



AFGEHANDELD

Opdrachtgever:



Rijkswaterstaat, Dienst getijdewateren

Implementatie van een 2^{1/2} D model in TRISULA

November 1993

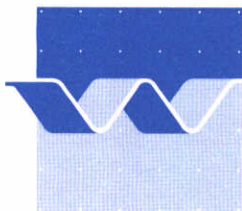
waterloopkundig laboratorium | WL

Z 0698

	bibliotheek postbus 177 · 2600 MH Delft waterloopkundig laboratorium/WL
BB	62537
WL	
EXPL	 R0001450

Implementatie van een $2^{1/2}$ D model in TRISULA

J.A.Th. M van Kester en E.D. de Goede



Inhoud

Lijst van Figuren

Samenvatting

1	Inleiding	1 – 1
2	Snelheidsprofielen in de vertikaal	2 – 1
2.1	Beschrijving van verticale snelheidsprofielen	2 – 1
2.2	Aangepaste snelheidsprofielen voor geschematiseerd estuarium ..	2 – 2
2.3	Terugkoppeling op de 2DH waterbeweging	2 – 2
2.4	Vertikale diffusie	2 – 3
3	Numerieke experimenten	3 – 1
3.1	Resultaten voor de getijgoot	3 – 1
3.2	Resultaten voor het geschematiseerde estuarium	3 – 2
4	Conclusies	4 – 1

Referenties

Lijst van figuren

1. Tijdreeksen voor 2½D model van getijgoot op 2 meter van zee
2. Tijdreeksen voor 3D model van getijgoot op 2 meter van zee
3. Tijdreeksen voor 2½D model van getijgoot op 12 meter van zee
4. Tijdreeksen voor 3D model van getijgoot op 12 meter van zee
5. Tijdreeksen voor 2½D model van getijgoot op 24 meter van zee
6. Tijdreeksen voor 3D model van getijgoot op 24 meter van zee
7. Tijdreeksen voor 2½D model van getijgoot op 36 meter van zee
8. Tijdreeksen voor 3D model van getijgoot op 36 meter van zee
9. Vertikale profielen voor 2½D model van getijgoot op 2 meter van zee
10. Vertikale profielen voor 3D model van getijgoot op 2 meter van zee
11. Vertikale profielen voor 2½D model van getijgoot op 24 meter van zee
12. Vertikale profielen voor 3D model van getijgoot op 24 meter van zee
13. Vertikale zoutverdeling voor 2½D model in getijgoot op t=90 min.
14. Vertikale zoutverdeling voor 3D model in getijgoot op t=90 min.
15. Gemeten tijdreeksen voor de getijgoot op 2 meter van zee
16. Gemeten tijdreeksen voor de getijgoot op 24 meter van zee
17. Tijdreeksen voor 2½D model van estuarium in station (2,5)
18. Tijdreeksen voor 3D model van estuarium in station (2,5)
19. Tijdreeksen voor 2½D model van estuarium in station (35,5)
20. Tijdreeksen voor 3D model van estuarium in station (35,5)
21. Tijdreeksen voor 2½D model van estuarium in station (65,5)
22. Tijdreeksen voor 3D model van estuarium in station (65,5)
23. Vertikale profielen voor 2½D model van estuarium in station (35,2)
24. Vertikale profielen voor 3D model van estuarium in station (35,2)
25. Vertikale profielen voor 2½D model van estuarium in station (35,5)
26. Vertikale profielen voor 3D model van estuarium in station (35,5)
27. Vertikale profielen voor 2½D model van estuarium in station (35,13)
28. Vertikale profielen voor 3D model van estuarium in station (35,13)
29. Vertikale profielen voor 2½D model van estuarium in station (35,17)
30. Vertikale profielen voor 3D model van estuarium in station (35,17)
31. Vertikale zoutverdeling voor 2½D model van estuarium op t=2250 min.
32. Vertikale zoutverdeling voor 3D model van estuarium op t=2250 min.
33. Horizontale zoutverdeling voor 2½D model van estuarium op t=2250 min.
34. Horizontale zoutverdeling voor 3D model van estuarium op t=2250 min.
35. Horizontale zoutverdeling voor 2½D model van estuarium op t=2625 min.
36. Horizontale zoutverdeling voor 3D model van estuarium op t=2625 min.

Samenvatting

In dit onderzoek is een 3D stoftransportmodel gekoppeld aan een 2DH (dieptegemiddeld) waterbewegingsmodel. Op grond van wiskundige formulerings worden de dieptegemiddelde snelheden omgezet naar verticale snelheidsprofielen, die bij het stoftransport gebruikt worden. Hiermee kan zoutindringing in een estuarium gesimuleerd worden. Een dergelijk aanpak wordt aangeduid als een 2½D model. Met een gering aantal punten in de vertikaal kan in een 2½D model het effect van de verticale verdeling van de horizontale snelheden op het zouttransport worden meegenomen.

De resultaten uit dit onderzoek zijn verkregen met een researchversie van het 2D/3D waterbewegings- en transportmodel TRISULA van het Waterloopkundig Laboratorium | WL. Deze versie is in dit onderzoek ontwikkeld. De snelheidsprofielen zijn gebaseerd op formulerings die toegeleverd zijn door Rijkswaterstaat Dienst Getijdewateren. In dit rapport worden resultaten van het 2½D model gepresenteerd voor de getijgoot en voor een geschematiseerd estuarium. Uit andere verificatiestudies uitgevoerd in het kader van het lange termijn onderzoek Turbulentie en Menging, zijn voor deze testgevallen resultaten van 3D simulaties bekend. De horizontale zoutverdeling in het 2½D model vertoont een redelijke overeenstemming met de resultaten van het 3D model.

1 Inleiding

In 1992 is door Rijkswaterstaat (Dienst Getijdewateren, Directie Zuid-Holland en Directie Noordzee) in samenwerking met het Waterloopkundig Laboratorium een inventarisatie opgesteld van de waterhuishoudkundige problematiek in het gebied omvat door de Voordelta, de mond van de Nieuwe Waterweg tot en met de Rotterdamse havens, en (de monding van) het Haringvliet. Aan de hand van die inventarisatie is een aanzet gegeven tot een integraal (=waterbeweging, hydromorfologie, waterkwaliteit en ecologie) plan van onderzoek en numerieke modellering van dit gebied.

Bij het opzetten van dit project is afgesproken dat het 3D RIJMAMO model (RIJn-MAas-MOnding) toegepast zou worden voor o.a. het onderzoek naar de invloed van beheersvarianten aangaande de Haringvlietsluizen op de zout/zoet indringing in het Haringvliet en het Noordelijk Delta Bekken. Doordat het 3D RIJMAMO model nog niet operationeel is en ook de 3D barriërfomulering nog niet beschikbaar is, is besloten de berekeningen voor RIJMAMO met een 2½D model uit te voeren.

In opdracht van Rijkswaterstaat Dienst Getijdewateren is daarom een researchversie van TRISULA ontwikkeld waarin een 2½D model is geïmplementeerd. In een 2½D model wordt de waterbeweging met een (dieptegemiddeld) 2DH model uitgerekend. Uit de dieptegemiddelde snelheden wordt de 3D waterbeweging berekend volgens een analytisch voorschrift voor de verticale snelheidsprofielen. De 3D waterbeweging wordt gebruikt bij de berekening van het 3D zouttransport. Vervolgens wordt op grond van de 3D zoutverdeling de dieptegemiddelde dichtheid berekend, die weer gebruikt wordt in het 2DH waterbewegingsmodel.

Het 2½D model wordt met name ontwikkeld voor de simulatie van zout/zoet indringing in het Haringvliet. De implementatie is daarom getest voor twee situaties die hiermee een grote overeenkomst vertonen, te weten de getijgoot en een geschematiseerd estuarium. Voor deze situaties zijn ook resultaten van 3D simulaties bekend (Van Kester, 1993).

2 Snelheidsprofielen in de vertikaal

We zullen nu in het kort beschrijven hoe uit de dieptegemiddelde snelheid een 3D waterbeweging berekend wordt op basis van analytische snelheidsprofielen. Voor een gedetailleerde beschrijving verwijzen we naar (De Kok, 1993).

Het snelheidsprofiel wordt beschouwd als de superpositie van een kwadratisch profiel en een profiel t.g.v. horizontale dichtheidsverschillen. De profielen voldoen aan het volgende:

- De dieptegemiddelde waarde van het verticale snelheidsprofiel is gelijk aan de (dieptegemiddelde) snelheid uit het 2DH waterbewegingsmodel.
- Het kwadratische profiel voldoet aan de randvoorwaarden bij bodem en vrije wateroppervlak.
- Het dichtheidsgeïnduceerde profiel voldoet aan het barocliene deel van de drukterm.

2.1 Beschrijving van verticale snelheidsprofielen

In deze paragraaf zullen we de berekening van de verticale snelheidsprofielen in de x-richting bespreken. In de y-richting worden analoge formuleringen toegepast. De verticale profielen worden gedefinieerd door

$$u_{3d}(z) = u_{kw}(z) + u_{dens}(z), \quad \text{met } 0 \leq z \leq h. \quad (2.1)$$

met z de afstand tot de bodem en h de totale waterdiepte. Het kwadratische profiel $u_{kw}(z)$ en het dichtheidsgedreven profiel $u_{dens}(z)$ worden beschreven door

$$u_{kw}(z) = \frac{f}{v} \left(z - \frac{1}{2h} z^2 \right) \quad (2.2a)$$

$$u_{dens}(z) = \frac{g}{2v} \frac{\rho_x}{\rho} \left(-\frac{1}{3} z^3 + \frac{h}{2} z^2 \right) \quad (2.2b)$$

met g de gravitatieversnelling, ρ de dieptegemiddelde dichtheid en f de bodemwrijving gegeven door

$$f = \frac{g}{C^2} u_{2d} \sqrt{u_{2d}^2 + v_{2d}^2} \quad (2.3)$$

waarbij C de Chezy coëfficiënt is en u_{2d} en v_{2d} dieptegemiddelde snelheden.

De aanname dat de vertikaalgemiddelde waarde van $u_{3d}(z)$ gelijk is aan de dieptegemiddelde snelheid $u_{2d}(z)$ leidt tot een pseudoviscositeit

$$\nu = \frac{1}{u_{2d}} \left(f \frac{h}{3} + g \frac{\rho_x h^3}{\rho} \right) \quad (2.4)$$

Als $\nu < \epsilon_1$ (met i.h.a. $\epsilon_1 = 10^{-6}$) dan wordt het snelheidsprofiel (2.1) verworpen en wordt er een uniform profiel toegepast in de vertikaal.

2.2 Aangepaste snelheidsprofielen voor geschematiseerd estuarium

De snelheidsprofielen in (2.1) gaven voor het geschematiseerde estuarium aanleiding tot instabiliteiten. De functie (2.2b) voor de invloed van de dichtheid leidde in sommige gevallen tot onrealistisch grote snelheden bij het oppervlak en bij de bodem. De volgende formulering leverde wel stabiele resultaten op, omdat de dichtheidsgradiënten geen grote snelheden meer kunnen introduceren: Als $\nu > \epsilon_2$ met ν uit (2.4), dan worden de formuleringen (2.1)-(2.4) wederom toegepast. Voor het geschematiseerde estuarium bleek $\epsilon_2 = 0.1$ de kleinste waarde te zijn die stabiele resultaten opleverde. Voor $\nu < \epsilon_2$ definiëren we

$$\begin{aligned} u_{kw}(z) &= \frac{f}{\nu_2} \left(z - \frac{1}{2h} z^2 \right) \\ u_{dens}(z) &= \frac{g}{2\epsilon_2} \frac{\rho_x}{\rho} \left(-\frac{1}{3} z^3 + \frac{h}{2} z^2 \right) \end{aligned} \quad (2.5)$$

met

$$\nu_2 = \frac{f}{u_{2d} - u_e} \frac{h}{3} \quad \text{en} \quad u_e = \frac{g}{\epsilon_2} \frac{\rho_x h^3}{\rho} \quad (2.6)$$

Als $\nu_2 < \epsilon_3$ met $\epsilon_3 = 10^{-4}$ dan wordt een uniform profiel voorgeschreven in de vertikaal. We merken op dat de parameters ϵ_2 en ϵ_3 per probleem bepaald dienen te worden. Voor het geschematiseerde estuarium is vastgesteld dat de resultaten sterk afhankelijk zijn van de keuze van deze parameters. Voor een uitgebreide beschrijving van de wiskundige formuleringen verwijzen we naar (De Kok, 1993).

2.3 Terugkoppeling op de 2DH waterbeweging

In de drukterm van de 2DH waterbeweging worden de gradiënten gebruikt van de dieptegemiddelde dichtheid. Deze dichtheid wordt bepaald door middeling van de 3D dichtheid die berekend wordt uit de 3D zoutverdeling. Bij de afleiding van het dichtheidsgedreven profiel is aangenomen dat de horizontale dichtheidsgradiënt onafhankelijk is van de verticale coördinaat. Voor een gelaagde stroming in combinatie met een scherpe overgang in de bodem kan hierdoor stroming ontstaan zonder dat er horizontale dichtheidsverschillen zijn.

Het dichtheidsgedreven profiel levert geen bijdrage aan de bodemwrijving. Dit is één van de aannames in de formuleringen. De bodemwrijving in het 2½D model is echter gebaseerd op dieptegemiddelde snelheden (zie (2.3)). De dieptegemiddelde snelheid van het dichtheidsgedreven profiel is ongelijk aan nul. Deze bijdrage in de kwadratische bodemwrijvingsformulering dient daarom weggelaten te worden. De bodemwrijvingformulering wordt dan

$$f = \frac{g}{C^2} \bar{u}_{kw} \sqrt{\bar{u}_{kw}^2 + \bar{v}_{kw}^2} \quad (2.7)$$

met \bar{u}_{kw} en \bar{v}_{kw} dieptegemiddelde waarden van de snelheden $u_{kw}(z)$ en $v_{kw}(z)$. De correctie gebeurt voor de volgende halve tijdstap, dus achterlopend. Dit kan leiden tot een aandrijvende term in de vergelijking als de dieptegemiddelde dichtheidsstroming in de richting staat van de dieptegemiddelde snelheid.

Samenvattend, de terugkoppeling op de 2DH waterbeweging is als volgt:

- a) De dichtheidsgradiënt in de drukterm van de 2DH waterbeweging wordt bepaald door eerst de 3D dichtheden vertikaal te middelen en vervolgens de gradiënt te berekenen.
- b) De 2DH bodemwrijving wordt gecorrigeerd m.b.t. de bijdrage van het dichtheidsgedreven profiel.

2.4 Vertikale diffusie

In dit onderzoek wordt de verticale diffusiecoëfficiënt onafhankelijk bepaald van de pseudo-viscositeit, zie (2.4). Er wordt een constante waarde gekombineerd met een dempingsfunctie. De verticale diffusiecoëfficiënt is van de vorm (De Kok, 1993)

$$D_v = \frac{D}{(1+10.0Ri)^2} \quad (2.8)$$

met D een door de gebruiker op te geven waarde en Ri het gradiënt Richardsongetal. Voor sterk gelaagde situaties kan het gebruik van dempingsfuncties leiden tot "trapjeslijnen" in de verticale saliniteitsprofielen, zie bijvoorbeeld Fig. 9, Fig. 25 en (Van Kester, 1993).

3 Numerieke experimenten

We zullen nu resultaten van het 2½D TRISULA model bespreken voor twee zoutindringingsproblemen, te weten de getijgoot en een geschematiseerd estuarium.

3.1 Resultaten voor de getijgoot

De getijgoot bestaat uit een goot van 120 m lang en 1 m breed. In de getijgoot zijn snelheden en de saliniteit gemeten onder getijomstandigheden (Karelse, 1993). De getijperiode bedraagt 10 min. In Fig. 15 en 16 zijn voor twee raaien tijdreeksen van horizontale snelheden en de saliniteit weergegeven.

Van de getijgoot is een TRISULA model ontwikkeld. Hierbij wordt aan de zee als randvoorwaarde de gemeten waterstand (c.q. het verticale getij) voorgeschreven. De maaswijdtes in de horizontaal zijn 1 m. Voor een uitgebreide beschrijving van de getijgoot verwijzen we naar (Van Kester, 1993). In de verticale richting definiëren we 20 equidistante lagen. De tijdstap is 6 sec. In dit testprobleem zijn de verticale snelheidsprofielen (2.1)-(2.4) toegepast. De aangepaste formuleringen uit paragraaf 2.2 zijn dus niet gebruikt.

Fig. 1 t/m 8 bevatten tijdreeksen voor de snelheid en de saliniteit op verschillende plaatsen in de getijgoot. In Fig. 9 t/m 14 worden verticale profielen voor de snelheden en de zoutverdeling gegeven. Zowel de resultaten voor het 2½D model als voor het 3D model worden weergegeven. Vergelijking van de tijdreeksen van het zout voor het 2½D model (met 20 lagen) toont een goede overeenstemming met de 3D simulaties voor 20 lagen. De tijdreeksen van de snelheid verschillen echter aanzienlijk. Zo kenteren alle lagen in het 2½D model allemaal in fase. De tijdreeksen in het 2½D model zijn niet in overeenstemming met de gemeten waarden (zie Fig 15 en 16), in tegenstelling tot de resultaten voor het 3D model. In de getijgoot is de bodem hydraulisch glad, wat leidt tot logaritmische profielen bij de bodem. In het 2½D model wordt m.b.t. de bodemwrijving echter een kwadratisch profiel voorgeschreven (zie paragraaf 2). Verder zouden de vertikaalgemiddelde 3D snelheden en de 2DH snelheden in het 2½D model enigszins kunnen verschillen.

De gelaagdheid tijdens uitstroming (eb) is te vergelijken met de resultaten van het 3D model. Uit testberekeningen is gebleken dat de verticale gelaagdheid sterk afhankelijk is van de door de gebruiker op te geven waarde van de verticale diffusiecoëfficiënt (zie paragraaf 2.4). In dit experiment is $D=0.0001 \text{ m}^2/\text{s}$ (zie (2.8)). Bij instroming (vloed) ontstaat er in het 2½D model een instabiele gelaagdheid, zie Fig. 3, 5 en 7. Dit wordt veroorzaakt doordat de snelheid in de bovenste lagen aanzienlijk hoger is dan in de onderste lagen. Deze snelheidsprofielen wijken duidelijk af van de profielen van de 3D simulatie, zie Fig. 4, 6 en 8. De instabiele gelaagdheid moet door verticale diffusie verdwijnen. Hiervoor is de KEYPS-formulering geïmplementeerd (zie Van Kester e.a. 1993). Dat er toch een instabiele gelaagdheid ontstaat, toont aan dat de horizontale advectie dominant is.

De horizontale snelheid als functie van de verticale coördinaat wordt bepaald door superpositie van een kwadratisch profiel en een dichtheidsgedreven profiel. Wanneer snelheden ten gevolge van beide profielen ongeveer dezelfde grootte hebben en tegengesteld van teken zijn, dan is de pseudoviscositeit in (2.4) zeer klein. Dit leidt tot onrealistische profielen (zie (2.2)), met als gevolg lokale oscillaties in de tijdreeksen van de snelheid, zie Fig. 1.

Verder is er geconstateerd dat alleen rond de zouttong de bijdrage van het dichtheidsgedreven profiel op de getijsnelheden zichtbaar is. Elders in de goot is het kwadratische profiel dominant. De kwantitatieve invloed op de reststroming is niet onderzocht. Wanneer de getijgoot wordt doorgerekend met alleen het kwadratische profiel, dan lijken de resultaten zeer sterk op de resultaten met het volledige profiel. Het enige verschil is dat de lokale oscillaties in de tijdreeksen van het zout verdwijnen.

De verhouding tussen de rekentijd voor het 3D model en het 2½D model is probleemafhankelijk. Bij de simulatie van de getijgoot met 20 lagen is de rekentijd 1.5 maal zo hoog als bij het 2½D model.

3.2 Resultaten voor het geschematiseerde estuarium

In het kader van het sigma-transformatieproject (Van Kester, 1989) zijn er simulaties uitgevoerd voor een geschematiseerd estuarium. De lengte van het estuarium is 35 kilometer en de breedte 1 kilometer. Er is een geul met een breedte van 400 meter en een diepte van 10 meter. Vanuit de geul loopt de diepte over een afstand van 100 meter op naar 1 meter. Aan één zijde is het estuarium afgesloten. Daar vindt een zoetwaterlozing plaats van 50 m³/s. Aan de andere zijde wordt een waterstandsrand voorgeschreven met een periode van 12.5 uur en een amplitude van 1.75 meter. Het numerieke model heeft in de lengterichting een roosterafstand van 500 meter. In de breedterichting is de roosterafstand 25 meter. Er worden 4 getijperiodes doorgerekend met een tijdstap van 1.25 minuut. In dit experiment is $D=0.05$ m²/s, zie (2.8).

De berekening voor het geschematiseerde estuarium met het 2½D model levert instabiliteiten op indien de oorspronkelijke formuleringen uit paragraaf 2.1 gebruikt worden. Het estuarium is daarom doorgerekend met de meer robuuste formuleringen uit paragraaf 2.2. De tijdreeksen verschillen aanzienlijk van de 3D resultaten. Dit geldt zowel voor de tijdreeksen als voor de verticale profielen (zie Fig. 17 t/m 36). De snelheden in het 2½D model zijn kleiner dan in het 3D model. Verder vindt er in het 2½D model bij de bodem nauwelijks transport van zout plaats, omdat de snelheden in de buurt van de bodem gering zijn. Deze snelheden hangen af van het dichtheidsgedreven profiel. Door de verticale diffusiecoëfficiënt in de 3D simulatie gelijk te kiezen aan de waarde in het 2½D model, vertonen de resultaten een grotere gelijkenis. Hieruit blijkt dat de keuze van de verticale diffusiecoëfficiënt zeer belangrijk is.

Voor het geschematiseerde estuarium met 10 lagen in de vertikaal is de rekentijd voor het 2½D model een factor 2½ lager dan voor het 3D model. Deze reductie in rekentijd zou verder verhoogd kunnen worden door het aantal lagen te verminderen in het 2½D model. Voor een gelijk aantal lagen in de vertikaal is het geheugengebruik van het 2½D model en het 3D model vergelijkbaar. Indien het aantal lagen verkleind zou worden in het 2½D model, dan levert dit ook een besparing in geheugenruimte op.

4 Conclusies

In opdracht van Rijkswaterstaat Dienst Getijdewateren is een researchversie van TRISULA ontwikkeld waarin een 2½D model is geïmplementeerd. Dit model is getest voor twee relevante situaties, te weten de getijgoot en een geschematiseerd estuarium. In deze experimenten is zoutindringing gesimuleerd.

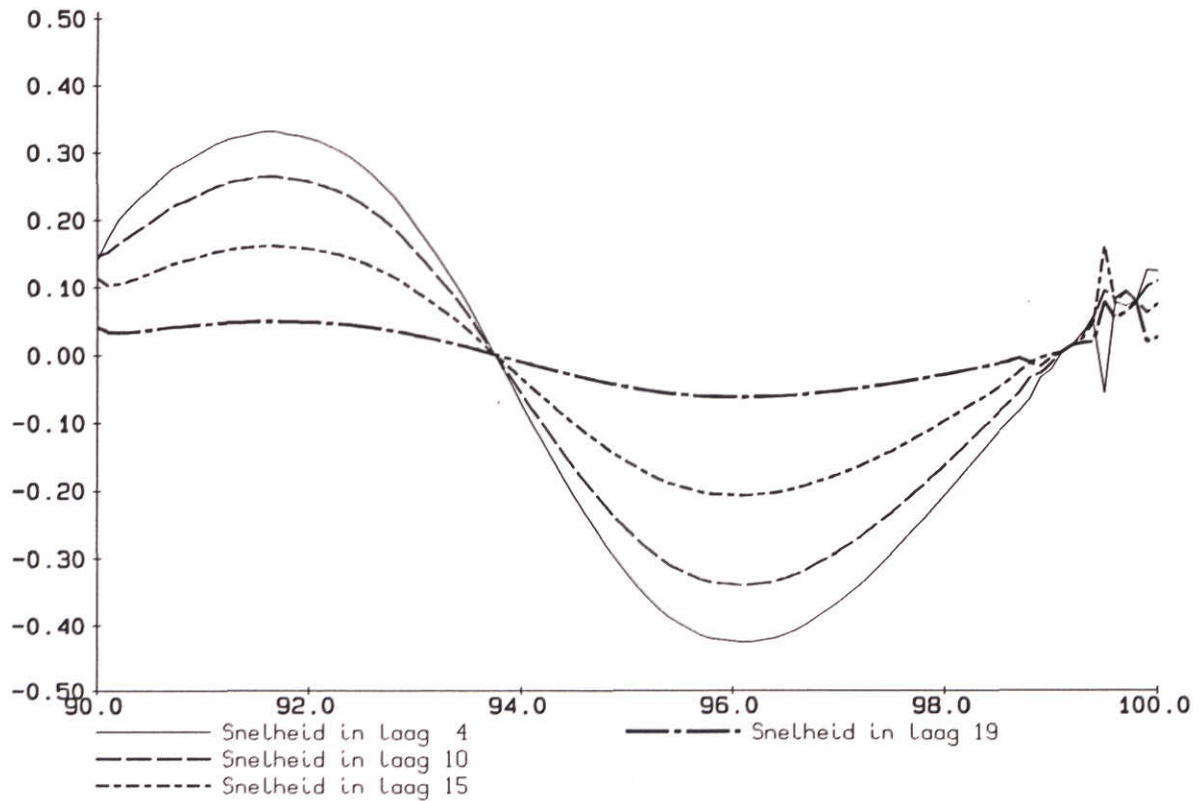
Dit onderzoek heeft geleid tot de volgende conclusies:

- a) In het 2½D model wordt de horizontale zoutindringing aanzienlijk beter gesimuleerd dan in een 2D model. In een 2½D model kan er met een (realistisch) kleine waarde voor de horizontale dispersiecoëfficiënt gerekend worden, terwijl een 2D model in het algemeen een grote horizontale dispersiecoëfficiënt vereist. Dit laatste leidt tot transport in alle richtingen, onafhankelijk van de bodemtopografie. De resultaten van het 2½D model vertonen een redelijke overeenkomst met de resultaten van het 3D model. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de keuze van de parameters in het 2½D model zeer belangrijk is. Alleen een goede keuze leidt tot resultaten die vergelijkbaar zijn met het 3D model.
- b) Voor een gelijk aantal lagen in de vertikaal is het geheugengebruik van het 2½D model en het 3D model vergelijkbaar. Op grond van de twee experimenten zullen de rekenkosten voor het 2½D model naar inschatting een factor twee lager zijn dan voor een 3D model.
- c) In het algemeen kan in een 2½D model met minder lagen gerekend worden dan in een 3D model. Hierdoor zal voor een 2½D model de rekenkosten en het geheugenruimte met een evenredige factor afnemen.

