

RAPPORT

MONITORING “BROERSBANK”

Project	Vlaamse Baaien – Monitoring “Broersbank”
Dossiernr	214339
Title	Monitoring Broersbank – Resultaten Modellerling (periode Sep 2015 – Nov 2015)
Document nr.	Broersbank_214339_R11
Auteur	Hana Ortega Yamamoto – KU Leuven Homayoon Komijani – KU Leuven
Goedgekeurd	Jaak Monbaliu – KU Leuven
Date	13/10/2016 (draft) 30/10/2016 (final)

INHOUD

LIJST FIGUREN	3
LIJST TABELLEN	3
1. INLEIDING	4
1.1. OPZET VAN DE STUDIE	4
1.2. TE SIMULEREN PERIODE	6
2. STRUCTUUR VAN DE MODELLEN EN WEERHOUDEN SETTINGS	7
3. GOLFPARAMETERS, STATISTISCHE PARAMETERS EN KWALITEITSINDICATOREN.....	9
3.1. DEFINITIE GEBRUIKTE GOLFPARAMETERS	9
3.2. STATISTISCHE PARAMETERS VOOR DE VERGELIJKING VAN MODELRESULTATEN EN METINGEN	9
3.3. KWALITEITSINDICATOREN VOOR DE OPVOLGING VAN DE MODELRESULTATEN	10
3.3.1. <i>QI-indicator</i>	10
3.3.2. <i>S-Score</i>	10
4. RESULTATEN EN INDICATOREN	12
4.1. RESULTATEN	12
4.2. INDICATOR VOOR PERFORMANTIE GOLFMODELLERING.....	16
4.3. S-SCORE RESULTATEN EN TOEPASSING BIJ DE ANALYSE VAN STORMCONDITIES	17
5. DISCUSSIE EN AANBEVELINGEN	18
5.1. DISCUSSIE	18
5.2. AANBEVELINGEN VOOR VERDER ONDERZOEK	20
6. REFERENTIELIJST	21
ANNEX 1. SPECTRAL SCORE INDICATOR (S-SCORE).....	23
<i>S-score implementatie.</i>	23
ANNEX 2. GESELECTEERDE STORM CONDITIES (PERIODE SEPTEMBER-NOVEMBER 2015)	24
ANNEX 3. TIJDREEKSEN VAN DE VOLLEDIGE MAAND MODEL BELANGRIJKSTE GOLFPARAMETERS	27
ANNEX 4. S-SCORE EN STORM ANALYSE	43
<i>Storm 05-07 september 2015.</i>	43
<i>Storm 13-14 oktober 2015.</i>	53
<i>Storm 21-22 november 2015.</i>	61
ANNEX 5. TIJDSLIJN STATISTISCHE PARAMETERS	73
ANNEX 6. GEMETEN WIND EN MODELWIND.....	79
ANNEX 7. EMOD BATHYMETRIE TEST.....	82

Lijst Figuren

Figuur 1. Locatie van de vijf boeien (rode cirkels)..... 5

Figuur 2. Statistische parameterwaarden per maand voor model settings CM50, CW50 en CM52 op locatie BRB1GB. Simulatie voor de volledige maand, periode september-november 2015..... 12

Figuur 3. Significante golfhoogte Hm0 voor september 2015 met model settings CM50, CW50 en CM52 voor de 7 boeilocaties (zie ook op vorige pagina)..... 14

Figuur 4. Hm0 voor storm 05-07 september 2015 met model settings CM50, CW50 en CM52 voor de 7 boeilocaties. 15

Figuur 5. Modelresultaat Hmo, Tm02, piekgolfrichting en S-score voor storm 05-07 september 2015 voor model settings CM50, CW50 en CM52 voor de boei op locatie BRB5DB. De onderste figuur toont de golfhoogte Hm0 voor de verschillende boeien samen met de waterstanden in Nieuwpoort (gemeten en gemodelleerd). 17

Lijst Tabellen

Tabel 1. Benaming, locatie en diepte en van de boeien. Modellerings diepte..... 6

Tabel 2. Maand van onderhoud voor de verschillende boeien (periode december 2013- april 2016). Naam van de boei (A94 staat voor aKUST94) en opgemeten waterdiepte op de boei positie (aangeduid met de boeilocatienaam, zie Figuur 1). 6

Tabel 3. Overzicht van de geselecteerde settings voor simulatie volledige meetperiode..... 7

Tabel 4. Start- en einddatum voor de geselecteerde stormen periode september 2015- november 2015..... 8

Tabel 5. Hm0 indicator per 3 maanden van december 2013 tot en met november 2015. 16

Tabel 6. Tm02 indicator per 3 maanden van december 2013 tot en met november 2015. 16

Tabel 7. Hm0 scatter index per maand van september tot en met november 2015 op locatie BRB1GB en TRGGB1. 16

Tabel 8. Tm02 scatter index per maand van september tot en met november 2015 op locatie BRB1GB en TRGGB1. 16

Tabel 9. Hm0 scatter index per storm van september tot en met november 2015 op locatie BRB1GB en TRGGB1. 16

Tabel 10. Tm02 scatter index per storm van september tot en met november 2015 op locatie BRB1GB en TRGGB1. 16

1. INLEIDING

1.1. Opzet van de studie

Het ophogen van zandbanken is één van de belangrijke deelprojecten van het vlaggenschipproject Vlaamse Baaien en één van de belangrijke hoofdstukken van het Masterplan 2050. Op dit ogenblik is er echter een leemte in de kennis waardoor het niet mogelijk is te besluiten of het ophogen van zandbanken al dan niet een efficiënte maatregel is om de kustveiligheid te verhogen. Het is daarom noodzakelijk dat men bepaalt in welke mate ondiepe (al dan niet artificieel verhoogde) zandbanken voor de kust een dempend effect (kunnen) hebben op (super) stormgolven die de kust bereiken. Deze (super)stormgolven belasten de zeevering en hun grootte speelt dus een belangrijke rol bij de bepaling van de veiligheid van de Vlaamse kust.

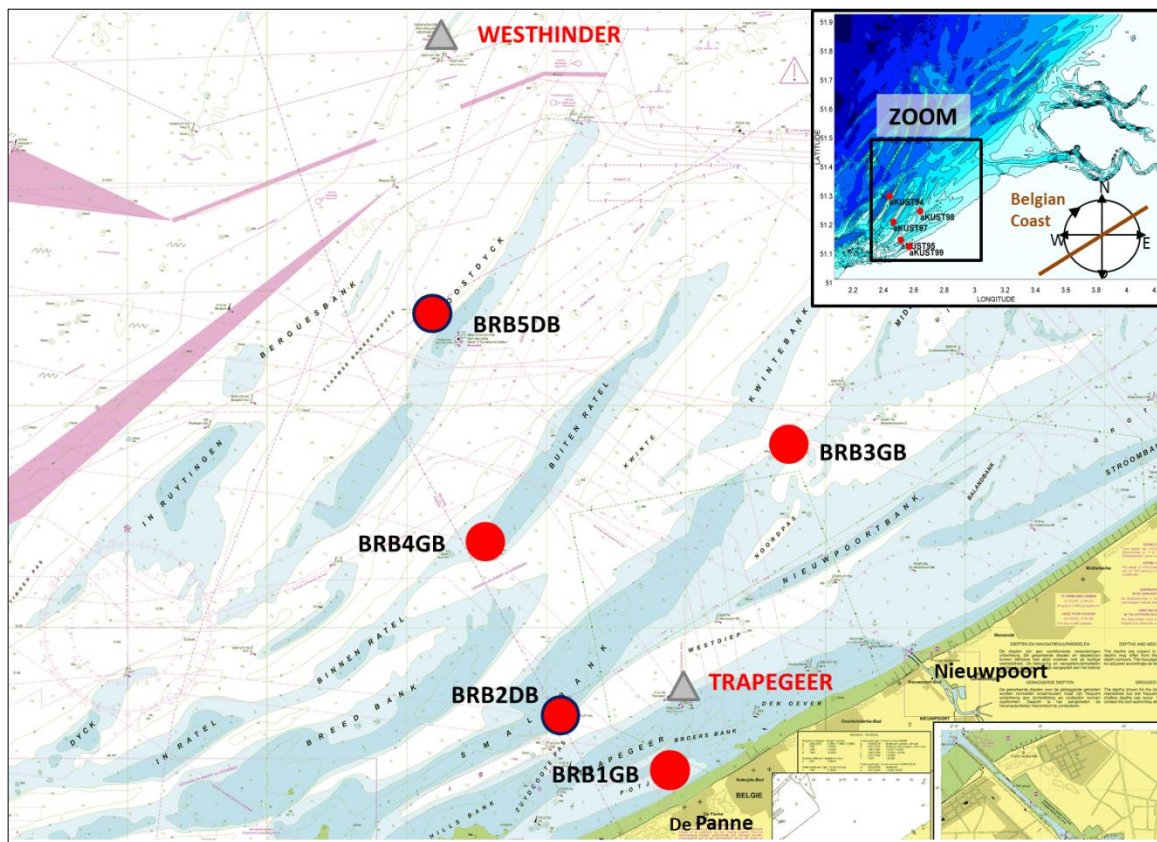
De doelstelling van het project 214339 “Vlaamse baaien – Monitoring Broersbank” is om de voortplanting, dissipatie en aangroei van golfenergie dat zich van offshore naar onze kust toe beweegt, te bestuderen enerzijds via metingen, anderzijds via numerieke modellering met behulp van spectrale golfmodellen. Dit project is een vervolgproject op project 212176 “Vlaamse baaien – Monitoring Broersbank”. De studie wordt uitgevoerd om het effect op de golfvoortplanting over ondiepe banken beter te begrijpen, waarbij bestaande golfmodellen kunnen getest worden en nieuwe, meer gedetailleerde golfmodellen kunnen ontwikkeld worden. De resultaten van dergelijke studies zijn dan ook zeer bruikbaar voor de optimalisatie van ontwerpen van maatregelen voor kustverdediging.

Wat betreft metingen zijn er eind november 2013 vijf golfboeien (2 directionele en 3 niet-directionele) uitgelegd. De boeien zijn zo gepositioneerd dat ze een goed beeld kunnen geven van het verloop van de voortplanting en de dissipatie van de energie over de verschillende zandbanken. Er werden reeds een aantal rapporten gemaakt met betrekking tot de performantie van de metingen en het data-acquisitie systeem (zie Rapporten van het voorgaande project 212176 (R01-R05, R07, R09 en R10) en in dit project 214339 (R01-R03 en R5-R09) in de REFERENTIELIJST. Dit rapport bevat de resultaten van de modellering voor de periode September-November 2015 (zie cf. rapport 212176-R06-20150515 waar de periode December 2013-Februari 2015 werd besproken).

Het basisidee blijft om met behulp van modellen de golfenergie in het volledige Belgische kustgebied te simuleren met bijzondere aandacht voor de zone van de Westkust waar de boeien zijn uitgelegd. Indien het modellerwerk en de metingen perfect zouden zijn, dan zouden de metingen en de resultaten van het model perfect moeten overeenkomen. Dit is natuurlijk niet het geval. We nemen aan dat de metingen ‘beter’ zijn dan het model en we proberen het model zo aan te passen dat de modelresultaten zo goed mogelijk de metingen benaderen door te sleutelen aan verschillende deelcomponenten van het model. Componenten van een model

zijn zowel de input die nodig is, zoals wind, bathymetrie, randvoorwaarden (golfcondities op de rand van het model), enz..., als de wiskundige formuleringen voor de fysische processen die plaatsvinden, zoals dieptegeïnduceerde breking en bodemwrijving. Noteer dat in de wiskundige formulering van een fysisch proces vaak ook nog parameters dienen gekalibreerd te worden (bijvoorbeeld de wrijvingsparameter zal afhangen van de bodemkarakteristieken).

De eerste stap in de modellering was het opzetten van een genest rekenmodel ("Nested Coupled System", verder in dit rapport wordt de afkorting NCS gebruikt). Dit werd in detail beschreven in de Rapport 212176-R06-20150515 (REFERENTIELIJST). Met deze opzet kunnen randvoorwaarden gecreëerd worden om een gedetailleerd model voor de Belgische kust aan te drijven. De 5 boeien die in het kader van dit project werden uitgelegd en twee boeien uit het meetnet Vlaamse banken (Westhinder en Trapegeer), leveren de data aan die nodig zijn om te vergelijken met de resultaten bekomen uit de modellen (zie Figuur 1 en Tabel 1). In Tabel 1 zijn naast de dieptes die opgemeten zijn bij het onderhoud van de boeien, ook de dieptes weergegeven die in het model op die locaties worden gebruikt. Die komen niet perfect overeen. Het is op dit moment niet duidelijk wat het effect daarvan is op de berekende golfparameters gezien gemeten en berekende golfhoogtes niet eenduidig gerelateerd zijn aan de lokale waterdiepte.



Figuur 1. Locatie van de vijf boeien (rode cirkels).

LOCATIE	Breedtegraad	Lengtegraad	Diepte (m LAT)	Modellering Diepte (m LAT)	Diepte Verschil (m)
WHI	51.3888	2.4483	25.9	21.9	4.0
BRB5DB	51.2847	2.4394	21.8	22.7	-0.9
BRB3GB	51.2323	2.6413	8.0	10.7	-2.7
BRB4GB	51.1950	2.4656	4.5	4.1	0.4
BRB2DB	51.1330	2.5145	14.4	10.8	3.6
BRB1GB	51.1100	2.5700	7.1	6.0	1.1
TRGB1	51.1375	2.5830	3.4	4.0	-0.6

Tabel 1. Benaming, locatie en diepte en van de boeien. Modellering diepte.

1.2. Te simuleren periode

Dit rapport geeft een samenvatting van de simulaties voor de volledige periode september-november 2015 van de meetcampagne met bijzondere aandacht voor de evenementen met hoge energie (stormen) uit noordelijke richting. Voor die periode beschikken we over alle metingen afkomstig van de geheugenkaarten uit de golfboeien (zie Tabel 2). Die werden immers uitgelezen in de periode september-november 2015 bij het derde grote onderhoud van de boeien. Uit de berekeningen worden per maand of per storm een aantal statistische parameters (sectie 0) afgeleid die tot op zekere hoogte een oordeel geven over hoe goed de modellen in staat zijn de gemeten situaties ook te modelleren.

		2013	2014										2015										2016										
		N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A		
BRB5DB	boei	A94				A95						A95 *	A94									A93											x
	diepte (m LAT)	24,5				21,0						21,8	21,8									21,8											
BRB3GB	boei	A98				A96						A96										A96										x	
	diepte (m LAT)	8,0				8,0						8,1										8,1											
BRB4GB	boei	A97				A98						A99										A98										A97	x
	diepte (m LAT)	4,5				4,5						4,5										4,5									3,6		
BRB2DB	boei	A95				A93						A93										A95				A94							x
	diepte (m LAT)	14,4				14,4						14,4										\				14,4							
BRB1GB	boei	A99				A97						A98										A97				A99							x
	diepte (m LAT)	7,2				7,2						7,1										\				7,1							

* Boei op drift en daaropvolgend vervangen in de maand oktober; X : ophalen.

Tabel 2. Maand van onderhoud voor de verschillende boeien (periode december 2013- april 2016). Naam van de boei (A94 staat voor aKUST94) en opgemeten waterdiepte op de boeioppositie (aangeduid met de boeilocatiennaam, zie Figuur

1).

2. STRUCTUUR VAN DE MODELLEN EN WEERHOUDEN SETTINGS

Voor gedetailleerde informatie met betrekking tot de structuur van het model wordt verwezen naar Sectie 2 van voorgaand rapport 212176-R06-20150515 (zie REFERENTIELIJST). In dit rapport wordt ook het eerdere onderzoek ter bepaling van de modelsettings uiteengezet. Uiteindelijk werden volgende inputs en settings weerhouden voor verdere modellering:

1. Windvelden: ERA-Interim* correction factor (1.06).
2. Waterstanden en stromingen (U,V): afkomstig van het gekoppeld COHERENS model (NCS)
3. Bathymetrische data: 'WL 14_KZ-emodnet' (zie sectie 2.1.3 in rapport 214341_R03 in REFERENTIELIJST en ANNEX 7. EMOD BATHYMETRIE TEST)
4. Golfmodellering: kuststrookmodel
5. Tijdstap golfmodel: 10 minutes
6. Golfrandvoorwaarden:
 - Berekende golfspectra (WAM-model) opgelegd op de rand van het kuststrookmodel: → **CW50**
 - Gemeten golfspectra op locatie WHI opgelegd op west-, noord-, en oostrand van het kuststrookmodel: → **CM50**
7. Bodemwrijving:
 - Standaard bodemwrijving (=CM50)
 - Halvering van de bodemwrijvingscoëfficiënt → **CM52**

Samengevat worden dus volgende settings weerhouden voor de simulatie van de volledige meetperiode:

Run Code	Main settings
CM50	Bathymetrie 'WL 14_KZ-emodnet' Default bodemwrijving Jonswap = 0.067
CW50	Bathymetrie 'WL 14_KZ-emodnet' Default bodemwrijving Jonswap = 0.067
CM52	Bathymetrie 'WL 14_KZ-emodnet' CM50 maar met wrijvingsconstante bodemwrijving Jonswap = 0.0335

Tabel 3. Overzicht van de geselecteerde settings voor simulatie volledige meetperiode.

De modelsimulaties samengevat in dit rapport zijn gedaan voor de periode september 2015 tot en met november 2015, en de statistische parameters zijn samengevat per maand voor de berekening van de volledige maand.

Daarbovenop werden drie stormcondities in meer detail bekeken. De stormen zijn geselecteerd op basis van relatief hoge significante golfhoogtes en komende uit richtingen noordwest en noord, zie sectie 4.3.4 van rapport 212176-R06-20150515. In ANNEX 2. GESELECTEERDE STORM CONDITIES (periode september-november 2015) kunnen de gedetailleerde criteria teruggevonden worden om tot de stormen te komen in onderstaande Tabel 4:

Storm ID	Startdatum	Einddatum	Maand
15	05 sep 2015 12:00	07 sep 2015 00:00	sep 2015
16	13 okt 2015 00:00	15 okt 2015 00:00	okt 2015
17	21 nov 2015 00:00	22 nov 2015 12:00	nov 2015

Tabel 4. Start- en einddatum voor de geselecteerde stormen periode september 2015- november 2015.

3. GOLFPARAMETERS, STATISTISCHE PARAMETERS EN KWALITEITSINDICATOREN

3.1. Definitie gebruikte golfparameters

De golfparameters gebruikt in deze studie worden afgeleid uit het spectrum. Om onderstaande definities te begrijpen wordt eerst het begrip moment m_x van een energiespectrum gedefinieerd.

$$m_x = \int f^x E(f) df \quad ; [m]$$

$E(f)$ is daarbij de energie-inhoud van het spectrum (in m^2s) bij een bepaalde frequentie f .

Met deze definitie kunnen dan gemakkelijk andere parameters gedefinieerd worden.

Hm_0 : significante golfhoogte (H_s) gebaseerd op het nulmoment (m_0) van het energiespectrum.

$$Hm_0 = 4\sqrt{m_0} \quad ; [m]$$

T_m is een gemiddelde periode gebaseerd op m_{-1} . Het is een vrij robuuste parameter voor de golfperiode omdat lagere frequenties zwaarder doorwegen.

$$T_m = \frac{m_{-1}}{m_0} \quad ; [s]$$

T_{m_1} is een gemiddelde periode gebaseerd op m_1 .

$$T_{m_1} = \frac{m_0}{m_1} \quad ; [s]$$

T_{m_2} is een gemiddelde periode gebaseerd op m_2 . Deze periode wordt veel gebruikt omdat deze periode vrij goed overeenkomt met de zogenaamde 'zero upcrossing period', een periode die verkregen wordt bij tijdsanalyse van golfboesignalen.

$$T_{m_2} = \sqrt{\frac{m_0}{m_2}} \quad ; [s]$$

3.2. Statistische parameters voor de vergelijking van modelresultaten en metingen

De volgende veel gebruikte statistische parameters werden weerhouden om modelresultaten en meetgegevens te vergelijken.

$$RMSE = \left\{ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - y_i)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad ; \text{Root mean square error.}$$

$$BIAS = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - x_i) \quad ; \text{Bias.}$$

$$SI = \frac{RMSE}{|\bar{x}|} \quad ; \text{Scatter index.}$$

$$CO = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{x_i - \bar{x}}{S_x} \right) \left(\frac{y_i - \bar{y}}{S_y} \right) \quad ; \text{Correlatiecoëfficiënt.}$$

; S_x en S_y zijn de standaardafwijkingen.

Hierbij wordt met 'x' verwezen naar de boeidata en met 'y' naar de resultaten uit het model. Voor de BIAS parameter betekent dit dat een negatieve waarde wijst op een onderschatting en een positieve waarde tot een overschatting door het model t.o.v. de metingen.

Deze statistische parameters helpen ons om enerzijds het model te kalibreren (keuze model settings), anderzijds het model te valideren (opvolgen van de modelresultaten voor periodes niet betrokken in de validatie).

3.3. Kwaliteitsindicatoren voor de opvolging van de modelresultaten

3.3.1. QI-indicator

Een set van 'eenvoudige' indicators vastleggen om de kwaliteit van de resultaten van modellen te beoordelen is altijd een moeilijke evenwichtsoefening. Dergelijke set moet klein zijn om overzichtelijk te blijven enerzijds, maar moet toch nog voldoende omvattend zijn om een oordeel te kunnen vellen anderzijds. In overleg met de opdrachtgever werd in de vorige studie (project 212176 "Vlaamse baaien – Monitoring Broersbank") vastgelegd om met de onderstaande kwaliteitsindicatoren te werken:

- 3-maand gemiddelde SI van de Hsig op de locaties BRB1GB en TRGGB1.

- 3 maand gemiddelde SI van de periode Tm02 van de locaties BRB1GB en TRGGB1.

$$QI_{3maanden} = \frac{SI_{all\ cond_BRB1GB} + SI_{all\ cond_TRGGB1}}{2} \quad ; \text{gemiddelde SI volledige maand.}$$

$$QI_{stormen} = \frac{(SI_{storm\ cond_BRB1GB} + SI_{storm\ cond_TRGGB1})}{2} \quad ; \text{gemiddelde SI voor storm condities.}$$

3.3.2. S-Score

Tot op heden werden de modelvoorspellingen dus beoordeeld aan de hand van indicators die de overeenkomst tussen de gemeten en gemodelleerde golfparameters, bv. H_{m0} en T_{m02} , weergeven. Alhoewel de overeenkomst

tussen de geobserveerde en voorspelde golfparameters goed kan zijn, wijken de gemeten en voorspelde golfspectra in sommige gevallen significant af. In deze omstandigheden zijn eenvoudige golfparameters alleen niet voldoende om de reeks golfcondities die kunnen voorkomen op een bepaalde plaats, te beschrijven (Dabbi *et al.*, 2015). Daarom werd een parameter ontwikkeld om de vorm van het gegenereerde frequentiespectrum te beoordelen; de Spectral Score Indicator of S-score. Deze parameter heeft als doel te meten hoe goed de vorm van het golfspectrum gereproduceerd wordt door de modellering. Zowel het gemodelleerde spectrum als het geobserveerde spectrum worden genormaliseerd, zodat de oppervlakte onder beide spectra 1 wordt. Daarnaast wordt hun frequentie-inhoud in n frequentiebanden onderverdeeld. Deze onderverdeling is identiek voor beide spectra. De S-score wordt dan gedefinieerd als:

$$S_{score} = \sum_1^n \min(S_{MODEL}^{normalized}, S_{OBSERVATION}^{normalized}) \Delta f_n$$

Δf_n is de breedte van het frequentie-interval voor de n-de frequentie in het energiespectrum.

De waarde van de S-score ligt tussen 0 en 1. Bij een perfecte overeenkomst krijgt men een waarde 1. De berekening van deze indicator wordt in detail besproken in ANNEX 1. SPECTRAL SCORE INDICATOR (S-score) en R04_20160718 in REFERENTIELIJST.

4. RESULTATEN EN INDICATOREN

4.1. Resultaten

Zoals hierboven vermeld, werd de periode van september 2015 tot en met november 2015 (3 maanden) gemodelleerd voor 'alle condities' en voor 'storm condities'.

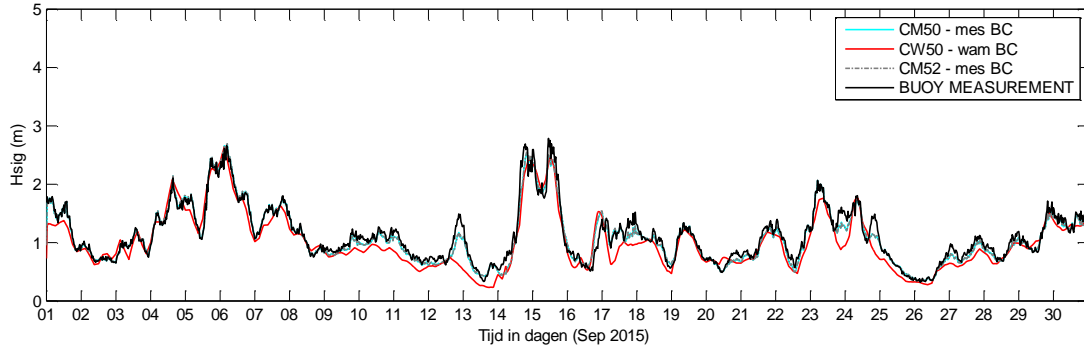
De verkregen golfhoogte Hm0, periode Tm02 en piekgolfrichting (alleen voor de directionele boeien) worden systematisch geplot voor 'alle condities' en 'storm condities' voor de 7 boeilocaties (WHI, Trapegeer en de 5 boeien die speciaal voor deze campagne zijn uitgelegd). Zie voorbeeldplots voor Hm0 voor de volledige maand september 2015 in Figuur 3 en voor de geselecteerde storm in die maand in Figuur 4. In elke figuur worden de 4 statistische parameters (RMSE, BIAS, SI en CO) getoond. Alle andere tijdreeksen voor 'alle condities' zijn terug te vinden in ANNEX 3. TIJDREEKSEN VAN DE VOLLEDIGE MAAND MODEL BELANGRIJKSTE GOLFPARAMETERS.

Om toch op een iets meer overzichtelijke manier al deze statistische parameters te kunnen overzien (3 settings voor het model x 2 parameters Hm0 en Tm02 x 4 statistische parameters RMSE, BIAS, SI en CO x 7 locaties x aantal gesimuleerde maanden en het aantal geselecteerde stormen), worden de statistische parameters weergegeven zoals in Figuur 2 (links) en worden een aantal figuren gemaakt die de variatie van deze parameters weergeven in de tijd, zoals het geval is in Figuur 2 (rechts). Alle andere tabellen en figuren voor de periode september 2015 tot en met november 2015 zijn terug te vinden in ANNEX 5. TIJDSLIJN STATISTISCHE PARAMETERS.

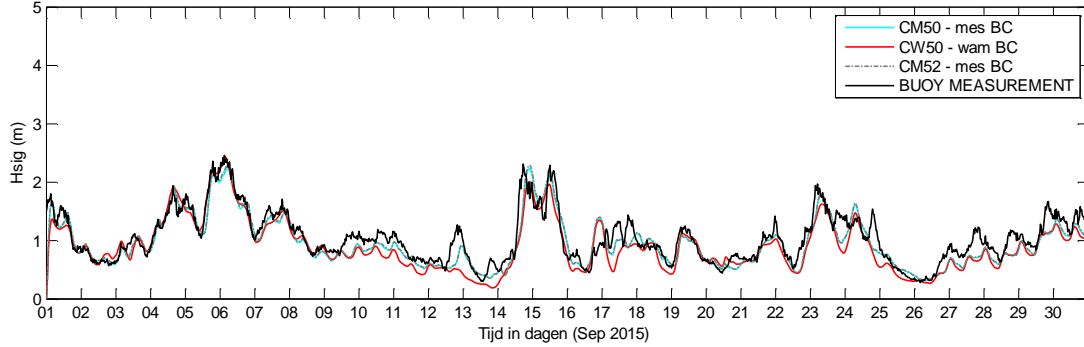
Hm0	BRB1GB	Sep 2015	Okt 2015	Nov 2015
RMSE	CM50	0.18	0.15	0.25
	CW50	0.17	0.12	0.23
	CM52	0.21	0.18	0.32
BIAS	CM50	0.02	0.04	0.15
	CW50	-0.01	-0.01	0.12
	CM52	0.10	0.09	0.24
SI	CM50	0.31	0.35	0.33
	CW50	0.30	0.28	0.30
	CM52	0.37	0.42	0.41
CO	CM50	0.82	0.85	0.92
	CW50	0.83	0.90	0.93
	CM52	0.81	0.86	0.92

Figuur 2. Statistische parameterwaarden per maand voor model settings CM50, CW50 en CM52 op locatie BRB1GB. Simulatie voor de volledige maand, periode september-november 2015.

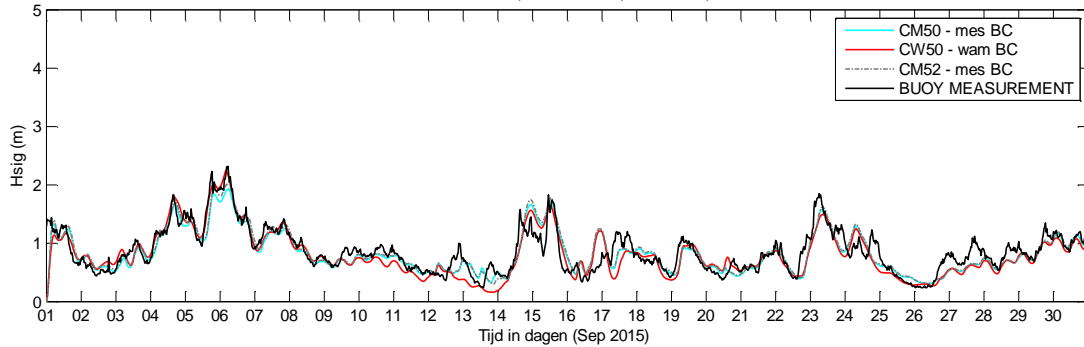
WHIDW1: Hsig for September-2015
 Case CM50 -> RMSE: 0.10; BIAS: -0.03; SI: 0.09; CO: 0.98
 Case CW50 -> RMSE: 0.21; BIAS: -0.12; SI: 0.19; CO: 0.93
 Case CM52 -> RMSE: 0.10; BIAS: -0.03; SI: 0.08; CO: 0.98



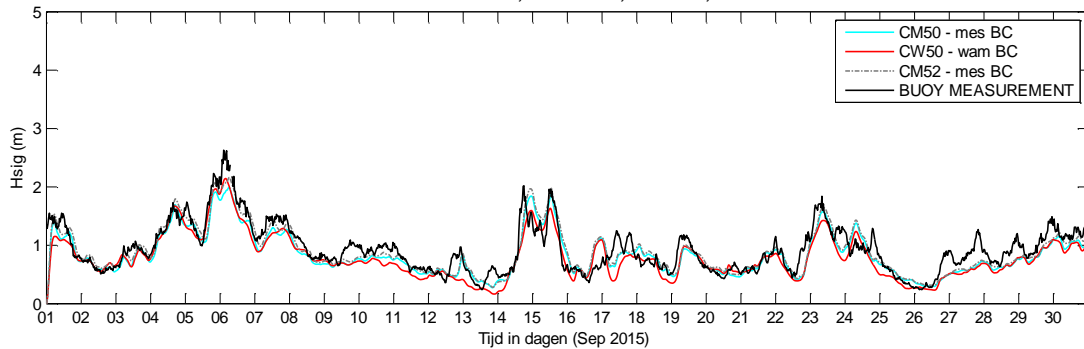
BRB5DB: Hsig for September-2015
 Case CM50 -> RMSE: 0.20; BIAS: -0.09; SI: 0.19; CO: 0.91
 Case CW50 -> RMSE: 0.25; BIAS: -0.14; SI: 0.24; CO: 0.89
 Case CM52 -> RMSE: 0.20; BIAS: -0.08; SI: 0.19; CO: 0.90

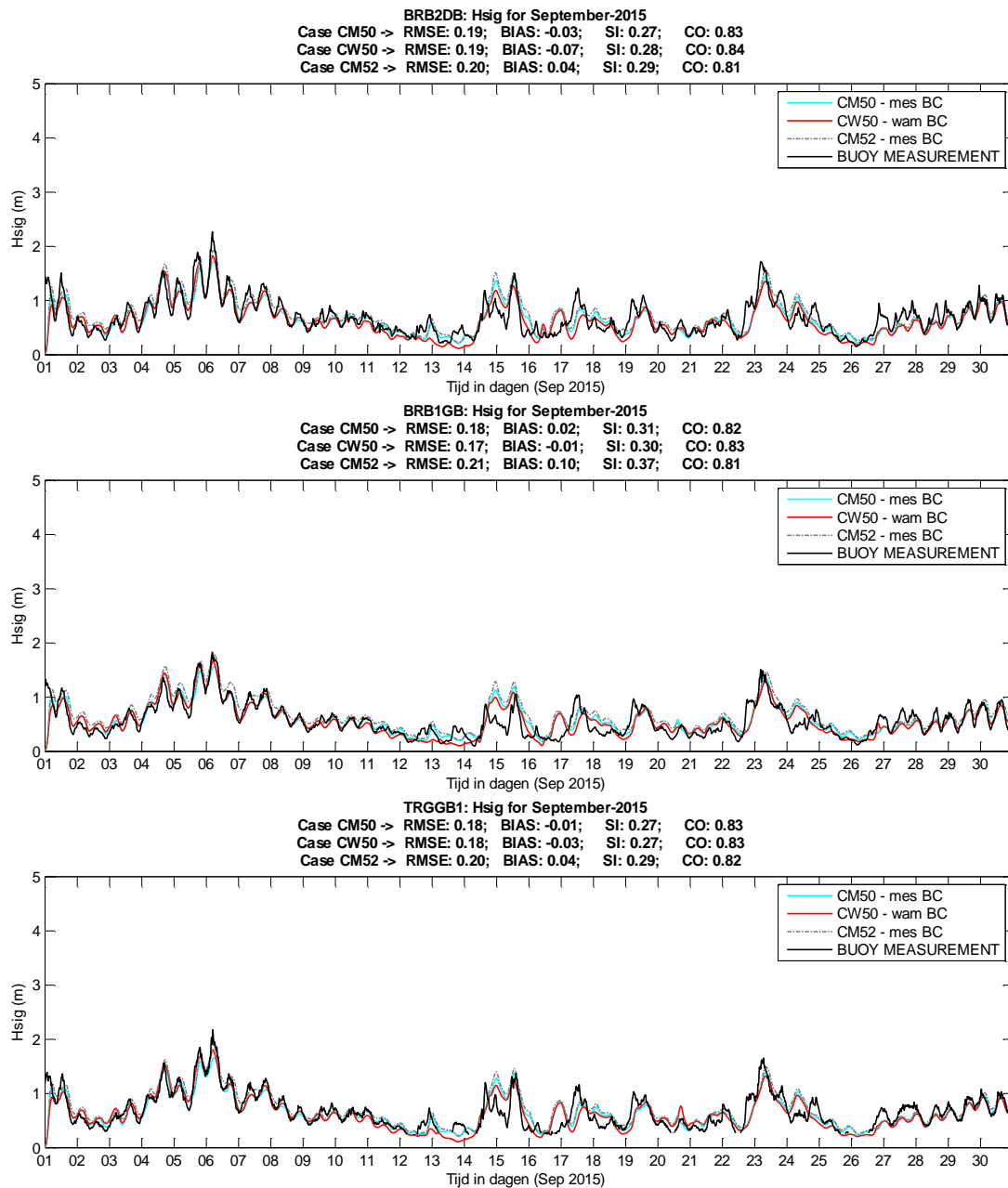


BRB3GB: Hsig for September-2015
 Case CM50 -> RMSE: 0.19; BIAS: -0.04; SI: 0.22; CO: 0.86
 Case CW50 -> RMSE: 0.20; BIAS: -0.06; SI: 0.23; CO: 0.87
 Case CM52 -> RMSE: 0.19; BIAS: -0.01; SI: 0.22; CO: 0.86

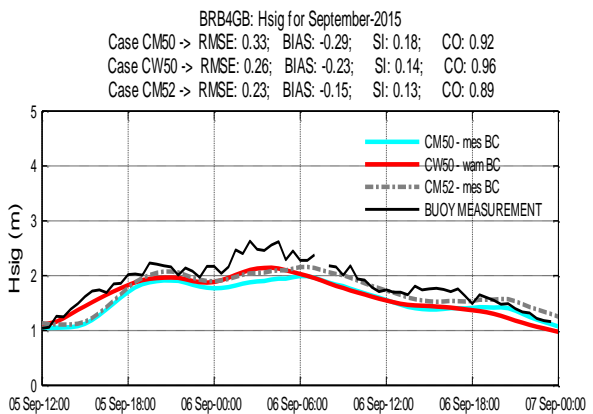
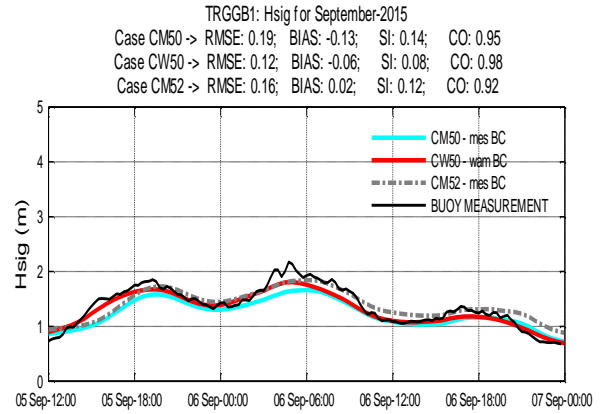
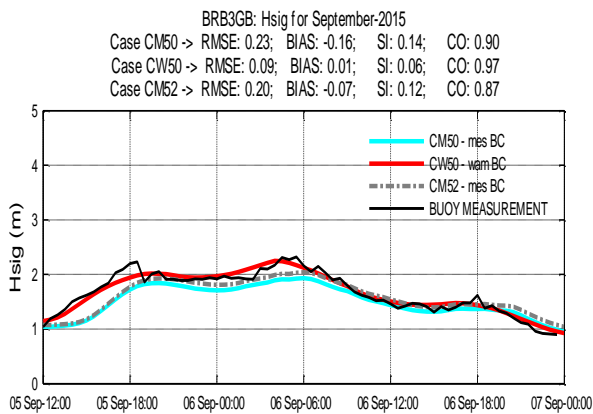
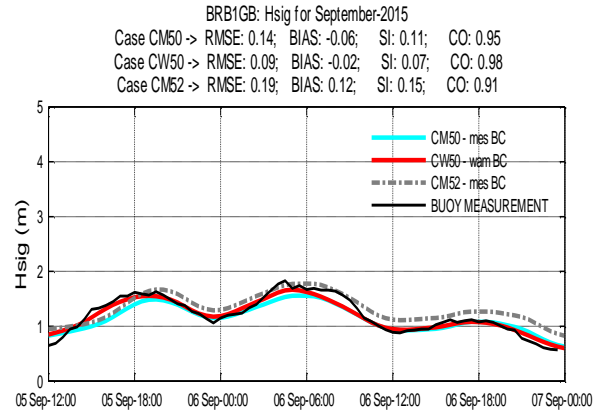
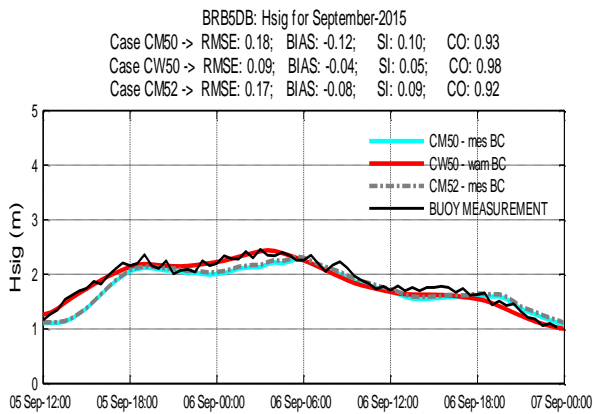
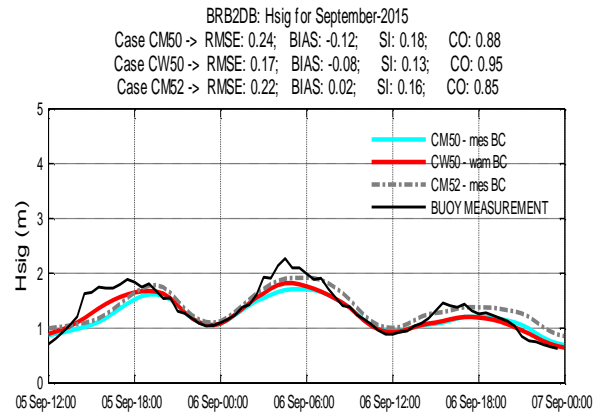
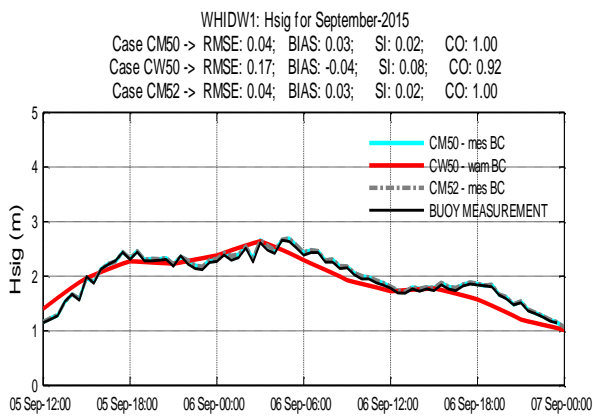


BRB4GB: Hsig for September-2015
 Case CM50 -> RMSE: 0.22; BIAS: -0.10; SI: 0.23; CO: 0.88
 Case CW50 -> RMSE: 0.24; BIAS: -0.14; SI: 0.25; CO: 0.89
 Case CM52 -> RMSE: 0.20; BIAS: -0.04; SI: 0.22; CO: 0.88





Figuur 3. Significante golfhoogte Hm0 voor september 2015 met model settings CM50, CW50 en CM52 voor de 7 boeilocaties (zie ook op vorige pagina)



Figuur 4. Hm0 voor storm 05-07 september 2015 met model settings CM50, CW50 en CM52 voor de 7 boeilocaties.

