

Dwarsraai onderzoek
Westerschelde 1982.

nota nr. 85.06

L.A. van de Kooij
RIZA, OW/DZW
maart 1985

Inhoudsopgave

1. Inleiding

2. Uitvoering van het onderzoek

3. Toelichting op de presentatie

4. Bespreking meetresultaten

4.1 Algemeen

4.2 Chloride

4.3 Temperatuur

4.4 Zuurgraad

4.5 Zwevende stof

4.6 Gloeirest van de zwevende stof

4.7 Zuurstof

4.8 Totaal organisch koolstof (TOC)

4.9 Opgelost silicium

4.10 Ammoniumstikstof

4.11 Organisch gebonden stikstof

4.12 Nitraatstikstof

4.13 Orthofosfaat

4.14 Particulier gebonden fosfaat

4.15 Fluoride

4.16 Totale α -activiteit

4.17 β -restactiviteit

5. Beschouwing omtrent de ligging van de huidige routine bemonsteringspunten.

5.1 Algemeen

5.2 Gemiddelde waterkwaliteit

5.3 Minimale waterkwaliteit

5.4 Schatting van de afwijkingen van de huidige routinematig verkregen waterkwaliteitsgegevens te Schaar van Ouden Doel en Vlissingen.

6. Transportberekeningen

7. Samenvatting, Conclusies en aanbevelingen

7.1 Samenvatting

7.2 Conclusies en aanbevelingen.

Geraadpleegde bronnen

Bijlagen (figuren en tabellen)

1. Inleiding

In het begin van de jaren 60 is door Rijkswaterstaat in de Westerschelde gestart met het routinematig waterkwaliteitsonderzoek. De bemonsteringslokaties zijn gekozen op basis van toen heersende stromingspatronen en voorkomende gradiënten.

Natuurlijke erosie- en sedimentatieprocessen alsmede baggerwerkzaamheden hebben de stromingspatronen geleidelijk veranderd, waardoor kans bestaat dat de destijds gekozen lokaties momenteel een niet (meer) representatief beeld van de huidige waterkwaliteit geven.

Daarnaast bestaat er onduidelijkheid inzake stoftransporten door dwarsdoorsneden van de Westerschelde, met name aan het begin (Belgisch-Nederlandse grens) en het eind (Vlissingen) van het estuarium.

Middels een in het najaar van 1982 uitgevoerd onderzoek is getracht op bovenstaande vragen een antwoord te verkrijgen. Hiertoe zijn ter hoogte van de Schaar van Ouden-Doel (Belgisch-Nederlandse grens), de Schaar van Waarde (ca. 5 km ten zuidoosten van Hansweert) en Vlissingen-Breskens enkele dwarsraaien bemonsterd.

In hoofdstuk 2 wordt de uitvoering van dit onderzoek nader beschreven, hoofdstuk 3 geeft een toelichting op de in hoofdstuk 4 gepresenteerde meetresultaten. In hoofdstuk 5 wordt aandacht geschonken aan de positie van de routine bemonsteringspunten, terwijl in hoofdstuk 6 vrachten van stoffen door de bemonsterde raaien zijn berekend. Tenslotte geeft hoofdstuk 7 samenvatting, conclusies en aanbevelingen van het onderzoek weer.

Ten aanzien van het uitgevoerde onderzoek kan nog het volgende worden opgemerkt.

In mei 1976 is eveneens een dwarsraaionderzoek uitgevoerd (lit. 7). Dit onderzoek was gericht op het bepalen van een optimale positie voor een automatisch meetstation ter hoogte van de Belgisch-Nederlandse grens. In tegenstelling tot het voorliggende onderzoek is in 1976 weinig aandacht besteed aan concentratieverdelingen in de dwarsdoorsneden en aan stoftransporten zodat een vergelijking tussen beide onderzoeken niet goed mogelijk is.

2. Uitvoering van het onderzoek

Het onderzoek is uitgevoerd met het bemonsteringsschip

"dr. L.F. Kamps" van het RIZA. Op 28-9-1982 is de dwarsraai bij de Schaar van Ouden Doel (boei 87a, fig. 1) bemonsterd, op 30-9-1982 bij Hansweert (Schaar van Waarde, fig. 2) en op 5-10-1982 bij Vlissingen (fig. 3).

Per raai zijn gedurende een gehele getijperiode 3 punten gelijkmatig verdeeld over de breedte, bemonsterd, gelegen op ca. 0,5 m onder het wateroppervlak. Bij de raai bij de Schaar van Ouden Doel is dit uitgebreid door op ieder punt ook steeds een watermonster halverwege de waterkolom te nemen en boven de bodem, zodat een netwerk van totaal 9 punten is ontstaan. De raai bij Vlissingen is uitgebreid door op de dichtst bij de oever liggende punten op 1 m boven de bodem monsters te nemen waardoor een netwerk van 5 punten is ontstaan. Met de figuren 4a, b en c is de ligging van de bemonsteringspunten in de dwarsdoorsnedes aangegeven. In deze figuren zijn tevens de punten voor het routinematig waterkwaliteitsonderzoek aangegeven.

Iedere raai is gedurende een getijperiode 6 maal gevaren, zodat tussen twee bemonsteringstochten een tijdsverschil van ca. 2 uur zat.

De volgende parameters zijn geanalyseerd: zuurgraad, temperatuur, saliniteit, zuurstof, $\text{O-PO}_4\text{-P}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, Cl^- , Si, kjd-N, t- $\text{PO}_4\text{-P}$, zwevend stof, gloeirest van de zwevende stof, TOC, fluoride, totale -activiteit en -restactiviteit. De laatste drie parameters zijn alleen bij de Schaar van Ouden Doel bepaald.

De dwarsraaien zijn gevaren onder gunstige weersomstandigheden (rustig weer, geen neerslag). Er hebben zich wel enkele bijzonderheden voorgedaan:

- tijdens de ebstroom is met stalen netten achter een zestal sleepboten de bodem bij de Zandvlietsluizen (enige km stroomopwaarts gelegen van de Schaar van Ouden Doel) gelegen omgewoeld om aanslibbing tegen te gaan. Via dit principe wordt al sinds het begin van deze eeuw "gebaggerd";
- tijdens de vloedstroom was bij monsterpunt k (Vlissingen) een duidelijk afgescheiden troebeling waarneembaar. Dit troebele water was afkomstig uit de Bocht van Deurloo en stroomde tussen de groene

en gele betonning onder de Nolleplaat langs de Westerschelde binnen. De momentane debieten zijn met behulp van het model IMPLIC bepaald door de adviesdienst Vlissingen (dir. W en W/KZ; lit. 1). In het algemeen was tijdens de bemonsteringen de Scheldeafvoer laag (par. 4.2).

3. Toelichting op de presentatie

De grafische presentatie is gebaseerd op een computerverwerking van de verkregen meetresultaten. Per bemonsterde raai zijn hiertoe de bemonsteringstijden van MET omgezet in de bemonsteringstijdstippen 1 t/m 6. In tabel 1 zijn de werkelijke bemonsteringstijden en de bijbehorende tijdstippen aangegeven. Bij de grafische presentatie van de meetresultaten zijn steeds deze tijdstippen gebruikt.

Tabel 1 Overzicht van de tijden (MET) van bemonstering in de 3 raaien met de bijbehorende, voor de grafische presentatie gebruikte, bemonsteringstijdstippen.

Tijdstip	raai 1, 28-09-1982	raai 2, 30-09-1982	raai 3, 05-10-1982
	Schaar van Ouden Doel	Schaar van Waarde	Vlissingen
	MET	MET	MET
1	10.15u	5.35u	7.45u
2	12.20u (HWK)	7.45u (LWK)	9.45u (LWK)
3	14.25u	9.50u	11.55u
4	16.40u	12.00u	14.05u
5	18.45u (LWK)	14.10u (HWK)	16.15u (HWK)
6	21.05u	16.20u	18.25u

In principe is het mogelijk van ieder punt in de dwarsdoorsnede een verloop van de concentratie over de tijd te tekenen. Dit leidt evenwel tot een overvloed van tekeningen. De grafieken die nu gepresenteerd zijn tonen per dwarsdoorsnede het verloop in de tijd van gemiddelden van op dezelfde diepte liggende punten (0,5 m onder het wateroppervlak halverwege de waterkolom en 1 m boven de bodem) en gemiddelden van in dezelfde verticaal liggende punten (punten die liggen aan de linker- en rechteroever en het midden van de raai). Deze presentatie is per parameter en geeft door het vergelijken van de twee soorten grafieken een beeld van stroming, menging, transport en processen in de tijd. Daarnaast wordt, indien ter verduidelijking gewenst, een isoconcentratiefiguur geschetst van een dwarsdoorsnede op een zeker

tijdstip. Deze figuren zijn met de computer gemaakt aan de hand van een programma dat de afzonderlijke concentraties van in een dwarsdoorsnede liggende punten interpoleert naar isoconcentratielijnen. Deze figuren zijn rekenkundig juist en objectief maar niet altijd fysisch en chemisch interpreteerbaar (grillige patronen). Hierbij dient te worden opgemerkt dat vooral de interpolaties in de dwarsraai ter hoogte van Vlissingen tot onzekere uitkomsten kunnen leiden, gezien het gering aantal meetpunten ten opzichte van het grote dwarsoppervlak. Om deze zelfde reden zijn de isoconcentratiefiguren van de raai bij de Schaar van-Waarde achterwege gelaten.

Voor een beschouwing omtrent de ligging en het tijdstip van bemonstering van de punten die gebruikt worden voor het routinematig waterkwaliteitsonderzoek (zie hoofdstuk 5) is per parameter en per raai aangegeven wat het (rekenkundig) gemiddelde is binnen de onderzochte getijcyclus en op welke bemonsteringspunten en -tijden dit gemiddelde het meest benaderd wordt. Daarnaast is per parameter en per raai het (rekenkundig) gemiddelde rond de laagwaterkentering aangegeven en op welke bemonsteringspunten dit gemiddelde het meest benaderd wordt. Dit vanwege het feit dat omstreeks dit tijdstip monsters worden genomen t.b.v. het routineprogramma.

4. Bespreking meetresultaten

4.1 Algemeen

Belangrijk voor een juiste interpretatie van de meetresultaten is de getijdebeweging. Stoffen die voornamelijk in zoet (Schelde)water voorkomen, zullen in het algemeen in tegenfase zijn met de getijdebeweging. In fase met de getijdebeweging zullen juist die stoffen zijn die juist in zeewater voorkomen. Ten behoeve van een goede interpretatie van de meetresultaten zijn daarom in fig. 5 de getijdebewegingen gepresenteerd (lit. 1) van de dagen waarop is gemeten.

4.2 Chloride (fig. 6a t/m 6j)

a) raai 1, Schaar van Ouden Doel (fig. 6a, 6d, 6g en 6h)

Door de lage Scheldeafvoer op de dag waarop bij de Schaar van Ouden Doel werd gemeten ($47 \text{ m}^3/\text{s}$ bij Schelle, ca. $53 \text{ m}^3/\text{s}$ bij de Schaar van Ouden Doel) werden hoge chlorideconcentraties bepaald. In de periode waarin gemeten is, varieerden de concentraties tussen 7500 en 9000 mg/l. Het langjarig gemiddelde bedraagt, bij een Scheldeafvoer van ca. $120 \text{ m}^3/\text{s}$ op de Belgische-Nederlandse grens, ca. 4500 mg/l (lit. 3, 4).

Uit fig. 6a blijkt dat er gedurende vrijwel de gehele getijcyclus gradiënten over de verticaal voorkwamen, het water bij de bodem kon hierdoor enkele honderden milligrammen per liter meer chloride bevatten dan het water aan het oppervlak. Tijdens de gehele getijcyclus was, over de verticaal gezien, het water aan de linkeroever zouter dan aan de rechteroever (fig. 6d). Dit gedrag kan worden verklaard uit het stromingspatroon: bij opkomend tij stroomt het meeste water langs de linkeroever terwijl bij afgaand tij het meeste water langs de rechteroever stroomt. De isoconcentratiefiguren 6g en 6h geven een beeld van de chlorideverdeling rond resp. de hoogwaterkentering (tijdstip 2) en rond laagwater (tijdstip 5).

De gemiddelde chlorideconcentratie van alle in deze raai onderzochte

punten lag op 8890 mg/l. Deze waarde kwam het meest overeen met de concentraties waargenomen ca. 2 uur voor de laagwaterkentering in het midden van de raai over de gehele verticaal en ca. 2 uur voor de hoogwaterkentering in het midden van de raai aan het oppervlak.

Rond de laagwaterkentering bedroeg de gemiddelde chlorideconcentratie 8200 mg/l. Deze concentratie kwam het meest overeen met die gemeten aan het oppervlak in het midden van de raai.

b) raai 2, Schaar van Waarde (fig. 6b en 6e)

Evenals bij de Schaar van Ouden Doel werd de raai bij de Schaar van Waarde gekenmerkt door hoge chlorideconcentraties als gevolg van de lage Scheldeafvoeren in de weken voorafgaand aan de metingen ($40-50\text{m}^3/\text{s}$, lit. 4). De chlorideconcentraties varieerden in de periode waarin gemeten is van 11500-14000 mg/l (langjarig gemiddelde ca. 10100 mg/l; lit. 3).

Aan de linkeroever werden lagere chlorideconcentraties waargenomen dan in het midden en aan de rechteroever. Rond halftij* deed dit verschijnsel zich niet voor (fig. 6e). Hieruit kan opgemaakt worden dat bij opkomend tij het water langs de rechteroever stroomde en bij afgaand tij langs de linkeroever; rond halftij, bij maximale stroomsnelheid, was er een goede menging over de gehele breedte van de raai.

De gemiddelde chlorideconcentratie over de tijd waarin gemeten is lag op 12700 mg/l. Deze concentratie kwam het meest overeen met de concentratie waargenomen ca. 2 uur voor de laagwaterkentering aan de linkeroever en het midden van de raai en ca. 2 uur voor de hoogwaterkentering aan de linker- en de rechteroever van de raai.

Rond de laagwaterkentering bedroeg de gemiddelde chlorideconcentratie 12000 mg/l. Deze waarde kwam het meest overeen met de concentratie gemeten in het midden van de raai.

c) raai 3, Vlissingen (fig. 6c, 6f, 6i, 6j)

Ook in de raai bij Vlissingen werden hogere chlorideconcentraties waargenomen als gevolg van een lage Scheldeafvoer in de weken

* halftij: het tijdstip halverwege de hoog- en laagwaterkentering

voorafgaand aan de metingen. In de periode waarin gemeten is, varieerden de chlorideconcentraties van 15500-18500 mg/l (het langjarig gemiddelde op basis van het routineonderzoek is ca. 15300 mg/l). Het water in de raai bij Vlissingen vertoonde rond halftij na laagwater een verticale gradiënt. Bij de bodem werden de hoogste chlorideconcentraties waargenomen, waarbij het maximale verschil tussen de chlorideconcentratie bij de bodem en aan het oppervlak kon oplopen tot bijna 600 mg/l (fig. 6c).

Hoewel de grootste uitwisseling - ca. 90% - tussen de Westerschelde en het mondingsgebied via de Wielingen (linkeroever) plaatsvindt, werden gedurende de gehele getijcyclus de hoogste chlorideconcentraties in de Sardijngeul (rechteroever) waargenomen (fig. 6f). Een oorzaak kan worden gezocht in de faseverschuiving tussen beide geulen en het verschil in het vloedoverschot van de geulen (20% voor de Sardijngeul en 10% voor de Wielingen). De isoconcentratiefiguren 6i en 6j geven een overzicht van de chlorideverdeling in de raai resp. rond halftij na laagwater (maximale verschillen) over verticaal en breedte (tijdstip 3) en rond halftij na hoogwater (minimale verschillen over verticaal en breedte, tijdstip 6).

De gemiddelde chlorideconcentratie over de gehele meetperiode lag op 17500 mg/l. Deze concentratie kwam het meest overeen met de concentratie waargenomen rond halftij na hoogwater bij de rechteroever van de raai aan het oppervlak en rond halftij na laagwater aan het oppervlak bij de linkeroever en in het midden van de raai.

Rond laagwaterkentering bedroeg de gemiddelde chlorideconcentratie 16900 mg/l, wat het meest overeen kwam met de concentratie gemeten aan het oppervlak in het midden en aan de linkeroever van de raai.

4.3 Temperatuur (fig. 7a t/m 7f)

a) raai 1, Schaar van Ouden Doel (fig. 7a en 7d)

De temperatuur was in tegenfase met het getij. Bij hoogwater werden lagere temperaturen waargenomen dan bij laagwater, omdat het water uit de Schelde warmer was dan het Westerscheldewater. In de periode waarin

gemeten is, varieerden de temperaturen tussen 17,4 en 18,1°C. Rond de hoogwaterkentering werd een verticale gradiënt waargenomen (fig. a) waarbij het water aan het oppervlak warmer was dan bij de bodem. Dit kan verklaard worden uit de verticale gradiënt van Westerschelde- en Scheldewater, waarbij het zoutere Westerscheldewater met een iets lagere temperatuur onder het warmere Scheldewater dreef. Gedurende de gehele getijperiode was het water aan de rechteroever warmer dan in het midden en aan de linkeroever. Deze verschillen kunnen verklaard worden uit het stromingspatroon (par. 4.1).

Opmerkelijk is dat ondanks de verwachte aanwezigheid van koolwaterlozingen van de enkele kilometers stroomopwaarts gelegen kerncentrale van Doel het temperatuurseffect van deze lozingen niet is waargenomen. Ook de invloed van eventuele temperatuurslozingen van industrieën, welke in dit gebied verwacht zouden worden, was niet waarneembaar. Gedurende de meetperiode lag de gemiddelde temperatuur op 17,8°C. Deze waarde kwam het meest overeen met de watertemperatuur rond de hoogwaterkentering bij de linkeroever bij de bodem. Rond de laagwaterkentering bedroeg de gemiddelde temperatuur 18,1°C. Deze temperatuur kwam het meest overeen met die gemeten aan het oppervlak aan de linkeroever van de raai.

b) raai 2, Schaar van Waarde (fig. 7b en 7e)

Er was nauwelijks een sinusvorm in het verloop van de temperatuur in de raai bij de Schaar van Waarde aanwezig. Hoewel bij opkomend tij het water langs voornamelijk de rechteroever stroomde en bij afgaand tij langs de linkeroever, bleken er over de breedte van de raai nauwelijks temperatuursverschillen voor te komen (fig. 7e). De enigszins stijgende lijn in het temperatuursverloop (fig. 7b) kan veroorzaakt zijn door de geleidelijke opwarming van het water gedurende de metingen. De metingen zijn namelijk 's morgens vroeg begonnen, terwijl de luchttemperatuur overdag tot ca. 25°C opliep.

De gemiddelde watertemperatuur gedurende de metingen lag op 17,1°C. Deze temperatuur werd ca. 2 uur voor de hoogwaterkentering door alle bemonsterde punten evenveel benaderd.

Rond de laagwaterkentering bedroeg de gemiddelde temperatuur 17,0°C. Deze waarde werd door alle bemonsterde punten evenveel benaderd.

c) raai 3, Vlissingen (fig. 7c en 7f)

Evenals de raai in de Schaar van Waarde vertoonde het temperatuursverloop in de raai bij Vlissingen nauwelijks een sinusvorm. Rond laagwater was er over de vertikaal een enigszins dalende gradiënt van ca. $0,2^{\circ}\text{C}$ aanwezig (fig. 7c). Over de breedte gezien was het water aan de linkeroever rond halftij na hoogwater ca. $0,4^{\circ}\text{C}$ warmer dan aan de rechteroever. Dit laatste kan verklaard worden uit het stromingspatroon, waardoor het de Westerschelde uitstromende voornamelijk langs de linkeroever stroomt. Hierdoor is aan de rechteroever meer zeewater met een iets lagere temperatuur aanwezig.

Het gemiddelde van de waargenomen temperatuur lag op $16,0^{\circ}\text{C}$. Deze temperatuur werd rond halftij na laagwater door alle bemonsterde punten evenveel benaderd.

Rond laagwater was de gemiddelde temperatuur $16,1^{\circ}\text{C}$. Deze temperatuur kwam het meest overeen met de temperatuur waargenomen aan de linker- en de rechteroever van de raai aan het oppervlak en bij de bodem.

4.4 Zuurgraad (fig. 8a t/m 8f)

a) raai 1, Schaar van Ouden Doel (fig. 8a en 8d)

De zuurgraad (pH) had een duidelijke sinusvorm als functie van de tijd. Deze sinus was in fase met het getij als gevolg van de hogere pH van zeewater ten opzichte van Scheldewater.

Gedurende vrijwel de gehele getijcyclus was de pH van het water bij de bodem enkele honderdsten van eenheden hoger dan van het water aan het oppervlak. Dit kan verklaard worden uit de verticale gradiënt van het Schelde- en Westerscheldewater (par. 4.1). De verschillen waren het duidelijkst rond de laagwaterkentering (fig. 8a).

Over de breedte van de raai waren grotere pH verschillen waarneembaar die konden toenemen tot ca. $0,1$ s.e. (fig. 8d). Het water aan de linkeroever had gedurende de gehele getijcyclus een hogere pH dan het water aan de rechteroever. Dit kan verklaard worden uit het stromingspatroon (par. 4.1).

De gemiddelde pH van de metingen lag op 7,52 s.e. Deze waarde werd het meest benaderd rond halftij na laagwater door alle bemonsterde punten en ca. 2 uur voor de laagwaterkentering bij de linkeroever aan het oppervlak.

De gemiddelde pH rond de laagwaterkentering bedroeg 7,44 s.e.

De waarde werd het meest benaderd door de pH waargenomen aan het oppervlak en halverwege de waterkolom in het midden van de raai.

b) raai 2, Schaar van Waarde (fig. 8b en 8e)

De sinusvorm was voor wat betreft de Schaar van Waarde minder duidelijk aanwezig dan bij de Schaar van Oude Doel (fig. 8b). Over de breedte gezien waren er nauwelijks verschillen in de pH aanwezig (fig. 8e).

De gemiddelde pH lag op 7,84 s.e. Deze waarde werd het beste benaderd rond halftij na laagwater bij de linker- en de rechteroever van de raai.

Rond de laagwaterkentering bedroeg de gemiddelde pH op alle bemonsterde punten 7,80 s.e.

c) raai 3, Vlissingen (fig. 8c en 8f)

De pH in de raai bij Vlissingen had evenals in de raai bij de Schaar van Waarde, een geringe sinusvorm als functie van de tijd. Aan het oppervlak bleek de pH gedurende de gehele getijperiode iets hoger te zijn dan aan de bodem (fig. 8c). Ten gevolge van de enigszins aanwezige zout-zoetgradiënt (zouter water onder) zou juist in de top laag een lagere pH verwacht worden. Een verklaring hiervoor kan zijn dat de aanwezigheid van algen het bovenliggende water een hogere pH had gekregen. Algen (in de vorm van chlorofyl) zijn niet geanalyseerd. Over de breedte gezien was rond hoogwater de pH aan de rechteroever hoger dan aan de linkeroever en het midden van de raai (fig. 8f). Met het stromingsbeeld als geschetst in par. 4.1 wordt hiermee nogmaals de hogere pH van zeewater geïllustreerd.

De gemiddelde pH lag op 7,79 s.e. Deze waarde werd het meest benaderd rond halftij na laagwater bij de linker- en de rechterover aan het

oppervlak en rond de hoogwaterkentering aan de linkeroever bij de bodem.

De pH rond de laagwaterkentering was voor alle bemonsterde punten gelijk, namelijk 7,90 s.e..

4.5 Zwevende stof (fig. 9a t/m 9j)

a) raai 1, Schaar van Ouden Doel (fig. 9a, 9d, 9g en 9h)

De zwevende stofconcentratie had een verloop dat weinig overeenkomst vertoonde met het getij. Er kwam wel een duidelijke gradiënt over de vertikaal voor. Aan de bodem werden hogere concentraties waargenomen dan aan het oppervlak (fig. 9a). Deze verschillen konden oplopen tot meer dan 100 mg/l. Ook over de breedte van de raai bleken dergelijke verschillen aanwezig (fig. 9d). De hoogste concentraties werden waargenomen vlak na de laagwaterkentering.

De hoge zwevende stofconcentraties na laagwater kunnen waarschijnlijk in belangrijke mate verklaard worden uit de werkzaamheden van zogenaamde "slibtrekkers" die met stalen netten achter sleepboten de toegang tot de Zandvlietsluizen vrij hielden.

Volgens dit principe wordt al sinds de eeuwwisseling gebaggerd in de ebstroom.

Hoewel na de laagwaterkentering de hoogste zwevende stofconcentraties voorkwamen, bleek er toch geen netto stoftransport de Westerschelde in te bestaan. Mogelijk is dit veroorzaakt doordat de stroomkentering later plaatsvond dan de laagwaterkentering (zie ook hoofdstuk 6).

Rond halftij na hoogwater kwamen over de gehele dwarsdoorsnede nauwelijks verschillen voor.

De isoconcentratiefiguren 9g en 9h geven een beeld van de zwevende stofverdeling over de dwarsdoorsnede op resp. ca. 2 uur na de hoogwaterkentering (weinig verschillen) en ca. 2 uur na de laagwaterkentering (grote verschillen).

Het gemiddelde van de metingen lag op 23 mg/l.

Deze waarde werd het meest benaderd rond de hoogwaterkentering door de concentratie aan de rechteroever bij de bodem en rond halftij na laagwater door de concentratie in het midden van de raai halverwege de

waterkolom.

Rond de laagwaterkentering bedroeg de gemiddelde zwevende stofconcentratie 31 mg/l. Deze concentratie komt het meest overeen met de concentratie gemeten in het midden van de raai, halverwege de waterkolom.

b) raai 2, Schaar van Waarde (fig. 9b en 9e)

Uit fig. 9e blijkt een geringe variatie in de zwevende stofconcentraties; rond de laagwaterkentering tot enkele uren daarna werden lagere zwevende stofconcentraties waargenomen dan in de andere getijfasen. Over de breedte van de raai was eveneens een verschil aanwezig, waarbij aan de linkeroever in het algemeen lagere concentraties voorkwamen dan aan de rechteroever (fig. 9e). Dit bedrag kan verklaard worden uit het stromingspatroon (par. 4.1).

Het gemiddelde van de metingen lag op 15 mg/l. Deze waarde werd gedurende vrijwel de gehele getijcyclus het meest benaderd door de concentraties in het midden en bij de linkeroever van de raai.

De gemiddelde zwevende stofconcentratie rond de laagwaterkentering bedroeg 8 mg/l. Deze concentratie werd door alle bemonsterde punten evenwel benaderd.

c) raai 3, Vlissingen (fig. 9c, 9f, 9i en 9j)

Het gedrag van de zwevende stofconcentratie in de raai bij Vlissingen was grillig. De concentraties aan de bodem konden een veelvoud van de waarden aan het oppervlak aannemen, wat voornamelijk in de vloedfase gebeurde. Een soortgelijk gedrag was over de breedte waarneembaar. Aan de linkeroever kwamen concentraties voor die, vanaf de hoogwaterkentering, een veelvoud konden zijn van de concentraties aan de rechteroever. Deze verschillen konden oplopen tot enkele honderden milligrammen per liter.

Worden de figuren 9c en 9f nader bekeken dan blijkt dat de concentratie aan de linkeroever bij de bodem een zekere afhankelijkheid met het getij vertoonde die op de overige punten niet aanwezig was. Tijdens de ebstroom werden concentraties waargenomen die vele malen hoger waren dan tijdens de vloedstroom.

Dit doet vermoeden dat er op de meetdag een nettotransport van zwevende stof vanuit de Westerschelde aanwezig was (zie ook hoofdstuk 6). Hoewel tijdens de bemonsteringen in de vloedfase ook aan de rechteroever troebelingsen zijn waargenomen blijkt dit niet uit het verloop in de grafieken, omdat het transport vlak onder de rechteroever plaats vond buiten de ligging van de punten (fig. 3).

Ter illustratie van het grillige gedrag van de zwevende stof zijn isconcentratieprofielen gegeven rond de laagwaterkentering (minste verschillen over de dwarsdoorsnede, fig. 9i) en rond de halftij na hoogwater (grootste verschillen over de dwarsdoorsnede, fig. 9j).

Het gemiddelde lag op 108 mg/l. Dit gemiddelde werd het beste benaderd door de concentraties waargenomen rond de laagwaterkentering bij de bodem aan de linkeroever van de raai.

Rond de laagwaterkentering bedroeg de gemiddelde zwevende stofconcentratie 52 mg/l. Deze waarde werd het meest benaderd door de concentratie waargenomen aan het oppervlak aan de rechterkant van de raai.

4.6 Gloeirest van de zwevende stof (fig. 10a t/m 10f)

De gloeirest van de zwevende stof is alleen bepaald bij zwevende stofconcentraties groter of gelijk aan 10 mg/l.

a) raai 1, Schaar van Ouden Doel (fig. 10a en 10d)

Het verloop van het gloeirestgehalte van de zwevende stof (uitgedrukt in %) kwam enigszins overeen met de getijdebeweging. Dit was het meest duidelijk waarneembaar halverwege de waterkolom en bij de bodem (fig. 10a). Over de vertikaal gezien was dit verband het meest aan de linkeroever aanwezig (fig. 10d).

Rond de laagwaterkentering kwamen de laagste gloeirestpercentages voor. Dit duidt er op dat via de Schelde zwevende stof met organische bestanddelen naar de Westerschelde wordt getransporteerd, terwijl met de vloedstroom vanuit de Westerschelde zwevende stof met voornamelijk anorganische bestanddelen stroomopwaarts gaat (zie hoofdstuk 6).

In het algemeen werden aan het oppervlak lagere gloeirestpercentages

gemeten, wat duidt op de aanwezigheid van onder andere algen.

Het gemiddelde van de metingen lag op 77,3%. Deze waarde kwam het meest overeen met het percentage rond de hoogwaterkentering halverwege de waterkolom aan de rechteroever van de raai.

Rond de laagwaterkentering bedroeg het gemiddelde gloeirestpercentage 68,1%. Dit gemiddelde kwam het meest overeen met het percentage waargenomen halverwege de waterkolom aan de linkeroever van de raai.

b) raai 2, Schaar van Waarde (fig. 10b en 10e)

Het verloop van het percentage gloeirest had geen overeenkomst met de getijdebeweging. Blijkbaar was de invloed van de Schelde te gering om nog waarneembaar te zijn. Bovendien is enkel een beeld verkregen van het oppervlak. Uit het onderzoek bij de Schaar van Ouden Doel bleek aan het oppervlak eveneens geen verband met de getijdebeweging.

Gemiddeld bedroeg het percentage gloeirest 89,6%. Deze waarde kwam het meest overeen met het percentage waargenomen aan de rechteroever, ca. 2 uur voor de hoogwaterkentering.

Rond de laagwaterkentering bedroeg het gemiddelde percentage gloeirest 90,2%. Daar dit is gebaseerd op 1 waarneming in het midden van de raai (bij zwevende stofconcentraties lager dan 10 mg/l wordt geen gloeirest bepaald) kan aan dat gemiddelde geen grote waarde gehecht worden.

c) raai 3, Vlissingen (fig. 10c en 10f)

In de raai bij Vlissingen was het percentage gloeirest aan het oppervlak in tegenfase met de getijdebeweging (fig. 10c). Bij de bodem was dit verband minder duidelijk waarneembaar. Ook aan de rechteroever van de raai was er sprake van een tegenfase met de getijdebeweging (fig. 10f). Dit duidt er op dat met de vloedstroom zwevende stof met meer organische bestanddelen de Westerschelde in werd getransporteerd, terwijl met de ebstroom zwevende stof met voornamelijk anorganische bestanddelen naar zee stroomde (zie ook hoofdstuk 6).

Het gemiddelde van de metingen lag op 80,1%. Deze waarde werd het meest benaderd door het percentage waargenomen rond de laagwaterkentering aan het oppervlak bij de linkeroever en rond de

hoogwaterkentering aan het oppervlak in het midden van de raai.
Rond de laagwaterkentering bedroeg het gemiddelde percentage 80,8%.
Deze waarde kwam het meest overeen met het percentage waargenomen aan het oppervlak bij de linkeroever van de raai.

4.7 Zuurstof (fig. 11a t/m 11j)

a) raai 1, Schaar van Ouden Doel (fig 11a, 11d, 11g en 11h)

De zuurstofconcentratie had een duidelijke sinusvorm welke in fase was met de getijdebeweging. Tijdens vloed kwamen zuurstofconcentraties voor die enkele milligrammen per liter hoger waren dan tijdens eb. Dit werd veroorzaakt door de positieve invloed van de hogere zuurstofconcentratie in het water uit de Westerschelde op de lage zuurstofconcentratie van het Scheldewater. Opmerkelijk is dat er een verticale gradiënt voorkwam waarbij aan het oppervlak lagere concentraties werden waargenomen dan bij de bodem (fig. 11a). Dit verschijnsel deed zich, op halftij na hoogwater na, voor gedurende de gehele getijcyclus en kan verklaard worden uit de gelaagdheid van zuurstofrijker Westerscheldewater (onderlaag) en zuurstofarmer Scheldewater (bovenlaag) (zie ook par. 4.1). Rond halftij na hoogwater was geen gradiënt over de vertikaal waarneembaar.

Gedurende vrijwel de gehele getijcyclus werden aan de linkeroever hogere zuurstofconcentraties waargenomen dan aan de rechteroever (fig. 11d). Dit bevestigt nogmaals het stromingsbeeld als geschetst in par. 4.1.

De isoconcentratieprofielen 11g en 11h geven een beeld van de zuurstofverdeling resp. rond de hoogwaterkentering (hoogste concentraties) en rond halftij na laagwater (laagste concentraties).

Het gemiddelde van de waarnemingen lag op 5,4 mg/l. Deze waarde kwam het meest overeen met de concentraties aan de rechteroever over de gehele waterkolom ca. 2 uur voor de laagwaterkentering en met de concentratie aan de linkeroever bij de bodem rond de laagwaterkentering. Rond de laagwaterkentering bedroeg de gemiddelde zuurstofconcentratie 4,8 mg/l.

Deze concentratie werd het meest benaderd door de concentratie waargenomen halverwege de waterkolom aan de linkeroever van de raai.

b) raai 2, Schaar van Waarde (fig. 11b en 11e)

Evenals in de raai bij de Schaar van Ouden Doel het geval was, had de zuurstofconcentratie in de raai bij de Schaar van Waarde als functie van de tijd een sinusvorm. Deze sinus had echter een veel geringere amplitude. De oorzaken zijn voornamelijk reaeratie en de toegenomen verdunning van het Scheldewater met zuurstofrijker Westerscheldewater. Het water aan de linkeroever en in het midden van de raai was gedurende vrijwel de gehele getijdencyclus zuurstofrijker dan aan de rechteroever (ca. 0,1-0,3 mg/l verschil; fig. 11e). Dit gedrag kan niet verklaard worden uit het stromingspatroon. Bij opkomende tij, wanneer zeewater langs de rechteroever stroomt, zouden juist aan deze oever de hoogste zuurstofconcentraties verwacht worden. Bij afgaand tij, wanneer zuurstofarmer water uit het oostelijk deel van de Westerschelde langs de linkeroever stroomt, zouden juist ook aan de rechteroever de hoogste zuurstofconcentraties verwacht worden. Mogelijk kan dit gedrag verklaard worden uit de lozingen via de afvalwaterpersleiding Waarde, ca. 1500 m stroomopwaarts van meetpunt F aan de rechteroever van de Westerschelde.

Het gemiddelde van de metingen lag op 7,1 mg/l. Deze concentratie werd het meest benaderd door de concentraties ca. 2 uur voor de laagwaterkentering aan de rechteroever, rond de laagwaterkentering in het midden van de raai en rond de hoogwaterkentering aan de linkeroever. Rond de laagwaterkentering bedroeg de gemiddelde zuurstofconcentratie 7,0 mg/l. Deze waarde werd het meest benaderd door de concentratie gemeten aan de linkeroever van de raai.

c) raai 3, Vlissingen (fig. 11c, 11f, 11i en 11j)

De zuurstofconcentraties in de raai bij Vlissingen lagen op een iets lager niveau dan in de raai bij de Schaar van Waarde. Er was nauwelijks een sinusvorm in de concentratie als functie van de tijd waarneembaar (fig. 11c en 11f).

Op het tijdstip rond de laagwaterkentering na waren er verschillen in de concentraties over de breedte en in mindere mate, over de vertikaal.

Uit fig. 11c blijkt dat gedurende vrijwel de gehele getijcyclus het water aan het oppervlak ca. 0,1 mg/l zuurstofrijker was dan bij de bodem.

Over de breedte gezien kwamen gedurende vrijwel de gehele getijcyclus aan de linkeroever de laagste en aan de rechteroever de hoogste zuurstofconcentraties voor als gevolg van het instromen van zuurstofrijker zeewater langs voornamelijk de rechteroever en het uitstromen van water met lagere zuurstofconcentraties langs voornamelijk de linkeroever (fig. 11f).

Het gemiddelde van de metingen lag op 6,9 mg/l. Deze concentratie werd het meest benaderd ca. 2 uur na laagwater en rond de hoogwaterkentering in het midden van de raai aan het oppervlak en rond half tij na hoogwater bij de linkeroever bij de bodem.

Rond de laagwaterkentering bedroeg de gemiddelde zuurstofconcentratie 6,8 mg/l. Deze concentratie werd het meest benaderd door de concentratie waargenomen aan de linkeroever van de raai. Hierbij is er geen verschil tussen de concentratie aan het oppervlak en bij de bodem.

4.8 Totaal organisch koolstof (TOC, fig. 12a t/m 12f)

a) raai 1, Schaar van Ouden Doel (fig. 12a en 12d)

De TOC-concentratie had, evenals de zwevende stofconcentratie, weinig overeenkomst met de getijdebeweging. Uit fig. 12a blijkt dat er over de vertikaal beschouwd geen duidelijke concentratiegradiënten voorkwamen.

Over de breedte beschouwd waren de TOC-concentraties het hoogst rond de laagwaterkentering aan de rechteroever wat een gevolg zou kunnen zijn van de werkzaamheden van de "slibtrekkers" (par. 4.3). Omdat ook hogere concentratie kort na de laagwaterkentering voorkwamen heeft er vermoedelijk een netto TOC-transport stroomopwaarts plaatsgevonden (zie ook hoofdstuk 6).

De gemiddelde TOC-concentratie lag op 7,9 mg/l. Deze waarde werd het meest benaderd aan de rechteroever halverwege de waterkolom ca. 2 uur voor de hoogwaterkentering.

Rond de laagwaterkentering bedroeg de gemiddelde TOC-concentratie 8,6 mg/l. Deze concentratie werd het meest benaderd door de concentratie waargenomen halverwege de waterkolom in het midden van de raai.

b) raai 2, Schaar van Waarde (fig. 12b en 12e)

Vergeleken met de Schaar van Ouden Doel vertoonde het TOC verloop in de raai bij de Schaar van Waarde een grotere getijde afhankelijkheid. Er bleek een tegenfase met het getij; tijdens laagwater werden de hoogste concentraties waargenomen (fig. 12b).

Rond laagwater werden aan de rechteroever de hoogste en in het midden de laagste TOC-concentraties waargenomen; rond hoogwater lag dit patroon andersom (fig. 12e). Een eenduidige verklaring is hier niet voor te geven; mogelijk hebben de lozingen via de pijp van Waarde een storende invloed op het TOC verspreidingspatroon gehad.

Het gemiddelde van de metingen lag op 6,2 mg/l. Deze waarde werd het meest benaderd rond de laagwaterkentering in het midden van de raai ca. 2 uur na laagwater werd de gemiddelde concentratie door alle bemonsterde punten evenveel benaderd.

De gemiddelde TOC-concentratie rond de laagwaterkentering bedroeg 6,6 mg/l. Deze concentratie kwam het meest overeen met de concentratie waargenomen aan de linkeroever van de raai.

c) raai 3, Vlissingen (fig. 12c en 12f)

Evenals bij de Schaar van Ouden Doel had het verloop van de TOC-concentratie in de tijd geen duidelijke getijde afhankelijkheid. Opmerkelijk was dat de concentraties gedurende de metingen enkel een dalende trend vertoonden. Een verklaring ontbreekt echter. Hierdoor heeft er gedurende de meetperiode een overheersend TOC-transport vanuit de Westerschelde naar de Noordzee plaatsgevonden (zie ook hoofdstuk 6).

Tussen de concentraties bij de bodem en aan het oppervlak konden geen eenduidige verschillen worden waargenomen (fig. 12c). Wel kwamen over

de breedte van de raai duidelijke verschillen in de TOC-concentraties voor. Gedurende vrijwel de gehele getijperiode waren de TOC-concentraties aan de linkeroever maximaal 1 mg/l hoger dan aan de rechteroever; rond halftij na hoogwater was er een redelijke menging over de breedte van de raai (fig. 12f). Met het stromingsbeeld geschetst in par. 4.1 kan afgeleid worden dat TOC voornamelijk via de Wielingen de Westerschelde uitstroomde. Mogelijk heeft het water voor de Belgische kust invloed op de TOC-gehalten in het zuidelijke deel van de Westerscheldemonding.

Het gemiddelde van de metingen lag op 4,9 mg/l. Deze waarde kwam het meest overeen met de concentraties waargenomen ca. 2 uur voor de hoogwaterkentering aan het oppervlak bij de linker- en rechteroever van de raai.

Rond de laagwaterkentering bedroeg de gemiddelde TOC-concentratie 5,3 mg/l. Deze waarde kwam het meest overeen met de concentratie waargenomen aan het oppervlak in het midden van de raai.

4.9 Opgelost silicium (fig. 13a t/m 13h)

a) raai 1, Schaar van Ouden Doel (fig. 13a, 13d, 13g, 13h)

Opgelost silicium (Si) was duidelijk in tegenfase met het getij, waaruit de herkomst vanuit de Schelde blijkt. Gedurende vrijwel de gehele getijcyclus (op halftij na hoogwater na) waren, tengevolge van de verticale zout-zoetgradiënt, de concentraties aan het oppervlak hoger dan bij de bodem. Maximaal was het verschil ca. 0,2 mg/l (fig. 13a).

Over de breedte waren de concentraties aan de linkeroever lager dan aan de rechteroever. Maximaal was het verschil ca. 0,5 mg/l. Deze verschillen waren het duidelijkst rond de laagwaterkentering. Hieruit kan afgeleid worden dat bij vloed opgelost silicium vrijwel gelijkmatig over de dwarsdoorsnede getransporteerd werd, terwijl tijdens eb het transport voornamelijk langs de rechteroever verliep (fig. 13d). Een en ander wordt nogmaals geïllustreerd door de isoconcentratiefiguren 13g (rond de hoogwaterkentering, weinig verschillen over de breedte) en 13h (rond de laagwaterkentering maximale verschillen over de breedte).

Het gemiddelde van de meetwaarden lag op 1,55 mg/l. Deze waarde werd het meest benaderd ca. 2 uur voor de laagwaterkentering in het midden van de raai over de gehele waterkolom.

Rond de laagwaterkentering bedroeg de gemiddelde concentratie opgelost silicium 1,79 mg/l. Deze concentratie werd het meest benaderd door de concentratie waargenomen in het midden van de raai halverwege de waterkolom.

b) raai 2, Schaar van Waarde (fig. 13b en 13e)

Het verloop van de concentratie opgelost silicium bij de Schaar van Waarde had, evenals bij de Schaar van Ouden Doel, een sinusvorm die in tegenfase was met het getij. De amplitude van deze sinus was echter veel kleiner (fig. 13b). In het algemeen waren de concentraties aan de linkeroever hoger dan aan de rechteroever ten gevolge van het stromingspatroon (par. 4.1) en de hogere concentraties in zoeter water (fig. 13e).

Het gemiddelde van de meetwaarden was 0,80 mg/l. Deze waarde werd het meest benadrukt ca. 2 uur voor de laagwaterkentering door alle bemonsterde punten en rond halftij na laagwater bij de rechteroever.

De gemiddelde concentratie rond laagwater bedroeg 0,88 mg/l. Deze concentratie werd het meest benaderd door de concentratie waargenomen aan de rechteroever en in het midden van de raai.

c) raai 3, Vlissingen (fig. 13c en 13f)

Evenals de voorgaande raaien had het verloop, in de concentratie opgelost silicium in de raai bij Vlissingen een sinusvorm die in tegenfase was met het getij. De amplitude van deze sinus was zeer gering.

Over de vertikaal waren nauwelijks concentratieverschillen waarneembaar (fig. 13c). Over de breedte van de raai kwamen tijdens de ebfase eveneens slechts geringe concentratieverschillen voor. Na de laagwaterkentering kwam hierin verandering, waarna aan de rechteroever lagere concentraties werden waargenomen dan op de overige bemonsterde punten (fig. 13f). Een verklaring voor deze variaties is dat de concentraties opgelost silicium van het langs de rechteroever binnenstromende zee-water lager waren dan van het Westerscheldewater.

Het gemiddelde van de meetwaarden bedroeg 0,32 mg/l. Deze waarde werd het meest benaderd van halftij na laagwater tot halftij na hoogwater door voornamelijk punten aan de linkeroever en het midden van de raai. Rond de laagwaterkentering bedroeg de gemiddelde concentratie opgelost silicium 0,39 mg/l. Deze concentratie werd door alle bemonsterde punten evenveel benaderd.

4.10 Ammoniumstikstof ($\text{NH}_4\text{-N}$, fig. 14a t/m 14j)

a) raai 1, Schaar van Ouden Doel (fig. 14a, 14d, 14g en 14h)

De $\text{NH}_4\text{-N}$ concentratie was duidelijk in tegenfase met het getij als gevolg van de hogere concentraties in het Scheldewater. Gedurende vrijwel de gehele getijcyclus waren de concentraties aan het oppervlak hoger dan bij de bodem als gevolg van de verticale zoutgradiënt. De verschillen konden oplopen tot maximaal ca. 0,5 mg/l rond halftij na laagwater. De verschillen waren minimaal rond halftij na hoogwater (fig. 14a).

In de vloedfase kwamen over de breedte slechts weinig verschillen voor. Na de hoogwaterkentering kwam hierin verandering zodat rond de laagwaterkentering aan de rechteroever concentraties konden voorkomen die het dubbele waren van de concentraties aan de linkeroever (fig. 14d). Dit gedrag kan verklaard worden met het in par. 4.1 geschetste stromingspatroon. Een invloed van lozingen van langs de rechteroever gelegen industriën kon niet worden waargenomen. De isoconcentratiefiguren 14g en 14h geven resp. een beeld van de $\text{NH}_4\text{-N}$ verdeling rond de hoogwaterkentering (gelaagdheid met minimale verschillen over de breedte) en rond de laagwaterkentering (gelaagd met maximale verschillen over de breedte).

Het gemiddelde van de meetwaarden lag op 0,4 mg/l. Deze waarde werd het meest benaderd ca. 2 uur voor de laagwaterkentering in het midden van de raai bij de bodem en ca. 2 uur na laagwater aan de linkeroever van de raai bij de bodem.

Rond de laagwaterkentering bedroeg de gemiddelde concentratie 0,63 mg/l. Deze concentratie werd het meest benaderd door de concentratie waargenomen bij de bodem in het midden van de raai.

b) raai 2, Schaar van Waarde (fig. 14b en 14e)

Het verloop in de $\text{NH}_4\text{-N}$ concentratie bij de Schaar van Waarde verschilde sterk van dat bij de Schaar van Ouden Doel. Er was nauwelijks een sinusvorm herkenbaar. Enkel rond de laagwaterkentering trad er een geringe concentratieverhoging op van enkele hondersten mg/l (fig. 14b). Daar deze verhoging over de gehele breedte van de raai voorkwam en nog wel het geringst was aan de rechteroever (fig. 14e), kan deze niet worden toegeschreven aan de ca. 1,5 km stroomopwaarts gelegen uitmonding van de afvalwaterpersleidingen bij Waarde, maar moet de oorzaak gezocht worden in de invloed van de Schelde. Uit fig. 14e blijkt verder dat gedurende de gehele getijcyclus nauwelijks concentratieverschillen over de breedte voorkwamen.

Het gemiddelde van de waarnemingen lag op 0,11 mg/l. Deze waarde werd het meest benadrukt rond halftij na laagwater door alle bemonsterde punten en rond halftij na hoogwater aan de linkeroever.

Rond de laagwaterkentering bedroeg de gemiddelde $\text{NH}_4\text{-N}$ concentratie 0,15 mg/l. Deze concentratie werd het meest benaderd door de concentratie waargenomen aan de linkeroever van de raai.

c) raai 3, Vlissingen (fig. 14c, 14f, 14i en 14j)

Evenals in de raai bij de Schaar van Waarde was er in het verloop van de $\text{NH}_4\text{-N}$ concentratie in de raai bij Vlissingen nauwelijks een sinusvorm herkenbaar. Rond de laagwaterkentering kwamen bij de bodem hogere $\text{NH}_4\text{-N}$ concentraties voor dan aan het oppervlak (fig. 14c). Uit fig. 14 blijkt dat rond de laagwaterkentering, ten opzichte van de linkeroever en het midden van de raai, aan de rechteroever hogere concentraties voorkwamen. Uit de combinatie van de figuren 14c en 14 f (zie ook fig. 14i) kan worden afgeleid dat deze hogere concentraties werden veroorzaakt door een toename van de $\text{NH}_4\text{-N}$ concentratie bij de bodem aan de rechteroever. Niet duidelijk is of dit kan worden toegeschreven aan de lozingen van ongezuiverd afvalwater bij Vlissingen.

Het voorgaande wordt enigszins verduidelijkt met de isoconcentratieprofielen fig. 14i ($\text{NH}_4\text{-N}$ verdeling rond laagwater, tijdstip 2, met maximale verschillen over de doorsnede) en fig. 14j ($\text{NH}_4\text{-N}$ rond hoogwater, tijdstip 5, met minimale verschillen over de dwarsdoorsnede).

Het gemiddelde van de meetwaarden ligt op 0,15 mg/l. Deze waarde werd het meest benaderd ca. 2 uur voor de hoogwaterkentering aan het oppervlak in het midden en aan de linkeroever bij de bodem, rond de hoogwaterkentering door alle bemonsterde punten en ca. 2 uur na de hoogwaterkentering aan de linker- en rechteroever bij de bodem. Rond de laagwaterkentering bedroeg de gemiddelde concentratie 0,17 mg/l. Deze concentratie werd door alle bemonsterde punten evenveel benaderd.

4.11 Organisch gebonden stikstof (fig. 15a t/m 15f)

Organisch gebonden stikstof is gedefinieerd als het verschil van de parameters kjeldahlstikstof (kj-d-N) en $\text{NH}_4\text{-N}$.

a) raai 1, Schaar van Ouden Doel

De concentratie organisch gebonden stikstof was enigszins in tegenfase met de getijdebeweging. Over de vertikaal kwamen, behalve rond de laagwaterkentering, nauwelijks verschillen voor.

Aan de rechteroever was de concentratie organisch gebonden stikstof gedurende de gehele getijcyclus het hoogst. Dat kan verklaard worden uit het stromingspatroon waarbij langs de linkeroever voornamelijk Westerscheldewater met lagere en langs de rechteroever voornamelijk Scheldewater met hogere concentraties organisch gebonden stikstof stroomt.

Rond de laagwaterkentering was er een sterke toename van de concentratie organisch gebonden stikstof aan de rechteroever van de raai bij de bodem.

De belangrijkste oorzaak van deze stijging zijn waarschijnlijk de werkzaamheden van de "slibtrekkers" geweest, waardoor veel organisch gebonden stikstof in suspensie ging. Een invloed van lozingen werd niet waargenomen.

Het gemiddelde van de meetwaarde lag op 0,71 mg/l. Deze waarde werd het meest benaderd ca. 2 uur voor de laagwaterkentering door alle meetwaarden en rond de laagwaterkentering aan het oppervlak aan de linkeroever van de raai.

De gemiddelde concentratie organisch gebonden stikstof bedroeg rond de laagwaterkentering 1,23 mg/l. Deze waarde kwam het meest overeen met de concentratie waargenomen halverwege de waterkolom in het midden van de raai.

b) raai 2, Schaar van Waarde (fig. 15b en 15e)

In de raai bij de Schaar van Waarde had de concentratie organisch gebonden stikstof vrijwel geen relatie met de getijdebeweging. Gedurende de duur van de metingen lagen de concentraties op hetzelfde niveau, zij het dat na de hoogwaterkentering de concentratie in het midden van de raai enigszins steeg. De verklaring hiervoor is niet duidelijk.

Het gemiddelde van de waarnemingen lag op 0,40 mg/l. Deze waarde werd het meest benaderd rond halftij voor en na de laagwaterkentering, voornamelijk in het midden van de raai.

Rond de laagwaterkentering bedroeg de gemiddelde concentratie organisch gebonden stikstof 0,39 mg/l. Deze waarde werd het meest benaderd in het midden van de raai.

c) raai 3, Vlissingen

De concentratie organisch gebonden stikstof had vrijwel geen relatie met de getijdebeweging. Rond de laagwaterkentering waren de concentratieverschillen over een dwarsdoorsnede het kleinst en rond de hoogwaterkentering het grootst. Hierbij waren gedurende de gehele duur van de metingen de concentraties aan de linkeroever bij de bodem het hoogst. Deze concentratieverdeling komt grotendeels overeen met die van de zwevende stof. Tijdens de ebstroom werden concentraties waargenomen die vele malen groter waren dan tijdens de vloedstroom. Dit doet vermoeden dat er een netto transport de Westerschelde uit was. (zie ook hoofdstuk 6). In tegenstelling tot de Schaar van Onder Doel en de Schaar van Waarde was er bij Vlissingen meer overeenkomst in de concentraties zwevende stof en organisch gebonden stikstof. Het gemiddelde van de waarnemingen lag op 0,41 mg/l. Deze waarde werd het meest benaderd ca. 2 uur na laagwater aan het oppervlak bij de rechteroever van de raai.

Rond de laagwaterkentering bedroeg de gemiddelde concentratie 0,34 mg/l. Deze waarde kwam het meest overeen met de concentratie waargenomen bij de bodem aan de rechteroever van de raai.

4.12 Nitraatstikstof ($\text{NO}_3\text{-N}$, fig 16a t/m 16f)

a) raai 1, Schaar van Ouden Doel (fig 16a en 16d)

De $\text{NO}_3\text{-N}$ concentratie was, evenals de $\text{NH}_4\text{-N}$ concentratie, in tegenfase met het getij ten gevolge van de hogere concentraties in het Scheldewater. Gedurende vrijwel de gehele getijcyclus waren de concentraties aan het oppervlak hoger dan bij de bodem. Dit kan verklaard worden uit de verticale gradiënt van Schelde- en Westerscheldewater. De verschillen liepen op tot maximaal 0,4 mg/l rond de hoogwaterkentering (fig 16a) en waren rond halftij na hoogwater het geringst.

De concentraties aan de linkeroever waren gedurende de gehele getijcyclus het laagst en aan de rechteroever het hoogst. De verschillen liepen op tot maximaal 0,4 mg/l (fig 16d). Dit gedrag kan verklaard worden uit het in par. 4.1. geschetste stromingsbeeld. Een invloed van lozingen van langs de rechteroever gelegen industriën werd niet waargenomen.

Het gemiddelde van de waargenomen gehalten lag op 3,40 mg/l.

Deze waarde werd het meest benaderd ca. 2 uur voor de hoogwaterkentering door alle bemonsterde punten en van ca. 2 uur tot ca. 2 uur na laagwater aan de linkeroever bij de bodem.

Rond de laagwaterkentering bedroeg de gemiddelde $\text{NO}_3\text{-N}$ concentratie 3,54 mg/l. Deze waarde werd het meest benaderd door de concentraties waargenomen bij de bodem aan de linkeroever van de raai.

b) raai 2, Schaar van Waarde (fig 16b en 16e)

Evenals in de raai bij de Schaar van Ouden Doel was de $\text{NO}_3\text{-N}$ concentratie in de raai bij de Schaar van Waarde in tegenfase met het getij (fig 16b). Opvallend is dat de amplitude ongeveer het dubbele is van de amplitude aan de Belgisch-Nederlandse grens, terwijl de waargenomen concentraties lager waren. Dit houdt in dat ondanks de verdunning op

het traject Schaar van Ouden Doel-Schaar van Waarde de concentratieverschillen tussen hoog- en laagwater zijn toegenomen. Een verklaring is de (verdergaande) nitrifikatie op dit traject (lit. 6). Zonder verdunning zouden de $\text{NO}_3\text{-N}$ concentraties zijn toegenomen, terwijl er vrijwel geen amplitude zou zijn. Het gevolg van verdunning én nitrifikatie was echter een daling van de concentratie $\text{NO}_3\text{-N}$ maar een toename van de concentratieverschillen op hoog en laagwater. Een invloed van de afvalwaterpersleiding waarde werd niet waargenomen.

Gedurende vrijwel de gehele getijcyclus waren de $\text{NO}_3\text{-N}$ concentraties aan de linkeroever het hoogst en aan de rechteroever het laagst. Het verschil bedroeg maximaal 0,2 mg/l (fig 16e). Dit gedrag kan verklaard worden uit het stromingspatroon (par. 4.1.)

Het gemiddelde van de meetwaarden lag op 2,04 mg/l. Deze waarde werd het meest benaderd ca. 2 uur voor de laagwaterkentering (midden van de raai) en rond halftij na laagwater aan de linker- en rechteroever van de raai.

Rond de laagwaterkentering bedroeg de gemiddelde $\text{NO}_3\text{-N}$ concentratie 2,30 mg/l. Deze concentratie kwam het meest overeen met de concentratie waargenomen in het midden van de raai.

c) raai 3, Vlissingen (fig 16c, 16f)

Ook bij Vlissingen was de $\text{NO}_3\text{-N}$ concentratie in tegenfase met het getij.

De sinusvorm had echter een amplitude die kleiner was dan in de raaien bij de Schaar van Ouden Doel en de Schaar van Waarde. Dit werd veroorzaakt door de verdunning met zeewater (uitdemping) terwijl vrijwel geen nitrifikatie meer plaatsvond.

Gedurende vrijwel de gehele getijcyclus kwamen er over de vertikaal nauwelijks concentratieverschillen voor. Over de breedte van de raai bleken gedurende de gehele getijcyclus de concentraties aan de rechteroever het laagst te zijn. De verschillen tussen de concentraties aan de rechteroever en de linkeroever waren maximaal rond de laagwaterkentering (ca. 0,3 mg/l, fig 16f) en kunnen verklaard worden uit het in par. 4.1. geschetste stromingspatroon.

Het gemiddelde van de meetwaarden lag op 0,46 mg/l. Deze waarde werd het meest benaderd rond de hoogwaterkentering in het midden van de

raai aan het oppervlak en rond halftij na hoogwater aan de rechteroever bij de bodem.

Rond de laagwaterkentering bedroeg de gemiddelde $\text{NO}_3\text{-N}$ concentratie 0,65 mg/l. Deze concentratie werd op alle bemonsterde punten evenveel benaderd.

4.13 Orthofosfaat ($\text{O-PO}_4\text{-P}$, fig 12a t/m 17h)

a) raai 1, Schaar van Ouden Doel (fig 17a en 17d)

De $\text{O-PO}_4\text{-P}$ concentratie was in tegenfase met het getij als gevolg van de hoge concentraties in het Scheldewater. Rond de hoog- en laagwaterkentering waren de concentraties aan het oppervlak duidelijk hoger dan bij de bodem als gevolg van de verticale gradiënt van het Schelde- en Westerscheldewater. De verschillen konden oplopen tot maximaal 0,12 mg/l (fig 17a).

Gedurende vrijwel de gehele getijcyclus waren de concentraties aan de linkeroever lager dan aan de rechteroever. Dit kan worden verklaard uit het in par. 4.1. geschetste stromingspatroon waarbij tijdens opkomend tij het grootste deel van het transport langs de linkeroever verliep en tijdens afgaand tij langs de rechteroever. De verschillen waren maximaal 0,08 mg/l (fig 17d). Een invloed van lozingen van industriën langs de rechteroever werd niet waargenomen.