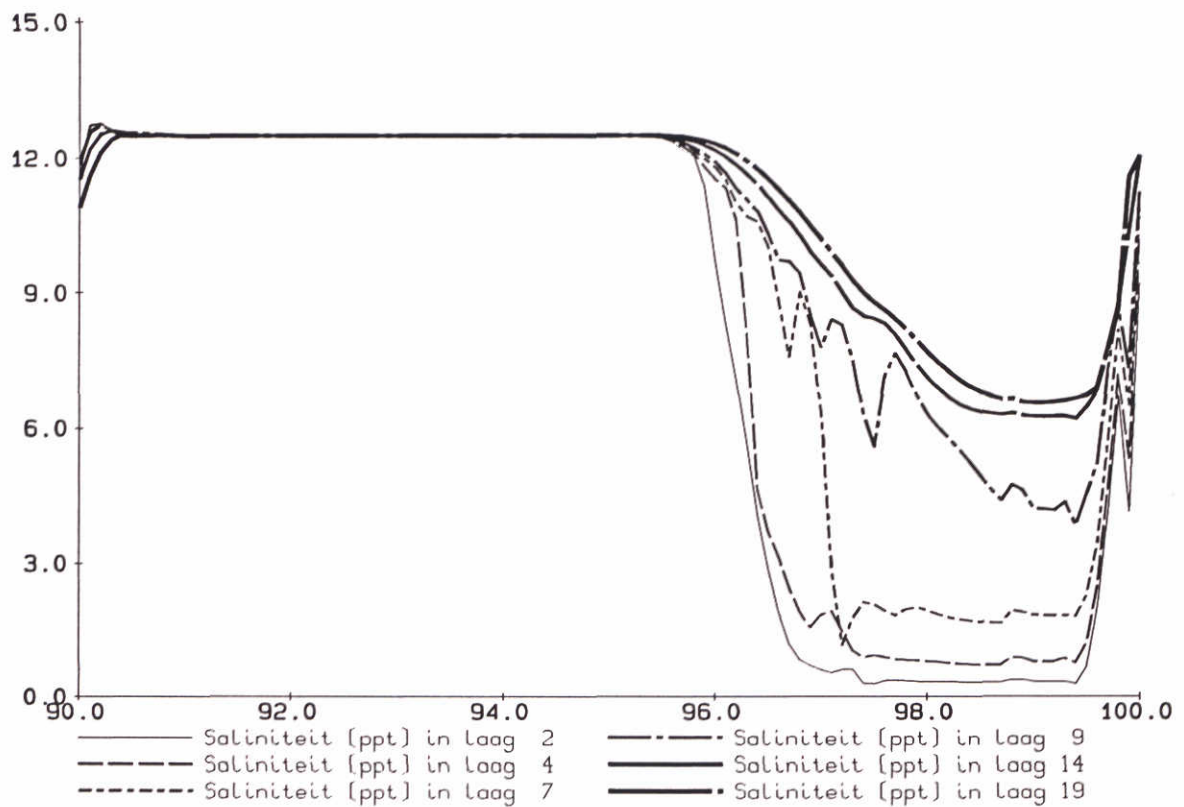
Referenties

- De Kok, J.M., 1993: Wiskundige formuleringen voor een 2½D stoftransport model, Notitie Rijkswaterstaat Dienst Getijdewateren.
- Karelse, M., 1993: Turbulentiemetingen in een inhomogene getijstroming in de getijgoot. Meetverslag. Waterloopkundig Laboratorium Rapport Z162.
- Van Kester, J.A.Th.M., R.E. Uittenbogaard en G.S. Stelling, 1993: Applications to the tidal flume, a model harbour and the Keeten Volkerak Estuary. Waterloopkundig Laboratorium Rapport Z81.
- Van Kester, J.A.Th.M., G.S. Stelling en R.E. Uittenbogaard, 1989: The sigma-coordinate transformation and the basic equations of TRISULA. Waterloopkundig Laboratorium Rapport Z81-21.

trih-2hd.dat 2hd 930930 105600



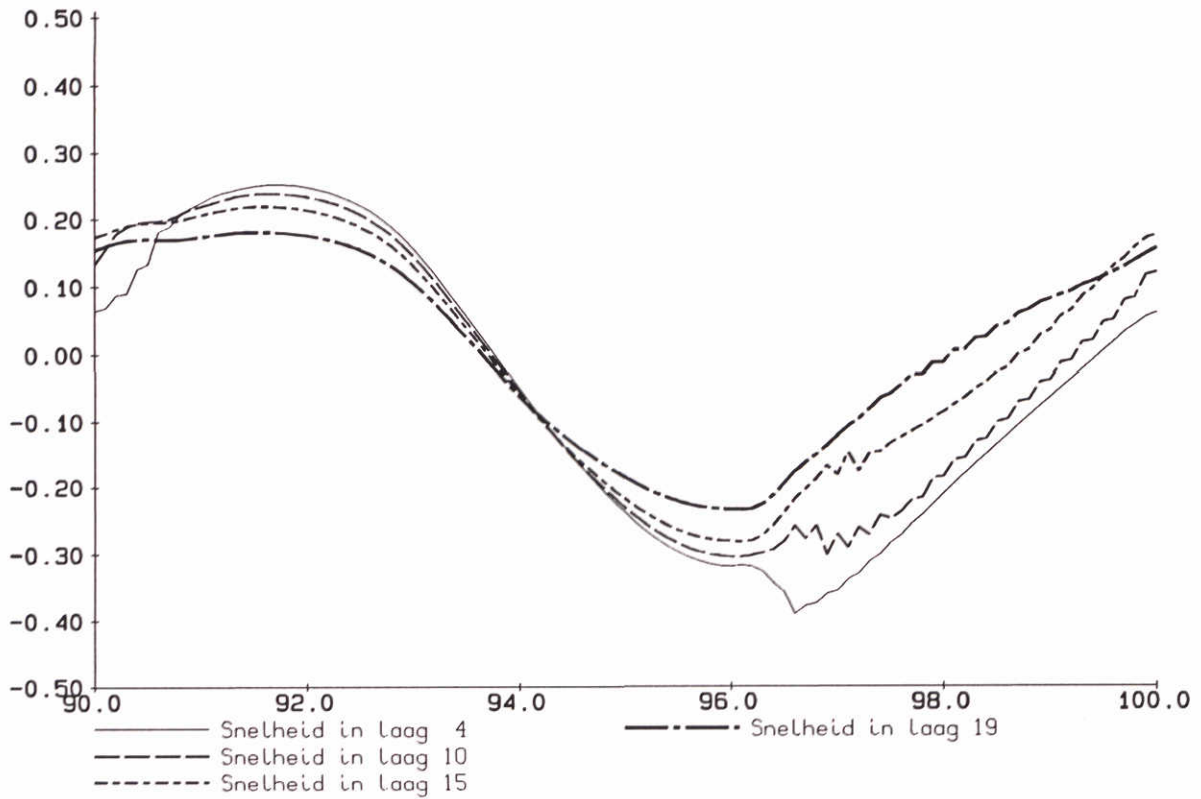
trih-2hd.dat 2hd 930930 105600



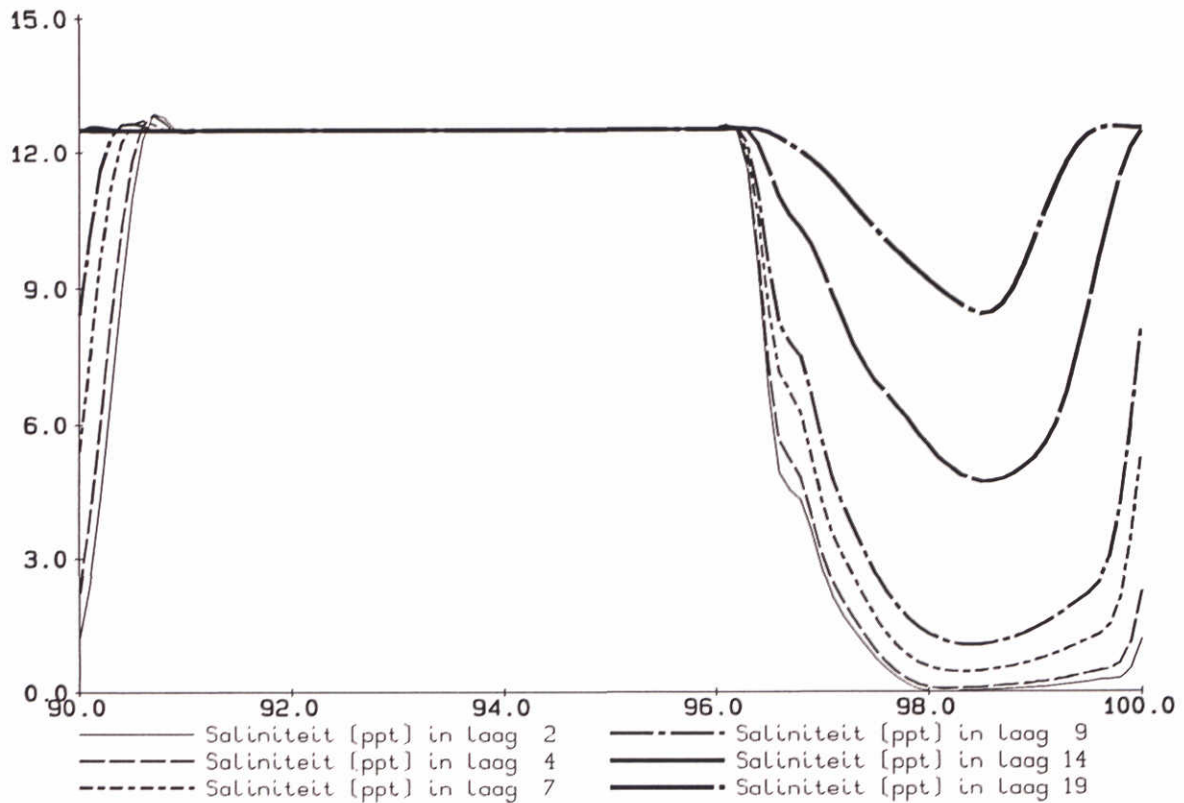
Simulatie Getijgoot, 2.5D model.
Tijdreeksen voor snelheid en saliniteit
2 meter van zee

1993-10-01
15:06:49

trih-3dd.dat 3dd 930930 114038



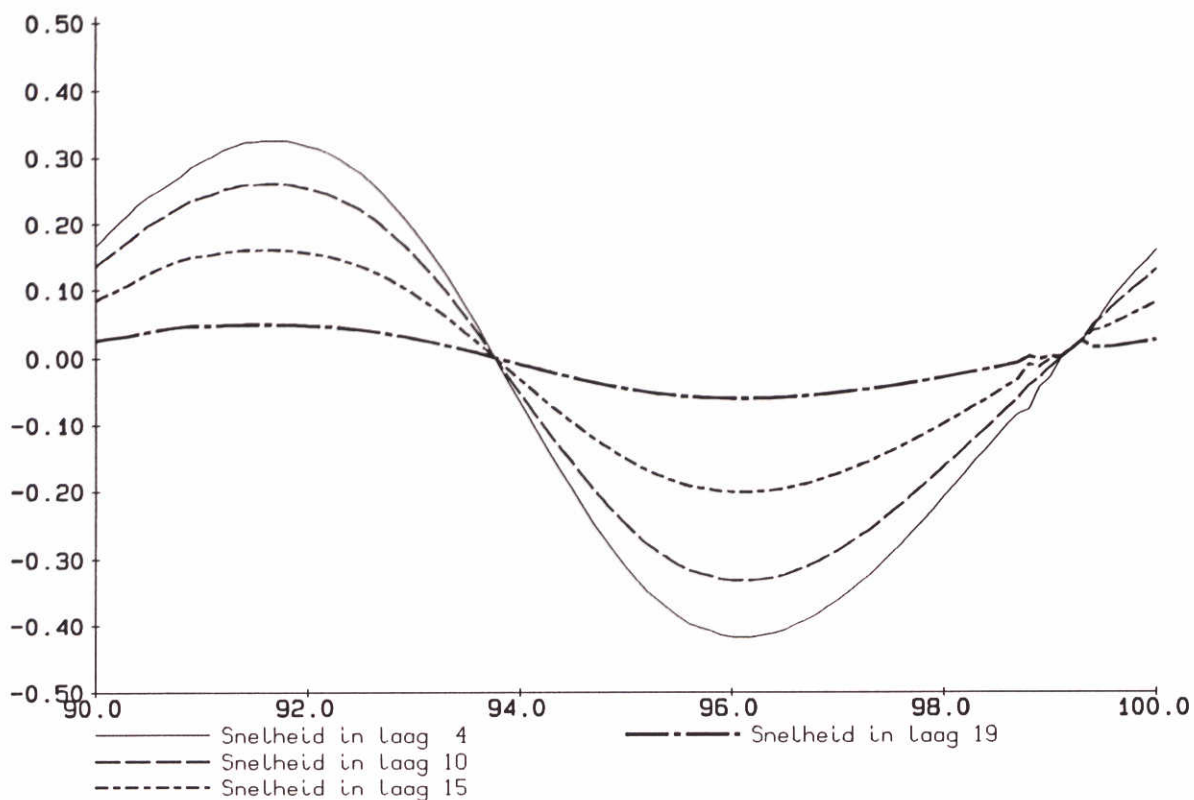
trih-3dd.dat 3dd 930930 114038



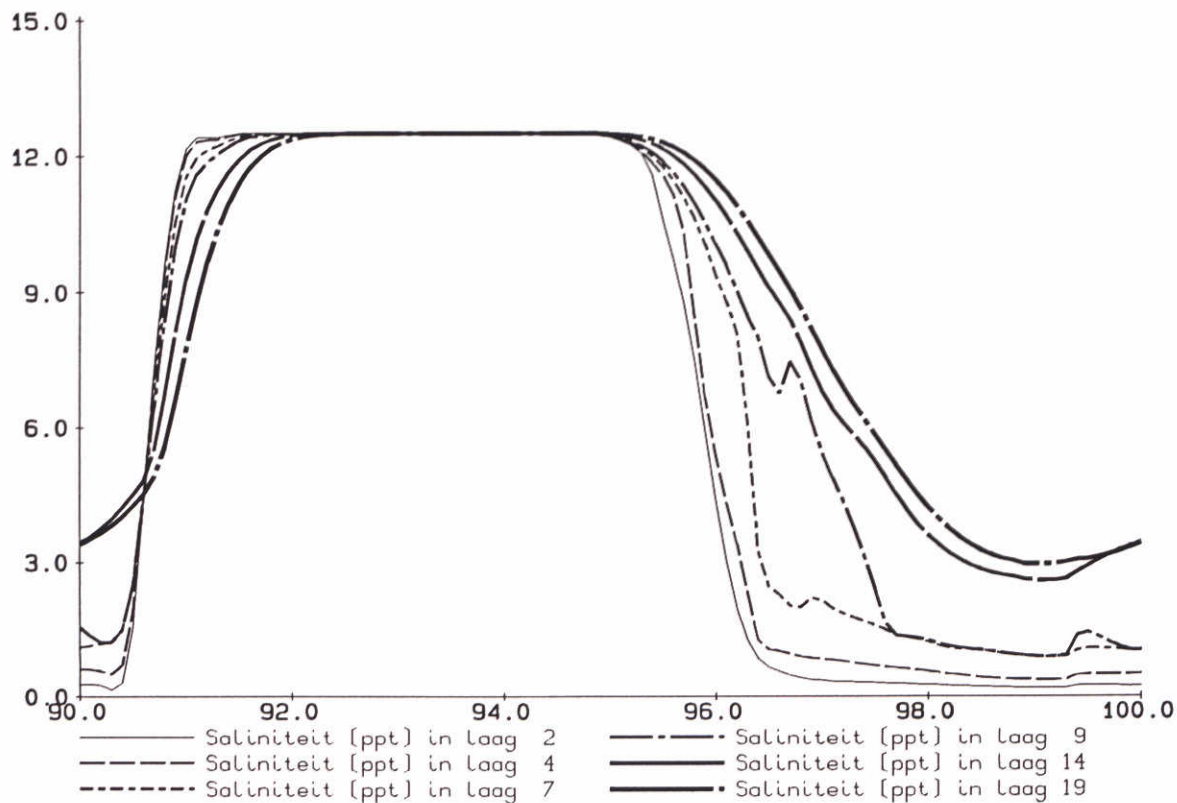
Simulatie Getijgoot, 3.D model.
 Tijdreeksen voor snelheid en saliniteit
 2 meter van zee

1993-10-01
 15:08:03

trih-2hd.dat 2hd 930930 105600



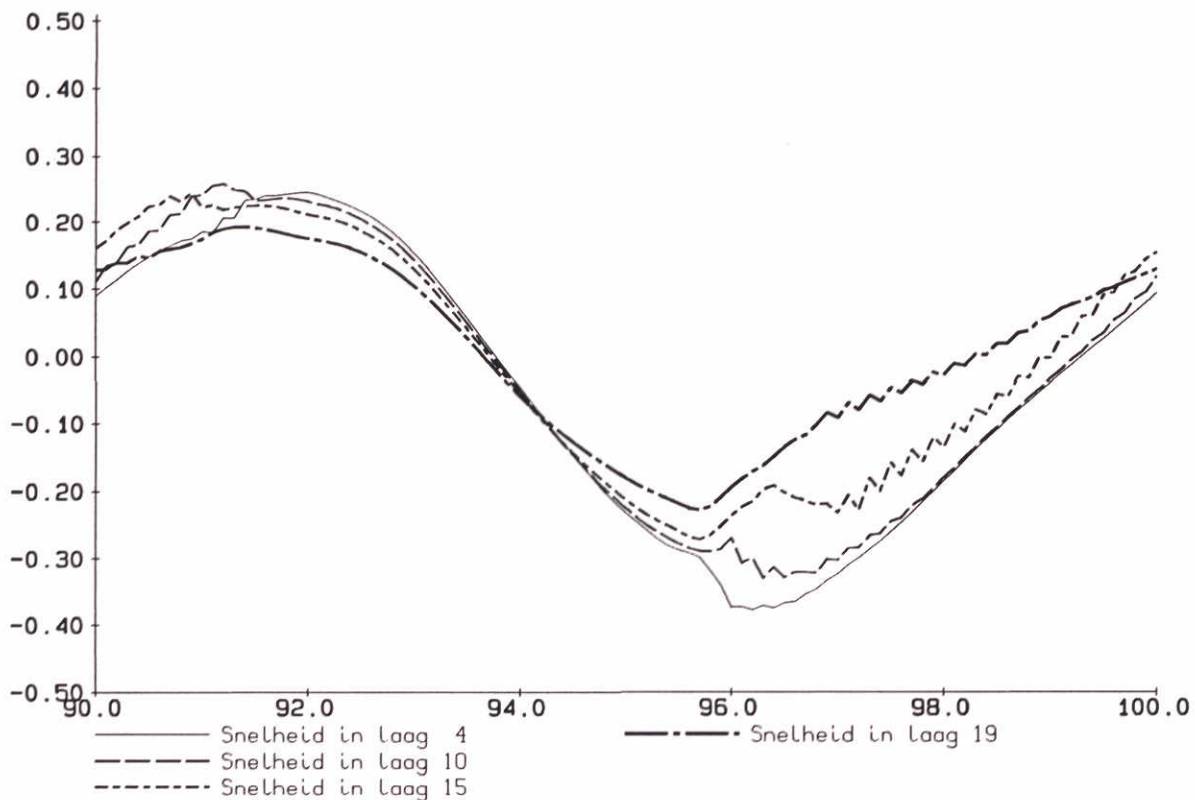
trih-2hd.dat 2hd 930930 105600



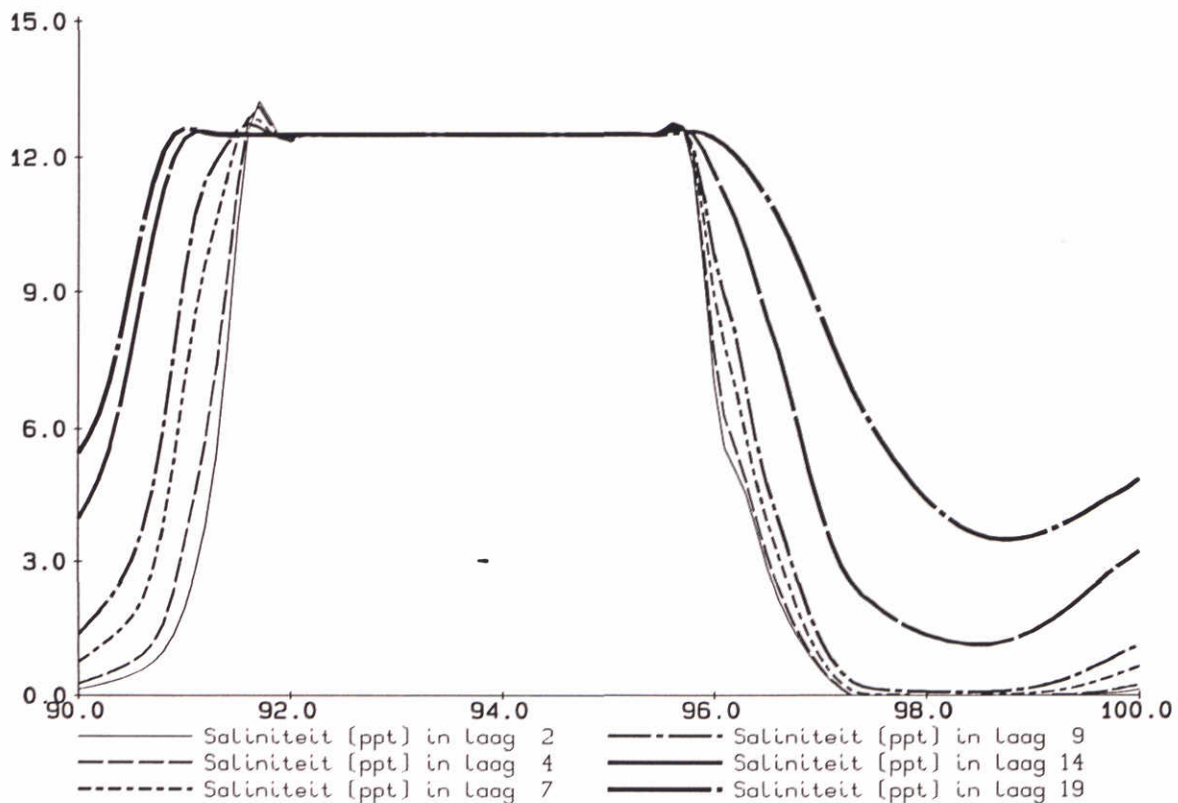
Simulatie Getijgoot, 2.5D model.
 Tijdreeksen voor snelheid en saliniteit
 12 meter van zee

1993-10-01
 15:07:09

trih-3dd.dat 3dd 930930 114038



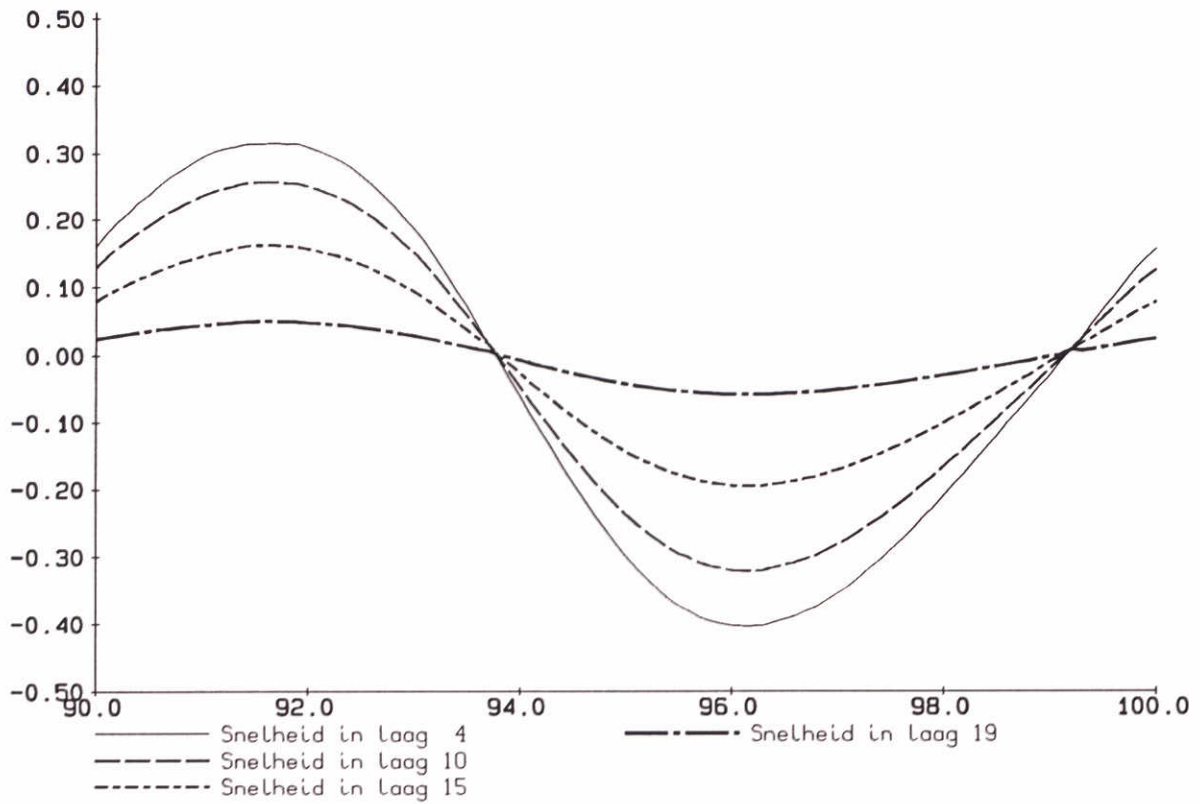
trih-3dd.dat 3dd 930930 114038



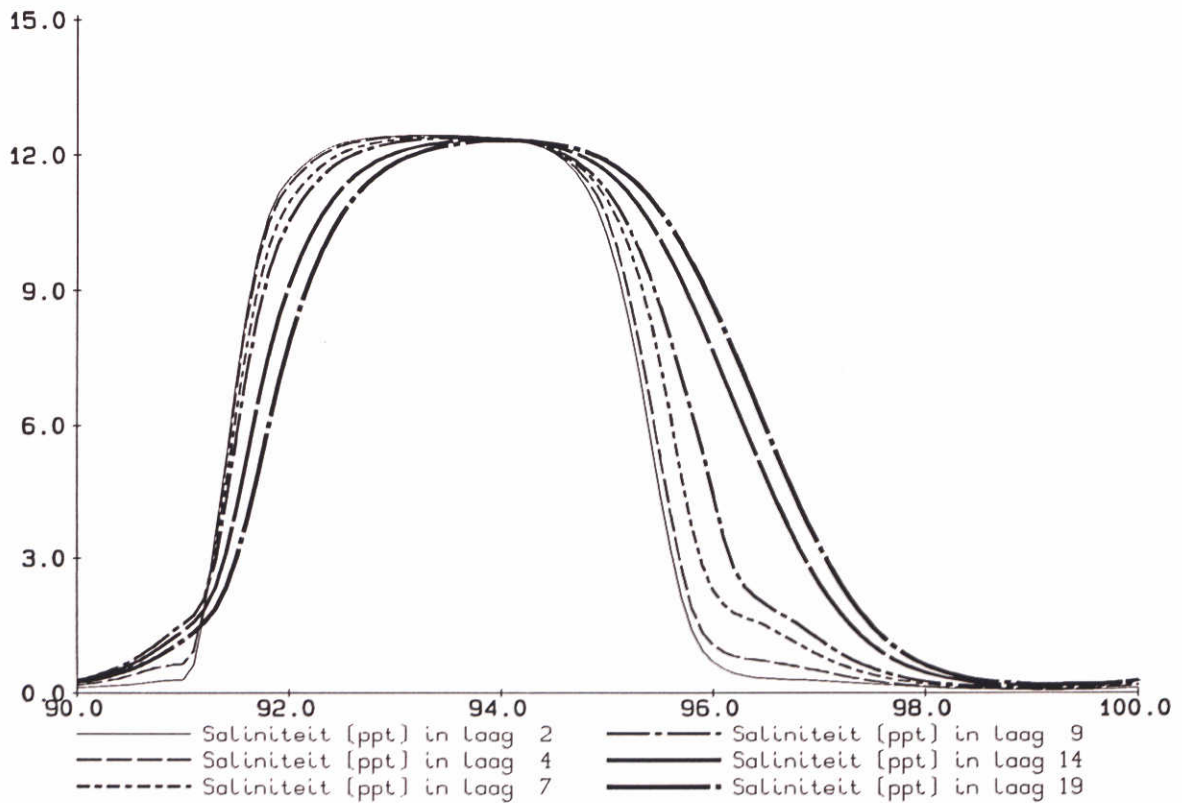
Simulatie Getijgoot, 3D model.
 Tijdreeksen voor snelheid en saliniteit
 12 meter van zee

