbevelandpolder tot westelijke inlaag

Aan : Yvo Provoost (Projectbureau Zeeweringen)  
 Van : Pol van de Rest (Svašek Hydraulics)  
 Tweede lezer : Erik Arnold (Royal Haskoning)  
 Datum : 1 november 2010  
 Betreft : 2010.05C Update detailadvies Oud Noordbevelandpolder tot westelijke inlaag  
 Status : Definitief  
 Ref. Svašek : 1605/U10278/C/PvdR  
 Ref. Royal Haskoning : 9V9006.A0/N0050/EARN/ILAN/Rott1

**Let op: Dit detailadvies is een herziening van het oorspronkelijke detailadvies Oud Noordbevelandpolder tot de westelijke inlaag [ref 8]. In het kader van het Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen zijn recentelijk nieuwe formules ontwikkeld voor het toetsen en ontwerpen van steenzettingen [ref 14]. Deze nieuwe ontwerpformules worden reeds gebruikt bij projectbureau Zeeweringen bij het ontwerp van dijkbekledingen. Met deze nieuwe ontwerpformules zijn nieuwe belastingfuncties bepaald [ref 15], waarmee in dit detailadvies de maatgevende golfcondities zijn bepaald. Deze nieuwe belastingfuncties zijn een verbetering van de drie klassieke belastingfuncties (Z1, Z2, Z3), zoals gebruikt in het voorgaande advies [ref 8]. Daarnaast zijn de maatgevende golfcondities in dit advies bepaald met aangescherpte correctiefactoren [ref 4]. De waarden in dit detailadvies vervangen de vorige afgegeven waarden.**

In dit detailadvies zijn de golfcondities beschreven voor de Oud Noordbevelandpolder tot de westelijke inlaag, welke betrekking heeft op het traject van dijkkilometer 182.50 tot 188.00. Het ontwerptraject loopt van dijkkilometer 183.40 tot 187.05. Dijkkilometer 183.40 ligt op de grens tussen dijkvak 17 en 18 en dijkkilometer 187.05 ligt op de grens tussen dijkvak 12 en 13.

Het detailadvies is opgebouwd uit twee delen: het samenvattende advies (ontwerpwaarden) en de bijlagen (aanpak en resultaten). Voor achtergrondinformatie bij het detailadvies wordt verwezen naar [ref. 5 en 6]. Bij het detailadvies hoort ook een excel-spreadsheet met randvoorwaarden, waarin de randvoorwaarden overeenkomstig dit advies zijn opgenomen [ref 7]. Tabel 1 geeft de dijkvaknummering, coördinaten en dijkkilometrering (zie ook [ref 16]).

**Tabel 1: Beschouwde dijkvakken**

Dijk- vak  no.	Dijkvakscheidings- coördinaten tov Parijs (m)				Dijk kilometrering (km)		Poldernaam
	van		tot		van	tot	
	x	y	x	y			
18	47300	402919	46447	402643	182,50	183,40	Grote inlaag
17	46447	402643	45958	402977	183,40	184,00	Westelijke inlaag
16	45958	402977	45325	402959	184,00	184,65	Westelijke inlaag
15	45325	402959	44690	402710	184,65	185,40	haven Oesterput
14	44690	402710	43657	402612	185,40	186,45	inlaag
13	43657	402612	43338	402120	186,45	187,05	Nieuw Noordbevelandpolder
12	43338	402120	42434	402384	187,05	188,00	inlaag Vlietepolder

**Tabel 2: Maatgevende golfcondities voor betonzuilen**

Dijk- vak no.	Dijk kilometring (km)		Hs [m] bij waterstand t.o.v. NAP				T <sub>pm</sub> [s] bij waterstand t.o.v. NAP				Waterdiepte (m) bij waterstand t.o.v. NAP				Windrichting (°) nautisch bij waterstand t.o.v. NAP			
	van	tot	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m
18	182,50	183,40	0,98	1,93	2,32	2,25	5,55	6,08	6,21	5,09	1,9	3,9	4,9	5,9	300	300	300	285
17	183,40	184,00	0,92	1,92	2,32	2,22	4,91	5,57	5,70	5,02	1,7	3,7	4,7	5,7	300	300	300	300
16	184,00	184,65	1,15	2,21	2,63	2,54	5,87	5,95	5,97	4,86	1,8	3,8	4,8	5,8	285	285	300	300
15	184,65	185,40	0,00	1,40	2,98	2,68	5,59	5,85	6,00	4,72	0,0	2,0	3,0	4,0	285	285	285	300
14	185,40	186,45	2,28	2,58	2,75	2,44	5,36	5,67	5,80	4,49	11,4	13,4	14,4	15,4	285	285	285	300
13	186,45	187,05	1,94	2,45	2,66	2,30	5,15	5,66	5,77	4,32	3,3	5,3	6,3	7,3	300	300	300	300
12	187,05	188,00	1,78	2,17	2,39	2,10	5,60	5,67	5,81	4,08	3,2	5,2	6,2	7,2	300	300	300	300

Aandachtspunten:

- Geldigheid Tabel 2:** De in Tabel 2 opgenomen golfcondities zijn alleen geldig voor het ontwerp van **betonzuilen**. Deze golfcondities zijn bepaald op basis van nieuwe belastingfuncties [ref 15]. De maatgevende golfcondities zijn afhankelijk van de taludhelling en de constructie afhankelijke constante (F). Bij bepaling van de maatgevende golfcondities is uitgegaan van een taludhelling van 1:3,5 en een F-waarde van 6. Indien de taludhelling voor de dijkvakken 12 t/m 15 in het ontwerp steiler is dan 1:3,0 of flauwer dan 1:4,5 of de F-waarde is niet gelijk aan 6 kunnen de maatgevende golfcondities afwijken. Het geldigheidsbereik voor de andere dijkvakken is een taludhelling van 1:3,4 tot 1:4,5 voor dijkvak 16 en 17, en 1:3,4 tot 1:3,6 voor dijkvak 18. In de gevallen dat het ontwerp buiten dit bereik valt dient contact te worden opgenomen met de adviesschrijver.
- Voor de verschillende bekledingstypen en faalmechanismen zijn vier verschillende belastingfuncties gebruikt om de maatgevende golfcondities te bepalen. Hierdoor dient voor het ontwerp per bekledingstypen en/of faalmechanisme een afzonderlijke tabel toegepast te worden.

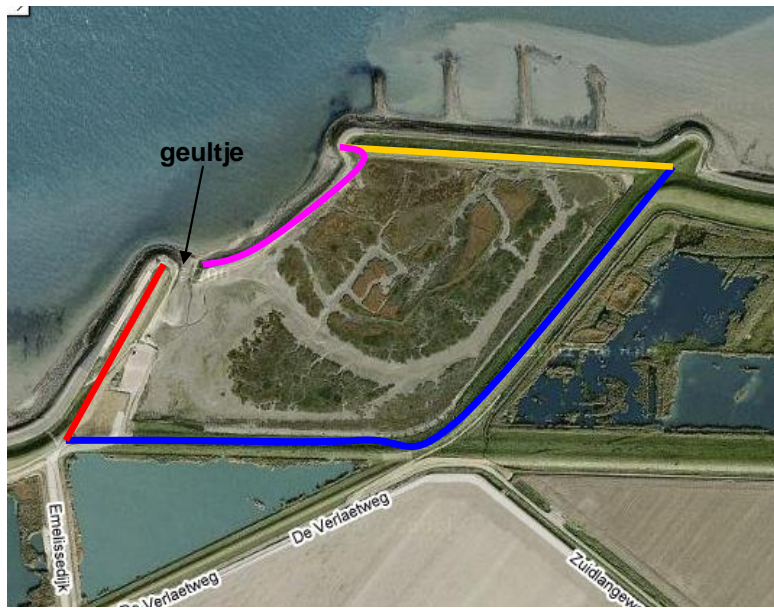
  - (gekantelde) Betonblokken en patroon gepenetreerde breuksteen: Tabel 5.1
  - Betonzuilen: Tabel 2 of 5.2
  - Afschuiving en de bekledingstypen WAB, OSA en vol en zat gepenetreerde breuksteen: Tabel 5.3
  - Losse breuksteen van de kreukelberm: Tabel 5.4.
- De stabiliteit van betonzuilen is het kleinst bij  $\xi_{op} = 2$ . Indien  $\xi_{op} > 2$  en er een ondiep voorland voor de dijk aanwezig is, zijn de maatgevende golfcondities voor betonzuilen mogelijk niet de maatgevende golfcondities [ref 15]. Daarom moeten golfcondities waarvoor geldt  $\xi_{op} > 2$  (bij de aanwezigheid van een hoog voorland) aangepast worden [ref 15], zodat geldt  $\xi_{op} = 2$ . Bij dijkvak 18 bij een waterstand van NAP +0m is  $\xi_{op} > 2$  en wordt het voorland aangemerkt als een ondiep voorland. Daarom zijn de golfcondities (de golfperiode  $T_{pm}$ ) voor deze situatie bijgesteld, welke waarde met een rode arcering is aangegeven in Tabel 2 en Tabel 5.2.
- Bij alle beschouwde dijkvakken is de golfhoogte en golfperiode bij NAP +4m lager dan bij NAP +3m (zie oranje arcering in tabel 2 en de Tabellen 5.1 t/m 5.4). Dit komt door de relatief grote invloed van de stroming op de golfcondities tot en met NAP +3 meter. Daarnaast neemt voor dijkvak 12 (Tabel 5.3), dijkvak 13 (Tabel 5.1) en dijkvak 18 (Tabel 5.1 en 5.4) de golfperiode  $T_{pm}$  af bij toenemende waterstand. Dit wordt veroorzaakt door het maatgevend worden van een andere windrichting.
- Aan de oostzijde van het beschouwde traject is er een overlap met het detailadvies 'Oud Noordbevelandpolder, incl. Colijnsplaat' [ref 9], waarin de dijkvakken 18 t/m 23b zijn beschouwd. Aan de westzijde is er ook een overlap met het detailadvies 'revisie Thoorpolder, Vlietepolder' [ref 10], waarin de dijkvakken 6 t/m 12 zijn beschouwd. Daarnaast is dit detailadvies een herziening van het oorspronkelijke detailadvies 'Oud Noordbevelandpolder tot de westelijke inlaag' [ref 8]. De randvoorwaarden van de overlappende delen zijn niet gelijk aan de voorgaande adviezen, doordat deze met andere belastingfuncties [ref 15] en met aangescherpte correcties [ref 4] zijn bepaald.
- Ter hoogte van dijkkilometer 185 (dijkvak 15) liggen Oesterputten met daarvoor dammen (zie figuur 2). Als gevolg van de dammen en het hoge voorland verliezen golven een groot deel van hun energie voordat ze de primaire waterkering bereiken (blauwe lijn, Figuur 2). De dijk achter de Oesterputten is daarom volgens de beheerder (Waterschap Zeeuwse Eilanden) lager aangelegd. Het is nog niet duidelijk of de voorliggende dammen (rood, geel en roze gemarkeerde dammen in Figuur 2) deel uit maken van de primaire waterkering. In deze notitie is ervan uitgegaan dat de dammen geen deel uitmaken van de primaire waterkering. De dammen zijn daarom niet meegenomen bij het bepalen van de golfcondities. Het golfreducerende effect van de Oesterputten is aanvullend op

de golfberekeningen doorvertaald naar de ontwerpwaarden (zie vetgemarkeerde waarden in Tabel 2 en paragraaf 3). In aanvulling hierop zijn ook de golfcondities bepaald voor dijkvak 15, waarbij het effect van de voorliggende dammen wél wordt beschouwd (zie Bijlage 2). Het effect van de verschillende dammen op de benodigde kruinhoogte van achterliggende waterkering en op de ruimtelijke kwaliteit is bekeken in de rapportage 'Reconstructie Glasjenol' [ref 20].

