

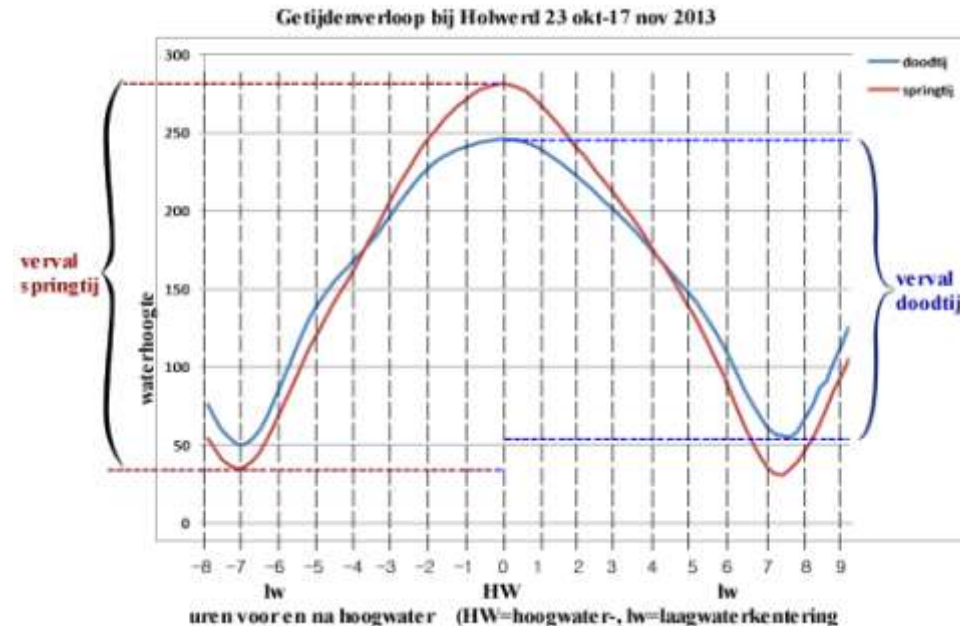
De dynamiek van het Wad

Inleiding

Het Wad is een ingewikkelder watergebied dan bijv. de zoete wateren of de Noordzeekust. Door de aanwezigheid van de eilanden, platen en geulen en de getijdebewegingen ontstaat in combinatie met het weer een ingewikkeld, voortdurend veranderend samenspel tussen al deze elementen. Om veilig het Wad op te kunnen, is het goed je van deze voortdurende wisselende omstandigheden bewust te zijn. Maar het maakt het Wad juist daarom ook zo boeiend om op te vertoeven.