1993-10-01
 15:08:21

trih-2hd.dat 2hd 930930 105600



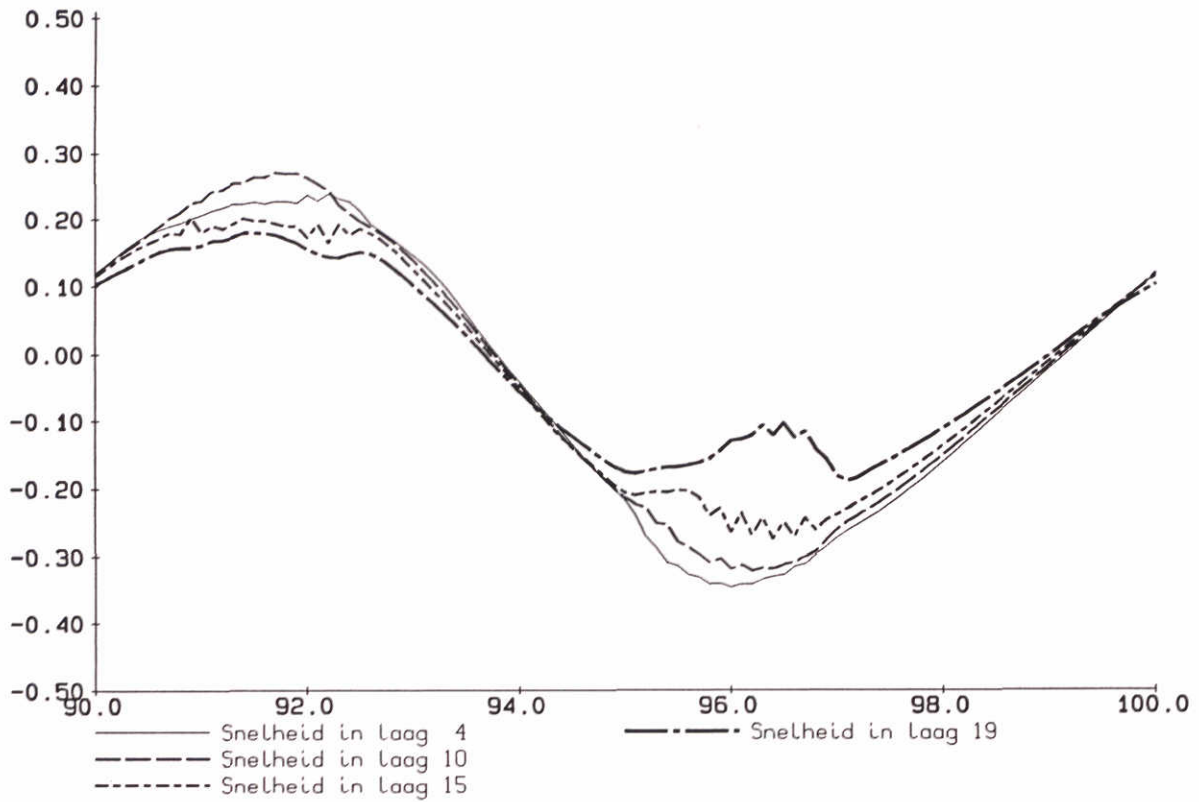
trih-2hd.dat 2hd 930930 105600



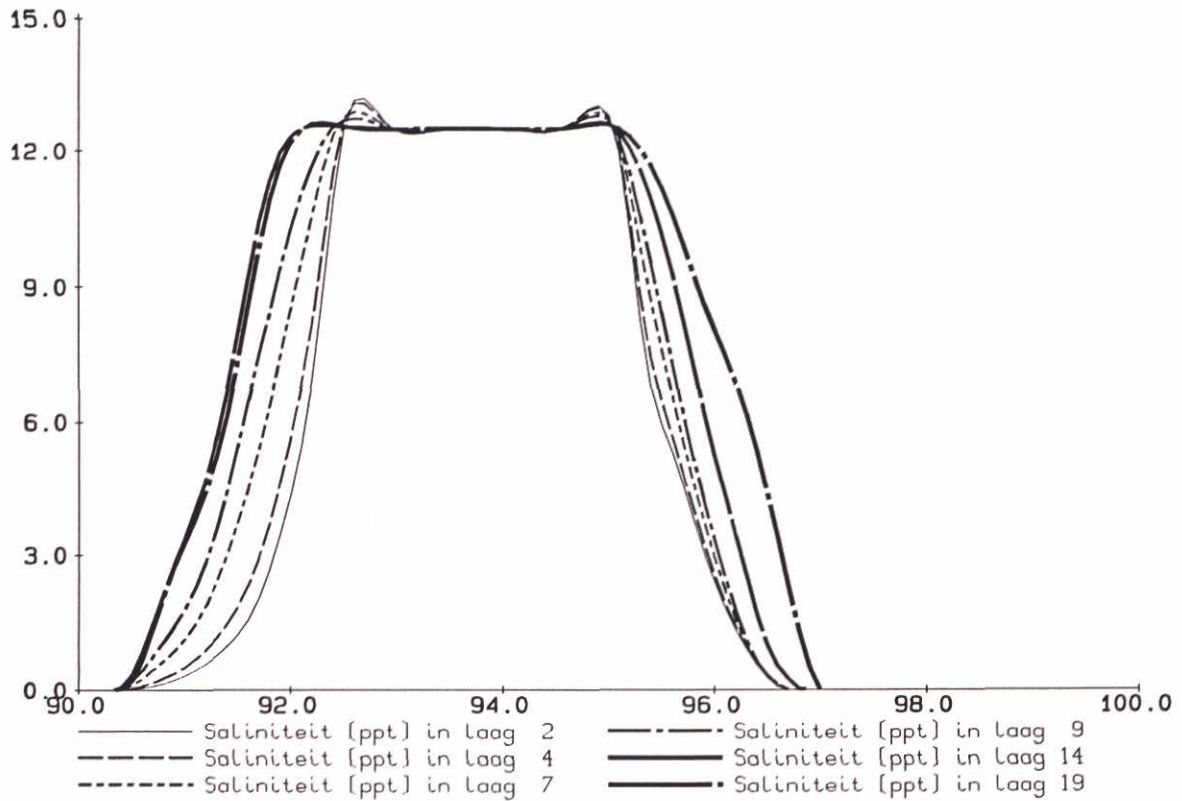
Simulatie Getijgoot, 2.5D model.
Tijdreeksen voor snelheid en saliniteit
24 meter van zee

1993-10-01
15:07:26

trih-3dd.dat 3dd 930930 114038



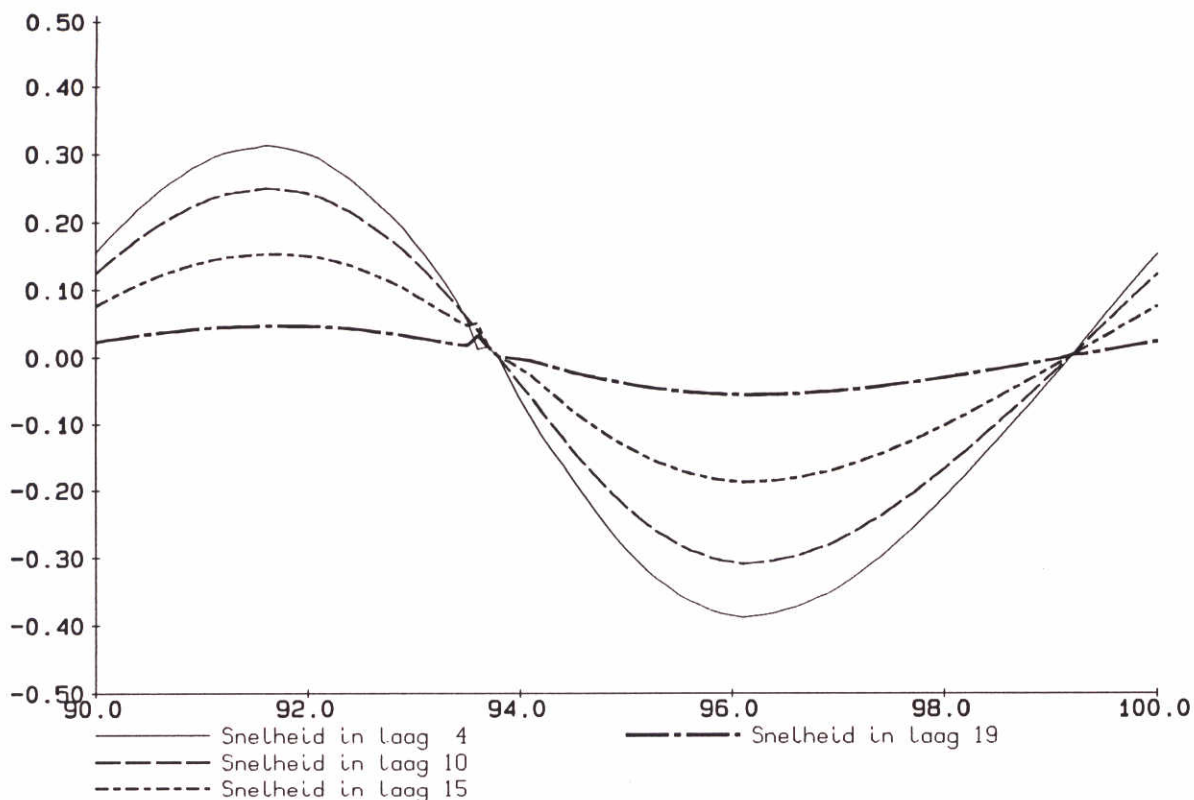
trih-3dd.dat 3dd 930930 114038



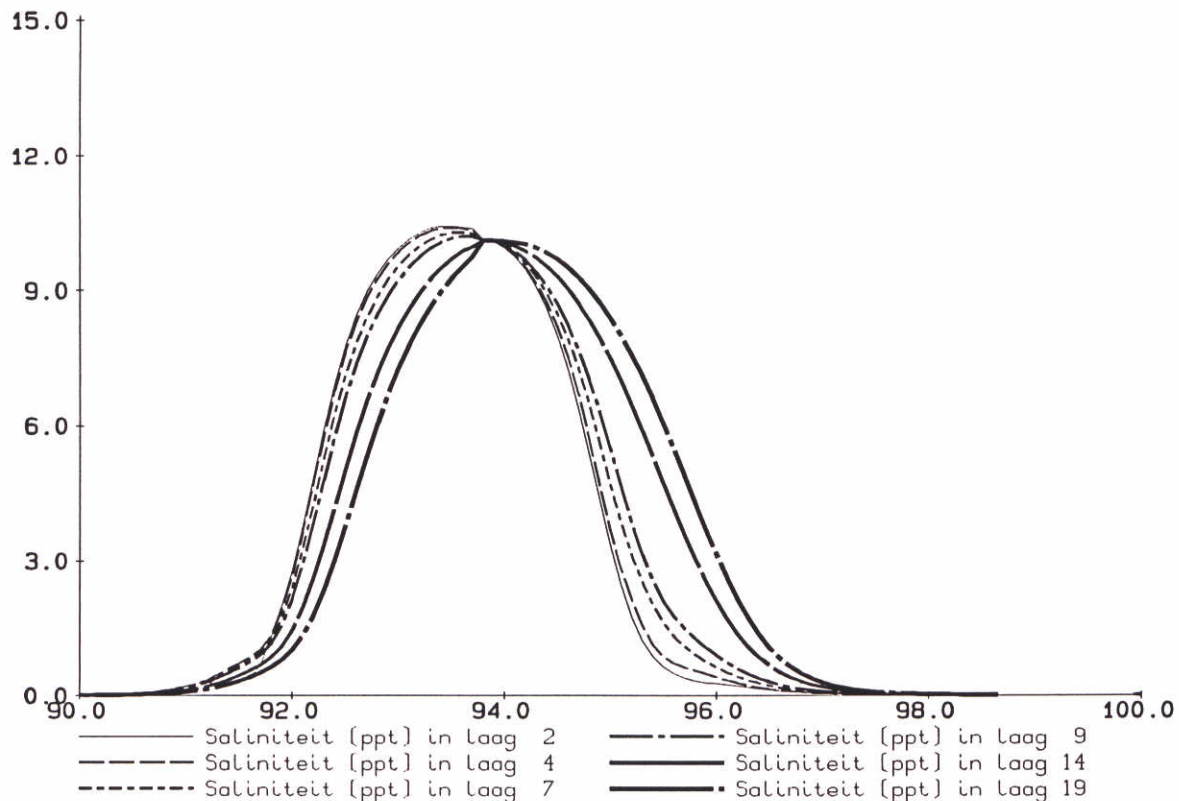
Simulatie Getijgoot, 3D model.
 Tijdsreeksen voor snelheid en saliniteit
 24 meter van zee

1993-10-01
 15:08:41

trih-2hd.dat 2hd 930930 105600



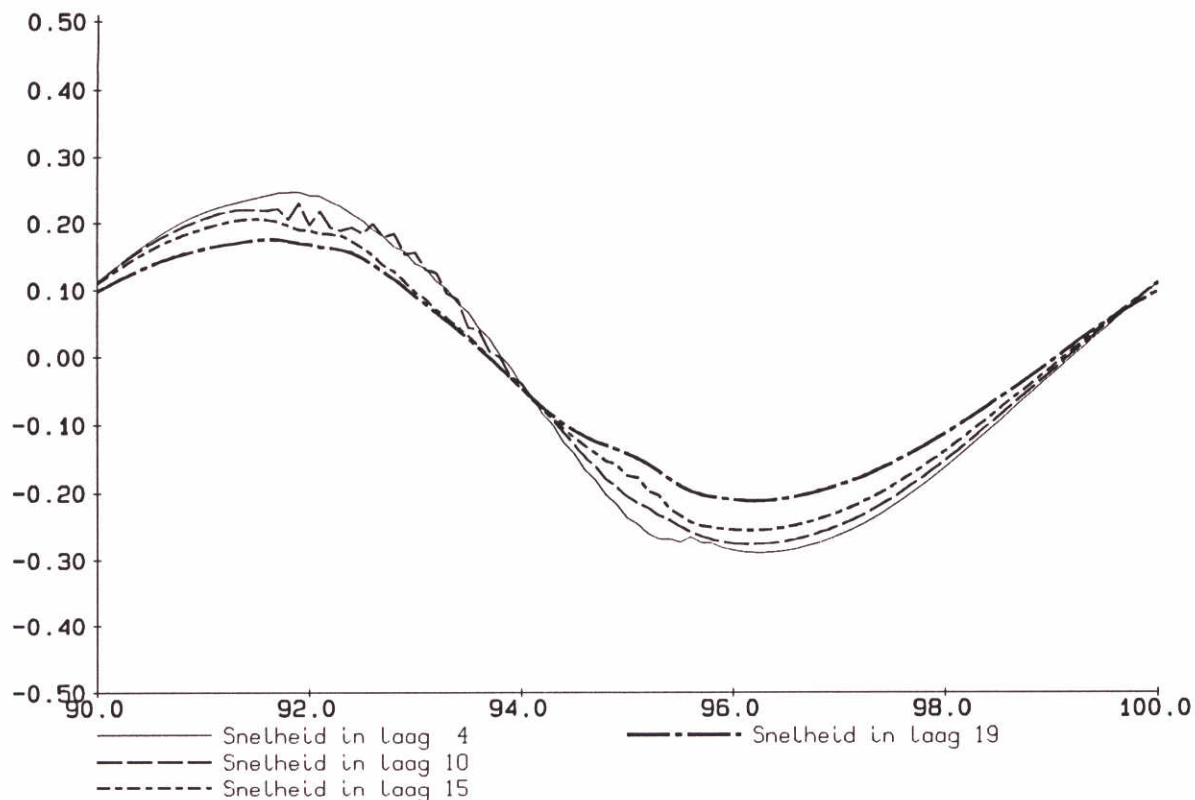
trih-2hd.dat 2hd 930930 105600



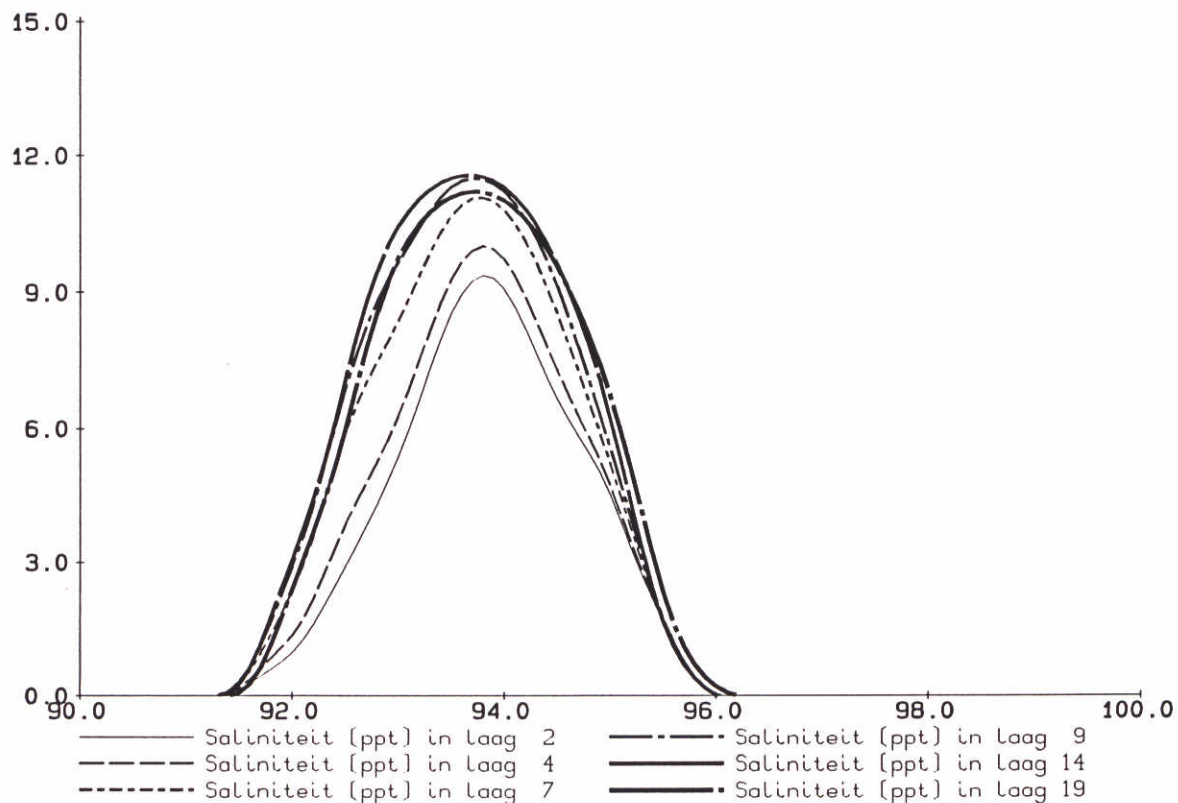
Simulatie Getijgoot, 2.5D model.
 Tijdsreeksen voor snelheid en saliniteit
 36 meter van zee

1993-10-01
 15:07:45

trih-3dd.dat 3dd 930930 114038



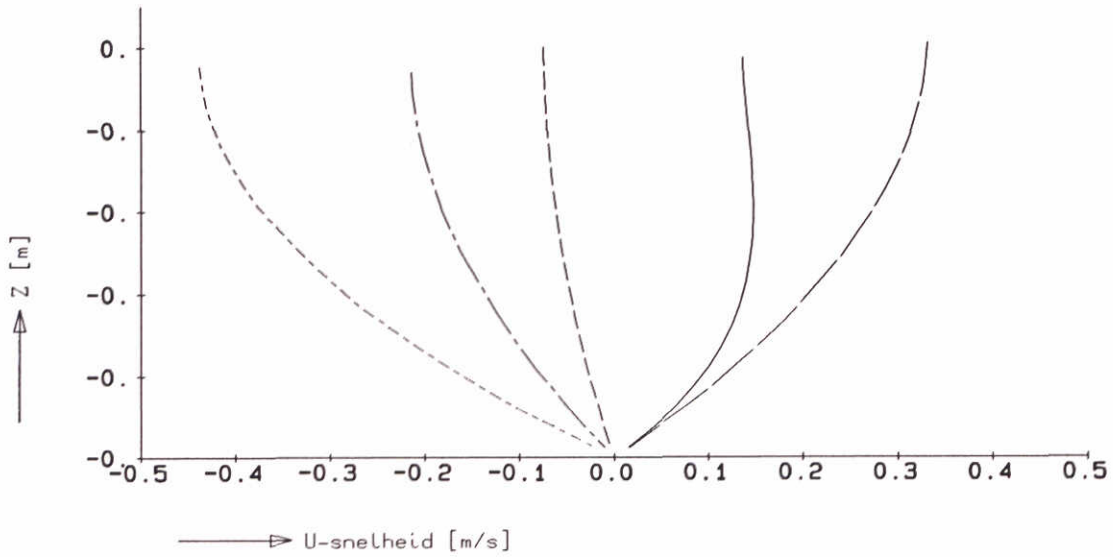
trih-3dd.dat 3dd 930930 114038



Simulatie Getijgoot, 3D model.
 Tijdreeksen voor snelheid en saliniteit
 36 meter van zee

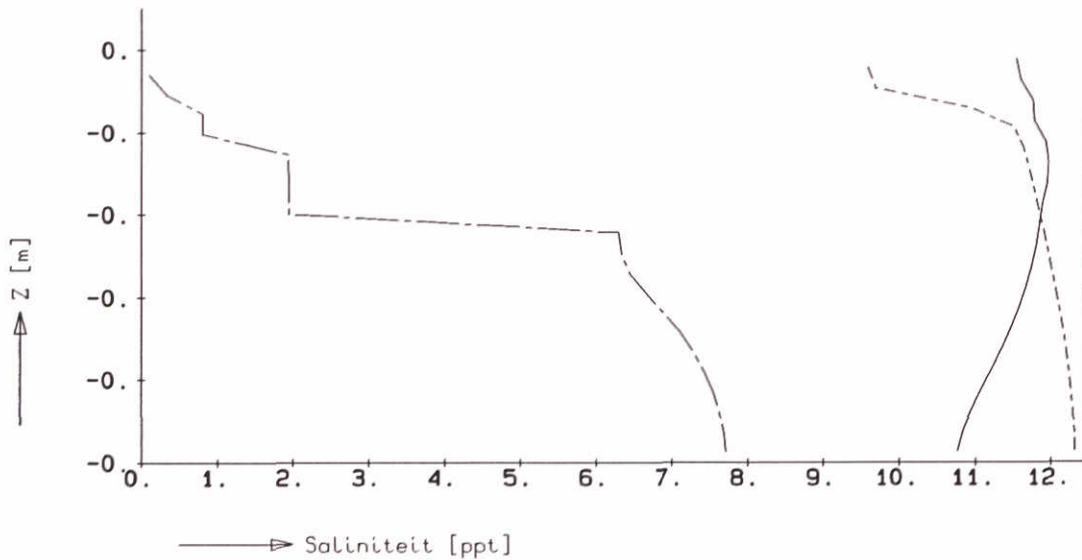
1993-10-01
 15:09:00

trih-2hd.dat 2hd 930930 105600



- tijd 90.0 min
- - - tijd 92.0 min
- · - · tijd 94.0 min
- · · tijd 96.0 min
- · · · · tijd 98.0 min

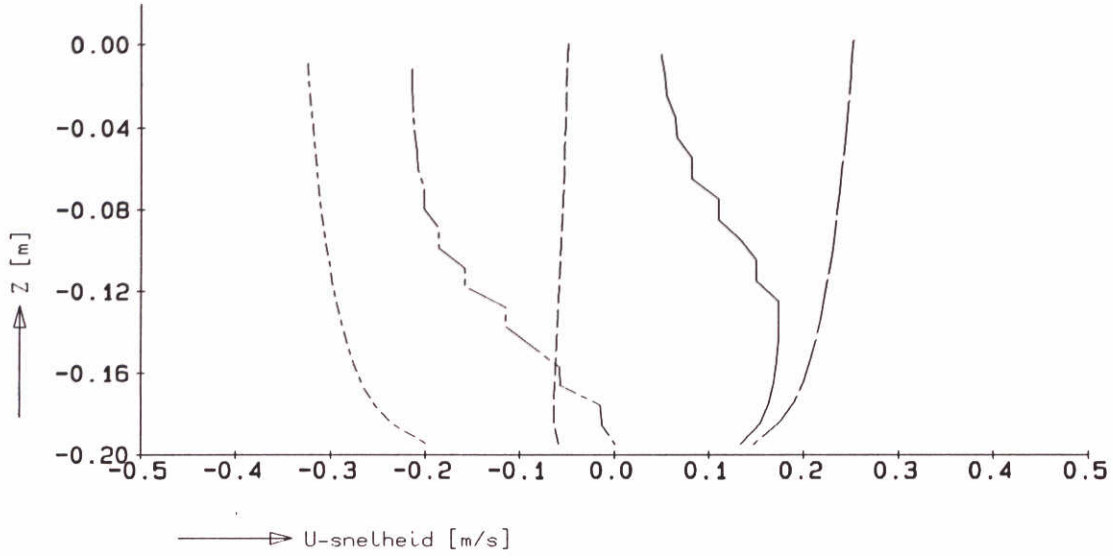
trih-2hd.dat 2hd 930930 105600



Simulatie Getijgoot. TRISULA 2.5D
Vertikale profielen
2 meter van zee. 5 tijdstippen in getijcyclus

