

## Detailadvies Maria-, Anna Friso en Jacobapolder inclusief Sophiahaven en Roompot, ECO-beach

Aan : Yvo Provoost (Projectbureau Zeeweringen)  
Van : Pol van de Rest (Svašek Hydraulics)  
Tweede lezer : Erik Arnold (Royal Haskoning)  
Datum : 1 november 2010  
Betreft : 2010.20C Update detailadvies Maria-, Anna Friso en Jacobapolder inclusief Sophiahaven en Roompot, ECO-beach  
Status : Definitief  
Ref. Svašek : 1605/U10284/C/PvdR  
Ref. Royal Haskoning : 9V9006.A0/N0200/EARN/ILAN/Rott1

---

**Let op: Dit detailadvies is een herziening van het oorspronkelijke detailadvies Maria-, Anna Friso en Jacobapolder, inclusief Sophiahaven en Roompot ECO-beach [ref 8]. In het kader van het Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen zijn recentelijk nieuwe formules ontwikkeld voor het toetsen en ontwerpen van steenzettingen [ref 16]. Deze nieuwe ontwerpformules worden reeds gebruikt bij projectbureau Zeeweringen bij het ontwerp van dijkbekledingen. Met deze nieuwe ontwerpformules zijn nieuwe belastingfuncties bepaald [ref 17], 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 Maria-, Anna Friso en Jacobapolder, inclusief Sophiahaven en Roompot ECO-beach, welke betrekking heeft op het traject vanaf dijkkilometer 190.05 tot 194.86. Het ontwerptraject loopt van dijkkilometer 190.50 tot 194.86. Dijkkilometer 190.50 ligt in dijkvak 7 en dijkkilometer 194.86 ligt op de grens van dijkvak 1.

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 11]). De dijkvakken 5A t/m 5F zijn nieuw gecreëerde dijkvakken, welke niet zijn weergegeven in ref 11. De ligging van deze nieuwe dijkvakken is weergegeven in Figuur 3 en de ligging van de dijkvakken 1 t/m 4 en dijkvak 6 en 7 is weergegeven in Figuur 2 (volgens ref. 11).

Tabel 1: Beschouwde dijkvakken

Dijk- vak  no.	Dijkvakscheidings- coördinaten tov Parijs (m)				Dijk kilometrering (km)		Poldernaam
	van		tot		van	tot	
	x	y	x	y			
7	40642	401938	40226	401630	190,05	190,65	inlaag Thoornpolder
6	40226	401630	39535	401518	190,65	191,35	(voorland duintjes) inlaag Thoornpolder
5F	39451	401893	39510	401650	--	--	Sophiahaven
5E	39510	401650	39114	401622	--	--	Sophiahaven
5D	39114	401622	39022	401938	--	--	Sophiahaven
5C	39022	401938	39416	402026	--	--	Sophiahaven
5B	39535	401518	39451	401893	191,35	--	Zuidelijke dam Sophiahaven
5A	39416	402026	39000	401998	--	--	Noordelijke dam Sophiahaven
4	39000	401998	38016	402435	--	193,35	inlaag
3	38016	402435	37692	402353	193,35	193,70	Anna Frisopolder
2b	37692	402353	37341	402307	193,70	194,10	havenplateau Rippolder
2a	37341	402307	37258	402344	194,10	194,20	havenplateau Rippolder
1	37258	402344	36867	402585	194,20	194,86	havenplateau Jacobahaven Rippolder

**Tabel 2: Maatgevende golfcondities voor betonzuilen**

Dijk- vak no.	Dijk kilometrerings (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
7	190,05	190,65	0,88	1,86	2,04	1,68	5,10	5,77	6,03	4,48	1,1	3,1	4,1	5,1	330	300	300	360
6	190,65	191,35	-	0,64	1,14	1,43	-	4,48	5,76	4,63	-	0,8	1,8	2,8	-	360	315	360
5B	191,35	--	1,49	1,77	1,85	1,55	5,49	5,72	5,81	4,90	3,8	5,8	6,8	7,8	300	300	300	60
5A	--	--	1,58	1,86	1,95	1,66	5,18	5,49	6,09	5,15	4,2	6,2	5,2	5,4	300	300	300	60
4	--	193,35	1,19	2,02	2,27	1,81	6,09	6,17	6,51	5,15	1,7	3,7	4,7	5,7	300	300	300	60
3	193,35	193,70	1,46	2,09	2,28	1,80	6,10	6,67	7,20	5,14	2,1	4,1	5,1	6,2	300	300	300	60
2b	193,70	194,10	-	0,94	1,67	1,31	-	5,43	7,24	5,33	-	0,9	1,9	2,9	-	315	300	60
2a	194,10	194,20	1,99	2,45	2,71	1,71	6,01	6,58	7,02	5,08	4,6	6,6	7,6	8,6	300	285	300	60
1	194,20	194,86	1,54	2,03	2,28	0,84	6,49	7,37	8,07	5,20	6,0	8,0	9,0	10,0	300	300	300	60

**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 17]. 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 2a, 3, 5A en 5B 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 1:3,2 tot 1:4,5 voor dijkvak 1 en 4, 1:3,0 tot 1:3,8 voor dijkvak 2b, 1:3,4 tot 1:3,6 voor dijkvak 6 en 1:3,4 tot 1:3,8 voor dijkvak 7. 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 17]. Daarom moeten golfcondities waarvoor geldt  $\xi_{op} > 2$  (bij de aanwezigheid van een hoog voorland) aangepast worden [ref 17], zodat geldt  $\xi_{op} = 2$ . Voor dijkvak 1 bij een waterstand van NAP +4m, bij dijkvak 2b bij de waterstanden van NAP +2m en NAP +3m en dijkvak 6 bij een waterstand van NAP +2m is  $\xi_{op} > 2$ . Bij de dijkvakken 2b en 6 wordt het voorland aangemerkt als een ondiep voorland, echter niet bij dijkvak 1. Daarom zijn de golfcondities (de golfperiode  $T_{pm}$ ) voor deze situaties bijgesteld, welke waarden met een rode arcering zijn aangegeven in Tabel 2 en Tabel 5.2.
- Er is een overlap met het detailadvies 'Vlietepolder, Thoorpolder' [ref 9], waarin de dijkvakken 6 t/m 12 zijn beschouwd. De randvoorwaarden van de overlap (dijkvak 6 en 7) zijn niet gelijk aan dit advies, doordat deze met andere belastingfuncties [ref 17] en met aangescherpte correcties [ref 4] zijn bepaald. De getallen in dit detailadvies voor dijkvak 6 en 7 vervangen de waarden uit het voorgaande advies [ref 9]. Daarnaast is er een overlap met het advies 'Update Maria-, Anna Friso en Jacobapolder inclusief Sophiahaven en Roompot' [ref 10]. De randvoorwaarden van de overlappende delen zijn gelijk aan dit advies.
- Dit detailadvies is een herziening van het oorspronkelijke detailadvies 'Maria-, Anna Friso en Jacobapolder inclusief Sophiahaven en Roompot, ECO-beach' [ref 8]. De randvoorwaarden in dit advies zijn niet gelijk aan het voorgaande advies, doordat deze met andere belastingfuncties [ref 17] en met aangescherpte correcties [ref 4] zijn bepaald.
- Voor de meeste dijkvakken is de golfhoogte en/of golfperiode bij NAP +3m hoger dan bij NAP +4m (zie oranje arcering in de Tabellen 5.1 t/m 5.4 en Tabel 2). Dit komt door de relatief grote invloed van de getijstrooming op de golfcondities tot en met NAP +3 meter. Daarnaast is in een aantal gevallen de golfperiode hoger bij een waterstand van NAP +0m i.v.m. NAP +2m en bij NAP +2m i.v.m. NAP +3m (oranje gearceerd). Dit wordt veroorzaakt doordat bij een hogere waterstand een andere windrichting maatgevend wordt.

- Voor de omgeving van de Sophiahaven zijn nieuwe dijkvakken en dijkvakgrenzen gecreëerd ten opzichte van de ligging van de dijkvakken, zoals aangegeven in Figuur 2. De nieuwe dijkvakken worden dijkvak 5A t/m dijkvak 5F genoemd, waarvan de ligging is weergegeven in Figuur 3. De golfcondities van de dijkvakken 5C t/m 5F zijn berekend met behulp van de spreadsheet "Rekeninstrument -Golfbelasting in Havens - v2-0.xls" volgens de handleiding van het RIKZ [ref 13], de zogenaamde VTV-methode. Bij berekening van deze golfcondities is aangenomen dat beide voorliggende dammen bestand zijn tegen maatgevende stormcondities. **De golfcondities van de dijkvakken 5C t/m 5F zijn dus alleen te gebruiken indien beide voorliggende dammen bestand worden gemaakt tegen de 1/4000 jr golfcondities.** Opgemerkt moet worden dat de golfcondities voor de dijkvakken 5C t/m 5F zijn bepaald m.b.v. de klassieke belastingfuncties [ref 5 en 6] en niet met de nieuwe belastingfuncties [ref 17]. Daarnaast zijn de randvoorwaarden niet gecorrigeerd met de aangescherpte correctiewaarden [ref 4], maar met de correctiewaarden uit [ref 20].
- De bodemligging van de dijkvakken in de haven (dijkvak 5A t/m 5F) is gebaseerd op lodingen van het Waterschap (Bron: R. Derksen, Waterschap Zeeuwse Eilanden) en mondelinge communicatie met de havenbeheerder (dhr. Oostdijk). Omdat de beschikbare lodingen circa 15 jaar oud zijn wordt aangeraden de bodemligging tijdens het ontwerp te controleren.

