

Rapportage veldmetingen Westerschelde september 1997 t/m december 2002

Rapport: RIKZ/2003.052
Datum: December 2003

Colofon

Uitgegeven door: Rijksinstituut voor Kust en Zee

Informatie: Rijksinstituut voor Kust en Zee
Kortenaerkade 1
2500 EX Den Haag

Telefoon: 070-3114311

Uitgevoerd door: C. Gautier (Svašek Hydraulics)
M. v.d. Boomgaard (Svašek Hydraulics)

Datum: 18 december 2003



Inhoudsopgave

1	Inleiding	1
1.1	Achtergrond en organisatie	1
1.2	Doelstelling	1
1.3	Plan van aanpak	2
1.4	Leeswijzer	2
2	Metingen	3
2.1	Inleiding	3
2.2	Meetlocaties en meetperioden	4
2.2.1	Inleiding	4
2.2.2	Golven	5
2.2.3	Waterstand	6
2.2.4	Wind	6
2.2.5	Bodemlodingen	7
2.3	Meetinstrumenten	7
2.4	Meetbestanden en parameters	9
3	Golfmetingen	10
3.1	Inleiding	10
3.2	Meetperiode en registratiedichtheid	11
3.3	Golfklimatologie	13
3.4	Verdeling lange en korte golven	17
3.5	Conclusies	18
4	Waterstandmetingen	19
4.1	Inleiding	19
4.2	Meetperiode en registratiedichtheid	20
4.3	Waterstandkarakteristieken	20
4.4	Conclusies	22
5	Windmetingen	23
5.1	Inleiding	23
5.2	Meetperiode en registratiedichtheid	24
5.3	Windkarakteristieken	24
5.4	Conclusies	26
6	Stormperiodes	27
6.1	Inleiding	27
6.2	Stormperiode 27-28 mei 2000	29
6.3	Stormperiode 27-29 december 2001	31
6.4	Stormperiode 27-29 januari 2002	33
6.5	Stormperiode 25-27 februari 2002	34
6.6	Stormperiode 25-28 oktober 2002	35
7	Bodem	37
7.1	Inleiding	37
7.2	Locale bodemvariaties	37
7.3	Bodemvariatie over de gehele Westerschelde	39
7.4	Conclusies	40

8	Algemene conclusies	41
	Literatuur	43
	Bijlagen	45

Bijlagen

Bijlage 2.1	Meetlocaties en 4 uitvergrotingen
Bijlage 2.2	Foto's waverider en windsensor
Bijlage 2.3	Specificaties van de inhoud van de databestanden
Bijlage 2.4	Opbouw databestanden HMCZ
Bijlage 2.5	Definities periodematen
Bijlage 3.1	Grafische weergave van de meetperiode per jaar per golfmeetlocatie
Bijlage 3.2	Registratiedichtheden per jaar per golfmeetlocatie
Bijlage 3.3	Karakteristieken van de golfparameters $T_{m-1,0}$, T_{m02} , H_{E10}
Bijlage 3.4	Draaitabel van de golfrichting versus golfhoogte te CDD
Bijlage 3.5	Overschrijdingscurven van de golfparameters T_{m02} en $T_{m-1,0}$, H_{E10}
Bijlage 3.6	Maximale waarden voor $T_{m-1,0}$ en de bijbehorende tijdstippen
Bijlage 3.7	Scatterplots H_{m0} versus T_{m02} op de locaties SWB CDZ, HSW
Bijlage 3.8	Scatterplots H_{m0} versus H_{E10} op de locaties SWB CDZ, HSW
Bijlage 4.1	Grafische weergave van de meetperioden per jaar per waterstandmeetlocatie
Bijlage 5.1	Grafische weergave van de meetperioden per jaar per windmeetlocatie
Bijlage 5.2	Draaitabel windrichting versus windsnelheid voor de Vlakte van de Raan
Bijlage 6.1	Registratiedichtheid van de geselecteerde stormen
Bijlage 6.2	Spectra van de vijf geselecteerde stormen
Bijlage 6.3	Overzicht maximale golfhoogte en bijbehorende perioden voor de stormen mei 2000, december 2001
Bijlage 7.1	Gemeten dieptes voor de gebieden Cadzand, Hoofdplaat, Hansweert, Bath
Bijlage 7.2	Verschillen in de bodemligging voor de gebieden Cadzand, Hoofdplaat, Hansweert, Bath
Bijlage 7.3	Relatieve bodemvariaties

Figuren

Figuur 2.1	Alle meetlocaties
Figuur 3.1	Golfmeetlocaties
Figuur 3.2	Overschrijdingscurven van de golfparameter H_{m0} (voor de zeewaartse golfmeetlocaties)
Figuur 3.3	Overschrijdingscurven van de golfparameter H_{m0} (voor de landinwaartse golfmeetlocaties)
Figuur 4.1	Waterstandmeetlocaties
Figuur 4.2	Overschrijdingscurven van de rechte opzet van de waterstand
Figuur 5.1	Windmeetlocaties
Figuur 5.2	Overschrijdingscurven van de windsnelheid
Figuur 6.1	Tijdseries (wind, waterstand, golven) van de storm mei 2000

Figuur 6.2	Tijdseries (wind, waterstand, golven) van de storm december 2001
Figuur 6.3	Tijdseries (wind, waterstand, golven) van de storm januari 2002
Figuur 6.4	Tijdseries (wind, waterstand, golven) van de storm februari 2002
Figuur 6.5	Tijdseries (wind, waterstand, golven) van de storm oktober 2002

Tabellen

Tabel 2.1	Overzicht meetlocaties (coördinaten en type meetinstrument)
Tabel 2.2	Overzicht golfmeetperiode metingen Project bureau
Tabel 2.3	Overzicht golfmeetperiode metingen HMCZ
Tabel 2.4	Overzicht golfmeetperiode metingen overige projectmetingen
Tabel 3.1	Registratiedichtheid per golfmeetlocatie
Tabel 3.2	Karakteristieken van de golfhoogte H_{m0}
Tabel 3.3	Waterdiepte ter hoogte van de golfmeetlocaties
Tabel 4.1	Registratiedichtheid per jaar per waterstandmeetlocatie
Tabel 4.2	Karakteristieken van de gemeten waterstand en de astronomisch verwachte waterstand
Tabel 4.3	Karakteristieken van de rechte opzet van de waterstand
Tabel 5.1	Registratiedichtheid per jaar per windmeetlocatie
Tabel 5.2	Karakteristieken van de windsnelheid
Tabel 6.1	Overzicht maximale golfhoogte en periode per storm per locatie
Tabel 6.2	Overzicht maximale golfhoogte H_{m0} en bijbehorende perioden voor storm oktober 2002

1 Inleiding

1.1 Achtergrond en organisatie

In de Westerschelde worden op verscheidene locaties golf-, waterstand- en windmetingen uitgevoerd. De golfmetingen hebben onder andere als doel om numerieke golfmodellen te kunnen valideren. Numerieke golfmodellen zoals bijvoorbeeld SWAN worden ingezet om golfrandvoorwaarden te bepalen die nodig zijn bij het ontwerp en onderhoud van de zeedijken.

Sinds november 1997 vinden in opdracht van het Projectbureau Zeeweringen golfmetingen plaats in de mond van de Westerschelde, op twee locaties nabij Cadzand. Sinds september 1998 worden ook metingen verricht bij Hoofdplaat, Hansweert en Bath, steeds op twee locaties, één op relatief diep water voor de dijk en één kort voor de dijk. De golfmetingen worden uitgevoerd door de Meetinformatiedienst van Rijkswaterstaat, Directie Zeeland. De veldmetingen worden door het Hydro Meteo Centrum Zeeland (HMCZ) via meetnet ZEGE ingewonnen.

Naast deze golfmetingen voor het project Dijkbekleding stelt Directie Zeeland van nog acht van haar eigen locaties golfmetingen beschikbaar, vijf in de monding van de Westerschelde en drie op relatief diep water voor de Zeeuwse kust. Deze zijn belangrijk voor het controleren van de golfgegevens op de Noordzee die als randvoorwaarden voor het golfmodel gebruikt worden.

Het huidige rapport - opgesteld door Ingenieursbureau Svašek in opdracht van Projectbureau Zeeweringen - doet verslag van de metingen in de periode september 1997 t/m december 2002. Het RIKZ is daar als projectbegeleider bij betrokken geweest.

1.2 Doelstelling

Tot op heden ontbreekt een goed overdraagbare rapportage van de uitgevoerde veldmetingen van de periode 1997 t/m december 2002 op de Westerschelde. De metingen zijn wel gearhiveerd, maar niet gedocumenteerd.

Het doel van dit rapport is het inzichtelijk maken van de uitgevoerde metingen en tevens het beschrijven van de data, zodat deze overdraagbaar is en ter beschikking gesteld kunnen worden door Rijkswaterstaat. De rapportage zal duidelijk maken welke metingen op welke locatie gedurende welke periode beschikbaar zijn. De complete set gegevens kan worden gebruikt voor de validatie van golfberekeningen voor projectbureau Zeeweringen. Van deze gegevens is reeds eerder gebruik gemaakt in Gautier 2003.

1.3 Plan van aanpak

Om te beginnen wordt er een overzicht gegeven van meetlocaties en meetperiodes en een beschrijving van de beschikbare meetbestanden. Alle data zijn digitaal beschikbaar op de HMCZ site en bovendien is er gebruik gemaakt van additionele bestanden die vervaardigd zijn door het RIKZ.

Voorts worden tabellen en grafieken gepresenteerd van registratiedichtheid en overschrijdingskansen. Hiertoe wordt alle data ingelezen, gestructureerd, en verwerkt.

Het is nadrukkelijk niet de bedoeling om de aangeleverde gegevensbestanden aan te passen (reparatie, validatie, interpolatie en dergelijke). Door het RIKZ is reeds een eerste validatieslag uitgevoerd. Dit betekent echter niet dat er geen onvolkomenheden meer aanwezig kunnen zijn in de data. De gebruiker van de data is verantwoordelijk voor de kwaliteit ervan.

1.4 Leeswijzer

De opbouw van het rapport is als volgt. Na de inleiding van hoofdstuk 1 wordt in hoofdstuk 2 een globaal overzicht van alle metingen gegeven. Hieruit zal blijken welke data voor welke periode op welke locatie en in welke bestanden beschikbaar zijn. Hoofdstuk 3 richt zich op de golfmetingen die in de periode 1997 – 2002 zijn uitgevoerd. De waterstand- en windmetingen voor deze periode worden in respectievelijk hoofdstuk 4 en 5 behandeld. In hoofdstuk 6 worden meerdere parameters gelijktijdig behandeld die gemeten zijn tijdens stormen. Hoofdstuk 7 beschrijft bodemveranderingen in de Westerschelde in de periode 1997 – 2002. Het rapport eindigt met algemene conclusies in hoofdstuk 8.

2 Metingen

.....

2.1 Inleiding

De veldmetingen die in dit rapport beschreven zijn, worden ontsloten via de site van het Hydro Meteo Centrum Zeeland (www.hmcz.nl). De metingen betreffen:

- Golven
- Waterstand
- Wind

Naast de golf- waterstand- en windmetingen zijn ook dieptemetingen (bodemplodingen) ter plaatse van de golfmeetlocaties uitgevoerd.

De golfmetingen zijn uitgevoerd om inzicht te krijgen in het golfklimaat. Bovendien is de dataset een waardevol middel om golfmodellen mee te kunnen valideren. Betrouwbare golfmodellen zijn van belang voor het vaststellen van randvoorwaarden voor het ontwerpen en toetsen van waterkerende constructies. De wind- en waterstandmetingen zorgen voor een compleet beeld, en zijn nodig om de golfmodellen goed aan te kunnen sturen.

Voorals stormsituaties zijn interessant voor validatiedoeleinden, omdat ontwerpcondities over het algemeen ook zware stormen betreffen. Daarom wordt in hoofdstuk 6 van dit rapport extra aandacht besteed aan een vijftal stormsituaties. Voor de stormen is er naast de HMCZ database tevens gebruik gemaakt van door het RIKZ beschikbaar gestelde bestanden. Deze bestanden bevatten meer parameters en kunnen door de gebruiker opgevraagd worden bij het RIKZ.

Voor de waterstandgegevens is ook gebruik gemaakt van additionele bestanden van het RIKZ die naast de gemeten waterstand de astronomisch verwachte waterstand en de rechte opzet van de waterstand bevatten.

De metingen op de Noordzee en in de delta worden in opdracht van het HMCZ uitgevoerd. Aanvullend hierop vinden metingen nabij Cadzand, Hoofdplaat, Hansweert en Bath plaats. Aan deze laatste locaties ligt een informatiebehoefte van Projectbureau Zeeweringen ten grondslag. Het Projectbureau is geïnteresseerd in de golven vlak voor de dijk.

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

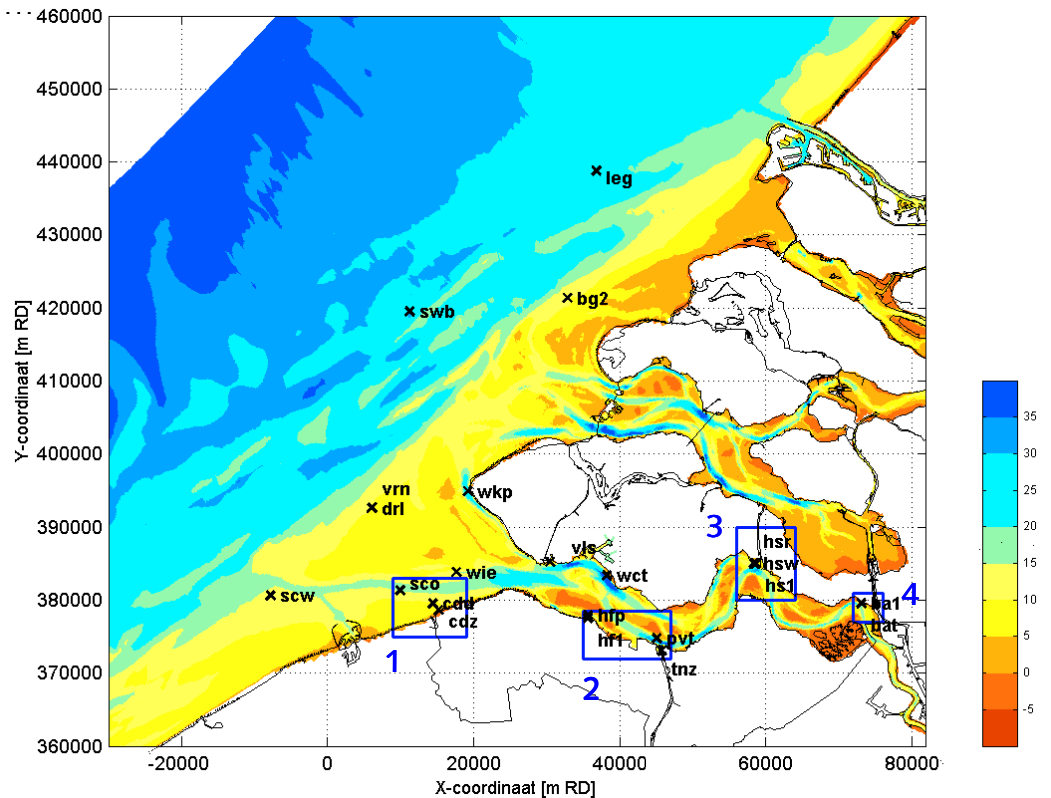
2.2 Meetlocaties en meetperioden

2.2.1 Inleiding

De ligging van de meetlocaties wordt getoond in figuur 2.1. Ter verduidelijking zijn in bijlage 2.1 de vier detailgebieden, zoals aangegeven in figuur 2.1, uitvergroet.

Figuur 2.1

Alle meetlocaties
(kleur is de diepte
in m t.o.v NAP)



De betekenis van de afkortingen van de meetlocaties is te vinden in tabel 2.1. Tevens geeft tabel 2.1 een overzicht van de coördinaten van de verschillende meetlocaties en de bijbehorende meetinstrumenten. In paragraaf 2.3 zal nader ingaan worden op de specificaties en de meetvariabelen van de verschillende instrumenten.

De tijdconventie in alle meetbestanden is MET (Mid-Europese-Tijd (is gelijk aan de nederlandse 'wintertijd'))

Tabel 2.1

Overzicht meet-
locaties (coördinaten
en type
meetinstrument)

	Afkorting	X-coördinaat RD [m]	Y-coördinaat RD [m]	GOLVEN				Waterstandmeter	Windsensor
				Dir Waverider	Waverider	Stappenbaak	Radar		
Lichteiland Goeree	LEG	36779	438793				X		X
Brouwershavense gat 2	BG2	32824	421368			X		X	X
Schouwenbank	SWB	11244	419519		X				
Vlakte van de Raan	VRN	6083	392714					X	X
Deurloo	DRL	6071	392601	X					
Scheur West	SCW	-7797	380645		X				
Westkapelle	WKP	19201	394910					X	
Scheur Oost	SCO	9915	381366		X				
Wielingen	WIE	17667	383867		X				
Cadzand diep	CDD	14426	379549	X					
Cadzand kust	CDZ	15210	378670			X		X	X
Vlissingen	VLS	30480	385220					X	X
Westerschelde Container Terminal	WCT	38268	383383		X				
Hoofdplaat diep	HFP	35636	377877			x			X
Hoofdplaat ondiep	HF1	35641	377534			X			
Pas van Terneuzen	PVT	45040	374771			X			
Terneuzen	TNZ	45780	373060					X	
Hansweert diep	HSR	58395	384989				X		
Hansweert ondiep	HS1	58659	384982			X			
Hansweert diep	HSW	58395	384989			X		X	X
Bath diep	BAT	73098	379510			X		X	
Bath ondiep	BA1	73084	379591			X			

2.2.2 Golven

Op achttien locaties worden golven gemeten. De golfmetingen in opdracht van het Projectbureau Zeeweringen betreffen de volgende negen stations (voor de betekenis van de afkortingen en de coördinaten, zie tabel 2.1):

Tabel 2.2

Overzicht golfmeet-
perioden metingen
Projectbureau

Golfmeetlocatie	begin	eind
CDD	Nov 1997	dec 2002
CDZ	Nov 1997	okt 2002
HFP	Sep 1998	dec 2002
HF1	Sep 1998	dec 2002
HSR	Sep 1999	jun 2002
HSW	Sep 1998	dec 2002
HS1	Sep 1998	dec 2002
BAT	Sep 1998	dec 2002
BA1	Sep 1998	dec 2002

De zeven meetlocaties op de Noordzee en in de monding vallen onder verantwoording van het HMCZ en zijn over het algemeen al langer operationeel dan de metingen van het Projectbureau. De begin- en einddatum van de golfmetingen op deze zeven meetlocaties zijn weergegeven in tabel 2.3.

Tabel 2.3

Overzicht golfmeet-
perioden metingen
HMCZ

Golfmeetlocatie	begin	eind
LEG	Alleen stormperioden beschikbaar	
BG2	Alleen stormperioden beschikbaar	
SWB	okt 1997	dec 2002
DRL	okt 1997	dec 2002
SCW	okt 1997	dec 2002
SCO	okt 1997	dec 2002
WIE	okt 1997	dec 2002

Daarnaast zijn er op twee locaties metingen beschikbaar over een kortere periode die voor andere projecten zijn uitgevoerd, te weten:

Tabel 2.4

Overzicht golfmeet-
perioden overige
projectmetingen

Golfmeetlocatie	begin	eind
WCT	Nov 2002	dec 2002
PVT	Nov 2002	dec 2002

2.2.3 Waterstand

Waterstand wordt op de volgende acht locaties gemeten:

BG2, WKP, VRN, CDZ, VLS, TNZ, HSW, BAT

Op alle locaties is data beschikbaar over de periode oktober 1997 - december 2002 (voor de betekenis van de afkortingen en de coördinaten, zie tabel 2.1).

2.2.4 Wind

Wind wordt gemeten op de volgende zeven locaties:

LEG, BG2, VRN, CDZ, VLS, HFP, HSW

De windgegevens van LEG zijn alleen beschikbaar voor de stormperiode mei 2000 en de windgegevens van VLS zijn alleen voor de vijf stormperioden, behalve van stormperiode oktober 2002, beschikbaar (zie hoofdstuk 6). Op de overige vijf locaties is min of meer over de periode oktober 1997 - december 2002 gemeten.

2.2.5 Bodemlodingen

Voor vijf perioden zijn bodemgegevens op vier gebieden beschikbaar. De periode zijn:

- november – december 1998
- maart – juni 2000
- oktober – december 2000
- december 2001
- juli – september 2002

De gebieden beslaan de negen golfmeetlocaties van Projectbureau Zeeweringen:

CDD, CDZ, HFP, HF1, HSR, HS1, HSW BAT, BA1

2.3 Meetinstrumenten

Om inzicht te krijgen in de golf-, waterstand- en windkarakteristieken op de Westerschelde zijn op 22 plaatsen meetlocaties ingericht. Op deze meetlocaties zijn verschillende instrumenten geplaatst. De keuze van de plaatsing van een bepaald meetinstrument op een specifieke locatie is afhankelijk van de te meten grootheden en de beschikbaarheid van de instrumenten. De typen meetinstrumenten die gebruikt zijn bij de veldmetingen op de Westerschelde zijn:

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

De werking van deze instrumenten zal hier kort besproken worden. Ter visualisatie zijn in bijlage 2.2 foto's te zien van o.a. een waverider, een directional waverider en een golfmeetpaal met een windsensor.

Directional waverider

Sensorfunctie:

Golfhoogte, Golfrichting

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 richtingsmeter. 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 daarvoor te verwachte golfperioden. Op de Noordzee en de Delta is het golffrequentiebereik van directional waverider ingesteld op 0,03 Hz – 0,5 Hz. Omdat verder op de Westerschelde 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 van de directional waverider is 1,28 Hz.

Waverider

Sensorfunctie:

Golfhoogte

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 hoogteveranderingen van het zeeoppervlak worden berekend en daaruit kunnen weer 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 Westerschelde 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 bemonsteringfrequentie is 2,56 Hz.

Stappenbaak

Sensorfunctie:

Golfhoogte

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 bemonsteringfrequentie is 2,56 Hz.

Radar

Sensorfunctie:

Golfhoogte

Beschrijving:

De golfradar is een moderne versie van de stappenbaak. De radar staat opgesteld op een platform of op een meetpaal. De radarbundel is verticaal naar beneden gericht. Via reflectie wordt de afstand tussen radar en zeeoppervlak gemeten en daarmee wordt het golfbeeld vastgelegd.

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 bemonsteringfrequentie is 0,1 Hz.

Windsensors

Sensorfunctie:

Windrichting, Windsnelheid

Beschrijving:

De KNMI windset meet de windrichting (vaan) en windsnelheid (anemo).

De bemonsteringfrequentie is 0,1 Hz.

2.4 Meetbestanden en parameters

Er worden verschillende parameters gemeten met behulp van meetinstrumenten. Met behulp van deze gemeten parameters worden weer andere parameters berekend, zoals bijvoorbeeld sommige periodematen uit het golfspectrum bepaald worden. In dit rapport beperken we ons tot de volgende parameters:

Golven

- H_{m0} Significante golfhoogte
- H_{E10} Laagfrequente golfhoogte (=gebaseerd op energie met frequenties kleiner dan 0.1 Hz)
- T_{m02} Golfperiode gedefinieerd als m_0/m_2
- $T_{m-1,0}$ Golfperiode gedefinieerd als m_{-1}/m_0
- T_{pb} Blok piekperiode
- Th_0 Golfrichting
- S_0 Richtingsspreiding

Waterstand

- Gemeten waterstand
- Astronomisch verwachte waterstand
- Rechte opzet van de waterstand (= gemeten waterstand– astronomisch verwachte waterstand)

Wind

- U10, Windsnelheid op 10 m hoogte
- Windrichting op 10 m hoogte

Bijlage 2.3 specificeert in welke meetbestanden deze parameters te vinden zijn en welke parameters nog meer gemeten of berekend zijn. Bijlage 2.4 geeft uitleg over de opbouw van de meetbestanden zoals die op de website van HMCZ te vinden zijn. Bijlage 2.5 geeft definities voor verschillende periodematen.

3 Golfmetingen

3.1 Inleiding

Zoals in hoofdstuk 2 is beschreven zijn er golfmetingen verricht op en nabij de Westerschelde, om inzicht te krijgen in het golfklimaat ter plaatse. Bovendien is de dataset een waardevol middel om golfmodellen mee te kunnen valideren.

Deze golfmetingen zijn in de periode oktober 1997 t/m september 2002 op de volgende 18 locaties uitgevoerd:

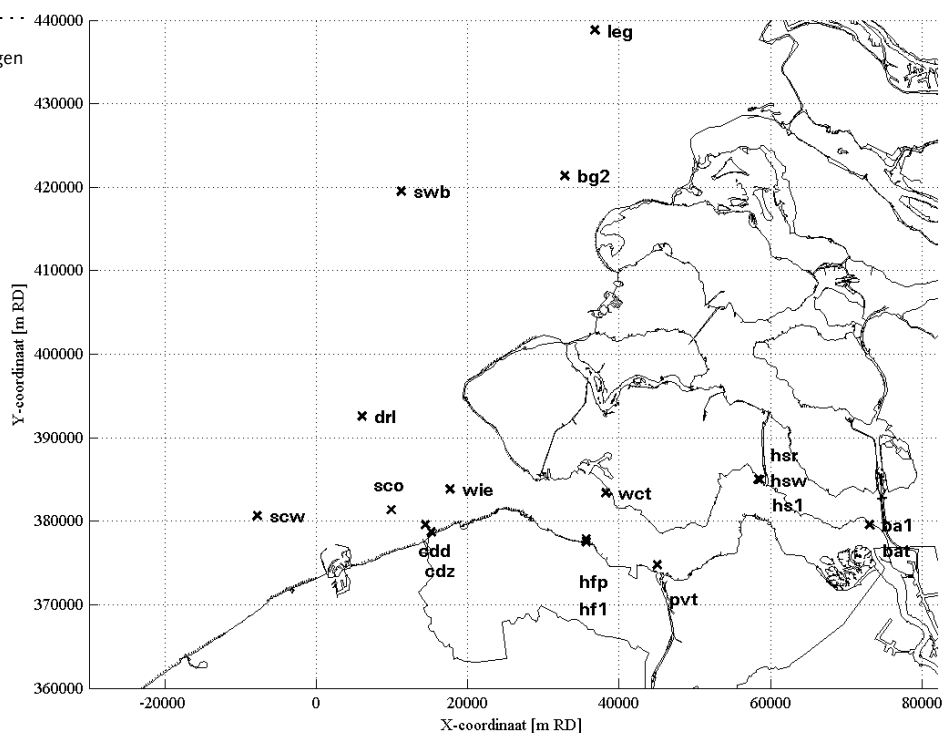
LEG	SCW	CDZ	PVT	BAT
BG2	SCO	WCT	HSR	BA1
SWB	WIE	HFP	HS1	
DRL	CDD	HF1	HSW	

De golfmetingen vallen, afhankelijk van de locatie, onder verantwoording van verschillende beheerders. De locaties met de bijbehorende beheerder zijn te vinden in paragraaf 2.2.

De ligging van de 18 locaties waar golfmetingen zijn uitgevoerd is weergegeven in figuur 3.1.

Figuur 3.1

Meetlocaties
voor de golfmetingen



Voor de locaties Brouwersehavense Gat2 (BG2) en Lichteiland Goeree (LEG) zijn alleen maar golfgegevens beschikbaar voor de vijf geselecteerde stormen (zie hoofdstuk 6). Deze locaties worden verder in dit hoofdstuk niet behandeld.

Op de HMCZ site zijn van de golfmetingen drie typen databestanden beschikbaar:

- GSo2 – bestanden
- GHr2 – bestanden
- GDr2 – bestanden

Allerleedie de bestanden bevatten gemeten en berekende golfparameters en 1-D spectra. Welke golfparameters in welke databestanden te vinden zijn staat beschreven in bijlage 2.3. De opbouw van deze drie typen databestanden is te vinden in bijlage 2.4.

In dit rapport beperken we ons tot de volgende golfparameters uit deze bestanden:

- H_{m0} Significante golfhoogte
- T_{m02} Golfperiode gedefinieerd als m_0/m_2
- $T_{m-1,0}$ Golfperiode gedefinieerd als m_{-1}/m_0

Naast de HMCZ databestanden is ook gebruik gemaakt van additionele bestanden (gp-, ghr-, grr-bestanden, zie bijlage 2.3) die afkomstig zijn van het RIKZ, omdat deze meer golfparameters bevatten. Uit deze bestanden gebruiken we de volgende extra golfparameters:

- H_{E10} Laagfrequente golfhoogte (is gebaseerd op energie met frequenties kleiner dan 0.1 Hz)
- T_{pb} Blok piekperiode
- Th_0 Golfrichting hele spectrum
- S_0 Richtingsspreiding

Niet alle geselecteerde golfparameters zijn beschikbaar voor alle golfmeetlocaties. Golfparameters die wel beschikbaar zijn op alle locaties zijn H_{m0} , H_{E10} , T_{m02} , $T_{m-1,0}$. De golfparameters golfrichting (Th_0) en de richtingsspreiding (S_0) zijn alleen gegeven voor de golfmeetlocatie Cadzand (CDD) voor de hele periode en voor Deurloo alleen het jaar 2002. De blokpiekperiode (T_{pb}) is in de datasets van de golfmetingen niet gegeven, maar alleen in de datasets van de 5 stormperiodes (zie hoofdstuk 6). Dit is de reden waarom deze golfparameter verder niet in dit hoofdstuk behandeld wordt.

3.2 Meetperiode en registratiedichtheid

Er zijn twee manieren gebruikt om inzicht te krijgen in de beschikbaarheid van de meetdata op de golfmeetlocaties.

De eerste manier geeft de meetperiode van de meetlocaties grafisch weer, zie bijlage 3.1. Er is duidelijk te zien wanneer er op een meetlocatie wel of niet gemeten is.

De tweede manier is de bepaling van de registratiedichtheid van de golfmeetinstrumenten. Met de registratiedichtheid wordt de verhouding bedoeld tussen het verkregen aantal metingen en het mogelijke aantal metingen. Tabel 3.1 geeft een overzicht van de registratiedichtheid over de gehele meetperiode (begindatum tot einddatum) per golfmeetlocatie. De tijdstap in de databestanden is 30 minuten.

Tabel 3.1

Registratiedichtheid van de golfmetingen op de verschillende meetlocaties (inclusief begin- en eindperiode van de golfmetingen)

Locatie	Begin	eind	Tijdstap [min]	Registratiedichtheid
LEG	Alleen stormperiodes		-	zie hoofdstuk 6
BG2	Alleen stormperiodes		-	zie hoofdstuk 6
SWB	1-10-1997	31-12-2002	30	93 %
DRL	1-10-1997	31-12-2002	30	95 %
SCW	1-10-1997	31-12-2002	30	90 %
SCO	1-10-1997	31-12-2002	30	84 %
WIE	1-10-1997	31-12-2002	30	90 %
CDD	24-11-1997	31-12-2002	30	87 %
CDZ	20-11-1997	27-10-2002	30	79 %
WCT	1-11-2002	31-12-2002	30	99 %
HFP	1-9-1998	31-12-2002	30	61 %
HF1	1-11-1998	31-12-2002	30	40 %
PVT	1-11-2002	31-12-2002	30	99 %
HSR	1-9-1999	26-6-2002	30	96 %
HSW	1-9-1998	31-12-2002	30	84 %
HS1	3-9-1998	31-12-2002	30	59 %
BAT	1-9-1998	31-12-2002	30	71 %
BA1	4-9-1998	31-12-2002	30	46 %

Uit tabel 3.1 is duidelijk af te lezen dat er weinig onderbrekingen zijn geweest over de gehele periode op de locaties SWB, DRL, WCT, PVT, HSR. Wel moet er goed gekeken worden naar de verschillende begin- en einddata. Voor de locatie WCT bijvoorbeeld geldt een registratiedichtheid van 99%, maar de meetperiode bestrijkt slechts twee maanden. Als er gekeken wordt naar de gehele periode oktober 1997 t/m december 2002 dan zou de registratiedichtheid van WCT maar 17% zijn.

Bijlage 3.2 geeft meer gedetailleerde registratiedichtheden, hierin zijn de registratiedichtheden per jaar per meetlocatie gegeven. Hierin wordt rekening gehouden met begin- en einddata van de metingen (zie tabel 3.1). Hierdoor is het mogelijk dat bijvoorbeeld CDD in 1997 een registratiedichtheid heeft van 96% terwijl de metingen pas in november begonnen.

Op enkele meetlocaties zijn er bekende oorzaken - afkomstig uit de kwartaalverslagen - voor een lagere registratiedichtheid of m.a.w. een lagere beschikbaarheid van de meetdata :

Over de gehele periode:

- De meetlocaties HF1, HS1 en BA1 staan in ondiep water (diepte t.o.v. NAP < 1m) gepositioneerd, waardoor deze bij lage waterstanden droog vallen. De maximale registratiedichtheid bij deze meetlocaties zal daardoor niet meer kunnen bedragen dan 50 tot 70%.

Jaar 2000:

- De meetlocaties bij Hoofdplaat tonen enkele langdurige onderbrekingen, bij HFP in januari, augustus en september, bij HF1 ontbreekt de periode eind april t/m begin juli geheel
- Bij meetlocatie Bath is er een hiaat van ongeveer 14 dagen in oktober
- De radar bij de meetlocatie HSR is wegens onderhoud twee weken in oktober buiten werking geweest.

Jaar 2001:

- Bij de meetlocaties CDD (directional waverider) zijn er enkele langdurige onderbrekingen, omdat de directional waverider enkele malen van de locatie verdwenen is geweest. Dit heeft vermoedelijk te maken met extra drukke vaart in de omgeving i.v.m. strandsuppleties.
- Bij de meetlocatie CDZ (stappenbaak) zijn er enkele langdurige onderbrekingen, omdat de stappenbaak vanaf begin juni problemen geeft en vanaf 20 juni tot half oktober geheel defect is geweest.
- De meetlocatie Hoofdplaat toont enkele langdurige onderbrekingen in de zomermaanden, vanwege telemetrie problemen.
- Bij de meetlocatie HSW komen door vermoedelijke afgekeurde data veel korte onderbrekingen voor.
- De waverider bij de meetlocatie SCO is geruime tijd afwezig geweest wegens werkzaamheden op die locatie (wrakopruijing)

Jaar 2002:

- De directional waverider bij de meetlocatie CDD is vanaf 29 januari tot 14 maart defect geweest.
- Bij de meetlocatie CDZ ontbreken veel gegevens tussen 4 en 26 juni doordat de stappenbaak defect is geweest. Vanaf 27 oktober is hier geen registratie meer.
- De metingen met de radar bij de meetlocatie HSR zijn op 26 juni gestaakt
- Enkele dagen in december is er geen registratie bij de meetlocatie HSW.

3.3 Golfklimatologie

Om een idee te krijgen van de golfklimatologie op en nabij de Westerschelde worden voor een aantal golfparameters karakteristieken bepaald over de periode september 1997 t/m december 2002.

Als golfkarakteristieken van de golfmetingen zijn per golfmeetlocatie voor vier golfparameters (H_{m0} , H_{E10} , T_{m02} , $T_{m-1,0}$) gemiddelden, maxima en de waarden met een overschrijdingskans van 0.1%, 1%, 5%, 10%, 50% bepaald.

De resultaten voor de golfhoogte H_{m0} zijn gepresenteerd in tabel 3.2. In bijlage 3.3 zijn de resultaten van de andere golfparameters H_{E10} , T_{m02} en $T_{m-1,0}$ opgenomen.

De overschrijdingsfrequentie is in procenten gegeven. Een bepaalde situatie met een overschrijdingskans van 1% wil zeggen dat die situatie 1% van de tijd wordt overschreden ofwel 3.65 dagen per jaar. 0.1% komt overeen met 0.365 dagen per jaar ofwel circa 9 uur. Stelt men dat de gemiddelde duur van een gebeurtenis bijvoorbeeld 3 uur is, dan zou die 0.1% (= 9 uur) overeenkomen met 3 keer per jaar, of met een herhalingsperiode van 0.3 jaar.

Tabel 3.2Karakteristieken van
de golfparameter H_{m0}

Locatie	H_{m0} [m]						
	Max [m]	Gem [m]	Overschrijdingsfrequentie				
			0.1 %	1 %	5 %	10 %	50 %
SWB	5.80	1.13	4.33	3.39	2.53	2.10	0.96
DRL	4.48	0.90	3.55	2.83	2.02	1.65	0.77
SCW	4.49	0.88	3.61	2.79	1.96	1.61	0.74
SCO	3.13	0.68	2.62	2.14	1.57	1.29	0.56
WIE	3.42	0.56	2.61	2.06	1.42	1.11	0.44
CDD	3.10	0.54	2.41	1.90	1.33	1.05	0.43
CDZ	3.50	0.53	2.67	2.07	1.40	1.09	0.40
WCT	1.15	0.21	1.11	0.75	0.48	0.36	0.17
HFP	1.24	0.11	0.82	0.48	0.28	0.21	0.09
HF1	0.72	0.10	0.54	0.34	0.22	0.18	0.09
PVT	0.70	0.16	0.59	0.49	0.36	0.28	0.14
HSR	1.53	0.28	1.16	0.84	0.59	0.48	0.23
HS1	1.31	0.15	0.84	0.52	0.34	0.27	0.12
HSW	1.96	0.23	1.17	0.82	0.58	0.46	0.17
BAT	1.73	0.23	1.11	0.76	0.52	0.42	0.18
BA1	1.16	0.16	0.76	0.48	0.32	0.26	0.14

De golfhoogte H_{m0} neemt af naarmate de afstand van de locatie tot de zee toeneemt. Zo is op de meest landinwaartse locatie op de Westerschelde (Bath) de gemiddelde golfhoogte nog ongeveer 20% van de gemiddelde golfhoogte op de meest zeewaartse locatie (Schouwenbank). Ook de golfhoogte, H_{m0} , die 0.1 % van de tijd zal worden overschreden, is vergeleken met de meetlocatie SWB, ongeveer 20% lager voor de locatie Bath.

De golfhoogte wordt naast de geografische ligging van de locaties (x- en y-coördinaten, zie tabel 2.1) ook beïnvloed door de waterdiepte. Daarom is in tabel 3.3 de bodemligging t.o.v. NAP op de golfmeetlocaties gegeven.

