

## Update detailadvies Borrendamme

Aan : Yvo Provoost (Projectbureau Zeeweringen)  
 Van : Pol van de Rest (Svašek Hydraulics)  
 Tweede lezer : Erik Arnold (Royal Haskoning)  
 Datum : 1 november 2010  
 Betreft : 2010.01C Update detailadvies Borrendamme  
 Status : Definitief  
 Ref. Svašek : 1605/U10277/C/PvdR  
 Ref. Royal Haskoning : 9V9006.A0/N0010/EARN/ILAN/Rott1

**Let op: Dit detailadvies is een herziening van het oorspronkelijke detailadvies Borrendamme [ref 8]. In het kader van het Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen zijn recentelijk nieuwe formules ontwikkeld voor het toetsen en ontwerpen van steenzettingen [ref 10]. Deze nieuwe ontwerpformules worden reeds gebruikt bij projectbureau Zeeweringen bij het ontwerp van dijkbekledingen. Met deze nieuwe ontwerpformules zijn nieuwe belastingfuncties bepaald [ref 13], 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 Borrendamme, Cauwersinlaag, Havenkanaal West, welke betrekking heeft op het traject van dijkkilometer 16.00 tot 22.15. Het ontwerptraject loopt van dijkkilometer 16.20 tot 20.60. Dijkkilometer 16.20 ligt in dijkvak 161 en dijkkilometer 20.60 ligt in dijkvak 157b.

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 12]).

Tabel 1: Beschouwde dijkvakken

Dijk- vak  no.	Dijkvakscheidings- coördinaten tov Parijs (m)				Dijk kilometrering (km)		Poldernaam
	van		tot		van	tot	
	x	y	x	y			
161	51034	408600	51227	407841	16,00	16,80	(Borrendamme) Polder Schouwen
160	51227	407841	51143	407662	16,80	17,00	(Cauwersinlaag) Polder Schouwen
159b	51143	407662	51230	407485	17,00	17,20	(Lokkersnol) Polder Schouwen
159a	51230	407485	51452	407095	17,20	17,65	(Lokkersnol) Polder Schouwen
158	51452	407095	51377	405998	17,65	18,75	Polder Schouwen
157b	51377	405998	51773	406003	18,75	22,15	ingang havenkanaal

**Tabel 2: Maatgevende golfcondities voor betonzuilen**

Dijk- vak no.	Dijk kilometrerings (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
161	16,00	16,80	1,44	2,20	2,60	2,83	4,12	5,40	5,80	5,39	3,1	4,1	5,1	6,1	270	270	270	270
160	16,80	17,00	1,58	2,47	2,86	2,94	3,90	4,88	5,36	5,11	9,6	11,6	12,6	13,6	270	270	270	270
159b	17,00	17,20	1,61	2,42	2,81	2,95	4,27	5,08	5,33	5,10	7,8	9,8	13,4	14,4	240	270	270	270
159a	17,20	17,65	1,49	2,41	2,76	2,84	4,80	5,70	5,98	5,43	2,1	4,1	5,1	6,1	240	270	270	270
158	17,65	18,75	2,67	3,09	3,27	3,11	5,08	5,48	5,75	5,25	8,7	10,7	11,7	12,7	270	270	270	270
157b	18,75	22,15	2,73	3,10	3,25	3,15	5,03	5,59	5,84	5,24	15,2	17,2	18,2	25,6	270	270	270	270

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 13]. 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 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. In dat geval 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 13]. Daarom moeten golfcondities waarvoor geldt  $\xi_{op} > 2$  (bij de aanwezigheid van een hoog voorland) aangepast worden [ref 13], zodat geldt  $\xi_{op} = 2$ . Bij het beschouwde dijktraject is  $\xi_{op} < 2$  en hoeven de golfcondities niet te worden bijgesteld.
- Bij verschillende dijkvakken is de golfperiode en/of golfhoogte bij NAP +3m hoger dan bij NAP +4m (zie oranje arcering in de Tabellen 5.1 t/m 5.4 en Tabel 2).
- Er is een overlap met het rapport 'Update detailadvies Havenkanaal en Inlaag Zuidhoek' [ref 9], waarin de golfcondities voor beide zijden van het Havenkanaal zijn beschouwd, overeenkomende met dijkvak 157b. Daarnaast worden in het advies [ref 9] de golfcondities van de dijkvakken 155e t/m 157a beschreven. In tegenstelling tot het advies [ref 9] wordt in dit detailadvies de reducerende werking van de westelijke strekdam ('t Hoofd genaamd) niet meegenomen. Voor de gereduceerde randvoorwaarden die gelden voor het dijkgedeelte langs het Havenkanaal wordt verwezen naar [ref 9]. De randvoorwaarden in dit advies van dijkvak 157b zijn geschikt voor het ontwerp van de steenbekleding van de strekdam 't Hoofd en voor het dijkgedeelte bij de ingang van het Havenkanaal.
- Dit detailadvies is een herziening van het oorspronkelijke detailadvies Borrendamme [ref 8]. De randvoorwaarden in dit advies zijn niet gelijk aan het voorgaande advies, doordat deze met andere belastingfuncties [ref 13] en met aangescherpte correcties [ref 4] zijn bepaald.
- Langs het traject is één nol aanwezig ter plaatse van de overgang van dijkvak 159b en 160. Deze nol maakt geen deel uit van de primaire waterkering. In samenspraak met Yvo Provoost (Project Bureau Zeeweringen) is besloten deze voor maatgevende golfcondities (1/4000ste situatie) als 'verloren' te beschouwen. Er wordt dan ook geen reductie op de ontwerpwaarden voor de achterliggende waterkering toegepast.

