

**Bepaling maatgevende
randvoorwaarden meetpaal
Texel**



Bepaling maatgevende randvoorwaarden meetpaal Texel

A. Camarena Calderon
S.Caires

1230853-000

Titel

Bepaling maatgevende randvoorwaarden meetpaal Texel

Opdrachtgever

Rijkswaterstaat Centrale
Informatievoorziening

Project

1230853-000

Kenmerk

1230853-000-HYE-0002

Pagina's

33

Trefwoorden


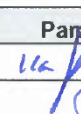
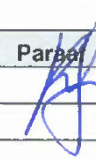

Maatgevende randvoorwaarden, Texel, wind, golven, stroming, waterstand, extreme waarde analyse.

Samenvatting

Dit rapport beschrijft de bepaling van de maatgevende hydraulische en meteorologische randvoorwaarden ten behoeve van het ontwerp van een te realiseren meetpaal nabij Texel. Uitkomsten dienen als input voor het ontwerp van de meetpaal.

Referenties

Offerte 1230853-000-HYE-0001

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
1.0	09/2016	A. Camarena Calderon		B. Hoonhout		M. van Gent	
		S. Caires					

Status

definitief

Inhoud

1	Introductie	1
2	Overzicht gebruikte gegevens	3
2.1	Waterstand en stroming	3
2.2	Wind	5
2.3	Golven	7
3	Extreme waarden	9
3.1	Methodiek	9
3.2	Waterstand	10
3.3	Wind	14
3.4	Golven	15
3.5	Stroming	23
4	Joint-occurrence tabellen significante golfhoogte en gemiddelde golfperiode	25
5	Samenvatting	31
6	Referenties	33

Lijst van Tabellen

Tabel 1.1	Coördinaten van de huidige en nieuwe locaties van de meetpaal.	1
Tabel 3.1	Windopzet POT analyse parameters en bijbehorende 95% betrouwbaarheidsbanden.	12
Tabel 3.2	Terugkeerwaarden en bijbehorende 95% betrouwbaarheidsbanden van de hoogwaterstanden op de nieuwe locatie van de meetpaal.	12
Tabel 3.3	Uurgemiddelde windsnelheid POT analyse parameters en bijbehorende 95% betrouwbaarheidsbanden.	14
Tabel 3.4	Terugkeerwaarden en bijbehorende 95% betrouwbaarheidsbanden windsnelheid op de nieuwe locatie van de meetpaal.	15
Tabel 3.5	Overzicht richtingssectoren.	18
Tabel 3.6	Significante golfhoogte POT analyse parameters en bijbehorende 95% betrouwbaarheidsbanden.	19
Tabel 3.7	Terugkeerwaarden en bijbehorende 95% betrouwbaarheidsbanden H_{\max} en $T_{H\max}$ op de nieuwe locatie van de meetpaal.	21
Tabel 3.8	Dieptegemiddelde stroomsnelheid POT analyse parameters en bijbehorende 95% betrouwbaarheidsbanden.	23
Tabel 3.9	Terugkeerwaarden en bijbehorende 95% betrouwbaarheidsbanden stroming (m/s) op de nieuwe locatie van de meetpaal.	24

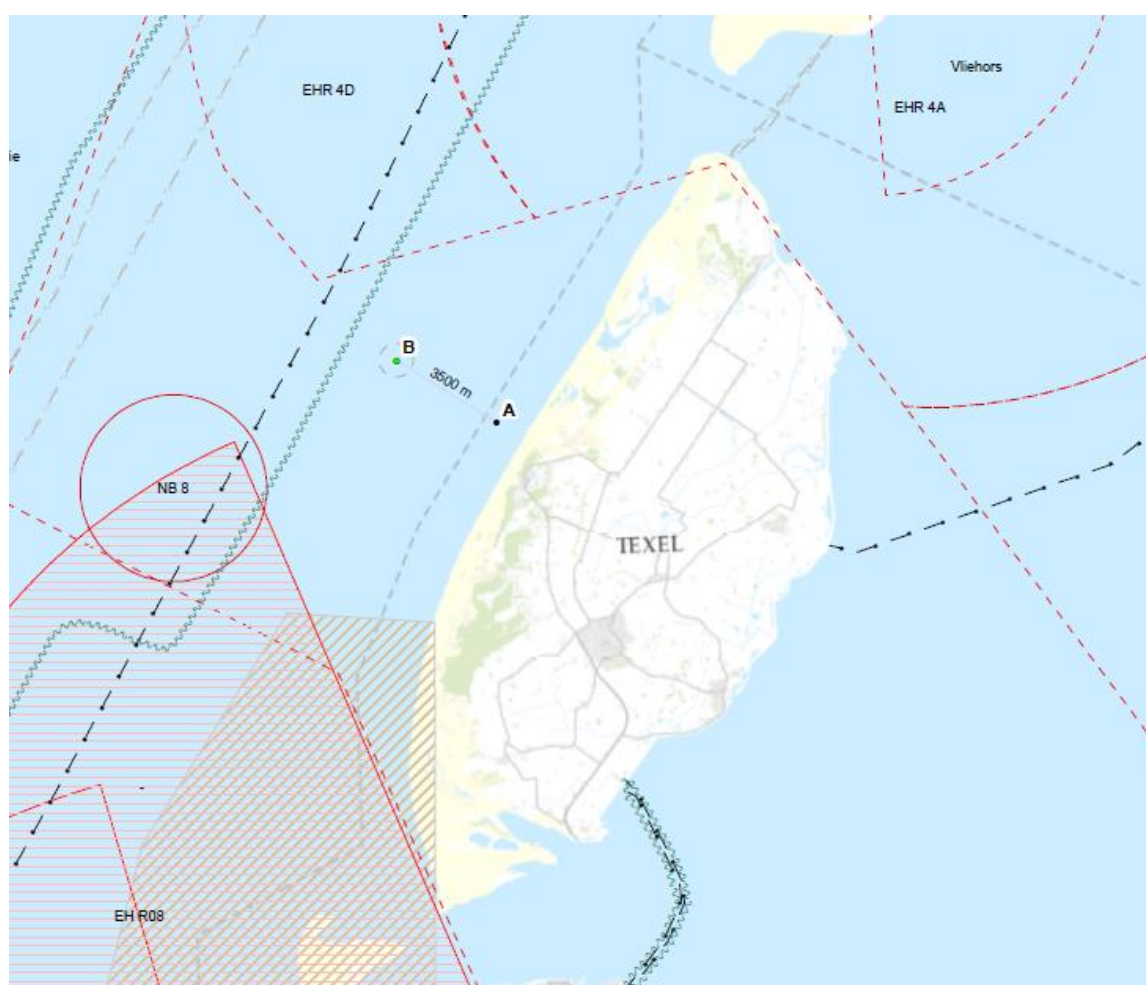
Lijst met Figuren

Figuur 1.1	Huidige (A) en nieuwe (B) locatie van de meetpaal. Bron: Rijkswaterstaat Centrale Informatievoorziening.	1
Figuur 2.1	Overzicht gegevensbronnen.	3
Figuur 2.2	Tijdreeksen van totale waterstand gemeten op de huidige meetpaal locatie. De observaties in rood werden als uitschieters geïdentificeerd.	4
Figuur 2.3	CoastDat tijdreeksen van totale waterstand en dieptegemiddelde stroomsnelheid en stroomrichting.	5
Figuur 2.4	CoastDat dieptegemiddelde stroomsnelheidsroos. Richtingen zijn naar het centrum van de roos. Het getal in het centrum van de roos geeft het percentage van gegevens lager dan 0.2 m/s aan.	5
Figuur 2.5	HARMONIE tijdreeksen van windsnelheid en windrichting.	6
Figuur 2.6	HARMONIE windroos. Richtingen zijn naar het centrum van de roos. Het getal in het centrum van de roos geeft het percentage van gegevens lager dan 1.5 m/s aan.	7
Figuur 2.7	Gemeten tijdreeksen van spectrale significante golfhoogte, piekgolfperiode en gemiddelde golfrichting bij Eierlandse Gat (ELD).	8
Figuur 2.8	Golfroos voor Eierlandse Gat (ELD). Richtingen zijn naar het centrum van de roos. Het getal in het centrum van de roos geeft het percentage van gegevens lager dan 0.5 m aan.	8
Figuur 3.1	Voorbeeld van de filtering van POT waarden uit een tijdreeks (blauwe lijn). Alle waarden boven de drempel van 22.24 zijn aangegeven met groen en de statistisch onafhankelijke POT waarden zijn aangegeven met rood.	9
Figuur 3.2	Waterstanden op de nieuwe locatie van de meetpaal. Boven: Tijdserie van de totale waterstand- en de tijdserie van het getij uit de harmonische analyse. Onder: Tijdserie van de wind opzet uit de harmonische analyse.	11
Figuur 3.3	Terugkeerwaardengrafiek van de windopzet op de nieuwe locatie van de meetpaal. De onderbroken lijnen geven de bijbehorende 95% betrouwbaarheidsbanden aan. De POT gegevens zijn weergegeven door de sterretjes.	12
Figuur 3.4	Terugkeerwaardengrafiek van de windopzet berekent op basis van de metingen ter plaatse van de huidige meetpaal. De onderbroken lijnen geven de bijbehorende 95% betrouwbaarheidsbanden aan. De POT gegevens zijn weergegeven door de sterretjes.	13
Figuur 3.5	Terugkeerwaardengrafiek van de uurgemiddelde windsnelheid op de nieuwe locatie van de meetpaal. De onderbroken lijnen geven de bijbehorende 95% betrouwbaarheidsbanden aan. De POT gegevens zijn weergegeven door de sterretjes.	14
Figuur 3.6	Overzicht toegepast golfmodel.	15
Figuur 3.7	Significante golfhoogte, scenario 120 (rand $H_{m0} = 5.7\text{m}$, $T_p = 11.8\text{s}$, $T_{h0} = 334^\circ$, invoer $U_{10} = 16.9\text{m/s}$, $U_{dir} = 331^\circ$).	16

Figuur 3.8	Significante golfhoogte, piekgolfperiode, gemiddelde golfperiode en gemiddelde golfrichting op de nieuwe locatie van de meetpaal op basis van transformatie.....	17
Figuur 3.9	Golfroos op de nieuwe locatie van de meetpaal. Richtingen zijn naar het centrum van de roos. Het getal in het centrum van de roos geeft het percentage van gegevens lager dan 0.5 m aan.	17
Figuur 3.10	Terugkeerwaardengrafiek van de significante golfhoogte op de nieuwe locatie van de meetpaal voor sectoren Noord (links) en Noordoost (rechts). De onderbroken lijnen geven de bijbehorende 95% betrouwbaarheidsbanden aan. De POT gegevens zijn weergegeven door de sterretjes.....	19
Figuur 3.11	Terugkeerwaardengrafiek van de significante golfhoogte op de nieuwe locatie van de meetpaal voor sectoren Oost (links) en Zuidoost (rechts). De onderbroken lijnen geven de bijbehorende 95% betrouwbaarheidsbanden aan. De POT gegevens zijn weergegeven door de sterretjes.....	19
Figuur 3.12	Terugkeerwaardengrafiek van de significante golfhoogte op de nieuwe locatie van de meetpaal voor sectoren Zuid (links) en Zuidwest (rechts). De onderbroken lijnen geven de bijbehorende 95% betrouwbaarheidsbanden aan. De POT gegevens zijn weergegeven door de sterretjes.....	20
Figuur 3.13	Terugkeerwaardengrafiek van de significante golfhoogte op de nieuwe locatie van de meetpaal voor sectoren West (links) en Noordwest (rechts). De onderbroken lijnen geven de bijbehorende 95% betrouwbaarheidsbanden aan. De POT gegevens zijn weergegeven door de sterretjes.....	20
Figuur 3.14	Terugkeerwaardengrafiek van de dieptegemiddelde stroomsnelheid op de nieuwe locatie van de meetpaal. De onderbroken lijnen geven de bijbehorende 95% betrouwbaarheidsbanden aan. De POT gegevens worden weergegeven door de sterretjes.	23
Figuur 4.1	Joint-occurrence tabel golfparameters (percentages) H_{m0} en T_{m02} , op de nieuwe locatie van de meetpaal, richtingssector N [337,5°N-22,5°N]	25
Figuur 4.2	Joint-occurrence tabel golfparameters (percentages) H_{m0} en T_{m02} , op de nieuwe locatie van de meetpaal, richtingssector NO [22,5°N-67,5°N]	26
Figuur 4.3	Joint-occurrence tabel golfparameters (percentages) H_{m0} en T_{m02} , op de nieuwe locatie van de meetpaal, richtingssector O [67,5°N-112,5°N]	26
Figuur 4.4	Joint-occurrence tabel golfparameters (percentages) H_{m0} en T_{m02} , op de nieuwe locatie van de meetpaal, richtingssector ZO [112,5°N-157,5°N].....	27
Figuur 4.5	Joint-occurrence tabel golfparameters (percentages) H_{m0} en T_{m02} , op de nieuwe locatie van de meetpaal, richtingssector Z [157,5°N-202,5°N].....	27
Figuur 4.6	Joint-occurrence tabel golfparameters (percentages) H_{m0} en T_{m02} , op de nieuwe locatie van de meetpaal, richtingssector ZW [202,5°N-247,5°N]	28
Figuur 4.7	Joint-occurrence tabel golfparameters (percentages) H_{m0} en T_{m02} , op de nieuwe locatie van de meetpaal, richtingssector W [247,5°N-292,5°N]	28
Figuur 4.8	Joint-occurrence tabel golfparameters (percentages) H_{m0} en T_{m02} , locatie meetpaal, richtingssector NW [292,5°N-337,5°N]	29

1 Introductie

De meetlocatie bij Texel gaat verplaatst worden, zoals aangegeven in Figuur 1.1 en Tabel 1.1. Ten behoeve van het ontwerp van de nieuwe meetlocatie, met een ontwerplevensduur van minimaal 50 jaar, dienen de maatgevende randvoorwaarden bepaald te worden. Rijkswaterstaat Centrale Informatievoorziening heeft Deltares gevraagd om de wind-, waterstand-, stroming- en golf randvoorwaarden te bepalen voor de nieuwe locatie van de meetpaal.



Figuur 1.1 Huidige (A) en nieuwe (B) locatie van de meetpaal. Bron: Rijkswaterstaat Centrale Informatievoorziening.

Locatie		longitude	Latitude	X (m RD)	Y (m RD)
A	Huidige locatie	4° 45.064'	53° 06.890'	112405.48	569970.90
B	Nieuwe locatie	4° 42.439'	53° 07.923'	109494.20	571913.71

Tabel 1.1 Coördinaten van de huidige en nieuwe locaties van de meetpaal.