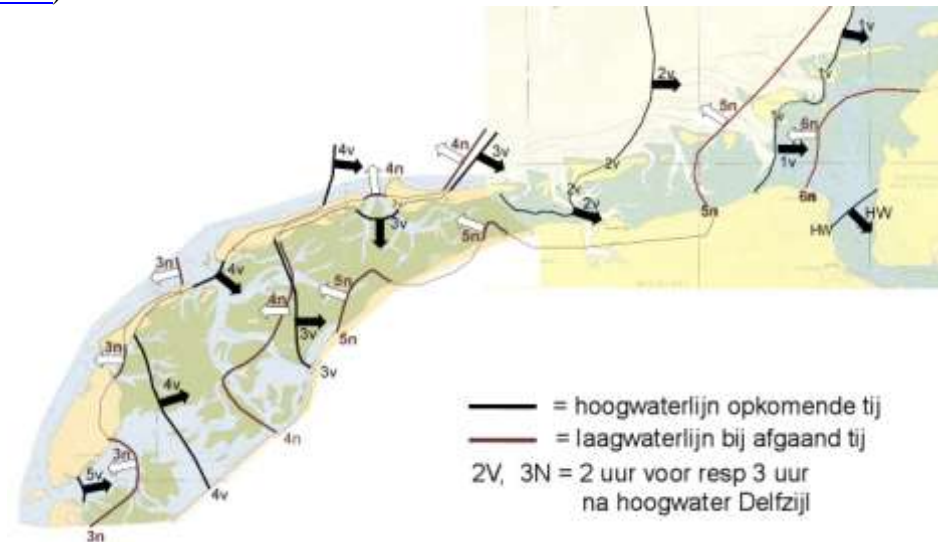
Eb en vloed

Onder invloed van de eb- en vloedbewegingen stroomt het water het Wad in en weer uit. Na de kentering bij laagwater stroomt het Wad in de volgende 6 uur vol, om bij de kentering na hoogwater weer leeg te stromen. De vloed komt opzetten vanuit het westen (via het Kanaal en de Noordzee), terwijl de ebstroom weer terugstroomt naar het westen. Dit betekent dat je na de kentering bij laagwater de eerste 6 uur de stroming in oostelijke richting hebt en na de volgende kentering bij hoogwater de stroming omdraait en in westelijke richting stroomt.



Het wordt niet overal tegelijk hoog en laagwater. Omdat de vloed uit het westen komt opzetten, is het in Den Helder bijna vijf uur eerder hoog- en laagwater dan in Delfzijl (zie onderstaand kaartje).

Bij de planning van je tocht houd je rekening met de stroming, zodat je bij voorkeur zo veel mogelijk stroom mee hebt (zie o.a. bij [voorbereiding voor een tocht](#) en [navigatie op het Wad](#)).

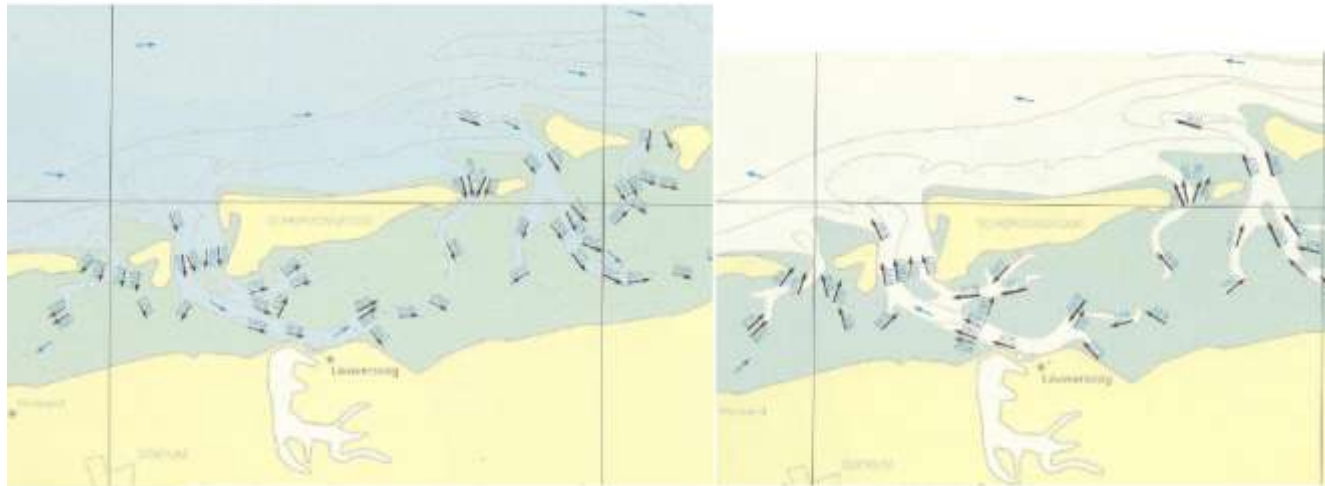


De stroming en het verloop van eb en vloed vindt op het Wad op een meer ingewikkelde manier plaats dan op de Noordzee, doordat het water via de gaten tussen de Waddeneilanden op verschillende plekken het Wad in- en uitstroomt. Het Wad wordt bovendien gekenmerkt door de vele platen die bij laagwater geheel of gedeeltelijk droogvallen. De waterdiepte verandert constant onder invloed van eb en vloed, maar wordt ook beïnvloed door de wind. Bij oostenwind zal de waterstand lager uitvallen, bij westenwind in principe hoger. Bij 5 Bft kan de afwijking ca 0,5m zijn.

