

# Consequenties nieuwe golfbelastingen voor de kust

Achtergrondrapport belastingen en duinwaterkeringen  
DWW-2003-040

27 maart 2003

# Consequenties nieuwe golfbelastingen voor de kust

Achtergrondrapport belastingen en duinwaterkeringen  
DWW-2003-040

27 maart 2003



---

## Colofon

**Uitgegeven door:** Dienst Weg- en Waterbouwkunde  
**Rapportnummer:** DWW-2003-040

**Informatie:** ir. A.F. Wolters  
**Telefoon:** 015-2518421  
**Fax:** 015-2518555

**Uitgevoerd door:** Rijksinstituut voor Kust en Zee i.s.m. Dienst Weg- en Waterbouwkunde  
**Auteurs:** F. den Heijer, P. Roelse, J. van Marle  
**Redactie:** A. Wolters, M. Ritzen

**Opmaak:** Dienst Weg- en Waterbouwkunde

**Datum:** Maart 2003

---

# Inhoudsopgave

---

<b>Inhoudsopgave</b>	<b>4</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>5</b>
1.1 Achtergrond	5
1.2 Doel van deze rapportage	5
1.3 Leeswijzer	6
<b>2 Gebiedsafbakening</b>	<b>7</b>
2.1 Gehanteerde afbakening bij de quick-scan	7
2.2 Onderbouwing afbakening	7
2.2.1 Golfcondities op diep water	7
2.2.2 Vertaling naar golfcondities op ondiep water vlak voor de waterkering	7
2.2.3 De vertaling naar golfbelastingen op de waterkering	8
2.2.4 Resumé	8
<b>3 Belastingen zeedijken Zeeland en Noord-Holland</b>	<b>9</b>
3.1 Inleiding	9
3.2 Gebruik van HYDRA-K	9
3.2.1 Het opschalen van waarnemingen op diep water (extrapolatie)	10
3.2.2 De vertaling van diep water naar de lokaties voor de dijk	10
3.2.3 Golfploop en golfoverslag	11
3.2.4 Het berekenen van het toetspunt	12
3.3 Interpretatie van de toetspunten	12
3.3.1 De variatie van de toetspunten in de langsrichting van de dijk	12
3.3.2 De relatieve betrouwbaarheid voor de diverse gebieden	13
3.3.3 De absolute betrouwbaarheid van de toetspunten	14
<b>4 Duinwaterkeringen Zeeland en Noord-Holland</b>	<b>16</b>
4.1 Inleiding	16
4.2 Hydraulische condities	16
4.2.1 Hydraulische condities op diep water	16
4.2.2 Hydraulische condities voor de Hollandse kust	17
4.2.3 Hydraulische condities voor het deltagebied	17
4.3 Model voor duinafslag	19
4.3.1 Rekenmodel vigerende toetsingsmethode	19
4.3.2 Rekenmodel toekomstige toetsingsmethode	19
4.3.3 Effect zwaardere golfbelasting	19
4.3.4 Rekenmethode quick scan	19
4.4 Beoordeling duinveiligheid	21
4.4.1 Vigerende toetsingsmethode	21
4.4.2 Beoordelingsmethode quick scan	21
4.5 Afbakening	23
<b>5 Literatuur</b>	<b>25</b>
<b>Bijlagen</b>	
Toetswaarden harde zeeweringen.....	27
Rekentips m.b.t. golfbelastingen dijken.....	37
Rekentips m.b.t. duinenkust.....	38

---

# 1 Inleiding

---

## 1.1 Achtergrond

### **Zwaardere golfbelastingen langs onze kust**

De Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW) heeft bij brief TAW 02-78 de Staatssecretaris van V&W aangegeven dat de golfaanval op onze kust zwaarder is dan verwacht op grond van de vigerende Hydraulische Randvoorwaarden. De TAW concludeert dat daardoor sprake is van een veiligheidsprobleem langs onze kust.

De inventarisatie [DWW, 2002a] die ten grondslag ligt aan het TAW-advies betrof enkele smalle duinstrekkingen en enkele dijksecties. Naar aanleiding van deze inventarisatie heeft DG-Water aan DWW en RIKZ verzocht om met een 2<sup>e</sup> inventarisatie (een 'quick scan') een landsdekkend beeld te geven van de verwachte effecten van de zwaardere golfbelastingen. Deze quick-scan is in de maand november 2002 uitgevoerd.

Tevens is door WLIDelft Hydraulics (WL) een second opinion uitgevoerd op het rapport van Rijkswaterstaat dat ten grondslag lag aan het genoemde TAW-advies. Het WL onderschrijft de bevindingen uit het rapport [WL, 2003].

### **Aanvullend beheerdersoordeel**

Tijdens het op 31 januari j.l. gehouden Bestuurlijk Overleg Kust (BOK) heeft de Staatssecretaris van Verkeer en Waterstaat aan de waterkeringbeheerders gevraagd een aanvullend beheerdersoordeel op te stellen voor de kustvakken waarvoor, op basis van [DWW, 2002b] de belasting te hoog of mogelijk te hoog is, of elders waar dat naar het inzicht van de beheerder relevant is. Dit verzoek is bevestigd bij brief DGW/VW 2003/685.

## 1.2 Doel van deze rapportage

De in november 2002 uitgevoerde 'quick scan' is gerapporteerd in [DWW, 2002b] met achtergrondrapporten [RIKZ, 2002a], [RIKZ, 2002b] en [DWW, 2002c]. Deze rapportages bevatten met name een omschrijving van de uitgevoerde werkzaamheden en de resultaten. Met betrekking tot de activiteiten die de beheerders zullen ontplooiën ten aanzien van andere dan de onderzochte locaties bieden deze rapportages onvoldoende informatie. Daarnaast is onder meer bij besprekingen met beheerders van betreffende kustvakken gebleken dat op diverse punten aanvullende en praktische informatie nodig is om de beheerder in staat te stellen een oordeel ten aanzien van de veiligheid te kunnen vellen. Dit laatste is met name een gevolg van het feit dat de beoordeling van duinwaterkeringen niet meer met de beschikbare methoden kan worden uitgevoerd, juist als een gevolg van de verzwaarde golfbelastingen. Het is hierbij van belang dat er eenduidige informatie beschikbaar is.

Daarom heeft de Staatssecretaris in haar brief tevens aangegeven dat de achtergronden en uitgangspunten, die bij het opstellen van het

---

beheerdersoordeel kunnen worden toegepast, worden vastgelegd in een rapportage die door DWW en RIKZ wordt opgesteld. Met voorliggend rapport wordt hieraan invulling gegeven.

In het voorliggende achtergrondrapport worden derhalve de uitgangspunten, die zijn toegepast bij deze 2<sup>e</sup> inventarisatie [RIKZ, 2002a] en RIKZ, 2002b], gebundeld en nader gespecificeerd. Deze uitgangspunten betreffen de waarden van hydraulische belastingen en de wijze waarop deze tot stand zijn gekomen, en de wijze waarop met de rekenregels voor de sterkte van duinwaterkeringen is omgegaan. Tezamen met het achtergrondrapport golfoploopberekeningen [DWW, 2002c] biedt deze achtergrondrapportage de informatie die nodig is voor het aanvullende beheerdersoordeel.

### **1.3 Leeswijzer**

In hoofdstuk 2 wordt de afbakening van het beschouwde gebied bij de quick scan onderbouwd. In Hoofdstuk 3 worden de aangehouden hydraulische belastingen voor de harde zeeweringen gepresenteerd en de wijze waarop deze berekend zijn. In hoofdstuk 4 worden de uitgangspunten voor duinwaterkeringen gepresenteerd. In de bijlage wordt een overzicht gegeven van meer praktische handreikingen en aanbevelingen bij het uitvoeren van de benodigde berekeningen, en overwegingen die een rol zouden kunnen spelen bij een nadere invulling hiervan ten behoeve van het aanvullend beheerdersoordeel.

---

## 2 Gebiedsafbakening

---

### 2.1 Gehanteerde afbakening bij de quick-scan

De 'quick scan' die in november 2002 is uitgevoerd door de specialistische adviesdiensten DWW en RIKZ heeft alleen betrekking gehad op de Hollandse kust tussen Hoek van Holland en den Helder, en de koppen van de Zeeuwse eilanden. Voor de Waddenzee kust en de Westerschelde werd de inventarisatie niet uitgevoerd. De inhoudelijke onderbouwing van deze afbakening wordt in dit hoofdstuk gegeven.

### 2.2 Onderbouwing afbakening

De veiligheid van waterkeringen wordt bepaald door een aantal elementen in samenhang te beschouwen. Het betreft:

- de golfcondities op diep water.
- de vertaling hiervan naar golfcondities op ondiep water vlak voor de waterkering.
- de vertaling hiervan naar golfbelastingen op de waterkering
- de sterkte van de waterkering

De eerste twee elementen hebben een rol gespeeld bij de afbakening van het gebied dat is beschouwd, en worden achtereenvolgens besproken. Het derde betreft een afbakening die volledigheidshalve wordt vermeldt.

#### 2.2.1 Golfcondities op diep water

Golfcondities op diep water worden rechtstreeks afgeleid uit metingen. Er zijn 4 meetlocaties op het diepe water gelegen: van zuid naar noord: EUR, YM, ELD en SON. Dit is voldoende omdat er tussen deze stations kan worden geïnterpoleerd. De bodem beïnvloedt hier immers de golfcondities nog niet.

#### 2.2.2 Vertaling naar golfcondities op ondiep water vlak voor de waterkering

In het ondiepe water beïnvloed (onder andere) de bodem de golfcondities significant. Daarom is extrapolatie van de statistiek van golven op ondiep water niet betrouwbaar. Voor de vertaling van golfcondities op diep water naar golfcondities voor onze waterkeringen moet daarom een golfmodel worden toegepast.

Het momenteel meest geavanceerde operationele golfmodel is SWAN. Hiervan zijn tevens uitgebreide sets berekeningen beschikbaar voor de Nederlandse kust.

SWAN is nog volop in ontwikkeling. Er zijn grote toepassingsgebieden waar SWAN voldoende betrouwbaar presteert. Helaas zijn er ook belangrijke typen gebieden waar SWAN nog niet voldoende betrouwbaar presteert. Het betreft onder andere gebieden waar de deining doordringt en gebieden waar de golven sterk breken, zoals vlak bij de zeeeringen. Alleen in het laatste geval (sterk brekende golven) is meetinformatie beschikbaar: de meetlocatie Petten is

---

sinds 1995 operationeel. Met deze meetinformatie is het mogelijk de SWAN-resultaten in dergelijke typen gebieden globaal te corrigeren.

Recent is door TAW het nieuwe Technische Rapport Golfoploop en Golfoverslag bij Dijken gepresenteerd. Hierin wordt van een andere golfparameter gebruik gemaakt dan voorheen. In plaats van de piekperiode  $T_p$  wordt hierin gebruik gemaakt van de parameter  $T_{m-1,0}$ . De definitie van deze parameter is gebaseerd op een eenvoudige integratie van het golfspectrum. In laboratorium omstandigheden is dit goed te meten. Bij veldinformatie ligt de interpretatie van het golfspectrum minder eenvoudig. Voor de quick scan is een keuze gemaakt op basis van de meetinformatie van de Pettemer meetlocatie [RIKZ, 2000c], die toepasbaar wordt geacht op soortgelijke locaties, dus aan open zee.

### **2.2.3 De vertaling naar golfbelastingen op de waterkering**

De 'quick scan' had voor dijken alleen betrekking op het overslag debiet. De beoordeling betrof dan ook alleen de hoogte van de zeewering, en niet de stabiliteit van de bekleding etc. Voor elke onderscheiden dijkstrekking is een enkele raai gepresenteerd.

### **2.2.4 Resumé**

Resumerend wordt uit het bovenstaande geconcludeerd dat het golfmodel in de Waddenzee en de Estuaria (waar deining een rol speelt) niet voldoet, en dat langs de zeedijken aan de Hollandse kust en de koppen van de Zeeuwse eilanden (waar sterke breking van golven een rol speelt) het golfmodel globaal kan worden gecorrigeerd op basis van beschikbare meetinformatie. De resultaten in dit laatste gebied moeten worden gezien als 'best we have'.