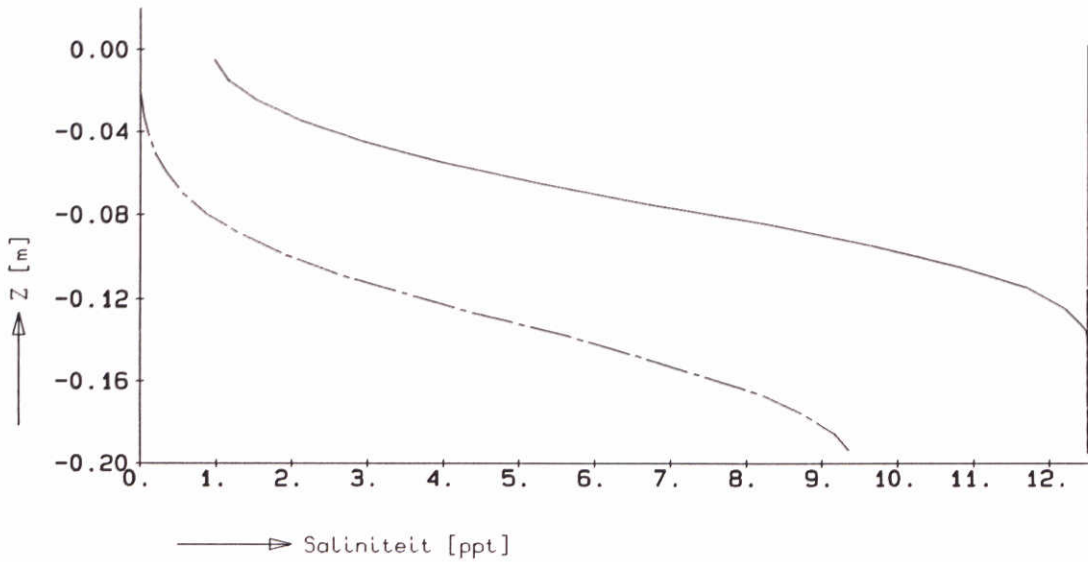
1993-09-30
16:30:00

trih-3dd.dat 3dd 930930 114038



- tijd 90.0 min
- tijd 92.0 min
- - - tijd 94.0 min
- - - tijd 96.0 min
- - - tijd 98.0 min

trih-3dd.dat 3dd 930930 114038

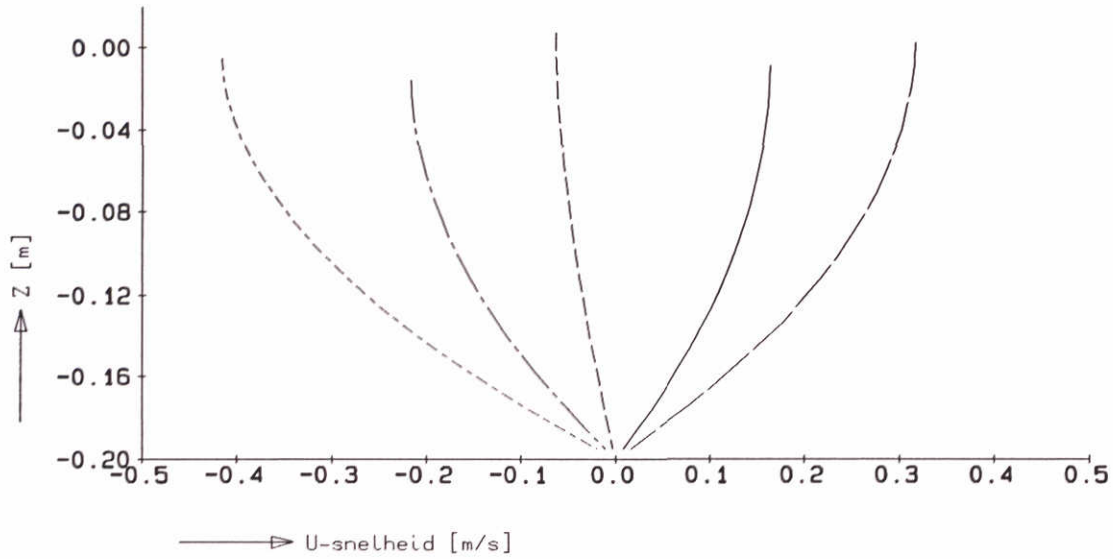


— Saliniteit [ppt]

Simulatie Getijgoot. TRISULA 3D
Vertikale profielen
2 meter van zee. 5 tijdstippen in getijcyclus

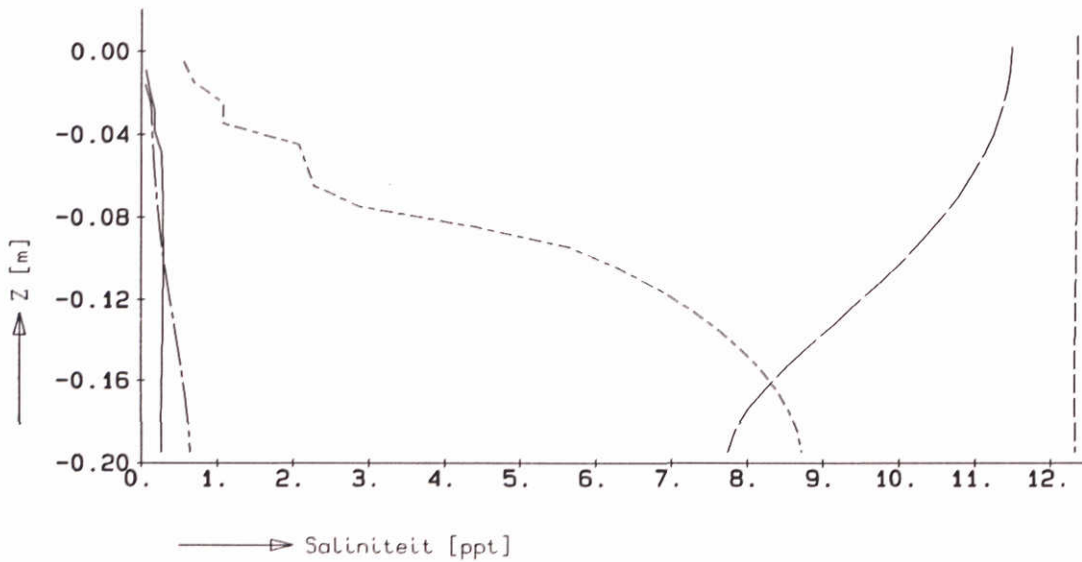
1993-09-30
16:30:00

trih-2hd.dat 2hd 930930 105600



- tijd 90.0 min
- - - tijd 92.0 min
- · - · tijd 94.0 min
- · - · tijd 96.0 min
- · · · tijd 98.0 min

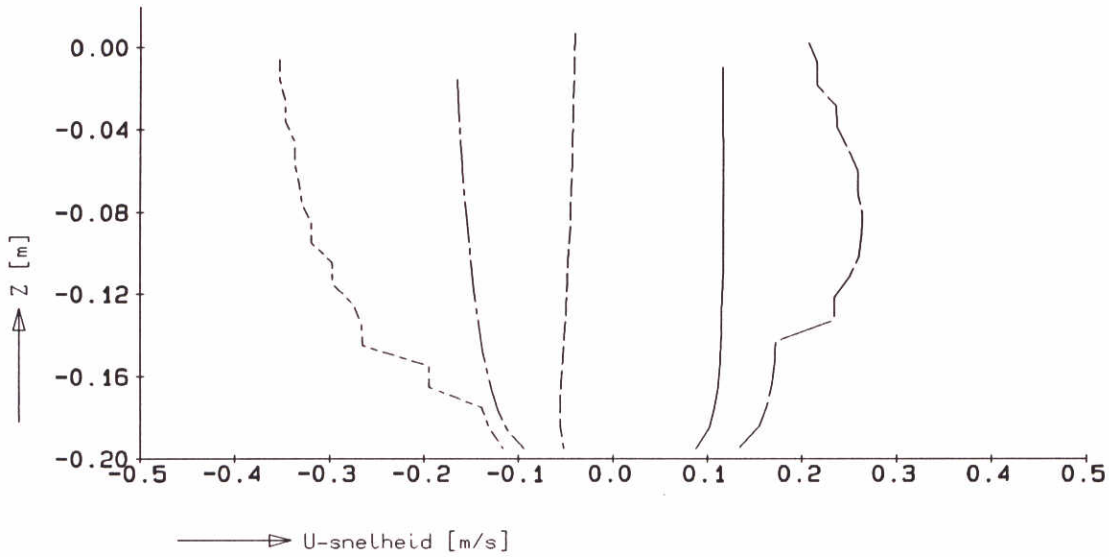
trih-2hd.dat 2hd 930930 105600



Simulatie Getijgoot. TRISULA 2.5D
 Vertikale profielen
 24 meter van zee. 5 tijdstippen in getijcyclus

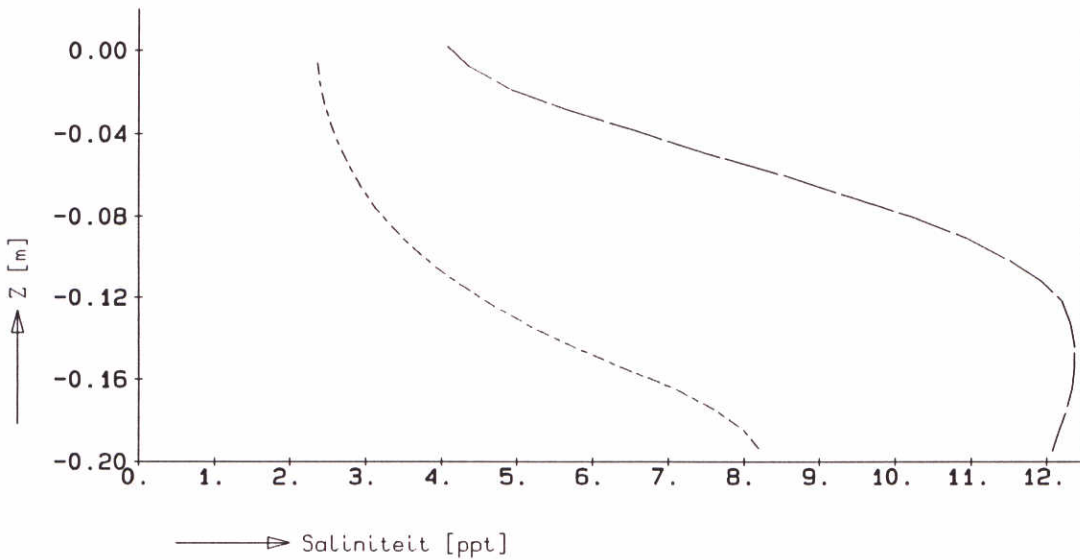
1993-09-30
 16:30:00

trih-3dd.dat 3dd 930930 114038



- tijd 90.0 min
- tijd 92.0 min
- - - tijd 94.0 min
- - - tijd 96.0 min
- - - tijd 98.0 min

trih-3dd.dat 3dd 930930 114038



— Saliniteit [ppt]

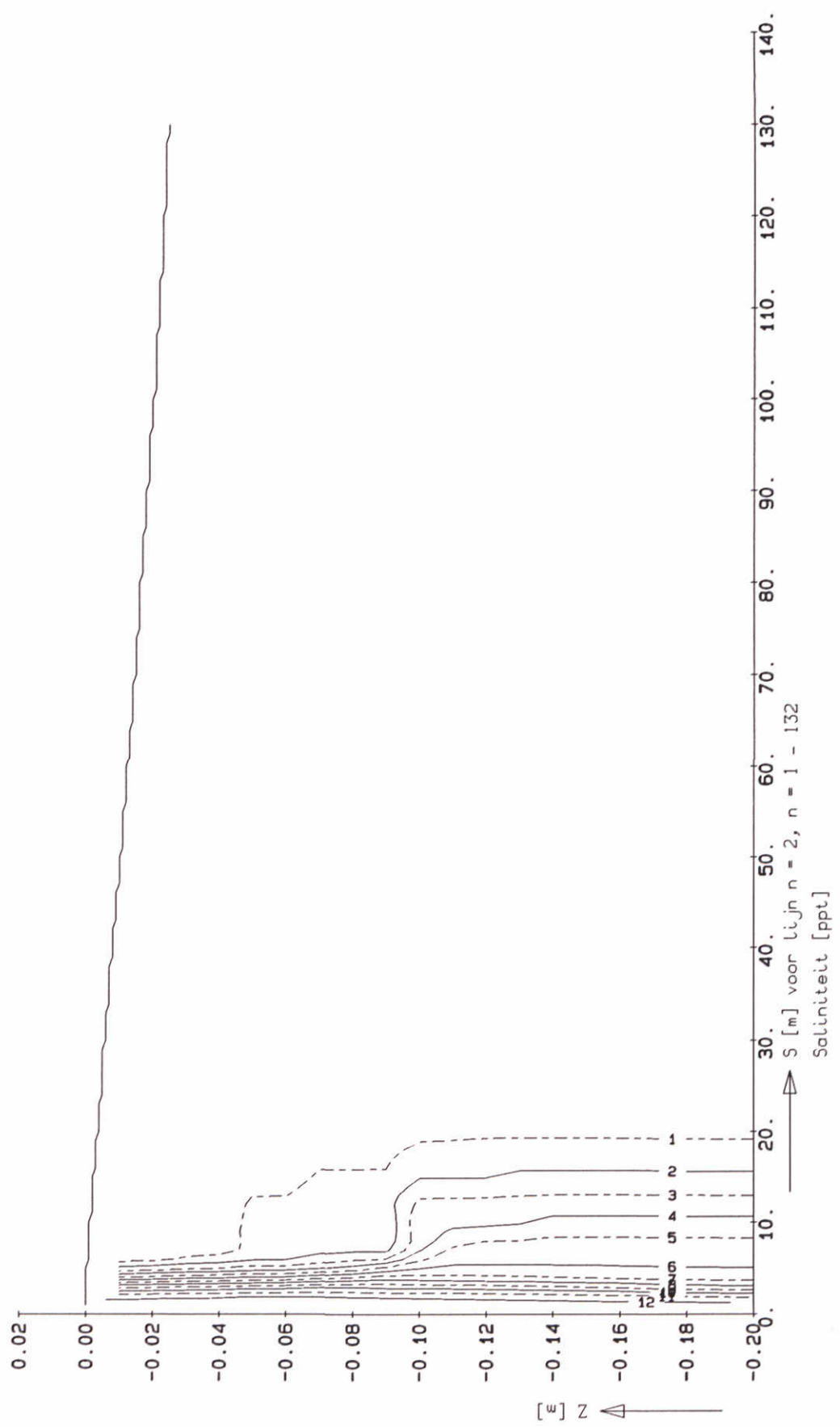
Simulatie Getijgoot. TRISULA 3D
Vertikale profielen
24 meter van zee. 5 tijdstippen in getijcyclus

1993-09-30
16:30:00

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Fig12

trih-2hd.dat 2hd 930930 105600



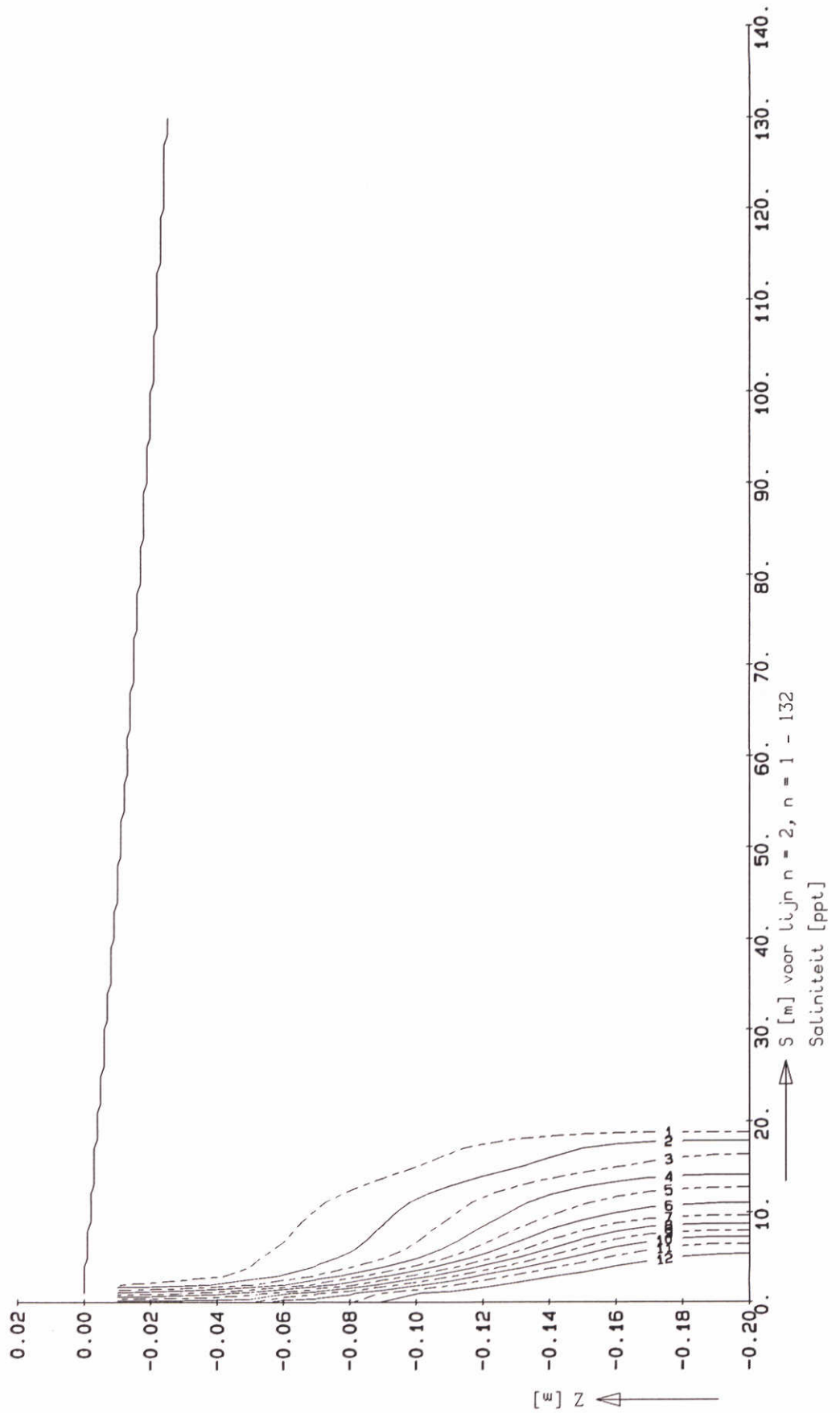
Simulatie Getijgoot. TRISULA 2.5D
Vertikale zoutverdeling in goot
Hoog water (tijd 90.0 min)

1993-09-30
16:30:00

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Fig13

trih-3dd.dot 3dd 930930 114038

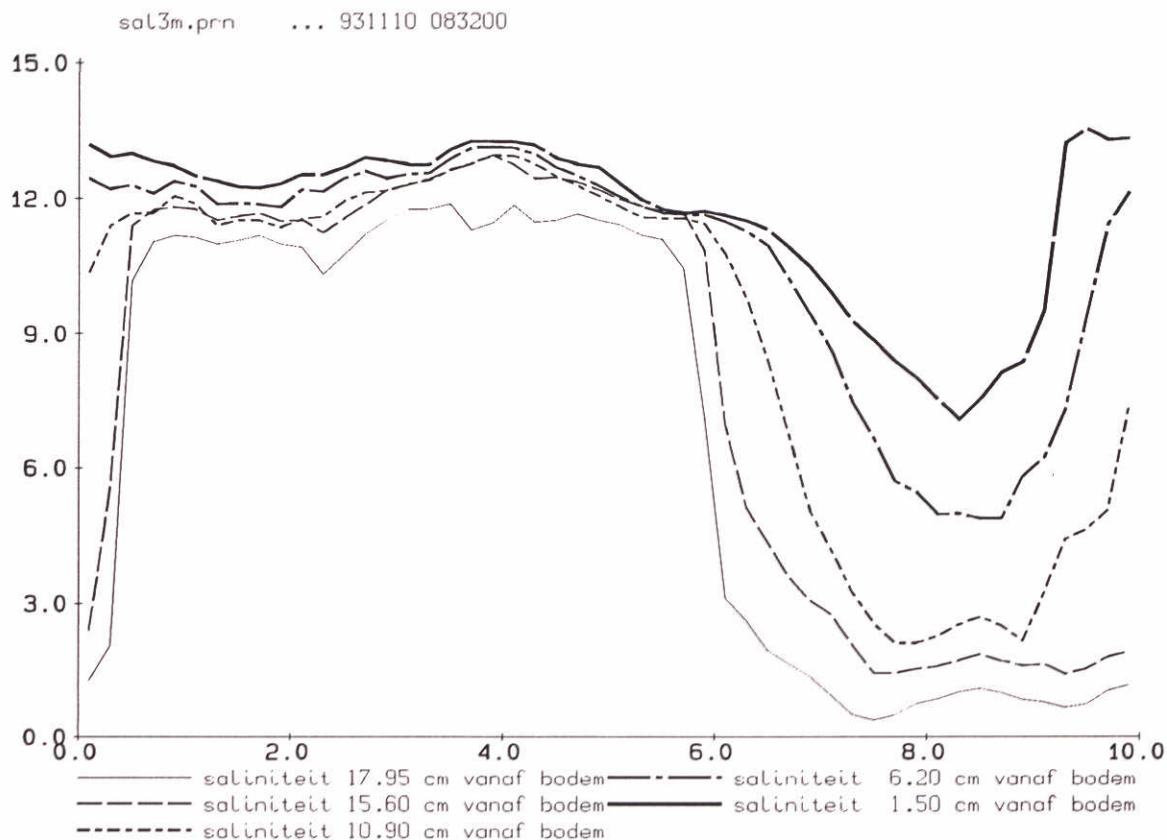
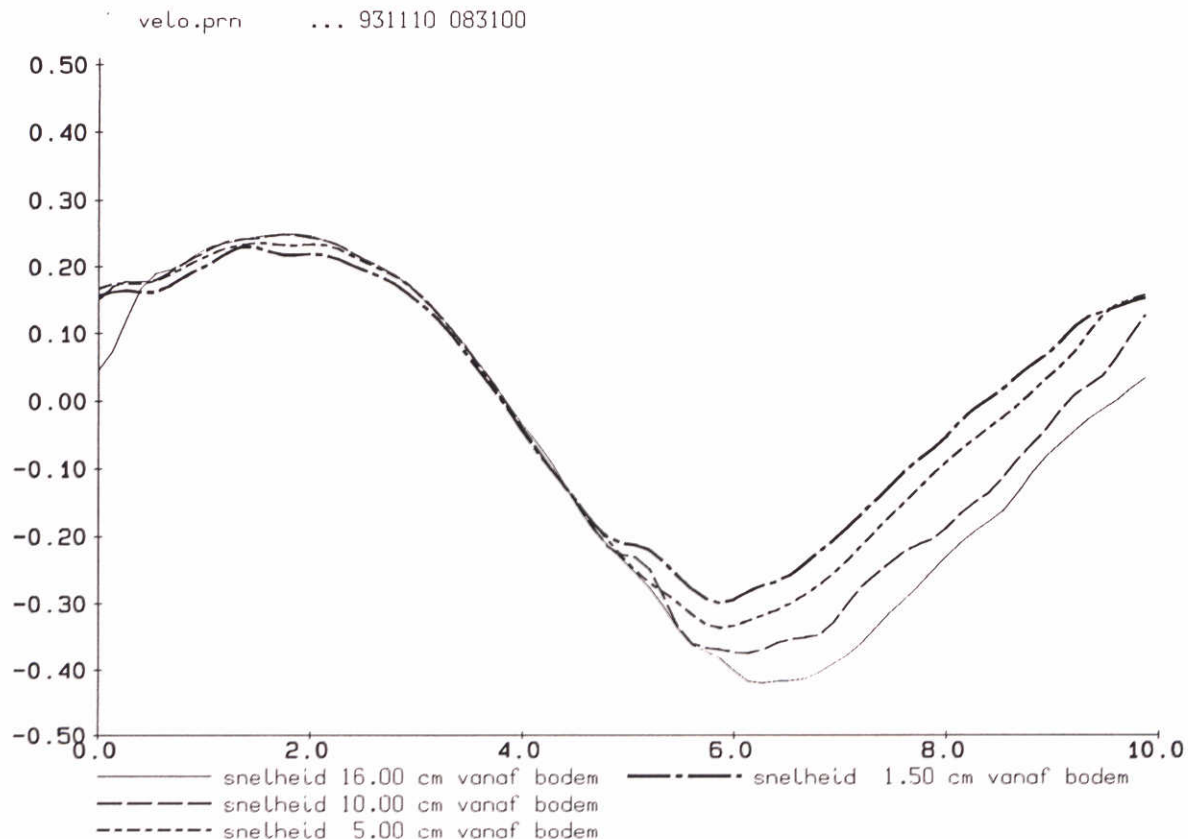


Simulatie Getijgoot. TRISULA 3D
Vertikale zoutverdeling in goot
Hoog water (tijd 90.0 min)

1993-09-30
16:30:00

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

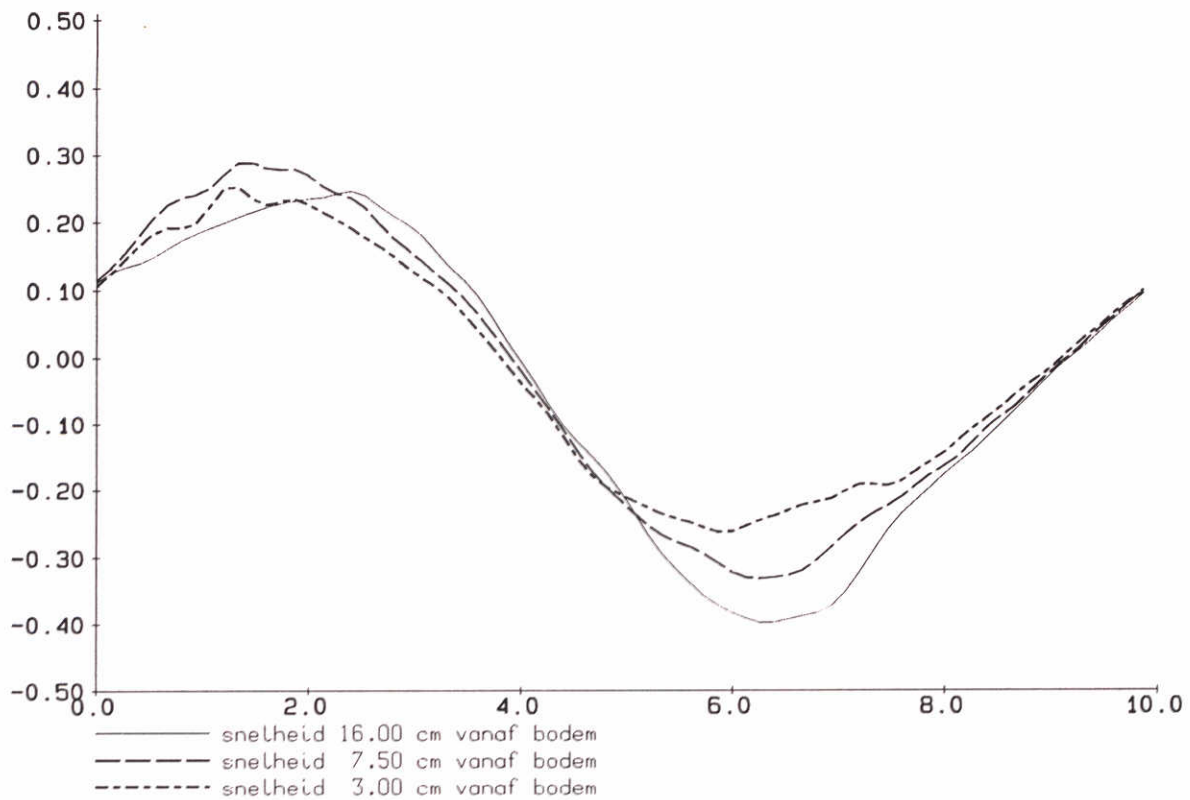
Fig14



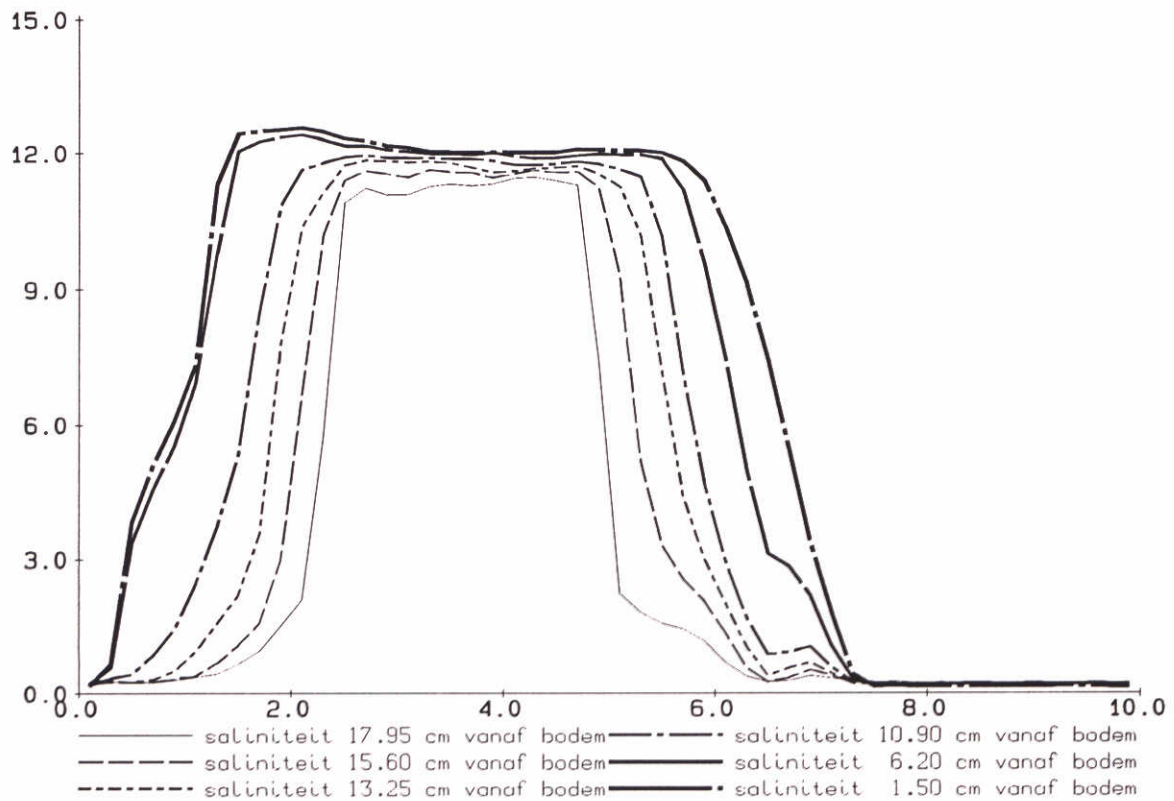
Zoutindringing in getijgoot onder getij.
 Gemeten snelheden en saliniteiten.
 Getijdycclus. 2 meter vanaf de zeerand.