Het water dat door de gaten tussen de eilanden naar binnen komt, verliest op het wad aan snelheid, waardoor er direct na een zeegat ondieptes ontstaan die bij laagwater vaak droogvallen. De stroom vertakt zich om de ondieptes heen in een westelijke en een oostelijke geul. De westelijke stroming vanaf de westpunt en de oostelijke stroming vanaf de oostpunt komen elkaar onder het eiland tegen en zetten daar het meegevoerde zand en slib af. Daardoor krijg je onder de eilanden een maximale ondiepte waar de geulen bij elkaar komen; een wantij. Aan weerskanten van het wantij zijn de getijdestromingen tegengesteld aan elkaar. Omdat de stroom in de westelijke geulen een voorsprong heeft op de stroom uit de oostelijke geulen en daardoor sterker is, ligt het wantij niet midden onder een eiland maar op ongeveer eenderde van de oostpunt.

Bij uitgaand tij wordt het water door de zeegaten naar buiten geperst, waardoor daar de stroomsnelheid het hoogst is. Voorbij een zeegat neemt de snelheid af door de grotere ruimte, met als gevolg dat er net buiten de zeegaten ondieptes ontstaan - drempels - die niet droogvallen, maar wel branding en brekers kunnen veroorzaken (zie onder bij [deining en brekergolven buitengaats](#))

Behalve de geulen die zijn ontstaan door instromend water vanuit zee, zijn er geulen als gevolg van in het Wad uitkomende rivieren, e.d.



voorbeeld stroomatlas opkomend en afgaand tij bij Schiermonnikoog

De stroomrichting en de stroomsterkte hangt samen met het tijdstip tussen hoog en laagwater en of het spring- of doottij is. Daarom is het voor je het Wad opgaat, aan te raden vooraf eerst na te gaan wanneer het hoog- en laagwater is, de zeekaarten en de stromingsatlas goed te bestuderen en een vaarroute uit te zetten. In [Navigatie op het Wad](#) wordt uitgelegd hoe je voor elk punt op het Wad kunt uitrekenen wat de theoretische waterdiepte, stroomrichting en stroomsterkte op een bepaald moment zal zijn. In de tabellen [laag- en hoogwatertabel](#) en [tijdverschillen hoogwater](#) zijn de getijdegegevens op te zoeken.

Het effect van eb en vloed blijkt bijv. bij de haven van Noordpolderzijl. Met hoogwater is de geul naar het Wad alleen aan de prikken te herkennen.



Maar met laagwater kunnen zelfs kano's niet door de bijna droogvallende geul. Bovendien moet je bij aankomst in de haven in dat geval bij een meer dan 2 m hoge kade aan land zien te komen.

Branding

Op het Wad kom je geen echte branding tegen zoals je die wel aan de noordzeekant van de eilanden kunt aantreffen. Bij harde noordenwind kan er zoiets als een branding ontstaan bij de noordelijke stranden van zuidelijk gelegen platen en de paar strandjes die je aan de kust kunt vinden. Voor branding aan de noordzeestranden van de eilanden zie hieronder bij [deining en brekergolven buitengaats](#).

Golven

Er bestaan twee typen door wind opgewekte golfvelden namelijk: lokaal door wind opgewekte golven (zeegang) en deining. In tegenstelling tot de lokaal opgewekte golven bestaat deining uit golven die op zee zijn ontstaan en aan de kust niet meer onder invloed van de wind staan en lange afstanden zonder wind kunnen overbruggen. Als de golflengte kleiner is dan de twee keer de waterdiepte is er sprake van een korte golf. Twee voorbeelden van lange golven zijn de getidegolf en de deining. Deining heeft langere golfperioden dan de lokaal opgewekte golven. Echte deining vind je niet op het Wad, maar wel aan de Noordzeekant van de Waddeneilanden en bij de gaten tussen de eilanden.

