



Memo

Aan



Datum

19 juni 2019

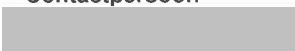
Ons kenmerk

11201202-004-HYE-0007

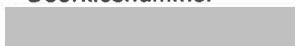
Aantal pagina's

12

Contactpersoon



Doorkiesnummer



E-mail



Onderwerp

Verklaring resultaten Hydra-Zoet bekledingmodule

datum	auteur	paraaf	review	paraaf	goedkeuring	paraaf
[Redacted]						

1 Inleiding

Op basis van het overleg tussen RWS-GPO, Levvel en Deltares heeft Levvel een aantal zorgpunten geuit die betrekking hebben op de afleiding van eens per jaar golfhoogten voor de spuiokers van de kunstwerken van Den Oever en de vismigratierivier. Deze golfhoogten zijn bepaald met Hydra-Zoet op basis van de bekledingsberekening voor golfklap op asfalt.

De zorgpunten van Levvel hebben betrekking op de betrouwbaarheid van Hydra-Zoet om de betreffende golfhoogtes af te leiden. Het betreft de volgende vijf zorgpunten, waarbij verwezen wordt naar door Levvel gepresenteerde en toegeleverde sheets uit een presentatie. Deze presentatie is in Bijlage A toegevoegd aan dit memo.

1. Bij vergelijking met het operationele golfmodel (ASD-RAP-0228) komt Hydra-Zoet fors lager uit met de hydraulische belasting (faalmechanisme: golfklap; locatie VK1_070_IJM en VK1_018_IJM). Hiervoor is nog geen afdoende verklaring gevonden te meer daar in beide aanpakken golven vanuit alle richtingen worden beschouwd. Dit verschil is een indicatie voor een mogelijke onderschatting van de HR door Hydra-zoet. Dit beeld wordt ondersteund door metingen van onze golfboei. Indien die vergeleken worden met 1/1 per jaar Hydra Zoet waarde en 1/1 per jaar Levvel-waarde is te zien dat we de Hydra-Zoet waarde al driemaal hebben geraakt. Daarbij wordt opgemerkt dat de golfboei ca. 1500m van het Hydra-Zoet punt aflight zodat de metingen een ondergrens zijn (extra strijklengte) (Sheet 1.1 en 1.2).
2. Er lijkt geen goede verklaring te zijn voor het verschil in maximale golfhoogte Hs voor golfklap tussen 0,00 m meerpeilstijging en 0,60 m meerpeilstijging. De verwachting was dat bodemeffecten (breking, refractie etc.) nabij de Kunstwerken beperkt zijn. Wij kunnen niet beredeneren waarom alleen een toename in het meerpeil leidt tot een hogere maximale golfhoogte, omdat o.i. de meerpeilstatistiek ongewijzigd blijft (Sheet 2).
3. Het is de vraag of er voldoende inzicht is in het effect van conditioneel rekenen binnen Hydra-Zoet, met name bij lagere waterstanden. Deltares heeft tijdens het overleg toegelicht dat alle kansruimte van meerpeilen boven het gevraagde meerpeil worden

meegewogen (i.e. overschrijdingskansbenadering). Met name voor een meerpeil op streefpeil of lager is het daarom de verwachting dat de conditionele golfcondities vrijwel gelijk moeten zijn aan de marginale golfstatistiek omdat de overschrijdingskans van het meerpeil richting 1 gaat. Indien golfhoogte wordt uitgezet tegen waterstand op de teen wordt daarom een asymptotisch verloop verwacht die nadert aan de marginale golfstatistiek. In Hydra-Zoet is echter een afname te zien in golfhoogte bij afnemende waterstand.

Dit aspect lijkt vooral van belang voor de dijkbekleding waar de exacte waterstand minder van belang (dwz hoge golven bij laag water kan ook schade aan de bekleding geven) is en waarbij de marginale golfstatistiek (i.e. 1/1000 jaar windsnelheid en bijbehorende golfhoogte), ongeacht het meerpeil als maatgevend wordt gezien (sheet 3).

4. Hydra-Zoet kan voor lage waterstanden ($\sim -0,4$ m NAP – $0,0$ m NAP) geen combinaties van opwaaiing en meerpeil vinden die een oplossing geven voor de opgegeven waterstand op de teen. In de schematisatie is een keuze gemaakt om dan maar het dichtstbijzijnde illustratiepunt te presenteren waarbij de waterstand op de teen hoger is dan de opgegeven waterstand. Dit geeft een vertekend beeld van de golfcondities op de opgegeven waterstand. Omdat voor de spuikokers juist de condities bij lage waterstanden maatgevend zijn, is het de vraag of deze schematisatiestap niet een onevenredig zwaar effect heeft op het ontwerp. Voor het dichtstbijzijnde illustratiepunt lijkt bovendien altijd een (verhoogd) meerpeil van $-0,25$ m NAP te worden gehanteerd en ontstaan verschillen tussen windsnelheid en golfhoogte die niet door Level kunnen worden verklaard (sheet 4).
5. In Hydra-Zoet wordt voor zover bekend conditioneel gerekend met overschrijdingskansen voor het meerpeil, waarbij $P(\text{meerpeil} \geq -0,40 \text{ m NAP}) = 1$. Scenario's waarbij het meerpeil lager is dan $-0,40$ m NAP lijken buiten beschouwing te blijven terwijl dergelijke scenario's mogelijk wel maatgevend kunnen zijn. Het is niet duidelijk waarom niet ook extremere waarden beneden streefpeil worden beschouwd. Dit aspect kan zowel voor de teen van de dijk als voor de Kunstwerken van belang zijn (sheet 5).

Als gevolg hiervan is het belangrijk dat de beheerder voldoende bekend is met de implicaties van het conditioneel rekenen en of dit wordt ondervangen in beheerprotocollen. Voorkomen moet worden dat bijvoorbeeld vooraf een storm het IJsselmeerpeil wordt verlaagd tot beneden streefpeil (wat op zich best een begrijpelijke actie zou zijn voor de overige IJsselmeerdijken).

Alvorens de zorgpunten een voor een te beantwoorden, beschrijven we eerst de methode waarmee Hydra-Zoet de golfcondities bij een rekenwaterstand uitrekent. Golfklap op asfalt is hier een voorbeeld van.

2 Golfcondities voor bekleding met Hydra-Zoet

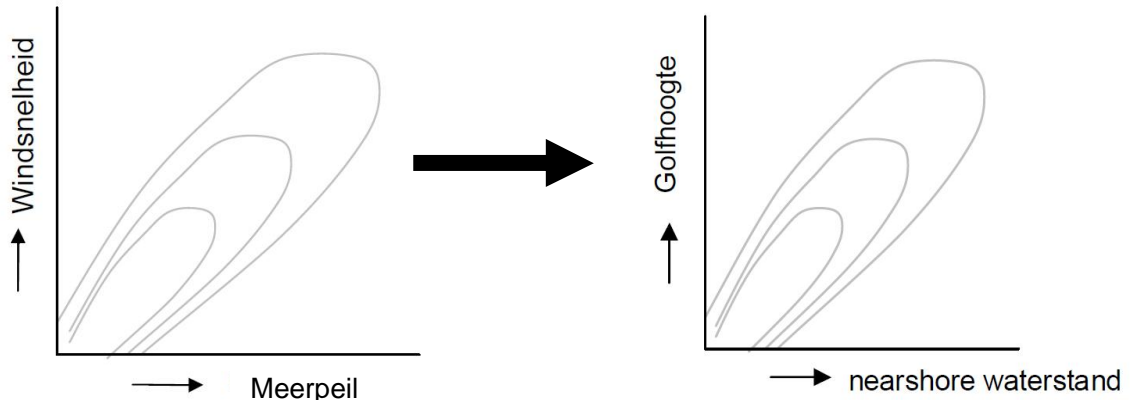
2.1 Algemene beschrijving concept Hydra modellen

Het probabilistische model Hydra-Zoet berekent de kans op het overschrijden van hydraulische belastingen op waterkeringen langs de Nederlandse binnenwateren. Datzelfde deed Hydra-K voor de kust. Voor WBI2017 zijn de concepten van Hydra-Zoet overgenomen in Hydra-NL, waarmee nu voor alle primaire keringen in Nederland maatgevende belastingen kunnen

worden bepaald. In deze paragraaf beschrijven we het concept waarop de bepaling van hydraulische belastingen met Hydra-NL is gebaseerd. Dit is evenzeer geldig voor Hydra-Zoet. We nemen daarbij het IJsselmeer, en de bedreigingen die daar relevant zijn, als uitgangspunt.

