

P2DB-M-07126



18 JUN 2007



ROYAL HASKONING

vb Roy
Yvo
Simon

Detailadvies Roggenplaat (Buiten)

Aan : Dennis Hordijk (RIKZ)
 Van : Pol van de Rest (Svašek)
 Tweede lezer : Maarten Jansen (Svašek)
 Datum : 18 juni 2007
 Betreft : Opdracht 2007.05.57 van mantelovereenkomst RKZ-1563
 Status : Definitief
 Ref. Svasek : PvdR/1340/D07202/E

In dit detailadvies zijn de hydraulische randvoorwaarden beschreven voor de bekledingen op de kering langs de Roggenplaat (Buitenzijde). 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].

Let op: Normaliter worden de steenbekledingen alleen getoetst op golven en niet getoetst op stromingen, omdat de stroomsnelheden vrijwel nooit hoger zijn dan 2 m/s en daardoor niet maatgevend zijn. Vanwege de hoge stroomsnelheden in de omgeving van de Roggenplaat dient naast de gebruikelijke golfcondities (H_s en T_{pm}) echter ook rekening te worden gehouden met een scenario met belasting door stroming.

Beschouwde dijkvakken

In dit advies wordt de Noordzee zijde van de Roggenplaat beschouwd. Het dijktraject is daarbij opgedeeld in een drietal dijkvakken, namelijk Rp A, Rp B en Rp C, welke zijn weergegeven in Figuur 1 en de dijkvakscheidingscoördinaten in Tabel 1.

Tabel 1: Beschouwde dijkvakken

dijkvak	Dijkvakscheidings - coördinaten t.o.v. Parijs			
	x	y	x	y
Rp A	39568	407976	39340	408457
Rp B	39340	408457	39441	408662
Rp C	39441	408662	39838	408839



011560 2007 PZDB-M-07126
Detailadvies Roggenplaat (buiten)

Tabel 2: Maatgevende belastingcombinatie ($H_s \cdot T_{pm}$) voor steenbekledingen

Dijkvak no.	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		
	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m
Rp A	2.3	2.4	2.9	6.7	10.6	12.1	9.6	11.6	13.6	300	330	330
Rp B	2.6	3.1	3.7	7.2	9.4	10.8	8.0	10.0	12.0	285	300	300
Rp C	2.5	2.9	3.5	6.9	8.9	10.3	11.5	13.5	15.5	285	300	300

Aandachtspunten:

- **Geldigheid Tabel 2:** De in Tabel 2 opgenomen golfcondities zijn gebaseerd op belastingfunctie $Z1 = H_s \cdot T_{pm}$ en zijn alleen geldig voor het mechanisme stabiliteit van steenbekledingen (betonzuilen). De maatgevende belastingfunctie is afhankelijk van ξ en de lekhoogte en daardoor onafhankelijk van de dichtheid van de toplaag. Deze belastingfunctie is bij het ontwerp voor steenbekledingen (betonzuilen) in ieder geval maatgevend voor alle taludhellingen, indien:
 - dikte toplaag D tussen 0,30 m en 0,50 m
 - dikte filterlaag tussen 0,05 m en 0,15 m en D15 tussen 0,01 m en 0,02 m, porositeit 0,35
 Indien het ontwerp buiten dit bereik valt, dient het ontwerp voor alle 3 de tabellen (Tabel 6.1 t/m 6.3) door gerekend te worden. Mogelijk wordt dan namelijk een andere belastingfunctie maatgevend, waardoor de maatgevende golfcondities kunnen veranderen.
- Voor het mechanisme afschuiving is $Z2 = H_s \cdot T_{pm} \cdot T_{pm}$ (zie Tabel 6.2) maatgevend en voor (gekantelde) blokken, asfaltbekledingen en kleidijken is belastingfunctie $Z3 = H_s \cdot H_s \cdot T_{pm}$ (zie Tabel 6.3) maatgevend.
- Voor extrapolatie naar lagere waterstanden moet contact worden opgenomen met RIKZ.
- Bij het bepalen van de golfcondities is geen gebruik gemaakt van de reguliere ontwerptabellen voor de Oosterschelde (RIKZ\2001.006) [ref 1 en 2], omdat in deze tabellen geen golfcondities zijn opgenomen voor het gebied aan de buitenzijde van de kering. Voor het bepalen van de golfcondities zijn verkennende SWAN berekeningen voor de gesloten Hollandse kust gebruikt [ref 3], welke ter beschikking zijn gesteld door het RIKZ. Deze data heeft uitdrukkelijk niet de status van de data voor de Oosterschelde en Westerschelde. Wel zijn de berekeningen uitgevoerd volgens een vergelijkbare systematiek en met dezelfde versie van SWAN. De beslissing om op basis van deze verkennende SWAN berekeningen afgeleide golfcondities te gebruiken voor het ontwerp ligt dan ook bij het projectbureau Zeeweringen.