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
161	3,5	1,45	-1,30	1,65	-1,30	1,20	-1,15
160	3,5	1,45	-1,30	1,65	-1,30	1,20	-1,15
159b	3,5	1,45	-1,30	1,65	-1,35	1,20	-1,15
159a	3,5	1,45	-1,30	1,65	-1,35	1,20	-1,15
158	3,5	1,45	-1,30	1,65	-1,35	1,20	-1,15
157b	3,5	1,45	-1,30	1,65	-1,35	1,20	-1,20

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			
161	16,00	16,80	-2,56	-1,31	1,25
160	16,80	17,00	-9,64	-5,61	4,03
159b	17,00	17,20	-10,46	-9,10	1,36
159a	17,20	17,65	-2,08	-1,30	0,78
158	17,65	18,75	-7,24	-5,48	1,75
157b	18,75	22,15	-21,69	-18,40	3,29



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

## 1 Ligging dijkvakken

Dit detailadvies gaat over de dijkvakken 157b t/m 161 (zie Figuur 1). Het tracé ligt op Schouwen op de noordoever van de Oosterschelde nabij Zierikzee. Het ontwerptraacé loopt van dijkkilometer 16.2 tot 20.6. Dijkkilometer 16.2 ligt in dijkvak 161 en dijkkilometer 20.6 ligt in dijkvak 157b.

Er is een overlap met het rapport 'Update detailadvies Havenkanaal en Inlaag Zuidhoek' [ref 9], waarin de golfcondities voor beide zijden van het Havenkanaal zijn beschouwd, overeenkomende met dijkvak 157b. Daarnaast worden in het advies [ref 9] de golfcondities van de dijkvakken 155e t/m 157a beschreven. In tegenstelling tot het advies [ref 9] wordt in dit detailadvies de reducerende werking van de westelijke strekdam ('t Hoofd genaamd) niet meegenomen. Deze strekdam ligt bij de ingang van het Havenkanaal. Aangezien deze strekdam wordt bestand gemaakt tegen 1/4000<sup>ste</sup> stormcondities, is het toegestaan de reducerende werking van deze dam te verdisconteren in de golfcondities van de achterliggende waterkering. Voor de gereduceerde randvoorwaarden die gelden voor het dijkgedeelte langs het Havenkanaal wordt verwezen naar [ref 9]. De randvoorwaarden in dit advies van dijkvak 157b zijn geschikt voor het ontwerp van de steenbekleding van de strekdam 't Hoofd en voor het dijkgedeelte bij de ingang van het Havenkanaal.

Dit detailadvies is een herziening van het oorspronkelijke detailadvies Borrendamme [ref 8]. De randvoorwaarden in dit advies zijn niet gelijk aan het voorgaande advies, doordat deze met andere belastingfuncties [ref 13] en met aangescherpte correcties [ref 4] zijn bepaald. De waarden in dit detailadvies vervangen de vorige afgegeven waarden.

