

## Update detailadvies Roggenplaat (Buiten)

Aan : Yvo Provoost (projectbureau Zeeweringen)  
 Van : Pol van de Rest (Svašek)  
 Tweede lezer : Erik Arnold (Royal Haskoning)  
 Datum : 1 november 2010  
 Betreft : 2010.22E Update detailadvies Roggenplaat (Buiten)  
 Status : Definitief  
 Ref. Svašek : 1605/U10232/E/PvdR  
 Ref. Royal Haskoning : 9V9006.A0/N0022/EARN/ILAN/Rott1

**Let op: Dit detailadvies is een herziening van detailadvies Roggenplaat Buiten [ref 10]. In het kader van het Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen zijn recentelijk nieuwe formules ontwikkeld voor het toetsen en ontwerpen van steenzettingen [ref 11]. Deze nieuwe ontwerpformules worden reeds gebruikt bij projectbureau Zeeweringen bij het ontwerp van dijkbekledingen. Met deze nieuwe ontwerpformules zijn nieuwe belastingfuncties bepaald [ref 12], 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 vorige advies [ref 10].**

In dit detailadvies zijn de golfcondities 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, 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 (zie ook [ref 13]).

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

**Tabel 2: Maatgevende golfcondities voor betonzuilen**

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	2,28	2,71	3,26	6,44	8,85	10,35	15,2	11,6	15,1	285	300
Rp B	2,51	3,08	3,71	7,20	9,02	10,45	8,0	10,0	12,0	285	285	285
Rp C	2,52	3,01	3,58	6,69	8,41	9,77	15,2	13,5	15,5	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 12]. 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 1:4,0 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 6.1
  - Betonzuilen: Tabel 2 of 6.2
  - Afschuiving en de bekledingstypen WAB, OSA en vol en zat gepenetreerde breuksteen: Tabel 6.3
  - Losse breuksteen van de kreukelberm: Tabel 6.4.
- De stabiliteit van betonzuilen is het kleinst bij  $\xi_{op} = 2$ . Indien  $\xi_{op} > 2$  en er is ondiep voorland voor de dijk aanwezig is, zijn de maatgevende golfcondities voor betonzuilen mogelijk niet de maatgevende golfcondities [ref 12]. Daarom moeten golfcondities waarvoor geldt  $\xi_{op} > 2$  (bij de aanwezigheid van een hoog voorland) aangepast worden [ref 12], zodat geldt  $\xi_{op} = 2$ . Uitgaande van een taludhelling van 1:3,5 wordt voor de uitvoerpunten OSK36, OSK37 en OSK38 bij een waterstand van NAP +6m de waarde  $\xi_{op} = 2$  overschreden. Omdat het voorland hier niet als een ondiep voorland aangemerkt kan worden behoeven de maatgevende golfcondities echter niet bijgesteld te worden.
- Voor extrapolatie naar lagere waterstanden moet contact worden opgenomen met de adviesschrijver.
- Dit advies is een update van het detailadvies Roggenplaat Buiten [ref 10]. De randvoorwaarden die in dat advies zijn afgegeven zijn niet gelijk aan de randvoorwaarden in dit advies, doordat deze met andere belastingfuncties zijn bepaald [ref 12]. De randvoorwaarden van dit advies vervangen de eerder afgegeven waarden.
- 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	5.6	1.55	-1.33
Rp B	0.55	5.05	5.6	1.55	-1.33
Rp C	0.55	5.05	5.6	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.

Dit advies is een update van het detailadvies Roggenplaat Buiten [ref 10]. De randvoorwaarden die in dat advies zijn afgegeven zijn niet gelijk aan die in dit advies, doordat deze met andere belastingfuncties zijn bepaald [ref 12]. De randvoorwaarden van dit advies vervangen de eerder afgegeven waarden.

