

## Detailadvies Emanuelpolder (Westerschelde)

Aan : Yvo Provoost (Projectbureau Zeeweringen)  
 Van : Pol van de Rest (Svašek Hydraulics)  
 Tweede lezer : Dennis Hordijk (Royal Haskoning DHV)  
 Datum : 16 november 2012  
 Betreft : 2012.12C: Detailadvies Emanuelpolder  
 Status : Definitief  
 Ref. Svašek : 1638/U12323/C/PvdR

In dit detailadvies zijn de golfcondities beschreven voor de Emanuelpolder. Het advies heeft betrekking op het traject van dijkkilometer 10.75 tot 14.90, overeenkomend met de dijkvakken 58a t/m 66. Het ontwerp tracé loopt van ca. dijkkilometer 12.00 tot 14.60. Dijkkilometer 12.00 ligt in dijkvak 64 en dijkkilometer 14.60 ligt in dijkvak 58b. In het advies is een iets ruimer traject opgenomen, omdat tijdens het schrijven van het advies de begrenzing van ontwerp tracé nog niet geheel vaststaat. Het detailadvies is opgebouwd uit twee delen: het samenvattende advies (ontwerpwaarden) en de bijlagen (aanpak/resultaten detailadvies). Voor achtergrondinformatie bij het detailadvies wordt verwezen naar [ref. 1 en 2]. In tegenstelling tot de meeste adviezen in de Westerschelde is bij afleiding van de golfcondities gebruikt gemaakt van Windwater, overeenkomstig de aanpak op de Oosterschelde. 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 [ref 3 en 4].

**Tabel 1: Beschouwde dijkvakken (zie ook figuur 3)**

Dijk- vak no.	Dijkvakscheidings- coördinaten tov Parijs (m)				Dijk kilometrering (km)		Poldernaam
	van		tot		van	tot	
	x	y	x	y			
66	67747	379675	67258	379779	10,75	11,25	Zimmermanpolder
65	67258	379779	66767	380002	11,25	11,80	Zimmermanpolder
64	66767	380002	66612	380254	11,80	12,10	Zimmermanpolder
63	66612	380254	66471	380301	12,10	12,25	Emanuelpolder
62	66471	380301	65927	380379	12,25	12,80	Emanuelpolder
61	65927	380379	65279	380755	12,80	13,55	Emanuelpolder
60	65279	380755	64839	380848	13,55	14,00	Emanuelpolder
59	64839	380848	64640	380865	14,00	14,20	Emanuelpolder/Waardepolder
58b	64640	380865	64077	380757	14,20	14,80	Waardepolder
58a	64077	380757	63909	380756	14,80	14,90	Waardepolder (hoek radarpost)

NB 1: De X -en Y coördinaten in Tabel 1 zijn iets gewijzigd t.o.v. de oorspronkelijke begrenzing [ref 3 en 4], omdat de dijkkilometrering niet exact overeen bleek te komen met de oorspronkelijke coördinaten.

NB 2: de begrenzing tussen de dijkvakken 58a en 58b is naar noordoostelijke richting verschoven t.o.v. de oorspronkelijke begrenzing [ref 3 en 4], namelijk van dijkkilometrering 14.90 naar 14.80.

**Tabel 2: Maatgevende golfcondities voor betonzuilen**

Dijk- vak	Dijk kilometrerings (km)		Hs [m]			Tpm [s]			Waterdiepte			Windrichting (°)		
			bij waterstand			bij waterstand			m tov NAP			nautisch		
	van		tot		t.o.v. NAP			t.o.v. NAP			bij waterstand t.o.v. NAP			
	no.	van	tot	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m
66	10,75	11,25	0,79	1,65	1,97	3,65	4,28	5,16	1,4	3,3	5,3	210	240	270
65	11,25	11,80	0,68	1,59	1,89	3,63	3,99	5,26	1,3	3,3	3,9	210	210	270
64	11,80	12,10	-	0,85	1,79	-	4,57	5,14	-	1,6	3,6	-	240	270
63	12,10	12,25	-	0,71	1,59	-	4,50	5,04	-	1,4	3,4	-	270	270
62	12,25	12,80	-	0,73	1,63	-	4,47	4,48	-	1,5	3,5	-	270	240
61	12,80	13,55	-	0,76	1,63	-	3,85	4,40	-	1,7	3,7	-	240	240
60	13,55	14,00	-	0,74	1,62	-	3,82	4,16	-	1,7	3,2	-	240	210
59	14,00	14,20	-	0,74	1,62	-	3,72	4,16	-	1,6	3,2	-	210	210
58b	14,20	14,80	-	0,87	1,69	-	4,17	4,06	-	1,6	3,6	-	210	210
58a	14,80	14,90	1,66	1,97	2,25	3,85	4,35	4,85	3,8	5,8	7,8	240	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 5]. 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 mogelijk wijzigen. In het geval 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 bekledingstype en/of faalmechanisme een bekleding specifieke tabel toegepast te worden.
  - (gekantelde) Betonblokken en patroon gepenetreerde breuksteen: Tabel 5.1
  - Betonzuilen: Tabel 2 en 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 5]. Daarom moeten golfcondities waarvoor geldt  $\xi_{op} > 2$  (bij de aanwezigheid van een hoog voorland) aangepast worden [ref 5], zodat geldt  $\xi_{op} = 2$ . Bij het beschouwde dijktraject is  $\xi_{op} < 2$  en hoeven de golfcondities niet te worden bijgesteld.
- Voor dijkvak 58b is de golfperiode bij NAP +4m iets hoger dan bij NAP +6m (zie oranje arcering in tabel 2 en de tabellen 5.2 t/m 5.4). Dit wordt veroorzaakt door de toegepaste correctiefactoren [ref 6]. De correctiewaarde voor de golfperiode bij NAP+4m (ca. 13%) is duidelijk hoger dan de correctiewaarde voor NAP+6m (ca. 5%), hetgeen voor NAP+6m resulteert in een iets lagere golfperiode dan voor NAP+4m. Indien dit in het ontwerp problemen geeft wordt geadviseerd om de golfperiode voor NAP+6m gelijk te stellen aan de waarde voor NAP+4m.
- De begrenzing tussen de dijkvakken 58a en 58b is naar noordoostelijke richting verschoven t.o.v. van de oorspronkelijke begrenzing [ref 3 en 4], namelijk van dijkkilometrerings 14.90 naar 14.80. Deze verschuiving is in figuur 1 weergegeven. De reden hiervan is dat bij de oorspronkelijke begrenzing, de golfcondities in het zuidwestelijke gedeelte van dijkvak 58b (met een aanzienlijk lagere bodemligging, maar geen voorliggende uitvoerpunten) onderschat worden.
- Bij dijkvak 64 volgt uit de SWAN-resultaten bij de tabel met maatgevende golfcondities voor (gekantelde) betonblokken en patroon gepenetreerde breuksteen (tabel 5.1) en de tabel voor losse breuksteen kreukelberm (tabel 5.4) dat een afluende windrichting (315 graden) maatgevend is. Het wordt fysisch niet realistisch geacht dat deze windrichting maatgevend is en daarom is deze windrichting (en windrichting 300 graden) uitgesloten, waardoor

windrichting 285 graden maatgevend wordt.