---

## 3 Belastingen zeedijken Zeeland en Noord-Holland

---

### 3.1 Inleiding

In de Hydraulische Randvoorwaarden 2001 [Min. V&W, 2001] zijn waarden gegeven voor de hydraulische belastingen op de waterkeringen waarmee deze formeel getoetst moeten worden. In hoofdstuk 1 is reeds aangegeven dat TAW bij brief TAW 02-78 heeft aangegeven dat de golfaanval zwaarder is dan volgens de Hydraulische Randvoorwaarden 2001. Op diep water zijn met name de golfperioden langer. Omdat de vertaling van diep water naar ondiep water nog verbetering behoeft, zijn deze inzichten nog niet in de Hydraulische Randvoorwaarden 2001 opgenomen.

In het rapport "Consequenties nieuwe golfbelastingen voor de kust" [DWW, 2002b] is globaal inzicht verschaft in de mogelijke consequenties van de nieuwe golfbelastingen op de zeeweringen. Zoals in hoofdstuk 1 reeds is aangegeven is de beheerders gevraagd een aanvullend beheerdersoordeel te geven naar aanleiding van deze studie. In dit hoofdstuk worden de belastingen gepresenteerd die zijn toegepast voor de zeedijken, tezamen met de wijze waarop deze berekend zijn. De uitgangspunten en achtergronden van de golfploopberekeningen zijn beschreven in [DWW, 2002c].

In dit rapport komen dezelfde zeedijken aan de orde als die in het rapport over de consequenties nieuwe golfbelastingen voor de kust [DWW, 2002b]. Concreet betreft het de volgende dijken (zie figuur 1):

- Helderse Zeewering
- Pettemer Zeewering
- Hondsbossche Zeewering
- Flauwe Werk
- Westkapelse Zeedijk
- Zeedijk Zoutelande
- Zwanenburg, Eilanddijk en Oranjedijk
- Dijkvak Oud Breskens

De gehanteerde uitgangspunten bij toepassing van HYDRA-K worden nader in paragraaf 3.2 beschreven. De hiermee verkregen toetspunten zijn bepaald naar de huidige inzichten en mogelijkheden. Er zijn echter een aantal zaken die nog volop in onderzoek zijn. Genoemd kunnen worden het golfvoortplantingsmodel SWAN (vooral wat betreft de golfperiode), en de bodemschematisatie van de vooroever. Het is goed dit te betrekken bij de interpretatie van de toetspunten. Deze wordt behandeld in paragraaf 3.3.

### 3.2 Gebruik van HYDRA-K

De toetspunten zijn berekend met het model HYDRA-K. Dit model is uitgebreid gedocumenteerd. In [RIKZ, 2000] is het principe beschreven waarop het model HYDRA-K is gebaseerd. In [HKV, 2000] is het functioneel ontwerp opgenomen. Na een verdere uitbreiding met functionaliteiten van HYDRA-K is in [WL,

---

2002a] een supplement op het functioneel ontwerp opgenomen en de technische documentatie. In [WL, 2002b] is de gebruikershandleiding gegeven. Met HYDRA-K worden de hydraulische belastingen op de waterkeringen berekend. Er is een probabilistische rekenmethodiek gehanteerd om de kans van het gezamenlijk optreden van hoge waterstanden en golven te bepalen. Een belangrijk uitgangspunt hierbij is dat de samenhang van waterstanden en golven bij opgetreden stormen (een reeks waarnemingen van ca. 20 jaar) ook model staan voor extreme omstandigheden (tot een overschrijdingsfrequentie van orde  $10^{-4}$ ).

De hydraulische belastingen zijn als toetspunt gepresenteerd. Het toetspunt bestaat uit het toetspeil en de golfkarakteristieken: de significante golfhoogte  $H_{m0}$ , de periode  $T_{m-1,0}$  en de golfvoortplantingsrichting  $\theta_a$ . Omdat in de berekening van het toetspunt de oriëntatie van de dijk van belang is, is het toetspunt gekoppeld aan de dijkoriëntatie.

Bij het berekenen van de toetspunten met HYDRA-K kunnen de volgende 4 stappen onderscheiden worden:

- Het opschalen van waarnemingen op diep water (extrapolatie)
- De vertaling van diep water naar de locaties voor de dijk
- Het berekenen van golfoploop / golfoverslag
- Het berekenen van het toetspunt; de meest waarschijnlijke combinatie van belastingparameters waarbij falen optreedt.

### **3.2.1 Het opschalen van waarnemingen op diep water (extrapolatie)**

Bij de berekeningen met HYDRA-K wordt uitgegaan van extreme waardenstatistiek van waterstanden en windsnelheden, per windrichtingsector van 30 graden, voor een aantal locaties langs de Nederlandse kust.

Het extrapoleren is uitgevoerd met de methode De Haan. Volgens deze methode worden simultane waarnemingen opgeschaald via de extreme waardenstatistiek van de afzonderlijke stochasten (componenten van de simultane waarnemingen); in dit geval dus van waterstanden en wind [RIKZ, 2000] [HKV, 2000]. Hierbij wordt als voorwaarde asymptotische afhankelijkheid geëist. Dat wil zeggen dat er een zeer sterk verband moet bestaan tussen de afzonderlijke stochasten [RIKZ, 2000]. Langs de kust is dit overal het geval.

Voor de waterstandsstatistiek wordt uitgegaan van de rapporten over de basispeilen langs de Nederlandse kust [RIKZ, 1993]. Voor de windstatistiek wordt uitgegaan van het rapport van Rijkooit en Wieringa [KNMI, 1983]. Voor een juiste interpretatie en aanwending van de laatste inzichten is aan het KNMI om advies gevraagd welke windsnelheden boven open water gebruikt diende te worden [KNMI, 2002].

Het resultaat van deze eerste stap is een meerdimensionale (multivariate) extreme waarden statistiek op diep water.

### **3.2.2 De vertaling van diep water naar de locaties voor de dijk**

Uitgaande van de diepwaterstatistiek wordt de benodigde meerdimensionale extreme waardenstatistiek gegenereerd van waterstanden en golfparameters op ondiep water, ter plaatse van de locaties langs de dijken. Hiertoe worden waterstanden en golfcondities op diep water vertaald naar ondiep water. Voor de vertaling van de golfcondities wordt een numeriek model gebruikt.

---

Voor de waterstanden wordt gebruik gemaakt van lineaire ruimtelijke interpolatie tussen waterstandsstations, waarvoor waterstandsstatistiek beschikbaar is [RIKZ, 1993]. Deze interpolatie kan plaatselijk afwijkingen vertonen met de waterstanden uit de Hydraulische Randvoorwaarden 2001. Daarom is er een correctieslag toegepast aan de hand van deze waterstanden. Niettemin treden er bij het toegepaste HYDRA-K nog kleine verschillen op tussen de waterstand berekend met HYDRA-K en de Hydraulische Randvoorwaarden 2001. Dit verschil kan oplopen tot 10 à 15 cm.

Voor de golfparameters wordt gebruik gemaakt van het golfvoortplantingsmodel SWAN. De betrouwbaarheid van het model is beschreven in [RIKZ, 2002c]. Behalve de nauwkeurigheid van SWAN zelf, speelt tevens de bodemschematisatie een belangrijke rol, vooral het laatste traject tot de teen van de dijkconstructie. De toe te passen bodemprofielen zijn nog niet voldoende bekend, omdat de actuele bodemprofielen van jaar tot jaar verschillen.

De formulering voor golfoploop en –overslag is recentelijk gewijzigd. Omdat gebruik gemaakt diende te worden van de laatste inzichten moesten de gewijzigde golfoploop- en/of de golfoverslagformulering toegepast worden, waarin de golfperiode  $T_{m-1,0}$  (een gewogen gemiddelde maat) in plaats van de piekperiode  $T_p$  gebruikt wordt.

Voor het bepalen van de  $T_{m-1,0}$  is in 2002 overleg gevoerd met prof. dr. ir. Battjes en dr. ir. Van Gent. De belangrijkste vraag was waar het laagfrequente deel van het spectrum afgekapt moet worden voor het bepalen van de momenten, waaruit  $T_{m-1,0}$  berekend wordt. Op basis van dit overleg en onderzoek [RIKZ,2000c] is de afkap vastgesteld op 0,03 hertz.

Vervolgens zijn de schaars beschikbare metingen, zowel natuur- (vooral voor Petten) als gootmetingen, vergeleken met SWAN resultaten. Hieruit is geconcludeerd dat bij zeer zwaar brekende golven, zoals voor onze kust, de  $T_{m-1,0}$  met 1,2 moet worden vermenigvuldigd [RIKZ, 2000c].

De statistiek van  $T_{m-1,0}$  is beschreven in [RIKZ, 2002d]. In figuur 2 wordt het verschil tussen  $T_{m-1,0}$  en  $T_p$  gepresenteerd voor extreme omstandigheden ( $10^{-4}$  keer/jaar). Van Zuid naar Noord verloopt dit verschil van ca. 1,5 tot 2,5 seconden (ruim 15%).

### 3.2.3 Golfoploop en golfoverslag

De toetspunten geven de 'maatgevende' (meest waarschijnlijke) combinatie van belastingparameters waarbij falen nog juist niet optreedt. Voor het berekenen van de toetspunten is daarom naast de extreme waardenstatistiek tevens de faal- of betrouwbaarheidsfunctie nodig. Bij het berekenen van de kruinhoogte van dijken betreft het dan de golfoploop- en/of de golfoverslagformulering.

Voor het berekenen van de toetspunten op basis van  $T_{m-1,0}$  is, vanwege het spoedeisende karakter, op ad-hoc basis de golfoploop en –overslagformulering in HYDRA-K geïmplementeerd. De toegepaste formulering is daartoe enigszins vereenvoudigd (zie [WL, 2002a] voor de formulering), met als consequentie dat alleen met eenvoudige dijkprofielen zonder berm gerekend kon worden. De toetspunten zijn bepaald met een dijkprofiel met een doorgaande helling van teen tot kruin van 1:6, met het faalmechanisme golfoploop (z2%). Er zijn ook berekeningen uitgevoerd met hellingen 1:4 en 1:8 voor zowel golfoploop als golfoverslag (1 l/m/s). De berekende toetspunten bleken maar weinig te verschillen. Op basis hiervan is gesteld dat de afgegeven toetspunten niet door

---

het vereenvoudigde karakter van de formulering zijn beïnvloed, en kunnen worden toegepast op het werkelijke profiel voor de berekening van de kruinhoogten.

### **3.2.4 Het berekenen van het toetspunt**

Het toetspunt vormt de meest waarschijnlijke combinatie van waterstand, golfhoogte, golfperiode en golfvoortplantingsrichting, behorende bij het beoogde veiligheidsniveau. Anders gezegd: het toetspunt is het punt op de faalfunctie met de grootste kansdichtheid, behorende bij het beoogde veiligheidsniveau.

De berekening van de toetspunten is feitelijk een rekenkundige activiteit die wordt uitgevoerd door een PC programma.

In de tabellen 1 t/m 8 in de bijlage zijn de toetspunten gepresenteerd. De locaties van de toetspunten staan eveneens in de bijlage in de figuren 3 t/m 10. De locaties zijn aangegeven met gele bolletjes en een daarbij behorend getal. Deze getallen corresponderen met "locatiegetallen", die in de eerste kolom van de tabellen 1 t/m 5 zijn gegeven.

### **3.3 Interpretatie van de toetspunten**

De berekeningen van de toetspunten zoals toegepast bij de quick scan representeren de status quo. Bij het berekenen van de toetspunten is al het mogelijke gedaan om aan te sluiten bij de vigerende toetsmethoden voor de sterkte en recht te doen aan de recente ontwikkelingen rondom de zwaardere golfbelastingen op dieper water.