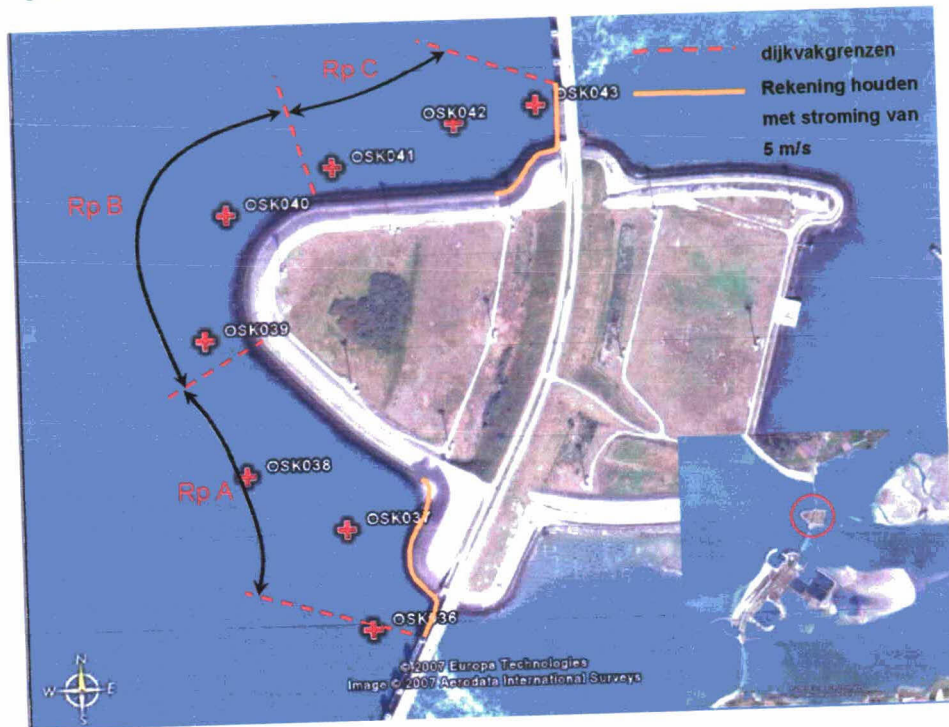
Stroomsnelheden

Bij de aanzet van de dammen (met oranje weergegeven in Figuur 2) wordt aangeraden bij de toetsing en het ontwerp van de steenbekledingen rekening te houden met maximale stroomsnelheden van 5.0 m/s. Op het overige gedeelte van de Roggenplaat wordt aangeraden rekening te houden met maximale stroomsnelheden van 2.0 m/s.

Tabel 3: Waterstanden en ontwerppeilen

Dijkvak no.	Zeespiegelstijging [m]	Basispeil 1985 [m] tov NAP	Ontwerppeil 2060 [m] tov. NAP	GHW- standen [m] tov NAP	GLW- standen [m] tov. NAP
Rp A	0.55	5.05	5.60	1.55	-1.33
Rp B	0.55	5.05	5.60	1.55	-1.33
Rp C	0.55	5.05	5.60	1.55	-1.33

Figuur 1: Overzicht dijkvakken en uitvoerpunten



Bijlagen: Aanpak en resultaten detailadvies

1 Ligging dijkvakken

Dit detailadvies heeft betrekking op de Noordzee zijde van de Roggenplaat (zie Figuur 1). Ten behoeve van dit advies is het dijktraject opgedeeld in drie dijkvakken, namelijk Rp A, Rp B en Rp C. Het ontwerp zal gemaakt worden voor hetzelfde traject. De dijkvakken liggen direct buiten de Oosterscheldekering, tussen het voormalige werkeiland Neeltje Jans en de kust van Schouwen-Duiveland.

In samenspraak met het Projectbureau Zeeweringen en RIKZ is besloten om het dijktraject in 3 dijkvakken op te delen. De vakgrenzen zijn bepaald op basis van het verloop van de maatgevende golfcondities langs de uitvoerpunten. De ligging en begrenzing van de dijkvakken en de bijbehorende uitvoerpunten zijn gepresenteerd in Figuur 1.

In Tabel 4 is per dijkvak aangegeven welke uitvoerpunten zijn gebruikt bij het vaststellen van de golfcondities per dijkvak en zijn de coördinaten van de dijkvakgrenzen weergegeven. De coördinaten van de uitvoerpunten die gehanteerd zijn in de verkennende SWAN-berekeningen staan in Tabel 5.1.

Tabel 4: Overzicht dijkvakken en bijbehorende uitvoerpunten

dijkvak	Dijkvakscheidings – coördinaten t.o.v. Parijs				naam uitvoerpunten
	x	y	x	y	
Rp A	39568	407976	39340	408457	OSK036, OSK037, OSK038
Rp B	39340	408457	39441	408662	OSK039, OSK040
Rp C	39441	408662	39838	408839	OSK041, OSK042, OSK043

2 Situatiebeschrijving

De dijktraject ligt direct buiten de Oosterscheldekering, tussen het voormalige werkeiland Neeltje Jans en de kust van Schouwen-Duiveland. De Roggenplaat is een kunstmatig ontwikkeld eiland, welke is gebruikt als werkeiland voor de aanleg van de Oosterscheldekering. De Roggenplaat grenst aan de noordzijde aan de geul de 'Hammen' en de zuidzijde aan de 'Schaar van de Roggenplaat'.