Het gemiddelde van de meetwaarden lag op 0,67 mg/l. Deze waarde werd het meest benaderd rond halftij na hoogwater aan de linkeroever en het midden van de raai; hierbij waren nauwelijks concentratieverschillen aanwezig over de vertikaal. Rond de laagwaterkentering bedroeg de gemiddelde $\text{O-PO}_4\text{-P}$ concentratie 0,72 mg/l. Deze waarde werd het meest benaderd door de concentratie waargenomen in het midden van de raai halverwege de waterkolom.

b) raai 2, Schaar van Waarde (fig 17b en 17e)

Evenals in de raai bij de Schaar van Ouden Doel waren de $\text{O-PO}_4\text{-P}$ concentraties in de raai bij de Schaar van Waarde in tegenfase met het getij. Ook de amplituden van de concentraties als functie van de tijd (ca. 0,08 mg/l) kwamen overeen, terwijl het concentratieniveau gedaald

was. Dit houdt in dat ondanks de verdunning op het traject Schaar van Ouden Doel-Schaar van Waarde de concentratieverschillen gelijk zijn gebleven. Enkel door verdunning kon dit niet plaatsvinden omdat dan naast een daling van het concentratieniveau ook de concentratieverschillen kleiner zouden worden. De oorzaak moet daarom worden gezocht in lozingen en/of desorptieprocessen op dit traject.

Gedurende vrijwel de gehele getijcyclus waren de $O-PO_4-P$ concentraties aan de linkeroever hoger dan op de overige bemonsterde punten.

De verschillen in concentratie tussen de linkeroever- en de rechteroever bedroegen maximaal 0,04 mg/l (fig 17e). Deze verschillen kunnen verklaard worden uit het stromingspatroon (par. 4.1.).

Het gemiddelde van de meetwaarden lag op 0,41 mg/l. Deze waarde werd het meest benaderd ca. 2 uur vor de laagwaterkentering en rond halftij na laagwater aan de linkeroever van de raai.

Rond de laagwaterkentering bedroeg de gemiddelde $O-PO_4-P$ concentratie 0,46 mg/l. Deze concentratie kwam het meest overeen met de concentraties waargenomen in het midden en aan de rechteroever van de raai.

c) raai 3, Vlissingen (fig 17c, 17f, 17g en 17h)

Het verloop van de $O-PO_4-P$ concentratie in de raai bij Vlissingen was, evenals de overige raaien, in tegenfase met het getij. Als gevolg van de grote verdunning met zeewater had de sinusvorm een geringe amplitude (ca. 0,03 mg/l).

Gedurende vrijwel de gehele getijcyclus waren de concentraties bij de bodem iets lager (ca. 0,01 mg/l) dan aan het oppervlak als gevolg van de verticale gradiënt van Westerschelde- en zeewater (fig 17c).

Over de breedte van de raai kwamen eveneens concentratieverschillen voor. Gedurende vrijwel de gehele getijcyclus waren de concentraties aan de rechteroever lager dan in het midden en aan de linkeroever van de raai. Deze verschillen kunnen worden verklaard uit het stromingspatroon. De isoconcentratiefiguren 17g en 17h geven een beeld van de $O-PO_4-P$ concentratieverdeling resp. rond laagwater tijdstip 2, met minimale concentratieverschillen over de dwarsdoorsnede) en rond halftij na laagwater (tijdstip 4, met maximale concentratieverschillen over de dwarsdoorsnede).

Het gemiddelde van de meetwaarden lag op 0,12 mg/l. Deze waarde werd

het meest benaderd van ca. 2 uur na de laagwaterkentering tot ca. 2 uur na de hoogwaterkentering door de punten aan het oppvlak in het midden en aan de linkeroever van de raai.

Rond de laagwaterkentering bedroeg de gemiddelde $\text{o-PO}_4\text{-P}$ concentratie 0,15 mg/l. Deze waarde werd door alle bemonsterde punten evenveel benaderd.

4.14 Particulair gebonden fosfaat (part. P, fig. 18a t/m 18d)

Part. P is gedefinieerd als het verschil van totaal fosfaat ($\text{t-PO}_4\text{-P}$) en $\text{o-PO}_4\text{-P}$.

a) raai 1, Schaar van Ouden Doel (fig. 18 a en 18d)

Het verloop van de concentratie part. P vertoonde veel overeenkomst met dat van de concentratie zwevende stof. Dit wordt veroorzaakt doordat part. P voornamelijk gehecht aan de zwevende stof voorkomt. Het verloop van de concentratie part. P had weinig overeenkomst met het getij. Over de vertikaal kwam een duidelijke gradiënt voor met bij de bodem de hoogste concentraties. Rond de laagwaterkentering kwamen bij de bodem aan de rechteroever sterk verhoogde concentraties voor, wat zeer waarschijnlijk verband hield met de werkzaamheden van de "slibtrekkers". Een invloed van lozingen werd niet waargenomen. Evenals bij de zwevende stof kwamen rond halftij na hoogwater over de gehele dwarsdoorsnede nauwelijks verschillen voor.

Het gemiddelde van de metingen lag op 0,24 mg/l. Deze waarde kwam het meest overeen met de concentraties waargenomen ca. 2 uur voor hoogwaterkentering bij de bodem aan de rechteroever van de raai en rond laagwaterkentering in het midden van de raai halverwege de waterkolom. Rond de laagwaterkentering bedroeg de gemiddelde concentratie part. P 0,51 mg/l. Hoewel met een groot verschil (ca. 0,3 mg/l) werd deze waarde het meest benaderd door de concentratie waargenomen in het midden van de raai halverwege de waterkolom.

b) raai 2, Schaar van Waarde (fig 18b en 18e)

Evenals in de raai bij de Schaar van Onder Doel bleek ook in de raai bij de Schaar van Waarde overeenkomst tussen het verloop in de concentraties part. P en zwevende stof. Uit fig. 18e blijkt een geringe variatie in de part. P concentraties, waarbij rond de laagwaterkentering enkele uren voor de hoogwaterkentering de laagste concentraties werden waargenomen.

Het gemiddelde van de metingen lag op 0,08 mg/l. Deze waarde werd het meest benaderd rond de laagwaterkentering door alle bemonsterde punten en rond de hoogwaterkentering door het punt aan de rechteroever.

Rond de laagwaterkentering bedroeg de gemiddelde concentratie 0,07 mg/l. Deze concentratie werd door alle bemonsterde punten evenveel benaderd.

c) raai 3, Vlissingen (fig. 18c en 18 f)

Door de grote overeenkomst met de zwevende stofconcentratie was het verloop in de part. P concentratie in de raai bij Vlissingen grillig. De concentraties bij de bodem konden in de vloedfase aanmerkelijk hoger worden dan de concentraties aan het oppervlak (fig. 18c), terwijl vanaf de hoogwaterkentering aan de linkeroever sterk verhoogde concentraties konden voorkomen (fig. 18f). Enkel bij de bodem blijkt een geringe afhankelijkheid van de getijdebeweging.

Vanwege de grote verschillen in de eb- en vloedstroom bestaat ook hier weer het vermoeden dat er een netto transport van part. P in zee- waartse richting bestond (zie ook hoofdstuk 6).

Het gemiddelde van de metingen lag op 0,18 mg/l. Deze waarde werd het meest benaderd door de concentratie part. P waargenomen rond de laagwaterkentering aan de linkeroever van de raai bij de bodem. Rond de laagwaterkentering bedroeg de gemiddelde concentratie 0,14 mg/l wat het meest overeen kwam met de concentratie waargenomen aan het oppervlak aan de rechteroever van de raai.

4.15 Fluoride (fig. 19a en 19b)

Fluoride is enkel in de raai bij de Schaar van Ouden Doel geanalyseerd in de oppervlaktemonsters.

Het concentratieverloop is grillig en vertoont geen overeenkomst met de getijdebeweging. Uit fig. 19a blijkt dat gemiddeld over het oppervlak de fluorideconcentratie een stijgend verloop had. Met het in par. 4.1. geschetste stromingspatroon zouden, vanwege de hogere concentraties in zout water, aan de linkeroever de hoogste fluoride concentraties verwacht mogen worden. Uit fig. 19b, blijkt echter dat aan de linkeroever in het algemeen de laagste fluorideconcentraties voorkwamen. Te zamen met het gemiddeld stijgende concentratieverloop duidt dit op de aanwezigheid van fluoridelozingen vanaf de rechter oever. Op grond van de natuurlijke fluoride/chloride concentratieverhouding van ca. $6,75 \cdot 10^{-5}$ (lit. 2) en aannemende dat de natuurlijke fluorideconcentratie in de Schelde verwaarloosbaar is, zou bij de Schaar van Ouden Doel (aan het oppervlak van de raai) een fluorideconcentratie van 0,53-0,58 mg/l verwacht worden. De waargenomen concentraties zijn op grond van deze natuurlijke verhouding ca. een faktor 4 verhoogd. Het gemiddelde van de waarnemingen lag op 2,16 mg/l. Deze waarde werd het meest benaderd rond de hoogwaterkentering en van ca. 2 uur voor tot ca. 2 uur na de laagwaterkentering aan de linkeroever van de raai. Rond de laagwaterkentering bedroeg de gemiddelde fluorideconcentratie 2,14 mg/l. Deze concentratie kwam het meest overeen met de concentraties waargenomen aan de rechteroever en het midden van de raai.

4.16 Totale α -aktiviteit (fig. 20a en 20b)

De totale α -aktiviteit geeft de α -aktiviteit weer van alle in het water aanwezige stoffen. De totale α -aktiviteit werd enkel in de raai bij de Schaar van Ouden Doel in de oppervlaktemonsters bepaald.

Het verloop van de totale α -aktiviteit had vrijwel geen overeenkomst met de getijdebeweging (fig 19a). De voornaamste oorzaak was het geringe verschil tussen de totale α -aktiviteit van het Schelde- en Westerscheldewater (lit. 3). Uit fig. 19b blijkt het verloop van de totale α -aktiviteit aan de rechteroever vrijwel tegengesteld te zijn

aan het verloop aan de linkeroever en in het midden van de raai. Mogelijk hebben lozingen vanaf de rechteroever een rol gespeeld (als belangrijkste bronnen gelden fosfaat- en kunstmestindustriën). Het gemiddelde van de meetwaarden lag op 212 Bq/m^3 . Deze waarde werd het meest benaderd ca. 2 uur na hoogwater aan de rechteroever en in het midden van de raai.

Rond de laagwaterkentering bedroeg de gemiddelde totale α -aktiviteit 206 Bq/m^3 . Deze aktiviteit kwam het meest overeen met de aktiviteit waargenomen aan de linkeroever en het midden van de raai.

4.17 β -restaktiviteit (fig. 21a en 21b)

De β -restaktiviteit bestaat uit de β -aktiviteit van alle in het water aanwezige stoffen exclusief het in zout water van nature rijkelijk aanwezige ^{40}K . Doordat de bepaling berust op indamping is de β -aktiviteit van tritium (getritieerd water) eveneens niet in de β -restaktiviteit opgenomen. De β -restaktiviteit werd alleen bepaald in de oppervlakte monsters in de raai bij de Schaar van Ouden Doel. Evenals de totale α -aktiviteit had de β -restaktiviteit weinig overeenkomst met de getijdebeweging omdat van nature de β -restaktiviteit van Schelde- en Westerscheldewater weinig verschillen (fig. 20a, lit. 3). Over de breedte van de raai kwamen echter duidelijke verschillen voor, waarbij aan de rechteroever een vrijwel tegengesteld verloop werd waargenomen in vergelijking tot de overige bemonsterde punten. Mogelijk hebben lozingen een rol gespeeld. (Bronnen zijn onder andere de fosfaat- en kunstmestindustriën). Het gemiddelde van de waarnemingen lag op 163 Bq/m^3 . Deze waarde werd het meest benaderd rond de hoogwaterkentering aan de rechteroever en ca. 2 uur na de hoogwaterkentering in het midden van de raai.

Rond de laagwaterkentering bedroeg de gemiddelde β -restaktiviteit 169 Bq/m^3 . Deze waarde kwam het meest overeen met de β -restaktiviteit waargenomen in het midden van de raai.

5. Beschouwing omtrent de ligging van de huidige routine bemonsteringspunten

De aan het oppervlak bemonsterde punten B, D en H komen resp. overeen met de door Rijkswaterstaat bemonsterde routinepunten Schaar van Ouden Doel, Zuidergat en Vlissingen. De routinepunten worden rond de laagwaterkentering 0,5 m onder het wateroppervlak bemonsterd, waarmee een beeld van de minimale waterkwaliteit in de Westerschelde wordt verkregen (lit. 3, 6, 8).

Ter discussie kan worden gesteld of het bepalen van de minimale waterkwaliteit in een getijdegebied een juiste doelstelling is. Als doelstelling zou bijvoorbeeld ook het bepalen van de gemiddelde waterkwaliteit opgevoerd kunnen worden, wat inhoudt dat op een ander tijdstip in de getijdencyclus bemonsterd zou moeten worden.

Uit het oogpunt van het bepalen van trends in de tijd is het af te raden in een andere getijfase te bemonsteren. Het is dan namelijk niet meer mogelijk met de thans bestaande reeksen meetgegevens en de dan te verkrijgen gegevens uit een andere getijfase een continue reeks te creëren. Te overwegen valt echter om de dan verkregen discontinuïteit met berekeningen te corrigeren.

Uit het dwarsraaionderzoek komt naar voren dat rond de laagwaterkentering concentratieverschillen in een raai voorkomen. Per stof en per raai variëren de grootte van de verschillen. De tabellen 2 t/m 4 geven hiervan een overzicht voor de onderzochte raaien.

De 1e kolom in deze tabellen geeft de meetwaarden van het routinepunt (oppervlak) in de bemonsterde raaien. De 2e kolom geeft de procentuele analysefout van deze waarden weer. In de 3e kolom zijn de gemiddelden van de 3 aan het oppervlak gelegen punten gegeven met in de 4e kolom de procentuele afwijking ten opzichte van de meetwaarde van het enkele routinepunt. In de 5e kolom zijn de gemiddelden van de 9 (Schaar van Ouden Doel) resp. 5 (Vlissingen) in de dwarsdoorsnede gelegen punten weergegeven met in de 6e kolom de procentuele afwijking ten opzichte van de meetwaarde van het enkele routinepunt. In de 7e kolom tenslotte is de procentuele afwijking van het gemiddelde over de gehele dwarsdoorsnede ten opzichte van het gemiddelde van de enkel aan het oppervlak gelegen punten gegeven.

Uit de tabellen blijkt dat voornamelijk O₂ en de parameters die in

verband staan met de in het water aanwezige vaste fraktie (zwevende stof, org. N en part. P) via enkel bemonstering aan het oppervlak een vrij onnauwkeurige benadering geven van de concentraties in de dwarsdoorsnede. Verwacht mag worden dat dit eveneens geldt voor de concentraties organische en anorganische mikroverontreinigingen omdat deze in zekere mate aan de zwevende stof gebonden voorkomen.

Daarentegen komt uit het dwarsraai-onderzoek naar voren dat het meer verontreinigde zoete water meer bovenaan de waterkolom voorkomt en het schonere zeewater meer onderaan de waterkolom. Het routine-onderzoek geeft hierdoor een redelijk beeld van de minst gunstige waterkwaliteit ten aanzien van de opgeloste stoffen.

Tenslotte geeft tabel 5 een overzicht van de posities in de dwarsdoorsneden waar de gemiddelde waterkwaliteit per parameter rond de laagwaterkentering het meest benaderd wordt gedurende de metingen in het najaar van 1982. Uit deze tabel kan afgeleid worden dat de gemiddelde waterkwaliteit rond de laagwaterkentering gedurende deze metingen voor alle onderzochte parameters in de raai bij de Schaar van Ouden Doel het meest benaderd wordt door het punt in het midden van de raai halverwege de waterkolom. Bij de Schaar van Waarde (enkel oppervlaktebemonstering) komt hiervoor het punt in het midden van de raai het meest in aanmerking en bij Vlissingen het punt aan het oppervlak aan de rechteroever van de raai.

Op grond van dit eenmalige dwarsraai-onderzoek - bij een lage Schelde-afvoer - is het niet mogelijk verdere conclusies te trekken over de representativiteit van oppervlaktebemonsteringen voor de waterkwaliteit in een dwarsdoorsnede. De getijdebeweging, wind, dichtheden en rivierafvoer zijn aan dermate grote wisselingen onderhevig dat het overigens te betwijfelen is of er een punt in de dwarsdoorsnede aangegeven kan worden als representatief voor de waterkwaliteit in de dwarsdoorsnede onder alle omstandigheden.

Tabel 2. Schatting van afwijkingen bij bemonstering over de breedte (3 oppervlaktepunten) en over de dwarsdoorsnede (9 punten) ten opzichte van de huidige routine bemonstering in de raai bij Schaar van Ouden Doel.
Bemonstering 28-9-1982, Scheldeafvoer 53 m³/s te Schaar van Ouden Doel.

	1 routinepunt (huidige situatie)		gemiddelde van 3 oppervlaktepunten over de breedte		gemiddelde van 9 punten verdeeld over de dwarsdoorsnede		
	meetwaarde	meetfout	meetwaarde	afwijking t.o.v. 1 routinepunt	meetwaarde	afwijking t.o.v. 1 routinepunt	afwijking t.o.v. 3 oppervlaktepunten over de breedte
chloride (mg/l)	8100	1,2%	7967	-1,6%	8200	1,2%	2,9%
temperatuur (°C)	18,00	0,04%	18,07	0,02%	18,10	0,03%	0,01%
O ₂ (mg/l)	3,90	2,6%	4,47	-14,6%	4,82	23,6%	7,8%
zwevende stof (mg/l)	16,6	0,6%	14,0	-15,8%	31,1	87,3%	122,1%
gloeirest (%)	59,0	0,2%	62,3	5,6%	68,3	15,8%	9,6%
TOC (mg/l)	8,20	2,4%	7,87	-4,0%	8,61	5,0%	9,4%
opg.Si (mg/l)	1,90	0,3%	1,87	-1,6%	1,79	-5,8%	-4,3%
NH ₄ -N (mg/l)	0,61	0,5%	0,68	11,5%	0,63	3,3%	-7,4%
NO ₃ -N (mg/l)	3,61	0,08%	3,60	-0,3%	3,54	-1,9%	-1,7%
org.-N (mg/l)	0,69	1,9%	0,69	0%	1,23	78,3%	15,0%
o-PO ₄ -P (mg/l)	0,71	0,4%	0,74	4,2%	0,72	1,4%	-2,7%
part. P (mg/l)	0,16	8,1%	0,16	0%	0,52	225%	225%
pH (i.e.)	7,40	0,1%	7,43	0,4%	7,44	0,5%	0,1%
β-restactiviteit (Bq/m ₃)	155	9,7%	169	9,0%			
tot α-activiteit (Bq/m ₃)	193	7,8%	206	6,7%			
F (mg/l)	2,20	4,5%	2,19	-0,5%			

Tabel 3. Schatting van afwijkingen bij bemonstering over de breedte (3 oppervlakte punten) ten opzichte van de huidige routinematige bemonstering rond de laagwaterkentering in de raai bij de Schaar van Waarde.
Bemonstering: 30-9-1982. Scheldeafvoer: ca. 50m³/s.

	1 routinepunt (huidige situatie)		gemiddelde van 3 oppervlaktepunten over de breedte	
	meetwaarde	meetfout	meetwaarde	afwijking t.o.v. 1 routinepunt
chloride (mg/l)	11700	0,9%	12000	2,6%
temperatuur (°C)	17,0	0,03%	17,0	0%
O ₂ (mg/l)	7,0	1,4%	7,0	0%
zwevende stof (mg/l)	-	-	-	-
gloeirest (%)	-	-	90,2	-
TOC (mg/l)	6,3	3,2%	6,6	-4,8%
opg Si (mg/l)	0,96	0,6%	0,88	-8,3%
NH ₄ -N (mg/l)	0,15	2%	0,15	0%
NO ₃ -N (mg/l)	2,42	0,4%	2,30	-5,0%
Org-N (mg/l)	0,35	14,3%	0,39	11,4%
o-PO ₄ -P (mg/l)	0,48	0,6%	0,46	4,2%
part.P (mg/l)	0,06	16,7%	0,07	16,7%
pH(s.e.)	7,80	12,8%	7,80	0%

Tabel 4. Schatting van afwijkingen bij bemonstering over de breedte (3 oppervlakte punten) en over de dwarsdoorsnede (5 punten) ten opzichte van de huidige routinematige bemonstering rond de laagwaterkentering in de raai bij Vlissingen.
Bemonstering: 5-10-1982. Scheldeafvoer: ca. 50m³/s.

	1 routinepunt (huidige situatie)		gemiddelde van 3 oppervlakte punten over de breedte		gemiddelde van 5 punten verdeeld over de dwarsdoorsnede		
	meetwaarde	meetfout	meet- waarde	afwijking t.o.v. 1 routinepunt	meetwaarde	afwijking t.o.v. 1 routinepunt	afwijking t.o.v. 3 oppervlakte- punten over de breedte
chloride (mg/l)	16800	0,6%	16800	0%	16877	0,5%	0,5%
temperatuur (°C)	16,20	0,03%	16,17	-0,01%	16,08	-0,04%	-9,03%
O ₂ (mg/l)	6,80	1,5%	6,77	-0,4%	6,75	-0,7%	-0,3%
zwevende stof (mg/l)	22,1	0,5%	38,0	71,9%	52,0	135,3%	36,8%
gloeirest (%)	75,0	0,1%	80,7	7,6%	80,8	7,7%	0,1%
TOC (mg/l)	5,10	3,9%	5,30	3,9%	5,25	2,9%	-0,9%
opg.Si (mg/l)	0,40	1,5%	0,40	0%	0,39	-2,5%	-2,5%
NH ₄ -N (mg/l)	0,12	2,5%	0,13	8,3%	0,17	41,7%	-30,8%
NO ₃ -N (mg/l)	0,70	0,4%	0,68	-2,9%	0,65	-7,1%	-4,4%
org.-N (mg/l)	0,18	7,2%	0,30	66,7%	0,31	72,2%	3,3%
o-PO ₄ -P (mg/l)	0,16	1,9%	0,16	0%	0,15	-6,3%	6,3%
part. P (mg/l)	0,08	16,3%	0,11	37,5%	0,15	87,5%	36,4%
pH (s.e.)	7,90	0,1%	7,90	0%	7,90	0%	0%

Tabel 5. Overzicht van posities in de dwarsdoorsneden waar de gemiddelde waterkwaliteit rond de laagwaterkentering het meest benaderd wordt. Voor verklaring, zie figuren 1 t/m 4.
Bemonsteringen: 28-9, 30-9 en 10-5-1982. Scheldeafvoer ca. 50 m³/s.

	Schaar van Ouden Doel	Schaar van Waarde (enkel oppervlak)	Vlissingen
Chloride	Punt B, oppervlak	Punt E	Punt H,I; oppervlak
Temperatuur	Punt A, oppervlak	Punt D, E, F.	Punt G,I; oppervlak en bodem
O ₂	Punt A, halve diepte	Punt D	Punt G, oppervlak en bodem
Zwevende stof	Punt B, halve diepte	Punt D, E, F.	Punt I, oppervlak
Gloeirest	Punt A, halve diepte	-	Punt G, oppervlak
TOC	Punt B, halve diepte	Punt D	Punt H, oppervlak
opg Si	Punt B, halve diepte	Punt E, F.	Punt G, H, I; oppervlak en bodem
NH ₄ -N	Punt B, bodem	Punt D	Punt G, H, I; oppervlak en bodem
org-N	Punt B, halve diepte	Punt E	Punt I, bodem
NO ₃ -N	Punt A, bodem	Punt E	Punt G,H,I; oppervlak en bodem
o-PO ₄ -P	Punt B, halve diepte	Punt E, F	Punt G,H,I; oppervlak en bodem
part-P	Punt B, halve diepte	Punt D, E, F	Punt I, oppervlak
pH	Punt B, oppervlak en halve diepte	Punt D, E, F	Punt G,H,I; oppervlak en bodem
β-restaktiviteit	Punt B, oppervlak		
totale α-aktiviteit	Punt A, B; oppervlak		
F	Punt B, C; oppervlak		

6. Transportberekeningen

Door de adviesdienst Vlissingen (lit. 1) zijn met het model IMPLIC, voor de betreffende bemonsteringsdata, getijvolumes en getijkrommen berekend van de door het RIZA onderzochte raaien. Hierdoor is het mogelijk een berekening van stoftransporten te maken door deze raaien. De berekeningen, zijn als volgt opgezet:

Via interpolatie zijn de per bemonsterd punt gemeten concentraties van stoffen uitgebreid van 6 (één meting in de ca. 2 uur) naar 18 (één "meting" in de ca. 45 minuten). Per raai is hierdoor in plaats van 6 maal een concentratieverdeling binnen één getijcyclus, 18 maal een concentratieverdeling ontstaan.

Het momentane stoftransport is berekend door de momentane (geïnterpoleerde) concentraties te vermenigvuldigen met de momentane berekende getijvolumes gedurende exact één getijcyclus. De momentane getijvolumes zijn gemiddeld over de dwarsdoorsnede. Snelheidsverschillen over de vertikaal zijn niet in beschouwing genomen, waardoor de berekende transporten een indicatief karakter hebben. Deze momentane stoftransporten zijn in de in dit hoofdstuk gepresenteerde figuren weergegeven, waarbij een negatieve waarde op stroomafwaarts en een positieve waarde op stroomopwaarts transport duidt. De totale vrachten gedurende een eb- en vloedperiode zijn door integratie over deze perioden bepaald. $\sum_i C_i \cdot Q_i$.

Benadrukt moet worden dat deze transport- en vrachtberekeningen enkel betrekking hebben op de data van onderzoek (28 september 1982 Schaar van Ouden Doel, 30 september 1982 Schaar van Waarde en 5 oktober 1982 Vlissingen). De figuren 23a t/m 38c geven een overzicht van de stoftransporten als functie van de tijd in één getijcyclus. De grafieken vertonen veel overeenkomst met de getijvolumes als functie van de tijd (fig. 22 a t/m c). In de 3 onderzochte raaien kwamen de grootste stoftransporten voor op ca. 2 uur voor en na hoogwaterkentering. Op deze momenten waren de waterdebieten ook het grootst.

De berekende vloed-, eb- en nettovrachten in één getijcyclus zijn weergegeven in tabel 6. In de kolom "percentage netto/vloed" is aangegeven hoe groot de netto vracht procentueel ten opzichte van de vloedvracht is. Hoewel misschien niet geheel relevant zijn ook de chloride- en zuurstofvrachten berekend.

Uit lit. 1 blijkt dat in alle raaien een netto ebdebiet aanwezig is. Theoretisch behoren deze netto ebdebieten allen gelijk te zijn aan de Schelde-afvoer gedurende de betreffende getijcyclus. Er is evenwel een afwijking ten opzichte van de Schelde-afvoer (ca. $260 \text{ m}^3/\text{s}$ bij de Schaar van Ouden Doel en ca. $1600 \text{ m}^3/\text{s}$ bij Vlissingen, terwijl dit volgens lit. 4 ca. $50 \text{ m}^3/\text{s}$ had moeten zijn) terwijl duidelijk de netto ebdebieten in zeewaartse richting toenemen.

Deze afwijking en toename zijn voornamelijk het gevolg van onnauwkeurigheden in de metingen en de berekeningen (verschil van grote getallen met elk zijn eigen onnauwkeurigheid) en moeten als niet significant beschouwd worden. Procentueel gezien nemen de netto ebdebieten zelfs af in de richting van Vlissingen.

Er blijkt dat bij de Schaar van Ouden Doel een netto chloride transport stroomafwaarts is geweest van ca. 3%, terwijl deze netto transporten bij de Schaar van Waarde en Vlissingen zodanig klein waren dat ze kunnen worden verwaarloosd.

Binnen de onderzochte getijcyclus heeft er bij Schaar van Ouden Doel een netto zwevende stof transport stroomopwaarts plaatsgevonden. In de raaien bij de Schaar van Waarde en Vlissingen heeft er een netto transport zeewaarts plaatsgevonden. De eb- en vloed transporten namen in zeewaartse richting toe.

Ook voor TOC bestond er bij de Schaar van Ouden Doel een netto transport stroomopwaarts en, in de overige raaien, een nettotransport stroomafwaarts. Bij de Schaar van Ouden Doel en Vlissingen heeft geen netto zuurstoftransport plaatsgevonden, terwijl dit bij de Schaar van Waarde dermate klein is dat dit verwaarloosd kan worden. Opmerkelijk zijn de transporten van de stikstofverbindingen. In alle onderzochte raaien zijn de eb- en vloedtransporten hiervan aan elkaar gelijk.

Van $\text{O-PO}_4\text{-P}$ werd in de drie onderzochte raaien geen netto vracht getransporteerd. Door de bijdrage van het particulier gebonden fosfaat heeft bij de Schaar van Ouden Doel een netto vracht totaal fosfaat stroomopwaarts bij de Schaar van Waarde een netto vracht stroomafwaarts plaatsgevonden.

Opgelost silicium vertoont in de raaien bij de Schaar van Ouden Doel en de Schaar van Waarde een gering stroomopwaarts gerichte netto vracht. Bij Vlissingen was er een netto stroomafwaarts gerichte vracht. Fluoride had bij de Schaar van Ouden Doel een netto stroomaf-

waarts gerichte vracht, evenals de β -restaktiviteit. De netto vracht van de totale α -aktiviteit was stroomopwaarts gericht bij de Schaar van Ouden Doel.

Geconcludeerd kan worden dat de grootste transporten (zowel netto als binnen één getij) - op zwevende stof na - plaatsvonden in de raai bij Vlissingen. Landinwaarts vermindert de grootte van de transporten, voornamelijk als gevolg van een afname van de getijvolumes. Opmerkelijk is dat bij de Schaar van Ouden Doel een netto transport van zwevende stof, TOC, opg Si_i , t- PO_4-P , part. P en tot α stroomopwaarts heeft plaatsgevonden.

Volgens de berekeningsmethode, die momenteel gehanteerd wordt om uit de routinematig verkregen waterkwaliteitsgegevens vrachten van door de Schelde aangevoerde stoffen te berekenen, zijn de netto transporten per definitie stroomafwaarts gericht. Deze methode berust op het vermenigvuldigen van de routinematig gemeten concentraties op de Belgisch-Nederlandse grens met de in Schelle-België bepaalde (decade-gemiddelde) Scheldeafvoeren. Voor de polderafwateringen op het traject Schelle-grens en voor de verdunning met zeewater ter hoogte van de Belgisch-Nederlandse grens zijn correctiefactoren toegevoegd. De uiteindelijke momenteel gebruikte vrachtberekeningsformule ziet er hierdoor als volgt uit (lit. 3):

$$V_p = Q_p \cdot T_p \cdot \frac{\sum_{i=1}^n Q_i \cdot C_i \cdot \frac{Cl_z}{Cl_z - Cl_i}}{n} \cdot 1,12$$

- Waarin V_p = vracht over de periode met n concentratiemetingen
 Q_p = gemiddelde waterafvoer over de periode p, in m^3/s
 T_p = tijdsduur van periode p, normaliter 1 jaar.
 Q_i = geschatte waterafvoer op meetdag i te Schelle
 C_i = concentratie op meetdag i op de grens
 Cl_z = chloride concentratie in zeewater
 Cl_i = chloride concentratie op meetdag i op de grens
 $1,12$ = correctiefactor voor de Schelde afvoer

De op basis van deze formule berekende vrachten (nettotransporten) ter hoogte van de Belgisch-Nederlandse grens zijn weergegeven in tabel 7, kolom A. Hiervoor is het routinemeetpunt (midden van de raai aan het oppervlak) Schaar van Ouden Doel gebruikt met de concentraties waargenomen rond de laagwaterkentering. De berekende vrachten hebben betrekking op de duur van exact één getijcyclus, zodat vergelijking met berekening op basis van momentane debieten en concentraties mogelijk is.

Uit de tabel komen duidelijk de grote verschillen in de berekeningsresultaten naar voren. Ondanks een - uit de resultaten afgeleide - geringe toename van de Schelde afvoer heeft er volgens de vrachtberekening op basis van momentane debieten en concentraties (kolom B) niet of nauwelijks een transport van stoffen in stroomafwaartse richting plaatsgevonden, terwijl er voor enkele stoffen (onder andere zwevende stof) zelfs een stroomopwaarts transport plaatsvond.

Volgens berekeningsmethode, die gebruikt wordt voor de routinematig verkregen gegevens, heeft er een duidelijk transport in stroomafwaartse richting plaatsgevonden (kolom A).

In lit. 9 is aan de hand van een dwarsraaionderzoek in het vaarwater boven Bath in september 1975 ten aanzien van de zwevende stof een dergelijke conclusie getrokken.

Hoewel de momenteel gebruikte vrachtberekeningsmethode met routinematig verkregen waterkwaliteitsparameters minder nauwkeurig is dan de methode op basis van momentane debieten en concentraties, impliceert dit niet dat de eerst genoemde berekeningsmethode voor vrachten op jaarbasis volstrekt onjuist is. Bij deze methode worden namelijk decadegemiddelde Schelde afvoeren gebruikt, waardoor afvoervariaties al voor een groot deel uitgemiddeld zijn. Daarnaast speelt een rol dat het vergelijkend onderzoek heeft plaatsgevonden bij zeer lage Schelde afvoeren. De Schelde afvoeren worden te Schelle (B) bepaald als som van de afzonderlijke deelstromen. Bij een lage afvoer zal de procentuele fout in de afvoer hoger zijn dan bij hogere afvoeren, waardoor ook de procentuele fout in de berekende vrachten bij een lage afvoer groter zal zijn dan bij een hoge afvoer.

Geconcludeerd kan worden dat voor vrachtberekeningen binnen één getijcyclus de resultaten van de momenteel in gebruik zijnde berekeningsmethode met routinematig verkregen waterkwaliteitsgegevens en decade-

gemiddelde Schelde afvoeren afwijkt van de methode van het vermenigvuldigen en vervolgens sommeren van momentane concentraties met momentane debieten. Onderzocht zou moeten worden of ook voor langere perioden dan één getijcyclus afwijkingen voorkomen.

Tabel 7. Overzicht van berekende nettovrachten in één getijcyclus ter hoogte van de Schaar van Ouden Doel volgens de methode die momenteel gebruikt wordt met routinematig verkregen waterkwaliteitsparameters en decadegemiddelde Scheldeafvoeren (kolom A) en volgens de methode van het vermenigvuldigen van momentane debieten en concentraties (kolom B). Vrachten in kg /getijcyclus "+" = stroomopwaarts, "-" = stroomafwaarts.

	A	B
netto watertransport (m ³)	- 2,4.10 ⁶	- 12,2.10 ⁶
chloride	- 35,2 10 ⁶	- 8.10 ⁶
zwevende stof	- 72044	390000
O ₂	- 16926	0
TOC	- 35588	30000
opg. Si	- 8246	10000
NH ₄ -N	- 2647	0
org-N	- 2995	0
NO ₃ -N	- 15667	0
tot.-N	- 21309	0
o-PO ₄ -P	- 3081	0
part.-P	- 694	5000
t.PO ₄ -P	- 3776	5000
F	- 9548	-10000
tot α-aktiviteit (Bq)	- 838.10 ⁶	570.10 ⁶
β-restaktiviteit (Bq)	- 673.10 ⁶	-180.10 ⁶

7. SAMENVATTING, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

7.1 Samenvatting

Het dwarsraai-onderzoek in de Westerschelde is uitgevoerd met als doel:

- inzicht te verkrijgen van de verspreiding van stoffen in ruimte en tijd in een dwarsprofiel
- na te gaan of de routinebemonsteringspunten een redelijk beeld geven van de waterkwaliteit in een dwarsdoorsnede (representativiteit routinebemonsteringspunten)
- de vrachten van stoffen die binnen één getijdencyclus een dwarsdoorsnede passeren te bepalen en na te gaan of deze - bij de Schaar van Ouden Doel- overeenkomen met de momenteel in gebruik zijnde vrachtberekenningsmethode.

Op 28-9, 30-9 en 5-10-1982 zijn hiertoe gedurende één getijdencyclus drie raaien, resp. ter hoogte van de Schaar van Ouden Doel, de Schaar van Waarde en Vlissingen, bemonsterd. De raaien bij de Schaar van Ouden Doel (9 punten) en Vlissingen (5 punten) werden in de dwarsdoorsnede bemonsterd. De raai bij de Schaar van Waarde (3 punten) werd enkel aan het oppervlak bemonsterd.

De monsters zijn onderzocht op de parameters chloride, temperatuur, zuurgraad, zwevende stof + gloeirest, zuurstof, totaal organisch koolstof, opgelost silicium, ammoniumstikstof, kjeldahlstikstof, nitraatstikstof, orthofosfaat en totaal-fosfaat. Enkel in de raai bij de Schaar van Ouden Doel zijn ook nog de parameters fluoride, totale α -activiteit en β -restactiviteit onderzocht.

Het onderzoek is bij rustig weer en lage Schelde-afvoeren (ca 50 m³/s; langjariggemiddelde ca 120 m³/s) uitgevoerd. Er hebben zich wel enkele bijzonderheden voorgedaan:

- Tijdens de ebstroom is met stalen netten achter een zestal sleepboten de bodem bij de Zandvlietsluizen (enige km stroomopwaarts gelegen van de Schaar van Ouden Doel) omgewoeld om aanslibbing tegen te gaan. Via dit principe wordt al sinds het begin van deze eeuw gebaggerd.

- Tijdens de vloedstroom was direct onder de wal bij Vlissingen een troebeling waarneembaar die buiten de bemonsteringspunten om de Westerschelde introk. Deze troebeling komt hierdoor uit de metingen niet naar voren.

In deze nota wordt per raai en per parameter ingegaan op het verloop van de onderzochte stoffen in de dwarsdoorsnede en in de tijd. In de bijlage van deze nota zijn de figuren en tabellen gepresenteerd. Teneinde het aantal figuren te beperken, tonen de grafieken per dwarsdoorsnede het verloop in de tijd van gemiddelden van op dezelfde diepte liggende punten en gemiddelden van in dezelfde vertikaal liggende punten.

Daarnaast zijn, indien ter verduidelijking gewenst, in enkele gevallen isoconcentratie figuren gepresenteerd.

Door de adviesdienst Vlissingen zijn voor de betreffende raaien en bemonsteringsdata getijvolumes en getijkrommen bepaald. Met behulp van deze gegevens zijn de momentane getij-transporten bepaald en vergeleken met de vrachten als berekend met de momenteel in gebruik zijnde methode (gebaseerd op dekade gemiddelde Schelde-afvoeren en routinematige bemonstering rond de laagwaterkentering).

De conclusies van het onderzoek en de aanbevelingen hieruit voortkomend zijn in par. 7.2 gegeven.

7.2 Conclusies en aanbevelingen

- Het onderzoek is gedurende één getijcyclus per raai eenmalig uitgevoerd bij een lage Schelde-afvoer (najaar 1982). De conclusies die getrokken worden hebben enkel betrekking op deze specifieke getijcycli. Vooral voor de beschouwing omtrent de representativiteit van de bemonsteringspunten betekent dit dat het aantal conclusies beperkt blijft.
- Er zijn 3 raaien onderzocht, waarbij de raai bij de Schaar van Ouden Doel het grootste aantal bemonsteringspunten (9) in de dwarsdoorsnede had en de raai bij de Schaar van Waarde het kleinste aantal (3, enkel gelegen aan het oppervlak). De raai bij Vlissingen omvatte 5 punten. Gezien de onnauwkeurigheid inzake concentratieverdelingen in en stoftransporten door een dwarsdoorsnede is het raadzaam bij

soortgelijke onderzoeken een beperkt aantal raaien met minimaal 9 bemonsteringspunten in de dwarsdoorsnede te onderzoeken in plaats van een groter aantal raaien met minder bemonsteringspunten in de dwarsdoorsnede.

- Uit het verloop van de chlorideconcentraties in de tijd binnen één getijcyclus kunnen de stromingspatronen in de Westerschelde beschreven worden. In de monding (ter hoogte van Vlissingen) vindt de wateruitwisseling voornamelijk via de Wielingen aan de linkeroever plaats. Vanwege een faseverschuiving werden de hoogste chlorideconcentraties in de Sardijngeul aan de rechteroever waargenomen. Een kloksgewijze circulatie werd ter hoogte van de Schaar van Waarde waargenomen. Bij de Schaar van Ouden Doel was de circulatie in een getijcyclus antikloksgewijs.
- Een onvolledige opmenging van de rond de Schaar van Ouden Doel plaatsvindende lozingen met het ontvangende water was in veel gevallen niet waarneembaar. Enkel het grillige concentratieverloop van fluoride, de totale α -activiteit en de β -restactiviteit duiden bij de Schaar van Ouden Doel op nog niet goed met het ontvangende water gemengde lozingen vanuit het Antwerpse havengebied. Een nog dichter netwerk van bemonsteringspunten en een uitbreiding van het parameterpakket zou meer inzicht kunnen geven in de verspreiding en menging van specifiek geloosde stoffen.
- In de raai bij de Schaar van Waarde zouden aan de rechteroever de enigszins lagere zuurstofconcentraties gedurende de gehele getijcyclus en de enigszins verhoogde TOC concentraties rond de laagwaterkentering aan de rechteroever kunnen duiden op de invloed van (discontinue) lozingen van de afvalpersleiding Waarde. Deze lozingen vinden overigens vanaf mei 1983 gezuiverd plaats.
- Rond halftij na laagwater kwam in de raai bij Vlissingen een verticale chloridegradiënt voor. Het concentratieverschil tussen bodem en oppervlak bedroeg maximaal ca 600 mg/l.
Bij de Schaar van Ouden Doel kwam gedurende de gehele getijcyclus een verticale chloridegradiënt voor welke rond de laagwaterkentering het grootst was (ca 800 mg/l).
- Tengevolge van de horizontale circulatie stromingen en dichtheidsverschillen kwamen naast chloride ook voor andere stoffen concentratieverschillen in de dwarsdoorsneden voor.

Het meest opvallend bij de Schaar van Ouden Doel waren de verticale zuurstofgradiënten gedurende vrijwel de gehele getijcyclus waarbij bij de bodem hogere concentraties worden waargenomen dan aan het oppervlak en de sterk verhoogde zwevende stofconcentraties rond de laagwaterkentering bij de bodem aan de rechteroever (zeer waarschijnlijk het gevolg van baggerwerken in de Zandvlietsluis).

In de raai bij Vlissingen waren de sterk verhoogde zwevende stof concentraties (voornamelijk bij de bodem aan de linkeroever) in de ebstroom het meest opvallend.

De parameters die -gedeeltelijk- gebonden aan zwevende stof voorkomen of hiervan afhankelijk zijn (TOC, part.P, org-N) vertoonden eveneens een dergelijk gedrag. Het is aannemelijk dat om deze reden ook metalen en organische microverontreinigingen -hoewel niet geanalyseerd- aan dit gedrag zullen voldoen.

- Over de dwarsdoorsnede bij de Schaar van Waarde zijn op basis van dit onderzoek geen uitspraken over concentratieverdelingen in de dwarsdoorsnede mogelijk. In deze raai zijn enkel bemonsteringen aan het oppervlak uitgevoerd.
- De concentraties van voornamelijk in het water opgeloste stoffen, zoals chloride, $\text{o-PO}_4\text{-P}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ en opg Si, hadden als functie van de tijd een sinusvorming verloop. De stoffen die via de Schelde aangevoerd werden, waren in tegenfase met de getijdebeweging, wat betekent dat rond de hoogwaterkentering de laagste en rond de laagwaterkentering de hoogste concentraties werden waargenomen. Enkel chloride en zuurstof waren in fase met de getijdebeweging.
- Uit de toegenomen amplitude van de $\text{NO}_3\text{-N}$ concentraties kan, te zamen met de op een lager niveau liggende concentraties bij de Schaar van Waarde, afgeleid worden dat vanaf de Schaar van Ouden Doel op dit traject een zekere nitrificatie heeft plaatsgevonden.
- De routinematige bemonstering van het oppervlaktewater geeft voor de parameters die in verband staan met de zwevende stof (zwevende stof, org. N en part.P) een vrij onnauwkeurige benadering van de concentraties in de dwarsdoorsnede. Verwacht mag worden dat dit eveneens geldt voor de concentraties organische en anorganische microverontreinigingen.

Daarentegen komt uit het dwarsraai-onderzoek naar voren dat het relatief verontreinigde zoete water meer bovenaan de waterkolom voorkomt

en het schonere zeewater meer onderaan de waterkolom. Het routine-onderzoek, met bemonstering rond de laagwaterkentering, geeft hierdoor een redelijk beeld van de minst gunstige waterkwaliteit ten aanzien van de opgeloste stoffen. Onderzocht zou moeten worden of dit ook geldt bij hogere Schelde-afvoeren.

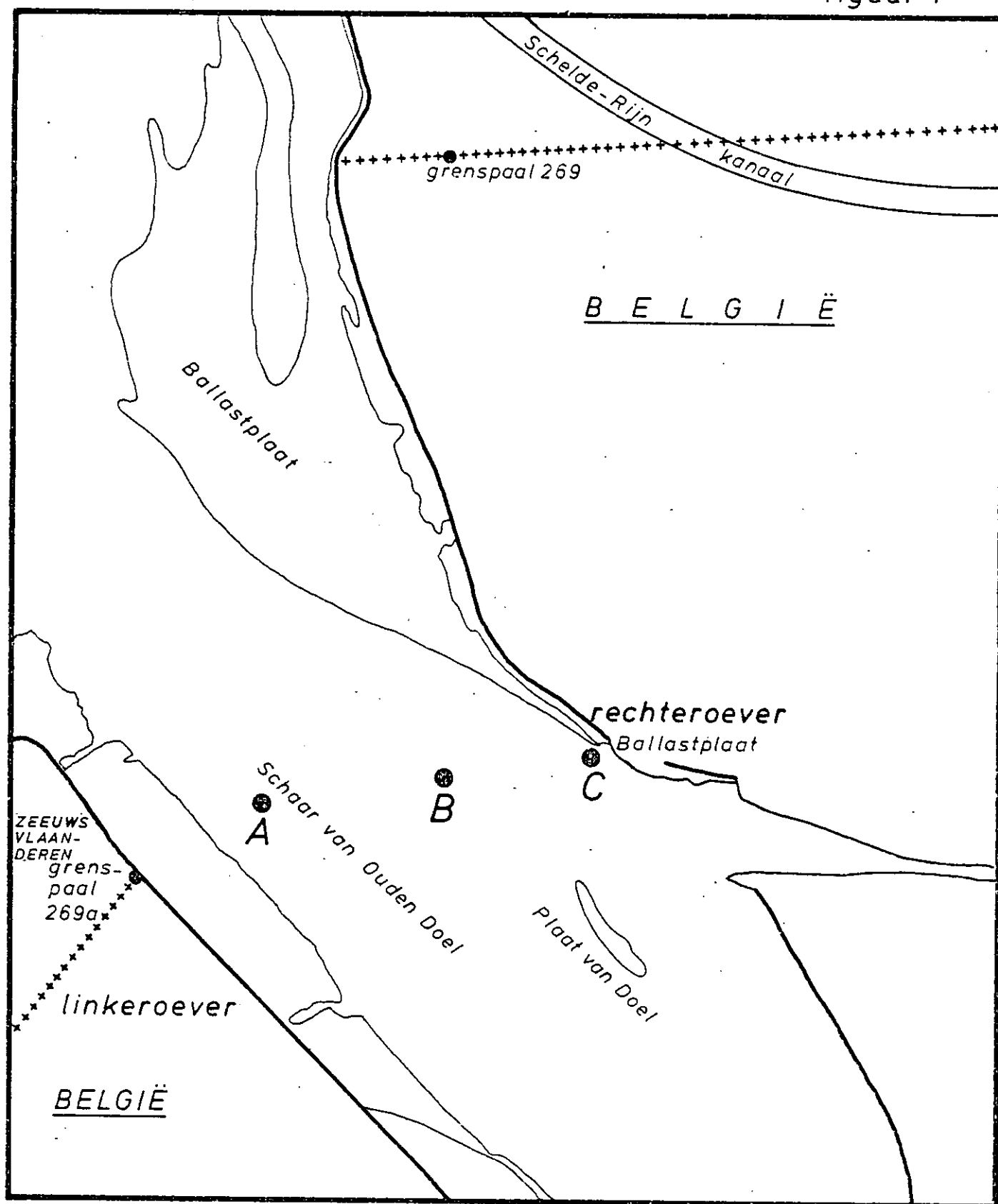
- De in dit onderzoek uitgevoerde vrachtberekeningen ter hoogte van de Belgisch-Nederlandse grens (op basis van het vermenigvuldigen en vervolgens sommeren van momentane concentraties met de momentane getijdebieten) geven aan dat niet of nauwelijks netto transporten van stoffen in stroomafwaartse richting zijn voorgekomen, terwijl voor zwevende stof, TOC, opg.Si, part.P en de totale -activiteit zelfs een gering transport stroomopwaarts plaatsvond. Waarschijnlijk is dit veroorzaakt door de lage Schelde-afvoer (ca 50 m³/s. Verder onderzoek zal moeten uitwijzen of bij hogere Schelde-afvoeren netto transporten van stoffen stroomafwaarts plaatsvonden.
- De resultaten van de momenteel in gebruik zijnde methode (met routinematig verkregen waterkwaliteitsgegevens en decadegemiddelde Schelde-afvoeren) voor het berekenen van vrachten op de Belgisch-Nederlandse grens wijkt af van de methode op basis van het vermenigvuldigen en vervolgens sommeren van momentane concentraties met de momentane getijdebieten, zoals gebruikt in deze nota. Onderzocht zou moeten worden of zich ook over langere perioden dan één getijcyclus afwijkingen voordoen.
- In zeewaartse richting nemen de eb- en vloeddebieten in de betreffende getijcycli in zeewaartse richting toe. Het netto ebdebiet neemt eveneens in zeewaartse richting toe waardoor dit bij Vlissingen ongeveer het 6-voudige bedraagt van het netto ebdebiet bij de Schaar van Ouden Doel. Theoretisch zouden de netto ebdebieten in de raaien allen gelijk moeten zijn aan de Schelde-afvoer. De waargenomen afwijkingen zijn voornamelijk het gevolg van onnauwkeurigheden in de metingen en de berekeningen moeten als niet significant beschouwd worden.
- Omdat de ebdebieten groter waren dan de vloeddebieten waren de netto stoftransporten in de raaien bij de Schaar van Waarde en Vlissingen voornamelijk stroomafwaarts gericht in de betreffende getijcycli. Uitzonderingen vormden bij de Schaar van Waarde alle stikstofparameters en o-PO₄-P (geen netto transport) en opg. Si (gering transport

stroomopwaarts) en bij Vlissingen O_2 , NH_4-N en alle fosforparameters (geen netto transport). Gezien het geringere aantal bemonsteringspunten in de dwarsdoorsnede moeten deze berekeningen als minder betrouwbaar dan bij de Schaar van Ouden Doel gezien worden.

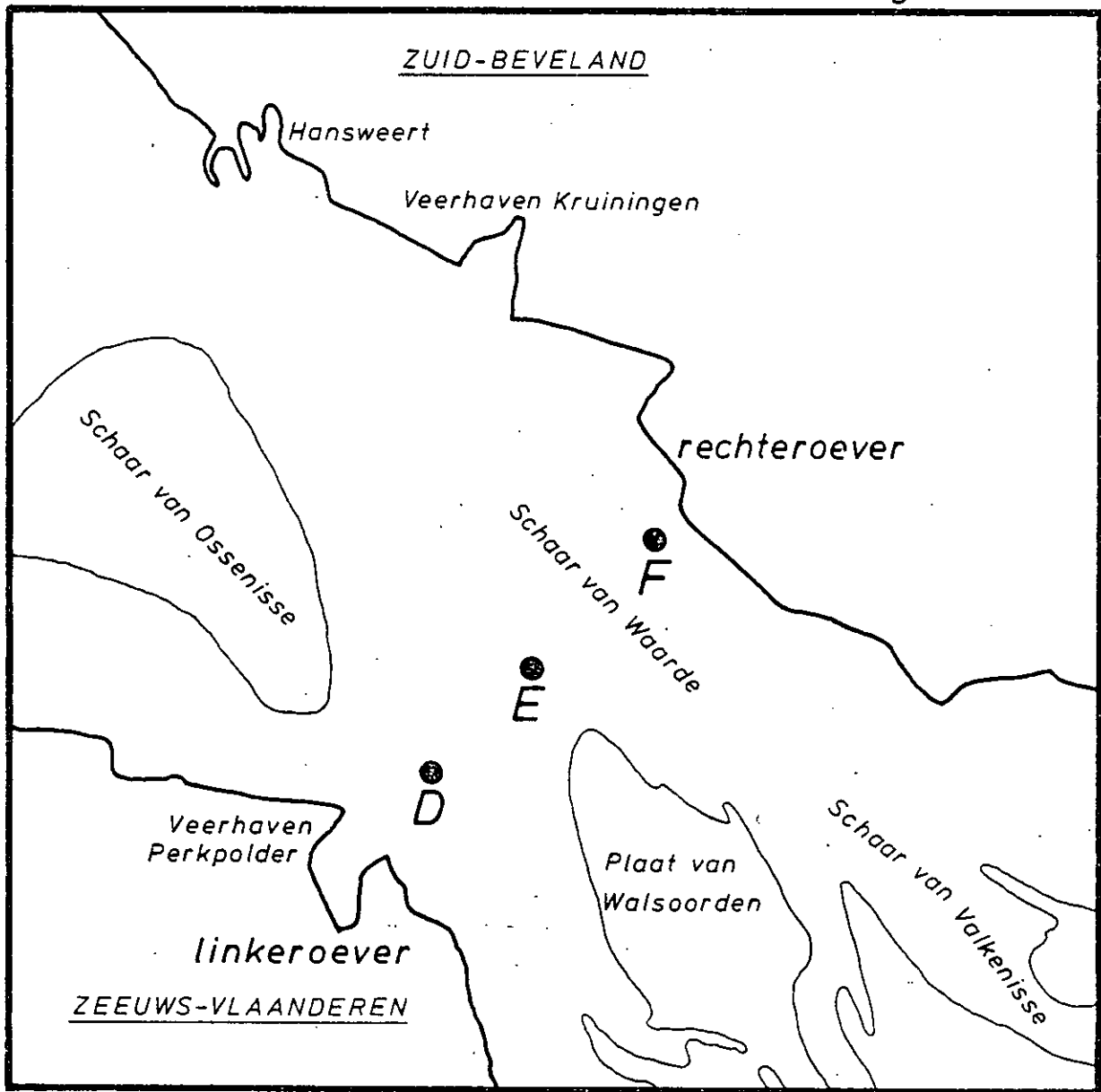
Geraadpleegde bronnen

1. Rijkswaterstaat-adviesdienst Vlissingen. Presentatie van een aantal berekende getijkrommen en getijvolumes ten behoeve van een dwars-raai-onderzoek van het RIZA in de Westerschelde. Vlissingen, 1982 (WWKZ-82 V 335).
2. Rijkswaterstaat-RIZA. De fluoridebelasting van de Westerschelde. Lelystad, 1979 (79.027).
3. Rijkswaterstaat-RIZA. De waterkwaliteit van de Westerschelde in de periode 1964-1981. Lelystad, 1982 (82.063).
4. Ministerie van Openbare Werken- Bestuur der waterwegen, Antwerpse zeediensten. De debieten van het Scheldebekken in 1982. Antwerpen, 1983 (AZ 83/03).
5. Waterbouwkundig laboratorium Borgerhout. Schelde waterkwaliteit tussen Hansweert en Burcht en van de bijrivieren, periode 1972-1982. Antwerpen, 1983 (Mod. 295-8).
6. Rijkswaterstaat-RIZA. Waterkwaliteitsaspecten van de Westerschelde. Lelystad, 1981 (81.049).
7. Rijkswaterstaat-RIZA. Resultaten van onderzoek in het kader van een voorstudie inzake de inrichting van een automatische meetstation voor de locatie Westerscheldegrens. Lelystad, december 1976.
8. Rijkswaterstaat-RIZA, RID. Kwaliteitsonderzoek in de rijkswateren. Kwartaaloverzichten, RIZA, Lelystad, diverse jaargangen.
9. Rijkswaterstaat-adviesdienst Vlissingen. Slibtransportberekening in een dwarsraai in de Westerschelde. Vlissingen, augustus 1983 (WWKZ-83.V 007).