De gepresenteerde toetspunten verschillen van punt tot punt, en van gebied tot gebied. Bij het gebruik van deze toetspunten en de interpretatie van hiermee verkregen resultaten is het goed om een aantal achtergronden te beschouwen. Aan de hand van de volgende aspecten worden de belangrijkste achtergronden behandeld:

- De variatie van de toetspunten in de langsrichting van de dijk
- Relatieve betrouwbaarheid voor de diverse gebieden
- De absolute betrouwbaarheid van de waarden gebaseerd op HYDRA-K en daarin toegepaste statistieken en het golfmodel

#### **3.3.1 De variatie van de toetspunten in de langsrichting van de dijk**

In de gepresenteerde tabellen met toetspunten is goed te zien dat de toetspunten van punt tot punt variëren. De variatie van de toetspunten in de langsrichting van de dijk wordt voornamelijk veroorzaakt door:

- Verandering in oriëntatie van de dijk in lengterichting
- Verandering in bodemligging langs de dijk
- De variatie van de afstand van de locatie waar het toetspunt is bepaald t.o.v. de dijk

#### **Verandering in oriëntatie van de dijk in lengterichting**

De golfoploop en golfoverslag en daarmee de kruinhoogte worden ook bepaald door de hoek van inval van de golven. Naarmate de hoek van golfinval groter wordt neemt de golfoverslag af bij gelijk blijvende combinatie van waterstand en golven. Bij het veranderen van de dijkrichting kunnen daarom combinaties van waterstanden en golven uit andere windrichtingen, met een andere statistische verdeling, maatgevend worden. Dat zal dan resulteren in een ander toetspunt, dus in een andere combinatie van waterstand en golfparameters.

---

Het bovenstaande valt ook duidelijk op te merken bij de knikken in de dijken bij Den Helder en Westkapelle. Ten westen van de knik (locatie 386) in de Helderse Zeewering is een andere windrichting (circa 275 graden) maatgevend dan ten oosten van de knik (circa 310 graden).

#### **Verandering in bodemligging langs de dijk**

Door een hoge mate van liniariteit in de brekerzone tussen diepte en golfhoogte wordt deze variabiliteit in de golfhoogte als het ware weerspiegeld. Bij een vooroever langs de dijk die qua bodemligging veel variatie vertoont zal dit ook in het verloop van de toetspunten terug te vinden zijn. Dit blijkt bijvoorbeeld zo te zijn bij de Hondbossche- en Pettemer Zeewering. Hierbij moet opgemerkt worden dat een "springerig" verloop van de toetspunten niet betekent dat het verloop van de kruinhoogten berekend met deze toetspunten ook "springerig" verloopt.

#### **De variatie van de afstand van de locatie waar het toetspunt is bepaald t.o.v. de dijk**

Voor de berekening van de kruinhoogte moeten golfrandvoorwaarden worden toegepast ter plaatse van de teen van de dijk. De beschikbare set SWAN-berekeningen bevat deze informatie echter niet. Deze informatie is destijds niet opgenomen, onder meer vanwege de problematiek rond de afhandeling van de modelrand in het numerieke model SWAN. Daarom zijn bij de kust in principe de SWAN-uitvoerlocaties op ca. 50 meter uit de teen van de dijk gekozen. Gezien de lange golflengtes langs de Hollandse kust is zijn de waarden op deze afstand een acceptabele schatting van de golfcondities bij de teen van de dijk.

Bij de thans beschikbare uitvoer op het SWAN-rooster bestaat er echter variatie ten opzichte van deze genoemde afstand van 50 meter uit de teen van de dijk. Vanwege de directe afhankelijkheid van de golfhoogte van de waterdiepte heeft dit directe invloed op het verloop van de toetspunten. Daarnaast vielen tijdens de SWAN berekeningen locaties "droog". Dit is reden geweest om de locatie verder zeewaarts te verplaatsen, zoals bijvoorbeeld bij het Flaauwe Werk het geval is. Dit kan een reden zijn om een extra vertaling te maken van de golfcondities op de beschikbare locaties naar de teen van de dijk. Tijdens de quick scan is dit niet gedaan. In de bijlage wordt hier nader op ingegaan.

#### **3.3.2 De relatieve betrouwbaarheid voor de diverse gebieden**

In hoofdstuk 2 is de afbakening voor de tijdens de quick scan behandelde gebieden gemotiveerd: alleen de Hollandse kust en de koppen van de Zeeuwse eilanden zijn behandeld, de Westerschelde en de Waddenzee niet. In het volgende wordt aangegeven in welke mate de betrouwbaarheid kan worden ingeschat van de toetspunten voor de gebieden die wel tijdens de quick scan zijn behandeld.

Naar de huidige inzichten schiet SWAN te kort in gebieden waar deining de estuaria binnendringt, en in gebieden waar de golven zwaar breken. Door het vergelijken van SWAN-resultaten met metingen zouden hiervoor correctiefactoren bepaald en vervolgens toegepast kunnen worden. Er zijn echter onvoldoende metingen om deze correctiefactoren op een verantwoorde wijze te bepalen.

Alleen bij de Pettemer Zeewering wordt beschikt over metingen. Aan de hand hiervan is een factor van circa 1,2 bij zwaar breken bepaald [RIKZ, 2002c]. Vervolgens is deze factor toegepast op de dijken waar zwaar breken te

---

verwachten valt (Helderse Zeewering Pettemer Zeewering, Hondsbossche Zeewering, Flaauwe Werk en Westkapelse Zeedijk.

Voor deze gebieden zou hiermee de golfperiode als redelijk betrouwbaar kunnen worden gekwalificeerd.

De dijken van Zoutelanden, bij Vlissingen (Zwanenburg, Eilanddijk en Oranjedijk) en Oud Breskens liggen meer tussen de koppen van de Zeeuwse eilanden en dus in gebieden waar het doordringen van deining een grote rol speelt. Hiervoor is op basis van sporadische meetgegevens een factor van 1,1 bepaald [RIKZ, 2002c]. Er is hiermee momenteel echter geen betrouwbare correctiefactor vast te stellen. Bovendien zijn de meetgegevens beschikbaar op locaties die niet voor het hier beschreven doel zijn gekozen. Er wordt verwacht dat de correctiefactor in dit gebied veel hoger kan liggen. Voor deze dijken zijn de toetspunten dus minder betrouwbaar dan die voor de Hollandse kust. Toch is dit gebied betrokken bij de quick scan. De Westerschelde is bij eerdere studies door RIKZ doorgaans als het gebied landwaarts van de lijn Vlissingen-Breskens gedefinieerd.

### **3.3.3 De absolute betrouwbaarheid van de toetspunten**

De absolute waarden van de toetspunten zijn gebaseerd op berekeningen met HYDRA-K. De berekening bestaat uit een statistisch deel en uit een fysisch deel. De betrouwbaarheid van de fysische modellering wordt enerzijds bepaald door de betrouwbaarheid van modellen zelf en anderzijds door de aansturing van de modellen. De betrouwbaarheid van het golfmodel is in paragraaf 3.2 reeds behandeld. In deze paragraaf komen enkele aspecten van de aansturing van de modellen aan de orde die de betrouwbaarheid kunnen beïnvloeden.

#### **Statistiek van waterstanden**

Binnen HYDRA-K wordt de statistiek van waterstanden gebruikt van diverse stations langs de kust. Daartussen is een lineaire interpolatie uitgevoerd voor het bepalen van de lokale waterstand ter plaatse van de gewenste uitvoerlocatie. In werkelijkheid verlopen de waterstanden langs de kust uiteraard niet lineair, dus is er een correctieslag nodig om de lokale waterstandsstatistiek te laten overeenkomen met de toetspeilen uit de Hydraulische Randvoorwaarden 2001. Deze correctieslag is weliswaar in concept in HYDRA-K toegepast maar bij controle hierop treden er toch nog verschillen op van 10 à 15 cm met de toetspeilen. Bij de quick scan zijn deze verschillen niet meer gecorrigeerd, evenmin als het effect ervan op de lokale golfhoogte. In de bijlage worden voor de diverse zeeweringen de gevonden verschillen gepresenteerd.

#### **Aansturing van het golfmodel**

Het golfmodel SWAN wordt aangestuurd met waarden voor de golfcondities op de rand van het model op diep water. Voor het vaststellen van de randvoorwaarden in SWAN is gebruik gemaakt van de statistiek van wind en golven uitgesplitst naar windrichtingsectoren [RIKZ, 2000b]. De randwaarden voor golfhoogte en golfperiode zijn via de overschrijdingsfrequenties direct gekoppeld aan de toegepaste windsnelheden. Daarmee is volledige afhankelijkheid gehanteerd op de buitenrand. Bij de berekeningen met SWAN is de golfhoogte op de buitenrand van ondergeschikt belang. Tijdens de golfvoortplanting past de golfhoogte zich sterk aan de bodem aan, met name in de brekerzone. Een variatie op de rand valt daarom nauwelijks terug te vinden in de golfhoogte aan de teen van de dijk. Met de golfperiode is dit anders. De golfperiode past zich kustwaarts ook enigszins aan, maar veel minder sterk. Het

---

uitgangspunt van volledige afhankelijkheid van wind en golfcondities op de buitenrand van het golfmodel is een conservatieve aanname. Verwacht wordt dat deze aanname op de waarde van de toetspunten voor de waterkering niet veel invloed heeft.

De toegepaste bodemschematisatie, vooral van de vooroever voor de dijk, is wel zeer belangrijk voor de betrouwbaarheid van de toetspunten, vanwege de afhankelijkheid tussen waterdiepte en golfhoogte. Bij het uitvoeren van de berekeningen met SWAN is de bodemligging gekozen. Van jaar tot jaar verschilt deze echter, zodat er een kans is dat de actuele bodem dieper ligt dan de in SWAN toegepaste bodem.

---

## 4 Duinwaterkeringen Zeeland en Noord-Holland

---

### 4.1 Inleiding

Een beschrijving van de quick scan voor de duinwaterkeringen geeft [RIKZ, 2002a]. Dit hoofdstuk geeft hiervan een nadere specificatie en nadere achtergronden.

#### **Vigerende toetsingsmethode**

Voor de in de Wet op de Waterkering voorgeschreven periodieke toetsing van de waterkeringen is de "Leidraad Toetsen op Veiligheid 2002" beschikbaar. Voor duinwaterkeringen wordt hierin verwezen naar de "Leidraad voor de beoordeling van de veiligheid van duinen als waterkeringen" ("Leidraad Duinafslag", TAW, 1984) en de "Leidraad Zandige Kust" (TAW, 1995). De "Leidraad Toetsen op Veiligheid 2002" wordt momenteel geactualiseerd en zal als "Voorschrift Toetsen op Veiligheid" worden uitgebracht.

#### **Beoordelingsmethode "quick scan"**

Het rekenmodel in de vigerende toetsingsmethode is niet geschikt voor een zwaardere golfbelasting. In het kader van de door de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW) uitgevoerde studie naar het effect van de zwaardere golfbelasting op de kust is daarom tevens een aangepaste rekenmethodiek voorgesteld voor het effect van een grotere piekperiode op de duinafslag [Alkyon, 2002]. Omdat de vigerende methode ook niet aansluit bij het huidige kustonderhoud met zandsuppleties is hiervoor een andere methodiek toegepast.

Ten behoeve van het beheerdersoordeel zijn in de bijlage enkele rekentips en aanbevelingen verzameld.

### 4.2 Hydraulische condities

#### 4.2.1 Hydraulische condities op diep water

##### **Huidige Randvoorwaarden**

Voor duinafslagberekeningen zijn de golfkarakteristieken op relatief diep water vereist. Voor de toetsing van de duinwaterkeringen zijn in de Leidraad duinafslag [TAW, 1984] derhalve de hydraulische randvoorwaarden gegeven op de dieptelijn van ca. NAP -20 m. In het toegepaste afslagmodel DUROS, waarmee de afslagpunten worden berekend, spelen alleen de waterstand en de golfhoogte een rol van betekenis. In [TAW, 1984] is dan ook alleen de combinatie van waterstand en golfhoogte gegeven, die tezamen 'maatgevend' wordt geacht. Deze combinatie van waterstand en golfhoogte is destijds afgeleid aan de hand van een probabilistische analyse. Bij toepassing hiervan wordt voldaan aan de vereiste kleine overschrijdingskans.