Op het Wad heb je naast de wind wel de getijdenstromingen die van invloed zijn op de golven. De stroming alleen veroorzaakt niet veel golfslag (stel je maar een stromende rivier voor; daar heb je geen golven), maar bij een tegenstroom concentreren de golven zich in delen met een grotere stroomsnelheid; bij stroming mee gebeurt het tegenovergestelde. Bij wind tegen stroom worden de golven piekeriger en hoger, terwijl bij stroom mee de golven juist lager en vlakker worden. In feite gaat het dan om de relatieve snelheid van de wind ten opzichte van het water: als de stroming 5 m/s is en de wind 7,5 m/s (= dik 4Bft), dan ondervindt het water een kracht die hoort bij een windkracht van 12,5 m/s (=ruim 6 Bft). De hoogte van de golf hangt ook af van de grootte van het water en de tijd dat het al met een bepaalde sterkte uit een bepaalde richting waait. Hoe langer het traject dat de wind over het water waait (de windbaan), des te meer tijd hebben de golven om hoogte op te bouwen en energie op te nemen. Hetzelfde geldt voor de periode dat de wind al met een bepaalde sterkte uit één richting waait.

In onderstaande tabel zie je het verband tussen de golfhoogte (in m) enerzijds en de windsterkte en de tijd dat de wind al met een bepaalde snelheid uit een richting waait anderzijds:

windsnelheid	windsterkte	duur		duur in uren			
		5 min	30 min	1	2	3	max 5
m/sec	Bft						
5	3	0,00	0,14	0,22	0,33	0,40	0,60
7,5	4	0,10	0,27	0,40	0,58	0,70	1,40
10	5	0,18	0,40	0,60	0,90	1,10	2,40
12,5	6	0,22	0,57	0,80	1,20	1,60	3,80
15	7	0,28	0,70	1,10	1,70	2,00	5,50

Uit de tabel kun je aflezen dat bij windkracht 3 Bft de maximale golfhoogte 60 cm is, dat als de wind opsteekt en toeneemt tot 4 Bft de golfhoogte kan oplopen naar ca 1,40 m als de wind maar lang genoeg aanhoudt. Gemiddeld neemt de golfhoogte bij toenemende wind per uur met 30-40 cm toe tot uiteindelijk golven van 2 m en meer. Maar als je verstandig bent, zit je dan allang hoog en droog in auto of restaurant. Als de hoogte van de golven meer dan 1/6e van de golflengte (=de afstand tussen de golftoppen) wordt, beginnen de golftoppen voorover te vallen en vormen ze witte koppen en schuim. Een golf aan de kust begint te breken als de waterdiepte ca 1,5 x de golfhoogte bedraagt.

Golven die van verschillende richtingen komen, bijv. golven die van de kant terugkaatsen, interfereren met elkaar en kunnen een klotsende massa worden: een **clapotis**. Ook als een sterke zijstroom in een sterke hoofdstroom uitkomt (bijv. een hoofdgeul van het Wad in de Noordzee) kan een clapotis ontstaan op lijn waar beide stromen op elkaar botsen.

De snelheid van golven

De snelheid (v) van een korte golf (windgolf) is alleen afhankelijk van de golflengte (λ): $v = \sqrt{g \cdot \lambda / 2\pi}$, (g = zwaartekrachtsversnelling [9.8 m/s^2]). Golven met een golflengte van 5 m zouden dan een snelheid hebben van ca 10 km/uur.

Bij een lange golf (deining) wordt de snelheid bepaald door de diepte: $v = \sqrt{g \cdot d}$, waarbij d = waterdiepte [m].

Als een golf naar het strand toe loopt, dan vermindert de waterdiepte en vermindert dus ook de loopsnelheid. Het effect van de waterdiepte op de snelheid van de top respectievelijk het dal van de golf wordt steeds groter; het dal van de golf krijgt een lagere snelheid dan de top waardoor de top van de golf uiteindelijk breekt en in het golfdal valt (branding).

Deining en brekergolven buitengaats

Deining aan onze kust is elders door de wind ontstaan. Als de wind lang genoeg uit één richting aanhoudt groeien de golven in lengte, hoogte en snelheid. Doordat kortere golven zich trager voortbewegen dan langere golven, is het energieverlies bij de kortere golven groter, waardoor uiteindelijk slechts de lange golven overblijven. Het energieverlies van de grotere golven is zo klein dat deze deining doorloopt tot aan de kust. Omdat de snelheid van een deining golf bepaald wordt door de waterdiepte zal, als de golf bij een ondiepte of de kust aankomt, de basis van de golf langzamer gaan dan de top, met als gevolg dat de golf hoger wordt en de top voor de basis komt en breekt.