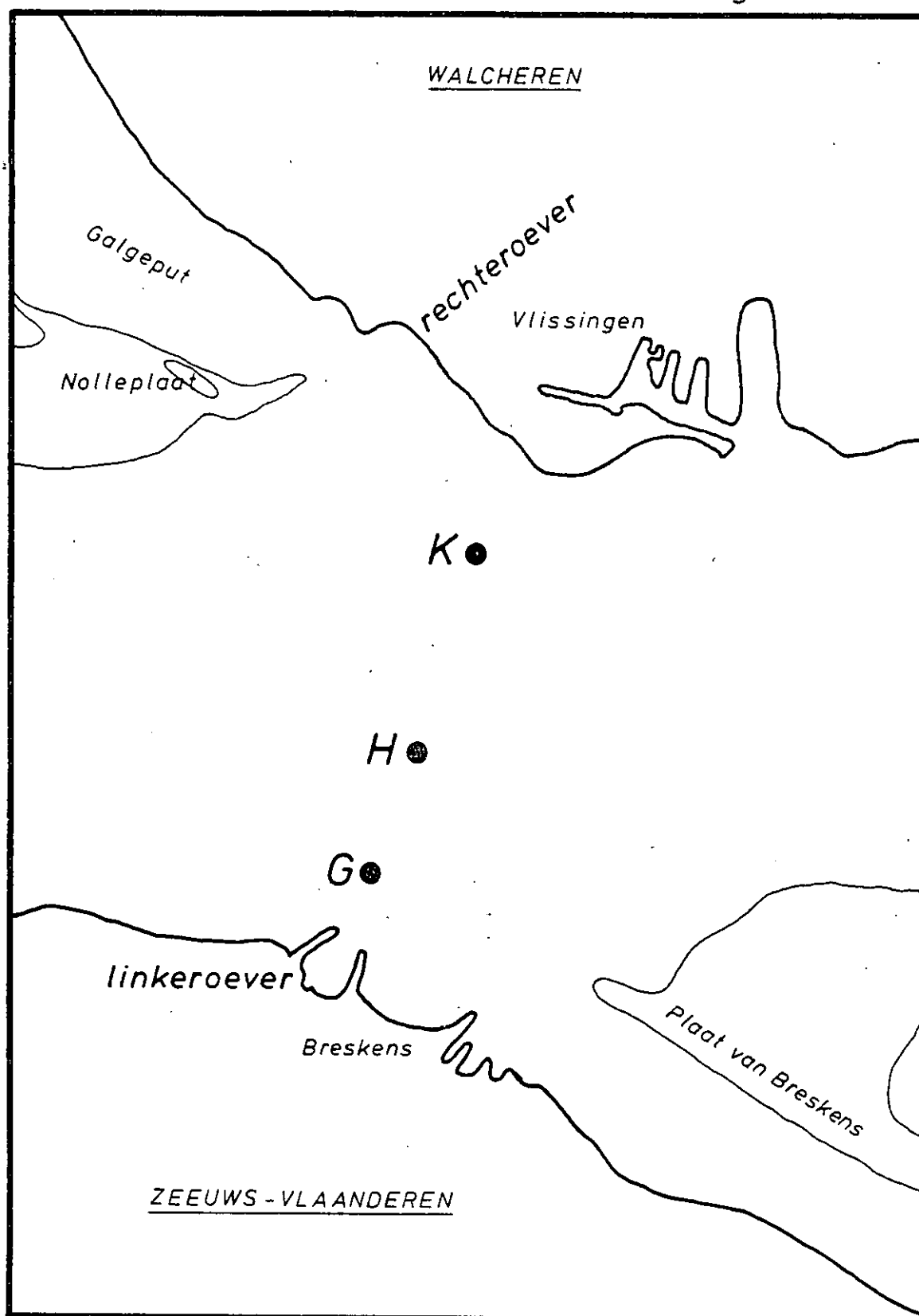
figuur 1



figuur 2



figuur 3



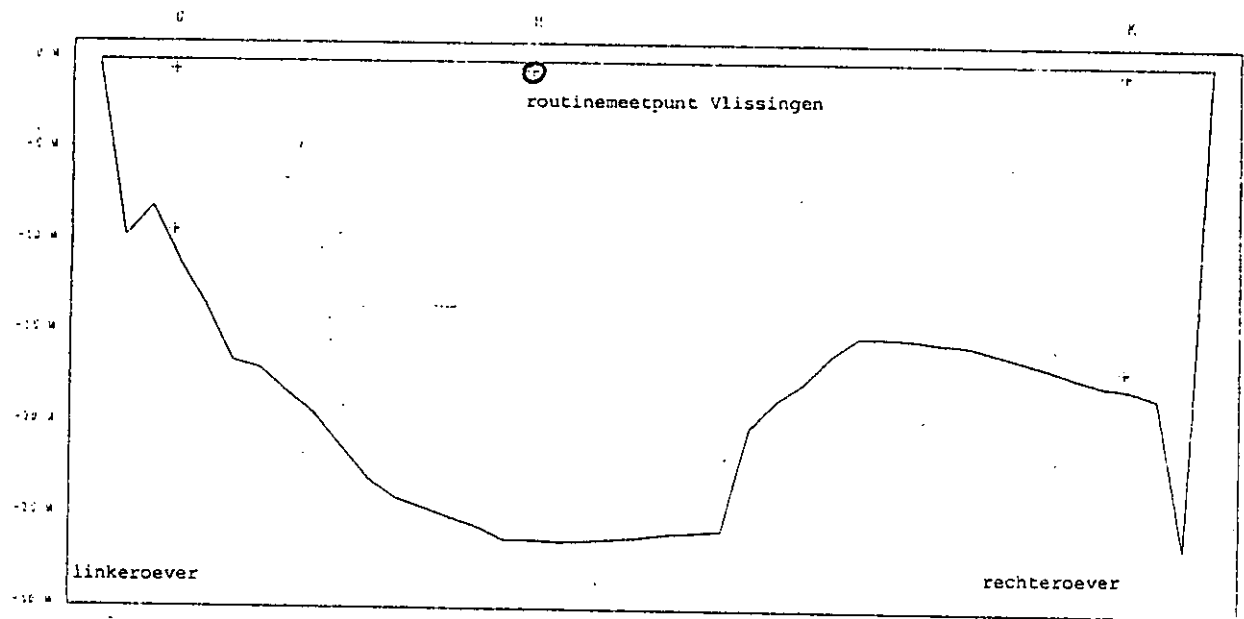


fig.4a dwarsdoorsnede raai bij Vlissingen

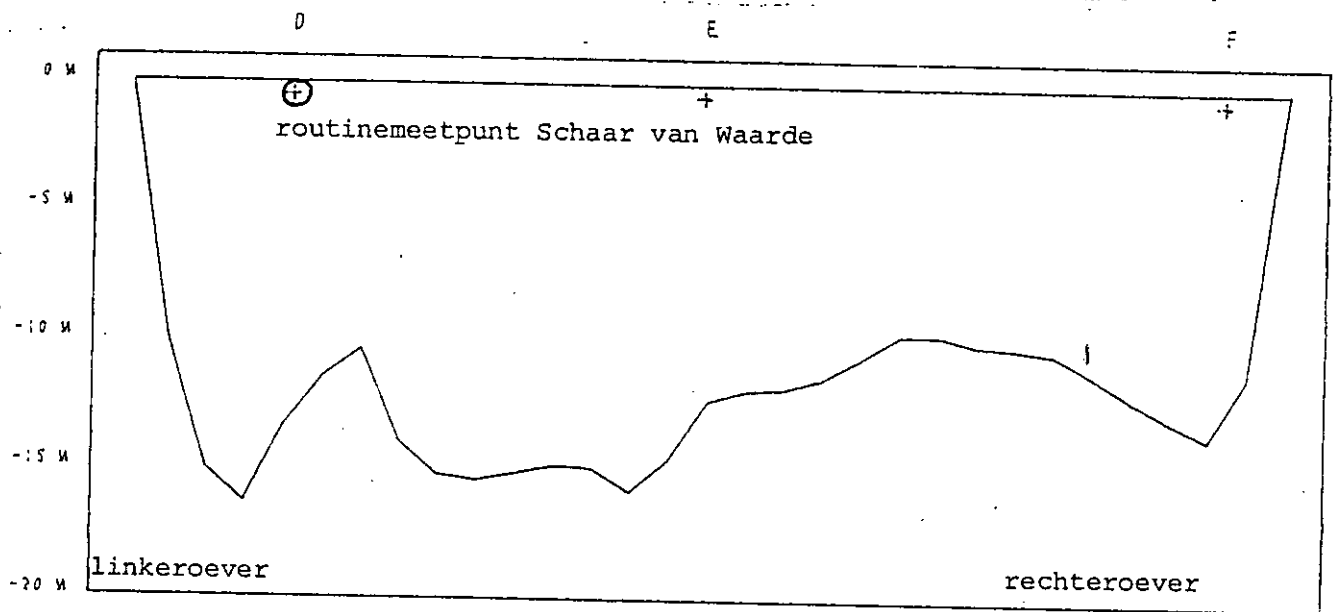


fig.4b dwarsdoorsnede raai bij Schaar van Waarde

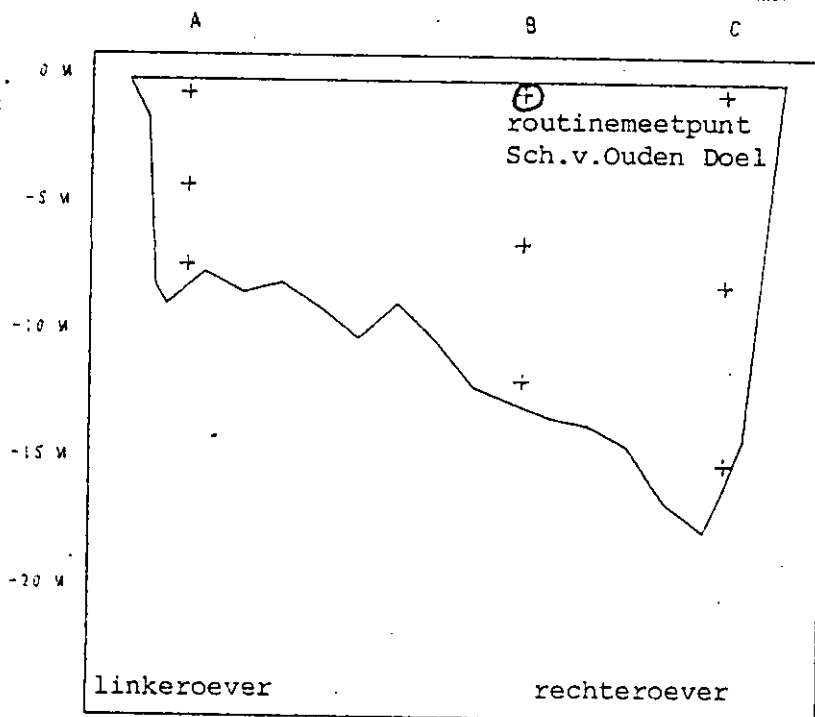


fig.4c dwarsdoorsnede raai Sch.v.Ouden Doel

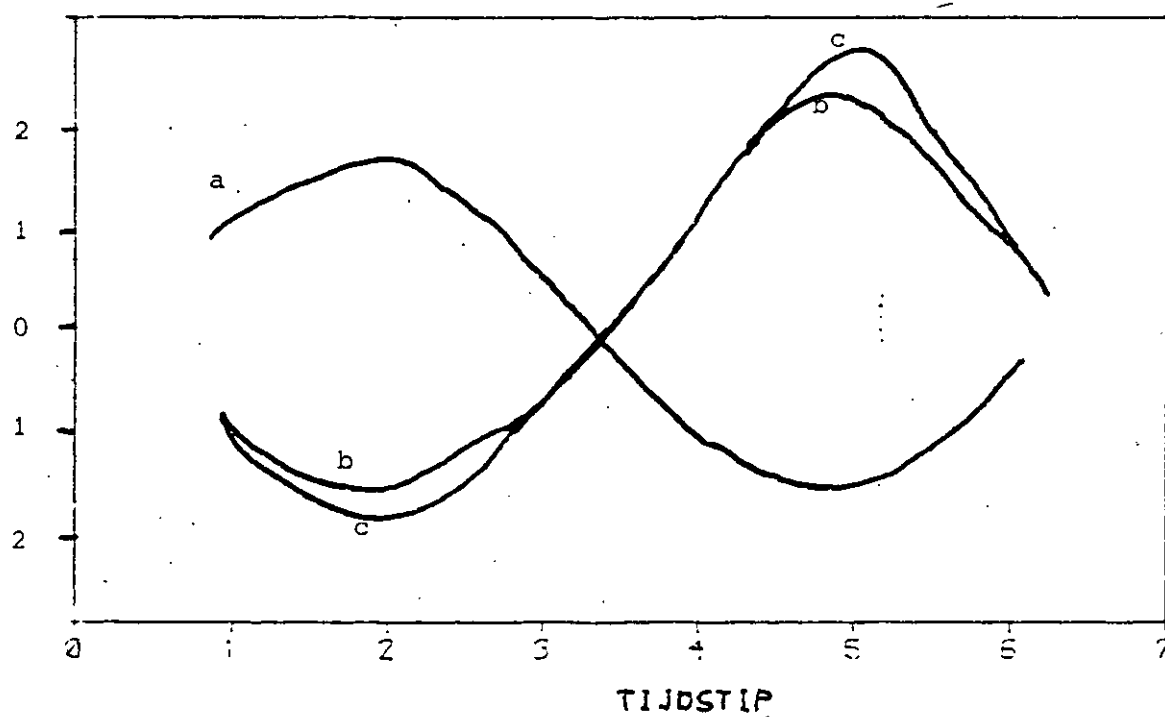
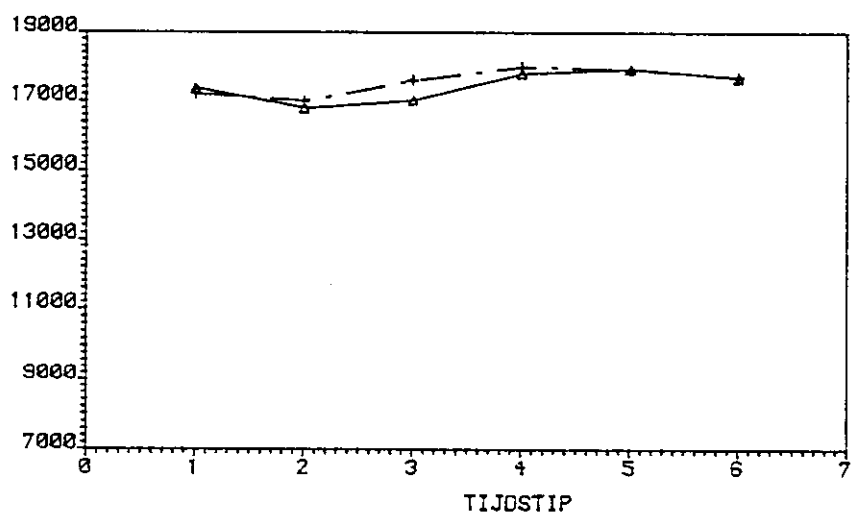
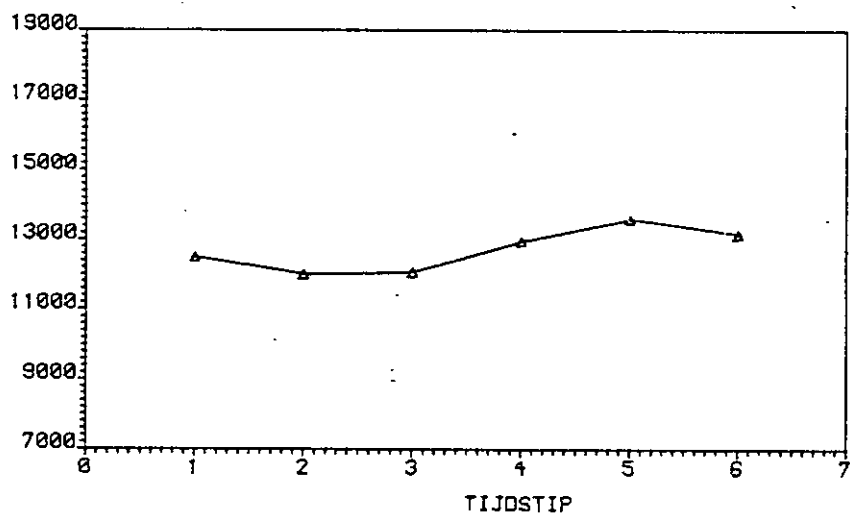
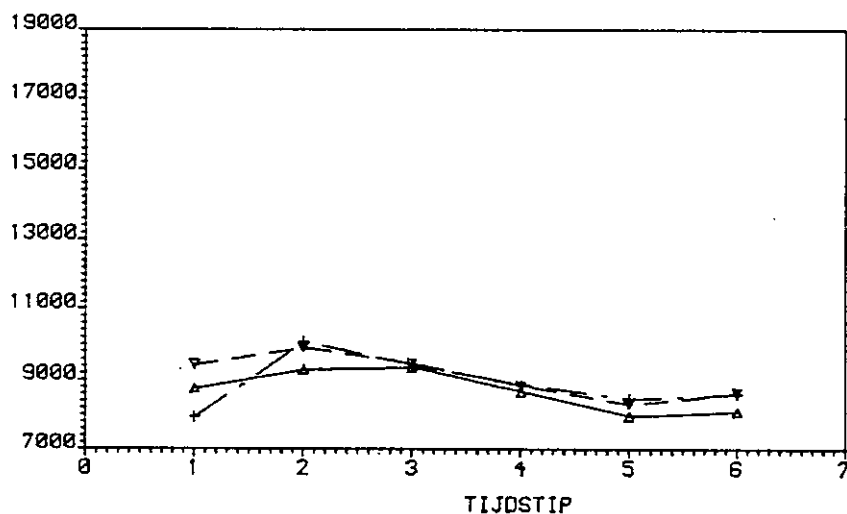
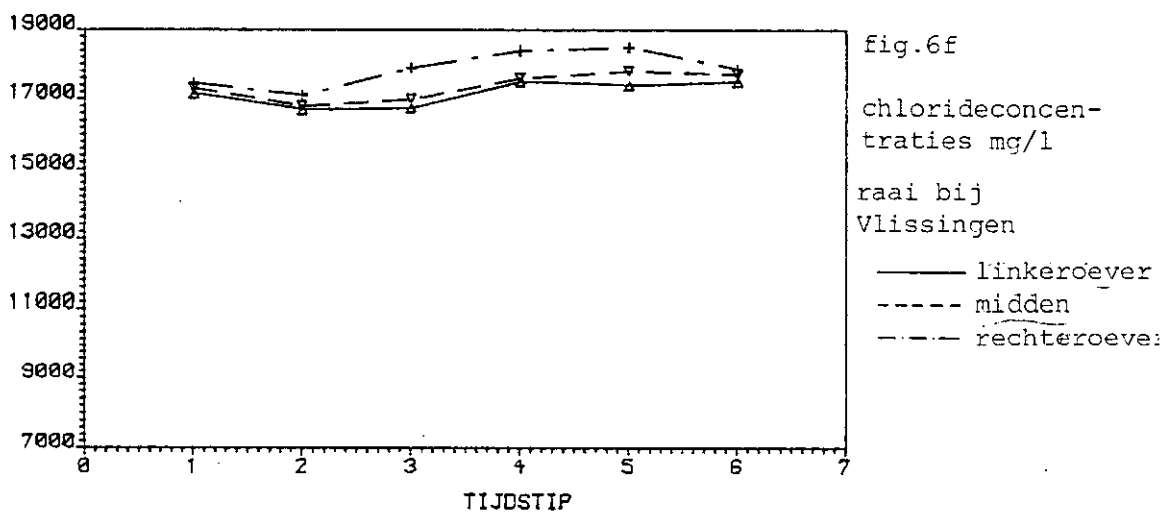
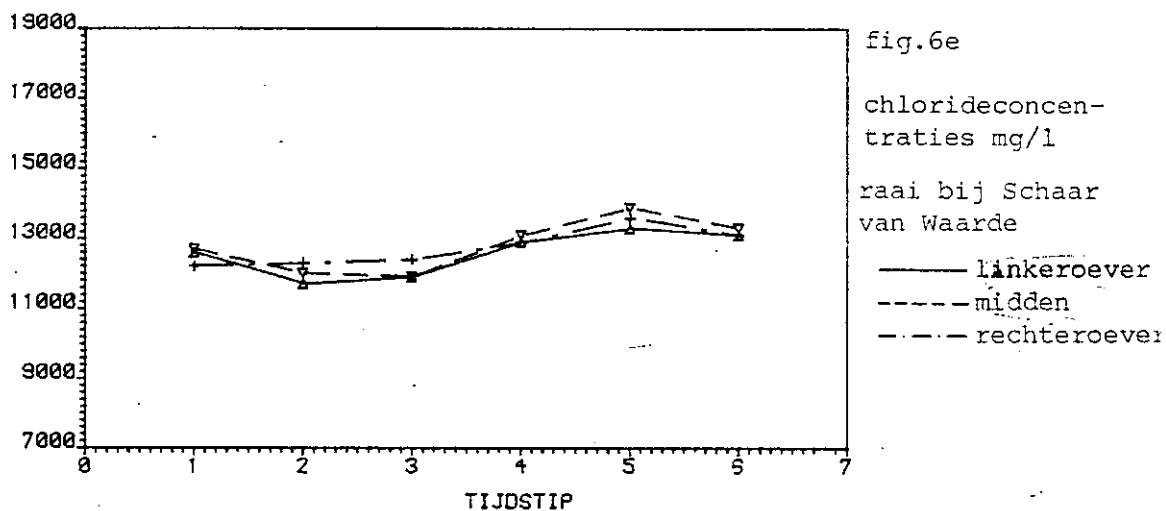
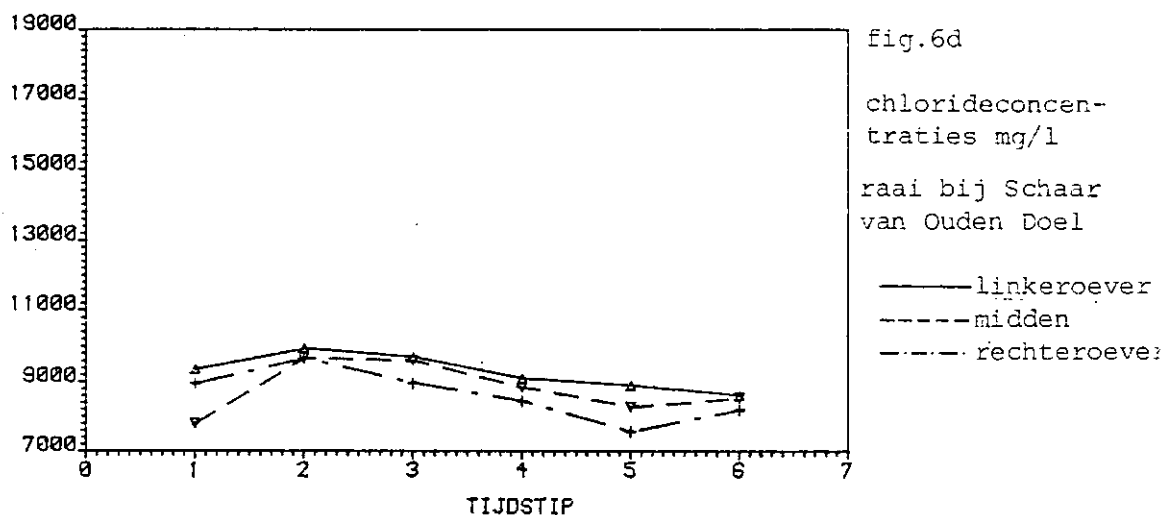


fig.5. Getijdebeweging (waterstanden in m) tijdens het dwarsraai-onderzoek.

- a: raai 1, Schaar van Ouden Doel
- b: raai 2, Schaar van Waarde
- c: raai 3, Vlissingen





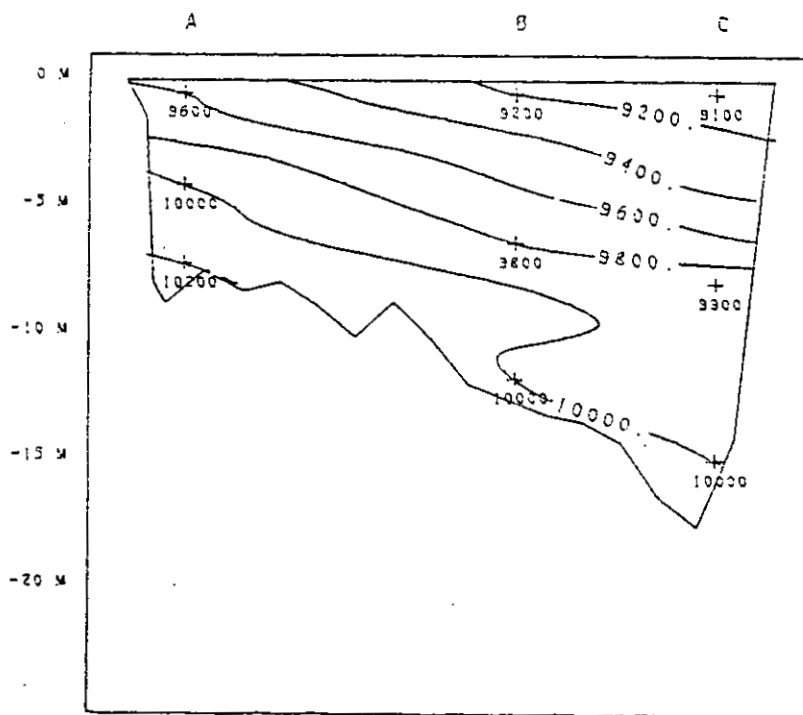


fig.6g

raai bij Schaar van Ouden
Doel , tijdstip 2

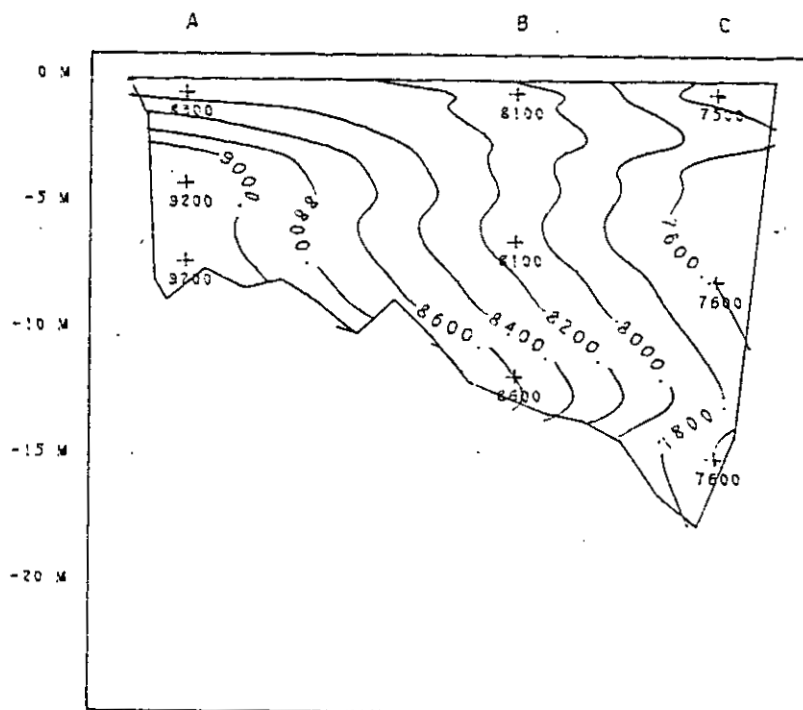


fig.6h

raai bij Schaar van Ouden
Doel , tijdstip 5

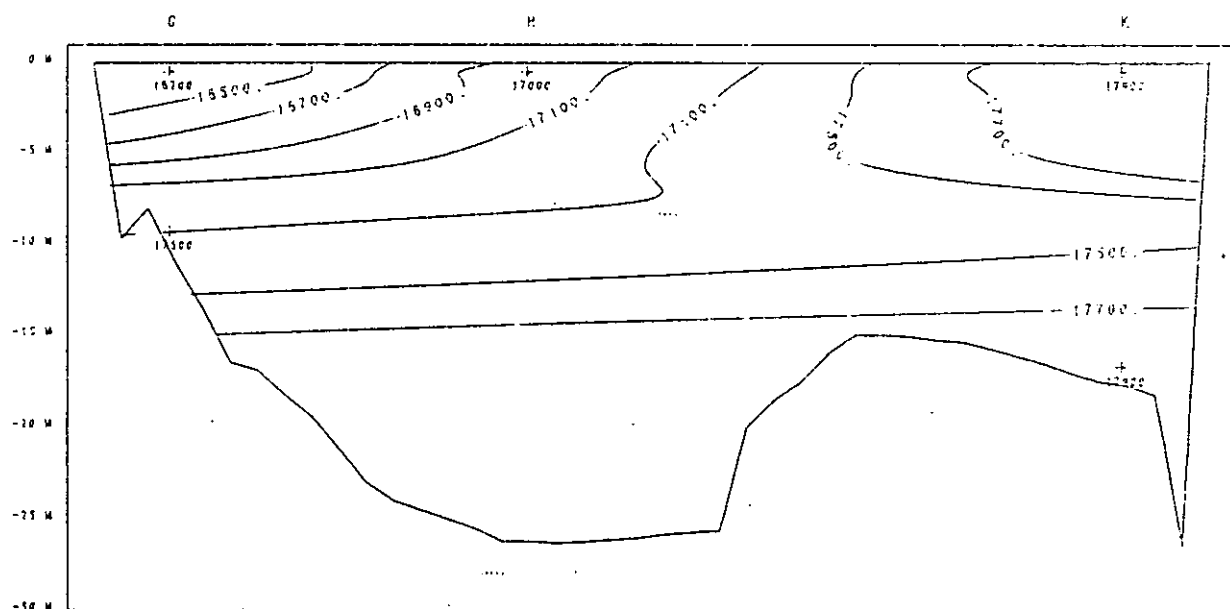


fig.6i raai bij Vliissingen, tijdstip 3

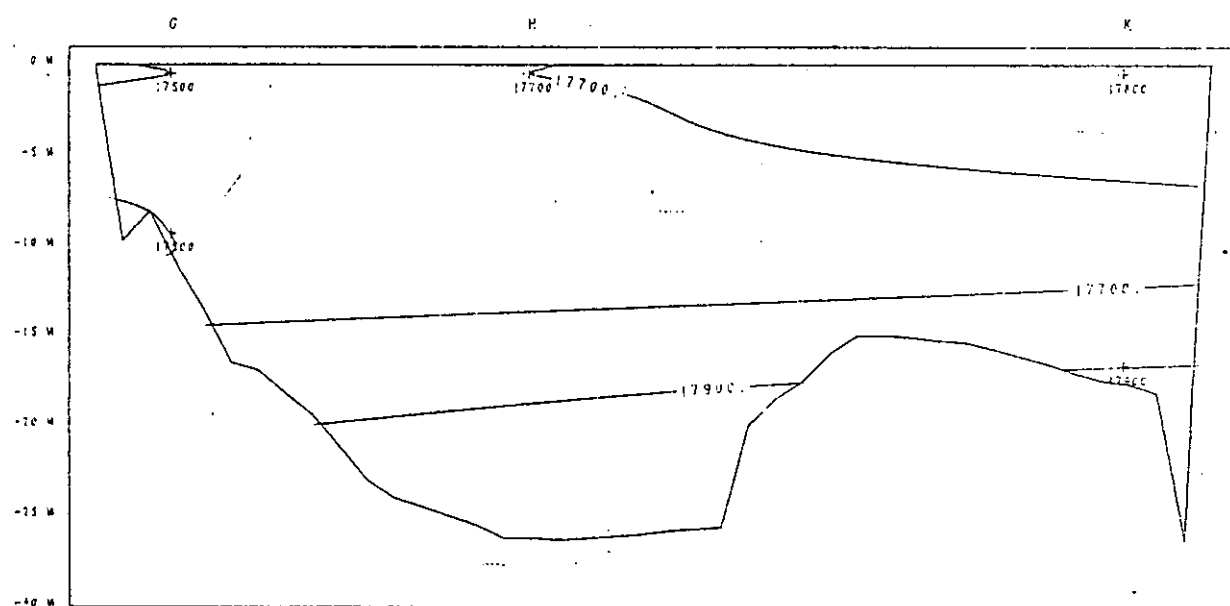
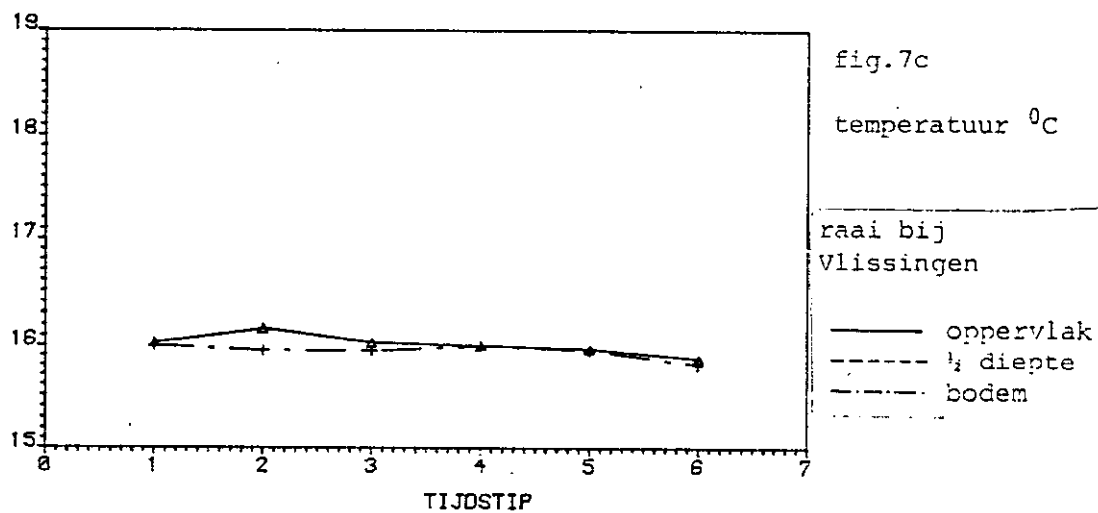
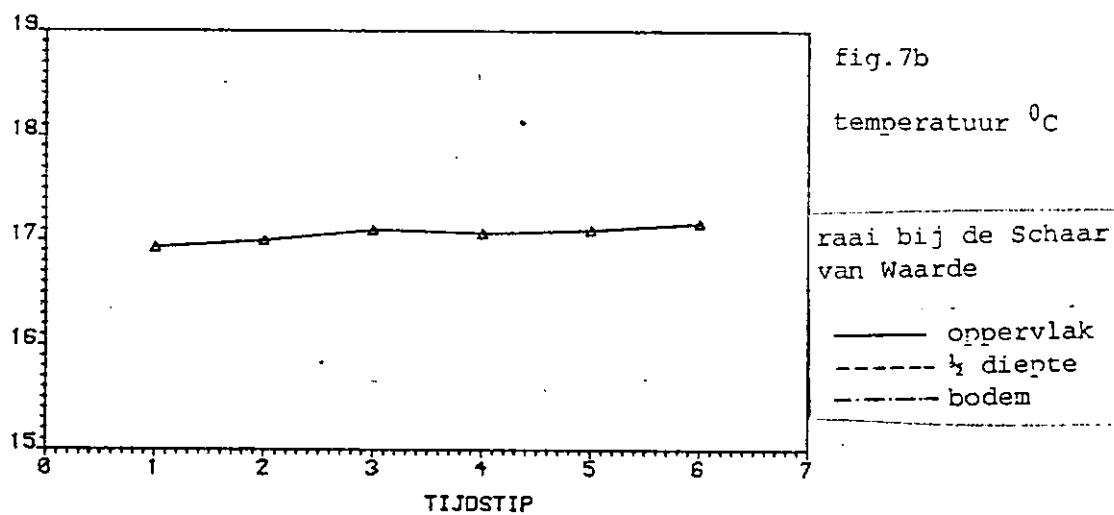
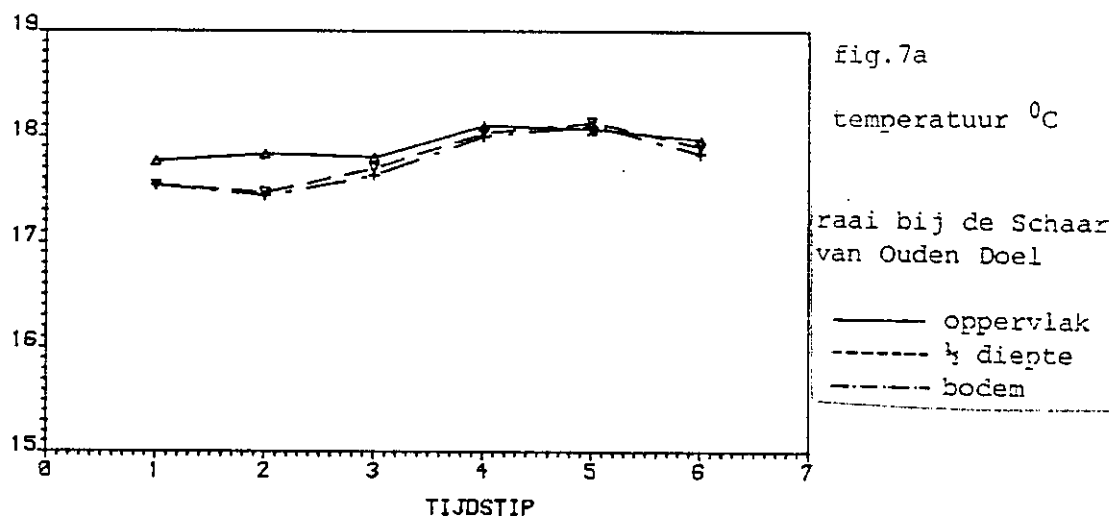
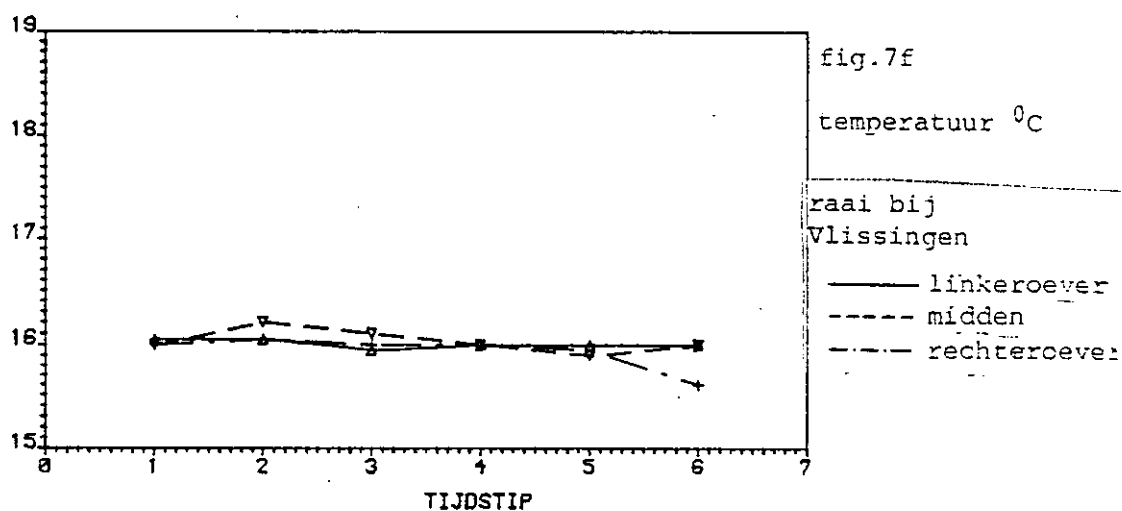
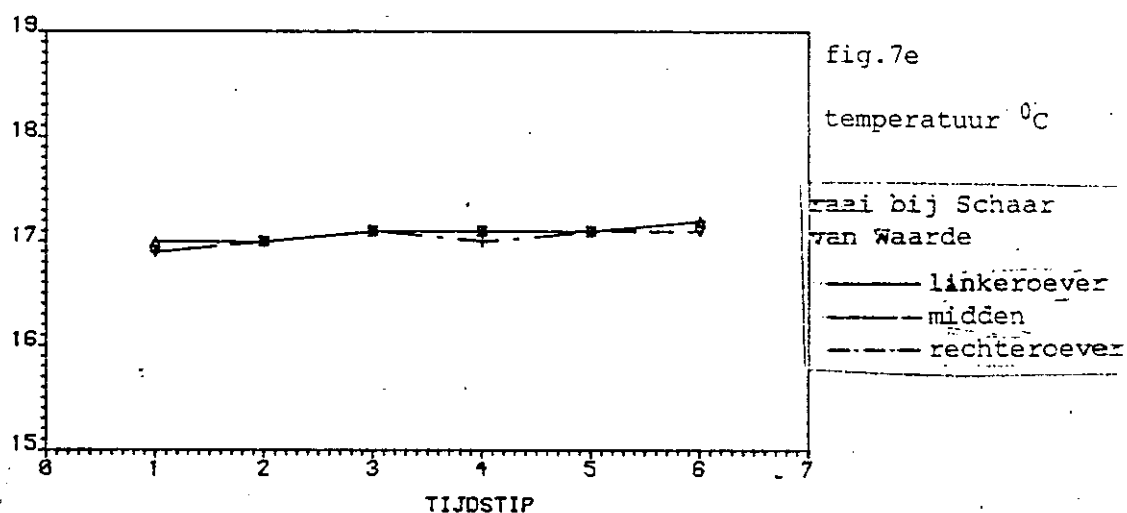
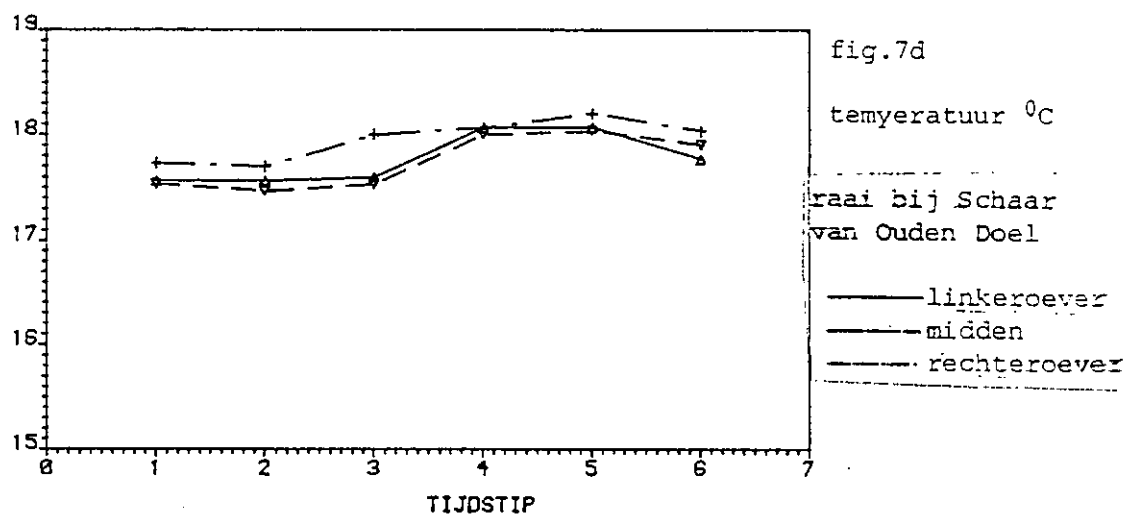
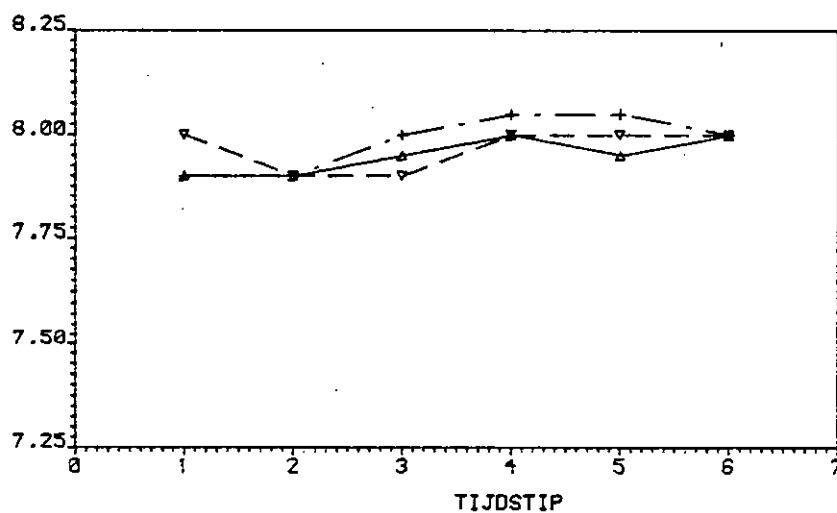
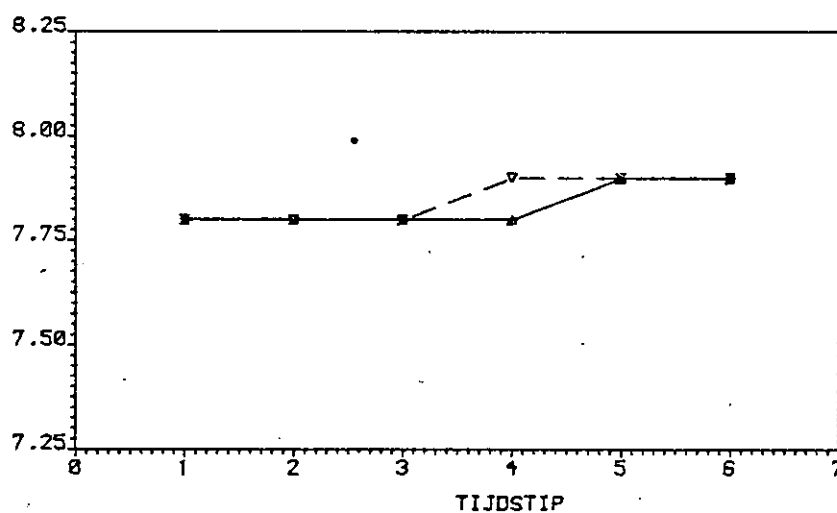
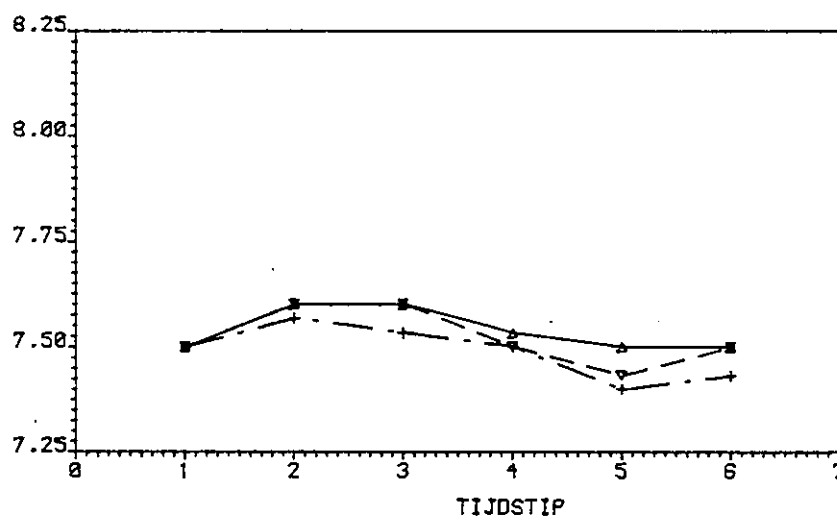
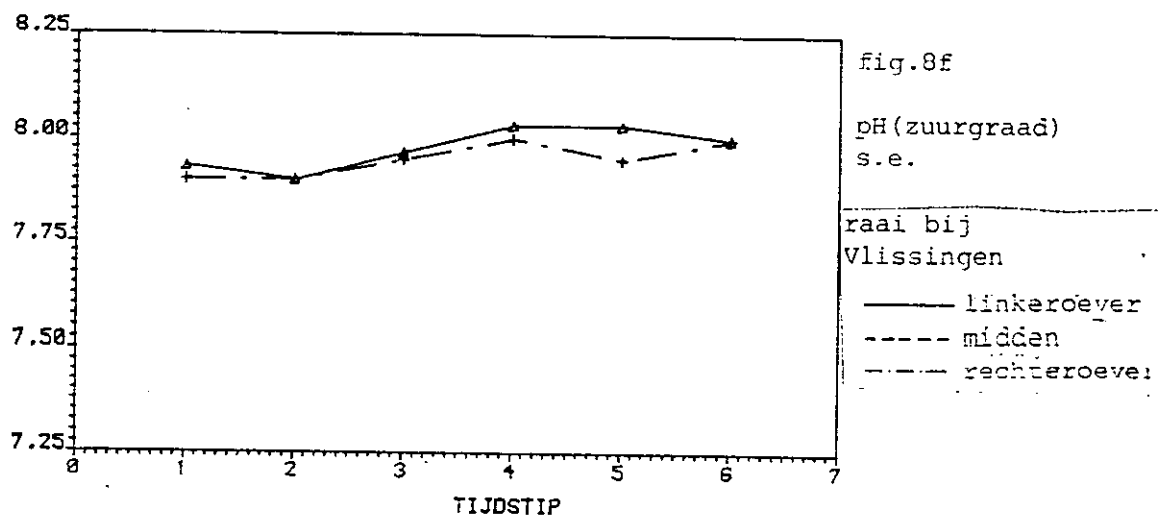
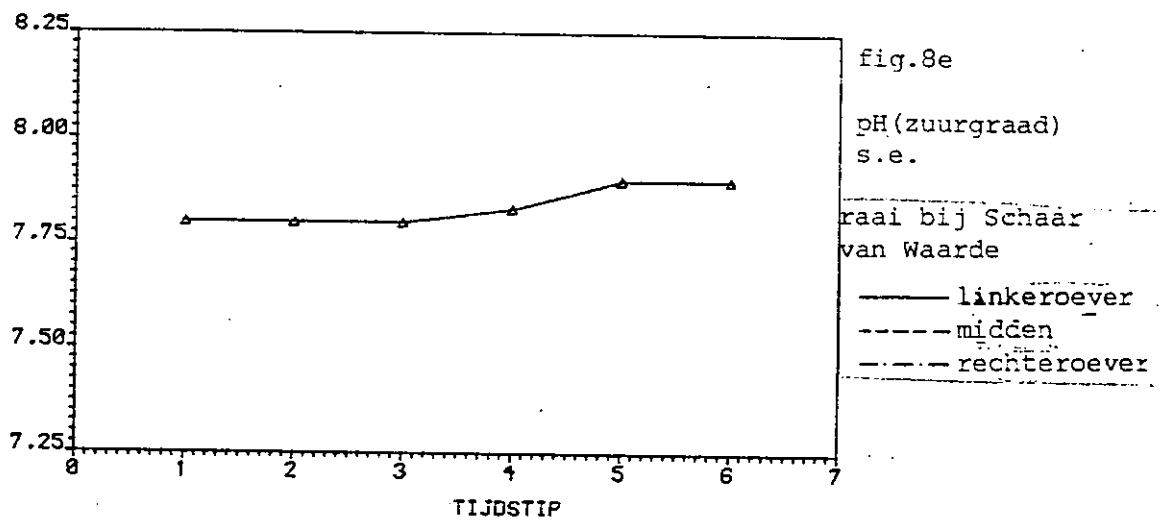
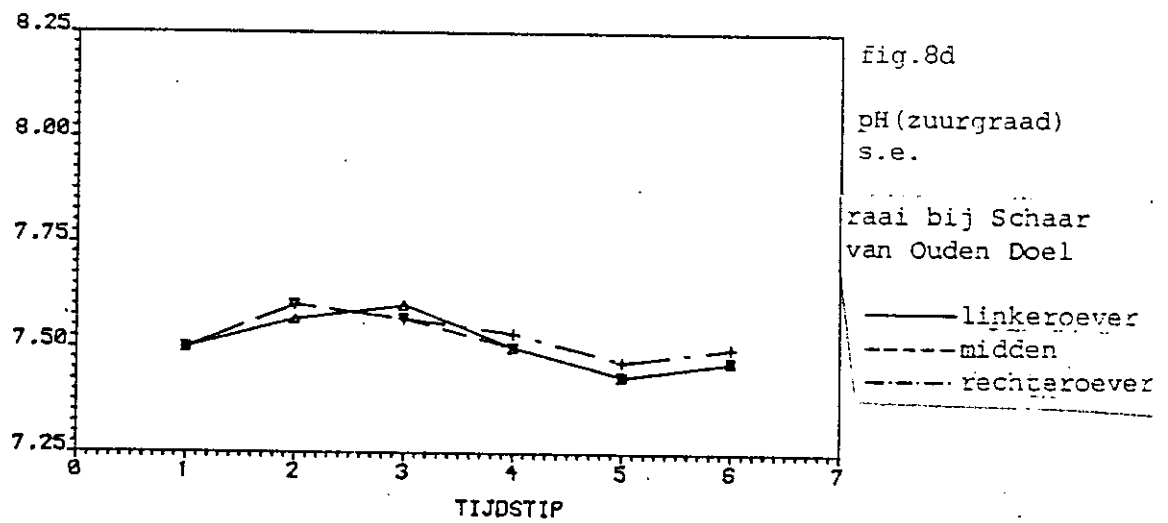


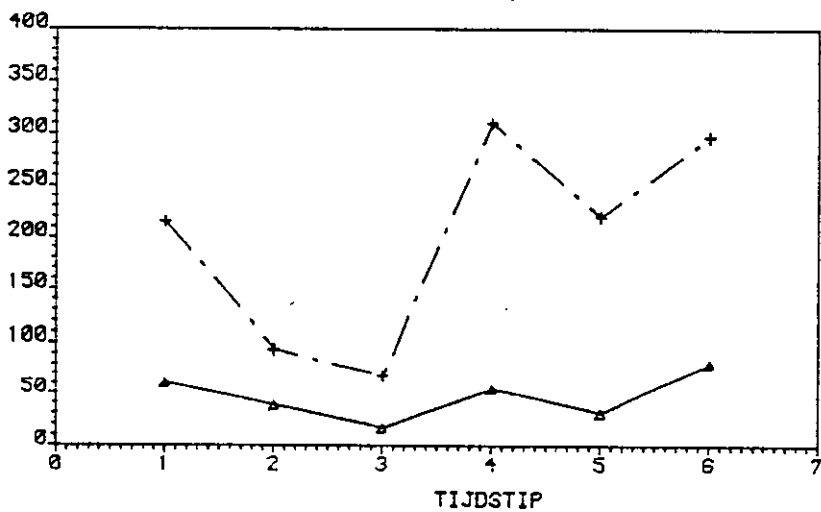
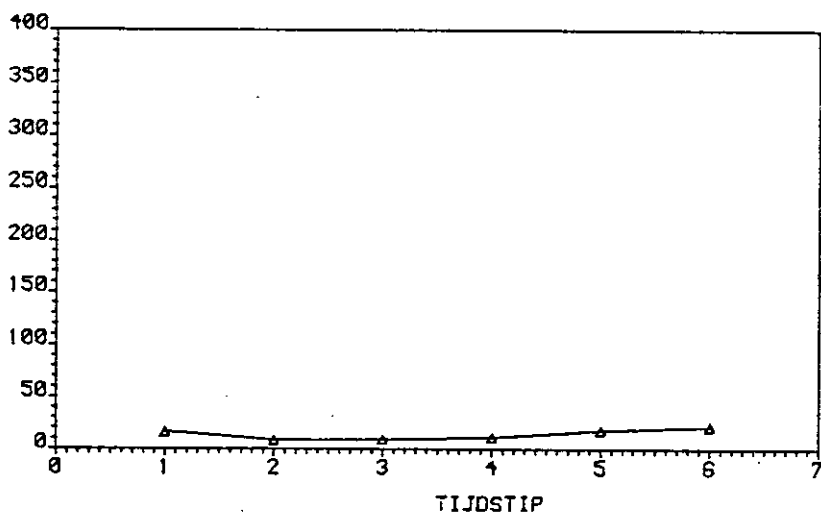
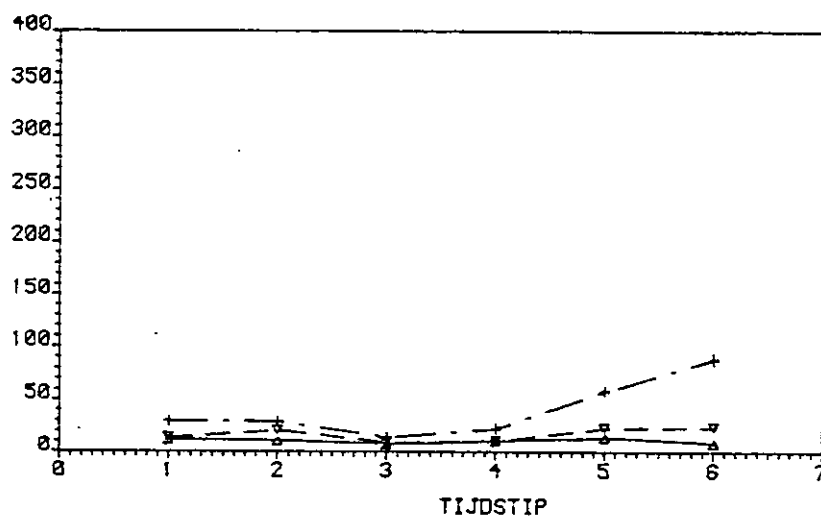
fig.6j raai bij Vliissingen, tijdstip 6

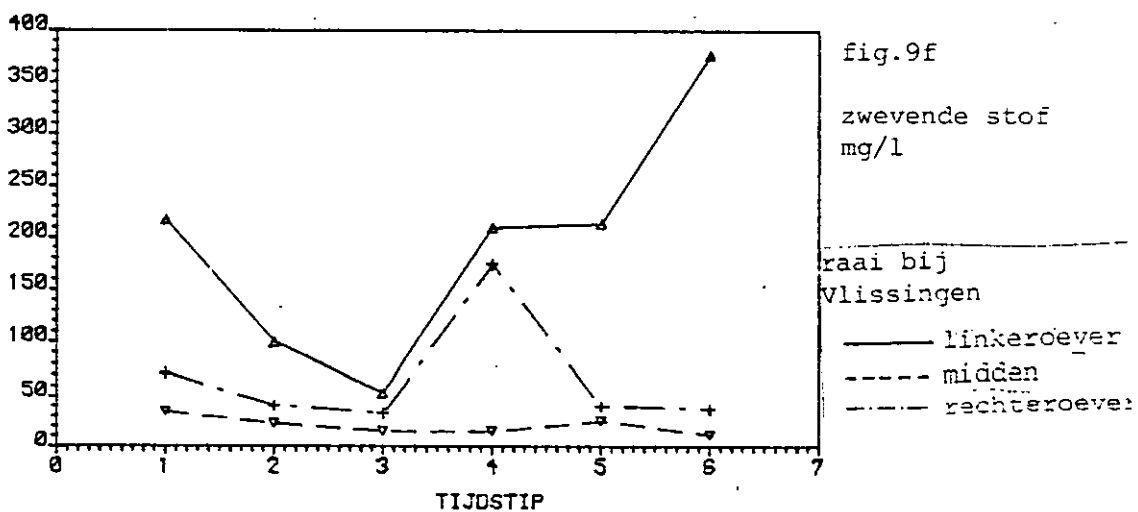
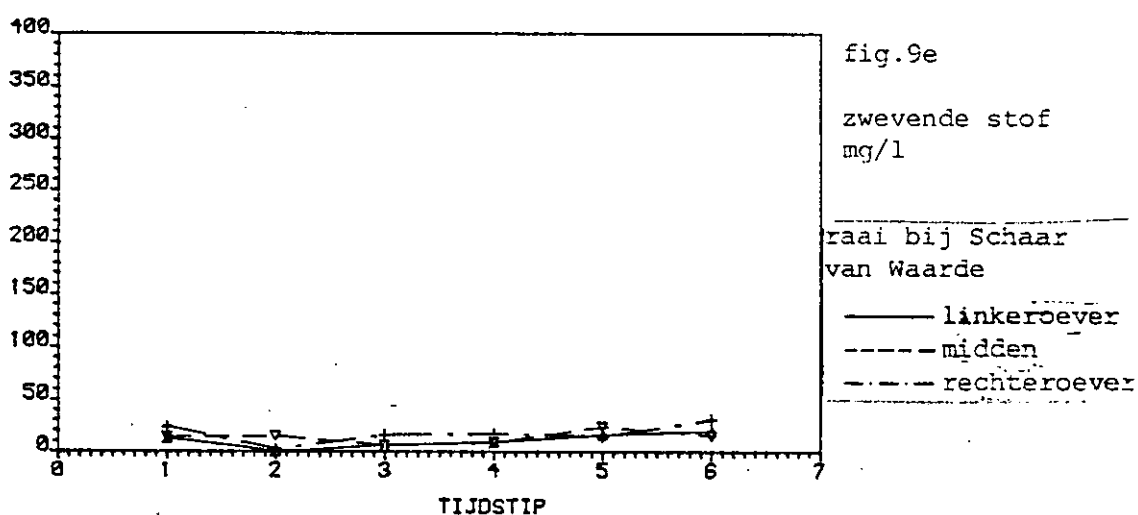
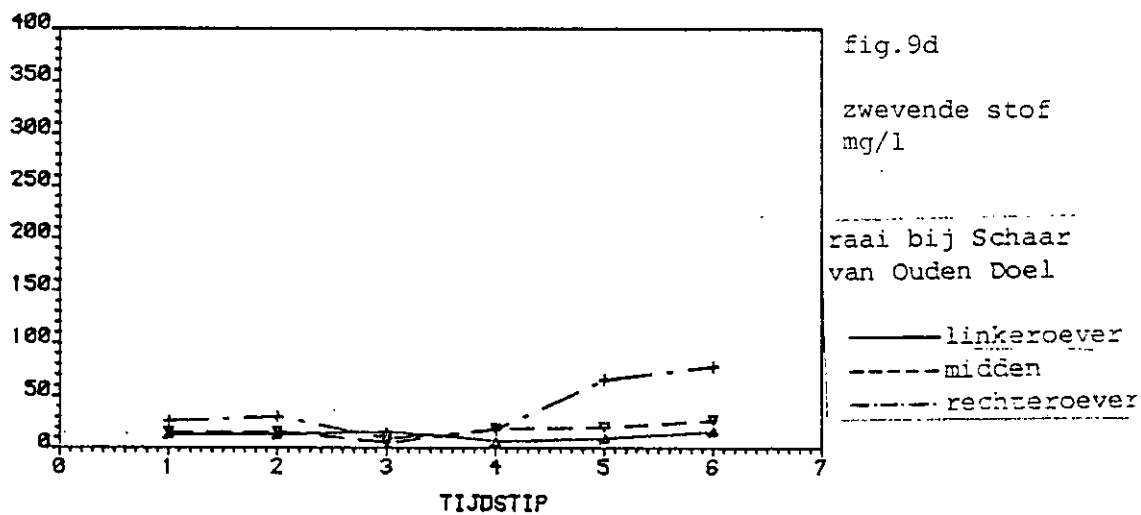