##### **Verzwaarde golfbelasting**

Voor de 'nieuwe' golfbelastingen is bovengenoemde probabilistische analyse niet beschikbaar. De maatgevende combinatie van waterstand, golfhoogte en

golfperiode moet dus worden gekozen. Voor de waterstand is –conform het vigerende randvoorwaardenboek- het rekenpeil toegepast, zoals gedefinieerd in [TAW, 1984]. Voor zowel golfhoogte als golfperiode is het  $10^{-4}$ -kwantiel gekozen [RIKZ, 1995] [RIKZ, 1996]. Tabel 9 geeft de zo bepaalde golfkarakteristieken voor de meetstations op relatief diep water langs de Nederlandse kust.

**Tabel 9**

Overzicht van de  $10^{-4}$ -kwantielen van de verzwaarde golfkarakteristieken op diep water.

station	Hs (m)	Tp (s)
SON	9,6	19,4
ELD	10,0	17,1
K13	9,7	15,8
YM6	9,1	15,7
EUR	8,4	13,3

De gekozen overschrijdingsfrequentie voor de golfcondities van  $10^{-4}$  per jaar (corresponderend met een gemiddelde overschrijdingskans van 1/10000 per jaar) is groter dan de overschrijdingsfrequentie van het rekenpeil waaraan in de Leidraad Duinafslag de golfbelasting is gerelateerd ( $10^{-4}$  per jaar plus 2/3 maal de decimeringshoogte). Als er volledige correlatie zou bestaan tussen waterstanden en golven, zou deze aanname per definitie een onderschatting van de golfbelasting geven.

Echter, er bestaat geen volledige correlatie tussen waterstanden en golven. Daardoor zijn de golfcondities behorende bij het rekenpeil per definitie lager dan die behorende bij de overschrijdingsfrequentie van het rekenpeil.

Toepassing van de overschrijdingsfrequentie van het rekenpeil zou daarom een overschatting geven. De overschrijdingsfrequentie van de golfcondities moet dus groter zijn. Het afleiden van de toetswaarden gebaseerd op de gezamenlijke statistiek van waterstanden en golven (een probabilistische analyse) is binnen het tijdsbestek van deze studie niet mogelijk. Daarom is hier volstaan met de  $10^{-4}$  waarde als schatting.

#### 4.2.2 Hydraulische condities voor de Hollandse kust

De waarden van de stations ELG, YM6 en EUR zijn west-oost op de kust geprojecteerd. In tabel 10 zijn de hydraulische randvoorwaarden gegeven op enkele punten langs de kust. Hiertussen is lineair geïnterpoleerd.

**Tabel 10**

Hydraulische Randvoorwaarden Hollandse kust

locatie		Huidige randvoorwaarden 2001			Verzwaarde golfbelasting	
		Rekenpeil		golfbelasting	Hs (m)	Tp (s)
	(hm)	(m+NAP)	Hs (m)	Tp (s)		
Den Helder-	0908	4,90	9,45	12	9,60	16,9
Callantsoog	1421	4,99	9,40	12	9,50	16,8
IJmuiden	5500	5,70	8,50	12	9,05	15,6
Scheveningen	9750	5,75	8,60	12	8,60	14,4
Hoek v Holland	11850	5,60	8,40	12	8,40	13,7

#### 4.2.3 Hydraulische condities voor het deltagebied

Voor de duinwaterkeringen in het Deltagebied zijn de golven op de NAP –20 m dieptelijn langs de Noordzee niet maatgevend. In het vigerende randvoorwaardenboek [Min. V&W, 2001] zijn daarom de golfkarakteristieken achter de banken gegeven. Door de golfdoordringing over voorliggende het bankengebied treedt een sterk energieverlies op met veel breking. Hierdoor is

de golfhoogte voornamelijk afhankelijk van de waterdiepte. Omdat de basispeilen in 1993 hier en daar zijn verlaagd [RIKZ, 1993] ten opzichte van die welke in [TAW, 1984] zijn gebruikt, zouden ook de golfhoogten aanpassing behoeven (mogelijk kunnen ze marginaal worden verlaagd). Gezien de complexiteit van de golfdoordringing is geen reductie toegepast, maar tevens zijn de verzwaarde golfhoogten op diep water niet doorgevoerd. SWAN-berekeningen met een uitvoerpunt in de Wielingen geven hiertoe ook geen aanleiding [Alkyon, 1997].

Samenvattend: voor de golfhoogten zijn de waarden uit de Hydraulische Randvoorwaarden 2001 gebruikt. Alleen voor Zeeuws Vlaanderen is in afwijking hiervan abusievelijk een golfhoogte van 4,70m toegepast.

[Min. V&W, 2001] geeft in de Zeeuwse delta een piekperiode van 8 seconden. In de Leidraad Duinafslag speelt de piekperiode ( $T_p$ ) een rol bij de hoogte van het grensprofiel via een soort oplooppformule. Volgens [ALKYON, 1997, (fig. 4.20)] is bij Zeeuwsch-Vlaanderen sprake van een 2-toppig spectrum. Gezien de onnauwkeurigheden van het rekenmodel SWAN en omdat niet bekend is welke periodemaat in een dergelijke situatie voor duinafslag maatgevend is, is veiligheidshalve de piek met de grootste periode toegepast (11,4 seconden). Het is niet uitgesloten dat hierdoor een overschatting optreedt.

Samenvattend: Er ontbreekt toegesneden golfinformatie voor de Zeeuwse delta. Gezien de bovenvermelde onzekerheden is  $T_p = 11,4$  s volgens genoemde SWAN-berekeningen toegepast voor alle kustvakken in de Delta.

Tabel 11 geeft de bij de quick scan toegepaste golfbelasting voor enkele locaties aan de Deltakusten. Alleen voor Zeeuws Vlaanderen is hier de golfrandvoorwaarde conform de Hydraulische Randvoorwaarden 2001 aangegeven.

Tabel 11  
Golfbelastingen Deltakust

Kustvak	locatie	raai	Hs <sup>1)</sup>	Tp <sup>2)</sup>
Z-Vlaanderen	Cadzand	13.81	5,45	11,4
	Nieuwe Sluis	4.61	3,60	11,4
	Breskens	0.11	2,90	11,4
Walcheren	Vlissingen	33.80	3,85	11,4
		30.10	4,15	11,4
	Westkapelle Z	22.15	3,60	11,4
	Westkapelle N	17.95	5,60	11,4
	Domburg	15.91	5,25	11,4
	Oostkapelle	11.40	4,50	11,4
Noord-Beveland	Vrouwepolder	6.60	3,65	11,4
	Onrustpolder	2.00	3,65	11,4
Schouwen	Burgh-en Westl.	17.19	4,00	11,4
	Zeepe	14.11	4,05	11,4
	NW Haamstede	11.45	4,15	11,4
	Renesse	7.10	4,50	11,4
	Noorderstrand	1.97	3,60	11,4
Goeree	De Punt	18.75	3,30	11,4
	Vuurtoren	15.02	3,90	11,4
		14.75	5,80	11,4
Voorne	Kwade hoek	7.00	4,00	11,4
	Haringvlietdam	15.20	3,10	11,4
	Groene punt	10.01	3,20	11,4
	Brielsegatdam	6.60	2,90	11,4

1) Conform randvoorwaardenboek 2001

2) Verzwaarde belasting

---

### 4.3 Model voor duinafslag

#### 4.3.1 Rekenmodel vigerende toetsingsmethode

In de vigerende toetsingsmethode [TAW, 1984] wordt de duinafslag berekend met DUROS, gebaseerd op het ontstaan van een evenwichtsprofiel tijdens een maatgevende stormvloed. De profielvorming reikt doorgaans niet verder dan de NAP -3 m dieptelijn. De mate van duinafslag is in het model sterk afhankelijk van de stormvloedstand en in mindere mate van de golfhoogte. Het model is afgeregeld op een golfsteilheid van 0,034 op diep water. Deze golfsteilheid treedt op bij een golfhoogte van  $H_s = 7,6$  m en een golfperiode van  $T_p = 12$  s. Bij kleinere golfsteilheden wordt een grotere duinafslag verwacht, bij grotere golfsteilheid wordt een kleinere duinafslag verwacht [Alkyon, 2002]. Voor de deltakusten, waar volgens [min. V&W, 2001] een golfperiode  $T_p = 8$  s geldt, is langs het grootste gedeelte sprake van een grotere golfsteilheid. Dit betekent dat daar met DUROS de duinafslag wordt overschat.

#### 4.3.2 Rekenmodel toekomstige toetsingsmethode

Door de TAW wordt gewerkt aan een toetsingsmethode, waarbij de duinafslag tijdsafhankelijk wordt berekend met het model DUROSTA. In tegenstelling tot DUROS is hierin de golfperiode een rekenvariabele. Het model is echter niet geverifieerd voor golfperiodes groter dan 12 seconden en meertoppige golfspectra. Ook ontbreken de voor het model benodigde hydraulische randvoorwaarden, zoals de statistiek van stormduur. Toepassing bij de quick scan was hierdoor niet aan de orde. Het model heeft wel een belangrijke rol gespeeld bij de schatting van het effect van een langere periode [ALKYON, 2002].

#### 4.3.3 Effect zwaardere golfbelasting

De verzwaarde golfbelastingen worden met name gekarakteriseerd door een langere golfperiode. In [Alkyon, 2002] is aangegeven dat het beschikbare model DUROS de afslag bij een hogere periodemaat "significant onderschat". Per profiel en locatie moet worden verwacht dat de onderschatting verschilt. Oriënterende berekeningen geven aan dat de toename van de duinafslag voor het kustvak Hoek van Holland- Kijkduin ligt in de orde van 15%, en voor het kustvak Den Helder-Callantsoog in de orde van 30%. Voor Zeeuwsch-Vlaanderen is de toename van de piekperiode relatief groot ten opzichte van Hoek van Holland. Daardoor komt men op een toename van 30%. Figuur 11 geeft het verloop langs de kust van de toename van de golfperiode en figuur 12 de daarbij volgens [Alkyon, 2002] behorende toename van de duinafslag. Bij de quick scan is langs de gehele kust een toeslagpercentage van 50% toegepast. Dit percentage moet worden gezien als de vertaling van bovengenoemde percentages inclusief alle onzekerheden in de toegepaste beoordelingsmethodiek (zie verder paragraaf 4.4).

#### 4.3.4 Rekenmethode quick scan

Het voor de toetsing van duinwaterkeringen ontwikkelde rekenmodel WINKUST biedt geen mogelijkheid om de extra duinafslag te verrekenen voor grote series raai-jaar combinaties. Daarom is gebruik gemaakt van de in [Alkyon, 2002] gegeven methode om de extra afslag te simuleren door een kleinere korreldiameter in te voeren. Deze methode houdt in dat de afslaghoeveelheid boven het rekenpeil en daardoor ook het afhankelijke deel van de toeslag zijn verhoogd. Het onafhankelijke deel van de toeslag ( $20 \text{ m}^3/\text{m}^1$ ) blijft ongewijzigd.

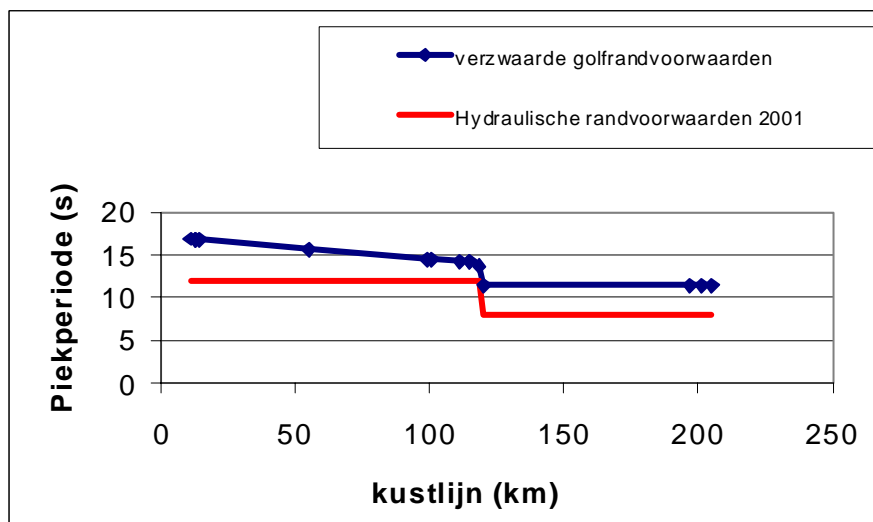
Als niet (of slecht) erodeerbare steile vooroevers worden behandeld als erodeerbare vooroevers (zand) kan door WINKUST een overschatting van de afslag worden gegeven, bijvoorbeeld als daardoor een diepe geul deels wordt opgevuld. Voor enkele kustdelen van Schouwen en Walcheren is een faciliteit van WINKUST gebruikt om dit te vermijden.

