

Windinvoer in het Zeedelta gebied: effecten ruimtelijk variërende windinvoer op de waterstanden in het zeedelta gebied

Project: NAUTILUS

Werkdocument: RIKZ/OS-00.154x



In opdracht van:

Directie Noordzee
Directie Zuid-Holland
Directie Zeeland
Directie Noord-Holland
Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam
Meetstrategie 2000+

Windinvoer in het Zeedelta gebied

effecten ruimtelijk variërende windinvoer op de
waterstanden in het Zeedelta gebied

Project:	NAUTILUS
Werkdocument:	RIKZ/OS/2000.154x
Datum:	oktober 2000
Auteur:	M.E. Philippart M. Soerdjbali

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	0
1 Inleiding.....	1
2 Opzet berekeningen	3
2.1 Het model	3
2.2 De randvoorwaarden	3
2.3 De windinvoer	4
2.4 De uitvoer	5
3 Resultaten optimalisatie	7
4 Resultaten validatie	9
5 Conclusies en aanbevelingen	11
Bijlage 1: Figuren 3.1 t/m 3.7	13
Bijlage 2: Figuren 3.8 t/m 3.25	21
Bijlage 3: Figuren 4.1 t/m 4.4	41
Bijlage 4: Figuren 4.5 t/m 4.22	47

1 Inleiding

Bij berekeningen uitgevoerd met het RIJMAMO model en het Zeedelta model werd tot voor kort de wind gemeten bij Hoek van Holland gebruikt om intern het hele model aan te sturen. Naast deze invoer wordt de opzet op de zeerland bepaald met het Kuststrook model en aan de riviervoorzijde opgelegd door de debieten.

Bij vele berekeningen bleek dat de interne door de wind opgewekte opzet (veel) te hoog werd gereproduceerd door deze modellen. Als tijdelijke oplossing daarvoor is gekozen om geen interne windinvoer te gebruiken. Voor het zeelandgedeelte en het binnengebied tot Rotterdam worden de meteorologische invloeden voldoende door de zeerlandvoorwaarden aangestuurd. Verder landinwaarts geeft dit een onderschatting van de waterstanden. Ook worden hierdoor waarschijnlijk verkeerde transporten en waterverdeling tussen de verschillende riviertakken bewerkstelligd.

In werkelijkheid zal de interne opzet door vier aspecten bepaald worden:

1. de zeerlandvoorwaarden;
2. de rivierdebieten;
3. de werkelijke windsnelheid en windrichting voor het hele modelgebied;
4. de aangrijping van de wind op het water (winddrag).

In deze rapportage is beschreven hoe met een aantal berekeningen het effect van ruimtelijk veranderende windinvoer is onderzocht. De aspecten 1 en 2 zijn niet gevarieerd en voor aspect 4 is verondersteld dat dit in het ingevoerde windveld verdisconteerd kan worden.

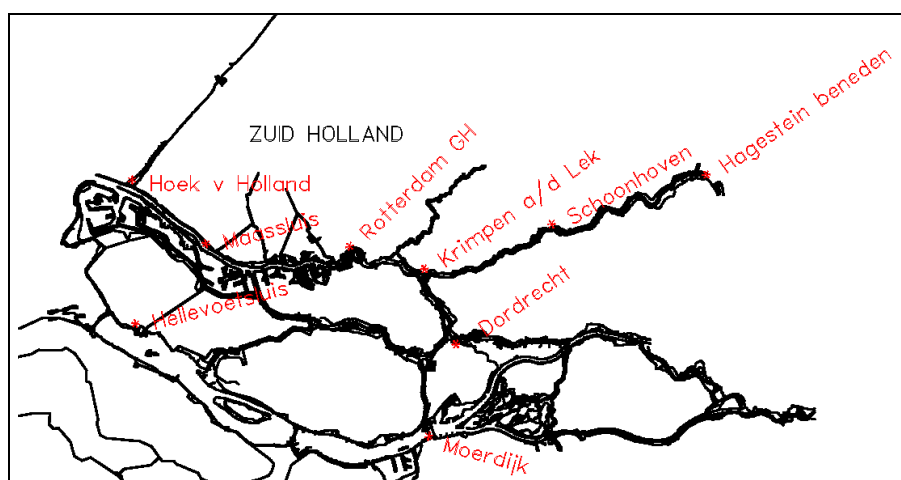
Gebleken is dat de beste resultaten verkregen worden bij windinvoer afkomstig van de meetlocatie Rotterdam-Geulhaven die ten oosten van deze locatie afneemt tot geen wind bij Hagestein; de oostrand van het model.

2 Opzet berekeningen

2.1 Het model

De berekeningen zijn uitgevoerd met het Zeedelta_fijn model (versie 6). Het gesimuleerde gebied beslaat de monding van de Rijn en Maas en het beneden-rivieren gebied. Van west naar oost loopt het model van 35 km uit de kust tot aan de stuwen bij Hagestein, Tiel en Lith. Van noord naar zuid van Zandvoort tot de Grevelingendam.

Dit model is goed afgeregeld op opgetreden waterstanden en saliniteitswaarnemingen. In figuur 2.1 is het geografisch bereik van dit model weergegeven.



Figuur 2.1 Geografisch bereik van het Zeedeltamodel met daarin de belangrijkste uitvoerlocaties.

De berekeningen zijn uitgevoerd inclusief zouttransport en met als winddrag-formulering de Charnock formulering met default $\beta=0.032$ en $H=10$ meter.

2.2 De randvoorwaarden

Het model wordt voor wat betreft de waterbeweging aangestuurd door randvoorwaarden op de zeerland en de rivierrand. Aan de zeezijde zijn deze afkomstig van het kuststrookmodel, aan de rivierzijde worden gemeten debieten opgelegd. De gesimuleerde perioden beslaan voor de optimalisatie berekeningen de periode 22 t/m 30 oktober 1998 en voor de validatie de periode 16 t/m 21 januari 1998. In beide perioden was er sprake van een stormachtige wind (8 bft.) uit west tot noordwestelijke richting, zie de figuren 2.3 en 2.4. In de eerste periode gaf dit opzetten van 80 tot 140 cm, de tweede periode tot 100 cm.

2.3 De windinvoer

Er zijn een viertal berekeningen uitgevoerd voor verschillende windinvoer. Deze situaties zijn achtereenvolgens:

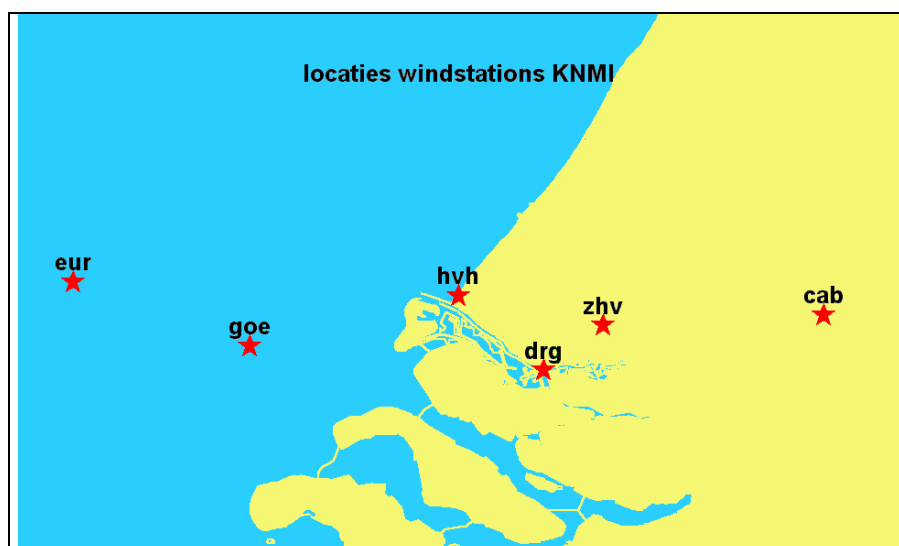
- A. geen windinvoer
- B. ruimtelijk uniforme wind, gemeten op locatie Hoek van Holland
- C. ruimtelijk variërende wind uit zestal locaties (zie figuur 2)
- D. ruimtelijk variërende wind op basis van locatie Rotterdam Geulhaven

De ruimtelijk variërende windvelden zijn geconstrueerd uit de gemeten winden op de (punt)locaties gelegen in west-oost richting (zie figuur 2.2). In deze west-oost richting zijn de windsnelheden en windrichtingen lineair geïnterpoleerd op basis van de RDV-x positie. In noord-zuid richting zijn deze waarden constant gehouden. Interpolatie van windrichting was mogelijk doordat deze richtingen min of meer gelijk waren én geen overgangen door noordelijke richting vertoonden. Het constant houden in noord-zuid richting is geoorloofd door het feit dat we naar een langgerekt gebied kijken waar weinig lokale noord-zuid gradienten zullen optreden.

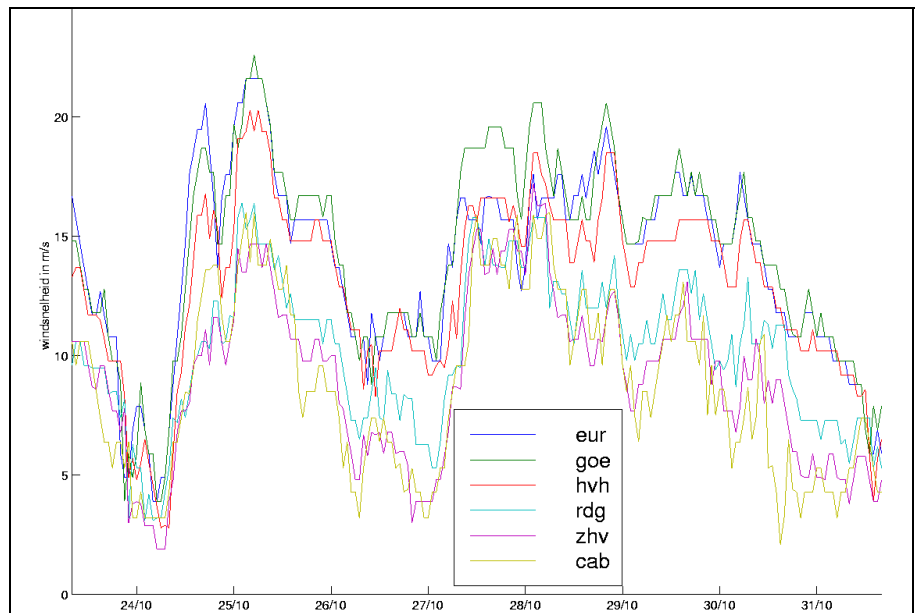
De keuze voor optie D is gemaakt op basis van de resultaten van de eerdere 3 berekeningen. Door het KNMI (A. Klein Tank) zijn windreeksen van een zestal locaties geleverd, deze locatie zijn in tabel 2.1 gegeven.

naam	KNMI-nr	RDV-x	RDV-y
Europlatform	321	10044	447580
Goeree	320	36662	437913
Hoek van Holland	330	68209	445550
Rotterdam Geulhaven	343	81025	434250
Rotterdam Zestienhoven	344	90125	441000
Cabauw	348	123350	442580

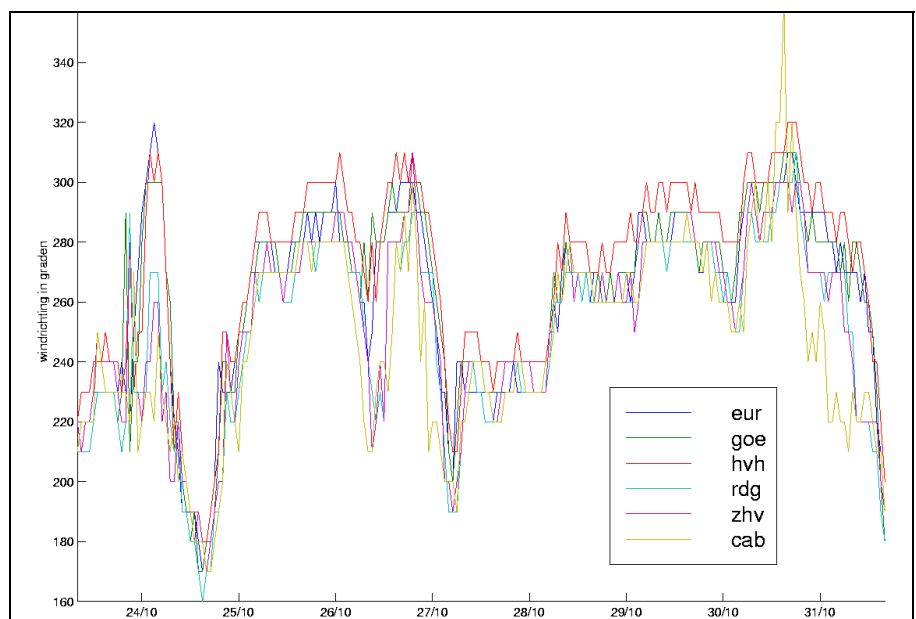
Tabel 2.1 Locaties van gemeten winden met hun naam, KNMI-nummer en ligging in RDV coördinaten (Parijs)



Figuur 2.2 Positie windmeet locaties KNMI waarvan data zijn gebruikt.



Figuur 2.3 Gemeten windsnelheden 24 t/m 31 oktober 1998 (bron: KNMI).



Figuur 2.4 Gemeten windrichtingen 24 t/m 31 oktober 1998 (bron: KNMI)..

2.4 De uitvoer

In de analyse van de resultaten is gekeken naar het ruimtelijk verloop van de opzet op een aantal tijdstippen (enkele extreme hoog- en laagwaters). Hierbij is langs de gridlijn van het model uitvoer geproduceerd die loopt vanuit zee door de Nieuwe waterweg, Nieuwe Maas tot bij Hagestein. Op deze lijn zijn ook de gemeten opzetten bij de locaties Hoek van Holland, Maassluis, Rotterdam-Geulhaven, Krimpen aan de Lek, Schoonhoven en Hagestein geplott (*). Omdat voor Hagestein de berekende (=hatyan) astronomische waterstand niet beschikbaar was is voor deze locatie de astronomische stand uit het model gebruikt hetgeen een geringe afwijking tot gevolg kan hebben.

Naast dit ruimtelijk verloop is ook gekeken naar de tijdreeksinformatie. Hierbij zijn de uitkomsten van het model vergeleken met waargenomen waterstanden over de gehele periode van de berekening. Hiervan zijn de grafieken van 25+26 en voor 28+29 oktober 1998 opgenomen in het verslag.

3 Resultaten optimalisatie

In de figuren 3.1 tot en met 3.7 is het ruimtelijk verloop gegeven van de opzet bepaald met de in 2.3 genoemde soorten van windinvoer. Een detail van figuur 3.1 is hieronder gegeven, de andere figuren staan in de bijlage 1. De sterren zijn opzetten bepaald uit de waarnemingen langs dit traject.

De rode lijn geeft de situatie met uniforme wind afkomstig uit de meting bij Hoek van Holland. Het is duidelijk dat er achter in het model een overschatting van de opzet plaatsvindt in alle getoonde tijdstappen.

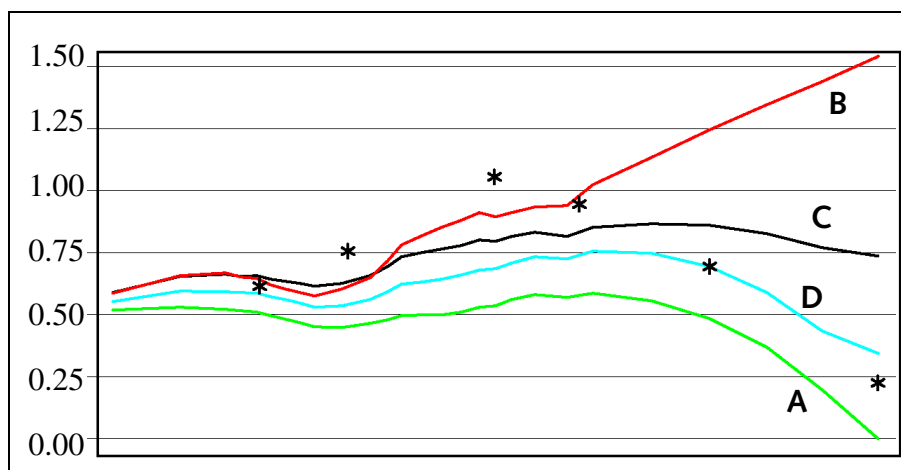
De zwarte lijn geeft de effecten van de windinvoer die het beste met de werkelijk overeenkomt. Dit is het ruimtelijk variërende windveld gebaseerd op alle beschikbare wind meetlocaties. Het blijkt echter dat deze windinvoer een overschatting in de opzetten teweegbrengt. Deze overschatting begint al op zee en bedraagt 20 tot 30 cm bij Hoek van Holland.

Bij het niet meeberekenen van de interne wind, de groene lijn, blijven de opzetten echter sterk achter bij de uit de waarnemingen bepaalde opzetten.

Op basis van deze drie berekeningen is een nieuwe variant voor de windinvoer bedacht die als volgt is gedefinieerd: windinvoer afkomstig van de meetlocatie Rotterdam-Geulhaven die ten oosten van deze locatie afneemt tot geen wind bij Hagestein; de oostrand van het model.

De resultaten hiervan zijn weergegeven met de blauwe lijn. Over het algemeen komen deze goed overeen met de uit de waarnemingen bepaalde opzetten.

De bij deze berekeningen horende tijdreeksinformatie voor de in figuur 2.1 getoonde waterstandsstations is in de figuren 3.8 t/m 3.25 weergegeven.



Figuur 3.1 Verloop van opzet in Zeedeltamodel van Hoek van Holland tot Hagestein.

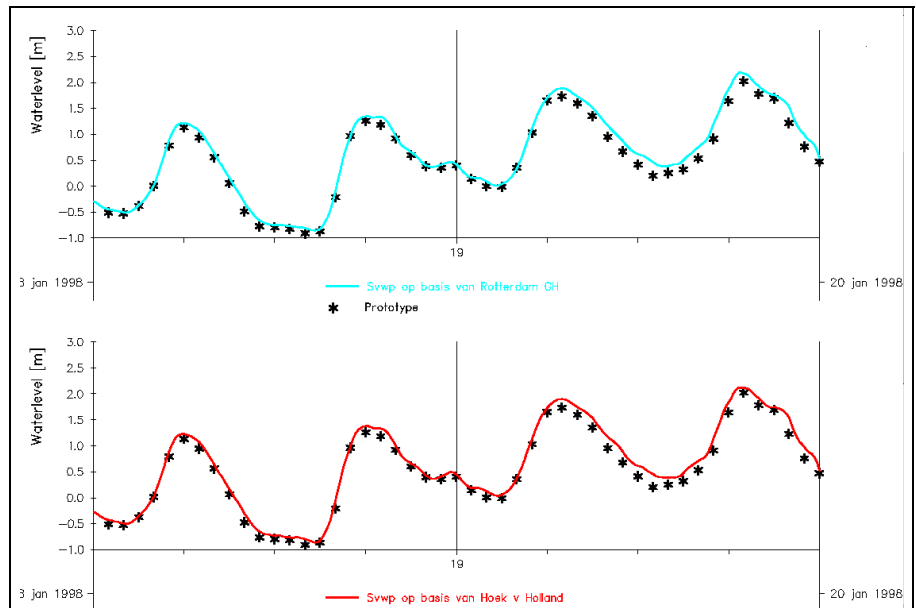
4 Resultaten validatie

Om na te gaan in hoeverre de resultaten generiek zijn is nog een tweede periode met een andere storm doorgerekend. Het gaat hierbij om de periode januari 1998 met daarin opzetten tot 1 meter.

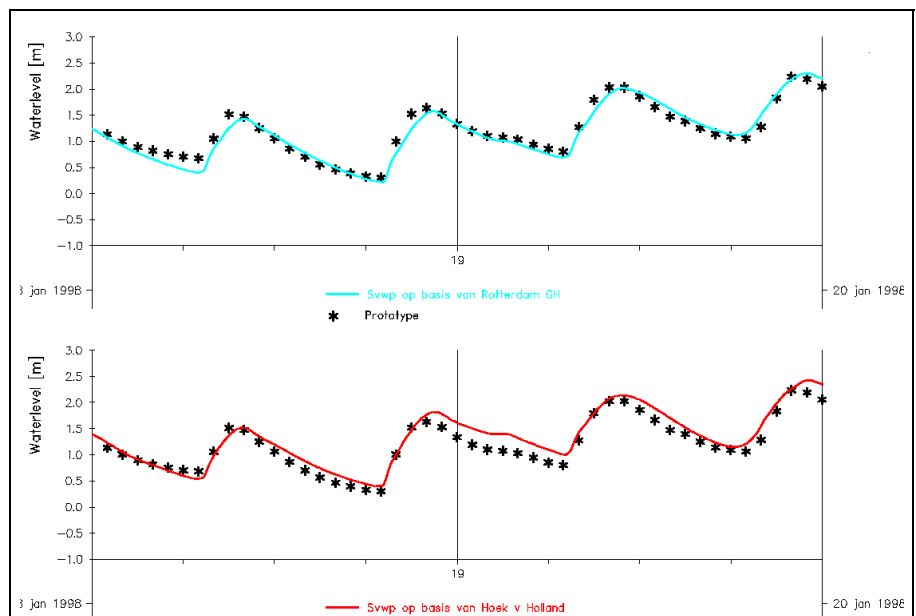
Er zijn een drie berekeningen uitgevoerd voor verschillende windinvoer. Deze situaties zijn achtereenvolgens:

- A. geen windinvoer
- B. ruimtelijk uniforme wind, gemeten op locatie Hoek van Holland
- C. ruimtelijk variërende wind op basis van locatie Rotterdam Geulhaven

Er blijkt uit deze berekening dat de methode nog steeds werkt. De verschillen tussen de situatie met alleen wind van Hoek van Holland en de invoer met wind uit Rotterdam-Geulhaven zijn echter niet zo groot als bij de voorgaande berekeningen. In figuur 4.1 is de tijdreeks voor Hoek van Holland gegeven, in deze locatie is vrijwel geen verschil te zien tussen de twee berekeningen. In 4.2 is dezelfde periode voor de locatie Hagestein geplot. Hier is uit op te maken dat de effecten achter in het model wel merkbaar zijn.



Figuur 4.1 Verloop van de waterstand in Zeedeltamodel bij Hoek van Holland.



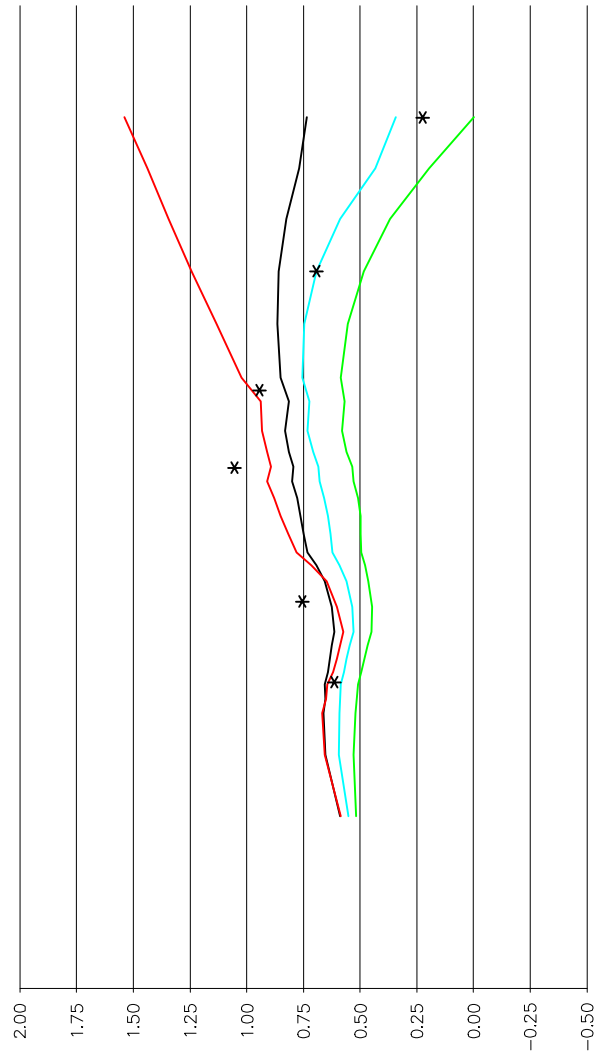
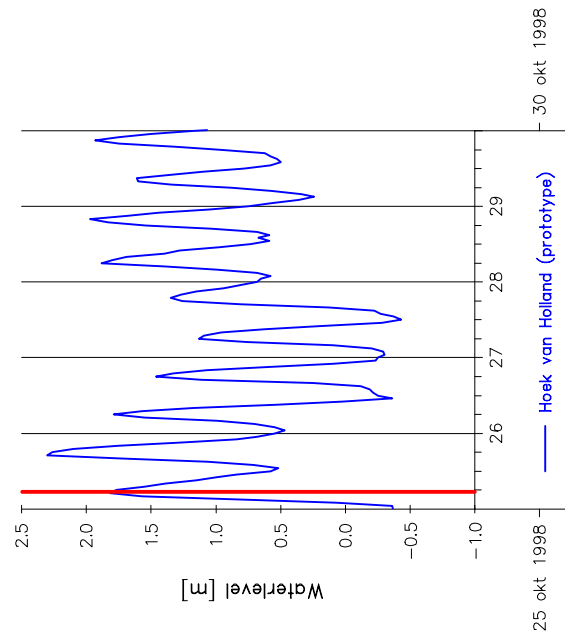
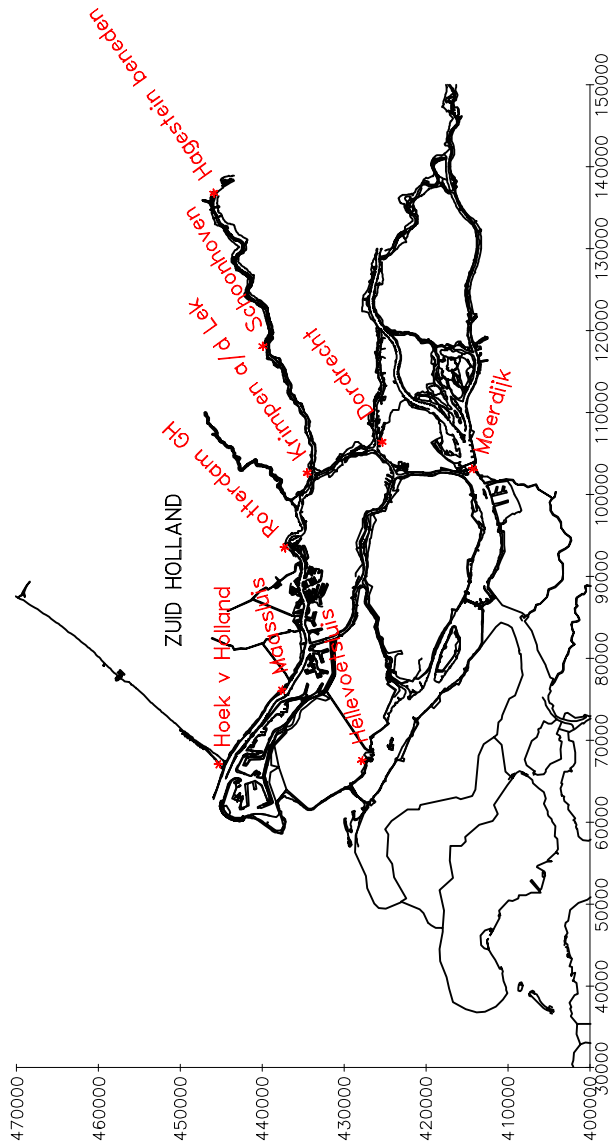
Figuur 4.2 Verloop van de waterstand in Zeedeltamodel bij Hagestein.