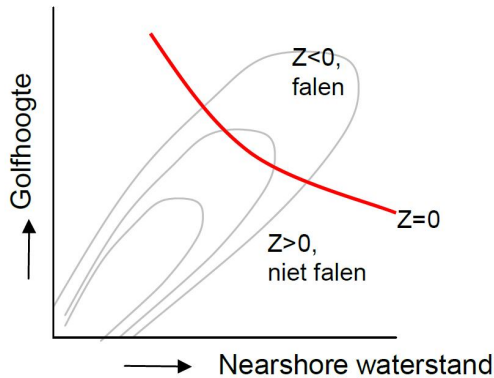
Er zijn verschillende mechanismen die het bezwijken van keringen kunnen veroorzaken, zoals golfloop/overslag, instabiliteit van de dijkbekleding of instabiliteit van het dijklichaam. Voor de meeste van deze faalmechanismen is in Hydra-NL een zogenaamde grenstoestandsfunctie $Z (= R-S)$ geïmplementeerd die de sterkte van de kering (R) vergelijkt met de hydraulische belasting op de kering (S). De belasting is een functie van de belastingvariabelen, zoals lokale waterstand en golfcondities. De sterkte van de kering wordt bijv. door de kruinhoogte beschreven. Indien de belasting hoger is dan de sterkte, dan treedt falen op (en $Z < 0$).

In het IJsselmeer worden hoge waterstanden en hoge golven veroorzaakt door een hoog meerpeil en harde wind. Meerpeil en wind (snelheid en richting) zijn de basisstochasten in het belastingmodel van het IJsselmeer in Hydra-NL. Als uitgangspunt voor de probabilistische berekening wordt gestart met de gecombineerde kans van voorkomen van wind en meerpeil. De tweedimensionale kansverdeling wordt vertaald naar een meer-dimensionale verdeling geldig voor een locatie aan de teen van een dijk: een gegeven combinatie van offshore windsnelheid (in dit geval station Schiphol) en meerpeil leidt tot een combinatie van lokale waterstand en golfhoogte, -periode en -richting. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van een opzoektabel.



Figuur 1 Vertaling van de statistiek van de basisstochasten meerpeil en wind naar de statistiek van lokale belasting, hier waterstand en golfhoogte.

Als nu gekeken wordt naar een belastinggeval, neem bijvoorbeeld golfoverslag, dan kunnen lijnen (faalgrenzen) worden getrokken van gelijke belasting (lees golfoverslag). Figuur 2 geeft een voorbeeld weer van een isolijn (rode lijn) waarvoor geldt dat er sprake is van 1 l/s/m overslag (met op de achtergrond de kansverdeling van waterstand en golfhoogte). Het gebied rechtsboven de faalgrens is het faalgebied: $Z < 0$. De faalgrens verschilt per faalmechanisme.



Figuur 2 Illustratie faalgrens (rode lijn) in kansverdeling nearshore waterstand en golfhoogte (bron: Deltares, 2011)

Tot slot kan bepaald worden hoe groot de kans is dat er een belasting groter dan de sterkte optreedt (in dit geval een belasting van meer dan 1 l/s/m). Deze kans kan worden bepaald door de integraal te nemen van de gezamenlijke kansdichtheid van die combinaties van wind en meerpeil die leiden tot een belasting van meer dan 1 l/s/m.

Het model Hydra-NL kan behalve een faalkans van een gegeven waterkering ook een ontwerpberekening uitvoeren. Hierbij ligt de faalkans vast op de gewenste normfrequentie. In deze berekening wordt de ligging van de faalgrens ($Z=0$) aangepast door de sterkte van de kering, bijvoorbeeld de kruinhoogte, te variëren. De faalgrens wordt net zo lang verschoven totdat de faalkans precies de gewenste waarde heeft. De resulterende kruinhoogte is dié kruinhoogte waarmee exact de gewenste faalkans gerealiseerd wordt.

2.2 Bepaling marginale statistiek van golfhoogte met behulp van Hydra modellen

Met Hydra-NL is het mogelijk om de marginale statistiek van de golfhoogte te bepalen. De Z -functie is dan niet gedefinieerd in termen van overslagdebieten, zoals in bovenstaand voorbeeld, maar in termen van golfhoogte: $Z = H - H_{crit}$, waarbij H de golfhoogte zoals deze wordt bepaald voor iedere combinatie van wind en meerpeil, en H_{crit} is de kritische golfhoogte waarvoor de overschrijdingskans bepaald moet worden. Op deze wijze wordt dus de overschrijdingskans van H_{crit} bepaald waarbij alle windrichtingen in beschouwing worden genomen. Het moge duidelijk zijn dat windrichtingen met de grootste kans van voorkomen, de hoogste windsnelheden en langste strijklengte de grootste bijdrage hebben aan de overschrijdingskans.

2.3 Bepaling golfcondities voor bekledingen met behulp van Hydra modellen

Voor de toetsing van bekledingen bepaalt Hydra-NL, en voorheen ook Hydra-Zoet, conditionele golfcondities behorend bij een rekenwaterstand. Dit is een fundamenteel andere berekeningswijze, zowel met betrekking tot het vertalen van tweedimensionale kansverdeling van wind en meerpeil naar de kansverdeling van de lokale belasting als de definitie van de faalgrens.

Een belangrijk aspect is de aanname dat alle gebeurtenissen waarvoor de piekwaterstand groter is dan de rekenwaterstand een bijdrage leveren aan de belasting ter hoogte van de rekenwaterstand. Gebeurtenissen met lagere piekwaterstanden dragen dus niet bij. Dit maakt dat voor de stabiliteit van bekleding gekeken wordt naar golfcondities bij een specifieke rekenwaterstand (voorwaardelijke waterstand). Terwijl voor de bepaling van de hoeveelheid

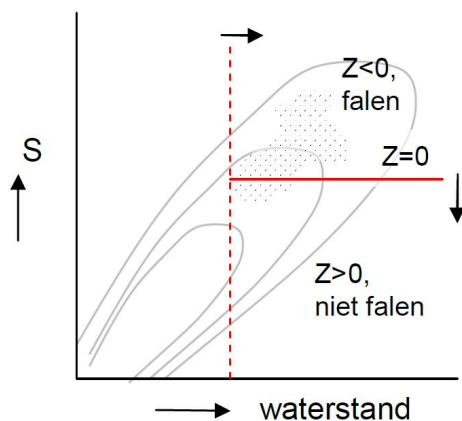
golfoverslag of de marginale golfhoogte statistiek naar alle combinaties van waterstanden en golfcondities wordt gekeken.