Er zijn geen bijzondere obstakels op het traject aanwezig. De huidige bekleding bestaat uit losse gepenetreerde breuksteen koperslabblokken, Haringmanblokken en asfalt. In dit advies zijn tevens de damaanzetten van de Roggenplaat meegenomen (zie Figuur 1).

3 Golfcondities

Voor de steenbekledingen langs de buitenzijde van de Roggenplaat worden twee belastingsscenario's onderscheiden. In het ontwerpproces zal bepaald moeten worden welk van beide scenario's maatgevend is voor de stabiliteit van de bekleding:

1. Maatgevende golfcondities in combinatie met normale stroomsnelheden;
2. Hoge stroomsnelheden zonder golven (zie paragraaf 4).

De combinatie van zware golfcondities met hoge stroomsnelheden wordt fysisch niet mogelijk geacht. Bij gelijke richting van golven en stroming zullen de stroomsnelheden namelijk groter zijn dan de voortplantingssnelheid van de golven, waardoor de golven als het ware vlak worden getrokken. Indien de golven zich tegengesteld gericht voorplanten ten opzichte van de stroming zal er vrijwel volledige wave-blocking plaatsvinden. Om deze reden worden de maatgevende golfcondities alleen gecorrigeerd voor de omstandigheden met normale stroomsnelheden (zoals dat ook voor alle vakken langs de Oosterschelde wordt gedaan).

Het dijktraject bevindt zich buiten de Oosterscheldekering en is daarom niet opgenomen in de reguliere tabel met ontwerpwaarden voor de Oosterschelde (RIKZ\2001.006) [ref 1 en 2]. Om toch ontwerpwaarden te kunnen bepalen heeft het RIKZ data van verkennende SWAN berekeningen voor de Hollandse kust ter beschikking gesteld [ref 3]. Deze SWAN data heeft uitdrukkelijk niet de status van de data voor de Oosterschelde en Westerschelde. De beslissing om de op basis van deze verkennende SWAN berekeningen bepaalde ontwerpwaarden te gebruiken, ligt dan ook bij het projectbureau Zeeweringen.

De berekeningen zijn uitgevoerd met dezelfde SWAN-versie die ook gebruikt is voor het binnengebied van de Oosterschelde met identieke instellingen. De beschikbaar gestelde rekenresultaten waren nog niet gecorrigeerd voor stroming en de bekende onderschatting van golfparameters door SWAN. In dit detailadvies zijn daarom alsnog de benodigde correcties handmatig uitgevoerd.

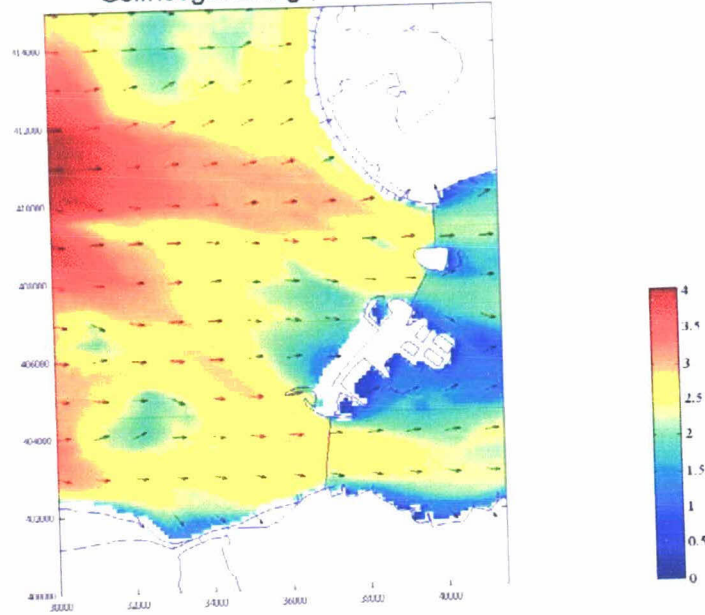
- Correctie voor de bekende onderschatting van golfparameters door SWAN: $T_{pm} + 15\%$ (met een ondergrens van 1 seconde), [ref 8]. Er is geen diepwater correctie op H_s uitgevoerd, omdat de Roggenplaat in de monding aan relatief diep water ligt, waar de golfhoogte vrijwel correct door SWAN wordt berekend volgens [ref 8].
- Stromingcorrectie: H_s is verhoogd met 0,06m en T_{pm} is verhoogd met 0,12s. Aangezien het beschouwde traject aan de buitenzijde van de kering ligt zijn er geen waarden voor de stromingscorrectie beschikbaar (stromingscorrecties zijn in het verleden alleen ten oosten van de kering berekend). De stromingscorrectie is daarom geschat op basis van de bekende gemiddelde stromingscorrectie voor de dijkvakken 171a, 171b en 171c aan de binnenzijde van de Oosterscheldekering. De dijkvakken 171a, 171b en 171c liggen dicht aan de geul (dieper water en hogere stroomsnelheden) en vertonen mede hierdoor 'fysisch' gezien veel gelijkenis met de dijkvakken langs de Roggenplaat.