Tabel 3.3Bodemligging ter
hoogte van de
golfmeetlocaties

Locatie	Bodemligging onder NAP [m]
SWB	20
DRL	11
SCW	15
SCO	15
WIE	10
CDD	9.4
CDZ	6.4
WCT	20
HFP	3.2
HF1	0.6
PVT	14
HSR	7
HS1	0.8
HSW	6.3
BAT	6.1
BA1	1.2

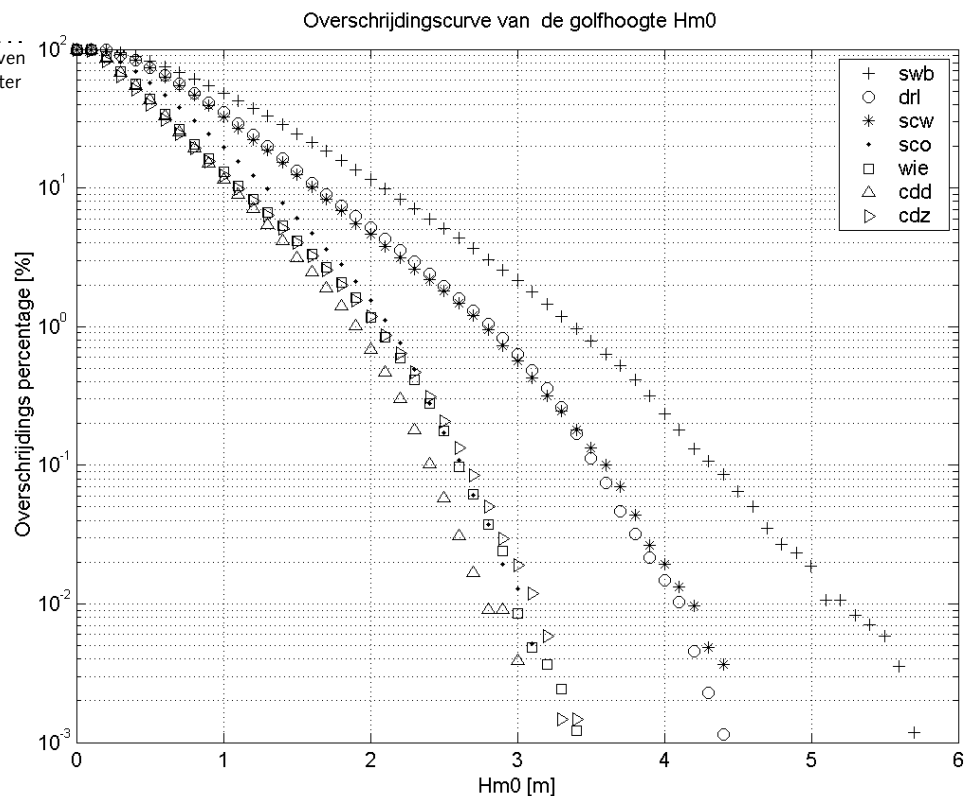
Over het algemeen zal de golfhoogte lager zijn in ondiepere gedeelten. Dit is duidelijk te zien bij de locaties HF1 en HFP. Deze locaties hebben ongeveer dezelfde geografische ligging maar de bodemligging op de locatie HFP is 6 meter onder NAP, terwijl de bodemligging op de locatie HF1 0.9 meter onder

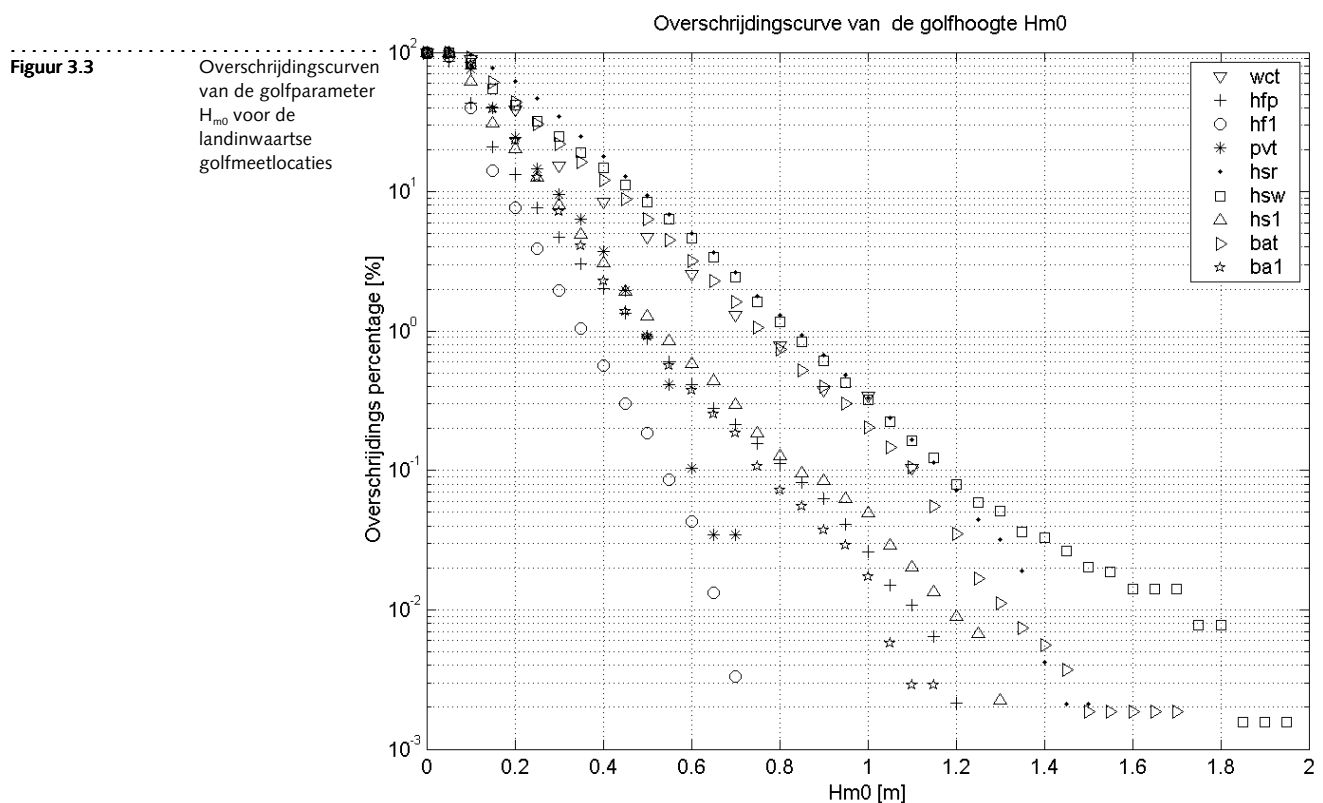
NAP is. De hoge golven (< 10 % overschrijdingsfrequentie) t.p.v. de diepere locatie HFP zijn zo'n 30% lager op de locatie HF1. Overigens zijn de meetlocaties bij Cadzand een uitzondering. Bij de hoge golven zijn de golven op de ondiepe locatie CDZ hoger dan bij CDD. Mogelijk zijn shoaling effecten hier de reden van.

Ter visualisering zijn in figuur 3.2 en 3.3 de overschrijdingscurven van de golfhoogte H_{m0} voor de golfmeetlocaties weergegeven. De overschrijdingscurven van de golfparameters T_{m02} en $T_{m-1,0}$, H_{E10} zijn opgenomen in bijlage 3.5. De overschrijdingscurven zijn bepaald over de periode tussen de begin- en einddatum van de golfmetingen per meetlocatie (zie tabel 3.1)

Figuur 3.2

Overschrijdingscurven van de golfparameter H_{m0} voor de zeewaartse golfmeetlocaties.





Schouwenbank ligt van alle locaties het meest op open zee en meet duidelijk hogere golven dan de rest. De locaties Deurloo en Scheur West liggen ongeveer even ver van de kust, op min of meer vergelijkbare diepte. Hun overschrijdingscurven van H_{m0} zijn bijna identiek. De overschrijdingslijnen van Scheur Oost, Wielingen en Cadzand (CDZ) lijken ook behoorlijk op elkaar. Het is opvallend dat de diepere locaties van Cadzand (CDD) lagere golven vertoont dan op de ondiepe locatie CDZ.

Als we figuur 3.2 met de overschrijdingscurven van de westelijke meetstations en figuur 3.3 met de oostelijke meetstations met elkaar vergelijken valt op dat de vorm van de curven verschillend is. Lijken alle westelijke stations bij de kleinste kansen af te buigen naar een absoluut maximum ("bolle curven"), bij de meeste oostelijke stations hebben de curven meer een holle vorm. Dit heeft waarschijnlijk te maken met het feit dat de golven bij de westelijke stations beperkt worden door de windsnelheid, terwijl de stations op de Westerschelde gelimiteerd worden door de dieptebependingen.

Bijlage 3.4 bevat de draaitabel van de golfrichting versus de golfhoogte van de gehele meetperiode bij Cadzand. Dit is – naast enkele maanden Deurloo – het enige station dat golfrichtingsmetingen heeft.

Meer dan de helft van de tijd komen de golven uit de richting W – NW. Dit is niet verwonderlijk, aangezien dit de richting is die min of meer loodrecht op de kust bij Cadzand staat. Door refractie komen de golven voornamelijk loodrecht op de kust aan.

De karakteristieken van de golfperioden zijn weergegeven in de tabellen in bijlagen 3.3.1 ($T_{m-1,0}$) en 3.3.2 (T_{m02}). Een grafische weergave is te vinden in bijlage 3.5.1 (T_{m02}) resp 3.5.2 ($T_{m-1,0}$). Voor de golfperioden $T_{m-1,0}$, T_{m02} geldt dat deze afnemen naarmate de afstand van de locatie tot de zee toeneemt. Het gemiddelde van de golfperiode $T_{m-1,0}$ van de meest landinwaartse meetlocatie

op de Westerschelde (Bath) is ongeveer 60% van de golfperioden op de meest zeewaartse meetlocatie (SWB). Voor de T_{m02} is dat zelfs slechts 50%.

Er bevindt zich een aantal onrealistische waarden tussen de golfperioden. Bij de T_{m02} lijkt het maximum van Wielingen erg hoog (10.4 seconde op 27 februari 1998) vergeleken met andere stations vooral omdat nabijgelegen tijdstippen dummy waarden vertonen, en de op één en twee na hoogste waarde veel lager zijn (7.6 en 7.5 seconde).

De periodemaat $T_{m-1,0}$ bevat helemaal veel uitschieters (zie bijlagen 3.3.1a en 3.3.1b). Nadere validatie is nodig om een betrouwbare dataset te verkrijgen. Een eerste aanzet hiertoe, om te zien of zo'n hoog maximum slechts één uitschieter betreft of vaker voorkomt, is gegeven in bijlage 3.6, waar de "top3" per locatie van de $T_{m-1,0}$ is gegeven.

De karakteristieken van de deining (H_{E10}) staan beschreven in bijlage 3.3.3. Er komt duidelijk naar voor dat de deining afneemt naarmate de meetlocatie verder in de monding is gesitueerd.

3.4 Verdeling lange en korte golven

In bijlage 3.6 zijn scatterplots gepresenteerd van golfhoogte tegen golfperiode T_{m02} op de locaties Schouwenbank, Cadzand (CDZ) en Hansweert (HSW). Deze figuren laten zien tussen welke waarden deze parameters variëren en in welke combinaties zij voorkomen. Bovendien geven de plots aan of de periode en golfhoogte duidelijk gekoppeld zijn of niet.

Als er duidelijk sprake zou zijn van twee soorten golven, namelijk elders opgewekte deining met relatief hoge perioden en lage golfhoogte en windzee met grotere golfhoogtes en kleinere perioden, dan zou zich dat uiteten in twee puntenwolken.

Geen van de drie scatterplots vertonen duidelijk twee puntenwolken, maar er zijn wel enigszins twee systemen te onderscheiden, van kleinere golven met grotere perioden en vice versa. In Hansweert is dit het best zichtbaar. Het gaat daarbij enerzijds om golven die lokaal zijn opgewekt (grotere golfhoogte, kortere perioden) en anderzijds om golven die elders zijn opgewekt (kleinere golfhoogte, langere periode).

De golfhoogte H_{E10} heeft betrekking op golfhoogtes met perioden groter dan 10 seconde, ofwel het laagfrequente deel van het frequentiespectrum (<0.1 Hz). H_{E10} wordt wel de deining genoemd. Deining treedt vooral op de Noordzee op, en dringt minder door in de Westerschelde.

In bijlage 3.7 is een poging gedaan om voor drie locaties aan te geven hoe de relatie tussen deining en de totale golfhoogte is. De lijnen zijn regressielijnen op het hogere respectievelijk lagere deel van de golven. Met behulp van de regressielijnen is het gemiddelde percentage deining ten opzichte van de totale golfhoogte duidelijk af te lezen. Bij de hogere golven blijkt het aandeel van de deining groter te zijn dan bij lagere golven (Bij Schouwenbank bijvoorbeeld resp. circa 40% en 10%). Omdat de deining niet helemaal tot Hansweert doordringt is het aandeel van deining zelfs bij de hogere golven bij Hansweert maar circa 5% t.o.v. de totale golfhoogte H_{m0} .

3.5 Conclusies

- De golfmetingen bevatten - van de geselecteerde parameters (zie paragraaf 3.1) - H_{m0} , H_{E10} , T_{m02} en $T_{m-1,0}$. Alleen station CDD heeft gedurende de hele periode ook golfrichting en golfspreiding gemeten. Deurloo bevat alleen van het jaar 2000 golfrichtingen.
- De registratiedichtheid van de golfmetingen ligt over het algemeen rond de 85–95%. Stations die bij laag water droogvallen registreren circa 40-60%.
- De grootste golfhoogte H_{m0} is bij Schouwenbank gemeten, en bedraagt 5.8 m. Dit was tijdens de oktoberstorm van 2002.
- De meetlocaties van het project 'Dijkbekleding' (Cadzand, Hoofdplaat, Hansweert, Bath) bestaan uit paren, waarvan één station dieper en één station ondieper ligt. In de meeste gevallen zijn de golven op de ondiepe locatie lager. Uitzondering hierop is Cadzand.
- De deining is vrij laag en neemt af naarmate de meetlocatie oosterlijker op de Westerschelde is gelegen.
- Hoe oostelijker op de Westerschelde hoe lager de golfhoogte H_{m0} en golfperioden T_{m02} en $T_{m-1,0}$.
- De reeksen van $T_{m-1,0}$ bevatten onrealistische uitschieters. Nadere validatie is nodig om tot een betrouwbare dataset te komen.

4 Waterstandmetingen

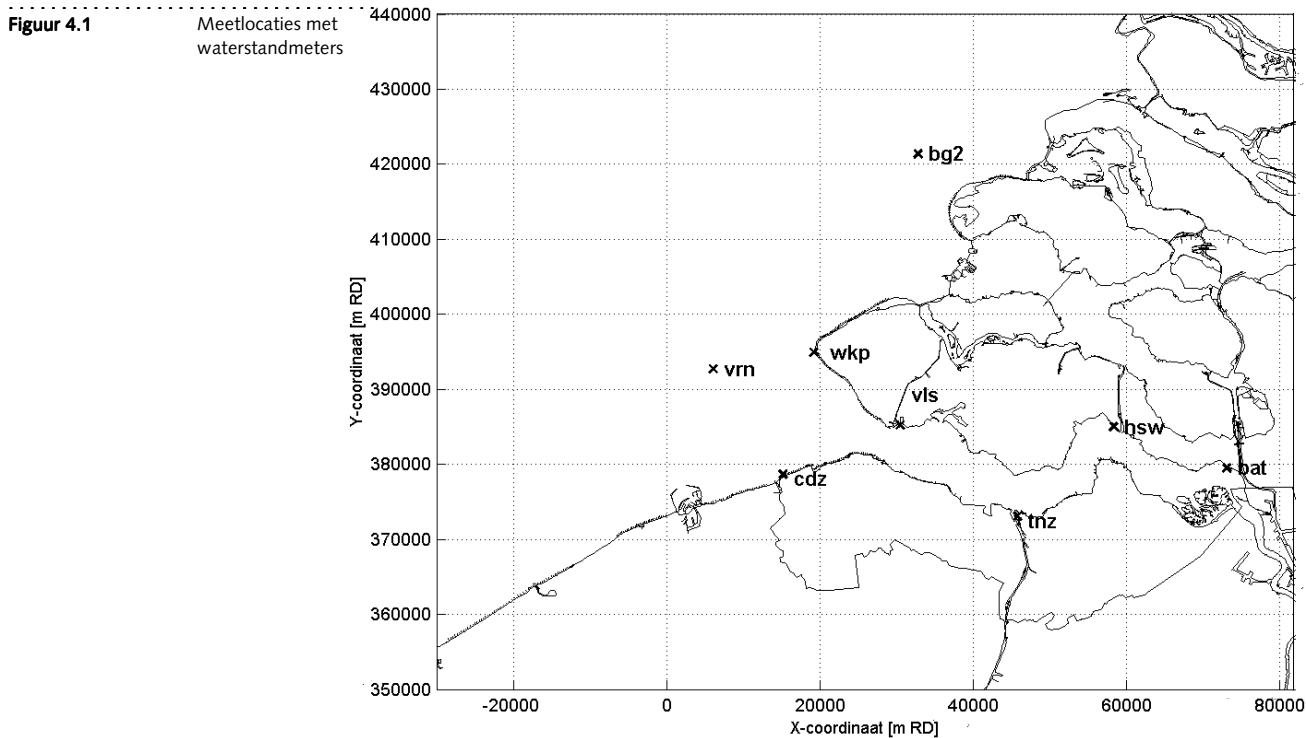
4.1 Inleiding

Op acht plaatsen in de Westerschelde en de Noordzee zijn waterstandmetingen uitgevoerd. Deze acht locaties zijn:

BG2	VLS
VRN	TNZ
WKP	HSW
CDZ	BAT

Op deze locaties zijn data beschikbaar over de hele periode oktober 1997 - december 2002.

Deze meetlocaties zijn weergegeven in figuur 4.1.



Van de waterstandmetingen zijn 2 soorten bestanden beschikbaar op de HMCZ-site:

- WTr2 –bestanden
- Wto2 –bestanden

Deze bestanden bevatten, met een tijdstap van 10 minuten, de gemeten waterstand t.o.v. NAP. De opbouw van deze twee typen databestanden is te vinden in bijlage 2.4.2.

Er is in dit rapport gebruik gemaakt van additionele bestanden die vervaardigd zijn door RIKZ (deze zijn op te vragen bij het RIKZ) omdat deze meer waterstandparameters bevatten, namelijk de gh-bestanden.

De gh-bestanden bevatten drie waterstandparameters:

- De gemeten waterstand t.o.v. NAP
- De astronomische verwachte waterstand t.o.v. NAP
- De rechte opzet van de waterstand

Met "de rechte opzet van de waterstand" wordt de gemeten waterstand min de astronomisch verwachte waterstand op hetzelfde tijdstip bedoeld. In de gh-bestanden is de stapgrootte 30 minuten.

4.2 Meetperiode en registratiedichtheid

De meetperiode van de waterstandmetingen is (minimaal) van oktober 1997 tot december 2002.

De beschikbaarheid van de meetdata is aangegeven per jaar in bijlage 4.1 per waterstandmeetlocaties.

Tabel 4.1 geeft een overzicht van de registratiedichtheid per jaar en per waterstandmeetlocatie.

Tabel 4.1

Registratiedichtheid
per jaar per
waterstand-
meetlocatie

Locatie	1997	1998	1999	2000	2001	2002
BG2	60 %	96 %	83 %	93 %	100 %	100 %
VRN	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
WKP	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
CDZ	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
VLS	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
TNZ	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
HSW	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
BAT	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Uit de waarden voor de registratiedichtheden kan worden geconcludeerd dat voor alle waterstandmeetlocaties, met uitzondering van de waterstandmeetlocatie Brouwershavense Gat2, geldt dat er geen onderbrekingen aanwezig zijn. De metingen bij Brouwershavense Gat2 zijn pas vanaf 2001 zonder onderbrekingen uitgevoerd. Er is geen bekende oorzaak voor de onderbrekingen in de periode 1997 t/m 2000.

4.3 Waterstandkarakteristieken

Als waterstandkarakteristieken van de waterstandmetingen zijn per waterstandmeetlocatie de volgende waarden bepaald:

- Het minimum en maximum van de drie waterstandparameters.
- Het gemiddelde van de gemeten waterstandhoogte.
- De waarden van de rechte opzet van de waterstand met een overschrijdingskans van 0.1 % , 1 % , 5 % , 10 % , 50 % , 90 % , 95 % , 99 %.

Voor de gemeten waterhoogte en de astronomisch verwachte waterstand zijn de resultaten getoond in tabel 4.2. en voor de rechte opzet van de waterstand in tabel 4.3.

Tabel 4.2

Karakteristieken van twee waterstand-parameters (gemeten waterhoogte, astronomisch verwachte waterstand)

Locatie	Gemeten waterstand t.o.v. NAP [m]			Astronomisch verwachte waterstand t.o.v. NAP [m]	
	Gemiddeld	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
BG2	0.02	-2.05	2.45	-1.51	1.98
VRN	-0.02	-2.66	2.85	-2.25	2.50
WKP	0.00	-2.54	3.03	-2.22	2.65
CDZ	-0.01	-2.92	3.25	-2.49	2.85
VLS	0.02	-2.90	3.36	-2.53	2.88
TNZ	0.10	-3.02	3.67	-2.66	3.11
HSW	0.13	-3.15	3.70	-2.81	3.14
BAT	0.18	-3.23	4.19	-2.89	3.60

Zoals verwacht is in tabel 4.2 goed te zien dat de gemeten getijslag kleiner en de astronomisch verwachte waterstand lager zijn, op de zeelocaties dan op de locaties op de Westerschelde ("bekken effect").

Tabel 4.3

Karakteristieken van de rechte opzet van de waterstand

Rechte opzet van de waterstand [m]											
Locatie	Minimum	Maximum	Overschrijdingsfrequentie								
			0.1%	1%	5%	10%	50%	90%	95%	99%	99.9 %
BG2	-1.36	1.65	1.14	0.76	0.44	0.31	0.02	-0.19	-0.28	-0.48	-0.74
VRN	-1.84	3.00	1.14	0.72	0.41	0.28	-0.01	-0.22	-0.31	-0.50	-0.75
WKP	-1.18	1.76	1.24	0.81	0.45	0.31	0.00	-0.24	-0.32	-0.51	-0.77
CDZ	-1.19	1.84	1.23	0.80	0.43	0.28	-0.04	-0.27	-0.35	-0.54	-0.80
VLS	-1.25	1.91	1.33	0.88	0.49	0.33	0.00	-0.24	-0.32	-0.53	-0.79
TNZ	-1.40	1.92	1.40	0.92	0.49	0.33	-0.01	-0.26	-0.35	-0.57	-0.88
HSW	-1.50	1.96	1.47	0.97	0.53	0.36	0.01	-0.24	-0.34	-0.56	-0.87
BAT	-1.61	2.16	1.60	1.04	0.57	0.39	0.00	-0.26	-0.36	-0.59	-0.92

De registratie van de Vlake van de Raan meldt op 15 oktober om 10 uur en om 11 uur 1999 extreme opzet van rond de 3 m (zie tabel 4.4). Dit is niet reëel en is te wijten aan enkele verkeerde waterstandregistraties (waarschijnlijk het minteken), zie onderstaande regels die overgenomen zijn uit het bestand gh971001.vrn

```

19991015 0830 -59
19991015 0900 -96
19991015 0930 -127
19991015 1000 161
19991015 1030 -163
19991015 1100 161
19991015 1130 7
19991015 1200 -143
19991015 1230 -128

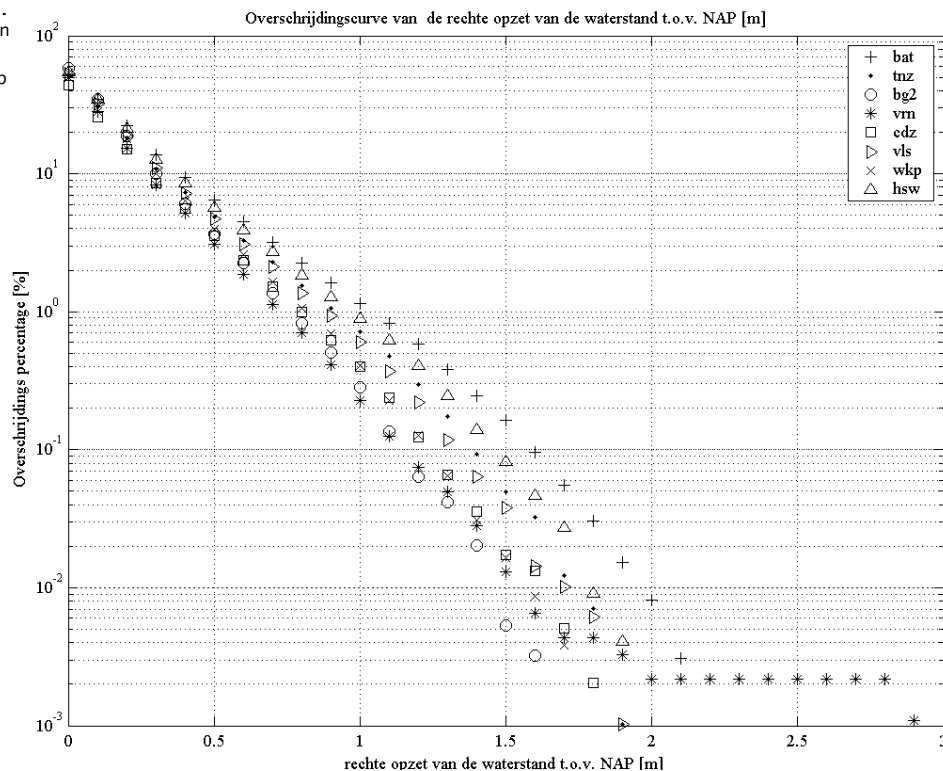
```

De hoge overschrijdingsfrequenties (> 90%) hebben betrekking op extreem lage waarden van de rechte opzet van de waterstanden. Een overschrijdingsfrequentie van 99.9% impliceert een onderschrijding van 0.1%. Zo is bijvoorbeeld voor de locatie Bath de kans dat de rechte opzet van de waterstand lager is dan -0.92 meter slechts 0.1% (dit komt gemiddeld 9 uur per jaar voor). Voor de meest op zee gelegen locatie, BG2, is de rechte opzet van de waterstand gemiddeld 9 uur per jaar lager dan -0.74 meter.

Ter visualisering zijn in figuur 4.2 de overschrijdingscurven van de rechte opzet van de waterstand voor de diverse waterstandmeetlocaties weergegeven. Door de opslinging van de waterstand in het bekken, is de positieve opzet bovenstrooms op de Westerschelde in het algemeen hoger dan op zee. De volgorde van de hogere opzetten in figuur 4.2 (tussen circa 0,1 – 0,01%) komt inderdaad overeen met de volgorde van de afstand van de meetlocaties tot zee

Figuur 4.2

Overschrijdingscurven van de rechte opzet van de waterstand op de waterstandmeetlocaties van de periode 1997 t/m 2002



4.4 Conclusies

- De registratiedichtheden zijn vrijwel 100%. Alleen bij de waterstandmeetlocatie Brouwershavense Gat 2 is hierop een uitzondering, daar vertonen de waterstandmetingen van de jaren 1997 t/m 2000 enige hiaten. De jaren 2001 t/m 2002 zijn weer volledig gemeten.
- De hoogste en laagste waterstand wordt gemeten op de locatie Bath (BAT) en bedragen respectievelijk 4,19 meter t.o.v. NAP en -3,23 meter t.o.v. NAP.
- De getijslag is op de zeelocaties kleiner dan op de Westerschelde (zie tabel 4.2).
- De registratie van de Vlake van de Raan bevat enkele onrealistische waarden (zie paragraaf 4.3).
- Hoe verder stroomopwaarts op de Westerschelde hoe hoger de maximale waterstand en de maximale rechte opzet van de waterstand. Dit komt door "het bekken effect".
- Op de meest oostelijk gelegen meetlocatie (BAT) is de rechte opzet van de waterstand gemiddeld 9 uur per jaar lager dan -0,9 m en gemiddeld negen uur per jaar hoger dan 1,6 m.
- Op de meest op zee gelegen meetlocatie (BG2) is de rechte opzet van de waterstand gemiddeld 9 uur per jaar lager dan -0,7 m en gemiddeld negen uur per jaar hoger dan 1,1 m.

5 Windmetingen

5.1 Inleiding

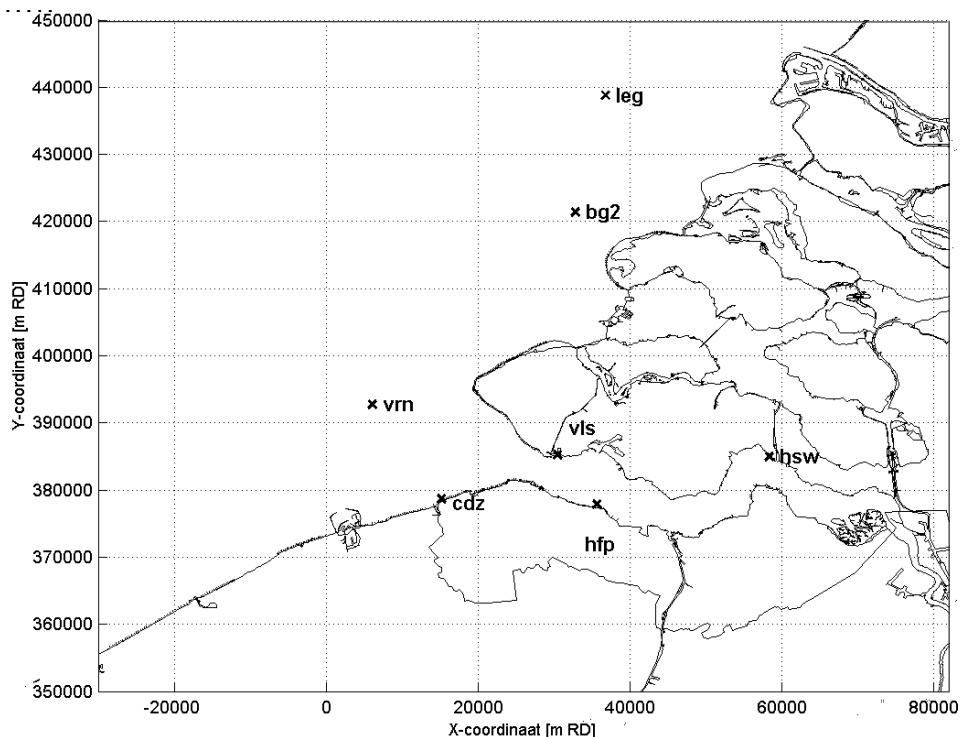
Op zeven plaatsen in de Westerschelde op de Noordzee hebben windmetingen plaatsgevonden, te weten:

LEG	VLS
BG2	HFP
VRN	HSW
CDZ	

Deze meetlocaties zijn weergegeven in figuur 5.1.

Figuur 5.1

Locaties met
windsensoren



De metingen beslaan de periode oktober 1997 t/m december 2002. Van de locaties Vlissingen (VLS) en Lichteiland Goeree (LEG) zijn alleen tijdens een vijftal geselecteerde stormen windmetingen beschikbaar (zie hoofdstuk 6). Deze locaties worden in dit hoofdstuk verder niet behandeld.

Van de windmetingen zijn twee typen bestanden beschikbaar op de HMCZ site:

- Wlo2-bestanden
- WNr2-bestanden

Deze databestanden bevatten, met een tijdstap van tien minuten, de windsnelheid, windrichting en windstootsnelheid. De windstootsnelheid is maximale waarde die de wind gedurende een korte tijd bereikt. Meestal gaat het om een periode van 3 sec. Daarnaast bevatten de WNr2-bestanden nog

een aantal afgeleide statistische grootheden. De tijdstap in deze typen bestanden is 10 minuten. De opbouw van de twee typen bestanden is te vinden in bijlage 2.4.

De windgegevens die in dit rapport genoemd worden (de gw-bestanden (zie bijlage 2.3), op te vragen bij het RIKZ) zijn ingewonnen op een hoogte van 10 meter boven NAP. In deze bestanden is de tijdstap voor de locaties BG2, VRN, CDZ, HFP, HSW 30 minuten en voor de twee locaties VLS en LEG (KNMI locaties) is de tijdstap 60 minuten

Voor locaties BG2, VRN, CDZ, HFP en HSW zijn zowel de snelheid als de richting 10-minuutsgemiddelde. De locaties VLS en LEG zijn KNMI locaties en daar is de snelheid een uursgemiddelde.

5.2 Meetperiode en registratiedichtheid

De meetperiode van de vijf locaties (BG2, CDZ, HFP, HSW, VRN) loopt van oktober 1997 t/m december 2002. De beschikbaarheid van de meetdata wordt getoond in bijlage 5.1

Tabel 5.1 geeft een overzicht van de beschikbaarheid in de vorm van registratiedichtheid per jaar per windmeetlocatie.

Tabel 5.1

Registratiedichtheid
per jaar per wind-
meetlocatie

locatie	1997	1998	1999	2000	2001	2002
BG2	99.8 %	99.8 %	99.3 %	99.6 %	99.9 %	99.9%
VRN	99.8 %	99.8 %	99.3 %	99.6 %	99.9 %	99.9%
CDZ	99.8 %	99.8 %	99.3 %	99.6 %	99.9 %	99.9%
HFP	99.8 %	99.8 %	99.3 %	99.6 %	99.9 %	99.9%
HSW	99.8 %	99.8 %	99.3 %	99.6 %	99.9 %	99.9%

De registratiedichtheden zijn vrijwel 100%. Er zijn dus nauwelijks onderbrekingen in de metingen geweest over de gehele meetperiode op alle windmeetlocaties. Het is wel opvallend dat alle locaties identieke registratiedichtheden vertonen. Uit extra controle van de originele bestanden blijkt inderdaad dat voor alle windmeetlocaties op dezelfde momenten dummy waarden voorkomen. De reden hiervoor is niet bekend.

5.3 Windkarakteristieken

Als windkarakteristieken van de windmetingen, over de periode september 1997 t/m december 2002, zijn per windmeetlocatie de volgende waarden bepaald:

- Het maximum van de windsnelheid van de gehele meetperiode.
- De waarden van de windsnelheid met een overschrijdingskans van 0.1%, 1%, 5%, 10%, 50% voor de windsnelheid over de gehele meetperiode.

De resultaten zijn getoond in tabel 5.2.

Tabel 5.2
Karakteristieken van de windsnelheid

Windsnelheid [m/s]						
Locatie	Max	Overschrijdingsfrequentie				
		0.1%	1%	5%	10%	50%
BG2	29.60	20.59	16.94	14.15	12.65	7.46
VRN	27.30	20.48	16.93	14.25	12.75	7.58
CDZ	26.50	19.39	15.89	12.63	10.90	5.79
HFP	35.50	18.70	14.91	11.78	10.25	5.65
HSW	26.40	18.57	14.94	12.04	10.47	5.61

Zoals men zou verwachten is uit tabel 5.2 af te lezen dat de windsnelheden op zee (BG2, VRN) hoger zijn dan die op de Westerschelde.

Het hoge maximum van Hoofdplaat (7 februari 1999 om 14.00) lijkt onrealistisch omdat het één uitschieter betreft. De andere stations op dat tijdstip geven lagere waarden (orde 15 m/s). De erop volgende maximale waarde van de windsnelheid te HFP is 25.5 m/s en vond plaats op 27 oktober 2002.

Ook de hoogste waarde op de locatie Brouwersehavense Gat2 (29.6 m/s en is gemeten op 9 maart 2002 om 16:30) is waarschijnlijk een uitschieter, want een tijdstap eerder is de waarde van de windsnelheid 15.1 m/s en een tijdstap later 17 m/s. Op één en twee na hoogste waarde van de windsnelheid lijken realistischer:

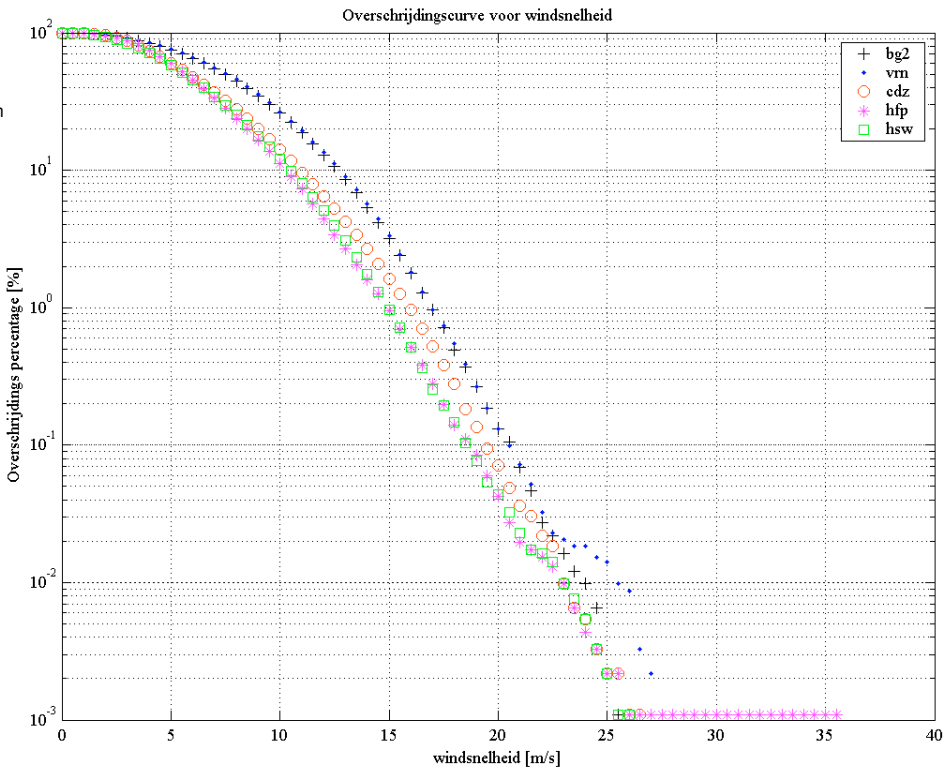
25 m/s 27 oktober 2002 om 14:00

24.8 m/s 27 oktober 2002 om 16:30

Meer validatie wordt aanbevolen om tot een betrouwbare dataset te komen.

Ter visualisering zijn in figuur 5.2 de overschrijdingscurven van de windsnelheid op de verschillende windmeetlocaties weergegeven.

Figuur 5.2
Overschrijdingscurven van de windsnelheid op de verschillende windmeetlocaties. Van de periode 1997-2002.



Informatie over de windsnelheid versus de windrichting is te vinden in de draaitabel voor de Vlake van de Raan in bijlage 5.2.

De richtingen Z-ZW en ZW-W zijn het best vertegenwoordigd ruim 40% van de tijd komt de wind uit deze hoek. Bovendien komen de hoogste windsnelheden ook uit deze richtingen. De oostelijke sector (90° - 135°) komt het minst voor. De helft van de tijd is de windsnelheid hoger dan 7.5 m/s. De windsnelheid van 20 m/s wordt 0,13% van de tijd overschreden. Dit komt overeen met ongeveer 11 uur per jaar.

5.4 Conclusies

- De registratiedichtheid van de windmetingen is vrijwel 100%.
- Op alle locaties komen in de winddatasets op dezelfde momenten dummy waarden voor (zie paragraaf 5.2), hiervoor is geen verklaring beschikbaar.
- De grootste windsnelheid is gemeten bij Vlake van de Raan, bedraagt 27.3 m/s en vond plaats op 27 oktober 2002 om 10:00, wat dus valt in de oktober storm.
- Op zee zijn de windsnelheden hoger dan op de Westerschelde. Verschillen, bijvoorbeeld bij een overschrijdingskans van 0.1%, zijn ca 2 m/s.
- De helft van de tijd is de windsnelheid boven de 7.5 m/s
- De hoge maxima van de windsnelheden bij de meetlocaties HFP en BG2 zijn onrealistisch (zie paragraaf 5.3). Het betreft waarschijnlijk meetfouten.
- Voor de Vlake van de Raan geldt dat gedurende 40% van de meetperiode de wind uit de richtingen Z-ZW en ZW-W komt. De hoogste windsnelheden zijn ook uit deze richtingen.

