

# **Verkennde hindcasts golfmodel SWAN Oosterschelde**

1665/U12186/MB/C

18 Juli 2012

Document titel Verkennde hindcasts golfmodel SWAN  
Oosterschelde

Verkorte Titel Verkennde hindcasts OS

Datum 18 Juli 2012

Project naam Verkennde Hindcasts Oosterschelde

Project nummer 1665

Oprachtgever Deltares

Referentie 1665/U12186/MB/C

Auteur M.J.G. van den Boomgaard

## INHOUDSOPGAVE

	Pag.
1	ALGEMEEN ..... 1
1.1	Introductie ..... 1
1.2	Doelstelling ..... 1
1.3	Aanpak ..... 1
1.4	Gebruikersinformatie ..... 2
1.5	Leeswijzer ..... 2
2	METINGEN ..... 3
2.1	Inleiding ..... 3
2.2	Meetlocaties ..... 3
2.3	Meetinstrumenten ..... 5
2.4	Golfmetingen ..... 7
2.4.1	Algemeen ..... 7
2.4.2	Verslagperiode en Registratiedichtheid ..... 8
2.4.3	Golfkarakteristieken ..... 10
2.5	Waterstandmetingen ..... 13
2.5.1	Algemeen ..... 13
2.5.2	Verslagperiode en registratiedichtheid ..... 14
2.5.3	Waterstandkarakteristieken ..... 15
2.6	Windmetingen ..... 16
2.6.1	Inleiding ..... 16
2.6.2	Verslagperiode en registratiedichtheid ..... 17
2.6.3	Windkarakteristieken ..... 17
3	STORMSELECTIE ..... 19
3.1	Inleiding ..... 19
3.2	Eerste (grove) selectie ..... 19
3.3	Storm: 29 oktober 2000 – 31 oktober 2000 ..... 21
3.4	Storm: 26 oktober 2002 – 29 oktober 2002 ..... 23
3.5	Storm: 23 juni 2004 – 26 juni 2004 ..... 25
3.6	Storm: 18 januari 2007 – 20 januari 2007 ..... 27
3.7	Storm: 7 december 2011 – 12 december 2011 ..... 29
3.8	Samenvatting geselecteerde stormmomenten ..... 30
4	OPZET SWAN MODEL ..... 31
4.1	Inleiding ..... 31
4.2	SWAN versie ..... 31
4.3	Rekenroosters ..... 31
4.4	Fysische instellingen ..... 32
4.5	Numerieke instellingen ..... 32
4.6	Randvoorwaarden ..... 32
4.7	Bodemligging ..... 33
4.8	Waterstand- en windvelden ..... 33
4.9	SWAN simulaties ..... 34
4.10	SWAN uitvoer en naamgeving ..... 34

4.10.1	Uitvoerlocaties .....	34
4.10.2	Uitvoerparameters .....	35
4.10.3	Naamgeving uitvoerbestanden .....	36
5	RESULTATEN .....	37
5.1	Inleiding.....	37
5.2	Controle berekeningen.....	37
5.3	Ruimtelijke verdeling van de golfhoogte $H_{m0}$ .....	39
6	VERGELIJKING BEREKENINGEN EN METINGEN .....	40
6.1	Inleiding.....	40
6.2	Bepaling spectrale golfparameters .....	40
6.3	Tabellen .....	41
6.4	1D-spectra .....	43
6.5	Statistische parameters .....	44
6.6	Scatterplots .....	46
6.7	Nadere analyse.....	47
6.7.1	Inleiding.....	47
6.7.2	Onderschatting golfhoogte Keeten tijdens 18 januari 2007 om 15:30.....	47
6.7.3	Invloed golfhoogte, wind en waterstand op de SWAN prestatie.....	49
6.8	Conclusies .....	53
7	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN .....	55
7.1	Algemeen.....	55
7.2	Conclusies .....	55
7.2.1	Conclusies met betrekking tot de golfmetingen.....	55
7.2.2	Conclusies met betrekking tot de waterstandmetingen .....	55
7.2.3	Conclusies met betrekking tot de windmetingen .....	56
7.2.4	Conclusies vergelijking gemeten en berekende golfhoogte .....	56
7.2.5	Conclusies vergelijking gemeten en berekende golfperioden .....	56
7.2.6	Conclusies vergelijking gemeten en berekende lokale en diepwater golfsteilheid .....	57
7.2.7	Conclusies vergelijking gemeten en berekende spectra .....	57
7.2.8	Overige conclusies vergelijking gemeten en berekende waarden .....	57
7.3	Aanbevelingen .....	57
	LITERATUUR .....	59
	Annex A Beschrijving golfMeetbestanden.....	62
	Annex B Overzicht Registratie/aanwezigheid golfdata.....	66
	Annex C Tijdseries van de gemeten golfparameter $H_3$ & winddata .....	70
	Annex D Karakteristieken van de golfparameters $T_{m02}$ en $T_{m-1,0}$ .....	80
	Annex E Beschrijving waterstand- en windMeetbestanden .....	81
	Annex F Rekenroosters toegepast in Alkyon 1998b en Alkyon 1999 .....	82
	Annex G Bathymetrie SWAN Rekenrooster .....	83
	Annex H Definiering uitvoerpunten en raaien.....	88
	Annex I Ruimtelijke verdeling $H_{m0}$ van de hindcasts .....	89
	Annex J Definities integrale golfparameters .....	94
	Annex K Tabellen met gemeten en berekende golfperioden ( $T_{pm}$ , $T_{m-1,0}$ , $T_{m01}$ , $T_{m02}$ ).....	95
	Annex L Berekende en gemeten 1D spectra .....	97
	Annex M Scatterplots horend bij golfperiodemaat ( $T_{pm}$ , $T_{m-1,0}$ , $T_{m01}$ , $T_{m02}$ ).....	102
	Annex N Definiëring van de statistische parameters .....	106

Annex O Statistische parameters voor de 5 golfparameters per storm.....	108
Annex P Ruimtelijke verdeling $H_{m0}$ van de extra simulaties.....	110
Annex Q Resultaten golfperiodes gemiddeld.....	111
Annex R Inhoud cd .....	115

## LIJST VAN FIGUREN

Figuur 2.1: Alle meetlocaties in en nabij de Oosterschelde (kleur is diepte in meters t.o.v. NAP).....	3
Figuur 2.2: Golfmeetlocaties in de Oosterschelde .....	7
Figuur 2.3: Overschrijdingscurven van de golfparameter $H_3$ .....	12
Figuur 2.4: Overschrijdingscurven van de golfparameter $H_{m0}$ .....	12
Figuur 2.5: Gebruikte waterstandmetingen in de Oosterschelde.....	14
Figuur 2.6: Windmeetlocaties in de Oosterschelde .....	16
Figuur 2.7: Overschrijdingscurven van de windsnelheid (januari 1987 t/m januari 2012) .....	18
Figuur 3.1: Wind-, waterstand-, en golfgegevens voor stormperiode 29 oktober 2000 – 31 oktober 2000 .....	21
Figuur 3.2: Wind-, waterstand-, en golfgegevens voor stormperiode 26 oktober 2002 – 29 oktober 2002 .....	23
Figuur 3.3: Wind-, waterstand-, en golfgegevens voor stormperiode 23 juni 2004 – 26 juni 2004 .....	25
Figuur 3.4: Wind-, waterstand-, en golfgegevens voor stormperiode 18 januari 2007 – 20 januari 2007 .....	27
Figuur 3.5: Wind-, waterstand-, en golfgegevens voor stormperiode 7 december 2011 – 8 december 2011 .....	29
Figuur 5.1: Verschil $H_{m0}$ tussen Alkyon 1998b en berekening 7 (constant windveld van 34 m/s) .....	38
Figuur 6.1: Ruimtelijke verdeling $H_{m0}$ (linker figuur) en diepte (rechter figuur) nabij Keeten .....	48

## LIJST VAN TABELLEN

Tabel 2.1: Overzicht meetlocaties in en nabij de Oosterschelde in de periode 1987 t/m 2012. ....	4
Tabel 2.2: Registratiedichtheid per golfmeetlocatie per jaar (W.B = wel beschikbaar, maar hier niet geanalyseerd) .....	9
Tabel 2.3: Karakteristieken van de golfhoogte $H_3$ (tot 1998) .....	11
Tabel 2.4: Karakteristieken van de golfhoogte $H_{m0}$ (vanaf 1998).....	11
Tabel 2.5: Uitgevoerde waterstandmetingen in de Oosterschelde in de periode 1987 t/m 2012 .....	13
Tabel 2.6: Registratiedichtheid per waterstandmeetlocatie (W.B = wel beschikbaar, maar hier niet geanalyseerd) .....	15
Tabel 2.7: Waterstandkarakteristieken .....	15
Tabel 2.8: Registratiedichtheid per jaar per windmeetlocatie .....	17
Tabel 2.9: Karakteristieken van de windsnelheid.....	18
Tabel 3.1: 13 interessante perioden en bijhorende kenmerken.....	20
Tabel 3.2: Stormmomenten uit storm oktober 2000 .....	22
Tabel 3.3: Stormmomenten uit storm oktober 2002 .....	24
Tabel 3.4: Stormmomenten uit storm juni 2004 .....	26
Tabel 3.5: Stormmomenten uit storm januari 2007.....	28
Tabel 3.6: Storm uit storm december 2011 .....	30
Tabel 3.7: De uiteindelijk geselecteerde stormmomenten .....	30

Tabel 4.1: Definitie van de rekenroosters .....	31
Tabel 4.2: Toegepaste bodemdata bij de verschillende hindcasts .....	33
Tabel 4.3: Uitgevoerde SWAN simulaties .....	34
Tabel 4.4: Definiëring raaien .....	35
Tabel 6.1: Gemeten en berekende golfparameter $H_{m0}$ per stormmoment voor alle meetlocaties .....	41
Tabel 6.2: Statistische parameters voor de vijf golfparameters, voor alle hindcastmomenten .....	45
Tabel 6.3: SWAN invoer extra simulaties .....	48
Tabel 6.4: Resultaten extra simulaties incl. basissom .....	49
Tabel 6.5: Resultaten golfhoogten gesorteerd naar oplopende gemeten golfhoogte bij Keeten .....	50
Tabel 6.6: Resultaten golfhoogten gesorteerd naar oplopende gemeten golfhoogte bij Marollegat .....	50
Tabel 6.7: Resultaten golfhoogten gesorteerd naar oplopende waterstand .....	51
Tabel 6.8: Resultaten golfhoogten gesorteerd naar oplopende windsnelheid .....	51
Tabel 6.9: Resultaten golfhoogten gesorteerd naar oplopende windrichting .....	52

## **1 ALGEMEEN**

### **1.1 Introductie**

Het Projectbureau Zeeweringen (PBZ) coördineert de uitvoering van de dijkversterkingen in Zeeland. Hierbij wordt onder andere onderzoek verricht naar de veiligheid van de bekledingen van alle dijkvakken langs de Oosterschelde.

De golfcondities voor het ontwerp van steenbekledingen in Zeeland zijn verwerkt in de zogenaamde 'KustDB 2006-Steen database'. Deze golfcondities zijn berekend met behulp van het golfmodel SWAN en worden toegepast bij de hydraulische advisering voor het ontwerp van steenbekledingen bij het Project Bureau Zeeweringen.

Op dit moment baseert het Projectbureau Zeeweringen het ontwerp van de steenbekleding van de Westerschelde en de Oosterschelde op golftrandvoorwaarden die afkomstig zijn van SWAN berekeningen uit 1997 t/m 1999 en 2005 (Alkyon 1997, Alkyon 1998, Alkyon 1999a, Alkyon 1999b en Alkyon 2005).

Waar metingen op de Westerschelde al in verschillende studies zijn toegepast in hindcasts (bv Haskoning 2003), ontbreekt dit tot op heden voor het binnengebied van de Oosterschelde. Teneinde nu inzicht te verkrijgen in de betrouwbaarheid van de voor ontwerpen gebruikte SWAN (versie + instellingen) in de Oosterschelde, is daarom door PBZ/Deltares gevraagd om een aantal hindcasts in de Oosterschelde uit te voeren, gebaseerd op metingen van stormen in het binnengebied van de Oosterschelde. Hierbij moet dezelfde SWAN versie als die ten grondslag ligt aan de vigerende toetsrandvoorwaarden uit de HR2006 worden gebruikt.

Deze studie is uitgevoerd door Svašek Hydraulics op verzoek van Deltares (brief d.d. 13 januari 2012 kenmerk: 1204727-001-HYE-0001).

### **1.2 Doelstelling**

Het doel van deze studie is inzicht krijgen in de betrouwbaarheid van het golfmodel SWAN, zoals PBZ dat toepast in haar adviezen, voor het ontwerp van de steenbekledingen in de Oosterschelde. Dit betreft SWAN versie 30.75 (zie hoofdstuk 4).

### **1.3 Aanpak**

De aanpak bestaat uit de volgende 3 stappen:

- A. Data inventarisatie en stormselectie
- B. SWAN hindcasts
- C. Analyse SWAN resultaten en vergelijking met de golfmetingen

ad A: Data inventarisatie en stormselectie (hoofdstuk 2 & 3)  
In de periode januari 1987 t/m januari 2012 zijn golf-, wind-, en waterstandmetingen in de Oosterschelde uitgevoerd. Allereerst is deze data geïntervieweerd en vervolgens zijn hieruit 5 stormen geselecteerd. Uit deze 5 stormen zijn vervolgens enkele stormmomenten gekozen om hindcasts voor uit te voeren.

ad B: SWAN hincasts

Voor de in A geselecteerde stormmomenten zijn SWAN berekeningen uitgevoerd. Bij deze berekeningen is hetzelfde SWAN model & versie toegepast als die ten grondslag ligt aan de vigerende toetsrandvoorwaarden uit de HR2006. Vervolgens zijn de golfrandvoorwaarden gedefinieerd, de metadata verzameld (bodemgegevens, wind, waterstanden) en de invoerbestanden gegenereerd. Na het uitvoeren van enkele controle berekeningen zijn de uiteindelijke SWAN simulaties uitgevoerd.

ad C: Analyse SWAN resultaten en vergelijking met de golfmetingen

De resultaten van de SWAN simulaties zijn allereerst zelfstandig geanalyseerd op modelmatige betrouwbaarheid. Vervolgens zijn de SWAN resultaten vergeleken met de gemeten golven. De vergelijking is zowel visueel als statistisch gebeurd.

#### 1.4 Gebruikersinformatie

De aangeleverde databestanden zijn NIET gevalideerd door Svašek Hydraulics. De data is alleen globaal gevalideerd door het HMCZ.

#### 1.5 Leeswijzer

De opbouw van het rapport is als volgt. Na de inleiding van hoofdstuk 1 worden in hoofdstuk 2 de beschikbare golf- waterstand- en windmetingen in de Oosterschelde in de periode januari 1987 t/m januari 2012 behandeld. De selectie van de stormmomenten die in deze studie zijn gehindcast staan beschreven in hoofdstuk 4. Hoofdstuk 5 richt zich de SWAN simulaties. De SWAN resultaten staan beschreven in hoofdstuk 6. De vergelijking van de SWAN resultaten met de meetresultaten komt aan de orde in hoofdstuk 7. Het rapport eindigt met conclusies en aanbevelingen in hoofdstuk 8.



## 2 METINGEN

### 2.1 Inleiding

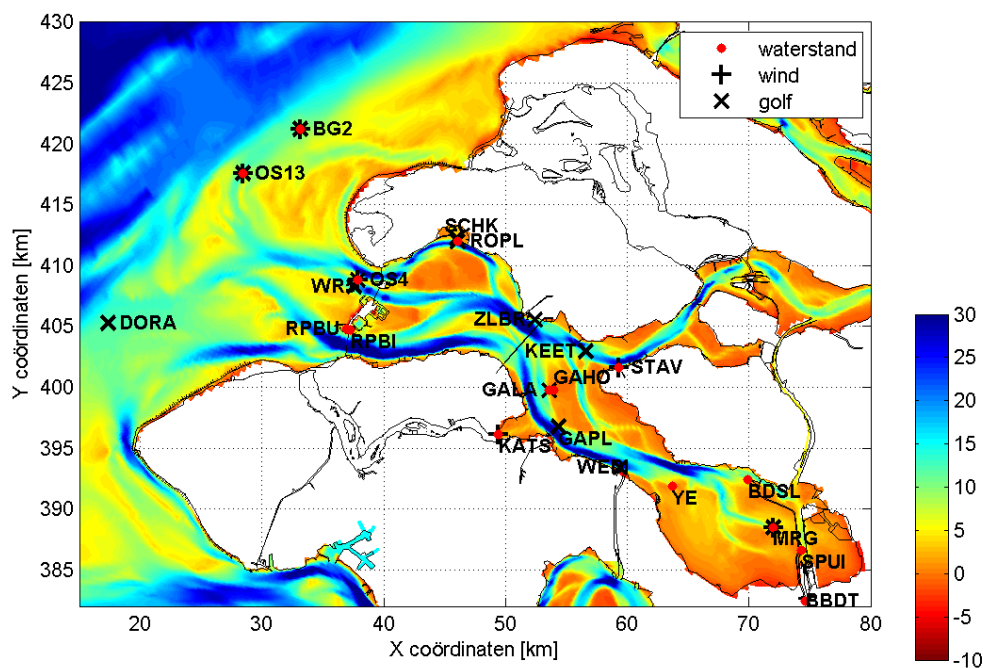
De metingen in de Oosterschelde, die in deze rapportage beschreven zijn, zijn afkomstig van het Monitoring Systeem ZEGE (ZEeuwse GETijdewateren) en geleverd door Hydro Meteo Centrum Zeeland ([www.hmcz.nl](http://www.hmcz.nl)). De metingen betreffen:

- Golven
- Waterstand
- Wind

Dit hoofdstuk geeft een algemene beschrijving van de meetlocaties, meetinstrumenten, meetperiodes en de parameters.

### 2.2 Meetlocaties

In de periode januari 1987 t/m januari 2012 zijn 16 meetlocaties in de Oosterschelde aanwezig geweest, waarbij sommige voor zeer korte periode. De geografische ligging van deze meetlocaties en enkele meetlocaties in de Voordelta nabij de Oosterschelde zijn in Figuur 2.1 en Tabel 2.1 weergegeven. De verschillende markers geven de soort meting weer, zo duidt een rode punt op een waterstandmeting, een zwarte plus op een windmeting en een zwart kruis op een golfmeting. Indien meerdere soorten metingen op 1 locatie worden uitgevoerd zijn ook meerdere markers in dit punt weergegeven (zie bijvoorbeeld Marollegat (MRG), waar wind-, golf- en waterstandmetingen zijn uitgevoerd).



Figuur 2.1: Alle meetlocaties in en nabij de Oosterschelde (kleur is diepte in meters t.o.v. NAP)

De betekenis van de afkortingen van de meetlocaties de bijbehorende meetinstrumenten zijn te vinden in Tabel 2.1. De grijs gearceerde meetlocaties in Tabel 2.1 betreffen de meetlocaties ten oosten van de Oosterscheldekering. Opgemerkt dient te worden dat in de periode januari 1987 t/m januari 2012 meer waterstandmetingen zijn verricht in de Oosterschelde dan aangegeven in Tabel 2.1 (zie paragraaf 2.5). Voor golven en wind is (voor zover bekend) de tabel compleet.

**Tabel 2.1: Overzicht meetlocaties in en nabij de Oosterschelde in de periode 1987 t/m 2012.**

	Afkortingen	X-coördinaat RD [m]	Y-coördinaat RD [m]	Golven			Wind	Waterstand
				Non directional waverider	Directional waverider	Stappenbaak	Windsensor	Waterstandmeter
Bathsebrug Spuikanaal	BBDT	74600	382415					X
Bergsediepsluis	BDSL	69930	392386					X
Brouwershanse Gat 02	BG2	33140	421239			X	X	X
Domburger Rassen	DORA	17325	405275	X				
Galgenplaat hoog	GAHO	53940	399790					X
Galgenplaat Laag	GALA	53607	399769			X		X
Galgenplaat	GAPL	54359	396778		X			
Sluis Kats	KATS	49430	396103				X	X
Keeten	KEET	56564	402954	X				
Marollegat <sup>1</sup>	MRG	71992	388510			X	X	X
Oosterschelde 13	OS13	28438	417600			X	X	X
Oosterschelde 4	OS4	37837	408813			X	X	X
Roggeplaat	ROPL	46038	411970			X		X
Roompot Binnen	RPBI	37226	404731					X
Roompot buiten	RPBU	36931	404793					X
Schelphoek	SCHK	45998	412260		X			
Spui	SPUI	74296	386641					X
Stavenisse	STAV	59300	401630				X	X
Wemeldinge	WEDI	59380	393431	X				
Oosterschelde Trace Schaar	WR5	37590	408300			X		
Yerseke	YE	63701	391850					X
Zeelandbrug	ZLBR	52425	405555	X				

In de paragrafen 3.4 t/m 3.6 wordt nader ingaan op de specificaties en de meetvariabelen van de verschillende instrumenten.

De tijdconventie in alle meetbestanden is MET (Mid-Europese-Tijd), deze is gelijk aan de Nederlandse 'wintertijd'.

<sup>1</sup> De stappenbaak bij Marollegat op 4-6-2008 is verplaatst naar X = 72007 m, Y = 388399 m.

## 2.3 Meetinstrumenten

Om inzicht te krijgen in de golf-, waterstand- en windkarakteristieken op de Oosterschelde zijn door de jaren heen op verschillende locaties meetinstrumenten geplaatst. De keuze voor het meetinstrument op een specifieke locatie is afhankelijk van de te meten grootheden, omstandigheden en de beschikbaarheid van de instrumenten. De typen meetinstrumenten die gebruikt zijn bij de veldmetingen op de Oosterschelde zijn (zie ook Tabel 2.1).

- Directional waverider
- Waverider
- Stappenbaak
- Digitale Niveau Meter (DNM)
- Windsensor

De werking van deze meetinstrumenten is hieronder beschreven. De beschreven uitvoer betreft de uitvoer zoals deze door HMCZ wordt uitgegeven. Voor de nauwkeurigheid van de meetinstrumenten wordt verwezen naar HMCZ en/of de leverancier van de meetinstrumenten zelf.

### Directional waverider

*Sensorfunctie:*

Golfhoogte, Golfrichting, Golfperiode

*Beschrijving:*

De directional waverider is een door Datawell geleverde boei met een diameter van 0,9 m. De bolvormige boei bevat apparatuur voor het meten van verticale versnellingen en horizontale plaatsing, 'pitch', 'roll' en 'heave'. Bovendien is de boei uitgerust met twee vaste versnellingsmeters, een kompas en een richtingmeter. De ingewonnen data wordt via telemetrie naar de kust verzonden. Het golffrequentiebereik van de directional waverider wordt verschillend ingesteld afhankelijk van de ligging van de boei en de te verwachten golfperioden. Op de Noordzee en de Delta is het golffrequentiebereik van de directional waverider ingesteld op 0,03 Hz – 0,5 Hz. Omdat verder op de Oosterschelde de golven over het algemeen korter zijn (kleinere periode dus een hogere frequentie) is het golffrequentiebereik breder ingesteld namelijk: 0,03 Hz – 1,0 Hz.

De bemonsteringsfrequentie van de directional waverider is 1,28 Hz.

*Output:*

GD- en GR-bestanden

### Waverider

*Sensorfunctie:*

Golfhoogte, Golfperiode

*Beschrijving:*

De waverider is een bolvormige boei en heeft een diameter van iets minder dan 1 meter. Deze boei meet geen richtingen. De boei meet de versnellingen in verticale richting, die worden veroorzaakt door de golfkrachten op de boei. Hieruit kunnen de golfkarakteristieken worden bepaald. Het golffrequentiebereik

van de waverider wordt verschillend ingesteld afhankelijk van de ligging van de boei en de daarvoor te verwachte golfperiodes. Op de Noordzee en de Delta is het golffrequentiebereik van waverider ingesteld op 0,03 Hz – 0,5 Hz. Omdat verder op de Oosterschelde de golven over het algemeen korter zijn (kleinere periode dus een grotere frequentie) is het golffrequentiebereik hoger ingesteld namelijk: 0,03 Hz – 1,0 Hz.

De bemonsteringsfrequentie is 2,56 Hz.

*Output:*

GS- en GH-bestanden

### Stappenbaak

*Sensorfunctie:*

Golfhoogte, Golfperiode, Waterstand

*Beschrijving:*

Een stappenbaak is een verticaal gemonteerde kunststofbuis, waaraan op regelmatige afstanden van 5 cm elektroden zijn bevestigd. De stappenbaak is gemonteerd aan een platform of een meetpaal. Met behulp van elektronica wordt continue gemeten wat de hoogste elektrode is die zich nog onder water bevindt. Daarmee worden de veranderingen van het zeeoppervlak in de tijd vastgelegd en daaruit worden karakteristieken van de golfbeweging bepaald. De bemonsteringsfrequentie is 2,56 Hz.

*Output:*

GS- en GH-bestanden

### DNM (Digitale Niveau Meter)

*Sensorfunctie:*

Waterstand

*Beschrijving:*

De digitale niveaumeter bestaat uit een verticale buis met een opening onder het laagste waterniveau. De stromingsweerstand van de opening werkt als een doorlaatfilter voor lage frequenties. Hoge frequenties (windgolven) dringen niet door tot in de buis. Het waterniveau in de buis wordt gemeten met een vlotter, die via een metalen draad is verbonden met een katrol. Een contragewicht houdt de draad op spanning. Uit de rotaties van het katrol volgt het verloop van de waterstand.

De bemonsteringsfrequentie is 0,1 Hz.

*Output:*

WT-bestanden

### Windsensor

*Sensorfunctie:*

Windrichting, Windsnelheid

*Beschrijving:*

De KNMI apparatuur meet de windrichting (vaan) en windsnelheid (anemo). De bemonsteringsfrequentie is 0,1 Hz.

*Output:*

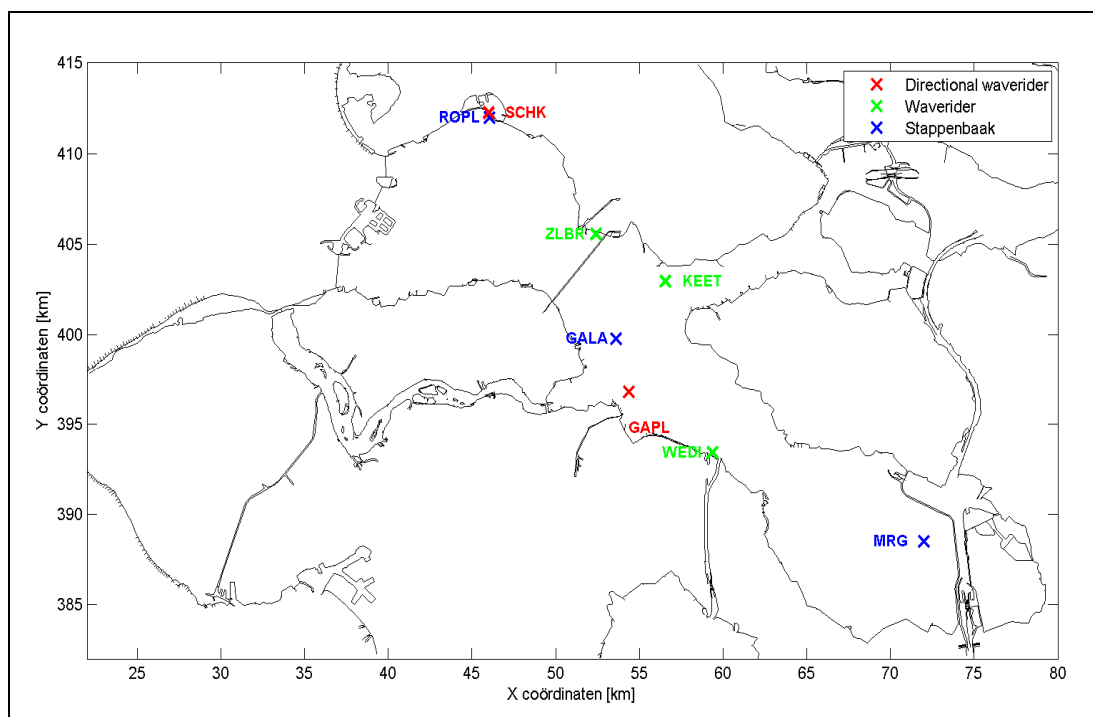
WN-bestanden

## 2.4 Golfmetingen

### 2.4.1 Algemeen

In de periode januari 1987 t/m januari 2012 zijn op 8 meetlocaties golfmetingen in de Oosterschelde uitgevoerd:

Meetlocatie	Afkorting	Diepte t.o.v. NAP	Begin meting	Eind meting
Wemeldinge	WEDI	-35 m	1 januari 1987	- 14 december 1989
Marollegat	MRG	-5,5 m <sup>2</sup>	24 september 1987	- 31 januari 2012
Zeelandbrug	ZLBR	-15 m	15 oktober 1987	- 9 mei 1990
Roggeplaat	ROPL		22 april 1988	- 9 november 1989
Galgenplaat Laag	GALA	-1,5 m	1 juni 1989	- 12 juli 1992
Keeten	KEET	-16 m	28 oktober 1999	- 31 januari 2012
Galgenplaat	GALP	-10 m	8 mei 2008	- 30 augustus 2011
Schelphoek	SCHK	-4,5 m	10 augustus 2011	- 31 januari 2012



Figuur 2.2: Golfmeetlocaties in de Oosterschelde

De ligging van deze golfmeetlocaties is weergegeven in Figuur 2.2. De directional waveriders zijn weergegeven in het rood, de non-directional waveriders in het groen en de stappenbaken in het blauw. Voor de exacte coördinaten van de meetlocaties wordt verwezen naar Tabel 2.1.

<sup>2</sup> Meetinstrument verplaatst op 4-6-2008, nieuwe diepte NAP - 7 m.

Van de golfmetingen zijn, voor de verslagperiode januari 1987 t/m januari 2012, vier typen databestanden beschikbaar:

- GD – bestanden (directional waverider)
- GR – bestanden (directional waverider)
- GH – bestanden (non directional waverider & stappenbaak vanaf 1998)
- GS – bestanden (non directional waverider & stappenbaak tot 1998)

De meeste data- bestanden kunnen gratis van de HMCZ site ([www.hmcz.nl](http://www.hmcz.nl)) worden gehaald, anders zijn deze gratis aan te vragen bij het HMCZ.

In Annex A is de opbouw van de vier typen golfdatabestanden te vinden. Het tijdsinterval in alle golfdatabestanden is 30 minuten.

Na ontvangst van de meetbestanden bleken alle GR bestanden uit alleen maar dummy waarden te bestaan. Hierdoor is uiteindelijk geen golfrichtingsinformatie beschikbaar.

In deze rapportage is gebruik gemaakt van de volgende golfparameters:

- $H_{m0}$  Gemiddelde significante golfhoogte uit 10 mHz energiedichtheid spectrum van 0,03 - 1,0 Hz
- $T_{m02}$  Gemiddelde golfperiode gedefinieerd als  $m_0/m_2$  van het 10mHz energiedichtheid spectrum 0,03 - 1,0 Hz.
- $T_{m-1,0}$  Gemiddelde golfperiode gedefinieerd als  $m_{-1}/m_0$  van het 10mHz energiedichtheid spectrum 0,03 - 1,0 Hz.
- $C_{zz}$  Energiedichtheidspectrum 0.0 - 0.5 Hz.

#### 2.4.2 Verslagperiode en Registratiedichtheid

Om inzicht te krijgen in de beschikbaarheid van de meetdata op de golfmeetlocaties is in Annex B per meetlocatie grafisch weergegeven voor welke periode golfdata (en dus meetbestanden) aanwezig is.

Daarnaast is de registratiedichtheid van de golfmeetinstrumenten op de verschillende golfmeetlocaties bepaald. Met de registratiedichtheid wordt de verhouding tussen het verkregen aantal metingen en het maximaal mogelijke aantal metingen bedoeld. Tabel 2.2 geeft een overzicht van de registratiedichtheid per meetlocatie per jaar en over de gehele verslagperiode (1 januari 1987 t/m januari 2012).

NB. Voor de meetlocaties Marollegat en Roggeplaat is niet alle beschikbare data aangevraagd en ingelezen, dit is in Tabel 2.2 aangegeven met W.B (wel beschikbaar). Deze specifieke data blijkt niet cruciaal te zijn bij de stormselectie, omdat tijdens de betreffende perioden geen hoge windsnelheden en/of hoge golfcondities optraden (zie hoofdstuk 3). Daarom is besloten deze data niet alsnog aan te vragen en te analyseren.

Tabel 2.2: Registratiedichtheid per golfmeetlocatie per jaar (W.B = wel beschikbaar, maar hier niet geanalyseerd)

	MRG		WEDI	ZLBR	ROPL	GALA	KEET	SCHK	SCHK	GALP	GALP
	GH	GS	GS	GS	GS	GS	GH	GD	GR	GD	GR
1986	-	45,2%	22,6%	-	-	-	-	-	-	-	-
1987	-	25,6%	80,1%	20,9%	-	-	-	-	-	-	-
1988	-	98,0%	57,3%	63,5%	W.B	-	-	-	-	-	-
1989	-	98,7%	54,2%	68,0%	W.B	41,0%	-	-	-	-	-
1990	-	97,9%	0,1%	31,9%	-	85,3%	-	-	-	-	-
1991	-	91,5%	-	-	-	83,9%	-	-	-	-	-
1992	-	98,9%	-	-	-	50,6%	-	-	-	-	-
1993	-	W.B	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1994	-	W.B	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995	-	W.B	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1996	-	W.B	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997	-	W.B	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	W.B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	24,0%	-	-	-	-	-	17,4%	-	-	-	-
2000	90,5%	-	-	-	-	-	95,8%	-	-	-	-
2001	90,5%	-	-	-	-	-	96,6%	-	-	-	-
2002	91,6%	-	-	-	-	-	97,4%	-	-	-	-
2003	88,9%	-	-	-	-	-	95,3%	-	-	-	-
2004	80,5%	-	-	-	-	-	89,1%	-	-	-	-
2005	87,1%	-	-	-	-	-	91,9%	-	-	-	-
2006	91,4%	-	-	-	-	-	97,0%	-	-	-	-
2007	93,1%	-	-	-	-	-	98,2%	-	-	-	-
2008	93,2%	-	-	-	-	-	89,4%	-	-	60,8%	0%
2009	90,5%	-	-	-	-	-	92,9%	-	-	91,8%	0%
2010	87,4%	-	-	-	-	-	97,9%	-	-	89,3%	0%
2011	90,6%	-	-	-	-	-	94,1%	30,0%	0%	59,4%	0%
2012	97%	-	-	-	-	-	99,6%	100%	0%	-	-

Uit Tabel 2.2 kan het volgende worden geconcludeerd:

- De meetlocatie Marollegat is al aanwezig vanaf 1986 en is in januari 2012 nog steeds operationeel. In de periode 1993 t/m 1998 is Marollegat zelfs de enige operationele meetlocatie.
- Naast Marollegat is Keeten ook al een lange tijd operationeel, te weten van oktober 1999 t/m januari 2012.
- De directional waveriders zijn alleen aanwezig op Galgenplaat (vanaf mei 2008 t/m augustus 2011) en Schelphoek (vanaf augustus 2011 t/m januari 2012).
- Over de gehele meetperiode is geen golfrichtingsdata aanwezig. De GR-bestanden zouden deze informatie moeten geven maar de ontvangen GR-bestanden bestaan helaas geheel uit dummy waarden.

- De golfmetingen op de meetlocaties WEDI, ZLBR, ROPL, GALA, SCHK en GALP bevatten relatief veel onderbrekingen door nog niet achterhaalde oorzaken.

### 2.4.3 Golfkarakteristieken

Om een eerste indruk te krijgen van de golfklimatologie op de Oosterschelde is voor alle golfmeetlocaties de gehele tijdserie van de golfhoogte  $H_{m0}$  voor de periode januari 1987 t/m januari 2012 gegeven in Annex C. In deze Annex zijn tevens de windrichtingen en windsnelheden gemeten bij Stavenisse weergegeven, dit om zo een beter overzicht te krijgen voor de stormselectie (hoofdstuk 3).

In deze fase van de studie is alleen gekeken naar de golfparameters die vaste output zijn bij de meetlocaties (zie Annex A). Ondanks het feit dat het spectrum een output is bij elke golfmeetlocatie, is gekozen om in deze fase van de studie deze buiten beschouwing gelaten. Bij de hindcasts (zie hoofdstuk 3) zijn de spectra (incl. enkele daaruit volgende golfparameters) wel beschouwd.

Als golfkarakteristieken voor de golfmetingen van de verslagperiode januari 1987 t/m januari 2012 zijn per golfmeetlocatie voor vier golfparameters ( $H_3$ ,  $H_{m0}$ ,  $T_{m02}$ ,  $T_{m-1,0}$ ) gemiddelden, maxima en de waarden met overschrijdingsfrequenties van 0.1%, 1%, 5%, 10%, 50% bepaald (zie Tabel 2.3 & Annex D). Voor de definities van de 5 golfparameters wordt verwezen naar Annex A.

De overschrijdingsfrequentie is in procenten gegeven. Een situatie met een overschrijdingskans van 1% wil zeggen dat die situatie 1% van de tijd wordt overschreden ofwel 3,65 dagen per jaar.

De golfparameter  $H_3$  is een vaste output parameter in de periode voor 1998 (GS-bestanden) en de golfparameter  $H_{m0}$  pas vanaf 1998 (GH-bestanden). De resultaten voor de golfhoogte  $H_3$  en  $H_{m0}$  zijn gepresenteerd in respectievelijk Tabel 2.3 en Tabel 2.4.

Opvallend is de maximale golfhoogte van 2,43 meter gemeten bij Keeten op 18 januari 2007 15:30. Dit betreft geen meetfout, maar is het gevolg van een storm (januari 2007). Dit is ook de zwaarste storm (windkracht 10) in de gehele verslagperiode (januari 1987 t/m januari 2012). Voor meer details wordt verwezen naar paragraaf 3.6.



**Tabel 2.3: Karakteristieken van de golfhoogte  $H_3$  (tot 1998)**

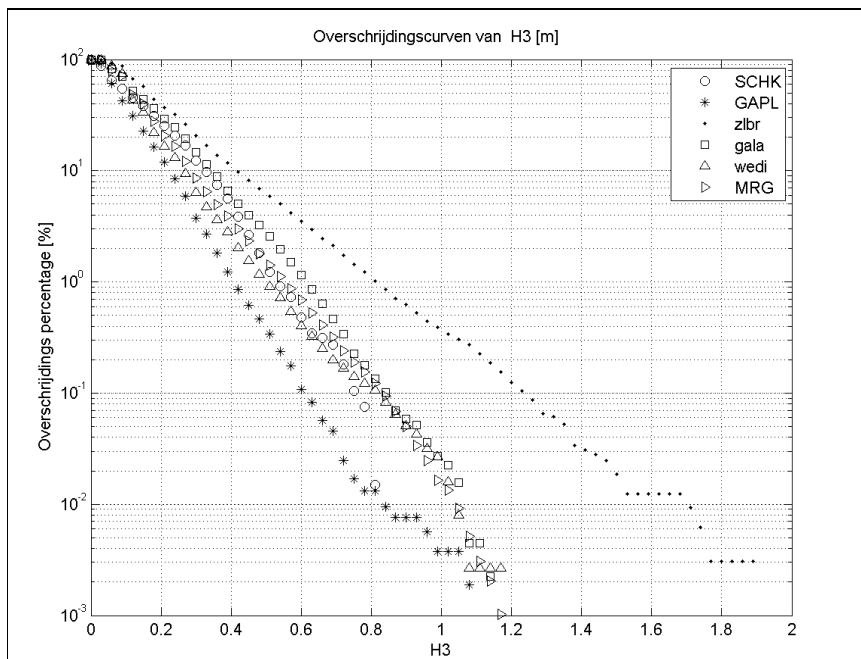
$H_3$ [m]							
Locatie	max [m]	gem [m]	Overschrijdingsfrequentie				
			0.1%	1%	5%	10%	50%
ZLBR	1.92	0.21	1.25	0.81	0.54	0.41	0.17
KEET	-	-	-	-	-	-	-
GALA	1,16	0.17	0.84	0.61	0.42	0.35	0.13
GAPL	1.09	0.10	0.61	0.41	0.28	0.21	0.08
SCHK	0.82	0.14	0.76	0.53	0.40	0.33	0.10
WEDI	1,18	0.14	0.82	0.50	0.33	0.25	0.11
MRG	1.20	0.15	0.83	0.55	0.36	0.28	0.12

**Tabel 2.4: Karakteristieken van de golfhoogte  $H_{m0}$  (vanaf 1998)**

$H_{m0}$ [m]							
Locatie	max [m]	gem [m]	Overschrijdingsfrequentie				
			0.1%	1%	5%	10%	50%
ZLBR	-	-	-	-	-	-	-
KEET	2.43	0.20	1.24	0.84	0.54	0.42	0.16
GALA	-	-	-	-	-	-	-
GAPL	1.19	0.10	0.67	0.45	0.29	0.22	0.07
SCHK	0.91	0.14	0.84	0.59	0.44	0.35	0.08
WEDI	-	-	-	-	-	-	-
MRG	1.28	0.18	0.82	0.58	0.41	0.33	0.15

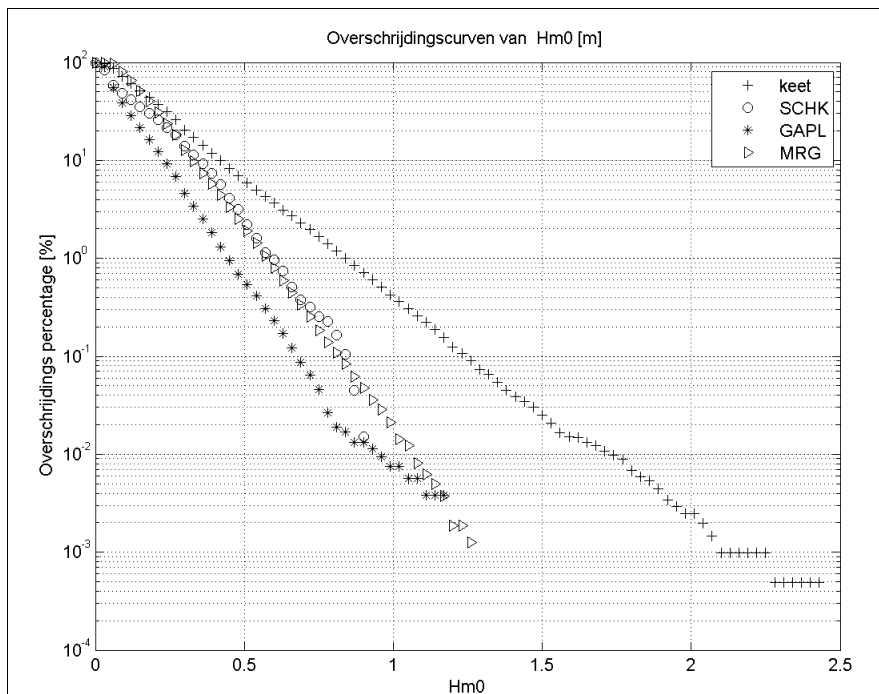
Overall geldt dat de golfhoogte afneemt naarmate de meetlocatie meer landinwaarts ligt. Galgenplaat laag wijkt hierbij af, als gevolg van de ondiepte op deze meetlocatie. N.B. Merk op dat de meetperiode per meetlocatie zeer verschilt en tevens betreft de verschillende meetperiodes geen gehele jaren (zie Tabel 2.2).

Ter visualisering zijn in Figuur 2.3 en Figuur 2.4 de overschrijdingscurven van respectievelijk de golfhoogte  $H_3$  en  $H_{m0}$  weergegeven. De overschrijdingscurven zijn bepaald met de beschikbare golfdata per meetlocatie. Ook hier: de meetperiode is verschillend per meetlocatie (zie Tabel 2.2)!



Figuur 2.3: Overschrijdingscurven van de golfparameter  $H_3$

Zoals verwacht vertoont meetlocatie Zeelandbrug duidelijk hogere golven in vergelijking met de andere meetlocaties. De overschrijdingscurven van GALA, WEDI, SCHK en MRG vertonen nagenoeg hetzelfde beeld.



Figuur 2.4: Overschrijdingscurven van de golfparameter  $H_{m0}$

Bij de overschrijdingscurven van de golfparameter  $H_{m0}$  is te zien dat Keeten de hoogste golven meet. De curven van Schelphoek en Marollegat zijn vergelijkbaar en Galgenplaat Laag meet duidelijk lagere golven. De horizontale staart in de overschrijdingscurve van Keeten is het gevolg van de storm januari 2007.

## 2.5 Waterstandmetingen

### 2.5.1 Algemeen

In de periode januari 1987 t/m januari 2012 zijn op 17 locaties waterstandmetingen in de Oosterschelde uitgevoerd. Aangezien niet alle waterstandmetingen benodigd zijn voor de huidige hindcast studie zijn niet alle waterstandmetingen geanalyseerd. Desalniettemin zijn voor de volledigheid in Tabel 2.5 wel alle waterstandmeetlocaties weergegeven en tevens is in deze tabel aangegeven in welke jaren op de verschillende meetlocaties is gemeten. Een kruis hoeft niet te betekenen dat het gehele jaar is gemeten, het kan ook een kortere periode betreffen.

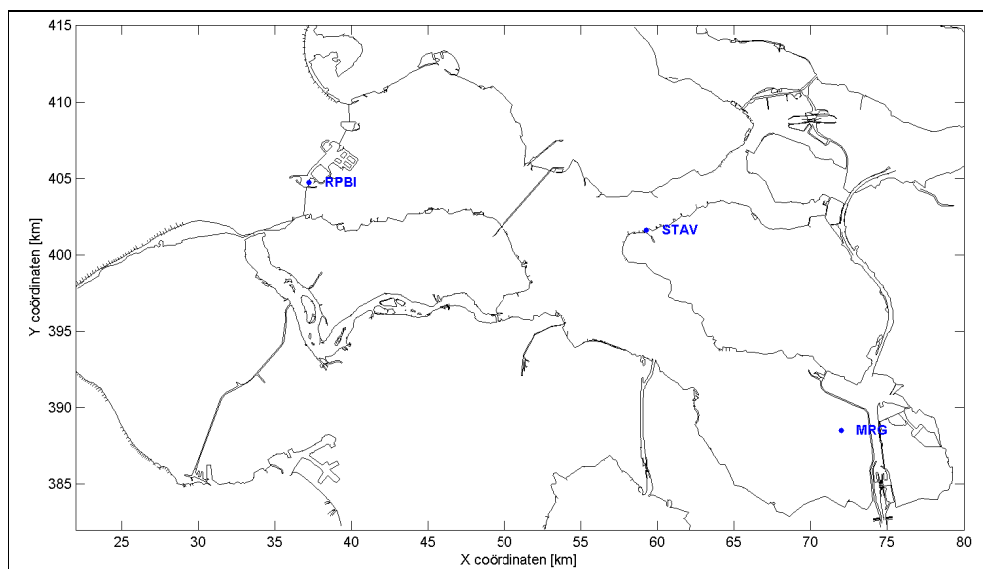
**Tabel 2.5: Uitgevoerde waterstandmetingen in de Oosterschelde in de periode 1987 t/m 2012**

	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
MRG	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
RPBI	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
STAV	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
SPUI	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
BDSL				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
YE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
BH2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
BS2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																
GALA	X	X	X	X	X	X																				
ZN	X	X	X	X	X																					
ROPL		X	X																							
GAHO	X	X																								
WBME		X																								
MK	X																									
LG1	X																									
RP	X																									
CP	X																									

Aangezien voor de hindcasts niet alle waterstandmetingen benodigd zijn, is gekozen om de volgende 3 waterstandmeetlocaties nader te analyseren:

Meetlocatie	Afkorting	Begin meting	Eind meting
Roompot Binnen	RPBI	14 april 1987	- 31 januari 2012
Marollegat	MRG	1 januari 1987	- 31 januari 2012
Stavenisse	STAV	31 maart 1987	- 30 augustus 2011

De ligging van de geanalyseerde waterstandmeetlocaties is weergegeven Figuur 2.5.



Figuur 2.5: Gebruikte waterstandmetingen in de Oosterschelde

Van de waterstandmetingen is 1 type bestand beschikbaar gesteld door HMCZ, namelijk de WT-bestanden. Deze bestanden bevatten, met een tijdstap van 10 minuten, de gemeten waterstand t.o.v. NAP. De opbouw van deze WT-bestanden is te vinden in Annex E.