Voor wind, waterstand, stroming en golven dienen de maatgevende randvoorwaarden in de uiterste grenstoestand (overschrijdingsfrequentie van 0,01 keer per jaar, 100-jr) en de bruikbaarheidsgrenstoestand (overschrijdingsfrequentie van 1 keer per jaar, 1-jr) bepaald te

worden. Voor de golven is naast de extreme waarden ook een inschatting van het permanent aanwezige golfveld van belang. De reden hiervoor is dat dit continu aanwezige golfveld zorgt voor een groot aantal, veelal kleine, spanningswisselingen in de constructie, waardoor de constructie uiteindelijk vanwege vermoeiing kan bezwijken.

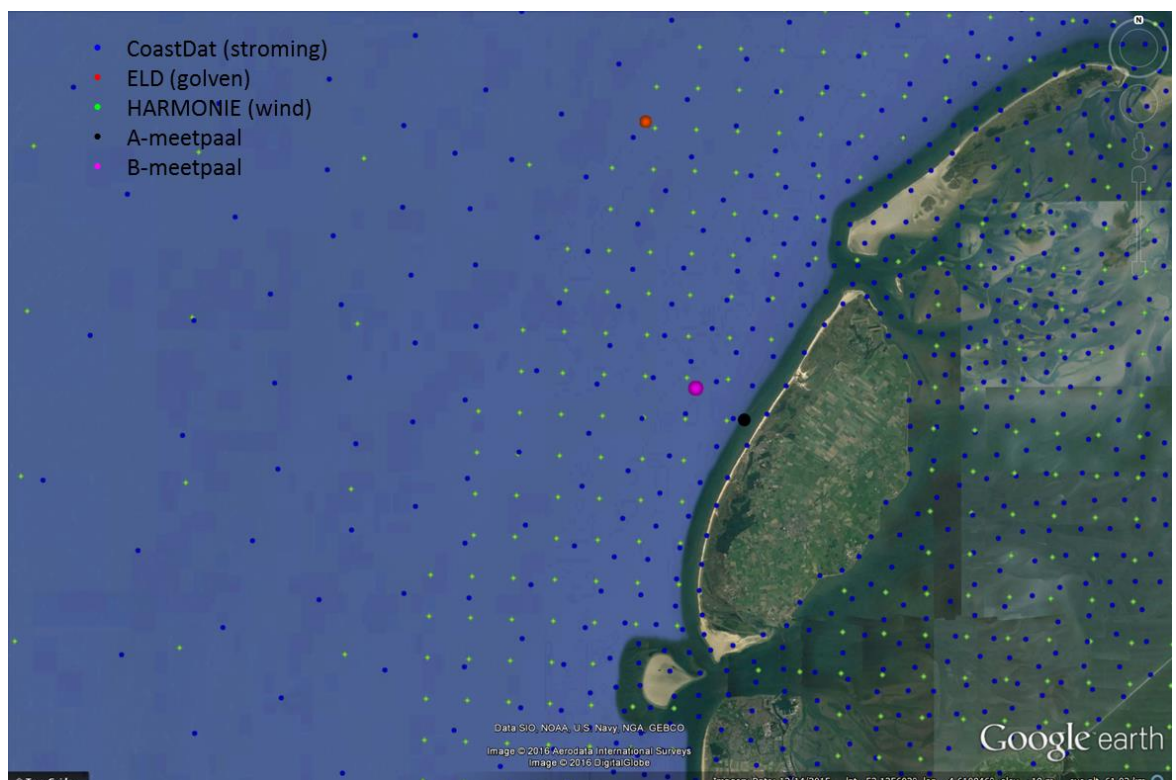
Meer specifiek zijn de te bepalen parameters:

- 1 1- en 100-jr hoogwaterstand, opgebouwd uit de astronomische waterstand (HAT = Highest Astronomical Tide) vermeerderd met de windopzet.
- 2 1- en 100-jr windsnelheid op 10 m hoogte, uurgemiddeld en minuutgemiddeld, omni-directioneel.
- 3 1- en 100-jr maximale golfhoogte (H_{max}) en de bij die maximale golf horende golfperiode (T_{Hmax}), onderverdeeld per richtingssector van 45° .
- 4 1- en 100-jr omni-directionele stroming onderverdeeld in oppervlakte stroming, stroming op halve waterdiepte en stroming nabij de bodem.
- 5 Joint-occurrence tabellen van de significante golfhoogte (H_{m0}) en gemiddelde golfperiode (T_z of T_{m02}), onderverdeeld per richtingssector van 45° .

2 Overzicht gebruikte gegevens

In dit hoofdstuk wordt een beschrijving gegeven van de gegevens die als basis dienen voor deze studie. In Figuur 2.1 is een overzicht gegeven van de locaties van de verschillende gegevensbronnen ten opzichte van de huidige en nieuwe locatie van de meetpaal. De gebruikte gegevensbronnen zijn:

- Waterstands- en stromingsgegevens uit de CoastDat database (hindcast data), zie Weisse en Plüß (2006);
- Windgegevens uit de HARMONIE database (hindcast data), zie Van den Brink en Caires (2015);
- Golfgegevens van de meetboei bij Eierlandse Gat (ELD).

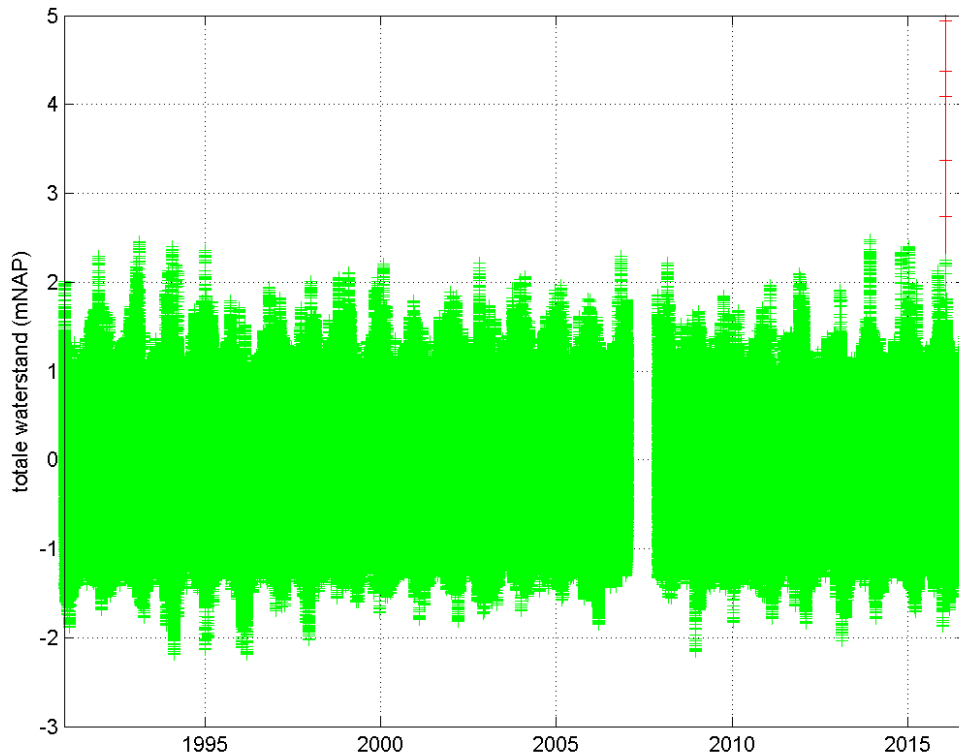


Figuur 2.1 Overzicht gegevensbronnen.

2.1 Waterstand en stroming

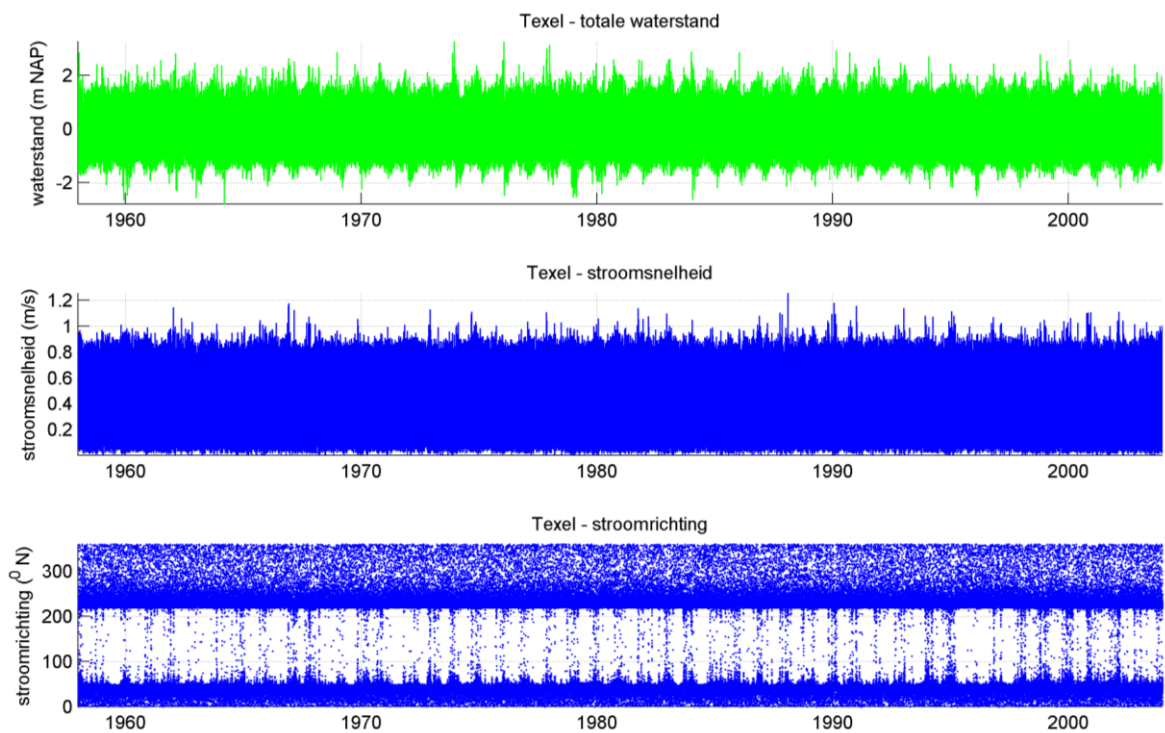
Waterstandsmetingen ter plaatse van de huidige meetpaal zijn beschikbaar voor de periode januari 1991 tot en met augustus 2016 met een gat van januari tot november 2007, in totaal ongeveer 25 jaar aan data. Bijbehorende voorspelde/berekende getij waterstanden zijn ook van RWS beschikbaar. Lange termijn stromingsmetingen, representatief voor de locatie van de meetpaal, zijn niet beschikbaar. Voor deze studie zijn waterstanden en stromingen daarom gebaseerd op de CoastDat database (hindcast data) en de huidige meetpaal totale waterstand metingen. De CoastDat database is ontwikkeld door het Duitse Helmholtz-Zentrum Geesthacht (voorheen GKSS) en wordt over het algemeen beschouwd als een goed gevalideerde gegevensbron voor de bepaling van hydro- en meteo-statistieken in de Noordzee (Weisse en Plüß, 2006). Uit de CoastDat database zijn uurlijks totale waterstands- en dieptegemiddelde stroomsnelheidsgegevens beschikbaar vanaf 1958 t/m 2003 (46 jaar).

Figuur 2.2 toont de tijdreeksen van de totale waterstand gemeten op de huidige meetpaal locatie. De observaties in rood werden als uitschieters geïdentificeerd en niet meegenomen in de data analyse.

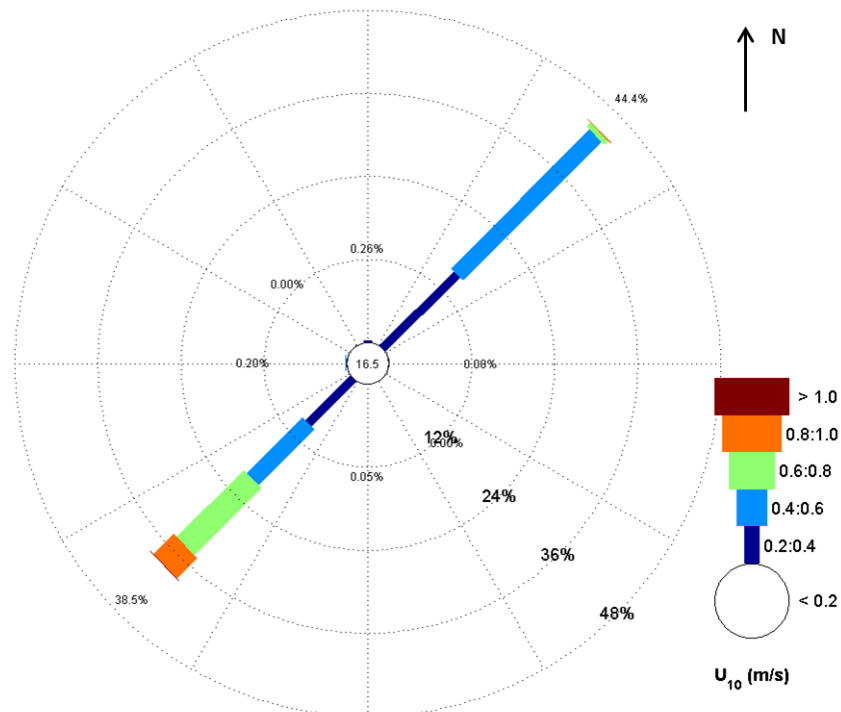


Figuur 2.2 Tijdreeksen van totale waterstand gemeten op de huidige meetpaal locatie. De observaties in rood werden als uitschieters geïdentificeerd.

Figuur 2.3 toont de tijdreeksen van de totale waterstand en dieptegemiddelde stroomsnelheid en stroomrichting in het CoastDat roosterpunt dichtst bij de nieuwe locatie van de meetpaal. Figuur 2.4 toont de bijbehorende dieptegemiddelde stroomsnelheidsroos. De coördinaten van het dichtstbijzijnde roosterpunt zijn 4.7028°E en 53.1466°N. De CoastDat-gegevens op deze locatie worden als maatgevend beschouwd voor de nieuwe locatie van de meetpaal.



