



Bouw en eerste afregeling van het Zeedelta model op basis van het rooster van het Supermodel

Project: NAUTILUS

Werkdocument: RIKZ/OS-2000.141X



In opdracht van:

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

Bouw en eerste afregeling van het Zeedelta model op basis van het rooster van het Supermodel

Project:	NAUTILUS
Werkdocument:	RIKZ/OS/2000.141X
Datum:	September 2000

In opdracht van:

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

Bouw en eerste afregeling van het Zeedelta model op basis van het rooster van het Supermodel

Project:	NAUTILUS
Werkdocument:	RIKZ/OS/2000.141x
Datum:	September 2000
Uitbesteed aan:	Alkyon
Begeleid door:	R.P. van Dijk / R. Plieger

Opdrachtgever **Rijkswaterstaat RIKZ**

Titel **Bouw en eerste afregeling van Zeedelta model op basis van rooster van Super-model**

Samenvatting Dit rapport beschrijft de bouw en eerste afregeling van een nieuwe versie van het Zeedelta model op basis van het rooster van het Supermodel. Het rooster van dit Zeedelta model is een uitsnede van het recentelijk ontworpen Supermodel waarin roosters van zee- en riviermodellen zijn gekoppeld tot een rooster voor nat Nederland.

De bouw van het model behelst de schematisatie van het model op basis van onder andere dieptegegevens en gegevens van de geometrie. Voor de riviertrajecten zijn de schematisaties van de riviermodellen toegepast.

Na de bouw is een eerste afregeling uitgevoerd waarbij resultaten van metingen en berekeningen met elkaar vergeleken zijn. Als referentie zijn hierbij gegevens gebruikt van de metingen januari - maart 1998 en de resultaten van versie 6 van het Zeedelta model.

Referenties Opdrachtnummer 22001386 d.d. 16 mei 2000

Rev.	Auteur	Datum	Bijzonderh.	Gecontroleerd door	Goedgekeurd door
0	G. Hartsuiker	juni 2000		G. v. Banning	G. Hartsuiker
1	G. Hartsuiker	aug. 2000		G. v. Banning	G. Hartsuiker

Document Specificaties	Inhoud	Status
Rapport nummer: A623R1r1 Sleutelwoorden: getij, stromingsmodel noordelijk deltabekken Project nummer: A623 Bestand ...\\A623\\Algemeen\\A623R1r1.doc	tekst pagina's: 26 tabellen: 7 figuren: 128 appendices:	<input type="checkbox"/> voorlopig <input type="checkbox"/> concept <input checked="" type="checkbox"/> eindrapport

Samenvatting

Dit rapport beschrijft de bouw en eerste afregeling van een nieuwe versie van het Zeedelta model (versie 7) op basis van het rooster van het Supermodel. Het model bedekt het gehele gebied van de delta van de benedenrivieren, inclusief het aangrenzende deel van de Noordzee. Het rekenrooster van dit Zeedelta model is een uitsnede van het recentelijk ontworpen Supermodel waarin de roosters van zee- en riviermodellen zijn gekoppeld tot een rooster voor nat Nederland.

De bouw van het model behelst de schematisatie van het gehele model gebied op basis van onder andere recente dieptegegevens en gegevens van de geometrie. Bij de schematisatie van de echte riviertrajecten zijn voor zover mogelijk en relevant de schematisaties van de riviermodellen omgezet naar het rooster van het nieuwe Zeedelta model. Uiteindelijk zijn bij de schematisatie een groot aantal invoer files samengesteld ten behoeve van het Simona rekenprogramma. Hierin zijn elementen zoals dunne dammen, droge punten, overlaten, uitvoerpunten, uitvoerraaien, open randen en randvoorwaarden gedefinieerd.

Bij de eerste afregeling zijn resultaten van metingen en berekeningen met elkaar vergeleken en door variatie van een aantal relevante parameters zo goed mogelijk met elkaar in overeenstemming gebracht. Als referentie zijn gegevens gebruikt van de metingen januari - maart 1998 en de resultaten van versie-6 van het Zeedelta model voor dezelfde periode. Er zijn vergelijkingen gemaakt tussen berekende en gemeten waterstanden, stroomsnelheden, debieten en saliniteitsconcentraties op een groot aantal punten in het gehele model.

Over het algemeen blijkt dat de reproductie van de gemeten grootheden, zoals waterstanden, stroomsnelheden, debieten en salinitetisconcentraties, in het gehele model gebied goed op orde is. Zowel de grootte als de fase van deze grootheden worden in vrijwel het gehele model goed gereproduceerd, alleen in de bovenstroomse delen van de rivieren zijn soms verschillen zichtbaar.

De resultaten van dit nieuwe Zeedelta model (versie 7) zijn kwalitatief en kwantitatief beter dan de resultaten van versie-6 van het Zeedelta model. Vooral in de gedeelten van het modelgebied waar het rekenrooster is verfijnd is de overeenkomst met de gemeten grootheden verbeterd.



Inhoud

Lijst van tabellen

Lijst van figuren

1 Inleiding	1
1.1 Algemeen	1
1.2 Doelstelling en leeswijzer	1
1.3 Opdracht en uitvoering	2
1.4 Conclusies en aanbevelingen	2
2 Aanpak en beschikbare gegevens.....	5
2.1 Inleiding	5
2.2 Aanpak van de studie	5
2.3 De werkzaamheden	6
2.4 Beschikbare gegevens	7
2.4.1 Riviermodellen	7
2.4.2 Dieptegegevens	7
2.4.3 Metingen januari-maart 1998	8
3 Bouw van het model	11
3.1 Algemeen	11
3.2 Roostergeneratie	11
3.3 Rivierschematisatie	11
3.4 Diepteschematisatie	12
3.5 Andere schematisatie elementen	13
3.6 Randvoorwaarden	14
3.7 Instelling diverse parameters	15
3.8 White-Colebrook ruwheidsformulering	17
4 Afregeling van het model.....	20
4.1 Algemeen	20
4.2 Beknopte beschrijving afregelproces	20
4.3 Resultaten meting februari-maart 1998	21
4.4 Gevoeligheidsonderzoek	23

Referenties

Tabellen

Figuren



Lijst van tabellen

- 2.1 Beschikbare waterstandsmetingen uit DONAR database; januari/maart 1998
- 2.2 Beschikbare waterstandsmetingen Europoort en Rotterdams havengebied; januari/maart 1998
- 2.3 Beschikbare snelheidsmetingen; januari/maart 1998
- 2.4 Beschikbare saliniteitsmetingen; januari/maart 1998
- 2.5 Debietmetingen bij splitsingspunten; februari/maart 1998
- 2.6 Rivierafvoeren in periode eind februari 1998
- 2.7 Rivierafvoeren in periode eind januari 1998

Lijst van figuren

algemeen

- 1.1 Rekenrooster samengesteld Super model

gegevens

- 2.1 Begrenzungen beschikbare dieptegegevens, overzicht; 1999 situatie
- 2.2 Beschikbare dieptegegevens kustzone Zuid-Holland; 1999 situatie
- 2.3 Beschikbare dieptegegevens noordelijk delta bekken; 1999 situatie
- 2.4 Beschikbare dieptegegevens Hartelkanaal en havens; 1999 situatie
- 2.5 Beschikbare dieptegegevens, rivier IJdingen; 1985 situatie
- 2.6 Locaties vaste meetpunten, waterstand; zeegebied
- 2.7 Locaties vaste meetpunten, waterstand; westelijk gedeelte
- 2.8 Locaties vaste meetpunten, waterstand; oostelijk gedeelte
- 2.9 Locaties vaste meetpunten, snelheid en saliniteit
- 2.10 Locaties debietraaien; meting 26, 27 februari en 2 maart 1998
- 2.11 Waterstanden Hoek van Holland; periode januari - maart 1998
- 2.12 Waterstanden Hoek van Holland; periode 24 februari - 3 maart 1998
- 2.13 Waterstanden Hoek van Holland; periode 20 - 27 januari 1998
- 2.14 Rivierafvoeren Maas, Waal en Lek; periode januari - maart 1998
- 2.15 Rivierafvoeren Lek, gedetailleerd; periode 24 februari - 3 maart 1998
- 2.16 Windsnelheid en -richting, station Geulhaven; periode januari - maart 1998
- 2.17 Windsnelheid en -richting, station Geulhaven; periode 24 februari - 3 maart 1998

bouw model

- 3.1 Rekenrooster Zeedelta model, zeegebied
- 3.2 Rekenrooster Zeedelta model, westelijk gedeelte
- 3.3 Rekenrooster Zeedelta model, oostelijk gedeelte
- 3.4 Computational grid enclosure, N = 1 tot 800
- 3.5 Computational grid enclosure, N = 750 tot 1550
- 3.6 Diepteschematisatie, zeegebied; 1999 situatie
- 3.7 Diepteschematisatie, westelijk gedeelte; 1999 situatie
- 3.8 Diepteschematisatie, oostelijk gedeelte; 1999 situatie
- 3.9 Vergelijking dwarsprofielen langs zeerand; 1999 situatie
- 3.10 Diepteschematisatie, westelijk gedeelte; 1985 situatie
- 3.11 Overlaten, gedeelte Lek
- 3.12 Overlaten, gedeelte Waal
- 3.13 Overlaten, gedeelte Maas
- 3.14 Courant getallen, zeegebied
- 3.15 Courant getallen, westelijk gedeelte
- 3.16 Courant getallen, oostelijk gedeelte
- 3.17 Ruwheidswaarden, N = 1 tot 800
- 3.18 Ruwheidswaarden, N = 750 tot 1550
- 3.19 Diffusie coëfficiënten, N = 1 tot 550
- 3.20 Manning-waarden versus Nikuradse-waarden bij gelijke Chézy-waarden
- 3.21 Ruwheidscodes voor definitie Nikuradse-waarde, N = 800 tot 1300

vergelijking meting en berekening; 26 en 27 februari 1998

- 4.1 Waterstanden in stations BG-8 en Stellendam-buiten
- 4.2 Waterstanden in stations Scheveningen en Noordwijk meetpost
- 4.3 Waterstanden in stations Hoek van Holland en Maassluis

- 4.4 Waterstanden in stations Geulhaven en Vlaardingen
- 4.5 Waterstanden in stations Eemhaven en Parkhaven
- 4.6 Waterstanden in stations Rotterdam en Krimpen a.d. Lek
- 4.7 Waterstanden in stations Schoonhoven en Hagestein
- 4.8 Waterstanden in stations Krimpen a.d. IJssel en Gouda-brug
- 4.9 Waterstanden in stations Scheurhaven en Rozenburgse sluis
- 4.10 Waterstanden in stations Beerkanaal en Beneluxhaven
- 4.11 Waterstanden in stations Europahaven en Mississippihaven
- 4.12 Waterstanden in stations Hartelhaven en Harmsenbrug
- 4.13 Waterstanden in stations Hartelbrug en Spijkenisse
- 4.14 Waterstanden in stations Goidschalxoord en Dordrecht
- 4.15 Waterstanden in stations Werkendam en Vuren
- 4.16 Waterstanden in stations Zaltbommel en Tiel
- 4.17 Waterstanden in stations Hellevoetsluis en Rak Noord
- 4.18 Waterstanden in stations Moerdijk en Keizersveer
- 4.19 Waterstanden in stations Heesbeen en Lith
- 4.20 Stroomsnelheden in stations Suurhoffbrug en Hartelkering
- 4.21 Stroomsnelheden in stations Spijkenisse en Alblasserdam
- 4.22 Debieten in raaien O-Maas km 1003.8 en O-Maas km 1003.0; 26 febr. 1998
- 4.23 Debieten in raai Hartelkanaal km 0.4; 26 febr. 1998
- 4.24 Debieten in raaien Nw Waterweg km1013.2 en Nw Maas km 1012.3; 27 febr. 1998
- 4.25 Debieten in O-Maas km 1006.0; 27 febr. 1998
- 4.26 Debieten in raaien O-Maas km 995.7 en O-Maas km 995.0; 2 maart 1998
- 4.27 Debieten in raai Spui; 2 maart 1998
- 4.28 Debieten rond splitsingspunt Oude Maas / Hartelkanaal
- 4.29 Debieten rond splitsingspunt Oude Maas / Nw Waterweg
- 4.30 Debieten rond splitsingspunt Oude Maas / spui
- 4.31 Saliniteitsconcentraties in stations Hoek van Holland en Nw Waterweg NW2
- 4.32 Saliniteitsconcentraties in stations Lekhaven en Brienenoord
- 4.33 Saliniteitsconcentraties in stations Spijkenisse en Beerenplaat
- 4.34 Saliniteitsconcentraties in stations O-Maas OM1 en Alblasserdam
- 4.35 Saliniteitsconcentraties in station Zuidland
- 4.36 Stroombeeld, westelijk gedeelte; 26 feb. 12:00 uur
- 4.37 Stroombeeld, westelijk gedeelte; 26 feb. 14:00 uur
- 4.38 Stroombeeld, westelijk gedeelte; 26 feb. 16:00 uur
- 4.39 Stroombeeld, westelijk gedeelte; 26 feb. 18:00 uur
- 4.40 Stroombeeld, westelijk gedeelte; 26 feb. 20:00 uur
- 4.41 Stroombeeld, westelijk gedeelte; 26 feb. 22:00 uur
- 4.42 Saliniteitsverdeling, westelijk gedeelte; 26 feb. 12:00 uur
- 4.43 Saliniteitsverdeling, westelijk gedeelte; 26 feb. 14:00 uur
- 4.44 Saliniteitsverdeling, westelijk gedeelte; 26 feb. 16:00 uur
- 4.45 Saliniteitsverdeling, westelijk gedeelte; 26 feb. 18:00 uur
- 4.46 Saliniteitsverdeling, westelijk gedeelte; 26 feb. 20:00 uur
- 4.47 Saliniteitsverdeling, westelijk gedeelte; 26 feb. 22:00 uur

gevoeligheidsonderzoek; effect afvoergegevens

- 4.48 Waterstanden in stations Rotterdam en Krimpen a.d. Lek
- 4.49 Waterstanden in stations Schoonhoven en Hagestein

gevoeligheidsonderzoek; effect overlaten

- 4.50 Waterstanden in stations Rotterdam en Krimpen a.d. Lek
- 4.51 Waterstanden in stations Schoonhoven en Hagestein

- 4.52 Waterstanden in stations Werkendam en Vuren
- 4.53 Waterstanden in stations Zaltbommel en Tiel
- 4.54 Waterstanden in stations Moerdijk en Keizersveer
- 4.55 Waterstanden in stations Heesbeen en Lith

gevoeligheidsonderzoek; effect ruwheid

- 4.56 Waterstanden in stations Rotterdam en Krimpen a.d. Lek
- 4.57 Waterstanden in stations Schoonhoven en Hagestein
- 4.58 Waterstanden in stations Krimpen a.d. IJssel en Gouda brug
- 4.59 Waterstanden in stations Goidschalxoord en Dordrecht
- 4.60 Waterstanden in stations Werkendam en Vuren
- 4.61 Waterstanden in stations Zaltbommel en Tiel
- 4.62 Waterstanden in stations Moerdijk en Keizersveer
- 4.63 Waterstanden in stations Heesbeen en Lith
- 4.64 Stroomsnelheden in stations Spijkenisse en Alblasterdam

gevoeligheidsonderzoek; effect wind

- 4.65 Waterstanden in stations Rotterdam en Krimpen a.d. Lek
- 4.66 Waterstanden in stations Schoonhoven en Hagestein
- 4.67 Waterstanden in stations Krimpen a.d. IJssel en Gouda brug
- 4.68 Waterstanden in stations Goidschalxoord en Dordrecht
- 4.69 Waterstanden in stations Werkendam en Vuren
- 4.70 Waterstanden in stations Zaltbommel en Tiel
- 4.71 Waterstanden in stations Hellevoetsluis en Rak Noord
- 4.72 Waterstanden in stations Moerdijk en Keizersveer
- 4.73 Waterstanden in stations Heesbeen en Lith
- 4.74 Stroomsnelheden in stations Spijkenisse en Alblasterdam
- 4.75 Saliniteitsconcentraties in stations Hoek van Holland en Nw Waterweg NW2
- 4.76 Saliniteitsconcentraties in stations Spijkenisse en Beerenplaat

gevoeligheidsonderzoek; effect hoge afvoer

- 4.77 Waterstanden in stations BG-8 en Scheveningen
- 4.78 Waterstanden in stations Hoek van Holland en Vlaardingen
- 4.79 Waterstanden in stations Rotterdam en Gouda brug
- 4.80 Waterstanden in stations Krimpen a.d. Lek en Hagestein
- 4.81 Waterstanden in stations Beneluxhaven en Hartelhaven
- 4.82 Waterstanden in stations Spijkenisse en Dordrecht
- 4.83 Waterstanden in stations Vuren en Tiel
- 4.84 Waterstanden in stations Hellevoetsluis en Rak Noord
- 4.85 Waterstanden in stations Keizersveer en Lith
- 4.86 Stroomsnelheden in stations Suurhoffbrug en Hartelkering
- 4.87 Stroomsnelheden in stations Spijkenisse en Alblasterdam
- 4.88 Saliniteitsconcentraties in stations Hoek van Holland en Nw Waterweg NW2
- 4.89 Saliniteitsconcentraties in stations Spijkenisse en Beerenplaat

1 Inleiding

1.1 Algemeen

In het eerste kwartaal van 2000 is door Alkyon in opdracht van RIKZ gewerkt aan de koppeling van het Zeedelta model aan de riviermodellen van de Rijntakken en de Maas. Het rooster is in een tweede fase uitgebreid met het rooster van de IJsseldelta en er is een (voorlopige) koppeling tot stand gebracht met het Waddenzee gedeelte van het Kuststrook model. Dit nieuwe combinatie rooster heeft voorsnag de benaming 'SuperMOdel' gekregen (zie figuur 1.1 voor de begrenzing van het Supermodel).

De roosters van de Rijntakken, de Maas en de IJsseldelta vallen onder de verantwoorde-lijkheid van de diverse Regionale Directies. Het Zeedelta model is momenteel in beheer bij RIKZ, maar zal op termijn worden beheerd door Directie Zuid-Holland (DZH).

Om die reden is vanuit RIKZ het initiatief genomen om de koppeling van de diverse roosters voor wat betreft het Zeedelta gedeelte te combineren met een verdere optimalisatie teneinde een dusdanig stabiel en evenwichtig rooster te krijgen dat handhaving voor langere termijn van het rooster (en dus ook de koppeling) mogelijk is. Inmiddels is deze optimalisatie succesvol afgesloten (zie [Alkyon, 2000a-b]).

Het nieuwe Zeedelta rooster dient vervolgens weer tot volwaardig 2-DH waterbewe-gingsmodel uitgebouwd te worden. De bouw van het model en de eerste afregeling zijn uitbesteed. De definitieve calibratie en validatie zullen binnen RIKZ plaatsvinden. In dit document worden de bouw en de eerste afregeling van het nieuwe Zeedelta model beschreven.

1.2 Doelstelling en leeswijzer

De hoofddoelstelling van deze studie is de bouw van het Zeedelta model op basis van het rooster van het Supermodel en vervolgens een eerste afregeling op basis van meetseries uit de periode januari/maart 1998. Bij de bouw zullen de meest recente dieptegegevens worden gebruikt. Voor de invulling van de overige relevante elementen moet zoveel mogelijk aansluiting worden gezocht bij 'versie-6' van het Zeedelta model.

Deze studie is uitgevoerd met inachtneming van de volgende punten:

1. Als basis voor het model wordt het nieuwe rooster van het Super Model gehanteerd;
2. Binnen het bovengenoemde rooster zal voor de Hollandse IJssel een aangepast rooster worden ontworpen, ter vervanging van het overeenkomstige gedeelte in het huidige Zeedelta model (versie 6);
3. Met uitzondering van het rooster zal versie 6 van Zeedelta model als uitgangspunt dienen voor de modelbouw;
4. Voor die delen van het nieuwe Zeedelta model, die tevens een integraal onderdeel vormen van het Rijntakken model en het Maas model, zal de invoer uit deze modellen worden overgezet;

5. Voor wat betreft de bodemschematisatie zullen twee versies worden samengesteld, namelijk een versie voor de meest recente bodemgegevens (voor zover beschikbaar) en een versie voor de bodemgegevens van rond 1985 (voor zover beschikbaar). De reden hiervoor is dat de voor de calibratie/validatie geselecteerde meetcampagnes relatief ver uit elkaar liggen, te weten oktober/november 1985 en 1998.

Dit rapport is als volgt opgebouwd:

- Hoofdstuk 2 beschrijft de aanpak van dit project met een beschrijving van de beschikbare gegevens ten behoeve van bouw en afregeling.
- Hoofdstuk 3 bevat de beschrijving van de 'bouw' van het model met onder andere de diepteschematisatie, de randvoorwaarden en de instelling van diverse parameters.
- In Hoofdstuk 4 wordt de afregeling van het model beschreven met een uitgebreide vergelijking van de resultaten van de simulaties en de beschikbare metingen. Tevens worden in dit hoofdstuk de resultaten van een (beperkt) gevoeligheidsonderzoek gepresenteerd.

1.3 Opdracht en uitvoering

Op 17 april 2000, Ref. RIKZ/OS2000/05571 ontving Alkyon Hydraulic Consultancy and Research b.v. van Rijkswaterstaat RIKZ het verzoek tot het uitbrengen van een offerte voor de bouw en eerste afregeling van het Zeedelta model op basis van het rooster van het Super model.

Op 27 april Ref. A623le01, is door Alkyon offerte uitgebracht. Op 16 mei 2000 Ref. Opdrachtnummer 22001386 is officieel opdracht ontvangen. Deze opdracht betreft werk ten behoeve van het project NAUTILUS 11. Met opdrachtnummer 22001869 van 5 juli 2000 zijn nog een aantal aanvullende werkzaamheden opgedragen, die onder andere samenhangen met een gevoeligheidssom voor de ruwheidsformulering en met het omzetten van schematisaties voor het Supermodel.

Het project is uitgevoerd door ing. G. Hartsuiker die tevens de rapportage heeft geschreven. De kwaliteitscontrole is uitgevoerd door ir. G.K.F.M. van Banning. Projectbegeleider van RIKZ-zijde was de heer R.P. van Dijk. Gedurende het project werd regelmatig overleg gevoerd met de heren R.P. van Dijk en R. Plieger, beiden van RIKZ.

1.4 Conclusies en aanbevelingen

Aan de hand van de resultaten van de simulaties uitgevoerd tijdens de eerste fase van de afregeling en de vergelijking met gegevens van metingen kunnen de volgende conclusies worden getrokken ten aanzien van de bruikbaarheid van het nieuwe Zeedelta model (zie ook paragraaf 4.3):

1. Het model geeft een goede reproductie van zowel het getijverschil als de getijfase van de waterstanden in vrijwel het gehele model. Op een beperkt aantal locaties is het getijverschil in het model iets kleiner dan volgens de metingen; ook zijn er plaatselijk geringe verschillen in de middenstand te zien.

2. De stroomsnelheden in de vier vaste meetpunten worden, gelet op de vorm en de fase, goed gereproduceerd. Er bestaan echter redelijke verschillen in de absolute grootte van de snelheden. Mogelijk dat een en ander wordt veroorzaakt door puntmeting versus diepte-gemiddeld en/of beïnvloeding van de locatie (aantal vaste punten zijn geplaatst nabij bruggen of kunstwerken).
3. De debieten in de raaien rondom drie splitsingspunten van de Oude Maas worden goed gereproduceerd. Zowel de grootte als de fase van het debietverloop vertoont een goede overeenkomst. De verschillen tussen de gemeten en berekende debieten in het Hartelkanaal, nabij het splitsingspunt met de Oude Maas, zijn voor een groot deel te verklaren door een fout in de metingen.
4. De saliniteitsconcentraties in het traject Nieuwe Waterweg - Nieuwe Maas vertonen over het algemeen een goede overeenkomst met grootte en fase van de metingen. In de mond van de Nieuwe Waterweg is de berekende variatie kleiner dan bij de metingen door het toepassen van grote diffusie coëfficiënten. Een en ander is echter noodzakelijk voor het realiseren van een realistische zoutindringing op de Waterweg.
5. De resultaten van het nieuwe Zeedelta model zijn in het binnengebied kwalitatief en kwantitatief beter dan de resultaten van versie-6 van Zeedelta. Dit geldt voor alle gereproduceerde grootheden zoals waterstanden, stroomsnelheden, debieten en saliniteitsconcentraties.

Aan de hand van de resultaten van het beperkte gevoeligheidsonderzoek kunnen de volgende conclusies worden getrokken (zie ook paragraaf 4.4):

6. Het toepassen van daggemiddelde waarden in plaats van 10-minuten waarden voor de rivierafvoer is onderzocht voor de Lek. De resultaten laten zien dat er een beperkt effect zichtbaar is in de berekende waterstanden. Een en ander is sterk gekoppeld aan de grootte van de afvoer en de mate van variatie.
7. Het schematiseren van overstroombare elementen zoals kribben en kaden met behulp van overlaten is onderzocht door vergelijking van simulaties met en zonder overlaten. Het blijkt dat bij de uitgevoerde simulaties met een relatief lage rivierafvoer (gemiddeld circa 700 m³/s) de effecten zeer gering zijn, alleen in de meest bovenstroomse delen van de rivieren is er sprake van enige verandering in de totale weerstand van de riviersecties.
8. Het toepassen van de White-Colebrook ruwheidsformulering in plaats van de Manning-formulering geeft in de benedenstroomse delen vrijwel vergelijkbare resultaten. In de 'echte' riviergedeelten waarbij de ruwheden volgens empirische relaties wordt opgelegd, rekening houdend met onder andere type begroeiing, zijn de verschillen beduidend groter door een grotere weerstand (bijv. in Tiel waterstanden circa 0,7 m hoger bij White-Colebrook).
9. Het toepassen van wind geeft over het algemeen een betere reproductie van de gemeten grootheden. Bij de uitgevoerde simulatie zijn de effecten van de overheersend zuidwestelijke winden goed zichtbaar in de vorm van opwaaiing (in de rivierdelen) en afwaaiing (direct oostelijk van de Haringvlietluizen). De opgelegde windsterkte moet bij deze windrichting worden gereduceerd voor de meer landinwaartse locaties.

10. De simulatie voor een periode met een hogere rivierafvoer (maximum afvoer circa 3400 m³/s) geeft over het algemeen ook een goede reproductie van de gemeten grootheden. Alleen in de echte riviergedeelten is de overeenkomst in de middenstand van de waterstanden met name op de Waal nogal afwijkend. Door een betere afregeling voor deze combinatie van randvoorwaarden kan dit worden verbeterd.

De resultaten van de eerste afregeling (2D) en bovenstaande conclusies geven aanleiding tot de aanbeveling om nog aanvullende inspanning in de afregeling te stoppen voor andere combinaties van randvoorwaarden. Hierbij moet worden gedacht aan combinaties van getijcondities, rivierafvoeren, windcondities en spuiregime van de Haringvlietssluisen. Voor het modelleren van windcondities zal de ruimtelijke variatie van de wind in het binnengebied extra aandacht moeten krijgen waarbij onderscheid moet worden gemaakt tussen de verschillende windrichtingen.

Voor het verkrijgen van meer inzicht in de verdeling van de rivierafvoeren over de vele splitsingspunten in het noordelijke deltabekken wordt aanbevolen een aantal (bij voorkeur cyclische) simulaties uit te voeren voor verschillende afvoeren. De verdeling moet worden vastgesteld aan de hand van debieten door cross-secties rondom de splitsingspunten.

Tenslotte moet worden overwogen de eenduidigheid bij het maken van de schematisaties voor de stromingsmodellen te vergroten door het toepassen van het Baseline programma in combinatie met GIS-bestanden. Bij het schematiseren van de riviermodellen is deze aanpak momenteel zeer gebruikelijk.

Een volledig afgeregeld Zeedelta model heeft grote mogelijkheden voor uitgebreide toepassing bij het onderzoeken van mogelijke ingrepen in dit complexe gebied. Het niet meenemen van 3D-effecten zal echter een beperkende factor zijn voor de kwaliteit van de reproductie van met name de saliniteitsconcentraties en stroomsnelheden.

2 Aanpak en beschikbare gegevens

2.1 Inleiding

Bij de bouw en afregeling van een stromingsmodel zijn, afhankelijk van de verdere toepassing, een groot aantal gegevens noodzakelijk. In het specifieke geval van het Zeedelta model wordt er naar gestreefd de stromingssituaties in het noordelijk delta bekken en het aansluitende zeegebied te representeren. Hierbij spelen dichtheidsverschillen tussen rivierwater en zeewater een belangrijke rol. Voor het simuleren en controleren van deze stromingssituaties zijn voor het Zeedelta model gegevens nodig van: diepteligging, waterstanden, stroomsnelheden, debieten, saliniteitsconcentraties, rivierafvoer en windsnelheid en -richting. Tevens zijn voor de Haringvlietsluizen gegevens nodig over de bediening van de sluizen, zoals onder andere de tijden van openen en sluiten en de bijbehorende hefhoogte van de verschillende schuiven.

2.2 Aanpak van de studie

In dit project kunnen de volgende stappen worden onderscheiden:

1. Het vervangen van het huidige rechte roosterdeel dat de Hollandse IJssel representeert door een kromlijinig deel zonder knikken (een en ander is al gerealiseerd en gerapporteerd in [Alkyon 2000b]);
2. Het omzetten van de volgende rooster georiënteerde grootheden vanuit de huidige versie van het Zeedelta model (versie 6) naar het nieuwe rooster, te weten:
 - meetlokaties voor waterstanden, stroomsnelheden en saliniteiten,
 - meetraaien voor debieten, voor de grote splitsingspunten in het delta systeem zoals b.v. splitsing Oude Maas - Hartelkanaal of Nieuwe Waterweg - Oude Maas of Noord - Oude Maas of Oude Maas - Dordtsche kil zullen zo nodig debiet raaien worden toegevoegd aan alle 3 de zijden van het splitsingspunt om een beter inzicht te krijgen in de verdeling van de debieten uit de grote rivieren over de verschillende takken van de delta,
 - barriers, dunne dammen, dampoints,
 - randbeschrijving voor de zeezijde en de rivierzijde;
3. Het samenstellen van een tweetal bodemschematisaties voor:
 - de huidige situatie op basis van de meest recente gegevens en waar deze nog niet beschikbaar zijn op basis van de gegevens gehanteerd voor het huidige model.
 - de situatie 1985 op basis van datgene wat voor deze periode beschikbaar is;
4. Het bepalen van ruwheids- en dispersie - coëfficiënten op basis van de verdeling in het huidige model;
5. Het converteren van de (complete) invoer - gedeelten van het Rijntakken en het Maas model welke tevens een integraal onderdeel zijn van het nieuwe Zeedelta rooster (inclusief overlaten);
6. Het doen van een simulatie voor enkele dagen uit de periode januari/maart 1998, de in - en externe randvoorwaarden voor deze periode worden vanuit RIKZ aangeleverd, de initiële condities worden geïnterpoleerd vanuit veldinformatie berekend met het huidige model;
7. Er wordt een overzichtsposter van deze nieuwste versie van het Zeedelta model samengesteld waarop tevens het gecombineerde SUp(er) MOd(e)l rooster wordt getoond.

De acceptatie van het model vindt plaats op basis van de uitkomsten van bovengenoemde simulatie waarbij als kwaliteitscriterium wordt gehanteerd dat het nieuwe model minimaal de huidige versie van het model dient te evenaren.

2.3 De werkzaamheden

Begonnen is met het maken van een uitsnede van het rooster van het Supermodel voor het gedeelte van het Zeedelta model. Hierbij zijn de riviergedeelten meegenomen tot de stuw bij Hagestein, de omgeving van Tiel (juist bovenstrooms van de aantakking van het Amsterdam-Rijnkanaal) en de stuw bij Lith. De geografische begrenzingen van deze nieuwe versie van het Zeedelta model zijn gelijk aan de begrenzing van versie 6 van het Zeedelta model.

Aansluitend is de diepteschematisatie gemaakt door een interpolatie van de beschikbare bodemgegevens naar het nieuwe Zeedelta model rooster. Voor een aantal dwarsprofielen in het zeegebied en het rivierengebied is een vergelijking gemaakt tussen de originele en de geïnterpoleerde bodem. Indien nodig is de diepteschematisatie lokaal handmatig bijgesteld.

Vervolgens is het model verder opgetuigd met elementen zoals dunne dammen, permanent droge punten, meetstations en debietraaien. Voor de eigenlijke simulaties van de getijstromingen zijn open randen gedefinieerd en worden de randvoorwaarden vastgesteld. Tot slot zijn een aantal fysische en numerieke parameters ingesteld.

Voor de riviergedeelten zijn bovengenoemde schematisatie elementen voor zover mogelijk direct afgeleid van de bestaande schematisaties van de riviermodellen van de Maas, de Waal en de Lek.

In de afregelfase zijn vervolgens een aantal simulaties gedraaid met randvoorwaarden voor opgetreden condities. Hierbij is voor een aantal stations een vergelijking gemaakt tussen gemeten en berekende waterstanden, stroomsnelheden, debieten en saliniteitsconcentraties (zie beschrijving in hoofdstuk 4).

Aan de hand van de uitkomsten van de simulaties zijn er aanpassingen gedaan van de modelschematisatie en/of de parameter instellingen. De sommen zijn herhaald voor deze aangepaste instellingen om te zien of de gewenste verbetering is opgetreden.

Na de afronding van de afregeling zijn nog enige aanvullende simulaties gedraaid waarbij de gevoeligheid van specifieke parameters of invoergrootheden is onderzocht (zie ook hoofdstuk 4).

In het verlengde van de werkzaamheden voor de bouw van dit nieuwe Zeedelta model zijn aanvullende werkzaamheden uitgevoerd waarbij alle relevante invoerbestanden van het nieuwe Zeedelta model zijn omgezet naar het rooster van het Supermodel. Hierbij zijn de nog niet gebruikte gedeelten van de schematisaties van het Maasmodel en Rijntakken model omgezet en tevens de schematisaties van het recent gebouwde IJsselmeermodel, zodanig dat een en ander past binnen de matrix van het Supermodel. Deze activiteiten worden in een beknopt technische memo gepresenteerd.

2.4 Beschikbare gegevens

2.4.1 Riviermodellen

Voor de gedeelten van het rooster die volledig overeenkomen met de roosters van de riviermodellen zijn de schematisaties van de bijbehorende riviermodellen beschikbaar gesteld door het RIZA. Het betreft hierbij de volgende schematisatie gegevens (NB de gegevens van randvoorwaarden en initialisaties zijn niet gebruikt):

- punt-locaties voor de definitie van: meetpunten, kunstwerken, laterale toevoer of onttrekking, rivieras kilometer punten en cross-secties;
- dampunten en schotjes in U- en V-richting als representatie van permanente blokkades voor de stroming;
- overlaten in U- en V-richting als representatie voor overstroombare kaden en dijken in het modelgebied;
- diepteschematisatie op de roosterpunten op basis van lodingen van 1995;
- ruwheidscodes voor karakteristieke elementen en bijbehorende 'area-U' en 'area-V' velden;

2.4.2 Dieptegegevens

Voor de diepteschematisatie van het Zeedelta model zijn een groot aantal bestanden met dieptegegevens geleverd door het RIKZ. Deze bestanden variëren van originele dieptelodingen, bewerkte dieptegegevens vanuit terreinmodellen en diepteschematisaties van modellen in dit gebied.

In het navolgende wordt een korte beschrijving van de bestanden gegeven met vermelding van onder andere soort bestand en jaartal van de lodingen. Figuur 2.1 geeft een globale indicatie van de geografische omvang van de bestanden voor het schematiseren van de 1999 situatie.

- terreinmodel van de kustzone van Zuid-Holland tot circa 10 km uit de kust, op een rooster van 20 x 20 m op basis van lodingen van 1997 (zie ook figuur 2.2);
- terreinmodel van het noordelijke delta bekken op een rooster van 10 x 10 m op basis van lodingen van 1999, in dit terreinmodel zijn niet opgenomen het Calandkanaal en het Hartelkanaal, de havens van Europoort en Rotterdam, de Biesbosch en de ondiepe delen langs de diverse riviertrajecten (zie ook figuur 2.3);
- terreinmodellen van een aantal havens in Europoort en Rotterdams havengebied (Eemhaven en Waalhaven), deze terreinmodellen zijn gebaseerd op lodingen van 1999 en zijn geleverd op een rooster van 5 x 5 m (zie ook figuur 2.4);
- lodingskaarten voor het Hartelkanaal vanaf de (doorgestoken) Beerdam tot de Suurhoffbrug uitgevoerd in januari 1998 (zie ook figuur 2.4);
- diepteschematisatie van het huidige Zeedelta model (versie 6) op basis van lodingen van 1990-1994;
- diepteschematisaties van het Maas model en het Rijntakken model op basis van lodingen van 1995 (zie ook paragraaf 2.4.1).

Voor het schematiseren van de 1985 situatie zijn voor de riviergedeelten van het noordelijk delta bekken een aantal bestanden geleverd. Tevens is gebruik gemaakt van bestanden die gebruikt zijn bij de schematisatie van versie 6 van het Zeedelta model. Uiteindelijk zijn voor de 1985 situatie de volgende bestanden gebruikt:

- lodingsdata van 1985 van Amer, Boven Merwede, Beneden Merwede, Nieuwe Merwede, Dordtsche Kil, Hollands Diep, Oude Maas, Nieuwe Maas, Nieuwe Waterweg en Hollandse IJssel (zie ook figuur 2.5);
- terreinmodel van het noordelijk delta bekken op een rooster van 25 x 25 m op basis van lodingen van 1993, dit terreinmodel dekt ook de ondiepe gedeelten en de Biesbosch;
- lodingen van de mond van het Haringvliet tussen de kop van Goeree en de Maasvlakte uitgevoerd in 1990
- voor de ontbrekende c.q. aansluitende gedeelten is de schematisatie voor de 1999 situatie en/of de schematisatie van versie 6 toegepast.

De genoemde bestanden voor de 1999- en 1985-situaties zijn, voor zover nog niet gedaan, omgezet naar XYZ-bestanden voor de verdere toepassing binnen het project.

2.4.3 Metingen januari - maart 1998

Algemeen

De metingen voor deze periode betreffen een groot aantal metingen in de vaste meetpunten van Rijkswaterstaat. Het betreft metingen van waterstanden in het gehele modelgebied en een beperkt aantal vertikaal metingen van stroomsnelheid en saliniteit in het westelijk rivierengebied. De geleverde gegevens beslaan metingen uit de periode januari tot maart 1998. Op 26 en 27 februari en 2 maart 1998 zijn debietmetingen uitgevoerd rondom een aantal splitsingspunten van de Oude Maas.

Voor de 2-DH berekeningen van de afregeling is besloten de periode van 24 februari 1998 0:00 uur tot 3 maart 0:00 uur te simuleren vanwege de beschikbare debietmetingen. Gedurende deze periode is er in de periode 27 tot 28 februari sprake van een noemenswaardige verstoring door meteo effecten (opwaaiing door westelijke wind). De afvoer van de rivieren is gedurende deze periode relatief gering. Bij het gevoeligheidsonderzoek is een simulatie uitgevoerd voor de periode van 20 tot 27 januari waarbij de rivierafvoer beduidend groter was.

In het vervolg van deze paragraaf zullen de diverse gemeten grootheden in het kort worden besproken en er zullen enige gemeten grootheden worden gepresenteerd, met name voor de beide gekozen simulatieperioden.

Waterstanden

Voor het gebied gerepresenteerd door het model zijn in totaal voor 40 meetpunten tijdreeksen van waterstanden als referentie gehanteerd. In tabel 2.1 is een overzicht gegevens van de beschikbare meetpunten vanuit de DONAR database en in tabel 2.2 zijn de beschikbare meetpunten in het Rotterdamse havengebied en Europoort vermeld. In de figuren 2.6 tot en met 2.8 is de ligging van deze meetpunten aangegeven.

In figuur 2.11 zijn voor de gehele periode januari / maart de gemeten waterstand in het meetpunt Hoek van Holland gepresenteerd. De figuren 2.12 en 2.13 geven voor de twee gekozen simulatie perioden het waterstandsverloop in dit meetpunt, tevens zijn voor deze periode de predicties gegeven volgens berekeningen van de 'Getijgenerator 1998'. Hierin is duidelijk te zien dat er sprake is van een redelijk meteo-effect (opwaaiing)

rondom 27 en 28 februari. Het begin van de tweede simulatie periode is rond 20 januari ook verstoord door opwaaiing, terwijl in de rest van deze periode sprake is van een redelijk afwaaiing. De gevolgen van deze meteo-effecten op de zeerandvoorwaarden zijn door het toepassen van Kalman-technieken volledig meegenomen omdat hierbij rekening wordt gehouden met de geregistreerde waterstanden in het zeegebied.

Stroomsnelheden

Stroomsnelheden en -richtingen zijn gemeten in een viertal locaties in het westelijk rivierengebied. De metingen betreffen puntmetingen op een vaste hoogte in de vertikaal. In tabel 2.3 is aangegeven welke meetpunten beschikbaar zijn, met vermelding van de coördinaten van de locatie en de plaats in de vertikaal. In figuur 2.9 is de ligging van deze punten gepresenteerd.

Bij het vergelijken van de gemeten stroomsnelheden en de berekende stroomsnelheden moet worden gerealiseerd dat er systematische verschillen kunnen bestaan tussen beide signalen. Deze verschillen worden veroorzaakt door een verschil in meethoogte (puntmeting relatief hoog in de vertikaal versus dieptegemiddelde waarde bij de berekening) of door een verschil in meetlocatie (puntmeting op specifieke plaats in dwarsprofiel versus gemiddelde over een rekencel). Tevens kan worden opgemerkt dat de vaste meetpunten in de directe omgeving van bruggen of kunstwerken zijn gelegen waardoor een onbekende verstoring zal optreden die niet in de simulaties wordt meegenomen.

Voor het verschil in meethoogte kunnen eventueel voor de gemeten signalen verhoudingsgetallen worden geschat voor de omwerking naar diepte-gemiddelde waarden uitgaande van een logaritmisch snelheidsprofiel en aannames voor de lokale waterdiepte en voor de ruwheidshoogte. Gelet op de onzekerheid in de aannames en de onduidelijkheid over het gevolg van de twee andere bronnen van verschil is besloten bij dit project geen correctie op de gemeten signalen door te voeren.

Saliniteit

Saliniteitsconcentraties zijn gemeten in negen locaties in het westelijk rivierengebied. De metingen betreffen meestal metingen in een aantal posities in de vertikaal. In tabel 2.4 is aangegeven welke meetpunten beschikbaar zijn, met vermelding van de coördinaten van de locatie en het aantal punten in de vertikaal. In figuur 2.9 is ook de ligging van deze punten gepresenteerd. Voor toepassing binnen dit project zijn ook de vertikaal metingen van de saliniteit omgewerkt naar diepte-gemiddelde waarden.

Debietmetingen

De debieten zijn gemeten in raaien rondom drie splitsingspunten in het westelijk deel van de delta. Het betreft metingen bij het splitsingspunt Oude Maas / Hartelkanaal, het splitsingspunt Nieuwe Waterweg / Nieuwe Maas / Oude Maas en het splitsingspunt Oude Maas / Spui. Deze 13-uurs metingen zijn uitgevoerd op respectievelijk 26 en 27 februari en 2 maart 1998. Tabel 2.5 geeft een overzicht van de gemeten raaien per meetdag en in figuur 2.10 zijn de locaties van de debietraaien gegeven.

Rivierafvoer

De rivierafvoer in de periode januari - maart 1998 is volgens opgave van RIKZ en is in figuur 2.14 gevisualiseerd. Voor de gekozen simulatie periode rond eind februari zijn de

debieten voor de drie rivierranden weergegeven in tabel 2.6. De vermelde waarden zijn daggemiddelde waarden die zijn toegekend aan het tijdstip 12:00 uur van bewuste dag. De tussengelegen waarden worden bij de Waqua-in-Simona simulaties lineair in de tijd geïnterpoleerd. Voor de simulatie periode rond eind januari zijn de debieten door de drie rivieren gegeven in tabel 2.7.

Bij het gevoeligheidsonderzoek is voor de rivierrand bij de stuw van Hagestein gebruik gemaakt van tijdreeksen van de afvoer met intervallen van 10 minuten. Figuur 2.15 geeft een vergelijking van de 24-uurs waarden en de gedetailleerde afvoergegevens. Uit de figuur valt af te leiden dat uiteraard de gemiddelde afvoer goed wordt weergegeven. In specifieke perioden is er bij het opleggen van de gemiddelde afvoer echter sprake van een redelijke afwijking van de momentane waarde, zoals bijvoorbeeld op 26 februari waarbij in het eerste deel van de dag teveel wordt opgelegd en in het tweede deel van de dag veel te weinig.

Windsnelheid en -richting

De simulaties met het Zeedelta model worden over het algemeen uitgevoerd zonder het opleggen van windsnelheden en -richtingen. De opgelegde randvoorwaarden (waterstanden) zijn afgeleid uit simulaties met het Kuststrook model waarin de wind wel is meegenomen. Een en ander resulteert in randvoorwaarden die wel degelijk eventuele meteo-effecten bevatten (opwaaiing of afwaaiing).

Bij het gevoeligheidsonderzoek is een simulatie uitgevoerd waarbij windsnelheden en -richtingen zijn opgelegd die zijn afgeleid van registraties in het meetpunt Geulhaven (nabij splitsing Oude Maas / Nieuwe Waterweg). In de figuren 2.16 en 2.17 is het verloop van de windsnelheid en -richting gegeven voor respectievelijk de periode januari - maart en de gesimuleerde periode rond eind februari.

De gemeten windsnelheden en -richtingen zijn bij deze gevoeligheidsberekening ingevoerd door middel van in tijd en ruimte variërende windvelden waarmee kan worden bereikt dat in het binnengebied een afname van de windsterkte plaats vindt. Er is hierbij aangenomen dat westelijk van $X = 80000$ de windsnelheid gelijk is aan de registratie en oostelijk van deze lijn neemt de windsnelheid lineair af met 1 % per kilometer.

Openingen Haringvlietsluizen

Bij de simulaties met het nieuwe Zeedelta model zijn de openingen van de Haringvliet-sluizen door middel van tijdseries gestuurd (volgens opgave van het RIKZ). Hierbij worden per individuele opening de schuifstanden als functie van de tijd voorgeschreven. De tijdseries zijn beschikbaar voor de gehele periode van januari tot maart 1998.

3 Bouw van het model

3.1 Algemeen

Bij de bouw van het nieuwe Zeedelta model is er naar gestreefd om, voor zover toepasbaar en relevant, de invoer voor versie 6 van het Zeedelta model om te bouwen. De gehanteerde structuur en organisatie van Simona invoer files is vrijwel volledig overgenomen.

Alle aangepaste invoerfiles voor het nieuwe Zeedelta model zijn na afloop van het project op CD-rom aan RIKZ geleverd.

3.2 Roostergeneratie

Het rooster van het Supermodel representeert een gebied dat beduidend groter is dan het Zeedelta model. Daarom is in eerste instantie een uitsnede van dit rooster gemaakt met begrenzingen op de 'oude' Zeedelta grenzen. Hierbij wordt de Lek weergegeven tot aan de stuw bij Hagestein, de Waal tot juist bovenstrooms van Tiel en de Maas tot aan de stuw bij Lith.

In de figuren 3.1 tot en met 3.3 wordt het rekenrooster gegeven voor respectievelijk het zeegebied, het westelijk deel van de rivieren en het oostelijk deel van de rivieren. Een matrixafbeelding van de Zeedelta uitsnede van het Supermodel is gegeven in de figuren 3.4 en 3.5. Het rooster bevat $470 \times 1538 = 722.860$ rekenpunten, waarvan circa 155.000 actief (dus orde 22 %).

In [Alkyon, 2000 b] wordt een uitgebreide presentatie van het volledige rooster van het Supermodel gegeven, waarbij het rooster zelf wordt gepresenteerd in een groot aantal deelgebieden. Tevens worden in deze rapportage enige relevante roostereigenschappen gegeven, zoals, orthogonaliteit, maaswijdte variatie, aspect ratio en resolutie.

3.3 Rivierschematisatie

De toegeleverde schematisaties van de riviermodellen zijn, voor zover toepasbaar en relevant, omgezet naar schematisaties van het Zeedelta model. In feite moet alleen een omzetting plaatsvinden van de M- en N-nummering van de diverse grootheden. Het probleem dat hierbij aanwezig is, is het feit dat de ligging van het (1,1) punt volledig anders is. Als gevolg moet de M,N administratie niet alleen worden verschoven maar ook 180 graden worden gedraaid. Bij het omzetten van M,N waarden van riviermodel naar Zeedelta model moet door de draaiing onderscheid worden gemaakt tussen bodempunt, waterstandspunt, U-snelheidspunt en V-snelheidspunt.

Voor de diverse riviertakken zijn voor de bodempunten de volgende omzettingsrelaties toegepast voor de M en N-waarden:

- Rijntakken model (127 x 2018 punten), de Lek:

$$\begin{aligned} \text{M,N waarden:} \quad M_{\text{zeedelta}} &= 343 - M_{\text{rivier}} \\ N_{\text{zeedelta}} &= 2084 - N_{\text{rivier}} \end{aligned}$$

- toepassen voor: M_{rivier} tussen 50 en 78
 N_{rivier} tussen 1068 en 1455
- Rijntakken model (127 x 2018 punten), de Waal:
M,N waarden: $M_{\text{zeedelta}} = 355 - M_{\text{rivier}}$
 $N_{\text{zeedelta}} = 2084 - N_{\text{rivier}}$
toepassen voor: M_{rivier} tussen 1 en 49
 N_{rivier} tussen 743 en 1347
 - Maas model (106 x 4181 punten):
M,N waarden: $M_{\text{zeedelta}} = 473 - M_{\text{rivier}}$
 $N_{\text{rivier}} > 3848$ $N_{\text{zeedelta}} = 4874 - N_{\text{rivier}}$
 $N_{\text{rivier}} < 3848$ $N_{\text{zeedelta}} = 4878 - N_{\text{rivier}}$
toepassen voor: M_{rivier} tussen 1 en 106
 N_{rivier} tussen 3340 en 4147

De afwijkende relaties voor Lek en Waal (beiden uit Rijntakken model) worden veroorzaakt door een roosteraanpassing die is doorgevoerd bij het samenstellen van het rooster voor het Supermodel. Hierbij is voor de Waal ter hoogte van Gendt het rooster over twaalf M-posities verschoven teneinde extra ruimte te creëren voor het rooster van de Noord. De afwijkende relatie voor de Maas voor posities groter of kleiner dan $N=3848$ wordt veroorzaakt door het invoegen van vier extra lijnen bij de aansluiting van de Afgedamde Maas (deze riviertak ontbreekt in het Maasmodel).

Genoemde omzettingsrelaties zijn ook toegepast voor de waterstandspunten, U-punten en V-punten, waarbij bovendien nog een extra aanpassing van de nieuwe M en/of N waarden moet worden uitgevoerd volgens onderstaande schema:

- waterstandspunt: $M\text{-waarde} + 1$ en $N\text{-waarde} + 1$
- U-snelheidspunt: $N\text{-waarde} + 1$
- V-snelheidspunt: $M\text{-waarde} + 1$

De schematisatie grootheden, zoals bodemligging, droge punten en dunne dammen, kunnen direct worden omgezet volgens bovengenoemde schema's waarbij uiteraard rekening moet worden gehouden op welk punt (bodem-, waterstands- of snelheidspunt) een en ander is gedefinieerd. Alleen het omzetten van de overlaten kon niet direct volgens de gegeven schema's worden uitgevoerd en de hierbij gevolgde aanpak zal worden besproken in paragraaf 3.5.

3.4 Diepteschematisatie

De diepteschematisatie voor het nieuwe rooster is voor het 'niet'-rivier gedeelte uitgevoerd met behulp van het 'Quickin' programma (Ref WL, 1995). Hiermee is op efficiënte wijze interpolatie mogelijk vanuit de XYZ-bestanden naar de eigenlijke roosterpunten. De interpolatie kan binnen op te geven polygonen worden uitgevoerd zonder het resultaat voor andere delen van het model te beïnvloeden.

De werkwijze bij het invullen van de modelbodem is als volgt:

- van oost naar west, dus eerst de rivierschematisaties invoeren;
- van fijn naar grof, dus eerst de meest gedetailleerde data gebruiken;
- van nieuw naar oud, dus eerst de meest recente data gebruiken;

Bij het interpoleren van diepte waarden naar het rekenrooster met behulp van Quickin is gebruik gemaakt van de 'gemiddeld' optie. Dit betekent dat de diepte voor een rekencel is gebaseerd op het gemiddelde van alle beschikbare diepte waarden rondom de rekencel. Voor relatief smalle geulen (smal in relatie tot het rekenrooster) kan dit een enigszins te ondiepe dieptewaarde opleveren. Gelet op het aantal roosterlijnen in de breedterichting van de hoofdgeulen (minimaal zes) zal een en ander binnen het huidige geoptimaliseerde rooster nauwelijks aan de orde zijn.

Een visuele controle en 'handmatige' aanpassing van de diepteschematisatie is doorgevoerd op een beperkt aantal plaatsen, namelijk in het Biesbosch gebied waar de geulen relatief smal zijn en in de kleinere havenbekkens van het Rotterdamse havengebied en/of de havens langs de overige riviertakken.

In figuur 3.6 is voor het zeegebied van het Zeedelta model het eindresultaat van de diepteschematisatie gegeven voor de 1999-situatie. De figuren 3.7 en 3.8 geven voor respectievelijk het westelijk en oostelijk riviergedeelte de diepteschematisatie. Er moet op worden gewezen dat de kleurindicatie voor een bepaalde diepte per figuur varieert omdat anders in het relatief ondiepe rivierengebied weinig variatie in de kleuren zou ontstaan.

Figuur 3.9 geeft voor de drie secties van de zeerand de dwarsprofielen volgens de uitgevoerde diepteschematisatie. In deze figuur worden de profielen van het Zeedelta model vergeleken met overeenkomstige profielen van het Kuststrook model. Voor een goede en eenduidige overdracht van randvoorwaarden moeten de profielen overeenstemmen. De figuur laat zien dat de overeenkomst over het algemeen erg goed is, met alleen lokaal geringe verschillen.

De resultaten van de diepteschematisatie voor de 1985-situatie zijn gegeven in figuur 3.10 voor het westelijk rivierengebied. Deze schematisatie geldt uiteraard alleen voor die gebieden waarvoor ladingen beschikbaar waren (zie paragraaf 2.4.2). In de aansluitende gebieden is de schematisatie van 1999 gehandhaafd.

3.5 Andere schematisatie elementen

Afgezien van de diepteschematisatie moeten nog een groot aantal grotere en kleinere schematisatie elementen worden toegevoegd/gedefinieerd om het model tot een compleet rekenmodel te maken. Het gaat hierbij om onder andere de volgende elementen:

- dunne dammen voor het representeren van havendammen, e.d.
- droge punten voor het representeren van landhoofden van bruggen e.d.
- barriers voor het representeren van bijv. uitwateringssluizen
- overlagen voor het representeren van overstroombare kaden en dijken
- punten voor de uitvoer van waterstand, stroomsnelheid en saliniteitsconcentraties
- raaien voor de uitvoer van debieten

Het huidige Zeedelta model (versie 6) is een operationeel model en is daarom optimaal voorzien van dergelijke schematisatie elementen. Er is naar gestreefd om een vrijwel volledige representatie van alle 'oude' elementen in het nieuwe model te bereiken. Een uitzondering vormen de uitgebreide sets punten en raaien. Deze zijn voorafgaand op de omzetting gecontroleerd op het voorkomen van dubbele punten of punten die een

specifiek doel hebben (speciale metingen of punten voor generatie van randvoorwaarden van geneste modellen)

Bij de omzetting van de schematisatie elementen van het huidige Zeedelta model zijn eerst de MN-coördinaten van alle elementen volgens het oude rekenrooster vertaald naar een set XY-coördinaten (Parijs) en deze zijn vervolgens met behulp van een programma de MN-coördinaten in het nieuwe rooster gezocht. Aansluitend is een visuele controle op de goede representatie van oude punten uitgevoerd omdat de ligging van het oude en nieuwe rooster lokaal fors kan afwijken, met name in het binnengebied. Tenslotte zijn aan de hand van kaarten en contourlijnen aanvullende elementen toegevoegd voor een goede representatie van harde elementen in de geometrie (landhoofden van bruggen, e.d.).

Bij het omzetten van de schematisatie elementen van de riviermodellen zijn de dunne dammen en droge punten direct omgezet volgens de beschreven relaties. De punten voor de uitvoer van grootheden en de raaien zijn niet overgenomen. Voor de delen die overlappend zijn met versie 6 van Zeedelta, zijn de punten en raaien uit Zeedelta meegenomen.

Bij het omzetten van de overlaten uit de riviermodellen moesten extra bewerkingen en controles worden doorgevoerd vanwege de verschillende typen diagonale overlaten. Hierbij zijn voor een U-overlaat combinaties met V-overlaten mogelijk op de vier omringende punten en omgekeerd ook voor V-overlaten combinaties met U-overlaten (de diagonaal overlaat typen 3, 4, 5 en 6). Een en ander was niet direct in een omzettingsprogramma te vertalen en daarom is het omzetten van de overlaten de volgende aanpak gevolgd:

- eerst omzetten van M en N-waarden, waarbij combinaties van U- en V-overlaten in hetzelfde M,N punt resulteren in twee overlaat records voor de nieuwe U- en V-punten; tevens worden in deze fase de maaiveld hoogten 'links' en 'rechts' omgedraaid en wordt de type aanduiding van de overlaat gespiegeld;
- de omgezette overlaten controleren op het voorkomen van U- en V-overlaten in hetzelfde M,N punt en deze eventueel weer samenvoegen tot één overlaat record, tevens voor de diagonaal overlaten een controle uitvoeren op het voorkomen van een overlaat op een van de omringende snelheidspunten (behorend bij het vermelde diagonaal type).

De figuren 3.11 tot en met 3.13 geven voor een drietal gebieden langs respectievelijk Lek, Waal en Maas voorbeelden van de omvangrijke hoeveelheid overlaten voor de representatie van onder ander kribben en zomerkaden. Voor het riviergedeelte van het Zeedelta model zijn in totaal circa 9400 overlaten gedefinieerd.

3.6 Randvoorwaarden

De indeling van de open randen langs de zeerand van het model is grotendeels volgens het huidige Zeedelta model. De vertaling van 'oud' naar 'nieuw' is weer gedaan via omzetting naar XY-coördinaten en een zoekprogramma voor het vinden van de nieuwe MN-coördinaten. De randindeling representeert in principe elk punt van het omhullende Kuststrook model dat de randvoorwaarden levert. In totaal zijn 136 open rand secties langs de zeerand gedefinieerd.

De randvoorwaarden voor de zeerand worden opgelegd als tijdreeksen van waterstanden. Voor de te simuleren periode zijn de tijdreeksen afgeleid van berekeningsresultaten van het nieuwe Kuststrook model (toegeleverd door het RIKZ). De randvoorwaarden voor deze berekeningen zijn met behulp van de Kalmann-techniek bijgesteld voor een optimale representatie van gemeten waterstanden in het zeegebied.

De randvoorwaarden voor de drie rivierranden worden opgelegd als tijdreeksen van debieten. Voor de drie condities zijn deze tijdreeksen bepaald aan de hand van de beschikbare metingen in de drie riviertakken (zie paragraaf 2.4.3). De locatie en schematisatie van de drie rivierranden is als volgt:

- Maas: juist benedenstrooms van de stuw te Lith;
- Waal: juist bovenstrooms van de aansluiting van het A'dam-Rijnkanaal bij Tiel;
- Lek: juist benedenstrooms van de stuw te Hagestein.

De opgelegde saliniteitsconcentraties langs de open randen zijn direct afgeleid van het huidige Zeedelta model. Het betreft hierbij een in de tijd constante waarde. Langs de rand is er variatie in de concentratie van kust naar zee verlopend van brak naar zout (de opgelegde saliniteit varieert tussen 29 en 35 ppt). Tevens zijn de instellingen van de 'return' periode overgenomen (ingesteld op 180 minuten).

De initialisaties van het waterstands- en saliniteitsveld voor het begin van de simulaties zijn in eerste instantie ook afgeleid van het huidige model. Hierbij zijn eerst de oude initialisatie velden gecombineerd met het oude rooster om te komen tot een XYZ-file en vervolgens zijn deze met behulp van Quickin weer geïnterpoleerd naar het nieuwe rooster. Tijdens de afregeling zijn vervolgens verbeterde initialisaties afgeleid aan de hand van berekeningsresultaten van het nieuwe Zeedelta model.

De interne randvoorwaarden ter plaatse van de Haringvlietsluizen (2D-barriers) zijn meegenomen door het sturen van de schuifopeningen met tijdseries waarin de schuifstanden als functie van de tijd zijn voorgeschreven.

3.7 Instelling diverse parameters

De instelling van een aantal numerieke en fysische parameters is in eerste instantie zoveel mogelijk gekozen volgens oude Zeedelta. Tijdens de afregeling zijn sommige parameters voor het gehele model (globaal) of voor delen van het model (lokaal) bijgesteld. Er wordt op gewezen dat de gepresenteerde waarden het eindresultaat zijn van de eerste afregeling. Alle mogelijke tusseninstellingen worden niet gepresenteerd. Bij het gevoeligheidsonderzoek (zie paragraaf 4.4) wordt voor een aantal parameters het effect van een andere instelling beschreven.

Tijdstap

De tijdstap is gehandhaafd op 30 seconden. Controle op de gekozen waarde kan worden gedaan door berekening van het Courant getal waarin een relatie tussen de lokale waterdiepte en de lokale roosterafmetingen wordt gelegd volgens onderstaande expressie:

$$Cr = 2\Delta t \sqrt{\frac{2gh}{\Delta x \cdot \Delta y}}$$

waarin:

Cr	= Courant getal	[-]
Δt	= tijdstap van de simulatie	[s]
Δx	= maaswijdte in M-richting	[m]
Δy	= maaswijdte in N-richting	[m]
g	= versnelling van de zwaartekracht	[m/s ²]
h	= waterdiepte	[m]

De figuren 3.14 tot en met 3.16 geven voor de nieuwe modelschematisatie de Courant getallen voor respectievelijk het zeegebied, het westelijk en het oostelijk gedeelte van het model. De Courant getallen zijn bepaald voor een waterstand van NAP +1,0 m. Uit de figuren blijkt dat de grootste waarden voorkomen in het Calandkanaal, namelijk orde 16 tot 18. In het traject Nieuwe Waterweg - Nieuwe Maas zijn de Courant getallen in de orde van 12 tot 14 en in het zeegebied variërend tussen 4 en 10. Op de Maas met het gedetailleerde rivierrooster komen ook relatief hoge waarden voor van 16 tot 20. Deze waarden zijn over het algemeen voldoende klein voor nauwkeurige resultaten van de berekeningen.

Ruwheidswaarde

De bodemweerstand wordt ingevoerd middels een ruwheidswaarde volgens de Manning-formulering. Als globale waarde is 0,024 m^{-1/3}.s opgegeven, terwijl in het rivierengedeelte lokaal andere waarden zijn vastgesteld. Hierbij zijn met name Nieuwe Waterweg en Nieuwe Maas gladder gemaakt en de meer oostelijke delen van het rivierengebied ruwer. De figuren 3.17 en 3.18 geven in matrixvorm een overzicht van de ruwheidsverdeling in het model. Hieruit valt te zien dat aangepaste ruwheidswaarden zijn opgegeven in een aantal 'blokken' per rivier. Een en ander was makkelijk en overzichtelijk tijdens de afregeling van het model. Uit de figuren valt af te leiden dat de variatie in ruwheidswaarden veel geringer is dan bij versie-6 en met name in de echte riviergedeelten. Een en ander hangt mogelijk samen met de duidelijk andere resolutie van het rooster in deze gedeelten van het Zeedelta model.

Bij het gevoeligheidsonderzoek is een simulatie uitgevoerd waarbij de ruwheid is ingevoerd volgens de White-Colebrook formulering. In paragraaf 3.8 zal de omzetting van Manning naar White-Colebrook nader worden beschreven en in paragraaf 4.4 worden enige resultaten van deze andere ruwheidsformulering gepresenteerd.

Diffusie coëfficiënt

De globale waarde voor de diffusie coëfficiënt bedraagt 50,0 m²/s. Voor een realistische representatie van de zoutindringing op Nieuwe Waterweg, Nieuwe Maas en Oude Maas zijn lokaal sterk afwijkende waarden vastgesteld. De 'blokken' met grote diffusie coëfficiënten komen globaal overeen met de riviergedeelten waar een sterke verticale gradient in de saliniteitsconcentratie aanwezig is.

Figuur 3.19 geeft de ingestelde waarden van de diffusie coëfficiënt gegeven in matrixvorm. In vergelijking met de instellingen van versie-6 zijn de diffusie coëfficiënten weer op een iets hogere waarde gezet voor het bereiken van een goede reproductie van de zoutindringing.

Eddy-viscosity

De waarde voor de eddy-viscosity is ingesteld op een globale waarde van 1,0 m²/s.

Windschuifspanning coëfficiënt

De waarden voor de windschuifspanning coëfficiënt zijn volgens de RIKZ-formulering, waarbij een geknikt verloop wordt opgelegd volgens onderstaand schema:

- windsnelheid < 10,2 m/s $C_d = 0,00144$
- windsnelheid > 15,9 m/s $C_d = 0,00258$
- voor tussengelegen waarden van windsnelheid lineaire interpolatie van C_d

In paragraaf 2.4 is reeds genoemd dat de gemeten windsnelheden en -richtingen zijn opgelegd als een ruimtelijk variërend windveld waarbij een aanname is gedaan over de afname van de windsnelheid gaande in oostelijke richting.

3.8 White-Colebrook ruwheidsformulering

Bij het huidige Zeedelta model wordt, net als bij de meeste andere stromingsmodellen van RIKZ, de Manning formulering toegepast. Hierbij is de Chézy-waarde, die intern bij het rekenproces wordt gebruikt, afhankelijk van de lokale waterdiepte en de Manning ruwheidswaarde volgens:

$$C = \frac{h^{1/6}}{n} \quad [3.1]$$

Bij het toepassen van de White-Colebrook formulering is de Chézy-waarde volgens de volgende relatie afhankelijk van waterdiepte en de Nikuradse ruwheidswaarde:

$$C = 18 \cdot \log \frac{12h}{k} \quad [3.2]$$

Parameters in [3.1] en [3.2]:

C	= Chézy-waarde	[m ^{1/2} s ⁻¹]
h	= waterdiepte	[m]
n	= Manning ruwheidswaarde	[m ^{-1/3} s]
k	= Nikuradse ruwheidswaarde	[m]

Beide formuleringen leveren uiteindelijk een Chézy-waarde op. In principe kan voor een gegeven combinatie van waterdiepte en Manning-waarde een Nikuradse waarde worden berekend die dezelfde Chézy-waarde oplevert. Een variërende waterdiepte geeft bij beide formuleringen een variatie in de Chézy-waarde, echter de mate van variatie is anders. In figuur 3.20 wordt voor een aantal Manning-waarden de Nikuradse waarde gegeven die een gelijke Chézy waarde geeft, een en ander als functie van waterdiepte. Te zien is dat bij Manning-waarden kleiner dan orde 0,031 de overeenkomende Nikuradse waarde kleiner is naarmate de waterdiepte groter is. Voor de Manning-waarden groter dan orde 0,031 is de overeenkomende Nikuradse waarde juist groter bij grotere waterdiepten.

Het invoeren van de Nikuradse ruwheidswaarde kan op dezelfde manier gebeuren als de Manning ruwheidswaarde, dus hetzij als globale waarde of door het toekennen van lokale waarde voor bijvoorbeeld 'boxen'. Bij de riviermodellen wordt echter meestal gebruik gemaakt van een andere faciliteit van Waqua-in-Simona namelijk de zogenaamde 'Nikuradse' optie waarbij de ruwheidswaarde is gekoppeld aan een code. Hierbij zijn niet alleen vaste Nikuradse waarden mogelijk maar ook variabele waarden die middels empirische relaties afhankelijk zijn van de bijvoorbeeld de waterdiepte. Een en ander wordt geregeld met behulp van een aantal invoerfiles, te weten:

- een file met ruwheidscodes die met een aantal op te geven coëfficiënten vastleggen hoe de Nikuradse waarde moet worden berekend, hierbij kunnen ook codes worden gedefinieerd voor Nikuradse waarden die niet afhankelijk zijn van de waterdiepte;
- een tweetal files voor respectievelijk de U- en de V-snelheidspunten waarin voor op te geven M,N waarden kan worden aangegeven welke code geldig is voor dat specifieke punt, eventueel kunnen voor een punt meerdere codes worden opgegeven met een percentage.

Volgens de Simona handleidingen [RIKZ, 1999] kunnen globaal de volgende groepen van ruwheidscodes worden onderscheiden:

- 1 - 400 default waarde en statische k-waarden voor verschillende vegetatie typen, met name voor de uiterwaarden
- 401 - 700 dynamische k-waarden voor verschillende trajecten in het zomerbed
- 701 - 950 dynamische k-waarden voor verschillende typen door- en overstroombare vegetatie (bossen en ruigte)
- 951 - 999 dynamische k-waarden voor verschillende types lijnelementen (heggen en houtwallen)

Voor het toepassen van de White-Colebrook formulering zijn de beschikbare invoerfiles met ruwheidscodes van het Rijntakken model en het Maasmodel samengevoegd. Hierbij kwamen de codes 401 t/m 500 in beide files voor, echter met duidelijk afwijkende ruwheidswaarden. De variatie in ruwheidswaarden is tijdens het afregelproces van de riviermodellen ingesteld en is gekoppeld aan een bepaald trajecten. In de samengevoegde file zijn daarom deze ruwheidscodes voor het Rijntakken model geplaatst in de code-groep 501 t/m 600. Teneinde voor de 'niet'-riviergedeelten toch de toegepaste variatie in ruwheidswaarden te kunnen invoeren zijn nieuwe codes gedefinieerd in de codegroep 301 t/m 400 (vaste Nikuradse waarden). Hierbij representeert elke code een ruwheidsbox uit het Zeedelta model. De toe te passen Nikuradse waarde per code (box) is berekend aan de hand van de toegepaste Manning-waarde en een gemiddelde of maatgevende waterdiepte in de bewuste box.

De M,N waarden in de vier files met codes voor U- en V-punten van Rijntakken en Maas model zijn omgezet volgens de eerder gegeven relaties tussen riviermodellen en Zeedelta model. Tevens zijn in het Rijntakken deel de codes 401 t/m 500 aangepast. Aansluitend zijn voor de 'niet'-riviergedeelten ook codes gedefinieerd voor de actieve U- en V-punten. De keuze van de code met vaste Nikuradse waarde is hierbij door de M,N waarde gekoppeld aan dezelfde boxen als toegepast bij de Manning waarden.

In figuur 3.21 wordt voor een deel van de rivierensectie een voorbeeld gegeven van de ruimtelijke verdeling van de ruwheidscodes (gepresenteerd in de M,N matrix), zoals die volgt uit het omzetten van de desbetreffende files van de riviermodellen. Uit deze figuren is duidelijk de ligging van het zomerbed binnen de M,N matrix te herkennen aan de hand van de ruwheidscodes uit de groep 401 tot 700. Er moet worden opgemerkt dat



de Afgedamde Maas niet aanwezig was in het Maas model. Voor dit traject is de omgezette ruwheidswaarde uit het Zeedelta model toegepast.

4 Afregeling van het model

4.1 Algemeen

Voor het op orde krijgen van het model zijn in totaal 12 simulaties uitgevoerd, te weten 7 simulaties voor meting 1998 en nog eens 5 simulaties voor het gevoeligheidsonderzoek. Bij deze berekeningen zijn voor het verbeteren van het resultaat beperkte aanpassingen doorgevoerd in de diepteschematisatie, de ruwheidswaarden en de diffusie coëfficiënten. De randvoorwaarden zijn in alle gevallen niet gewijzigd. In de beginfase zijn enige berekeningen uitgevoerd met een voorlopige versie van het nieuwe Zeedelta model voor het vaststellen van het 'gedrag' van het model en om een indruk te krijgen van de doorlooptijd.

In dit hoofdstuk wordt in eerste instantie in paragraaf 4.2 een beknopte beschrijving gegeven van het afregelproces. Hierbij wordt de variatie in de instellingen van een aantal relevante parameters beschreven.

Vervolgens wordt in paragraaf 4.3 voor de gesimuleerde periode een uitgebreide presentatie van de resultaten gegeven van de berekeningen met de eindinstellingen. Deze presentatie betreft een vergelijking van tijdreeksen van meting en berekening voor een aantal grootheden, zoals: waterstanden, stroomsnelheden, debieten en saliniteitsconcentraties. Tenslotte worden als aanvullende informatie de berekende stroomsnelheden en saliniteitsconcentraties als veldgrootheden gepresenteerd voor een aantal tijdstippen tijdens het getij.

In paragraaf 4.4 worden resultaten van een beperkt gevoeligheidsonderzoek beschreven. Hierbij is het effect onderzocht van de rivierandvoorwaarden, de toepassing van overlaten, de ruwheidsformulering en de wind. Tevens is een andere periode gesimuleerd met een hogere rivierafvoer.

