



# memo

Factsheet golfcondities in WBI2017

## 1 Inleiding

In deze factsheet wordt een (beknopte) beschrijving gepresenteerd van de golfcondities zoals deze zijn opgenomen in de "database fysica" behorende bij Ringtoets. De "database fysica" beschrijft de relatie tussen de basisstochasten en de golfcondities aan de teen van de dijk, bijvoorbeeld welke golfhoogte te verwachten is bij een windsnelheid van 10 m/s en een afvoer van 16.000 m<sup>3</sup>/s. In dit memo wordt beschreven hoe de golfcondities zijn bepaald en welke mogelijkheden er voor de beheerder zijn om deze aan te passen met eigen inzichten en kennis.

De golfcondities zoals opgenomen in de "databases fysica" zijn in verschillende WBI-rondes tot stand gekomen en maken gebruik van verschillende numerieke modellen en/of empirische relaties. Per watersysteem wordt een beschrijving gegeven van de gehanteerde modellen en worden referenties gegeven waar meer achtergrondinformatie te verkrijgen is.

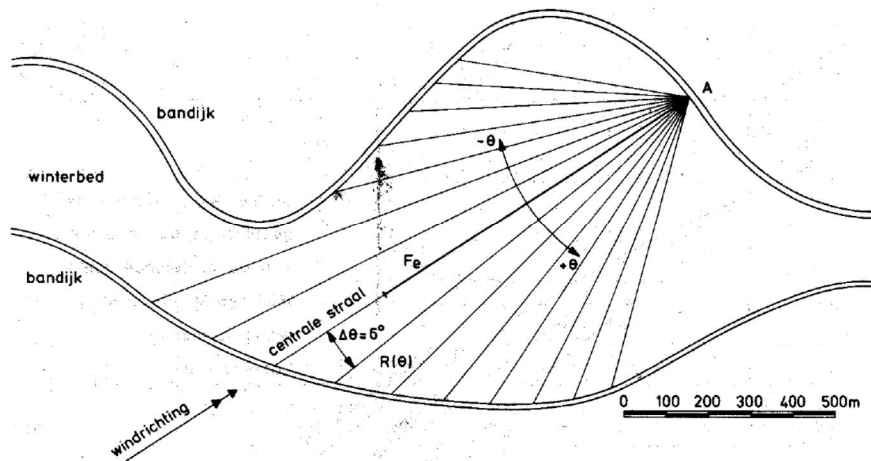
## 2 Generiek: Golfmodellen

### 2.1 Bretschneider

De meest eenvoudige wijze om te komen tot golfcondities is het hanteren van een golfgroeicurve. Een golfgroeicurve zoals Bretschneider bepaald de golfcondities op basis van een strijklengte en gemiddelde bodemligging over deze strijklengte. Effectief wordt het watersysteem vereenvoudigd tot raaien (zie Figuur 2.1), waarlangs op basis van (diepte-gelimiteerde) golfgroei de golfhoogte en golfperiode worden bepaald. Een dergelijke benadering is realistisch als de golfcondities aan de teen van de dijk voornamelijk door windgroei gedomineerd worden, zoals bijvoorbeeld op smalle wateren zoals de rivieren.

De werkwijze voor de bepaling van golfcondities met behulp van Bretschneider binnen WBI2017 staat beschreven in Deltares (2015). Kort samengevat komt het er op neer dat per windrichting de effectieve strijklengte en de hierover gemiddelde bodemligging wordt bepaald. Vervolgens wordt met behulp van de

golfgroeicurve Bretschneider de golfhoogte en golfperiode per windrichting bepaald en opgeslagen in de "database fysica". Merk op dat in het verleden effectieve strijklengtes en de hierover gemiddelde bodemligging werden opgeslagen in databases en binnen het probabilistisch model (Hydra-Zoet) de Bretschneider berekening werd uitgevoerd. Dit verschil betekent dat het voor de gebruiker op dit moment niet mogelijk is om een aangepaste strijklengte of bodemligging te hanteren.