Figuur 2.3 CoastDat tijdreeksen van totale waterstand en dieptegemiddelde stroomsnelheid en stroomrichting. CoastDat vanaf 01-Jan-1958 t/m 31-Dec-2003 23:00:00 4.7028°E, 53.1466°N (gemiddelde=0.4m/s, max=1.3m/s)



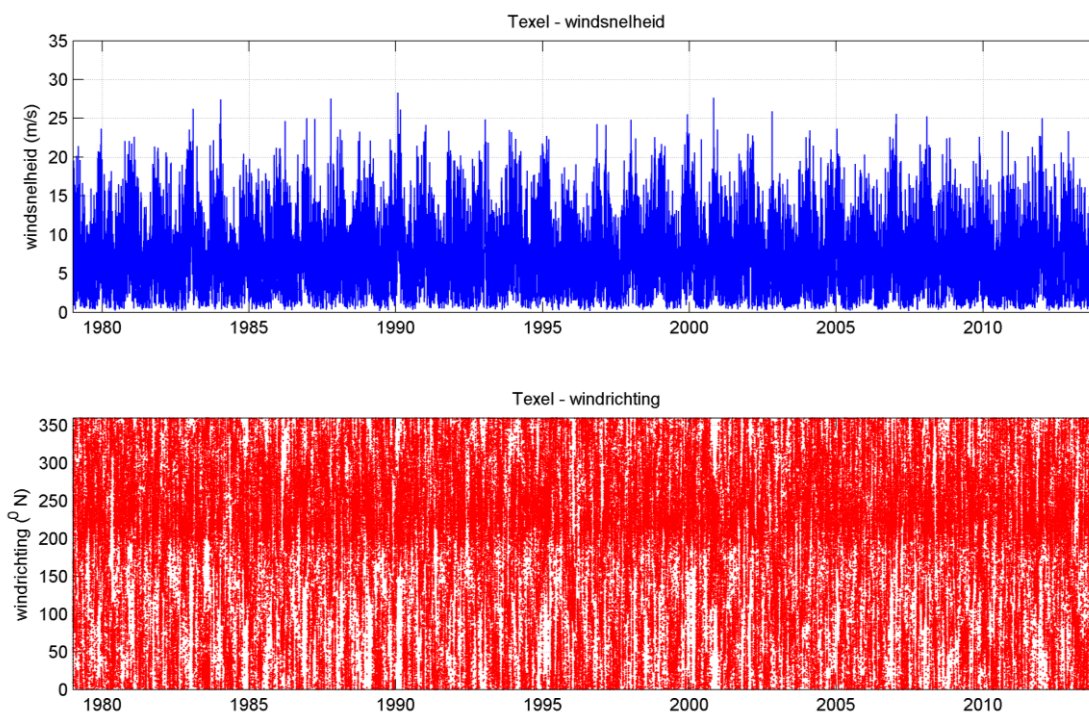
Figuur 2.4 CoastDat dieptegemiddelde stroomsnelheidsroos. Richtingen zijn naar het centrum van de roos. Het getal in het centrum van de roos geeft het percentage van gegevens lager dan 0.2 m/s aan.

2.2 Wind

Lange termijn metingen van windsnelheden en -richtingen zijn beschikbaar voor Texelhors. Deze gegevens worden echter niet als representatief beschouwd voor de nieuwe locatie van

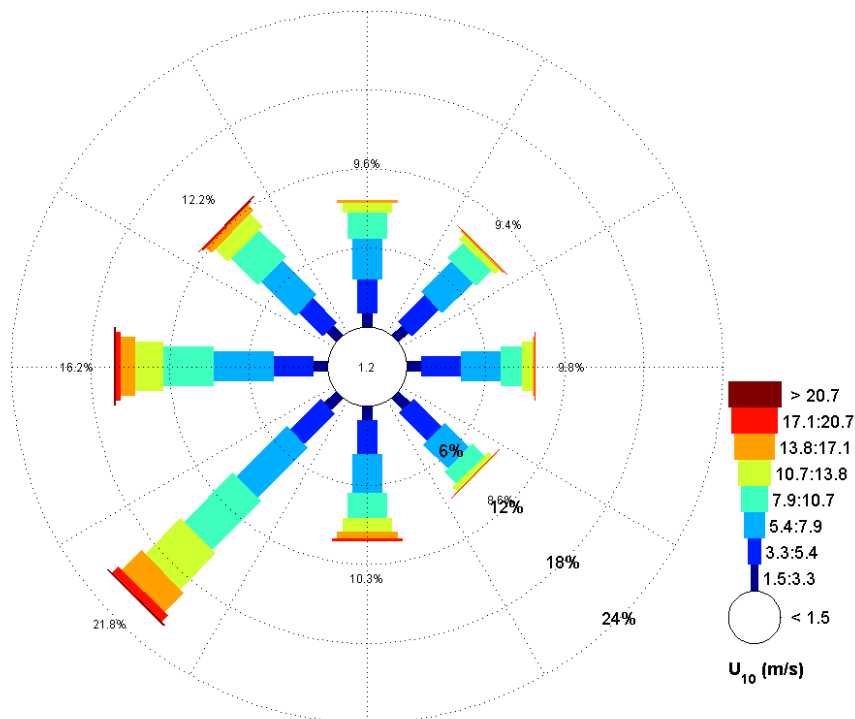
de meetpaal, omdat ze zijn beïnvloed door land en op een te grote afstand van de meetlocatie staan. KNMI en Deltares hebben de laatste jaren gewerkt aan het bepalen van betrouwbare windstatistieken voor open water ten behoeve van de toetsing van de primaire waterkeringen. Met dit doel voor ogen werd het atmosferisch model HARMONIE gevalideerd en toegepast om uurlijkse tijdreeksen van windsnelheden en -richtingen op open water te genereren voor de periode 1979-2013. Daarnaast werden er windrichtingsafhankelijke schattingen van de extreme windsnelheden op open water bepaald (Van den Brink en Caires, 2015).

Figuur 2.5 en Figuur 2.6 tonen de tijdreeksen en roos van het HARMONIE roosterpunt dichtst bij de nieuwe locatie van de meetpaal. De coördinaten van het dichtstbijzijnde roosterpunt zijn 4.6989°E en 53.1377°N. De HARMONIE windgegevens op deze locatie worden als maatgevend beschouwd voor de nieuwe locatie van de meetpaal.



Figuur 2.5 HARMONIE tijdreeksen van windsnelheid en windrichting.

HARMONIE vanaf 01-Jan-1979 t/m 31-Dec-2013 23:00:00 4.6989°E, 53.1377°N (gemiddelde=7.4m/s, max=28.3m/s)

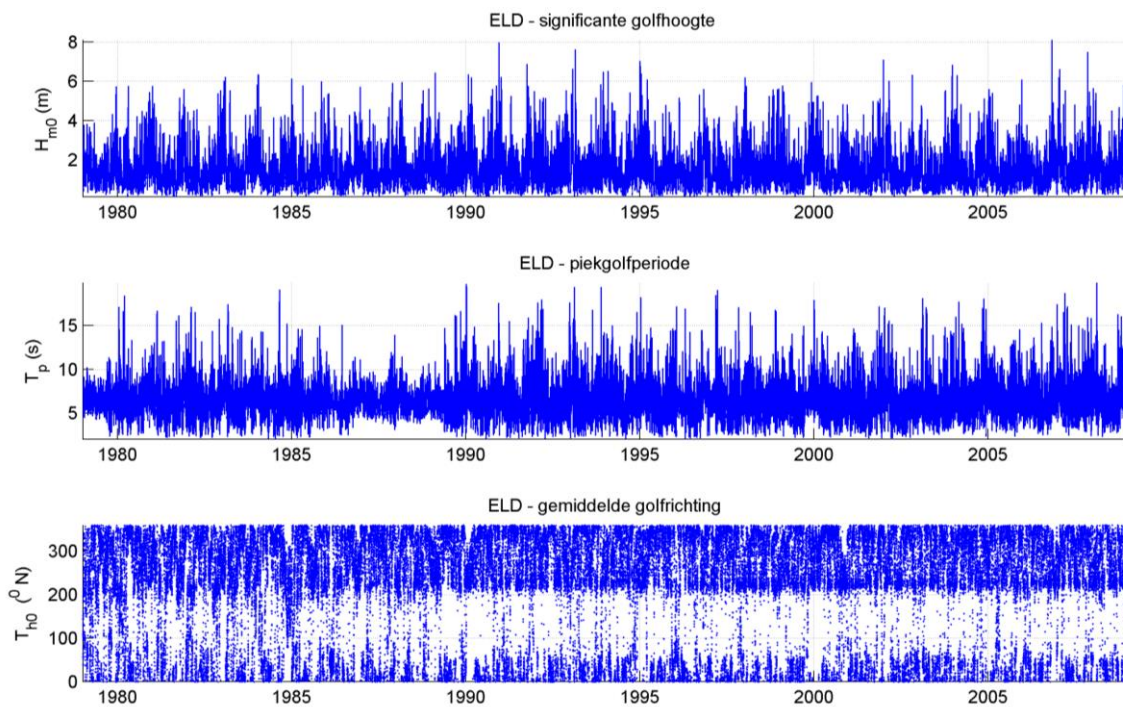


Figuur 2.6 HARMONIE windroos. Richtingen zijn naar het centrum van de roos. Het getal in het centrum van de roos geeft het percentage van gegevens lager dan 1.5 m/s aan.

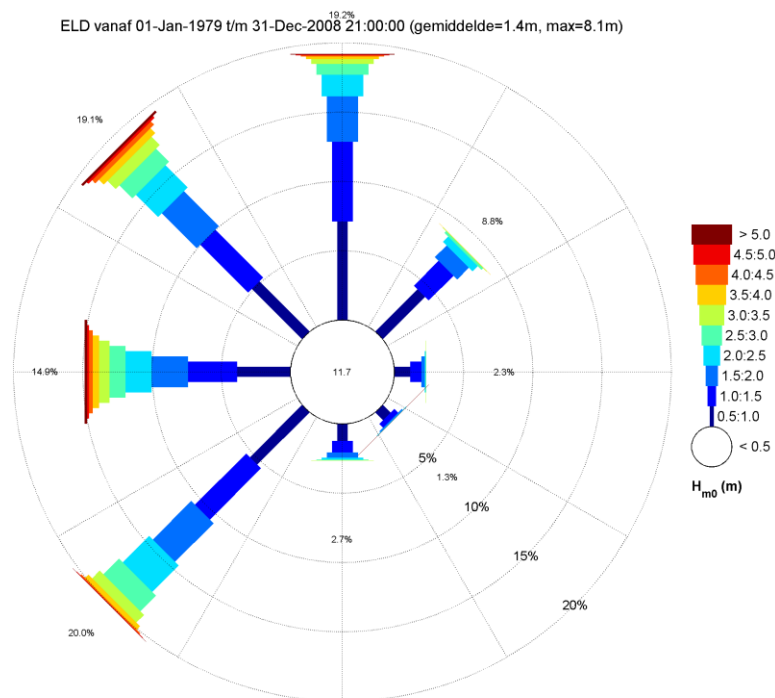
2.3 Golven

Lange termijn golfmetingen, representatief voor de locatie van de meetpaal, zijn niet beschikbaar. Daarom zijn de lange termijn golfgegevens op de meetlocatie bepaald door golfmodellering. Als basis voor de golfmodellering en -analyse zijn de golfmetingen bij Eierlandse Gat (ELD) gebruikt. Voor deze studie waren golfgegevens beschikbaar van 1978 tot en met 2008, die door Rijkswaterstaat gevalideerd¹ zijn ten behoeve van de toetsing van de primaire waterkeringen. Figuur 2.7 toont de tijdreeksen van de spectrale significante golfhoogte (H_{m0}), de spectrale piekgolfperiode (T_p) en de gemiddelde golfrichting (θ_0) gemeten bij ELD. Figuur 2.8 geeft de bijbehorende golfroos weer.

¹ Met behulp van een neurale netwerk en meetgegevens op andere locaties zijn gaten in de gegevens opgevuld en kwaliteitscontroles uitgevoerd, zie <http://www.modelit.nl/index.php/disciplines/coastal-engineering/wavix>.



Figuur 2.7 Gemeten tijdreeksen van spectrale significante golfhoogte, piekgolfperiode en gemiddelde golfrichting bij Eierlandse Gat (ELD).



Figuur 2.8 Golfroos voor Eierlandse Gat (ELD). Richtingen zijn naar het centrum van de roos. Het getal in het centrum van de roos geeft het percentage van gegevens lager dan 0.5 m aan.

De golfgegevens bij ELD zijn met behulp van een numeriek golfmodel (SWAN) getransformeerd naar de nieuwe locatie van de meetpaal. Voor de verdere beschrijving van de toegepaste methode wordt er verwezen naar paragraaf 3.4.

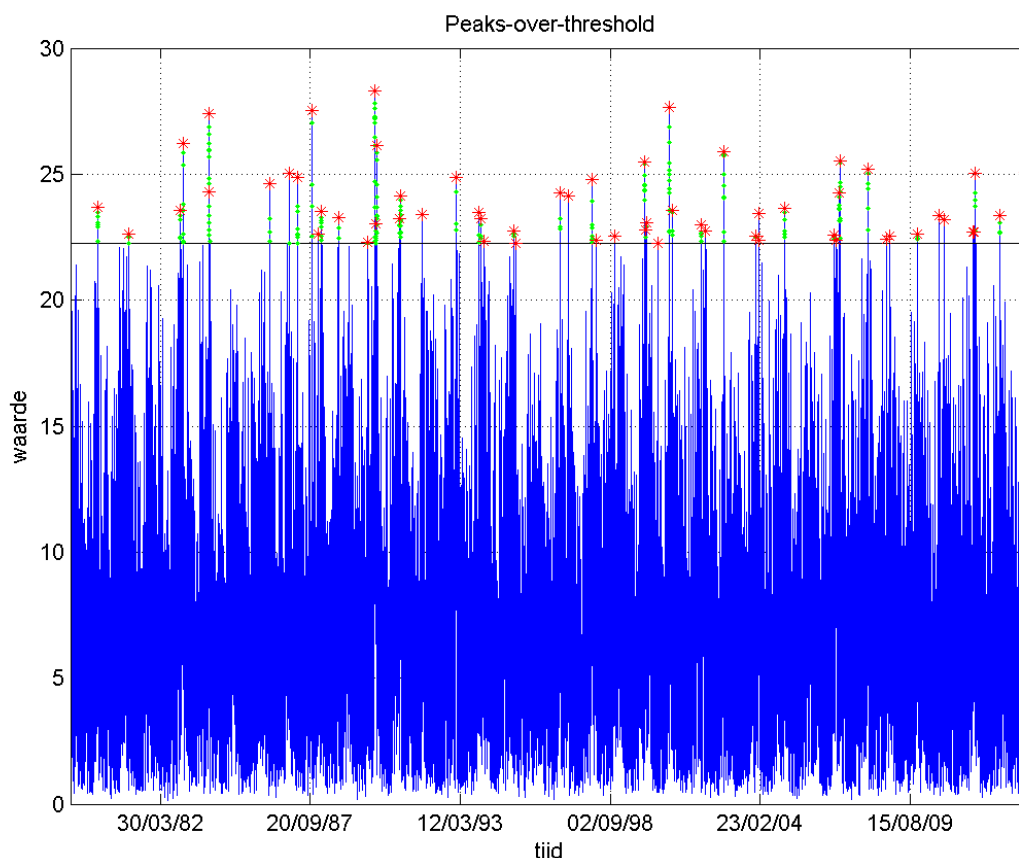
3 Extreme waarden

3.1 Methodiek

Extreme waarden voor de bruikbaarheidsgrenstoestand (overschrijdingsfrequentie van 1 keer per jaar) en de uiterste grenstoestand (overschrijdingsfrequentie van 0,01 keer per jaar) volgen uit de extreme waarden analyse van de beschikbare gegevens, zoals beschreven in Hoofdstuk 2, en de resultaten van de golfmodellering.