4.2 Beknopte beschrijving afregelproces

Normaal gesproken vindt het afregelen van een model in een tweetal fasen plaats, namelijk eerst een calibratie met de feitelijke afregeling en aansluitend een verificatie. Bij de calibratie wordt voor een gekozen conditie (getij, rivierafvoer en wind) het model afgeregeld en alle relevante parameters optimaal ingesteld voor het bereiken van een nauwkeurige reproductie van gemeten grootheden. Vervolgens wordt, zonder verdere aanpassing van de parameters, bij de verificatie gecontroleerd of het model ook bij andere condities (getij, rivierafvoer en/of wind) dezelfde nauwkeurigheid in de reproductie van gemeten grootheden kan bereiken.

Bij deze eerste fase van het afregelproces van het nieuwe Zeedelta model wordt slechts voor één periode met een willekeurige combinatie van getij, rivierafvoer en wind de calibratie van het model verricht. De calibratie en verificatie voor een groot aantal combinaties van getijcondities, rivierafvoer en/of windcondities wordt in een vervolgtraject gedaan. Gezien de complexiteit van het Zeedelta model met een duidelijk zeegebied, een rivierengebied en een overgangszone tussen deze beide systemen, zal een volledige calibratie en verificatie een grote inspanning vergen.

Het volgende overzicht geeft een korte beschrijving van de bij de afregeling uitgevoerde simulaties. Hierbij wordt beknopt aangegeven welke parameters zijn gewijzigd of welk doel werd nagestreefd met de simulatie:

- S01 = simulatie met basis-instellingen volgens versie-6
- S02 = simulatie als S01, met 4 dagen extra inspeeltijd
- S03 = initialisatie van waterstand, saliniteit en snelheden op basis van S02
- S04 = diepte Hollandse IJssel aangepast (met name langs oevers)
- S05 = ruwheden op rivieren kleiner en op Waterweg groter
- S06 = diffusie coëfficiënten Waterweg hoger en verder oostwaarts
- S07 = eindinstelling, resultaten zie paragraaf 4.3

Bij de simulaties S01 en S03 tot en met S06 wordt een periode van 4 dagen gesimuleerd waarbij het eindtijdstip overeenkomt met 27 februari 24:00 uur. Bij de simulatie met de eindinstelling en bij de simulaties van het gevoeligheidsonderzoek wordt steeds een periode van 7 dagen gesimuleerd met een eindtijd op 2 maart 24:00 uur.

4.3 Resultaten meting februari-maart 1998

In deze paragraaf worden resultaten gegeven van simulatie 'S07' die voor deze eerste fase van de afregeling als het eindpunt van het onderzoek is aangemerkt omdat hierbij het gestelde doel is bereikt. De berekeningsresultaten worden steeds vergeleken met de metingen en met de resultaten van versie-6 van het Zeedelta model (simulatie met code 'Ref'). De presentatie van resultaten wordt, voor de duidelijkheid, slechts gedaan voor twee dagen uit de totale simulatie periode van 7 dagen, namelijk 26 en 27 februari 1998. Het einde van deze periode wordt al verstoord door het in paragraaf 2.4 gemelde meteo effect.

In de figuren 4.1 tot en met 4.19 worden voor 38 stations in het modelgebied (zie figuren 2.4 tot en met 2.6 voor de ligging) de berekende en gemeten waterstanden vergeleken. Bij deze presentatie is globaal onderstaande volgorde c.q. groepering van de stations gehanteerd:

- figuren 4.1 ... 4.2: zeegebied
- figuren 4.3 ... 4.7 traject Nieuwe Waterweg / Nieuwe Maas / Lek
- figuur 4.8 traject Hollandse IJssel
- figuren 4.9 ... 4.11 havens in Europoort gebied en Calandkanaal
- figuren 4.12 ... 4.14 traject Hartelkanaal / Oude Maas
- figuren 4.15 ... 4.16 traject Beneden Merwede / Boven Merwede / Waal
- figuren 4.17 ... 4.19 traject Haringvliet / Hollands Diep/ Amer / Maas

Uit de figuren blijkt over het algemeen de overeenkomst tussen berekende en gemeten waterstanden erg goed is. Gemiddeld gezien zijn de resultaten van het nieuwe Zeedelta model beter dan de resultaten van versie 6. Per groep van stations kan voor de mate van overeenkomst in getijfase, getijverschil of de afzonderlijke hoog- en laag-waters, het volgende worden opgemerkt:

- In het zeegebied worden de waterstanden en de getijfase zeer goed gereproduceerd; alleen rondom LW vertonen de berekeningen soms een enigszins afwijkend en sterker 'slinger' gedrag; Zeedelta-nieuw en -oud zijn vrijwel gelijkwaardig.

- In het traject Nieuwe Waterweg / Nieuwe Maas / Lek zijn het berekende getijverschil en getijfase goed in overeenstemming met de metingen; op de Nieuwe waterweg is de berekende middenstand iets hoger dan de meting; op de Nieuwe Maas vanaf Rotterdam en op de Lek tot Hagestein is de overeenkomst tussen meting en berekening goed waarbij Zeedelta-nieuw ook beduidend beter is dan Zeedelta-oud.
- Op de Hollandse IJssel worden de waterstanden, zowel in hoogte als in fase, goed gereproduceerd; Zeedelta-nieuw is beter dan Zeedelta-oud.
- In het traject Europoort / Calandkanaal worden de waterstanden over het algemeen goed weergegeven, uitgezonderd in het station Scheurhaven waarbij sprake is van een verschil in middenstand (berekening hoger dan meting); de reproductie tijdens de eb fase is gemiddeld slechter dan tijdens de vloedfase (metingen vertonen een 'onrustig' gedrag).
- In het traject Hartelkanaal / Oude Maas worden de waterstanden en de getijfase goed gereproduceerd met soms geringe verschillen in de middenstand (berekening hoger dan meting); bij het station Dordrecht is het getijverschil enigszins te klein door een te hoog LW; de resultaten van Zeedelta-nieuw zijn over het algemeen iets beter dan Zeedelta-oud.
- in het traject Merwedede / Waal is het berekende getijverschil vrijwel goed; ook de middenstand van de berekende waterstanden komt goed overeen met de metingen, alleen vanaf 27 februari 12:00 uur blijft de berekende middenstand lager dan de meting (mogelijk door wind effect; zie resultaten in paragraaf 4.4); bovenstrooms van Zaltbommel richting Tiel zijn de berekende waterstanden lager dan gemeten (mogelijk door niet goed afgeregelde ruwheid).
- In het traject Haringvliet / Hollands Diep / Amer / Maas is de reproductie van het getijverschil goed, echter op de Maas te Lith is het berekende getijverschil iets kleiner en de middenstand enigszins hoger dan gemeten.

De figuren 4.20 en 4.21 geven een vergelijking van gemeten en berekende stroomsnelheden in een viertal meetpunten in respectievelijk Hartelkanaal, Oude Maas en Noord (zie figuur 2.8 voor de ligging). De figuren laten zien dat de overeenkomst zowel in fase als in de vorm van de snelheidskromme erg goed is. De grootte van de stroomsnelheden wordt minder goed gereproduceerd waarbij op het Hartelkanaal de berekende snelheden groter dan de meting en op de Oude Maas en de Noord kleiner.

De verschillen tussen berekening en meting kunnen deels worden veroorzaakt door een verschil in meethoogte (puntmeting relatief hoog in de vertikaal versus diepte-gemiddelde waarde) en door een verschil in meetlocatie (puntmeting versus gemiddelde over een rekencel). Tenslotte moet worden opgemerkt dat de vaste snelheidsmeetpunten in de directe omgeving van bruggen of kunstwerken zijn gelegen waardoor een onbekende verstoring zal optreden die niet in de simulaties wordt meegenomen.

In de figuren 4.22 tot en met 4.27 worden voor raaien rondom een aantal splitsingspunten van de Oude Maas de debieten van meting en berekening vergeleken. De berekende debieten in de negen debietraaien komen over het algemeen erg goed overeen zowel in grootte als in fase, uitgezonderd de debietraai in de mond van het Hartelkanaal. De overeenkomst tussen meting en berekening is bij het nieuwe Zeedelta model in alle raaien beter bij Zeedelta versie-6.

Meer gedetailleerde informatie over de gemeten en berekende debieten is per splitsingspunt gegeven in de figuren 4.28 tot en met 4.30. Hierbij is ook steeds de sommatie van het in- en uitgaande debiet bepaald voor het gebied opgesloten door de drie raaien. Het gesommeerde gebied is in feite het kombergingsdebiet voor dit gebied en de grootte zal

gezien de afmeting relatief gering moeten zijn. Uit de figuren is te zien dat een en ander niet klopt voor de debieten rond het splitsingspunt Oude Maas / Hartelkanaal. Het gesommeerde debiet vertoont vanaf 11:00 uur een onlogisch grote waarde, ook het debietverloop voor de raai in de mond van het Hartelkanaal vertoont vanaf dit tijdstip een groot verschil met de berekening. Hieruit zou mogen worden geconcludeerd dat er fouten zijn opgetreden bij de debietmetingen rond dit splitsingspunt.

De gemeten en berekende saliniteitsconcentraties worden gegeven in de figuren 4.31 tot en met 4.35. De vergelijking is gemaakt voor negen locaties waarbij het gemeten signaal is gebaseerd op een middeling van de metingen in de vertikaal (variërend van 4 tot 1). Het blijkt dat de overeenkomst tussen gemeten en berekende saliniteit in grootte en fase over het algemeen vrij goed is. De variatie gedurende het getij is met name bij Hoek van Holland bij de berekening geringer dan tijdens de meting, hetgeen naar alle waarschijnlijkheid wordt veroorzaakt door het (noodgedwongen) toepassen van hoge diffusie coëfficiënten. Op de Oude Maas bij Beerenplaat en op het Spui bij Zuidland is de saliniteitsconcentratie enigszins te hoog.

Tenslotte worden nog enige berekeningsresultaten gepresenteerd als veldgrootheden voor een aantal tijdstippen gedurende het getij (zes tijdstippen met intervallen van steeds twee uur).

Het berekende snelheidsveld voor het westelijk gedeelte van het model wordt gegeven in de figuren 4.36 tot en met 4.41. Te zien is dat in dit gedeelte hoge snelheden voorkomen bij de splitsingspunten van de Oude Maas en in de nauwe trajecten van het Hartelkanaal.

In de figuren 4.42 tot en met 4.47 worden voor het westelijk gedeelte de berekende saliniteitsvelden gepresenteerd. Deze figuren geven een duidelijk beeld van de relatief scherpe overgang in concentraties in het westelijk deel van de Nieuwe Waterweg.

4.4 Gevoeligheidsonderzoek

Bij het gevoeligheidsonderzoek zijn de volgende simulaties uitgevoerd:

- S08 = simulatie met 10-minuten afvoergegevens bij Hagestein
- S09 = simulatie zonder overlaten in rivieren gedeelte
- S10 = simulatie met ruwheden volgens White-Colebrook
- S11 = simulatie met gebruikmaking van wind
- S12 = simulatie voor periode met hoge rivierafvoer

De overige instellingen bij deze simulaties zijn gelijk aan simulatie S07. In deze paragraaf worden de meest in het oog springende resultaten gepresenteerd. Hierbij ligt het accent op waterstanden in het rivierengebied.

S08 = simulatie met 10-minuten afvoergegevens bij Hagestein

In figuur 2.12 is reeds de afvoer via de stuw van Hagestein gegeven met een vergelijking van de 10-minuten waarden en de daggemiddelde waarden. Te zien is dat door het gevolgde spuiregime grote verschillen bestaan in de afvoer op een willekeurige dag. Perioden met relatief hoge afvoer worden afgewisseld met perioden waarbij de afvoer vrijwel te verwaarlozen is. De daggemiddelde waarden geven uiteraard wel een goede beschrijving van de gemiddelde afvoer. Bij deze gevoeligheidssom wordt onderzocht of

de grote variatie in afvoer verantwoordelijk is voor geconstateerde verschillen in waterstanden op de Lek.

De waterstanden in een viertal stations op de Nieuwe Maas vanaf Rotterdam en op de Lek tot Hagestein worden gegeven in de figuren 4.48 en 4.49. In de figuren worden de resultaten van de simulaties S07 en S08 vergeleken met de metingen. Uit de figuren valt te zien dat alleen in het station Hagestein sprake is van een gering effect en met name op 26 februari. De verschillen tussen de beide berekeningsresultaten kunnen volledig worden verklaard door de relatief grote verschillen tussen de daggemiddelde waarde en de werkelijke waarde van de afvoer.

S09 = simulatie zonder overlaten

Bij de simulatie S09 zijn alle invoerfiles met overlaatgegevens uit de invoer verwijderd. Er zijn verder geen aanpassingen doorgevoerd voor het modelleren van bijvoorbeeld grote/lange strekdammen en/of kribben met schotjes.

De figuren 4.50 tot en met 4.55 geven een vergelijking van de berekende waterstanden op de riviertrajecten voor de simulaties S07 en S09 (respectievelijk met en zonder overlaten). De presentatie is gedaan voor steeds vier stations langs de trajecten:

- Nieuwe Maas / Lek; figuren 4.50 en 4.51
- Merwedens / Waal; figuren 4.52 en 4.53
- Hollands Diep / Amer / Maas; figuren 4.54 en 4.55

Uit de figuren kan worden afgeleid dat bij deze simulatie met een relatief lage rivierafvoer (totale gemiddelde rivierafvoer orde 700 m³/s) het effect van de overlaten zeer beperkt is. Het verwijderen van de overlaten resulteert over het algemeen in een iets lagere middenstand in de bovenstroomse riviergedeelten, omdat de weerstand in het zomerbed enigszins afneemt (geen modellering van kribben en strekdammen).

Naar verwachting is het effect van de overlaten veel duidelijker bij hogere afvoeren waarbij ook delen van de uiterwaarden gaan meedoen bij het verwerken van de afvoer.

S10 = simulatie met ruwheden volgens White-Colebrook

Deze simulatie is uitgevoerd om te beoordelen in hoeverre met name voor de riviergedeelten verschillen bestaan tussen de verschillende ruwhedsformuleringen. Tevens kunnen de resultaten van de berekening een indicatie geven of voor de niet-riviergedeelten de normaal gebruikelijke Manning-formulering kan worden gerepresenteerd door de White-Colebrook formulering.

Een vergelijking van de berekende waterstanden bij de simulaties S07 en S10 voor het traject Nieuwe Maas / Lek en op de Hollandse IJssel wordt gegeven in de figuren 4.56 tot en met 4.58. In de figuren 4.59 tot en met 4.61 worden de waterstanden gepresenteerd voor het traject Oude Maas / Merwedens / Waal en in de figuren 4.62 en 4.63 voor het traject Hollands Diep / Amer / Maas.

Te zien is dat in het deel van de riviermodellen de ruwheid duidelijk groter is hetgeen resulteert in een reductie van het getijverschil en in de meer bovenstroomse delen in een verhoging van de middenstand. In de niet-rivierdelen zijn ook kleine verschillen te zien die worden veroorzaakt door een verschil in de ruwheid. Blijkbaar is bij de omzetting van

vaste Manning waarden naar vaste Nikuradse waarden voor bepaalde trajecten (boxen) een verkeerde maatgevende waterdiepte toegepast. Een en ander resulteert in een enigszins afwijkende ruwheidswaarde.

Figuur 4.64 geeft een vergelijking van de berekende en de gemeten stroomsnelheden in de stations Spijkenisse en Alblasserdam. Het blijkt dat met name op de Noord bij Alblasserdam sprake is van een geringe afname van de snelheden door het toepassen van de andere ruwheidsformulering. Ook treedt een geringe faseverschuiving op (S10 iets vroeger dan S07).

S11 = simulatie met gebruikmaking van wind

In figuur 2.14 is het verloop van windsnelheid en richting gepresenteerd voor eind februari en hieruit valt af te leiden dat er op 27 en 28 februari sprake is van windsnelheden groter dan 10 m/s uit overwegend zuidwestelijke richtingen (zie beschrijving in paragraaf 2.4.3).

Een vergelijking van de berekende (simulaties S07 en S11) en de gemeten waterstanden langs een aantal riviertrajecten is gegeven in de volgende figuren:

- figuren 4.65 ... 4.67 Nieuwe Maas / Lek en Hollandse IJssel
- figuren 4.68 ... 4.70 Oude Maas / Merwedens / Waal
- figuren 4.71 ... 4.73 Haringvliet / Hollands Diep / Amer / Maas

De figuren laten zien dat over het algemeen in deze riviertrajecten een betere overeenkomst tussen gemeten en berekende waterstanden wordt bereikt. Het toepassen van wind geeft op 27 februari een merkbare verhoging van de waterstanden in de bovenstroomse riviergedeelten. Ook geeft de wind door afwaaiing in het westelijk deel van het Haringvliet een verbetering in de reproductie van de waterstanden in Hellevoetsluis.

Figuur 4.74 geeft de gemeten en berekende stroomsnelheden in de stations Spijkenisse en Alblasserdam en in de figuren 4.75 en 4.76 worden voor een viertal locaties de saliniteitsconcentraties vergeleken. Te zien is dat in deze locaties een geringe afname van de stroomsnelheden optreedt bij deze windcondities, de saliniteitsconcentraties worden daarentegen enigszins hoger.

S12 = simulatie voor periode met hoge rivierafvoer

De totale rivierafvoer bedraagt bij de gesimuleerde periode maximaal 3400 m³/s. Deze rivierafvoer is beduidend groter dan in de andere simulatie periode waarbij maximaal 750 m³/s wordt afgevoerd. De instellingen bij simulatie S12 zijn gelijk aan simulatie S07, dit betekent dat de overlaten aanwezig zijn, de ruwheid is volgens Manning en er wordt geen wind toegepast. De rivierafvoer wordt middels daggemiddelde waarden opgelegd.

In de figuren 4.77 tot en met 4.85 worden voor 18 stations de gemeten en de berekende waterstanden vergeleken. Hierbij zijn geen resultaten gegeven van Zeedelta versie-6 (niet beschikbaar). Uit deze figuren blijkt dat de waterstanden over het algemeen redelijk goed worden gereproduceerd. In de trajecten Nieuwe Maas en Oude Maas is het getijverschil iets kleiner door te hoog laag water. In de bovenstroomse delen is het beeld iets verschillend, namelijk op de Lek is er sprake van een te hoge waterstand, op de Waal is de waterstand in Tiel circa een meter te laag en op de Maas is de waterstand iets te hoog. Een en ander hangt duidelijk samen met een niet-optimale instelling van de ruwheden in

de riviersecties. Naar verwachting zal de normaal gebruikelijke White-Colebrook formulering in deze trajecten een beter resultaat geven (zie effect van deze formulering in figuur 4.61).

Een vergelijking van de gemeten en berekende stroomsnelheden is gegeven in de figuren 4.86 en 4.87. De mate van overeenkomst is in deze punten vrijwel vergelijkbaar met de simulatie voor de lage afvoer (S07), namelijk een goede reproductie van vorm en fase van het snelheidsverloop. Er moet worden opgemerkt dat voor deze periode geen metingen bij de Suurhoffbrug beschikbaar waren.

In de figuren 4.88 en 4.89 tenslotte worden voor de vier, meest zeewaarts gelegen, stations de gemeten en berekende saliniteiten gepresenteerd. Door de hoge rivierafvoer is in de overige stations sprake van vrijwel zoet water. Het blijkt dat de mate van overeenkomst tussen meting en berekening vergelijkbaar is met simulatie S07 (lage afvoer).



Referenties

Alkyon, 2000a, *Roostergeneratie Supermodel van nat Nederland*, A534, februari 2000

Alkyon, 2000b, *Optimalisatie van het rooster van het Supermodel*, A534, april 2000

RIKZ, 1989, *Overzicht basisgegevens 1989*, nota GWIO-90.004, januari 1989.

RIKZ, 1999, *Waqua-in-Simona*, handleidingen, januari-december 1999.

WL Delft Hydraulics, 1995, *Rgfggrid, Graphical User Interface for generation and manipulation of Trisula grids*, user manual v. 2.3, september 1995.

WL Delft Hydraulics, 1995, *Quickin, Graphical User Interface for generation and manipulation of Trisula bathymetries*, user manual v. 2.3, september 1995.



Plaatsnaam	Coördinaten	
	X	Y
BG-8	46220	419190
Stellendam-buiten	61680	427630
Scheveningen	78010	457350
Noordwijk-meetpost	80660	476660
Hoek van Holland	67930	444000
Maassluis	76750	437170
Vlaardingen	83550	435080
Rotterdam	93950	437210
Krimpen a.d. IJssel	99360	436750
Gouda-brug	109230	446700
Krimpen a.d. Lek	102800	433850
Schoonhoven	118150	439540
Hagestein-beneden	137020	445480
Spijkensisse	82450	430870
Goidschalxoord	91780	427320
Dordrecht	105600	425900
Werkendam-buiten	119800	424280
Vuren	129440	426010
Zaltbommel	145170	425180
Tiel	158740	433250
Hellevoetsluis	68200	426430
Rak-noord	88240	412250
Moerdijk	102140	413160
Keizersveer	120950	414720
Heesbeen	136870	416360
Lith-beneden	158140	424560

Tabel 2.1 Beschikbare waterstandsmetingen volgens DONAR; januari/maart1998

Plaatsnaam	Coördinaten	
	X	Y
Beerkanaal	66370	443310
Beneluxhaven	68500	440280
Europahaven	62100	442000
Scheurhaven	69350	442070
Rozenburgse sluis	75250	434750
Mississippihaven	62710	439270
Hartelhaven	62530	439370
Harmsenbrug	74100	435470
Hartelbrug	80700	431350
Geulhaven	81080	434000
Eemhaven	87210	434870
Parkhaven	91400	435000

Tabel 2.2 Beschikbare waterstandsmetingen Europoort en Rotterdams havengebied; januari/maart1998



Plaatsnaam	Coördinaten		Meethoogte t.o.v. NAP
	X	Y	
Suurhoffbrug	66900	439530	-4,5 m
Hartelkering	80700	431350	-2,5 m
Spijkenisse	82800	430530	-2,0 m
Alblasserdam	104600	430000	-2,0 m

Tabel 2.3 Beschikbare snelheidsmetingen; periode januari/maart 1998

Stationsnaam	Locatie	Aantal meethoogten
Hoek van Holland	RO, km 1030.1	3 niveaus
Nieuwe Waterweg NW2	RO, km 1015.0	4 niveaus
Lekhaven	RO, km 1005.2	3 niveaus
Brienoordbrug	RO, km 995.2	2 niveaus
Spijkenisse	LO, km 1002.6	3 niveaus
Beerenplaat	LO, km 996.1	1 niveau
Oude Maas OM1	LO, km 993.6	1 niveau
Alblasserdam	RO (bij brug)	1 niveau
Zuidland	Spui	1 niveau

Tabel 2.4 Beschikbare saliniteitsmetingen; januari/maart 1998

Datum	Vaargeul	Locatie
26 februari 1998	Oude Maas	km 1003,8
	Oude Maas	km 1003,0
	Hartelkanaal	km 0,4
27 februari 1998	Nieuwe Waterweg	km 1013,2
	Nieuwe Maas	km 1012,3
	Oude Maas	km 1006,0
2 maart 1998	Oude Maas	km 995,7
	Oude Maas	km 995,0
	Spui	km

Tabel 2.5 Debietmetingen bij splitsingspunten; februari/maart 1998

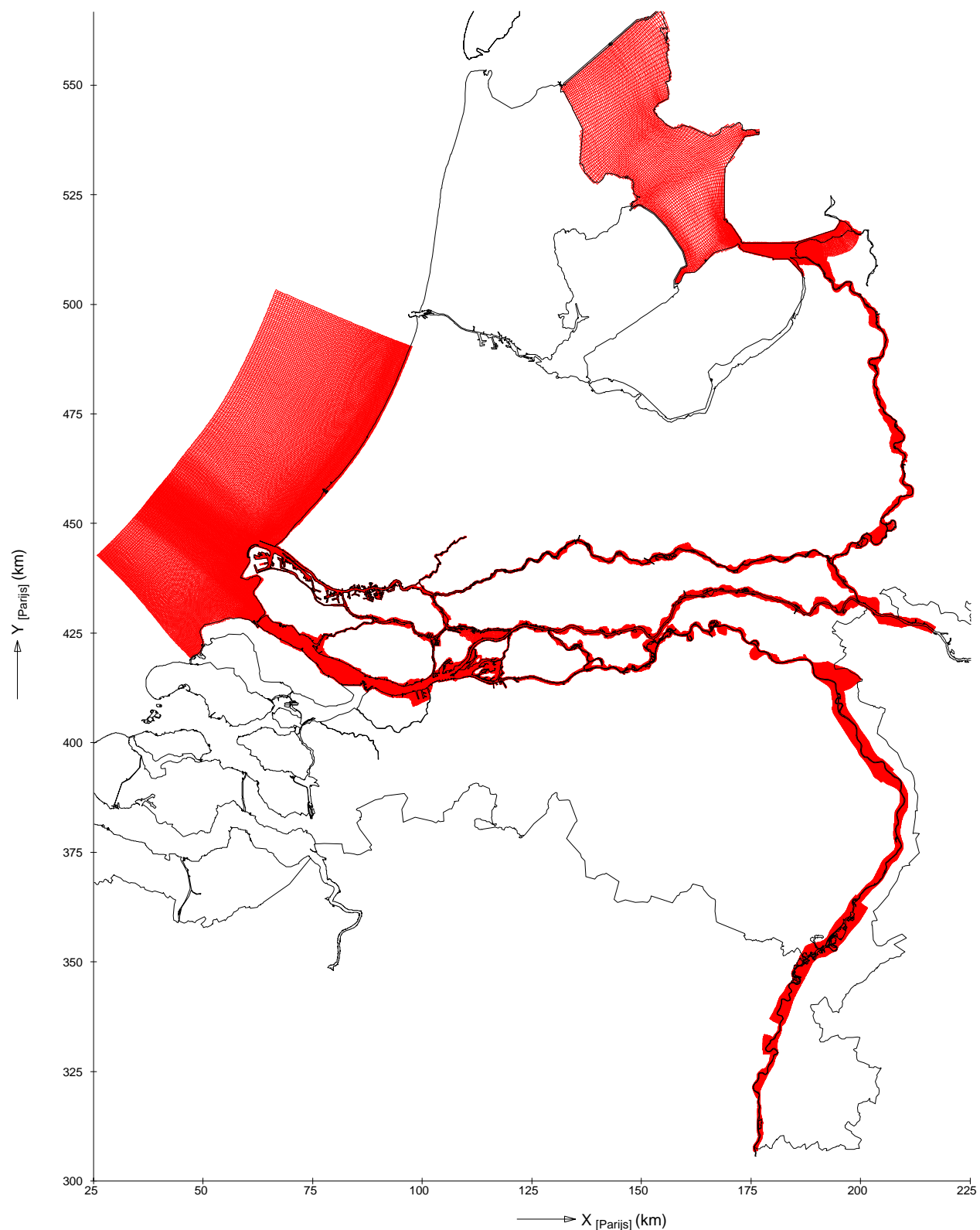


datum	debiet (m ³ /s)			
	Maas	Waal	Lek	totaal
24-02	145	387	15	547
25-02	150	404	30	584
26-02	151	530	22	703
27-02	133	588	4	725
28-02	149	603	23	775
01-03	155	562	37	754
02-03	191	493	36	720
03-03	170	466	19	655

Tabel 2.6 Rivierdebieten in periode eind februari 1998

datum	debiet (m ³ /s)			
	Maas	Waal	Lek	totaal
20-01	596	1505	387	2488
21-01	697	1610	404	2711
22-01	702	1886	530	3118
23-01	682	2182	588	3452
24-01	603	2235	603	3441
25-01	540	2114	562	3216
26-01	484	1930	493	2907
27-01	444	1770	466	2670

Tabel 2.7 Rivierdebieten in periode eind januari 1998



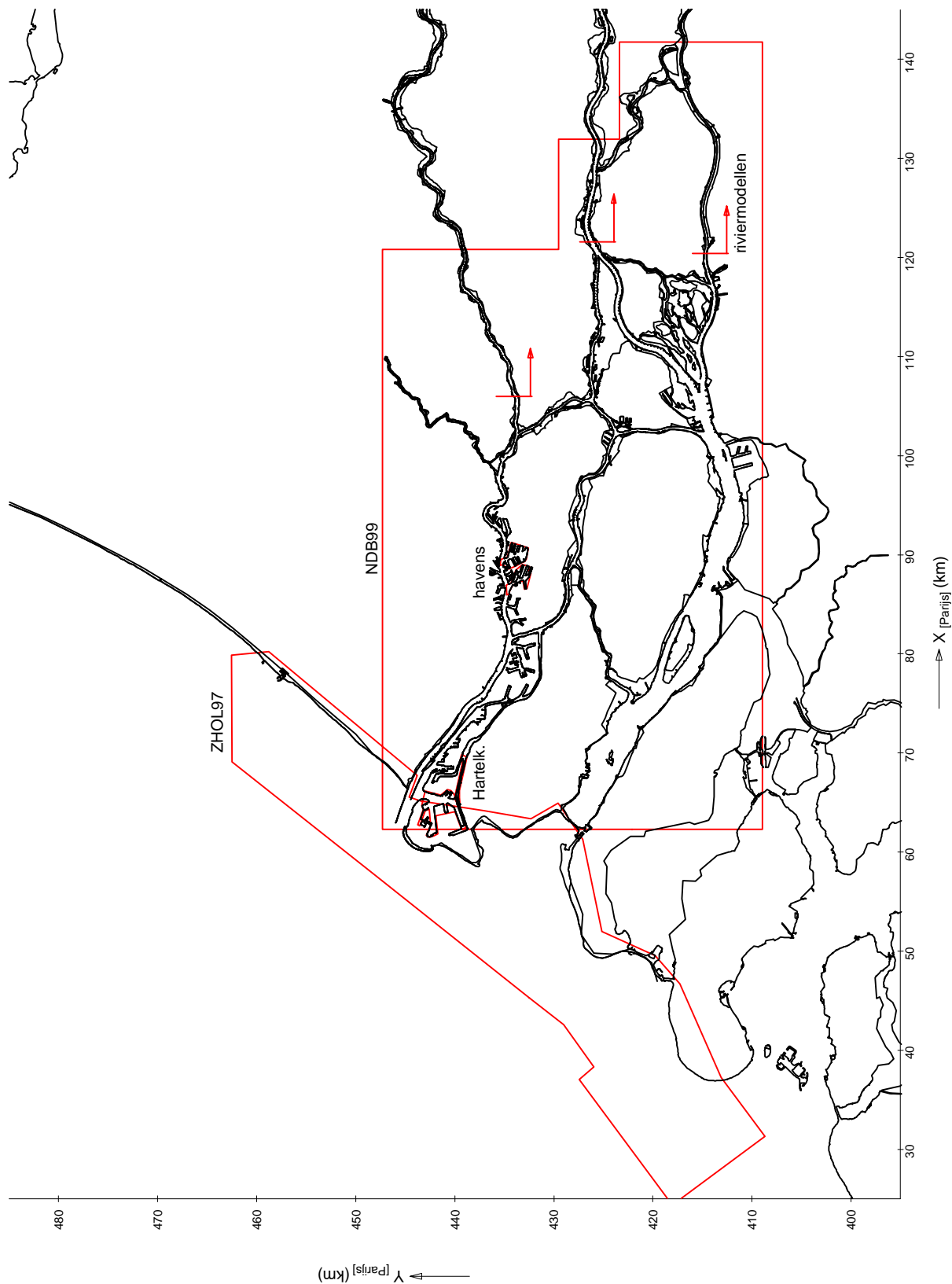
BOUW EN EERSTE AFREGELING
 Rekenrooster - samengestelde Supermodel

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 1.1



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Begrenzingsen beschikbare dieptegegevens - overzicht

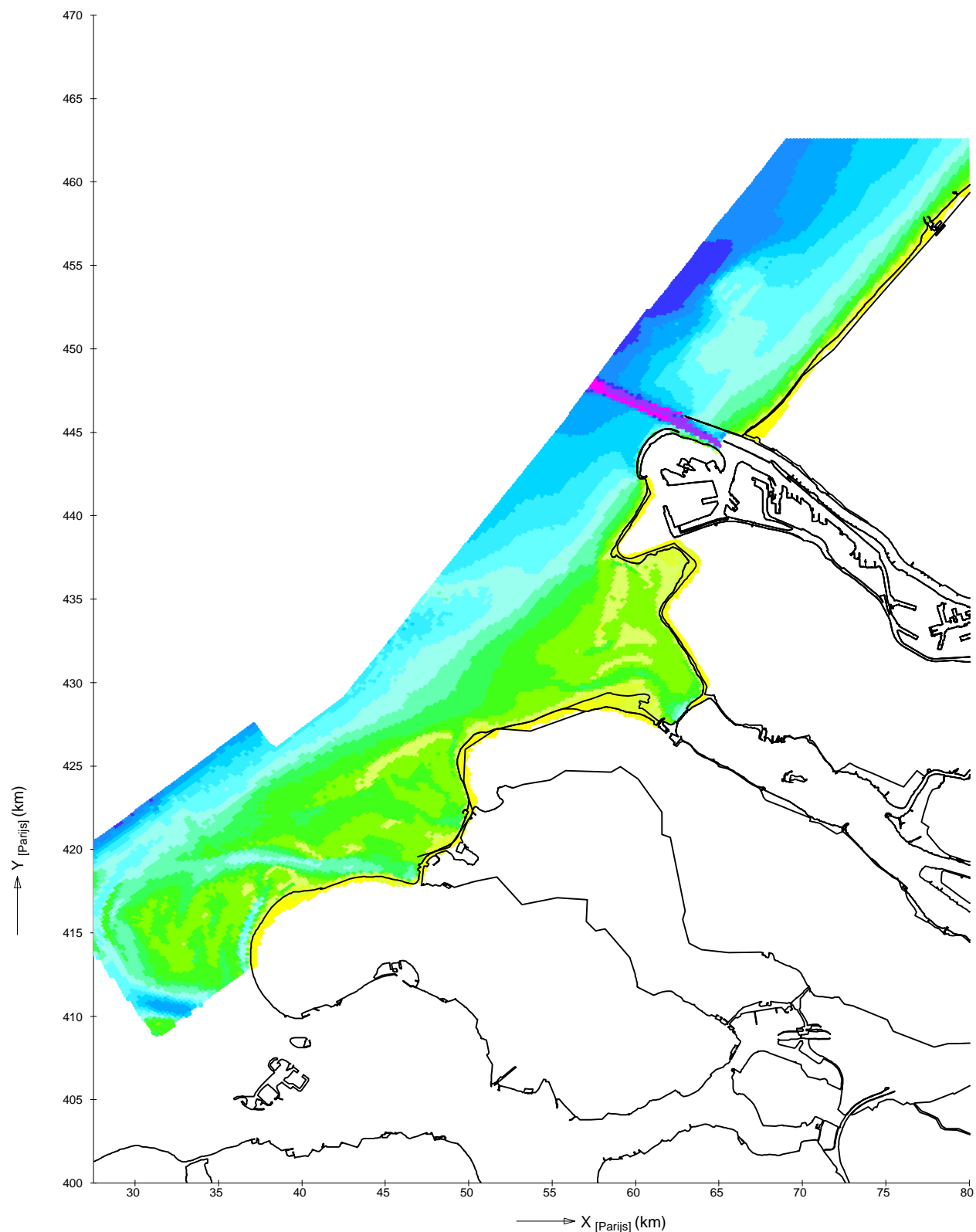
1999 - situatie

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 2.1



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Beschikbare dieptegegevens kustzone Zuid-Holland - ZHOL97

1999 - situatie

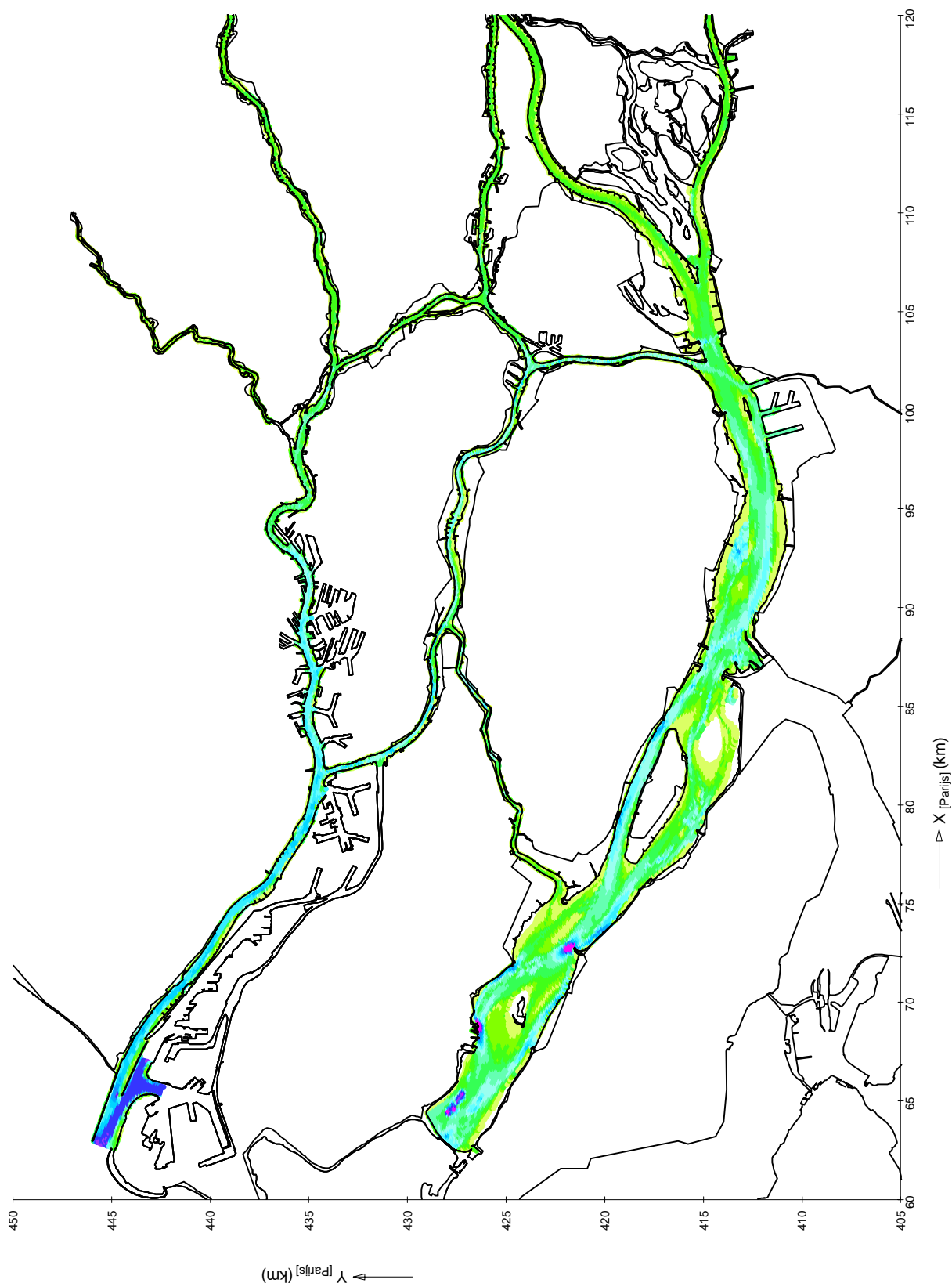
Schaal 1:350000

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 2.2



BOUW EN EERSTE AFREGELING

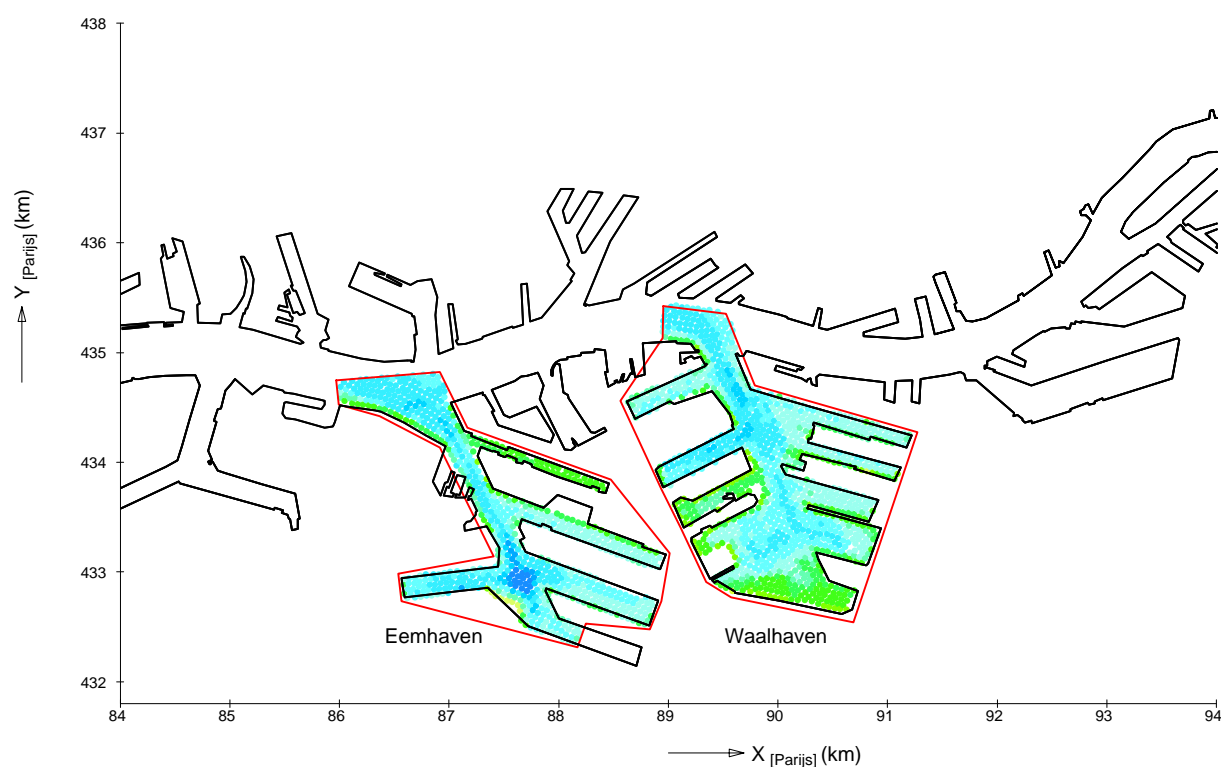
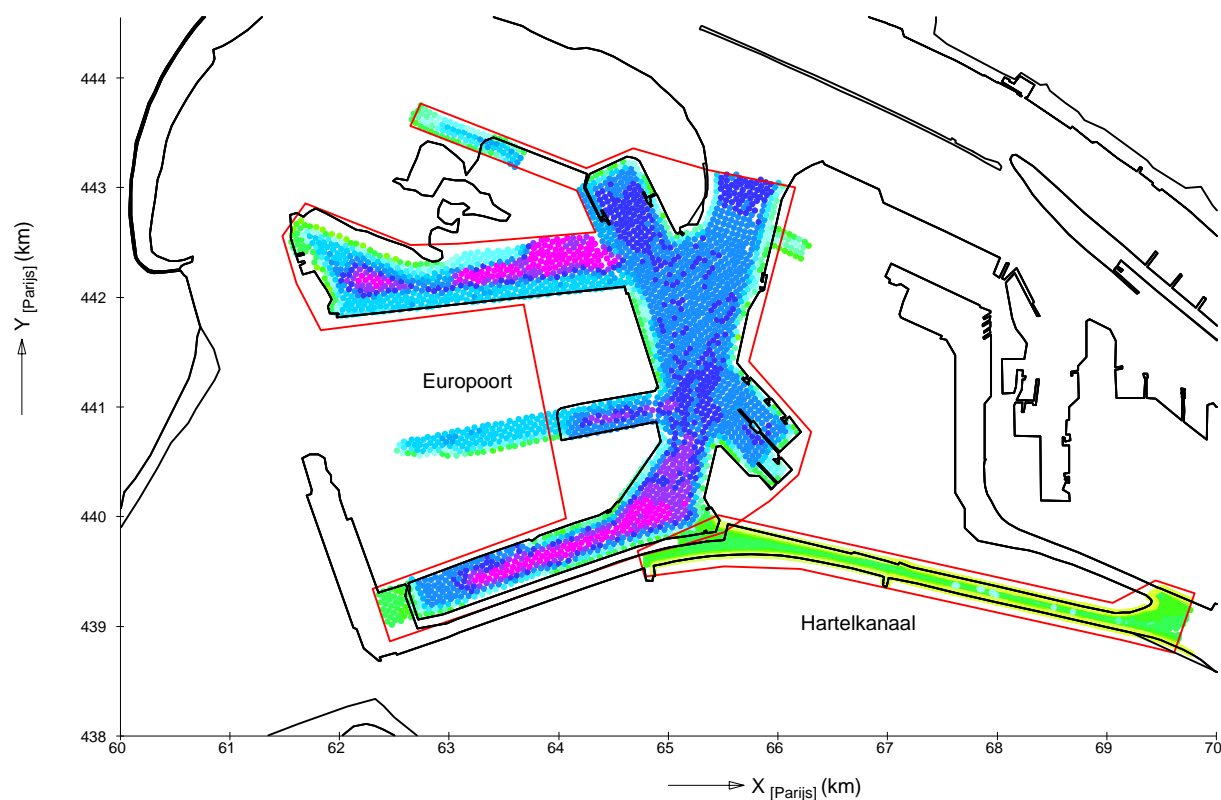
Beschikbare dieptegegevens noordelijk delta bekken - NDB99

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 2.3



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Beschikbare dieptegegevens - Hartelkanaal en havens

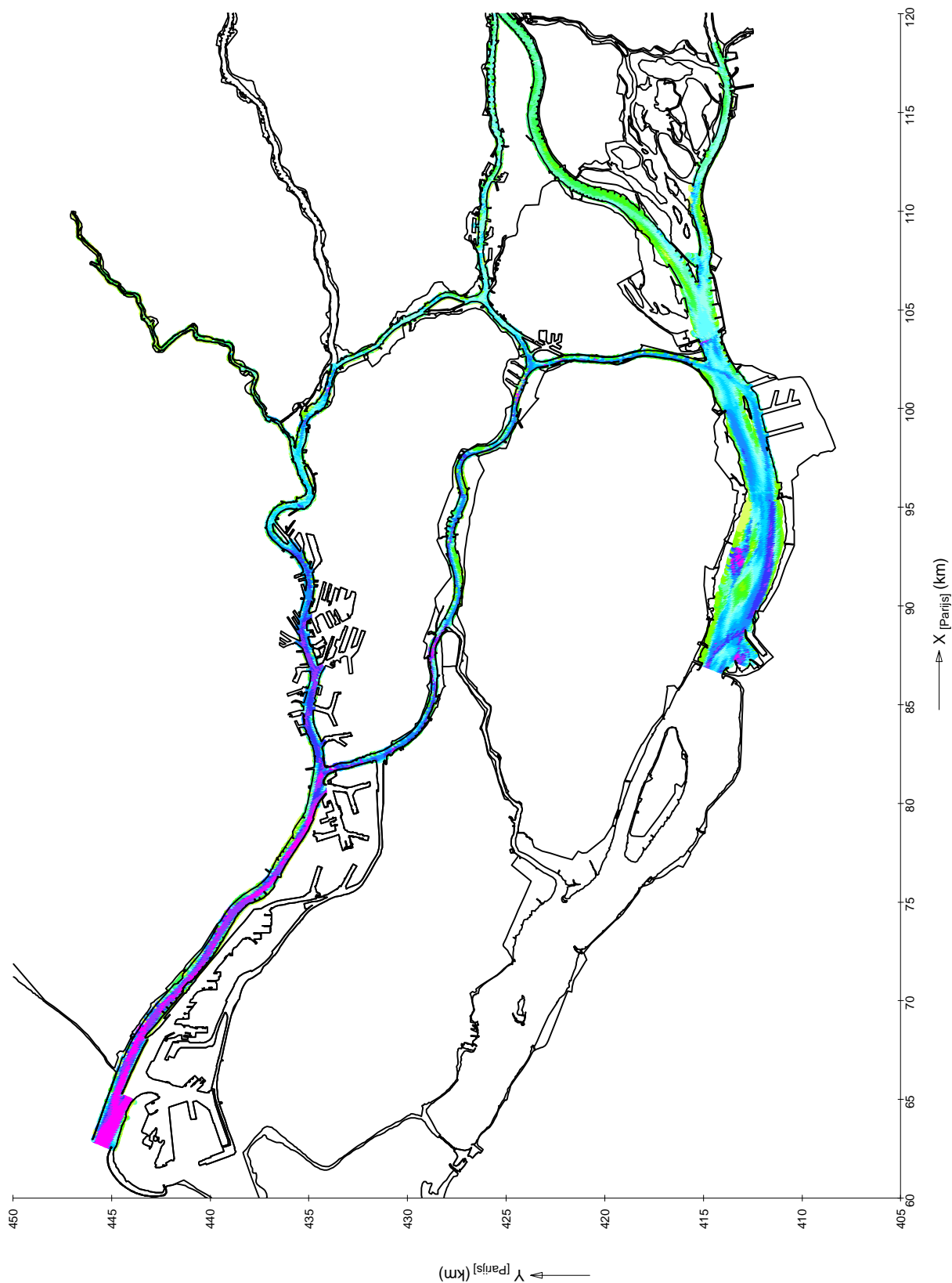
1999 - situatie

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 2.4



BOUW EN EERSTE AFREGELING
Beschikbare dieptegegevens - rivier lodingen

1985 - situatie

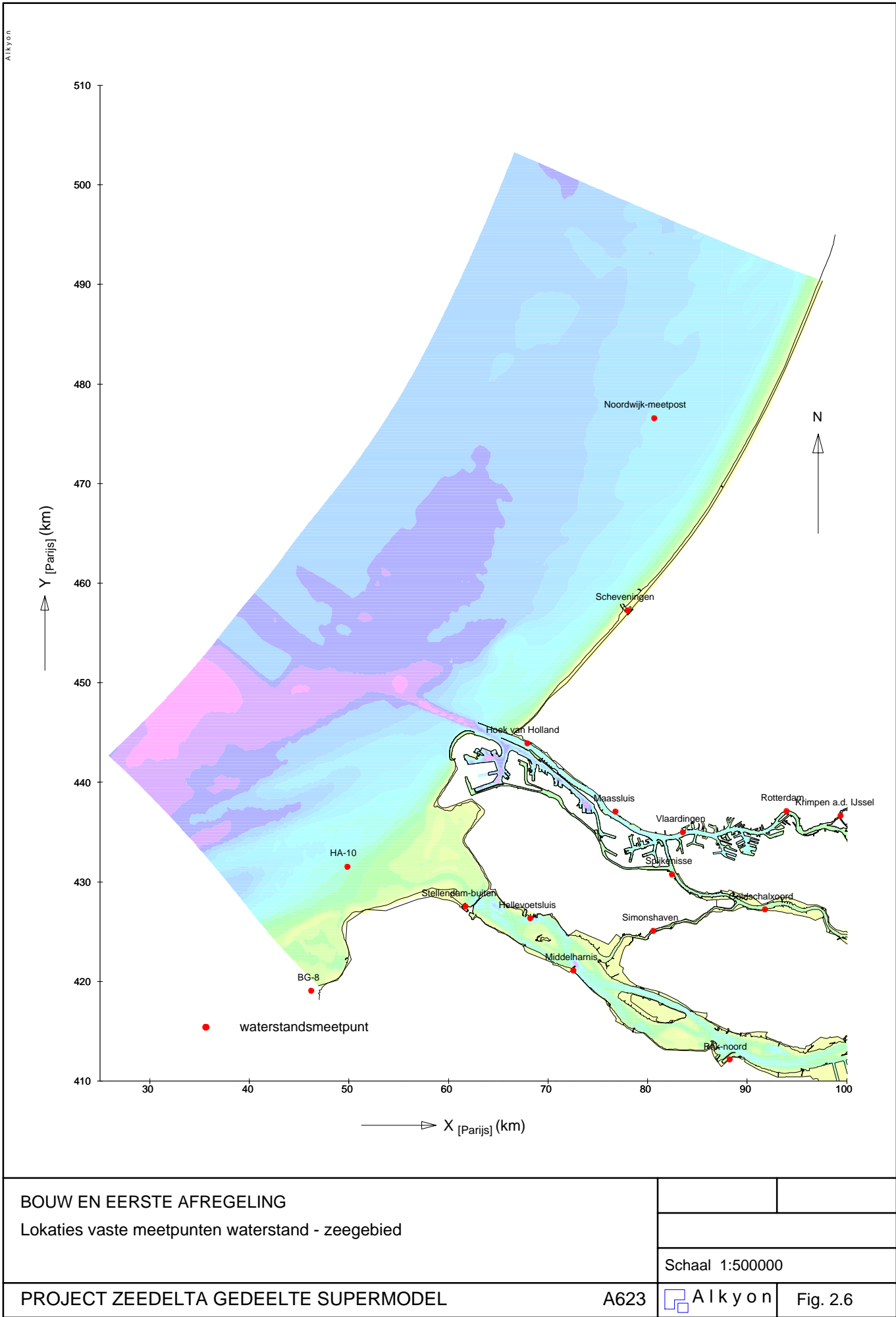
Schaal 1:300000

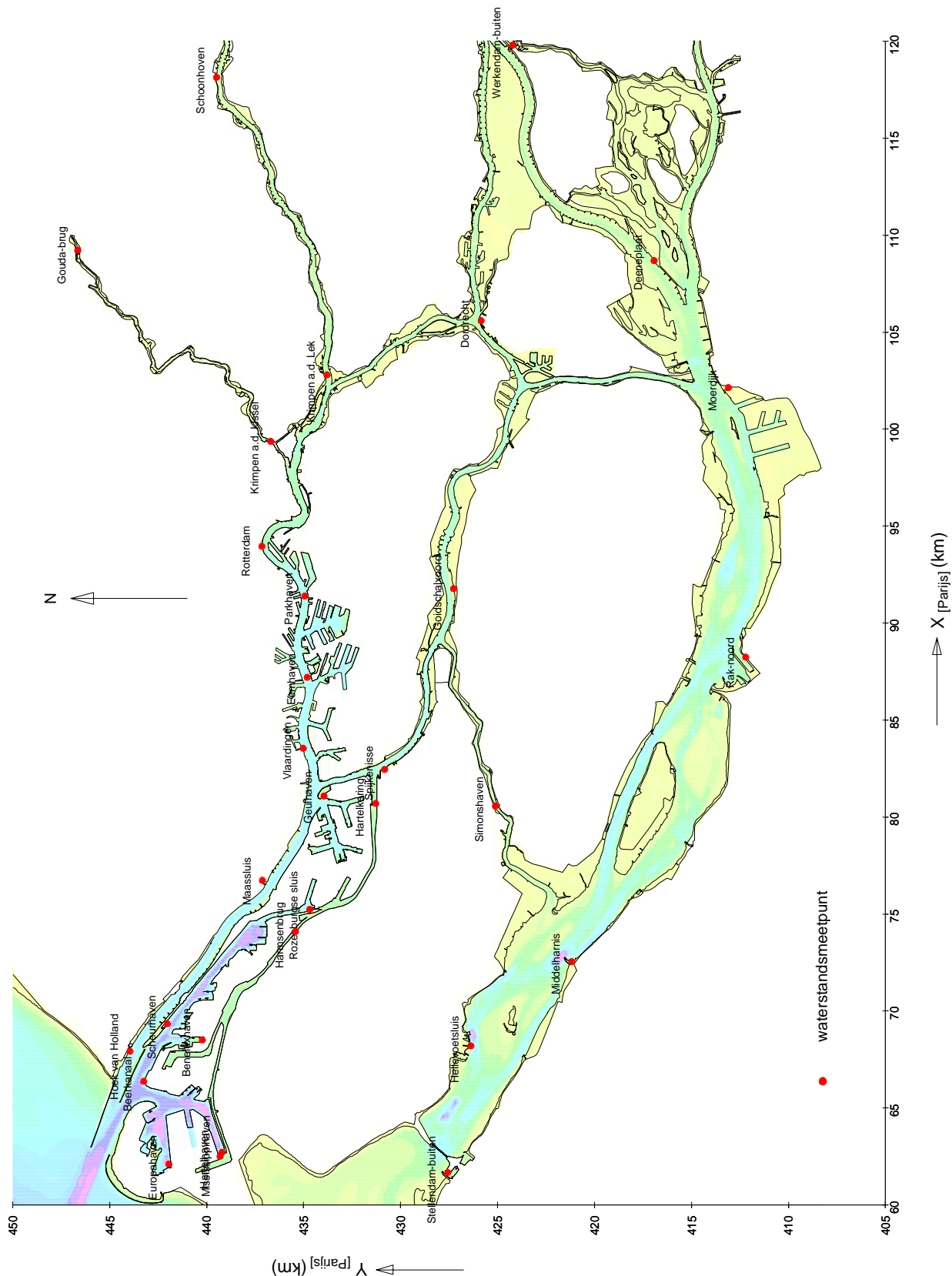
PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 2.5





BOUW EN EERSTE AFREGELING

Lokaties vaste meetpunten waterstand - westelijk gedeelte

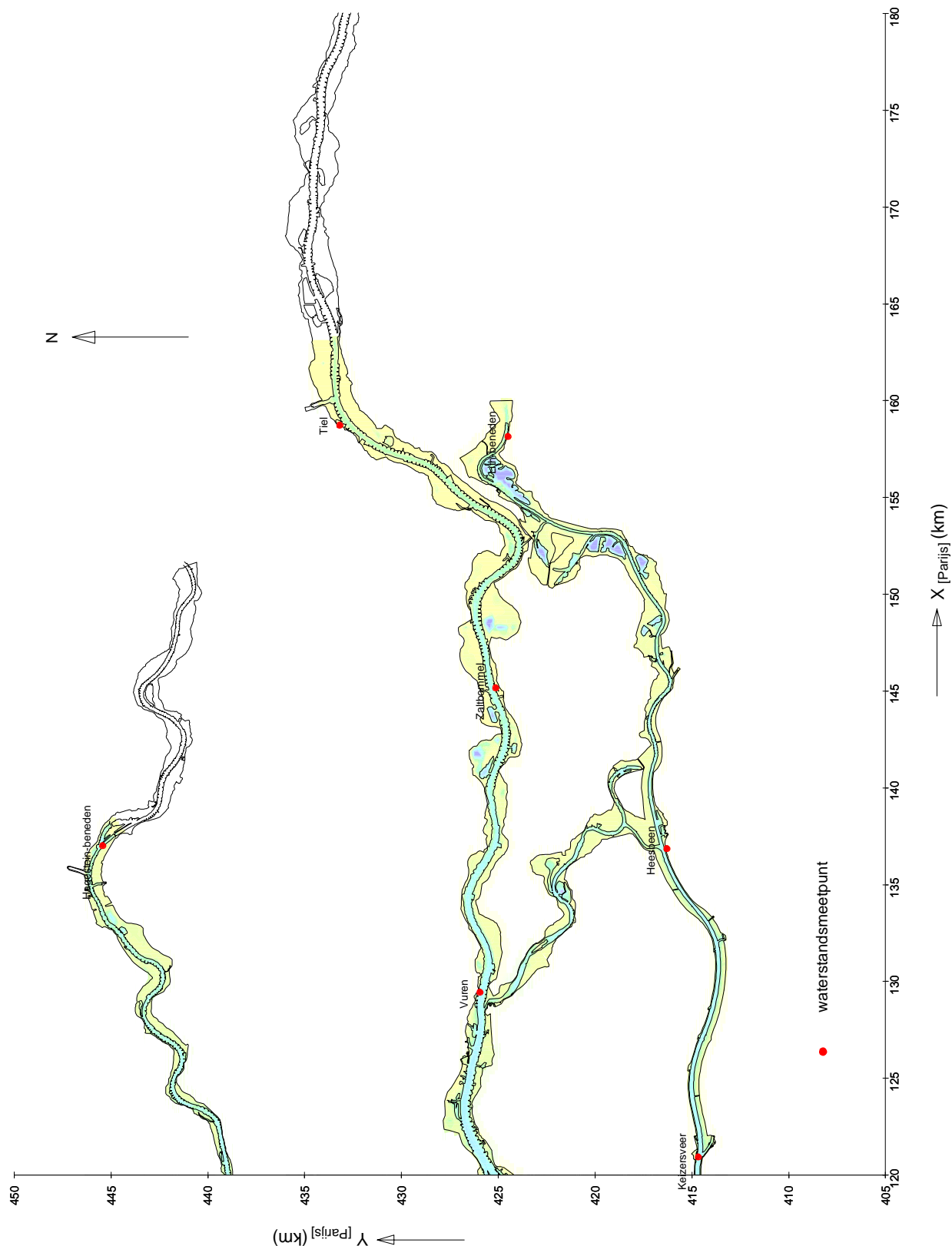
Schaal 1:300000

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 2.7



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Lokaties vaste meetpunten waterstand - oostelijk gedeelte

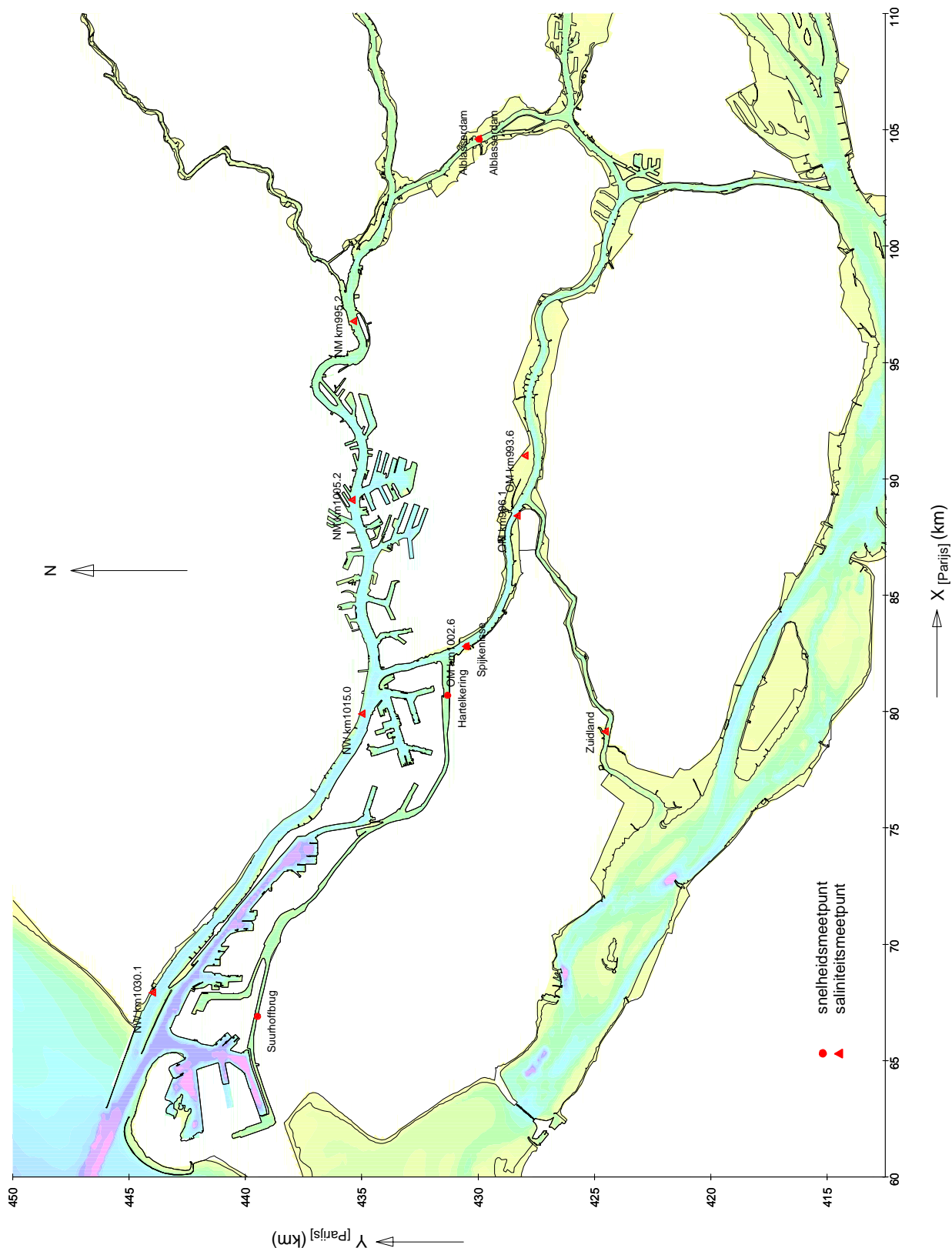
Schaal 1:300000

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 2.8



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Lokaties vaste meetpunten snelheid en saliniteit

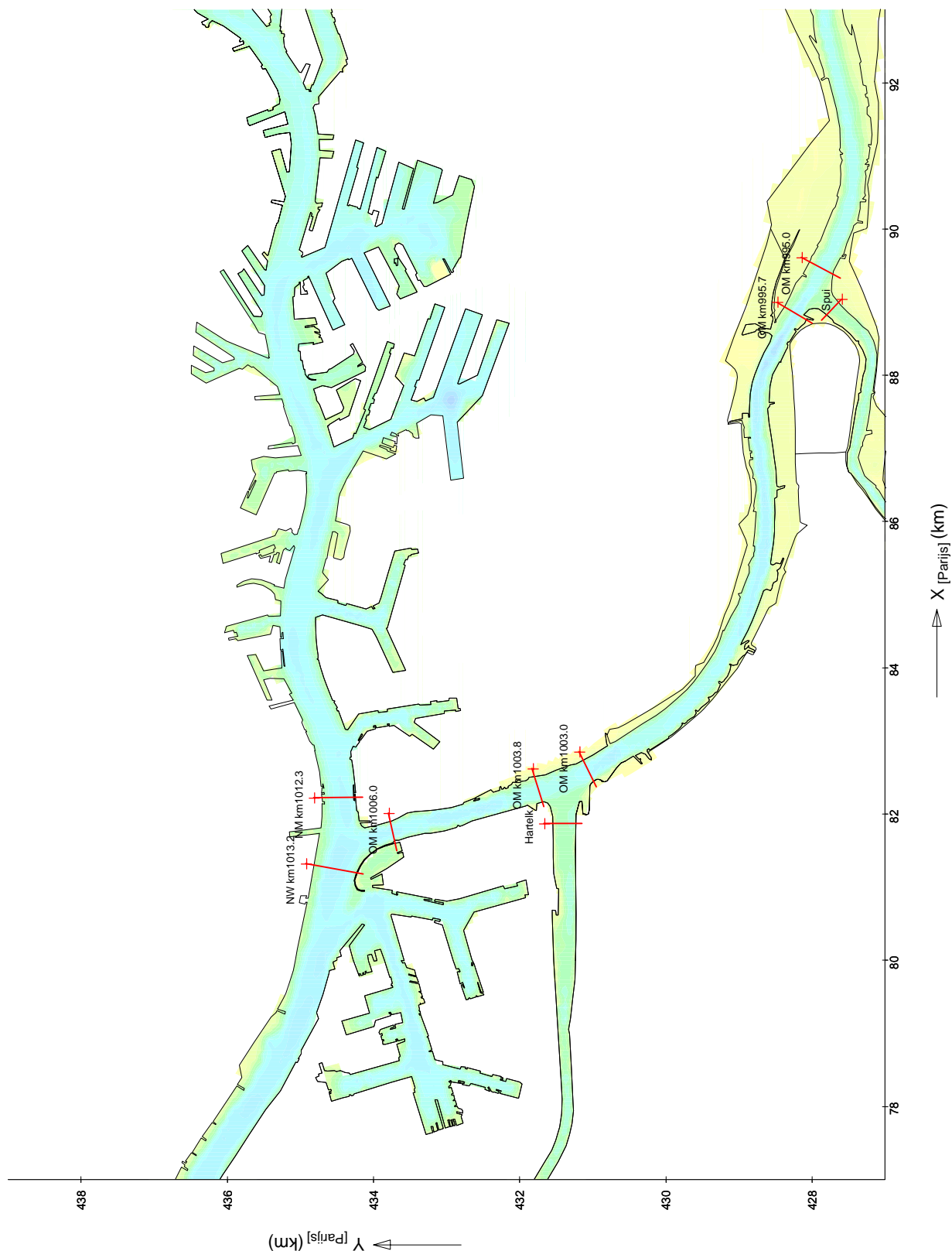
Schaal 1:250000

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 2.9



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Lokaties debietraaien meting 26, 27 februari / 2 maart 1998

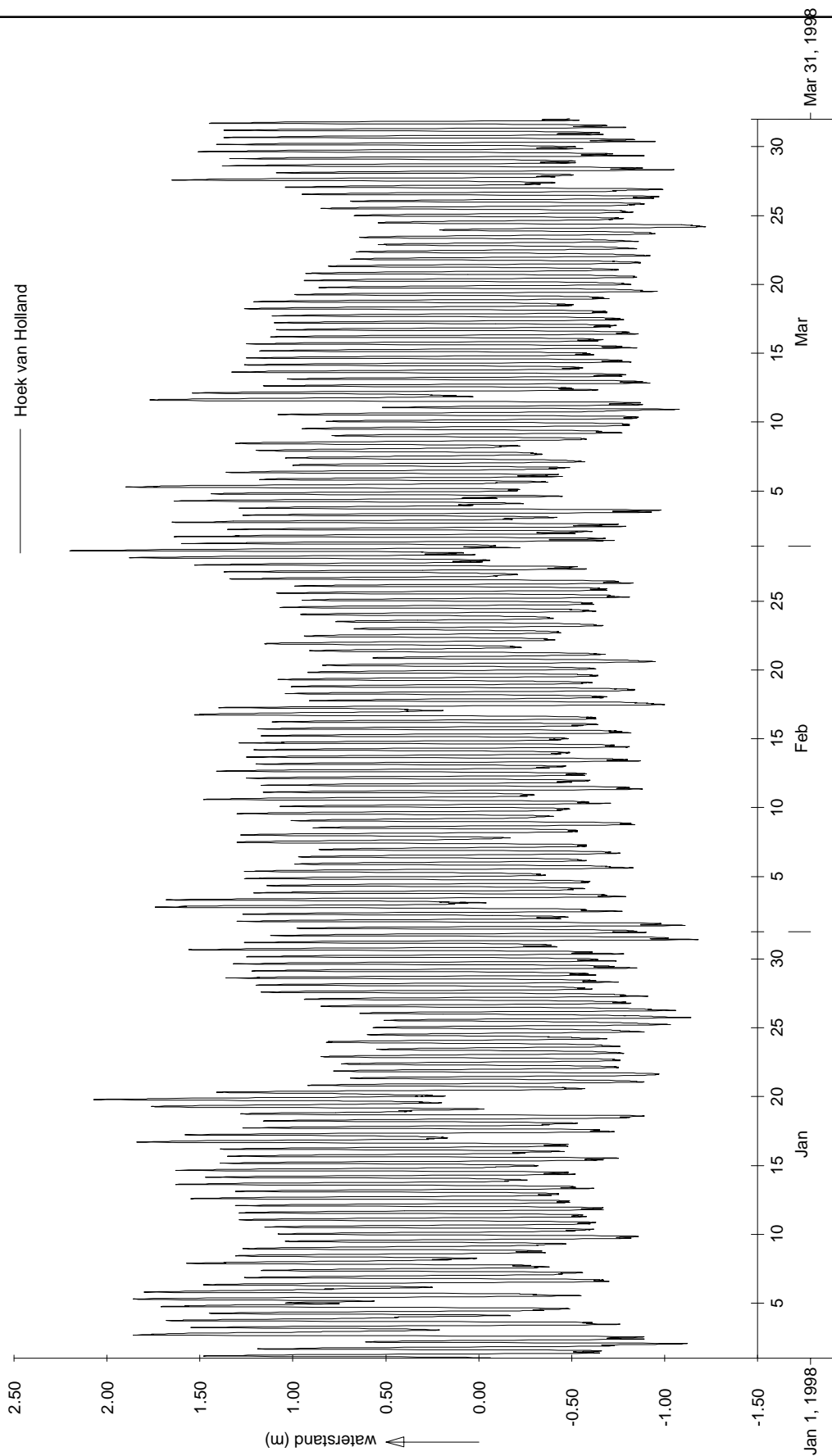
Schaal 1:80000

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 2.10



BOUW EN EERSTE AFREGELING
Waterstanden - Hoek van Holland

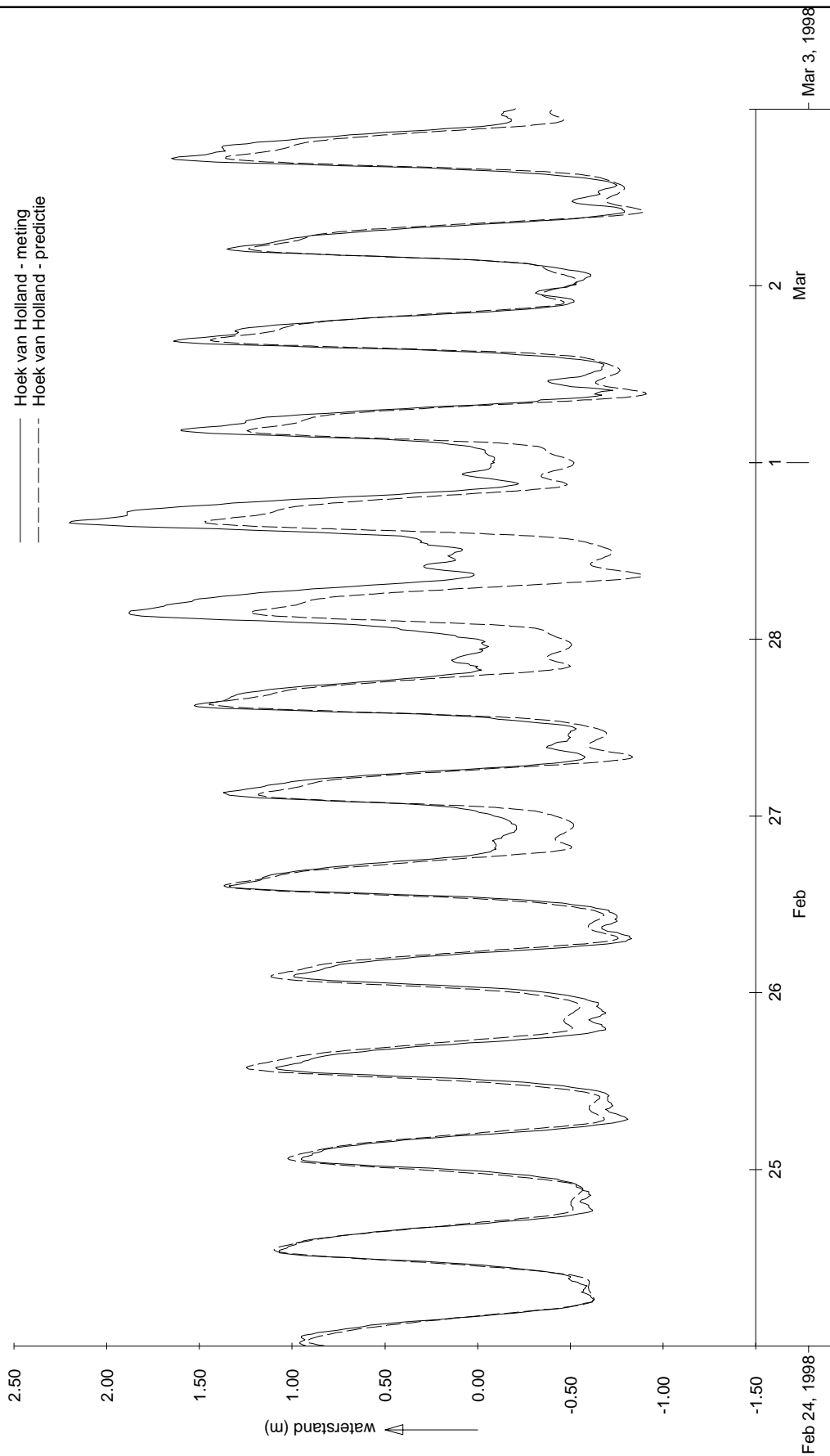
januari-maart 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 2.11