## 2.5.2 Verslagperiode en registratiedichtheid

Om inzicht te krijgen in de beschikbaarheid van de meetdata op de waterstandmeetlocaties is per meetlocatie grafisch weergegeven voor welke periode waterstanddata (en dus meetbestanden) aanwezig is. Deze figuren zijn te vinden in de bij dit rapport horende cd, zie Annex R.

Tabel 2.6 geeft een overzicht van de beschikbaarheid van de waterstanddata van de 3 geselecteerde locaties in de vorm van registratiedichtheid per jaar.

NB. Voor de 3 waterstandmeetlocaties is niet alle beschikbare data aangevraagd en ingelezen, dit is in Tabel 2.6 aangegeven met W.B (wel beschikbaar). Deze specifieke data blijkt niet cruciaal te zijn bij de stormselectie, omdat tijdens de betreffende perioden geen hoge windsnelheden en/of hoge golfcondities optraden (zie hoofdstuk 3). Daarom is besloten deze data niet alsnog aan te vragen en te analyseren.

**Tabel 2.6: Registratiedichtheid per waterstandmeetlocatie** (W.B = wel beschikbaar, maar hier niet geanalyseerd)

	MRG	RPBI	STAV
	WT	WT	WT
1987	W.B	W.B	75,5%
1988	W.B	W.B	100%
1989	W.B	W.B	96,9%
1990	W.B	W.B	99,5%
1991	W.B	W.B	99,6%
1992	W.B	W.B	99,5%
1993	W.B	W.B	W.B
1994	W.B	W.B	W.B
1995	W.B	W.B	W.B
1996	W.B	W.B	W.B
1997	W.B	W.B	W.B
1998	W.B	W.B	W.B
1999	25,0%	25,2%	25,2%

	MRG	RPBI	STAV
	WT	WT	WT
2000	99,0%	100%	98,9%
2001	99,3%	100%	91,8%
2002	99,7%	100%	99,9%
2003	97,7%	99,9%	75,1%
2004	97,9%	99,9%	100%
2005	96,7%	99,9%	99,9%
2006	99,2%	99,9%	99,9%
2007	99,8%	99,9%	99,9%
2008	99,6%	99,9%	99,9%
2009	99,7%	99,9%	99,9%
2010	99,6%	99,9%	92,2%
2011	99,9%	99,9%	99,9%
Jan 2012	100%	100%	100%

De registratiedichtheid in 1999 is op alle locaties laag, aangezien de ontvangen tijdreeksen pas 1 oktober 1999 beginnen. De data van de maanden ervoor is wel beschikbaar, maar blijkt niet nodig te zijn voor de huidige studie.

Uit Tabel 2.6 kan het volgende worden geconcludeerd:

- De registratiedichtheden van de waterstandlocatie Marollegat en Stavenisse is hoog en varieert tussen 97.7% en 100%.
- De registratiedichtheden van de waterstandlocatie Roompot Binnen is ook goed met uitzondering in 2003 waar maar 75% van de tijd het meetinstrument goed heeft gefunctioneerd. De reden voor uitval/geen registratie is onbekend, bij gebrek aan metadata.

### 2.5.3 Waterstandkarakteristieken

Als karakteristieken van de waterstandmetingen zijn de gemiddelde, het minimum en maximum waarden berekend per waterstandmeetlocatie. Deze zijn weergegeven in Tabel 2.7.

**Tabel 2.7: Waterstandkarakteristieken**

Locatie	Gemeten waterstand t.o.v. NAP [m]		
	Gem	Min	max
RPBI	0.01	-2.42	2.73
STAV	0.03	-2.64	3.09
MRG	0.04	-2.81	3.42

Zoals verwacht is in Tabel 2.7 duidelijk te zien dat de variatie in de gemeten waterstand kleiner is naarmate de meetlocatie meer zeewaarts gelegen is. Men dient rekening te

houden met feit dat de bovenstaande karakteristieken bepaald zijn met de opgevraagde data en dat meetperiode per meetlocatie verschillend zijn (zie Tabel 2.6).

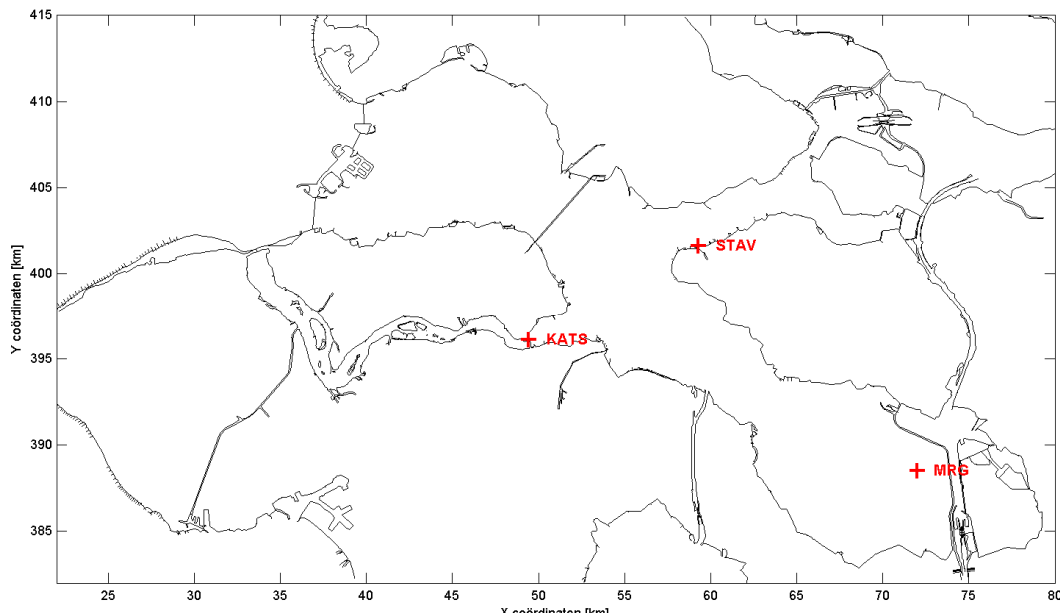
## 2.6 Windmetingen

### 2.6.1 Inleiding

In de periode januari 1987 t/m januari 2012 zijn op 3 locaties windmetingen in de Oosterschelde uitgevoerd:

Meetlocatie	Afkorting	Begin meting	Eind meting
Stavenisse	STAV	1 oktober 1990	- 31 januari 2012
Marrolegat	MRG	1 januari 1987	- 31 januari 2012
Kats Sluist	KATS	21 september 2001	- 13 november 2008

De windmeetlocaties in de Oosterschelde zijn weergegeven in Figuur 2.6.



Figuur 2.6: Windmeetlocaties in de Oosterschelde

Van de windmetingen is één type bestand beschikbaar gesteld door HMCZ, namelijk de WN-bestanden. Deze databestanden bevatten, met een tijdstap van tien minuten, de windsnelheid, windrichting. De opbouw van de WN-bestanden is te vinden Annex E.

## 2.6.2 Verslagperiode en registratiedichtheid

De in dit rapport beschreven periode loopt van januari 1987 t/m januari 2012.

Tabel 2.8 geeft een overzicht van de beschikbaarheid in de vorm van registratiedichtheid per jaar per windmeetlocatie. Niet alle beschikbare winddata is aangevraagd/ontvangen en ingelezen, dit is in Tabel 2.8 aangegeven met W.B (wel beschikbaar). Deze specifieke data blijkt niet cruciaal te zijn bij de stormselectie en voor de hindcasts, omdat tijdens de betreffende perioden geen hoge windsnelheden en/of hoge golfcondities optraden (zie hoofdstuk 3). Daarom is besloten deze data niet alsnog aan te vragen en te analyseren.

**Tabel 2.8: Registratiedichtheid per jaar per windmeetlocatie**

	MRG	STAV	KATS
	WN	WN	WN
1986	98,8%	W.B	-
1987	98,6%	W.B	-
1988	98,3%	W.B	-
1989	98,7%	W.B	-
1990	99,3%	25,0%	-
1991	91,8%	99,3%	-
1992	98,9%	96,5%	-
1993	W.B	W.B	-
1994	W.B	W.B	-
1995	W.B	W.B	-
1996	W.B	W.B	-
1997	W.B	W.B	-
1998	W.B	W.B	-
1999	W.B	24,8%	-
2000	W.B	97,7%	-
2001	W.B	99,2%	W.B
2002	W.B	99,5%	W.B
2003	W.B	98,1%	W.B
2004	W.B	99,2%	W.B
2005	W.B	99,1%	W.B
2006	W.B	95,3%	W.B
2007	W.B	99,5%	W.B
2008	W.B	99,5%	W.B
2009	W.B	98,9%	-
2010	W.B	99,3%	-
2011	W.B	99,5%	-
Jan 2012	W.B	100%	-

Uit Tabel 2.8 kan het volgende geconcludeerd worden:

- De registratiedichtheid van de windmeetlocatie Marollegat is hoog en varieert tussen 91,8% en 98,8%.
- De registratiedichtheid van de windmeetlocatie Stavenisse is ook hoog met uitzondering van 1990 en 1999, waar de registratiedichtheid maar respectievelijk 25% en 24,8% is. De van het HMCZ ontvangen bestanden van 1990 en 1999 beginnen pas in oktober, de redenen hiervoor is onbekend.

## 2.6.3 Windkarakteristieken

Als windkarakteristieken van de windmetingen, over de periode januari 1987 t/m januari 2012, zijn per windmeetlocatie de volgende waarden bepaald:

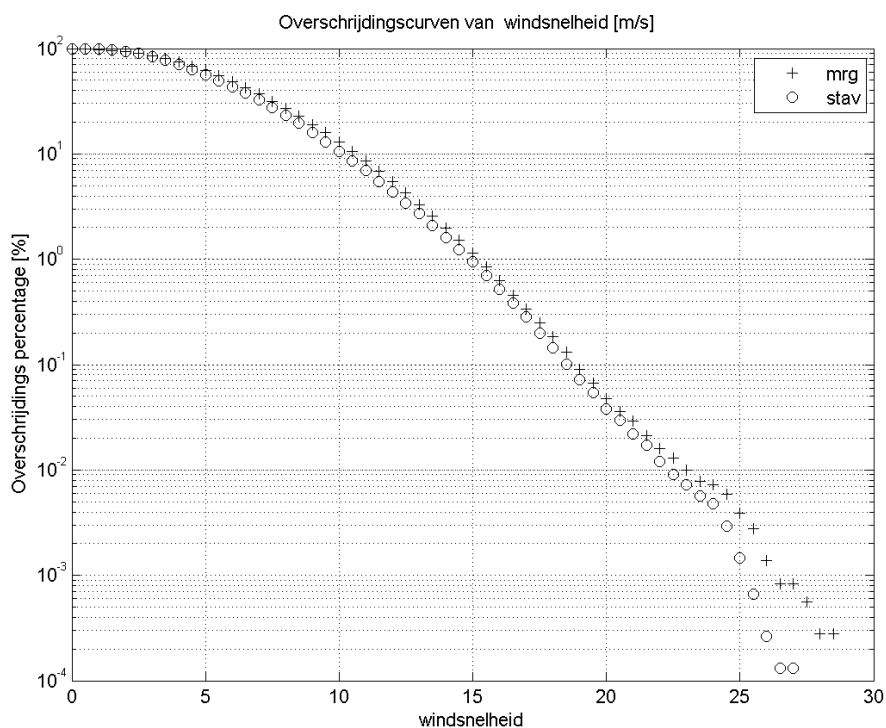
- Het maximum van de windsnelheid van de ontvangen data.
- De waarden van de windsnelheid met een overschrijdingskans van 0,1% 1%, 5%, 10%, 50% voor de windsnelheid van de beschikbare data.

De resultaten zijn getoond in Tabel 2.9. De waarde van de meetlocatie KATS ontbreekt in de tabel aangezien deze niet is aangevraagd. Deze data blijkt niet cruciaal te zijn bij de stormselectie/hindcasts, zodat is besloten deze data niet alsnog aan te vragen en te analyseren. Bij het gebruik van de karakteristieken dient rekening te worden gehouden met het feit dat de meetperiode per meetlocatie verschilt (zie Tabel 2.8).

Tabel 2.9: Karakteristieken van de windsnelheid

Windsnelheid [m/s]							
Locatie	max [m]	gem [m]	Overschrijdingsfrequentie				
			0,10%	1%	5%	10%	50%
STAV	27,00	5,93	18,49	14,90	11,72	10,13	5,47
MRG	28,50	6,24	18,83	15,22	12,17	10,63	5,90

Ter visualisering zijn in Figuur 2.6 de overschrijdingscurven van de windsnelheid op de verschillende windmeetlocaties weergegeven. Zoals verwacht zijn de overschrijdingscurven van beide locaties vergelijkbaar.



Figuur 2.7: Overschrijdingscurven van de windsnelheid (januari 1987 t/m januari 2012)



### **3 STORMSELECTIE**

#### **3.1 Inleiding**

Om de betrouwbaarheid van het golfmodel SWAN voor golfcondities te kunnen kwantificeren zijn vooral perioden met hoge windsnelheden en hoge golfcondities interessant. Om deze reden zijn storm(achtige) perioden met harde wind en hoge golven geselecteerd om te hindcasten. Hierbij is ook rekening gehouden met de beschikbaarheid van metadata op ten minste 2 meetlocaties.

In dit hoofdstuk wordt de selectie van de stormmomenten besproken. In paragraaf 3.8 is een samenvatting van de uiteindelijk geselecteerde stormmomenten en de daarbij gekozen waterstand, windsnelheid en windrichting voor de SWAN simulaties gegeven

#### **3.2 Eerste (grove) selectie**

Op basis van de tijdseries van de wind- en golfgegevens, gemeten in de Oosterschelde voor de periode 1986 t/m januari 2012 (zie Annex C), heeft Svašek 13 interessante perioden geselecteerd. De groene strepen boven in de figuren van Annex C geven de 13 geselecteerde perioden aan. Bij deze eerste selectie zijn voornamelijk de volgende punten in beschouwing zijn genomen:

- Voldoende meetgegevens beschikbaar, te weten wind- en waterstandgegevens.
- Minimaal de golfgegevens van Keeten en Marollegat moeten beschikbaar zijn.
- De stormmomenten moeten bij benadering stationair zijn.
- Situaties met hoge windsnelheden
- Situaties met hoge golven
- Verschillende soorten stormmomenten (waterstanden, windrichtingen).

In Tabel 3.1 zijn de 13 interessante perioden en de bijhorende kenmerken weergegeven. Op de bij deze studie horende cd zijn de meer gedetailleerde tijdseries van wind, waterstand en golven van deze 13 interessante perioden te vinden.

**Tabel 3.1: 13 interessante perioden en bijhorende kenmerken**

Nr	Datum	Windrichting STAV [°N]	Windsnelheid STAV [m/s]	Hoogwaterstand STAV [m tov NAP]	H <sub>max</sub> Keet [m]	H <sub>max</sub> MRG [m]	Beschikbare gegevens andere meetlocaties	Stationaire windsnelheid STAV	Stationaire windrichting STAV	Kering open	Opmerkingen
1	8-11 november 1989	230 t/m 250	13-17	+1,7	--	0,6	ZLBR (H <sub>mo</sub> =1,0 m), GALA en WEDI (H <sub>mo</sub> =0,6)	ja	redelijk	ja	Golfhoogte erg laag voor meeste meetlocaties, muv ZLBR
2	27-28 februari 1990	280	18-21	+2,0	--	1,2	ZLBR (H <sub>mo</sub> =1,5 m)	matig	ja	nee	Waterstand zeer schommelend door sluiten kering
3	28-30 mei 2000	220 t/m 250	15-22	+2,1	1,5	1,0	nee	matig	matig	nee	Gat in dataset
4	29-31 oktober 2000	200	16-17	+1,5	1,1	0,9	nee	ja	ja	ja	
5	4-6 april 2001	250 t/m 290	10-15	+1,7	1,0	0,5	nee	matig	matig	ja	
6	26-29 oktober 2002	250 t/m 280	22-26	+1,3	2,1	1,1	nee	ja	matig	nee	groot verschil in waarde H <sub>mo</sub> tussen Keet en MRG
7	6-8 oktober 2003	260 t/m 290	14-19	+2,5	1,6	0,6	nee	redelijk	redelijk	ja	Vergelijkbaar met storm 3
8	23-26 juni 2004	230 t/m 250	15-17	+2,5	1,2	1,1	nee	ja	ja	ja	Tijdens 2e HW klein verschil in H <sub>mo</sub> tussen meetstations, tijdens 3e HW juist groot verschil
9	18-20 januari 2007	220-230	22-26	+2,5	2,5	1,3	nee	redelijk	redelijk	ja	Grote piek in H <sub>mo</sub> bij MRG
10	8-12 november 2007	280 t/m 330	14-16	+2,0	1,2	0,6	nee	redelijk	redelijk	nee	
11	16-18 oktober 2010	30 t/m 50	10-14	+1,1	0,5	0,6	nee	redelijk	redelijk	ja	wind uit noordoosten. Golfhoogte zeer beperkt
12	7-12 december 2011	270 t/m 280	15-20	+2,0	1,5	1,0	ja, SCHK (H <sub>mo</sub> =0,6)	ja	ja	nee	toename van H <sub>mo</sub> na hoogwater bij Keet, maar afname van H <sub>mo</sub> bij MRG
13	4-7 januari 2012	290 t/m 320	15-18	+2,6	1,3	1,0	ja, SCHK (H <sub>mo</sub> =0,8)	ja	redelijk	nee?	flinke wind en golven op Noordzee, maar matig op Oosterschelde

Uit de 13 interessante perioden zijn, in samenspraak met Deltares en PBZ, voor de periode januari 1987 t/m 31 januari 2012 vijf stormachtige perioden (grijs gearceerd in Tabel 3.1) met hoge windsnelheden, waterstanden en golfhoogten geselecteerd om nader te analyseren:

- 1) Storm 29-31 oktober 2000
- 2) Storm 26-29 oktober 2002
- 3) Storm 23-26 juni 2004
- 4) Storm 18-20 januari 2007
- 5) Storm 7-12 december 2011

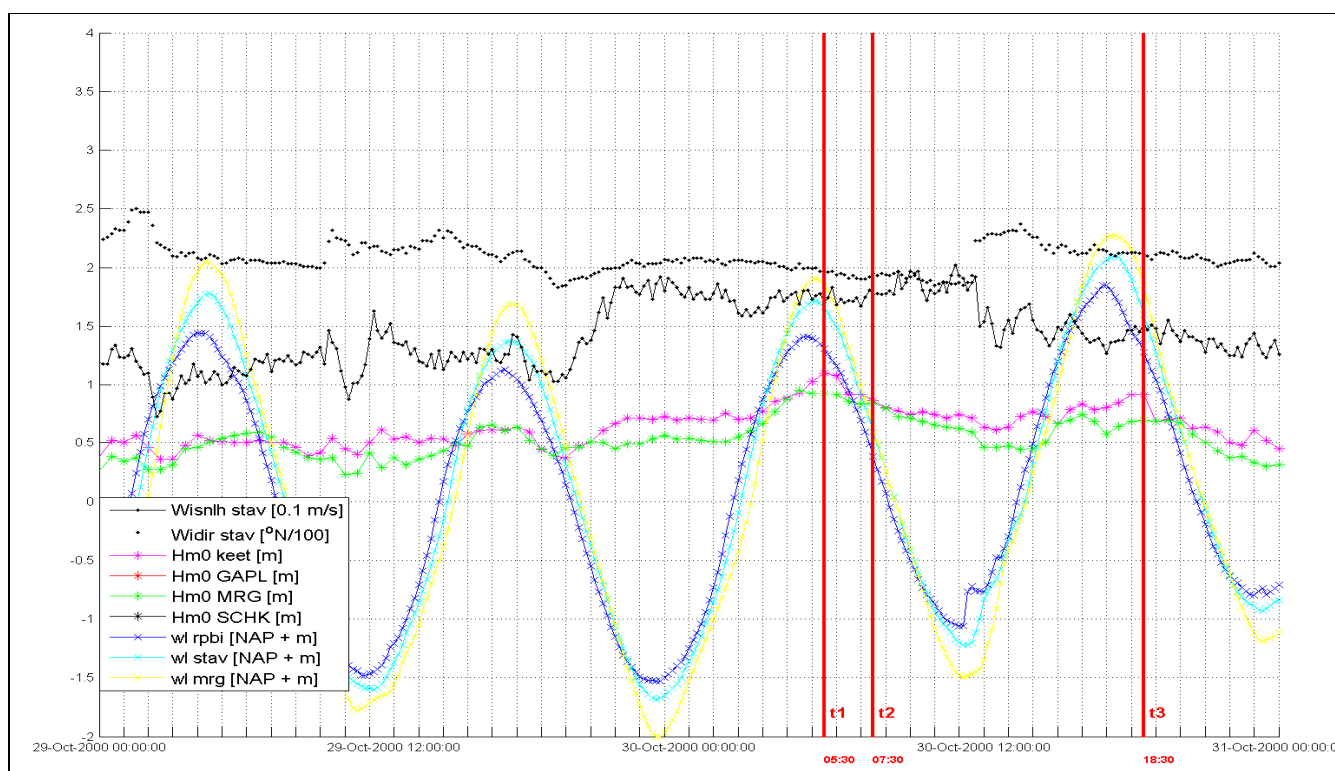
Vervolgens zijn, in samenspraak met Deltares en PBZ, uit deze 5 stormachtige perioden enkele stormmomenten gekozen om met SWAN te hindcasten. In de resterende paragrafen van dit hoofdstuk zijn de uiteindelijk geselecteerde stormmomenten per periode besproken.

### 3.3 Storm: 29 oktober 2000 – 31 oktober 2000

Enkele kenmerken van de storm oktober 2000 zijn:

- Windkracht 8 (windsnelheid maximaal 20,2 m/s op 30 oktober om 10:50)
- Golfdata op twee golfmeetlocaties beschikbaar (KEET, MRG).
- De gemeten golfhoogte bij Keeten bedraagt maximaal 1,1 m (30-10-2000 05:30).
- De gemeten golfhoogte bij Marollegat bedraagt maximaal 0,95 m (30-10-2000 04:30).
- Waterstand bij Stavenisse varieert tussen NAP+2,1 m en NAP -1,6 m

In Figuur 3.1 zijn de tijdseries van wind, waterstand en golven weergegeven van de storm van oktober 2000.



Figuur 3.1: Wind-, waterstand-, en golfgegevens voor stormperiode 29 oktober 2000 – 31 oktober 2000

Uit deze stormperiode zijn 3 stormmomenten geselecteerd. De geselecteerde tijdstippen zijn hieronder kort besproken:

**t1:** 30 oktober 2000 om 05:30

Stationaire situatie. De wind komt al gedurende 9 uur uit ZZW (200-210 °N) met een windsnelheid rond de 17 m/s. De golfhoogte bij Keeten is 1,1 m en bij Marollegat is deze 0.9 m. Tijdstip is rond hoog water (bij Stavenisse ca NAP +1,7m).

Dit moment is gekozen door de volgende punten: stationaire situatie, hoog water, maximale golfhoogte (in deze stormperiode) bij Keeten.

t2: 30 oktober 2000 om 07:30

Stationaire situatie. De wind is 17m/s en komt het laatste uur uit ZZW (195 °N). De golfhoogten bij Keeten en Marollegat zeer vergelijkbaar (0,85 m). Waterstand bij Stavenisse ca NAP +0,6 m.

Dit moment is gekozen door de volgende punten: stationaire situatie, gelijkwaardige golfhoogte bij KEET en MRG (0,85 m).

t3: 30 oktober 2000 om 18:30

Stationaire situatie. De windsnelheid is ongeveer 15 m/s en komt al ca 1,5 uur uit ZW (211 °N). De golfhoogte bij Keeten (0,9 m) en Marollegat (0,7 m) verschillen enigszins. Waterstand bij Stavenisse ca NAP +0,3m.

Dit moment is gekozen door de volgende punten: stationaire situatie, lokale piek in de golfhoogte bij Keeten,  $H_{m0}$  bij Keeten en Marollegat > 0,5 m, hoge waterstand, verschil in golfhoogte bij Marollegat en Keeten aanzienlijk. Daarnaast is dit moment interessant aangezien de windrichting een nieuwe variant is voor de hindcast, kijkend naar de geselecteerde stormmomenten van alle stormperiodes.

In Tabel 3.2 zijn de 3 geselecteerde stormmomenten gepresenteerd. Kolom 2 t/m 5 laten de gemeten golfhoogte  $H_{m0}$  bij Keeten ( $H_{(keet)}$ ), Galgenplaat ( $H_{(gapl)}$ ), Marollegat ( $H_{(mrg)}$ ) en Schelphoek ( $H_{(schk)}$ ) zien. Kolom 6 t/m 7 geven de gemeten windsnelheid ( $U_{(stav)}$ ) en windrichting ( $Wdir_{(stav)}$ ) bij Stavenisse weer. In kolom 8 t/m 10 zijn de gemeten waterstanden bij Roompot Binnen ( $WI_{(rpbi)}$ ), Stavenisse ( $WI_{(stav)}$ ) en Marollegat ( $WI_{(mrg)}$ ) te vinden. In de laatste drie kolommen zijn de voorgestelde waterstand (WI), windsnelheid (U) en windrichting (Wdir) voor de SWAN simulaties weergegeven.

**Tabel 3.2: Stormmomenten uit storm oktober 2000**

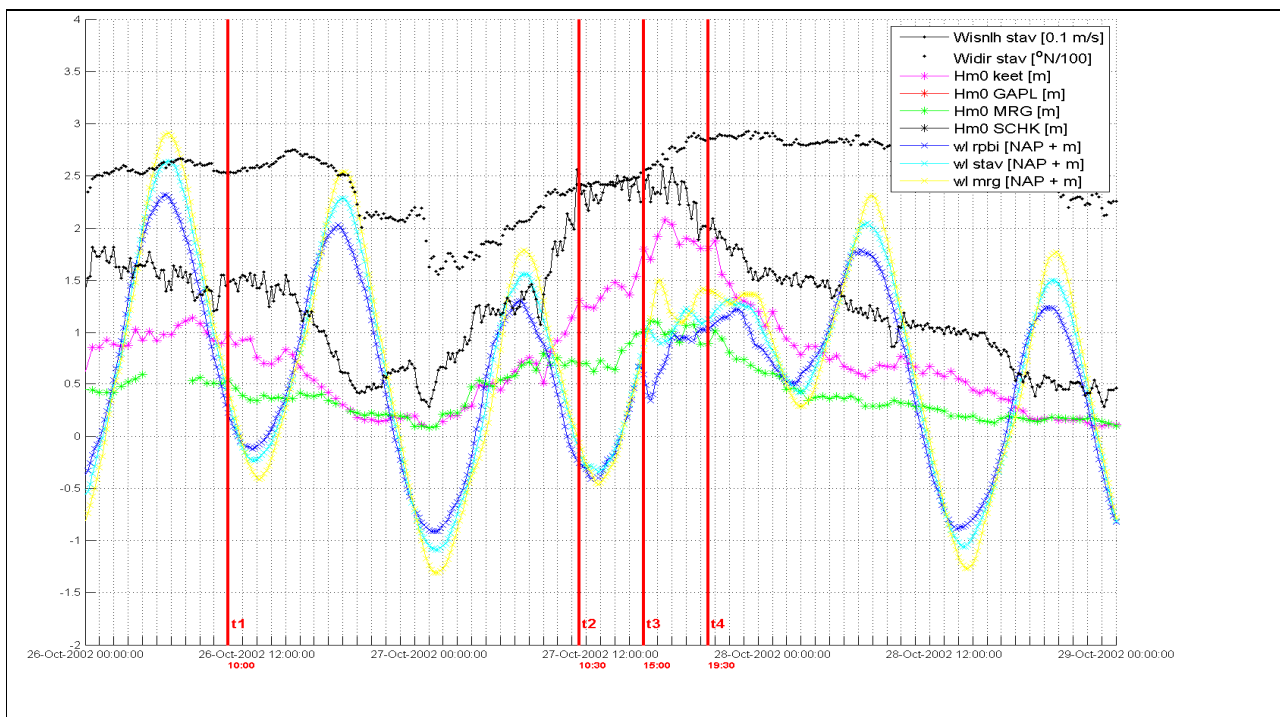
STORM			Gemeten				Gemeten		Gemeten			SWAN invoer			
			H(keet)	H(gapl)	H(mrg)	H(schk)	U(stav)	Wdir(stav)	WI(rpbi)	WI(stav)	WI(mrg)	Wdir(SWAN)	U(SWAN)	WI(SWAN)	
Oktober 2000	t1	30-okt-2000	5:30	1,1	-	0,92	-	17	196	1,35	1,7	1,89	200	17	1,7
	t2	30-okt-2000	7:30	0,86	-	0,84	-	17,7	195	0,49	0,7	0,75	195	17	0,7
	t3	30-okt-2000	18:30	0,91	-	0,69	-	15,3	211	1,36	1,71	1,97	210	15	2

### 3.4 Storm: 26 oktober 2002 – 29 oktober 2002

Enkele kenmerken van de storm oktober 2002 zijn:

- De op één na zwaarste storm in de verslagperiode (januari 1987 t/m januari 2012)
- Windkracht 10 (windsnelheid maximaal 25,9 m/s op 27 oktober om 16:20)
- Golfdata op twee golfmeetlocaties beschikbaar (KEET, MRG).
- De op één na hoogste golf gemeten bij Keeten in de verslagperiode en bedraagt 2,08 m (27 oktober om 16:30).
- De gemeten golfhoogte bij Marollegat bedraagt maximaal 1,1 m (27-10-2000 15:30).
- Waterstand bij Stavenisse varieert tussen NAP+2,3 m en NAP -0,8 m.
- Op 27 oktober 2002 is de Oosterscheldekering gesloten (Peil NAP +2,55 m). Dit is ook terug te zien in de tijdseries van de waterstand (zie Figuur 3.2).

In Figuur 3.2 zijn tijdseries van wind, waterstand en golven weergegeven van de storm van oktober 2002.



Figuur 3.2: Wind-, waterstand-, en golfgegevens voor stormperiode 26 oktober 2002 – 29 oktober 2002

Uit deze stormperiode zijn 4 stormmomenten geselecteerd. De geselecteerde tijdstippen zijn hieronder kort besproken:

**t1: 26 oktober 2002 om 10:00**

Stationaire situatie. De wind komt vanuit 255 °N met een snelheid van ongeveer 15 m/s. Een halve meter verschil in golfhoogte tussen Keeten (0,5 m) en Marollegat (1 m). Net voor laag water (bij Stavenisse ca NAP +0,4m).

Dit moment is gekozen door de volgende punten: redelijk stationaire situatie, verschillende golfhoogte bij Keeten en Marollegat, lage waterstand. Daarnaast is dit

moment interessant aangezien de windrichting een nieuwe variant is voor de hindcast, kijkend naar de geselecteerde stormmomenten van alle stormperiodes. Dit stormmoment is gekozen boven de maximale lokale golfhoogte bij Keeten (26 oktober 7:30), aangezien dat tijdstip erg dicht bij de uitval van het golfmeetinstrument bij Marollegat ligt (zie Figuur 3.2).

t2: 27 oktober 2002 om 10:30

Redelijk stationaire situatie, wind waait al ca 2,5 uur uit ZWW (240 °N). Windsnelheid is net toegenomen van 20 m/s naar 24 m/s. Groot verschil in golfhoogte tussen Keeten (1,3 m) en Marollegat (0,7 m). Net voor laag water. Waterstand bij Stavenisse ligt rond NAP + 0 m.

Dit moment is gekozen door de volgende punten: redelijk stationaire situatie, hoge windsnelheid, groot verschil in golfhoogte bij Keeten en Marollegat, lage waterstand.

t3: 27 oktober 2002 15:00

Stationaire situatie. Harde wind. Ongeveer 5 uur lang ligt de windsnelheid rond de 23 m/s en komt deze uit ZWW (240 °N). Het begint net met draaien naar het westen. Groot verschil in golfhoogte tussen Keeten (1,8 m) en Marollegat (1 m), wel beide stijgend. Waterstand bij Stavenisse ca NAP +0,9 m.

Dit moment is gekozen aangezien het een stationaire situatie betreft, met hoge windsnelheid en een relatief groot verschil in gemeten golfhoogte tussen Marollegat en Keeten. Dit moment lijkt (qua SWAN invoer) zeer op t2, maar andere golfhoogten gemeten.

t4: 27 oktober 2002 19:30

Windrichting redelijk stationair. De wind komt al ca 1 uur uit W (290 °N) met een snelheid van ongeveer 20 m/s. Groot verschil in golfhoogte tussen Keeten (1,8 m) en Marollegat (0,9 m). Waterstand bij Stavenisse ca NAP +1,1 m.

Dit moment is gekozen door de volgende punten: redelijk stationaire situatie, de windrichting is afwijkend van de andere geselecteerde stormmomenten, groot verschil in golfhoogte bij MRG en KEET. Ook hier is dit moment interessant aangezien de windrichting een nieuwe variant is voor de hindcast, kijkend naar de geselecteerde stormmomenten van alle stormperiodes. Het stormmoment van de maximale golfhoogte bij Keeten (27 oktober 16:30) is niet gekozen aangezien de wind hier net draait van 250 naar 290 °N.

In Tabel 3.3 zijn (conform Tabel 3.2) de 4 geselecteerde stormmomenten gepresenteerd. In de laatste drie kolommen zijn de voorgestelde waterstand, windsnelheid en windrichting voor de SWAN simulaties weergegeven.

**Tabel 3.3: Stormmomenten uit storm oktober 2002**

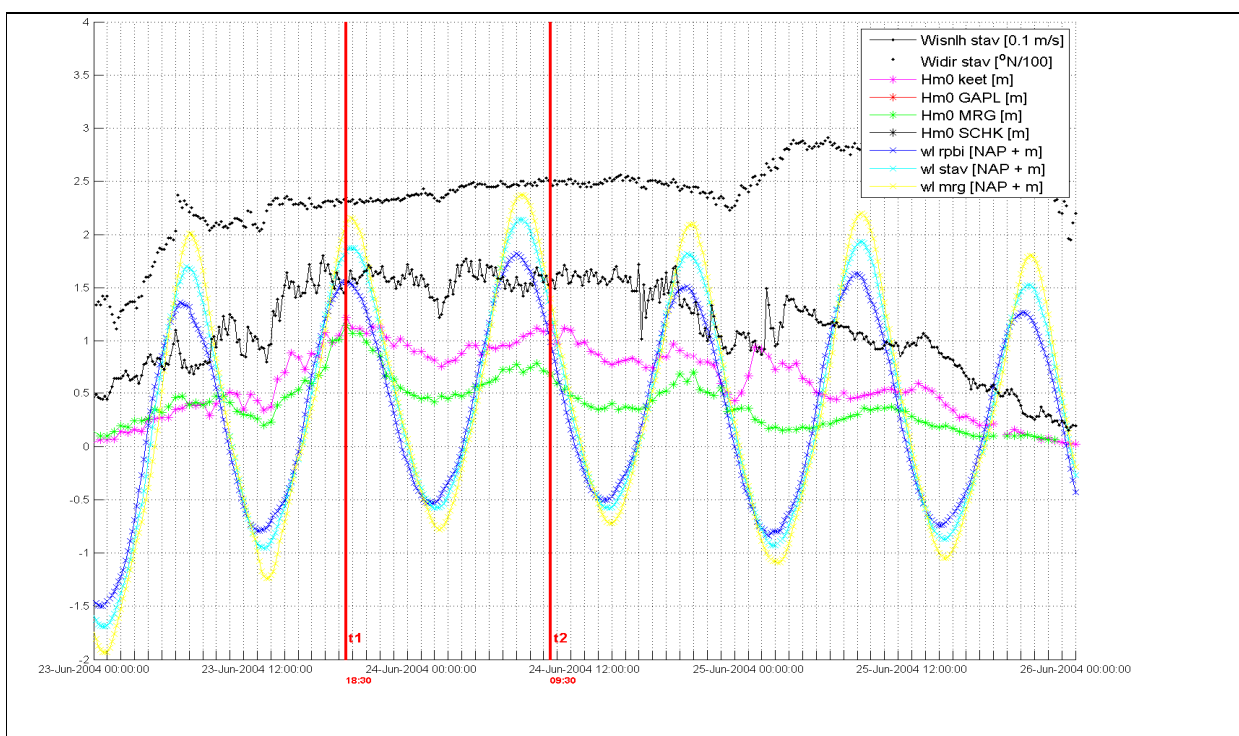
STORM			Gemeten				Gemeten		Gemeten			SWAN invoer			
			H(keet)	H(gapl)	H(mrg)	H(schk)	U(stav)	Wdir(stav)	Wl(rpbi)	Wl(stav)	Wl(mrg)	Wdir(SWAN)	U(SWAN)	Wl(SWAN)	
Oktober 2002	t1	26-okt-2002	10:00	0,99	-	0,54	-	14,8	252	0,3	0,45	0,56	255	15	0,5
	t2	27-okt-2002	10:30	1,31	-	0,69	-	25,2	243	-0,23	-0,07	0,01	240	24	0
	t3	27-okt-2002	15:00	1,8	-	1,01	-	22,8	256	0,67	0,77	0,71	240	24	0,8
	t4	27-okt-2002	19:30	1,81	-	0,89	-	19,8	287	1,03	1,11	1,41	290	23	1,1

### 3.5 Storm: 23 juni 2004 – 26 juni 2004

Enkele kenmerken van de storm juni 2004 zijn:

- Windkracht 8 (windsnelheid maximaal 18 m/s op 23 juni om 16:50)
- Golfdata op twee golfmeetlocaties beschikbaar (KEET, MRG).
- De gemeten golfhoogte bij Keeten bedraagt maximaal 1,22 m (23 juni om 18:30).
- De gemeten golfhoogte bij Marollegat bedraagt maximaal 1,14 m (23 juni 18:30).
- Waterstand bij Stavenisse varieert tussen NAP+2,1 m en NAP -1,6 m

In Figuur 3.3 zijn tijdseries van wind, waterstand en golven weergegeven van de storm van juni 2004.



Figuur 3.3: Wind-, waterstand-, en golfgegevens voor stormperiode 23 juni 2004 – 26 juni 2004

Uit deze stormperiode zijn 2 stormmomenten geselecteerd. De geselecteerde tijdstippen zijn hieronder kort besproken:

**t1: 23 juni 2004 om 18:30**

Stationaire situatie. Al 6 uur lang zuidwesten wind (235 °N), windsnelheid varieert tussen de 15 en 17 m/s. Vergelijkbare golfhoogte bij Marollegat en Keeten (ca 1,2 m). Tijdens hoog water (waterstand bij Stavenisse ca NAP +1,8 m).

Dit moment is gekozen door de volgende punten: stationaire situatie, vergelijkbare golfhoogte bij Keeten en Marollegat, hoog water, lokaal maximale golfhoogte bij Keeten en Marollegat.

t2: 24 juni 2004 om 09:30

Stationaire situatie. Wind blaast al gedurende 7 uur uit ZW (250 °N), met een windsnelheid van ongeveer 16 m/s. Er is een duidelijk verschil in golfhoogte bij Keeten (1,1 m) en Marollegat (0,7 m). Waterstand bij Stavenisse ca NAP +1,3 m.

Dit moment is gekozen door de volgende punten: stationaire situatie, groot verschil in golfhoogte bij Marollegat en Keeten. De golfhoogte bij Marollegat en Keeten is groter dan 0,5 m.

In Tabel 3.3 zijn de 4 geselecteerde stormmomenten gepresenteerd. In de laatste drie kolommen zijn de voorgestelde waterstand, windsnelheid en windrichting voor de SWAN simulaties weergegeven.

**Tabel 3.4: Stormmomenten uit storm juni 2004**

STORM			Gemeten				Gemeten		Gemeten			SWAN invoer		
			H(keet)	H(gapl)	H(mrg)	H(schk)	U(stav)	Wdir(stav)	Wl(rpbi)	Wl(stav)	Wl(mrg)	Wdir(SWAN)	U(SWAN)	Wl(SWAN)
Juni 2004 t1	23-jun-2004	18:30	1,22	-	1,14	-	15,5	235	1,55	1,8	2,03	235	15	1,8
t2	24-jun-2004	9:30	1,14	-	0,68	-	15,9	248	1,08	1,37	1,51	250	16	1,4

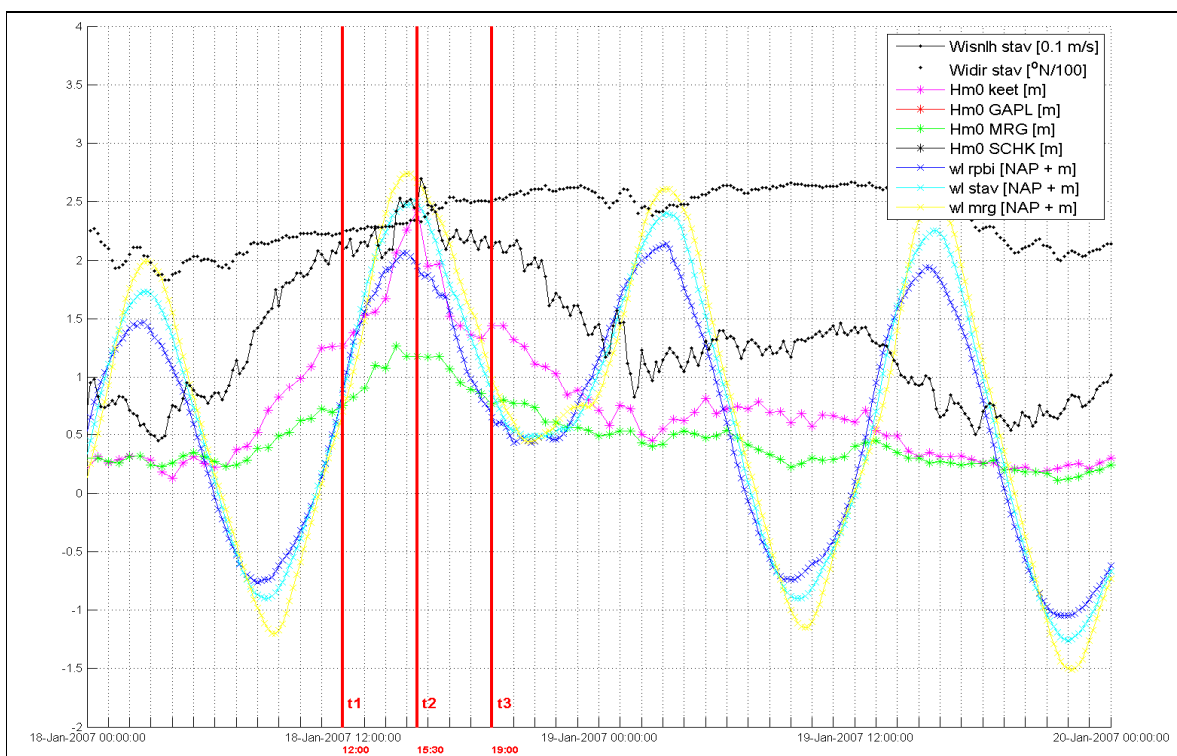


### 3.6 Storm: 18 januari 2007 – 20 januari 2007

Enkele kenmerken van de storm januari 2007 zijn:

- De zwaarste storm in de verslagperiode (januari 1987 t/m januari 2012)
- Windkracht 10 (windsnelheid maximaal 27 m/s op 18 januari om 15:40)
- Golfdata op twee golfmeetlocaties beschikbaar (KEET, MRG).
- De hoogste golf gemeten bij Keeten in de gehele verslagperioden en bedraagt 2,43 m (18 januari 15:30).
- Hoge golfhoogte gemeten bij Marollegat en bedraagt 1,27 m (18 januari 14:30).
- Waterstand bij Stavenisse varieert tussen NAP+ 2,5 m en NAP -1,3 m

In Figuur 3.4 zijn tijdseries van wind, waterstand en golven weergegeven van de storm van januari 2007.



Figuur 3.4: Wind-, waterstand-, en golfgegevens voor stormperiode 18 januari 2007 – 20 januari 2007

Uit deze stormperiode zijn 3 stormmomenten geselecteerd. De geselecteerde tijdstippen zijn hieronder kort besproken:

**t1: 18 januari 2007 om 12:00**

Redelijk stationaire situatie. Hoge windsnelheid van ongeveer 21 m/s en waait al ca 6 uur uit het ZW (220-225degN). Golfhoogte bij Keeten en Marollegat beide stijgend toch ca 0,5 meter verschil (resp. 1,3 m en 0,8 m). Waterstand bij Stavenisse ca NAP +0,7 m.

Dit stormmoment is gekozen door de volgende punten: redelijk stationaire situatie, hoge windsnelheid, groot verschil in golfhoogte bij Keeten en Marollegat.

t2: 18 januari 2007 om 15:30

Stationaire situatie, wind begint met draaien naar het westen. De windsnelheid is al 1 uur voor het tijdstip hoog te weten 25 m/s en komt vanuit ZW (230 °N). Hoogste golf gemeten (in de gehele verslagperiode) bij Keeten, 2,43 m. Ook bij Marollegat is de golfhoogte relatief hoog (1,18m). Hoge waterstand bij Stavenisse NAP +2.5 m.

Dit moment is gekozen door de volgende punten: stationaire situatie, hoge windsnelheid, maximale golfhoogte bij Keeten, hoge golfhoogte bij Marollegat, groot verschil in golfhoogte bij Keeten en Marollegat, zeer hoog water (NAP +2,5 m).

t3: 18 januari 2007 om 19:00

Stationaire situatie. Er staat nog steeds een goede wind (21 m/s) en komt de laatste twee uur uit W (250 °N). Golfhoogten bij Keeten en Marollegat verschillen van elkaar (respectievelijk 1,5 m en 0,8 m). Net voor laag water, bij Stavenisse ca NAP +0,9 m.

Dit moment is gekozen door de volgende punten: stationaire situatie, relatief hoge windsnelheid, lokaal maximum golfhoogte bij Keeten, groot verschil in golfhoogte tussen Keeten en Marollegat.

In Tabel 3.5 zijn de 3 geselecteerde stormmomenten gepresenteerd. In de laatste drie kolommen zijn de voorgestelde waterstand, windsnelheid en windrichting voor de SWAN simulaties weergegeven.

**Tabel 3.5: Stormmomenten uit storm januari 2007**

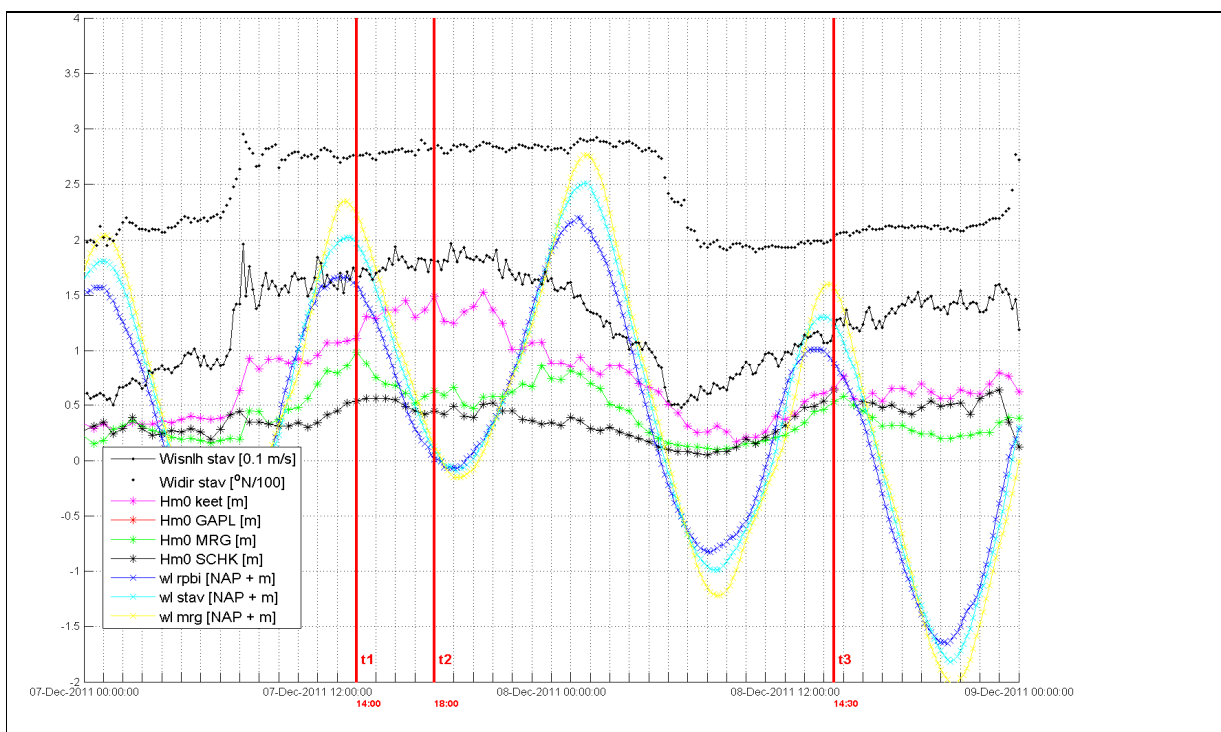
STORM			Gemeten				Gemeten		Gemeten			SWAN invoer			
			H(keet)	H(gapl)	H(mrg)	H(schk)	U(stav)	D(stav)	Wl(rpbt)	Wl(stav)	Wl(mrg)	Widir(SWAN)	U(SWAN)	WL(SWAN)	
Januari 2007	t1	18-jan-2007	12:00	1,27	-	0,75	-	20,9	225	0,75	0,73	0,59	220	21	0,7
	t2	18-jan-2007	15:30	2,43	-	1,18	-	24,7	234	1,99	2,51	2,71	230	25	2,5
	t3	18-jan-2007	19:00	1,44	-	0,76	-	21	250	0,72	0,94	1,08	250	21	1

### 3.7 Storm: 7 december 2011 – 12 december 2011

Enkele kenmerken van de storm december 2011 zijn:

- Windkracht 8 (windsnelheid maximaal 19,7 m/s op 7 december om 18:50)
- Golfdata op drie golfmeetlocaties beschikbaar (KEET, MRG, SCHK).
- De gemeten golfhoogte bij Keeten bedraagt maximaal 1,53 m (7 december 20:30).
- De gemeten golfhoogte bij Marollegat bedraagt maximaal 0,99 m (7 december 14:00).
- De gemeten golfhoogte bij Schelphoek bedraagt maximaal 0,64 m (8 december 14:30).
- Waterstand bij Stavenisse varieert tussen NAP+2,5 m en NAP -1,8 m

In Figuur 3.5 zijn tijdseries van wind, waterstand en golven weergegeven van de storm van december 2011.