Met de golfcondities “vertaald” naar de rekenwaterstand wordt vervolgens de golfbelasting S bepaald. De golfbelasting wordt uitgedrukt in een functie:

$$S = H_s^a T_p^b \cos^c \beta$$

met H_s de golfhoogte, T_p de piekperiode en β de hoek van golfinval t.o.v. de dijknormaal. De coëfficiënten zijn gekalibreerde waarden die voor elk bekledingstype anders zijn. Voor golfklappen op asfalt wordt gehanteerd: $a = 1$, $b = c = 0$. Met andere woorden: de belastingfunctie S is gelijk aan de golfhoogte.

Het faalgebied voor stabiliteit bekledingen (zie Figuur 3) heeft een wezenlijk andere vorm dan voor bijvoorbeeld de hoogtetoets (zie Figuur 2). Het faalgebied wordt enerzijds begrensd door de rekenwaterstand (rode gestipte lijn) en anderzijds door een kritieke waarde van S . In het geval van een ontwerpberekening wordt de kritieke waarde bepaald door de faalgrens (rode horizontale lijn) net zo lang te verschuiven totdat de faalkans precies de gewenste normfrequentie heeft.



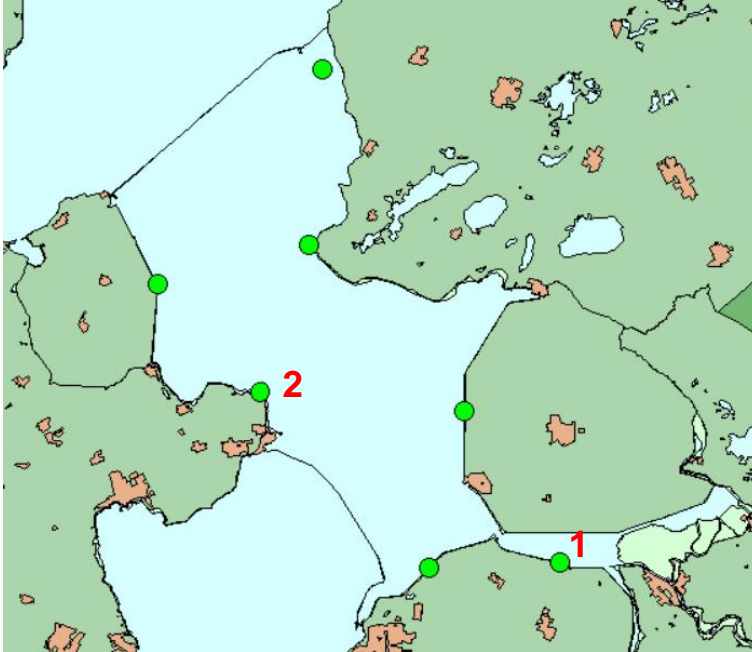
Figuur 3: Schematische weergave van een faalgebied ($Z < 0$) voor stabiliteit bekledingen (bron: Deltares, 2011)

2.4 Verschillen marginale golfstatistiek en golfhoogte bij golfklap

De belastingfunctie S voor golfklappen op asfalt is gelijk aan de golfhoogte. Dat betekent echter niet dat het resultaat van de conditionele berekening (gegeven een rekenwaterstand) leidt tot een belasting waarbij de golfhoogte gelijk is aan de marginale statistiek van de golfhoogte. Zoals hierboven gesteld worden *alleen combinaties van wind en meerpeil beschouwd die leiden tot een lokale waterstand die groter is of gelijk aan de voorgeschreven rekenwaterstand*. Voor de bepaling van de marginale golfhoogte statistiek worden alle combinaties beschouwd. Per definitie kan dat niet tot dezelfde golfhoogtes leiden. Sterker nog, de golfhoogte uit de marginale statistiek is altijd hoger.

Dit wordt nader geïllustreerd aan de hand van voorbeelden op twee locaties, welke ook zijn aangeduid in Figuur 4:

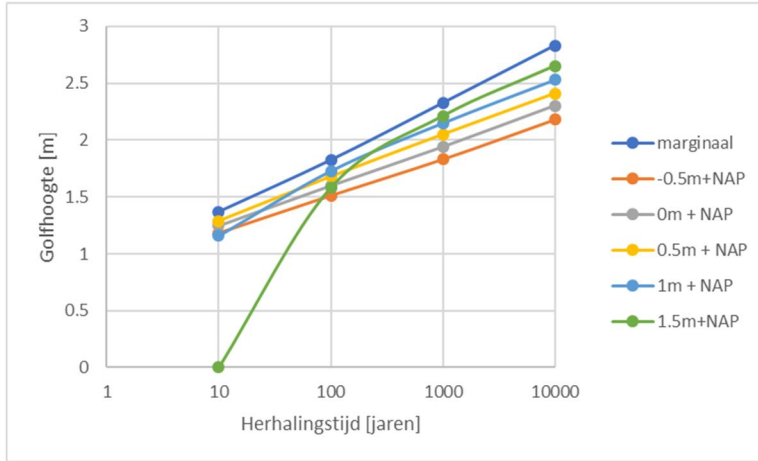
1. een locatie aan de zuidzijde van het Ketelmeer en
2. een locatie aan de westkant nabij Hoorn.



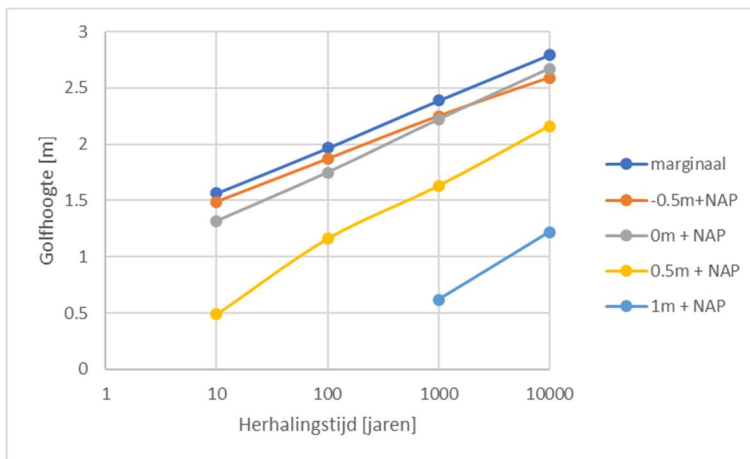
Figuur 4 Beschouwde locaties in het IJsselmeer

De locatie in het Ketelmeer (1 in Figuur 4) is sterk wind-gedomineerd. Hoge waterstanden treden op bij sterke noordwesten winden, waarbij het water vanaf het IJsselmeer het Ketelmeer in wordt gestuwd. Nagenoeg dezelfde noordwestelijke wind zorgt voor de hoogste golven. Dat betekent dat om een hoge rekenwaterstand te kunnen halen, moet het hard uit het noordwesten waaien. Dat leidt automatisch tot hoge golven. Door de sterke correlatie neemt met toenemende rekenwaterstand de golfhoogte daarom ook toe, zie Figuur 5. Omdat de windrichting die tot de hoge waterstanden leidt niet helemaal gelijk is aan die tot de hoogste golven leidt (geen 100% correlatie), is de conditionele golfhoogte (gegeven een rekenwaterstand) kleiner dan de golfhoogte uit de marginale statistiek.