BOUW EN EERSTE AFREGELING
Waterstanden - Hoek van Holland

24 februari-3 maart 1998

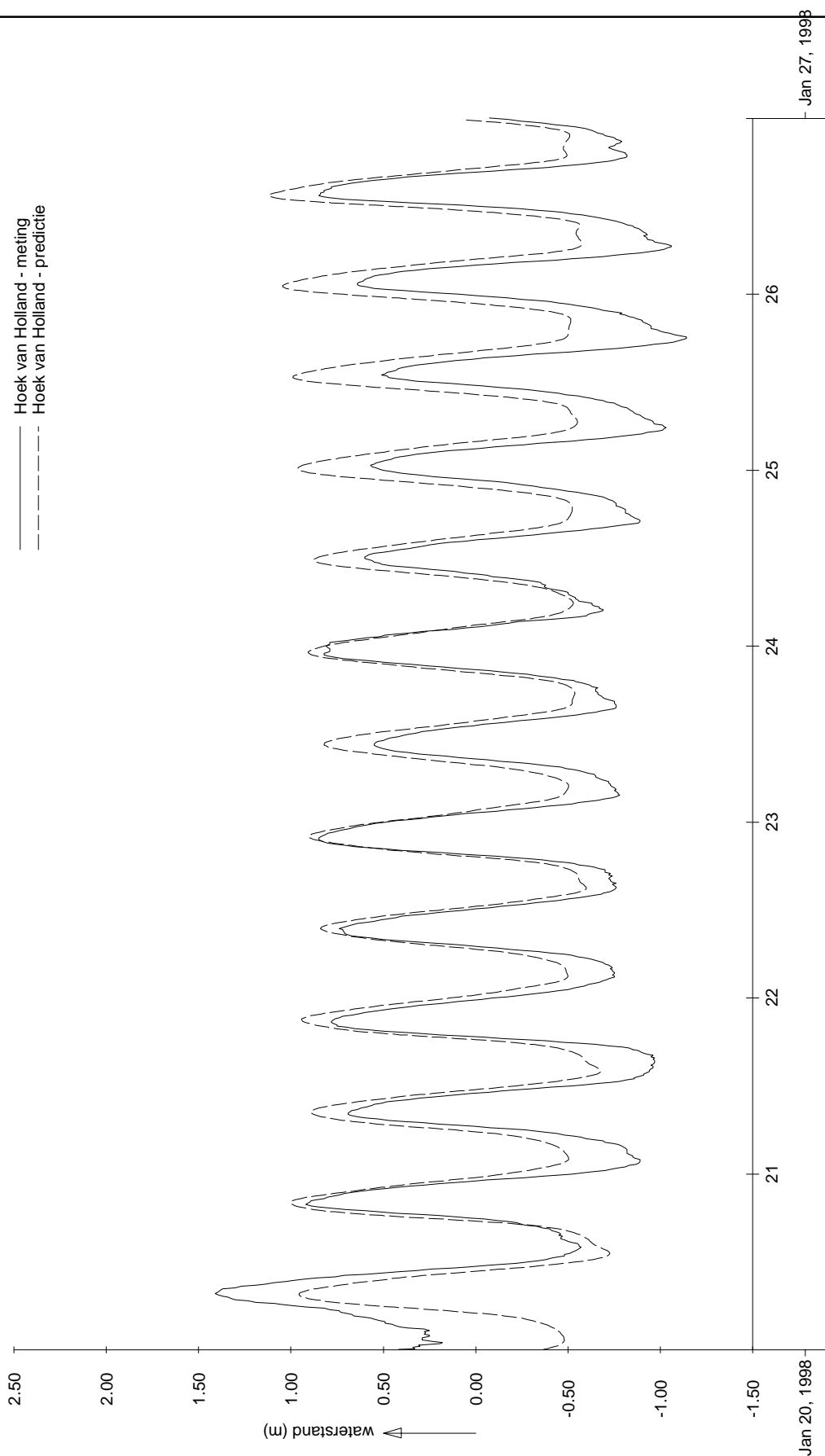
PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 2.12

— Hoek van Holland - meting
 - - - Hoek van Holland - predictie



BOUW EN EERSTE AFREGELING
Waterstanden - Hoek van Holland

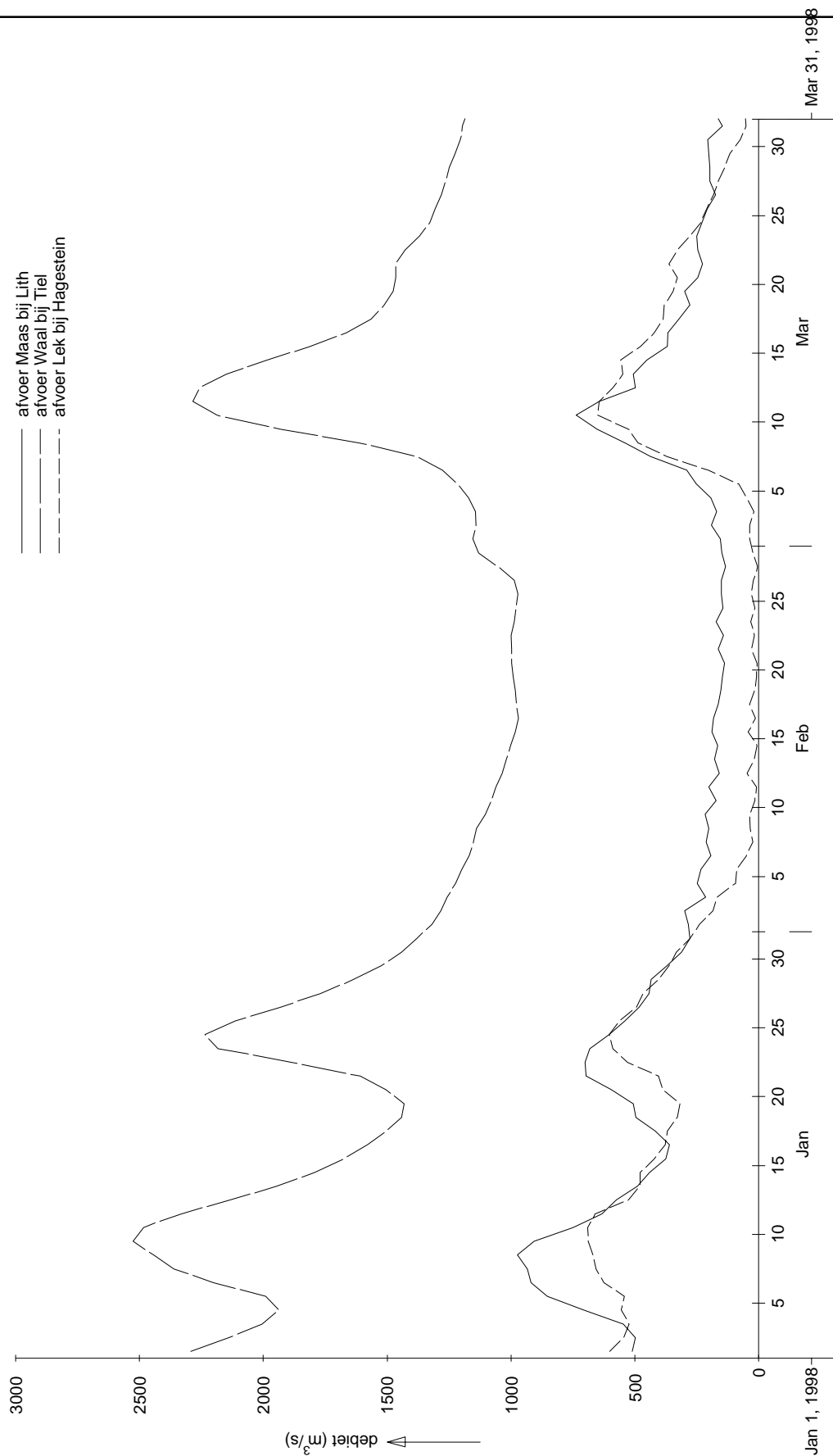
20 - 27 januari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 2.13



BOUW EN EERSTE AFREGELING
Rivierafvoeren - Maas, Waal en Lek

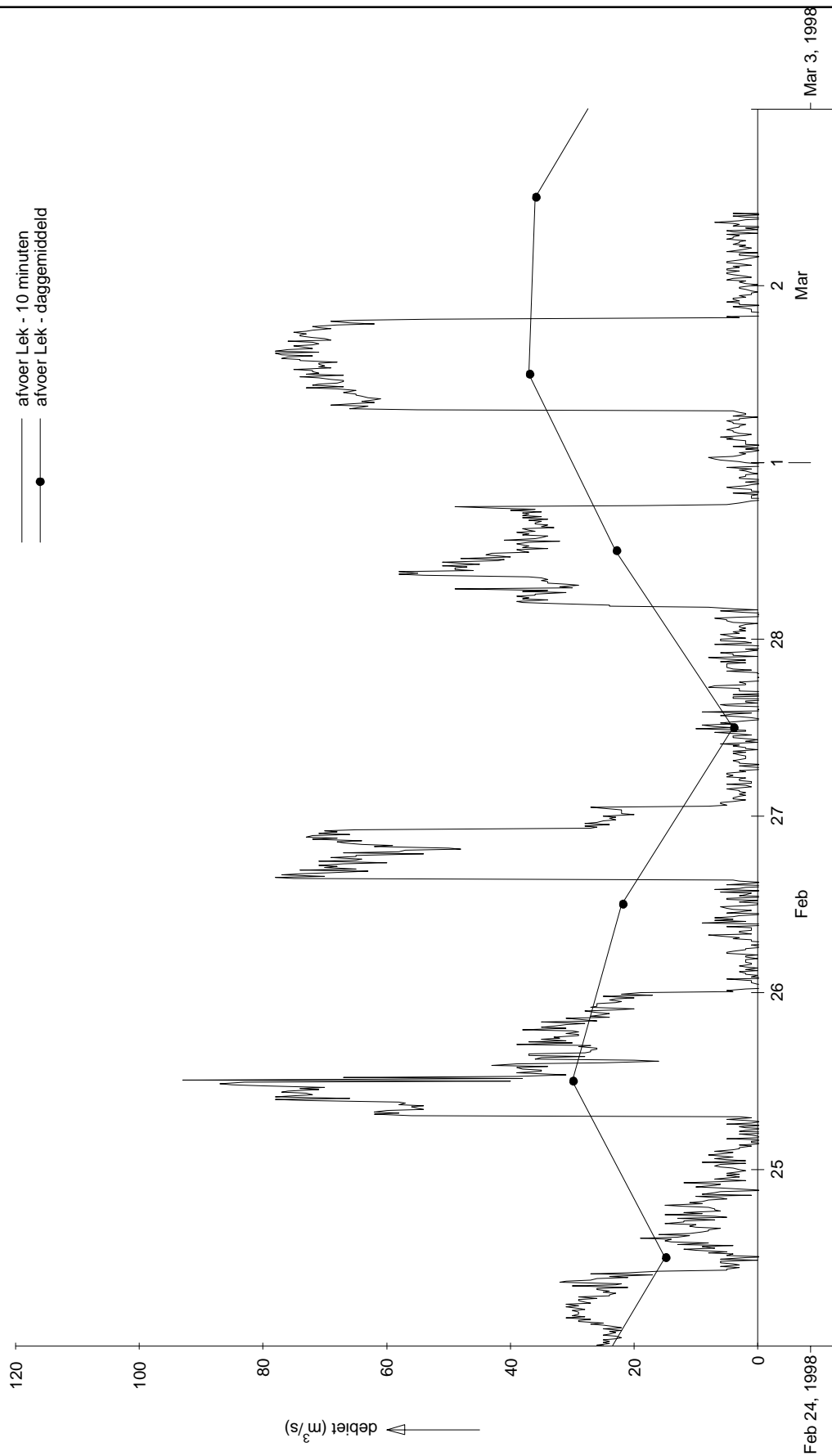
januari-maart 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 2.14



BOUW EN EERSTE AFREGELING
Rivierafoeren - Lek ; gedetailleerd

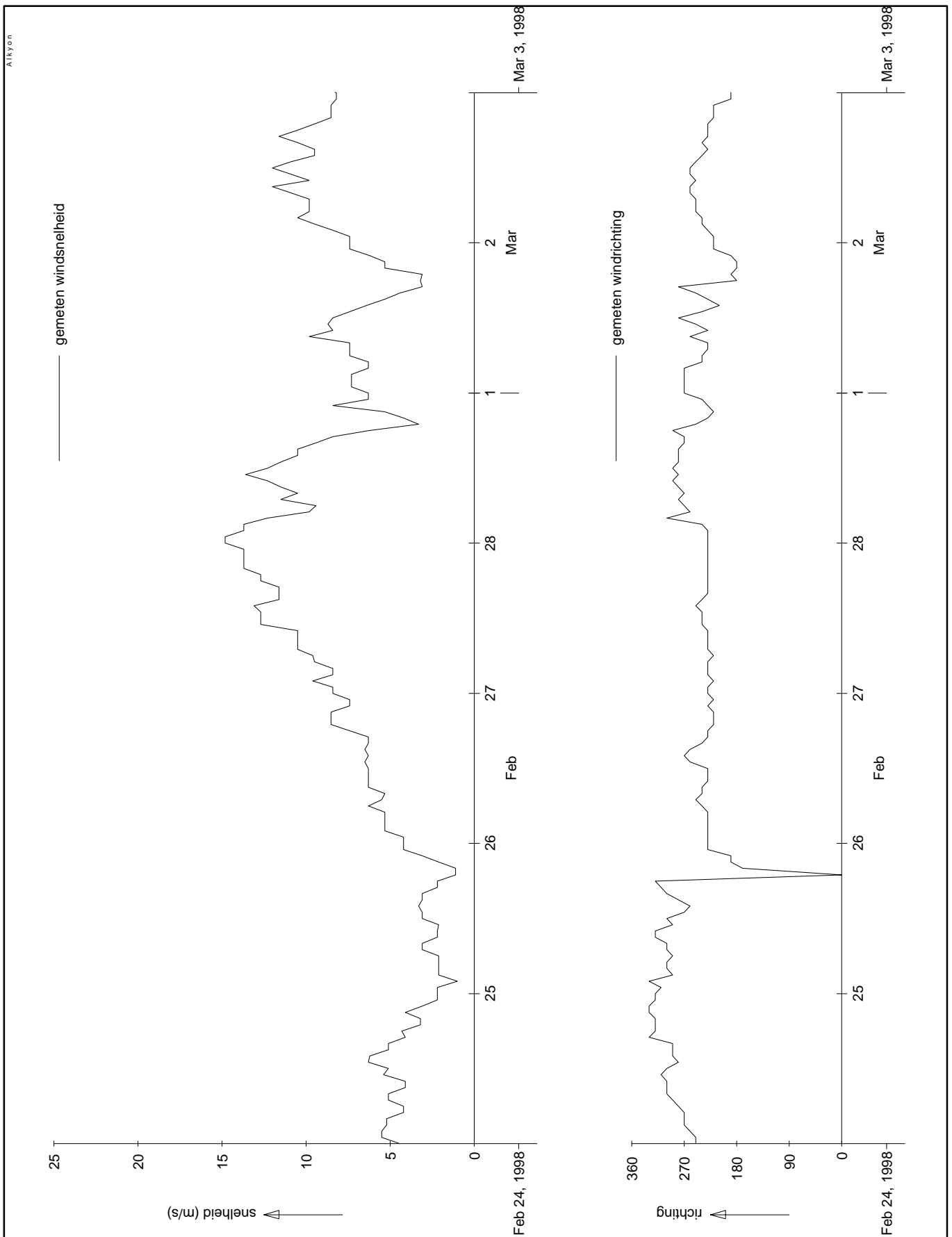
24 februari - 3 maart 1998

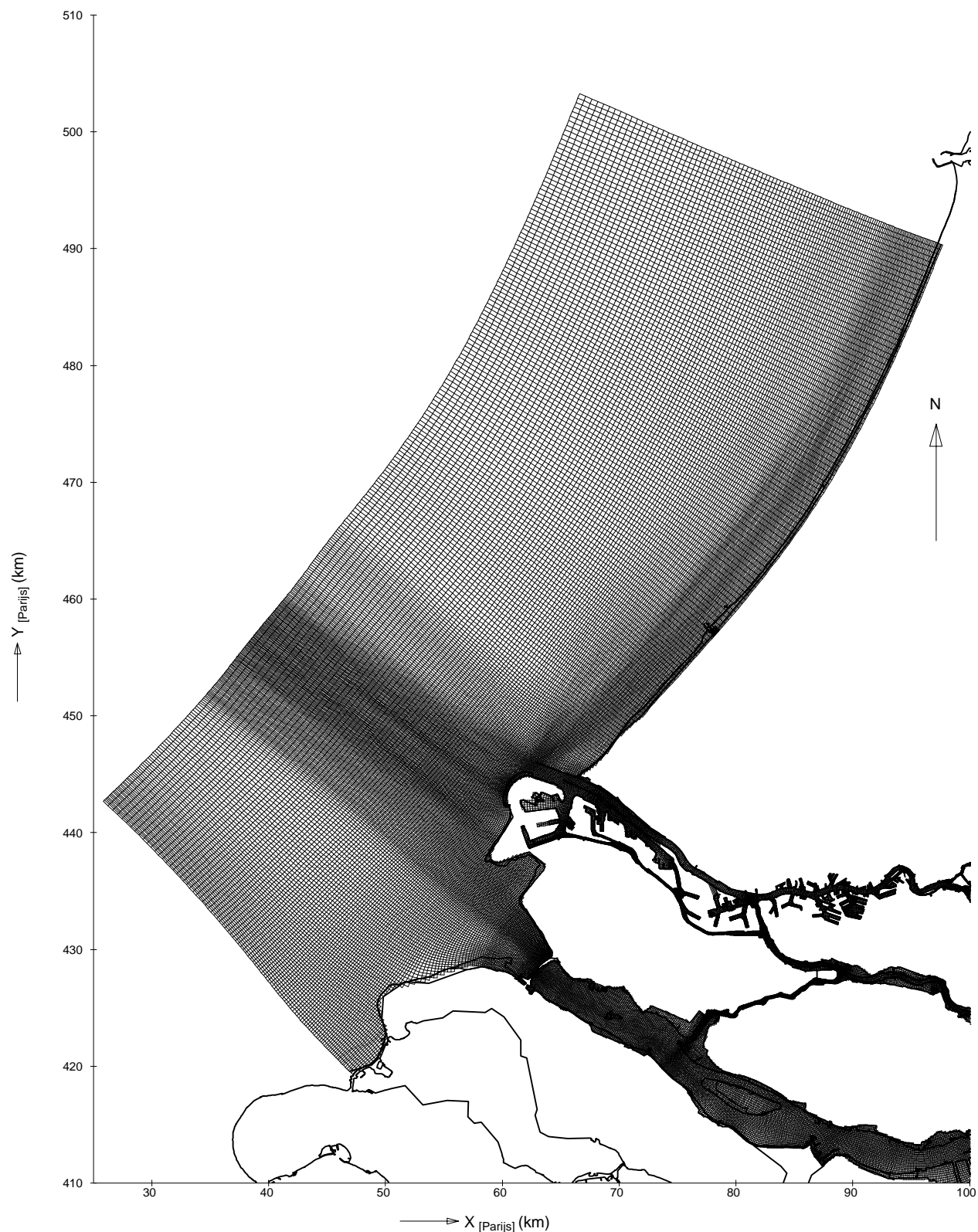
PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 2.15





BOUW EN EERSTE AFREGELING
 Rekenrooster - zeegebied

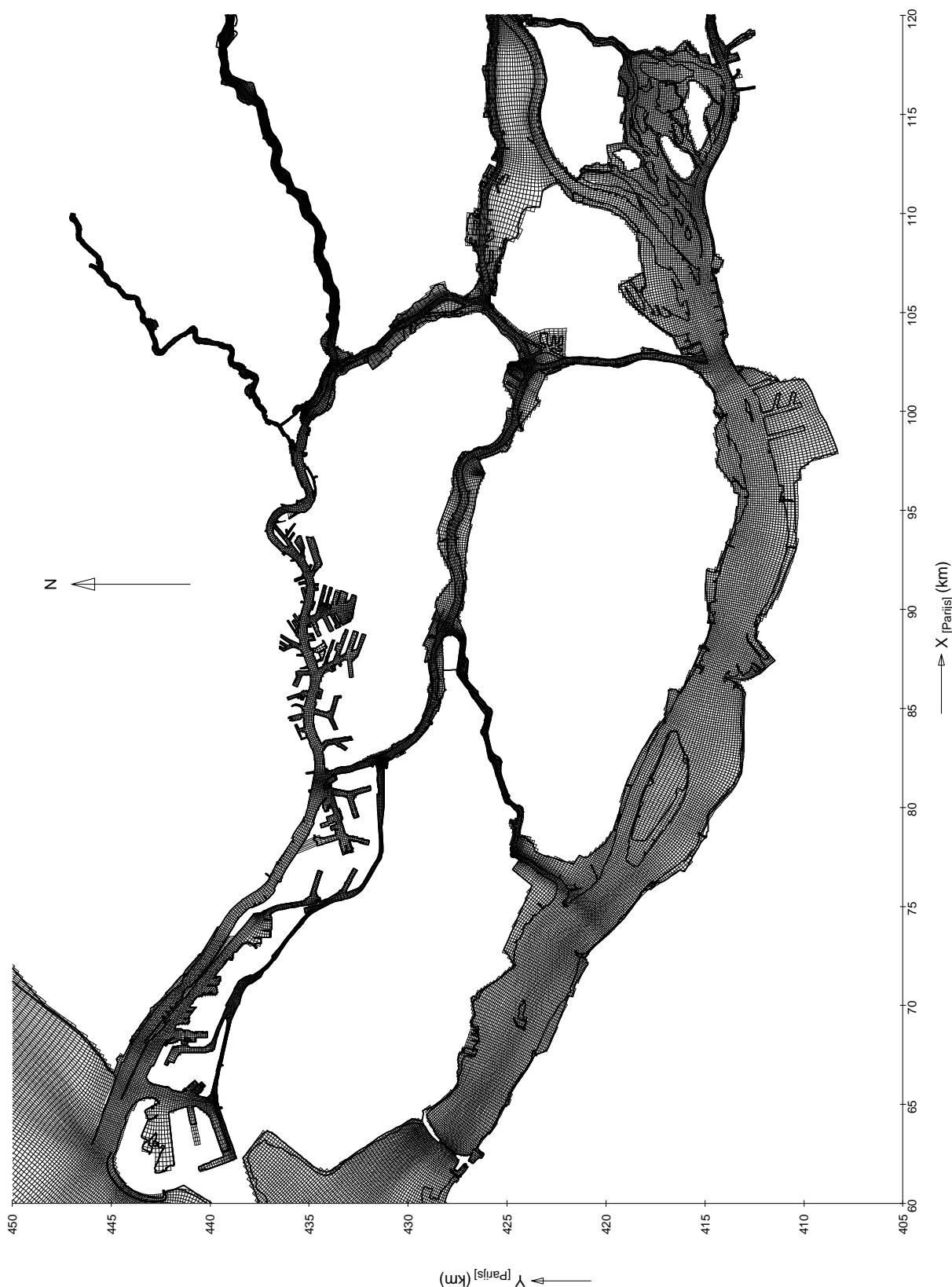
Schaal 1:500000

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 3.1



BOUW EN EERSTE AFREGELING
Rekenrooster - westelijk gedeelte

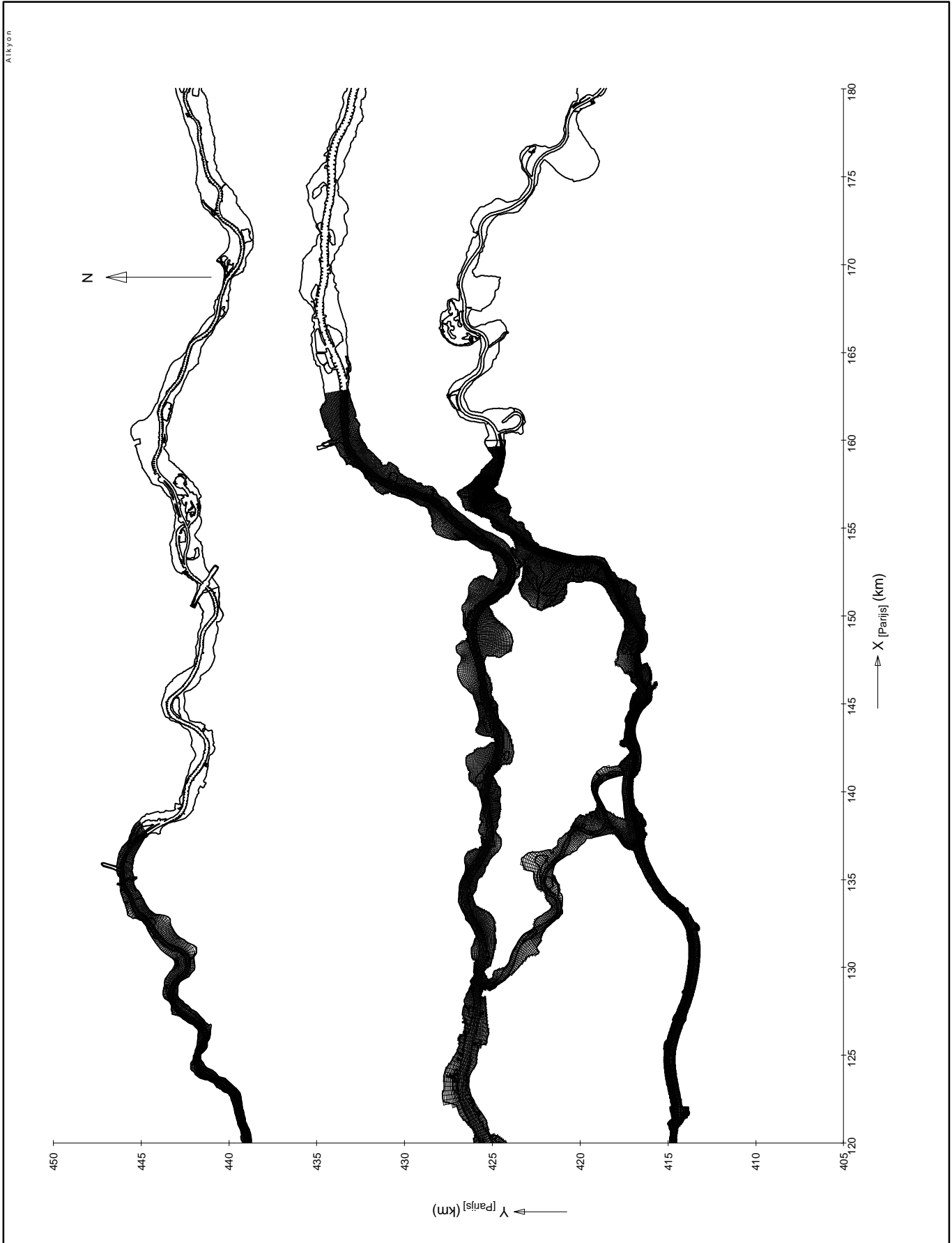
Schaal 1:300000

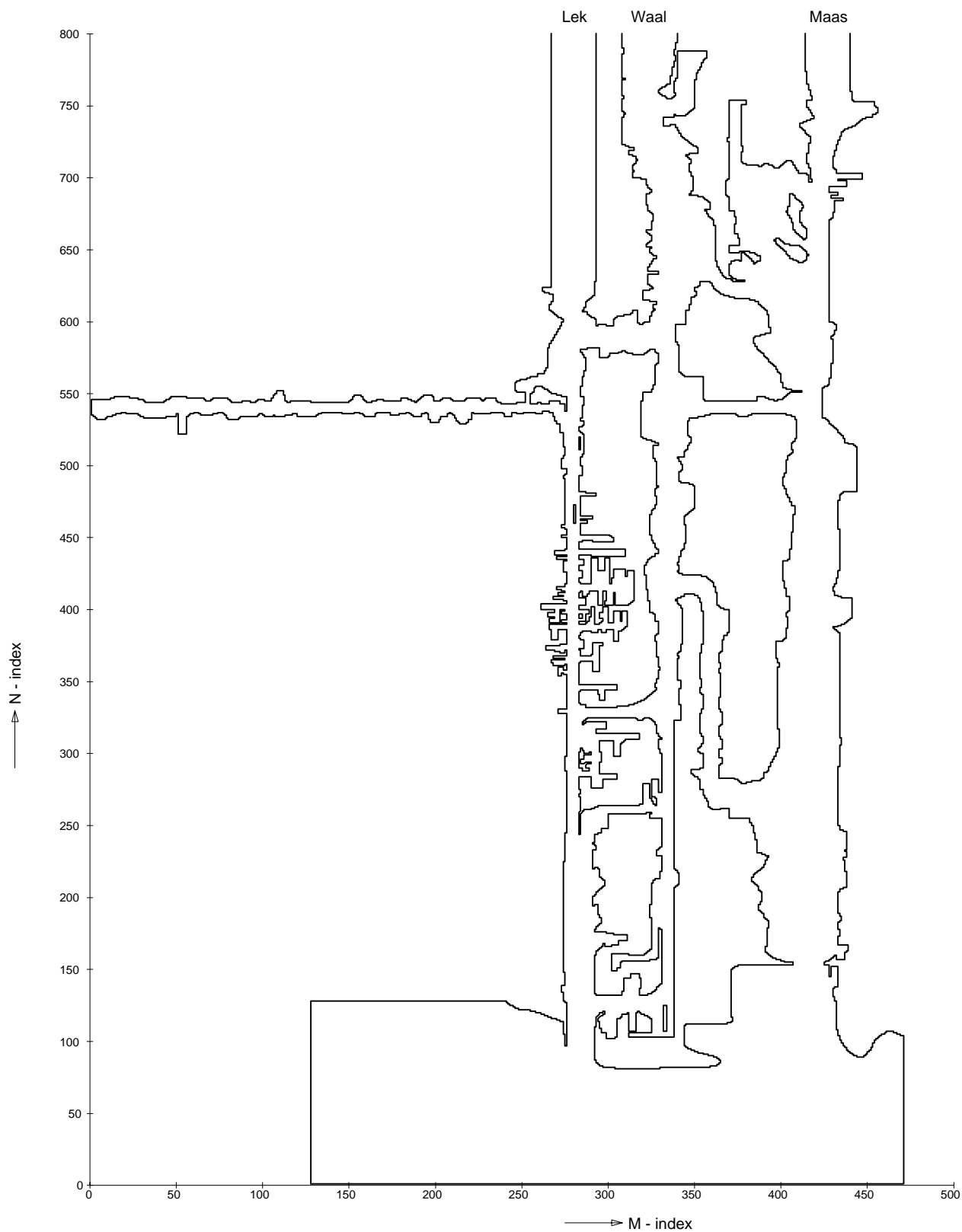
PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 3.2





BOUW EN EERSTE AFREGELING

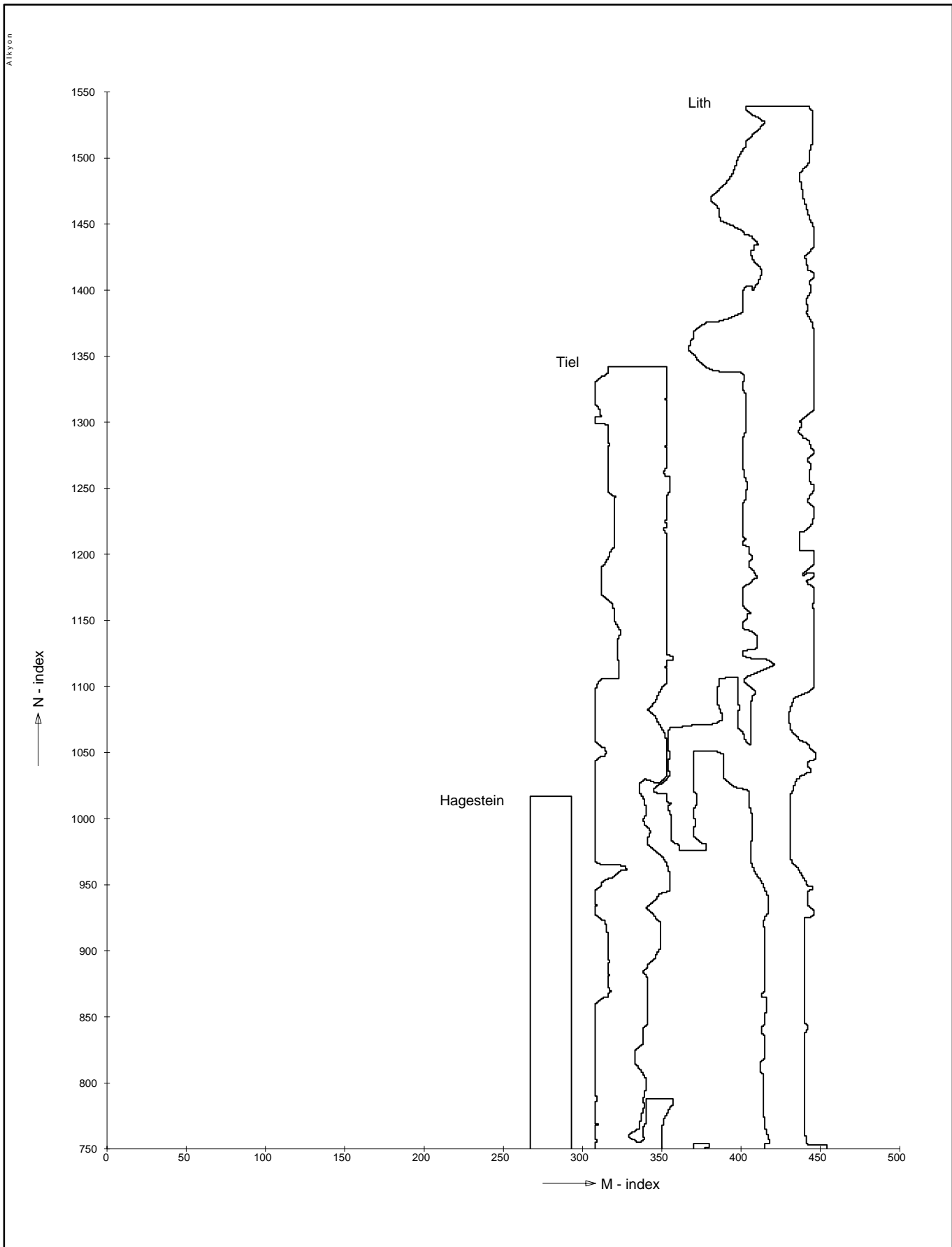
Rekenrooster - grid enclosure ; n= 1 tot 800

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 3.4



BOUW EN EERSTE AFREGELING

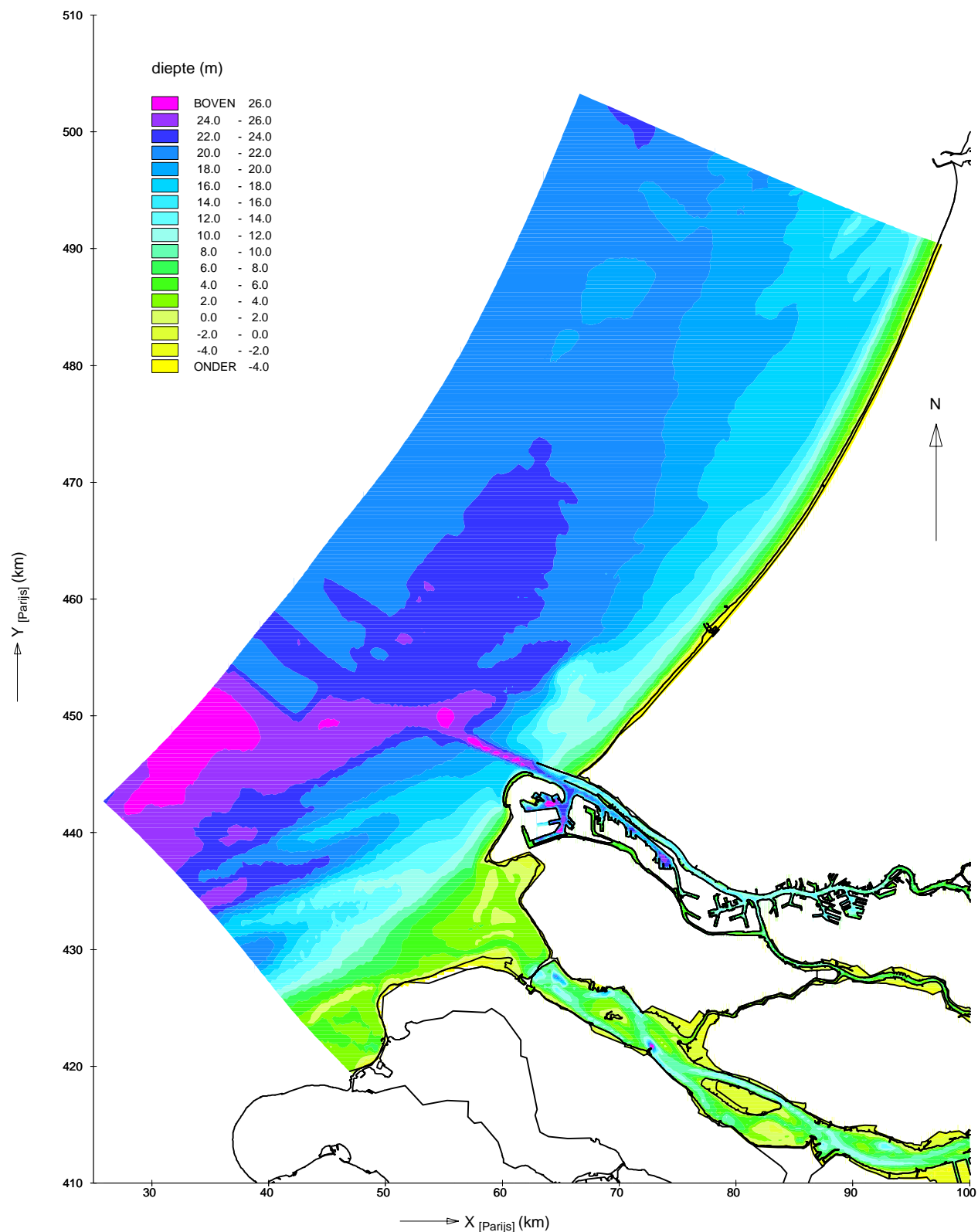
Rekenrooster - grid enclosure ; n= 750 tot 1550

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 3.5



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Diepteschematisatie - zeegebied

1999 - situatie

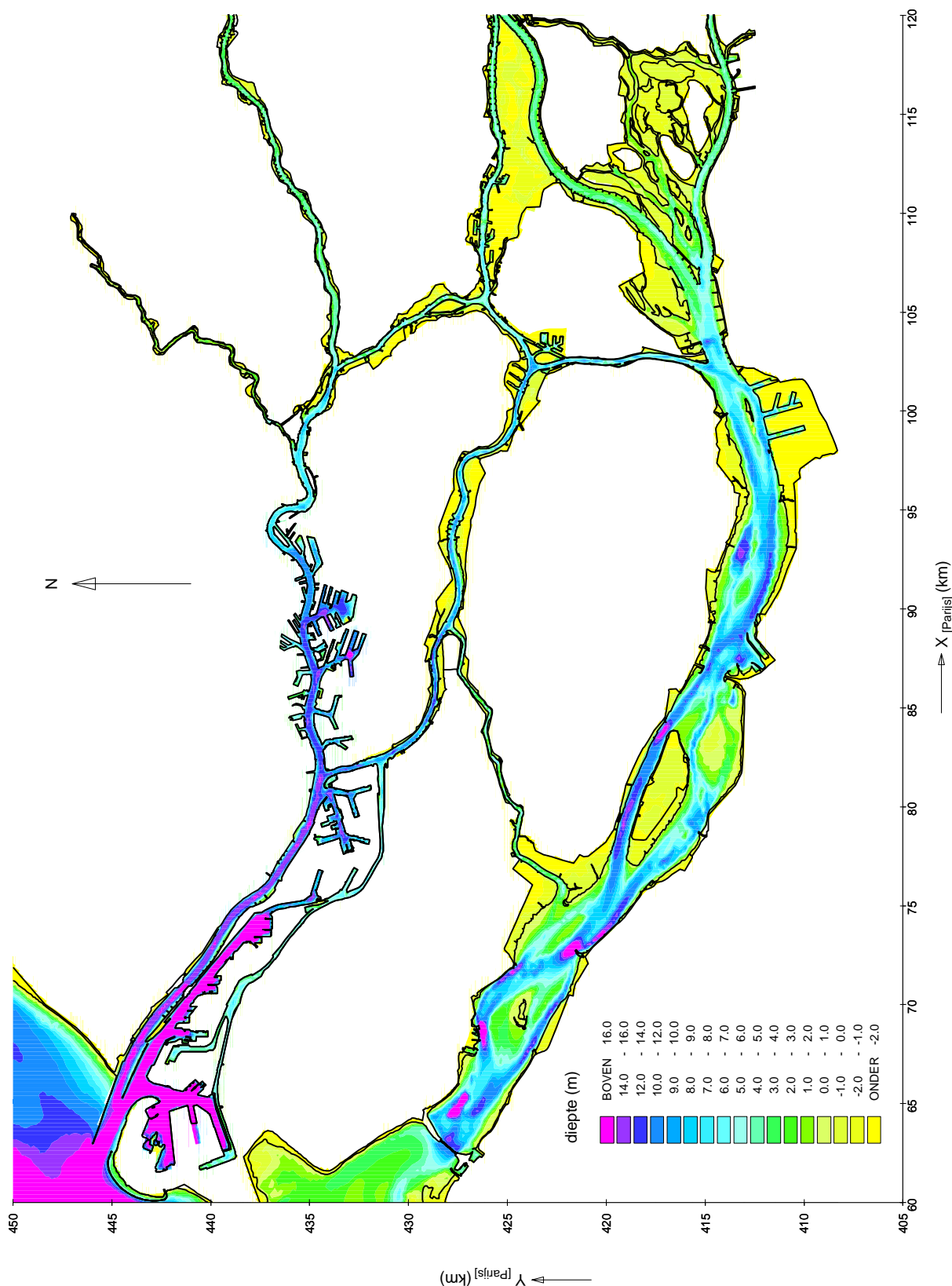
Schaal 1:500000

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 3.6



BOUW EN EERSTE AFREGELING
Diepteschematisatie - westelijk gedeelte

1999 - situatie

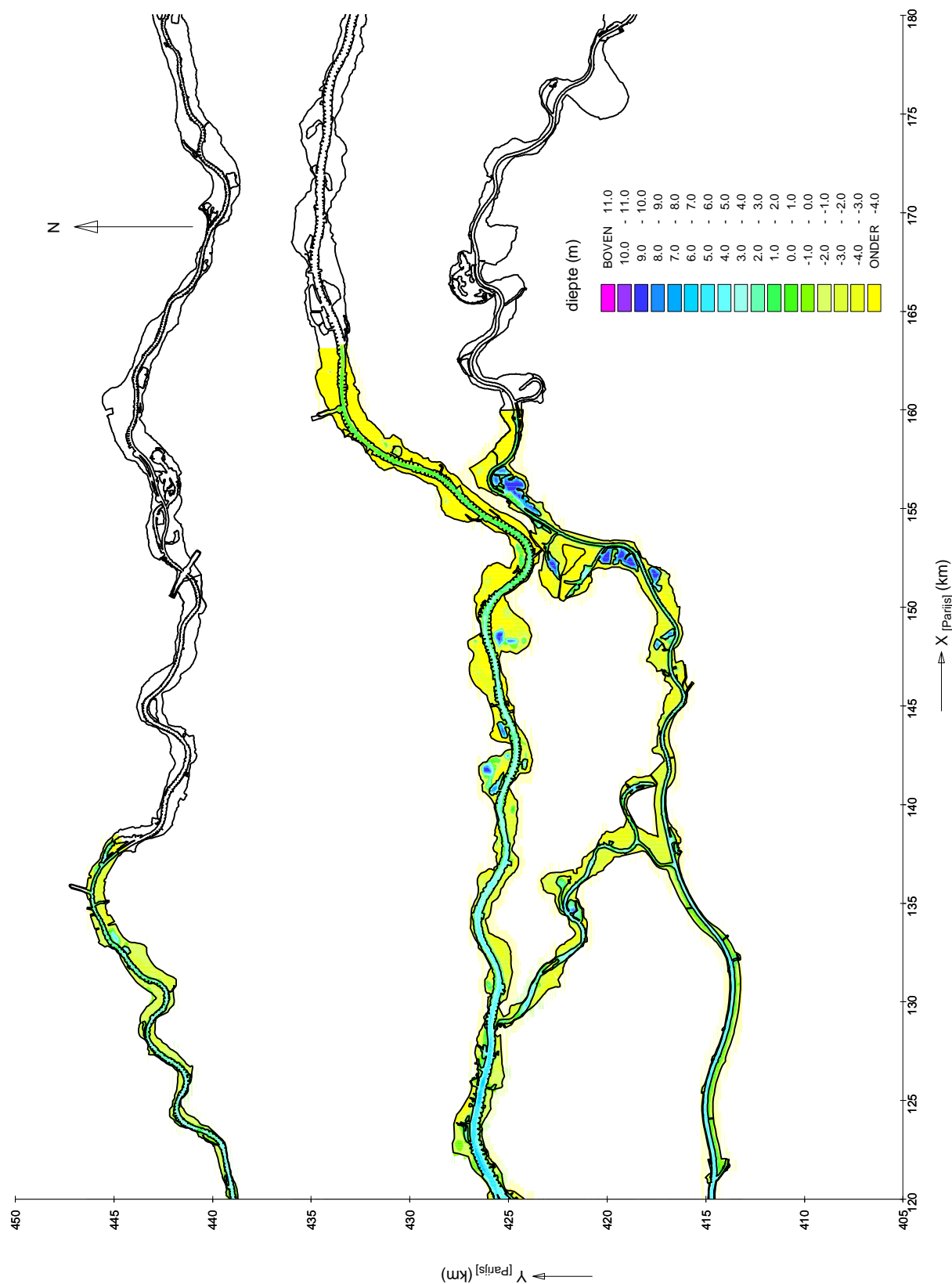
Schaal 1:300000

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 3.7



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Diepteschematisatie - oostelijk gedeelte

1999 - situatie

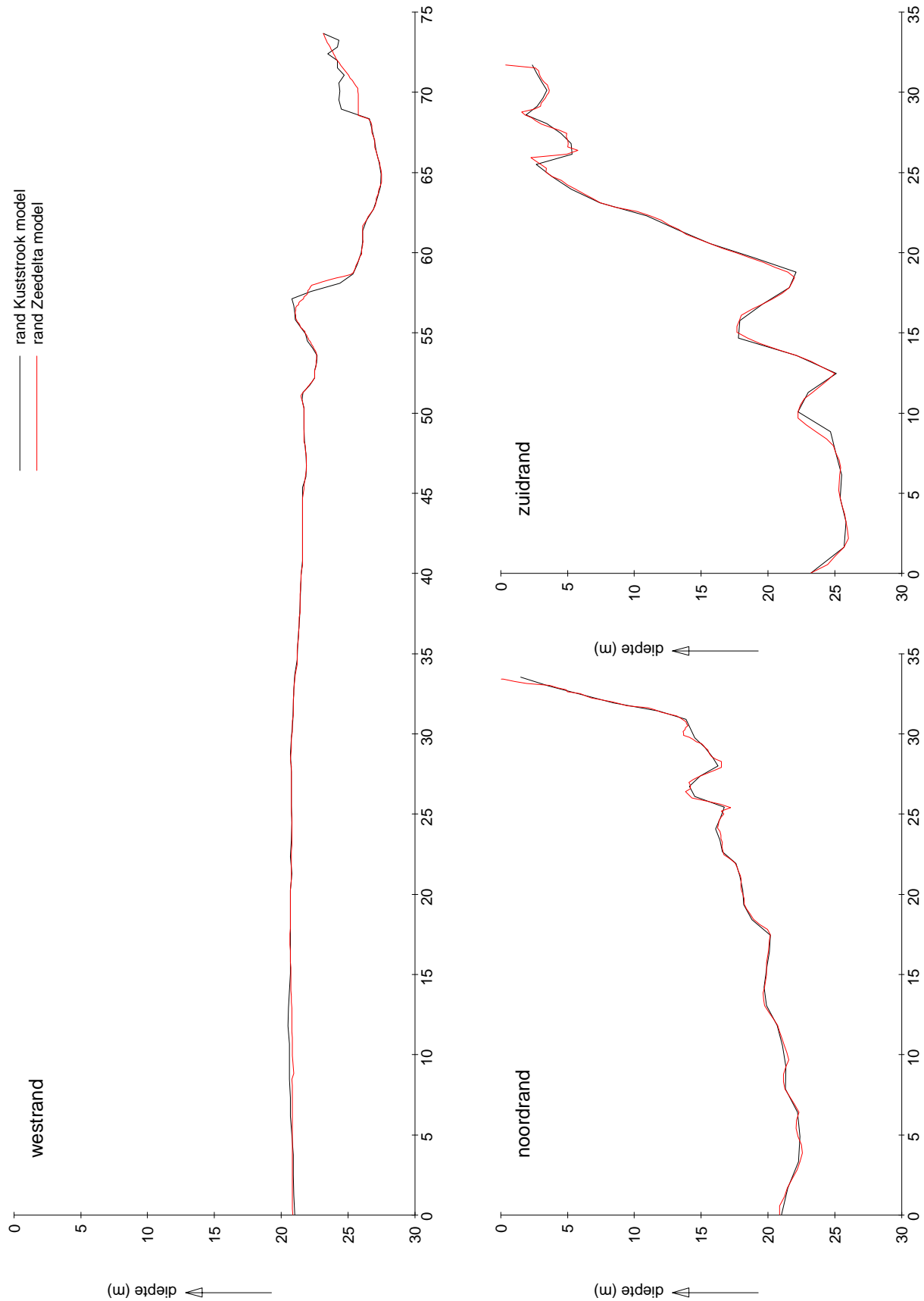
Schaal 1:300000

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 3.8



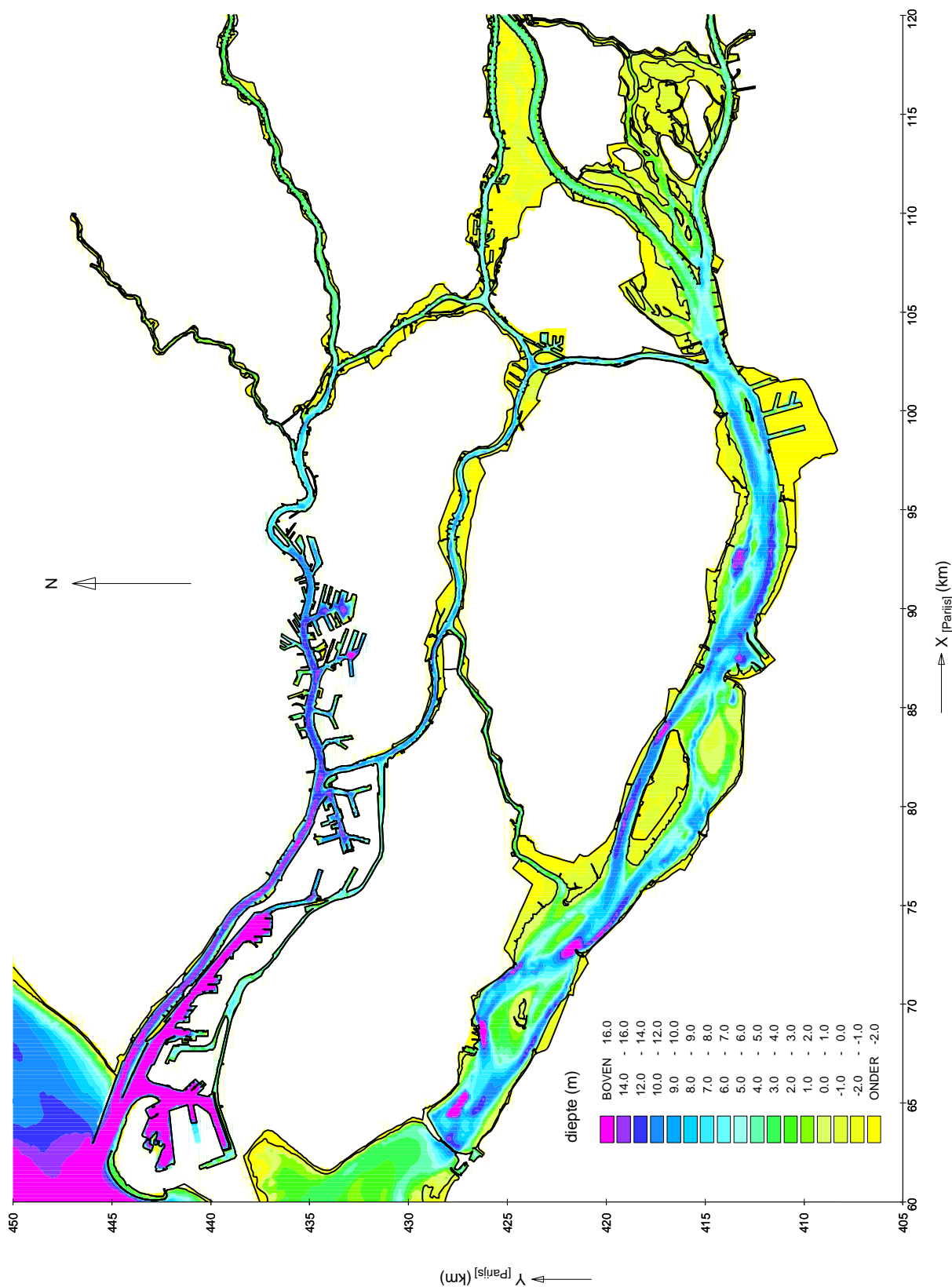
BOUW EN EERSTE AFREGELING
Vergelijking dwarsprofielen langs zeerand

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 3.9



BOUW EN EERSTE AFREGELING
Diepteschematisatie - westelijk gedeelte

1985 - situatie

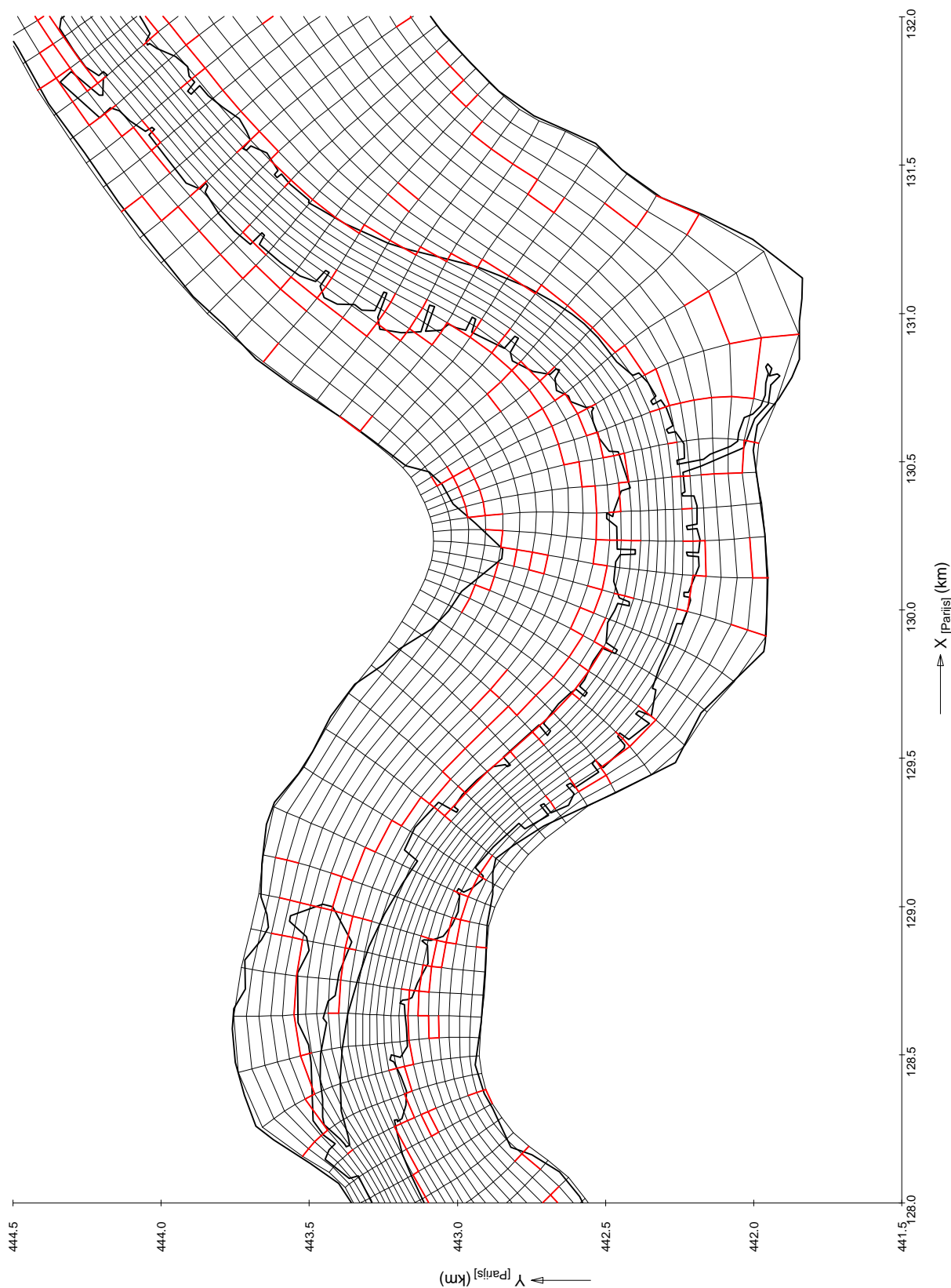
Schaal 1:300000

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 3.10



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Overlaten - gedeelte Lek

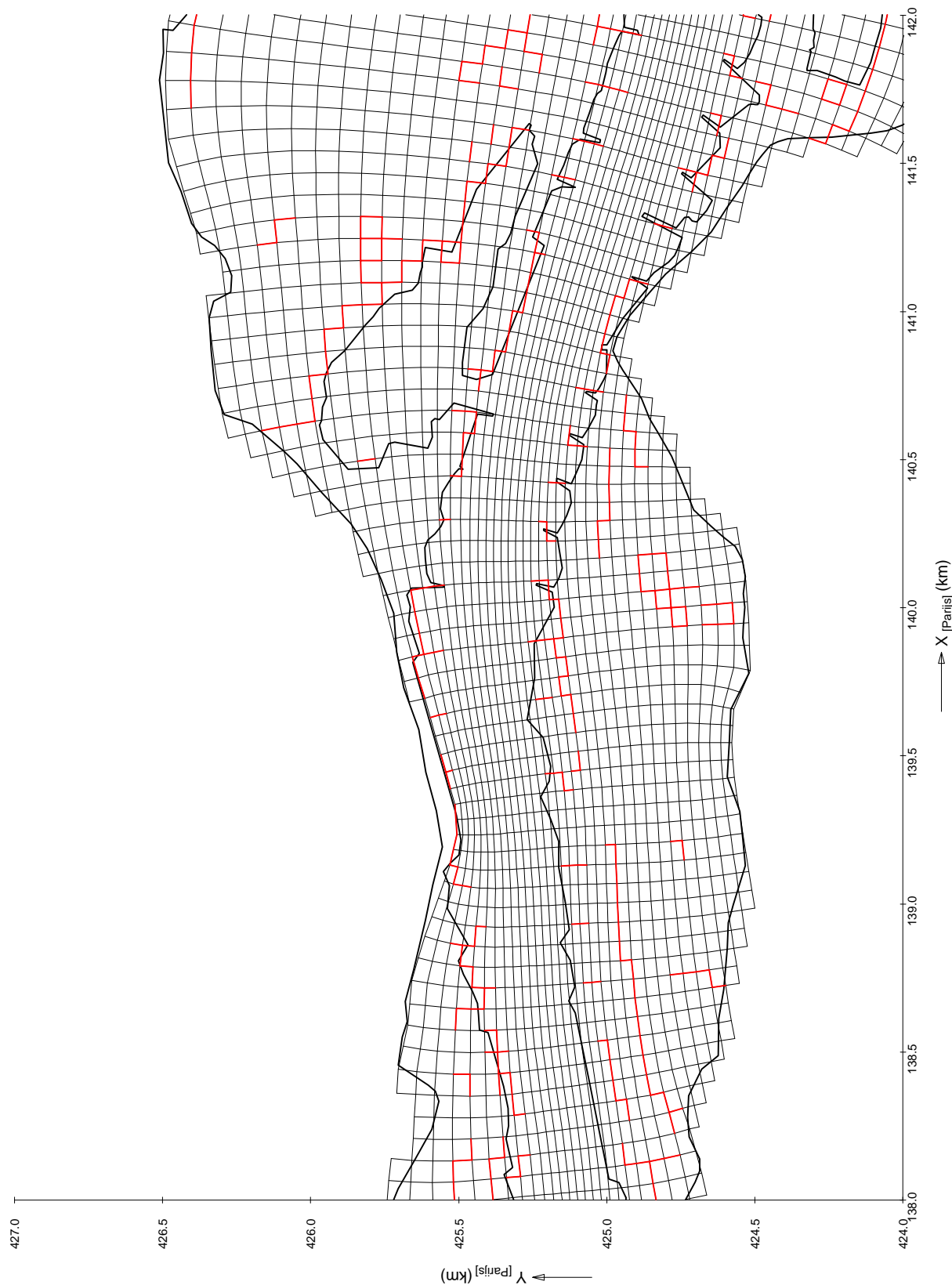
Schaal 1:20000

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 3.11



BOUW EN EERSTE AFREGELING
Overlaten - gedeelte Waal

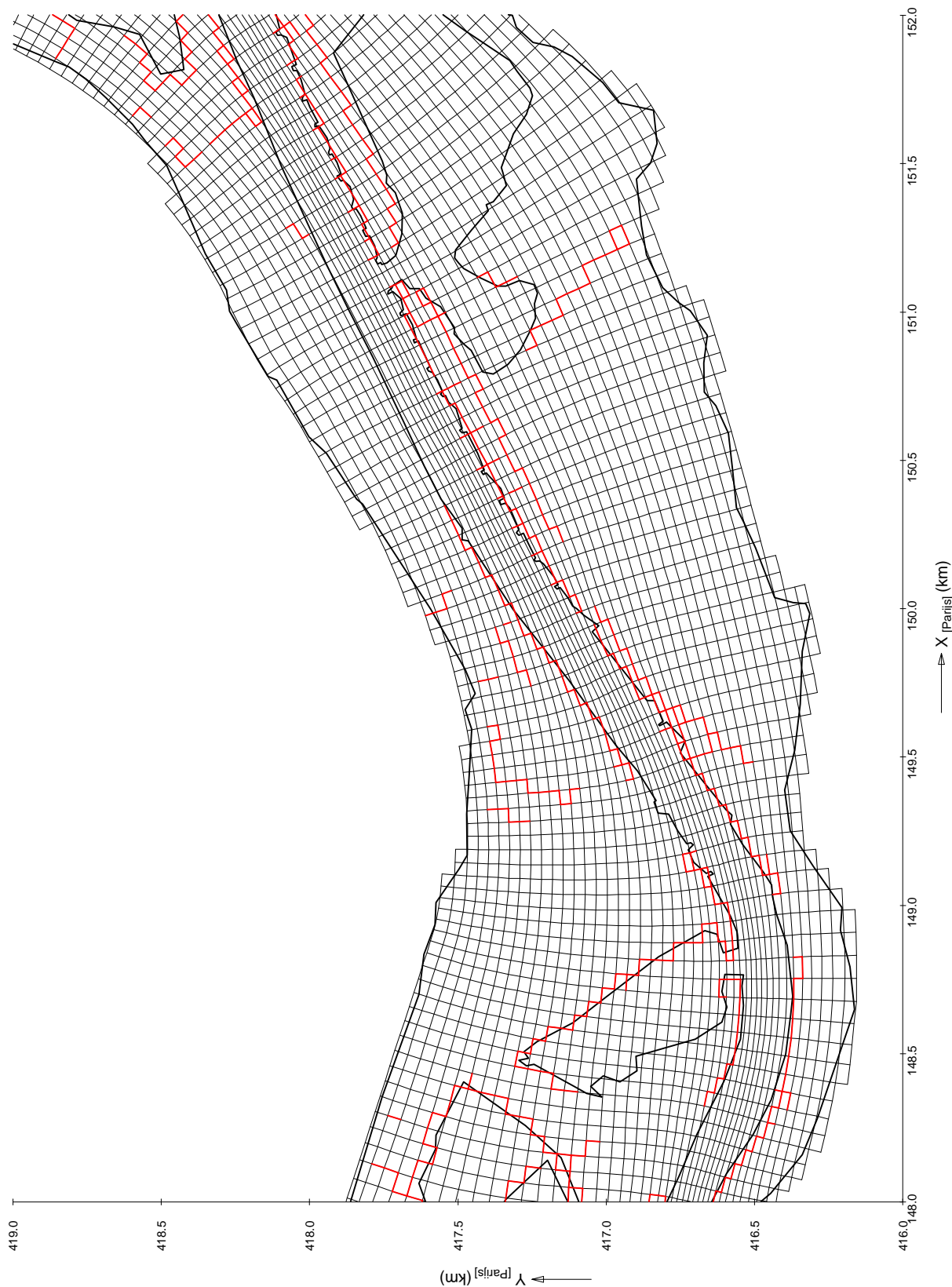
Schaal 1:20000

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 3.12



BOUW EN EERSTE AFREGELING
Overlaten - gedeelte Maas

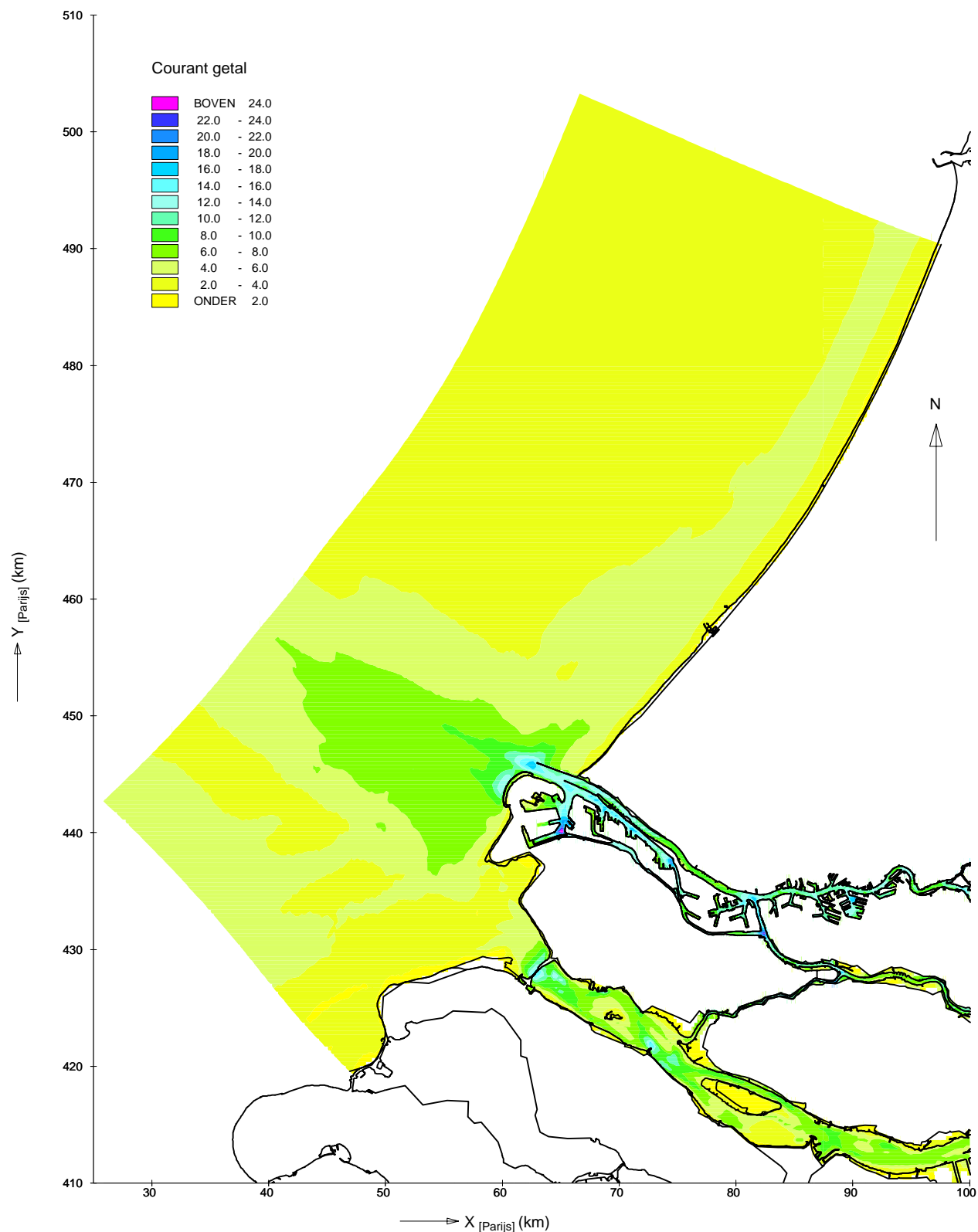
Schaal 1:20000

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 3.13



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Courant getallen - zeegebied