- Voor dijkvak 17 en 18 ligt een slik (niet of nauwelijks begroeid voorland wat beneden gemiddeld hoog water ligt). Bij het bepalen van de golfcondities met het golfgroeimodel SWAN is rekening gehouden met de aanwezigheid van het slik.
- Voor dijkvak 17 ligt een dammetje (zie Figuur 3). De dam maakt geen onderdeel uit van de primaire waterkering en is niet gedimensioneerd op een maatgevende storm. Daarom is bij het bepalen van de golfcondities voor de dijk geen rekening gehouden met de aanwezigheid van het dammetje.



**Figuur 1: Een slik en een schor maken deel uit van het traject (bron: Google Earth)**



**Figuur 2: Oosterputten met achterliggende dijk. (bron: Google Earth)**

Blauwe lijn - achterliggende waterkering: kruin op ca. NAP +5.8m oplopend richting de damaanzetten  
 Rode lijn - westelijk dam: kruin op ca. NAP +5.1 tot 5.6m  
 Oranje lijn - oostelijke dam: kruin op ca. NAP +5.1 tot 5.3m  
 Roze lijn - middendam: kruin op ca. NAP +2.2 tot +2.6m



**Figuur 3: Dammetje voor dijkvak 17.**

Tabel 3: Waterstanden en ontwerppeilen

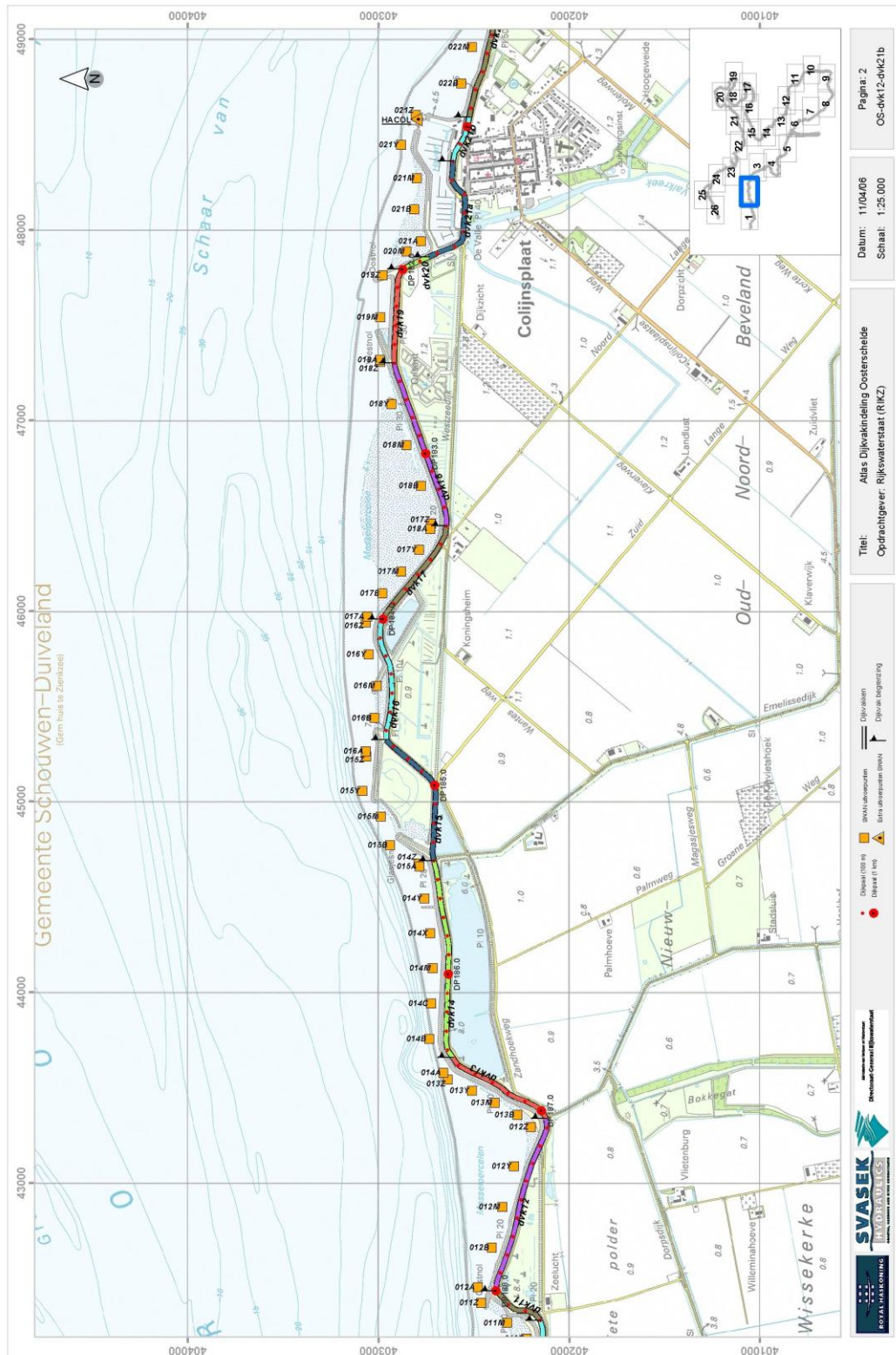
Dijk- vak no.	Ontwerppeil [m] tov NAP	GHW [m] tov NAP	GLW [m] tov. NAP	Springtij		Doodtij	
				HW [m] tov NAP	LW [m] tov. NAP	HW [m] tov NAP	LW [m] tov. NAP
18	3,5	1,45	-1,30	1,65	-1,30	1,15	-1,15
17	3,5	1,40	-1,30	1,65	-1,30	1,15	-1,15
16	3,5	1,40	-1,25	1,60	-1,30	1,15	-1,15
15	3,5	1,40	-1,25	1,60	-1,30	1,15	-1,15
14	3,5	1,40	-1,25	1,60	-1,30	1,15	-1,15
13	3,5	1,40	-1,25	1,60	-1,30	1,15	-1,15
12	3,5	1,40	-1,25	1,60	-1,30	1,15	-1,15

Tabel 4: Bodemligging

Dijk- vak no.	Dijk kilometrering (km)		Representatieve bodemligging [m] tov NAP	Gemiddelde bodemligging [m] tov NAP	Stand.dev. bodemligging [m] tov. NAP
	van	tot			
18	182,50	183,40	-1,63	-1,24	0,39
17	183,40	184,00	-1,45	-1,10	0,35
16	184,00	184,65	-2,05	-1,42	0,63
15	184,65	185,40	<b>0,00</b>	-	-
14	185,40	186,45	-7,47	-4,23	3,24
13	186,45	187,05	-2,91	-1,89	1,02
12	187,05	188,00	-3,32	-2,36	0,96



Figuur 4: Dijkvakken 12 t/m 18



## **Bijlagen 1: Aanpak en resultaten detailadvies**

## 1 Ligging dijkvakken

Dit detailadvies gaat over de dijkvakken 12 t/m 18 (zie Figuur 4). Het tracé ligt ten westen van Colijnsplaat (Noord-Beveland) in het westelijke deel van de Oosterschelde. Het ontwerp-tracé loopt van dijkkilometer 183.4 tot 187.05. Dijkkilometer 183.4 ligt op de grens van dijkvak 17 en 18. Dijkkilometer 187.05 ligt op de grens van dijkvak 12 en 13.

Aan de oostzijde van het beschouwde traject is er een overlap met het detailadvies 'Oud Noordbevelandpolder, incl. Colijnsplaat' [ref 9], waarin de dijkvakken 18 t/m 23b zijn beschouwd. Aan de westzijde is er ook een overlap met het detailadvies 'revisie Thoornpolder, Vlietepolder' [ref 10], waarin de dijkvakken 6 t/m 12 zijn beschouwd. Daarnaast is dit detailadvies een herziening van het oorspronkelijke detailadvies 'Oud Noordbevelandpolder tot de westelijke inlaag' [ref 8]. De randvoorwaarden van de overlappende delen zijn niet gelijk aan de voorgaande adviezen, doordat deze met andere belastingfuncties [ref 15] en met aangescherpte correcties [ref 4] zijn bepaald. De waarden in dit detailadvies vervangen de vorige afgegeven waarden.

De oriëntatie van de dijk varieert veel langs het traject. De dijk heeft een 'zaagtand' verloop (als gevolg van de vele dijkvallen), waarbij de dijkvakken zuidwest-noordoost, noordwest-zuidoost en oost-west zijn georiënteerd.

## 2 Situatiebeschrijving

Langs het traject zijn enkele bijzondere objecten te onderscheiden (van west naar oost):

- Ter hoogte van dijkkilometer 185 (dijkvak 15) liggen Oesterputten met daarvoor dammen (zie figuur 2). Als gevolg van de dammen en het hoge voorland verliezen golven hun energie. De dijk achter de Oesterputten is daarom volgens de beheerder (Waterschap Zeeuwse Eilanden) lager aangelegd. Het is nog niet duidelijk of de dammen (rood, geel en roze gemarkeerd in Figuur 2) deel uitmaken van de primaire waterkering. In deze notitie is ervan uitgegaan dat de dammen geen deel uitmaken van de primaire waterkering. De dammen zijn daarom niet meegenomen bij het bepalen van de golfcondities. Het golfreducerende effect van de Oesterputten is echter wel in de afleiding van de ontwerpwaarden als correctie meegenomen (zie paragraaf 3). In aanvulling hierop zijn ook de golfcondities bepaald voor dijkvak 15, waarbij ook het golfreducerende effect van de voorliggende dammen wordt meegenomen (zie bijlage 2). Het effect van de verschillende dammen op de benodigde kruinhoogte van achterliggende waterkering en op de ruimtelijke kwaliteit is bekeken in de rapportage 'Reconstructie Glasjenol' [ref 20].
- Ter hoogte van dijkkilometer 184 (dijkvak 16 en 17) ligt een dubbele waterkering. De buitenste dijk ligt hoger dan de binnenste dijk en functioneert daarom als een normale dijk (zie figuur 1). Doordat de achterliggende dijk lager ligt heeft die geen waterkerende functie meer, of te wel het is een slaperdijk.
- Voor dijkvak 17 en 18 ligt een slik. Bij het bepalen van de golfcondities met het golfgroeimodel SWAN is rekening gehouden met de aanwezigheid van het slik.
- Voor dijkvak 17 ligt een dammetje (zie Figuur 3). De dam maakt geen onderdeel uit van de primaire waterkering en is niet gedimensioneerd op een maatgevende storm. Daarom is bij het bepalen van de golfcondities voor de dijk geen rekening gehouden met de aanwezigheid van het dammetje.