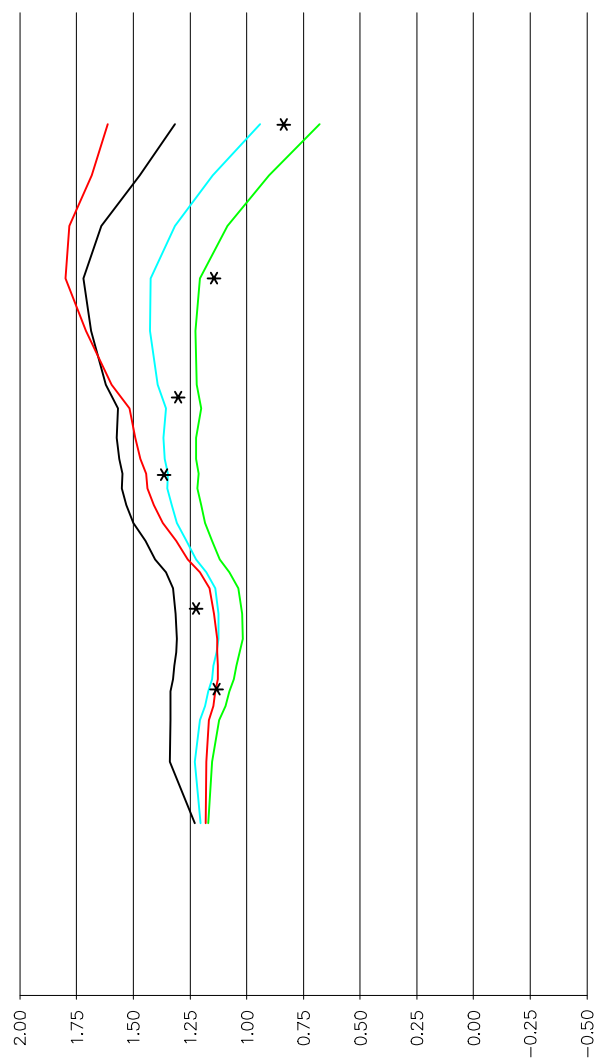
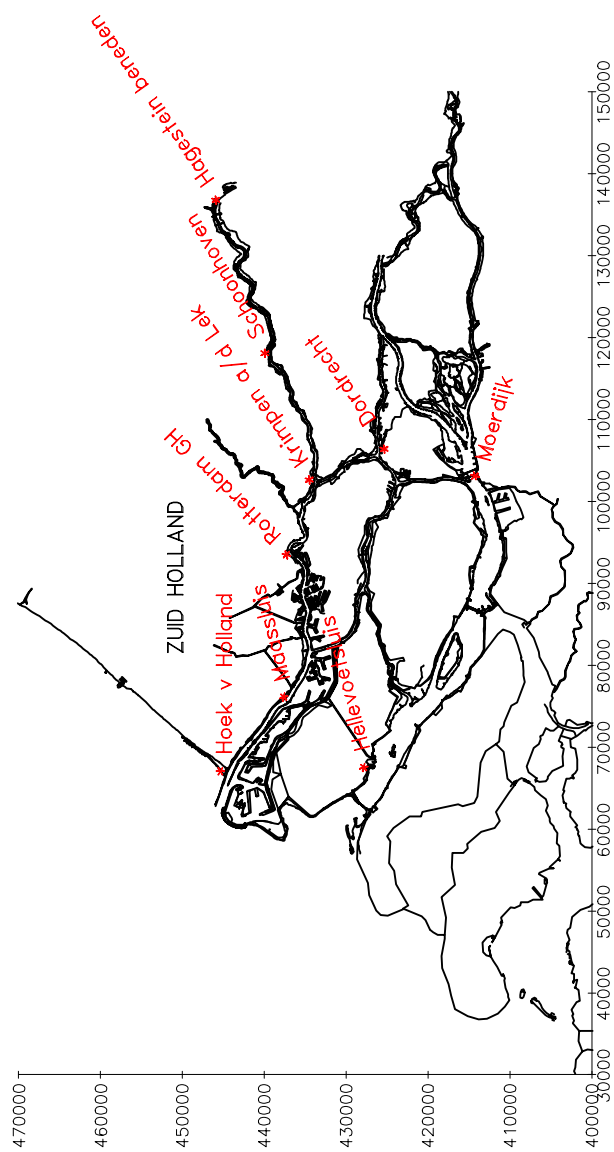
5 Conclusies en aanbevelingen

- De toegepaste methode met wind gemeten bij Rotterdam-Geulhaven werkt en geeft een beter resultaat dan toepassen van de wind gemeten bij Hoek van Holland of met een windveld samengesteld uit alle beschikbare windgegevens.
- Het windveld samengesteld uit alle beschikbare windgegevens, dat de beste benadering is van de werkelijk opgetreden winden geeft geen beter resultaat. Een gedetailleerd windveld dat afkomstig is van een hoog resolutie weermodel zal dus ook geen oplossing zijn voor het gestelde probleem.
- Voor een operationele inzet van het Zeedelta model zijn ook voorspellingen van de wind nodig. Er zal onderzocht moeten worden hoe wind voor de locatie Rotterdam-Geulhaven operationeel (=forecast) uit bijvoorbeeld het Hirlam 11 km. weermodel is te verkrijgen.
- In de gevolgde werkwijze zijn de onzekerheden in de winddrag niet opgelost maar op een pragmatische wijze in de windinvoer verrekend. Voor een beter begrip van de fysica en daarmee een beter gefundeerde benadering van de wind effecten in het Zeedelta model zou de winddrag nog meer aandacht moeten krijgen. Wellicht zal gebruik van hogere resolutie weermodellen hiertoe een bijdrage kunnen leveren. Ook de ontwikkelingen van wind transformatie modellen waarin land-zee overgangen op een meer correcte wijze worden behandeld kan hiertoe een bijdrage leveren.
- Gezien de onzekerheden in wind en winddrag is het raadzaam om operationeel gebruik van data assimilatie in het Zeedelta gebied te maken. Hierbij zouden zowel waterstanden als stroomsnelheden en debieten moeten worden geassimileerd. Hiertoe dienen dan natuurlijk wel betrouwbare operationele metingen beschikbaar te zijn.

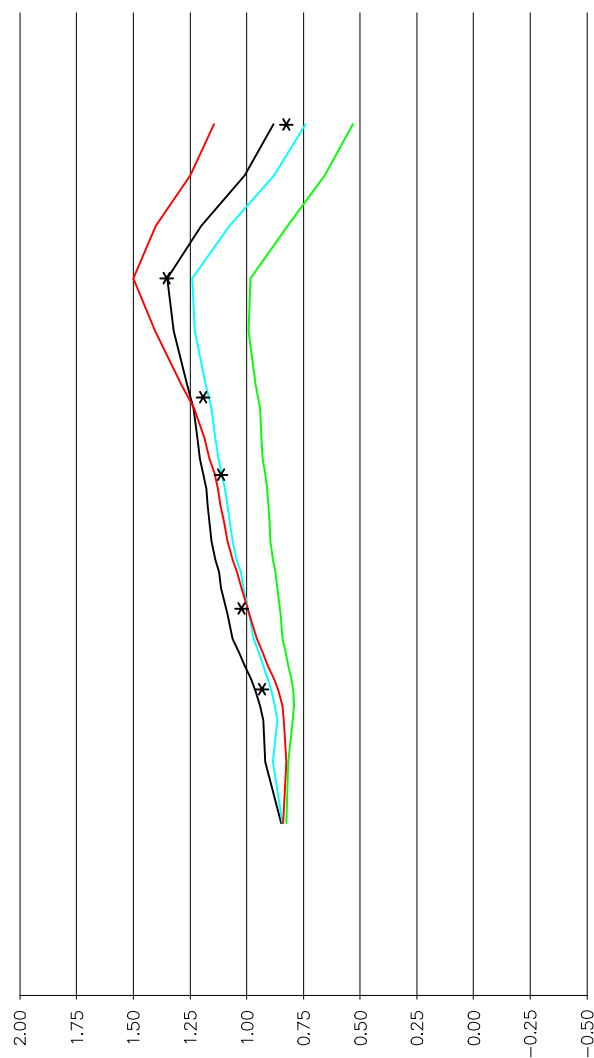
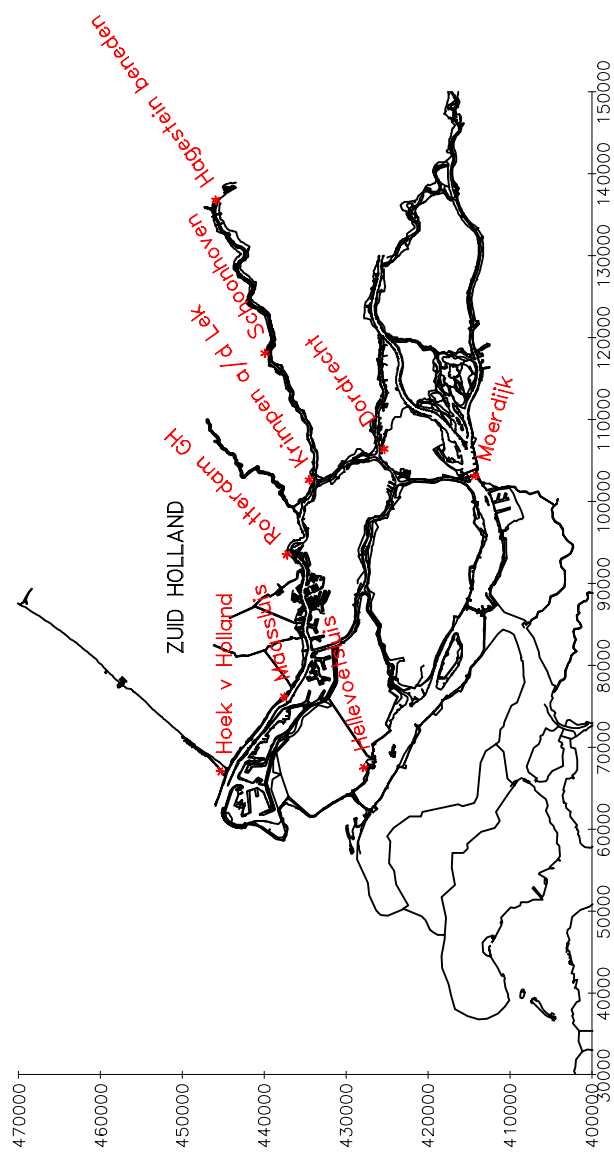
Bijlage 1: Figuren 3.1 t/m 3.7

De ruimtelijke verdeling van de opzetten
Optimalisatie periode: 22 t/m 30 oktober 1998





Zeedelta-model , Date 25 oct 1998 17:30

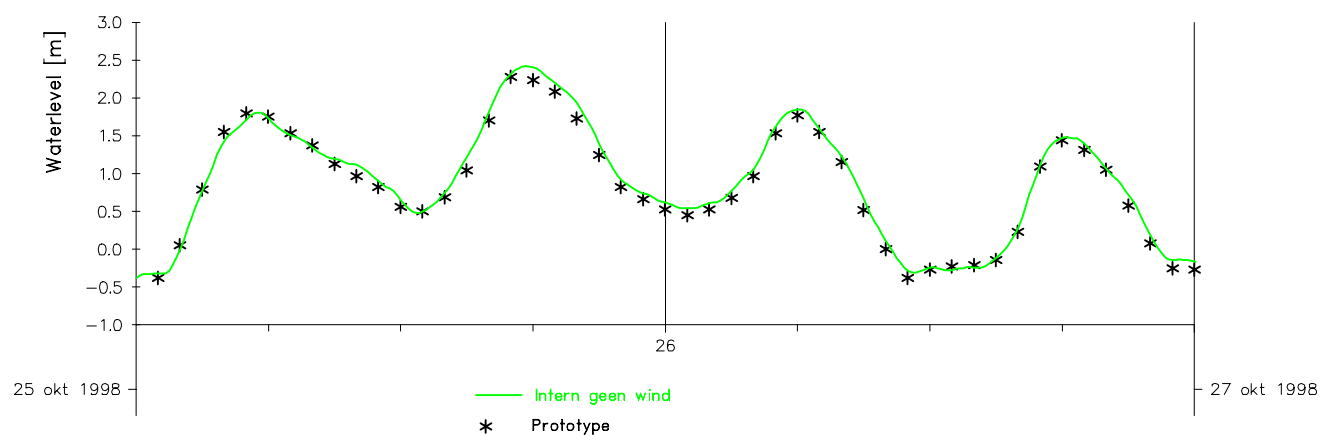
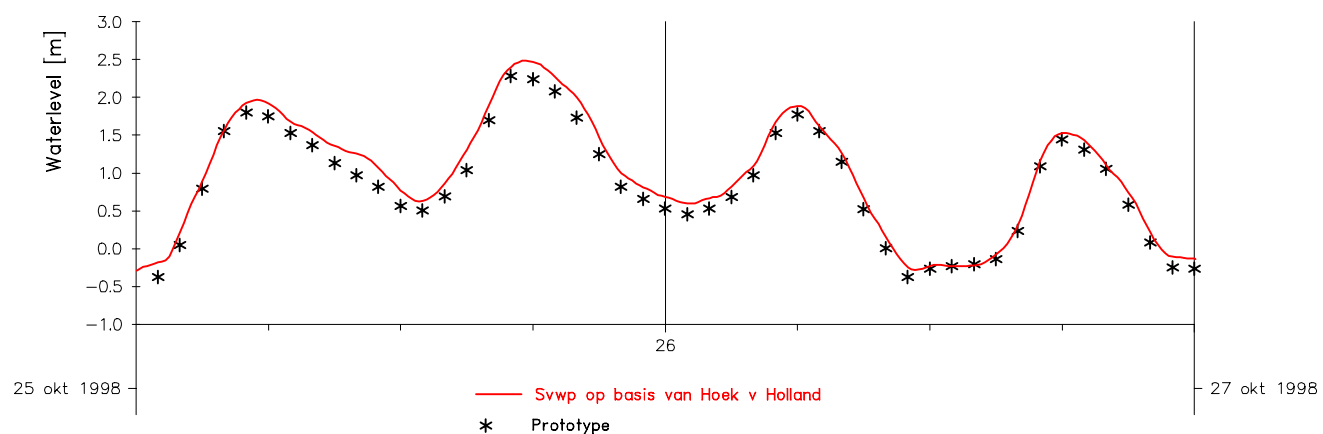
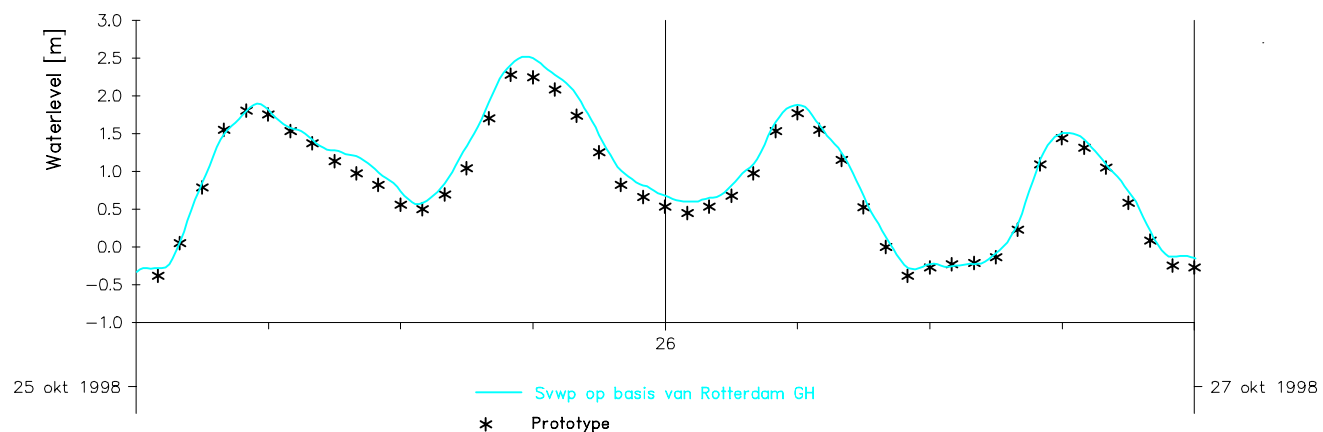
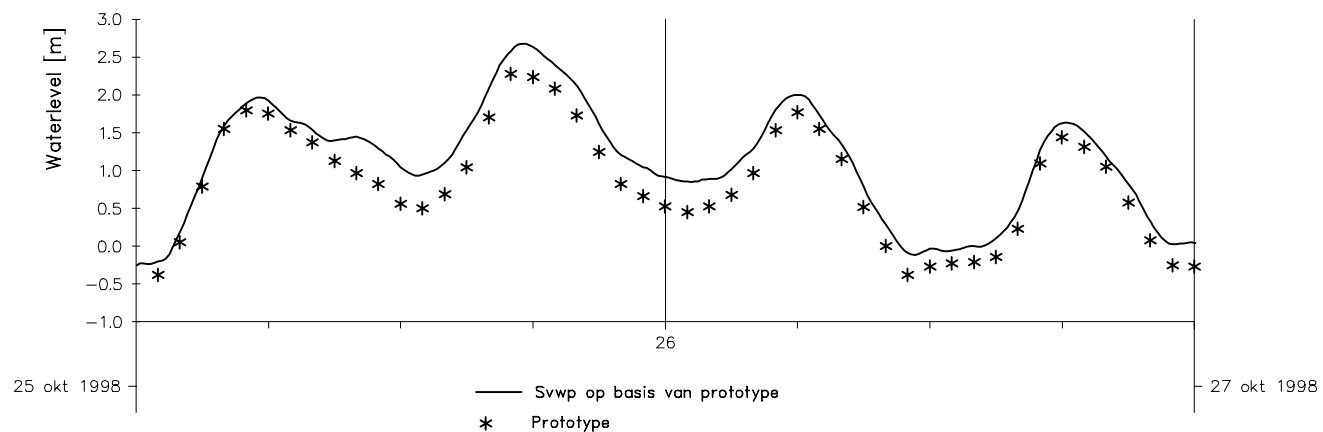


Zeedelta-model , Date 29 oct 1998 21:00

Bijlage 2: Figuren 3.8 t/m 3.25

Tijdreeksen van waterstanden

Optimalisatie periode: 22 t/m 30 oktober 1998



Windinvoer in het Zeedelta gebied
Station : Hoek van Holland

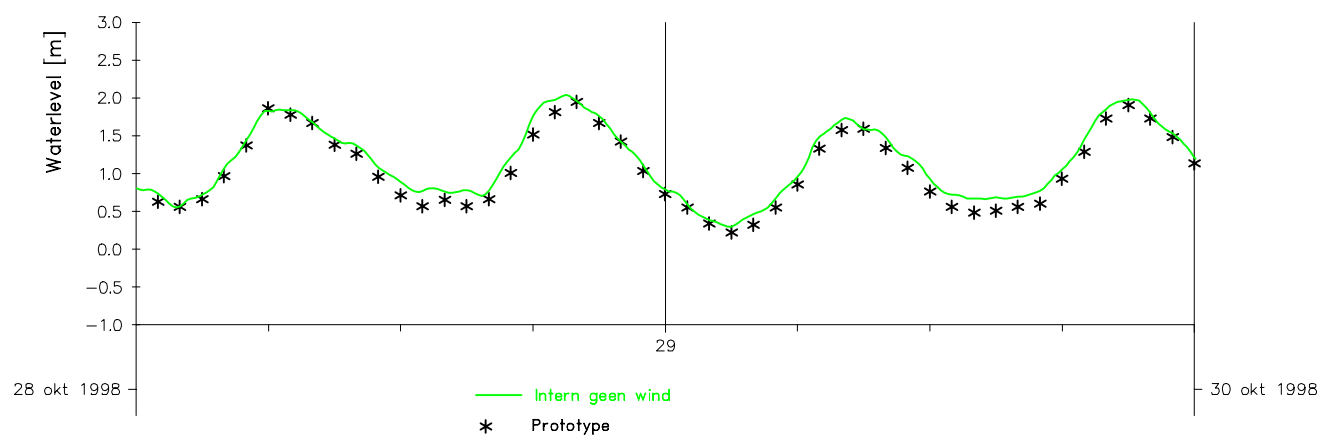
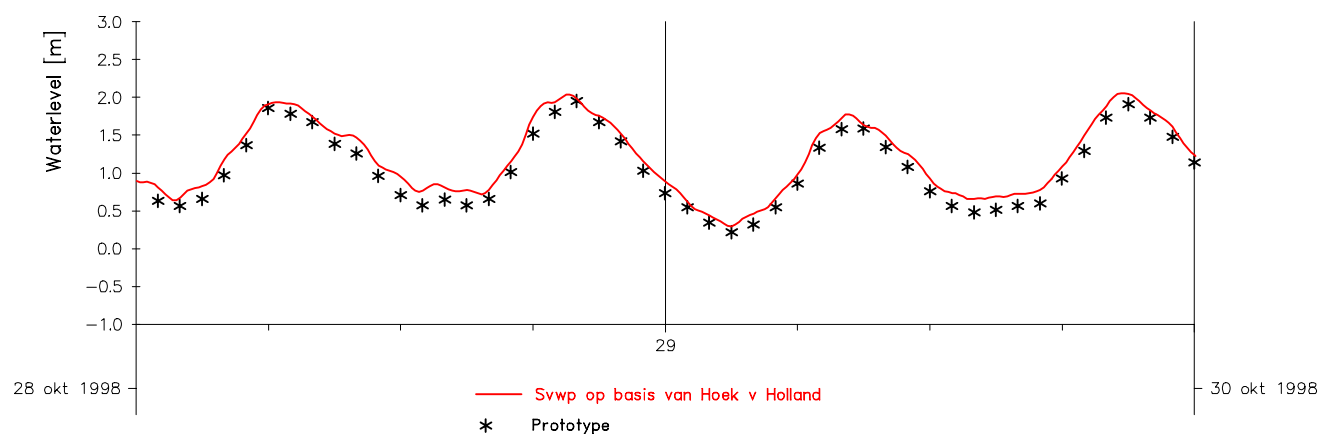
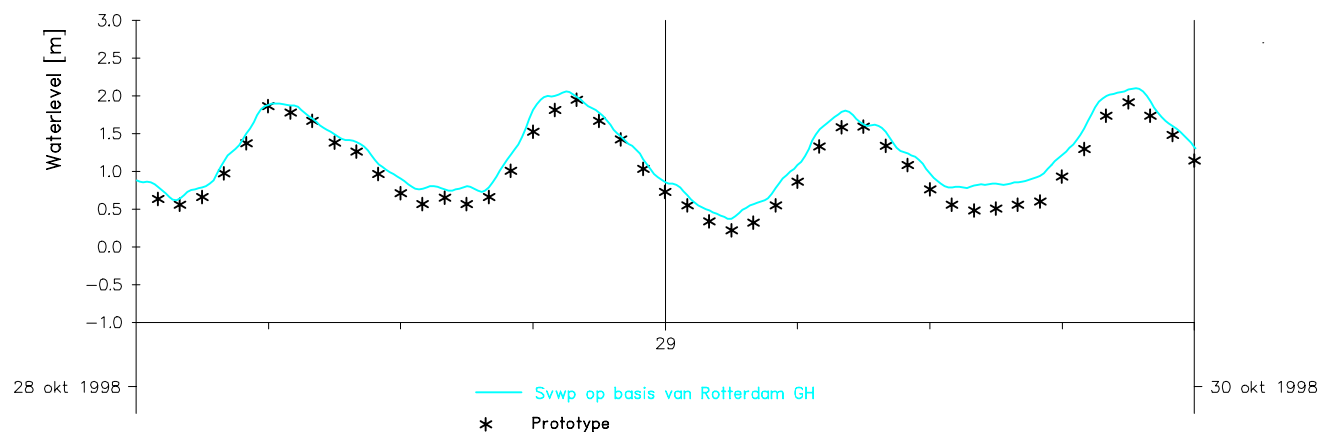
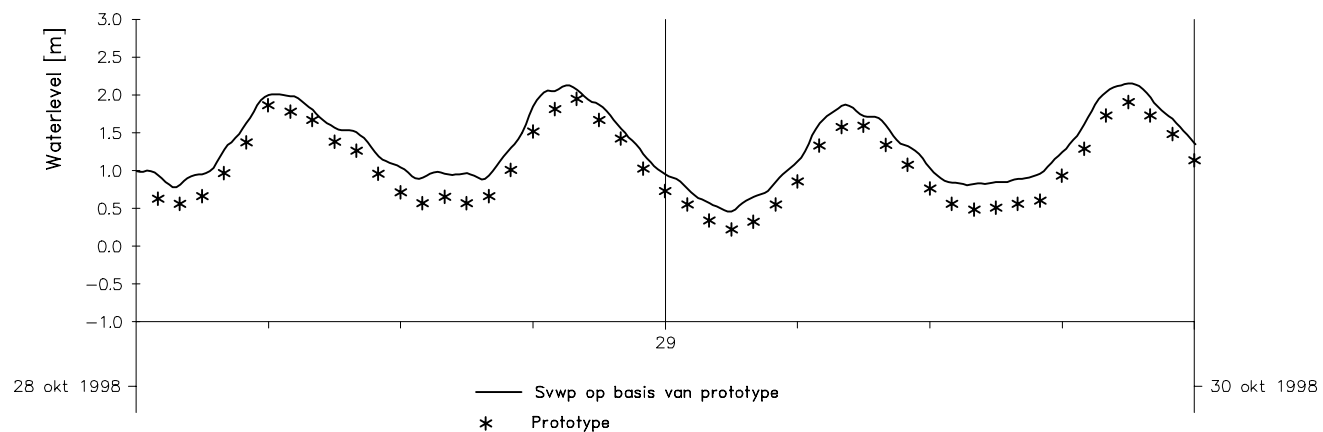
Zeedelta_fijn versie 6

