

Stroom- en golfmetingen op slikken gelegen voor schorren in de Westerschelde

Eerste uitwerking van metingen uitgevoerd op de slikken van Bath, Waarde, Zuidgors en Paulina; mei t/m oktober 1996.

Project MARS*SSM,
Marsh Amelioration along the River Sceldt, Side Specific Monitoring

deel 1: TEKST

april 1997

Lucas van Leydenlaan 3
2102 AZ HEEMSTEDE
tel: 023- 52 89 375

opdrachtgever:

Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee & directie Zeeland

Deze pdf bevat een aantal rapporten waarin de primaire uitwerking van de meetdata wordt beschreven. De eindrapportage is te vinden in

S T Pwa, 1998 (Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs b.v Deventer)

Eindverslag waterbeweging en morfologie van slikken in de Westerschelde, rapport en bijlagenrapport

(als pdf op Kennisplein-RWS aanwezig:

<http://kennisplein.intranet.minvenw.nl/documenten/163675>

<http://kennisplein.intranet.minvenw.nl/documenten/187239>)

De rapporten zijn:

Deel 1, tekst

Deel 2, figuren; een beschrijving hoe deze zijn gemaakt

Deel 3 samenvoegen meetgegevens per locatie

Vergelijking van golphoogte waarnemingen met Capdraad en Drukdoos; Zuidgors, WS

Berekening van golfparameters uit druksensormetingen; CALC_Hs

Appendix; voorbeeld meetdata + 5 bestanden met alle gemeten data per locatie

Bestanden met opgewerkte data per locatie

Inhoud

1. Inleiding.....	1
2. Leeswijzer	2
3. Meetlocaties.....	3
Meetraaien en meetpunten	
4. Soort meting per meetpunt.....	4
4.1 Inleiding	4
4.2 Waterstandsmetingen	4
4.3 Stroom- snelheid en -richtingmeting	4
4.4 Wind-snelheid en -richtingmeting	4
5. Nivo's van de meetinstrumenten	5
6. Nauwkeurigheid	8
7. Verwijderen van “luchtmetingen”	9
8. Soorten figuren	13
9. Schaling	15
10. Toelichting bij de figuren	16
10.1 Algemeen	16
10.2 Kansverdelingsfunctie van de stroomsnelheid	16
10.3 Golven	18
11. Bijzonderheden	20
11.1 Algemeen	20
11.2 Bath Oost.....	20
11.3 Bath West.....	21
11.4 Waarde Oost.....	22
11.5 Waarde West	22
11.6 Zuidgors Oost.....	23
11.7 Zuidgors West.....	23
11.8 Paulina polder	23
12. Vergelijking van de gemeten golven met een golfvoorspellingsmodel.....	25
13 Bestanden met uitgewerkte meetresultaten	28
Aanvulling op het rapport, Bath-west	29
Literatuur.....	30
Figuren.....	31

1. Inleiding

Door Rijkswaterstaat (RWS), directie Zeeland wordt in samenwerking met het Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ) onderzoek verricht naar de optredende erosie van schorren en slikken in de Westerschelde, zie het RWS,RIKZ werkdocument [lit.5, C.Storm] voor de aanvullende doelen van dit onderzoek.

In dit kader zijn in 1996 een uitgebreid aantal metingen verricht op 7 slik lokaties, gelegen voor schorren in de Westerschelde.

Door RIKZ is aan Koster Engineering de opdracht gegeven de meetgegevens nader uit te werken volgens werkdocument RIKZ/AB-96.841x (opdrachtbon 67961909 dd 09/07/96).

Dit onderzoek maakt deel uit van het zogenaamde MARS project bij RWS en is een eerste fase van een grootschalig onderzoek naar de ontwikkelingen van schorren en slikken in de Westerschelde.

In dit rapport worden de resultaten van de uitgevoerde metingen gepresenteerd.

De begeleidingsgroep heeft van Rijkswaterstaatszijde een wisselende bezetting gehad. Bij het vaststellen van het definitieve rapport was de samenstelling als volgt:

Jaap Consemulder	-	RWS, RIKZ, Middelburg
Kees Storm	-	RWS, directie Zeeland
Guido Krijger	-	RWS, directie Zeeland

Andere betrokkenen bij het onderzoek waren:

Leo Santbergen	-	RWS, directie Zeeland
Paul Sistermans	-	RWS, directie Zeeland
Joska Andorka Gal	-	RWS, RIKZ, Den Haag

De metingen zijn uitgevoerd door de meetdienst van RWS, directie Zeeland, (meet-coördinator: David Louws), en de Meetkundige Dienst.

2. Leeswijzer

Bij dit onderzoek horen de volgende rapporten:

- *(Dit rapport) Stroom- en golfmetingen op slikken gelegen voor schorren in de Westerschelde, Eerste uitwerking van metingen uitgevoerd op de slikken van Bath, Waarde, Zuidgors en Paulina; mei t/m oktober 1996. Project MARS*SSM, Marsh Amelioration along the River Sceldt, Side Specific Monitoring, deel 1: TEKST*

In dit rapport wordt achtergrondinformatie en uitleg gegeven met betrekking tot de uitgevoerde metingen. De verschillende figuursoorten worden toegelicht, gehanteerde definities en schalingen worden uiteengezet. Bijzonderheden en enkele kritische opmerkingen over de metingen treft men hierin aan. Figuren welke horen bij de tekst treft men eveneens in dit deel aan.

- *Idem, deel 2: "FIGUREN"*
In dit deel staan de figuren van de metingen voor alle meetpunten en locaties. Eveneens staan hierin enkele aanvullende tabellen met een overzicht van de uitgevoerde metingen en de beschikbare figuren.
- *Computerprogramma CALC_Hs, Berekening van golfparameters uit druksensor metingen (aangepast voor metingen M.A.R.S. Westerschelde)*

In dit deel wordt de theoretische achtergrond van het computerprogramma CALC_Hs toegelicht. Het programma CALC_Hs berekent de golfparameters uitgaande van drukdoos metingen. De druk respontiecoëfficiënt speelt hierbij een centrale rol

- *Vergelijking van golfhoogte waarnemingen met Capdraad en Drukdoos; Zuidgors, Westerschelde. Kalibratie van de berekende golfhoogte uitgaande van metingen met een drukdoos*

In dit deel wordt een meting toegelicht waarbij simultaan met zowel een drukdoos als met een capacitaire draad metingen zijn uitgevoerd naar oppervlakte uitwijkingen. Er wordt een kalibratieformule afgeleid zodanig dat de golfhoogte berekend met het computerprogramma CALC_Hs, en uitgaande van de drukdoos metingen, zo goed mogelijk overeenkomt met de berekende golfhoogte uitgaande van de capacitaire draad meting.

3.Meetlocaties

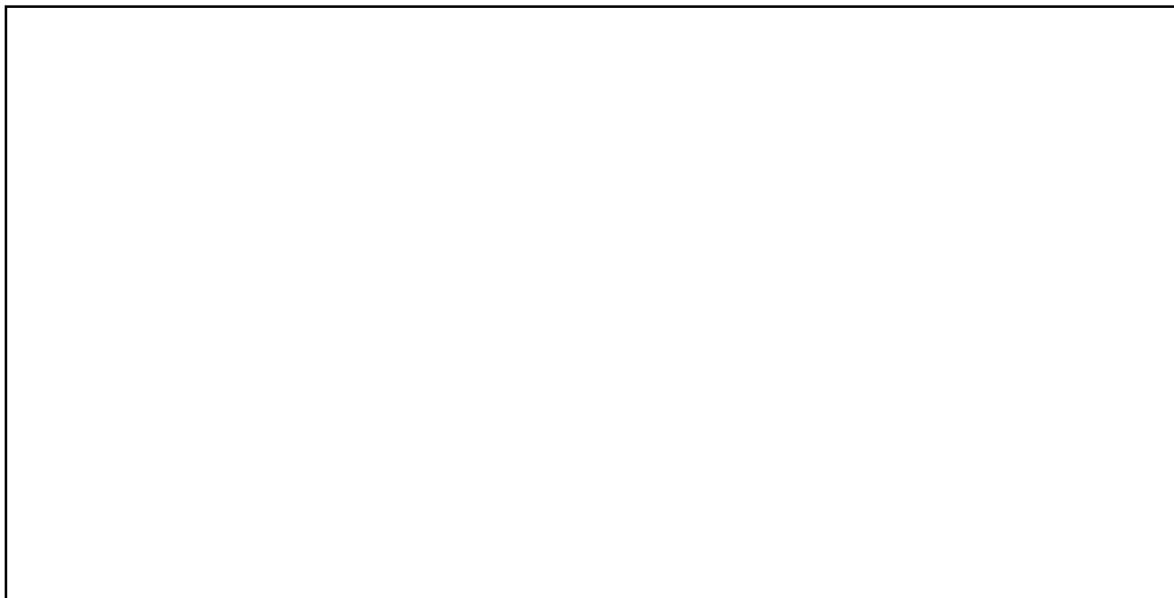
De metingen zijn uitgevoerd op vier slikken in de Westerschelde.

Drie van deze slikken zijn onderverdeeld in deelgebieden, nl: per slik twee meetlocaties. In totaal zijn zeven meetlocaties gekozen.

In tabel 1 hiernaast wordt een overzicht gegeven van de meetlocaties, alsmede van de gerealiseerde meetperioden per locatie.

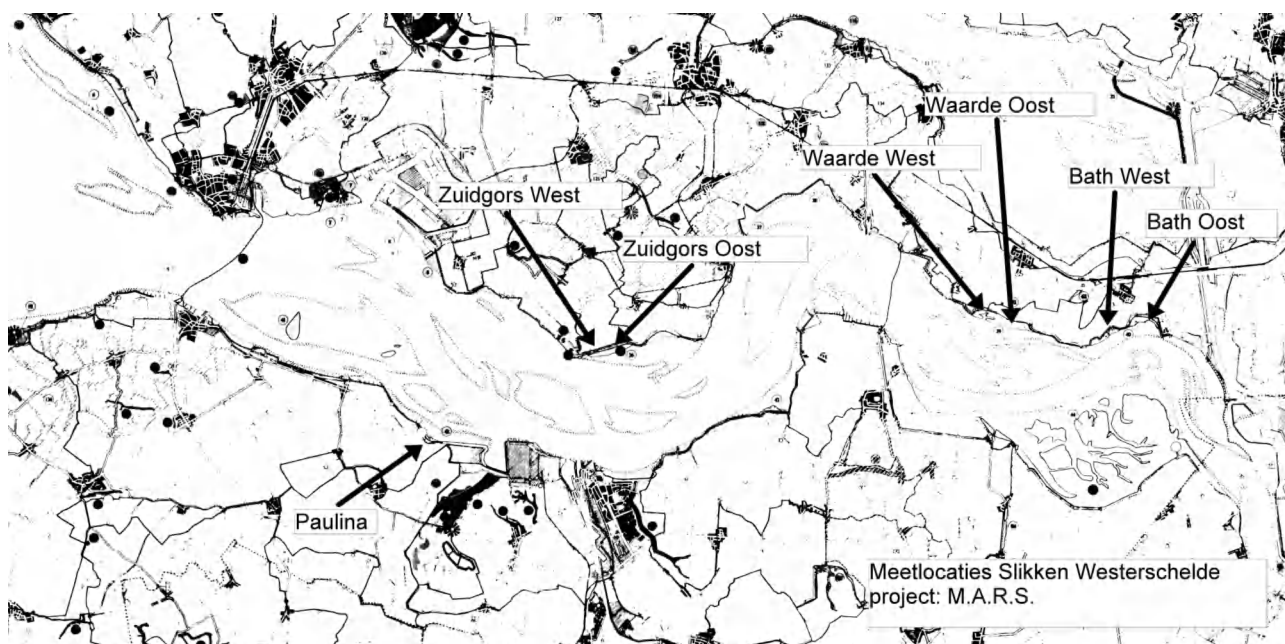
In de figuur hieronder worden de locaties langs de Westerschelde weergegeven.

Locatie	meetperiode
1. Bath Oost	7 mei t/m 20 mei
2. Bath West	10 juni t/m 23 juni
3. Waarde Oost	25 juni t/m 9 juli
4. Waarde West	9 juli t/m 31 juli
5. Zuidgors Oost	9 sep. t/m 23 sep.
6. Zuidgors West	23 sep. t/m 8 okt.
7. Paulinapolder	14 okt. t/m 30 okt.



Meetraaien en meetpunten

Per meetlocatie zijn metingen uitgevoerd langs twee raaien: raai 1 (meetpunt mp1 en mp2) en raai 2 (meetpunt mp3, mp4 en mp5), zie de figuren van het bovenaanzicht in deel 2, "figuren".



4. Soort meting per meetpunt

4.1 Inleiding

Per meetpunt zijn de volgende metingen uitgevoerd:

meetpunt mp1:	stroomsnelheid- en richtingmeting in één punt in de verticaal.
meetpunt mp2:	stroomsnelheid- en richtingmeting in twee punten in de verticaal wind-snelheid en -richting
meetpunt mp3:	stroomsnelheid- en richtingmeting in één punt in de verticaal waterstandsmeting met een druksensor
meetpunt mp4:	stroomsnelheid- en richtingmeting in één punt in de verticaal.
meetpunt mp5:	stroomsnelheid- en richtingmeting in twee punten in de verticaal waterstandsmeting met een druksensor

In het hiernavolgende wordt een samenvatting gegeven van de opzet van de metingen. Dat wil niet zeggen dat de metingen ook zo zijn uitgevoerd. Met name bij de eerste locatie (Bath-Oost) is afgeweken van de standaard omdat nog niet voldoende duidelijk was wat precies de bedoeling was. Maar ook bij latere metingen zijn soms afwijkingen aanwezig ten opzichte van de opzet. De meetlocaties vallen elke getijcyclus droog, hetgeen de metingen een bijzonder karakter geeft.

4.2 Waterstandsmetingen

De druksensor (type P.T.X. 630) is steeds dicht bij de bodem geplaatst. De gemiddelde waterstand werd gemeten over de laatste minuut van elke vijf minuten. Bovendien zijn de waterstandsmetingen elk kwartier continu uitgevoerd gedurende een periode van vijf minuten met een bemonsterings-frequentie van 4 [Hz]. Het doel van deze metingen was de golfkenmerken te bepalen.

4.3 Stroom-snelheid en -richting meting

De gemiddelde stroomsnelheid en richting werd gemeten over de laatste minuut van elke vijf minuten. Eén stroomsnelheidsmeter is dicht bij de bodem geplaatst. Bij meetpunt mp2 en mp5 is een tweede stroomsnelheidsmeter hoger in de verticaal geplaatst.

De gebruikte meetinstrumenten verschillen per meetpunt:

type "Valeport 308"	voor de meetpunten mp1 & mp4
type "EMS of NSW"	voor meetpunt mp2
type "Jena"	voor meetpunt mp3 en mp5

4.4 Wind-snelheid en -richting meting

De gemiddelde wind-snelheid en -richting werd gemeten over de laatste minuut van elke vijf minuten. Het meetinstrument was van het type "Campbel 05103".

5.Nivo's van de meetinstrumenten.

De nivo's van de verschillende meetinstrumenten staan aangegeven in de hierna volgende tabellen 2.1 t/m 2.7. Het gaat hier om de de meetnivo's van de gebruikte stroomsnelheidsmeter en druksensor. De meetnivo's zijn per meetpunt aangegeven in [cm.] boven de bodem en in [cm.] ten opzichte van N.A.P. In de tabellen is eveneens het nivo van het maaiveld aangegeven.

Indien voor het maaiveld twee waarden in de tabellen zijn gegeven, dan zijn verschillende meetpalen gebruikt voor de verschillende soorten metingen, bijvoorbeeld één meetpaal voor de druksensor en één meetpaal voor de stroommeter. Deze meetpalen hebben in dat geval dicht bij elkaar gestaan (ca één meter afstand van elkaar).

De nivo's en/of hoogten van de meetinstrumenten ten opzichte van de bodem zijn afgeleid uit de meetrapporten, aantekeningen, meetverslagen etc, en zijn afgerond op hele [cm.], en op zodanige wijze dat zoveel mogelijk consistentie met andere gegevens (peilingen) wordt bereikt. Om die reden is ervoor gekozen die nivo's en/of hoogten ten opzichte van de bodem te gebruiken uit de meetverslagen welke zo goed mogelijk aansluiten bij de datum van de peiling.

In de tabel staat eveneens de aangenomen vloedrichting in graden ten opzichte van het Noorden, waarvoor later meer. In de tabel is ook aangegeven om welke instrumenten het gaat: Valeport, EMS of Jena.

1. Bath Oost					
Meet-punt	instrument	Vloedrichting in ° tov Noord	maaiveld in cm NAP	afstand boven bodem in cm.	Nivo in cm. t.o.v. NAP
1	V(valeport)	97	+ 102	52	+ 154
2	V1(EMS) V2(EMS)	97	- 114	50 249	- 64 + 135
3	h(drukdoos) V(Jena)	66	+ 172	20 50	+ 192 + 222
4	V(valeport)	66	+ 132	52	+ 184
5	h(drukdoos) V1(Jena) V2(Jena)	66	- 66	7 49 249	- 59 - 17 + 183

Tabel 2.1

NB: de nivo's van de meetinstrumenten voor meetpunt mp3 (Bath Oost) zijn niet te vinden in de meetverslagen. Er is voor gekozen de nivo's aan te nemen overeenkomstig het meetplan.

2. Bath West					
Meet-punt	instrument	Vloedrichting in ° tov Noord	maaiveld in cm NAP	afstand boven bodem in cm.	Nivo in cm. t.o.v. NAP
1	V(valeport)	62	+129	52	+ 181
2	V1(EMS) V2(EMS)	62	- 106	55 255	- 51 +149
3	h(drukdoos) V(Jena)	62	+ 123	11 42	+134 + 165

4	V(valeport)	62	+ 6	56	+ 61
5	h(drukdoos) V1(Jena) V2(Jena)	62	- 103	20 55 255	- 83 - 48 + 152

Tabel 2.2

3. Waarde - Oost					
Meet-punt	instrument	Vloedrichting in ° tov Noord	maaiveld in cm NAP	afstand boven bodem in cm.	Nivo in cm. t.o.v. NAP
1	V(valeport)	87	+ 120	52	+ 172
2	V1(EMS) V2(EMS)	87	- 59	66 266	+ 7 + 207
3	h(drukdoos) V(Jena)	109	+ 192 + 158	10 45	+ 202 + 203
4	V(valeport)	109	- 126	50	- 76
5	h(drukdoos) V1(Jena) V2(Jena)	109	- 119	10 50 253	- 109 - 66 + 134

Tabel 2.3

4. Waarde - West					
Meet-punt	instrument	Vloedrichting in ° tov Noord	maaiveld in cm NAP	afstand boven bodem in cm.	Nivo in cm. t.o.v. NAP
1	V(valeport)	109	- 56	65	+ 9
2	V1(EMS) V2(EMS)	109	- 162	52 252	- 109 + 91
3	h(drukdoos) V(Jena)	111	+ 155 + 140	25 48	+ 180 + 188
4	V(valeport)	111	+ 120	60	+ 180
5	h(drukdoos) V1(Jena) V2(Jena)	111	- 109	27 57 257	- 82 - 52 + 148

Tabel 2.4

5. Zuigors Oost					
Meet-punt	instrument	Vloedrichting in ° tov Noord	maaiveld in cm NAP	afstand boven bodem in cm.	Nivo in cm. t.o.v. NAP
1	V(valeport)	60	+ 83	53	+ 136
2	V1(EMS) V2(EMS)	60	- 107	52 252	- 55 + 145
3	h(drukdoos) V(Jena)	75	+ 164	10 16	+ 174 + 180
4	V(valeport)	75	+ 85	54	+ 139

5	h(drukdoos) V1(Jena) V2(Jena)	75	- 138	14 60 260	- 124 - 78 + 122
---	-------------------------------------	----	-------	-----------------	------------------------

Tabel 2.5

6. Zuidgors - West					
Meet-punt	instrument	Vloedrichting in ° tov Noord	maaiveld in cm NAP	afstand boven bodem in cm.	Nivo in cm. t.o.v. NAP
1	V(valeport)	89	+ 60	53	+ 113
2	V1(EMS) V2(EMS)	89	- 85	50 250	- 35 + 165
3	h(drukdoos) V(Jena)	95	+ 112	13 12	+ 125 + 124
4	V(valeport)	95	+ 92	10	+ 145
5	h(drukdoos) V1(Jena) V2(Jena)	95	- 113	10 47 247	- 103 - 66 + 134

Tabel 2.6

7. Paulinapolder					
Meet-punt	instrument	Vloedrichting in ° tov Noord	maaiveld in cm NAP	afstand boven bodem in cm.	Nivo in cm. t.o.v. NAP
1	V(valeport)	108	+ 43	55	+ 96
2	V1(EMS) V2(EMS)	108	- 19	50 250	+ 31 + 231
3	h(drukdoos) V(Jena)	120	+ 116	10 10	+ 126 + 126
4	V(valeport)	120	+ 16	54	+ 70
5	h(drukdoos) V1(Jena) V2(Jena)	120	- 65	15 60 260	- 50 - 5 + 195

Tabel 2.7

6. Nauwkeurigheid.

- De hoogte van het slik kan als gevolg van lokale erosie of sedimentatie gedurende de meting fluktuëren. Plaatselijke afwateringsgeulen op het slik kunnen de meetlokatie hebben gepasseerd.
- Het slik zelf bestaat soms uit ongeconsolideerd sediment, waarvan de exacte definitie van het oppervlak “de vaste bodem” niet duidelijk is.
- De sensornivo's zijn bepaald uitgaande van de gemeten (gepeilde) maaiveldhoogten en de sensorhoogten boven de bodem.

In de meetrapporten zijn de gerealiseerde meetnivo's aangegeven. Daaruit kan worden afgeleid dat de meetnivo's niet altijd eenduidig zijn. Een steekproef voor bijvoorbeeld de lokatie Zuidgors West levert de volgende genoemde meetnivo's op voor verschillende meetdagen.

	25/09	27/09	29/09	30/09	4/10	resumé	max-min
mp1	55	53	57	57	57	56	4
mp2	57 257	49 249	52 252	48 248	50 250	50 250	11 11
mp3 (p)	11 12	12 13	14 12,5	15 16	16,5 16	14 15	5 4
mp4	54	53	53	53	52	53	2
mp5 (p)	48,5 248,5 15 & 10	47 247 10	45,5 245,5 9	48 248 9,5	45 245 6	47 247 9	3,5 3,5 4 of 11

Tabel 3

- mp - meetpunt
 (p) - druksensor
 resumé - waarden zoals door de meetdienst RWS is afgegeven in een resumé
 max-min - de maximale minus de minimale waarde

Om deze redenen wordt aanbevolen uit te gaan van een nauwkeurigheid van de meet- en maaiveldnivo's van ca. 5 cm. Hierbij is aangenomen dat geen sprake is van een systematische fout.

7. Verwijderen van “luchtmetingen”.

De stroommeters bij meetpunt mp2, mp3 en mp4 worden aangestuurd door een vlotter. Deze signaleert of het meetinstrument een van te voren vastgesteld aantal [cm] onder water staat.

Bij meetpunt mp1 en mp4 zijn echter geen vlotters geïnstalleerd. De stroommeters bij deze meetpunten hebben daarom ook doorgemeten wanneer de instrumenten boven water stonden. Uit vooronderzoek is gebleken dat dit voor de verdere verwerking niet acceptabel is. Deze meetseries moeten worden ontdaan van niet relevante metingen boven water. Daartoe is het noodzakelijk de waterstand ter plekke te kennen, samen met de informatie over het meetnivo ten opzichte van NAP van het betreffende meetinstrument kan worden nagerekend of het instrument boven of onder water heeft gestaan.

De waterstand ter plekke is niet gemeten, maar wel in de meetpunten mp3 en mp5.

De metingen bij meetpunt mp5 verdienen de voorkeur boven die van meetpunt mp3 om de volgende redenen:

- Over het algemeen is deze meetserie betrouwbaarder
- Het waterstands-meetinstrument (een drukmeter) staat bij meetpunt mp5 langer onder water. De bruikbare meetreeks is dus langer

De waterstand bij meetpunt mp5 verschilt van de waterstand bij de meetpunten mp1 en mp4, er is een waterstandsverval over deze meetpunten. Hiermee moet rekening worden gehouden bij het achteraf bepalen of sprake is van droogval van de stroommeters bij de meetpunten mp1 en mp4.

De stroomsnelheidsmetingen zullen onbetrouwbaar zijn wanneer het meetinstrument slechts enkele [cm] onder water staat.

Om bovenstaande redenen moet een marge worden aangenomen op de gemeten waterstand in meetpunt mp5, waarmee wordt bepaald of de stroommeter bij mp1 en mp4 onder water staat. Op basis van “expert judgement” wordt hiervoor aangenomen: een marge van 10 [cm].

De stroommeter bij mp1 en mp4 staat voldoende onder water indien voldaan wordt aan:

$$h(\text{mp5}) > z + 10$$

waarbij:

- | | |
|-----------------|--|
| $h(\text{mp5})$ | - de gemeten waterstand bij meetpunt mp5, in [cm] N.A.P. |
| z | - het nivo van de stroommeter bij meetpunt mp1 resp. mp4, in [cm] N.A.P. |

Bij het uitwerken van de gegevens volgens bovenstaand concept zijn echter enkele problemen voorgekomen.

Het verschil in de gemeten waterstand bij meetpunt mp3 en mp5 is soms ongeloofwaardig groot. Het is de vraag of hier sprake is van een systematische fout, of dat misschien een meetinstrument niet in orde is, een fout gemaakt is bij het bepalen van het nivo van het meetinstrument, etc.

In de figuren 1 t/m 6 is het verloop van het gemeten verval te zien voor de verschillende lokaties.

NB: de schaling van de X as (de tijd) is bij dit deelonderzoek zo groot mogelijk gekozen, en per meetserie verschillend. Dit in tegenstelling tot de figuren welke horen bij de verwerking van de meetresultaten voor alle lokaties, waarvoor een vaste schaal is gekozen (deel 2).

Uit de figuren blijkt dat het verschil in de gemeten waterstand in de tijd gezien niet konstant is, maar een logisch verloop heeft. Dat geldt voor alle lokaties.

In de tabel hiernaast is het gemeten verval eveneens gegeven.

Lokatie	gemeten verval $h(\text{mp3}) - h(\text{mp5})$ in [cm]
Bath-West	-35 à -50
Waarde-Oost	+16 à +20
Waarde-West	+5 à +12
Zuidgors-Oost	-1 à -18
Zuidgors-West	-2 à -5
Paulina polder	-9 à -3

Het eerste dat opvalt is dat het verval meestal groter is dan de eerder genoemde 10 [cm] marge voor droogval, hetgeen vraagtekens zet bij de gekozen 10 [cm] marge.

Eveneens valt op dat Bath-West afwijkend is ten opzichte van de andere lokaties: het verval is ongeloofwaardig hoog.

De vragen die rijzen zijn:

- welke metingen zijn “goed” en welke zijn “fout”?,
- zijn de metingen bij meetpunt mp5 betrouwbaar?,
- hoe groot kan het verval over de meetpunten globaal zijn?, wat is geloofwaardig?

Teneinde een antwoord op deze vragen te vinden moet er een nieuw gegeven bij.

Rijkswaterstaat beschikt over een computerprogramma dat waterstanden op een willekeurige lokatie kan berekenen uitgaande van gemeten waterstanden bij de standaard waterstandsmeetpalen. De waterstanden worden als het ware geïnterpoleerd.