4.2. Indicator voor performantie golfmodellering

Als indicator voor de performantie van het model werd gekozen voor een driemaandelijke gemiddelde Scatter Index voor elk van de drie weerhouden model settings. en dit voor zowel H_{m0} als T_{m02} . Uit de waarden voor de aldus verkregen indicator, wordt de kleinste waarde weerhouden (dus het resultaat van de modelsetting met het beste resultaat) en deze waarde wordt aangeduid met 'QI_3maand' wanneer ze berekend wordt aan de hand van de waarden voor de volledige maand, en met 'QI_storm' indien ze berekend wordt uit de waarden die afkomstig zijn uit stormcondities (zie Tabel 5 voor H_{m0} indicator en Tabel 6 voor T_{m02}). De formules voor deze parameters zijn terug te vinden in sectie 3.3. Om de behaalde resultaten overzichtelijk te houden worden deze indicatoren enkel berekend voor de locaties die het dichtst bij de kust liggen met name boeilocatie Trapegeer (TRGGB1) en boeilocatie 1 (BRB1GB). Een goede modellering voor deze locaties is belangrijk om de impact van de golfenergie op de kustlijn te kennen. Deze indicatoren zijn gebaseerd op maandelijkse of stormwaarden voor de Scatter Indices voor de boeien op locatie TRGGB1 en BRB1GB (terug te vinden in Tabel 7-Tabel 10 voor bijvoorbeeld de gesimuleerde significante golfhoogtes, H_{m0} , en gemiddelde periode, T_{m02}).

Hm0	Dec 2013-Feb 2014	Mar-Mei 2014	Jun-Aug 2014	Sep-Nov 2014	Dec2014-Feb2015	Mar-Mei 2015	Jun-Aug 2015	Sep-Nov 2015
QI_3maand	0.48	0.29	0.26	0.40	0.29	0.28	0.30	0.27
QI_stormen	0.23	0.16	0.16	0.21	0.26	0.16	0.23	0.19

Tabel 5. H_{m0} indicator per 3 maanden van december 2013 tot en met november 2015.

Tm02	Dec 2013-Feb 2014	Mar-Mei 2014	Jun-Aug 2014	Sep-Nov 2014	Dec2014-Feb2015	Mar-Mei 2015	Jun-Aug 2015	Sep-Nov 2015
QI_3maand	0.13	0.12	0.12	0.13	0.10	0.11	0.12	0.10
QI_stormen	0.10	0.10	0.11	0.09	0.12	0.10	0.09	0.06

Tabel 6. T_{m02} indicator per 3 maanden van december 2013 tot en met november 2015.

Hm0	BRB1GB	Sep2015	Okt2015	Nov2015
σ	CM50	0.31	0.35	0.33
	CW50	0.30	0.28	0.30
	CM52	0.37	0.42	0.41

Hm0	TRGGB1	Sep2015	Okt2015	Nov2015
σ	CM50	0.27	0.27	0.23
	CW50	0.27	0.26	0.23
	CM52	0.29	0.29	0.25

Tabel 7. H_{m0} scatter index per maand van september tot en met november 2015 op locatie BRB1GB en TRGGB1.

Tm02	BRB1GB	Sep2015	Okt2015	Nov2015
σ	CM50	0.11	0.16	0.09
	CW50	0.11	0.13	0.08
	CM52	0.15	0.19	0.12

Tm02	TRGGB1	Sep2015	Okt2015	Nov2015
σ	CM50	0.09	0.15	0.07
	CW50	0.10	0.10	0.08
	CM52	0.10	0.13	0.07

Tabel 8. T_{m02} scatter index per maand van september tot en met november 2015 op locatie BRB1GB en TRGGB1.

Hm0	BRB1GB	Sep2015	Okt2015	Nov2015
σ	CM50	0.16	0.33	0.10
	CW50	0.11	0.36	0.11
	CM52	0.20	0.34	0.09

Hm0	TRGGB1	Sep2015	Okt2015	Nov2015
σ	CM50	0.17	0.31	0.15
	CW50	0.10	0.35	0.14
	CM52	0.16	0.30	0.10

Tabel 9. H_{m0} scatter index per storm van september tot en met november 2015 op locatie BRB1GB en TRGGB1.

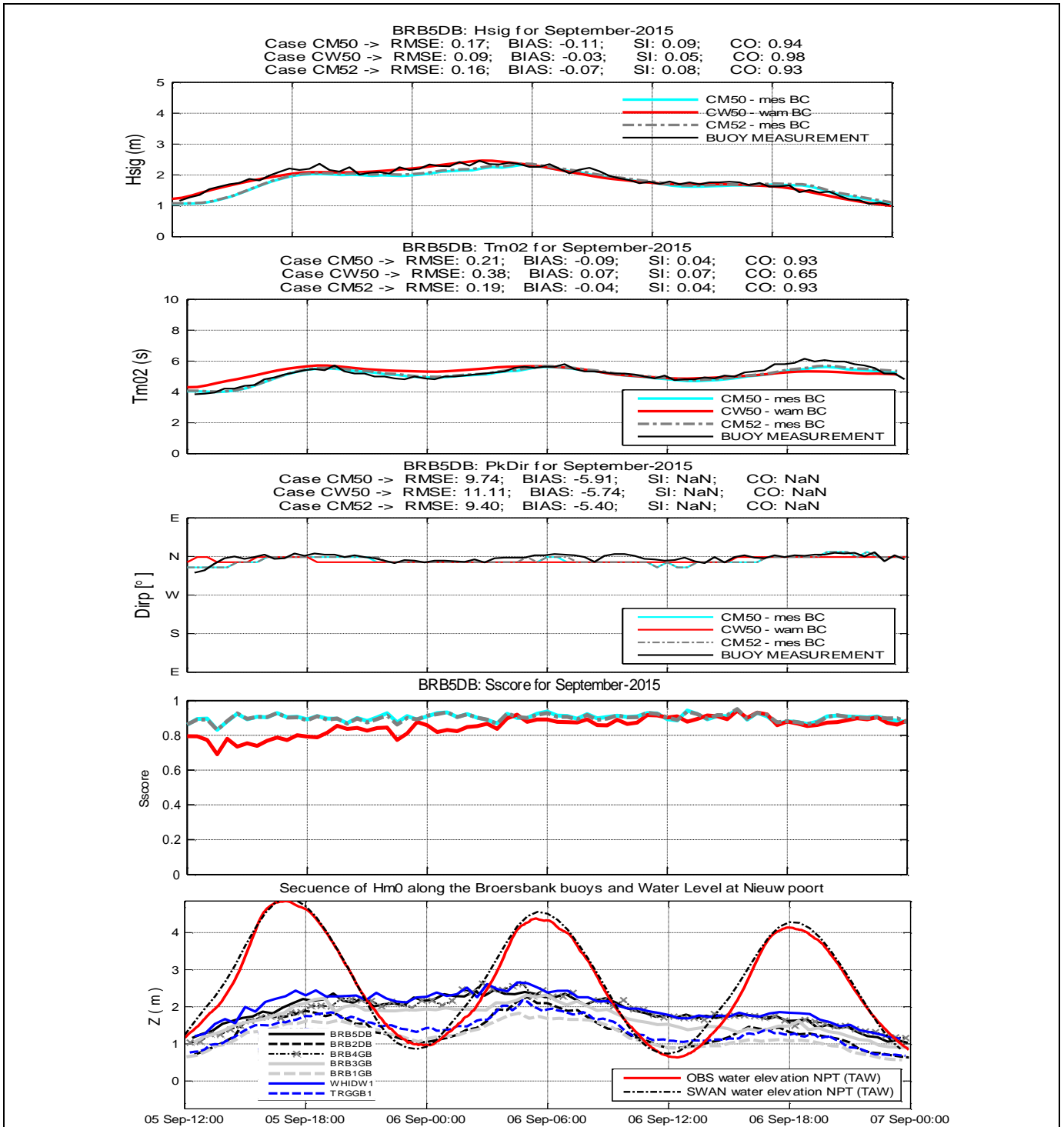
Tm02	BRB1GB	Sep2015	Okt2015	Nov2015
σ	CM50	0.08	0.09	0.04
	CW50	0.08	0.07	0.03
	CM52	0.08	0.09	0.06

Tm02	TRGGB1	Sep2015	Okt2015	Nov2015
σ	CM50	0.09	0.10	0.06
	CW50	0.08	0.09	0.06
	CM52	0.06	0.07	0.05

Tabel 10. T_{m02} scatter index per storm van september tot en met november 2015 op locatie BRB1GB en TRGGB1.

4.3. S-score resultaten en toepassing bij de analyse van stormcondities

De S-score werd berekend voor de stormen tijdens de beschouwde periode (zie ANNEX 1. SPECTRAL SCORE INDICATOR (S-score)). Het is in het bijzonder interessant om deze resultaten in parallel te bekijken met Hm0, Tm02 en Dirp. Als voorbeeld wordt dit voor boei BRB5DB getoond in Figuur 5. Voor de andere locaties is deze vergelijking terug te vinden in ANNEX 4. S-SCORE EN STORM ANALYSE.



Figuur 5. Modelresultaat Hm0, Tm02, piekgolfrichting en S-score voor storm 05-07 september 2015 voor model settings CM50, CW50 en CM52 voor de boei op locatie BRB5DB. De onderste figuur toont de golfhoogte Hm0 voor de verschillende boeien samen met de waterstanden in Nieuwpoort (gemeten en gemodelleerd).

5. Discussie en aanbevelingen

5.1. Discussie

Onderstaande conclusies zijn gebaseerd op de resultaten van de modellering voor de periode september-november 2015 en de 3 geselecteerde stormen. De modelleringsofzet blijft hetzelfde als in voorgaande modellering (zie sectie 2 en rapport 212176-R06-20150515). Alhoewel de kwaliteitsindicatoren voor de 3 modelsettings een gelijkaardig gedrag vertonen als voor de modellering van de voorgaande maanden (zie indicatoren in Tabel 5 en Tabel 6), kunnen toch enkele specifieke observaties gedaan worden met betrekking tot de modellering voor de periode september-november:

- De 3-maand gemiddelde indicator is gelijkaardig tot zelfs iets beter dan voor de voorgaande periodes, zie indicator voor de golfhoogte H_{m0} in Tabel 5 en indicator voor de gemiddelde golfperiode T_{m02} in Tabel 6).
- De statistische parameters voor de 3 simulaties met de drie weerhouden parameter settings, zijn niet erg verschillend maar toch kan men bepaalde patronen herkennen. Op boeilocaties Westhinder (op de rand van het modelgebied) en BRB5DB (nog altijd vrij dicht bij de rand van het modelgebied) geven de simulaties die aangedreven worden door gemeten golfspectra (CM50 en CM52) zoals te verwachten betere resultaten dan de simulatie die aangedreven wordt met model gegenereerde golfspectra (CW50) (ook te zien in de plots op Figuur 7.1 tot Figuur 7.7 en in bijvoorbeeld de bias waarde, zie Figuur 5.8).
- We stellen terug vast dat op locatie Westhinder de met WAM gemodelleerde golfparameters (H_{m0} , T_{m02} en de golfrichting) maar ook de spectra die gebruikt worden als randvoorwaarde voor de CW50 simulatie vrij goed zijn.
- Net als voor de simulaties voor de voorgaande periodes stellen we voor deze periode van 3 maanden vast dat voor de simulatie CM52 (gemeten golfspectrum als randvoorwaarde maar met lagere bodemwrijvingswaarde) de statistische parameters op de verschillende boeilocaties (Figuur 5.8 tot Figuur 5.14). niet beter zijn dan de simulaties met de default waarde voor de wrijvingsparameter.
- De maand November 2015 is een periode met hoge golfactiviteit voor onze Belgische kust (zie rapport 214339_R08_20160530). In termen van golfenergie was dit de tot nu toe de meest energetische maand uit de volledige Broersbank monitoring campagne met de zwaarste storm golfcondities geregistreerd. Maar ook de andere dagen waren vrij energiek. De golfrichting was evenwel vooral uit zuidwestelijke richting (meer dan 65% van de tijd). De ervaring leert dat de modelresultaten voor zuidwestelijke windcondities over het algemeen iets minder goed zijn. Dit is bijvoorbeeld zichtbaar op boeilocatie Westhinder rond 10 en 15 november (Figuur 7.7). De modelresultaten voor de boeilocaties dicht bij de kust zijn in de maand november globaal gezien echter wel iets beter dan in de twee voorgaande maanden september en oktober (zie Tabel 7 en Tabel 8).

- Golfhoogtes op locatie BRB4GB worden voor deze periode zowat continu onderschat (zie Figuur 5.11 in ANNEX 5. TIJDSLIIJN STATISTISCHE PARAMETERS) en de afwijking is ook aanzienlijk groter dan op de andere boeilocaties (grotere negatieve BIAS) en dit voor elk van de model settings. Dit is zelfs meer uitgesproken voor stormcondities (zie verder). Alhoewel deze locatie op de Buitenratel nog vrij ver van de kust ligt, heeft het feit dat de gemeten lokale diepte er slechts 4.5m t.o.v. LAT is en de diepte in het model zelfs iets kleiner is (4.1m t.o.v. LAT) wel degelijk een invloed op het bekomen resultaat. De relatief kleine verschillen tussen de werkelijke bathymetrie en de bathymetrie die gebruikt is in het model, leiden toch nog tot vrij grote verschillen in het modelresultaat. Het is niet direct duidelijk waarom dit zo is.
- De simulatie van de piekgolfrichting volgt redelijk goed de gemeten patronen (Figuur 7.3, Figuur 7.6 en Figuur 7.9 in ANNEX 3. TIJDREEKSEN VAN DE VOLLEDIGE MAAND MODEL BELANGRIJKSTE GOLFPARAMETERS). Het is verder ook interessant om de piekgolfrichtingen verkregen door BRB2DB te bekijken wanneer noordelijke windcondities voor enige tijd aanhouden (zie Figuur 7.3 op 10-12 en 28-30 september en Figuur 7.6 voor de periode 11-18 oktober). De boei vertoont een oscillatie van de piekgolfrichting die wellicht het gevolg is van de verandering in refractie door getijdenwerking. Alhoewel de modelsimulaties (alle settings) ook oscillaties vertonen, slaagt geen van hen erin om deze oscillaties in piekgolfrichting correct te simuleren.

Als we kijken naar de stormperiode (komende uit noord-noordwestelijke richting) en ook de S-score meenemen als bijkomende evaluatieparameter, komen we tot volgende bevindingen:

- Over het algemeen gesproken, zijn de kwaliteitsindicatoren voor storm vrij goed voor deze drie maanden september-november 2015, zie Tabel 5 en Tabel 6. De geselecteerde storm in november behaalde de beste waarden voor de statistische parameter (Hm0 in Tabel 9 en Tm02 in Tabel 10).
- Voor de uitgekozen periode in september zien we in de locaties dicht bij de kust (BRB2DB, BRB1GB en TRG) een overgang van een vrij lage Sscore (net boven de 0.7) op 5 september rond 15:00 uur naar een veel betere S-score (rond de 0.9) op 6 september rond 5:00 uur. Dit heeft wellicht te maken met de lage temporale resolutie van het windveld waarbij er een vertraging is tussen de toenemende windsnelheid in situ en de in het model gebruikte windsnelheid. De piek van de storm werd hier vrij goed gesimuleerd, zie Figuur 4.10.
- De storm van 21-22 november bevat de hoogste golfhoogtes tot nu toe gemeten in de Broersbank campagne. Voor de boeien dichtst bij de rand van het modelgebied (WHIDW1 en BRB5DB) kan men een daling van de Sscore zien voor simulatie CW50 (op 21 november rond 11:00 uur, opgelichte band in Figuur 4.19, Figuur 4.20 en Figuur 4.21). Dit is ook terug te vinden in de plots van het frequentiespectrum (Figuur 4.27) op dit tijdstip. Het aangeleverde spectrum door het WAM Noordzeemodel was daar niet heel goed. De verklaring zit terug in de beperkte temporele resolutie van

de windvelden (nieuw windveld om de 6 uur). De golfrichting in het door WAM gesimuleerde golfspectrum verandert vroeger (rond 9:00 uur, zie Figuur 4.20 en Figuur 4.21 dan in het gemeten spectrum. Dit is uitgerekend net het moment dat er een nieuw windveld wordt opgelegd in het WAM-model.

- De Sscore geeft hier ook een waarschuwing voor outliers in de meetgegevens. In Figuur 4.22 zijn er voor de boeimeting op locatie BRB3GB duidelijk twee momenten te zien waar de Sscore plots veel slechter wordt, wat wijst op een mogelijks probleem met de opgemeten golfenergie door een storing in het meetinstrument, zie ook Figuur 4.28.
- Het energiespectrum wordt ook op de meer ondiepe locaties vrij goed gesimuleerd op het piekmoment van de storm (rond 19:00 uur op 21 november). Na de piek zien we een iets mindere Sscore voor parametersetting CM52, zie Figuur 4.24-Figuur 4.26. De iets mindere Sscore is hier te wijten aan iets te grote energiedichtheid bij lagere frequenties (zie Figuur 4.30).

5.2. Aanbevelingen voor verder onderzoek

Het feit dat de berekende golfhoogtes op boeilocatie BRB4GB zowat systematisch onderschat worden, wijst wellicht op een te sterke golfbreking in het model voor deze situatie. Het kan de moeite lonen om meer aandacht te besteden aan deze locatie indien er verder onderzoek gebeurt op de dieptebreking. Gezien de maand november een heel energieke maand was, met de hoogste gemeten golfhoogtes tot nu toe in deze Broersbank meetcampagne, om in verder onderzoek extra aandacht te besteden aan deze periode.

Door de implementatie van de S-score werd hier ook nog eens duidelijk gemaakt dat hogere temporele resolutie van de windvelden voor toepassingen dicht bij de kust een meerwaarde kan betekenen. Het gebruik van de lokaal gemeten windsnelheden kan voor hindcasts een oplossing bieden (onderzoeksaanbeveling 6; zie ANNEX 6. GEMETEN WIND EN MODELWIND). Dit is uiteraard geen oplossing voor eventuele operationele golfvoorspellingen. Daar moeten voorspelde windvelden gebruikt worden.

De andere aanbevelingen voor verder onderzoek uit het rapport 212176-R06-20150515 worden hieronder niet herhaald, maar blijven uiteraard wel geldig.

6. REFERENTIELIJST

- Dabbi, E. P., Haigh, I. D., Lambkin, D., Hernon, J., Williams, J. J., and Nicholls, R. J. (2015). "Beyond significant wave height: A new approach for validating spectral wave models." *Coastal Engineering*, 100, 11-25.
- Mathys P., De Rouck J., Fernandez L., Monbaliu J., Van den Eynde D., Delgado R., Dujardin A.. Brussels, 2011. Belgian Ocean Energy Assessment (BOREAS). Final Report.: Belgian Science Policy – 157 p. (Research Programme Science for a Sustainable Development).
- Rapport 212176-R01- 20140716: *"Monitoring Broersbank boeidata – datarapport periode december 2013 – maart 2014"*. Laboratorium voor Hydraulica, KU Leuven, Oktober 2014.
- Rapport 212176-R02-20140625: *"Monitoring Broersbank boeidata – Ruwe datarapport periode december 2013- maart 2014"*. Laboratorium voor Hydraulica, KU Leuven, Oktober 2014.
- Rapport 212176-R03- 20141021: *"Monitoring Broersbank boeidata – datarapport periode April-Augustus 2014"*. Laboratorium voor Hydraulica, KU Leuven, Oktober 2014.
- Rapport 212176-R04-SAT_BRB_20141218: *"Monitoring Broersbank boeidata – datarapport periode Sept-Nov 2014"*. Laboratorium voor Hydraulica, KU Leuven, December 2014.
- Rapport 212176-R05-20141216: *"Monitoring Broersbank boeidata – Ruwe datarapport periode April 2014- Augustus 2014"*. Laboratorium voor Hydraulica, KU Leuven, December 2014.
- Rapport 212176-R06-20150228 *"Monitoring Broersbank - Resultaten Modelling December 2013 - August 2014"*. Laboratorium voor Hydraulica, KU Leuven, Februari 2015.
- Rapport 212176-R06-20150515 *"Monitoring Broersbank - Resultaten Modelling December 2013 - Februari 2015"*. Laboratorium voor Hydraulica, KU Leuven, Mei 2015.
- Rapport 212176-R07-SAT_BRB_20150331: *"Monitoring Broersbank boeidata – datarapport periode Dec 2014- Feb 2015"*. Laboratorium voor Hydraulica, KU Leuven, Maart 2015.
- Rapport 212176-R08-20150515_update20150228- *"Monitoring Broersbank- Samenvattend verslag (December 2013-februari 2015)"*. Laboratorium voor Hydraulica, KU Leuven, Mei 2015.
- Rapport 214339-R01-SAT_BRB_20150707- *"Monitoring Broersbank boeidata – datarapport periode September-december 2015"*. Laboratorium voor Hydraulica, KU Leuven, Juli 2015.
- Rapport 214339_R02_20151013- *"Monitoring Broersbank boeidata – Satelliet datarapport periode Jun2015- Aug2015"*. Laboratorium voor Hydraulica, KU Leuven, Oktober 2015.
- Rapport 214339_R03_201512109- *"Monitoring Broersbank boeidata – Ruwe datarapport periode Mar2015- Mei2015"*. Laboratorium voor Hydraulica, KU Leuven, December 2015.
- Rapport 214339_R04_20160718- *"Monitoring Broersbank boeidata – Resultaten Modelling (periode Mar 2015 – Mei 2015)"*. Laboratorium voor Hydraulica, KU Leuven, Juli 2016.
- Rapport 214339_R05_20160209- *"Monitoring Broersbank boeidata – Satelliet datarapport periode Sep2015- Nov2015"*. . Laboratorium voor Hydraulica, KU Leuven, Februari 2016.

- Rapport 214339_R06_20160606- *“Monitoring Broersbank boeidata – Satelliet datarapport periode Dec2015-Apr2016”*. Laboratorium voor Hydraulica, KU Leuven, Juni 2016.
- Rapport 214339_R07_20160530- *“Monitoring Broersbank boeidata – Ruwe datarapport periode Jun2015-Aug2015”*. Laboratorium voor Hydraulica, KU Leuven, Mei 2016.
- Rapport 214339_R08_20160530- *“Monitoring Broersbank boeidata – Ruwe datarapport periode Sep2015-Dec2015”*. Laboratorium voor Hydraulica, KU Leuven, Mei 2016.
- Rapport 214339_R09_20160705- *“Monitoring Broersbank boeidata – Ruwe datarapport periode Jan2015-Apr2016”*. Laboratorium voor Hydraulica, KU Leuven, Juli 2016.
- Rapport 214341_R03_20160829- *“Concept kustrookmodel: TELEMAC-2D-kust en TOMAWAC-kust”*. Laboratorium voor Hydraulica, KU Leuven, August 2016.

ANNEX 1. SPECTRAL SCORE INDICATOR (S-score)

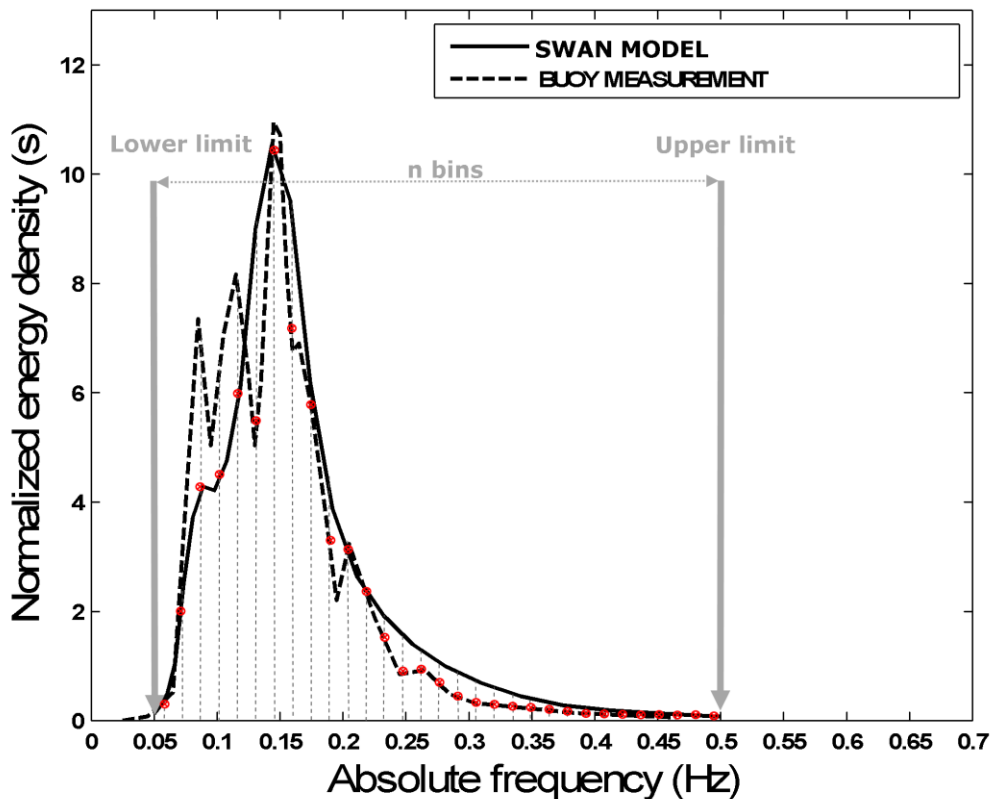
S-score implementatie.

De indicator 'Spectrale Score (S-score)' is een nieuwe kwaliteitsindicator ontwikkeld met het oog op een beter begrip van het gedrag van het model bij het reproduceren van de golfspectra. Het is erop gericht te meten hoe goed het model de reële energieverdeling simuleert en is hoofdzakelijk een vergelijking van de twee (gemodelleerde en gemeten) 1D golfspectra. De S-score wordt als volgt berekend.

- Definieer een standaard frequentievector om de vergelijking te maken. In dit geval werden de 1D frequentiespectra verkregen uit SWAN in het gebied 0.050-0.5Hz, verdeeld in 25 intervallen, als standaard gekozen.
- Interpoleer het geobserveerde spectrum in diezelfde 'n' frequentie-intervallen. Merk op dat door deze interpolatie de energie niet perfect gerepliceerd wordt en er zo energie verloren gaat. Dit is beperkt en zal dus ook maar beperkt invloed hebben op het resultaat. Desalniettemin kan er in deze stap nog een aanpassing gedaan worden met het oog op energiebehoud.
- Normaliseer zowel het model als het gemeten spectrum (oppervlakte onder het genormaliseerde spectrum is gelijk aan 1). Plot beide genormaliseerde spectra.
- Bereken het gebied onder de laagste energie van beide spectra voor elk frequentie-interval. Dit geeft de S-score voor elke tijdstap.

$$S_{score} = \sum_1^n \min(S_{MODEL}^{normalized}, S_{OBSERVATION}^{normalized}) \Delta f_n$$

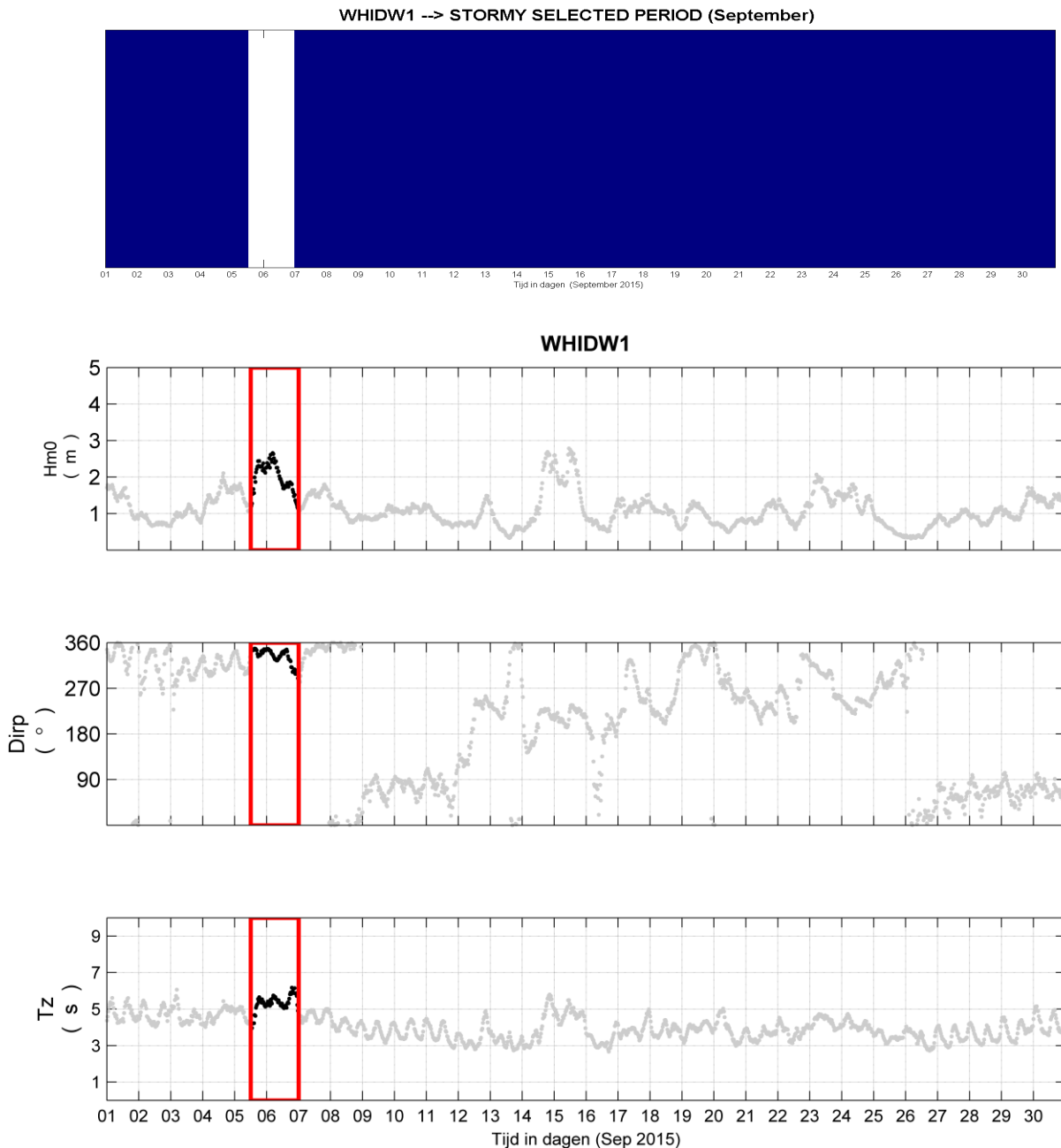
Δf_n is de breedte van het frequentie-interval voor de n-de frequentie in het energiespectrum.



Figuur 1.1. Voorbeeld ter illustratie van de methodologie om de S-score te berekenen.