## 2 Situatiebeschrijving

De dijkvakken 158 t/m 161 liggen direct aan de Oosterschelde aan de westzijde van het Havenkanaal. Dijkvak 157b ligt aan het Havenkanaal dat de scheepvaart toegang geeft tot Zierikzee. De westelijke strekdam ('t Hoofd genaamd) schermt het Havenkanaal af van westenwind. Deze strekdam zal gedimensioneerd worden op stormcondities met een kans van voorkomen van eens per 4000 jaar. De afschermdende werking van de strekdam kan daarom in rekening worden gebracht bij het bepalen van de golfcondities in het Havenkanaal. De oostelijke strekdam schermt het Havenkanaal af van golven bij zuidenwind. De oostelijke strekdam, minder zwaar uitgevoerd dan de westelijke strekdam, is niet gedimensioneerd op de 1/4000<sup>ste</sup> storm en wordt tijdens deze maatgevende storm dus als 'verloren' beschouwd. De afschermdende werking van deze strekdam wordt dus niet in rekening gebracht. In dit detailadvies zullen echter alleen de randvoorwaarden bepaald worden voor de strekdam 't Hoofd en de ingang van het Havenkanaal. Voor de gereduceerde randvoorwaarden die gelden voor het dijkgedeelte langs het Havenkanaal wordt verwezen naar ref 9.

Langs het traject is één nol aanwezig ter plaatse van de overgang van dijkvak 159b en 160. Deze nol maakt geen deel uit van de primaire waterkering. In samenspraak met Yvo Provoost (Project Bureau Zeeweringen) is besloten deze voor maatgevende golfcondities (1/4000<sup>ste</sup> situatie) als 'verloren' te beschouwen. Er wordt dan ook geen reductie op de ontwerpwaarden voor de achterliggende waterkering toegepast.

De uitvoerpunten van de berekeningen liggen globaal 50 meter uit de teen van de dijk. Een uitzondering daarop zijn de uitvoerpunten behorende bij dijkvak 157b (uitvoerpunt 158A en 157Z), die zich op ongeveer 500m van de ingang van het Kanaal bevinden. Aangezien deze uitvoerpunten zich vlak voor de westelijke strekdam ('t Hoofd) bevinden, zijn deze uitvoerpunten uitermate geschikt voor de dimensionering van deze strekdam en het dijkgedeelte bij de ingang van het Havenkanaal.

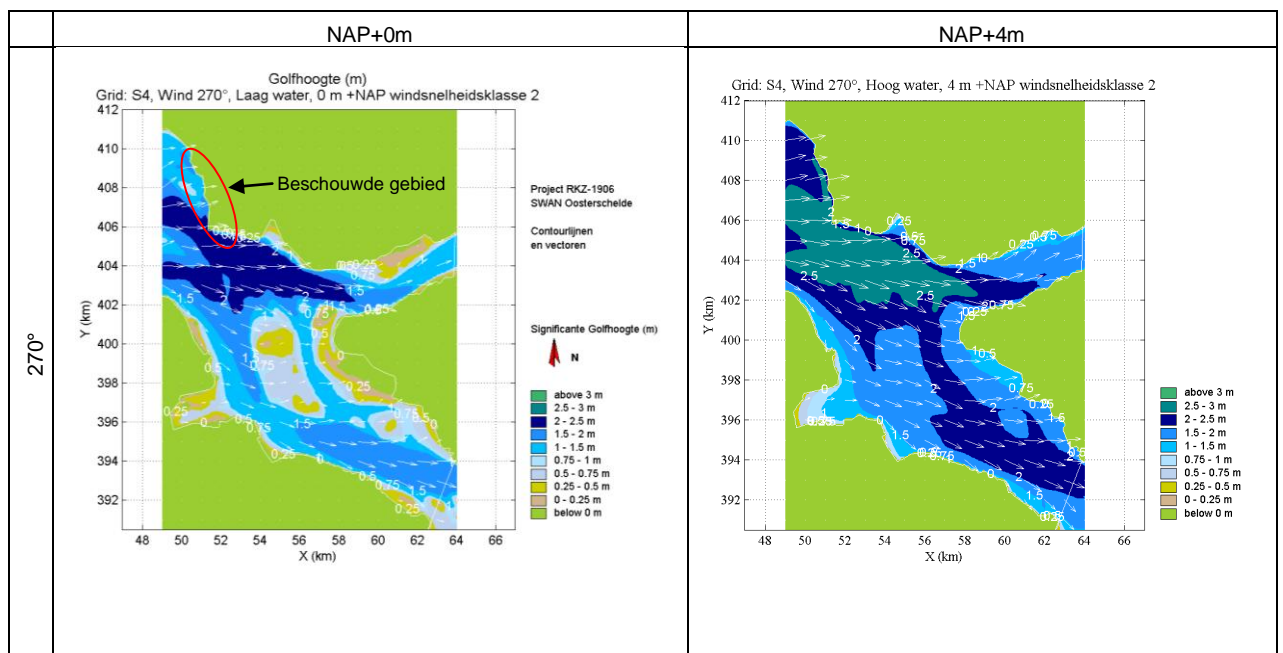
Er zijn geen grote variaties aanwezig voor wat betreft de geometrie en golfbelasting per dijkvak. Er is derhalve geen reden om de indeling in randvoorwaardenvakken aan te passen.