**Figuur 1: Overzicht projectgebied met daarop o.a. de Jacobahaven, Sophiahaven en duin en strand bij Roompot (bron: Google Earth)**



**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
7	3,5	1,35	-1,25	1,55	-1,25	1,10	-1,10
6	3,5	1,35	-1,25	1,55	-1,25	1,10	-1,10
5F	3,5	1,35	-1,25	1,55	-1,25	1,10	-1,10
5E	3,5	1,35	-1,25	1,55	-1,25	1,10	-1,10
5D	3,5	1,35	-1,25	1,55	-1,25	1,10	-1,10
5C	3,5	1,35	-1,25	1,55	-1,25	1,10	-1,10
5B	3,5	1,35	-1,25	1,55	-1,25	1,10	-1,10
5A	3,5	1,35	-1,25	1,55	-1,25	1,10	-1,10
4	3,5	1,35	-1,20	1,55	-1,25	1,10	-1,10
3	3,5	1,35	-1,20	1,55	-1,25	1,10	-1,10
2b	3,5	1,35	-1,20	1,55	-1,25	1,10	-1,10
2a	3,5	1,35	-1,20	1,55	-1,25	1,10	-1,10
1	3,5	1,35	-1,20	1,50	-1,25	1,10	-1,10

**Tabel 4: Bodemligging**

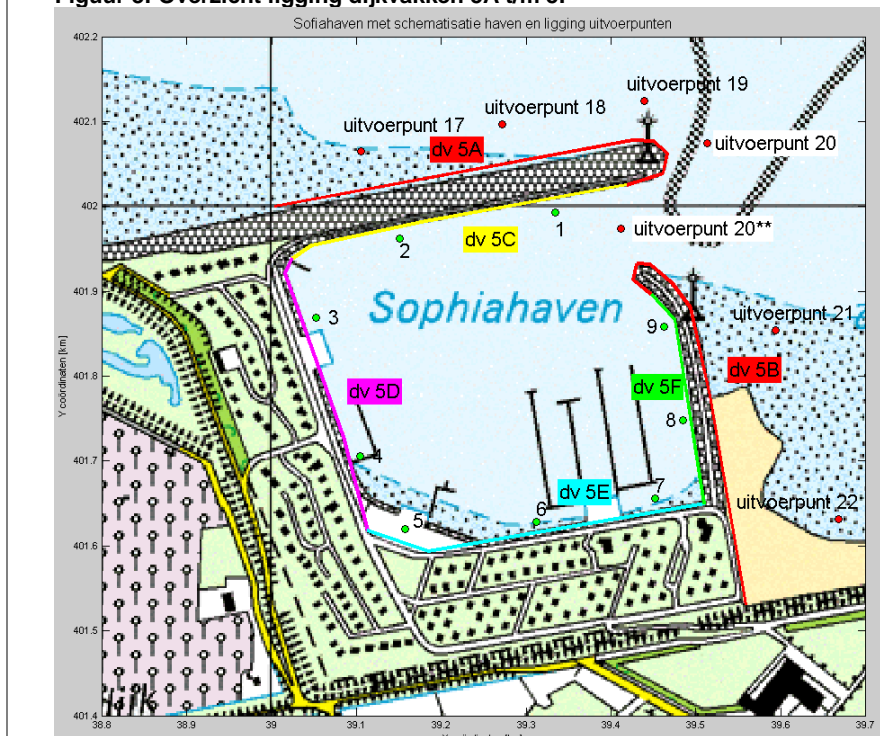
Dijk- vak no.	Dijk kilometrerig (km)		Representatieve bodemligging [m] tov NAP	Gemiddelde bodemligging [m] tov NAP	Stand.dev. bodemligging [m] tov. NAP
	van	tot			
7	190,05	190,65	0,17	2,10	1,93
6	190,65	191,35	1,18	1,75	0,58
5F	--	--	-6,00	-6,00	0,00
5E	--	--	-6,00	-6,00	0,00
5D	--	--	-6,00	-6,00	0,00
5C	--	--	-6,00	-6,00	0,00
5B	191,35	--	-2,42	-0,92	1,50
5A	--	--	-4,05	-2,89	1,16
4	--	193,35	-1,37	-0,73	0,64
3	193,35	193,70	-2,54	-1,04	1,49
2b	193,70	194,10	0,85	0,99	0,14
2a	194,10	194,20	-4,60	-4,06	0,54
1	194,20	194,86	-6,00	-6,00	0,00

**Figuur 2: Overzicht ligging dijkvakken 1 t/m 7**



Let op: De dijkvakken 5a en 5b uit Figuur 2 worden niet in dit advies beschouwd, vanwege de mogelijke versterking van de dammen van de Sophiahaven. Daarom zijn voor de omgeving van de Sophiahaven nieuwe dijkvakken gecreëerd, genaamd 5A t/m 5F. De ligging van deze dijkvakken is weergegeven in Figuur 3.

**Figuur 3: Overzicht ligging dijkvakken 5A t/m 5F**



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

## 1 Ligging dijkvakken

Dit detailadvies heeft betrekking op de dijkvakken 1 t/m 7 (zie Figuur 2 en 3). De dijkvakken liggen op Noord-Beveland (westzijde van de Oosterschelde), vlakbij de Oosterscheldekering. Het ontwerptraject loopt van dijkkilometer 190.50 tot 194.86. Dijkkilometer 190.50 ligt in dijkvak 7 en dijkkilometer 194.86 is de grens van dijkvak 1. Dit advies komt dus overeen met een iets ruimer traject.

Er is een overlap met het detailadvies 'Vlietepolder, Thoornpolder' [ref 9], waarin de dijkvakken 6 t/m 12 zijn beschouwd. De randvoorwaarden van de overlap (dijkvak 6 en 7) zijn niet gelijk aan dit advies, doordat deze met andere belastingfuncties [ref 17] en met aangescherpte correcties [ref 4] zijn bepaald. De getallen in dit detailadvies voor dijkvak 6 en 7 vervangen de waarden uit het voorgaande advies [ref 9]. Daarnaast is er een overlap met het advies 'Update Maria-, Anna Friso en Jacobapolder inclusief Sophiahaven en Roompot' [ref 10]. De randvoorwaarden van de overlappende delen zijn gelijk aan dit advies.

Dit detailadvies is een herziening van het oorspronkelijke detailadvies 'Maria-, Anna Friso en Jacobapolder inclusief Sophiahaven en Roompot, ECO-beach' [ref 8]. De randvoorwaarden in dit advies zijn niet gelijk aan het voorgaande advies, doordat deze met andere belastingfuncties [ref 17] en met aangescherpte correcties [ref 4] zijn bepaald. De waarden in dit detailadvies vervangen de vorige afgegeven waarden.

De dammen die de Sophiahaven beschermen worden mogelijk onderdeel gemaakt van de primaire waterkering. Daarom zijn voor de omgeving van de Sophiahaven nieuwe dijkvakken en dijkvakgrenzen gecreëerd ten opzichte van de ligging van de dijkvakken, zoals aangegeven in Figuur 2. Deze nieuwe dijkvakken worden dijkvak 5A t/m 5F genoemd, waarvan de ligging is weergegeven in Figuur 3. De dijkvakken 5a en 5b uit Figuur 2 worden niet in dit advies beschouwd. Dijkvak 5A heeft betrekking op de buitenzijde en kop van de noordelijke dam, waarbij de golfcondities zijn bepaald op basis van de uitvoerpunten 17 t/m 20 (zie Figuur 3 voor de ligging van de uitvoerpunten). Dijkvak 5B heeft betrekking op de buitenzijde en kop van de oostelijke dam, waarbij de golfcondities zijn bepaald op basis van de uitvoerpunten 20 t/m 22.

De golfcondities van de dijkvakken 5C t/m 5F zijn berekend met behulp van de spreadsheet "Rekeninstrument -Golfbelasting in Havens - v2.0.xls" volgens de handleiding van het RIKZ [ref 13]. Daarbij zijn de golfcondities van uitvoerpunt 20 (zie Figuur 3) doorvertaald naar golfcondities in de haven, waarbij het golfreducerende effect van zowel de noordelijke als de oostelijke dam is meegenomen. **Deze golfcondities zijn daarom alleen te gebruiken indien beide voorliggende dammen bestand worden gemaakt tegen de 1/4000<sup>st</sup> golfcondities.** De berekening van deze golfcondities is beschreven in Bijlage 2. Let op: De golfcondities voor de dijkvakken 5C t/m 5F zijn bepaald m.b.v. de klassieke belastingfuncties [ref 5 en 6] en niet met de nieuwe belastingfuncties [ref 17]. De verschillen die hierdoor ontstaan voor de golfcondities in de haven worden echter klein verondersteld (zie paragraaf 2, Bijlage 2). De randvoorwaarden zijn niet gecorrigeerd met de aangescherpte correctiewaarden [ref 4], maar met de correctiewaarden uit [ref 20].

Dijkvak 5C betreft de binnenzijde van de noordelijke dam en dijkvak 5F de binnenzijde van de oostelijke dam. De dijkvakken 5D en 5E betreffen dijkgedeeltes in de haven, aan de rand van de kade. De ligging van de dijkvakken in en rond de Sophiahaven zijn weergegeven in Figuur 3.

In dit advies is er vanuit gegaan dat zowel de noordelijke als de oostelijke dam van de Sophiahaven bestand worden gemaakt tegen 1/4000<sup>ste</sup> golfcondities. De noordelijke dam beschermt vooral de bebouwing en de boten in de haven. De oostelijke dam heeft ditzelfde doel



(echter in minder mate). Deze oostelijke dam wordt mogelijk versterkt, omdat indien deze dam zal bezwijken het oostelijke gelegen strand en duin bij Roompot versneld wordt wegslagen.

De bodemligging van de dijkvakken in de haven (dijkvak 5A t/m 5F) is gebaseerd op lodingen van het Waterschap (Bron: R. Derksen, Waterschap Zeeuwse Eilanden) en mondelinge communicatie met de havenbeheerder (dhr. Oostdijk). Omdat de beschikbare lodingen circa 15 jaar oud zijn wordt aangeraden de bodemligging tijdens het ontwerp te controleren.

## 2 Situatiebeschrijving

Langs het traject zijn enkele bijzondere objecten te onderscheiden, die in Figuur 1 zijn weergegeven (van west naar noord):

- **Jacobahaven:** Direct ten oosten van de Oosterscheldekering ligt de Jacobahaven met twee havendammen. De westelijk gelegen dam is een relatief lage en smalle dam bestaande uit voornamelijk breuksteen. De oostelijk gelegen dam bestaat uit een breed plateau van circa 100 meter breedte. Beide havendammen maken geen onderdeel uit van de primaire waterkering en zijn niet gedimensioneerd op een maatgevende storm. Daarom zijn bij de berekening van de golfcondities deze als “verloren” beschouwd en is het golfreducerende effect van deze dammen dus niet meegenomen in de berekening van de golfcondities.
- **Strekdam:** Tussen dijkvak 3 en 4 bevindt zich een strekdam. Omdat deze niet gedimensioneerd is op een maatgevende storm, is bij de berekening van de golfcondities deze als “verloren” beschouwd.
- **Sophiahaven:** De Sophiahaven wordt beschermd door een tweetal havendammen. In dit advies is er vanuit gegaan dat zowel de noordelijke als de oostelijke dam bestand worden gemaakt tegen 1/4000ste golfcondities. Het golfreducerende effect van beide dammen is daarom bij berekening van de golfcondities van de dijkvakken 5C t/m 5F meegenomen. De berekening van deze golfcondities is beschreven in Bijlage 2.
- **Strand Roompot:** Ter plaatse van de Roompot (dijkvakken 6 en 7) bevindt zich een duin en een strand voor de achterliggende harde waterkering. Reductie van de golfcondities door het voorliggende strand is wel meegenomen in berekening van de golfcondities, reductie van de golfbelasting ten gevolge van het aanwezige duingebied is niet meegenomen. De golfcondities van de dijkvakken 6 en 7 gelden voor steenbekledingen voor een situatie zonder duinen. Voor dit gebied zijn eveneens indicatieve duinafslagberekeningen uitgevoerd, waarvan de aannames en conclusies in Bijlage 3 beschreven zijn [ref 15].