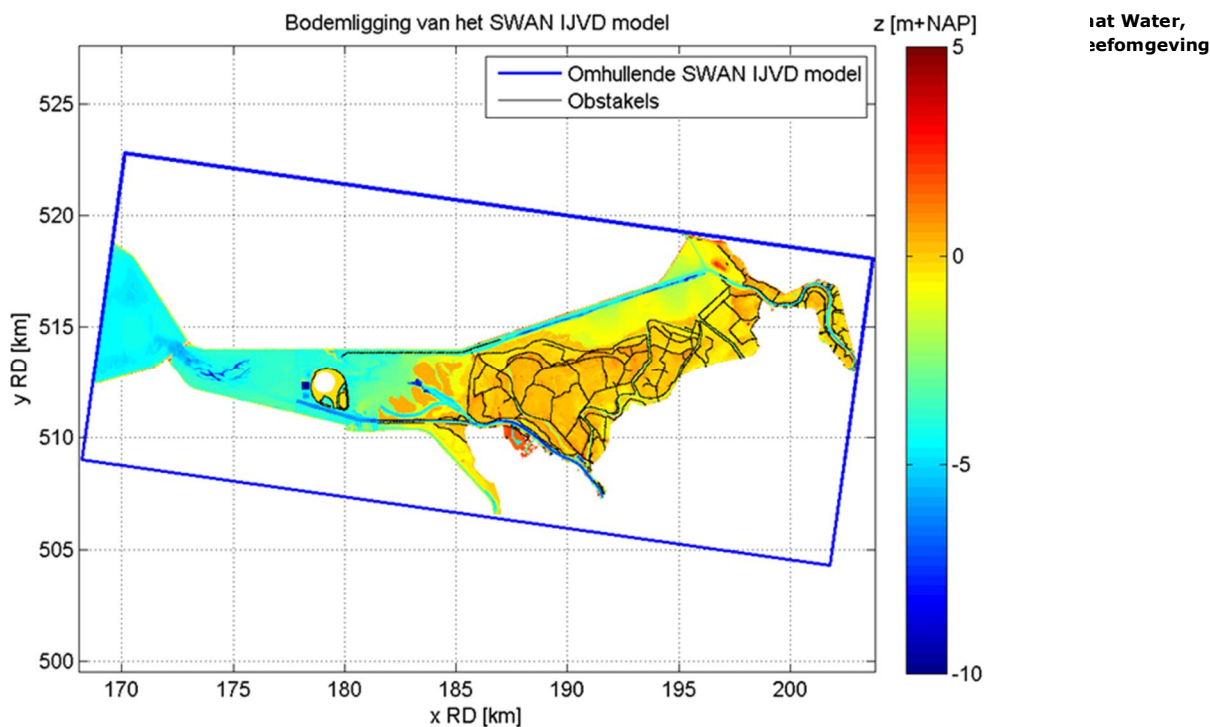


Figuur 2.1 Definitie van raaien gehanteerd voor strijklengte en bodemligging voor Bretschneider

## 2.2 Generiek: SWAN (en HISWA)

Een meer geavanceerde wijze voor de bepaling van golfcondities aan de teen van de dijk is het gebruik van een spectraal golfmodel SWAN (<http://swanmodel.sourceforge.net/>), of de voorloper hiervan HISWA. Met een spectraal golfmodel kan golfontwikkeling en voortplanting over complexe geometrieën worden bepaald. Dit model is vooral geschikt als golfcondities aan de teen van de dijk niet alleen bepaald worden door golfgroei langs raaien in de windrichting, maar ook door andere (2D) processen.

Een spectraal golfmodel maakt gebruik van de tweedimensionale bodemligging (vergelijkbaar met een bodemliggingskaart). Optioneel kunnen ook elementen welke te klein zijn om in de bodem opgenomen te worden, worden meegenomen als obstakels. Denk hierbij aan kleine zomerkaden of kribben. Een voorbeeld van een gehanteerde bodemligging en obstakels is weergegeven in Figuur 2.2.



Figuur 2.2 Voorbeeld van bodemligging en obstakels in SWAN

### 3 Generiek: dam- en voorlandmodule

In de basis wordt aangenomen dat de golfcondities op de uitvoerlocaties zoals opgenomen in de "database fysica" een realistisch beeld geven van de golfcondities aan de teen van de dijk. In sommige gevallen, bijvoorbeeld als er sprake is van een hoog voorland of dam tussen de uitvoerlocatie en de teen van de dijk, geeft de database fysica een overschatting van de golfcondities. In die gevallen is het mogelijk om bij afleiding van de hydraulische randvoorwaarden middels de dam- en voorlandmodule (IenM 2016) de golfcondities aan te passen zodat het effect van deze voorlanden op de golfcondities wordt meegenomen.