Opmerking: dit model is niet in staat om ook rekening te houden met droogval. Daarom dient alléén naar de pieken te worden gekeken. Waterstandverschillen als gevolg van driedimensionale effecten worden eveneens niet door het model weergegeven, bijv als gevolg van een stroomneer achter een krib etc.

Voor de lokaties Bath-West, Waarde-Oost en Waarde-West, en voor de meetpunten mp2 en mp5 zijn deze berekeningen door R.W.S. voor de relevante meetperiode uitgevoerd. De resultaten zijn per ASCII bestand aan Koster Engineering geleverd voor verdere verwerking.

Voor alle genoemde lokaties zijn een aantal figuren gemaakt. De lokatie Bath-West wordt als voorbeeld genomen om de figuren toe te lichten.

In de eerste figuur (figuur 7) is weergegeven: de door R.W.S. berekende waterstand in meetpunt mp5.

De tweede figuur (figuur 8) geeft het berekende verval (volgens het programma) tussen de meetpunten mp5 en mp2. Deze lijn is hoekig omdat de berekende waterstanden in eenheden van [cm] zijn gegeven. Een berekend verval kan dus alléén een geheel aantal [cm] zijn. Het berekende verval is maximaal 4 [cm].

In de derde figuur (figuur 9) is de gemeten en de berekende waterstand voor meetpunt mp 5 te zien in één figuur. Er is voor gekozen om de gemeten waterstand weer te geven met een

kleine punt, dit gaf het beste resultaat voor het onderscheidend vermogen.

Teneinde de details wat nader te bekijken wordt een willekeurige uitvergroting van de vorige figuur gemaakt: de vierde figuur (figuur 10)

De gemeten waterstanden in meetpunt mp5 stemmen over het algemeen uitstekend overeen met de berekende waterstanden.

Bath-West: (figuur 7 t/m 10)

- De gemeten waterstandspiek op dag 172 is onbetrouwbaar
- Het berekende verval is maximaal 5 [cm]
- Het verschil tussen gemeten en berekende waterstand bij mp5 is maximaal 5 [cm]

Waarde-Oost: (figuur 11 t/m 14)

- De gemeten waterstandpieken op dag 179 en vlak voor 188 zijn onbetrouwbaar
- Het wordt niet begrepen waarom bij opgaande waterstand metingen ontbreken.
- Het verschil tussen gemeten en berekende waterstand bij mp5 is maximaal 20 [cm]
- Het berekende verval is maximaal 7 [cm]

Waarde-West: (figuur 15 t/m 18)

- Het berekende verval is maximaal 4 [cm]
- Het verschil tussen gemeten en berekende waterstand bij mp5 is maximaal 15 [cm]

Indien ervan wordt uitgegaan dat de resultaten van het computerprogramma de werkelijkheid goed benaderen (hetgeen niet waar hoeft te zijn!), dan zijn enkele voorzichtige konklusies:

- Er zijn geen argumenten aan te dragen waarom de gemeten waterstand bij meetpunt mp5 verworpen zou moeten worden
- De gemeten waterstand in meetpunt mp5 heeft een betrouwbaarheid van ca 15 [cm]
- Het verval tussen meetpunt mp5 en meetpunt mp3 (of mp1 of mp4) heeft maximaal een orde van grootte van ca 5 [cm].
- De twee effecten samen opgeteld geven: $15 + 5 = 20$ [cm]. Op basis van het voorgaande is deze marge van 20 [cm] theoretisch een betere dan de eerder aangenomen 10 [cm] om hiermee de metingen van meetpunt mp1 en mp4 te corrigeren voor opgetreden droogval

Naarmate de marge verder wordt verhoogd zullen steeds meer metingen bij meetpunt mp1 en mp4 worden verworpen. De bruikbare meetduur voor deze meetpunten is al heel kort. Het is daarom verstandig de marge zo krap mogelijk te kiezen, bijvoorbeeld ergens in het midden tussen de 10 en 20 [cm]: 15 [cm]. Het nadeel van zo'n "krappe" marge van 15 [cm] is dat wellicht ten onrechte is aangenomen dat het meetinstrument voldoende water boven zich heeft.

Door de begeidingsgroep is het volgende besloten:

1. In principe de marge van 10 [cm] aanhouden. Koster Engineering kan indien nodig een ruimere marge kiezen.
2. In principe wordt de waterstand gemeten bij meetpunt mp5 als uitgangspunt genomen voor het bepalen of de meetinstrumenten bij meetpunt mp1 en mp4 onder water hebben gestaan. In bijzondere gevallen kan Koster Engineering in plaats van meetpunt mp5 als uitgangspunt het meetpunt mp3 hiervoor nemen. Dit kan voorkomen in geval de waterstand bij meetpunt mp5 niet, of heel kort gemeten is, of anders niet betrouwbaar is.

De meetinstrumenten bij de meetpunten mp2, mp3 en mp5 worden in principe aangestuurd door een vlotter. Koster Engineering heeft bij het vooronderzoek de begeleidingsgroep erop geattendeerd dat deze methodiek niet altijd waterdicht is.

Het kan zijn dat een vlotter niet goed heeft gefunctioneerd, of dat de ingestelde marge niet voldoende was. Het komt wel eens voor dat metingen dicht bij het moment van droogval van het instrument verdachte resultaten geeft. De indruk bestaat dat het hier ook "luchtmetingen"

betreft, ondanks de gehanteerde vlotter.

Koster Engineering heeft voorgesteld de metingen bij de meetpunten mp2, mp3 en mp5 eveneens op te schonen, rekening houdend met een marge.

De begeleidingsgroep heeft echter besloten deze metingen niet op te schonen omdat kostbare gegevens anders misschien ten onrechte zouden worden verwijderd. Het nadeel hiervan is dat zo nu en dan wat uitschieters te zien zijn. Deze zijn handmatig niet te verwijderen.

8. Soorten figuren.

De volgende figuren worden per locatie gepresenteerd:

Algemeen:

1. Een overzicht van de locatie, de twee raaien en de vijf meetpunten .
2. Het dwarsprofiel van raai 1.
3. Het dwarsprofiel van raai 2.
4. De gemiddelde waterstand bij meetpunt mp5 als functie van de tijd.

Opmerking:

De nauwkeurigheid van de gemeten gemiddelde waterstand is afhankelijk van de nauwkeurigheid waarmee het nivo van de drukdoos is bepaald (zie ook tabel 3). Eventuele dichtheidsverschillen veroorzaakt door een fluctuatie in zoutgehalte spelen eveneens een rol, zie het voorbeeld uit [lit. 3]:

Voor de Oosterschelde geldt een maximaal zoutgehalte van 2,4%, ofwel: een soortelijke dichtheid van $\rho = 1024 \text{ [kg/m}^3\text{]}$. Stel dat een druksensor met dit gegeven (als aanname) wordt gekalibreerd, maar dat het werkelijke zoutgehalte bijvoorbeeld 1,0% is, ofwel een soortelijke dichtheid van $\rho = 1010 \text{ [kg/m}^3\text{]}$. Dat geeft een verschil in waarden voor de waterstand h van circa 1,4%. Bij een waterdiepte van bijvoorbeeld 1 meter is dat: 1,4 cm., en bij een waterdiepte van 4 meter is dat: 5,6 [cm].

Een schatting voor de nauwkeurigheid van de berekende gemiddelde waterstand op basis van het voorgaande is: $\pm 10 \text{ [cm]}$.

Stroomsnelheid:

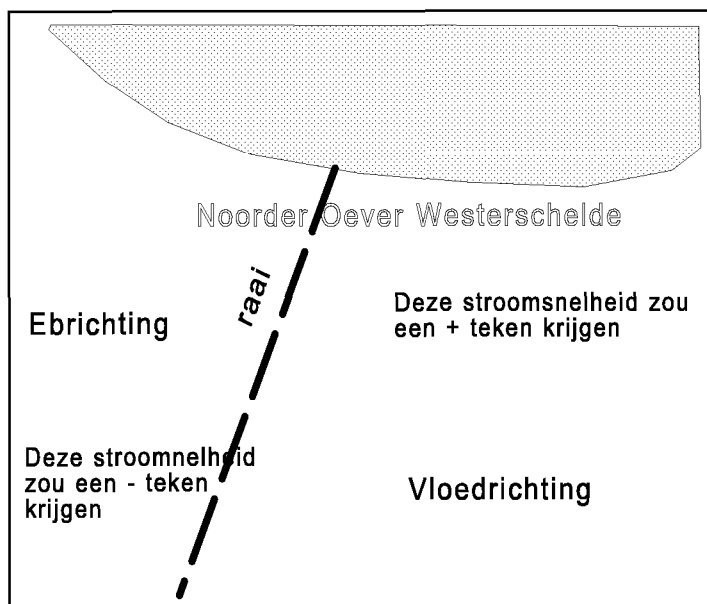
5. De stroomsnelheid als functie van de tijd.

De gemeten stroomsnelheid is altijd een positief getal. Voor de verwerking is gekozen voor de volgende aanpak.

In de figuren van het overzicht per locatie is een lijn getrokken loodrecht op de raai en in de richting de Westerschelde in.

De hoek van deze loodlijn met het Noorden wordt de vloedrichting genoemd en is eveneens in de tabel opgenomen met de nivo's per meetinstrument en locatie.

Indien de gemeten richting valt in het kwadrant van de vloedrichting plus of min 90 graden, dan krijgt de gemeten stroomsnelheid een positief teken en anders een negatief teken. Op deze wijze beschouwd is in de figuren een stroming met een positief teken: een stroming de Westerschelde in, en met een negatief teken: een stroming de Westerschelde uit.



6. De componenten van de stroming als functie van de tijd.

De vectoriële stroomsnelheid wordt ontbonden in:

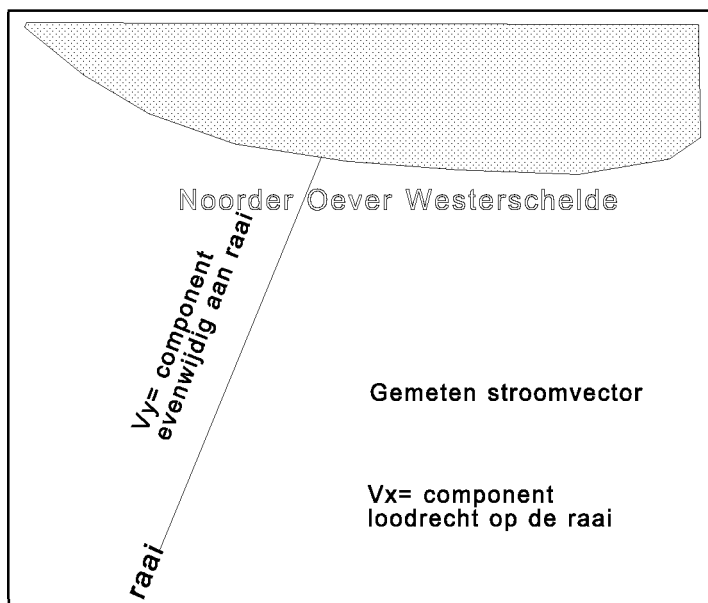
V_x: een component loodrecht op de raai

V_y: een component evenwijdig aan de raai.

De component V_x krijgt een positief teken indien dit een stroming betreft in de positieve vloedrichting

De component V_y krijgt een positief teken indien dit een stroming betreft naar de oever toe.

Beide componenten worden in één figuur weergegeven.



7. De stroomrichting als functie van de stroomsnelheid.

8. De stroomroos

De stroomsnelheid V in [cm/s] en de stroomrichting θ in $[\circ]$ ten opzichte van het Noorden zijn door de meetinstrumenten gemeten. De positieve y as is richting Noord (0°) gedefinieerd, en de positieve x as richting Oost (90°). De stroomsnelheidscomponenten langs deze assen zijn dan respectievelijk:

$$\begin{aligned} V \cdot \cos(\theta) &= \text{stroomsnelheidscomponent richting Noord} \\ V \cdot \sin(\theta) &= \text{stroomsnelheidscomponent richting Oost} \end{aligned}$$

Het resultaat wordt in de figuren weergegeven door één punt. De verbindinglijn tussen de oorsprong (0,0) en de coördinaten van het berekende punt ($V \cdot \sin(\theta)$, $V \cdot \cos(\theta)$) geeft de stroomvector weer.

9. De onderschrijdingskans van de stroomsnelheid

Deze figuursoort wordt in een aparte paragraaf toegelicht.

De figuren 5 t/m 9 worden per meetpunt gegeven, en per meetpunt (indien van toepassing) voor twee punten in de verticaal: eerst het onderste en vervolgens het bovenste meetpunt.

10. Windsnelheid als functie van de tijd

11. Windrichting als functie van de tijd

12 -16 Golfkentallen

De wijze van berekening van de golfkentallen is beschreven in literatuur 3 en 4, welke onderdeel vormt van deze studie.

De volgorde van presentatie is als volgt:

- De figuren worden per locatie gegeven: eerst alle figuren horend bij locatie nr 1, vervolgens locatie nr 2, etc, t/m locatie nr 7.
- Per locatie wordt gedifferentieerd naar meetpunt: eerst meetpunt mp 1, vervolgens meetpunt mp2, etc, t/m meetpunt mp5.

9. Schaling

Er is gekozen voor een vaste schaling. Het voordeel hiervan is dat metingen onderling makkelijk te vergelijken zijn. Het nadeel is dat een lage gemeten waarde haast niet meer te onderscheiden is in de figuur.

Voor de stroomsnelheid is besloten om twee vaste schalen te hanteren: van -250 [cm/s] tot 250 [cm/s] en van -100 [cm/s] tot 100 [cm/s].

Voor de tijdschaal is besloten om de X-as zeven dagen te laten zijn, en wel zodanig dat alle figuren per locatie dezelfde range hebben. De tijdschaal is voor de figuren van de golfkentalen afwijkend.

De figuren van de golf- en windgegevens hebben een zodanige vaste schaling dat de maximaal gemeten waarden voor alle locaties en meetpunten samen nog net binnen de figuur passen.

10. Toelichting bij de figuren

10.1 Algemeen

Bij het lezen van de volgende tekst kan het beste een andere locatie dan Bath-Oost worden gekozen als voorbeeld, omdat deze locatie sterk afwijkend is. De tekst leest het makkelijkste als een andere locatie als voorbeeld wordt genomen (zie de bijlage FIGUREN bij dit rapport)

Zoals gezegd, volgen eerst de door RWS geleverde overzichten van de meetlocaties, de raaien en de meetpunten. Voor de overige figuren geldt het hierna volgende.

In het kader rechtsboven staat de volgende informatie:

- de meetlokatie: Bath Oost, Bath West, Waarde Oost, Waarde West, Zuidgors Oost, Zuidgors West of Paulinapolder
- het meetpunt: mp1, mp2, mp3, mp4 of mp5
- bestand: de naam van het ingelezen bestand met de meetgegevens
- programma: de naam van het computerprogramma dat de figuur heeft geproduceerd.

In het kader rechtsonder staat (indien van toepassing) aanvullende relevante informatie, zoals: het nivo van het meetinstrument, het maaiveldnivo, nader uitleg, etc

De tijd wordt op de X-as uitgedrukt in het dagnummer gerekend vanaf 1 januari. In de appendix "Dagnummers" wordt een tabel gepresenteerd voor de omzetting naar de werkelijke datum.

De waterstand wordt uitgedrukt in [cm] NAP

De stroomsnelheid wordt uitgedrukt in [cm/s]

Voor de meeste figuren is gekozen om de meetpunten af te beelden als puntjes. Dit geeft de meest leesbare figuren. Het feit dat de meeste instrumenten een periode van droogval kennen maakte de figuren met doorgetrokken lijnen slecht te interpreteren.

De figuren spreken voor zich. In het hiernavolgende wordt een toelichting gegeven op de figuren welke een nadere toelichting behoeven.

10.2 Kansverdelingsfunctie van de stroomsnelheid

In dit soort figuren is uitgezet: het percentage van de tijd dat de stroomsnelheid kleiner of gelijk is aan de daarbijhorende waarde op de x as.

Er is voor gekozen de definitie van de stroomsnelheid te gebruiken welke hoort bij de figuursoort "Stroomsnelheid als functie van de tijd". Dat is: de stroomsnelheid zoals gemeten, maar voorzien van een plus of min teken, horend bij vloed resp. eb-stroming. Een eb-stroming wordt dus opgeval als: kleiner dan een vloed-stroming. Op deze wijze worden zowel de stroomsnelheid als de richting onderscheiden.

Het getal 100% op de y as stelt voor: de gehele meetperiode welke hoort bij het betreffende meetpunt en de lokatie. Het idee achter de figuur is om de tijd dimensieloos te interpreteren: 100% mag dan evenwel voorstellen: een periode van één maand of één jaar, etc. Het resultaat van de meting wordt dan representatief geacht voor een willekeurig tijdsinterval. Bij kortere tijden dan één springtijcyclus moet echter rekening worden gehouden met een afwijking ten opzichte van deze grafiek.

Er zijn enkele complicerende factoren bij de berekeningen:

- a. Het meetinstrument heeft niet goed gefunctioneerd: hetzij géén meting ofwel een onbe-

trouwbaar meting, of het meetinstrument is gedurende een bepaald tijdsinterval uitgevallen (niet gemeten).

- b. Sommige meetinstrumenten zijn voorzien van een vlotter welke het meetinstrument automatisch aan- of uitzet. Tijdens droogval kan er dus zijn doorgemeten of niet.

Voor alle duidelijkheid wordt hier toegelicht hoe de berekeningen zijn uitgevoerd.

Stel:

- Δt = Het representatieve tijdsinterval per afzonderlijke meting. Voor de meeste metingen is dit: 5 minuten, en voor andere is dit: 10 minuten.
 T = De totale meetduur van de meting voor de betreffende lokatie en meetpunt. Dat is gelijk het verschil tussen einde en begintijd van de meetsessie.
 a = Een gekozen waarde voor de stroomsnelheid v
 N_a = Het aantal keer dat de gemeten stroomsnelheid kleiner of gelijk is aan a

De kans dat stroomsnelheid kleiner of gelijk is aan de waarde a wordt nu berekend uit:

$$Pr (v < a) = \frac{N_a \cdot \Delta t}{T}$$

waarbij geldt dat $Pr(v \leq a)$ een getal tussen nul en één is.

Het percentage van de tijd dat stroomsnelheid kleiner of gelijk is aan de waarde a is dan:

$$\text{Tijds\%} = 100 \times Pr(v < a)$$

Dit percentage wordt uitgezet op de Y-as van de figuren.

Niet gemeten stroomsnelheden, zoals tijdens droogval wanneer sommige instrumenten door de vlotter zijn uitgeschakeld, worden niet meegeteld. Alléén in het geval dat continu is gemeten (géén gaten in de meting, geen uitval van meetinstrumenten, of: doormeten tijdens

$$T = N \cdot \Delta t$$

droogval met resultaat nul), dan zou gelden:
 waarbij:

N = het totale aantal metingen tijdens de gehele meetsessie

$$Pr (v < a) = \frac{N_a \cdot \Delta t}{T} = \frac{N_a \cdot \Delta t}{N \cdot \Delta t} = \frac{N_a}{N}$$

en:

N_a zal in dat geval maximaal gelijk zijn aan N . Bijgevolg zal $Pr_{\max}(v \leq a)$ maximaal één zijn.

Doordat echter metingen ontbreken, zal gelden: $N_a \cdot \Delta t \leq T$, en dus: $Pr_{\max}(v \leq a) \leq 1$

De maximale waarde van $Pr(v \leq a)$ zal (op deze wijze) per meetserie verschillen. Bovendien zal in de ene meetserie droogval wel zijn inbegrepen (meetinstrumenten die hebben doorgemeten) en in de andere niet.

$100 \times Pr(v \leq a)$ stelt op deze wijze voor: een percentage van de tijd dat er daadwerkelijk werd gemeten. Dit is geen uniforme maat voor alle meetseries en in strijd met het uitgangspunt dat

het moet voorstellen: een percentage van de tijd.

Om die reden is het noodzakelijk de waarden voor $Pr(v \leq a)$ te corrigeren. Daartoe is het noodzakelijk een aanname te doen met betrekking tot de waarde van de stroomsnelheid in tijden dat er niet of foutief is gemeten. Hiervoor wordt de waarde nul gekozen.

De correctie op de eerder berekende waarden voor $Pr(v \leq a)$ gaat als volgt.

Per definitie geldt dat de meetduur (de tijd) gelijk is aan de som van tijd dat er wel en niet

$$I = Pr_{\max} + Pr_0, \text{ en dus : } Pr_0 = I - Pr_{\max}$$

werd gemeten, en dus geldt:
waarbij:

Pr_0 = het deel van de tijd (een getal tussen nul en één) dat er niet werd gemeten, en waarvoor wordt aangenomen dat de stroomsnelheid gelijk aan nul is.

Voor waarden van $a > 0$ moet de eerder berekende waarde $Pr(v \leq a)$ met de gevonden waarde van Pr_0 worden vermeerderd. De op deze wijze gekorrigeerde waarde voor $Pr(v \leq a)$ zal een waarde $Pr_{\max}=1$ opleveren en is uniform interpreteerbaar.

Opmerking: *Bij de interpretatie moet voorts worden bedacht dat de waarde nul niet hetzelfde betekent als "droogval". Immers nul betekent dat het meetinstrument niet heeft gemeten. De vlotter zet het meetinstrument uit of aan bij een bepaalde waterstand, waarbij nog water boven maaiveld aanwezig is. Het meetinstrument is immers hoger dan de maaiveldhoogte gelegen. Eigenlijk is een correctere omschrijving van $Pr(v \leq a)$ de volgende: het deel van de tijd dat de stroomsnelheid kleiner of gelijk is aan de waarde a, waarbij bovendien als nevenvoorwaarde geldt dat de waterstand boven een bepaald minimaal niveau ligt.*

In de figuren zal bij de waarde $a=0$ een sprong in de waarde voor $Pr(v \leq a)$ te zien zijn. Het verschil in waarden voor $Pr(v \leq a)$ bij de waarde $a=0$ is een benadering voor het deel van de tijd dat droogval plaatsvindt (zie opmerking hiervoor).

10.3 Golven

De figuren van de uitwerking van de golfkengetallen worden gezamenlijk gepresenteerd. De volgende figuren worden per locatie en per meetpunt gegeven:

- $H_{\max}(t)$ - De maximale golfhoogte als functie van de tijd
- $H_s(t)$ - De significante golfhoogte als functie van de tijd
- $T_z(t)$ - De zero upcrossing golfperiode
- H_s vs T_z - H_s versus T_z
- $H_{\max}$ vs H_s - $H_{\max}$ versus H_s
- $H_{\max} / H_s$ - ($H_{\max}$ gedeeld door H_s) als functie van de tijd

De vaste schaling is zodanig gekozen dat alle metingen (locaties en meetpunten) onderling gemakkelijk te vergelijken zijn.

Opmerkingen:

- De figuren hebben tot doel inzicht te krijgen in het golfbeeld en de gemaakte berekeningen te controleren op consistentie en verdachte resultaten.
- De figuren met $H_{\max}$ en vooral $H_{\max}/H_s$ kunnen behulpzaam zijn om scheepsgolven, of andere bijzondere omstandigheden te signaleren.
- Enkele sporadische metingen komen niet voor in de figuren. Voor Waarde-Oost en Zuidgors West zijn nl

enkele onwaarschijnlijk hoge golven berekend van 1 tot 3 meter en zelfs hoger. De oorzaak hiervan is momenteel niet voldoende onderzocht. Het blijkt dat de meetgegevens van de drukdoos tijdens één meetserie van vijf minuten opeens verspringt van een waterhoogte van bijvoorbeeld 150 [cm] naar 400 [cm] waterkolom boven de drukdoos, hetgeen onwaarschijnlijk is. Gekozen is voor een pragmatische oplossing. De verwerkingsprogrammatuur is hiervoor als volgt aangepast: indien tijdens één meetserie van vijf minuten de gemeten waterkolom boven de drukdoos opeens een sprong maakt van 50 [cm] of meer, dan wordt de meetserie verworpen. In de uitvoertabel staat dan voor de golfperiode het getal -2. De verworpen series komen uiteraard niet voor in de figuren.

11 Bijzonderheden

11.1 Algemeen

1. Het kan voorkomen dat gemeten waarden zeer gering of nul zijn. Toch is besloten de figuren in dat geval te presenteren. De meetgegevens worden alléén dan niet gepresenteerd indien de metingen mislukt zijn of niet betrouwbaar zijn bevonden.
In deel 2 "Figuren", wordt een tabel gepresenteerd waarin een overzicht is opgenomen of een soort meting voor de hele meetduur mislukt of niet betrouwbaar is bevonden.
2. De tijdstippen van de metingen komen vaak niet overeen met een afgeronde eenheid van 5 minuten (bijvoorbeeld 13:32 uur in plaats van 13:30 uur), hier dient rekening mee te worden gehouden bij een eventuele nabewerking van de gegevens.
3. Door de begeleidingsgroep is besloten de stroomsnelheidsmetingen voor meetpunt mp2, mp3 en mp5 niet te corrigeren voor droogval van de meetinstrumenten, immers deze horen door de vlotter aangestuurd te worden. De vlotter heeft echter waarschijnlijk niet altijd goed gewerkt. Daarom is het niet uitgesloten dat er ook "luchtmetingen" tussen de metingen zitten. Uitschieters in de figuren kunnen vaak hiermee verklaard worden.
4. Uit het meetverslag blijkt dat voor de locatie Paulinapolder de bodem bij meetpunt mp5 gedurende de meting 3 à 7 cm. omhoog is gekomen. Voor meetpunt mp 2 is dat ca. 2 cm. en voor de andere meetpunten ca. 1 cm. of minder. Voor andere meetlocaties is dit niet verder onderzocht of het is niet voldoende bekend. Dit geeft de betrekkelijkheid weer van de gehanteerde nivo's van de meetinstrumenten.

11.2 Bath-Oost

Bij de meetlocatie Bath Oost zijn de metingen voor het eerst uitgevoerd. De meting heeft mede gefunctioneerd als oefening voor de metingen bij de overige locaties. Hier worden enkele opmerkingen gemaakt voor zover relevant bij de interpretatie van de metingen en figuren.

- a. De specificaties van de nivo's van de meetinstrumenten bij meetpunt mp2 kunnen niet in de meetverslagen worden gevonden. Er is voor gekozen deze nivo's aan te nemen overeenkomstig het meetplan. In de figuren is de toevoeging "geschat" toegevoegd aan de nivo's.
- b. Meetpunt mp5:
Vanaf dag 124 t/m 130 zijn de metingen van de stroomsnelheid met een afwijkende frequentie ingewonnen, nl 4 minuten continu met 4 [Hz], en bovendien in twee richtingen, elk kwartier. Het format van de bestanden is eveneens zeer afwijkend. De standaard verwerkingsprogrammatuur (ook van bijvoorbeeld de golven) is hierop niet aangepast.
Vanaf dag 131 t/m 139 is wel met de goede formats gewerkt en zijn de metingen overeenkomstig de rest van de meetlocaties. Echter in de bestanden staat dat de gemeten richting nul of anders verdacht is. Om die reden is het niet zinnig de figuren met betrekking tot de stroomsnelheid te presenteren.
- c. Meetpunt mp3:
Voor dag 125 t/m 128 zijn de gegevens afwijkend ingewonnen (zoals hierboven aangegeven bij meetpunt mp5). Voor dag 129 t/m 133 is gewerkt met een fout inwinprogramma, de meetgegevens voor deze periode zijn niet aanwezig. Om deze redenen ontbreken de figuren van meetpunt mp3.
- d. Meetpunt mp2:
Vanaf dag 131 t/m 139 zijn de gegevens uniform zoals bij de andere locaties. De gemeten

snelheden voor het onderste meetpunt zijn echter maximaal 5 [cm/s], terwijl de maximale stroomsnelheden voor het bovenste meetpunt ca. 50 [cm/s] zijn. Op de figuren voor het onderste meetpunt is zo goed als niets te zien, bovendien zijn deze metingen onwaarschijnlijk aangezien boven in de verticaal 50 [cm/s] wordt gemeten. De metingen voor het onderste meetpunt van meetpunt mp2 worden daarom niet gepresenteerd.