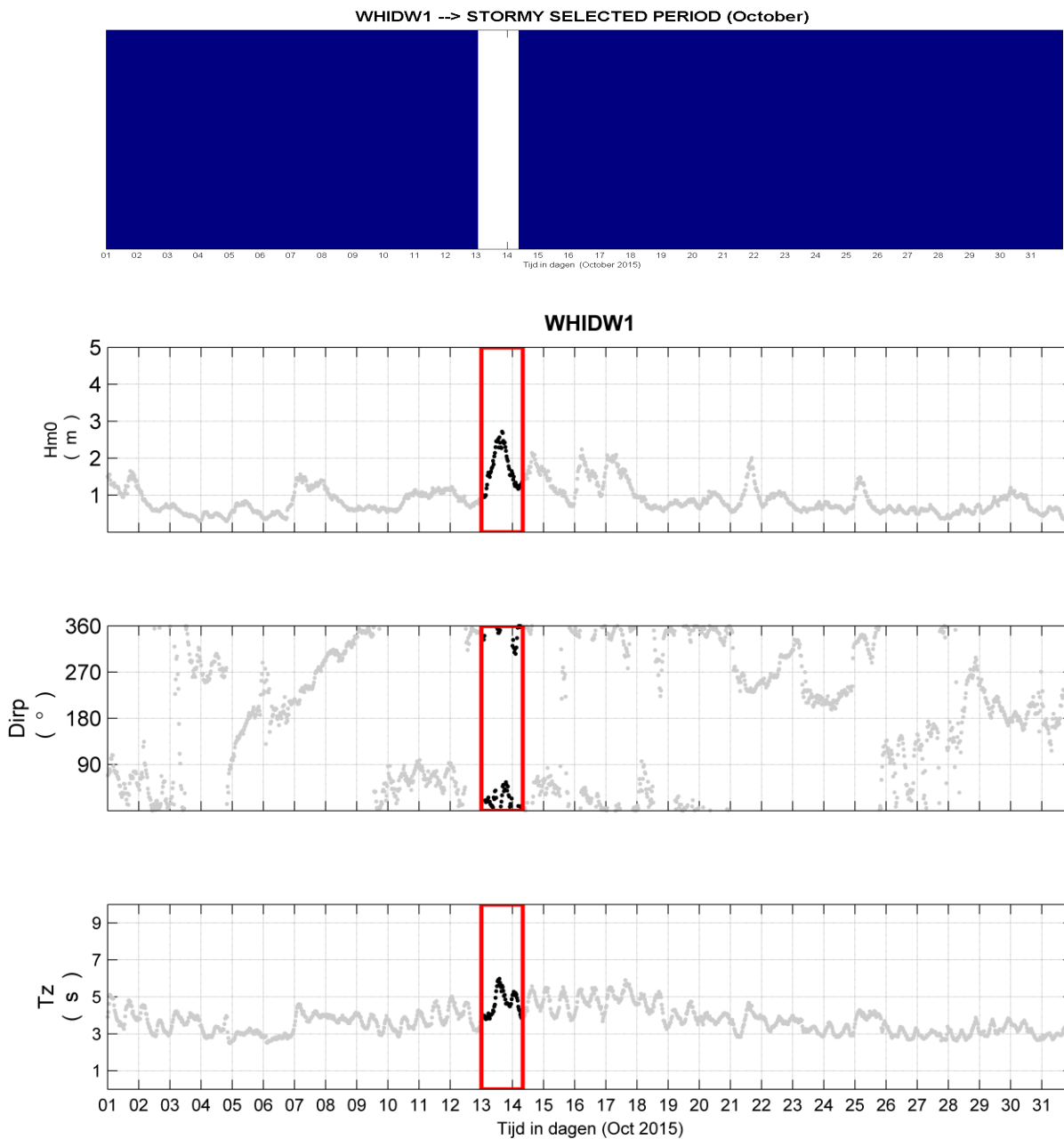
ANNEX 2. GESELECTEERDE STORM CONDITIES (periode september-november 2015)

In september werd 2,5m significante golfhoogte eenmaal overschreden voor golven uit noordwestelijke richting (05-07 september; Figuur 2.1), en wordt de voor deze studie gehanteerde minimum limiet van 2m voor storm overschreden. Deze periode zal dan ook meegenomen worden als storm in de numerieke simulatie, aangezien met de noordwestelijke tot noordelijke richting ook aan het criterium voor de richting wordt voldaan.



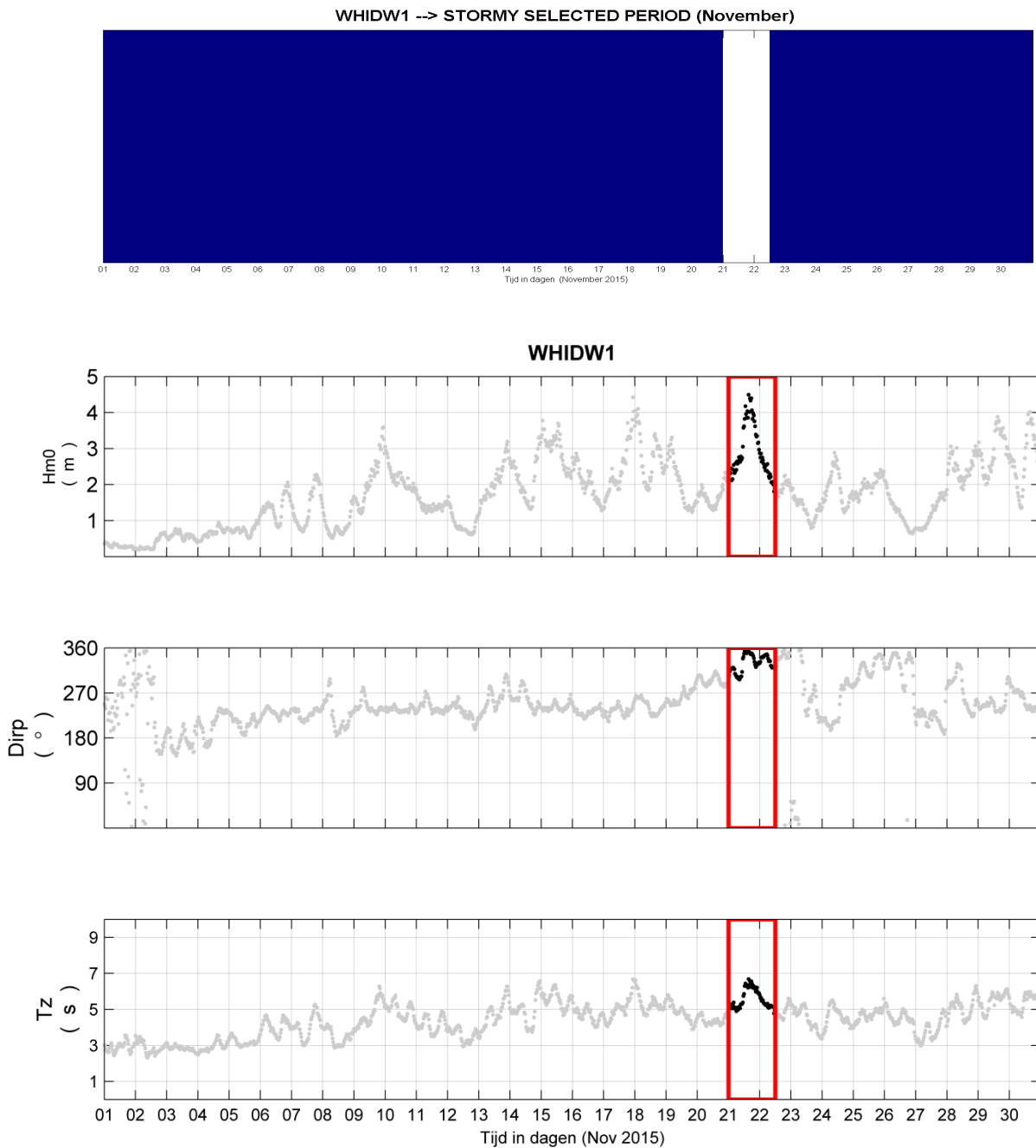
Figuur 2.1. Geselecteerde stormcondities in september 2015 (WHIDW1 locatie).

In oktober kwamen de golven meestal uit het noorden (>30% van de tijd) en de zwaarste golfconditie voor die maand, met significante golfhoogte boven de 2.5m en met gemiddelde periode T_z tussen de 4.5 en 5.5 seconden, kwam ook uit die richting (13-15 oktober; Figuur 2.2).



Figuur 2.2. Geselecteerde stormcondities in oktober 2015 (WHIDW1 locatie). Zie volgende figuur.

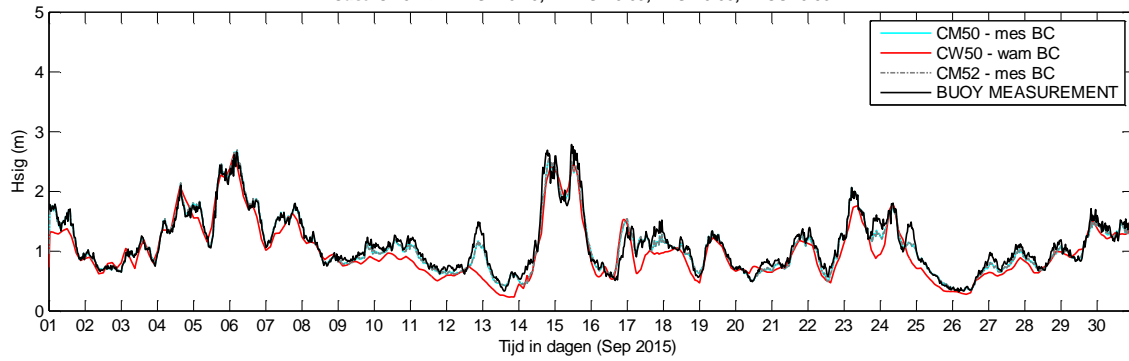
In de maand november bereikten de golfhoogtes 4.7m significant op boeilocatie BRB5DB op 21 november. Deze golven kwamen uit noorderlijke hadden ook een relatief grote golfperiode T_z van 6.5s (Figuur 2.3), zo is dit een heel goede storm voor de storm modellering.



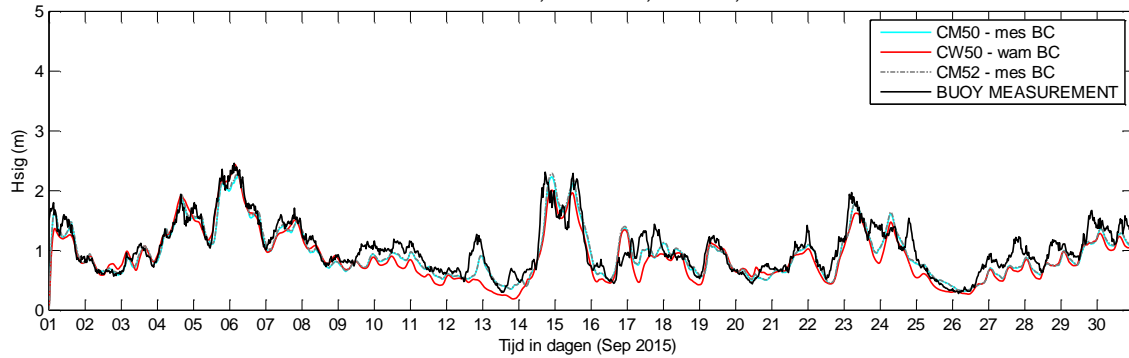
Figuur 2.3. Geselecteerde stormcondities samen voor november 2015 (WHIDW1 locatie).

ANNEX 3. TIJDREEKSEN VAN DE VOLLEDIGE MAAND MODEL BELANGRIJKSTE GOLFPARAMETERS

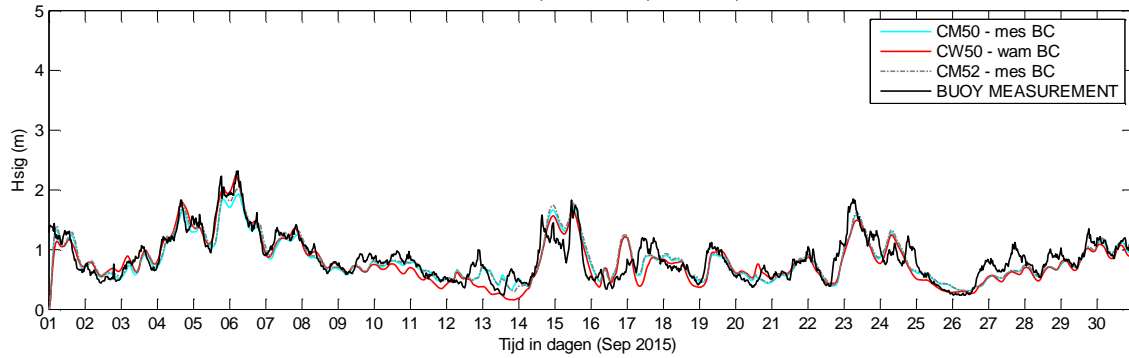
WHIDW1: Hsig for September-2015
 Case CM50 -> RMSE: 0.10; BIAS: -0.03; SI: 0.09; CO: 0.98
 Case CW50 -> RMSE: 0.21; BIAS: -0.12; SI: 0.19; CO: 0.93
 Case CM52 -> RMSE: 0.10; BIAS: -0.03; SI: 0.08; CO: 0.98



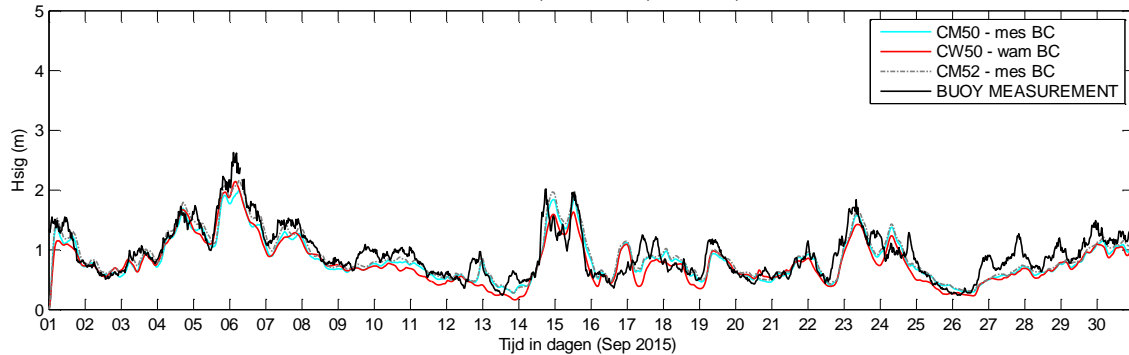
BRB5DB: Hsig for September-2015
 Case CM50 -> RMSE: 0.20; BIAS: -0.09; SI: 0.19; CO: 0.91
 Case CW50 -> RMSE: 0.25; BIAS: -0.14; SI: 0.24; CO: 0.89
 Case CM52 -> RMSE: 0.20; BIAS: -0.08; SI: 0.19; CO: 0.90

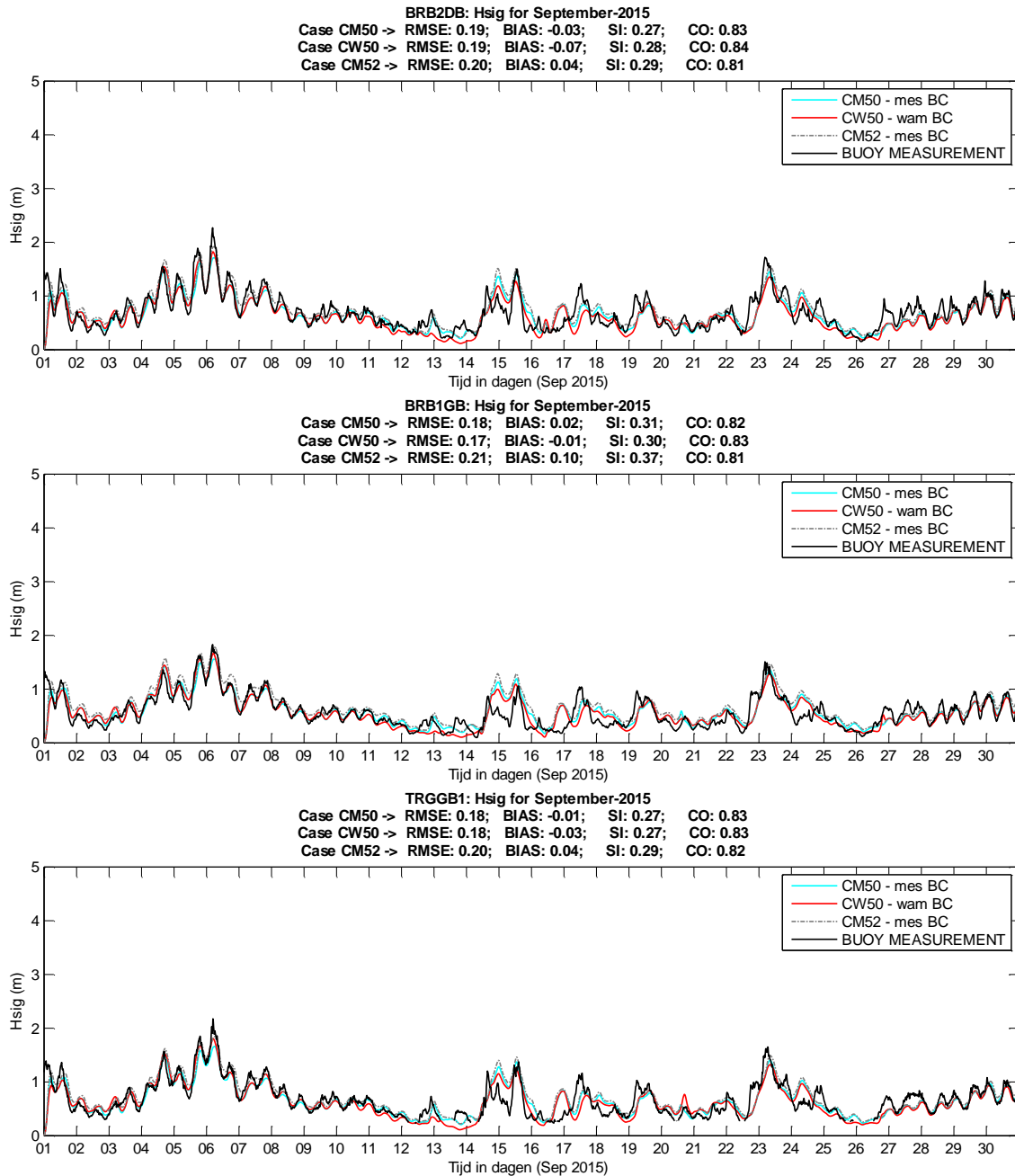


BRB3GB: Hsig for September-2015
 Case CM50 -> RMSE: 0.19; BIAS: -0.04; SI: 0.22; CO: 0.86
 Case CW50 -> RMSE: 0.20; BIAS: -0.06; SI: 0.23; CO: 0.87
 Case CM52 -> RMSE: 0.19; BIAS: -0.01; SI: 0.22; CO: 0.86



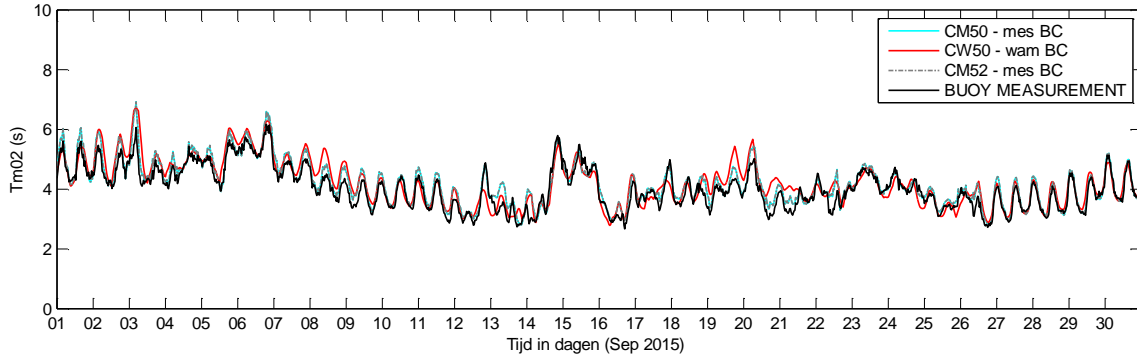
BRB4GB: Hsig for September-2015
 Case CM50 -> RMSE: 0.22; BIAS: -0.10; SI: 0.23; CO: 0.88
 Case CW50 -> RMSE: 0.24; BIAS: -0.14; SI: 0.25; CO: 0.89
 Case CM52 -> RMSE: 0.20; BIAS: -0.04; SI: 0.22; CO: 0.88



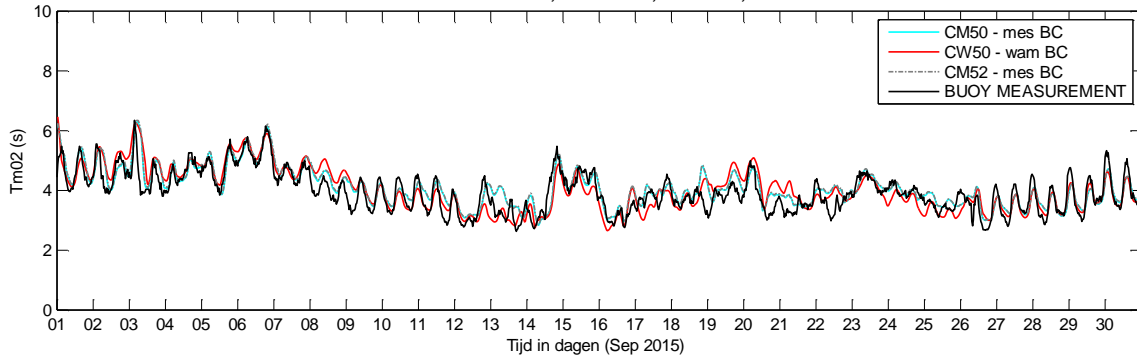


Figuur 7.1. (ook figuren op vorige pagina) Modelresultaat Hm0 simulatie september 2015 voor model settings CM50, CW50 en CM52 voor de boeien op locaties WHIDW1, BRB5DB, BRB3GB, BRB4GB, BRB2DB, BRB1GB en TRGGB1.

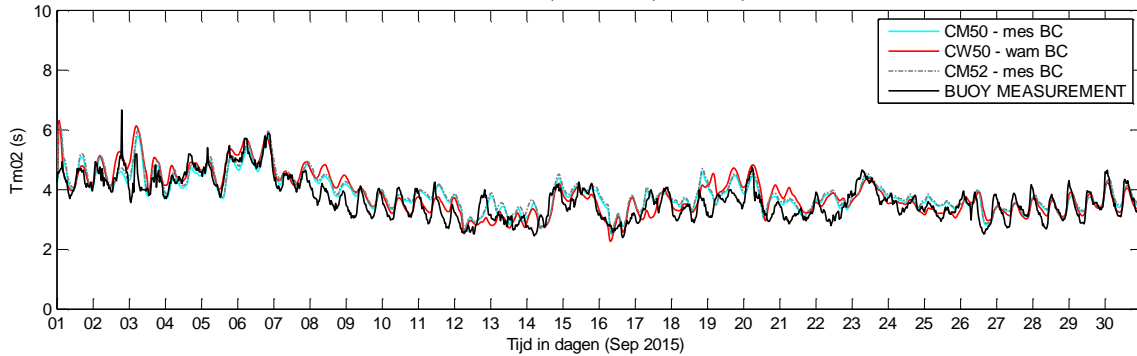
WHIDW1: Tm02 for September-2015
 Case CM50 -> RMSE: 0.26; BIAS: 0.16; SI: 0.06; CO: 0.96
 Case CW50 -> RMSE: 0.38; BIAS: 0.17; SI: 0.10; CO: 0.89
 Case CM52 -> RMSE: 0.26; BIAS: 0.16; SI: 0.06; CO: 0.96



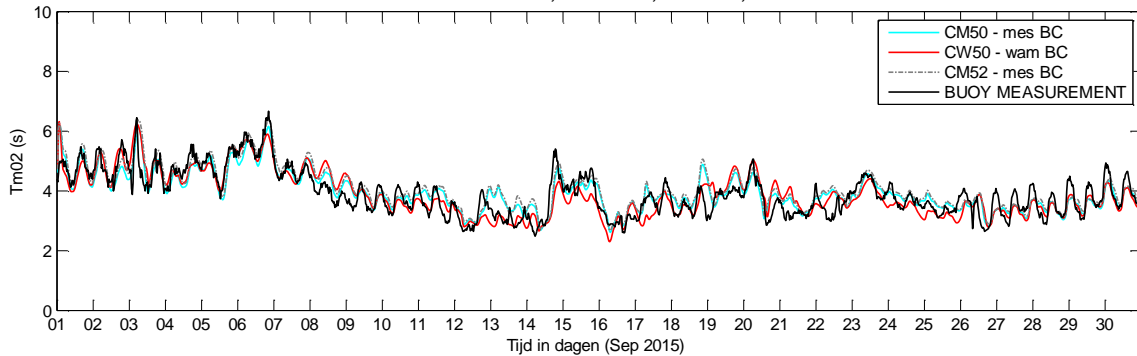
BRB5DB: Tm02 for September-2015
 Case CM50 -> RMSE: 0.38; BIAS: 0.13; SI: 0.10; CO: 0.85
 Case CW50 -> RMSE: 0.43; BIAS: 0.07; SI: 0.11; CO: 0.82
 Case CM52 -> RMSE: 0.40; BIAS: 0.16; SI: 0.10; CO: 0.85

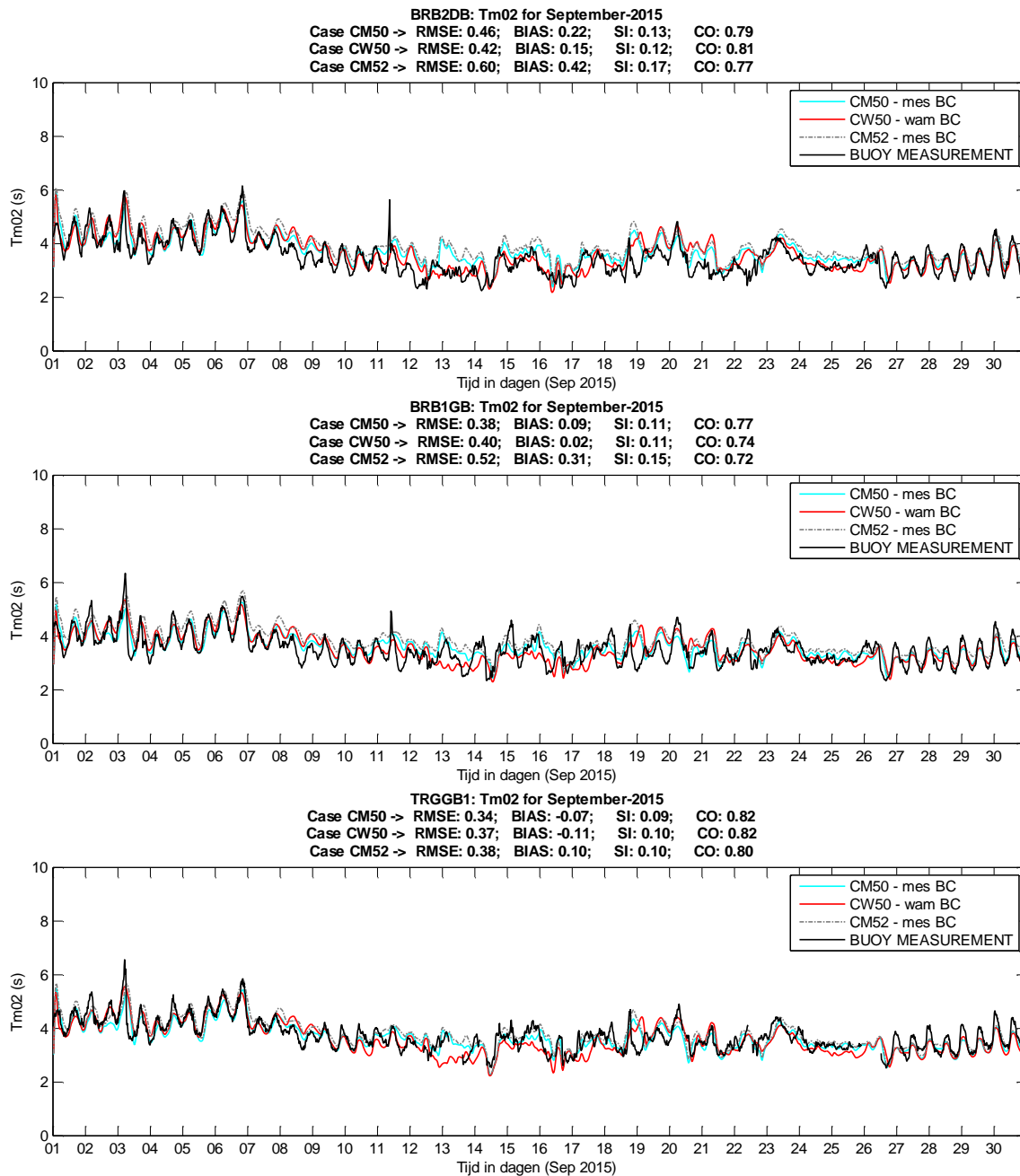


BRB3GB: Tm02 for September-2015
 Case CM50 -> RMSE: 0.40; BIAS: 0.18; SI: 0.11; CO: 0.84
 Case CW50 -> RMSE: 0.43; BIAS: 0.17; SI: 0.12; CO: 0.84
 Case CM52 -> RMSE: 0.45; BIAS: 0.25; SI: 0.12; CO: 0.83

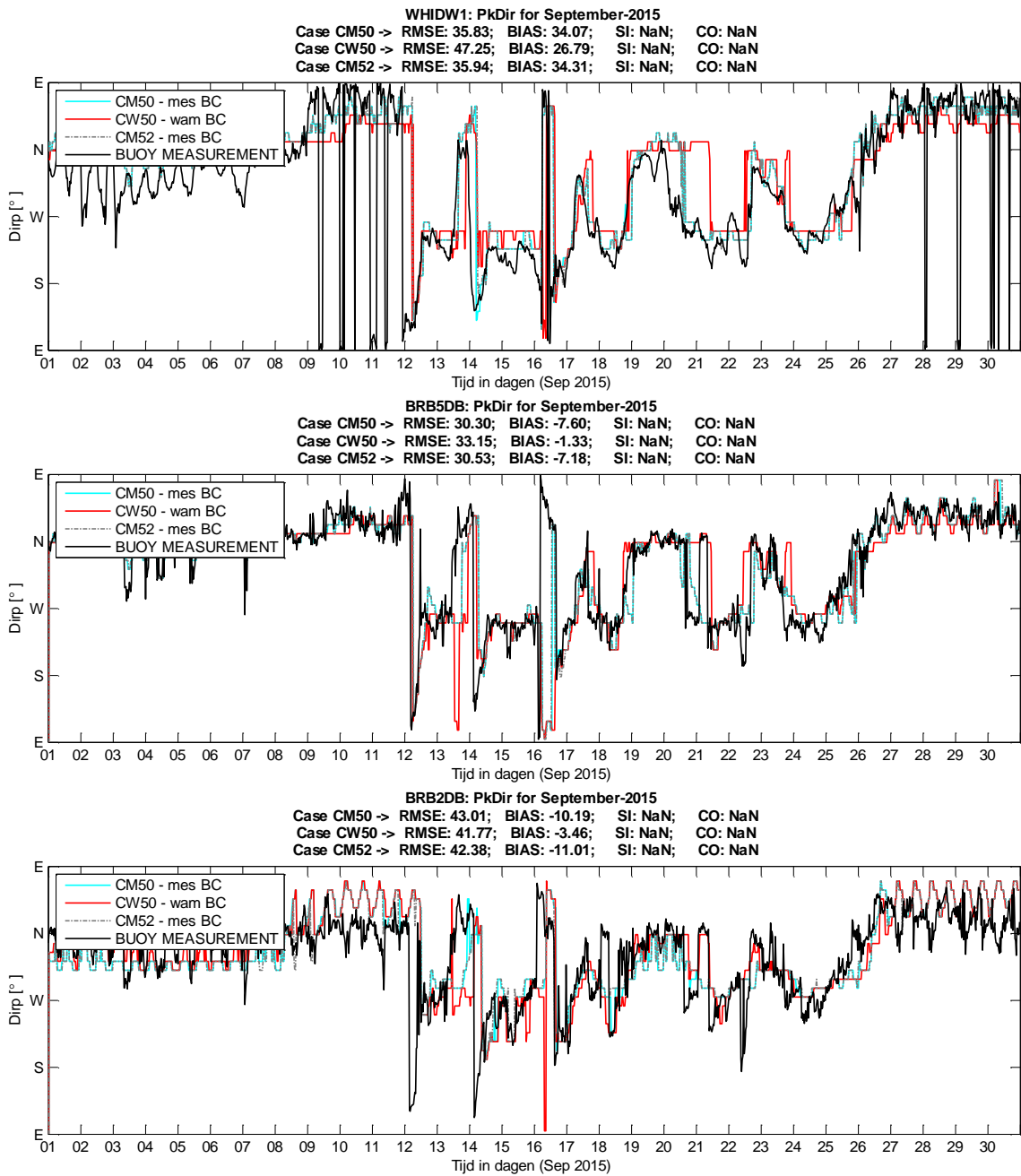


BRB4GB: Tm02 for September-2015
 Case CM50 -> RMSE: 0.39; BIAS: 0.05; SI: 0.10; CO: 0.85
 Case CW50 -> RMSE: 0.41; BIAS: -0.03; SI: 0.10; CO: 0.85
 Case CM52 -> RMSE: 0.43; BIAS: 0.17; SI: 0.11; CO: 0.85





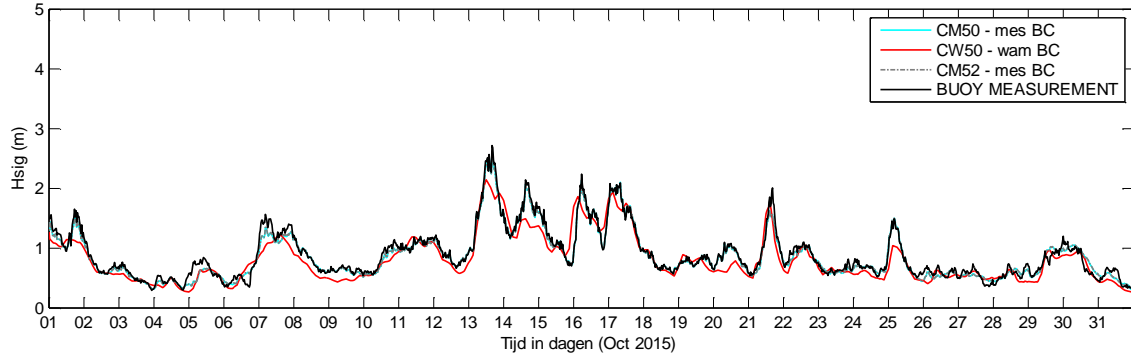
Figuur 7.2. (ook figuren op vorige pagina) Modelresultaat Tm02 simulatie september 2015 voor model settings CM50, CW50 en CM52 voor de boeien op locaties WHIDW1, BRB5DB, BRB3GB, BRB4GB, BRB2DB, BRB1GB en TRGGB1.



Figuur 7.3. Modelresultaat piekgolfrichting simulatie september 2015 voor model settings CM50, CW50 en CM52 voor de boeien op locaties WHIDW1, BRB5DB en BRB2DB.