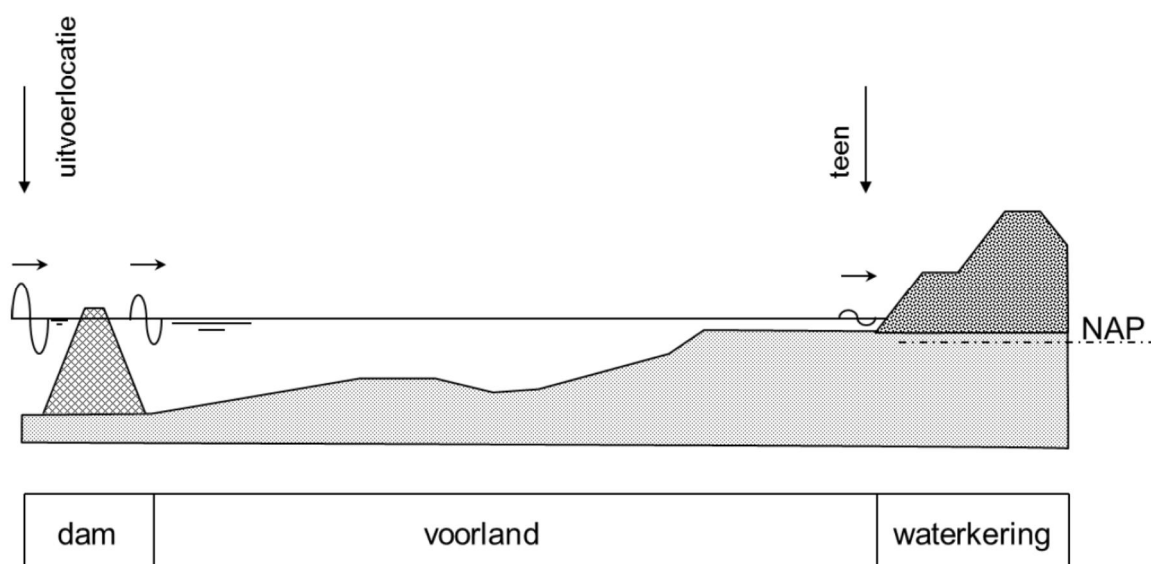
De voorlandmodule is een sterk vereenvoudigd raaimodel dat enkel *afname* van golfhoogte als gevolg van ondiepe voorlanden (of dammen) kan meenemen. Dit betekent daarmee ook dat het niet aan te raden is de voorlandmodule toe te passen over afstanden groter dan orde 500 meter omdat bij dergelijke afstanden ook de lokale windgroei een rol speelt. Daarnaast kan de voorlandmodule niet worden toegepast in geval van sterk tweedimensionale situaties (bijvoorbeeld havendammen).

#### *Toepassen dam- en voorlandmodule*

De dam- en voorlandmodule wordt typisch toegepast in gevallen dat de

golfcondities tussen de uitvoerlocatie en de daadwerkelijke teen van de dijk significant beïnvloed worden door de aanwezigheid van hoge voorlanden (ondiep water bij maatgevende omstandigheden) en/of dammen.

Merk op dat de deze module niet bedoeld is om effecten van hoge voorlanden en/of dammen aan de "zeezijde/rivierzijde" van de uitvoerlocatie in rekening te brengen. De aanwezigheid van dergelijke voorlanden en/of dammen is reeds verdisconteerd bij de afleiding van de golfcondities. Desgewenst kan in de achtergrondrapportage per watersysteem geverifieerd worden welke bodemligging en/of obstakels zijn meegenomen bij deze afleiding van de golfcondities.



Figuur 3.1 Definities in dam- en voorlandmodule, bron: lenM (2016). Typische afstand tussen uitvoerlocatie en teen van de dijk varieert per watersysteem en is wordt bij gebiedsinformatie gespecificeerd.

## 4 Gebieden

### 4.1 Kust

Het watersysteem kust bestaat de volgende deelgebieden: de gesloten (Hollandse) kust, de Waddenzee, de Westerschelde en de Oosterschelde. De in de database opgenomen golfcondities zijn voor alle deelgebieden afgeleid met behulp van het spectrale golfmodel SWAN.

De golfcondities voor de gesloten kust en Oosterschelde zijn afgeleid in het kader van de HR2006 resp. HR2001, met de op dat moment meest recente bodemligging. Voor de Oosterschelde zijn in het kader van HR2006 correcties

doorgevoerd. De golfcondities voor Waddenzee en Westerschelde zijn afgeleid in het kader van WTI2011, met de op dat moment meest recente bodemligging. De gehanteerde bodemligging voor elk van de deelgebieden is samen met de gehanteerde uitvoerlocaties (op circa 100-200 meter uit de teen van de dijk) gepresenteerd in de achtergrondrapportages per deelgebied. Voor dit watersysteem geldt dat er geen kleinschalige objecten zijn meegenomen als obstakels.

## 4.2 Meren

Het watersysteem Meren bestaat uit de deelsystemen IJsselmeer, Ketelmeer, Vossemeer, Markermeer en Gooi- en Eemmeer. De in de "database fysica" opgenomen golfcondities zijn afgeleid met behulp van verschillende modellen als ook in verschillende HR-rondes. Tabel 4.1 toont het gehanteerde golfmodel als ook het moment van afleiden. De gehanteerde bodemligging is de meest recente bodemligging beschikbaar op moment van afleiden, welke samen met de uitvoerlocaties gepresenteerd is in de achtergrondrapportage voor de Meren. Voor dit watersysteem geldt dat er geen gebruik is gemaakt van kleinschalige objecten als obstakels.