Figuur 3.5: Wind-, waterstand-, en golfgegevens voor stormperiode 7 december 2011 – 8 december 2011

t1: 7 december 2011 14:00

Stationaire situatie. Westenwind van ongeveer 17 m/s. Vergelijkbare golfhoogte bij Keeten (1,1 m) en Marollegat (1 m). Golfhoogte bij Schelphoek is 0,5 m. Net na hoogwater. Bij Stavenisse is de waterstand NAP +2 m.

Dit moment is gekozen door de volgende punten: stationaire situatie, 3 golfmeetlocaties beschikbaar, hoog water, vergelijkbare golfhoogte Keeten en Marollegat en afwijkende golfhoogte Schelphoek, lokaal maximum golfhoogte bij Marollegat.

t2: 7 december 2011 18:00

Stationaire situatie. Nog steeds westenwind (ca 18 m/s). Golfhoogten bij Keeten en Marollegat verschillen van elkaar (respectievelijk 1,5 m en 0,6m). De golfhoogte bij Schelphoek is ongeveer 0,5m. Net voor laag water, bij Stavenisse ca NAP +0 m.

Dit moment is gekozen door de volgende punten: stationaire situatie, 3 golfmeetlocaties beschikbaar, laag water, vergelijkbare golfhoogte Schelphoek en Marollegat en afwijkende golfhoogte Keeten, lokaal maximum golfhoogte bij Keeten.

t3: 8 december 2011 14:30

Stationaire situatie. De wind komt al gedurende 2 uur uit ZZW (200 °N). De windsnelheid is ongeveer 12 m/s. Golfhoogte bij Keeten, Marollegat en Schelphoek zijn vergelijkbaar te weten respectievelijk 0,7 m, 0,5 m en 0,6 m. Net na hoog water, bij Stavenisse is de waterstand NAP +1,3m.

Dit moment is gekozen door de volgende punten, stationaire situatie, 3 golfmeetlocaties beschikbaar, hoog water, vergelijkbare golfhoogte bij alle drie de golfmeetlocaties.

In Tabel 3.6 zijn de 3 geselecteerde stormmomenten gepresenteerd. In de laatste drie kolommen zijn de voorgestelde waterstand, windsnelheid en windrichting voor de SWAN simulaties weergegeven.

**Tabel 3.6: Storm uit storm december 2011**

STORM			Gemeten				Gemeten		Gemeten			SWAN invoer		
			H(keet)	H(gapl)	H(mrg)	H(schk)	U(stav)	Wdir(stav)	Wl(rpbi)	Wl(stav)	Wl(mrg)	Wdir(SWAN)	U(SWAN)	Wl(SWAN)
December 2011	t1	7-dec-2011 14:00	1,11	-	0,99	0,54	17	275	1,6	1,97	2,23	270	17	2
	t2	7-dec-2011 18:00	1,49	-	0,63	0,45	18,1	283	0,01	0,09	0,13	280	18	0
	t3	8-dec-2011 14:30	0,65	-	0,53	0,64	12	200	0,93	1,28	1,6	200	12	1,3

### 3.8 Samenvatting geselecteerde stormmomenten

In zijn Tabel 3.7 de uiteindelijk geselecteerde stormmomenten nogmaals weergegeven.

**Tabel 3.7: De uiteindelijk geselecteerde stormmomenten**

STORM			Gemeten Golven				Gemeten Wind		Gemeten Waterstand			SWAN invoer		
			H(keet)	H(gapl)	H(mrg)	H(schk)	U(stav)	Wdir(stav)	Wl(rpbi)	Wl(stav)	Wl(mrg)	Wdir(SWAN)	U(SWAN)	Wl(SWAN)
			[m]	[m]	[m]	[m]	[m/s]	[degN]	[NAP +m]	[NAP +m]	[NAP +m]	[degN]	[m/s]	[NAP +m]
Oktober 2000	t1	30-okt-2000 5:30	1,1	-	0,92	-	17	196	1,35	1,7	1,89	200	17	1,7
	t2	30-okt-2000 7:30	0,86	-	0,84	-	17,7	195	0,49	0,7	0,75	195	17	0,7
	t3	30-okt-2000 18:30	0,91	-	0,69	-	15,3	211	1,36	1,71	1,97	210	15	2
Oktober 2002	t1	26-okt-2002 10:00	0,99	-	0,54	-	14,8	252	0,3	0,45	0,56	255	15	0,5
	t2	27-okt-2002 10:30	1,31	-	0,69	-	25,2	243	-0,23	-0,07	0,01	240	24	0
	t3	27-okt-2002 15:00	1,8	-	1,01	-	22,8	256	0,67	0,77	0,71	240	24	0,8
	t4	27-okt-2002 19:30	1,81	-	0,89	-	19,8	287	1,03	1,11	1,41	290	23	1,1
Juni 2004	t1	23-jun-2004 18:30	1,22	-	1,14	-	15,5	235	1,55	1,8	2,03	235	15	1,8
	t2	24-jun-2004 9:30	1,14	-	0,68	-	15,9	248	1,08	1,37	1,51	250	16	1,4
Januari 2007	t1	18-jan-2007 12:00	1,27	-	0,75	-	20,9	225	0,75	0,73	0,59	220	21	0,7
	t2	18-jan-2007 15:30	2,43	-	1,18	-	24,7	234	1,99	2,51	2,71	230	25	2,5
	t3	18-jan-2007 19:00	1,44	-	0,76	-	21	250	0,72	0,94	1,08	250	21	1
December 2011	t1	7-dec-2011 14:00	1,11	-	0,99	0,54	17	275	1,6	1,97	2,23	270	17	2
	t2	7-dec-2011 18:00	1,49	-	0,63	0,45	18,1	283	0,01	0,09	0,13	280	18	0
	t3	8-dec-2011 14:30	0,65	-	0,53	0,64	12	200	0,93	1,28	1,6	200	12	1,3

## 4 OPZET SWAN MODEL

### 4.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft de opzet van het SWAN model, inclusief de SWAN versie (paragraaf 4.2), de rekenroosters (paragraaf 4.3), de fysische instellingen (paragraaf 4.4), de numerieke instellingen (paragraaf 4.5), de randvoorwaarden (paragraaf 4.6), de bodemligging (paragraaf 4.7), de waterstand- en windvelden (paragraaf 4.8), de uit te voeren simulaties (paragraaf 4.9) en de SWAN uitvoer (paragraaf 4.10).

### 4.2 SWAN versie

Op verzoek van Deltares zijn de berekeningen voor deze opdracht uitgevoerd met de SWAN versie en instellingen die ten grondslag ligt aan de vigerende toetsrandvoorwaarden uit de HR2006 (Alkyon 1998b, Alkyon 1999 & Alkyon 2005). Dit betekent dat SWAN versie 30.75 is toegepast.

### 4.3 Rekenroosters

Tevens op verzoek van Deltares zijn de rekenroosters uit Alkyon 1998b en Alkyon 1999 toegepast. In deze studies zijn de SWAN berekeningen uitgevoerd op 3 soorten rekenroosters, elk met een andere resolutie. De rekenroosters zijn weergegeven in Annex F . Voor het buitengebied (incl. Noordzee) is gerekend met twee rekenroosters van 500 m bij 500 m (N1 en B1). Voor de Oosterschelde zelf is gerekend op een 7-tal grove rekenroosters (K1, K2, K3, S1, S2, S3 en S4). Daarnaast zijn in de Oosterschelde 40 detail rekenroosters gedefinieerd elk met een resolutie van 20 m bij 20 m. Voor meer details over de rekenroosters wordt verwezen naar Alkyon 1998b paragraaf 3.6.

De beschikbare golfdata tijdens de geselecteerde stormmomenten in deze verkennende hindcast studie (zie hoofdstuk 3) is beperkt tot de data van de golfmeetlocaties Keeten, Marollegat (15 stormmomenten) en Schelphoek (3 stormmomenten). Deze drie golfmeetlocaties liggen net binnen de detailroosters, maar zeer dicht bij de rand. Om deze reden is, in samenspraak met Deltares, gekozen om niet met alle 49 rekenroosters de SWAN simulaties uit te voeren maar alleen met de vier “S” rekenroosters. Na de controle berekeningen is besloten uiteindelijk ook het K3 rekenrooster mee te nemen bij het uitvoeren van de SWAN berekeningen (zie paragraaf 4.4). Tabel 4.1 geeft kort de kenmerken van de 5 toegepaste rekenroosters weer, voor meer details wordt verwezen naar Alkyon 1998b.

**Tabel 4.1: Definitie van de rekenroosters**

Rekenrooster	X0 [m]	Y0 [m]	Resolutie	M x N
K3	36900	400900	100 m x 100 m	47 x 47
S1	39900	399800	100 m x 100 m	152 x 152
S2	57900	400700	100 m x 100 m	152 x 104
S3	58400	382400	100 m x 100 m	167 x 182
S4	48900	390400	100 m x 100 m	152 x 217

#### 4.4 Fysische instellingen

Naast de SWAN broncode en de rekenroosters zijn de fysische en numerieke instellingen van het SWAN modelinstrumentarium geleverd door Deltares. Deze instellingen zijn identiek aan de instelling van de SWAN berekeningen die ten grondslag ligt aan de vigerende toetsrandvoorwaarden uit de HR2006 (Alkyon 1998b, Alkyon 1999 & Alkyon 2005). Om deze reden zijn de volgende fysische instellingen gehanteerd:

```
GEN3 KOMEN  
BREAK 1 0.73  
FRIC JONSWAP  
TRIAD
```

Dit betekent dat de fysica voor golfopwekking en dissipatie door whitecapping zijn geactiveerd op basis van de derde generatie instellingen volgens Komen. Dissipatie door diepte-gelimiteerd breken gebeurt volgens de Battjes-Janssen instelling. Bodemwrijving is gemodelleerd volgens JONSWAP parameterisatie, met wrijvingscoëfficiënt 0.067. Daarnaast zijn de Lumped Triad instellingen van Beji toegepast voor de berekeningen van drie-golf interacties.

#### 4.5 Numerieke instellingen

Ook wat betreft de numerieke parameters zijn de instellingen die ten grondslag liggen aan de vigerende toetsrandvoorwaarden uit de HR2006 aangehouden, te weten:

```
NUM ACCUR 0,03 0,03 0,3 97. STAT mxitst=15
```

De numerieke instellingen geven aan dat het 3% nauwkeurigheidscriterium in 97% van de actieve gridpunten bereikt moet zijn. Het maximale aantal iteraties dat een SWAN berekening doorloopt is vastgesteld op 15. Hierbij is gecontroleerd of de berekening geconvergeerd is. Voor meer detail van de instellingen wordt verwezen naar TU Delft 1998.

#### 4.6 Randvoorwaarden

De golfmeetlocaties Keeten en Marollegat liggen buiten het invloedsgebied van de Oosterscheldekering (zie Alkyon 2005). Daarentegen ligt Schelphoek wel binnen het invloedsgebied van de kering, maar bij de geselecteerde stormen blijkt uit de metingen dat ook in Schelphoek geen deining aanwezig te zijn. Daarom is besloten om geen golfrandvoorwaarden op te leggen bij de kering.

De uitgevoerde SWAN simulaties betreffen de windsector 195°N -290°N. Voor alle simulaties geldt de volgende overdracht van golfinformatie:

Op de westelijke rand van het K3-rooster en de noordwestelijke rand van het S1-rooster zijn geen golfrandvoorwaarden opgelegd. De golfinformatie van de berekeningen met het K3 rooster worden doorgegeven aan het S1-rooster. Dit rooster geeft zijn gegevens door aan het S4-rooster, dat vervolgens zijn gegevens doorgeeft aan zowel het S2-rooster als het S3-rooster.

## 4.7 Bodemligging

Door Deltares zijn bathymetriegegevens aangeleverd van de Oosterschelde binnen de stormvloedkering, gebaseerd op metingen uit vier verschillende jaren (1990, 2001, 2007 en 2010). De metingen zijn gevat in een rechthoekig rooster van 1866 x 1523 punten, met een constante roosterafstand van 20 m (zowel in x- als in y-richting). Punten die buiten de Oosterschelde zijn gelegen, zijn in de aangeleverde meetroosters dummy waarden.

In Tabel 4.2 is weergegeven welke bodemdata is toegepast bij de verschillende hindcasts.

**Tabel 4.2: Toegepaste bodemdata bij de verschillende hindcasts**

Hindcasts	Bodemdata	Hindcasts	Bodemdata
Storm oktober 2000	bodem2001.txt	Storm januari 2007	bodem2007.txt
Storm oktober 2002	bodem2001.txt	Storm december 2011	bodem2010.txt
Storm juni 2004	bodem2001.txt		

De beschikbare bathymetriegegevens van de Oosterschelde voor de jaren 2001, 2007 en 2010 zijn geïnterpoleerd naar de vijf SWAN-grids. Alle drie de geleverde bodembestanden van de Oosterschelde bevatten hier en daar lacunes, met name op hooggelegen schorren of nabij oevers. De lacunes liggen ver van de meetlocaties Marollegat, Keeten en Schelphoek. In de huidige studie is gekozen om ter plaatse van de deze lacunes in de Oosterschelde-bodemdata lineair “dicht te interpoleren”. Hierdoor geldt altijd dat de bodem van de Oosterschelde binnen de stormvloedkering telkens slechts op één bron gebaseerd is. De uiteindelijke SWAN bodembestanden zijn weergegeven in Annex G . Hierbij zijn de rekenroosters S1 t/m S4 over elkaar geplot, zodat de toegepaste SWAN bodem in de Oosterschelde in zijn geheel wordt weergegeven. Tevens zijn de verschillen tussen de bodems in deze Annex gepresenteerd.

## 4.8 Waterstand- en windvelden

De SWAN simulaties zijn uitgevoerd met uniforme wind- en waterstandvelden. De hoogte van de waterstand en de grootte van de windsnelheid en de bijhorende windrichtingen zijn per stormmoment verschillend (zie Tabel 4.3)

## 4.9 SWAN simulaties

De uitgevoerde SWAN simulaties zijn weergegeven in Tabel 4.3.

**Tabel 4.3: Uitgevoerde SWAN simulaties**

					SWAN		
					Windrichting [°N]	Windsnelheid [m/s]	Waterstand [NAP +m]
1	Oktober 2000	t1	30-okt-2000	5:30	200	17	1,7
2		t2	30-okt-2000	7:30	195	17	0,7
3		t3	30-okt-2000	18:30	210	15	2
4	Oktober 2002	t1	26-okt-2002	10:00	255	15	0,5
5		t2	27-okt-2002	10:30	240	24	0
6		t3	27-okt-2002	15:00	240	24	0,8
7		t4	27-okt-2002	19:30	290	23	1,1
8	Juni 2004	t1	23-jun-2004	18:30	235	15	1,8
9		t2	24-jun-2004	9:30	250	16	1,4
10	Januari 2007	t1	18-jan-2007	12:00	220	21	0,7
11		t2	18-jan-2007	15:30	230	25	2,5
12		t3	18-jan-2007	19:00	250	21	1
13	December 2011	t1	7-dec-2011	14:00	270	17	2
14		t2	7-dec-2011	18:00	280	18	0
15		t3	8-dec-2011	14:30	200	12	1,3

## 4.10 SWAN uitvoer en naamgeving

### 4.10.1 Uitvoerlocaties

Allereerst zijn enkele PNT-bestanden gedefinieerd, om de SWAN uitvoer in specifieke locaties te kunnen zien. De volgende PNT-bestanden zijn gedefinieerd:

- *Analyse.PNT (totaal 4 punten)*  
Dit puntenbestand bevat de uiteindelijk gebruikte meetlocaties, Keeten, Marollegat en Schelphoek. Het laatste punt is van de meetlocatie Galgenplaat, maar Galgenplaat heeft op alle geselecteerde stormmomenten geen uitvoer dus is uiteindelijk niet bij de verdere analyse gebruikt.
- *KEETMRG.PNT (totaal 2 punten)*  
Dit puntenbestand bevat de meetlocaties, Keeten en Marollegat
- *extrapnt.PNT (totaal 32 punten)*  
In dit puntenbestand staan de door Deltares gedefinieerde uitvoerpunten langs de dijken in de Oosterschelde (zie Annex H).
- *S1.PNT, S2.PNT, S3.PNT en S4.PNT (totaal 46 punten)*  
Voor elk S-rooster zijn in Alkyon 1998b, Alkyon 1999 en Alkyon 2005 extra punten gedefinieerd. Deze PNT-bestanden zijn in deze studie ook meegenomen als uitvoer (zie Annex H).



De vier bovenstaande PNT-bestanden zijn te vinden op de cd horend bij deze rapportage in de map Rundir/Input/. Hierin zijn de exacte coördinaten van de verschillende punten te vinden.

Naast de bovenstaande PNT-bestanden zijn tevens 6 raaien gedefinieerd. Het begin- en eindpunt van de raaien en de afstand tussen de punten is weergegeven in Tabel 4.4. De zes raaien zijn zodanig gekozen dat achteraf, indien nodig, het verloop van de golfparameters vanaf de kering door de Oosterschelde zichtbaar is.

**Tabel 4.4: Definiëring raaien**

	Begin raai		afstand	Einde raai	
	X-coördinaat	Y-coördinaat		X-coördinaat	Y-coördinaat
Line 1	41232	407373	20	56890	401119
Line 2	53978	401167	20	70925	386177
Line 3	55697	402074	15	65531	405033
Line 4	67536	392717	15	67775	384888
Line 5	54551	404842	15	54933	396250
Line 6	45529	410905	15	45481	403697

In Annex H is de ligging van de uitvoerpunten en raaien weergegeven. NB. Niet alle uitvoer is in deze rapportage besproken, maar is wel te vinden op de bijhorende cd (zie Annex R).

#### 4.10.2 Uitvoerparameters

Het resultaat van één SWAN berekening resulteert in 3 soorten uitvoer, te weten:

- Block-bestanden (\*.BLK)  
Deze bestanden bevatten voor elk rekenpunt de opgegeven integrale golfparameters, te weten:

*XP YP DEP HS TM01 TMM10 TM02 RTP DIR DSPR FSPR WIND WLEN  
STEEPNESS.*

De definities van de parameters zijn te vinden in TU Delft 1998.

- Tabellen (\*.TAB)  
De tabellen worden aangemaakt voor een selectie van uitvoerpunten zoals gespecificeerd in de PNT-bestanden en langs de opgegeven raaien. In de tabellen zijn dezelfde integrale golfparameters als voor de Block-bestanden te vinden.
- Spectra (\*.SP1 en \*.SP2)  
De 1D en 2D-spectra worden aangemaakt voor de uitvoerpunten zoals gespecificeerd in de PNT bestanden.

Alle uitvoerbestanden hebben de naamgeving zoals aangegeven in subparagraaf 4.10.3. Niet alle uitvoer is in deze rapportage besproken, maar is wel te vinden op de bijhorende cd (zie Annex R).

#### 4.10.3 Naamgeving uitvoerbestanden

Elke SWAN simulatie heeft een unieke code, afhankelijk van het berekende stormmoment en rekenrooster.

De codering van een SWAN berekening bestaat uit 11 of 12 karakters. De eerste 2 karakters bestaan uit de code voor het toegepaste rekenrooster. Daarna volgen vier karakters voor de windrichting gevolgd door drie karakters voor de windsnelheid en de laatste karakters staan voor de toegepaste uniforme waterstand.

De volgende coderingen zijn gebruikt:

<u>Rekenrooster</u>	K3, S1, S2, S3, S4 (zie Annex F)
<u>Windsnelheid</u>	U12, U15, U16, U17, U18, U21, U23, U24 (12 m/s, 15 m/s,.....24 m/s)
<u>Windrichting</u>	D195, D200, D210, D220, D230, D235, D240 D250, D255, D270, D280, D290 (195°N, 200°N .....290°N )
<u>Waterstand</u>	W0, W5, W7, W8, W1, W11, W13, W14, W17, W18, W2, W25 ( resp.: NAP+0m, NAP+0,5m, NAP+0,7m, NAP+0,8m, NAP+1m, NAP+1,1m, NAP+1,3m NAP+1,4m, NAP+1,7m, NAP+1,8m NAP+8m NAP+2,5m)

Zo staat het bestand K3D280U18W0.swn voor de berekening met het rekenrooster K3, met een uniforme waterstand van NAP+0 m, een windsnelheid van 18 m/s en een windrichting van 280°N.

## 5 RESULTATEN

### 5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zijn de SWAN resultaten kort besproken. Allereerst is in paragraaf 5.2 iets meer ingegaan op de controle berekeningen. Vervolgens zijn enkele ruimtelijk variërende velden van de golfparameters  $H_{m0}$  en  $T_{m-1,0}$  weergegeven.

De vergelijking van de SWAN resultaten met de metingen worden in hoofdstuk 6 behandeld

### 5.2 Controle berekeningen

Allereerst zijn enkele controle berekeningen uitgevoerd om te zien of de model opzet en invoer goed zijn uitgevoerd. Hierbij zijn de resultaten vergeleken met de resultaten uit Alkyon 1998b. Aangezien in de huidige studie de Oosterschelde kering als gesloten wordt beschouwd zijn de controle sommen voor westenwinden uitgevoerd met alleen de hoge waterstand NAP+ 4 m, waarbij de kering altijd gesloten is en dus de resultaten goed vergelijkbaar zijn. De bodembestanden toegepast in deze controleberekeningen zijn overgenomen uit Alkyon 1998b. Uit de controle berekeningen met constante wind kwam naar voren dat de resultaten niet identiek waren aan de resultaten uit Alkyon 1998b. Kijkend naar de resultaten leek dit te komen door de constante windsnelheid.

Om dit nader te onderzoeken zijn de volgende extra controle berekeningen uitgevoerd:

#### Windrichting 180°N + waterstand NAP +2m

- 1) Ruimtelijk variërend windveld uit Alkyon 1998b, buiten 24 m/s en binnen 23 m/s, versie 30.75.
- 2) Ruimtelijk variërend windveld uit Alkyon 1998b, buiten 24 m/s en binnen 23 m/s, versie 30.62.
- 3) Constant windveld van 23 m/s, versie 30.75.

#### Windrichting 270°N + waterstand NAP + 4m

- 4) Ruimtelijk variërend windveld uit Alkyon 1998b, buiten 34 m/s en binnen 33 m/s, versie 30.75, zonder rekenrooster K3, westrand S1 rooster geen golven opgelegd.
- 5) Ruimtelijk variërend windveld uit Alkyon 1998b, buiten 34 m/s en binnen 33 m/s, versie 30.75, met rekenrooster K3, westrand K3 rooster geen golven opgelegd, K3 genereert randvoorwaarden voor S1.
- 6) Constant windveld van 33 m/s, versie 30.75, met rekenrooster K3.
- 7) Constant windveld van 34 m/s, versie 30.75, met rekenrooster K3.

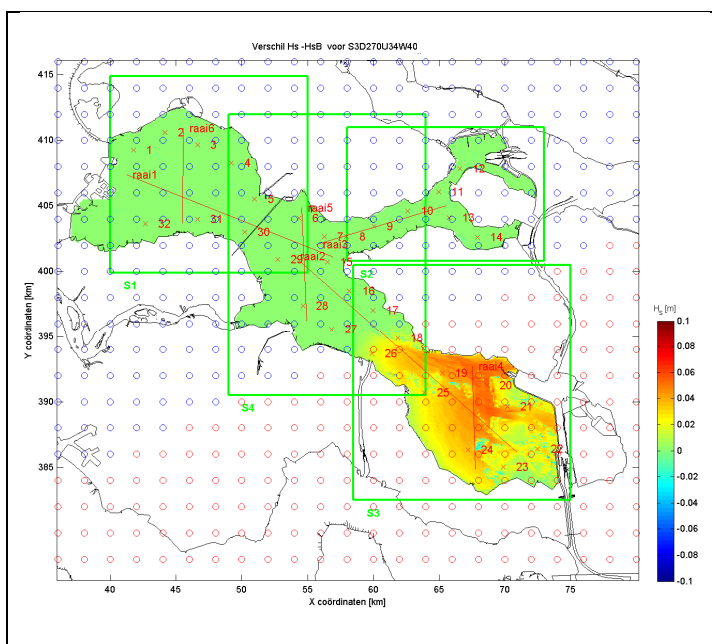
Uit de controle berekeningen kan het volgende geconcludeerd worden:

- Zoals verwacht leveren de simulaties met SWAN versie 30.75 en SWAN versie 30.62 (berekening 1 en 2) identieke resultaten op.
- De resultaten van de simulaties met de ruimtelijk variërende windvelden uit Alkyon1998b (berekening 1, 2, 5), zijn ook zoals verwacht identiek aan de resultaten uit Alkyon 1998b
- Het niet meenemen van het K3-rooster (berekening 4) zorgt voor kleine verschillen in het S1-rooster, maar de resultaten in de overige 3 S-roosters zijn

identiek. Ondanks dat het wel of niet meenemen van het K3-rooster geen verschil geeft op de golfmeetlocaties Keeten en Marollegat, is besloten om voor de volledigheid het K3 rekenrooster toch mee te nemen in de berekeningen.

- Opvallend is dat indien een constante windsnelheid wordt opgelegd (berekening 3, 6 en 7) de resultaten duidelijk verschillen met Alkyon 1998b. Dit is niet zoals verwacht, aangezien in de documentatie van Alkyon 1998b staat beschreven: *Bij de windsnelheid is onderscheid gemaakt in twee gebieden, een binnengebied en een buitengebied. De grens van deze twee gebieden ligt op de lijn ter plaatse van de Oosterschelde kering<sup>3</sup>.*

Dit zou betekenen dat ten oosten van de Oosterschelde kering wel een constante windsnelheid zou moeten zijn opgelegd. De verschillen in SWAN resultaten met constante wind duiden op een ander beeld en maken het zeer aannemelijk dat de opgelegde windvelden uit Alkyon 1998b anders zijn dan als beschreven in de documentatie. In Figuur 5.1 is het verschil in golfhoogte tussen Alkyon 1998b en berekening 7 weergegeven. Dit beeld suggereert dat de overgang naar een lagere windsnelheid in het binnengebied niet bij de Oosterscheldekering zelf ligt, maar meer op de Oosterschelde, ter plaatse van de blauwe cirkels lijkt een windsnelheid van 34 m/s te staan (en geeft identieke resultaten) en ter plaatse van de rode cirkels 33 m/s (en geeft berekening 7 hogere golven dan Alkyon 1998b). Wat het effect is van deze andere windvelden op de HR2006 zal nader onderzocht moeten worden. Een eerste grove schatting is orde van 10 cm.



Figuur 5.1: Verschil  $H_{m0}$  tussen Alkyon 1998b en berekening 7 (constant windveld van 34 m/s)

Desalniettemin geven de controle berekeningen het vertrouwen dat het voor de huidige studie opgezette SWAN model incl. invoer correct is voor de uit te voeren hindcasts.

<sup>3</sup> Bron: Alkyon 1998b, paragraaf 3.4, pagina 7

### 5.3 Ruimtelijke verdeling van de golfhoogte $H_{m0}$

Een output van de SWAN simulaties zijn de block-bestanden. Deze bestanden bevatten voor elk rekenpunt de opgegeven integrale golfparameters. In Annex I is voor elk stormmoment de ruimtelijke verdeling van de significante golfhoogte  $H_{m0}$  gepresenteerd. Hierbij zijn de rekenroosters over elkaar geplot, zodat de golfcondities in de Oosterschelde overzichtelijk wordt weergegeven. Het gevolg hiervan is dat bij overlapping van de verschillende rekenroosters de pijltjes dichtheid voor de golfrichting hoger is. Voor het overzicht is in Annex I de ruimtelijke verdelingen per storm op 1 pagina weergegeven. Voor meer detail wordt verwezen naar de losse figuren welke aanwezig zijn op de bijhorende cd (zie Annex R).

In de bovenwindse gebieden is goed te zien dat golven zich gaan ontwikkelen als gevolg van de wind. Tevens is duidelijk zichtbaar dat de golven breken op ondiepten, bijvoorbeeld nabij Galgenplaat (ten zuidwesten van Keeten) en Roggeplaat (ten zuiden van Schelphoek).

Bij wind uit  $240^{\circ}$ N en  $290^{\circ}$ N (zie Annex I.2) dringen de hogere golven (ca 1,2 m) via de geulen het oostelijke deel van de Oosterschelde binnen tot aan Marollegat. De geulen zijn dan ook herkenbaar in de ruimtelijke verdeling van de golfhoogte bij deze windrichting.

Indien die wind blaast vanuit het zuidwesten ( $195^{\circ}$ N, zie Annex I.1) is duidelijk te zien dat de golven bij meetlocatie Keeten relatief laag zijn. Dit wordt veroorzaakt door breking op de ervoor gelegen Galgenplaat. Ook bij Marollegat is een golfhoogte beperking duidelijk zichtbaar.

Bij wind komend uit  $240^{\circ}$ N of noordelijker is de golfhoogte relatief hoog bij Stavenisse. Logischerwijs geldt dat hoe noordelijker de wind hoe moeilijker de golven kunnen doordringen tot Bruinisse (noordoostelijke deel van de Oosterschelde).

Al met al geven de ruimtelijke verdelingen van de golfhoogte geen onverwachte resultaten wat vertrouwen geeft in de resultaten.

## 6 VERGELIJKING BEREKENINGEN EN METINGEN

### 6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zijn de SWAN resultaten (versie 30.75) vergeleken van de berekeningen op de roosters S1 t/m S4 (zie hoofdstuk 4) met de meetresultaten. De vergelijking is op een aantal manieren gepresenteerd, te weten: tabellen met de gemeten en berekende golfparameters (paragraaf 6.3), de gemeten versus de berekende 1D-spectra (paragraaf 6.4), scatterplots van de metingen versus de berekeningen voor verschillende golfparameters (paragraaf 6.5) en via het uitdrukken van de metingen en berekeningen in statistische parameters (paragraaf 6.6). In paragraaf 6.7 is een nadere analyse van enkele markante uitkomsten gegeven.

In de huidige studie is gekozen de golfparameters  $H_{m0}$ ,  $T_{m01}$ ,  $T_{m02}$ ,  $T_{pm}$  en  $T_{m-1,0}$  nader te analyseren. Zowel de gemeten als berekende golfparameters zijn berekend uit de 1D-spectra (zie paragraaf 6.2).

### 6.2 Bepaling spectrale golfparameters

Niet alle 5 de golfparameters ( $H_{m0}$ ,  $T_{m01}$ ,  $T_{m02}$ ,  $T_{pm}$  en  $T_{m-1,0}$ ) zijn uitvoer in de outputbestanden van de metingen en/of SWAN. Om alle golfparameters op identieke wijze te bepalen, is gekozen om de gemeten en berekende golfparameters, die in de huidige studie aan bod komen, te berekenen uit de gemeten en berekende 1D spectra. Hierbij is rekening gehouden met het frequentiebereik van de verschillende meetinstrumenten.

Controle is uitgevoerd door de berekende waarden te vergelijken met de uitvoerparameters in de meetbestanden (indien aanwezig). De definities van de integrale golfparameters zijn voor de volledigheid weergegeven in Annex J.

De golfparameters zijn uit de 1D spectra bepaald, met behulp van het script `cmp_spectral_parameters.m` (Alkyon 2009). Dit script is te vinden op de bij deze studie horende cd, zie Annex R.

Bij de controle van de spectraal berekende golfparameters uit het meetbestand, is naar voren gekomen dat de toepassing van het script `cmp_spectral_parameters.m` iets andere waarden gaf voor de golfparameters dan weergegeven is in de meetbestanden. Uit nadere analyse bleek dat door gelijke stappen in het frequentie domein toe te passen in plaats van het toepassen van gewichten aan de frequenties voor integratie met trapeziumregel (`spec_weights.m`, zie Alkyon 2009) de golfparameters in het meetbestand exact te reproduceren zijn. Om deze reden is het script aangepast (`cmp_spectral_parameters_mb.m`) door gelijke stappen in het frequentie domein toe te passen en met dit aangepaste script zijn vervolgens alle benodigde golfparameters berekend. De matlab scripts zijn te vinden op de cd (zie Annex R).

### 6.3 Tabellen

In Tabel 6.1 is de gemeten en berekende golfparameter  $H_{m0}$  per stormmoment en voor alle meetlocaties weergegeven. In de eerste kolom is het betreffende stormmoment weergegeven. Kolom 3 t/m 5 laat de SWAN invoer zien. De resultaten met betrekking tot meet locatie Keeten is te vinden in kolom 5 t/m 7, waarbij kolom 5 de gemeten golfhoogte betreft, kolom 6 de door SWAN berekende golfhoogte en kolom 7 het procentuele verschil tussen de gemeten en berekende golfhoogte. Hetzelfde is weergegeven voor meet locatie Marollegat en Schelphoek in respectievelijk kolom 8 t/m 10 en 11 t/m 13.

**Tabel 6.1: Gemeten en berekende golfparameter  $H_{m0}$  per stormmoment voor alle meetlocaties**

Storm			SWAN Invoer			Keeten			Marollegat			Schelphoek		
			WL [NAP +m]	U [m/s]	DIR [°N]	$H_{m0}$ Meting [m]	$H_{m0}$ SWAN [m]	% Verschil	$H_{m0}$ Meting [m]	$H_{m0}$ SWAN [m]	% Verschil	$H_{m0}$ Meting [m]	$H_{m0}$ SWAN [m]	% Verschil
1	30-okt-2000	5:30	1.7	17	200	1.10	1.02	-7,3	0.92	0.79	-14,1	-	0.88	-
2	30-okt-2000	7:30	0.7	17	195	0.86	0.87	1,2	0.84	0.65	-22,6	-	0.71	-
3	30-okt-2000	18:30	2.0	15	210	0.91	0.93	2,2	0.69	0.74	7,2	-	0.83	-
4	26-okt-2002	10:00	0.5	15	255	0.99	1.02	3,0	0.54	0.71	31,5	-	0.59	-
5	27-okt-2002	10:30	0.0	24	240	1.31	1.45	10,7	0.69	0.86	24,6	-	0.93	-
6	27-okt-2002	15:00	0.8	24	240	1.81	1.53	-15,5	1.01	1.04	3,0	-	1.00	-
7	27-okt-2002	19:30	1.1	23	290	1.81	1.70	-6,1	0.89	1.18	32,6	-	0.73	-
8	23-jun-2004	18:30	1.8	15	235	1.22	1.01	-17,2	1.14	0.80	-29,8	-	0.74	-
9	24-jun-2004	9:30	1.4	16	250	1.14	1.13	-0,9	0.68	0.85	25,0	-	0.70	-
10	18-jan-2007	12:00	0.7	21	220	1.27	1.22	-3,9	0.75	0.84	12,0	-	0.87	-
11	18-jan-2007	15:30	2.5	25	230	2.43	1.73	-28,8	1.18	1.32	11,9	-	1.27	-
12	18-jan-2007	19:00	1.0	21	250	1.44	1.43	-0,7	0.76	1.02	34,2	-	0.86	-
13	7-dec-2011	14:00	2.0	17	270	1.11	1.31	18,0	0.99	1.06	7,1	0.54	0.69	27,8
14	7-dec-2011	18:00	0.0	18	280	1.49	1.26	-15,4	0.63	0.82	30,2	0.45	0.44	-2,2
15	8-dec-2011	14:30	1.3	12	200	0.65	0.69	6,2	0.53	0.53	0,0	0.64	0.56	-12,5

Uit Tabel 6.1 kan het volgende met betrekking tot de golfhoogte  $H_{m0}$  worden geconcludeerd:

#### Golfhoogte $H_{m0}$ bij Keeten

- In 60% van de hindcastmomenten wordt de golfhoogte  $H_{m0}$  door SWAN onderschat en in 40% van de gevallen wordt deze overschat.
- In 60% van de hindcastmomenten is het procentueel verschil tussen de gemeten golfhoogte en de berekende golfhoogte kleiner dan 10% (maximaal 11 cm bij een gemeten golfhoogte van 1,81m).
- Op 18 januari 2007 om 15:30 is het verschil (absoluut én procentueel) tussen de gemeten en berekende golfhoogte maximaal (70 cm resp. 28,8%). Gezien dit grote absolute verschil is dit stormmoment in de nadere analyse (paragraaf 6.7) verder onderzocht.
- De procentuele onderschatting door SWAN varieert tussen de 0,7% en 28,8%.
- De procentuele overschatting door SWAN varieert tussen de 1,2% en 18%.

- In veel gevallen geldt hoe hoger de gemeten golfhoogte, hoe meer de golfhoogte berekend door SWAN afwijkt.
- De 4 hoogst gemeten golfhoogten worden alle door SWAN onderschat; de onderschatting is het hoogst bij de hoogste golf.

#### Golfhoogte $H_{m0}$ bij Marollegat

- Slechts in 20% van de gevallen onderschat SWAN de golfhoogte.
- Het procentueel verschil tussen de gemeten en berekende golfhoogte is ligt beduidend hoger dan bij meetlocatie Keeten.
- In 73% van de hindcastmomenten wordt de golfhoogte door SWAN overschat.
- In 27% van de hindcastmomenten is het procentuele verschil kleiner dan 10% (maximaal 7 cm bij een gemeten golfhoogte van 99 cm).
- De procentuele onderschatting door SWAN varieert tussen de 14,1% en 29,8%.
- De procentuele overschatting door SWAN varieert tussen de 7,1% en 34,2%.
- Ook hier geldt, zij het in mindere mate, dat in veel gevallen geldt hoe hoger de gemeten golfhoogte, hoe meer de berekende golfhoogte afwijkt.
- Slechts op 1 moment (18 december 2011, 14:30) is de berekende golfhoogte exact gelijk aan de gemeten golfhoogte.

#### Golfhoogte $H_{m0}$ bij Schelphoek

Allereerst dient opgemerkt te worden dat de onderstaande conclusies zijn gebaseerd op slechts 3 stormmomenten. Tevens zijn tijdens deze stormmomenten de windsnelheden relatief laag (12 tot 18 m/s).

- Het maximale verschil tussen de berekende en gemeten golfhoogte is 27,8% (15 cm bij een gemeten golfhoogte van 54 cm).
- SWAN onderschat en overschat de golfhoogte op deze meetlocatie.

#### Golfhoogte $H_{m0}$ overall

- De golfhoogte wordt zowel over- als onderschat door SWAN.
- Over het algemeen geldt dat bij hoge gemeten golfhoogte, de berekende golfhoogte te laag is (dit is voornamelijk bij Keeten zichtbaar en in mindere mate bij Marollegat).
- De berekende golfhoogte zijn bij hogere golven (hoogte meer dan 1,5 meter en periode meer dan 2 à 3 seconden) systematisch te laag.

Dezelfde tabellen voor de golfparameters  $T_{m01}$ ,  $T_{m02}$ ,  $T_{pm}$  en  $T_{m-1,0}$  zijn te vinden in Annex K. De algemene conclusies met betrekking tot de tabellen in Annex K zijn:

- In 93% van de hindcastmomenten onderschat SWAN de golfperioden.
- De berekende golfperiode  $T_{pm}$  wijkt overall het meest van de gemeten waarden af in vergelijking met de andere drie golfperiodematen.
- De berekende golfperiodematen bij Marollegat liggen beduidend dichter bij de gemeten waarden dan bij de meetlocaties Keeten en Schelphoek.
- De berekende  $T_{m-1,0}$  bij Schelphoek wijkt zeer veel af van de gemeten waarden (54 tot 97 procent). Let wel, de berekende  $T_{m-1,0}$  waarden zijn ook laag (ca 2,8 s) en het betreft slechts 3 waarden.



## 6.4 1D-spectra

In Annex L zijn per storm de gemeten en berekende 1D spectra, voor elk stormmoment binnen de storm en voor alle meetlocaties, weergegeven. De eerste rij figuren laten de 1D spectra van meetlocatie Keeten zien, de tweede en derde rij figuren presenteren de spectra voor respectievelijk meetlocatie Marollegat en Schelphoek. De kolommen refereren naar de stormmomenten binnen de storm, zo betreft kolom 1 de spectra van het eerste stormmoment binnen de storm, kolom 2 het tweede stormmoment etc. Opgemerkt dient te worden dat de waarden op de Y-as niet vast is gezet (en dus variëren), zodat de spectra van elke stormmoment duidelijk zichtbaar blijven, ook bij lagere golfhoogten. De rode lijn in de figuren geeft de door SWAN berekende 1D spectrum weer en de blauwe lijn het gemeten spectrum. Voor de volledigheid zijn tevens in rode en blauwe letters de berekende en gemeten golfhoogte getoond.

De mate waarin de berekende spectra de gemeten spectra benaderen varieert sterk. Uit de figuren van de spectra kan het volgende geconcludeerd worden:

### Storm oktober 2000

- De vorm van het berekende spectrum bij Keeten tijdens de stormmomenten, komt goed overeen met de meting, maar de energie bij de piekfrequentie is duidelijk onderschat.
- De berekende piekfrequentie bij Marollegat ligt bij stormmoment 1 en 2 iets hoger en tevens wordt tijdens deze stormmomenten de energie bij de piekfrequentie onderschat. Het berekende spectrum van stormmoment 3 komt bij Marollegat goed overeen met het gemeten spectrum.

### Storm oktober 2002

- De vorm van het spectrum bij Keeten tijdens de stormmomenten van storm oktober 2002, komt redelijk goed overeen met de meting, maar de energie bij de piekfrequentie is bij stormmoment 3 en 4 duidelijk onderschat. Deze onderschatting is ook zichtbaar bij de stormmomenten 1 en 2, zij het in mindere mate. Tevens is zichtbaar dat de energie in de hogere frequenties bij stormmoment 1 en 2 overschat wordt in SWAN, wat uiteindelijk resulteert in een overschatting van de golfhoogte.
- De berekende piekfrequentie bij Marollegat op stormmoment 2 ligt bij een lagere frequentie, tevens is dit spectrum breder dan het gemeten spectrum, maar de hoeveelheid energie bij de piekfrequentie ligt weer duidelijk lager. Het spectrum berekend bij stormmoment 3 komt redelijk goed overeen, naast dat de laagfrequentere piek geheel gemist wordt door SWAN. De vorm van het spectrum bij stormmoment 4 komt redelijk goed met het gemeten spectrum overeen, zij het dat SWAN meer energie berekent vanaf de piekfrequentie.

### Storm juni 2004

- De vorm van het spectrum berekend bij Keeten tijdens stormmoment 1 komt redelijk goed overeen, maar de energie bij de piekfrequentie wordt ruim onderschat. Dit zorgt voor een 21 cm lagere golfhoogte. De gemeten piek voor moment 2 bij de frequentie 0,2 Hz wordt geheel gemist door SWAN, maar de hogere berekende energie bij de hogere frequenties zorgt ervoor dat de golfhoogte toch nagenoeg gelijk is aan de gemeten golfhoogte.
- Bij Marollegat wordt de laagfrequente gemeten energie tijdens stormmoment 1 geheel gemist door SWAN, dit zorgt voor een golfhoogte verschil tussen de meting en berekening van 34 cm. De vorm van het berekende spectrum tijdens stormmoment 2 komt redelijk goed overeen met de meting, wel berekent SWAN over de hele frequentieband meer energie.

### Storm januari 2007

- De berekende piekfrequentie bij Keeten ligt bij de eerste twee stormmomenten bij een hogere frequentie. Daarnaast wordt de hoeveelheid energie bij de lagere frequentie in SWAN onderschat. De vorm van het spectrum berekend bij stormmoment 3 komt redelijk goed overeen met de meting, zij het dat de hoeveelheid energie bij de piekfrequentie duidelijk onderschat wordt, daarentegen wordt bij de hogere frequenties iets meer energie berekend waardoor uiteindelijk de golfhoogte maar 1 cm verschilt.
- Voor stormmoment 1 komt de vorm van het berekende spectrum bij Marollegat goed overeen met de meting, wel wordt de energie bij de piekfrequentie onderschat. De berekende piekfrequentie bij stormmoment 2 ligt bij een hogere frequentie. De energie bij de lagere frequentie wordt door SWAN gemist, maar de energie bij de hogere frequenties juist weer overschat. Het spectrum tijdens stormmoment 3 komt goed overeen met de meting, zij het dat SWAN teveel energie berekent bij de hogere frequenties.

### Storm december 2011

- Stormmoment 1 laat duidelijk zien dat SWAN teveel energie bij de hogere frequentie berekent bij Keeten. Daarnaast wordt een kleine hoeveelheid energie gemist bij de piekfrequentie. Tijdens stormmoment 2 wordt de energie bij de lagere frequentie niet door SWAN berekend. Het spectrum tijdens stormmoment 3 komt zeer goed overeen met het gemeten spectrum.
- De spectra tijdens deze storm berekend bij Marollegat laten ongeveer hetzelfde beeld zien: De piekfrequentie ligt bij een iets hogere frequentie, te weinig energie bij de lagere frequenties en iets te veel energie bij de hogere frequenties.
- Voor stormmoment 1 komt het spectrum bij Schelphoek goed overeen. Bij stormmoment 2 wordt met name bij de lage frequenties te weinig energie berekend. Ook de piek bij 0.43Hz wordt door SWAN niet berekend. Tijdens stormmoment 3 wordt de energie bij de lagere frequentie niet door SWAN berekend.

### Algemeen

- De gemeten en berekende spectra laten zien dat op de meetlocaties geen deining wordt gemeten, dus golfdoordringing door de Oosterscheldekering is bij de geanalyseerde stormen en meetlocaties niet aan de orde.
- SWAN versie 30.75 berekent vaak te weinig energie bij de lagere frequenties, maar daarentegen berekent SWAN wel iets meer energie bij de hogere frequenties.
- De vorm van de berekende spectra komt regelmatig in de buurt van de gemeten spectra.

## 6.5 Statistische parameters

Er zijn verschillende statistische parameters te definiëren om de verschillen tussen metingen en berekeningen tot uitdrukking te brengen. Gekozen is om de volgende statistische parameters voor de vijf golfparameters te berekenen:

- |           |   |            |
|-----------|---|------------|
| 1) Bias   | = Relatieve bias, het relatieve verschil tussen de gemiddelde meetwaarden en de berekende waarden | [%]        |
| 2) Rmse   | = De Root Mean Square Error   | [m] of [s] |
| 3) RelStd | = De relatieve standaardafwijking   | [%]        |
| 4) RMae   | = Het relatieve gemiddelde van de absolute fout   | [%]        |
| 5) A      | = regressie coëfficiënt a op basis van de fit $y = a + bx$  | [-]        |

- 6) B = regressie coëfficiënt b op basis van de fit  $y = a + bx$  [-]  
 7) C = regressie coëfficiënt c op basis van de fit  $y = cx$  [-]  
 8) corr = correlatie coëfficiënt [-]

De definities van deze statistische parameters zijn te vinden in Annex N. De resultaten van de statistische analyse zijn voor de vijf golfparameters  $H_{m0}$ ,  $T_{pm}$ ,  $T_{m02}$ ,  $T_{m01}$  en  $T_{m-1,0}$  samengevat in Tabel 6.2.