Gezien de lengte van de beschikbare tijdreeksen en de terugkeerperioden die bepaald moeten worden, is de *Peaks-over-Threshold* (POT) methode gebruikt in de extreme waarde analyses (Caires, 2016).

In een POT analyse worden piekwaarden boven een vastgelegde drempel uit een volledige tijdserie gefilterd. Tussen de piekwaarden wordt een minimale afstand vastgesteld om te zorgen voor statistische onafhankelijkheid. In deze studie is aangenomen dat pieken met een onderlinge afstand van minder dan 96 uur tot hetzelfde cluster (storm) behoren. In Figuur 3.1 is een voorbeeld gegeven van de filtering van POT waarden uit een tijdreeks.



Figuur 3.1 Voorbeeld van de filtering van POT waarden uit een tijdreeks (blauwe lijn). Alle waarden boven de drempel van 22.24 zijn aangegeven met groen en de statistisch onafhankelijke POT waarden zijn aangegeven met rood.

Door de POT waarden wordt vervolgens een gegeneraliseerde Pareto verdeling (GPV) gefit. Het fitten van de GPV is gemotiveerd door een stelling van extreme waarden theorie die luidt

dat voor een "groot genoeg" drempelwaarde u , de functie F_u een benadering geeft van de verdelingsfunctie van de hoge waarden van een stochast z minus u , $y = z - u$. De GPV heeft de volgende vorm:

$$F_u(y) = \begin{cases} 1 - \left(1 + \xi \frac{y}{\tilde{\sigma}}\right)^{-1/\xi}, & \text{for } \xi \neq 0 \\ 1 - \exp\left(-\frac{y}{\tilde{\sigma}}\right), & \text{for } \xi = 0, \end{cases}$$

waar $y > 0$, $\tilde{\sigma} > 0$ and $(1 + \xi(y/\tilde{\sigma})) > 0$. De twee parameters van de GPV zijn de schaalparameter ($\tilde{\sigma}$) en de vormparameter (ξ). Wanneer de vormparameter negatief is, heeft de GPV een bovengrens, te weten $u - \tilde{\sigma}/\xi$, waar u de drempelwaarde is. Wanneer de vormparameter nul of positief is heeft de GPV geen bovengrens. De exponentiële verdeling is een speciaal geval van de GPV waarbij geldt $\xi = 0$. De m -jr terugkeerwaarde uit een POT analyse (z_m) is geven door:

$$z_m = \begin{cases} u + \frac{\tilde{\sigma}}{\xi} \{ (\lambda_u m)^\xi - 1 \}, & \text{for } \xi \neq 0 \\ u + \tilde{\sigma} \ln(\lambda_u m), & \text{for } \xi = 0, \end{cases} \quad (4)$$

waar λ_u de drempeloverschrijdingsratio, het gemiddeld aantal POT pieken per jaar, is.

De keuze van de drempelwaarde in een POT analyse is een compromis tussen bias en variantie. Een te lage drempel zal waarschijnlijk inbreuk maken op de asymptotische basis van het model, wat tot een bias leidt. Een te hoge drempel resulteert in minder excessen voor de fit, wat tot hoge variantie leidt. Een belangrijke voorwaarde voor de POT benadering is de stabiliteit van de gekozen drempel: indien GPV een redelijk model is voor excessen van een drempel u , dan geldt voor een hogere drempel $u_1 > u_0$ een GPV met een identieke vorm parameter. Deze eigenschap van de GPV is in deze studie gebruikt om de POT drempel te kiezen. Verder is in deze studie de *Probability Weighted Moments* methode gebruikt (Caires, 2016) voor de schatting van de parameters van de GPV en gecombineerd met een aangepaste bootstrap methode (Coles en Simiu, 2003) voor het berekenen van de betrouwbaarheidsbanden.

De boven beschreven extreme waarden analyse is geïmplementeerd in de Deltares data-analyse tool ORCA (Caires en Van Os, 2012), die gebruikt is voor alle in dit rapport gepresenteerde analyses.

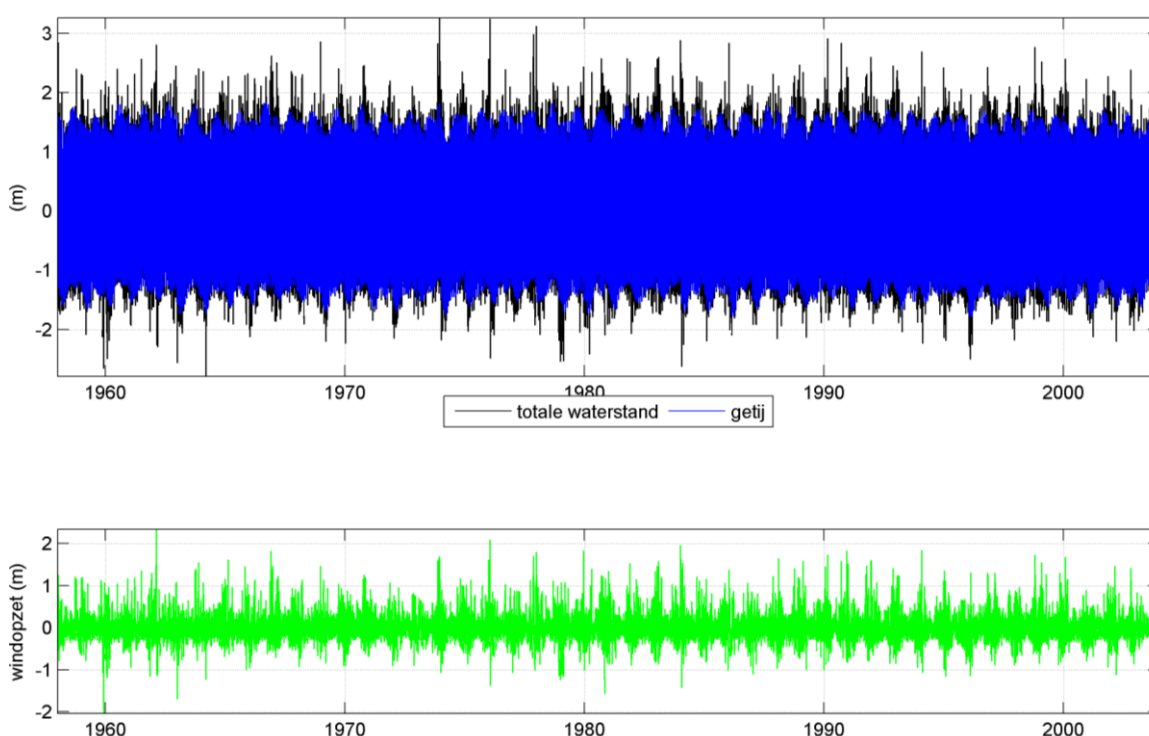
3.2 Waterstand

De gevraagde extreme hoogwaterstand is opgebouwd uit de astronomische waterstand HAT (= Highest Astronomical Tide) vermeerderd met de windopzet. Benadrukt wordt dat deze optelling een conservatieve schatting van de extreme hoogwaterstand geeft. Het maximaal hoogwater zal immers niet noodzakelijkerwijs samenvallen met de maximale windopzet.

Omdat de CoastDat gegevens een langere periode dekken dan de metingen ter plaatse van de huidige meetpaal, werden die gebruikt als basis voor de bepaling van de HAT waarden en de extreme windopzet. De CoastDat gegevens bevatten echter alleen de totale waterstand. Met een harmonische analyse zijn de harmonische componenten van het getij gescheiden van het restsignaal. Het restsignaal bevat zowel de niet-getijgedreven component als gevolg

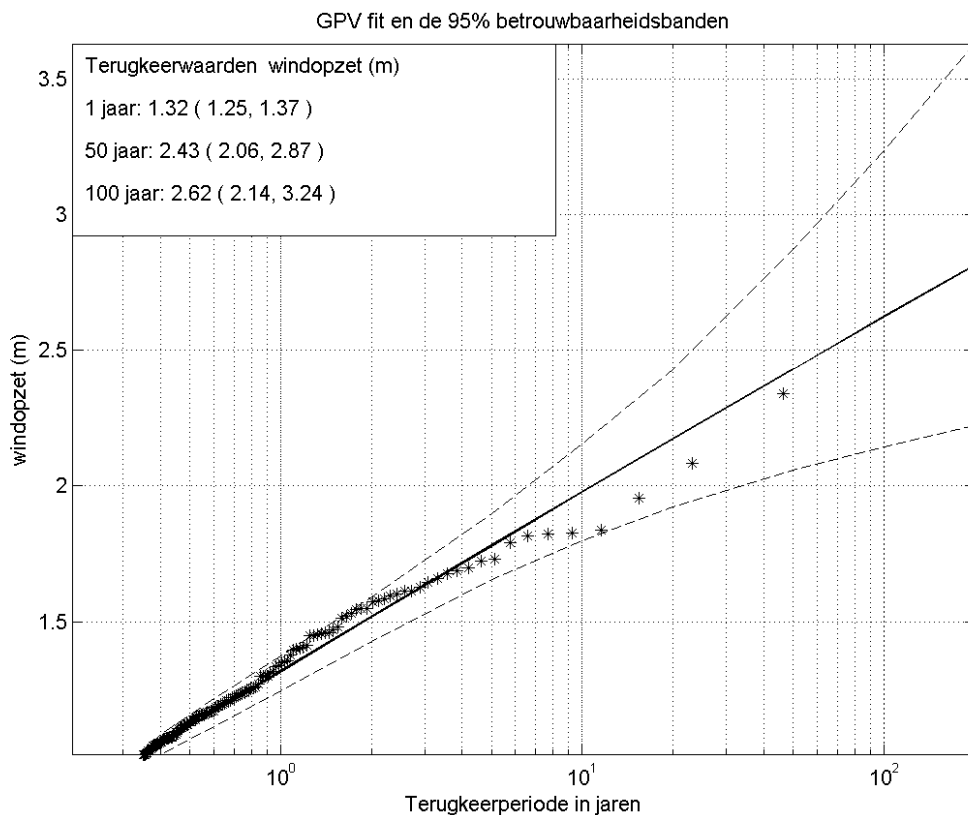
van meteorologische variaties (windopzet), als een mogelijke fout. Deze mogelijke fout is in de verdere analyse verwaarloosd en aangenomen wordt dat de windopzet gelijk is aan het restsignaal. Figuur 3.2 laat de resultaten van de harmonische analyse zien.

Uit de harmonische analyse volgt een verzameling van getijcomponenten, bestaande uit 69 vooraf geselecteerde componenten. Deze componenten kunnen vervolgens gebruikt worden voor een 18,6-jarige getijvoorspelling (volledige maancyclus). Echter, omdat de tijdreeks van het getij uit de harmonische analyse 46 jaar dekt (meer dan twee volledige maancycli) is een dergelijke voorspelling niet noodzakelijk. De HAT waarde is bepaald uit de 46-jr tijdreeks voor het getij en deze bedraagt 1.76 m boven NAP. Hierbij is aangenomen dat NAP gelijk is aan “gemiddeld zeeniveau” in de CoastDat gegevens.



Figuur 3.2 Waterstanden op de nieuwe locatie van de meetpaal. Boven: Tijdserie van de totale waterstand- en de tijdserie van het getij uit de harmonische analyse. Onder: Tijdserie van de wind opzet uit de harmonische analyse.

De extreme waarde analyse is uitgevoerd op het restsignaal uit de harmonische analyse om de waarden van de windopzet behorende bij de overschrijdingsfrequenties van 1 keer per jaar en 0,01 keer per jaar te bepalen. Figuur 3.3 geeft de terugkeerwaardengrafiek van de windopzet weer en Tabel 3.1 geeft de POT parameterwaarden. In Tabel 3.2 zijn de resulterende overschrijdingswaarden van de hoogwaterstand ter plaatse van de meetpaal weergegeven.



Figuur 3.3 Terugkeeraardengrafiek van de windopzet op de nieuwe locatie van de meetpaal. De onderbroken lijnen geven de bijbehorende 95% betrouwbaarheidsbanden aan. De POT gegevens zijn weergegeven door de sterretjes.

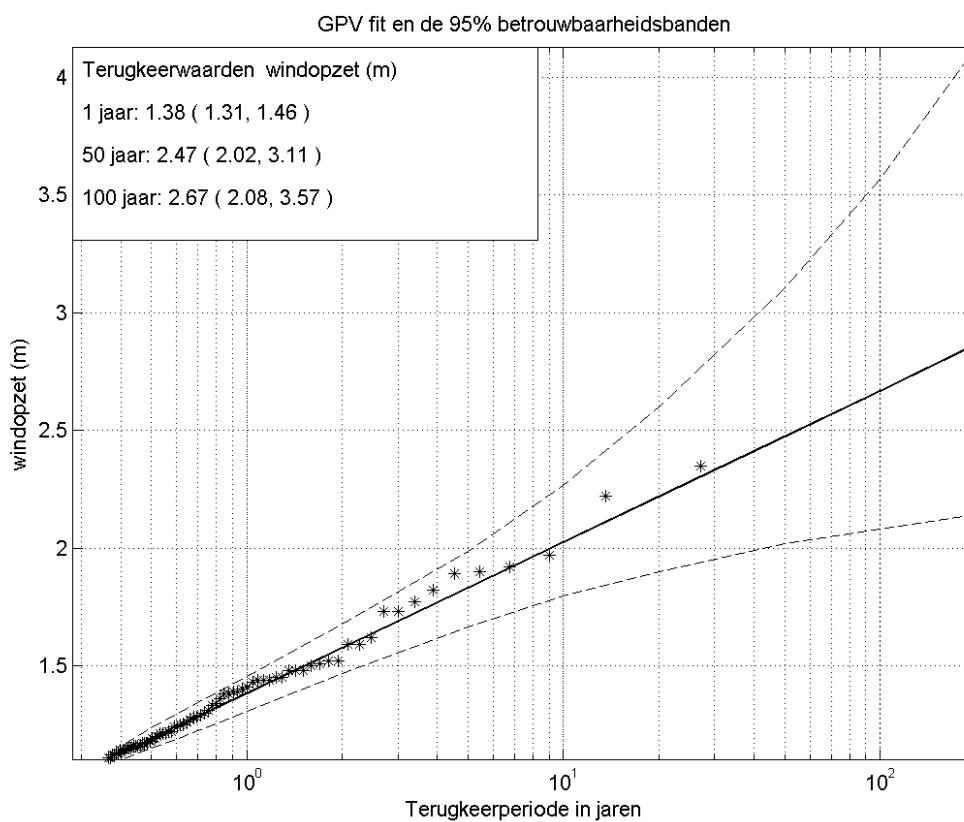
Tabel 3.1 Windopzet POT analyse parameters en bijbehorende 95% betrouwbaarheidsbanden.

u (m)	λ_u	$\tilde{\sigma}$ (m)	ξ
0.85	4.91	0.30 (0.23, 0.36)	-0.01 (-0.17, 0.14)

Tabel 3.2 Terugkeeraarden en bijbehorende 95% betrouwbaarheidsbanden van de hoogwaterstanden op de nieuwe locatie van de meetpaal.