## 3 Golfcondities

De dijkvakken in het beschouwde traject worden bij de waterstanden NAP+0m, +2m en +3m het zwaarst belast door golven uit (noord-) westelijke windrichtingen, namelijk tussen de 270 en 300 graden (zie tabellen 5.1 t/m 5.4). De kering is bij deze waterstanden immers open. Uitzondering hierop is dijkvak 6 bij een waterstand van NAP+2m, waarbij voor de maatgevende golfcondities voor betonzuilen (Tabel 5.2) en voor afschuiving, WAB, OSA en vol en zat gepenetreerde breuksteen (Tabel 5.3) achtereenvolgens de windrichtingen 360 en 60 maatgevend zijn.

Bij de waterstand NAP+4m worden alle dijkvakken het zwaarst belast door golven uit (noord-) oostelijke windrichtingen, namelijk tussen de 360 en 60 graden (zie tabellen 5.1 t/m 5.4). Dit wordt veroorzaakt doordat bij deze waterstand de Oosterscheldekering gesloten is, waardoor lokaal opgewekte golven maatgevend worden. Door het sluiten van de kering zijn de golfcondities bij een waterstand van NAP +4m aanzienlijk lager dan bij een waterstand van NAP +3m voor alle dijkvakken, met uitzondering van dijkvak 6.

In de Figuren 4 en 5 is het met SWAN berekende golfveld (zonder correcties) weergegeven voor

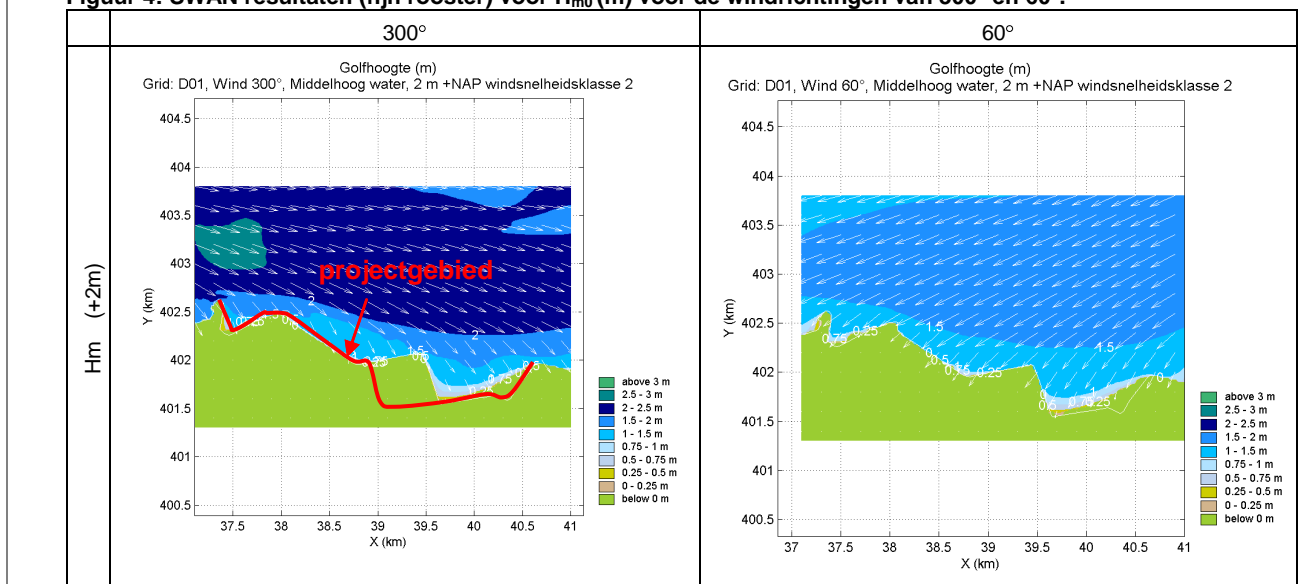
de windrichtingen 300° en 60°, bij een waterstand van NAP +2m en +4m. De windrichting 300° is in veel gevallen maatgevend bij de waterstanden NAP +0m t/m +3m en de windrichting 60° bij een waterstand van NAP +4m. In de eerste figuur is het dijktraject met rood aangegeven. Duidelijk is te zien dat bij een waterstand van NAP +2m de golfcondities (zowel  $H_s$  als  $T_{pm}$ ) bij een windrichting van 300° aanzienlijk hoger zijn dan bij een windrichting van 60°. Bij een waterstand van NAP +4m zijn echter de golfcondities juist hoger bij een windrichting van 60° ten opzichte van 300°.

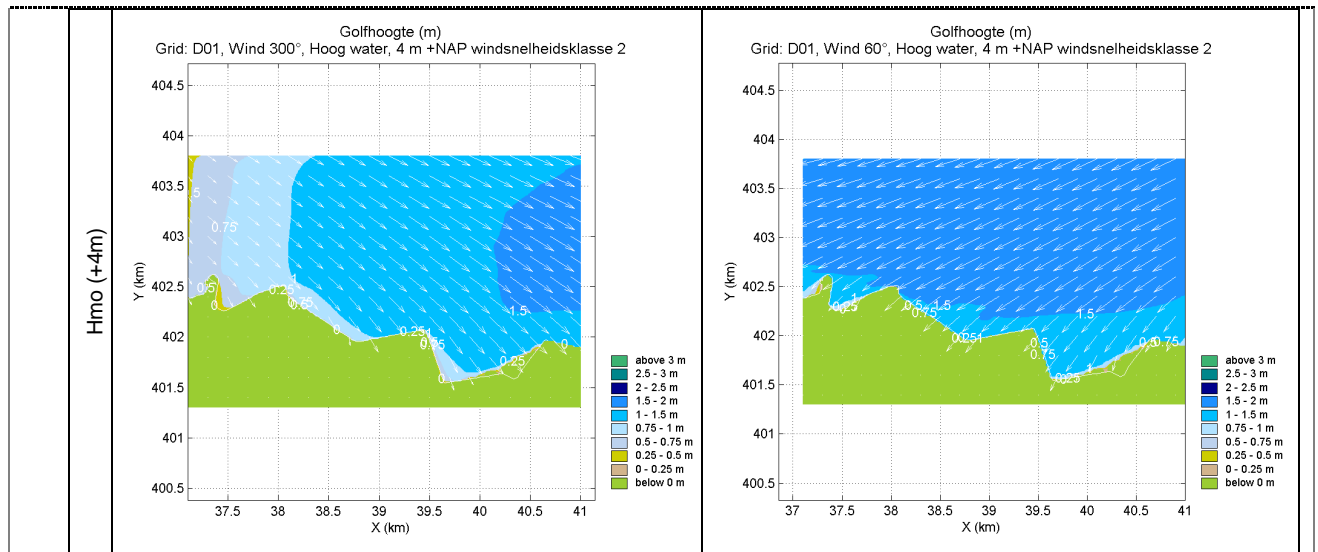
In een aantal situaties is de hoek van golfinval vrij groot, en in enkele gevallen zijn (vrijwel) aflandige windrichtingen maatgevend (bijvoorbeeld dijkvak 5A en 5B, bij waterstand van NAP+0m tot NAP+3m). De betreffende situaties blijken echter wel fysisch realistisch te zijn en zijn daarom niet uitgesloten.

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.

Dijkvak 5A heeft betrekking op de buitenzijde en kop van de noordelijke dam, waarbij de golfcondities zijn bepaald op basis van de uitvoerpunten 17 t/m 20 (zie Figuur 3 voor de ligging van de uitvoerpunten). Dijkvak 5B heeft betrekking op de buitenzijde en kop van de oostelijke dam, waarbij de golfcondities zijn bepaald op basis van de uitvoerpunten 20 t/m 22.

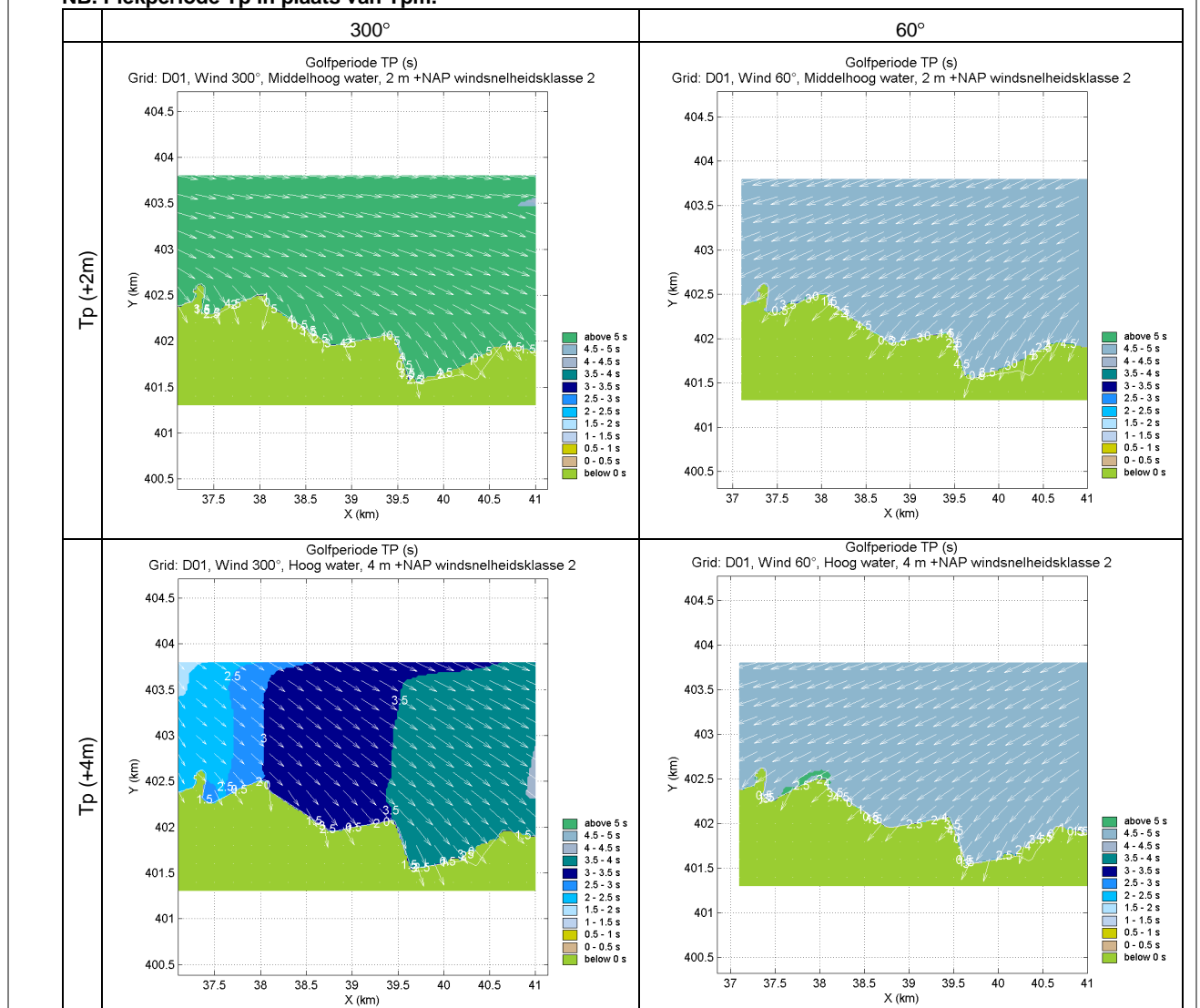
**Figuur 4: SWAN resultaten (fijn rooster) voor  $H_{m0}$  (m) voor de windrichtingen van 300° en 60°.**