**Tabel 6.2: Statistische parameters voor de vijf golfparameters, voor alle hindcastmomenten**

Alle stormen	$H_{m0}$	$T_{m-1,0}$	$T_{pm}$	$T_{m01}$	$T_{m02}$
Aantal punten	33	33	33	33	33
Bias [%]	-1,51	-11,35	-35,05	-11,89	-12,99
Rmse [m] of [s]	0,20	0,47	1,99	0,47	0,50
RelStd [%]	18,57	6,27	10,32	6,87	7,51
RMae %	14,74	10,82	33,53	11,10	11,93
A [-]	0,28	0,84	1,65	0,93	1,03
B [-]	0,71	0,64	0,33	0,59	0,53
C [-]	0,94	0,88	0,63	0,87	0,86
corr [-]	0,89	0,96	0,69	0,95	0,93

De bovenstaande tabel geeft over het algemeen dezelfde trends weer als de scatterplots.

- De golfhoogte wordt over het algemeen het best berekend door SWAN (de laagste relatieve bias). Wel is een vrij grote spreiding aanwezig (ca 19%) en de gemiddelde absolute fout is 15%. De correlatie coëfficiënt is 0.89. De grote afwijkingen bij hoge golven werken wegens het beperkte aantal punten met hoge golven door in de spreiding, en in mindere mate in de bias.
- De golfperiodes  $T_{m-1,0}$ ,  $T_{m01}$  en  $T_{m02}$  laten een vrijwel identiek beeld zien. Bij nagenoeg alle punten onderschat SWAN deze golfperiodematen. De bias bij deze drie periodematen ligt rond de -12% en de spreiding is orde 7%. De punten liggen op een redelijk rechte lijn, met andere woorden de correlatie is sterk en de correlatie coëfficiënt is dan ook ca 0.95.
- De golfperiode  $T_{pm}$  wordt beduidend slechter gereproduceerd door SWAN in vergelijking met de andere 3 golfperiodematen. Deze periodemaat wordt ook bijna in alle gevallen door SWAN onderschat. Maar de bias ligt een stuk hoger (35%) en de spreiding bedraagt 11%. De slechtere prestatie van deze periodemaat kan veroorzaakt worden door de grillige vorm van het gemeten spectrum. Kleine piekjes in het gemeten spectrum kunnen heel goed ruis veroorzaken waardoor grote afwijkingen kunnen ontstaan. De correlatie coëfficiënt is laag namelijk 0.69

In Annex O zijn dezelfde tabellen met de statistische parameters per storm weergegeven. Men dient zeer voorzichtig met deze statistische waarden per storm om te gaan, aangezien het aantal punten te beperkt is voor een nette statistische analyse.

## 6.6 Scatterplots

Annex M toont scatterplots van alle metingen en berekeningen van respectievelijk de  $H_{m0}$ ,  $T_{pm}$ ,  $T_{m02}$ ,  $T_{m01}$  en  $T_{m-1,0}$  en bijbehorende diepwater en lokale golfsteilheid. Per periodemaat zijn 8 scatterplots getoond. De eerste figuur in de eerste kolom laat de berekende versus gemeten golfhoogte zien. Figuur 2 in kolom 1 is een plot van de gemeten versus berekende waarde van de betreffende periodemaat. In Figuur 3 en 4 uit kolom 1 zijn de gemeten en berekende waarde van respectievelijk de diepwater golfsteilheid en de lokale golfsteilheid te vinden. Met kleur is in de figuren uit de eerste kolom aangegeven welk punt bij welke storm behoort (zwart= storm oktober 2000, rood= storm oktober 2002, cyaan=storm juni 2004, groen= storm januari 2007 en magenta=storm december 2011).

De tweede kolom bestaat uit dezelfde figuren als in kolom 1, maar dan is met kleur weergegeven welk punt bij welke meetlocatie hoort (blauw=Keeten, rood=Marollegat en groen is Schelphoek).

De figuren bevatten tevens een drietal lijnen. De rode stippellijn geeft de fit  $y = a \cdot x + b$  weer, de zwarte lijn  $y = x$  en de blauwe stippellijn laat de fit  $y = c \cdot x$  zien. Hierin representeert Y de SWAN berekeningen en X de metingen. In de figuren zijn de functies van de fits ook bijgeschreven (rode tekst bij fit  $y = ax+b$  en blauwe tekst bij fit  $y = cx$ ). Als laatste is de correlatie coëfficiënt in de figuren (zwarte tekst) te vinden.

- $H_{m0}$   
De hoge golven (>1,5 m) worden door SWAN structureel onderschat. Opvallend is het groene punt in kolom 1 en het blauwe punt in kolom 2 ( $H_{m0}$  2,43 (gemeten) en 1,73m (berekend), dit punt wordt door SWAN sterk onderschat en wijkt af van het patroon die de andere hindcasts geven. Dit stormmoment is daarom in de nadere analyse (paragraaf 6.7) verder onderzocht. bij lagere golfhoogten liggen de punten om de 45 graden lijn heen, dus de golfhoogte wordt door SWAN zowel onder- als overschat. Ook is te zien dat de onderschatting het duidelijkst zichtbaar is bij de locatie Keeten. Daar treden ook de hoogste golven op.
- $T_{m-1,0}$ ,  $T_{m01}$  en  $T_{m02}$   
De scatterplots van de periodematen  $T_{m-1,0}$ ,  $T_{m01}$  en  $T_{m02}$  zijn vergelijkbaar met elkaar. Een sterke correlatie is zichtbaar tussen de meting en de SWAN resultaten en de correlatie coëfficiënt ligt dan ook tussen de 0,93 en 0,96. Hoe groter de periode hoe meer SWAN de periode onderschat.
- $T_{pm}$   
De correlatie van de periodemaat  $T_{pm}$  is beduidend minder sterk dan bij de andere golfperiodematen. De correlatie coëfficiënt is 0,69. Ook wordt deze periodemaat duidelijk meer onderschat door SWAN.
- Lokale en diepwater golfsteilheid (s en s0)  
De lokale en diepwater golfsteilheden worden door SWAN sterk overschat. Beide golfsteilheden hebben een zeer matige correlatie, zo is deze indien berekend met de golfperiodematen  $T_{m-1,0}$ ,  $T_{m01}$  en  $T_{m02}$  ca 0,55 en voor de  $T_{pm}$  is deze nog lager ca 0,4. De golfsteilheden bij Schelphoek (groene punten in de twee onderste figuren uit de rechter kolom) vertonen een afwijkend gedrag ten opzichte van de andere twee

meelocaties. Deze worden veel minder overschat door SWAN en indien de golfsteilheden zijn berekend met de golfperiodematen  $T_{m-1,0}$ ,  $T_{m01}$  en  $T_{m02}$  liggen deze zelfs netjes om de 45 graden lijn. Tevens lijkt een afwijkend gedrag te zien bij de storm december 2007 (3 roze punten in twee onderste figuren uit de linker kolom), maar dit zijn de punten m.b.t. Schelphoek. Alleen in deze storm zijn meetgegevens van Schelphoek aanwezig). De andere roze punten liggen in de puntenwolk. De gemeten golfsteilheden voor de spectrale golfperioden zijn maximaal 0,09 (-).

## 6.7 Nadere analyse

### 6.7.1 Inleiding

In dit hoofdstuk is gezocht naar een reden voor de grote onderschatting van SWAN met betrekking tot de hoogst gemeten golfhoogte bij Keeten, aangezien in de scatterplots (paragraaf 6.5) duidelijk zichtbaar was dat dit punt afwijkt van de overige resultaten (hierop wordt nader ingegaan in paragraaf 6.7.2). Daarnaast is in dit hoofdstuk bekeken of er duidelijke verbanden te vinden zijn tussen de prestatie van SWAN en de waterstand, windsnelheid en/of windrichting (paragraaf 6.7.3).

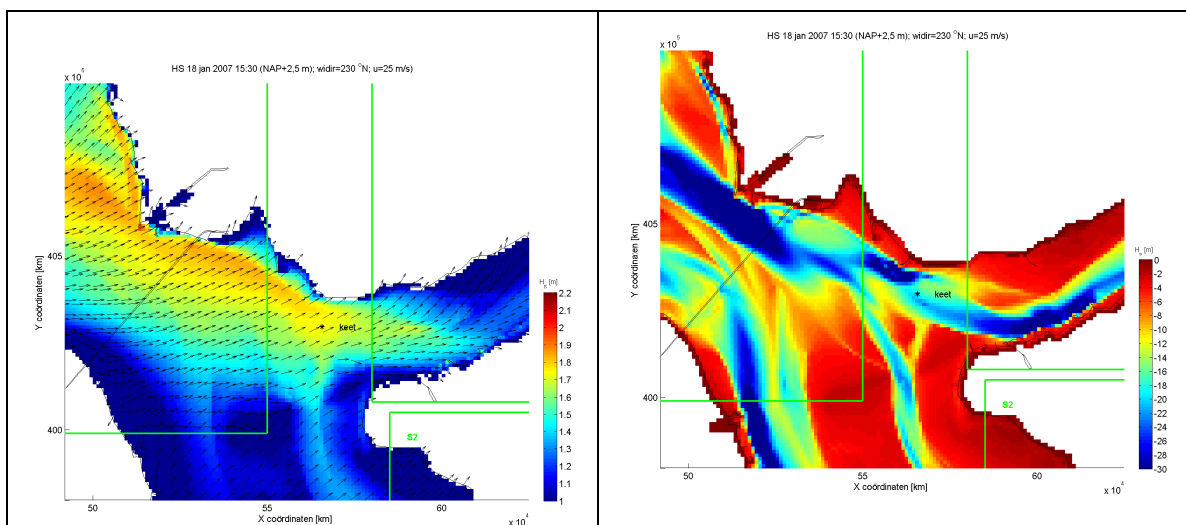
### 6.7.2 Onderschatting golfhoogte Keeten tijdens 18 januari 2007 om 15:30

Op 18 januari 2007 is, over de gehele verslagperioden (ca 11 jaar), de hoogste golf gemeten bij Keeten en bedraagt 2,43 m. Deze golfhoogte wordt door SWAN sterk onderschat (70 cm onderschatting).

In de scatterplots van de gemeten versus berekende golfhoogte is te zien dat dit punt afwijkt van het patroon die de andere hindcastsmomenten laten zien (zie Annex M). Ondanks dat dit afwijkende SWAN resultaat maar 1 punt is uit een set van in totaal 45 punten, is dit juist een zeer interessant punt voor het bepalen van de betrouwbaarheid van SWAN indien dit golfmodel wordt toegepast bij de bepaling van de Hydraulische Randvoorwaarden. Dit omdat de belasting die deze hoge golf op de waterkering uitoefent, meer in de buurt komt van de belasting op de waterkering tijdens de "maatgevende omstandigheden" (1/4000 jaar) dan de andere gemeten golven. Om deze reden is meer ingegaan op deze specifieke situatie.

Door de meting van die dag nogmaals goed te bekijken (Figuur 3.4) kan worden uitgesloten dat deze zeer hoge golfhoogte van 2,43 m een meetfout is.

Vervolgens is naar de ruimtelijke verdeling van  $H_{m0}$  gekeken, waarbij ingezoomd is op de regio nabij meetlocatie Keeten. In Figuur 6.1 is de ruimtelijke verdeling van  $H_{m0}$  nabij Keeten voor hindcast 18 januari 2007 om 15:30 gepresenteerd (linker figuur). Tevens is de bijhorende waterdiepte weergegeven (rechter figuur).



Figuur 6.1: Ruimtelijke verdeling  $H_{m0}$  (linker figuur) en diepte (rechter figuur) nabij Keeten

In de linker plot van Figuur 6.1 is duidelijk te zien dat de golfhoogte in de buurt van Keeten nergens de twee meter bereikt. Om te zien of SWAN deze hoge golfhoogte wel kan reproduceren bij een net iets andere windrichting of windsnelheid is een viertal extra berekeningen uitgevoerd. De SWAN invoer van de extra simulaties is te vinden in Tabel 6.3, voor de volledigheid staat ook de SWAN invoer van de basissom (18 januari 2007 om 15:30) in de tabel weergegeven.

**Tabel 6.3: SWAN invoer extra simulaties**

	Invoer SWAN		
	Windrichting [°N]	Windsnelheid [m/s]	Waterstand [NAP+m]
18 januari 2007 15:30	230	25	2,5
Extra simulatie 1	240	25	2,5
Extra simulatie 2	240	27	2,5
Extra simulatie 3	250	25	2,5
Extra simulatie 4	250	27	2,5

De resultaten van de extra simulaties en de basissom zijn gepresenteerd in Tabel 6.4.

**Tabel 6.4: Resultaten extra simulaties incl. basissom**

	SWAN INVOER			Locatie	H <sub>m0</sub> [m]	T <sub>pm</sub> [sec]	T <sub>m-1,0</sub> [sec]	T <sub>m01</sub> [sec]	T <sub>m02</sub> [sec]
	DIR	U	WL						
Gemeten (18 januari 2007 15:30)	-	-	-	Keet	2,43	8,47	4,91	4,53	4,41
				MRG	1,18	4,58	3,73	3,43	3,23
				SCHK	-	-	-	-	-
18 januari 2007 15:30	230	25	2,5	Keet	1,73	4,15	3,79	3,48	3,27
				MRG	1,32	3,67	3,28	3,03	2,87
				SCHK	1,27	3,77	1,17	3,02	2,82
Extra simulatie 1	240	25	2,5	Keet	1,79	4,34	3,89	3,56	3,34
				MRG	1,37	3,73	3,36	3,08	2,90
				SCHK	1,16	3,76	3,49	3,33	3,25
Extra simulatie 2	240	27	2,5	Keet	1,93	4,50	4,01	3,65	3,40
				MRG	1,44	3,80	3,42	3,14	2,95
				SCHK	1,25	3,87	3,56	3,39	3,30
Extra simulatie 3	250	25	2,5	Keet	1,87	4,51	4,01	3,64	3,40
				MRG	1,41	3,83	3,44	3,15	2,96
				SCHK	1,11	3,66	3,42	3,27	3,19
Extra simulatie 4	250	27	2,5	Keet	2,00	4,66	4,12	3,73	3,47
				MRG	1,49	3,88	3,50	3,20	3,01
				SCHK	1,19	3,75	3,49	3,32	3,23

De ruimtelijke verdeling van H<sub>m0</sub> nabij Keeten voor de extra simulaties zijn te vinden in Annex P.

Uit deze simulaties blijkt dat het SWAN resultaat bij Keeten met moeite verhoogd kan worden tot 2,00 meter. Daar is wel een bijdraaiing van de wind voor nodig die eigenlijk niet goed te rechtvaardigen valt, gezien de opgetreden windrichting. Hetzelfde geldt voor de windsnelheid.

Tegelijk blijkt dat de extra simulaties bij Marollegat alleen maar leiden tot een verdere overschatting van de golfhoogte.

Het lijkt erop dat bij hoge windsnelheid op diep water (Keeten), waarbij sprake is van een jong groeiend spectrum, SWAN een sterke onderschatting van de golfhoogte oplevert, terwijl op ondiep water (Marollegat), waar een sterke bodeminvloed aanwezig is, een overschatting optreedt.

### 6.7.3 Invloed golfhoogte, wind en waterstand op de SWAN prestatie

#### Invloed gemeten golfhoogte

Om vast te stellen of de SWAN prestatie afhankelijk is van de gemeten golfhoogte, zijn de hindcasts resultaten gesorteerd op de gemeten golfhoogte. Tabel 6.5 & Tabel 6.6 presenteren de resultaten gesorteerd op de gemeten golfhoogte bij respectievelijk Keeten en Marollegat. De eerste 3 kolommen in de tabellen geven de SWAN invoer weer, kolom 4 t/m 6 en 7 t/m 9 laten respectievelijk de gemeten en berekende golfhoogte op de meetlocaties zien. Het verschil in golfhoogte op de drie meetlocaties zijn gepresenteerd in de kolommen 10 t/m 12, waarbij rood een

onderschatting van SWAN representeert en blauw een overschatting (hoe roder hoe groter de onderschatting en hoe blauwer hoe groter de overschatting).

**Tabel 6.5: Resultaten golfhoogten gesorteerd naar oplopende gemeten golfhoogte bij Keeten**

SWAN invoer			Gemeten			SWAN			Verschil (Meting-SWAN)		
Widir	U	WL	H(keet)	H(mrg)	H(schk)	H(keet)	H(mrg)	H(schk)	KEET	MRG	SCHK
[degN]	[m/s]	[NAP +m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
200	12	1.3	0.65	0.53	0.64	0.69	0.53	0.56	-0.04	0	0.08
195	17	0.7	0.86	0.84	-	0.87	0.65	0.71	-0.01	0.19	
210	15	2	0.91	0.69	-	0.93	0.74	0.83	-0.02	-0.05	
255	15	0.5	0.99	0.54	-	1.02	0.71	0.59	-0.03	-0.17	
200	17	1.7	1.1	0.92	-	1.02	0.79	0.88	0.08	0.13	
270	17	2	1.11	0.99	0.54	1.31	1.06	0.69	-0.2	-0.07	-0.15
250	16	1.4	1.14	0.68	-	1.13	0.85	0.7	0.01	-0.17	
235	15	1.8	1.22	1.14	-	1.01	0.8	0.74	0.21	0.34	
220	21	0.7	1.27	0.75	-	1.22	0.84	0.87	0.05	-0.09	
240	24	0	1.31	0.69	-	1.45	0.86	0.93	-0.14	-0.17	
250	21	1	1.44	0.76	-	1.43	1.02	0.86	0.01	-0.26	
280	18	0	1.49	0.63	0.45	1.26	0.82	0.44	0.23	-0.19	0.01
240	24	0.8	1.81	1.01	-	1.53	1.04	1	0.28	-0.03	
290	23	1.1	1.81	0.89	-	1.7	1.18	0.73	0.11	-0.29	
230	25	2.5	2.43	1.18	-	1.73	1.32	1.27	0.7	-0.14	

**Tabel 6.6: Resultaten golfhoogten gesorteerd naar oplopende gemeten golfhoogte bij Marollegat**

SWAN invoer			Gemeten			SWAN			Verschil (Meting-SWAN)		
Widir	U	WL	H(keet)	H(mrg)	H(schk)	H(keet)	H(mrg)	H(schk)	KEET	MRG	SCHK
[degN]	[m/s]	[NAP +m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
200	12	1.3	0.65	0.53	0.64	0.69	0.53	0.56	-0.04	0	0.08
255	15	0.5	0.99	0.54	-	1.02	0.71	0.59	-0.03	-0.17	
280	18	0	1.49	0.63	0.45	1.26	0.82	0.44	0.23	-0.19	0.01
250	16	1.4	1.14	0.68	-	1.13	0.85	0.7	0.01	-0.17	
210	15	2	0.91	0.69	-	0.93	0.74	0.83	-0.02	-0.05	
240	24	0	1.31	0.69	-	1.45	0.86	0.93	-0.14	-0.17	
220	21	0.7	1.27	0.75	-	1.22	0.84	0.87	0.05	-0.09	
250	21	1	1.44	0.76	-	1.43	1.02	0.86	0.01	-0.26	
195	17	0.7	0.86	0.84	-	0.87	0.65	0.71	-0.01	0.19	
290	23	1.1	1.81	0.89	-	1.7	1.18	0.73	0.11	-0.29	
200	17	1.7	1.1	0.92	-	1.02	0.79	0.88	0.08	0.13	
270	17	2	1.11	0.99	0.54	1.31	1.06	0.69	-0.2	-0.07	-0.15
240	24	0.8	1.81	1.01	-	1.53	1.04	1	0.28	-0.03	
235	15	1.8	1.22	1.14	-	1.01	0.8	0.74	0.21	0.34	
230	25	2.5	2.43	1.18	-	1.73	1.32	1.27	0.7	-0.14	

- Het is duidelijk zichtbaar dat de hogere gemeten golven bij Keeten door SWAN worden onderschat.
- Daarentegen overschat SWAN juist de golfhoogte bij Marollegat bij hoge gemeten golven bij Keeten en bij lage gemeten golven bij Marollegat zelf.
- Te zien is dat bij Keeten in het algemeen een onderschatting optreedt van de golfhoogte, en bij Marollegat een overschatting.

NB. Indien de procentuele verschillen zouden worden weergegeven blijft het beeld hetzelfde.

### Inloed waterstand

Conform Tabel 6.5, zijn in Tabel 6.7 de resultaten gepresenteerd gesorteerd naar oplopende waterstand. Ook hier geldt dat blauw een overschatting weergeeft en rood een onderschatting, hoe feller de kleur hoe groter de onder- of overschatting.



**Tabel 6.7: Resultaten golfhoogten gesorteerd naar oplopende waterstand**

SWAN invoer			Gemeten			SWAN			Verschil (Meting-SWAN)		
Widir	U	WL	H(keet)	H(mrg)	H(schk)	H(keet)	H(mrg)	H(schk)	KEET	MRG	SCHK
[degN]	[m/s]	[NAP +m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
240	24	0	1.31	0.69	-	1.45	0.86	0.93	-0.14	-0.17	
280	18	0	1.49	0.63	0.45	1.26	0.82	0.44	0.23	-0.19	0.01
255	15	0.5	0.99	0.54	-	1.02	0.71	0.59	-0.03	-0.17	
195	17	0.7	0.86	0.84	-	0.87	0.65	0.71	-0.01	0.19	
220	21	0.7	1.27	0.75	-	1.22	0.84	0.87	0.05	-0.09	
240	24	0.8	1.81	1.01	-	1.53	1.04	1	0.28	-0.03	
250	21	1	1.44	0.76	-	1.43	1.02	0.86	0.01	-0.26	
290	23	1.1	1.81	0.89	-	1.7	1.18	0.73	0.11	-0.29	
200	12	1.3	0.65	0.53	0.64	0.69	0.53	0.56	-0.04	0	0.08
250	16	1.4	1.14	0.68	-	1.13	0.85	0.7	0.01	-0.17	
200	17	1.7	1.1	0.92	-	1.02	0.79	0.88	0.08	0.13	
235	15	1.8	1.22	1.14	-	1.01	0.8	0.74	0.21	0.34	
210	15	2	0.91	0.69	-	0.93	0.74	0.83	-0.02	-0.05	
270	17	2	1.11	0.99	0.54	1.31	1.06	0.69	-0.2	-0.07	-0.15
230	25	2.5	2.43	1.18	-	1.73	1.32	1.27	0.7	-0.14	

Uit Tabel 6.7 blijkt dat geen sterk verband zichtbaar is tussen de prestatie van SWAN en de waterstand

Invloed windsnelheid

In Tabel 6.8 zijn de resultaten gesorteerd naar oplopende windsnelheid. De kleuraanduiding is conform Tabel 6.7.

**Tabel 6.8: Resultaten golfhoogten gesorteerd naar oplopende windsnelheid**

SWAN invoer			Gemeten			SWAN			Verschil (Meting-SWAN)		
Widir	U	WL	H(keet)	H(mrg)	H(schk)	H(keet)	H(mrg)	H(schk)	KEET	MRG	SCHK
[degN]	[m/s]	[NAP +m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
200	12	1.3	0.65	0.53	0.64	0.69	0.53	0.56	-0.04	0	0.08
255	15	0.5	0.99	0.54	-	1.02	0.71	0.59	-0.03	-0.17	
235	15	1.8	1.22	1.14	-	1.01	0.8	0.74	0.21	0.34	
210	15	2	0.91	0.69	-	0.93	0.74	0.83	-0.02	-0.05	
250	16	1.4	1.14	0.68	-	1.13	0.85	0.7	0.01	-0.17	
195	17	0.7	0.86	0.84	-	0.87	0.65	0.71	-0.01	0.19	
200	17	1.7	1.1	0.92	-	1.02	0.79	0.88	0.08	0.13	
270	17	2	1.11	0.99	0.54	1.31	1.06	0.69	-0.2	-0.07	-0.15
280	18	0	1.49	0.63	0.45	1.26	0.82	0.44	0.23	-0.19	0.01
220	21	0.7	1.27	0.75	-	1.22	0.84	0.87	0.05	-0.09	
250	21	1	1.44	0.76	-	1.43	1.02	0.86	0.01	-0.26	
290	23	1.1	1.81	0.89	-	1.7	1.18	0.73	0.11	-0.29	
240	24	0	1.31	0.69	-	1.45	0.86	0.93	-0.14	-0.17	
240	24	0.8	1.81	1.01	-	1.53	1.04	1	0.28	-0.03	
230	25	2.5	2.43	1.18	-	1.73	1.32	1.27	0.7	-0.14	

Uit Tabel 6.8 kan het volgende geconcludeerd worden:

- Bij Keeten is sprake van een redelijk goede weergave van de golfhoogte bij lage windsnelheden (tot 15 à 20 m/s). Bij hogere windsnelheden is sprake van een duidelijke onderschatting van de golfhoogte door SWAN.
- Bij Marollegat is in het algemeen sprake van overschatting van de golfhoogte door SWAN; de overschatting is iets groter bij iets hogere windsnelheden.

- Er lijkt sprake te zijn van een tegengestelde trend in de prestatie van SWAN bij toenemende windsnelheid: bij Keeten een toenemende onderschatting van de golfhoogte, en bij Marollegat een toenemende overschatting.

### Invloed windrichting

De resultaten gesorteerd naar de windrichting zijn te vinden in Tabel 6.9.

**Tabel 6.9: Resultaten golfhoogten gesorteerd naar oplopende windrichting**

SWAN invoer			Gemeten			SWAN			Verschil (Meting-SWAN)		
Widir	U	WL	H(keet)	H(mrg)	H(schk)	H(keet)	H(mrg)	H(schk)	KEET	MRG	SCHK
[degN]	[m/s]	[NAP +m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
195	17	0.7	0.86	0.84	-	0.87	0.65	0.71	-0.01	0.19	
200	12	1.3	0.65	0.53	0.64	0.69	0.53	0.56	-0.04	0	0.08
200	17	1.7	1.1	0.92	-	1.02	0.79	0.88	0.08	0.13	
210	15	2	0.91	0.69	-	0.93	0.74	0.83	-0.02	-0.05	
220	21	0.7	1.27	0.75	-	1.22	0.84	0.87	0.05	-0.09	
230	25	2.5	2.43	1.18	-	1.73	1.32	1.27	0.7	-0.14	
235	15	1.8	1.22	1.14	-	1.01	0.8	0.74	0.21	0.34	
240	24	0	1.31	0.69	-	1.45	0.86	0.93	-0.14	-0.17	
240	24	0.8	1.81	1.01	-	1.53	1.04	1	0.28	-0.03	
250	16	1.4	1.14	0.68	-	1.13	0.85	0.7	0.01	-0.17	
250	21	1	1.44	0.76	-	1.43	1.02	0.86	0.01	-0.26	
255	15	0.5	0.99	0.54	-	1.02	0.71	0.59	-0.03	-0.17	
270	17	2	1.11	0.99	0.54	1.31	1.06	0.69	-0.2	-0.07	-0.15
280	18	0	1.49	0.63	0.45	1.26	0.82	0.44	0.23	-0.19	0.01
290	23	1.1	1.81	0.89	-	1.7	1.18	0.73	0.11	-0.29	

Uit Tabel 6.9 zijn niet echt eenduidige conclusies te trekken. In de onderstaande aandachtspunten worden enkele mogelijke trends gesignaleerd, maar deze kunnen wegens het beperkte aantal waarnemingen niet als harde conclusies worden beschouwd.

- Indien de golven uit de sector 195°N-220°N komen (zuid tot zuidwest) lijkt SWAN de golfhoogte bij Keeten en bij Marollegat vrij goed te reproduceren.
- Indien de wind uit westelijke richtingen waait (250°N-290°N) zijn grotere verschillen zichtbaar tussen de berekende en gemeten golfhoogte bij Keeten en Marollegat. Bij Keeten is de trend dan onduidelijk, terwijl bij Marollegat een duidelijke overschatting in SWAN aanwezig is.
- De onderschatting bij 230 graden voor MRG is opvallend, maar kan vooralsnog niet worden verklaard.

Dezelfde tabellen zijn voor de vijf golfperiodematen gegenereerd, en zijn te vinden in Annex Q. De tabellen geven over het algemeen conclusies als de scatterplots, tabellen en statistische waarden.

NB:

- In de bovenstaande aandachtspunten zijn enkele mogelijke trends gesignaleerd, maar deze kunnen, wegens het beperkte aantal waarnemingen, niet als harde conclusies worden beschouwd.
- Daarnaast staan de verbanden ook niet los van elkaar, zo bestaan de zuidzuidwestelijke waarnemingen merendeels uit lage golven en tevens lage windsnelheden.
- Indien de procentuele verschillen zouden worden weergegeven blijft het beeld hetzelfde.

## 6.8 Conclusies

De belangrijkste conclusies uit dit hoofdstuk zijn:

### Golfhoogte

- De golfhoogte wordt over het algemeen het best (vergeleken met de metingen zoals beschreven in hoofdstuk 3) berekend door SWAN (de laagste relatieve bias). Wel is een vrij grote spreiding aanwezig (ca 20%) en de gemiddelde absolute fout is 15%. De correlatie coëfficiënt is 0.89.  
N.B. De grote afwijkingen bij hoge golven werken wegens het beperkte aantal punten met hoge golven wel door in de spreiding, maar vrijwel niet in de bias.
- Over het algemeen geldt dat hoe hoger de gemeten golfhoogte, hoe meer de berekende golfhoogte afwijkt. (dit is voornamelijk bij Keeten zichtbaar en in mindere mate bij Marollegat)
- De hoogste golf gemeten bij Keeten (2,43 m tijdens storm januari 2007) wordt door SWAN het slechts gereproduceerd (1,73 m). Nadere analyse laat zien dat de berekende golfhoogte bij Keeten met moeite verhoogd kan worden tot 2,00 meter. Daar is wel een bijdraaiing van de wind voor nodig. Hetzelfde geldt voor de windsnelheid. Tegelijk blijkt dat deze bijdraaiing en verhoging van de windsnelheid bij Marollegat alleen maar leiden tot een verdere overschatting van de golfhoogte.
- De hogere gemeten golven bij Keeten worden door SWAN onderschat. Daarentegen overschat SWAN juist de golfhoogte bij Marollegat bij hoge gemeten golven bij Keeten en bij lage gemeten golven bij Marollegat zelf.
- Het lijkt erop dat bij hoge windsnelheid op diep water (Keeten), waarbij sprake is van een jong groeiend spectrum, SWAN een sterke onderschatting van de golfhoogte oplevert, terwijl op ondiep water (Marollegat), waar een sterke bodeminvloed aanwezig is een overschatting optreedt.

### Golfperioden

- Vrijwel bij alle hindcastmomenten worden de golfperiodematen door SWAN onderschat.
- De golfperioden  $T_{m-1,0}$ ,  $T_{m01}$  en  $T_{m02}$  laten een vrijwel identiek beeld zien. Bij nagenoeg alle punten onderschat SWAN deze golfperiodematen. De bias bij deze drie periodematen ligt rond de 12% en de spreiding is orde 7%. De punten liggen op een redelijk rechte lijn, met andere woorden de correlatie is sterk en de correlatie coëfficiënt is dan ook ca 0.95. De golfperiode  $T_{pm}$  wordt beduidend slechter gereproduceerd door SWAN in vergelijking met de andere 3 golfperiodematen. Desalniettemin wordt ook deze periodemaat bijna in alle gevallen door SWAN onderschat. Maar de bias ligt een stuk hoger (35%) en de spreiding bedraagt 11%. De slechtere prestatie van deze periodemaat kan veroorzaakt worden door de grillige vorm van het gemeten spectrum. Kleine piekjes in het gemeten spectrum kunnen heel goed ruis veroorzaken waardoor grote afwijkingen kunnen ontstaan. De correlatie coëfficiënt is laag namelijk 0,69

### Lokale en diepwater golfsteilheid

- De lokale en diepwater golfsteilheden worden door SWAN sterk overschat. Beide golfsteilheden hebben een zeer matige correlatie, zo is deze indien berekend met de golfperiodematen  $T_{m-1,0}$ ,  $T_{m01}$  en  $T_{m02}$  ca 0,55 en voor de  $T_{pm}$  is deze nog lager ca 0,4.
- De maximaal gemeten steilheid is 0,09.

### Spectra

- De gemeten spectra laten zien dat op de meetlocaties geen deining wordt gemeten op de meetlocaties (dus geen golfdoordringing door de Oosterscheldekering is bij de geanalyseerde stormen en meetlocaties niet aan de orde).
- SWAN berekent vaak te weinig energie bij de lagere frequenties, daarentegen berekent SWAN wel iets meer energie bij de hogere frequenties.
- De vorm van de berekende spectra komt regelmatig in de buurt van de gemeten spectra.

### Statistische kentallen van de golfparameters

In onderstaand tabel is een overzicht gegeven van de statistische kentallen van de in deze studie geanalyseerde golfparameters

Alle stormen	$H_{m0}$	$T_{m-1,0}$	$T_{pm}$	$T_{m01}$	$T_{m02}$
Aantal punten	33	33	33	33	33
Bias [%]	-1,51	-11,35	-35,05	-11,89	-12,99
Rmse [m] of [s]	0,20	0,47	1,99	0,47	0,50
RelStd [%]	18,57	6,27	10,32	6,87	7,51
RMae [%]	14,74	10,82	33,53	11,10	11,93
A [-]	0,28	0,84	1,65	0,93	1,03
B [-]	0,71	0,64	0,33	0,59	0,53
C [-]	0,94	0,88	0,63	0,87	0,86
corr [-]	0,89	0,96	0,69	0,95	0,93

### Overig

- Het lijkt erop dat bij hoge windsnelheid op diep water (Keeten), waarbij sprake is van een jong groeiend spectrum, SWAN een sterke onderschatting van de golfhoogte oplevert, terwijl op ondiep water (Marollegat), waar een sterke bodeminvloed aanwezig is, een overschatting optreedt.
- Er is geen duidelijk verband zichtbaar is tussen de prestatie van SWAN en de waterstand.
- De onderschatting van golfhoogte door SWAN bij Marollegat vindt plaats bij de lagere windsnelheden en bij de meer noordwestelijke richtingen in tegenstelling tot meetlocatie Keeten. Bij Keeten is geen duidelijk verband zichtbaar tussen de prestatie van SWAN en de windrichting
- Bij hogere windsnelheden is het berekende en gemeten golfhoogte verschil tussen Keeten en Marollegat over het algemeen groter is dan bij lagere windsnelheden. Dit heeft hoogstwaarschijnlijk te maken dat hogere windsnelheden hogere golven genereert die vervolgens bij Keeten niet breken (diep water) in tegenstelling tot de golven die bij Marollegat diepte gelimiteerd zijn.

## 7 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

### 7.1 Algemeen

De golfcondities voor het ontwerp van steenbekledingen in Zeeland zijn opgenomen in de zogenaamde 'KustDB 2006-Steen database'. Deze golfcondities zijn berekend met behulp van het golfmodel SWAN versie 30.75 (zie (Alkyon 1997, Alkyon 1998, Alkyon 1999a, Alkyon 1999b en Alkyon 2005) en worden toegepast bij de hydraulische advisering voor het ontwerp van steenbekledingen bij het Project Bureau Zeeweringen.

Teneinde nu inzicht te verkrijgen in de betrouwbaarheid van de voor ontwerpen gebruikte SWAN versie in de Oosterschelde, is in deze studie een aantal hindcasts in de Oosterschelde uitgevoerd met dezelfde SWAN versie (30.75) en instellingen als die ten grondslag ligt aan de vigerende toetsrandvoorwaarden uit de HR2006 (zie hoofdstuk 4).

Hiervoor zijn de metingen, uitgevoerd op de Oosterschelde in de periode 1 januari 1987 t/m 31 januari 2012, beschouwd. Op basis van deze metingen zijn 5 storm(achtige) perioden geselecteerd en hieruit zijn in totaal 15 stormmomenten gehindcast, met als doel inzicht te krijgen in de betrouwbaarheid van het golfmodel SWAN versie 30.75, zoals PBZ deze nu toepast in haar adviezen, voor het ontwerp van de steenbekleding in de Oosterschelde.

In de volgende paragraaf zijn de belangrijkste conclusies van de huidige studie weergegeven.

NB: onderstaande conclusies gelden voor de SWAN 30.75 versie die door Projectbureau tot op heden in gebruik is geweest voor de detailadviesing t.b.v. het ontwerpen van steenbekledingen, en hoeven niet van toepassing te zijn voor latere SWAN versies, zoals de versie die voor het Wettelijk Toetsings Instrumentarium (WTI) is gebruikt.

### 7.2 Conclusies

#### 7.2.1 Conclusies met betrekking tot de golfmetingen

De volgende conclusies kunnen getrokken worden m.b.t. de golfmetingen die in de Oosterschelde uitgevoerd zijn:

- Er zijn maximaal metingen van 3 golfmeetlocaties tegelijk beschikbaar gedurende stormachtige perioden.
- De registratiedichtheden van de golfmetingen op de meetlocaties Keeten en Marollegat zijn het hoogst (> 85%).
- Over het algemeen geldt dat de golfhoogte afneemt naarmate de golfmeetlocatie meer landinwaarts ligt.
- De grootste gemeten golfhoogte in de gehele verslagperiode is op de locatie Keeten gemeten (2,45 m) en vond plaats tijdens de zwaarste storm (windkracht 10) van de gehele verslagperiode (18 januari 2007 15:30).

#### 7.2.2 Conclusies met betrekking tot de waterstandmetingen

De conclusies m.b.t. de waterstandmetingen in de Oosterschelde zijn:

- Vanaf 1996 zijn op 6 meetlocaties op de Oosterschelde vrijwel continue waterstandmetingen uitgevoerd.
- In de huidige studie zijn 3 waterstandmeetlocaties nader geanalyseerd, te weten Roompot Binnen, Stavenisse en Marollegat.
- Nabij de kering varieert de waterstand tussen de NAP- 2,42 m – NAP+ 2,73 m
- In het oosten van de Oosterschelde (nabij Marollegat) varieert de waterstand tussen NAP-2,81 m – NAP+ 3,42 m.

### 7.2.3 Conclusies met betrekking tot de windmetingen

De volgende conclusies kunnen getrokken worden m.b.t. de windmetingen die in de Oosterschelde uitgevoerd zijn:

- In de gehele verslagperiode zijn op 3 locaties in de Oosterschelde windmetingen uitgevoerd, te weten Kats sluis, Stavenisse en Marollegat.
- In de perioden waarin gemeten is, is de registratiedichtheid op de meetlocaties hoog.
- De maximaal gemeten windsnelheid in de gehele verslagperiode bedraagt 28,5 m/s (gemeten bij Marollegat).

### 7.2.4 Conclusies vergelijking gemeten en berekende golfhoogte

- Over het algemeen lijken de statistische parameters van de golfhoogte goed (bias < 5%), maar de golfhoogte heeft een grote standaardafwijking (ca 18%). Dit komt door grote onderlinge verschillen tussen Keeten en Marollegat.
- De berekende golfhoogte bij Keeten is vaak laag bij hogere golven en/of hogere windsnelheden.
- De berekende golfhoogte bij Marollegat is daarentegen over het algemeen iets te hoog.
- De hoogste golf gemeten bij Keeten (2,43 m tijdens storm januari 2007) wordt door SWAN het slechtst gereproduceerd (1,73 m). Nadere analyse laat zien dat de berekende golfhoogte bij Keeten door andere keuzes te maken t.a.v. de SWAN invoer met moeite verhoogd kan worden tot 2,00 meter. Daar is wel een bijdraaiing van de wind voor nodig die eigenlijk niet goed te rechtvaardigen valt gezien de opgetreden windrichting. Hetzelfde geldt voor de windsnelheid. Tegelijk blijkt dat deze bijdraaiing en verhoging van de windsnelheid bij Marollegat alleen maar leiden tot een verdere overschatting van de golfhoogte.
- Het lijkt erop dat bij hoge windsnelheid op diep water (Keeten), waarbij sprake is van een jong groeiend spectrum, SWAN een onderschatting van de golfhoogte oplevert, terwijl op ondiep water (Marollegat), waar een grotere bodeminvloed aanwezig is een overschatting optreedt.

### 7.2.5 Conclusies vergelijking gemeten en berekende golfperioden

- Vrijwel bij alle hindcastmomenten worden de golfperiodematen door SWAN onderschat. De onderschatting neemt toe bij hogere golfperioden.
- De berekende versus gemeten golfperiode  $T_{m-1,0}$  ter plaatse van Keeten en Marollegat liggen duidelijk op 1 lijn (correlatie coëfficiënt = 0.96%), in tegenstelling tot de golfhoogte dus geen afwijkende trends in beide locaties.
- De golfperioden  $T_{m-1,0}$ ,  $T_{m01}$  en  $T_{m02}$  laten een vrijwel identiek beeld zien. De golfperiode  $T_{pm}$  wordt beduidend slechter gereproduceerd door SWAN.
- De slechtere prestatie van de periodemaat  $T_{pm}$  kan veroorzaakt worden door de grillige vorm van het gemeten spectrum. Kleine piekjes in het gemeten spectrum

kunnen heel goed ruis veroorzaken waardoor grote afwijkingen kunnen ontstaan. De correlatie coëfficiënt is laag namelijk 0.69.

#### 7.2.6 Conclusies vergelijking gemeten en berekende lokale en diepwater golfsteilheid

- De lokale en diepwater golfsteilheden worden door SWAN sterk overschat. Beide golfsteilheden hebben een zeer matige correlatie, zo is deze indien berekend met de golfperiodematen  $T_{m-1,0}$ ,  $T_{m01}$  en  $T_{m02}$  ca 0,55 en voor de  $T_{pm}$  is deze nog lager ca 0,4.

#### 7.2.7 Conclusies vergelijking gemeten en berekende spectra

- De gemeten en berekende spectra laten zien dat op de meetlocaties geen deining wordt gemeten, dus golfdoordringing door de Oosterscheldekering is bij de geanalyseerde stormen en meetlocaties niet aan de orde.
- SWAN berekent vaak te weinig energie bij de lagere frequenties, daarentegen berekent SWAN wel iets meer energie bij de hogere frequenties. Dit lijkt een bevestiging te zijn van het vermoeden dat de gebruikte versie van SWAN moeite heeft om jonge spectra goed te reproduceren.

#### 7.2.8 Overige conclusies vergelijking gemeten en berekende waarden

- Van de verbanden tussen de golfhoogte en de omgevingscondities lijkt alleen de relatie met de windsnelheid significant te zijn, de relatie met de waterstand en windrichting is minder duidelijk.
- Er lijkt sprake te zijn van een tegengestelde trend in de prestatie van SWAN bij toenemende windsnelheid: Bij Keeten een toenemende onderschatting van de golfhoogte, en bij Marollegat een toenemende overschatting.

### 7.3 Aanbevelingen

De gesignaleerde verschillen tussen diep en ondiep (Keeten versus Marollegat) lijken overeen te komen met de trend die in RIKZ 2003 is gevonden, welke betrekking heeft op de Westerschelde. Aanbevolen wordt een systematische vergelijking uit te voeren van de hindcasts in de Oosterschelde en de Westerschelde om deze verschillen beter in beeld te krijgen.

Hierbij wordt speciaal aandacht gevraagd voor de reproductie van jonge spectra in SWAN. Daarbij kunnen eventueel ook hindcast data van het IJsselmeer en/of de Waddenzee gebruikt worden.

Aangeraden wordt de nieuwste SWAN versie toe te passen bij zowel de Oosterschelde als de Westerschelde hindcasts, waarin de nieuwste inzichten zijn verwerkt. Hierbij wordt tevens aangeraden een nieuwe schematisatie toe te passen (1 rekenrooster, evt. nieuwe fysische instellingen e.d.). Het grote aantal huidige schematisaties in de Oosterschelde dateert uit een periode met beperkte computercapaciteit, en is een potentiële bron van fouten.

Voor lopende ontwerpactiviteiten PBZ wordt aangeraden om op basis van de scatterplots uit deze studie, voor de HR2006 berekeningen met SWAN 30.75 eenvoudige lineaire correctiefuncties te definiëren, waarbij zowel de hogere berekende

golfhoogte als de hogere berekende golfperiode naar boven worden bijgesteld. Voor lage golfhoogten en perioden lijkt geen correctie nodig te zijn.

Uit deze studie komt verder naar voren dat de berekende golfperiode  $T_{pm}$  slecht correleert met de gemeten waarden (zie hoofdstuk 6).  $T_{m-1,0}$  correleert beduidend beter dan  $T_{pm}$ . Om deze reden wordt aanbevolen om in de adviezen van PBZ voor het ontwerp van de steenbekledingen over te gaan op  $T_{m-1,0}$ .

Bij de controle berekeningen is ten slotte naar voren gekomen dat het aannemelijk is dat de opgelegde windvelden uit Alkyon 1998b en Alkyon 2005 anders zijn toegepast dan beschreven in de bijhorende documentatie (zie paragraaf 5.2). De overgang naar een lagere windsnelheid in het binnengebied ligt niet bij de Oosterscheldekering maar meer op de Oosterschelde zelf (zie Figuur 5.1). Wat het effect is van deze andere windvelden op de HR2006 dient bij de herberekening van de hydraulische randvoorwaarden met een nieuwe SWAN versie en schematisatie meegenomen te worden.



## LITERATUUR

- Alkyon 1997 "Golfberekeningen Westerschelde", G. van Vledder en G. Van Banning. Rapport A174R1r1, Oktober 1997.
- Alkyon 1998a "Golfberekeningen Westerschelde 2", G. van Vledder. Rapport A224, maart 1998.
- Alkyon 1998b " Golfberekeningen Oosterschelde", G. van Vledder en G. Hartsuiker. Rapport A246, Juli 1998.
- Alkyon 1999 "SWAN berekeningen in de WS voor 6 windklassen", G. V. Vledder. Rapport A384, Februari 1999
- Alkyon 2005 "Update golfcondities Oosterschelde, beïnvloedingsgebied OS-kering, herberekeningen westelijke winden", G. van Vledder. Rapport A1483r1, Augustus 2005
- Alkyon 2009 "Memo: Berekening spectrale parameters", G. Van Vledder, kenmerk A2450, 20-11-2009.
- Royal Haskoning 2003 " Betrouwbaarheid in de Westerschelde", C. Gautier, Rapport Royal Haskoning 9M5697/1246 d.d. 16 juni 2003
- TU Delft 1998 "User manual SWAN cycle 2 version 30.75", Delft University of Technology, Department of Civil Engineering, Delft, The Netherlands.