## 3 Golfcondities

Alle dijkvakken (12 t/m 18) in het beschouwde traject worden het zwaarst belast door golven uit (noord-)westelijke windrichtingen, namelijk tussen de 270 en 315 graden (zie Tabel 2 en Tabellen 5.1

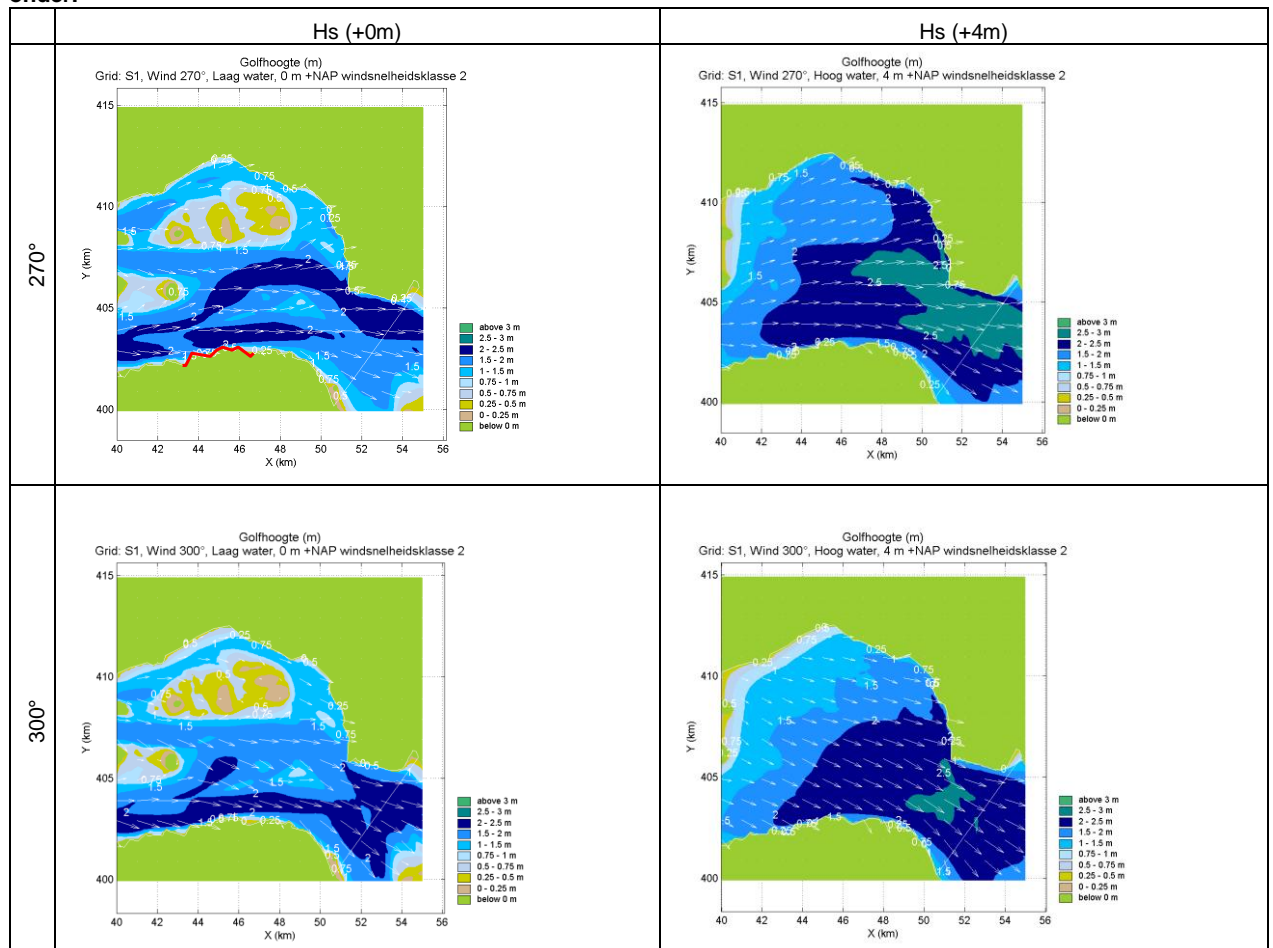


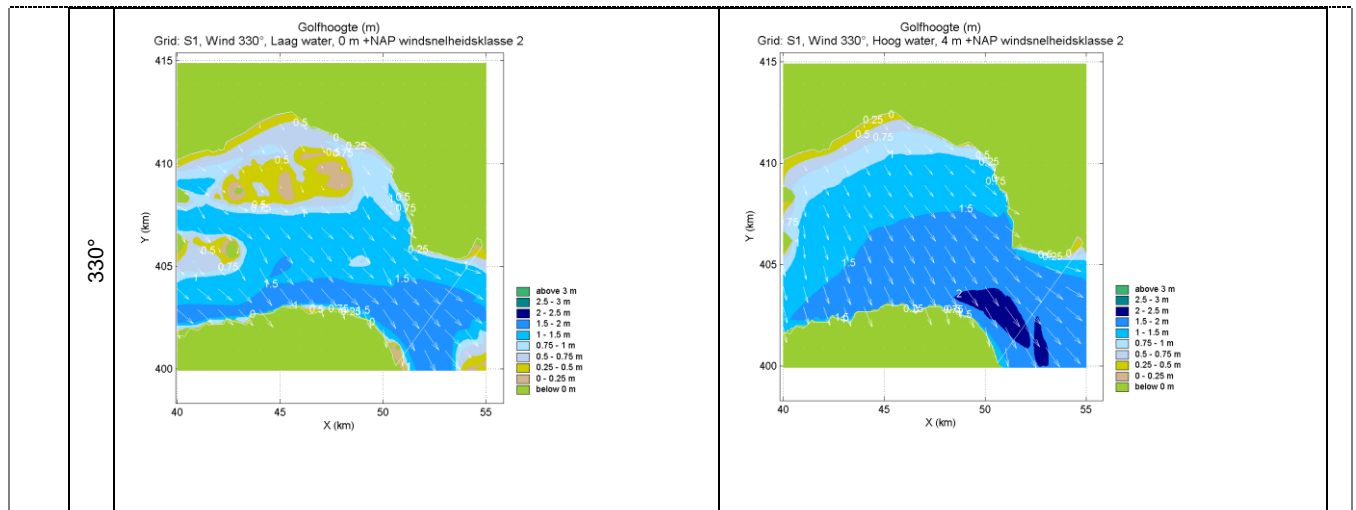
t/m 5.4). De golven worden hierbij in het westelijke deel van de Oosterschelde opgewekt. Door refractie buigen ze naar de ondiepere oevers toe en bereiken desondanks de beschouwde dijkvakken onder een hoek.

In Figuur 5 is het met SWAN berekende golfveld (zonder correcties) weergegeven voor de windrichtingen 270°, 300° en 330° bij een waterstand van NAP +0m en +4m. In de eerste figuur is het dijktraject met rood aangegeven. Duidelijk is te zien dat de golven voor het traject bij 270° en 300° hoger zijn dan bij 330° (meer loodrecht op de dijk). Dit wordt veroorzaakt doordat de windsnelheden bij 270 en 300 graden hoger zijn dan bij 330 graden.

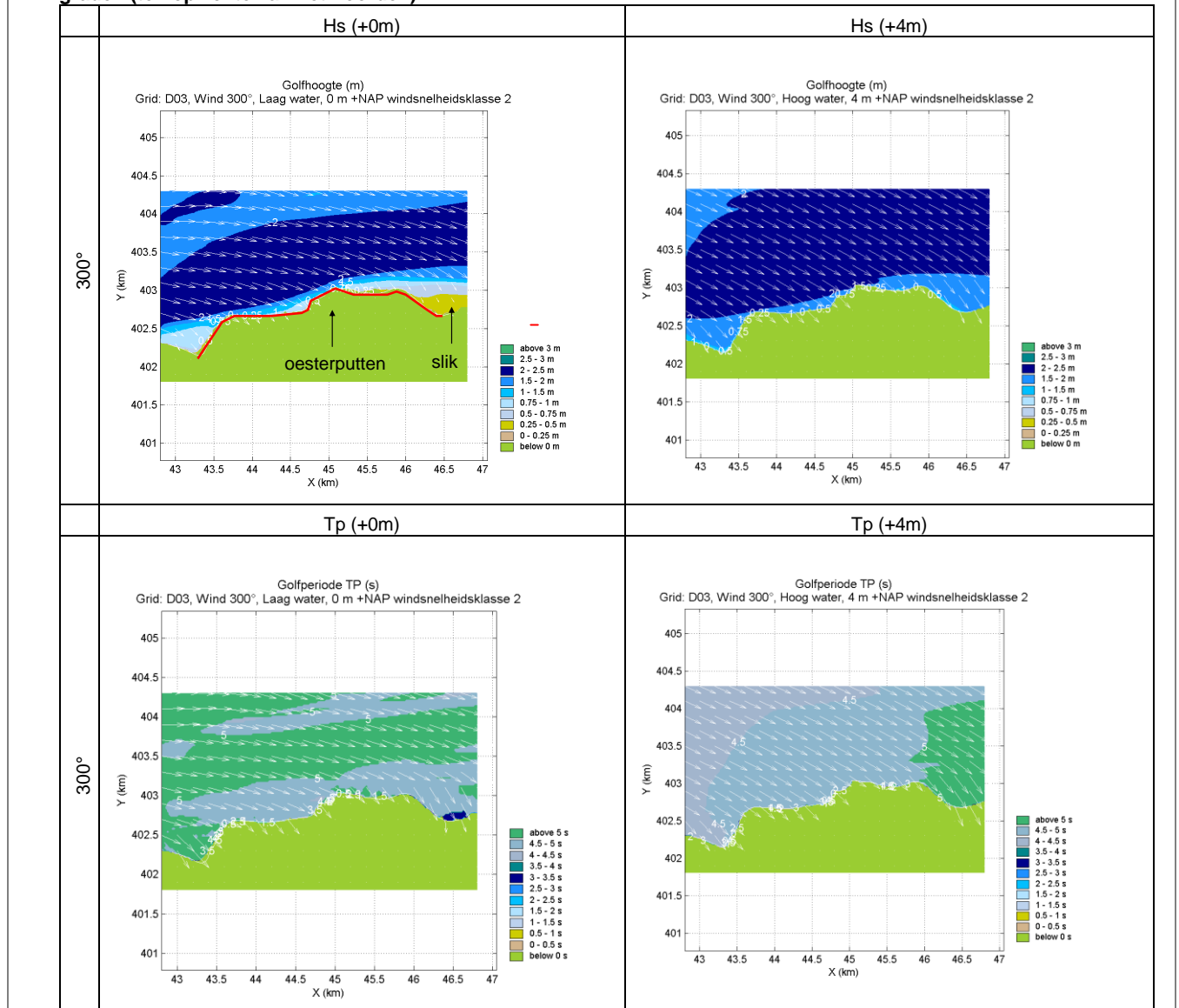
In Figuur 6 zijn de golfhoogte ( $H_s$ ) en de golfperiode ( $T_p$ ) gegeven bij een waterstand van NAP +0 en NAP +4 meter bij noordwesten wind (300 graden). In de figuur is goed te zien dat ter plaatse van het slik (aan de oostzijde van het traject), de golfcondities significant lager zijn bij lage waterstanden, door de beperkte waterdiepte op het hoogliggende slik. Ter plaatse van de Oesterputten zijn geen SWAN berekeningen uitgevoerd.