- Het schor bij Waarde is in de berekening van de golfcondities meegenomen. Aangezien de bodemligging, welke volgt uit metingen uit 2011, hoger ligt dan de SWAN-bodem en er een aanznijdende trend aanwezig is, kan worden geconcludeerd dat de toegepaste SWAN-bodem robuust is.

**Figuur 1: Verschuiving grens tussen dijkvak 58a en 58b**



**Tabel 3: Waterstanden en ontwerppeilen**

Dijk- vak	Dijk kilometrering		Zeespiegelstijging	Ontwerppeil 1985	Ontwerppeil 2060	GHW
	(km)		incl HW-stijging			
no.	van	tot	[m]	[m]	[m]	[m]
				tov NAP	tov NAP	tov NAP
66	10,75	11,25	0,65	6,25	6,90	2,58
65	11,25	11,80	0,65	6,25	6,90	2,58
64	11,80	12,10	0,65	6,25	6,90	2,58
63	12,10	12,25	0,60	6,20	6,80	2,57
62	12,25	12,80	0,60	6,20	6,80	2,56
61	12,80	13,55	0,60	6,15	6,75	2,56
60	13,55	14,00	0,60	6,15	6,75	2,56
59	14,00	14,20	0,60	6,15	6,75	2,56
58b	14,20	14,80	0,60	6,15	6,75	2,55
58a	14,80	14,90	0,60	6,15	6,75	2,54

Tabel 4: Bodemligging

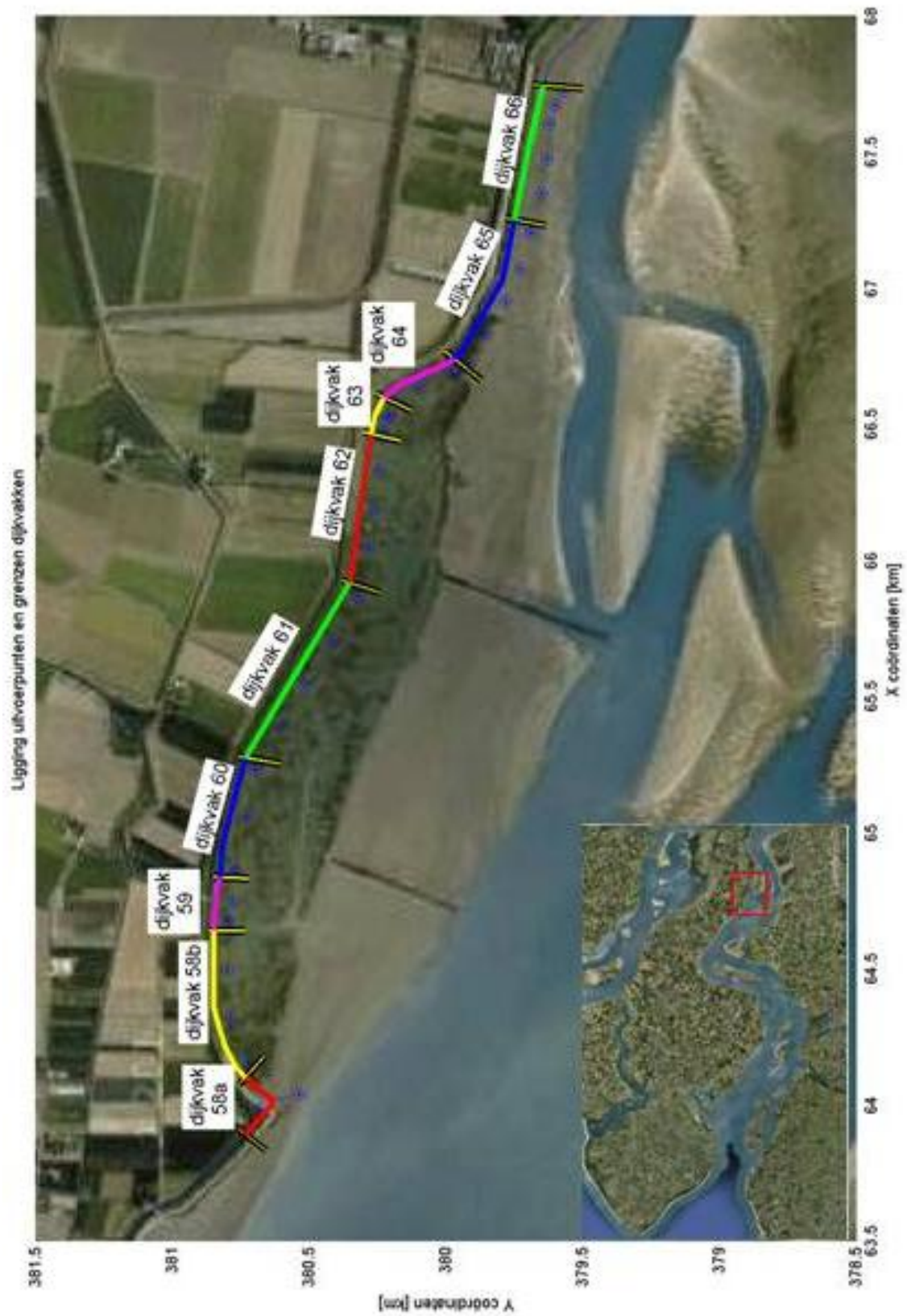
Dijk- vak  no.	Dijk kilometrering (km) van   tot		Bodemligging		
			Represen- tatief [m NAP]	Gemid- deld [m NAP]	Standaard- afwijking [m]
			66	10,75	11,25
65	11,25	11,80	0,76	1,42	0,67
64	11,80	12,10	2,36	2,48	0,13
63	12,10	12,25	2,44	2,53	0,08
62	12,25	12,80	2,34	2,48	0,14
61	12,80	13,55	2,31	2,42	0,11
60	13,55	14,00	2,34	2,55	0,21
59	14,00	14,20	2,37	2,54	0,17
58b	14,20	14,80	2,31	2,34	0,03
58a	14,80	14,90	-1,77	-1,77	0,00

Figuur 2: Luchtfoto projectgebied met schor van Waarde en strekdammen  
Bron: <https://beeldbank.rws.nl>, Rijkswaterstaat





Figuur 3: Dijkvakken 58a t/m 66 (bron ondergrond: Google Earth)



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

## 1 Ligging dijkvakken

Dit detailadvies heeft betrekking op de dijkvakken 58a t/m 66 (zie Figuur 3). De dijkvakken liggen op Zuid-Beveland in de noordoostzijde van de Westerschelde. Deze dijkvakken bevinden zich vlakbij het dorp Waarde en voor de dijk bevindt zich het hooggelegen schor van Waarde. Het ontwerptraacé loopt van ca. dijkkilometer 12.00 tot 14.60. Dijkkilometer 12.00 ligt in dijkvak 64 en dijkkilometer 14.60 ligt in dijkvak 58b. Dit advies komt dus overeen met een iets ruimer traject, omdat tijdens het schrijven van het advies de begrenzing van ontwerptraacé nog niet geheel vaststaat.