In samenspraak met het Projectbureau Zeeweringen en het voormalige RIKZ is in het voorgaande advies [ref 10] 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 belastingscenario'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 (paragraaf 3);
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 en de stroomsnelheden relatief groot zijn ten opzichte van de voortplantingsnelheid van de golven, zullen de golven als het ware vlak worden getrokken. Indien de golven ten opzichte van de stroming zich in tegengestelde richting voorplanten 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, namelijk:

- Correctie voor de bekende onderschatting van golfparameters door SWAN:  $T_{pm}$  is met 15% verhoogd (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 voor alle beschouwde waterstanden.  
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.

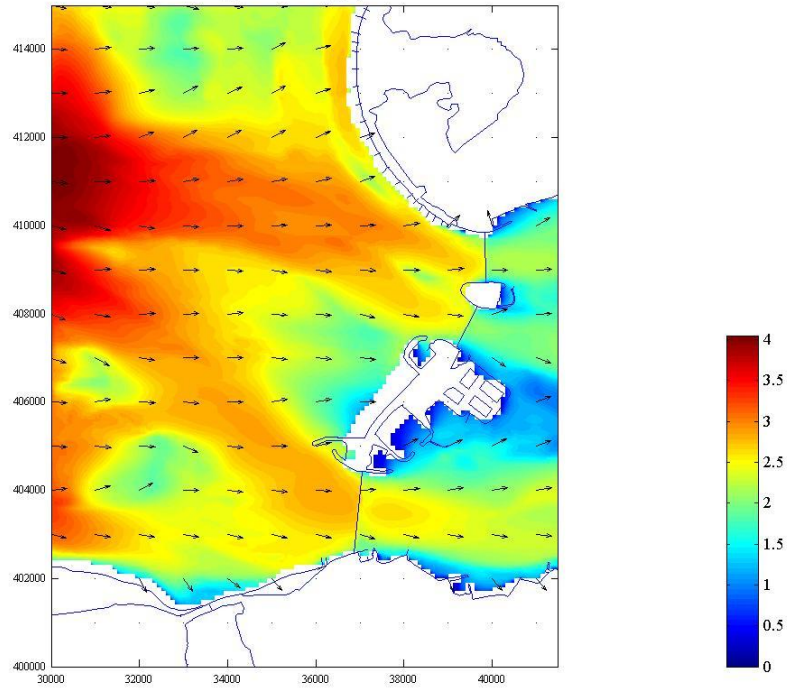
De dijkvakken in het beschouwde traject worden in alle gevallen het zwaarst belast door golven uit (noord-)westelijke windrichtingen, namelijk tussen de 270 en 330 graden (zie Tabellen 5.1 t/m 5.4). Door de open ligging van de dijkvakken aan de Noordzee (zie Figuur 1) kan ongehinderd golfgroei plaatsvinden 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.