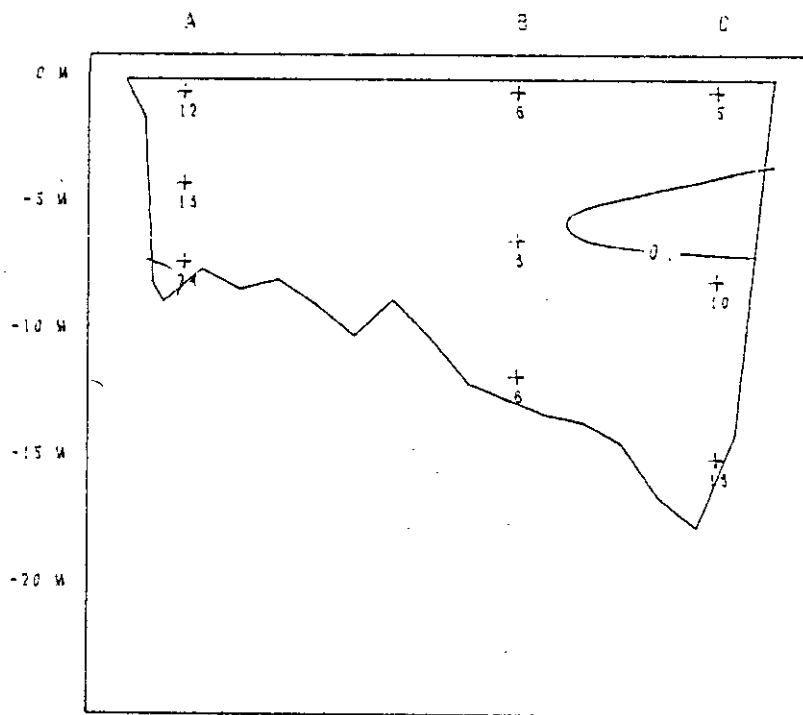


fig.9g

raai bij Schaar van Ouden
Doel , tijdstip 3

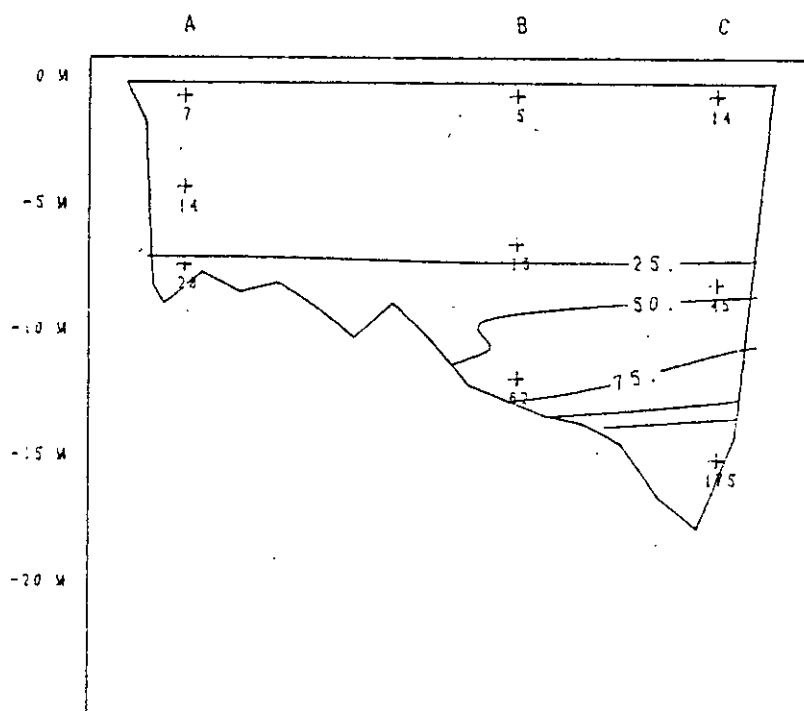


fig.9h

raai bij Schaar van Ouden
Doel , tijdstip 6

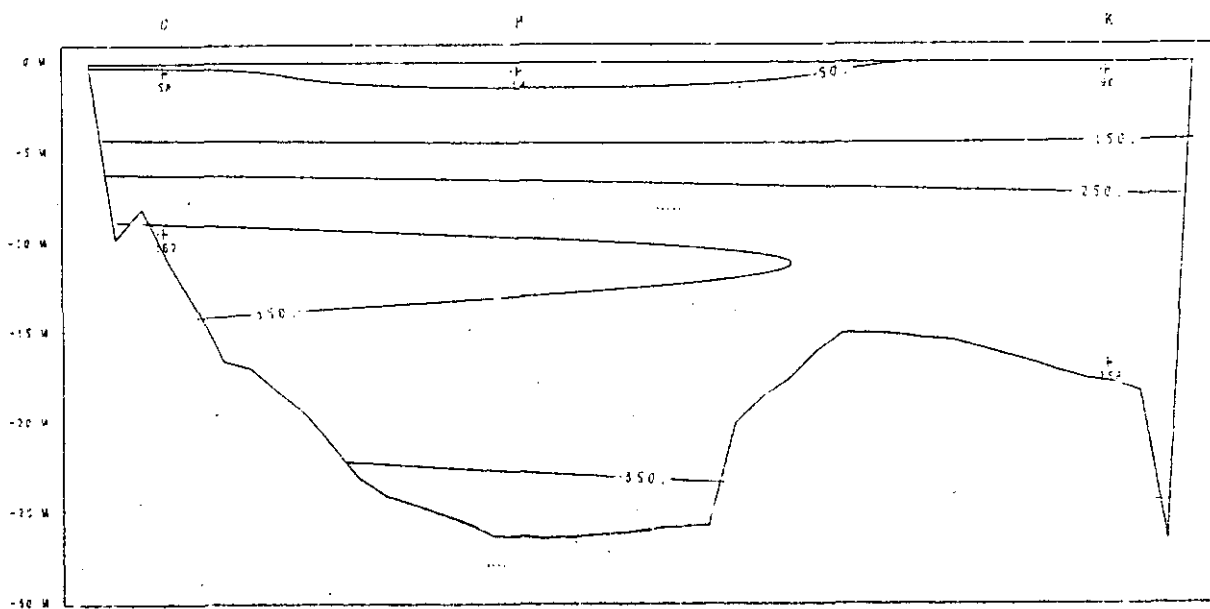


fig.9i raai bij Vlissingen , tijdstip 3

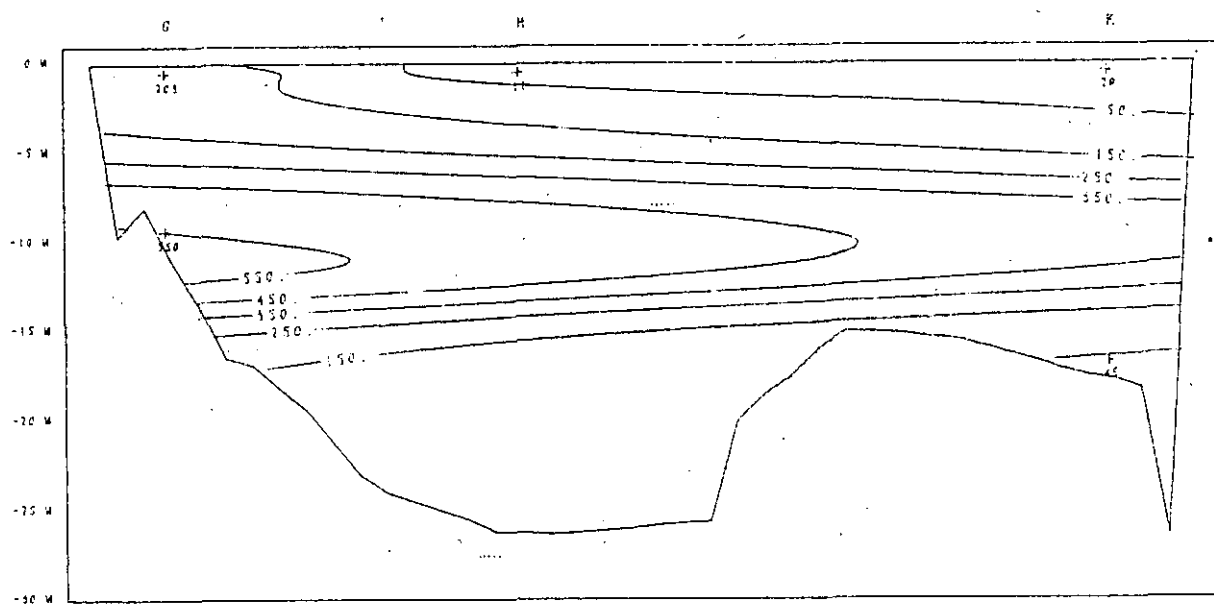
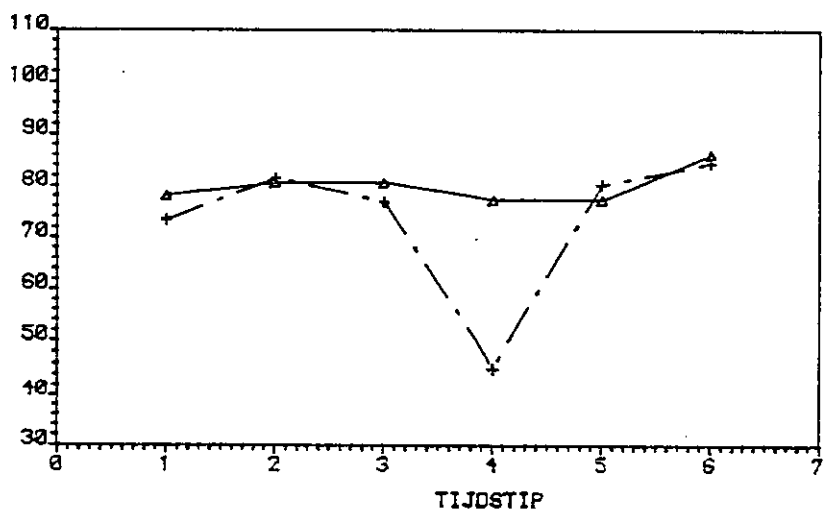
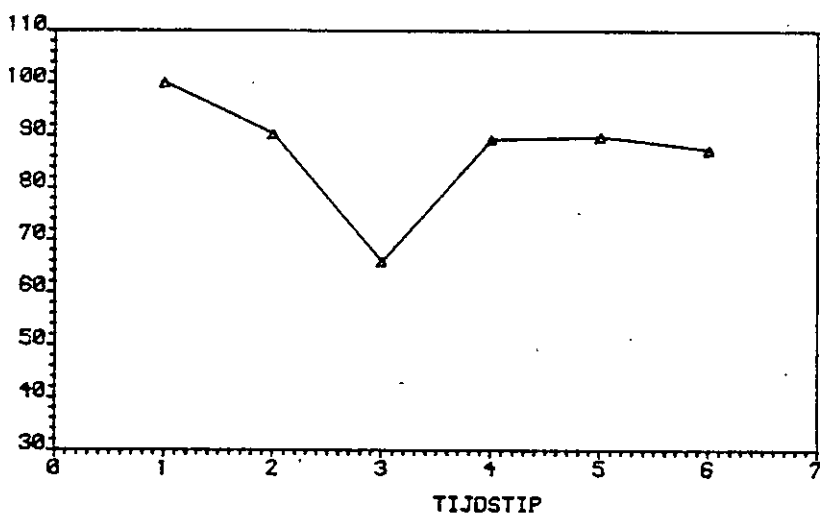
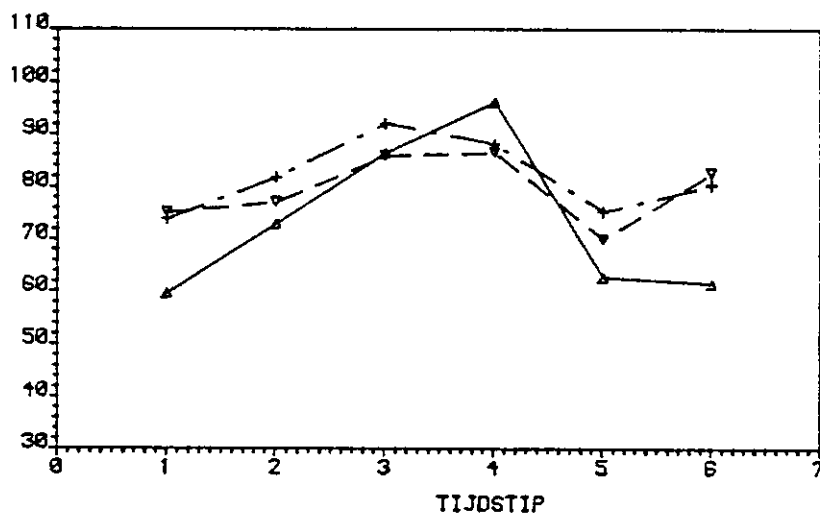


fig.9j raai bij Vlissingen , tijdstip 6



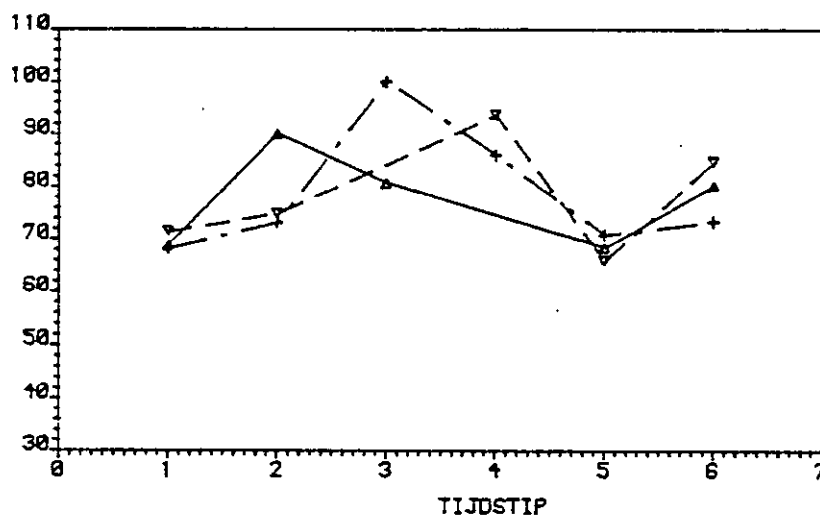


fig.10d

gloeirest van de zwevende stof, %

raai bij Schaar van Ouden Doel

— linkeroever
 ---- midden
 -.-.- rechteroever

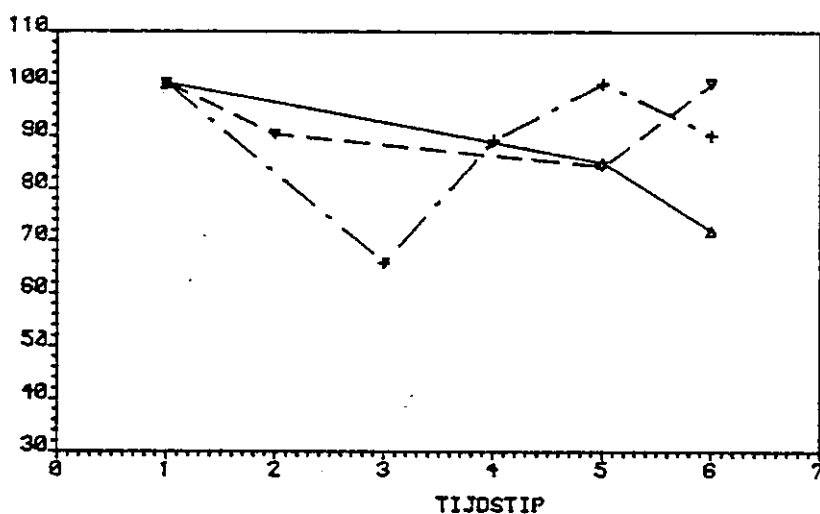


fig.10e

gloeirest van de zwevende stof, %

raai bij Schaar van Waarde

— linkeroever
 ---- midden
 -.-.- rechteroever

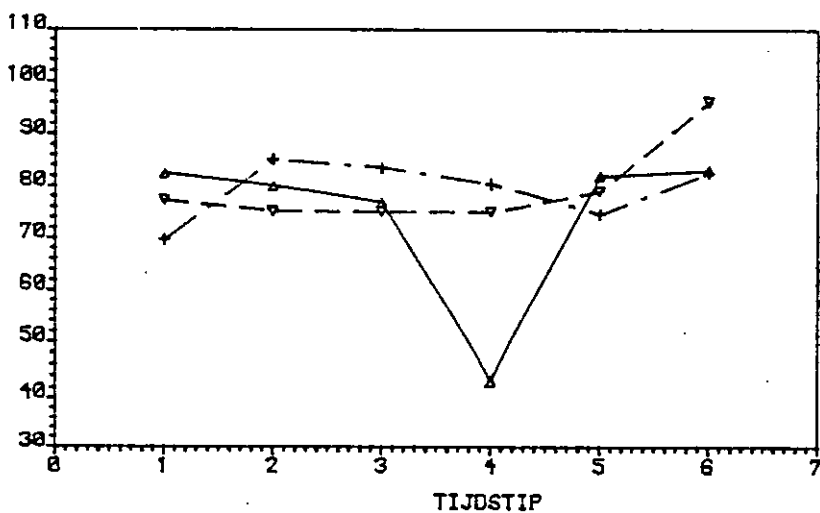
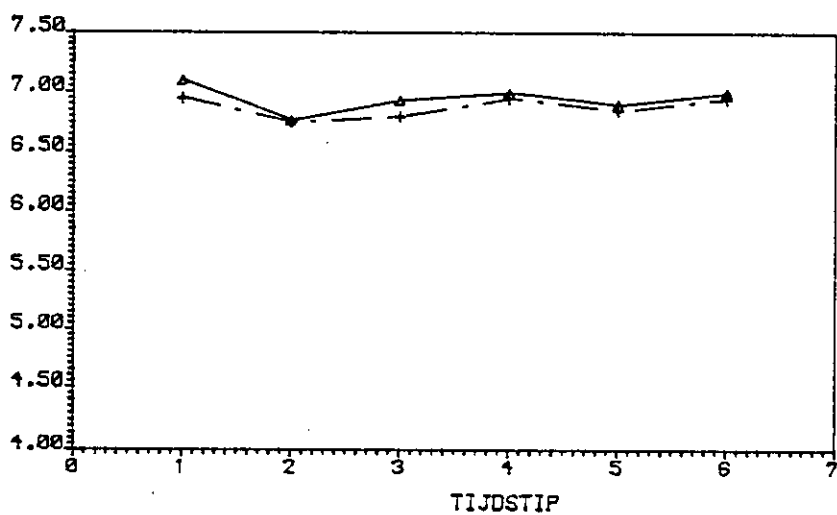
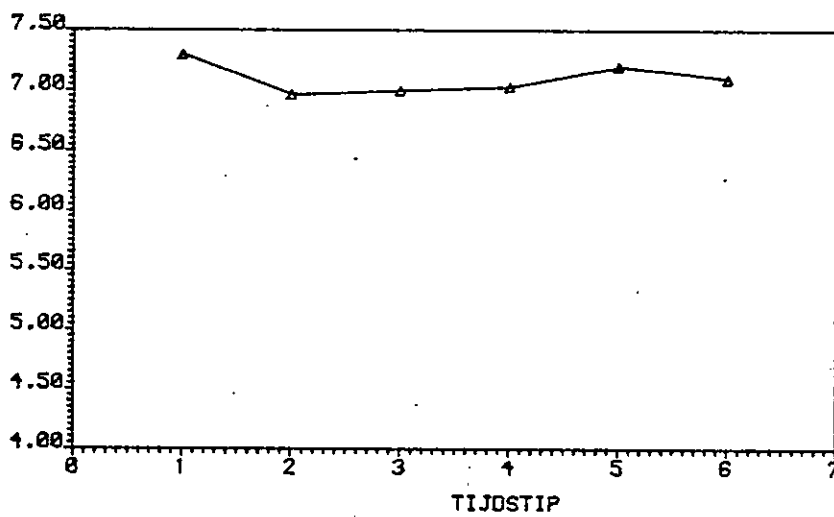
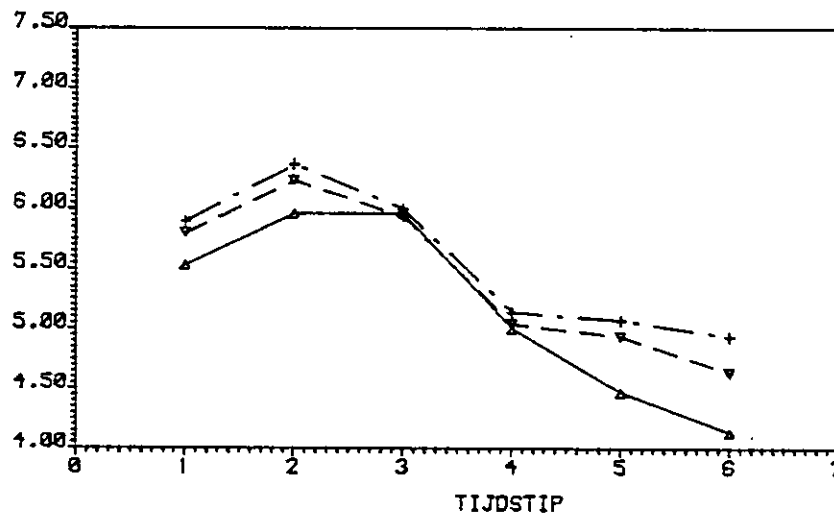


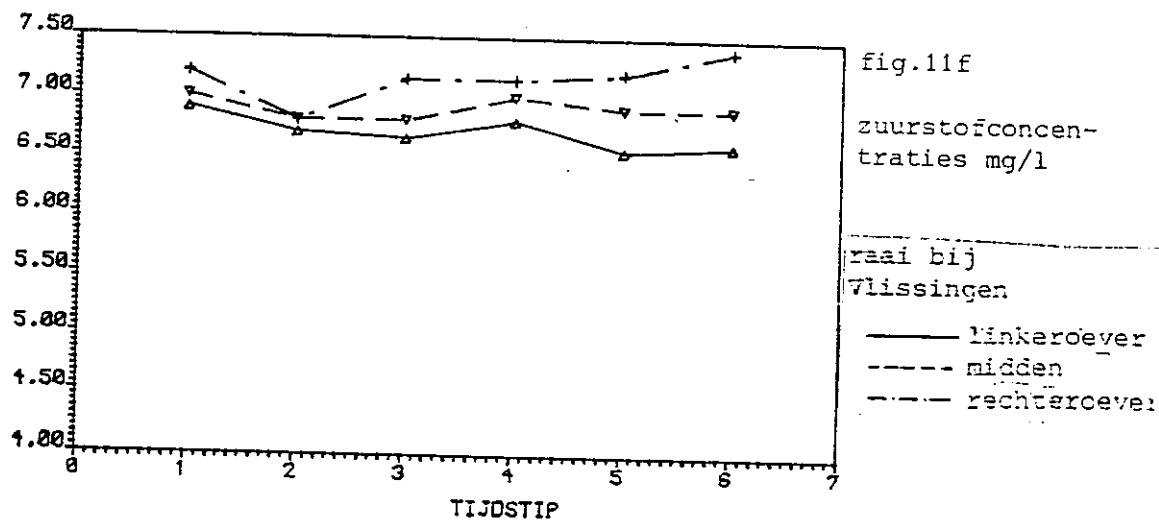
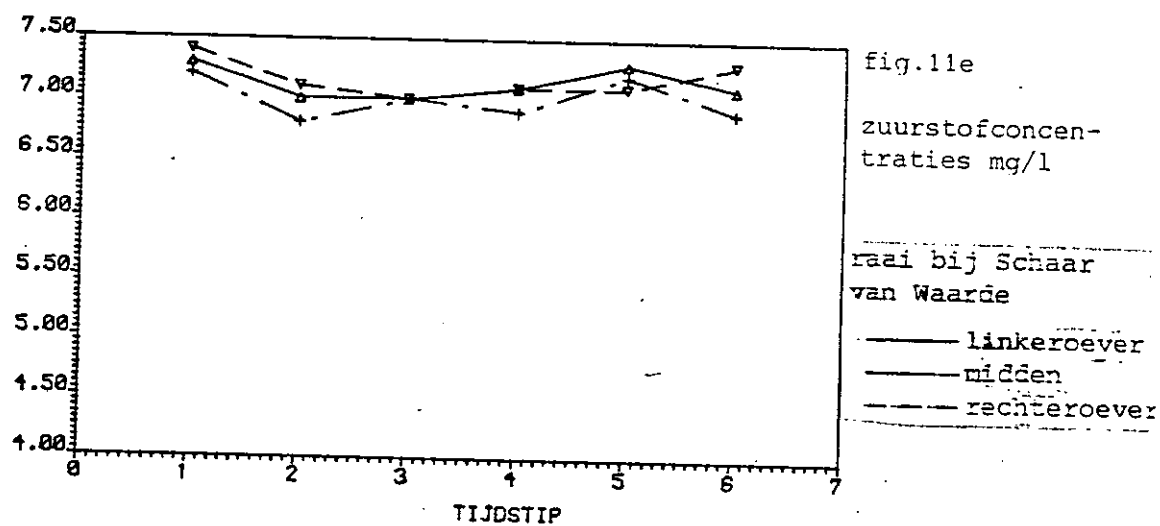
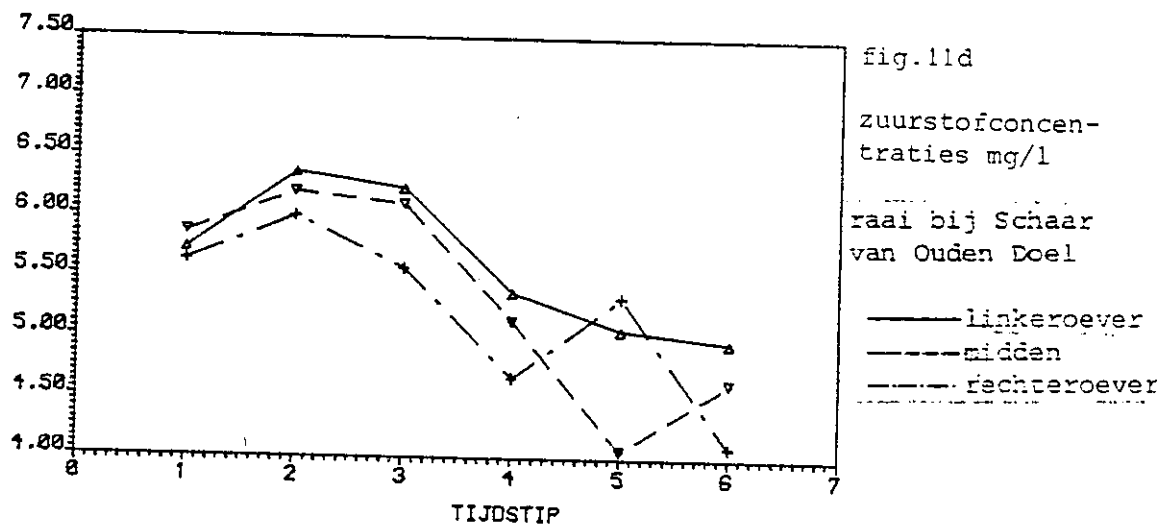
fig.10f

gloeirest van de zwevende stof, %

raai bij Vlissingen

— linkeroever
 ---- midden
 -.-.- rechteroever





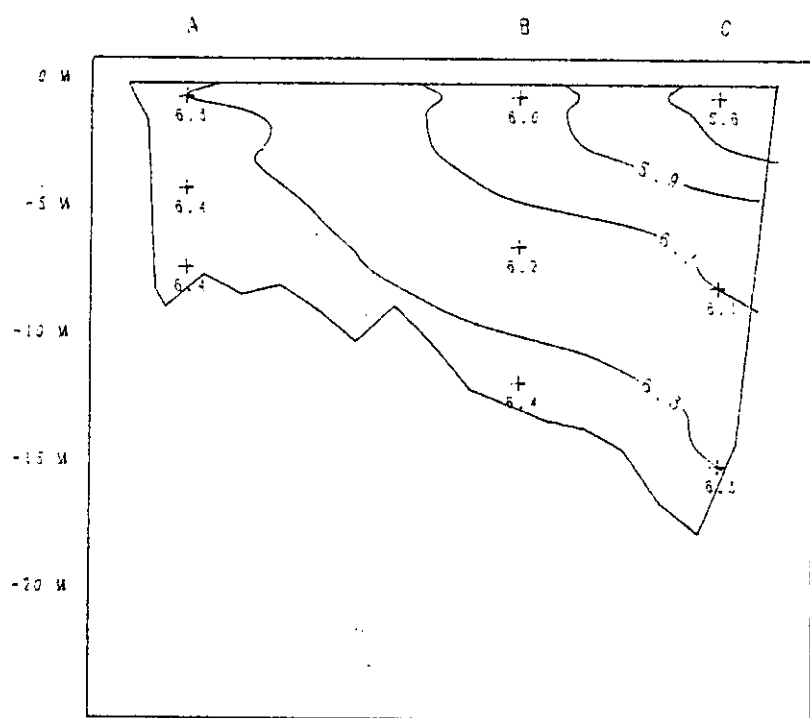


fig.11g

raai bij Schaar van Ouden
Doel , tijdstip 2

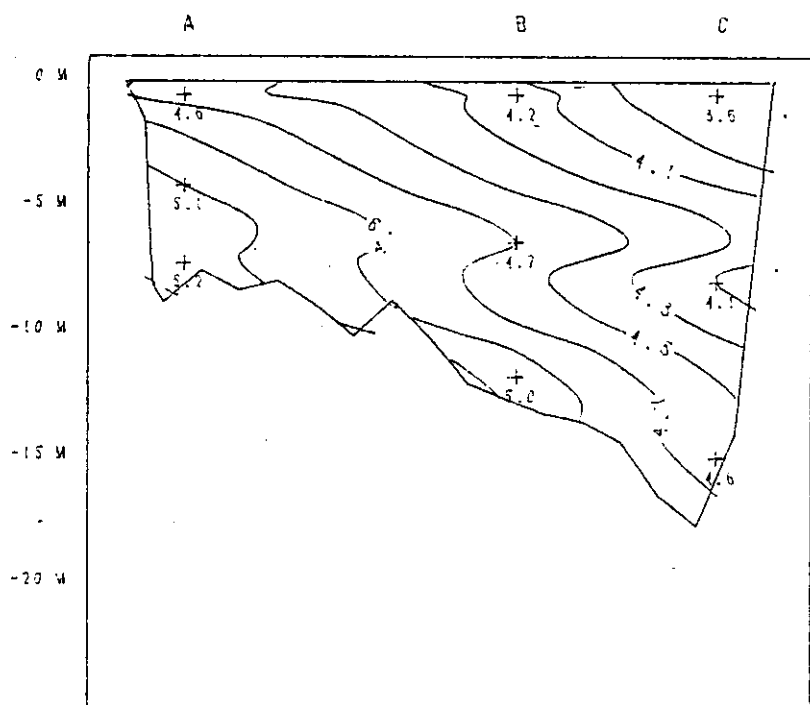
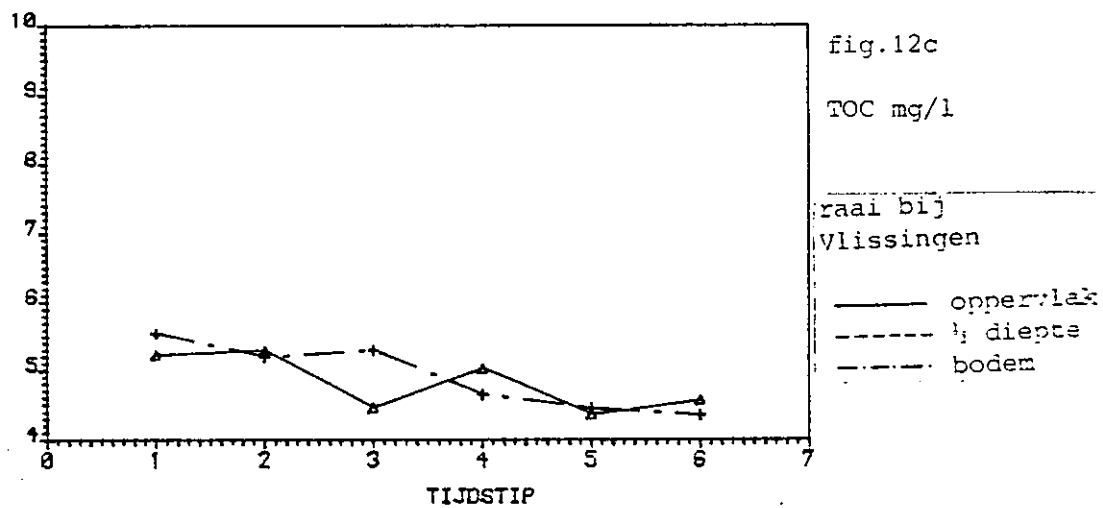
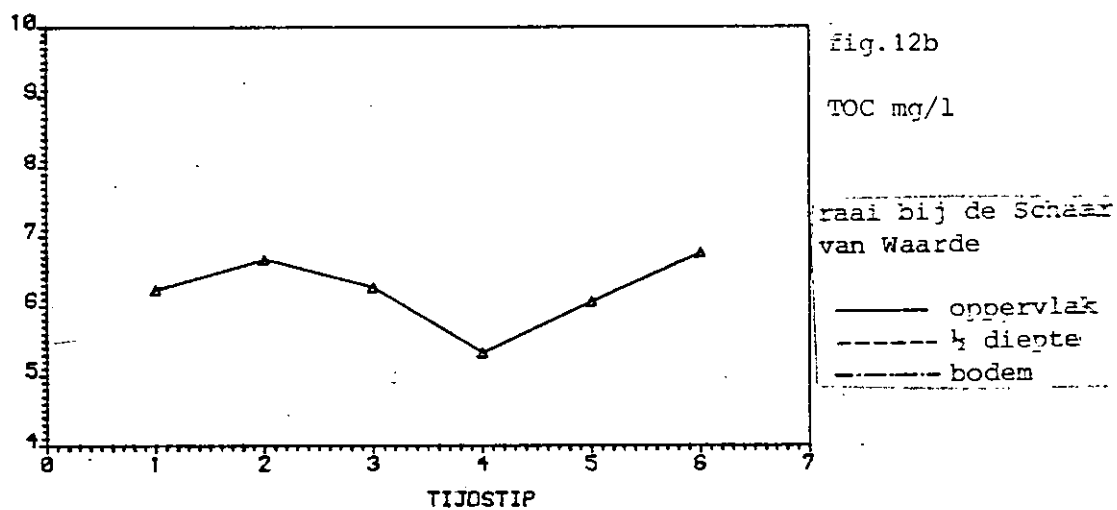
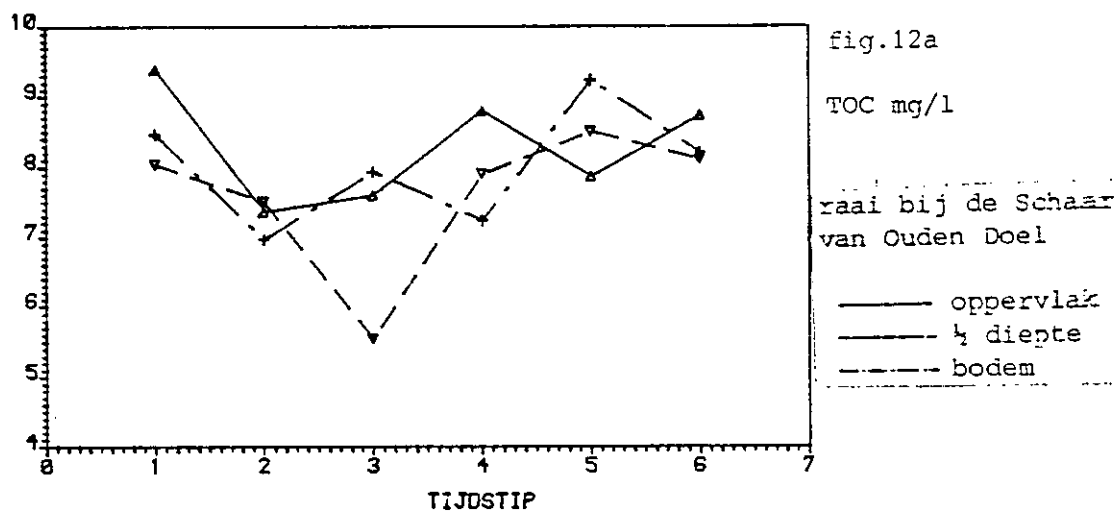
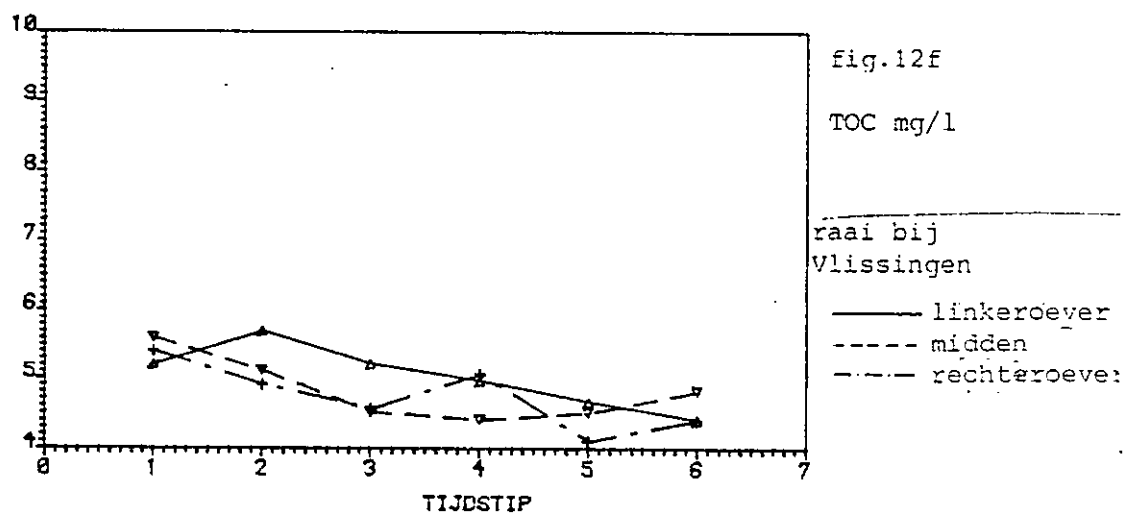
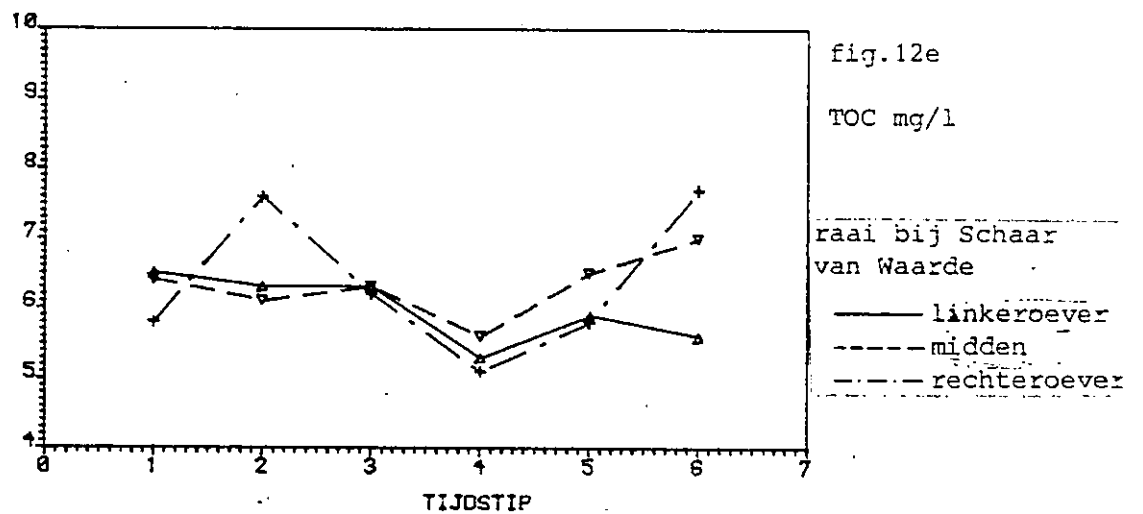
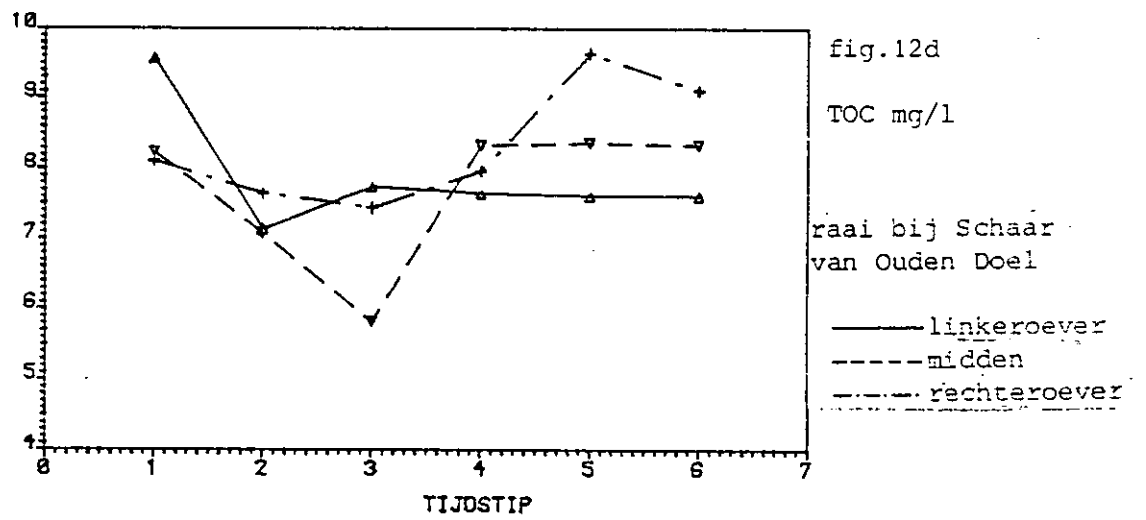
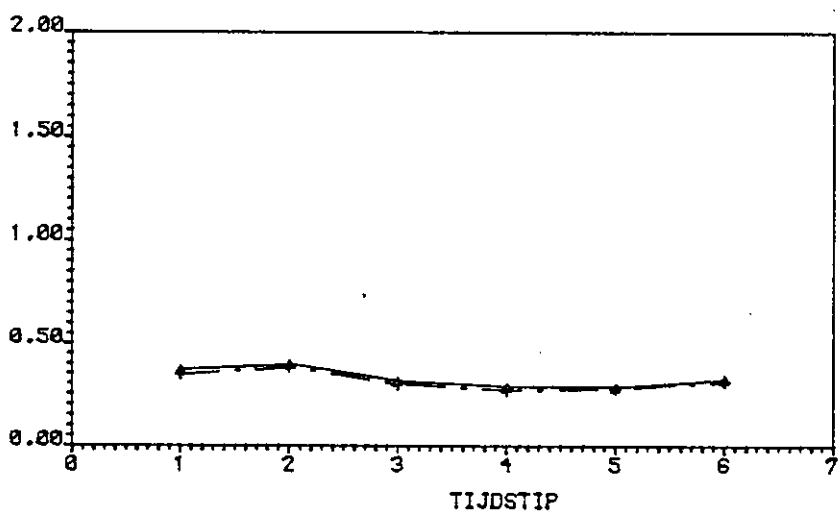
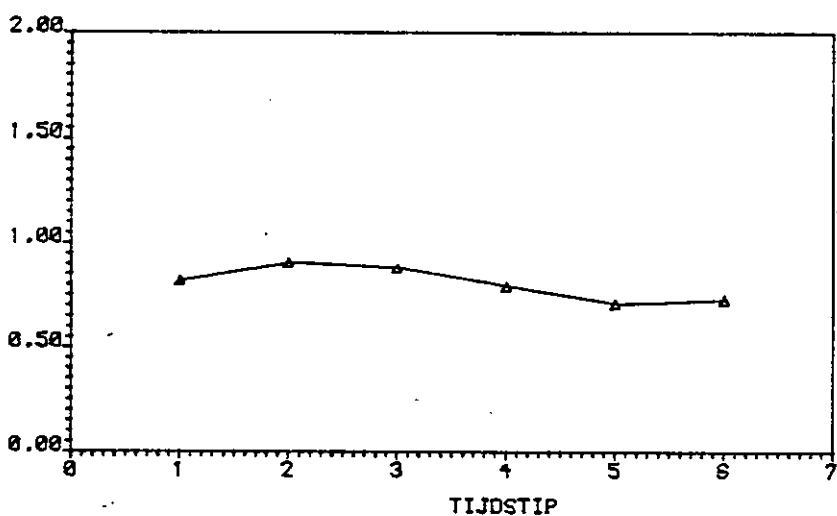
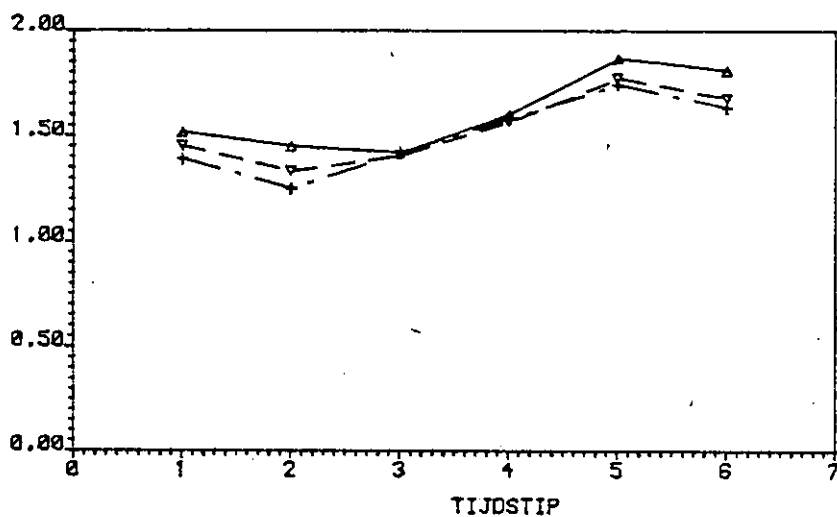


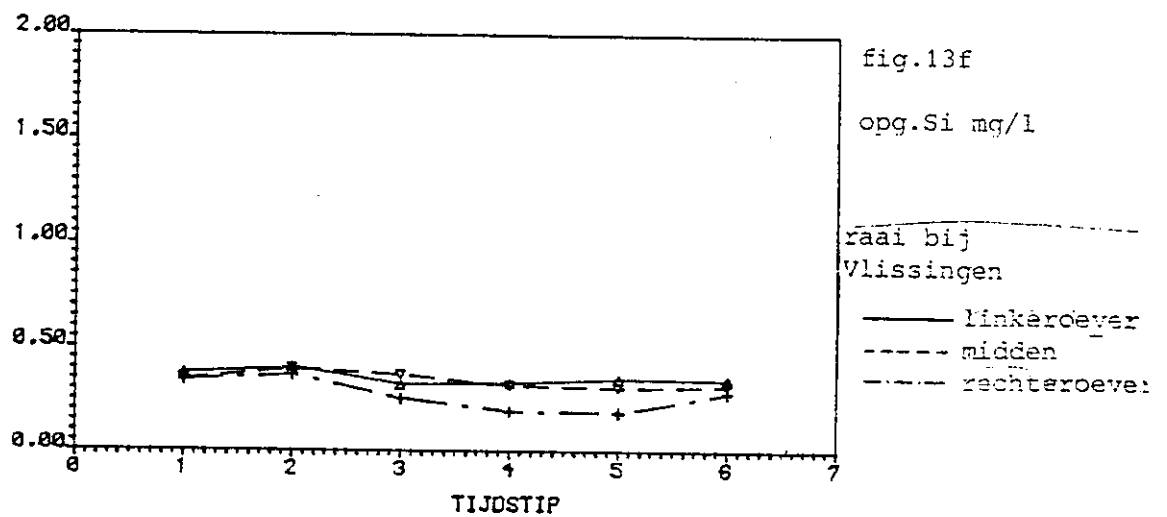
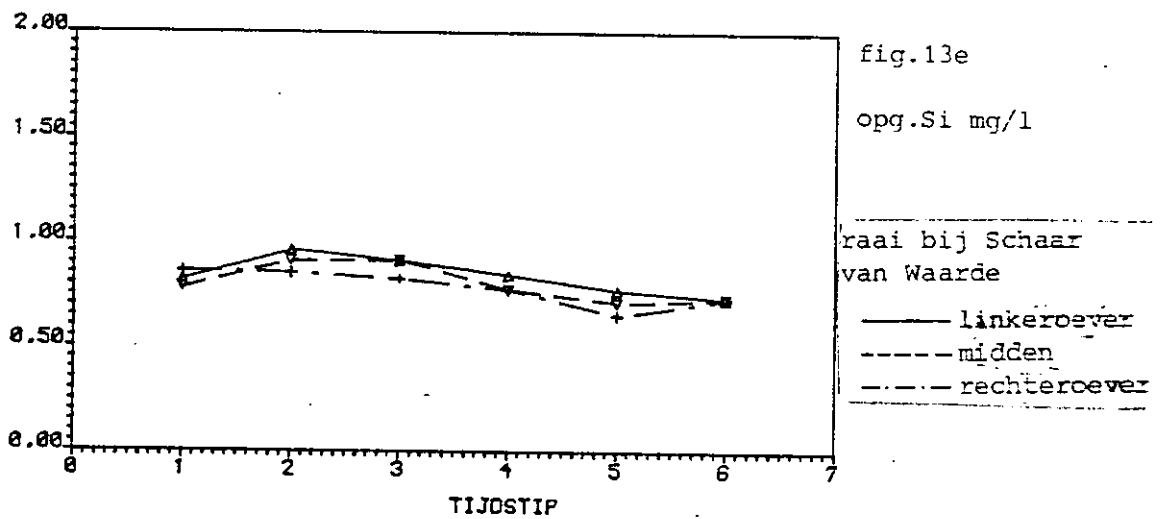
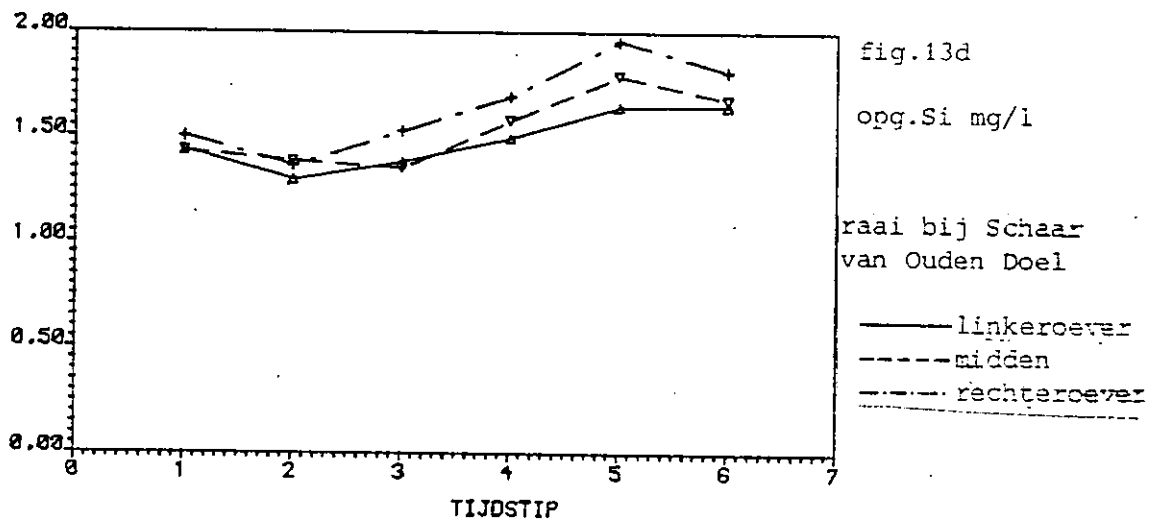
fig.11h

raai bij Schaar van Ouden
Doel , tijdstip 6









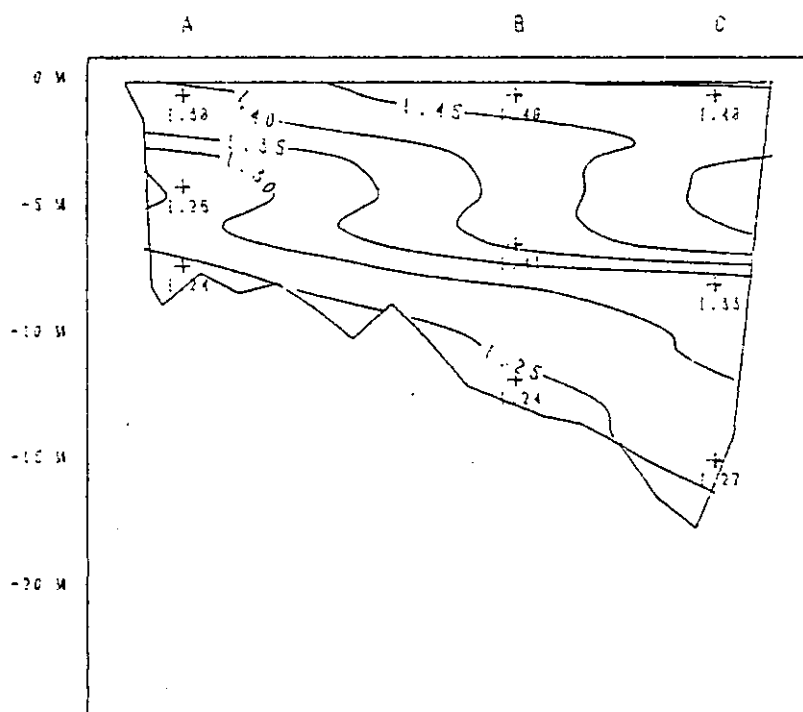


fig.13g

raai bij Schaar van Ouden
Doel , tijdstip

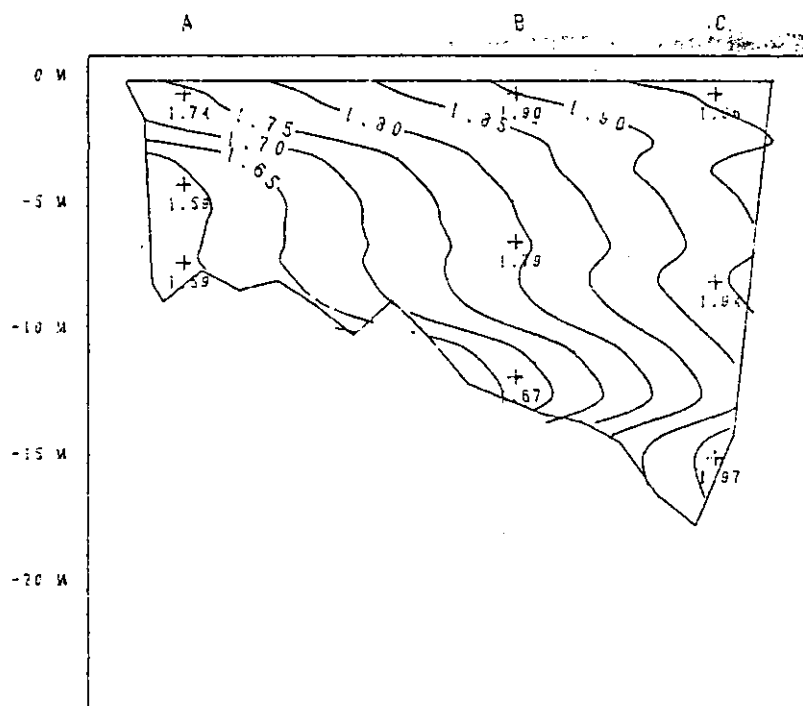
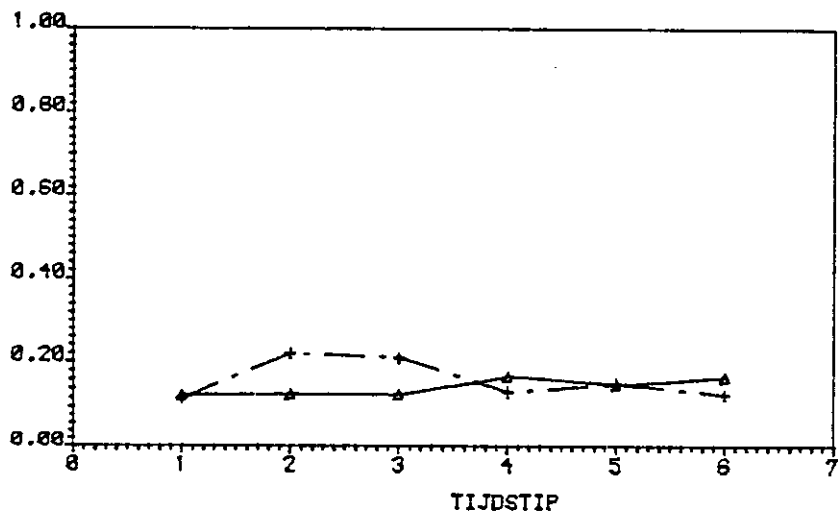
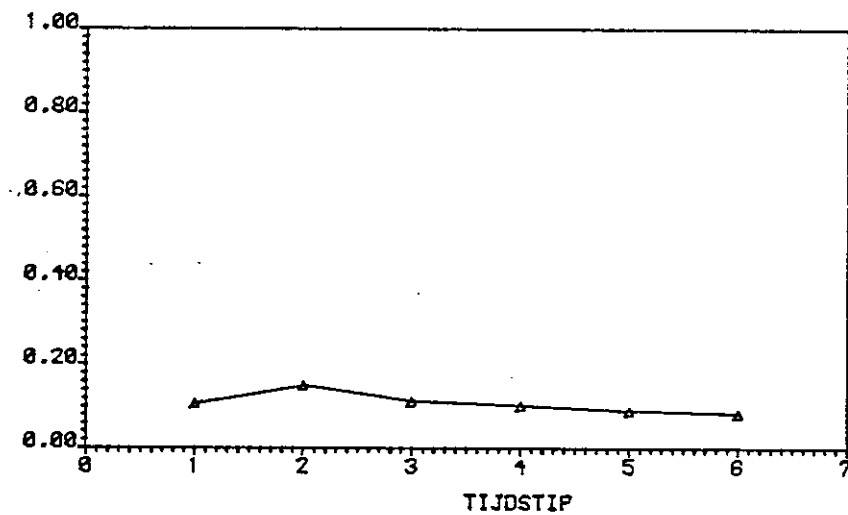
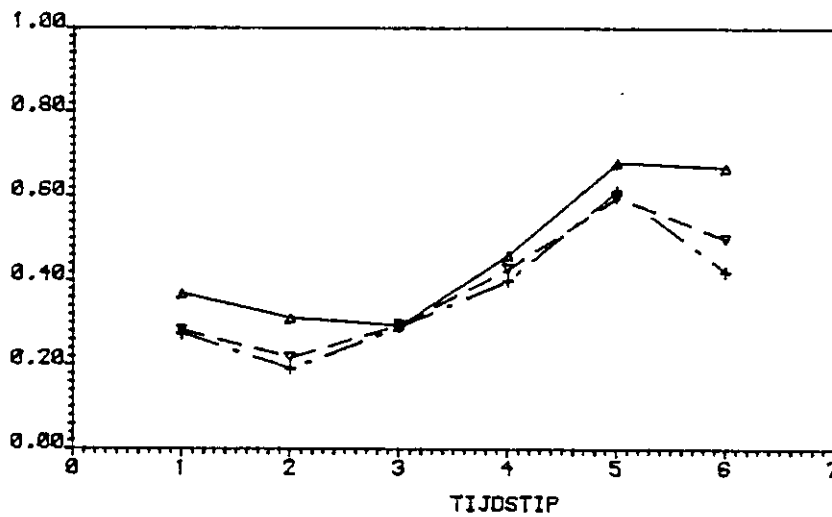
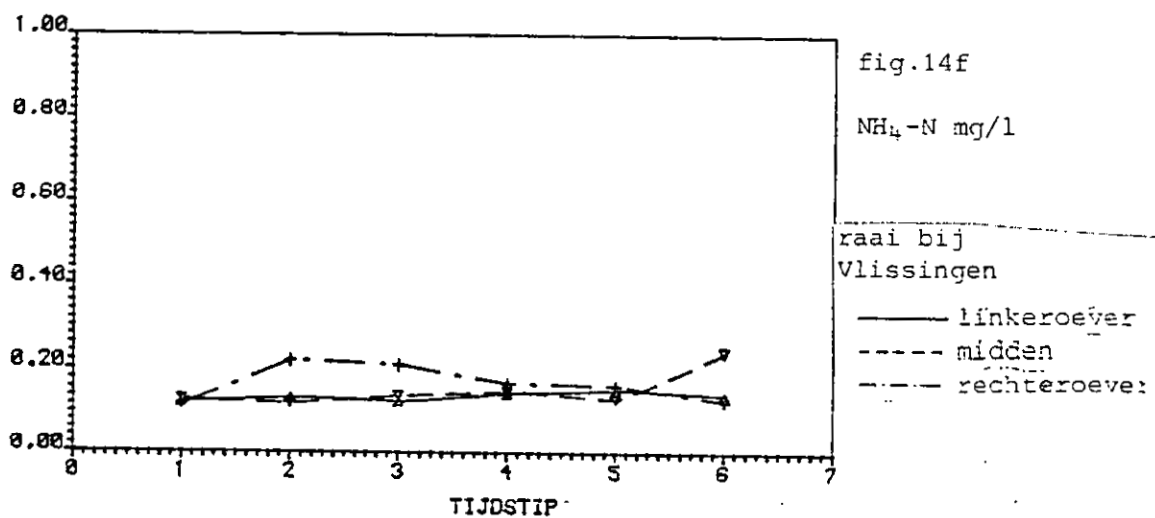
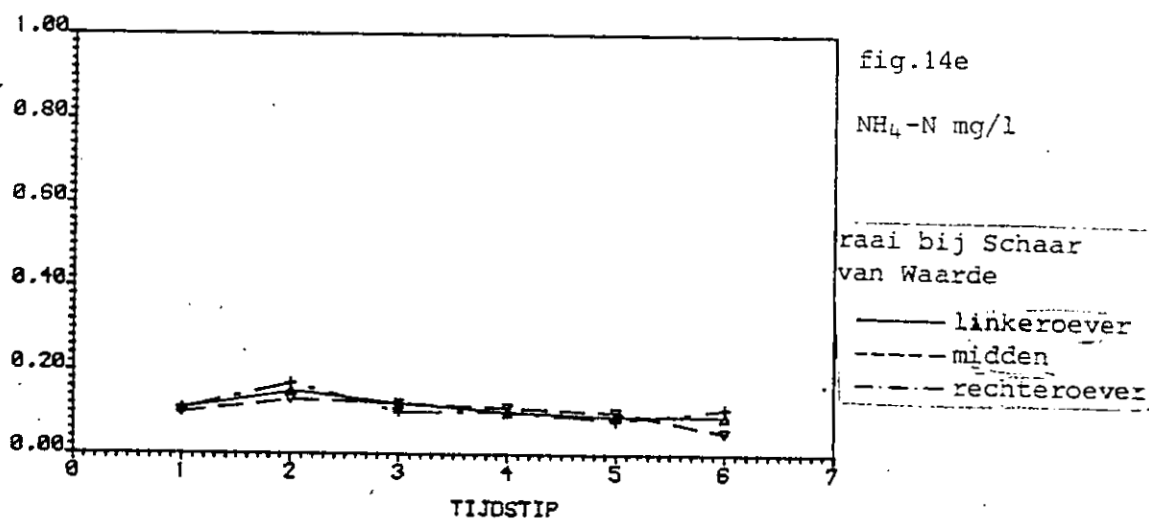
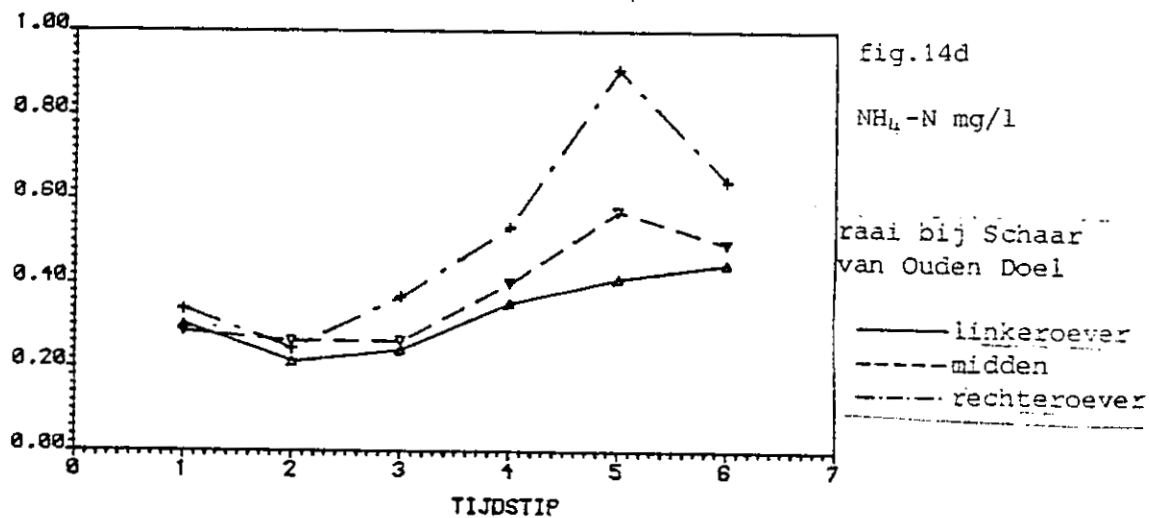