De begrenzing tussen de dijkvakken 58a en 58b is naar noordoostelijke richting verschoven t.o.v. de oorspronkelijke begrenzing [ref 3 en 4], namelijk van dijkkilometring 14.90 naar 14.80. Deze verschuiving is in figuur 1 weergegeven. De reden hiervan is dat bij de oorspronkelijke begrenzing, de golfcondities in het zuidwestelijke gedeelte van dijkvak 58b onderschat worden. De golfcondities nemen vanaf dijkkilometring 14.80 naar zuidwestelijke richting aanzienlijk toe, doordat de waterdiepte in deze richting toeneemt.

## 2 Situatiebeschrijving

Langs het traject zijn enkele bijzondere objecten te onderscheiden:

- **Schor van Waarde:** Dit schorregebied is bij de berekening van de golfcondities meegenomen. Daarbij is bodem gebaseerd op meetdata uit 1997, waarbij vooral de hoger gelegen delen van de bodem zijn verlaagd om te compenseren voor de te verwachte erosie binnen de planperiode [ref 3 en 4]. In paragraaf 6 worden de morfologische ontwikkelingen en de robuustheid van de bodem beschreven.
- **Strekdammen:** Dwars op de dijk zijn in 2002 een tweetal strekdammen aangebracht. De dammen zijn niet meegenomen in de berekening van de golfcondities, omdat deze niet zijn gedimensioneerd op de maatgevende 1/4000<sup>e</sup> storm en worden daarom als 'verloren' beschouwd. Deze strekdammen zijn aangebracht om het intergetijdengebied (schor) te beschermen tegen erosie. Ten gevolge van aanleg van de strekdammen neemt de stroomsnelheid ten gevolge van het getij af, wat resulteert in aanzanding tussen de dammen [ref 13]. Daarnaast zorgen de dammen ervoor dat de nabijgelegen geul niet verder richting het noorden migreert.

## 3 Golfcondities

De dijkvakken 58a t/m 66 in het beschouwde traject worden het zwaarst belast door golven uit (zuid-) westelijke windrichtingen, namelijk tussen de 210 en 285 graden (zie tabellen 5.1 t/m 5.4).

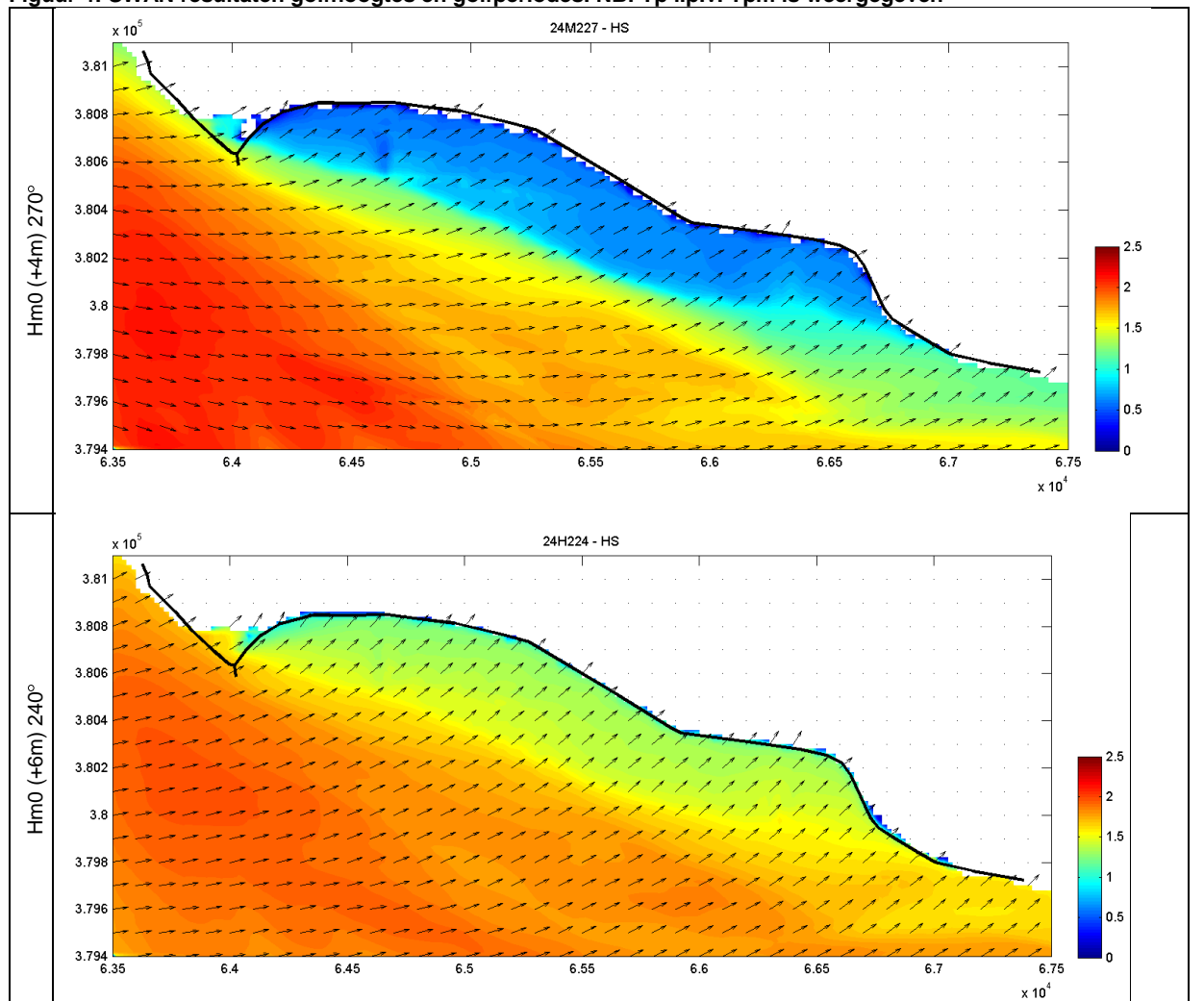
De golven bij de maatgevende windrichtingen 270 en 285 graden worden in het westelijke deel en het middendeel van de Westerschelde opgewekt en bereiken via de geul "de Schaar van Waarde" en over de schorren van Waarde de betreffende dijkvakken. De golven bij de maatgevende windrichtingen 210 en 240 graden kunnen ook lokaal opgewekt worden. Voor de meeste dijkvakken geldt dat de hoek van inval vrij groot is en de golven flink bij moeten draaien voordat ze de teen van de dijk bereiken.