RIKZ

RIKSWATERSTAAT

10 mei 2000

Fig. 3.8



Windinvoer in het Zeedelta gebied
Station : Hoek van Holland

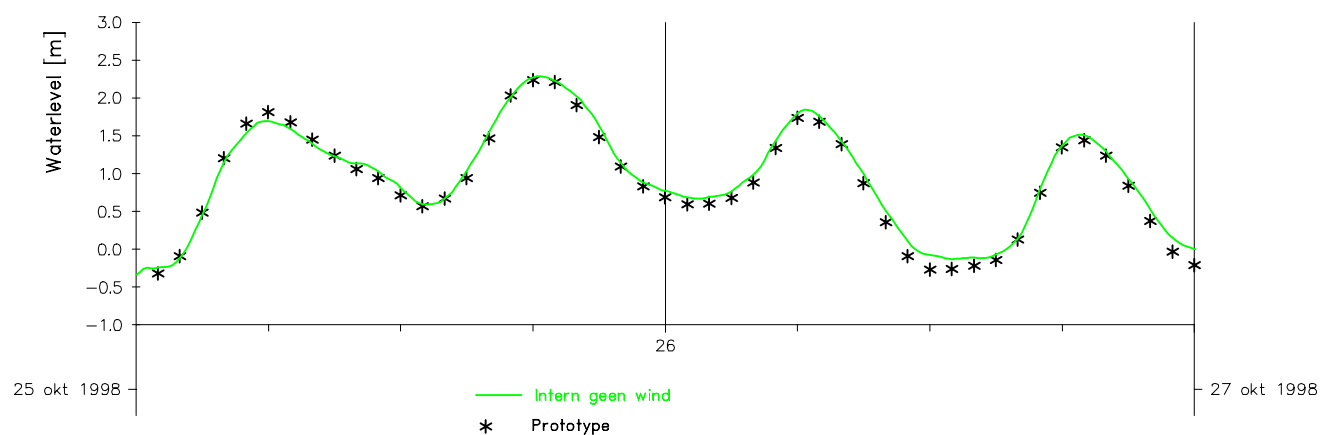
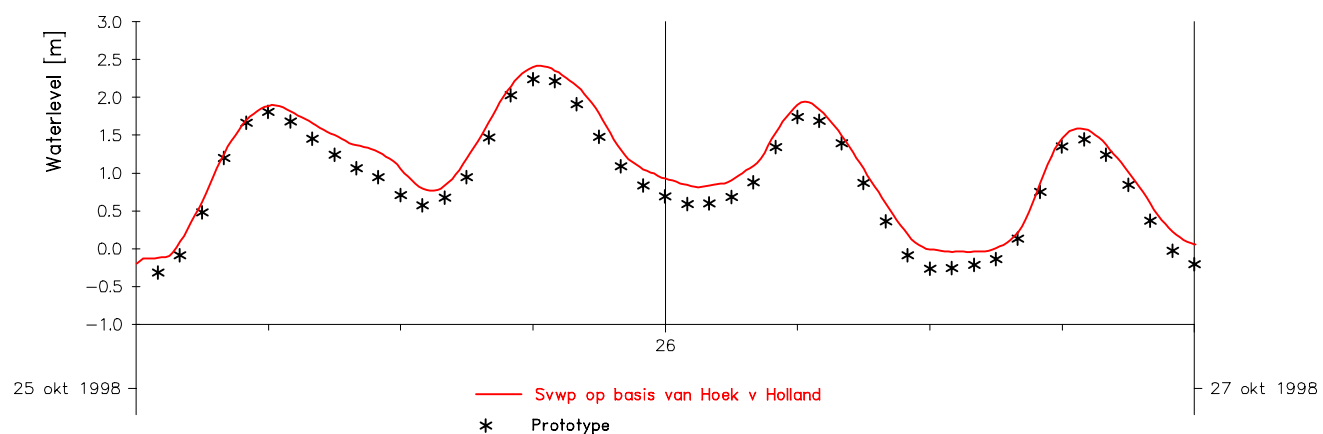
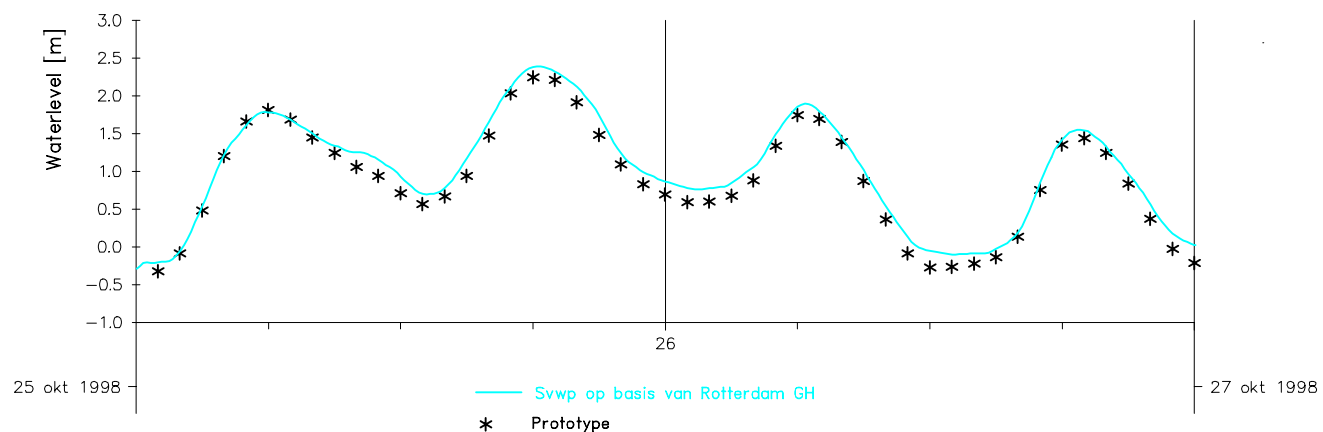
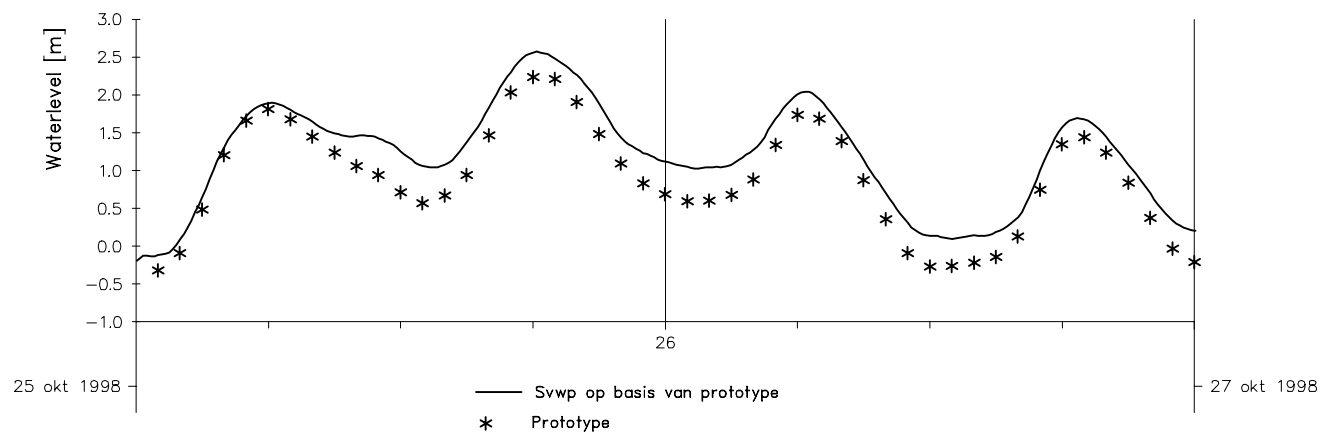
Zeedelta_fijn versie 6

RIKZ

RIKSWATERSTAAT

10 mei 2000

Fig. 3.9



Windinvoer in het Zeedelta gebied
Station : Maassluis

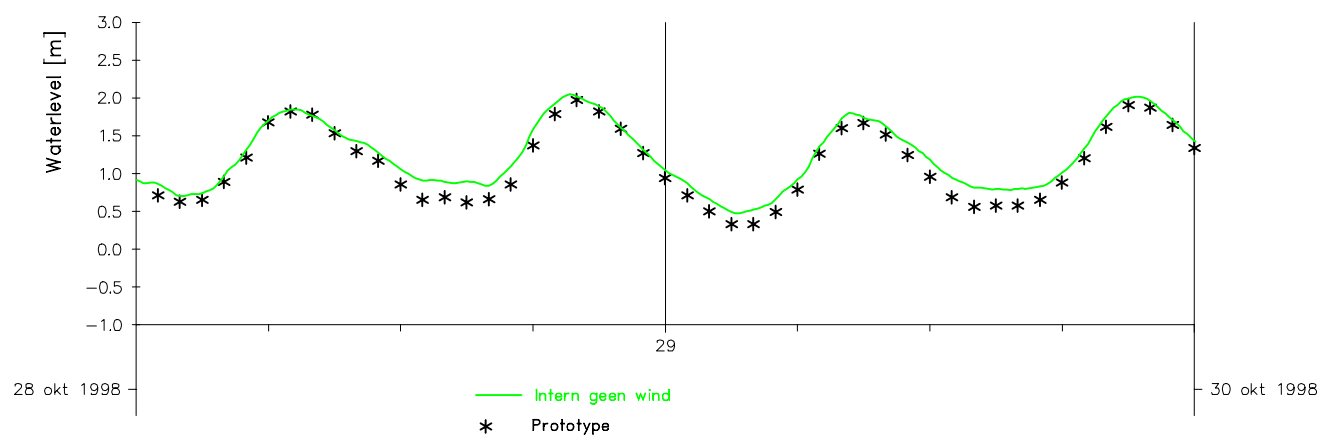
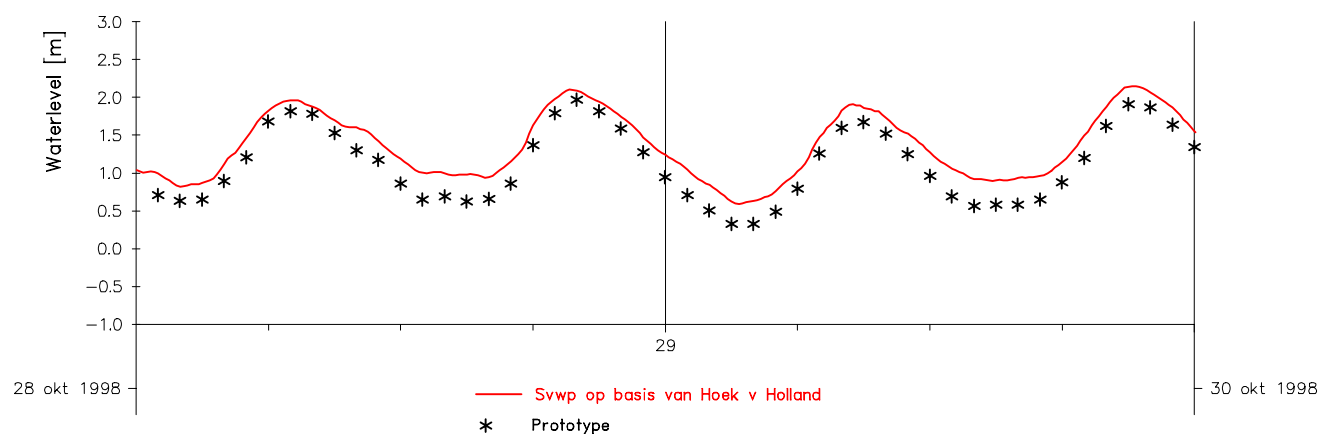
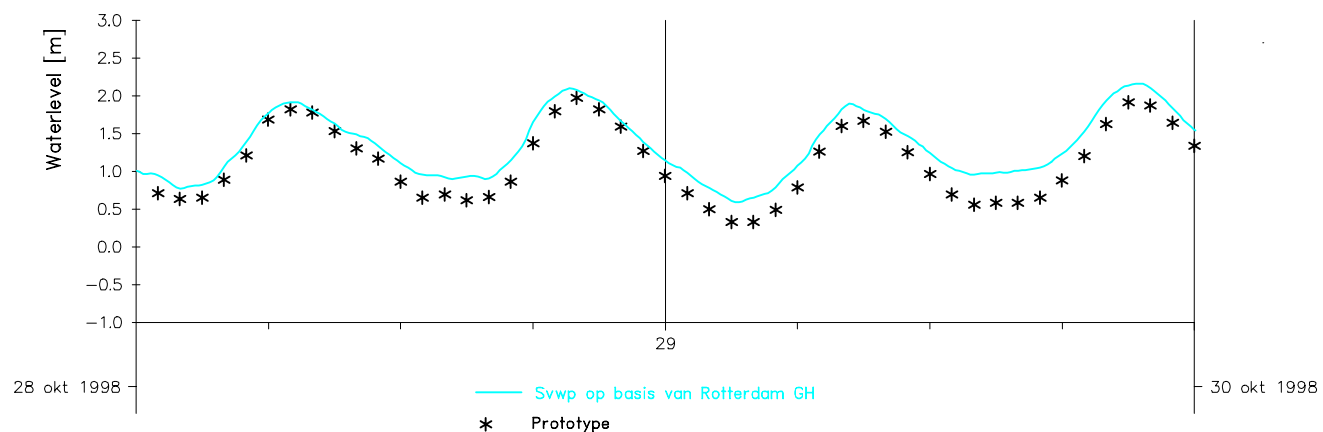
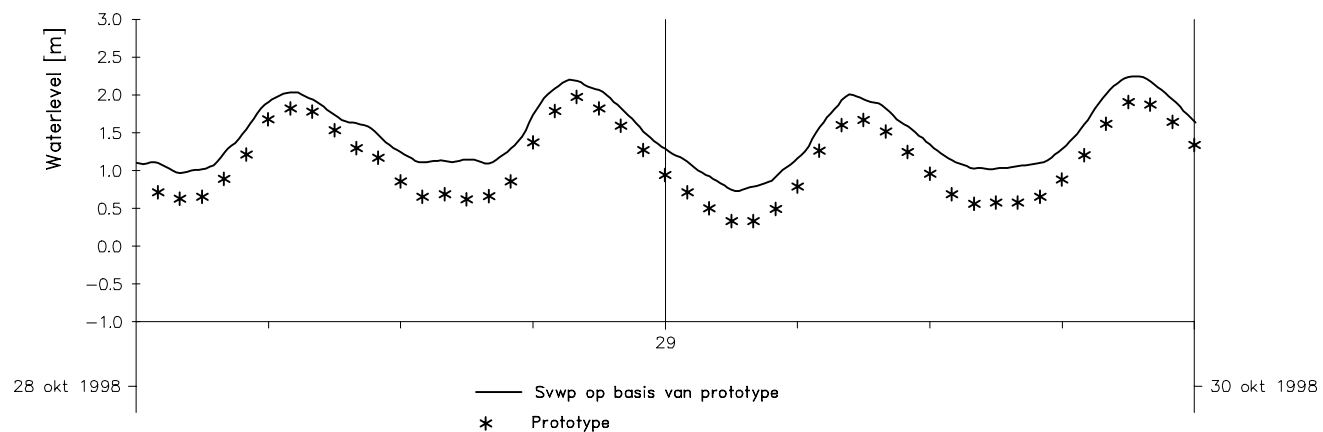
Zeedelta_fijn versie 6

RIKZ

RIKSWATERSTAAT

19 mei 2000

Fig. 3.10



Windinvoer in het Zeedelta gebied
Station : Maassluis

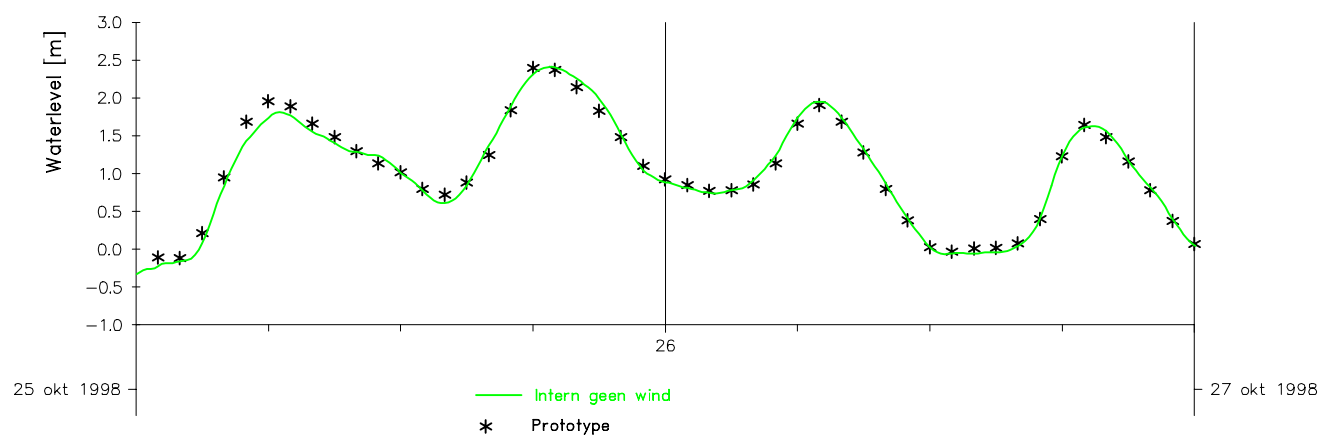
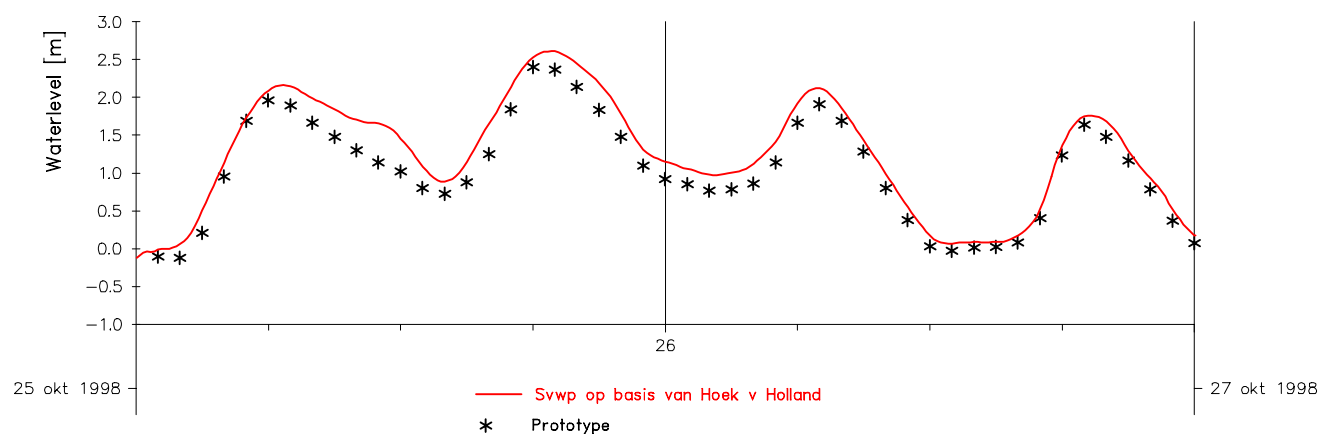
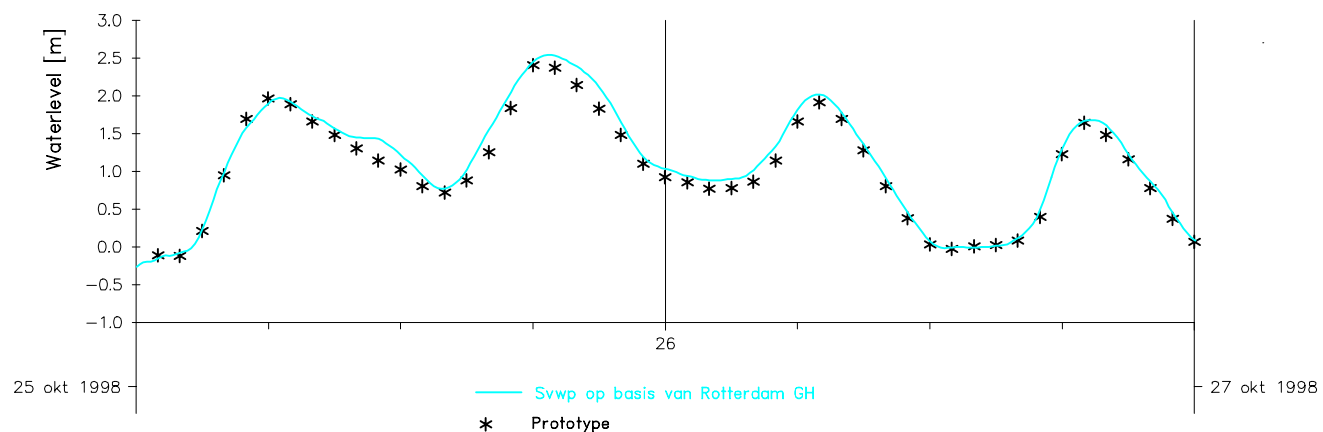
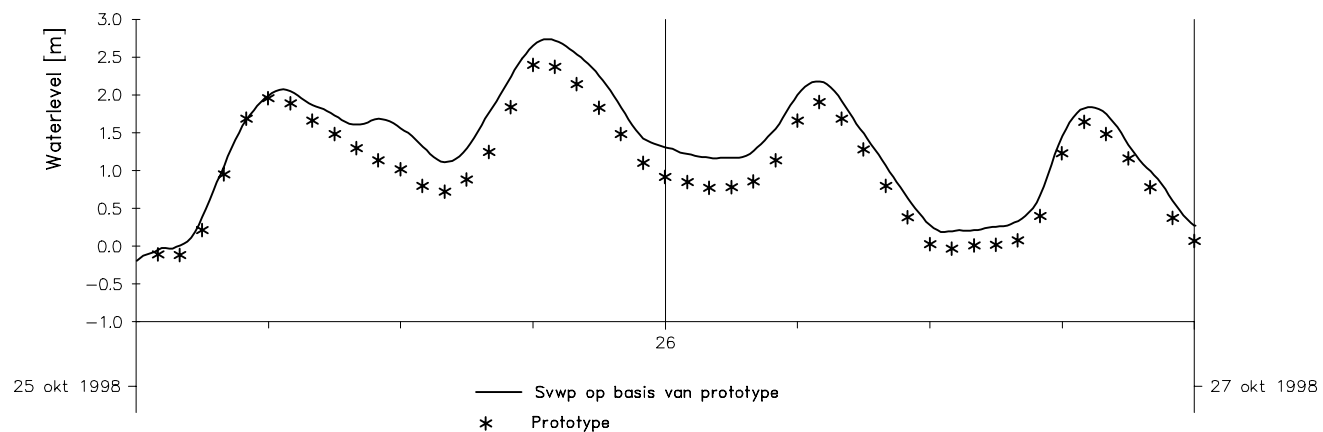
Zeedelta_fijn versie 6