Deelgebied	Golfmodel	Afgeleid
IJsselmeer	SWAN	HR2011
Ketelmeer	SWAN	HR2011
Vossemeer	SWAN	HR2011
Markermeer	HISWA	HR2001
IJburg	SWAN	HR2006
Gooi- en Eemmeer	Bretschneider	HR2006

Tabel 4.1 Golfmodel en moment van vaststellen voor de deelgebieden in het watersysteem Meren

## 4.3 Rivieren (Rijntakken en Maas)

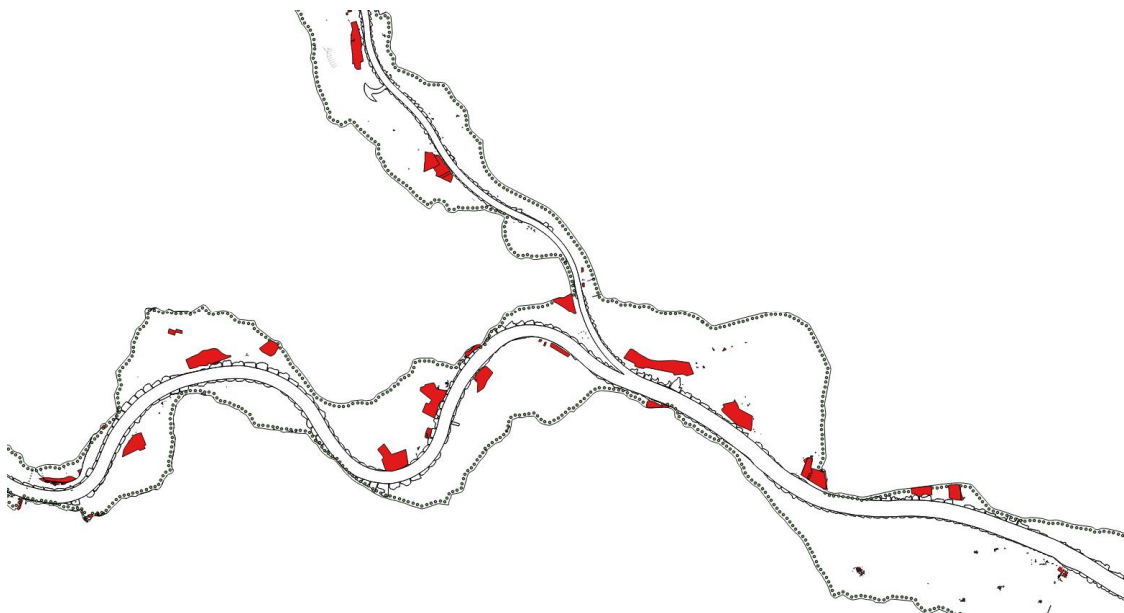
Het watersysteem rivieren bestaat uit de deelsystemen Rijntakken en Maas. Voor beide deelsystemen geldt dat de golfcondities zijn afgeleid met Bretschneider. De hiervoor benodigde effectieve strijklengtes en gemiddelde bodemliggingen zijn bepaald aan de hand van Baseline schematisatie. De strijklengtes zijn per windrichting bepaald middels een gewogen middeling van de afstand van de uitvoerlocatie tot de in de schematisatie gehanteerde bandijk, zie ook Hoofdstuk 2. De gemiddelde bodemligging is bepaald op basis van een gewogen gemiddelde van winter- en zomerbedhoogte.

De bepaling van de strijklengtes en bodemliggingen houdt geen rekening met aanwezige hoogwatervrije gebieden. Dit zijn gebieden waarvoor geldt dat een vergunning is afgegeven die het mogelijk maakt een "oneindig" hoog element op deze locatie te realiseren. Er zijn in het rivierengebied slechts in beperkte mate van dergelijke vergunningen aanwezig. Het niet meenemen van deze vergunningen in de strijklengtebepaling wordt als conservatief maar niet over-conservatief beschouwd. Een voorbeeld wordt gegeven in Figuur 4.1, waarin de

zwarte punten de uitvoerlocaties zijn en de rode vlakken de hoogwatervrij vergunde gebieden. De hoogwatervrije terreinen zijn niet meegenomen in de strijklengtebepaling, maar wel meegenomen in de bepaling van de gemiddelde bodemligging. Merk op dat de bodemligging van de hoogwatervrijegebieden meestal de actuele hoogte betreft en niet "oneindig" hoog.

Te zien is dat er diverse hoogwatervrije gebieden zijn, maar dat in veel gevallen de strijklengte slechts voor een beperkt aantal windsectoren korter zou moeten worden genomen. Voor de overige windrichtingen blijft de strijklengte ongewijzigd, waardoor het effect (na uitvoeren probabilistische berekening) beperkt zal zijn. Dit komt doordat er een weging van verschillende windrichtingen plaats vindt, wat ertoe leidt dat een afname van strijklengte (en dus golfcondities) in 1 windrichting "gedeeltelijk gecompenseerd" wordt door de andere windrichtingen.