### 3 Golfcondities

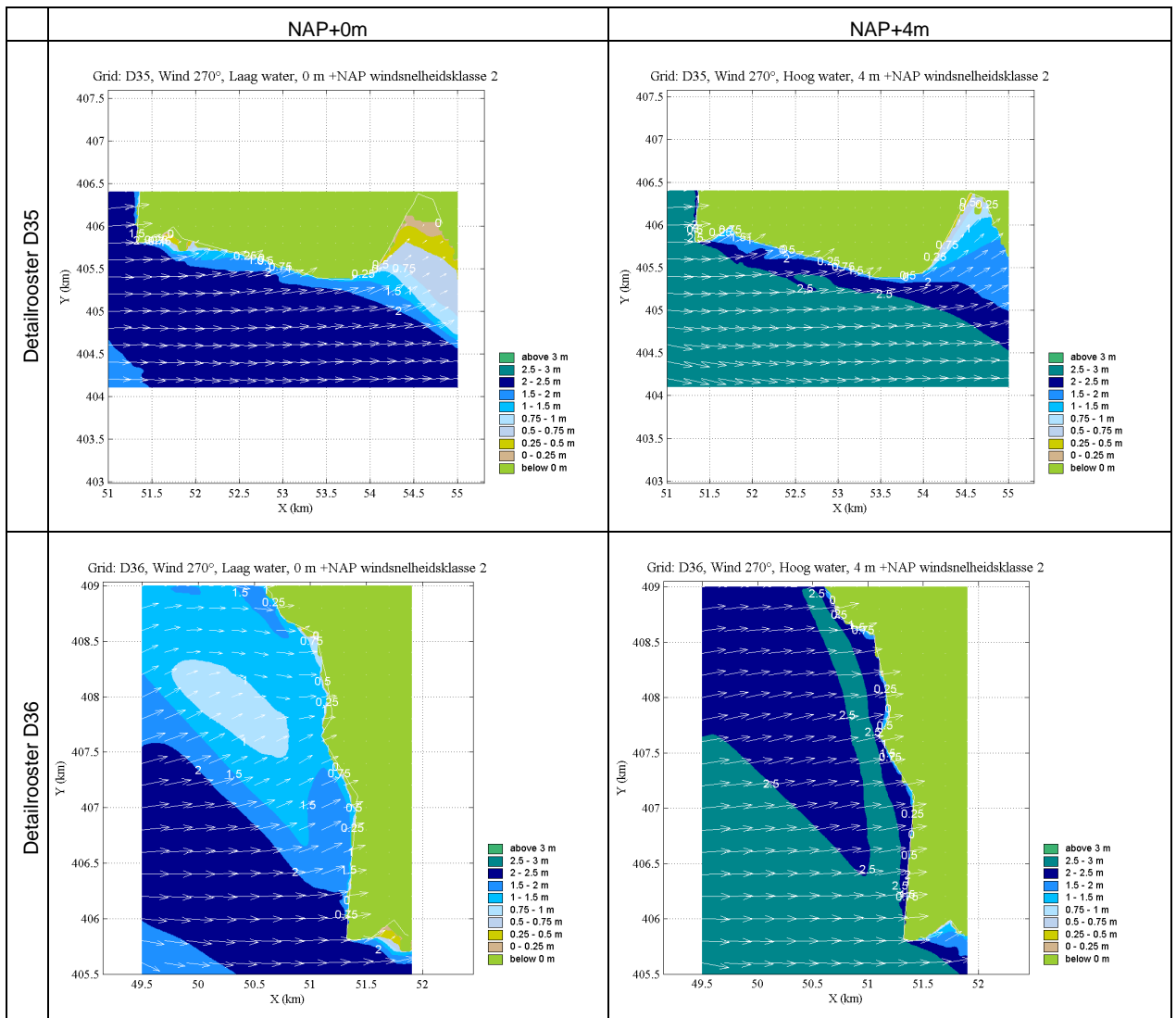
Alle dijkvakken in het beschouwde traject worden het zwaarst door golven belast bij windrichtingen tussen 240 en 270 graden. De maatgevende golven worden in het westelijke deel van de Oosterschelde opgewekt. Vanaf de Oosterscheldekering kan via de Roompot onbeperkt golfgroei plaatsvinden. Vanwege de oriëntatie van de dijkvakken (noord-zuid tot noordwest-zuidoost) in het beschouwde traject komen de golven loodrecht op de kust aan.