Harde elementen, zoals duinvoetverdedigingen, eindconstructies van dijken, gebouwen en strandmuren verstoren het proces van duinafslag. Het effect kan zowel positief als negatief zijn.

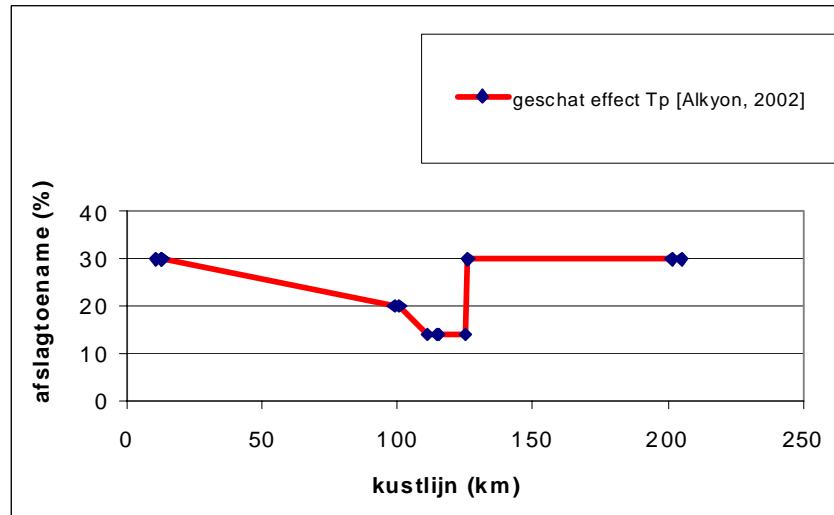
Voor de schatting van het positieve effect van een daartoe ontworpen duinvoetverdediging geeft het Basisrapport Zandige Kust [TAW, 1995] een vuistregel. Met het tijdsafhankelijke duinafslagprogramma DUROSTA kan het effect worden berekend. Beide (bewerkelijke) methoden zijn in de quick scan achterwege gelaten.

De Leidraad Toetsen op Veiligheid 2002 geeft een methodiek om de eventuele extra afslag naast een hard element te schatten. Ook dit effect is in de quick scan achterwege gelaten.

.....  
**Figuur 11**  
Verloop piekperiode langs de kust



.....  
**Figuur 12**  
Afslagtoename uit [Alkyon, 2002]



#### 4.4 Beoordeling duinveiligheid

##### 4.4.1 Vigerende toetsingsmethode

De Leidraad Duinafslag geeft een semi-probabilistische toetsingsmethode. Hierin is de toelaatbare doorbraakkans gesteld op 10% van de veiligheidsnorm. Voor Zuid-Holland resulteert dit in een toelaatbare overschrijdingskans op doorbraak van  $10^{-5}$  per jaar.

In de toetsingsprocedure wordt deze kleine kans gerepresenteerd door de keuze van representatieve waarden van zowel de hydraulische randvoorwaarden als de sterkte. Voor de hydraulische randvoorwaarden wordt een waterstand gebruikt die correspondeert met een overschrijdingsfrequentie van  $10^{-4}$  plus 2/3 maal de decimeringshoogte, en bijbehorende golfcondities. In de duinvoetverplaatsing tijdens een stormvloed is een toeslag opgenomen voor modelonnauwkeurigheid, onzekerheid in het verloop van de stormopzet en voor bui-oscillaties en buistoten.

Omdat het duinprofiel van jaar tot jaar verschilt wordt bij een duinwaterkering ook gerekend met een in de tijd variërende sterkte. De in de tijd variërende sterkte wordt in rekening gebracht door met behulp van regressieanalyse een trendlijn te trekken door een jarenlange reeks afslagpunten (dit is de theoretische duinvoet op rekenpeil na een stormvloed) en een landwaartse marge voor fluctuaties hierin. De trendberekening wordt uitgevoerd over een opgetreden periode van ca. 10 jaar op basis van de jaarlijkse kustmetingen. De toetsingsprocedure is geprogrammeerd in WINKUST.

Als criterium voor de sterkte wordt het grensprofiel genomen. Het resultaat van de regressieanalyse is een representatief afslagpunt. Zodra dit afslagpunt de zeewaartse zijde van het grensprofiel landwaarts overschrijdt voldoet het duin niet meer aan de norm.

##### 4.4.2 Beoordelingsmethode quick scan

Bij de quick scan is naast het effect van een verhoogde piekperiode tevens rekening gehouden met nog nader te onderzoeken onzekerheden in de toetsingsmethode voor duinwaterkeringen, zoals:

### Golfrandvoorwaarden

In paragraaf 3.2 is hier uitgebreider op ingegaan. De belangrijkste punten worden hier kort herhaald.

De statistisch bepaalde extreme golfkarakteristieken op diep water zijn niet afgestemd op de uitgevoerde toetsingsmethodiek, met name op het punt van onderlinge afhankelijkheid. Op het punt van de verplaatsing van diep naar ondiep water (Holland) en van Noordzee naar de kust (Delta) is de huidige toetsingsmethode gebrekkig te noemen. Er kleven nog vraagtekens aan de voor duinafslag maatgevende periodemaat bij een dubbeltoppig spectrum.

### Rekenmodel

In paragraaf 3.3 is hier uitgebreider op ingegaan. De belangrijkste punten worden hier kort herhaald.

De in [Alkyon, 2002] voor grotere piekperioden gevonden toeslagpercentages op de afslaghoeveelheid vertonen afhankelijk van het duinprofiel een grote spreiding. Ook het in rekening brengen hiervan met WINKUST via een gereduceerde korreldiameter introduceert onnauwkeurigheid.

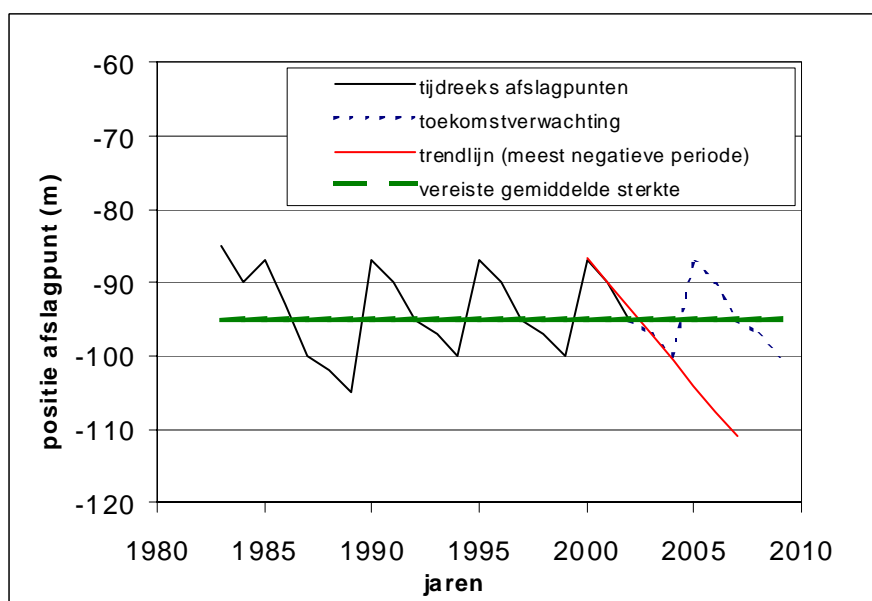
In Winkust wordt met een aantal variabelen geen rekening gehouden. De voornaamste is de stormduur, daarnaast is er het tijdstip van de maximale opzet t.o.v. het astronomische hoogwater.

### Profielfluctuaties

Sinds het beleid 'dynamisch handhaven' wordt gevolgd, wordt er regelmatig zand gesuppleerd voor de Nederlandse kust. Dit leidt ertoe dat de in [TAW, 1984] voorgestelde methode, om via lineaire regressie de ligging van afslagpunten in de nabije toekomst te schatten, niet meer toepasbaar is. Door de suppleties wordt er zand aan het systeem toegevoegd, waardoor de regressie-analyse geen betekenis meer heeft. In figuur 13 wordt een voorbeeld gegeven hoe een trendextrapolatie tot een te ongunstige beoordeling kan leiden.

.....  
**Figuur 13**

Voorbeeld van een onjuiste schatting van de sterkte in de komende jaren (trendlijn) en van de toegepaste schatting bij de quick scan (gemiddelde sterkte).



---

In een probabilistische benadering van de duinveiligheid is de gemiddelde sterkte en de spreiding hierin van belang. Bij ongewijzigd beleid kan de afgelopen periode hiervoor model staan. Bij de quick scan is alleen rekening gehouden met het gemiddelde en de invloed van spreiding te verwaarlozen. Er is gekozen voor een tijdvak van 7 jaren, 1994 t/m 2000. Deze periode is representatief gesteld, omdat hierin overal langs de beschouwde kustvakken is gesuppleerd en dus een gemiddelde sterkte kan worden bepaald.

De intentie was om uit te gaan van het rekenkundige gemiddelde van de reeks afslagpunten. Omdat WINKUST bij doorbraak geen afslagpositie oplevert was een rekenkundig gemiddeld afslagpunt als maat voor de sterkte praktisch niet haalbaar. Daarom is het oordeel eenvoudigweg bepaald op basis van het aantal te zwakke jaren. Binnen het tijdvak van 7 jaar is berekend hoeveel jaren er een onveilige situatie zou zijn opgetreden bij de 'maatgevende' golfbelastingen. Als meer dan de helft (dus 4 of meer) van de jaren tot een doorbraak zou leiden is aangenomen dat het duin niet aan de norm voldoet.

De afgelopen periode is niet altijd representatief voor de komende periode. Als bijvoorbeeld wordt overgegaan van strandsuppleties op onderwatersuppleties kan verwacht worden dat de fluctuaties van de duinsterkte afnemen. De gemiddelde sterkte neemt hierdoor eveneens af.

De Leidraad Duinafslag geeft een methode om het effect van natuurlijke fluctuaties in rekening te brengen (door de trendlijn landwaarts te verschuiven). Dit effect is in de praktijk zeer gering. Bij fluctuaties door strandsuppleties kan een groter effect worden verwacht.

#### **Grensprofiel**

De Leidraad Duinafslag [TAW, 1984] geeft een vormvast grensprofiel met een kruinhoogte afhankelijk van  $H_s$  en  $T_p$  en van minimaal van 2,5 m. Het Basisrapport Zandige Kust [TAW, 1995] biedt de mogelijkheid van een lager, breder grensprofiel. In de quick scan is deze mogelijkheid toegepast, waarbij een minimale kruinhoogte van 1 à 1,5 m is aangehouden.

#### **Marge voor onzekerheden**

Bij de quick scan is besloten om naast de extra duinafslag ten gevolge van de verzwaarde golfbelasting ook rekening te houden met de bovenomschreven onzekerheden. Onzekerheden in de beoordeling kunnen in werkelijkheid zowel positief als negatief uitwerken. Wanneer rekening wordt gehouden met onzekerheden resulteert dit in de gangbare ingenieurspraktijk altijd in een extra marge, in dit geval op de duinafslag.

Tijdens de quick scan is met figuur 12 als achtergrond, gekozen voor een toepassing van een toeslag van 50% bovenop de met DUROS berekende afslag. Hierbij is dus een tamelijk "grove zeef" gebruikt, waarmee alle potentieel zwakke plekken in onze duinenkust worden gelocaliseerd.

Bij het in hoofdstuk 1 genoemde beheerdersoordeel kan op een aantal punten en afhankelijk van het gebied een "fijne zeef" worden gehanteerd. In de bijlage wordt hierbij onder meer de marge voor onzekerheden betrokken.