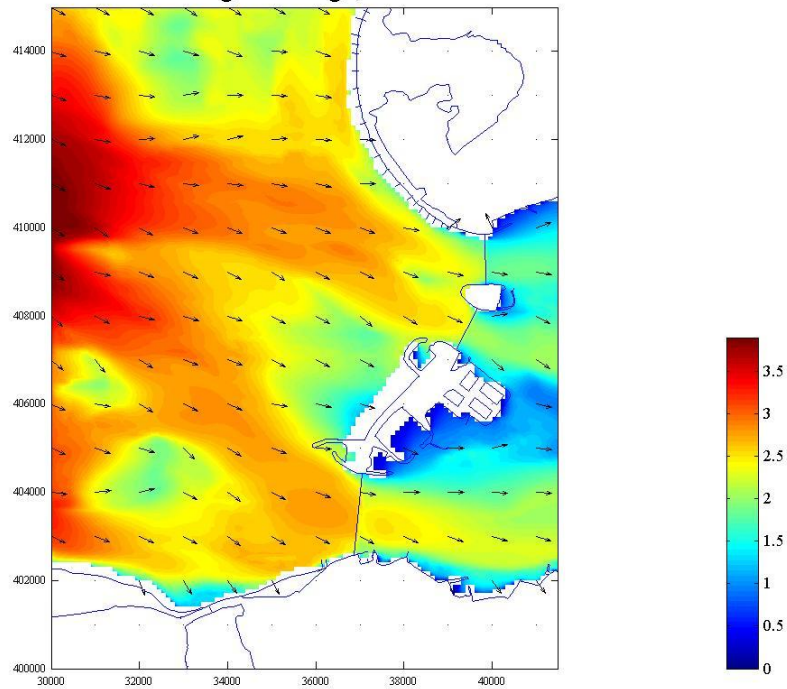


Figuur 2: SWAN resultaten

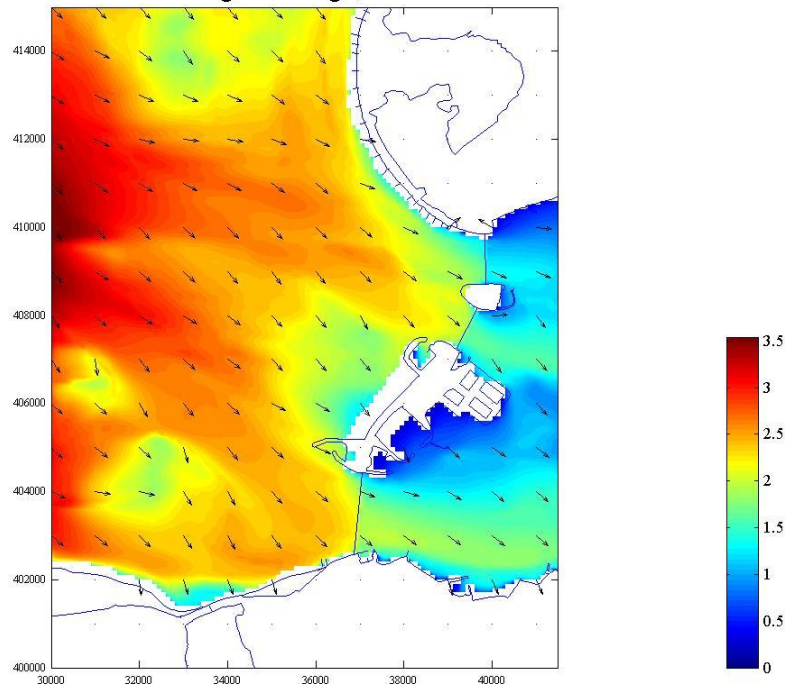
Golfhoogte 270 gr, NAP+2m



Golfhoogte 300 gr, NAP+2m



Golfhoogte 330 gr, NAP+2m



De Tabellen 5.1 t/m 5.4 tonen de maatgevende golfcondities per uitvoerpunt en de Tabellen 6.1 t/m 6.4 de maatgevende golfcondities per dijkvak op basis van de bijbehorende uitvoerpunten (zie Tabel 1). De Tabellen 6.1 t/m 6.4 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** Maatgevende golfcondities per uitvoerpunt voor (gekatelde) betonblokken en patroon gepenetreerde breuksteen

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	2,28	2,70	3,17	6,44	8,15	9,69	15,2	17,2	19,2	285	300	300
OSK037	39466.5	408151.6	2,22	2,32	2,84	6,79	10,59	12,09	9,6	11,6	13,6	300	330	330
OSK038	39308.4	408274.3	2,21	2,31	2,89	6,56	10,48	12,01	11,1	13,1	15,1	285	330	330
OSK039	39249.4	408489.7	2,41	2,56	3,60	6,98	10,78	10,68	7,7	9,7	11,7	285	330	300
OSK040	39294.8	408678.0	2,51	3,03	3,65	7,20	9,32	10,73	8,0	10,0	12,0	285	300	300
OSK041	39474.9	408751.6	2,49	2,89	3,41	6,87	8,89	10,28	11,5	13,5	15,5	270	300	300
OSK042	39659.9	408818.2	2,52	2,84	3,51	6,69	8,38	9,30	15,2	17,2	19,2	270	300	270
OSK043	39804.6	408824.6	2,48	2,95	3,34	6,63	7,70	9,19	15,4	17,4	19,4	270	270	285