Internet:

[www.hmcz.nl](http://www.hmcz.nl)

[www.knmi.nl](http://www.knmi.nl)

[www.rws.nl/svsd.nl](http://www.rws.nl/svsd.nl)

## ANNEXEN

Annex A.1: Beschrijving GS-bestanden .....	62
Annex A.2: Beschrijving GH-bestanden .....	63
Annex A.3: Beschrijving GD- bestanden .....	64
Annex A.4: Beschrijving GR- bestanden .....	65
Annex B.1: Registratie/aanwezigheid GS golfddata (periode 1986 t/m 1992).....	66
Annex B.2: Registratie/aanwezigheid GH golfddata (periode 1999 t/m 2005).....	67
Annex B.3: Registratie/aanwezigheid GH golfddata (periode 2006 t/m 2012).....	68
Annex B.4: Registratie/aanwezigheid GD golfddata (periode 2008 t/m 2012).....	69
Annex C.1: Tijdsreefs van de golfparameter $H_3$ & winddata (Periode 1987 t/m 1988) .....	70
Annex C.2: Tijdsreefs van de golfparameter $H_3$ & winddata (Periode 1989 t/m 1990) .....	71
Annex C.3: Tijdsreefs van de golfparameter $H_3$ & winddata (Periode 1991 t/m 1992) .....	72
Annex C.4: Tijdsreefs van de golfparameter $H_{m0}$ & winddata (Periode 1999 t/m 2000) .....	73
Annex C.5: Tijdsreefs van de golfparameter $H_{m0}$ & winddata (Periode 2001 t/m 2002) .....	74
Annex C.6: Tijdsreefs van de golfparameter $H_{m0}$ & winddata (Periode 2003 t/m 2004) .....	75
Annex C.7: Tijdsreefs van de golfparameter $H_{m0}$ & winddata (Periode 2005 t/m 2006) .....	76
Annex C.8: Tijdsreefs van de golfparameter $H_{m0}$ & winddata (Periode 2007 t/m 2008) .....	77
Annex C.9: Tijdsreefs van de golfparameter $H_{m0}$ & winddata (Periode 2009 t/m 2010) .....	78
Annex C.10: Tijdsreefs van de golfparameter $H_{m0}$ & winddata (Periode 2011 t/m 2012) .....	79
Annex E.1: Beschrijving waterstandmeetbestand (WT-bestanden).....	81
Annex E.2: Beschrijving waterstandmeetbestand (WN- bestanden) .....	81
Annex G.1: SWAN bodem 2001.....	83
Annex G.2: SWAN bodem 2007.....	84
Annex G.3: SWAN bodem 2010.....	85
Annex G.4: Verschil SWAN bodem 2001 - 2007 .....	86
Annex G.5: Verschil SWAN bodem 2007 - 2010 .....	87
Annex I.1: Ruimtelijke verdeling $H_{m0}$ Storm oktober 2000 .....	89
Annex I.2: Ruimtelijke verdeling $H_{m0}$ Storm oktober 2002 .....	90
Annex I.3: Ruimtelijke verdeling $H_{m0}$ Storm juni 2004.....	91
Annex I.4: Ruimtelijke verdeling $H_{m0}$ Storm januari 2007 .....	92
Annex I.5: Ruimtelijke verdeling $H_{m0}$ Storm december 2011 .....	93
Annex K.1: Gemeten en berekende golfparameter $T_{pm}$ per stormmoment voor alle meetlocaties .....	95
Annex K.2: Gemeten en berekende golfparameter $T_{m-1,0}$ per stormmoment voor alle meetlocaties .....	95
Annex K.3: Gemeten en berekende golfparameter $T_{m01}$ per stormmoment voor alle meetlocaties .....	96
Annex K.4: Gemeten en berekende golfparameter $T_{m02}$ per stormmoment voor alle meetlocaties .....	96
Annex L.1: Gemeten en berekende 1D spectra Storm oktober 2000.....	97
Annex L.2: Gemeten en berekende 1D spectra Storm oktober 2002.....	98
Annex L.3: Gemeten en berekende 1D spectra Storm juni 2004 .....	99
Annex L.4: Gemeten en berekende 1D spectra Storm januari 2007 .....	100
Annex L.5: Gemeten en berekende 1D spectra Storm december 2011 .....	101
Annex M.1: Scatterplots bij golfperiode $T_{pm}$ .....	102
Annex M.2: Scatterplots bij golfperiode $T_{m-1,0}$ .....	103
Annex M.3: Scatterplots bij golfperiode $T_{m01}$ .....	104
Annex M.4: Scatterplots bij golfperiode $T_{m02}$ .....	105
Annex O.1: Statistische parameters voor de 5 golfparameters, storm oktober 2000 .....	108

Annex O.2: Statistische parameters voor de 5 golfparameters, storm oktober 2002 .....	108
Annex O.3: Statistische parameters voor de 5 golfparameters, storm juni 2004.....	108
Annex O.4: Statistische parameters voor de 5 golfparameters, storm januari 2007 .....	109
Annex O.5: Statistische parameters voor de 5 golfparameters, storm december 2011 .....	109
Annex Q.1: Resultaten golfperiode $T_{m-1,0}$ gesorteerd naar oplopende waterstand.....	111
Annex Q.2: Resultaten golfperiode $T_{m-1,0}$ gesorteerd naar oplopende windsnelheid .....	111
Annex Q.3: Resultaten golfperiode $T_{m-1,0}$ gesorteerd naar oplopende windrichting.....	111
Annex Q.4: Resultaten golfperiode $T_{pm}$ gesorteerd naar oplopende waterstand .....	112
Annex Q.5: Resultaten golfperiode $T_{pm}$ gesorteerd naar oplopende windsnelheid.....	112
Annex Q.6: Resultaten golfperiode $T_{pm}$ gesorteerd naar oplopende windrichting.....	112
Annex Q.7: Resultaten golfperiode $T_{m01}$ gesorteerd naar oplopende waterstand.....	113
Annex Q.8: Resultaten golfperiode $T_{m01}$ gesorteerd naar oplopende windsnelheid .....	113
Annex Q.9: Resultaten golfperiode $T_{m01}$ gesorteerd naar oplopende windrichting .....	113
Annex Q.11: Resultaten golfperiode $T_{m02}$ gesorteerd naar oplopende windsnelheid.....	114
Annex Q.12: Resultaten golfperiode $T_{m02}$ gesorteerd naar oplopende windsnelheid .....	114

## ANNEX A BESCHRIJVING GOLFMEETBESTANDEN

### Annex A.1: Beschrijving GS-bestanden

Gegevenssoort	GS		
Omschrijving	Golfparameters =		
Sublokatie	N.v.t.		
Aantal kanalen	128		
Tijdstap van inwinning	30 min.		
Datatype	Integer		
Inhoud kanalen			
Kanaalnummer	Omschrijving		Eenheid
1	H3	Gemiddelde hoogte van het 1/3 deel hoogste golven	cm
2	H10	Gemiddelde hoogte van het 1/10 deel hoogste golven	cm
3	H50	Gemiddelde hoogte van het 1/50 deel hoogste golven	cm
4	GGH	Gemiddelde golfhoogte	cm
5	HMAX	Maximale golfhoogte	cm
6	SPGH	Spreiding van de golfhoogte	cm
7	TM02	Periodeparameter berekend uit het spectrum 0.03-0.7Hz	0.1 s
8	TMAX	Maximale golfperiode	0.1 s
9	GGT	Gemiddelde golfperiode	0.1 s
10	SPGT	Spreiding van de golfperiode	0.1 s
11	T3	Gemiddelde van het hoogste 1/= 3 deel van de golfperioden	0.1 s
12	TH3	Gem. periode van de golven waaruit de H3 bepaald is.	0.1 s
13	AG	Aantal golven	-
14	AV	Aantal vrijheidsgraden	-
15	AF	Aantal fouten	-
16	BW	Bewerkt aantal waarnemingen	-
17	E01	Totale energie van 0.0-1.0 Hz	cm <sup>2</sup>
18	TE1	Energie van 0.2 - 1.0 Hz	cm <sup>2</sup>
19	TE2	Energie van 0.1 - 0.2 Hz	cm <sup>2</sup>
20	E10	Energie van 0.0 - 0.1 Hz	cm <sup>2</sup>
21	FP	Piekfrequentie	0.01 Hz
22		Dummy	-
23	FPZ	Piekfrequentie zeegang	0.01 Hz
24	FPD	Piekfrequentie deining	0.01 Hz
25		Dummy	-
26		Dummy	-
27	Beta	Spektrum vormparameter beta van modelspektrum	-
28	Gamma	Spektrum vormparameter gamma van modelspektrum	-
29	GS0	Energiedichtheid 0.000-0.005 Hz	10 cm <sup>2</sup> *
30	GS1	Energiedichtheid 0.005-0.015 Hz	10 cm <sup>2</sup> *
.	..		
.	...		
127	GS98	Energiedichtheid 0.975-0.985 Hz	10 cm <sup>2</sup> *
128	GS99	Energiedichtheid 0.985-0.995 Hz	10 cm <sup>2</sup> *
Reeks van 00:00			
Reeks van 00:00 betreft 00:00 – 00:20= en is opgeslagen op 00:00			
Reeks van 00:30 betreft 00:30 – 00:50 en is opgeslagen op 00:30			

## Annex A.2: Beschrijving GH-bestanden

Gegevenssoort	GH		
Omschrijving	Golfparameters niveau 2 (0-1000 mHz)		
Sublokatie	N.v.t.		
Aantal kanalen	128		
Tijdstap van	30 min.		
Datatype	Integer		
Inhoud kanalen			
Kanaalnummer	Omschrijving		Eenheid
1	H3	Gemiddelde hoogte van het 1/3 deel hoogste golven	cm
2	H10	Gemiddelde hoogte van het 1/10 deel hoogste golven	cm
3	H50	Gemiddelde hoogte van het 1/50 deel hoogste golven	cm
4	GGH	Gemiddelde golfhoogte	cm
5	HMAX	Maximale golfhoogte	cm
6	SPGH	Spreiding van de golfhoogte	cm
7	TM02	Periodeparameter berekend uit het spectrum 0.03-0.7Hz	0.1 s
8	TMAX	Maximale golfperiode	0.1 s
9	GGT	Gemiddelde golfperiode	0.1 s
10	SPGT	Spreiding van de golfperiode	0.1 s
11	T3	Gemiddelde van het hoogste 1/= 3 deel van de golfperiodes	0.1 s
12	TH3	Gem. periode van de golven waaruit de H3 bepaald is.	0.1 s
13	AG	Aantal golven	-
14	AV	Aantal vrijheidsgraden	-
15	HCM	Kamhoogte	cm
16	HS7	Sign. golfhoogte uit 10 mHz spectrum van 0.03-0.1425 Hz	cm
17	Hm0	Sign. golfhoogte uit 10 mHz spectrum van 0.03-1.000 Hz	cm
18	TE1	Energie van 0.2 - 1.0 Hz	cm <sup>2</sup>
19	TE2	Energie van 0.1 - 0.2 Hz	cm <sup>2</sup>
20	E10	Energie van 0.0 - 0.1 Hz	cm <sup>2</sup>
21	FP	Piekfrequentie	0.001
22	THMAX	Periode van de hoogste golf	0.1 s
23	Nwt	Quotient som golfperiodes en verwerkingsperiode (*1= 000)	-
24	Tm-10	Min-eerste moment periode (M-1/M0)	0.1 s
25	TE0	Energie van 0.5 - 1.0 Hz	.
26	Beta	Spektrum vormparameter beta van modelspektrum	.
27	Gamma	Spektrum vormparameter gamma van modelspektrum	.
28	Czz10(0)	Energiedichtheid 0.000-0.005 Hz	cm <sup>2</sup> * s
29	Czz10(1)	Energiedichtheid 0.005-0.015 Hz	cm <sup>2</sup> * s
30	Czz10(2)	Energiedichtheid 0.015-0.025 Hz	cm <sup>2</sup> * s
.			
.			
127 =	Czz10(99)	Energiedichtheid 0.985-0.995 Hz	cm <sup>2</sup> * s
128 =	Czz10(100)	Energiedichtheid 0.995-1.000 Hz	cm <sup>2</sup> * s
Reeks van 00:00			
Reeks van 00:00 betreft 23:50 – 00:10= en is opgeslagen op 00:00			
Reeks van 00:30 betreft 00:20 – 00:40= en is opgeslagen op 00:30			

### Annex A.3: Beschrijving GD- bestanden

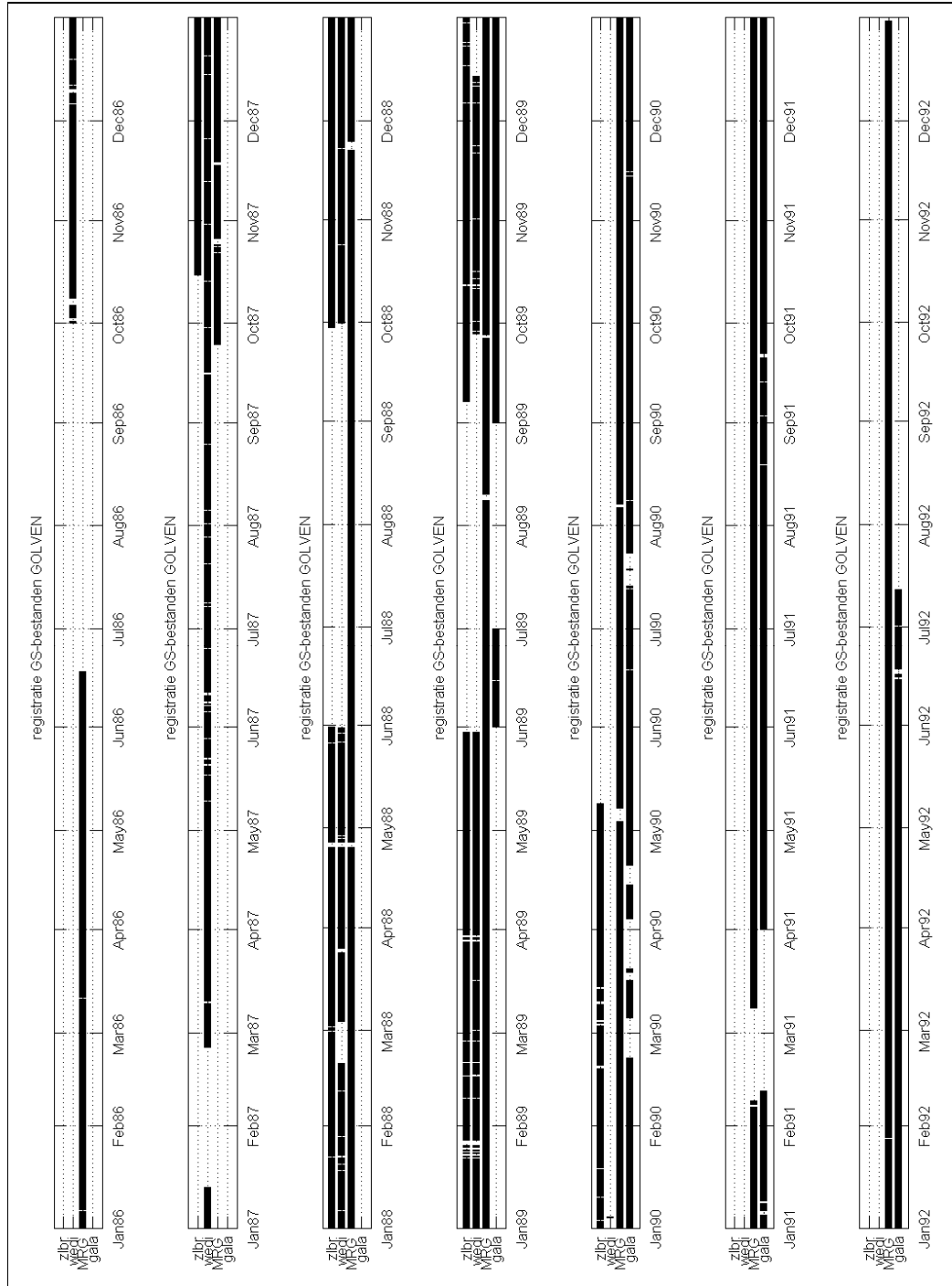
Gegevenssoort	GD	
Omschrijving	Golfparameters niveau 2 (0-500 mHz)	
Sublokatie	n.v.t.	
Aantal kanalen	78	
Tijdstap van inwinning	30 min.	
Datatype	Integer	
Inhoud kanalen		
Kanaalnummer	Omschrijving	Eenheid
1	H3	Gemiddelde hoogte van het 1/3 deel hoogste golven
2	H10	Gemiddelde hoogte van het 1/10 deel hoogste golven
3	H50	Gemiddelde hoogte van het 1/50 deel hoogste golven
4	GGH	Gemiddelde golfhoogte
5	HMAX	Maximale golfhoogte
6	SPGH	Spreiding van de golfhoogte
7	TM02	Periodeparameter berekend uit het spectrum 0.03-0.7Hz
8	TMAX	Maximale golfperiode
9	GGT	Gemiddelde golfperiode
10	SPGT	Spreiding van de golfperiode
11	T3	Gemiddelde van het hoogste 1/= 3 deel van de golfperiodes
12	TH3	Gem. periode van de golven waaruit de H3 bepaald is.
13	AG	Aantal golven
14	AV	Aantal vrijheidsgraden
15	HCM	Kamhoogte
16	HS7	Sign. golfhoogte uit 10 mHz spectrum van 0.03-0.1425 Hz
17	Hm0	Sign. golfhoogte uit 10 mHz spectrum van 0.03-1.000 Hz
18	TE1	Energie van 0.2 - 1.0 Hz
19	TE2	Energie van 0.1 - 0.2 Hz
20	E10	Energie van 0.0 - 0.1 Hz
21	FP	Piekkrequentie
22	THMAX	Periode van de hoogste golf
23	Nwt	Quotient som golfperiodes en verwerkingsperiode (*1= 000)
24	Tm-10	Min-eerste moment periode (M-1/M0)
25	dummy	
26	HTE3	Golfhoogte uit spectrum
27	dummy	
28	Czz10(0)	Energiedichtheid 0.00 - 0.005 Hz
29	Czz10(1)	Energiedichtheid 0.005-0.015 Hz
30	Czz10(2)	Energiedichtheid 0.015-0.025 Hz
..		
77	Czz10(49)	Energiedichtheid 0.485-0.495 Hz
78	Czz10(50)	Energiedichtheid 0.495-0.500 Hz

## Annex A.4: Beschrijving GR- bestanden

Gegevenssoort	GR		
Omschrijving	Golfrichting spectrumparameters niveau 2		
Sublokatie	N.v.t.		
Aantal kanalen	107		
Tijdstap van inwinning	30 min.		
Datatype	Integer		
Inhoud kanalen			
Kanaalnummer	Omschrijving		Eenheid
1	Th010(0)	Hoofdrichting 0.000-0.005 mHz	dummy
2	Th010(1)	Hoofdrichting 0.005-0.015 mHz (dummy)	dummy
3	Th010(2)	Hoofdrichting 0.015-0.025 mHz (dummy)	dummy
4	Th010(3)	Hoofdrichting 0.025-0.035 mHz	o ware N
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
51	Th010(50)	Hoofdrichting 0.495-0.500 mHz	o ware N
52	S0bh10(0)	Richtingsspreiding 0.000-0.005 mHz (dummy)	dummy
53	S0bh10(1)	Richtingsspreiding 0.005-0.015 mHz (dummy)	dummy
54	S0bh10(2)	Richtingsspreiding 0.015-0.025 mHz (dummy)	dummy
55	S0bh10(3)	Richtingsspreiding 0.025-0.035 mHz	o ware N
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
102	S0bh10(50)	Richtingsspreiding 0.495-0.500 mHz	o ware N
103	Th0	Gemiddelde hoofdrichting van 30 tot 500 mHz uit de 10 mHz spectra	o ware N
104	S0bh	Gemiddelde spreiding van de hoofdrichting van 30 tot 500 mHz uit de 10 mHz spectra	o ware N
105	Th3	Gemiddelde hoofdrichting van 30 tot 100 mHz uit de 10 mHz spectra	o ware N
106	AV10_R	Aantal vrijheidsgraden van de 10 mHz golfrichtingsspectra	-
107	DL_index	Golftal op 100 mHz uit W_5(i)	0.001 -

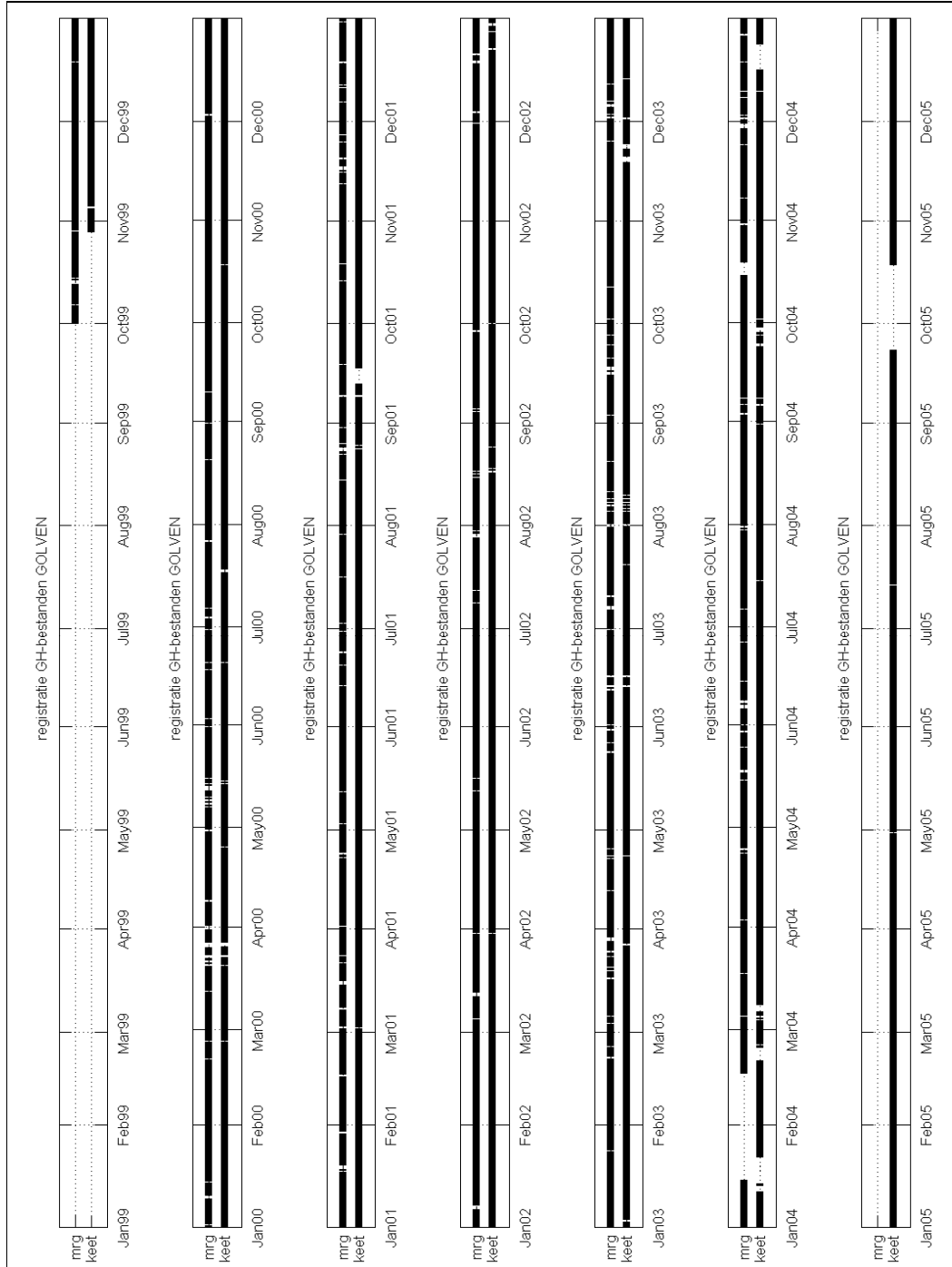
**ANNEX B OVERZICHT REGISTRATIE/AANWEZIGHEID GOLFDATA**

**Annex B.1: Registratie/aanwezigheid GS golfddata (periode 1986 t/m 1992)**

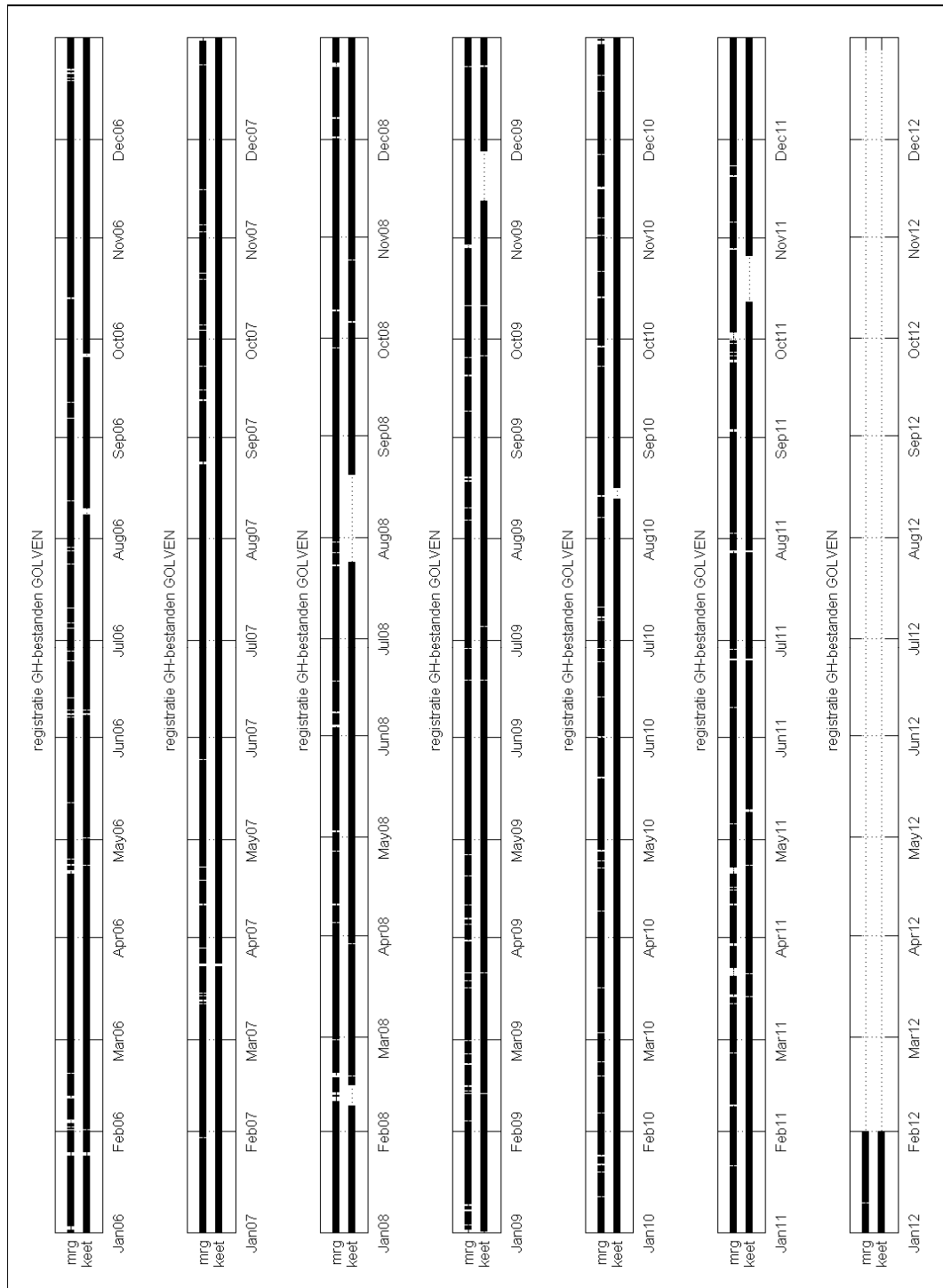




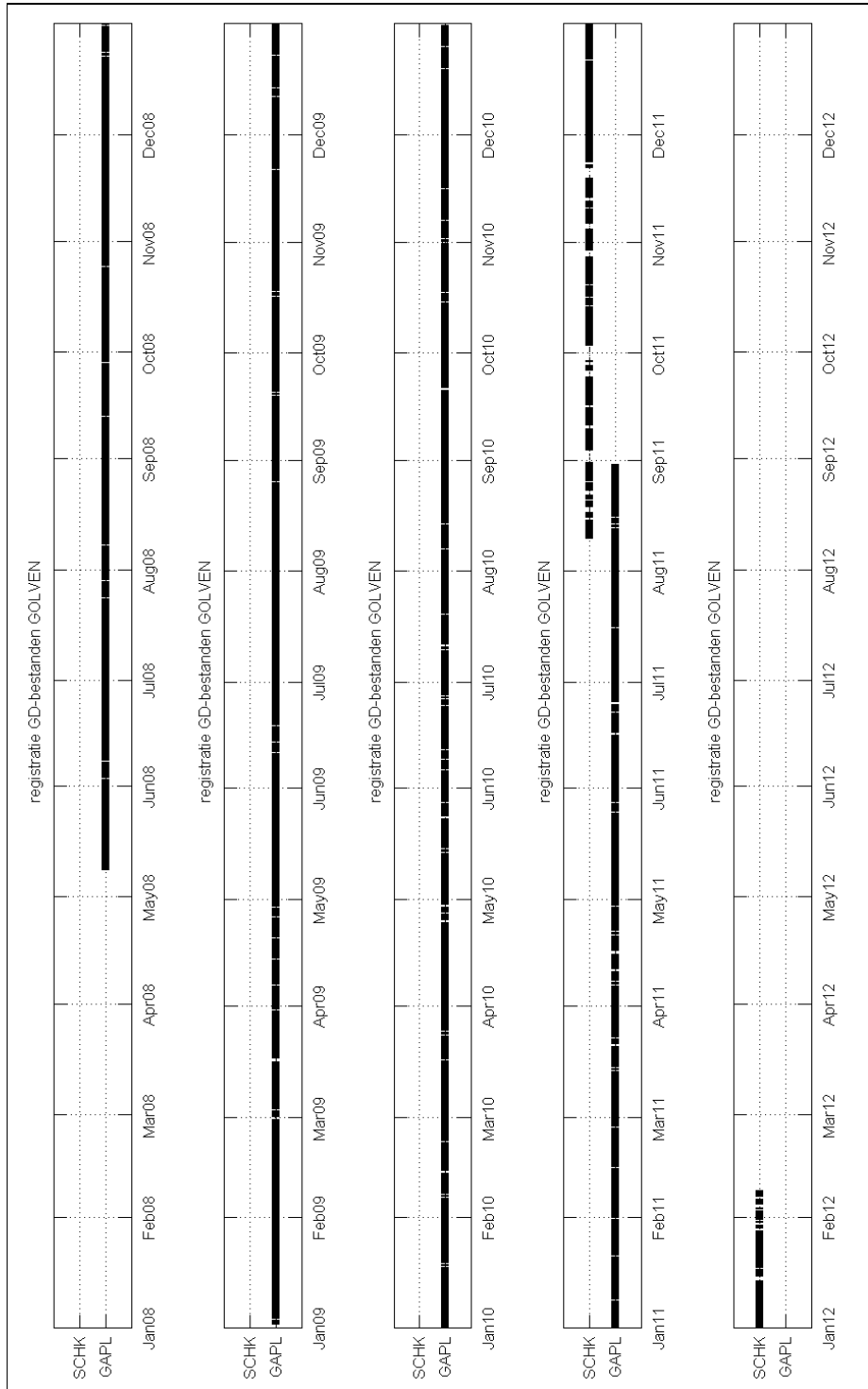
**Annex B.2: Registratie/aanwezigheid GH golfdata (periode 1999 t/m 2005)**



**Annex B.3: Registratie/aanwezigheid GH golfdata (periode 2006 t/m 2012)**

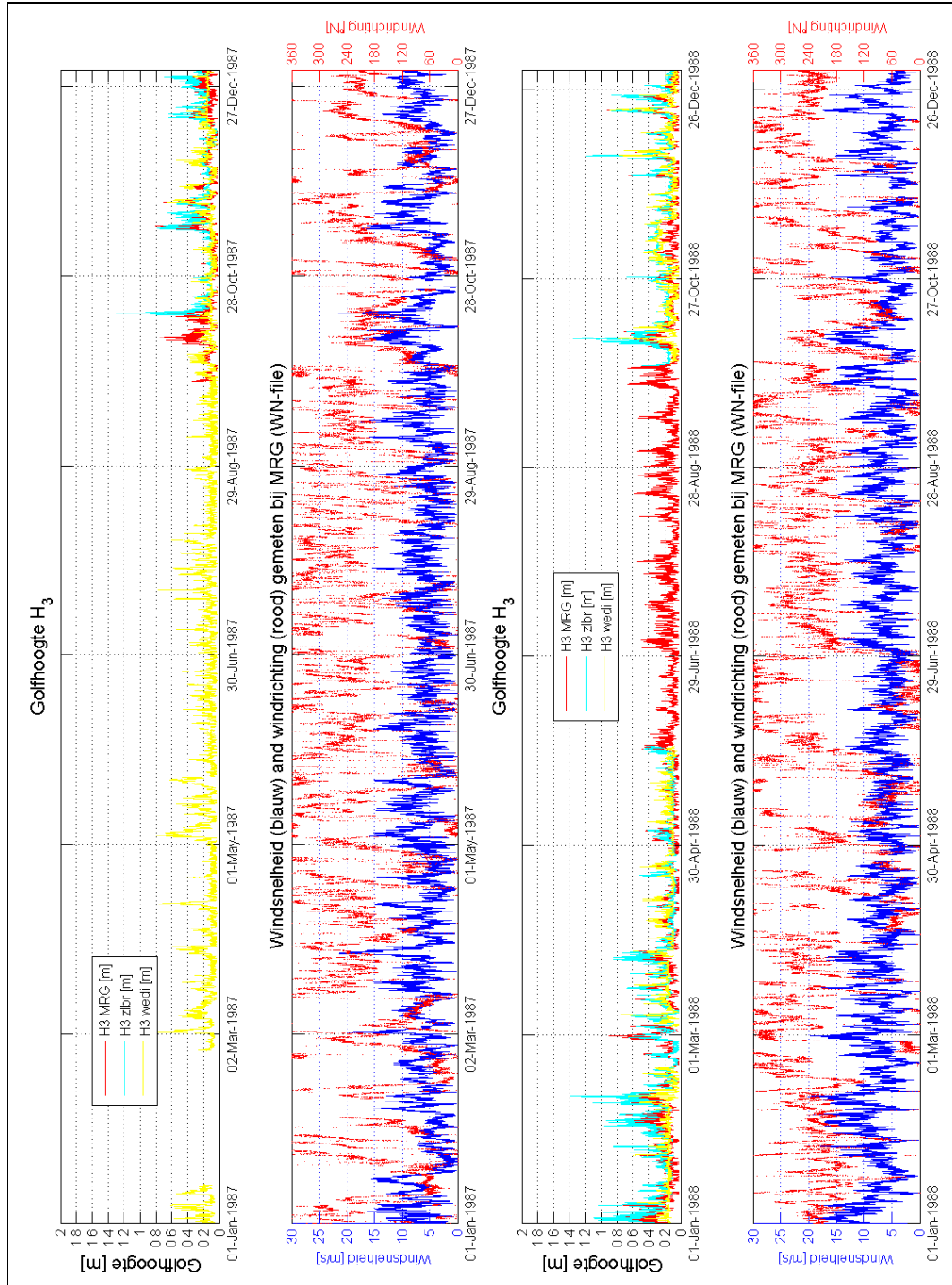


**Annex B.4: Registratie/aanwezigheid GD golfddata (periode 2008 t/m 2012)**

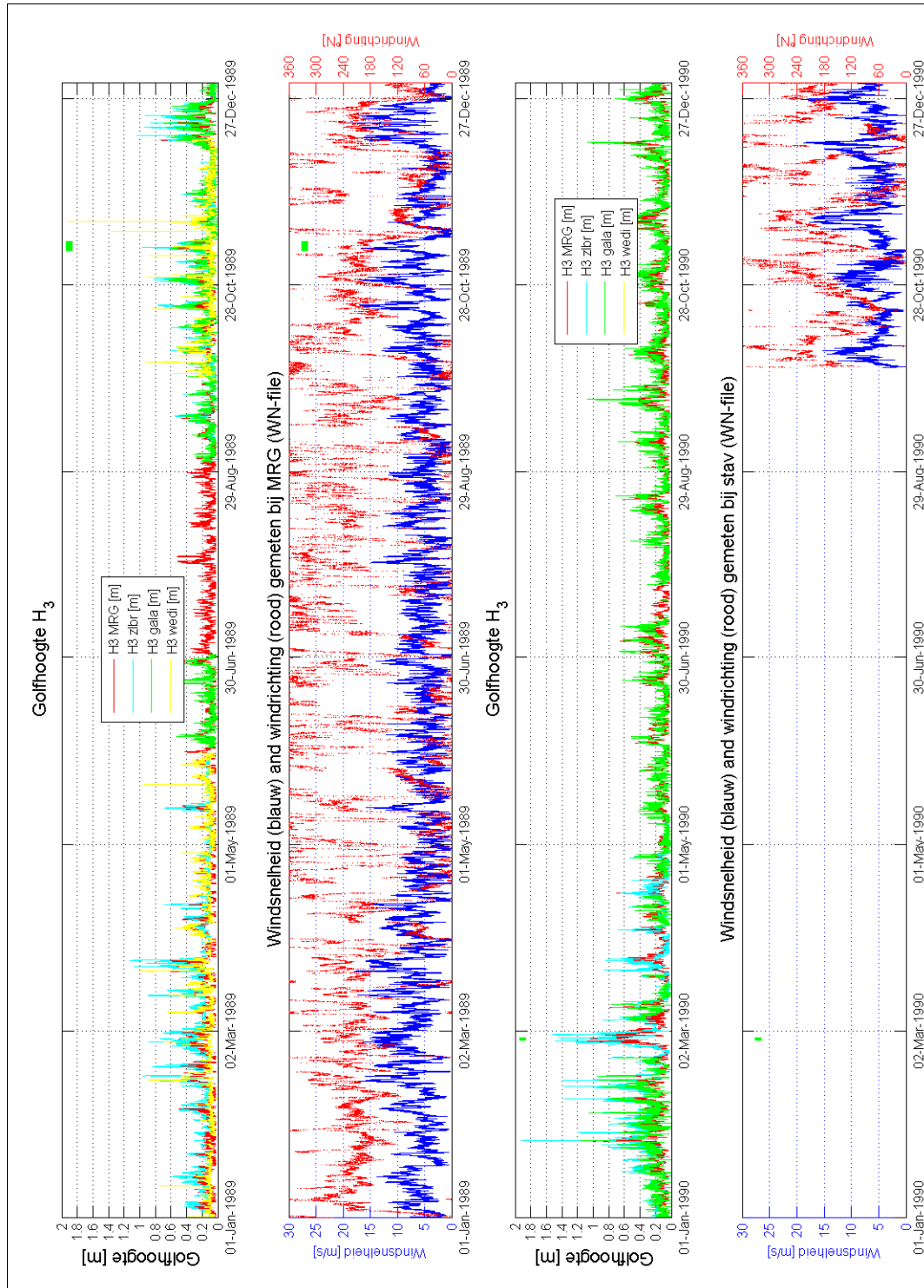


**ANNEX C TIJDSERIES VAN DE GEMETEN GOLFPARAMETER H<sub>3</sub> & WINDDATA**

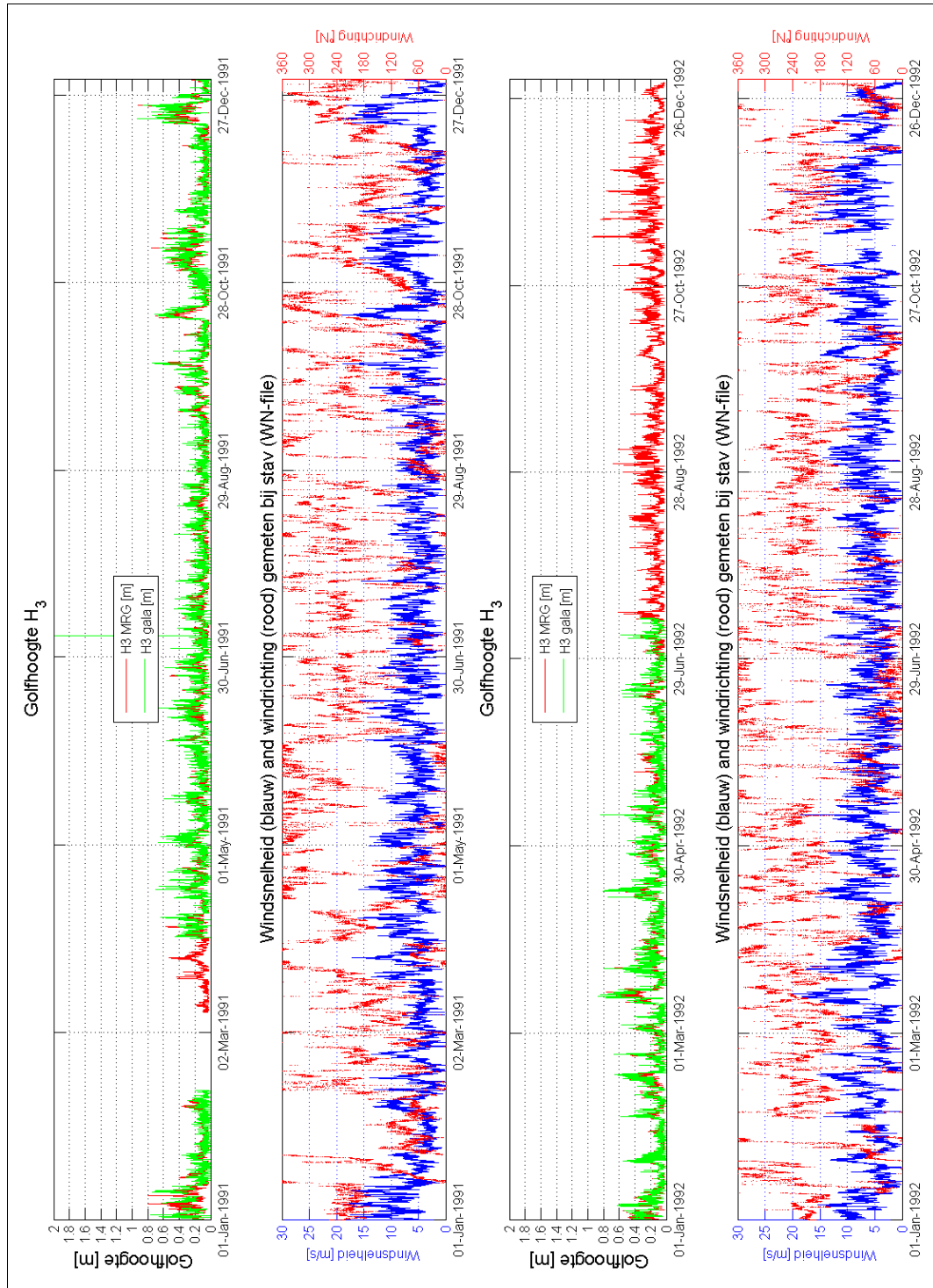
**Annex C.1: Tijdseries van de golfparameter H<sub>3</sub> & winddata (Periode 1987 t/m 1988)**



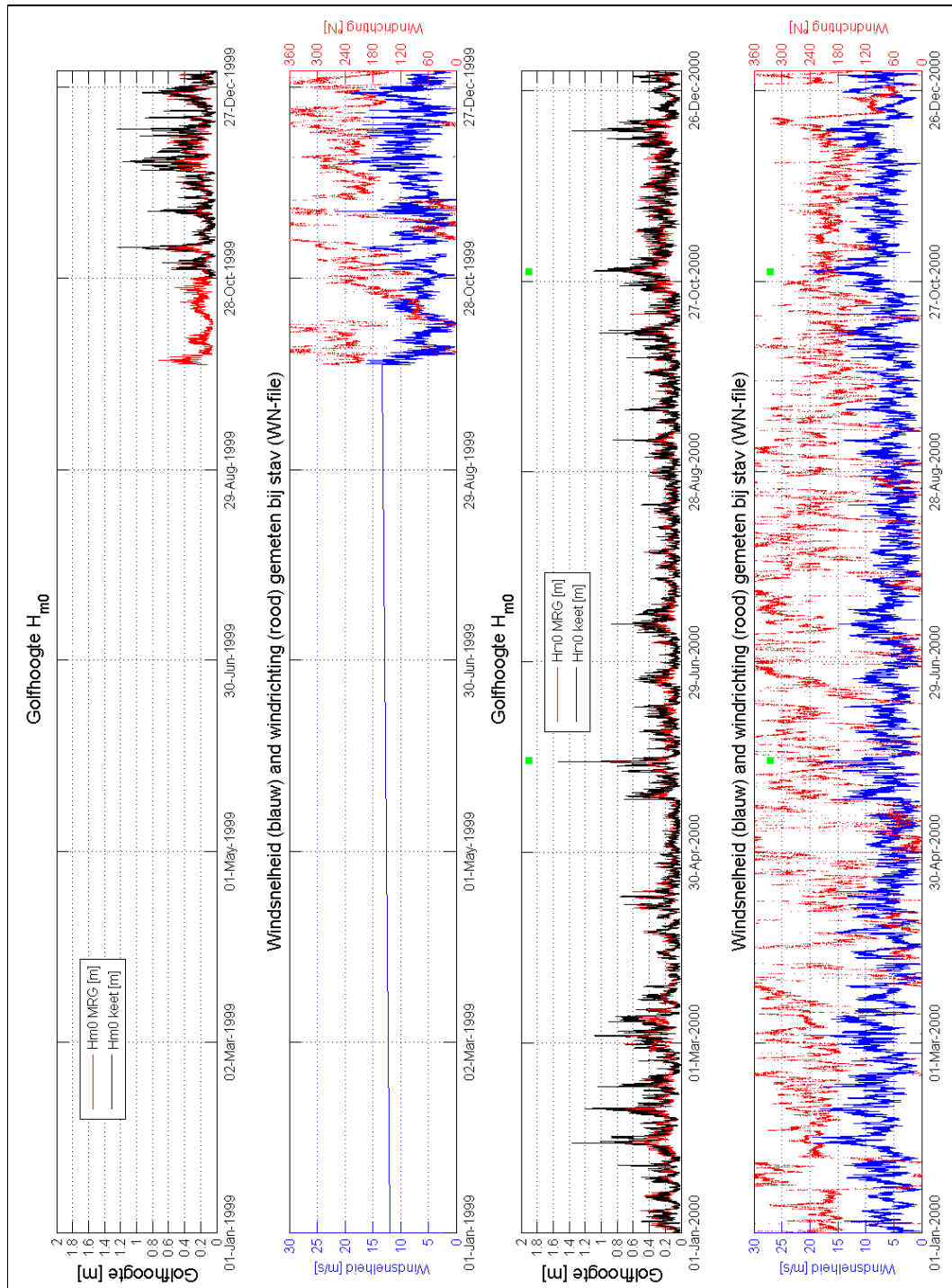
**Annex C.2: Tijdsreefs van de golfparameter  $H_3$  & winddata (Periode 1989 t/m 1990)**



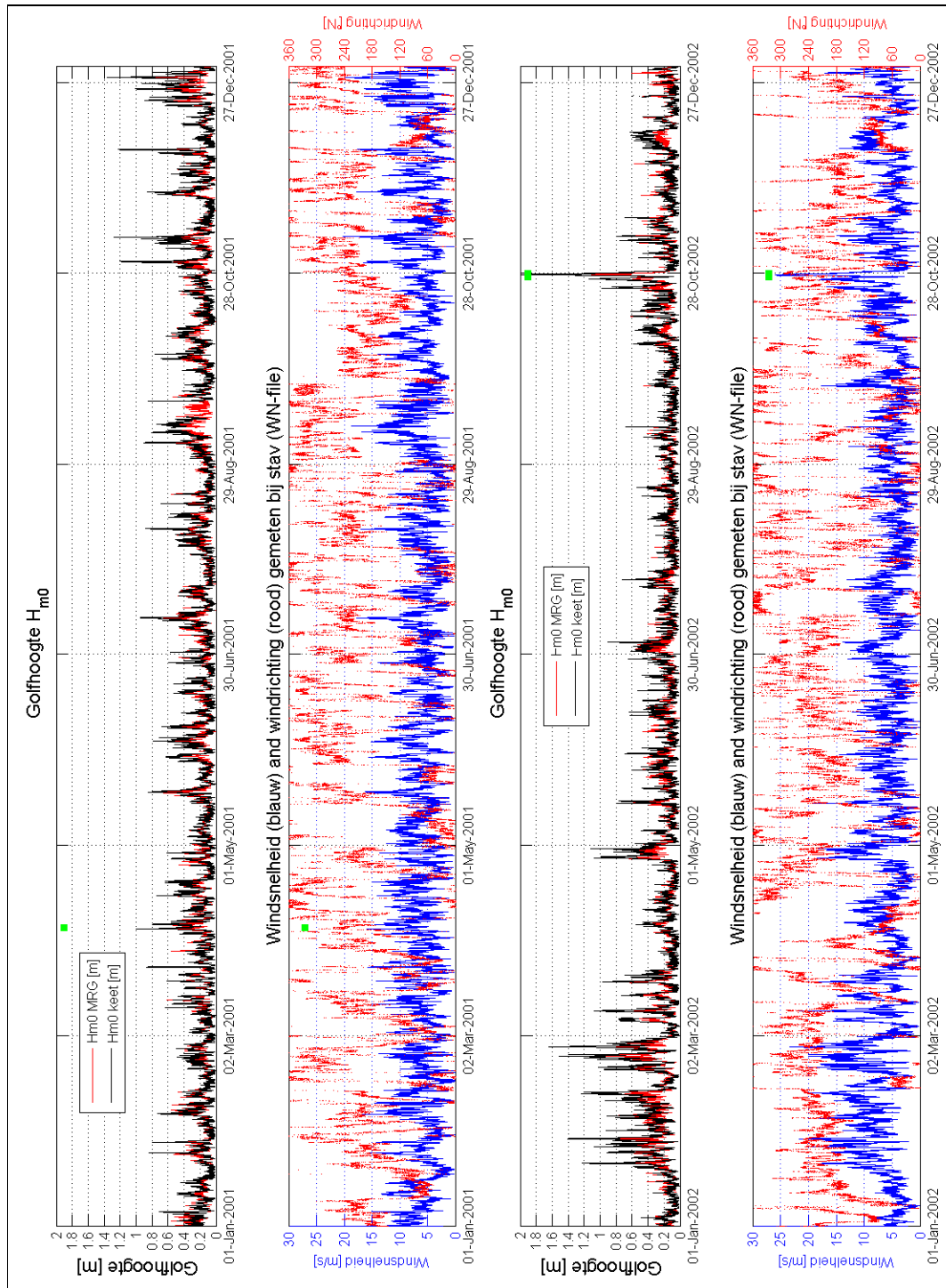
**Annex C.3: Tijdsreeks van de golfparameter  $H_3$  & winddata (Periode 1991 t/m 1992)**