#### **4.5 Afbakening**

Binnen de randvoorwaarden van de quick scan was het niet mogelijk alle duinwaterkeringen te toetsen. De duinafslagberekeningen moesten worden beperkt tot de standaardmogelijkheden van WINKUST.

---

Het doel van de quick scan was niet een volledige toetsing (en beoordeling) op veiligheid, maar een inventarisatie van potentieel te zwakke duinstrekkingen. Gezien de doelstelling zijn enkele beperkingen geaccepteerd:

- Voor een combinatie van een dijk en een duin bestaat geen toetsmethode. Hiervoor is dus niet gerekend.
- Er is alleen met het JARKUS-bestand gewerkt. Op plaatsen waar de meetraaien aan de landzijde tekort zijn gemeten voor een goede veiligheidsbeoordeling is niet in andere bronnen gezocht naar aanvullende informatie.
- De op Cd-rom beschikbare JARKUS-meetreeks tot en met 2000 is gebruikt. De meting van 2001 was geheel en de meting van 2002 was gedeeltelijk beschikbaar. Deze metingen zijn niet gebruikt om de reeks niet aan te vullen. In het kader van het beheerdersoordeel wordt geadviseerd dit wel te doen, omdat dit lokaal tot een beter oordeel kan leiden.
- Er is alleen op basis van de meetraaien beoordeeld. Eventueel zwakkere doorsneden tussen de meetraaien zijn daardoor niet beschouwd.
- De bewerkelijke (handmatige) vuistregels voor het effect van duinvoetverdedigingen en andere harde elementen zijn achterwege gelaten.

---

## 5 Literatuur

---

- ALKYON, 1997. Golfberekeningen Westerschelde, rapport A174, oktober 1997.
- Alkyon, 2002. Effect van zwaardere golfcondities op de duinenkust, rapport A963, september 2002.
- DWW, 2002a. Inventarisatie effecten wijziging golfrandvoorwaarden. DWW-2002-128, september 2002.
- DWW, 2002b. Consequenties nieuwe golfbelastingen voor de kust. DWW-2002-130, december 2002.
- HKV, 2000. Hydra-K, Functioneel Ontwerp. B.J. Vreugdenhil, J.M. van Noortwijk en C. de Gooier, HKV-rapport PR313, december 2000.
- KNMI, 1983. Windklimaat van Nederland. J. Wieringa en P.J. Rijkoort, KNMI Staatsuitgeverij, Den Haag, 1983.
- KNMI, 2002. Advies inzake Wind Boven Open Water. J.W. Verkaik, J.M. Jacobs en A.B.C. Tijn, KNMI, 6 september 2002.
- Ministerie van V&W, 2001. Hydraulische Randvoorwaarden 2001; voor het toetsen van primaire waterkeringen, december 2001.
- RIKZ, 1993. De basispeilen langs de Nederlandse kust.
- RIKZ, 1995. Golfrandvoorwaarden langs de Nederlandse kust op relatief diep water. Rapport RIKZ-95.024, december 1995
- RIKZ, 1996. Randvoorwaarden voor golfperiode langs de Nederlandse kust. Rapport RIKZ-96.019, juli 1996.
- RIKZ, 2000a. Basis HYDRA-K, eendimensionale extreme waardenstatistiek van de belastingen en faalkansen. J.G.A. van Marle, Rapport RIKZ-99.020 met Bijlagen, 31 mei 2000
- RIKZ, 2000b. Richtingsafhankelijke extreme waarden voor HW-standen, golfhoogte en golfperioden. Rapport RIKZ/2000.040. December 2000.
- RIKZ, 2002a. Duinveiligheid bij nieuwe inzichten belasting en sterkte. Crashactie II. RIKZ/AB/2002.842x. december 2002.
- RIKZ, 2002b. Toetswaarden crashactie II. Totstandkoming toetswaarden voor crashactie II 2002. RIKZ/OS/2002.136x, december 2002.
- RIKZ, 2002c. Betrouwbaarheid golfcondities met SWAN. Een verkenning naar de betrouwbaarheid van de golfcondities uit RAND2001, berekend met SWAN. RIKZ/OS-2002.116x, 20 november 2002.
- RIKZ, 2002d. Extreme waarden statistiek van de golfperiode  $T_{m-1,0}$ . A.P. Roskam, J. Hoekema, werkdocument RIKZ/OS/2002.127X.
- TAW, 1984. Leidraad voor de beoordeling van de veiligheid van duinen als waterkering. Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, mei 1984.

---

TAW, 1995 Leidraad Zandige Kust. Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, 1995.

WL, 2002a. Productieversie HYDRA-K, versie 2.04. Arjen Markus, WL-rapport M3466, oktober 2002

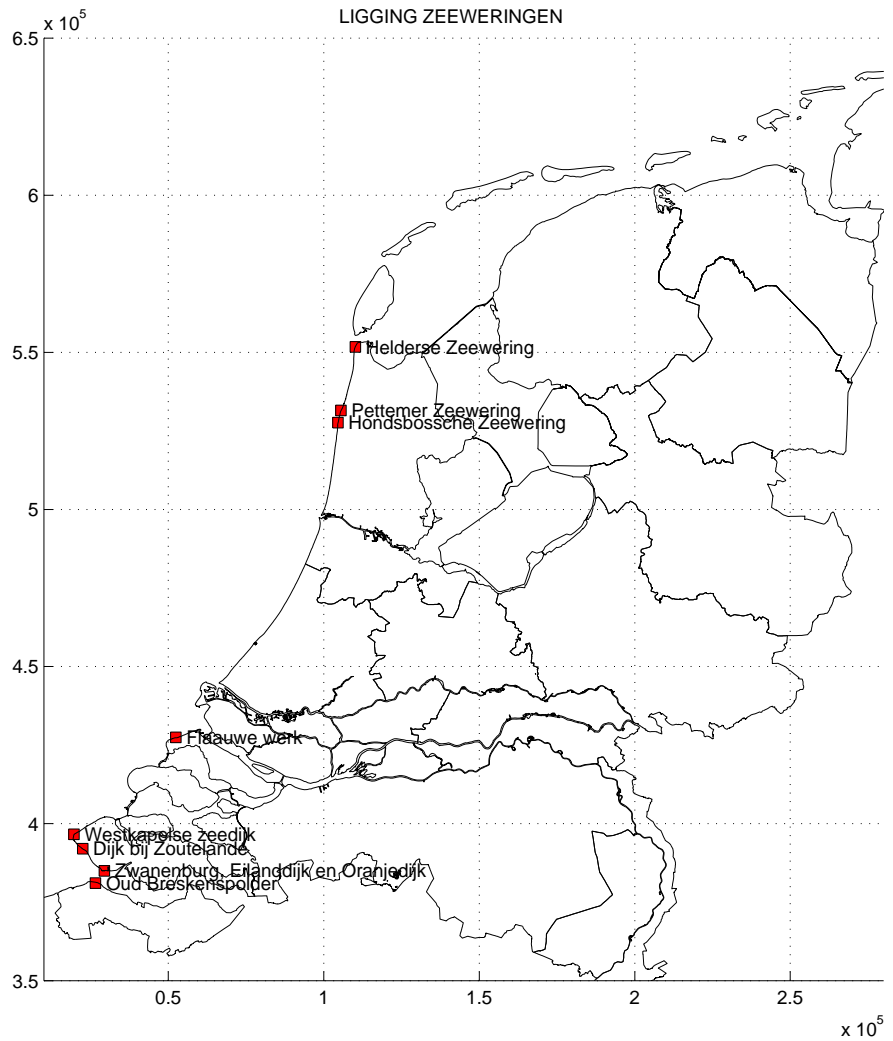
WL, 2002b. Productieversie HYDRA-K, Gebruikershandleiding. WL-rapport M3466, oktober 2002

WL, 2003. Second opinion inzake de problematiek van wijzigingen in de golfrandvoorwaarden voor de Nederlandse kust, WLI Delft Hydraulics, rapport H4204, januari 2003.

# Toetswaarden harde zeeweringen

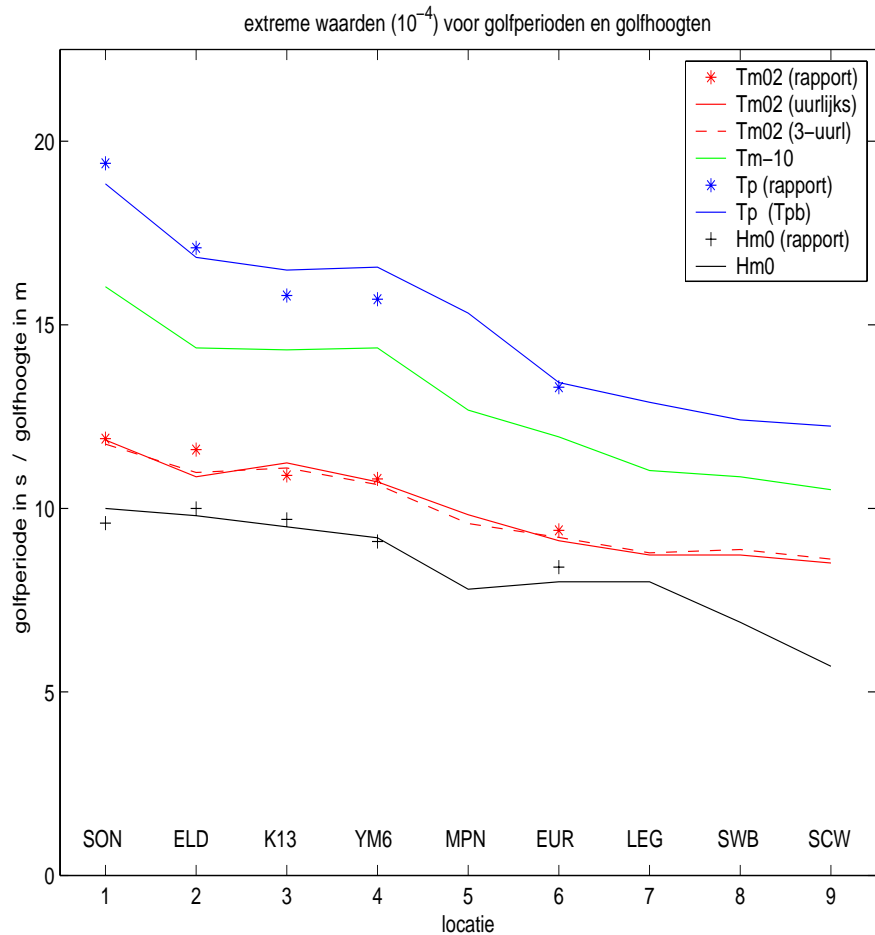
In figuur 1 worden de locaties die in de quick-scan van RWS zijn geanalyseerd weergegeven.

**Figuur 1**  
Ligging van de zeeweringen die bij de quick scan zijn betrokken.



In figuur 2 wordt het verloop van extreme ( $10^{-4}$ ) golfhoogten en golfperiodes gegeven voor 5 of 9 locaties langs de Nederlandse kust. De \*\_ en +\_tekens geven de vastgestelde waarden uit de betreffende rapporten [RIKZ, 1995] en [RIKZ, 1996] en de lijnen geven de uitkomsten van recent onderzoek met aangevulde, uitgebreide en verbeterde bestanden over de periode 1979-1998 en met verbeterde berekeningsmethoden [RIKZ, 2002d]. De nieuw berekende extremen verschillen niet significant van de in [RIKZ, 1995] en [RIKZ, 1996] vastgelegde marginale extreme waarden.

**Figuur 2**  
Verloop extreme waarden van golfhoogten en golfperiodes langs de Nederlandse kust.



In de figuren 1 t/m 10 op de volgende pagina's worden de locaties van de berekende golfbelastingen gegeven. In de daarop volgende tabellen 1 t/m 10 worden de belastingswaarden gegeven.