**Figuur 5: SWAN resultaten voor  $H_s$  bij een waterstand van NAP +0m en +4m. Met ruimende wind van boven naar onder.**





**Figuur 6: SWAN resultaten voor  $H_s$  en  $T_p$  bij een waterstand van NAP +0m en +4m en een windrichting van 300 graden (ten opzichte van het noorden).**



De resultaten van "Golfberekeningen Oosterschelde, Rapport RIKZ/2001.006" [ref 1], vormen de basis voor de golfbelastingen. Deze zijn naar aanleiding van nieuwe inzichten op het gebied van transmissie van golfenergie door de Oosterscheldekering, herzien in 2005 [ref 2]. De op basis van het rapport "Update correctiewaarden Zeeland" [ref 4] aangescherpte correctiefactoren, welke dienen ter compensatie van de door SWAN gemaakte fout, zijn voor alle waterstanden (zowel bij open als gesloten kering) toegepast bij de bepaling van de golfcondities. De tabellen 5.1 t/m 5.4 bevatten de waarden van de golfcondities na al deze correcties.

Voor de verschillende bekledingstypen en faalmechanismen zijn vier verschillende belastingfuncties gebruikt om de maatgevende golfcondities te bepalen. Hierdoor dient voor het ontwerp per bekledingstypen en/of faalmechanisme een afzonderlijke tabel toegepast te worden. De tabellen 5.1 t/m 5.4 tonen de maatgevende golfcondities voor de verschillende bekledingstypen en faalmechanismen. Deze golfcondities zijn bepaald op basis van de belastingfuncties uit [ref 15].

Tabel 5.1 is maatgevend voor (gekantelde) betonblokken en patroon gepenetreerde breuksteen, Tabel 5.2 voor betonzuilen, Tabel 5.3 voor het mechanisme afschuiving en de bekledingstypen WAB, OSA en vol en zat gepenetreerde breuksteen en Tabel 5.4 voor losse breuksteen van de kreukelberm.

Bij bepaling van de maatgevende golfcondities is uitgegaan van een taludhelling van 1:3,5 en een F-waarde van 6. Indien de taludhelling voor de dijkvakken 12 t/m 15 in het ontwerp steiler is dan 1:3,0 of flauwer dan 1:4,5 of de F-waarde is niet gelijk aan 6 kunnen de maatgevende golfcondities afwijken. Het geldigheidsbereik voor de andere dijkvakken is een taludhelling van 1:3,4 tot 1:4,5 voor dijkvak 16 en 17, en 1:3,4 tot 1:3,6 voor dijkvak 18. In de gevallen dat het ontwerp buiten dit bereik valt dient contact te worden opgenomen met de adviesschrijver.

De stabiliteit van betonzuilen is het kleinst bij  $\xi_{op} = 2$ . Indien  $\xi_{op} > 2$  en er een ondiep voorland voor de dijk aanwezig is, zijn de maatgevende golfcondities voor betonzuilen mogelijk niet de maatgevende golfcondities [ref 15]. Daarom moeten golfcondities waarvoor geldt  $\xi_{op} > 2$  (bij de aanwezigheid van een hoog voorland) aangepast worden [ref 15], zodat geldt  $\xi_{op} = 2$ . Bij dijkvak 18 bij een waterstand van NAP +0m is  $\xi_{op} > 2$  en wordt het voorland aangemerkt als een ondiep voorland. Daarom zijn de golfcondities (de golfperiode  $T_{pm}$ ) voor deze situatie bijgesteld, welke waarde met een rode arcering is aangegeven in Tabel 2 en Tabel 5.2.

Zowel de golfhoogte ( $H_s$ ) als de golfperiode ( $T_{pm}$ ) nemen toe bij een toenemende waterstand. Alleen bij een waterstand van NAP +4m zijn de golfcondities in de alle gevallen minder zwaar dan bij NAP +3m. Dit komt omdat bij NAP +4m de Oosterscheldekering is gesloten en het verhogende effect van stroming op de golfcondities daarom niet wordt meegenomen. Daarnaast neemt voor dijkvak 12 (Tabel 5.3), dijkvak 13 (Tabel 5.1) en dijkvak 18 (Tabel 5.1 en 5.4) de golfperiode  $T_{pm}$  af bij toenemende waterstand. Dit wordt veroorzaakt door het maatgevend worden van een andere windrichting. Voor het traject neemt de waterdiepte sterk toe. Dit geldt vooral voor de westzijde van dijkvak 14. Golven worden hier vooral bij lagere waterstanden minder gehinderd door de grote waterdiepte en daardoor zijn de golfcondities voor dit dijkvak zwaarder (bij een waterstand van NAP+0m) dan overige dijkvakken.

De uitvoerpunten van dijkvak 15 liggen op diep water en zijn niet representatief voor dit dijkvak. Voor dijkvak 15 liggen namelijk Oesterputten (hoog voorland) die de golfcondities sterk reduceren voor de teen van de dijk. De hoogteligging van de Oesterputten varieert van NAP +0.5m tot NAP +1.5m (zie Figuur 8). Op ondiep water zijn de golven diepte gelimiteerd. De voorwaarde  $H_s/D=0.7$  vormt de fysische bovengrens. Daarom zijn de golfcondities voor dijkvak 15 naar beneden bijgesteld tot de fysische bovengrens. Bij het berekenen van de fysische bovengrens is gerekend met het meest lage

punt op de Oesterputten op 50m van de dijk. Aan de westzijde ligt een geultje en ligt de bodem het laagst (NAP +0.5m). Rekening houdend met erosie is de bodem nog eens met een 0.5m verlaagd tot NAP +0m. Bij een waterstand van NAP +0m, NAP +2m, NAP +3m en NAP +4m bedraagt de maximale golfhoogte dan 0m, 1.4m, 2.1m en 2.8m. Indien de golfcondities en de waterdiepten zijn bijgesteld zijn de waarden vet gemarkeerd (zie Tabel 2 en de Tabellen 5.1 t/m 5.4).

**Tabel 5.1 Maatgevende golfcondities voor (gekantelde) betonblokken en patroon gepenetreerde breuksteen**

Dijk- vak no.	Dijk kilometring (km) van tot		Hs [m]				Tpm [s]				Waterdiepte (m)				Windrichting (°)			
			bij waterstand t.o.v. NAP				bij waterstand t.o.v. NAP				bij waterstand t.o.v. NAP				nautisch bij waterstand t.o.v. NAP			
			+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m
18	182,50	183,40	0,95	1,88	2,32	2,22	6,39	6,40	6,21	5,16	1,9	3,9	4,9	5,9	270	285	300	300
17	183,40	184,00	0,86	1,88	2,28	2,22	5,95	5,97	6,10	5,02	1,7	3,7	4,7	5,7	285	300	300	300
16	184,00	184,65	1,15	2,21	2,60	2,54	5,87	5,95	6,10	4,86	1,8	3,8	4,8	5,8	285	285	285	300
15	184,65	185,40	<b>0,00</b>	<b>1,40</b>	2,98	2,64	5,59	5,85	6,00	4,81	<b>0,0</b>	<b>2,0</b>	<b>3,0</b>	<b>4,0</b>	285	285	285	285
14	185,40	186,45	2,28	2,58	2,75	2,30	5,36	5,67	5,80	4,82	11,4	13,4	14,4	5,7	285	285	285	300
13	186,45	187,05	1,76	2,45	2,66	2,30	6,04	5,66	5,77	4,32	3,3	5,3	6,3	7,3	270	300	300	300
12	187,05	188,00	1,78	2,17	2,39	1,97	5,60	5,67	5,81	4,38	3,2	5,2	6,2	6,4	300	300	300	315

**Tabel 5.2 Maatgevende golfcondities voor betonzulen**

Dijk- vak no.	Dijk kilometring (km) van tot		Hs [m]				Tpm [s]				Waterdiepte (m)				Windrichting (°)			
			bij waterstand t.o.v. NAP				bij waterstand t.o.v. NAP				bij waterstand t.o.v. NAP				nautisch bij waterstand t.o.v. NAP			
			+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m
18	182,50	183,40	0,98	1,93	2,32	2,25	5,55	6,08	6,21	5,09	1,9	3,9	4,9	5,9	300	300	300	285
17	183,40	184,00	0,92	1,92	2,32	2,22	4,91	5,57	5,70	5,02	1,7	3,7	4,7	5,7	300	300	300	300
16	184,00	184,65	1,15	2,21	2,63	2,54	5,87	5,95	5,97	4,86	1,8	3,8	4,8	5,8	285	285	300	300
15	184,65	185,40	<b>0,00</b>	<b>1,40</b>	2,98	2,68	5,59	5,85	6,00	4,72	<b>0,0</b>	<b>2,0</b>	<b>3,0</b>	<b>4,0</b>	285	285	285	300
14	185,40	186,45	2,28	2,58	2,75	2,44	5,36	5,67	5,80	4,49	11,4	13,4	14,4	15,4	285	285	285	300
13	186,45	187,05	1,94	2,45	2,66	2,30	5,15	5,66	5,77	4,32	3,3	5,3	6,3	7,3	300	300	300	300
12	187,05	188,00	1,78	2,17	2,39	2,10	5,60	5,67	5,81	4,08	3,2	5,2	6,2	7,2	300	300	300	300

**Tabel 5.3 Maatgevende golfcondities voor afschuiving, WAB, OSA en vol en zat gepenetreerde breuksteen**

Dijk- vak no.	Dijk kilometring (km) van tot		Hs [m]				Tpm [s]				Waterdiepte (m)				Windrichting (°)			
			bij waterstand t.o.v. NAP				bij waterstand t.o.v. NAP				bij waterstand t.o.v. NAP				nautisch bij waterstand t.o.v. NAP			
			+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m
18	182,50	183,40	1,00	1,95	2,33	2,25	4,67	5,73	5,87	5,09	1,9	3,9	4,9	5,9	315	300	300	285
17	183,40	184,00	0,94	1,92	2,32	2,24	4,53	5,17	5,70	4,76	1,7	3,7	4,7	5,7	315	315	300	315
16	184,00	184,65	1,16	2,22	2,63	2,54	5,59	5,80	5,97	4,86	1,8	3,8	4,8	5,8	300	300	300	300
15	184,65	185,40	<b>0,00</b>	<b>1,40</b>	2,99	2,68	5,40	5,85	5,87	4,72	<b>0,0</b>	<b>2,0</b>	<b>3,0</b>	<b>4,0</b>	300	285	300	300
14	185,40	186,45	2,28	2,58	2,77	2,44	5,36	5,42	5,64	4,49	11,4	13,4	14,4	15,4	285	300	300	300
13	186,45	187,05	1,94	2,45	2,66	2,30	5,15	5,66	5,77	4,32	3,3	5,3	6,3	7,3	300	300	300	300
12	187,05	188,00	1,78	2,18	2,39	2,10	5,60	5,26	5,81	4,08	3,2	5,2	6,2	7,2	300	315	300	300