Tijdstap 30 s en waterstand NAP +1 m

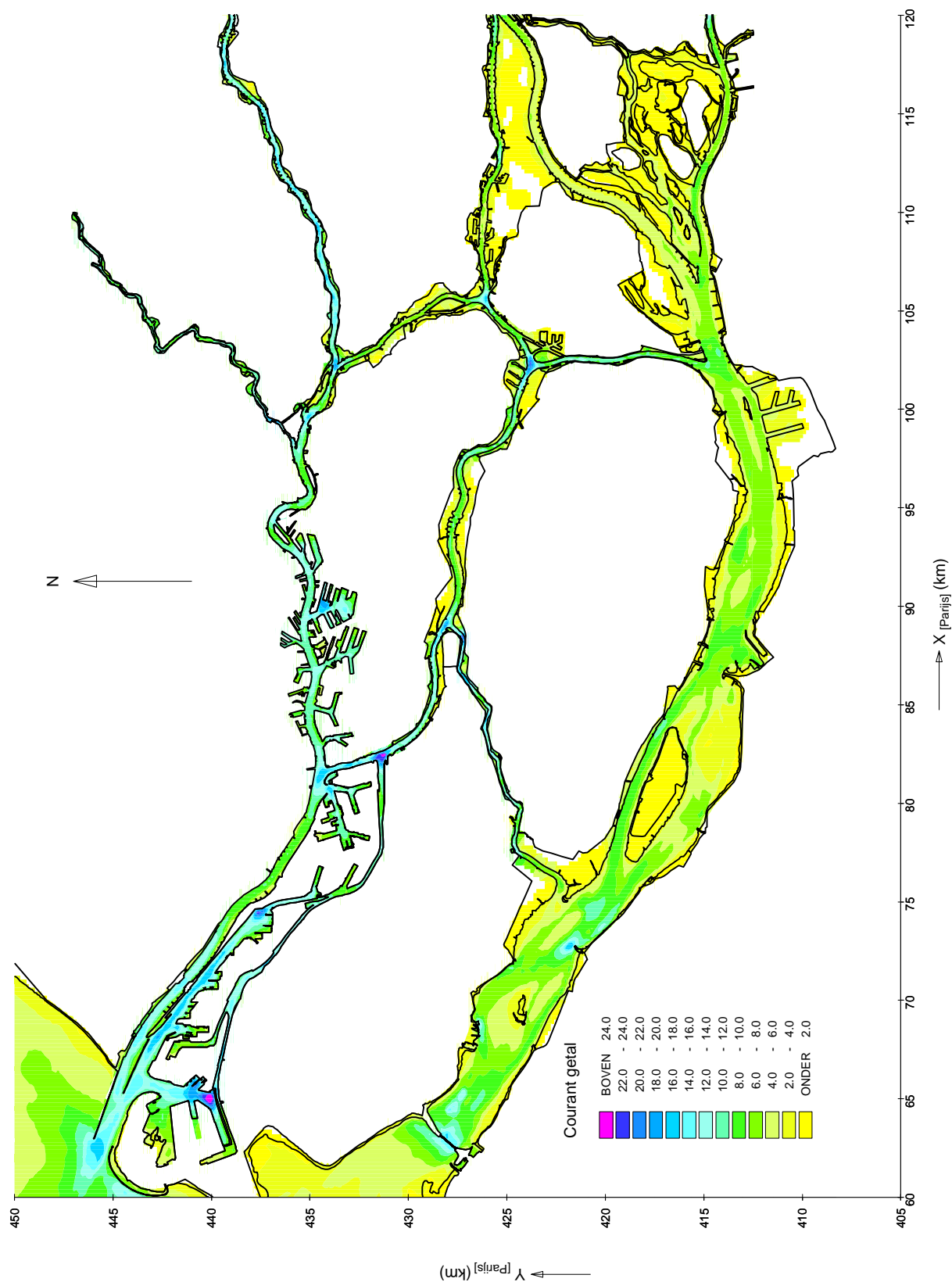
Schaal 1:500000

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 3.14



BOUW EN EERSTE AFREGELING
 Courant getallen - westelijk gedeelte
 Tijdstap 30 s en waterstand NAP +1 m

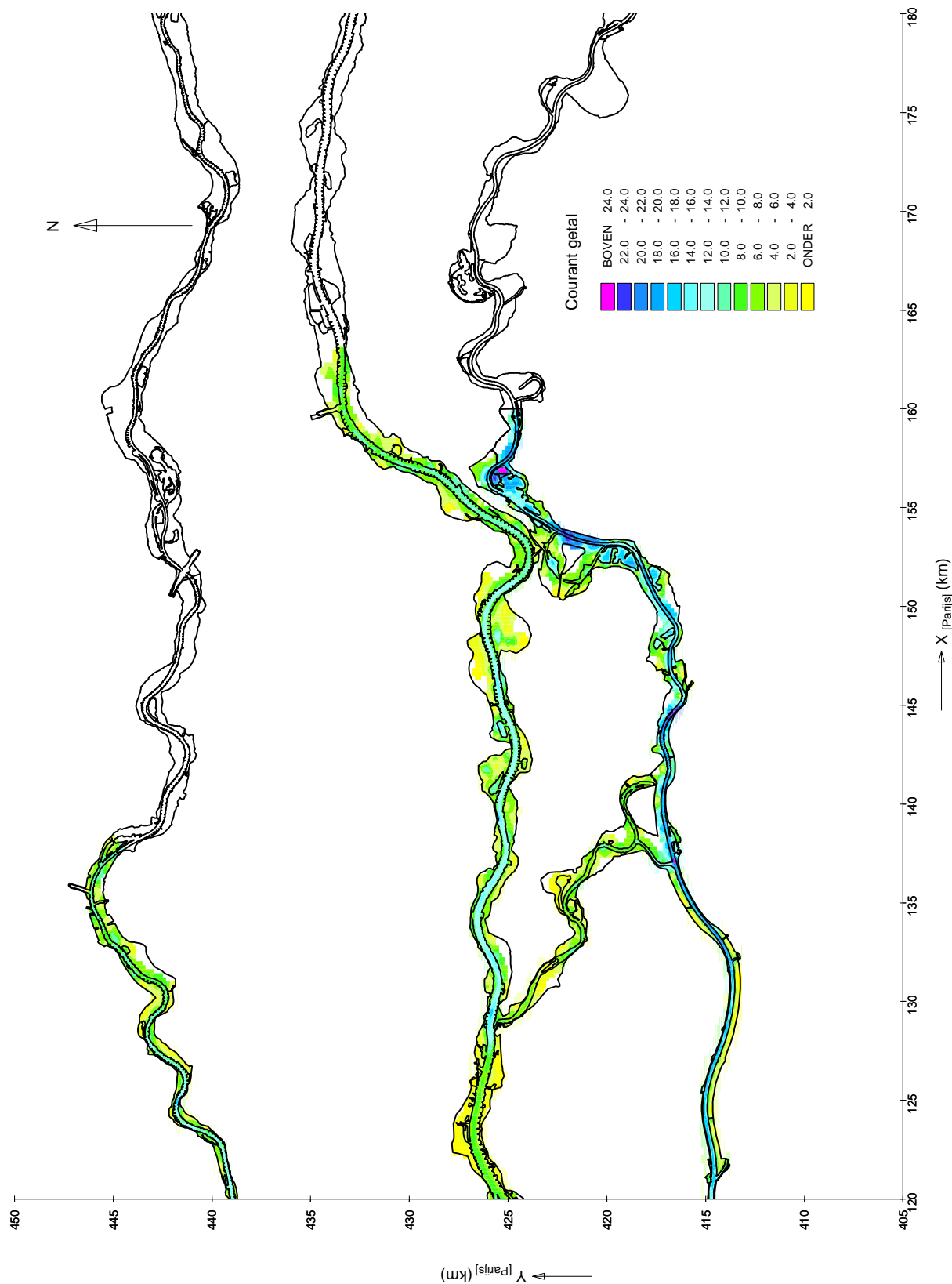
Schaal 1:300000

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

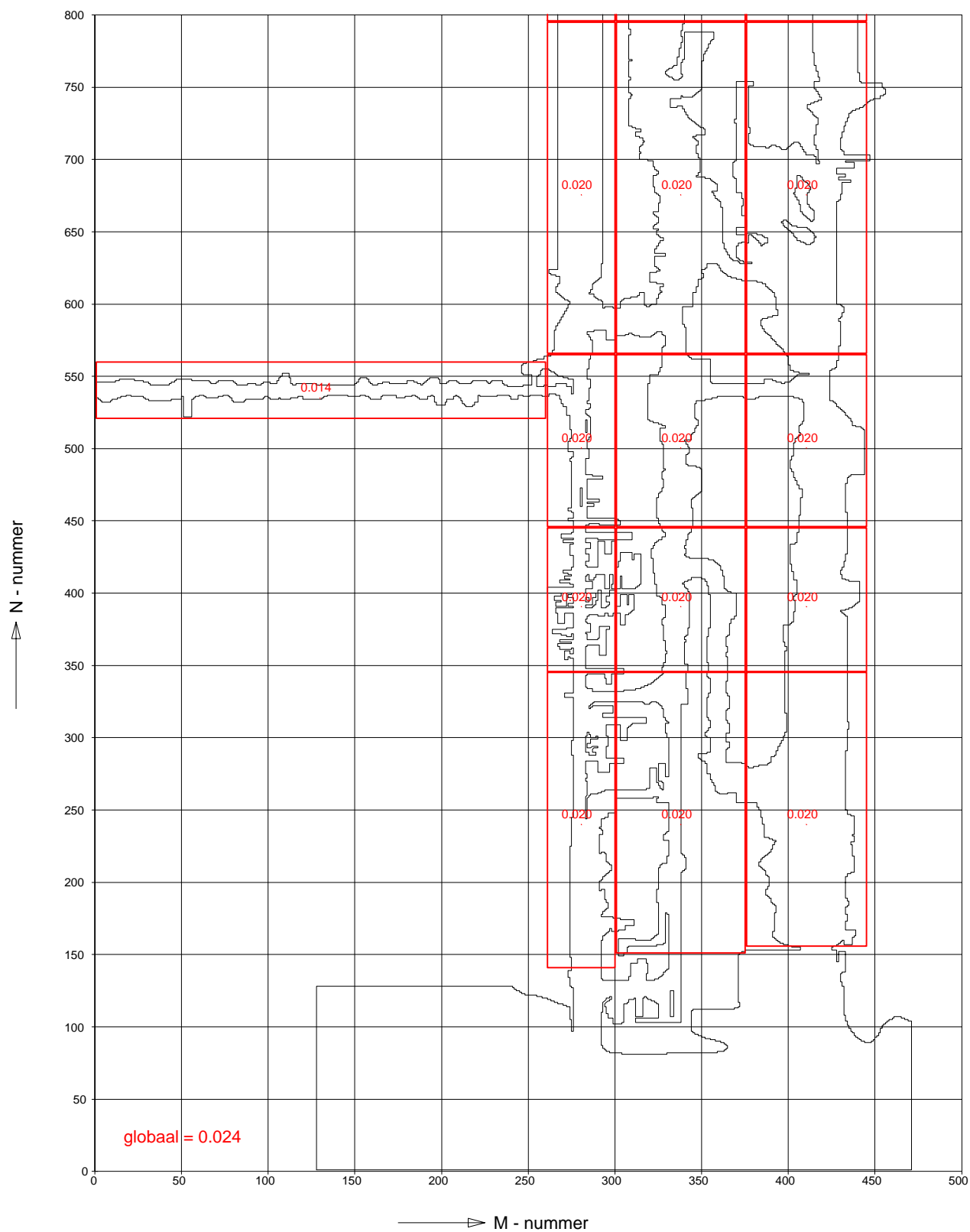
Alkyon

Fig. 3.15



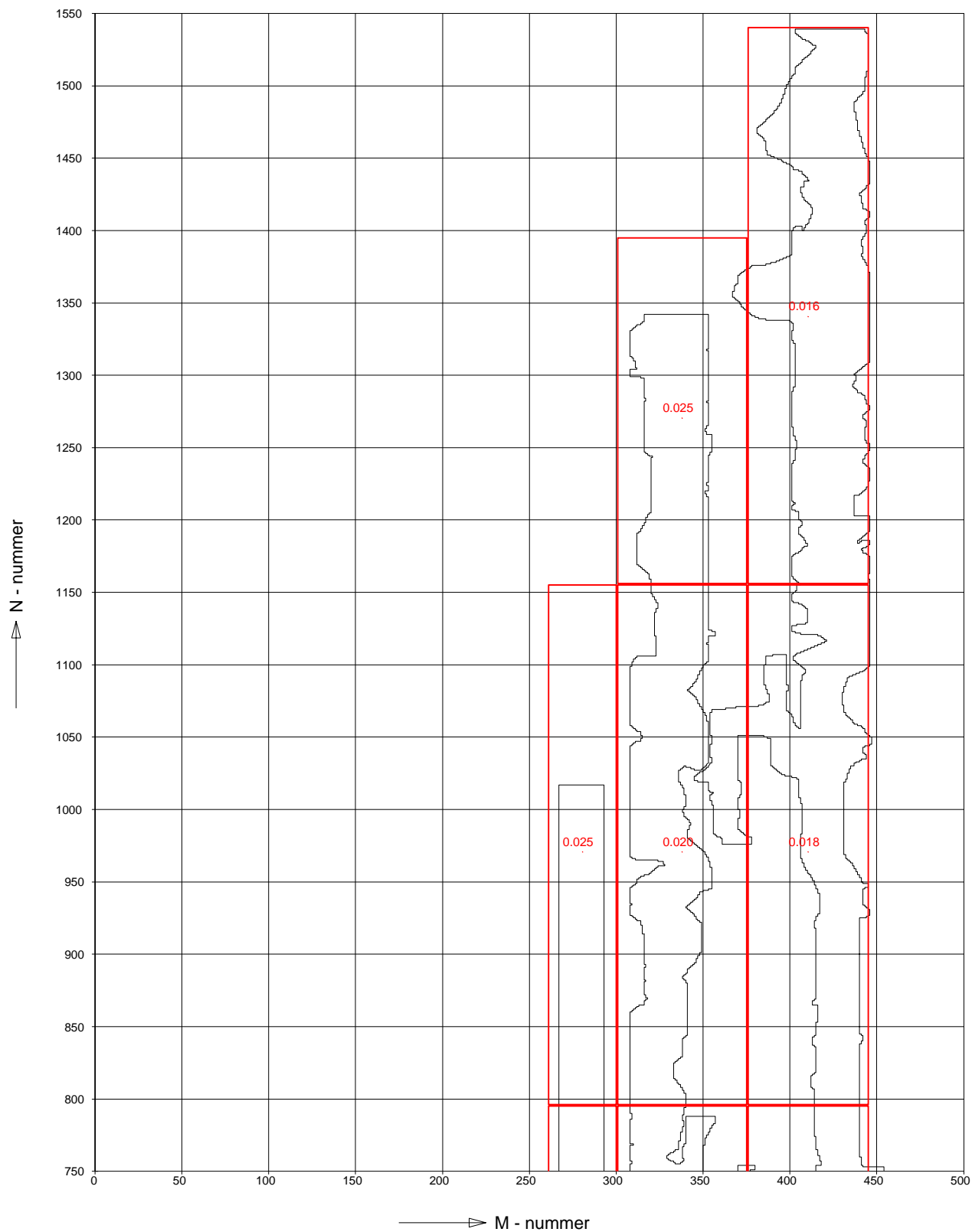
BOUW EN EERSTE AFREGELING
 Courant getallen - oostelijk gedeelte
 Tijdstap 30 s en waterstand NAP +1 m

Schaal 1:300000



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Ruwheidswaarden (Manning), N = 1 tot 800



BOUW EN EERSTE AFREGELING

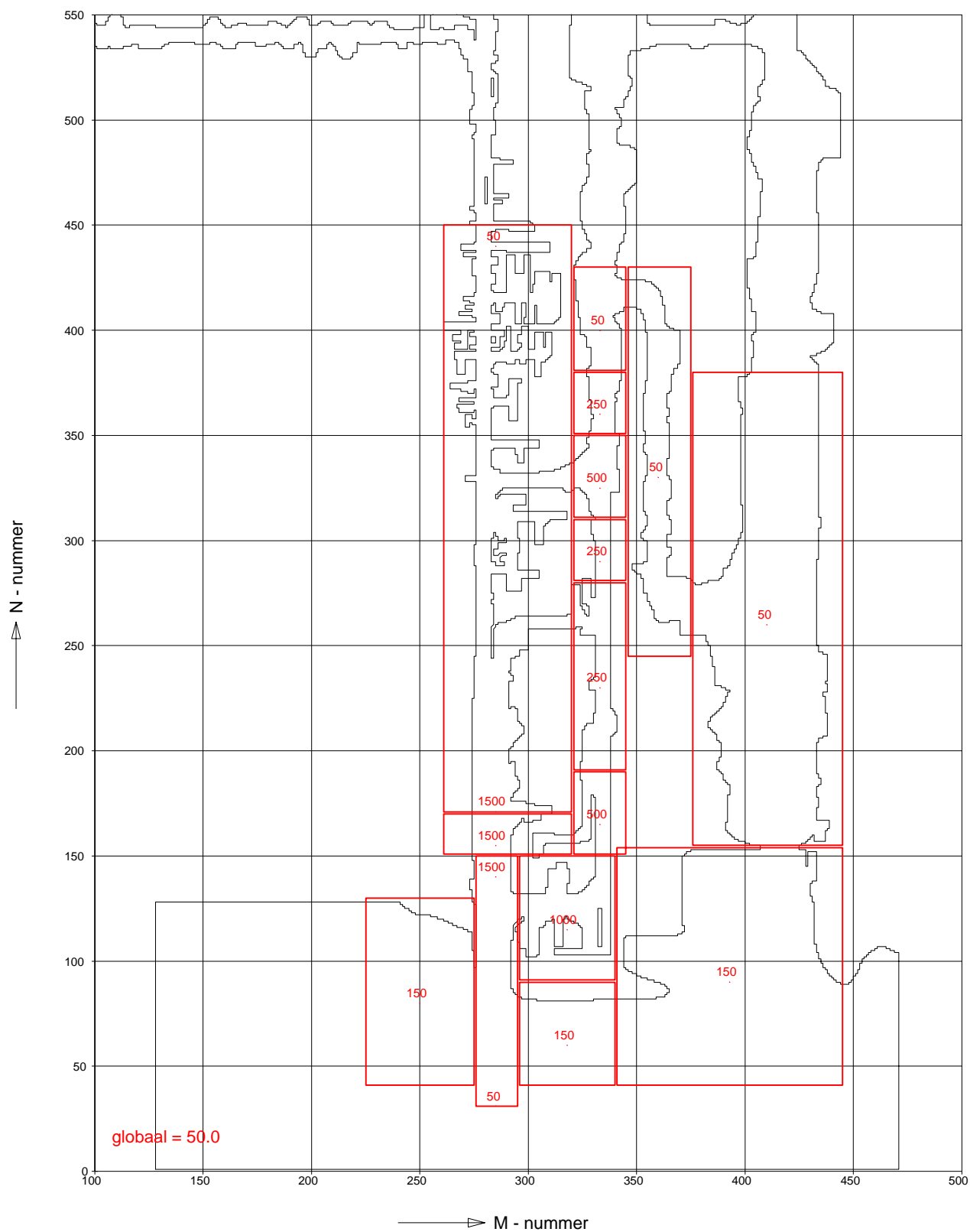
Ruwheidswaarden (Manning), N = 750 tot 1550

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

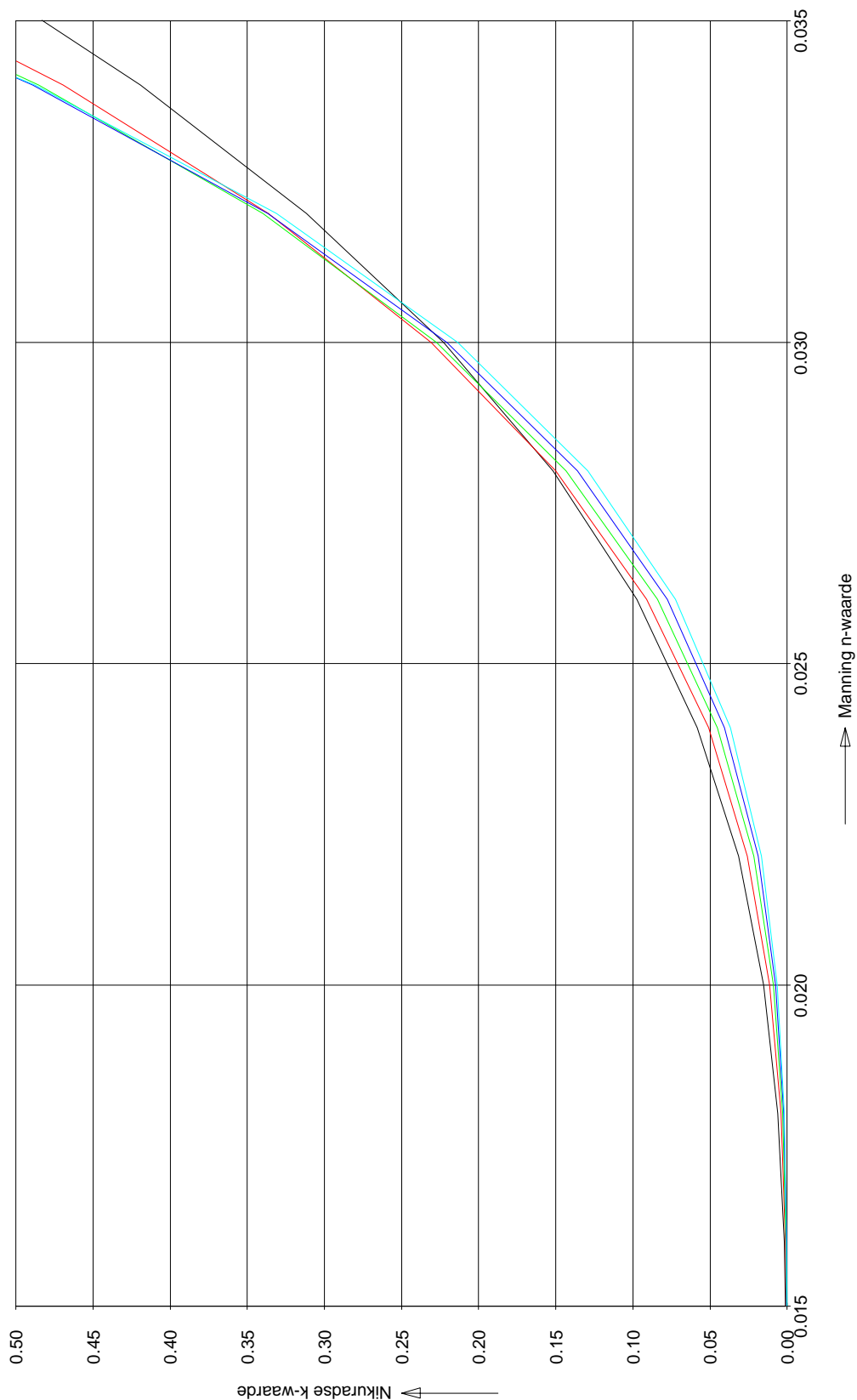
Fig. 3.18



BOUW EN EERSTE AFREGELING

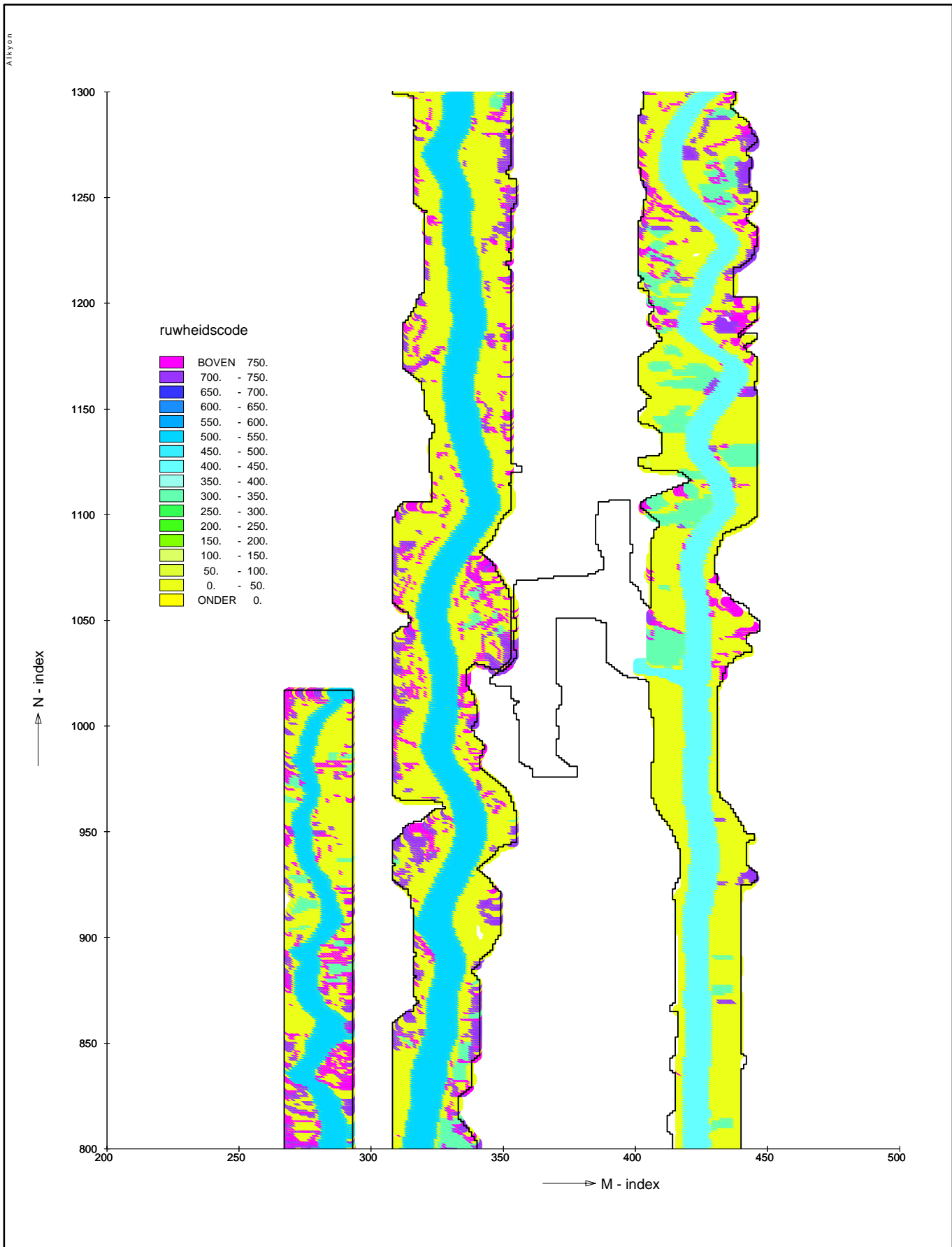
Diffusie coëfficiënten, N = 1 tot 550

- waterdiepte = 4 m
- waterdiepte = 8 m
- waterdiepte = 12 m
- waterdiepte = 16 m
- waterdiepte = 20 m



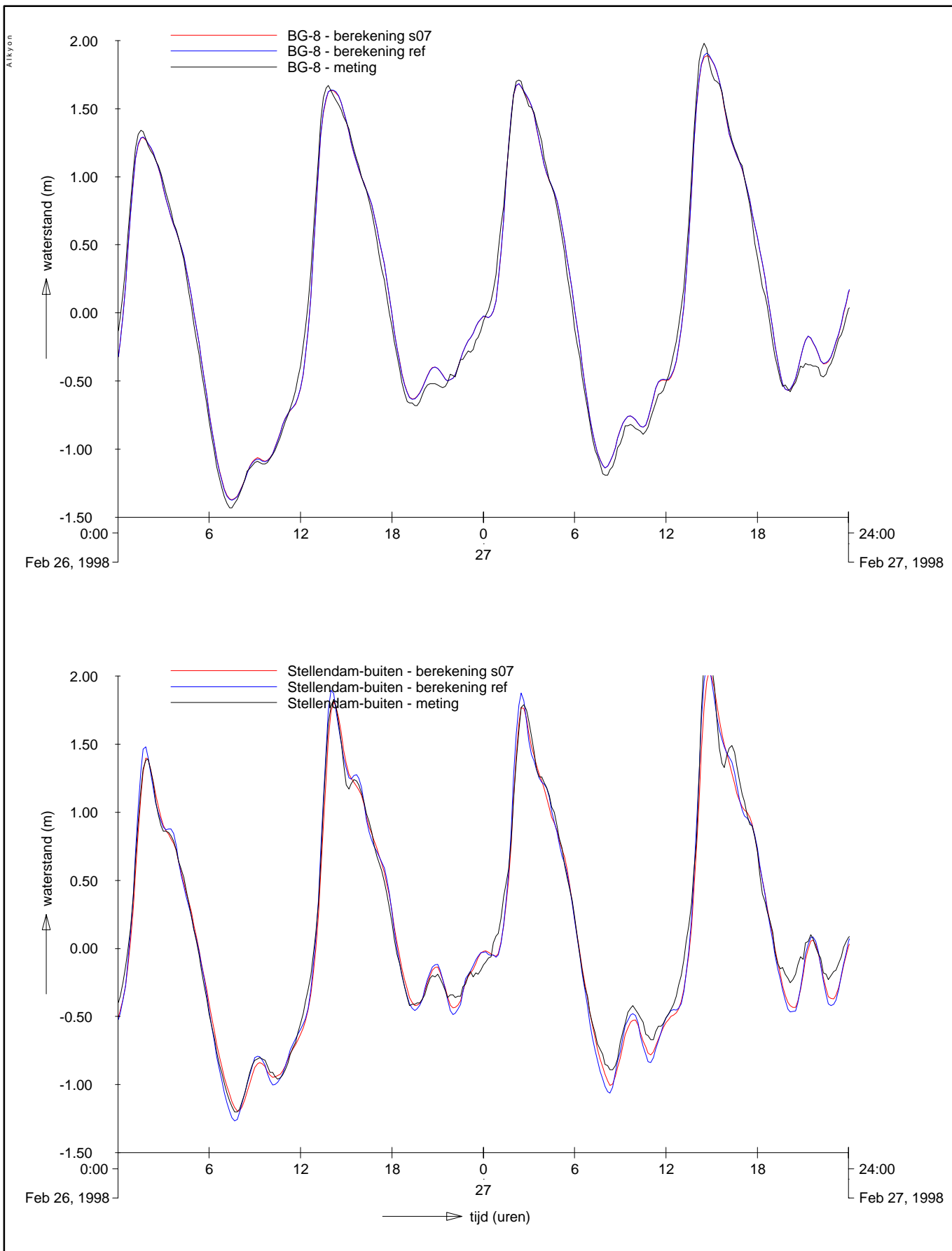
BOUW EN EERSTE AFREGELING

Manning-waarden versus Nikuradse-waarden bij gelijke Chezy-waarde



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Ruwheidscodes voor definitie Nikuradse waarde ; N= 800 tot 1300



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations BG-8 en Stellendam-buiten

Vergelijking meting en berekening

s07, ref

190600

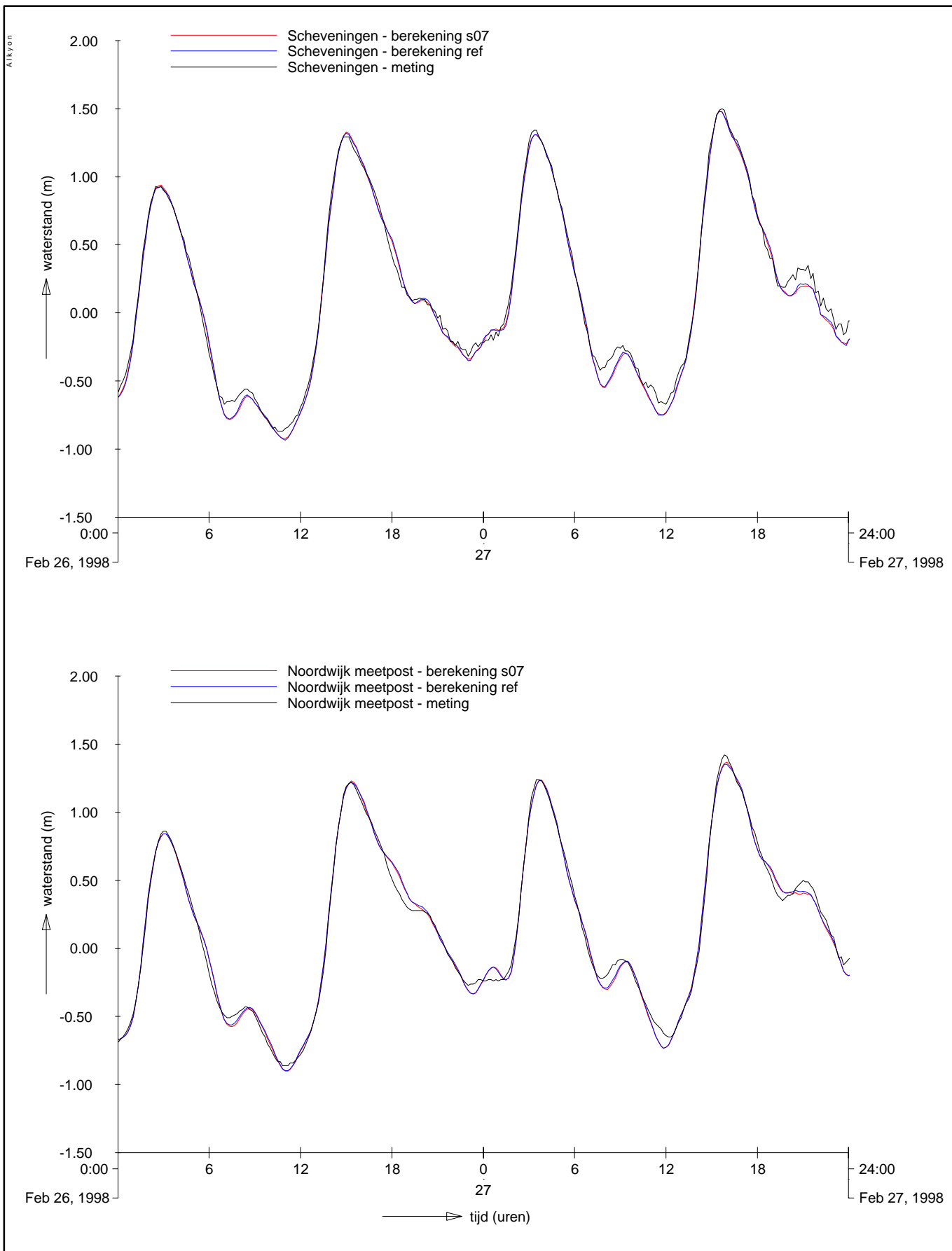
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.1



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Scheveningen en Noordwijk meetpost

Vergelijking meting en berekening

s07, ref

190600

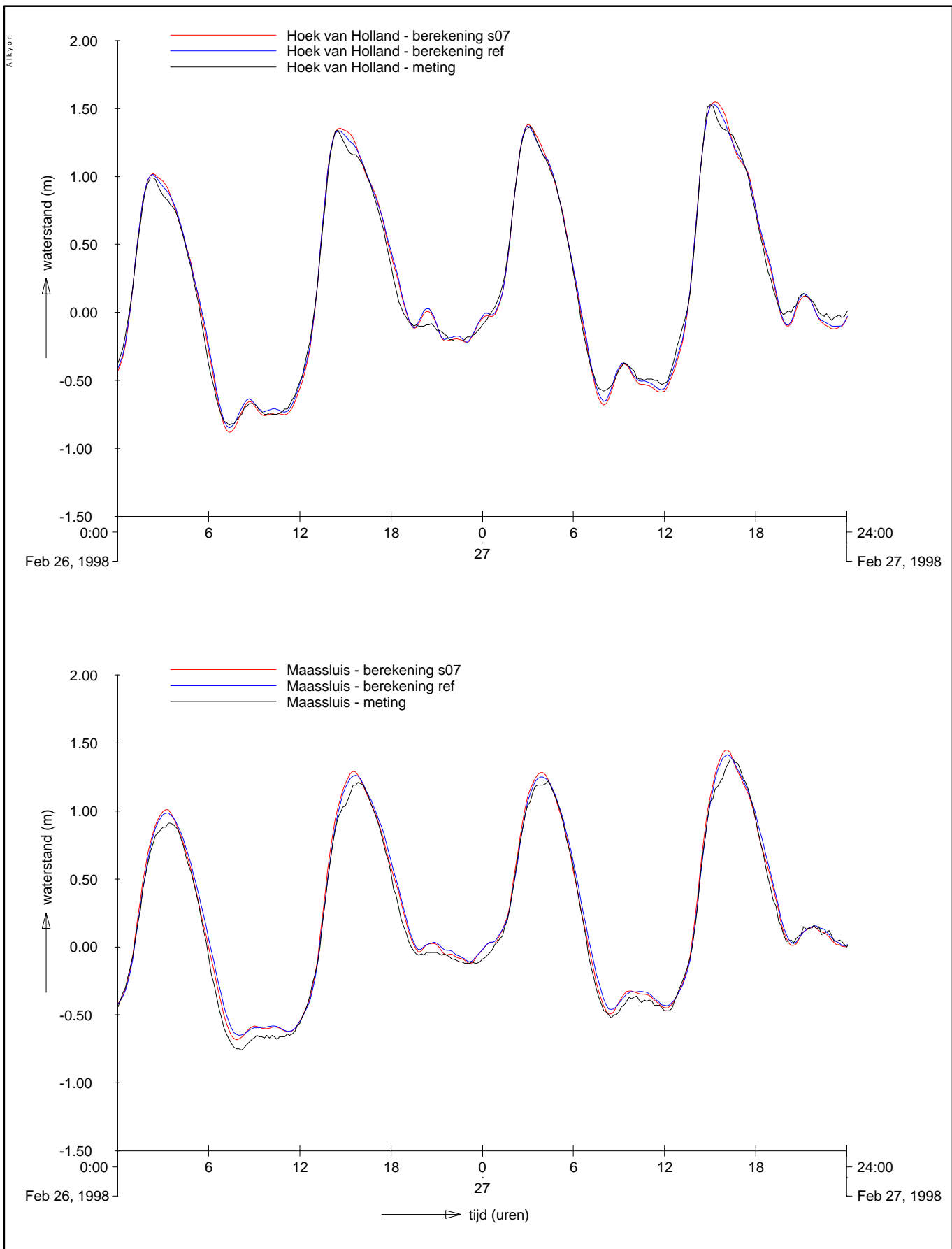
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.2



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Hoek van Holland en Maassluis

Vergelijking meting en berekening

s07, ref

190600

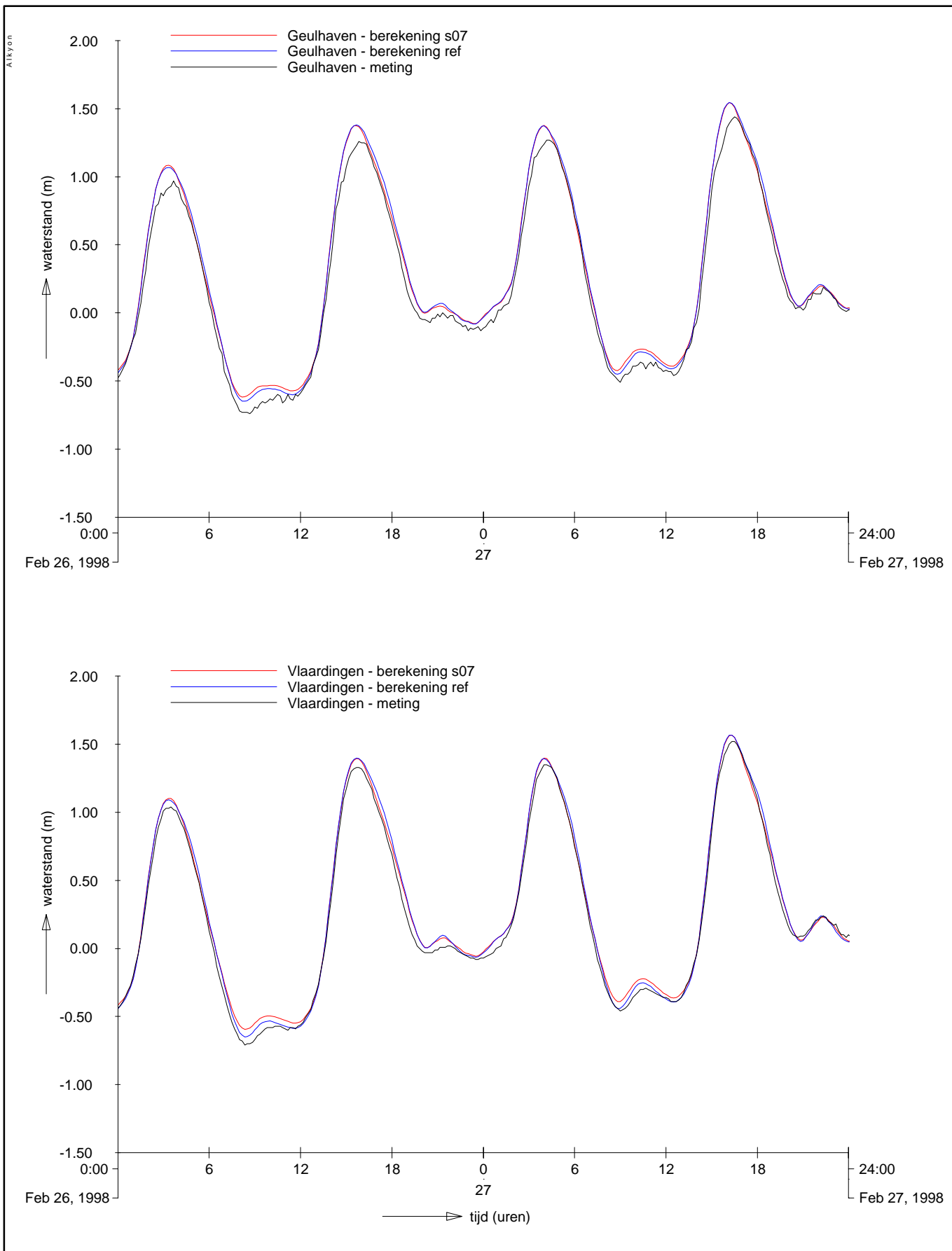
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.3



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Geulhaven en Vlaardingen

Vergelijking meting en berekening

s07, ref

190600

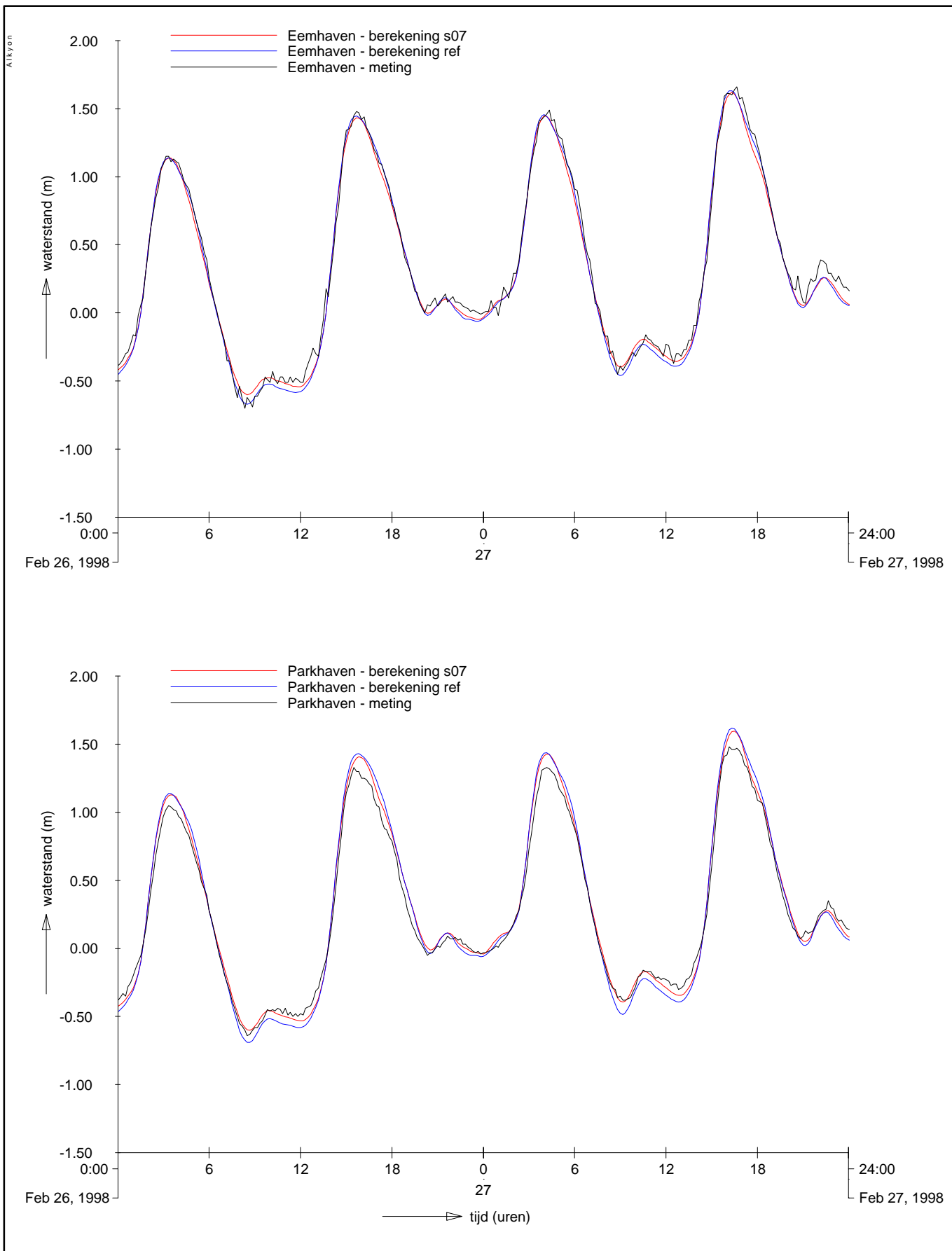
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.4



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Eemhaven en Parkhaven

Vergelijking meting en berekening

s07, ref

190600

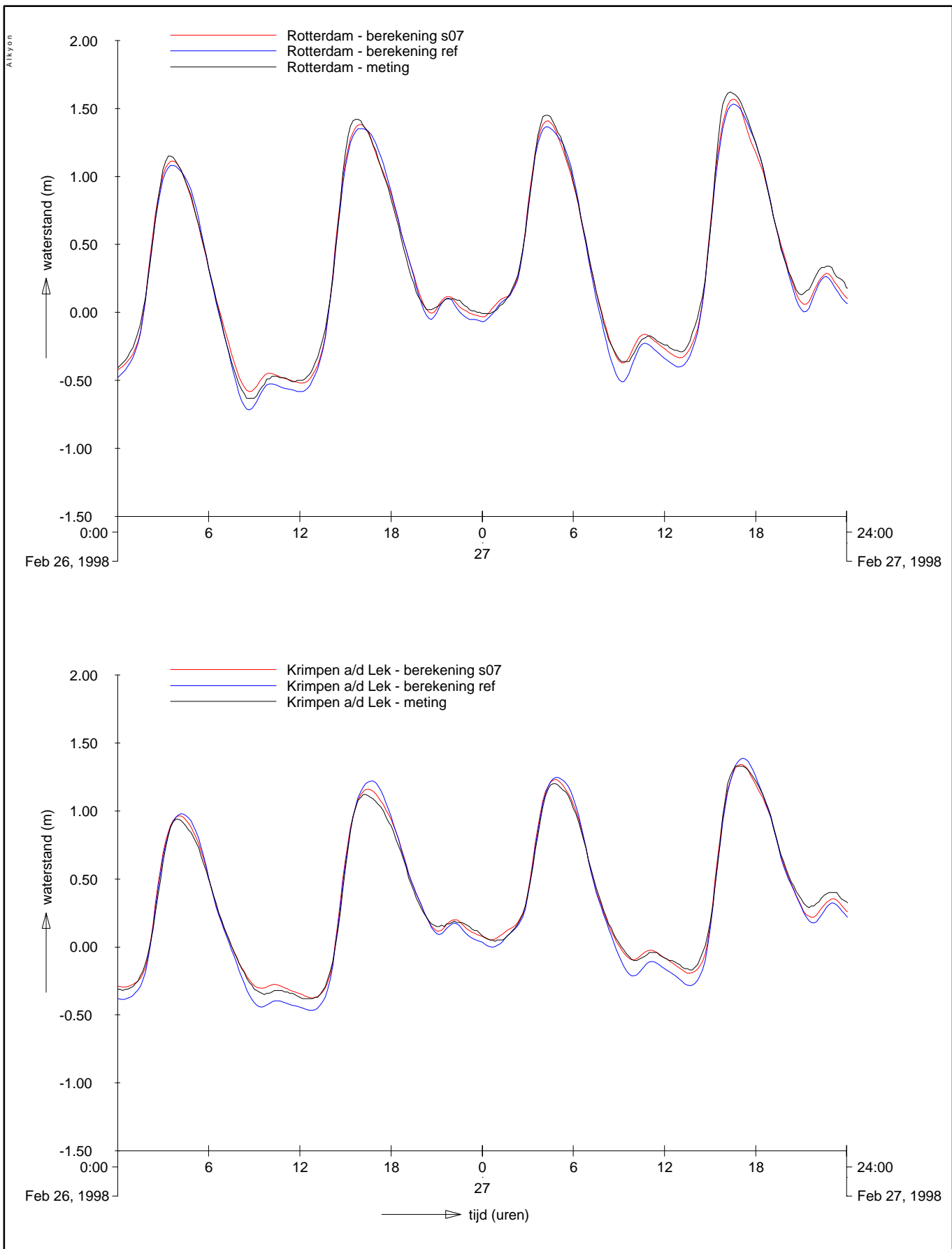
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.5



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Rotterdam en Krimpen a/d Lek

Vergelijking meting en berekening

s07, ref

190600

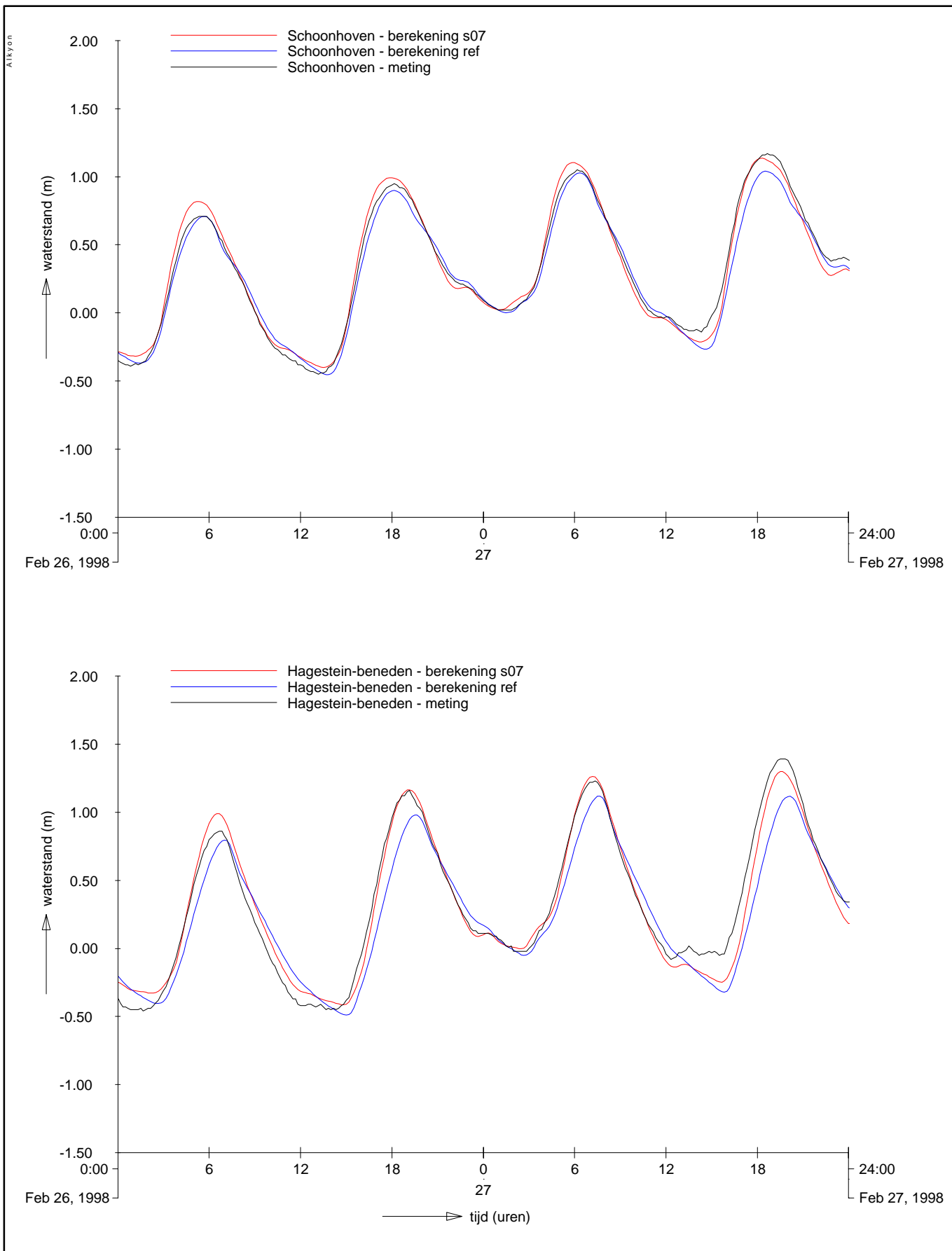
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.6



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Schoonhoven en Hagestein-beneden

Vergelijking meting en berekening

s07, ref

190600

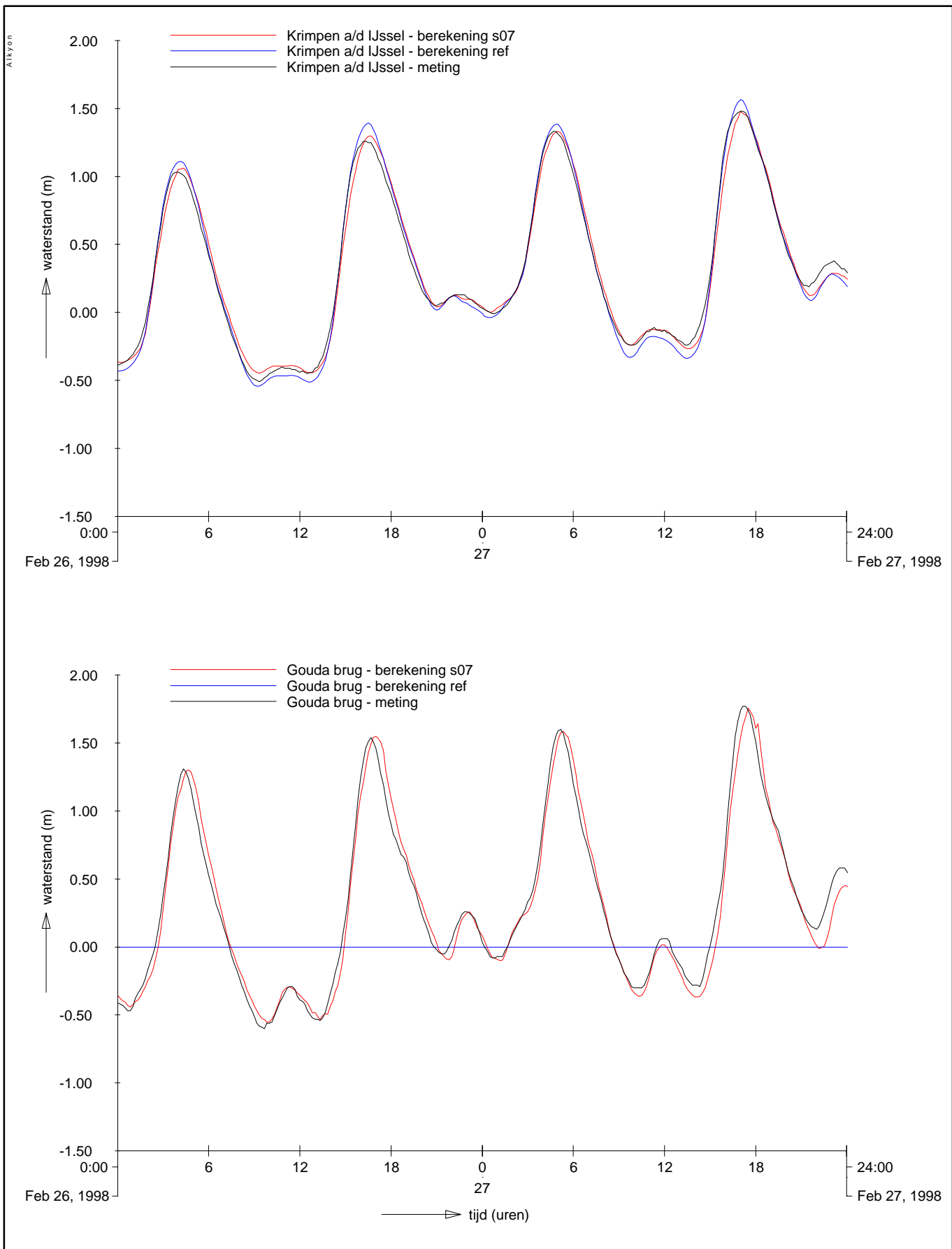
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.7



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Krimpen a/d IJssel en Gouda brug

Vergelijking meting en berekening

s07, ref

190600

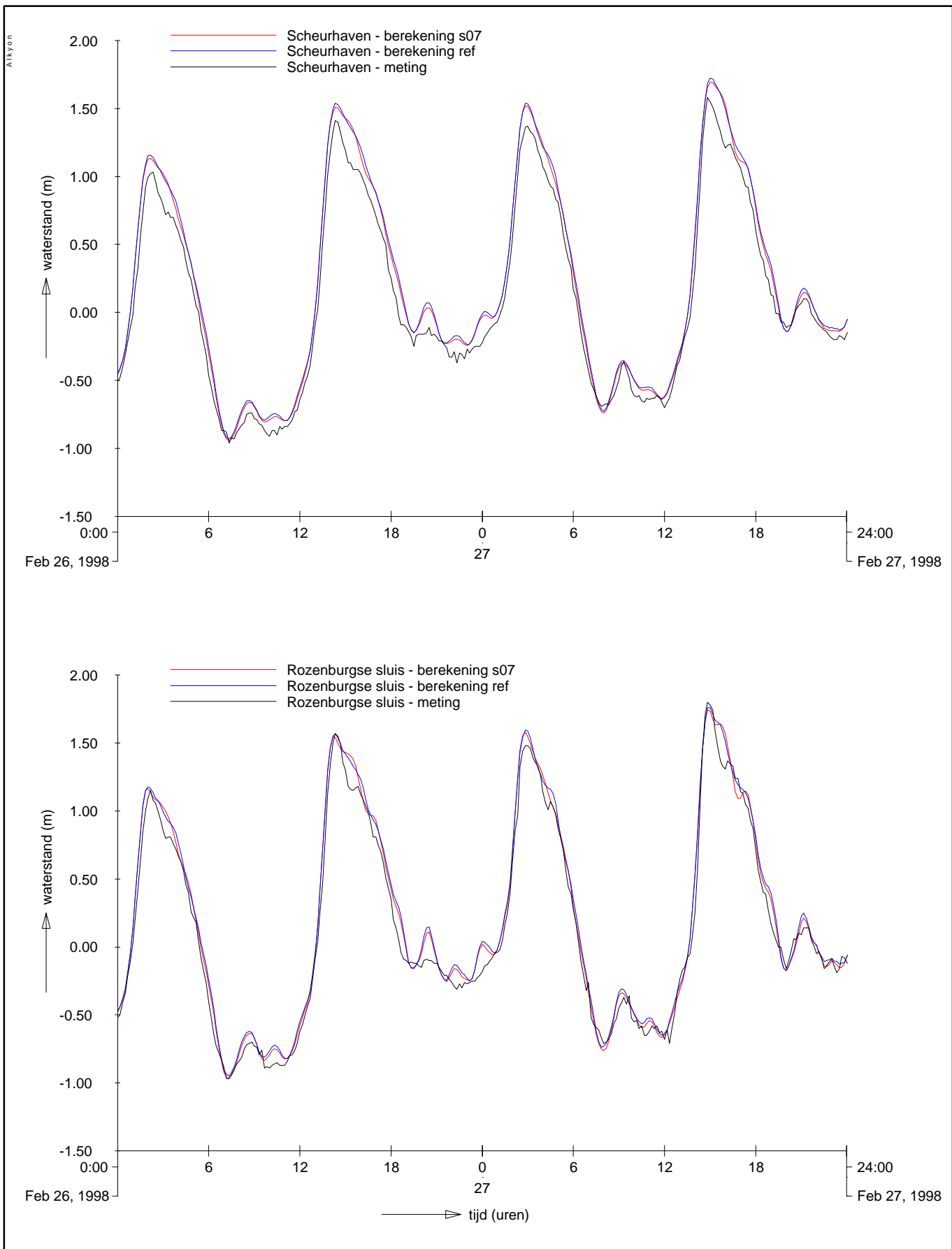
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.8



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Scheurhaven en Rozenburgse sluis

Vergelijking meting en berekening

s07, ref

190600

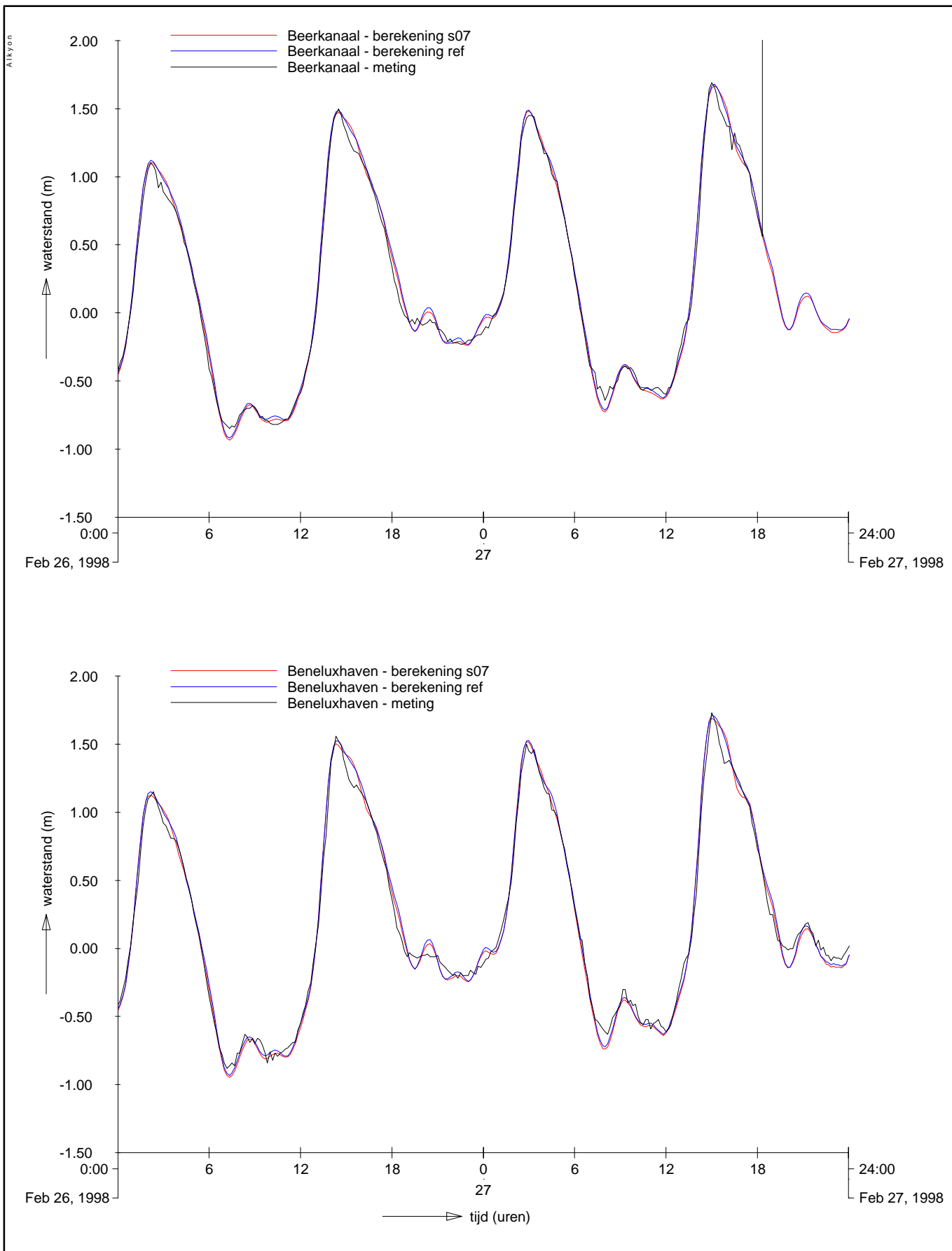
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.9



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Beerkanaal en Beneluxhaven

Vergelijking meting en berekening

s07, ref

190600

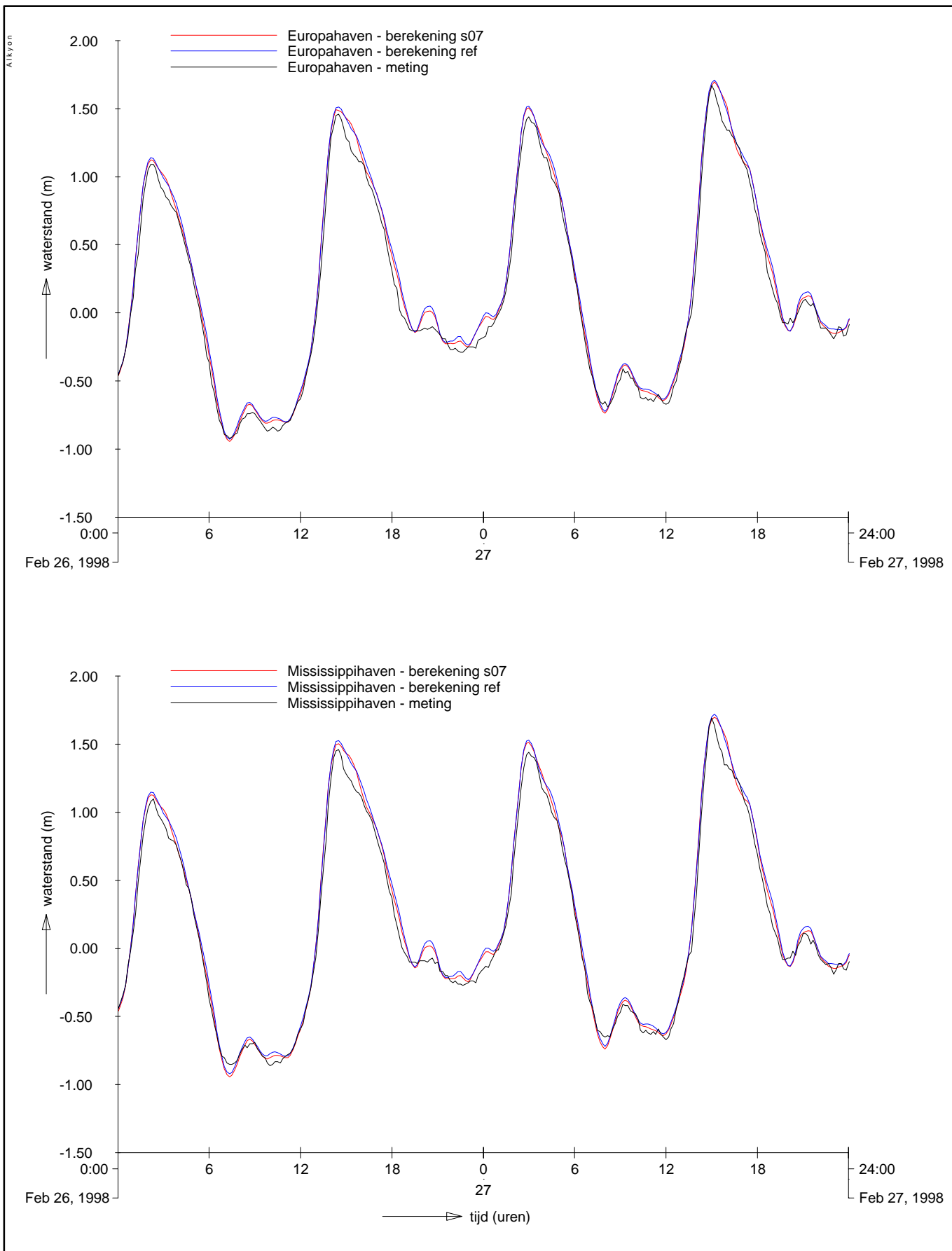
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.10



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Europahaven en Mississippihaven

Vergelijking meting en berekening

s07, ref

190600

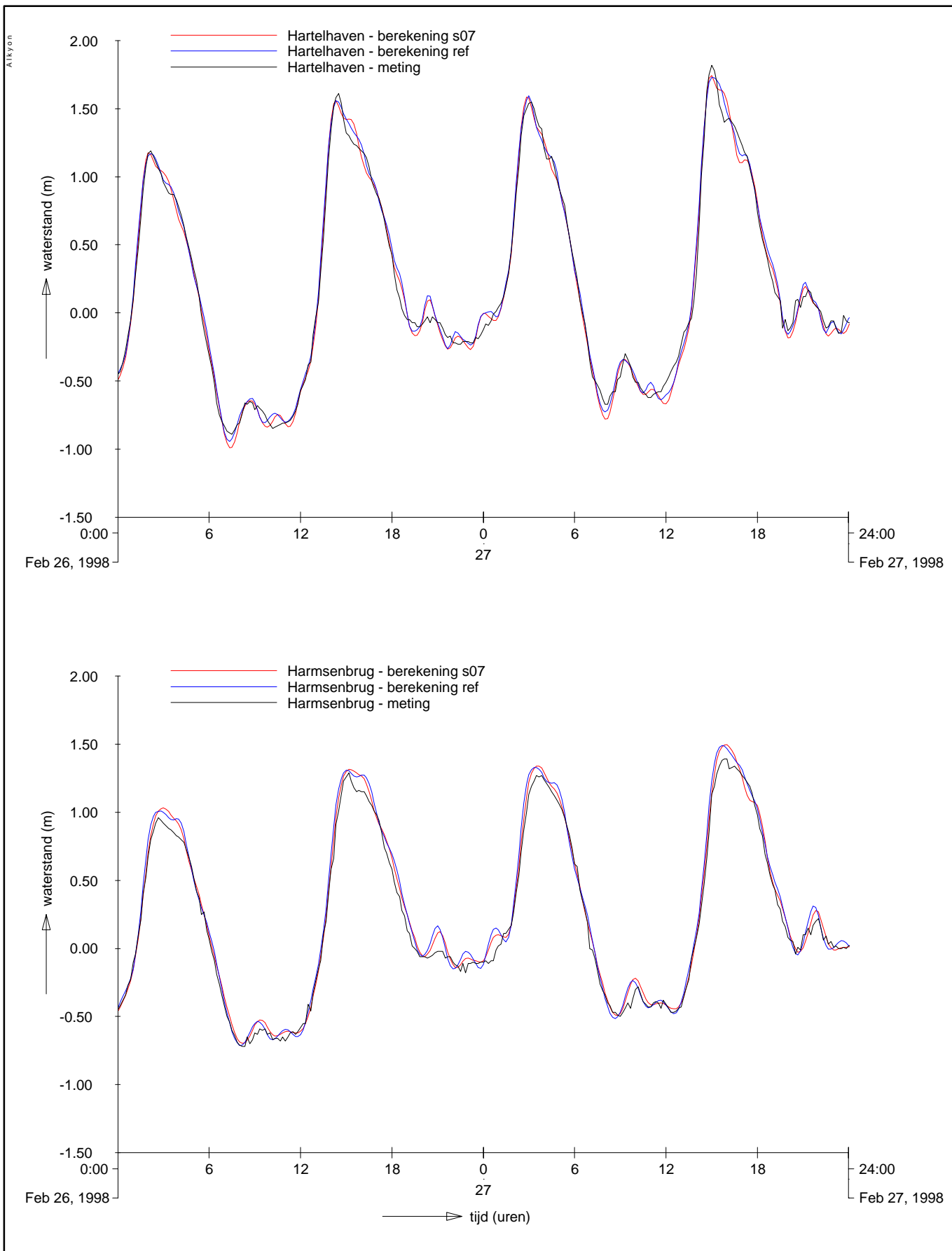
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.11