RIKZ

RIKSWATERSTAAT

22 mei 2000

Fig. 3.11



Windinvoer in het Zeedelta gebied
Station : Rotterdam

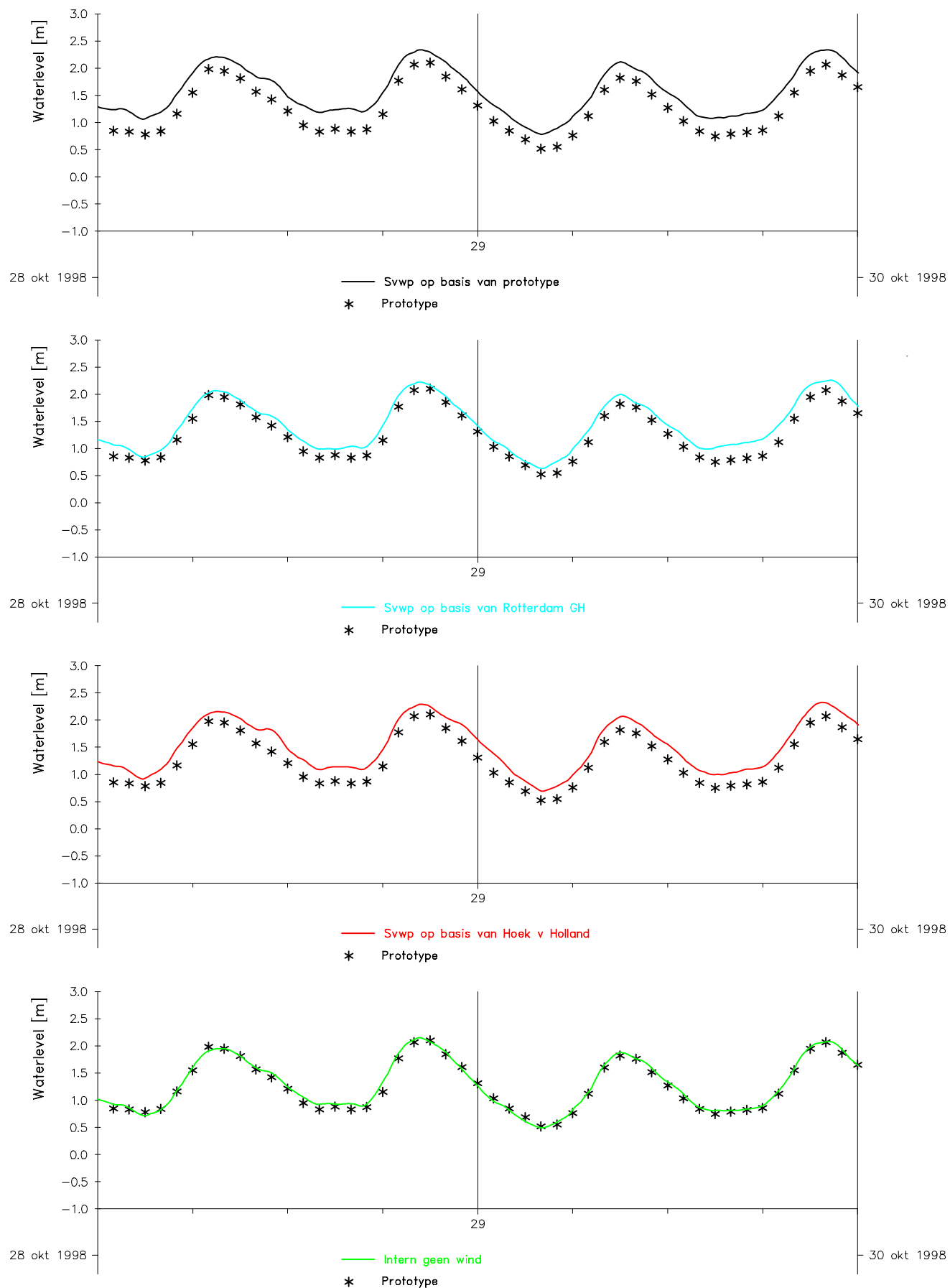
Zeedelta_fijn versie 6

RIKZ

RIKSWATERSTAAT

20 mei 2000

Fig. 3.12



Windinvoer in het Zeedelta gebied
Station : Rotterdam

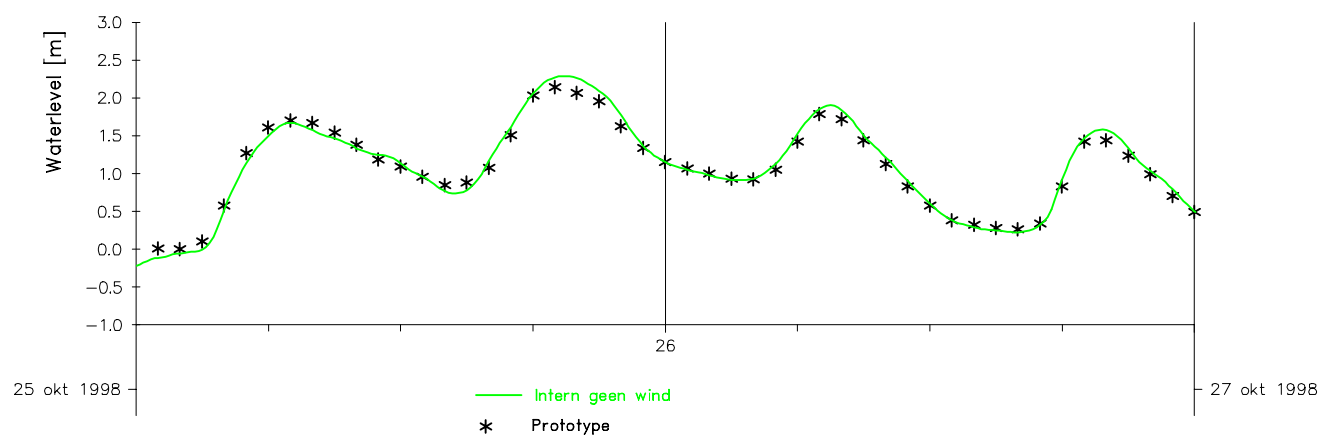
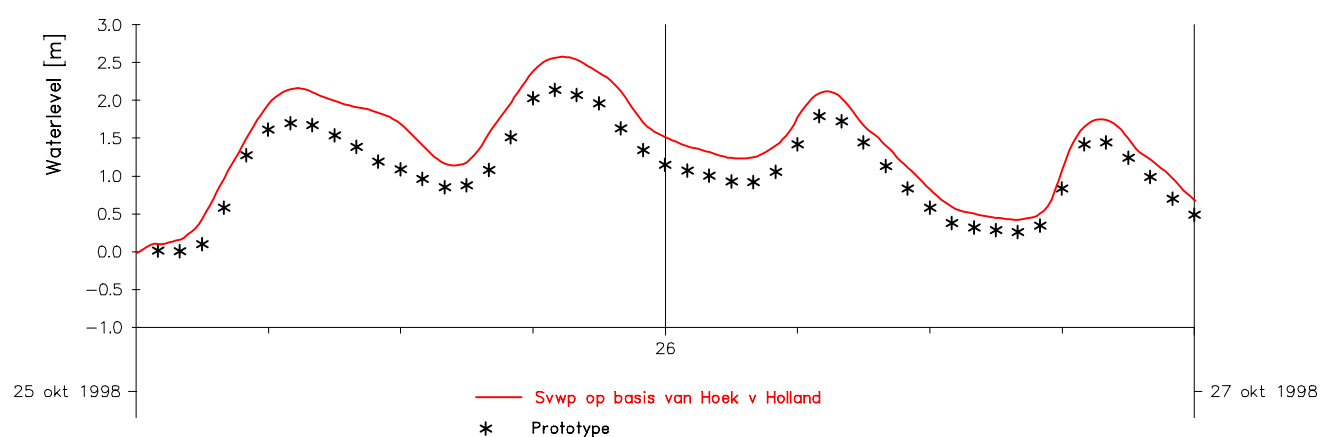
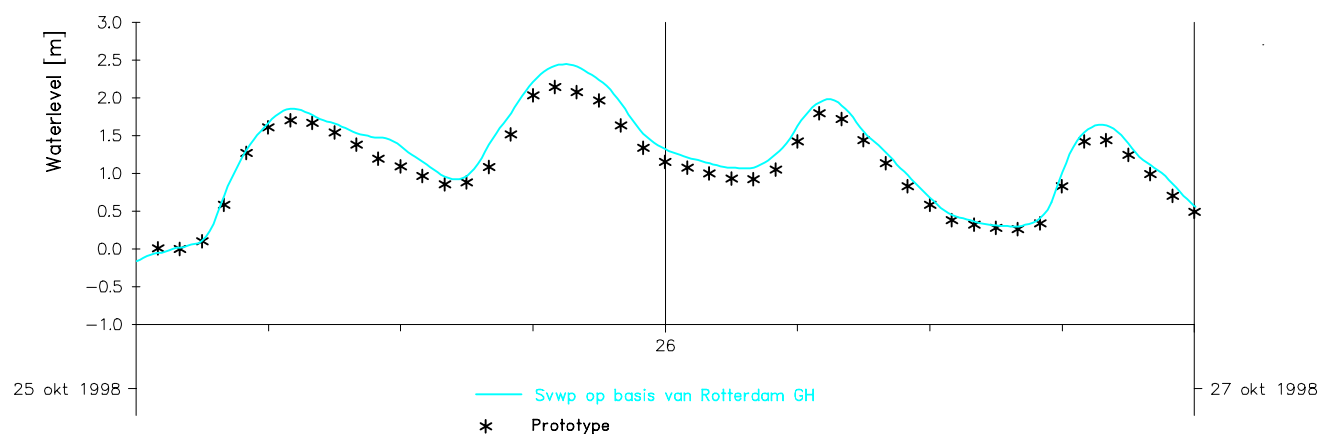
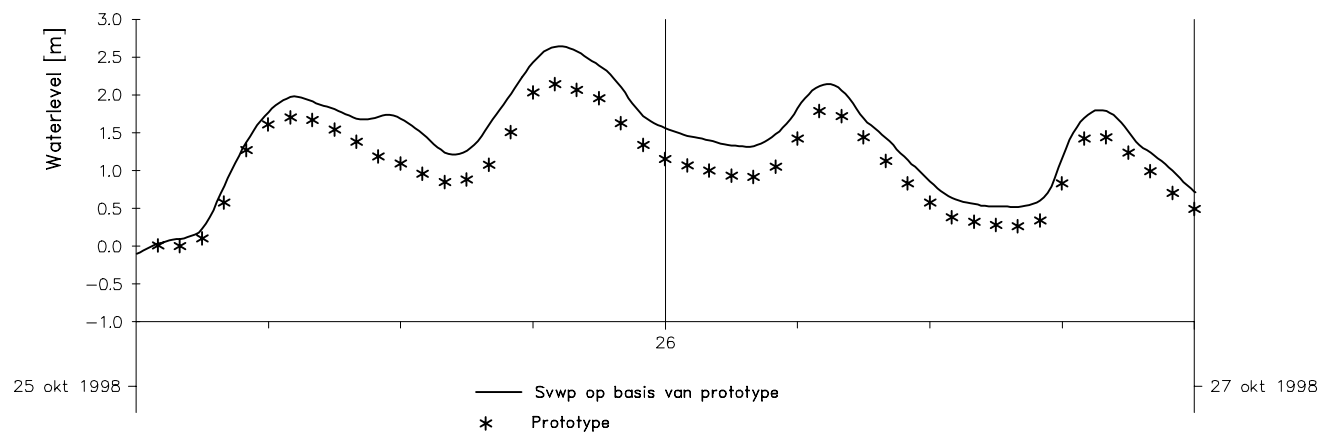
Zeedelta_fijn versie 6

RIKZ

RIKSWATERSTAAT

22 mei 2000

Fig. 3.13



Windinvoer in het Zeedelta gebied
Station : Krimpen a/d Lek

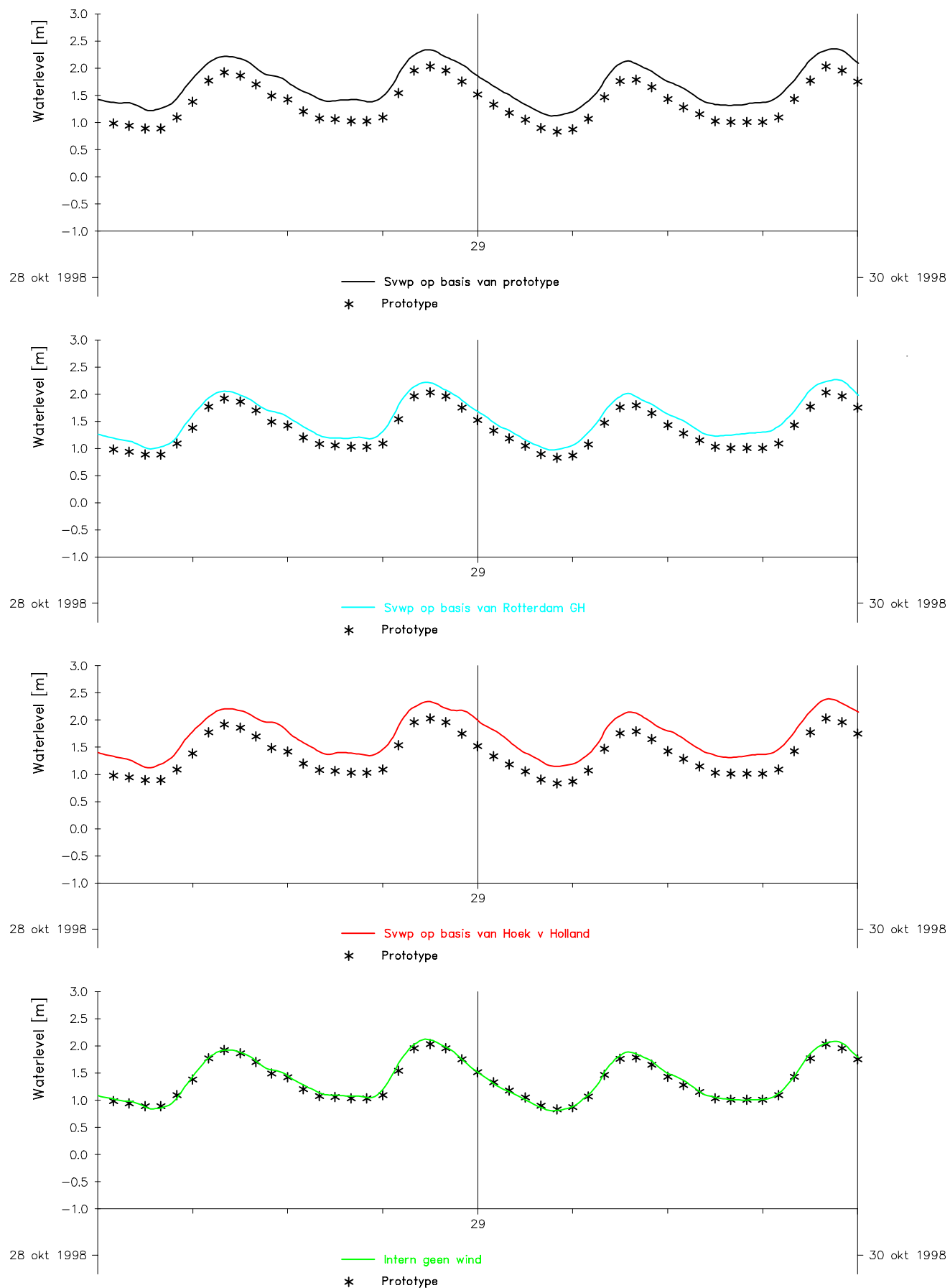
Zeedelta_fijn versie 6

RIKZ

RIKSWATERSTAAT

20 mei 2000

Fig. 3.14



Windinvoer in het Zeedelta gebied
Station : Krimpen a/d Lek

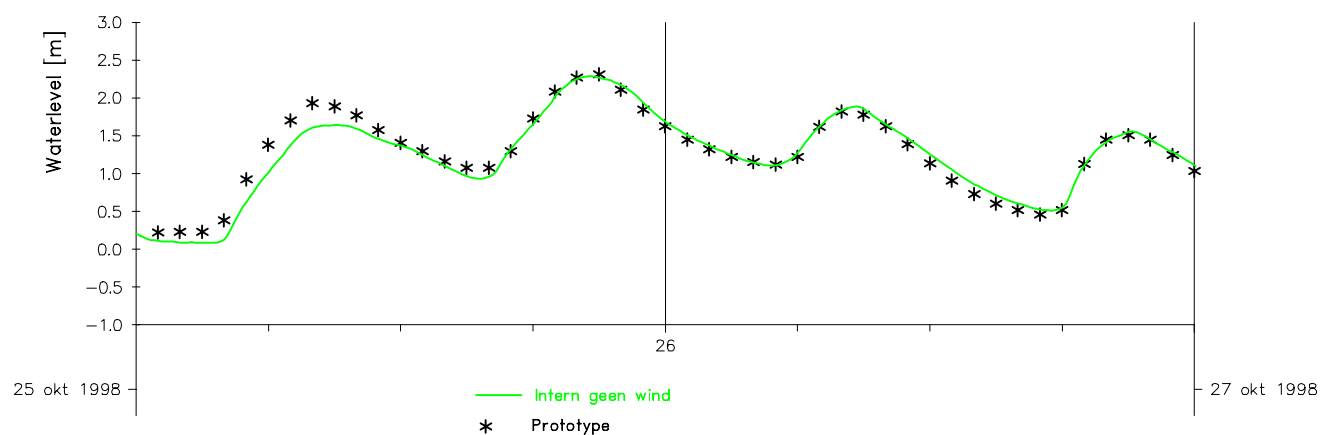
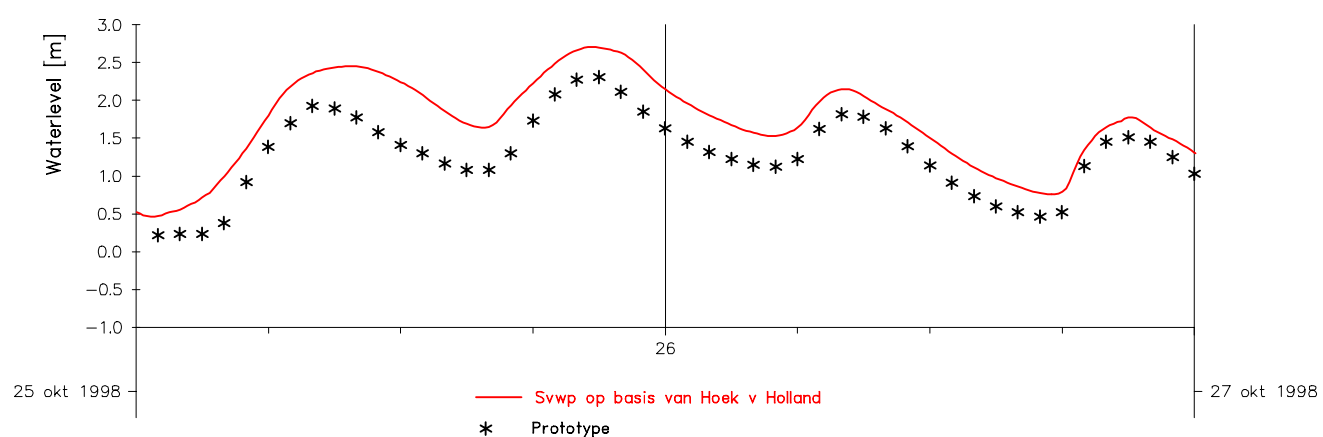
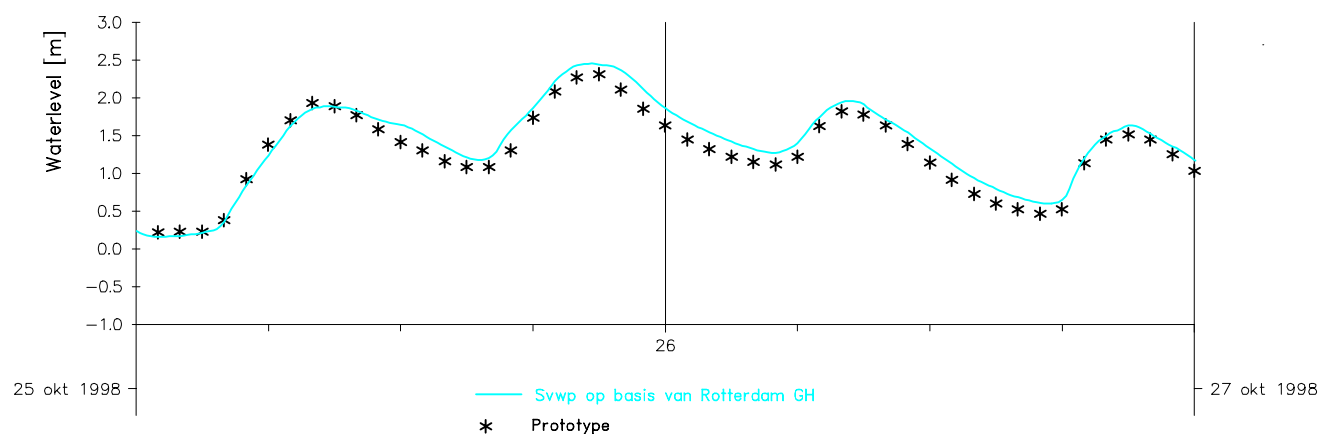
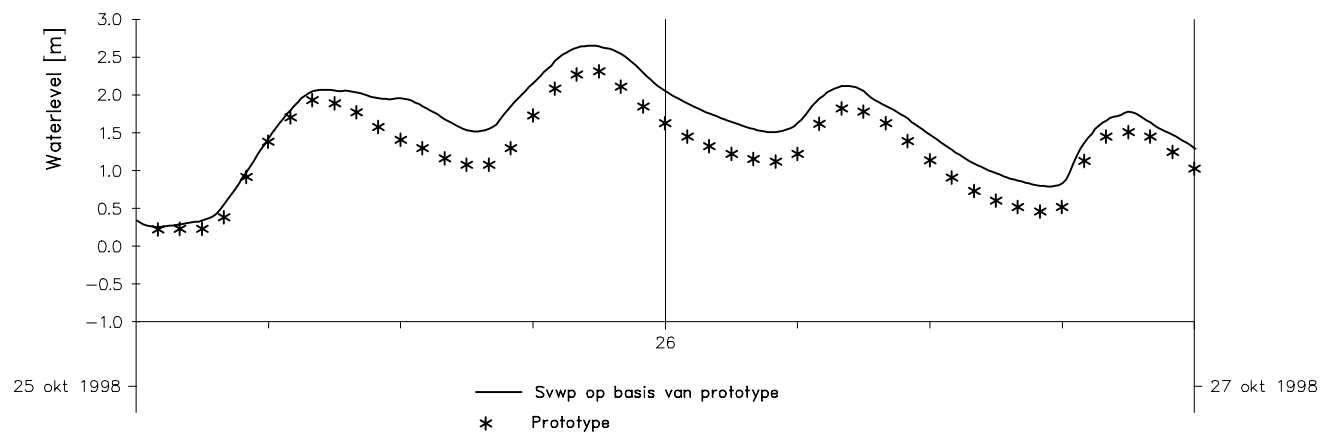
Zeedelta_fijn versie 6

RIKZ

RIKSWATERSTAAT

22 mei 2000

Fig. 3.15



Windinvoer in het Zeedelta gebied
Station : Schoonhoven

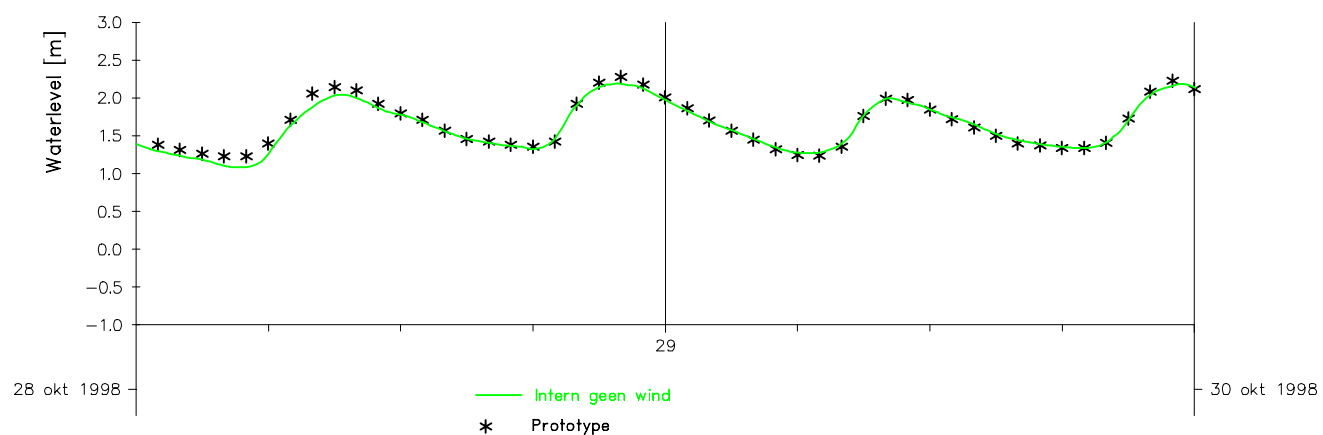
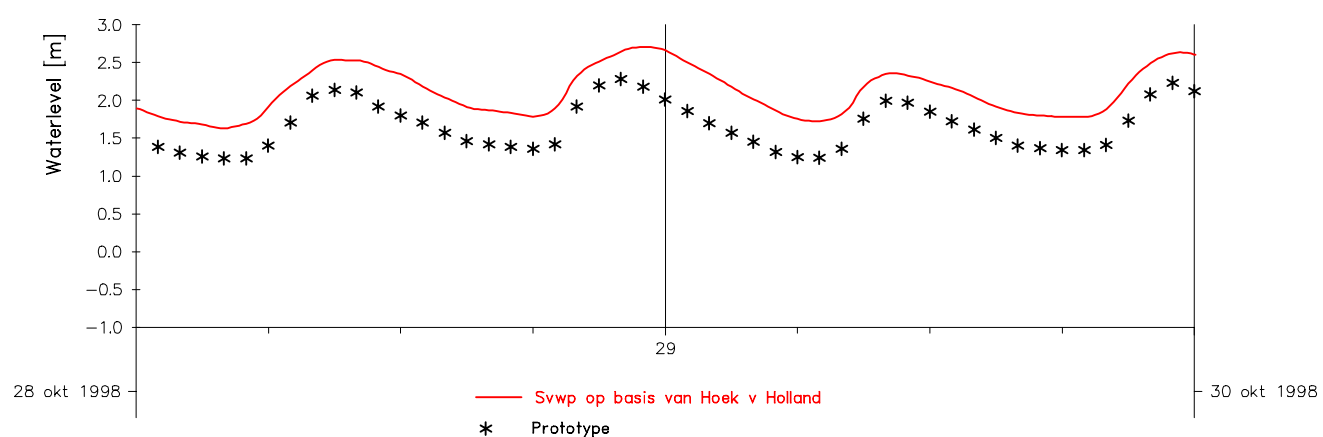
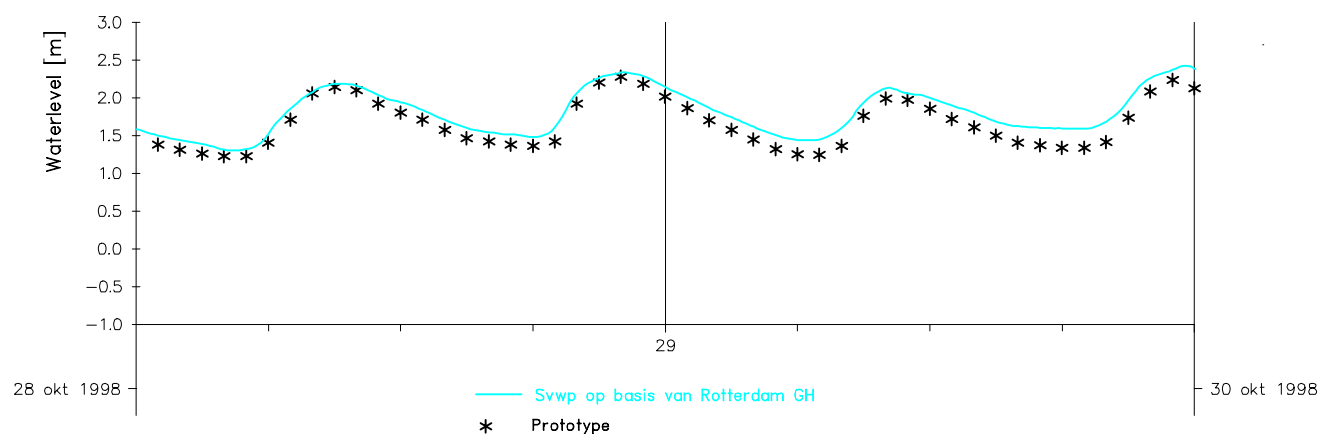
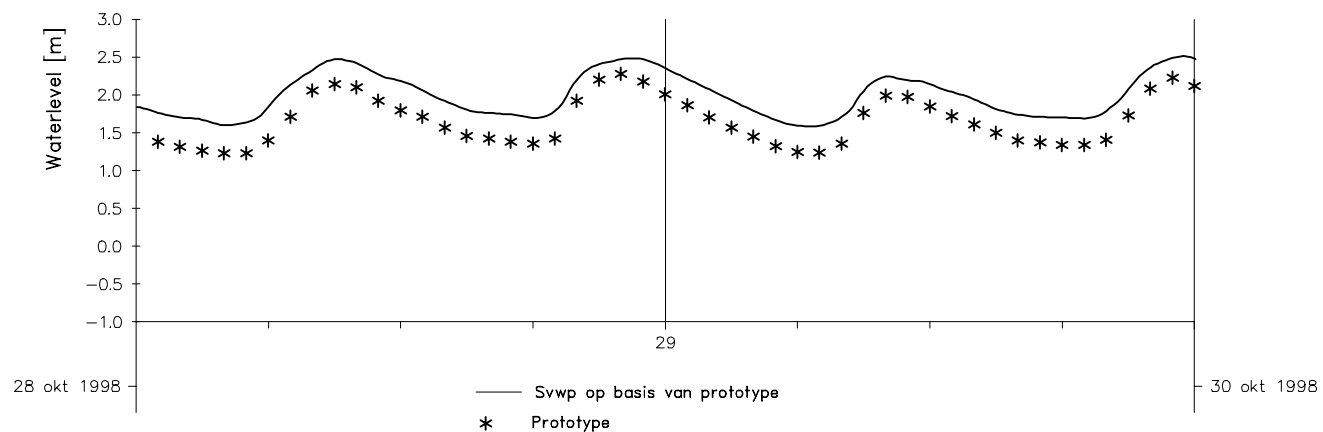
Zeedelta_fijn versie 6