De locatie bij Hoorn (2 in Figuur 4) is meerpeil gedomineerd, omdat deze relatief dichtbij het zwaartepunt van het IJsselmeer ligt. Hoge waterstanden worden niet zozeer door hoge windsnelheden verkregen, omdat de scheefstand nabij het zwaartepunt nauwelijks merkbaar is. Het meerpeil zorgt dus voor de hoge waterstanden. Hoe hoger de rekenwaterstand, hoe hoger het meerpeil moet zijn. Dat betekent dat er minder kansruimte overblijft voor de wind om tot hoge golven te kunnen leiden. Daarom zien we in Figuur 6 dat de golfhoogtes afnemen met toenemende rekenwaterstand. Voor de laagste rekenwaterstanden zit de conditionele golfhoogte nog het dichtst bij de golfhoogte uit de marginale statistiek. Een iets lagere windsnelheid (ten koste van meerpeil) zorgt ervoor dat de conditionele golfhoogte iets kleiner blijft.



Figuur 5 Overschrijdingsfrequentiecurves van de golfhoogte bij een locatie in het Ketelmeer: Marginale statistiek versus de conditionele statistiek bij gegeven rekenwaterstand, berekend met Hydra-NL (incl. onzekerheden).



Figuur 6 Overschrijdingsfrequentiecurves van de golfhoogte bij Hoorn: Marginale statistiek versus de conditionele statistiek bij gegeven rekenwaterstand, berekend met Hydra-NL (incl. onzekerheden).

Bovenstaande voorbeelden maken duidelijk dat er theoretische limietgevallen zijn waarbij de conditionele golfhoogte voor het toetsen van golfklappen op asfalt gelijk is aan de golfhoogte uit de marginale statistiek:

1. Er is geen bijdrage van het meerpeil en er is 1 windrichting die zowel voor de hoogste waterstanden als de hoogte golfhoogtes zorgt. Voor het Ketelmeer wordt daar voor de hoogste rekenwaterstanden bijna aan voldaan.
2. De rekenwaterstand is erg laag (rond streefpeil) en om deze waterstand te halen is er geen bijdrage van de wind nodig, dus volledig meerpeil gedomineerd. De golven mogen niet diepte-bepert zijn. Nabij Hoorn is de kansbijdrage van het meerpeil om de lage rekenwaterstand te behalen zeer klein. Er blijft zodoende veel kansruimte over voor de wind.

3 Beantwoording van zorgpunten

Een voor een behandelen we de vijf zorgpunten/vragen, die in Hoofdstuk 1 zijn genoemd. De vijf vragen zijn voor de eenvoud als volgt geformuleerd.

- 1 Waarom is de conditionele golfhoogte berekend met Hydra-Zoet fors lager dan de golfhoogte bepaald met het operationele golfmodel?
- 2 Waarom leidt een meerpeilstijging van 60 cm (toekomstscenario) tot een stijging van de maximale golfhoogte t.o.v. de situatie zonder meerpeilstijging?
- 3 Waarom zijn de golfhoogtes berekend met Hydra-Zoet bij lage waterstanden niet gelijk aan de golfhoogte uit de marginale statistiek?
- 4 Waarom zijn bij lage waterstanden de lokale waterstanden in het illustratiepunt niet altijd gelijk aan de beschouwde rekenwaterstand?

Elke vraag wordt hieronder in een aparte paragraaf beantwoord.

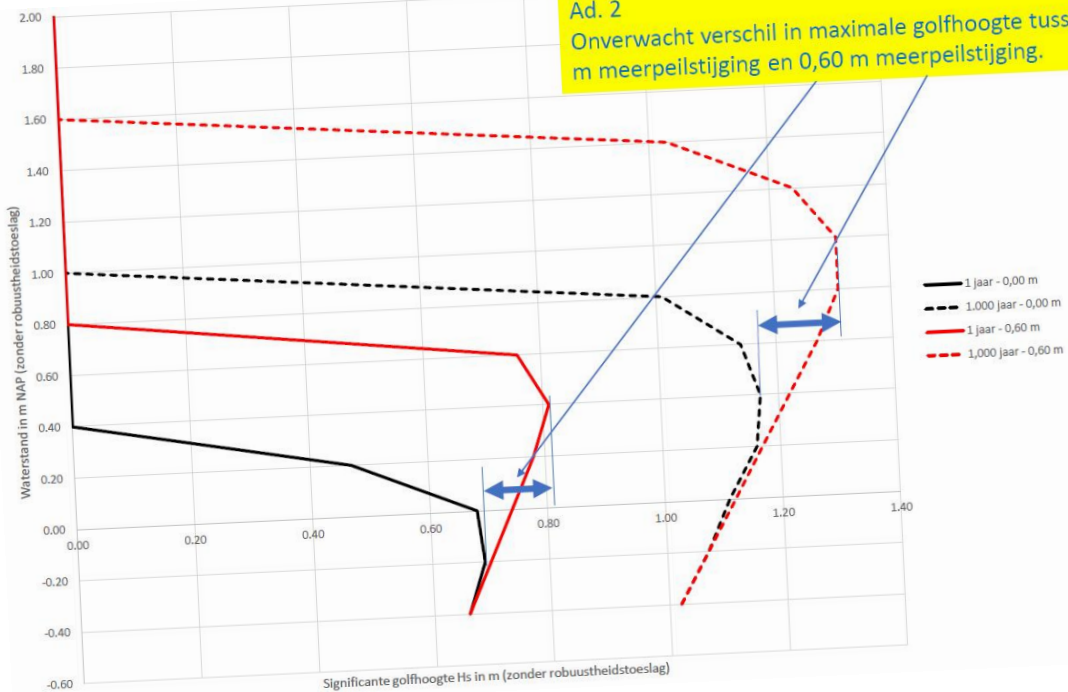
3.1 **Waarom is de conditionele golfhoogte berekend met Hydra-Zoet fors lager dan de golfhoogte bepaald met het operationele golfmodel?**

In paragraaf 2.4 is beargumenteerd dat de conditionele golfhoogte, behorend bij een rekenwaterstand, kleiner is dan de golfhoogte uit de marginale statistiek. Zoals is aangegeven wordt dit veroorzaakt door het feit dat in het laatste geval alle combinaties van de basisstochasten wind en meerpeil worden beschouwd en in het eerste geval alleen de combinaties waarbij de resulterende lokale waterstanden ook daadwerkelijk de rekenwaterstand overschrijden.

Over de betrouwbaarheid van een 1:1 jaar resultaat verkregen met een Hydra model doen we in dit memo geen uitspraak. Tevens is er hier ook geen vergelijking gemaakt tussen de marginale golfhoogte statistiek en de statistiek voor de golfhoogte uit het operationeel model. Dat is uitgebreid besproken in flankerende memo Deltares (2019).

3.2 **Waarom leidt een meerpeilstijging van 60 cm (toekomstscenario) tot een stijging van de maximale golfhoogte t.o.v. de situatie zonder meerpeilstijging?**

De beschouwde locatie is deels meerpeil-, deels wind-gedomineerd. Dat betekent dat om de rekenwaterstanden op de verticale as van onderstaande figuur te behalen zowel het meerpeil als de wind bepalend zijn. Figuur 3 ligt aan de basis van de curves in onderstaande figuur. Voor de zwarte curves (geen meerpeilstijging) wordt per rekenwaterstand (in onderstaande figuur is vanaf -0.40 m + NAP gerekend met stappen van 0.2 m) de kritieke belasting (rode doorgetrokken lijn in Figuur 3) zodanig verschoven dat de integraal over de kansen van de combinaties van meerpeil en wind die hebben geleid tot een belasting groter dan de kritieke belasting ($Z < 0$, dus falen) gelijk is aan de vastgestelde norm. Om de golfhoogte te bepalen bij een kleinere norm (grotere herhalingstijd) moet de kritische belasting omhoog geschoven worden, en de golfhoogte dus groter. Het faalgebied wordt dan kleiner. Om deze reden is de golfhoogte bij een zekere rekenwaterstand met een jaarlijkse overschrijdingskans van 1/1000 (gestippelde lijnen) groter dan die met een jaarlijkse overschrijdingskans van bijna 1 (doorgetrokken lijnen).