**Tabel 5.2 Maatgevende golfcondities per uitvoerpunt voor betonzuilen**

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	2,28	2,70	3,17	6,44	8,15	9,69	15,2	17,2	19,2	285	300	300
OSK037	39466.5	408151.6	2,24	2,71	3,23	6,71	8,85	10,49	9,6	11,6	13,6	285	300	300
OSK038	39308.4	408274.3	2,21	2,70	3,26	6,56	8,72	10,35	11,1	13,1	15,1	285	300	300
OSK039	39249.4	408489.7	2,41	2,96	3,60	6,98	9,13	10,68	7,7	9,7	11,7	285	300	300
OSK040	39294.8	408678.0	2,51	3,08	3,71	7,20	9,02	10,45	8,0	10,0	12,0	285	285	285
OSK041	39474.9	408751.6	2,49	3,01	3,58	6,87	8,41	9,77	11,5	13,5	15,5	270	270	270
OSK042	39659.9	408818.2	2,52	3,00	3,51	6,69	7,87	9,30	15,2	17,2	19,2	270	270	270
OSK043	39804.6	408824.6	2,48	2,95	3,44	6,63	7,70	8,92	15,4	17,4	19,4	270	270	270

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

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	2,28	2,70	3,17	6,44	8,15	9,69	15,2	17,2	19,2	285	300	300
OSK037	39466.5	408151.6	2,24	2,71	3,23	6,71	8,85	10,49	9,6	11,6	13,6	285	300	300
OSK038	39308.4	408274.3	2,21	2,70	3,26	6,56	8,72	10,35	11,1	13,1	15,1	285	300	300
OSK039	39249.4	408489.7	2,41	2,99	3,62	6,98	8,76	10,31	7,7	9,7	11,7	285	285	285
OSK040	39294.8	408678.0	2,51	3,10	3,73	7,08	8,82	10,20	8,0	10,0	12,0	270	270	270
OSK041	39474.9	408751.6	2,49	3,01	3,58	6,87	8,41	9,77	11,5	13,5	15,5	270	270	270
OSK042	39659.9	408818.2	2,52	3,00	3,51	6,69	7,87	9,30	15,2	17,2	19,2	270	270	270
OSK043	39804.6	408824.6	2,48	2,95	3,44	6,63	7,70	8,92	15,4	17,4	19,4	270	270	270

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

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	2,28	2,70	3,17	6,44	8,15	9,69	15,2	17,2	19,2	285	300	300
OSK037	39466.5	408151.6	2,24	2,71	3,23	6,71	8,85	10,49	9,6	11,6	13,6	285	300	300
OSK038	39308.4	408274.3	2,21	2,70	3,26	6,56	8,72	10,35	11,1	13,1	15,1	285	300	300
OSK039	39249.4	408489.7	2,41	2,96	3,60	6,98	9,13	10,68	7,7	9,7	11,7	285	300	300
OSK040	39294.8	408678.0	2,51	3,03	3,71	7,20	9,32	10,45	8,0	10,0	12,0	285	300	285
OSK041	39474.9	408751.6	2,49	3,01	3,58	6,87	8,41	9,77	11,5	13,5	15,5	270	270	270
OSK042	39659.9	408818.2	2,52	3,00	3,51	6,69	7,87	9,30	15,2	17,2	19,2	270	270	270
OSK043	39804.6	408824.6	2,48	2,95	3,44	6,63	7,70	8,92	15,4	17,4	19,4	270	270	270

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 6.1 t/m 6.4 tonen de maatgevende golfcondities voor de verschillende bekledingstypen en faalmechanismen. Deze golfcondities zijn bepaald op basis van de belastingfuncties uit [ref 12].