RIKZ

RIKSWATERSTAAT

10 mei 2000

Fig. 3.16



Windinvoer in het Zeedelta gebied
Station : Schoonhoven

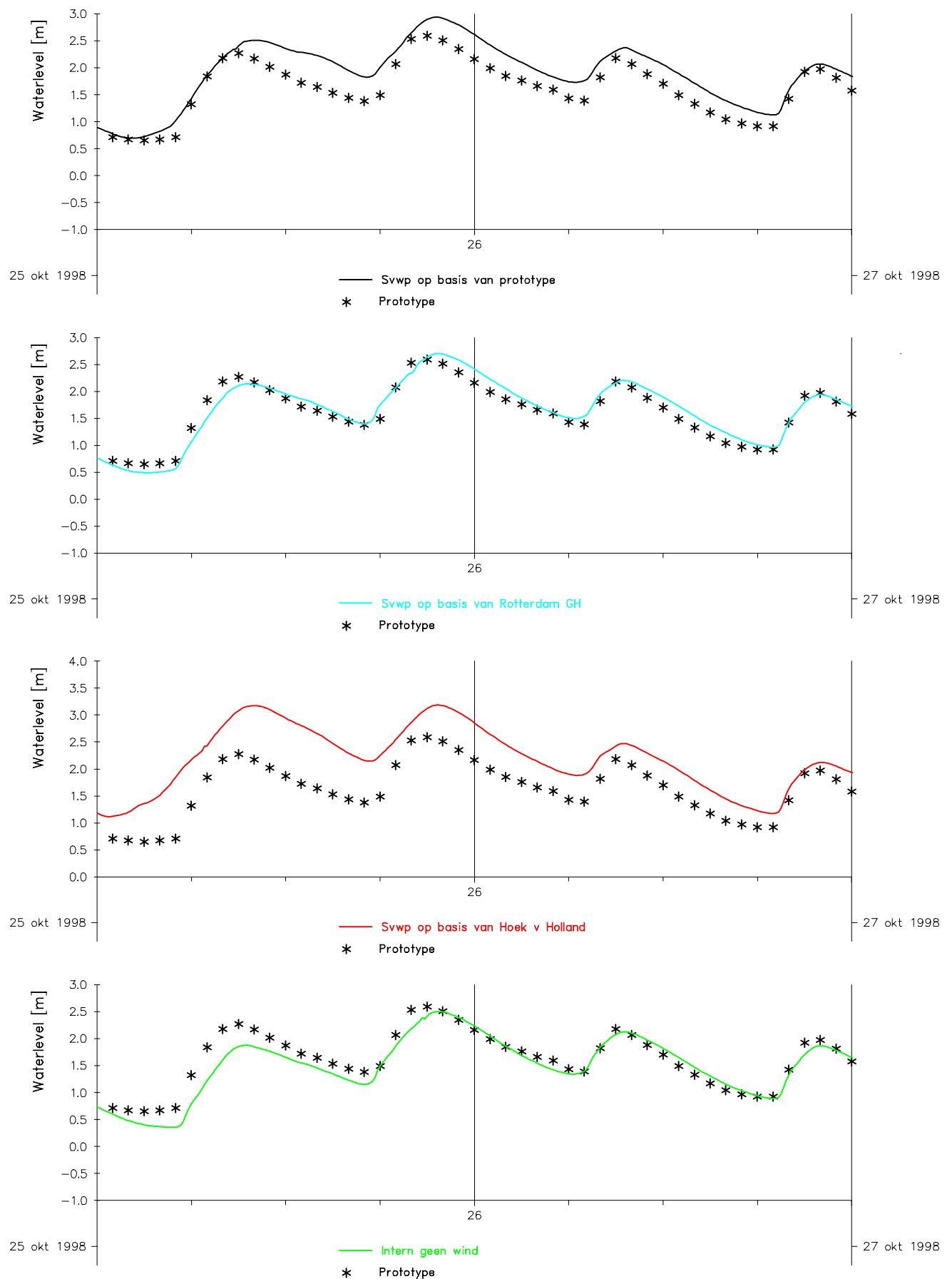
Zeedelta_fijn versie 6

RIKZ

RIKSWATERSTAAT

10 mei 2000

Fig. 3.17



Windinvoer in het Zeedelta gebied
Station : Hagestein beneden

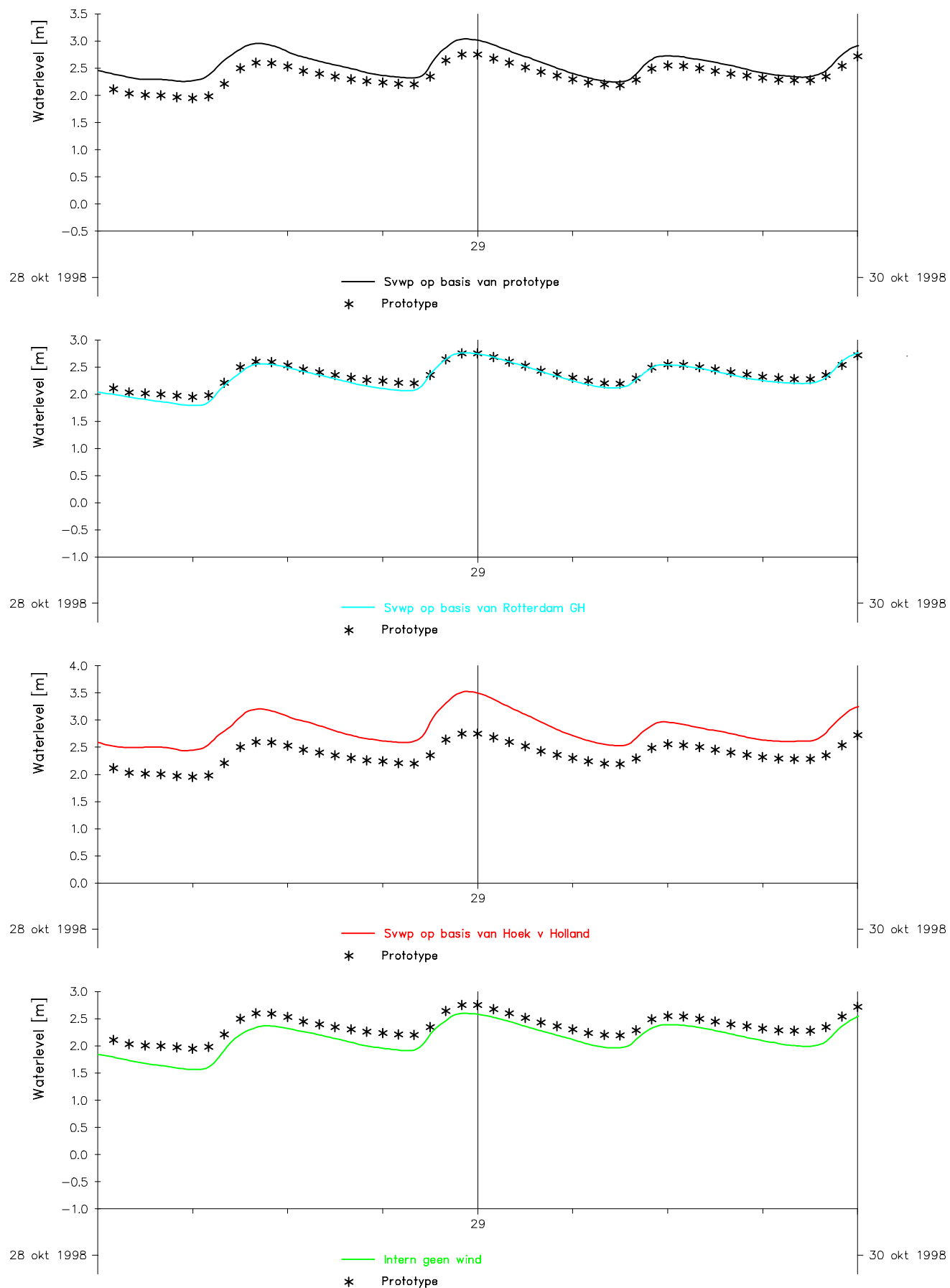
Zeedelta_fijn versie 6

RIKZ

RIKSWATERSTAAT

20 mei 2000

Fig. 3.18



Windinvoer in het Zeedelta gebied
Station : Hagestein beneden

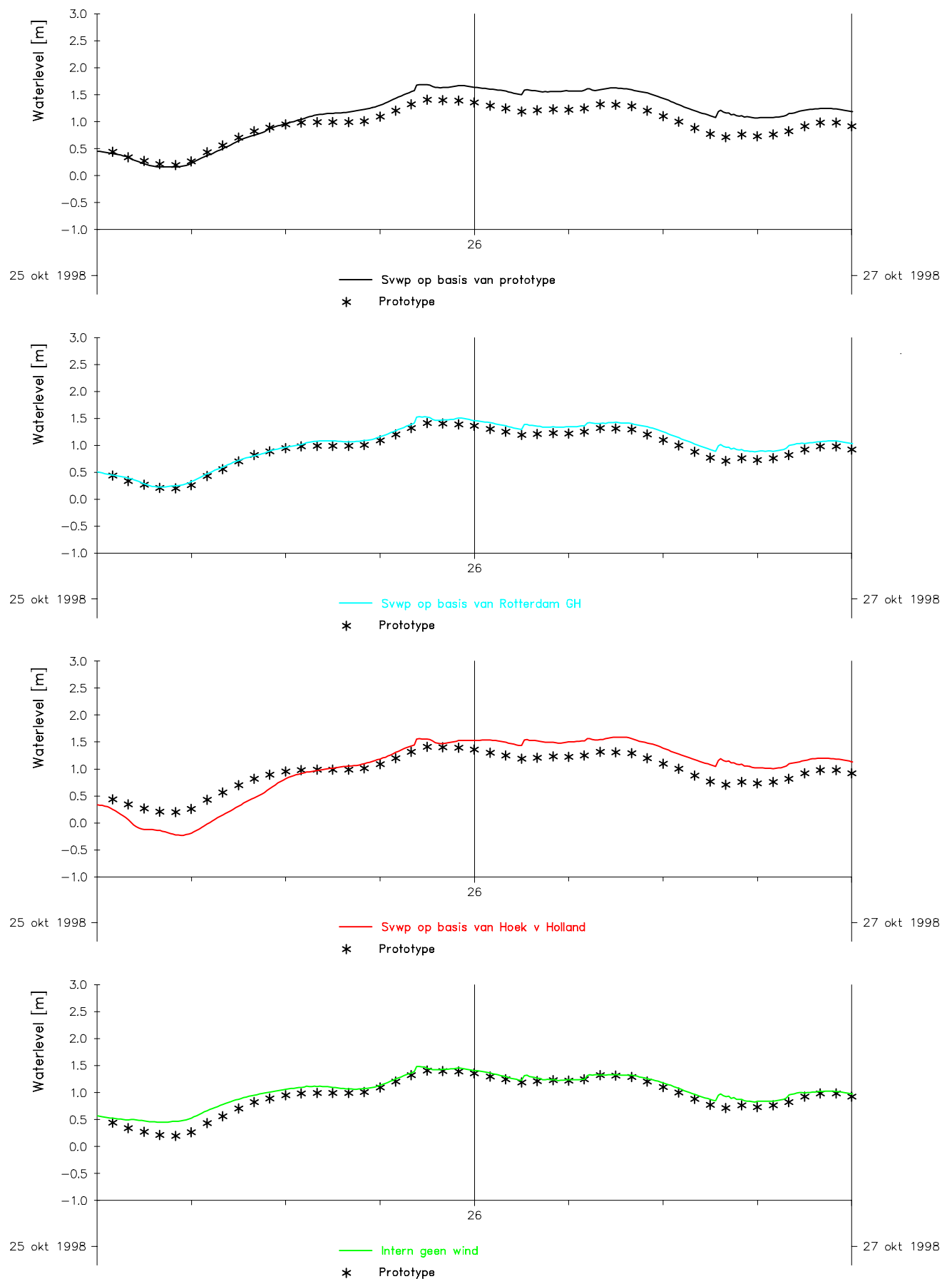
Zeedelta_fijn versie 6

RIKZ

RIKSWATERSTAAT

22 mei 2000

Fig. 3.19



Windinvoer in het Zeedelta gebied
Station : Hellevoetsluis

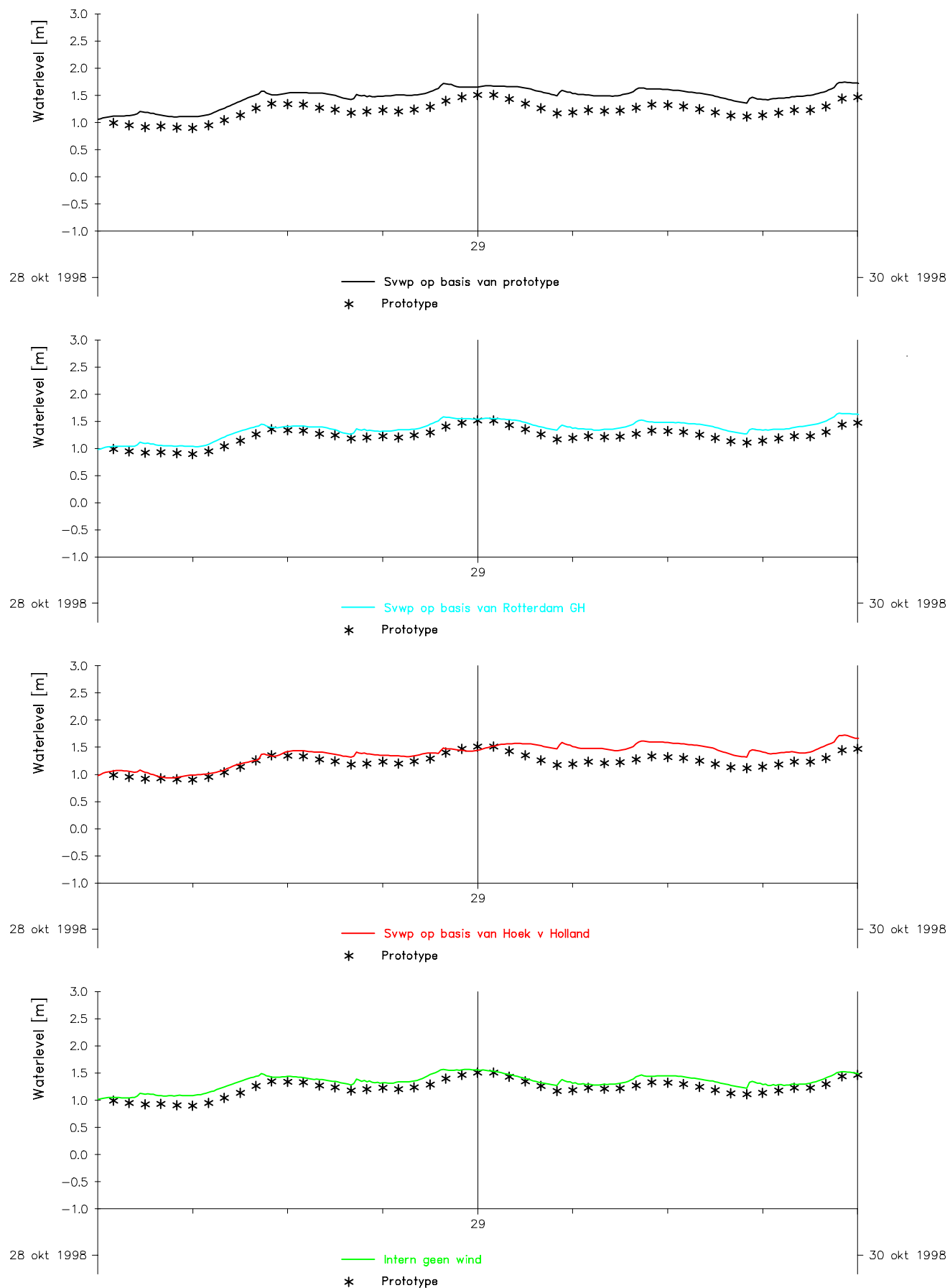
Zeedelta_fijn versie 6

RIKZ

RIKSWATERSTAAT

20 mei 2000

Fig. 3.20



Windinvoer in het Zeedelta gebied
Station : Hellevoetsluis

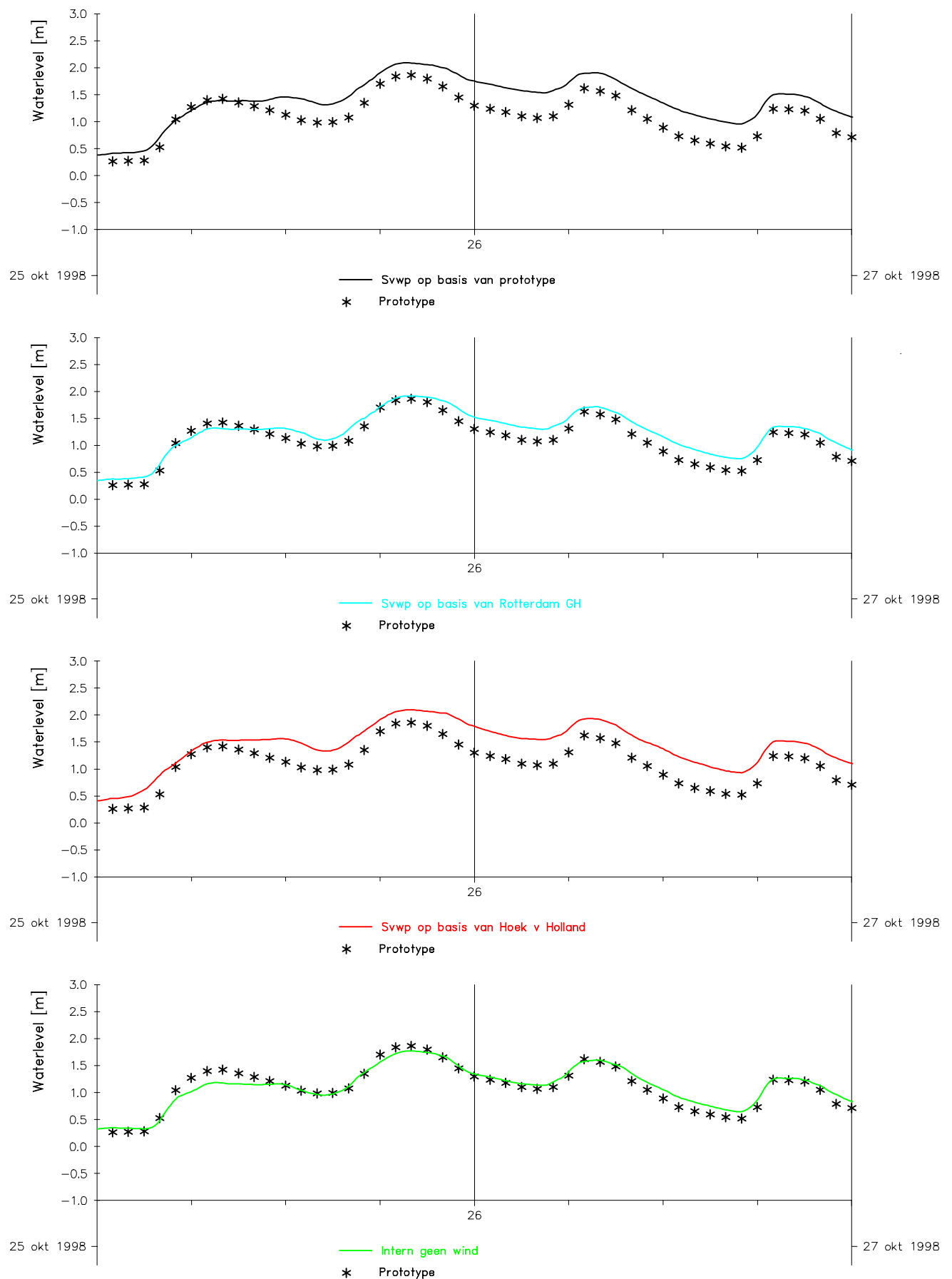
Zeedelta_fijn versie 6

RIKZ

RIKSWATERSTAAT

22 mei 2000

Fig. 3.21



Windinvoer in het Zeedelta gebied
Station : Dordrecht

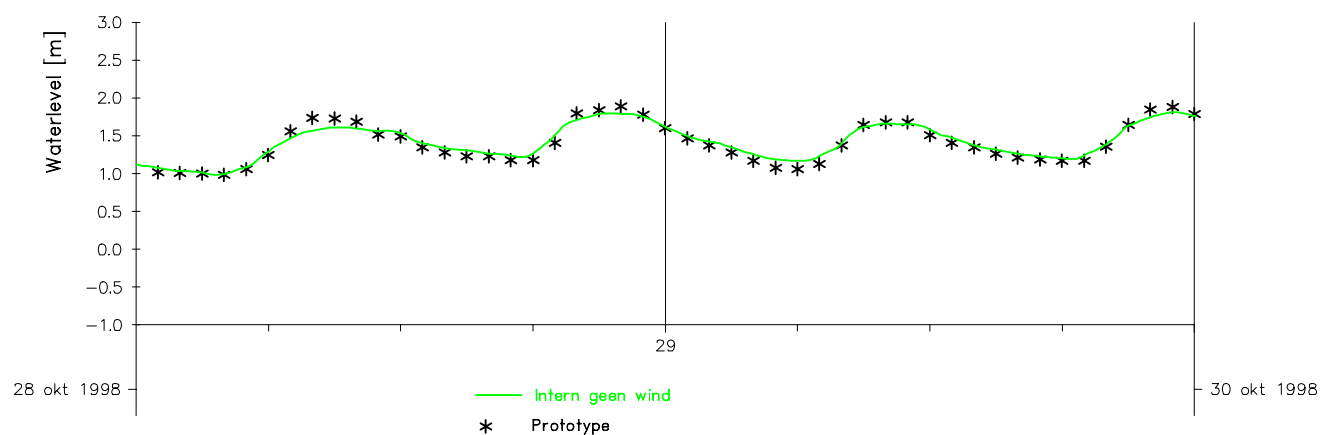
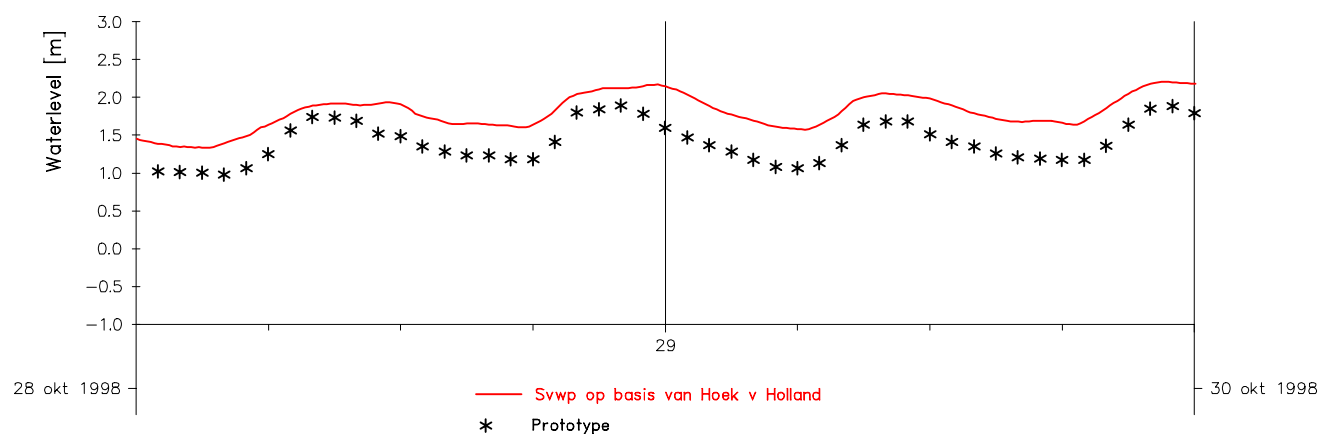
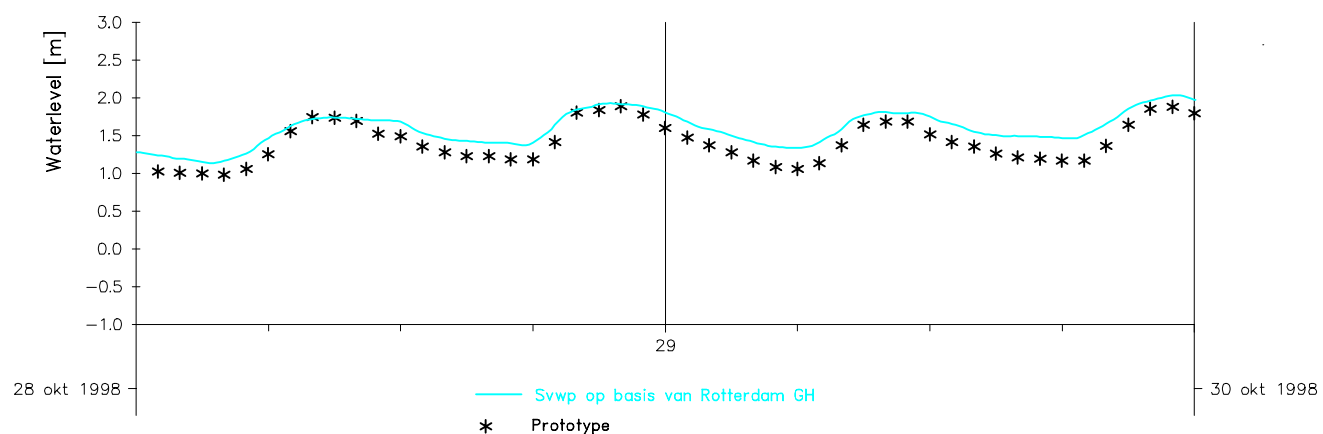
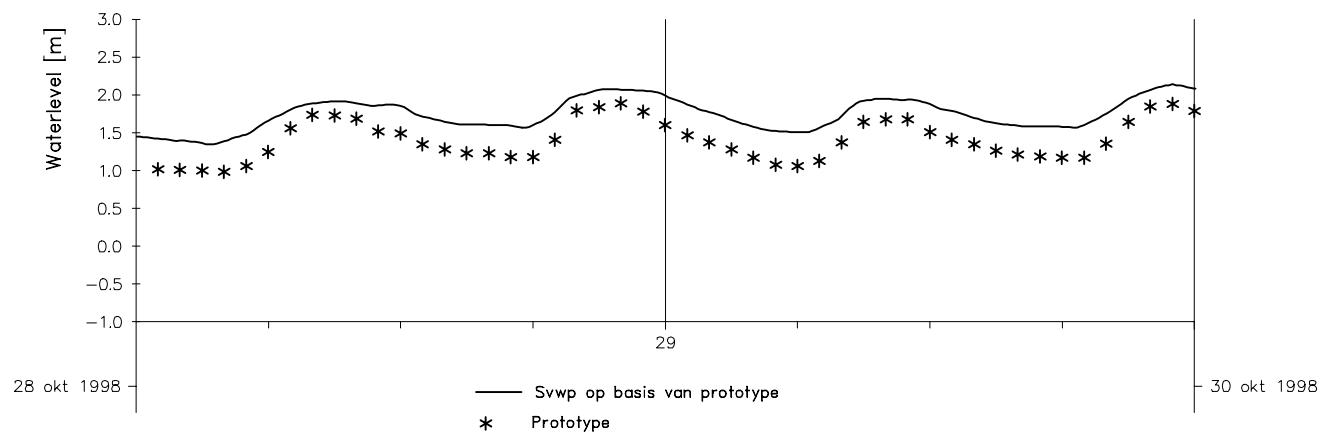
Zeedelta_fijn versie 6