De dijkvakken in het beschouwde traject worden over het algemeen het zwaarst belast door golven uit (noord-)westelijke windrichtingen, namelijk tussen de 270 en 330 graden (zie Tabellen 5.1 t/m 5.3). In enkele gevallen bij belastingsgeval ($H_s * T_{pm}^2$) is echter ook de windrichting 360 graden maatgevend. Door de open ligging van de dijkvakken aan de Noordzee (zie Figuur 1) kan ongehinderd golfgroei plaatsvinden vanuit het (noord-)westen en hoeven de golven weinig te refracteren voordat ze de dijkvakken bereiken. Uitzondering hierop is dijkvak Rp A waar de golven een grote hoek van inval hebben als deze het dijkvak bereiken.

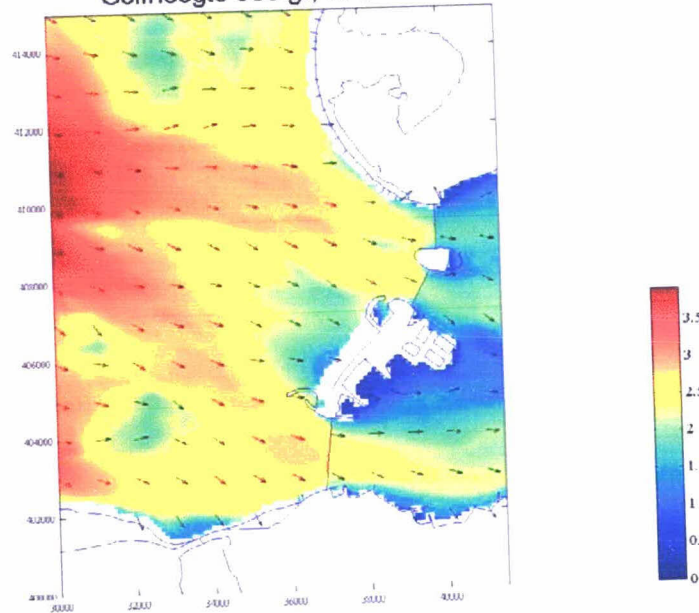
Figuur 2 toont het met SWAN berekende golfveld (zonder enige correcties) voor de windrichtingen 270° 300° en 330° bij een waterstand van NAP+2m.

Figuur 2: SWAN resultaten

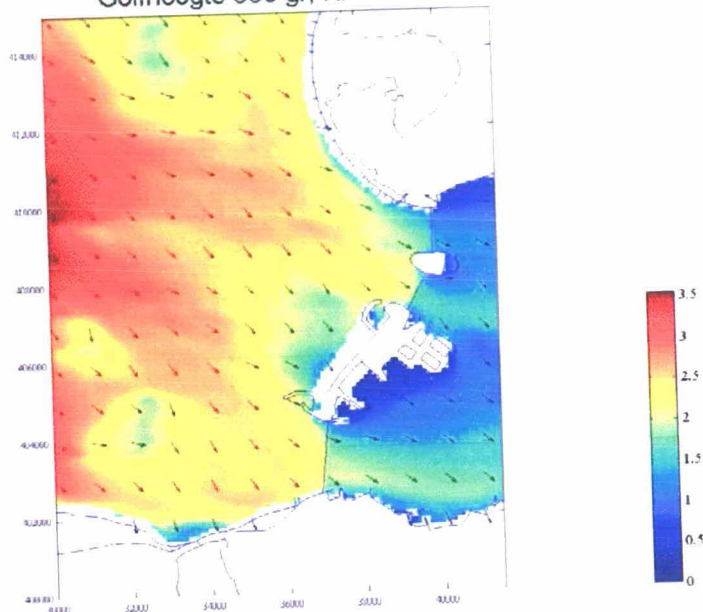
Golfhoogte 270 gr, NAP+2m



Golfhoogte 300 gr, NAP+2m



Golfhoogte 330 gr, NAP+2m



De Tabellen 5.1 t/m 5.3 tonen de maatgevende golfcondities per uitvoerpunt, gebaseerd op $H_s * T_{pm}$, $H_s * T_{pm}^2$ en $H_s^2 * T_{pm}$. Daarnaast geven de Tabellen 6.1 t/m 6.3 de maatgevende golfcondities per dijkvak op basis van de bijbehorende uitvoerpunten (zie Tabel 1). De Tabellen 6.1 t/m 6.3 dienen gebruikt te worden voor het ontwerp. Bij de bepaling van de golfcondities zijn alleen de windrichtingen van 240 t/m 360 graden beschouwd.