1993-11-10
 11:21:51

velo.prn ... 931110 083100



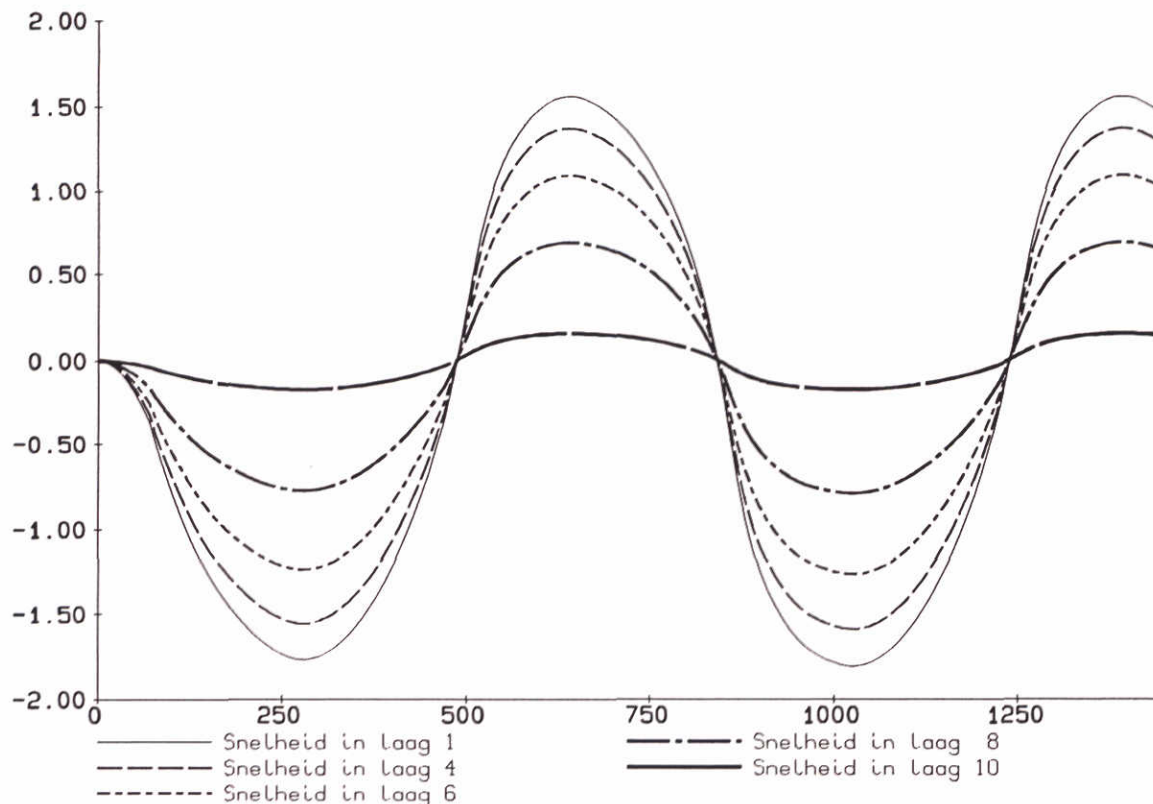
sal24m.prn ... 931110 083200



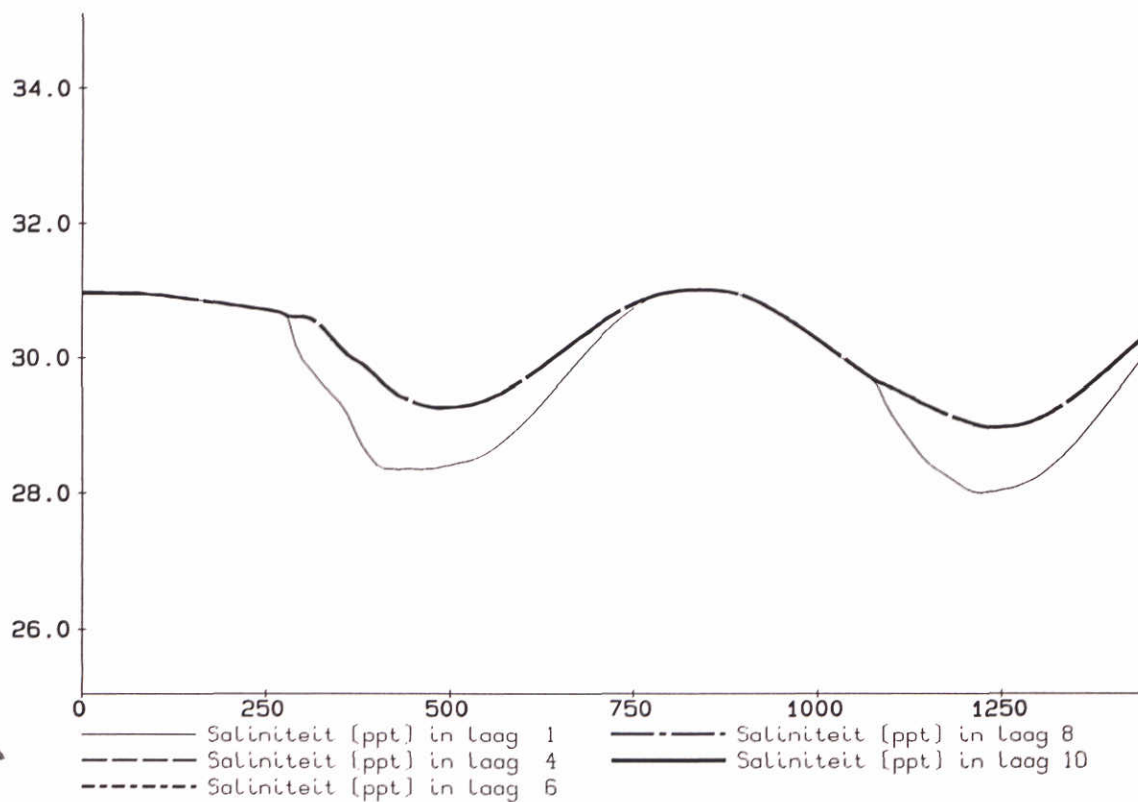
Zoutindringing in de getijgoot onder getij.
 Gemeten snelheden en saliniteiten.
 Getijdycclus. 24 meter van zeerand.

1993-11-10
 11:33:18

trih-2hd.dat 2hd 931005 151936



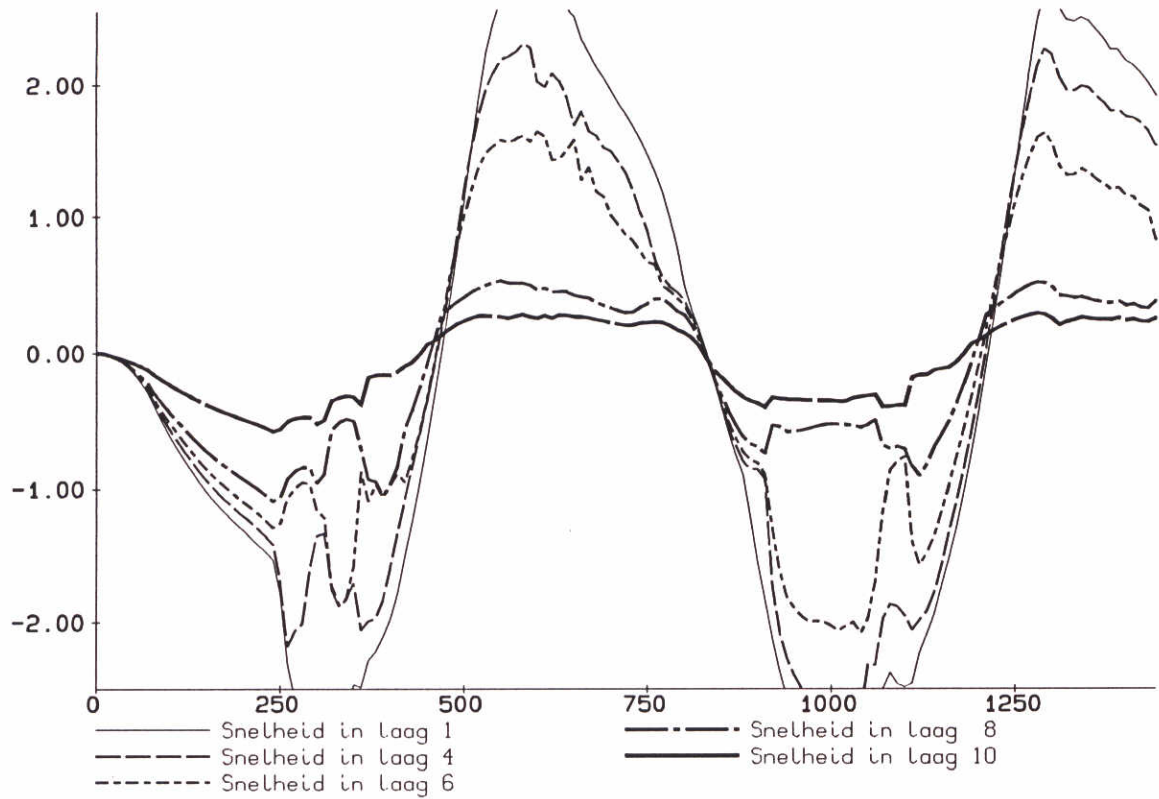
trih-2hd.dat 2hd 931005 151936



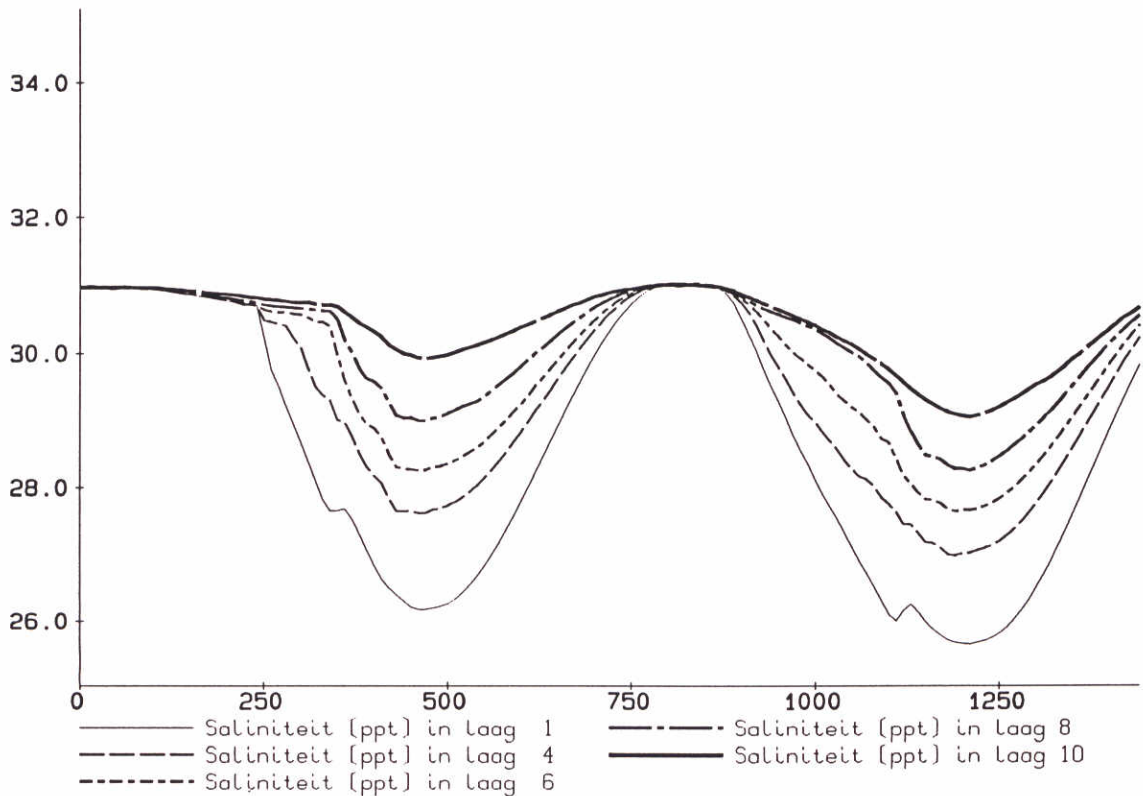
Geschematiseerd Estuarium
in station WL [2, 5]
2.5D

1993-10-05
15:43:26

trih-3dd.dat 3dd 930930 132236



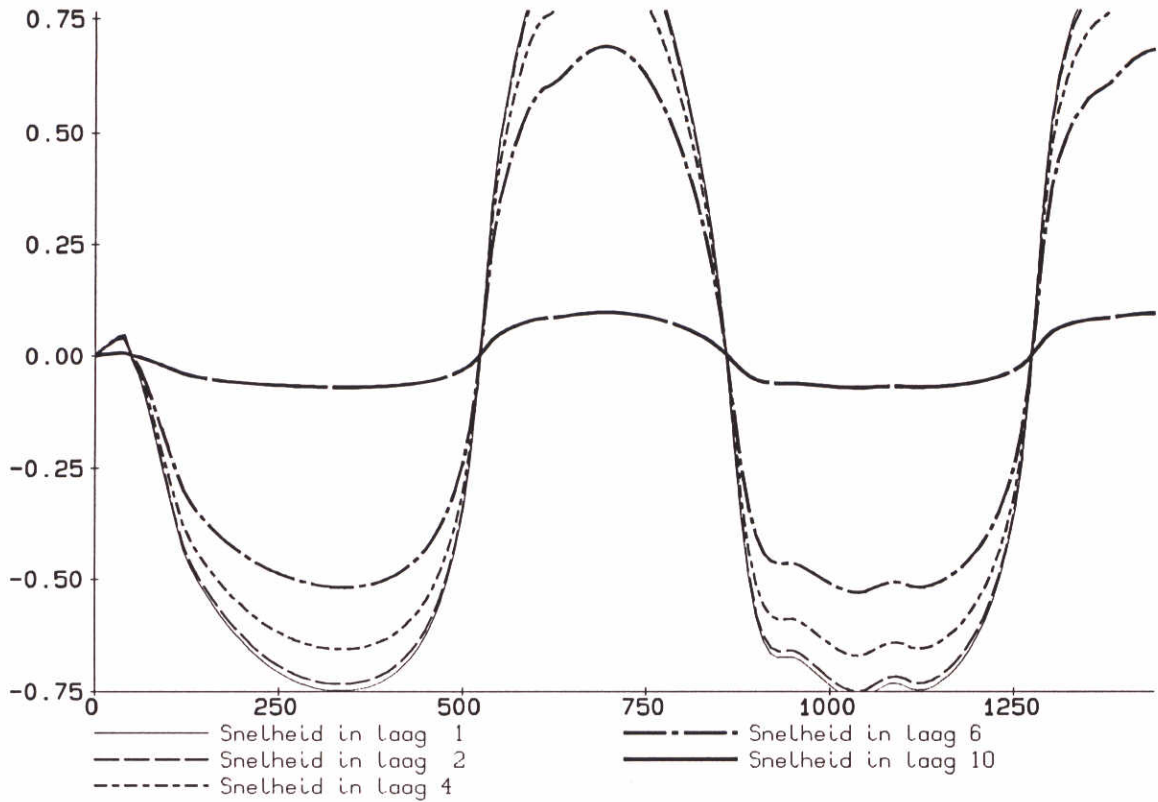
trih-3dd.dat 3dd 930930 132236



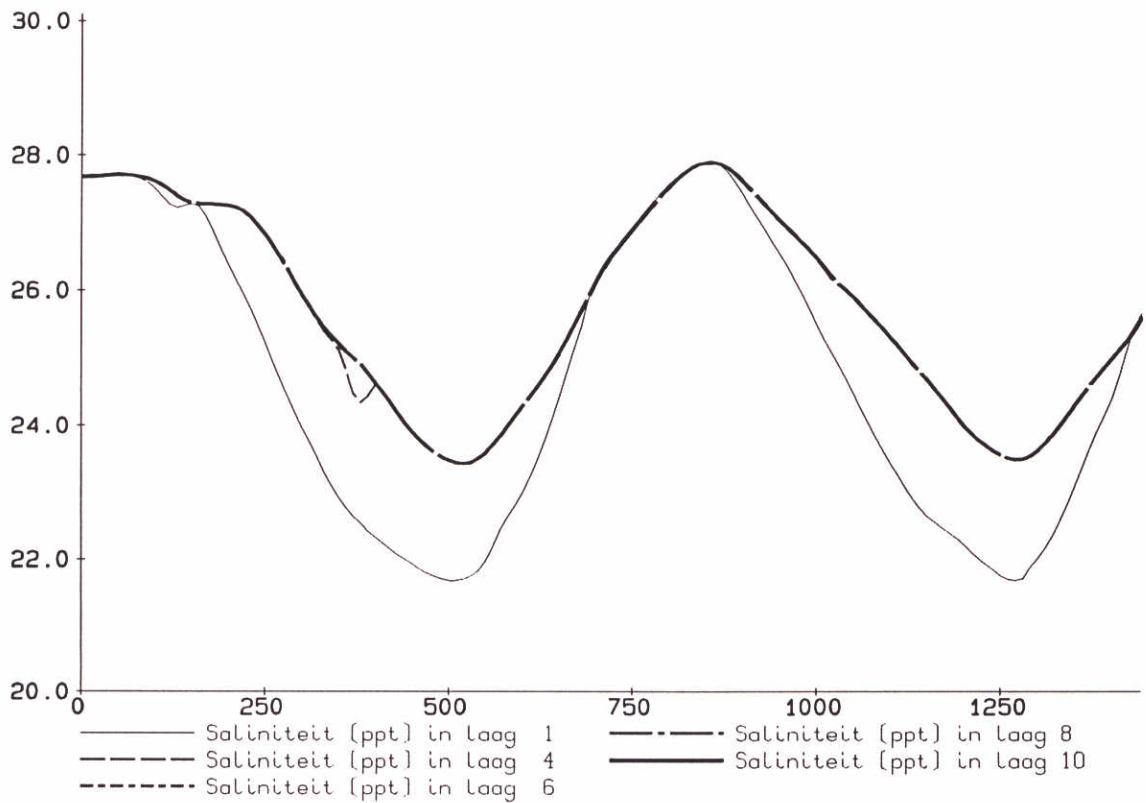
Geschematiseerd Estuarium
in station WL (2, 5)
3D

1993-10-01
14:57:31

trih-2hd.dat 2hd 931005 151936



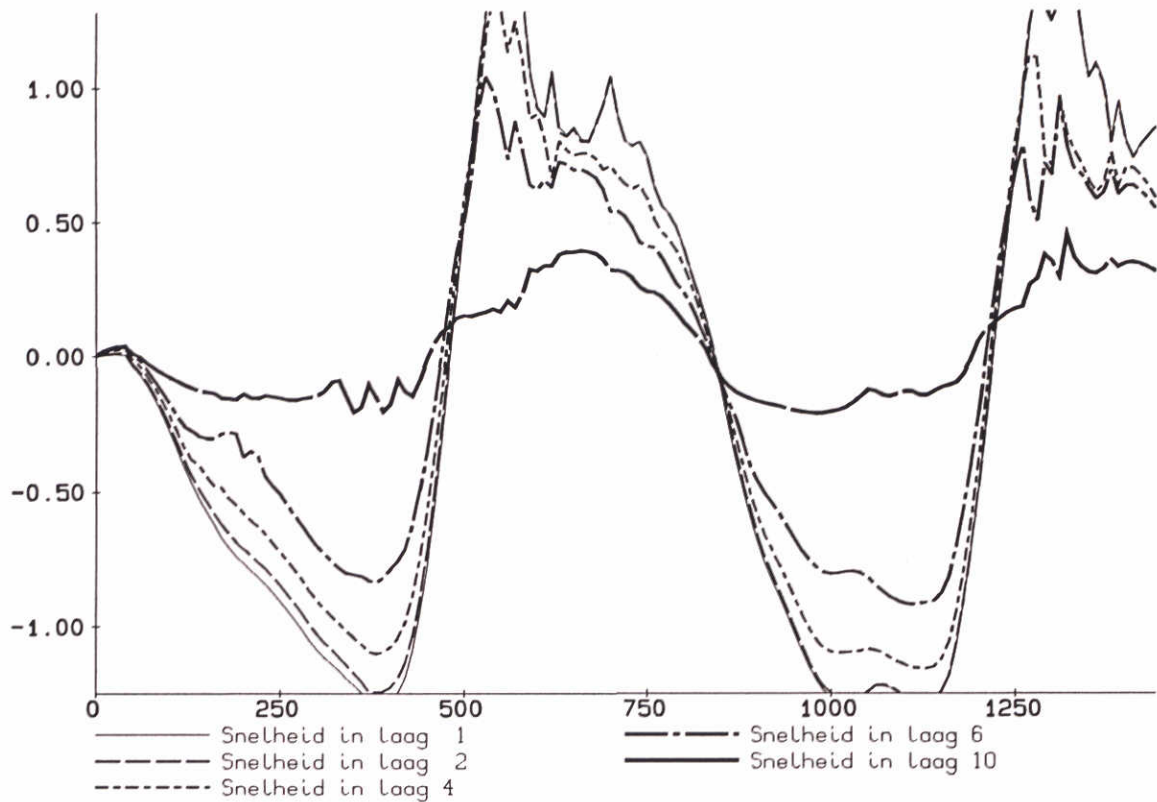
trih-2hd.dat 2hd 931005 151936



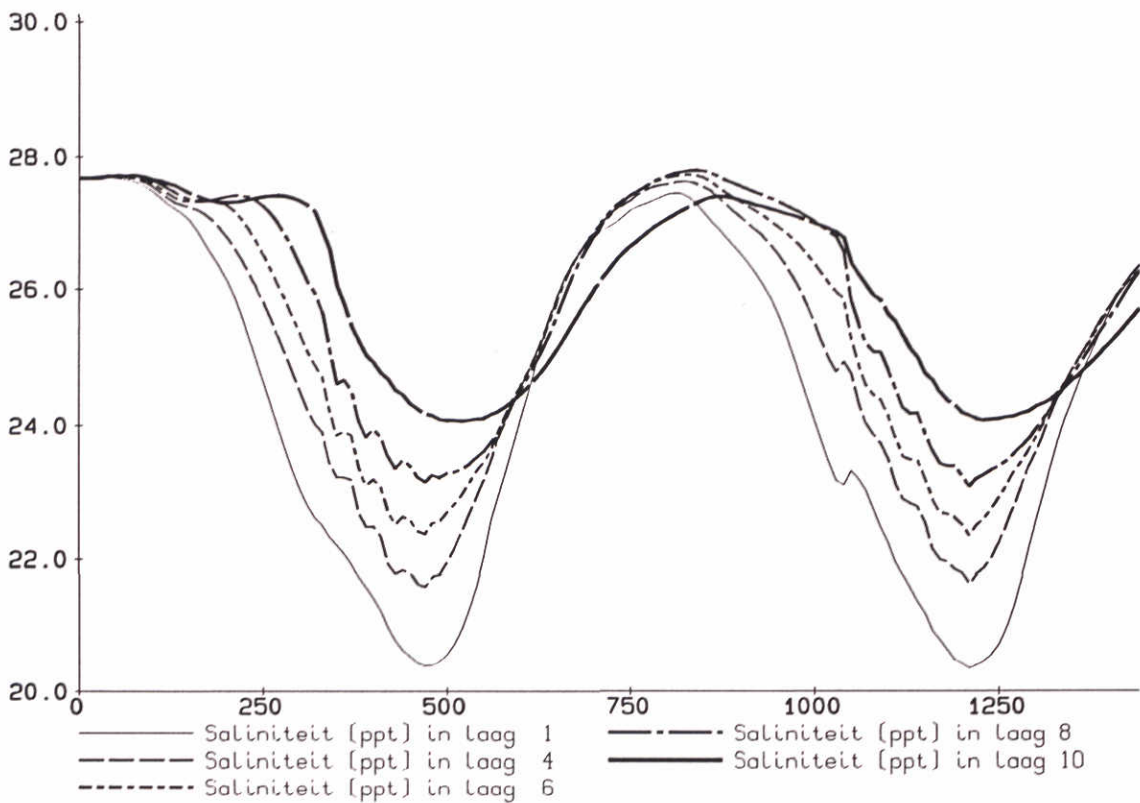
Geschematiseerd Estuarium
in station WL (35, 5)
2.5D