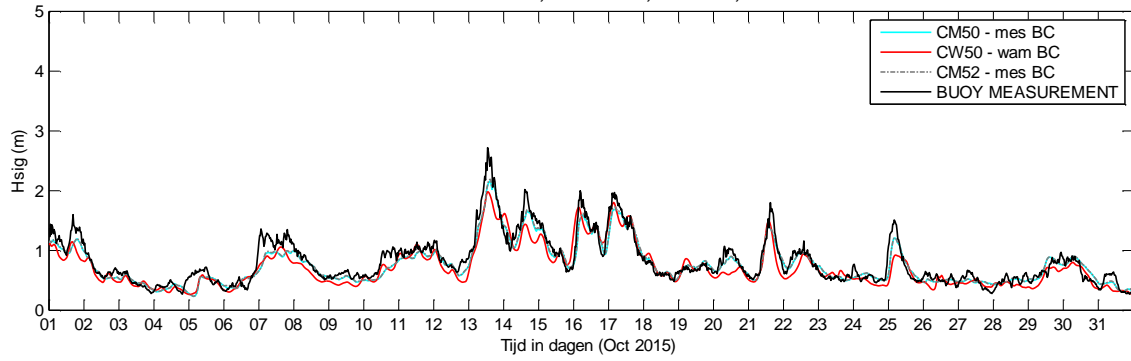
WHIDW1: Hsig for October-2015

Case CM50 -> RMSE: 0.07; BIAS: -0.03; SI: 0.08; CO: 0.99
Case CW50 -> RMSE: 0.18; BIAS: -0.09; SI: 0.20; CO: 0.92
Case CM52 -> RMSE: 0.07; BIAS: -0.02; SI: 0.08; CO: 0.99



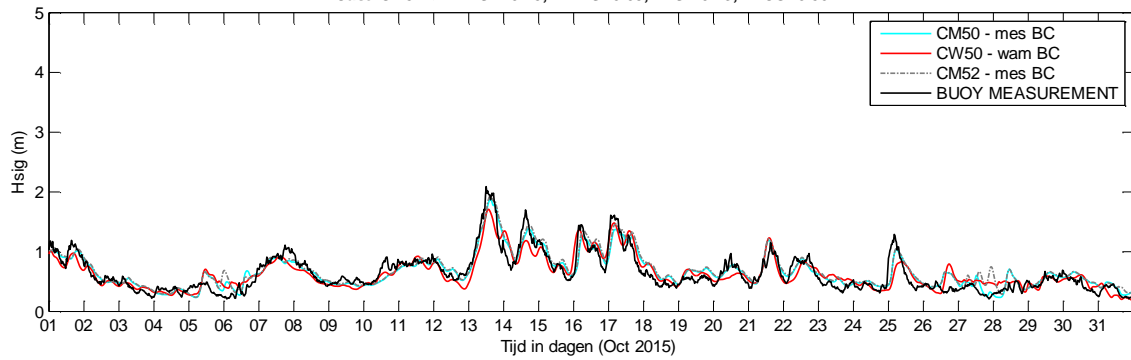
BRB5DB: Hsig for October-2015

Case CM50 -> RMSE: 0.14; BIAS: -0.05; SI: 0.17; CO: 0.95
Case CW50 -> RMSE: 0.19; BIAS: -0.10; SI: 0.23; CO: 0.92
Case CM52 -> RMSE: 0.14; BIAS: -0.04; SI: 0.17; CO: 0.95



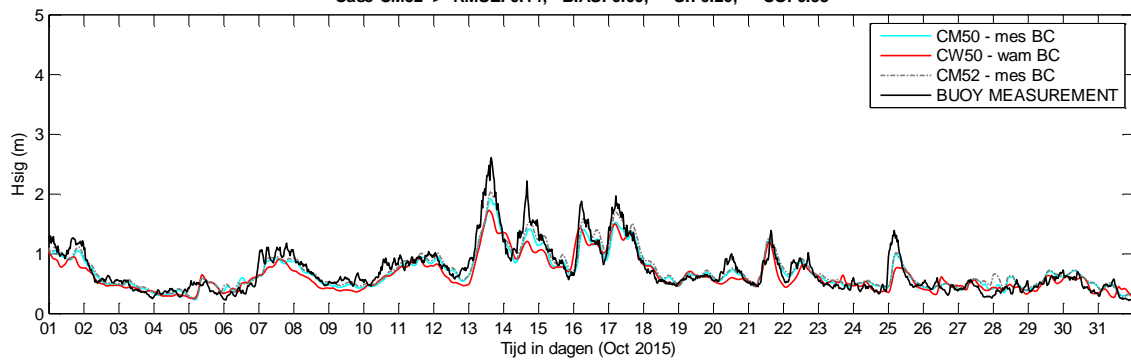
BRB3GB: Hsig for October-2015

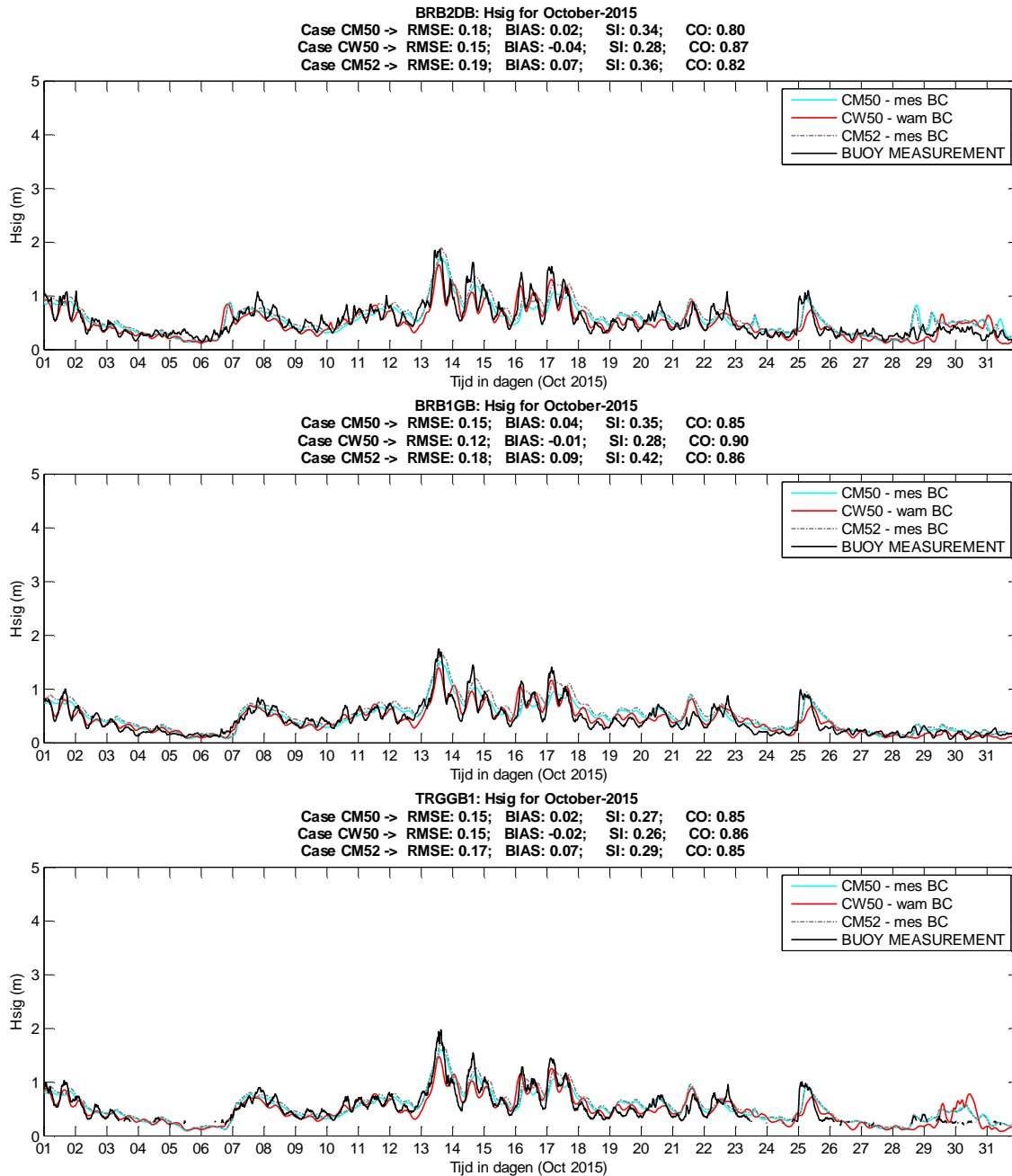
Case CM50 -> RMSE: 0.13; BIAS: 0.02; SI: 0.21; CO: 0.91
Case CW50 -> RMSE: 0.15; BIAS: -0.01; SI: 0.24; CO: 0.88
Case CM52 -> RMSE: 0.15; BIAS: 0.05; SI: 0.23; CO: 0.90



BRB4GB: Hsig for October-2015

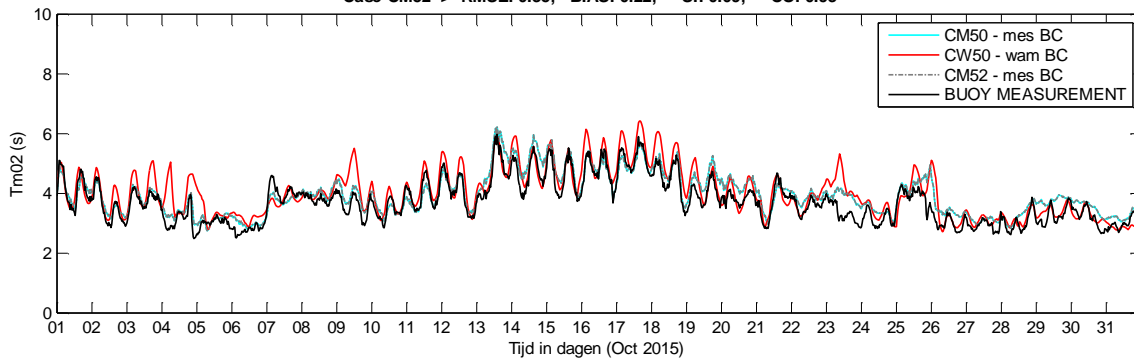
Case CM50 -> RMSE: 0.15; BIAS: -0.03; SI: 0.21; CO: 0.94
Case CW50 -> RMSE: 0.19; BIAS: -0.08; SI: 0.27; CO: 0.91
Case CM52 -> RMSE: 0.14; BIAS: 0.00; SI: 0.20; CO: 0.93



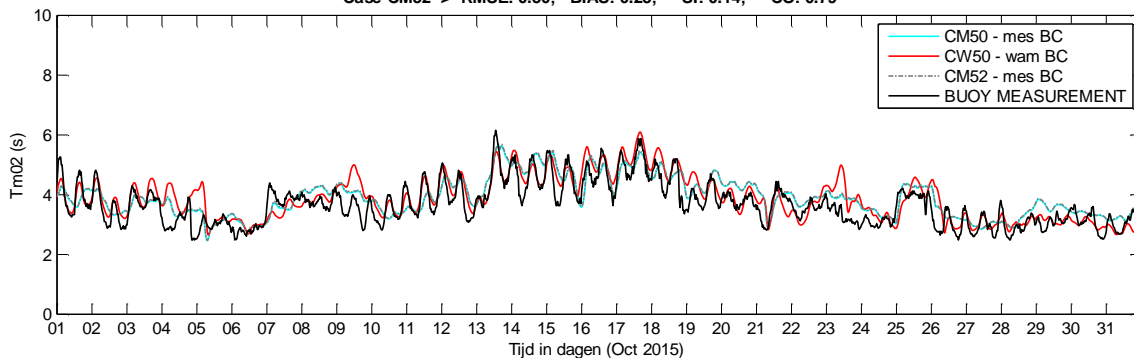


Figuur 7.4. (ook figuren op vorige pagina) Modelresultaat Hm0 simulatie Oktober 2015 voor model settings CM50, CW50 en CM52 voor de boeien op locaties WHIDW1, BRB5DB, BRB3GB, BRB4GB, BRB2DB, BRB1GB en TRGGB1.

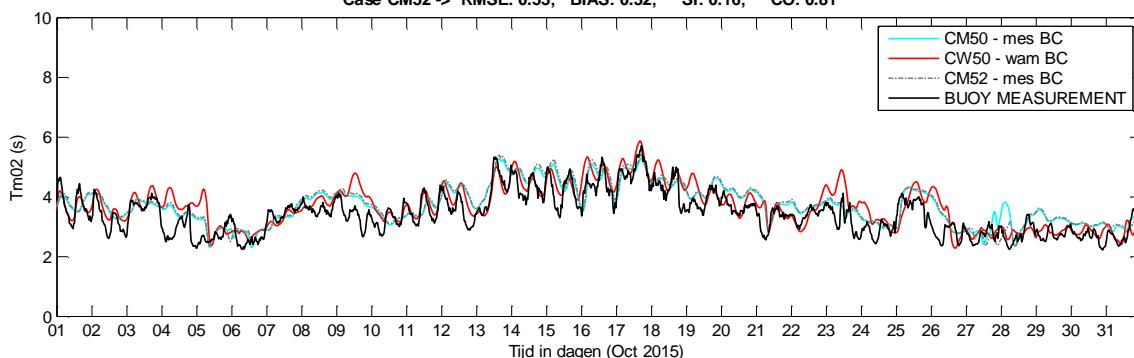
WHIDW1: Tm02 for October-2015
 Case CM50 -> RMSE: 0.35; BIAS: 0.22; SI: 0.09; CO: 0.93
 Case CW50 -> RMSE: 0.50; BIAS: 0.28; SI: 0.13; CO: 0.86
 Case CM52 -> RMSE: 0.35; BIAS: 0.22; SI: 0.09; CO: 0.93



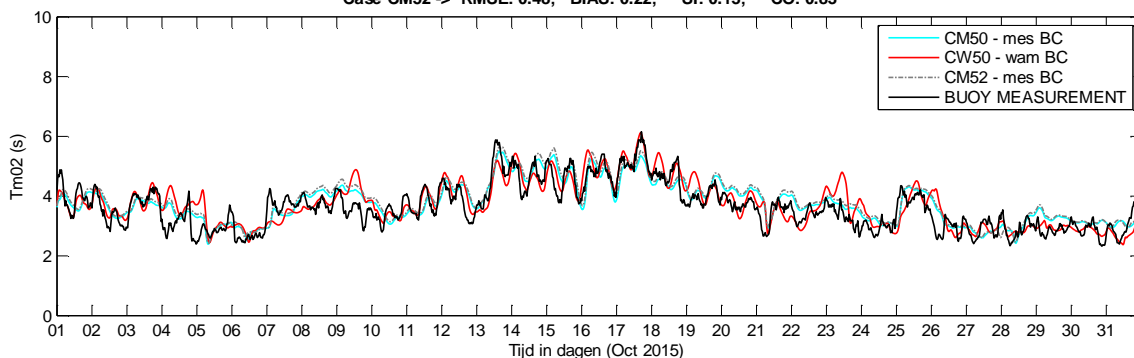
BRB5DB: Tm02 for October-2015
 Case CM50 -> RMSE: 0.49; BIAS: 0.21; SI: 0.13; CO: 0.79
 Case CW50 -> RMSE: 0.48; BIAS: 0.19; SI: 0.13; CO: 0.81
 Case CM52 -> RMSE: 0.50; BIAS: 0.23; SI: 0.14; CO: 0.79

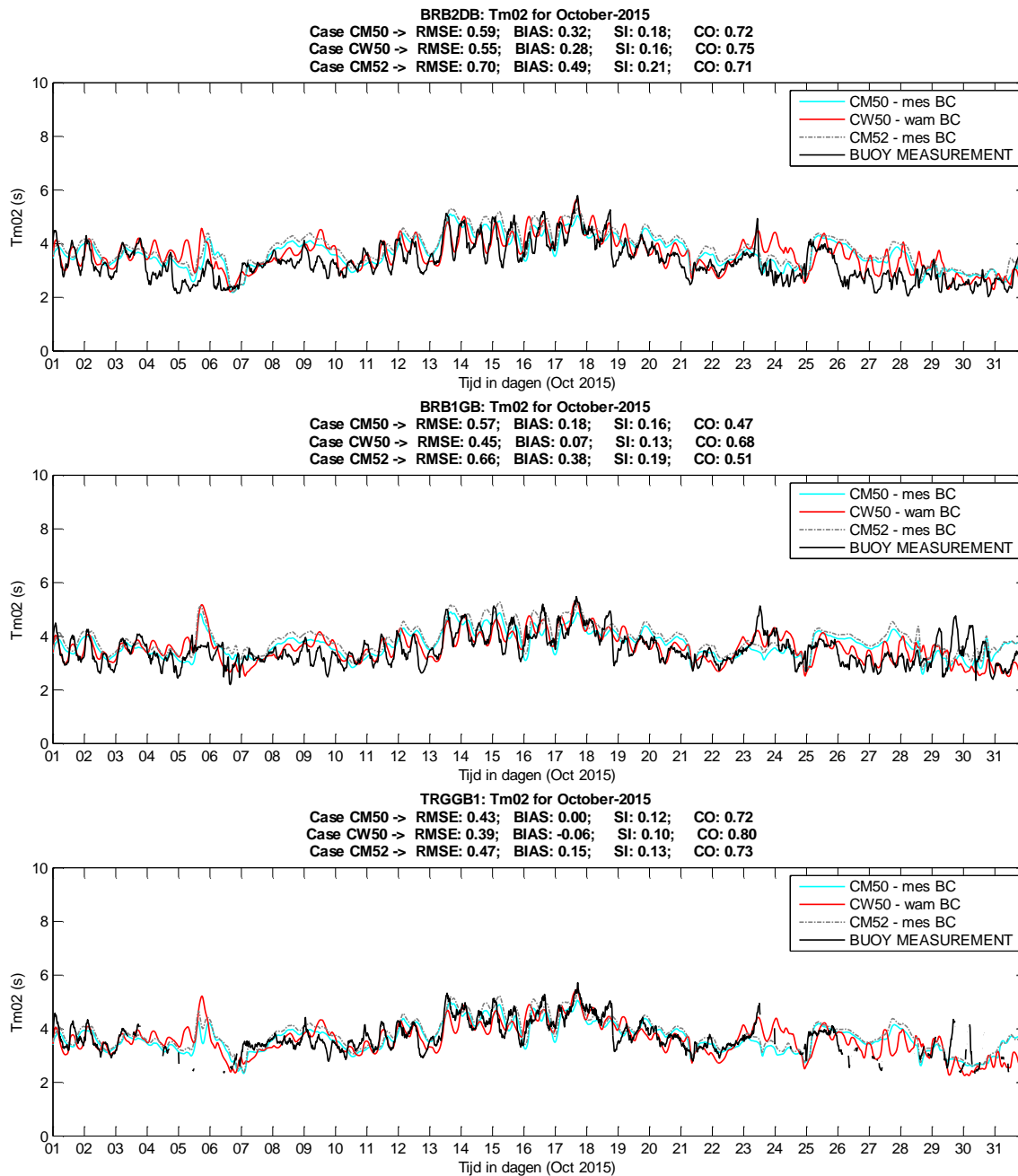


BRB3GB: Tm02 for October-2015
 Case CM50 -> RMSE: 0.50; BIAS: 0.29; SI: 0.15; CO: 0.81
 Case CW50 -> RMSE: 0.51; BIAS: 0.26; SI: 0.15; CO: 0.80
 Case CM52 -> RMSE: 0.53; BIAS: 0.32; SI: 0.16; CO: 0.81

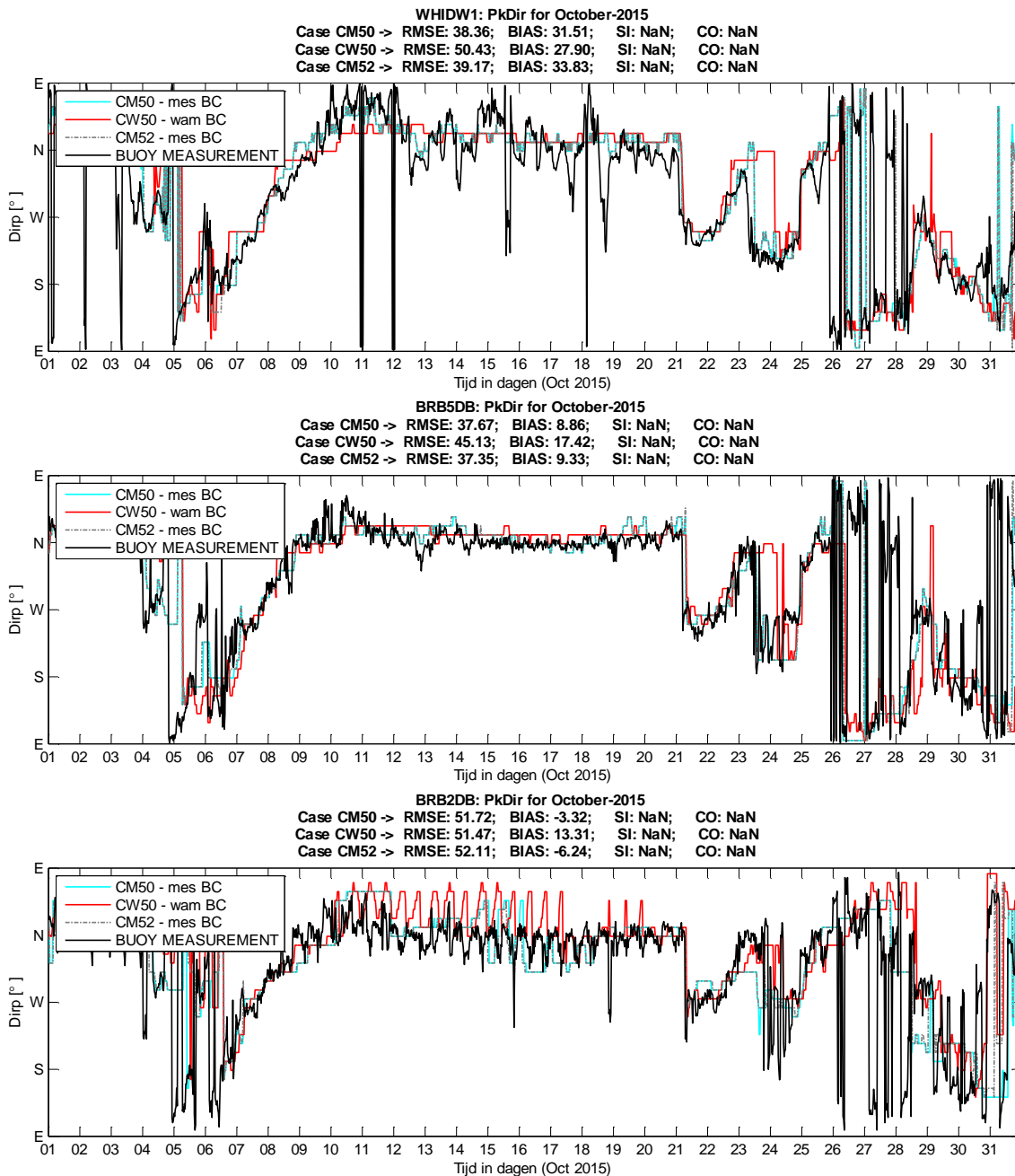


BRB4GB: Tm02 for October-2015
 Case CM50 -> RMSE: 0.44; BIAS: 0.13; SI: 0.12; CO: 0.84
 Case CW50 -> RMSE: 0.44; BIAS: 0.10; SI: 0.12; CO: 0.84
 Case CM52 -> RMSE: 0.48; BIAS: 0.22; SI: 0.13; CO: 0.83



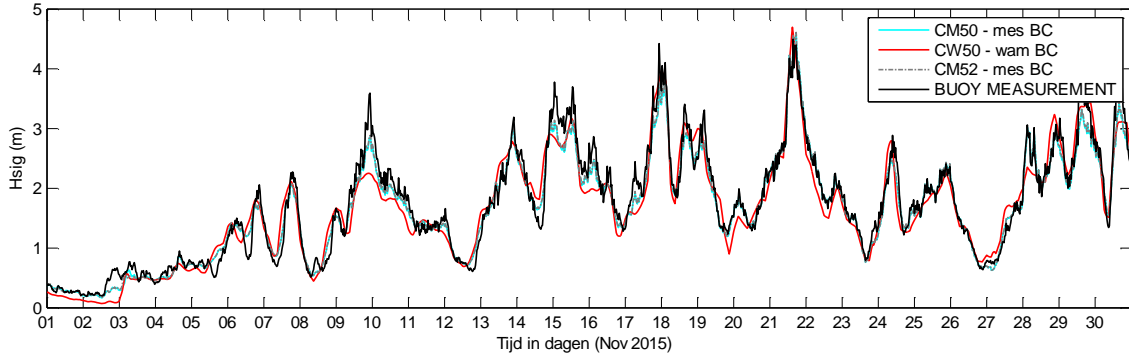


Figuur 7.5. (ook figuren op vorige pagina) Modelresultaat Tm02 simulatie oktober 2015 voor model settings CM50, CW50 en CM52 voor de boeien op locaties WHIDW1, BRB5DB, BRB3GB, BRB4GB, BRB2DB, BRB1GB en TRGGB1.

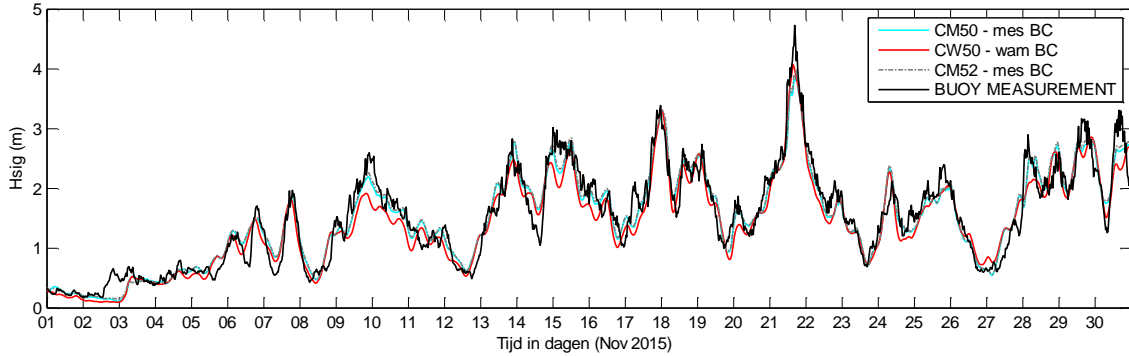


Figuur 7.6. Modelresultaat piekgolfrichting simulatie oktober 2015 voor model settings CM50, CW50 en CM52 voor de boeien op locaties WHIDW1, BRB5DB en BRB2DB.

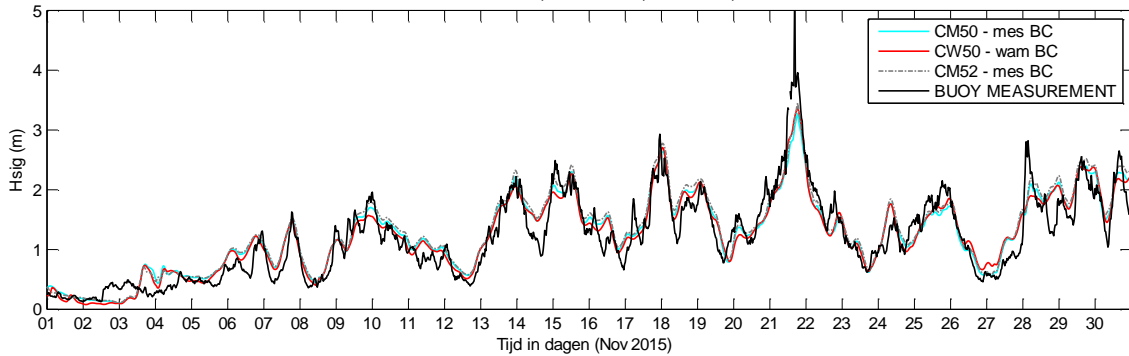
WHIDW1: Hsig for November-2015
 Case CM50 -> RMSE: 0.18; BIAS: -0.06; SI: 0.10; CO: 0.99
 Case CW50 -> RMSE: 0.29; BIAS: -0.07; SI: 0.17; CO: 0.95
 Case CM52 -> RMSE: 0.17; BIAS: -0.05; SI: 0.10; CO: 0.99



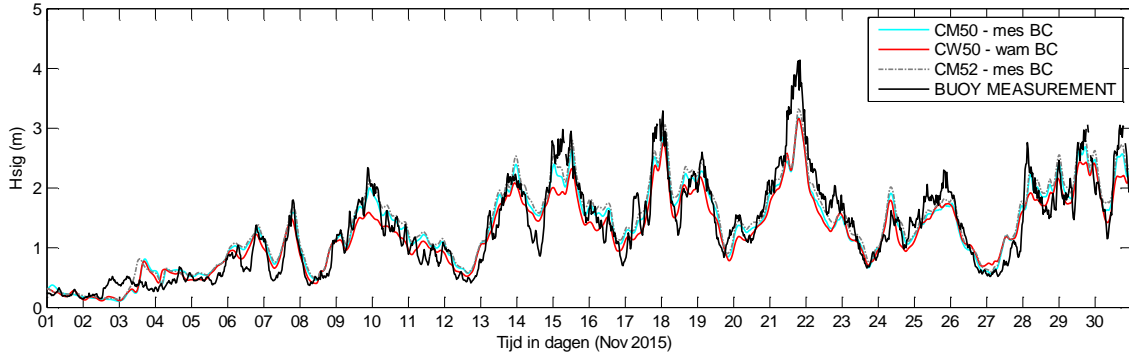
BRB5DB: Hsig for November-2015
 Case CM50 -> RMSE: 0.24; BIAS: -0.01; SI: 0.15; CO: 0.96
 Case CW50 -> RMSE: 0.27; BIAS: -0.09; SI: 0.18; CO: 0.95
 Case CM52 -> RMSE: 0.23; BIAS: 0.01; SI: 0.15; CO: 0.96

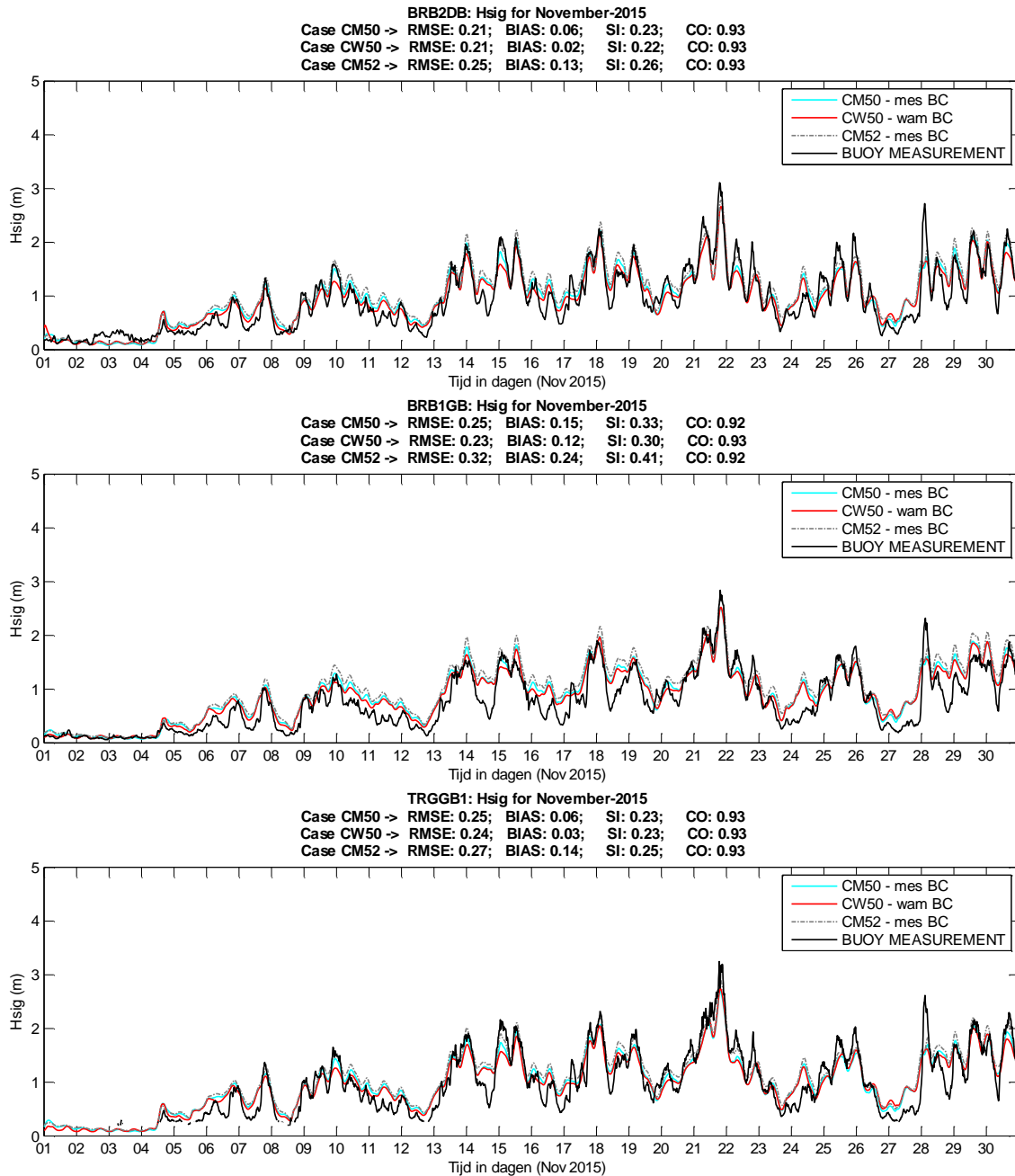


BRB3GB: Hsig for November-2015
 Case CM50 -> RMSE: 0.26; BIAS: 0.06; SI: 0.22; CO: 0.93
 Case CW50 -> RMSE: 0.25; BIAS: 0.04; SI: 0.21; CO: 0.93
 Case CM52 -> RMSE: 0.28; BIAS: 0.11; SI: 0.23; CO: 0.93



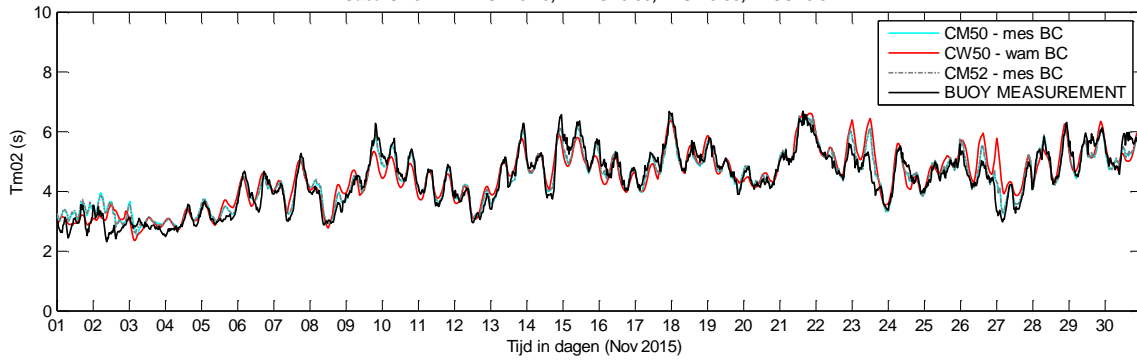
BRB4GB: Hsig for November-2015
 Case CM50 -> RMSE: 0.28; BIAS: 0.01; SI: 0.21; CO: 0.94
 Case CW50 -> RMSE: 0.30; BIAS: -0.08; SI: 0.22; CO: 0.94
 Case CM52 -> RMSE: 0.28; BIAS: 0.08; SI: 0.21; CO: 0.94



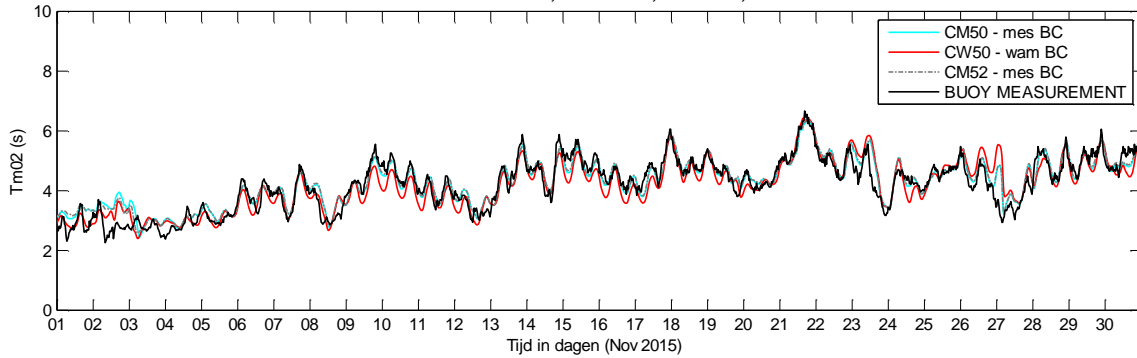


Figuur 7.7. (ook figuren op vorige pagina) Modelresultaat Hm0 simulatie november 2015 voor model settings CM50, CW50 en CM52 voor de boeien op locaties WHIDW1, BRB5DB, BRB3GB, BRB4GB, BRB2DB, BRB1GB en TRGB1.