6 Stormperiodes

6.1 Inleiding

Om de betrouwbaarheid van het golfmodel SWAN voor golfcondities te kunnen kwantificeren worden gemeten stormen nagerekend (hindcasting). De combinatie van goede beschikbaarheid van meetdata, harde wind en hoge waterstand levert de interessante periodes voor hindcasting met het SWAN golfmodel.

RIKZ heeft vijf perioden met hoge golven en sterke wind als interessante stormperiodes aangemerkt. Van deze perioden bestaan extra meetgegevens. In principe zijn voor de golven - naast de standaard bestanden - de volgende bestanden bij het RIKZ beschikbaar:

- Gs-files (golfparameters en 1D-golfspectrum tot 1 Hz)
op alle golfmeetlocaties
- Gr-files (golfrichtingen en richtingsspreiding)
op locaties: CDD en DRL
- Gz-files (golfparameters en 1D-golfspectrum tot 0.5 Hz)
op locatie: LEG

Bovendien zijn er voor meerdere locaties windgegevens beschikbaar, namelijk - naast de langlopende windmeetlocaties BG2, CDZ, HFP, HSW, VRN - ook bij LEG (alleen mei 2000) en VLS. (alle stormen behalve oktober 2002).

In dit hoofdstuk wordt per storm het verloop van een aantal parameters gepresenteerd, te weten golfhoogte bij Schouwenbank, Wielingen, Hansweert en Bath, waterstand bij Vlissingen, en windsnelheid en -richting bij Vlake van de Raan. De registratiedichtheid van de instrumenten wordt getoond in bijlage 6.1. Bovendien wordt in bijlage 6.2 een aantal spectra gepresenteerd.

Een overzicht met maximale golfhoogte en periode voor alle stormen en alle locaties is te vinden in tabel 6.1.

Tabel 6.1

Overzicht maximale golfhoogte en gelijktijdig optredende periode

	"27 mei 00"		"27 dec 01"		"27 jan 02"		"25 feb 02"		"25 okt 02"	
	H _{m0} [m]	T _{m02} [s]	H _{m0} [m]	T _{m02} [s]	H _{m0} [m]	T _{m02} [s]	H _{m0} [m]	T _{m02} [s]	H _{m0} [m]	T _{m02} [s]
SWB	4.79	6.5	4.64	7.1	3.71	6.5	4.20	6.7	5.80	7.6
DRL	3.62	6.5	3.76	6.5	2.65	5.0	3.39	5.1	4.48	6.9
SCW	3.63	6.2	3.47	6.9	2.56	4.7	3.05	5.1	4.27	6.8
SCO	2.44	5.3	2.45	5.7	2.41	4.6	2.71	4.9	3.11	5.4
WIE	2.38	5.7	2.49	5.6	2.10	3.9	2.46	4.5	3.42	6.1
CDD	1.97	4.9	2.27	5.4	1.86	4.6	-	-	3.09	5.6
CDZ	2.08	4.7	2.43	5.0	2.14	3.9	2.54	4.3	3.12	4.9
WCT	-	-	1.57	3.9	-	-	-	-	2.10	4.2
HFP	0.59	2.5	0.99	1.8	0.94	1.8	0.90	2.3	1.24	2.8
HF1	-	-	0.42	2.1	0.48	2.2	0.54	2.3	0.69	2.7
PVT			0.98	3.5	-	-	-	-	1.35	3.9
HSR	1.40	2.9	1.17	2.9	1.53	2.9	1.19	2.6	-	-
HS1	1.05	3.1	0.92	2.9	1.03	2.9	1.09	3.2	1.31	3.1
HSW	1.41	3.0	1.20	2.5	1.55	2.9	1.67	3.1	1.96	3.4
BAT	1.47	3.2	1.03	2.6	1.21	2.8	1.24	2.6	1.73	3.1
BA1	1.16	2.9	0.72	2.6	0.83	2.8	0.94	3.0	1.05	2.8

Tabel 6.2 geeft voor de zwaarste storm, namelijk die van oktober 2002 een overzicht van de maximale waarden van H_{m0} , T_{m02} , $T_{m-1,0}$, T_{pb} . Bij de maximale golfhoogte zijn ook de bijbehorende perioden gegeven. De periode die bij de maximale golf optreedt is niet automatisch ook de maximale periode, daarom is deze tabel vrij uitgebreid van opzet. Soortgelijke tabellen voor de stormen mei 2000 en december 2001 zijn opgenomen in bijlage 6.3.

De periodematen van de diepwater meetlocatie bij Bath (BAT) zijn niet altijd realistisch, zie bijvoorbeeld de 21.7 s van T_{pb} in Tabel 6.2. Dit is al eerder opgemerkt in Roskam 2003. Daarin wordt gemeld dat het lijkt alsof '... het golfsignaal soms lange tijd op enige afstand onder of boven de middenstand blijft hangen...'. De golfhoogte parameters zullen waarschijnlijk wel tamelijk goede schatters zijn van de werkelijk opgetreden golfhoogte... De golfperiode parameters zullen een (zeer) grote overschatting te zien geven, over het algemeen sterker naarmate de golfhoogte lager is... In de spectra komt veel laagfrequente energie. Waarschijnlijk zullen de spectra voor het hoogfrequente deel goed zijn en wellicht, na correctie van het laagfrequente deel, nog wel bruikbaar in de hindcast studie.' De extra hoeveelheid laagfrequente energie is bijvoorbeeld te zien in het spectrum van 28 december 2001 om 22:00 uur (bijlage 6.2.2.b) en 27 oktober 2002 om 14:00 uur (bijlage 6.2.5.b).

Tabel 6.2

Overzicht maximale golfhoogten en golfperioden voor storm oktober 2002

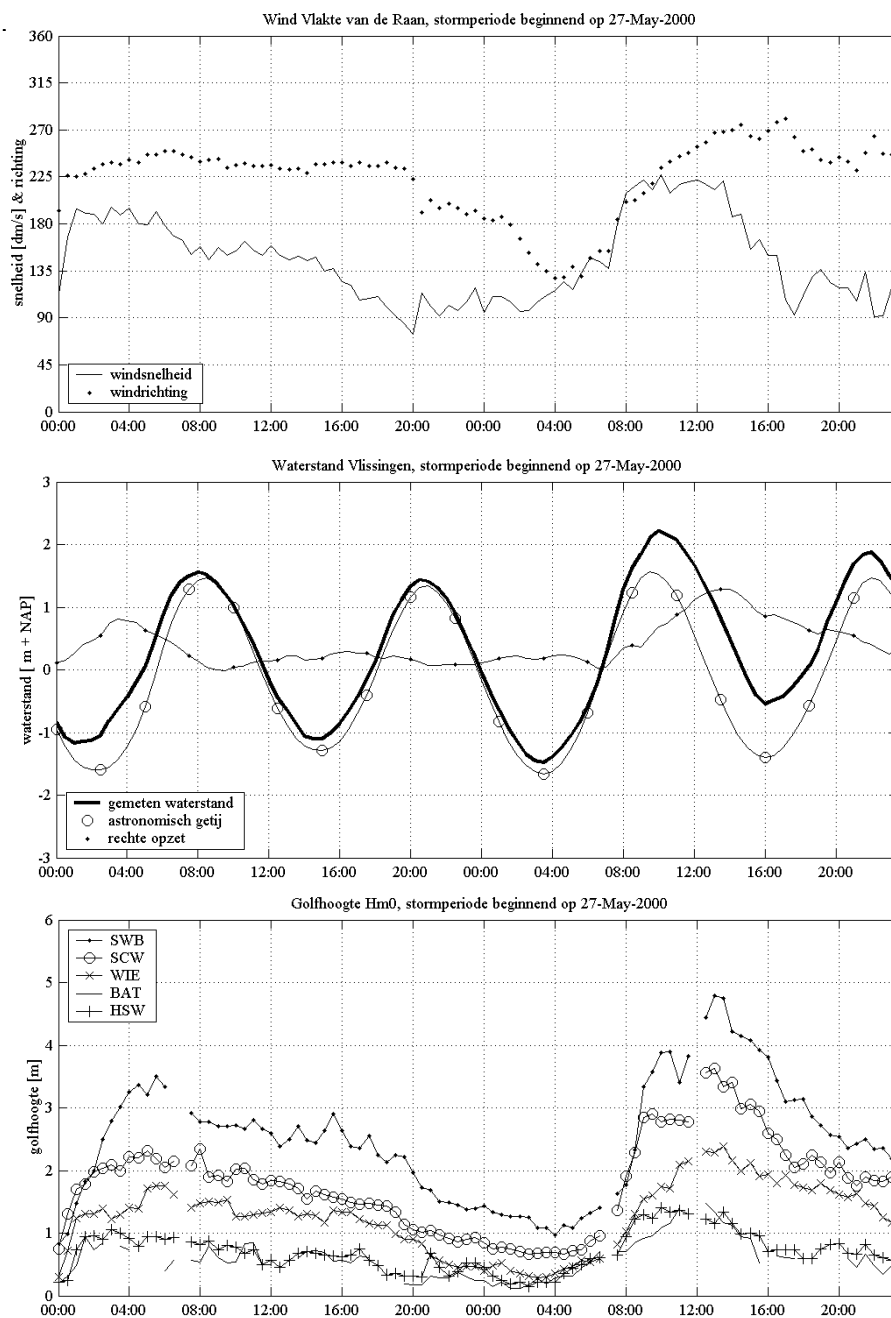
Storm 25-28 oktober 2002															
	max	Waarden horend bij max(H_{m0})						max					max		
	H_{m0}	$T_{max(Hm0)}$		T_{m02}	$T_{m-1,0}$	T_{pb}	T_{m02}	$t_{max(Tm02)}$		$T_{m-1,0}$	$t_{max(Tm-1,0)}$		T_{pb}	$t_{max(Tm-1,0)}$	
	[m]	Dag	tijd	[s]	[s]	[s]	[s]	dag	tijd	[s]	dag	tijd	[s]	dag	tijd
LEG	7.60	27	19:20	7.5	8.0	9.4	8.1	27	20:40	8.1	27	20:40	9.8	25	0:00
BG2	4.92	27	20:30	6.9	8.5	9.8	6.9	27	19:30	8.5	27	20:30	10.4	25	2:00
SWB	5.80	27	20:00	7.6	8.6	9.3	7.6	27	19:30	8.7	27	19:30	9.5	27	19:30
DRL	4.48	27	18:00	6.9	8.2	9.0	7.1	27	19:30	8.3	27	19:30	9.3	27	19:30
SCW	4.27	27	19:00	6.8	7.9	8.8	6.9	27	20:00	8.0	27	20:00	9.9	25	03:00
SCO	3.11	27	17:00	5.4	6.4	6.8	6.5	27	21:00	7.8	27	21:00	10.5	25	04:00
WIE	3.42	27	18:00	6.1	7.4	8.9	6.4	27	21:00	7.9	27	21:00	10.0	25	04:00
CDD	3.09	27	18:00	5.6	7.0	8.0	6.0	27	22:30	7.5	27	22:30	12.5	25	04:30
CDZ	3.12	27	16:30	4.9	6.2	6.9	5.1	26	20:00	7.1	25	03:30	10.5	25	04:30
WCT	2.10	27	16:30	4.2	4.9	4.8	4.7	27	21:00	5.7	26	19:00	7.6	26	18:30
HFP	1.24	27	18:00	2.8	3.4	3.6	3.3	26	07:00	4.0	26	17:30	6.3	26	16:30
HF1	0.69	27	18:30	2.7	3.7	3.8	2.8	26	16:30	5.1	26	04:30	10.1	25	03:30
PVT	1.35	27	19:00	3.9	4.4	4.6	4.3	27	22:00	5.0	25	03:30	6.7	26	16:00
HSR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HS1	1.31	27	17:00	3.1	3.7	4.1	3.1	27	17:00	6.2	27	11:00	8.7	27	11:00
HSW	1.96	27	13:30	3.4	3.8	4.1	3.4	27	13:30	3.8	27	13:30	4.7	25	03:30
BAT	1.73	27	15:00	3.1	4.5	3.8	3.8	25	23:30	10.3	25	23:30	21.7	27	00:00
BA1	1.05	27	18:30	2.8	3.7	4.4	3.1	27	20:30	4.1	28	20:00	4.7	26	19:00

6.2 Stormperiode 27-28 mei 2000

In figuur 6.1 zijn tijdseries van wind, waterstand en golven weergegeven van de storm van mei 2000. Op basis van de golfhoogte bij Schouwenbank is dit van de vijf geselecteerde, de op één na zwaarste storm.

Figuur 6.1

Tijdseries wind,
waterstand, golven
storm mei 2000



Op 27 mei was de windsnelheid al aanzienlijk (circa 20 m/s). Na een relatief rustige nacht worden op 28 mei tussen 8:00 en 12:00 uur nog hogere windsnelheden bereikt, van 22 m/s. Van de vroege ochtend tot de middag draait de wind van zuidoost naar west. De hardste wind komt uit zuidwest tot west.

De waterstand is niet extreem hoog. Enkele uren na de piek van de storm is de rechte opzet maximaal en bedraagt dan ruim een meter. Veelal treedt de

maximale opzet tijdens laag water op, maar dit is één van de weinige stormen waarbij dat niet zo is.

Op zee bij station Schouwenbank bedraagt de maximale significante golfhoogte 4.79 m. De registratiedichtheid van de golfmetingen is redelijk, zie bijlage 6.1.1. Het is opvallend dat geen van de golfmeetlocaties om 7:00 uur en 12:00 uur een waarde hebben.

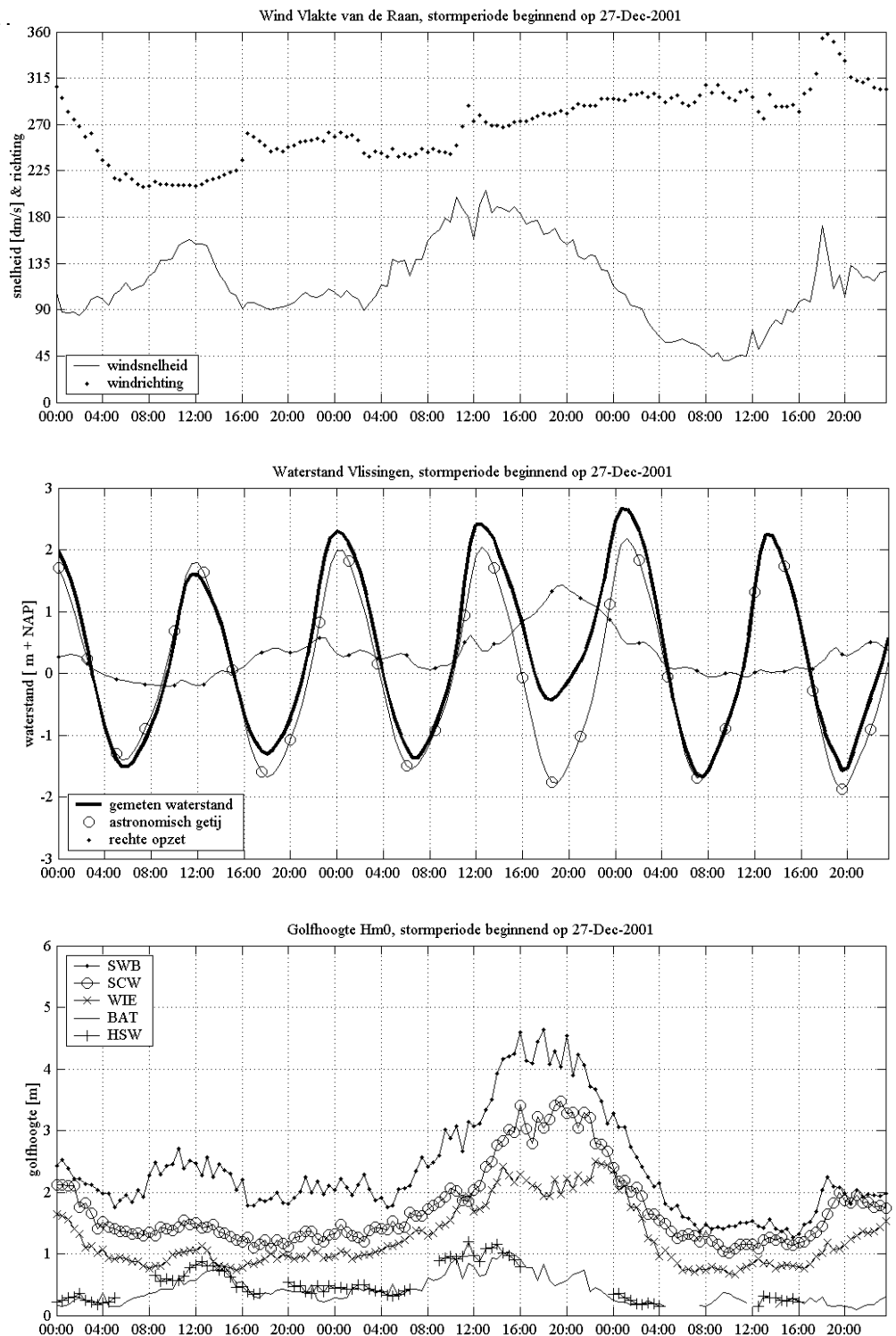
De spectra rond de piek van de storm zijn te vinden in bijlage 6.2.1. Tussen 8:00 en 11:00 uur in de ochtend van 28 mei 2000, zien we de piek van het spectrum van de buitenstations niet alleen in hoogte groeien, maar ook verschuiven naar de lagere frequenties.

6.3 Stormperiode 27-29 december 2001

In figuur 6.2 zijn tijdseries van de waterstand, wind en de golven voor de storm van december 2001 weergegeven.

Figuur 6.2

Tijdseries wind, waterstand, golven storm dec 2001



Hoewel de windsnelheid tijdens de decemberstorm van 2001 niet de 20 m/s overschrijdt, loopt de golfhoogte bij Schouwenbank toch op tot een waarde van 4.64 m. De windrichting draait van zuidwest naar noord. De maximale windsnelheid komt uit het westen. In de figuur is goed zichtbaar dat kleine

variaties in windrichting hier vaak overeenkomen met kleine variaties in windsnelheid, zie bijvoorbeeld om 12:00 uur op 28 december en 18:00 uur op de 29e.

De waterstand bij Vlissingen bereikt zijn maximum vlak na de storm om 1:00 uur. De hoogste opzet valt weer samen met laag water, en veroorzaakt dus geen extreme waterstand.

Op zee wordt bij Schouwenbank een golfhoogte van 4.64 m gemeten. In het verloop van de golfhoogten (zie figuur 6.2) vertonen Schouwenbank en Scheur West een 'bolle' top tussen 16:00 uur en 22:00 op 28 december, terwijl Wielingen juist een 'holle' top met een lokaal minimum. Het minimum komt min of meer overeen met laag water.

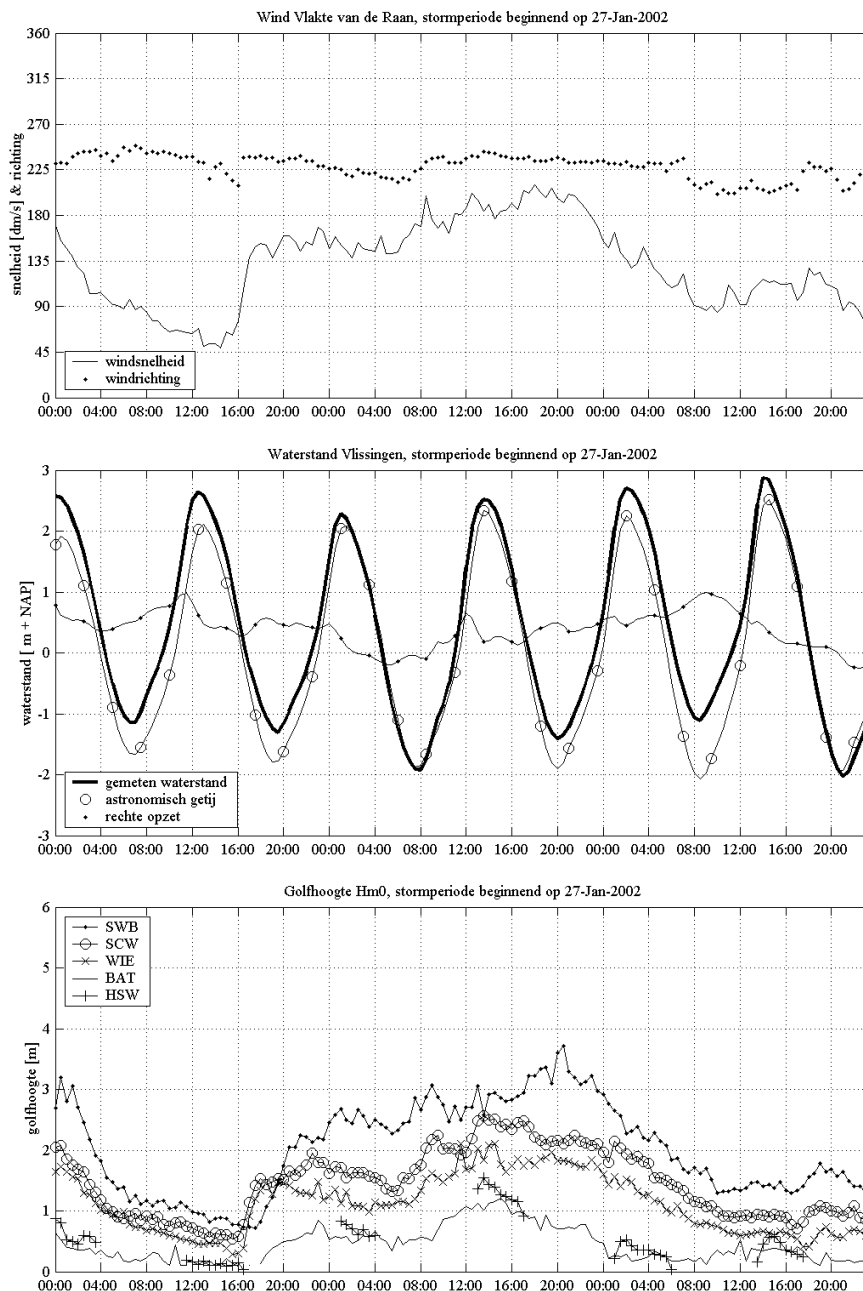
De spectra rond de piek van de storm zijn te vinden in bijlage 6.2.2.

6.4 Stormperiode 27-29 januari 2002

In figuur 6.3 zijn tijdseries van de waterstand, wind en de golven voor de storm van januari 2002 weergegeven.

Figuur 6.3

Tijdseries wind,
waterstand, golven
storm jan 2002



Vergeleken met de andere vier stormen was de storm van januari 2002 minder zwaar, wat betreft de golfhoogten. Windsnelheid en waterstand doen niet onder voor de storm van december 2001, maar de golfhoogten op zee en in de delta zijn bijna een meter minder. Dit heeft te maken met de windrichting die in januari 2002 min of meer zuidwest was. In december 2001 kwam de wind meer uit het westen en dus meer van zee, zodat hogere golven gegenereerd konden worden. De windrichting vertoont weinig variatie.

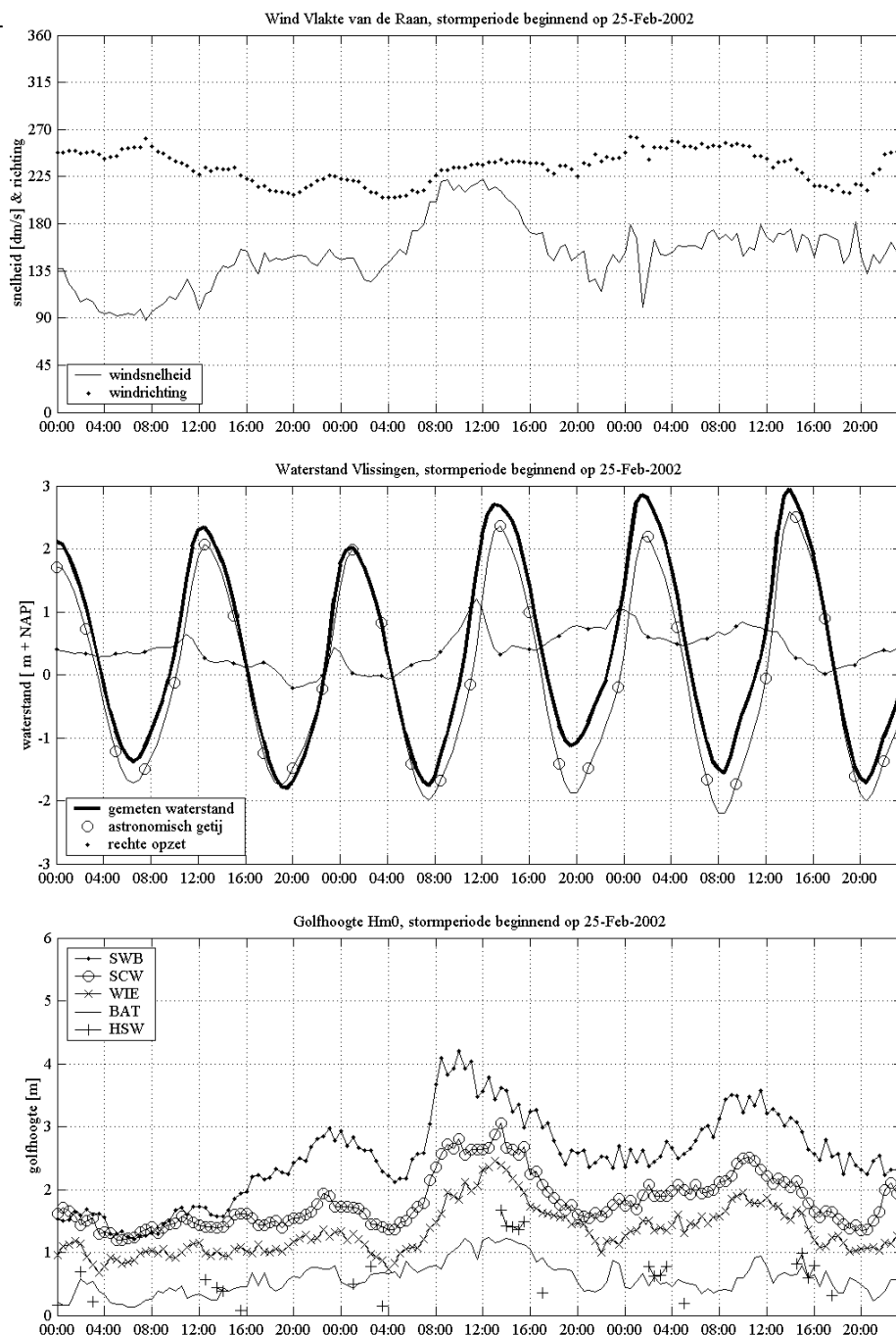
Ondanks de beperkte opzet (minder dan een meter) is de waterstand tijdens deze storm hoog. De golfhoogten die bereikt worden bij Schouwenbank, Wielingen en Bath zijn respectievelijk 3.71 m, 2.10 m en 0.83 m. Een aantal spectra van deze storm is te vinden in bijlage 6.2.3.

6.5 Stormperiode 25-27 februari 2002

In figuur 6.4 zijn tijdseries van de waterstand, wind en de golven voor de storm van februari 2002 weergegeven.

Figuur 6.4

Tijdseries wind,
waterstand golven,
storm februari 2002



De storm van februari 2002 betreft een zuidwester storm met windsnelheden van boven de 20 m/s.

De opzet en totale waterstand tijdens het hoogwater na de piek van de storm (27 feb 1:00 uur) is hoger dan bij het hoogwater tijdens de piek (26 feb 13:00). Er is een paar uur voor nodig voordat de opzet zich bij Vlissingen goed heeft ontwikkeld.

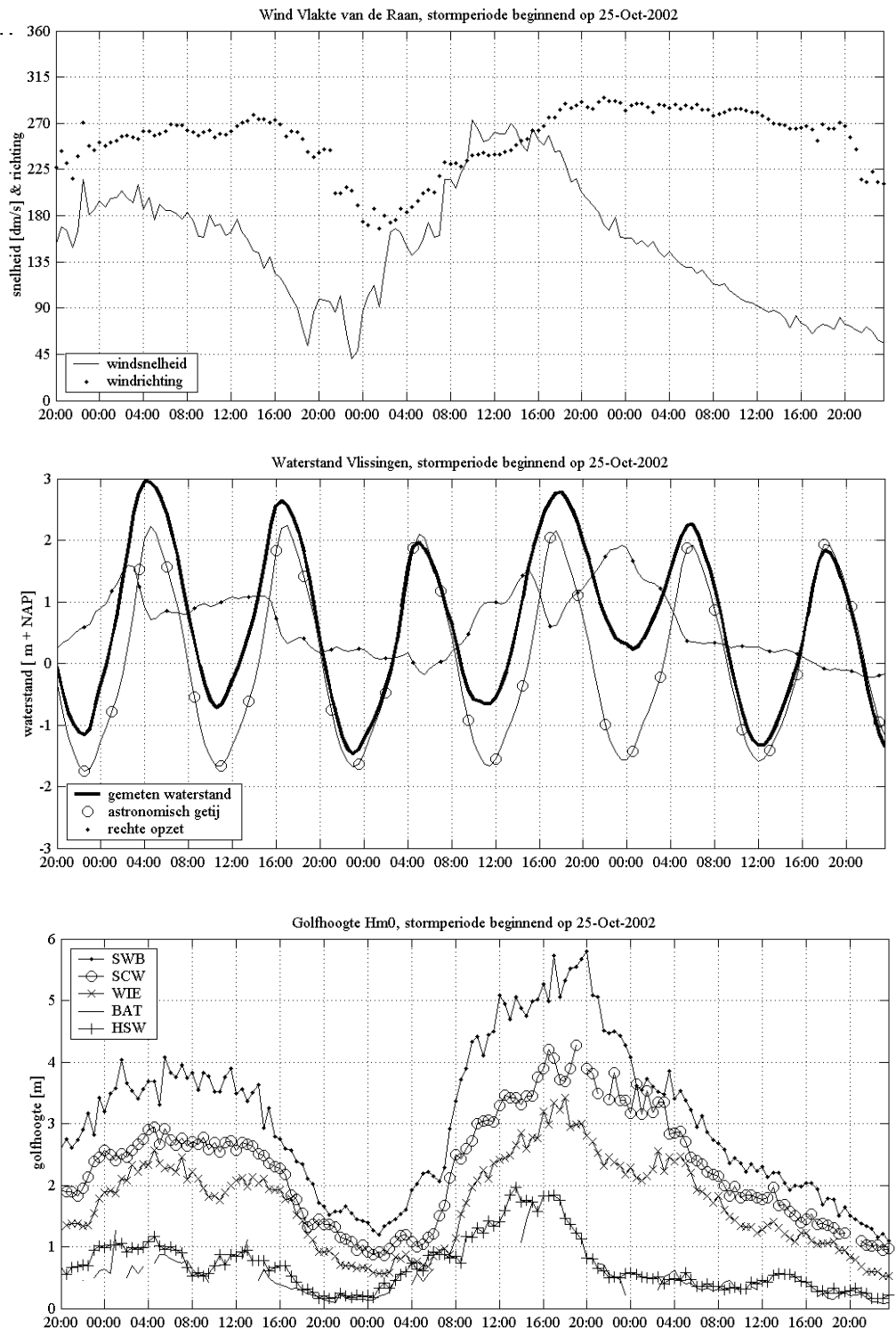
De golfhoogte bij Schouwenbank overtreft net de 4 m. De registratiedichtheid bij Hansweert is minimaal, en de directional waverider van Cadzand functioneerde helemaal niet tijdens de storm.

6.6 Stormperiode 25-28 oktober 2002

In figuur 6.5 zijn tijdseries van de waterstand, wind en de golven voor de storm van oktober 2002 weergegeven.

Figuur 6.5

Tijdseries wind,
waterstand golven,
storm oktober 2002



De storm van 27 oktober 2003 was de zwaarste storm van de meetperiode 1997 - 2002. Die dag trok een stormdepressie van Ierland via de Noordzee naar de Oostzee. In de eerste middaguren is in de westelijke kustprovincies op diverse meetpunten windkracht 11, een zeer zware storm, gemeten. Zowel de windsnelheid op de Vlakte van de Raan (27 m/s) als de golfhoogte buiten op Schouwenbank (5.80 m) bereiken tijdens deze storm hun maximale waarde. Bij LEG werd zelfs 7.60 m als significante golfhoogte gemeten.

Terwijl de wind toeneemt in snelheid van minder dan 10 m/s naar 27 m/s draait de windrichting van ongeveer zuid naar noordwest. De maximale windsnelheid hield aan tussen ongeveer 10:00 uur 's morgens en 14:00 uur 's middags van de 27e oktober. De windrichting was toen ongeveer westzuidwest. De maximale golfhoogten ontwikkelden zich een paar uur later, tussen 16:00 en 20:00 uur. Dat zou o.a. samen kunnen hangen met het tijdstip van hoogwater, dat bij Vlissingen ongeveer 18:00 bedroeg.

De wind zorgde voor een aanzienlijke opzet van de waterstand. Tijdens het laag water een paar uur na de piek van de storm (28 oktober 0:00 uur) bedroeg de opzet bij Vlissingen bijna 2 m. Tijdens het hoogwater vlak na de piek van de storm (ca. 17:30 uur) was de opzet bij Vlissingen minder dan een meter.

Niet op alle locaties heeft de golfmeetapparatuur goed gefunctioneerd. Cadzand CDZ heeft op het hoogtepunt van de storm niet geregistreerd. Hansweert HSR is vanaf juli 2002 überhaupt niet operationeel. Beide meetinstrumenten bij Bath vertonen helaas veel hiaten. Op de ondiepe locatie (BA1) vallen die samen met lage waterstanden. Bij de diepere locatie (BAT) treden de gaten ook veelal bij laag water op, hoewel hier ook laag waters voorkomen waarop de golven wel gemeten zijn.

De golfspectra tijdens de storm van acht stations zijn te vinden in bijlage 6.2.5. Het eerste tijdstip daarvan (25 oktober 3:00) is ruim voor de storm, en de hoeveelheid golfenergie is nog beperkt (let op de schaal op de y-as t.o.v. 27 oktober 18:00 uur). De reden om dat tijdstip toch toe te voegen is de interessante dubbelpiekige spectrumvorm van de meetlocaties op de Noordzee en in de monding. De piek met de hogere frequentie (circa 0.3 Hz) verschuift na verloop van tijd naar de lagere frequenties op, tot circa 0.1 Hz in de laatste figuur om 20:00 uur op 27 oktober.

7 Bodem

.....

7.1 Inleiding

Voor de berekening van het golfveld en de stroming met een golfmodel (zoals SWAN) is het van belang dat de bodemligging bekend is. De bodem verandert echter onder invloed van golven en stroming.

Dit hoofdstuk behandelt de bodemvariaties in de Westerschelde. We gaan slechts gedeeltelijk in op de morfologische aspecten en de nadruk zal liggen op de invloed van de bodemvariatie op het golfveld. Beschrijvingen van de morfologie van de Westerschelde zijn bijvoorbeeld gegeven in Werkdocument RIKZ/AB/2001.832x en RIKZ/2000.030 (zie literatuurlijst).

Dit hoofdstuk is opgedeeld in twee delen. Eerst worden morfologische ontwikkelingen ter plaatse van de meetlocaties op de Westerschelde behandeld. Vervolgens wordt de bodemvariatie over de gehele Westerschelde algemeen beschreven.

7.2 Locale bodemvariaties

In verband met het gebruik van de metingen in modelstudies is het noodzakelijk dat de diepte van de meetlocatie steeds goed bekend is. Daarom worden regelmatig lodingen verricht in de omgeving van de meetpalen.

In de buurt van de volgende gebieden zijn bodemlodingen uitgevoerd:

- Cadzand (CDD,CDZ)
- Hoofdplaat (HFP HF1)
- Hansweert (HSW HS1 HSR)
- Bath (BAT, BA1)

De lodingen zijn in de periode september 1997 t/m december 2002 vijf keer uitgevoerd, te weten:

- november - december 1998
- maart - juni 2000
- oktober - december 2000
- december 2001
- juli - september 2002

Voor deze meetlocaties wordt in deze paragraaf bepaald hoe de bodemligging verandert in de tijd. Hierbij beperken we ons tot de verandering van een profiel, min of meer loodrecht op de kust.

De gevaren lodingsraaien en hun diepte zijn weergegeven in bijlage 7.1 voor de verschillende meetlocaties voor de verschillende tijdstippen. Ze zijn niet gelijk voor elk tijdstip, en ze gaan niet exact door de posities van de golfmeetinstrumenten.

Voor de bepaling van het bodemprofiel is een lijn loodrecht op de kust gekozen, die zo mogelijk de twee golfmeetlocaties bevat. Bij Hansweert bleek het niet mogelijk om een lijn zowel door de meetpunten te laten gaan als loodrecht op de kust te laten staan. Er is daar gekozen voor een lijn loodrecht op de kust. Voor de bepaling van de profielen zijn de meetdata geïnterpoleerd naar de gedefinieerde raaien. Deze raaien zijn eveneens in de bijlage 7.1 weergegeven.

In de bijlagen 7.2 (a) zijn per gebied de profielen van de bodemligging gegeven voor de verschillende meetmomenten. In de bijlagen 7.2 (b) zijn de verschillen tussen de verschillende tijdstippen gegeven. Hierbij wordt opgemerkt dat de verschillen zijn gebaseerd op verschillende tussenliggende periodes. Men moet er op bedacht zijn dat seizoensinvloeden soms sterker kunnen zijn dan variaties op langere termijn. Voor een nette vergelijking zou men telkens de bodemligging in dezelfde maand moeten beschouwen. De dikkere zwarte lijn geeft het verschil in bodemligging voor de periode 1998-2002 weer. Omdat deze lijn op een langere periode is gebaseerd, is hij op te vatten als de trend over de totale periode van vier jaar.

Om de invloed van de bodemligging op de golven te bepalen is de relatieve verandering van de bodem ten opzichte van de diepte van belang. De relatieve verschillen in diepte, gebaseerd op een waterstand van NAP + 4 m, zijn gegeven in de bijlagen 7.2 (c).

De resultaten worden hieronder per gebied behandeld:

Cadzand (bijlagen 7.1.1 en 7.2.1):

De verschillen in bodemligging over de jaren zijn voor dit gebied gering (orde decimeters). De relatieve verschillen in bijlage 7.2.1(c) blijven beperkt tot 5%. Alleen op het ondiepe gedeelte dicht langs de dijk worden grotere verschillen gevonden.

Hoofdplaat (bijlage 7.1.2 en 7.2.2):

Voor dit gebied worden significante verschillen in bodemligging gevonden. De totale sedimentatie in verticale richting tussen 1998 en 2002 loopt lokaal op tot ca. 2 m in de geul. Er zijn twee sedimentatiegebieden te onderscheiden:

- de geul
- het gebied tussen de geul en het ondiepe voorland

Voor beide gebieden geldt dat de sedimentatie een gevolg is van een continue sedimentatie over de totale periode. De totale sedimentatie is groter dan de 'jaarlijkse' sedimentatie. 'Jaarlijkse' variatie treedt eveneens op, zonder dat dit leidt tot sedimentatie of erosie over de totale periode, zie bijvoorbeeld op s=250 m, waar de trendlijn nauwelijks variatie geeft en een sterke variatie gevonden wordt voor de periode december 2001 – juli/september 2002.