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Hartelhaven en Harmsenbrug

Vergelijking meting en berekening

s07, ref

190600

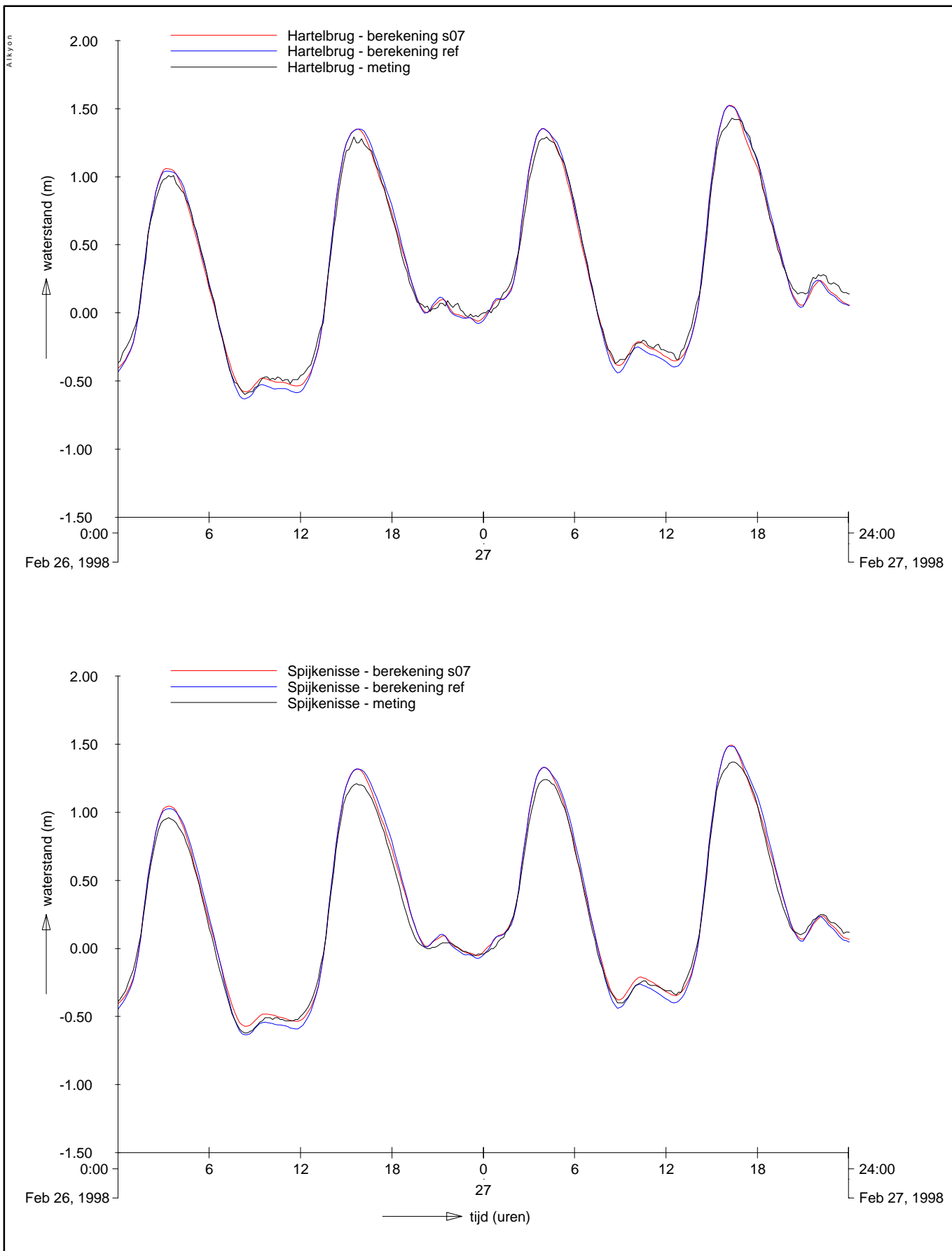
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.12



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Hartelbrug en Spijkenisse

Vergelijking meting en berekening

s07, ref

190600

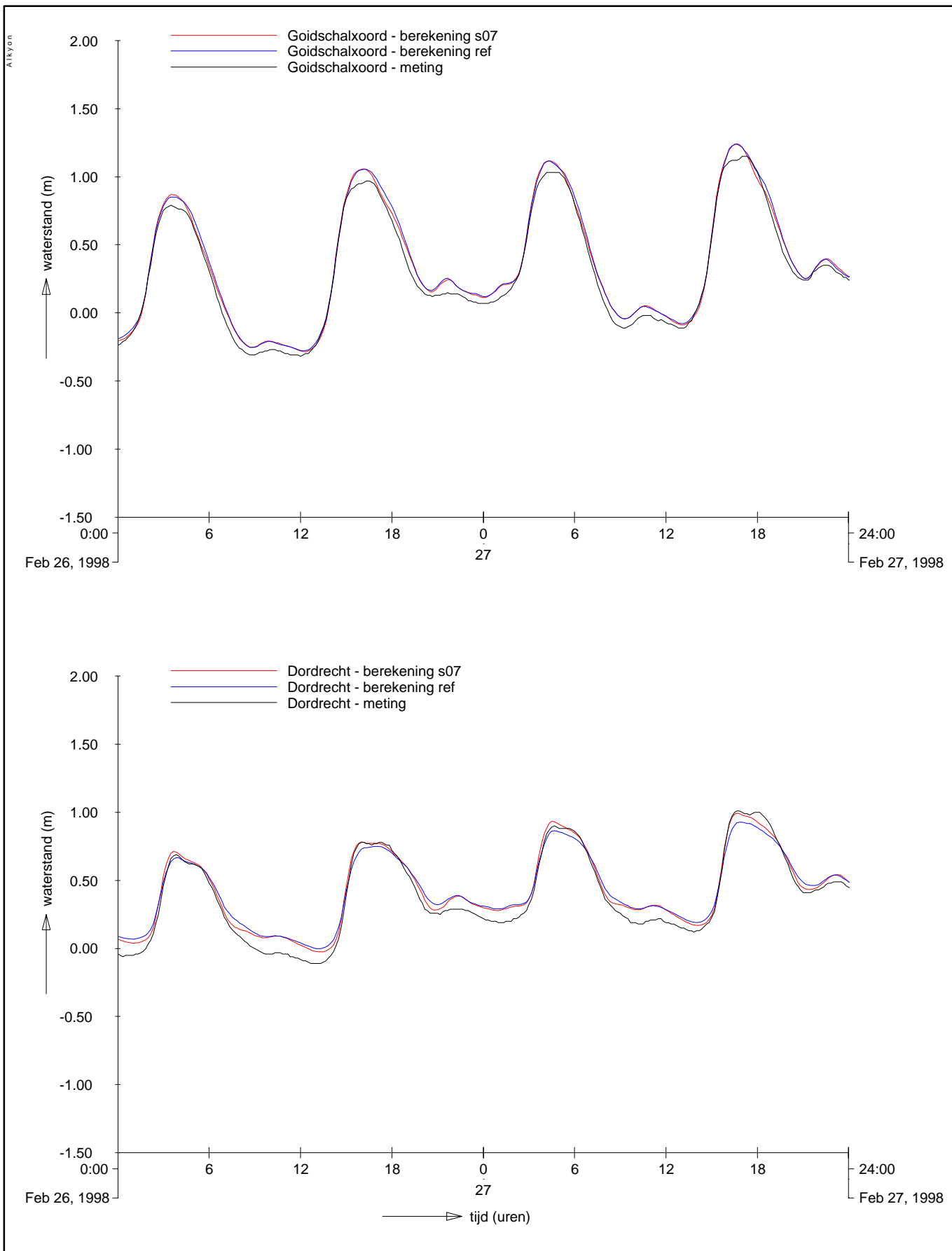
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.13



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Goidschalxoord en Dordrecht

Vergelijking meting en berekening

s07, ref

190600

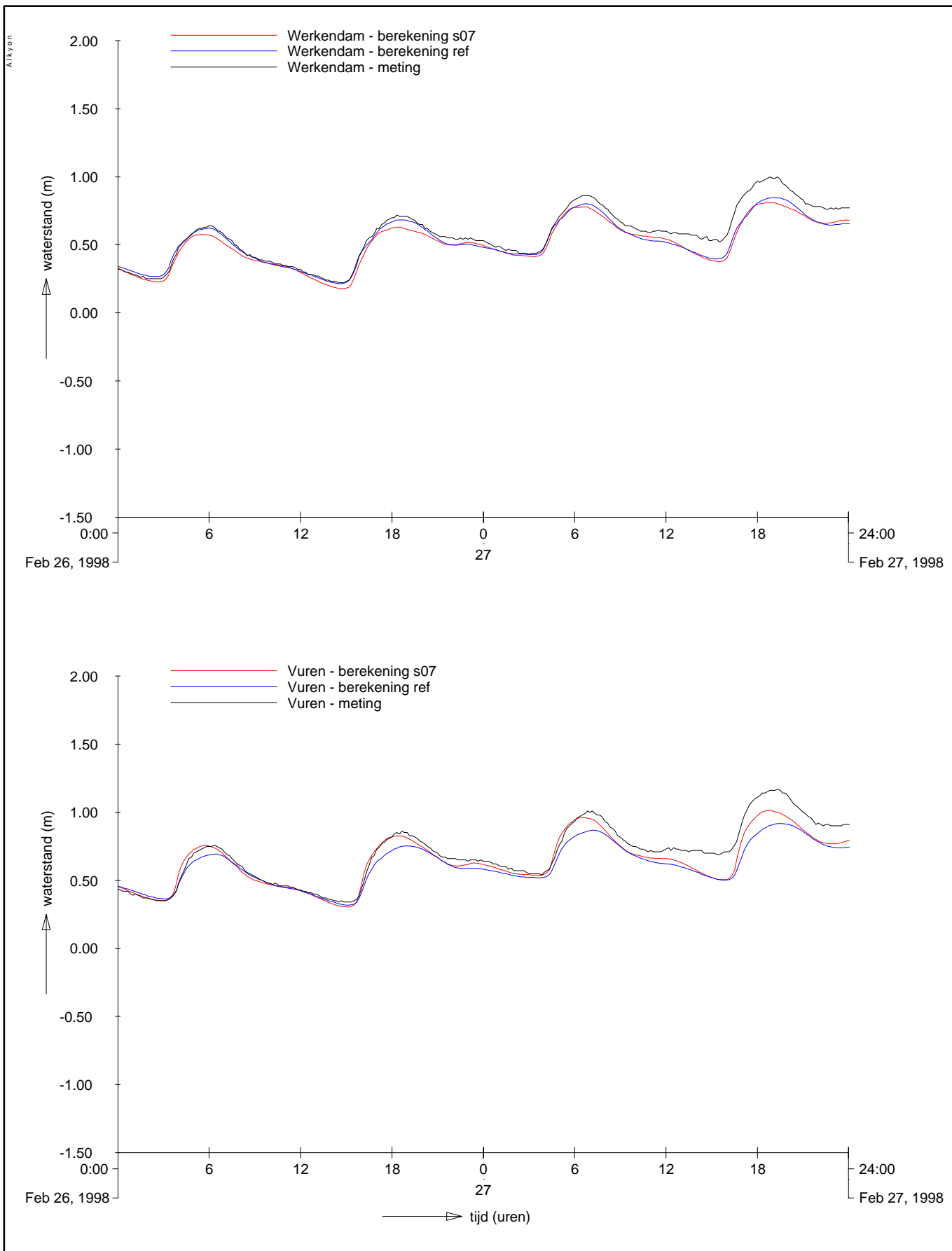
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.14



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Werkendam en Vuren

Vergelijking meting en berekening

s07, ref

190600

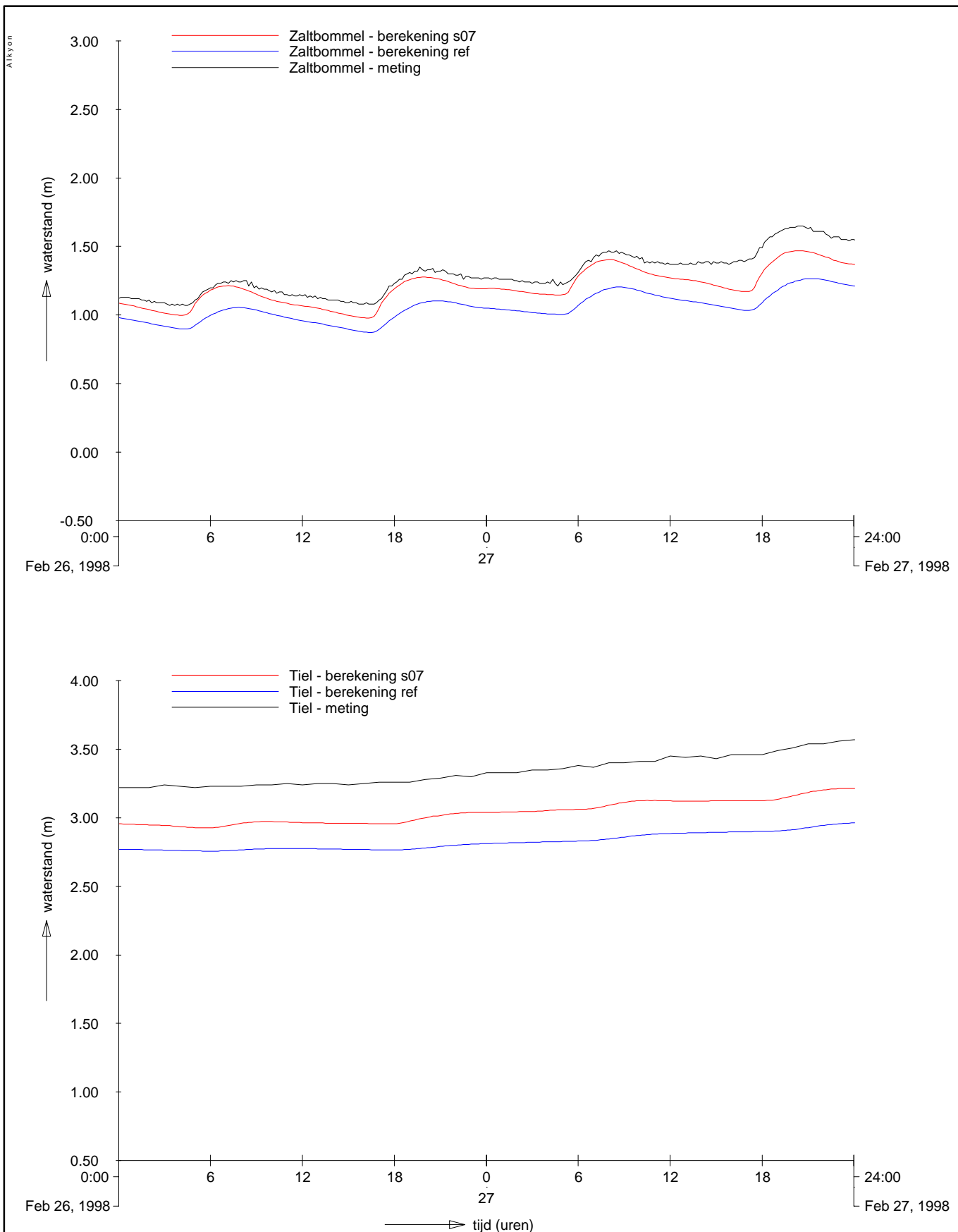
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

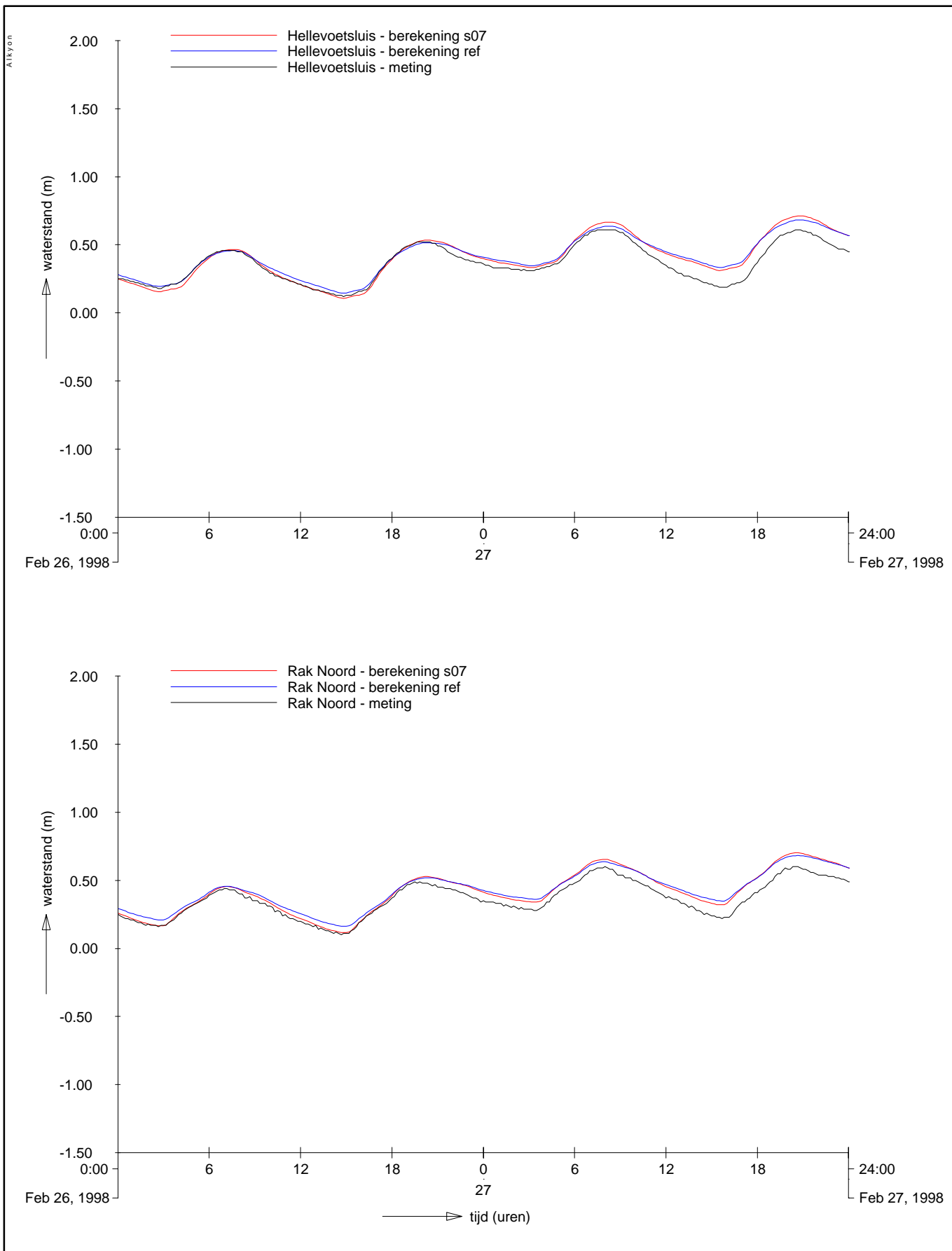
A623

Alkyon

Fig. 4.15



BOUW EN EERSTE AFREGELING Waterstanden in stations Zaltbommel en Tiel Vergelijking meting en berekening	s07, ref	190600
	26/27 februari 1998	
PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL	A623	Alkyon Fig. 4.16



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Hellevoetsluis en Rak Noord

Vergelijking meting en berekening

s07, ref

190600

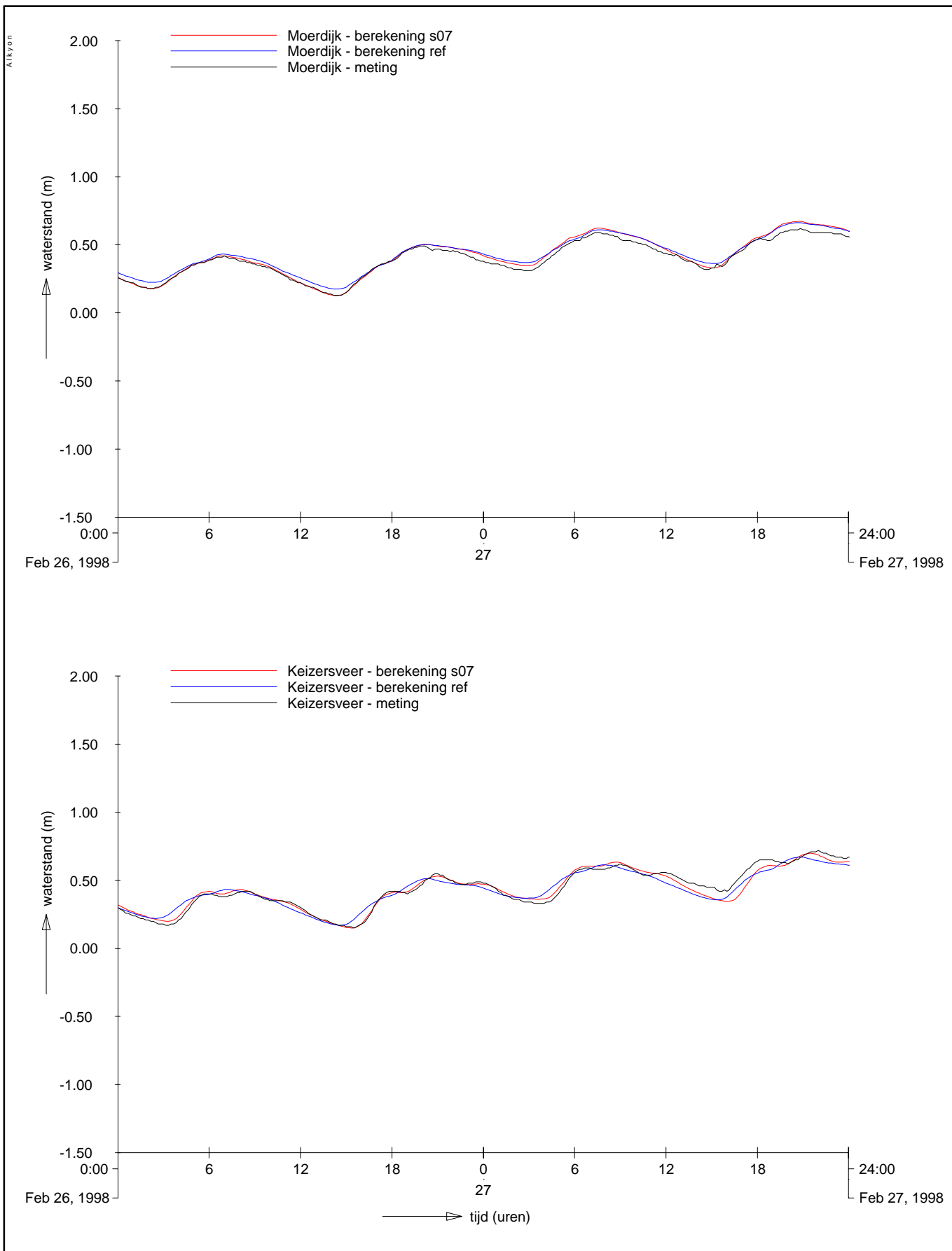
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.17



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Moerdijk en Keizersveer

Vergelijking meting en berekening

s07, ref

190600

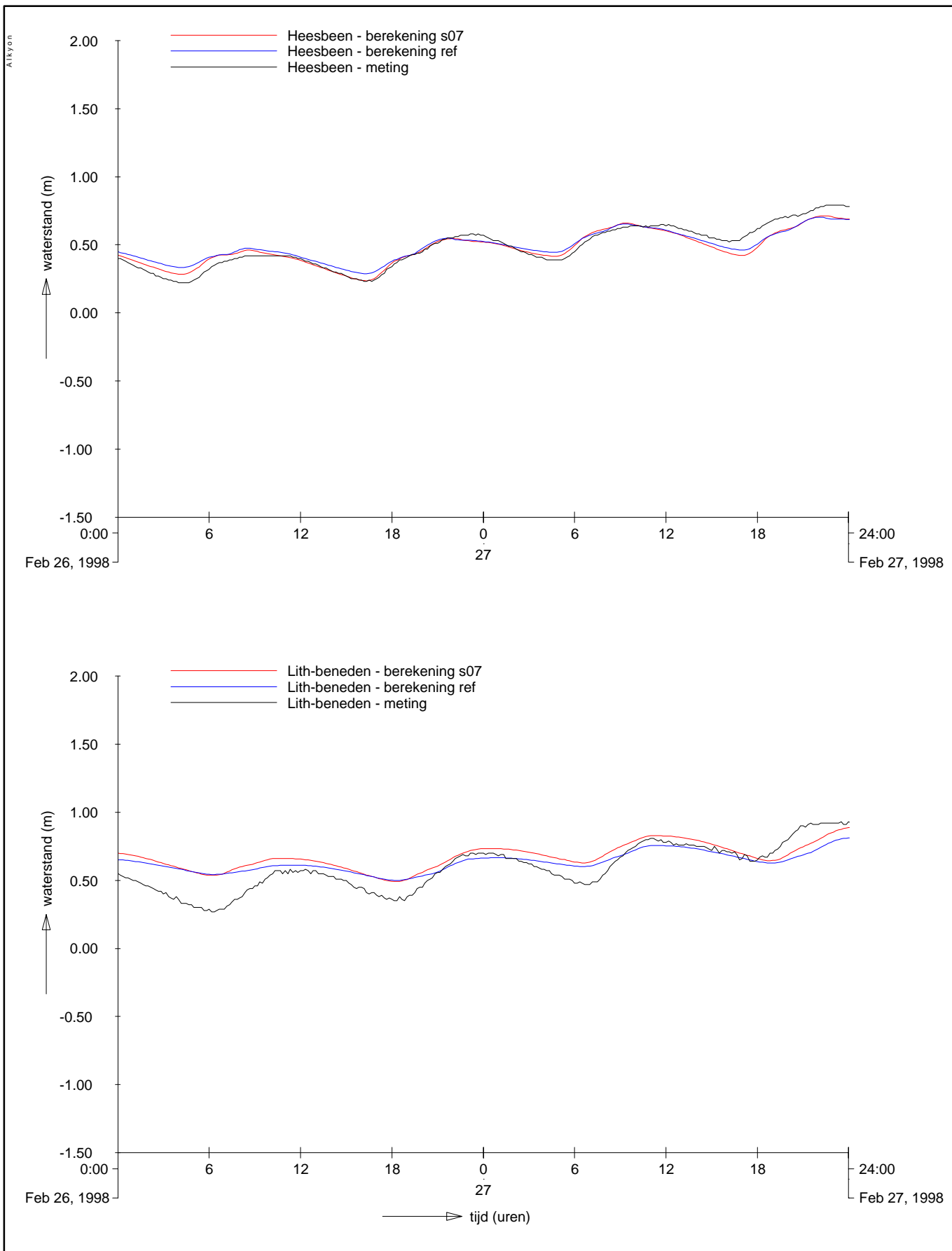
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.18



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Heesbeen en Lith-beneden

Vergelijking meting en berekening

s07, ref

190600

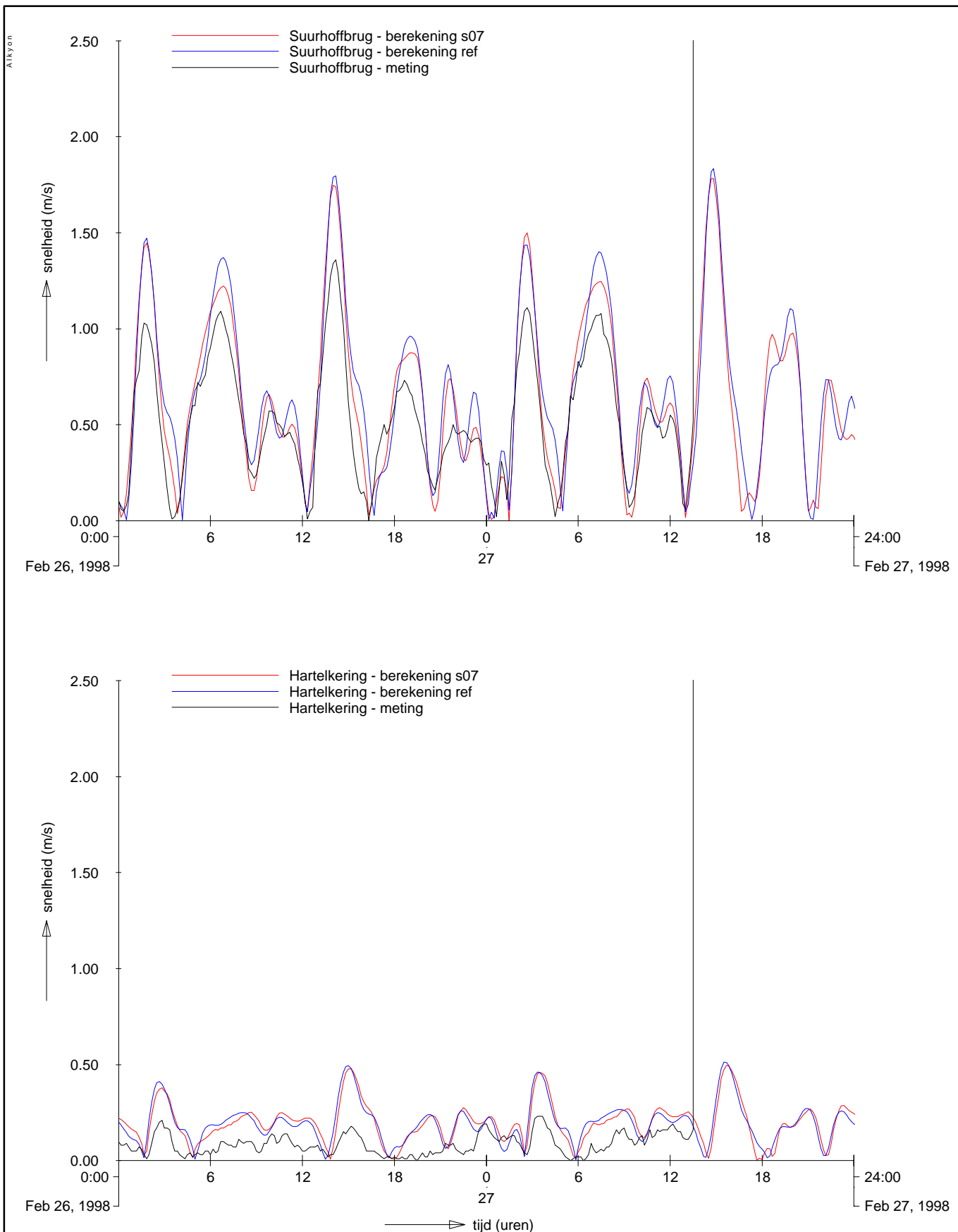
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

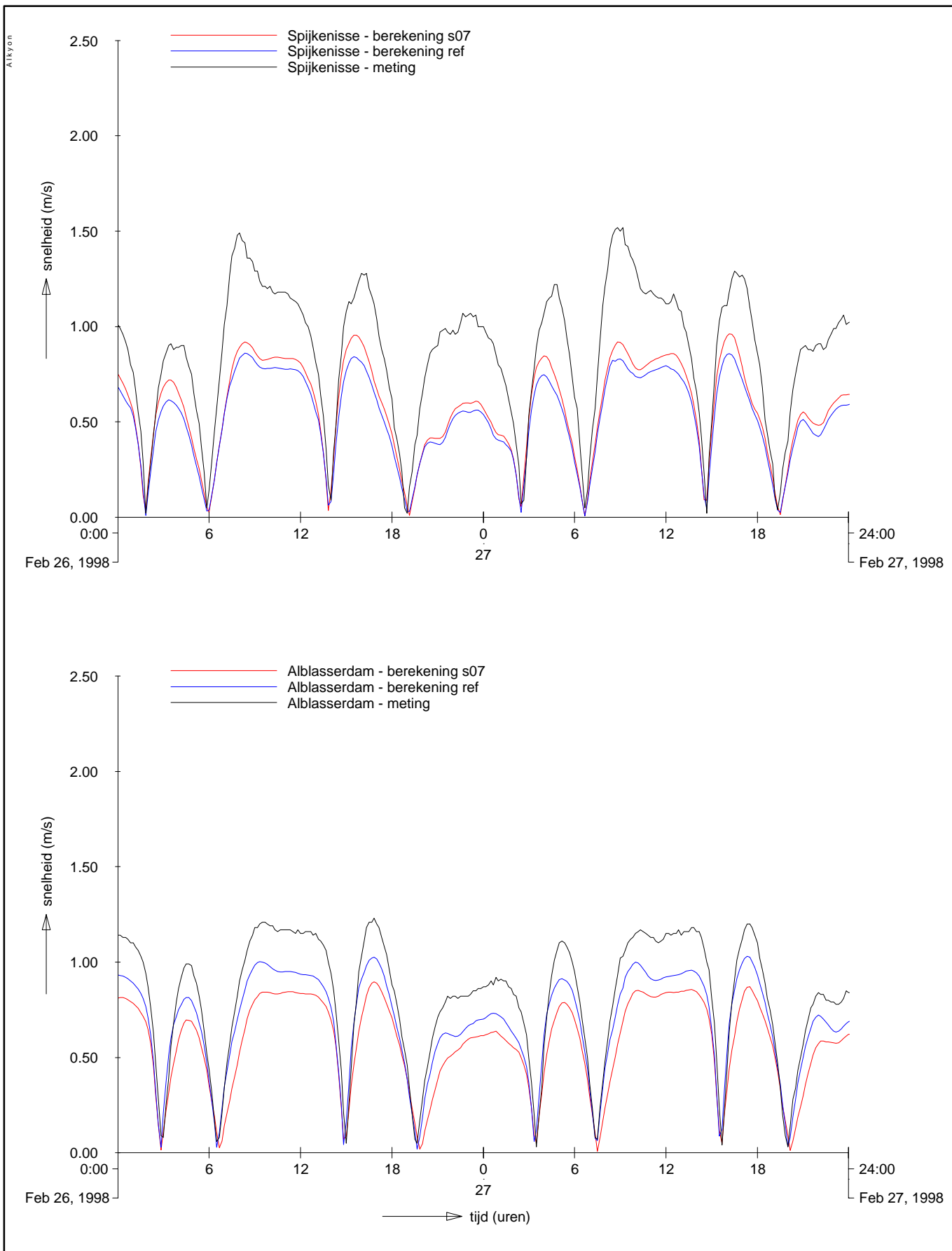
A623

Alkyon

Fig. 4.19



BOUW EN EERSTE AFREGELING Stroomsnelheden in stations Suurhoffbrug en Hartelkering Vergelijking meting en berekening	s07, ref	190600
	26/27 februari 1998	
PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL	A623	Alkyon Fig. 4.20



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Stroomsnelheden in stations Spijkenisse en Alblasserdam

Vergelijking meting en berekening

s07, ref

190600

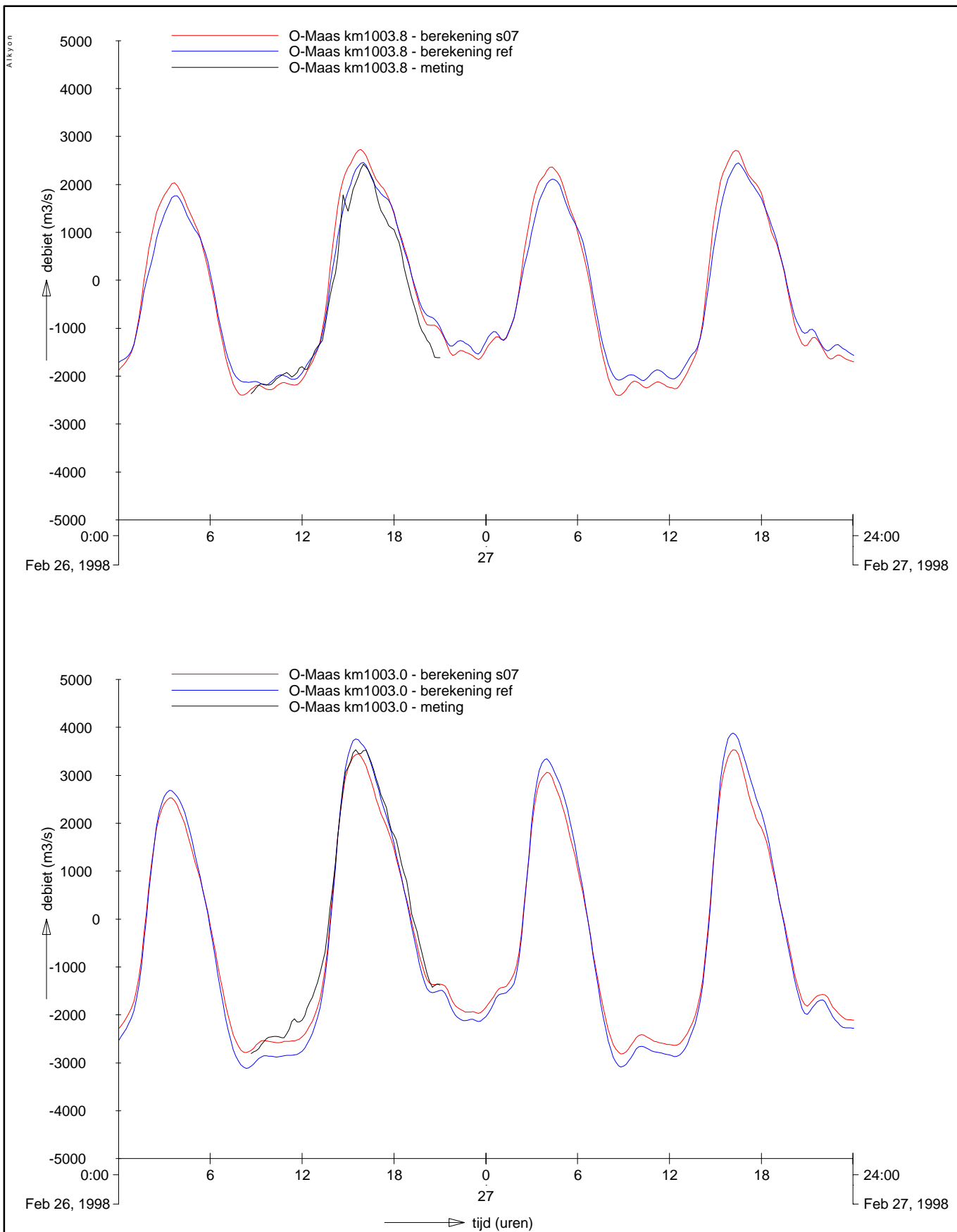
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.21



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Debeten in raaien O-Maas km1003.8 en O-Maas km1003.0

Vergelijking meting 26 februari 1998 en berekening

s07, ref

190600

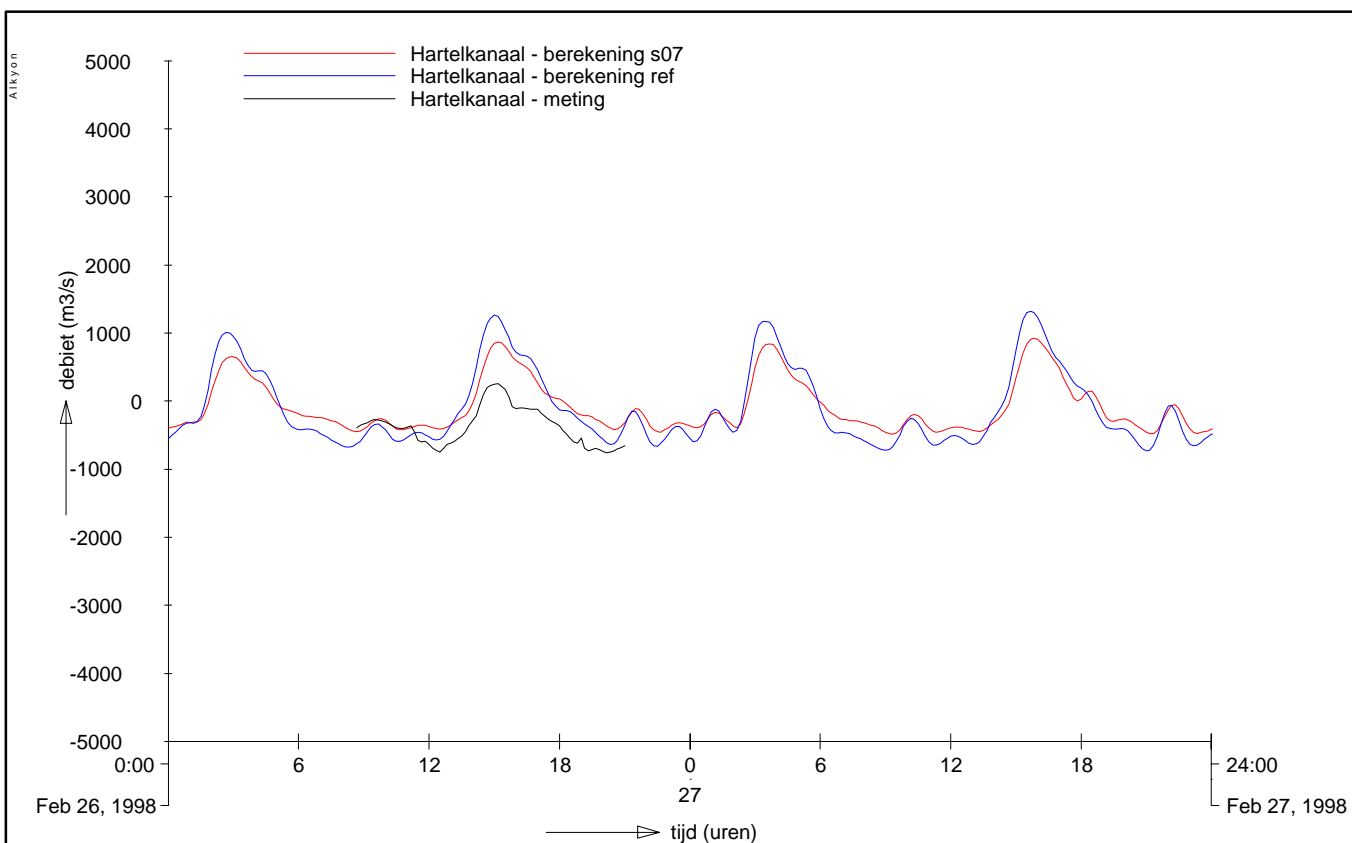
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.22



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Debeten in raai Hartelkanaal

Vergelijking meting 26 februari 1998 en berekening

s07, ref

190600

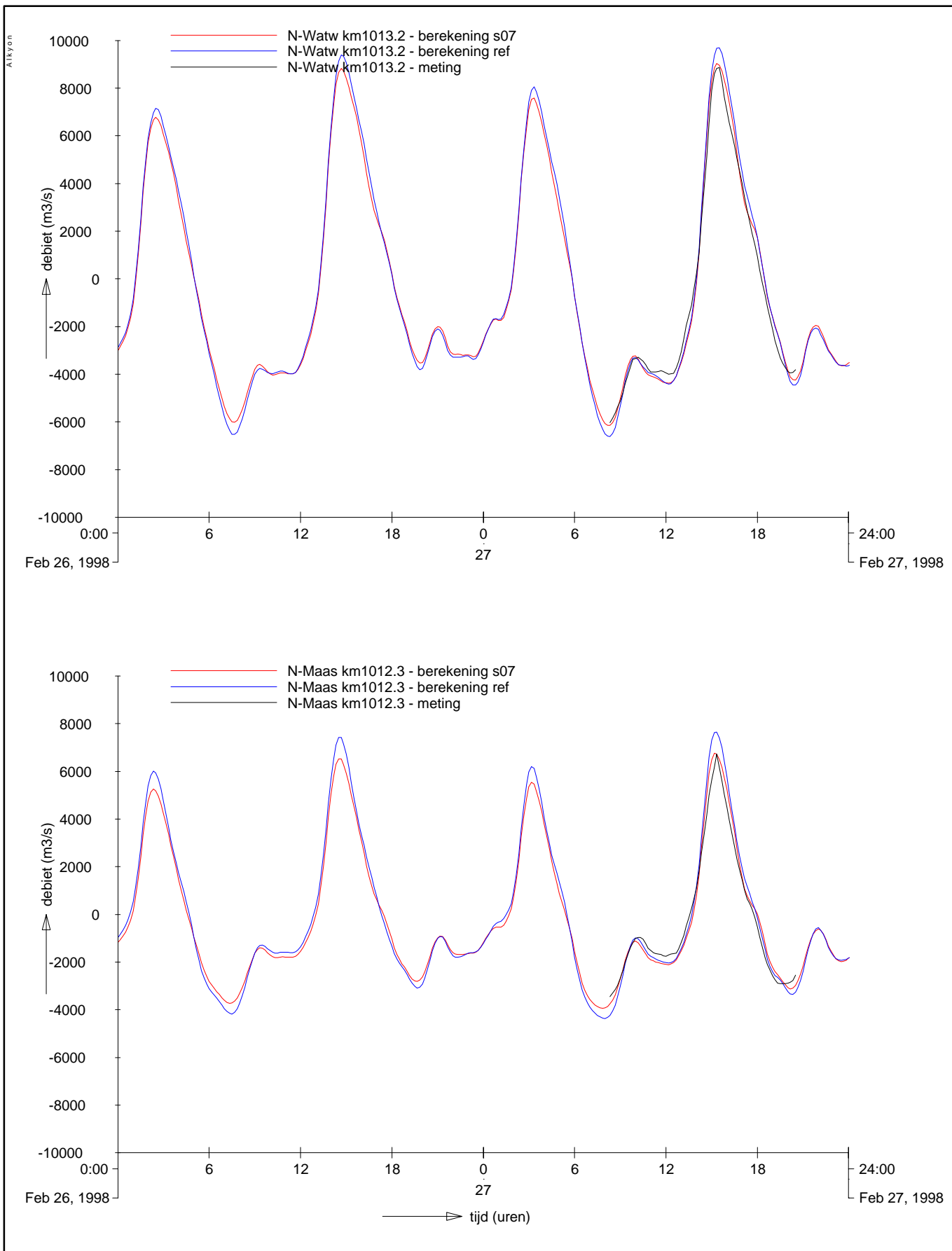
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.23



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Debiten in raaien N-Watw km1013.2 en N-Maas km1012.3

Vergelijking meting 27 februari 1998 en berekening

s07, ref

190600

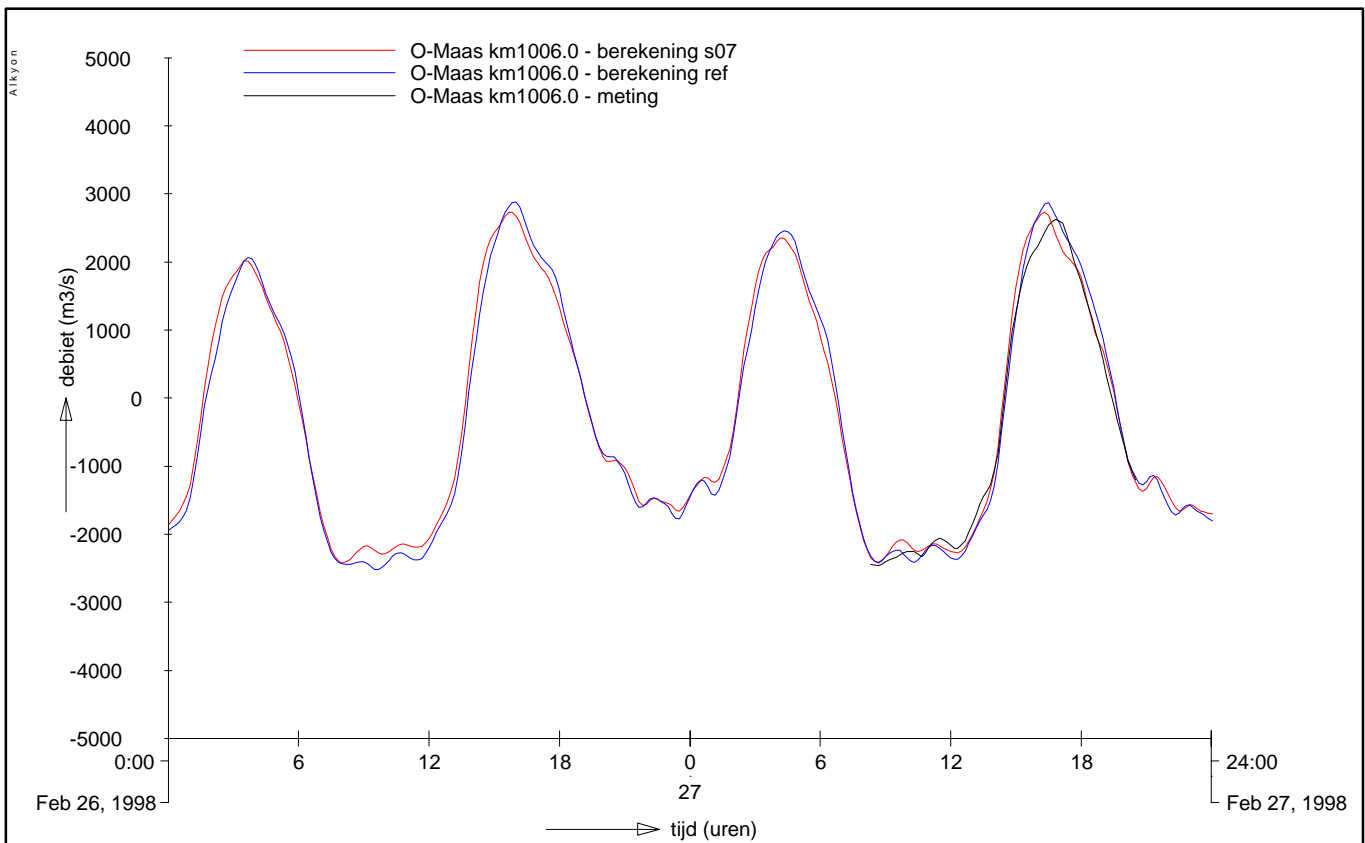
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.24



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Debiten in raai O-Maas km1006.0

Vergelijking meting 27 februari 1998 en berekening

s07, ref

190600

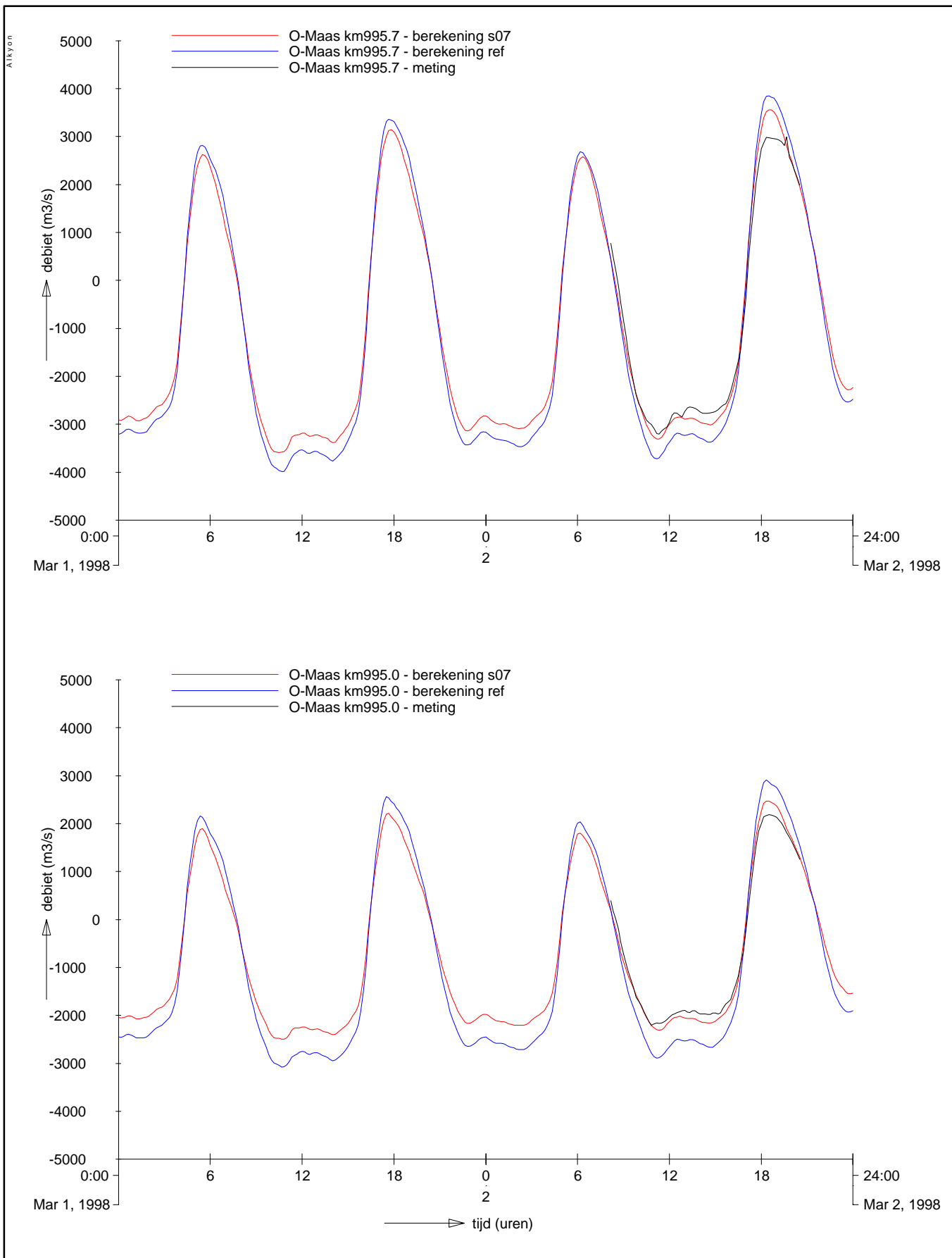
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.25



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Debiten in raaien O-Maas km995.7 en O-Maas km995.0

Vergelijking meting 2 maart 1998 en berekening

s07, ref

190600

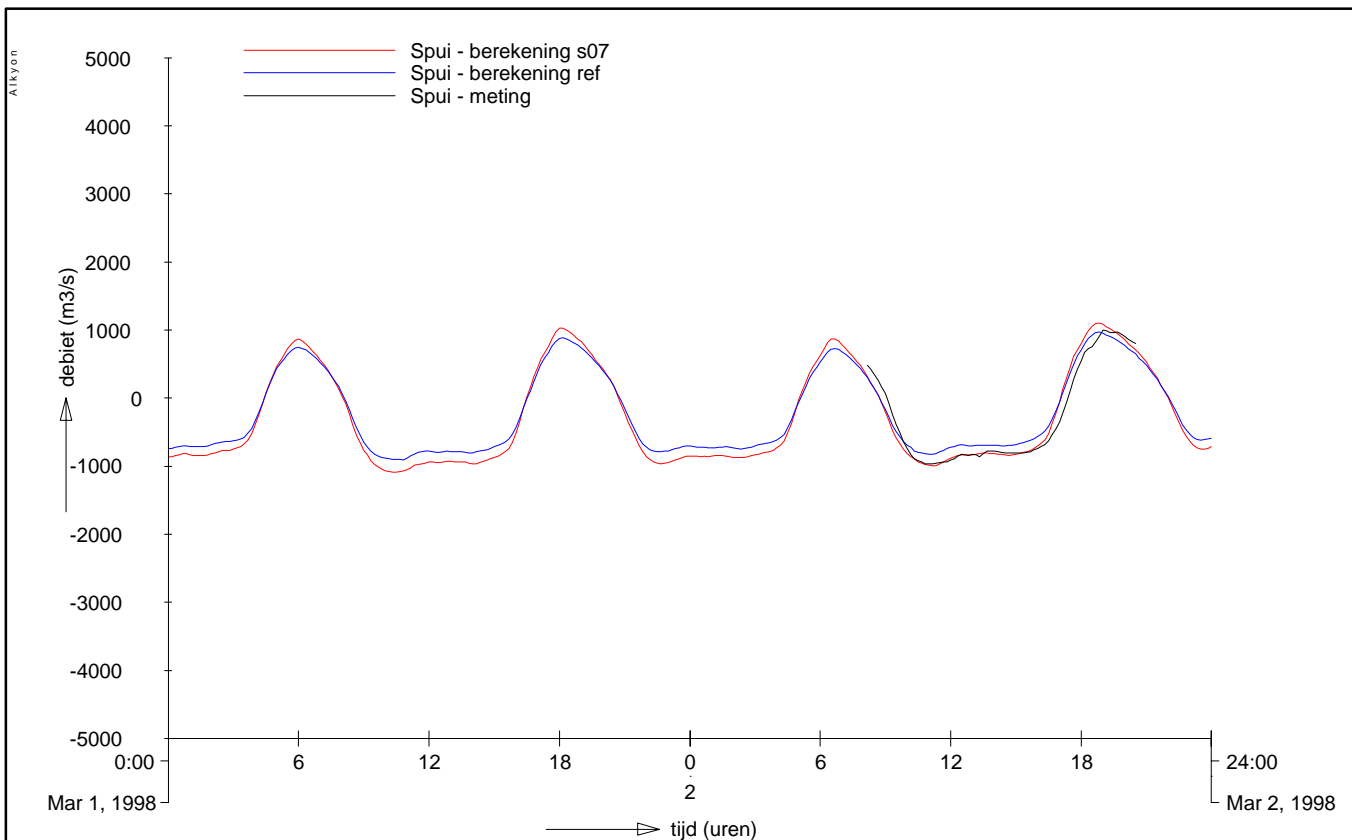
1/2 maart 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.26



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Debeten in raai Spui

Vergelijking meting 2 maart 1998 en berekening

s07, ref

190600

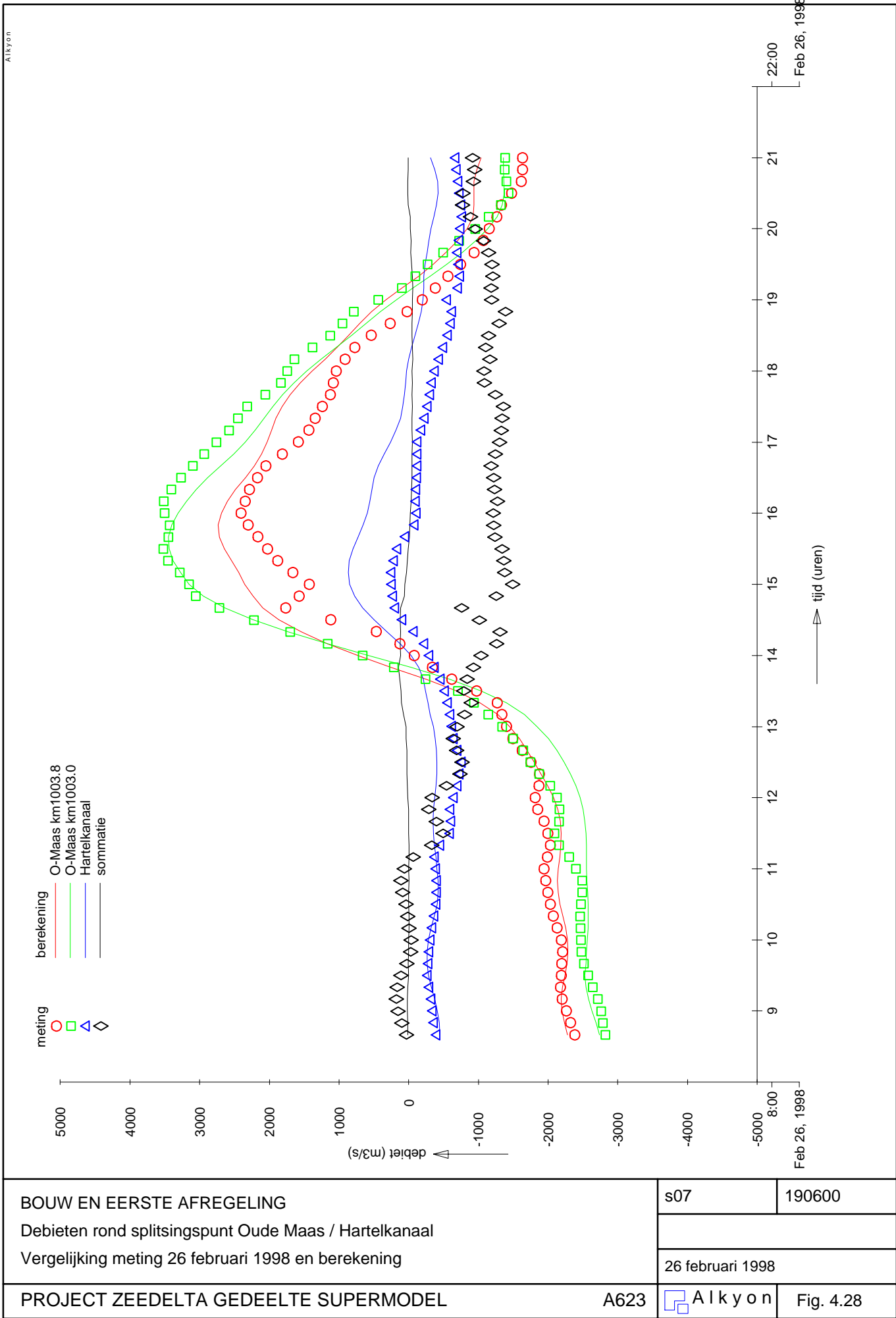
1/2 maart 1998

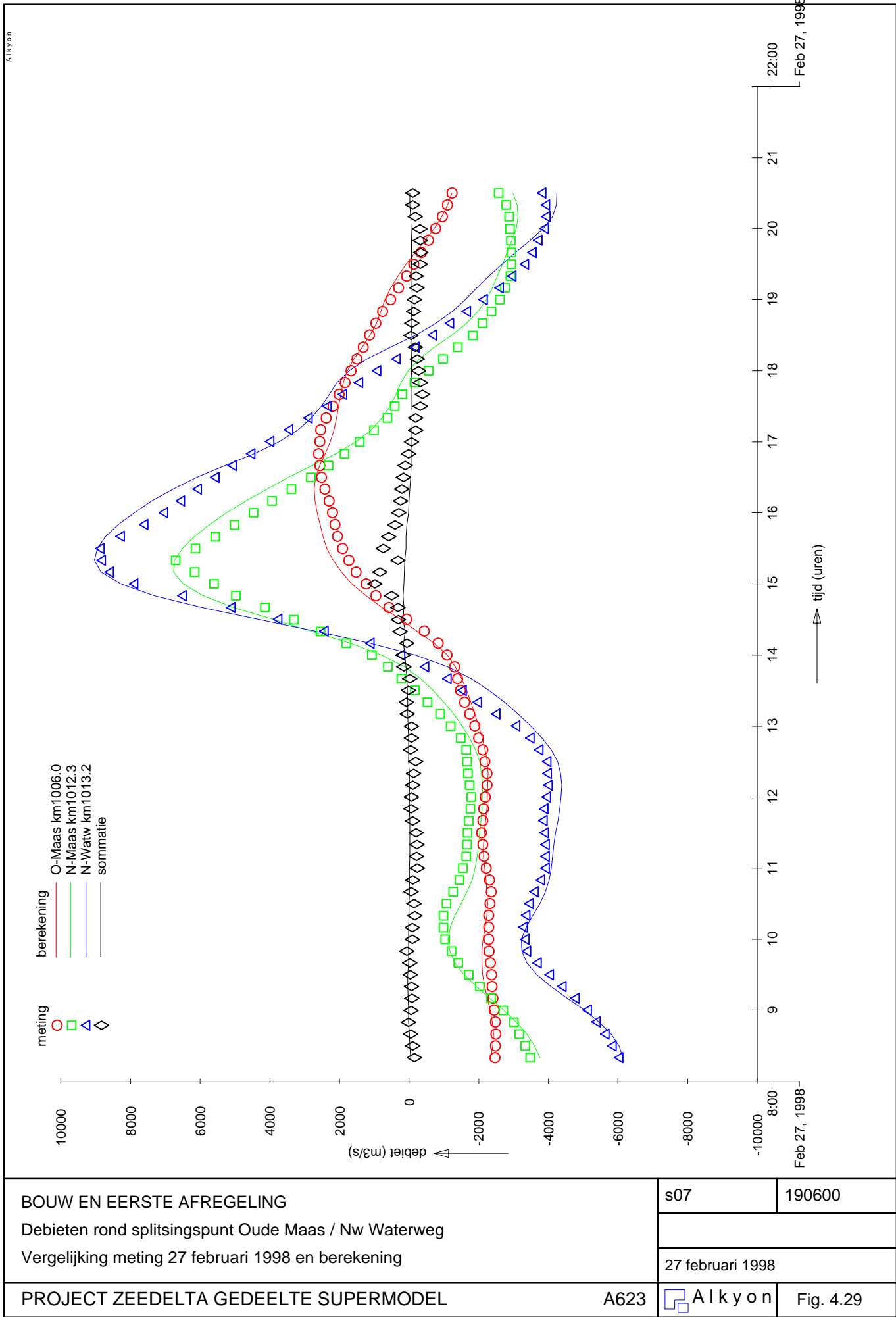
PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

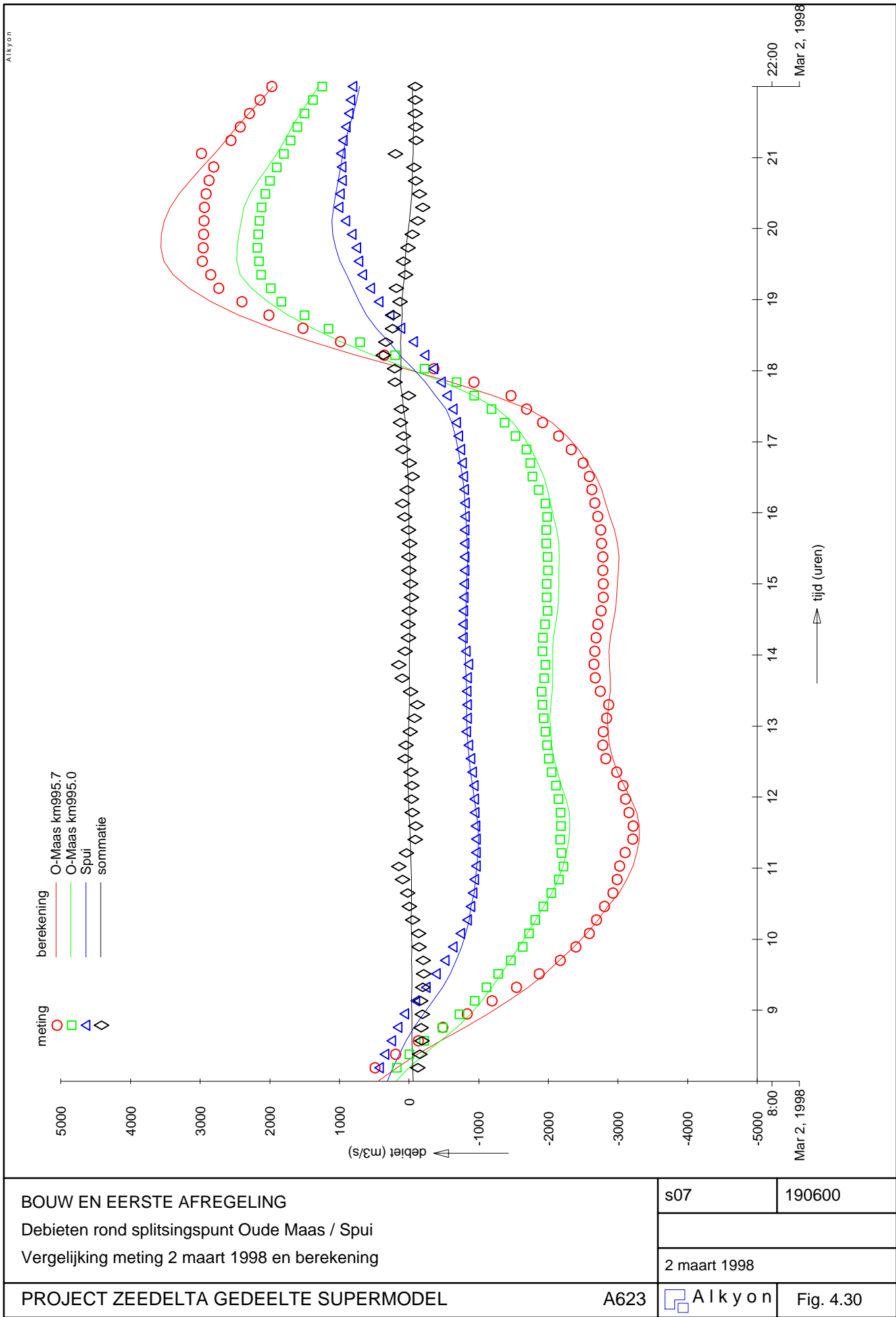
A623

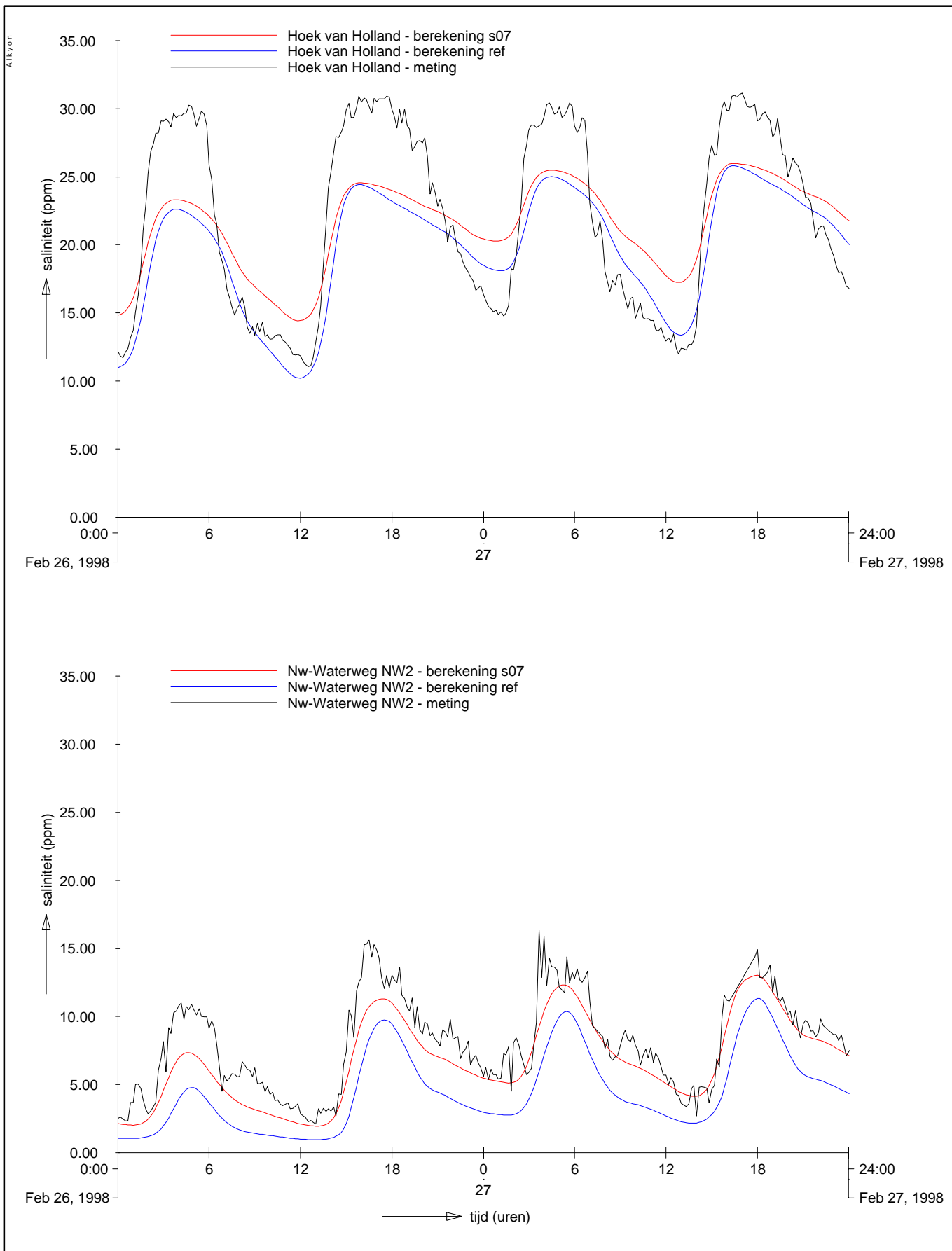
Alkyon

Fig. 4.27

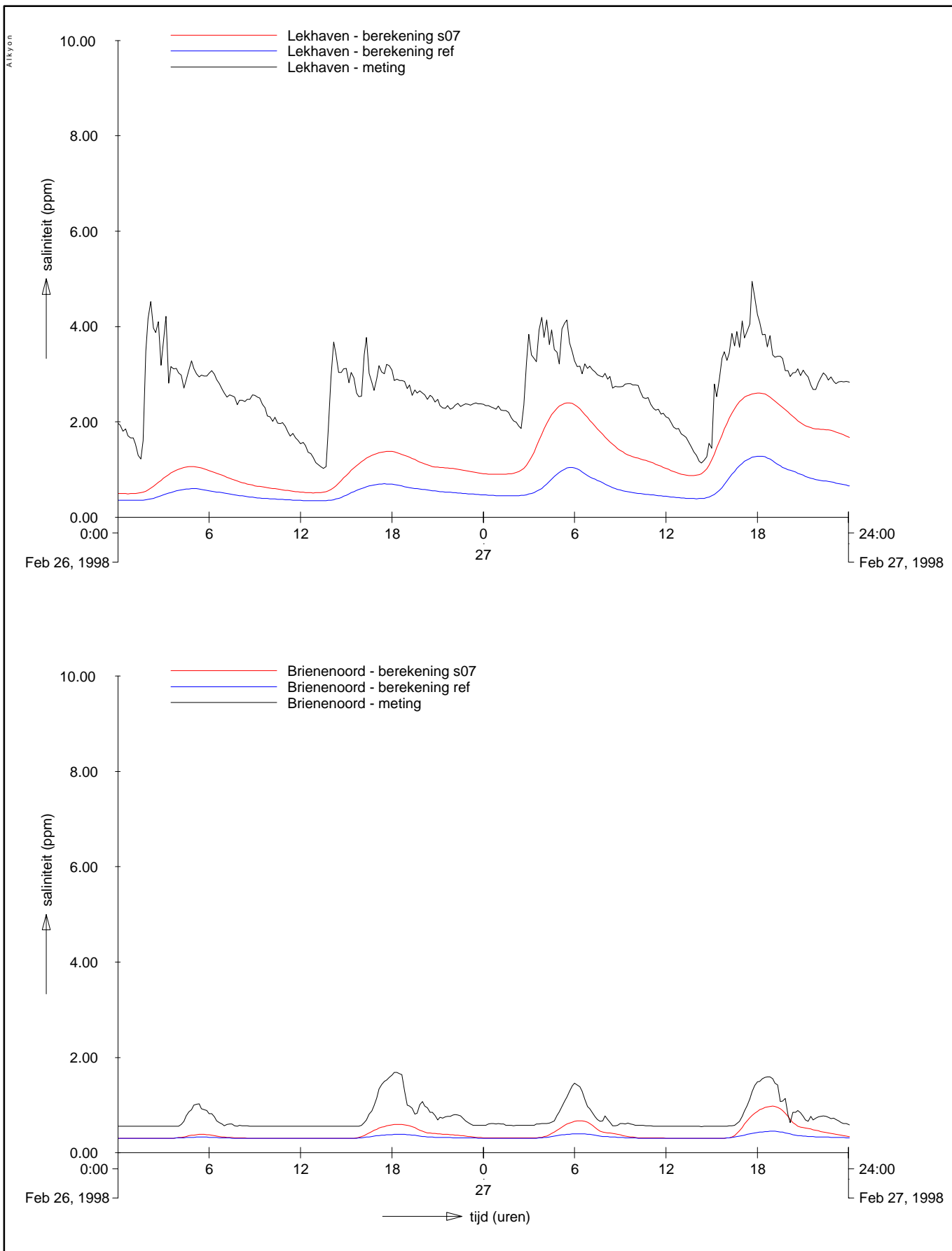








BOUW EN EERSTE AFREGELING Saliniteiten in stations Hoek van Holland en Nw-Waterweg NW2 Vergelijking meting en berekening	s07, ref	190600
	26/27 februari 1998	
PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL	A623	Alkyon Fig. 4.31