Deining kan uit vier hoofdrichtingen komen: uit het zuiden (zuiddeining), uit het westen tot noordwesten (westdeining), uit het noorden (noorddeining) en uit het noordoosten (oostdeining).

Deining uit het noordpoolgebied kan er drie dagen over gedaan hebben. Eenmaal aangekomen bij de Nederlandse kust heeft de actuele wind aan de kust weinig invloed op de deining, maar kan de wind wel nieuwe golven aan de deining toevoegen, wat een onrustige zee kan opleveren.

De zuiddeining is van ondergeschikt belang voor de zeestroom boven het oostelijk



Fig. 1. De 4 hoofdrichtingen van de deining

waddengebied, maar kan wel het westelijke deel van het Wad bereiken. Deining uit de overige richtingen zijn voor het hele Wad van belang. De westdeining en de oostdeining hebben een kortere baan afgelegd en zullen meer overeenkomen met de heersende windrichting, terwijl de noorddeining, die op meer dan 3000 km afstand kan zijn begonnen, geen relatie meer hoeft te hebben met de actuele wind bij de waddenkust.

Of er boven en tussen de eilanden brekergolven ontstaan hangt af van:

1. Aanwezige zandplaten en ondieptes
2. De richting van de deining
3. De golfhoogte en periode tussen de golftoppen van de deining
4. De wind
5. Het getij

Informatiebronnen voor het bepalen van de kans op brekers:

1. De aanwezigheid van zandplaten kun je afleiden uit de waterdieptes op de waterkaarten (zie het kaartje van fig 4 waarin de ondieptes die de waterkaarten vermelden zijn samengevat).
- 2,3. Gegevens over de deining haal je van de site www.rijkswaterstaat.nl/geotool/golven.aspx (voorheen [actuele waterdata](#)). Het gaat om de gegevens van de boeien: IJ-geul munitiestortplaats, Wadden-Eierlandse gat en Wadden Schiermonnikoog. O.a. <http://www.windfinder.com> en <http://www.windguru.cz/nl/index.php?sc=48253> geven ook actuele informatie en verwachtingen over de golfhoogte en golflengte voor bepaalde meetpunten.
4. Gegevens over de actuele wind en de windverwachting haal je van sites als www.knmi.nl/actueel, <http://www.windfinder.com>, <http://www.telegraaf.nl/teleweer/>, <http://www.windguru.cz/nl/index.php?sc=48253>. Een zeer uitgebreide site voor weerkundigen is <http://www.wetteronline.de>.
Voor de betrouwbaarheid van de verwachtingen van de diverse internetsites zie [Hoe betrouwbaar is de windverwachting van de diverse weersites](#).
5. de tijden voor hoog- en laag water en de waterhoogten vind je op getij.rws.nl en op [getijden](#).
De site www.wetteronline.de geeft actuele gegevens over het weer voor weerkundigen. De leek moet zich eerst in de werking van de kaarten en tabellen verdiepen om ze te kunnen interpreteren.

Hierboven is duidelijk geworden dat het weer in het noorden van de Noordzee en tussen Groenland en IJsland van belang is voor de deining aan de Nederlandse kust 1 tot 3 dagen later (afhankelijk van de afstand en de snelheid van het weersysteem). Als je plannen hebt om de zeegaten tussen de eilanden te doorsteken of de zeezijde van de eilanden op te zoeken is het daarom verstandig om de weersystemen m.b.v. deze site al enige dagen voor die tijd in de gaten te houden. Ook is het aan te bevelen om de voorspellingen bij te houden en in het verloop van de dagen te controleren in hoeverre de voorspellingen uitkomen.

Het gebruik van de boeigegevens op de site www.rijkswaterstaat.nl/geotool/golven.aspx voor de informatie over de deining behoeft enige nadere uitleg.

Per boei krijg je de volgende actuele gegevens - die elke 10 minuten worden ververs - weergegeven in grafiek en in cijfers (de grafische weergave beslaat de laatste 12 uur zodat je het patroon over de afgelopen 12 uur kunt aflezen:

1. Significante golfhoogte
2. Piekfrequentie
3. Golfspreiding
4. Golfperiode 30-500 mHz (uitleg over mHz volgt hieronder)
5. Golfrichting
6. Golfhoogte

De significante golfhoogte is het resultaat van de golfhoogtes van de verschillende deiningen maar zegt niet zoveel over de kans op brekers. De feitelijke deining is een combinatie van de deiningen uit verschillende richtingen.