Tabel 6.1 is maatgevend voor (gekantelde) betonblokken en patroon gepenetreerde breuksteen, Tabel 6.2 voor betonzuilen, Tabel 6.3 voor het mechanisme afschuiving en de bekledingstypen WAB, OSA en vol en zat gepenetreerde breuksteen en Tabel 6.4 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 6.2 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 1:4,0 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 is ondiep voorland voor de dijk aanwezig is, zijn de maatgevende golfcondities voor betonzuilen mogelijk niet de maatgevende golfcondities [ref 12]. Daarom moeten golfcondities waarvoor geldt  $\xi_{op} > 2$  (bij de aanwezigheid van een hoog voorland) aangepast worden [ref 12], zodat geldt  $\xi_{op} = 2$ . Uitgaande van een taludhelling van 1:3,5 wordt voor de uitvoerpunten OSK36, OSK37 en OSK38 bij een waterstand van NAP +6m de waarde  $\xi_{op} = 2$  overschreden. Omdat het voorland hier niet als een ondiep voorland aangemerkt kan worden behoeven de maatgevende golfcondities echter niet bijgesteld te worden.

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. In enkele gevallen neemt de waterdiepte niet toe met toenemende waterstand, zoals in Tabel 6.3 in randvoorwaardenvak RpA. Dit komt doordat bij een waterstand van NAP +4m een andere uitvoerpunt maatgevend wordt dan bij een waterstand van NAP +2m.

**Tabel 6.1 Maatgevende golfcondities voor (gekantelde) betonblokken en patroon gepenetreerde breuksteen**

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	2,22	2,32	2,89	6,79	10,59	12,01	9,6	11,6	15,1	300	330
Rp B	2,51	3,03	3,65	7,20	9,32	10,73	8,0	10,0	12,0	285	300	300
Rp C	2,49	2,89	3,41	6,87	8,89	10,28	11,5	13,5	15,5	270	300	300

**Tabel 6.2 Maatgevende golfcondities voor betonzuilen**

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	2,28	2,71	3,26	6,44	8,85	10,35	15,2	11,6	15,1	285	300
Rp B	2,51	3,08	3,71	7,20	9,02	10,45	8,0	10,0	12,0	285	285	285
Rp C	2,52	3,01	3,58	6,69	8,41	9,77	15,2	13,5	15,5	270	270	270

**Tabel 6.3 Maatgevende golfcondities voor afschuiving, WAB, OSA en vol en zat gepenetreerde breuksteen**

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	2,28	2,71	3,26	6,44	8,85	10,35	15,2	11,6	15,1	285	300
Rp B	2,51	3,10	3,73	7,08	8,82	10,20	8,0	10,0	12,0	270	270	270
Rp C	2,52	3,01	3,58	6,69	8,41	9,77	15,2	13,5	15,5	270	270	270

**Tabel 6.4 Maatgevende golfcondities voor losse breuksteen kreukelberm**

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	2,24	2,71	3,26	6,71	8,85	10,35	9,6	11,6	15,1	285	300
Rp B	2,51	3,03	3,71	7,20	9,32	10,45	8,0	10,0	12,0	285	300	285
Rp C	2,49	3,01	3,58	6,87	8,41	9,77	11,5	13,5	15,5	270	270	270