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Saliniteiten in stations Lekhaven en Brienoord

Vergelijking meting en berekening

s07, ref

190600

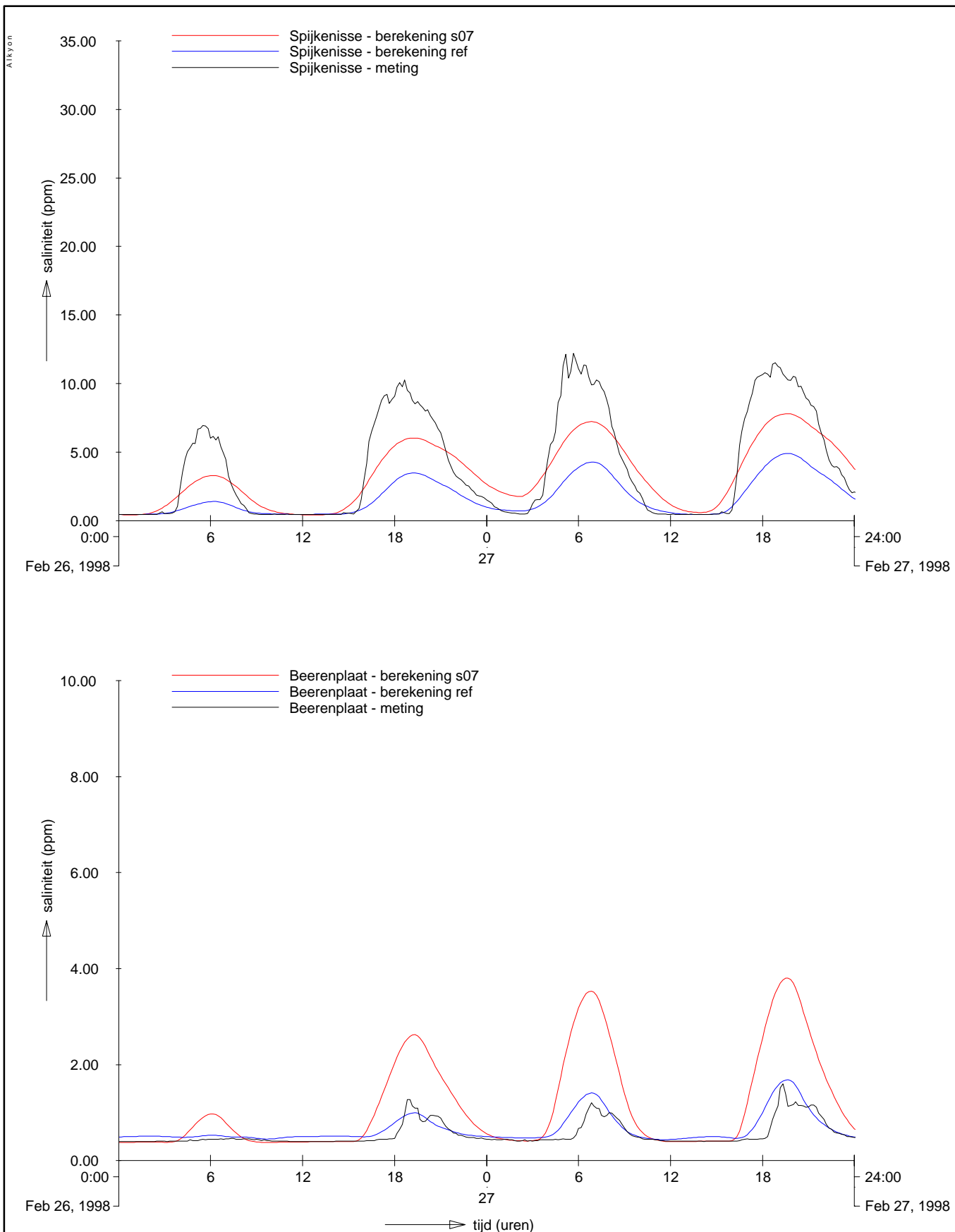
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.32



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Saliniteiten in stations Spijkenisse en Beerenplaat

Vergelijking meting en berekening

s07, ref

190600

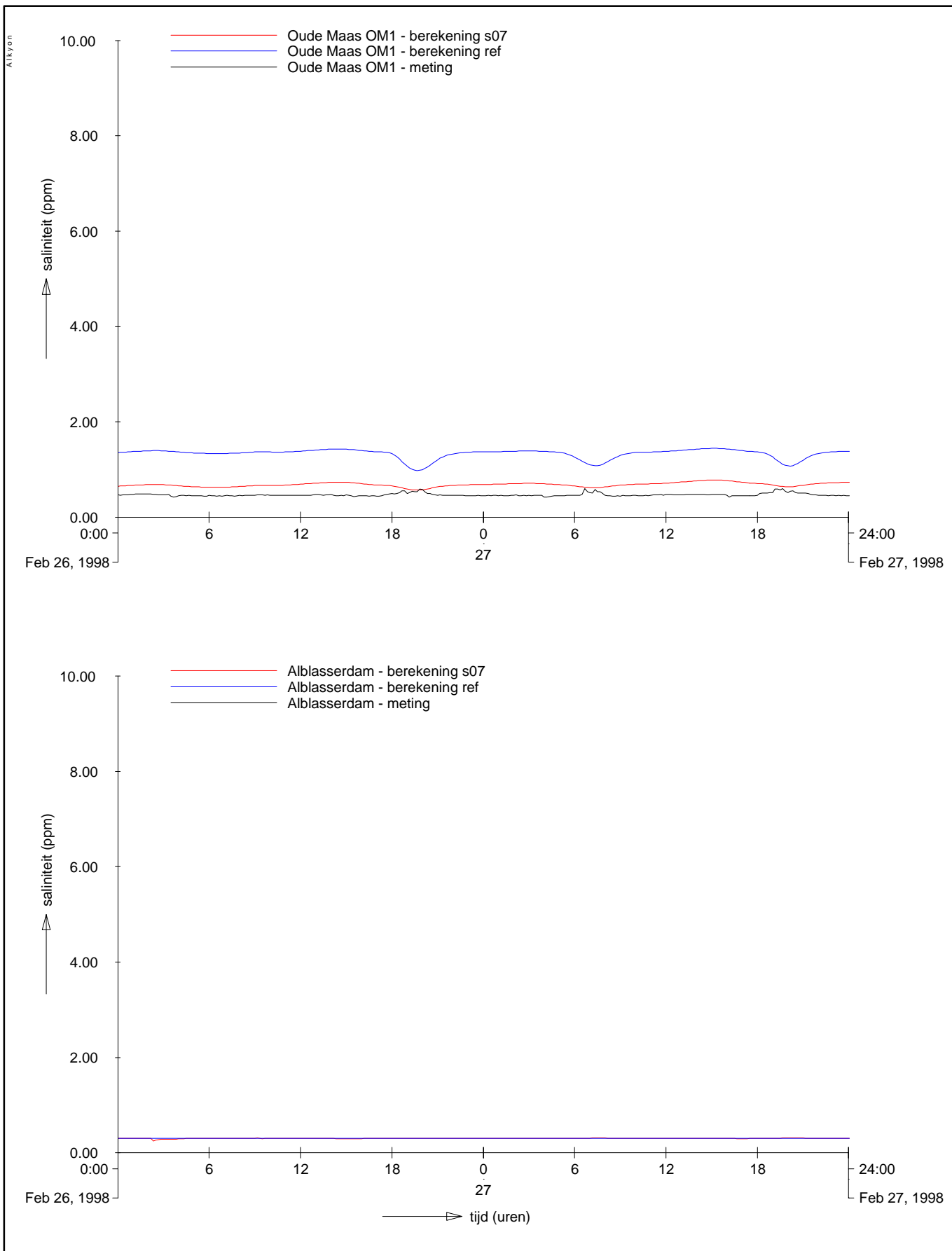
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.33



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Saliniteiten in stations Oude Maas OM1 en Alblasterdam

Vergelijking meting en berekening

s07, ref

190600

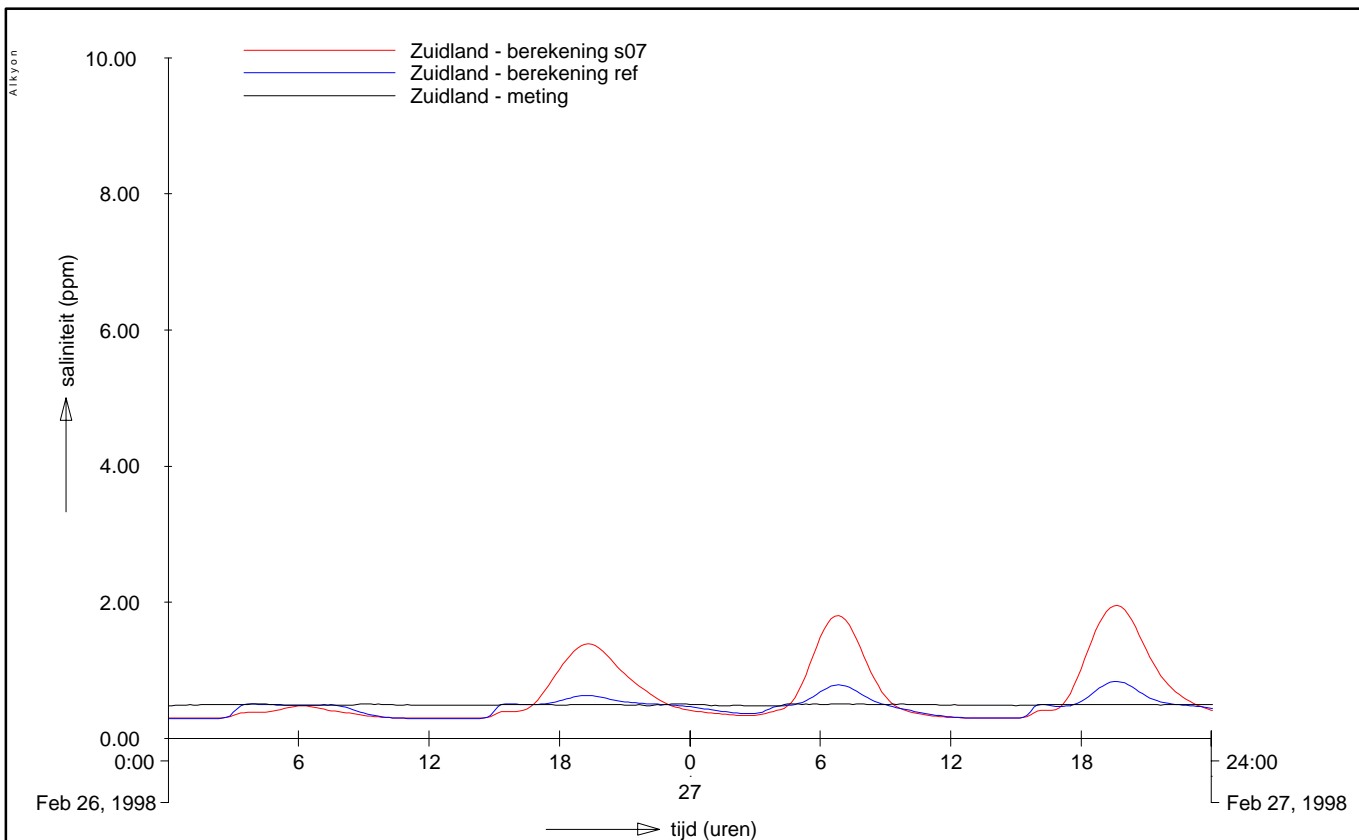
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.34



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Saliniteiten in station Zuidland

Vergelijking meting en berekening

s07, ref

190600

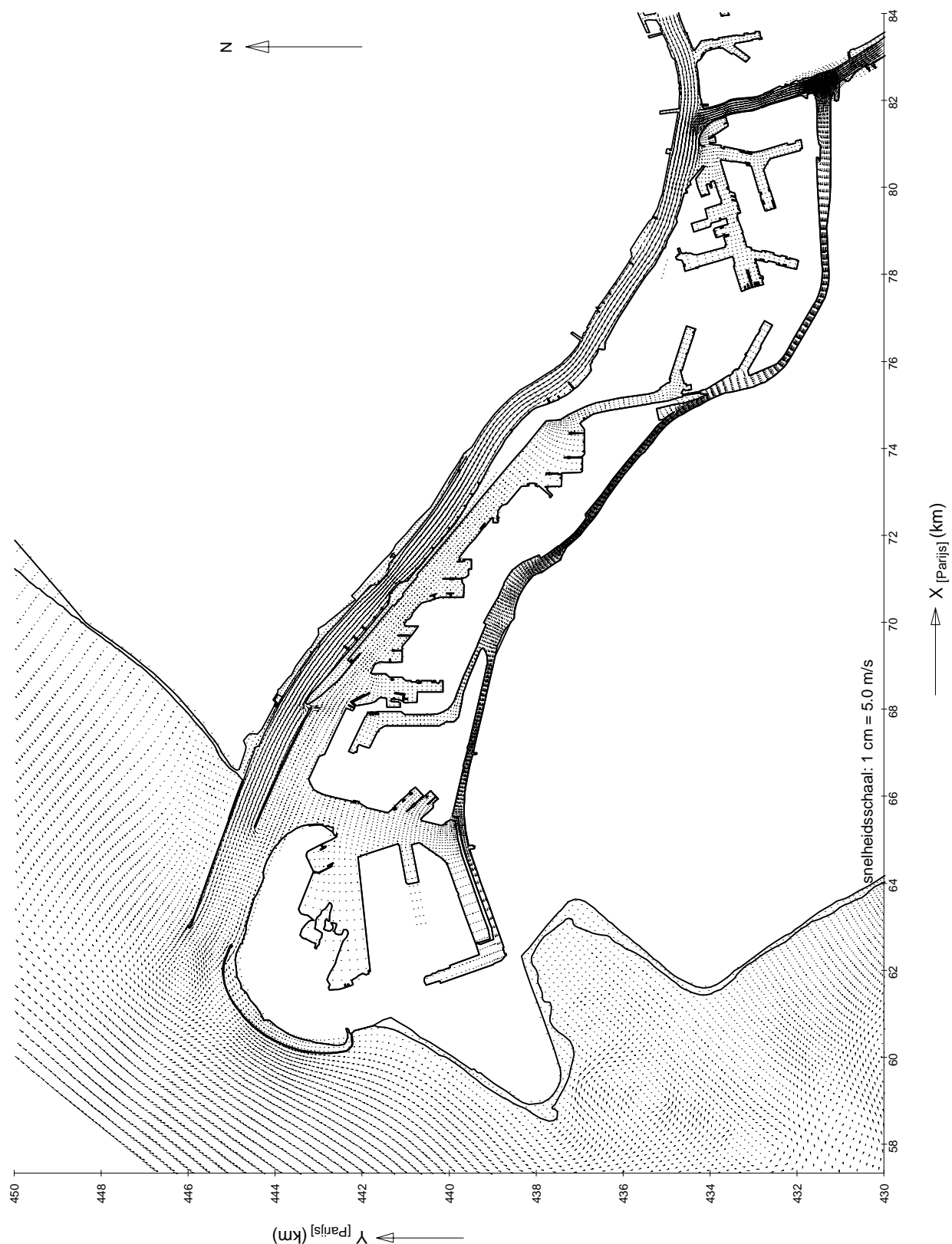
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.35



BOUW EN EERSTE AFREGELING MODEL

Snelheidsveld tijdstip 12:00 uur

s07

190600

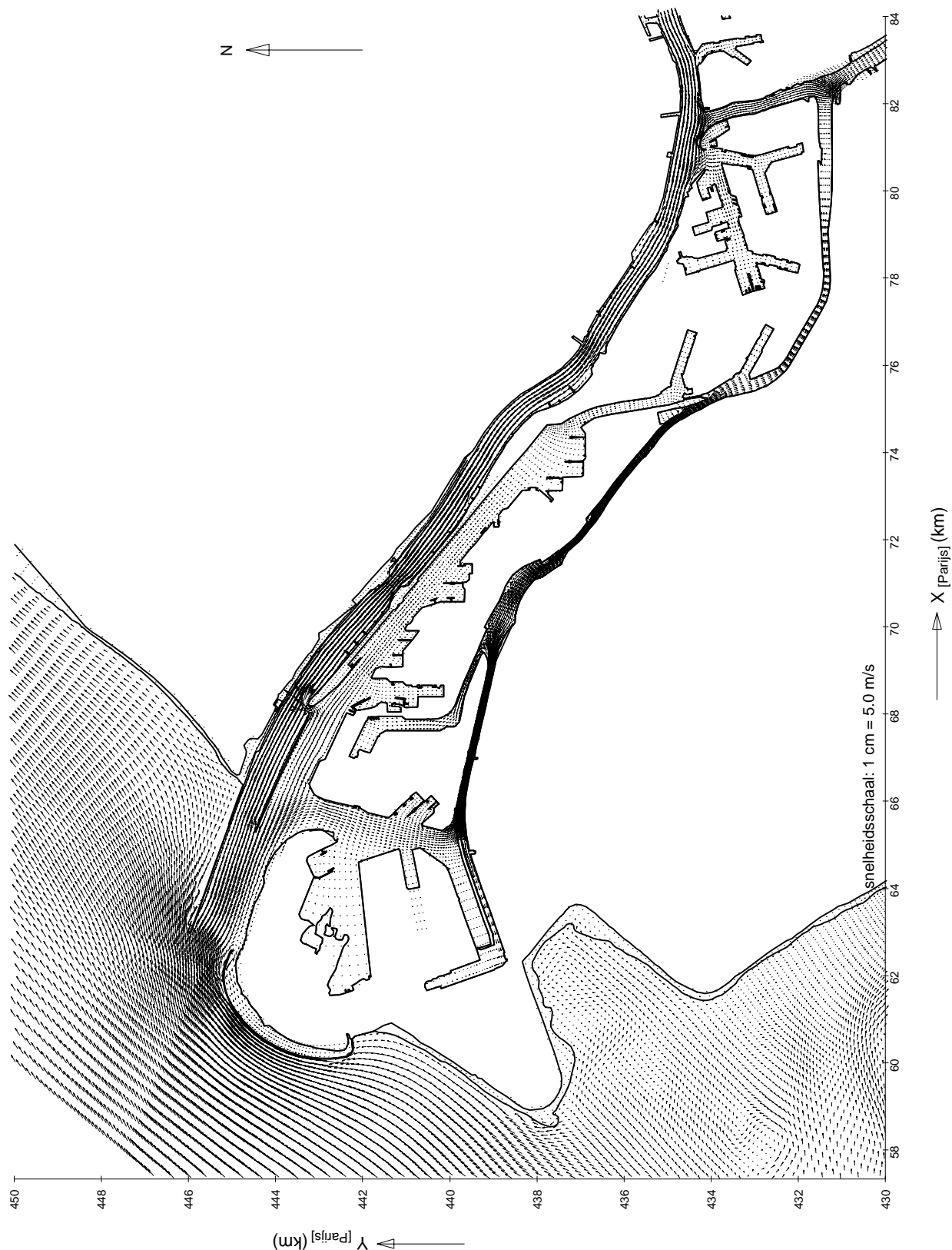
26 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.36



BOUW EN EERSTE AFREGELING MODEL

Snelheidsveld tijdstip 14:00 uur

s07

190600

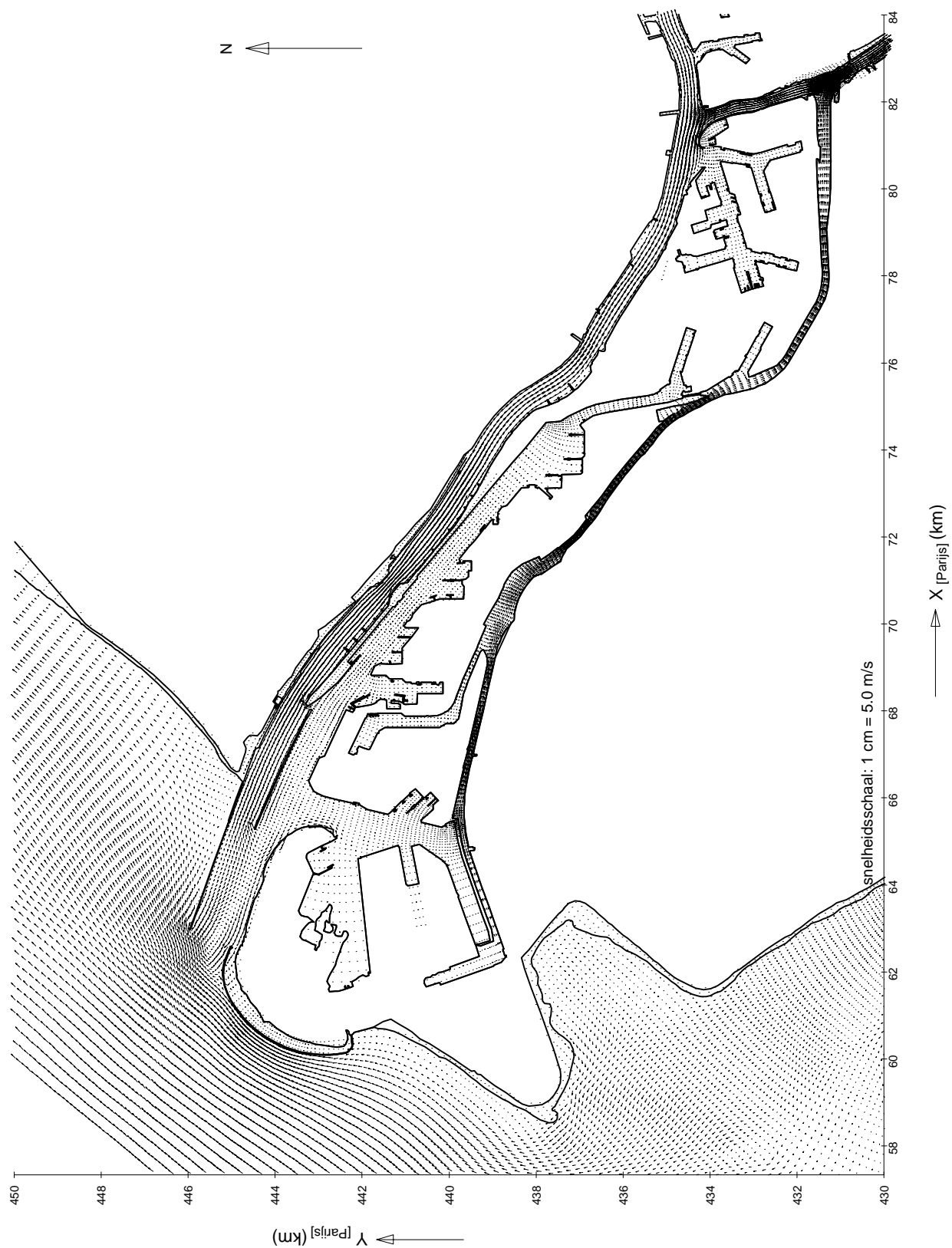
26 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.37



BOUW EN EERSTE AFREGELING MODEL

Snelheidsveld tijdstip 16:00 uur

s07

190600

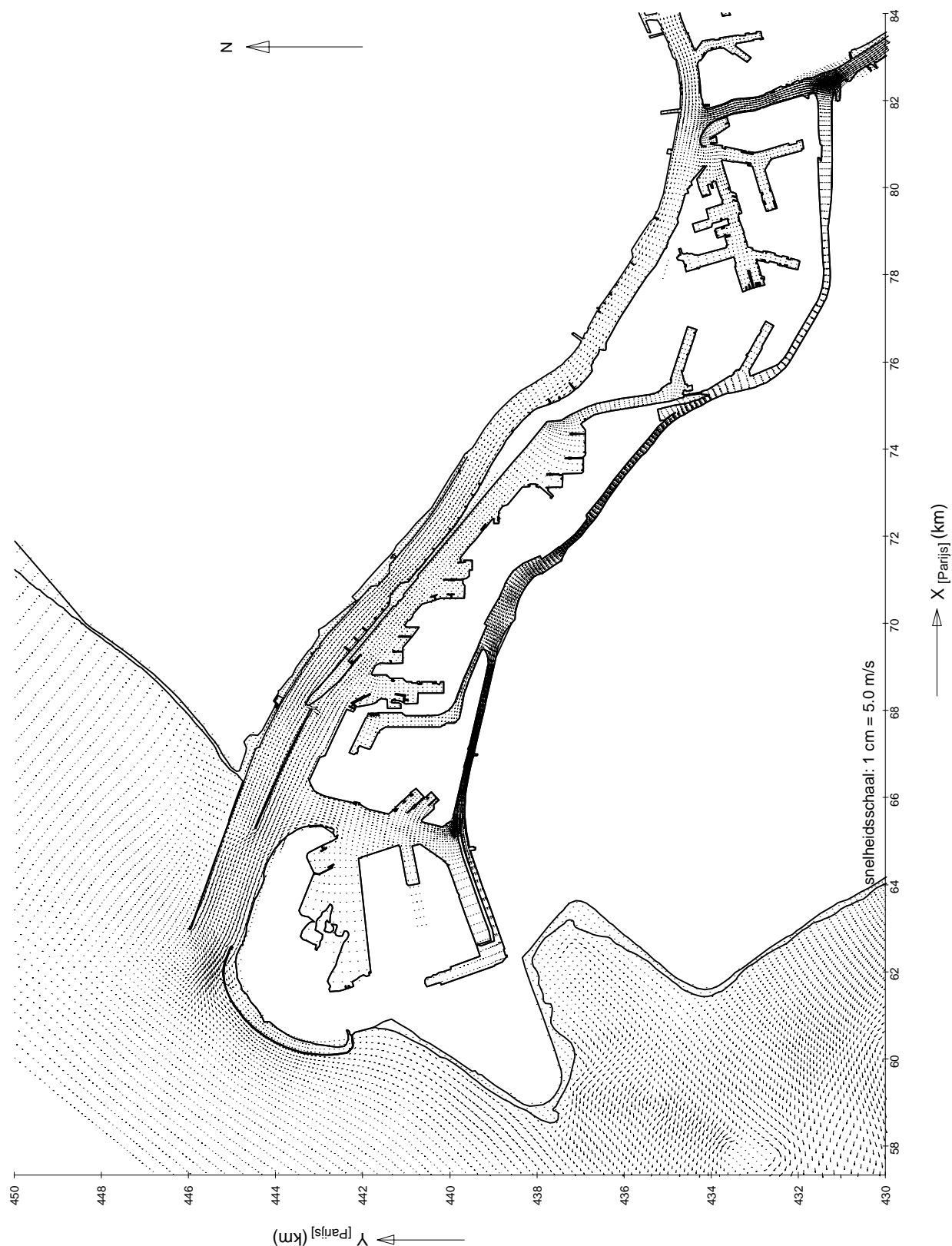
26 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.38



BOUW EN EERSTE AFREGELING MODEL

Snelheidsveld tijdstip 18:00 uur

s07

190600

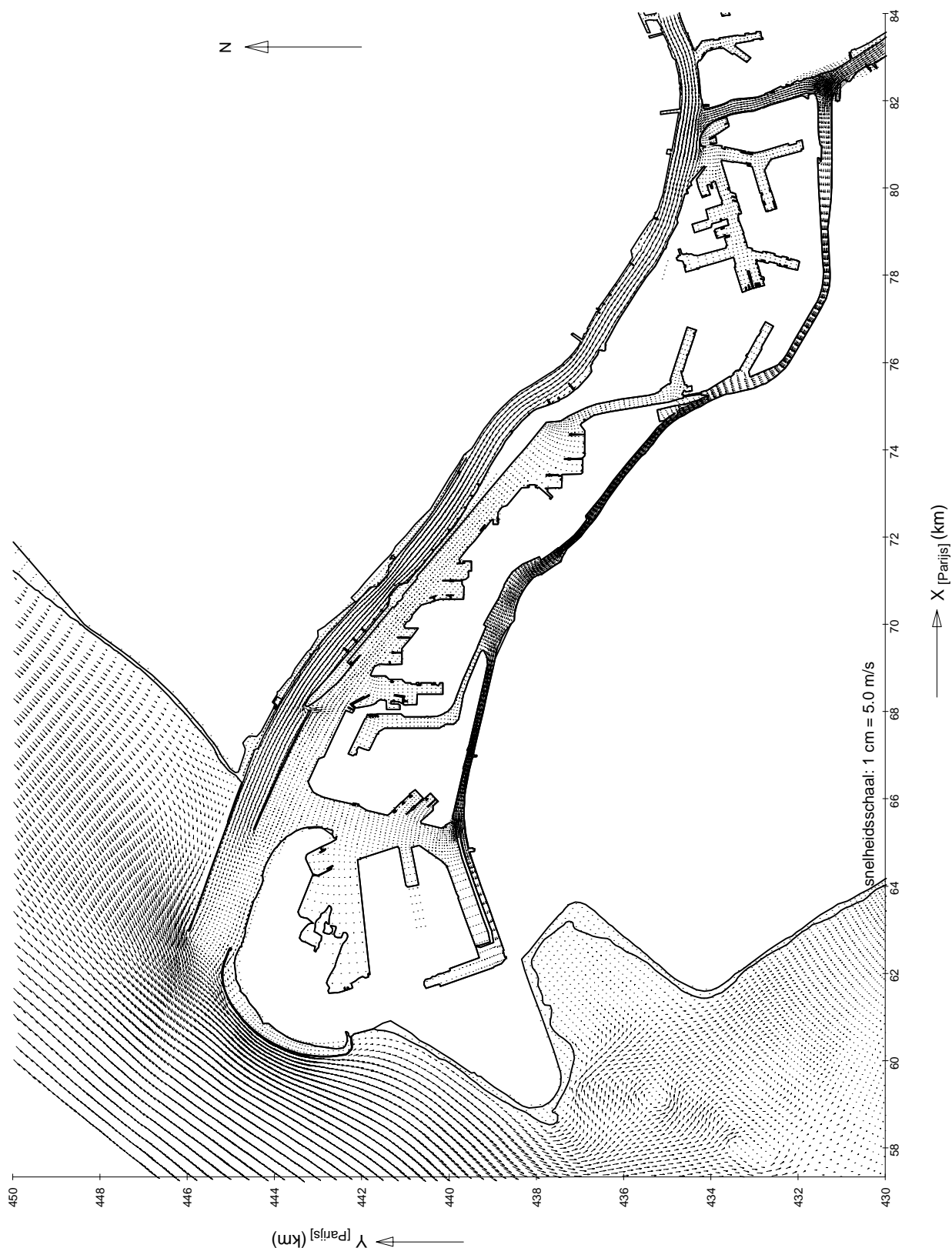
26 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.39



BOUW EN EERSTE AFREGELING MODEL

Snelheidsveld tijdstep 20:00 uur

s07

190600

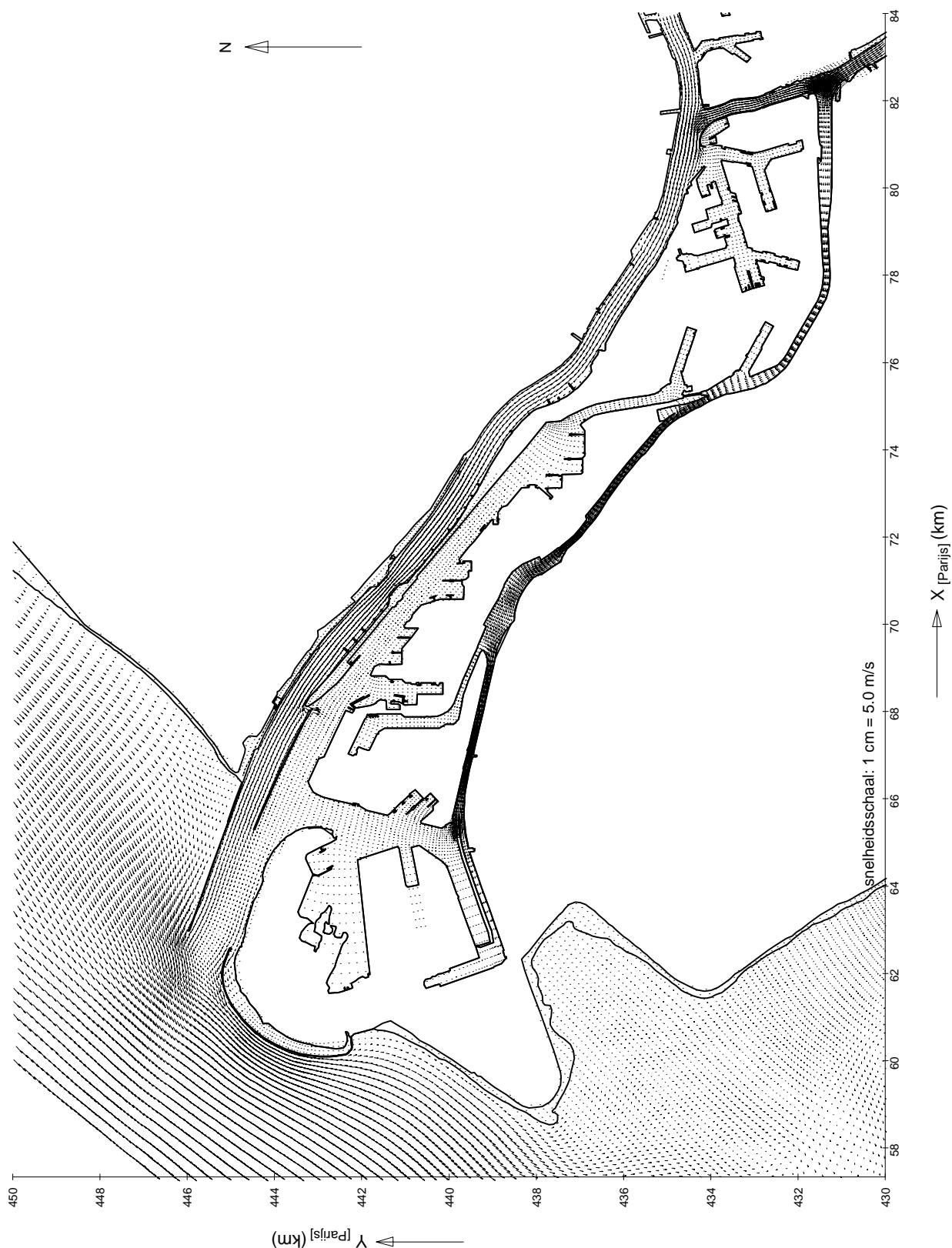
26 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.40



BOUW EN EERSTE AFREGELING MODEL

Snelheidsveld tijdstep 22:00 uur

s07

190600

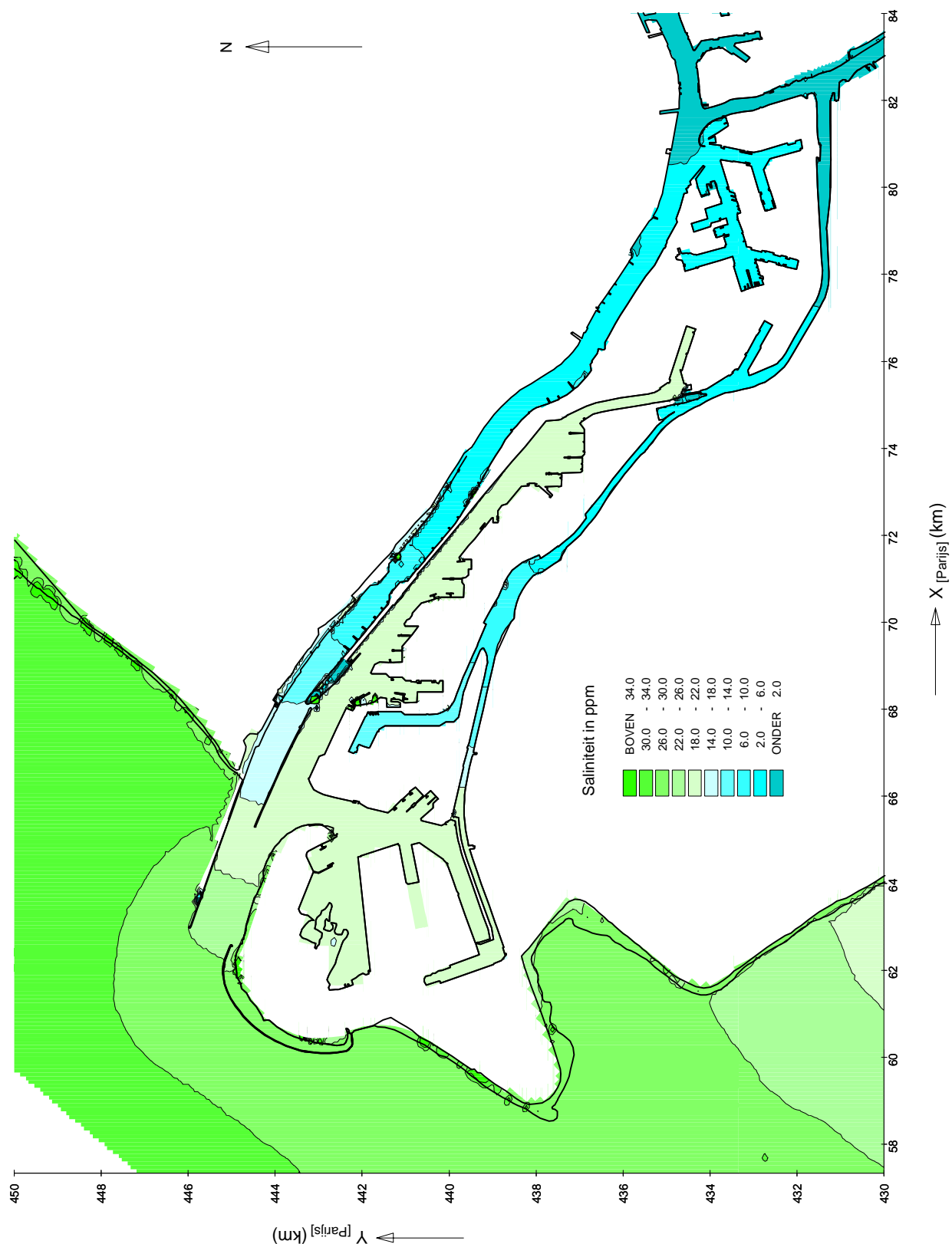
26 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.41



BOUW EN EERSTE AFREGELING MODEL

Saliniteitsveld tijdstip 12:00 uur

s07

190600

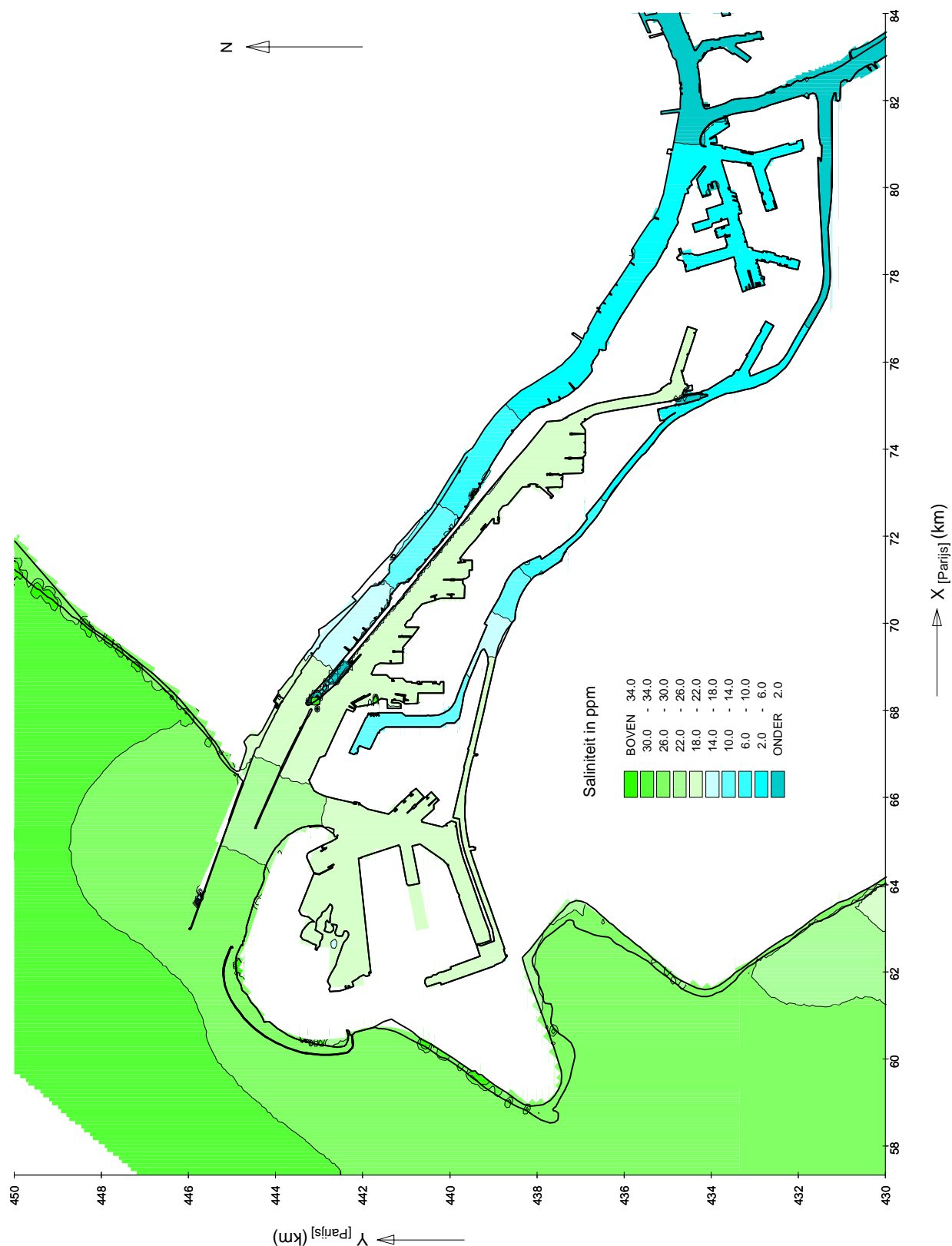
26 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A297

Alkyon

Fig. 4.42



BOUW EN EERSTE AFREGELING MODEL

Saliniteitsveld tijdstip 14:00 uur

s07

190600

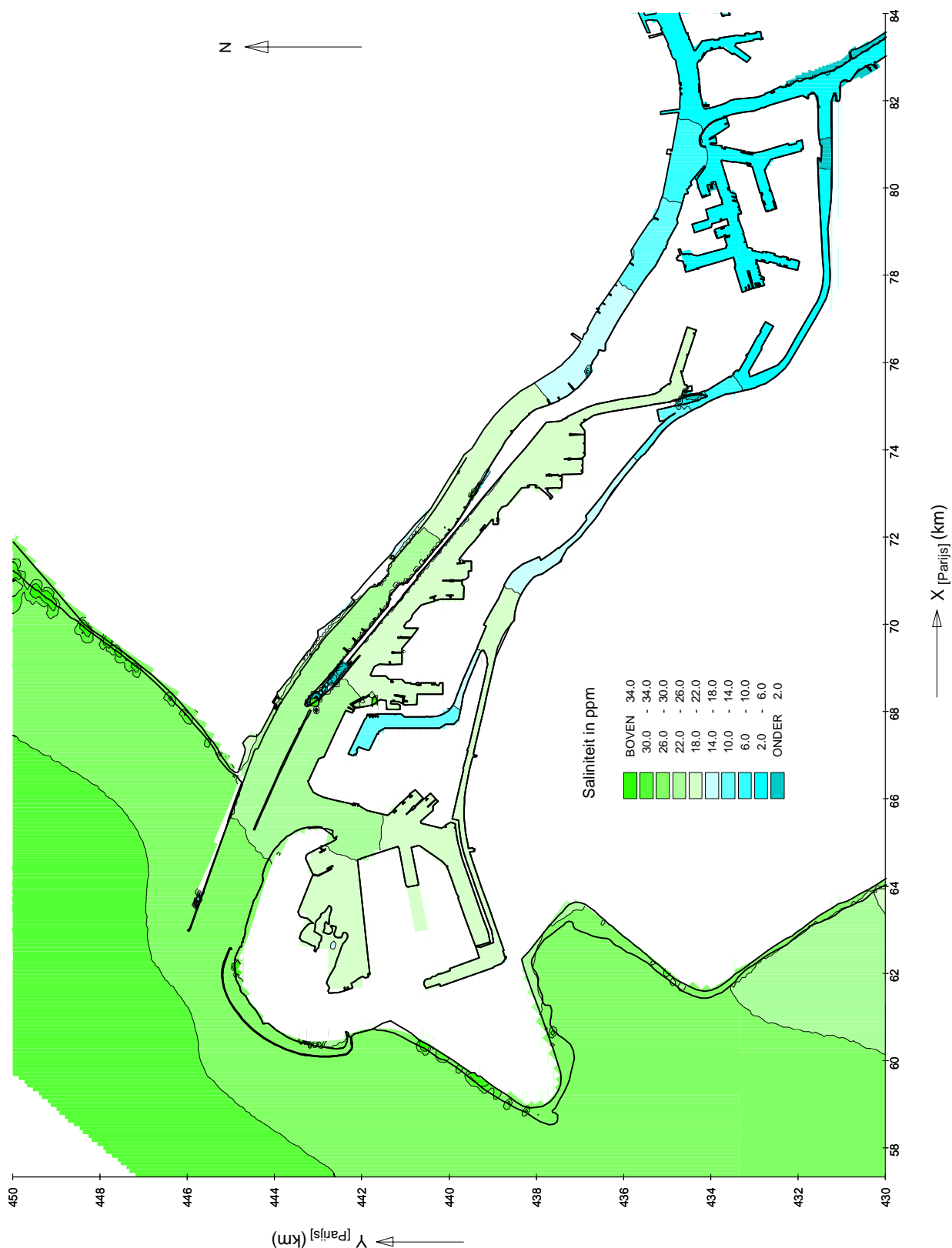
26 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A297

Alkyon

Fig. 4.43



BOUW EN EERSTE AFREGELING MODEL

Saliniteitsveld tijdstip 16:00 uur

s07

190600

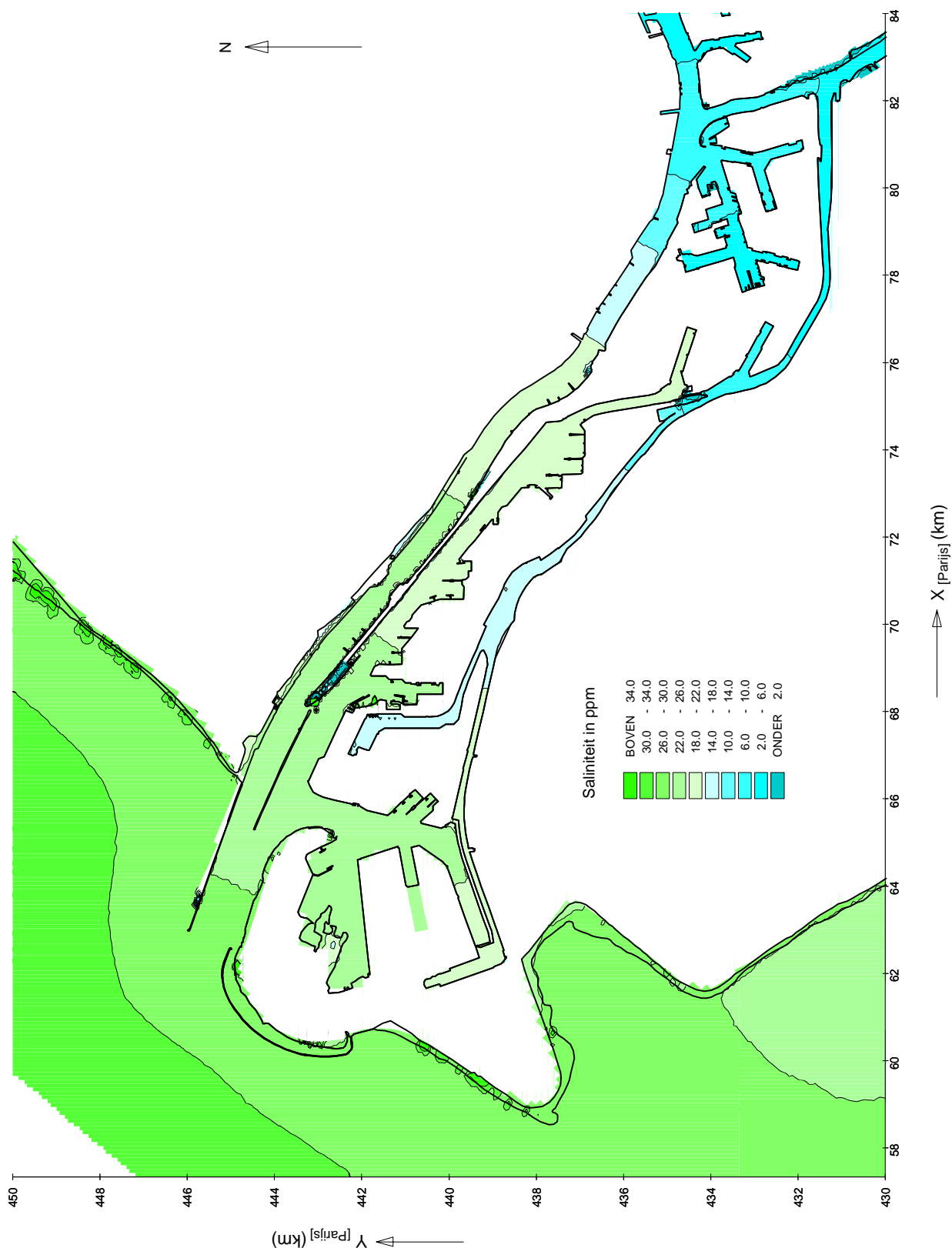
26 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A297

Alkyon

Fig. 4.44



BOUW EN EERSTE AFREGELING MODEL

Saliniteitsveld tijdstip 18:00 uur

s07

190600

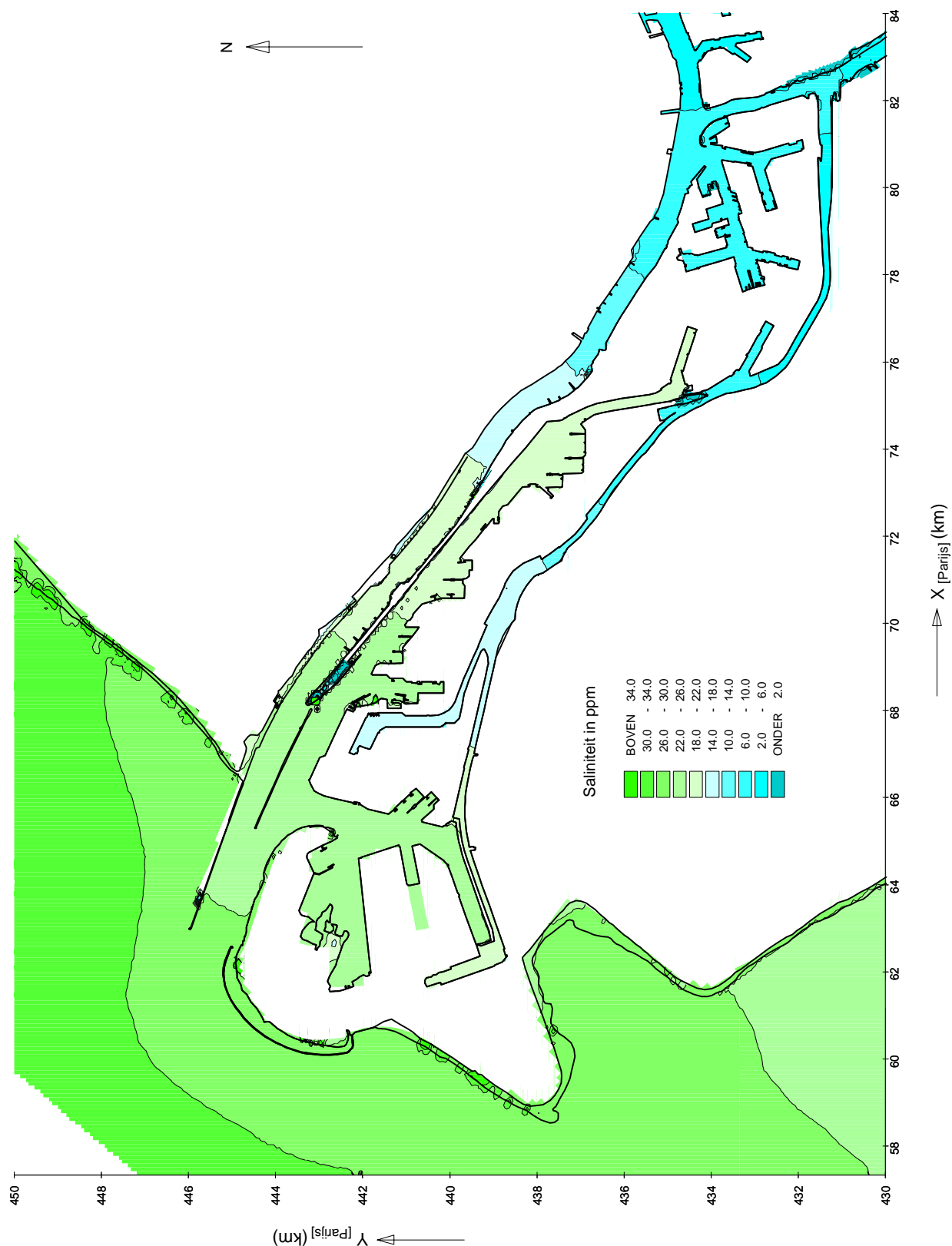
26 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A297

Alkyon

Fig. 4.45



BOUW EN EERSTE AFREGELING MODEL

Saliniteitsveld tijdstip 20:00 uur

s07

190600

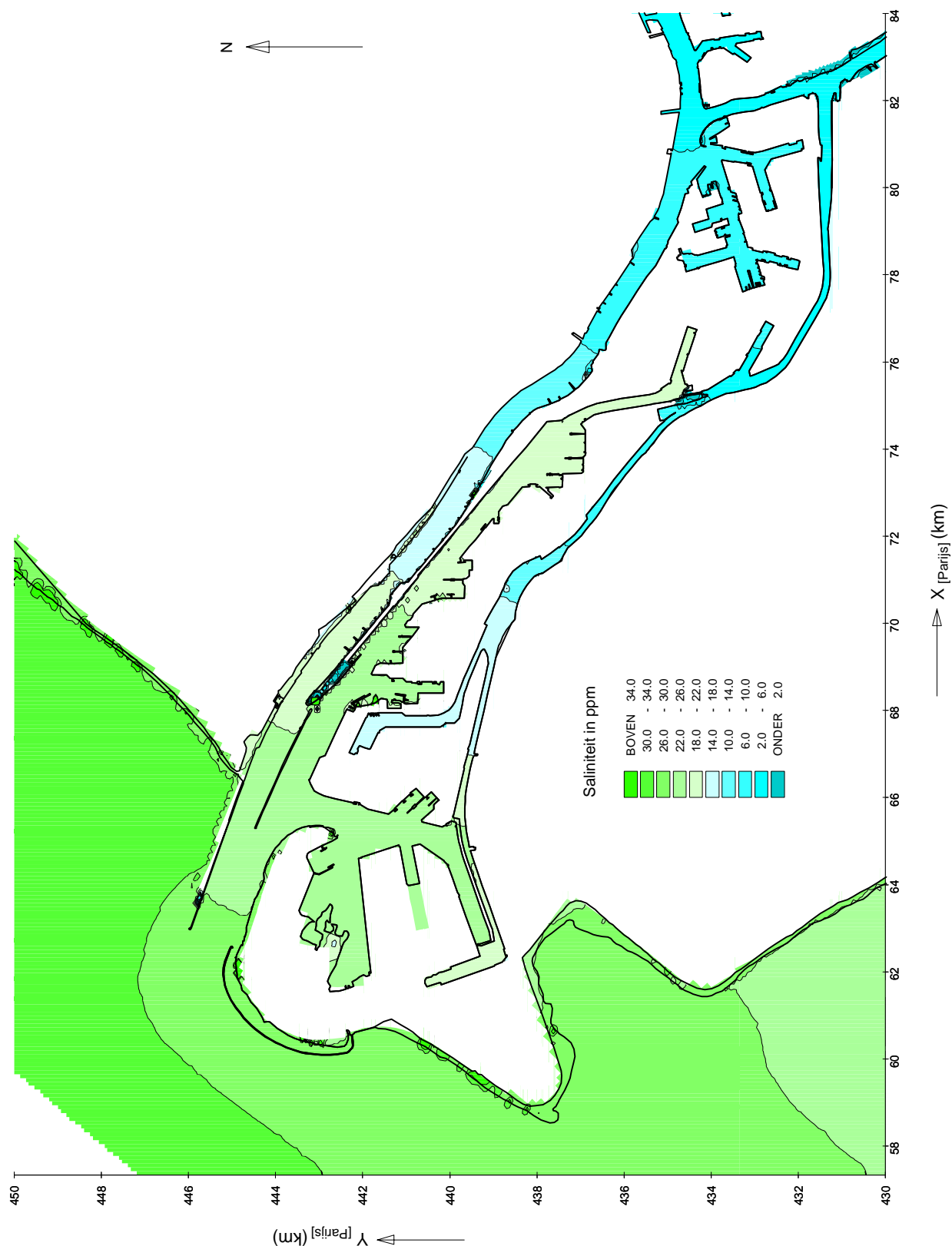
26 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A297

Alkyon

Fig. 4.46



BOUW EN EERSTE AFREGELING MODEL

Saliniteitsveld tijdstip 22:00 uur

s07

190600

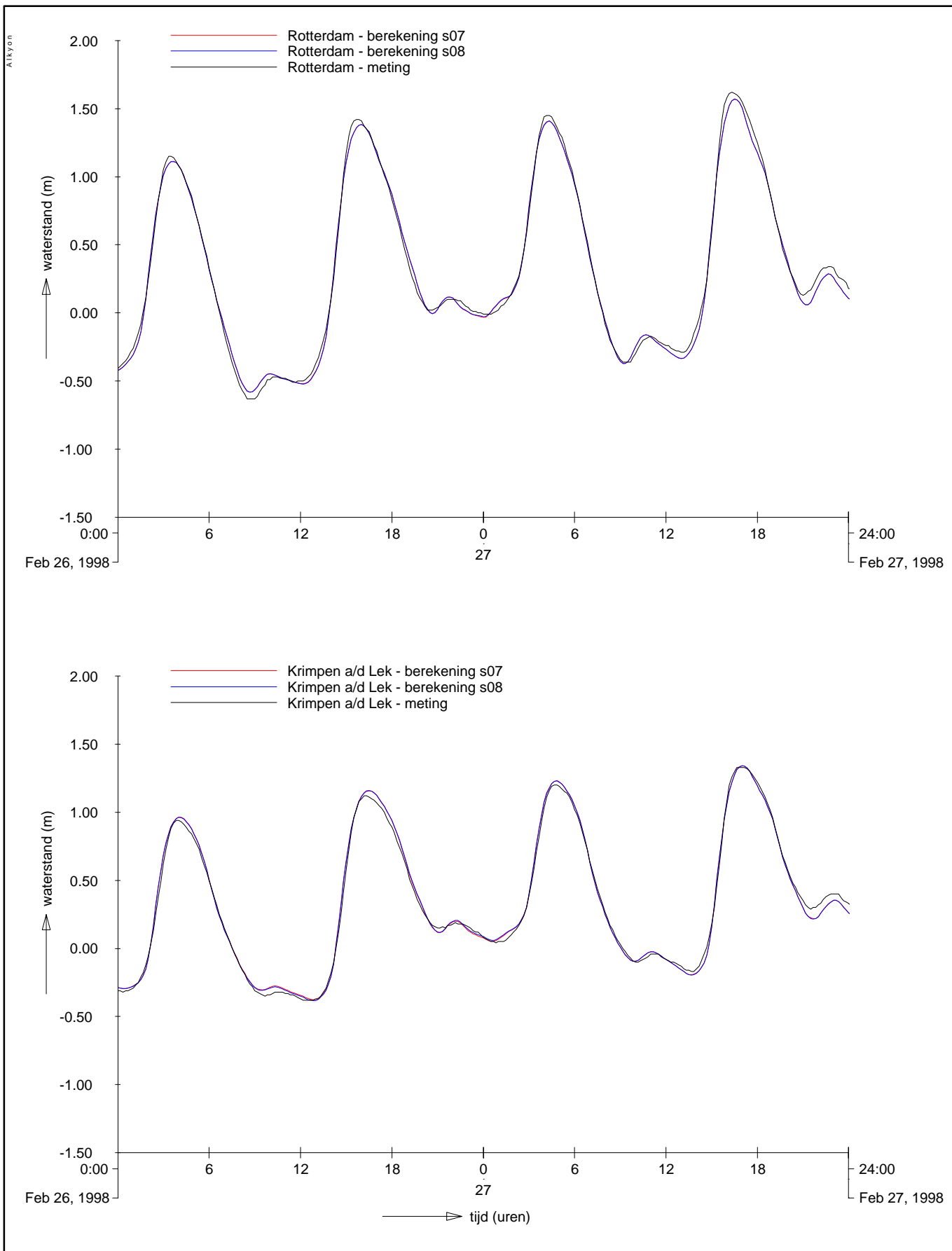
26 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A297

Alkyon

Fig. 4.47



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Rotterdam en Krimpen a/d Lek

Vergelijking meting en berekening

s07, s08

190600

effect afvoergegevens

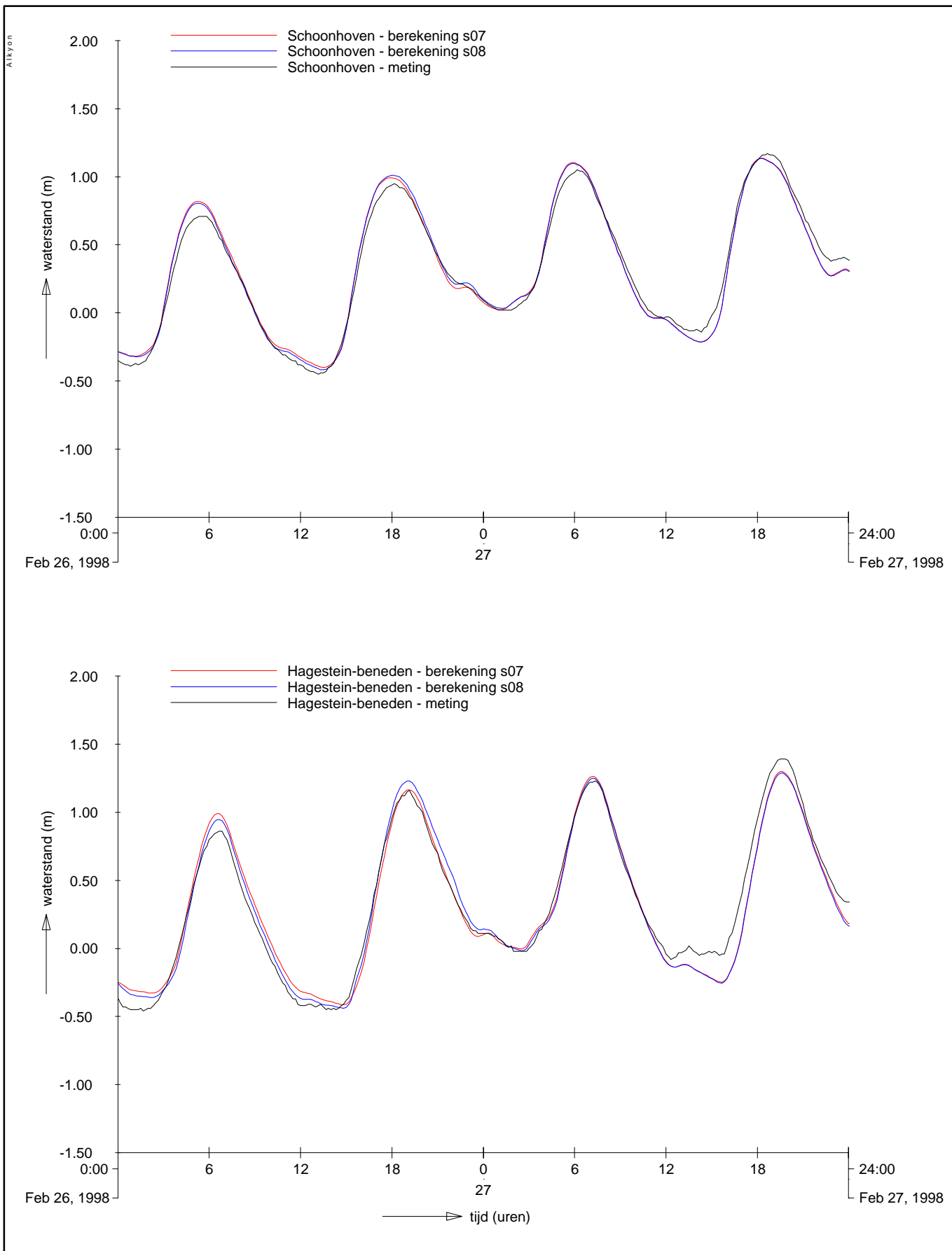
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.48



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Schoonhoven en Hagestein-beneden

Vergelijking meting en berekening

s07, s08

190600

effect afvoergegevens

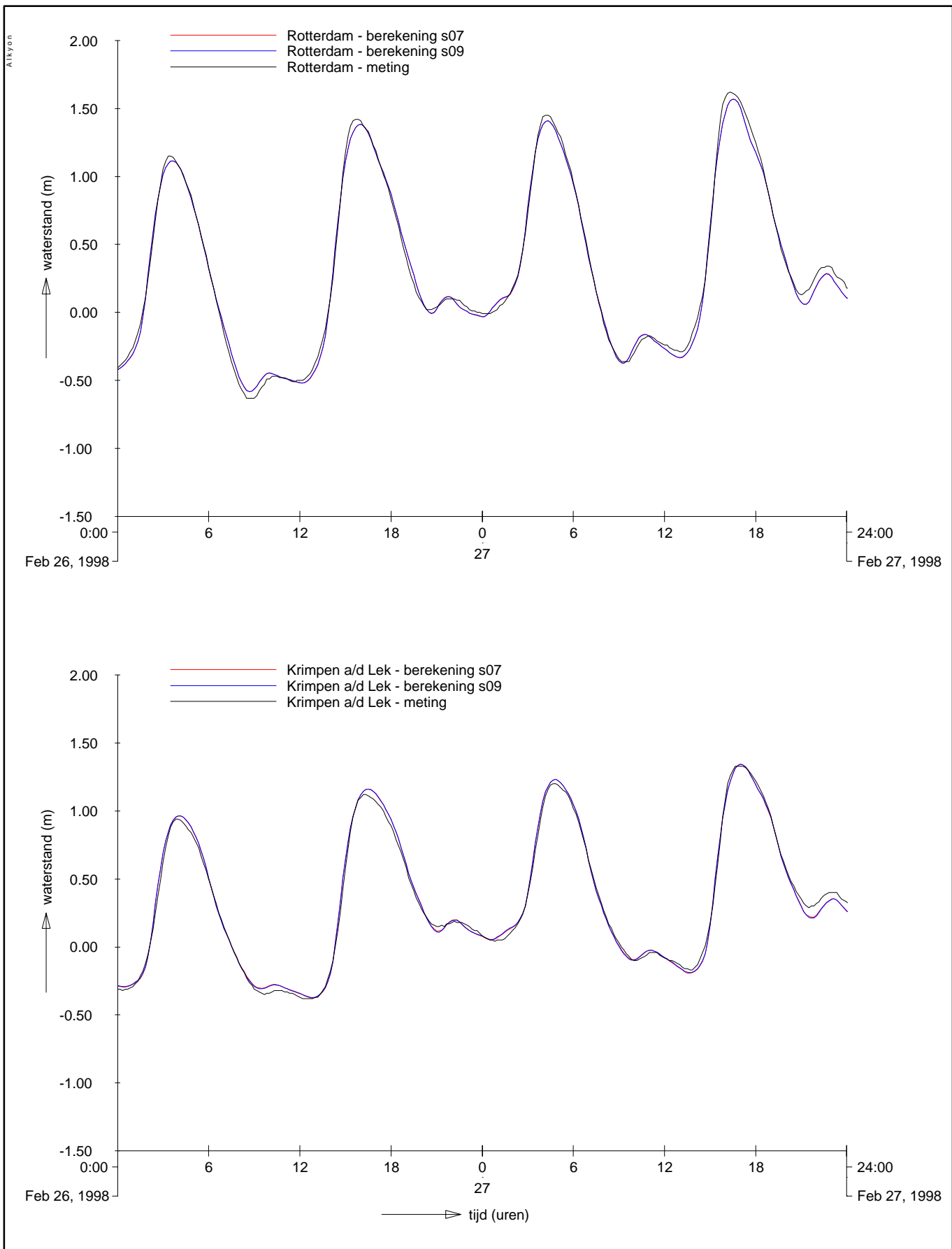
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.49



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Rotterdam en Krimpen a/d Lek

Vergelijking meting en berekening

s07, s09

190600

effect overlaten

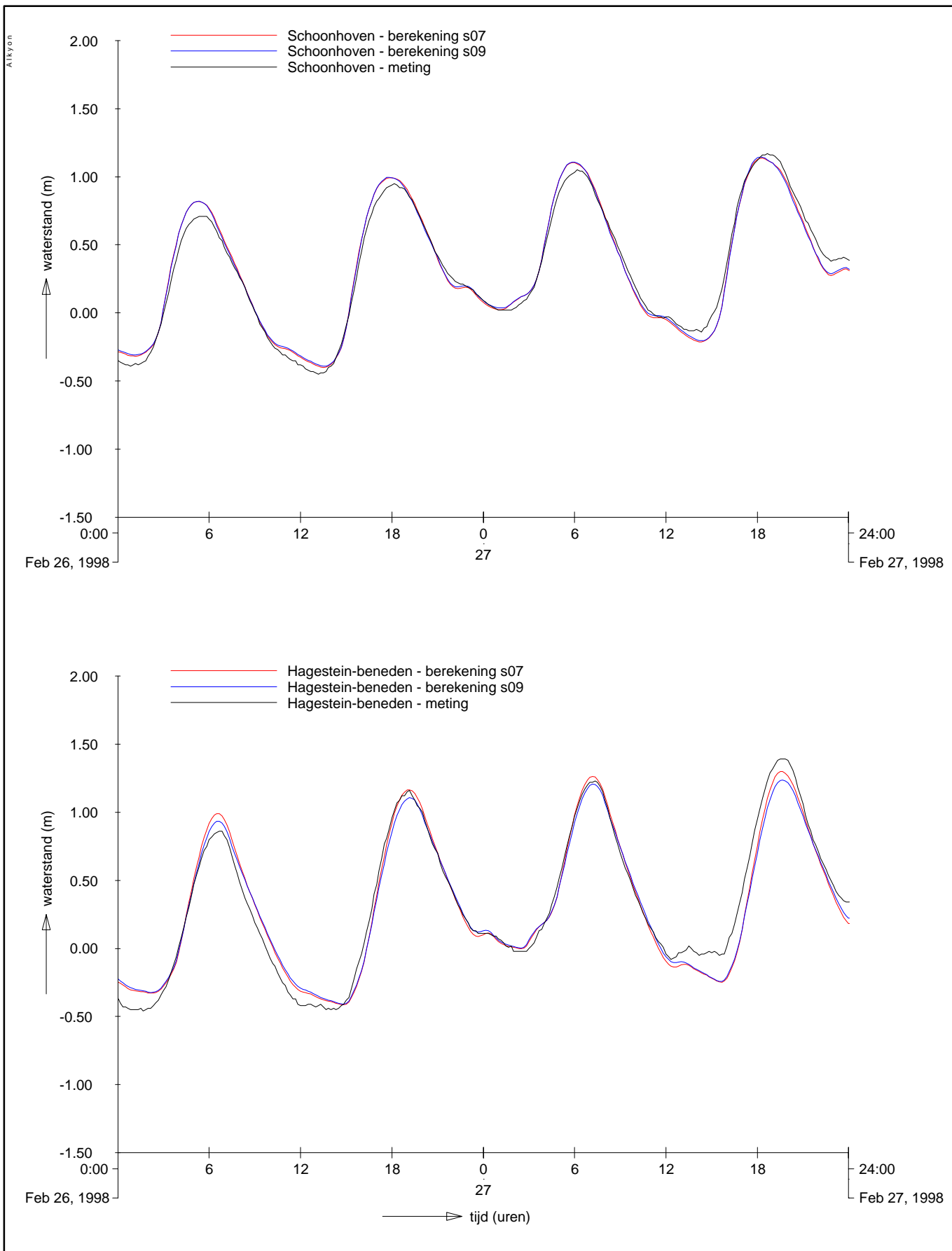
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.50