Op het voorland wordt een hoge (ca 10%) totale relatieve verandering gevonden.

Hansweert (bijlage 7.1.3 en 7.2.3):

Voor dit gebied worden significante verschillen in bodemligging gevonden. De verschillen worden sterk gedomineerd door de bodemverandering in de periode november/december 1998 tot maart/juni 2000. Een verklaring kan liggen in de intensieve baggeractiviteiten. Voor de overige periode vindt geen significante

aanzanding of erosie plaats: het verschil in bijlage 7.2.3 (b) tussen de trendlijn en de rode lijn voor de periode november/december 1998 tot maart/juni 2000 is gering.

Bath (bijlage 7.1.4 en 7.2.4):

Opvallend in dit gebied is de temporele variatie van de erosie/aanzanding. Zie bijvoorbeeld de positie $s=100$ m. In de periode november/december 1998 tot maart/juni 2000 treedt sterke erosie op. In de volgende periode (maart/juni2000-oktober/december2000) treedt sedimentatie op, erosie treedt weer op in de periode oktober/december2000-december2001. In de laatste periode treedt weer sedimentatie op. De amplitude van de erosie/sedimentatie neemt af tot bijna nul in de laatste periode. Een dergelijke oscillatie treedt ook op bij $s=190$ m, maar dan uit fase. Dit oscillerende gedrag is sterk afwijkend van de ontwikkeling bij Hansweert, waar dergelijke oscillaties nauwelijks terug zijn te vinden; de amplitude neemt bij Hansweert veel sterker af in de tijd.

7.3 Bodemvariatie over de gehele Westerschelde

De bodemligging Westerschelde is jaarlijks beschikbaar voor de jaren 1997 tot 2002. Zoals aangegeven in de inleidende paragraaf wordt de nadruk gelegd op de invloed van de bodemvariatie op de golven. Niet zozeer de bodemvariatie zelf, maar de waterdiepte is van belang voor de bepaling van het golfveld. Daarom wordt de relatieve bodemvariatie ten opzichte van de waterdiepte bepaald. Hierbij wordt NAP + 4 m als waterstand aangehouden.

In bijlagen 7.3 worden de relatieve bodemvariaties gegeven voor de periodes 1997-2000 en 2000-2002. Ter indicatie voor de scheiding tussen de geulen en de platen is eveneens de contourlijn voor de bodemligging op -8m NAP gegeven. De bodemvariaties voor de periode 1997-2000 zijn gegeven in Werkdocument RIKZ/AB/2001.832x.

Uit deze figuren volgt dat voor beide periodes de relatieve verschillen het grootst zijn op de overgangen tussen de platen en geulen. De bodemveranderingen kunnen lokaal oplopen tot ca 20% van de waterdiepte (bij +4m NAP) per jaar. Dit suggereert dat de verplaatsing van de geulen en platen de grootste invloed heeft op de relatieve bodemvariatie. Dergelijke lokale relatieve bodemveranderingen zullen weinig invloed hebben op het globale golfveld.

Op basis van SWAN-simulaties met bodems van verschillende jaren dient een kwantitatieve analyse gemaakt te worden voor de invloed van de bodemvariaties op de golfgroei. Opgemerkt wordt dat de absolute sedimentatie of erosie in de geulen groot (>1 m/jaar) kan zijn, maar dat de variatie gering is ten opzichte van de waterdiepte waardoor een gering effect op golfveld verwacht kan worden.

7.4 Conclusies

- Hoewel sterke erosie/sedimentatie optreedt in de geulen (plaatselijk meer dan 1m/jaar) is de relatieve dieptevariatie in de geulen gering, waardoor de invloed van de bodemvariatie in de geulen op het golfveld gering zal zijn.
- Geringe erosie/sedimentatie (enkele decimeters/jaar) kan op het ondiepe voorland een grote invloed hebben op de relatieve diepte verandering en daarmee op de het golfveld op het voorland.
- De bodemvariaties zijn sterk plaats- en tijdsafhankelijk. Voor de interpretatie van de variaties is onder andere een goed beeld van de stroming en de baggeractiviteiten noodzakelijk.
- Om inzicht te krijgen in de invloed van de jaarlijkse bodemvariatie op het golfveld dienen SWAN-simulaties met verschillende bodemtopografieën uitgevoerd te worden.

8 Algemene conclusies

De conclusies zijn opgedeeld in 4 delen:

De conclusies met betrekking tot de golfmetingen zijn:

- De golfmetingen bevatten - van de geselecteerde parameters (zie paragraaf 3.1) - H_{m0} , H_{E10} , T_{m02} en $T_{m-1,0}$. Alleen station CDD heeft gedurende de hele periode ook golfrichting en golfspreiding gemeten. Deurloo bevat alleen van het jaar 2000 golfrichtingen.
- De registratiedichtheid van de golfmetingen ligt over het algemeen rond de 85–95%. Stations die bij laag water droogvallen registreren circa 40-60%.
- De grootste golfhoogte H_{m0} is bij Schouwenbank gemeten, en bedraagt 5.8 m. Dit was tijdens de oktoberstorm van 2002.
- De meetlocaties van het project 'Dijkbekleding' (Cadzand, Hoofdplaat, Hansweert, Bath) bestaan uit paren, waarvan één station dieper en één station ondieper ligt. In de meeste gevallen zijn de golven op de ondiepe locatie lager. Uitzondering hierop is Cadzand.
- De deining is vrij laag en neemt af naarmate de meetlocatie oosterlijker op de Westerschelde is gelegen.
- Hoe oostelijker op de Westerschelde hoe lager de golfhoogte H_{m0} en golfperioden T_{m02} en $T_{m-1,0}$.
- De reeksen van $T_{m-1,0}$ bevatten onrealistische uitschieters. Nadere validatie is nodig om tot een betrouwbare dataset te komen.

De conclusies met betrekking tot de waterstandmetingen zijn:

- De registratiedichtheden zijn vrijwel 100%. Alleen bij de waterstandmeetlocatie Brouwershavense Gat 2 is hierop een uitzondering, daar vertonen de waterstandmetingen van de jaren 1997 t/m 2000 enige hiaten. De jaren 2001 t/m 2002 zijn weer volledig gemeten.
- De hoogste en laagste waterstand wordt gemeten op de locatie Bath (BAT) en bedragen respectievelijk 4,19 meter t.o.v. NAP en -3.23 meter t.o.v. NAP.
- De getijslag is op de zeelocaties kleiner dan op de Westerschelde (zie tabel 4.2).
- De registratie van de Vlake van de Raan bevat enkele onrealistische waarden (zie paragraaf 4.3).
- Hoe verder stroomopwaarts op de Westerschelde hoe hoger de maximale waterstand en de maximale rechte opzet van de waterstand. Dit komt door "het bekken effect".
- Op de meest oostelijk gelegen meetlocatie (BAT) is de rechte opzet van de waterstand gemiddeld 9 uur per jaar lager dan -0.9 m en gemiddeld negen uur per jaar hoger dan 1.6 m.
- Op de meest op zee gelegen meetlocatie (BG2) is de rechte opzet van de waterstand gemiddeld 9 uur per jaar lager dan -0.7 m en gemiddeld negen uur per jaar hoger dan 1.1 m.

De conclusies met betrekking tot de windmetingen zijn:

- De registratiedichtheid van de windmetingen is vrijwel 100%.
- Op alle locaties komen in de winddatasets op dezelfde momenten dummy waarden voor (zie paragraaf 5.2), hiervoor is geen verklaring beschikbaar.
- De grootste windsnelheid is gemeten bij Vlake van de Raan, bedraagt 27.3 m/s en vond plaats op 27 oktober 2002 om 10:00, wat dus valt in de oktober storm.
- Op zee zijn de windsnelheden hoger dan op de Westerschelde. Verschillen, bijvoorbeeld bij een overschrijdingskans van 0.1%, zijn ca 2 m/s.
- De helft van de tijd is de windsnelheid boven de 7.5 m/s
- De hoge maxima van de windsnelheden bij de meetlocaties HFP en BG2 zijn onrealistisch (zie paragraaf 5.3). Het betreft waarschijnlijk meetfouten.
- Voor de Vlake van de Raan geldt dat gedurende 40% van de meetperiode de wind uit de richtingen Z-ZW en ZW-W komt. De hoogste windsnelheden zijn ook uit deze richtingen.

De conclusies met betrekking tot de bodemlodingen zijn:

- Hoewel sterke erosie/sedimentatie optreedt in de geulen (plaatselijk meer dan 1m/jaar) is de relatieve dieptevariatie in de geulen gering, waardoor de invloed van de bodemvariatie in de geulen op het golfveld gering zal zijn.
- Geringe erosie/sedimentatie (enkele decimeters/jaar) kan op het ondiepe voorland een grote invloed hebben op de relatieve diepte verandering en daarmee op de het golfveld op het voorland.
- De bodemvariaties zijn sterk plaats- en tijdsafhankelijk. Voor de interpretatie van de variaties is onder andere een goed beeld van de stroming en de baggeractiviteiten noodzakelijk.
- Om inzicht te krijgen in de invloed van de jaarlijkse bodemvariatie op het golfveld dienen SWAN-simulaties met verschillende bodemtopografieën uitgevoerd te worden.

Literatuur

.....

Gautier, C.
Betrouwbaarheid SWAN in de Westerschelde, Vergelijking golfberekeningen en metingen, d.d. 16 juni 2003
Ref 9M5697/R03035

Hordijk, D.
Rapportage veldmetingen Pettemer Zeewering
RIKZ, rapport RIKZ/2003.034

Kornman, B. ; Arends, A. ; Dunsbergen, D.
Morfologische ontwikkeling Westerschelde 1931-2000
RIKZ, werkdocument RIKZ/AB/2001.832x

Roskam, A.P.; Hoekema, J.
Opslag van golfgegevens van bijzondere metingen of bijzondere perioden, d.d. 29-2-2000
RIKZ

Roskam, A.P.; Hoekema, J.
Overzicht van golfgegevens in de stormperiode 27 t/m 28 mei 2000 (00s3), d.d. 9-12-2002
RIKZ

Roskam, A.P.; Hoekema, J.
Overzicht van golfgegevens in de stormperiode 27 t/m 29 december 2001 (01s4), d.d. 14-1-2003
RIKZ

Roskam, A.P.; Hoekema, J.
Overzicht van golfgegevens in de stormperiode 25-28 oktober 2002 (02s3), d.d. 6-3-2003
RIKZ

Roskam, A.P.; Hoekema, J.; Jacobse, J.J.
Metingen Westerschelde, jaarverslag 2000, d.d. 28-2-2001
RIKZ

Roskam, A.P.; Hoekema, J.; Jacobse, J.J.
Metingen Westerschelde, jaarverslag 2001, d.d. 4-4-2002
RIKZ

Roskam, A.P.; Hoekema, J.; Jacobse, J.J.
Ondiep water golfmetingen in de Westerschelde
RIKZ, werkdocument RIKZ/OS-2002.110x

Schouwenaar, B.
Westerscheldemonnd 1970 – 2020: Een morfologische blik op de toekomst
RIKZ, rapport RIKZ/2000.030

Internet:

www.hmcz.nl
www.golfklimaat.nl
www.watermarkt.nl

Bijlagen

.....

Lijst met bijlagen

Bijlage 2

- 2.1 Meetlocaties en 4 uitvergrotingen
- 2.2 Foto's waverider en windsensor
- 2.3 Specificaties van de inhoud van de meetbestanden
- 2.4 Opbouw meetbestanden HMCZ
- 2.5 Definities periodematen

Bijlage 3

- 3.1 Grafische weergave van de meetperiode per jaar per golfmeetlocatie
- 3.2 Registratiedichtheden per jaar per golfmeetlocatie
- 3.3 Karakteristieken van de golfhoogte T_{m02} en $T_{m-1,0}$, H_{E10}
- 3.4 Draaitabel van de golfrichting versus golfhoogte te CDD
- 3.5 Overschrijdingscurve van de golfparameters T_{m02} en $T_{m-1,0}$, H_{E10}
- 3.6 Maximale waarden voor $T_{m-1,0}$ en bijbehorende tijdstippen
- 3.7 Scatterplots H_{m0} versus T_{m02} op de locaties SWB CDZ, HSW
- 3.8 Scatterplots H_{m0} versus H_{E10} op de locaties SWB CDZ, HSW

Bijlage 4

- 4.1 Grafische weergave van de meetperiode per jaar per waterstandmeetlocatie

Bijlage 5

- 5.1 Grafische weergave van de meetperiode per jaar per windmeetlocatie
- 5.2 Overzicht windrichting versus windsnelheid voor de Vlake van de Raan

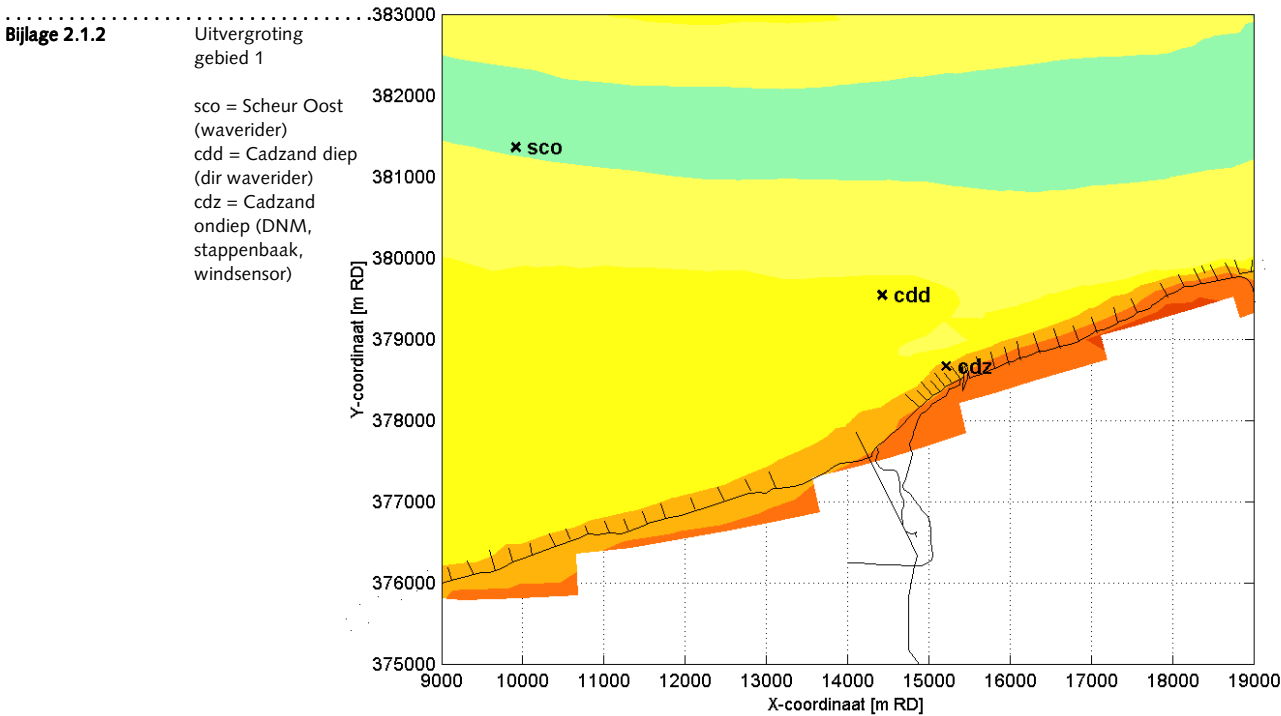
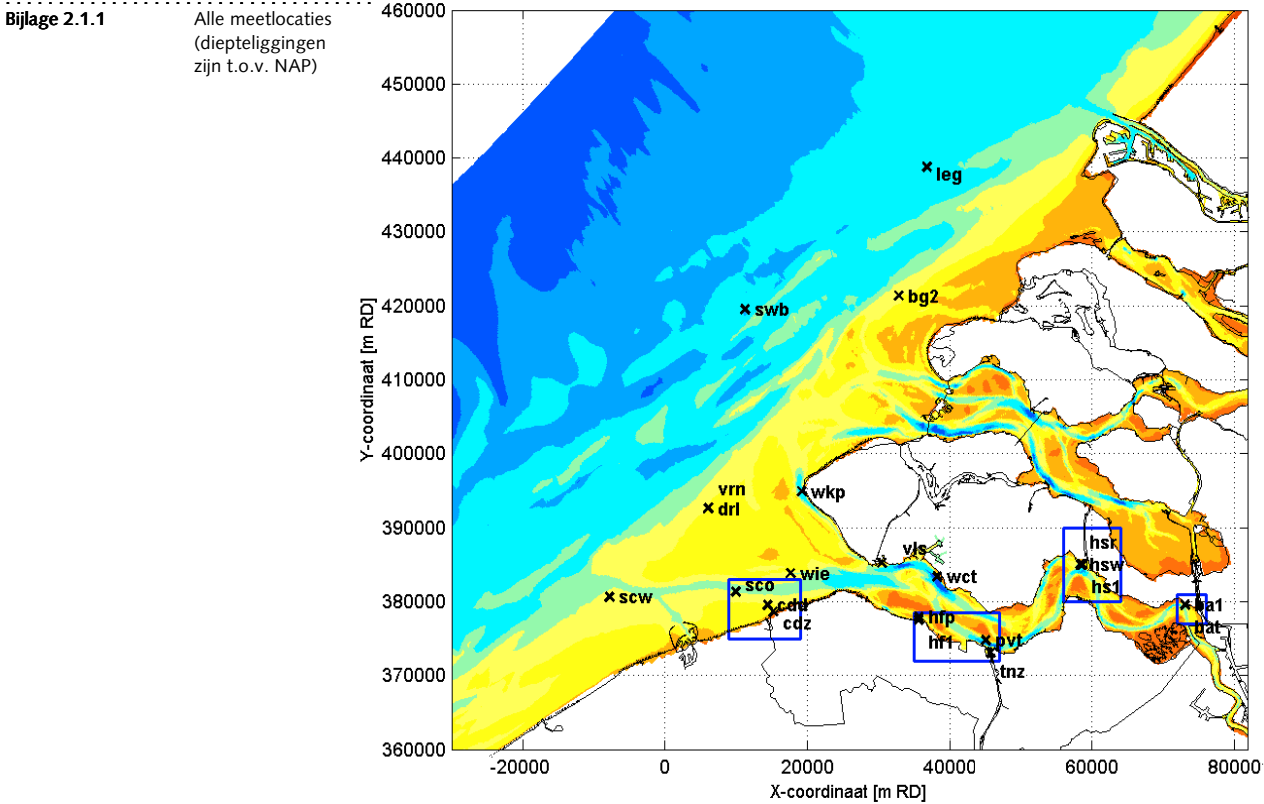
Bijlage 6

- 6.1 Registratiedichtheid van de geselecteerde stormen
- 6.2 Spectra van de vijf geselecteerde stormen
- 6.3 Overzicht maximale golfhoogte en bijbehorende perioden voor de stormen mei 2000, dec 2001

Bijlage 7

- 7.1 Gemeten dieptes voor de gebieden Cadzand, Hoofdplaat, Hansweert, Bath
- 7.2 Verschillen in de bodemligging voor de gebieden Cadzand, Hoofdplaat, Hansweert, Bath
- 7.2 Relatieve bodemvariatië

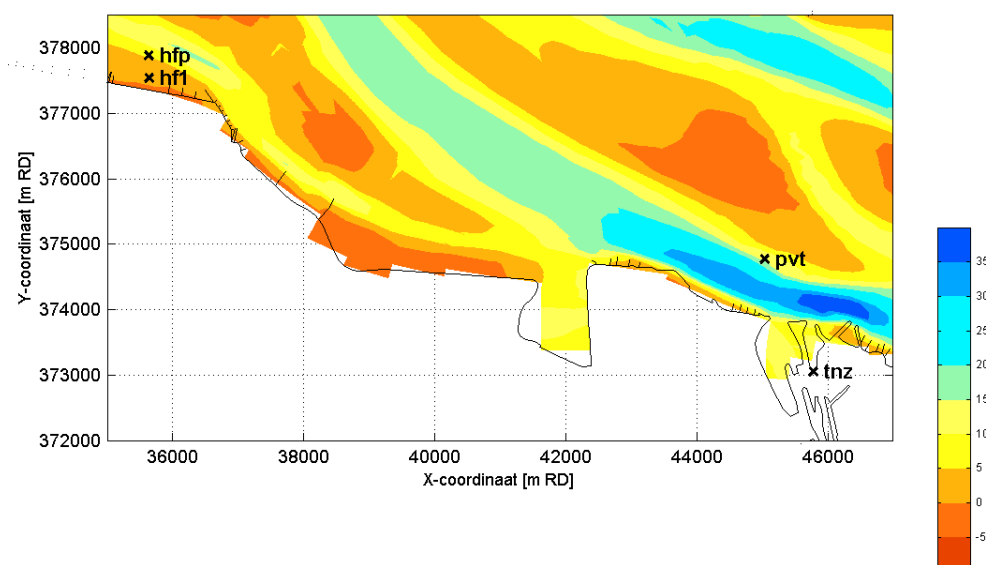
Bijlage 2 (bijlagen behorende bij hoofdstuk 2)



Bijlage 2.1.3

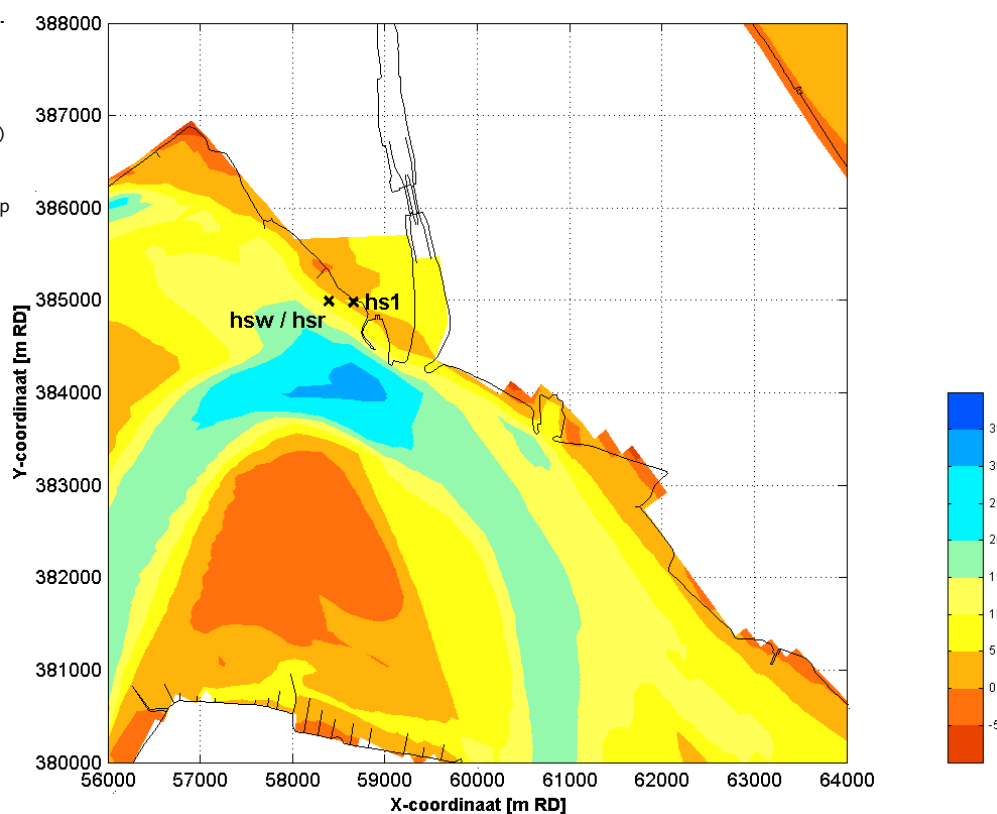
Uitvergroting
gebied 2

hf1 = Hoofdplaat
ondiep (stappenbaak)
hfp= Hoofdplaat diep
(stappenbaak,
windsensor)
pvt =Pas van
Terneuzen
(stappenbaak)
tnz = Terneuzen
(DNM)


Bijlage 2.1.4

Uitvergroting
gebied 3

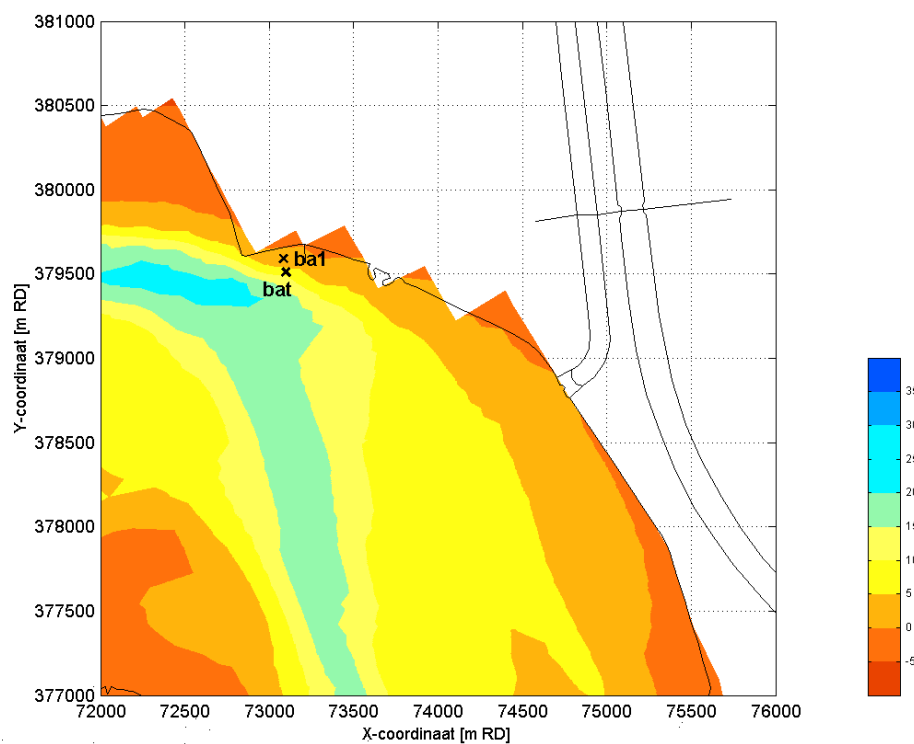
hs1 = Hansweert
ondiep (stappenbaak)
hsr =Hansweert diep
(radar)
hsw = Hansweert diep
(DNM, stappenbaak,
windsensor)



Bijlage 2.1.5

Uitvergroting
Gebied 4.

bat = Bath diep
(DNM, Stappenbaak)
ba1 = Bath ondiep
(Stappenbaak)



.....
Bijlage 2.2.1

Waverider
(SWB, SCW, SCO,
WIE, WCT, DRL)



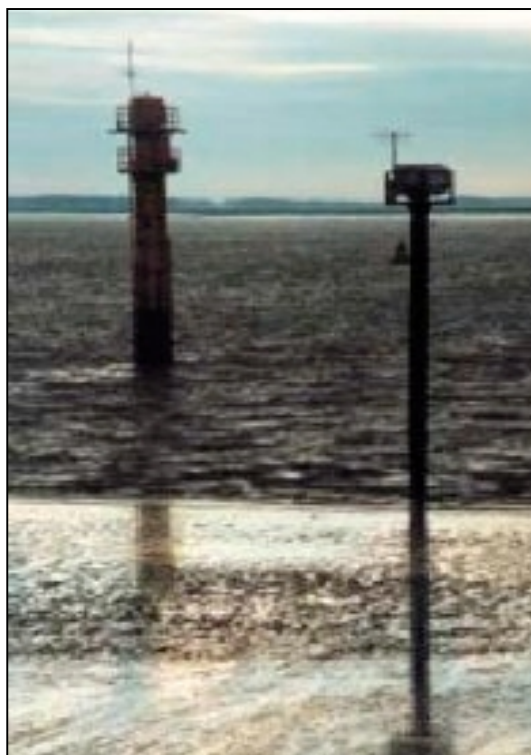
.....
Bijlage 2.2.2

Directional waverider
(DRL, CDD)



.....
Bijlage 2.2.3

Meetpalen bij de
locatie Bath.



.....
Bijlage 2.2.4

Windsensor en een
stappenbaak op
meetpaal.
(HSW, VRN, HFP)



.....
Bijlage 2.2.4

Meetpaal bij BG2



Bijlage 2.3

Specificatie van de parameters in de databestanden

2.3

specificatie van de parameters in de databanden

		Meetbestanden op te vragen bij RIKZ								Meetbestanden HMCZ site							
	Parameter	Gp	Ghr	Grr	Gz	Gs	Gr	Gh	Gw	GSo2	GHR2	GDR2	WTr2	Wto2	Wlo2	Wnr	
Wind	Windrichting								X						X	X	
	Windsnelheid								X						X	X	
	Windstoot														X	X	
	Stand. Afw. van de windsnelheid															X	
	Stand. Afw. van de windrichting															X	
Waterstand	Gemeten waterstand t.o.v. NAP							X					X	X			
	Astronomisch verwachte waterstand							X									
	Rechte opzet van de waterstand							X									
Golven	Hm0	X	X		X	X					X	X					
	H1/3	X	X		X	X				X	X	X					
	H1/10		X			X				X	X	X					
	H1/50		X			X				X	X	X					
	HE0 (golfhoogte)					X											
	HE1 (golfhoogte)					X											
	HE10 (golfhoogte)	X			X	X											
	Hmax		X			X				X	X	X					
	Hgem		X			X				X	X	X					
	SPGH (spreiding)		X							X	X	X					
	Tm01 (golfperiode)																
	Tm02 (golfperiode)	X	X		X	X				X	X	X					
	TH1/3	X	X		X	X				X	X	X					
	T1/3		X			X				X	X	X					
	Tp (golfperiode)				X	X											
	Tpb (golfperiode)				X	X											
	Tm-1,0		X		X	X					X	X					
	Tmax (golfperiode)		X			X				X	X	X					
	THmax		X			X					X	X					
	Tgem (golfperiode)		X			X				X	X	X					
	SPGT (spreiding)		X			X				X	X	X					
	Spectrum		X		X	X	X			X	X	X					
	s0 (richtingspreiding)	X		X	X		X										
	Th			X			X										
	Th0	X		X	X												
	Th3			X													
	Thl	X			X												
	m-1 (spektraal moment)					X											
	m0 (spektraal)					X											
	m1 (spektraal)					X											
	m-2 (spektraal moment)					X											
	m4 *100 (spektraal)					X											
	E01 (energie)									X							
	TE0 (energie)		X								X						
	TE1 (energie)		X							X	X	X					
	TE2 (energie)		X							X	X	X					
	E10 (energie)		X							X	X	X					
	Relatieve stand afw van HE10					X											
	Relatieve stand afw van HE2					X											
	Relatieve stand afw van HE1					X											

Bijlage 2.4.1

Specificaties wind
databestanden HMCZ

BESCHRIJVING WINDGEGEVENS

WIO2:

Kanaal + omschrijving

- 1 Windsnelheid in [dm/s]
- 2 Windrichting in [sex.grd. tov Nrd.]
- 3 Windstoot in [dm/s]

WNR2:

Kanaal + omschrijving

- 1 WS10 10-min. scalair gemiddelde windsnelheid in [dm/s]
- 2 WR10 10-min. gemiddelde windrichting in [sex.grd. tov Nrd.]
- 3 WS10MXS3 Max. 3-sec. windstoot in de afgelopen 10 min.]
- 4 WC10 10-min. scalair gemiddelde windsnelheid gecorrigeerd naar 10 m boven het zeeoppervlak in [dm/s]
- 5 WC10MXS3 Max. 3-sec windstoot in de afgelopen 10 minuten gecorrigeerd naar 10 m boven het zeeoppervlak in [dm/s]
- 6 WS10STD Standaardafwijking van de windsnelheid in de afgelopen 10 min. in [dm/s]
- 7 WS10MX10 Max. 10 min. lopend gemiddelde windsnelheid in de afgelopen 10 min. in [dm/s]
- 8 WR10STD Standaardafwijking van de windrichting in de afgelopen 10 min. in [dm/s]

Bijlage 2.4.2

Specificaties
waterstand
databestanden HMCZ

BESCHRIJVING GEGEVENS WATERHOOGTE

WTr2: data uit meetnet ZEGE

WTo2: data uit externe meetnetten

Kanaal + omschrijving

- 1 10 min. gemiddelde waterhoogte in [cm t.o.v. NAP] *)

*)

Voor sommige lokaties wordt (bij bepaalde soort/bron/fase combinaties) een ander referentievlak gebruikt dan NAP. Voor Belgische lokaties wordt soms TAW gebruikt en voor Noordzeelokaties MSL.

Bijlage 2.4.3

Specificaties golf
databestanden HMCZ

BESCHRIJVING GOLFGEGEVENS

Tot 1997/98 werden de golfgegevens weggeschreven als GSO2, thans worden de gegevens (golfparameters niveau 2) weggeschreven als GHr2 (0-1000 mHz) en GDr2 (0-500 mHz, directional waverider).

GSO2:

Kanaal + omschrijving

- 1 H3 Gemiddelde hoogte van het 1/3 deel hoogste golven in [cm]
- 2 H10 Gemiddelde hoogte van het 1/10 deel hoogste golven in [cm]
- 3 H50 Gemiddelde hoogte van het 1/50 deel hoogste golven in [cm]
- 4 GGH Gemiddelde golfhoogte in [cm]
- 5 HMAX Maximale golfhoogte in [cm]
- 6 SPGH Spreiding van de golfhoogte in [cm]
- 7 TM02 Periodeparameter berekend uit het spectrum 0.03-0.7 Hz in [0.1 s]
- 8 TMAX Maximale golfperiode in [0.1 s]
- 9 GGT Gemiddelde golfperiode in [0.1 s]
- 10 SPGT Spreiding van de golfperiode in [0.1 s]
- 11 T3 Gemiddelde van het hoogste 1/3 deel van de golfperioden in [0.1 s]
- 12 TH3 Gemiddelde periode van de golven waaruit de H3 bepaald is in [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 in [cm2]
- 18 TE1 Energie van 0.2 - 1.0 Hz in [cm2]
- 19 TE2 Energie van 0.1 - 0.2 Hz in [cm2]
- 20 E10 Energie van 0.0 - 0.1 Hz in [cm2]
- 21 FP Piekfrequentie in [0.01 Hz]
- 22 Dummy
- 23 FPZ Piekfrequentie zeegang in [0.01 Hz]
- 24 FPD Piekfrequentie deining in [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 in [10 cm2 * s]
- 30 GS1 Energiedichtheid 0.005-0.015 Hz in [10 cm2 * s]
- .
- .
- 127 GS98 Energiedichtheid 0.975-0.985 Hz in [10 cm2 * s]
- 128 GS99 Energiedichtheid 0.985-0.995 Hz in [10 cm2 * s]

GHr2:

Kanaal + omschrijving

- 1 H3 Gemiddelde hoogte van het 1/3 deel hoogste golven in [cm]
- 2 H10 Gemiddelde hoogte van het 1/10 deel hoogste golven in [cm]
- 3 H50 Gemiddelde hoogte van het 1/50 deel hoogste golven in [cm]
- 4 GGH Gemiddelde golfhoogte in [cm]
- 5 HMAX Maximale golfhoogte in [cm]
- 6 SPGH Spreiding van de golfhoogte in [cm]
- 7 TM02 Periodeparameter berekend uit het spectrum 0.03-1.0 Hz in [0.1 s]
- 8 TMAX Maximale golfperiode in [0.1 s]
- 9 GGT Gemiddelde golfperiode in [0.1 s]
- 10 SPGT Spreiding van de golfperiode in [0.1 s]
- 11 T3 Gemiddelde van het hoogste 1/3 deel van de golfperioden in [0.1 s]
- 12 TH3 Gemiddelde periode van de golven waaruit de H3 bepaald is in [0.1 s]
- 13 AG Aantal golven
- 14 AV Aantal vrijheidsgraden
- 15 HCM Kamhoogte in [cm]
- 16 HS7 Sign. golfhoogte uit 10 mHz spectrum van 0.03-0.1425 Hz in [cm]
- 17 Hm0 Sign. golfhoogte uit 10 mHz spectrum van 0.03-1.000 Hz in [cm]
- 18 TE1 Energie van 0.2 - 1.0 Hz in [cm2]
- 19 TE2 Energie van 0.1 - 0.2 Hz in [cm2]
- 20 E10 Energie van 0.0 - 0.1 Hz in [cm2]
- 21 FP Piekfrequentie in [0.001 Hz]
- 22 THMAX Periode van de hoogste golf in [0.1 s]
- 23 Nwt_zP Quotient som golfperiodes en verwerkingsperiode (*1000)
- 24 Tm-10 Min-eerste moment periode (M-1/M0) in [0.1 s]
- 25 TE0 Energie van 0.5 - 1.0 Hz in [cm2]
- 26 Dummy
- 27 Dummy
- 28 Czz10(0) Energiedichtheid 0.000-0.005 Hz in [10 cm2 * s]
- 29 Czz10(1) Energiedichtheid 0.005-0.015 Hz in [10 cm2 * s]
- 30 Czz10(2) Energiedichtheid 0.015-0.025 Hz in [10 cm2 * s]
- .
- 128 Czz10(100) Energiedichtheid 0.995-1.000 Hz in [10 cm2 * s]

VERVOLG BESCHRIJVING GOLFGEGEVENS

GDr2:

Kanaal + omschrijving

- 1 H3 Gemiddelde hoogte van het 1/3 deel hoogste golven in [cm]
- 2 H10 Gemiddelde hoogte van het 1/10 deel hoogste golven in [cm]
- 3 H50 Gemiddelde hoogte van het 1/50 deel hoogste golven in [cm]
- 4 GGH Gemiddelde golfhoogte in [cm]
- 5 HMAX Maximale golfhoogte in [cm]
- 6 SPGH Spreiding van de golfhoogte in [cm]
- 7 TM02 Periodeparameter berekend uit het spectrum 0.03-0.50 Hz in [0.1 s]
- 8 TMAX Maximale golfperiode in [0.1 s]
- 9 GGT Gemiddelde golfperiode in [0.1 s]
- 10 SPGT Spreiding van de golfperiode in [0.1 s]
- 11 T3 Gemiddelde van het hoogste 1/3 deel van de golfperiodes in [0.1 s]
- 12 TH3 Gemiddelde periode van de golven waaruit de H3 bepaald is in [0.1 s]
- 13 AG Aantal golven
- 14 AV Aantal vrijheidsgraden
- 15 HCM Kamhoogte in [cm]
- 16 HS7 Sign. golfhoogte uit 10 mHz spectrum van 0.03-0.1425 Hz in [cm]
- 17 Hm0 Sign. golfhoogte uit 10 mHz spectrum van 0.03-0.500 Hz in [cm]
- 18 TE1 Energie van 0.2 - 0.5 Hz in [cm2]
- 19 TE2 Energie van 0.1 - 0.2 Hz in [cm2]
- 20 E10 Energie van 0.0 - 0.1 Hz in [cm2]
- 21 FP Piekfrequentie in [0.001 Hz]
- 22 THMAX Periode van de hoogste golf in [0.1 s]
- 23 Nwt_zP Quotient som golfperiodes en verwerkingsperiode (*1000)
- 24 Tm-10 Min-eerste moment periode (M-1/M0) in [0.1 s]
- 25 Dummy
- 26 Dummy
- 27 Dummy
- 28 Czz10(0) Energiedichtheid 0.000-0.005 Hz in [10 cm2 * s]
- 29 Czz10(1) Energiedichtheid 0.005-0.015 Hz in [10 cm2 * s]
- 30 Czz10(2) Energiedichtheid 0.015-0.025 Hz in [10 cm2 * s]
- .
- .
- 77 Czz10(49) Energiedichtheid 0.485-0.495 Hz in [10 cm2 * s]
- 78 Czz10(50) Energiedichtheid 0.495-0.500 Hz in [10 cm2 * s]

Definition of non-default spectral period measures

Mean period measures

In default mode of the testbank the mean period measures T_{m01} and T_{m02} are computed. These measures are based on the frequency moments m_i of a wave spectrum:

$$m_i = \int f^i E(f) df \quad (B1)$$

In the non-default mode of the testbank also the following mean period measures are used:

$$T_{m-4,-3} = \frac{m_{-4}}{m_{-3}} \quad (B2)$$

$$T_{m-3,-2} = \frac{m_{-3}}{m_{-2}} \quad (B3)$$

$$T_{m-2,-1} = \frac{m_{-2}}{m_{-1}} \quad (B4)$$

$$T_{m-1,0} = \frac{m_{-1}}{m_0} \quad (B5)$$

The block peak period T_{pb}

The block peak period T_{pb} is defined as the mean period T_{m-10} in an interval around the peak period T_p . The limits of the frequency interval are determined as the frequencies where on the lower and higher frequency (f_1 and f_2) flank around the spectral peak where the energy density has a downward crossing with the level of 40% of the energy density level at the spectral peak. The equation for the computation of the block peak period is:

$$T_{pb} = \frac{\int_{f_1}^{f_2} \frac{1}{f} E(f) df}{\int_{f_1}^{f_2} E(f) df} \quad (B6)$$

It is noted that the block peak period T_{pb} is a similar measure as the dominant peak period T_{pd} as described in IAHR (1989).