Vanaf dag 127 t/m 130 zijn de gegevens afwijkend ingewonnen (zoals hiervoor aangegeven bij meetpunt mp5). Deze gegevens worden daarom niet gepresenteerd.

De metingen van dag 124 zijn geheel afwijkend van alle andere: andere format, andere kentallen in de bestanden, de snelheden moeten nog gecorrigeerd worden met een vermenigvuldigingsfactor, etc. Deze metingen worden daarom niet verder verwerkt en gepresenteerd.

e. Meetpunten mp1 en mp4

Het formaat van de bestanden was afwijkend ten opzichte van wat later standaard is geworden. Met programmatuur zijn deze bestanden aangepast zodat de standaard verwerkingsprogrammatuur de gegevens kan verwerken. Het probleem is echter dat erg veel metingen hebben plaatsgevonden boven water ("luchtmetingen"). Bovendien zijn de waterstanden bij meetpunt mp5 niet beschikbaar om de metingen van mp1 en mp4 te corrigeren voor droogval van de meetinstrumenten. De concept figuren gaven aanvankelijk dan ook een totaal onbruikbaar resultaat. Na enige tryal and error is gebleken dat voor meetpunt mp1 een acceptabel resultaat wordt verkregen indien stroomsnelheden boven de grens waarde van [20 cm/s] worden verworpen. Voor meetpunt mp4 bleek deze grenswaarde te zijn: 50 [cm/s]. De verwerkte metingen bevatten nog steeds enige "luchtmetingen", hetgeen duidelijk te zien is in de figuren (bijvoorbeeld de stroomroos). Het is binnen de beschikbare tijd helaas niet mogelijk gebleken een sluitende methode te vinden voor het verwijderen van de "luchtmetingen".

Opmerking: Uit het bovenstaande blijkt dat vele stroommetingen abusievelijk continu zijn ingewonnen. In dit rapport wordt met deze gegevens niets gedaan. De gegevens vormen echter een unieke set metingen welke uit theoretisch of praktisch oogpunt van belang zijn omdat simultaan zowel de stroomsnelheid in twee richtingen en de waterstand (dus: golven) werd gemeten. De gegevens kunnen gebruikt worden voor onderzoek naar scheepsgolven, het effect hiervan dichtbij de bodem, de drukresponstiecoëfficiënt, lineaire golftheorie etc.

11.3 Bath West

a. Meetpunt mp1 & mp4:

De stroomsnelheid en richting is abusievelijk elke 10 minuten gemeten in plaats van elke 5 minuten. In de figuren wordt dit gemeld. De verwerkingsprogrammatuur is hiervoor aangepast, bijvoorbeeld bij de berekening van de kansverdelingsfunctie van de stroomsnelheid.

b. Meetpunt mp2:

De bovenste stroommeter heeft de hele meetduur waarschijnlijk niet goed gefunctioneerd. De meeste metingen geven een stroomsnelheid van nul of zeer gering, terwijl de stroommeter toch duidelijk onder water staat. Daarom worden de stroomgegevens niet gepresenteerd.

De figuren voor de onderste stroomsnelheidsmeter geven aanleiding tot het plaatsen van enkele kritische opmerkingen:

Het cyclische patroon verandert opeens op dag nr 167. Het lijkt wel of de tijd na dit omslagpunt niet correct is. In de originele RWS bestanden staan overlappende tijden hetgeen niet correct kan zijn. Een vergelijking met de gemeten waterstand bij meetpunt mp5 geeft ook aan dat de meting halverwege dag nr. 167 niet correct kan zijn, de metingen zouden ca. 6 uur voorwaarts in de tijd verschoven moeten worden. Desondanks worden de metingen niet verworpen. Bij een verdere analyse dient hier rekening mee te worden gehouden.

Op dag 173 is een sterke afwijking te zien in de maximale stroomsnelheden. Door de figuur uit te vergroten is te zien dat dit geen “luchtmetingen” betreft. De meting wordt daarom niet verworpen. De oorzaak van deze sterke afwijking is niet verder onderzocht.

11.4 Waarde Oost

a. Meetpunt mp1 & mp4:

Hier gelden dezelfde opmerkingen als onder punt a. bij Bath West.

De standaard bepaling voor droogval van de stroommeteter (hanteren van een het waterstandsverschil criterium van 10 [cm] ten opzichte van meetpunt mp5) leidde voor meetpunt mp4 tot niet aanvaardbare resultaten: te veel “luchtmetingen” werden niet uitgefilterd.

Proberenderwijs is uiteindelijk gekozen voor een criterium van 30 [cm] waterstandsverschil met meetpunt mp5.

b. Meetpunt mp5:

De interpretatie van de figuren welke horen bij de bovenste stroommeter leiden tot de conclusie dat de bovenste stroommeter zeer waarschijnlijk niet goed heeft gefunctioneerd. Vooral de gemeten richtingen zijn niet te rijmen met de verwachting van het stromingsbeeld. Om deze reden worden de metingen verworpen en niet gepresenteerd.

Op de figuur van de gemeten waterstand is te zien dat op dag 185 de vlotter vermoedelijk niet goed heeft gefunctioneerd. Dat is vermoedelijk de verklaring dat in de stroomsnelheidsfiguren op die dag uitschieters te zien zijn. Dit zijn vermoedelijk “luchtmetingen”.

11.5 Waarde West

a. Meetpunt mp1 & mp4:

Hier gelden dezelfde opmerkingen als onder punt a. bij Bath West.

De totale meetduur van de meting is veel groter dan volgens het meetplan. Veel metingen zijn boven water verricht. De waterstand bij meetpunt mp5 is daarentegen slechts een korte duur gemeten. De standaard bepaling voor droogval van de stroommeteter (hanteren van een het waterstandsverschil criterium van 10 [cm] ten opzichte van meetpunt mp5) is dan minder zinvol. Voor meetpunt mp1 en mp4 zijn daarom twee verschillende alternatieven gebruikt:

Meetpunt mp4:

De gemeten waterstand bij meetpunt mp3 is als referentie gebruikt voor het verwijderen van de “luchtmetingen”. Proberenderwijs is uiteindelijk gekozen voor een criterium van 40 [cm] waterstandsverschil met meetpunt mp3. Waarschijnlijk zijn enkele metingen onterecht verworpen, maar elke andere methode leidde tot onaanvaardbare figuren (te veel “luchtmetingen”).

Meetpunt mp1:

De stroommeter lag hier veel lager dan de waterstandsmeter bij meetpunt mp3. De stroommeter staat dus nog geruime tijd onder water terwijl de waterstandsmeter bij meetpunt mp3 al lang droog staat. Het is daarom niet zinnig om meetpunt mp3 als referentie te gebruiken.

Proberenderwijs is voor de volgende oplossing gekozen: metingen verwerpen welke voldoen aan minstens één van de volgende voorwaarden:

- de stroomsnelheid is groter dan 70 [cm/s]
- de absolute waarde van de stroomsnelheid evenwijdig aan de raai is groter dan 20 [cm/s]

Dit heeft geleid tot aanvaardbare figuren. Waarschijnlijk zitten er nog “luchtmetingen” in de overgebleven gegevens.

b. Meetpunt mp2:

De interpretatie van de gegevens van de stroomsnelheidsmetingen voor dag 191 heeft geleid tot de conclusie dat deze gegevens niet te vertrouwen zijn, en zijn daarom verwijderd. Op dag 194 en 198 komen enkele onverklaarbare uitschieters voor. Deze zijn handmatig uit de bestanden verwijderd.

c. Meetpunt mp3:

Een gedeelte van de stroomsnelheidsgegevens op dag 194, 196 t/m 198 en 204 zijn handmatig verwijderd omdat deze sterk afwijkende resultaten te zien gaven.

d. Meetpunt mp5:

Hier gelden dezelfde opmerkingen als onder b. (Waarde Oost). De metingen van de bovenste stroomsnelheidsmeter worden daarom verworpen.

NB: de figuren gaven te zien dat er een stroming van de kust af gericht was, hetgeen in principe wel mogelijk zou zijn indien er een stroomneer gedurende de eb stroming aanwezig zou zijn, dit is niet nader onderzocht.

11.6 Zuidgors Oost

a. Meetpunt MP1:

De bestanden van deze metingen zijn niet door RWS geleverd. Waarschijnlijk zijn de metingen niet uitgevoerd.

b. Meetpunt mp5:

Zie de opmerkingen als onder b. (Waarde Oost). Het is niet duidelijk of de bovenste stroommeter nu wél te vertrouwen is. De figuren geven minder aanleiding dan voorheen om de metingen te verwerpen, daarom worden de metingen gehandhaafd.

11.7 Zuidgors West

Voor enkele bestanden gold dat de tijd abusievelijk verkeerd was ingesteld. De verwerkings-programmatuur is hierop aangepast, voor de betreffende bestanden is een tijdscorrectie uitgevoerd.

a. Meetpunt mp2:

Zie opmerking 3 onder "Bijzonderheden, algemeen"

b. Meetpunt mp4:

De standaard procedure voor het verwijderen van "luchtmetingen" is hier gevolgd. Uit de figuren blijkt dat waarschijnlijk niet alle "luchtmetingen" verworpen zijn.

c. Meetpunt mp5:

Zie de opmerkingen als onder b. (Waarde Oost). Het is niet duidelijk of de bovenste stroommeter nu wél te vertrouwen is. De figuren geven minder aanleiding dan voorheen om de metingen te verwerpen, daarom worden de metingen gehandhaafd.

11.8 Paulina polder

a. Meetpunt mp1:

De standaard bepaling voor droogval van de stroommeter (hanteren van een het waterstandsverschil criterium van 10 [cm] ten opzichte van meetpunt mp5) leidde voor meetpunt mp1 tot niet aanvaardbare resultaten: te veel "luchtmetingen" werden niet uitgefilterd. Probeerenderwijs is uiteindelijk gekozen voor een extra eis: stroomsnelheden hoger dan 45 [cm/s] zijn verworpen.

b. Meetpunt mp5:

Zie de opmerkingen als onder b. (Waarde Oost). Het is niet duidelijk of de bovenste stroommeter nu wél te vertrouwen is. De figuren geven minder aanleiding dan voorheen

om de metingen te verwerpen, daarom worden de metingen gehandhaafd.

12. Vergelijking van de gemeten golven met een golfvoorspellingsmodel

Het golf-opwekkings, -doordringings en -voortplantings mechanisme in de Westerschelde is een complex geheel. Er zijn zeer ondiepe banken, platen, schorren, slikken en anderzijds diepe geulen, de waterdiepte varieert sterk langs een willekeurige lijn. Golven met een langere periode kunnen vanuit de Noordzee doordringen tot in de Westerschelde. Door de geometrie van de oevers en enkele kunstwerken ontstaat golf-diffractie. Door de veranderlijke bodemligging ontstaat golf-refractie. De waterdiepte is sterk wisselend door de getijbeweging. Dicht bij de steilere oevers is de golf vervormd, steiler en wellicht reeds gebroken. Afhankelijk van de mate van energiedissipatie kan een golf ook hoger worden bij een afnemende waterdiepte.

In deze fase van de studie wordt gekozen voor het eenvoudige golfvoorspellingsmodel volgens Bretschneider en conform de T.A.W. leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken, deel 1 - bovenrivierengebied [lit. 6]. Daarbij wordt voorbijgegaan aan voornoemde complexe fenomenen. De doelstelling is: een eerste globale toetsing van de gemeten golven.

In de figuren 19 t/m 24 worden nomogrammen gepresenteerd voor de significante golfhoogte en significante golfperiode berekend volgens het model Bretschneider. Gekozen is voor de volgende drie waterdieptes: 2, 5 en 10 [m]. Voor elk van deze dieptes worden de volgende vier strijklengten gehanteerd: 1000, 2000, 5000 en 10000 [m]. Op de x as van de figuren is de windsnelheid uitgezet op een schaal overeenkomstig de maximale waarden die gemeten zijn: in de range van 4 t/m 8 [m/s].

Aan de hand van deze nomogrammen kan een globale toetsing plaatsvinden van de gemeten golfhoogten en golfperioden.

Een schematisatie tot een waterdiepte van 10 [m] en een strijklengte van 10000 [m] levert naar verwachting de maximaal mogelijke golfcondities op. Deze zijn voor een windsnelheid van 8 [m/s]: een significante golfhoogte H_s van ca. 47 [cm] en een significante golfperiode T_s van ca. 2,6 [s].

Een realistischer scenario is het volgende:

Bij een windrichting min of meer loodrecht op de oever, dwars over de Westerschelde is de strijklengte ongeveer gelijk aan de breedte van de Westerschelde, een schatting is: ca. 5000 [m]. De maximaal gemeten windsnelheden zijn ca. 6 à 7 [m/s], afgerond tot 6,5 [m/s]. De golfcondities volgens Bretschneider bij een waterdiepte van 10 [m] zijn dan: $H_s = 29$ [cm] en $T_s = 2,1$ [s].

Er is gezocht naar opgetreden situaties waarbij toepassing van het golfmodel zinvol is. De volgende criteria zijn daarom gehanteerd:

- De windsnelheid moet meer zijn dan 4 [m/s].
- De windrichting moet 90 tot 270 graden zijn voor alle meetlocaties behalve voor Paulinapolder, waar de windrichting 0 tot 90, of 270 tot 360 graden moet zijn. Deze windrichtingen komen ongeveer overeen met wind naar de oever toe gericht (dus: niet aflandige wind).
- Gekeken wordt enkel naar de golven bij meetpunt mp5, omdat deze hoger blijken te zijn dan bij meetpunt mp3, en omdat hier de waterdiepte groter is.

Het blijkt dat deze situaties zich haast niet hebben voorgedaan gedurende de meetperioden. De windrichting is helaas meestal aflandig geweest, terwijl toch redelijke golven zijn gemeten.

De gemeten “zero up-crossing” golfperiode T_z kan met de theoretische significante golfperiode T_s worden vergeleken door gebruik te maken van een algemeen gehanteerde relatie tussen beide (zie bijv. lit.7):

$$T_s = 1.15 \cdot T_z$$

De volgende “zinnige” toetsgevallen zijn te onderscheiden:

Locatie	Dag	wind-snelheid [m/s]	wind-richting [°]	golf-hoogte H_s in [cm]	golf-periode T_z in [s]	golf-periode T_s in [s]
Waarde Oost	187	6	250	50	3 à 3,5	3,5 à 4
Zuidgors Oost	262	6	75 à 100	47	3 à 3,5	3,5 à 4
Zuidgors West	273	7	230	65	2,9	3,3
Paulina polder	303	7	300	58	3,5	4

De opgetreden golfhoogten zijn een factor 1,6 à 2,2 groter dan de verwachte maximaal mogelijke golfhoogten volgens Bretschneider waarbij uitgegaan is van het “realistische scenario”.

De vraag is vervolgens :

- Is het Bretschneider model wel geldig in de Westerschelde, is het model voldoende goed toegepast (schematisatie tot slechts één bak), zijn de invoervariabelen voor die ene bak voldoende nauwkeurig bepaald (strijk lengte, waterdiepte).
- Zijn de waargenomen golfhoogten en perioden wel goed. Immers het zijn geen waargenomen waarden, doch berekende waarden uitgaande van drukdoosmetingen en een computerprogramma gebaseerd op o.a. de druk resptiecoëfficiënt en een afgeleide kalibratie-formule.

Behalve het gestelde bij de inleiding van deze paragraaf geeft het te denken dat zelfs bij afluiddige wind redelijke golven worden gemeten. Het Bretschneider model slaat de plank dan behoorlijk mis, bijvoorbeeld omdat geen rekening wordt gehouden met refractie.

De waargenomen golfperioden zijn eveneens een orde hoger dan de golfperioden volgens Bretschneider. Bij de berekening van de waargenomen golfperioden spelen de drukresptiecoëfficiënt en de kalibratieformule echter geen rol. De discrepantie kan daarom niet zijn veroorzaakt door de rekenwijze.

Indien de windrichting niet loodrecht op de over staat, maar meer langs de as van de Westerschelde is gericht, dan moet een veel hogere strijk lengte worden genomen, bijvoorbeeld 20 [km]. In de formules van Bretschneider zit als invoervariabele de windsnelheid op een hoogte van 10 [m] boven het wateroppervlak. De metingen zijn echter vlak boven het wateroppervlak gedaan. Stel dat de windsnelheid op 10 [m] hoogte ca. 25% hoger is dan de gemeten windsnelheid. Het resultaat van het Bretschneider model is bij een strijk lengte van 20[km], een windsnelheid van ca 9,5 [m/s] en een waterdiepte van 5 [m]: $H_s = 60$ [cm], hetgeen redelijk overeenkomt met de gemeten golfhoogten. De voorspelde golfperiode is dan: $T_s = 2,8$ [s], hetgeen laag blijft in verhouding met de gemeten golfperiode.

Tenslotte kan men zich afvragen of de gehanteerde kalibratiemodule toegepast mag worden. De omstandigheden bij de ijkmeting waren zodanig dat ook hogere golven zijn gemeten met de capa.draad (tot ca 70 [cm]). In de figuur 6.8 van [lit. 3] is echter te zien dat juist voor de hogere golven de spreiding tussen de gemeten golfhoogte door de capa.draad en de

berekende golfhoogte uitgaande van de drukdoosmeting en met de afgeleide kalibratieformule groot kan zijn.

In de uitvoerbestanden van de golfhoogteberekening staat eveneens de kalibratiecoëfficiënt. Een globale verkenning hiervan leert dat voor de hogere golven een coëfficiënt van 1,3 à 2,0 is gehanteerd. Dit valt wel degelijk onder de “acceptabele waarden”, maar er moet wel worden opgemerkt dat dit aan de hoge kant is vergeleken met resultaten van internationaal onderzoek, zie figuur 6.8 uit [lit.3]. Er bestaat echter geen aanleiding de rekenresultaten te verwerpen.

Conclusie:

- De maximaal gemeten golfhoogten zijn in vergelijking met de resultaten van de indicatieve Bretschneider berekeningen iets aan de hoge kant, maar zeker niet onmogelijk.
- De gemeten golfperioden zijn eveneens hoger dan de voorspelde waarden volgens het Bretschneider model. Het is daarom waarschijnlijk dat het Bretschneider model, zoals toegepast in deze paragraaf, de golfbeweging in de Westerschelde onderschat.
- Er is geen reden tot verwerpen van de resultaten van de berekende golfparameters.

13. Bestanden met uitgewerkte meetresultaten

Bij dit rapport hoort een diskette met bestanden van de uitgewerkte meetgegevens per vijf minuten. Per locatie zijn de bestanden in een corresponderende directory opgenomen. Per meetpunt is een tabel aanwezig. Zie de appendix "Bestanden".

Aanvulling op het rapport “Stroom- en golfmetingen op slikken gelegen voor schorren in de Westerschelde”, april 1997, Koster Engineering i.o.v. RWS, RIKZ & directie Zeeland.

De originele meetgegevens voor de lokatie **Bath West, meetpunt mp2**, blijken een fout in de tijdsaanduiding te bevatten. Zo komen bijvoorbeeld dubbele tijden in de bestanden voor. Deze fout is ontdekt nadat het rapport klaar was.

In overleg met R.W.S. is besloten om de meetgegevens toch te gebruiken, maar nadat een tijdscorrectie heeft plaatsgevonden.

De tijdsaanduiding tot dag nummer 167 is niet gecorrigeerd. Vanaf halverwege dag 167 zijn de tijden zoals voorkomend in de originele bestanden gecorrigeerd met +6.00 uur (en zonodig uiteraard ook het dagnummer). Deze tijdscorrectie heeft plaatsgevonden door kritisch te kijken naar het waterstandsverloop bij meetpunt mp5 en het verloop van de gemeten stroomsnelheden bij meetpunt mp2. Daaruit blijkt dat de tijd ongeveer met 6 uur moet worden verschoven om een consistent beeld te krijgen.

De figuren in de rapporten bevatten de aldus gecorrigeerde meetset.

De bestanden op de geleverde diskette bevatten eveneens de gecorrigeerde meetset.

Een waarschuwing is op zijn plaats dat het hier “op het oog geschatte tijden” betreft.

Literatuur

- 1 Meetplan M.A.R.S, 1996, Westerschelde. The restoration of estuarine habitats in the Westerschelde. R.W.S, meetdienst, nr ZLMD-96.M.006, 20 maart 1996. D. Louws.
- 2 Meetverslagen M.A.R.S. 1996 Westerschelde, Lokaties Paulinapolder, Zuidgors Oost, Zuidgors West, Waarde Oost, Waarde West, Bath Oost, Bath West., RWS, meetdienst Zeeland 1996
- 3 Kalibratie van de golfhoogte berekend uitgaande van metingen met een druksensor. Golfhoogtebepaling met een druksensor, vergelijking met capacitaire draadmeting (metingen MARS, Westerschelde), maart 1997, Koster Engineering
4. Computerprogramma CALC_Hs. Berekening van golfparameters uit druksensormetingen (aangepast voor metingen MARS, Westerschelde), maart 1997, Koster Engineering.
5. RWS-RIKZ werkdokument RIKZ/OS-96.821X, drs C. Storm, 12 juni 1996
6. Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken, deel 1, bovenrivierengebied, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, Staatsuitgeverij - 's Gravenhage, ISBN 90-12-05169 X
7. Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken, deel 2, benedenrivierengebied, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, Staatsuitgeverij - 's Gravenhage, ISBN 90-212-3168-9

FIGUREN

De figuren ontbreken in dit rapport. Hiervoor wordt verwezen naar

S T Pwa, 1998 (Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs b.v Deventer)
Eindverslag waterbeweging en morfologie van slikken in de Westerschelde, rapport en
bijlagenrapport

(als pdf op Kennisplein-RWS aanwezig:

<http://kennisplein.intranet.minvenw.nl/documenten/163675>

<http://kennisplein.intranet.minvenw.nl/documenten/187239>)

*Stroom- en golfmetingen op slikken gelegen
voor schorren in de Westerschelde*

Eerste uitwerking van metingen uitgevoerd op de slikken van Bath,
Waarde, Zuidgors en Paulina; mei t/m oktober 1996.

Project MARS*SSM,
Marsh Amelioration along the River Scheldt, Side Specific Monitoring

deel 2: FIGUREN

april 1997

Lucas van Leydenlaan 3
2102 AZ HEEMSTEDE
tel: 023- 52 89 375

opdrachtgever:

Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee & directie Zeeland

Inhoud:

- Inleiding.....	1
- Volgorde van presentatie.....	1
- Overzicht van de meetlocaties	1
- Gehanteerde codering (figuur nummering)	2
- Toelichting op de tabel en de gehanteerde codering (figuur nummering).....	3
- Overzicht van de aanwezige figuren	3
- Omreken van de datum naar dagnummers.	7

Inleiding

De figuren in dit rapport horen bij het gelijknamige rapport “*deel 1, TEXT*”, waarin commentaar en/of uitleg wordt gegeven bij/van elk soort figuur.

Volgorde van presentatie.

De volgorde van presentatie is achtereenvolgens de locaties (zie figuur):

- Bath Oost
- Bath West
- Waarde Oost
- Waarde West
- Zuidgors Oost
- Zuidgors West
- Paulinapolder

Overzicht van de meetlocaties



Gehanteerde codering (figuur nummering)

Per locatie worden de figuren gepresenteerd met een codering overeenkomstig onderstaande tabel:

Nr	Omschrijving van de figuur	meetpunt nummer				
		mp1	mp2	mp3	mp4	mp5
1	Bovenaanzicht meetraaien	x	x	x	x	x
2	Dwarsprofiel meetraai mp1 & mp2	x	x	-	-	-
3	Dwarsprofiel meetraai mp3, mp4 & mp5	-	-	x	x	x
4	Waterstand vs tijdh(t)	-	-	-	-	x
5	Stroomsnelheid vs tijd..... V(t)	x	-	x	x	-
5o	idem, onderste meetpunt	-	x	-	-	x
5b	idem, bovenste meetpunt	-	x	-	-	x
6	Stroomsnelheidsvectoren vs tijd.....Vx(t)&Vy(t)	x	-	x	x	-
6o	idem, onderste meetpunt	-	x	-	-	x
6b	idem, bovenste meetpunt	-	x	-	-	x
7	Stroomsnelheid vs stroomrichtingV(θ)	x	-	x	x	-
7o	idem, onderste meetpunt	-	x	-	-	x
7b	idem, bovenste meetpunt	-	x	-	-	x
8	Stroomroos	x	-	x	x	-
8o	idem, onderste meetpunt	-	x	-	-	x
8b	idem, bovenste meetpunt	-	x	-	-	x
9	Verdelingsfunctie van de stroomsnelheid . V(%)	x	-	x	x	-
9o	idem, onderste meetpunt	-	x	-	-	x
9b	idem, bovenste meetpunt	-	x	-	-	x
10	Windsnelheid vs tijdUw(t)	-	x	-	-	-
11	Windrichting vs tijd ϕ (t)	-	x	-	-	-
12	Maximale golfhoogte vs tijd Hmax(t)	-	-	x	-	x
13	Significante golfhoogte vs tijd Hs(t)	-	-	x	-	x
14	Golfperiode vs tijdTz(t)	-	-	x	-	x
15	Significante golfhoogte vs golfperiode Hs(Tz)	-	-	x	-	x
16	Maximale vs significante golfhoogte..Hmax(Hs)	-	-	x	-	x
17	Verhouding Hmax/Hs vs (t)	-	-	x	-	x

Toelichting op de tabel en de gehanteerde codering (figuur nummering)

Vanwege de overzichtelijkheid is besloten de locatie niet op te nemen in de codering, deze staat immers al aangegeven in het kader rechts boven elke figuur.

Een figuurnummer bestaat uit twee getallen:

- Het eerste getal geeft het meetpunt nummer aan.
- Het tweede getal geeft het soort figuur aan overeenkomstig de nummering zoals aangegeven in de tabel.

Voorbeeld:

fig nr: 2.5o, betekent: meetpunt nr mp2, stroomsnelheid versus tijd, onderste meetpunt

Door de gehanteerde codering is het eenvoudig alle soorten metingen met elkaar te vergelijken, bijvoorbeeld: alle figuren van de stroomsnelheid versus de tijd hebben als tweede getal het nummer 5, 5o of 5b

Per meetpunt zijn verschillende soorten metingen uitgevoerd, zie het hoofdrapport. De gemeenten parameters, of de toepasselijke figuren zijn met een kruis (x) in de tabel aangegeven.

Een min teken (-) in de tabel geeft aan dat de figuur niet bestaat omdat de betreffende parameter voor dat meetpunt niet is gemeten.

Het kan zijn dat figuren ontbreken, de reden is in dat geval dat de betreffende meting mislukt of niet uitgevoerd is, of de meting is niet betrouwbaar bevonden.

De figuren worden per meetpunt steeds in dezelfde volgorde gegeven, overeenkomstig de nummering van de tabel.

Eén soort figuur bestaat meestal uit meerdere deel-figuren waarbij de tijd op de x as onderling verschilt. Hierdoor zullen bijvoorbeeld meerdere figuren 1.5 bestaan, welke echter achter elkaar worden gegeven..