**Figuur 5: SWAN resultaten (fijn rooster) voor  $T_p$  voor de windrichtingen van 300° en 60°.**

**NB. Piekperiode  $T_p$  in plaats van  $T_{pm}$ .**



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 17].

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.

De maatgevende golfcondities voor betonzuilen zijn afhankelijk van de taludhelling en de constructie afhankelijke constante (F). Bij bepaling van de maatgevende golfcondities in Tabel 5.2 is uitgegaan van een taludhelling van 1:3,5 en een F-waarde van 6. Indien de taludhelling voor de dijkvakken 2a, 3, 5A en 5B 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 1:3,2 tot 1:4,5 voor dijkvak 1 en 4, 1:3,0 tot 1:3,8 voor dijkvak 2b, 1:3,4 tot 1:3,6 voor dijkvak 6 en 1:3,4 tot 1:3,8 voor dijkvak 7. 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 17]. Daarom moeten golfcondities waarvoor geldt  $\xi_{op} > 2$  (bij de aanwezigheid van een hoog voorland) aangepast worden [ref 17], zodat geldt  $\xi_{op} = 2$ . Voor dijkvak 1 bij een waterstand van NAP +4m, bij dijkvak 2b bij de waterstanden van NAP +2m en NAP +3m en dijkvak 6 bij een waterstand van NAP +2m is  $\xi_{op} > 2$ . Bij de dijkvakken 2b en 6 wordt het voorland aangemerkt als een ondiep voorland, echter niet bij dijkvak 1. Daarom zijn de golfcondities (de golfperiode  $T_{pm}$ ) voor deze situaties bijgesteld, welke waarden met een rode arcering zijn aangegeven in Tabel 2 en Tabel 5.2.

Voor de meeste dijkvakken is de golfhoogte en/of golfperiode bij NAP +3m hoger dan bij NAP +4m (zie oranje arcering in de Tabellen 5.1 t/m 5.4 en Tabel 2). Dit komt omdat bij NAP +4m de Oosterscheldekering is gesloten. De invloed van stroming is daarom bij NAP +4m nauwelijks meer aanwezig. Daarnaast is in een aantal gevallen de golfperiode hoger bij een waterstand van NAP +0m i.v.m. NAP +2m en bij NAP +2m i.v.m. NAP +3m (oranje gearceerd). Dit wordt veroorzaakt doordat bij een hogere waterstand een andere windrichting maatgevend wordt.

Opvallend is dat de waterdiepte bij dijkvak 5A afneemt bij NAP +3m ten opzichte van NAP +2m (zie Tabel 5.2 t/m 5.4). Dit wordt veroorzaakt doordat een ander uitvoerpunt maatgevend wordt, alwaar de bodem hoger ligt, maar de maatgevende golfcondities hoger zijn.

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

Dijk- vak no.	Dijk kilometrerings (km)		Hs [m] bij waterstand t.o.v. NAP				Tpm [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
7	190,05	190,65	0,83	1,78	1,91	1,68	6,92	6,07	6,54	4,48	1,1	3,1	4,1	5,1	270	285	285	360
6	190,65	191,35	-	0,57	1,04	1,43	-	7,49	7,45	4,63	-	0,8	1,8	2,8	-	285	285	360
5B	191,35	--	1,39	1,62	1,85	1,52	5,94	6,31	5,81	5,03	3,8	5,8	6,8	4,8	285	285	300	60
5A	--	--	1,47	1,75	1,88	1,66	5,65	6,05	6,51	5,15	4,2	4,2	5,2	5,4	285	300	285	60
4	--	193,35	1,17	2,02	2,27	1,81	6,23	6,17	6,51	5,15	1,7	3,7	4,7	5,7	285	300	300	60
3	193,35	193,70	1,46	2,09	2,28	1,80	6,10	6,67	7,20	5,14	2,1	4,1	5,1	6,2	300	300	300	60
2b	193,70	194,10	-	0,95	1,67	1,31	-	8,03	7,95	5,33	-	0,9	1,9	2,9	-	300	300	60
2a	194,10	194,20	1,99	2,45	2,71	1,71	6,01	6,58	7,02	5,10	4,6	6,6	7,6	7,5	300	285	300	60
1	194,20	194,86	1,54	2,03	2,28	0,84	6,49	7,37	8,07	5,20	6,0	8,0	9,0	10,0	300	300	300	60

**Tabel 5.2 Maatgevende golfcondities voor betonzulen**

Dijk- vak no.	Dijk kilometrerings (km)		Hs [m] bij waterstand t.o.v. NAP				Tpm [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
7	190,05	190,65	0,88	1,86	2,04	1,68	5,10	5,77	6,03	4,48	1,1	3,1	4,1	5,1	330	300	300	360
6	190,65	191,35	-	0,64	1,14	1,43	-	4,48	5,76	4,63	-	0,8	1,8	2,8	-	360	315	360
5B	191,35	--	1,49	1,77	1,85	1,55	5,49	5,72	5,81	4,90	3,8	5,8	6,8	7,8	300	300	300	60
5A	--	--	1,58	1,86	1,95	1,66	5,18	5,49	6,09	5,15	4,2	6,2	5,2	5,4	300	300	300	60
4	--	193,35	1,19	2,02	2,27	1,81	6,09	6,17	6,51	5,15	1,7	3,7	4,7	5,7	300	300	300	60
3	193,35	193,70	1,46	2,09	2,28	1,80	6,10	6,67	7,20	5,14	2,1	4,1	5,1	6,2	300	300	300	60
2b	193,70	194,10	-	0,94	1,67	1,31	-	5,43	7,24	5,33	-	0,9	1,9	2,9	-	315	300	60
2a	194,10	194,20	1,99	2,45	2,71	1,71	6,01	6,58	7,02	5,08	4,6	6,6	7,6	8,6	300	285	300	60
1	194,20	194,86	1,54	2,03	2,28	0,84	6,49	7,37	8,07	5,20	6,0	8,0	9,0	10,0	300	300	300	60

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

Dijk- vak no.	Dijk kilometrerings (km)		Hs [m] bij waterstand t.o.v. NAP				Tpm [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
7	190,05	190,65	0,88	1,86	2,04	1,68	5,10	5,77	6,03	4,48	1,1	3,1	4,1	5,1	330	300	300	360
6	190,65	191,35	-	0,65	1,14	1,43	-	5,18	5,76	4,63	-	0,8	1,8	2,8	-	60	315	360
5B	191,35	--	1,50	1,77	1,85	1,55	5,24	5,72	5,81	4,90	3,8	5,8	6,8	7,8	315	300	300	60
5A	--	--	1,58	1,86	1,95	1,66	5,18	5,49	6,09	5,15	4,2	6,2	5,2	5,4	300	300	300	60
4	--	193,35	1,19	2,02	2,27	1,81	6,09	6,17	6,51	5,15	1,7	3,7	4,7	5,7	300	300	300	60
3	193,35	193,70	1,46	2,11	2,35	1,80	6,10	6,03	6,43	5,14	2,1	4,2	5,2	6,2	300	300	300	60
2b	193,70	194,10	-	0,95	1,67	1,31	-	8,03	7,95	5,33	-	0,9	1,9	2,9	-	300	300	60
2a	194,10	194,20	1,99	2,45	2,71	1,71	6,01	6,58	6,98	5,08	4,6	6,6	7,6	8,6	300	285	285	60
1	194,20	194,86	1,54	2,03	2,28	0,87	6,49	7,37	8,07	3,92	6,0	8,0	9,0	10,0	300	300	300	30

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

Dijk- vak no.	Dijk kilometrerings (km)		Hs [m] bij waterstand t.o.v. NAP				Tpm [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
7	190,05	190,65	0,83	1,86	2,04	1,68	6,92	5,77	6,03	4,48	1,1	3,1	4,1	5,1	270	300	300	360
6	190,65	191,35	-	0,57	1,04	1,43	-	7,49	7,45	4,63	-	0,8	1,8	2,8	-	285	285	360
5B	191,35	--	1,49	1,77	1,85	1,55	5,49	5,72	5,81	4,90	3,8	5,8	6,8	7,8	300	300	300	60
5A	--	--	1,58	1,86	1,95	1,66	5,18	5,49	6,09	5,15	4,2	6,2	5,2	5,4	300	300	300	60
4	--	193,35	1,19	2,02	2,27	1,81	6,09	6,17	6,51	5,15	1,7	3,7	4,7	5,7	300	300	300	60
3	193,35	193,70	1,46	2,09	2,28	1,80	6,10	6,67	7,20	5,14	2,1	4,1	5,1	6,2	300	300	300	60
2b	193,70	194,10	-	0,95	1,67	1,31	-	8,03	7,95	5,33	-	0,9	1,9	2,9	-	300	300	60
2a	194,10	194,20	1,99	2,45	2,71	1,71	6,01	6,58	7,02	5,08	4,6	6,6	7,6	8,6	300	285	300	60
1	194,20	194,86	1,54	2,03	2,28	0,84	6,49	7,37	8,07	5,20	6,0	8,0	9,0	10,0	300	300	300	60