Tabel 5.1 Gecorrigeerde golfcondities per uitvoerpunt met gewicht H_s en T_{pm} volgens verhouding $H_s * T_{pm}$

Uitvoerpunt no.	Coördinaten tov Parijs (m) x y		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		
			+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m
OSK036	39495.0	408007.3	2.3	2.7	3.2	6,3	8,2	9,7	15.2	17.2	19.2	300	300	300
OSK037	39466.5	408151.6	2.3	2.4	2.9	6,7	10,6	12,1	9.6	11.6	13.6	300	330	330
OSK038	39308.4	408274.3	2.3	2.4	2.9	6,4	10,5	12,1	11.1	13.1	15.1	285	330	330
OSK039	39249.4	408489.7	2.5	2.6	3.6	6,9	10,8	10,7	7.7	9.7	11.7	285	330	300
OSK040	39294.8	408678.0	2.6	3.1	3.7	7,2	9,4	10,8	8.0	10.0	12.0	285	300	300
OSK041	39474.9	408751.6	2.5	2.9	3.5	6,9	8,9	10,3	11.5	13.5	15.5	285	300	300
OSK042	39659.9	408818.2	2.6	2.9	3.6	6,6	8,4	9,3	15.2	17.2	19.2	270	300	270
OSK043	39804.6	408824.6	2.5	3.0	3.4	6,5	7,7	9,2	15.4	17.4	19.4	270	270	285

Tabel 5.2 Gecorrigeerde golfcondities per uitvoerpunt met gewicht Hs en Tpm volgens verhouding Hs*Tpm*Tpm

Uitvoerpunt no.	Coördinaten tov Parijs (m) x y		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		
			+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m
OSK036	39495.0	408007.3	1.5	1.9	2.8	8,5	10,7	11,1	15.2	17.2	19.2	360	360	330
OSK037	39466.5	408151.6	1.5	2.0	2.9	9,5	11,6	12,1	9.6	11.6	13.6	360	360	330
OSK038	39308.4	408274.3	1.5	2.0	2.9	9,4	11,5	12,1	11.1	13.1	15.1	360	360	330
OSK039	39249.4	408489.7	1.6	2.6	3.2	10,0	10,8	12,1	7.7	9.7	11.7	360	330	330
OSK040	39294.8	408678.0	1.6	2.6	3.2	10,2	10,9	12,1	8.0	10.0	12.0	360	330	330
OSK041	39474.9	408751.6	1.5	2.4	2.9	9,8	10,4	11,6	11.5	13.5	15.5	360	330	330
OSK042	39659.9	408818.2	1.5	2.3	2.7	9,1	9,8	11,1	15.2	17.2	19.2	360	330	330
OSK043	39804.6	408824.6	2.5	2.2	2.6	6,6	9,4	10,8	15.4	17.4	19.4	285	330	330

Tabel 5.3 Gecorrigeerde golfcondities per uitvoerpunt met gewicht Hs en Tpm volgens verhouding Hs*Hs*Tpm

Uitvoerpunt no.	Coördinaten tov Parijs (m) x y		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		
			+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m
OSK036	39495.0	408007.3	2.3	2.7	3.2	6,3	8,2	9,7	15.2	17.2	19.2	300	300	300
OSK037	39466.5	408151.6	2.3	2.8	3.3	6,6	8,9	10,5	9.6	11.6	13.6	285	300	300
OSK038	39308.4	408274.3	2.3	2.7	3.3	6,4	8,8	10,4	11.1	13.1	15.1	285	300	300
OSK039	39249.4	408489.7	2.5	3.0	3.6	6,9	9,2	10,7	7.7	9.7	11.7	285	300	300
OSK040	39294.8	408678.0	2.6	3.1	3.8	7,2	9,4	10,5	8.0	10.0	12.0	285	300	285
OSK041	39474.9	408751.6	2.5	3.1	3.6	6,8	8,5	9,8	11.5	13.5	15.5	270	270	270
OSK042	39659.9	408818.2	2.6	3.0	3.6	6,6	7,9	9,3	15.2	17.2	19.2	270	270	270
OSK043	39804.6	408824.6	2.5	3.0	3.5	6,5	7,7	9,0	15.4	17.4	19.4	270	270	270

Tabel 6.1 is maatgevend voor het mechanisme stabiliteit steenbekledingen (betonzuilen) voor alle taludhellingen voor de onder Tabel 2 gegeven uitgangspunten. Indien het ontwerp buiten dit bereik valt, dient het ontwerp voor alle 3 de tabellen door gerekend te worden. Voor het mechanisme afschuiving is $Z2 = H_s * T_{pm} * T_{pm}$ (zie Tabel 5.2) maatgevend en voor (gekatelde) blokken, asfaltbekledingen en kleidijken is belastingfunctie $Z3 = H_s * H_s * T_{pm}$ (zie Tabel 6.3) maatgevend.

De tabellen vertonen logische waarden: zowel de significante golfhoogte (H_s) als de golfperiode (T_{pm}) nemen in alle gevallen toe bij een toenemende waterdiepte.