Het feit dat de golfhoogtes een maximum bereiken voor een zekere rekenwaterstand en daarna sterk afnemen met verder toenemende rekenwaterstand wordt veroorzaakt door het feit dat het meerpeil van groot belang is om de rekenwaterstand te halen. Om hoge rekenwaterstanden te halen moet het meerpeil ook omhoog. De enige manier om bij toenemende rekenwaterstand (stippellijn in Figuur 3 schuift naar rechts) dezelfde faalkans nog te halen is door de kritische belasting te verlagen. Daarmee neemt de golfhoogte af. De belasting wordt zelfs 0 wanneer de overschrijdingskans van de rekenwaterstand kleiner is dan de norm. Voor de betreffende norm wordt de rekenwaterstand dan dus niet gehaald. Door een meerpeilstijging van 60 cm toe te passen pas je in feite de kansverdeling van het meerpeil aan (de meerpeilstatistiek wordt dus wel aangepast). De overschrijdingskans van het nieuwe meerpeil is gelijk aan de overschrijdingskans van het oude meerpeil vermeerderd met 60 cm. Dit is wezenlijk anders dan simpelweg een verhoging van de waterstand met 60 cm. Het houdt wel in dat een zekere rekenwaterstand met een grotere waarschijnlijkheid wordt overschreden. De onderliggende statistiek van meerpeil-wind in Figuur 3 verandert. Dit heeft weer tot gevolg dat bij een vaste rekenwaterstand meer kansbijdrage voor de wind beschikbaar is bij een verhoogd meerpeil. Om deze reden zijn de golfhoogtes hoger. Omdat de kansverdeling verandert en niet simpelweg een lineaire verschuiving is, verschuiven de golfhoogtes, als functie van de waterstand ook niet lineair. Hierdoor is het verschil in maximale golfhoogte bij 0 m meerpeilstijging en 0.60 m meerpeilstijging afhankelijk van de beschouwde norm.

3.3 Waarom zijn de golfhoogtes berekend met Hydra-Zoet bij lage waterstanden niet gelijk aan de golfhoogte uit de marginale statistiek?

In Paragraaf 2.4 is uitgelegd dat bovenstaand het geval is voor een volledig meerpeil gedomineerde locatie. Dat is hier niet het geval. De wind speelt nog wel degelijk een rol. Dat maakt dat er nog enkele decimeters verschil zit tussen de conditionele golfhoogte en de golfhoogte uit de marginale statistiek.

3.4 Waarom zijn bij lage waterstanden de lokale waterstanden in het illustratiepunt niet altijd gelijk aan de beschouwde rekenwaterstand?

Zoals in het algemene deel aangegeven worden alle combinaties van wind en meerpeil beschouwd die een lokale waterstand genereren die hoger is dan de rekenwaterstand. In het door Levvel genoemde voorbeeld worden rekenwaterstanden van 0 m + NAP en 0.2 m + NAP beschouwd.

De kritische belasting wordt voor beide rekenwaterstanden iteratief bepaald zodanig dat de faalkans ($=P(Z < 0)$) gelijk is aan de norm van in dit geval 1/1000 per jaar, zie algemeen deel. Per windrichting wordt vervolgens gekeken welke combinatie van waterstand en belasting (in dit geval dus gelijk aan de golfhoogte) het dichtst bij de rekenwaterstand en kritische belasting ligt. Deze combinatie heeft de grootste kans van voorkomen. Per windrichting is dit een andere combinatie, elke windrichting heeft weer een andere kansbijdrage. Er zijn zelfs windrichtingen waarbij geen enkele combinatie meerpeil en windsnelheid leidt tot een waterstand en golfhoogte in het faalgebied. De maatgevende combinatie behorend bij de windrichting met de grootste kansbijdrage vormt het (hoofd)illustratiepunt.

Blijkbaar zijn er geen combinaties van waterstand en windrichting in het faalgebied te vinden voor de zuidelijke windrichtingen die gelijk zijn aan rekenwaterstanden van 0 of 0.2 m + NAP. Dat is op zich ook niet vreemd, want om een overschrijdingskans van 1/1000 per jaar te halen, moet je voor de relatief lage rekenwaterstanden de belasting fors opschroeven. De forse belasting/golfhoogte wordt alleen gehaald bij forse wind, hier tegen 30 m/s. Deze wind geeft op zijn beurt een opzet van ongeveer 0.6 m (0.34 – (-0.25 m)). Nadere uitleg is gegeven in de gebruikershandleiding van Hydra-NL, waarbij wordt ingegaan op de vorm van het faalgebied voor de bekleidingmodule.

De correlatie tussen lokale waterstand en golven (door de wind) zorgt er in dit geval dus voor dat bij deze kleine overschrijdingskans een belasting gevonden wordt, die feitelijk hoort bij een hogere waterstand dan de relatief lage rekenwaterstand. Dit is dus een conservatieve schatting van de golfhoogte. De mate van conservatisme hangt onder andere van de lokale waterdiepte. In dit voorbeeld zal de mate van conservatisme gering zijn.

Blijkbaar moet de belasting verhoogd worden van 1.11 naar 1.16 om een overschrijdingskans van 1/1000 per jaar te halen, wanneer de rekenwaterstand verhoogd wordt van 0 m + NAP tot 0.2 m + NAP. De dichtstbijzijnde combinaties van lokale waterstand en belasting (golfhoogte), en meerpeil en windsnelheid die tot deze waarden hebben geleid, verschillen nauwelijks van elkaar. Het verschil is alleen te zien in de golfhoogte (0.05 m), golfperiode (0.1 s afgerond) en golfrichting (1 graad afgerond). Afgerond zijn de meerpeilen en windsnelheden hetzelfde, de onafgeronde waarden in de berekening niet.

3.5 Waarom worden meerpeilen lager dan streefpeil van -0.40m+NAP niet beschouwd in Hydra-Zoet?

De probabilistische Hydra modellen zijn in het algemeen bedoeld om overschrijdingskansen van hydraulische belastingen te bepalen, Hydra-NL in het bijzonder is een probabilistisch beoordelingsprogramma voor de veiligheid van de dijken tegen overstromingen in Nederland. Zoals in het algemene deel beschreven vormt de extreme waarden statistiek van meerpeil en wind de basis hiervoor. Statistische verdelingen worden bepaald door jaarmaxima te bepalen en daar een verdeling door heen te fitten of piekwaarden boven een bepaalde drempel te



Datum

19 juni 2019

Ons kenmerk

11201202-004-HYE-0007

Pagina

11 van 12

beschouwen. Dat betekent dat meerpeilen onder streefpeil, als gevolg van bv een periode van droogte niet worden meegenomen in het bepalen van de extreme waarden verdeling. Immers in een jaar tijd zal een jaarmaximum altijd groter of gelijk aan streefpeil zijn. Onderscheid tussen zomer en winter wordt daarbij nog wel gemaakt.