Equivalent period measures for double peaked spectra

In the case of a double peaked spectrum the peak periods T_{p1} and T_{p2} and the block peak periods T_{pb1} and T_{pb2} are computed for each sub-spectrum. Based on these peak period measures an equivalent peak period T_{peq} and an equivalent block peak period T_{pbeq} are computed by a weighting with the total amount of energy per sub spectrum and the fourth power of the (block) peak in each sub-spectrum:

$$T_{peq} = \sqrt[4]{T_{p1}^4 \frac{m_0^{(1)}}{m_0} + T_{p2}^4 \frac{m_0^{(2)}}{m_0}} \quad (B7)$$

and

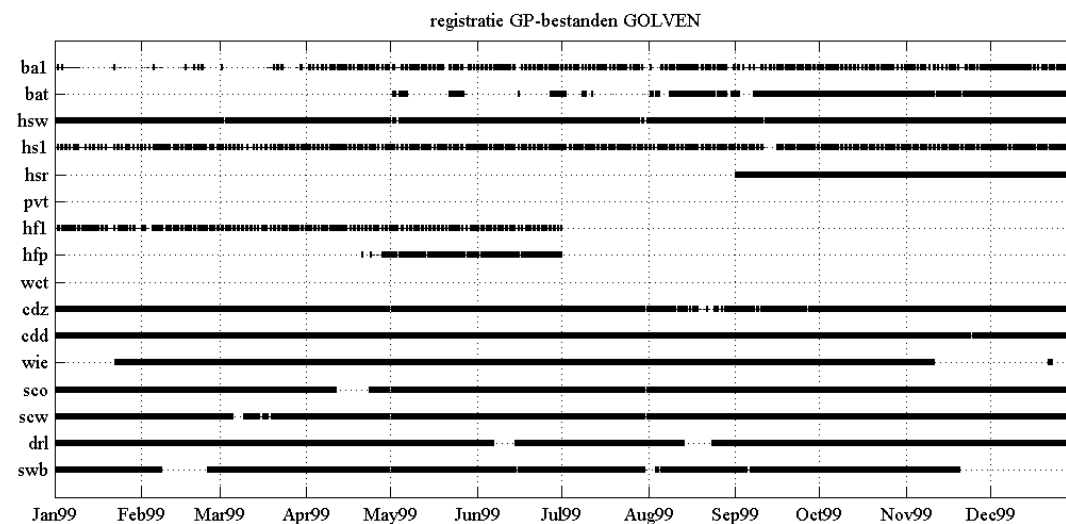
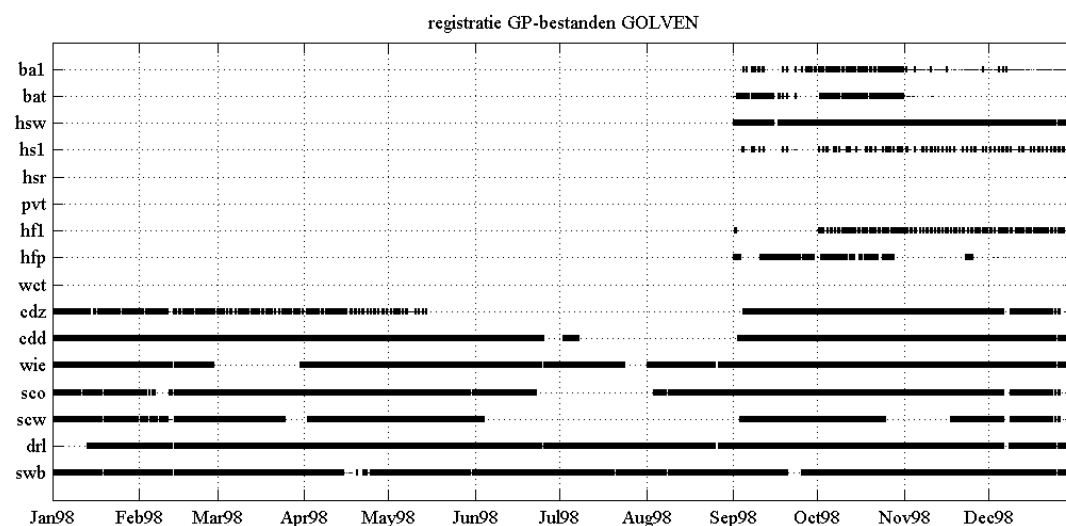
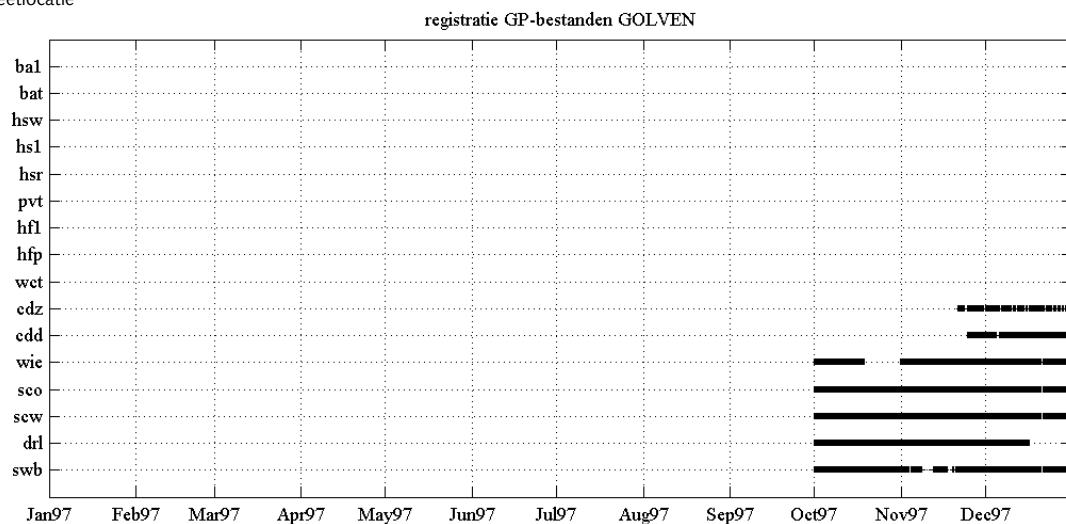
$$T_{pbeq} = \sqrt[4]{T_{pb1}^4 \frac{m_0^{(1)}}{m_0} + T_{pb2}^4 \frac{m_0^{(2)}}{m_0}} \quad (B8)$$

in which m_0 is the total variance of the double peaked spectrum, and $m_0^{(1)}$ and $m_0^{(2)}$ are total wave variance in each sub-spectrum.

Bijlage 3 (Bijlagen behorende bij hoofdstuk 3)

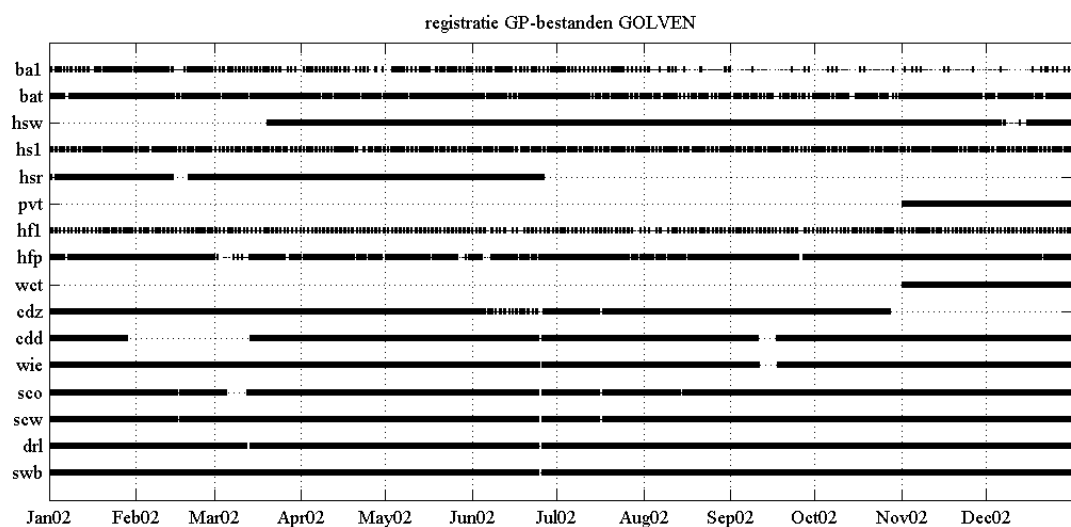
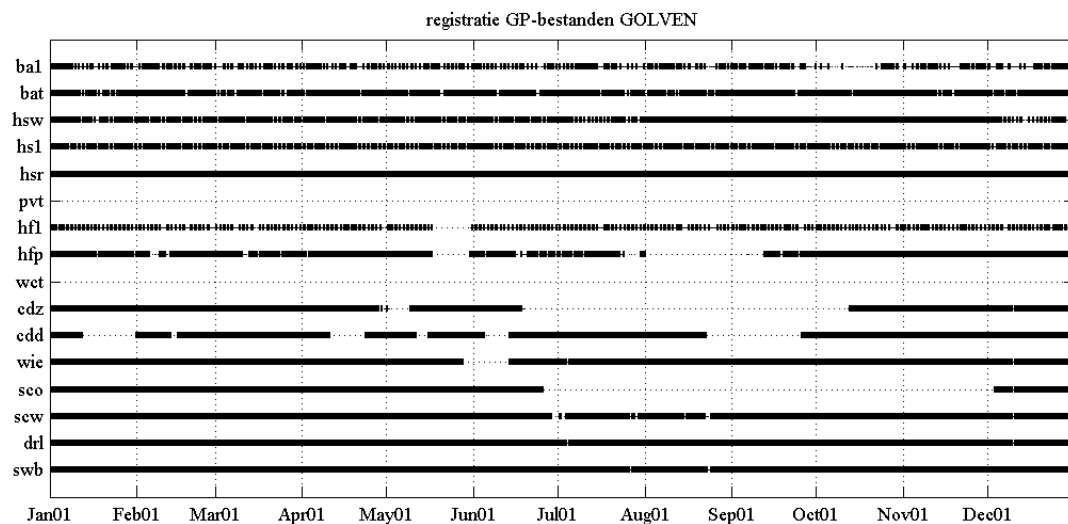
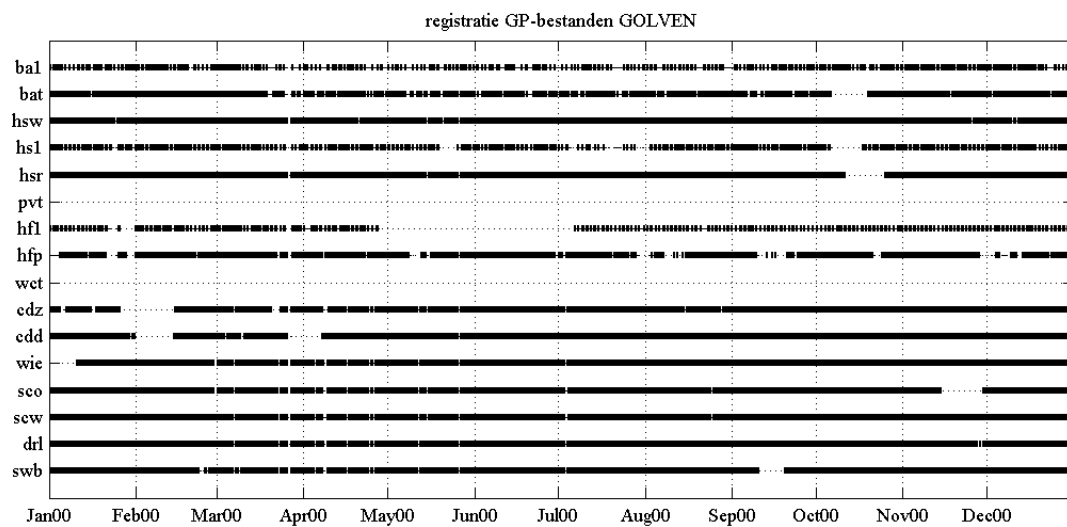
Bijlage 3.1.1

Meetperiode van de
jaren 1997 t/m 1999
per golfmeetlocatie



Bijlage 3.1.2

Meetperiode van de
jaren 2000 t/m 2002
per golfmeetlocatie.



Bijlage 3.2Registratiedichtheid
per jaar.

Locatie	1997	1998	1999	2000	2001	2002
SWB	86 %	93 %	81 %	93 %	99 %	99 %
DRL	81 %	93 %	94 %	96 %	99 %	99 %
SCW	95 %	62 %	96 %	95 %	97 %	98 %
SCO	96 %	82 %	95 %	91 %	55 %	96 %
WIE	82 %	86 %	80 %	93 %	95 %	97 %
CDD	96 %	81 %	99 %	90 %	78 %	85 %
CDZ	71 %	55 %	95 %	87 %	65 %	94 %
WCT	-	-	-	-	-	99 %
HFP	-	35 %	16 %	78 %	72 %	86 %
HF1	-	45 %	28 %	40 %	44 %	46 %
PVT	-	-	-	-	-	99 %
HSR	-	-	99 %	93 %	98 %	95 %
HS1	-	32 %	60 %	56 %	64 %	64 %
HSW	-	92 %	94 %	91 %	76 %	73 %
BAT	-	32 %	41 %	83 %	89 %	83 %
BA1	-	31 %	45 %	54 %	51 %	37 %

* De registratiedichtheden zijn berekend over de periode tussen de begin en einddatum van de registratie (zie tabel 3.1), specifiek per locatie per jaar.

Bijlage 3.3.1

Karakteristieken van
de golfparameter
 $T_{m-1,0}$ [s].

Locatie	Max [s]	Gem [s]	$T_{m-1,0}$ [s].				
			Overschrijdingsfrequenties				
			0.1%	1%	5%	10%	50%
SWB	9.10	4.96	8.20	7.50	6.72	6.31	4.92
DRL	9.20	4.63	8.16	7.37	6.48	6.01	4.53
SCO	16.00	4.42	8.00	7.03	6.17	5.71	4.34
WIE	9.40	4.15	7.99	7.02	6.04	5.48	4.04
CDD	27.90	4.63	8.58	7.39	6.49	5.97	4.49
CDZ	9.80	4.31	8.17	7.10	6.16	5.66	4.20
HFP	23.10	2.44	5.58	4.18	3.57	3.29	2.42
HF1	29.00	2.78	5.78	4.56	3.85	3.58	2.76
PVT	7.20	3.15	5.61	4.77	4.24	4.00	3.16
HSR	7.80	3.13	4.59	3.99	3.73	3.60	3.17
HS1	12.80	2.87	7.25	4.84	4.03	3.71	2.85
HSW	28.40	2.53	4.86	3.87	3.37	3.15	2.54
BAT	16.40	2.77	11.89	7.00	3.88	3.43	2.66
BA1	24.50	2.81	8.53	4.95	3.98	3.61	2.74

Bijlage 3.3.2

Karakteristieken van
de golfparameter
 T_{m02} [s]

Locatie	Max [s]	Gem [s]	T_{m02} [s].				
			Overschrijdingsfrequenties				
			0.1%	1%	5%	10%	50%
SWB	8.20	4.14	7.00	6.23	5.56	5.24	4.12
DRL	7.70	3.83	6.69	5.88	5.20	4.84	3.80
SCW	7.80	3.82	6.66	5.87	5.21	4.86	3.79
SCO	7.40	3.61	5.90	5.40	4.88	4.58	3.61
WIE	10.40	3.34	5.99	5.35	4.70	4.33	3.32
CDD	8.10	3.78	6.19	5.56	4.98	4.65	3.74
CDZ	7.30	3.61	6.28	5.40	4.74	4.44	3.57
WCT	4.30	2.58	4.24	3.75	3.40	3.18	2.60
HFP	3.60	1.65	3.25	2.70	2.27	2.08	1.65
HF1	3.70	1.75	3.03	2.61	2.24	2.10	1.75
PVT	4.10	2.41	3.91	3.53	3.20	3.02	2.43
HSR	3.50	1.92	2.97	2.65	2.37	2.25	1.93
HS1	4.90	2.02	3.54	2.98	2.62	2.47	2.05
HSW	3.60	1.99	3.10	2.76	2.50	2.39	2.02
BAT	5.00	1.91	3.57	2.86	2.49	2.34	1.92
BA1	4.50	1.90	3.58	2.92	2.50	2.33	1.89

Bijlage 3.3.3

Karakteristieken van
de golfparameter
 H_{E10} [m]

H_{E10} [m].							
Locatie	Max [m]	Gem [m]	Overschrijdingsfrequenties				
			0.1%	1%	5%	10%	50%
SWB	3.32	0.14	1.92	1.02	0.42	0.27	0.10
DRL	2.72	0.11	1.58	0.82	0.34	0.21	0.07
SCW	2.85	0.11	1.60	0.79	0.32	0.20	0.07
SCO	1.47	0.07	0.95	0.52	0.21	0.14	0.05
WIE	1.82	0.06	0.97	0.51	0.19	0.13	0.04
CDD	1.78	0.07	0.92	0.52	0.20	0.14	0.05
CDZ	1.93	0.07	1.00	0.54	0.22	0.14	0.05
WCT	0.10	0.01	0.09	0.05	0.03	0.03	0.02
HFP	0.24	0.01	0.10	0.06	0.03	0.03	0.02
HF1	0.17	0.01	0.13	0.06	0.03	0.03	0.02
PVT	0.05	0.01	NaN	0.04	0.03	0.02	0.02
HSR	0.33	0.05	0.16	0.10	0.08	0.07	0.05
HS1	0.27	0.01	0.11	0.06	0.04	0.03	0.02
HSW	0.22	0.01	0.09	0.06	0.04	0.03	0.02
BAT	0.66	0.03	0.22	0.13	0.08	0.06	0.03
BA1	0.31	0.02	0.12	0.06	0.04	0.04	0.02

Bijlage 3.4

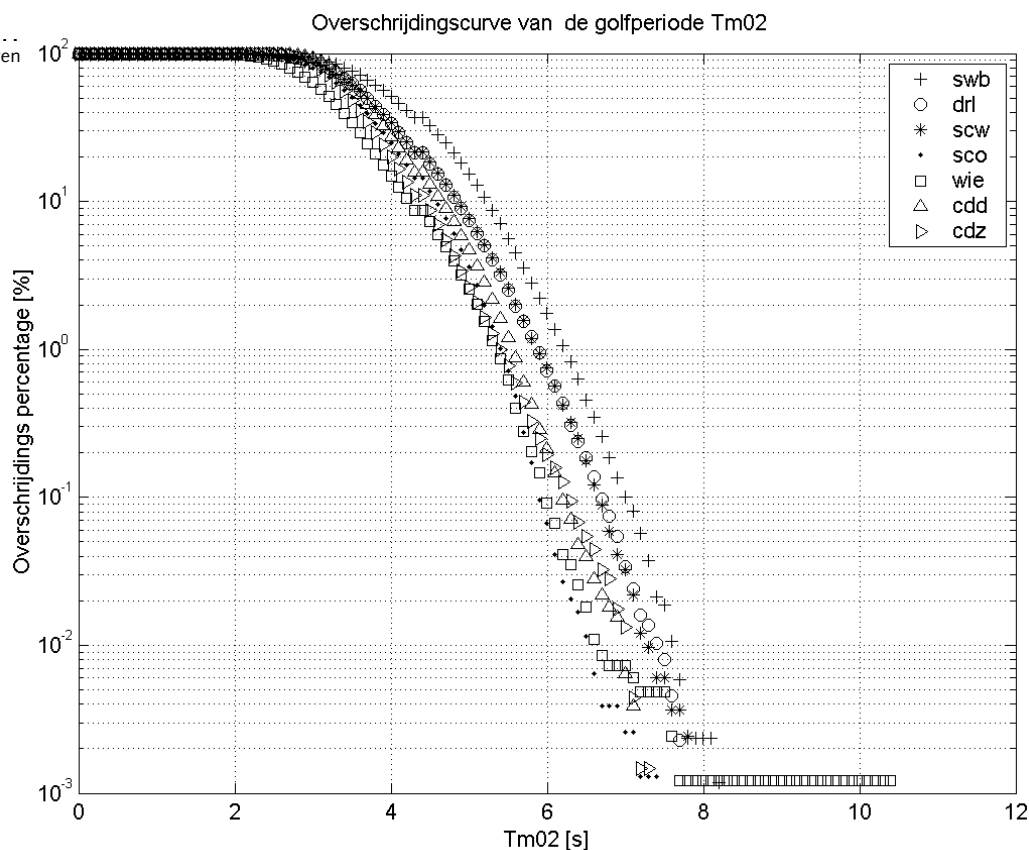
Draaitabel van de
golfrichting versus de
golfhoogte te CDD

CDD	Golfrichting [°]									
H _{mo} [m]	0-44	45-89	90-134	135-179	180-224	225-269	270-314	315-360	Eindtotaal	cumulatie f
0 - 0.25	1.85%	0.11%	0.01%	0.01%	0.03%	0.46%	10.68%	9.09%	22.22%	100.00%
0.25 - 0.5	2.85%	0.55%	0.01%	0.01%	0.05%	1.59%	17.35%	12.63%	35.03%	77.78%
0.5 - 0.75	1.33%	0.28%			0.00%	1.24%	12.01%	5.64%	20.50%	42.74%
0.75 - 1	0.48%	0.16%			0.00%	0.39%	6.84%	2.92%	10.80%	22.25%
1 - 1.25	0.14%	0.02%				0.15%	3.13%	1.94%	5.37%	11.45%
1.25 - 1.5	0.04%	0.00%				0.05%	1.60%	1.21%	2.91%	6.08%
1.5 - 1.75	0.01%					0.01%	0.81%	0.67%	1.50%	3.17%
1.75 - 2							0.48%	0.47%	0.95%	1.67%
2 - 2.25							0.22%	0.26%	0.48%	0.72%
2.25 - 2.5							0.07%	0.11%	0.18%	0.24%
2.5 - 2.75							0.01%	0.04%	0.05%	0.07%
2.75 - 3							0.01%	0.00%	0.01%	0.02%
3 - 3.25							0.01%	0.00%	0.01%	0.01%
3.25 - 3.5										
Eindtotaal	6.69%	1.12%	0.02%	0.02%	0.08%	3.89%	53.20%	34.98%	100.00%	

* gebaseerd op 37563 uurwaarden van 1 november 1997 - 31 december 2002

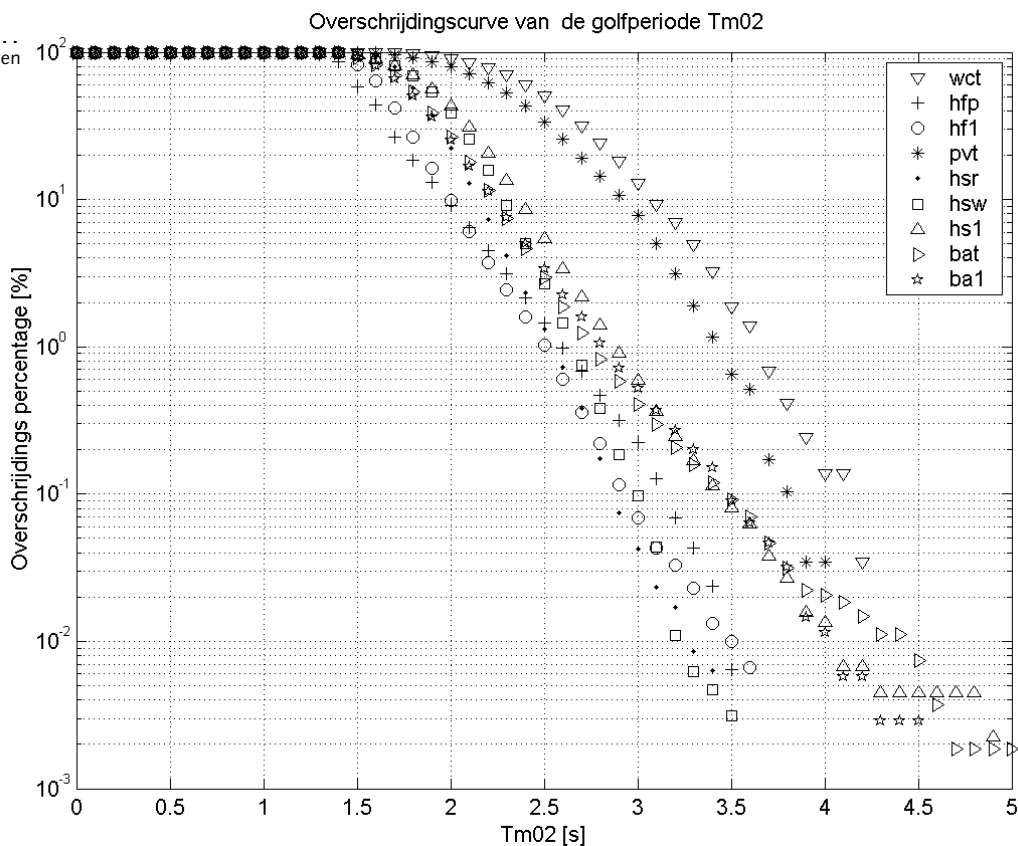
Bijlage 3.5.1a

Overschrijdingscurven van T_{m02} voor de zeewaartse golfmeetlocaties.



Bijlage 3.5.1b

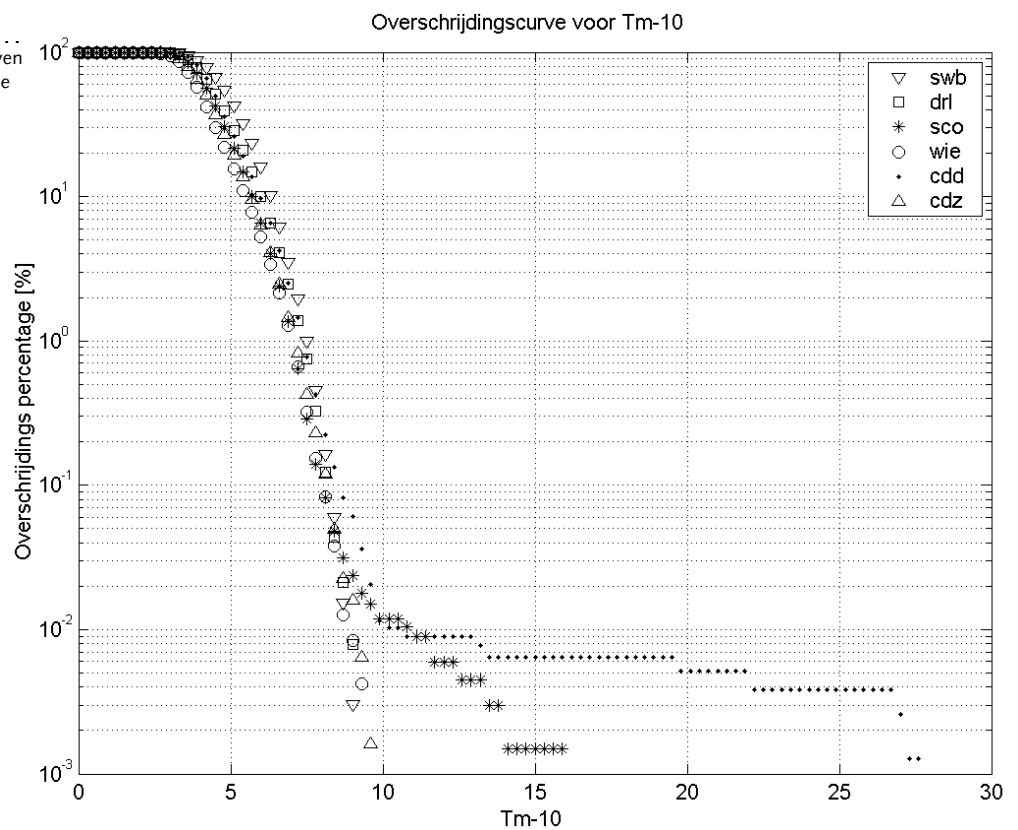
Overschrijdingscurven van T_{m02} voor de landinwaartse golfmeetlocaties.



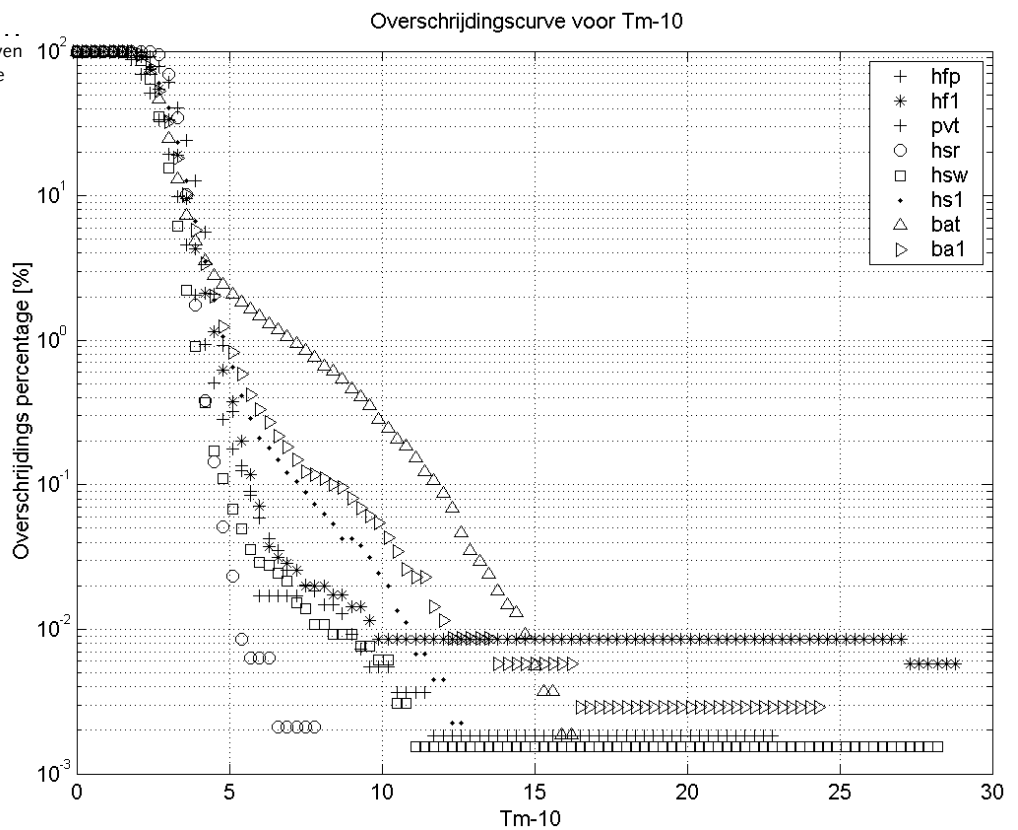
* Overschrijdingscurven zijn berekend over de periode tussen de begin- en einddatum van de golfmetingen per meetlocatie (zie tabel 3.1)

Bijlage 3.5.2a

Overschrijdingscurven van Tm-1,0 voor de zeewaartse golfmeetlocaties.


Bijlage 3.5.2b

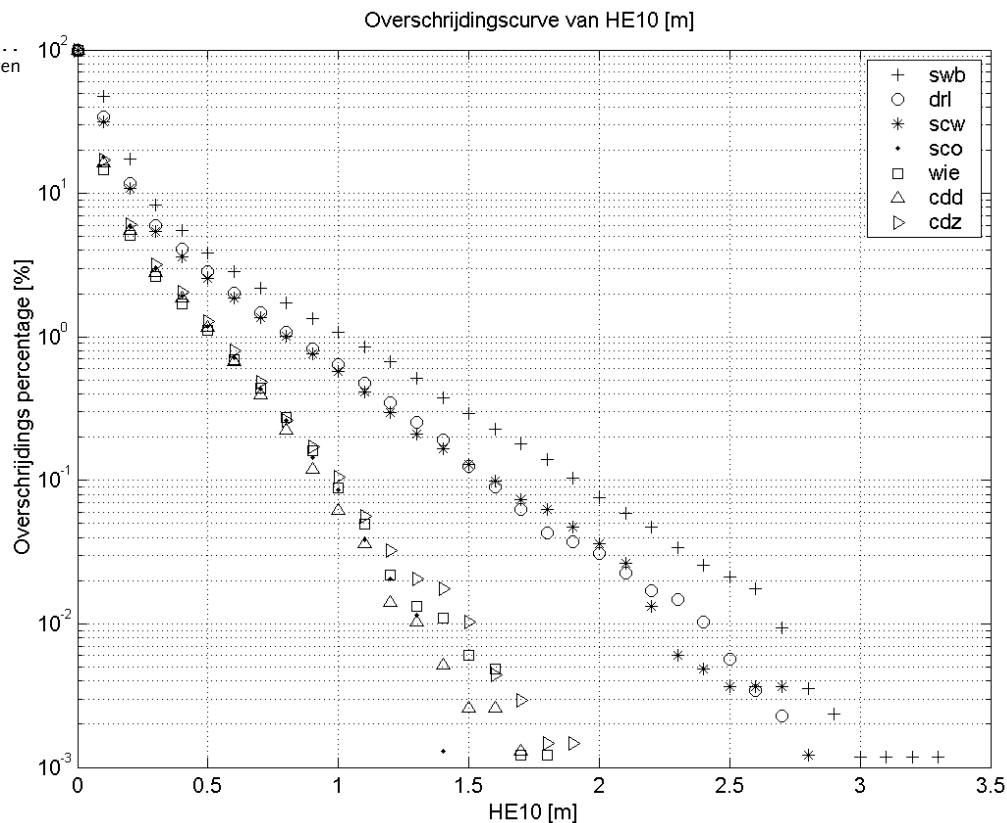
Overschrijdingscurven van Tm-1,0 voor de landinwaartse golfmeetlocaties.



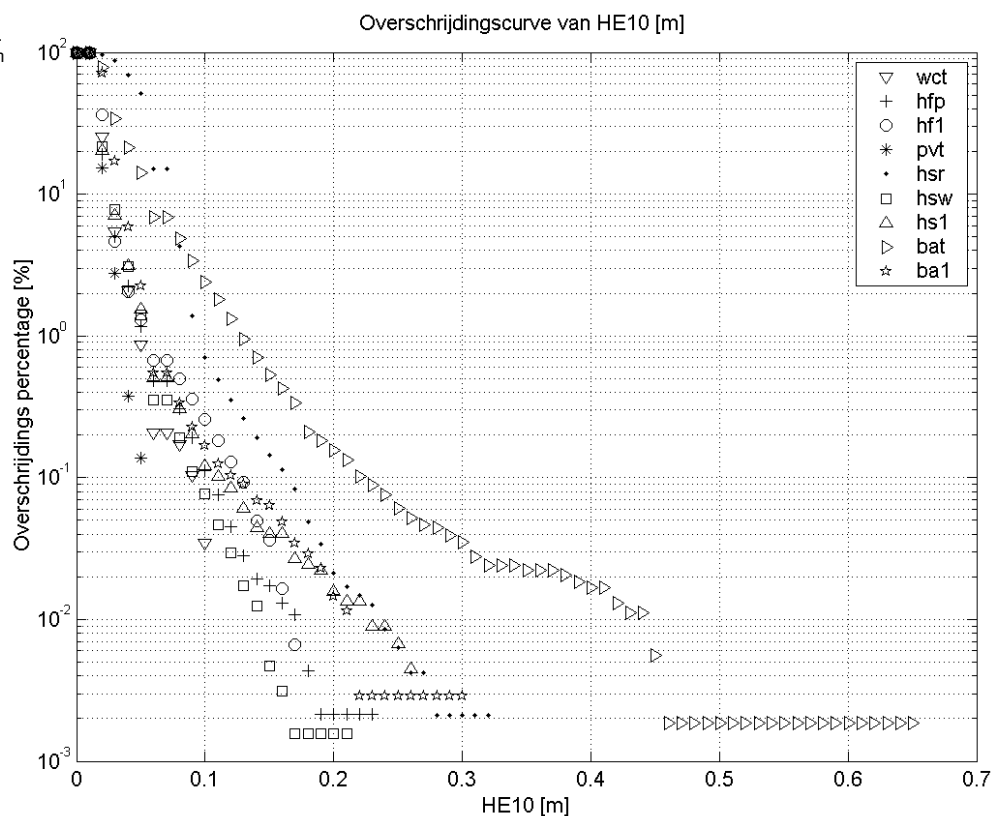
* Overschrijdingscurven zijn berekend over de periode tussen de begin- en einddatum van de golfmetingen per meetlocatie (zie tabel 3.1)

Bijlage 3.5.3a

Overschrijdingscurven
van He_{10} voor de
zeewaartse
golfmeetlocaties.

**Bijlage 3.5.3b**

Overschrijdingscurven
van He_{10} voor de
landinwaartse
golfmeetlocaties.