Alleen in die gevallen waar het hoogwatervrije gebied meerdere sectoren significant beïnvloed kan een significant effect verwacht worden. Dit is bijvoorbeeld het geval als het hoogwatervrije gebied gelegen is direct voor de uitvoerlocatie: in die gevallen kan het hoogwatervrije gebied meegenomen worden als voorland via de voorlandmodule.

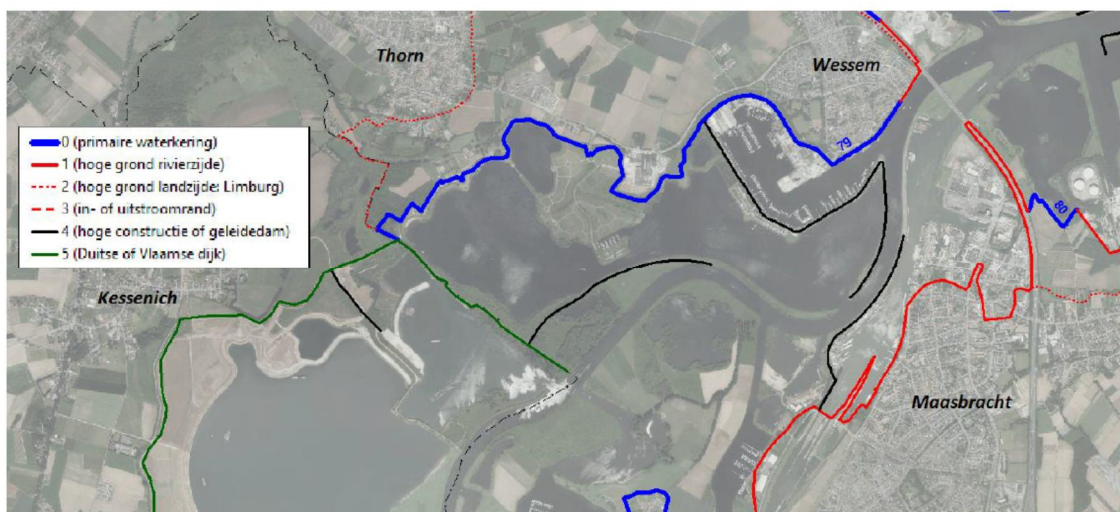


*Figuur 4.1 Voorbeeld van hoogwatervrij vergunde elementen(rood) in het rivierengebied (Pannerdense Kop)*

Het hanteren van een gemiddelde strijklengte en daarbij behorende strijklengte gemiddelde bodemligging vereenvoudigt de werkelijkheid naar een bak met uniforme diepte. In gevallen waarin sprake is van een sterke variatie in de bodemligging en een ondieper gebied vlak bij de uitvoerlocatie) leidt deze gekozen aanpak tot een (beperkte) overschatting van de golfcondities. Het omgekeerde

kan het geval zijn als de bodemligging vlak bij de uitvoerlocatie juist dieper is. In het rivierengebied is hier echter zelden sprake van, omdat het winterbed (dat het grootste deel van de strijklengte beslaat) vaak erg vlak is. Uitzondering hierop zijn situaties waar het zomerbed vlak langs de uitvoerlocatie loopt of als sprake is van grote ontgrondingsplassen langs de raai waarover de strijklengte is bepaald.

Specifiek langs de Maasvallei geldt dat de strijklengtes zijn bepaald onder aanname dat de maaskaden overstroomd zijn en dat strekdammen de golfgroei niet reduceren (zie bijvoorbeeld Figuur 4.2). Dit betekent in een aantal gevallen dat de strijklengte wordt overschat. De grootste relatieve overschatting vindt over het algemeen plaats in raaien dwars op de rivier (dan is de totale strijklengte het kortst en de relatieve overschatting het grootst). Veelal zijn dat echter niet de maatgevende strijklengtes: die worden gevormd door richtingen die meer parallel (bv 45 gaden) aan de rivier lopen. Voor deze strekkingen is de relatieve overschatting dan juist weer veel kleiner.