#### 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 en geen buistoten of seiches 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 doodtij (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
7	3,5	1,35	-1,25	1,55	-1,25	1,10	-1,10
6	3,5	1,35	-1,25	1,55	-1,25	1,10	-1,10
5F	3,5	1,35	-1,25	1,55	-1,25	1,10	-1,10
5E	3,5	1,35	-1,25	1,55	-1,25	1,10	-1,10
5D	3,5	1,35	-1,25	1,55	-1,25	1,10	-1,10
5C	3,5	1,35	-1,25	1,55	-1,25	1,10	-1,10
5B	3,5	1,35	-1,25	1,55	-1,25	1,10	-1,10
5A	3,5	1,35	-1,25	1,55	-1,25	1,10	-1,10
4	3,5	1,35	-1,20	1,55	-1,25	1,10	-1,10
3	3,5	1,35	-1,20	1,55	-1,25	1,10	-1,10
2b	3,5	1,35	-1,20	1,55	-1,25	1,10	-1,10
2a	3,5	1,35	-1,20	1,55	-1,25	1,10	-1,10
1	3,5	1,35	-1,20	1,50	-1,25	1,10	-1,10

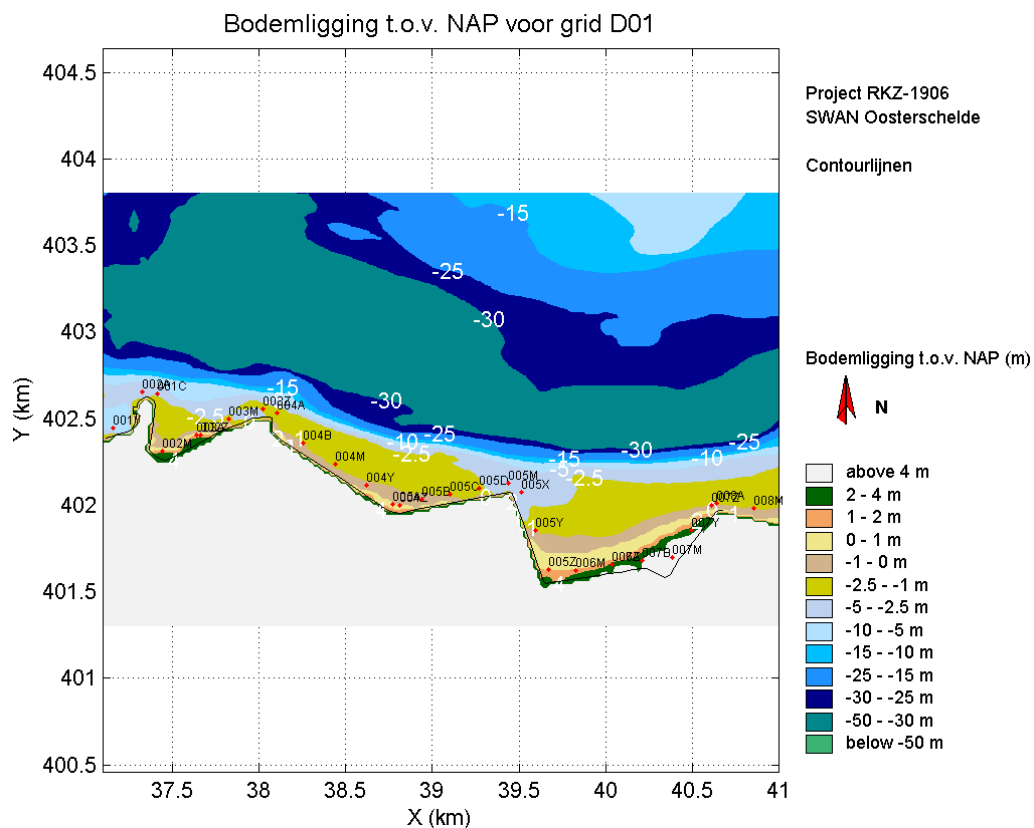
#### 5 Bodemligging en golfcondities lagere waterstanden

De representatieve bodemligging [ref. 5 en 6] voor de dijkvakken is weergegeven in Tabel 7. De representatieve bodemligging van de dijkvakken varieert van NAP +1,18m (dijkvak 6) tot NAP -6,00m (dijkvak 1 en dijkvakken 5C t/m 5F). Voor de dijkvakken 2b, 6 en 7 ligt een strand, waardoor bij deze dijkvakken de representatieve bodemligging aanzienlijk hoger is dan de andere dijkvakken (zie Figuur 6). Voor de bodemligging van de dijkvakken 5C t/m 5F (dijkvakken in de Sophiahaven) is voor alle dijkvakken dezelfde bodemligging aangehouden. De bodemligging van deze dijkvakken is gebaseerd op lodingen van het Waterschap (Bron: R. Derksen, Waterschap Zeeuwse Eilanden) en mondelinge communicatie met de havenbeheerder (dhr. Oostdijk). Omdat de beschikbare lodingen circa 15 jaar oud zijn wordt aangeraden de bodemligging tijdens het ontwerp te controleren.

Tabel 7: Bodemligging

Dijk- vak no.	Dijk kilometering (km)		Representatieve bodemligging [m] tov NAP	Gemiddelde bodemligging [m] tov NAP	Stand.dev. bodemligging [m] tov NAP
	van	tot			
7	190,05	190,65	0,17	2,10	1,93
6	190,65	191,35	1,18	1,75	0,58
5F	--	--	-6,00	-6,00	0,00
5E	--	--	-6,00	-6,00	0,00
5D	--	--	-6,00	-6,00	0,00
5C	--	--	-6,00	-6,00	0,00
5B	191,35	--	-2,42	-0,92	1,50
5A	--	--	-4,05	-2,89	1,16
4	--	193,35	-1,37	-0,73	0,64
3	193,35	193,70	-2,54	-1,04	1,49
2b	193,70	194,10	0,85	0,99	0,14
2a	194,10	194,20	-4,60	-4,06	0,54
1	194,20	194,86	-6,00	-6,00	0,00

Figuur 6: Bodemligging rond dijktraject (de bodemligging in de haven is niet weergegeven, omdat de haven geen deel uitmaakte van het SWAN rekengebied)



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. De waarden van de dijkvakken 5C t/m 5F zijn niet in deze tabellen opgenomen, omdat deze golfcondities niet zijn bepaald o.b.v. de belastingfunctie voor losse breuksteen.

Bij dijkvak 3 en 5B bij de waterstanden van NAP -2m en NAP -1m en bij dijkvak 4 bij een waterstand van NAP -1m blijkt de waarde van  $H_s/D=0.7$  overschreden te worden (zie grijze arcering in Tabel 8). Omdat deze berekende waarden fysisch niet realistisch zijn, zijn de betreffende golfhoogtes naar beneden bijgesteld, welke gecorrigeerde waarden met grijs zijn gearceerd.

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

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

Dijk- vak no.	Dijk kilometrerings (km)		Hs [m] bij waterstand t.o.v. NAP		D (m) bij waterstand t.o.v. NAP		Hs/D bij waterstand t.o.v. NAP		Hs en bijgestelde Hs bij waterstand t.o.v. NAP	
	van	tot	-2m	-1m	-2m	-1m	-2m	-1m	-2m	-1m
7	190,05	190,65	-	0,32	-	-	-	-	-	-
6	190,65	191,35	-	-	-	-	-	-	-	-
5B	191,35	--	1,21	1,35	0,42	1,42	2,88	0,95	0,30	1,00
5A	--	--	1,30	1,44	2,05	3,05	0,63	0,47	1,30	1,44
4	--	193,35	0,36	0,78	-	0,37	-	2,09	-	0,26
3	193,35	193,70	0,83	1,15	0,54	1,54	1,54	0,74	0,38	1,08
2b	193,70	194,10	-	-	-	-	-	-	-	-
2a	194,10	194,20	1,53	1,76	2,60	3,60	0,59	0,49	1,53	1,76
1	194,20	194,86	1,05	1,30	4,00	5,00	0,26	0,26	1,05	1,30

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

Dijk- vak no.	Dijk kilometrerings (km)		Hs [m] bij waterstand t.o.v. NAP		Tpm [s] bij waterstand t.o.v. NAP		L0 [m] bij waterstand t.o.v. NAP		Hs/L0 [-] bij waterstand t.o.v. NAP		Aan te houden Hs [m] bij waterstand t.o.v. NAP	
	van	tot	-2m	-1m	-2m	-1m	-2m	-1m	-2m	-1m	-2m	-1m
7	190,05	190,65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	190,65	191,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5B	191,35	--	0,30	1,00	5,26	5,38	43,2	45,1	0,007	0,022	0,30	1,00
5A	--	--	1,30	1,44	4,87	5,03	37,0	39,4	0,035	0,037	1,30	1,44
4	--	193,35	-	0,26	-	6,05	-	57,1	-	0,005	-	0,26
3	193,35	193,70	0,38	1,08	5,53	5,82	47,7	52,8	0,008	0,020	0,38	1,08
2b	193,70	194,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2a	194,10	194,20	1,53	1,76	5,44	5,73	46,2	51,1	0,033	0,034	1,53	1,76
1	194,20	194,86	1,05	1,30	5,61	6,05	49,1	57,1	0,021	0,023	1,05	1,30