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.

Figuur 2 toont het met SWAN berekende golfveld (zonder enige correcties) voor de windrichting 270° bij de waterstanden NAP+0m en NAP+4 m. Figuur 3 toont dezelfde golfcondities, maar dan voor een finer rooster, ingezoomd op het dijktraject. Duidelijk is te zien dat de golven in het noordelijke deel van het dijktraject (dijkvak 159a t/m 161) bij lage waterstanden lager zijn dan bij de dijkvakken 157b en 158. Dit wordt veroorzaakt doordat de noordelijk gelegen dijkvakken aan ondieper water liggen, zodat golven eerder hinder ondervinden van de bodem. Bij hogere waterstanden is dit effect logischerwijs veel kleiner, zoals is te zien in Figuur 3.



**Figuur 2: SWAN resultaten voor  $H_{m0}$  (m) voor de windrichting 270 graden bij de waterstanden van NAP+0m en NAP+4m (grof rooster)**



**Figuur 3: SWAN resultaten voor  $H_{m0}$  (m) voor de detailroosters D35 en D36 voor de windrichting 270 graden bij de waterstanden van NAP+0m en NAP +4m**

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 13].

De tabellen vertonen logische waarden: zowel de significante golfhoogte ( $H_s$ ) als de golfperiode ( $T_{pm}$ ) nemen toe bij een toenemende waterdiepte. Bij verschillende dijkvakken is de golfperiode en/of golfhoogte bij NAP +3m hoger dan bij NAP +4m (zie oranje arcering in de Tabellen 5.1 t/m 5.4 en Tabel 2). Dit wordt veroorzaakt doordat bij de hoogste waterstand van NAP+4m de golfparameters niet voor stroming worden gecorrigeerd, vanwege sluiting van de Oosterscheldekering.

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 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. In dat geval 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 13]. Daarom moeten golfcondities waarvoor geldt  $\xi_{op} > 2$  (bij de aanwezigheid van een hoog voorland) aangepast worden [ref 13], zodat geldt  $\xi_{op} = 2$ . Voor het beschouwde dijktraject geldt in alle gevallen dat  $\xi_{op} < 2$  en daarom hoeven de golfcondities niet te worden bijgesteld.

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

Dijk- vak no.	Dijk kilometrering (km) van tot		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
161	16,00	16,80	1,44	2,20	2,60	2,83	4,12	5,40	5,80	5,39	3,1	4,1	5,1	6,1	270	270	270	270
160	16,80	17,00	1,58	2,39	2,86	2,89	3,90	5,12	5,36	5,28	9,6	11,6	12,6	5,7	270	240	270	270
159b	17,00	17,20	1,61	2,37	2,71	2,95	4,27	5,29	5,57	5,10	7,8	9,8	10,8	14,4	240	240	270	270
159a	17,20	17,65	1,43	2,40	2,76	2,84	5,08	5,73	5,98	5,43	2,1	4,1	5,1	6,1	240	240	270	270
158	17,65	18,75	2,67	3,09	3,27	3,11	5,08	5,48	5,75	5,25	8,7	10,7	11,7	12,7	270	270	270	270
157b	18,75	22,15	2,73	3,10	3,25	3,08	5,03	5,59	5,84	5,39	15,2	17,2	18,2	19,2	270	270	270	270

**Tabel 5.2 Maatgevende golfcondities voor betonzuilen**

Dijk- vak no.	Dijk kilometrering (km) van tot		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
161	16,00	16,80	1,44	2,20	2,60	2,83	4,12	5,40	5,80	5,39	3,1	4,1	5,1	6,1	270	270	270	270
160	16,80	17,00	1,58	2,47	2,86	2,94	3,90	4,88	5,36	5,11	9,6	11,6	12,6	13,6	270	270	270	270
159b	17,00	17,20	1,61	2,42	2,81	2,95	4,27	5,08	5,33	5,10	7,8	9,8	13,4	14,4	240	270	270	270
159a	17,20	17,65	1,49	2,41	2,76	2,84	4,80	5,70	5,98	5,43	2,1	4,1	5,1	6,1	240	270	270	270
158	17,65	18,75	2,67	3,09	3,27	3,11	5,08	5,48	5,75	5,25	8,7	10,7	11,7	12,7	270	270	270	270
157b	18,75	22,15	2,73	3,10	3,25	3,15	5,03	5,59	5,84	5,24	15,2	17,2	18,2	25,6	270	270	270	270