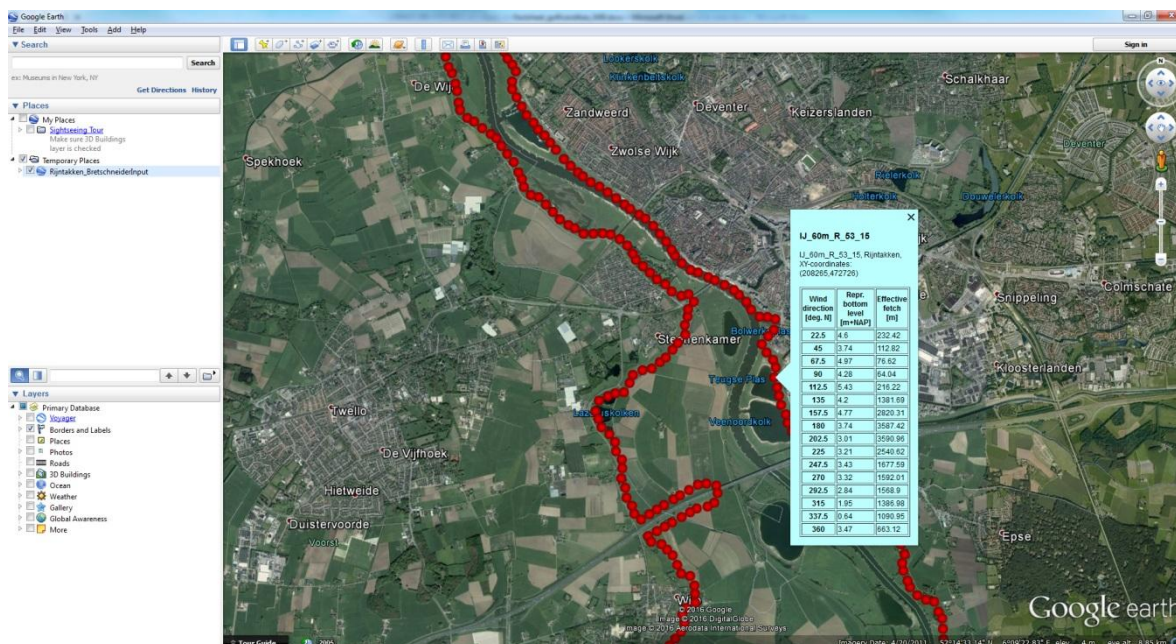
Figuur 4.2 Voorbeeld in de Limburgse Maas met strekdammen (zwart), welke niet in de bepaling van de golfcondities zijn meegenomen.

De afgeleide strijklengtes en bodemliggingen per windrichtingssector per uitvoerlocatie zijn opgenomen in een Google-Earth file, welke beschreven is in Deltares (2015). Figuur 4.3 toont een snapshot van deze file, welke beschikbaar is op de WBI site van de Helpdesk Water.



Datum  
1 maart 2017

Figuur 4.3 Snapshot van de Google-Earth-file met gehanteerde strijklengtes en bodemliggingen per windrichting



Mocht het niet meenemen van obstakels tot evidente overschattingen van de golfcondities leiden dan is er binnen de Toets op Maat de mogelijkheid om wijzigingen in de golfcondities door te voeren. Binnenkort komt een tool in Hydra-NL beschikbaar om SQL databases aan te passen voor Ringtoets en voor Hydra-NL. Dit is echter niet toegestaan in de eenvoudige en gedetailleerde toets.