## 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.

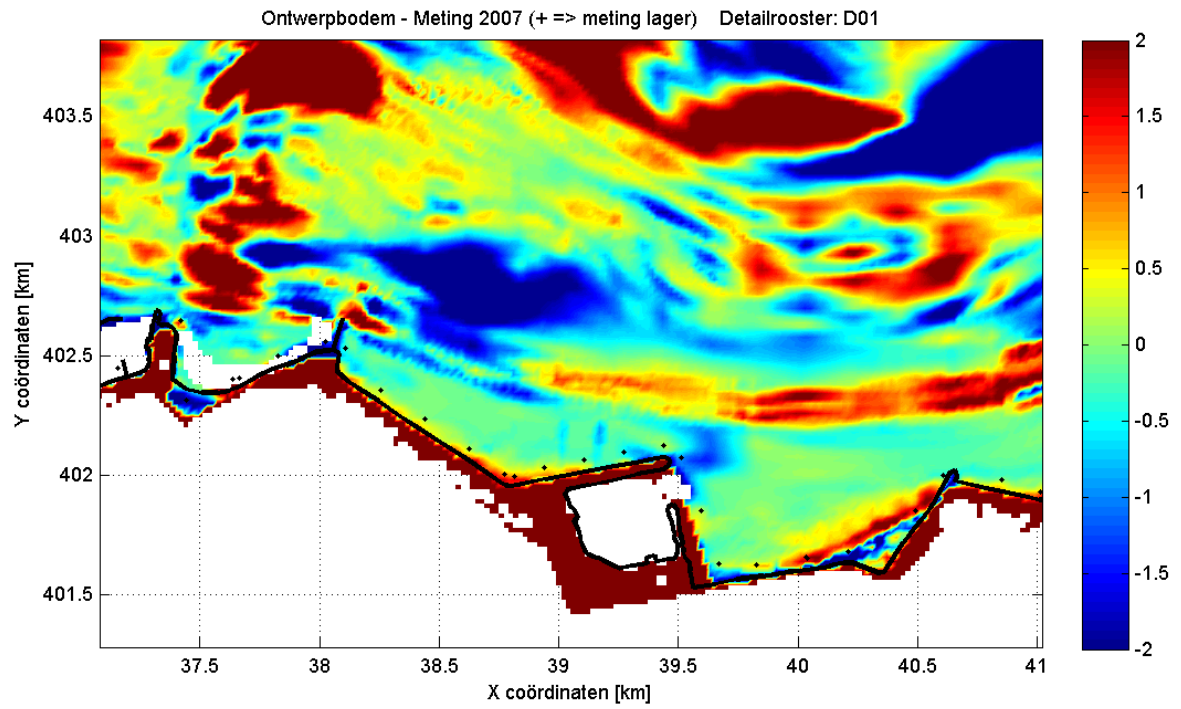
Recent is er op basis van de gemeten bodemligging van 1990, 2001 en 2007 een toekomstprognose gemaakt voor de ontwikkeling van de bodemligging van de Oosterschelde tot het jaar 2112 [ref 18]. De hieruit volgende bodemschematisatie voor het jaar 2062 wordt de “prognosebodem” genoemd. Uit deze toekomstprognose 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 18 en 19. 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 19]. 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 7 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 7 blijkt dat op een aantal locaties en met name in de omgeving van de dijkvakken 6 en 7, 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 5A licht toeneemt en voor de dijkvakken 6 en 7 redelijk toeneemt [tabel 7.1 uit ref 19]. Aangeraden wordt om voor deze dijkvakken enige robuustheid in het ontwerp in te bouwen.

Figuur 7: Verschil in ligging ontwerpbodem minus bodem die volgt uit meting 2007



## **Bijlagen 2: Berekening golfcondities Sophiahaven**

## 1 Vraagstelling

Projectbureau Zeeweringen heeft in de planning om de bekleding van de Sophiahaven (deels) te vervangen door nieuwe bekleding. De Sophiahaven wordt afgeschermd door een tweetal havendammen. De kruin van de noordelijke gelegen dam ligt op circa NAP +6.0m en de kruin van de oostelijke dam loopt geleidelijk af van ca. NAP +3.0m tot ca. NAP +1.0m richting de kop van de dam. De noordelijke dam beschermt vooral de bebouwing en de boten in de haven. De oostelijke dam heeft ditzelfde doel (echter in minder mate). Deze oostelijke dam wordt mogelijk versterkt, omdat indien deze dam zal bezwijken het oostelijke gelegen strand en duin bij Roompot versneld wordt wegslagen. De monding heeft een breedte van ca. 120 meter. Het projectbureau Zeeweringen overweegt om ook aan de binnenkant van de haven de bestaande bekledingen te versterken, en heeft daarom gevraagd om de golfcondities in de monding van de haven door te vertalen naar de binnenkant van de haven.

**Deze golfcondities zijn alleen te gebruiken indien beide voorliggende dammen bestand worden gemaakt tegen de 1/4000<sup>jr</sup> golfcondities.**

De golfcondities in de haven, zoals beschreven in deze bijlage, zijn bepaald m.b.v. de klassieke belastingfuncties [ref 5 en 6] en niet met de nieuwe belastingfuncties [ref 17]. Daarnaast zijn de randvoorwaarden niet gecorrigeerd met de aangescherpte correctiewaarden [ref 4], maar met de correctiewaarden uit [ref 20].

## 2 Verschil in golfcondities monding door nieuwe inzichten

**Let op:** De golfcondities in de haven, zoals beschreven in deze bijlage, zijn bepaald m.b.v. de klassieke belastingfuncties [ref 5 en 6] en niet met de nieuwe belastingfuncties [ref 17]. Daarnaast zijn de randvoorwaarden niet gecorrigeerd met de aangescherpte correctiewaarden [ref 4], maar met de correctiewaarden uit [ref 20].

Om te bekijken of de berekende randvoorwaarden in de Sophiahaven m.b.t de dijkvakken 5β t/m 5δ 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 17] en de aangescherpte correctiewaarden [ref 4]” en anders “de randvoorwaarden op basis van klassieke belastingfuncties [ref 5 en 6] en de oude correctiewaarden [ref 20]”. In WindWater2010 zijn zowel de klassieke als de nieuwe belastingfuncties geprogrammeerd (zie Tabel 10), waardoor de golf randvoorwaarden op basis van beide sets gemakkelijk met elkaar vergeleken kunnen worden.

**Tabel 10: 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 gepenetreerde breuksteen
Z5	betonzuilen
Z6	afschuiving, asfalt (OSA en WAB), vol en zat gepenetreerde breuksteen
Z7	losse breuksteen kreukelberm

In tabel 11.1 en 11.2 zijn de verschillen in golf randvoorwaarden voor de monding (uitvoerpunt 20)

van de Sophiahaven 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 17] en aangescherpte correctiewaarden [ref 4] i.v.m. de klassieke belastingfuncties [ref 5 en 6] en de oude correctiewaarden [ref 20].

Voor betonblokken en betonzuilen neemt de golfhoogte ( $H_s$ ) over het algemeen toe met maximaal 0,20 m. De golfperiode ( $T_{pm}$ ) neemt over het algemeen toe voor betonblokken (maximaal 0,75 s), maar neemt juist af bij de golfcondities voor betonzuilen (maximaal -0,35 s). Voor de situaties waarbij de grootste toename in  $H_s$  waarneembaar is neemt tegelijk de  $T_{pm}$  af en alwaar de grootste toename in  $T_{pm}$  waarneembaar neemt tegelijk de  $H_s$  af. Er is daardoor geen grote toename van de totale golfbelasting. Daarom zijn de golfrandvoorwaarden in Tabel 13.1 t/m 13.3 geldig voor het ontwerp van steenbekledingen in de haven.

**Tabel 11.1: Verschil in randvoorwaarden (gekantelde) betonblokken (Z4-Z3) voor uitvoerpunt 20**

Hs [m] bij waterstand t.o.v. NAP				Tpm [s] bij waterstand t.o.v. NAP				Waterdiepte (m) bij waterstand t.o.v. NAP				Windrichting (°) nautisch bij waterstand t.o.v. NAP			
+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m
0,00	-0,05	0,09	0,04	0,75	0,71	0,07	-0,09	0,0	0,0	0,0	0,0	-15	-15	0	0

**Tabel 11.2: Verschil in golfrandvoorwaarden betonzuilen (Z5-Z1) voor uitvoerpunt 20**

Hs [m] bij waterstand t.o.v. NAP				Tpm [s] bij waterstand t.o.v. NAP				Waterdiepte (m) bij waterstand t.o.v. NAP				Windrichting (°) nautisch bij waterstand t.o.v. NAP			
+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m
0,17	0,20	0,20	0,04	-0,07	-0,35	-0,33	-0,09	0,0	0,0	0,0	0,0	15	15	15	0

### 3 Uitgangspunten en aannamen

De golfcondities zijn berekend met behulp van de spreadsheet "Rekeninstrument -Golfbelasting in Havens - v2-0.xls" volgens de handleiding van het RIKZ [ref 13], de zogenaamde VTV-methode. De in het VTV opgenomen methode voor golven in havens en afgeschermd gebied leent zich goed voor het doorrekenen van een dergelijke haven, omdat we te maken hebben met een diepe haven met een eenvoudige geometrie.

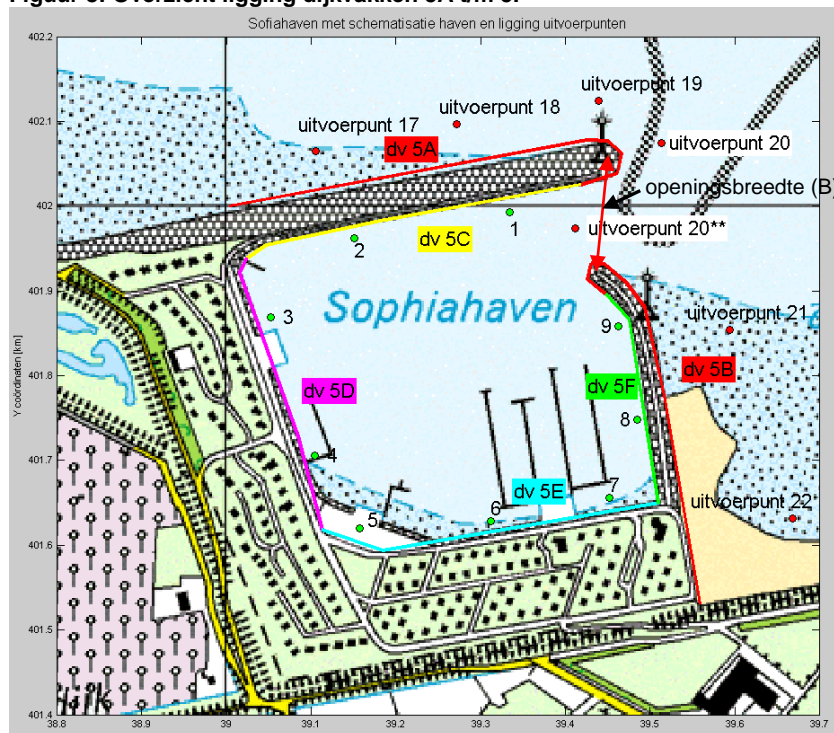
Uitvoerpunt 20 (zie Figuur 8) is representatief gesteld voor de golfcondities in de havenmond. De golfcondities van de havenmond zijn weergegeven in Tabel 12.