**Tabel 5.4 Maatgevende golfcondities voor losse breuksteen kreukelberm**

Dijk- vak no.	Dijk kilometring (km) van tot		Hs [m]				Tpm [s]				Waterdiepte (m)				Windrichting (°)			
			bij waterstand t.o.v. NAP				bij waterstand t.o.v. NAP				bij waterstand t.o.v. NAP				nautisch bij waterstand t.o.v. NAP			
			+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m
18	182,50	183,40	0,97	1,88	2,32	2,25	6,21	6,40	6,21	5,09	1,9	3,9	4,9	5,9	285	285	300	285
17	183,40	184,00	0,86	1,88	2,28	2,22	5,95	5,97	6,10	5,02	1,7	3,7	4,7	5,7	285	300	300	300
16	184,00	184,65	1,15	2,21	2,63	2,54	5,87	5,95	5,97	4,86	1,8	3,8	4,8	5,8	285	285	300	300
15	184,65	185,40	<b>0,00</b>	<b>1,40</b>	2,98	2,68	5,59	5,85	6,00	4,72	<b>0,0</b>	<b>2,0</b>	<b>3,0</b>	<b>4,0</b>	285	285	285	300
14	185,40	186,45	2,28	2,58	2,75	2,44	5,36	5,67	5,80	4,49	11,4	13,4	14,4	15,4	285	285	285	300
13	186,45	187,05	1,88	2,45	2,66	2,30	5,53	5,66	5,77	4,32	3,3	5,3	6,3	7,3	285	300	300	300
12	187,05	188,00	1,78	2,17	2,39	2,10	5,60	5,67	5,81	4,08	3,2	5,2	6,2	7,2	300	300	300	300

#### 4 Waterstanden

In Tabel 6 zijn de ontwerppeilen weergegeven die bij het ontwerp gebruikt dienen te worden. Vanwege het (nood)sluiten van de stormvloedkering bij een verwachte waterstand boven NAP+3 meter neemt men in de Oosterschelde geen zeespiegelrijzing in beschouwing. Het ontwerppeil is daardoor gelijk aan het toetspeil 2006 dat ook in de tabel is opgenomen. Tabel 6 bevat ook de gemiddeld hoog waterstand en gemiddeld laag water (GHW en GLW). Verder zijn de waterstanden opgenomen bij gemiddeld getij, springtij en doottij (uit [ref 3]).

Tabel 6: Waterstanden en ontwerppeilen

Dijk- vak no.	Ontwerppeil [m] tov NAP	GHW [m] tov NAP	GLW [m] tov. NAP	Springtij		Doodtij	
				HW [m] tov NAP	LW [m] tov. NAP	HW [m] tov NAP	LW [m] tov. NAP
18	3,5	1,45	-1,30	1,65	-1,30	1,15	-1,15
17	3,5	1,40	-1,30	1,65	-1,30	1,15	-1,15
16	3,5	1,40	-1,25	1,60	-1,30	1,15	-1,15
15	3,5	1,40	-1,25	1,60	-1,30	1,15	-1,15
14	3,5	1,40	-1,25	1,60	-1,30	1,15	-1,15
13	3,5	1,40	-1,25	1,60	-1,30	1,15	-1,15
12	3,5	1,40	-1,25	1,60	-1,30	1,15	-1,15

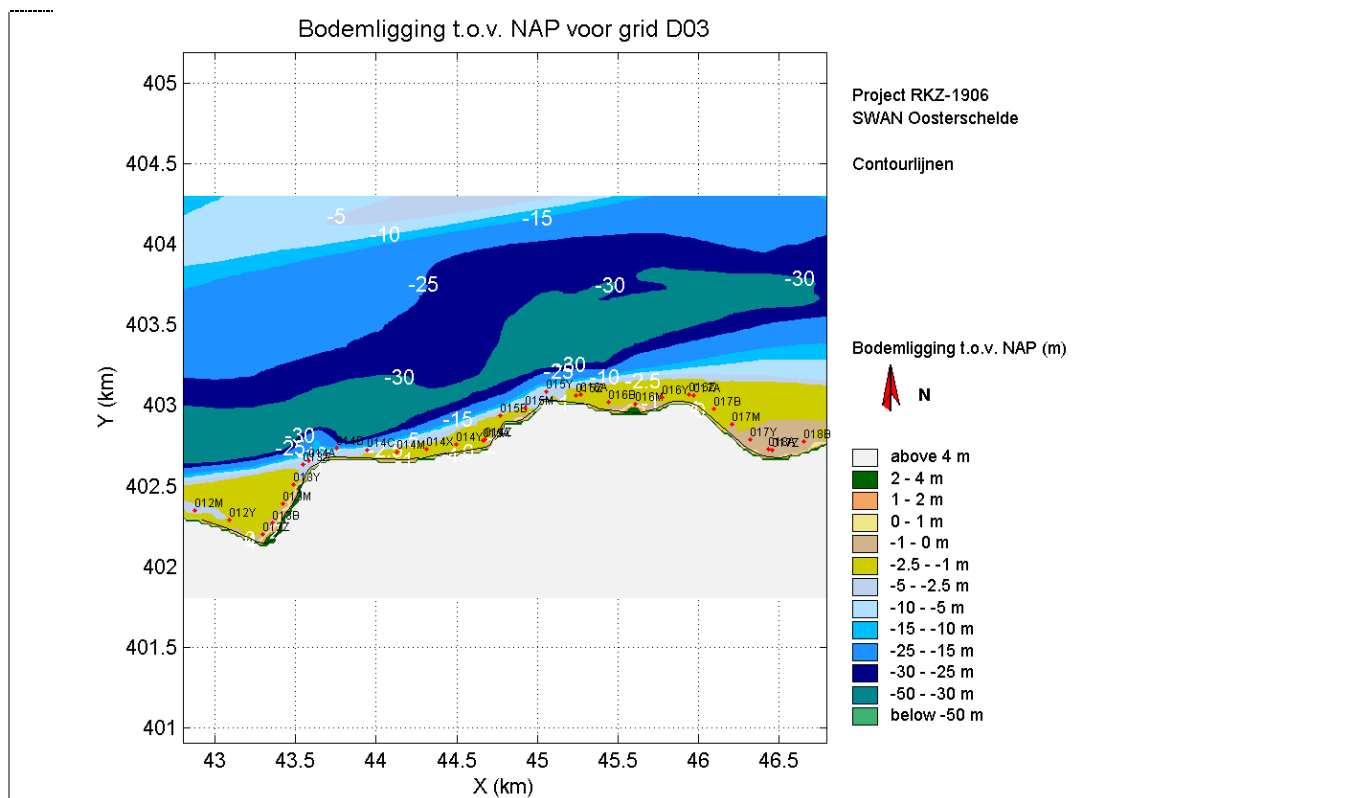
#### 5 Bodemligging en golfcondities lagere waterstanden

De representatieve bodemligging [ref. 5 en 6] voor de dijkvakken is weergegeven in Tabel 7. Voor het traject neemt de diepte sterk toe. De dijk heeft een 'zaagtand' verloop waardoor bepaalde delen van het traject dicht bij diep water liggen (zie Figuur 7). Dit geldt vooral voor de westzijde van dijkvak 14. De bodem ligt hier gemiddeld op ca. NAP -8 m. De uitvoerpunten van dijkvak 15 liggen op diep water en zijn niet representatief voor dit dijkvak. Daarom is de representatieve bodemligging aangepast (zie voor toelichting paragraaf 3 en vet gemarkeerde waarden in Tabel 7).

Tabel 7: Bodemligging

Dijk- vak no.	Dijk kilometrerings (km)		Representatieve bodemligging [m] tov NAP	Gemiddelde bodemligging [m] tov NAP	Stand.dev. bodemligging [m] tov. NAP
	van	tot			
18	182,50	183,40	-1,63	-1,24	0,39
17	183,40	184,00	-1,45	-1,10	0,35
16	184,00	184,65	-2,05	-1,42	0,63
15	184,65	185,40	<b>0,00</b>	-	-
14	185,40	186,45	-7,47	-4,23	3,24
13	186,45	187,05	-2,91	-1,89	1,02
12	187,05	188,00	-3,32	-2,36	0,96





**Figuur 7: Bodemligging rond dijktraject**



**Figuur 8: Bodemligging voor dijkvak 15**

Bij de extrapolatie naar lagere waterstanden mogen de waarden  $H_s/D=0.7$  en  $H_s/L_0=0.06$  (= golfsteilheid) niet worden overschreden. In Tabel 8 en 9 is voor de maatgevende golfcondities voor losse breuksteen (Tabel 5.4) gecontroleerd of de waarden  $H_s/D=0.7$  en  $H_s/L_0=0.06$  worden overschreden. De golfcondities die weergegeven zijn bij een waterstand van NAP -1m en -2m zijn bepaald door de golfcondities die horen bij een waterstand van NAP +0m en NAP +2m lineair naar beneden te extrapoleren.

Voor de dijkvakken 12, 13, 16, 17 en 18) geldt dat de voorwaarde  $H_s/D=0.7$  bij een waterstand van NAP -1m of NAP -2m wordt overschreden (zie grijze arcering in Tabel 8). Omdat deze berekende waarden fysisch niet realistisch zijn, zijn de betreffende golfhoogte naar beneden bijgesteld, welke gecorrigeerde waarde in de laatste kolom met grijs zijn gearceerd. Daarbij is rekening gehouden met een ondergrens van  $H_s = 0.25$  m en/of  $T_{pm} = 2.5$  s, omdat de berekende golfcondities in die situaties mogelijk een onderschatting geven van de werkelijke optredende golfcondities [ref. 11]. In Tabel 8 zijn deze situaties waarbij de golfcondities hiervoor gewijzigd zijn blauw gearceerd.

In Tabel 9 is voor de maatgevende golfcondities voor losse breuksteen gecontroleerd of de waarde  $H_s/L_0=0.06$  wordt overschreden bij de waterstanden NAP -1m en NAP -2m. Daarbij staan in de vierde er vijfde kolom de al dan niet gecorrigeerde waarden van  $H_s$  uit Tabel 8. In geen enkel geval blijkt deze voorwaarde overschreden te worden en derhalve behoeven de golfcondities hiervoor niet te worden bijgesteld.