Bij dijkvak 64 volgt uit de SWAN-resultaten bij de tabel met maatgevende golfcondities voor (gekantelde) betonblokken en patroon gepenetreerde breuksteen (tabel 5.1) en de tabel voor losse breuksteen kreukelberm (tabel 5.4) dat een aflandige windrichting (315 graden) maatgevend is. Het wordt fysisch niet realistisch geacht dat deze windrichting maatgevend is en daarom wordt deze

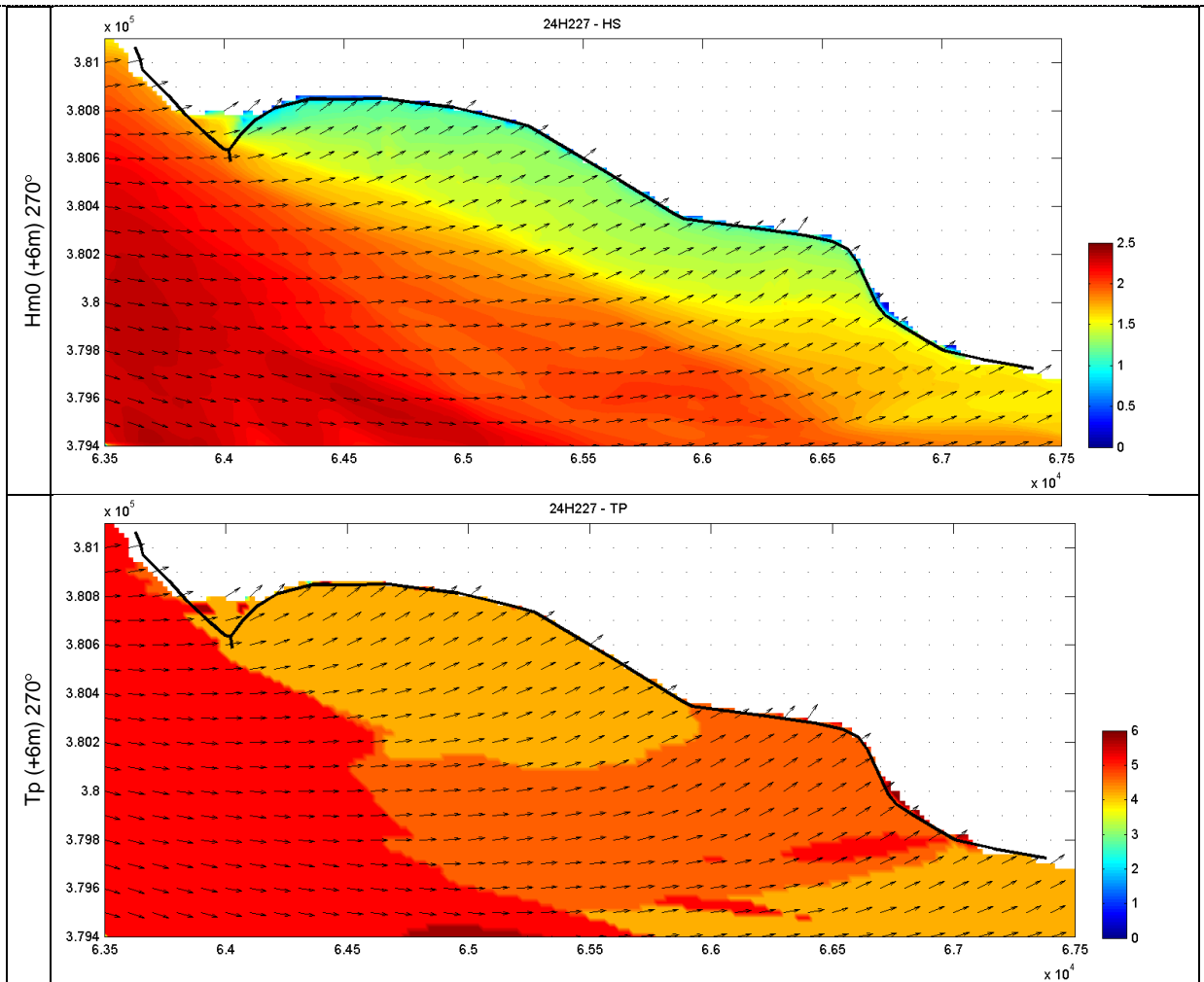
windrichting (en windrichting 300 graden) uitgesloten, waardoor windrichting 285 graden maatgevend wordt.

Figuur 4 toont het met SWAN berekende golfveld (zonder correcties). De golfhoogte is weergegeven bij de waterstand NAP+4m voor de windrichting 270° en NAP+6m voor de windrichtingen 240° en 270°. De golfperiode is weergegeven bij de waterstand NAP+6m voor de windrichting 270°. In de figuren is duidelijk de grote afname van de golfhoogte te zien ten gevolge het hoog gelegen schorgebied.

**Figuur 4: SWAN resultaten golfhoogtes en golfperiodes. NB: Tp i.p.v. Tpm is weergegeven**







De resultaten van "Golfrandvoorwaarden op de Westerschelde gegeven een 1/4000 windsnelheid" [ref 3 en 4] vormen de basis voor de golfbelastingen. De op basis van het rapport "Update correctiewaarden Zeeland" [ref 6] aangescherpte correctiefactoren<sup>1</sup>, welke dienen ter compensatie van de door SWAN gemaakte fout, zijn voor alle waterstanden toegepast bij de bepaling van de golfcondities. De tabellen 5.1 t/m 5.4 bevatten de waarden van de golfcondities na deze correcties.

In tegenstelling tot de meeste adviezen in de Westerschelde is bij afleiding van de golfcondities gebruikt gemaakt van Windwater, overeenkomstig de aanpak op de Oosterschelde.

Voor de verschillende bekledingstypen en faalmechanismen zijn vier verschillende belastingfuncties gebruikt om de maatgevende golfcondities te bepalen. Hierdoor dient voor het ontwerp per bekledingstype 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 5].

<sup>1</sup> Deze correctiewaarden worden ook wel de correctiewaarden 'Svašek 2010' genoemd en vervangen de correctiewaarden uit de studie van WL uit 2006 [ref. 14]. Deze correctiewaarden zijn afhankelijk van een aantal dimensieloze parameters. In de meeste adviezen voor de Westerschelde zijn andere correcties toegepast (zie ref 1 en 2).

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 het geval 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 5]. Daarom moeten golfcondities waarvoor geldt  $\xi_{op} > 2$  (bij de aanwezigheid van een hoog voorland) aangepast worden [ref 5], zodat geldt  $\xi_{op} = 2$ . Bij het beschouwde dijktraject is  $\xi_{op} < 2$  en hoeven de golfcondities niet te worden bijgesteld.