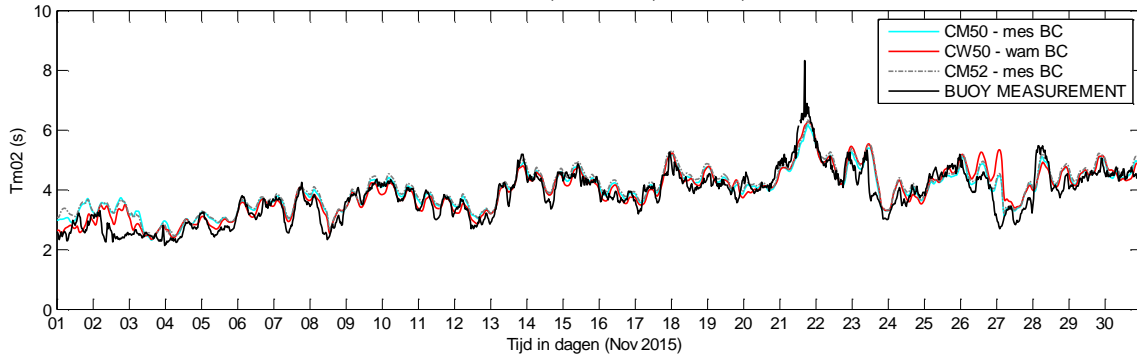
WHIDW1: Tm02 for November-2015
 Case CM50 -> RMSE: 0.26; BIAS: 0.05; SI: 0.06; CO: 0.97
 Case CW50 -> RMSE: 0.41; BIAS: 0.07; SI: 0.09; CO: 0.91
 Case CM52 -> RMSE: 0.26; BIAS: 0.06; SI: 0.06; CO: 0.97



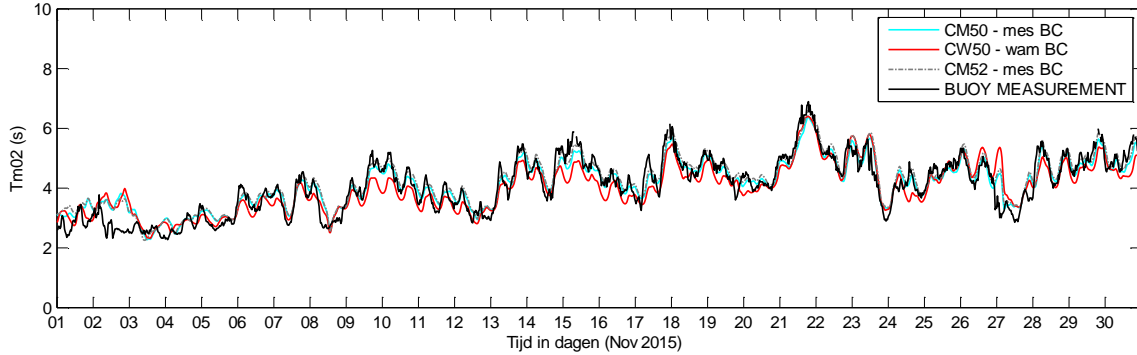
BRB5DB: Tm02 for November-2015
 Case CM50 -> RMSE: 0.33; BIAS: 0.08; SI: 0.08; CO: 0.93
 Case CW50 -> RMSE: 0.40; BIAS: -0.04; SI: 0.10; CO: 0.89
 Case CM52 -> RMSE: 0.32; BIAS: 0.11; SI: 0.08; CO: 0.94

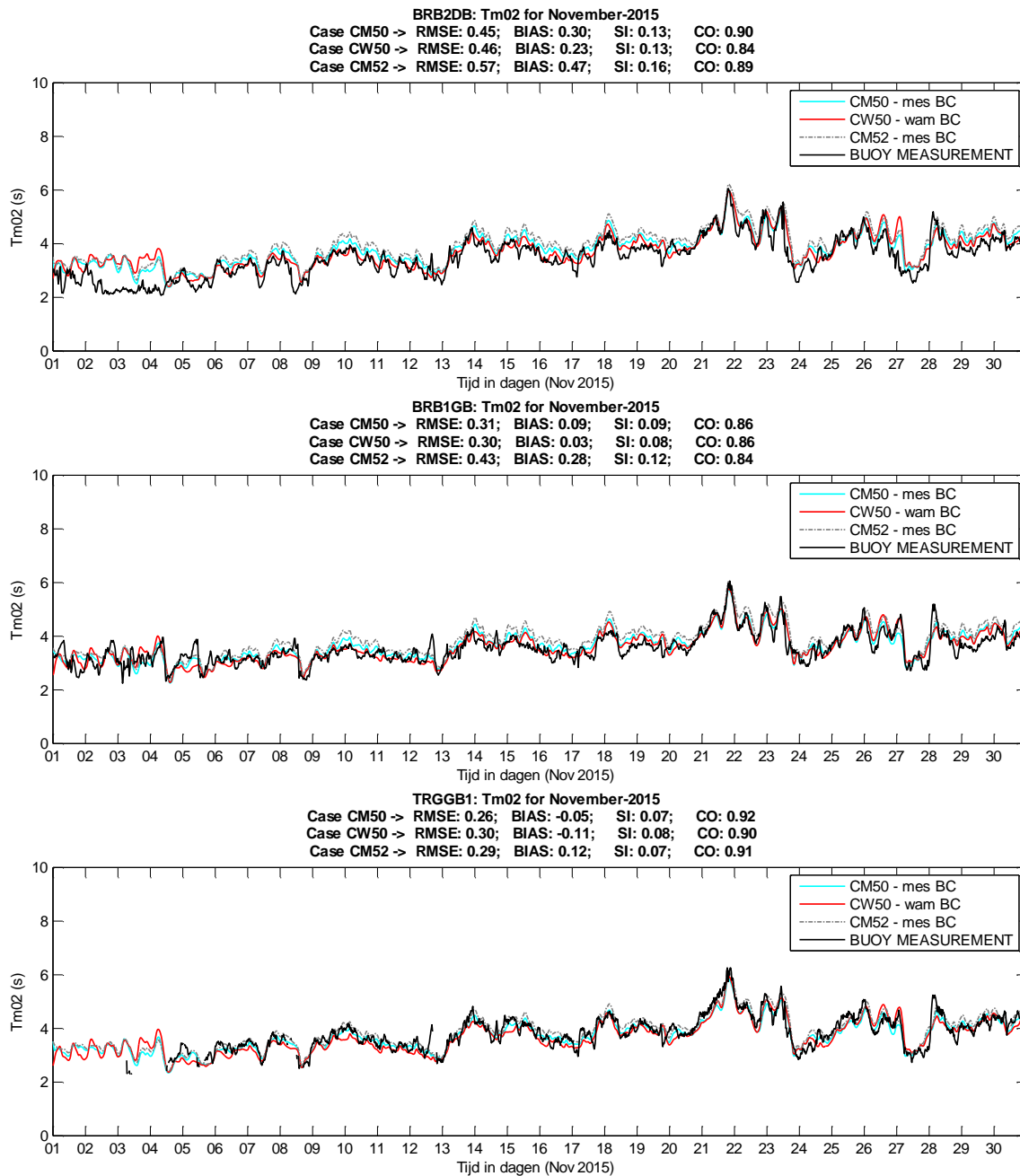


BRB3GB: Tm02 for November-2015
 Case CM50 -> RMSE: 0.39; BIAS: 0.17; SI: 0.10; CO: 0.92
 Case CW50 -> RMSE: 0.39; BIAS: 0.12; SI: 0.10; CO: 0.90
 Case CM52 -> RMSE: 0.42; BIAS: 0.24; SI: 0.11; CO: 0.92

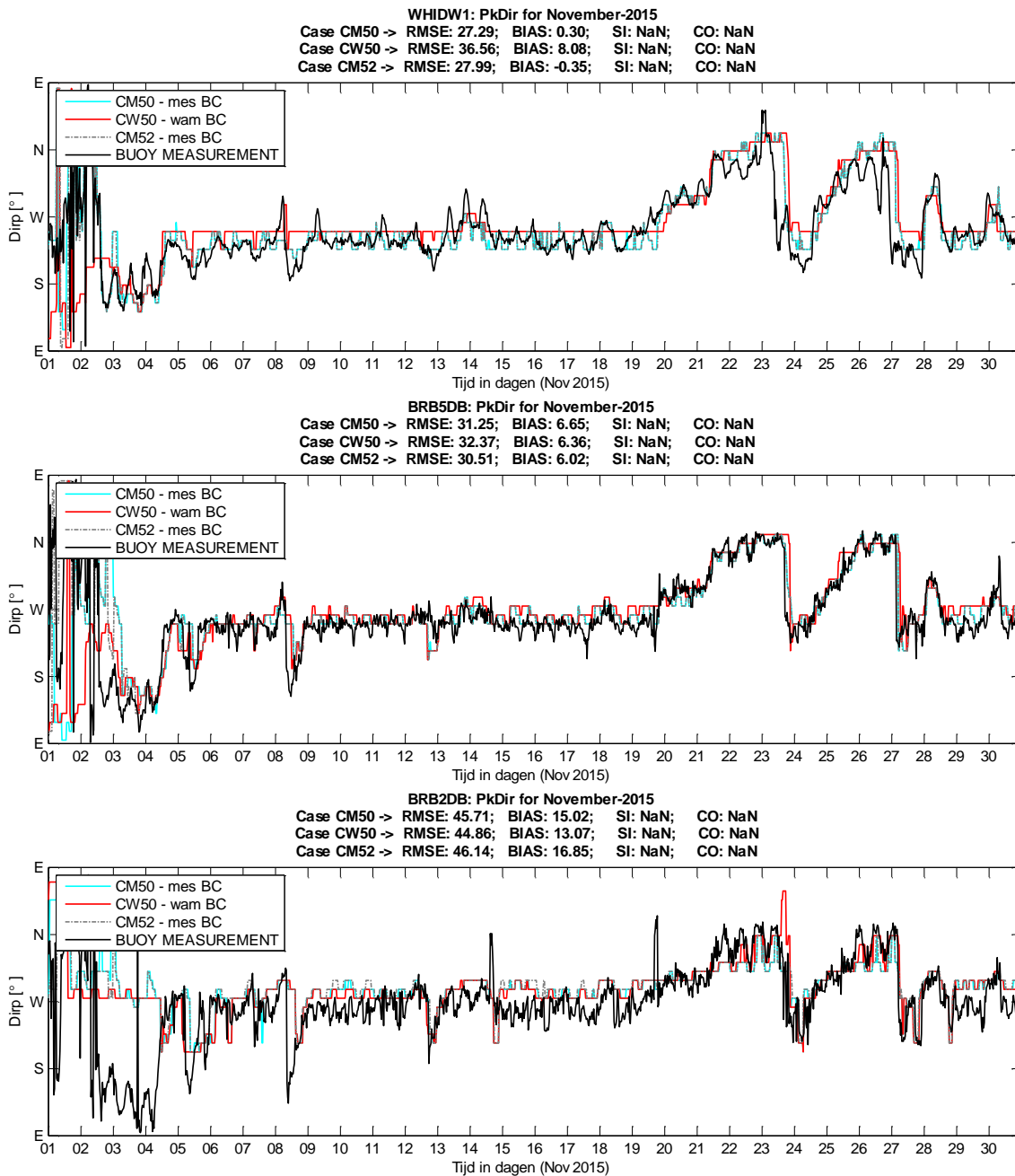


BRB4GB: Tm02 for November-2015
 Case CM50 -> RMSE: 0.35; BIAS: 0.05; SI: 0.09; CO: 0.94
 Case CW50 -> RMSE: 0.45; BIAS: -0.10; SI: 0.11; CO: 0.89
 Case CM52 -> RMSE: 0.36; BIAS: 0.15; SI: 0.09; CO: 0.94





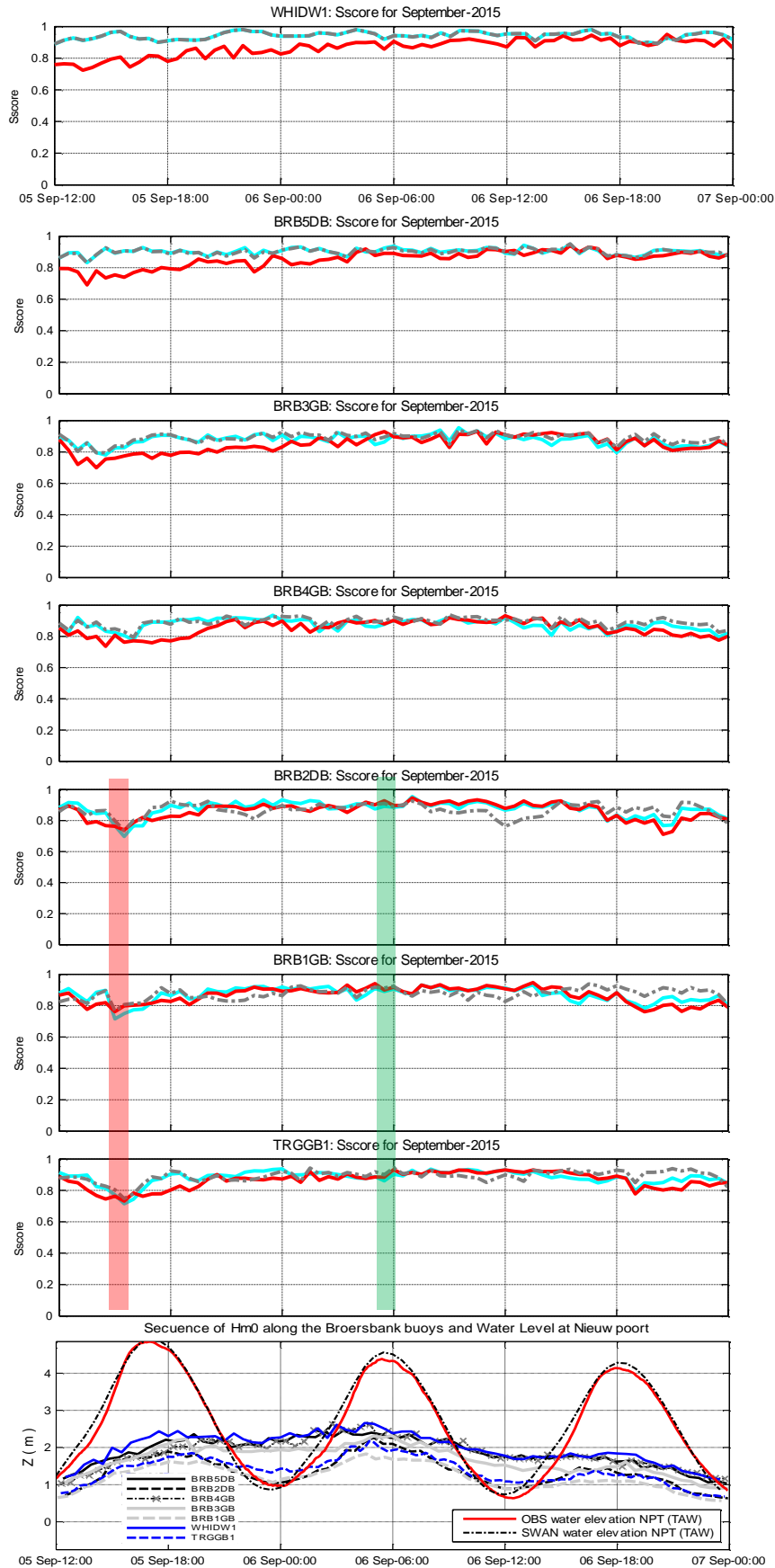
Figuur 7.8. (ook figuren op vorige pagina) Modelresultaat Tm02 simulatie november 2015 voor model settings CM50, CW50 en CM52 voor de boeien op locaties WHIDW1, BRB5DB, BRB3GB, BRB4GB, BRB2DB, BRB1GB en TRGGB1.



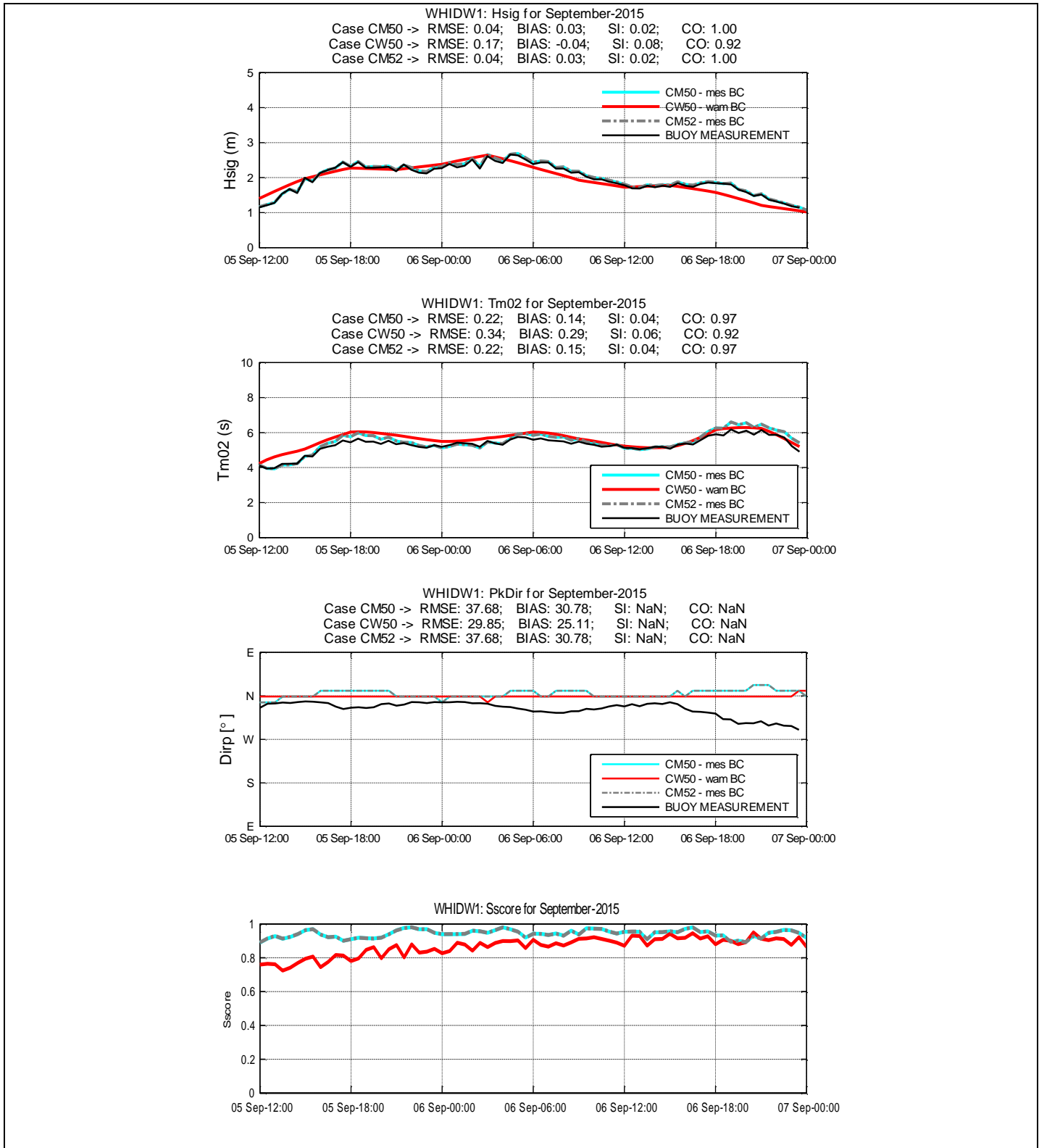
Figuur 7.9. Modelresultaat piekgolfrichting simulatie november 2015 voor model settings CM50, CW50 en CM52 voor de boeien op locaties WHIDW1, BRB5DB en BRB2DB.

ANNEX 4. S-SCORE EN STORM ANALYSE

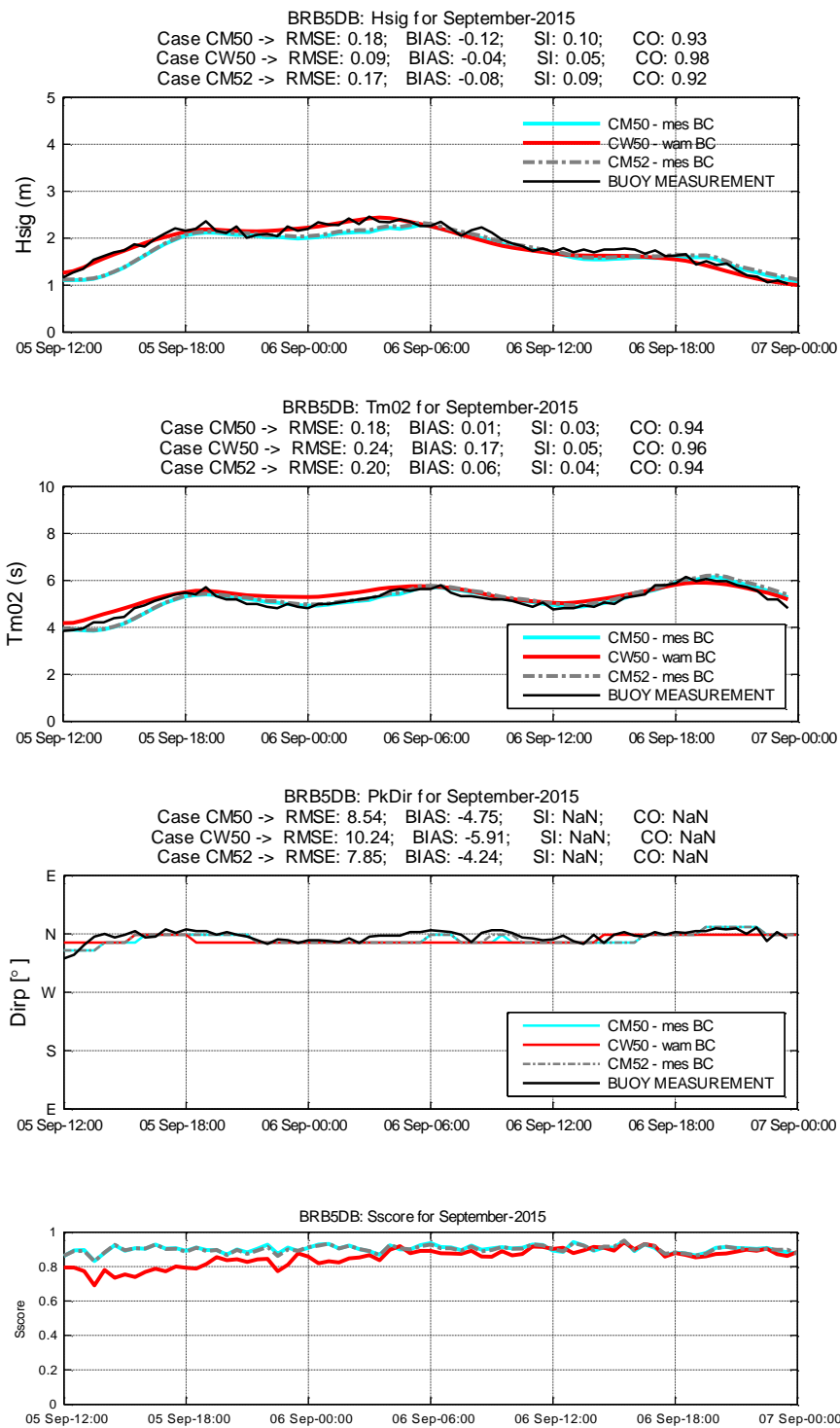
Storm 05-07 september 2015.



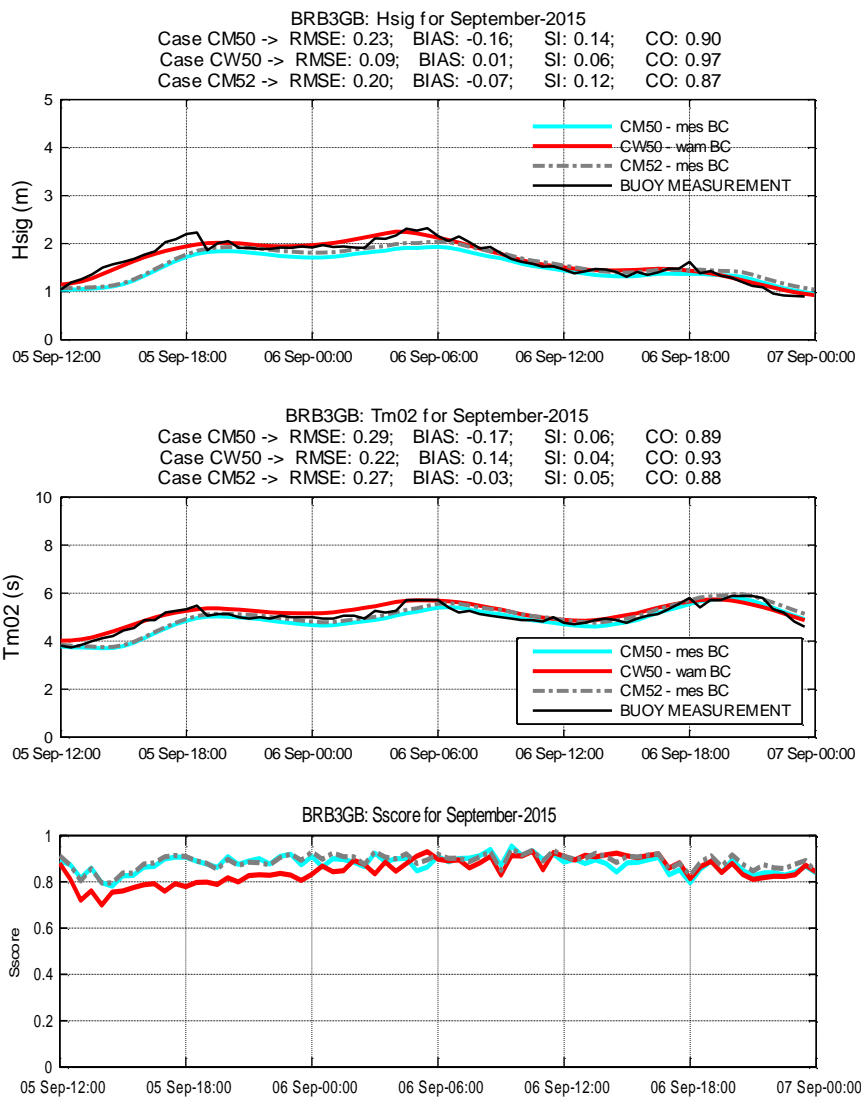
Figuur 4.1. Tijdreeksen S-score voor de 7 locaties voor de storm van 05-07 september. De onderste figuur toont de golfhoogte H_{m0} voor de verschillende boeien samen met de waterstanden in Nieuwpoort (gemeten en gemodelleerd).



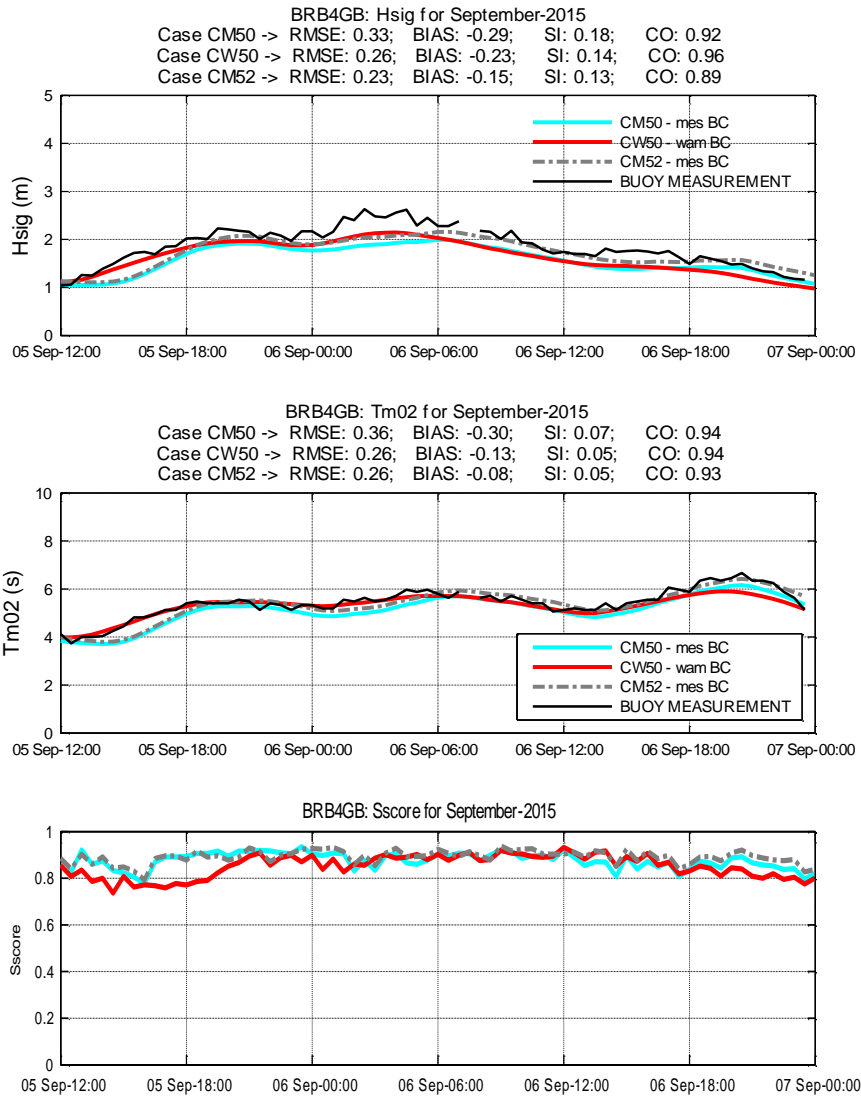
Figuur 4.2. Modelresultaat Hmo, Tm02, piekgolfrichting en S-score voor storm 05-07 september 2015 voor model settings CM50, CW50 en CM52 voor de boeien op locatie WHIDW1.



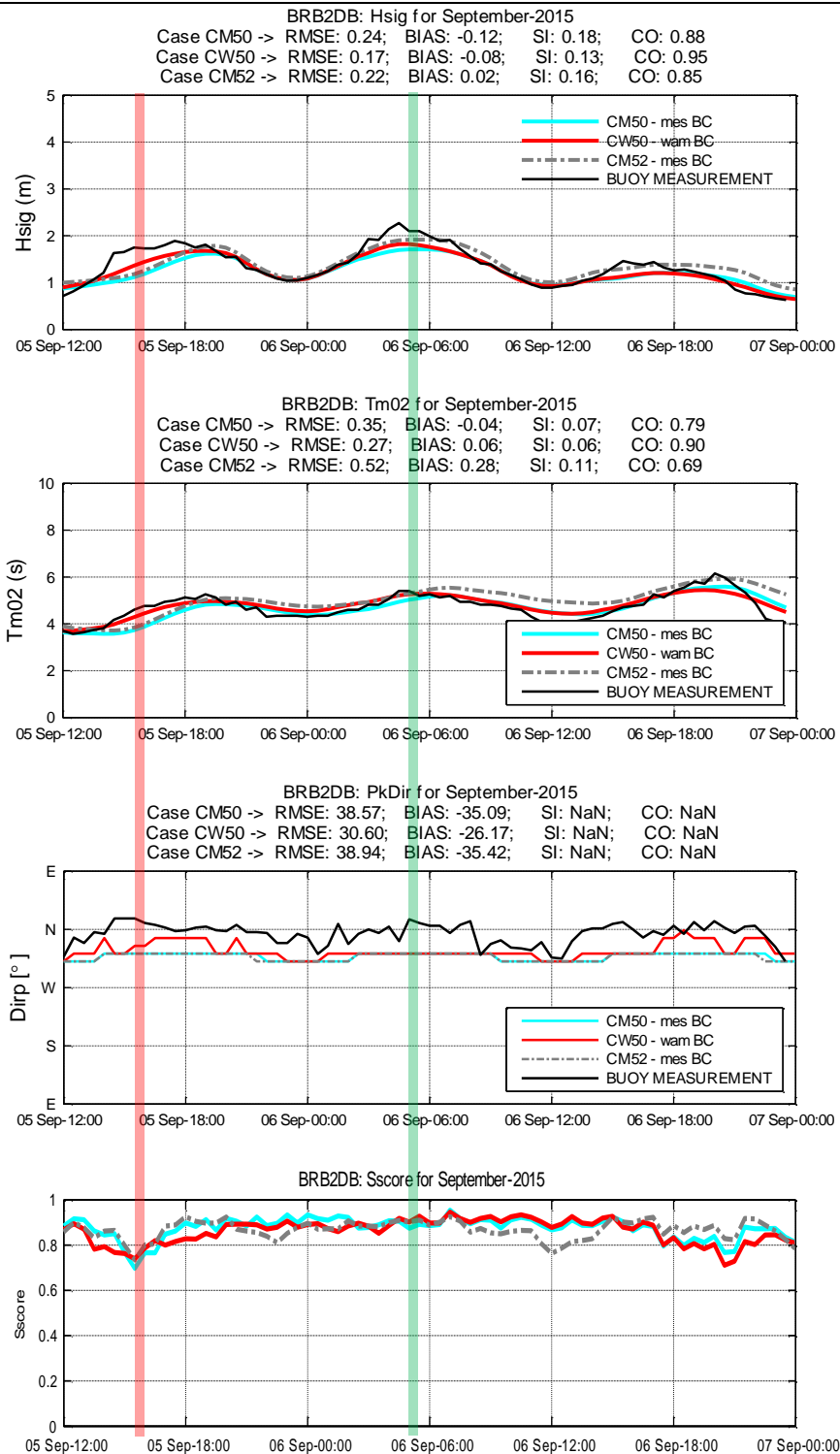
Figuur 4.3. Modelresultaat Hmo, Tm02, piekgolfrichting en S-score voor storm 05-07 september 2015 voor model settings CM50, CW50 en CM52 voor de boeien op locatie BRB5DB.



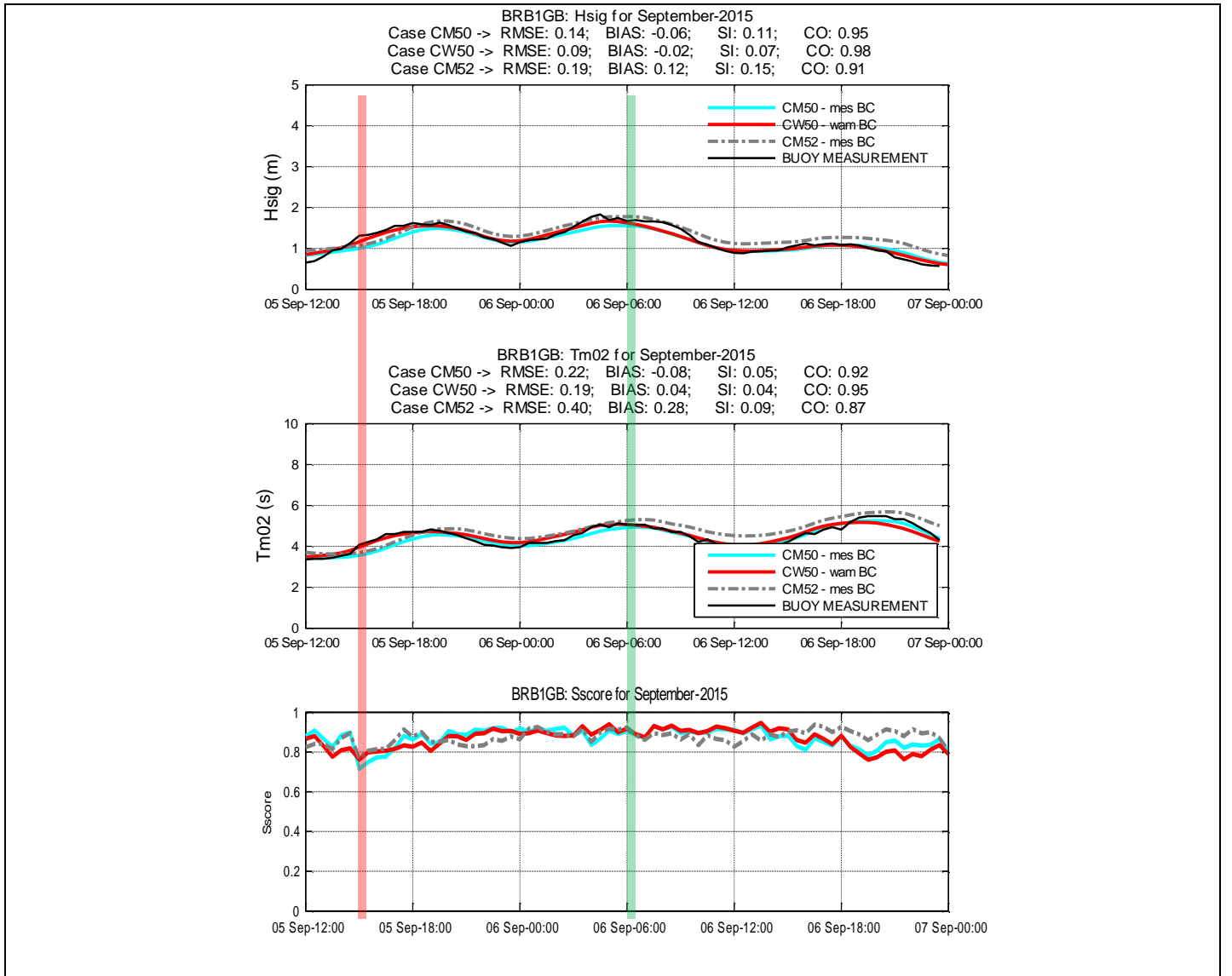
Figuur 4.4. Modelresultaat Hmo, Tm02 en S-score voor storm 05-07 september 2015 voor model settings CM50, CW50 en CM52 voor de boeien op locatie BRB3GB.