Uitvoerpunten  
Hydra-K  
Helderse zeewering



Figuur 3



Uitvoerpunten  
Hydra-K  
Pettemer zeewering



Figuur 4



Uitvoerpunten  
Hydra-K  
Hondsbossche-  
zeekering



Figuur 5



Uitvoerpunten  
Hydra-K  
Flaauwe werk



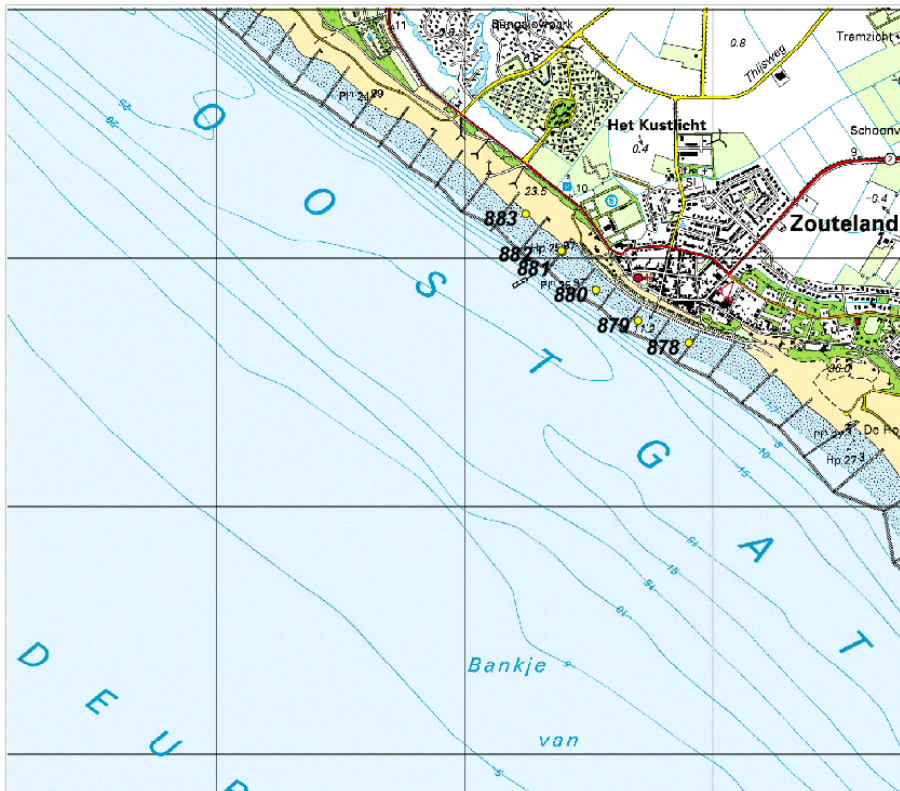
Figuur 6



Uitvoerpunten  
Hydra-K  
zeewering van  
Westkapelle



Figuur 7



Uitvoerpunten  
Hydra-K  
Zeedijk  
Zoutelande



Figuur 8

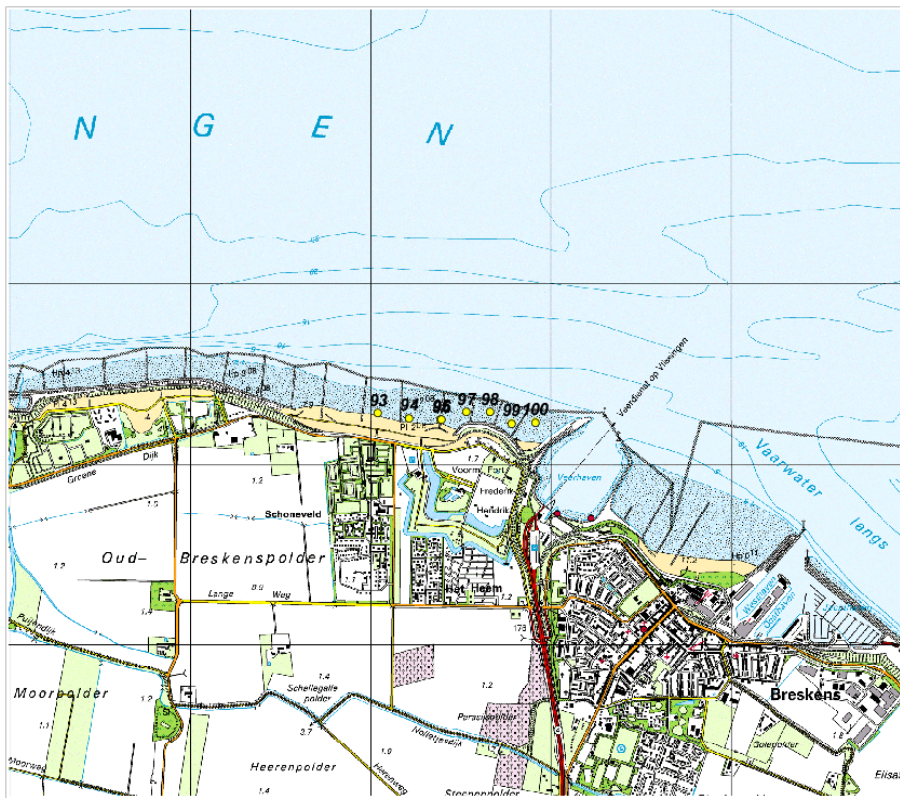


Uitvoerpunten  
Hydra-K

Vlissingen  
(Zwanenburg,  
Eilanddijk,  
Oranjedijk)



Figuur 9



Uitvoerpunten  
Hydra-K

Oud-Breskens



Figuur 10

**Tabel 1: Toetspunten Helderse zeekering**

Locatie [-]	X-coördinaat [m. RD-stelsel]	Y-coördinaat [m. RD-stelsel]	dijknormaal [°Nautisch]	waterstand [m t.o.v. NAP]	Hs [m]	T <sub>m-1,0</sub> [s]	Golfrichting [°Nautisch]
369	113973	553380	1	4.70	2.2	5.1	321
370	113797	553371	6	4.70	2.1	5.1	321
371	113621	553380	4	4.70	2.2	5.1	321
372	113445	553384	1	4.70	2.2	5.1	321
373	113269	553387	360	4.60	2.4	5.3	316
374	113093	553374	355	4.60	2.4	5.4	312
375	113084	553375	353	4.60	2.4	5.4	312
376	112867	553306	339	4.60	2.3	5.3	315
377	112651	553225	339	4.60	2.2	5.3	320
378	112428	553214	9	4.65	2.1	5.1	327
379	112199	553259	11	4.65	2.2	5.2	324
380	111974	553265	355	4.70	2.2	5.3	319
381	111752	553252	359	4.60	2.4	5.4	317
382	111728	553244	355	4.60	2.3	5.3	318
383	111528	553217	348	4.60	2.4	5.4	314
384	111335	553175	347	4.60	2.4	5.5	315
385	111143	553131	346	4.60	2.5	5.6	313
386	110954	553079	335	4.65	2.6	6.1	299
387	110806	552936	306	4.40	2.8	7.2	285
388	110682	552738	299	4.40	2.8	7.9	280
389	110653	552722	301	4.20	2.9	7.7	277
390	110542	552550	297	4.20	3.0	7.4	277
391	110445	552372	302	4.25	3.0	7.4	278
392	110346	552195	297	4.20	3.0	8.3	276
393	110220	552030	318	4.25	3.1	8.2	274
394	110106	551860	288	4.25	3.2	7.9	274
395	110045	551665	280	4.20	3.2	8.7	271
396	109974	551474	286	4.25	3.2	8.4	273
397	109927	551272	282	4.25	3.1	9.0	271
398	109914	551054	271	4.20	2.5	9.5	272

**Tabel 2: Toetspunten Pettemer zeekering**

Locatie [-]	X-coördinaat [m. RD-stelsel]	Y-coördinaat [m. RD-stelsel]	dijknormaal [°Nautisch]	waterstand [m t.o.v. NAP]	Hs [m]	T <sub>m-1,0</sub> [s]	Golfrichting [°Nautisch]
11	105815	532031	298	4.60	3.2	13.4	299
12	105723	531854	299	4.75	3.6	13.0	297
13	105627	531679	299	4.75	3.6	13.1	298
14	105534	531501	296	4.65	3.7	13.5	296
15	105455	531315	290	4.65	3.6	13.4	294
16	105397	531123	289	4.65	3.4	13.3	297
17	105339	530931	287	4.80	3.4	12.6	296
18	105282	530740	287	4.60	3.3	13.5	285

**Tabel 3: Toetspunten Hondsbossche zeekering**

Locatie [-]	X-coördinaat [m. RD-stelsel]	Y-coördinaat [m. RD-stelsel]	dijknormaal [°Nautisch]	waterstand [m t.o.v. NAP]	Hs [m]	T <sub>m-1,0</sub> [s]	Golfrichting [°Nautisch]
19	105228	530547	283	4.65	3.2	13.2	289
20	105178	530353	284	4.65	3.1	13.4	297
21	105131	530159	284	4.65	3.1	13.0	297
22	105085	529964	284	4.65	3.3	13.6	291
23	105034	529771	283	4.60	3.4	13.8	285
24	104989	529575	283	4.60	3.5	13.7	284
25	104946	529380	281	4.65	3.0	12.6	292
26	104909	529183	281	4.65	3.4	13.7	289
27	104869	528987	281	4.70	3.1	12.8	296
28	104829	528792	282	4.65	3.2	13.6	295
29	104788	528596	282	4.60	3.6	13.7	288
30	104748	528400	282	4.60	3.1	13.0	295
31	104708	528204	282	4.60	3.5	13.6	286
32	104668	528008	281	4.60	3.3	13.0	291
33	104628	527812	282	4.70	3.0	12.8	298
34	104588	527616	281	4.65	3.2	13.6	282
35	104548	527420	281	4.65	3.4	13.7	283
36	104506	527224	282	4.70	3.2	13.5	287
37	104466	527028	281	4.70	3.4	13.6	298
38	104425	526833	281	4.70	3.6	13.4	294

**Tabel 4: Toetspunten Flauwe Werk**

Locatie [-]	X-coördinaat [m. RD-stelsel]	Y-coördinaat [m. RD-stelsel]	dijknormaal [°Nautisch]	waterstand [m t.o.v. NAP]	Hs [m]	T <sub>m-1,0</sub> [s]	Golfrichting [°Nautisch]
79	51588	427285	331	4.85	2.60	11.00	338
80	51795	427356	338	4.80	2.60	11.20	338
81	51997	427424	343	4.80	2.70	11.30	337
82	52198	427485	349	4.80	2.80	11.40	336
83	52413	427501	355	4.80	2.70	11.30	337
84	52624	427422	3	4.90	1.20	10.60	343
85	52823	427495	1	4.80	2.40	11.10	337

**Tabel 5: Toetspunten Westkapelse Zeedijk**

Locatie [-]	X-coördinaat [m. RD-stelsel]	Y-coördinaat [m. RD-stelsel]	dijknormaal [°Nautisch]	waterstand [m t.o.v. NAP]	Hs [m]	T <sub>m-1,0</sub> [s]	Golfrichting [°Nautisch]
903	19366	395025	270	4.85	3.6	8.7	291
904	19368	395250	277	4.85	3.8	9.0	294
905	19373	395475	281	4.85	3.9	9.1	295
906	19428	395700	282	4.90	4.1	9.2	303
907	19469	395925	282	4.90	4.2	9.4	306
908	19528	396150	282	4.90	4.3	9.6	304
909	19573	396375	282	4.90	4.4	9.8	309
910	19697	396600	304	4.90	4.5	10.0	308
911	19817	396737	324	4.90	4.5	10.2	317
912	20022	396865	330	4.95	4.6	10.6	320
913	20231	396985	331	4.95	4.4	10.6	317
914	20449	397090	331	5.00	4.2	10.6	319
915	20649	397225	328	5.00	4.4	10.7	320
916	20862	397340	333	5.00	4.2	10.6	317
917	21094	397422	344	4.95	3.7	10.5	320
918	21320	397513	333	4.90	3.2	10.7	318
919	21527	397634	325	4.90	3.0	10.7	319
920	21529	397635	325	4.90	3.0	10.7	320
921	21725	397764	321	4.90	2.9	10.8	318