Annex C.4: Tijdsreeks van de golfparameter  $H_{m0}$  & winddata (Periode 1999 t/m 2000)

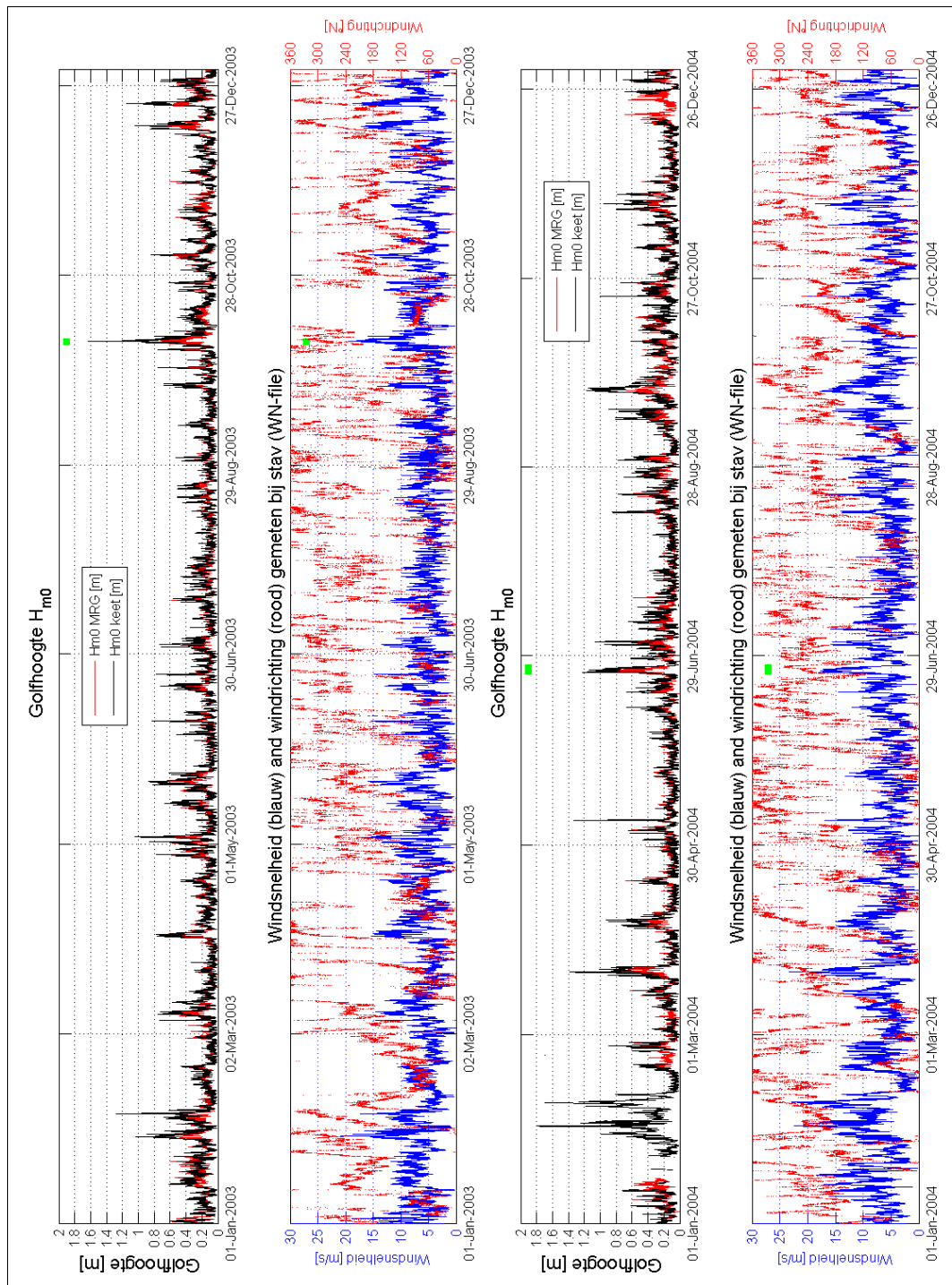


Annex C.5: Tijdsreefs van de golfparameter  $H_{m0}$  & winddata (Periode 2001 t/m 2002)

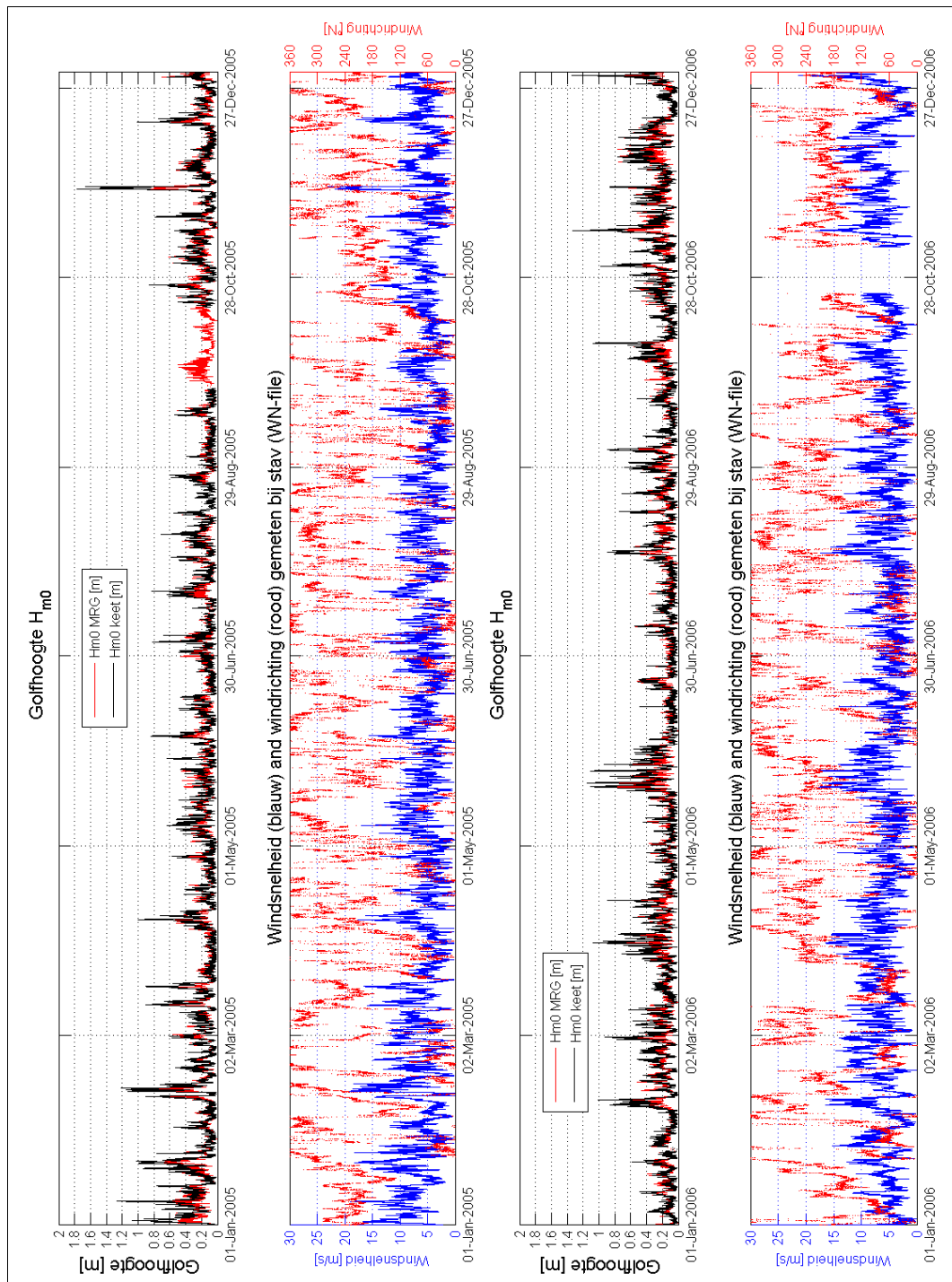




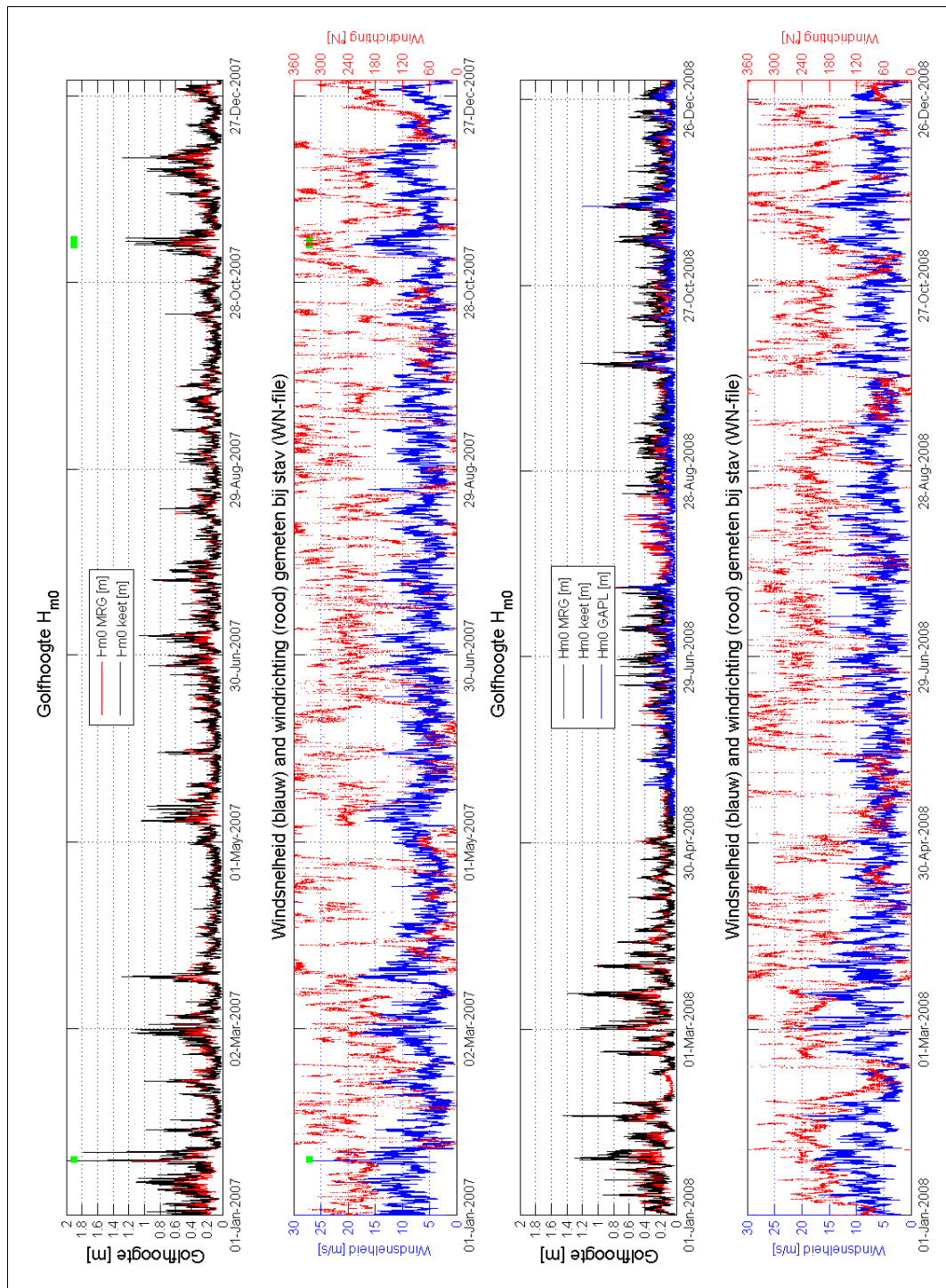
**Annex C.6: Tijdsreeis van de golfparameter  $H_{m0}$  & winddata (Periode 2003 t/m 2004)**



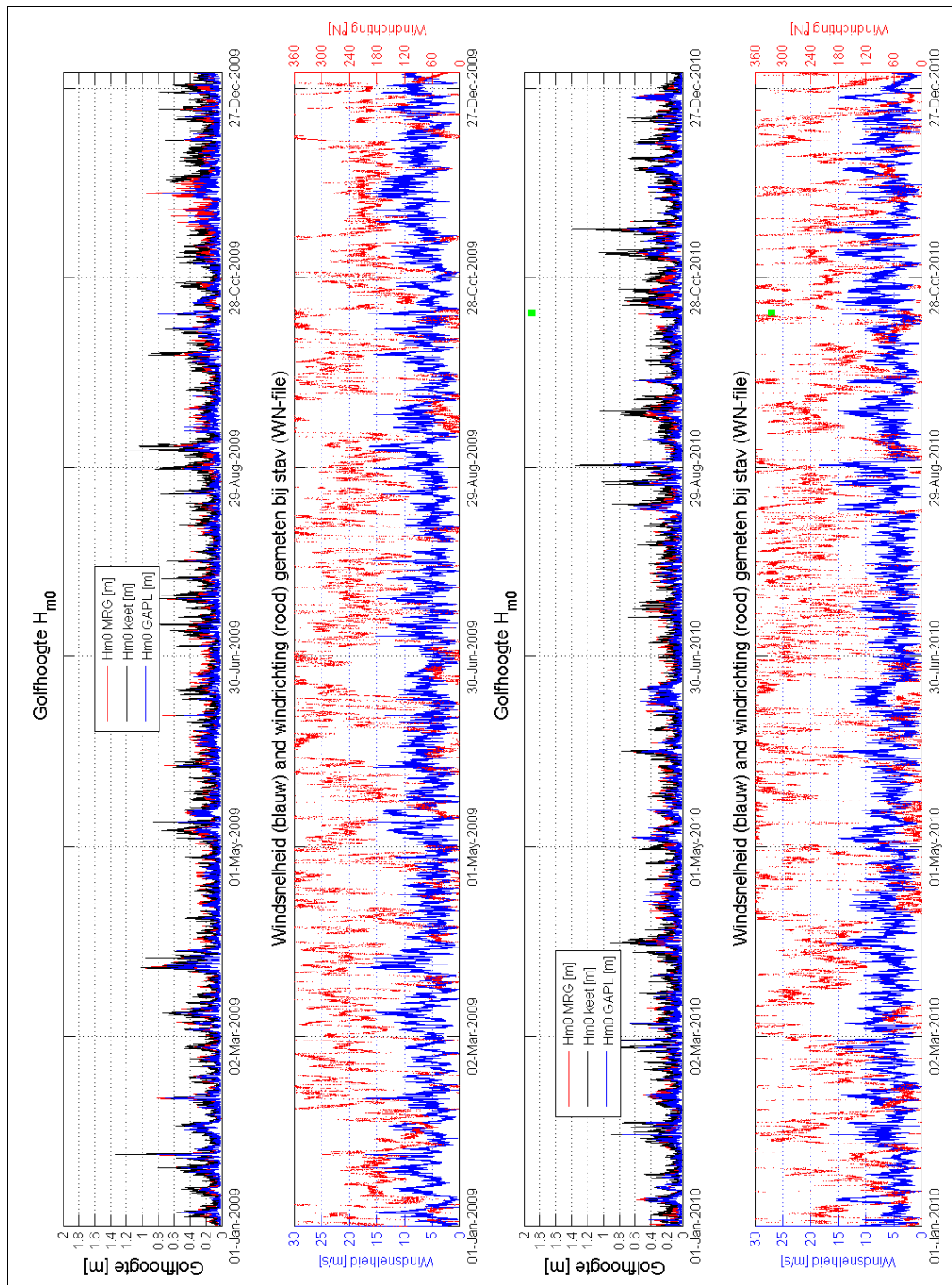
**Annex C.7: Tijdsreefs van de golfparameter  $H_{m0}$  & winddata (Periode 2005 t/m 2006)**



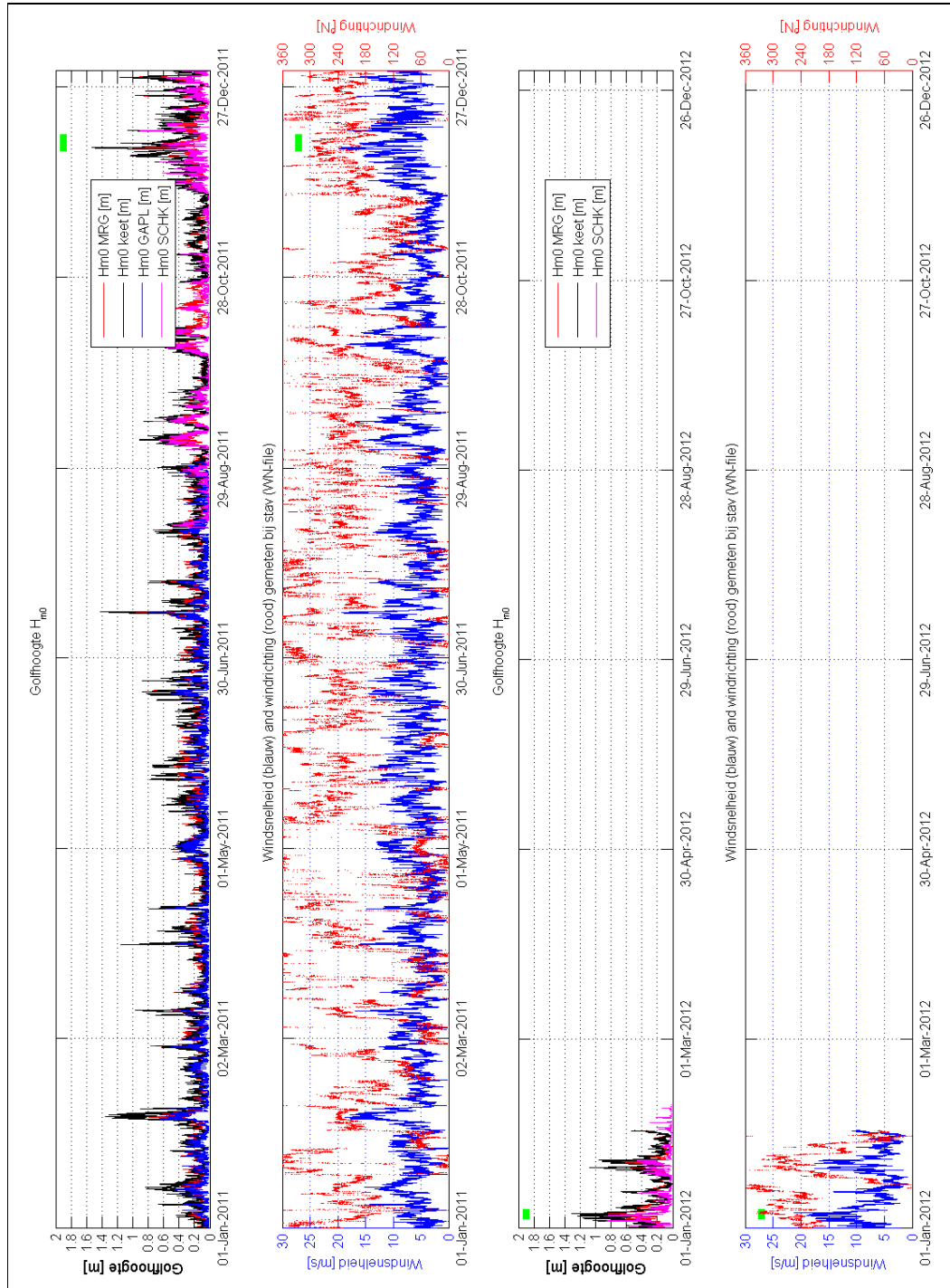
**Annex C.8: Tijdsreefs van de golfparameter  $H_{m0}$  & winddata (Periode 2007 t/m 2008)**



**Annex C.9: Tijdsreefs van de golfparameter  $H_{m0}$  & winddata (Periode 2009 t/m 2010)**



**Annex C.10: Tijdsreefs van de golfparameter  $H_{m0}$  & winddata (Periode 2011 t/m 2012)**



**ANNEX D KARAKTERISIEKEN VAN DE GOLFPARAMETERS  $T_{M02}$  EN  $T_{M-1,0}$** 

$T_{m02}$ [s]							
Locatie	max [m]	gem [m]	Overschrijdingsfrequentie				
			0.1%	1%	5%	10%	50%
ZLBR	15.7	2.54	5.75	4.11	3.4	3.14	2.56
KEET	19.6	2.11	4.08	3.36	2.88	2.67	2.11
GALA	10.1	1.98	3.66	3.1	2.66	2.46	1.96
GAPL	6.8	2.63	4.83	3.83	3.3	3.11	2.62
SCHK	8.3	2.65	6.17	4.43	3.72	3.39	2.52
WEDI	8.3	2.52	5.51	4.05	3.38	3.13	2.53
MRG	27.6	1.62	3.18	2.65	2.25	2.07	1.59

$T_{m-1,0}$ [m]							
Locatie	max [m]	gem [m]	Overschrijdingsfrequentie				
			0.1%	1%	5%	10%	50%
ZLBR	-	-	-	-	-	-	-
KEET	28.8	2.62	17.71	6.82	3.85	3.35	2.46
GALA	-	-	-	-	-	-	-
GAPL	19.8	4.06	15.45	11.44	8.03	6.51	3.45
SCHK	20.5	4.41	18.36	13.96	10.18	8.36	3.03
WEDI	-	-	-	-	-	-	-
MRG							

## ANNEX E BESCHRIJVING WATERSTAND- EN WINDMEETBESTANDEN

### Annex E.1: Beschrijving waterstandmeetbestand (WT-bestanden)

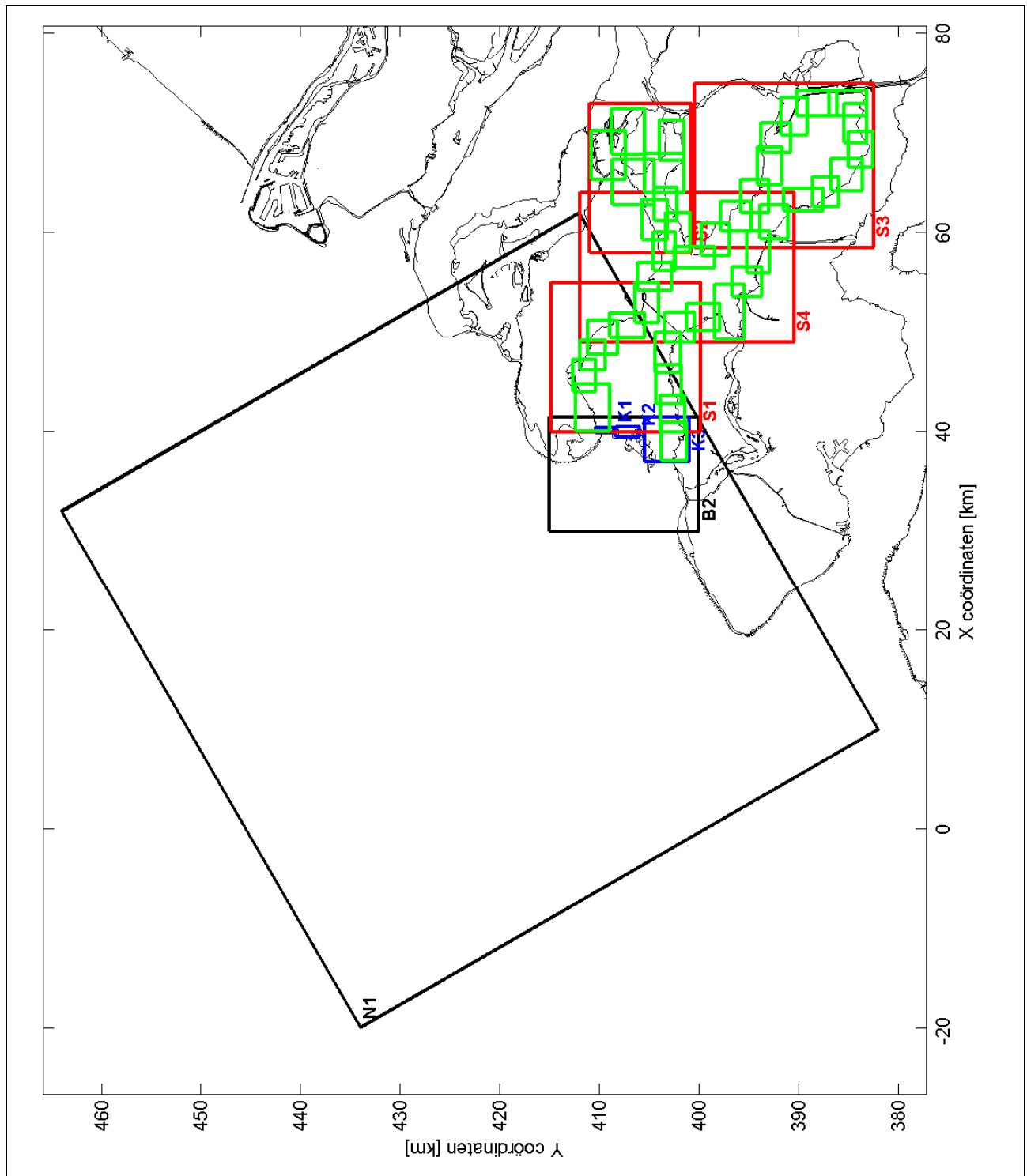
Gegevenssoort	WT		
Omschrijving	Waterstand		
Sublokatie	N.v.t.		
Aantal kanalen	1		
Tijdstap van inwinning	10 min		
Datatype	Integer		
Inhoud kanalen			
Kanaalnummer	Omschrijving		Eenheid
1	10 min.	Gemiddelde hoogte van het 1/3 deel hoogste golven	cm t.o.v. NAP

### Annex E.2: Beschrijving waterstandmeetbestand (WN- bestanden)

Gegevenssoort	WN		
Omschrijving	Windgegevens		
Sublokatie	N.v.t.		
Aantal kanalen	8		
Tijdstap van inwinning	10 min		
Datatype	integer		
Inhoud kanalen			
Kanaalnummer	Omschrijving		Eenheid
1	WS10	10-min. Scalair gemiddelde windsnelheid	dm/s
2	WR10	10 min gemiddelde windrichting	sex grd tov Nrd
3	WS10MXS3	Max 3-sec windstoot in de afgelopen 10 min.. Ieder SAMPLE (12s) bevat een windstoot over 3s het max. Van deze windstoten is deze parameter	dm/s
4	WC10	10-min scalair gemiddelde windsnelheid gecorrigeerd naar 10 m boven het zeeoppervlak	dm/s
5	WC10MXS3	Max 3-sec windstoot in de afgelopen 10 minuten gecorrigeerd naar 10 m boven	dm/s
6	WS10STD	standaardafwijking van de windsnelheid in de afgelopen 10 min.	dm/s
7	WS10MX10	Max. 10 min. Lopend gemiddelde windsnelheid in de afgelopen 10 min.	dm/s
8	WR10STD	Standaardafwijking van de windrichting in de afgelopen 10 min.	dm/s



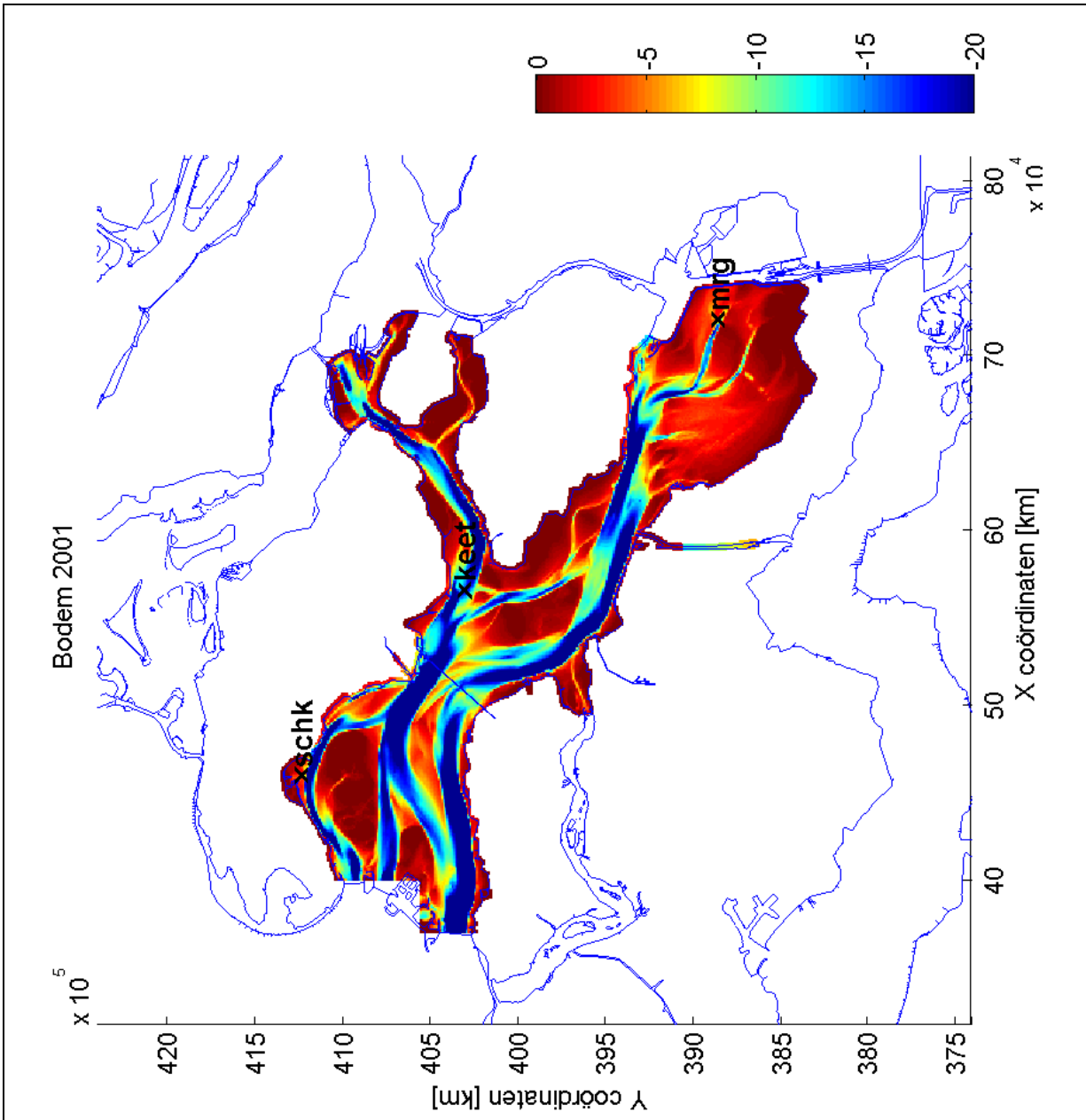
**ANNEX F REKENROOSTERS TOEGEPAST IN ALKYON 1998B EN ALKYON 1999**



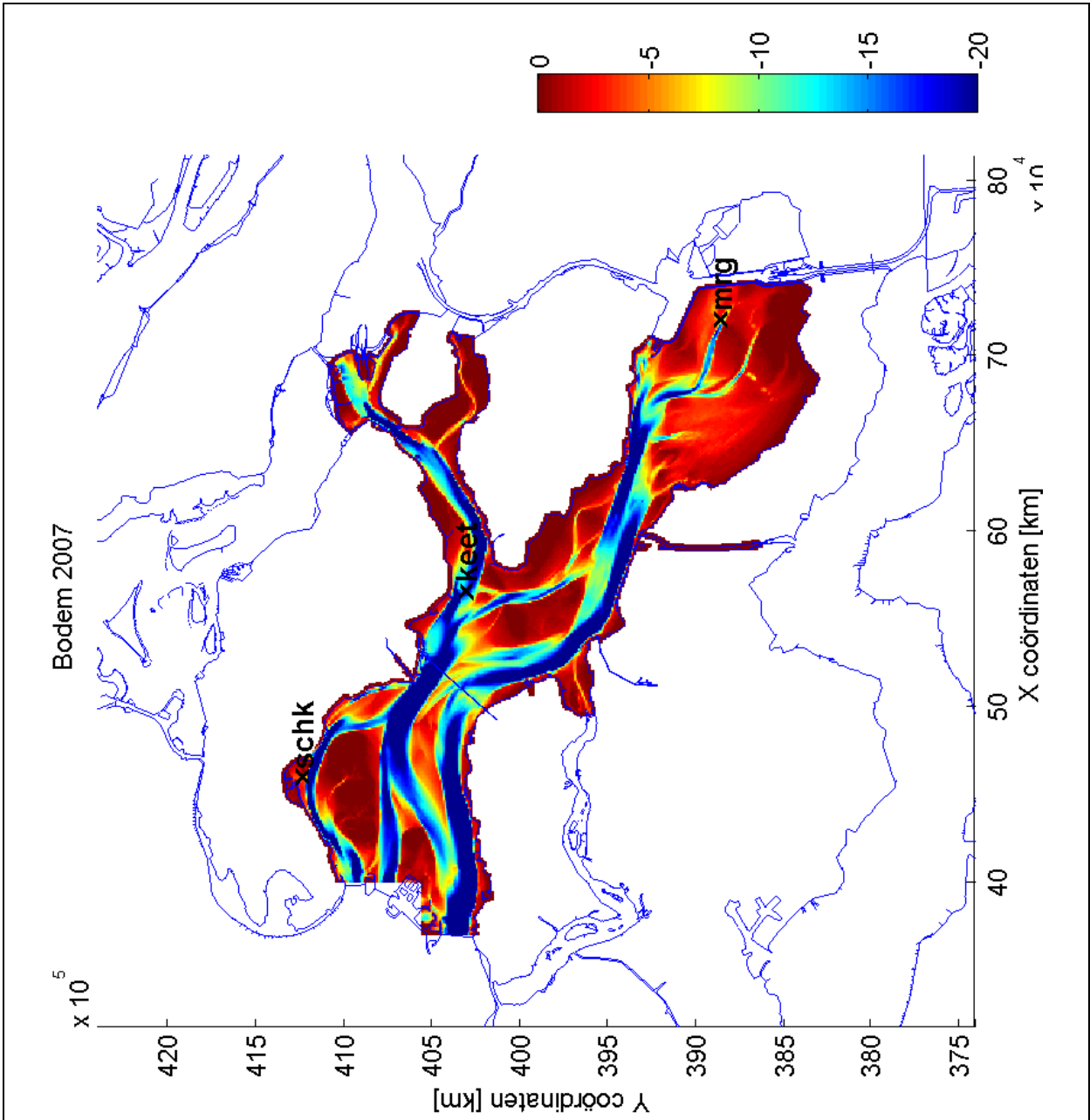


**ANNEX G BATHYMETRIE SWAN REKENROOSTER**

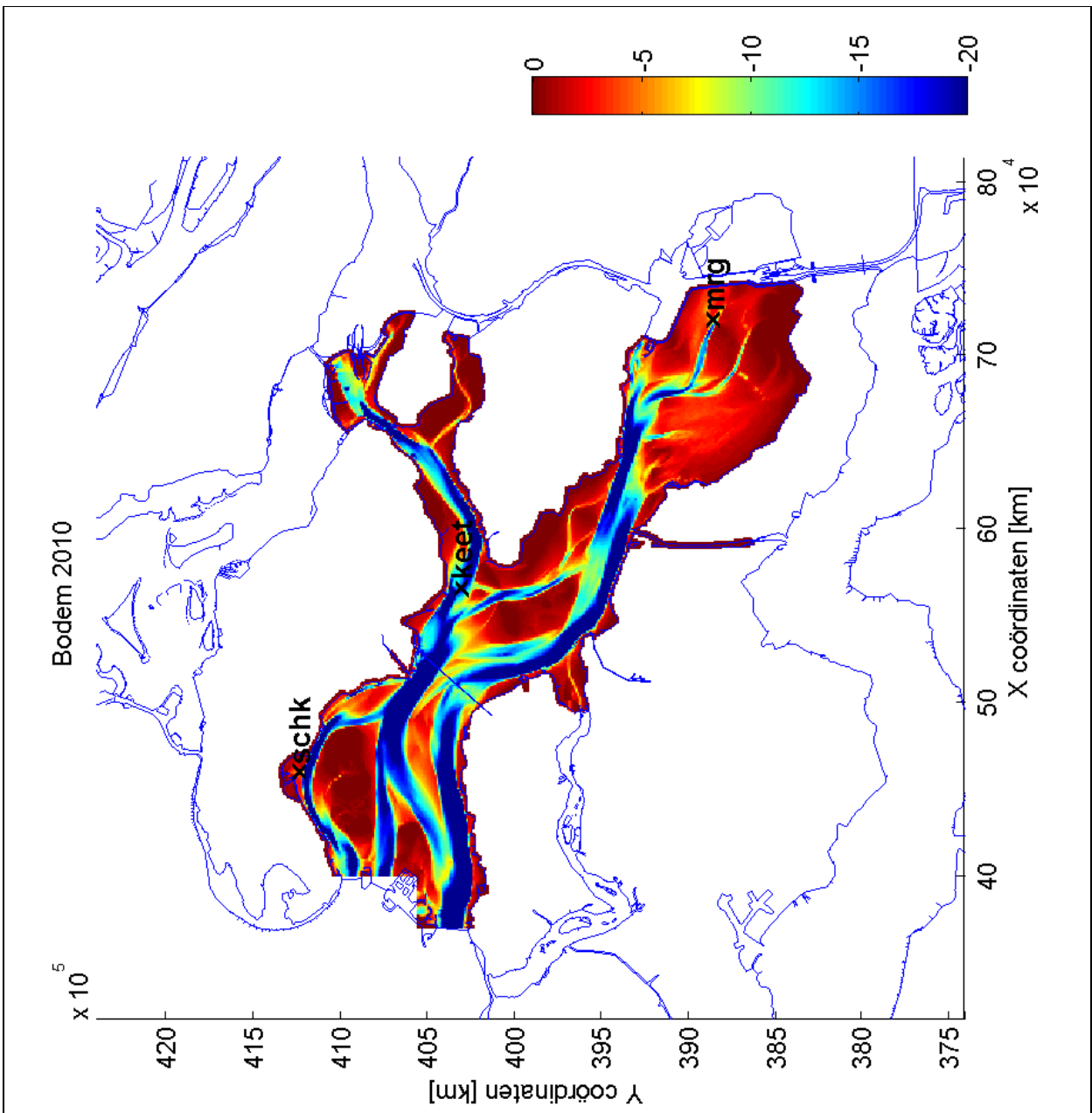
**Annex G.1: SWAN bodem 2001**



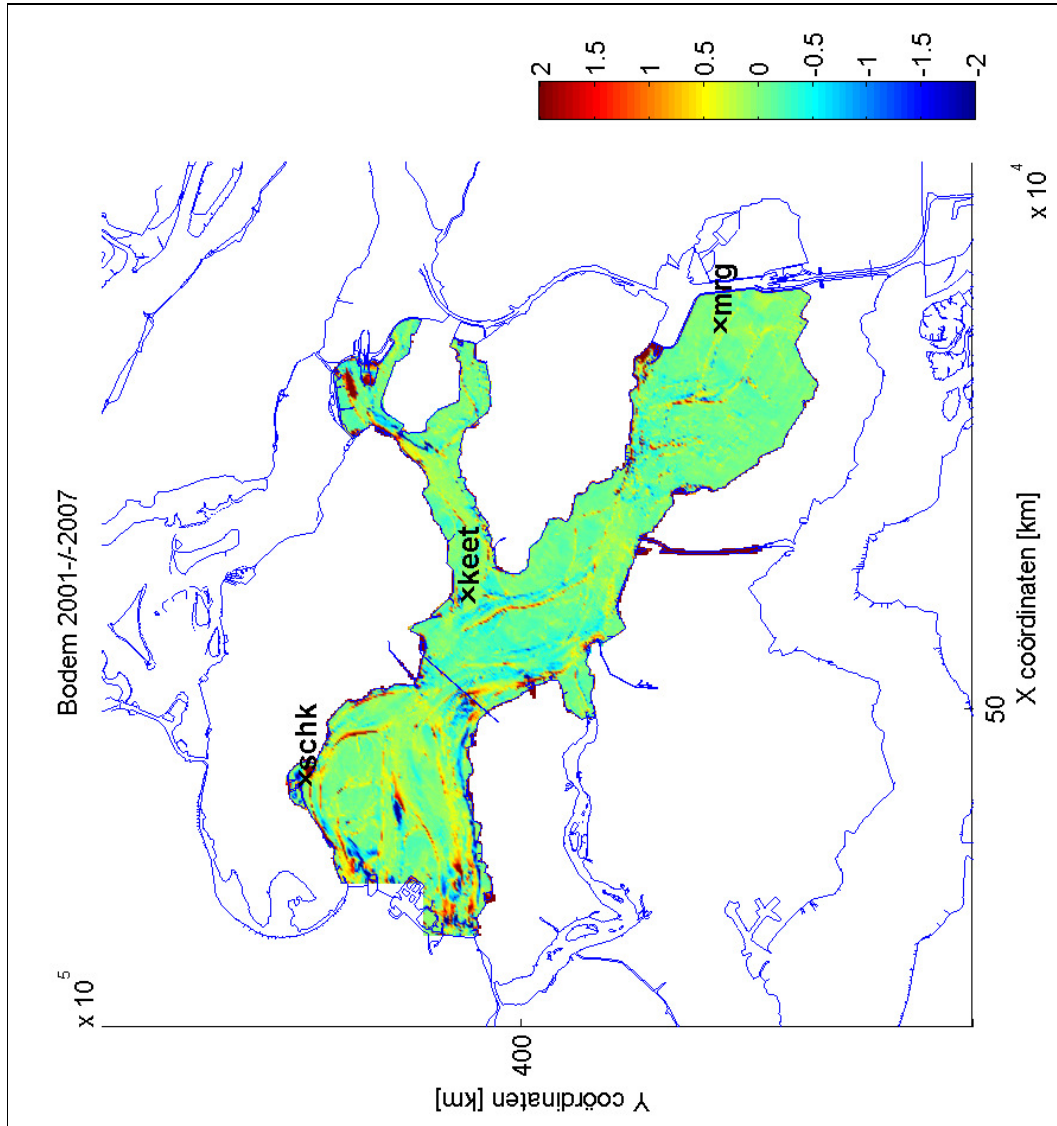
Annex G.2: SWAN bodem 2007



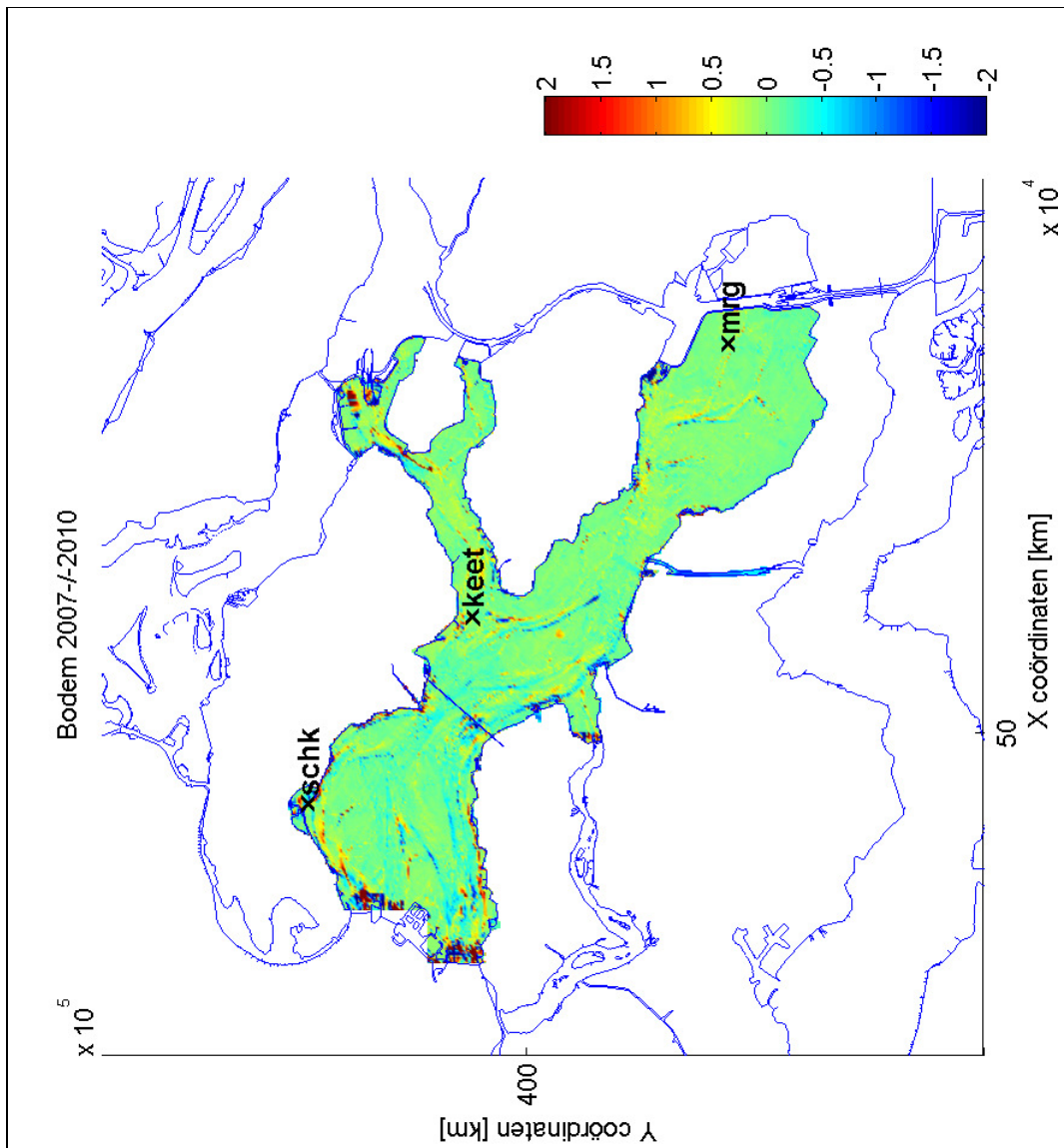
Annex G.3: SWAN bodem 2010



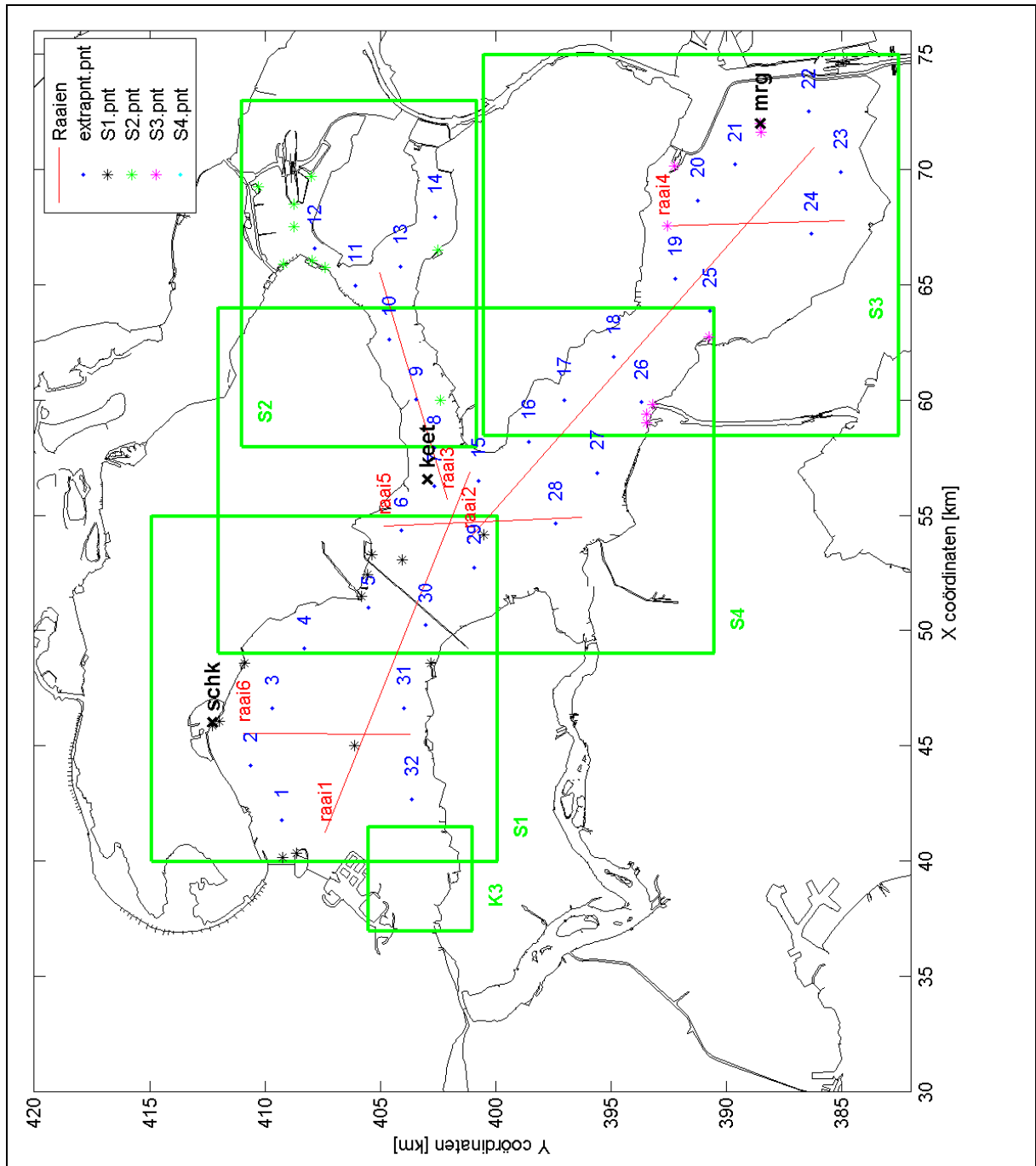
Annex G.4: Verschil SWAN bodem 2001 - 2007