Zowel de significante golfhoogte ( $H_s$ ) als de golfperiode ( $T_{pm}$ ) nemen voor alle dijkvakken toe bij een toenemende waterdiepte, met uitzondering van de golfperiode voor dijkvak 58b. Voor dit dijkvak geldt voor NAP+6m een iets lagere golfperiode dan voor NAP+4m. Dit wordt veroorzaakt door de toegepaste correctiefactoren [ref 6]. De correctiewaarde voor de golfperiode bij NAP+4m (ca. 13%) is duidelijk hoger dan de correctiewaarde voor NAP+6m (ca. 5%), hetgeen voor NAP+6m resulteert in een iets lagere golfperiode dan voor NAP+4m. Indien dit in het ontwerp problemen geeft wordt geadviseerd om de golfperiode voor NAP+6m gelijk te stellen aan de waarde voor NAP+4m.

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

Dijk- vak	Dijk		Hs [m]			Tpm [s]			Waterdiepte			Windrichting (°)		
	kilometrering		bij waterstand			bij waterstand			m tov NAP			nautisch		
	(km)		t.o.v. NAP			t.o.v. NAP						bij waterstand t.o.v. NAP		
	no.	van	tot	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m
66	10,75	11,25	0,76	1,65	1,97	3,88	4,28	5,16	1,4	3,3	5,3	240	240	270
65	11,25	11,80	0,64	1,55	1,89	4,07	4,24	5,26	1,3	3,3	3,9	270	240	270
64	11,80	12,10	-	0,82	1,79	-	4,85	5,14	-	1,6	3,6	-	285	270
63	12,10	12,25	-	0,69	1,59	-	4,77	5,04	-	1,4	3,4	-	285	270
62	12,25	12,80	-	0,70	1,51	-	4,79	5,09	-	1,5	3,5	-	285	270
61	12,80	13,55	-	0,68	1,55	-	4,57	4,72	-	1,7	3,6	-	285	270
60	13,55	14,00	-	0,67	1,32	-	4,39	5,45	-	1,4	3,2	-	285	285
59	14,00	14,20	-	0,64	1,32	-	4,67	5,45	-	1,6	3,2	-	285	285
58b	14,20	14,80	-	0,76	1,40	-	5,26	5,30	-	1,6	3,6	-	285	270
58a	14,80	14,90	1,54	1,97	2,25	4,32	4,35	4,85	3,8	5,8	7,8	270	270	270

**Tabel 5.2 Maatgevende golfcondities voor betonzuilen**

Dijk- vak	Dijk kilometrering (km)		Hs [m]			Tpm [s]			Waterdiepte			Windrichting (°)		
			bij waterstand			bij waterstand			m tov NAP			nautisch		
			t.o.v. NAP			t.o.v. NAP						bij waterstand t.o.v. NAP		
no.	van	tot	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m
66	10,75	11,25	0,79	1,65	1,97	3,65	4,28	5,16	1,4	3,3	5,3	210	240	270
65	11,25	11,80	0,68	1,59	1,89	3,63	3,99	5,26	1,3	3,3	3,9	210	210	270
64	11,80	12,10	-	0,85	1,79	-	4,57	5,14	-	1,6	3,6	-	240	270
63	12,10	12,25	-	0,71	1,59	-	4,50	5,04	-	1,4	3,4	-	270	270
62	12,25	12,80	-	0,73	1,63	-	4,47	4,48	-	1,5	3,5	-	270	240
61	12,80	13,55	-	0,76	1,63	-	3,85	4,40	-	1,7	3,7	-	240	240
60	13,55	14,00	-	0,74	1,62	-	3,82	4,16	-	1,7	3,2	-	240	210
59	14,00	14,20	-	0,74	1,62	-	3,72	4,16	-	1,6	3,2	-	210	210
58b	14,20	14,80	-	0,87	1,69	-	4,17	4,06	-	1,6	3,6	-	210	210
58a	14,80	14,90	1,66	1,97	2,25	3,85	4,35	4,85	3,8	5,8	7,8	240	270	270

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

Dijk- vak	Dijk kilometrering (km)		Hs [m]			Tpm [s]			Waterdiepte			Windrichting (°)		
			bij waterstand			bij waterstand			m tov NAP			nautisch		
			t.o.v. NAP			t.o.v. NAP						bij waterstand t.o.v. NAP		
no.	van	tot	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m
66	10,75	11,25	0,79	1,65	2,00	3,65	4,01	4,35	1,4	3,4	5,3	210	210	240
65	11,25	11,80	0,68	1,59	2,00	3,63	3,99	4,25	1,3	3,3	5,3	210	210	240
64	11,80	12,10	-	0,85	1,80	-	4,27	4,58	-	1,6	3,6	-	210	240
63	12,10	12,25	-	0,73	1,63	-	4,10	4,51	-	1,6	3,4	-	240	240
62	12,25	12,80	-	0,76	1,67	-	3,67	4,25	-	1,5	3,3	-	210	210
61	12,80	13,55	-	0,76	1,64	-	3,85	4,22	-	1,7	3,7	-	240	210
60	13,55	14,00	-	0,75	1,62	-	3,54	4,16	-	1,7	3,2	-	210	210
59	14,00	14,20	-	0,74	1,62	-	3,72	4,16	-	1,6	3,2	-	210	210
58b	14,20	14,80	-	0,87	1,69	-	4,17	4,06	-	1,6	3,6	-	210	210
58a	14,80	14,90	1,66	1,97	2,25	3,85	4,35	4,85	3,8	5,8	7,8	240	270	270

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

Dijk- vak	Dijk kilometrering (km)		Hs [m]			Tpm [s]			Waterdiepte			Windrichting (°)		
			bij waterstand			bij waterstand			m tov NAP			nautisch		
			t.o.v. NAP			t.o.v. NAP						bij waterstand t.o.v. NAP		
no.	van	tot	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m
66	10,75	11,25	0,79	1,65	1,97	3,65	4,28	5,16	1,4	3,3	5,3	210	240	270
65	11,25	11,80	0,66	1,55	1,89	3,84	4,24	5,26	1,3	3,3	3,9	240	240	270
64	11,80	12,10	-	0,82	1,79	-	4,85	5,14	-	1,6	3,6	-	285	270
63	12,10	12,25	-	0,69	1,59	-	4,77	5,04	-	1,4	3,4	-	285	270
62	12,25	12,80	-	0,73	1,63	-	4,47	4,48	-	1,5	3,5	-	270	240
61	12,80	13,55	-	0,76	1,63	-	3,85	4,40	-	1,7	3,7	-	240	240
60	13,55	14,00	-	0,74	1,62	-	3,82	4,16	-	1,7	3,2	-	240	210
59	14,00	14,20	-	0,74	1,62	-	3,72	4,16	-	1,6	3,2	-	210	210
58b	14,20	14,80	-	0,87	1,69	-	4,17	4,06	-	1,6	3,6	-	210	210
58a	14,80	14,90	1,66	1,97	2,25	3,85	4,35	4,85	3,8	5,8	7,8	240	270	270

#### 4 Waterstanden

In Tabel 6 zijn de ontwerppeilen weergegeven die bij het ontwerp gebruikt dienen te worden. Het Ontwerppeil (2060) volgt uit de som van het Ontwerppeil (1985) plus de hoogwaterstijging binnen de planperiode (1985 tot 2060). De Ontwerppeilen (1985) volgen uit [ref 8] en zijn omgezet naar de beschouwde dijkvakken in [ref 9 en 10].