De meetlocaties zijn onderling gescheiden door een gekleurd tussenblad.

Elke locatie begint met de figuren van het bovenaanzicht en de dwarsprofielen (figuren 1 t/m 3). Daarna volgt de figuur van de waterstand als functie van de tijd (figuur 4), welke representatief wordt geacht voor de locatie en gemeten werd in meetpunt mp5. Deze figuren horen niet specifiek bij één meetpunt, teneinde de logica van de figuurnummering te handhaven worden deze figuren voorafgegaan door het kental nul: fig nr. 0.1 t/m 0.4

Vervolgens volgen alle figuren per meetpunt mp1 t/m mp5.

Overzicht van de aanwezige figuren

In de volgende tabellen is een overzicht opgenomen van de figuur soorten nr 5 t/m 9 met betrekking tot de stroomsnelheid. De betekenis van de tekens in deze tabel is:

- x d.w.z.: deze figuur is aanwezig
- d.w.z.: niet van toepassing
- ⊖ d.w.z.: deze figuur is niet aanwezig, de metingen zijn niet uitgevoerd, mislukt of niet betrouwbaar bevonden.

Nr	BATH OOST Omschrijving van de figuur	meetpunt nummer				
		mp1	mp2	mp3	mp4	mp5
5	Stroomsnelheid vs tijd..... V(t)	x	-	⊗	x	-
5o	idem, onderste meetpunt	-	⊗	-	-	⊗
5b	idem, bovenste meetpunt	-	x	-	-	⊗
6	Stroomsnelheidsvectoren vs tijd..... Vx(t)&Vy(t)	x	-	⊗	x	-
6o	idem, onderste meetpunt	-	⊗	-	-	⊗
6b	idem, bovenste meetpunt	-	x	-	-	⊗
7	Stroomsnelheid vs stroomrichting V(θ)	x	-	⊗	x	-
7o	idem, onderste meetpunt	-	⊗	-	-	⊗
7b	idem, bovenste meetpunt	-	x	-	-	⊗
8	Stroomroos	x	-	⊗	x	-
8o	idem, onderste meetpunt	-	⊗	-	-	⊗
8b	idem, bovenste meetpunt	-	x	-	-	⊗
9	Verdelingsfunctie van de stroomsnelheid V(%)	x	-	⊗	x	-
9o	idem, onderste meetpunt	-	⊗	-	-	⊗
9b	idem, bovenste meetpunt	-	x	-	-	⊗

Nr	BATH WEST Omschrijving van de figuur	meetpunt nummer				
		mp1	mp2	mp3	mp4	mp5
5	Stroomsnelheid vs tijd..... V(t)	x	-	x	x	-
5o	idem, onderste meetpunt	-	x	-	-	x
5b	idem, bovenste meetpunt	-	⊗	-	-	⊗
6	Stroomsnelheidsvectoren vs tijd..... Vx(t)&Vy(t)	x	-	x	x	-
6o	idem, onderste meetpunt	-	x	-	-	x
6b	idem, bovenste meetpunt	-	⊗	-	-	⊗
7	Stroomsnelheid vs stroomrichting V(θ)	x	-	x	x	-
7o	idem, onderste meetpunt	-	x	-	-	x
7b	idem, bovenste meetpunt	-	⊗	-	-	⊗
8	Stroomroos	x	-	x	x	-
8o	idem, onderste meetpunt	-	x	-	-	x
8b	idem, bovenste meetpunt	-	⊗	-	-	⊗
9	Verdelingsfunctie van de stroomsnelheid V(%)	x	-	x	x	-
9o	idem, onderste meetpunt	-	x	-	-	x
9b	idem, bovenste meetpunt	-	⊗	-	-	⊗

Nr	WAARDE OOST Omschrijving van de figuur	meetpunt nummer				
		mp1	mp2	mp3	mp4	mp5
5	Stroomsnelheid vs tijd..... V(t)	x	-	x	x	-
5o	idem, onderste meetpunt	-	x	-	-	x
5b	idem, bovenste meetpunt	-	x	-	-	⊗
6	Stroomsnelheidsvectoren vs tijd..... Vx(t)&Vy(t)	x	-	x	x	-
6o	idem, onderste meetpunt	-	x	-	-	x
6b	idem, bovenste meetpunt	-	x	-	-	⊗
7	Stroomsnelheid vs stroomrichting V(θ)	x	-	x	x	-
7o	idem, onderste meetpunt	-	x	-	-	x
7b	idem, bovenste meetpunt	-	x	-	-	⊗
8	Stroomroos	x	-	x	x	-
8o	idem, onderste meetpunt	-	x	-	-	x
8b	idem, bovenste meetpunt	-	x	-	-	⊗
9	Verdelingsfunctie van de stroomsnelheid V(%)	x	-	x	x	-
9o	idem, onderste meetpunt	-	x	-	-	x
9b	idem, bovenste meetpunt	-	x	-	-	⊗

Nr	WAARDE WEST Omschrijving van de figuur	meetpunt nummer				
		mp1	mp2	mp3	mp4	mp5
5	Stroomsnelheid vs tijd..... V(t)	x	-	x	x	-
5o	idem, onderste meetpunt	-	x	-	-	x
5b	idem, bovenste meetpunt	-	x	-	-	⊗
6	Stroomsnelheidsvectoren vs tijd..... Vx(t)&Vy(t)	x	-	x	x	-
6o	idem, onderste meetpunt	-	x	-	-	x
6b	idem, bovenste meetpunt	-	x	-	-	⊗
7	Stroomsnelheid vs stroomrichting V(θ)	x	-	x	x	-
7o	idem, onderste meetpunt	-	x	-	-	x
7b	idem, bovenste meetpunt	-	x	-	-	⊗
8	Stroomroos	x	-	x	x	-
8o	idem, onderste meetpunt	-	x	-	-	x
8b	idem, bovenste meetpunt	-	x	-	-	⊗
9	Verdelingsfunctie van de stroomsnelheid V(%)	x	-	x	x	-
9o	idem, onderste meetpunt	-	x	-	-	x
9b	idem, bovenste meetpunt	-	x	-	-	⊗

Nr	Zuidgors Oost Omschrijving van de figuur	meetpunt nummer				
		mp1	mp2	mp3	mp4	mp5
5	Stroomsnelheid vs tijd..... V(t)	⊗	-	x	x	-
5o	idem, onderste meetpunt	-	x	-	-	x
5b	idem, bovenste meetpunt	-	x	-	-	x
6	Stroomsnelheidsvectoren vs tijd..... Vx(t)&Vy(t)	⊗	-	x	x	-
6o	idem, onderste meetpunt	-	x	-	-	x
6b	idem, bovenste meetpunt	-	x	-	-	x
7	Stroomsnelheid vs stroomrichting V(θ)	⊗	-	x	x	-
7o	idem, onderste meetpunt	-	x	-	-	x
7b	idem, bovenste meetpunt	-	x	-	-	x
8	Stroomroos	⊗	-	x	x	-
8o	idem, onderste meetpunt	-	x	-	-	x
8b	idem, bovenste meetpunt	-	x	-	-	x
9	Verdelingsfunctie van de stroomsnelheid V(%)	⊗	-	x	x	-
9o	idem, onderste meetpunt	-	x	-	-	x
9b	idem, bovenste meetpunt	-	x	-	-	x

Nr	Zuidgors West Omschrijving van de figuur	meetpunt nummer				
		mp1	mp2	mp3	mp4	mp5
5	Stroomsnelheid vs tijd..... V(t)	x	-	x	x	-
5o	idem, onderste meetpunt	-	x	-	-	x
5b	idem, bovenste meetpunt	-	x	-	-	x
6	Stroomsnelheidsvectoren vs tijd..... Vx(t)&Vy(t)	x	-	x	x	-
6o	idem, onderste meetpunt	-	x	-	-	x
6b	idem, bovenste meetpunt	-	x	-	-	x
7	Stroomsnelheid vs stroomrichting V(θ)	x	-	x	x	-
7o	idem, onderste meetpunt	-	x	-	-	x
7b	idem, bovenste meetpunt	-	x	-	-	x
8	Stroomroos	x	-	x	x	-
8o	idem, onderste meetpunt	-	x	-	-	x
8b	idem, bovenste meetpunt	-	x	-	-	x
9	Verdelingsfunctie van de stroomsnelheid V(%)	x	-	x	x	-
9o	idem, onderste meetpunt	-	x	-	-	x
9b	idem, bovenste meetpunt	-	x	-	-	x

Nr	Paulina polder Omschrijving van de figuur	meetpunt nummer				
		mp1	mp2	mp3	mp4	mp5
5	Stroomsnelheid vs tijd..... $V(t)$	x	-	x	x	-
5o	idem, onderste meetpunt	-	x	-	-	x
5b	idem, bovenste meetpunt	-	x	-	-	x
6	Stroomsnelheidsvectoren vs tijd..... $V_x(t)$ & $V_y(t)$	x	-	x	x	-
6o	idem, onderste meetpunt	-	x	-	-	x
6b	idem, bovenste meetpunt	-	x	-	-	x
7	Stroomsnelheid vs stroomrichting $V(\theta)$	x	-	x	x	-
7o	idem, onderste meetpunt	-	x	-	-	x
7b	idem, bovenste meetpunt	-	x	-	-	x
8	Stroomroos	x	-	x	x	-
8o	idem, onderste meetpunt	-	x	-	-	x
8b	idem, bovenste meetpunt	-	x	-	-	x
9	Verdelingsfunctie van de stroomsnelheid $V(\%)$	x	-	x	x	-
9o	idem, onderste meetpunt	-	x	-	-	x
9b	idem, bovenste meetpunt	-	x	-	-	x

Omrekenen van de datum naar dagnummers.

Per definitie geldt dat 1 januari dagnummer 1 is. De omrekening van andere datums naar dagnummers in het jaar staat in bijgaande tabel. Deze tabel geldt enkel voor schrikkeljaren, zoals 1966.

maand mei											
dag	nr	dag	nr	dag	nr	dag	nr	dag	nr	dag	nr
1	122	6	127	11	132	16	137	21	142	26	147
2	123	7	128	12	133	17	138	22	143	27	148
3	124	8	129	13	134	18	139	23	144	28	149
4	125	9	130	14	135	19	140	24	145	29	150
5	126	10	131	15	136	20	141	25	146	30	151
										31	152

maand juni											
dag	nr	dag	nr	dag	nr	dag	nr	dag	nr	dag	nr
1	153	6	158	11	163	16	168	21	173	26	178
2	154	7	159	12	164	17	169	22	174	27	179
3	155	8	160	13	165	18	170	23	175	28	180
4	156	9	161	14	166	19	171	24	176	29	181
5	157	10	162	15	167	20	172	25	177	30	182

maand juli											
dag	nr	dag	nr	dag	nr	dag	nr	dag	nr	dag	nr
1	183	6	188	11	193	16	198	21	203	26	208
2	184	7	189	12	194	17	199	22	204	27	209
3	185	8	190	13	195	18	200	23	205	28	210
4	186	9	191	14	196	19	201	24	206	29	211
5	187	10	192	15	197	20	202	25	207	30	212
										31	213

maand augustus											
dag	nr	dag	nr	dag	nr	dag	nr	dag	nr	dag	nr
1	214	6	219	11	224	16	229	21	234	26	239
2	215	7	220	12	225	17	230	22	235	27	240
3	216	8	221	13	226	18	231	23	236	28	241
4	217	9	222	14	227	19	232	24	237	29	242
5	218	10	223	15	228	20	233	25	238	30	243

										31	244
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	-----

maand september											
dag	nr	dag	nr	dag	nr	dag	nr	dag	nr	dag	nr
1	245	6	250	11	255	16	260	21	265	26	270
2	246	7	251	12	256	17	261	22	266	27	271
3	247	8	252	13	257	18	262	23	267	28	272
4	248	9	253	14	258	19	263	24	268	29	273
5	249	10	254	15	259	20	264	25	269	30	274

maand oktober											
dag	nr	dag	nr	dag	nr	dag	nr	dag	nr	dag	nr
1	275	6	280	11	285	16	290	21	295	26	300
2	276	7	281	12	286	17	291	22	296	27	301
3	277	8	282	13	287	18	292	23	297	28	302
4	278	9	283	14	288	19	293	24	298	29	303
5	279	10	1284	15	289	20	294	25	299	30	304
										31	305

maand november											
dag	nr	dag	nr	dag	nr	dag	nr	dag	nr	dag	nr
1	306	6	311	11	316	16	321	21	326	26	331
2	307	7	312	12	317	17	322	22	327	27	332
3	308	8	313	13	318	18	323	23	328	28	333
4	309	9	314	14	319	19	324	24	329	29	334
5	310	10	315	15	320	20	325	25	330	30	335

maand december											
dag	nr	dag	nr	dag	nr	dag	nr	dag	nr	dag	nr
1	336	6	341	11	346	16	351	21	356	26	361
2	337	7	342	12	347	17	352	22	357	27	362
3	338	8	343	13	348	18	353	23	358	28	363
4	339	9	344	14	349	19	354	24	359	29	364
5	340	10	345	15	350	20	355	25	360	30	365
										31	366

*Stroom- en golfmetingen op slikken gelegen
voor schorren in de Westerschelde*

Eerste uitwerking van metingen uitgevoerd op de slikken van Bath,
Waarde, Zuidgors en Paulina; mei t/m oktober 1996.

Project MARS*SSM,
Marsh Amelioration along the River Sceldt, Side Specific Monitoring

deel 3: Samenvoegen meetgegevens per locatie

mei 1997

Lucas van Leydenlaan 3
2102 AZ HEEMSTEDE
tel: 023- 52 89 375

opdrachtgever:

Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee & directie Zeeland

Inleiding.

Rijkswaterstaat heeft aan Koster Engineering middels opdrachtbon 67970757, d.d 14/03/97, opdracht gegeven voor het presenteren van een algemeen overzicht van de uitgevoerde metingen in de Westerschelde (M.A.R.S. project).

Van zeven meetlocaties zijn per meetlocatie vijf meetpunten aanwezig. Voor elk van deze meetpunten is een verschillend soort metingen uitgevoerd: waterstand of/en stroomsnelheid of/en stroomrichting of/en windsnelheid en richting of/en uitgebreide waterstandsmeting t.b.v. golfberekening etc. Een uitgebreide specificatie is aangegeven in het gelijknamige rapport:

“Stroom- en golfmetingen op slikken gelegen voor schorren in de Westerschelde”,
deel 1: Tekst en deel 2: Figuren

De ruwe data en metingen zijn eerder door Koster Engineering verwerkt. Deze uitgewerkte metingen zijn voor elk meetpunt in een apart bestand aanwezig, hetgeen de onderlinge vergelijking moeizaam maakt.

In dit rapport wordt één totale uitvoertabel van de vijf-minuut gemiddelde waarden per meetlocatie gepresenteerd en toegelicht, daarbij zijn de resultaten van de verschillende meetpunten geïntegreerd.

In een volgende fase van de M.A.R.S. studie is het van belang de resultaten van verschillende meetpunten met elkaar te vergelijken. De onderlinge vergelijking gebeurt het meest efficiënt door gebruik te maken van de totale tabel per meetlocatie.

Diskette

Bij dit rapport hoort een diskette. Hierop staat het o.a. het bestand LEES.MIJ, dat hier gedeeltelijk wordt gegeven:

Het bestand MARS.EXE is een zelf uitpakkend programma en bevat de bestanden

van de (MARS) metingen Westerschelde 1996.

Instructies:

1. Maak een directory aan op de harde schijf, en ga naar die directory, bijvoorbeeld:
 >md metingen
 >cd metingen
2. copieer het programma MARS.EXE op de diskette naar de zojuist gemaakte directory:
 >copy a:mars.exe
3. start het programma MARS met specificatie van de optie -d:
 >mars -d

De bestanden zullen dan worden uitgepakt in sub-directories genaamd:
BATHOOST / BATHWEST / WAAROOST / WAARWEST / ZGOROOST / ZGORWEST / PAULINA

De bestanden nemen ca. 6 Mb schijfruimte in beslag.

In elke sub-directory zal na uitpakken een bestand ALL.DAT aanwezig zijn. Dit ASCII bestand bevat de totale vijf-minuten tabel met de meetgegevens voor alle meetpunten.

Tabel met vijf minuten waarden

Achterin dit rapport is een voorbeeld gegeven van een deel van één van de tabellen.

Hier volgen enkele opmerkingen met betrekking tot de tabel.

1. Kop

De tabel is voorzien van een toelichtende verklarende tekst bovenaan: de naam van het bestand, de gemeten parameters, gehanteerde afkortingen en eenheden. Bovenaan de tabel is een kolomnummer toegevoegd oplopend vanaf kolom nummer 1 t/m 22. De tabel zelf volgt na de regel met het teken #

2. Datum.

De datum is in één getal uitgedrukt, en wel in het formaat: jaar, maand, dag, bijv: 19960527 (dwz: 27 mei 1996).

Deze datumaanduiding verschilt van de datum aanduiding zoals aanwezig in de overige bestanden en in het rapport deel 1 en 2. Daar wordt nl de datum gegeven door middel van een dagnummer. In deel 2 wordt een conversietabel voor de datum gegeven.

3. Tijd.

De tijd is afgerond naar de dichtsbijzijnde tijdseenheid van vijf minuten.

NB: *In de tabel staan enkel tijden waarbij door minstens één van de meetinstrumenten werd gemeten. Indien géén der instrumenten iets heeft gemeten dan zal er een "gat" in de tabel aanwezig zijn.*

4. Formaat

De waarden voor de verschillende parameters zijn afgerond in eenheden welke nog relevant voor het onderzoek en significant zijn.

5. Ontbrekende waarden.

Tijden waarvoor per meetpunt of meetinstrument geen metingen beschikbaar zijn, of waarvoor de verwerkingsprogrammatuur van Koster Engineering bij de voorverwerking heeft gesignaleerd dat de betreffende meting niet betrouwbaar is, wordt in de kolommen aangegeven met een ster (*)

NB: *Het voordeel van een specifiek teken zoals een ster is dat eventuele aansluitende programmatuur hierop kan aansluiten: het teken kan gemakkelijk worden gesignaleerd, juist omdat het géén getal is. Een ander voordeel is dat met de meeste tekstverwerkingsprogrammas met één simpel commando het teken te vervangen is door bijvoorbeeld spaties of de tekens 999 etc.*

In deel 2 worden per locatie tabellen gegeven met een overzicht van de ontbrekende of verworpen metingen, deze worden hier samengevat:

In de tabel hiernaast zijn de stroomsnelheden (V) en stroomrichtingen (R) aan-gegeven welke ontbreken. Zie het hoofdstuk "bijzonderheden" uit deel 1 voor een toelichting.

De index ₁ betekent het onderste meetpunt en de index ₂ het bovenste meetpunt.

Locatie	meetpunt	niet aanwezig
Bath Oost	mp2 mp3 mp5	V ₁ ,R ₁ V,R V ₁ ,R ₁ ,V ₂ ,R ₂
Bath West	mp2 mp5	V ₂ ,R ₂ V ₂ ,R ₂
Waarde Oost	mp5	V ₂ ,R ₂
Waarde West	mp5	V ₂ ,R ₂
Zuidgors Oost	mp1	V,R

Bestand: PAULINA\ALL.DAT

Voor uitwerking basisgegevens: zie het rapport:

Stroom- en golfmetingen op slikken gelegen voor schorren
in de WesterscheldeEerste uitwerking van metingen uitgevoerd op de slikken van
Bath, Waarde, Zuidgors en Paulina; mei t/m oktober 1996.

Project MARS*SSM, Marsh Amelioration along the river Sceldt,

Side Specific Monitoring

deel 1: Tekst, april 1997

deel 3: Samenvoegen meetgegevens per locatie, mei 1997

Koster Engineering, Lucas van Leydenlaan 3, 2102 AZ Heemstede

in opdracht van RWS, RIKZ & directie Zeeland

mp1 t/m mp5= meetpunt mp1 t/m mp5

Datum = de datum in jr/md/dg, bijv: 19960527 is: 27 mei 1996

Tijd = de tijd in uur:minuten, bijv. 13:05 is: 13 uur 5 minuten

de tijd is afgerond op eenheden van 5 minuten

V, V1, V2 = de stroomsnelheid afgerond in [cm/s]

index 1= onderste meetpunt, index 2= bovenste meetpunt

R, R2, R2 = de stroomrichting afgerond in graden t.o.v. het Noorden

index 1= onderste meetpunt, index 2= bovenste meetpunt

Uw = de windsnelheid afgerond in [m/s]

Rw = de windrichting afgerond in graden t.o.v. het Noorden

h = de waterstand afgerond in [cm] t.o.v. N.A.P.

Tz = de zero upcrossing periode in [s]

Hs = de significante golfhoogte in afgerond in [cm]

* = niet gemeten of onbetrouwbaar bevonden

Datum	Tijd	<-mp1->		mp2						mp3					<mp4>		mp5							
		V	R	V1	R1	V2	R2	Uw	Rw	V	R	h	Tz	Hs	V	R	V1	R1	V2	R2	h	Tz	Hs	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
#																								
19961014	13:30	*	*	35	237	0		0	2.3	148	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
19961014	13:35	*	*	42	242	0		0	2.5	140	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
19961014	13:40	*	*	43	239	0		0	2.4	151	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
19961014	13:45	*	*	45	241	0		0	2.3	153	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
19961014	13:50	*	*	49	244	0		0	2.3	140	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
19961014	13:55	*	*	49	244	0		0	2.1	139	8	80	126	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
19961014	14:00	24	156	53	253	0		0	2.3	152	9	312	142	*	*	13	230	25	174	0	0	150	2.3	9
19961014	14:05	24	139	55	252	0		0	2.3	152	11	292	158	*	*	11	230	27	177	0	0	167	*	*
19961014	14:10	26	138	53	255	0		0	2.0	165	15	296	176	*	*	10	230	20	170	0	0	184	*	*
19961014	14:15	26	138	50	253	0		0	2.4	161	14	287	193	2.1	3	9	230	26	184	0	0	200	2.4	9
19961014	14:20	25	138	55	255	0		0	2.3	160	12	285	207	*	*	9	230	24	211	18	237	215	*	*
19961014	14:25	22	137	53	256	0		0	2.0	171	11	280	219	*	*	6	230	24	213	21	238	227	*	*
19961014	14:30	21	136	48	251	0		0	2.4	157	11	271	228	3.3	6	4	230	20	213	14	243	236	3.3	7
19961014	14:35	17	136	46	252	0		0	2.2	157	11	274	236	*	*	4	230	13	211	6	214	245	*	*

19961014 14:40	15	136	38	246	0	0	2.4	162	10	290	241	*	*	3	231	8	221	4	153	250	*	*
19961014 14:45	11	137	36	246	0	0	2.3	164	9	279	246	3.4	10	7	275	3	182	10	73	254	3.5	8
19961014 14:50	8	137	31	245	48	242	2.4	157	10	268	250	*	*	13	306	12	319	12	89	258	*	*
19961014 14:55	5	137	29	234	40	235	1.8	166	8	274	251	*	*	18	314	12	323	14	95	260	*	*
19961014 15:00	0	137	24	239	35	241	2.0	165	6	212	252	4.3	12	21	316	11	280	15	80	260	3.8	8
19961014 15:05	0	137	21	227	32	231	2.5	143	6	182	251	*	*	25	324	9	258	17	74	260	*	*
19961014 15:10	0	141	15	213	24	227	2.5	166	6	212	252	*	*	27	325	6	211	24	66	260	*	*
19961014 15:15	0	146	14	214	21	222	2.0	167	5	200	250	2.8	8	30	325	5	211	31	60	258	3.3	9
19961014 15:20	0	146	11	198	18	220	1.8	163	5	147	248	*	*	33	329	8	131	37	55	256	*	*
19961014 15:25	0	147	12	199	0	0	1.9	161	5	155	246	*	*	33	330	17	55	40	50	254	*	*
19961014 15:30	2	154	9	174	0	0	2.1	159	5	158	244	2.6	11	32	331	32	49	41	45	252	2.9	13
19961014 15:35	0	166	8	183	0	0	2.0	160	5	141	242	*	*	33	329	35	54	50	45	250	*	*
19961014 15:40	0	169	7	169	0	0	1.9	163	6	151	238	*	*	32	327	51	60	65	39	246	*	*
19961014 15:45	1	170	6	143	0	0	2.0	164	6	150	234	2.6	7	33	324	41	97	60	29	242	2.9	12
19961014 15:50	5	170	10	135	0	0	2.1	181	8	275	231	*	*	34	322	19	96	46	37	238	*	*
19961014 15:55	4	172	12	98	0	0	1.5	179	6	163	226	*	*	32	319	17	91	47	39	235	*	*
19961014 16:00	5	182	13	115	0	0	1.4	181	6	149	220	3.7	8	31	320	14	89	45	40	228	3.8	12
19961014 16:05	1	201	17	108	0	0	1.3	170	16	127	217	*	*	31	318	17	65	45	40	225	*	*
19961014 16:10	19	265	19	101	0	0	1.3	175	9	267	211	*	*	29	321	24	64	47	37	220	*	*
19961014 16:15	22	276	19	98	0	0	1.2	178	7	103	205	3.0	8	29	318	33	61	57	36	214	3.4	13
19961014 16:20	23	276	18	104	0	0	1.2	164	8	200	202	*	*	30	317	37	63	60	34	210	*	*
19961014 16:25	22	276	22	94	0	0	1.2	167	6	236	197	*	*	30	319	40	65	47	27	205	*	*
19961014 16:30	26	277	26	91	0	0	1.0	159	6	197	193	3.1	9	31	315	43	66	0	0	202	3.5	24
19961014 16:35	26	277	27	88	0	0	1.2	164	7	142	190	*	*	30	313	44	64	0	0	198	*	*
19961014 16:40	25	278	34	88	0	0	1.1	157	6	166	185	*	*	30	315	43	62	0	0	193	*	*
19961014 16:45	27	280	34	86	0	0	1.2	148	7	262	181	2.4	4	30	315	46	62	0	0	189	3.1	9
19961014 16:50	26	281	39	88	0	0	1.4	150	5	150	175	*	*	31	318	46	62	0	0	183	*	*
19961014 16:55	26	278	36	84	0	0	1.4	148	5	229	171	*	*	30	317	47	60	0	0	178	*	*
19961014 17:00	23	279	38	86	0	0	1.5	151	5	149	165	2.9	4	30	319	45	64	0	0	172	2.7	29
19961014 17:05	20	280	40	81	0	0	1.8	149	5	153	157	*	*	28	319	45	62	0	0	166	*	*
19961014 17:10	19	280	37	85	0	0	1.1	142	6	183	152	*	*	30	320	45	61	0	0	159	*	*
19961014 17:15	19	281	38	83	0	0	0.8	153	5	147	145	*	*	28	321	45	63	0	0	154	2.6	12
19961014 17:20	16	286	34	85	0	0	1.2	126	5	131	139	*	*	28	320	31	57	0	0	147	*	*
19961014 17:25	19	284	31	81	0	0	1.4	137	5	124	133	*	*	28	321	41	58	0	0	141	*	*
19961014 17:30	19	292	36	78	0	0	1.3	133	7	98	126	*	*	29	325	44	57	0	0	134	2.8	16
19961014 17:35	21	293	37	72	0	0	1.4	134	*	*	*	*	*	31	327	38	58	0	0	126	*	*
19961014 17:40	20	299	38	75	0	0	1.7	133	*	*	*	*	*	30	328	38	52	0	0	118	*	*
19961014 17:45	23	302	35	72	0	0	1.8	133	*	*	*	*	*	29	330	41	51	0	0	111	2.3	7
19961014 17:50	*	*	39	74	0	0	1.8	136	*	*	*	*	*	29	333	40	53	0	0	102	*	*
19961014 17:55	*	*	38	69	0	0	1.6	131	*	*	*	*	*	30	334	35	50	0	0	93	*	*
19961014 18:00	*	*	38	69	0	0	1.6	132	*	*	*	*	*	30	337	32	51	0	0	85	2.0	7
19961014 18:05	*	*	35	66	0	0	1.7	136	*	*	*	*	*	*	*	29	50	0	0	76	*	*
19961014 18:10	*	*	34	64	0	0	1.8	132	*	*	*	*	*	*	*	15	78	0	0	65	*	*
19961014 18:15	*	*	33	58	0	0	1.6	131	*	*	*	*	*	*	*	17	51	0	0	57	2.5	7
19961014 18:20	*	*	31	51	0	0	1.6	134	*	*	*	*	*	*	*	14	67	0	0	48	*	*
19961014 18:25	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	7	211	0	0	39	*	*
19961014 18:30	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	7	173	0	0	28	1.8	*
19961014 18:35	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	12	323	0	0	17	*	*
19961014 18:40	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	6	250	0	0	9	*	*
19961015 01:25	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	31	86	0	0	2	*	*