fig.13h

raai bij Schaar van Ouden
Doel , tijdstip 5





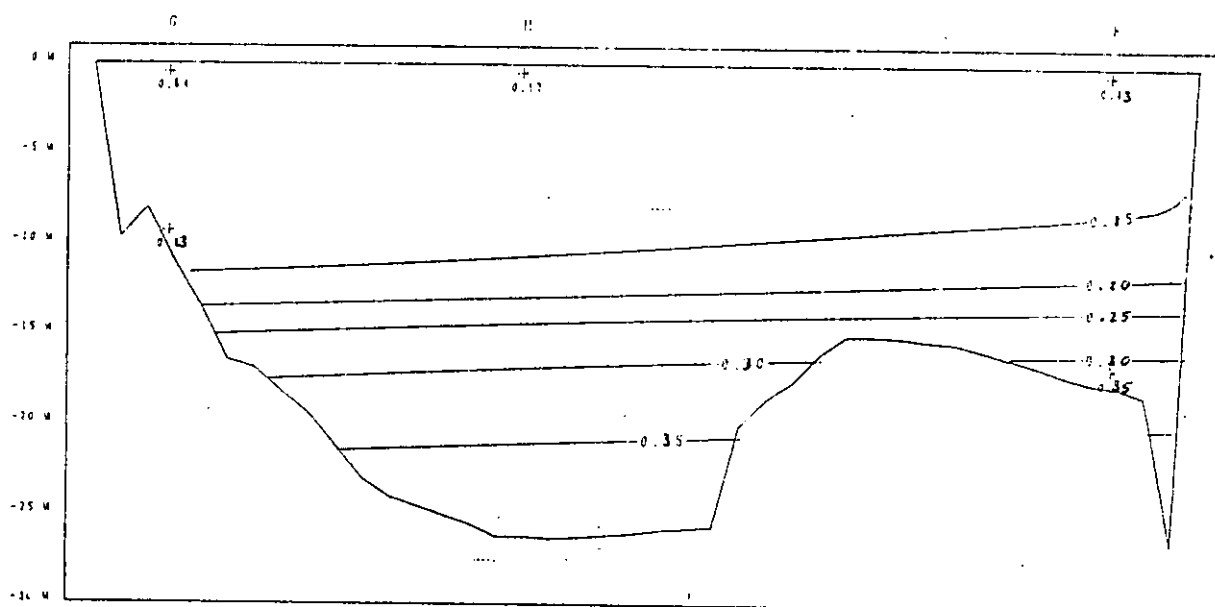


fig.14i raai bij Vliissingen , tijdstip 2

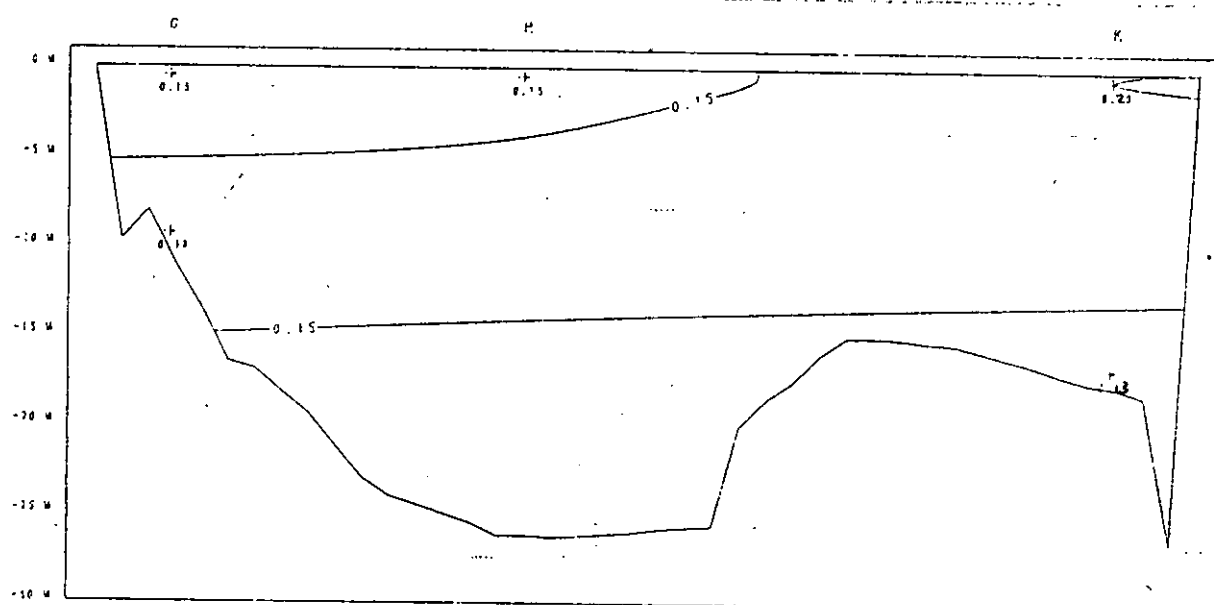


fig.14j raai bij Vliissingen , tijdstip 5

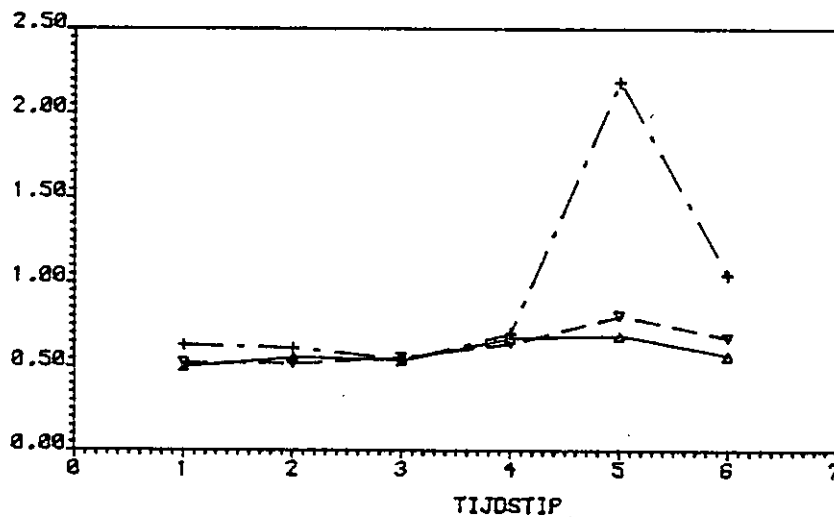


fig.15a

organisch gebonden stikstof
mg/l

raai bij de Schaar
van Ouden Doel

— oppervlak
--- 1/2 diepte
-.- bodem

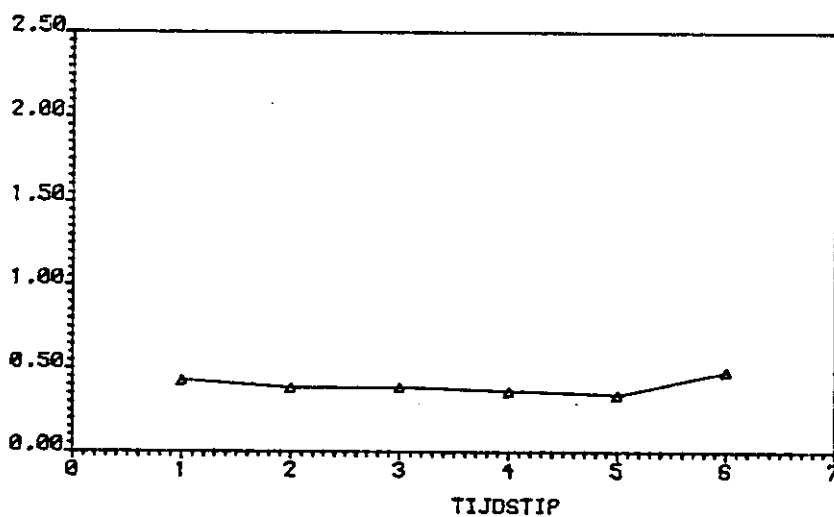


fig.15b

organisch gebonden stikstof
mg/l

raai bij de Schaar
van Waarde

— oppervlak
--- 1/2 diepte
-.- bodem

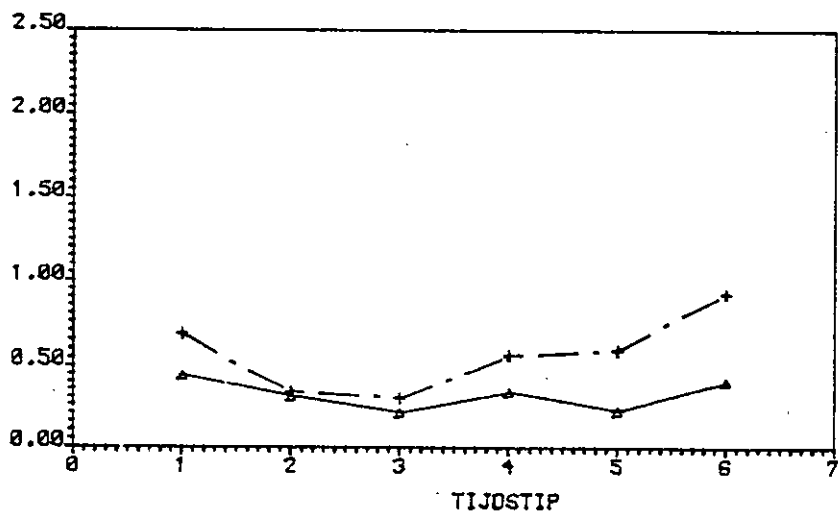


fig.15c

organisch gebonden stikstof
mg/l

raai bij
Vlissingen

— oppervlak
--- 1/2 diepte
-.- bodem

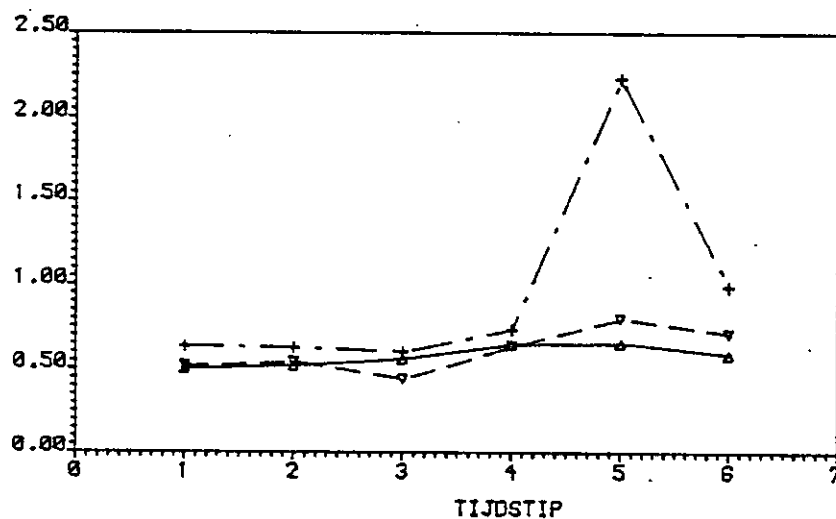


fig.15d

organisch gebonden stikstof
mg/l

raai bij Schaar
van Ouden Doel

— linkeroever
--- midden
--- rechteroever

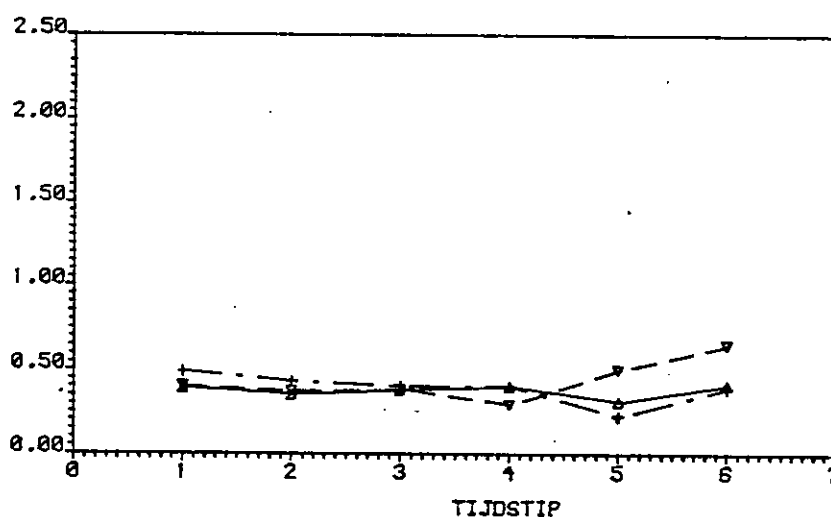


fig.15e

organisch gebonden stikstof
mg/l

raai bij Schaar
van Waarde

— linkeroever
--- midden
--- rechteroever

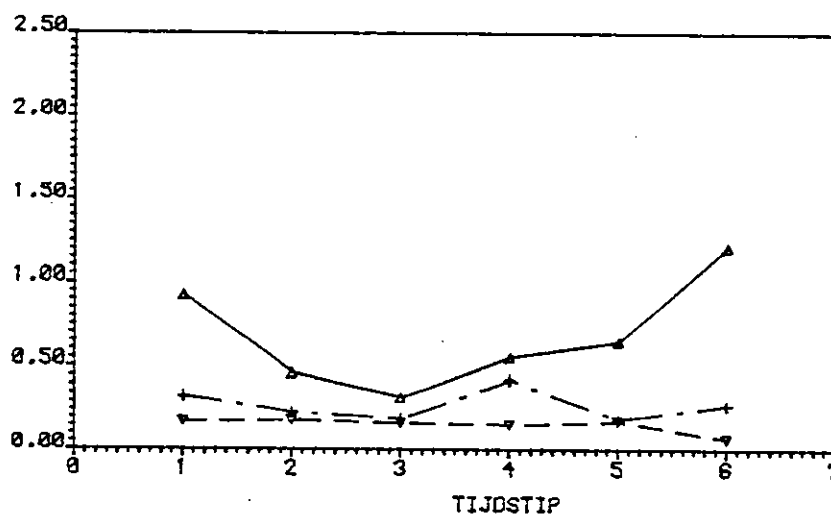
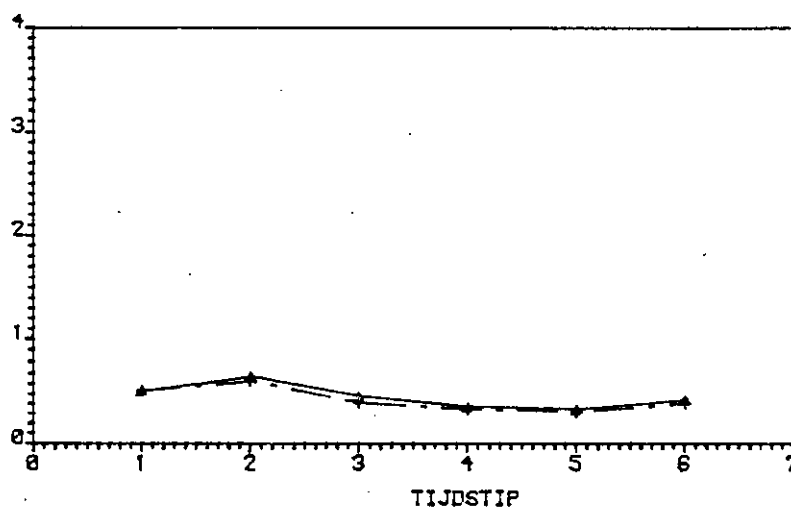
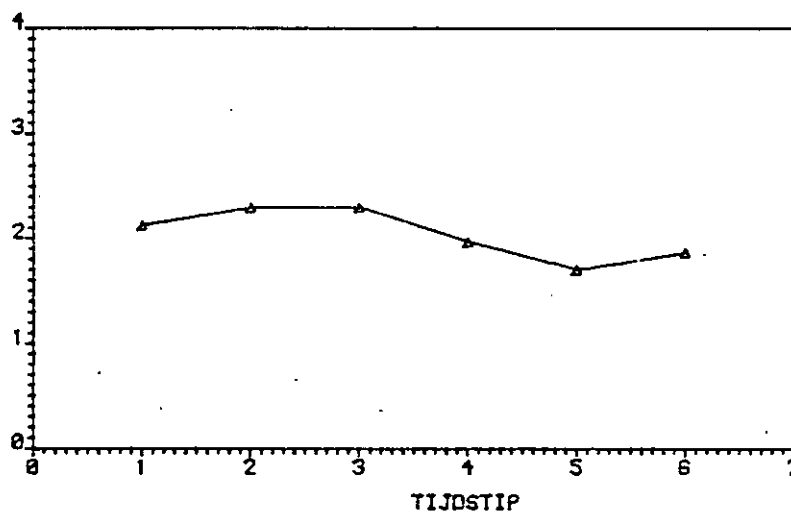
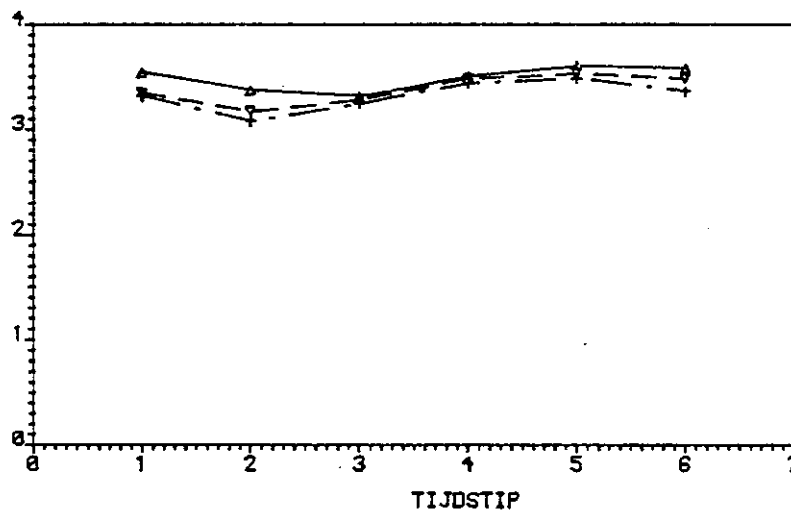


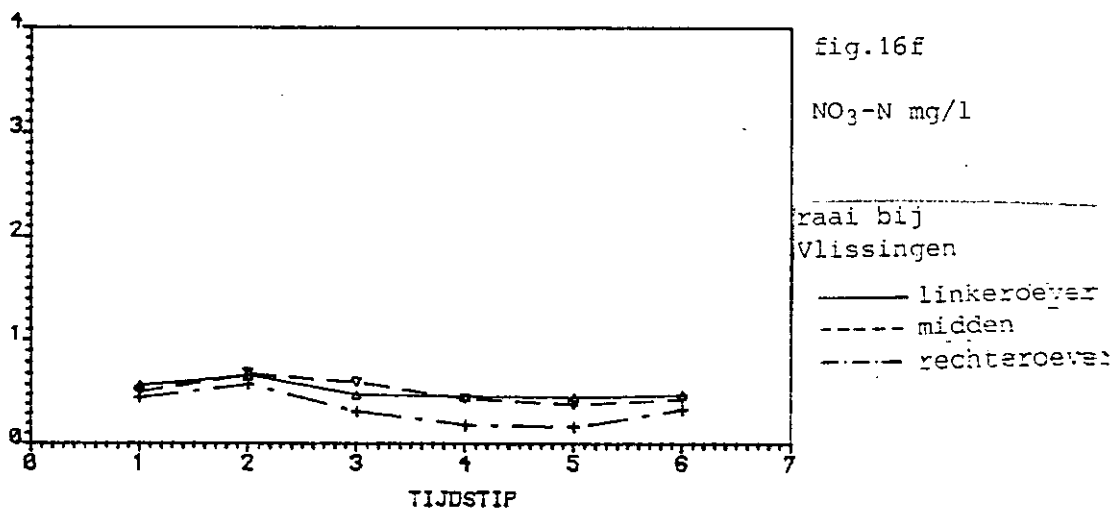
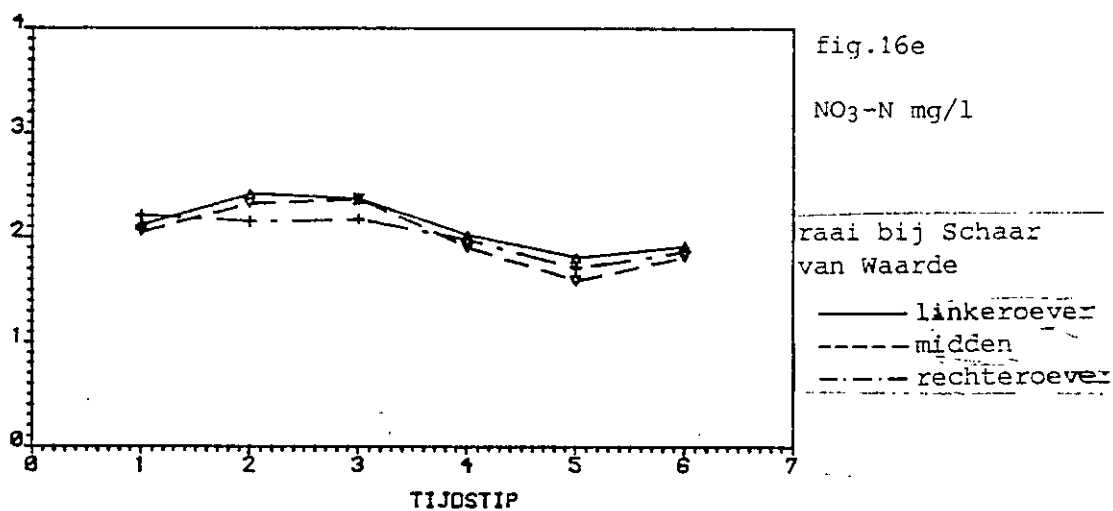
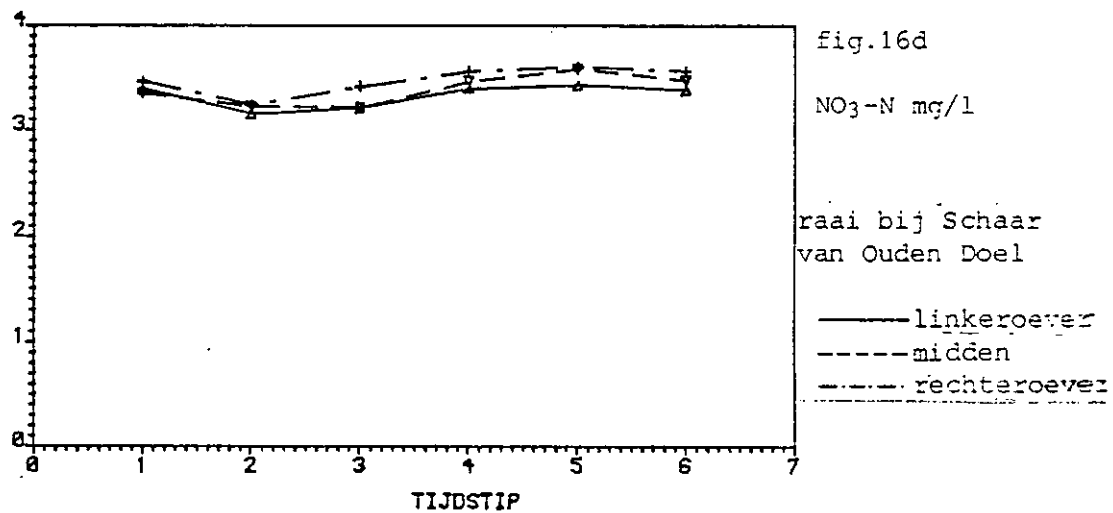
fig.15f

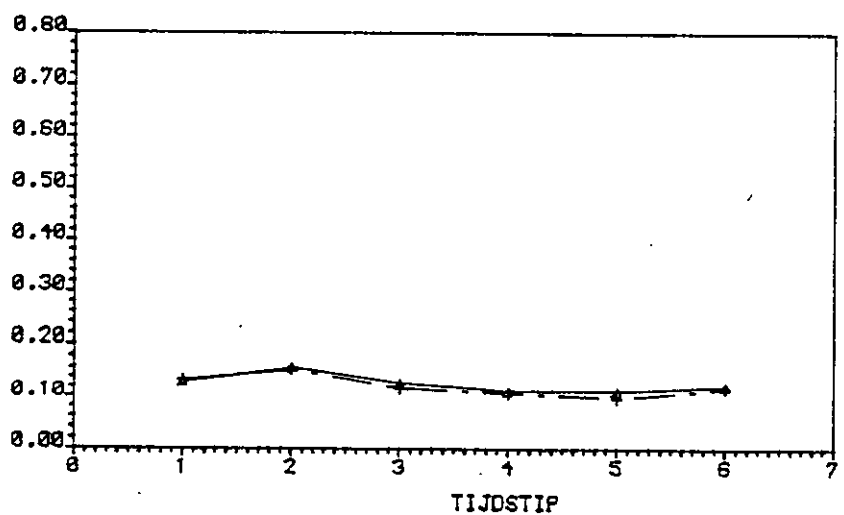
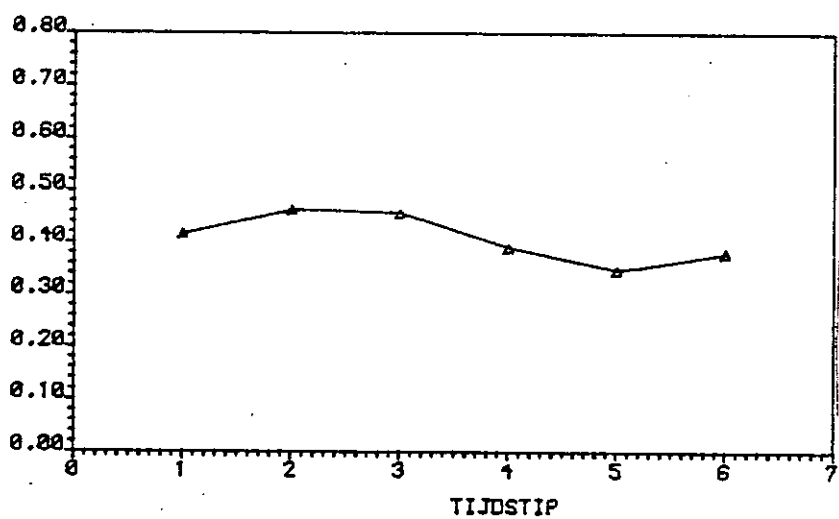
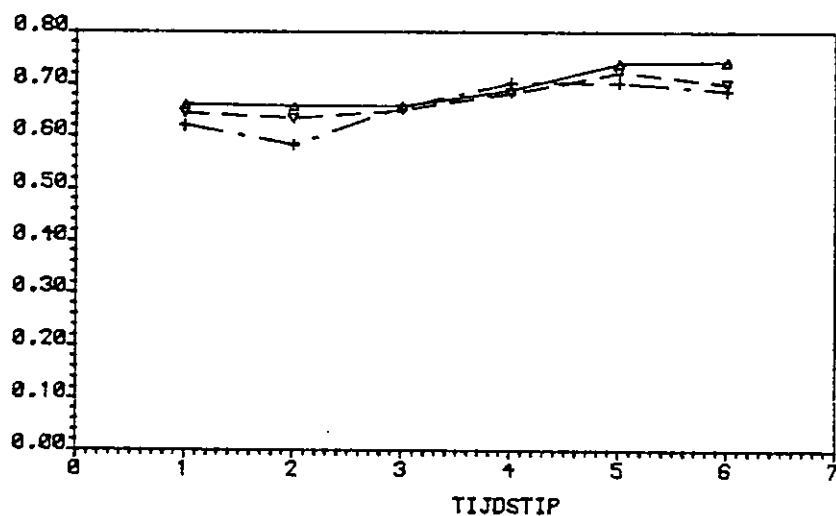
organisch gebonden stikstof
mg/l

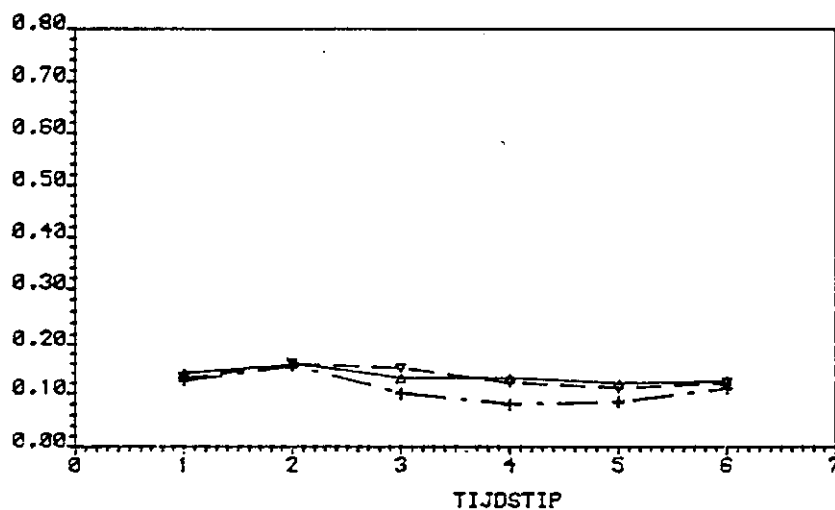
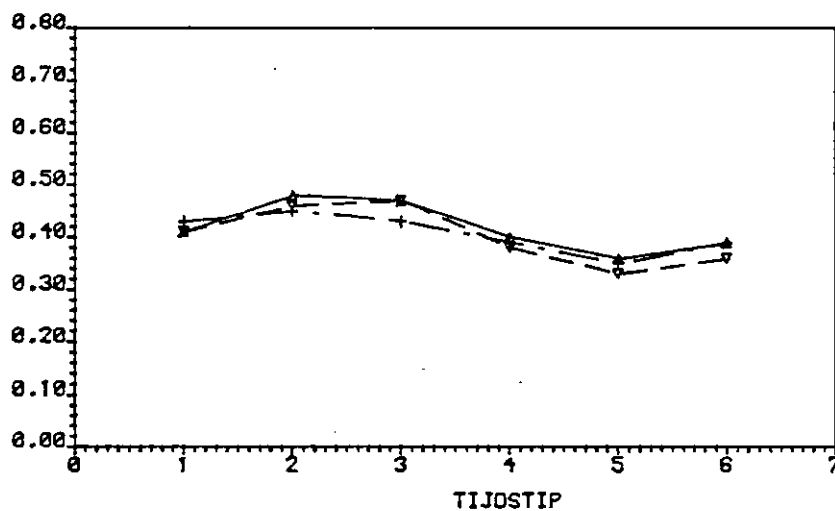
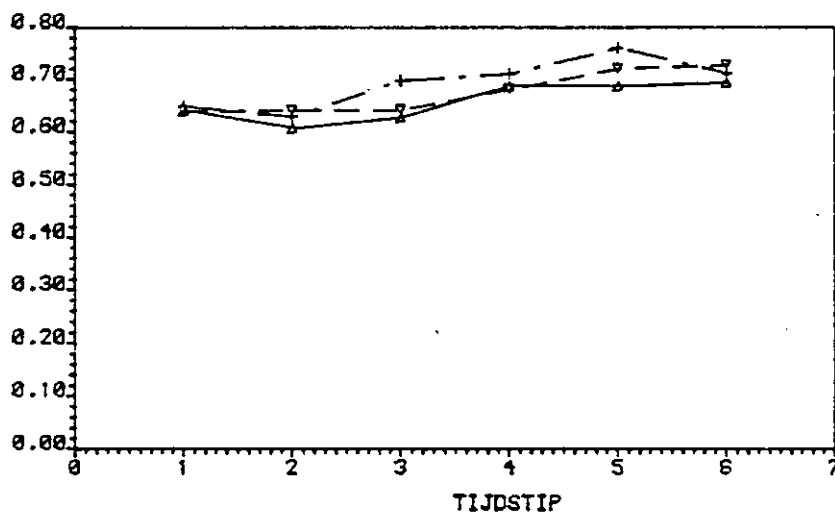
raai bij
Vlissingen

— linkeroever
--- midden
--- rechteroever









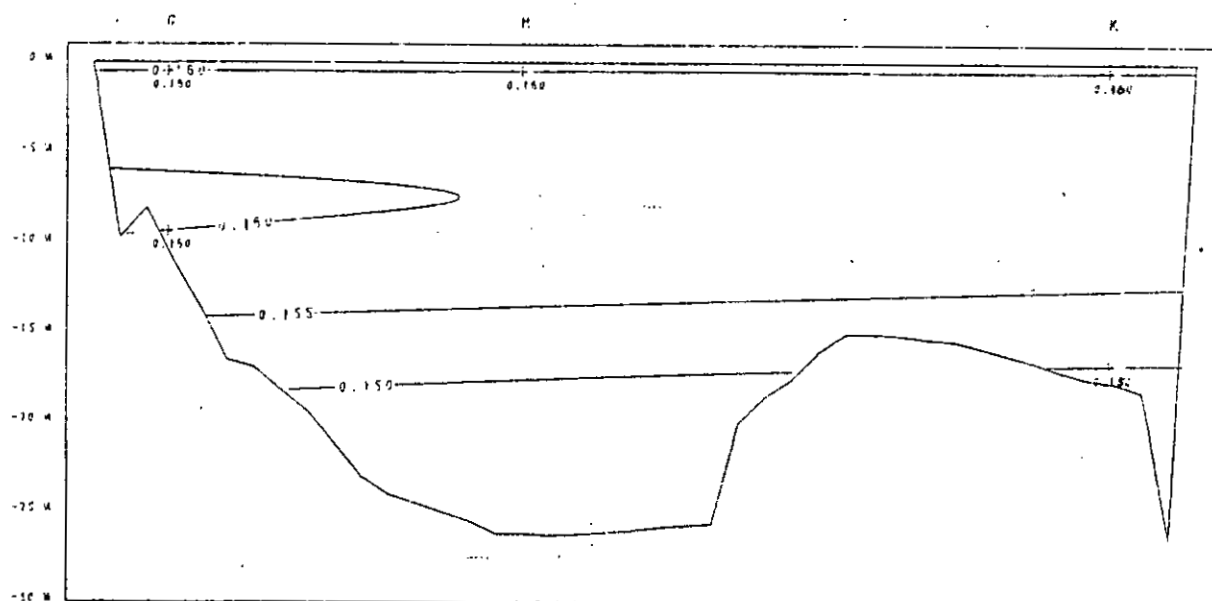


fig.17g raai bij Vliissingen , tijdstip 2

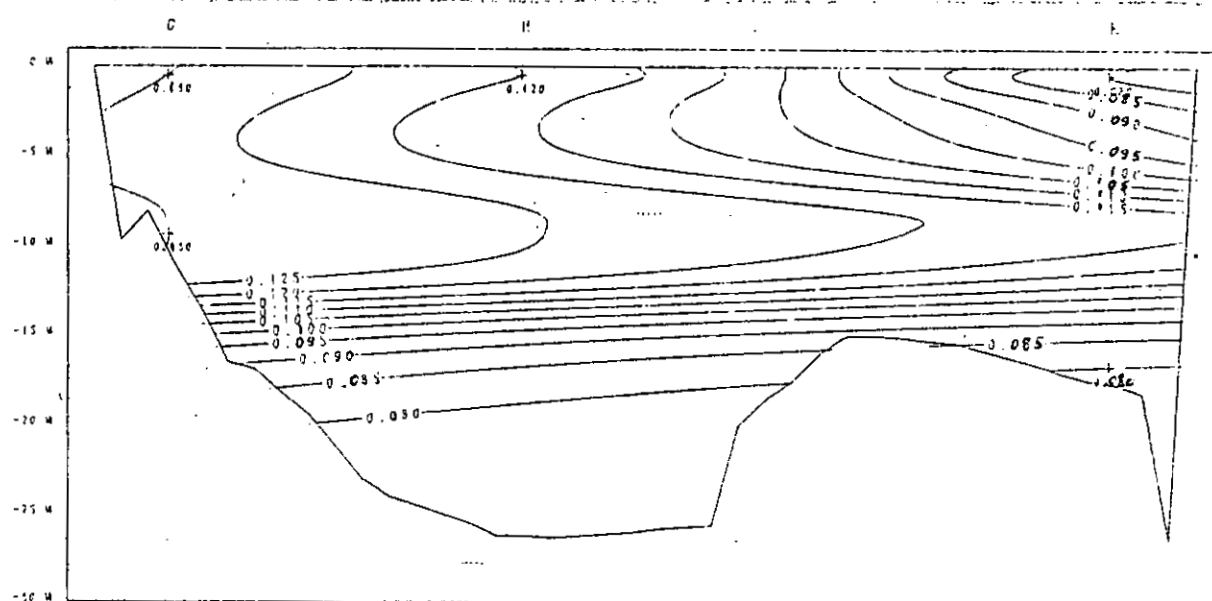
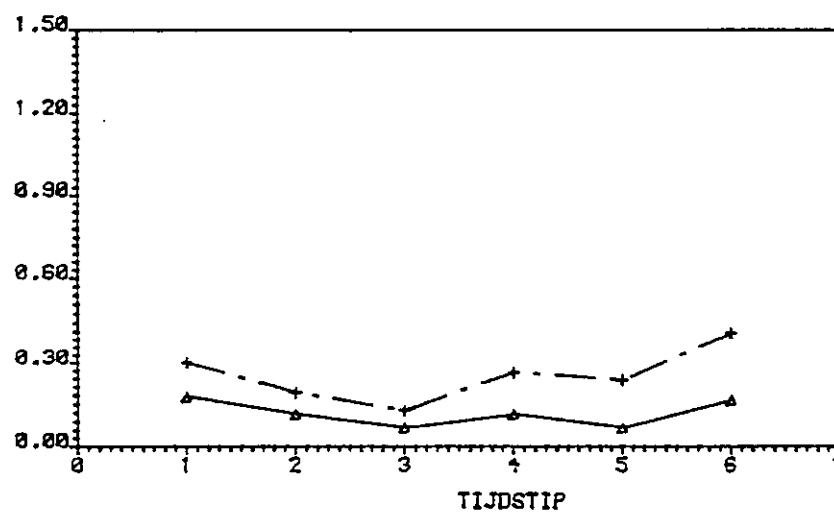
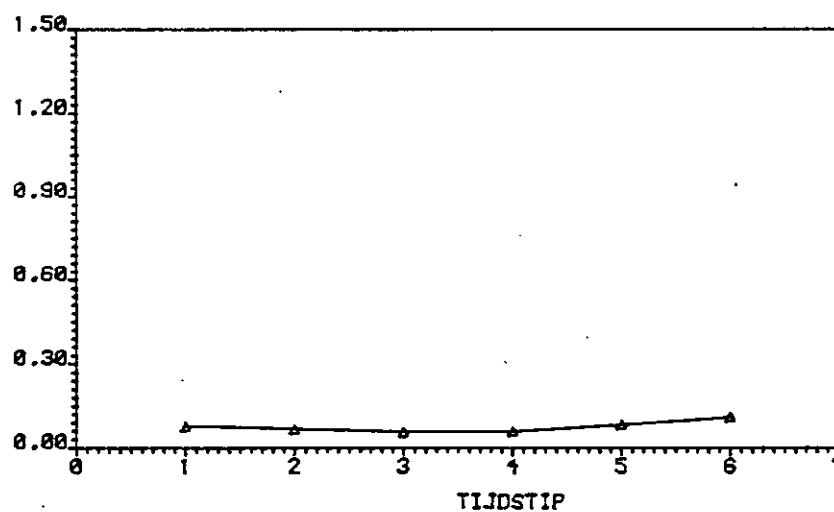
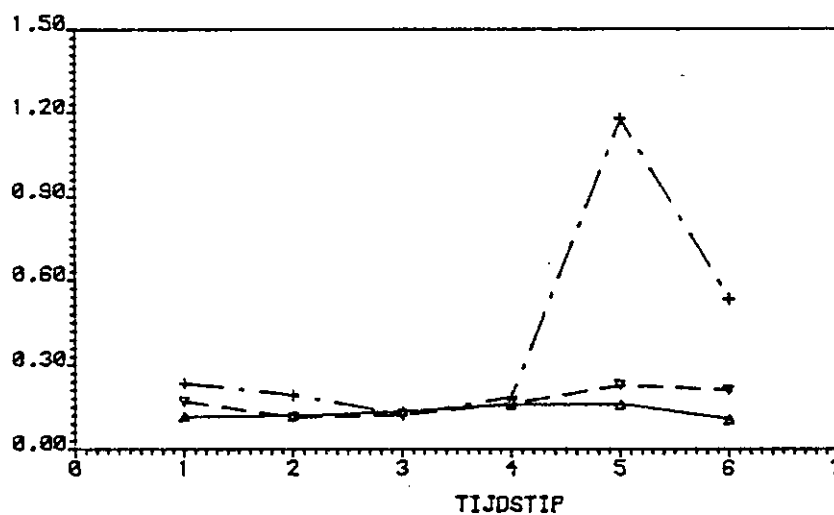
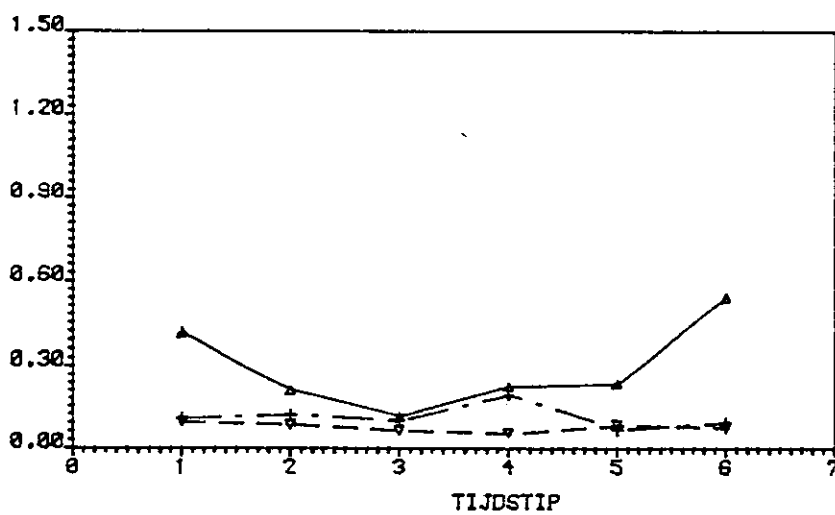
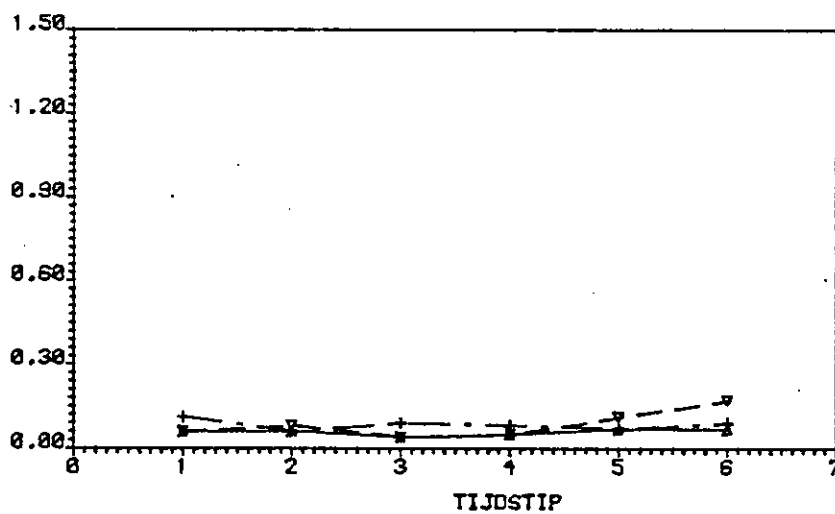
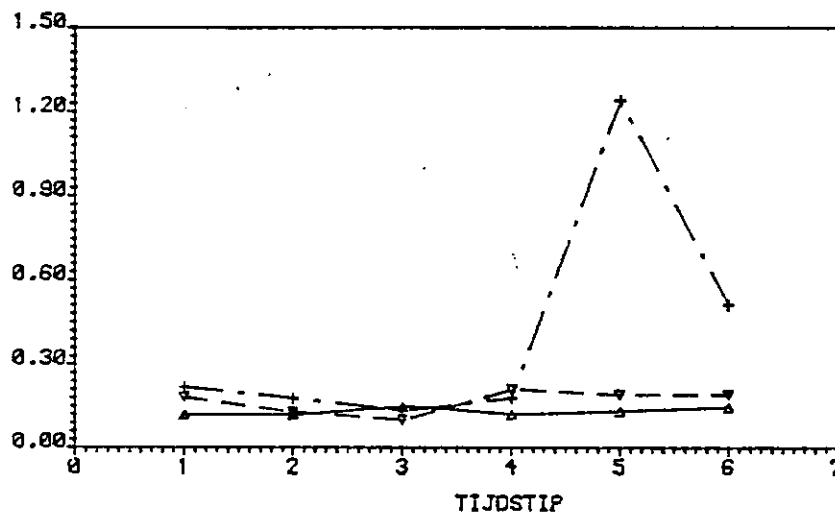
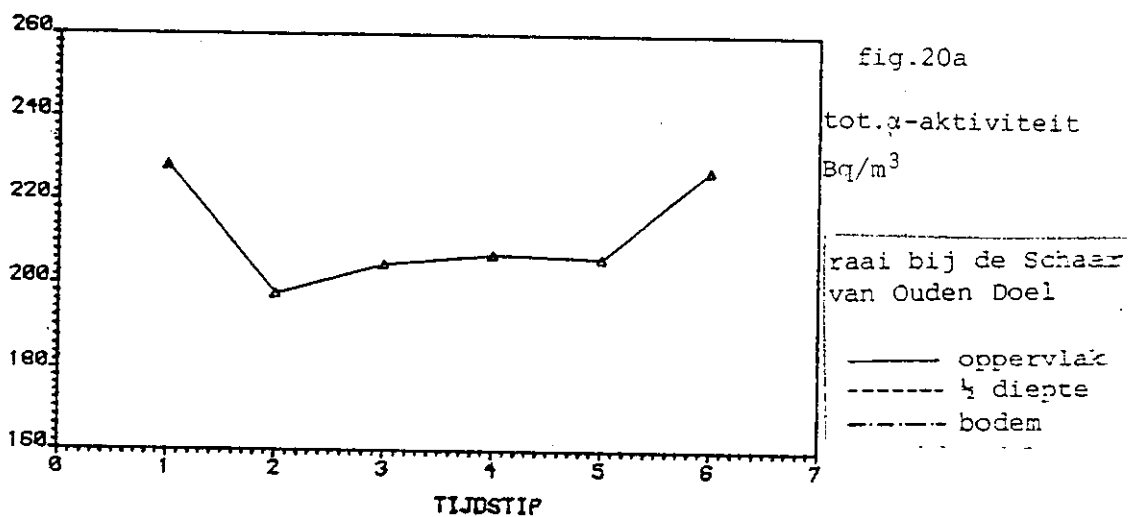
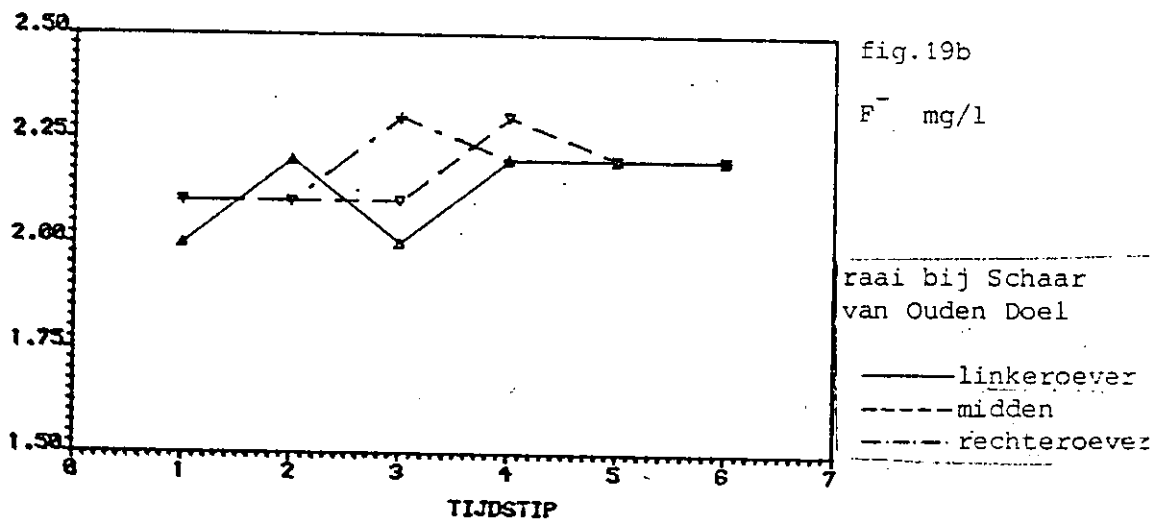
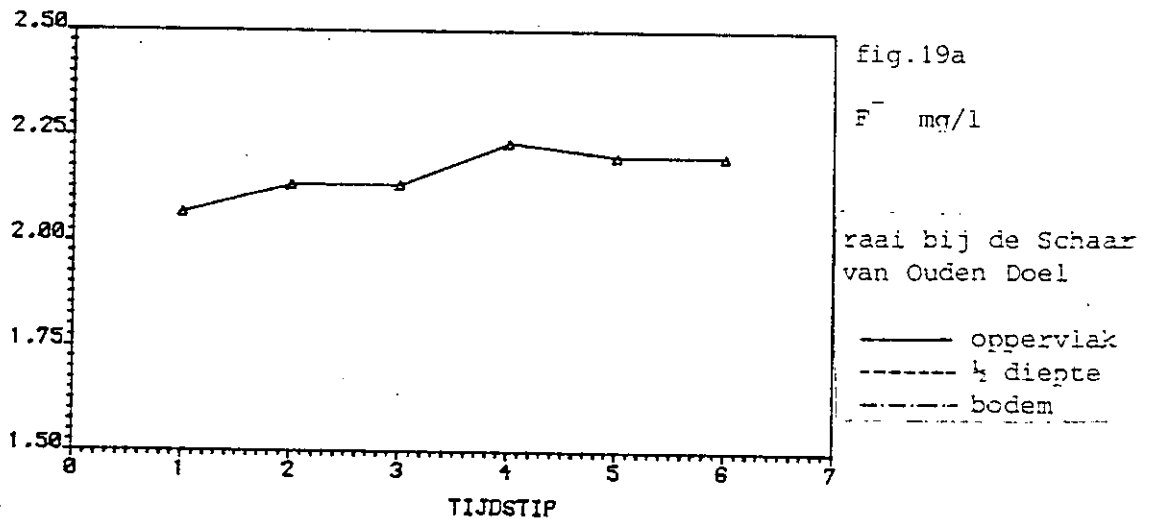


fig.17h raai bij Vliissingen , tijdstip 4







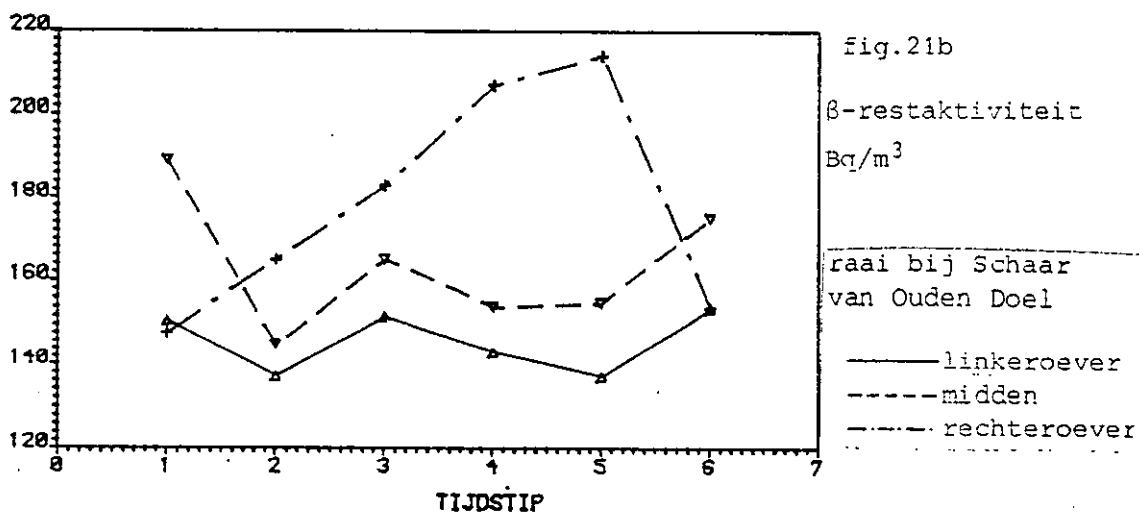
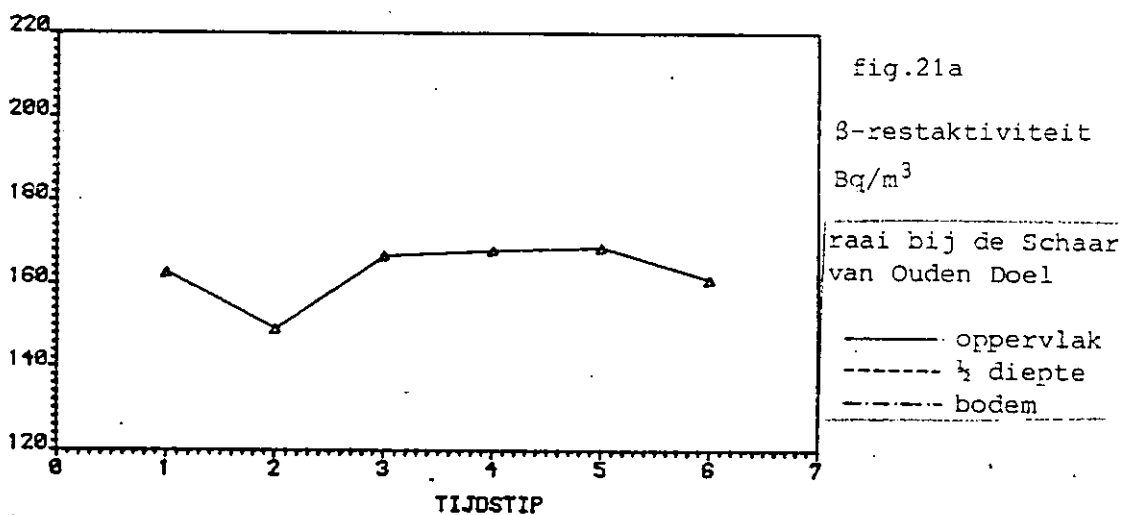
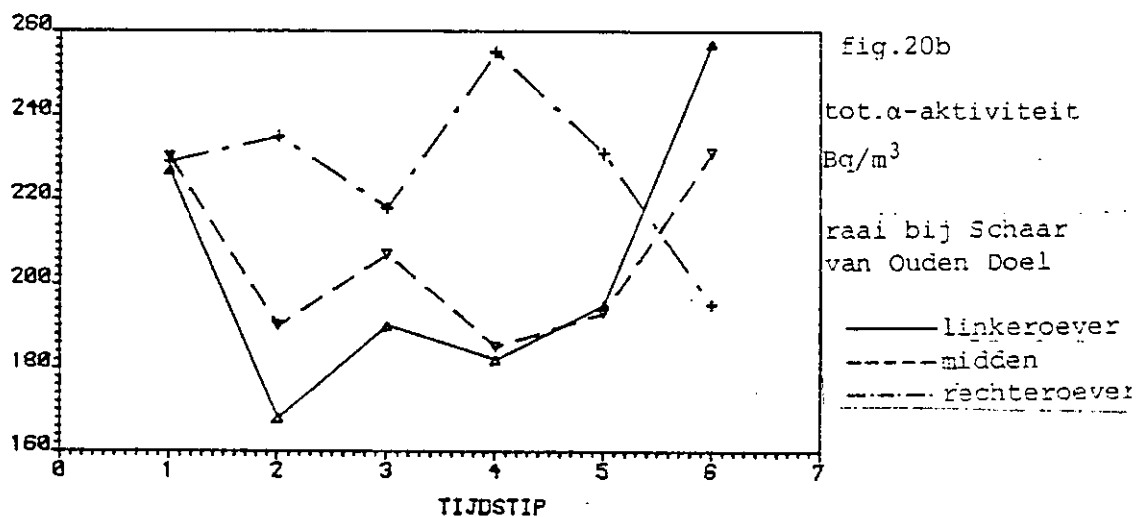