De piekfrequentie geeft het aantal golftoppen dat per tijdseenheid een vast punt te passeert en hangt samen met de golfperiode 30-500 mHz. Beide grootheden zijn het interferentieresultaat van de verschillende deiningen. Een piekfrequentie van minder dan 150 mHz en een golfperiode van meer dan 4 seconden duiden op een kans op surf- en brekergolven

De laatste drie gegevens, golfspreiding, golfrichting en golfhoogte zijn opgedeeld in drie, zogeheten, frequenties: 30-500 Mhz (resultaat van alle golfbewegingen en deiningen samen), 100- 200 mHz en 30-100 mHz.

De golfspreiding heeft, neem ik aan (een definitie kon ik nergens te vinden) betrekking op de variatie in de richting van de desbetreffende deining. Golfrichting en golfhoogte zijn de twee belangrijkste gegevens voor het voorspellen van surf- en brekergolven in dat deel van de zee boven de eilanden.

Een golfrichting

tussen 180° – 240° duidt op een zuiddeining,
 tussen 250° en 330° op een westdeining,
 tussen 330° - 5° op een noorddeining en
 tussen 10° - 70° op een noordoostdeining en
 tussen 80° – 160° op een deining uit het oosten, die echter vanwege de landrichting geen echte deining en golven geeft (zie fig 2).

De golfhoogtes worden weergegeven als (zie fig 3):

- 30-500 mHz, rood: combinatie van alle deining (= significante golfhoogte),
- 100-200 mHz, groen: golfhoogte als gevolg van middellange deining meestal op kortere afstand ontstaan (zuid, west en (noord)oost deining),
- 30-100 mHz, blauw: noorddeining



Fig. 2. Indeling golfrichtingen

Hoewel de zuiddeining meestal hoger is dan de noorddeining, is de noorddeining belangrijker voor de verwachting van surf- en brekergolven. Een verhoging van de blauwe lijn duidt op hogere golven dan eenzelfde verhoging van de rode lijn doet.