19961015 01:30	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	24	92	0	0	10	2.9	4	
19961015 01:35	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	17	114	0	0	21	*	*	
19961015 01:40	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	18	122	0	0	31	*	*	
19961015 01:45	*	*	31	236	0	0	1.1	134	*	*	*	*	*	*	*	16	150	0	0	43	2.0	4	
19961015 01:50	*	*	37	235	0	0	1.1	135	*	*	*	*	*	*	*	21	165	0	0	57	*	*	
19961015 01:55	*	*	47	237	0	0	1.2	138	*	*	*	*	*	*	*	29	152	0	0	72	*	*	
19961015 02:00	*	*	49	242	0	0	1.0	149	*	*	*	*	*	*	1	320	28	160	0	0	89	3.1	4
19961015 02:05	*	*	50	242	0	0	1.0	153	*	*	*	*	*	*	7	252	27	164	0	0	106	*	*
19961015 02:10	9	218	51	247	0	0	1.0	152	*	*	*	*	*	*	13	242	25	159	0	0	124	*	*
19961015 02:15	16	172	59	249	0	0	0.9	148	5	109	132	*	*	*	12	242	31	159	0	0	141	2.2	9

Vergelijking van golfhoogte waarnemingen met Capdraad en Drukdoos; Zuidgors, Westerschelde

Kalibratie van de berekende golfhoogte
uitgaande van metingen met een drukdoos

april 1997

Lucas van Leydenlaan 3
2102 AZ HEEMSTEDE
tel: 023- 52 89 375

opdrachtgever:

Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee & directie Zeeland

Inhoud

1. Inleiding.....	1
2. Samenvatting en conclusie.....	2
3. Vergelijking van de gemeten gemiddelde waterstanden.....	3
3.1 Meetgegevens druksensor en capa.draad.....	3
3.2 Verschil tussen de vijf minuten waarden van $h(d)$ en $h(c)$	4
3.3 Samenvatting van het onderzoek naar de vijf minuten waarden	7
3.4 Gevolgen ten aanzien van de standaard procedure.....	7
4. Analyse van golfmetingen.....	8
4.1 Inleiding	8
4.2 Golfperiode.....	9
4.3 Verwerking van alle metingen	10
4.4 De correlatiecoëfficiënt L_{cd}	11
4.5 Analyse van de meetresultaten.....	12
5. Kalibratie	13
5.1 Inleiding	13
5.2 Kalibratieformules voor de modelcoëfficiënt.....	14
5.3 Vergelijking met meetresultaten van internationaal onderzoek.....	15
Referentielijst.....	16
Bijlage1: Horikawa onderzoek	
Bijlage2: Golf en waterstand metingen Zuidgors, RWS.....	
Figuren	

1. Inleiding

Door Rijkswaterstaat (RWS), Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ) is bij opdrachtbon 67963149 dd 29/10/96 aan Koster Engineering de opdracht gegeven tot:

- Het vergelijken van de meetgegevens van een druksensor met die van een capacitieve draad (in het vervolg capa.draad genoemd).
- Het opstellen van een omrekeningsmodule waarin uit meetgegevens van druksensoren en waterstanden de werkelijk optredende golfparameters kunnen worden bepaald.

De aanleiding tot dit onderzoek is dat onlangs een groot aantal metingen zijn uitgevoerd voor zeven slik- lokaties in de Westerschelde, in het vervolg de MARS metingen genoemd. Hierbij zijn o.a. druksensoren gebruikt. De intentie bestaat om uit deze metingen de golfparameters te bepalen. De omrekening van de gemeten drukken tot oppervlakte uitwijkingen en daaruit af te leiden golfparameters stuit echter op enkele problemen. De oorzaak van deze problemen ligt o.a. in de zeer specifieke meetomstandigheden die voor slikken gelden:

- een geringe waterdiepte (tot aan droogval toe),
- een lage golfhoogte (slechts enkele [cm] tot enkele [dm]),
- een korte golfperiode (meestal minder dan 3 à 4 [s])

De basis voor dit onderzoek is een door de meetdienst van RWS, Directie Zeeland uitgevoerde meetserie met een druksensor en een capa.draad. Zie de bijlage "Golf en waterstandmetingen Zuidgors", RWS en (ref. 1). De meting is zodanig opgezet dat de omstandigheden grote gelijkenis vertonen met de genoemde MARS metingen.

De omrekeningsmodule zal worden gebruikt voor het bepalen van de golfparameters bij de uitwerking van de MARS metingen Westerschelde (opdracht 67961909 dd 09/07/96 aan Koster Engineering)

In het eerste deel van dit rapport wordt aandacht gegeven aan de vergelijking tussen de gemiddelde waterstanden over elke laatste minuut van iedere vijf minuten, voor beide meetinstrumenten.

In het tweede deel wordt nader ingegaan op de continue vijf minuten registraties, waaruit de golfparameters worden bepaald, en wordt een omrekeningsmodule afgeleid.

Anticiperend op de inhoud van het rapport volgt eerst de samenvatting en conclusie.

2. Samenvatting en conclusie:

Op basis van het verrichte onderzoek worden de volgende aanbevelingen gedaan ten aanzien van de golfverwerking van de MARS metingen:

De door Koster Engineering voorgestelde golfverwerkingsmethode (ref 2.), aangevuld met de in dit rapport afgeleide kalibratie-coëfficiënt kan standaard worden gebruikt voor de verdere verwerking van de MARS meetserie. Het resultaat van het toepassen van deze methode stemt goed overeen met resultaten van internationaal onderzoek.

Wel dient een selectie te worden gemaakt van meetseries op basis van enkele eenvoudige criteria. Deze beperking is noodzakelijk omdat twijfels bestaan ten aanzien van de juistheid (of de interpretatie) van de resultaten van de druksensor.

De aanbevolen criteria zijn: een meetserie verwerpen indien aan minstens één van de volgende voorwaarden wordt voldaan:

- De berekende down-crossing golfperiode (T_z) is minder dan 2 [s].
Toelichting: in dit rapport is uitgegaan van 1,5 [s]. Het criterium is hier bewust aan de lage kant gehouden om zoveel mogelijk metingen te kunnen analyseren. De aanbeveling vanuit de literatuur is dat eigenlijk 3 [s] als minimum waarde aangehouden moet worden. Er blijft dan echter weinig te analyseren over van de MARS metingen
 - De gemeten waterdiepte (D) boven de druk sensor is minder dan 20 [cm]
Toelichting: een lagere waarde hiervoor hanteren houdt in dat golven hoger dan 40 cm veroorzaken dat de druksensor tijdens passeren van de golf tijdelijk boven water uitkomt, hetgeen leidt tot dubieuze resultaten.
- Daarnaast is voor het afleiden van de omrekeningsmodule (de kalibratie) gebruik gemaakt van het volgende criterium: een meetserie wordt verworpen (d.w.z. niet gebruikt voor de kalibratie) indien wordt voldaan aan:
- De berekende significante golfhoogte (H_s) is minder dan 10 [cm].
Toelichting: de geschatte betrouwbaarheid is circa 5 [cm], het meten van lagere golven dan 10 [cm] is niet zinvol meer. De geschatte betrouwbaarheid is een resultaat van de interpretatie van de meetresultaten in combinatie met engineering judgement.

Met de in dit rapport gegeven methode geldt voor golfhoogten tussen de 10 en 50 [cm] een onnauwkeurigheid in de berekende golfhoogten van circa 5 à 10 [cm].

3. Vergelijking van de gemeten gemiddelde waterstanden.

3.1 Meetgegevens druksensor en capa.draad.

De indices w_d en w_c zullen ter verduidelijking worden gebruikt om aan te geven dat het metingen betreft afkomstig van respectievelijk de druksensor en de capa.draad.

Door de meetinstrumenten zijn de volgende gegevens geleverd:

- w_d = de gemeten druk door de druksensor, uitgedrukt in [cm] waterkolom boven de sensor.
 w_c = de gemeten capaciteit door de capa.draad, uitgedrukt in [cm] waterkolom boven de onderzijde van de capa.draad.

In de waarden voor w_d en w_c zit een mogelijke bron van onnauwkeurigheid. De instrumenten meten nl. een druk respectievelijk een capaciteit, welke wordt omgezet in een elektrische spanning, hier verder "signaal" genoemd.

Het afgegeven signaal is evenredig met de waterstand. In het algemeen geldt dat voor meetinstrumenten ijkformules gelden welke bij het instrument dienen te zijn meegeleverd. Elk meetinstrument dient zorgvuldig te worden geijkt. De ijkprocedure voor deze set metingen is Koster Engineering niet bekend.

De ijkformules kunnen niet lineair zijn met de te meten grootte (hier de waterstand). Het is mogelijk dat een instrument dat gekalibreerd werd bij een bepaalde waterstand een geringe afwijking vertoont bij een andere waterstand.

De kalibratie van druksensoren hangt onder andere af van:

- de atmosferische druk
- de soortelijke dichtheid van het water waar gemeten wordt
- de zwaartekrachtsversnelling
- een eventueel aanwezige stuwdruk als gevolg van stroming

De versnelling van de zwaartekracht kan als constante worden aangenomen, maar de atmosferische druk en de soortelijke dichtheid van water kunnen variëren in de tijd.

De atmosferische druk zal vooral van invloed zijn bij voorbijtrekkende hoge of lage drukgebieden.

De soortelijke dichtheid zal vooral een invloed kunnen gaan spelen bij zoet/zout water estuaria, zouttongen, verstoringen door hoge sediment (slib) dichtheid, verschil in soortelijke dichtheid in de verticaal, etc.

Bij een aangenomen hydrostatische drukverdeling geldt:

$$h = \frac{p}{\rho g}$$

waarbij:

- h = de waterstand boven de sensor in [m]
 p = de gemeten druk ten opzichte van de atmosferische druk in [N/m²]
 g = de zwaartekrachtsversnelling in [m/s²]
 ρ = de soortelijke dichtheid van water in [kg/(m.s)]

Een verschil in de soortelijke dichtheid (ρ) van water zal een verschil in de waterstand h boven de sensor tot gevolg hebben. Voorbeeld:

Voor de Oosterschelde geldt een maximaal zoutgehalte van 2,4%, ofwel: een soortelijke dichtheid van $\rho = 1024 \text{ [kg/m}^3\text{]}$. Stel dat een druksensor met dit gegeven (als aanname) wordt gekalibreerd, maar dat het werkelijke zoutgehalte bijvoorbeeld 1,0% is, ofwel een soortelijke dichtheid van $\rho = 1010 \text{ [kg/m}^3\text{]}$. Dat geeft een verschil in waarden voor de waterstand h van circa 1,4%. Bij een waterdiepte van bijvoorbeeld 1 meter is dat: 1,4 cm., en bij een waterdiepte van 4 meter is dat: 5,6 [cm].

Het is daarom van belang een indicatie te krijgen van de fluctuatie in het zoutgehalte ter plekke van de meting.

Het analoge meetsignaal van de druksensor en van de capa.draad wordt met een datalogger omgezet tot een digitaal signaal. Dit gebeurt voor beide instrumenten met een bemonsterings-frequentie van 4 [Hz]. Dit geeft een reeks waarden voor w_d en w_c .

Elke vijf minuten wordt een gemiddelde waarde berekend van w_d en w_c over de voorgaande minuut, hier verder aangeduid met hoofdletters: W_d en W_c .

De aldus gevonden waarden moeten nog worden omgezet naar een waterstand uitgedrukt in [cm] NAP. Daartoe moet rekening worden gehouden met:

P_{nivo} = het nivo in [cm] NAP van de druksensor en

C_{nivo} = nivo van de onderzijde van de capa.draad in [cm] NAP.

Volgens opgave van de meetdienst geldt (zie figuur 1)

$P_{\text{nivo}} = -173,3 \text{ [cm] NAP}$

$C_{\text{nivo}} = -148,3 \text{ [cm] NAP}$

en geldt:

$$h_d = W_d + P_{\text{nivo}}$$

$$h_c = W_c + C_{\text{nivo}}$$

waarbij h_d en h_c de waterstanden zijn, gemeten door respectievelijk de druksensor en de capa.draad, en beide in [cm] ten opzichte van NAP.

Behalve de genoemde vijf minuten waarden, zijn eveneens elke 15 minuten gedurende 5 minuten de gemeten waarden continu geregistreerd, dat wil zeggen: 4 registraties per seconde.

De gegevens zijn per diskettes toegeleverd in de vorm van 30 bestanden. De totale omvang bedraagt: c.a. 47 [Mb]. De gegevens zijn verder geanalyseerd met speciaal daarvoor geschreven software.

3.2 Verschil tussen de vijf minuten waarden van $h(d)$ en $h(c)$

De gemeten waterstanden door de druksensor, h_d , en door de capa.draad, h_c , verschillen van elkaar. Eveneens blijkt dat dit verschil niet constant in de tijd is. In deze paragraaf wordt daar nader op ingegaan.

In figuur 2 is een voorbeeld te zien van gemeten waarden voor h_d en h_c als functie van de tijd. De tijd t geeft in de figuur het tijd nummer in eenheden van vijf minuten aan.

Een eerste probleem (te zien in figuur 2) is dat zowel de druksensor als de capa.draad gedurende een zeker interval niet gemeten hebben. Dat komt vermoedelijk door droogval ter

plekke van de meetpaal. De periode waarover niet gemeten is komt echter niet voor beide instrumenten overeen. Bij de verdere analyse is het van belang alléén uit te gaan van goede metingen, en verdachte of foute metingen te verwerpen. Daarom is ervoor gekozen metingen te verwerpen die voldoen het volgende criterium:

criterium: de gemeten (positieve) waarde voor W_d of W_c is kleiner dan 5 [cm].

Indien hieraan wordt voldaan, dan wordt gesteld:

$$\Delta h = h_d - h_c = 0.$$

Voor de overige metingen wordt het verschil ($h_d - h_c$) berekend.

Het resultaat van het gevonden verschil in waterstand door de druksensor en de capa.draad staat in figuur 3.

In de figuren 2 t/m 11 zijn de voorbeelden te zien van de eerste vijf bestanden, van totaal dertig bestanden.

Het blijkt dat er meer probleemgevallen zijn. Voor al deze gevallen is gesteld dat indien aan een bepaald criterium wordt voldaan dat dan $\Delta h = h_d - h_c$ nul wordt gesteld.

In figuur 4 is te zien dat de druksensor soms onmogelijke waarden geeft: een negatieve waterdiepte. Het gehanteerde criterium is dan ook strenger dan aanvankelijk gesteld:

$$\Delta h = h_d - h_c = 0, \text{ indien } W_d < 5 \text{ [cm] of } W_c < 5 \text{ [cm]}$$

In figuur 8 is te zien dat de capa.draad het “weleens laat afweten”: het is duidelijk dat een afwijkend veel te laag signaal is afgegeven. Dit blijkt meestal systematisch op te treden vlak voor hoogwater. De oorzaak hiervan is niet bekend, en een verklaring zou speculatief zijn. Het meetsignaal is verder normaal van grootte en daarom is het lastig het verwerkingsprogramma te laten weten dat er iets mis is. Daartoe is het volgende criterium bedacht:

Indien een gevonden absolute waarde van het verschil $\Delta h = h_d - h_c$ meer bedraagt dan 10 [cm] van het gevonden verschil van de voorafgaande meting, dan wordt de meting verworpen, en wordt gesteld:

$$\Delta h = h_d - h_c = 0.$$

Dit zelfde criterium wordt ook gehanteerd in andere gevallen (elders in de getijkromme), waarbij bijvoorbeeld de druksensor of de capa.draad wel een signaal geven, maar duidelijk afwijkend is. Het instrument heeft het gewoon om welke reden dan ook niet goed gedaan.

In de figuren is steeds duidelijk te zien wat er aan de hand is, en de daarbij horende waarden voor $\Delta h = h_d - h_c$ geeft in dat gebied keurig nul.

Uit de figuren is te zien dat er een systematiek aanwezig is het verloop van $\Delta h = h_d - h_c$:

Bij geringe waterdiepte is het verschil het grootste, oplopend tot circa 30 [cm]. De waterstand gemeten door de druksensor (h_d) is bij deze lage waterstanden altijd groter dan de waterstand gemeten door de capa.draad (h_c).

Bij zeer hoge waterstanden is het verschil kleiner, variërend van circa 15 [cm] tot nihil. Bij deze hoge waterstanden is de waterstand gemeten door de druksensor, h_d , bijna altijd lager dan de waterstand gemeten door de capa.draad h_c .

Teneinde meer in detail te onderzoeken wat deze systematiek precies is, is de figuur 12 gemaakt. Deze figuur vat alles samen. Hierbij is het verschil $\Delta h = h_d - h_c$ uitgezet als functie van de waterdiepte, waarvoor als maatgevend is gekozen: h_d .

Bij waterstanden hoger dan circa NAP is een duidelijk parabolisch verloop aanwezig tussen Δh en h_d . De spreiding in deze relatie is gering, en is in de orde van grootte van 5 [cm].

Bij waterstanden lager dan circa NAP is deze parabolische relatie niet meer aanwezig, en is bovendien de spreiding veel groter, orde van grootte: 15 [cm].

Het verloop lijkt op een sinus, met veel meer spreiding in het gebied van de lage waterstanden dan in het gebied met de hogere waterstanden.

Eigenlijk zijn er maar twee gebieden waar de waterstanden goed overeenkomen (dat wil zeggen: plus of min 5 [cm]), dat is voor de waterstanden van circa +50 [cm] NAP, en voor +300 [cm] NAP.

De hamvraag is natuurlijk: welke waterstand is goed en welke is fout?

De opzet van dit onderzoek is geweest: kalibratie van de methode om de significante golfhoogte met de gegevens van de druksensor te bepalen. Daartoe is bedacht om druksensor metingen te vergelijken met capa.draad metingen. Hierbij is een uitgangspunt geweest dat deze laatste niet ter discussie staan. De resultaten tonen echter aan dat dit uitgangspunt niet juist hoeft te zijn. De verwachting was immers dat de vijf minuten gemeten gemiddelde waterstand door beide instrumenten gelijk zou zijn. Er blijkt systematisch (onverwacht) iets aan de hand te zijn.

Een verklaring zou waarschijnlijk gegeven kunnen worden indien meer van de meetinstrumenten bekend is. Het is bijvoorbeeld mogelijk dat de gemeten capaciteit bij geringe waterdiepte zo gering is dat het signaal erg opgeblazen moet worden, wat is de nauwkeurigheid van de capacitaire draad bij zeer geringe waterdiepte?

Een tweede aandachtspunt is de kalibratiemethode voor beide instrumenten.

Een derde aandachtspunt is nader stil te staan bij de meetmethode zelf: zijn de gehanteerde meetduur, middelingsperiode, bemonsterings-frequenties optimaal, en leiden deze tot bepaalde onnauwkeurigheden?

Voorbeeld: de middelingsperiode is slechts één minuut. Bij een golfperiode van bijvoorbeeld 3 [s]. betekent dit circa 20 golven, indien toevallig één halve golf als laatste werd gemeten, dan beïnvloedt dit het gemiddelde aanzienlijk.

Tenslotte bestaat mogelijk een theoretische verklaring aan de hand van de beschrijving van het drukveld onder een golf op ondiep water. Er wordt stilzwijgend van uitgegaan dat de

$$\frac{1}{T} \int_{t=0}^T p(t) dt = \rho g h_g$$

middeling in de tijd van de gemeten druk de hydrostatische druk oplevert: waarbij:

t = de tijd

$p(t)$ = de druk ten opzichte van atmosferische druk, als functie van de tijd

T = de meetperiode (hier slechts één minuut)

h_g = de over de meetperiode gemiddelde waterstand

Deze veronderstelling kan onder bepaalde omstandigheden echter “de plank behoorlijk mis-

slaan". Het volgende voorbeeld ter toelichting:

Stel een druksensor wordt geplaatst precies op het nivo van de gemiddelde waterstand, en stel voor het gemak dat dit nivo NAP is, met andere woorden: $h_g=0$. Tijdens het passeren van een golftop zal de druksensor een signaal meten en tijdens het passeren van het golfdal niet. Het tijdsgemiddelde van de druk levert dus een positief getal op. Volgens de middelingsprocedure (en volgens de hierboven gegeven formule) zal h_g dus een positief getal opleveren, en wel groter naarmate de golfhoogte groter is. Er wordt dus een fout gemaakt. Naarmate de druksensor meer onder het wateroppervlak wordt gelegd zal dit effect steeds meer worden afgevlakt. De "fout" is eveneens afhankelijk van de golfhoogte.

De op deze wijze bepaalde gemiddelde waterstand zal dus altijd te hoog zijn, hetgeen mogelijk de altijd hogere waarden van $h(d)$ ten opzichte van $h(c)$ verklaart bij lage waterstanden.

Verder kan de hoge spreiding in de resultaten bij de lage waterstanden (kwalitatief) worden verklaard door de spreiding in de opgetreden golfhoogten en golfperioden bij de lage waterstanden.

Op deze wijze beschouwd zou men kunnen stellen dat op de door de druksensor gemeten waterstand (h_d) een correctiefactor toegepast moet worden:

$$h_w = \alpha \cdot h_d$$

De correctiefactor is voorts een functie van zowel de golfparameters als de ligging van de meetsensor ten opzichte van zowel de bodem als het gemiddeld wateroppervlak, bijvoorbeeld:

$$\alpha = \alpha(H_s, T_s, d, s)$$

Dit komt bekend voor, want dit is net zo iets als de druk-responsiecoëfficiënt (zie ref 2), welke nu juist net onderzocht moest worden.

3.3 Samenvatting van het onderzoek naar de vijf minuten waarden

De gemiddelde waterstand gemeten door de druksensor is bij lage waterstanden gemiddeld circa 5 à 25 [cm] te hoog. Hierbij is aangenomen dat de capa.draad metingen goed zijn. Deze conclusie heeft geen gevolgen voor het vervolgonderzoek, zie de volgende paragraaf "Gevolgen ten aanzien van de standaardprocedure".

Aan de hand van een theoretische beschouwing kan aannemelijk worden gemaakt dat de druksensor wel een hogere waarde moet geven dan de capa.draad.

Het resultaat van dit onderzoek is kritisch ten aanzien van de MARS meetserie. Het gaat daarbij namelijk vooral, maar niet alléén, om geringe waterdieptes gemeten door een druksensor. Afgezien van de methodiek voor de bepaling van de significante golfhoogte, is het de vraag of de gemeten waterstand door de druksensor in die gevallen klopt.

Dit deel van het onderzoek dient enkel ter besluit welke waarde als waterstand genomen moet worden in het tweede deel van dit onderzoek. De reden is dat dit één van de variabelen is in de druk-responsiecoëfficiënt (zie ref. 2), waarmee uiteindelijk de golfhoogte wordt berekend.

3.4 Gevolgen ten aanzien van de standaard procedure

De door Koster Engineering voorgestelde standaard procedure voor de verwerking van zowel

de druksensor metingen als de capa.draad metingen houdt o.a. in dat beide signalen worden ontdaan van hun trend (zie ref. 2). Van beide signalen resteert in dat geval enkel de fluctuatie ten opzichte van een referentiewaarde nul.

Het is daarom van ondergeschikt belang dat een verschil in waterstand wordt geconstateerd door beide meetinstrumenten. Het is echter wél van belang om bij de berekening van de druk-responsiecoëfficiënt bij benadering de juiste waterdiepte (of waterstand) te hanteren.

4. Analyse van golfmetingen

4.1 Inleiding

Ter inleiding van de analyse van de golfmetingen wordt het standaard verwerkingsprogramma van Koster Engineering stap voor stap gevolgd (zie ook ref. 2).

In principe is elk kwartier gedurende een periode van vijf minuten een continue meting uitgevoerd door zowel de druksensor als de capa.draad. De bemonsterings-frequentie was 4 [Hz]. Voor vijf minuten betekent dit 1200 waarden voor h_d en h_c .

In de figuren 13 t/m 18 zijn enkele voorbeelden te zien van de beide signalen als functie van de tijd. Direct vallen enkele zaken op.

- figuur 13: in de trend van het h_d signaal is niets terug te vinden van de verstoring in het h_c signaal (tussen tijd 200 en 400)
- figuur 14: de uitschieters in de pieken en dalen, welke h_c te zien geven, zijn niet terug te vinden in het h_d signaal
- figuur 15: een voorbeeld van een mooi signaal voor zowel h_d als h_c , zonder problemen of bijzondere gevallen, zo zijn er maar weinig in de hele meetserie
- figuur 16: de meeste series vertonen een laag signaal van h_d ten opzichte van h_c , dit voorbeeld laat het omgekeerde zien
- figuur 17: het signaal van h_d vertoont een regelmatige trend, terwijl het signaal van h_c vele verstoringen laat zien op de gemiddelde waterstand
- figuur 18: aan het einde van de registratie wordt door h_c plotseling veel hogere golven gemeten, dit is absoluut niet te zien in de h_d meting

Het is duidelijk dat ervan moet worden uitgegaan dat er problemen te verwachten zijn voor wat betreft de analyse. Nagenoeg elke meetserie is uniek en heeft zo zijn eigen bijzonderheid, uitzonderingsgeval, probleemgeval, etc.

Als eerste voorbeeld wordt hier genomen: de registratie van dag nr 318, eindigend op 18:35 uur

- figuur 19: De eerste stap is het signaal van h_d en h_c te visualiseren. Het h_d signaal is in [cm] waterkolom en het h_c signaal is in [cm]. Het referentie nivo voor beiden ontbreekt echter nog.
- figuur 20: Vervolgens wordt de trendlijn voor h_d berekend. Dit gebeurt met de Moving Average (glijdend gemiddelde) methode. Uit een vooronderzoek (ref 4) is gebleken deze methode voor deze meetseries het beste resultaat geeft. Eveneens werd in ref. 4 een optimale middelingsperiode aanbevolen. Tijdens deze stap wordt eveneens de gemiddelde waterstand h_g berekend als het gemiddelde h_d signaal plus het nivo van de druksensor ten opzichte van NAP.
- figuur 21: De volgende stap is: het h_d signaal te ontdoen van de berekende trend. Op deze wijze resteert enkel de fluctuatie ten opzichte van het glijdend gemiddelde.
- figuur 22: Eerst wordt van het overgebleven signaal de zero up-crossing periode berekend (T_z). Dat gebeurt plat gezegd "recht voor zijn raap", zonder correcties toe

te passen voor allerlei dubieuze gevallen waarbij men zich af kan vragen: wat noem je eigenlijk één golf. De gehanteerde methode is: de meetperiode gedeeld door het aantal getelde golven.