fig. 22a

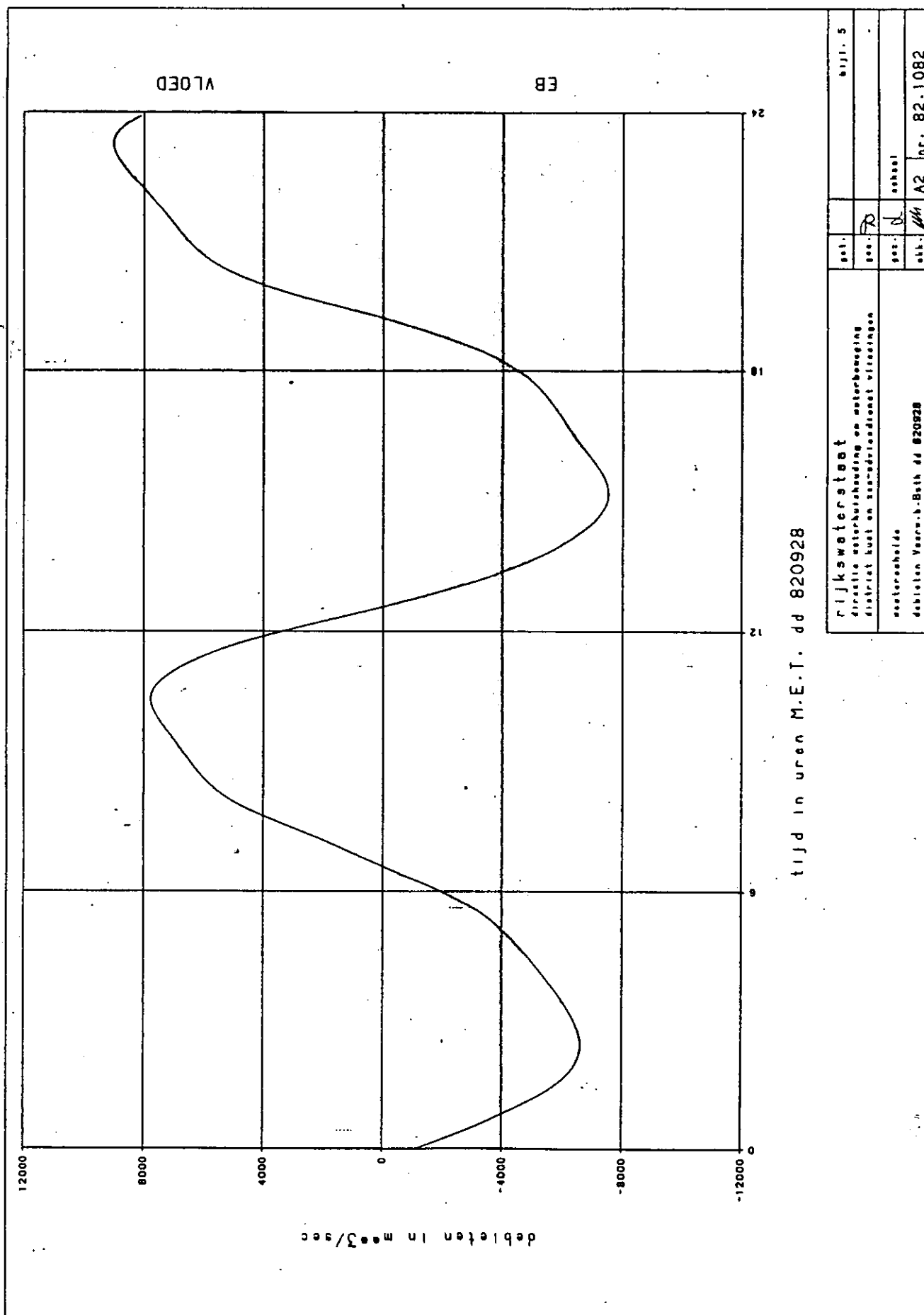


fig. 22b

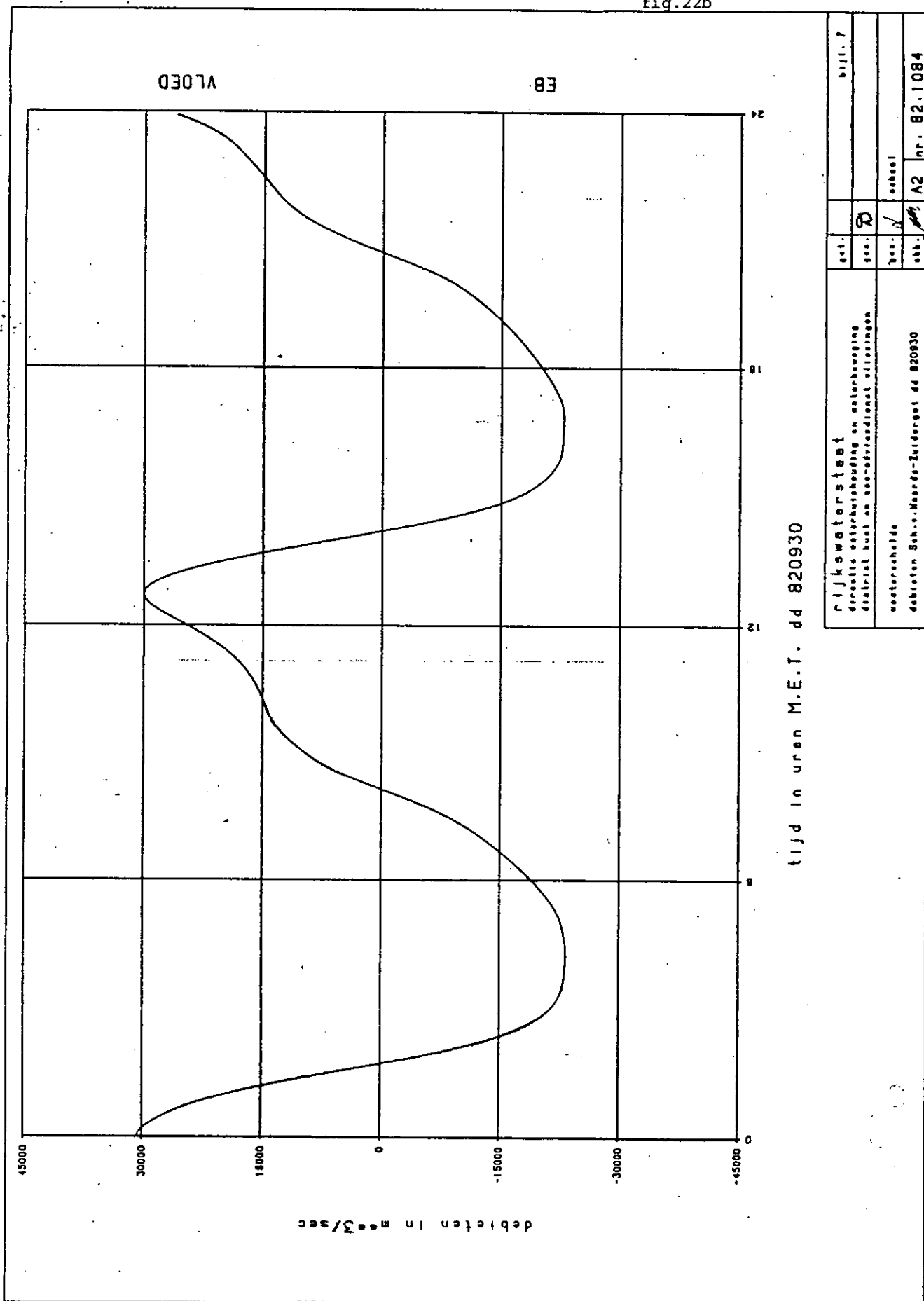
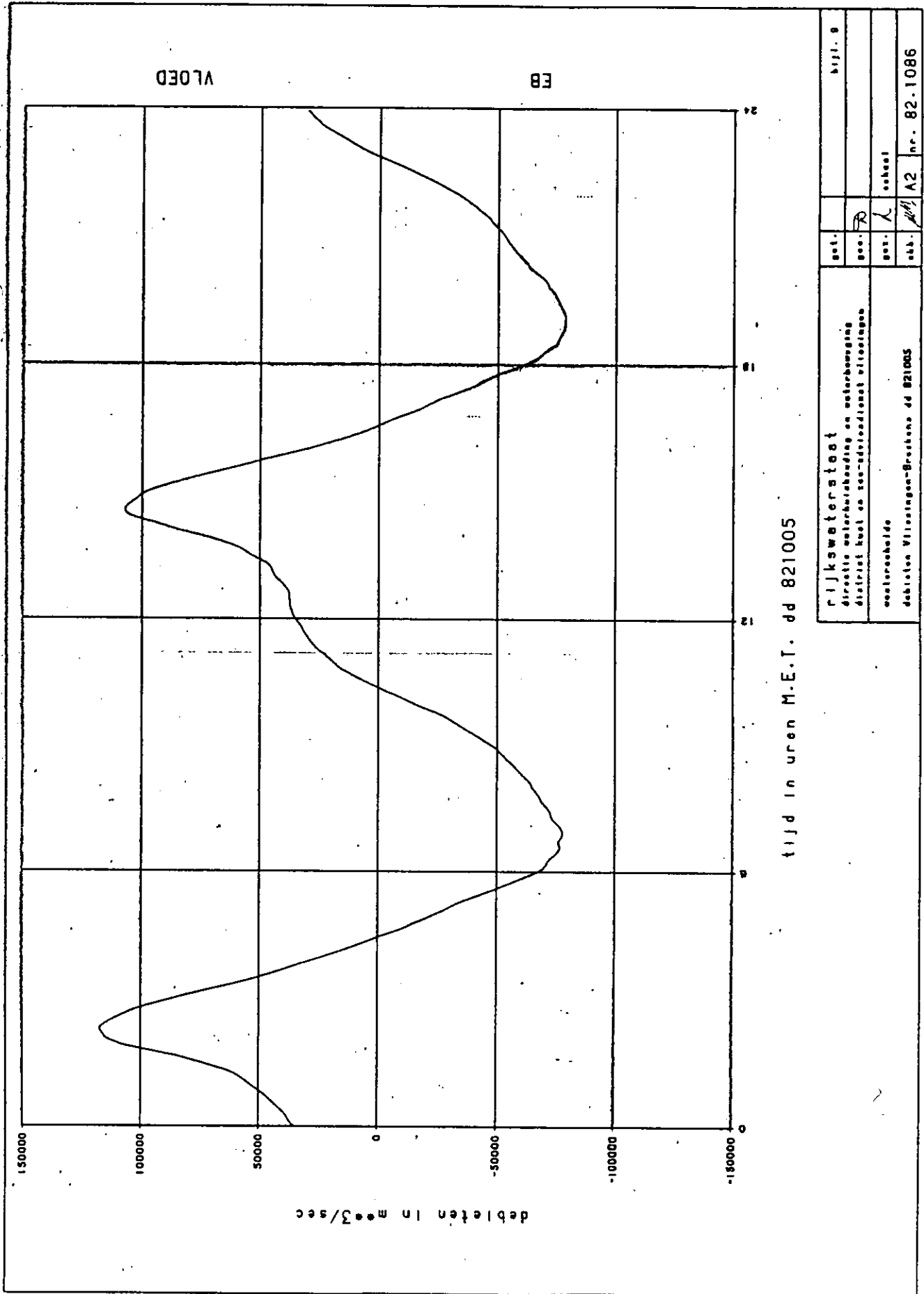


fig.22c



chloridetransporten in ton/s

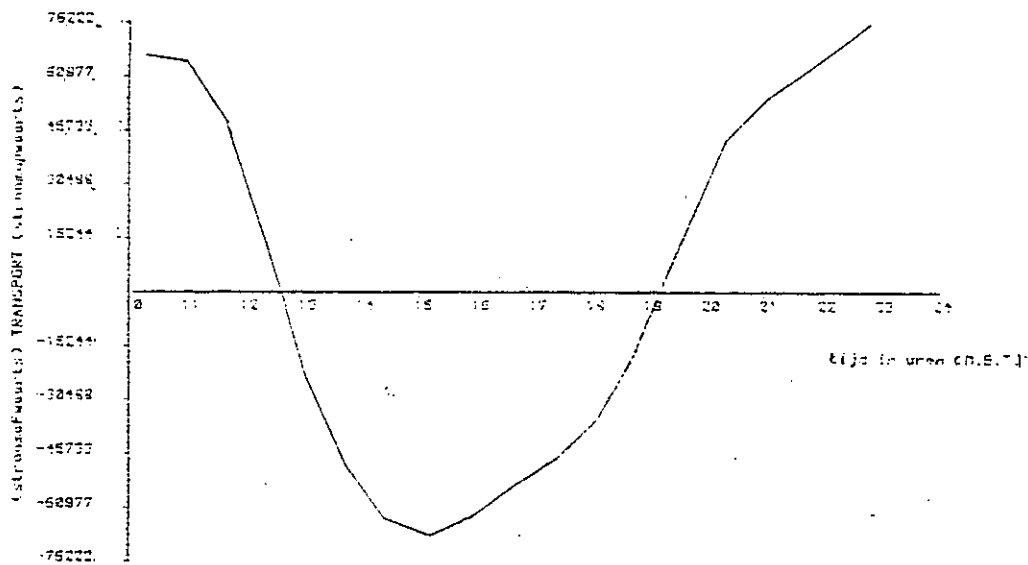


fig.23a

gemiddelde transporter
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Ouden Doel

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):289300
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-297300
(stroomafwaarts)

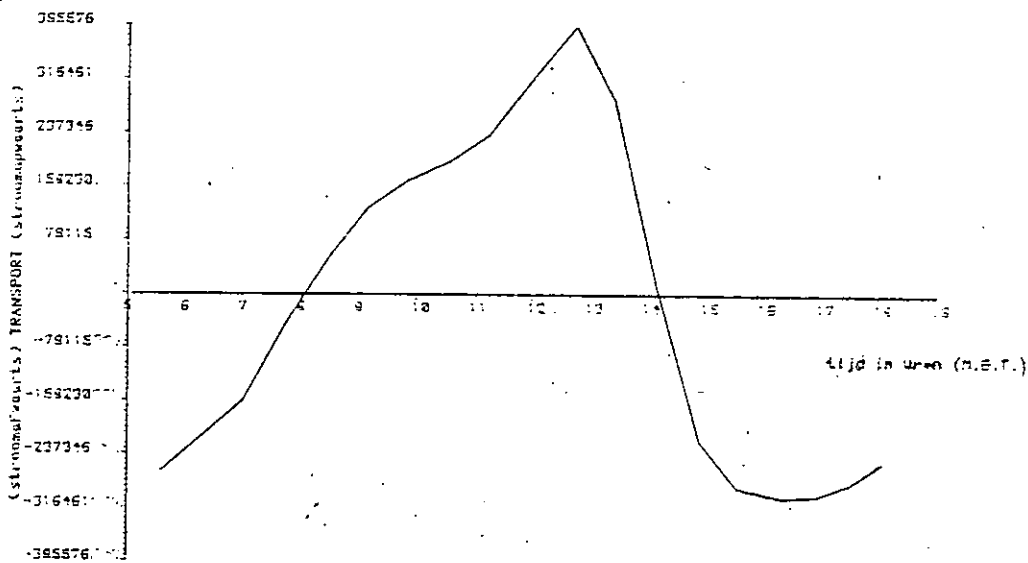


fig.23b

gemiddelde transporter
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Waarde

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):126700
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-126600
(stroomafwaarts)

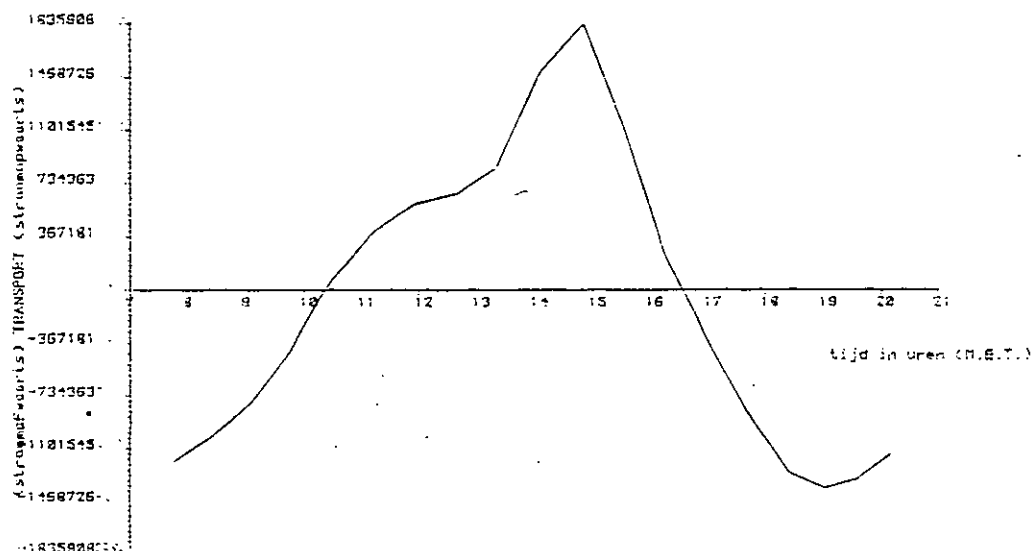


fig.23c

gemiddelde transporter
gedurende een getij-
cyclus
raai bij Vliissingen

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):5257000
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-5277000
(stroomafwaarts)

zwevende stoftransporten in ton/s

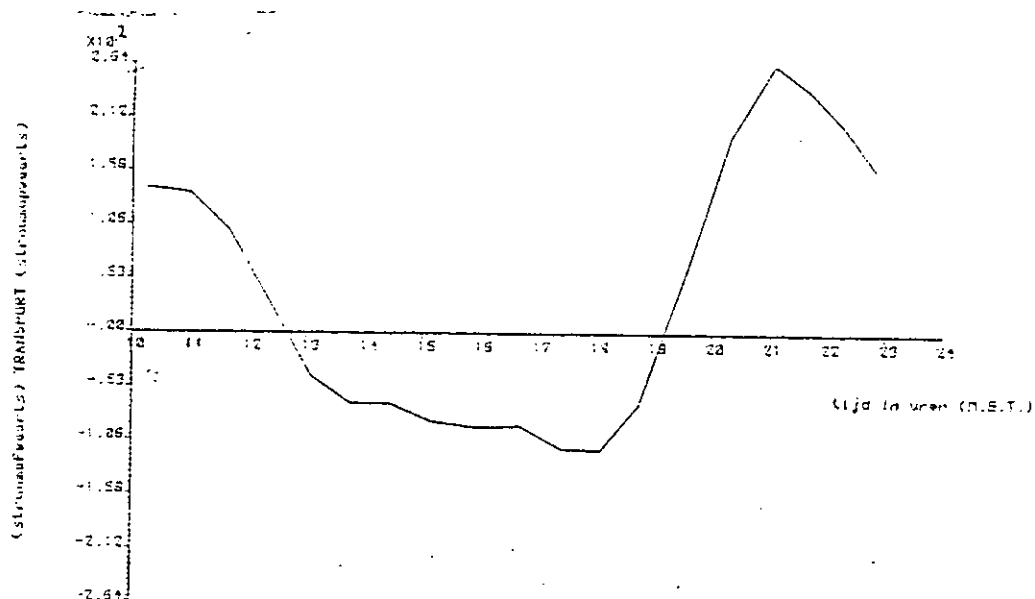


fig.24a

gemiddelde transporter
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Ouden Doel

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):900
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-510
(stroomafwaarts)

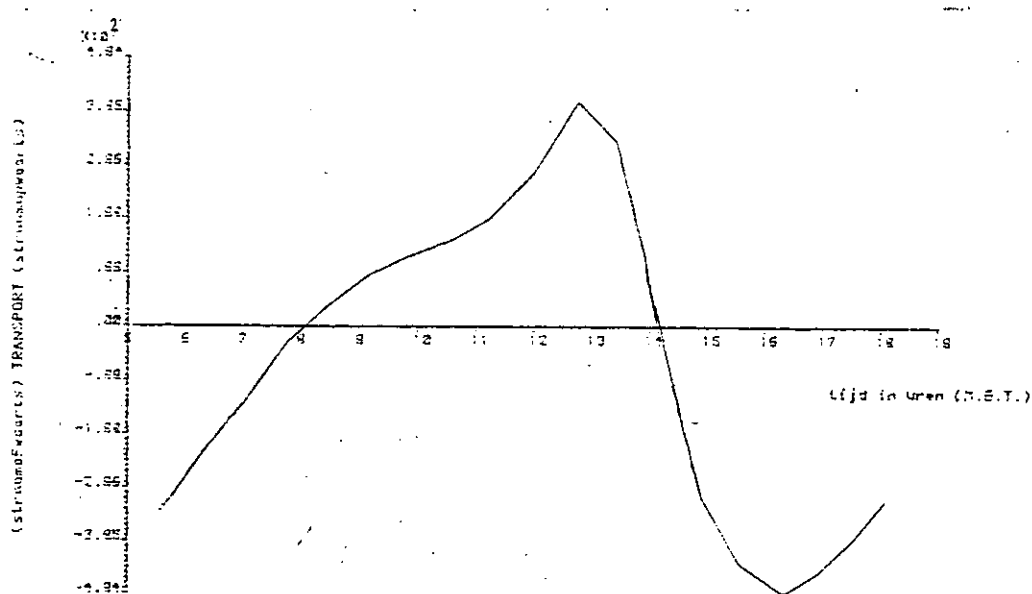


fig.24b

gemiddelde transporter
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Waarde

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):1190
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-1740
(stroomafwaarts)

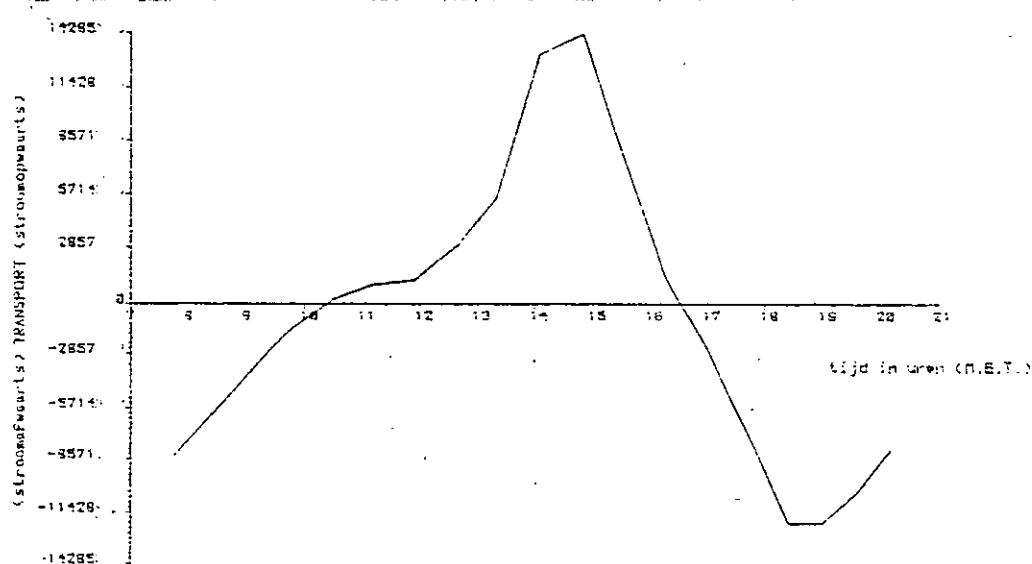


fig.24c

gemiddelde transporte
gedurende een getij-
cyclus
raai bij Vliissingen

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):34500
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-39300
(stroomafwaarts)

transporten gloeirest van de zwevende stof in ton/s

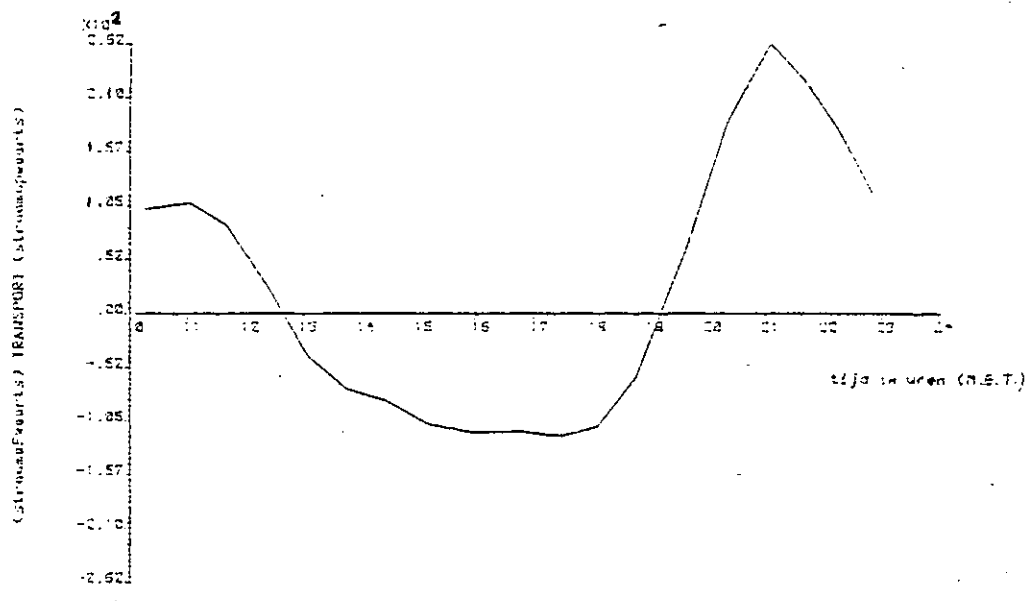


fig.25a

gemiddelde transporte:
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Ouden Doel

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):807
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-578
(stroomafwaarts)

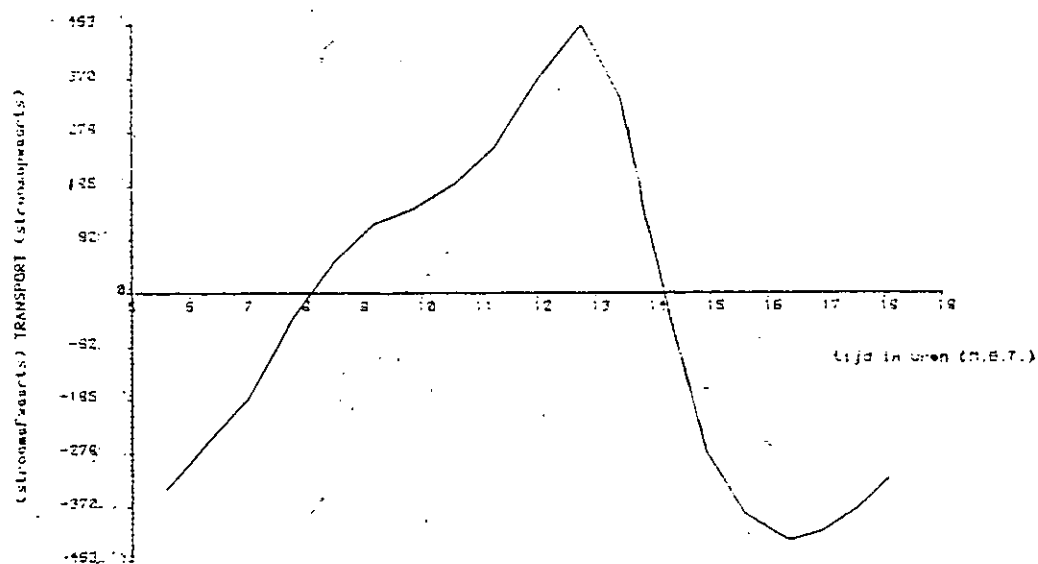


fig.25b

gemiddelde transporte:
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Waarde

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):1382
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-1666
(stroomafwaarts)

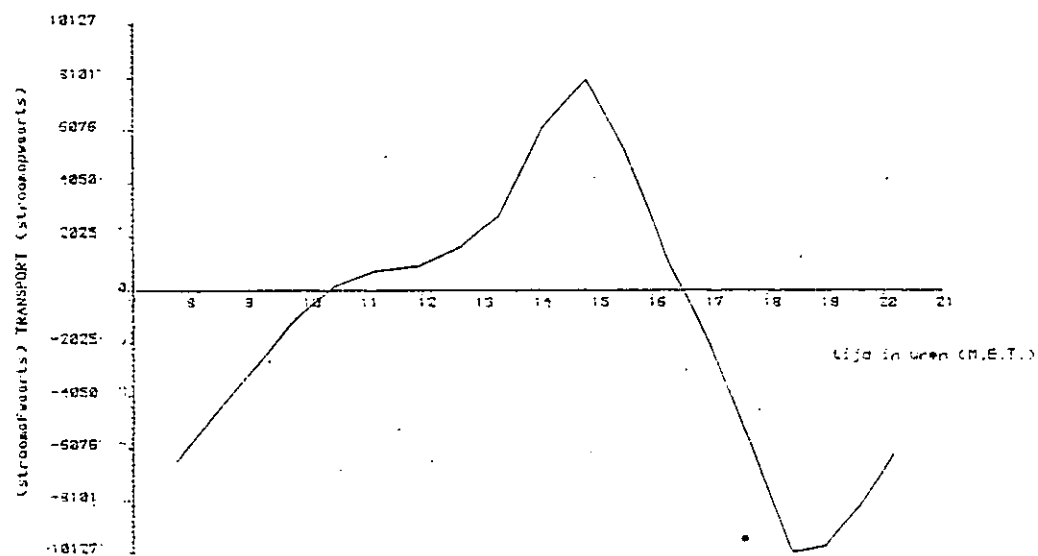


fig.25c

gemiddelde transporte
gedurende een getij-
cyclus
raai bij Vliissingen

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):19576
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-32022
(stroomafwaarts)

zuurstoftransporten in ton/s

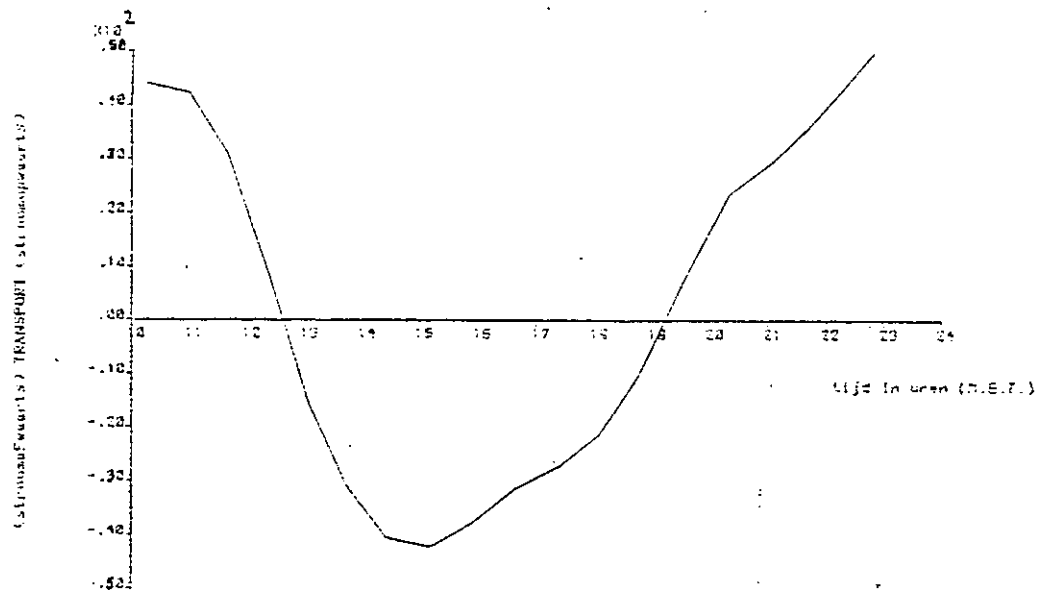


fig.26a

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Ouden Doel

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):180
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-180
(stroomafwaarts)

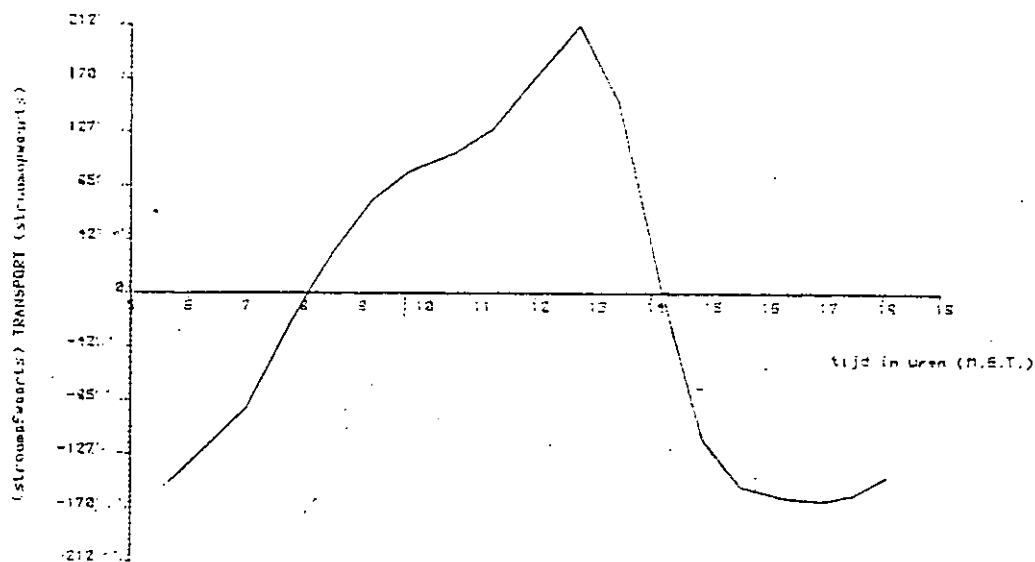


fig.26b

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Waarde

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):700
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-710
(stroomafwaarts)

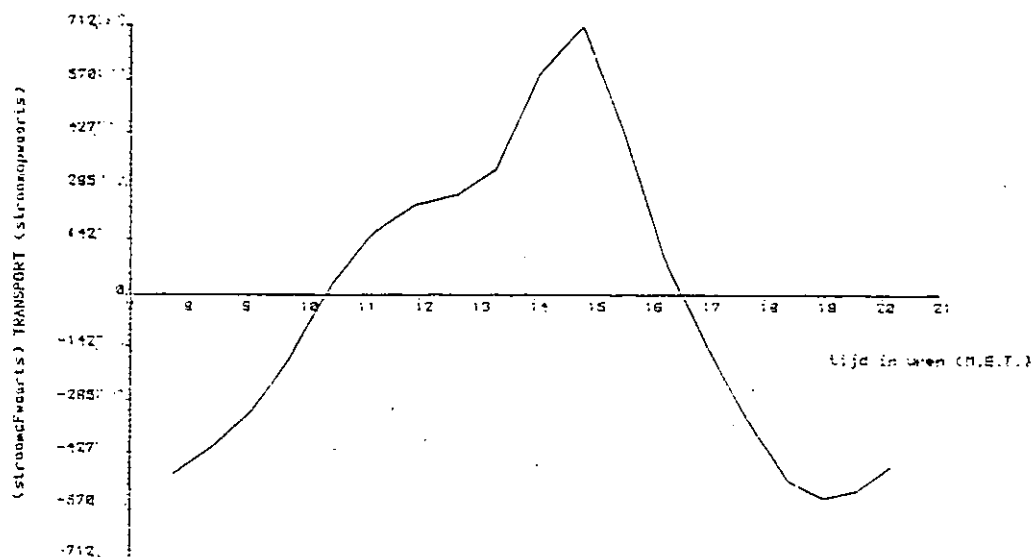


fig.26c

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij Vlissingen

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):2100
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-2100
(stroomafwaarts)

TOC transporten in ton/s

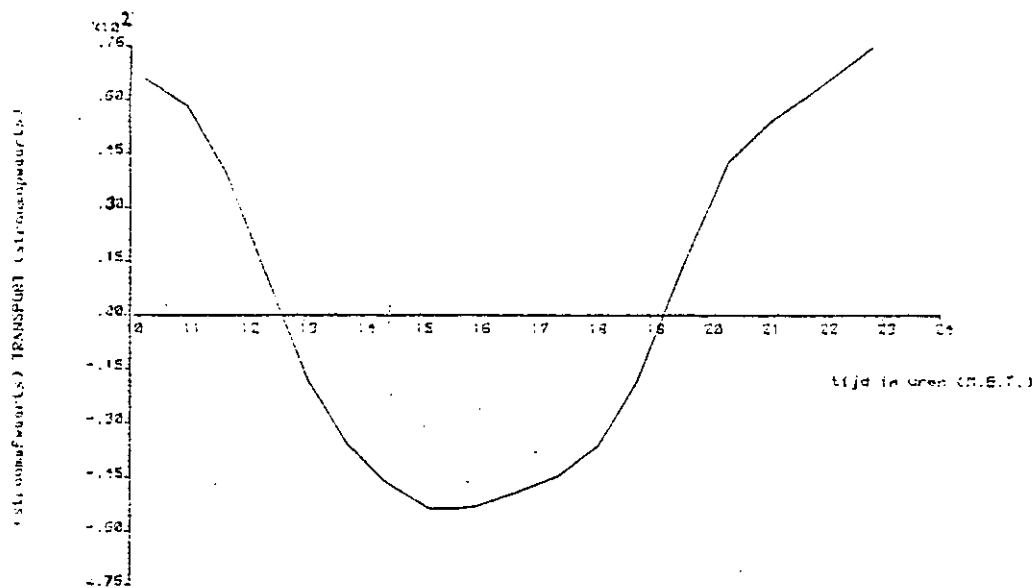


fig.27a

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Ouden Doel

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):280
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-250
(stroomafwaarts)

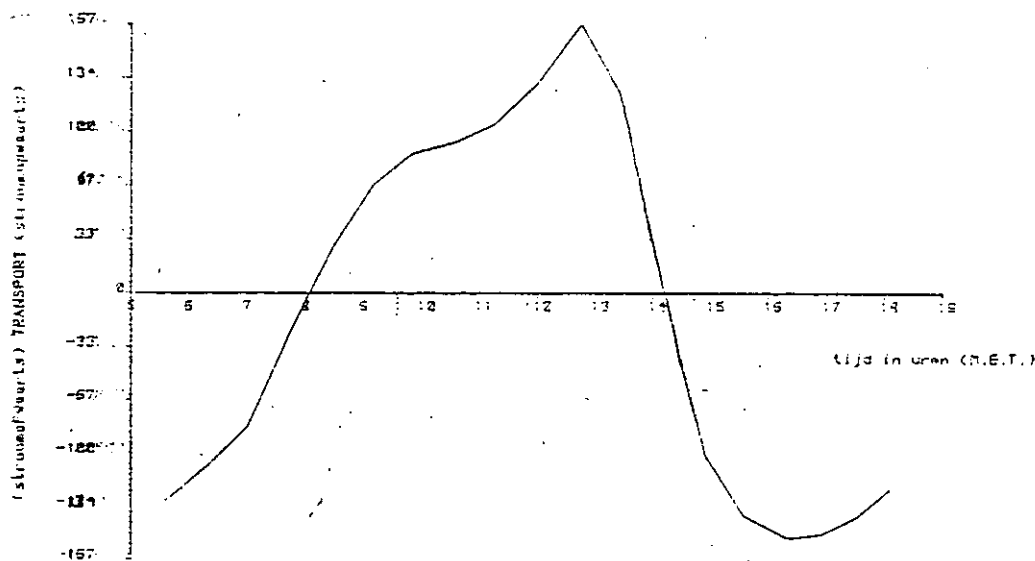


fig.27b

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Waarde

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):570
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-640
(stroomafwaarts)

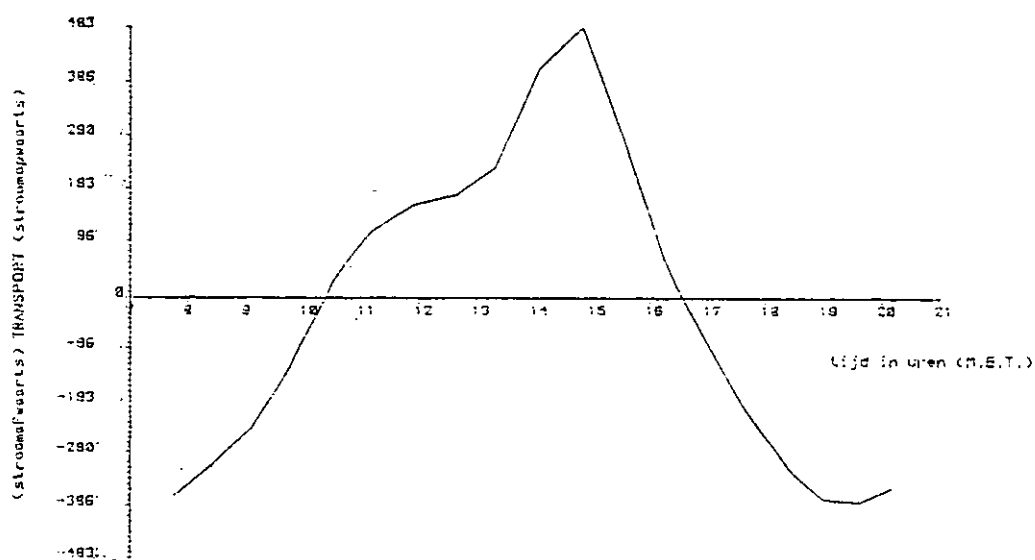


fig.27c

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij Vlissingen

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):1400
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-1500
(stroomafwaarts)

opg. Si transporten in ton/s

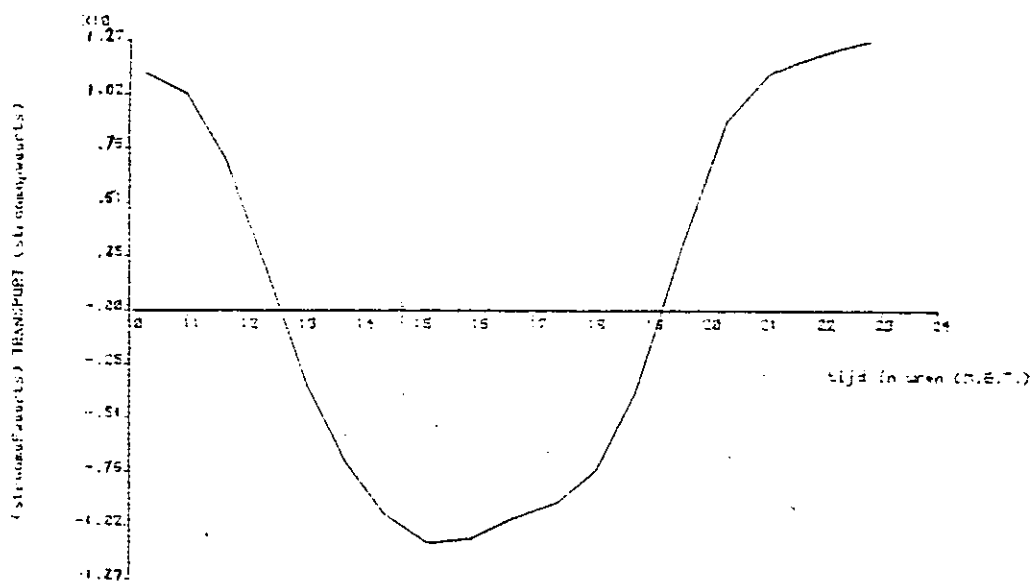


fig.28a

gemiddelde transporte:
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Ouden Doel

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):510
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-500
(stroomafwaarts)

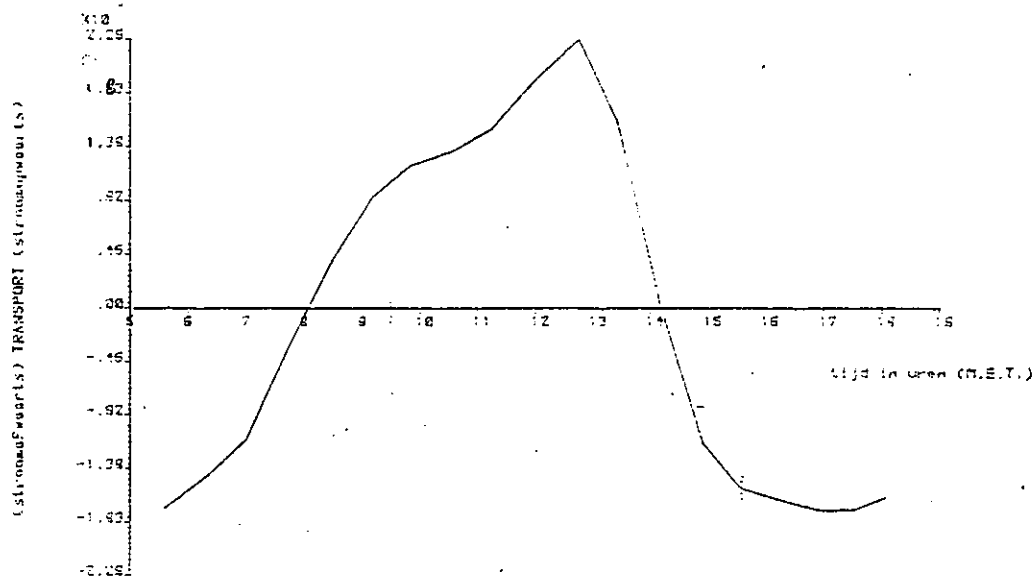


fig.28b

gemiddelde transporte:
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Waarde

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):800
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-770
(stroomafwaarts)

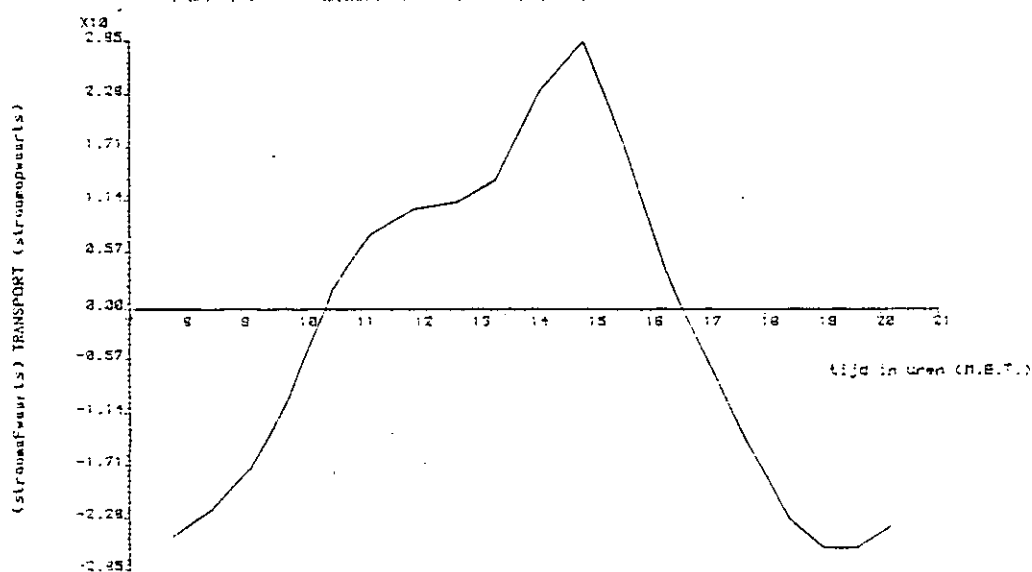


fig.28c

gemiddelde transporte:
gedurende een getij-
cyclus
raai bij Vlissingen

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):900
(stroomafwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-1000
(stroomafwaarts)

ammonium-stikstoftransporten in ton/s

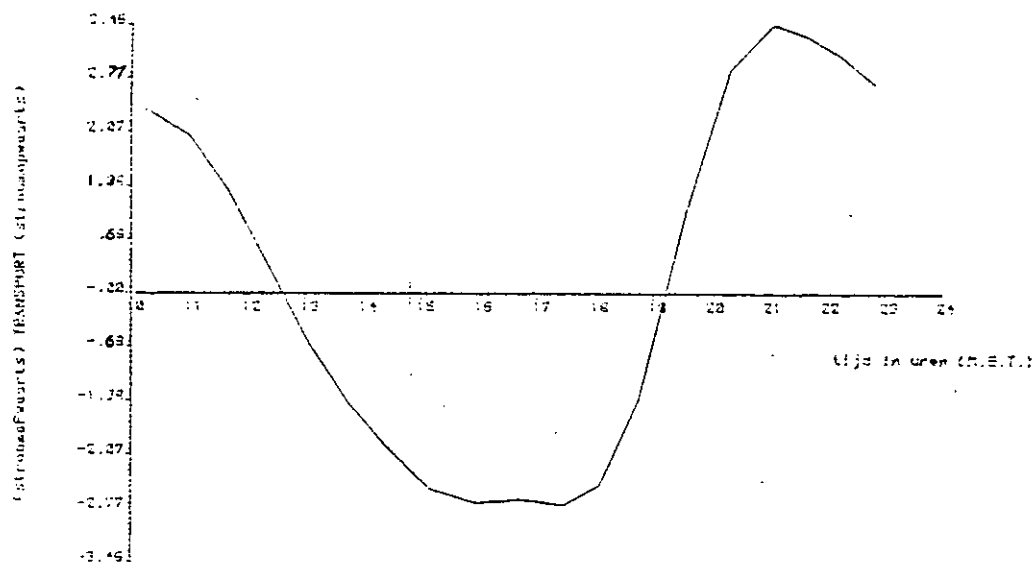


fig.29a

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Ouden Doel

tot. vracht vloedperi-
ode(ton):10
(stroomopwaarts)

tot. vracht ebperiode
(ton):-10
(stroomafwaarts)

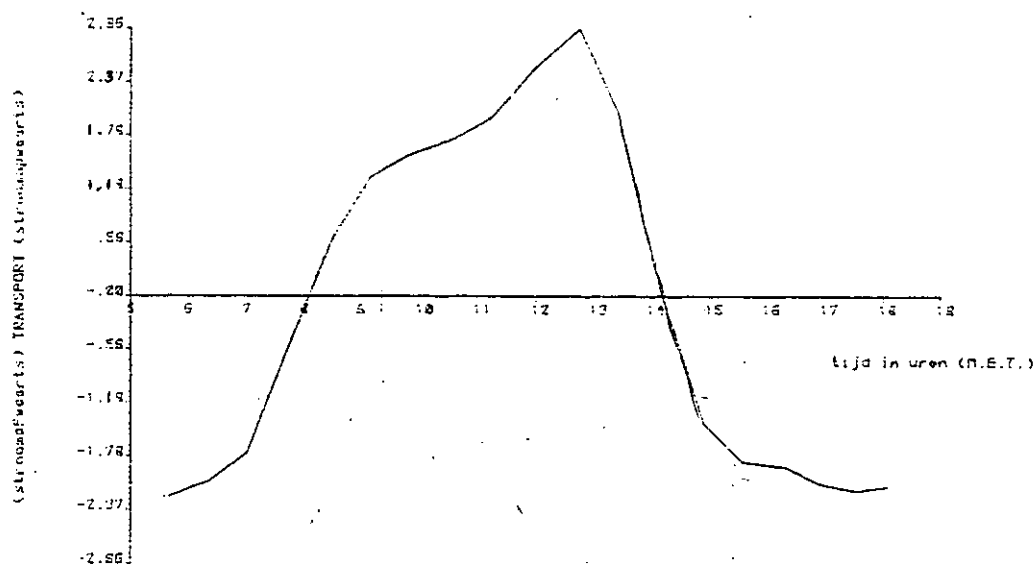


fig.29b

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Waarde

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):10
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-10
(stroomafwaarts)

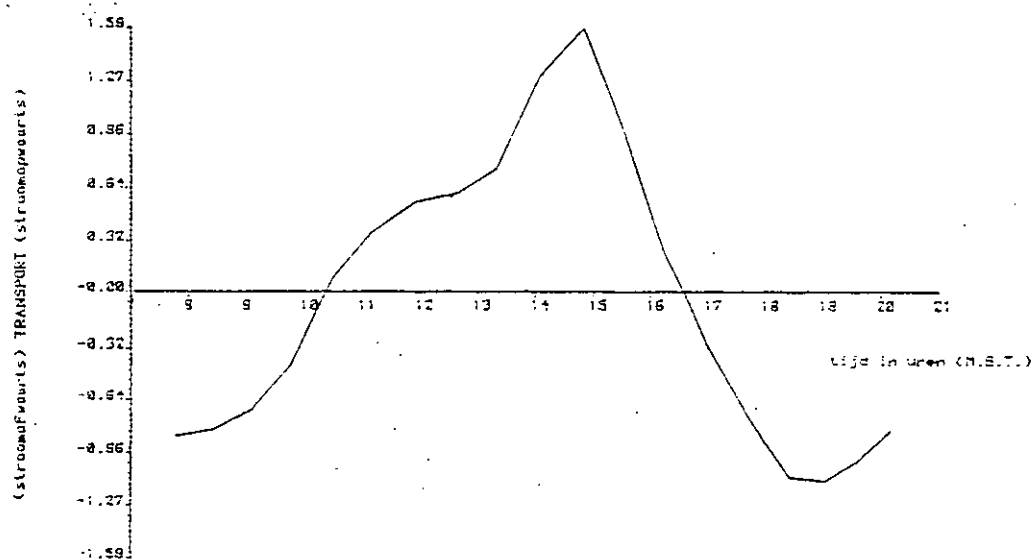


fig.29c

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij Vlissingen

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):50
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-50
(stroomafwaarts)

organisch stikstof transporten in ton/s

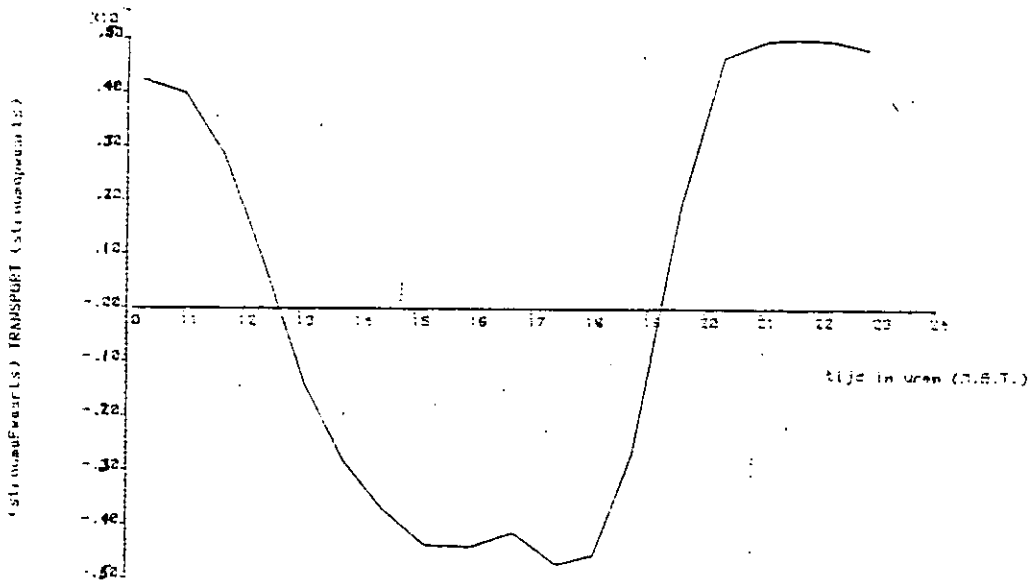


fig.30a

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Ouden Doel

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):20
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-20
(stroomafwaarts)

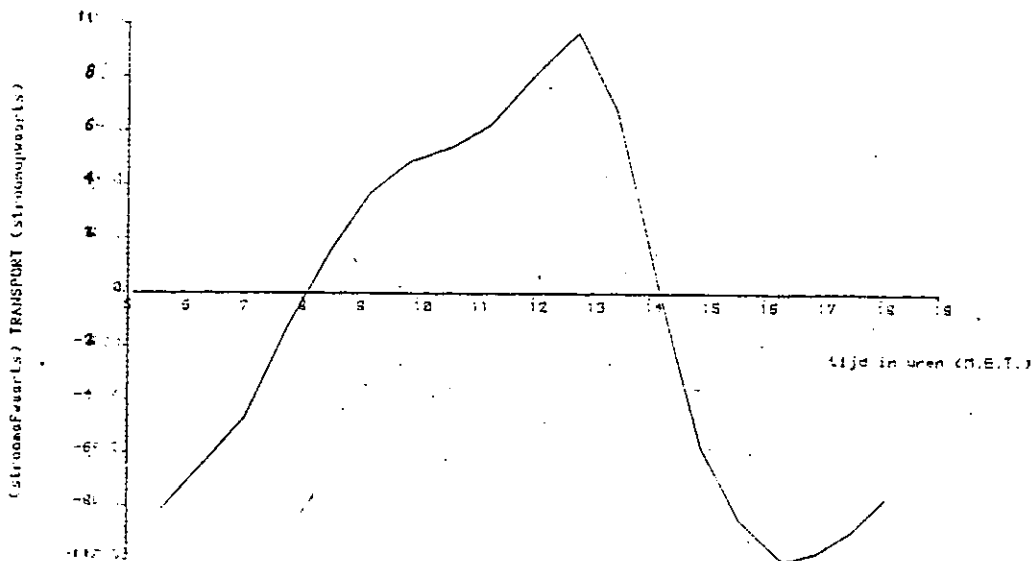


fig.30b

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Waarde

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):40
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-40
(stroomafwaarts)