Annex G.5: Verschil SWAN bodem 2007 - 2010

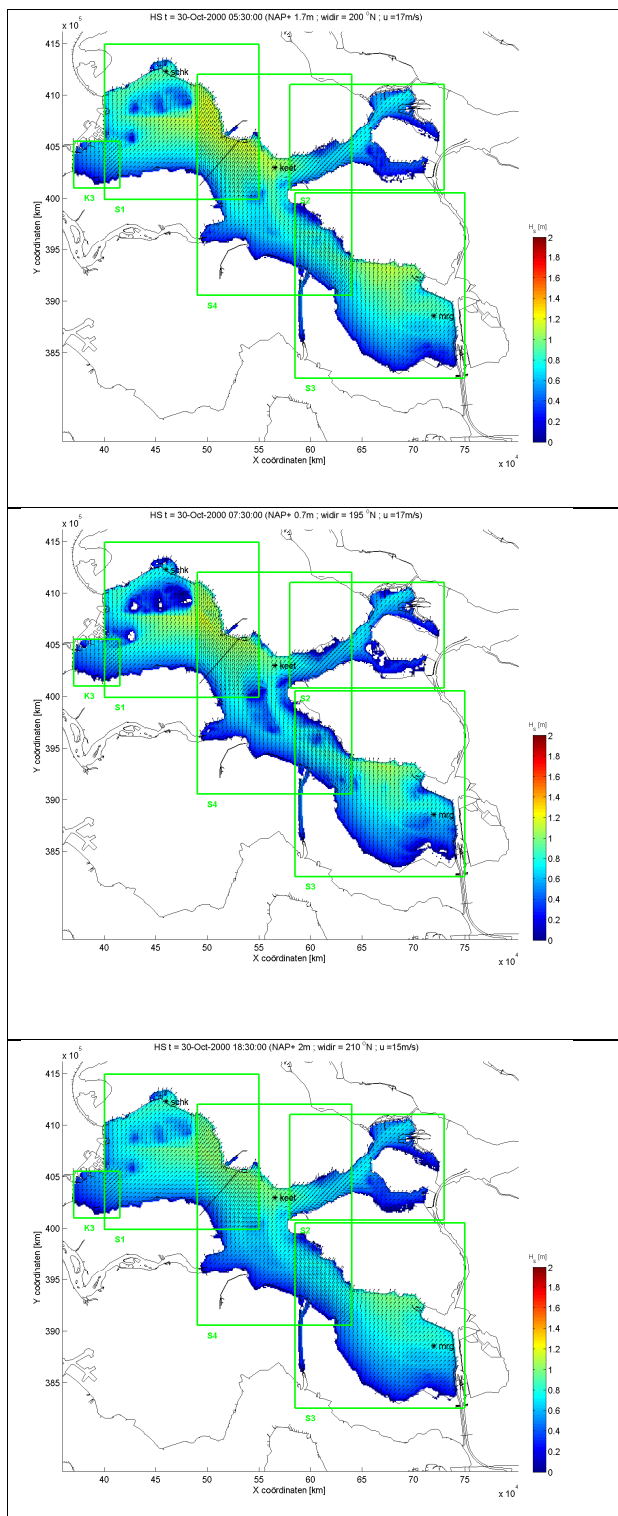


**ANNEX H DEFINIERING UITVOERPUNTEN EN RAAIEN**

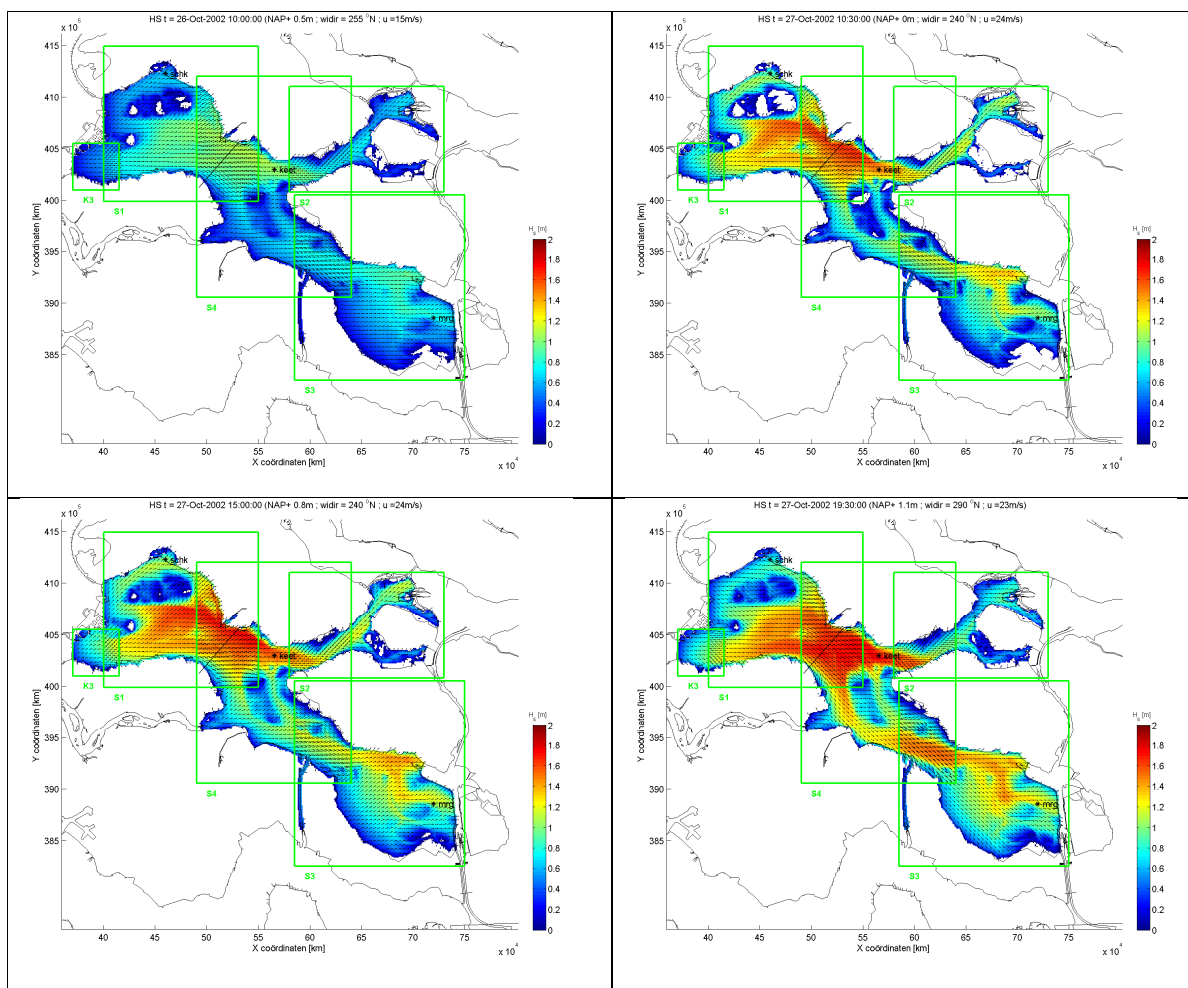


**ANNEX I RUIMTELIJKE VERDELING HM0 VAN DE HINDCASTS**

**Annex I.1: Ruimtelijke verdeling  $H_{m0}$  Storm oktober 2000**

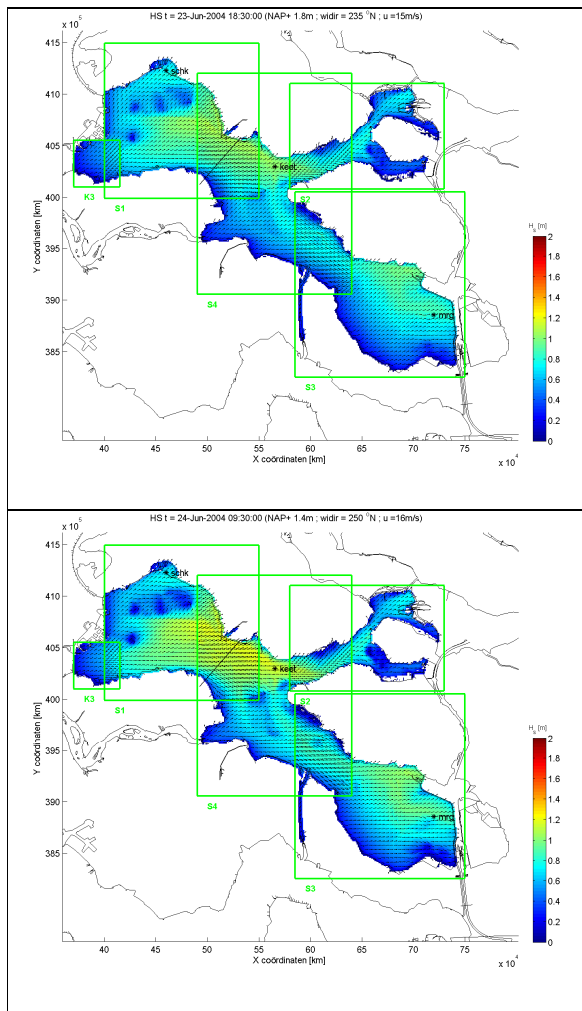


**Annex I.2: Ruimtelijke verdeling  $H_{m0}$  Storm oktober 2002**

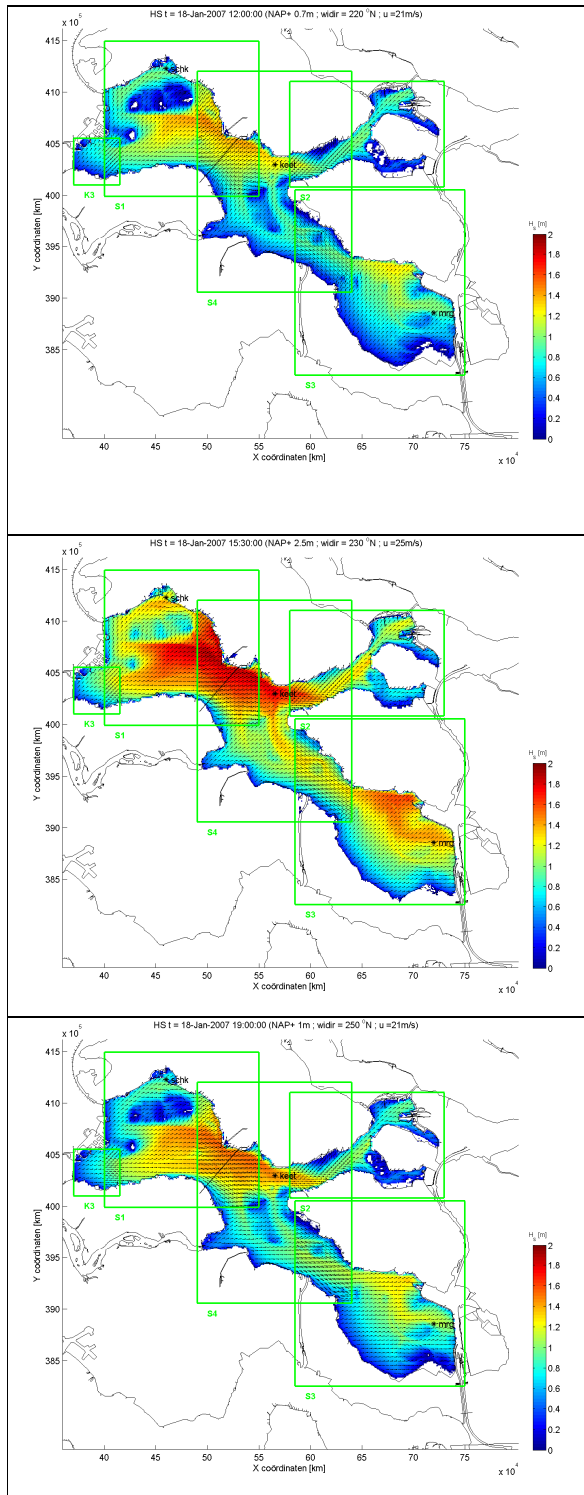




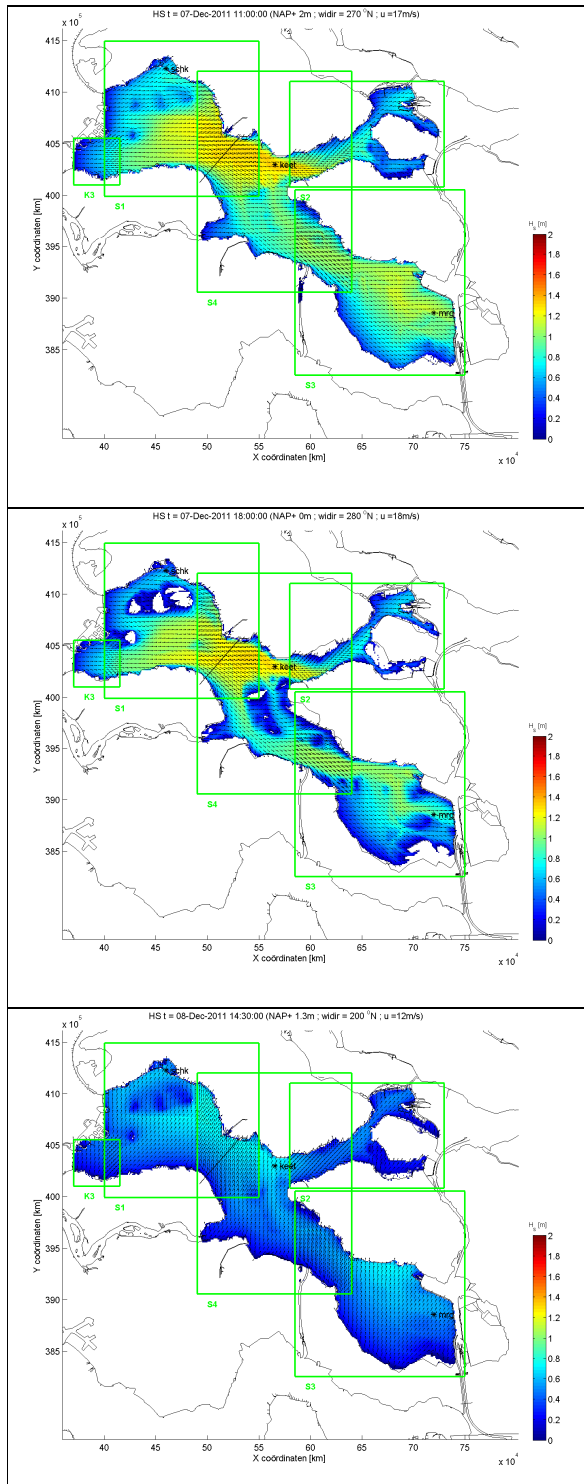
**Annex I.3: Ruimtelijke verdeling  $H_{m0}$  Storm juni 2004**



**Annex I.4: Ruimtelijke verdeling  $H_{m0}$  Storm januari 2007**



**Annex I.5: Ruimtelijke verdeling  $H_{m0}$  Storm december 2011**



## ANNEX J DEFINITIES INTEGRALE GOLFPARAMETERS

Significante golfhoogte en de gemiddelde spectrale periode maat  $T_{m-1,0}$

De significante golfhoogte en de gemiddelde periodematen zijn gebaseerd op de frequentie momenten  $m_i$  van een golf spectrum:

$$m_i = \int_{f_{\min}}^{f_{\max}} f^i E(f) df \quad (\text{J.1})$$

waarbij  $[f_{\min}, f_{\max}]$  het frequentie interval aangeeft. De significante golfhoogte  $H_{m0}$  en de gemiddelde periode maat  $T_{m-1,0}$  zijn gedefinieerd als:

$$H_{m0} = 4\sqrt{m0} \quad (\text{J.2})$$

$$T_{m-1,0} = \frac{m_{-1}}{m_0} \quad (\text{J.3})$$

Voor de definities van de blokperiode  $T_{pb}$ ,  $T_{pbeq}$  en  $T_{pm}$ , wordt verwezen naar Alkyon 2009 (tevens te vinden op de cd: `\matlab\Alkyon_eind_versie_23nov09\ a2450me01.pdf`).

**ANNEX K TABELLEN MET GEMETEN EN BEREKENDE GOLFPERIODEN ( $T_{PM}$ ,  $T_{M-1,0}$ ,  $T_{M01}$ ,  $T_{M02}$ )**
**Annex K.1: Gemeten en berekende golfparameter  $T_{pm}$  per stormmoment voor alle meetlocaties**

Storm			SWAN Invoer			Keeten			Marollegat			Schelphoek		
			WL [NAP+m]	U [m/s]	DIR [oN]	$T_{pm}$ Meting [m]	$T_{pm}$ SWAN [m]	% Verschil	$T_{pm}$ Meting [m]	$T_{pm}$ SWAN [m]	% Verschil	$T_{pm}$ Meting [m]	$T_{pm}$ SWAN [m]	% Verschil
1	30-okt-2000	5:30	1,7	17	200	7,41	3,32	-55,2	3,69	2,83	-23,3	-	3,17	-
2	30-okt-2000	7:30	0,7	17	195	5,23	3,02	-42,3	3,89	2,54	-34,7	-	2,79	-
3	30-okt-2000	18:30	2,0	15	210	6,04	3,19	-47,2	3,54	2,84	-19,8	-	3,16	-
4	26-okt-2002	10:00	0,5	15	255	5,87	3,56	-39,4	3,90	2,81	-27,9	-	2,69	-
5	27-okt-2002	10:30	0,0	24	240	5,76	3,97	-31,1	4,39	2,80	-36,2	-	3,34	-
6	27-okt-2002	15:00	0,8	24	240	5,94	4,19	-29,5	4,39	3,13	-28,7	-	3,36	-
7	27-okt-2002	19:30	1,1	23	290	6,72	4,60	-31,5	3,94	3,56	-9,6	-	2,58	-
8	23-jun-2004	18:30	1,8	15	235	6,23	3,36	-46,1	4,25	2,99	-29,6	-	3,01	-
9	24-jun-2004	9:30	1,4	16	250	6,16	3,72	-39,6	3,90	3,03	-22,3	-	2,95	-
10	18-jan-2007	12:00	0,7	21	220	5,87	3,64	-38,0	4,13	2,83	-31,5	-	3,17	-
11	18-jan-2007	15:30	2,5	25	230	8,47	4,15	-51,0	4,58	3,67	-19,9	-	3,77	-
12	18-jan-2007	19:00	1,0	21	250	6,85	3,97	-42,0	4,28	3,18	-25,7	-	3,15	-
13	7-dec-2011	14:00	2,0	17	270	5,27	3,98	-24,5	4,42	3,52	-20,4	4,29	2,84	-1,45
14	7-dec-2011	18:00	0,0	18	280	5,56	4,10	-26,3	4,49	3,14	-30,1	4,39	2,36	-2,03
15	8-dec-2011	14:30	1,3	12	200	4,77	2,84	-40,5	3,81	2,40	-37,0	5,24	2,70	-2,54

**Annex K.2: Gemeten en berekende golfparameter  $T_{m-1,0}$  per stormmoment voor alle meetlocaties**

Storm			SWAN Invoer			Keeten			Marollegat			Schelphoek		
			WL [NAP+m]	U [m/s]	DIR [oN]	$T_{m-1,0}$ Meting [m]	$T_{m-1,0}$ SWAN [m]	% Verschil	$T_{m-1,0}$ Meting [m]	$T_{m-1,0}$ SWAN [m]	% Verschil	$T_{m-1,0}$ Meting [m]	$T_{m-1,0}$ SWAN [m]	% Verschil
1	30-okt-2000	5:30	1,7	17	200	3,56	3,02	-15,2	2,94	2,59	-11,9	-	0,62	-
2	30-okt-2000	7:30	0,7	17	195	3,05	2,78	-8,9	2,63	2,32	-11,8	-	0,41	-
3	30-okt-2000	18:30	2,0	15	210	3,17	2,93	-7,6	2,62	2,58	-1,5	-	0,55	-
4	26-okt-2002	10:00	0,5	15	255	3,92	3,23	-17,6	2,72	2,57	-5,5	-	1,2	-
5	27-okt-2002	10:30	0,0	24	240	4,07	3,58	-12,0	2,46	2,61	6,1	-	1,61	-
6	27-okt-2002	15:00	0,8	24	240	4,21	3,67	-12,8	3,34	2,88	-13,8	-	0,87	-
7	27-okt-2002	19:30	1,1	23	290	4,74	4,02	-15,2	3,56	3,23	-9,3	-	1,18	-
8	23-jun-2004	18:30	1,8	15	235	3,53	3,11	-11,9	3,21	2,72	-15,3	-	0,31	-
9	24-jun-2004	9:30	1,4	16	250	4,11	3,32	-19,2	2,81	2,81	0,0	-	1,3	-
10	18-jan-2007	12:00	0,7	21	220	3,75	3,24	-13,6	2,71	2,6	-4,1	-	1,04	-
11	18-jan-2007	15:30	2,5	25	230	4,91	3,79	-22,8	3,73	3,28	-12,1	-	1,17	-
12	18-jan-2007	19:00	1,0	21	250	4,39	3,63	-17,3	3,18	2,95	-7,2	-	1,2	-
13	7-dec-2011	14:00	2,0	17	270	3,84	3,61	-6,0	3,54	3,18	-10,2	2,96	0,3	-89,9
14	7-dec-2011	18:00	0,0	18	280	4,49	3,57	-20,5	3,22	2,79	-13,4	2,78	1,27	-54,3
15	8-dec-2011	14:30	1,3	12	200	2,66	2,59	-2,6	2,59	2,21	-14,7	2,93	0,07	-97,6

### Annex K.3: Gemeten en berekende golfparameter T<sub>m01</sub> per stormmoment voor alle meetlocaties

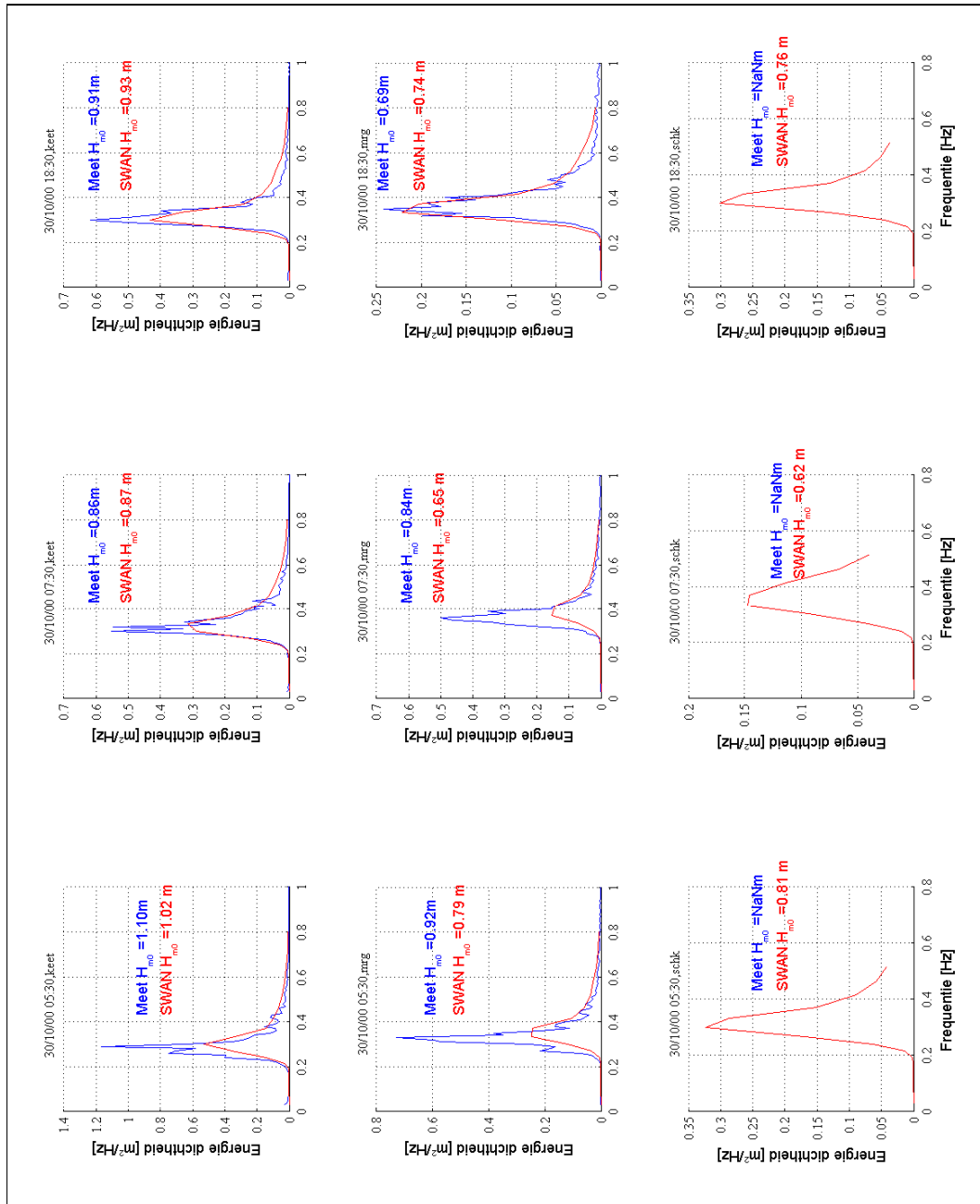
Storm			SWAN Invoer			Keeten			Marollegat			Schelphoek		
			WL [NAP+m]	U [m/s]	DIR [°N]	T <sub>m01</sub> Meting [m]	T <sub>m01</sub> SWAN [m]	% Verschil	T <sub>m01</sub> Meting [m]	T <sub>m01</sub> SWAN [m]	% Verschil	T <sub>m01</sub> Meting [m]	T <sub>m01</sub> SWAN [m]	% Verschil
1	30-okt-2000	5:30	1,7	17	200	3,24	2,8	-13,6	2,78	2,41	-13,3	-	2,62	-
2	30-okt-2000	7:30	0,7	17	195	2,86	2,58	-9,8	2,5	2,17	-13,2	-	2,31	-
3	30-okt-2000	18:30	2,0	15	210	3	2,73	-9,0	2,46	2,41	-2,0	-	2,62	-
4	26-okt-2002	10:00	0,5	15	255	3,63	2,94	-19,0	2,48	2,36	-4,8	-	2,19	-
5	27-okt-2002	10:30	0,0	24	240	3,78	3,24	-14,3	2,31	2,39	3,5	-	2,64	-
6	27-okt-2002	15:00	0,8	24	240	3,95	3,33	-15,7	3	2,65	-11,7	-	2,69	-
7	27-okt-2002	19:30	1,1	23	290	4,43	3,62	-18,3	3,26	2,93	-10,1	-	2,21	-
8	23-jun-2004	18:30	1,8	15	235	3,31	2,87	-13,3	3,01	2,51	-16,6	-	2,49	-
9	24-jun-2004	9:30	1,4	16	250	3,83	3,03	-20,9	2,56	2,58	0,8	-	2,36	-
10	18-jan-2007	12:00	0,7	21	220	3,47	2,99	-13,8	2,55	2,41	-5,5	-	2,56	-
11	18-jan-2007	15:30	2,5	25	230	4,53	3,48	-23,2	3,43	3,03	-11,7	-	3,02	-
12	18-jan-2007	19:00	1,0	21	250	4,09	3,3	-19,3	2,85	2,7	-5,3	-	2,53	-
13	7-dec-2011	14:00	2,0	17	270	3,52	3,27	-7,1	3,28	2,9	-11,6	2,82	2,31	-18,1
14	7-dec-2011	18:00	0,0	18	280	4,18	3,24	-22,5	2,91	2,54	-12,7	2,61	1,93	-26,1
15	8-dec-2011	14:30	1,3	12	200	2,46	2,42	-1,6	2,42	2,08	-14,0	2,82	2,27	-19,5

### Annex K.4: Gemeten en berekende golfparameter T<sub>m02</sub> per stormmoment voor alle meetlocaties

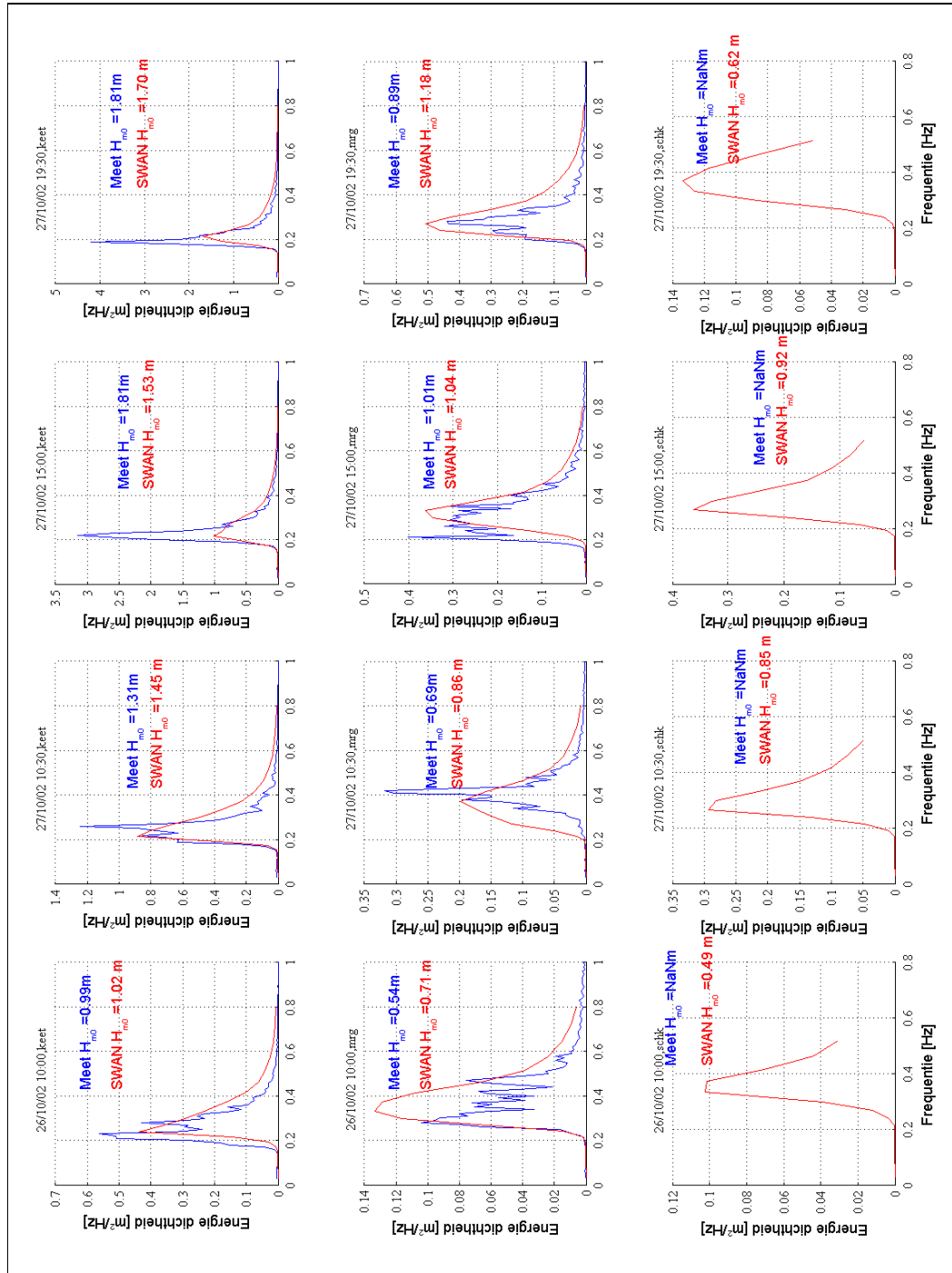
Storm			SWAN Invoer			Keeten			Marollegat			Schelphoek		
			WL [NAP+m]	U [m/s]	DIR [°N]	T <sub>m02</sub> Meting [m]	T <sub>m02</sub> SWAN [m]	% Verschil	T <sub>m02</sub> Meting [m]	T <sub>m02</sub> SWAN [m]	% Verschil	T <sub>m02</sub> Meting [m]	T <sub>m02</sub> SWAN [m]	% Verschil
1	30-okt-2000	5:30	1,7	17	200	3,14	2,65	-15,6	2,68	2,3	-14,2	-	2,48	-
2	30-okt-2000	7:30	0,7	17	195	2,78	2,46	-11,5	2,42	2,08	-14,0	-	2,2	-
3	30-okt-2000	18:30	2,0	15	210	2,93	2,59	-11,6	2,37	2,3	-3,0	-	2,48	-
4	26-okt-2002	10:00	0,5	15	255	3,49	2,76	-20,9	2,36	2,25	-4,7	-	2,08	-
5	27-okt-2002	10:30	0,0	24	240	3,63	3,02	-16,8	2,24	2,27	1,3	-	2,47	-
6	27-okt-2002	15:00	0,8	24	240	3,8	3,11	-18,2	2,81	2,51	-10,7	-	2,52	-
7	27-okt-2002	19:30	1,1	23	290	4,25	3,36	-20,9	3,06	2,75	-10,1	-	2,1	-
8	23-jun-2004	18:30	1,8	15	235	3,21	2,71	-15,6	2,88	2,39	-17,0	-	2,35	-
9	24-jun-2004	9:30	1,4	16	250	3,7	2,84	-23,2	2,43	2,45	0,8	-	2,24	-
10	18-jan-2007	12:00	0,7	21	220	3,32	2,82	-15,1	2,46	2,3	-6,5	-	2,41	-
11	18-jan-2007	15:30	2,5	25	230	4,41	3,27	-25,9	3,23	2,87	-11,1	-	2,82	-
12	18-jan-2007	19:00	1,0	21	250	3,95	3,09	-21,8	2,68	2,56	-4,5	-	2,38	-
13	7-dec-2011	14:00	2,0	17	270	3,33	3,06	-8,1	3,11	2,73	-12,2	2,77	2,19	-20,9
14	7-dec-2011	18:00	0,0	18	280	3,99	3,02	-24,3	2,74	2,39	-12,8	2,55	1,84	-27,8
15	8-dec-2011	14:30	1,3	12	200	2,36	2,32	-1,7	2,32	2,01	-13,4	2,78	2,16	-22,3

# ANNEX L BEREKENDE EN GEMETEN 1D SPECTRA

## Annex L.1: Gemeten en berekende 1D spectra Storm oktober 2000

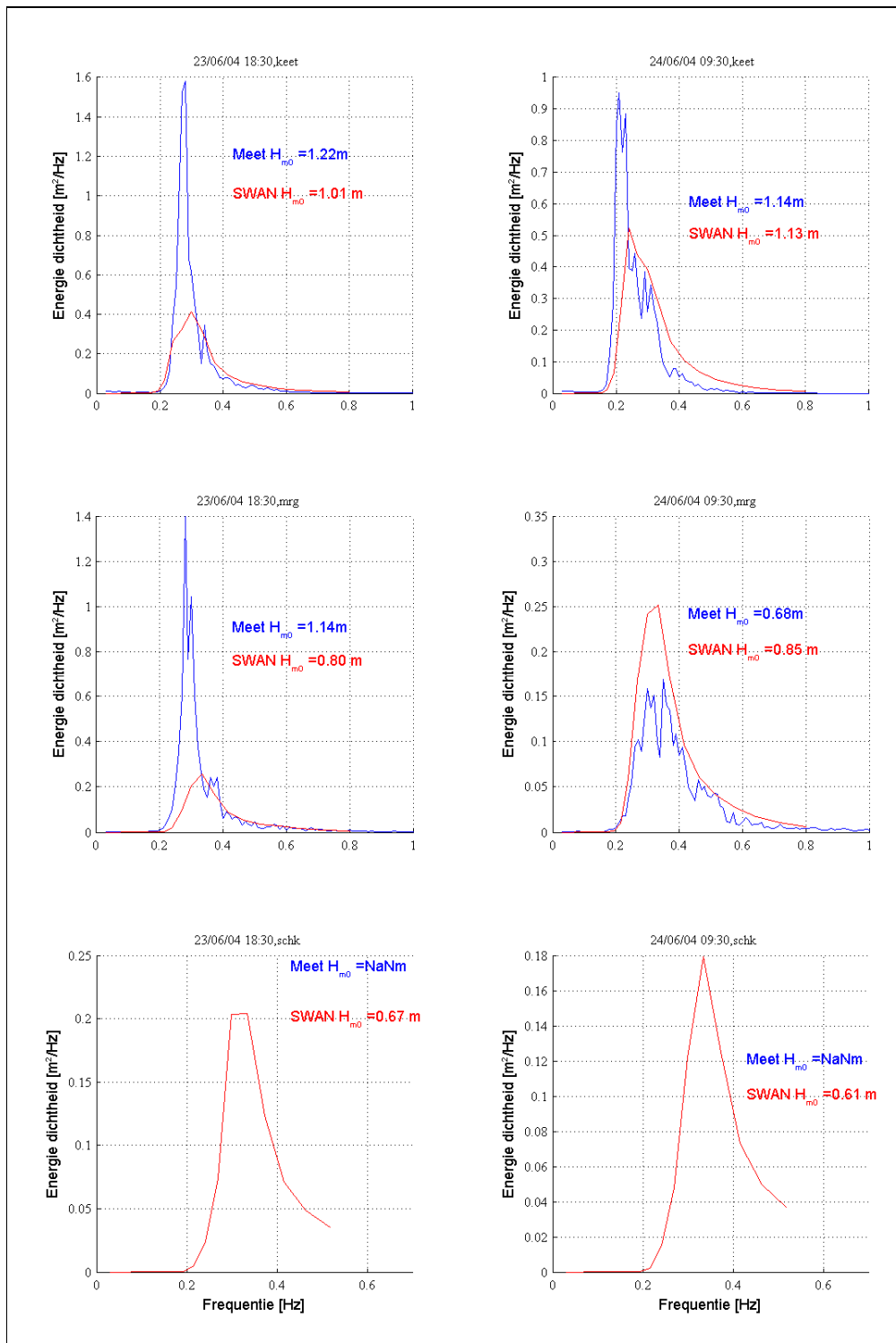


Annex L.2: Gemeten en berekende 1D spectra Storm oktober 2002

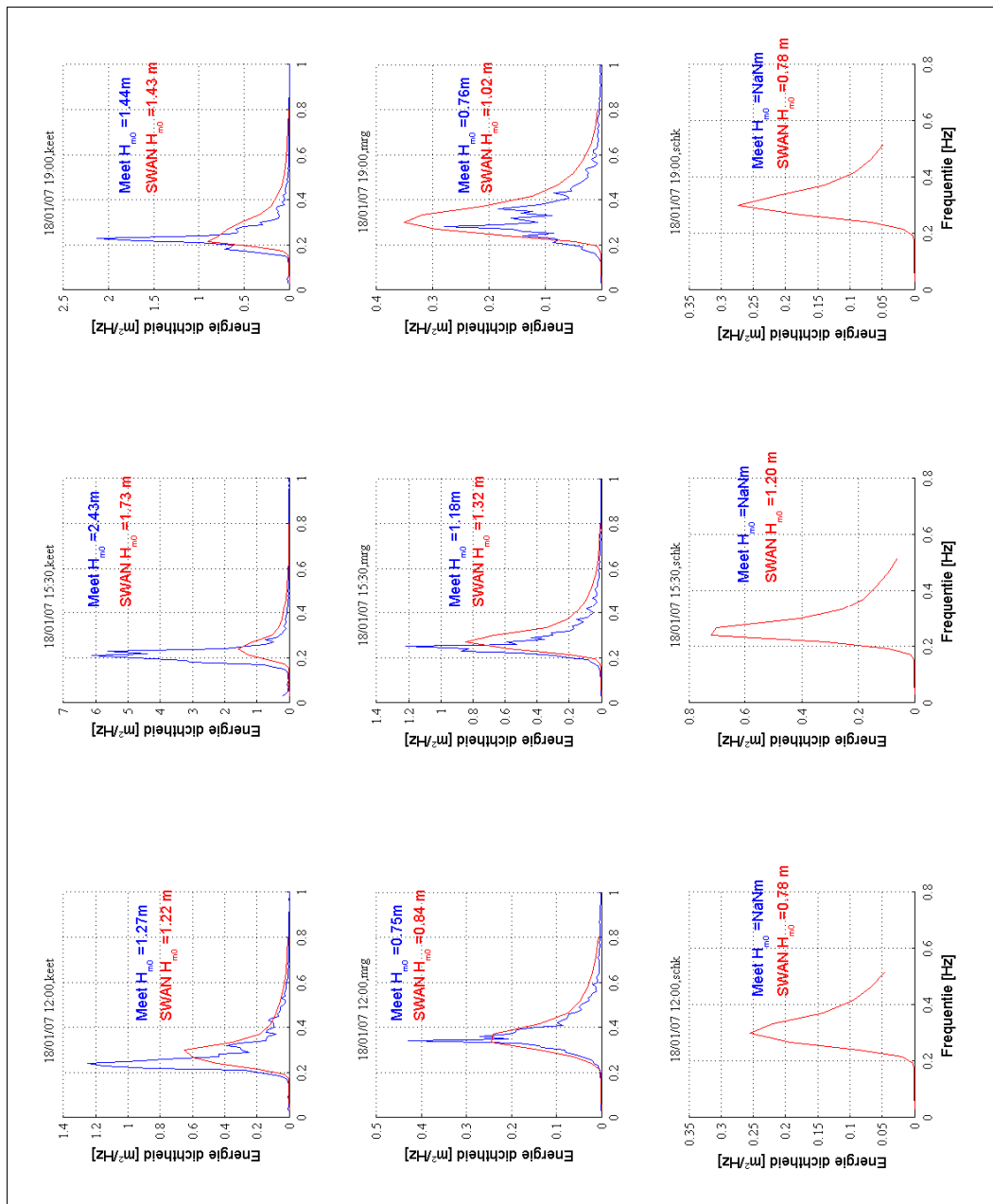




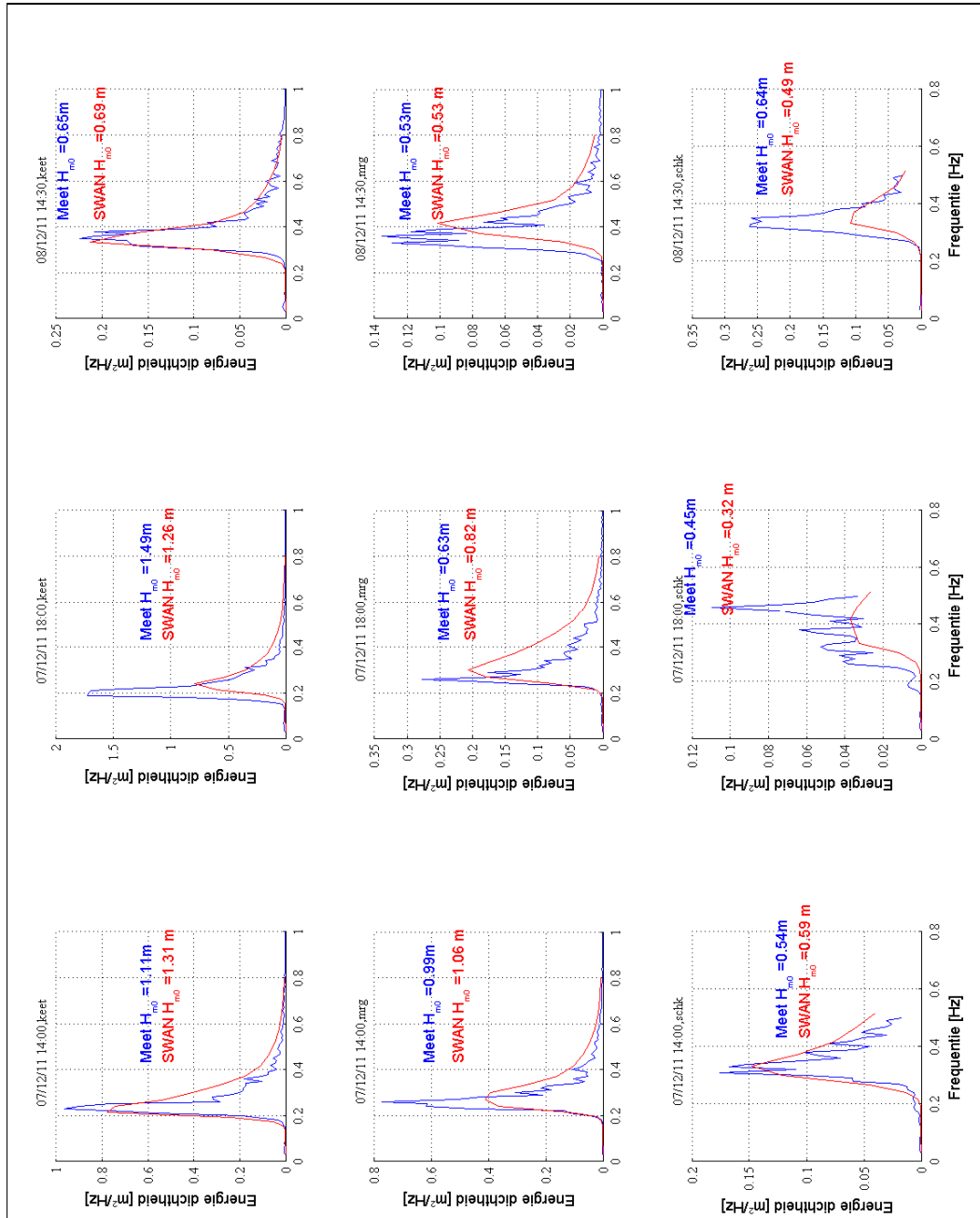
**Annex L.3: Gemeten en berekende 1D spectra Storm juni 2004**