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

Dijk- vak no.	Dijk kilometrering (km) van tot		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
161	16,00	16,80	1,44	2,20	2,60	2,83	4,12	5,40	5,80	5,39	3,1	4,1	5,1	6,1	270	270	270	270
160	16,80	17,00	1,58	2,47	2,86	2,94	3,90	4,88	5,36	5,11	9,6	11,6	12,6	13,6	270	270	270	270
159b	17,00	17,20	1,63	2,45	2,83	2,95	3,98	4,57	5,04	5,10	7,8	12,4	13,4	14,4	240	270	270	270
159a	17,20	17,65	1,51	2,42	2,77	2,84	4,53	5,42	5,71	5,43	2,1	4,1	5,1	6,1	240	270	270	270
158	17,65	18,75	2,67	3,09	3,27	3,11	5,08	5,48	5,75	5,25	8,7	10,7	11,7	12,7	270	270	270	270
157b	18,75	22,15	2,73	3,10	3,27	3,15	5,03	5,59	5,84	5,24	15,2	17,2	24,6	25,6	270	270	270	270

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

Dijk- vak no.	Dijk kilometrerings (km) van tot		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
161	16,00	16,80	1,44	2,20	2,60	2,83	4,12	5,40	5,80	5,39	3,1	4,1	5,1	6,1	270	270	270	270
160	16,80	17,00	1,58	2,47	2,86	2,89	3,90	4,88	5,36	5,28	9,6	11,6	12,6	5,7	270	270	270	270
159b	17,00	17,20	1,61	2,37	2,81	2,95	4,27	5,29	5,33	5,10	7,8	9,8	13,4	14,4	240	240	270	270
159a	17,20	17,65	1,49	2,41	2,76	2,84	4,80	5,70	5,98	5,43	2,1	4,1	5,1	6,1	240	270	270	270
158	17,65	18,75	2,67	3,09	3,27	3,11	5,08	5,48	5,75	5,25	8,7	10,7	11,7	12,7	270	270	270	270
157b	18,75	22,15	2,73	3,10	3,25	3,15	5,03	5,59	5,84	5,24	15,2	17,2	18,2	25,6	270	270	270	270

Let op: De randvoorwaarden in dit advies van dijkvak 157b zijn geschikt voor het ontwerp van de steenbekleding van de strekdam 't Hoofd en voor het dijkgedeelte bij de ingang van het Havenkanaal. Voor het dijkgedeelte langs het Havenkanaal kunnen gereduceerde golfcondities gebruikt worden, welke zijn beschreven in ref 9.

#### 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 hoge en gemiddeld lage waterstand (GHW en GLW). Verder zijn de waterstanden van gemiddeld getij, springtij en doottij (uit [ref 3]) opgenomen.

**Tabel 6: Waterstanden en ontwerppeilen**

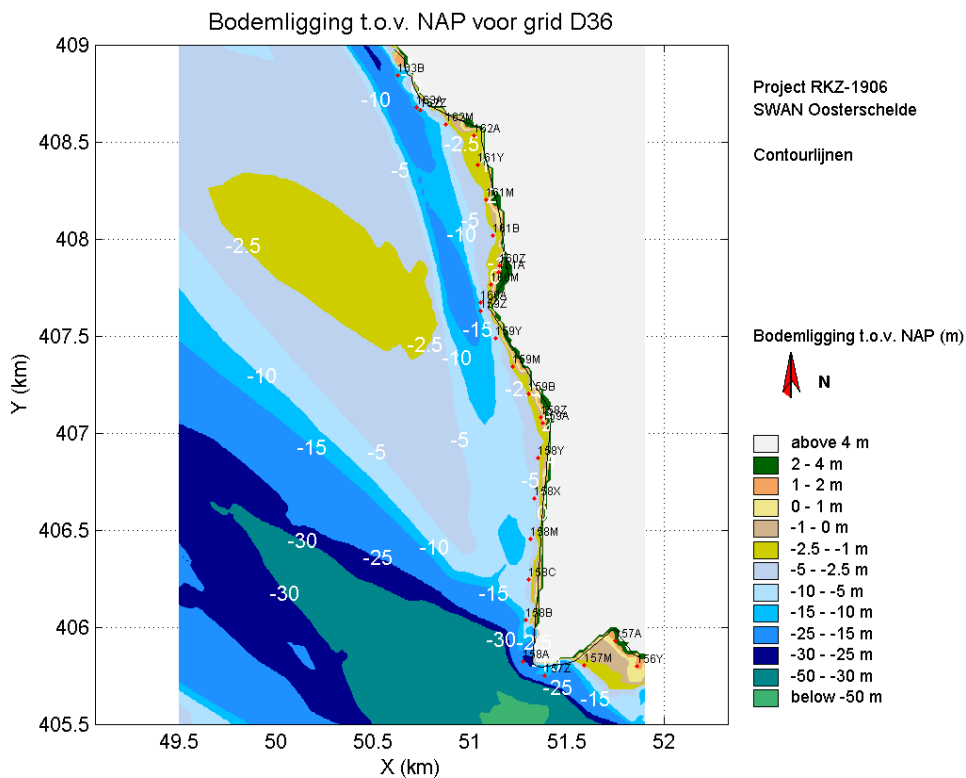
Dijk- vak no.	Ontwerppeil [m] tov NAP	GHW	GLW	Springtij		Doottij	
		[m] tov NAP	[m] tov. NAP	HW [m] tov NAP	LW [m] tov. NAP	HW [m] tov NAP	LW [m] tov. NAP
161	3,5	1,45	-1,30	1,65	-1,30	1,20	-1,15
160	3,5	1,45	-1,30	1,65	-1,30	1,20	-1,15
159b	3,5	1,45	-1,30	1,65	-1,35	1,20	-1,15
159a	3,5	1,45	-1,30	1,65	-1,35	1,20	-1,15
158	3,5	1,45	-1,30	1,65	-1,35	1,20	-1,15
157b	3,5	1,45	-1,30	1,65	-1,35	1,20	-1,20