Terugkeerperiode	Windopzet (m)	HAT (m NAP)	Totale waterstand (m NAP) (HAT+ windopzet)
1 jaar	1.32 (1.25, 1.37)	1.76	3.08 (3.01, 3.14)
100 jaar	2.62 (2.14, 3.24)		4.39 (3.91, 5.00)

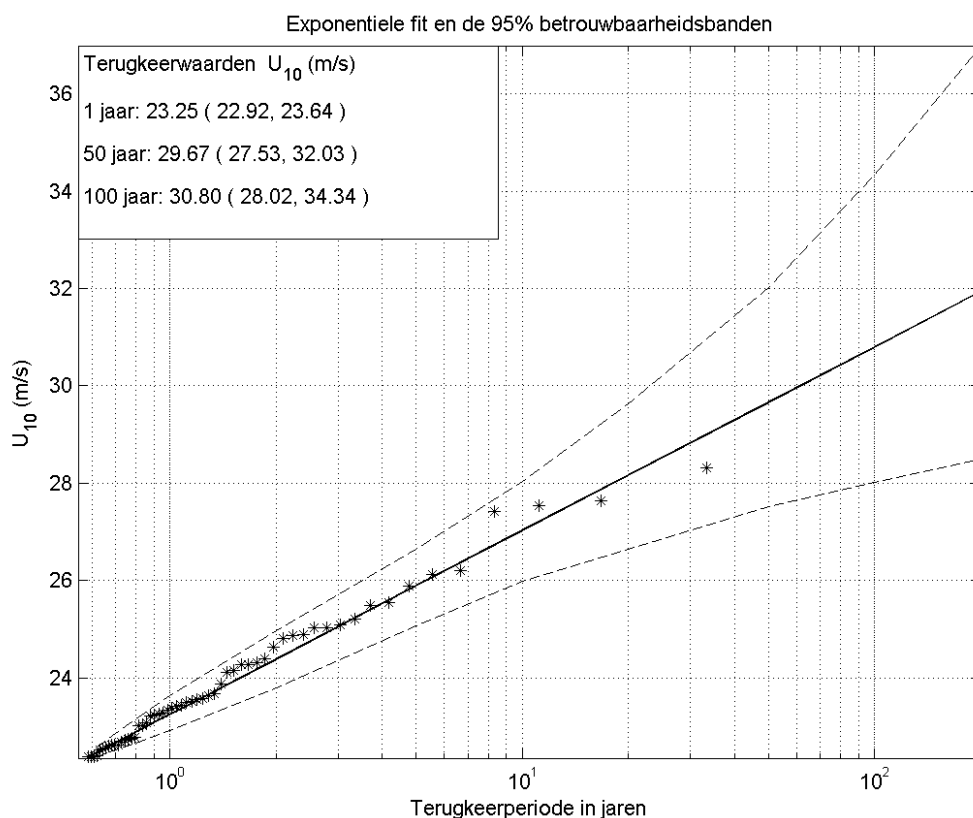
De CoastDat waterstandsgegevens zijn vergeleken met de huidige meetpaal meetgegevens en de vergelijkingen tonen een goede correlatie (hoger dan 80%) tussen de data. De CoastDat gegevens tonen ook verwaarloosbare verschillen tussen de waterstanden van de roosterpunten dicht bij de twee meetpaallocaties. Figuur 3.4 Figuur 3.3 geeft de terugkeeraardengrafiek van de windopzet berekend uit de huidige meetpaal meetgegevens weer. De overschrijdingswaarden schattingen zijn vergelijkbaar met die uit de CoastDat gegevens (zie Figuur 3.3). De kwaliteit van de CoastDat data wordt dus bevestigd door de huidige meetpaal metingen.



Figuur 3.4 Terugkeerwaardengrafiek van de windopzet berekent op basis van de metingen ter plaatse van de huidige meetpaal. De onderbroken lijnen geven de bijbehorende 95% betrouwbaarheidsbanden aan. De POT gegevens zijn weergegeven door de sterretjes.

3.3 Wind

Extreme windsnelheden (omni-directioneel, uur- en minuutgemiddeld) voor de bruikbaarheidsgrenstoestand (overschrijdingsfrequentie van 1 keer per jaar) en de uiterste grenstoestand (overschrijdingsfrequentie van 0,01 keer per jaar) volgen uit de extreme waarde analyse van de HARMONIE uurgemiddelde windsnelheden bij de meetpaal. Zoals in Caires and Van den Brink (2016) en in andere studies is een exponentiële verdeling (GPV met een vormparameter gelijk aan 0) aangenomen voor de staart van de windgegevens. Figuur 3.5 geeft de terugkeerwaardengrafiek van de uurgemiddelde windsnelheden weer en Tabel 3.3 de POT parameterwaarden.



Figuur 3.5 Terugkeerwaardengrafiek van de uurgemiddelde windsnelheid op de nieuwe locatie van de meetpaal. De onderbroken lijnen geven de bijbehorende 95% betrouwbaarheidsbanden aan. De POT gegevens zijn weergegeven door de sterretjes.

Tabel 3.3 Uurgemiddelde windsnelheid POT analyse parameters en bijbehorende 95% betrouwbaarheidsbanden.

u (m/s)	λ_u	$\tilde{\sigma}$ (m/s)	ξ
22.24	1.86	1.64 (1.30, 2.00)	0

De extreme waarden van de uurgemiddelde windsnelheden zijn vervolgens omgezet naar minuutgemiddelde waarden volgens de richtlijnen opgesteld door het American Petroleum Institute (API, 2005):

$$U_{10,1min} = U_{10} \left(1 - 0.41(1 + 0.043U_{10}) \ln \left(\frac{1}{60} \right) \right),$$

waarin $U_{10,1min}$ de minuutgemiddelde windsnelheid op 10 meter hoogte is en U_{10} de uurgemiddelde windsnelheid op 10 meter hoogte.

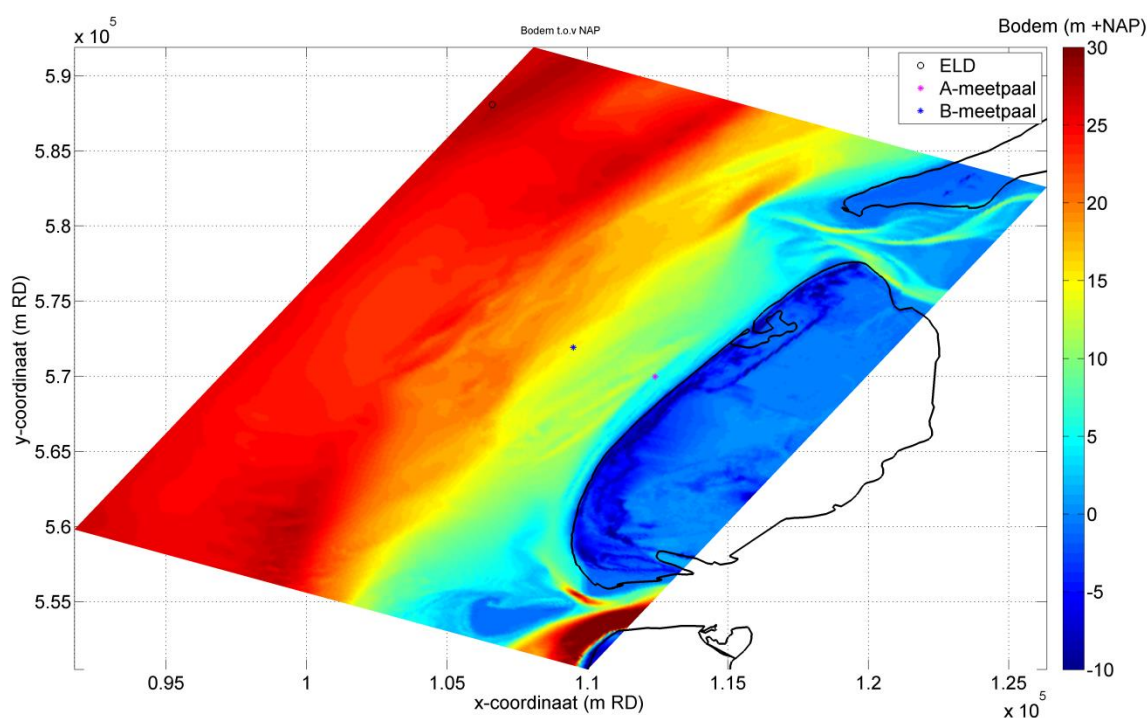
In Tabel 3.4 worden de extreme windsnelheden weergegeven voor de uur- en minuutgemiddelde windsnelheden tezamen met de 95% betrouwbaarheidsbanden gepresenteerd.

Tabel 3.4 Terugkeerwaarden en bijbehorende 95% betrouwbaarheidsbanden windsnelheid op de nieuwe locatie van de meetpaal.

Terugkeerperiode	U_{10} (m/s)	$U_{10,1min}$ (m/s)
1 jaar	23.3 (22.9, 23.6)	27.9 (27.5, 28.4)
100 jaar	30.8 (28.0, 34.3)	38.0 (34.2, 42.9)

3.4 Golven

Voor de bepaling van de normale en extreme golfcondities op de meetpaallocatie is een gedetailleerd SWAN (Booij et al., 1999) golfmodel opgezet. Met behulp van het golfmodel zijn de lange termijn offshore golfgegevens bij ELD getransformeerd naar de meetpaallocatie. Het golfmodel is gebaseerd op intern beschikbare model- en bodemgegevens van studies uitgevoerd ten behoeve van de toetsing van de primaire waterkeringen (o.a. Smale, 2010). In Figuur 3.6 is een overzicht gegeven de dekking van het model en gehanteerde bodemgegevens. Het toegepaste grid heeft een resolutie van 100 m x 100 m.

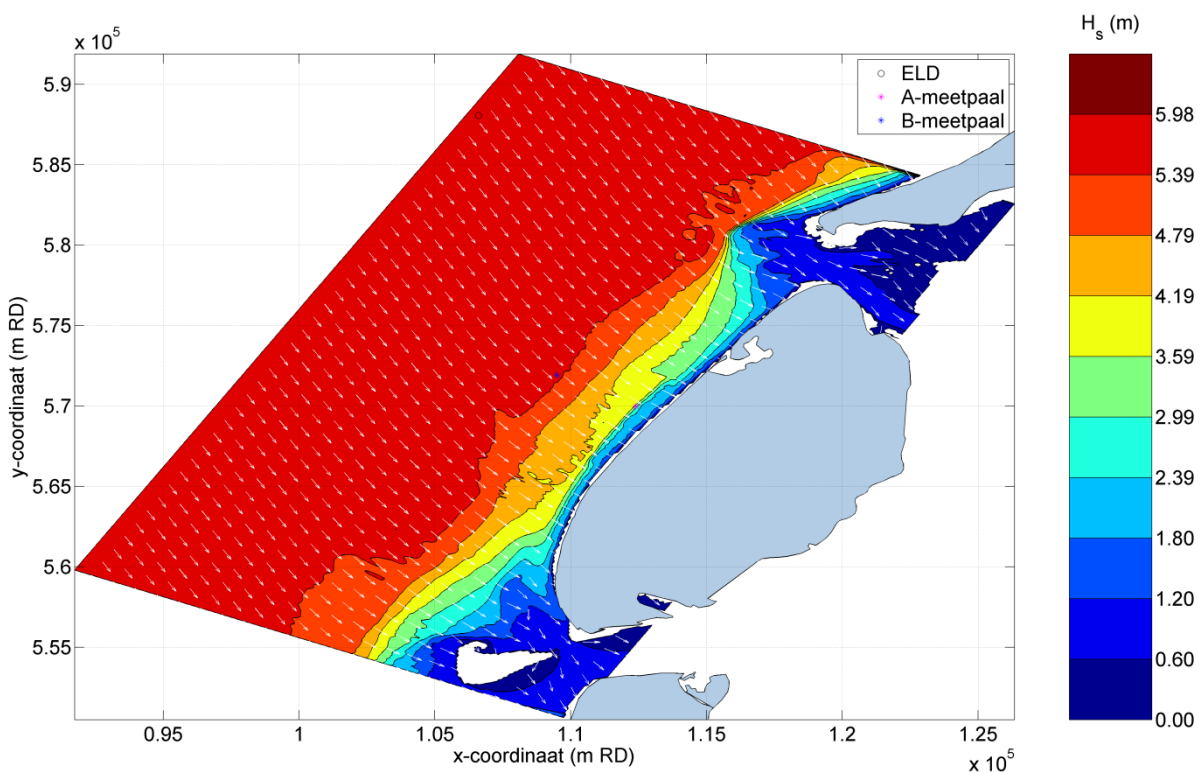


Figuur 3.6 Overzicht toegepast golfmodel.

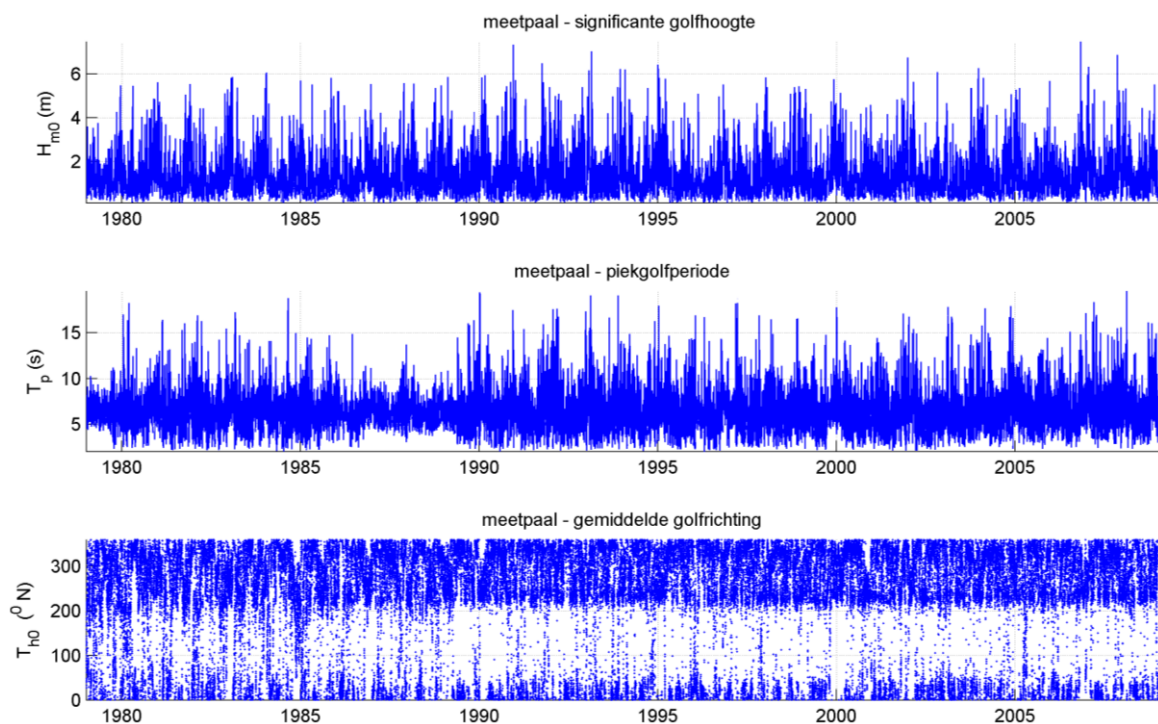
Als randvoorwaarden voor het golfmodel zijn de beschikbare lange termijn offshore golfgegevens bij ELD en de HARMONIE windgegevens op de nieuwe locatie van de meetpaal geanalyseerd en omgezet naar representatieve scenario's (Caires en Van Os, 2012). Een totaal van 125 scenario's is gedefinieerd op basis van een classificatie aan de hand van de spectrale significante golfhoogte (H_{m0}), en de windrichting (U_{dir}). 13 klassen van 0.5 m voor H_{m0} , met als laatste klasse $H_{m0} > 6m$, en 12 klassen van 30° voor U_{dir} , met als eerste klasse $345^\circ N < U_{dir} < 15^\circ N$, zijn gebruikt. In 125 van de $12 \times 13 = 156$ klassen komt data voor en zijn gebruikt voor de scenario's. De scenario's zijn vervolgens met behulp van het

golfmodel doorgerekend naar de meetpaallocatie. Op basis van de modelresultaten zijn transformatie matrices (Caires en Van Os, 2012), met de relatie tussen de golfcondities op de modelrand en op de nieuwe meetpaal locatie, berekend. Met behulp van de transformatie matrices is een golfklimaat (tijdserie) ter plaatse van de meetpaallocatie bepaald.