Tabel 6.1 Gecorrigeerde golfcondities per dijkvak met gewicht Hs en Tpm volgens verhouding Hs*Tpm

Dijkvak no.	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		
	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m
Rp A	2.3	2.4	2.9	6.7	10.6	12.1	9.6	11.6	13.6	300	330	330
Rp B	2.6	3.1	3.7	7.2	9.4	10.8	8.0	10.0	12.0	285	300	300
Rp C	2.5	2.9	3.5	6.9	8.9	10.3	11.5	13.5	15.5	285	300	300

Tabel 6.2 Gecorrigeerde golfcondities per dijkvak met gewicht Hs en Tpm volgens verhouding Hs*Tpm*Tpm

Dijkvak no.	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		
	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m
	Rp A	1.5	2.0	2.9	9.5	11.6	12.1	9.6	11.6	13.6	360	360
Rp B	1.6	2.6	3.2	10.2	10.9	12.1	8.0	10.0	12.0	360	330	330
Rp C	1.5	2.4	2.9	9.8	10.4	11.6	11.5	13.5	15.5	360	330	330

Tabel 6.3 Gecorrigeerde golfcondities per dijkvak met gewicht Hs en Tpm volgens verhouding Hs*Hs*Tpm

Dijkvak no.	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		
	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m	+2m	+4m	+6m
	Rp A	2.3	2.8	3.3	6.6	8.9	10.5	9.6	11.6	13.6	285	300
Rp B	2.6	3.1	3.8	7.2	9.4	10.5	8.0	10.0	12.0	285	300	285
Rp C	2.5	3.1	3.6	6.8	8.5	9.8	11.5	13.5	15.5	270	270	270

4 Stroomsnelheden

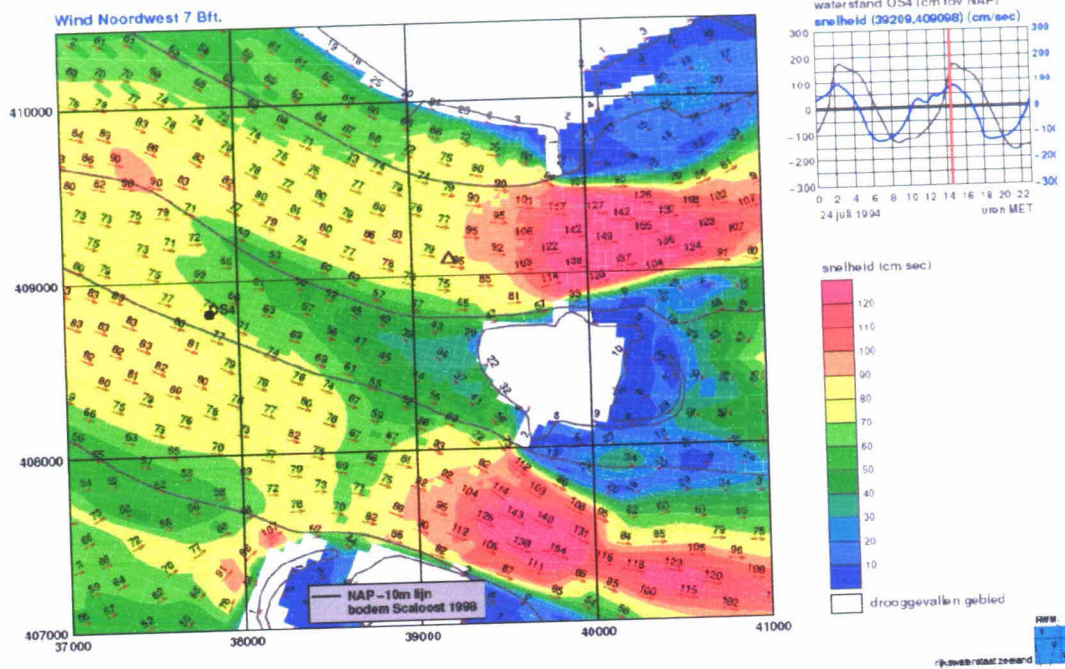
Ter plaatse van de Oosterscheldekering kunnen hoge stroomsnelheden en veel turbulentie voorkomen. Normaliter worden de steenbekledingen niet getoetst op stromingen, omdat de stroomsnelheden vrijwel nooit de 2 m/s overschrijden en daardoor niet maatgevend zijn. Vanwege de hoge stroomsnelheden in de omgeving van de Roggenplaat dienen de steenbekledingen naast de gebruikelijke golfcondities (H_s en T_{pm}) ook op stroming te worden getoetst. Vooral bij lage waterstanden is stroming mogelijk maatgevend voor de stabiliteit van steenbekledingen, met name voor de kreukelberm.

In Figuur 3 is een verkennende berekening van het HMCZ weergegeven van de stroomsnelheden in de omgeving van de Roggenplaat. De berekeningen hebben betrekking op een standaard getij met een constante wind van 7 Bft (16 m/s) uit het noordwesten (335 graden) en zijn gemaakt met het Scalooost-model.