#### 4 Stroomsnelheden

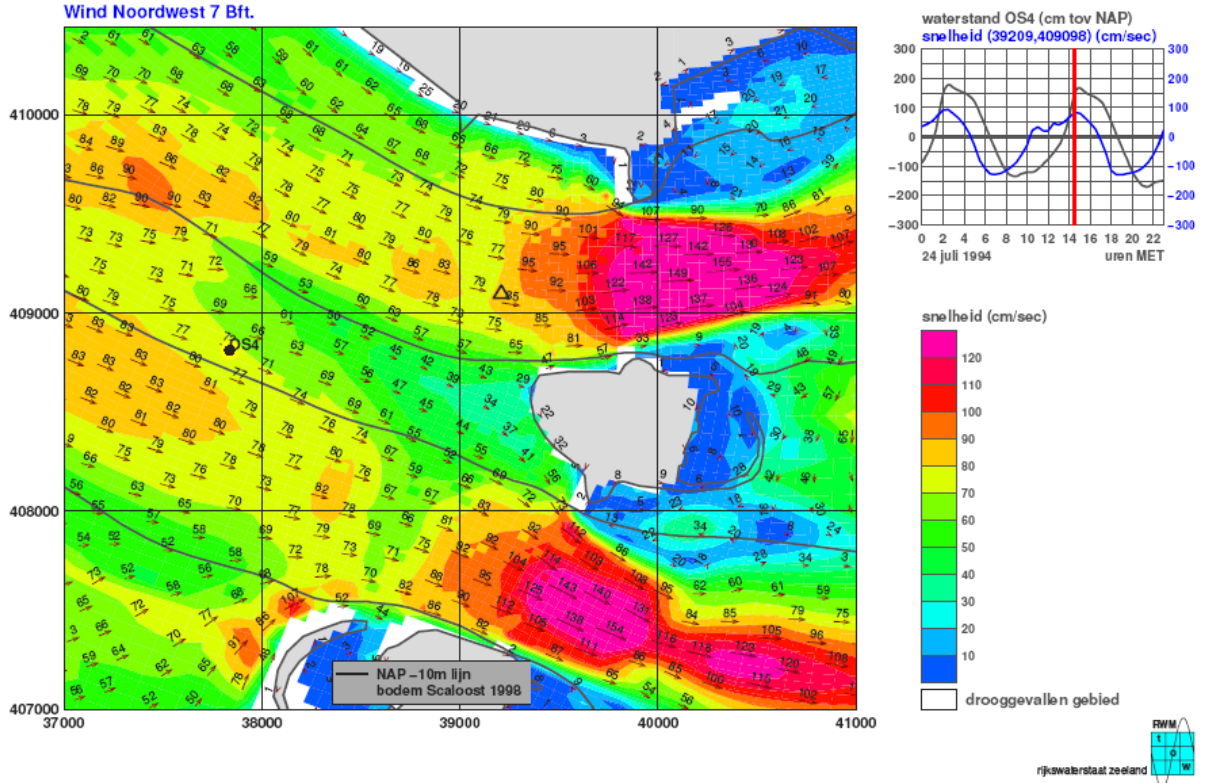
Ter plaatse van de Oosterscheldekering kunnen hoge stroomsnelheden en veel turbulentie voorkomen. Normaliter worden de steenbekledingen niet getoetst op stromingen, omdat de stroomsnelheden vrijwel nooit de 2 m/s overschrijden en daardoor niet maatgevend zijn. Vanwege de hoge stroomsnelheden in de omgeving 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.