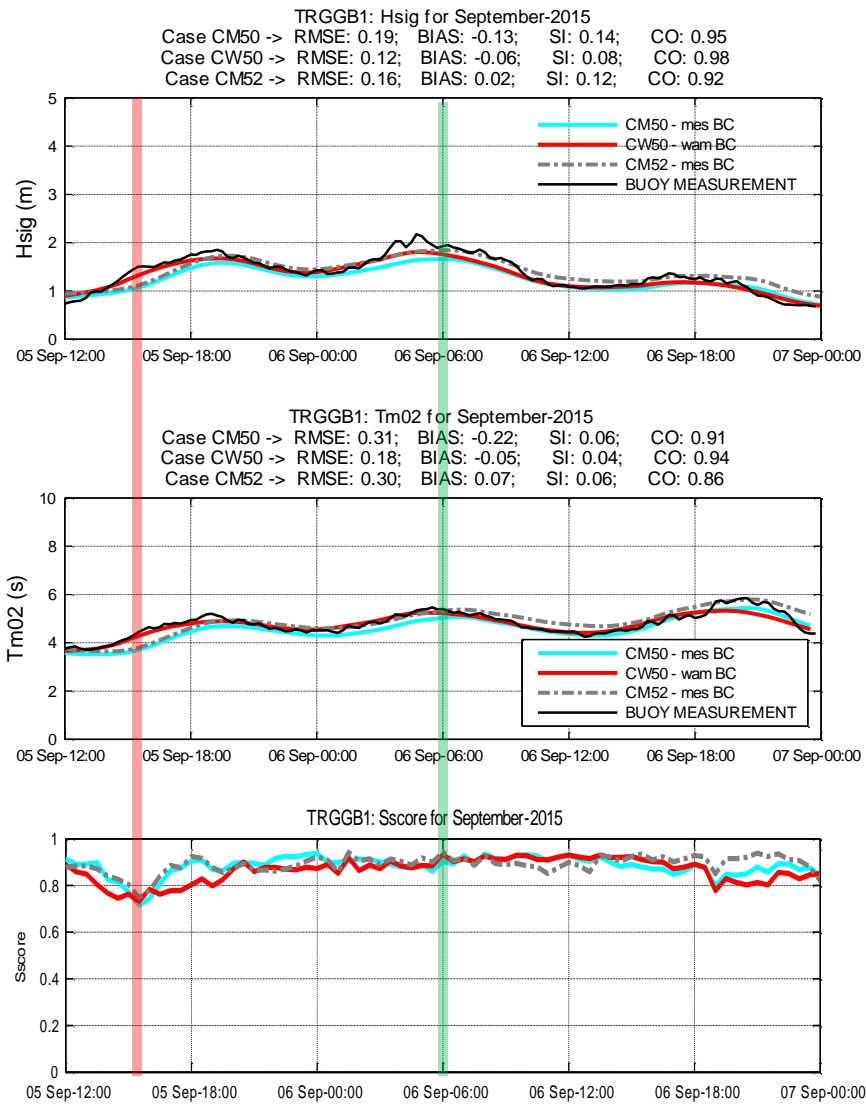
Figuur 4.5. Modelresultaat Hmo, Tm02 en S-score voor storm 05-07 september 2015 voor model settings CM50, CW50 en CM52 voor de boeien op locatie BRB4GB.



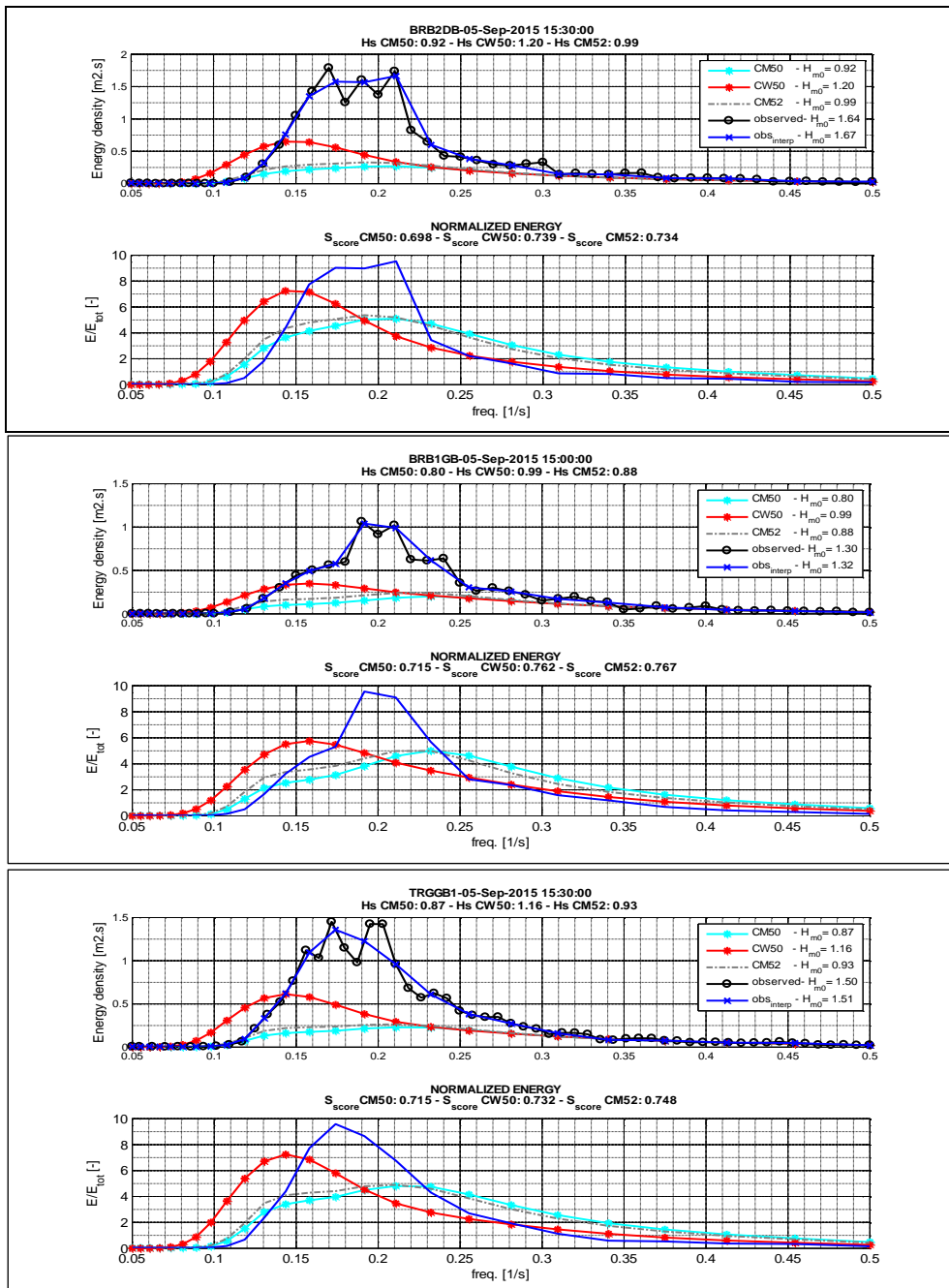
Figuur 4.6. Modelresultaat Hmo, Tm02, piekgolfrichting en S-score voor storm 05-07 september 2015 voor model settings CM50, CW50 en CM52 voor de boeien op locatie BRB2DB.



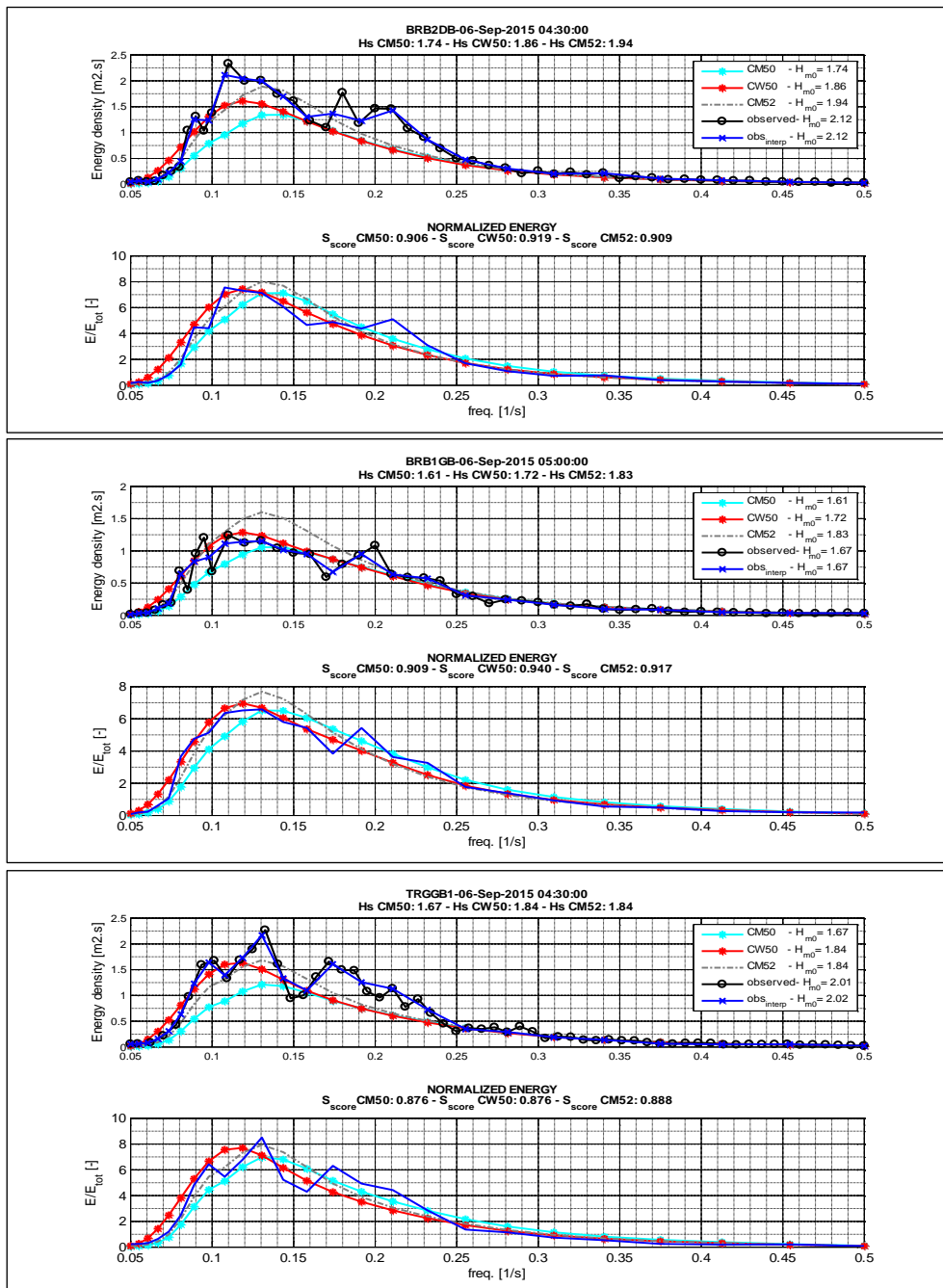
Figuur 4.7. Modelresultaat Hmo, Tm02 en S-score voor storm 05-07 september 2015 voor model settings CM50, CW50 en CM52 voor de boeien op locatie BRB1GB.



Figuur 4.8. Modelresultaat Hmo, Tm02 en S-score voor storm 05-07 maart 2015 voor model settings CM50, CW50 en CM52 voor de boeien op locatie TRGGB1.

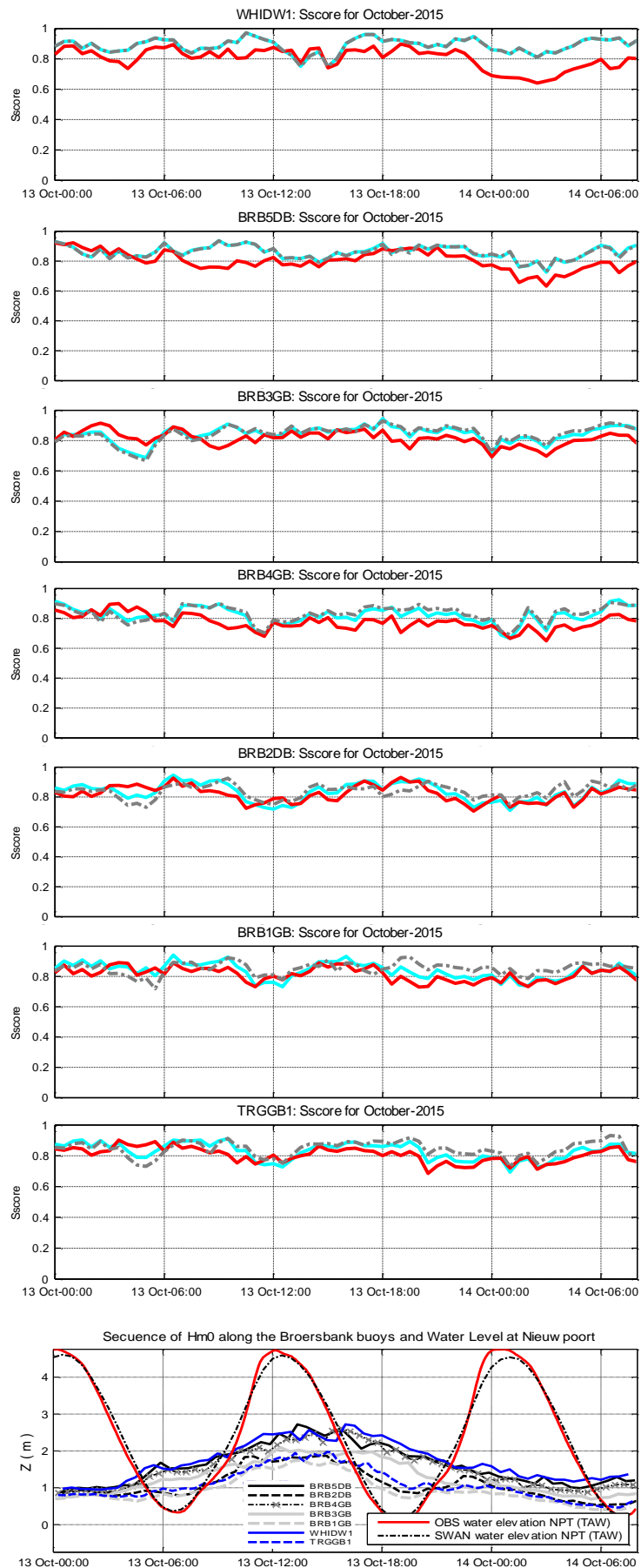


Figuur 4.9. Verdeling energiedensiteit voor de metingen en voor de 3 model settings voor de BRB2DB, BRB1GB en TRG boeilocaties op 05/09/2015 rond 15:00. Een minder goede match in de distributie van de golfenergie geeft aanleiding tot een lage S-score. Bovenste figuur: niet genormaliseerd; de blauwe lijn is de gemeten golfenergiedensiteit geïnterpoleerd op het model frequentiegrid (stap b in de methodologie). Onderste figuur: genormaliseerde energie met aanduiding van de S-score voor elk van de model settings.

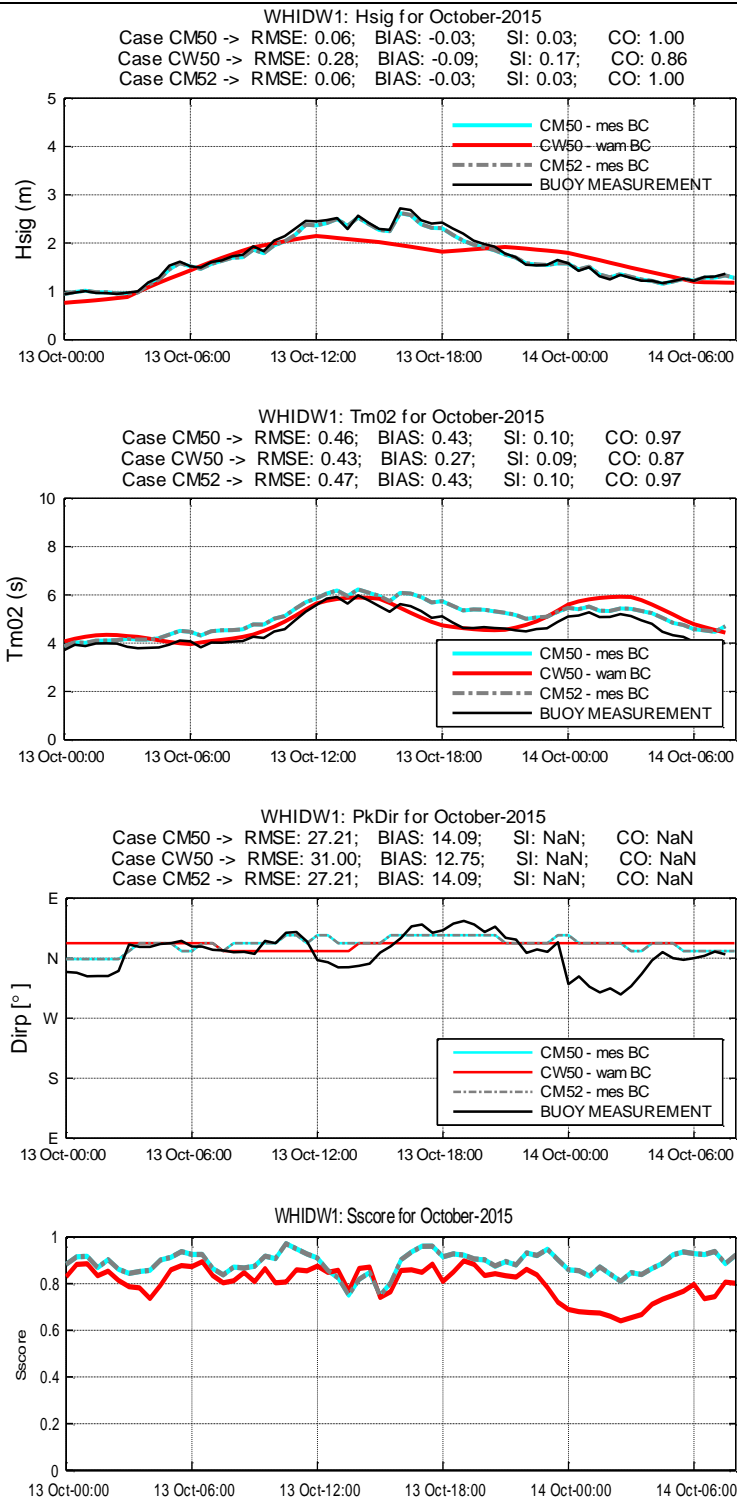


Figuur 4.10. Verdeling energiedensiteit voor de metingen en voor de 3 model settings voor de BRB2DB, BRB1GB en TRG boelocaties op 06/09/2015 rond 05:00. De goede match in de energieverdeling over de verschillende frequenties van het golfspectrum heeft een goede Sscore tot gevolg. Bovenste figuur: niet genormaliseerd; de blauwe lijn is de gemeten golfenergiedensiteit geïnterpoleerd op het model frequentiegrid (stap b in de methodologie). Onderste figuur: genormaliseerde energie met aanduiding van de S-score voor elk van de model settings.

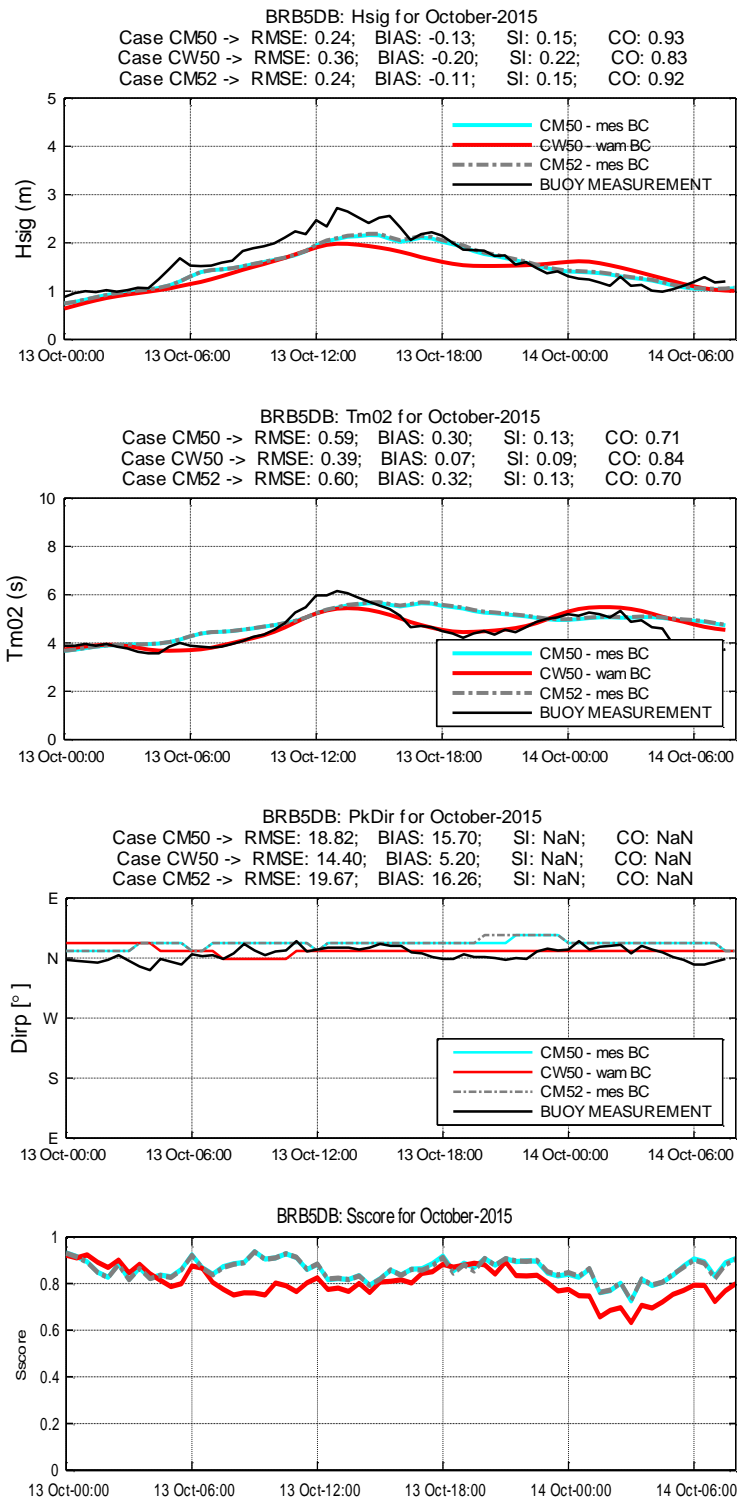
Storm 13-14 oktober 2015.



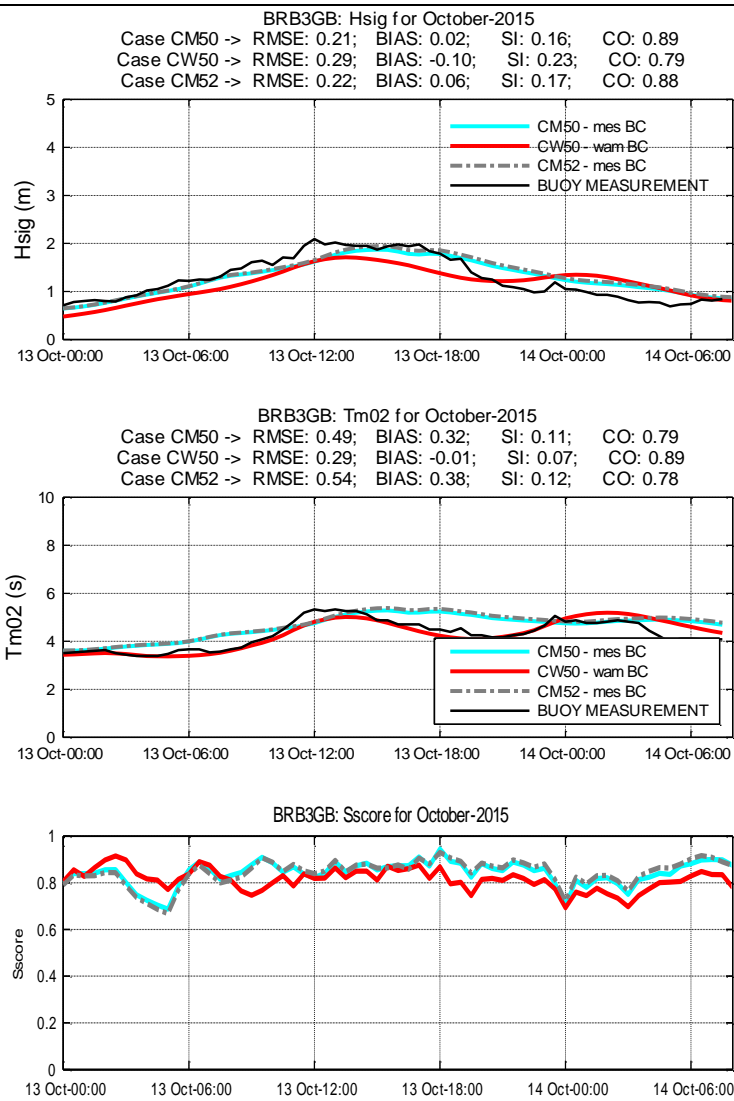
Figuur 4.11. Tijdreeksen S-score voor de 7 locaties voor de storm van 13-14 oktober 2015.



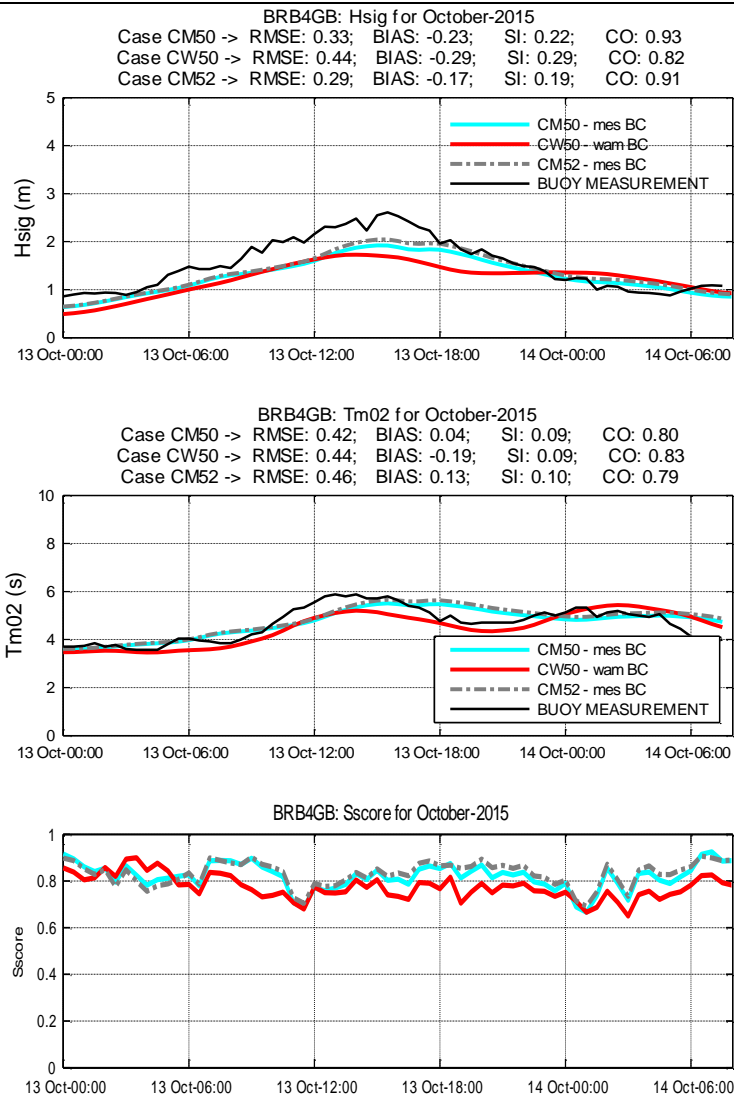
Figuur 4.12. Modelresultaat Hmo, Tm02, piekgolfrichting en S-score voor storm 13-14 oktober 2015 voor model settings CM50, CW50 en CM52 voor de boeien op locatie WHIDW1.



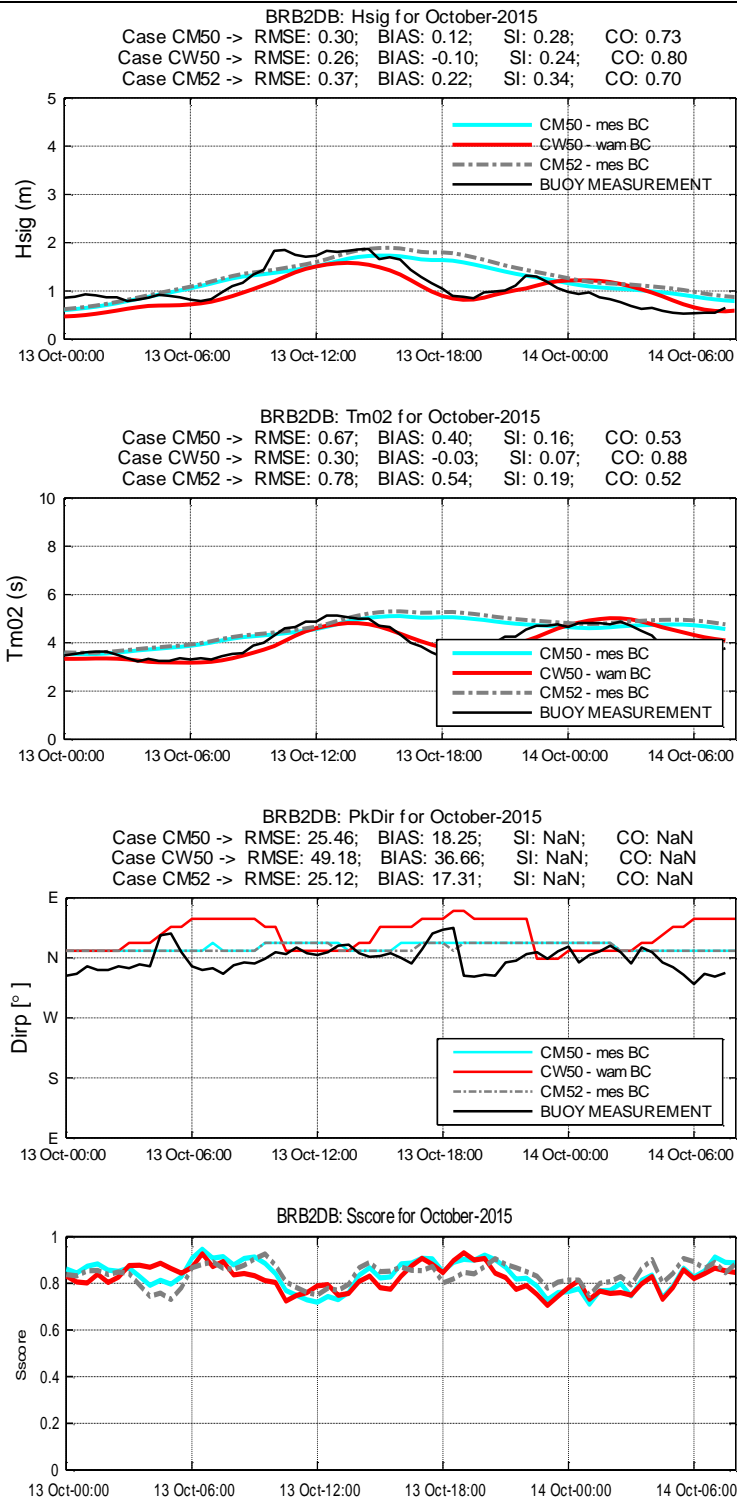
Figuur 4.13. Modelresultaat Hmo, Tm02, piekgolfrichting en S score voor storm 13-14 oktober 2015 voor model settings CM50, CW50 en CM52 voor de boeien op locatie BRB5DB.



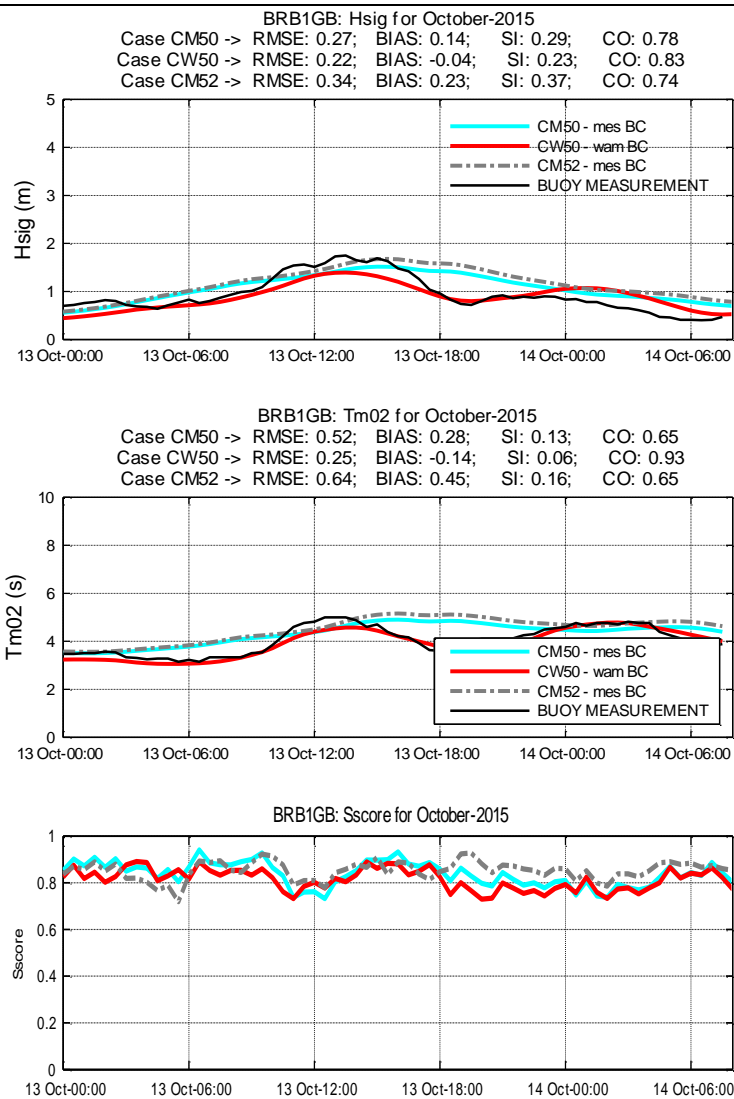
Figuur 4.14. Modelresultaat Hmo, Tm02 en S-score voor storm 13-14 oktober 2015 voor model settings CM50, CW50 en CM52 voor de boeien op locatie BRB3GB.



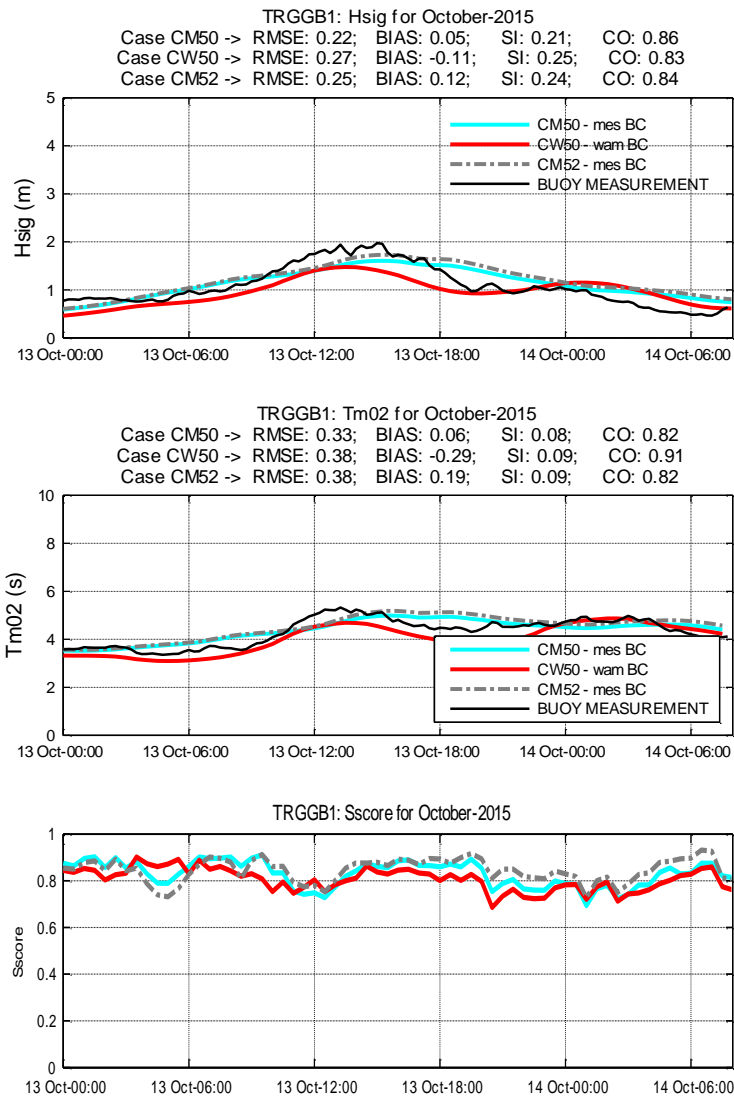
Figuur 4.15. Modelresultaat Hmo, Tm02 en S-score voor storm 13-14 oktober 2015 voor model settings CM50, CW50 en CM52 voor de boeien op locatie BRB4GB.



Figuur 4.16. Modelresultaat Hmo, Tm02, piekgolfrichting en S-score voor storm 13-14 oktober 2015 voor model settings CM50, CW50 en CM52 voor de boeien op locatie BRB2DB.