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Schoonhoven en Hagestein-beneden

Vergelijking meting en berekening

s07, s09

190600

effect overlaten

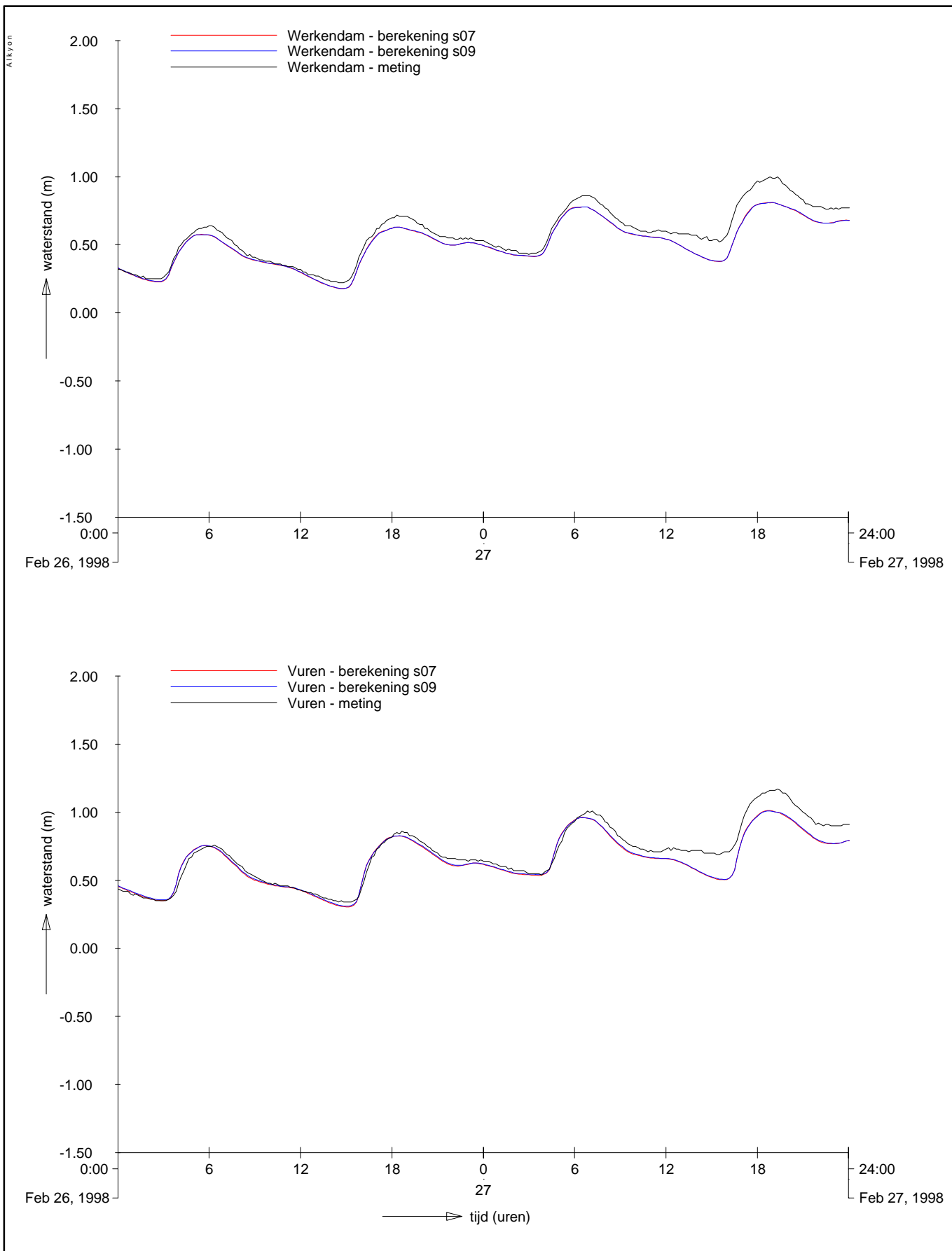
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.51



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Werkendam en Vuren

Vergelijking meting en berekening

s07, s09

190600

effect overlaten

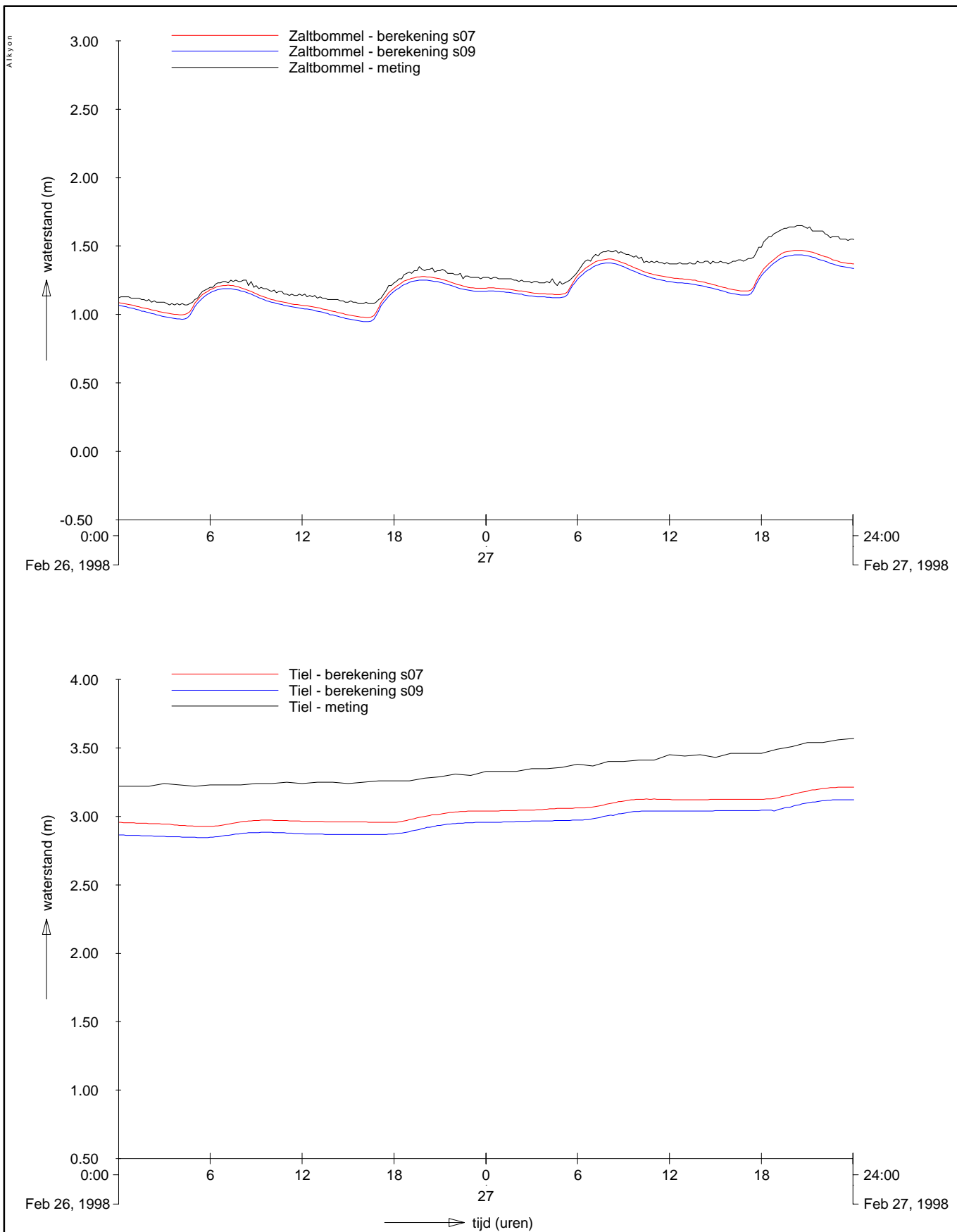
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.52



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Zaltbommel en Tiel

Vergelijking meting en berekening

s07, s09

190600

effect overlaten

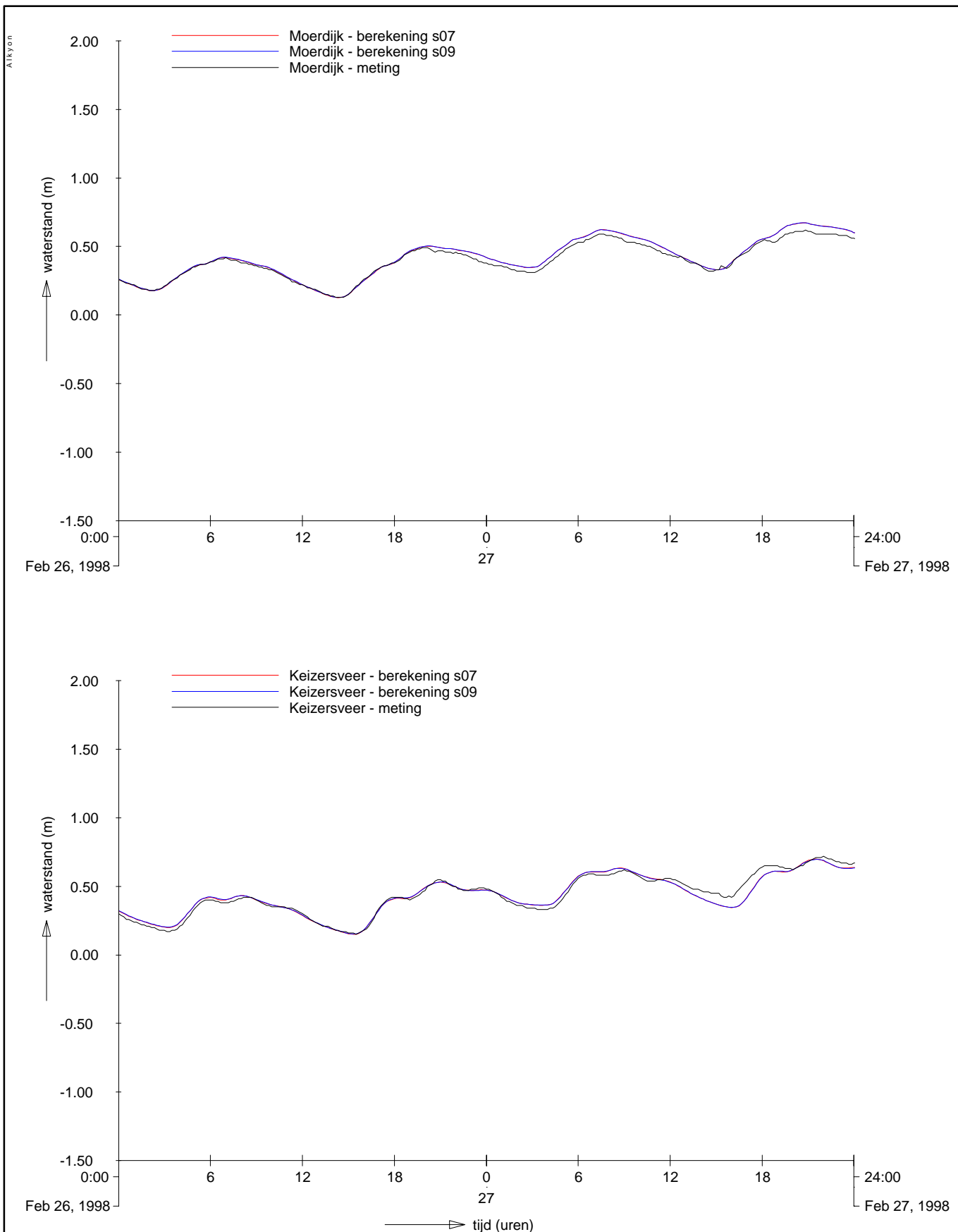
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

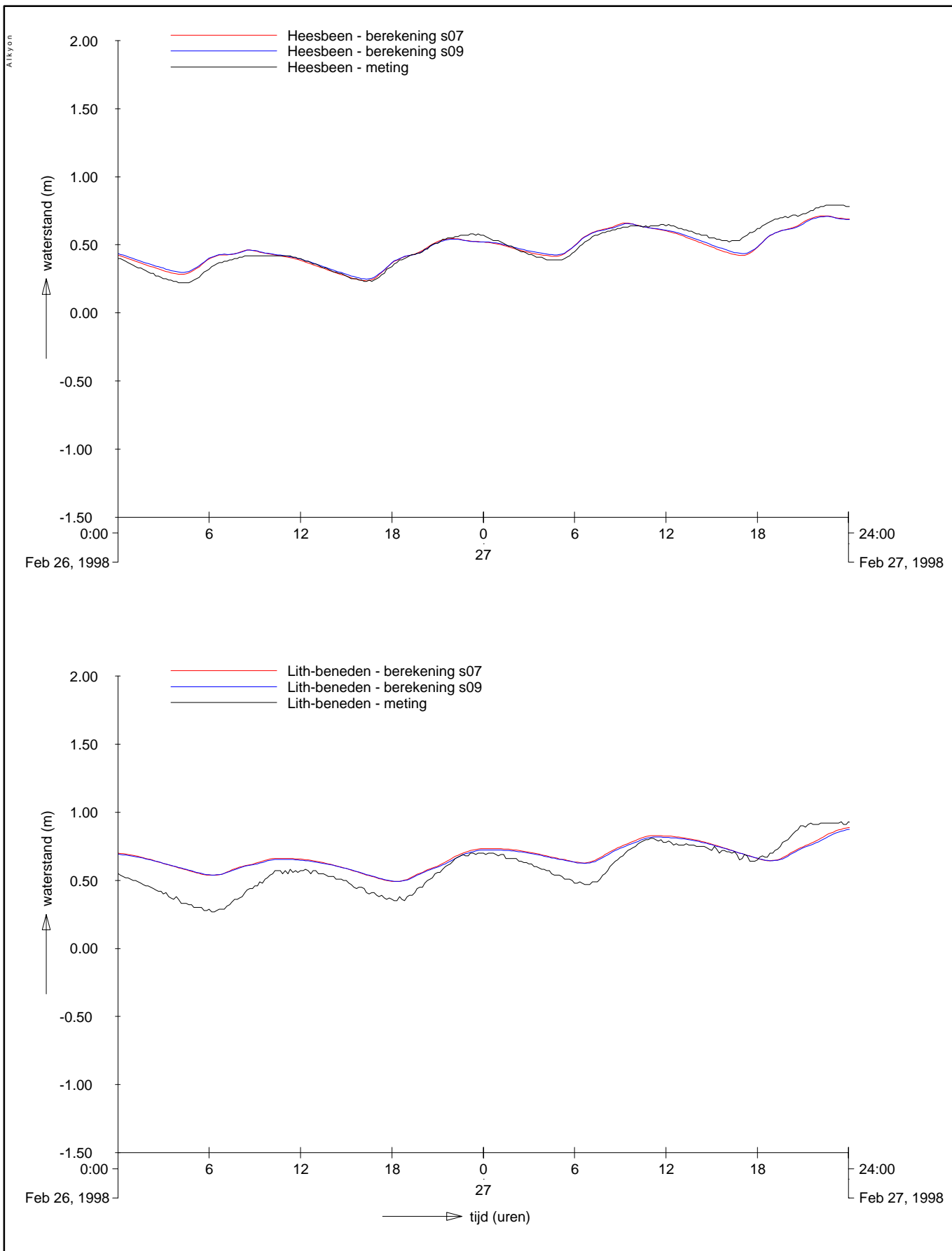
A623

Alkyon

Fig. 4.53



BOUW EN EERSTE AFREGELING Waterstanden in stations Moerdijk en Keizersveer Vergelijking meting en berekening	s07, s09	190600
	effect overlaten	
	26/27 februari 1998	
PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL	A623	Alkyon Fig. 4.54



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Heesbeen en Lith-beneden

Vergelijking meting en berekening

s07, s09

190600

effect overlaten

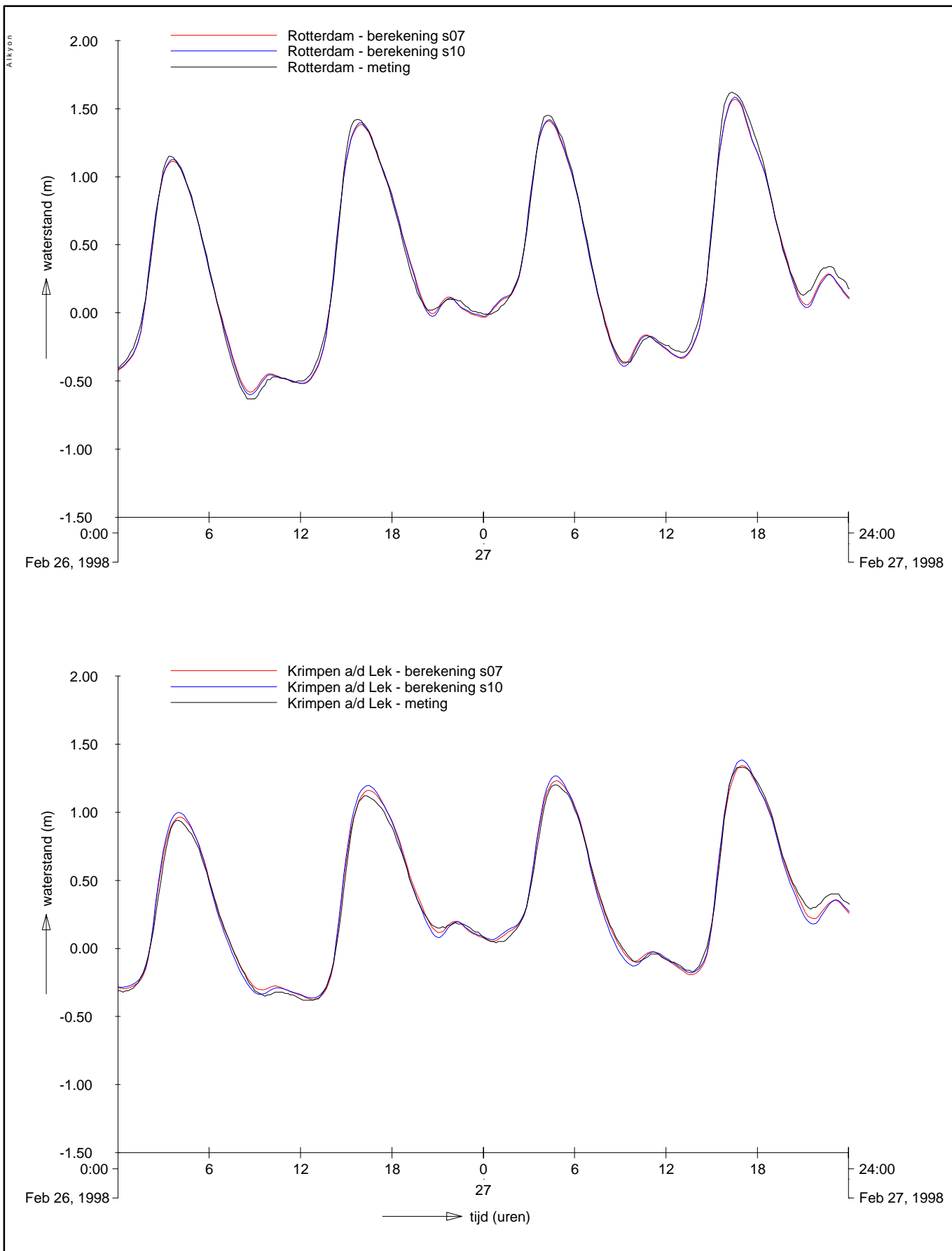
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.55



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Rotterdam en Krimpen a/d Lek

Vergelijking meting en berekening

s07, s10

190600

effect ruwheid

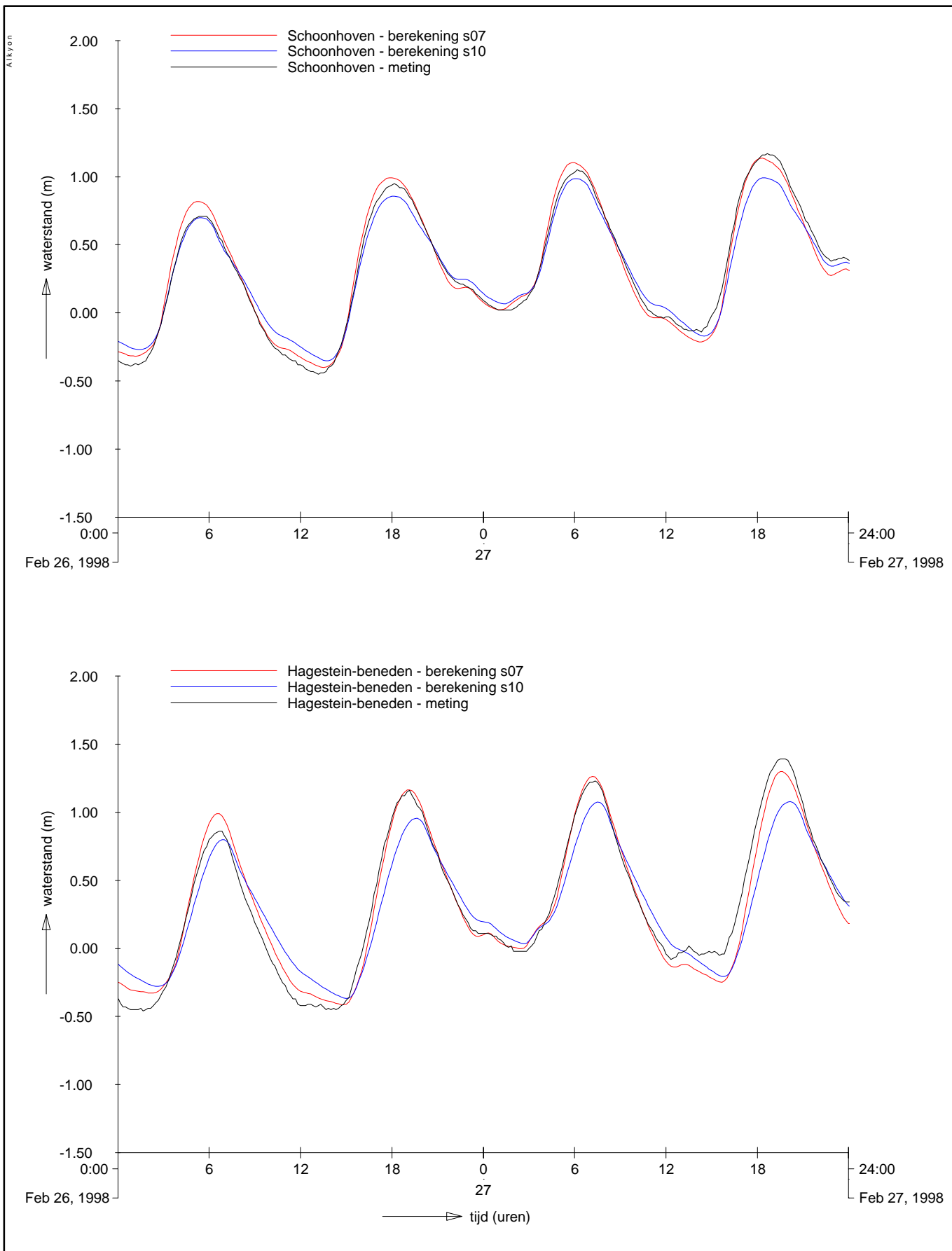
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.56



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Schoonhoven en Hagestein-beneden

Vergelijking meting en berekening

s07, s10

190600

effect ruwheid

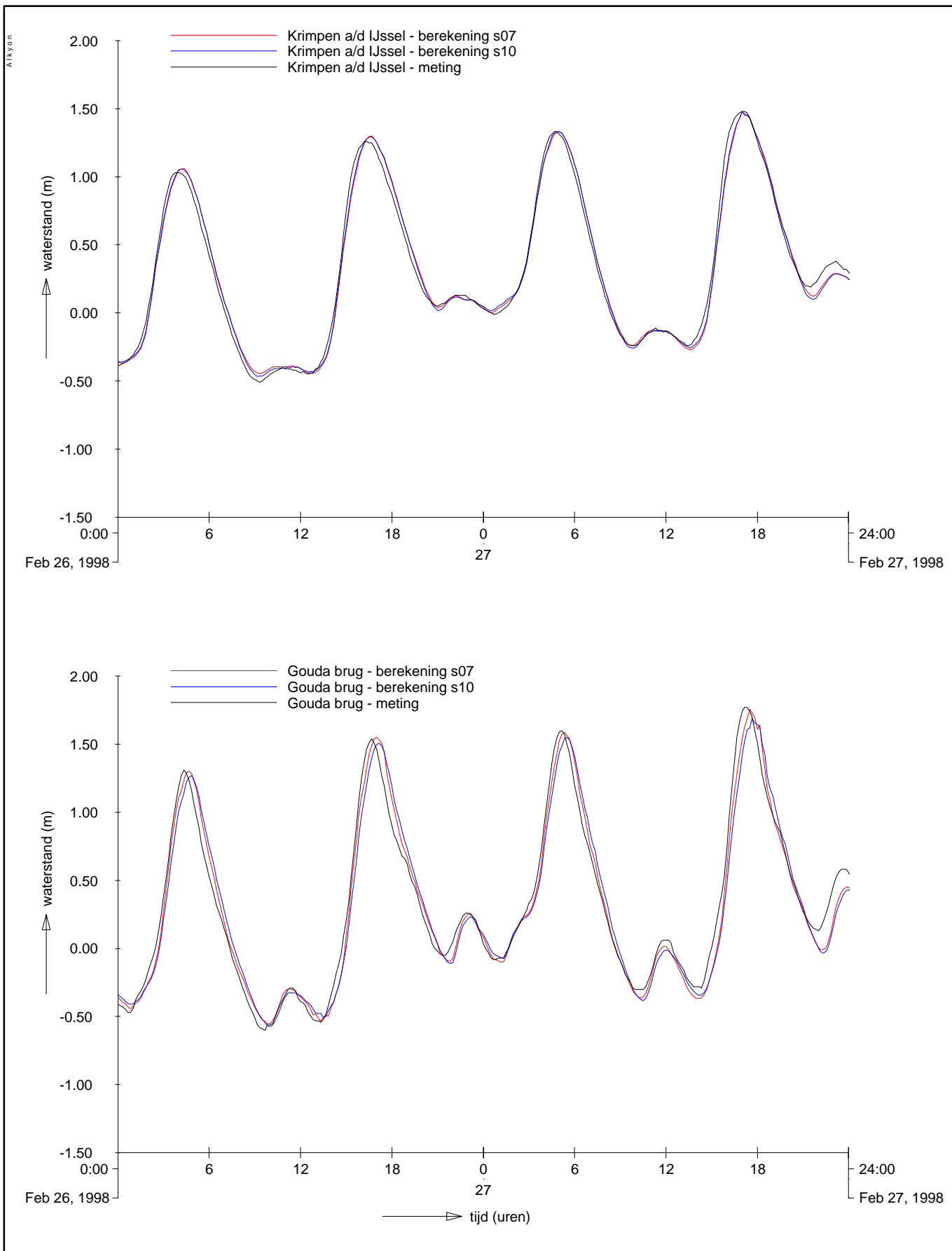
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.57



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Krimpen a/d IJssel en Gouda brug

Vergelijking meting en berekening

s07, s10

190600

effect ruwheid

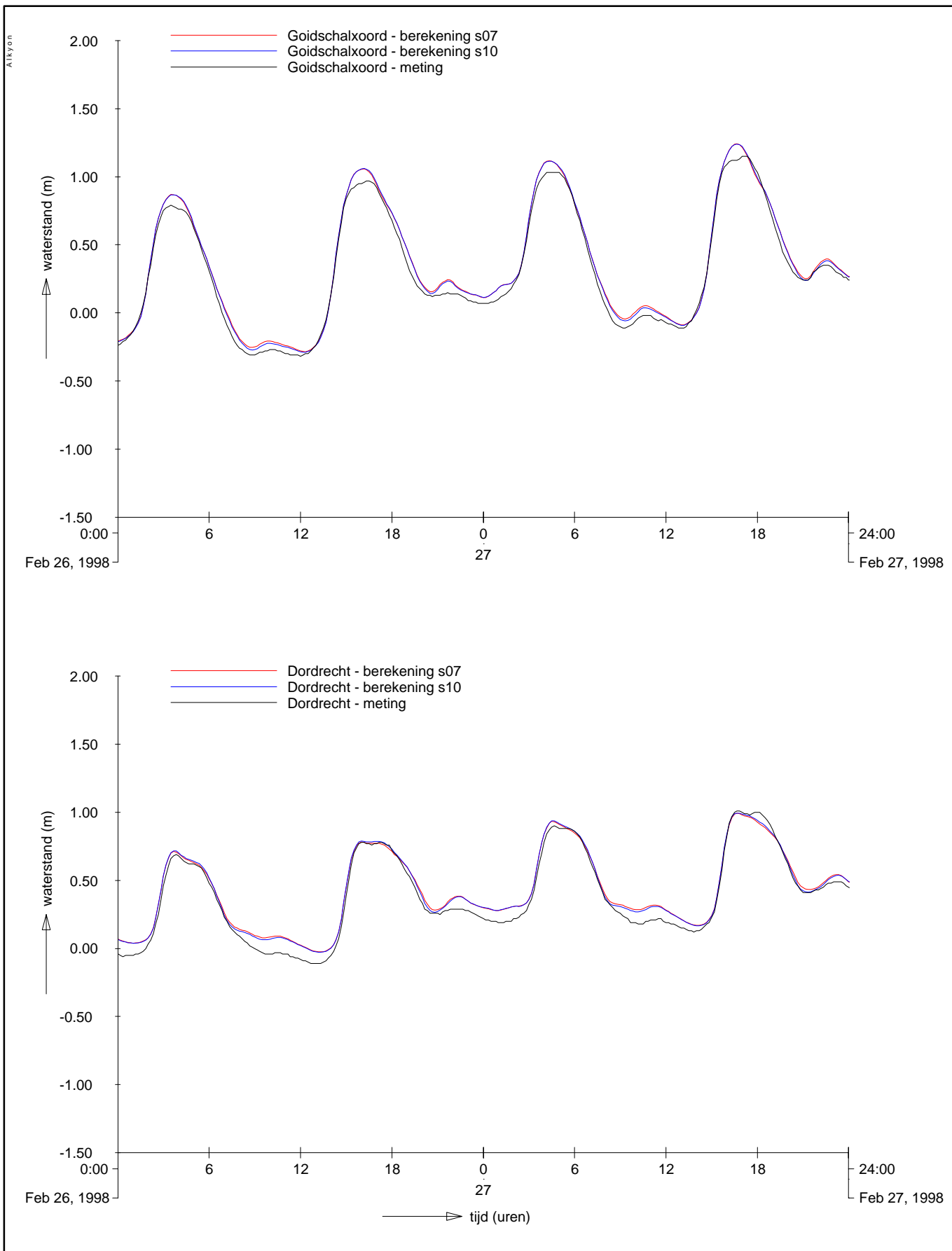
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.58



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Goidschalxoord en Dordrecht

Vergelijking meting en berekening

s07, s10

190600

effect ruwheid

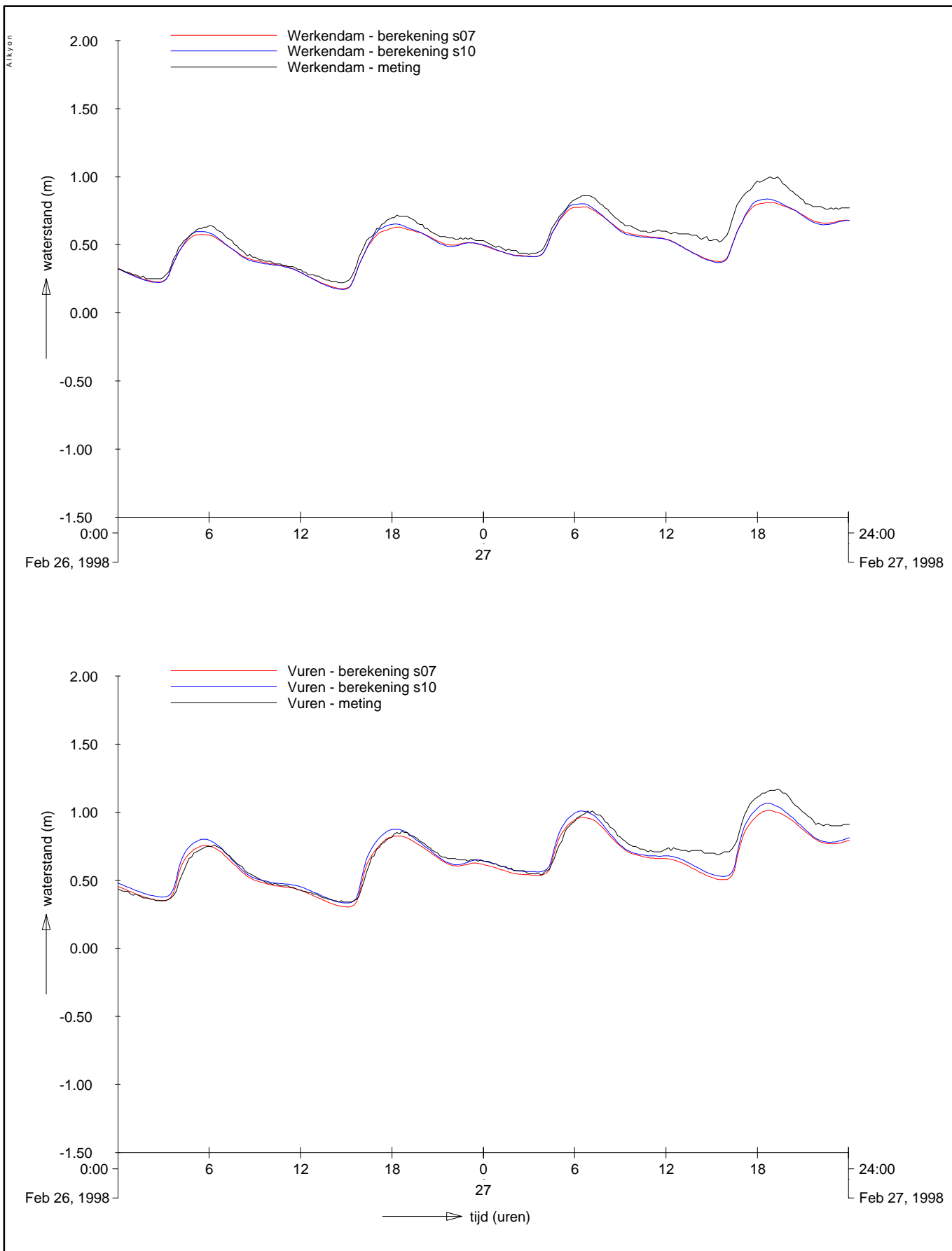
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.59



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Werkendam en Vuren

Vergelijking meting en berekening

s07, s10

190600

effect ruwheid

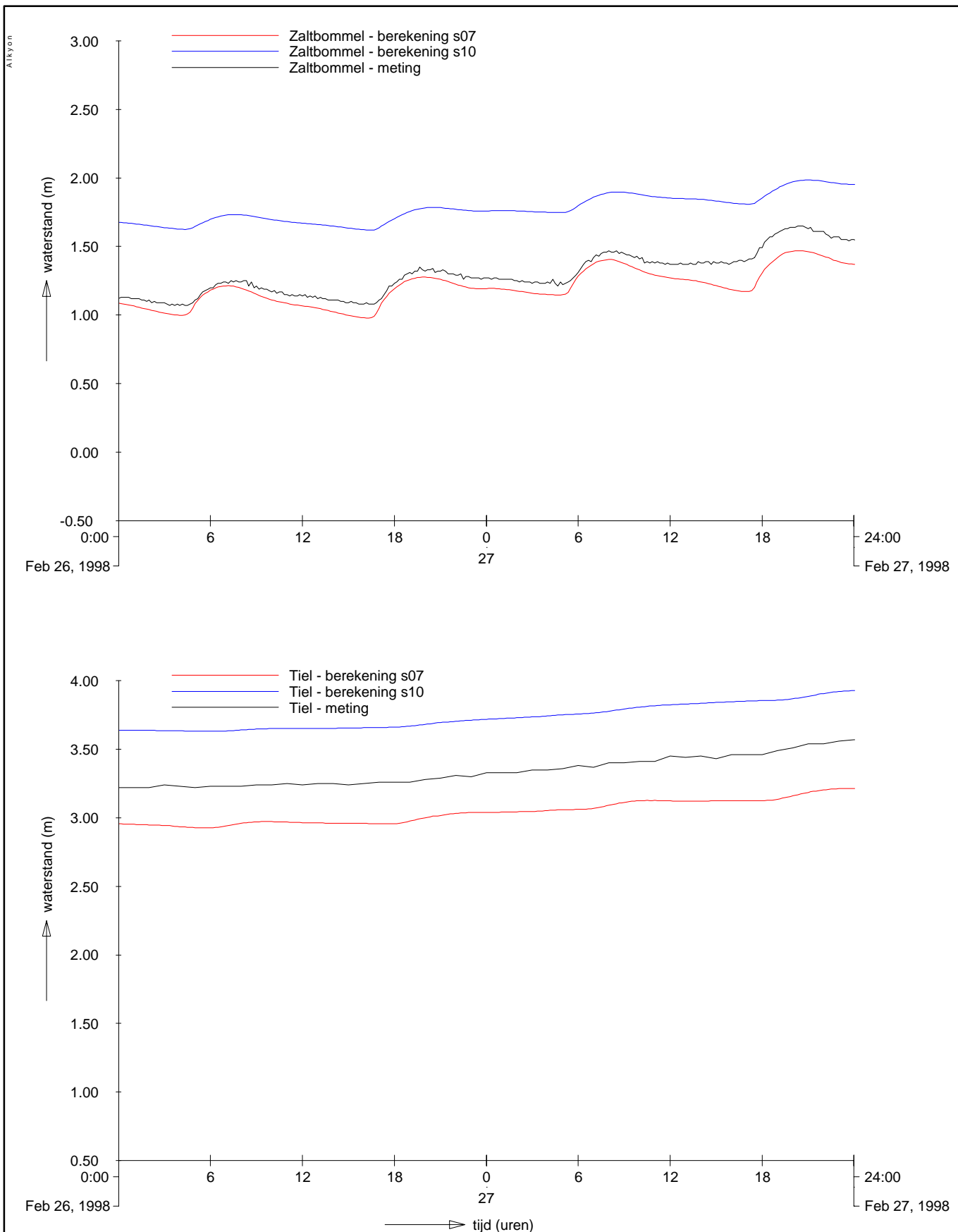
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.60



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Zaltbommel en Tiel

Vergelijking meting en berekening

s07, s10

190600

effect ruwheid

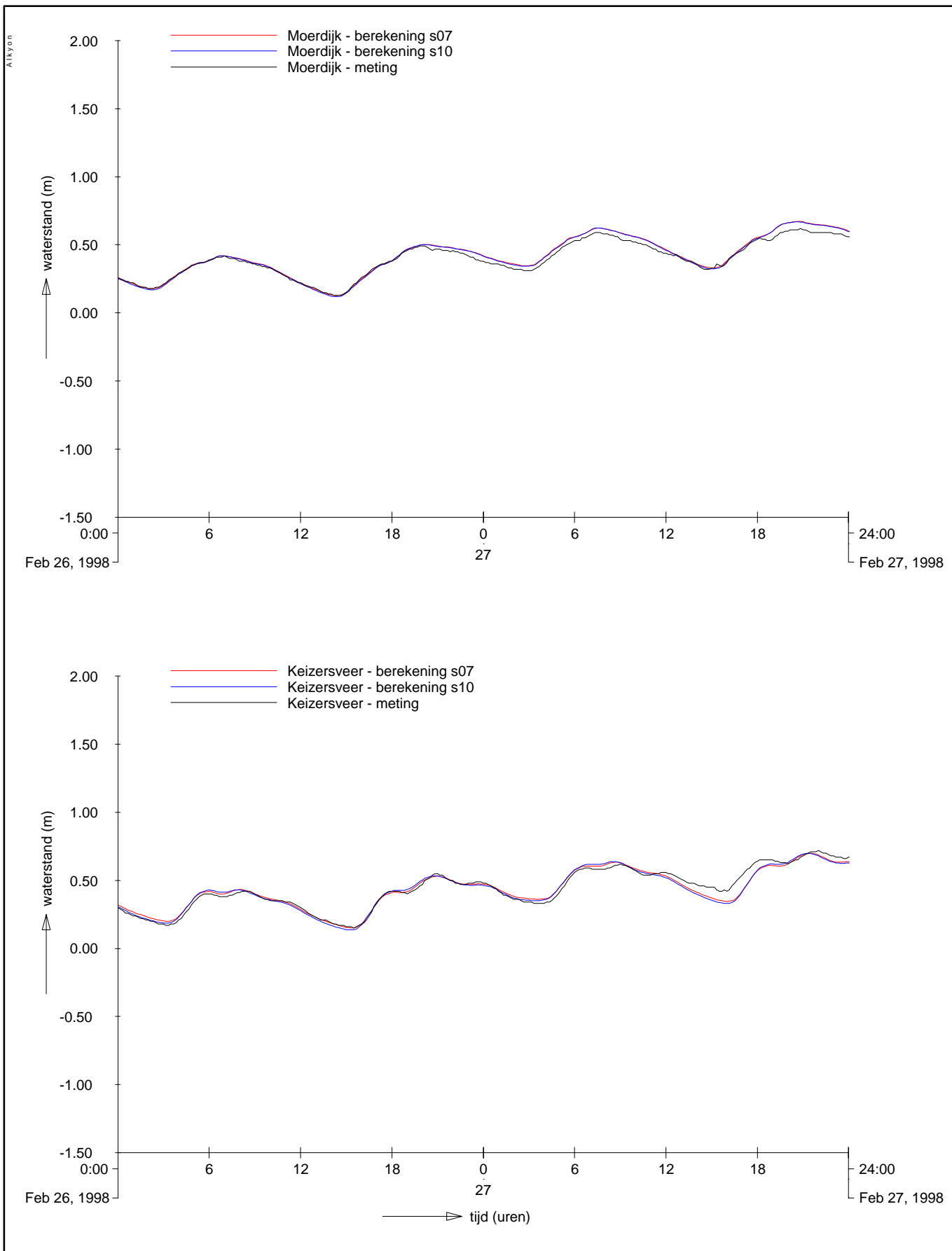
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.61



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Moerdijk en Keizersveer

Vergelijking meting en berekening

s07, s10

190600

effect ruwheid

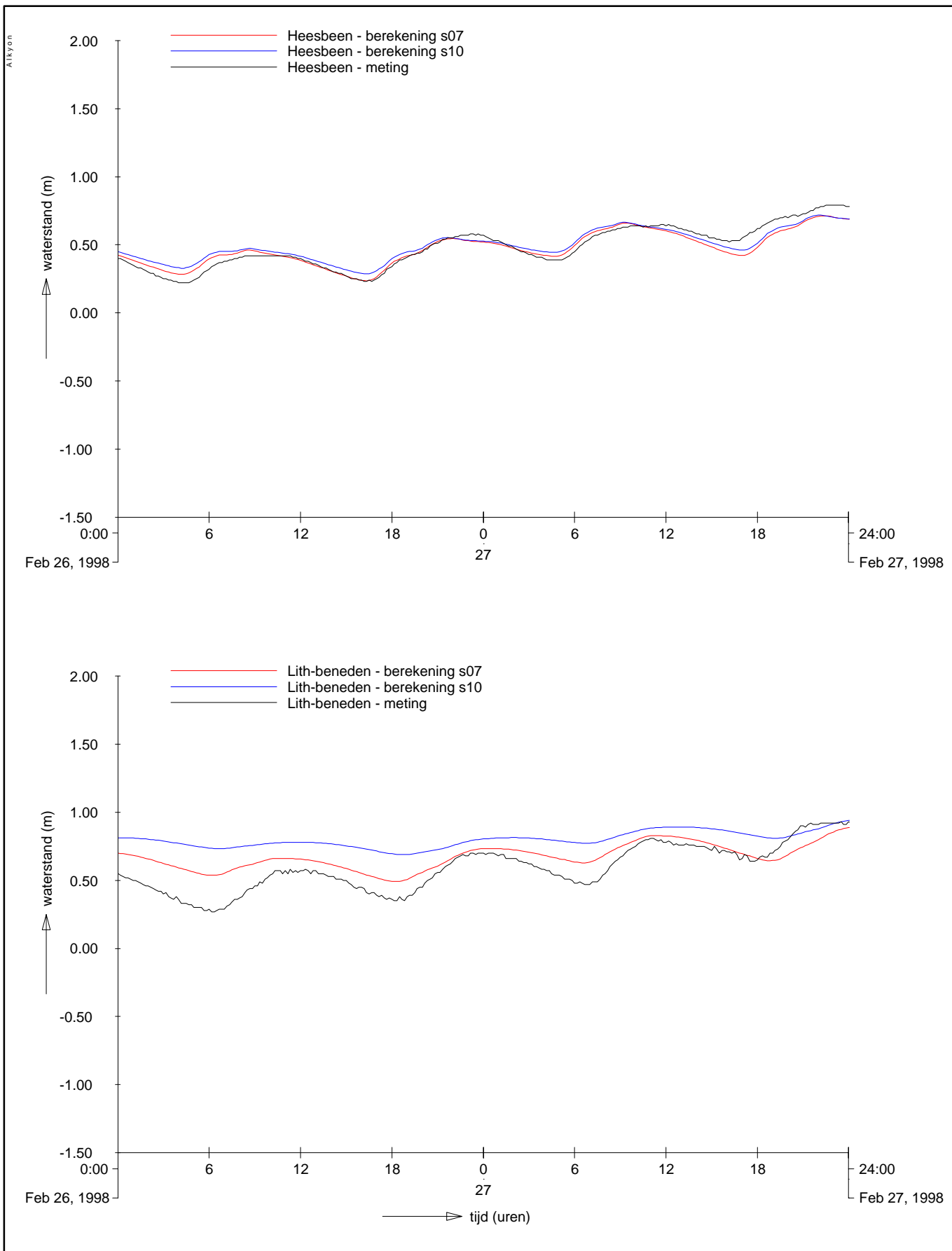
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.62



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Heesbeen en Lith-beneden

Vergelijking meting en berekening

s07, s10

190600

effect ruwheid

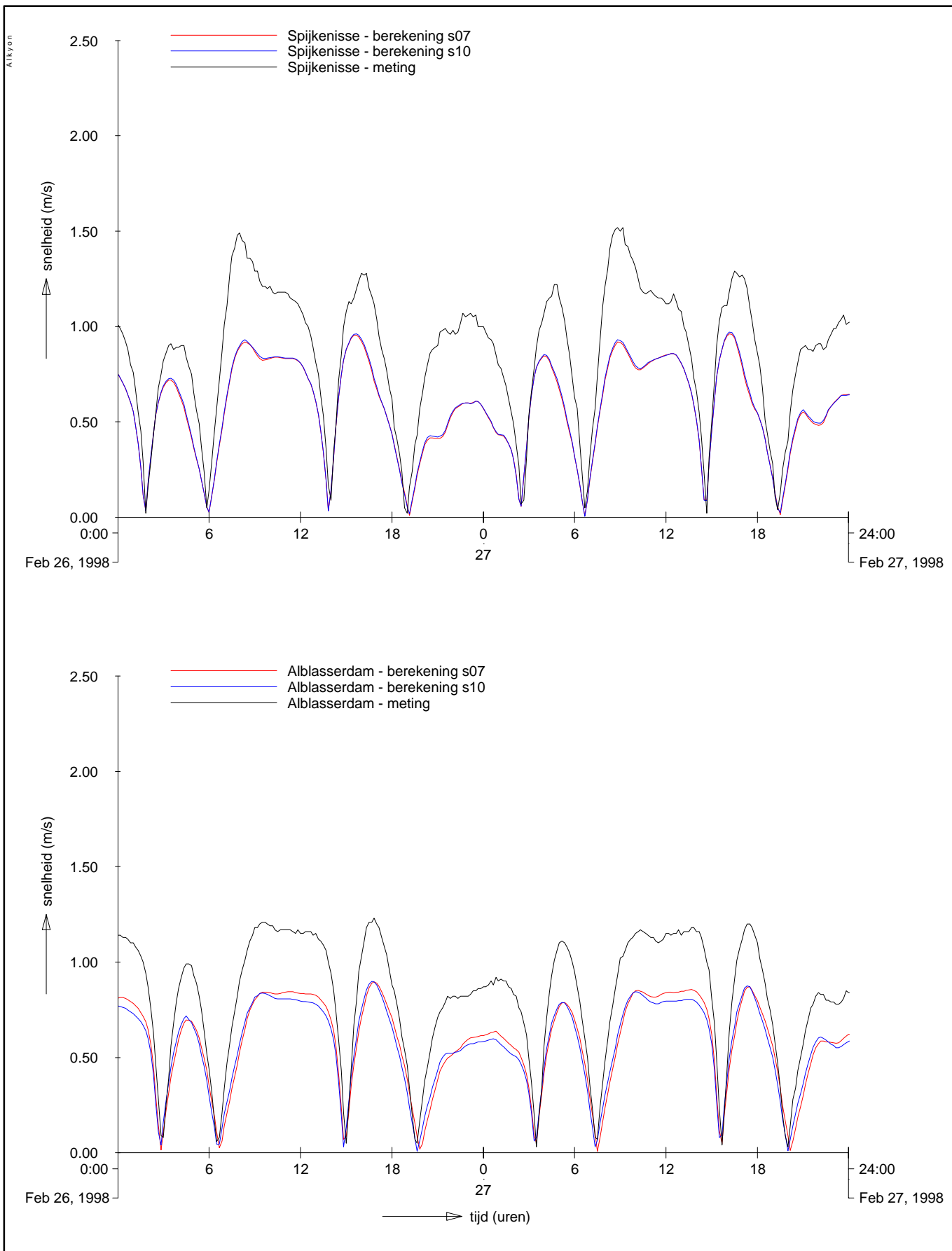
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.63



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Stroomsnelheden in stations Spijkenisse en Alblasserdam

Vergelijking meting en berekening

s07, s10

190600

effect ruwheid

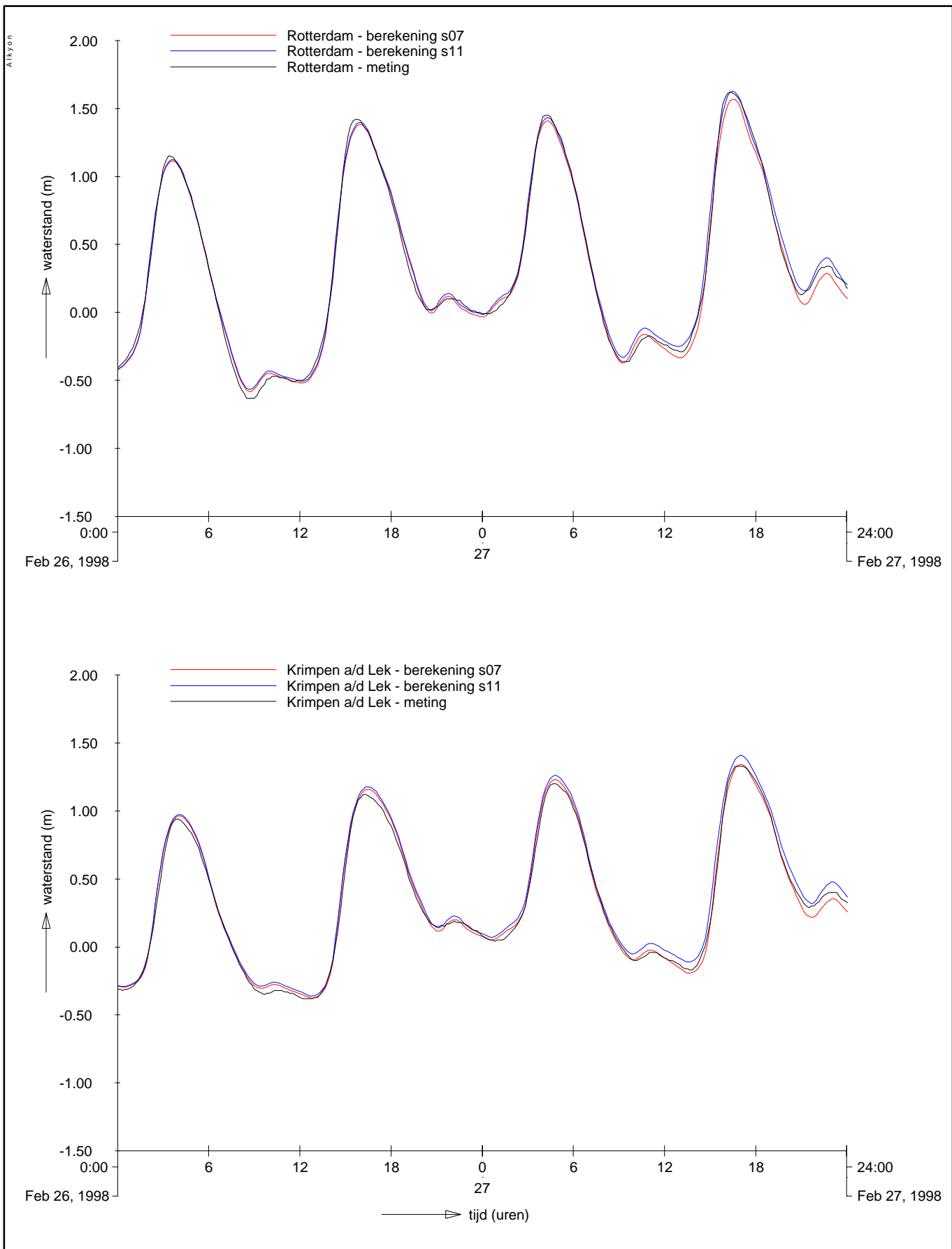
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.64



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Rotterdam en Krimpen a/d Lek

Vergelijking meting en berekening

s07, s11

190600

effect wind

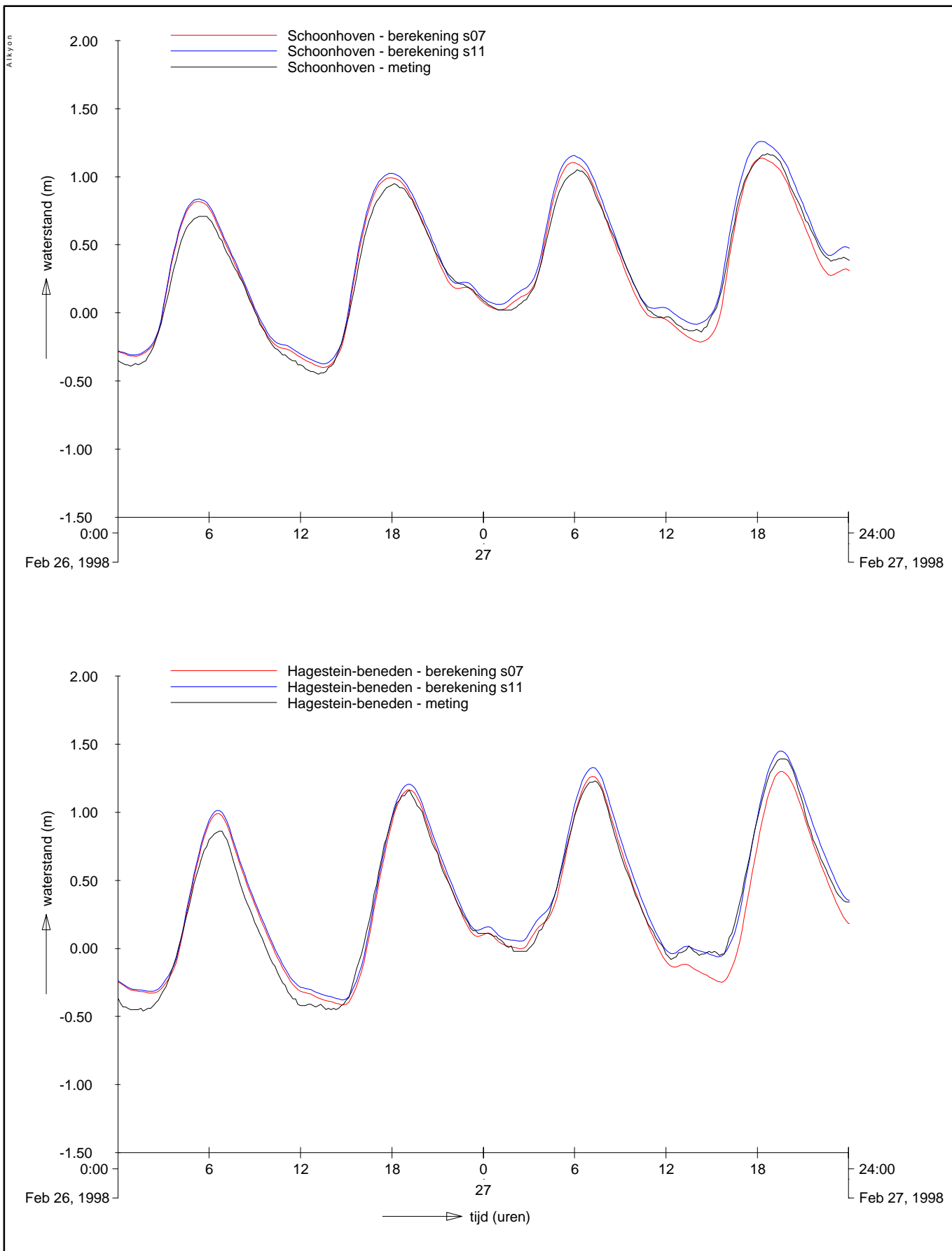
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.65



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Schoonhoven en Hagestein-beneden

Vergelijking meting en berekening

s07, s11

190600

effect wind

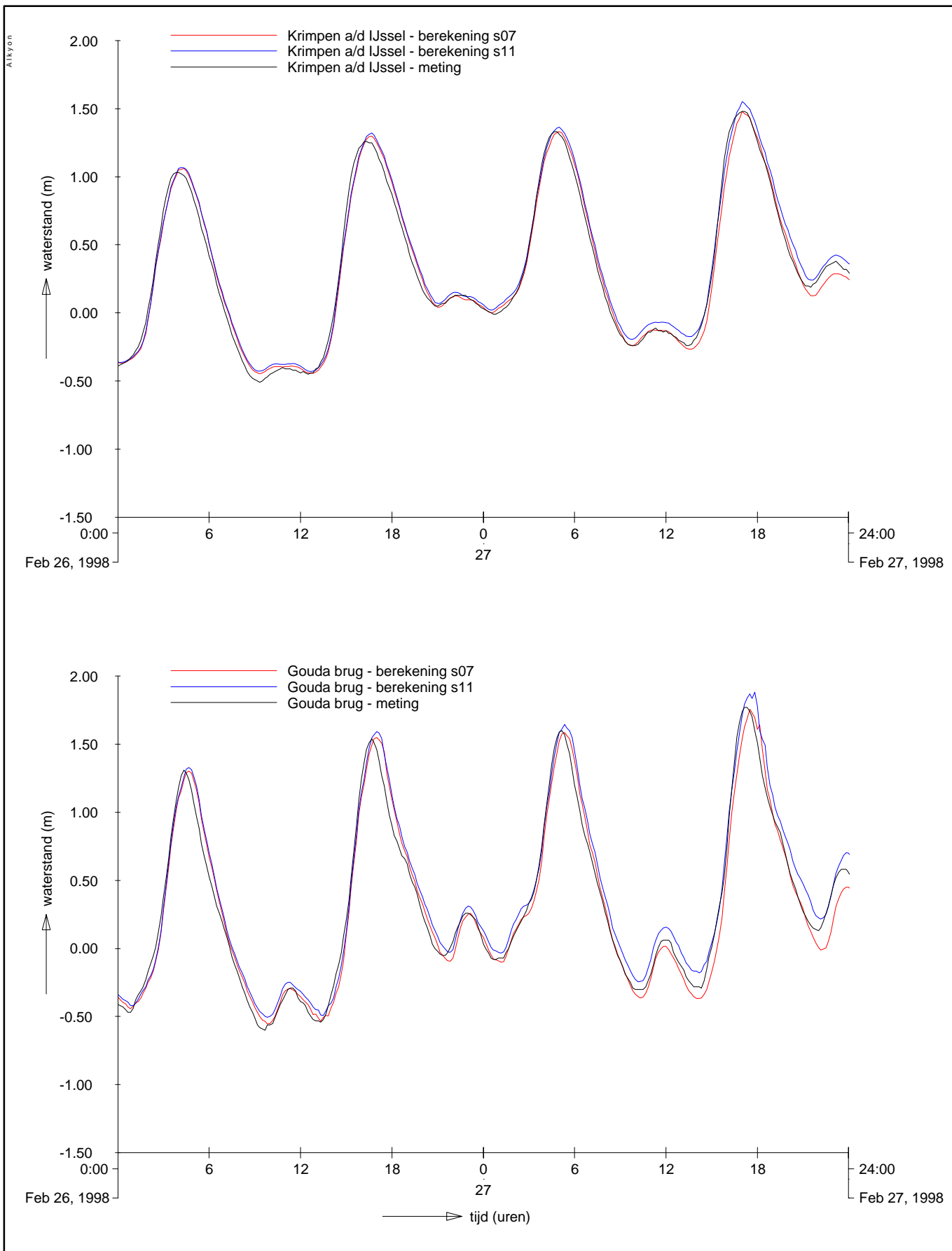
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.66



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Krimpen a/d IJssel en Gouda brug

Vergelijking meting en berekening

s07, s11

190600

effect wind

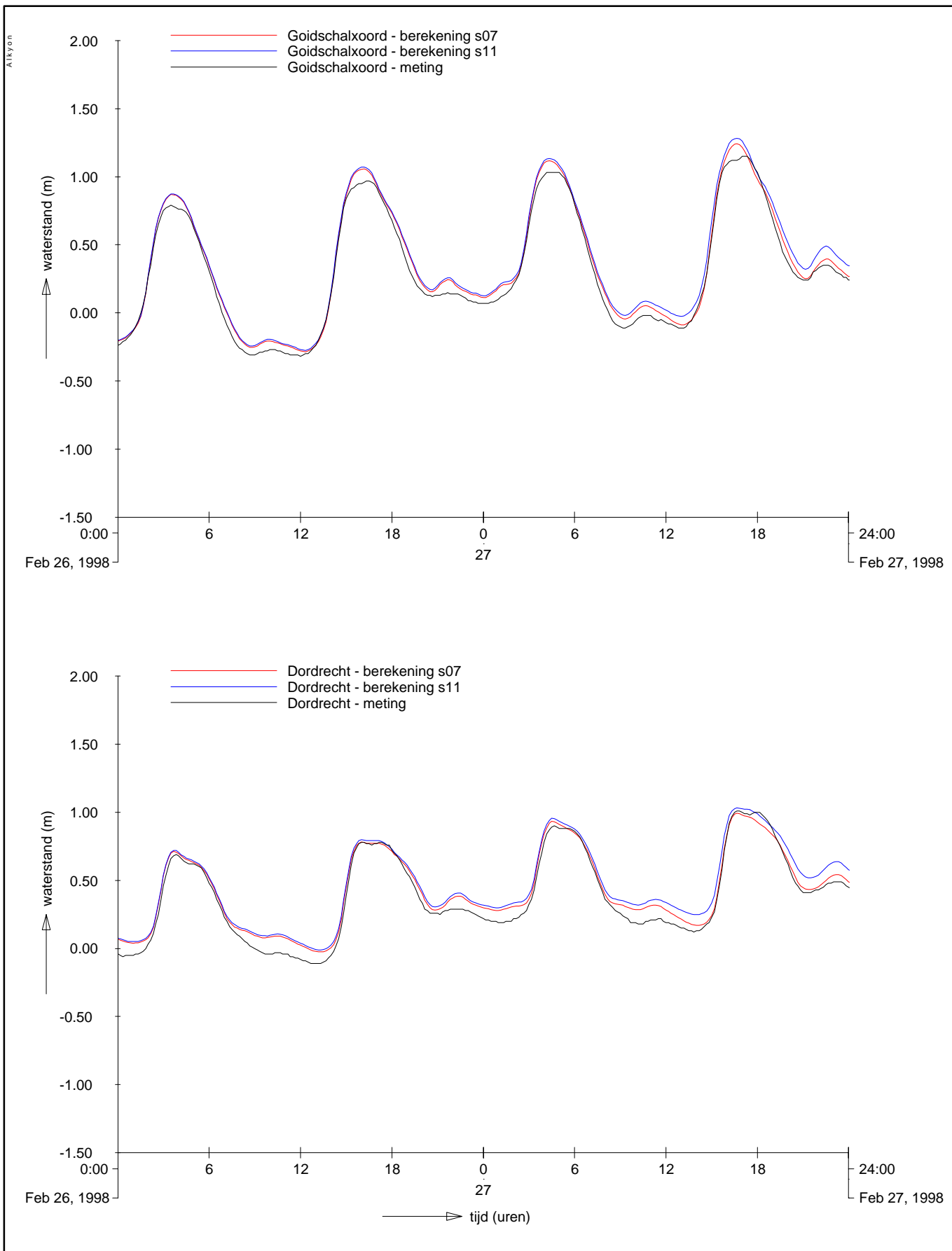
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.67



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Goidschalxoord en Dordrecht

Vergelijking meting en berekening

s07, s11

190600

effect wind

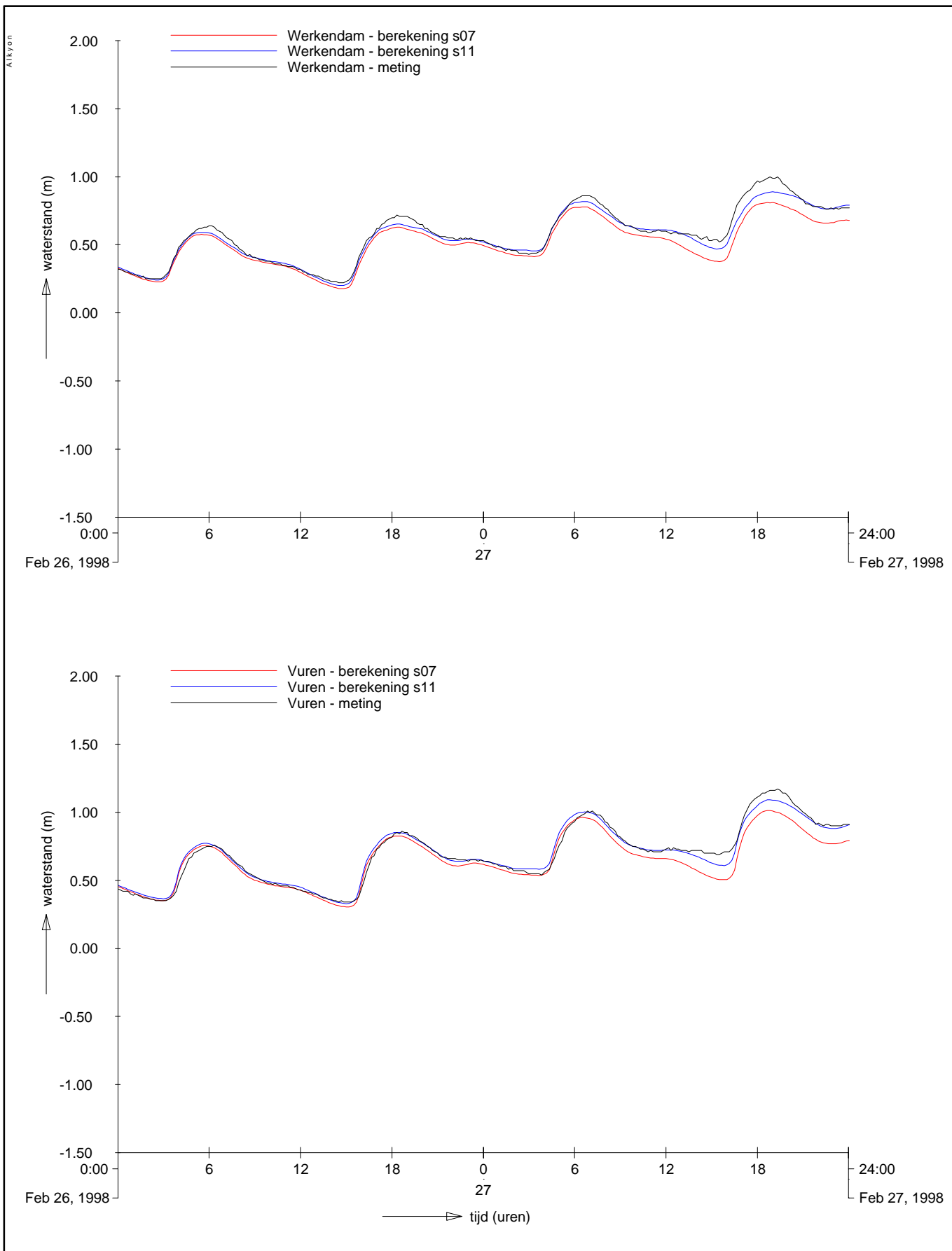
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.68



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Werkendam en Vuren

Vergelijking meting en berekening

s07, s11

190600

effect wind

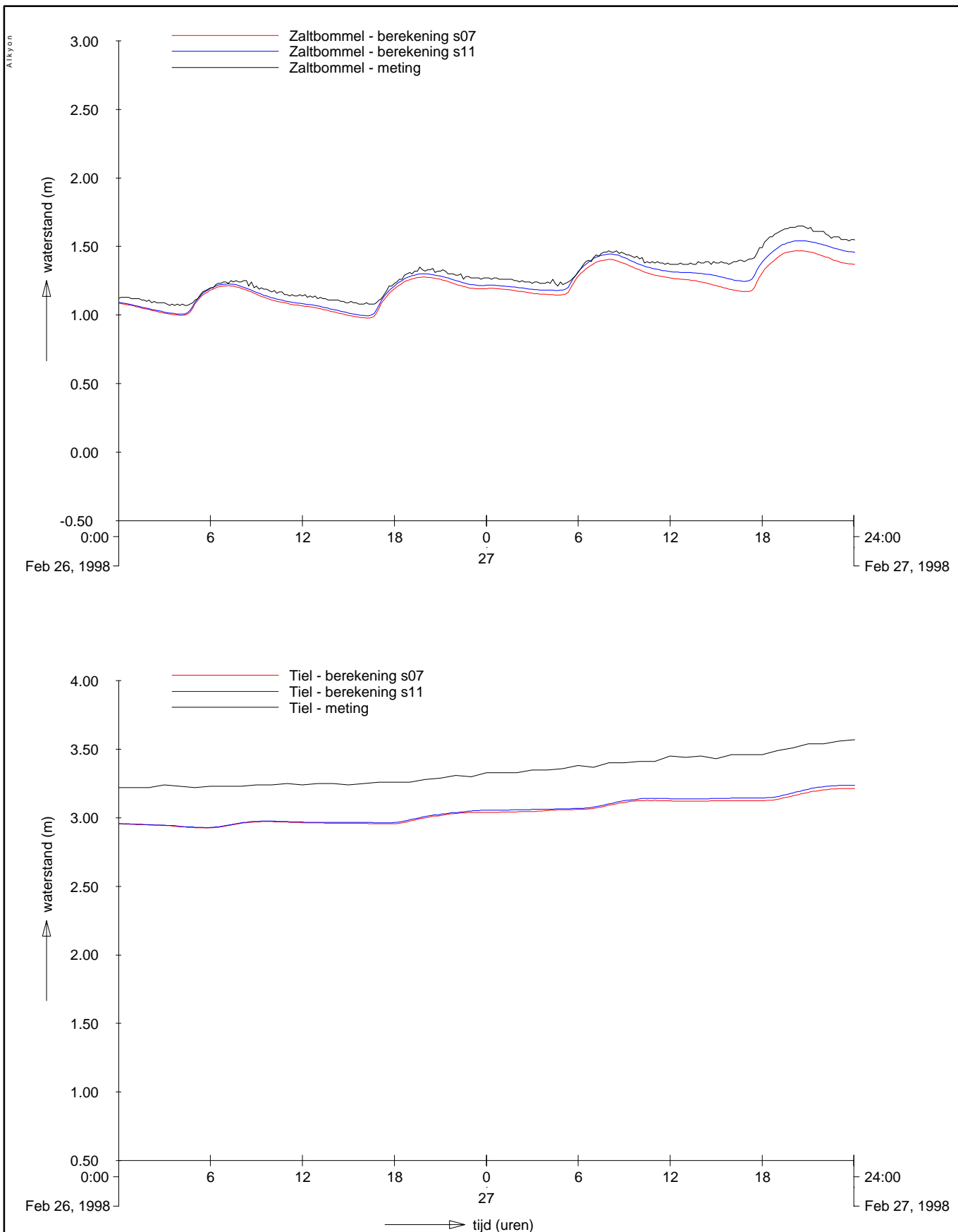
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