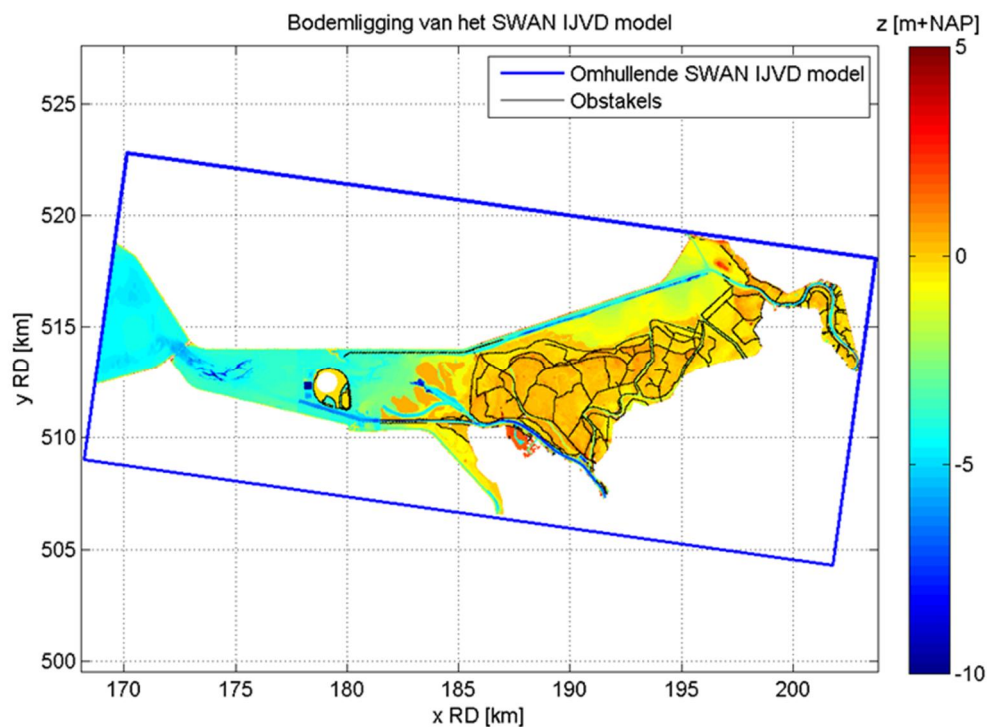
#### 4.4 IJssel-Vechtdelta

De IJssel-Vechtdelta (IJVD) kent de deelgebieden Zwarte Meer, Zwarte Water en Vecht. De golfcondities in deze gebieden zijn in geval van brede wateren (Ketelmeer, Vossemeer en Zwarte Meer) afgeleid met behulp van SWAN, terwijl de golfcondities in geval van smalle wateren zijn afgeleid met behulp van Bretschneider. In Figuur 4.4 is aangegeven voor welke locaties gebruik gemaakt is van SWAN en voor welke locaties Bretschneider is gehanteerd.



*Figuur 4.4 Bron van golfcondities in IJssel-Vechtdelta, rood=SWAN, blauw = Bretschneider*

Met ingang van WBI2017 zijn bij de golfmodellering van de brede wateren naast de bodemligging ook kleinere objecten in de vorm van obstakels meegenomen als ook de zogenaamde hoogwatervrije gebieden. Er is op de WBI pagina van de Helpdesk Water een Google-Earth file beschikbaar welke weergeeft welke objecten in de golfmodellering zijn meegenomen. Figuur 4.5 geeft hier een voorbeeld van.

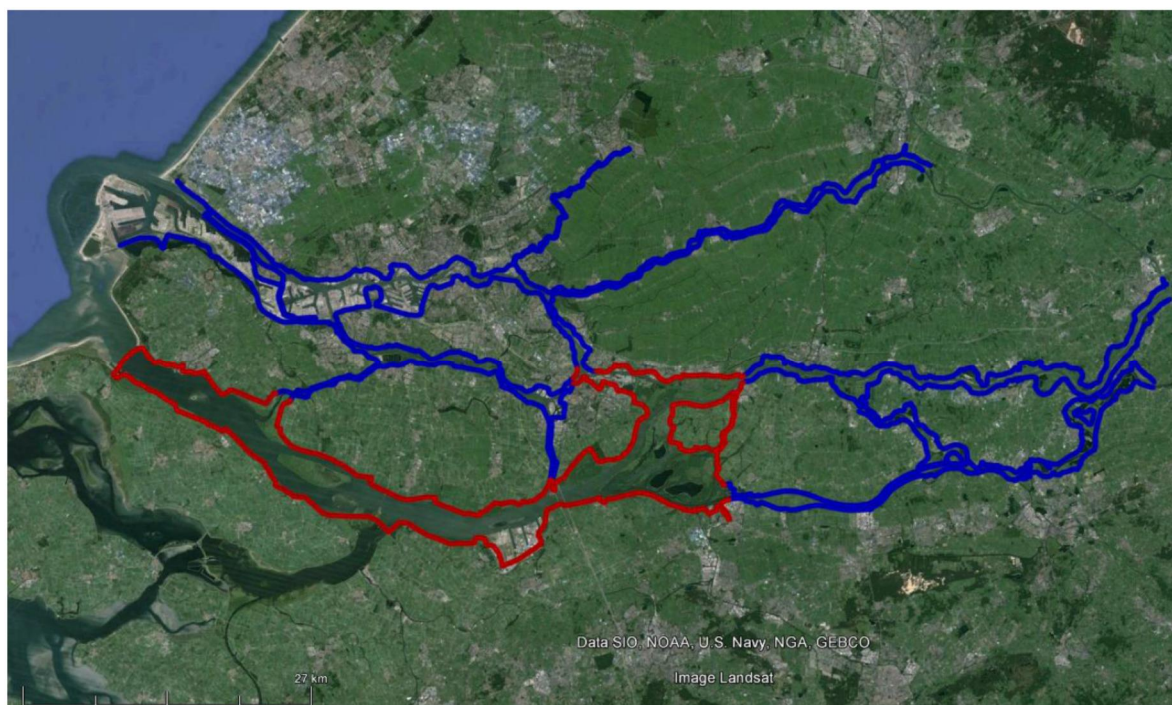


Figuur 4.5 Bodemligging en obstakels gehanteerd in SWAN modellering IJssel-Vechtdelta.  
Kleurschaal= bodemligging in m+NAP, zwarte lijnen=obstakels

Voor de smalle wateren geldt, net als voor de Rijntakken en Maas dat de strijklengtes en bodemligging per windrichting zijn bepaald op basis van de ligging van de bandijken en de bodemligging. Hierbij zijn hoogwatervrije gebieden en kleinschalige obstakels niet meegenomen als strijklengtebreker, maar wel in de gemiddelde bodemhoogte/waterdiepte. Indien een hoogwatervrij gebied dicht bij de uitloerlocatie ligt en meerdere sectoren afdekt, kan overwogen worden de voorlandmodule te gebruiken om het reducerend effect van het obstakel op de golfcondities te verdisconteren.