* Overschrijdingscurven zijn berekend over de periode tussen de begin- en einddatum van de golfmetingen per meetlocatie (zie tabel 3.1)

Bijlage 3.6

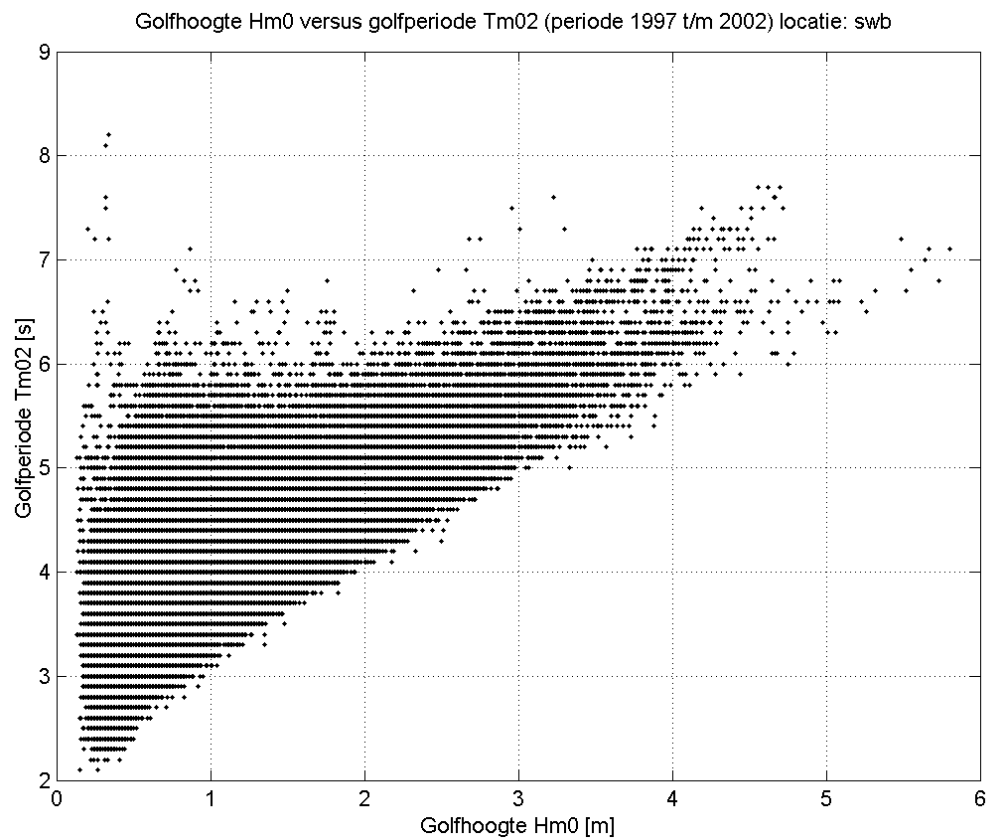
Maximale waarde voor $T_{m-1,0}$ (max, max2, max3) en de daarbij behorende tijdstippen

$T_{m-1,0}$ [s]						
Locatie	Max	Tijd	Max2	Tijd	Max3	Tijd
SWB	9.1	08-11-2001 17:00	9	18-6-2000 23:00	8.8	22-3-2000 16:00
DRL	9.2	04-4-2000 17:00	9.2	04-4-2000 18:30	9.1	18-2-1999 04:00
SCO	16.0	30-3-2002 09:00	14.1	02-4-2002 11:00	13.3	02-4-2002 23:30
WIE	9.4	18-2-1999 05:00	9.3	20-9-1998 06:00	9.3	18-2-1999 03:30
CDD	27.9	12-4-2001 11:00	27.2	14-2-2001 13:00	27	11-4-2001 13:30
CDZ	9.8	18-2-1999 05:00	9.4	18-2-1999 04:30	9.3	18-2-1999 05:30
HFP	23.1	06-6-2001 21:30	11.5	26-5-1999 05:30	10.4	27-7-2000 05:00
HF1	29.0	29-11-2002 09:00	28.9	25-9-2001 07:30	27.2	16-7-2001 10:00
PVT	7.2	23-12-2002 07:30	5.9	06-11-2002 01:00	5.9	21-12-2002 19:00
HSR	7.8	07-12-1999 09:00	6.4	19-11-2001 01:30	6.3	21-11-1999 19:30
HS1	12.8	03-3-2002 04:30	12.1	29-12-1998 22:30	11.6	14-12-1998 11:30
HSW	28.4	26-1-2000 13:00	10.9	02-3-2002 19:30	10.5	07-3-2002 22:30
BAT	16.4	25-7-2002 23:30	15.9	01-7-2002 02:00	15.1	07-9-2002 20:30
BA1	24.5	20-3-1999 08:30	16.3	13-12-1998 06:00	13.8	08-9-1999 17:30

* de drie hoogste waarden van T_{m01} (max, max2, max3)

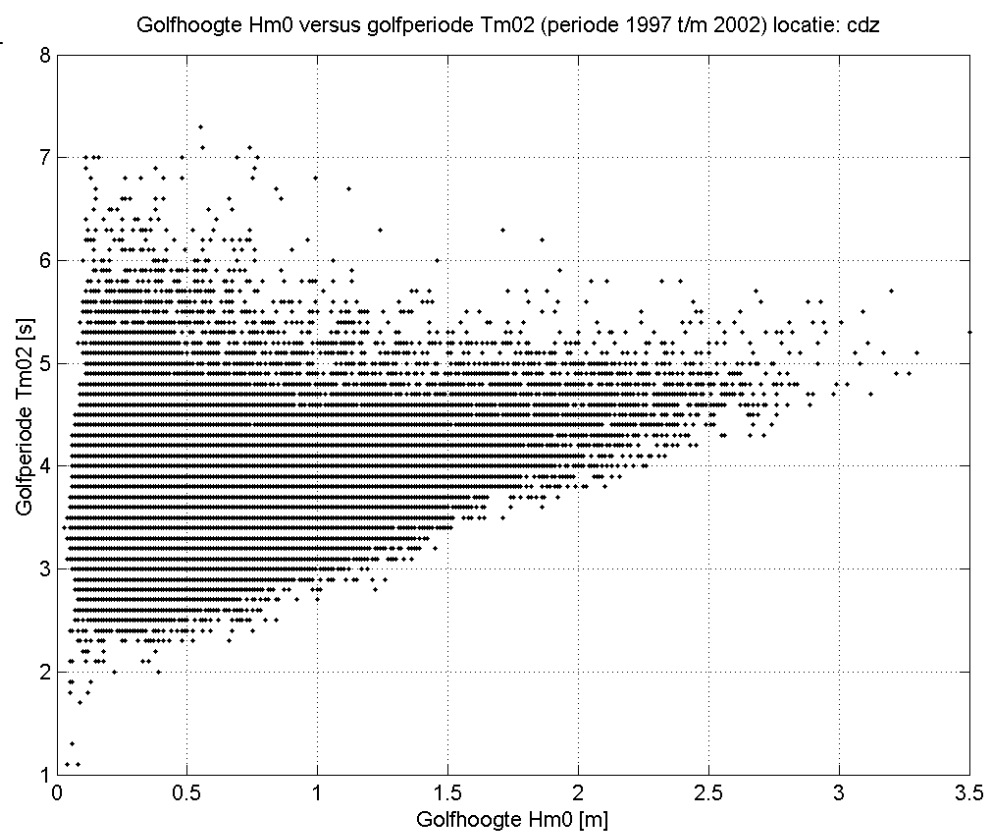
Bijlage 3.7.1

Scatterplot H_{m0}
versus T_{m02} op de
locatie SWB



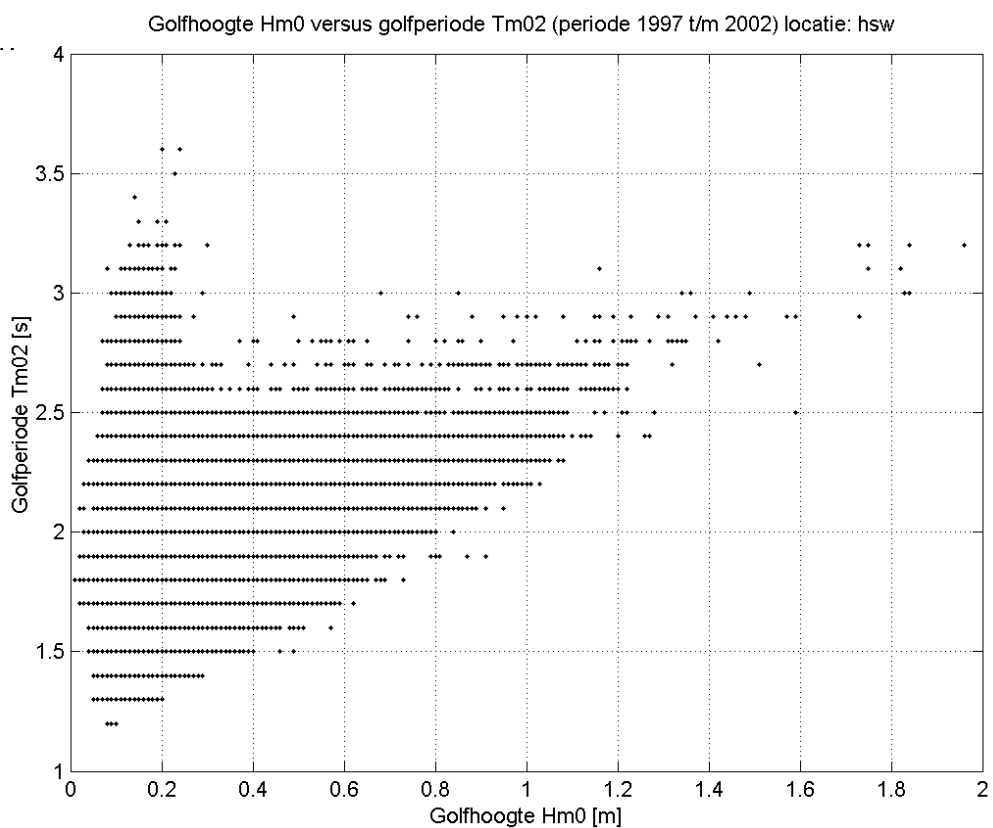
Bijlage 3.7.2

Scatterplot H_{m0}
versus T_{m02} op de
locatie CDZ



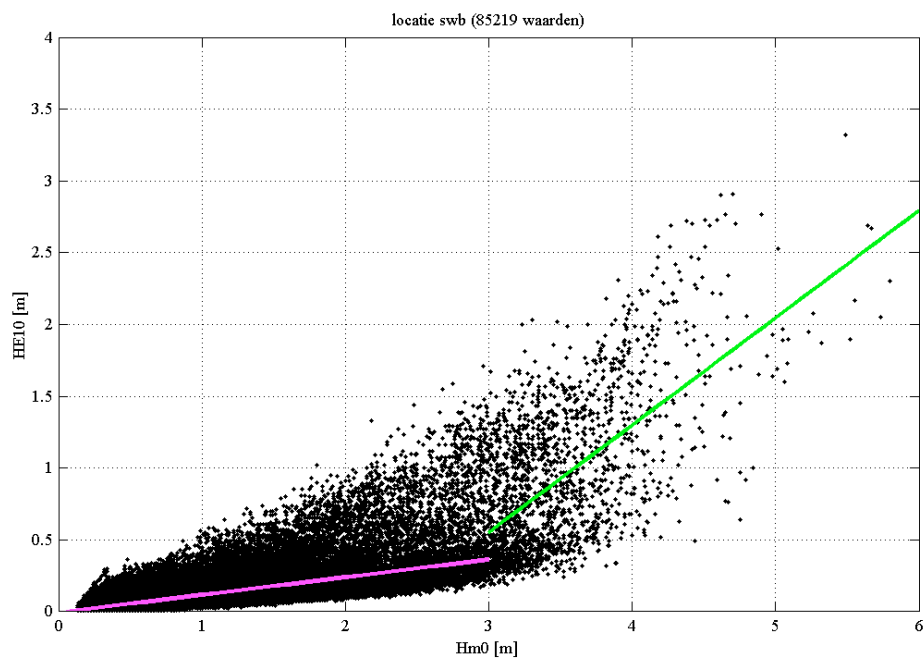
Bijlage 3.7.3

Scatterplot H_{m0}
versus T_{m02} op de
locatie HSW

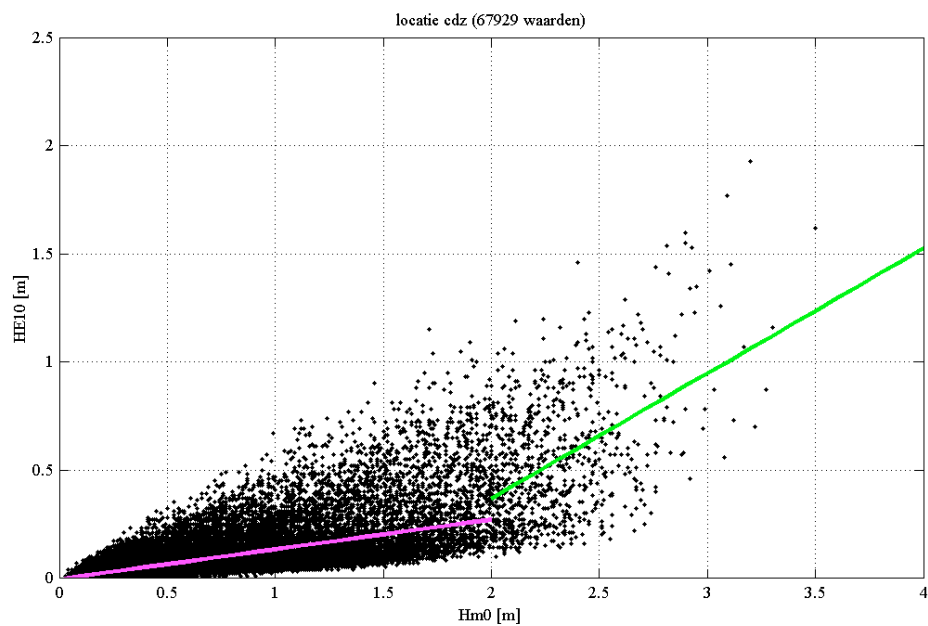


Bijlage 3.8.1

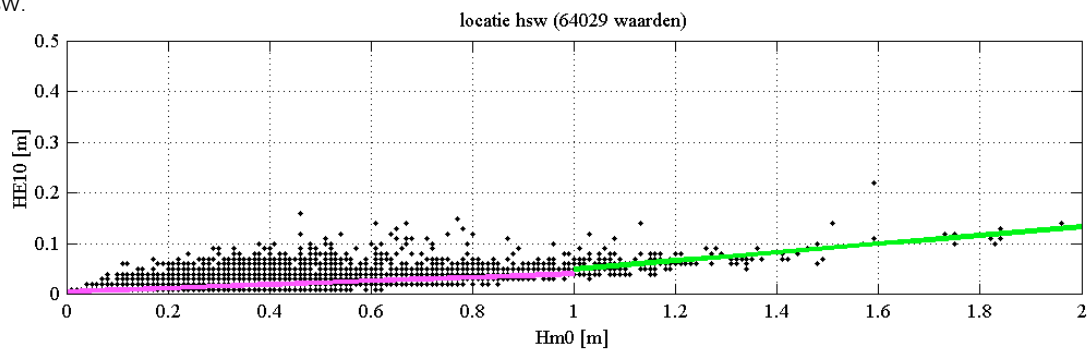
Scatterplot van H_{m0} versus H_{E10} op de locatie SWB.


Bijlage 3.8.2

Scatterplot van H_{m0} versus H_{E10} op de locatie CDZ.

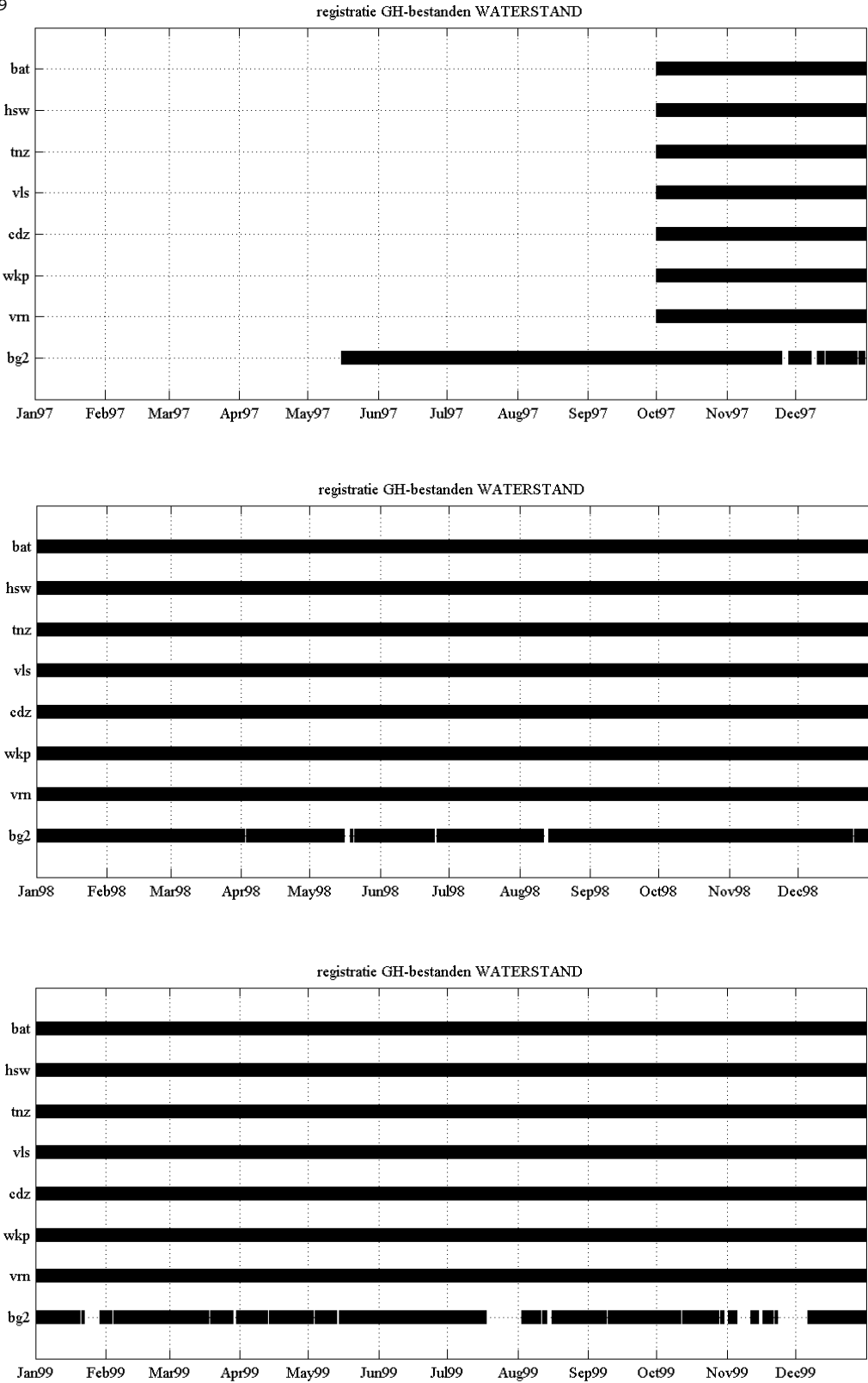

Bijlage 3.8.3

Scatterplot van H_{m0} versus H_{E10} op de locatie HSW.

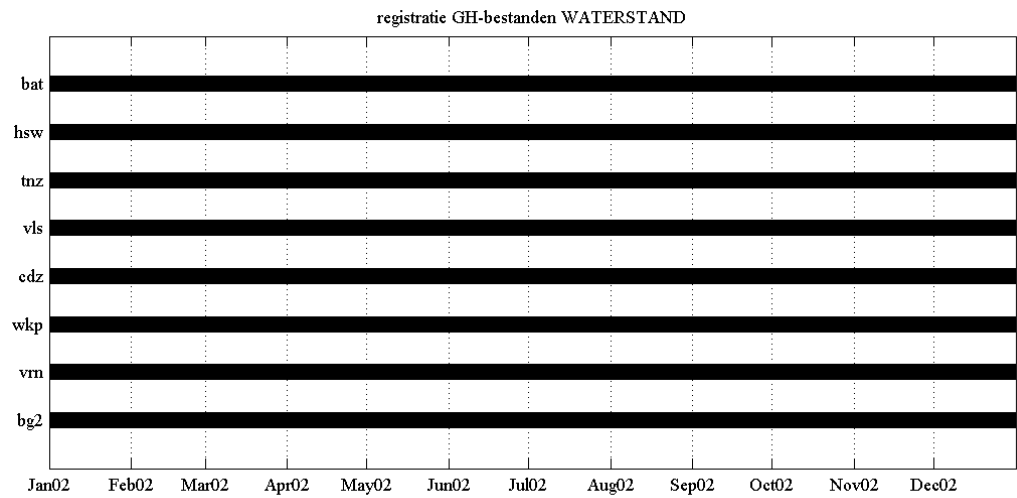
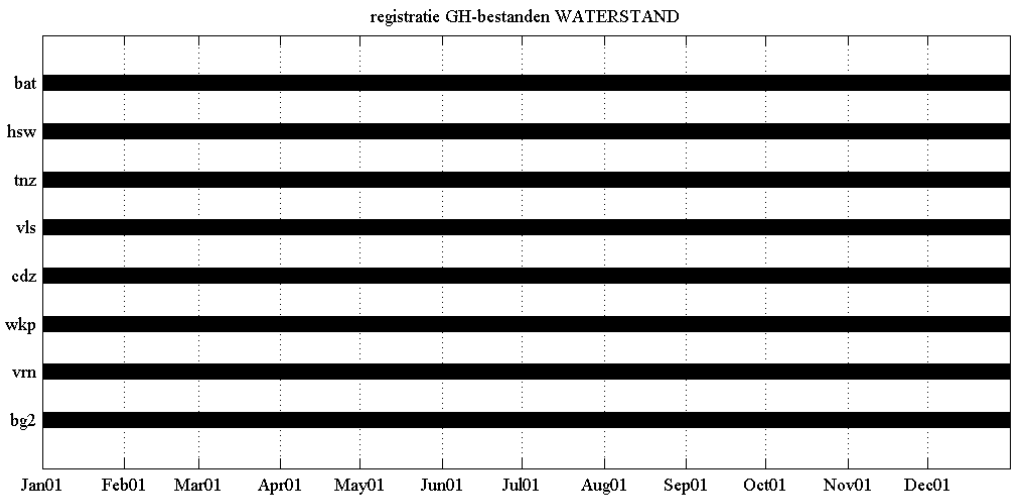
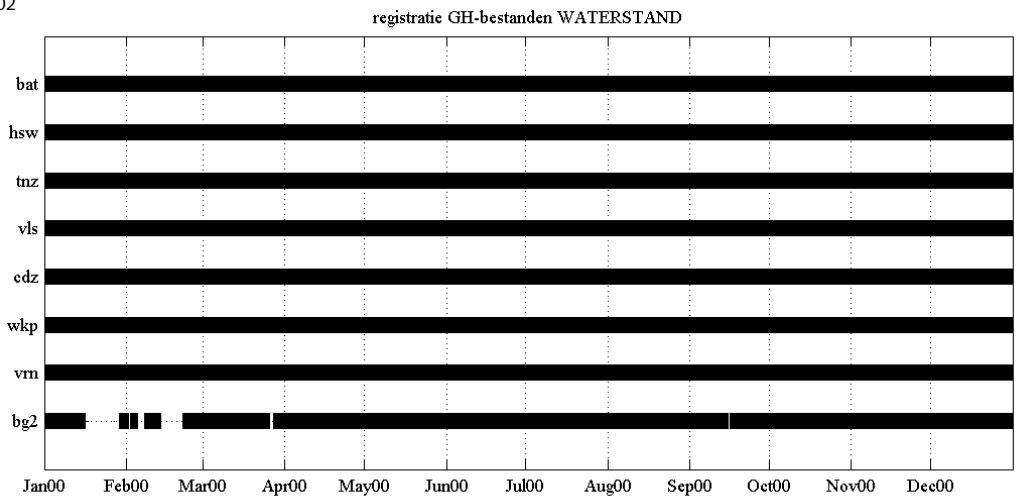


Bijlage 4 (bijlage behorende bij hoofdstuk 4)

Bijlage 4.1.1 Meetperiode van de jaren 1997 t/m 1999 per waterstand-meetlocatie.

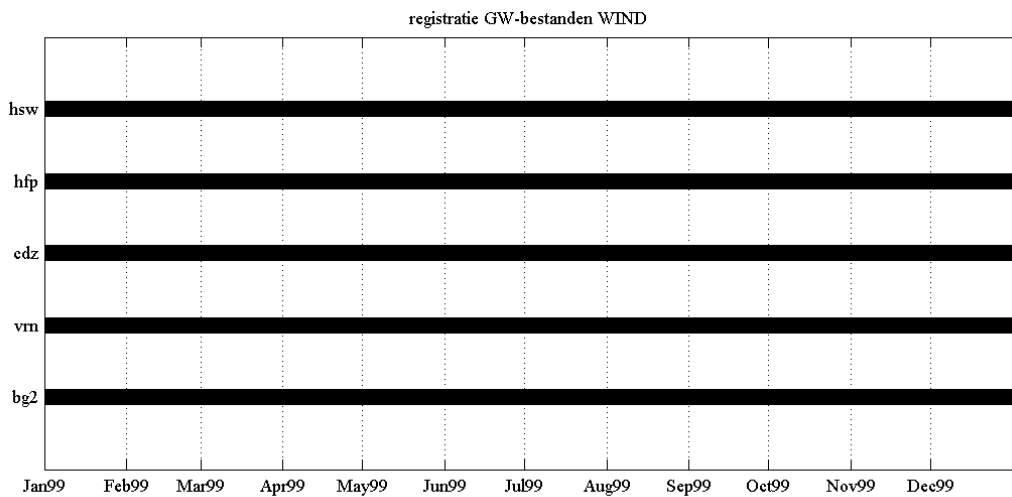
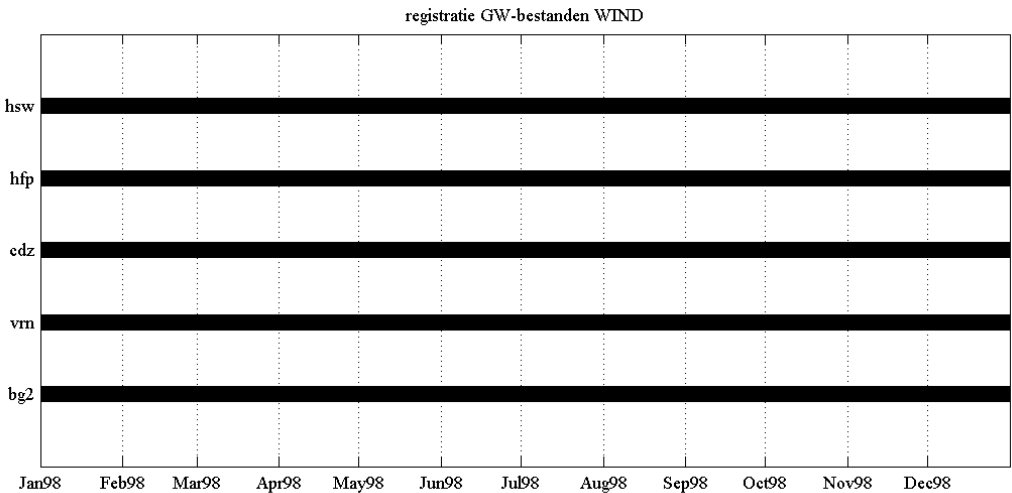
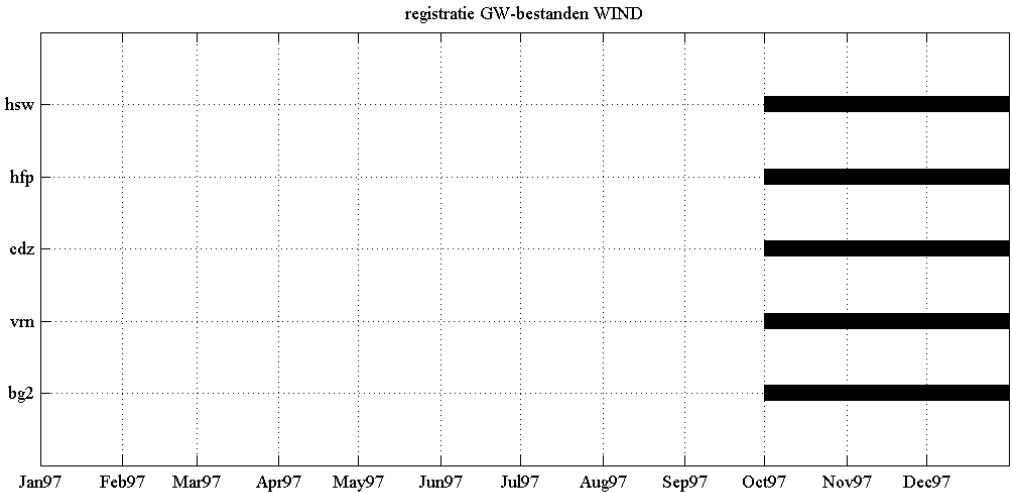


Bijlage 4.1.2 Meetperiode van de jaren 2000 t/m 2002 per waterstand-meetlocatie.

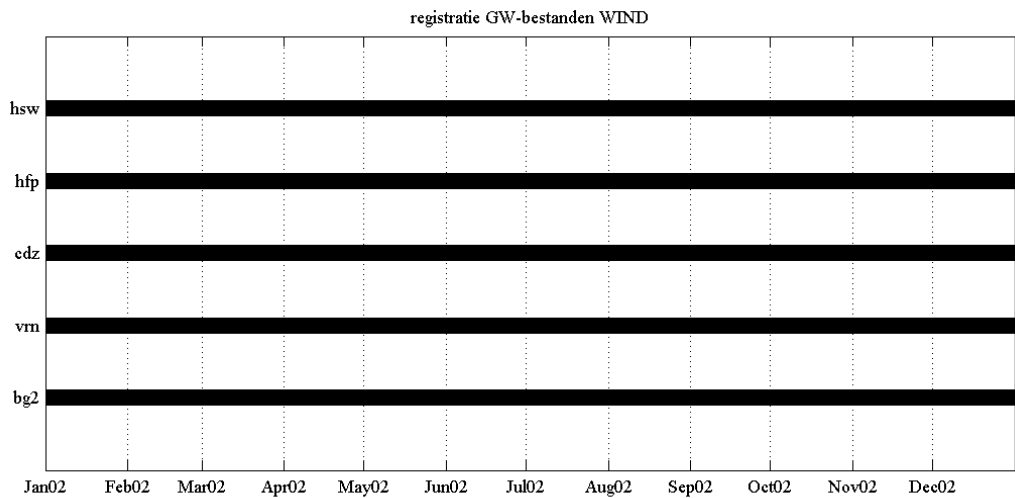
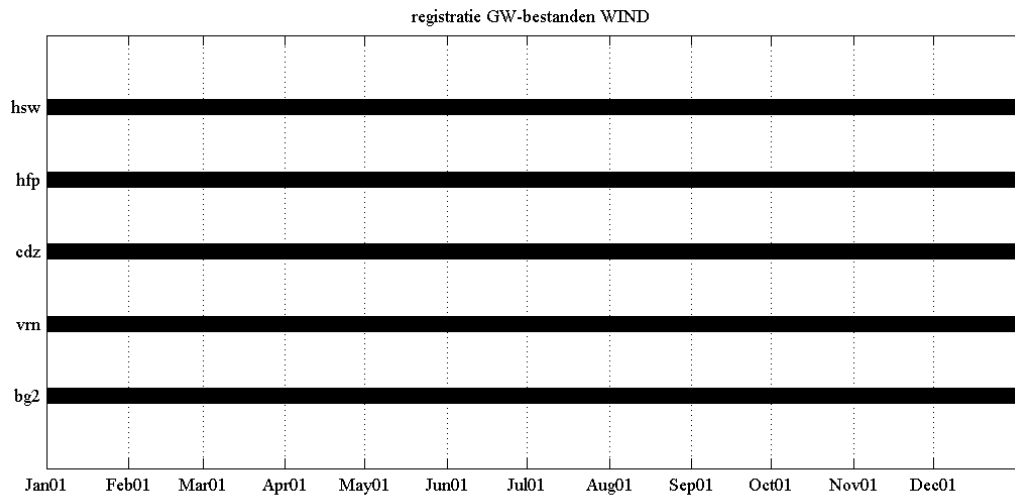
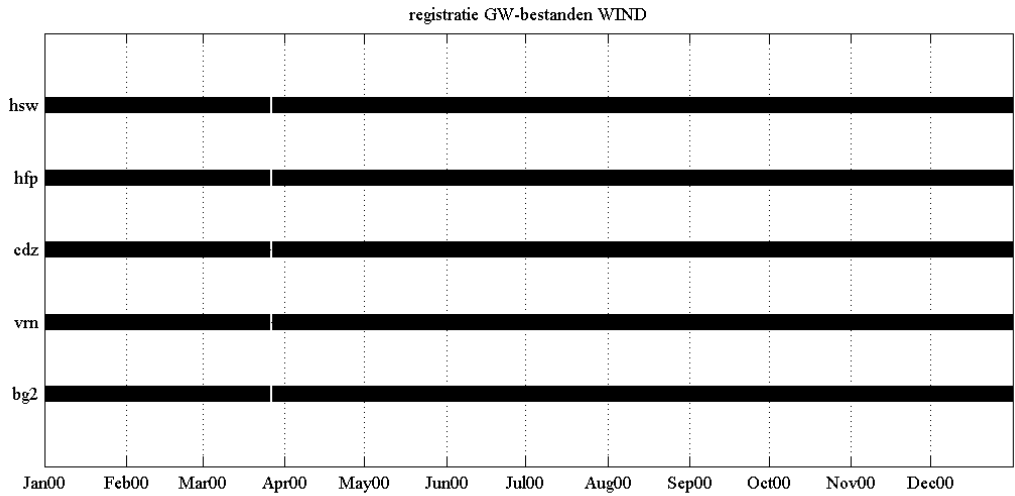


Bijlage 5 (bijlage behorende bij hoofdstuk 5)

Bijlage 5.1.1 Meetperiode van de jaren 1997 t/m 1999 per windmeetlocatie.