**Tabel 6: Toetspunten Zeedijk Zoutelande**

Locatie [-]	X-coördinaat [m. RD-stelsel]	Y-coördinaat [m. RD-stelsel]	dijknormaal [°Nautisch]	waterstand [m t.o.v. NAP]	Hs [m]	T <sub>m-1,0</sub> [s]	Golfrichting [°Nautisch]
878	22898	391662	205	4.90	2.1	7.6	233
879	22696	391749	207	4.85	2.3	7.3	236
880	22524	391870	225	4.85	2.3	7.3	239
881	22391	392025	227	4.95	1.8	7.5	240
882	22387	392030	227	4.95	1.8	7.5	240
883	22243	392177	217	4.95	1.5	7.5	236

**Tabel 7: Toetspunten Vlissingen (Zwanenburg, Eilanddijk, Oranjedijk)**

Locatie [-]	X-coördinaat [m. RD-stelsel]	Y-coördinaat [m. RD-stelsel]	dijknormaal [°Nautisch]	waterstand [m t.o.v. NAP]	Hs [m]	T <sub>m-1,0</sub> [s]	Golfrichting [°Nautisch]
821	30317	384968	232	5.10	1.7	6.4	232
822	30125	385050	199	5.15	2.0	7.0	230
823	29966	385069	168	5.15	1.9	7.4	230
824	29917	385067	168	5.15	1.9	7.4	230
825	29768	385028	169	5.15	1.8	7.0	232
826	29571	384983	169	5.15	1.9	6.7	233
827	29550	384968	169	5.15	1.9	6.6	234
828	29450	384968	173	5.15	1.9	6.5	236
829	29362	384968	203	5.15	2.0	6.7	236
830	29350	384968	203	5.15	2.0	6.8	236
831	29182	384948	164	5.15	2.3	7.1	239
843	27077	386336	230	5.05	2.5	7.8	243
844	26942	386508	230	5.10	2.2	8.1	237
845	26775	386634	218	5.10	2.1	8.3	232

**Tabel 8: Toetspunten Oud Breskens**

Locatie [-]	X-coördinaat [m. RD-stelsel]	Y-coördinaat [m. RD-stelsel]	dijknormaal [°Nautisch]	waterstand [m t.o.v. NAP]	Hs [m]	T <sub>m-1,0</sub> [s]	Golfrichting [°Nautisch]
93	26036	381290	9	5.20	2.0	7.6	341
94	26209	381263	10	5.20	2.1	7.6	341
95	26385	381256	10	5.20	2.2	7.6	339
96	26388	381255	10	5.20	2.2	7.6	339
97	26526	381296	336	5.20	2.5	7.3	337
98	26657	381296	12	5.20	2.6	7.3	339
99	26776	381234	34	5.20	2.4	7.3	341
100	26908	381240	50	5.20	2.6	7.5	339

---

# Rekentips m.b.t. golfbelastingen dijken

---

## **Vertaling toetspunten naar de teen van de dijk**

De locaties waarop de toetspunten zijn gegeven langs het Flauwe Werk liggen veel meer dan 50 meter uit de teen van de dijk, namelijk orde grootte 200 Ó 300 meter. Naar de dijk toe loopt de bodem op en dus de golfhoogte af. Aangezien de golven op de teen van de constructie maatgevend zijn voor de kruinhoogtebepaling zou verondersteld kunnen worden dat de toetspunten te hoog (conservatief) zijn.

Omdat het Flauwe Werk tijdens de quick scan de kwalificatie 'nader onderzoek' kreeg verdient het aanbeveling deze vertaling uit te voeren.

## **Lokale waterstanden en golven**

Zoals in paragraaf 3.3 beschreven zijn de gepresenteerde waterstanden in de toetspunten niet direct te relateren aan de toetspeilen, maar met een controlebaarheid in HYDRA-K kunnen de verschillen wel in beeld worden gebracht.

Met betrekking tot de verschillen tussen de berekende waterstanden en de toetspeilen uit de Hydraulische Randvoorwaarden 2001 wordt voor de waterstanden in het toetspunt het volgende verwacht:

- Helderse Zeewering: ten westen van locatie 388 ongeveer 5 cm te laag, ten oosten ongeveer 15 cm te hoog
- Pettemer Zeewering circa 10 cm te laag
- Hondsbossche Zeewering circa 10 cm te laag
- Flauwe Werk minder dan 5 cm te laag
- Westkapelse Zeedijk minder dan 5 cm te laag
- Zeedijk Zoutelanden minder dan 5 cm te laag
- Zwanenburg, Eilanddijk en Oranjedijk circa 5 cm te laag
- Dijkvak Oud Breskens circa 5 cm te laag

Het verdient aanbeveling deze waterstanden aan te passen. De golfhoogten aan open zee zijn min of meer lineair afhankelijk van de waterstanden, en moeten in overeenstemming hiermee dus worden aangepast.

---

# Rekentips m.b.t. duinenkust

---

## Duinafslagberekeningen

### *Toeslagpercentage*

Het doel van de quick scan was om de potentiële zwakke plekken in de zeekeringen te localiseren. Tijdens de quick scan is daarom in het kader van de "grove zeef" gekozen voor één toeslagpercentage op de berekende duinafslag voor de gehele kust, waarin alle onzekerheden waren ondergebracht.

Ten behoeve van het opstellen van het aanvullend beheerdersoordeel wordt het aanbevolen een "fijne zeef" te hanteren. Hierbij moet immers duidelijk worden of de waterkeringen voldoende veilig zijn. In dit kader is er op verzoek van RIKZ op 28 februari j.l. een bijeenkomst geweest om een voorstel voor het hanteren van deze fijnere zeef te formuleren, met name gericht op het toeslagpercentage. Diverse leden van TAW werkgroep Kust waren hierbij aanwezig: Prof. Dr.ir. M. Stive (vz.), dr.ir. H.J. Steetzel, ir. D. Rakhorst, Ing. P. Roelse, ir. P. Schoeman en ir. F. den Heijer. In het volgende worden de belangrijkste bevindingen weergegeven.

Voor het Deltagebied geeft het randvoorwaardenboek een  $T_p$  van 8 s (golfsteilheid tot ca. 0,06), terwijl DUROS is afgeregeld op 12 s (golfsteilheid ca 0,034). Als de duinafslag afhangt van de piekperiode is de duinafslag hierdoor in dit gebied steeds enigszins overschat. Dr.ir. H.J. Steetzel heeft voorgesteld om in dit gebied 15 % toeslag te hanteren voor de invloed van de langere periode in plaats van de in [Alkyon, 2002] gegeven 30%.

Er is onderkend dat er vele onzekerheden een rol spelen wanneer momenteel een oordeel omtrent de veiligheid wordt gevraagd. Daarom werd het raadzaam gevonden om expliciet een onzekerheidsmarge in rekening te brengen van 20% ten opzichte van de DUROS berekeningen.

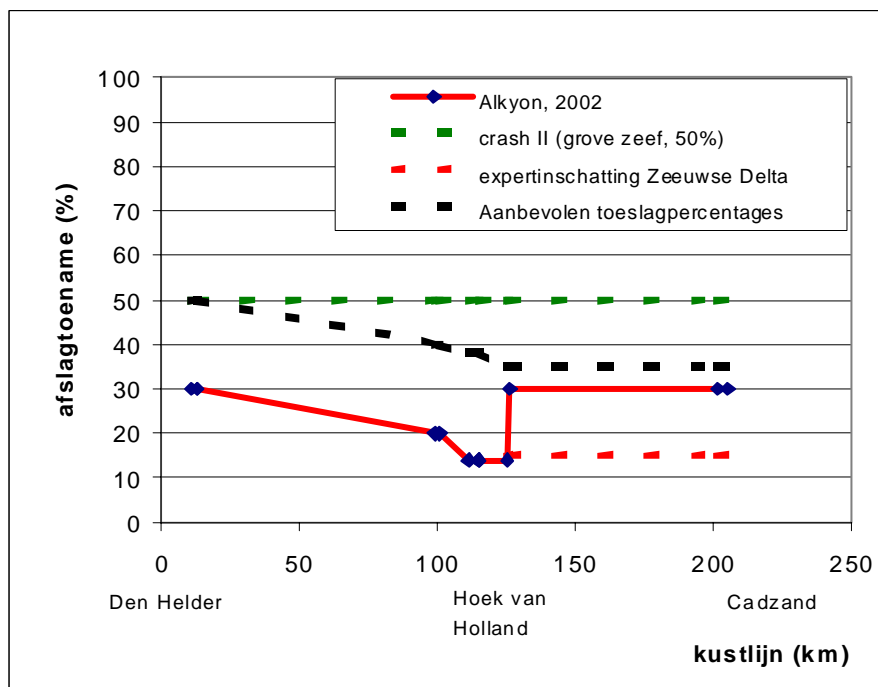
Er is voorgesteld om de beheerder te vragen meer dan één duinafslagberekening te maken, zodat de gevoeligheid van het oordeel voor het toeslagpercentage tot uiting komt. In figuur 14 zijn de drie varianten weergegeven:

- Een toeslagpercentage van 50% zoals toegepast bij de quick scan (de grove zeef)
- Een toeslagpercentage volgens [Alkyon, 2002] met voor de Zeeuwse delta 15% (een gemiddelde schatting waarbij geen rekening wordt gehouden met onzekerheden).
- De toenamepercentages volgens deze gemiddelde schatting, vermeerderd met een onzekerheidsmarge van 20% (de aanbevolen percentages, voor het beheerdersoordeel).

Expliciet is gesteld dat deze laatste variant wordt aanbevolen voor het oordeel met betrekking tot de veiligheid. Hiermee resulteert nabij Callantsoog een toeslagpercentage van 50%, en nabij Terheijde en verder naar het zuiden een toeslagpercentage van 35%. Om een weloverwogen keuze van

verbeteringsmaatregelen mogelijk te maken wordt de waterkeringbeheerders in overweging gegeven deze drie rekenopties te beschouwen. Naar aanleiding van bovenvermeld overleg stelt RIKZ voor om de geformuleerde aanbeveling te gebruiken bij het opstellen van het beheerdersoordeel.

**Figuur 14**  
Opties toename duinafslaghoeveelheid



#### Rekentruc voor het toeslagpercentage

In paragraaf 4.3 is reeds aangegeven dat de grotere afslag kan worden gesimuleerd door een kleiner korreldiameter in te voeren. Hierbij moet worden opgemerkt dat de extra afslag behalve van de grotere piekperiode ook afhankelijk is van de lokale profielvorm. De berekening met een kleinere korreldiameter volgens de "gemiddelde" relatie tussen  $T_p$  en het extra afslagpercentage kan dus afwijken van het gewenste percentage extra afslag. Het verdient aanbeveling dit te checken en zondig te corrigeren.

#### Harde elementen

Harde elementen zoals duinvoetverdedigingen kunnen de duinafslag aanzienlijk beïnvloeden. In het Basisrapport Zandige Kust en de Leidraad Toetsen op Veiligheid is een methode gegeven voor een momentaan effect. Bij toepassing moet erop gelet worden dat het berekende effect representatief is voor de maatgevende (gemiddelde) situatie van de gehele meetreeks.

#### Beoordelingsmethode

##### Berekening van het maatgevend afslagpunt

Een rekenkundig gemiddelde is te verkiezen boven het turven van de jaren waarin het afslagpunt landwaarts van het grensprofiel kwam, zoals noodgedwongen toegepast in de quick scan.

De in de quick scan gebruikte tijdreeks 1994 t/m 2000 kan worden geactualiseerd. Bij het bepalen van eventuele maatregelen is het aan te bevelen van een zo recent en lang mogelijke reeks metingen uit te gaan.

---

Bij voortzetting van de huidige onderhoudsstrategie is de afgelopen periode maatgevend voor de toekomstige situatie. Indien hierin verandering is gebracht of wordt verwacht, bijvoorbeeld het overgaan van strand- op onderwatersuppletie, moet hiermee rekening worden gehouden.

*Ruimtelijke dekking*

Bij de quick scan is niet tussen de raaien gekeken. Voorts is alleen gewerkt met JARKUS-informatie, waardoor achterliggende duinen niet zijn meebeschoofd. Het is aan te bevelen deze hiaten op te vullen met bij de beheerders aanwezige gebiedskennis.