RIKZ

RIKSWATERSTAAT

20 mei 2000

Fig. 3.22



Windinvoer in het Zeedelta gebied
Station : Dordrecht

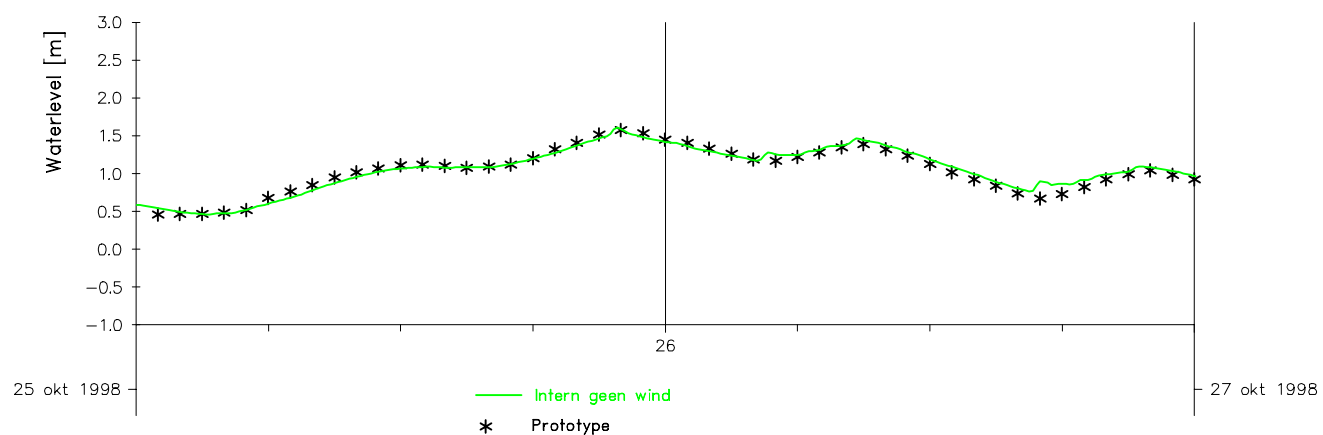
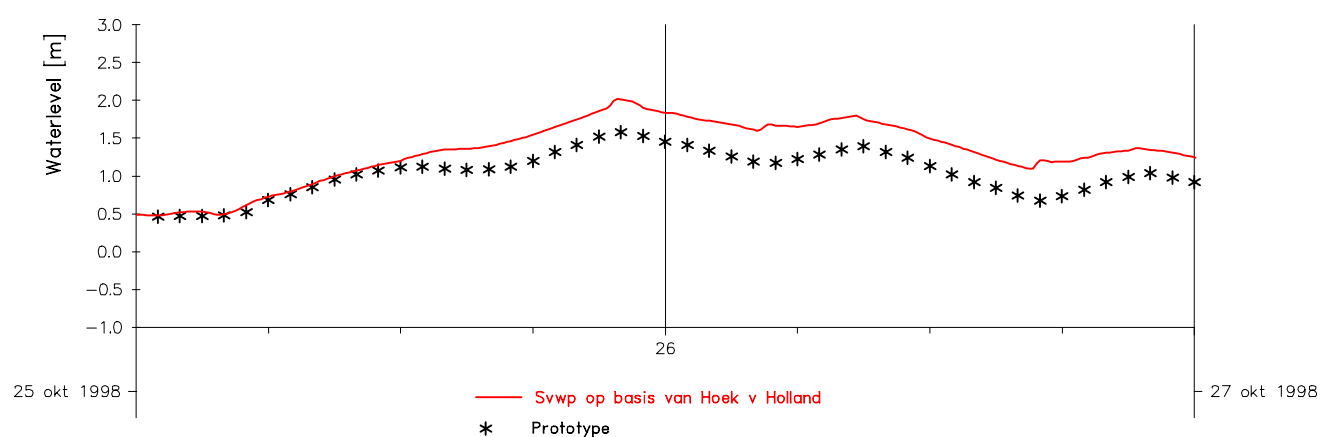
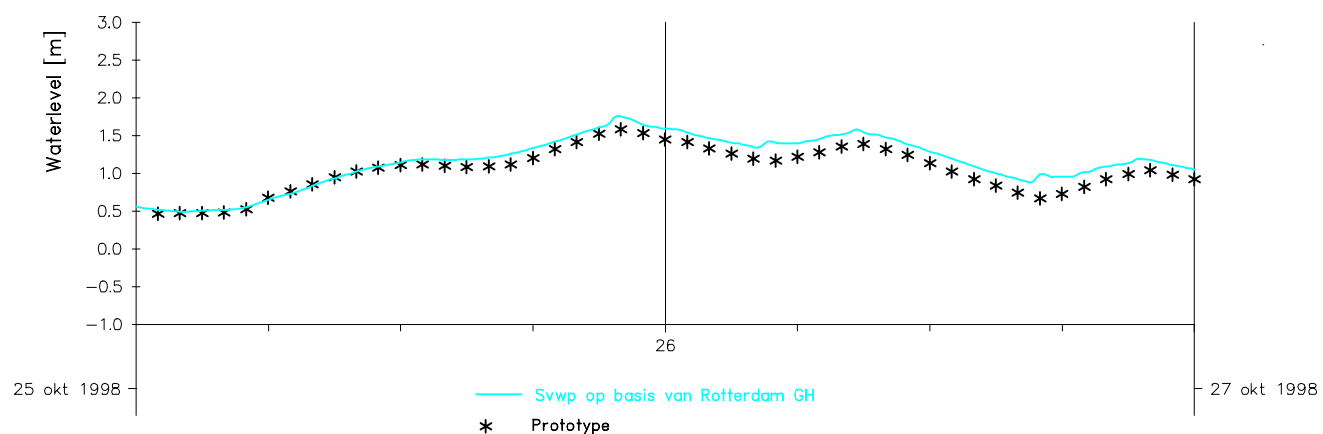
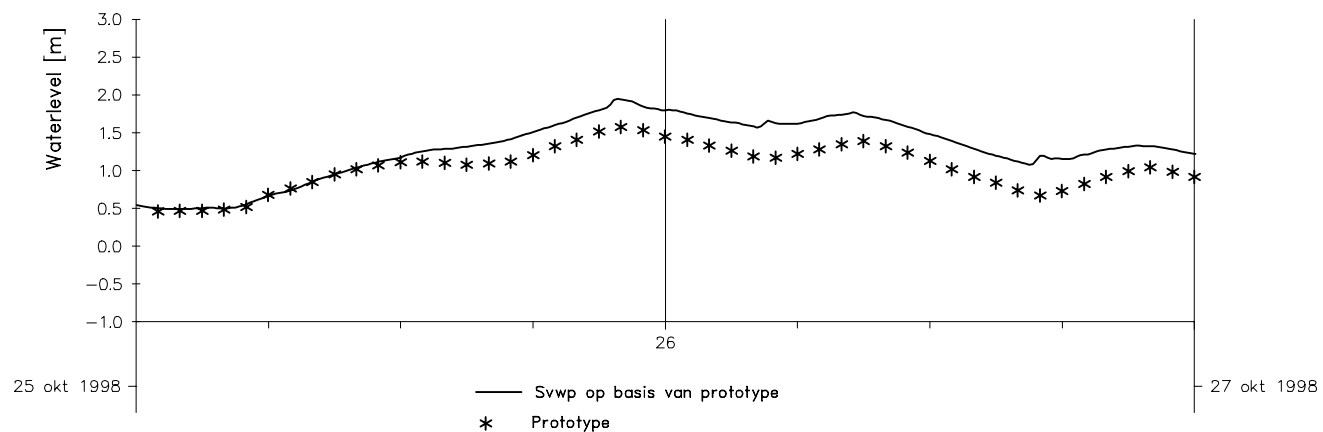
Zeedelta_fijn versie 6

RIKZ

RIKSWATERSTAAT

22 mei 2000

Fig. 3.23



Windinvoer in het Zeedelta gebied
Station : Moerdijk

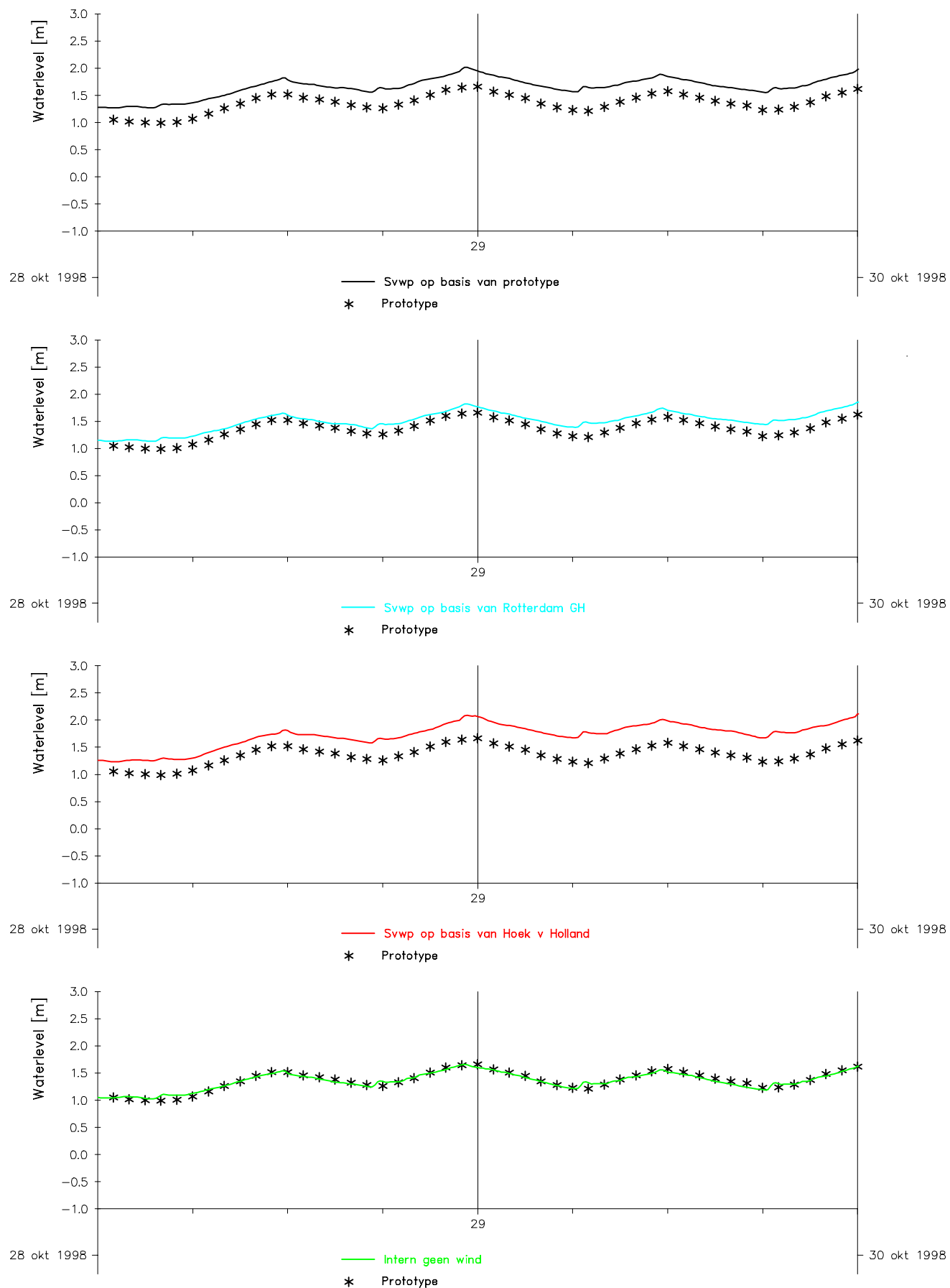
Zeedelta_fijn versie 6

RIKZ

RIKSWATERSTAAT

20 mei 2000

Fig. 3.24



Windinvoer in het Zeedelta gebied
Station : Moerdijk

Zeedelta_fijn versie 6

RIKZ

RIKSWATERSTAAT

22 mei 2000

Fig. 3.25

Bijlage 3: Figuren 4.1 t/m 4.4

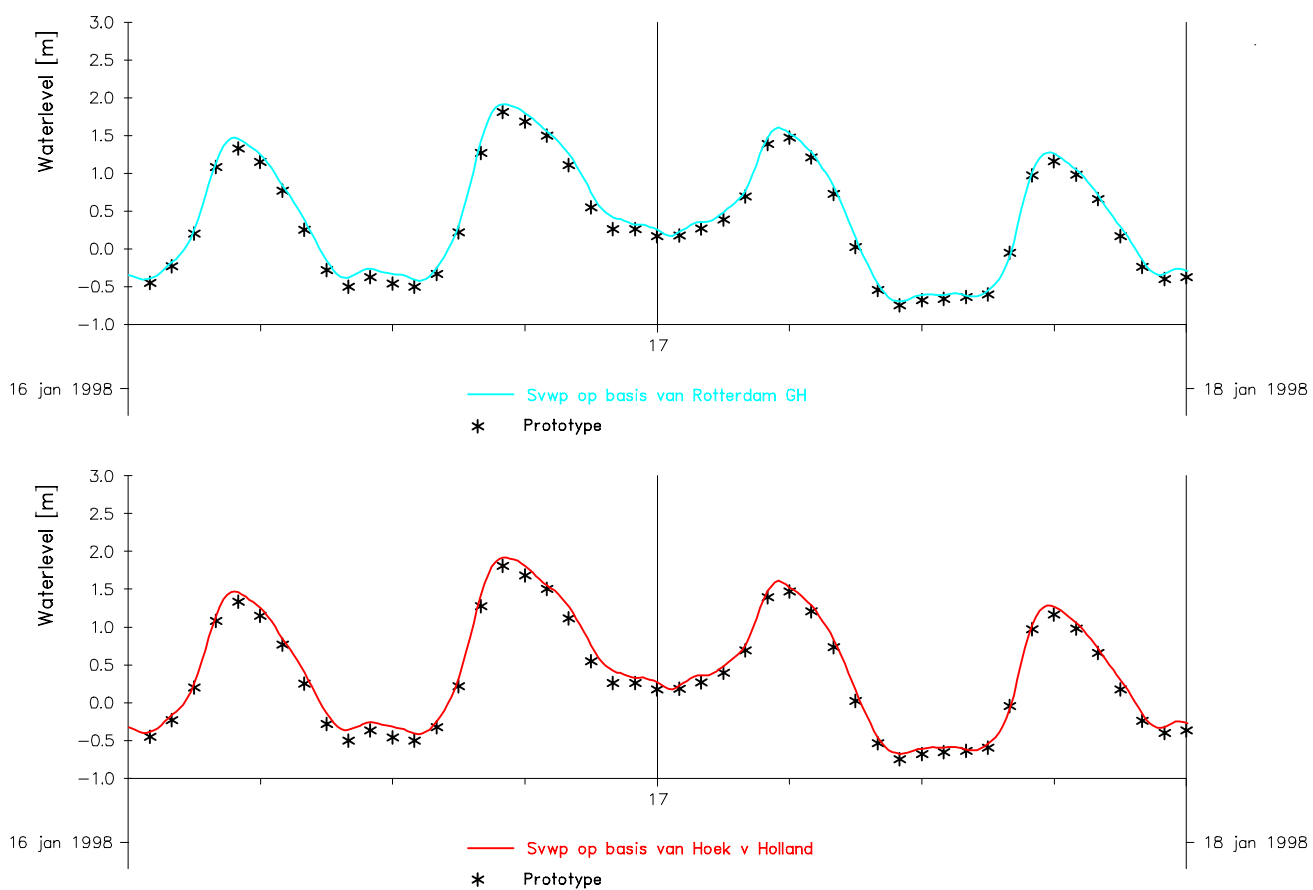
De ruimtelijke verdeling van de opzetten