**Tabel 8: Controle criterium  $H_s/D \leq 0.7$** 

Dijk- vak no.	Dijk kilometrerings (km)		Hs [m]		D (m)		Hs/D		Hs en bijgestelde Hs	
	van	tot	bij waterstand t.o.v. NAP		bij waterstand t.o.v. NAP		bij waterstand t.o.v. NAP		bij waterstand t.o.v. NAP	
			-2m	-1m	-2m	-1m	-2m	-1m	-2m	-1m
18	182,50	183,40	0,06	0,52	-	0,63	-	0,82	-	0,45
17	183,40	184,00	-	0,35	-	0,45	-	0,78	-	0,32
16	184,00	184,65	0,09	0,62	0,05	1,05	1,80	0,59	0,25	0,62
15	184,65	185,40	-	-	-	-	-	-	-	-
14	185,40	186,45	1,98	2,13	5,47	6,47	0,36	0,33	1,98	2,13
13	186,45	187,05	1,31	1,60	0,91	1,91	1,44	0,84	0,64	1,34
12	187,05	188,00	1,39	1,59	1,32	2,32	1,05	0,68	0,93	1,59

**Tabel 9: Controle criterium  $H_s/L_0 \leq 0.06$** 

Dijk- vak no.	Dijk kilometrerings (km)		Hs [m]		Tpm [s]		L0 [m]		Hs/L0 [-]		Aan te houden Hs [m]	
	van	tot	bij waterstand t.o.v. NAP		bij waterstand t.o.v. NAP		bij waterstand t.o.v. NAP		bij waterstand t.o.v. NAP		bij waterstand t.o.v. NAP	
			-2m	-1m	-2m	-1m	-2m	-1m	-2m	-1m	-2m	-1m
18	182,50	183,40	-	0,45	-	6,12	-	58,3	-	0,008	-	0,45
17	183,40	184,00	-	0,32	-	5,94	-	55,0	-	0,006	-	0,32
16	184,00	184,65	0,25	0,62	5,79	5,83	52,3	53,0	0,001	0,012	0,25	0,62
15	184,65	185,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	185,40	186,45	1,98	2,13	5,05	5,21	39,8	42,3	0,050	0,050	1,98	2,13
13	186,45	187,05	0,64	1,34	5,40	5,47	45,5	46,6	0,014	0,029	0,64	1,34
12	187,05	188,00	0,93	1,59	5,53	5,57	47,7	48,3	0,019	0,033	0,93	1,59

## 6 Bodemprognose

De golfrandvoorwaarden in dit advies zijn gebaseerd op SWAN-berekeningen uit 1998 [ref 1], aangevuld met berekeningen uit 2005 [ref 2]. Bij berekening van de golfcondities is gebruik gemaakt van een bodemschematisatie die destijds representatief werd geacht voor een planperiode van 50 jaar [ref 1]. De hieruit volgende bodemschematisatie wordt de "ontwerpbodem" genoemd.

Recent is er op basis van de gemeten bodemligging van 1990, 2001 en 2007 een toekomstprognose gemaakt voor de ontwikkeling van de bodemligging van de Oosterschelde tot het jaar 2112 [ref 17]. De hieruit volgende bodemschematisatie voor het jaar 2062 wordt de "prognosebodem" genoemd. Uit deze toekomstprognose blijkt dat de ontwikkeling van de Oosterschelde op enkele locaties sneller

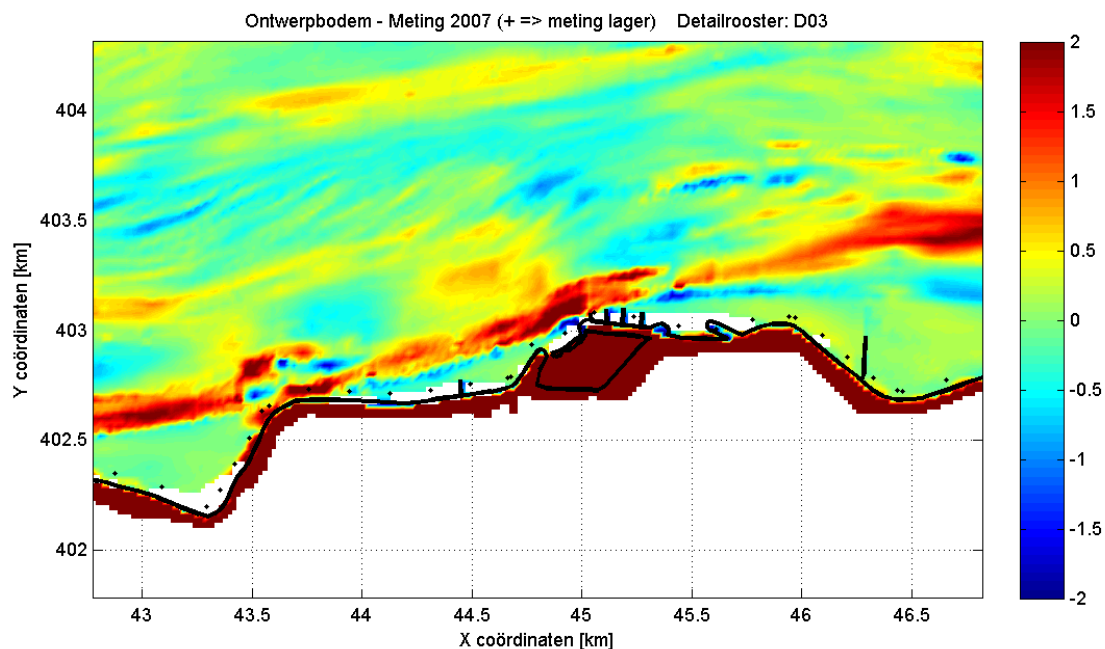
gaat dan voorzien was in 1998.

De impact op de golfrandvoorwaarden door de het gebruik van deze prognosebodem in plaats van de ontwerpbodem is bestudeerd in ref 17 en 18. Hieruit blijkt dat de golfrandvoorwaarden op basis van prognosebodem op een aantal locaties hoger zijn dan bij de ontwerpbodem. In deze paragraaf wordt geadviseerd hoe in het ontwerp moet worden omgegaan met de uitkomsten van deze laatste studie [ref 18]. Opgemerkt moet worden dat de betrouwbaarheid van de prognosebodem niet veel groter is dan de ontwerpbodem, waardoor er opgepast moet worden om harde conclusies te trekken. Daarom worden niet zonder meer de randvoorwaarden op basis van de prognosebodem geadviseerd.

In Figuur 9 is het verschil weergegeven tussen de bodemligging uit de ontwerpbodem, waarop de randvoorwaarden in dit advies gebaseerd zijn, minus de bodemligging op basis van metingen uit 2007. Positieve waarden geven aan dat de huidige bodemligging (meting uit 2007) lager ligt dan de ontwerpbodem. Uit Figuur 9 blijkt dat op een aantal locaties en met name dijkvak 14 en voor de dammen van de Oesterputten bij dijkvak 15, de bodem die volgt uit metingen van 2007 lager ligt dan de ontwerpbodem. De bodemontwikkeling lijkt hier sneller te gaan dan in 1998 was voorzien en wij raden de ontwerper aan hier rekening mee te houden bij het ontwerp van de kreukelberm.

Uit berekeningen op basis van de prognosebodem in vergelijking met de ontwerpbodem blijkt dat de totale golfbelasting Z1 voor dijkvak 14 redelijk toeneemt en voor dijkvak 15 licht toeneemt [tabel 7.1 uit ref 18]. Aangeraden wordt om voor deze dijkvakken enige robuustheid in het ontwerp in te bouwen.

**Figuur 9: Verschil in ligging ontwerpbodem minus bodem die volgt uit meting 2007**



## **Bijlagen 2: Effect dammen op golfcondities dijkvak 15 (Oesterputten)**

## 1 Golfcondities buitenzijde dammen

De golfcondities voor dijkvak 15, zoals gegeven in de Tabel 2 en in de Tabellen 5.1 t/m 5.4 zijn geldig voor de achterliggende primaire waterkering (blauwe lijn in Figuur 2). Deze golfcondities kunnen niet gebruikt worden voor ontwerp van de voorliggende dammen, omdat in die golfcondities het golfreducerende effect van de Oesterputten is meegenomen. Voor de buitenzijde van de voorliggende drie dammen (zie blauwe, roze en gele lijnen in Figuur 2) kan gebruik worden gemaakt van de golfcondities uit Tabel 10.

De randvoorwaarden uit Tabel 10 zijn bepaald met nieuwe belastingfuncties [ref 15] en met aangescherpte correcties [ref 4]. Voor de verschillende bekledingstypen en faalmechanismen zijn vier verschillende belastingfuncties gebruikt (genaamd Z4 t/m Z7) om de maatgevende golfcondities te bepalen. De bijbehorende bekledingstypen en faalmechanismen zijn weergegeven in Tabel 12.

**Tabel 10: Maatgevende belastingcombinatie voor de buitenzijde van de dammen bij dijkvak 15 voor verschillende belastingfuncties**

Dijk- vak	Dijk kilometrerings (km)		Hs [m]				Tpm [s]				Waterdiepte (m)				Windrichting (°)			
			bij waterstand t.o.v. NAP				bij waterstand t.o.v. NAP				bij waterstand t.o.v. NAP				nautisch bij waterstand t.o.v. NAP			
Z4	184,65	185,40	2,23	2,84	2,98	2,64	5,59	5,85	6,00	4,81	3,6	5,6	6,6	7,6	285	285	285	285
Z5	184,65	185,40	2,23	2,84	2,98	2,68	5,59	5,85	6,00	4,72	3,6	5,6	6,6	7,6	285	285	285	300
Z6	184,65	185,40	2,24	2,84	2,99	2,68	5,40	5,85	5,87	4,72	3,6	5,6	6,6	7,6	300	285	300	300
Z7	184,65	185,40	2,23	2,84	2,98	2,68	5,59	5,85	6,00	4,72	3,6	5,6	6,6	7,6	285	285	285	300

De representatieve bodemligging [ref. 5 en 6] met betrekking tot de buitenzijde van de voorliggende dammen is weergegeven in Tabel 11. De bodem ligt hier aanzienlijk lager dan bij de Oesterputten.

**Tabel 11: Bodemligging voor golfcondities buitenzijde dammen**

Dijk- vak	Poldernaam	Repr. bodemligging (m)	Gemiddelde bodemligging (m)	Bodemligging st. dev. (m)
no.		t.o.v. NAP	t.o.v. NAP	t.o.v. NAP
15	haven Oesterputten	-3,12	-2,42	0,69

## 2 Verschil in golfcondities monding door nieuwe inzichten

**Let op:** de randvoorwaarden in de monding van de Oesterputten (zoals beschreven in volgende paragraaf) zijn niet bepaald met de nieuwe belastingfuncties per bekledingstype [ref 15] en niet met aangescherpte correctiewaarden [ref 4]. Voor de randvoorwaarden in de haven zijn namelijk de klassieke belastingfuncties [ref 5 en 6] gebruikt ( $H_s \cdot T_{pm}$ ,  $H_s \cdot T_{pm}^2$  en  $H_s^2 \cdot T_{pm}$ ) en de oude correctiewaarden [ref 19].