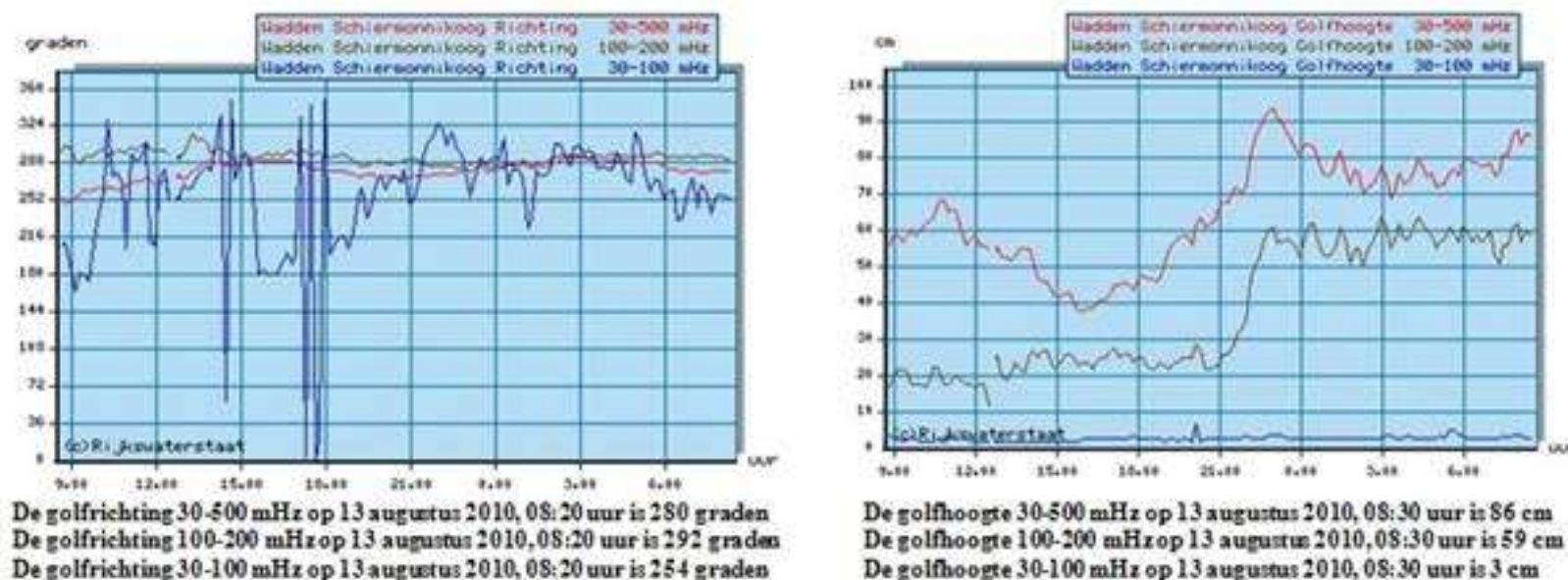


Fig. 3. weergave golfrichting en golfhoogte van boei Schier

Wil je surfen of brandingvaren, dan zoek je de omstandigheden die surfgolven veroorzaken op, maar wil je de wilde, (te) heftige surfgolven en brekers juist ontlopen, dan moet je die plekken en omstandigheden vermijden.

Onder welke omstandigheden kun je in de branding en bij ondieptes brekers verwachten die hinderlijk tot gevaarlijk kunnen zijn als je er door heen wilt varen? Hieronder worden de omstandigheden beschreven waarbij de kans op brekers groter of kleiner is. Maar bij sommige gebieden en bij harde wind is het altijd oppassen.

De situatie is toegespitst op het Waddengebied en niet op de kust van Noord en Zuid Holland.

Bij ondiepten moet je rekening houden met brekers en onrustige golven. Op onderstaand kaartje (fig 4) zijn de ondiepten buitengaats en in de gaten tussen de eilanden in oranje aangegeven (donkeroranje = eventueel droogvallend, lichtoranje=ondiep t.o.v. de omgeving, niet droogvallend).



Fig. 4. ondiepten boven en tussen de waddeneilanden

De kans op surfgolven en brekers boven en tussen de waddeneilanden is groter bij:

- Harde wind geeft vanaf Bft 5 sowieso kans op hogere golven die, als ze hoog genoeg zijn, kunnen breken, maar niet van deining afkomstig zijn. In combinatie met de harde wind kan dat voor veel kanoërs toch te instabiele situaties opleveren, ook op diepere waterdelen. Deze golven als gevolg van de actuele wind kun je overal treffen.
- Harde ZW-wind bij afgaand tij, met name in het westelijke waddengebied.
- Vrije krachtige W/ZW wind en westdeining, met name in het westelijke waddengebied. Als de wind weg valt, houden de golven nog een tijdje aan.
- Opkomende tij bij noord- en noordoostdeining bij een golfperiode van meer dan 5 seconden.
- Stijgende golfhoogte bij de boeigegevens, met name van de 30-100mHz (blauwe lijn, noorddeining, zie fig 3)

De kans op surfgolven en brekers boven en tussen de eilanden is kleiner bij:

- Weinig wind en geen noord- of noordoostdeining.
- Afgaand tij bij niet te sterke noord- of noordoostdeining.
- De golfperiode minder dan 4 seconden is.
- Oostenwind- tot zuidenwind en afwezige noord- of noordoostdeining.

De sites [windfinder](#) en [windguru](#) geven naast de actuele metingen ook verwachtingen van de golfhoogte en golfperiode voor dagen vooruit. Hoewel dit de significante golfhoogte betreft, kun je in combinatie met de verwachte windrichting wel een idee krijgen van de kans op golfbrekers.

Gebruikte informatiebronnen:

Golfscoren in de Noordzee, Uit 6SURF No1 2008

[http://nl.wikipedia.org/wiki/Oppervlaktegolf_\(vloeistofdynamica\)](http://nl.wikipedia.org/wiki/Oppervlaktegolf_(vloeistofdynamica))

<http://live.actuelewaterdata.nl>

<http://www.knmi.nl>