**Tabel 12: Golfcondities monding haven (op basis van uitvoerpunt 20 in Figuur 7, ofwel uitvoerpunt 005X in Figuur 2)**

Windrichting (°)	Hs [m]				Tpm [s]				Golfrichting (°)	Windsnelheid (m/s)
	bij w aterstand				bij w aterstand					
	t.o.v. NAP				t.o.v. NAP					
nautisch	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m	nautisch	
270	1,19	1,38	1,48	1,03	5,75	6,18	6,17	3,52	316	33
285	1,30	1,54	1,63	1,21	5,46	5,98	6,04	3,74	319	32
300	1,37	1,65	1,74	1,33	5,09	5,51	5,64	3,85	324	31
315	1,36	1,62	1,72	1,30	4,97	5,09	5,58	3,77	330	28
330	1,31	1,55	1,63	1,30	4,35	4,82	5,08	3,73	338	25
360	1,20	1,38	1,45	1,48	3,94	4,39	4,54	4,46	19	21
30	1,14	1,38	1,45	1,52	4,07	4,69	4,82	4,94	34	20
60	1,17	1,39	1,47	1,51	4,57	4,93	5,07	4,99	44	19
90	0,98	1,16	1,25	1,30	4,89	5,11	5,20	5,06	54	20

De Sophiahaven is opgedeeld in een aantal dijkvakken, waarbij de dijkvakken 5A en 5B betrekking hebben op de buitenzijden van de voorliggende dammen. Dijkvak 5C betreft de binnenzijde van de noordelijke dam en dijkvak 5F de binnenzijde van de oostelijke dam. De dijkvakken 5D en 5E betreffen dijkgedeeltes in de haven, aan de rand van de kade. De ligging van de dijkvakken in en rond de Sophiahaven zijn weergegeven in Figuur 8.

**Figuur 8: Overzicht ligging dijkvakken 5A t/m 5F**



Voor de windrichtingen 270 t/m 90 graden zijn de golfcondities voor waterstanden NAP+0, +2, +3 en +4m in de monding van de haven doorvertaald naar golfcondities in de haven. Hierbij zijn de volgende aannamen gedaan:

- Uitvoerpunt 20 (zie Figuur 8) is representatief voor de golfcondities in de havenmond. De golfcondities van de havenmond zijn weergegeven in Tabel 12.
- Beide voorliggende dammen blijven onder maatgevende stormcondities (1/4.000 jr) behouden.
- De hoogte van de noordelijke dam is NAP + 6.0m en van de oostelijke dam NAP + 1.5m, waarbij voor de berekening van de bijdrage van transmissie aan de golfcondities ter plaatse van de

uitvoerpunten, de dam beschouwd is als een gladde dichte dam met een flauw talud. De bijbehorende coëfficiënten zijn:  $\alpha = 2.4$  en  $\beta = 0.40$ .

- De golfrichting wordt voor de 4 verschillende waterstanden gelijk gekozen, namelijk de golfrichtingen behorende bij de waterstand NAP +3m, en alleen per windrichting gevarieerd.
- Er zijn 9 uitvoerlocaties in de haven gecreëerd, genaamd 1 t/m 9 (zie Figuur 8). De uitvoerpunten 1 en 2 hebben betrekking op dijkvak 5C, de uitvoerpunten 3 en 4 op dijkvak 5D, de uitvoerpunten 5, 6 en 7 op dijkvak 5E en de uitvoerpunten 8 en 9 op dijkvak 5F.
- Voor de breedte van de monding is voor alle waterstanden 120 meter aangehouden, de equivalente openingsbreedte is afhankelijk van de golfrichting. De aangehouden openingsbreedte is aangegeven in Figuur 7, waarbij de havenmond een oriëntatie heeft van 101 graden t.o.v. het noorden.
- In de berekeningen is rekening gehouden met diffractie, transmissie over de dammen en lokale golfgroei.
- **Windrichtingen 270 t/m 330 graden:** In de haven is sprake van meervoudige transmissie bij de windrichtingen 270 t/m 330 graden (golfrichtingen 316 t/m 338 graden). Daarom is voor deze windrichtingen een extra uitvoerpunt gecreëerd, uitvoerpunt 20\*\* (zie Figuur 8), waarvoor de golfcondities worden berekend. De golfcondities van uitvoerpunt 20\*\* worden berekend met transmissie over de noordelijke dam en diffractie uitgaande van 1 havendam (type 1, zie blz. 24 ref 13). De golfcondities van uitvoerpunt 20\*\* worden vervolgens doorvertaald naar de uitvoerpunten in de haven, waarbij voor de golfrichting 25 graden (de verwachte golfrichting na diffractie om de kop van de noordelijke dam) wordt aangehouden voor de golven vanaf uitvoerpunt 20\*\* richting de uitvoerpunten in de haven. Daarbij wordt transmissie over de oostelijke dam meegenomen en diffractie uitgaande van 2 havendammen (type 2, zie blz. 24 ref 13). De openingsbreedte van de haven is in dat geval 105 m, met een oriëntatie van 80 graden t.o.v. het noorden.
- **Windrichtingen 360 t/m 90 graden:** Bij de windrichtingen 360 t/m 90 graden (golfrichtingen 19 t/m 54 graden) is de bijdrage van diffractie berekend uitgaande van 2 havendammen (type 2, zie blz. 24 ref 15). Transmissie over de noordelijke dam is meegenomen voor de windrichting 360 (golfrichting 19 graden) voor de uitvoerpunten 1 t/m 4. Voor de uitvoerpunten 5 t/m 9 is bij deze windrichting transmissie over de oostelijke dam meegenomen. Voor de windrichtingen 30 t/m 90 graden (golfrichtingen 34 t/m 54 graden) is voor alle uitvoerpunten transmissie over de oostelijke dam meegenomen.
- Voor de maatgevende windsnelheden zijn de waarden aangehouden die gelden voor het binnengebied van de Oosterschelde [ref 1].
- 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 14]. Daarom zijn een aantal aanpassingen aan de spreadsheet doorgevoerd volgens de memo van ref 14.

#### 4 Golfrandvoorwaarden in de Sophiahaven

Met de VTV methode voor golven in havens en afgeschermd gebieden [ref 13] zijn de golfcondities vanaf de havenmonding doorvertaald naar 9 uitvoerpunten in de haven. De golfcondities van deze 9 uitvoerpunten zijn vervolgens samengevoegd tot golfcondities van de dijkvakken 5C t/m 5F.

In Tabellen 13.1 t/m 13.3 zijn de maatgevende golfcondities van de dijkvakken 5C t/m 5F weergegeven, gebaseerd op  $H_s * T_{pm}$ ,  $H_s * T_{pm}^2$  en  $H_s^{2*} T_{pm}$ . De golfcondities nemen geleidelijk toe bij hogere waterstanden. Voor de dijkvakken 5C, 5D en 5F blijken de oostelijke windrichtingen 60 en 90 graden maatgevend te zijn. Ter plaatse van de dijkvakken 5E is bij belastingsgeval Z1 en Z2 (Tabel 13.1 en 13.2) de windrichting 30 of 60 graden maatgevend en voor belastingsgeval Z3 (Tabel 13.3) varieert de maatgevende windrichting van 360 graden tot 60 graden.

**Tabel 13.1: Golfcondities met gewicht Hs en Tpm volgens verhouding Hs\*Tpm**

Dijkvak	Hs [m]				Tpm [s]				Maatgevende windrichting (°)			
	bij waterstand				bij waterstand				nautisch			
	t.o.v. NAP				t.o.v. NAP				bij waterstand t.o.v. NAP			
no.	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m
5C	0,5	0,9	1,1	1,3	4,9	5,1	5,2	5,0	90	90	90	60
5D	0,6	0,9	1,2	1,4	4,6	4,9	5,1	5,0	60	60	60	60
5E	0,6	0,9	1,2	1,4	4,1	4,9	5,1	5,0	30	60	60	60
5F	0,4	0,8	1,1	1,3	4,6	4,9	5,1	5,0	60	60	60	60

**Tabel 13.2: Golfcondities met gewicht Hs en Tpm volgens verhouding Hs\*Tpm\*Tpm**

Dijkvak	Hs [m]				Tpm [s]				Maatgevende windrichting (°)			
	bij waterstand				bij waterstand				nautisch			
	t.o.v. NAP				t.o.v. NAP				bij waterstand t.o.v. NAP			
no.	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m
5C	0,5	0,9	1,1	1,3	4,9	5,1	5,2	5,0	90	90	90	60
5D	0,6	0,9	1,2	1,4	4,6	4,9	5,1	5,0	60	60	60	60
5E	0,5	0,9	1,2	1,4	4,6	4,9	5,1	5,0	60	60	60	60
5F	0,4	0,8	1,1	1,3	4,6	4,9	5,1	5,0	60	60	60	60

**Tabel 13.3: Golfcondities met gewicht Hs en Tpm volgens verhouding Hs\*Hs\*Tpm**

Dijkvak	Hs [m]				Tpm [s]				Maatgevende windrichting (°)			
	bij waterstand				bij waterstand				nautisch			
	t.o.v. NAP				t.o.v. NAP				bij waterstand t.o.v. NAP			
no.	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m	+0m	+2m	+3m	+4m
5C	0,5	0,9	1,1	1,3	4,9	5,1	5,1	5,0	90	90	90	60
5D	0,6	0,9	1,2	1,4	4,1	4,9	5,1	5,0	60	60	60	60
5E	0,6	0,9	1,2	1,4	4,6	4,7	5,1	5,0	30	60	360	60
5F	0,4	0,8	1,1	1,3	4,9	5,1	5,1	5,0	60	60	60	60



## **Bijlagen 3: Duinafslagberekeningen Roompot**

## 1 Vraagstelling

Projectbureau Zeeweringen heeft in de planning om de bekleding van de 'harde' waterkering ter plaatse van de Roompot (deels) te vervangen door nieuwe bekleding. Er bevinden zich een duin en een strand voor de harde waterkering (zie Figuur 9). Indien er voldoende zand voor de harde waterkering aanwezig is, hoeft mogelijk de achterliggende waterkering niet versterkt te worden. De vraag is in hoeverre het strand en duin afslaat onder maatgevende stormcondities. Met behulp van duinafslagberekeningen is daarom het afslagprofiel berekend, zodat bepaald kan worden op welke locaties de achterliggende waterkering voldoet door de aanwezigheid van het voorliggende zandvolume.

Ter plaatse van het strand van Roompot is een proef gepland, genaamd ECO-beach. Bij ECO-beach worden drainagebuizen in het strand aangebracht, die er voor zorgen dat het water sneller in de bodem zakt, waardoor het strand en duin beter op zijn plaats moeten blijven. Hierdoor hoeft mogelijk de achterliggende harde waterkering niet versterkt te worden. Of dit principe inderdaad zo werkt en het bovenstaande effect heeft wordt momenteel nog onderzocht. In dit advies wordt er in vanuit gegaan dat ECO-beach werkt. De resultaten uit dit advies zijn echter ook geldig voor andere maatregelen die het profiel vast kunnen houden (zoals Biogrout [ref 21]), echter voor de leesbaarheid wordt in dit advies een dergelijke maatregel verder 'ECO-beach' genoemd.