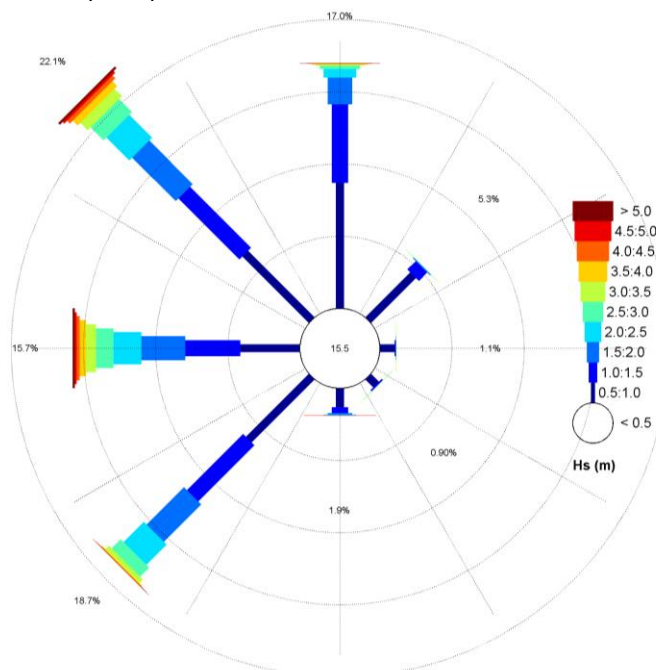
In Figuur 3.7 is een voorbeeld gegeven van een model uitvoer van één scenario, waarin de offshore golfcondities onder invloed van de wind zijn doorgerekend naar de rest van het golfdomein. In Figuur 3.8 is de uitkomst van de golftransformatie van offshore naar de meetpaallocatie weergegeven voor de significante golfhoogte, piekgolfperiode, gemiddelde golfperiode (T_{m02}) en de gemiddelde golfrichting. Figuur 3.9 laat de roos van de significante golfhoogte op de meetpaallocatie zien.



Figuur 3.7 Significante golfhoogte, scenario 120 (rand $H_{m0} = 5.7m$, $T_p = 11.8s$, $T_{h0} = 334^\circ$, invoer $U_{10} = 16.9m/s$, $U_{dir} = 331^\circ$).



Figuur 3.8 Significante golfhoogte, piekgolfperiode, gemiddelde golfperiode en gemiddelde golfrichting op de nieuwe locatie van de meetpaal op basis van transformatie.



Figuur 3.9 Golfroos op de nieuwe locatie van de meetpaal. Richtingen zijn naar het centrum van de roos. Het getal in het centrum van de roos geeft het percentage van gegevens lager dan 0.5 m aan.

De verdeling van een individuele golfhoogte H in een golfklimaat is nodig om de hogere golfparameters (e.g. H_{max}) te kunnen schatten. De maximale golfhoogte wordt standaard beschreven als $H_{0.1\%}$, de golfhoogte die eens in de 1000 golven wordt overschreden, Caires and Van Os (2012). De maximale golfhoogte is bepaald met behulp van de verdeling voor de individuele golfhoogte volgens Battjes en Groenendijk (2000). Deze verdeling houdt rekening

met dieptegelimiteerd breken van golven. Volgens Goda (1978) ligt de golfperiode geassocieerd met de maximale golfhoogte in een golfklimaat ($T_{H_{max}}$) zeer dicht bij de piekgolfperiode (T_p), namelijk tussen 90% en 100% van T_p . Voor extreme condities wordt standaard $T_{H_{max}}$ gelijk aan T_p genomen. De golfperiode ($T_{H_{max}}$) geassocieerd met de maximale golfhoogte (H_{max}) is in deze studie daarom eveneens aangenomen als zijnde gelijk aan T_p .

Voor de bepaling van de extreme waarde van de golfparameters H_{max} en $T_{H_{max}}$ is eerst de extreme waarde analyse toegepast op de significante golfhoogte die is verkregen uit de golfmodellering. Vervolgens zijn de bijbehorende piekgolfperiodes bepaald. De extreme waarden van de significante golfhoogte zijn daarna met behulp van de verdeling volgens Battjes en Groenendijk (2000) omgezet naar extreme waarden van de H_{max} . Dit is gedaan per windrichting sector van 45 graden. De aangenomen richtingssectoren zijn weergegeven in Tabel 3.5.

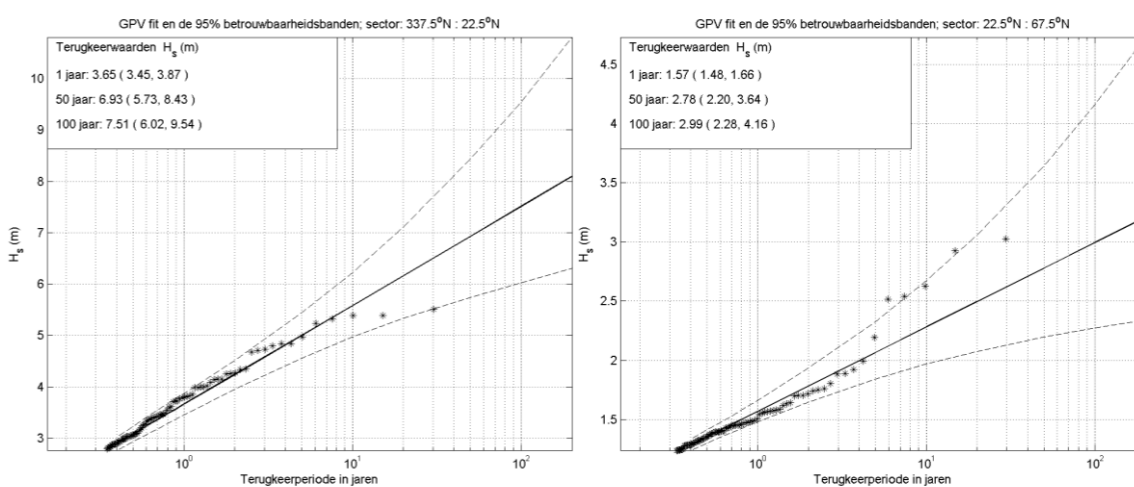
Tabel 3.5 Overzicht richtingssectoren.

Sector	graden t.o.v. N
Noord	337.5° – 22.5°
Noordoost	22.5° – 67.5°
Oost	67.5° – 112.5°
Zuidoost	112.5° – 157.5°
Zuid	157.5° – 202.5°
Zuidwest	202.5° – 247.5°
West	247.5° – 292.5°
Noordwest	292.5° – 337.5°

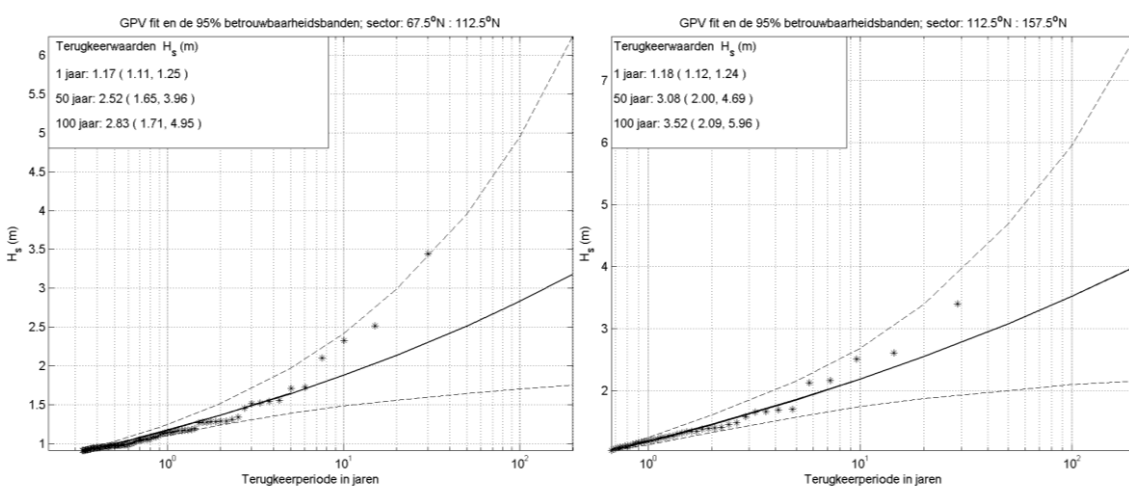
Voor de volledigheid zijn de terugkeerwaardengrafiek van H_{m0} per richting sector weergegeven in Figuur 3.10 tot en met Figuur 3.13 en de POT parameterwaarden in Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Significante golfhoogte POT analyse parameters en bijbehorende 95% betrouwbaarheidsbanden.

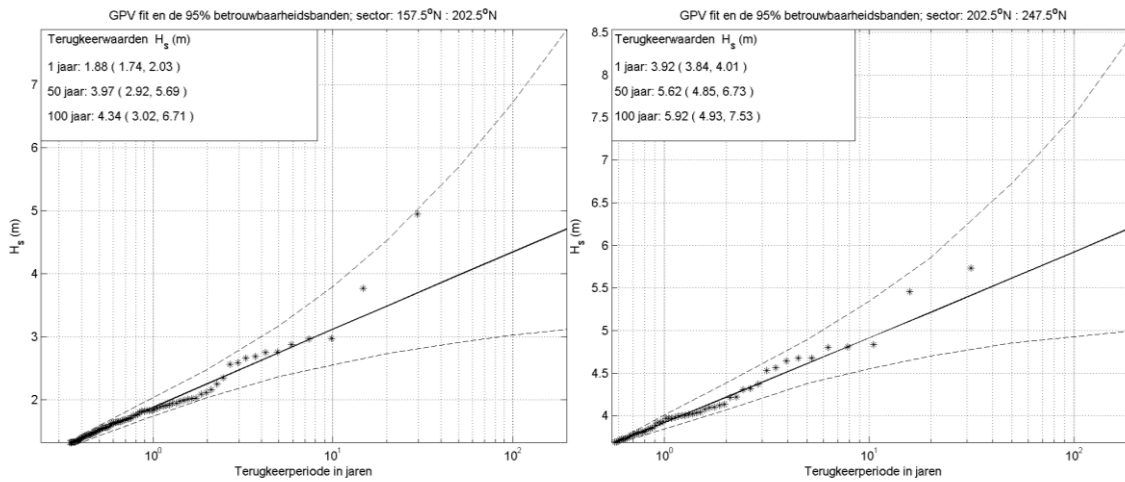
	u (m)	λ_u	$\tilde{\sigma}$ (m)	ξ
N	2.10	6.48	0.83 (0.66, 1.02)	0.00 (-0.14, 0.14)
NO	0.99	6.57	0.31 (0.25, 0.38)	0.00 (-0.20, 0.17)
O	0.80	4.73	0.22 (0.17, 0.27)	0.13 (-0.19, 0.34)
ZO	1.02	1.53	0.36 (0.23, 0.53)	0.12 (-0.30, 0.41)
Z	1.10	4.23	0.54 (0.42, 0.70)	-0.00 (-0.26, 0.21)
ZW	3.66	1.84	0.43 (0.28, 0.60)	0.01 (-0.33, 0.27)
W	3.50	6.51	1.16 (0.92, 1.45)	-0.28 (-0.48, -0.10)
NW	5.20	1.35	0.67 (0.42, 1.04)	-0.06 (-0.41, 0.22)



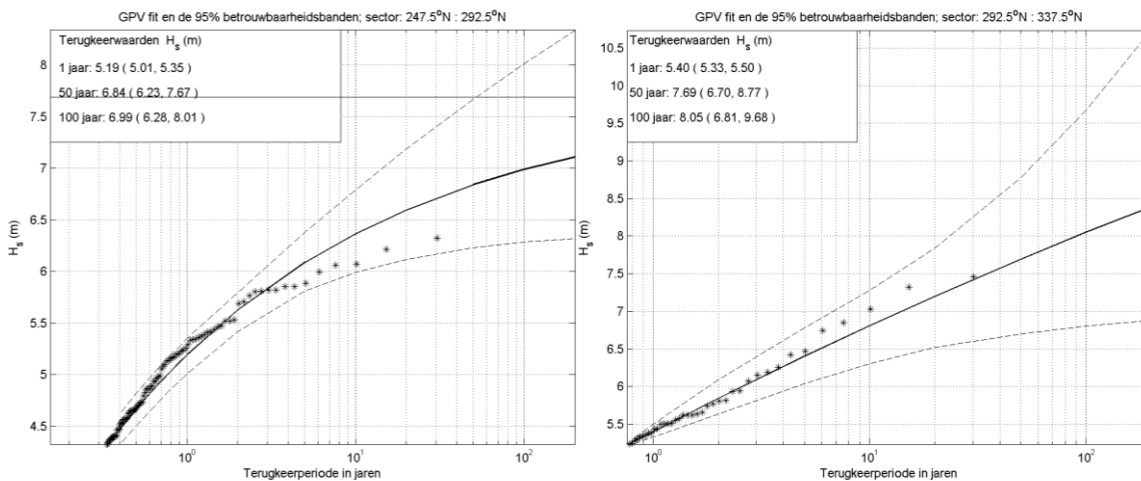
Figuur 3.10 Terugkeerwaardengrafiek van de significante golfhoogte op de nieuwe locatie van de meetpaal voor sectoren Noord (links) en Noordoost (rechts). De onderbroken lijnen geven de bijbehorende 95% betrouwbaarheidsbanden aan. De POT gegevens zijn weergegeven door de sterretjes.