Validatie periode: 16 t/m 21 januari 1998

Bijlage 4: Figuren 4.5 t/m 4.22

Tijdreeksen van waterstanden

Validatie periode: 16 t/m 21 januari 1998



Windinvoer in het Zeedelta gebied
Station : Hoek van Holland

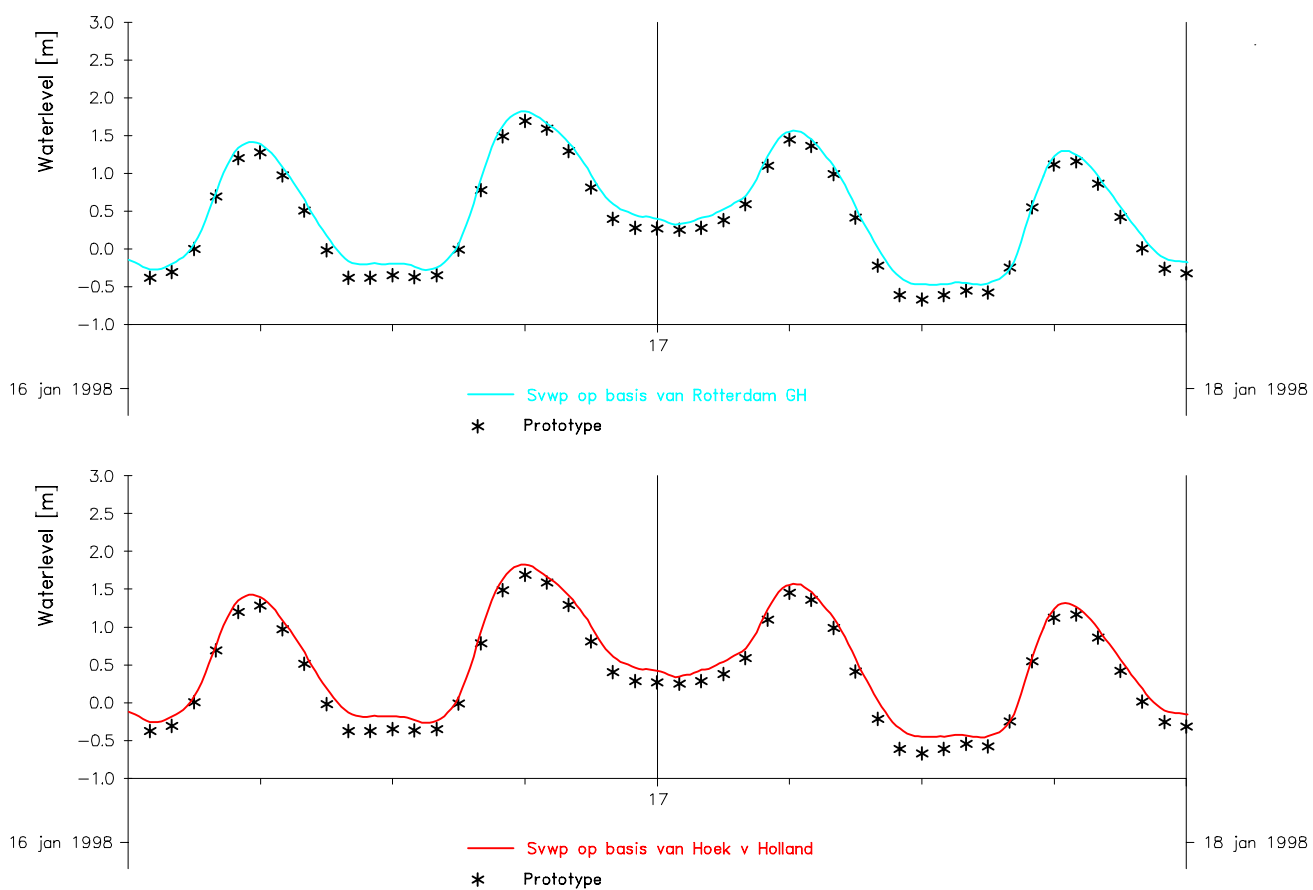
Zeedelta_fijn versie 6

RIKZ

RIKSWATERSTAAT

26 juni 2000

Fig. 3.5



Windinvoer in het Zeedelta gebied
Station : Maassluis

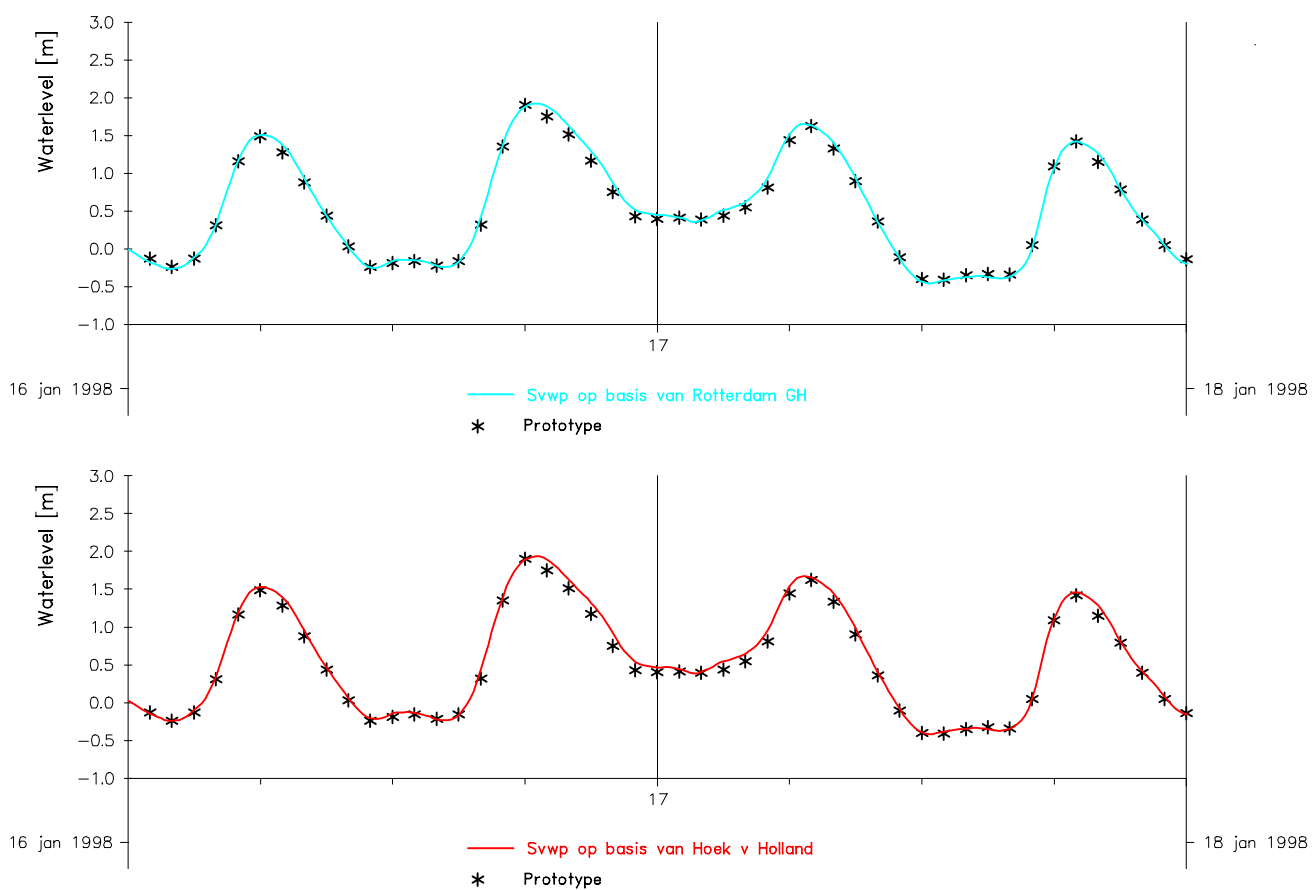
Zeedelta_fijn versie 6

RIKZ

RIKSWATERSTAAT

26 juni 2000

Fig. 3.6



Windinvoer in het Zeedelta gebied
Station : Rotterdam

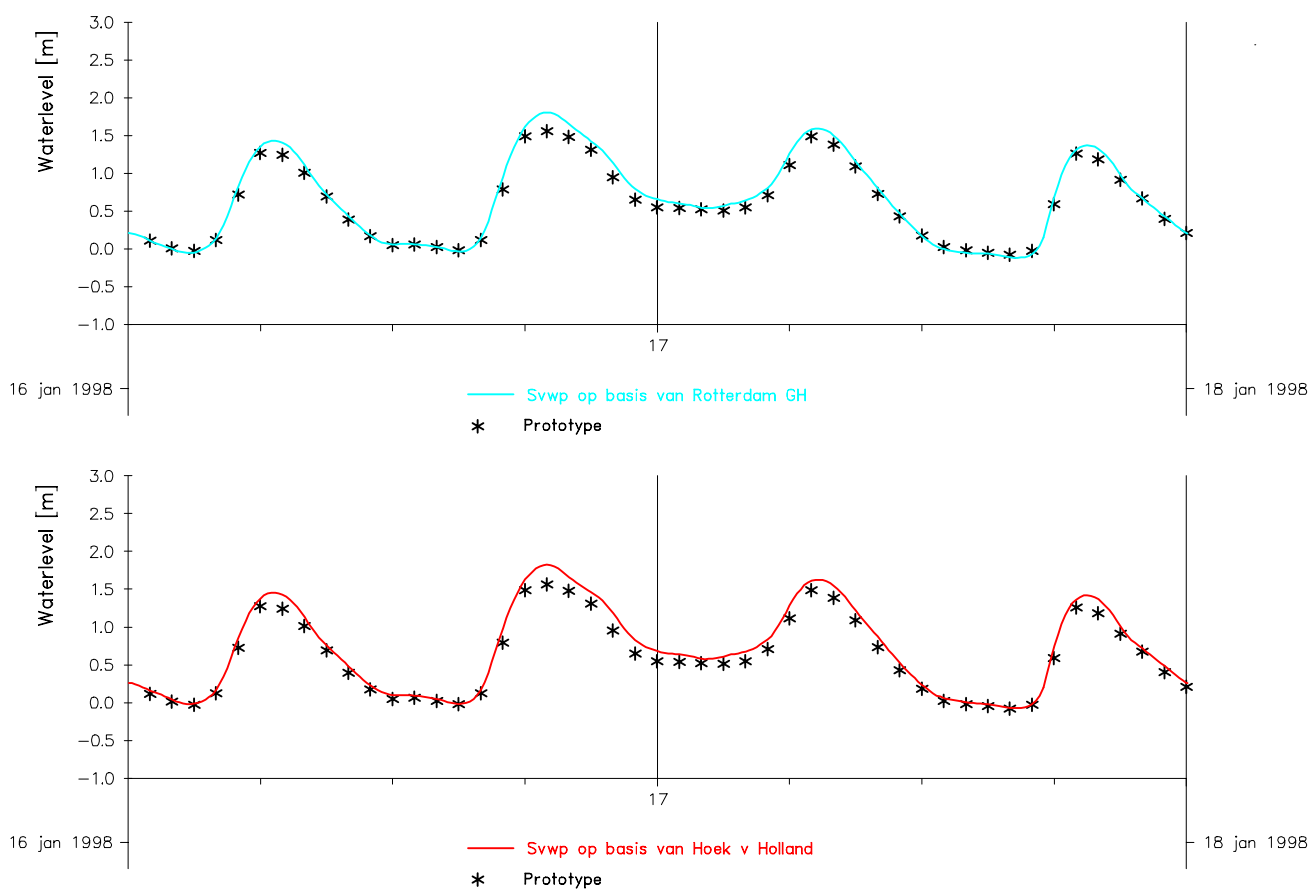
Zeedelta_fijn versie 6

RIKZ

RIKSWATERSTAAT

26 juni 2000

Fig. 3.7



Windinvoer in het Zeedelta gebied
Station : Krimpen a/d IJk

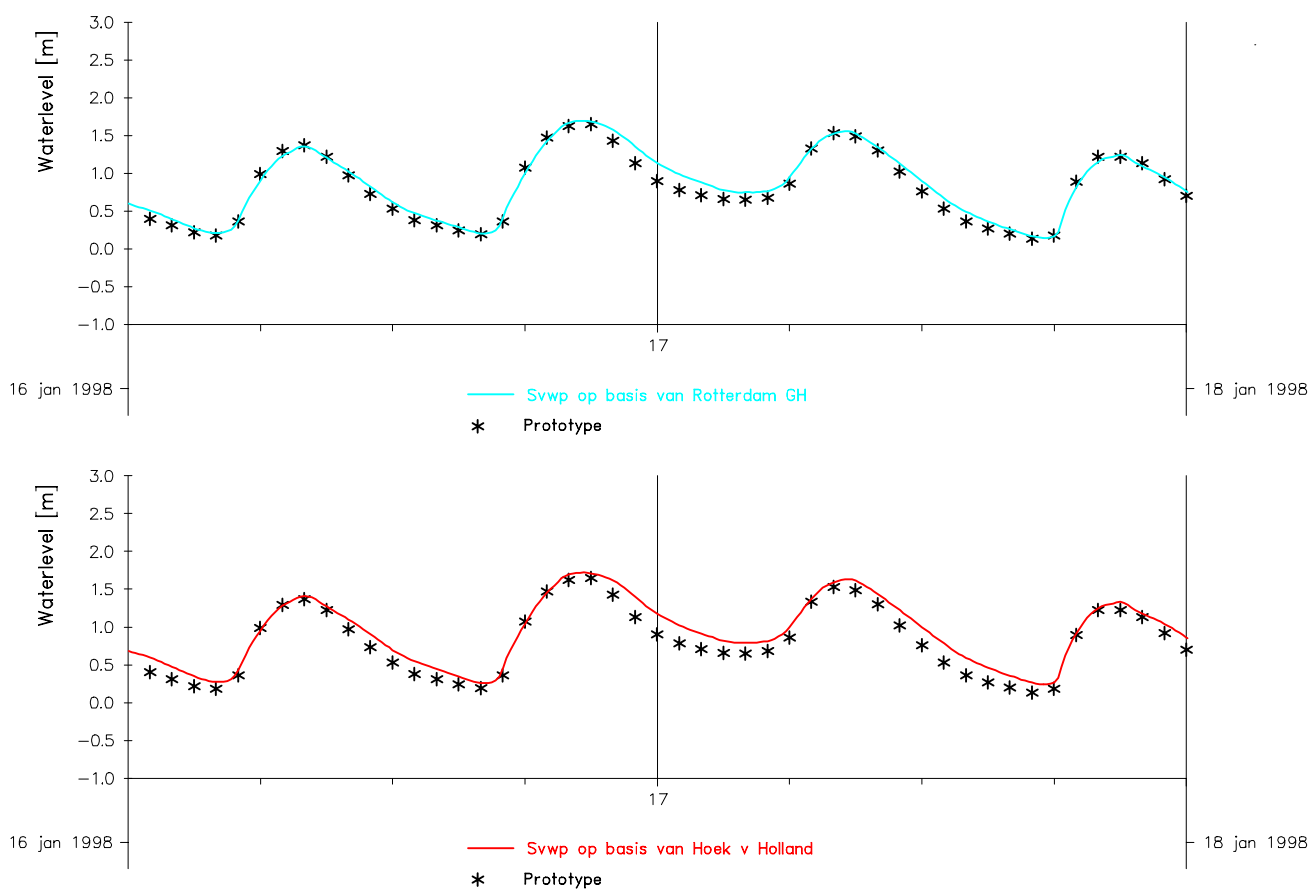
Zeedelta_fijn versie 6

RIKZ

RIKSWATERSTAAT

26 juni 2000

Fig. 3.8



Windinvoer in het Zeedelta gebied
Station : Schoonhoven

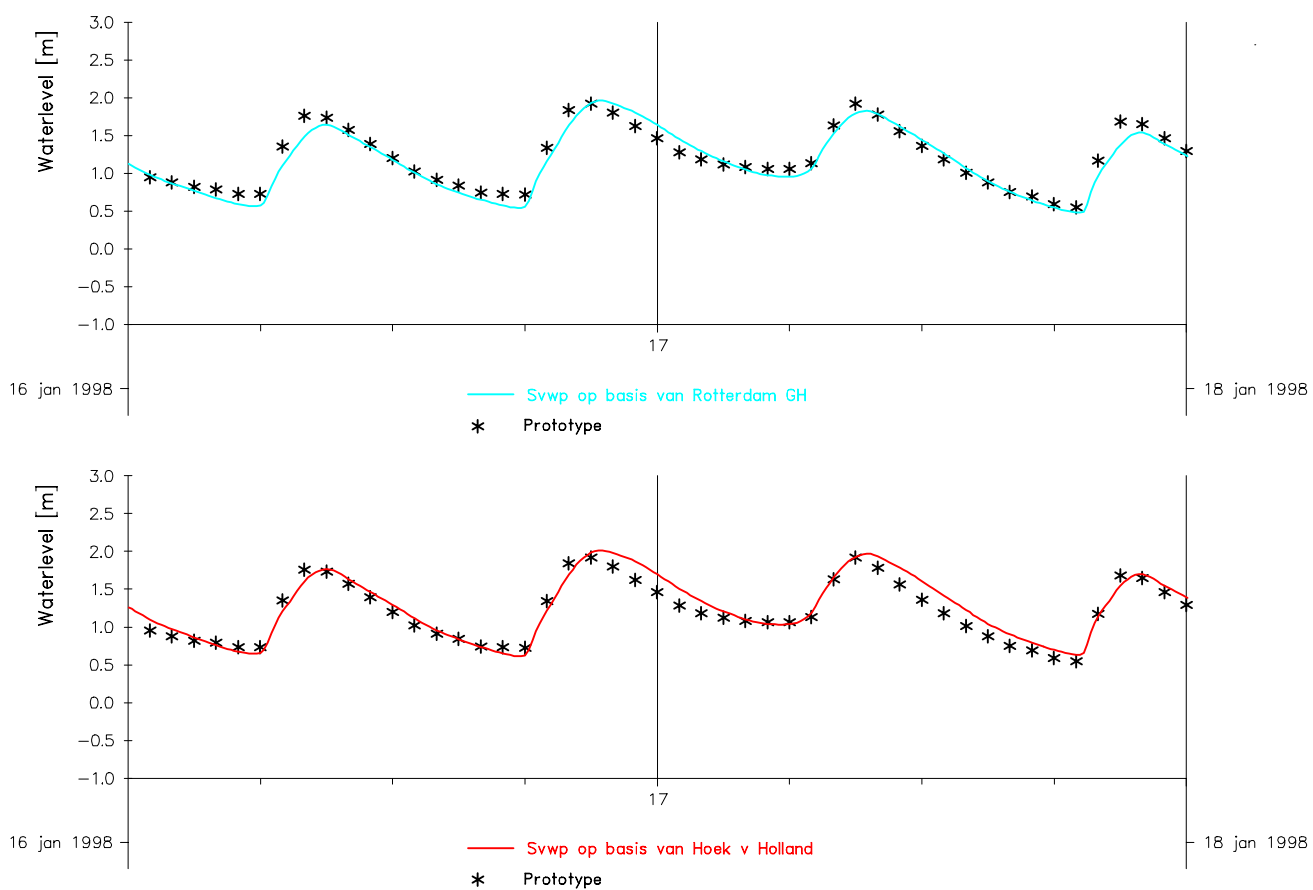
Zeedelta_fijn versie 6

RIKZ

RIKSWATERSTAAT

26 juni 2000

Fig. 3.9



Windinvoer in het Zeedelta gebied
Station : Hagestein Beneden

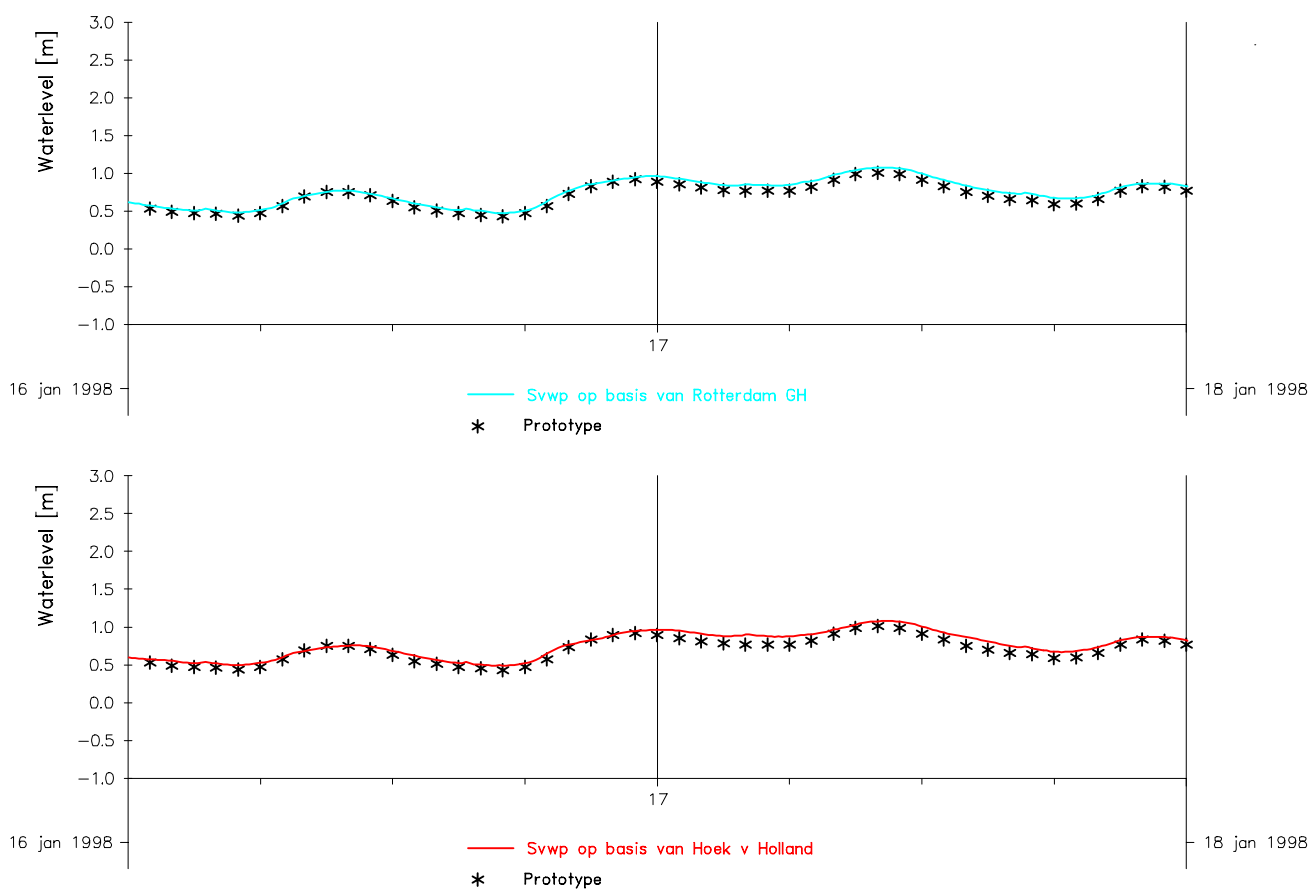
Zeedelta_fijn versie 6

RIKZ

RIKSWATERSTAAT

26 juni 2000

Fig. 3.10



Windinvoer in het Zeedelta gebied
Station : Hellevoetsluis

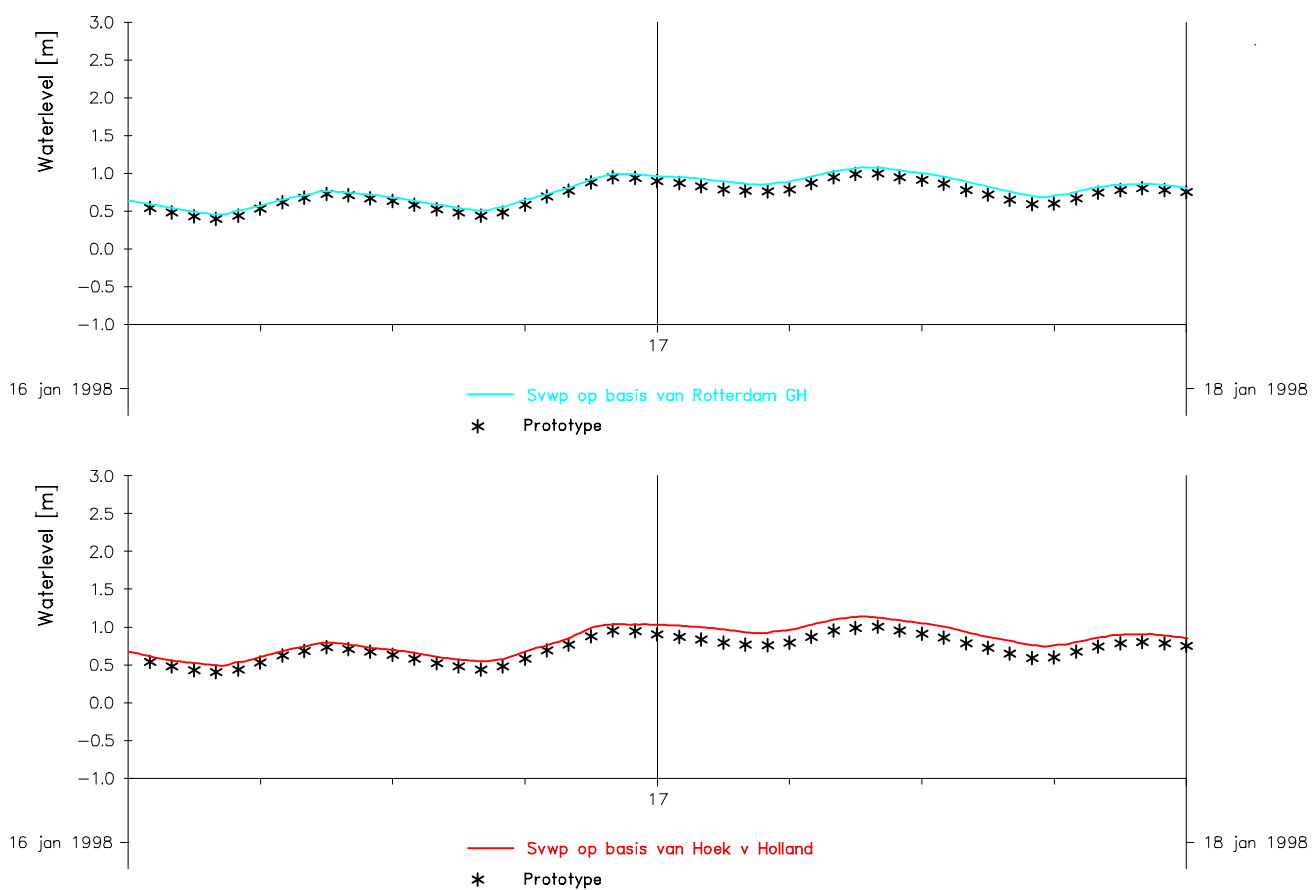
Zeedelta_fijn versie 6

RIKZ

RIKSWATERSTAAT

26 juni 2000

Fig. 3.11



Windinvoer in het Zeedelta gebied
Station : Moerdijk

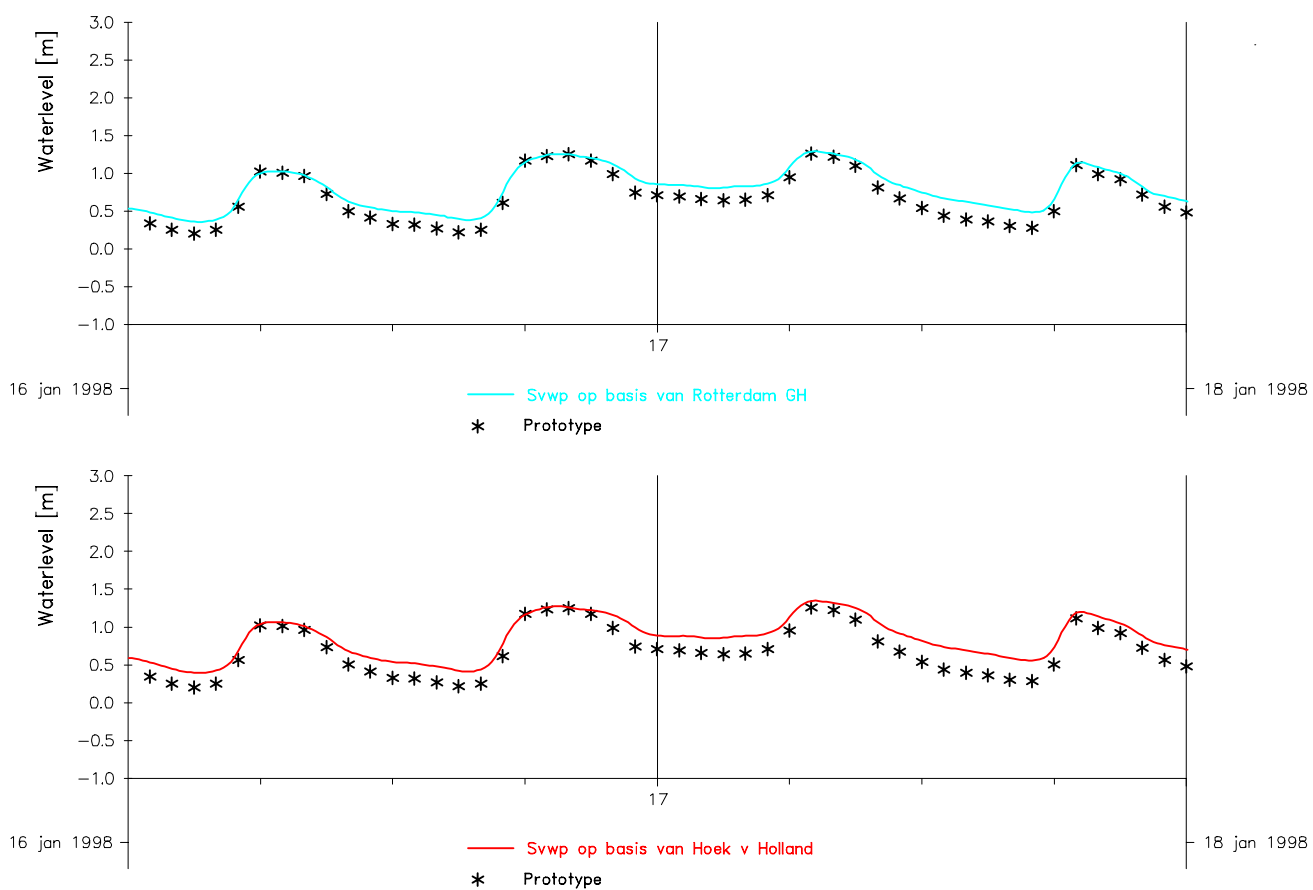
Zeedelta_fijn versie 6

RIKZ

RIKSWATERSTAAT

26 juni 2000