1993-10-05
15:43:30

trih-3dd.dat 3dd 930930 132236



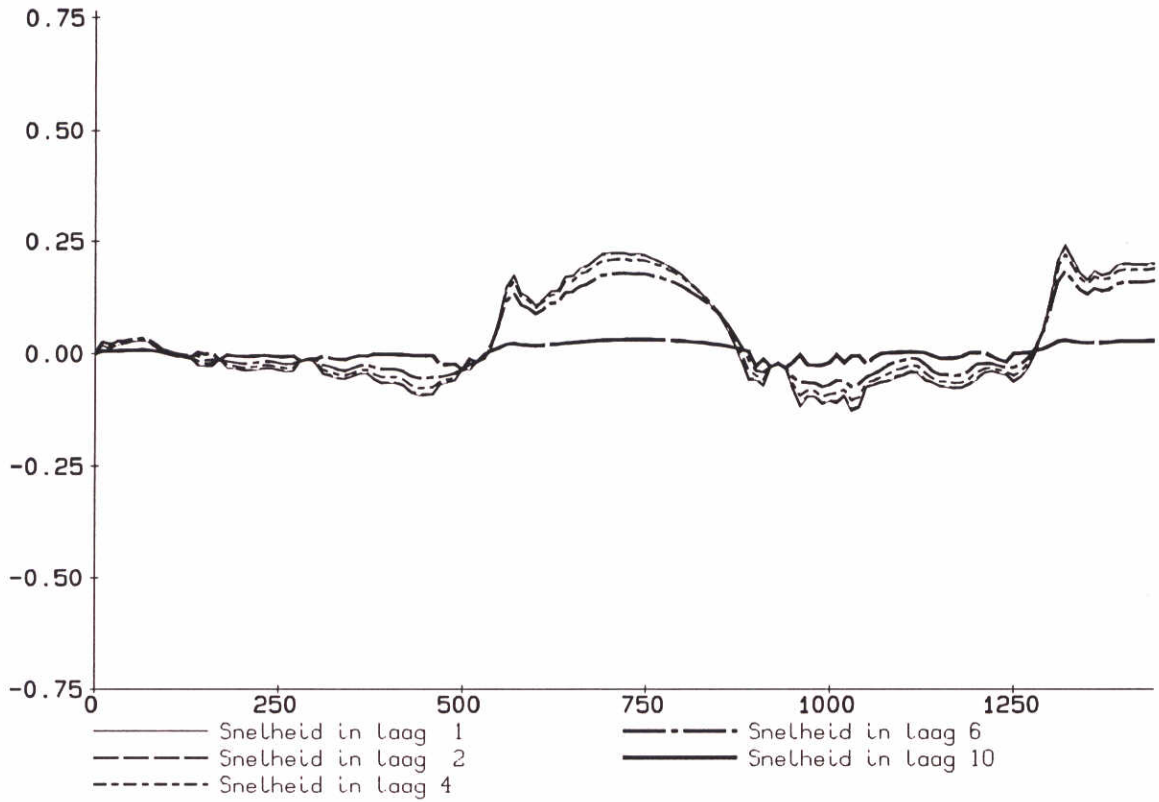
trih-3dd.dat 3dd 930930 132236



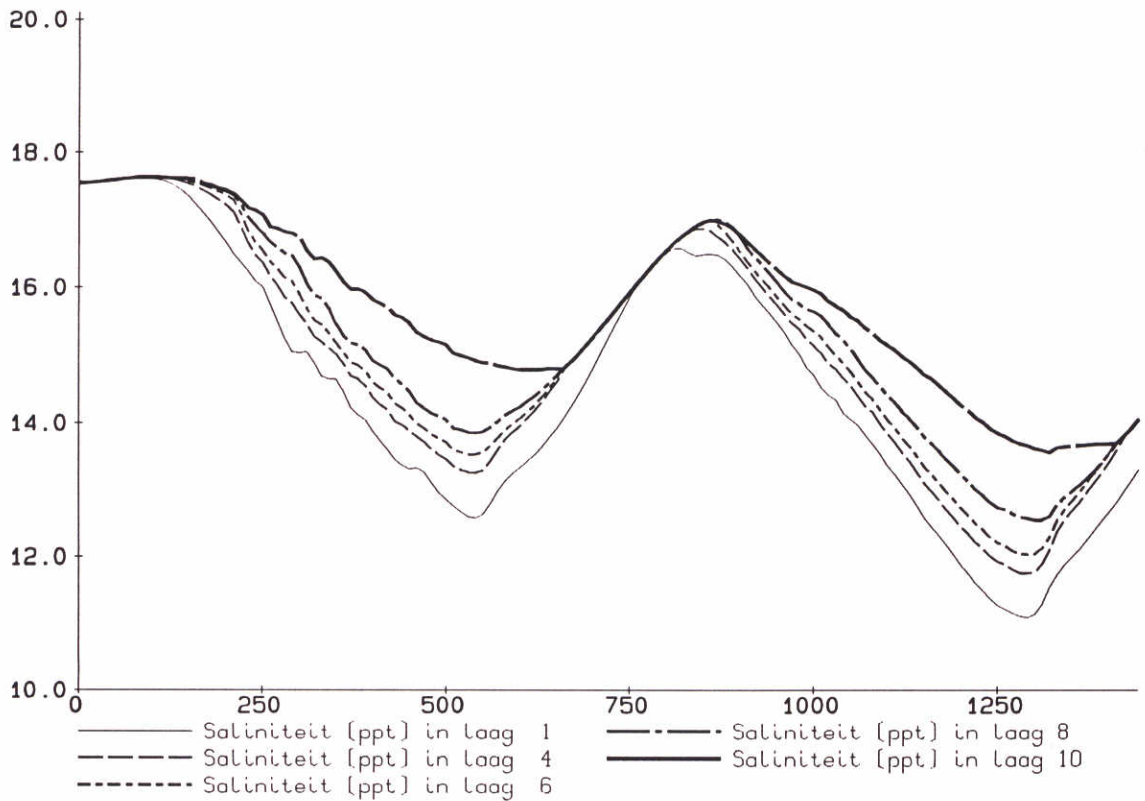
Geschematiseerd Estuarium
in station WL (35, 5)
3D

1993-10-01
14:57:33

trih-2hd.dat 2hd 931005 151936



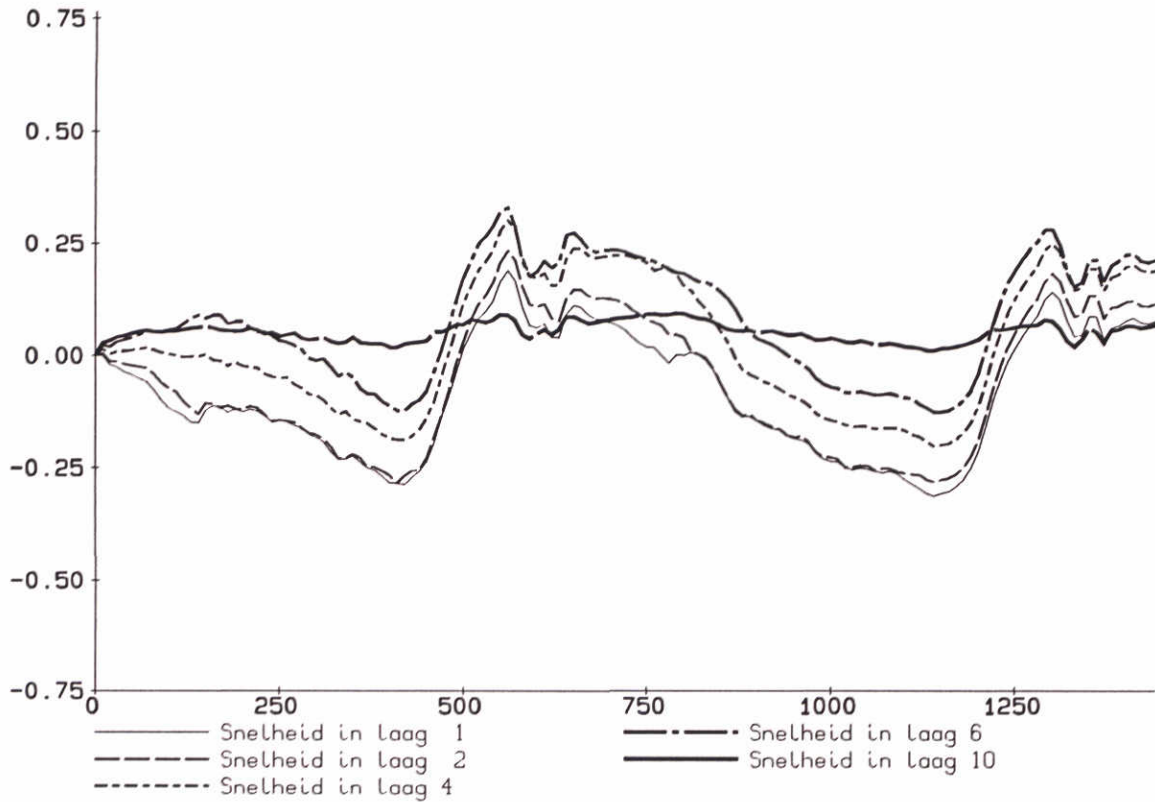
trih-2hd.dat 2hd 931005 151936



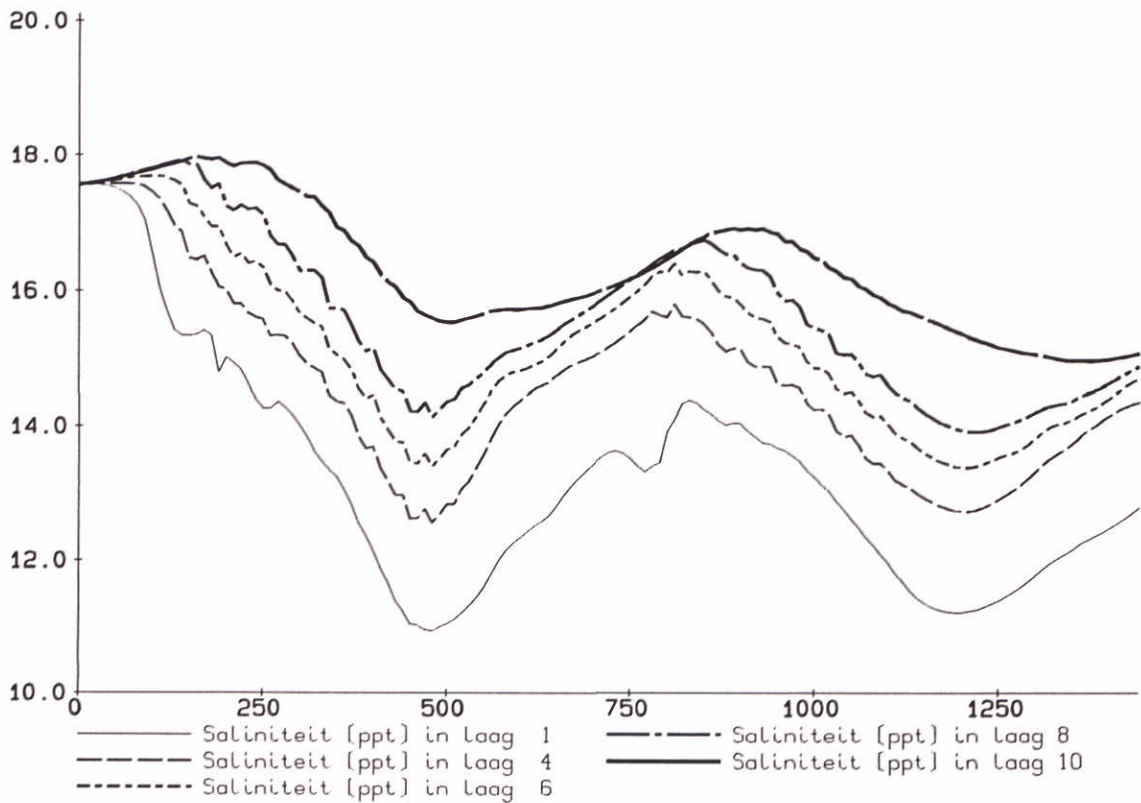
Geschematiseerd Estuarium
in station WL (65, 5)
2.5D

1993-10-05
15:43:33

trih-3dd.dat 3dd 930930 132236

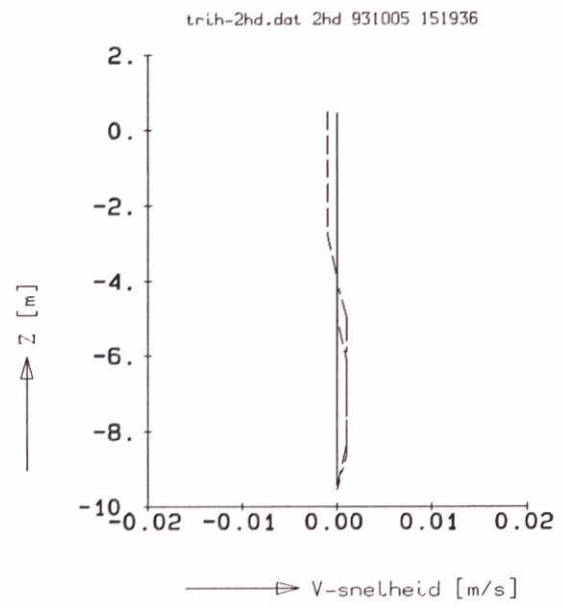
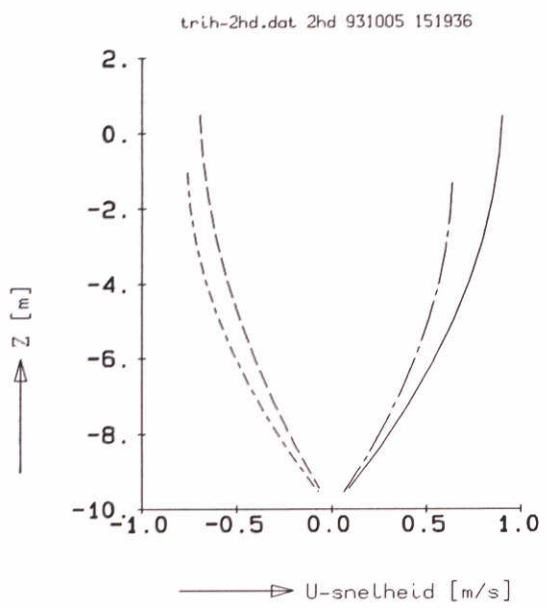


trih-3dd.dat 3dd 930930 132236

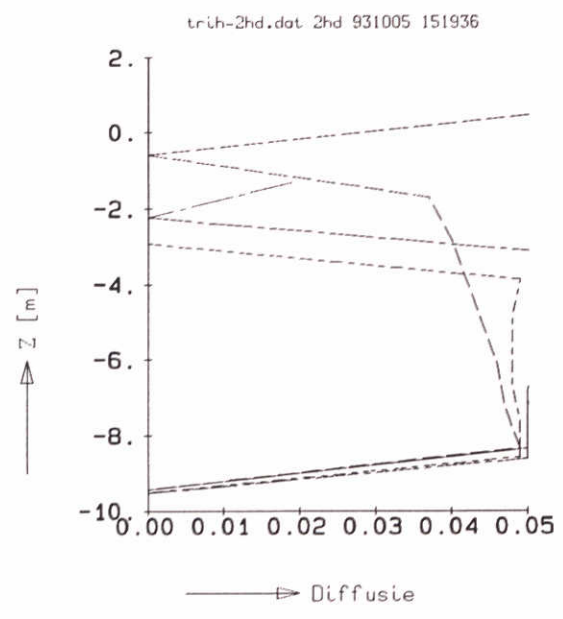
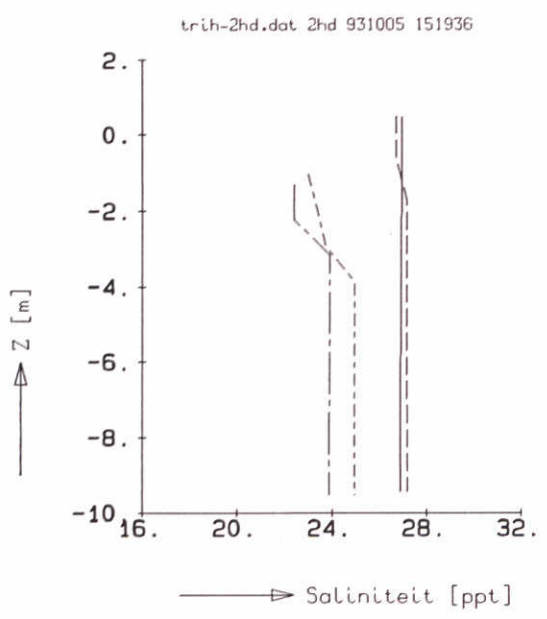


Geschematiseerd Estuarium
in station WL [65, 5]
3D

1993-10-01
14:57:36



— tijd 2250.0 min
 - - - tijd 2437.5 min
 - · - · tijd 2625.0 min
 - - - - tijd 2812.5 min



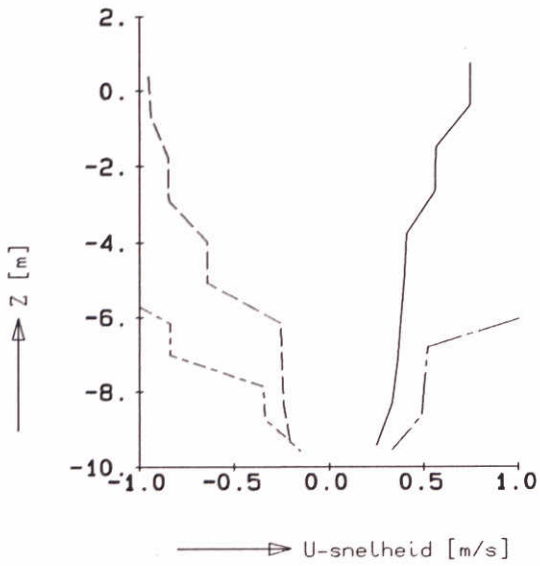
Simulatie Schematisch Estuarium. TRISULA 2.5D
 Vertikale profielen
 Station in geul (35,2). 4 tijdstippen in getijcyclus

1993-11-03
 10:30:00

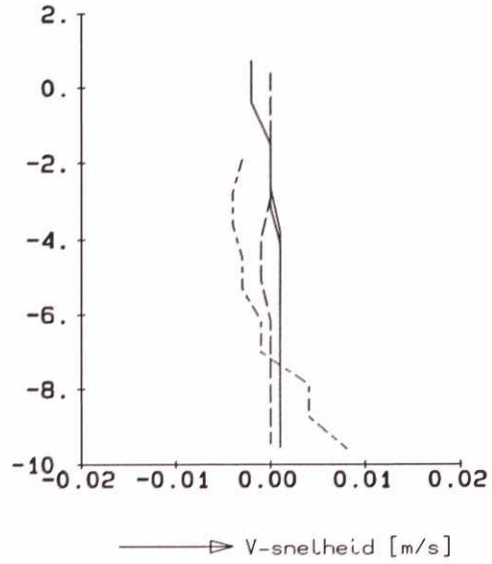
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Fig23

trih-3dd.dat 2hd 930930 132236

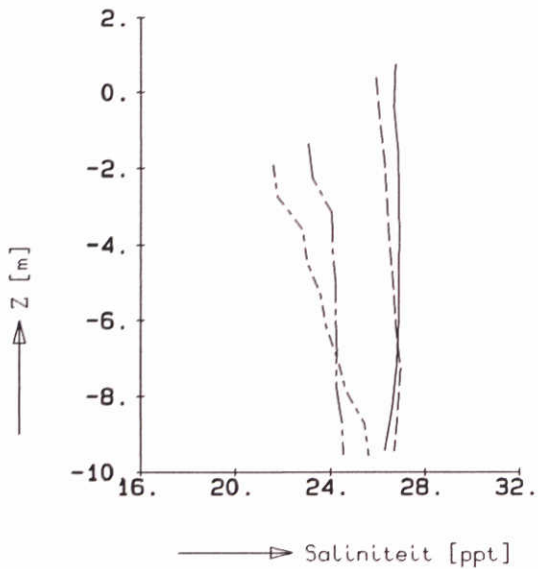


trih-3dd.dat 2hd 930930 132236

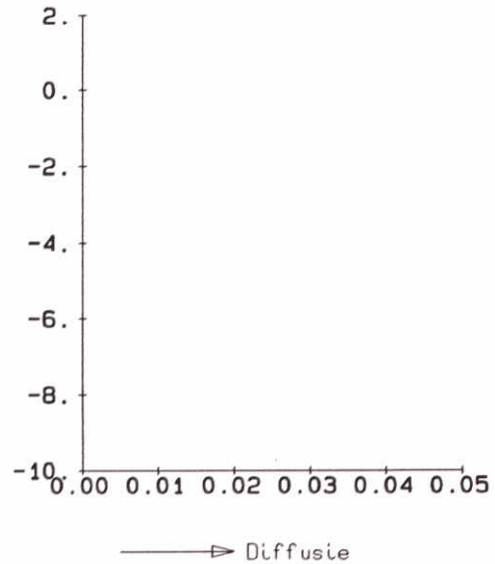


— tijd 2250.0 min
 - - - tijd 2437.5 min
 - · - · tijd 2625.0 min
 - - - - tijd 2812.5 min

trih-3dd.dat 2hd 930930 132236



trih-3dd.dat 2hd 930930 132236

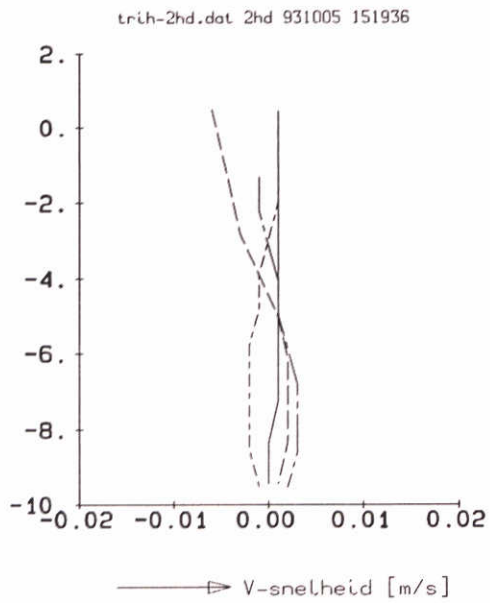
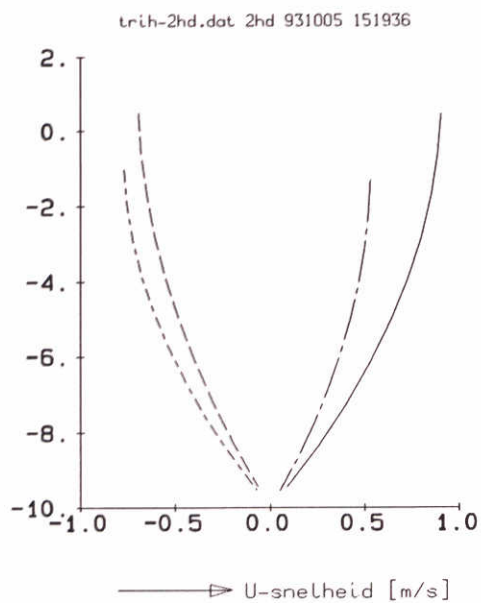


Simulatie Schematisch Estuarium. TRISULA 3D
 Vertikale profielen
 Station in geul (35,2). 4 tijdstippen in getijcyclus

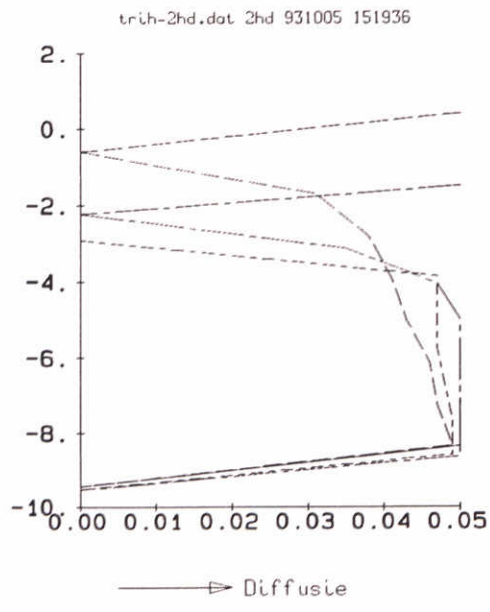
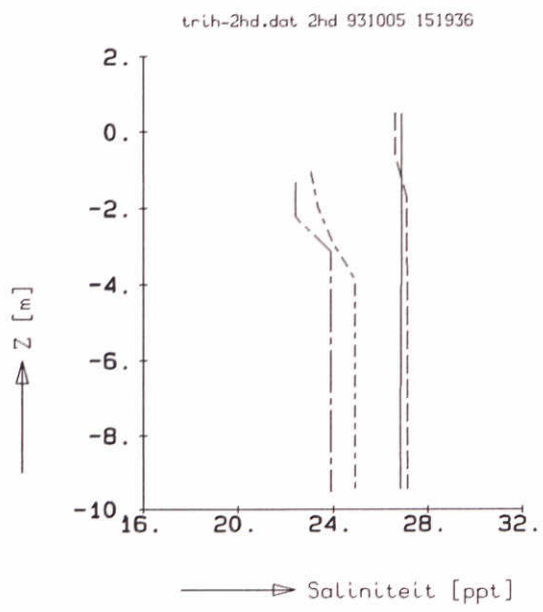
1993-09-30
 16:30:00

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Fig24

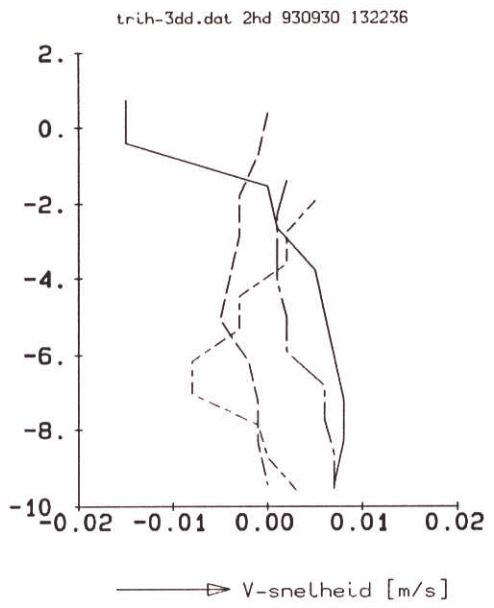
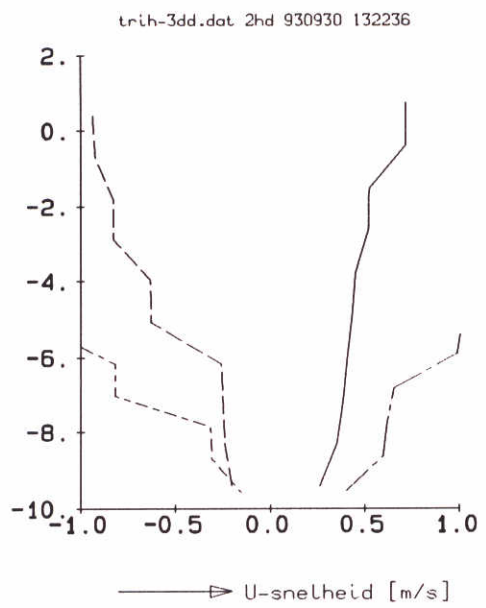


— tijd 2250.0 min
 - - - tijd 2437.5 min
 . . . tijd 2625.0 min
 - . - tijd 2812.5 min