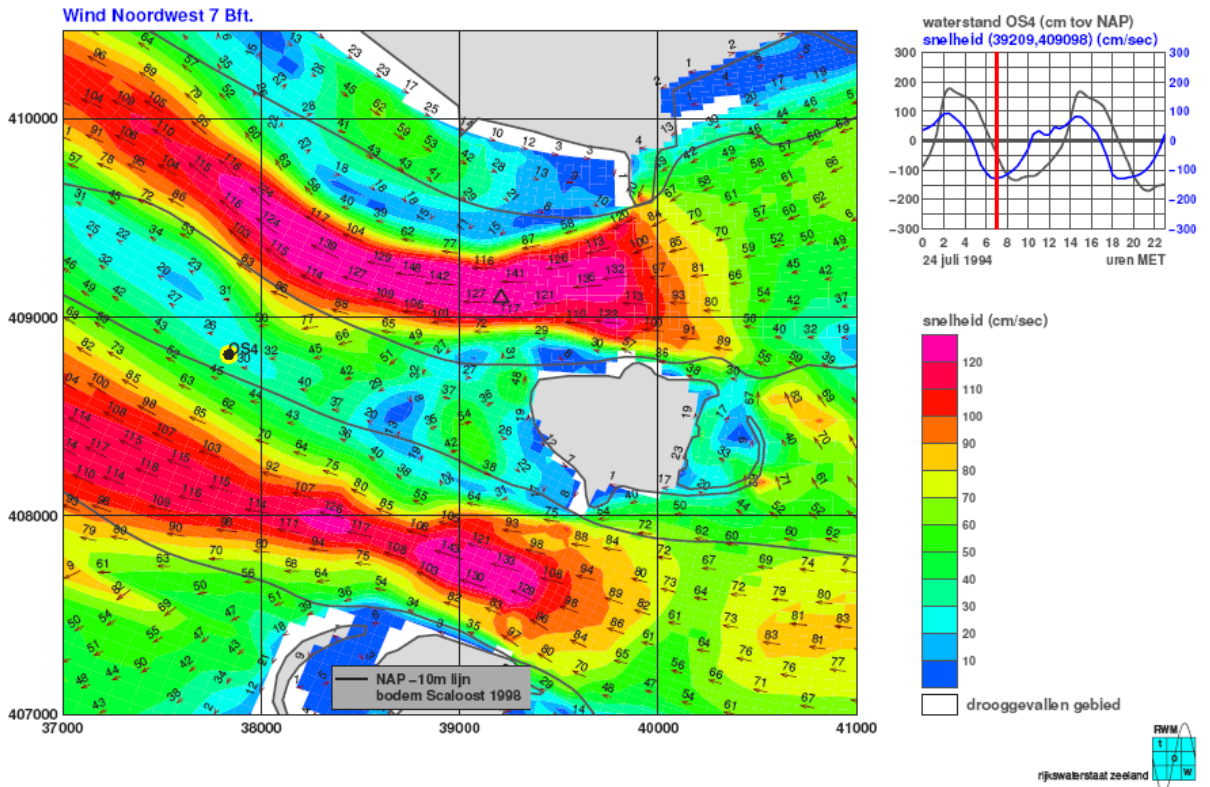
Uit de figuren is af te lezen dat de maximale stroomsnelheden in de geul aan de noordzijde van de Roggenplaat (de Hammen) en de zuidzijde (Schaar van de Roggenplaat) maximaal 1.5 m/s zijn. De berekeningen zijn gebaseerd op een standaard tij en niet op een springtij, waardoor de maximale stroomsnelheden 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 bepaald door de basispeilen 1985 te verhogen met de zeespiegelrijzing voor 75 jaar (dus tot 2060). Tabel 7 bevat ook de gemiddeld hoog en laag waterstanden (GHW en GLW).

Tabel 7: Waterstanden en ontwerppeilen

Dijk- vak	Zeespiegelstijging	Basispeil 1985	Ontwerppeil 2060	GHW- standen	GLW- standen
no.	[m]	[m] tov NAP	[m] tov. NAP	[m] tov NAP	[m] tov. NAP
Rp A	0.55	5.05	5.6	1.55	-1.33
Rp B	0.55	5.05	5.6	1.55	-1.33
Rp C	0.55	5.05	5.6	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	Representatieve bodemligging	Gemiddelde bodemligging	Stand.dev. bodemligging
no.	[m] tov NAP	[m] tov NAP	[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 de adviesschrijver.



## 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. 23 november 2007
- [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. 23 november 2007
- [7.] Royal Haskoning en Svašek Hydraulics: '*2010.22E Factsheet Update Roggenplaat Buiten.xls*', d.d. 1 november 2010
- [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
- [10.] Svašek Hydraulics en Royal Haskoning: '*Detailadvies Roggenplaat Buiten*', Opdracht 2007.05.57, d.d. 18 juni 2007, PvdR/1340/D07202/E
- [11.] Deltares, Klein Breteler, M.: '*Belastingfunctie voor keuze maatgevende golfcondities*', d.d. 21 oktober 2009
- [12.] Svašek Hydraulics, van de Rest, P.: '*Memo Nieuwe belastingfuncties steenbekledingen*', d.d. 18 januari 2010, PvdR/09358/1573/D
- [13.] Royal Haskoning en Svašek Hydraulics: '*Overzichtskartaal Oosterschelde en Westerschelde (RKZ1906.25)*', mei 2010.

## 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 <sup>3</sup> /s
μ	Contractiecoëfficiënt	-
B	Breedte doorstroomopening	m
E <sub>1</sub>	Bovenstroomse energiehogte	m
H <sub>1</sub>	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]