Figuur 3.11 Terugkeerwaardengrafiek van de significante golfhoogte op de nieuwe locatie van de meetpaal voor sectoren Oost (links) en Zuidoost (rechts). De onderbroken lijnen geven de bijbehorende 95% betrouwbaarheidsbanden aan. De POT gegevens zijn weergegeven door de sterretjes.



Figuur 3.12 Terugkeerwaardengrafiek van de significante golfhoogte op de nieuwe locatie van de meetpaal voor sectoren Zuid (links) en Zuidwest (rechts). De onderbroken lijnen geven de bijbehorende 95% betrouwbaarheidsbanden aan. De POT gegevens zijn weergegeven door de sterretjes.



Figuur 3.13 Terugkeerwaardengrafiek van de significante golfhoogte op de nieuwe locatie van de meetpaal voor sectoren West (links) en Noordwest (rechts). De onderbroken lijnen geven de bijbehorende 95% betrouwbaarheidsbanden aan. De POT gegevens zijn weergegeven door de sterretjes.

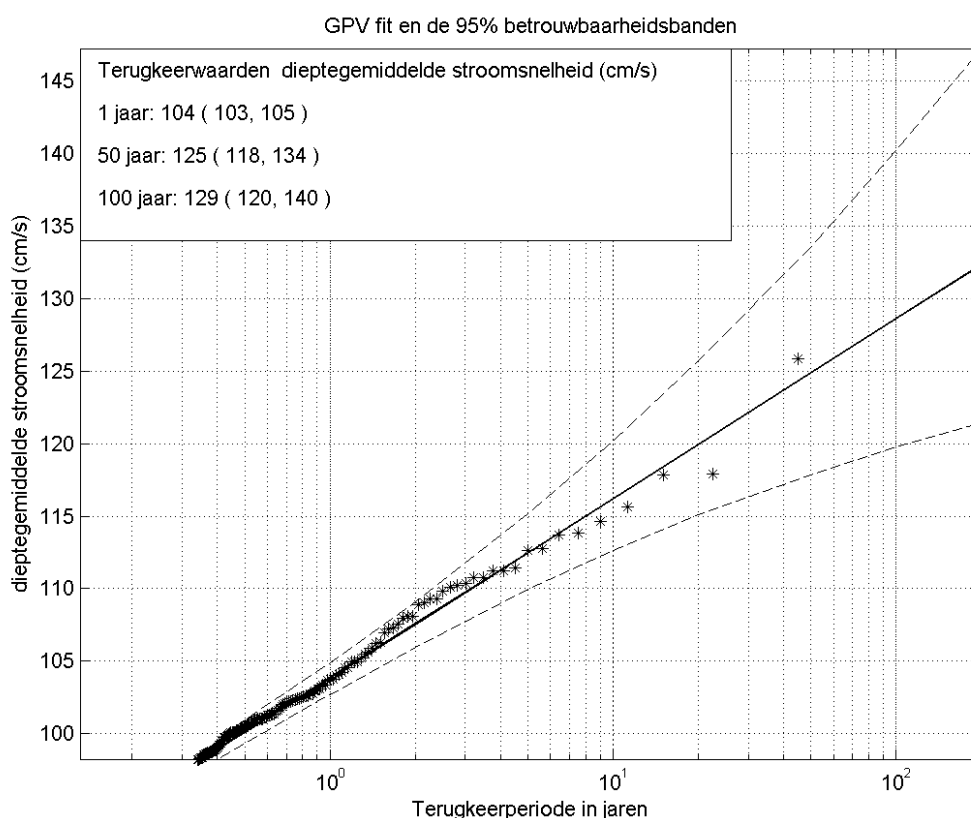
De resultaten van de extreme waarden analyse voor de H_{\max} en $T_{H_{\max}}$ bepaald uit de extreme waarden van significante golfhoogte zijn weergegeven in Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Terugkeerwaarden en bijbehorende 95% betrouwbaarheidsbanden H_{max} en T_{Hmax} op de nieuwe locatie van de meetpaal.

	1 jaar		100 jaar	
	H_{max} (m)	T_{Hmax} (s)	H_{max} (m)	T_{Hmax} (s)
N	6.56 (6.34, 6.79)	9.8 (9.6, 10.1)	11.03 (9.14, 14.05)	13.4 (12.2, 14.8)
NO	2.91 (2.75, 3.08)	7.0 (6.8, 7.2)	5.56 (4.23, 7.10)	9.5 (8.3, 11.0)
O	2.18 (2.06, 2.32)	6.0 (5.8, 6.2)	5.26 (3.17, 7.94)	8.9 (7.1, 11.5)
ZO	2.18 (2.09, 2.30)	5.9 (5.8, 6.0)	6.42 (3.89, 9.07)	8.3 (7.0, 9.8)
Z	3.50 (3.24, 3.78)	6.7 (6.6, 6.9)	7.29 (5.62, 9.98)	9.0 (7.9, 10.4)
ZW	6.85 (6.76, 6.94)	8.7 (8.6, 8.8)	9.03 (7.92, 11.06)	11 (9.9, 12.6)
W	8.21 (8.01, 8.38)	9.8 (9.7, 10.0)	10.34 (9.46, 11.74)	11.4 (10.8, 12.1)
NW	8.44 (8.36, 8.55)	10.7 (10.6, 10.9)	11.79 (10.10, 14.28)	14.4 (12.7, 16.6)

3.5 Stroming

Extreme waarden voor de omni-directionele stroming (onderverdeeld in oppervlakte stroming, stroming op halve waterdiepte en stroming nabij de bodem) ter plaatse van de meetpaal voor de bruikbaarheidsgrenstoestand (overschrijdingsfrequentie van 1 keer per jaar) en de uiterste grenstoestand (overschrijdingsfrequentie van 0,01 keer per jaar) volgen uit de extreme waarde analyse van de (uurgemiddelde) stromingsgegevens uit de CoastDat database. Figuur 3.14 laat de terugkeerwaardengrafiek van de dieptegemiddelde stroomsnelheid zien, de bijhorende POT parameterwaarden zijn weergegeven in Tabel 3.8.



Figuur 3.14 Terugkeerwaardengrafiek van de dieptegemiddelde stroomsnelheid op de nieuwe locatie van de meetpaal. De onderbroken lijnen geven de bijbehorende 95% betrouwbaarheidsbanden aan. De POT gegevens worden weergegeven door de sterretjes.

Tabel 3.8 Dieptegemiddelde stroomsnelheid POT analyse parameters en bijbehorende 95% betrouwbaarheidsbanden.

u (cm/s)	λ_u	$\tilde{\sigma}$ (cm/s)	ξ
93.95	7.67	5.34 (4.56, 6.28)	0.00 (-0.12, 0.11)

De extreme waarden voor de dieptegemiddelde stroomsnelheid en bijbehorende windsnelheden en totale waterstanden zijn vervolgens omgezet naar oppervlakte stroming (15+totale waterstand m), stroming op halve waterdiepte en stroming nabij de bodem (+1 m). Dit is gerealiseerd door middel van de toepassing van een logaritmisch stroomprofiel, rekening houdend met de invloed van de windsnelheid, zoals geadviseerd door DNV (2007), op de dieptegemiddelde stroming. De resulterende terugkeertijden voor de stroomsnelheid is in Tabel 3.9 weergegeven.

Tabel 3.9 Terugkeerwaarden en bijbehorende 95% betrouwbaarheidsbanden stroming (m/s) op de nieuwe locatie van de meetpaal.

Terugkeerperiode	Oppervlakte (m/s)	Halve waterdiepte (m/s)	Nabij bodem (m/s)
1 jaar	1.46 (1.44, 1.48)	1.21 (1.20, 1.23)	0.73 (0.72, 0.74)
100 jaar	1.89 (1.74, 2.10)	1.55 (1.43, 1.70)	0.91 (0.85, 0.99)

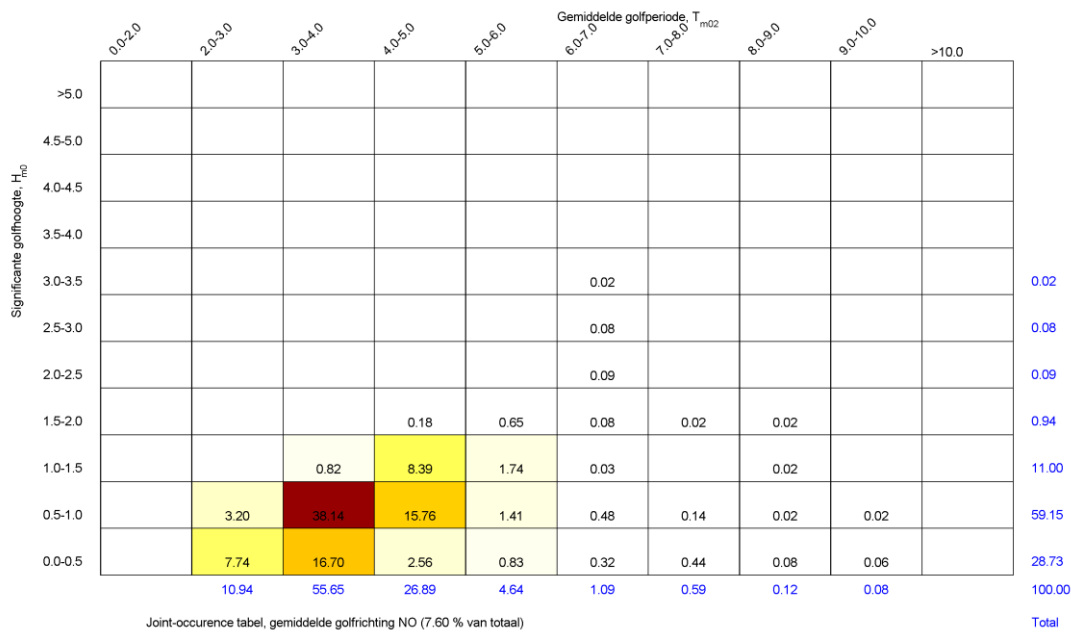
4 Joint-occurrence tabellen significante golfhoogte en gemiddelde golfperiode

Als laatste onderdeel zijn voor de in §3.4 verkregen datasets voor significante golfhoogte, gemiddelde golfperiode en golfrichting, joint-occurrence tabellen gerealiseerd. De tabellen zijn onderverdeeld per richtingssector van 45° rond de gemiddelde golfrichting. De aangenomen richtingssectoren zijn gelijk aan die in Tabel 3.5.

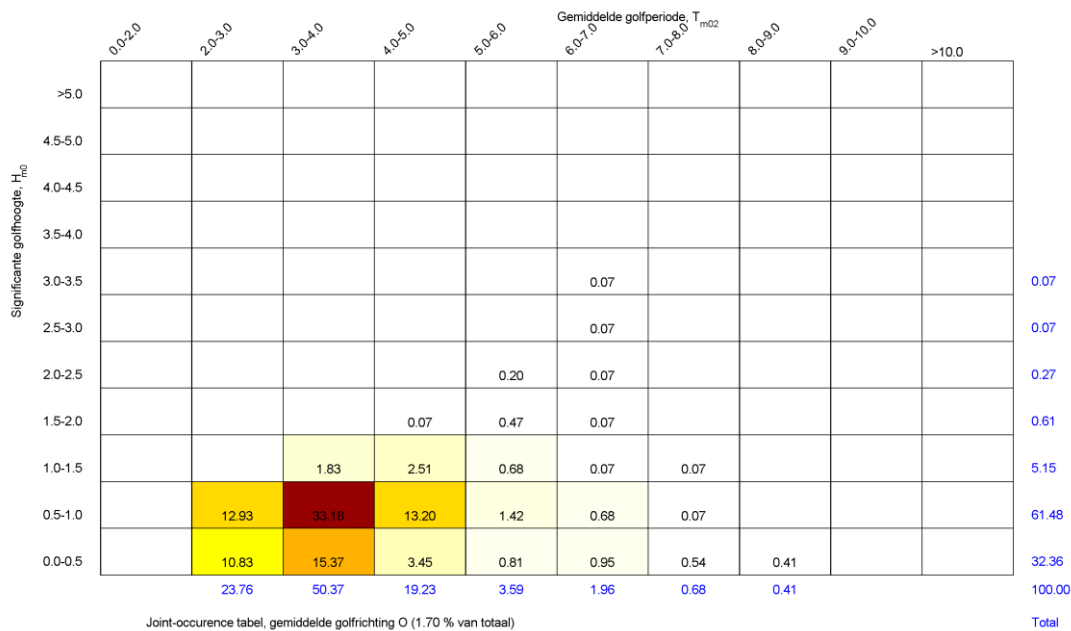
In Figuur 4.1 tot en met Figuur 4.8 is de mate van simultaan optreden van de significante golfhoogte en gemiddelde golfperiode per richtingssector uiteengezet, zoals berekend door het SWAN golfmodel op de meetpaallocatie. Voor het overzicht zijn de percentages zowel langs de horizontale als langs de verticale as geaccumuleerd.