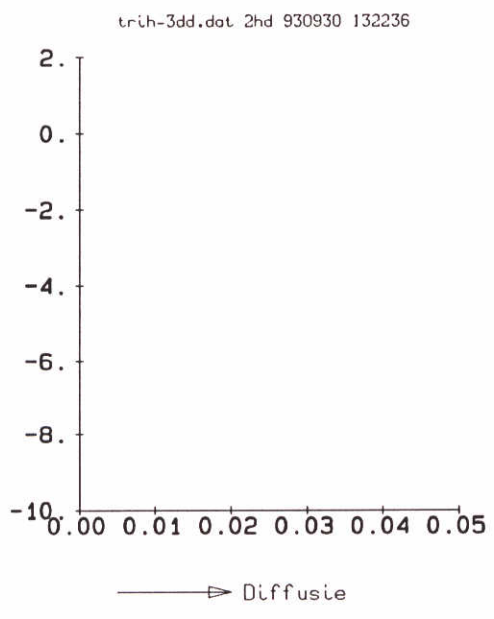
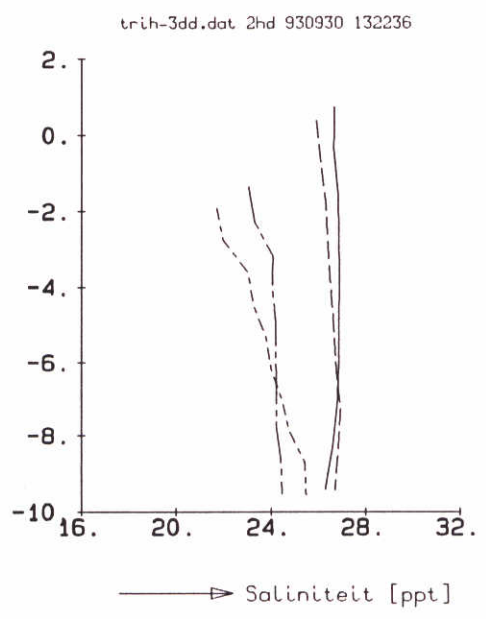


Simulatie Schematisch Estuarium. TRISULA 2.5D
 Vertikale profielen
 Station in geul (35,5). 4 tijdstippen in getijcyclus

1993-11-03
 10:30:00

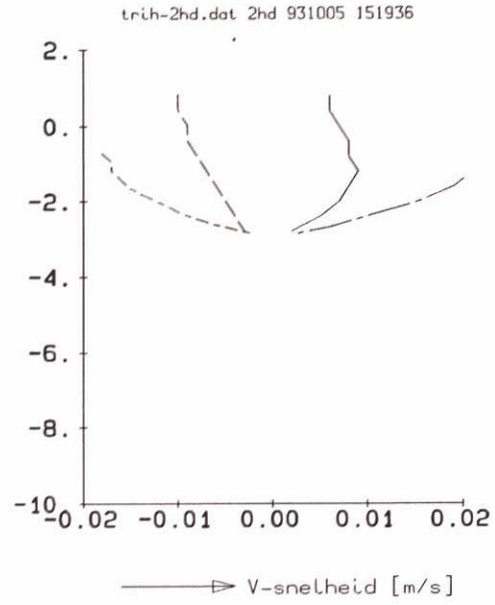
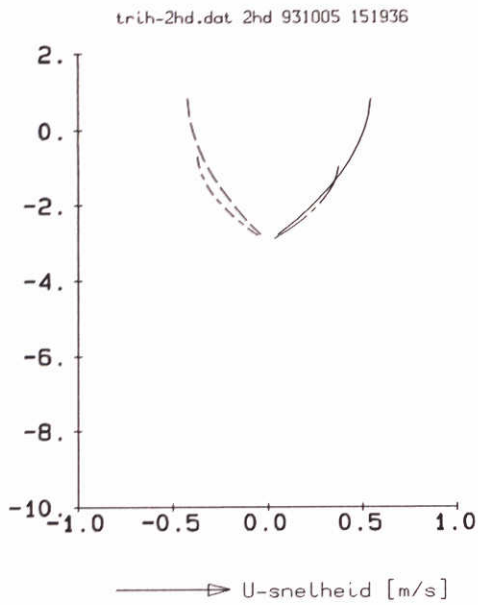


— tijd 2250.0 min
 - - - tijd 2437.5 min
 - · - tijd 2625.0 min
 - - - - tijd 2812.5 min

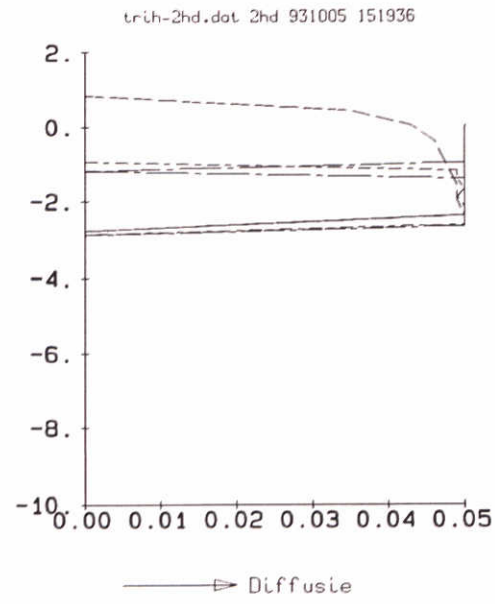
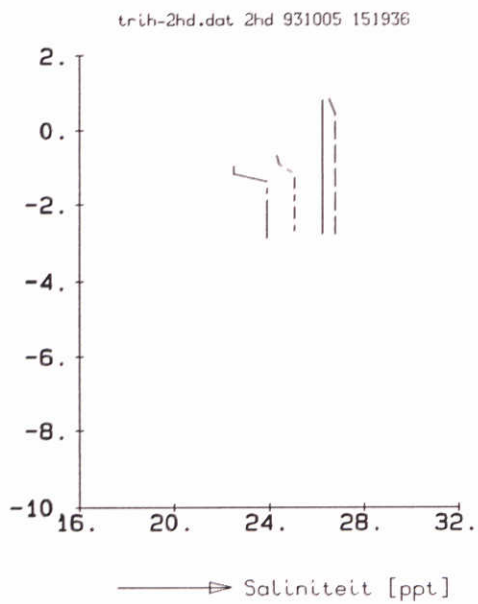


Simulatie Schematisch Estuarium. TRISULA 3D
 Vertikale profielen
 Station in geul (35,5). 4 tijdstippen in getijcyclus

1993-09-30
 16:30:00

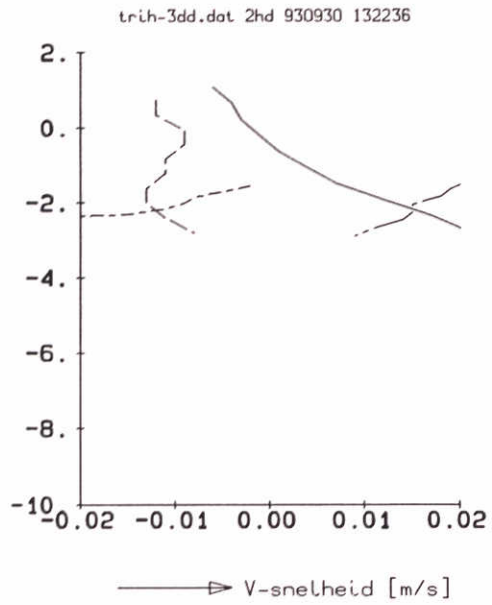
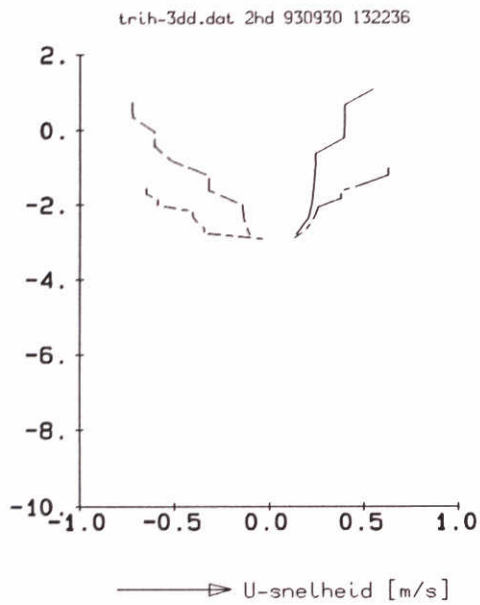


- tijd 2250.0 min
- - - tijd 2437.5 min
- - - tijd 2625.0 min
- - - tijd 2812.5 min

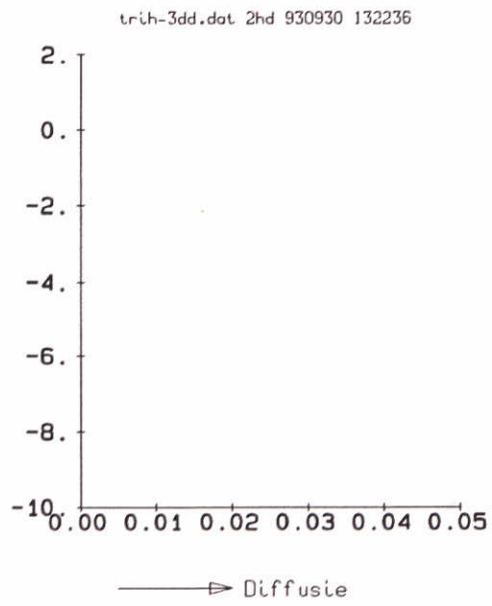
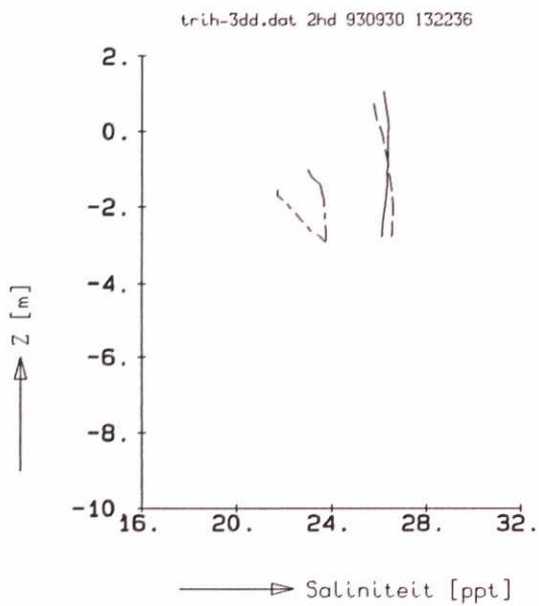


Simulatie Schematisch Estuarium. TRISULA 2.5D
 Vertikale profielen
 Station in plaat (35,13). 4 tijdstippen in getijcyclus

1993-11-03
 10:30:00

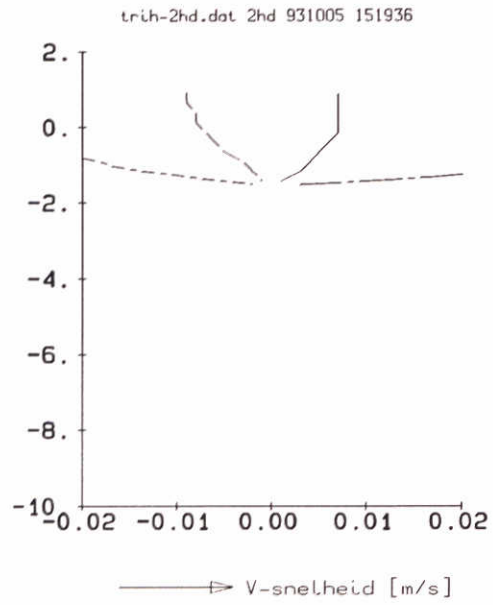
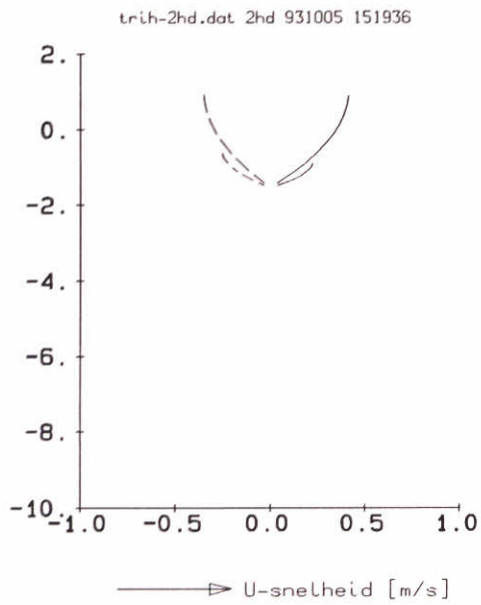


— tijd 2250.0 min
 - - - tijd 2437.5 min
 . . . tijd 2625.0 min
 - . - tijd 2812.5 min

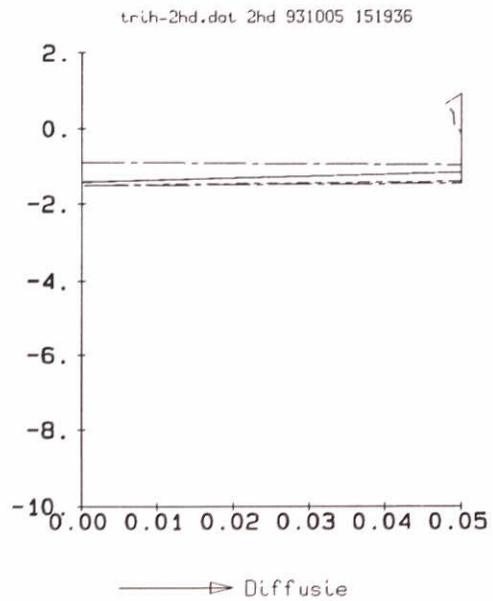
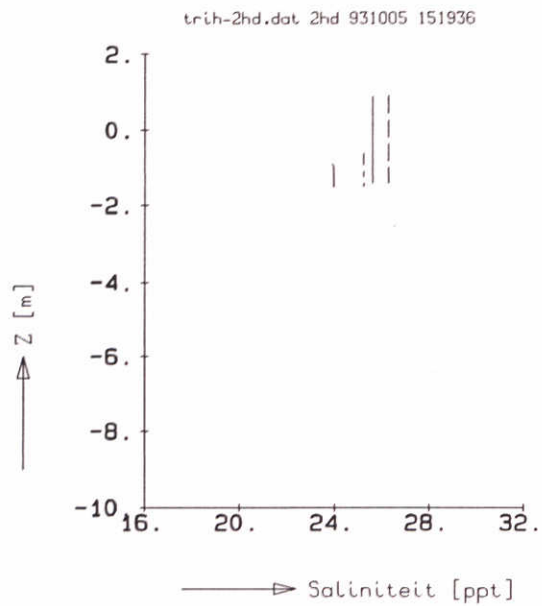


Simulatie Schematisch Estuarium. TRISULA 3D
 Vertikale profielen
 Station in plaat [35,13]. 4 tijdstippen in getijcyclus

1993-09-30
 16:30:00



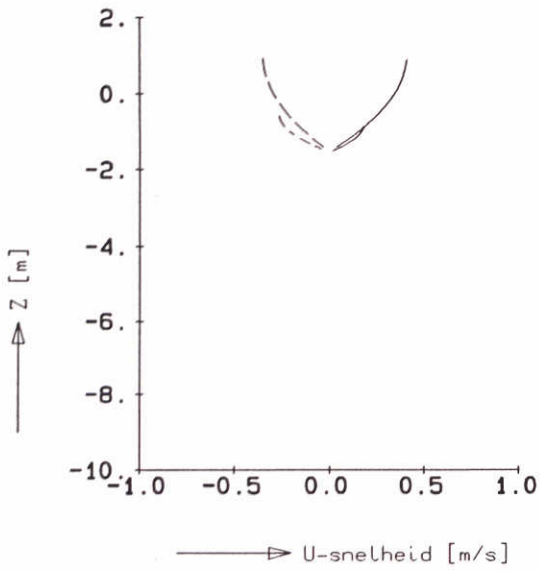
— tijd 2250.0 min
 - - - tijd 2437.5 min
 - · - · tijd 2625.0 min
 - - - - tijd 2812.5 min



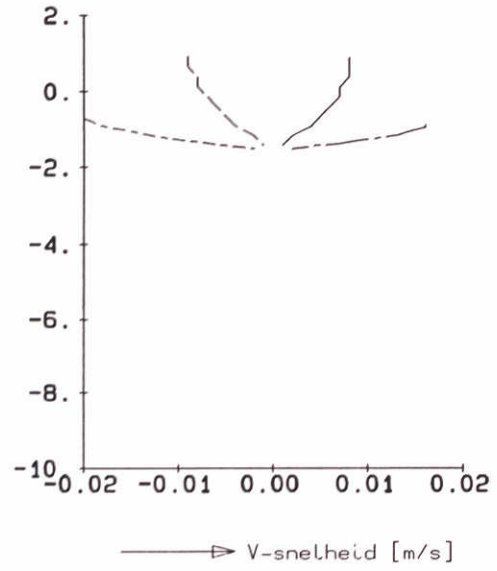
Simulatie Schematisch Estuarium. TRISULA 2.5D
 Vertikale profielen
 Station in plaat [35,17]. 4 tijdstippen in getijcyclus

1993-11-03
 10:30:00

trih-2hd.dat 2hd 930930 121631

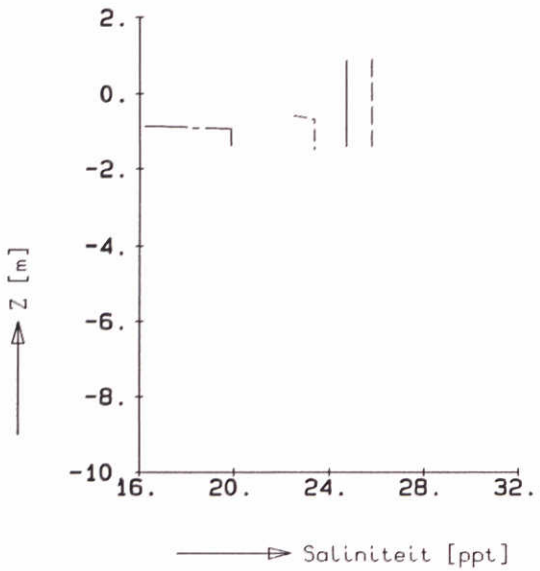


trih-2hd.dat 2hd 930930 121631

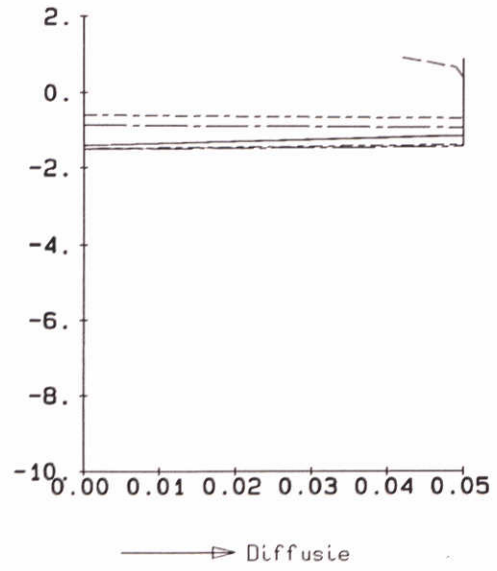


- tijd 2250.0 min
- - - tijd 2437.5 min
- · · tijd 2625.0 min
- · - · tijd 2812.5 min

trih-2hd.dat 2hd 930930 121631



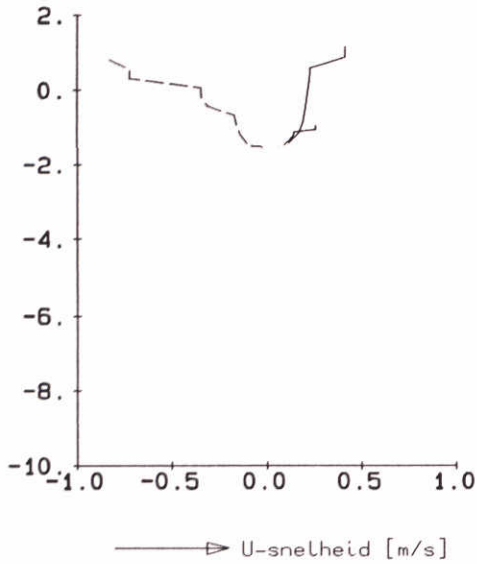
trih-2hd.dat 2hd 930930 121631



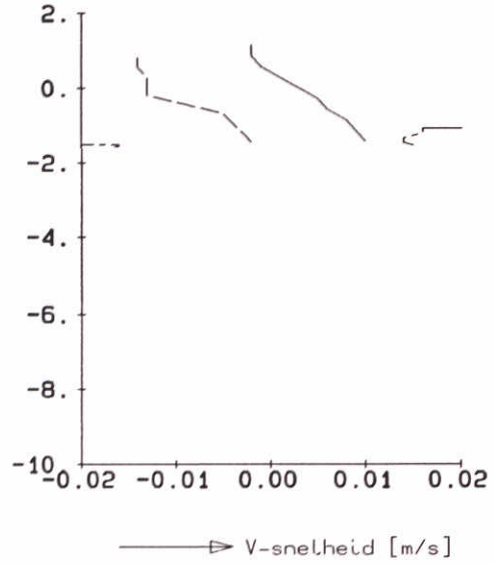
Simulatie Schematisch Estuarium. TRISULA 2.5D
 Vertikale profielen
 Station in plaat [35,17]. 4 tijdstippen in getijcyclus

1993-09-30
 16:30:00

trih-3dd.dat 2hd 930930 132236

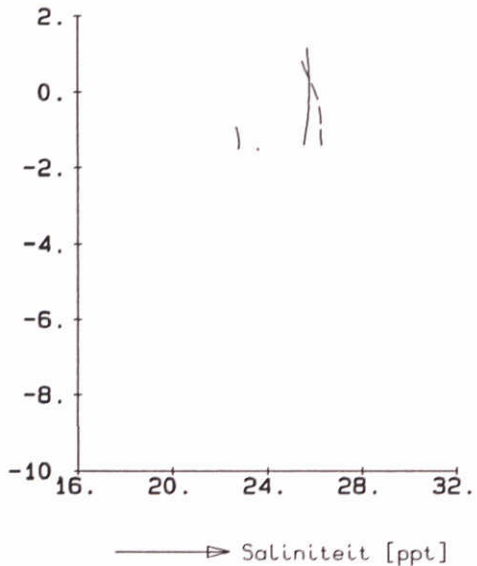


trih-3dd.dat 2hd 930930 132236

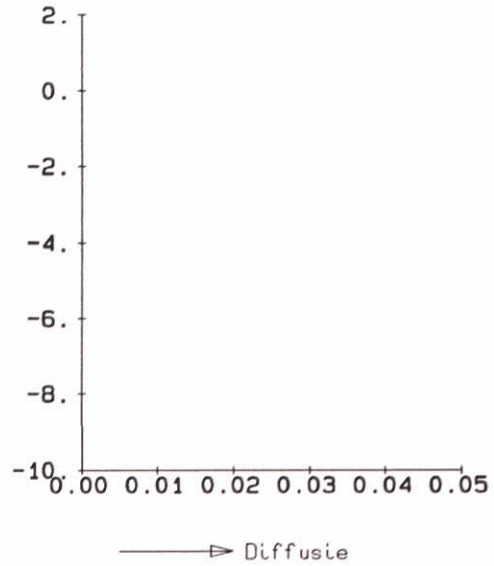


— tijd 2250.0 min
 - - - tijd 2437.5 min
 - · - · tijd 2625.0 min
 - - - - tijd 2812.5 min

trih-3dd.dat 2hd 930930 132236



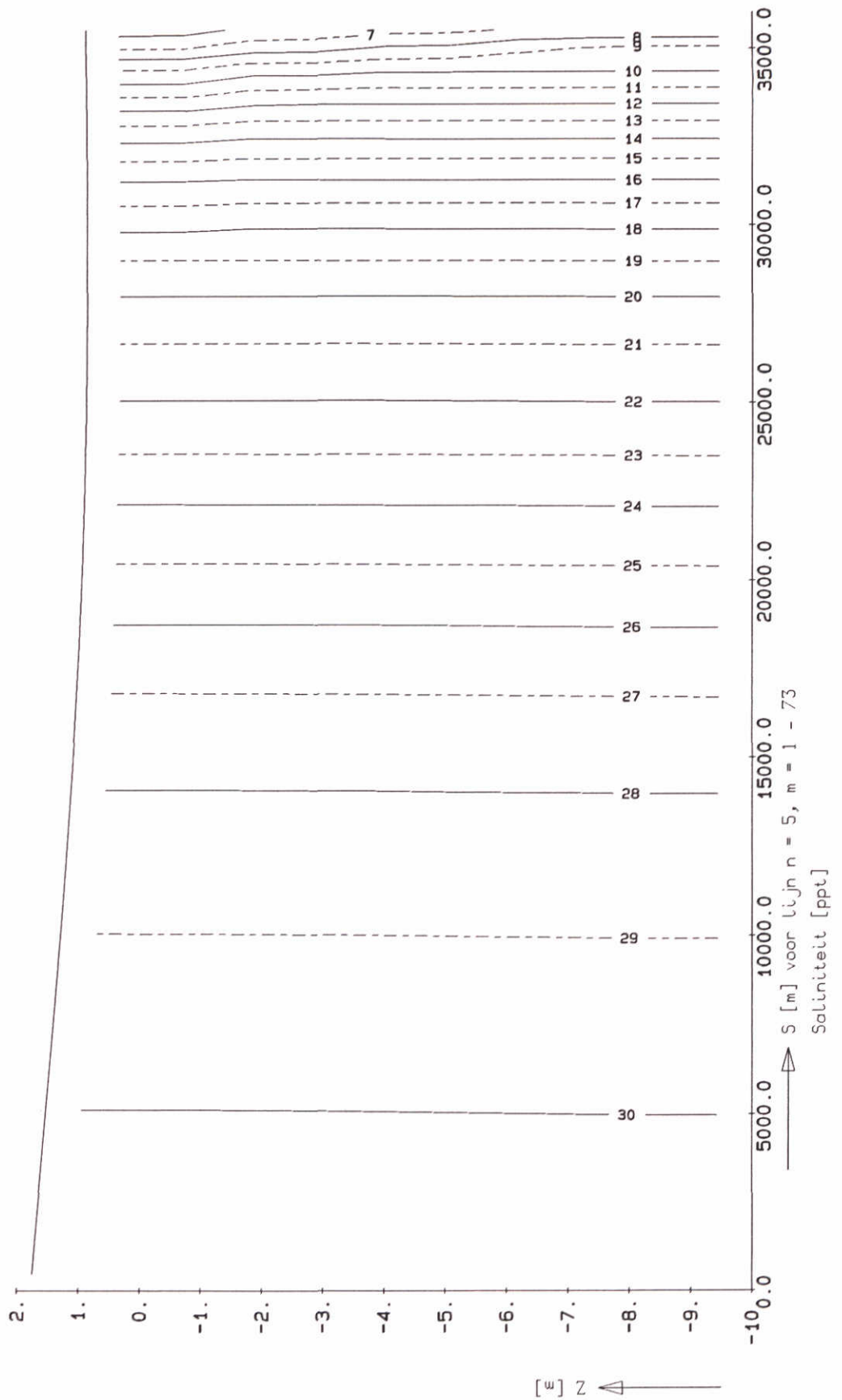
trih-3dd.dat 2hd 930930 132236



Simulatie Schematisch Estuarium. TRISULA 3D
 Vertikale profielen
 Station in plaat (35,17). 4 tijdstippen in getijcyclus