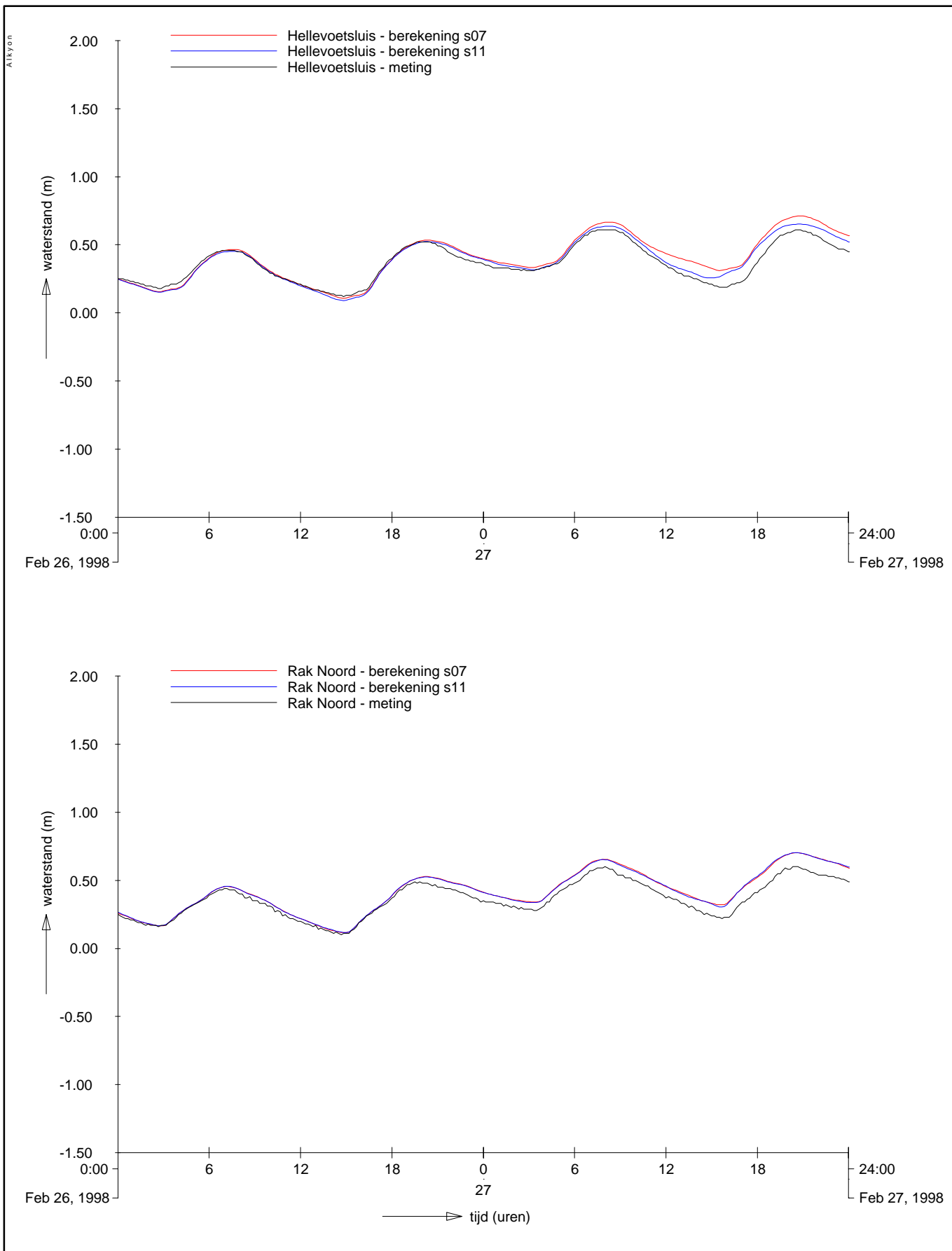
A623

Alkyon

Fig. 4.69



BOUW EN EERSTE AFREGELING Waterstanden in stations Zaltbommel en Tiel Vergelijking meting en berekening	s07, s11	190600
	effect wind	
	26/27 februari 1998	
PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL	A623	Alkyon Fig. 4.70



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Hellevoetsluis en Rak Noord

Vergelijking meting en berekening

s07, s11

190600

effect wind

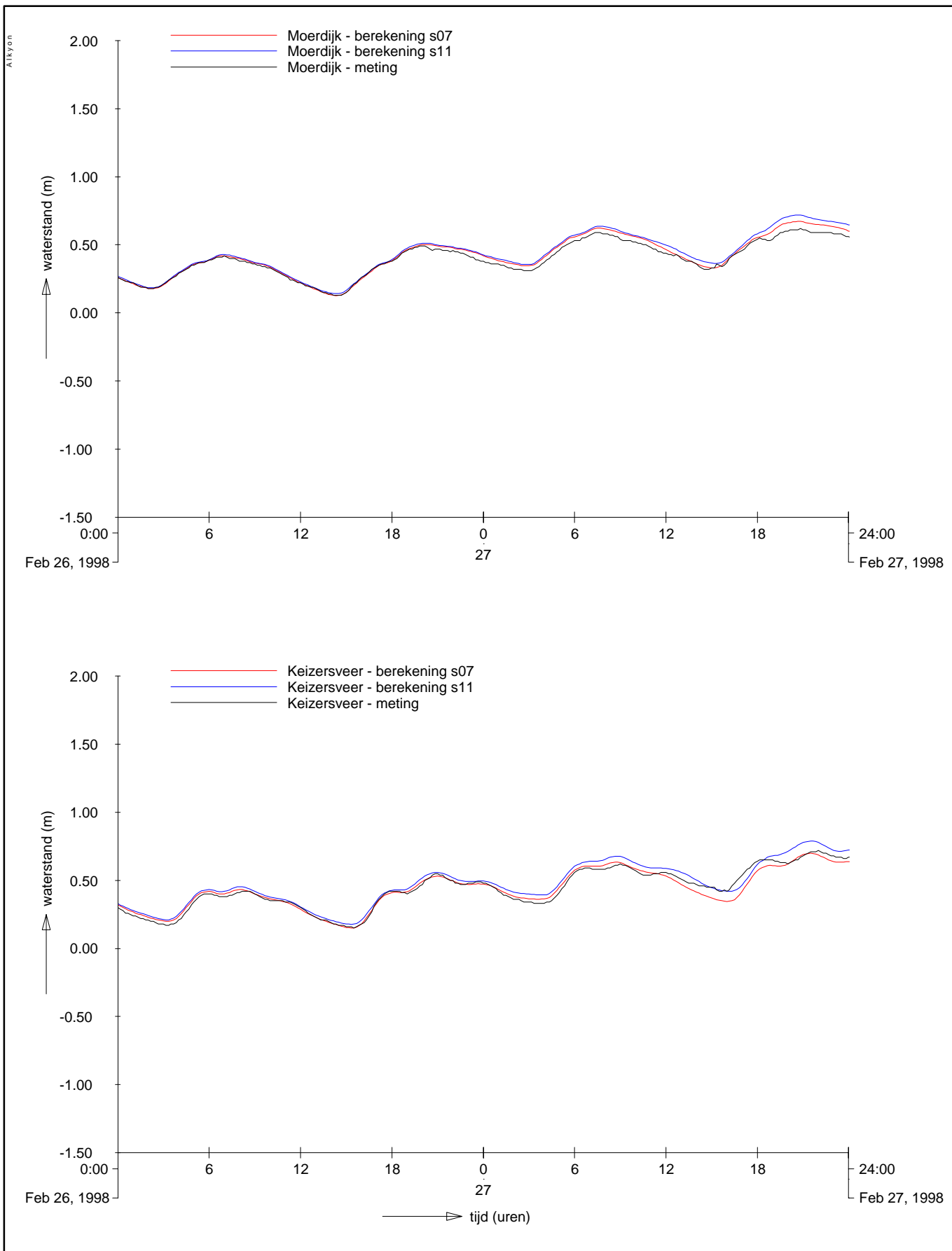
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.71



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Moerdijk en Keizersveer

Vergelijking meting en berekening

s07, s11

190600

effect wind

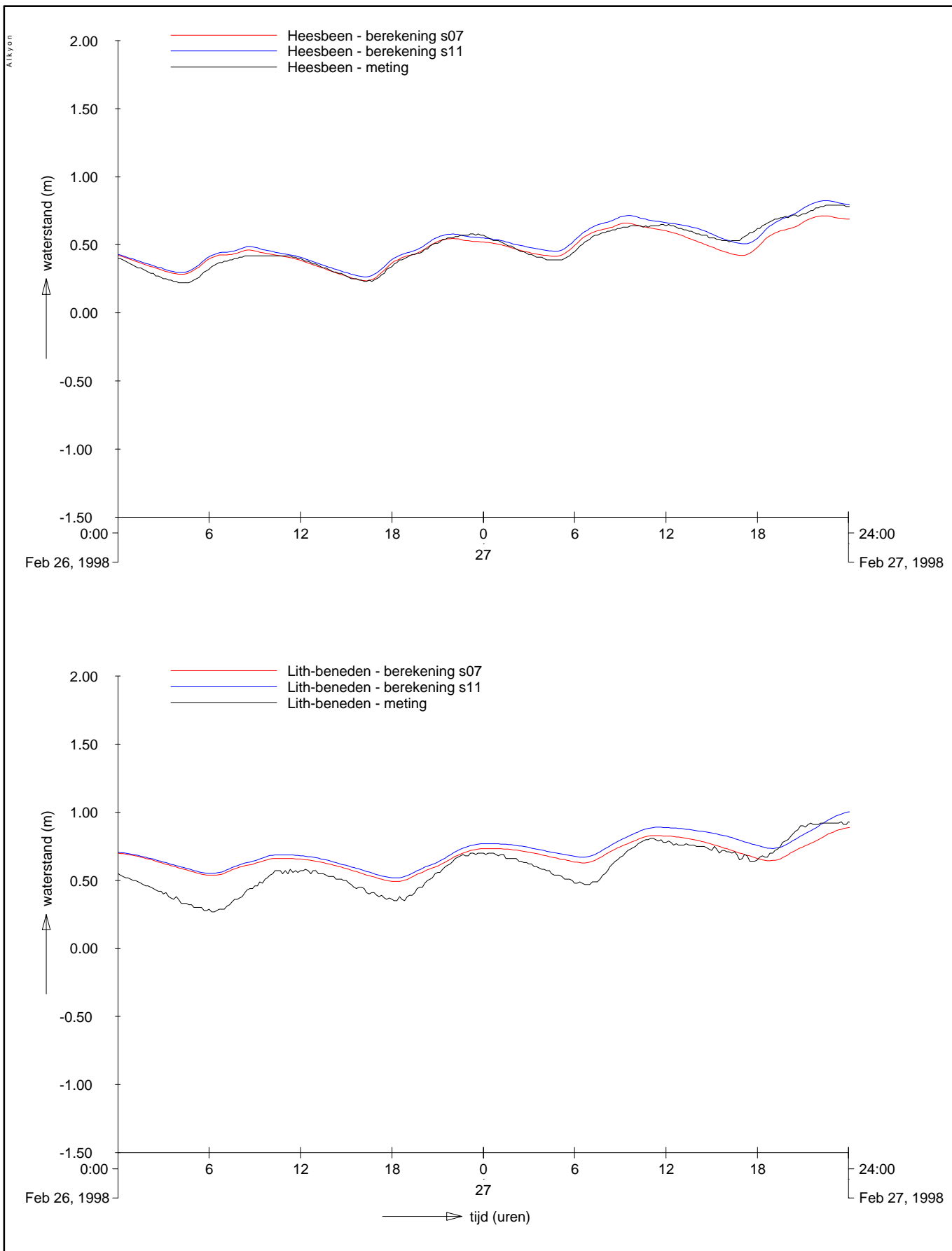
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.72



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Heesbeen en Lith-beneden

Vergelijking meting en berekening

s07, s11

190600

effect wind

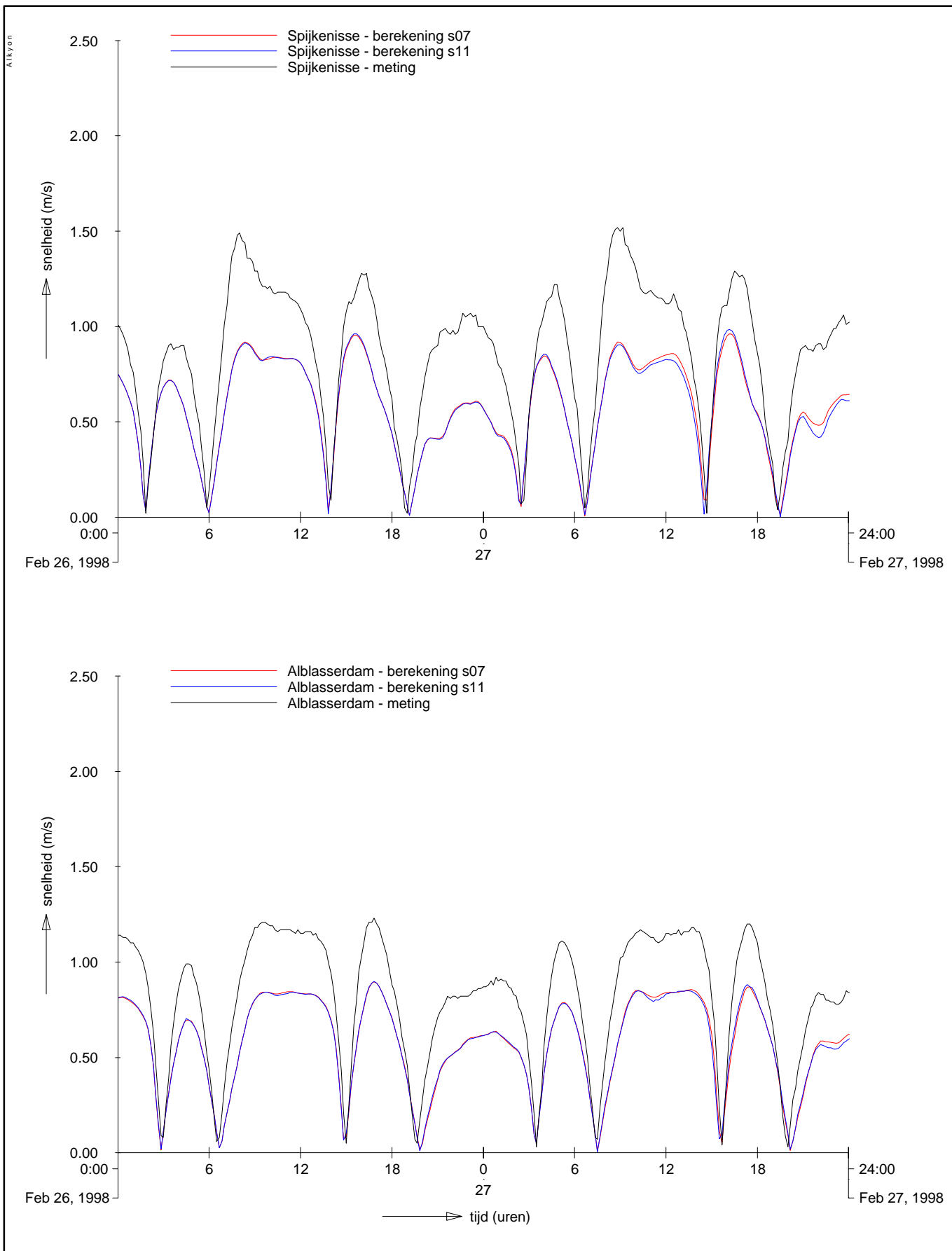
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.73



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Stroomsnelheden in stations Spijkenisse en Alblasserdam

Vergelijking meting en berekening

s07, s11

190600

effect wind

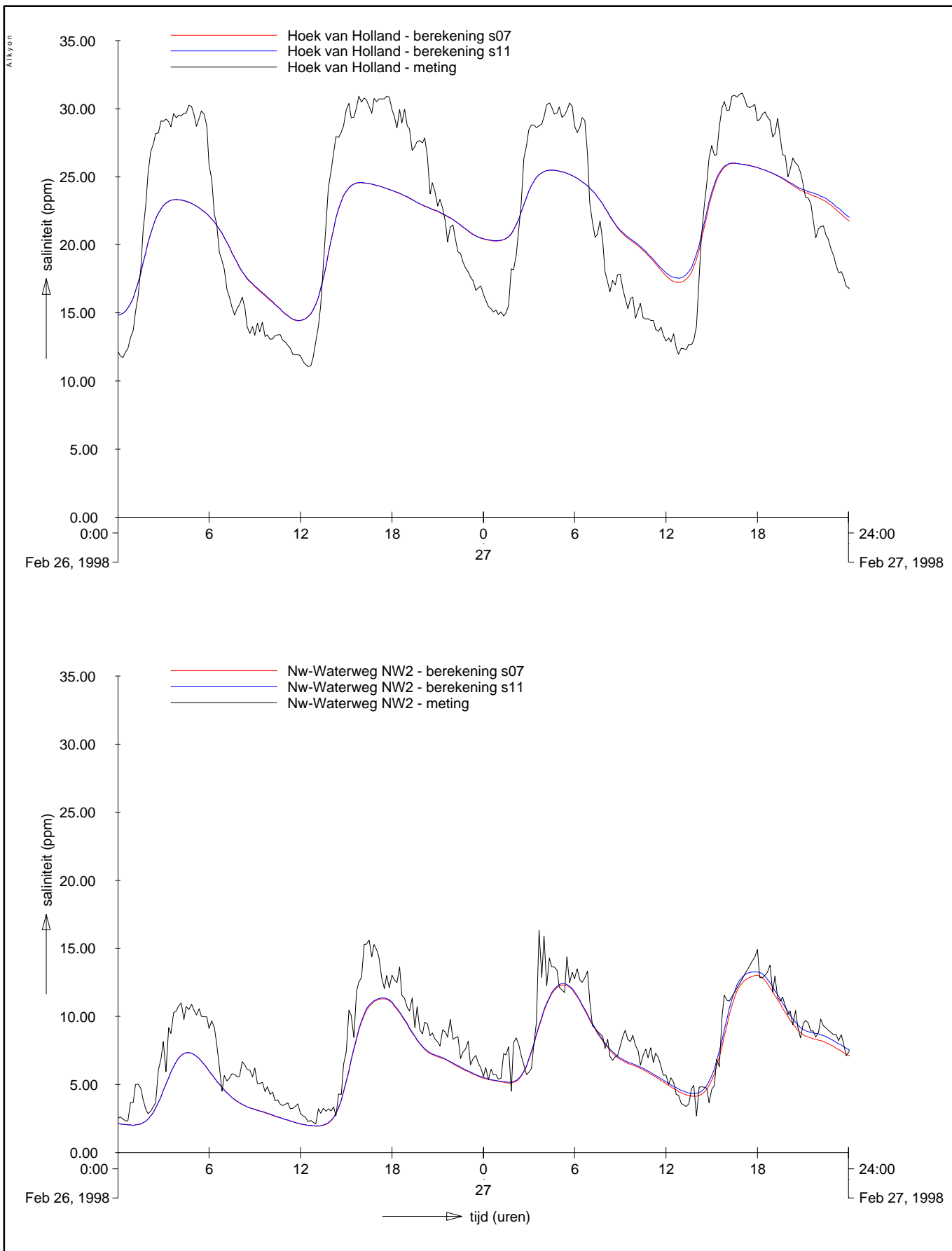
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.74



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Saliniteiten in stations Hoek van Holland en Nw-Waterweg NW2

Vergelijking meting en berekening

s07, s11

190600

effect wind

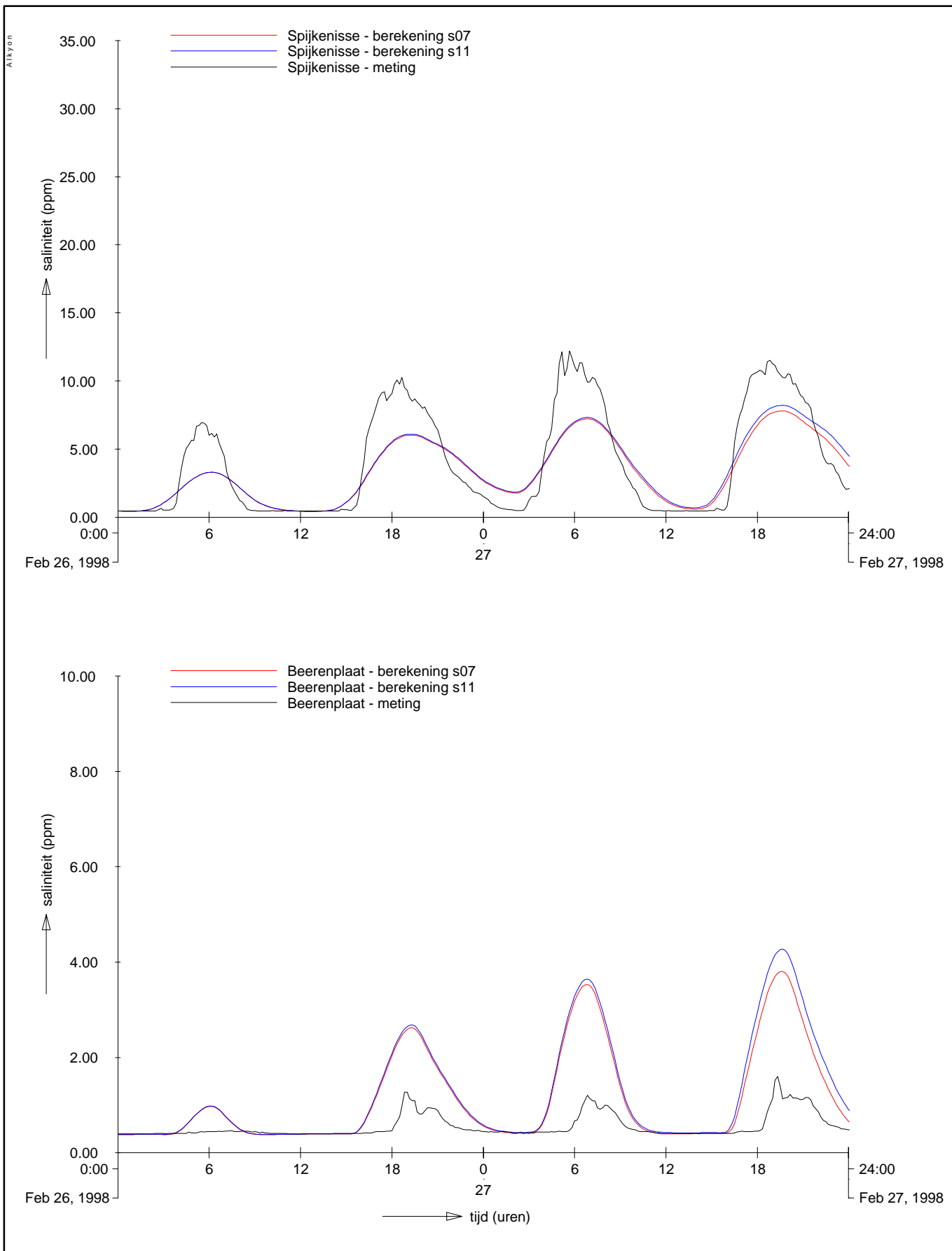
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.75



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Saliniteiten in stations Spijkenisse en Beerenplaat

Vergelijking meting en berekening

s07, s11

190600

effect wind

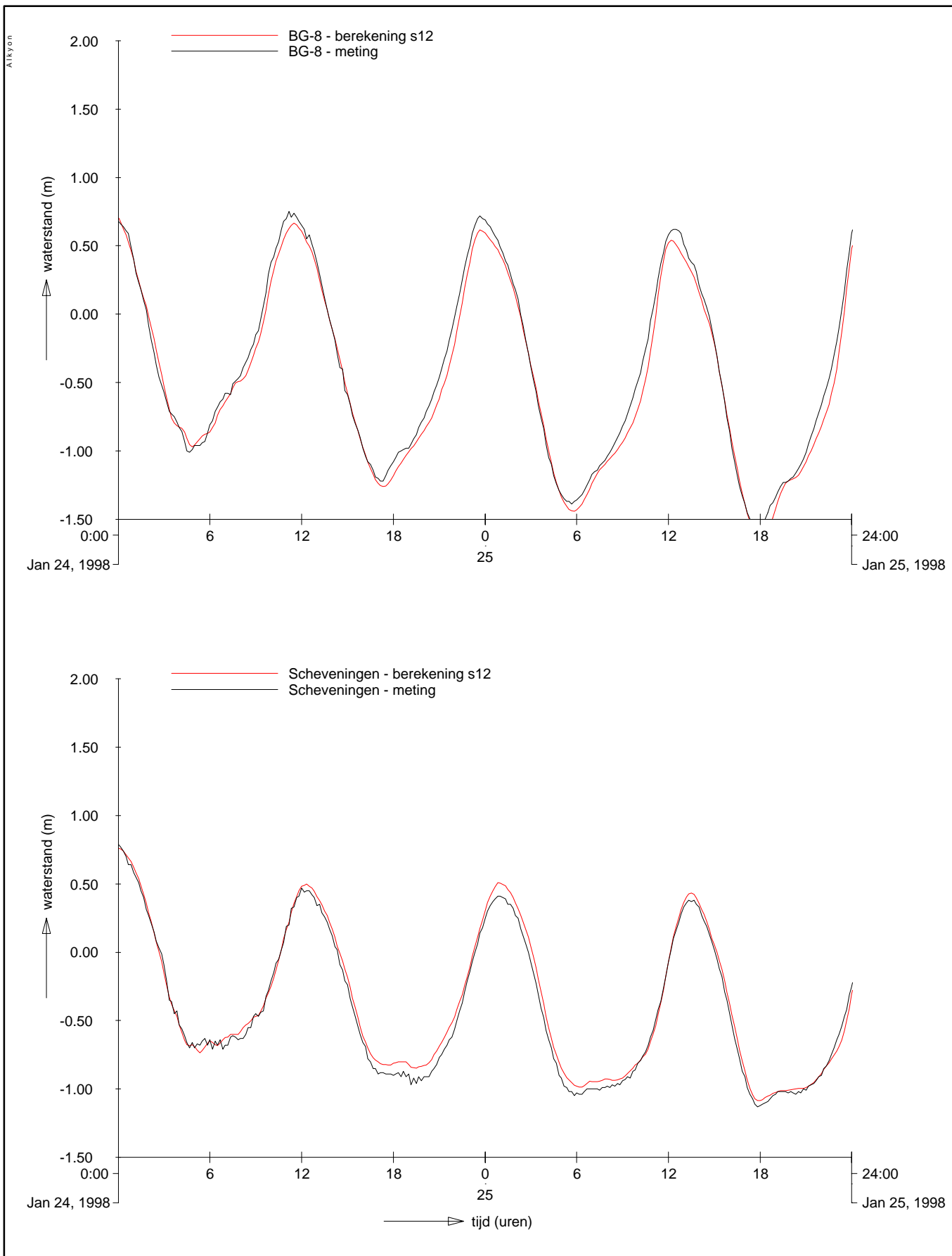
26/27 februari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.76



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations BG-8 en Scheveningen

Vergelijking meting en berekening

s12

190600

effect hoge afvoer

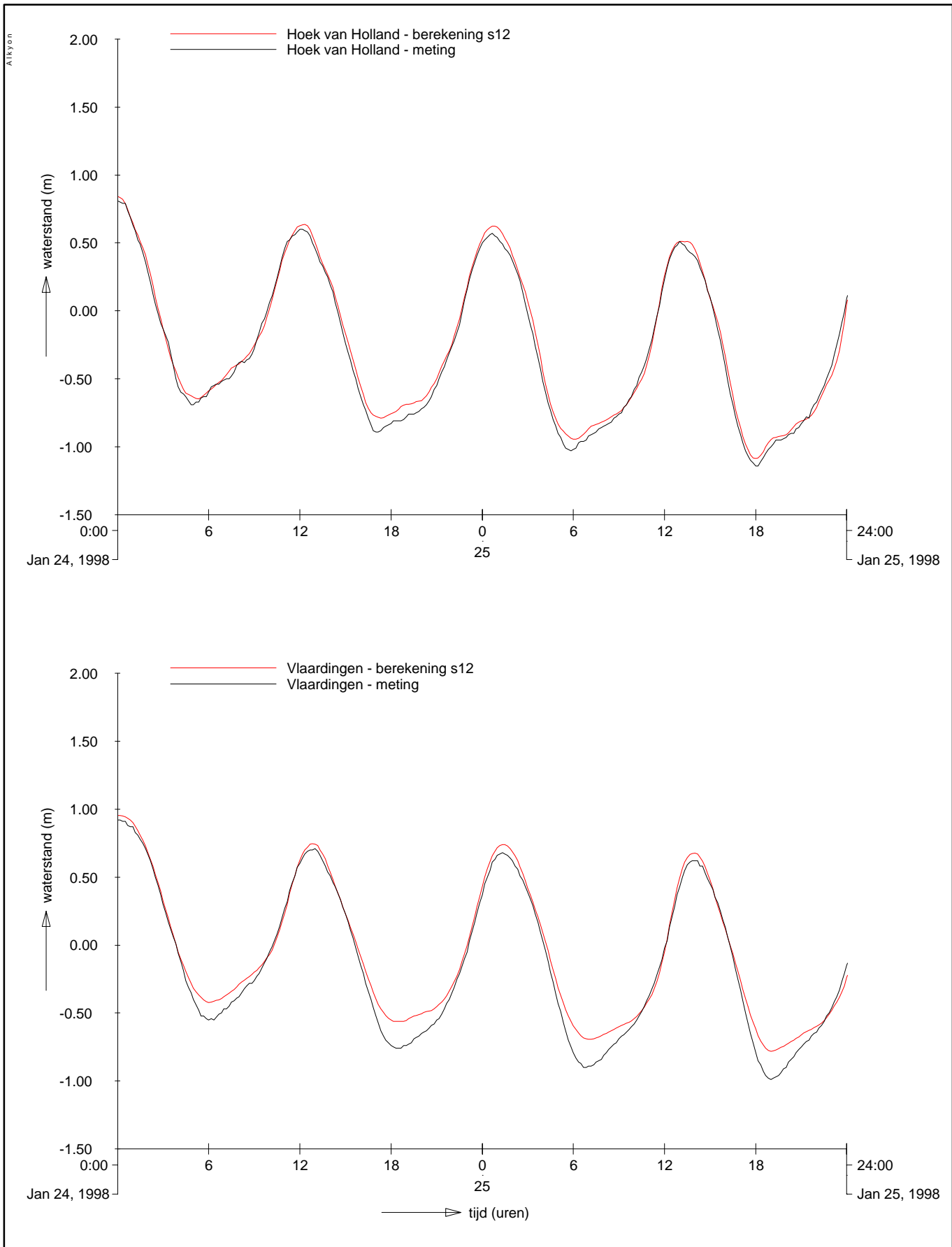
24/25 januari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.77



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Hoek van Holland en Vlaardingen

Vergelijking meting en berekening

s12

190600

effect hoge afvoer

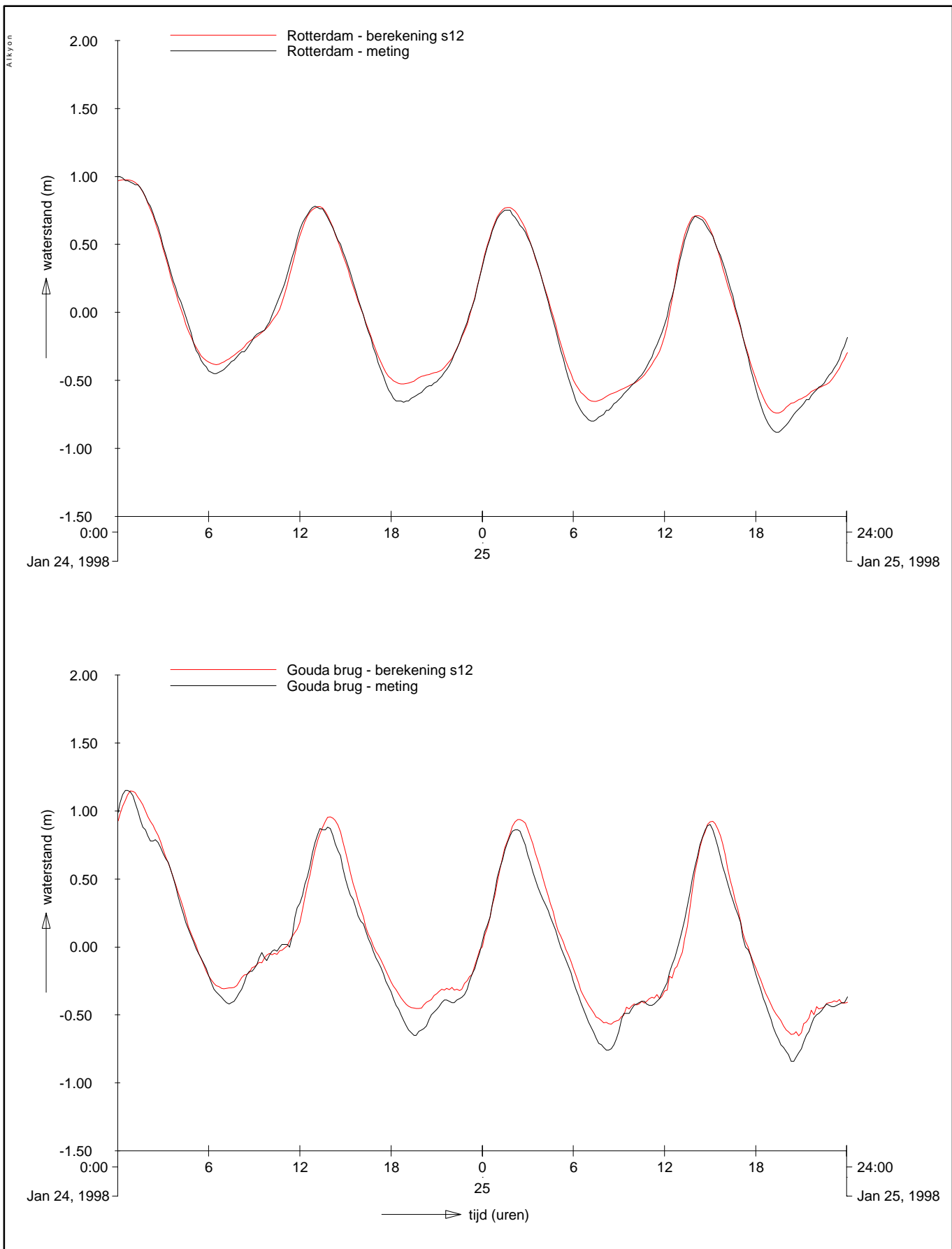
24/25 januari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.78



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Rotterdam en Gouda brug

Vergelijking meting en berekening

s12

190600

effect hoge afvoer

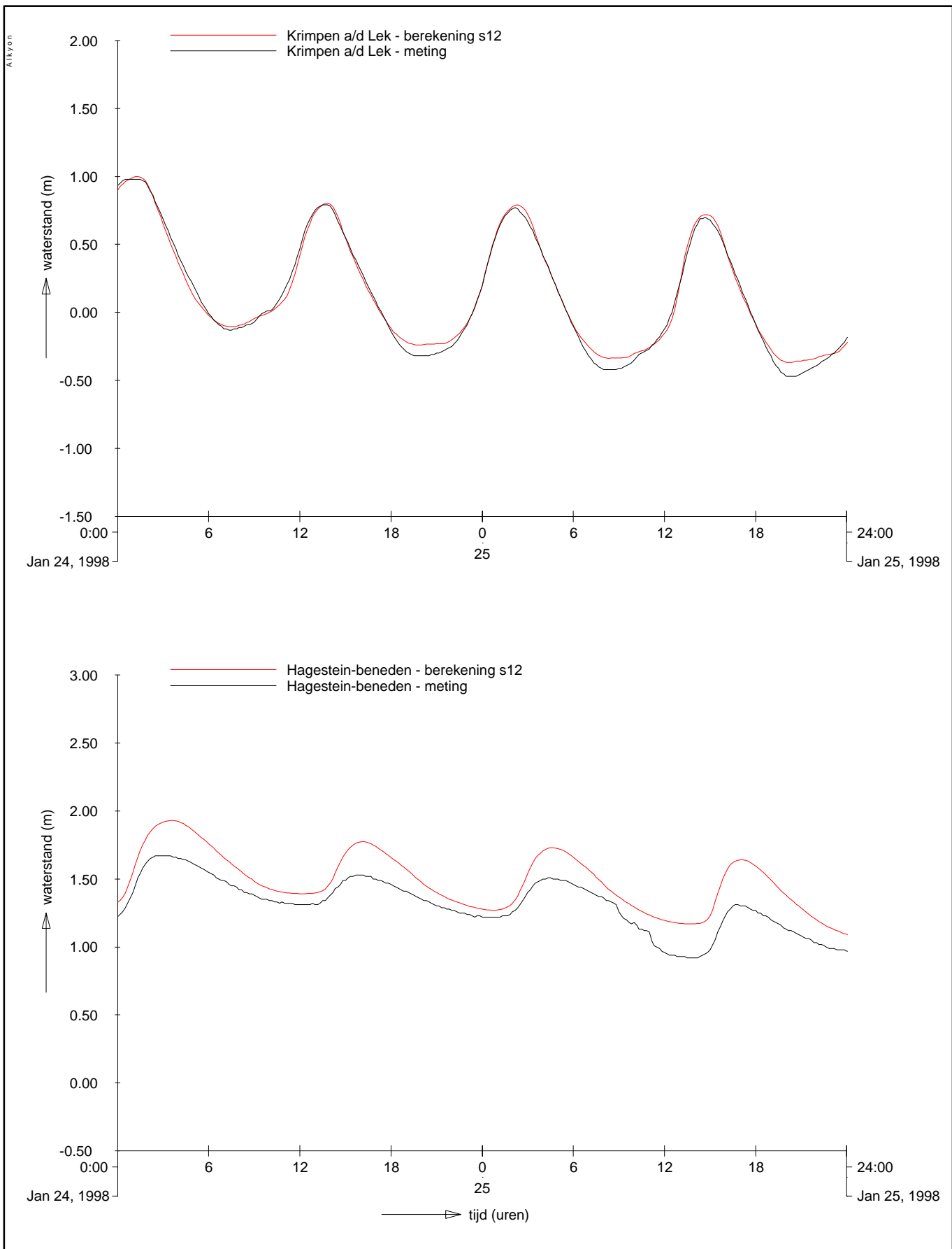
24/25 januari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.79



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Krimpen a/d Lek en Hagestein-beneden

Vergelijking meting en berekening

s12
effect hoge afvoer

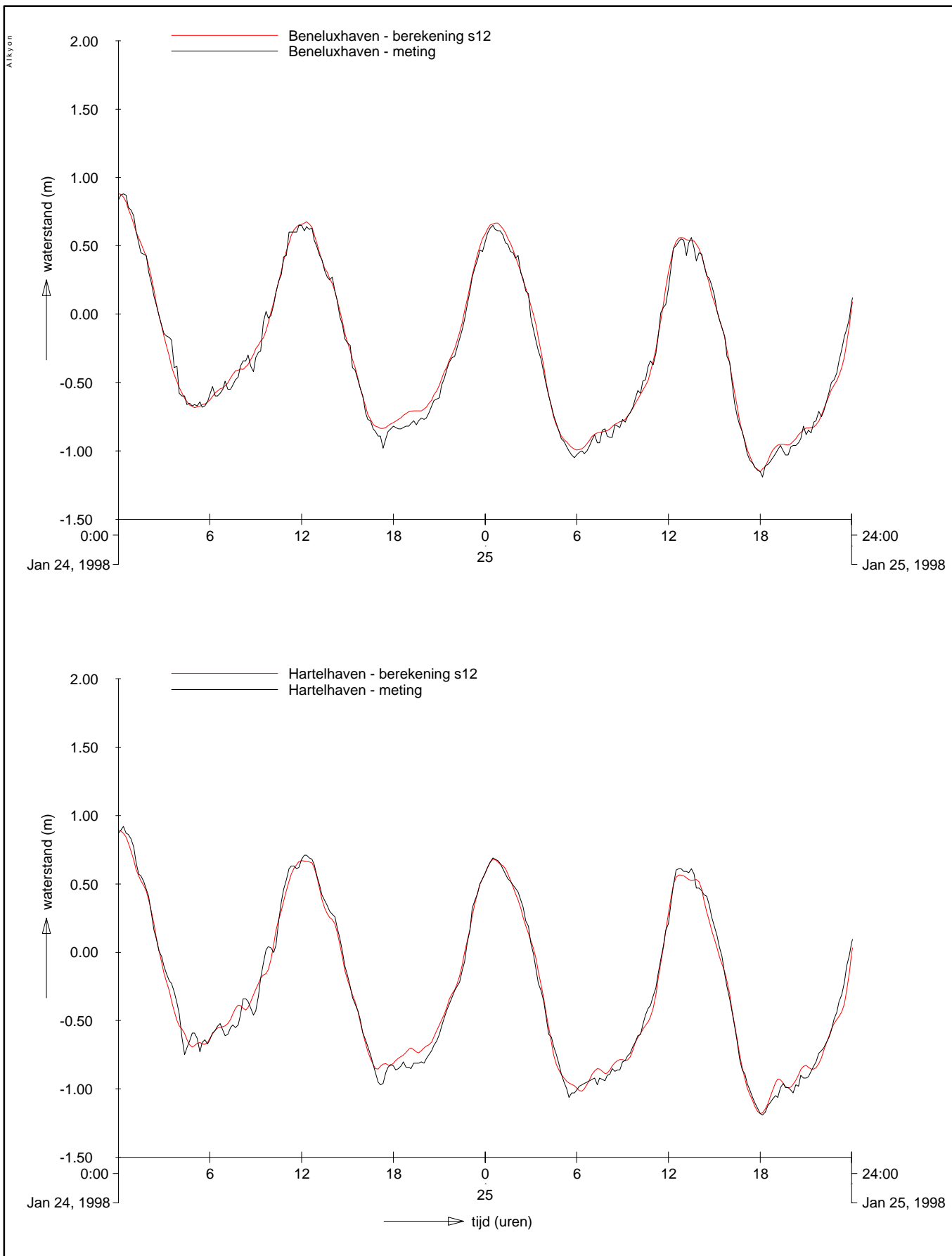
24/25 januari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.80



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Beneluxhaven en Hartelhaven

Vergelijking meting en berekening

s12

190600

effect hoge afvoer

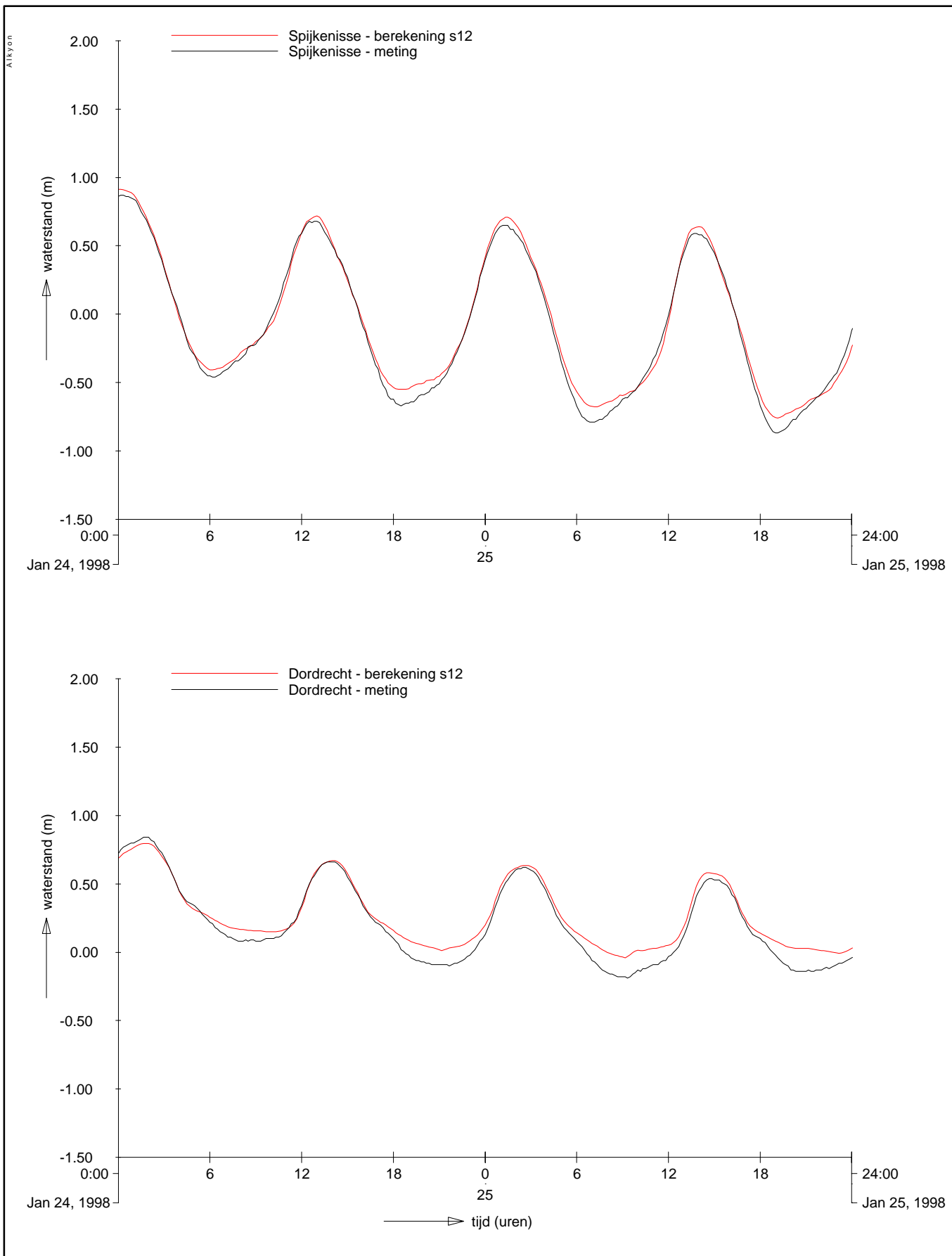
24/25 januari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.81



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Spijkenisse en Dordrecht

Vergelijking meting en berekening

s12

190600

effect hoge afvoer

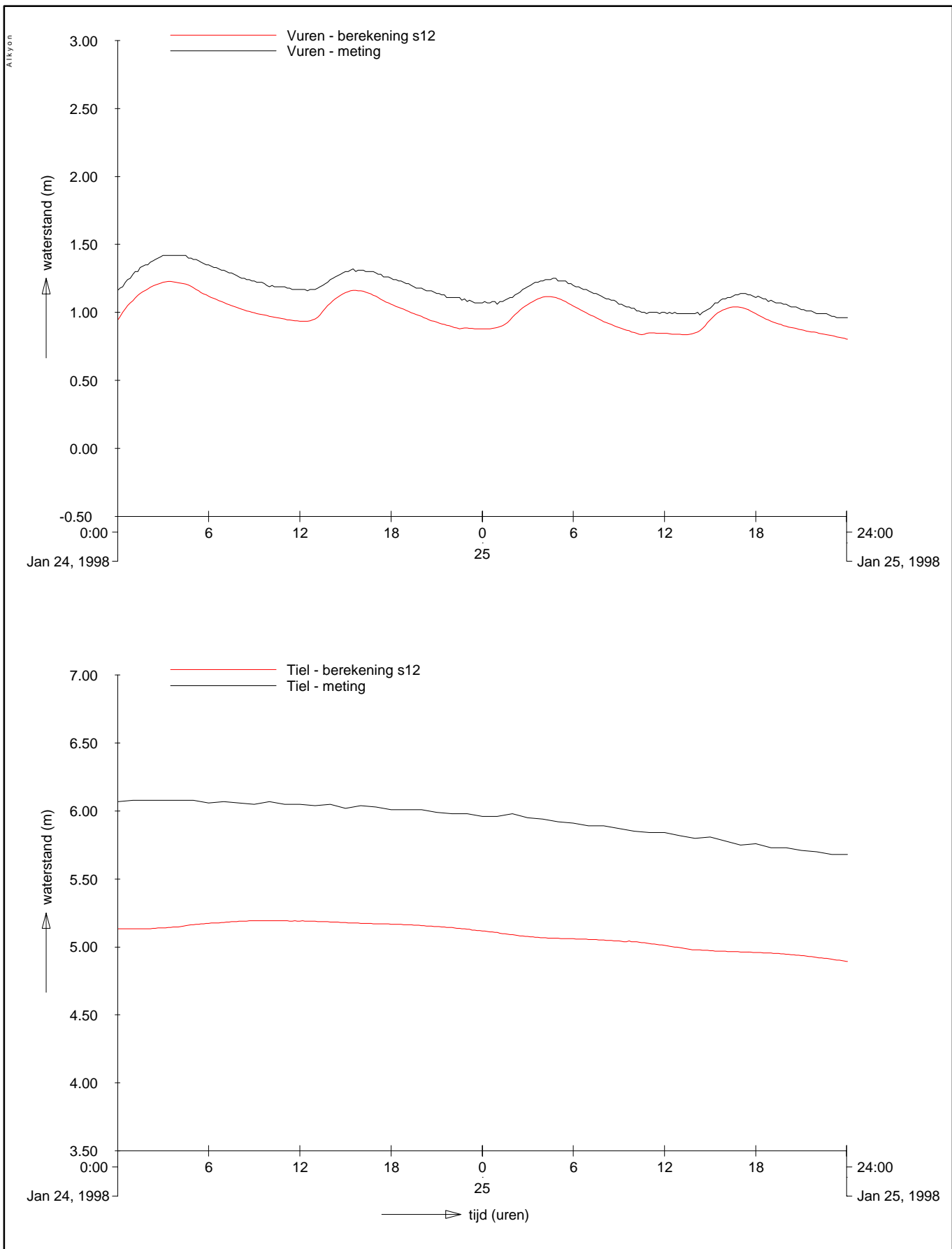
24/25 januari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.82



BOUW EN EERSTE AFREGELING
 Waterstanden in stations Vuren en Tiel
 Vergelijking meting en berekening

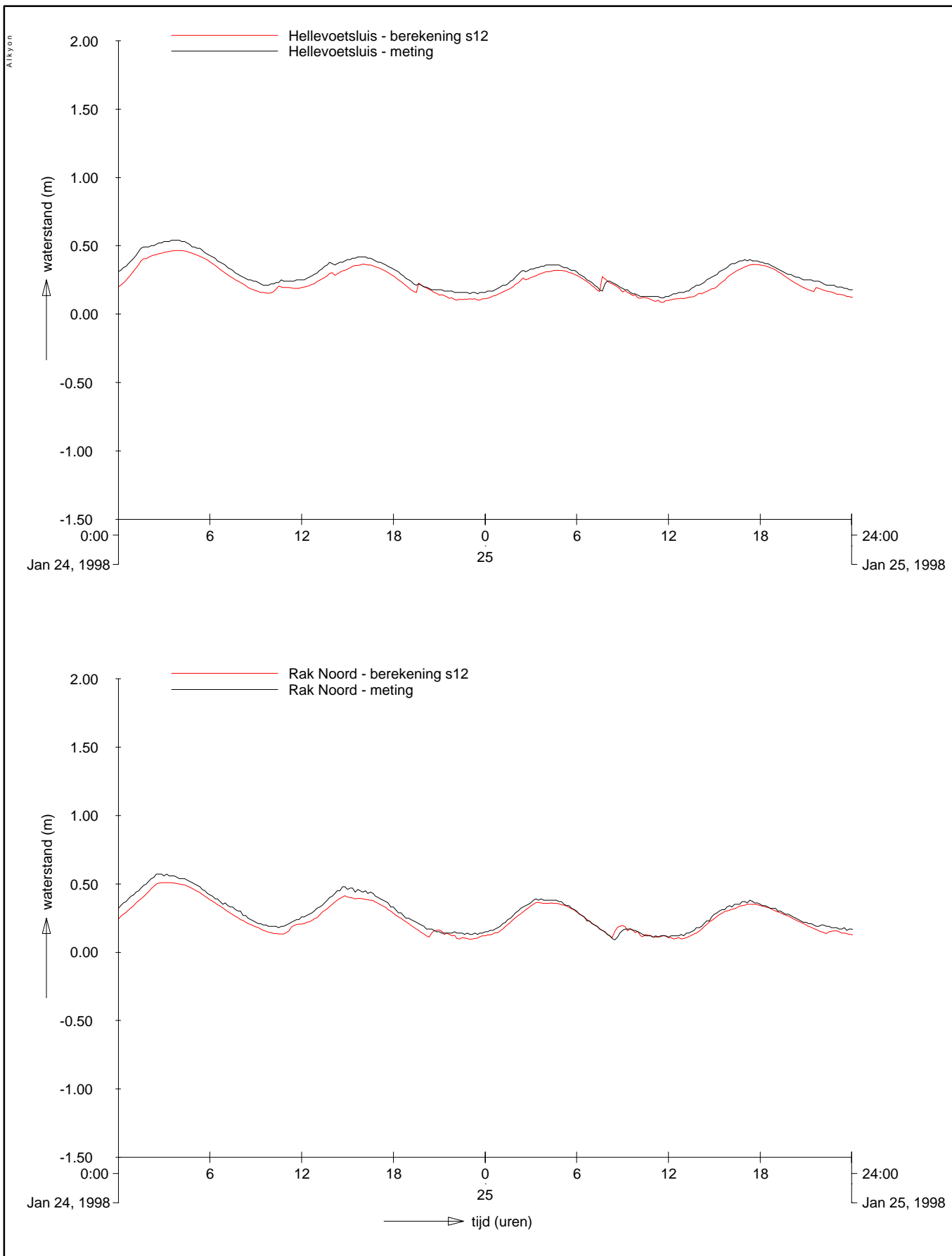
s12	190600
effect hoge afvoer	
24/25 januari 1998	

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.83



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Hellevoetsluis en Rak Noord

Vergelijking meting en berekening

s12

190600

effect hoge afvoer

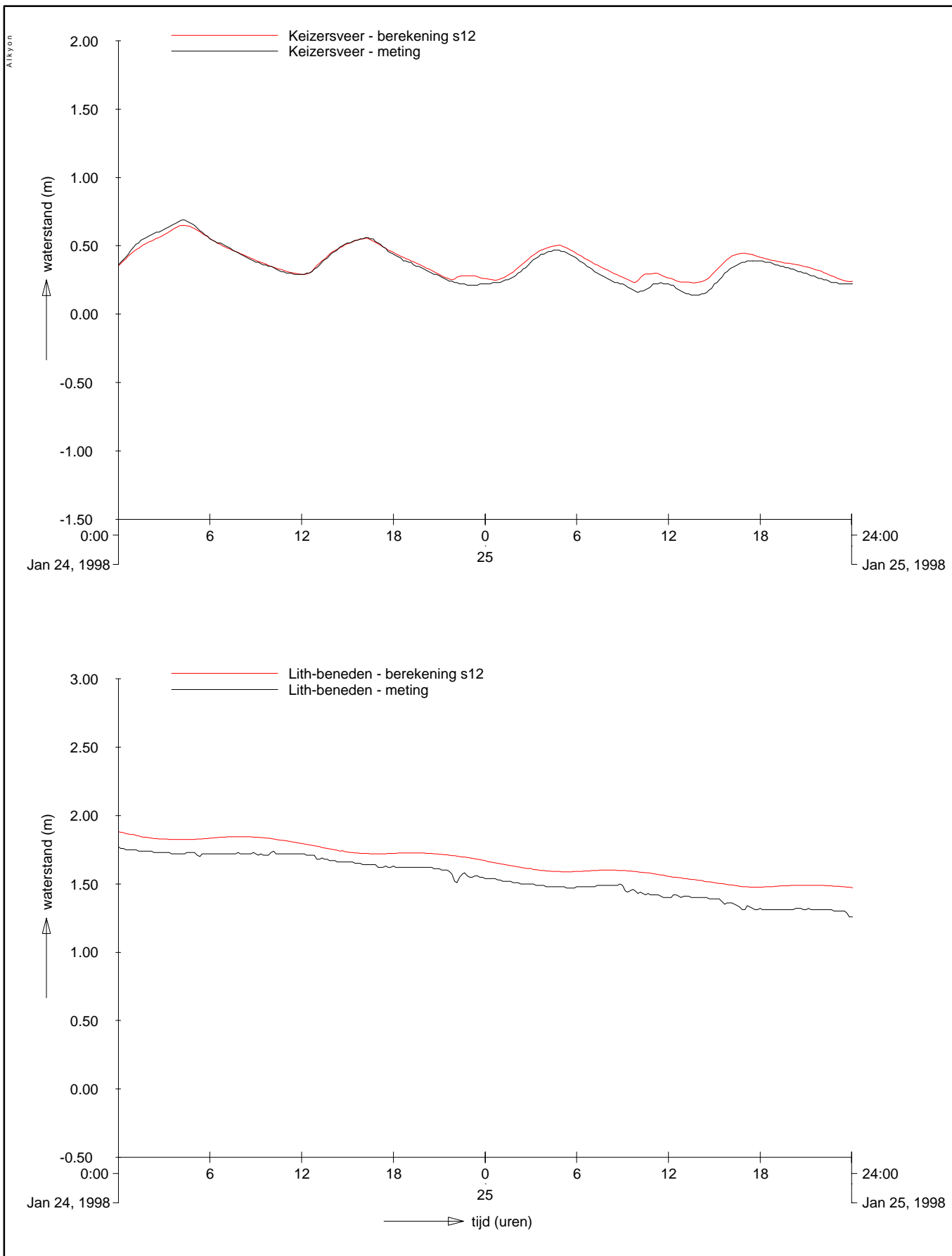
24/25 januari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.84



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Waterstanden in stations Keizersveer en Lith-beneden

Vergelijking meting en berekening

s12

190600

effect hoge afvoer

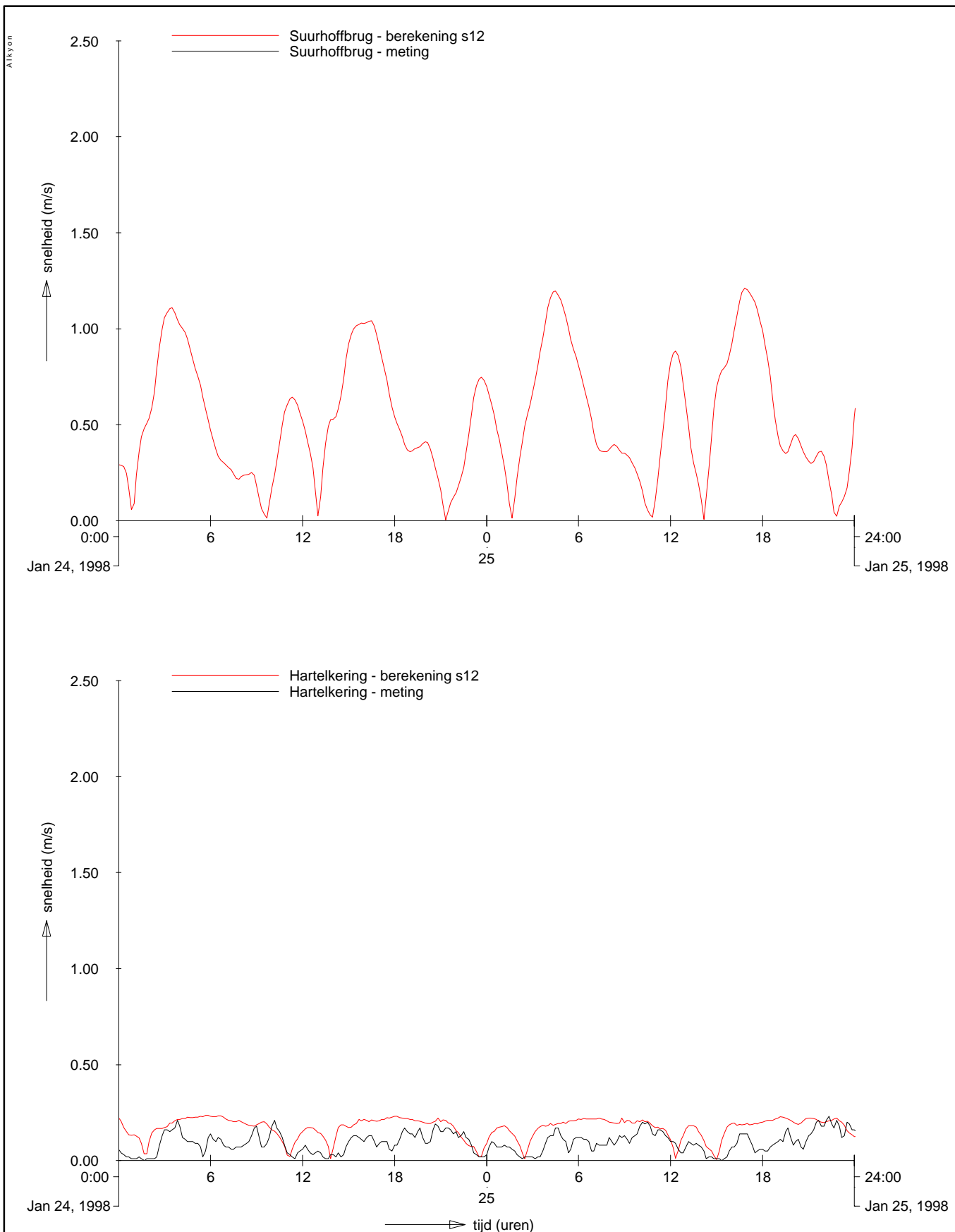
24/25 januari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.85



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Stroomsnelheden in stations Suurhoffbrug en Hartelkering

Vergelijking meting en berekening

s12

190600

effect hoge afvoer

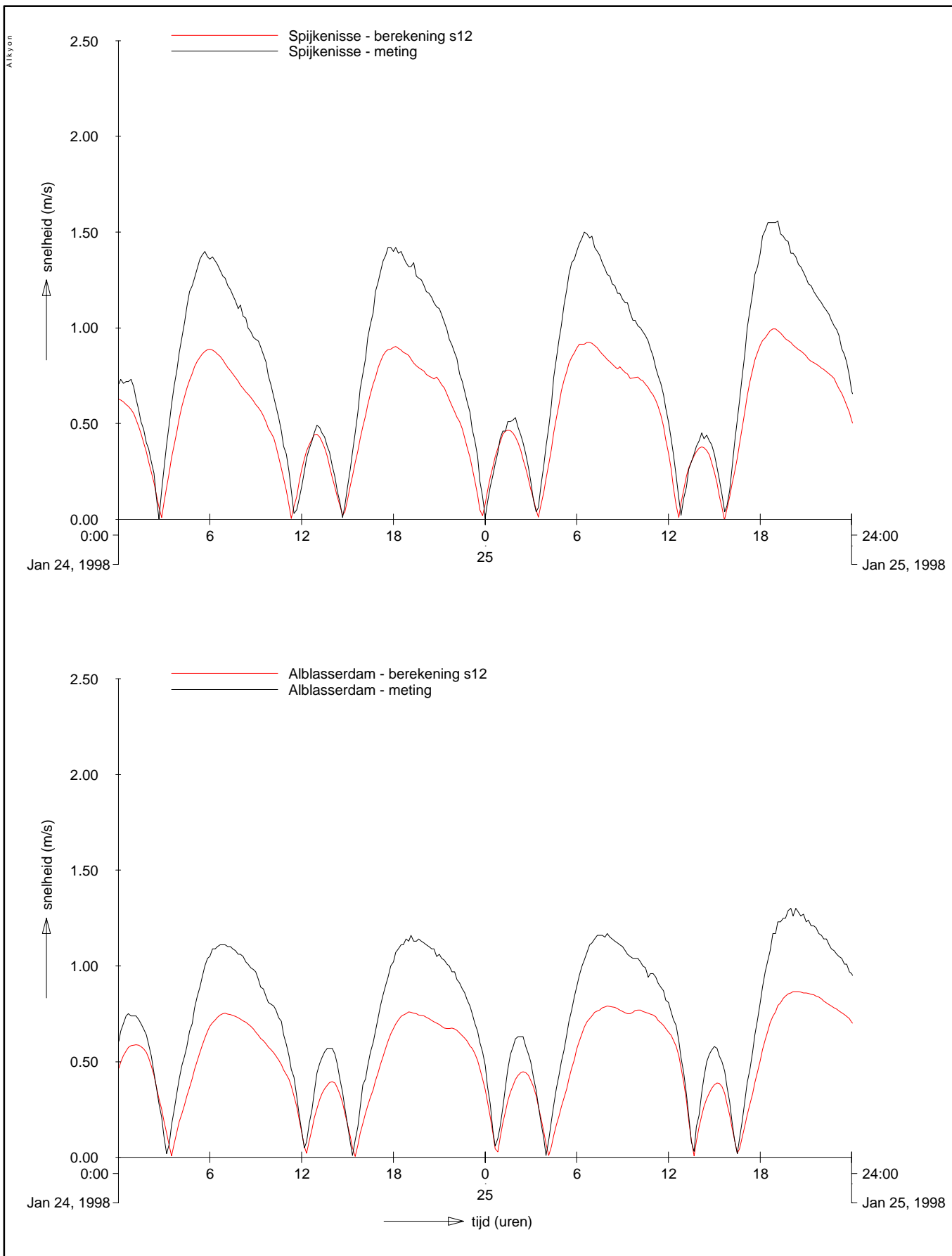
24/25 januari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.86



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Stroomsnelheden in stations Spijkenisse en Alblasserdam

Vergelijking meting en berekening

s12
effect hoge afvoer

190600

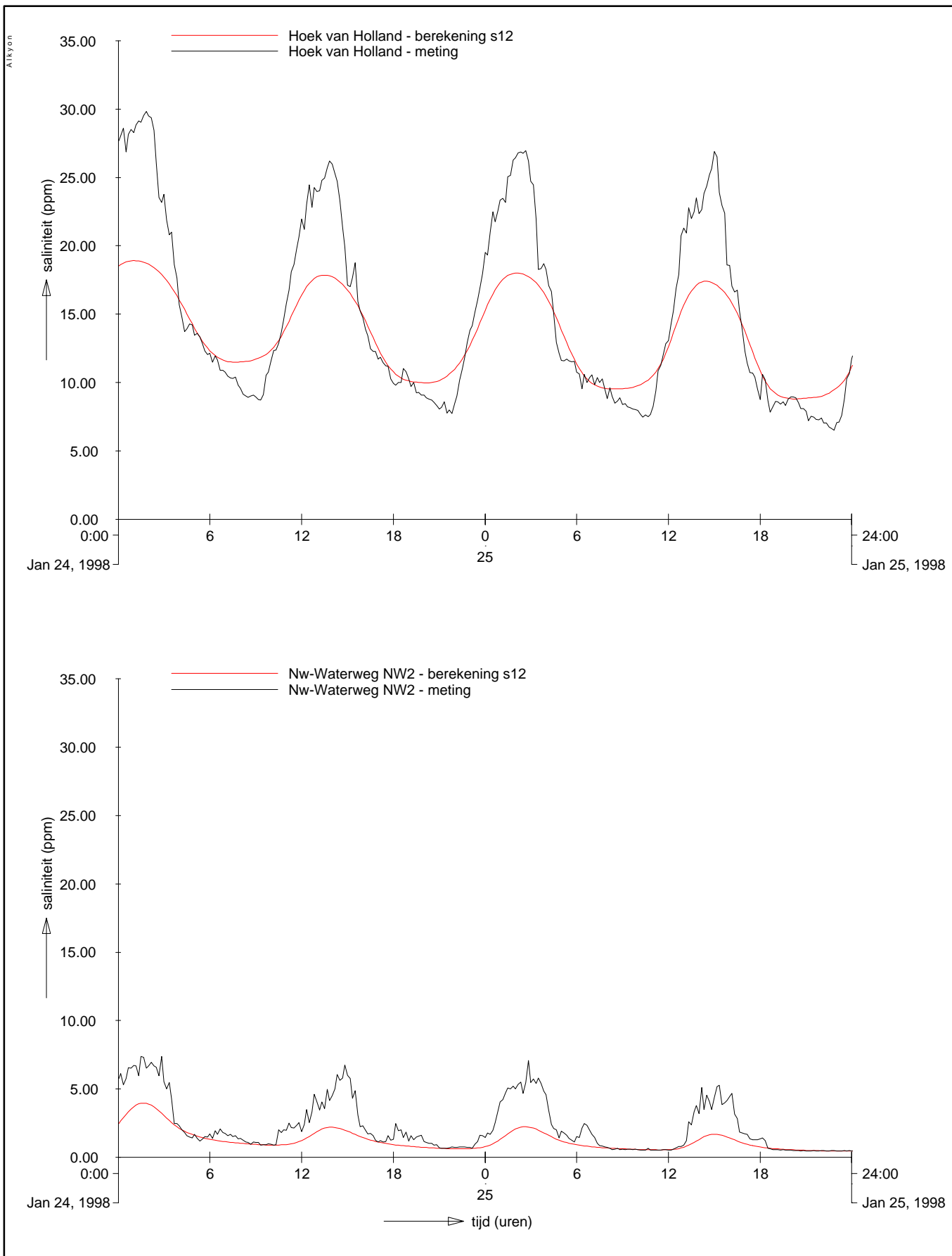
24/25 januari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.87



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Saliniteiten in stations Hoek van Holland en Nw-Waterweg NW2

Vergelijking meting en berekening

s12

190600

effect hoge afvoer

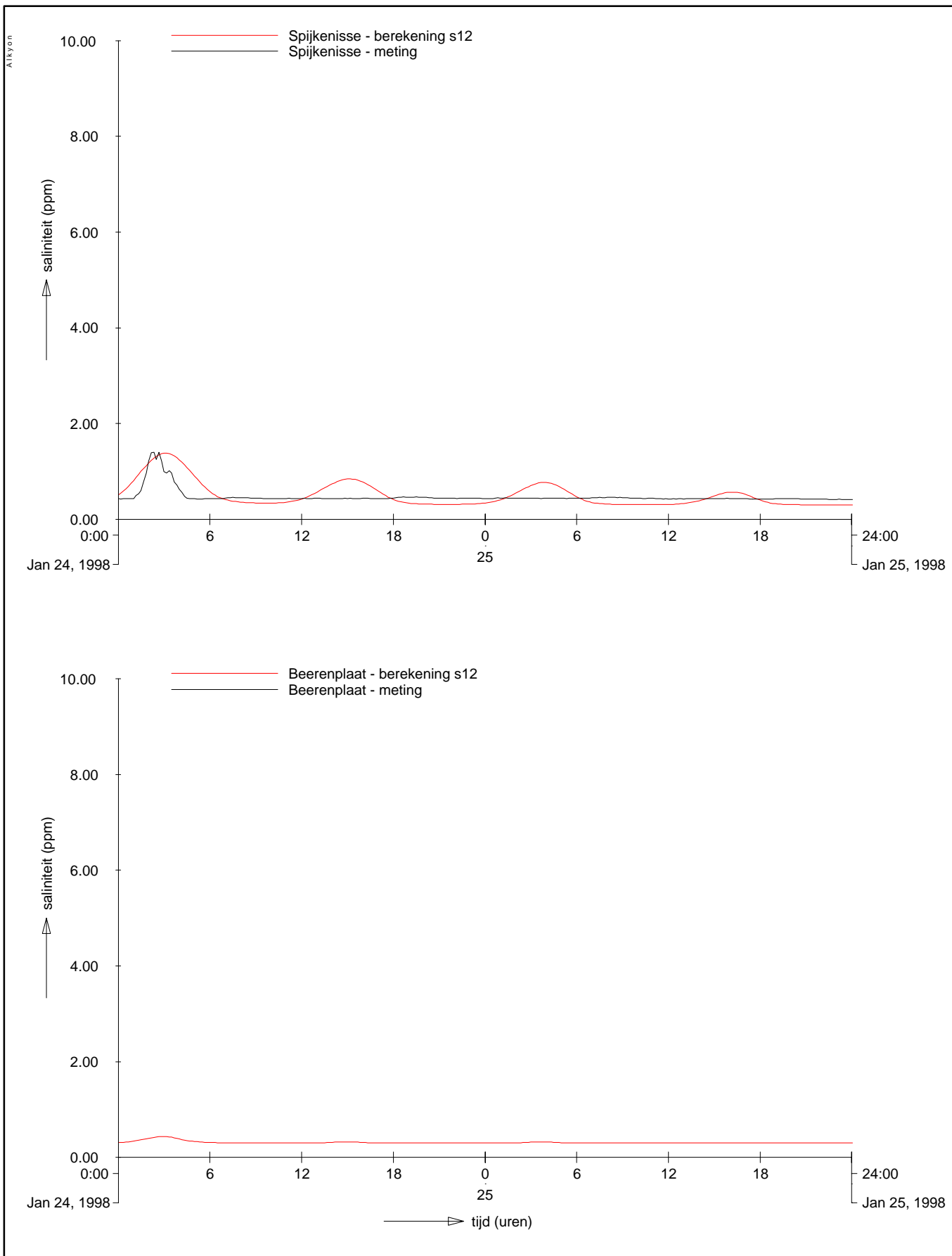
24/25 januari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.88



BOUW EN EERSTE AFREGELING

Saliniteiten in stations Spijkenisse en Beerenplaat

Vergelijking meting en berekening

s12

190600

effect hoge afvoer

24/25 januari 1998

PROJECT ZEEDELTA GEDEELTE SUPERMODEL

A623

Alkyon

Fig. 4.89