Met T_z als bekende, en ook de gemiddelde waterstand boven de druksensor, en de afstand van de druksensor tot de bodem, volgt nu een iteratieve berekening, waarbij o.a. de golflengte L wordt berekend. Vervolgens wordt de druk-responsiecoëfficiënt berekend, welke als constante wordt aangenomen voor de betreffende vijf minuten meetserie. Zie voor details (ref 2).

Als laatste stap wordt elke registratie met de berekende druk-responsiecoëfficiënt vermenigvuldigd. Dit geeft uiteindelijk een waterstand, waarvan een figuur wordt gemaakt. Dit zijn dus "echt" golven in "echte" [cm].

- figuur 23: Van het laatste signaal (figuur 22) worden vervolgens de golftoppen en dalen geteld. Tussen twee opwaartse nuldoorgangen wordt de golfhoogte berekend uit het verschil tussen de golftop en het golfdal, op dezelfde "recht voor zijn raap" methode als bij de T_z berekening. De golfhoogten worden geturfd, en een histogram wordt berekend. Dit leidt tot een onderschrijdings-frequentielijn voor de golfhoogte, waarvan een figuur wordt gemaakt. $H_{1/3}$ wordt berekend: de golfhoogte welke door 1/3 van het aantal golven wordt overschreden. Van alle golven hoger dan $H_{1/3}$ wordt vervolgens het gemiddelde berekend, dit is per definitie de significante golfhoogte H_s .

- figuur 24: Nu is h_c aan de beurt. Eerst weer de trendlijn in h_c berekenen.

- figuur 25: en vervolgens het signaal ontdoen van de berekende trend. Deze metingen behoeven verder geen correctie met een druk-responsiecoëfficiënt.

- figuur 26: dezelfde stappen worden gebruikt bij de berekening van T_z , $H_{1/3}$, H_s als bij h_d , dit leidt uiteindelijk tot een figuur van de onderschrijdings-frequentie van de golfhoogte. In de figuur worden meteen de resultaten gegeven van zowel de druksensor als de capa.draad. In de figuur worden verder de belangrijkste numerieke resultaten onderaan gegeven.

De laatste figuur geeft als het ware een samenvatting van de hele berekening. In het voorbeeld is meteen te zien dat er sprake is van een systematisch verschil in de golfhoogteverdeling tussen de druksensor en de capa.draad. De onderschrijdings-frequentielijn welke bij de druksensor meting hoort, is verschoven ten opzichte van de lijn welke hoort bij de capa.draad. In dit geval is de resulterende $H_s(d) = 11,0$ [cm], en $H_s(c) = 15,8$ [cm]. De berekende golfhoogte door de druksensor moet dan met een coëfficiënt 1,44 worden vermenigvuldigd om de golfhoogte gemeten door de capa.draad te reproduceren. In de rest van dit rapport wordt deze vermenigvuldigingsfactor nader onderzocht, maar dan voor een heel scala van metingen, nl. alle uitgevoerde metingen.

Een onverwacht resultaat is dat een verschil wordt gevonden in de golfperioden $T_z(d)$ en $T_z(c)$: respectievelijk 3,37 en 2,22 seconden, een verschil van een factor 1,5, hetgeen onwaarschijnlijk groot is, daarom wordt hier eerst nader bij stil gestaan.

4.2 Golfperiode

In de figuren 27 t/m 32 staan de gemeten oppervlakte uitwijkingen van beide signalen in één figuur uitgezet, en uitvergroot in de tijd, voor de hele meetduur. In de figuren is aangegeven waar kenmerkende verschillen optreden. Het lijkt erop dat de druksensor de snelle drukfluctuaties welke door de capa.draad worden gemeten, niet altijd kan volgen. Pieken en dalen worden uitgevlakt, soms worden hele golven door de druksensor volkomen genegeerd. In het signaal van h_c zitten dus meer golven dan in het signaal van h_d .

De vraag komt op of de druksensor mechanisch geschikt is om golven te meten waarvan de periode in de orde van grootte ligt van 3 [s] of minder. In dit kader worden enkele passages uit gevonden literatuur aangehaald:

bron: CIRIA Special Publication 83/CUR Report 154, manual on the use of rock in coastal and shoreline engineering

Although the concept can be used for wave measurements, application is limited to shallow-water waves. This is because with a transducer placed on the seabed, pressure fluctuations with higher frequencies decrease rapidly with increasing water depth. This effect also means that many short period waves are filtered out in the measure process, leading to the measured average wave period, T , being higher than the true value, a noticeable effect when T is less than about 8s. Nevertheless, these devices have proved relatively robust and inexpensive and measure wave heights within an accuracy of 10%. They are therefore worthwhile for use in long-term monitoring of wave conditions at coastal sites.

Bron: Horikawa (zie copie bladzijde)

The response of the pressure wave gage is not fast enough for short period waves due to the characteristics of the hydraulic filter implied by Eq. (6. 2. 2). Therefore it is commonly said that the present type of wave gage cannot be used for waves shorter than about 3 sec. In the strict sense the lower limit of the wave period to be measured depends upon the water depth and the elevation of the pressure gage above the sea bottom.

Gezien deze aanbevelingen, is het de vraag of het uitwerken van de ijkmetingen, maar in bredere zin zelfs de gehele MARS metingen meetset zich leent voor verdere verwerking. Immers de golfperioden zijn nagenoeg allemaal onder de 3 [s].

Het onderzoek in dit rapport is door Koster Engineering gedaan voordat de informatie in het boek van Horikawa werd gevonden. Zoals later zal blijken worden bij de ijkmetingen resultaten gevonden die goed overeenstemmen met de door Horikawa gepubliceerde resultaten, en hierop een aanvulling en uitbreiding zijn.

Tweede voorbeeld

Een tweede voorbeeld wordt gegeven van een volledige meetserie, zie figuren 33 t/m 46. In dit voorbeeld is echter sprake van een behoorlijke golfhoogte. De verschillen in de resultaten tussen de druksensor- en capa.draad metingen zijn kleiner, maar zeker niet te verwaarlozen.

4.3 Verwerking van alle meetseries

In eerste instantie zijn alle beschikbare metingen verwerkt op de wijze zoals hiervoor beschreven. Dit heeft geleid tot een grote hoeveelheid meetpunten waar haast geen enkel verband in leek te zitten. Daarom was het noodzakelijk selectiever te zijn met de meetgegevens: onbruikbare meetseries moeten worden verworpen.

Het probleem schuilt in de data verwerking. De hoeveelheid gegevens is gigantisch en de gegevens handmatig verwijderen of selecteren is uit den boze. Daarom zijn enkele criteria opgesteld welke een automatische verwerking mogelijk maken. Een dergelijke ervaring is eerder ondervonden bij de verwerking van de vijf minuten gemiddelden. Nu is echter de hoeveelheid gegevens vele malen groter. Bovendien is de aard van een verdachte meting vaak niet altijd duidelijk en herkenbaar. Zo is het mogelijk dat slechts over enkele seconden één van de instrumenten niet goed genoeg heeft gefunctioneerd, en het probleem is: hoe weet je dat?.

Na trial en error zijn uiteindelijk de volgende criteria opgesteld.

Een meetserie wordt verworpen indien voldaan wordt aan minstens één van de volgende

voorwaarden:

- De meetserie duurt korter dan 4 minuten.
- Eén van de meetsignalen van de druksensor geeft een waarde kleiner dan nul.
- De berekende momentane druk-responsiecoëfficiënt voor één van de registraties geeft een waarde groter dan een voorafgestelde limietwaarde, waarvoor is gekozen de waarde 10.
- Eén van de meetsignalen van de capa.draad geeft een waarde kleiner dan 0.01.

Deze criteria zijn in het verwerkingsprogramma opgenomen. Alle metingen zijn met het programma doorgerekend. Dit heeft geresulteerd in een uitvoerbestand met de voornaamste resultaten:

D_d, T_d, H_d : de waterdiepte, golfperiode (T_z) en golfhoogte (H_s) volgens de druksensor
 D_c, T_c, H_c : idem volgens de capa.draad

Eveneens staat in dit bestand: de berekende verhouding van D_d / L_d en de grootheid L_{cd} , waarover hieronder meer.

4.4 De correlatiecoëfficiënt L_{cd}

Uit vooronderzoek bleek dat de genoemde criteria niet voldoende waren om verdachte metingen volledig uit te filteren. Een methode is bedacht welke metingen verwerpt, waarbij het verschil tussen de gemeten oppervlakteuitwijking door beide instrumenten te "wild" verloopt, dat wil zeggen: niet meer logisch is. Anders gezegd: metingen waarbij geen relatie meer lijkt te zijn tussen de capa.draad en de druksensor meting.

Een voorbeeld: stel dat de capa.draad een bepaalde tijd niet goed heeft gefunctioneerd, maar wel gewoon signaal is blijven geven.

Nog een voorbeeld: in de capa.draad meting komen golfgroepen voor welke (om welke reden dan ook) niet voorkomen in de druksensor metingen, een voorbeeld hiervan is te zien in figuur 18.

Als middel is de lineaire correlatiecoëfficiënt L_{cd} bedacht:

$$L_{cd} = \frac{COV(a_d \cdot a_c)}{\sqrt{\sigma(a_d) \cdot \sigma(a_c)}} = \frac{\frac{1}{n} \Sigma(a_d \cdot a_c)}{\sqrt{\frac{1}{n} \Sigma(a_d)^2 \cdot \frac{1}{n} \Sigma(a_c)^2}}$$

hierbij is:

a = berekende oppervlakteuitwijking ten opzichte van de trendlijn voor de druksensor (index d) en de capa.draad (index c). Het gemiddelde van de oppervlakteuitwijking is per definitie gelijk aan nul.
 COV = de covariantie
 σ = de standaardafwijking

Indien de metingen volledig gecorreleerd zouden zijn, dan heeft L_{cd} de waarde één. Naarmate de metingen steeds minder met elkaar te maken hebben wordt L_{cd} kleiner. Het aansluitend verwerkingsprogramma, waarover straks meer, kan vervolgens een criterium hanteren als grenswaarde voor L_{cd} .

4.5 Analyse van de meetresultaten.

Zoals gezegd heeft een vooronderzoek laten zien dat het meenemen van alle meetresultaten een zeer grote scatter met grote spreiding vertoont. De gemeten waarden voor H_d en H_c verschillen dan tot een factor 7. Bij nader inzien, en na studie, blijken deze onwaarschijnlijke grote verschillen te worden veroorzaakt door verdachte grootte van één van de volgende parameters:

- de golfperiode, nl. bij zeer geringe golfperiode
- de waterdiepte, nl. bij zeer geringe waterdiepte
- de golfhoogte, nl. bij zeer geringe golfhoogte
- de lineaire correlatiecoëfficiënt, nl bij een geringe waarde

Daarom is het noodzakelijk om (extra) criteria te hanteren waaraan voldaan moet worden om de meting mee te nemen in het onderzoek. Door het hanteren van te strenge criteria blijven er niet veel metingen over voor een nadere analyse. Door het hanteren van minder strenge criteria worden steeds meer metingen in de analyse meegenomen die een onwaarschijnlijk grote discrepantie geven.

Na trial en error is besloten de volgende criteria te hanteren. De resultaten worden verworpen indien voldaan wordt aan minstens één van de volgende voorwaarden:

- T_d of T_c is minder dan 1.5 [s].
- D_d of D_c is minder dan 20 [cm].
- H_d of H_c is minder dan 10 [cm].
- L_{cd} is minder dan 0.5

De resultaten kunnen vervolgens worden getoond in een aantal figuren, waarvan de achtergrond hier eerst wordt toegelicht (zie figuur 47 en daarna)

5. Kalibratie

5.1 Inleiding

De metingen met de capa.draad geven een waarde voor H_c , welke als uitgangspunt dient. Dat wil zeggen dat H_c wordt opgevat als de werkelijk opgetreden golfhoogte.

De metingen met de druksensor zijn verwerkt met een mathematisch model, nl. met de druk-responsiecoëfficiënt, de bepaling van de zero up-crossing periode, de bepaling van de golf-lengte, etc, en resulteert uiteindelijk in een waarde H_d , welke wordt opgevat als modelgrootheid.

De modelwaarde verschilt van de werkelijk opgetreden waarde. In het ideale geval is de

$$\alpha = \frac{H_c}{H_d}$$

grootheid H_c/H_d gelijk aan één, maar in de praktijk zal gelden: waarbij:

α = een modelcoëfficiënt

De werkelijke golfhoogte wordt gevonden door de modelcoëfficiënt te vermenigvuldigen met de modelwaarde van de golfhoogte:

$$H_c = \alpha \cdot H_d$$

De modelcoëfficiënt α zal geen constante zijn, maar een functie van enkele relevante parameters. Voor de verdere analyse zal een keuze moeten worden gemaakt van de relevante parameters.

Het ligt voor de hand uit te gaan van dimensieloze parameters, en wel zulke dat hiermee goede kentallen worden gegeven voor het golfbeeld: golven op relatief diep of ondiep water.

Het ligt eveneens voor de hand om parameters te kiezen welke niets met de capa.draad te maken hebben, immers deze is er onder normale omstandigheden niet.

De meest voor de hand liggende parameter is dan:

D_d/L_d = de relatieve waterdiepte

maar er zijn er meer mogelijk. De volgende lengte parameters zijn aanwezig: D_d , L_d en H_d . Dan zijn de volgende combinaties eveneens mogelijk:

H_d/D_d = een relatieve golfhoogte
 H_d/L_d = de golfsteilheid

Tenslotte kunnen er ook parameters worden bedacht die niet dimensieloos zijn, maar wel een bijzondere betekenis hebben, en iets te maken hebben met het kort of lang zijn van de golf. De volgende parameter is daarvoor bedacht:

L_d/T_d = golflengte gedeeld door de golfperiode. Met dimensie [m/s]

De modelcoëfficiënt α kan nu als functie van deze parameters worden getoond, zie figuren 47 t/m 50.

Er blijkt inderdaad een verband te bestaan, maar er blijkt ook een grote spreiding in de resultaten te zitten. Tenslotte kan α ook worden getoond als functie van de niet dimensieloze grootheden H_d , T_d , D_d en L_d , zie figuren 51 t/m 54.

5.2 Kalibratieformules voor de modelcoëfficiënt

$$\alpha = \alpha \left(\frac{D}{L}, \frac{H}{D}, \frac{H}{L}, \frac{L}{T} \right)$$

De modelcoëfficiënt is een functie van de gekozen parameters: D/L , H/D , H/L en L/T : ter vereenvoudiging zijn de indices "d" weggelaten.

Deze functie moet zodanig zijn dat α zo goed mogelijk één oplevert, met de minste spreiding in de meetresultaten.

Gezien de aard van het probleem en de geconstateerde grote spreiding is ervoor gekozen om deze functie zo simpel mogelijk te laten zijn, nl:

$$\alpha = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4$$

$$\alpha_1 = a_1 + b_1 \cdot \left(\frac{D}{L} \right)$$

waarbij
een lineaire functie is van de parameter D/L .

Evenzo zijn de andere alpha coëfficiënten lineaire functies van de andere parameters H/D , H/L en L/T

Hier volgt een toelichting hoe de coëfficiënten a en b gefit zijn.

In figuur 47 is α te zien als functie van de parameter D / L . Op het oog zijn vervolgens twee rechte lijnen zo goed mogelijk door de meetpunten getrokken. De daarbij horende coëfficiënten a en b volgen op eenvoudige wijze.

Indien alléén de correctie α_1 wordt aangebracht dan volgt de nieuwe figuur voor α als functie van D / L . Vergelijk nu figuur 47 met figuur 55, het is nu te zien dat het verloop van α horizontaal is, en het gemiddelde ongeveer één bedraagt. Ook is te zien dat de spreiding van de resultaten geringer is geworden. Dat is dus een behoorlijke verbetering.

De nieuwe figuur van α als functie van de volgende parameter H / D , is te zien in figuur 48, ook hier geldt: een duidelijke verbetering ten opzichte van de oorspronkelijke figuur 48.

De volgende stap is om dit proces te herhalen voor de nieuw parameter H / D , zie figuur 56, waar ook weer een rechtlijnig verloop op het oog is gefit. De resulterende nieuwe figuur voor α als functie van de derde parameter H / L is te zien in figuur 57 (te vergelijken met figuur 49). Ook deze werd weer gefit, en tenslotte resteert figuur 58, met α als functie van L / T , welke als laatste gefit wordt.

In de tabel hiernaast zijn de resultaten weergegeven van de gefitte coëfficiënten a en b , voor de onderzochte parameters.

Het uiteindelijke resultaat voor α als functie van alle onderzochte parameters is te zien in de figuren 59 t/m 66. Alle verbanden geven een horizontaal verloop, en het gemiddelde is nagenoeg gelijk aan één. Bovendien is de spreiding om de meetresultaten behoorlijk minder dan zonder het aanbrengen van de modelcoëfficiënt.

In figuur 67 is te zien: H_c versus H_d , zoals gemeten en voordat de model-correctiecoëfficiënt is toegepast. Het gemiddelde klopt niet en de spreiding is groot.

Parameter	voorwaarde	a	b
D / L	$0 < D / L < 0.3$	0.75	3.33
	$0.3 < D / L < 0.5$	3.62	-6.25
	$0.5 < D / L < 0.7$	0.50	0.00
	$D / L > 0.7$		
H / D	$0 < H / D < 0.3$	1.10	-0.67
	$H / D > 0.3$	0.90	0.00
H / T	$H / L < 0.05$	1.15	-6.40
	$H / L > 0.05$	0.80	0.00
L / T	$L / T < 3.5$	0.80	0.10
	$L / T > 3.5$	2.00	-0.25

NB: voor α_4 wordt een minimum gesteld van 0.1

In figuur 68 is hetzelfde te zien, maar dan na toepassing van de modelcoëfficiënt. De resultaten liggen keurig op één lijn, en de spreiding is stukken verbeterd, vooral in het gebied van de lage golfhoogten, kortom: een sterke verbetering.

5.3 Vergelijking met resultaat van internationaal onderzoek.

In [ref 3] wordt door Horikawa verslag gedaan van een aantal laboratorium en prototype metingen die voor dit onderzoek zeer interessant zijn. In een figuur staat α als functie van D/L , duidelijk is te zien dat α afneemt met toenemende D/L . De range van waarden voor α varieert van circa 0,5 tot 2,0. Horikawa meldt dat in Japan in de praktijk de waarde $\alpha = 1.3$ tot 1.35 wordt gehanteerd. Deze waarden stemmen goed overeen met de gevonden waarden voor α in dit rapport.

In figuur 69, is de op het oog geschatte band te zien van de Horikawa resultaten samen met de resultaten van deze ijkmetingen.

Dit onderzoek is op te vatten als een uitbreiding van het gepresenteerde overzicht door Horikawa. De meerwaarde van dit onderzoek is:

- Er is meer specifiek gekeken naar de relevante gebieden voor de parameters. De aandacht is gericht op lagere waarden van D/L dan 0,5.
- Er zijn veel meer metingen beschikbaar: een grote range van optredende waarden voor de beschouwde dimensieloze parameters
- Het aantal dimensieloze parameters waarvan de modelcoëfficiënt afhangt, is verhoogd van één tot zelfs vier.
- Er is een analytische formule afgeleid voor de modelcoëfficiënt.

referentielijst

1. Golf en waterstand metingen Zuidgors. RWS, meetdienst Zeeland, nr ZLMD-96.M.025, 11 oktober 1996. (D. Louws)
2. Computerprogramma CALC_Hs. Berekening van golfparameters uit druksensor metingen (aangepast voor metingen MARS, Westerschelde). April 1997. Koster Engineering.
3. Coastal Engineering. An introduction to Ocean Engineering. Kiyoshi Horikawa, University of Tokyo Press.
4. Vooronderzoek : Trend bepaling bij MARS metingen, glijdend gemiddelde nemen, Koster Engineering. (memo, concept)

Bijlage 1

Horikawa onderzoek

Bijlage 2

Golf en waterstand metingen Zuidgors

FIGUREN

Berekening van golfparameters uit druksensor metingen
(aangepast voor metingen M.A.R.S. Westerschelde)

april 1997

Lucas van Leydenlaan 3
2102 AZ HEEMSTEDE
tel: 023- 52 89 375

Inleiding

In deze bijlage wordt uiteengezet hoe het verwerkingsprogramma CALC_Hs van Koster Engineering enkele golfparameters berekent. Hierbij wordt uitgegaan van standaard drukmetingen met een druksensor. Het gaat hierbij om o.a. de significante golfhoogte H_s en de zero up-crossing golfperiode T_z .

De druk-responsiecoëfficiënt.

Drukmetingen worden meestal gebruikt om de gemiddelde waterstand te meten over een bepaald tijdsinterval. De druksensor wordt doorgaans dicht bij de bodem opgesteld, bijvoorbeeld: ca. 10 à 20 cm. boven de bodem.

Drukmetingen kunnen worden gebruikt om de waterstands-fluctuaties te meten. Daartoe wordt het signaal niet gemiddeld, maar met een gekozen frequentie bemonsterd gedurende een gekozen meetinterval.

Naarmate het meetpunt verder onder de gemiddelde waterspiegel ligt is de drukfluctuatie als gevolg van de golfbeweging minder groot.

Bij een vertaling van gemeten drukken naar cm. waterkolom (ofwel: werkelijke oppervlakte-uitwijking), moet hier rekening mee worden gehouden.

De tijdsgemiddelde druk klopt wel, maar de toppen en dalen (en daar tussen in) geven als het ware een vertekend beeld van de oppervlakte uitwijking.

De meetapparatuur geeft de druk, waarbij deze al is vertaald in cm. waterkolom. Uit deze gegevens kan, gezien het bovenstaande, niet direct de oppervlakte uitwijking worden bepaald.

Met de lineaire golftheorie kan een druk-responsiecoëfficiënt worden afgeleid, waarmee de gemeten druk gecorrigeerd kan worden.

$$\eta(t) = K_r \cdot [p_w(t) - z]$$

De formules zijn:
waarbij:

- $\eta(t)$ = de oppervlakte uitwijking als functie van de tijd, uitgedrukt in [m] waterkolom.
- $p_w(t)$ = de gemeten druk ter plaatse van de druksensor, uitgedrukt in [m] waterkolom boven de sensor, en als functie van de tijd.
- z = de afstand tussen het tijdsgemiddeld wateroppervlak en de druksensor, in [m]. In wezen komt deze term voort uit de hydrostatische druk ter plaatse van de sensor ($\rho g z$), maar dan uitgedrukt in [m] waterkolom: $(\rho g z)/(\rho g) = z$.

$$\eta(t) = K_r \cdot \Delta p_w(t)$$

Een andere wijze van presenteren van deze formule is:
waarbij :

- $\Delta p_w(t)$ = de dynamische druk component, uitgedrukt in [m] waterkolom.

De druk-responsiecoëfficiënt K_r wordt gedefinieerd door:

$$K_r = \frac{\cosh(2\pi d / L)}{\cosh(2\pi s / L)}$$

waarbij:

- d = de waterdiepte, in [m]. Dit is de afstand tussen het tijdsgemiddeld wateroppervlak en de bodem.
 L = de golflengte, in [m]
 s = de afstand tussen de druksensor en de bodem, in [m]

Deze coëfficiënt is groter dan één: $K_r \geq 1$.

De druk responsie-coëfficiënt wordt groter voor golven in relatief diep water, dat wil zeggen: voor hoger frequente golven.

Zo zal een signaal van een druksensor in relatief diep water met een grote druk responsie-coëfficiënt moeten worden vermenigvuldigd teneinde de fluctuatie in de oppervlakte uitwijking te berekenen, terwijl de gemeten druk-fluctuaties zeer gering zijn. Het gevolg is dat de betrouwbaarheid minder wordt.

De golflengte L is meestal een onbekende. Met behulp van de lineaire golftheorie kan de

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \cdot \tanh(2\pi d / L)$$

golflengte echter worden berekend. Uit de dispersierelatie voor lineaire golven volgt: waarbij:

- T = de golfperiode in [s]

In deze formule komt de golflengte L zowel in het linkerlid als het rechterlid voor. Daarom dient de golflengte L op iteratieve wijze te worden opgelost. De golfperiode T wordt bekend verondersteld.

Op deze wijze beschouwd, is de druk responsie-coëfficiënt een functie van d, s en T:

$$K_r = f(d, s, T)$$

NB: *In de literatuur (zie bijv. de Shore Protection Manual, CERC) vindt men meestal de reciproke waarde van de hier gedefinieerde druk-responsiecoëfficiënt, deze ligt dan tussen de waarden nul en één. De in dit rapport gedefinieerde K_r is wat gemakkelijker te interpreteren.*

De uitgangspunten bij de berekening zijn o.a.:

- De gemiddelde waterstand is een constante waarde, welke bekend moet zijn.
- De golfperiode is een constante waarde, welke bekend moet zijn.

Deze uitgangspunten geven aanleiding tot problemen bij een directe transformatie van de gemeten drukken naar oppervlakte uitwijkingen.

- De gemiddelde waterstand is gedurende de meting niet constant: de fluctuatie van de gemiddelde waterstand is groot ten opzichte van de golfhoogte zelf. Er bestaat een trendlijn waaromheen de golfbeweging plaatsvindt, zie als voorbeeld: figuur 1. Eigenlijk verschilt de gemiddelde waterstand per golf.
- De golfperiode is niet constant, en bovendien niet bekend.

Door Koster Engineering is een verwerkingsprogramma gemaakt waarbij deze problemen gedeeltelijk worden opgelost.

Verwerkingsprogramma

Bij de uitleg van het verwerkingsprogramma zal een willekeurige meting als voorbeeld dienen.

Eerste stap

De eerste stap bestaat uit het grafisch weergeven van het gemeten signaal: de druk in [cm] waterkolom boven de sensor als functie van de tijd, zie figuur 1.

Tweede stap

Bij de tweede stap wordt de gemeten druk ter plaatse van de sensor omgerekend naar een waterstand ten opzichte van N.A.P. Bij deze omrekening wordt rekening gehouden met het nivo van de sensor:

$$h(t) = p_w(t) + z_s$$

waarbij:

$$\begin{aligned} h(t) &= \text{de waterstand in [cm] t.o.v. NAP} \\ z_s &= \text{nivo van de sensor in [cm] t.o.v. NAP} \end{aligned}$$

Dit heeft het voordeel dat meteen duidelijk is wat de waterstand is, en dat metingen onderling gemakkelijker kunnen worden vergeleken.

Bovendien wordt in deze tweede stap een trendlijn berekend voor de momentaan gemiddelde waterstand:

$$\text{M.G.W.} = \text{de Momentaan Gemiddelde Waterstand}$$

Hiervoor zijn meerdere oplossingen denkbaar. Bij vooronderzoek is door Koster Engineering onderzocht: een lineaire trendlijn en een hogere graads best-fit polynoom (tot de zesde graad). Beide methoden bleken in de praktijk niet te voldoen. De oorzaak hiervan is dat er veelvuldig meetseries voorkomen waarbij de M.G.W. sterk fluctueert, sterk gepiekt is, soms zeer kortstondig is, niet altijd even mooi glad verloopt, etc.

Uiteindelijk bleek de “glijdend gemiddelde methode” (moving average method) het beste te voldoen. Hierbij wordt de trend berekend door ter plaatse van een meetpunt t (in de tijd gezien) het gemiddelde te berekenen van de waterstand over een periode: $(t - \frac{1}{2}\Delta T)$ tot $(t + \frac{1}{2}\Delta T)$.