Er wordt uitgegaan (volgens de 3<sup>e</sup> Kustnota [ref 11]) van een zeespiegelstijging van 0,60 m/eeuw. Daarnaast wordt rekening gehouden met een hoogwaterstijging van 0,2 m/eeuw voor het westelijke gedeelte van het projectgebied en 0,3 m/eeuw voor het oostelijke gedeelte [ref 10]. De overgang van 0,20 cm/eeuw naar 0,30 cm/eeuw ligt tussen dijkvak 63 en 64, waardoor een sprong in het Ontwerppeil ontstaat. De Ontwerppeilen (2060) zijn niet in alle gevallen naar boven afgerond op 5 cm, om een lineair verloop te krijgen met de andere dijkvakken [ref 10].

Tabel 6 bevat ook de gemiddeld hoog waterstanden (GHW). Deze zijn gebaseerd op de slotgemiddelde van 1991 [ref 12]. In de GHW-standen is geen zeespiegelstijging meegenomen, omdat deze waarden bedoeld zijn voor de uitvoering.

**Tabel 6: Waterstanden en ontwerppeilen**

Dijk- vak  no.	Dijk kilometrerung (km) van   tot		Zeespiegelstijging	Ontwerppeil 1985	Ontwerppeil 2060	GHW
			incl HW-stijging			
			[m]	[m]	[m]	[m]
			tov NAP	tov NAP	tov NAP	tov NAP
66	10,75	11,25	0,65	6,25	6,90	2,58
65	11,25	11,80	0,65	6,25	6,90	2,58
64	11,80	12,10	0,65	6,25	6,90	2,58
63	12,10	12,25	0,60	6,20	6,80	2,57
62	12,25	12,80	0,60	6,20	6,80	2,56
61	12,80	13,55	0,60	6,15	6,75	2,56
60	13,55	14,00	0,60	6,15	6,75	2,56
59	14,00	14,20	0,60	6,15	6,75	2,56
58b	14,20	14,80	0,60	6,15	6,75	2,55
58a	14,80	14,90	0,60	6,15	6,75	2,54

#### 5 Bodemligging en golfcondities lagere waterstanden

De representatieve bodemligging [ref. 1 en 2] voor de dijkvakken is weergegeven in Tabel 7. De representatieve bodemligging van de dijkvakken varieert van NAP -1.77m (dijkvak 58a) tot NAP +2.37m (dijkvak 59). Door het voorliggende schor van Waarde is de bodemligging hoog en valt het voorland dagelijks droog bij eb. De gemiddelde hoogwaterstand is voor de dijkvakken 58b t/m 64 nauwelijks hoger dan de gemiddelde bodemligging (ter plaatste van de uitvoerpunten). Er is weinig variatie in bodemligging langs het dijktraject. De representatieve bodemligging is in lijn met Figuur 5 en hoeft daarom niet te worden aangepast.

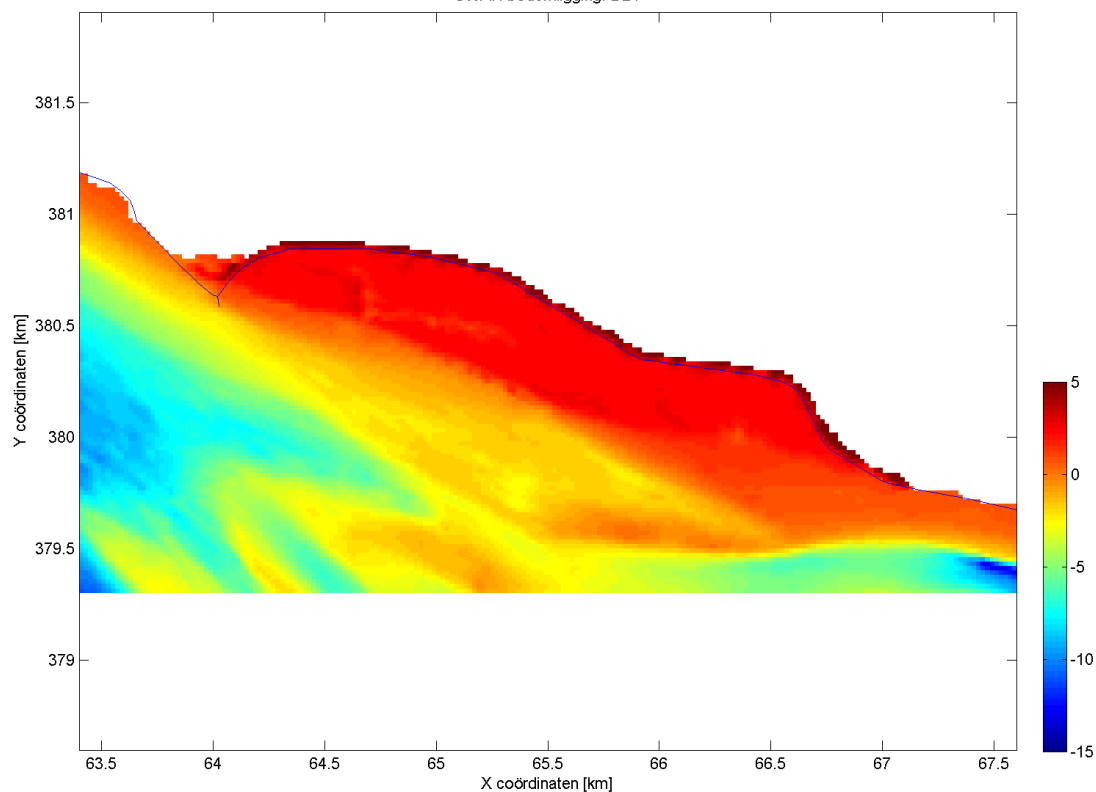


Tabel 7: Bodemligging

Dijk- vak  no.	Dijk kilometrerings (km) van   tot		Bodemligging		
			Represen- tatief	Gemid- deld	Standaard- afwijking
			[m NAP]	[m NAP]	[m]
66	10,75	11,25	0,62	0,65	0,03
65	11,25	11,80	0,76	1,42	0,67
64	11,80	12,10	2,36	2,48	0,13
63	12,10	12,25	2,44	2,53	0,08
62	12,25	12,80	2,34	2,48	0,14
61	12,80	13,55	2,31	2,42	0,11
60	13,55	14,00	2,34	2,55	0,21
59	14,00	14,20	2,37	2,54	0,17
58b	14,20	14,80	2,31	2,34	0,03
58a	14,80	14,90	-1,77	-1,77	0,00

Figuur 5: Bodemligging SWAN model rond dijktraject

SWAN bodemligging: D24



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 -2m en +0m zijn bepaald door de golfcondities die horen bij een waterstand van NAP +2m en NAP +4m lineair te extrapoleren. Met uitzondering van dijkvak 58a bij een waterstand van NAP -1m valt echter in alle gevallen het voorland droog en zijn de golfparameters gelijk aan nul gesteld.