Lage meerpeilen kunnen relevant zijn bij de bepaling van overschrijdingskansen van waterstanden. Hiervoor is een Hydra model niet geschikt en zal een andere statische analyse moeten worden uitgevoerd.

4 Referentie

Deltares (2011). Aangepaste Q-variant binnen Hydra-K. Verloop golfcondities, belastingfuncties en externe testronde. Deltares rapport 1204143-002, augustus2011

Deltares (2019). Betrouwbaarheid 1/1 jaar golfcondities Hydra-Zoet. Deltares memo 11201202-004-HYE-0005, d.d. 19 juni 2019



Datum
19 juni 2019

Ons kenmerk
11201202-004-HYE-0007

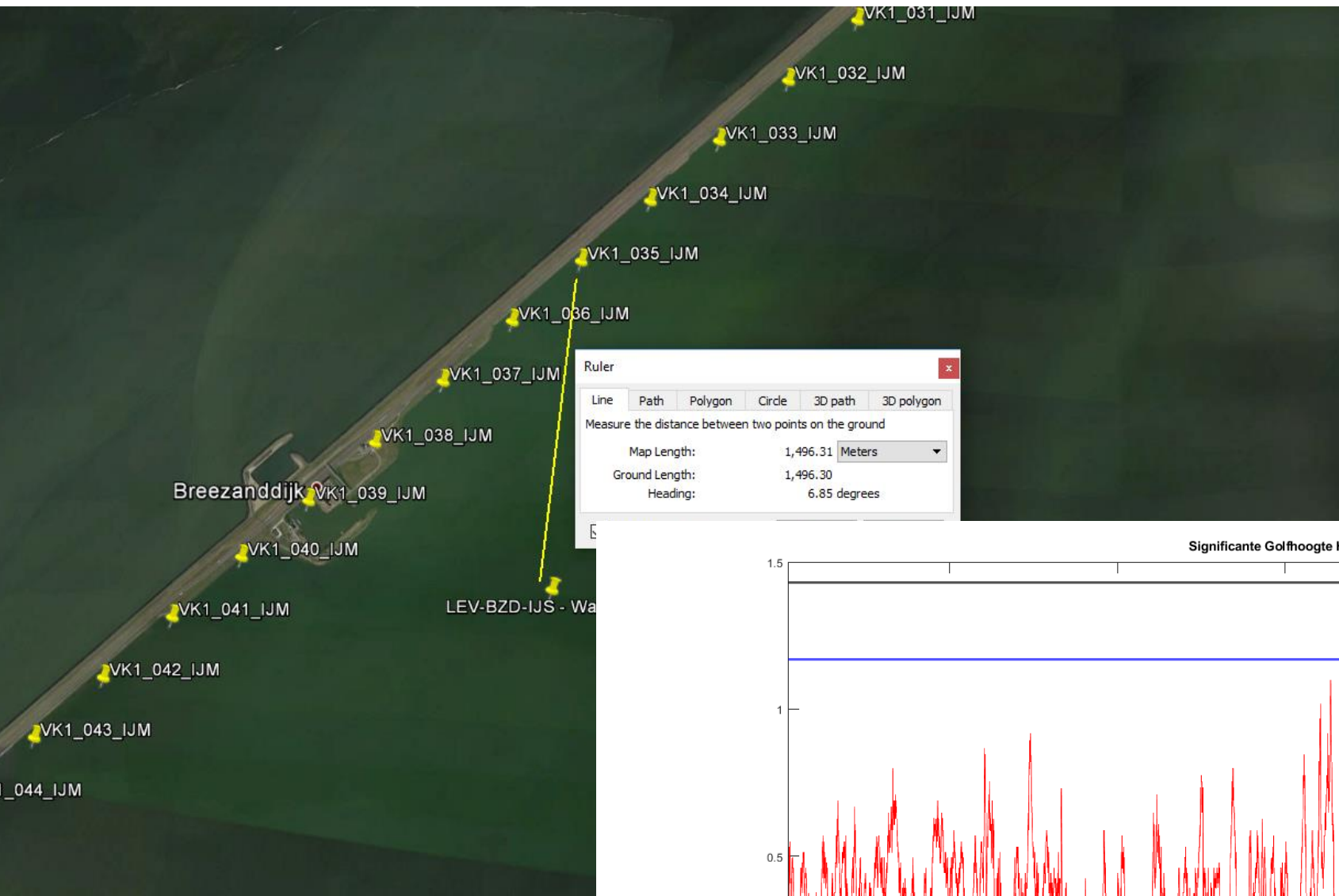
Pagina
12 van 12

Bijlage A Presentatie zorgpunten Level

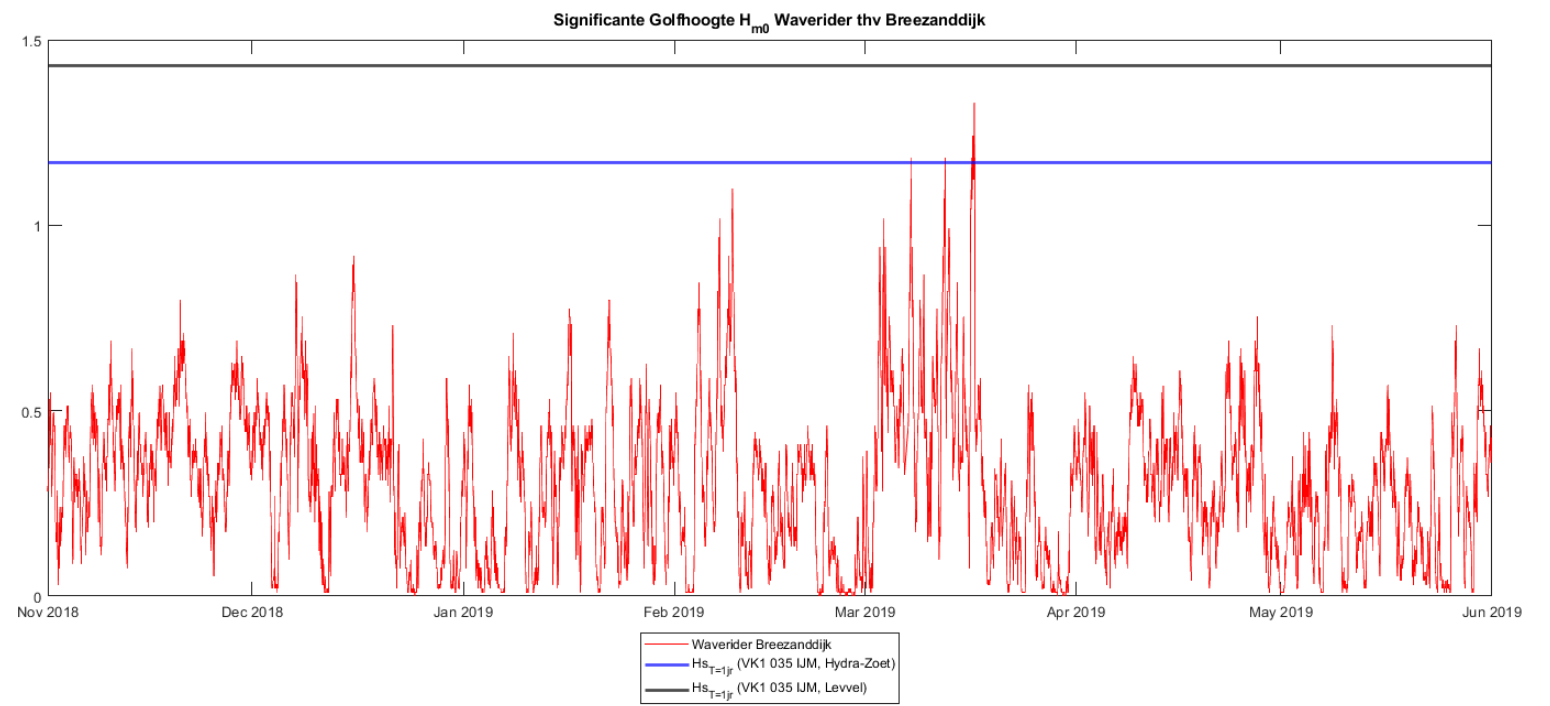
Ad. 1.1

Onverwacht verschil tussen operationeel golfklimaat en maximale golfhoogte uit Hydra-Zoet.