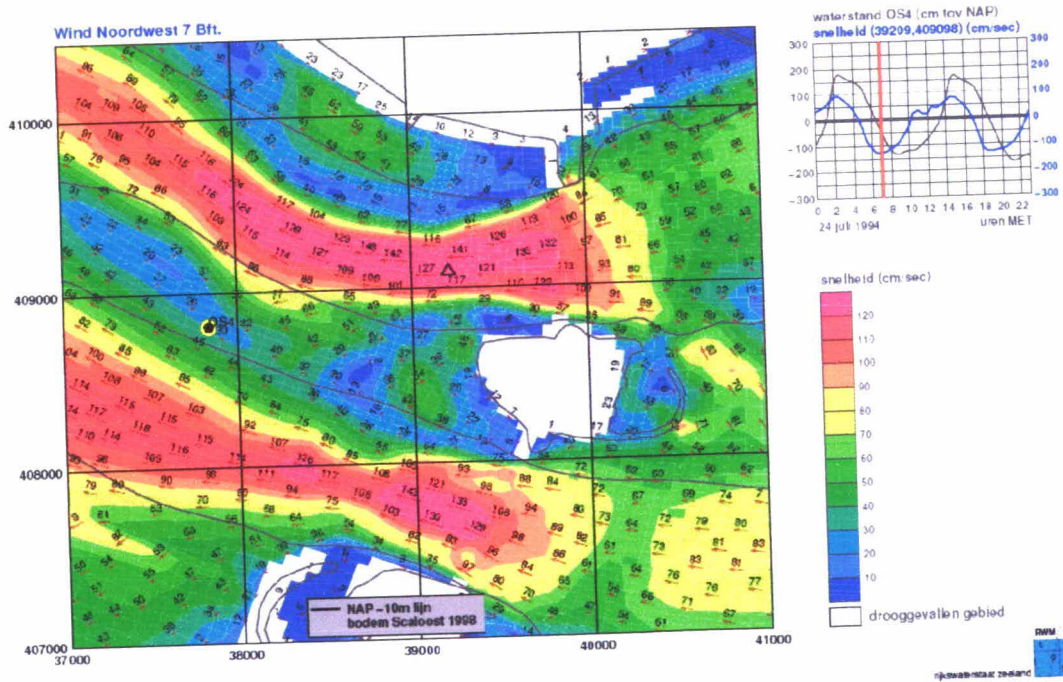
Uit de figuren is af te lezen dat de maximale stroomsnelheden in de geul aan de noordzijde van de Roggenplaat (de Hammen) en de zuidzijde (Schaar van de Roggenplaat) maximaal 1.5 m/s zijn. De berekeningen zijn gebaseerd op een standaard tij en niet op een springtij, waardoor de maximale stroomsnelheden ten opzichte van een springtij met ongeveer 30% worden onderschat. De gegeven stroomsnelheden zijn echter de gemiddelde stroomsnelheden over een grid-cel. De doorstroomopening door de kering heeft betrekking op 87% van de totale breedte, waardoor de stroomsnelheden met een factor (1/0,87) gecorrigeerd moeten worden. Daarnaast moeten de berekeningen gecorrigeerd worden voor windinvloeden, welk effect naar schatting 20% is. Naast eenparige stroomsnelheden zal er veel turbulentie optreden, wat een groot effect kan hebben op de stabiliteit van de steenbekledingen. In verband met turbulentie (en overige onzekerheden) worden de stroomsnelheden met een factor 1.5 gecorrigeerd. De maximaal optredende stroomsnelheden in het midden van de geulen bij de kering (zowel bij eb als bij vloed in beide geulen), worden daardoor geschat op 4 m/s. Het HMCZ verwacht ook dat stroomsnelheden van deze orde op kunnen treden.

Figuur 3: Resultaten voorbeeldberekening van WAQUA met behulp van het Scalooost model

Model Scalooost bodem 1998 snelheid 24 juli 1994 14h30



Model Scalooost bodem 1998 snelheid 24 juli 1994 07h00



Naast deze verkennende berekeningen is er ook gekeken naar het ontwerpverval, waarop bijvoorbeeld de bodembescherming bij de kering is ontworpen. Voor een geheel open kering (met functionerende schuiven) blijkt het ontwerpverval 2,8 m te zijn [ref 9]. Met behulp van het ontwerpverval kan de ontwerpstroomsnelheid berekend worden (deze berekening is weergegeven in Bijlage 1). De maximaal te verwachten stroomsnelheid die hieruit volgt blijkt 4,9 m/s te zijn, welke waarde qua orde grootte gelijk is aan de eerder bepaalde stroomsnelheid (op basis van de verkennende berekeningen en opschaling o.b.v. expert judgement).

Bij de aanzet van de dammen (met oranje weergegeven in Figuur 1) wordt aangeraden rekening te houden met maximale stroomsnelheden van 5.0 m/s. In Figuur 3 is te zien dat de stroomsnelheden in de directe omgeving van de Roggenplaat (verder van de damaanzetten) aanzienlijk afnemen, doordat de stroming zich vooral in het midden van de geulen concentreert. Gezien de verkennende berekeningen worden bij de dijk langs de Roggenplaat veel lagere stroomsnelheden verwacht dan in de geul en bij de aanzet van de dammen (maximaal 0,7 m/s in verkennende berekeningen). Indien op deze stroomsnelheden dezelfde correctiefactoren worden toegepast (behalve voor de doorstroomopening) zal de maximale stroomsnelheid ca. 1.7 m/s zijn. Op basis van gebiedskennis van onder andere het HMCZ en expert judgement lijkt 2.0 m/s de absolute bovengrens. Wij adviseren dan ook om uit te gaan van 2.0 m/s.