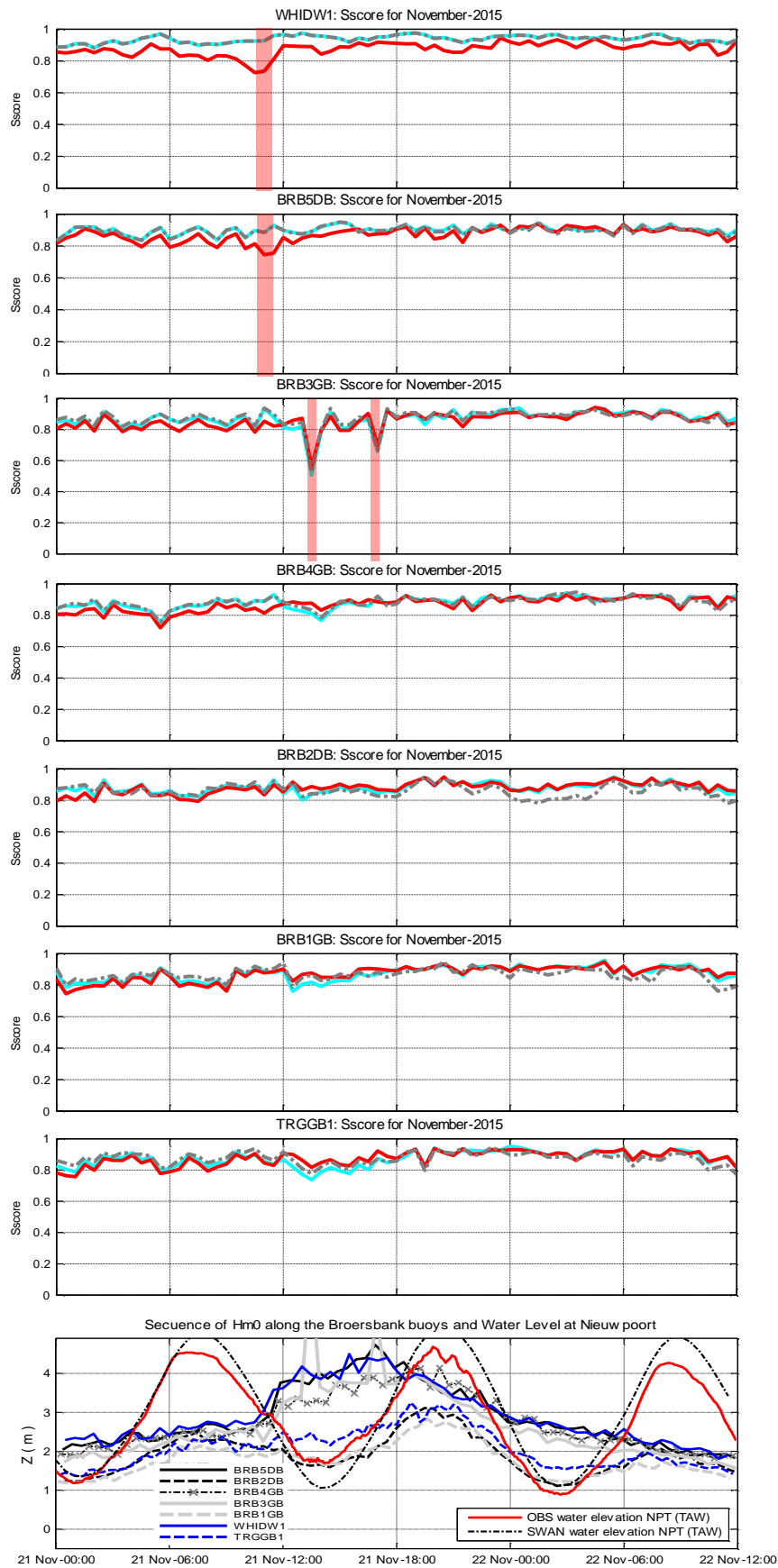


Figuur 4.17. Modelresultaat Hmo, Tm02 en S-score voor storm 13-14 oktober 2015 voor model settings CM50, CW50 en CM52 voor de boeien op locatie BRB1GB.

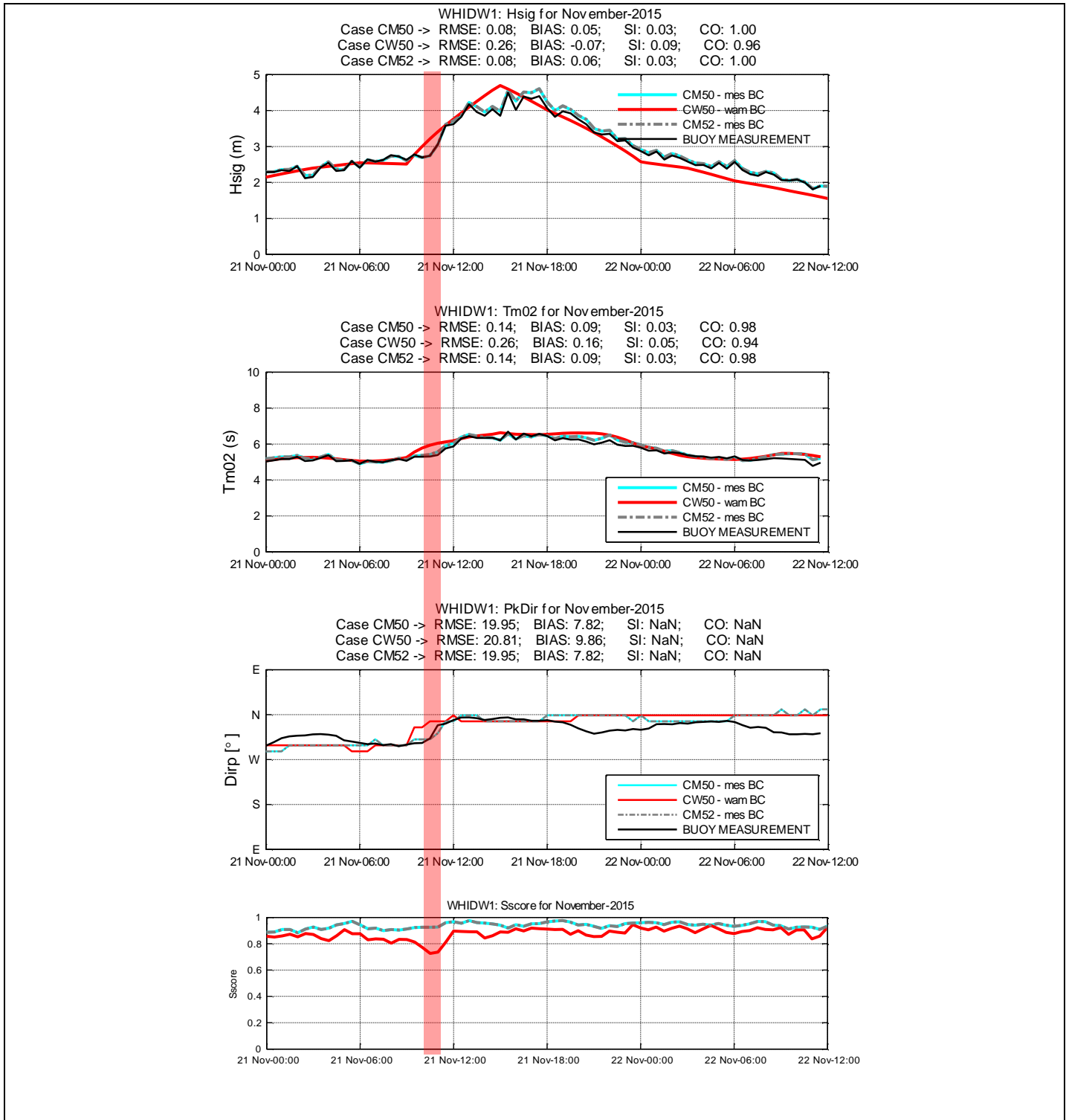


Figuur 4.18. Modelresultaat Hmo, Tm02 en S-score voor storm 13-14 oktober 2015 voor model settings CM50, CW50 en CM52 voor de boeien op locatie TRGGB1.

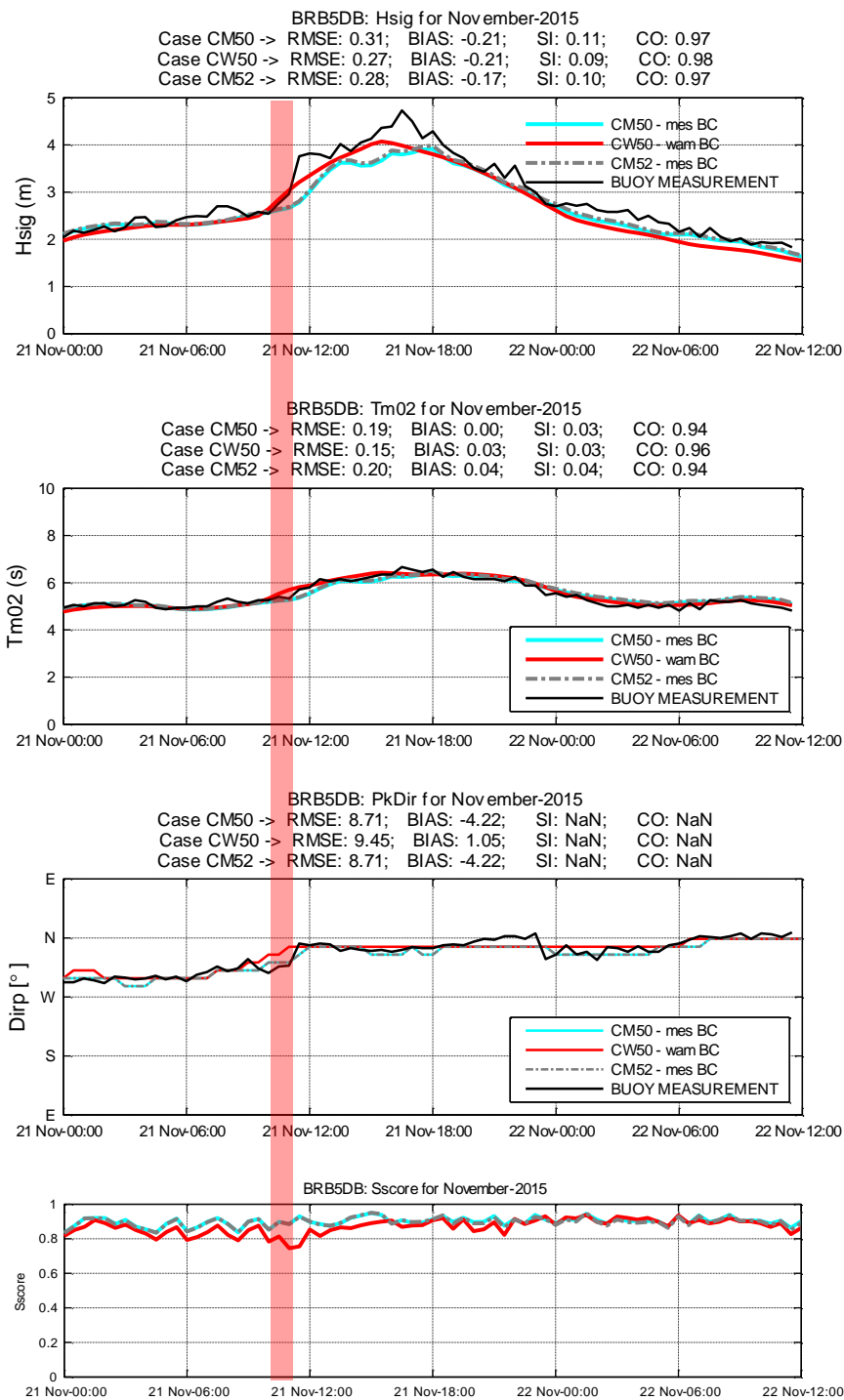
Storm 21-22 november 2015.



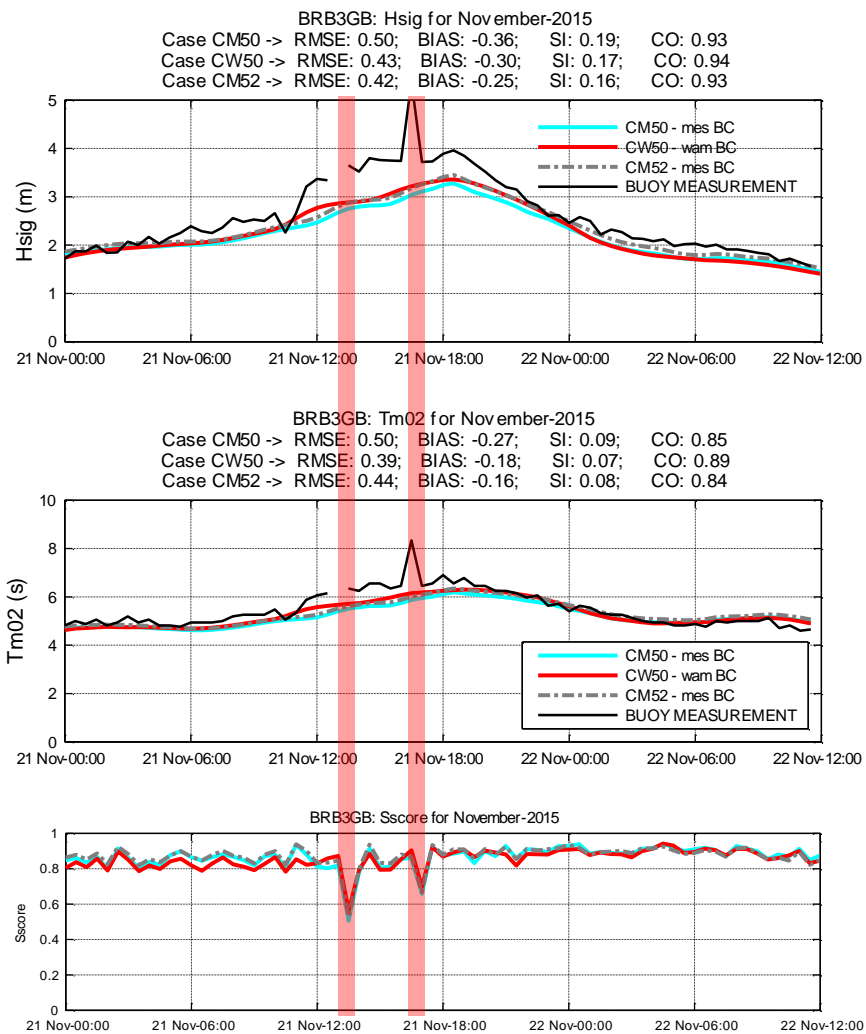
Figuur 4.19. Tijdreeksen S-score voor de 7 locaties voor de storm van 21-22 november 2015.



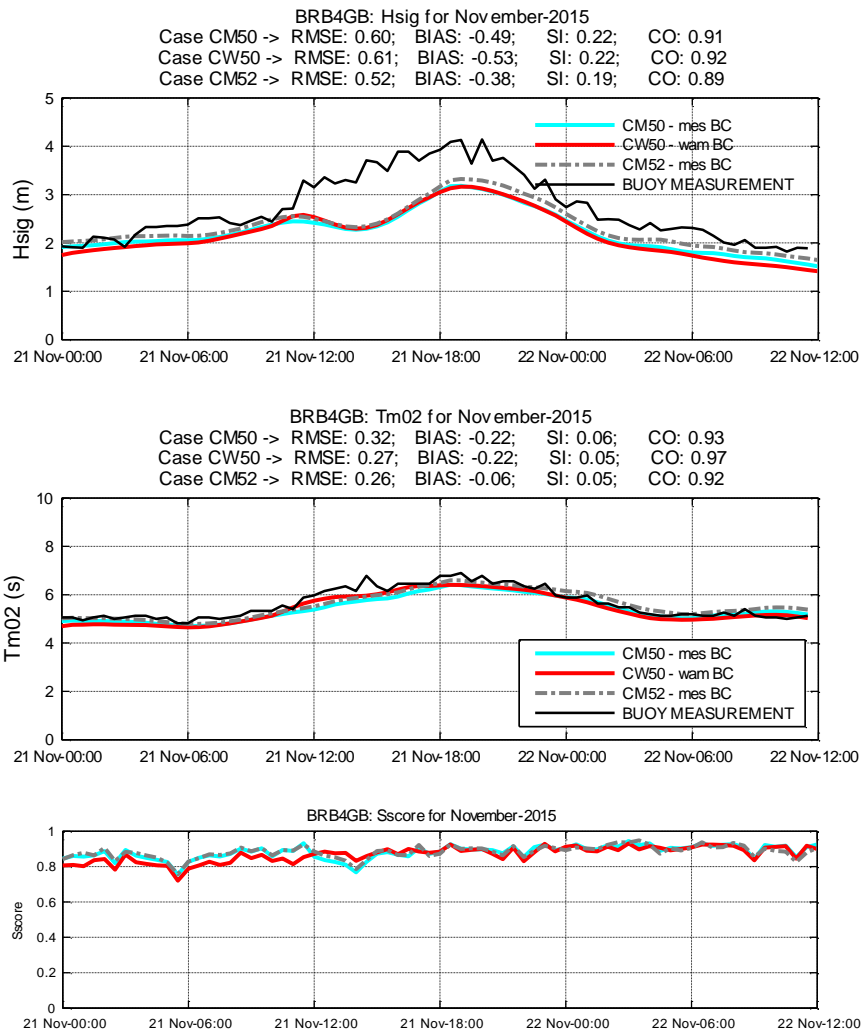
Figuur 4.20. Modelresultaat Hmo, Tm02, piekgolfrichting en S-score voor storm 21-22 november 2015 voor model settings CM50, CW50 en CM52 voor de boeien op locatie WHIDW1.



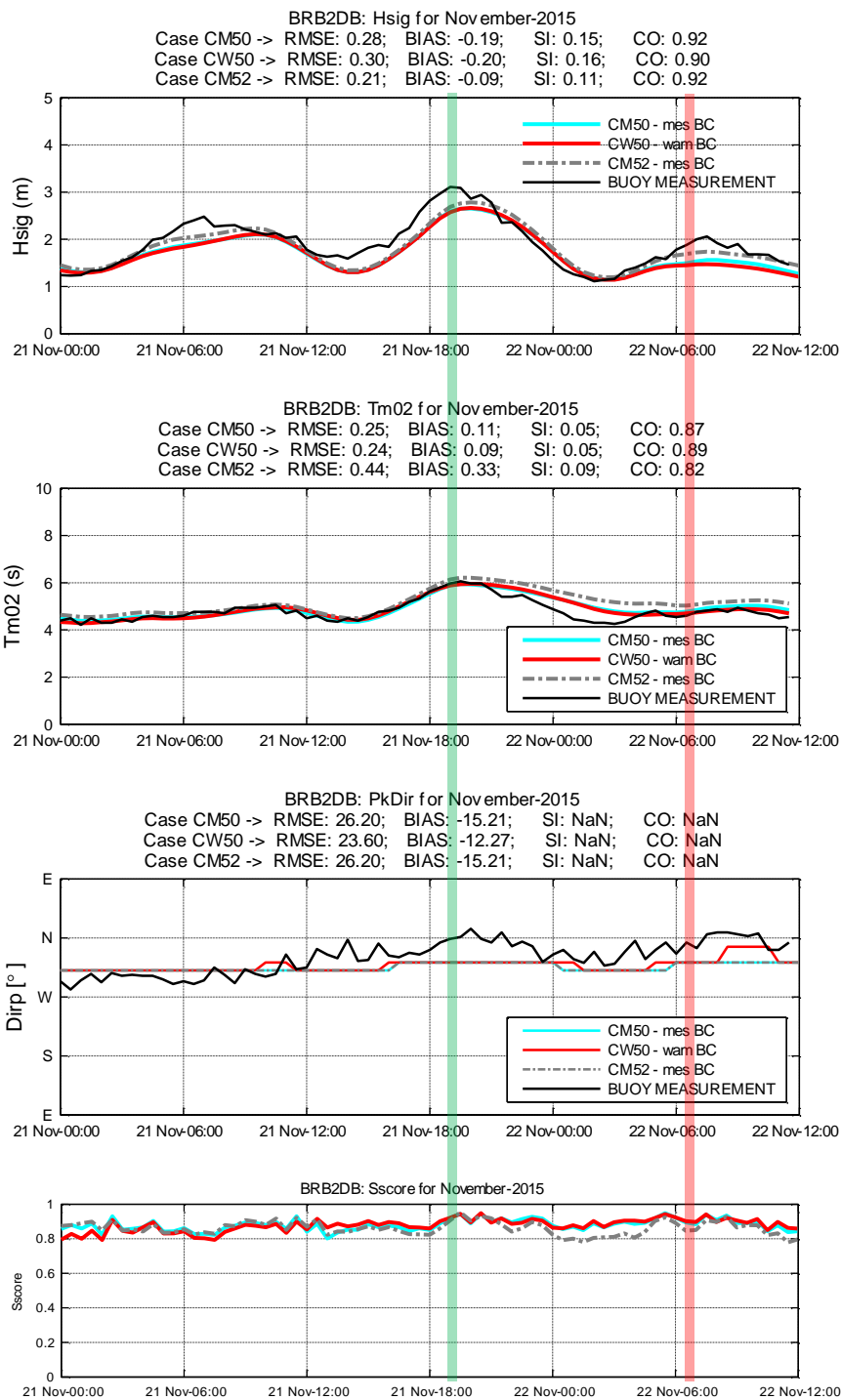
Figuur 4.21. Modelresultaat Hmo, Tm02, piekgolfrichting en S score voor storm 21-22 november 2015 voor model settings CM50, CW50 en CM52 voor de boeien op locatie BRB5DB.



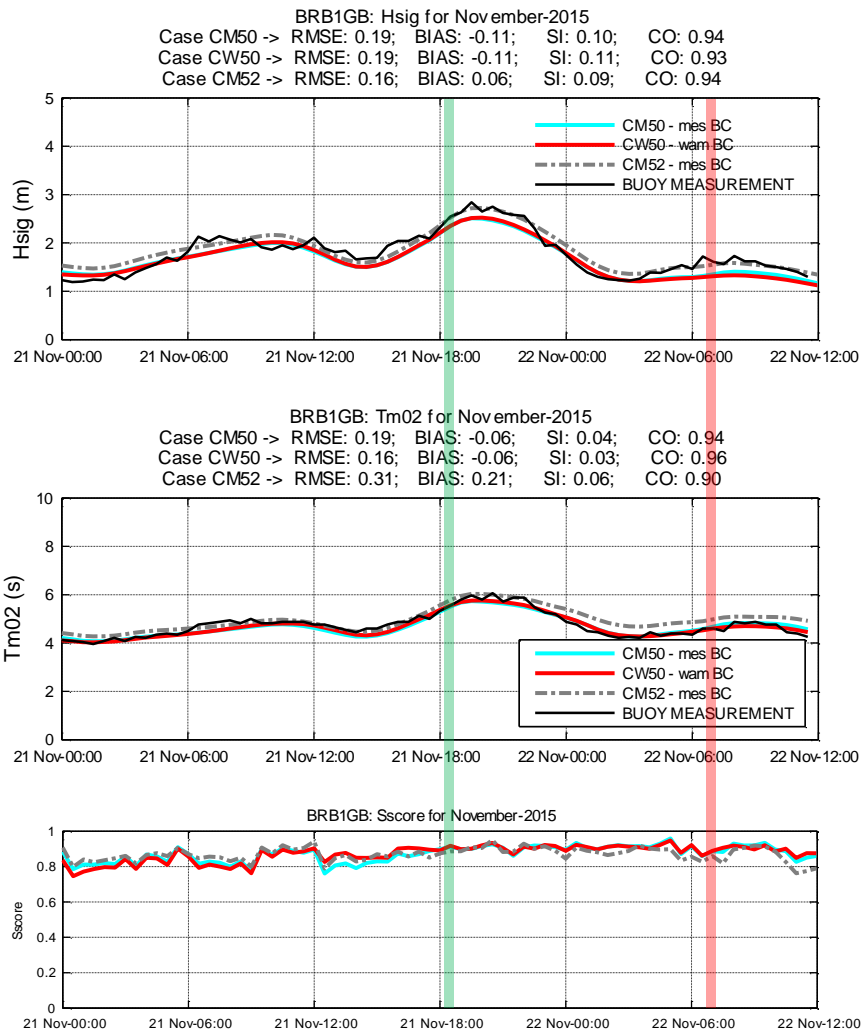
Figuur 4.22. Modelresultaat Hmo, Tm02 en S-score voor storm 21-22 november 2015 voor model settings CM50, CW50 en CM52 voor de boeien op locatie BRB3GB.



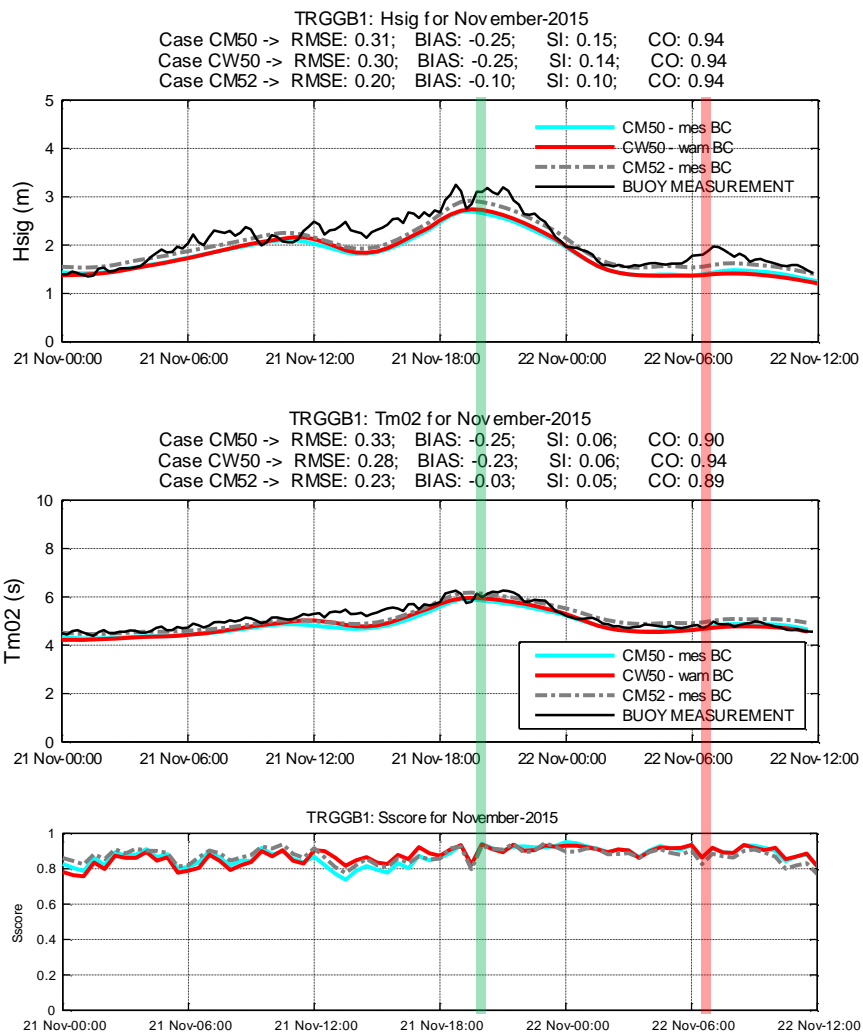
Figuur 4.23. Modelresultaat Hmo, Tm02 en S-score voor storm 21-22 november 2015 voor model settings CM50, CW50 en CM52 voor de boeien op locatie BRB4GB.



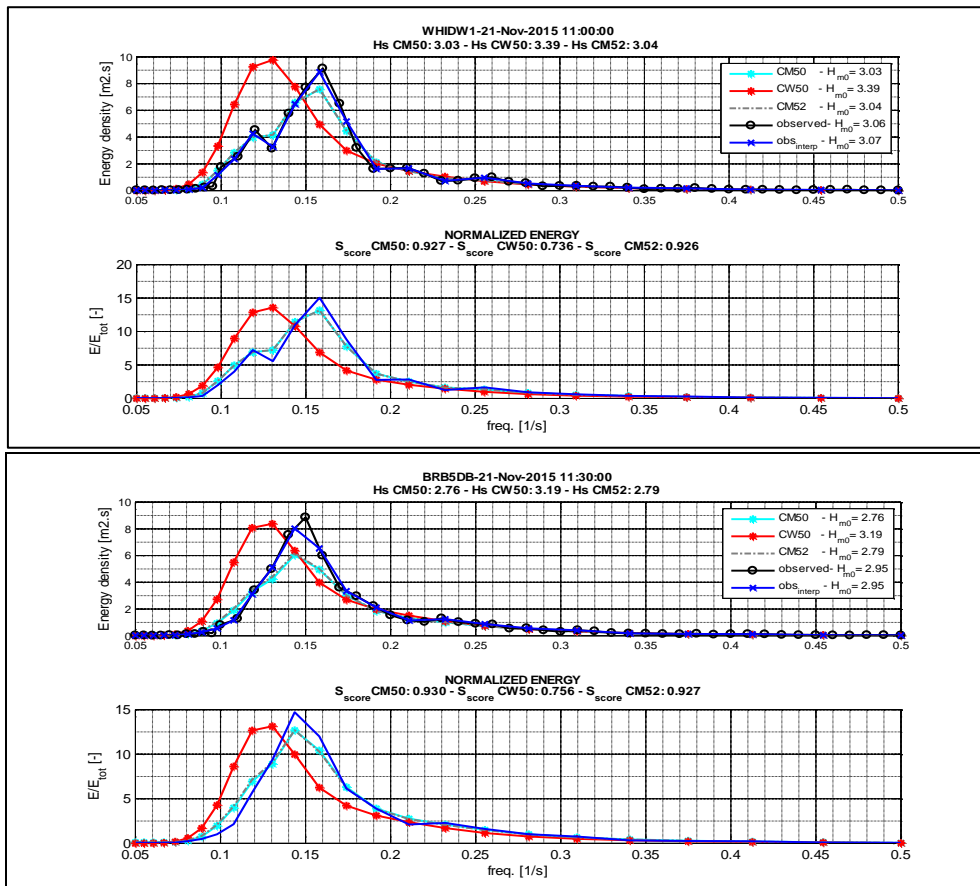
Figuur 4.24. Modelresultaat Hmo, Tm02, piekgolfrichting en S-score voor storm 21-22 november 2015 voor model settings CM50, CW50 en CM52 voor de boeien op locatie BRB2DB.



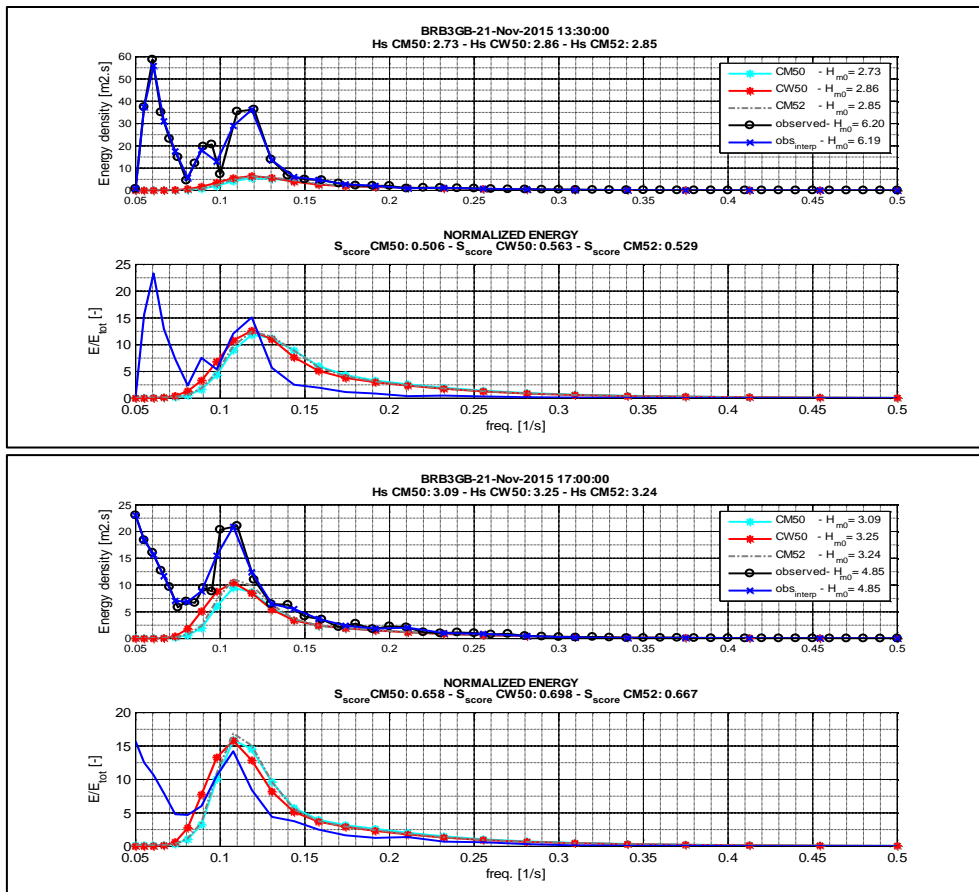
Figuur 4.25. Modelresultaat Hmo, Tm02 en S-score voor storm 21-22 november 2015 voor model settings CM50, CW50 en CM52 voor de boeien op locatie BRB1GB.



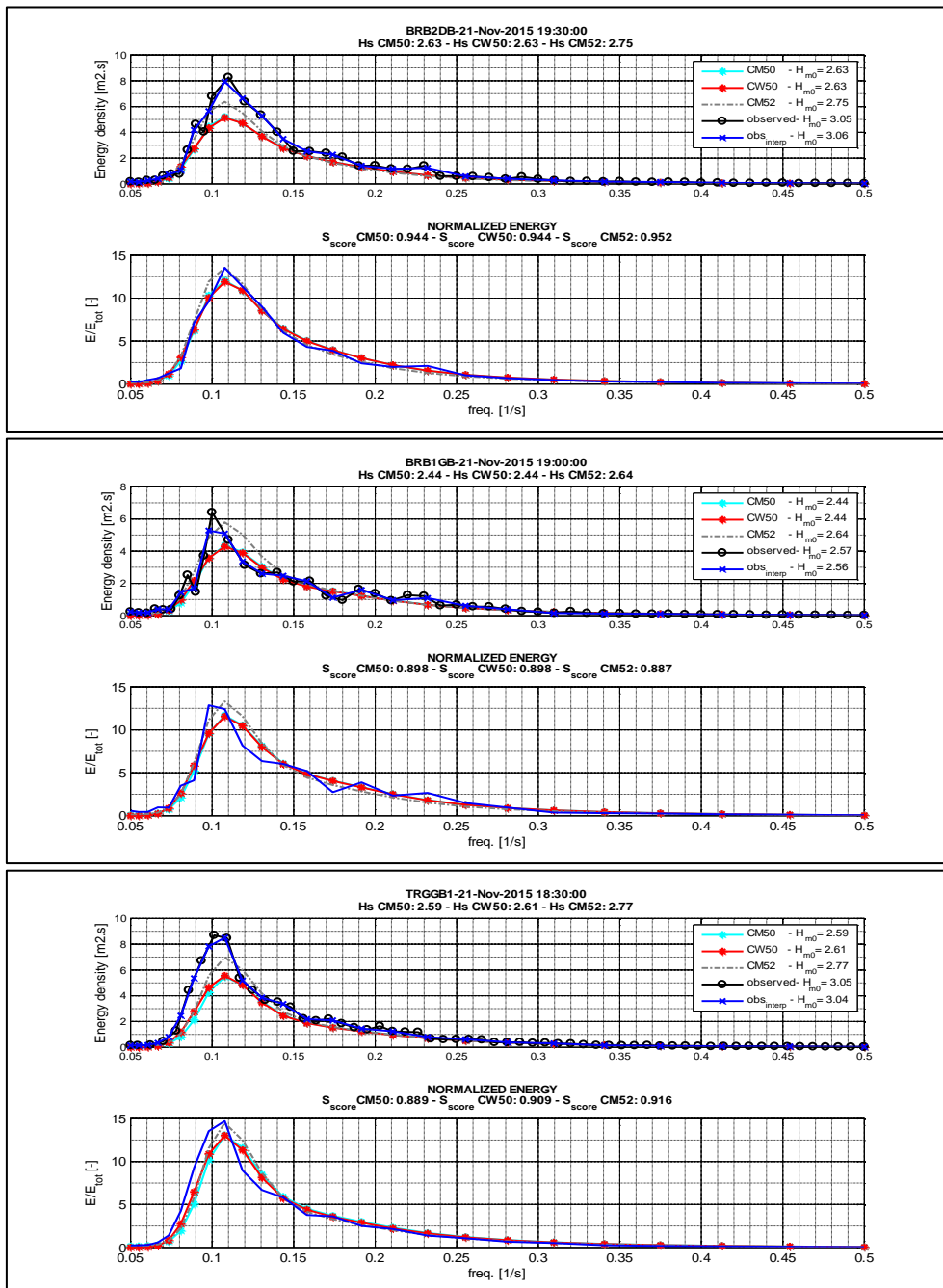
Figuur 4.26. Modelresultaat Hmo, Tm02 en S-score voor storm 21-22 november 2015 voor model settings CM50, CW50 en CM52 voor de boeien op locatie TRGGB1.