Voor dijkvak 58a blijkt de waarde van  $H_s/D=0.7$  bij een waterstand van NAP +0m overschreden te worden (zie grijze arcering in Tabel 8). Omdat deze berekende waarde fysisch niet realistisch is, is de betreffende golfhogte naar beneden bijgesteld. De gecorrigeerde waarde is grijs 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 -2m en NAP +0m. Daarbij staan in de vierde en vijfde kolom de al dan niet gecorrigeerde waarden van  $H_s$  uit Tabel 8. Voor dijkvak 58a blijkt de waarde van  $H_s/L_0=0.06$  bij een waterstand van NAP +0m overschreden te worden (zie grijze arcering in Tabel 9). Omdat het hier al een gecorrigeerde waarde betreft is de betreffende golfhogte niet (nog verder) naar beneden bijgesteld.

**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	0m	-2m	0m	-2m	0m	-2m	0m
66	10,75	11,25	--	--	--	--	--	--	--	--
65	11,25	11,80	--	--	--	--	--	--	--	--
64	11,80	12,10	--	--	--	--	--	--	--	--
63	12,10	12,25	--	--	--	--	--	--	--	--
62	12,25	12,80	--	--	--	--	--	--	--	--
61	12,80	13,55	--	--	--	--	--	--	--	--
60	13,55	14,00	--	--	--	--	--	--	--	--
59	14,00	14,20	--	--	--	--	--	--	--	--
58b	14,20	14,80	--	--	--	--	--	--	--	--
58a	14,80	14,90	--	1,35	--	1,77	--	0,76	--	1,24

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

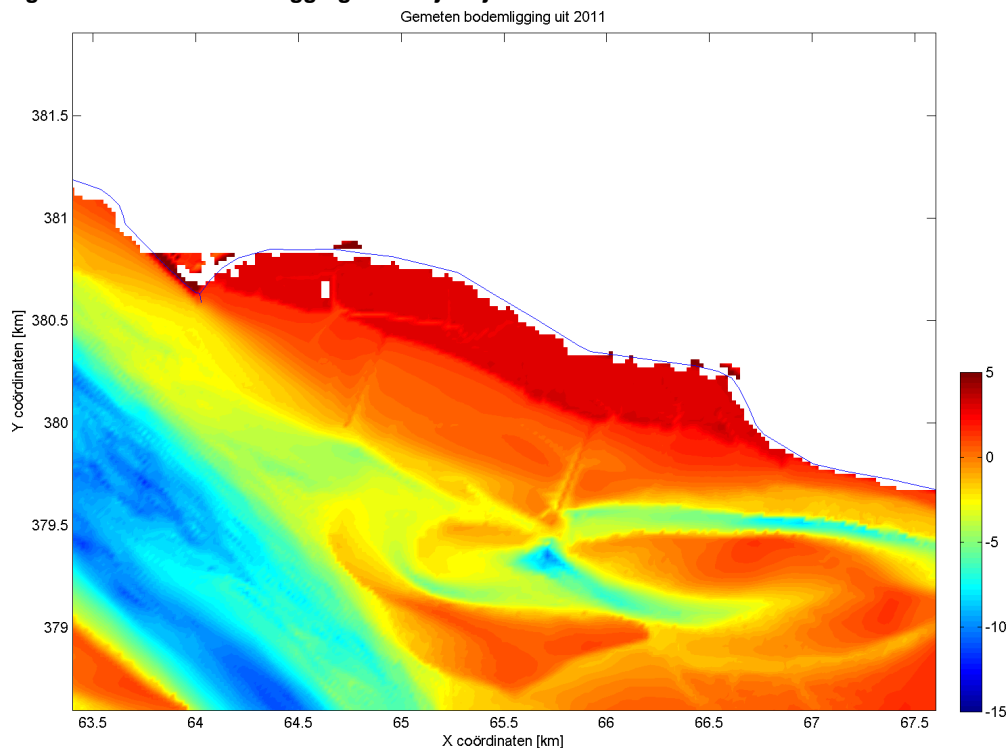
Dijk- vak no.	Dijk kilometrerings (km)		Hs [m] bij waterstand t.o.v. NAP		Tpm [s] bij waterstand t.o.v. NAP		L0 [m] bij waterstand t.o.v. NAP		Hs/L0 [-] bij waterstand t.o.v. NAP		Aan te houden Hs [m] bij waterstand t.o.v. NAP	
	van	tot	-2m	0m	-2m	0m	-2m	0m	-2m	0m	-2m	0m
66	10,75	11,25	--	--	--	--	-	-	-	-	-	-
65	11,25	11,80	--	--	--	--	-	-	-	-	-	-
64	11,80	12,10	--	--	--	--	-	-	-	-	-	-
63	12,10	12,25	--	--	--	--	-	-	-	-	-	-
62	12,25	12,80	--	--	--	--	-	-	-	-	-	-
61	12,80	13,55	--	--	--	--	-	-	-	-	-	-
60	13,55	14,00	--	--	--	--	-	-	-	-	-	-
59	14,00	14,20	--	--	--	--	-	-	-	-	-	-
58b	14,20	14,80	--	--	--	--	-	-	-	-	-	-
58a	14,80	14,90	--	1,24	--	3,35	-	17,5	-	0,071	-	1,05