Annex L.4: Gemeten en berekende 1D spectra Storm januari 2007

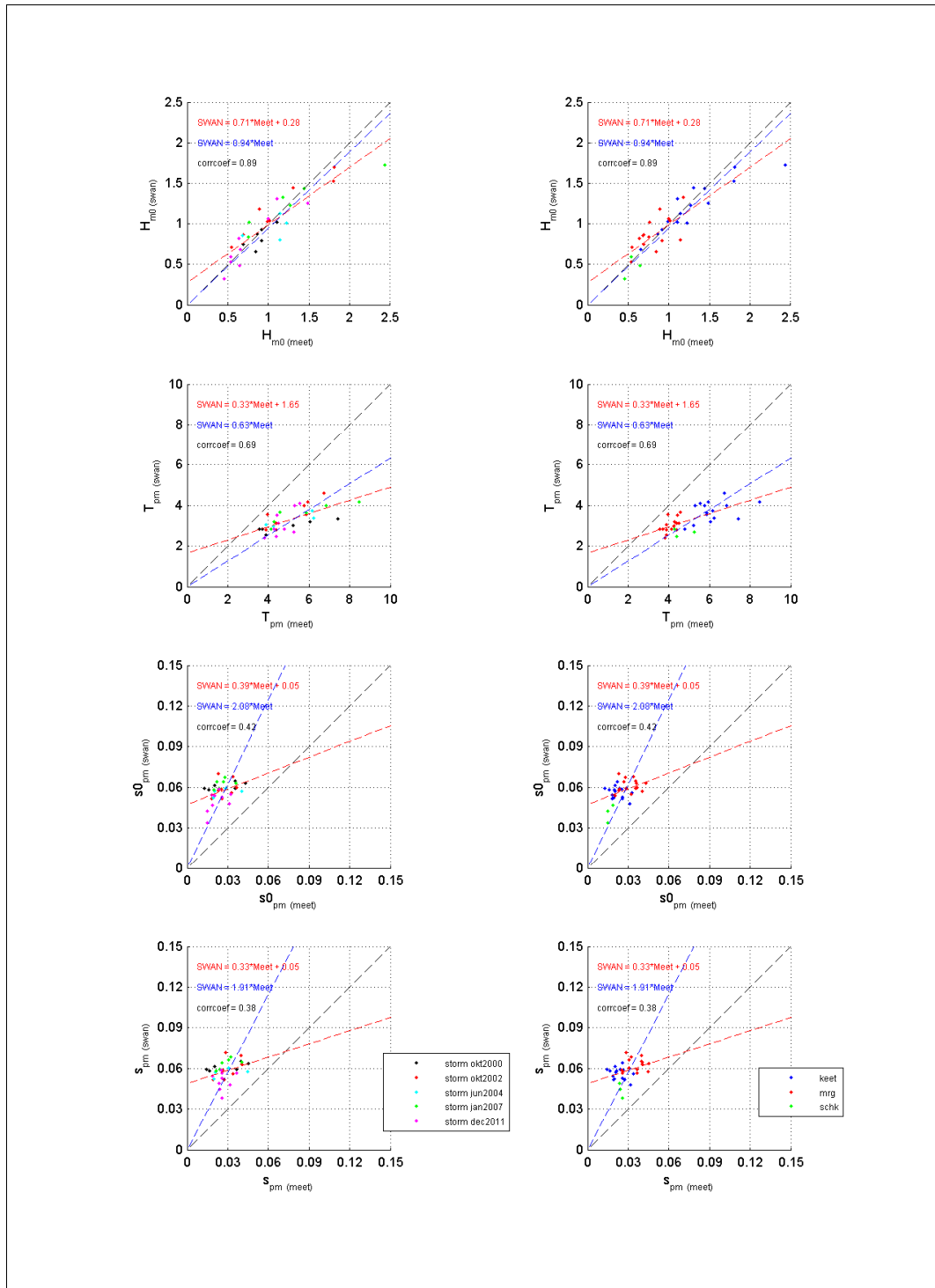


Annex L.5: Gemeten en berekende 1D spectra Storm december 2011

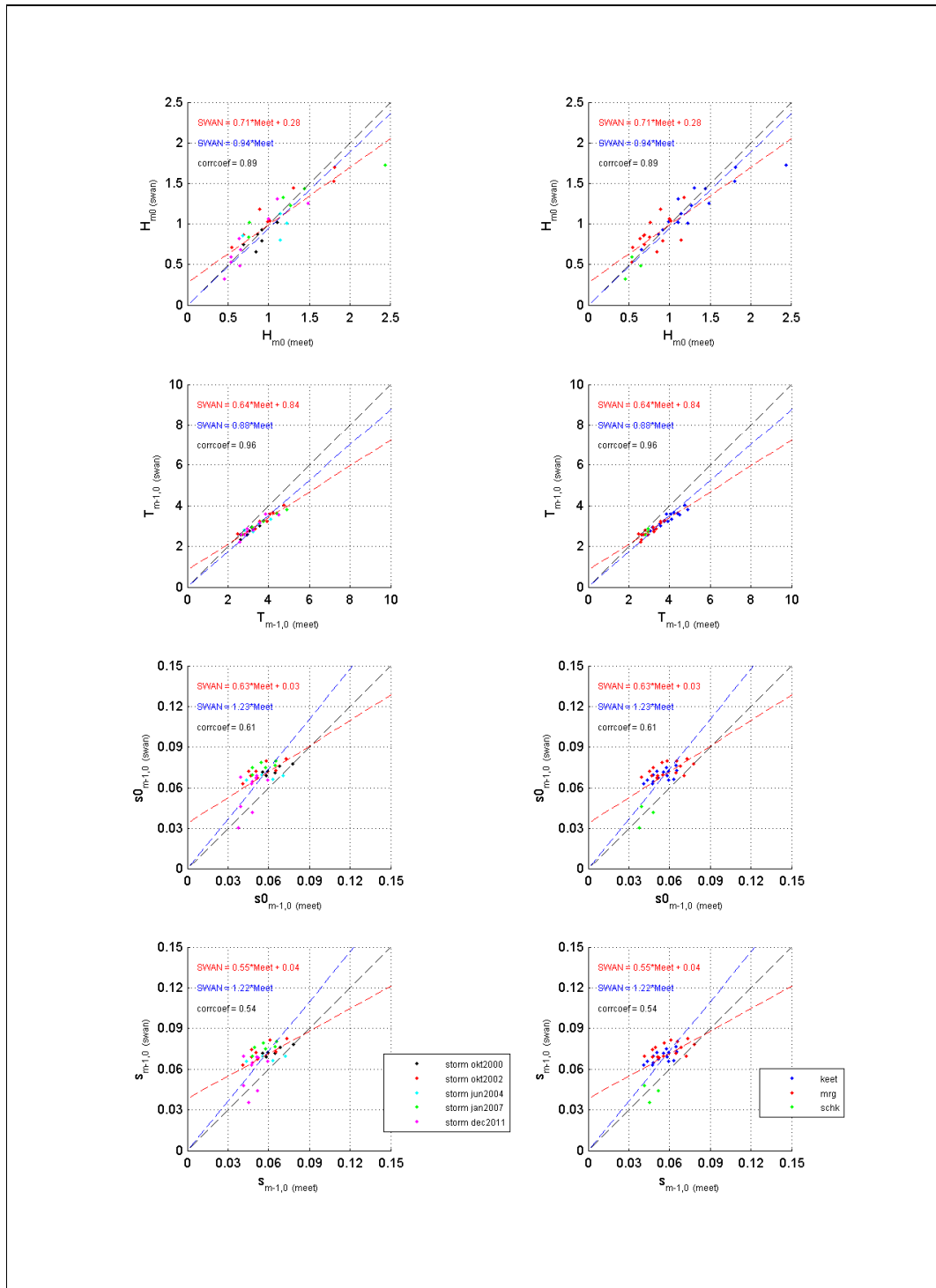


**ANNEX M SCATTERPLOTS HOREND BIJ GOLFPERIODEMAAT ( $T_{PM}$ ,  $T_{M-1,0}$ ,  $T_{M01}$ ,  $T_{M02}$ )**

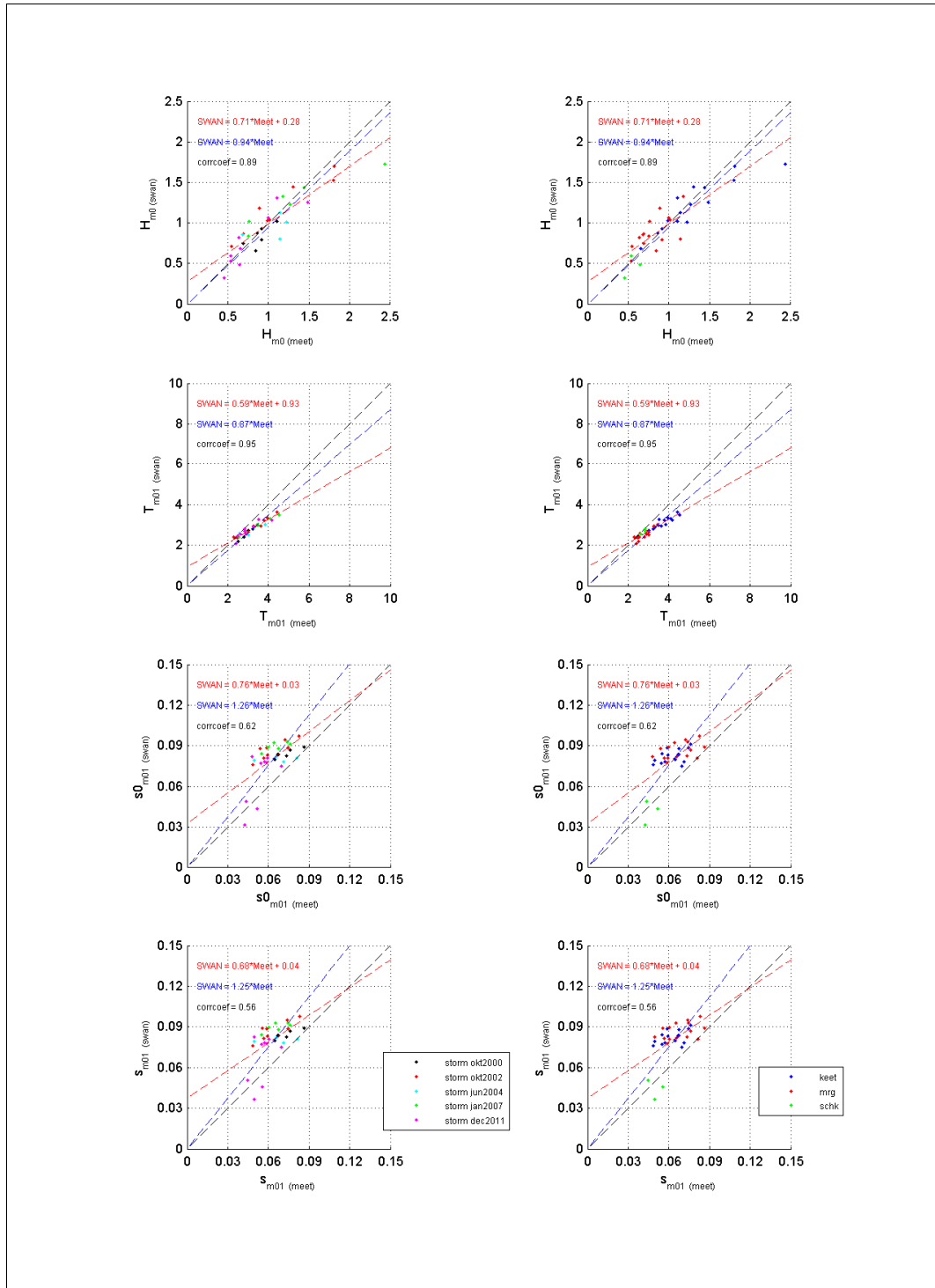
**Annex M.1: Scatterplots bij golfteriode  $T_{pm}$**



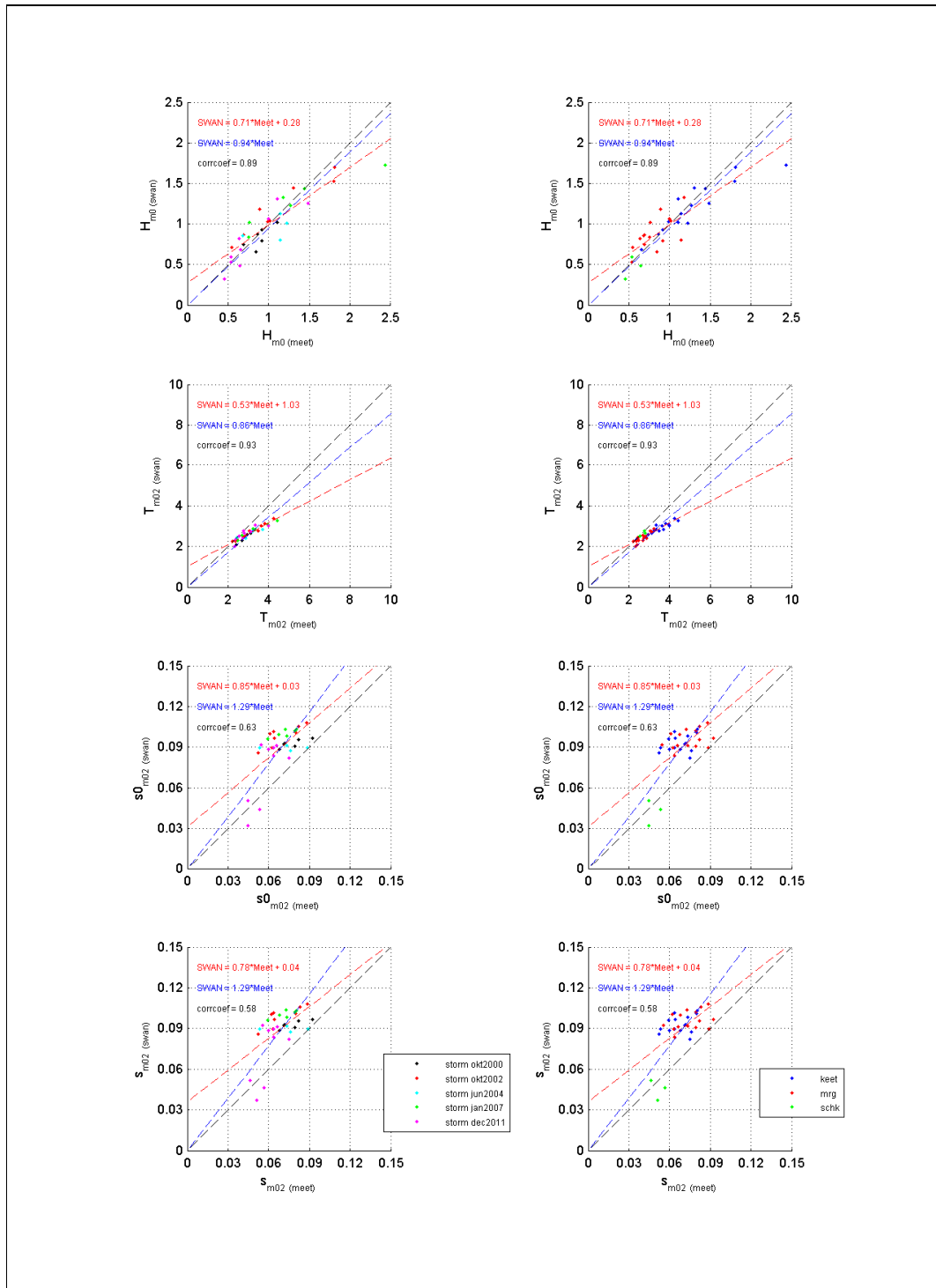
Annex M.2: Scatterplots bij golperiode  $T_{m-1,0}$



Annex M.3: Scatterplots bij golperiode  $T_{m01}$



Annex M.4: Scatterplots bij golperiode  $T_{m02}$



## ANNEX N DEFINIËRING VAN DE STATISTISCHE PARAMETERS

- **BIAS** Het relatieve verschil tussen de gemiddelde meetwaarden en de berekende waarden.

$$BIAS = \frac{(\bar{y} - \bar{x})}{\bar{x}} * 100\% \quad (N.1)$$

- **STDEV** Standaardafwijking van de verschillen tussen meetwaarden en berekende waarden.

$$STD(a) = \sqrt{\frac{n \sum a^2 - (\sum a)^2}{n(n-1)}}$$

$$RELSTD = STD\left(\frac{(y_i - x_i)}{x_i}\right) * 100\% \quad (N.2)$$

met  $N$  het aantal gemeten (en berekende) waarden,  
 $x_i$  is de meting op locatie  $i$  en  
 $y_i$  is de berekende waarde op locatie  $i$ .

$\bar{x}$  is het gemiddelde van de waarnemingen, gegeven door:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (N.3)$$

$\bar{y}$  is het gemiddelde van de berekeningen, gegeven door:

$$\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i \quad (N.4)$$

- **RMAE** Het relatieve gemiddelde van de absolute fout (relative mean absolute error)

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{y_i - x_i}{x_i} \right| \quad (N.5)$$

- **RMSE** De relative root mean square error

$$RMSE = \left\{ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - y_i)^2 \right\}^{1/2} \quad (N.6)$$



- **CORRELATIE COEFFICIENT**

De coëfficiënt van lineaire correlatie is gedefinieerd als de verhouding tussen de covariantie enerzijds en het product van beide standaarddeviaties anderzijds. Een correlatie coëfficiënt van één betekent dat x en y perfect gecorreleerd zijn.

De correlatie coëfficiënt wordt gegeven door:

$$corr = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\left\{ \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \right\}^{1/2} \left\{ \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2 \right\}^{1/2}} \quad (N.7)$$

Een perfect model dat de waarnemingen exact reproduceert levert een scatter diagram met alle punten op een lijn die een hoek van 45 graden met de horizontaal maakt.

- **REGRESSIE COEFFICIENTEN**

Als eerste schatting kan de relatie tussen metingen en modelresultaten met een lineaire regressie lijn worden weergegeven. Deze lijn geeft de relatie tussen meting en swanmodel (swan= a + b\*meting). De coëfficiënten voor het snijpunt a en de helling b worden geschat op basis van de kleinste kwadraten methode:

$$\chi^2(a,b) = \sum_{i=1}^N (y_i - a - bx_i)^2 \quad (N.8)$$

De regressiecoëfficiënten worden als volgt berekend:

De regressie coëfficiënten *a* en *b* worden als volgt berekend :

Lineaire regressie op basis van het model  $y = a + bx$

$$a = \frac{\sum x_i^2 \sum y_i - \sum x_i \sum x_i y_i}{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (N.9)$$

$$b = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum (x_i - \bar{x})^2} \quad (N.10)$$

Lineaire regressie op basis van het model  $y = cx$

$$c = \frac{\sum_{i=1}^N x_i y_i}{\sum_{i=1}^N x_i^2} \quad (N.11)$$

## ANNEX O STATISTISCHE PARAMETERS VOOR DE 5 GOLFPARAMETERS PER STORM

### Annex O.1: Statistische parameters voor de 5 golfparameters, storm oktober 2000

Oktober 2000	H <sub>m0</sub>	T <sub>m-1,0</sub>	T <sub>pm</sub>	T <sub>m01</sub>	T <sub>m02</sub>
n [-]	6	6	6	6	6
Bias [%]	-5,85	-9,72	-40,43	-10,38	-11,8
Rmse [m] of [s]	0,1	0,33	2,33	0,32	0,34
Stdev%	11,17	4,76	13,8	4,37	4,49
Mae %	9,05	9,46	37,04	10,2	11,56
A [-]	0,18	0,72	2,16	0,54	0,64
B [-]	0,74	0,66	0,16	0,7	0,65
C [-]	0,94	0,9	0,56	0,89	0,88
corr [-]	0,75	0,9	0,89	0,91	0,91

### Annex O.2: Statistische parameters voor de 5 golfparameters, storm oktober 2002

Oktober 2002	H <sub>m0</sub>	T <sub>m-1,0</sub>	T <sub>pm</sub>	T <sub>m01</sub>	T <sub>m02</sub>
n [-]	8	8	8	8	8
Bias [%]	4,85	-11,18	-30,04	-12,54	-14,07
Rmse [m] of [s]	0,18	0,49	1,64	0,5	0,54
Stdev%	17,53	7,42	8,79	7,52	8,02
Mae %	15,71	11,56	29,24	12,13	12,95
A [-]	0,4	0,83	0,93	0,89	0,98
B [-]	0,69	0,66	0,52	0,61	0,55
C [-]	1	0,88	0,69	0,86	0,85
corr [-]	0,95	0,97	0,86	0,98	0,98

### Annex O.3: Statistische parameters voor de 5 golfparameters, storm juni 2004

Juni 2004	H <sub>m0</sub>	T <sub>m-1,0</sub>	T <sub>pm</sub>	T <sub>m01</sub>	T <sub>m02</sub>
n [-]	4	4	4	4	4
Bias [%]	-9,42	-12,45	-36,19	-13,61	-14,99
Rmse [m] of [s]	0,22	0,51	2,03	0,52	0,55
Stdev%	24,45	8,26	10,56	9,39	10,11
Mae %	18,79	11,61	34,37	12,92	14,04
A [-]	0,68	1,43	2,03	1,48	1,5
B [-]	0,26	0,46	0,24	0,4	0,36
C [-]	0,88	0,87	0,62	0,85	0,84
corr [-]	0,42	0,89	0,88	0,88	0,89

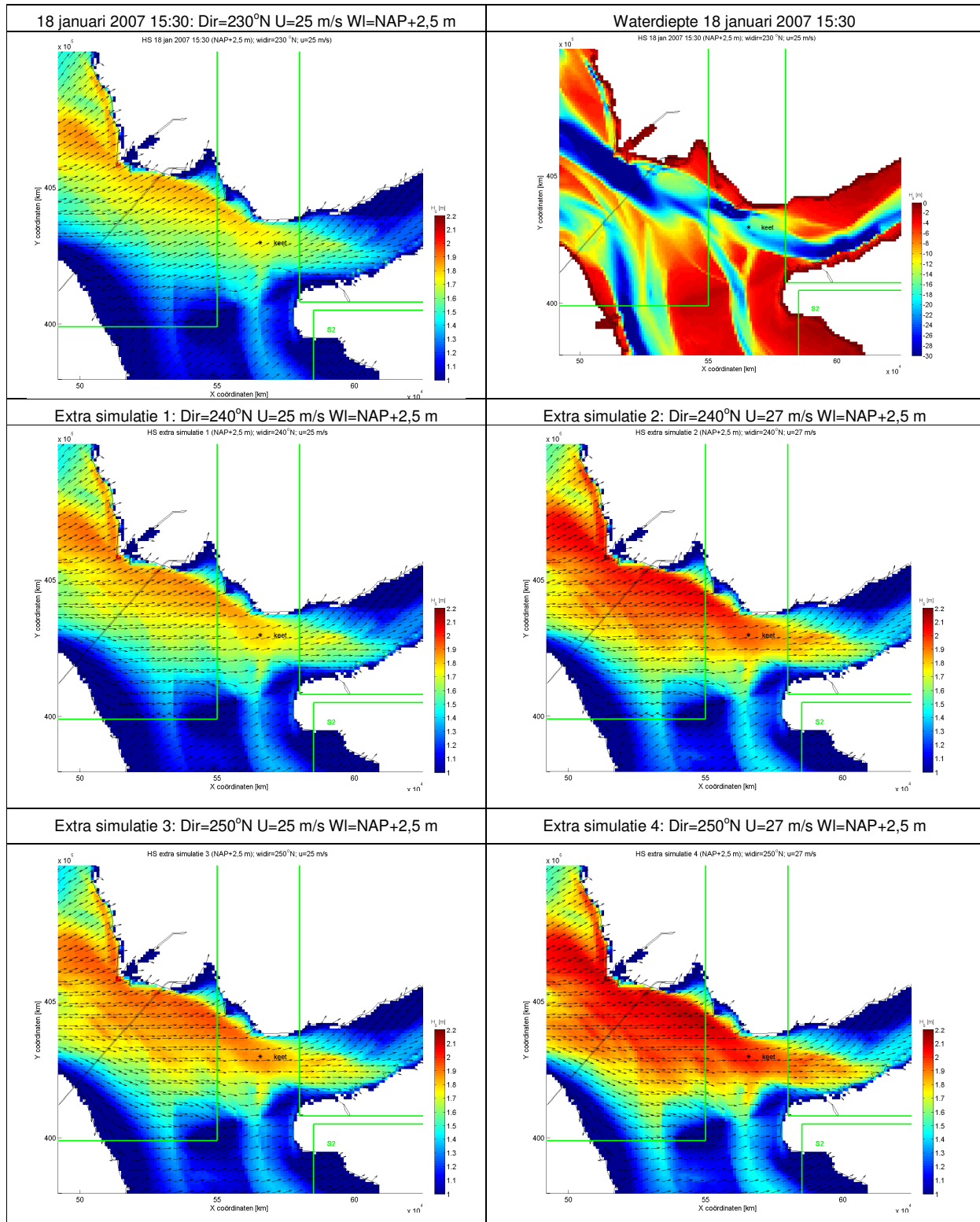
**Annex O.4: Statistische parameters voor de 5 golfparameters, storm januari 2007**

Januari 2007	$H_{m0}$	$T_{m-1,0}$	$T_{pm}$	$T_{m01}$	$T_{m02}$
n [-]	6	6	6	6	6
Bias [%]	-3,34	-14,02	-37,22	-14,37	-15,66
Rmse [m] of [s]	0,32	0,62	2,43	0,6	0,64
Stdev%	20,88	6,66	11,35	7,26	8,33
Mae %	15,1	12,86	34,63	13,1	14,16
A [-]	0,64	1,18	2,15	1,17	1,26
B [-]	0,47	0,55	0,25	0,52	0,47
C [-]	0,89	0,85	0,6	0,84	0,83
corr [-]	0,94	0,99	0,87	0,99	0,98

**Annex O.5: Statistische parameters voor de 5 golfparameters, storm december 2011**

December 2011	$H_{m0}$	$T_{m-1,0}$	$T_{pm}$	$T_{m01}$	$T_{m02}$
n [-]	9	9	9	9	9
Bias [%]	0,33	-9,93	-33,79	-9,43	-9,67
Rmse [m] of [s]	0,14	0,4	1,65	0,39	0,39
Stdev%	19,7	5,88	9,39	7,1	7,64
Mae %	15,64	9,37	33,91	8,65	8,83
A [-]	0,05	0,68	-0,46	0,91	1,02
B [-]	0,94	0,69	0,76	0,6	0,55
C [-]	0,99	0,89	0,66	0,9	0,89
corr [-]	0,91	0,93	0,68	0,9	0,86

**ANNEX P RUIMTELIJKE VERDELING  $H_{MO}$  VAN DE EXTRA SIMULATIES**



## ANNEX Q RESULTATEN GOLFPERIODEMATEN GESORTEERD

### Annex Q.1: Resultaten golfperiode $T_{m-1,0}$ gesorteerd naar oplopende waterstand

SWAN invoer			Gemeten $T_{m-1,0}$			SWAN $T_{m-1,0}$			Verschil (Meting-SWAN)		
Widir	U	WL	KEET	MRG	SCHK	KEET	MRG	SCHK	KEET	MRG	SCHK
[degN]	[m/s]	[NAP +m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
240	24	0	4.07	2.46	-	3.58	2.61	2.93	0.49	-0.15	
280	18	0	4.49	3.22	2.78	3.57	2.79	2.12	0.92	0.43	0.66
255	15	0.5	3.92	2.72	-	3.23	2.57	2.38	0.69	0.15	
195	17	0.7	3.05	2.63	-	2.78	2.32	2.5	0.27	0.31	
220	21	0.7	3.75	2.71	-	3.24	2.6	2.82	0.51	0.11	
240	24	0.8	4.21	3.34	-	3.67	2.88	2.97	0.54	0.46	
250	21	1	4.39	3.18	-	3.63	2.95	2.79	0.76	0.23	
290	23	1.1	4.74	3.56	-	4.02	3.23	2.41	0.72	0.33	
200	12	1.3	2.66	2.59	2.93	2.59	2.21	2.45	0.07	0.38	0.48
250	16	1.4	4.11	2.81	-	3.32	2.81	2.58	0.79	0	
200	17	1.7	3.56	2.94	-	3.02	2.59	2.85	0.54	0.35	
235	15	1.8	3.53	3.21	-	3.11	2.72	2.71	0.42	0.49	
210	15	2	3.17	2.62	-	2.93	2.58	2.84	0.24	0.04	
270	17	2	3.84	3.54	2.96	3.61	3.18	2.54	0.23	0.36	0.42
230	25	2.5	4.91	3.73	-	3.79	3.28	3.35	1.12	0.45	

### Annex Q.2: Resultaten golfperiode $T_{m-1,0}$ gesorteerd naar oplopende windsnelheid

SWAN invoer			Gemeten $T_{m-1,0}$			SWAN $T_{m-1,0}$			Verschil (Meting-SWAN)		
Widir	U	WL	KEET	MRG	SCHK	KEET	MRG	SCHK	KEET	MRG	SCHK
[degN]	[m/s]	[NAP +m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
200	12	1.3	2.66	2.59	2.93	2.59	2.21	2.45	0.07	0.38	0.48
255	15	0.5	3.92	2.72	-	3.23	2.57	2.38	0.69	0.15	
235	15	1.8	3.53	3.21	-	3.11	2.72	2.71	0.42	0.49	
210	15	2	3.17	2.62	-	2.93	2.58	2.84	0.24	0.04	
250	16	1.4	4.11	2.81	-	3.32	2.81	2.58	0.79	0	
195	17	0.7	3.05	2.63	-	2.78	2.32	2.5	0.27	0.31	
200	17	1.7	3.56	2.94	-	3.02	2.59	2.85	0.54	0.35	
270	17	2	3.84	3.54	2.96	3.61	3.18	2.54	0.23	0.36	0.42
280	18	0	4.49	3.22	2.78	3.57	2.79	2.12	0.92	0.43	0.66
220	21	0.7	3.75	2.71	-	3.24	2.6	2.82	0.51	0.11	
250	21	1	4.39	3.18	-	3.63	2.95	2.79	0.76	0.23	
290	23	1.1	4.74	3.56	-	4.02	3.23	2.41	0.72	0.33	
240	24	0	4.07	2.46	-	3.58	2.61	2.93	0.49	-0.15	
240	24	0.8	4.21	3.34	-	3.67	2.88	2.97	0.54	0.46	
230	25	2.5	4.91	3.73	-	3.79	3.28	3.35	1.12	0.45	

### Annex Q.3: Resultaten golfperiode $T_{m-1,0}$ gesorteerd naar oplopende windrichting

SWAN invoer			Gemeten $T_{m-1,0}$			SWAN $T_{m-1,0}$			Verschil (Meting-SWAN)		
Widir	U	WL	KEET	MRG	SCHK	KEET	MRG	SCHK	KEET	MRG	SCHK
[degN]	[m/s]	[NAP +m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
195	17	0.7	3.05	2.63	-	2.78	2.32	2.5	0.27	0.31	
200	12	1.3	2.66	2.59	2.93	2.59	2.21	2.45	0.07	0.38	0.48
200	17	1.7	3.56	2.94	-	3.02	2.59	2.85	0.54	0.35	
210	15	2	3.17	2.62	-	2.93	2.58	2.84	0.24	0.04	
220	21	0.7	3.75	2.71	-	3.24	2.6	2.82	0.51	0.11	
230	25	2.5	4.91	3.73	-	3.79	3.28	3.35	1.12	0.45	
235	15	1.8	3.53	3.21	-	3.11	2.72	2.71	0.42	0.49	
240	24	0	4.07	2.46	-	3.58	2.61	2.93	0.49	-0.15	
240	24	0.8	4.21	3.34	-	3.67	2.88	2.97	0.54	0.46	
250	16	1.4	4.11	2.81	-	3.32	2.81	2.58	0.79	0	
250	21	1	4.39	3.18	-	3.63	2.95	2.79	0.76	0.23	
255	15	0.5	3.92	2.72	-	3.23	2.57	2.38	0.69	0.15	
270	17	2	3.84	3.54	2.96	3.61	3.18	2.54	0.23	0.36	0.42
280	18	0	4.49	3.22	2.78	3.57	2.79	2.12	0.92	0.43	0.66
290	23	1.1	4.74	3.56	-	4.02	3.23	2.41	0.72	0.33	

#### Annex Q.4: Resultaten golfperiode $T_{pm}$ gesorteerd naar oplopende waterstand

SWAN invoer			Gemeten $T_{pm}$			SWAN $T_{pm}$			Verschil (Meting-SWAN)		
Widir	U	WL	KEET	MRG	SCHK	KEET	MRG	SCHK	KEET	MRG	SCHK
[degN]	[m/s]	[NAP +m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
240	24	0	5.76	4.39	-	3.97	2.8	3.34	1.79	1.59	
280	18	0	5.56	4.49	4.39	4.1	3.14	2.36	1.46	1.35	2.03
255	15	0.5	5.87	3.9	-	3.56	2.81	2.69	2.31	1.09	
195	17	0.7	5.23	3.89	-	3.02	2.54	2.79	2.21	1.35	
220	21	0.7	5.87	4.13	-	3.64	2.83	3.17	2.23	1.3	
240	24	0.8	5.94	4.39	-	4.19	3.13	3.36	1.75	1.26	
250	21	1	6.85	4.28	-	3.97	3.18	3.15	2.88	1.1	
290	23	1.1	6.72	3.94	-	4.6	3.56	2.58	2.12	0.38	
200	12	1.3	4.77	3.81	5.24	2.84	2.4	2.7	1.93	1.41	2.54
250	16	1.4	6.16	3.9	-	3.72	3.03	2.95	2.44	0.87	
200	17	1.7	7.41	3.69	-	3.32	2.83	3.17	4.09	0.86	
235	15	1.8	6.23	4.25	-	3.36	2.99	3.01	2.87	1.26	
210	15	2	6.04	3.54	-	3.19	2.84	3.16	2.85	0.7	
270	17	2	5.27	4.42	4.29	3.98	3.52	2.84	1.29	0.9	1.45
230	25	2.5	8.47	4.58	-	4.15	3.67	3.77	4.32	0.91	

#### Annex Q.5: Resultaten golfperiode $T_{pm}$ gesorteerd naar oplopende windsnelheid

SWAN invoer			Gemeten $T_{pm}$			SWAN $T_{pm}$			Verschil (Meting-SWAN)		
Widir	U	WL	KEET	MRG	SCHK	KEET	MRG	SCHK	KEET	MRG	SCHK
[degN]	[m/s]	[NAP +m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
200	12	1.3	4.77	3.81	5.24	2.84	2.4	2.7	1.93	1.41	2.54
255	15	0.5	5.87	3.9	-	3.56	2.81	2.69	2.31	1.09	
235	15	1.8	6.23	4.25	-	3.36	2.99	3.01	2.87	1.26	
210	15	2	6.04	3.54	-	3.19	2.84	3.16	2.85	0.7	
250	16	1.4	6.16	3.9	-	3.72	3.03	2.95	2.44	0.87	
195	17	0.7	5.23	3.89	-	3.02	2.54	2.79	2.21	1.35	
200	17	1.7	7.41	3.69	-	3.32	2.83	3.17	4.09	0.86	
270	17	2	5.27	4.42	4.29	3.98	3.52	2.84	1.29	0.9	1.45
280	18	0	5.56	4.49	4.39	4.1	3.14	2.36	1.46	1.35	2.03
220	21	0.7	5.87	4.13	-	3.64	2.83	3.17	2.23	1.3	
250	21	1	6.85	4.28	-	3.97	3.18	3.15	2.88	1.1	
290	23	1.1	6.72	3.94	-	4.6	3.56	2.58	2.12	0.38	
240	24	0	5.76	4.39	-	3.97	2.8	3.34	1.79	1.59	
240	24	0.8	5.94	4.39	-	4.19	3.13	3.36	1.75	1.26	
230	25	2.5	8.47	4.58	-	4.15	3.67	3.77	4.32	0.91	

#### Annex Q.6: Resultaten golfperiode $T_{pm}$ gesorteerd naar oplopende windrichting

SWAN invoer			Gemeten $T_{pm}$			SWAN $T_{pm}$			Verschil (Meting-SWAN)		
Widir	U	WL	KEET	MRG	SCHK	KEET	MRG	SCHK	KEET	MRG	SCHK
[degN]	[m/s]	[NAP +m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
195	17	0.7	5.23	3.89	-	3.02	2.54	2.79	2.21	1.35	
200	12	1.3	4.77	3.81	5.24	2.84	2.4	2.7	1.93	1.41	2.54
200	17	1.7	7.41	3.69	-	3.32	2.83	3.17	4.09	0.86	
210	15	2	6.04	3.54	-	3.19	2.84	3.16	2.85	0.7	
220	21	0.7	5.87	4.13	-	3.64	2.83	3.17	2.23	1.3	
230	25	2.5	8.47	4.58	-	4.15	3.67	3.77	4.32	0.91	
235	15	1.8	6.23	4.25	-	3.36	2.99	3.01	2.87	1.26	
240	24	0	5.76	4.39	-	3.97	2.8	3.34	1.79	1.59	
240	24	0.8	5.94	4.39	-	4.19	3.13	3.36	1.75	1.26	
250	16	1.4	6.16	3.9	-	3.72	3.03	2.95	2.44	0.87	
250	21	1	6.85	4.28	-	3.97	3.18	3.15	2.88	1.1	
255	15	0.5	5.87	3.9	-	3.56	2.81	2.69	2.31	1.09	
270	17	2	5.27	4.42	4.29	3.98	3.52	2.84	1.29	0.9	1.45
280	18	0	5.56	4.49	4.39	4.1	3.14	2.36	1.46	1.35	2.03
290	23	1.1	6.72	3.94	-	4.6	3.56	2.58	2.12	0.38	

### Annex Q.7: Resultaten golfperiode $T_{m01}$ gesorteerd naar oplopende waterstand

SWAN invoer			Gemeten $T_{m01}$			SWAN $T_{m01}$			Verschil (Meting-SWAN)		
Widir	U	WL	KEET	MRG	SCHK	KEET	MRG	SCHK	KEET	MRG	SCHK
[degN]	[m/s]	[NAP +m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
240	24	0	3.78	2.31	-	3.24	2.39	2.64	0.54	-0.08	
280	18	0	4.18	2.91	2.61	3.24	2.54	1.93	0.94	0.37	0.68
255	15	0.5	3.63	2.48	-	2.94	2.36	2.19	0.69	0.12	
195	17	0.7	2.86	2.5	-	2.58	2.17	2.31	0.28	0.33	
220	21	0.7	3.47	2.55	-	2.99	2.41	2.56	0.48	0.14	
240	24	0.8	3.95	3	-	3.33	2.65	2.69	0.62	0.35	
250	21	1	4.09	2.85	-	3.3	2.7	2.53	0.79	0.15	
290	23	1.1	4.43	3.26	-	3.62	2.93	2.21	0.81	0.33	
200	12	1.3	2.46	2.42	2.82	2.42	2.08	2.27	0.04	0.34	0.55
250	16	1.4	3.83	2.56	-	3.03	2.58	2.36	0.8	-0.02	
200	17	1.7	3.24	2.78	-	2.8	2.41	2.62	0.44	0.37	
235	15	1.8	3.31	3.01	-	2.87	2.51	2.49	0.44	0.5	
210	15	2	3	2.46	-	2.73	2.41	2.62	0.27	0.05	
270	17	2	3.52	3.28	2.82	3.27	2.9	2.31	0.25	0.38	0.51
230	25	2.5	4.53	3.43	-	3.48	3.03	3.02	1.05	0.4	

### Annex Q.8: Resultaten golfperiode $T_{m01}$ gesorteerd naar oplopende windsnelheid

SWAN invoer			Gemeten $T_{m01}$			SWAN $T_{m01}$			Verschil (Meting-SWAN)		
Widir	U	WL	KEET	MRG	SCHK	KEET	MRG	SCHK	KEET	MRG	SCHK
[degN]	[m/s]	[NAP +m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
200	12	1.3	2.46	2.42	2.82	2.42	2.08	2.27	0.04	0.34	0.55
255	15	0.5	3.63	2.48	-	2.94	2.36	2.19	0.69	0.12	
235	15	1.8	3.31	3.01	-	2.87	2.51	2.49	0.44	0.5	
210	15	2	3	2.46	-	2.73	2.41	2.62	0.27	0.05	
250	16	1.4	3.83	2.56	-	3.03	2.58	2.36	0.8	-0.02	
195	17	0.7	2.86	2.5	-	2.58	2.17	2.31	0.28	0.33	
200	17	1.7	3.24	2.78	-	2.8	2.41	2.62	0.44	0.37	
270	17	2	3.52	3.28	2.82	3.27	2.9	2.31	0.25	0.38	0.51
280	18	0	4.18	2.91	2.61	3.24	2.54	1.93	0.94	0.37	0.68
220	21	0.7	3.47	2.55	-	2.99	2.41	2.56	0.48	0.14	
250	21	1	4.09	2.85	-	3.3	2.7	2.53	0.79	0.15	
290	23	1.1	4.43	3.26	-	3.62	2.93	2.21	0.81	0.33	
240	24	0	3.78	2.31	-	3.24	2.39	2.64	0.54	-0.08	
240	24	0.8	3.95	3	-	3.33	2.65	2.69	0.62	0.35	
230	25	2.5	4.53	3.43	-	3.48	3.03	3.02	1.05	0.4	

### Annex Q.9: Resultaten golfperiode $T_{m01}$ gesorteerd naar oplopende windrichting

SWAN invoer			Gemeten $T_{m01}$			SWAN $T_{m01}$			Verschil (Meting-SWAN)		
Widir	U	WL	KEET	MRG	SCHK	KEET	MRG	SCHK	KEET	MRG	SCHK
[degN]	[m/s]	[NAP +m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
195	17	0.7	2.86	2.5	-	2.58	2.17	2.31	0.28	0.33	
200	12	1.3	2.46	2.42	2.82	2.42	2.08	2.27	0.04	0.34	0.55
200	17	1.7	3.24	2.78	-	2.8	2.41	2.62	0.44	0.37	
210	15	2	3	2.46	-	2.73	2.41	2.62	0.27	0.05	
220	21	0.7	3.47	2.55	-	2.99	2.41	2.56	0.48	0.14	
230	25	2.5	4.53	3.43	-	3.48	3.03	3.02	1.05	0.4	
235	15	1.8	3.31	3.01	-	2.87	2.51	2.49	0.44	0.5	
240	24	0	3.78	2.31	-	3.24	2.39	2.64	0.54	-0.08	
240	24	0.8	3.95	3	-	3.33	2.65	2.69	0.62	0.35	
250	16	1.4	3.83	2.56	-	3.03	2.58	2.36	0.8	-0.02	
250	21	1	4.09	2.85	-	3.3	2.7	2.53	0.79	0.15	
255	15	0.5	3.63	2.48	-	2.94	2.36	2.19	0.69	0.12	
270	17	2	3.52	3.28	2.82	3.27	2.9	2.31	0.25	0.38	0.51
280	18	0	4.18	2.91	2.61	3.24	2.54	1.93	0.94	0.37	0.68
290	23	1.1	4.43	3.26	-	3.62	2.93	2.21	0.81	0.33	

### Annex Q.10: Resultaten golfperiode Tm02 gesorteerd naar oplopende windsnelheid

SWAN invoer			Gemeten Tm02			SWAN Tm02			Verschil (Meting-SWAN)		
Widir	U	WL	KEET	MRG	SCHK	KEET	MRG	SCHK	KEET	MRG	SCHK
[degN]	[m/s]	[NAP +m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
240	24	0	3.63	2.24	-	3.02	2.27	2.47	0.61	-0.03	
280	18	0	3.99	2.74	2.55	3.02	2.39	1.84	0.97	0.35	0.71
255	15	0.5	3.49	2.36	-	2.76	2.25	2.08	0.73	0.11	
195	17	0.7	2.78	2.42	-	2.46	2.08	2.2	0.32	0.34	
220	21	0.7	3.32	2.46	-	2.82	2.3	2.41	0.5	0.16	
240	24	0.8	3.8	2.81	-	3.11	2.51	2.52	0.69	0.3	
250	21	1	3.95	2.68	-	3.09	2.56	2.38	0.86	0.12	
290	23	1.1	4.25	3.06	-	3.36	2.75	2.1	0.89	0.31	
200	12	1.3	2.36	2.32	2.78	2.32	2.01	2.16	0.04	0.31	0.62
250	16	1.4	3.7	2.43	-	2.84	2.45	2.24	0.86	-0.02	
200	17	1.7	3.14	2.68	-	2.65	2.3	2.48	0.49	0.38	
235	15	1.8	3.21	2.88	-	2.71	2.39	2.35	0.5	0.49	
210	15	2	2.93	2.37	-	2.59	2.3	2.48	0.34	0.07	
270	17	2	3.33	3.11	2.77	3.06	2.73	2.19	0.27	0.38	0.58
230	25	2.5	4.41	3.23	-	3.27	2.87	2.82	1.14	0.36	

### Annex Q.11: Resultaten golfperiode Tm02 gesorteerd naar oplopende windsnelheid

SWAN invoer			Gemeten Tm02			SWAN Tm02			Verschil (Meting-SWAN)		
Widir	U	WL	KEET	MRG	SCHK	KEET	MRG	SCHK	KEET	MRG	SCHK
[degN]	[m/s]	[NAP +m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
200	12	1.3	2.36	2.32	2.78	2.32	2.01	2.16	0.04	0.31	0.62
255	15	0.5	3.49	2.36	-	2.76	2.25	2.08	0.73	0.11	
235	15	1.8	3.21	2.88	-	2.71	2.39	2.35	0.5	0.49	
210	15	2	2.93	2.37	-	2.59	2.3	2.48	0.34	0.07	
250	16	1.4	3.7	2.43	-	2.84	2.45	2.24	0.86	-0.02	
195	17	0.7	2.78	2.42	-	2.46	2.08	2.2	0.32	0.34	
200	17	1.7	3.14	2.68	-	2.65	2.3	2.48	0.49	0.38	
270	17	2	3.33	3.11	2.77	3.06	2.73	2.19	0.27	0.38	0.58
280	18	0	3.99	2.74	2.55	3.02	2.39	1.84	0.97	0.35	0.71
220	21	0.7	3.32	2.46	-	2.82	2.3	2.41	0.5	0.16	
250	21	1	3.95	2.68	-	3.09	2.56	2.38	0.86	0.12	
290	23	1.1	4.25	3.06	-	3.36	2.75	2.1	0.89	0.31	
240	24	0	3.63	2.24	-	3.02	2.27	2.47	0.61	-0.03	
240	24	0.8	3.8	2.81	-	3.11	2.51	2.52	0.69	0.3	
230	25	2.5	4.41	3.23	-	3.27	2.87	2.82	1.14	0.36	

### Annex Q.12: Resultaten golfperiode Tm02 gesorteerd naar oplopende windsnelheid

SWAN invoer			Gemeten Tm02			SWAN Tm02			Verschil (Meting-SWAN)		
Widir	U	WL	KEET	MRG	SCHK	KEET	MRG	SCHK	KEET	MRG	SCHK
[degN]	[m/s]	[NAP +m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
195	17	0.7	2.78	2.42	-	2.46	2.08	2.2	0.32	0.34	
200	12	1.3	2.36	2.32	2.78	2.32	2.01	2.16	0.04	0.31	0.62
200	17	1.7	3.14	2.68	-	2.65	2.3	2.48	0.49	0.38	
210	15	2	2.93	2.37	-	2.59	2.3	2.48	0.34	0.07	
220	21	0.7	3.32	2.46	-	2.82	2.3	2.41	0.5	0.16	
230	25	2.5	4.41	3.23	-	3.27	2.87	2.82	1.14	0.36	
235	15	1.8	3.21	2.88	-	2.71	2.39	2.35	0.5	0.49	
240	24	0	3.63	2.24	-	3.02	2.27	2.47	0.61	-0.03	
240	24	0.8	3.8	2.81	-	3.11	2.51	2.52	0.69	0.3	
250	16	1.4	3.7	2.43	-	2.84	2.45	2.24	0.86	-0.02	
250	21	1	3.95	2.68	-	3.09	2.56	2.38	0.86	0.12	
255	15	0.5	3.49	2.36	-	2.76	2.25	2.08	0.73	0.11	
270	17	2	3.33	3.11	2.77	3.06	2.73	2.19	0.27	0.38	0.58
280	18	0	3.99	2.74	2.55	3.02	2.39	1.84	0.97	0.35	0.71
290	23	1.1	4.25	3.06	-	3.36	2.75	2.1	0.89	0.31	



**ANNEX R INHOUD CD**

De structuur van de bijhorende cd-rom is als volgt:

- ontvangen\_Deltares\  
*Ontvangen data van Deltares*
  
- matlab\  
*Algemene matlabscripts*
  - Metingen\  
*Matlabscripts m.b.t. de meetdata*
  - Matfiles\  
*Opgeslagen matbestanden*
  - Alkyon\_eind\_versie\_23nov09\  
*Matlabscripts ontvangen van Alkyon, d.d. 23 november 2009*
  - Analyse\  
*Matlabscripts m.b.t. de Analyse resultaten*
  - SWAN\  
*Matlabscripts m.b.t. de SWAN berekeningen*
  
- Rundir\  
*SWAN berekeningen (in-en uitvoer). In deze directory staat meer data dan de in de rapportage behandelde parameters (zie paragraaf 4.10.2).*
  
- Asc\  
*Verschillende tekstbestanden gegenereerd door de matlabscripts*
  
- Doc\  
*WORD-documenten*
  
- HMCZ\  
*Golf-, waterstand- en winddata aangeleverd door HMCZ*
  
- Figuren\
  - Rapportage\  
*Figuren gebruikt in de rapportage*
  - Inzoom\  
*Extra figuren m.b.t. de stormselectie*