1993-09-30
 16:30:00

trlh-2hd.dat 2hd 931005 151936



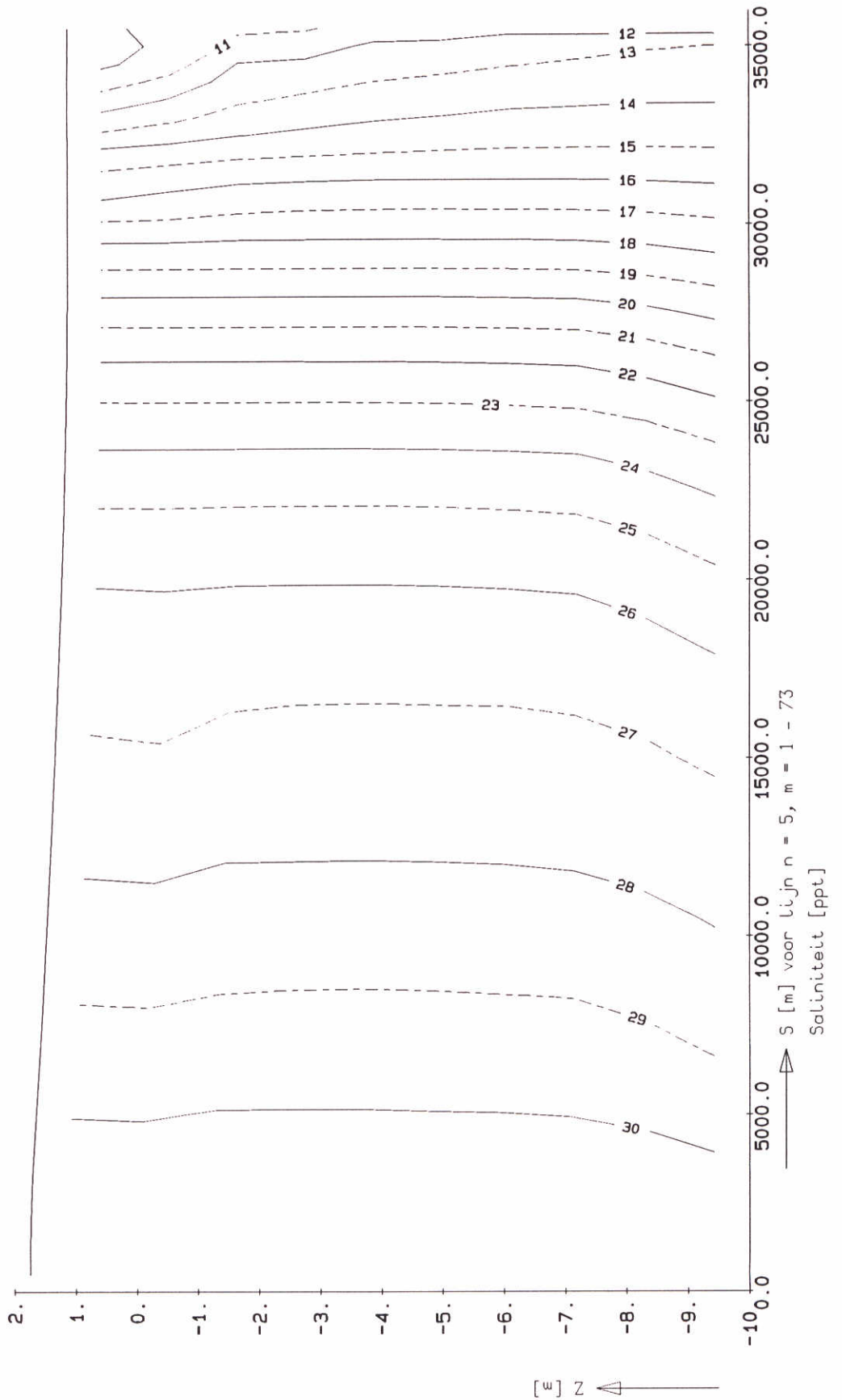
Simulatie Schematisch Estuarium. TRISULA 2.5D
 Vertikale zoutverdeling in geul
 Hoog water (2250.0 min)

1993-11-03
 10:30:00

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Fig31

trih-3dd.dat 3dd 930930 132236



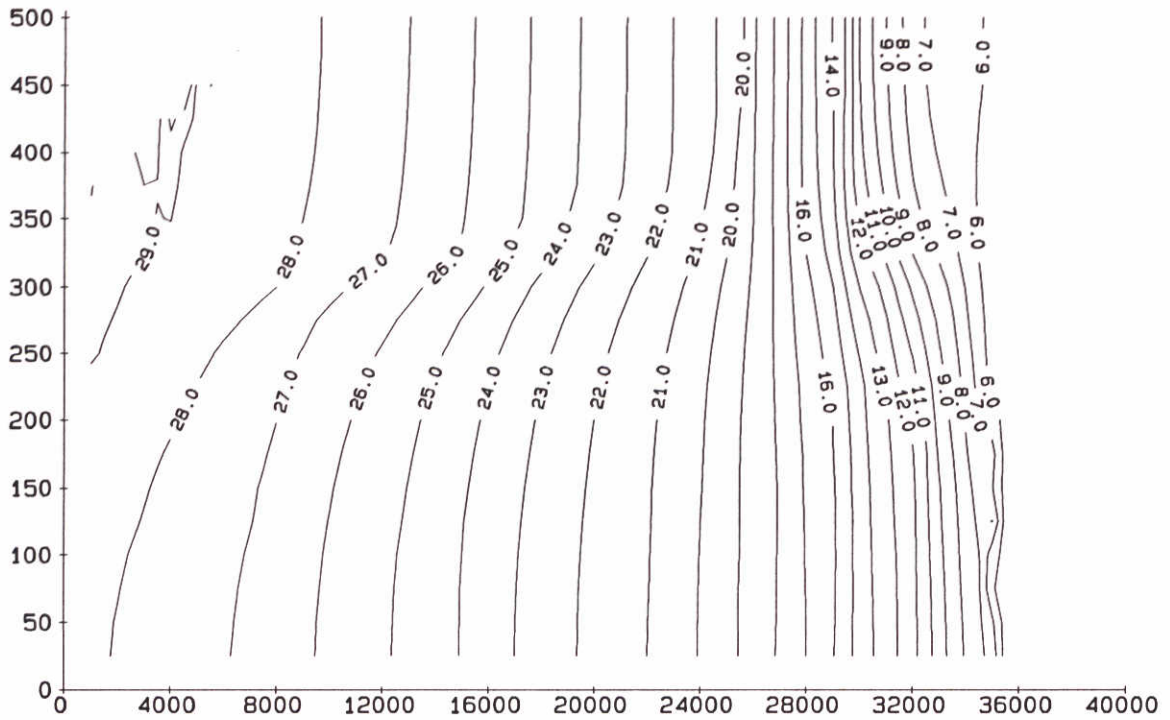
Simulatie Schematisch Estuarium. TRISULA 3D
 Vertikale zoutverdeling in geul
 Hoog water (2250.0 min)

1993-09-30
 12:30:00

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

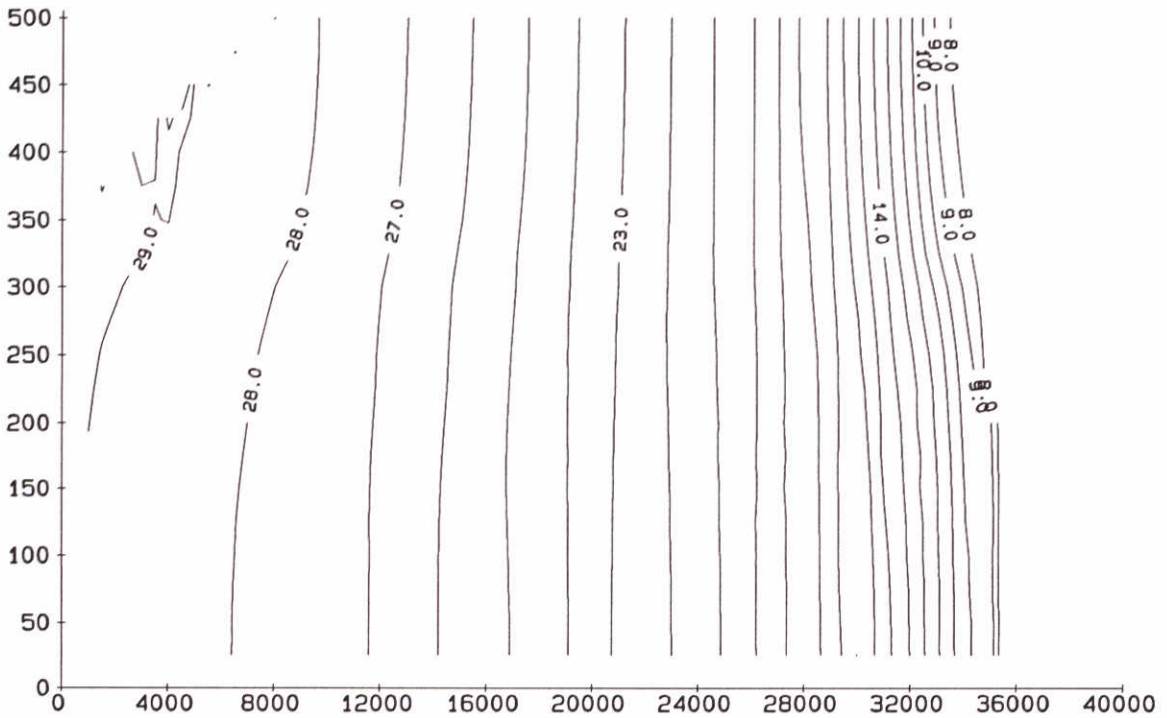
Fig32

trim-2hd.dat 2hd 931005 151936



voor bovenlaag

trim-2hd.dat 2hd 931005 151936



voor onderlaag

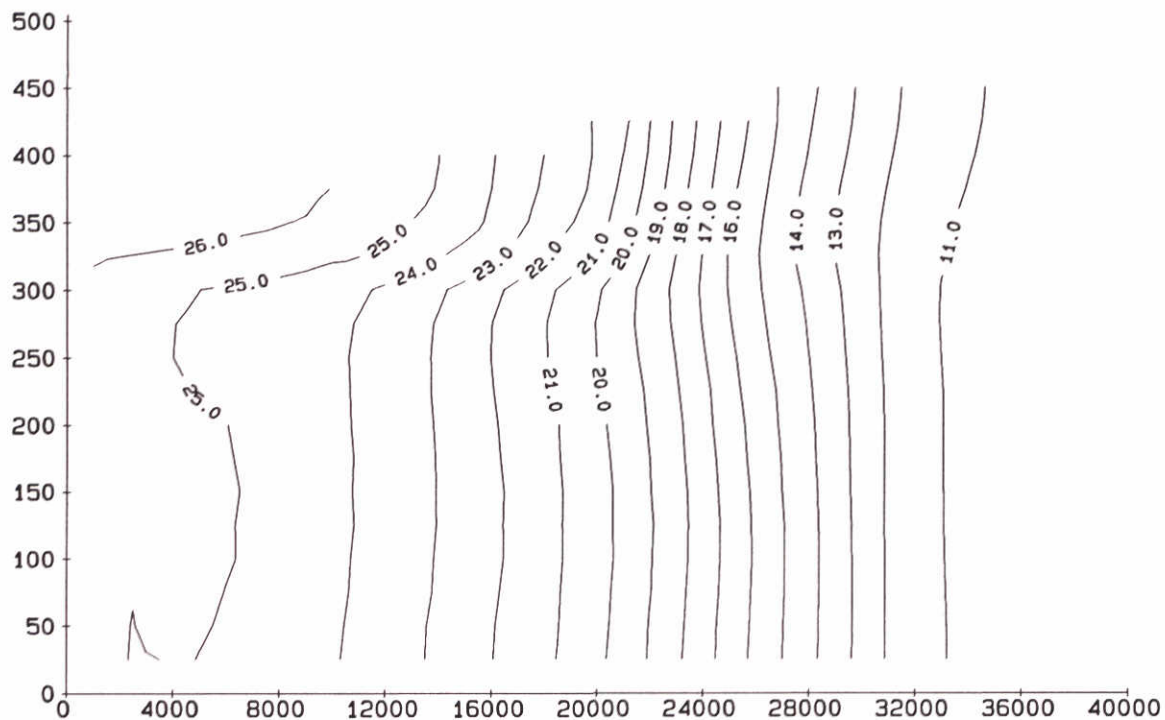
Geschematiseerd Estuarium
Isolijnen voor saliniteit op laag water [t=2625 min]
2.5D

1993-11-04
10:10:12

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

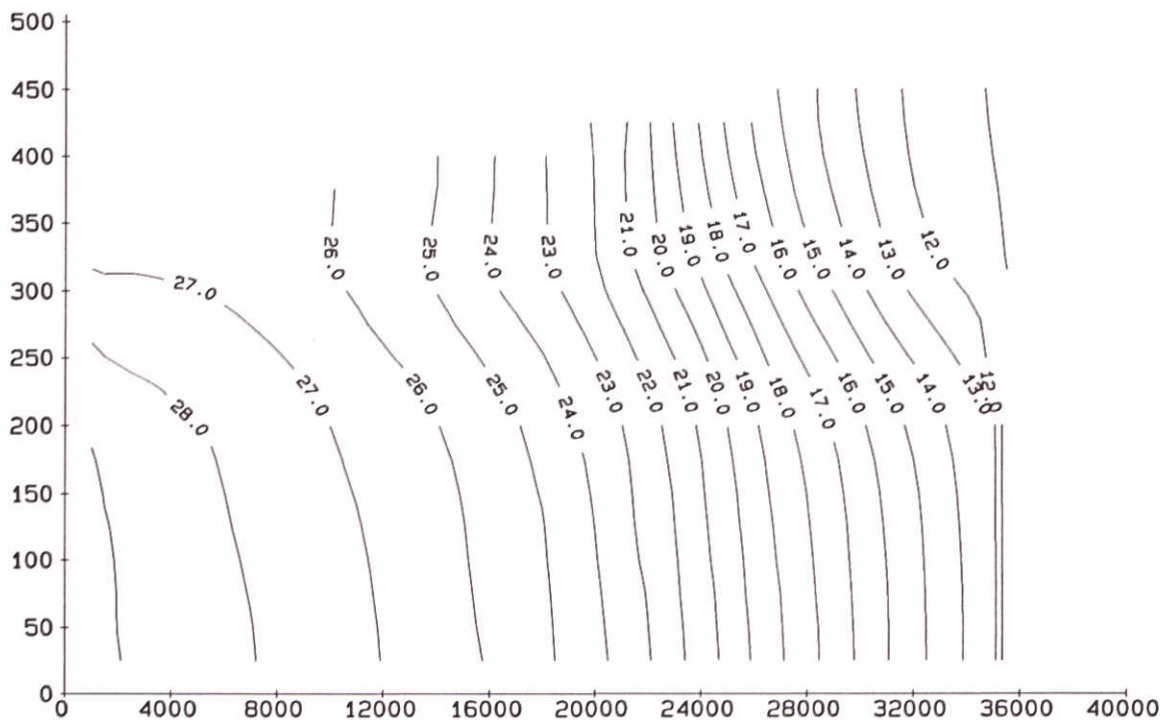
fig33

trim-3dd.dat 3dd 930930 132236



voor bovenlaag

trim-3dd.dat 3dd 930930 132236



voor onderlaag

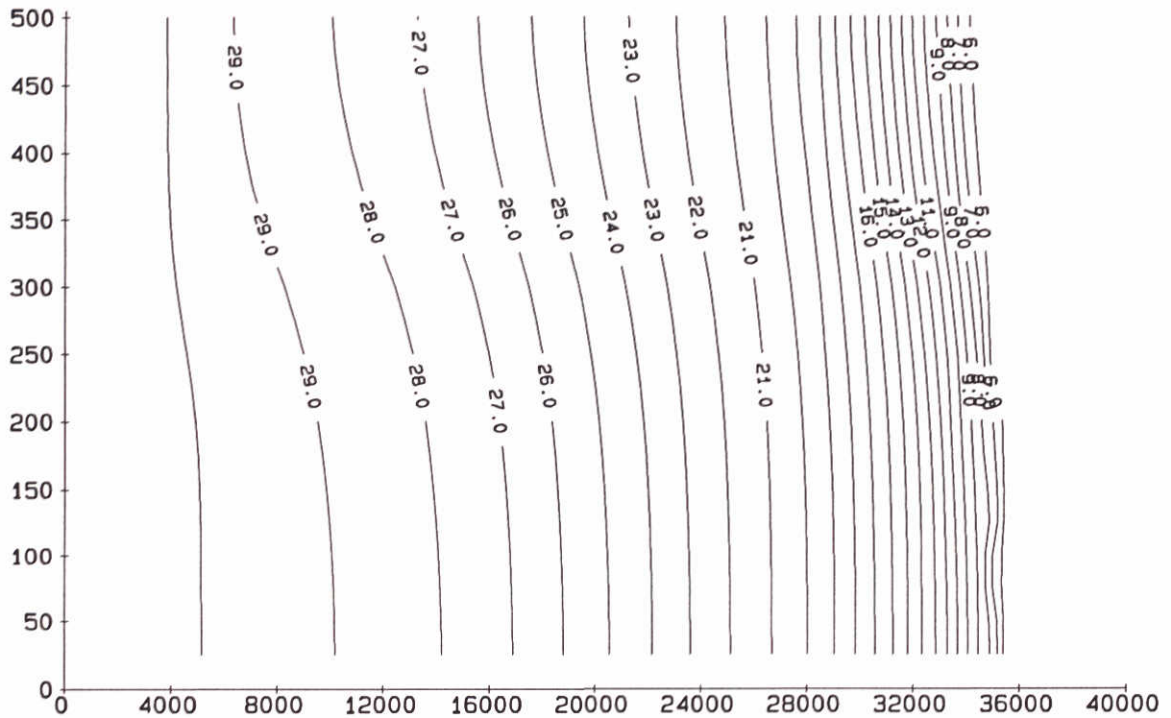
Geschematiseerd Estuarium
Isolijnen voor saliniteit op laag water [t=2625 min]
3D

1993-11-04
10:10:16

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

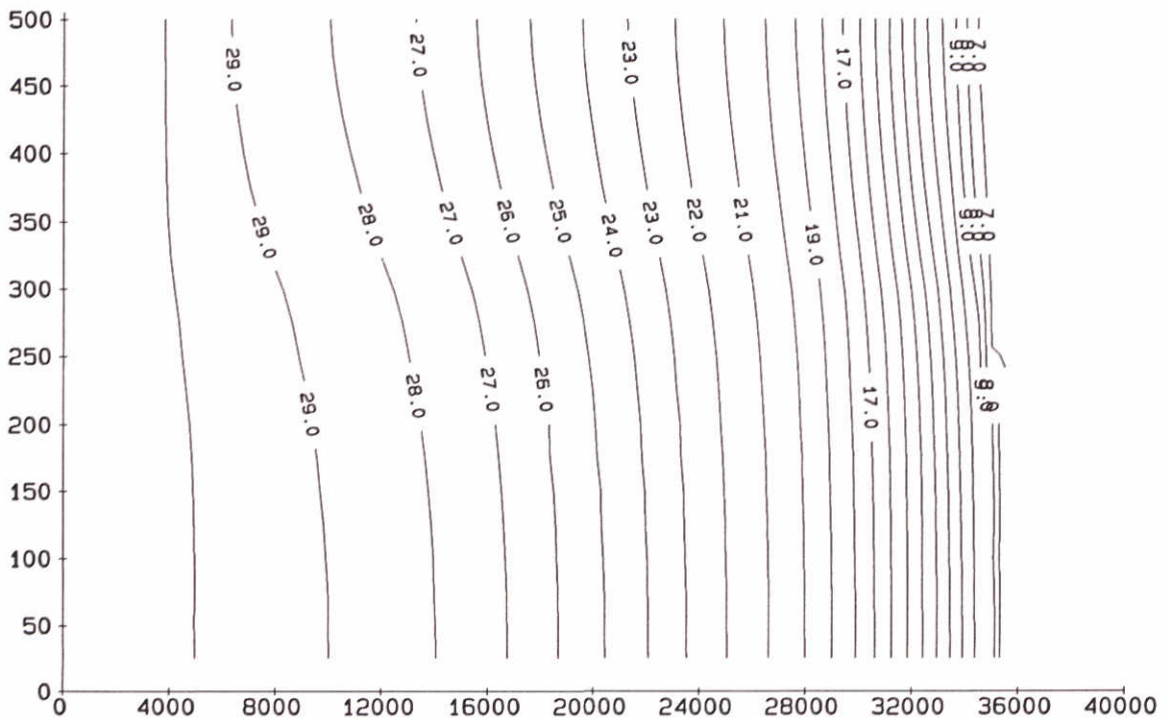
fig34

trim-2hd.dat 2hd 931005 151936



voor bovenlaag

trim-2hd.dat 2hd 931005 151936



voor onderlaag

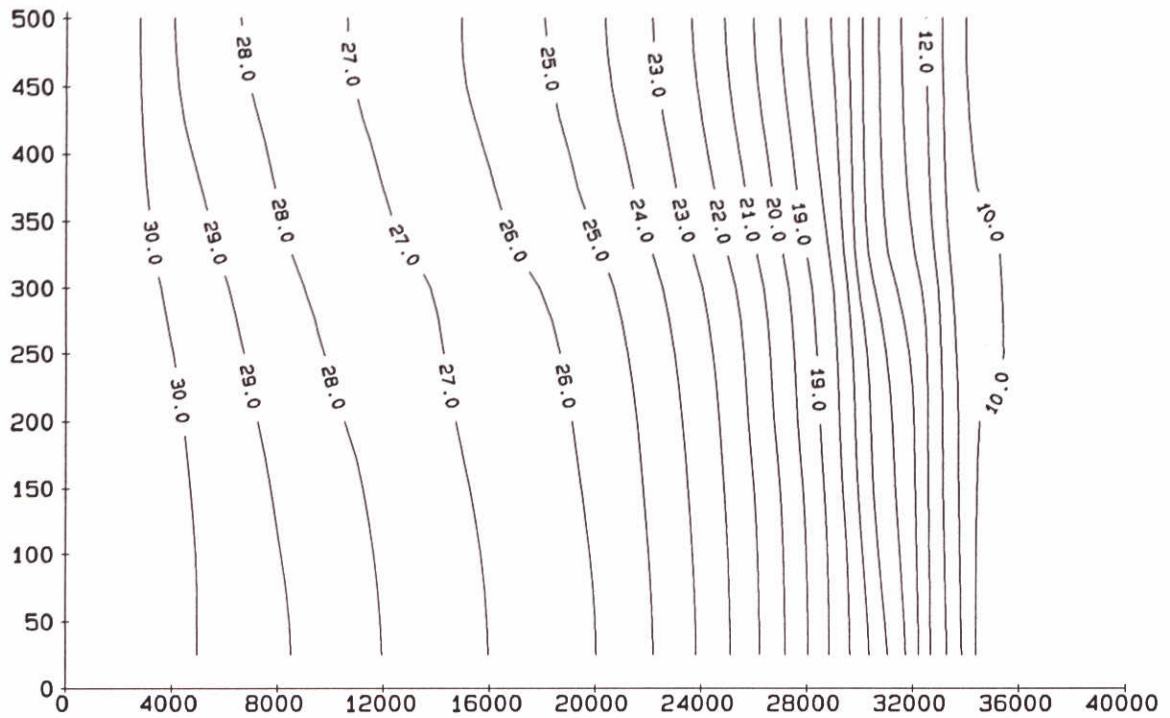
Geschematiseerd Estuarium
Isolijnen voor saliniteit op hoog water [t=2250 min]
2.50

1993-11-04
10:10:20

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

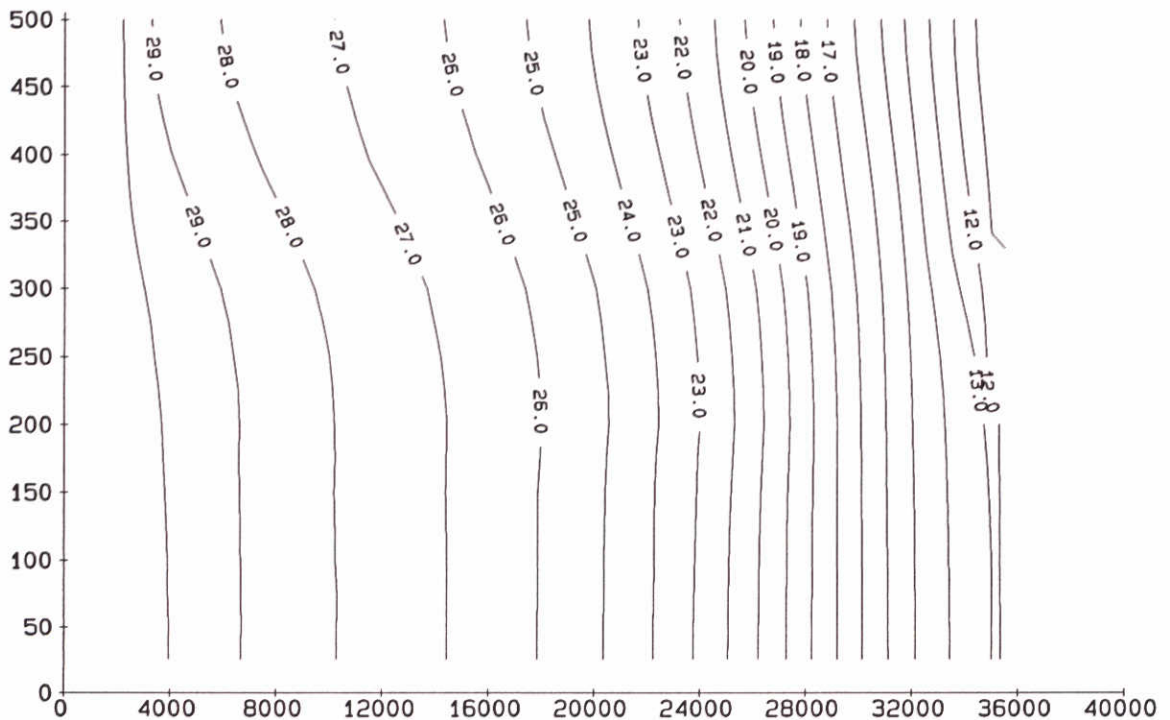
fig35

trim-3dd.dat 3dd 930930 132236



voor bovenlaag

trim-3dd.dat 3dd 930930 132236



voor onderlaag

Geschematiseerd Estuarium
Isoliijnen voor saliniteit op hoog water [t=2250 min]
3D

1993-11-04
10:10:24

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

fig36



hoofdkantoor
Rotterdamseweg 185
postbus 177
2600 MH Delft
telefoon (015) 56 93 53
telefax (015) 61 96 74
telex 38176 hydnl-nl

locatie 'De Voorst'
Voorsterweg 28, Marknesse
postbus 152
8300 AD Emmeloord
telefoon (05274) 29 22
telefax (05274) 35 73
telex 42290 hylvo-nl