#### 5 Bodemligging en golfcondities lagere waterstanden

De representatieve bodemligging [ref. 5 en 6] voor de dijkvakken is weergegeven in Tabel 7. De representatieve bodemligging varieert in de beschouwde dijkvakken van NAP -2,07 m tot NAP -21,63 m. Merk op dat de bodemligging voor de verschillende dijkvakken veel varieert. De representatieve bodemligging is in lijn met Figuur 4 en hoeft daarom niet te worden aangepast.

**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			
161	16,00	16,80	-2,56	-1,31	1,25
160	16,80	17,00	-9,64	-5,61	4,03
159b	17,00	17,20	-10,46	-9,10	1,36
159a	17,20	17,65	-2,08	-1,30	0,78
158	17,65	18,75	-7,24	-5,48	1,75
157b	18,75	22,15	-21,69	-18,40	3,29



**Figuur 4: Bodemligging rond dijktraject**

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.

Bij dijkvak 161 bij een waterstand van NAP -2m en bij dijkvak 159a bij de waterstanden NAP -1m en NAP -2m 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 golfhoogte naar beneden bijgesteld, welke gecorrigeerde waarden 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 met blauw 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. Bij de dijkvakken 157b, 158 en 160 blijkt deze voorwaarde overschreden te worden en zijn de betreffende golfhoogte naar beneden bijgesteld (zie grijze arcering Tabel 9).

**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
161	16,00	16,80	0,68	1,06	0,56	1,56	1,21	0,68	0,40	1,06
160	16,80	17,00	0,69	1,14	7,64	8,64	0,09	0,13	0,69	1,14
159b	17,00	17,20	0,85	1,23	8,46	9,46	0,10	0,13	0,85	1,23
159a	17,20	17,65	0,57	1,03	0,08	1,08	7,12	0,95	0,25	0,76
158	17,65	18,75	2,25	2,46	5,24	6,24	0,43	0,39	2,25	2,46
157b	18,75	22,15	2,36	2,55	19,69	20,69	0,12	0,12	2,36	2,55

**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
161	16,00	16,80	0,40	1,06	2,84	3,48	12,6	18,9	0,032	0,056	0,40	1,06
160	16,80	17,00	0,69	1,14	2,92	3,41	13,3	18,1	0,052	0,063	0,69	1,09
159b	17,00	17,20	0,85	1,23	3,25	3,76	16,5	22,1	0,052	0,056	0,85	1,23
159a	17,20	17,65	0,25	0,76	3,90	4,35	23,7	29,5	0,011	0,026	0,25	0,76
158	17,65	18,75	2,25	2,46	4,68	4,88	34,2	37,2	0,066	0,066	2,05	2,23
157b	18,75	22,15	2,36	2,55	4,47	4,75	31,2	35,2	0,076	0,072	1,87	2,12