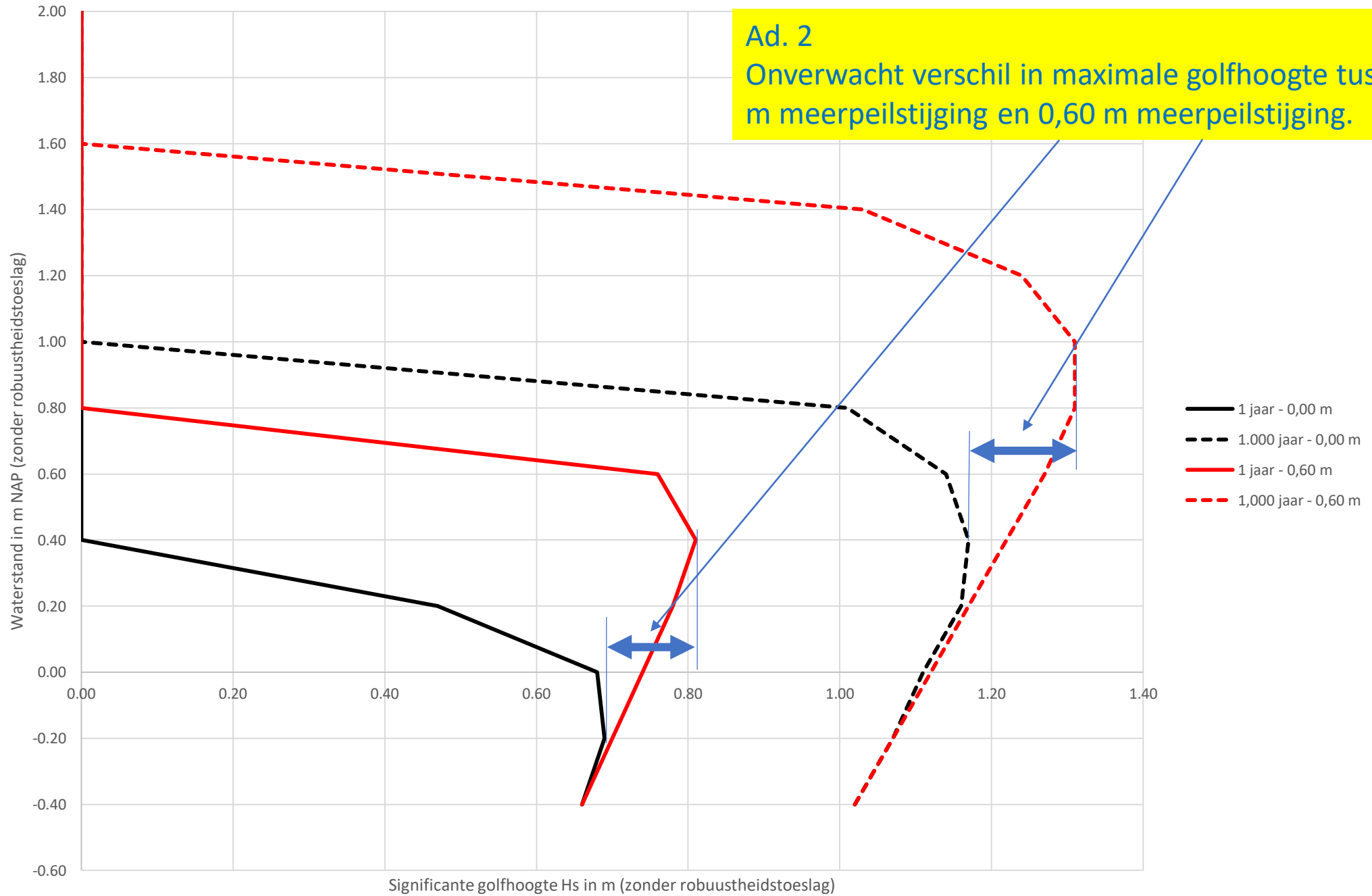
Locatie:	VK1_018_IJM VisMigratieRivier			VK1_070_IJM Kunstwerken Den Oever		
	Hs (m)	Hs (m)	Hs (m)	Hs (m)	Hs (m)	Hs (m)
Overschrijdings- frequentie	Omnidirectioneel	Golfklap	Golfklap	Omnidirectioneel	Golfklap	Golfklap
	Levvel	Excl. 10% toeslag	Excl. 10% toeslag	Levvel	Excl. 10% toeslag	Excl. 10% toeslag
	Operationeel golfklimaat	Hydra-Zoet	Hydra-Zoet	Operationeel golfklimaat	Hydra-Zoet	Hydra-Zoet
		0,00 meerpeilstijging	0,60 meerpeilstijging		0,00 meerpeilstijging	0,60 meerpeilstijging
1/1 per jaar	1.52	1.24	1.32	0.80	0.68	0.81
1/2 per jaar	1.68			0.87		
1/5 per jaar	1.98			0.96		
1/10 per jaar	2.06	1.58	1.68	1.02	0.87	1.01
1/15 per jaar	2.15			1.06		
1/20 per jaar	2.22			1.08		