## 6 Morfologische ontwikkelingen en robuustheid bodem

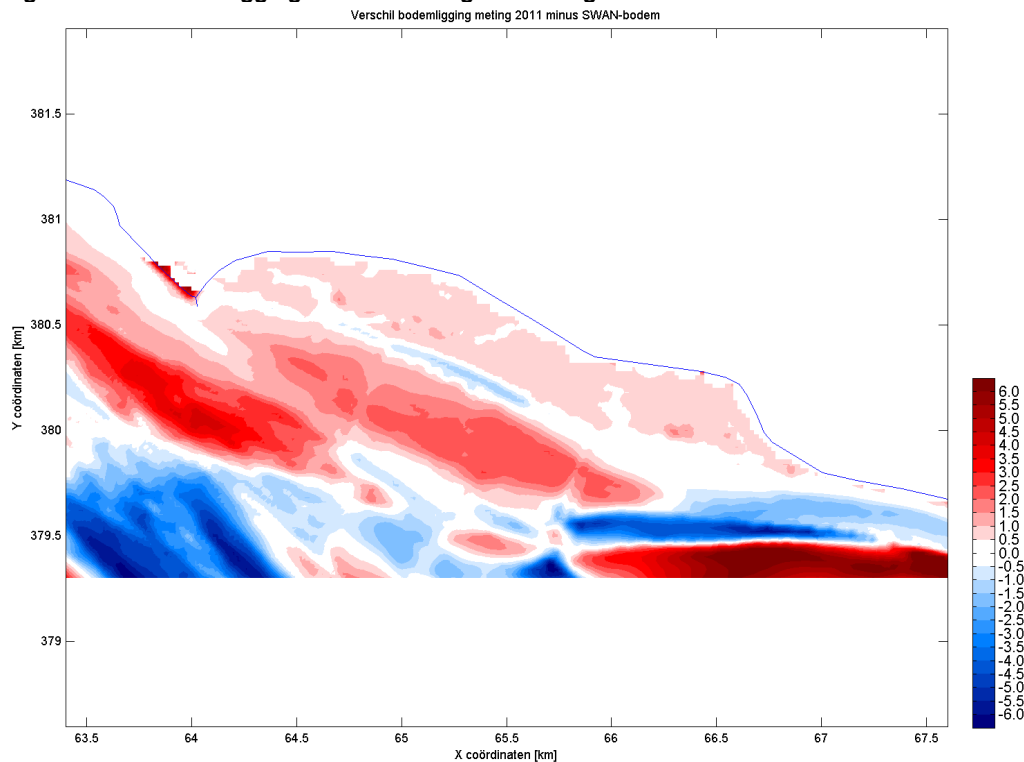
Langs het grootste gedeelte van het dijktraject bevindt zich een schor voor de dijk, namelijk het schor van Waarde. Veel schorren langs de zowel de Ooster- als de Westerschelde zijn aan erosie onderhevig. Het is daarom van belang om te weten of het schor van Waarde ook een erosieve trend vertoont en of de toegepaste SWAN-bodem voldoende robuust is. De SWAN-bodem welke gebruikt is in de berekening van de golfcondities in dit advies is weergegeven in figuur 5. Deze bodem is gebaseerd op meetdata uit 1997, waarbij vooral de hoger gelegen delen van de bodem zijn verlaagd om te compenseren voor de mogelijke erosie binnen de planperiode [ref 3 en 4].

In figuur 6 is de recente bodemligging van het gebied weergegeven, gebaseerd op meetdata uit 2011. Daarnaast is in figuur 7 het verschil weergegeven tussen de bodemligging op basis van metingen uit 2011 minus de bodemligging uit het SWAN-model, waarop de randvoorwaarden in dit advies gebaseerd zijn. Positieve waarden geven aan dat de huidige bodemligging (meting uit 2011) hoger ligt dan de SWAN-bodem.

**Figuur 6: Recente bodemligging rond dijktraject**



**Figuur 7: Verschil in ligging bodem die volgt uit meting 2011 minus SWAN-bodem**



Uit figuur 7 blijkt dat de recente ligging van het schor hoger is dan in de SWAN-bodem. Dit is niet verwonderlijk aangezien de SWAN-bodem met opzet is verlaagd t.o.v. de metingen uit 1997. Daarnaast is bekend dat na aanbrengen van de strekdammen in 2002 er aanzanding plaats vindt in het gebied. Aanliggend aan de strekdammen zijn daardoor de grootste verschillen tussen beide bodems zichtbaar.

Uit metingen is gebleken dat het schor bij Waarde een erosieve trend vertoonde [ref 13]. Daarom zijn in 2002 dwars op de dijk een tweetal strekdammen aangebracht. Deze strekdammen zijn aangebracht om het intergetijdengebied (schor) te beschermen tegen erosie. Ten gevolge van aanleg van de strekdammen neemt de stroomsnelheid ten gevolge van het getij af, wat resulteert in aanzanding tussen de dammen [ref 13]. Uit recente metingen in de periode na aanleg van de dammen, blijkt dat op het schorgebied in plaats van erosie nu aanzanding plaatsvindt ten gevolge van aanleg van de dammen [ref 13]. De aangelegde dammen zorgen er daarnaast voor dat de nabijgelegen geul niet verder richting het noorden migreert. Ter plaatse van de koppen van de dammen (vooral de oostelijke dam) zijn erosiekuilen ontstaan. Deze lokale verdiepingen zijn niet van invloed op de golfcondities bij de dijk.

Geconcludeerd kan worden dat de huidige bodemligging (meting 2011) vooral ter hoogte van het schor hoger ligt dan de bodem uit het SWAN-model. Daarnaast blijkt er een aanzandende trend te zijn op het schor. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de toegepaste bodem voldoende robuust is en dat de golfcondities mogelijk enigszins worden overschat.



## Referenties

- [1.] Svašek Hydraulics en Royal Haskoning: *'Handleiding hydraulische detailadviezen Oosterschelde en Westerschelde 2011 t.b.v. projectbureau Zeeweringen; Deel 1A van 3: Checklist detailadviezen vanaf april 2010'*, d.d. 23 februari 2011
- [2.] Svašek Hydraulics en Royal Haskoning: *'Handleiding hydraulische detailadviezen Oosterschelde en Westerschelde 2011 t.b.v. projectbureau Zeeweringen; Deel 2 van 3: Achtergrond detailadviezen'*, d.d. 23 februari 2011
- [3.] RIKZ: *'Golfrandvoorwaarden op de Westerschelde gegeven een 1/4000 windsnelheid'*, november 1997, RIKZ\1997.046
- [4.] RIKZ: *'Golfrandvoorwaarden op de Westerschelde gegeven een 1/4000 windsnelheid' (deel II)*, juli 1998, RIKZ\1998.018
- [5.] Svašek Hydraulics, van de Rest, P.: *'Memo Nieuwe belastingfuncties steenbekledingen'* d.d. 18 januari 2010, PvdR/09358/1573/D.
- [6.] Svašek Hydraulics, van de Rest, P.: *'Update correctiewaarden Zeeland'*, d.d. november 2010, kenmerk: 1585/U10250/D/PvdR.
- [7.] Svašek Hydraulics en Royal Haskoning DHV: *'2012.12C Factsheet Detailadvies Emanuelpolder.xls'*, d.d. 16 november 2012.
- [8.] RIKZ: *'De basispeilen langs de Nederlandse kust, de ruimtelijke verdeling en de overschrijdingslijnen'*, mei 1995, rapport RIKZ-95.008
- [9.] Werkgroep Kennis, J.J. Jacobse: *'Aanpassing basispeilen, conform het basispeilenrapport'*, Memo Werkgroep Kennis K-02-03-14, 16 januari 2002
- [10.] Werkgroep Kennis, A.T. Kamsteeg, J.J. Jacobse: *'Ontwerppeilen Westerschelde. Uitleg over de totstandkoming van de ontwerppeilen-tabel'*, Memo Werkgroep Kennis K-01-09-53, september 2001
- [11.] Ministerie van Verkeer en Waterstaat: *'3<sup>e</sup> Kustnota, Traditie, Trends en Toekomst'*, december 2000
- [12.] Ministerie van Verkeer en Waterstaat: *'Gemiddelde Getijkrommen 1991.0'*, Den Haag 1994
- [13.] Svašek Hydraulics, Dam, G., Blik, A. J.: *'Using a sand-mud model to hindcast the morphology near Waarde'*. Maritime Engineering (Submitted), 2012
- [14.] WL, Delft Hydraulics: *'Correctiewaarden Zeeland, fase 1, Bepaling correctiefuncties voor ontwerp'*. Projectnummer H4576, april 2006