Bijlage 5.1.2 Meetperiode van de jaren 2000 t/m 2002 per windmeetlocatie



Bijlage 5.2

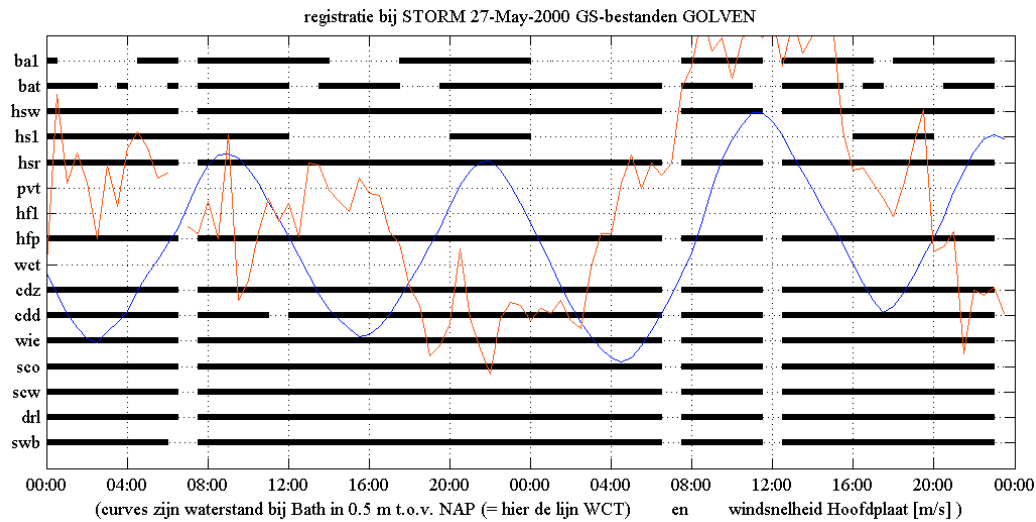
Draaitabel van de
windrichting versus
windsnelheid te VRN

VRN	Windrichting [°]									
Windsnelheid [m/s]	0-44	45-89	90-134	135-179	180-224	225-269	270-314	315-360	totaal	cumulatief
0 - 2.5	0.79%	0.73%	0.77%	0.72%	0.71%	0.85%	0.90%	0.92%	6.39%	100.00%
2.5 - 5	2.20%	2.32%	2.14%	2.11%	2.59%	2.70%	2.34%	2.13%	18.53%	93.61%
5 - 7.5	2.72%	2.55%	2.34%	2.65%	4.93%	4.88%	2.53%	2.11%	24.72%	75.08%
7.5 - 10	2.16%	1.67%	1.13%	2.06%	6.87%	5.84%	2.72%	1.69%	24.15%	50.37%
10 - 12.5	1.06%	0.71%	0.31%	0.92%	5.00%	4.18%	1.80%	1.32%	15.30%	26.22%
12.5 - 15	0.34%	0.34%	0.13%	0.36%	2.55%	2.24%	0.95%	0.57%	7.49%	10.91%
15 - 17.5	0.06%	0.01%	0.02%	0.06%	0.80%	0.86%	0.55%	0.23%	2.61%	3.43%
17.5 - 20	0.01%			0.01%	0.19%	0.30%	0.15%	0.03%	0.69%	0.82%
20 - 22.5					0.05%	0.07%	0.01%		0.13%	0.13%
22.5 - 25					0.00%	0.00%			0.00%	0.00%
Eindtotaal	9.34%	8.35%	6.85%	8.89%	23.70%	21.93%	11.94%	9.00%	100.00%	

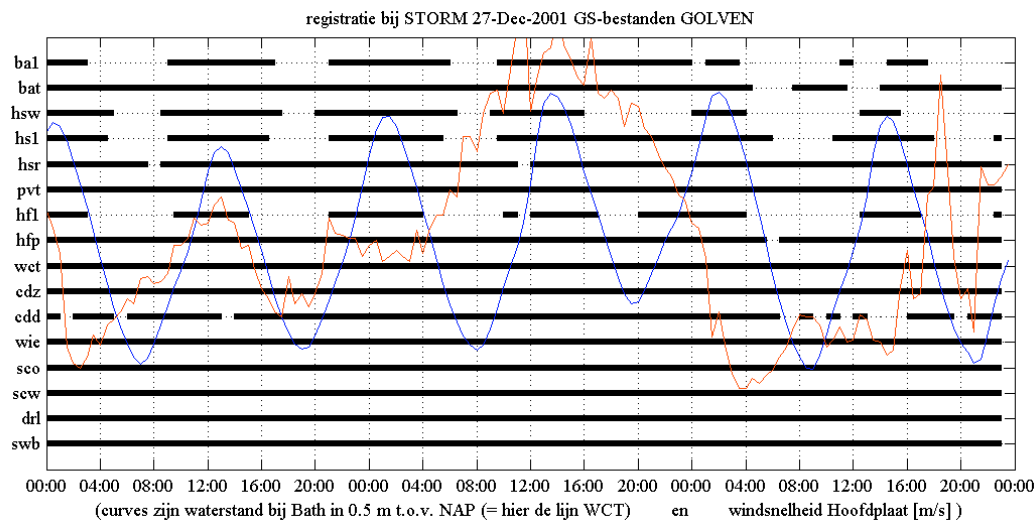
* gebaseerd op 52389 halfuurswaarden van 1 januari 1998 - 31 december 2000

Bijlage 6 (bijlage behorende bij hoofdstuk 6)

Bijlage 6.1.1 Registratie van de storm mei 2000

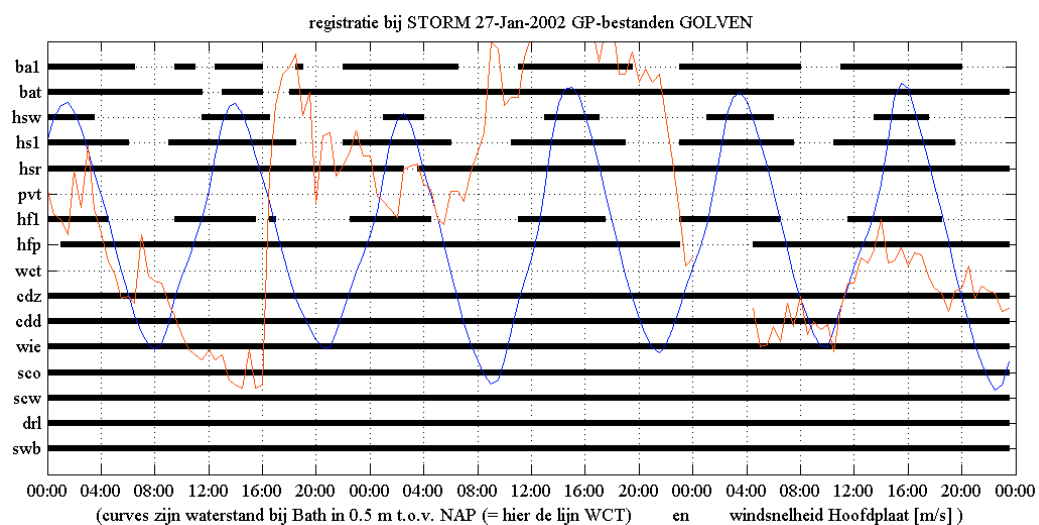


Bijlage 6.1.2 Registratie van de storm december 2001



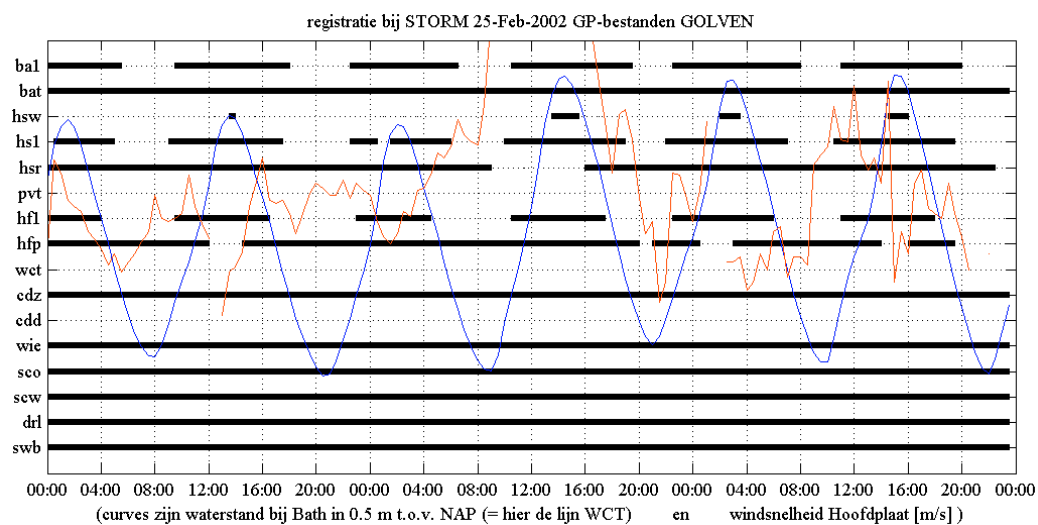
Bijlage 6.1.3

Registratie van
de storm januari 2002

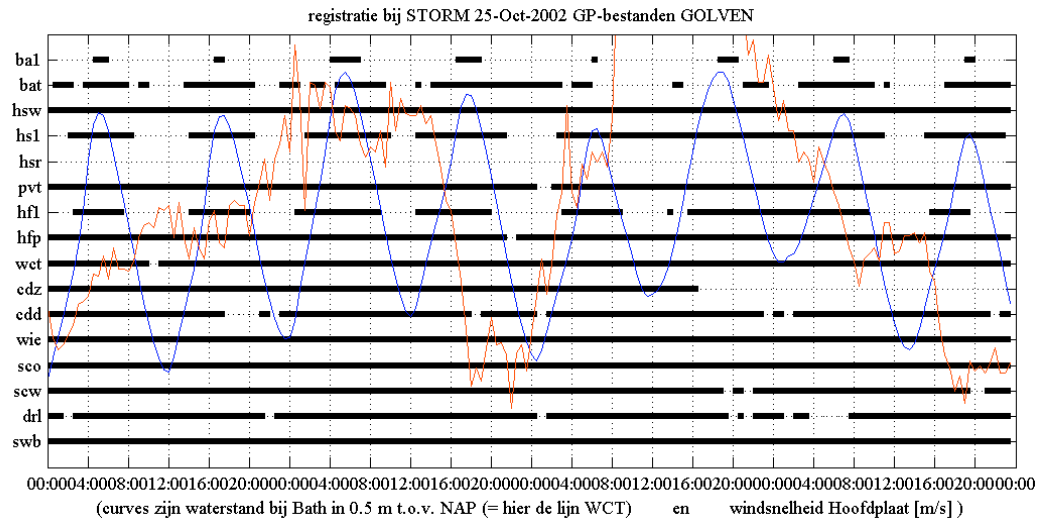


Bijlage 6.1.4

Registratie van
de storm februari 2002

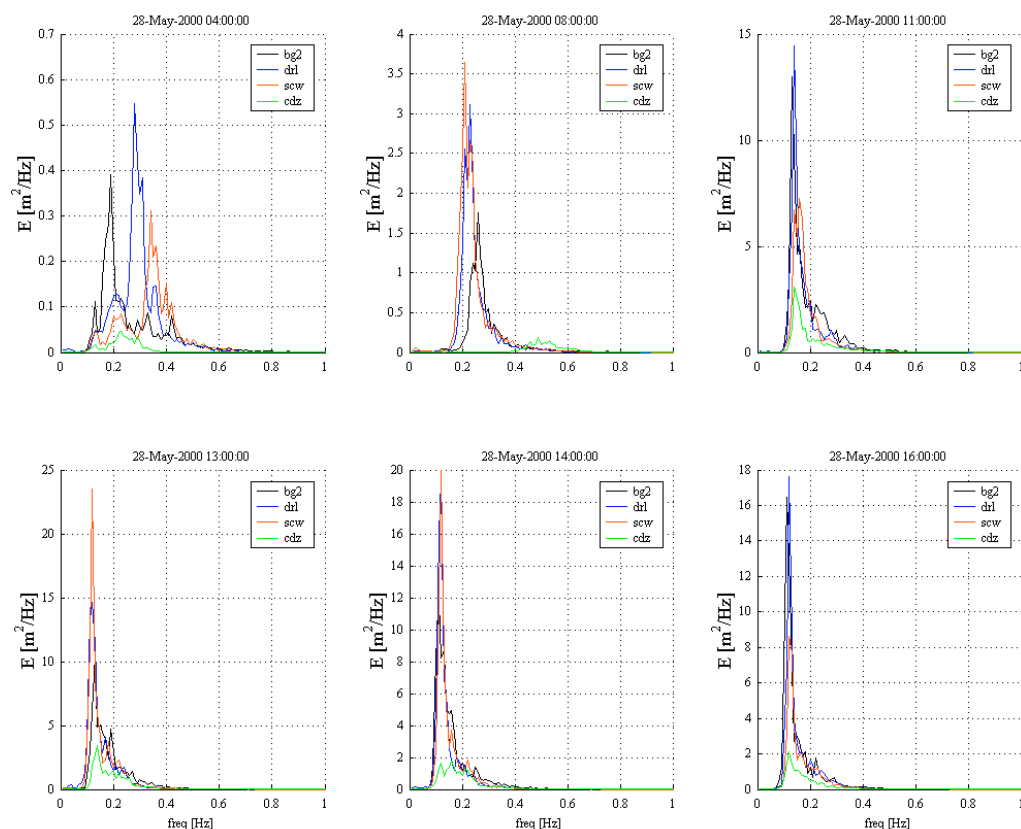


Bijlage 6.1.5 Registratie van
de storm oktober 2002

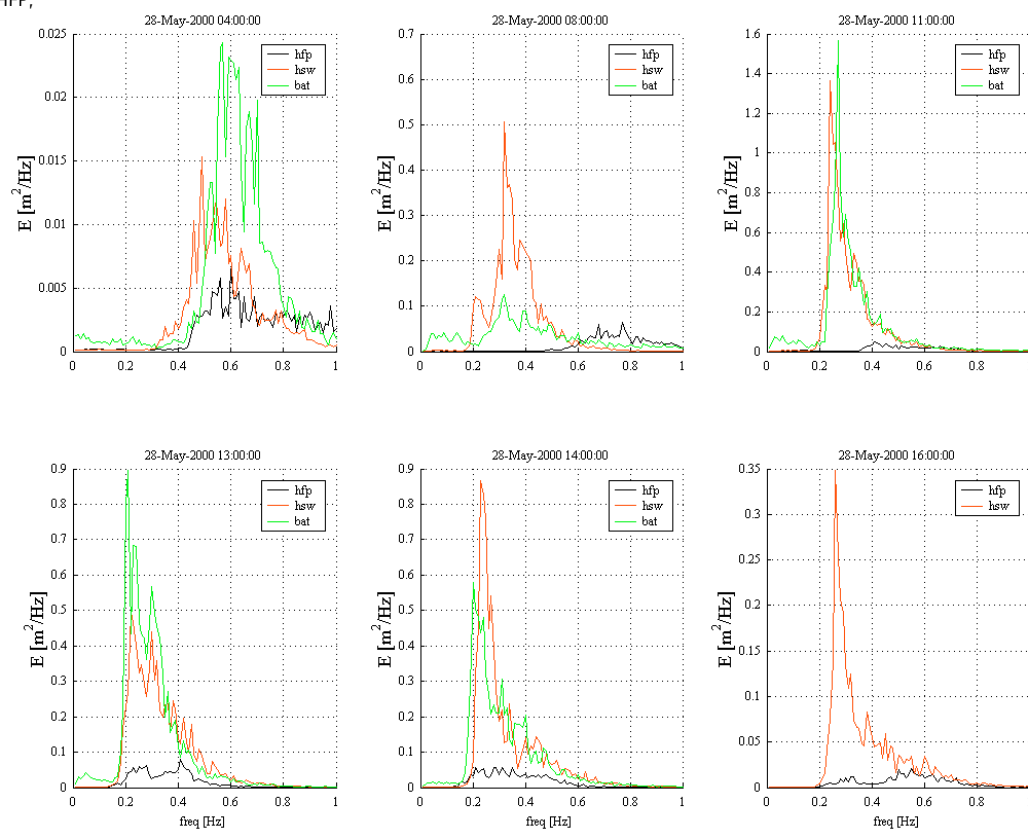


Bijlage 6.2.1.a

Spectra storm mei '00
voor de locaties BG2,
DRL, SCW, CDZ

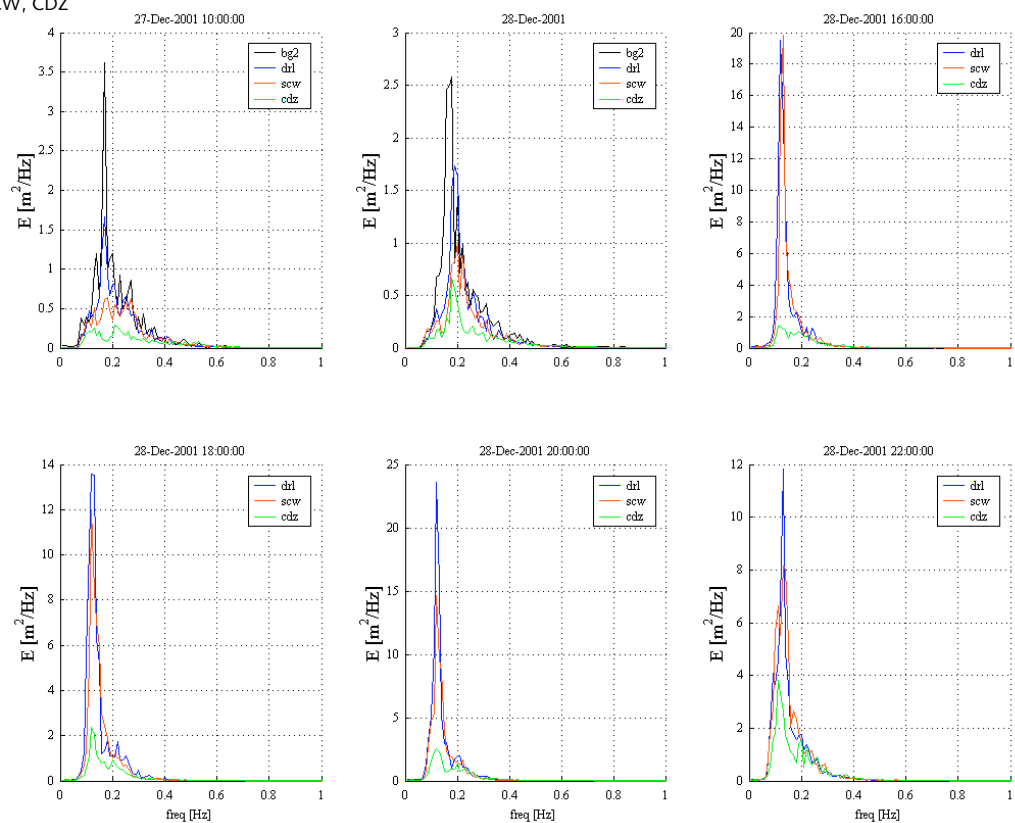
**Bijlage 6.2.1.b**

Spectra storm mei '00
voor de locaties HFP,
HSW, BAT



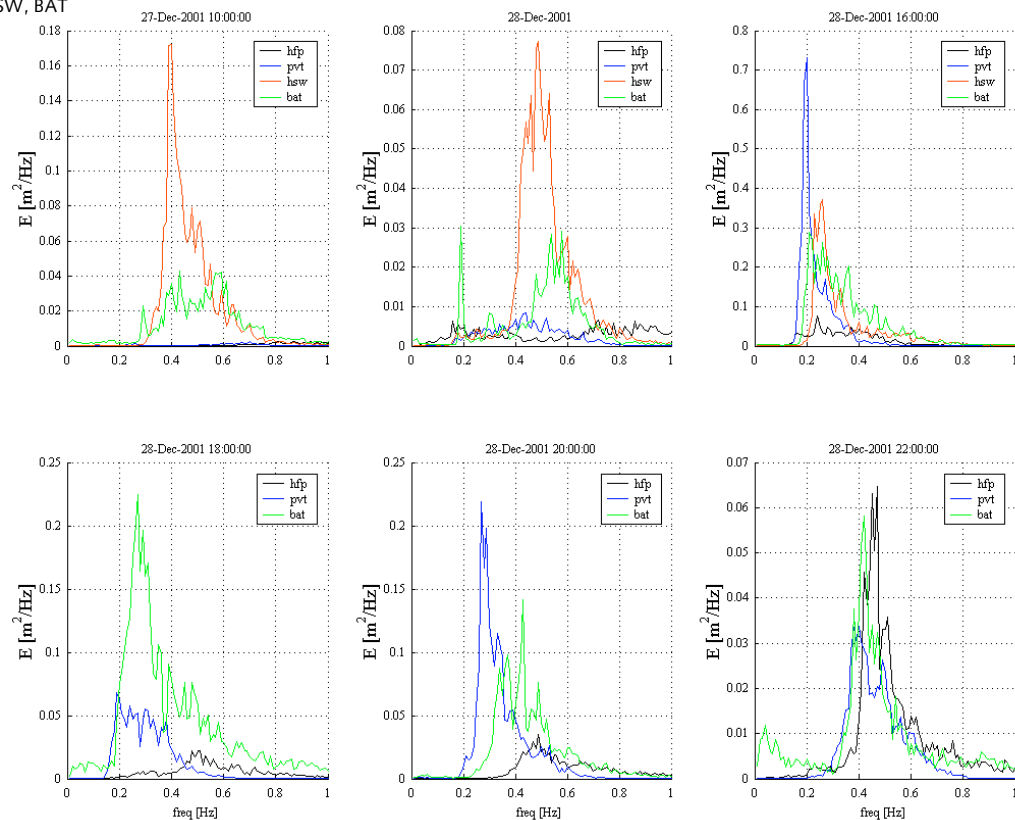
Bijlage 6.2.2.a

Spectra storm dec '01
voor de locaties BG2,
DRL, SCW, CDZ



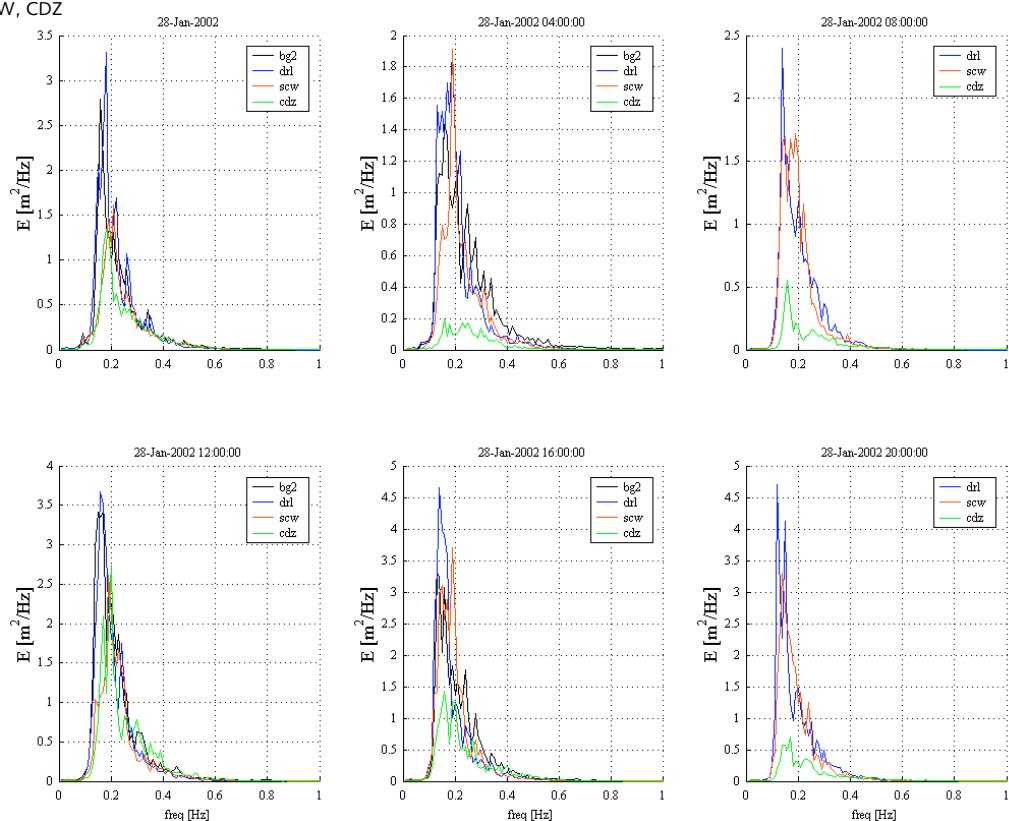
Bijlage 6.2.2.b

Spectra storm dec '01
voor de locaties HFP,
PVT, HSW, BAT

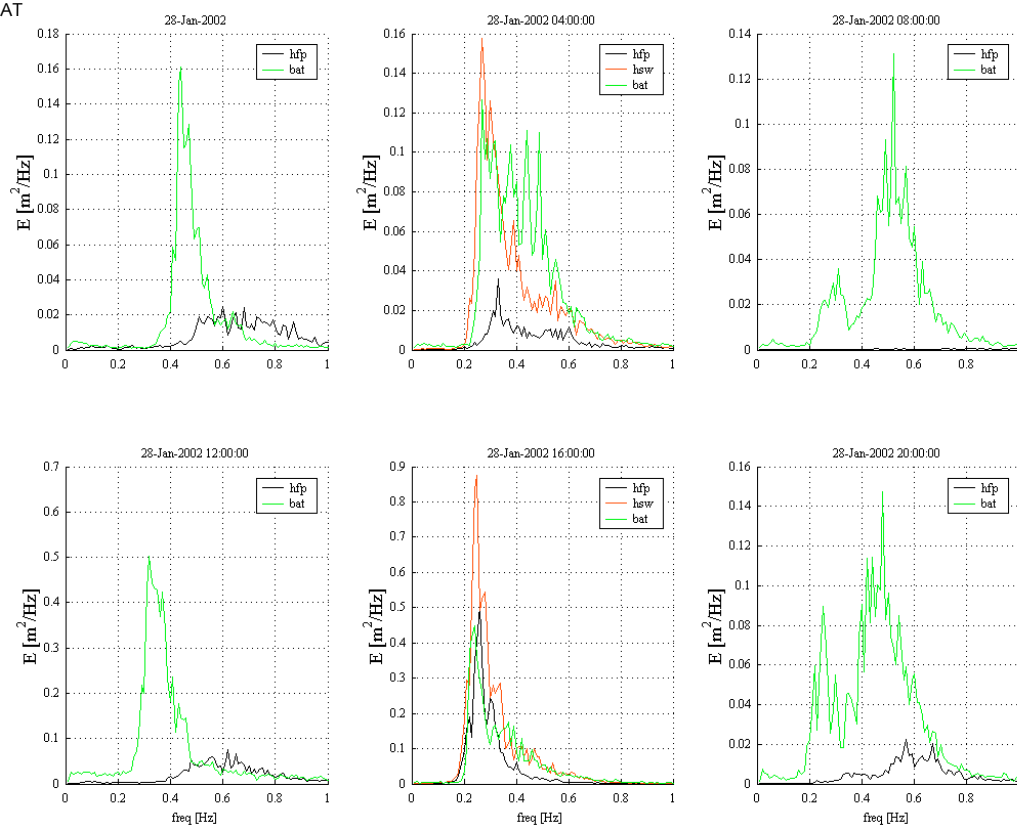


Bijlage 6.2.3.a

Spectra storm jan '02
voor de locaties BG2,
DRL, SCW, CDZ

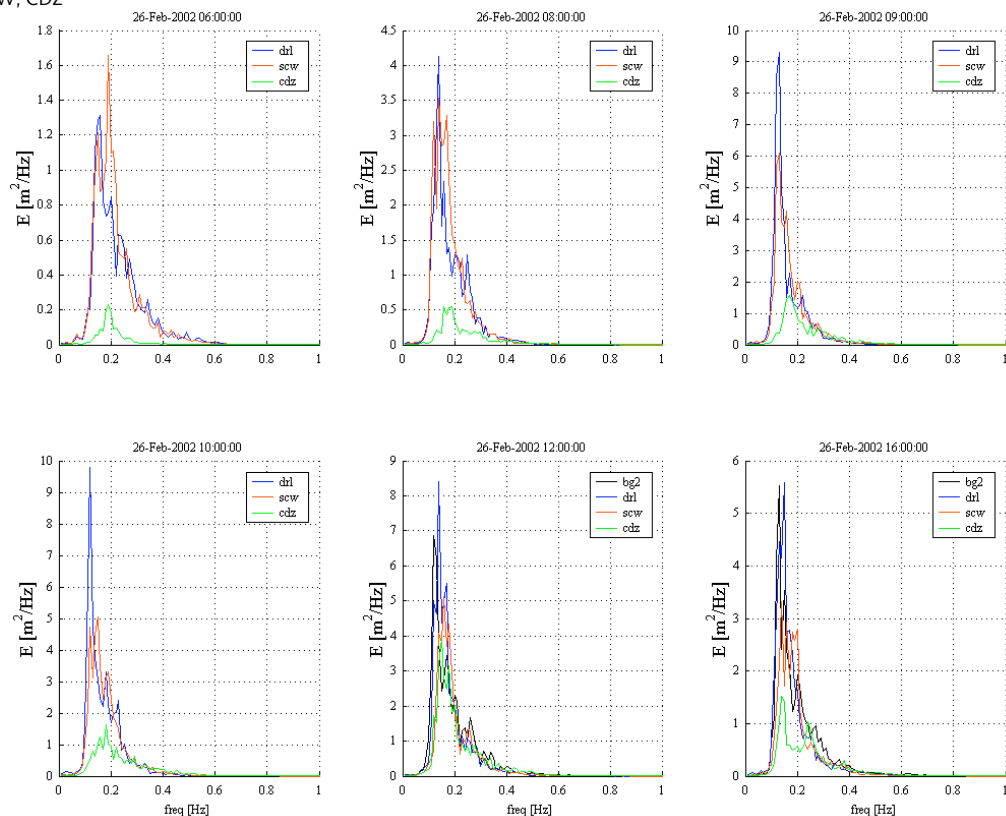
**Bijlage 6.2.3.b**

Spectra storm jan '02
voor de locaties HFP,
HSW, BAT



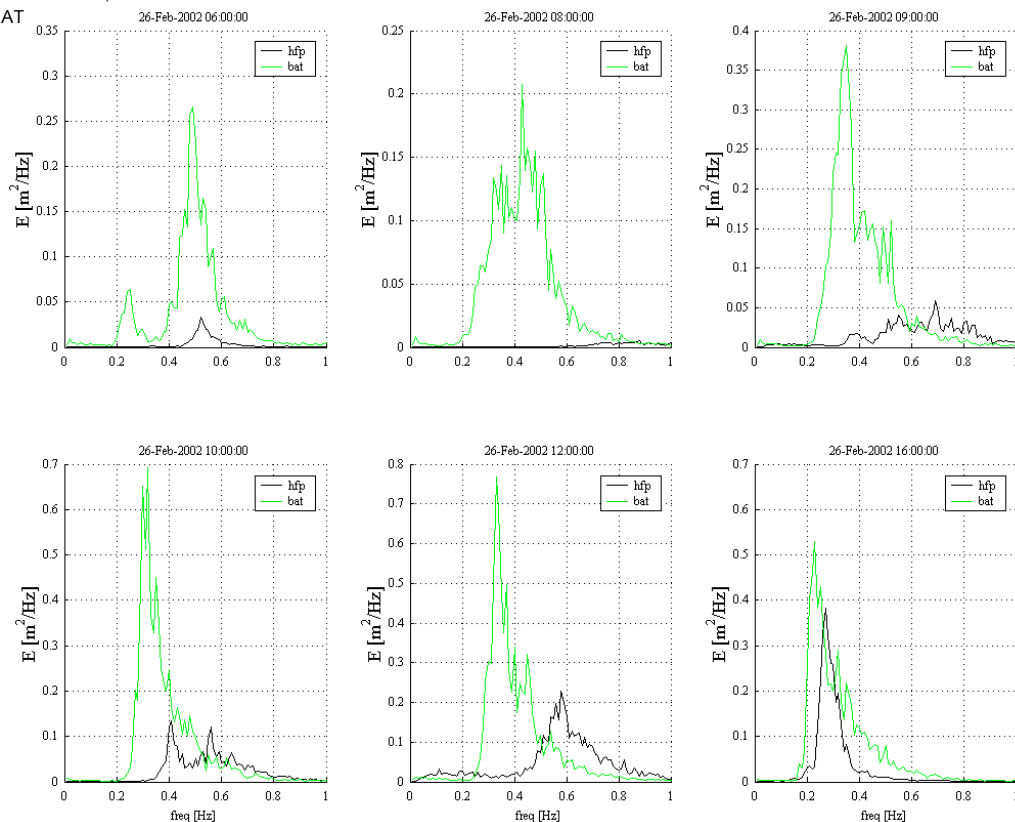
Bijlage 6.2.4.a

Spectra storm feb '02
voor de locaties BG2,
DRL, SCW, CDZ



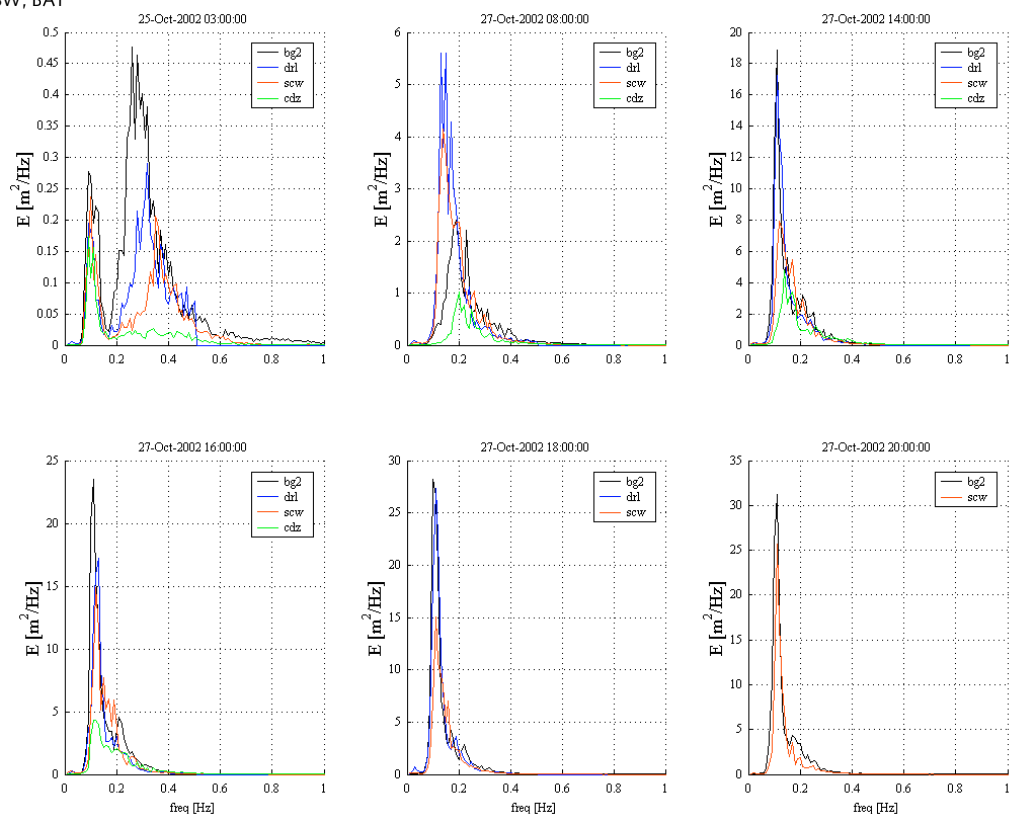
Bijlage 6.2.4.b

Spectra storm feb '02
voor de locaties HFP,
HSW, BAT



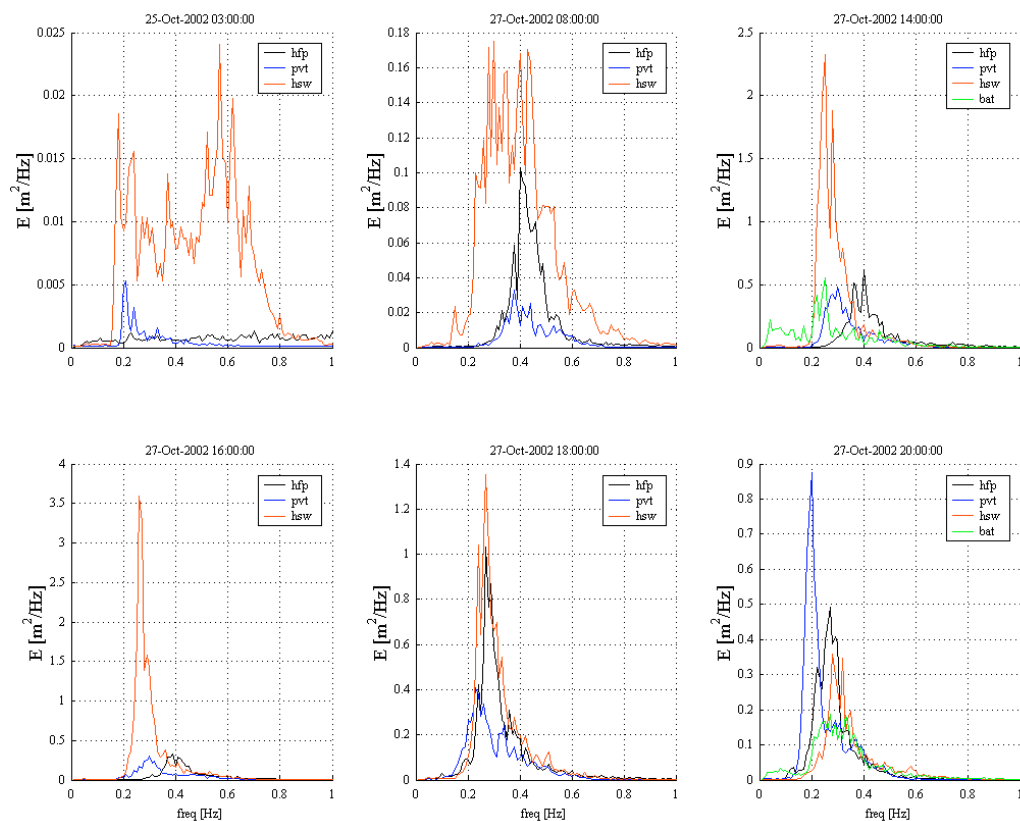
Bijlage 6.2.5.a

Spectra storm okt '02
voor de locaties HFP,
PVT, HSW, BAT



Bijlage 6.2.5.b

Spectra storm okt '02
voor de locaties HFP,
PVT, HSW, BAT



Bijlage 6.3.1

Overzicht maximale
golfhoogte en
golfperiodes voor
storm mei 2000

Storm 27-28 mei 2000															
	max	Waarden horend bij max (H_{m0})					max			max			max		
	H_{m0} [m]	$t_{\max(H_{m0})}$		T_{m02} [s]	$T_{m-1,0}$ [s]	T_{pb} [s]	T_{m02} [s]	$t_{\max(T_{m02})}$		$T_{m-1,0}$ [s]	$t_{\max(T_{m-1,0})}$		T_{pb} [s]	$t_{\max(T_{pb})}$	
		dag	tijd					dag	tijd		dag	tijd		dag	tijd
LEG	4.90	28	14:00	6.8	7.8	8.8	7.0	28	14:40	8.0	28	14:40	9.1	28	15:00
BG2	3.79	28	15:00	6.4	7.8	9.3	6.4	28	15:00	7.8	28	15:00	9.3	28	15:00
SWB	4.79	28	13:00	6.5	7.4	8.2	6.7	28	13:30	7.7	28	14:00	8.8	28	14:00
DRL	3.62	28	14:30	6.5	7.7	8.8	6.6	28	14:00	7.7	28	14:00	8.8	28	14:30
SCW	3.63	28	13:00	6.2	7.3	8.4	6.3	28	13:30	7.4	28	13:30	8.5	28	14:00
SCO	2.44	28	13:00	5.3	6.1	6.3	5.9	28	15:30	7.0	28	16:00	8.4	28	16:30
WIE	2.38	28	13:30	5.7	6.8	7.4	5.8	28	15:00	7.0	28	14:30	8.7	28	15:30
CDD	1.97	28	13:30	4.9	5.8	6.2	5.6	28	15:00	6.9	28	15:00	8.9	28	15:00
CDZ	2.08	28	13:00	4.7	5.8	7.1	5.2	28	15:30	6.8	28	15:30	8.9	28	15:30
WCT	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HFP	0.59	28	14:30	2.5	3.2	3.9	2.6	28	12:30	3.7	28	22:00	7.1	28	22:30
HF1	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PVT	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HSR	1.40	28	10:00	2.9	3.5	3.7	3.1	28	13:30	4.0	28	13:30	4.3	28	07:30
HS1	1.05	28	11:00	3.1	3.7	3.9	3.1	28	10:00	4.4	27	06:30	6.1	27	22:00
HSW	1.41	28	10:00	3.0	3.3	3.7	3.1	28	13:30	3.6	28	13:30	4.1	28	07:30
BAT	1.47	28	12:30	3.2	4.2	4.0	3.2	28	12:30	4.5	28	06:00	4.4	28	14:00
BA1	1.16	28	11:30	2.9	4.0	4.0	2.7	28	13:00	4.5	28	13:00	6.3	28	00:00

Tabel 6.3.2

Overzicht maximale
golfhoogte en
golfperiodes voor
storm december 2001

Storm 27-29 december 2001															
	max	Waarden horend bij max (H_{m0})					max			max			max		
	H_{m0} [m]	$t_{\max(Hm0)}$		T_{m02} [s]	$T_{m-1,0}$ [s]	T_{pb} [s]	T_{m02} [s]	$t_{\max(Tm02)}$		$T_{m-1,0}$ [s]	$t_{\max(Tm-1,0)}$		T_{pb} [s]	$t_{\max(Tpb)}$	
		dag	tijd					dag	tijd		dag	tijd		dag	tijd
LEG	4.84	28	19:00	7.1	8.2	9.2	7.1	28	19:0	8.2	28	19:0	9.2	28	19:00
BG2	3.82	28	14:30	6.0	6.9	7.6	6.1	28	22:3	7.6	28	22:3	9.2	28	22:30
SWB	4.64	28	18:00	7.1	8.0	8.4	7.1	28	18:0	8.1	28	19:3	8.8	28	19:00
DRL	3.76	28	15:30	6.5	7.4	7.9	6.6	28	16:0	7.8	28	20:0	8.7	28	19:30
SCW	3.47	28	19:30	6.9	7.7	8.0	6.9	28	19:3	7.7	28	19:3	8.5	27	00:30