De duinafslagberekeningen zijn uitgevoerd met de formuleringen zoals beschreven in het "Technisch rapport duinafslag" [ref 12]. De gebruikte formuleringen zijn daardoor overeenkomstig aan die van het programma DUROS-plus.

De duinafslagberekeningen zoals hier beschreven zijn een samenvatting van een uitgebreider advies. Voor meer achtergrondinformatie wordt verwezen naar ref 15. De beschouwde profielen en het projectgebied zijn weergegeven in Figuur 9.

Figuur 9: Ligging primaire waterkering en dwarsprofielen, strand en duin bij Roompot (Bron: Google Earth), de primaire 'harde' waterkering is met de oranje lijn aangegeven



## 2 Uitgangspunten en aannamen

De Duros-plus berekeningen, zoals beschreven in dit advies, zijn bedoeld als een eerste inschatting. Indien er meer bekend is over de vormgeving en de effectiviteit van ECO-beach, wordt aangeraden de processen van afslag en langtransport nader te beschouwen. Daarnaast is in deze studie de reststerkte van de dijk niet meegenomen. In een vervolgstudie wordt aangeraden ook de sterkte combinatie van dijk-duin te beschouwen.

### Aannamen

Bij het gebruik van Duros-plus zijn de volgende aannamen gemaakt:

- 1.) Het model Duros-plus is toepasbaar in de Oosterschelde. De toepasbaarheid van het model is afgestemd met RWS-WD (Quirijn Lodder).
- 2.) Het model is toepasbaar voor deze kustvorm (licht convex).
- 3.) De oostelijke strekdam van de Sophiahaven wordt bestand gemaakt tegen 1/4000 jr golfcondities. Omdat deze dam in de huidige situatie nog niet bestand is tegen de maatgevende golfcondities, zijn de resultaten uit deze studie alleen geldig indien deze dam wordt versterkt en wordt gedimensioneerd op een maatgevende storm.

- 4.) Er wordt gerekend als ware het een volledig zandig profiel. Als korreldiameter wordt een D50 van 200  $\mu\text{m}$  aangehouden. Dit is een conservatieve benadering van de werkelijkheid, want de gegevens uit het Technisch Rapport duinafslag [ref 12] en de ervaring van de beheerder (Waterschap Zeeuwse Eilanden, Ad Beaufort) komen uit op een grovere korreldiameter. Het nemen van extra zandmonsters levert mogelijk een grovere korreldiameter op, wat zal resulteren in minder erosie van het duin.
- 5.) Het effect van variatie in de duur van de hoogwaterpiek en de onnauwkeurigheid van het rekenmodel zijn meegenomen door het berekende afslagvolume boven het Rekenpeil (A) te vermeerderen met een extra volume van 0,25A.
- 6.) De vorm van het afslagprofiel is onafhankelijk van de ligging van het kustprofiel vóór de storm, het stormvloedpeil en van de richting van golfaanval. De vorm van het afslagprofiel is een functie van de significante golfhoogte, de golfperiode (beide op diep water) en de valsnelheid van het afgeslagen duinzand (korreldiameter) [ref 12].
- 7.) In het model is de golfrichting geen invoerparameter, waardoor de golfaanval altijd als loodrecht invallend wordt verondersteld. Dit is een conservatieve benadering.
- 8.) Het afgeslagen zand van de duinen, het strand en de ondiepe gedeeltes van het dwarsprofiel wordt uitsluitend in zeewaartse richting getransporteerd. Het duinafslagproces wordt als een twee-dimensionaal proces opgevat, dat uitgaat van een herverdeling van zand in dwarsrichting, zodat er een sluitende zandbalans ontstaat. Langtransport wordt dus verwaarloosd, waardoor de totale duinafslag mogelijk groter is. Vanwege de beschutte ligging en omdat het dwarstransport vele malen groter zal zijn dan het langtransport, wordt verwacht dat het effect door verwaarlozing van het langtransport nihil is.
- 9.) Er hoeft geen grensprofiel [zie ref 12] in het bestaande profiel te passen na de maatgevende stormvloed voor goedkeuring van het profiel, omdat er een 'harde waterkering' achter het duin aanwezig is, die alsware fungeert als grensprofiel. Er wordt echter geen sterkte aan de achterliggende dijk toegekend, zodat gedurende de gehele storm het duinprofiel voldoende weerstand moet kunnen bieden.
- 10.) De toegepaste golfcondities zijn:  $H_{0,s} = 2,51 \text{ m}$ ,  $T_p = 12 \text{ s}$  en  $h_{\text{max}} = \text{NAP} + 3,70 \text{ m}$

### 3 Conclusies en aanbevelingen

#### Conclusies

- De duinen aan de oostelijke zijde van het traject blijken een stuk 'veiliger' te zijn dan aan de westelijke zijde. Bij de huidige ligging van het strand en duin voldoet ongeveer 2/3 deel van het duin aan de veiligheidseisen, namelijk de profielen 9, 6, 4, 3, 13 en 12, indien ECO-beach wordt toegepast en effectief blijkt te zijn.
- Ter plaatse van de andere profielen moet eerst extra zand gesuppleerd worden, voordat ECO-beach voldoende veiligheid geeft. Een grove inschatting van de hoeveelheid te suppleren zand is circa 14.000  $\text{m}^3$ , uitgaande dat ECO-beach effectief blijkt te zijn en zorgt voor een vaste ligging van strand en duin. De berekening is weergegeven in Tabel 14. Omdat aanvoer van zand ontbreekt is het aannemelijk dat er geleidelijk toch erosie gaat plaatsvinden. De ligging van het strand en duin zal daarom goed gemonitord moeten worden en waarschijnlijk zal incidenteel onderhoud noodzakelijk zijn.

**Tabel 14: Minimaal benodigde suppletiebehoefte bij toepassing ECO-beach**

profiel	lengte (m)	tekort per m3/m1	Totale tekort (m3)
5	100	68	6800
7	100	52	5200
8	100	20	2000
TOTAAL			14000

**Aanbevelingen**

- De Duros-plus berekeningen, zoals beschreven in dit advies, zijn bedoeld als een eerste inschatting. Indien er meer bekend is over de vormgeving en de effectiviteit van ECO-beach, wordt aangeraden de processen van afslag en langtransport nader te beschouwen.
- In deze studie is de reststerkte van de dijk niet meegenomen. In een vervolgstudie wordt aangeraden ook de sterkte combinatie dijk-duin te beschouwen.
- In dit advies wordt er vanuit gegaan dat ECO-beach werkt en dat dit de maatregel is die genomen wordt om het profiel vast te leggen. Mogelijk zijn er ook andere en/of effectievere maatregelen te nemen om het profiel vast te leggen (zoals bijvoorbeeld Biogrout [ref 21]). De resultaten uit dit advies zijn ook geldig voor andere maatregelen die het profiel vast kunnen houden.
- In alle berekeningen is een korreldiameter (D50) van 200  $\mu\text{m}$  aangehouden. Dit is een conservatieve benadering van de werkelijkheid. Het nemen van extra monsters levert mogelijk een grovere korreldiameter op, wat zal resulteren in minder erosie van het duin. Daarnaast kan een mogelijk toe te passen suppletie met grover zand gebeuren, waardoor er minder gesuppleerd zal moeten worden.
- Indien ECO-beach wordt toegepast wordt aanbevolen om niet uit te gaan van een vaste strand – en duinligging, omdat aanvoer van zand ontbreekt, waardoor waarschijnlijk toch erosie van het strand en duin op zal treden. Daarnaast is het belangrijk de profielontwikkelingen goed te monitoren en een basiskustlijn te definiëren.
- Aanbevolen wordt, vooral indien de veiligheid alleen uit het duin wordt gehaald, om tot (regelmatige) suppleties over te gaan, zodat er minder erosieve trend zal ontstaan.

## 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 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 t.b.v. projectbureau Zeeweringen; Deel 2 van 2: Achtergrond detailadviezen', d.d. 23 november 2007
- [7.] Svašek Hydraulics en Royal Haskoning: '2010.20C Factsheet Update detailadvies Maria-, Anna Friso en Jacobapolder, inclusief Sophiahaven en Roompot ECO-BEACH .xls', d.d. 1 november 2010
- [8.] Svašek Hydraulics en Royal Haskoning: 'Detailadvies Maria-, Anna Friso en Jacobapolder inclusief Sophiahaven en Roompot ECO-BEACH (RIKZ-1906.020C)', d.d. 23 november 2009.
- [9.] Svašek Hydraulics en Royal Haskoning: 'Detailadvies Vlietepolder, Thoornpolder (opdracht 2005.0706a)', d.d. 23 september 2005.
- [10.] Svašek Hydraulics en Royal Haskoning: '2010.19C Update detailadvies Maria-, Anna Friso en Jacobapolder inclusief Sophiahaven en Roompot', d.d. 1 november 2010
- [11.] Svašek Hydraulics en Royal Haskoning: 'Overzichtskaart Oosterschelde en Westerschelde (RKZ1906.25)', mei 2010.
- [12.] ENW-rapport: 'Technisch rapport duinafslag; Beoordeling van de veiligheid van duinen als waterkering ten behoeve van het Voorschrift op Veiligheid', mei 2007
- [13.] RIKZ: 'Golfbelastingen in havens en afgeschermd gebied', RIKZ/2004.001, d.d. 15 februari 2004
- [14.] Svašek Hydraulics in opdracht van RIKZ, van de Rest, P: 'Memo inventarisatie problemen spreadsheet havens' d.d. 13 augustus 2007
- [15.] Svašek Hydraulics, Van de Rest, P: 'Duinafslagberekeningen Roompot met en zonder ECO-BEACH', d.d. 23 november 2009
- [16.] Deltares, Klein Breteler, M.: 'Belastingfunctie voor keuze maatgevende golfcondities', d.d. 21 oktober 2009.
- [17.] Svašek Hydraulics, van de Rest, P.: 'Memo Nieuwe belastingfuncties steenbekledingen' d.d. 18 januari 2010, PvdR/09358/1573/D.
- [18.] Royal Haskoning: 'Toekomstprognose ontwikkeling intergetijdengebied Oosterschelde', kenmerk 9T4814.A0/R0002/SJAC/SSOM/Rott, d.d. 12 december 2008.
- [19.] 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.

- [20.] WL Delft: *Correctiewaarden Zeeland, Fase 1: Bepaling correctiefuncties voor ontwerp*, d.d. augustus 2005, WL-rapport H4576
- [21.] zie [www.smartsoils](http://www.smartsoils) onder onderzoek