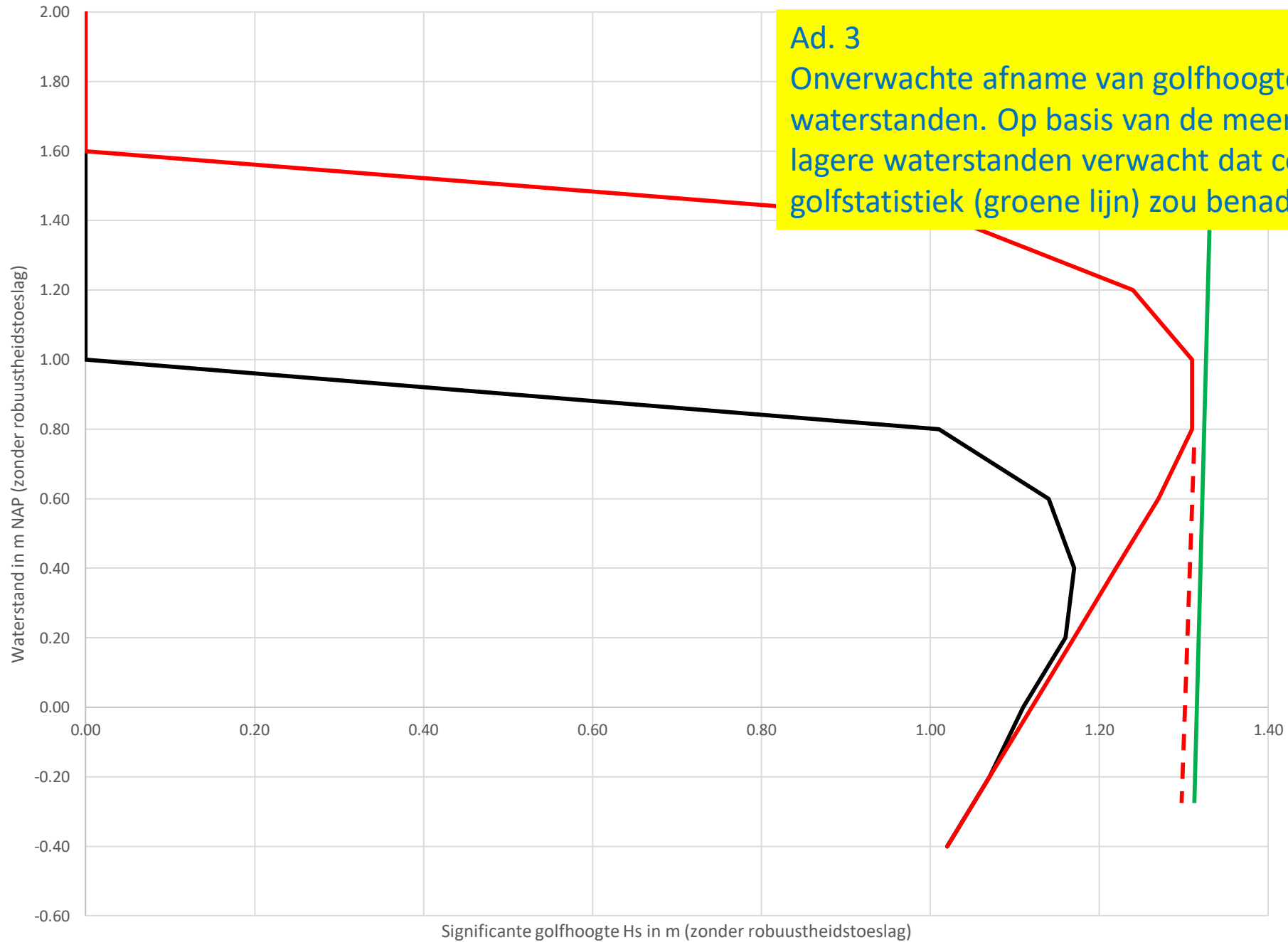
Ad. 1.2
 Vergelijk golfboeimetingen met 1/1 per jaar waarden uit Hydra-Zoet en Level operationeel model.



Hydraulische Randvoorwaarden VK1_070_IJM (Den Oever) o.b.v. golfklap



Hydraulische Randvoorwaarden VK1_070_IJM (Den Oever) o.b.v. golfklap



Ad. 3
Onverwachte afname van golfhoogte voor lagere waterstanden. Op basis van de meerpeilstatistiek wordt bij lagere waterstanden verwacht dat condities de marginale golfstatistiek (groene lijn) zou benaderen (stippellijn).

- 1.000 jaar - 0,00 m
- 1.000 jaar - 0,60 m

NAP 0.00 m+NAP (locatie VK1_070_IJM, T = 1000 jaar) 0.00 m meerpeilstijging:

r	meerpeil	windsn.	h, teen	Hs, teen	Tp, teen	golfr	golf inv	red fact	belast	ov. freq	
	m+NAP	m/s	m+NAP	m	s	graden	graden	-	-	%	
NNO	0.00	--	27.5	0.00	1.11	3.9	84	60	1.00	1.11	0.0
NO	-0.31	--	24.1	0.00	1.11	3.8	90	54	1.00	1.11	0.4
ONO	-0.25	--	22.4	0.35	1.11	3.7	97	47	1.00	1.11	6.5
O	-0.25	--	22.0	0.56	1.11	3.7	106	38	1.00	1.11	3.2
OZO	-0.25	--	22.5	0.72	1.11	3.6	120	24	1.00	1.11	0.6
ZO	-0.25	--	22.8	0.74	1.11	3.4	135	9	1.00	1.11	0.4
ZZO	-0.25	--	24.1	0.71	1.11	3.4	149	5	1.00	1.11	3.6
Z	-0.25	--	25.5	0.57	1.11	3.3	162	18	1.00	1.11	4.5
ZZW	-0.25	--	27.8	0.34	1.11	3.2	178	34	1.00	1.11	75.0
ZW	-0.24	--	32.9	0.00	1.11	3.0	203	59	1.00	1.11	5.7
WZW	-0.04	--	38.7	0.00	1.11	2.9	233	89	1.00	1.11	0.1
W	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.0
WNW	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.0
NW	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.0
NNW	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.0
N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.0
som											100.0

NAP 0.20 m+NAP (locatie VK1_070_IJM, T = 1000 jaar) 0.00 m meerpeilstijging:

r	meerpeil	windsn.	h, teen	Hs, teen	Tp, teen	golfr	golf inv	red fact	belast	ov. freq	
	m+NAP	m/s	m+NAP	m	s	graden	graden	-	-	%	
NNO	0.20	--	27.6	0.20	1.16	4.1	85	59	1.00	1.16	0.0
NO	-0.10	--	24.2	0.20	1.16	3.9	90	54	1.00	1.16	0.1
ONO	-0.25	--	22.5	0.35	1.16	3.8	97	47	1.00	1.16	6.3
O	-0.25	--	21.9	0.55	1.16	3.8	106	38	1.00	1.16	4.3
OZO	-0.25	--	22.1	0.69	1.16	3.7	120	24	1.00	1.16	0.8
ZO	-0.25	--	22.6	0.72	1.16	3.5	134	10	1.00	1.16	0.6
ZZO	-0.25	--	23.9	0.69	1.16	3.5	148	4	1.00	1.16	4.7
Z	-0.25	--	25.4	0.56	1.16	3.4	161	17	1.00	1.16	5.1
ZZW	-0.25	--	27.8	0.34	1.16	3.3	177	33	1.00	1.16	76.8
ZW	-0.02	--	32.9	0.20	1.16	3.1	200	56	1.00	1.16	1.2
WZW	0.16	--	39.5	0.20	1.16	2.9	232	88	1.00	1.16	0.0
W	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.0
WNW	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.0
NW	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.0
NNW	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.0
N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.0
som											100.0

Ad. 4

- waterstand op de teen (in rood) is hoger dan de opgegeven waterstand.

- Identieke wind en meerpeil leidt tot verschillen in golfcondities.

Ad. 5

- Hydra-Zoet rekent alleen met overschrijdingskansen voor het meerpeil.

$$P(\text{meerpeil} \geq 0,40 \text{ m NAP}) = 1$$

- Meerpeilen onder streefpeil (-0,40 m NAP) blijven buiten beschouwing (overschrijdingskansen worden niet beschouwd)



```
Ovkans_IJsselmeer_piekmeerpeil_v01.txt - Notepad
File Edit Format View Help
*
* Overschrijdingskansen piekwaarde IJsselmeer
*
* De getallen zijn ontleend aan Bijlage H.2.3 van:
* 'Hydraulische Randvoorwaarden 2006 Vecht- en IJsseldelta' -
* 'Statistiek IJsselmeerpeil, afvoeren en stormverlopen voor Hydra-VIJ'
* RIZA-werkdocument 2006_036X, Lelystad, maart 2006.
* (Auteur: [REDACTED])
*
* Piekwaarde IJsselmeerpeil          overschrijdingskans
* [m+NAP]                            [-]
* -0.40                               1.000
* 0.05                                0.166667
* 0.40                                 0.016667
* 1.07                                 1.667E-05
```