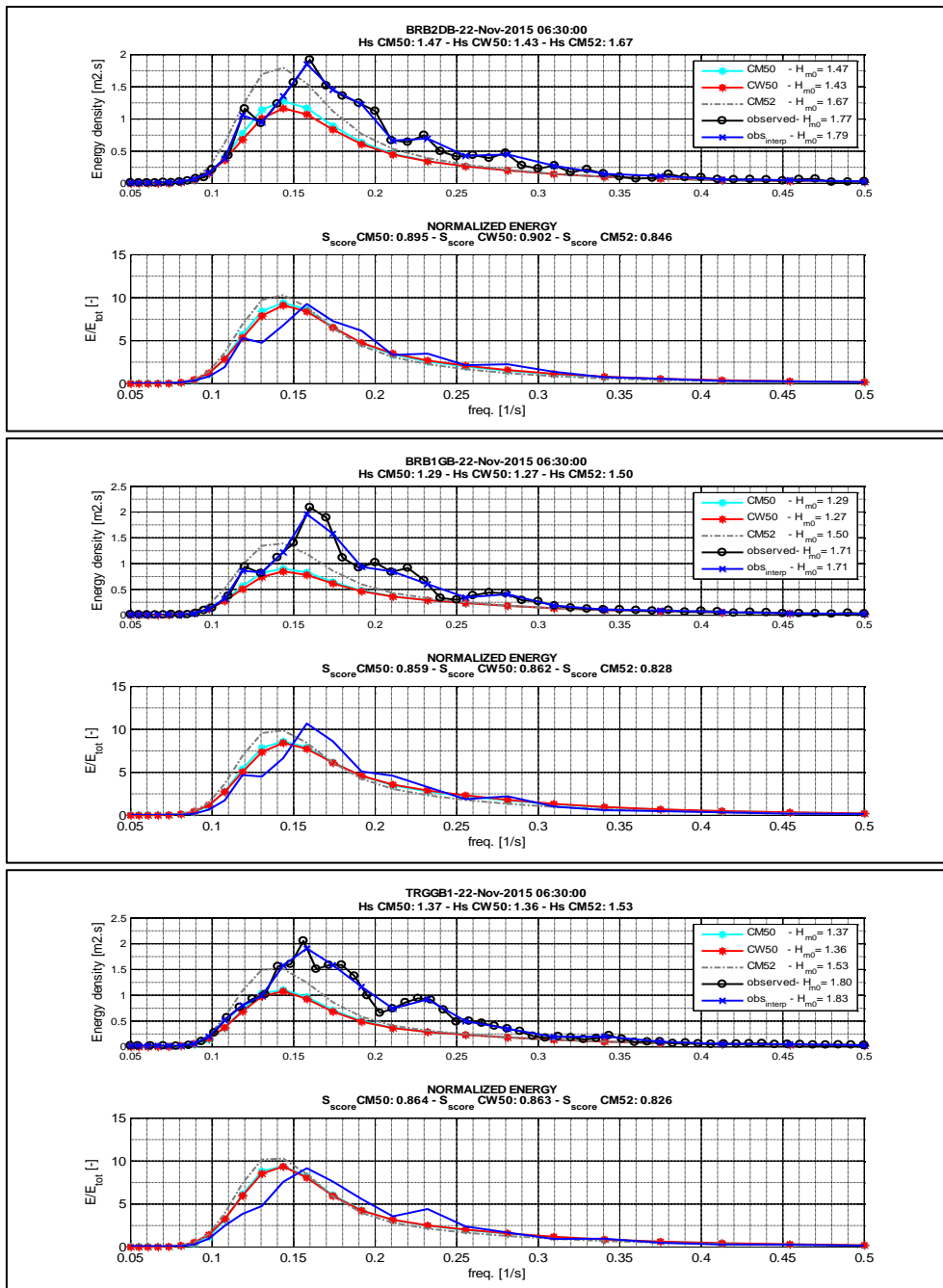
Figuur 4.27. Verdeling energiedensiteit voor de metingen en voor de 3 model settings voor de WHIDW1 en BRB5DB boelocaties op 21/11/2015 rond 11:00. Een minder goede match in de distributie van de golfenergie geeft aanleiding tot een lage Sscore. Bovenste figuur: niet genormaliseerd; de blauwe lijn is de gemeten golfenergiedensiteit geïnterpoleerd op het model frequentiegrid (stap b in de methodologie). Onderste figuur: genormaliseerde energie met aanduiding van de S-score voor elk van de model settings.



Figuur 4.28. Verdeling energiedensiteit voor de metingen en voor de 3 model settings op locatie BRB3GB op 21/11/2015-13:30 en 17:00. Bovenste figuur: niet genormaliseerd; de blauwe lijn is de gemeten golfenergie-densiteit geïnterpoleerd op het model frequentiegrid (stap b in de methodologie). Onderste figuur: genormaliseerde energie met aanduiding van de S-score voor elk van de model settings.



Figuur 4.29. Verdeling energiedensiteit voor de metingen en voor de 3 model settings voor de BRB2DB, BRB1GB en TRG boeilocaties op 21/11/2015 rond 19:00. De goede match in de energieverdeling over de verschillende frequenties van het golfspectrum heeft een goede Sscore tot gevolg. Bovenste figuur: niet genormaliseerd; de blauwe lijn is de gemeten golfenergie geïnterpoleerd op het model frequentiegrid (stap b in de methodologie). Onderste figuur: genormaliseerde energie met aanduiding van de S-score voor elk van de model settings.



Figuur 4.30. Verdeling energiedensiteit voor de metingen en voor de 3 model settings voor de BRB2DB, BRB1GB en TRG boeilocaties op 22/11/2015 rond 06:30. Een minder goede match in de distributie van de golfenergie geeft aanleiding tot een lage Sscore. Bovenste figuur: niet genormaliseerd; de blauwe lijn is de gemeten golfenergiedensiteit geïnterpoleerd op het model frequentiegrid (stap b in de methodologie). Onderste figuur: genormaliseerde energie met aanduiding van de S-score voor elk van de model settings.

ANNEX 5. TIJDSLIJN STATISTISCHE PARAMETERS

Hm0	WHIDW1	September 2015	Oktober 2015	November 2015
RMSE	CM50	0.04	0.06	0.08
	CW50	0.17	0.28	0.26
	CM52	0.04	0.06	0.08
BIAS	CM50	0.03	-0.03	0.05
	CW50	-0.04	-0.09	-0.07
	CM52	0.03	-0.03	0.06
SI	CM50	0.02	0.03	0.03
	CW50	0.08	0.17	0.09
	CM52	0.02	0.03	0.03
CO	CM50	1.00	1.00	1.00
	CW50	0.92	0.86	0.96
	CM52	1.00	1.00	1.00

Figuur 5.1. Tijdslijn statistische parameters voor Hm0 op locatie WHIDW1 voor de periode september-november 2015 bij stormcondities.

Hm0	BRB5DB	September 2015	Oktober 2015	November 2015
RMSE	CM50	0.18	0.24	0.31
	CW50	0.09	0.36	0.27
	CM52	0.17	0.24	0.28
BIAS	CM50	-0.12	-0.13	-0.21
	CW50	-0.04	-0.20	-0.21
	CM52	-0.08	-0.11	-0.17
SI	CM50	0.10	0.15	0.11
	CW50	0.05	0.22	0.09
	CM52	0.09	0.15	0.10
CO	CM50	0.93	0.93	0.97
	CW50	0.98	0.83	0.98
	CM52	0.92	0.92	0.97

Figuur 5.2. Tijdslijn statistische parameters voor Hm0 op locatie BRB5DB voor de periode september-november 2015 bij stormcondities.

Hm0	BRB3GB	September 2015	Oktober 2015	November 2015
RMSE	CM50	0.23	0.21	0.50
	CW50	0.09	0.29	0.43
	CM52	0.20	0.22	0.42
BIAS	CM50	-0.16	0.02	-0.36
	CW50	0.01	-0.10	-0.30
	CM52	-0.07	0.06	-0.25
SI	CM50	0.14	0.16	0.19
	CW50	0.06	0.23	0.17
	CM52	0.12	0.17	0.16
CO	CM50	0.90	0.89	0.93
	CW50	0.97	0.79	0.94
	CM52	0.87	0.88	0.93

Figuur 5.3. Tijdslijn statistische parameters voor Hm0 op locatie BRB3GB voor de periode september-november 2015 bij stormcondities.

Hm0	BRB4GB	September 2015	Oktober 2015	November 2015
RMSE	CM50	0.33	0.33	0.60
	CW50	0.26	0.44	0.61
	CM52	0.23	0.29	0.52
BIAS	CM50	-0.29	-0.23	-0.49
	CW50	-0.23	-0.29	-0.53
	CM52	-0.15	-0.17	-0.38
SI	CM50	0.18	0.22	0.22
	CW50	0.14	0.29	0.22
	CM52	0.13	0.19	0.19
CO	CM50	0.92	0.93	0.91
	CW50	0.96	0.82	0.92
	CM52	0.89	0.91	0.89

Figuur 5.4. Tijdslijn statistische parameters voor Hm0 op locatie BRB4GB voor de periode september-november 2015 bij stormcondities.

Hm0	BRB2DB	September 2015	Oktober 2015	November 2015
RMSE	CM50	0.24	0.30	0.28
	CW50	0.17	0.26	0.30
	CM52	0.22	0.37	0.21
BIAS	CM50	-0.12	0.12	-0.19
	CW50	-0.06	-0.10	-0.20
	CM52	0.02	0.22	-0.09
SI	CM50	0.18	0.28	0.15
	CW50	0.13	0.24	0.16
	CM52	0.16	0.34	0.11
CO	CM50	0.88	0.73	0.92
	CW50	0.95	0.80	0.90
	CM52	0.85	0.70	0.92

Figuur 5.5. Tijdslijn statistische parameters voor Hm0 op locatie BRB2DB voor de periode september-november 2015 bij stormcondities.

Hm0	BRB1GB	September 2015	Oktober 2015	November 2015
RMSE	CM50	0.14	0.27	0.19
	CW50	0.09	0.22	0.19
	CM52	0.19	0.34	0.16
BIAS	CM50	-0.06	0.14	-0.11
	CW50	-0.02	-0.04	-0.11
	CM52	0.12	0.23	0.06
SI	CM50	0.11	0.29	0.10
	CW50	0.07	0.23	0.11
	CM52	0.15	0.37	0.09
CO	CM50	0.95	0.78	0.94
	CW50	0.98	0.83	0.93
	CM52	0.91	0.74	0.94

Figuur 5.6. Tijdslijn statistische parameters voor Hm0 op locatie BRB1GB voor de periode september-november 2015 bij stormcondities.

Hm0	TRGGB1	September 2015	Oktober 2015	November 2015
RMSE	CM50	0.19	0.22	0.31
	CW50	0.12	0.27	0.30
	CM52	0.16	0.25	0.20
BIAS	CM50	-0.13	0.05	0.25
	CW50	-0.06	-0.11	-0.25
	CM52	0.02	0.12	-0.10
SI	CM50	0.14	0.21	0.15
	CW50	0.08	0.25	0.14
	CM52	0.12	0.24	0.10
CO	CM50	0.95	0.86	0.94
	CW50	0.98	0.83	0.94
	CM52	0.92	0.84	0.94

Figuur 5.7. Tijdslijn statistische parameters voor Hm0 op locatie TRGGB1 voor de periode september-november 2015 bij stormcondities.

Hm0	WHIDW1	September 2015	Oktober 2015	November 2015
RMSE	CM50	0.10	0.07	0.18
	CW50	0.21	0.18	0.29
	CM52	0.10	0.07	0.17
BIAS	CM50	-0.03	-0.03	-0.06
	CW50	-0.12	-0.09	-0.07
	CM52	-0.03	-0.02	-0.05
SI	CM50	0.09	0.08	0.10
	CW50	0.19	0.20	0.17
	CM52	0.08	0.05	0.10
CO	CM50	0.98	0.99	0.99
	CW50	0.93	0.92	0.95
	CM52	0.98	0.99	0.99

Figuur 5.8. Tijdslijn statistische parameters voor Hm0 op locatie WHIDW1 voor de periode september-november 2015 over de volledige periode per maand.

Hm0	BRB5DB	September 2015	Oktober 2015	November 2015
RMSE	CM50	0.20	0.14	0.24
	CW50	0.25	0.18	0.27
	CM52	0.20	0.07	0.23
BIAS	CM50	-0.09	-0.05	-0.01
	CW50	-0.14	-0.10	-0.09
	CM52	-0.08	-0.04	0.01
SI	CM50	0.19	0.17	0.15
	CW50	0.24	0.23	0.18
	CM52	0.19	0.17	0.15
CO	CM50	0.91	0.95	0.96
	CW50	0.89	0.92	0.95
	CM52	0.90	0.95	0.96

Figuur 5.9. Tijdslijn statistische parameters voor Hm0 op locatie BRB5DB voor de periode september-november 2015 over de volledige periode per maand.

Hm0	BRB3GB	September 2015	Oktober 2015	November 2015
RMSE	CM50	0.19	0.13	0.26
	CW50	0.20	0.15	0.25
	CM52	0.19	0.15	0.28
BIAS	CM50	-0.04	0.02	0.06
	CW50	-0.06	-0.01	0.04
	CM52	-0.01	0.05	0.11
SI	CM50	0.22	0.21	0.22
	CW50	0.23	0.24	0.21
	CM52	0.22	0.23	0.23
CO	CM50	0.86	0.91	0.93
	CW50	0.87	0.88	0.93
	CM52	0.86	0.90	0.93

Figuur 5.10. Tijdslijn statistische parameters voor Hm0 op locatie BRB3GB voor de periode september-november 2015 over de volledige periode per maand.

Hm0	BRB4GB	September 2015	Oktober 2015	November 2015
RMSE	CM50	0.22	0.15	0.28
	CW50	0.24	0.19	0.30
	CM52	0.20	0.14	0.28
BIAS	CM50	-0.10	-0.03	0.01
	CW50	-0.14	-0.08	-0.08
	CM52	-0.04	0.00	0.08
SI	CM50	0.23	0.21	0.21
	CW50	0.25	0.27	0.22
	CM52	0.22	0.20	0.21
CO	CM50	0.88	0.94	0.94
	CW50	0.89	0.91	0.94
	CM52	0.88	0.93	0.94

Figuur 5.11. Tijdslijn statistische parameters voor Hm0 op locatie BRB4GB voor de periode september-november 2015 over de volledige periode per maand.

Hm0	BRB2DB	September 2015	Oktober 2015	November 2015
RMSE	CM50	0.19	0.18	0.21
	CW50	0.19	0.15	0.21
	CM52	0.20	0.19	0.25
BIAS	CM50	-0.03	0.02	0.06
	CW50	-0.07	-0.04	0.02
	CM52	0.04	0.07	0.13
SI	CM50	0.27	0.34	0.23
	CW50	0.28	0.28	0.22
	CM52	0.29	0.36	0.26
CO	CM50	0.83	0.80	0.93
	CW50	0.84	0.87	0.93
	CM52	0.81	0.82	0.89

Figuur 5.12. Tijdslijn statistische parameters voor Hm0 op locatie BRB2DB voor de periode september-november 2015 over de volledige periode per maand.

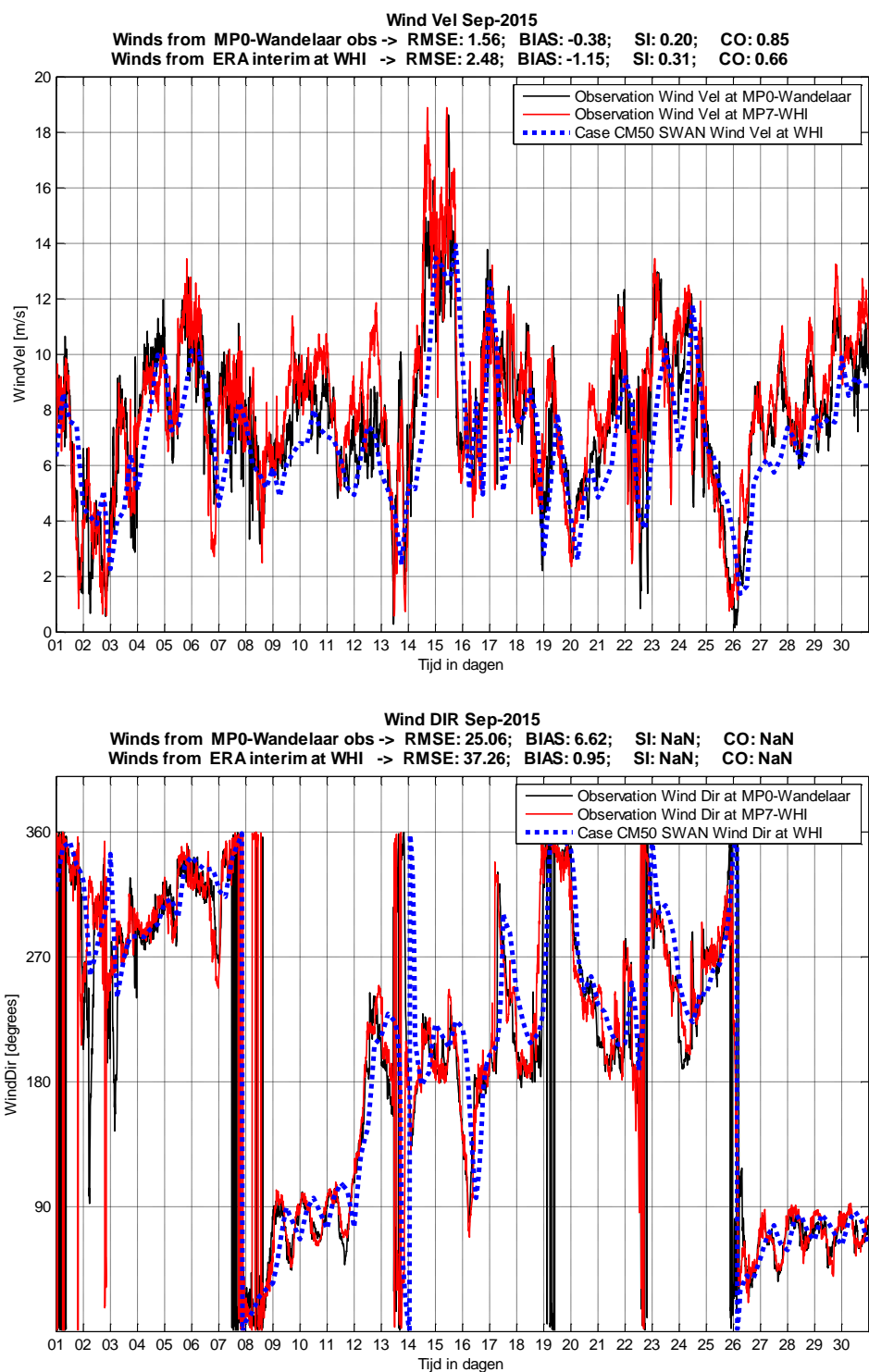
Hm0	BRB1GB	September 2015	Oktober 2015	November 2015
RMSE	CM50	0.18	0.15	0.25
	CW50	0.17	0.12	0.23
	CM52	0.21	0.18	0.32
BIAS	CM50	0.02	0.04	0.15
	CW50	-0.01	-0.01	0.12
	CM52	0.10	0.09	0.24
SI	CM50	0.31	0.35	0.33
	CW50	0.30	0.28	0.30
	CM52	0.37	0.42	0.41
CO	CM50	0.82	0.85	0.92
	CW50	0.83	0.90	0.93
	CM52	0.81	0.86	0.92

Figuur 5.13. Tijdslijn statistische parameters voor Hm0 op locatie BRB1GB voor de periode september-november 2015 over de volledige periode per maand.

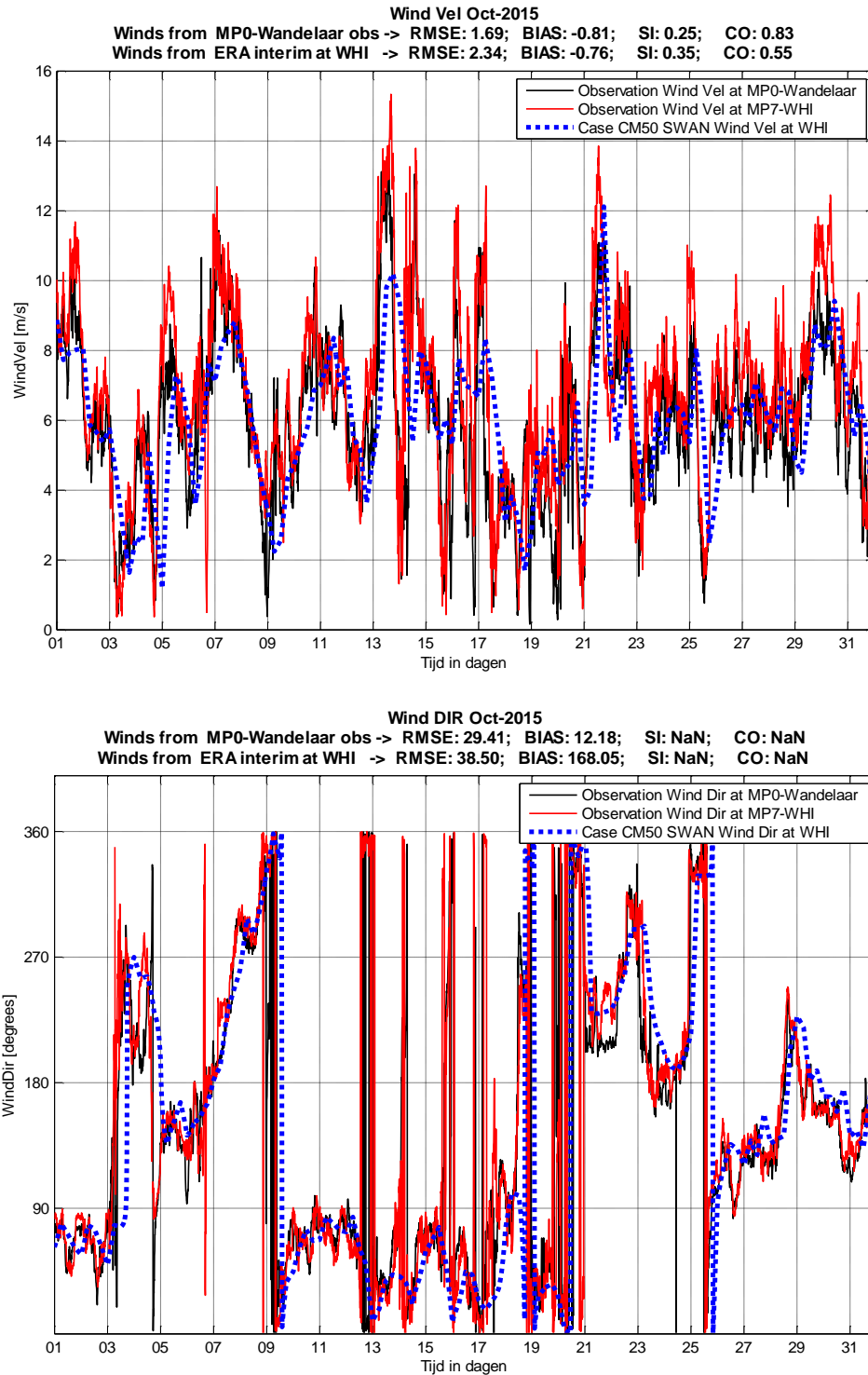
Hm0	TRGGB1	September 2015	Oktober 2015	November 2015
RMSE	CM50	0.18	0.15	0.25
	CW50	0.18	0.15	0.24
	CM52	0.20	0.17	0.27
BIAS	CM50	-0.01	0.02	0.06
	CW50	-0.03	-0.02	0.03
	CM52	0.04	0.07	0.14
SI	CM50	0.27	0.27	0.23
	CW50	0.27	0.26	0.23
	CM52	0.29	0.29	0.25
CO	CM50	0.83	0.85	0.93
	CW50	0.83	0.86	0.93
	CM52	0.82	0.85	0.93

Figuur 5.14. Tijdslijn statistische parameters voor Hm0 op locatie TRGGB1 voor de periode september-november 2015 over de volledige periode per maand.

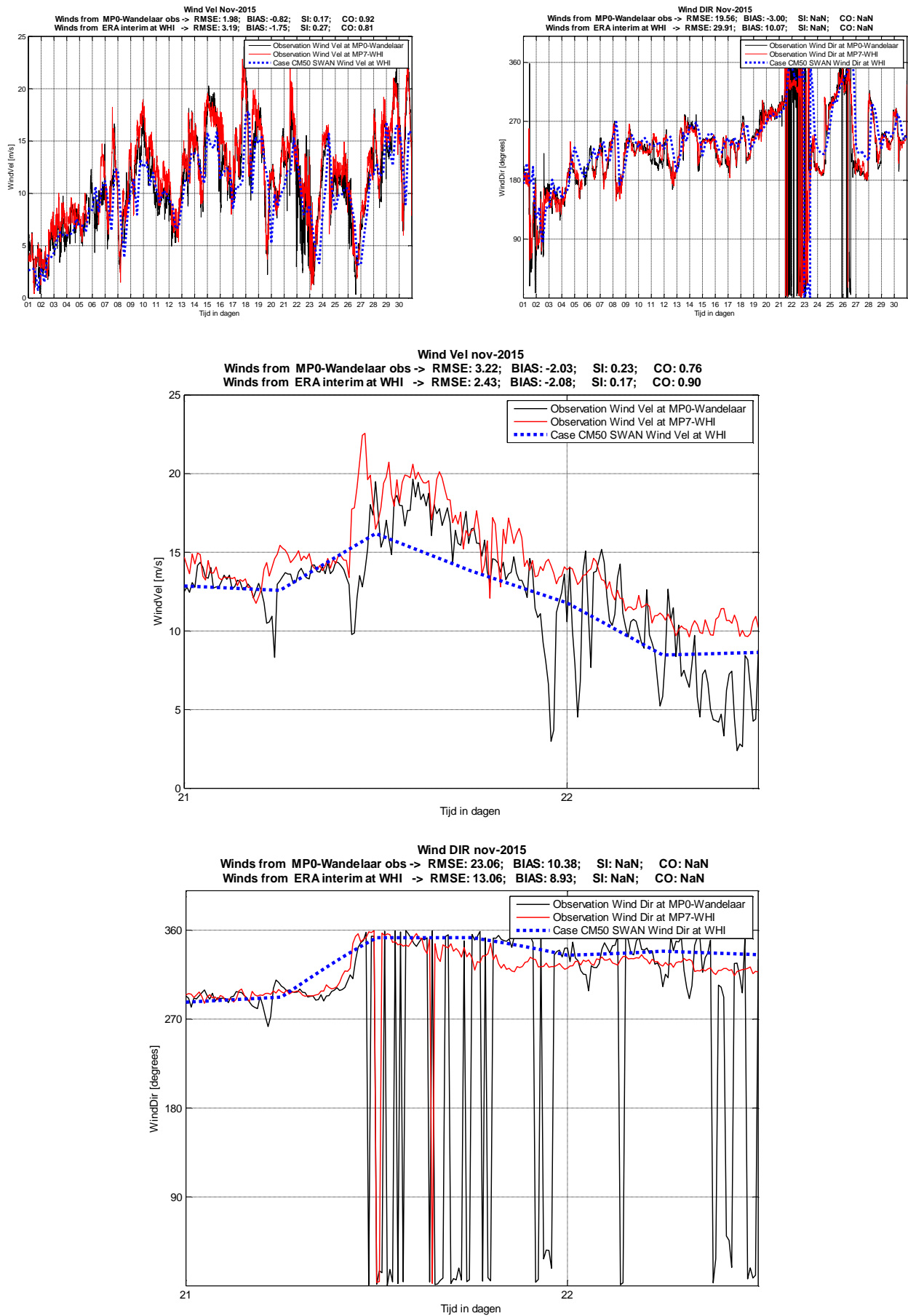
ANNEX 6. GEMETEN WIND EN MODELWIND



Figuur 6.1. Windsnelheid en richting afkomstig voor september 2015 van 1) het SWAN model op lokatie WHI (afgeleid uit de ERA interim windvelden –blauwe stippelijn); 2) waarnemingen op lokatie WHI (MP7 – rode lijn) en van waarnemingen op lokatie Wandelaar (MP0 – zwarte lijn).



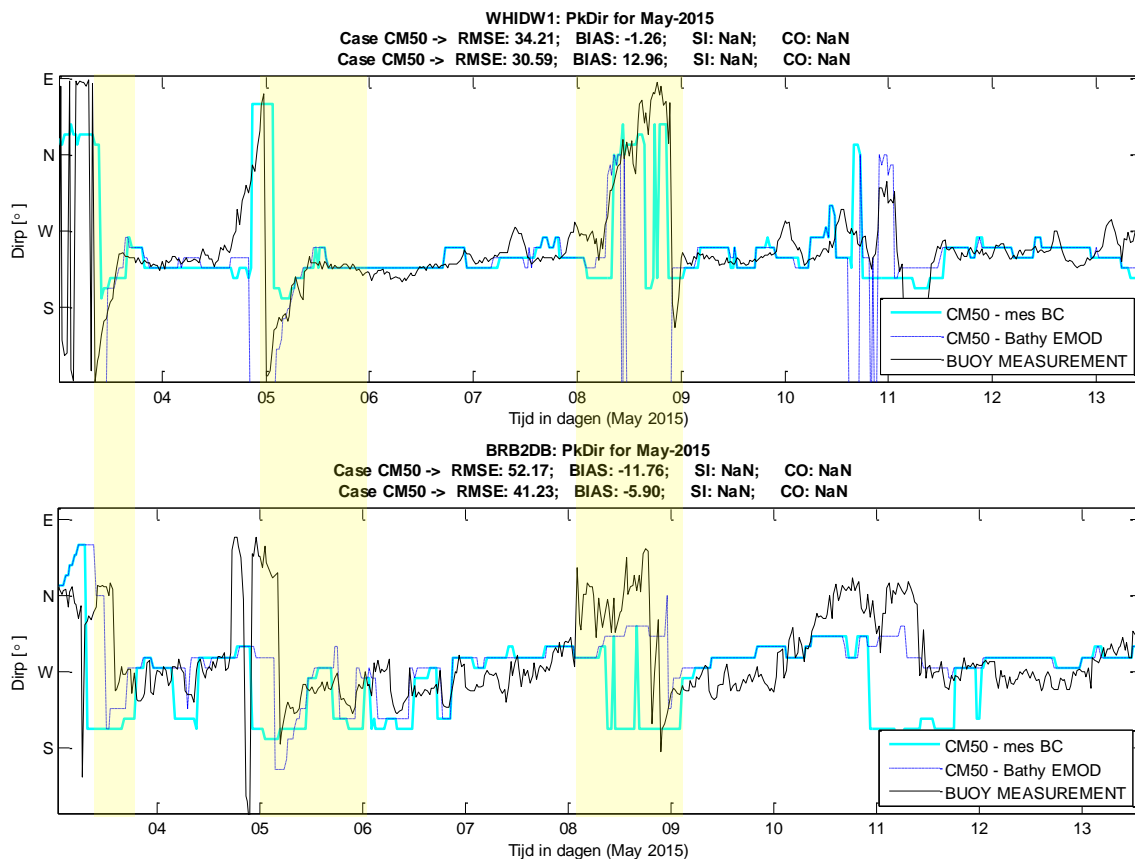
Figuur 6.2. Windsnelheid en richting afkomstig voor oktober 2015 van 1) het SWAN model op locatie WHI (afgeleid uit de ERA interim windvelden –blauwe stippelijn); 2) waarnemingen op locatie WHI (MP7 – rode lijn) en van waarnemingen op locatie Wandelaar (MP0 – zwarte lijn).



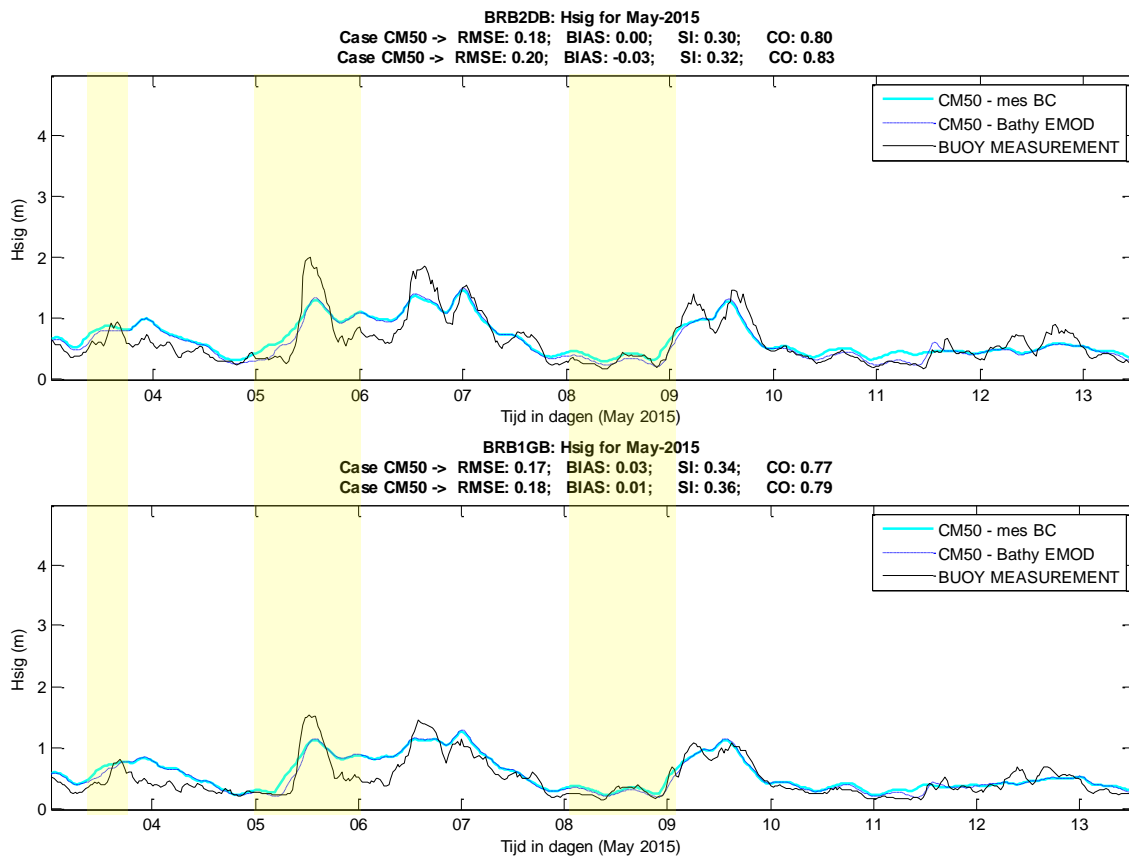
Figuur 6.3. Windsnelheid en richting afkomstig voor november 2015 van 1) het SWAN model op locatie WHI (afgeleid uit de ERA interim windvelden –blauwe stippelijn); 2) waarnemingen op locatie WHI (MP7 – rode lijn) en van waarnemingen op locatie Wandelaar (MP0 – zwarte lijn).

ANNEX 7. EMOD BATHYMETRIE TEST

Er werd een modelleringstest gedaan voor 1 maand met een aangepaste bathymetrie 'WL 14_KZ-emodnet' (zie sectie 2.1.3 in rapport 214341_R03 in REFERENTIELIJST). Als maand werd de maand mei 2015 gekozen omdat dit een maand was met vooral westelijke wind gezien de update van de bathymetrie zich enkel beperkt tot de westelijke zone van het modelgebied (op Frans grondgebied). Er was een lichte verbetering van de modelresultaten op de momenten dat de richting van de wind (en de golven) veranderde. Voor alle modellering vanaf september 2015 werd daarom de aangepaste bathymetrie genomen.



Figuur 7.1. Modelresultaat piekgolfrichting simulatie mei 2015 voor model settings CM50 en CM50 met 'WL 14_KZ-emodnet' voor de boeien op locaties WHIDW1 en BRB2DB.



Figuur 7.2. Modelresultaat Hm0 simulatie mei 2015 voor model settings CM50 en CM50 met 'WL 14_KZ-emodnet' voor de boeien op locaties WHIDW1 en BRB2DB.

Reference to this report:

Ortega Yamamoto, H., H. Komijani, J. Monbaliu, 2016. *Monitoring Broersbank – Resultaten Modelling (periode Sep 2015 – Nov 2015)*. Monitoring Broersbank_214339_R11 in opdracht van Afdeling Kust - Agenschap Maritieme Dienstverlening en Kust - Vlaamse Overheid, Laboratorium voor Hydraulica KU Leuven, 30-10-2016.