## 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 14]. 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.

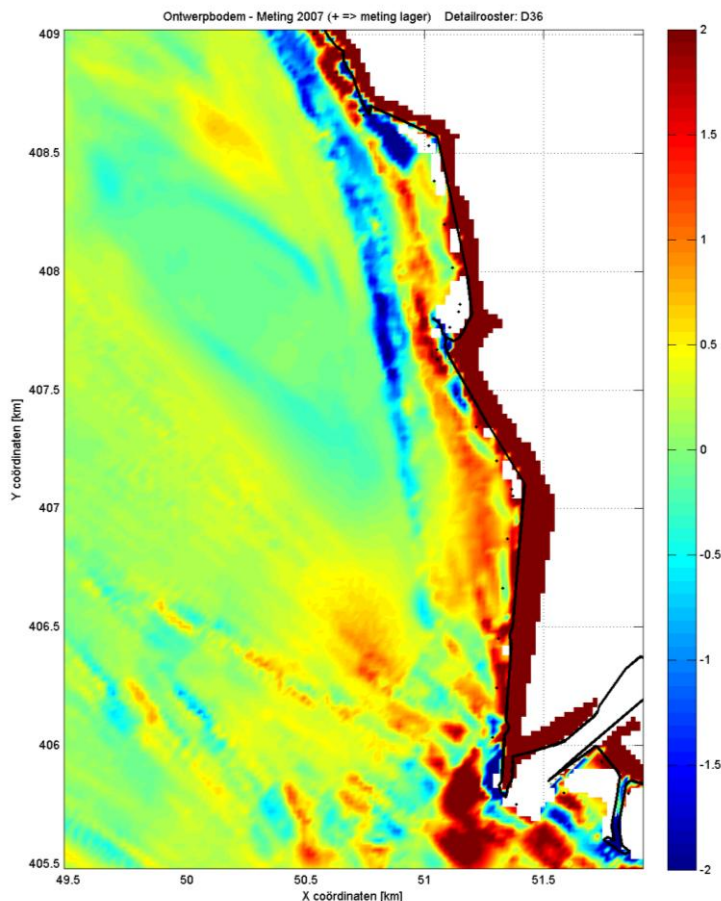
De impact op de golfrandvoorwaarden door de het gebruik van deze prognosebodem in plaats van de ontwerpbodem is bestudeerd in ref 14 en 15. Hieruit blijkt dat de golfrandvoorwaarden op basis van prognosebodem op een aantal locaties hoger zijn dan bij de ontwerpbodem. In deze paragraaf wordt geadviseerd hoe in het ontwerp moet worden omgegaan met de uitkomsten van deze laatste studie [ref 15]. 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 6 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 6 blijkt dat vrijwel langs het gehele beschouwde dijktraject en dan vooral dichtbij de kust, 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 de dijkvakken 157b en 158 redelijk toeneemt en voor de dijkvakken 159a t/m 161 aanzienlijk toeneemt [tabel 7.1 uit ref 15]. Aangeraden wordt om voor deze dijkvakken enige robuustheid in het ontwerp in te bouwen.

**Figuur 6: Verschil in ligging ontwerpbodem minus bodem die volgt uit meting 2007**



**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: '*2010.01C Factsheet Update detailadvies Borrendamme.xls*', d.d. 1 november 2010.
- [8.] Svašek Hydraulics en Royal Haskoning: '*Detailadvies Borrendamme (Opdracht 2006.07.40)*', d.d. 22 augustus 2006.
- [9.] Svašek Hydraulics en Royal Haskoning.: '*2010.15D Update detailadvies Havenkanaal en Inlaag Zuidhoek*', d.d. 1 november 2010.
- [10.] Deltares, Klein Breteler, M.: '*Belastingfunctie voor keuze maatgevende golfcondities*', d.d. 21 oktober 2009.
- [11.] Groenendaal, E.: '*Toepassen minimale  $H_s$  en  $T_{pm}$  voor hydraulische advisering aan Projectbureau Zeeweringen*, Memo H5102/EG/01, 31 maart 2008.
- [12.] Svašek Hydraulics en Royal Haskoning: '*Overzichtskaart Oosterschelde en Westerschelde (RKZ1906.25)*', mei 2010.
- [13.] Svašek Hydraulics, van de Rest, P.: '*Memo Nieuwe belastingfuncties steenbekledingen*' d.d. 18 januari 2010, PvdR/09358/1573/D.
- [14.] Royal Haskoning: '*Toekomstprognose ontwikkeling intergetijdengebied Oosterschelde*', kenmerk 9T4814.A0/R0002/SJAC/SSOM/Rott, d.d. 12 december 2008.
- [15.] 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.