De vraag is: welke waarde moet worden gekozen voor de middellingsperiode ΔT ? Voor te grote waarden van de middellingsperiode zal het signaal te veel worden afgevlakt. In het uiterste geval vindt middeling plaats over de gehele meetduur: er blijft dan slechts één gemiddelde waterstand (een horizontale trendlijn) over welke constant is voor de hele

meetserie.

Voor te kleine waarden van de middelingsperiode zal het signaal niet voldoende worden afgevlakt. In het uiterste geval is de middelingsperiode nul en is de trendlijn gelijk aan het gemeten signaal.

Bij een vooronderzoek voor een aantal willekeurige meetseries zijn een aantal waarden uitgetoetst. Uiteindelijk is gekozen voor de volgende oplossing.

Een acceptabele waarde voor ΔT wordt gevonden door de volgende redenering te volgen. De golfperiode is ca. 3 [s]. Er wordt vier minuten gemeten, dat zijn ca. 80 golven. Een ΔT waarde overeenkomend met 5 golven (1/16 van de totale meetduur) is gezien het voorgaande redelijk. Bij een bemonstering-frequentie van 4 [Hz] betekent dit dat er over 61 punten gemiddeld moet worden (30 waarden voor en na de betreffende individuele meting). Deze waarde is eveneens ontstaan door enkele waarden uit te proberen tot een bevredigend resultaat werd gevonden.

In figuur 2 is zowel de waterstand als de berekende momentaan gemiddelde waterstand (M.G.W.) te zien.

Bij meetseries is veelvuldig sprake van voorbeelden als figuur 2, waarbij waarschijnlijk sprake is van de passage van een schip. Het gevolg is een initieel dalende waterspiegel waaromheen de golfbeweging plaatsvindt.

Bij een keuze van grotere waarden voor de middelingsperiode worden deze verschijnselen te veel afgevlakt.

Derde stap

In deze stap wordt allereerst het gemeten signaal verminderd met de berekende M.G.W. Dit levert de dynamische druk-component $\Delta p_w(t)$ op.

Van deze tijdreeks wordt het aantal opwaartse nuldoorgangen berekend (zero up-crossing method).

$$N_z = \text{aantal opwaartse nuldoorgangen}$$

NB *Voor het bepalen van het aantal zero up-crossings bestaan vele verschillende methoden, waarbij specifieke problemen worden verholpen. Als eerste opzet is in het verwerkingsprogramma van Koster Engineering gekozen voor de meest simpele aanpak: geen enkele correctie, maar gewoon tellen van de nuldoorgangen: elke nuldoorgang telt voor één waarde.*

$$T_z = \frac{N_0}{N \cdot f_{hz}}$$

Vervolgens wordt de golfperiode T_z berekend uit:
waarbij:

$$\begin{aligned} T_z &= \text{de "zero up crossing" golfperiode} \\ N &= \text{het totale aantal meetpunten in de meetserie} \\ f_{hz} &= \text{de bemonstering-frequentie in [Hz]} \end{aligned}$$

Vervolgens worden de formules voor de druk-responsie-coëfficiënt gehanteerd, waarmee vervolgens de dynamische druk-component wordt vermenigvuldigd. De druk-responsie-coëfficiënt wordt aldus per tijdstap berekend, immers voor elk tijdstip geldt een andere

waarde voor de momentaan gemiddelde waterstand (M.G.W.).

Het resultaat is: de berekende oppervlakte uitwijking t.o.v. M.G.W., en is te zien in figuur 3.

Bij deze stap worden tenslotte nog berekend:

H_m	=	de gemiddelde golfhoogte
H_s	=	de significante golfhoogte: het gemiddelde van de golfhoogten welke hoger zijn dan $H_{1/3}$
$H_{1/3}$	=	de golfhoogte welke door 1/3 van de golven wordt overschreden
H_{max}	=	de maximale golfhoogte

Deze waarden staan eveneens weergegeven in figuur 3.

NB: *De definitie van een golfhoogte is:*

- *Een golf begint met een opwaartse nuldoorgang na een golfdal, gevolgd door een golftop en eindigt met een opwaartse nuldoorgang na een golfdal.*
- *Daartussenin bestaat een maximum golftop waarde en een minimum golfdal waarde.*
- *Het verschil tussen de maximale golftopwaarde en de minimale golfdal waarde is per definitie een golfhoogte.*

Er bestaan methodes om specifieke problemen welke bij golven voorkomen te elimineren. Bij deze eerste verwerking van de meetgegevens wordt hier aan voorbij gegaan.

Vierde stap

Tijdens de derde stap is voor elke golf uit de meetserie de golfhoogte bepaald. De waarden worden vervolgens gesorteerd en uitgezet als in figuur 4: de onderschrijdingskans van de golfhoogte.

Vijfde stap

Alle beschikbare meetseries kunnen worden doorlopen op de manier zoals aangegeven in stap 1 t/m 4. Het maken van de figuren is echter zeer tijdrovend. Daarom biedt het programma de mogelijkheid alle genoemde stappen uit te voeren, waarbij de figuren eenvoudig worden overgeslagen.

Het resultaat is per meetserie: de kenmerkende golfhoogten: H_{max} , $H_{1/3}$ en H_m , en H_s , en een kenmerkende golfperiode: T_z . Deze waarden worden vervolgens naar een bestand weggeschreven. Zie als voorbeeld de tabel (bijlage).

Presentatie berekeningsresultaten.

De berekende golfkenmerken H_{max} , $H_{1/3}$, H_{gem} , en T_z kunnen worden afgebeeld door een aansluitend verwerkingsprogramma. De mogelijkheden zijn:

- $H_{1/3}$ als functie van de tijd
- H_{max} als functie van de tijd
- H_m als functie van de tijd
- T_z als functie van de tijd
- het verband tussen $H_{1/3}$ en T_z
- het verband tussen H_{max} en H_m

Zie de voorbeeld figuren 5 t/m 10.

De figuren kunnen worden uitvergroot, zodat het verloop gedurende één dag, of enkele uren duidelijker te zien is.

Kritische opmerkingen

Er kunnen enkele kritische opmerkingen worden geplaatst bij deze manier van verwerking van de drukmetingen.

- De golfperiode is geen constante waarde maar verschilt per golf. Soms kan de afwijking ten opzichte van de berekende T_z groot zijn. Dat is zo voor hoog frequente kleine verstoringen op het signaal, maar bijvoorbeeld ook voor afwijkende golven als gevolg van een schip-passage of voorkomende golfgroepen, of door interferentie van verschillende aanwezige golf-frequenties.
- De berekening van T_z is op eenvoudige wijze gedaan.
- De berekening van de individuele golfhoogten is op eenvoudige wijze gedaan.

Aan deze bezwaren zou wat gedaan kunnen worden. Ook al zou dit gebeuren, dan blijft het de vraag of de eenvoudige formules voor de druk responentie-coëfficiënt, afgeleid met de lineaire golftheorie, geldig zijn.

Het proberen op te lossen van slechts één deel van de problemen zou het introduceren van een schijnnaauwkeurigheid inhouden. Daarom wordt volstaan met de methode zoals hier aangegeven.

PS: Voor de meetserie M.A.R.S. Westerschelde is een calibratie uitgevoerd van de methode zoals hier uiteengezet. Daarbij zijn de resultaten van de metingen met een capa.draad vergeleken met de resultaten van een druksensor. Dit heeft geresulteerd in het introduceren van een ijkformule voor H_s welke o.a. afhankelijk is van enkele golfparameters. De gehanteerde ijkcoëfficiënt (Alpha) is eveneens gegeven in de uitvoertabel.

Bovendien zijn bij deze metingen een aantal additionele eisen gesteld ten aanzien van:

- het aantal meetpunten per meetserie (minimaal 960)
- de gemeten waterstand boven de druksensor (minimaal 20 [cm.])
- de minimale waarde voor T_z (minimaal 2 [s])

Indien niet aan één van deze eisen wordt voldaan, dan wordt in de tabel een negatieve waarde gegeven voor één of enkele van de grootheden.

Zie het rapport :

"Vergelijking van golfhoogte waarnemingen met Capdraad en Drukdoos; Zuidgors, Westerschelde", Koster Engineering, april 1997.

Computerprogramma CALC_Hs

Koster Engineering

Bestand: BATHWEST\Golven.3

#	Dag	Tijd	Tz [s]	Hmean [cm]	Hsig [cm]	H1/3 [cm]	Hmax [cm]	Alpha
162	22:16	-1.0	-1	-1	-1	-1	-1	0.00
162	22:30	2.6	4	7	4	14	0.64	
162	22:45	2.4	2	3	2	7	0.76	
162	23:00	2.5	3	4	3	6	0.74	
162	23:15	2.2	2	3	2	4	0.78	
162	23:30	2.2	5	7	5	9	0.63	
163	10:45	2.2	2	3	2	6	0.76	
163	11:00	2.1	3	4	3	7	0.73	
163	11:15	2.5	3	5	3	13	0.71	
163	11:30	2.2	2	3	2	5	0.78	
163	11:45	3.3	5	10	6	15	0.58	
163	12:00	2.8	3	4	3	8	0.73	
163	12:15	2.4	3	4	3	9	0.72	
163	12:30	2.1	3	4	3	8	0.73	
163	23:16	2.2	4	5	4	10	0.69	
163	23:30	2.4	5	7	4	14	0.63	
163	23:45	1.8	-1	-1	-1	-1	0.63	
164	00:00	2.9	4	7	4	16	0.66	
164	00:15	2.2	4	5	4	9	0.69	
164	00:30	2.8	7	10	6	19	0.57	
164	11:30	2.2	4	6	4	12	0.67	
164	11:45	2.5	4	7	3	15	0.64	
164	12:00	2.7	4	6	4	8	0.69	
164	12:15	2.3	3	4	3	7	0.73	
164	12:30	2.2	2	3	3	6	0.76	
164	12:45	2.5	4	6	4	13	0.66	
164	13:00	3.0	4	5	4	8	0.71	
164	13:15	2.7	3	5	4	9	0.70	
164	13:30	2.9	3	5	4	9	0.70	
164	13:45	2.5	2	4	2	9	0.75	
165	00:15	2.3	2	3	2	5	0.79	
165	00:30	2.2	2	3	2	5	0.77	
165	00:45	2.4	4	7	4	17	0.64	
165	01:00	3.3	6	9	4	27	0.60	
165	01:15	2.7	4	6	4	13	0.68	
165	01:30	3.6	4	7	4	17	0.68	
165	01:45	2.2	2	2	1	5	0.83	
165	01:45	2.0	-1	-1	-1	-1	0.83	
165	12:39	-1.0	-1	-1	-1	-1	0.83	
165	12:45	-1.9	-1	-1	-1	-1	0.83	
165	13:00	2.3	2	3	2	5	0.78	
165	13:15	2.1	2	3	2	4	0.77	
165	13:30	2.3	2	2	2	4	0.80	
165	13:45	2.6	3	4	3	7	0.74	
165	14:00	3.1	3	4	3	7	0.72	
165	14:15	2.4	2	3	2	6	0.76	
165	14:30	2.7	4	5	3	10	0.70	
166	01:15	2.6	4	6	4	10	0.67	
166	01:30	2.4	2	4	3	6	0.75	
166	01:45	2.5	2	3	2	5	0.75	
166	02:00	3.0	5	8	6	14	0.62	
166	02:15	2.6	3	5	4	7	0.72	
166	02:30	2.2	2	3	2	5	0.76	
166	02:45	2.1	2	4	2	8	0.74	

Dag	Tijd	Tz [s]	Hmean [cm]	Hsig [cm]	H1/3 [cm]	Hmax [cm]	Alpha
166	13:45	2.6	4	7	4	14	0.65
166	14:00	2.5	2	4	3	6	0.75
166	14:15	2.6	4	7	3	12	0.66
166	14:30	2.4	2	3	2	4	0.77
166	14:45	2.8	3	4	3	7	0.72
166	15:00	2.8	4	7	5	11	0.66
166	15:15	2.5	3	4	3	6	0.74
167	02:00	2.0	-1	-1	-1	-1	0.74
167	02:15	2.7	4	6	4	10	0.67
167	02:30	2.7	4	8	5	13	0.62
167	02:45	2.3	3	4	3	7	0.74
167	03:00	2.3	2	4	3	7	0.75
167	03:15	2.0	-1	-1	-1	-1	0.75
167	03:30	1.8	-1	-1	-1	-1	0.75
167	14:15	2.1	2	3	2	5	0.77
167	14:30	1.9	-1	-1	-1	-1	0.77
167	14:45	1.9	-1	-1	-1	-1	0.77
167	15:00	2.0	2	3	2	5	0.78
167	15:15	2.6	2	3	2	6	0.76
167	15:30	2.4	3	4	3	7	0.73
167	15:45	3.1	4	8	5	15	0.64
167	16:00	2.3	3	4	3	9	0.72
168	02:45	2.0	4	5	4	9	0.70
168	03:00	2.2	3	4	3	6	0.74
168	03:15	2.0	2	3	2	5	0.78
168	03:30	2.2	2	3	3	5	0.76
168	03:45	2.2	2	3	2	5	0.76
168	04:00	2.0	-1	-1	-1	-1	0.76
168	04:15	1.8	-1	-1	-1	-1	0.76
168	14:48	1.5	-1	-1	-1	-1	0.76
168	15:00	2.4	2	3	2	9	0.75
168	15:15	2.4	4	6	3	14	0.66
168	15:30	3.7	6	8	6	17	0.64
168	15:45	2.6	2	4	3	5	0.75
168	16:00	3.1	4	9	4	19	0.60
168	16:15	2.8	2	2	2	5	0.77
168	16:30	2.2	1	2	1	3	0.88
168	16:45	2.4	2	2	2	3	0.80
169	03:15	1.7	-1	-1	-1	-1	0.80
169	03:30	2.2	3	4	3	6	0.75
169	03:45	2.0	-1	-1	-1	-1	0.75
169	04:00	1.9	-1	-1	-1	-1	0.75
169	04:15	1.7	-1	-1	-1	-1	0.75
169	04:30	1.6	-1	-1	-1	-1	0.75
169	04:45	1.5	-1	-1	-1	-1	0.75
169	05:00	1.3	-1	-1	-1	-1	0.75
169	15:30	1.9	-1	-1	-1	-1	0.75
169	15:45	2.3	3	4	3	7	0.74
169	16:00	3.1	7	10	7	19	0.56
169	16:15	3.1	4	6	5	11	0.68
169	16:30	3.1	3	5	3	8	0.71
169	16:45	2.5	2	3	2	6	0.76
169	17:00	2.5	2	3	2	9	0.75
169	17:15	2.3	3	4	3	6	0.74

Computerprogramma CALC_Hs

Koster Engineering

169	17:30	2.3	3	4	3	7	0.73
170	03:30	1.8	-1	-1	-1	-1	0.73
170	03:45	1.9	-1	-1	-1	-1	0.73
170	04:00	1.8	-1	-1	-1	-1	0.73
170	04:15	2.4	4	7	4	13	0.65
170	04:30	2.2	3	5	3	9	0.71
170	04:45	2.2	3	5	4	8	0.71
170	05:00	2.3	3	5	3	8	0.72
170	05:15	2.3	4	5	4	9	0.70
10	05:30	2.4	3	5	3	8	0.71
170	05:45	2.3	3	4	3	7	0.73
170	06:00	2.4	3	4	3	7	0.75
170	15:45	1.8	-1	-1	-1	-1	0.75
170	16:00	2.1	2	4	3	6	0.75
170	16:15	2.9	3	4	2	11	0.73
170	16:30	2.5	3	5	3	10	0.72
170	16:45	2.7	3	5	3	9	0.72
170	17:00	2.7	4	6	4	10	0.68
170	17:15	2.5	4	5	4	9	0.70
170	17:30	2.7	5	7	5	12	0.66
170	17:45	2.7	3	5	4	8	0.70
170	18:00	2.5	4	6	4	9	0.68
170	18:15	2.9	3	4	3	6	0.73
171	04:15	2.2	3	5	3	8	0.72
171	04:30	2.1	3	4	3	9	0.73
171	04:45	2.5	3	4	3	7	0.74
171	05:00	3.4	8	11	8	17	0.56
171	05:15	2.2	3	4	2	10	0.73
171	05:30	2.2	3	4	3	8	0.73
171	05:45	2.1	3	4	3	7	0.74
171	06:00	2.1	3	5	3	7	0.72
171	06:15	2.2	3	4	3	7	0.74
171	06:30	2.4	3	4	3	7	0.73
171	16:30	2.9	7	10	8	15	0.57
171	16:45	2.4	3	4	3	9	0.72
171	17:00	3.3	5	8	5	15	0.64
171	17:15	2.7	3	5	4	10	0.70
171	17:30	3.0	4	6	4	12	0.69
171	17:45	2.7	3	4	3	6	0.74
171	18:00	2.7	4	8	4	20	0.62
171	18:15	2.8	3	5	3	9	0.71
171	18:30	2.7	4	6	4	9	0.69
171	18:45	2.2	2	3	2	6	0.78
172	04:45	2.2	2	3	2	6	0.76
172	05:00	2.7	3	6	3	13	0.69
172	05:15	3.2	5	9	6	12	0.62
172	05:30	2.7	4	5	4	10	0.70
172	05:45	2.4	3	4	3	6	0.73
172	06:00	2.3	2	3	2	4	0.79
172	06:15	2.2	2	3	2	5	0.79
172	06:30	2.0	-1	-1	-1	-1	0.79
172	06:45	1.8	-1	-1	-1	-1	0.79
172	07:00	1.9	-1	-1	-1	-1	0.79
172	17:00	2.5	4	5	4	11	0.70
172	17:15	2.5	4	5	3	16	0.69
172	17:30	2.2	3	4	3	7	0.73
172	17:45	2.7	4	6	4	12	0.67
172	18:00	2.2	3	4	3	7	0.73

172	18:15	2.1	4	5	4	9	0.70
172	18:30	2.1	4	5	4	10	0.70
172	18:45	2.3	4	5	3	10	0.69
172	19:00	2.9	5	7	5	10	0.66
172	19:15	2.6	4	6	4	11	0.68
173	05:15	2.3	2	3	2	7	0.76
173	05:30	2.0	3	4	3	8	0.75
173	05:45	2.6	2	4	3	6	0.75
173	06:00	2.9	6	10	7	14	0.57
173	06:15	2.8	4	6	4	9	0.68
173	06:30	2.3	3	5	3	8	0.72
173	06:45	2.2	3	4	3	7	0.75
173	07:00	2.3	4	5	4	8	0.69
173	07:15	2.2	3	4	3	8	0.73
173	07:30	2.9	4	6	4	9	0.69
173	07:45	3.4	7	11	8	18	0.56
173	17:45	2.9	4	5	4	10	0.70
173	18:00	2.5	4	5	4	9	0.70
173	18:15	2.6	4	6	4	8	0.69
173	18:30	2.5	4	7	5	14	0.65
173	18:45	2.7	3	5	3	9	0.72
173	19:00	2.2	3	4	3	10	0.73
173	19:15	2.3	3	5	4	9	0.70
173	19:30	2.4	3	5	4	9	0.69
173	19:45	2.9	5	7	6	10	0.64
174	06:00	2.2	4	7	5	10	0.63
174	06:15	2.1	3	4	3	6	0.74
174	06:30	2.7	4	5	4	10	0.70
174	06:45	2.4	2	3	2	4	0.77
174	07:00	2.5	3	4	2	9	0.74
174	07:15	2.5	3	5	3	8	0.71
174	07:30	2.8	4	6	4	12	0.67
174	07:45	2.5	3	4	3	7	0.74
174	08:00	2.5	2	4	3	6	0.75
174	08:15	2.5	2	3	2	8	0.75
174	18:30	2.0	3	4	3	8	0.72
174	18:45	2.4	4	6	4	10	0.66
174	19:00	2.2	4	6	4	10	0.67
174	19:15	2.1	4	6	4	10	0.66
174	19:30	2.4	5	7	5	10	0.65
174	19:45	2.4	4	6	4	9	0.68
174	20:00	2.4	3	4	3	9	0.73
174	20:15	2.9	4	8	4	15	0.61
175	07:00	2.7	5	8	5	19	0.61
175	07:15	2.3	2	3	2	5	0.77
175	07:30	1.9	-1	-1	-1	-1	0.77
175	07:45	1.9	-1	-1	-1	-1	0.77
175	08:00	2.3	3	5	4	9	0.69
175	08:15	2.0	-1	-1	-1	-1	0.69
175	08:30	2.5	2	3	3	7	0.75
175	19:30	1.6	-1	-1	-1	-1	0.75
175	19:45	2.5	4	7	5	12	0.62
175	20:00	2.2	3	4	3	8	0.74
175	20:15	2.3	3	4	3	7	0.73
175	20:30	2.0	-1	-1	-1	-1	0.73
175	20:45	2.0	-1	-1	-1	-1	0.73
176	07:45	2.2	3	4	3	6	0.73
176	08:00	2.1	2	4	3	7	0.76

176	08:15	2.3	3	4	3	6	0.73
176	08:30	3.0	5	9	5	16	0.60
176	08:45	2.8	5	7	5	13	0.66
176	09:00	2.4	4	6	3	19	0.66
176	09:15	2.5	2	4	3	6	0.74

APPENDIX

BESTANDEN

Door Koster Engineering is aan RWS een diskette geleverd. Hierop staan de bestanden met het resultaat staat van de verwerkte metingen.

In deze appendix worden de geleverde bestanden toegelicht. Voor elke lokatie staan de bestanden op de corresponderende directory, te weten: BATHOOST, BATHWEST, WAAROOST, WAARWEST, ZGOROOST, ZGORWEST, PAULINA.

Voor elke lokatie zijn de bestanden: ALL.MP1, ALL.MP2, ALL.MP3, ALL.MP4, ALL.MP5, op deze bestanden staan de gemeten grootheden per tijdstap voor de corresponderende meetpunten MP1 t/m MP5.

Van elk van deze bestanden wordt in deze appendix één bladzijde gegeven als voorbeeld. De bestanden zijn ASCII bestanden. De voorbeelden in de appendix zijn echter met een tekstverwerker bewerkt: om zoveel mogelijk van de bestanden te laten zien is gekozen voor een “kranten stijl kolommen” lay out. Op deze wijze is het mogelijk meer van het bestand op één bladzijde te laten zien.

De bestanden met de resultaten van de golfberekeningen zijn de bestanden GOLVEN.3 en GOLVEN.5, voor respectievelijk meetpunt MP3 en MP5.

De bestanden worden voorafgegaan door een toelichting wat er in de bestanden te vinden is (dit staat in de bestanden).

Het kan zijn dat in de kolommen sterretjes voorkomen. In dat geval was de betreffende grootheid niet gemeten, of niet betrouwbaar. Het is mogelijk dat in de kolommen een nul staat, dat was dan wel gemeten, maar de grootheid was simpelweg nul in de originele RWS bestanden.

Het wordt aanbevolen in ieder geval de paragraaf “Bijzonderheden” uit het hoofdrapport te lezen.

Meetduur (dag,tijd) : 169 15:20 t/m 176 09:20

R = stroomrichting in [°] t.o.v. Noord, (90°=Oost) meetnivo: bodem +52 cm. = NAP +181 cm.

169	15:20	24.0	133.0	170	05:10	28.0	249.0	171	04:20	11.0	348.0	171	18:10	31.0	242.0
169	15:30	10.0	1.6	170	05:20	28.0	240.0	171	04:30	8.0	347.0	171	18:20	34.0	242.0
169	15:40	8.0	353.0	170	05:30	28.0	237.0	171	04:40	5.0	347.0	171	18:30	36.0	241.0
169	15:50	6.0	353.0	170	05:40	31.0	236.0	171	04:50	3.0	347.0	171	18:40	37.0	238.0
169	16:00	10.0	299.0	170	05:50	33.0	236.0	171	05:00	0.0	347.0	171	18:50	37.0	235.0
169	16:10	18.0	273.0	170	06:00	36.0	235.0	171	05:10	16.0	282.0	172	04:30	0.0	247.0
169	16:20	18.0	274.0	170	06:10	37.0	234.0	171	05:20	19.0	276.0	172	04:40	7.0	250.0
169	16:30	20.0	266.0	170	15:50	6.0	67.8	171	05:30	23.0	271.0	172	04:50	0.0	267.0
169	16:40	23.0	260.0	170	16:00	10.0	14.5	171	05:40	28.0	263.0	172	05:00	9.0	268.0
169	16:50	24.0	257.0	170	16:10	7.0	3.6	171	05:50	28.0	262.0	172	05:10	16.0	280.0
169	17:00	28.0	252.0	170	16:20	5.0	353.0	171	06:00	28.0	259.0	172	05:20	19.0	276.0
169	17:10	30.0	242.0	170	16:30	3.0	344.0	171	06:10	32.0	252.0	172	05:30	20.0	264.0
169	17:20	36.0	237.0	170	16:40	18.0	292.0	171	06:20	33.0	247.0	172	05:40	18.0	252.0
169	17:30	37.0	235.0	170	16:50	23.0	283.0	171	06:30	36.0	241.0	172	05:50	21.0	255.0
169	17:40	37.0	235.0	170	17:00	23.0	277.0	171	06:40	37.0	235.0	172	06:00	25.0	255.0
170	03:30	17.0	32.3	170	17:10	27.0	254.0	171	16:30	13.0	17.9	172	06:10	27.0	255.0
170	03:40	11.0	8.4	170	17:20	30.0	251.0	171	16:40	9.0	12.7	172	06:20	27.0	255.0
170	03:50	11.0	323.0	170	17:30	31.0	250.0	171	16:50	10.0	326.0	172	06:30	31.0	255.0
170	04:00	15.0	290.0	170	17:40	35.0	242.0	171	17:00	10.0	318.0	172	06:40	31.0	255.0
170	04:10	18.0	277.0	170	17:50	39.0	239.0	171	17:10	16.0	302.0	172	06:50	31.0	255.0
170	04:20	19.0	267.0	170	18:00	40.0	238.0	171	17:20	20.0	282.0	172	07:00	35.0	247.0
170	04:30	20.0	264.0	170	18:10	39.0	237.0	171	17:30	23.0	274.0	172	07:10	36.0	244.0
170	04:40	21.0	262.0	170	18:20	38.0	234.0	171	17:40	22.0	273.0	172	07:20	37.0	235.0
170	04:50	24.0	259.0	170	18:30	39.0	230.0	171	17:50	23.0	270.0	172	07:30	26.0	235.0
170	05:00	27.0	256.0	171	04:10	15.0	0.7	171	18:00	26.0	257.0	173	17:40	6.0	38.2

Stroom- en golfmetingen op slikken gelegen voor schorren in de Westerschelde**Koster Engineering**

173 17:50 8.0 353.0	173 18:30 19.0 281.0	173 19:10 28.0 256.0	173 19:50 34.0 234.0
173 18:00 9.0 315.0	173 18:40 19.0 282.0	173 19:20 30.0 251.0	173 20:00 34.0 232.0
173 18:10 10.0 282.0	173 18:50 22.0 256.0	173 19:30 32.0 239.0	174 05:50 3.0 160.0
173 18:20 14.0 298.0	173 19:00 25.0 256.0	173 19:40 34.0 236.0	174 06:00 5.0 41.6

Bestand: BATHWEST\ALL.MP2

meetpunt coördinaten: X= 70648.153 Y= 379362.865

maaiveld nivo : NAP -106 cm.