Fig. 3.12



Windinvoer in het Zeedelta gebied
Station : Dordrecht

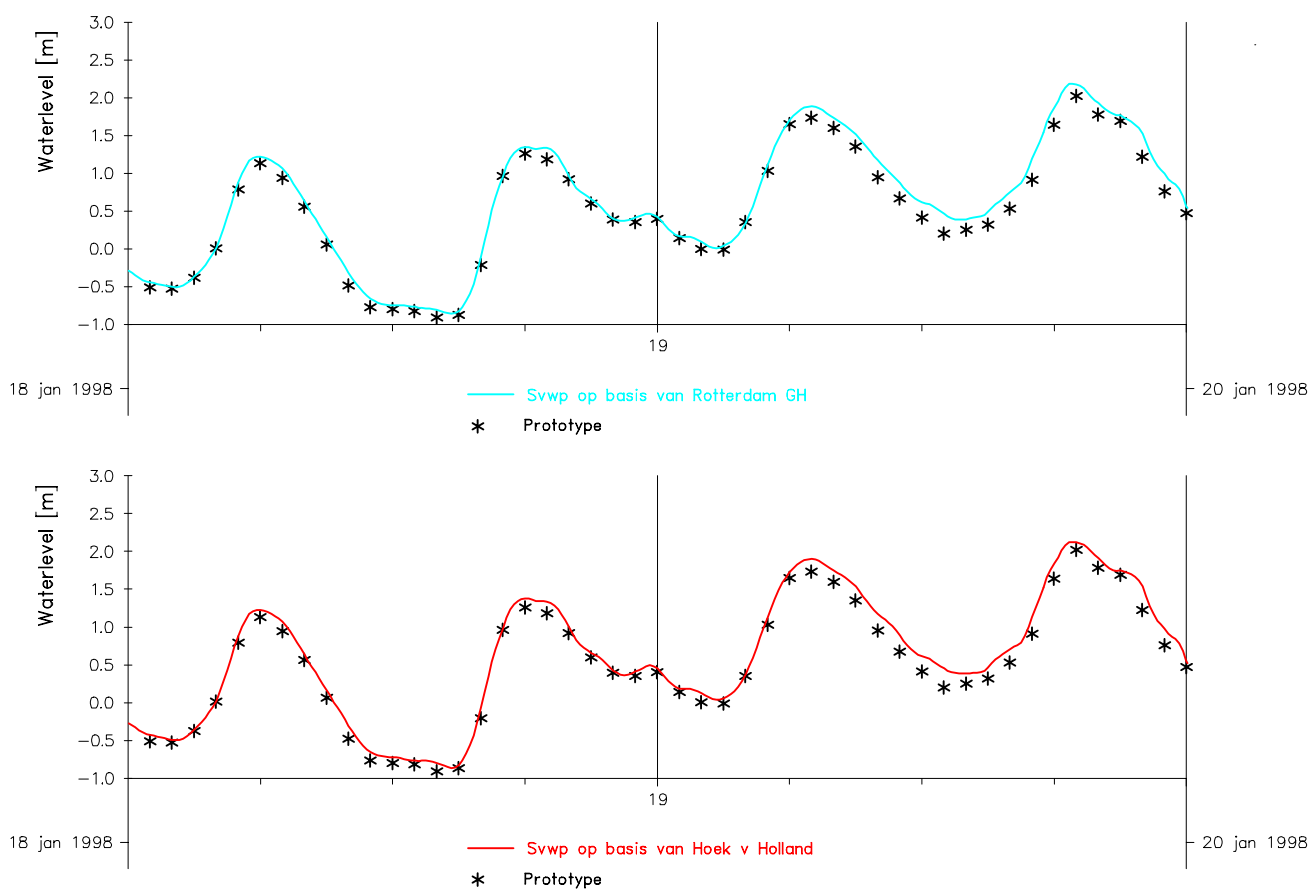
Zeedelta_fijn versie 6

RIKZ

RIKSWATERSTAAT

26 juni 2000

Fig. 3.13



Windinvoer in het Zeedelta gebied
Station : Hoek van Holland

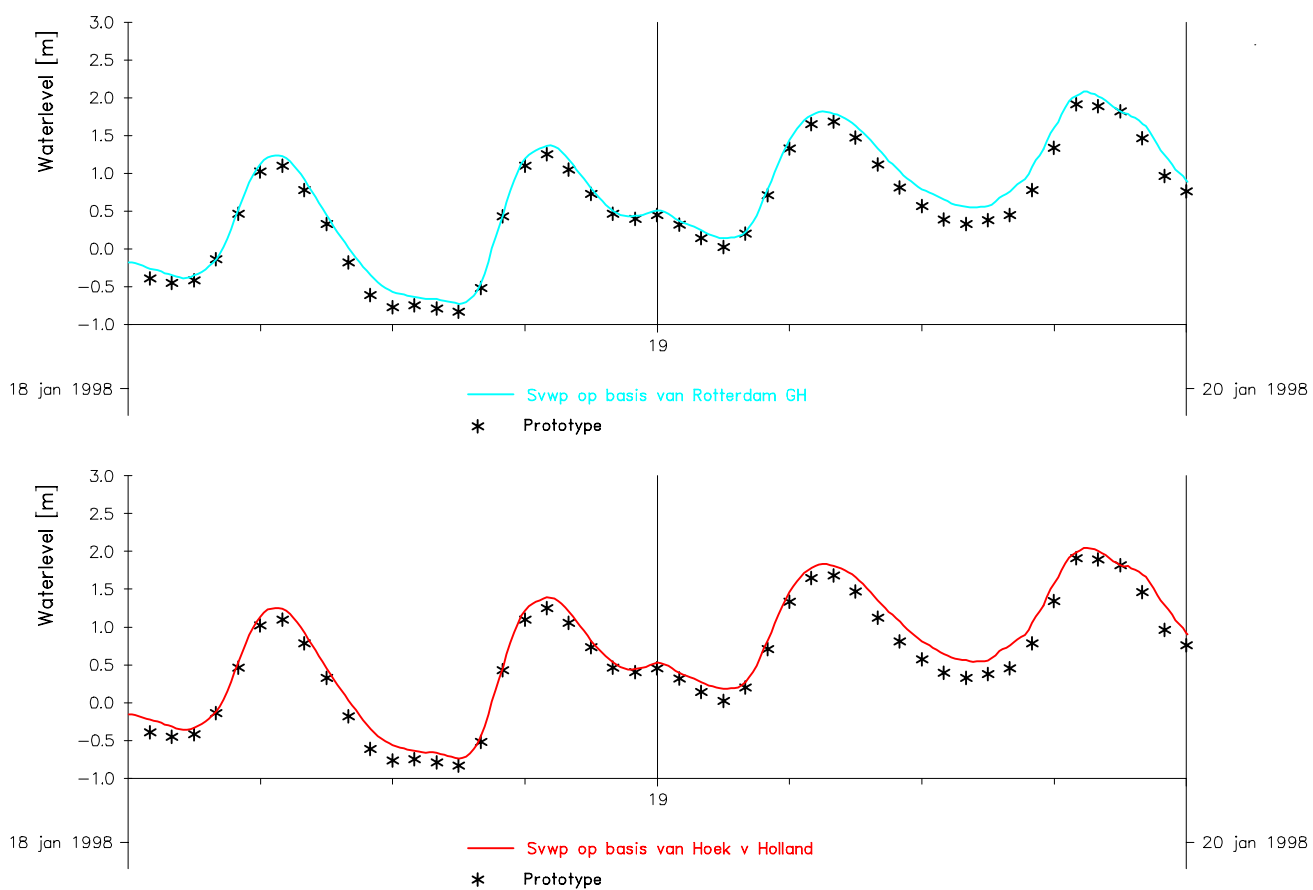
Zeedelta_fijn versie 6

RIKZ

RIKSWATERSTAAT

26 juni 2000

Fig. 3.14



Windinvoer in het Zeedelta gebied
Station : Maassluis

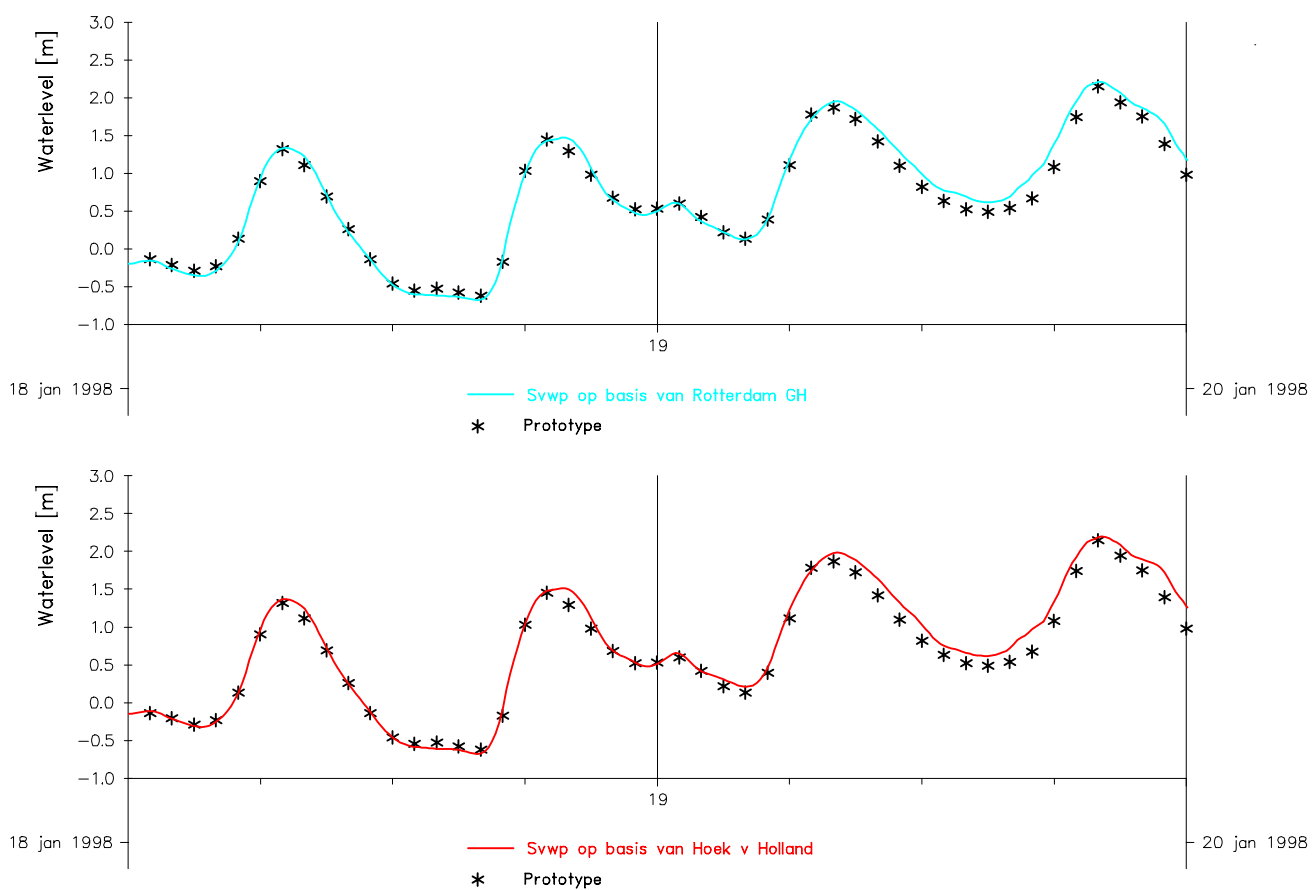
Zeedelta_fijn versie 6

RIKZ

RIKSWATERSTAAT

26 juni 2000

Fig. 3.15



Windinvoer in het Zeedelta gebied
Station : Rotterdam

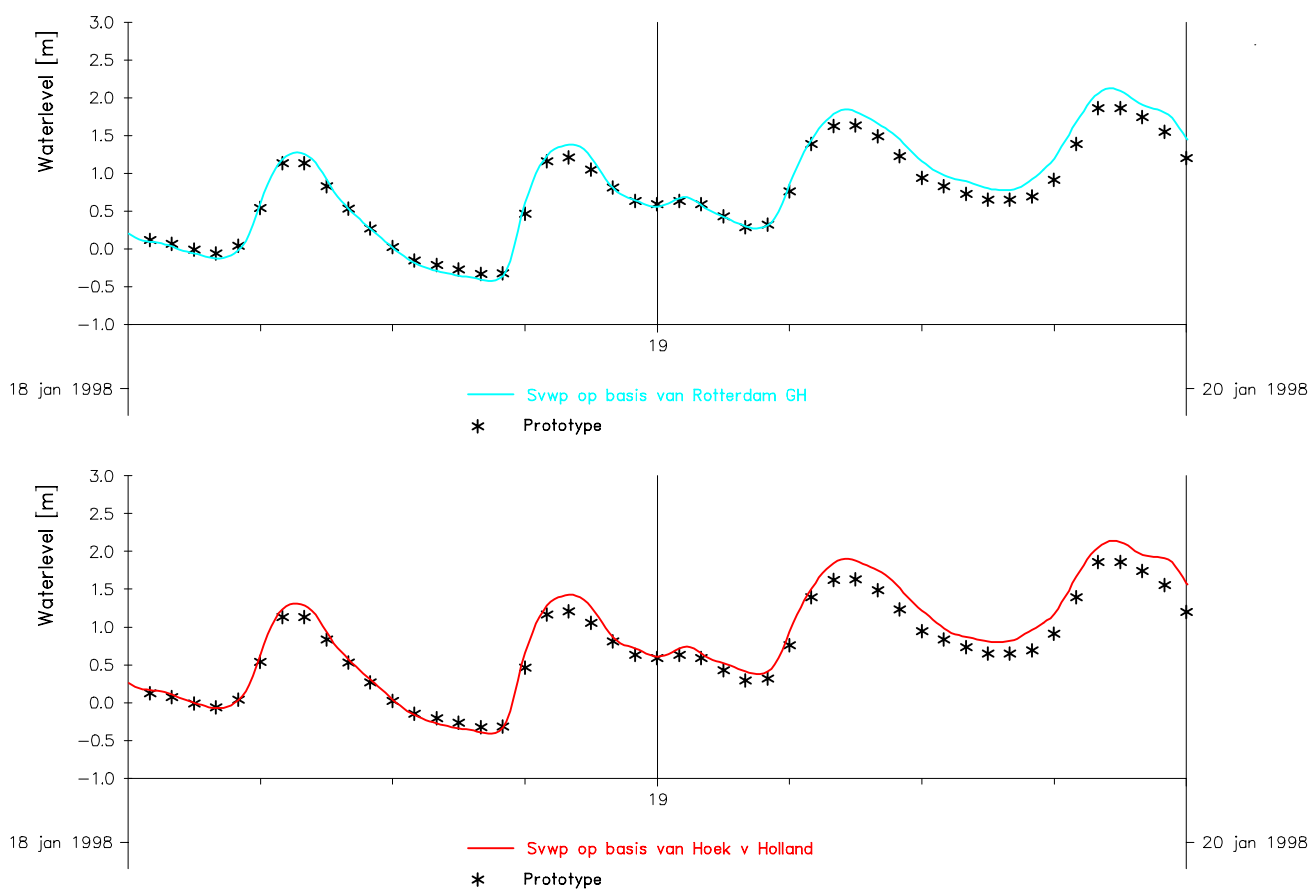
Zeedelta_fijn versie 6

RIKZ

RIKSWATERSTAAT

26 juni 2000

Fig. 3.16



Windinvoer in het Zeedelta gebied
Station : Krimpen a/d Lek

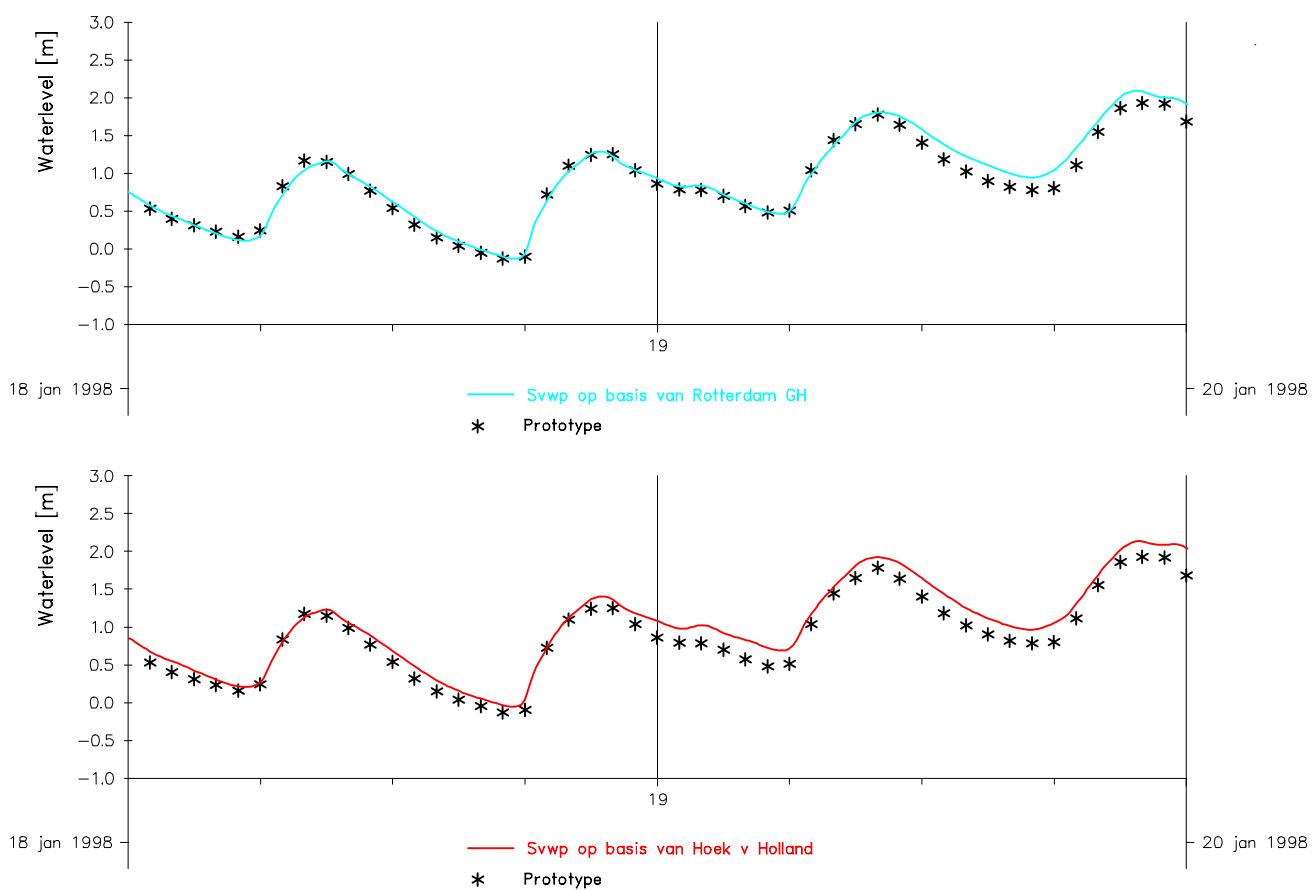
Zeedelta_fijn versie 6

RIKZ

RIKSWATERSTAAT

26 juni 2000

Fig. 3.17



Windinvoer in het Zeedelta gebied
Station : Schoonhoven

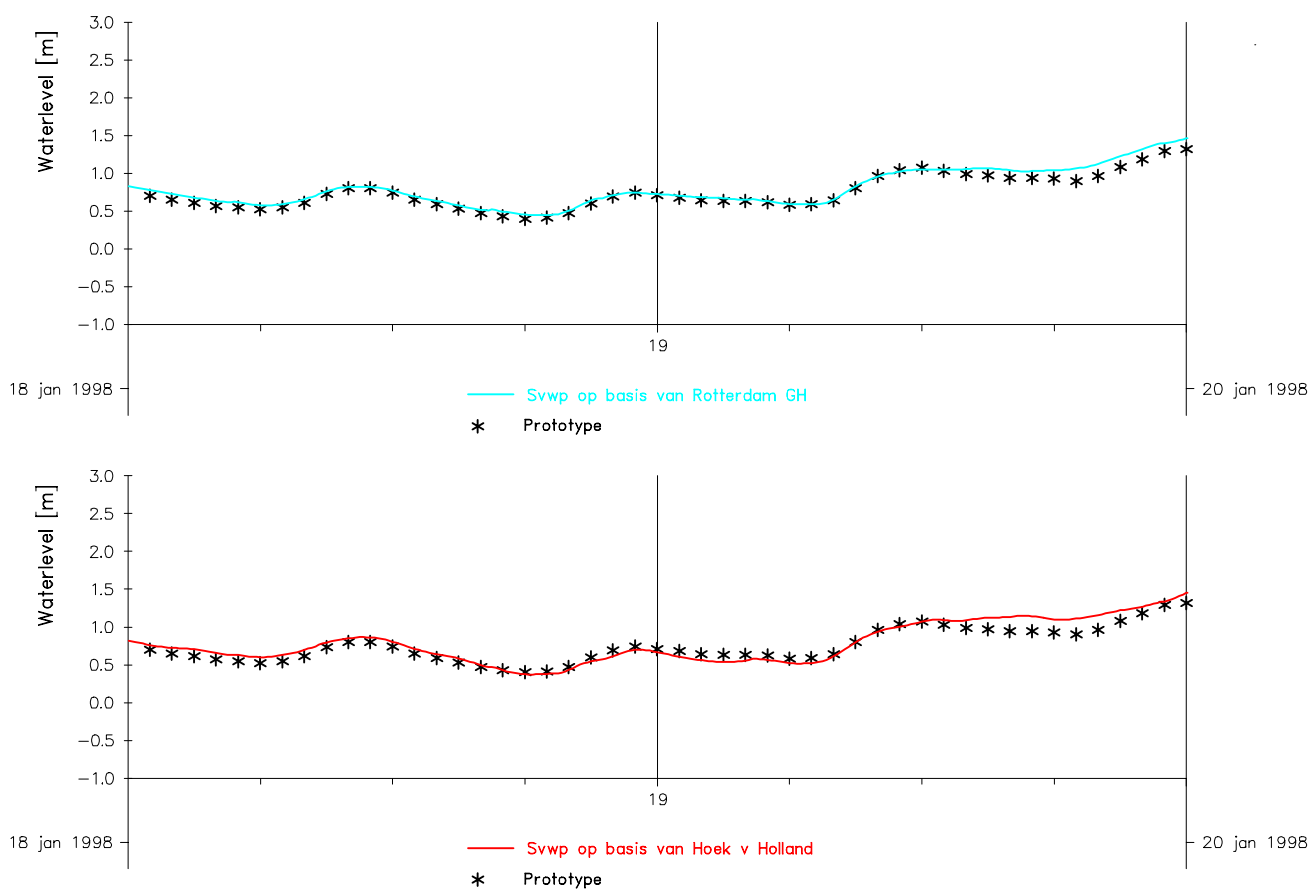
Zeedelta_fijn versie 6

RIKZ

RIKSWATERSTAAT

26 juni 2000

Fig. 3.18



Windinvoer in het Zeedelta gebied
Station : Hellevoetsluis

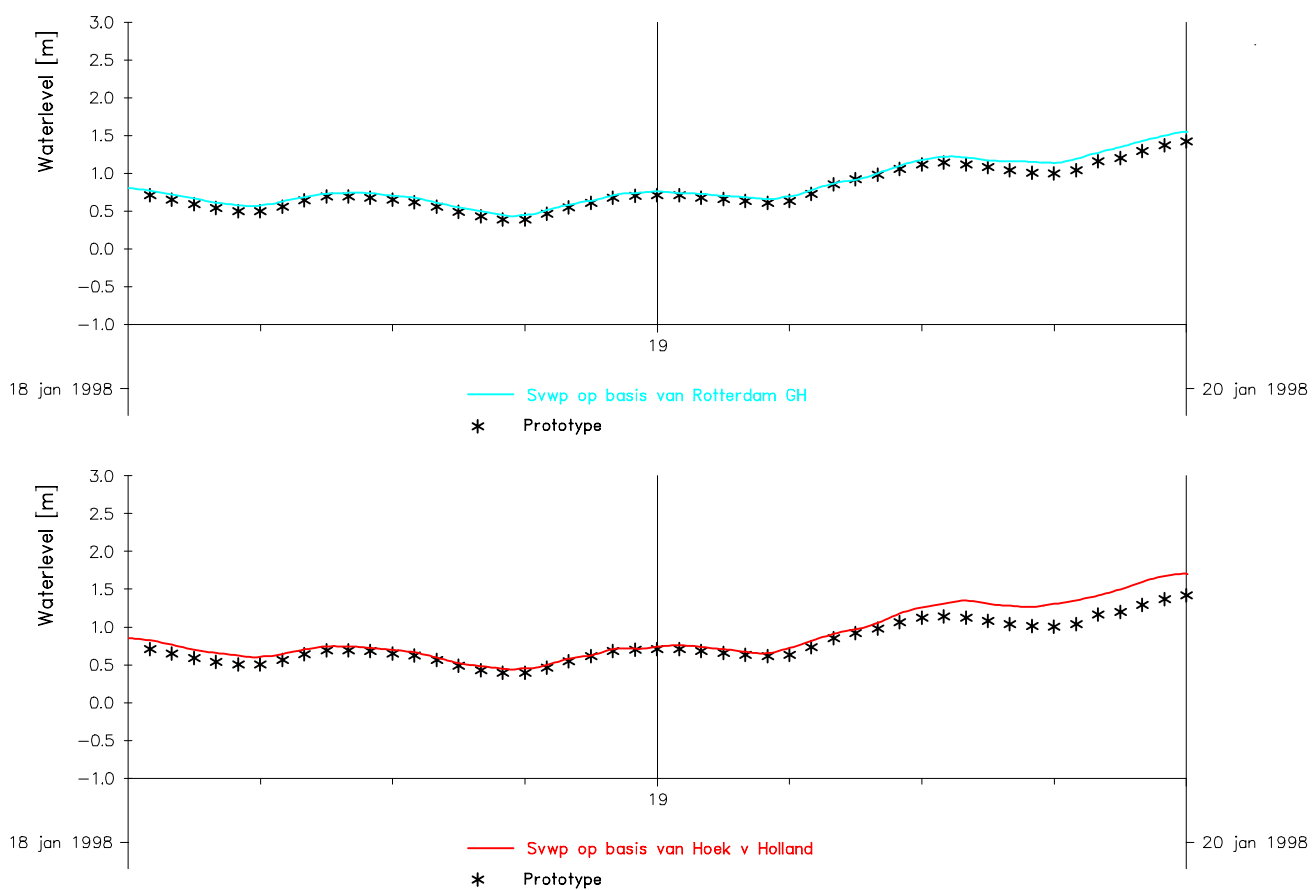
Zeedelta_fijn versie 6

RIKZ

RIKSWATERSTAAT

26 juni 2000

Fig. 3.20



Windinvoer in het Zeedelta gebied
Station : Moerdijk

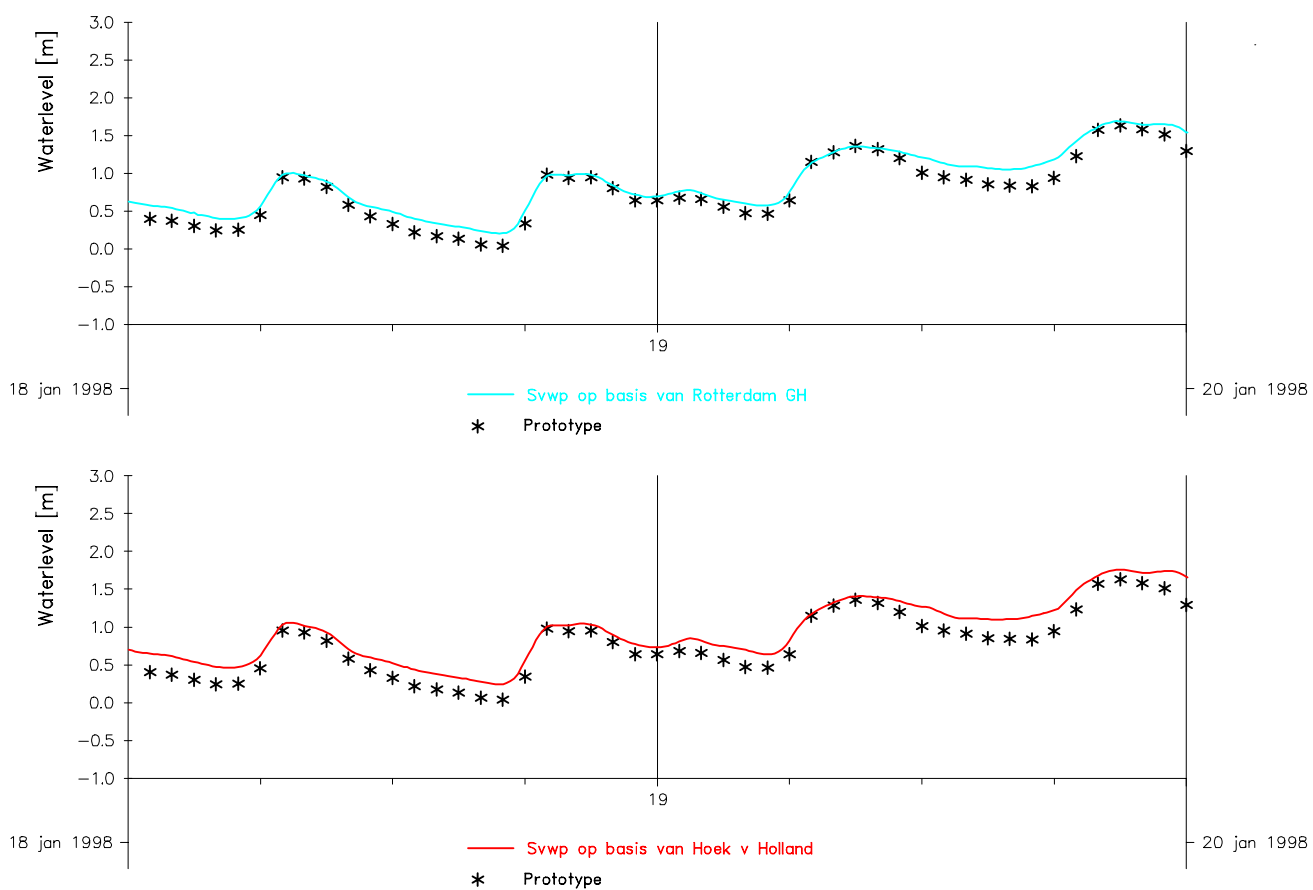
Zeedelta_fijn versie 6

RIKZ

RIKSWATERSTAAT

26 juni 2000

Fig. 3.21



Windinvoer in het Zeedelta gebied
Station : Dordrecht

Zeedelta_fijn versie 6

RIKZ

RIKSWATERSTAAT

26 juni 2000

Fig. 3.22