Significante golfhoogte, H_{m0}	Gemiddelde golfperiode, T_{m02}										
	0.0-2.0	2.0-3.0	3.0-4.0	4.0-5.0	5.0-6.0	6.0-7.0	7.0-8.0	8.0-9.0	9.0-10.0	>10.0	
>5.0								0.02	0.02		0.04
4.5-5.0								0.05	0.01		0.06
4.0-4.5						0.01	0.06	0.03			0.10
3.5-4.0						0.01	0.15	0.06			0.22
3.0-3.5						0.18	0.18	0.02	0.01	0.01	0.39
2.5-3.0					0.08	0.79	0.19	0.02			1.08
2.0-2.5					1.05	1.51	0.14	0.01	0.01		2.71
1.5-2.0				0.55	5.71	2.23	0.16	0.04	0.02	0.02	8.73
1.0-1.5			0.41	10.86	12.17	1.67	0.15	0.08	0.03	0.01	25.38
0.5-1.0		0.26	11.07	20.84	6.38	1.39	0.53	0.16	0.02	0.01	40.67
0.0-0.5		1.39	11.26	4.73	1.63	1.02	0.40	0.14	0.04	0.01	20.62
		1.65	22.75	36.99	27.03	8.80	1.96	0.62	0.15	0.05	100.00
		Joint-occurrence tabel, gemiddelde golfrichting N (21.77 % van totaal)									Total

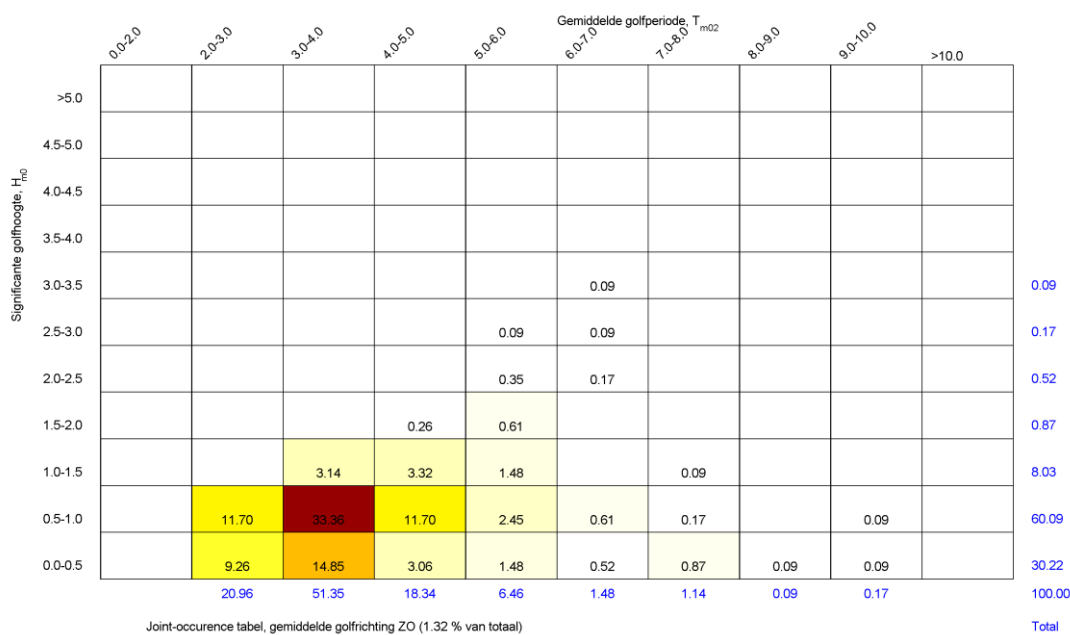
Figuur 4.1 Joint-occurrence tabel golfparameters (percentages) H_{m0} en T_{m02} , op de nieuwe locatie van de meetpaal, richtingssector N [337,5°N-22,5°N]



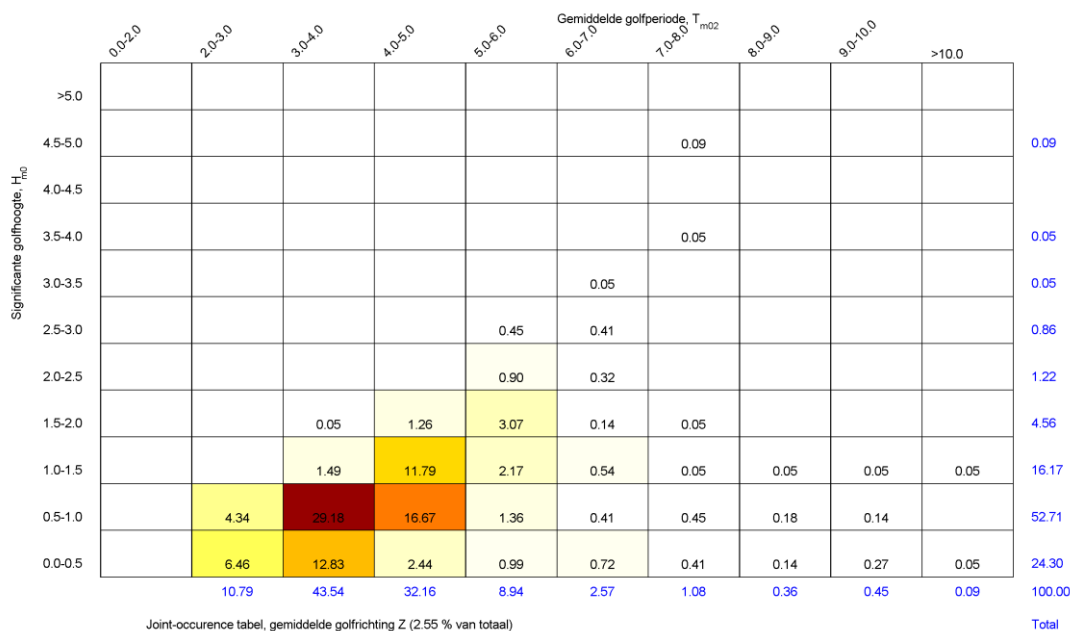
Figuur 4.2 Joint-occurrence tabel golfparameters (percentages) H_{m0} en T_{m02} , op de nieuwe locatie van de meetpaal, richtingssector NO [22,5°N-67,5°N]



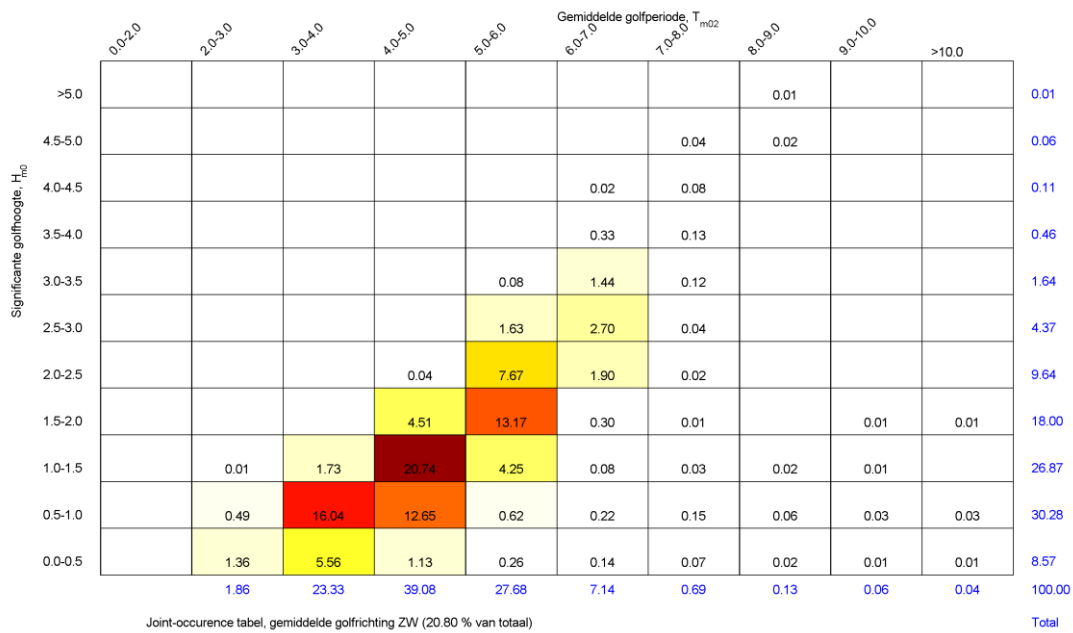
Figuur 4.3 Joint-occurrence tabel golfparameters (percentages) H_{m0} en T_{m02} , op de nieuwe locatie van de meetpaal, richtingssector O [67,5°N-112,5°N]



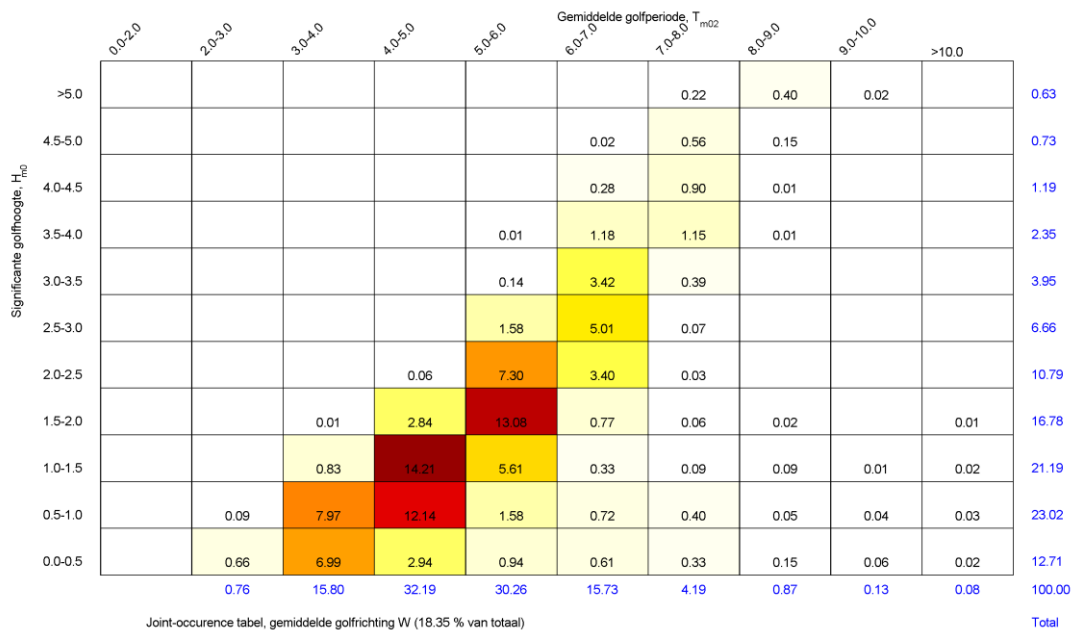
Figuur 4.4 Joint-occurrence tabel golfparameters (percentages) H_{m0} en T_{m02} , op de nieuwe locatie van de meetpaal, richtingssector ZO [112,5°N-157,5°N]



Figuur 4.5 Joint-occurrence tabel golfparameters (percentages) H_{m0} en T_{m02} , op de nieuwe locatie van de meetpaal, richtingssector Z [157,5°N-202,5°N]



Figuur 4.6 Joint-occurrence tabel golfparameters (percentages) H_{m0} en T_{m02} , op de nieuwe locatie van de meetpaal, richtingssector ZW [202,5°N-247,5°N]



Figuur 4.7 Joint-occurrence tabel golfparameters (percentages) H_{m0} en T_{m02} , op de nieuwe locatie van de meetpaal, richtingssector W [247,5°N-292,5°N]

Significante golfhoogte, H_{m0}	Gemiddelde golfperiode, T_{m02}										
	0,0-2,0	2,0-3,0	3,0-4,0	4,0-5,0	5,0-6,0	6,0-7,0	7,0-8,0	8,0-9,0	9,0-10,0	>10,0	
>5,0							0,06	0,30	0,17	0,07	0,60
4,5-5,0							0,28	0,30	0,04		0,62
4,0-4,5						0,04	0,79	0,26	0,03	0,00	1,13
3,5-4,0						0,33	1,24	0,24	0,02	0,01	1,84
3,0-3,5					0,01	1,35	1,25	0,18	0,02	0,03	2,84
2,5-3,0					0,23	3,67	0,92	0,11	0,04	0,01	4,97
2,0-2,5				0,00	2,53	5,39	0,81	0,11	0,03	0,02	8,89
1,5-2,0			0,01	0,57	10,32	5,12	0,48	0,13	0,06	0,04	16,72
1,0-1,5			0,16	6,68	13,47	2,48	0,44	0,16	0,08	0,03	23,49
0,5-1,0		0,03	3,33	13,53	6,19	1,62	0,65	0,19	0,08	0,03	25,65
0,0-0,5		0,36	4,65	4,31	1,77	1,18	0,62	0,21	0,11	0,04	13,26
		0,39	8,16	25,10	34,52	21,19	7,52	2,19	0,67	0,27	100,00
		Joint-occurrence tabel, gemiddelde golfrichting NW (25,91 % van totaal)									Total

Figuur 4.8 Joint-occurrence tabel golfparameters (percentages) H_{m0} en T_{m02} , locatie meetpaal, richtingssector NW [292,5°N-337,5°N]

5 Samenvatting

Dit rapport beschrijft de bepaling van de maatgevende hydraulische en meteorologische randvoorwaarden ten behoeve van het ontwerp van de nieuwe meetpaal nabij Texel.

Extreme waarden in de bruikbaarheidsgrenstoestand (overschrijdingsfrequentie van gemiddeld 1 keer per jaar) en de uiterste grenstoestand (overschrijdingsfrequentie van gemiddelde 0,01 keer per jaar) ter plaatse van de te realiseren meetpaal zijn bepaald voor:

- Extreme hoogwaterstand opgebouwd uit de astronomische waterstand (HAT = Highest Astronomical Tide) vermeerderd met de windopzet.
- Extreme windsnelheid op 10 meter hoogte, uurgemiddeld en minuutgemiddeld, omnidirectioneel.
- Extreme stroming, onderverdeeld in oppervlakte stroming, stroming op halve waterdiepte en stroming nabij de bodem.
- Extreme golfparameters H_{\max} (= maximale golfhoogte), evenals de bij die maximale golfhoogte horende periode $T_{H_{\max}}$, onderverdeeld per richtingssector van 45° .

Daarnaast zijn joint-occurrence tabellen opgeleverd van de significante golfhoogte H_{m0} en gemiddelde golfperiode T_{m02} , geassocieerd per richtingssector van 45° .

Uitkomsten dienen als input voor het ontwerp van de meetpaal.

6 Referenties

- API, 2005: Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms—Working Stress Design, RP 2A-WSD.
- Battjes, J.A. en H.W. Groenendijk, 2000: Wave height distributions on shallow foreshores, *Coastal Engineering*, 40, 161-182.
- Booij, N., Ris, R. C., and L. H. Holthuijsen, 1999: A third generation wave model for coastal regions. Part 1. Model description and validation, *J. Geophys. Res.*, 104(C4), 76497666.
- Caires, 2016: A comparative simulation study of the annual maxima and the peaks-over-threshold methods. *J. Offshore Mech. Arct. Eng.*, 138(5), doi:10.1115/1.4033563.
- Caires, S. en J. van Os, 2012: ORCA guidelines. Deltares rapport 1201959-000 HYE, 148 p., Dec. 2012.
- Coles, S. en E. Simiu, 2003: Estimating uncertainty in the extreme value analysis of data generated by a hurricane simulation model. *J. Engrg. Mech.*, 129 (11), 1288-1294.
- DNV, 2007: Recommended practice DNV-RP-C205—Environmental conditions and environmental loads, April 2007.
- Goda, Y., 1978, The observed joint distribution of periods and heights of sea waves. *Proc. 16th Int. Conf. on Coastal Engineering*, Hamburg, ASCE, New York, 227-246
- Smale, A.J., 2010: Verification of SWAN in western Wadden Sea Hindcast January and November 2007 storms. Witteveen & Bos en Deltares rapport DT329-1/rijm3/014.
- Van den Brink, H. W. en S. Caires, 2015: *Extreme wind statistics for the Dutch primary water defenses*. Deltares rapport 1220082-007-HYE-0006 (voor Rijkswaterstaat-WVL).
- Weisse en Plüß, 2006: Storm-related sea level variations along the North Sea coast as simulated by a high-resolution model 1958–2002. *Ocean Dynamics*, Springer-Verlag, 16-25.