Meetduur (dag,tijd) : 162 19:40 t/m 176 12:00

Dag = dagnummer vanaf 01/01/96

Tijd = tijd, bijv: 16:45= 16 uur 45 minuten

V1 = stroomsnelheid in [cm/s] meetnivo: bodem +55 cm. = NAP -51 cm.

R1 = stroomrichting in [°] t.o.v. Noord. meetnivo: bodem +55 cm. = NAP -51 cm.

V2 = stroomsnelheid in [cm/s] meetnivo: bodem +255 cm. = NAP +149 cm.

R2 = stroomrichting in [°] t.o.v. Noord. meetnivo: bodem +255 cm. = NAP +149 cm.

Uw = windsnelheid in [m/s]

Rw = windrichting in graden t.o.v. Noord.

Dag	Tijd	V1	R1	V2	R2	Uw	Rw
-----	------	----	----	----	----	----	----

#

162 19:40 5.44 231 0.00 0 1.71 37	162 21:10 17.36 118 0.00 0 0.61 143
162 19:45 11.87 243 0.00 0 1.48 53	162 21:15 19.53 110 0.00 0 0.56 151
162 19:50 7.06 206 0.00 0 1.20 53	162 21:20 18.41 119 0.00 0 0.95 182
162 19:55 16.90 237 0.00 0 1.00 61	162 21:25 15.65 130 0.00 0 0.43 247
162 20:00 6.38 183 0.00 0 1.11 109	162 21:30 12.89 137 0.00 0 2.19 283
162 20:05 4.72 184 0.00 0 0.82 69	162 21:35 13.37 118 0.00 0 1.08 278
162 20:10 3.99 148 0.00 0 0.98 97	162 21:40 19.91 110 0.00 0 1.00 288
162 20:15 3.90 173 0.00 0 0.80 78	162 21:45 26.33 108 0.00 0 1.70 298
162 20:20 3.71 159 0.00 0 1.08 105	162 21:50 20.80 106 0.00 0 1.50 295
162 20:25 16.74 125 0.00 0 1.12 99	162 21:55 19.51 103 0.00 0 2.48 301
162 20:30 17.20 80 0.00 0 1.01 105	162 22:00 19.76 108 0.00 0 2.11 306
162 20:35 12.18 95 0.00 0 0.95 123	162 22:05 21.83 117 0.00 0 1.73 315
162 20:40 8.05 181 0.00 0 0.56 149	162 22:10 22.07 119 0.00 0 1.42 330
162 20:45 8.28 117 0.00 0 0.24 165	162 22:15 29.33 111 0.00 0 1.43 341
162 20:50 10.78 120 0.00 0 0.26 127	162 22:20 15.52 154 0.00 0 1.34 345
162 20:55 18.03 123 0.00 0 0.46 111	162 22:25 10.20 139 0.00 0 1.37 328
162 21:00 15.91 116 0.00 0 0.41 125	162 22:30 13.27 167 0.00 0 1.25 335
162 21:05 18.26 117 0.00 0 0.50 123	162 22:35 15.60 203 0.00 0 1.68 326

Stroom- en golfmetingen op slikken gelegen voor schorren in de Westerschelde**Koster Engineering**

162 22:40 11.03 208 0.00 0 1.23 325
162 22:45 7.81 205 0.00 0 1.42 316
162 22:50 7.00 223 0.00 0 1.39 321
162 22:55 10.75 267 0.00 0 1.11 316
162 23:00 12.46 247 0.00 0 0.87 326
162 23:05 15.53 263 0.00 0 1.00 294
162 23:10 19.59 261 0.00 0 1.63 286
162 23:15 23.99 277 0.00 0 1.54 289

162 23:20 23.55 252 0.00 0 2.52 277
162 23:25 21.42 265 0.00 0 1.88 283
162 23:30 21.78 259 0.00 0 0.76 252
162 23:35 25.73 268 0.00 0 2.54 269
162 23:40 26.39 268 0.00 0 3.41 281
162 23:45 21.33 276 0.00 0 2.56 292
162 23:50 36.89 269 0.00 0 2.67 294
162 23:55 38.68 277 0.00 2 2.34 322

Bestand: BATHWEST\ALL.MP3

meetpunt coördinaten: X= 69685.159 Y= 379318.400

maaiveld nivo : NAP +123 cm.

Meetduur (dag,tijd) : 162 22:10 t/m 176 09:15

Dag = dagnummer vanaf 01/01/96

Tijd = tijd in uren en minuten, bijv. 12:30 = 12 uur 30 minuten

V1 = stroomsnelheid (onderste sensor) in [cm/s] meetnivo: bodem +42 cm. = NAP +165 cm.

R1 = stroomrichting (onderste sensor) in [°] t.o.v. Noord. meetnivo: bodem +42 cm. = NAP +165 cm.

h = waterstand in [cm] NAP

Dag Tijd V1 R1 h

#

162 22:10 12.62 268 163.29
162 22:15 20.02 260 169.16
162 22:20 16.04 254 173.86
162 22:25 19.85 271 175.24
162 22:30 28.08 266 183.30
162 22:35 35.33 269 186.20
162 22:40 29.77 264 186.85
162 22:45 57.17 271 190.85
162 22:50 48.92 270 192.25
162 22:55 60.63 267 192.08
162 23:00 80.60 270 191.27
162 23:05 88.00 269 190.40
162 23:10 99.50 269 186.78
162 23:15 85.10 269 183.84
162 23:20 65.29 268 183.03
162 23:25 81.80 270 179.70

162 23:30 43.02 262 174.54
162 23:35 28.48 263 169.71
162 23:40 31.13 267 162.47
163 10:40 18.90 259 164.31
163 10:45 18.81 263 171.32
163 10:50 23.51 263 178.03
163 10:55 26.02 264 183.95
163 11:00 27.73 263 189.57
163 11:05 29.60 264 193.94
163 11:10 34.33 266 197.78
163 11:15 32.41 270 201.46
163 11:20 31.23 271 204.10
163 11:25 33.74 268 206.40
163 11:30 33.26 265 208.10
163 11:35 39.17 267 208.40
163 11:40 37.08 271 208.40

163 11:45 30.67 264 210.10
163 11:50 41.33 267 205.80
163 11:55 34.85 269 203.33
163 12:00 46.04 266 205.90
163 12:05 35.11 266 198.66
163 12:10 40.73 274 194.20
163 12:15 32.67 269 190.15
163 12:20 42.44 273 184.24
163 12:25 32.77 268 180.54
163 12:30 34.28 270 171.56
163 12:35 35.95 269 166.51
163 12:40 10.53 64 159.99
163 23:16 10.69 201 160.36
163 23:20 21.77 265 165.71
163 23:25 17.91 268 170.29
163 23:30 28.48 262 175.10

Stroom- en golfmetingen op slikken gelegen voor schorren in de Westerschelde**Koster Engineering**

163 23:35	24.52	267	180.68	164 00:40	29.20	269	170.41	164 12:25	27.98	268	218.00
163 23:40	25.74	265	184.08	164 00:45	29.21	267	166.98	164 12:30	30.18	264	219.50
163 23:45	26.92	272	187.48	164 00:50	8.59	76	158.96	164 12:35	30.82	267	222.70
163 23:50	28.00	272	189.75	164 11:36	26.77	187	160.85	164 12:40	31.10	269	222.40
163 23:55	28.35	265	192.73	164 11:40	12.55	237	167.97	164 12:45	38.68	267	222.30
164 00:00	31.48	264	191.40	164 11:45	11.20	251	175.02	164 12:50	39.30	267	221.40
164 00:05	36.05	268	192.70	164 11:50	21.30	270	183.40	164 12:55	42.30	269	220.50
164 00:10	36.30	268	191.66	164 11:55	17.54	253	192.59	164 13:00	37.46	268	218.20
164 00:15	36.13	271	190.15	164 12:00	22.52	264	195.42	164 13:05	40.08	268	215.60
164 00:20	32.61	267	186.36	164 12:05	23.26	265	203.27	164 13:10	41.43	267	211.80
164 00:25	42.67	273	178.38	164 12:10	25.30	263	207.30	164 13:15	39.81	269	208.30
164 00:30	29.38	265	179.53	164 12:15	31.45	273	210.50	164 13:20	37.66	267	203.74
164 00:35	35.05	271	175.28	164 12:20	30.41	271	214.20	164 13:25	38.70	267	198.46

Bestand: BATHWESTALL.MP4

meetpunt coördinaten: X= 69792.518 Y= 379115.588

maaiveld nivo : NAP +6 cm.

Meetduur (dag,tijd) : 169 14:40 t/m 176 10:50

Dag = dagnummer in dagen vanaf 01/01/96

Tijd= tijd in uren en minuten

V = stroomsnelheid in [cm/s] meetnivo: bodem +55 cm. = NAP +61 cm.

R = stroomrichting in [°] t.o.v. Noord, (90°=Oost) meetnivo: bodem +55 cm. = NAP +61 cm.

Dag	Tijd	V	R								
[nr]		[cm/s]	[°]								
#											
169	14:40	14.0	66.1	169	16:30	36.0	264.0	169	18:20	43.0	251.0
169	14:50	25.0	70.5	169	16:40	41.0	256.0	169	18:30	42.0	253.0
169	15:00	32.0	77.2	169	16:50	49.0	251.0	169	18:40	41.0	253.0
169	15:10	37.0	78.7	169	17:00	48.0	253.0	169	18:50	41.0	254.0
169	15:20	36.0	77.1	169	17:10	47.0	254.0	170	02:40	37.0	70.0
169	15:30	26.0	68.6	169	17:20	48.0	254.0	170	02:50	26.0	71.3
169	15:40	13.0	61.0	169	17:30	48.0	254.0	170	03:00	29.0	73.3
169	15:50	2.0	61.0	169	17:40	48.0	253.0	170	03:10	40.0	75.7
169	16:00	11.0	255.0	169	17:50	50.0	253.0	170	03:20	46.0	75.8
169	16:10	28.0	262.0	169	18:00	49.0	252.0	170	03:30	39.0	68.9
169	16:20	34.0	264.0	169	18:10	46.0	251.0	170	03:40	26.0	73.2
								170	03:50	21.0	86.1
								170	04:00	3.0	85.8
								170	04:10	5.0	156.0
								170	04:20	25.0	241.0
								170	04:30	31.0	248.0
								170	04:40	33.0	258.0
								170	04:50	36.0	258.0
								170	05:00	37.0	258.0
								170	05:10	45.0	252.0
								170	05:20	44.0	254.0
								170	05:30	47.0	253.0

Stroom- en golfmetingen op slikken gelegen voor schorren in de Westerschelde**Koster Engineering**

170 05:40	46.0	256.0	170 16:00	28.0	66.6	170 19:00	46.0	252.0	171 05:30	39.0	252.0
170 05:50	45.0	255.0	170 16:10	22.0	76.6	170 19:10	45.0	252.0	171 05:40	45.0	251.0
170 06:00	44.0	254.0	170 16:20	21.0	77.8	170 19:20	44.0	253.0	171 05:50	45.0	251.0
170 06:10	40.0	253.0	170 16:30	7.0	77.3	170 19:30	42.0	253.0	171 06:00	47.0	252.0
170 06:20	48.0	252.0	170 16:40	4.0	77.3	170 19:40	40.0	254.0	171 06:10	47.0	254.0
170 06:30	50.0	252.0	170 16:50	14.0	77.3	171 03:20	10.0	74.2	171 06:20	46.0	254.0
170 06:40	48.0	252.0	170 17:00	25.0	263.0	171 03:30	22.0	70.2	171 06:30	44.0	254.0
170 06:50	46.0	253.0	170 17:10	41.0	254.0	171 03:40	30.0	74.2	171 06:40	46.0	254.0
170 07:00	44.0	253.0	170 17:20	44.0	255.0	171 03:50	37.0	76.9	171 06:50	48.0	253.0
170 07:10	43.0	253.0	170 17:30	46.0	255.0	171 04:00	39.0	76.6	171 07:00	47.0	252.0
170 07:20	40.0	253.0	170 17:40	49.0	254.0	171 04:10	36.0	69.6	171 07:10	47.0	253.0
170 14:50	8.0	132.0	170 17:50	51.0	253.0	171 04:20	19.0	62.8	171 07:20	44.0	252.0
170 15:00	10.0	74.7	170 18:00	52.0	253.0	171 04:30	17.0	76.5	171 07:30	43.0	252.0
170 15:10	19.0	68.1	170 18:10	50.0	254.0	171 04:40	3.0	75.8	171 07:40	43.0	252.0
170 15:20	24.0	72.1	170 18:20	50.0	254.0	171 04:50	9.0	74.2	171 07:50	40.0	251.0
170 15:30	30.0	75.7	170 18:30	46.0	254.0	171 05:00	14.0	282.0	171 15:40	13.0	70.4
170 15:40	35.0	75.4	170 18:40	47.0	252.0	171 05:10	30.0	262.0	171 15:50	20.0	66.3
170 15:50	35.0	74.2	170 18:50	46.0	251.0	171 05:20	33.0	260.0	171 16:00	27.0	75.0

Bestand: BATHWEST\ALL.MP5

meetpunt coördinaten: X= 69945.594 Y= 378830.211

maaiveld nivo : NAP -103 cm.

Meetduur (dag,tijd) : 165 10:40 t/m 176 12:00

Dag = dagnummer vanaf 01/01/96

Tijd = tijd in uren en minuten, bijv. 12:30 = 12 uur 30 minuten

V1 = stroomsnelheid (onderste sensor) in [cm/s] meetnivo: bodem +55 cm. = NAP -48 cm.

R1 = stroomrichting (onderste sensor) in [°] t.o.v. Noord. meetnivo: bodem +55 cm. = NAP -48 cm.

V2 = stroomsnelheid (bovenste sensor) in [cm/s] meetnivo: bodem +255 cm. = NAP +152 cm.

R2 = stroomrichting (bovenste sensor) in [°] t.o.v. Noord. meetnivo: bodem +255 cm. = NAP +152 cm.

h = waterstand in [cm] NAP

Dag	Tijd	V1	R1	V2	R2	h					
#											
165	10:40	11.70	220	0.00	0	-26.82	165	11:00	6.95	251	0.00 0 -1.60
165	10:46	16.98	262	0.00	0	-19.69	165	11:05	7.12	183	0.00 0 5.50
165	10:50	15.11	273	0.00	0	-14.69	165	11:10	3.53	165	0.00 0 12.00
165	10:55	10.97	300	0.00	0	-8.20	165	11:15	9.13	189	0.00 0 19.40

Stroom- en golfmetingen op slikken gelegen voor schorren in de Westerschelde
Koster Engineering

165	11:20	11.76	161	0.00	0	26.70
165	11:25	11.20	178	0.00	0	34.60
165	11:30	7.59	180	0.00	0	42.70
165	11:35	6.79	175	0.00	0	51.50
165	11:40	5.14	167	0.00	0	60.80
165	11:45	5.07	136	0.00	0	70.20
165	11:50	3.72	165	0.00	0	80.50
165	11:55	7.01	216	0.00	0	90.30
165	12:00	27.71	38	0.00	0	101.00
165	12:05	21.65	36	0.00	0	113.20
165	12:10	30.00	41	0.00	0	126.20
165	12:15	31.48	42	0.00	0	137.80
165	12:20	38.77	45	0.00	0	149.30
165	12:25	42.77	51	0.00	0	160.80
165	12:30	43.48	53	0.00	0	171.90
165	12:35	48.44	59	0.00	0	182.50
165	12:40	46.49	58	0.00	0	192.70
165	12:45	41.75	64	0.00	0	202.50
165	12:50	37.86	59	0.00	0	210.20
165	12:55	25.49	60	0.00	0	215.20
165	13:00	28.80	67	0.00	0	225.00
165	13:05	21.45	61	0.00	0	231.70
165	13:10	17.35	95	0.00	0	233.30

165	13:15	11.49	56	0.00	0	240.10
165	13:20	4.15	81	0.00	0	244.60
165	13:25	3.35	253	0.00	0	247.80
165	13:30	9.61	248	0.00	0	248.60
165	13:35	10.64	237	0.00	0	250.40
165	13:40	14.89	234	0.00	0	250.80
165	13:45	16.56	251	0.00	0	251.40
165	13:50	27.55	256	0.00	0	249.70
165	13:55	29.49	243	0.00	0	248.50
165	14:00	32.29	248	0.00	0	245.70
165	14:05	30.57	251	0.00	0	242.80
165	14:10	32.49	241	0.00	0	238.40
165	14:15	34.29	248	0.00	0	234.00
165	14:20	35.27	244	0.00	0	227.80
165	14:25	31.52	243	0.00	0	222.90
165	14:30	32.67	249	0.00	0	215.80
165	14:35	34.40	249	0.00	0	209.70
165	14:40	41.34	260	0.00	0	202.30
165	14:45	42.95	260	0.00	0	194.70
165	14:50	44.24	259	0.00	0	187.60
165	14:55	44.57	262	0.00	0	179.60
165	15:00	51.19	267	0.00	0	171.90
165	15:05	56.91	268	0.00	0	163.70

Bestand: BATHWEST\Golven.3

Dag Tijd Tz Hmean H1/3 Hsig Hmax Alpha Hmax/Hsig
[s] [cm] [cm] [cm] [cm]

#								
162	22:16	-1.0	-1	-1	-1	-1	0.00	1.0
162	22:30	2.6	4	4	7	14	0.64	2.0
162	22:45	2.4	2	2	3	7	0.76	2.3
162	23:00	2.5	3	3	4	6	0.74	1.7
162	23:15	2.2	2	2	3	4	0.78	1.5
162	23:30	2.2	5	5	7	9	0.63	1.3
163	10:45	2.2	2	2	3	6	0.76	1.8
163	11:00	2.1	3	3	4	7	0.73	1.6
163	11:15	2.5	3	3	5	13	0.71	2.6
163	11:30	2.2	2	2	3	5	0.78	1.9
163	11:45	3.3	5	6	10	15	0.58	1.5

163	12:00	2.8	3	3	4	8	0.73	2.0
163	12:15	2.4	3	3	4	9	0.72	2.0
163	12:30	2.1	3	3	4	8	0.73	1.9
163	23:16	2.2	4	4	5	10	0.69	1.8
163	23:30	2.4	5	4	7	14	0.63	2.0
163	23:45	1.8	-1	-1	-1	-1	0.63	1.0
164	00:00	2.9	4	4	7	16	0.66	2.3
164	00:15	2.2	4	4	5	9	0.69	1.8
164	00:30	2.8	7	6	10	19	0.57	1.9
164	11:30	2.2	4	4	6	12	0.67	2.0
164	11:45	2.5	4	3	7	15	0.64	2.2

Stroom- en golfmetingen op slikken gelegen voor schorren in de Westerschelde
Koster Engineering

164	12:00	2.7	4	4	6	8	0.69	1.5
164	12:15	2.3	3	3	4	7	0.73	1.8
164	12:30	2.2	2	3	3	6	0.76	1.6
164	12:45	2.5	4	4	6	13	0.66	2.1
164	13:00	3.0	4	4	5	8	0.71	1.5
164	13:15	2.7	3	4	5	9	0.70	1.8
164	13:30	2.9	3	4	5	9	0.70	1.6
164	13:45	2.5	2	2	4	9	0.75	2.4
165	00:15	2.3	2	2	3	5	0.79	1.9
165	00:30	2.2	2	2	3	5	0.77	1.6
165	00:45	2.4	4	4	7	17	0.64	2.5
165	01:00	3.3	6	4	9	27	0.60	2.9
165	01:15	2.7	4	4	6	13	0.68	2.2
165	01:30	3.6	4	4	7	17	0.68	2.5
165	01:45	2.2	2	1	2	5	0.83	2.4
165	01:45	2.0	-1	-1	-1	-1	0.83	1.0
165	12:39	-1.0	-1	-1	-1	-1	0.83	1.0
165	12:45	1.9	-1	-1	-1	-1	0.83	1.0
165	13:00	2.3	2	2	3	5	0.78	1.9
165	13:15	2.1	2	2	3	4	0.77	1.3
165	13:30	2.3	2	2	2	4	0.80	1.6
165	13:45	2.6	3	3	4	7	0.74	1.7
165	14:00	3.1	3	3	4	7	0.72	1.6
165	14:15	2.4	2	2	3	6	0.76	1.8
165	14:30	2.7	4	3	5	10	0.70	1.8
166	01:15	2.6	4	4	6	10	0.67	1.7
166	01:30	2.4	2	3	4	6	0.75	1.7
166	01:45	2.5	2	2	3	5	0.75	1.6

166	02:00	3.0	5	6	8	14	0.62	1.7
166	02:15	2.6	3	4	5	7	0.72	1.6
166	02:30	2.2	2	2	3	5	0.76	1.6
166	02:45	2.1	2	2	4	8	0.74	1.9
166	13:45	2.6	4	4	7	14	0.65	2.0
166	14:00	2.5	2	3	4	6	0.75	1.8
166	14:15	2.6	4	3	7	12	0.66	1.9
166	14:30	2.4	2	2	3	4	0.77	1.4
166	14:45	2.8	3	3	4	7	0.72	1.6
166	15:00	2.8	4	5	7	11	0.66	1.7
166	15:15	2.5	3	3	4	6	0.74	1.5
167	02:00	2.0	-1	-1	-1	-1	0.74	1.0
167	02:15	2.7	4	4	6	10	0.67	1.6
167	02:30	2.7	4	5	8	13	0.62	1.6
167	02:45	2.3	3	3	4	7	0.74	1.8
167	03:00	2.3	2	3	4	7	0.75	1.8
167	03:15	2.0	-1	-1	-1	-1	0.75	1.0
167	03:30	1.8	-1	-1	-1	-1	0.75	1.0
167	14:15	2.1	2	2	3	5	0.77	1.7
167	14:30	1.9	-1	-1	-1	-1	0.77	1.0
167	14:45	1.9	-1	-1	-1	-1	0.77	1.0
167	15:00	2.0	2	2	3	5	0.78	1.8
167	15:15	2.6	2	2	3	6	0.76	1.8
167	15:30	2.4	3	3	4	7	0.73	1.6
167	15:45	3.1	4	5	8	15	0.64	1.9
167	16:00	2.3	3	3	4	9	0.72	2.1
168	02:45	2.0	4	4	5	9	0.70	1.9
168	03:00	2.2	3	3	4	6	0.74	1.6

Bestand: BATHWEST\Golven.5

Dag	Tijd	Tz	Hmean	H1/3	Hsig	Hmax	Alpha	Hmax/Hsig
		[s]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]		
#								
165	10:34	-1.0	-1	-1	-1	-1	0.00	1.0
165	10:45	2.2	3	3	5	15	0.86	3.1
165	11:00	2.5	4	4	7	13	0.77	1.7
165	11:15	1.9	-1	-1	-1	-1	0.77	1.0
165	11:30	1.9	-1	-1	-1	-1	0.77	1.0
165	11:45	2.3	3	2	4	15	0.90	3.6

165	12:00	2.7	4	3	6	19	0.80	3.1
165	12:15	2.4	4	4	6	12	0.82	2.0
165	12:30	2.6	5	5	8	12	0.77	1.6
165	12:45	1.8	-1	-1	-1	-1	0.77	1.0
165	13:00	2.6	4	4	6	10	0.80	1.6
165	13:15	2.3	7	6	12	27	0.65	2.2

Stroom- en golfmetingen op slikken gelegen voor schorren in de Westerschelde
Koster Engineering

165	13:30	2.0	-1	-1	-1	-1	0.65	1.0
165	13:45	2.7	6	3	9	37	0.74	4.1
165	14:00	2.6	4	4	6	10	0.80	1.6
165	14:15	2.5	4	5	6	8	0.81	1.4
165	14:30	2.6	5	5	8	18	0.76	2.2
165	14:45	2.2	4	5	6	11	0.80	1.7
165	15:00	2.3	5	5	9	26	0.75	3.1
165	15:15	2.1	5	6	8	12	0.76	1.5
165	15:31	2.8	3	4	6	9	0.81	1.6
165	15:45	2.8	3	4	5	9	0.82	1.8
165	16:00	2.4	3	3	4	7	0.87	1.6
165	16:15	2.8	4	4	6	10	0.80	1.7
165	16:30	2.7	3	3	5	9	0.84	1.8
165	16:45	2.4	2	2	3	5	0.96	1.7
165	22:97	2.1	2	1	3	23	1.02	8.9
165	23:15	2.7	3	3	4	17	0.86	3.9
165	23:30	1.7	-1	-1	-1	-1	0.86	1.0
165	23:45	2.7	5	4	12	29	0.65	2.4
166	00:00	2.2	3	2	4	9	0.93	2.4
166	00:15	2.0	2	3	4	7	0.95	1.9
166	00:30	1.7	-1	-1	-1	-1	0.95	1.0
166	00:45	1.9	-1	-1	-1	-1	0.95	1.0
166	01:00	3.0	3	3	5	9	0.81	1.8
166	01:15	2.6	4	4	7	16	0.78	2.3
166	01:30	2.3	6	4	10	28	0.69	2.7
166	01:45	2.4	7	2	8	62	0.76	7.5
166	02:00	3.3	3	4	5	9	0.80	1.8
166	02:15	2.6	5	5	7	11	0.78	1.5
166	02:30	2.1	6	7	9	14	0.72	1.6
166	02:45	2.2	5	4	10	23	0.69	2.3
166	03:00	2.0	-1	-1	-1	-1	0.69	1.0
166	03:15	1.6	-1	-1	-1	-1	0.69	1.0
166	03:30	1.5	-1	-1	-1	-1	0.69	1.0
166	03:45	2.9	4	3	8	18	0.76	2.3
166	04:01	3.4	4	4	6	9	0.79	1.5
166	04:15	3.3	3	4	5	10	0.80	1.8
166	04:30	3.4	2	2	3	5	0.90	1.6
166	04:45	2.9	1	2	2	4	0.97	1.7
166	05:00	2.6	2	2	4	8	0.90	2.0

166	11:34	2.4	2	1	3	7	0.99	2.9
166	11:45	2.3	3	2	5	11	0.87	2.3
166	12:00	2.0	2	2	3	4	1.02	1.6
166	12:15	2.5	3	2	5	13	0.84	2.6
166	12:30	2.0	-1	-1	-1	-1	0.84	1.0
166	12:45	3.2	6	4	11	27	0.70	2.4
166	13:00	2.4	3	4	5	10	0.83	2.0
166	13:15	2.1	4	4	6	20	0.81	3.1
166	13:30	2.6	5	4	7	17	0.78	2.3
166	13:45	2.8	5	5	8	13	0.76	1.6
166	14:00	2.5	4	4	6	11	0.80	1.8
166	14:15	2.3	4	5	7	12	0.79	1.7
166	14:30	2.2	6	6	9	21	0.73	2.3
166	14:45	2.8	4	4	7	17	0.78	2.4
166	15:00	3.0	5	6	9	16	0.75	1.8
166	15:15	2.2	6	6	10	21	0.69	2.1
166	15:30	2.3	5	5	7	12	0.78	1.7
166	15:45	1.8	-1	-1	-1	-1	0.78	1.0
166	16:00	3.1	4	4	6	9	0.80	1.6
166	16:15	2.3	3	3	5	8	0.88	1.8
166	16:30	1.8	-1	-1	-1	-1	0.88	1.0
166	16:45	2.1	4	4	6	13	0.82	2.2
166	17:00	2.0	3	3	5	10	0.84	1.8
166	17:15	1.7	-1	-1	-1	-1	0.84	1.0
167	00:15	2.5	4	3	7	20	0.78	2.9
167	00:30	1.9	-1	-1	-1	-1	0.78	1.0
167	00:45	2.1	4	4	5	11	0.83	2.0