Deze stroomsnelheden worden verwacht op te kunnen treden bij maximale waterstandopzet (in combinatie met een 'maatgevende' storm) net voor het sluiten van de kering. De situatie direct na het openen van de kering wordt geacht niet maatgevend te zijn, omdat de kering wordt geopend bij een gelijke waterstand aan beide zijden van de kering.

5 Waterstanden

In Tabel 7 zijn de ontwerppeilen weergegeven die bij het ontwerp gebruikt dienen te worden. Deze ontwerppeilen zijn berekend door de basispeilen 1985 te verhogen met de zeespiegelrijzing voor 75 jaar (dus tot 2060). Tabel 6 bevat ook de gemiddeld hoog en laag waterstanden (GHW en GLW).

Tabel 7: Waterstanden en ontwerppeilen

Dijk- vak no.	Zeespiegelstijging [m]	Basispeil 1985 [m] tov NAP	Ontwerppeil 2060 [m] tov. NAP	GHW- standen [m] tov NAP	GLW- standen [m] tov. NAP
Rp A	0.55	5.05	5.60	1.55	-1.33
Rp B	0.55	5.05	5.60	1.55	-1.33
Rp C	0.55	5.05	5.60	1.55	-1.33

6 Bodemligging en golfcondities lagere waterstanden

De representatieve bodemligging [ref. 4 en 5] voor de dijkvakken is weergegeven in Tabel 8. De representatieve bodemligging van de dijkvakken varieert van NAP -14.41m (dijkvak Rp A) tot NAP -8.80m (dijkvak Rp B).

Tabel 8: Bodemligging

Dijkvak no.	Representatieve bodemligging [m] tov NAP	Gemiddelde bodemligging [m] tov NAP	Stand.dev. bodemligging [m] tov. NAP
Rp A	-14.41	-10.43	3.98
Rp B	-8.80	-6.93	1.87
Rp C	-14.26	-12.05	2.21

Omdat er zeer grote verschillen voorkomen tussen de golfcondities (met name golfperiode) voor de verschillende windrichtingen en er voor de waterstanden NAP+2m en NAP+4m in veel gevallen verschillende windrichtingen maatgevend zijn, leidt lineaire extrapolatie naar lage waterstanden tot onrealistische golfcondities. Daarom mag niet zonder meer geëxtrapoleerd worden. Voor extrapolatie naar lagere waterstanden moet contact worden opgenomen met RIKZ.

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.] Alkyon: *'Wave computations for the coast of the Netherlands'*, Alkyonrapport A480, 1999.
- [4.] Ministerie van Verkeer en Waterstaat: *'Gemiddelde Getijkrommen 1991.0'*, Den Haag 1994
- [5.] Royal Haskoning en Svašek Hydraulics: *'Handleiding hydraulische detailadviezen Oosterschelde en Westerschelde t.b.v. projectbureau Zeeweringen; Deel 1 van 2: Checklist detailadviezen'*, d.d. 8 augustus 2006.
- [6.] Royal Haskoning en Svašek Hydraulics: *'Handleiding hydraulische detailadviezen Oosterschelde en Westerschelde t.b.v. projectbureau Zeeweringen; Deel 2 van 2: Achtergrond detailadviezen'*, d.d. 8 augustus 2006.
- [7.] Svašek Hydraulics en Royal Haskoning: *'factsheet_20070557_Roggenplaat_definitief.xls'*, d.d. 18 juni 2007.
- [8.] Jacobse, J.J.: *'Evaluatie van de ontwerpwaarden voor golfcondities in de Westerschelde'*, d.d. 15 december 2003, ref. RIKZ/2003.044.
- [9.] Ministerie van Verkeer en Waterstaat: *'Ontwerpnota stormvloedkering Oosterschelde, Boek 2: de waterbouwkundige werken'*, d.d. 4 juli 1991

BIJLAGE

De stroomsnelheden in directe nabijheid van de Oosterscheldekering op basis van het ontwerpverval kan op de volgende wijze berekend worden. Vanwege de hoge stroomsnelheden ontstaat er superkritische stroming. Het stromende water raakt de schuif niet en de drempelhoogte is zo hoog dat de benedenstroomse waterstand geen invloed heeft op de stroomsnelheid. Daardoor kan deze situatie benaderd worden door de volgende formulering, uitgaande van een vrije oppervlakte superkritische stroming:

$$Q = \frac{2}{3} * \mu * B * E_1 * \sqrt{\frac{2}{3}} * 9,81 * E_1$$

waarin:

$$E_1 = H_1 + \frac{u^2}{2 * 9,81}$$

symbool	betekenis	dimensie
Q	debiet	m ³ /s
μ	Contractiecoëfficiënt	-
B	Breedte doorstroomopening	m
E ₁	Bovenstroomse energiehoogte	m
H ₁	Bovenstroomse waterstand t.o.v. drempelhoogte	m
u	Bovenstroomse stroomsnelheid	m/s

Met behulp van de benadering volgt dat de maximaal optredende stroomsnelheid gedurende ontwerpcondities 4,9 m/s is.

Daarbij is uitgegaan van:

- drempelhoogte van de kering op NAP-7,73m
- waterstand van NAP+3m
- bovenstroomse stroomsnelheid van 2 m/s
- ontwerpverval van 2.8m [ref 9]