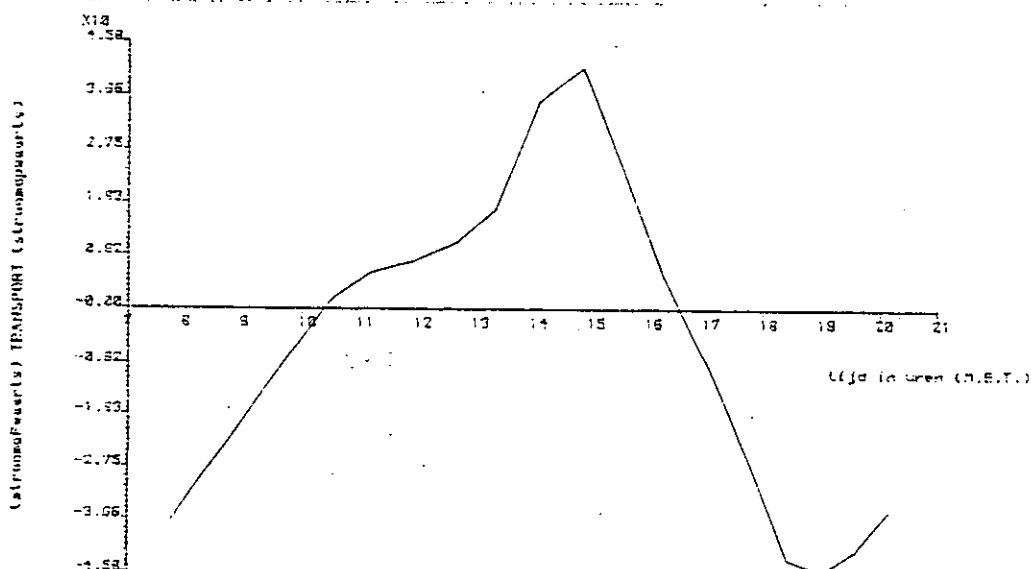


fig.30c

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij Vliissingen

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):100
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-150
(stroomafwaarts)

nitraattransporten in ton/s

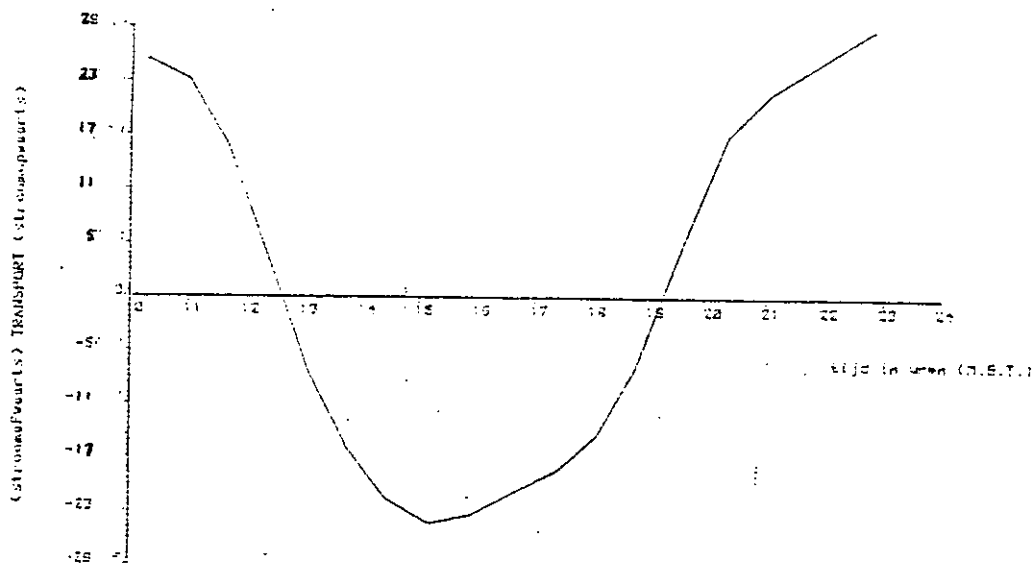


fig.31a

gemiddelde transporter
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Ouden Doel

tot.vracht vloedperi-
ode (ton) : 130
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton) : -130
(stroomafwaarts)

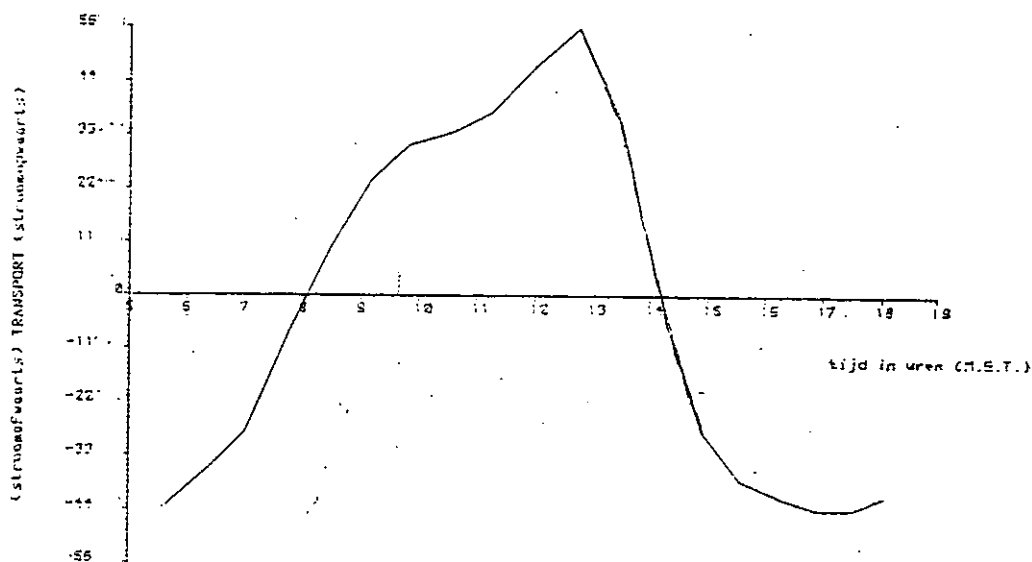


fig.31b

gemiddelde transporter
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Waarde

tot.vracht vloedperi-
ode (ton) : 210
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton) : -210
(stroomafwaarts)

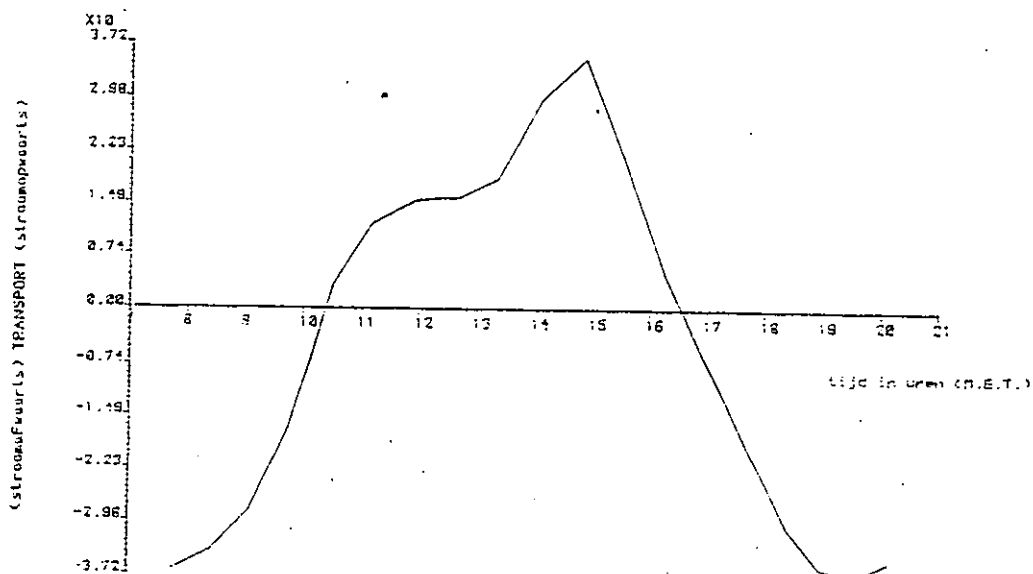


fig.31c

gemiddelde transporte
gedurende een getij-
cyclus
raai bij Vlissingen

tot.vracht vloedperi-
ode (ton) : 100
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton) : -150
(stroomafwaarts)

ortho-fosfaat transporten in ton/s

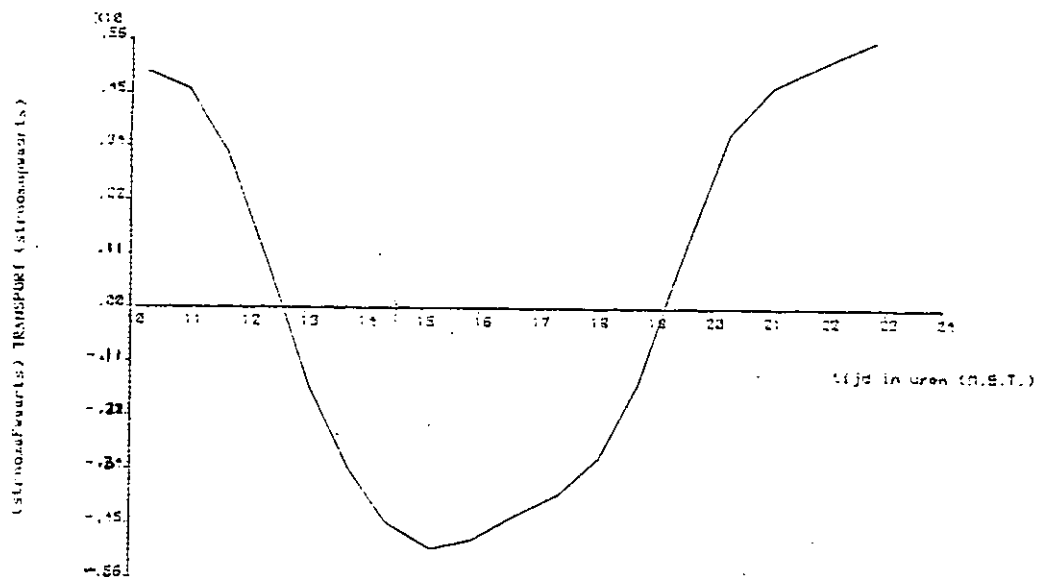


fig.32a

gemiddelde transporte:
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Ouden Doel

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):20
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-20
(stroomafwaarts)

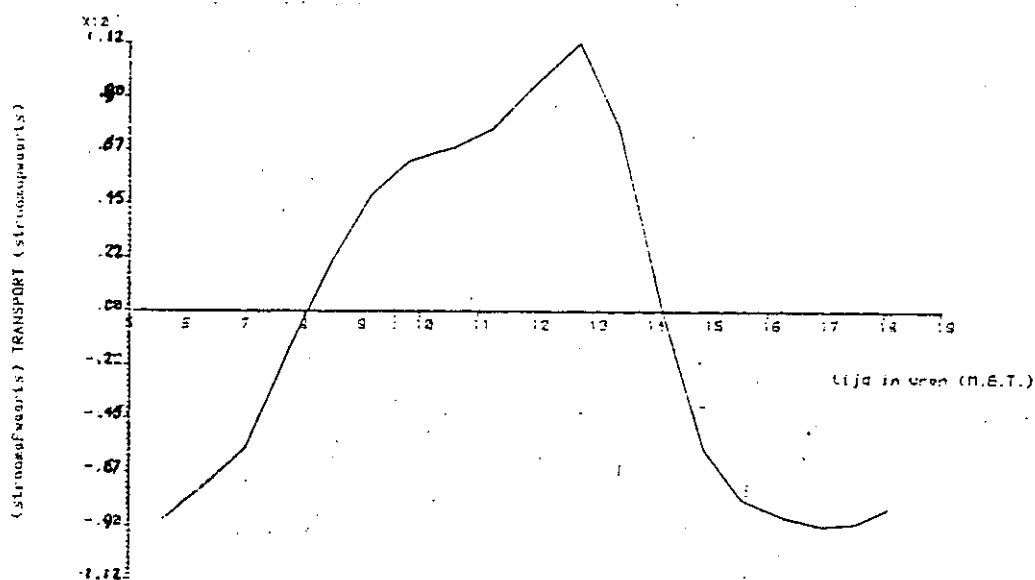


fig.32b

gemiddelde transporte:
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Waarde

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):40
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-40
(stroomafwaarts)

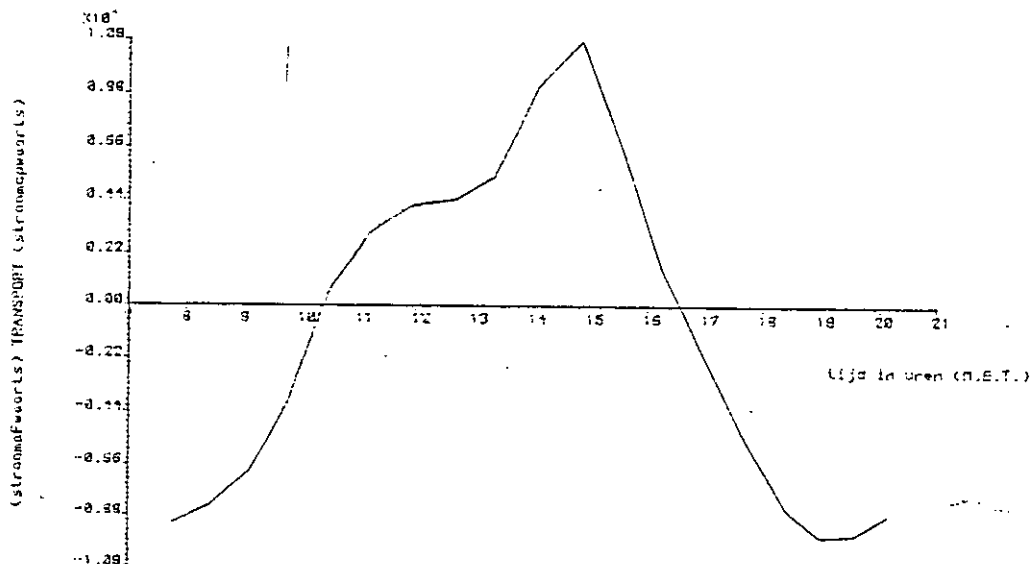


fig.32c

gemiddelde transporte
gedurende een getij-
cyclus
raai bij Vliissingen

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):50
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-50
(stroomafwaarts)

particulair fosfaat transporten in ton/s

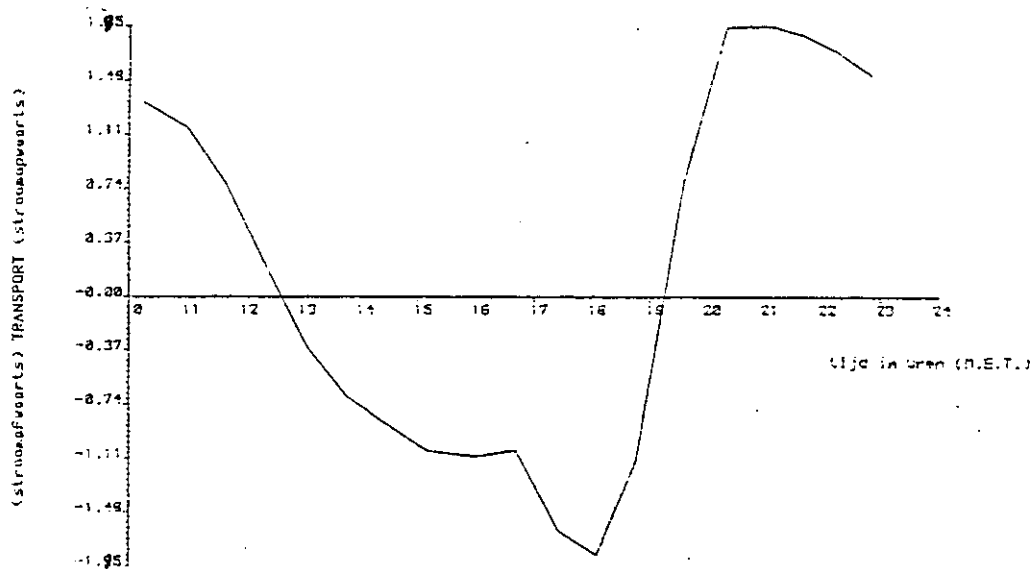


fig.33a

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Ouden Doel

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):10
(stroomopwaarts).

tot.vracht ebperiode
(ton):-5
(stroomafwaarts)

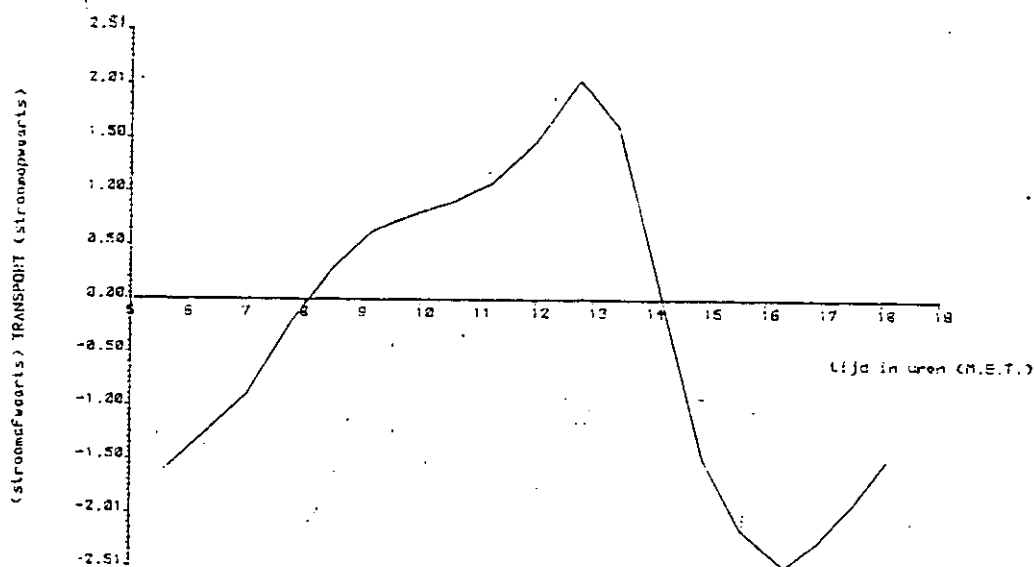


fig.33b

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Waarde

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):5
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-10
(stroomafwaarts)

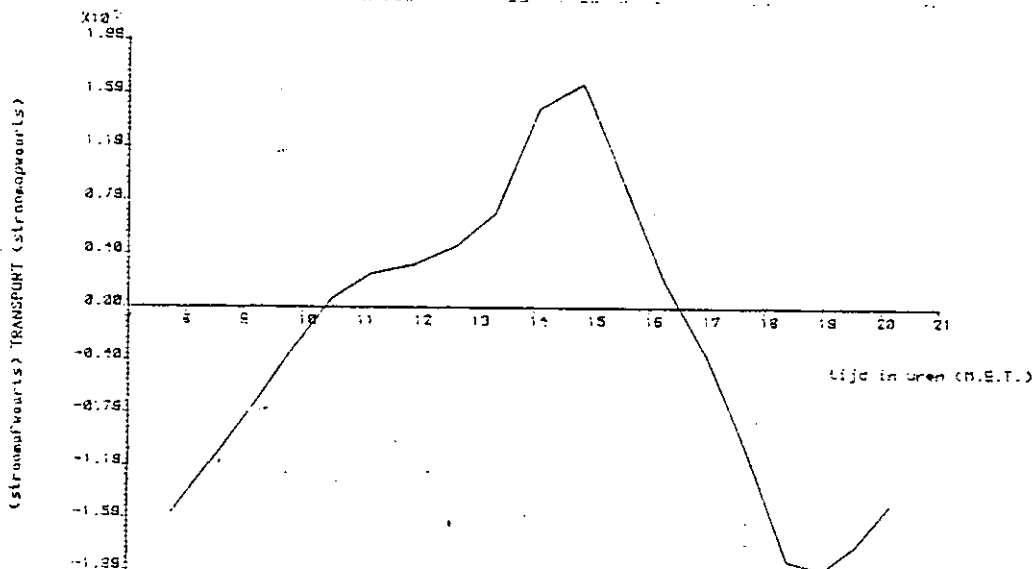


fig.33c

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij Vliссingen

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):50
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-50
(stroomafwaarts)

fluoride transporten, in ton/s

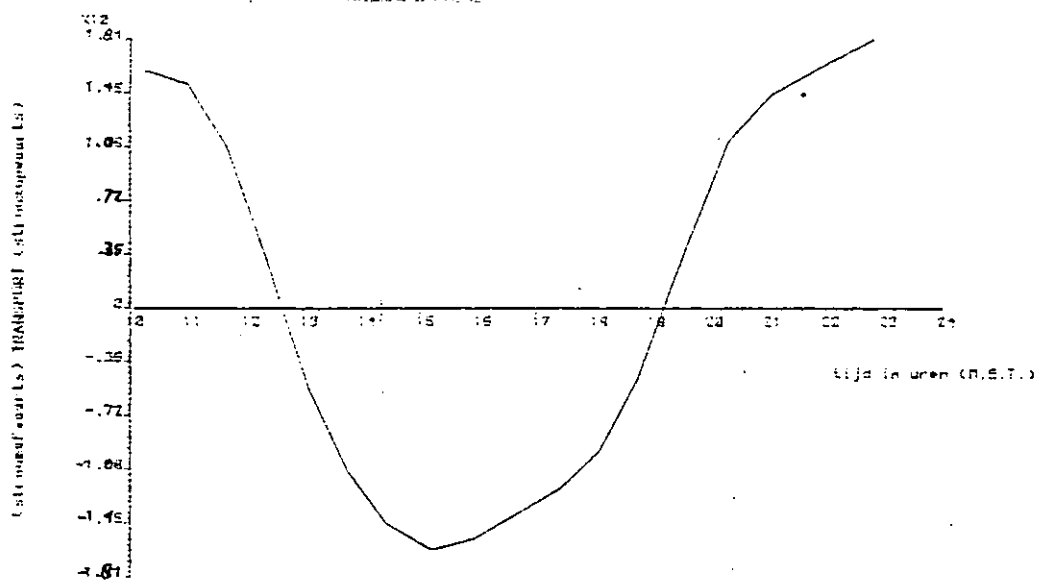


fig.34

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Ouden Doel

tot.vracht vloedperi-
ode (ton) : 710
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton) : -720
(stroomafwaarts)

totaal α -aktiviteitstransporten in Bq/s.

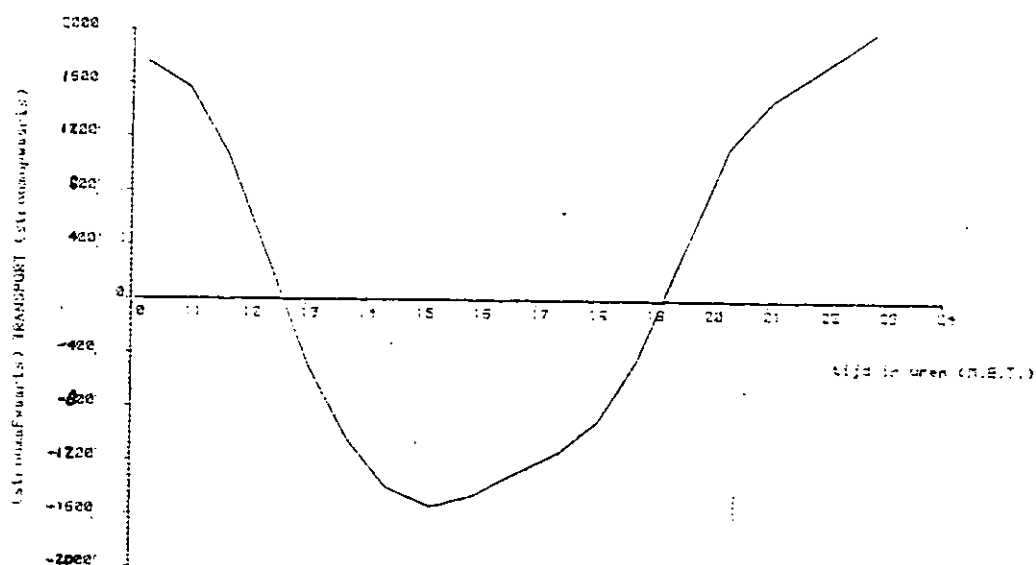


fig.35

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Ouden Doel

tot.vracht vloedperi-
ode (Bq): $7,35 \cdot 10^6$
(stroomopwaarts)
tot.vracht ebperiode
(Bq): $-6,78 \cdot 10^6$
(stroomafwaarts)

β -restactiviteit transporten in Bq/s

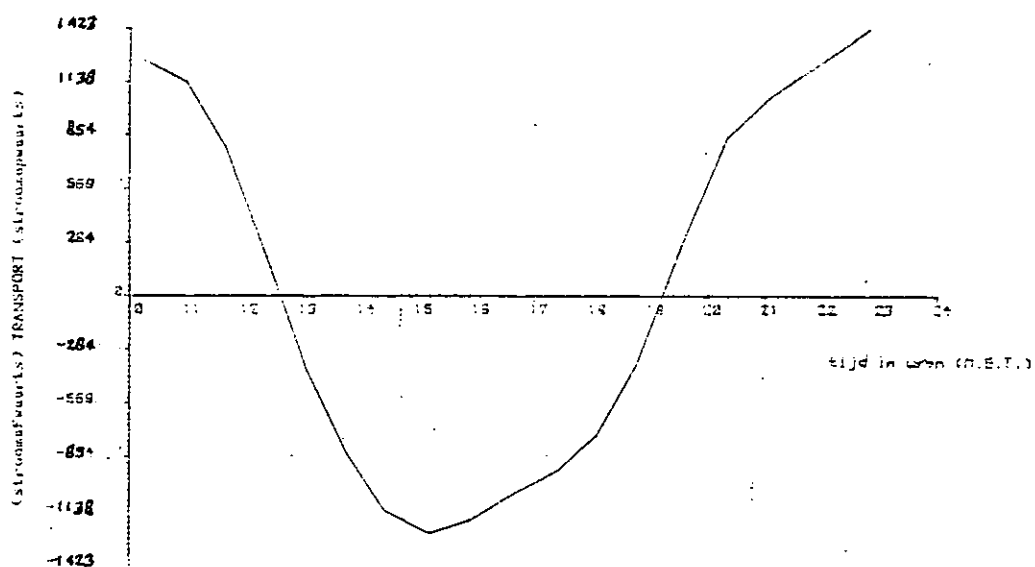


fig.36

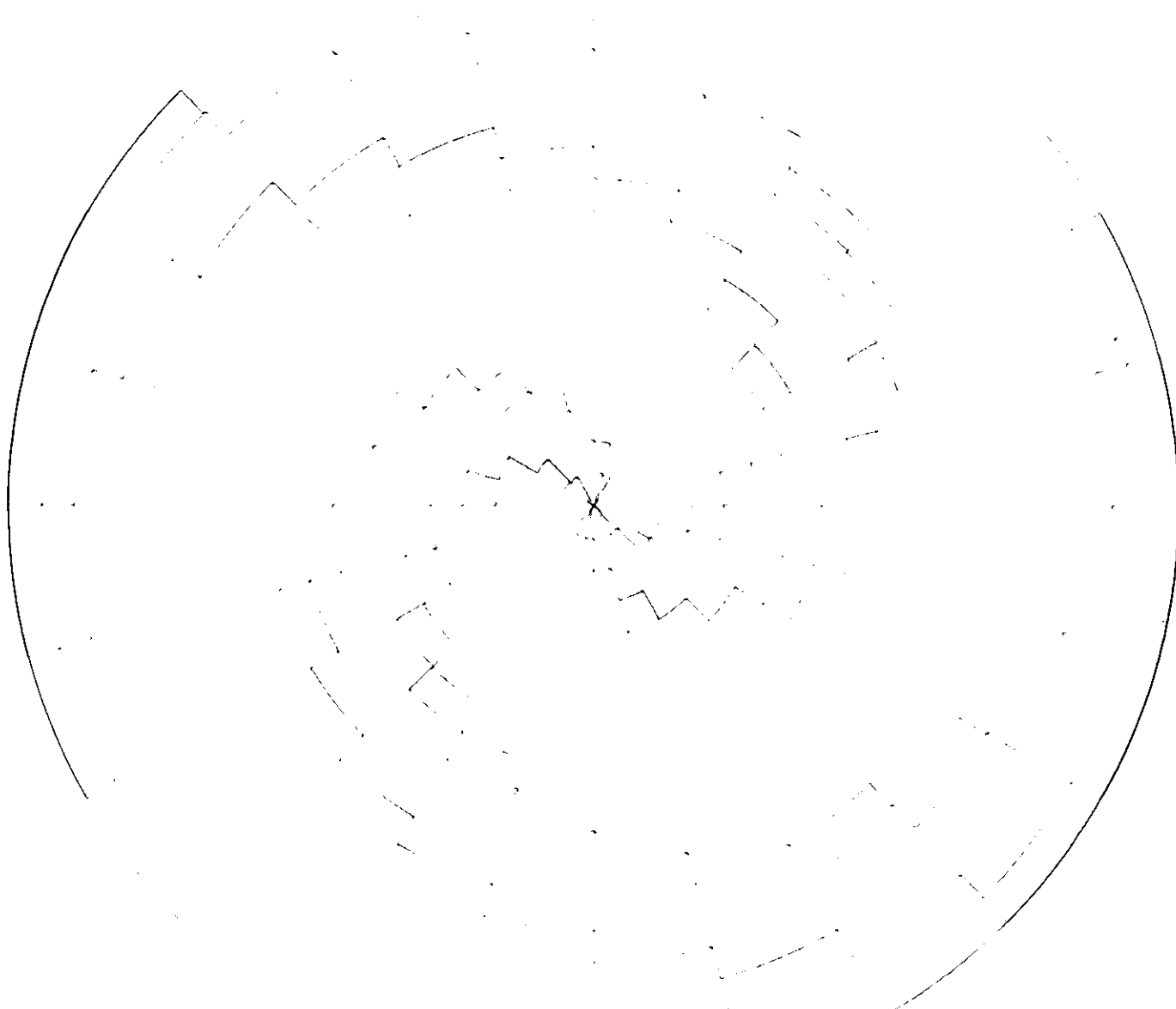
gemiddelde transporten:
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Ouden Doel

tot.vracht vloedperi-
ode (Bq) : $5,30 \cdot 10^6$
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(Bq) : $-5,48 \cdot 10^6$
(stroomafwaarts)

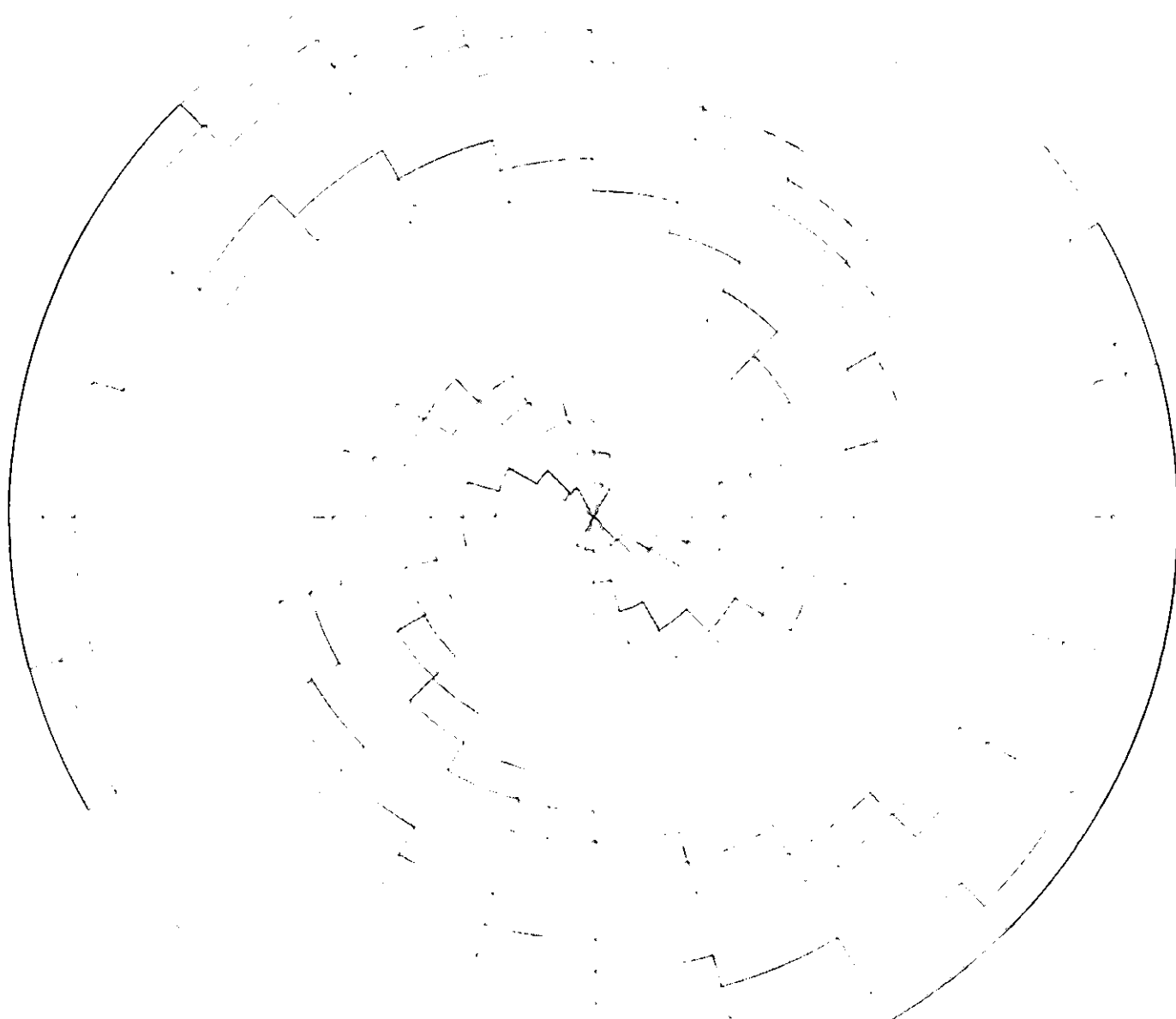
Bijlagen bij dwarsraai onderzoek Westerschelde 1982.

rijksinstituut
voor zuivering
van afvalwater

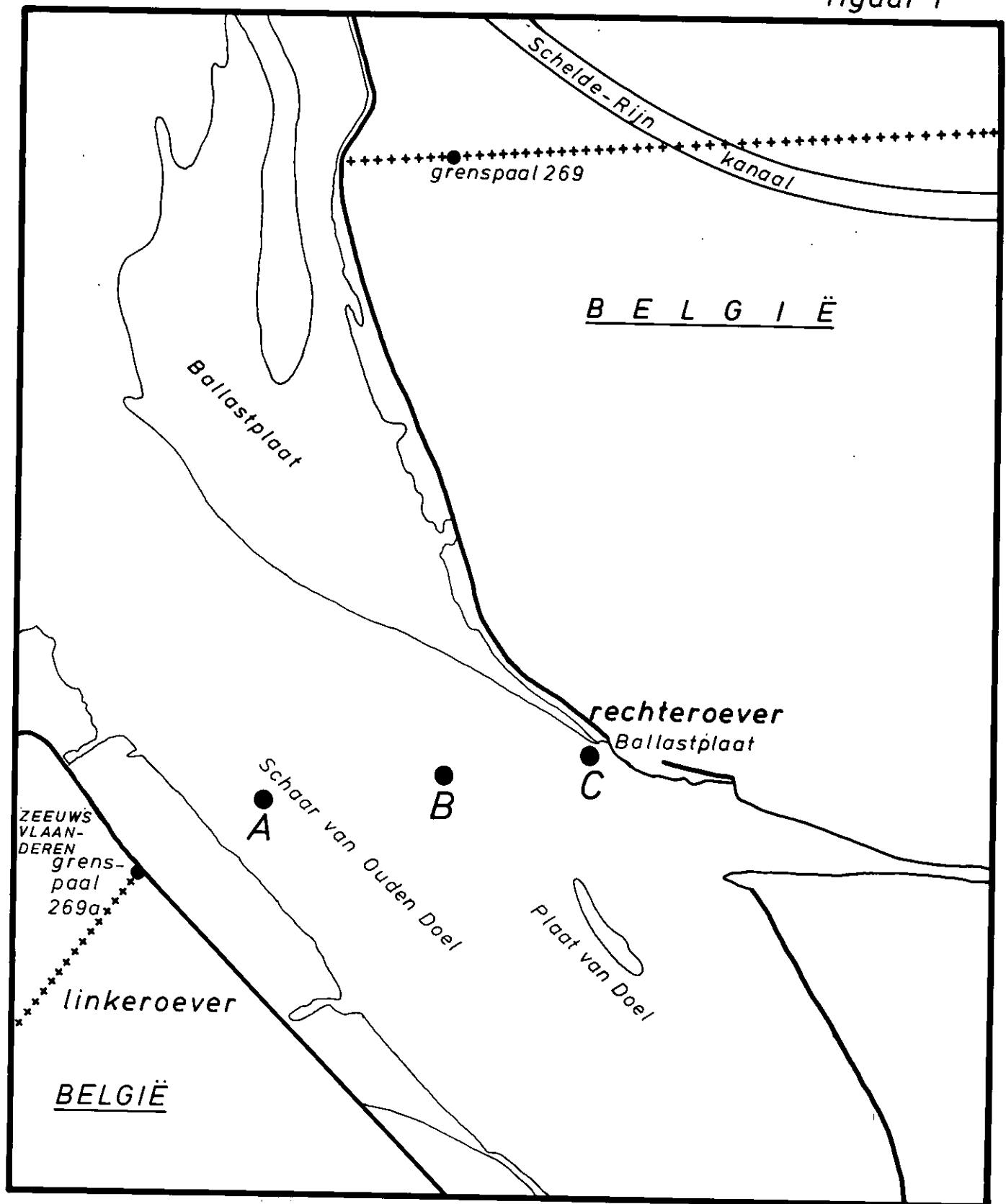


Bijlagen bij dwarsraai onderzoek Westerschelde 1982.

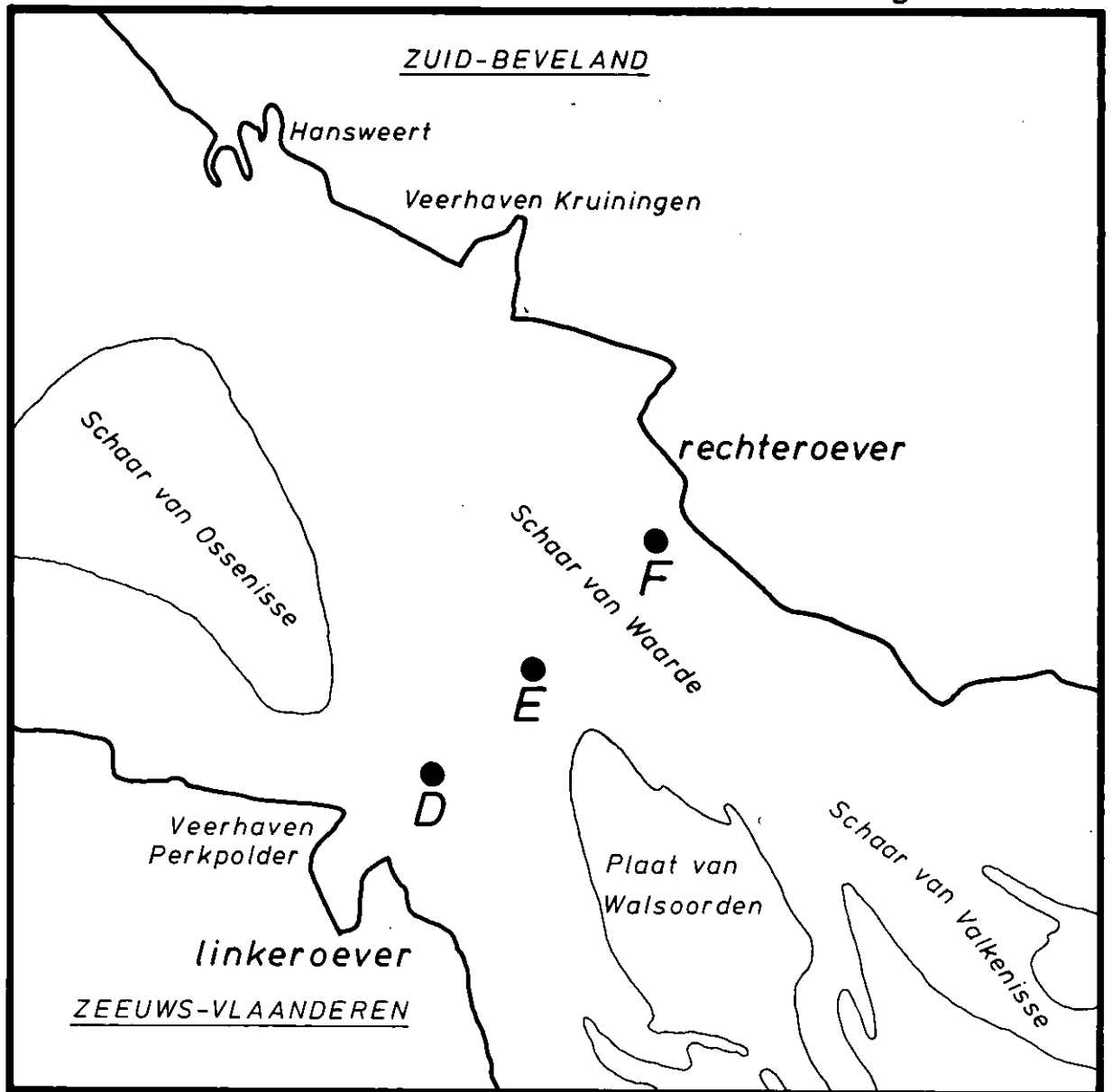
rijksinstituut
voor zuivering
van afvalwater



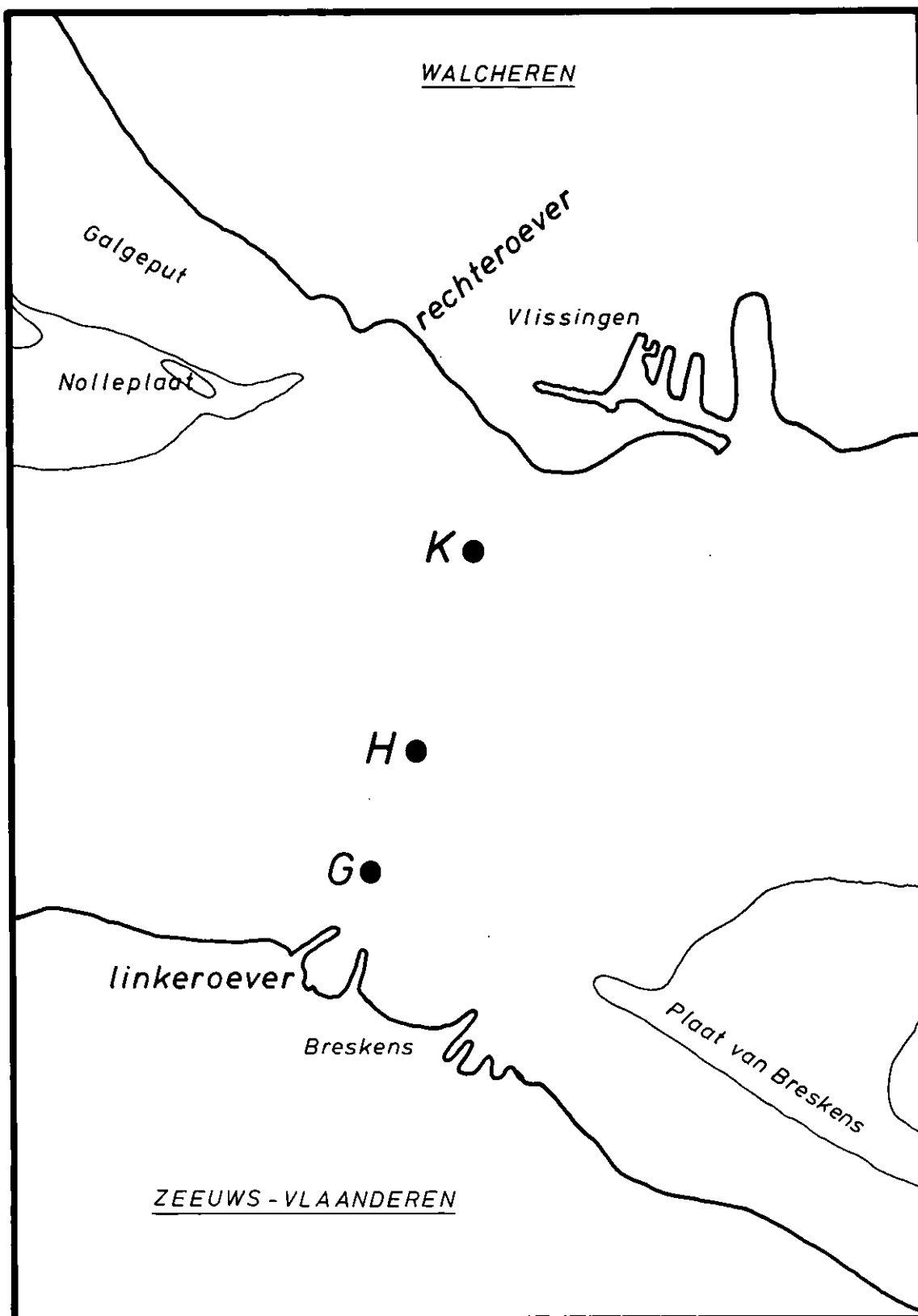
figuur 1



figuur 2



figuur 3



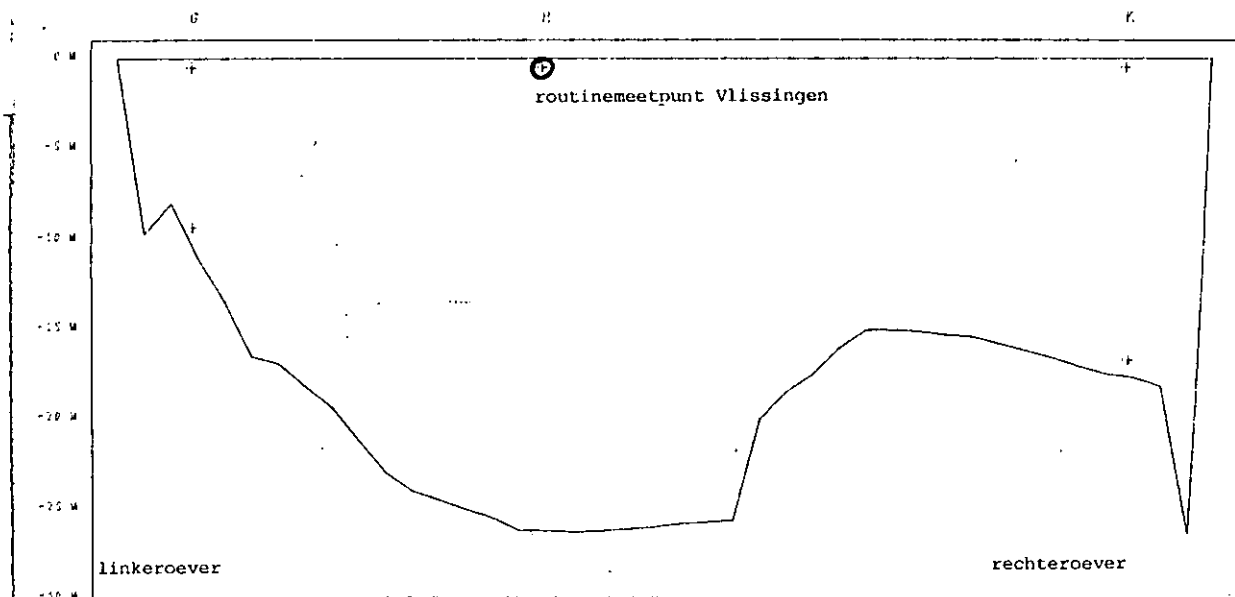


fig.4a dwarsdoorsnede raai bij Vlissingen

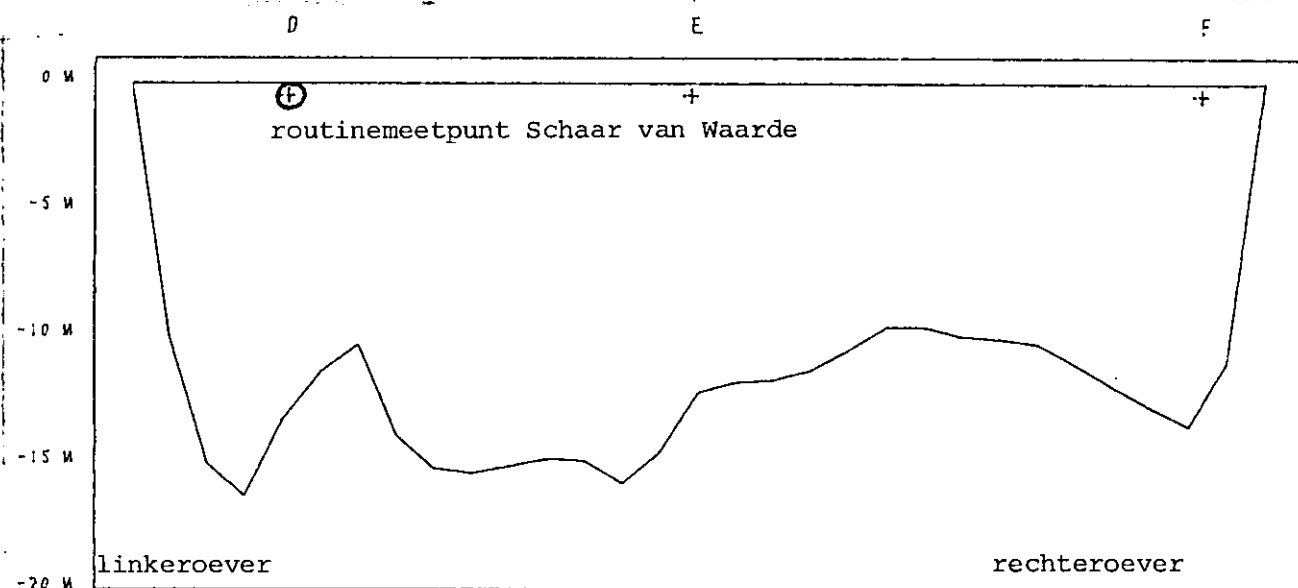


fig.4b dwarsdoorsnede raai bij Schaar van Waarde

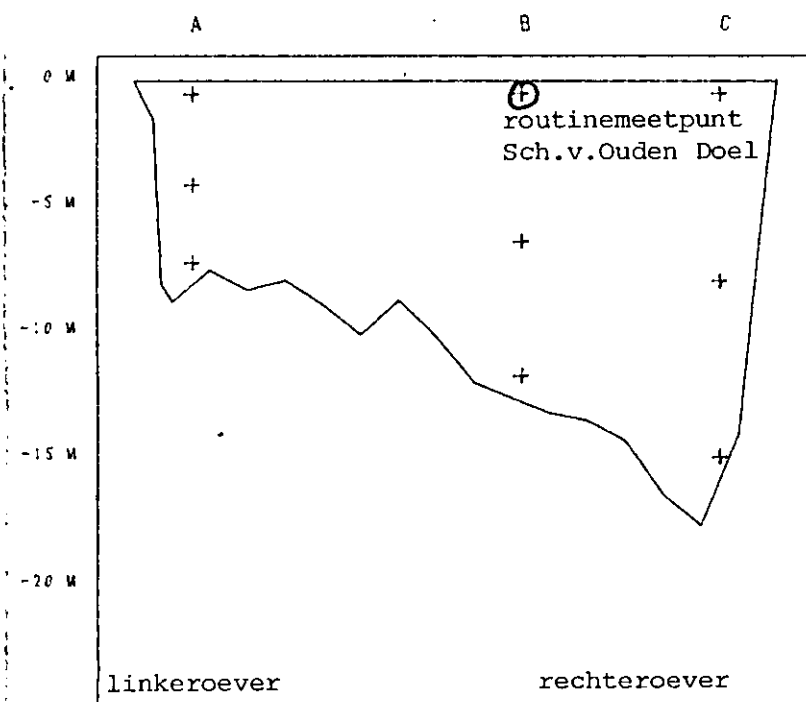


fig.4c dwarsdoorsnede raai Sch.v.Ouden Doel

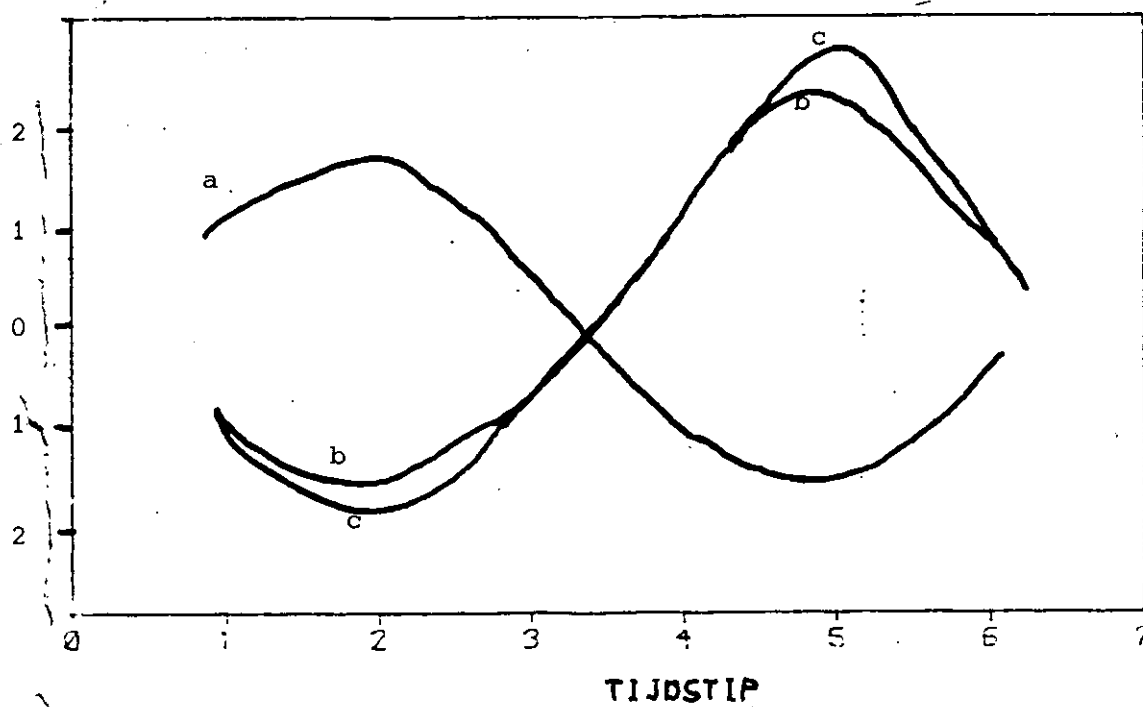
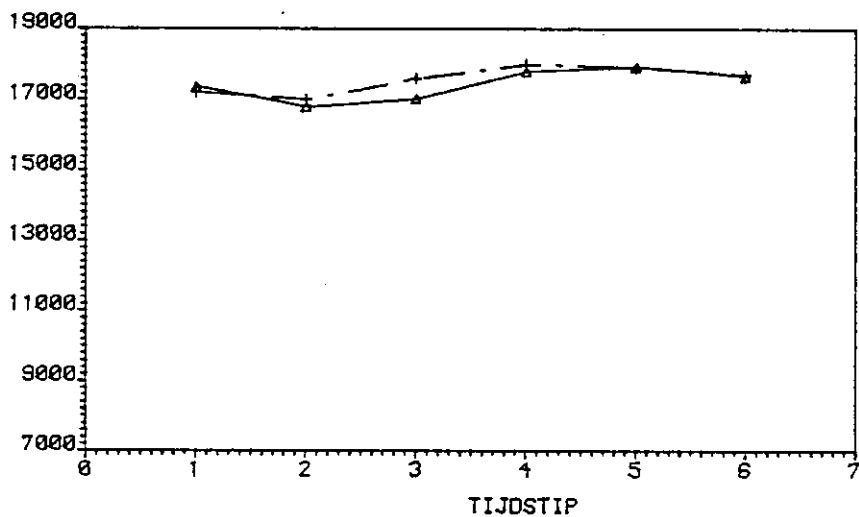
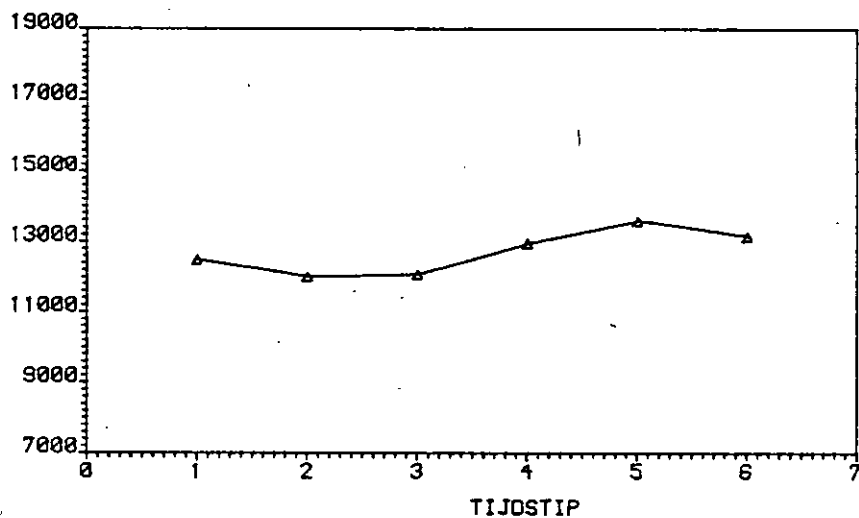
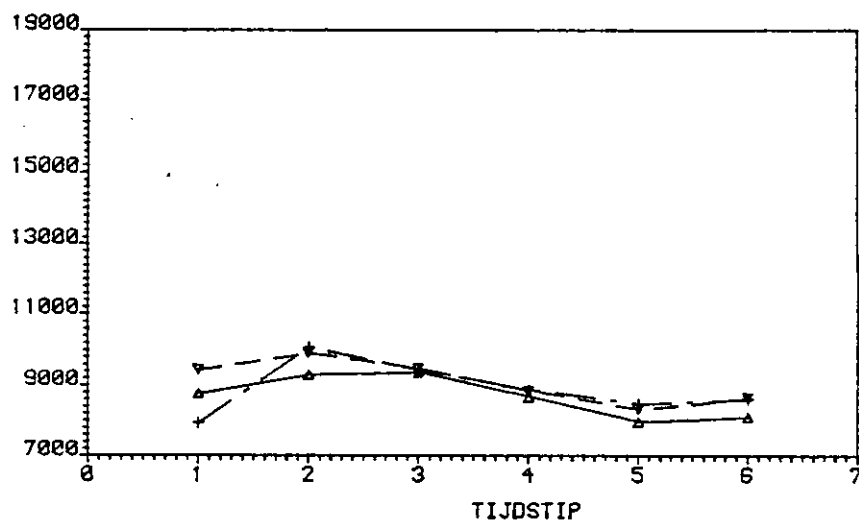
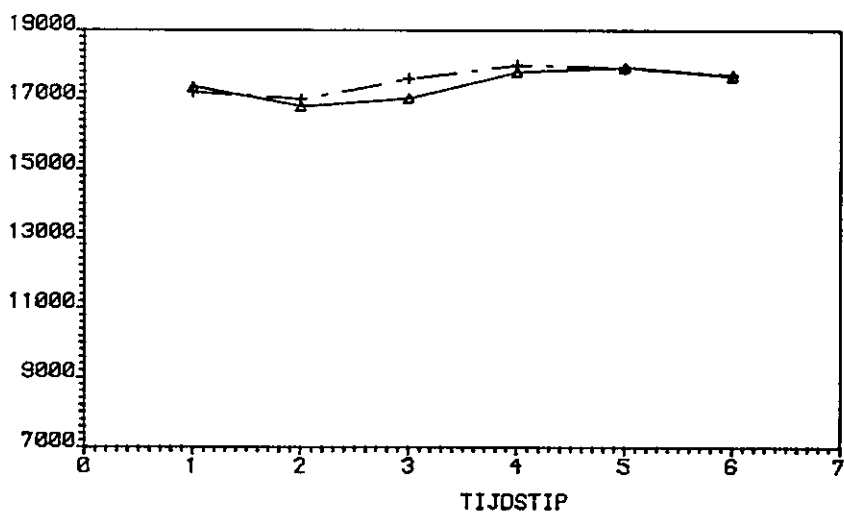
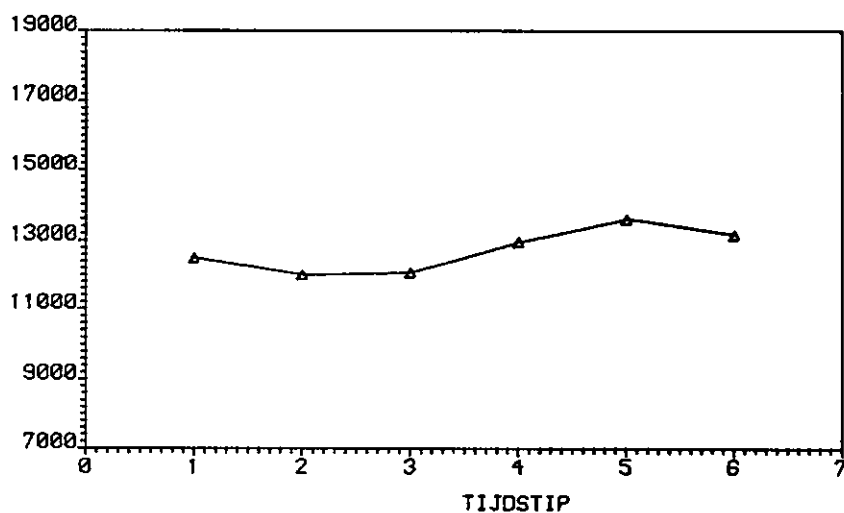
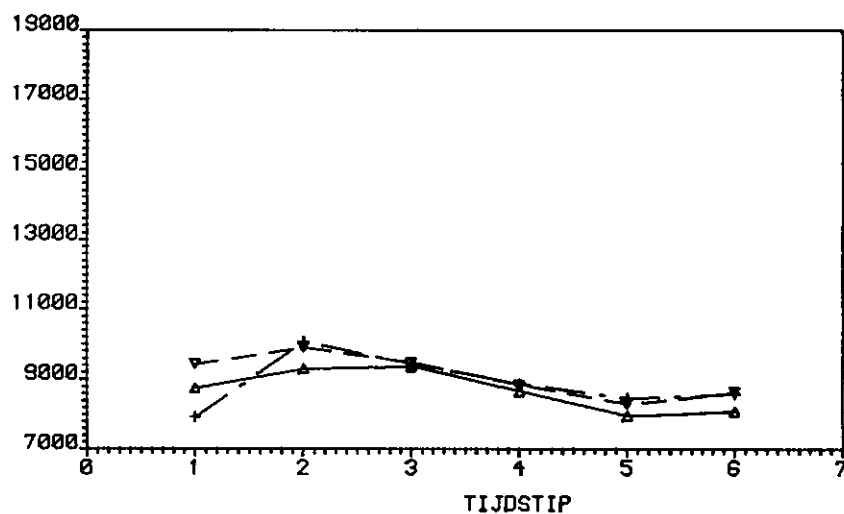
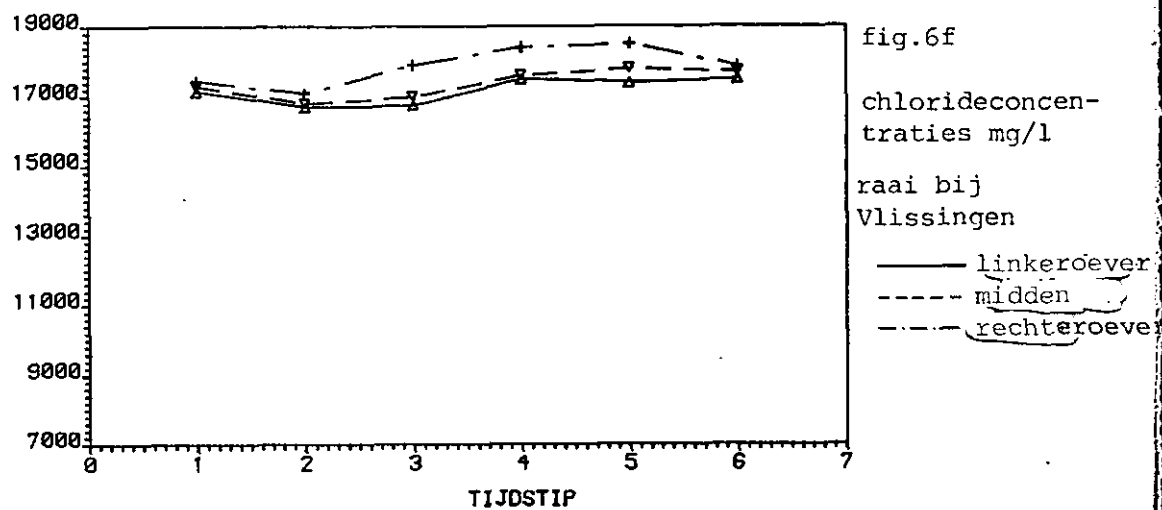
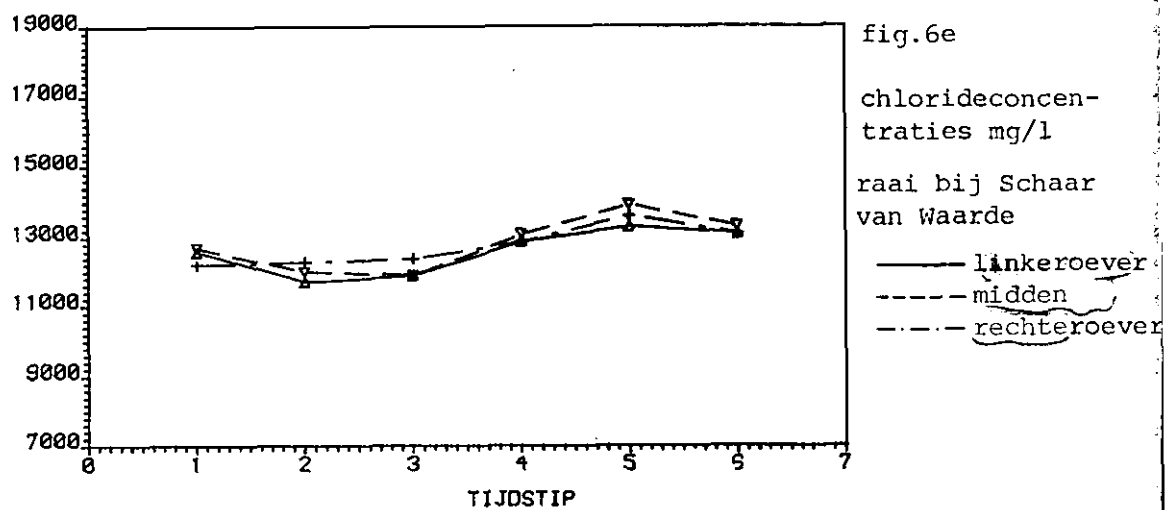
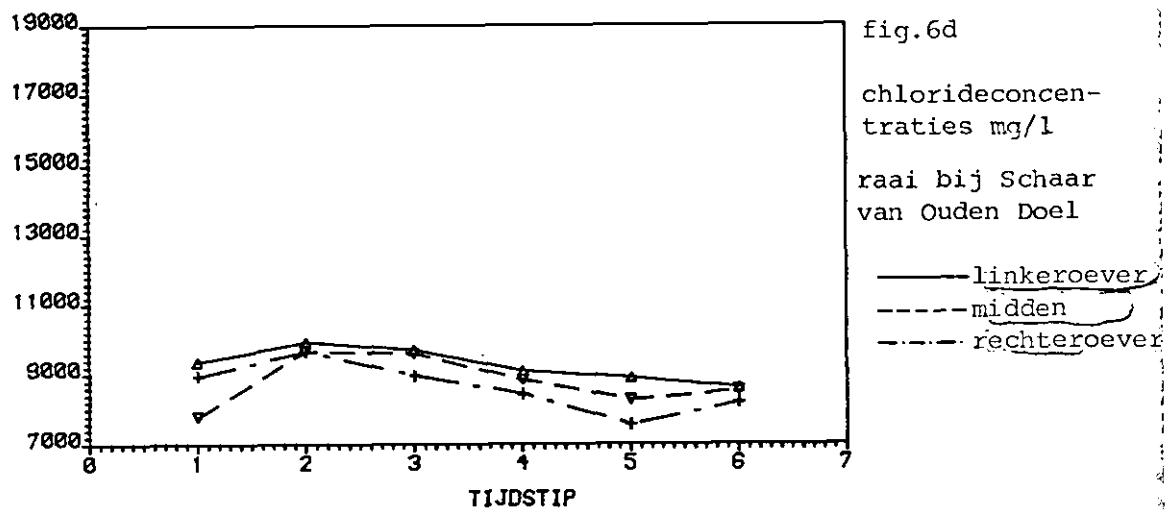


fig.5. Getijdebeweging (waterstanden in m) tijdens het dwarsraai-onderzoek.