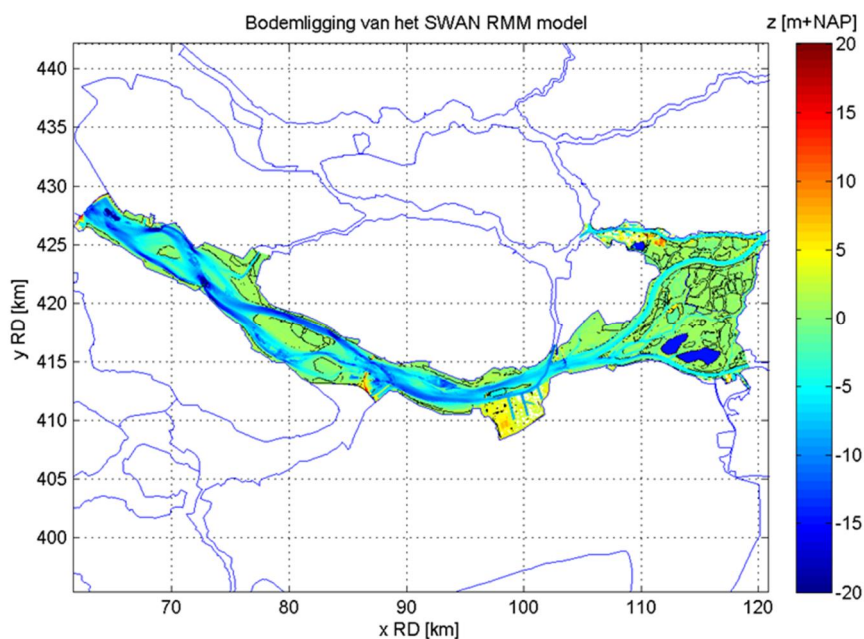
#### 4.5 Rijn-Maasmonding

De Rijn-Maasmonding (RMM) kent de deelgebieden Hollandsch Diep, Haringvliet, Biesbosch en diverse riviertakken van Rijn en Maas. De golfcondities in deze gebieden zijn in geval van brede wateren (Hollandsch Diep, Haringvliet en Biesbosch) afgeleid met behulp van SWAN, terwijl de golfcondities in geval van smalle wateren zijn afgeleid met behulp van Bretschneider. In Figuur 4.6 is aangegeven voor welke locaties gebruik gemaakt is van SWAN en voor welke locaties Bretschneider is gehanteerd.



*Figuur 4.6 Bron van golfcondities in Rijn-Maasmonding, rood=SWAN, blauw = Bretschneider*

Met ingang van WBI2017 zijn bij de golfmodellering van de brede wateren naast de bodemligging ook kleinere objecten in de vorm van obstakels meegenomen als ook de zogenaamde hoogwatervrije gebieden. Er is bij de Helpdesk Water een Google-Earth file beschikbaar welke weer geeft welke objecten in de golfmodellering zijn meegenomen, Figuur 4.7 geeft hier een voorbeeld van.



*Figuur 4.7 Bodemligging en obstakels gehanteerd in SWAN modellering Rijn-Maasmonding. Kleurschaal= bodemligging in m+NAP, zwarte lijnen=obstakels*

Voor de smalle wateren geldt, net als voor de Rijntakken en Maas dat de strijklengtes en bodemligging per windrichting zijn bepaald op basis van de ligging van bandijken en de bodemligging. Hierbij zijn hoogwatervrije gebieden en kleinschalige obstakels niet meegenomen. Indien een hoogwatervrij gebied dicht bij de uitvoerlocatie ligt en meerdere sectoren afdekt, kan overwogen worden de voorlandmodule te gebruiken om het reducerend effect van het obstakel op de golfcondities te verdisconteren.

Wanneer ondersteuning nodig is kan contact opgenomen worden met de Helpdesk Water (<https://www.helpdeskwater.nl/>). Indien mogelijk kunnen experts dan helpen.

## Referenties

Deltares (2015). Input database for the Bretschneider wave calculations for narrow river areas. Deltares rapport 1209433-000-HYE-0013. A. Camarena Calderon, A. Smale en J. van Nieuwkoop. December 2015.

IenM (2016). Schematiseringshandeling hydraulische condities bij de dijkteen. Ministerie van Infrastructuur en Milieu. Definitief, versie 2.0. 1 december 2016.