Om te bekijken of de berekende randvoorwaarden bij de Oesterputten nog gebruikt kunnen worden bij het ontwerp zijn in deze paragraaf de verschillen bekeken voor de monding tussen: “de randvoorwaarden op basis van nieuwe belastingfuncties [ref 15] en de aangescherpte correctiewaarden [ref 4]” en anders “de randvoorwaarden op basis van klassieke belastingfuncties [ref 5 en 6] en de oude correctiewaarden [ref 19]”. In WindWater2010 zijn zowel de klassieke als de nieuwe belastingfuncties geprogrammeerd (zie Tabel 12), waardoor de



golfrandvoorwaarden op basis van beide sets gemakkelijk met elkaar vergeleken kunnen worden.

**Tabel 12: Belastingfuncties**

Klassieke belastingfuncties	
Z1	Hs:Tpm (veelal geldig voor betonzuilen)
Z2	Hs:Tpm*Tpm
Z3	Hs*Hs:Tpm (veelal geldig voor betonblokken en asfalt)
Belastingfuncties per bekledingstype	
Z4	(gekantelde) betonblokken en patroon geperforeerde breuksteen
Z5	betonzuilen
Z6	afschuiving, asfalt (OSA en WAB), vol en zat geperforeerde breuksteen
Z7	losse breuksteen kreukelberm

In tabel 13.1 en 13.2 zijn de verschillen in golfrandvoorwaarden voor de monding van de Oesterputten gegeven voor een tweetal bekledingstypen, namelijk voor betonblokken en betonzuilen. De nieuwe belastingfunctie voor betonblokken (Z4) is vergeleken met de klassieke belastingfunctie (Z3) die veelal geldig is voor betonblokken en de nieuwe belastingfunctie voor betonzuilen (Z5) met de klassieke belastingfunctie (Z1) die veelal geldig is voor betonzuilen. Positieve waarden komen overeen met een toename van de golfcondities op basis van de nieuwe belastingfuncties [ref 15] en aangescherpte correctiewaarden [ref 4] i.v.m. de klassieke belastingfuncties [ref 5 en 6] en de oude correctiewaarden [ref 19].

Voor betonblokken en betonzuilen neemt de golfhoogte ( $H_s$ ) met 0,27-0,39 m toe. De golfperiode ( $T_{pm}$ ) neemt over het algemeen af tot maximaal 0.39s, met uitzondering van de laagste waterstand, waarbij de golfperiode toeneemt.

**Tabel 13.1: Verschil in randvoorwaarden (gekantelde) betonblokken (Z4-Z3)**

Dijk- vak	Dijk kilometering (km)		Hs [m]				Tpm [s]				Waterdiepte (m)				Windrichting (°)			
			bij waterstand t.o.v. NAP				bij waterstand t.o.v. NAP				bij waterstand t.o.v. NAP				nautisch bij waterstand t.o.v. NAP			
15	184,65	185,40	0,33	0,39	0,37	0,27	0,09	-0,08	-0,12	-0,25	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	-15

**Tabel 13.2: Verschil in golfrandvoorwaarden betonzuilen (Z5-Z1)**

Dijk- vak	Dijk kilometering (km)		Hs [m]				Tpm [s]				Waterdiepte (m)				Windrichting (°)			
			bij waterstand t.o.v. NAP				bij waterstand t.o.v. NAP				bij waterstand t.o.v. NAP				nautisch bij waterstand t.o.v. NAP			
no.	van	tot	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m
15	184,65	185,40	0,33	0,39	0,37	0,33	0,09	-0,08	-0,12	-0,39	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	15

Aangezien deze verschillen niet verwaarloosbaar zijn wordt aangeraden de golfcondities voor de achterliggende dijken bij de Oesterputten opnieuw te bepalen met nieuwe belastingfuncties [ref 15] en aangescherpte correctiewaarden [ref 4] of anderzijds een inschatting te maken van de ontstane verschillen.

### 3 Golfcondities dijkvak 15 bij behoud voorliggende dammen

Bij berekening van de golfcondities van dijkvak 15 in Tabel 2 en de Tabellen 5.1 t/m 5.4 is rekening gehouden met het golfreducerende effect van de Oesterputten, maar is het effect van de voorliggende dammen niet meegenomen in de berekening van de golfcondities. Indien de voorliggende dammen worden versterkt, zodat deze bestand zijn tegen de 1/4000<sup>ste</sup> golfcondities kan het golfreducerende effect van deze dammen meegenomen worden in de golfcondities van

de achterliggende waterkering en aan de binnenzijde van de dammen.

Er zijn golfcondities berekend voor de binnenzijde van de dammen en ter plaatse van primaire waterkering voor een tweetal situaties:

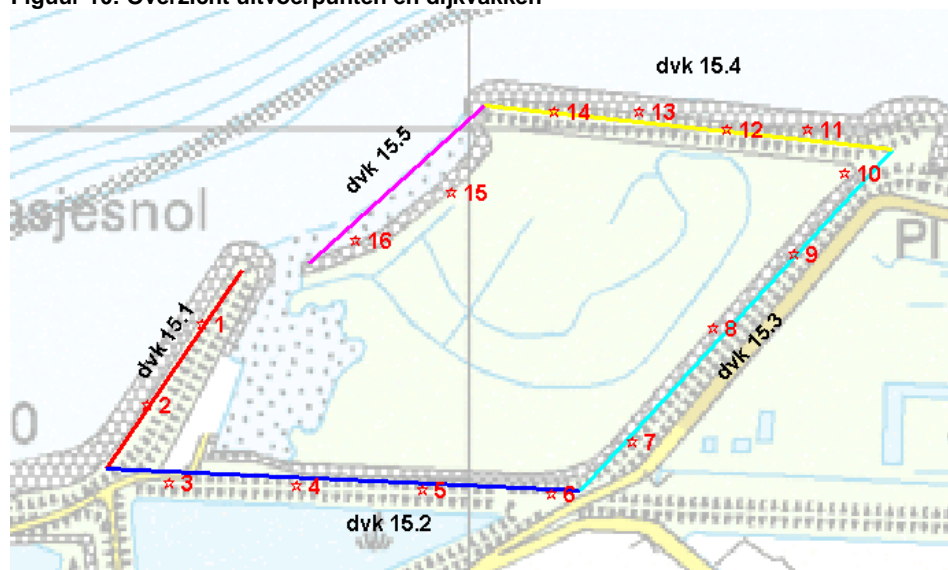
1. Situatie waarbij de voorliggende hoogste dammen (zie rode en oranje lijn, Figuur 2) bestand worden gemaakt tegen de 1/4000<sup>ste</sup> golfcondities
2. Situatie waarbij de voorliggende dammen, inclusief middendam (zie rode, oranje en roze lijn Figuur 2) bestand worden gemaakt tegen de 1/4000<sup>ste</sup> golfcondities

De golfcondities zijn berekend met behulp van de spreadsheet "Rekeninstrument -Golfbelasting in Havens - v2-0.xls" volgens de handleiding van het RIKZ [ref 12]. Er is uitvoer gegeneerd voor een 16-tal uitvoerpunten, waarna het gebied rond de Oesterputten is opgedeeld in vijf dijkvakken, om het aantal af te geven golfcondities te beperken. De uitvoerpunten en dijkvakken zijn weergegeven in Figuur 10 en Tabel 14.

**Tabel 14: Beschrijving dijkvakken en toegepaste uitvoerpunten**

dijkvak	beschrijving	uitvoerpunten
15_1	binnenzijde voorliggende westelijke dam (rode lijn Figuur 2)	1, 2
15_2	westzijde achterliggende waterkering (blauw Figuur 2)	3, 4, 5, 6
15_3	oostzijde achterliggende waterkering (blauw Figuur 2)	7, 8, 9, 10
15_4	binnenzijde voorliggende oostelijke dam (gele lijn Figuur 2)	11, 12, 13, 14
15_5	binnenzijde voorliggende lage midden dam (roze lijn Figuur 2)	15, 16

**Figuur 10: Overzicht uitvoerpunten en dijkvakken**



In Tabel 15 zijn de berekende golfcondities voor situatie 1 (behoud van de twee hoge dammen) en in Tabel 16 voor situatie 2 (behoud van de twee hoge en tussendam) weergegeven, waarbij ook het golfreducerende effect van het schorgebied is meegenomen. De voorliggende dammen (zoals beschreven onder situatie 1 en 2) moeten wel eerst bestand worden gemaakt tegen de 1/4000<sup>ste</sup> golfcondities.

**Tabel 15: Maatgevende belastingcombinatie ( $H_s \cdot T_{pm}$ ) voor steenbekledingen voor de dijkvakken 15\_1 t/m 15\_4, waarbij de voorliggende hoge dammen bestand zijn tegen 1/4000<sup>ste</sup> golfcondities, met reductie schorren**

dijkvak nr	Hs [m] bij waterstand t.o.v. NAP				Tpm [s] bij waterstand t.o.v. NAP				Maatgevende windrichting (°) nautisch bij waterstand t.o.v. NAP				Maatgevende uitvoerpunt
	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m	
	15_1	1.0	1.1	1.2	1.3	4.7	5.3	6.1	5.0	330	330	270	
15_2	0.0	1.4	1.7	1.6	5.3	5.7	6.0	5.0	300	300	300	300	6
15_3	0.0	1.0	1.7	1.6	5.5	5.7	6.0	5.0	285	300	300	300	7
15_4	1.0	1.5	1.7	1.6	5.6	5.9	6.0	5.0	270	270	285	285	14

**Tabel 16: Maatgevende belastingcombinatie ( $H_s \cdot T_{pm}$ ) voor steenbekledingen voor de dijkvakken 15\_1 t/m 15\_5, waarbij de voorliggende hoge dammen en middendam bestand zijn tegen 1/4000<sup>ste</sup> golfcondities, met reductie schorren**

dijkvak nr	Hs [m] bij waterstand t.o.v. NAP				Tpm [s] bij waterstand t.o.v. NAP				Maatgevende windrichting (°) nautisch bij waterstand t.o.v. NAP				Maatgevende uitvoerpunt
	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m	
	15_1	0.6	0.8	1.2	1.2	4.7	5.0	6.1	5.0	60	360	270	
15_2	0.0	0.9	1.7	1.6	5.0	5.7	6.0	5.0	315	300	300	300	6
15_3	0.0	0.9	1.7	1.6	5.0	5.7	6.0	5.0	315	300	300	300	7
15_4	0.0	0.6	1.7	1.5	5.0	5.8	6.0	5.0	315	240	285	285	14
15_5	0.5	0.9	2.4	2.2	5.3	5.7	66.0	5.0	300	300	300	285	16

Bij behoud van de voorliggende dammen, zal het schorgebied beter beschermd zijn tegen erosie. Reductie van het schorgebied is meegenomen in de golfcondities van de Tabellen 15 en 16 door de golfcondities naar beneden bij te stellen indien de fysische bovengrens van  $H_s/D = 0.7$  wordt overschreden. In Tabel 17 is per dijkvak de bodemligging weergegeven, waarbij rekening is gehouden met erosie, door de bodem nog eens met een 0.5m te verlagen. Indien de golfcondities zijn bijgesteld zijn de waarden in Tabel 15 en 16 gearceerd. Reductie van het schorgebied is voor situatie 1 alleen meegenomen voor de dijkvakken 15\_2 en 15\_3 en voor situatie 2 voor de dijkvakken 15\_2, 15\_3 en 15\_4.