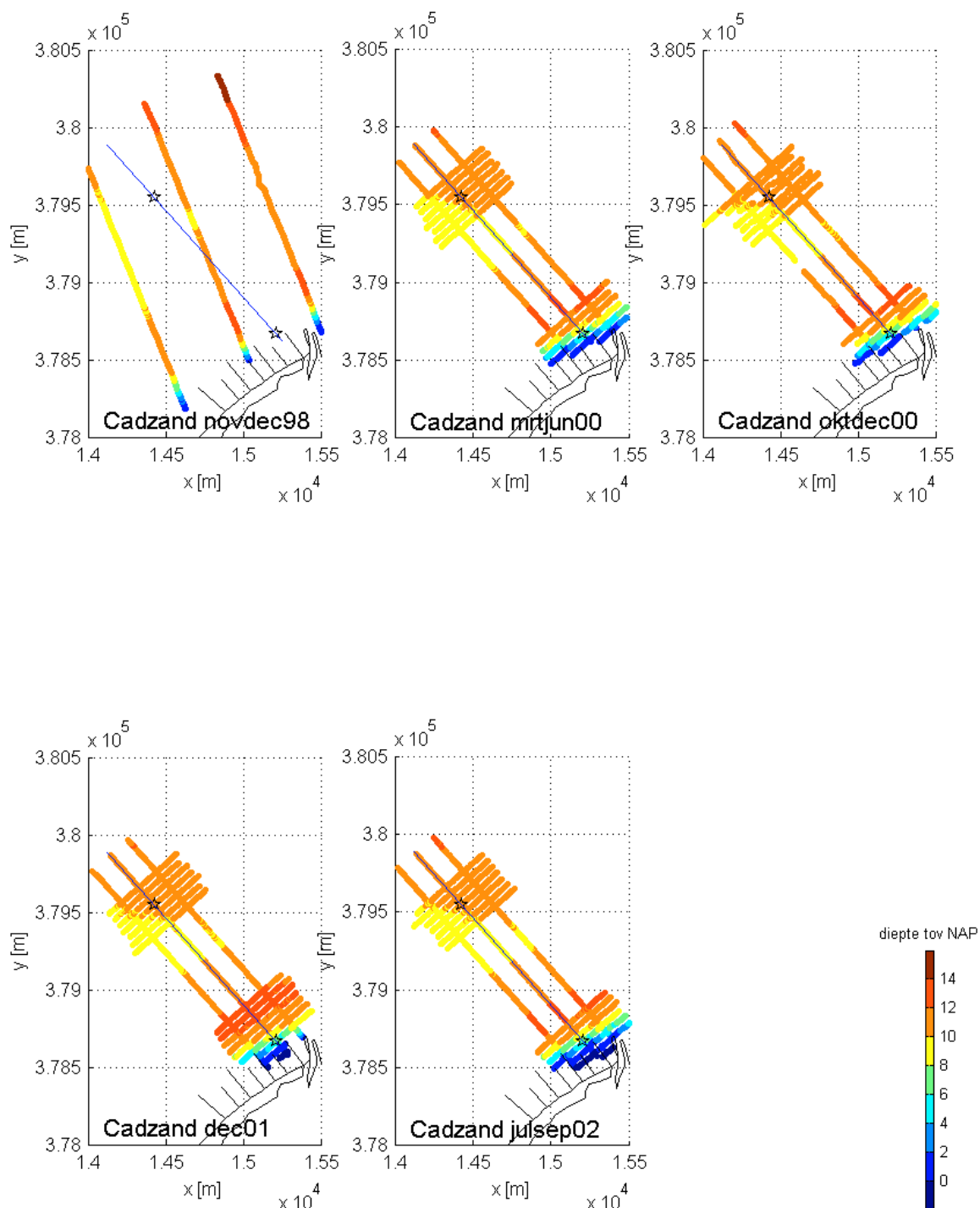
SCO	2.45	28	22:00	5.7	7.3	8.5	6.0	28	17:3	7.4	29	01:0	9.0	29	00:30
WIE	2.49	28	22:30	5.6	7.3	8.4	6.2	28	16:0	7.4	29	00:3	8.6	28	16:30
CDD	2.27	28	22:00	5.4	6.9	7.7	5.6	28	18:3	7.3	29	00:3	8.8	27	03:00
CDZ	2.43	28	23:00	5.0	6.8	9.1	5.8	29	04:3	7.3	29	04:3	9.1	28	23:00
WCT	1.57	28	11:30	3.9	4.6	4.5	4.3	28	15:0	6.3	29	05:3	7.4	29	03:00
HFP	0.99	28	11:30	1.8	2.6	1.9	3.0	28	15:3	5.0	29	02:0	6.7	29	02:30
HF1	0.42	28	13:30	2.1	3.0	3.1	2.7	29	00:3	5.0	29	01:0	7.1	27	09:30
PVT	0.98	28	14:00	3.5	3.8	4.0	4.1	28	16:0	5.0	27	04:3	6.8	27	04:30
HSR	1.17	28	14:00	2.9	3.3	3.6	2.9	28	14:0	3.9	29	05:0	6.8	27	05:00
HS1	0.92	28	14:30	2.9	3.4	3.7	3.0	28	15:0	5.2	29	05:0	6.8	29	05:00
HSW	1.20	28	11:30	2.5	2.7	2.9	2.9	28	14:0	4.2	29	12:3	11.4	29	12:30
BAT	1.03	28	15:00	2.6	3.3	3.6	2.8	28	15:3	3.5	28	15:3	5.9	29	15:30
BA1	0.72	28	15:00	2.6	3.4	4.1	2.7	28	15:3	4.1	29	17:0	5.9	29	15:30

Bijlage 7

(bijlage behorende bij hoofdstuk 7)

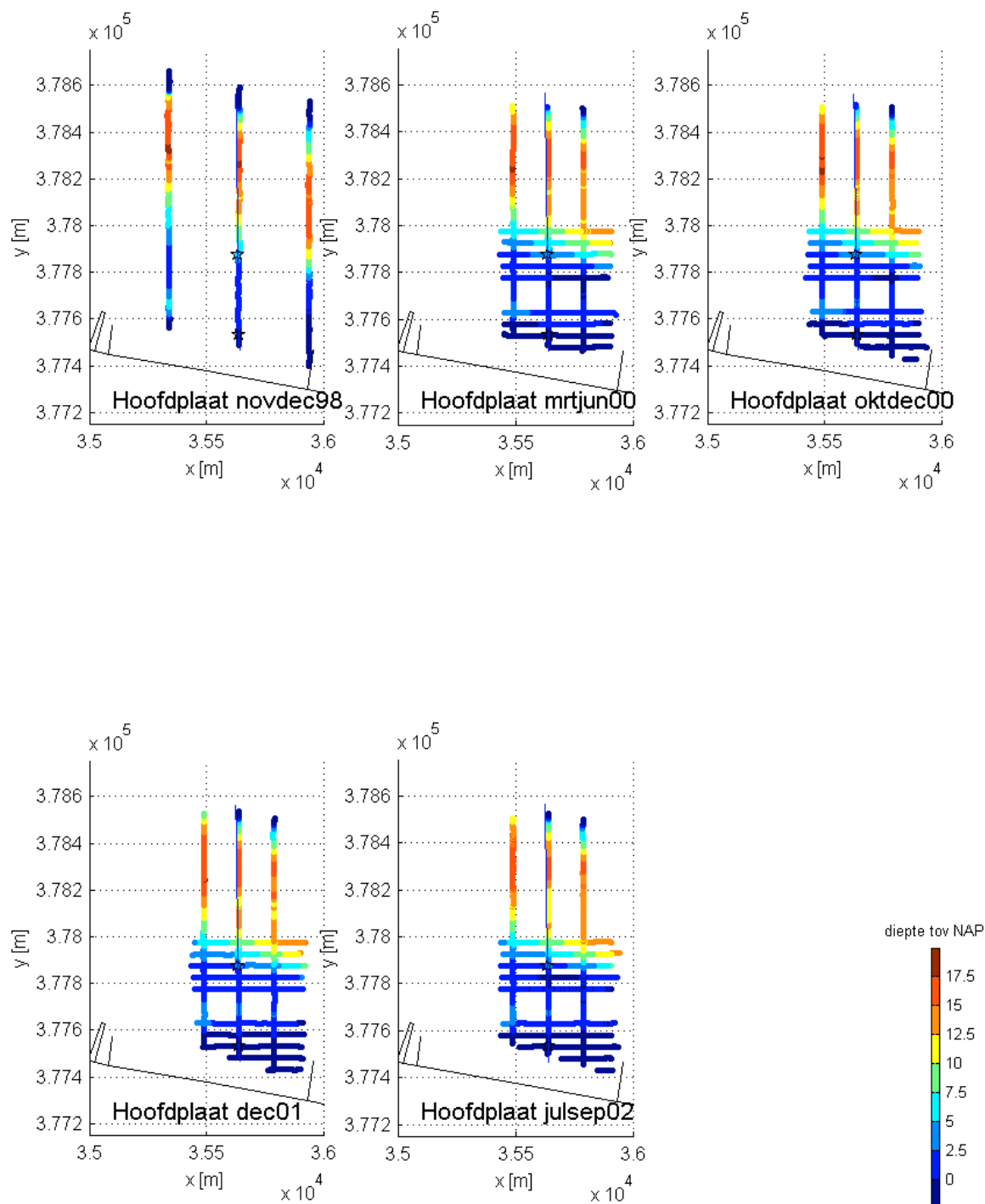
Bijlage 7.1.1

Gemeten dieptes (in
m) t.o.v. NAP voor
Cadzand



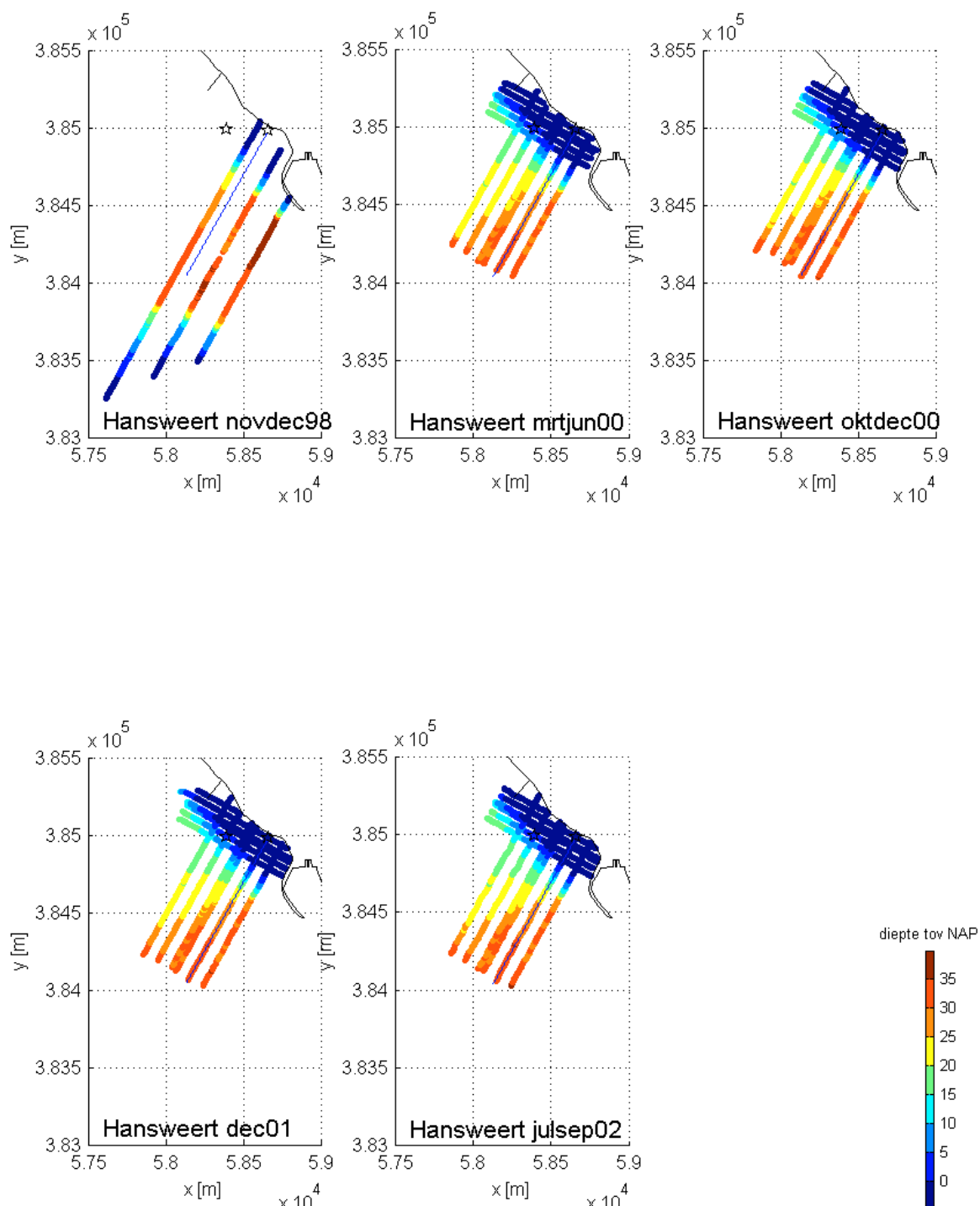
Bijlage 7.1.2

Gemeten dieptes (in m) t.o.v. NAP voor Hoofdplaat



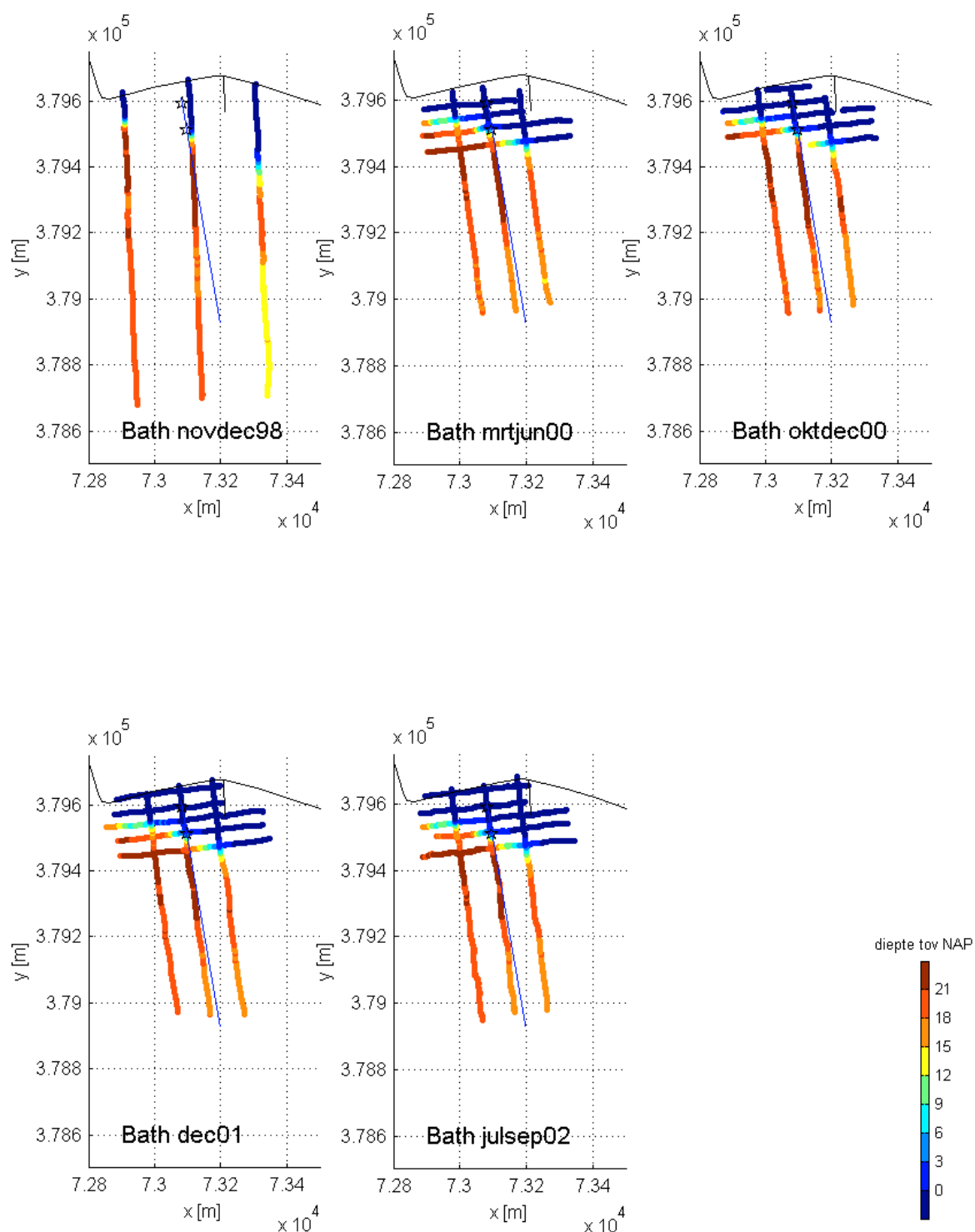
Bijlage 7.1.3

Gemeten dieptes (in m) t.o.v. NAP voor Hansweert



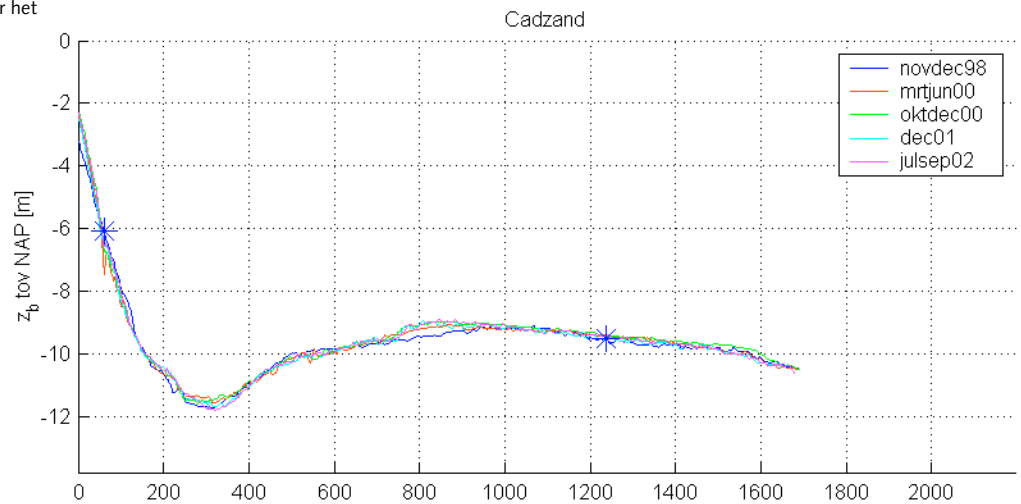
Bijlage 7.1.4

Gemeten dieptes (in m) t.o.v. NAP voor Bath

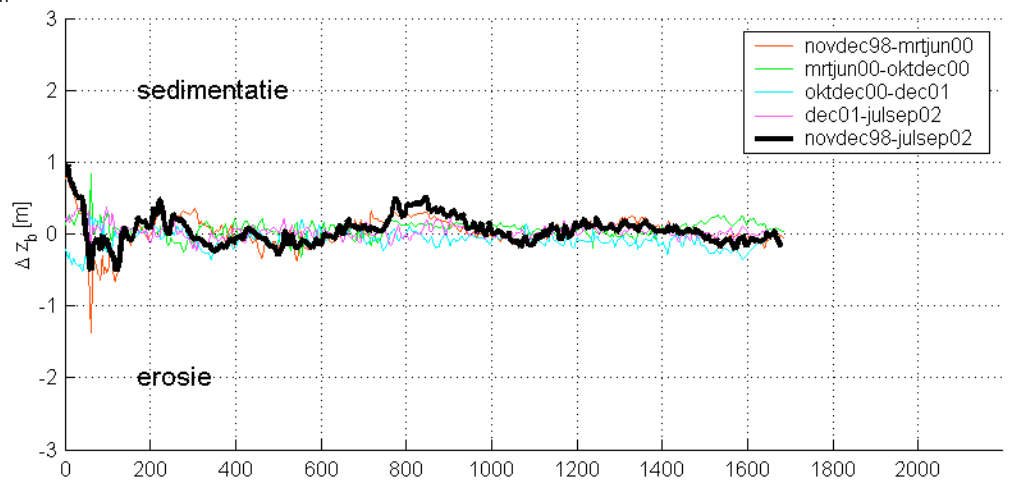


Bijlage 7.2.1.a

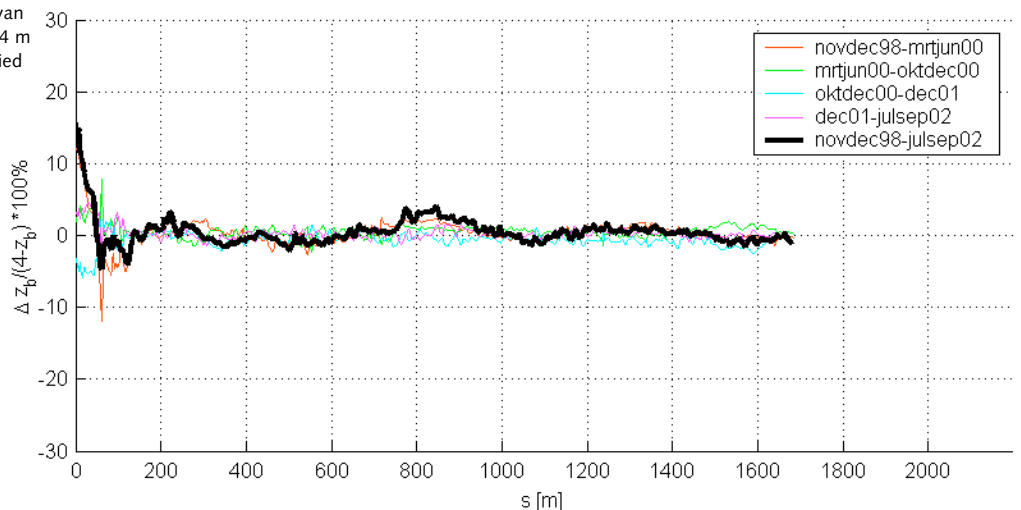
Profiel van de bodemligging voor het gebied Cadzand


Bijlage 7.2.1.b

Versillen in de bodemligging tussen de verschillende tijdstippen voor het gebied Cadzand

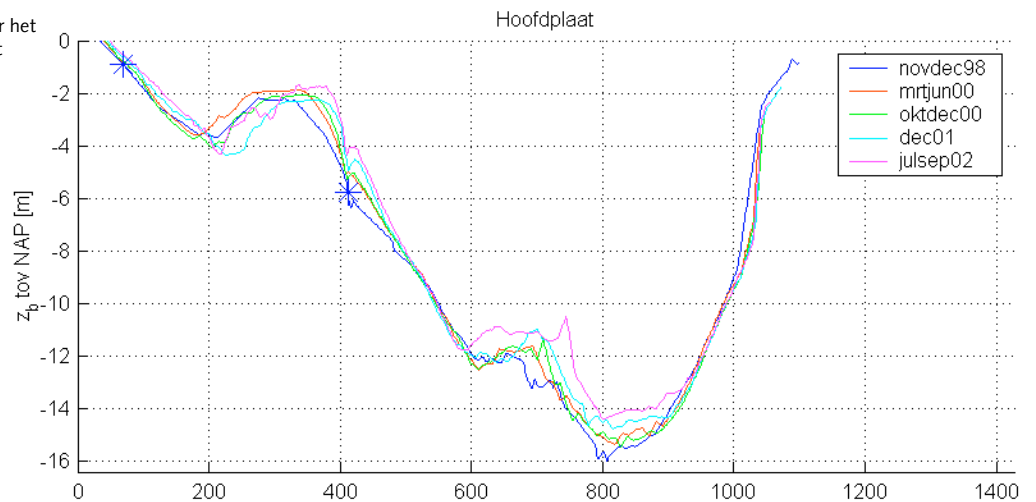

Bijlage 7.2.1.c

Versillen van de bodemligging t.o.v de diepte uitgaande van een waterstand + 4 m NAP voor het gebied Cadzand

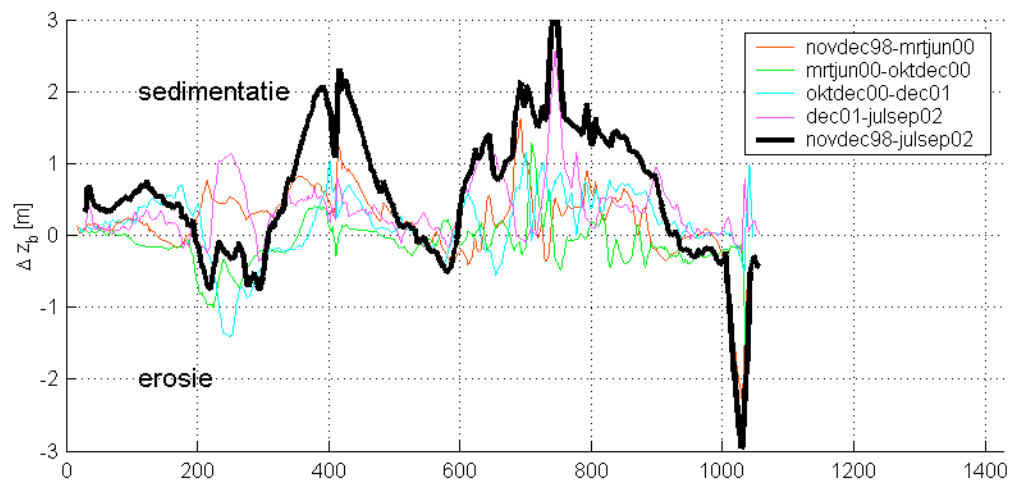


Bijlage 7.2.2.a

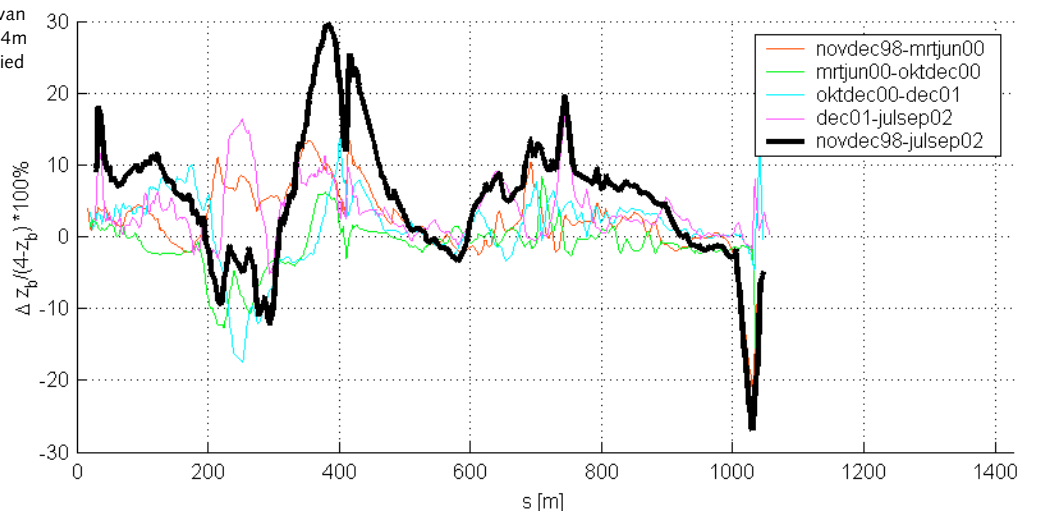
Profiel van de bodemligging voor het gebied Hoofdplaat


Bijlage 7.2.2.b

Verschillen in de bodemligging tussen de verschillende tijdstippen voor het gebied Hoofdplaat.

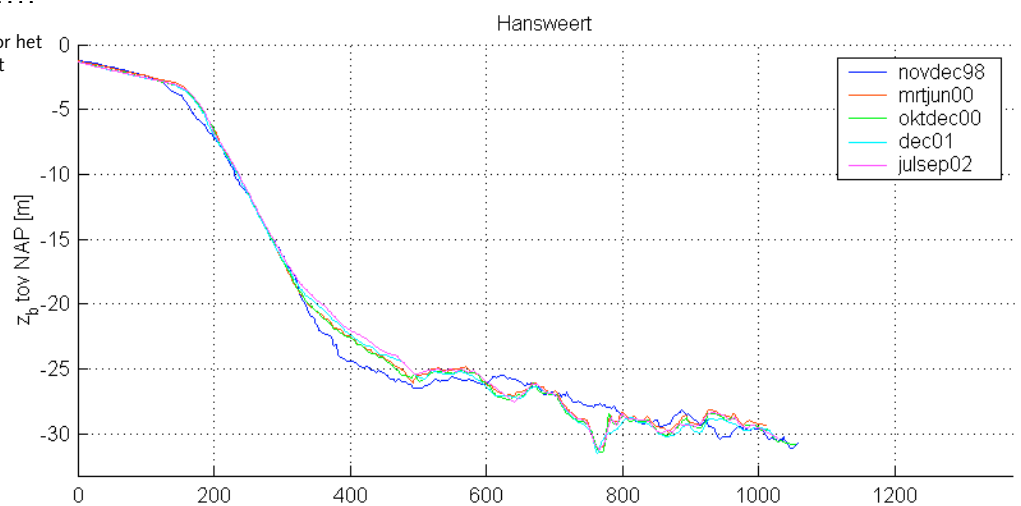

Bijlage 7.2.2.c

Verschillen van de bodemligging t.o.v. de diepte uitgaande van een waterstand + 4m NAP voor het gebied Hoofdplaat

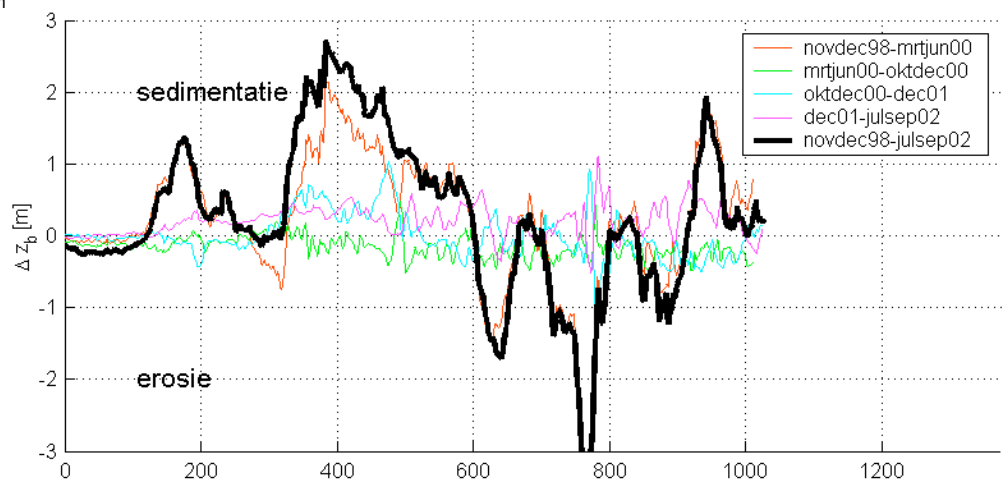


Bijlage 7.2.3.a

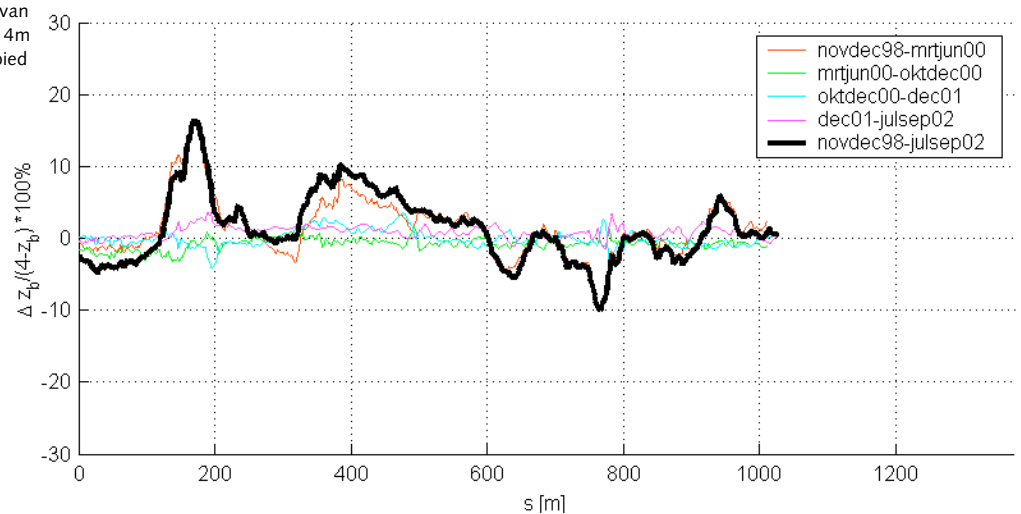
Profiel van de bodemligging voor het gebied Hansweert


Bijlage 7.2.3.b

Versillen in de bodemligging tussen de verschillende tijdstippen voor het gebied Hansweert

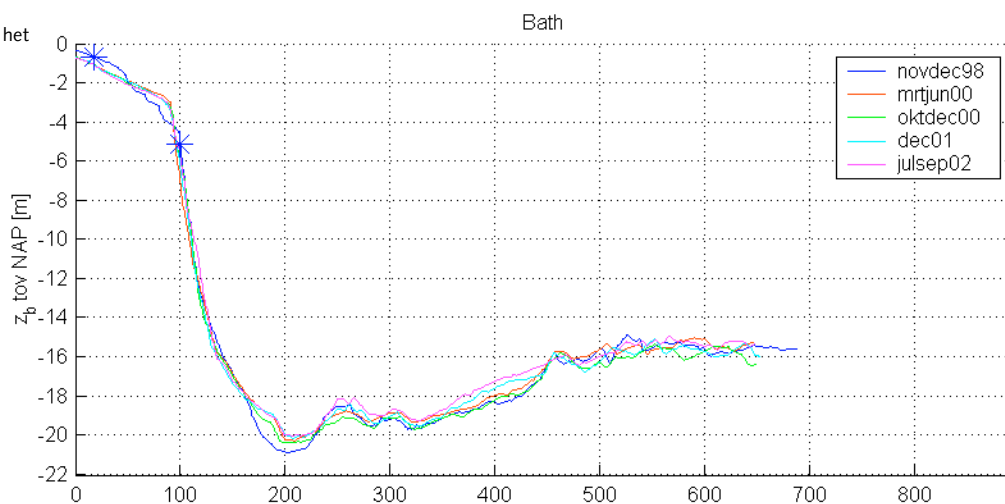

Bijlage 7.2.3.c

Versillen van de bodemligging t.o.v. de diepte uitgaande van een waterstand +4m NAP voor het gebied Hansweert

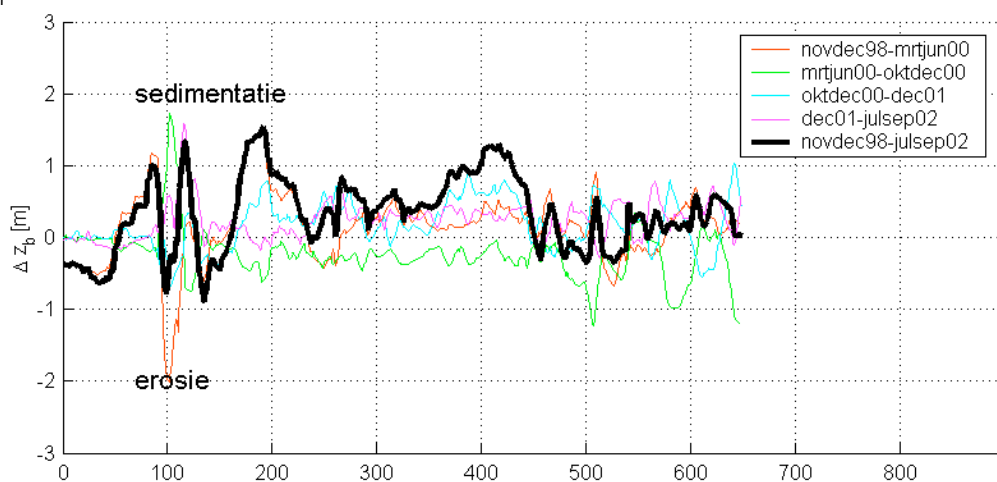


Bijlage 7.2.4.a

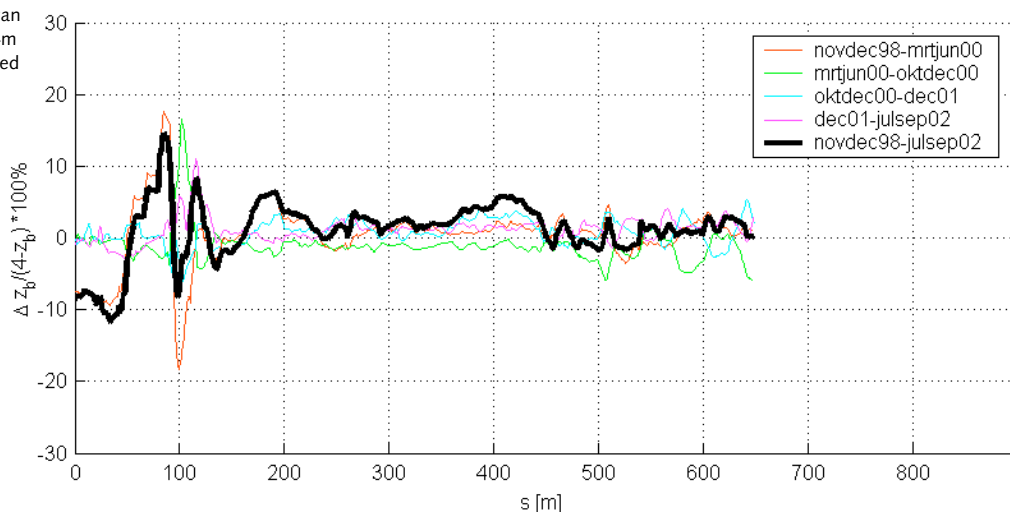
Profiel van de bodemligging voor het gebied Bath

**Bijlage 7.2.4.b**

Verschillen in de bodemligging tussen de verschillende tijdstippen voor het gebied Bath

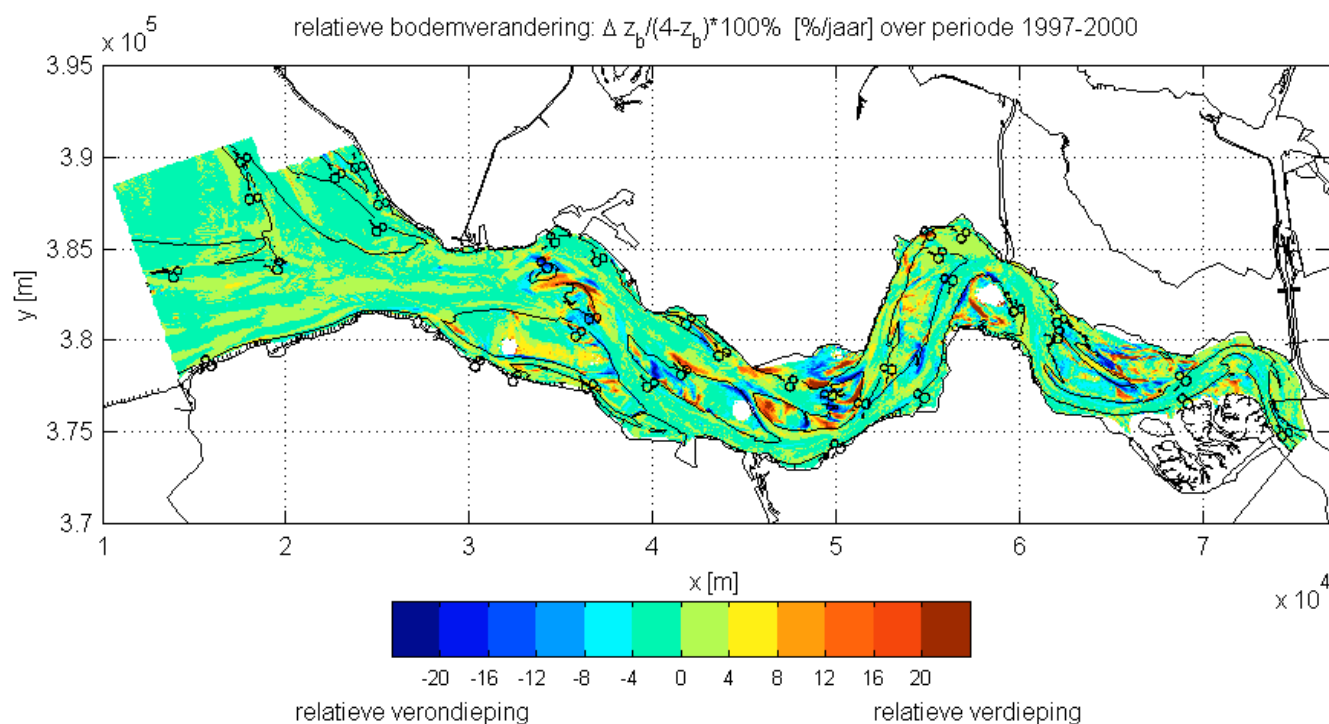
**Bijlage 7.2.4.c**

Verschillen van de bodemligging t.o.v de diepte uitgaande van een waterstand +4m NAP voor het gebied Bath



Bijlage 7.3.1

Relatieve
bodemverandering
periode 1997-2000



Bijlage 7.3.2

Relatieve
bodemverandering
periode 2000-2002