**Tabel 17: Bodemligging voor golfcondities dijkvak 15\_1 t/m 15\_5**

dijkvak nr	Huidige bodemligging (m) t.o.v. NAP	Erosie (m)	Repr. bodemligging 2060 (m) t.o.v. NAP
15_1	-0.20	0.50	-0.70
15_2	0.50	0.50	0.00
15_3	1.15	0.50	0.65
15_4	1.30	0.50	0.80
15_5	0.50	0.50	0.00

Meer uitleg over de aanpak en de aannamen die bij deze berekeningen zijn gedaan, zijn beschreven in de volgende paragraaf.

#### 4. Aannamen en aanpak berekening golfcondities

De maatgevende golfbelastingen zijn bepaald voor de belastingsfunctie Z1 ( $H_s \cdot T_{pm}$ ) met behulp van de spreadsheet "Rekeninstrument - Golfbelasting in Havens - v2-0.xls" [ref 11]. De waterkering is daarbij vrij eenvoudig met rechte lijnen geschematiseerd. Er zijn langs deze lijnen op de waterkering een 16-tal uitvoerpunten gecreëerd, waarvoor de golfcondities uitgerekend zijn.

De schematisatie van de haven, alsmede de uitvoerpunten en dijkvakken zijn weergegeven in Figuur 10.

De golfcondities langs de binnenzijde van de dammen en langs de achterliggende waterkering worden doorgerekend op basis van de golfcondities in de monding (uitvoerpunt 60) voor de windrichtingen 240°, 270°, 285°, 300°, 315°, 330°, 360°, 30° en 60° en voor de waterstanden NAP+0, +2, +3 en +4 meter. De golfcondities in de monding zijn weergegeven in Tabel 18.

**Tabel 18: Richtingsafhankelijk golfcondities in de monding (uitvoerpunt 60)**

Windrichting (°) nautisch	Hs [m]				Tpm [s]				Golfrichting (°)			
	bij waterstand				bij waterstand				nautisch			
	t.o.v. NAP				t.o.v. NAP				bij waterstand t.o.v. NAP			
	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m
240	1.22	1.55	1.68	1.51	5.39	5.74	5.83	4.76	305	292	288	283
270	1.44	1.95	2.14	2.04	5.51	5.85	6.04	5.02	306	303	301	293
285	1.48	2.05	2.26	2.15	5.45	5.77	5.99	4.99	310	308	306	301
300	1.50	2.09	2.31	2.20	5.27	5.68	5.91	4.96	316	315	313	311
315	1.46	2.04	2.23	2.10	4.96	5.48	5.72	4.82	326	323	321	323
330	1.40	1.91	2.07	1.93	4.65	5.22	5.48	4.68	339	334	332	337
360	1.30	1.62	1.67	1.72	4.45	4.94	5.03	4.67	1	360	360	360
30	1.12	1.31	1.37	1.43	4.33	4.70	4.82	4.49	15	16	17	18
60	1.04	0.83	1.00	1.15	4.63	4.93	4.90	4.40	26	40	38	35

In eerdere studies is gebleken dat in een aantal situaties de spreadsheet foutmeldingen en/of onnodig conservatieve waarden geeft met betrekking tot de diffractie diagrammen in de spreadsheet [ref 13]. Daarom zijn een aantal aanpassingen aan de spreadsheet doorgevoerd volgens de memo van ref 13.

Verder zijn de volgende aannamen gedaan:

- Voorliggende dammen blijven onder maatgevende stormcondities behouden, zoals aangegeven onder situatie 1 en 2
- Voor beide hoogste dammen is een kruinhoogte aangehouden van NAP + 5.1m en voor de tussendam een hoogte van NAP +2.2m.
- Bij de berekening van de bijdrage van transmissie aan de golfcondities ter plaatse van de uitvoerpunten, is de dam beschouwd als een gladde dichte dam met een flauw talud. De bijbehorende coëfficiënten zijn:  $\alpha = 2.4$  en  $\beta = 0.40$ .
- De volgende processen zijn geactiveerd bij de golfdoordringingsberekeningen: diffractie, transmissie, interactie transmissie en diffractie.
- Er is geen lokale golfgroei meegenomen, omdat deze vanwege de beperkte omvang van het bekken niet relevant wordt verondersteld.
- Om het effect van het schorgebied mee te nemen is voor de berekende golfcondities een fysische bovengrens aangehouden van  $H_s/D=0.7$ . Reductie van het schorgebied is voor situatie 1 alleen meegenomen voor de dijkvakken 15\_2 en 15\_3 en voor situatie 2 voor de dijkvakken 15\_2, 15\_3 en 15\_4.

De aanpak van de berekeningen bij situatie 1 is verschillend aan die van situatie 2. Bij situatie 1 zullen namelijk alle locaties langs de waterkering worden belast door transmissie over een dam van NAP + 5.1m. Bij situatie 2 hangt het af van de locatie van het uitvoerpunt en van de golfrichting of betreffend uitvoerpunt wordt belast door transmissie over een dam van NAP + 2.2m of over een dam met een hoogte van NAP + 5.1m. In Tabel 19 is voor elk uitvoerpunt de hoogte van de dam weergegeven waarover transmissie wordt berekend. Daarnaast zal bij de waterstanden van NAP + 3m en NAP + 4m de openingsbreedte van de monding veel groter

worden dan bij de waterstanden van NAP + 0m en NAP + 2m, doordat de tussendam zich onder de waterspiegel bevindt. Bij situatie 1 blijft voor elke waterstand de openingsbreedte van de monding gelijk.

Tabel 19: Hoogte van dammen waarover transmissie wordt berekend per uitvoerpunt en wind/golfrichting

uitvoerpunt	Windrichting (°)								
	240	270	285	300	315	330	360	30	60
nr	Golfrichting (°) (bij NAP+3m)								
	288	301	306	313	321	332	360	17	38
1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	2.2	2.2	2.2
2	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	2.2	2.2	2.2
3	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	2.2	2.2	2.2	5.1
4	5.1	5.1	5.1	5.1	2.2	2.2	2.2	2.2	5.1
5	5.1	5.1	5.1	2.2	2.2	2.2	2.2	5.1	5.1
6	5.1	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	5.1	5.1	5.1
7	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	5.1	5.1	5.1
8	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	5.1	5.1	5.1
9	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	5.1	5.1	5.1	5.1
10	2.2	2.2	2.2	2.2	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1
11	2.2	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1
12	2.2	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1
13	2.2	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1
14	2.2	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1
15	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
16	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2



**Referenties**

- [1.] Kamsteeg, A.T. et al: '*Golfberekeningen Oosterschelde*', RIKZ/2001.006
- [2.] Alkyon: '*Update golfcondities RAND2001 beïnvloedingsgebied OS-kering, Herberekening westelijke winden*', d.d. augustus 2005, Alkyonrapport
- [3.] Jansen, M: '*Hoog- en laagwaterstand en ontwerppeil per dijkvak Oosterschelde*', d.d. januari 2010, RKZ-1906.016 van mantelovereenkomst RKZ-1906.
- [4.] Svašek Hydraulics, van de Rest, P.: '*Update correctiewaarden Zeeland*', d.d november 2010, kenmerk: 1585/U10250/D/PvdR.
- [5.] Svašek Hydraulics en Royal Haskoning: '*Handleiding hydraulische detailadviezen Oosterschelde en Westerschelde 2007 t.b.v. projectbureau Zeeweringen; Deel 1 van 2: Checklist detailadviezen*', d.d. 23 november 2007.
- [6.] Svašek Hydraulics en Royal Haskoning: '*Handleiding hydraulische detailadviezen Oosterschelde en Westerschelde 2007 t.b.v. projectbureau Zeeweringen; Deel 2 van 2: Achtergrond detailadviezen*', d.d. 23 november 2007.
- [7.] Royal Haskoning en Svašek Hydraulics: '*2010.05C Factsheet Update detailadvies Oudnoordbevelandpolder tot westelijke inlaag.xls*', d.d. 1 november 2010.
- [8.] Svašek Hydraulics en Royal Haskoning: '*Detailadvies Oud Noordbevelandpolder tot de westelijke inlaag*', d.d. 28 maart 2008, RKZ-1906.007 van mantelovereenkomst RKZ-1906.
- [9.] Svašek Hydraulics en Royal Haskoning: '*Detailadvies Oud Noordbevelandpolder, incl. Colijnsplaat (2006.02.23)*', d.d. juni 2006.
- [10.] Svašek Hydraulics en Royal Haskoning: '*Revisie detailadvies Thoorpolder, Vlietepolder (2005.07.06a)*', d.d. 23 september 2005
- [11.] Deltares, Groenendaal, E: '*Toepassen minimale Hs en Tpm voor hydraulische advisering aan Projectbureau Zeeweringen*', maart 2008, kenmerk H5102/EG/01.
- [12.] RIKZ: '*Golfbelastingen in havens en afgeschermd gebied*' RIKZ\2004.001, d.d. 15 februari 2004
- [13.] Svašek Hydraulics in opdracht van RIKZ, van de Rest, P: '*Memo inventarisatie problemen spreadsheet havens*' d.d. 13 augustus 2007
- [14.] Deltares, Klein Breteler, M.: '*Belastingfunctie voor keuze maatgevende golfcondities*', d.d. 21 oktober 2009.
- [15.] Svašek Hydraulics, van de Rest, P.: '*Memo Nieuwe belastingfuncties steenbekledingen*' d.d. 18 januari 2010, PvdR/09358/1573/D.
- [16.] Svašek Hydraulics en Royal Haskoning: '*Overzichtskaat Oosterschelde en Westerschelde (RKZ1906.25)*', mei 2010.
- [17.] Royal Haskoning: '*Toekomstprognose ontwikkeling intergetijdengebied Oosterschelde*', kenmerk 9T4814.A0/R0002/SJAC/SSOM/Rott, d.d. 12 december 2008.
- [18.] Svašek Hydraulics, van den Boomgaard, M en van de Rest, P.: '*Impact bodemprognose op detailadviezen Oosterschelde*', MB/1565/09388/C, d.d. 8 januari 2010.
- [19.] WL Delft: '*Correctiewaarden Zeeland, Fase 1: Bepaling correctiefuncties voor ontwerp*', d.d. augustus 2005, WL-rapport H4576

[20.]

Hogeschool Zeeland, Roelands, R., Geelhoed, K.:  
*'Reconstructie Glasjesnol; Een veilig ontwerp met oog voor ruimtelijke  
kwaliteit'*, d.d. juni 2010