- a: raai 1, Schaar van Ouden Doel
- b: raai 2, Schaar van Waarde
- c: raai 3, Vlissingen







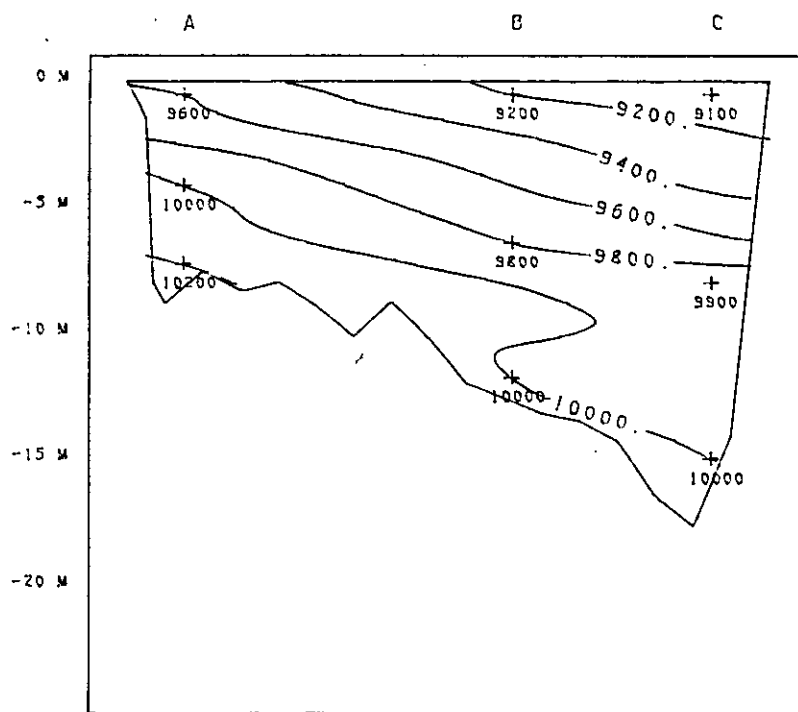


fig.6g

raai bij Schaar van Ouden
Doel , tijdstip 2

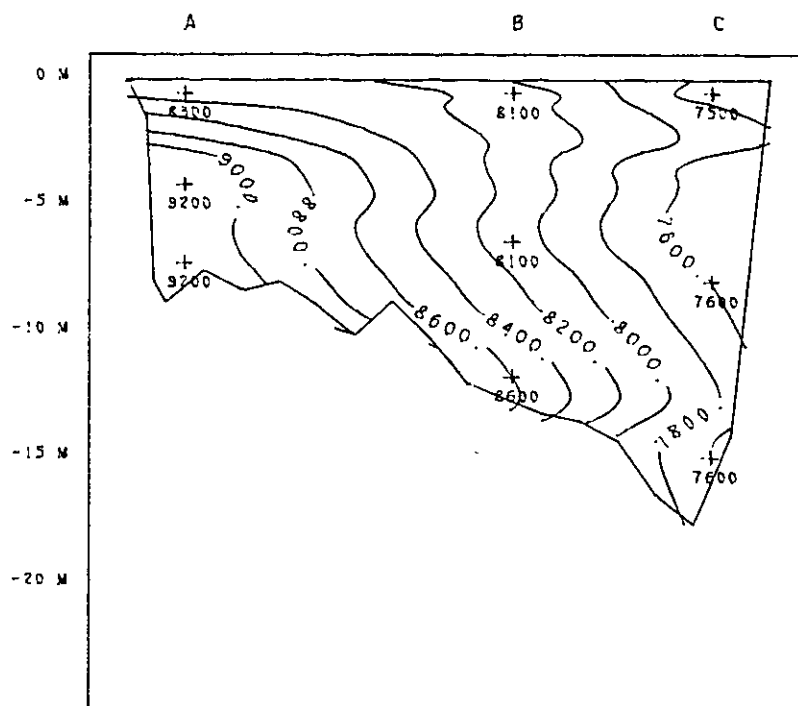


fig.6h

raai bij Schaar van Ouden
Doel , tijdstip 5

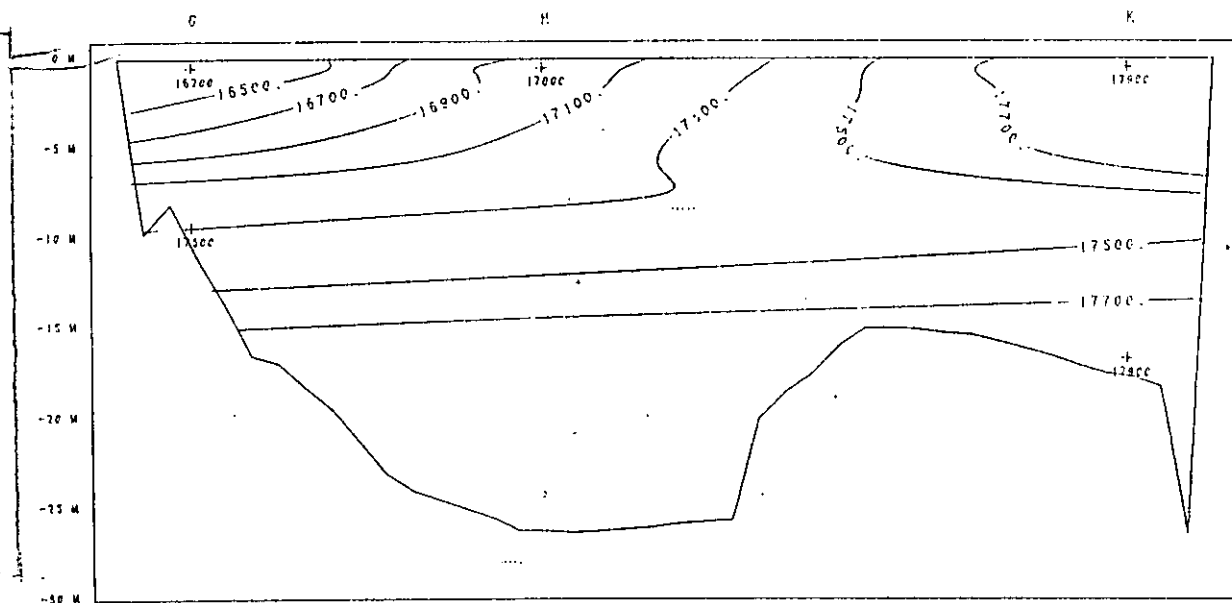


fig.6i raai bij Vliissingen, tijdstip 3

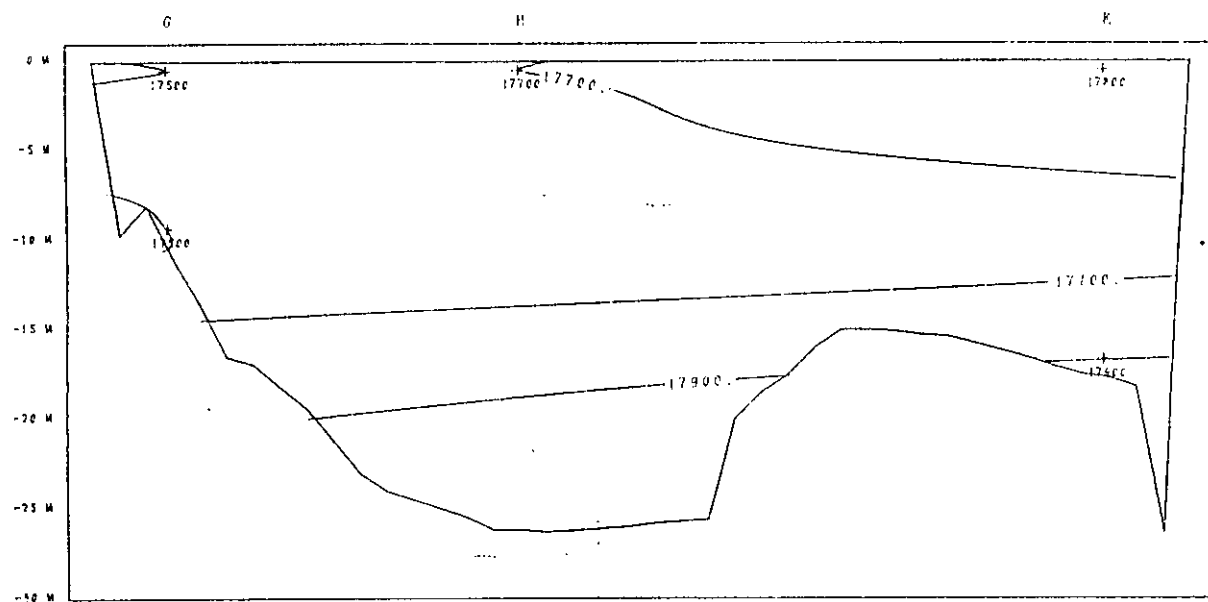
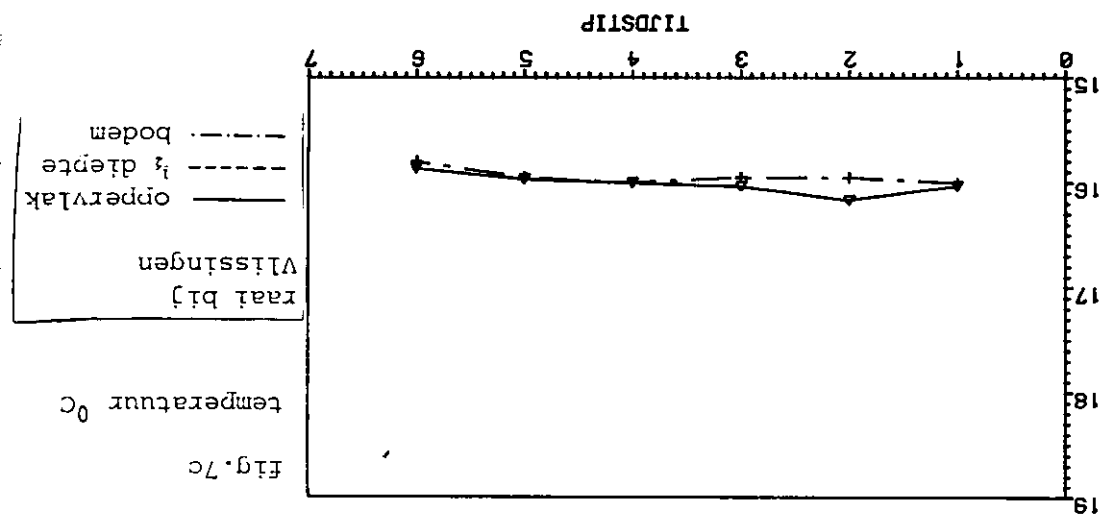
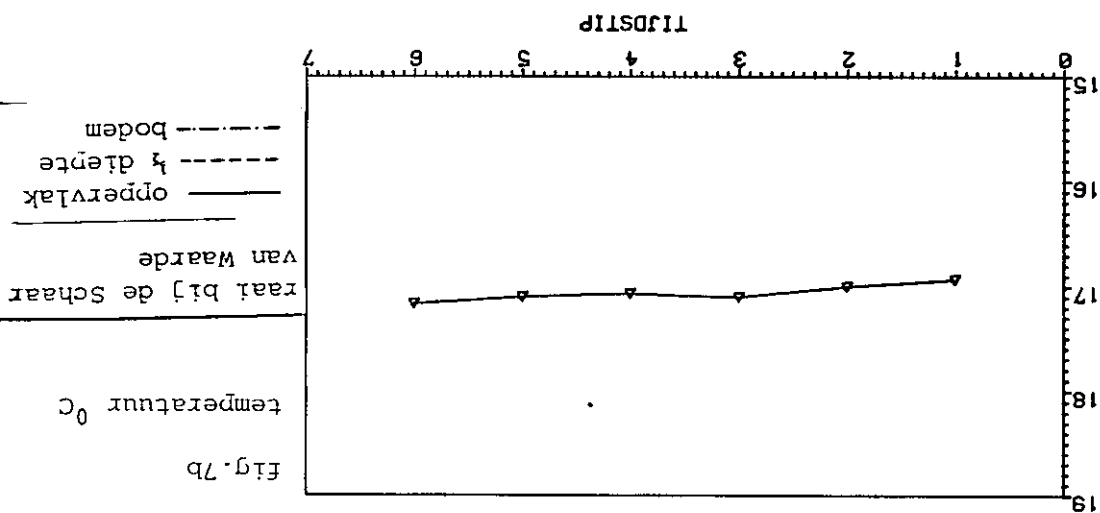
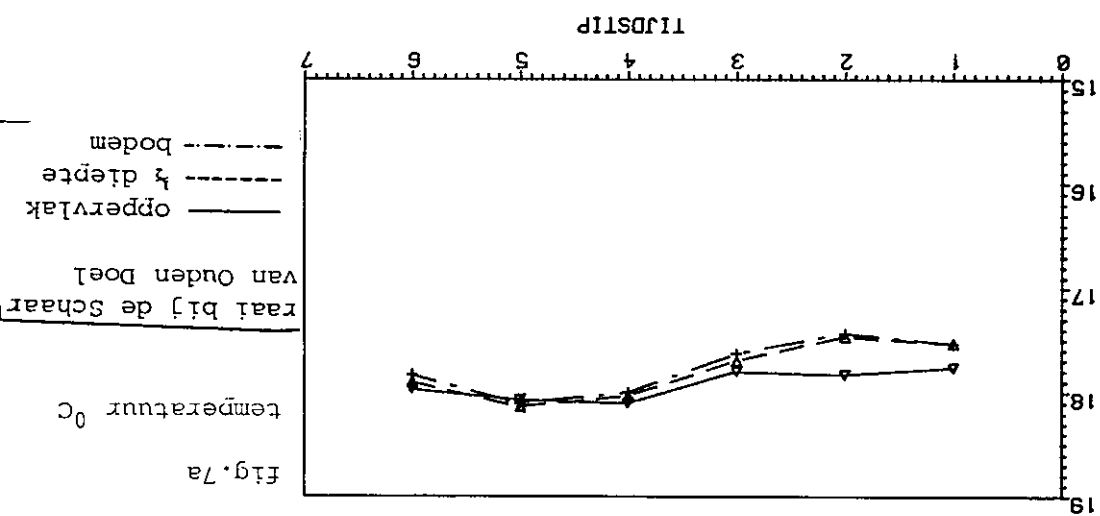
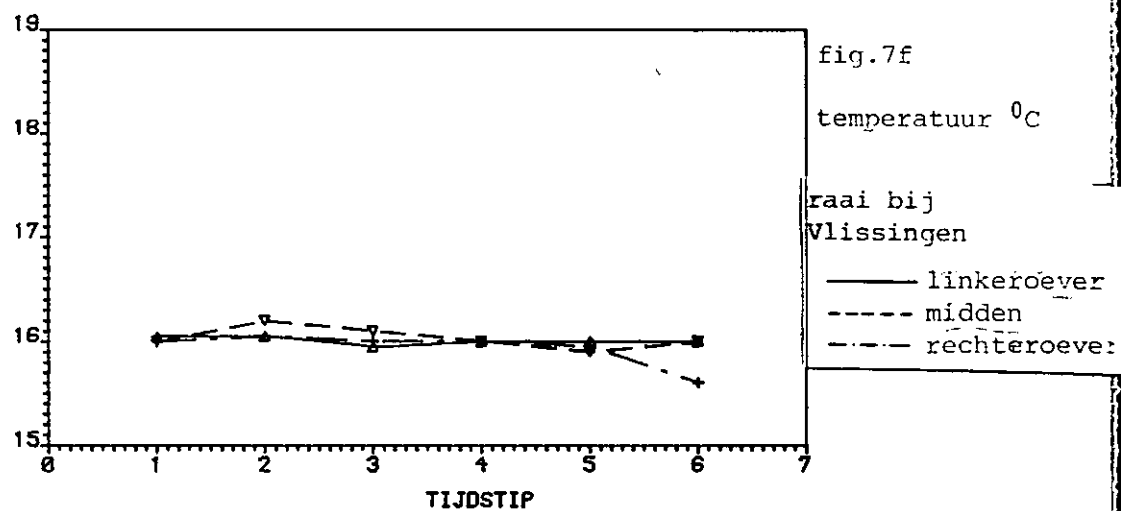
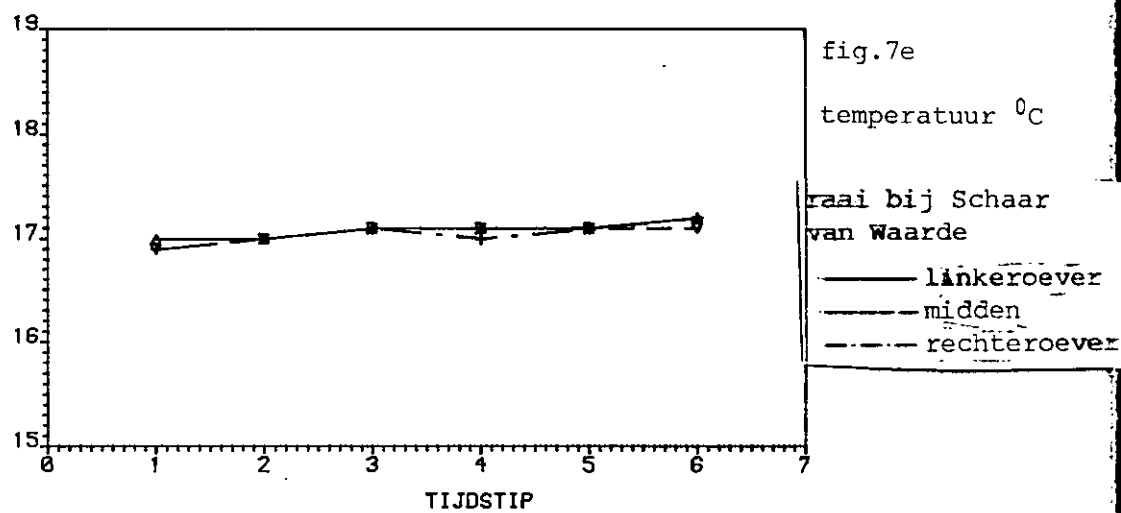
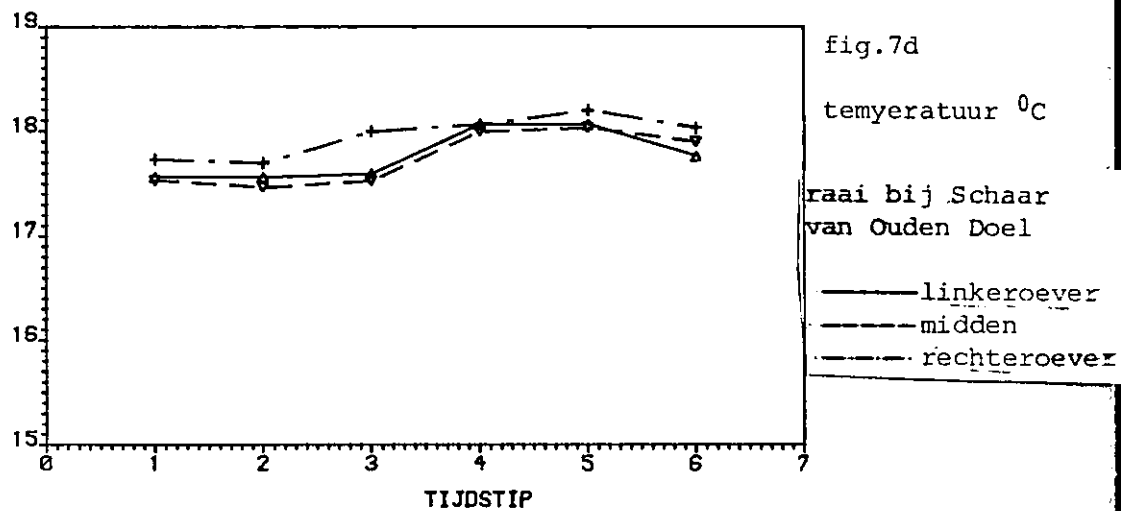
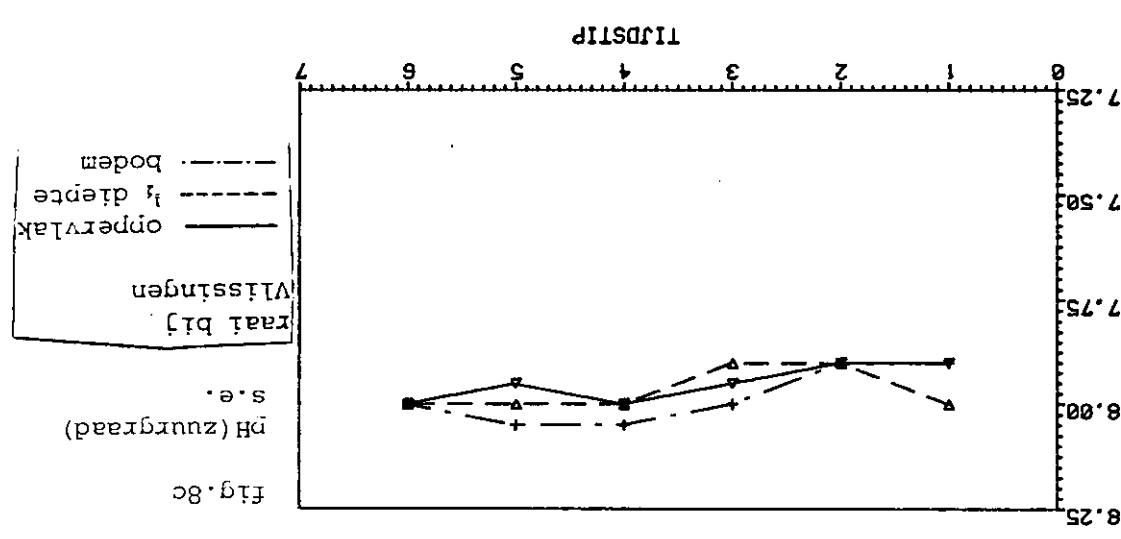
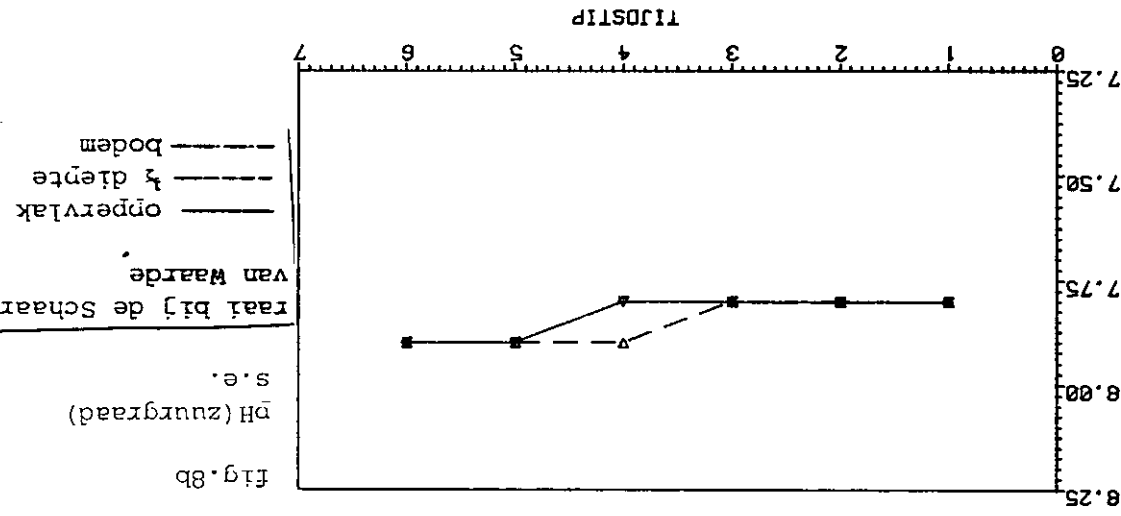
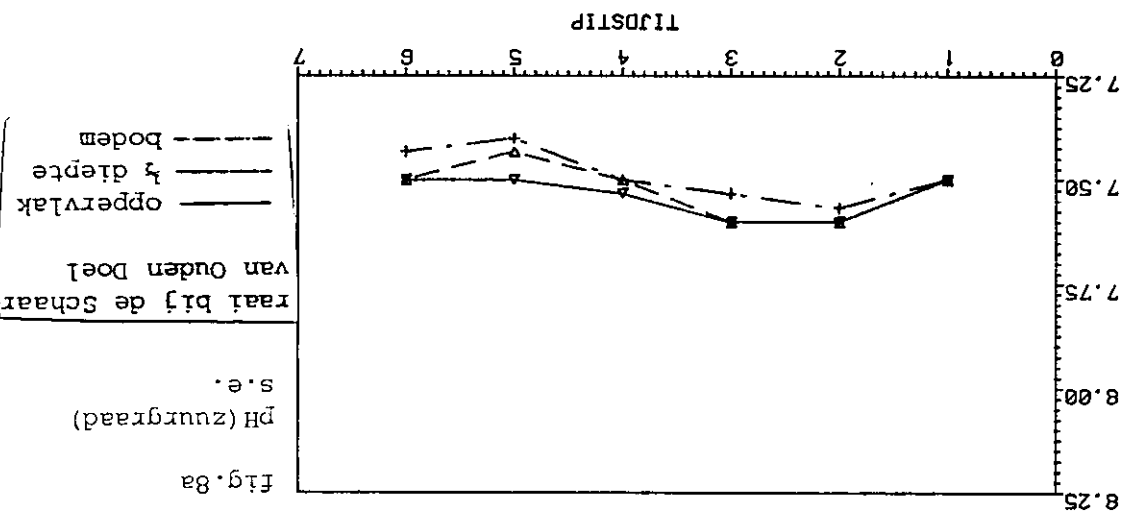
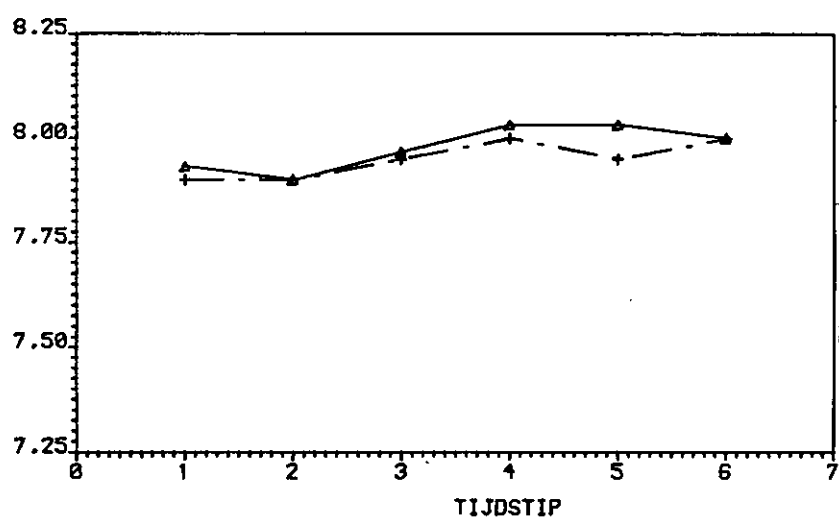
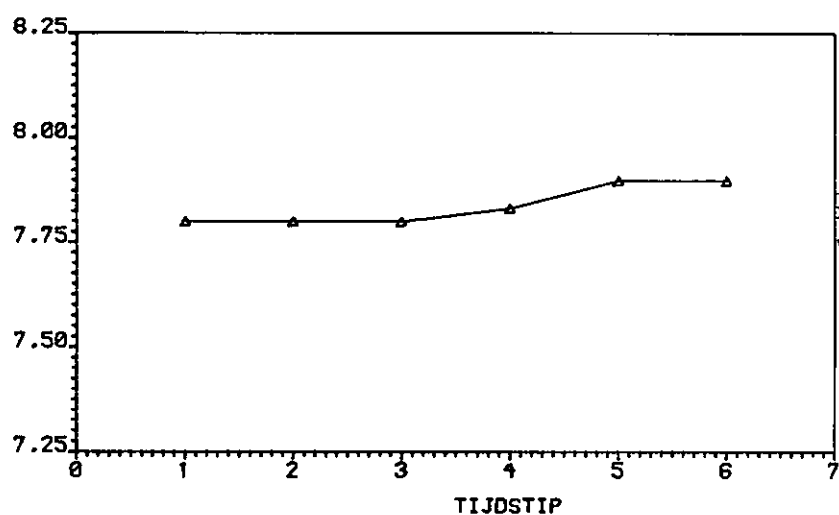
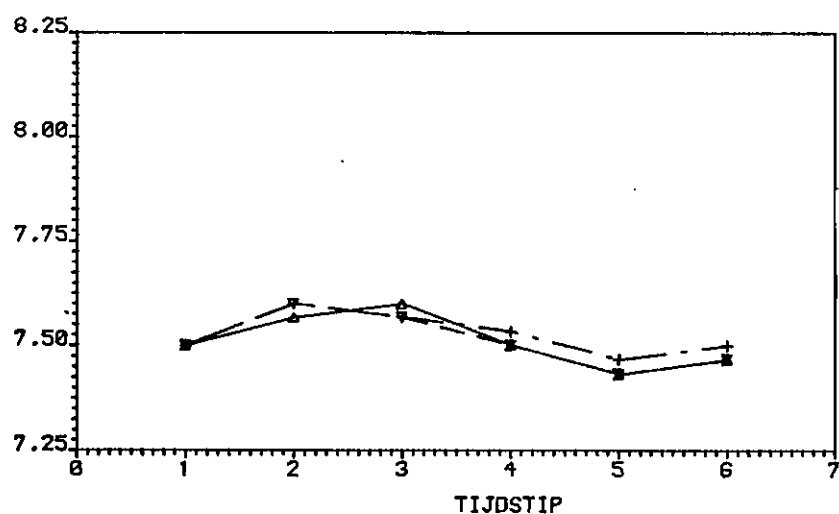


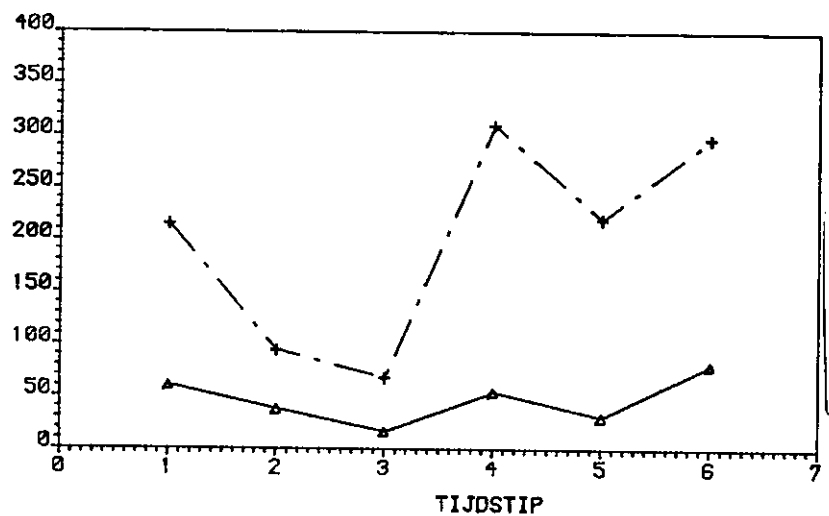
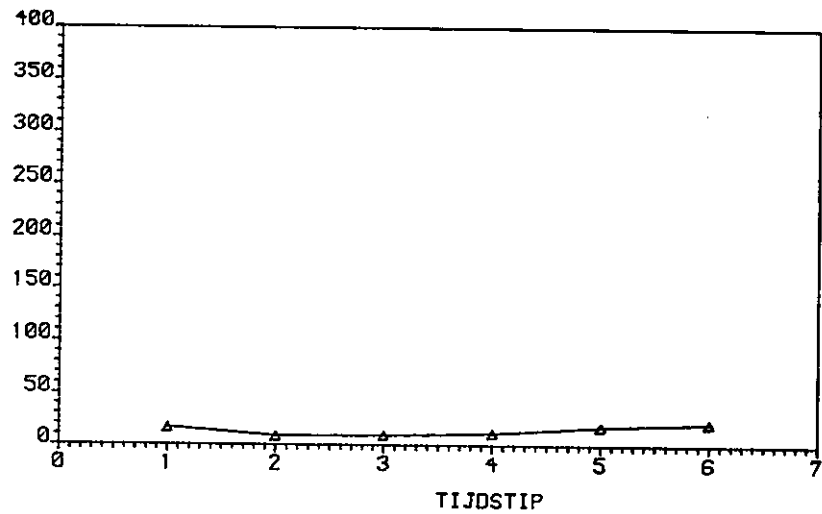
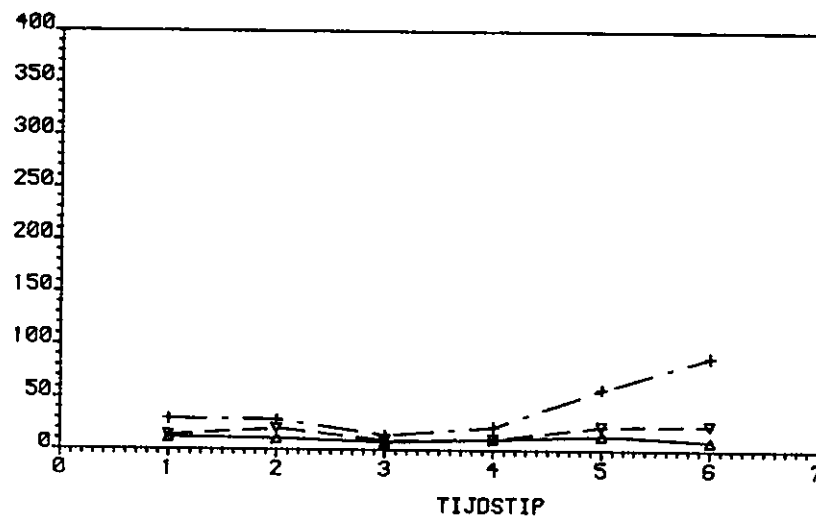
fig.6j raai bij Vliissingen , tijdstip 6

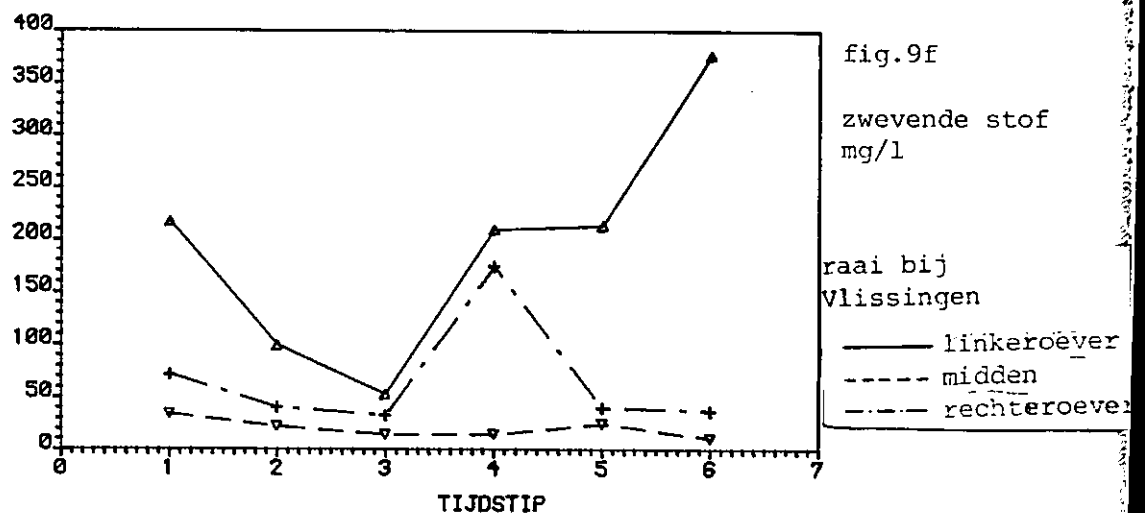
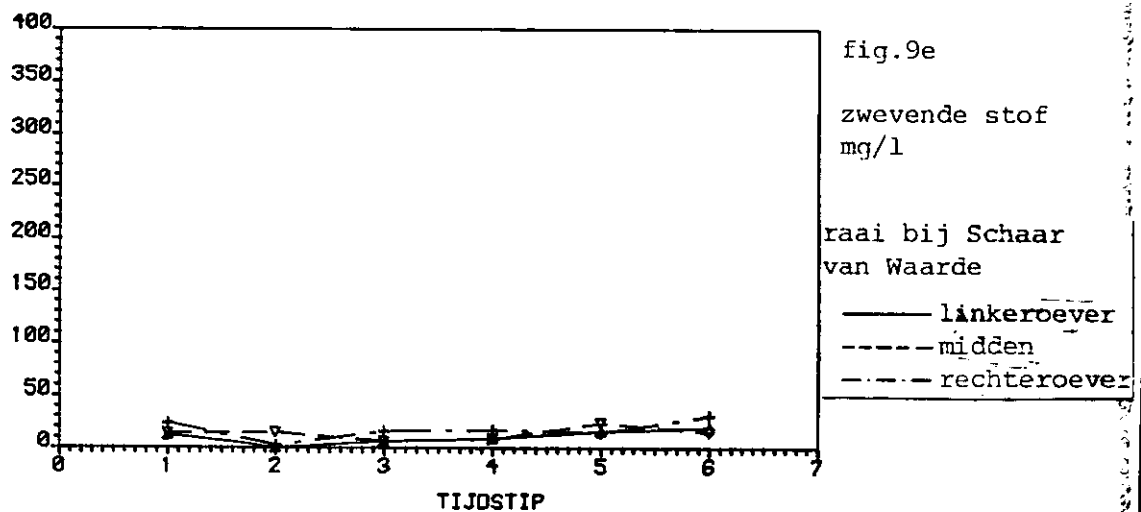
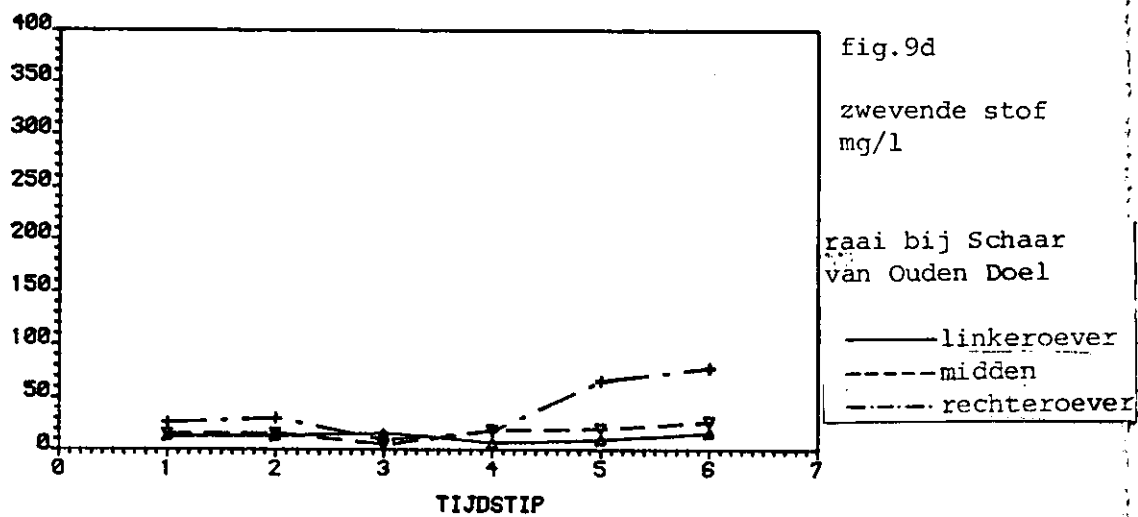












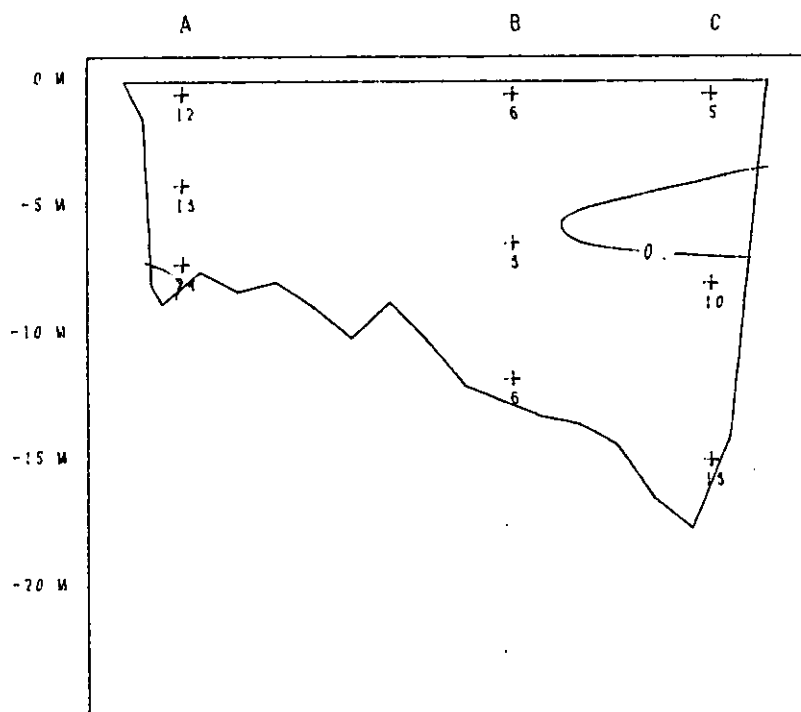


fig.9g

raai bij Schaar van Ouden
Doel , tijdstip 3

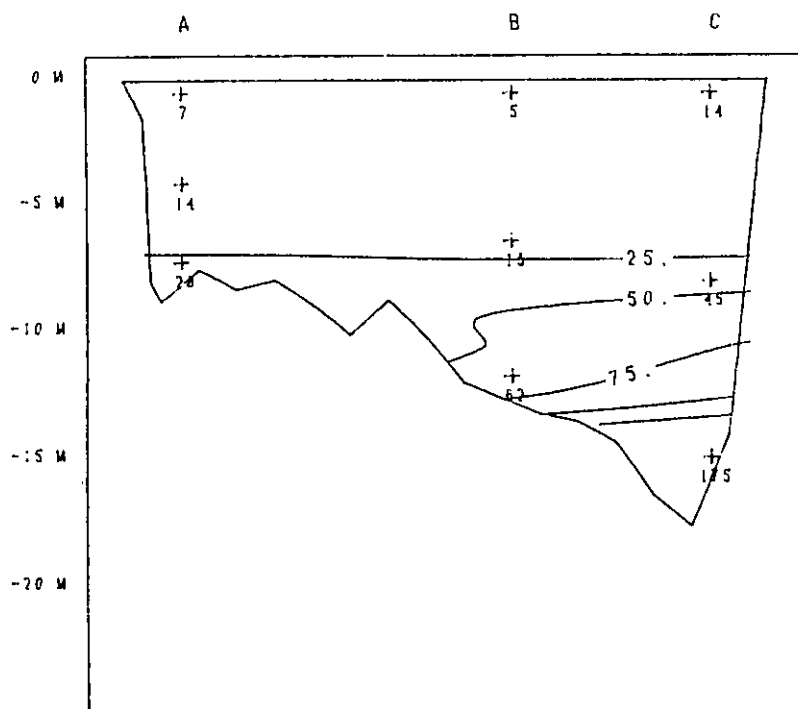


fig.9h

raai bij Schaar van Ouden
Doel , tijdstip 6

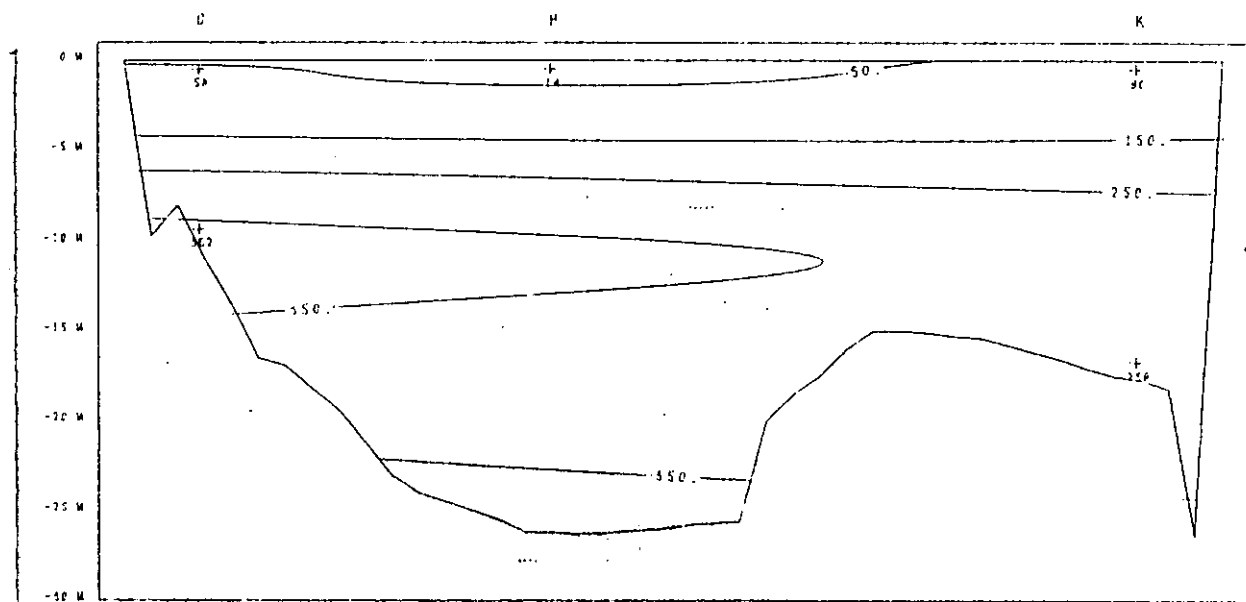


fig.9i raai bij Vliissingen , tijdstip 3

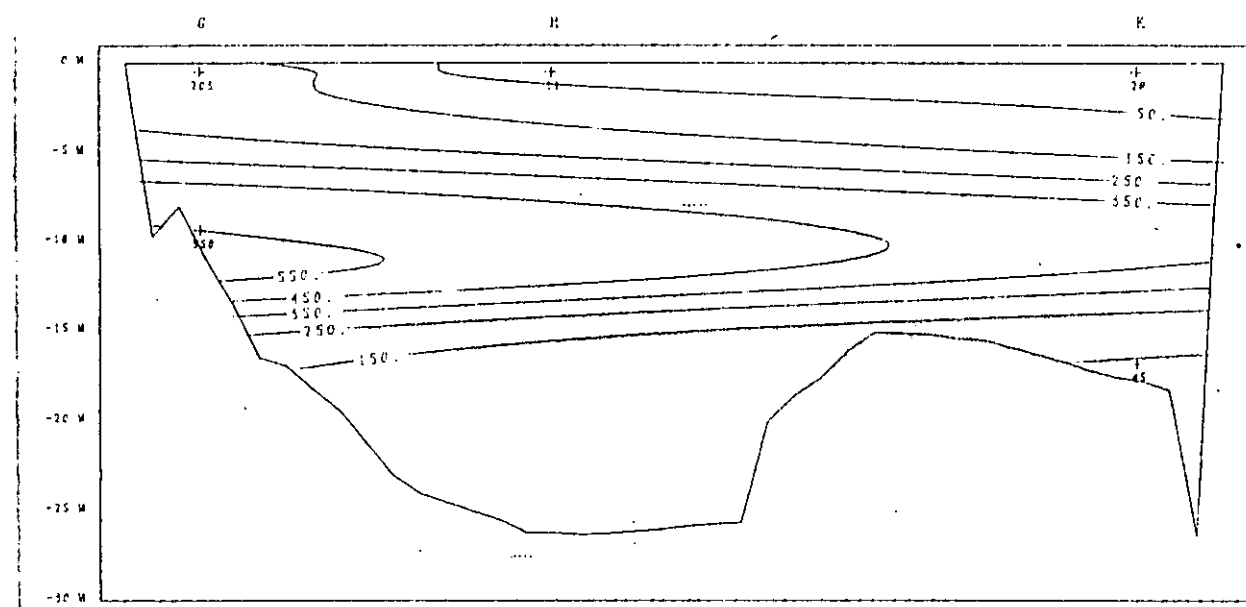
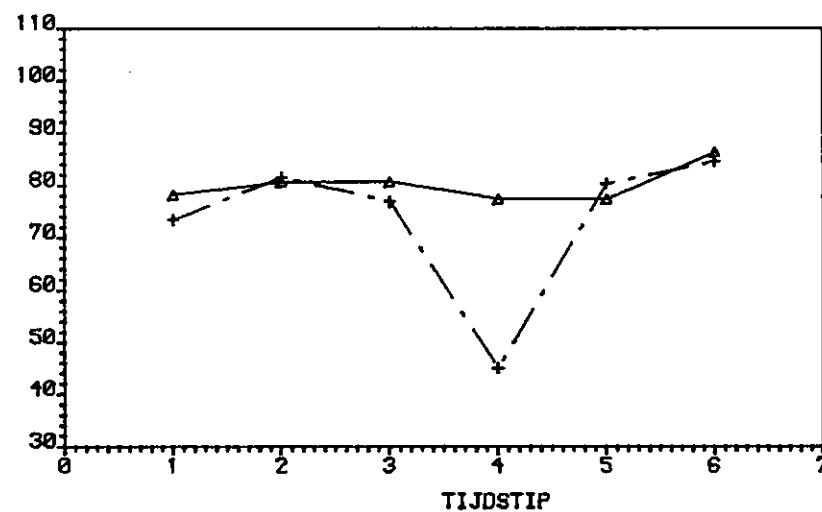
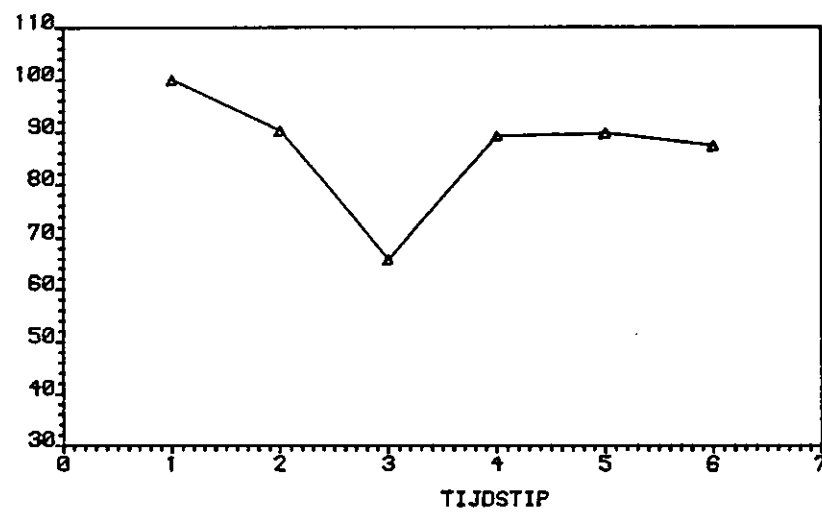
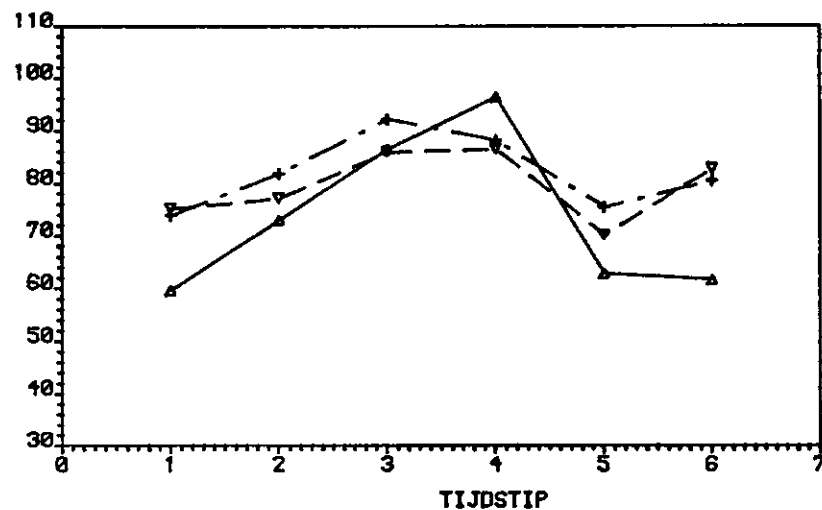
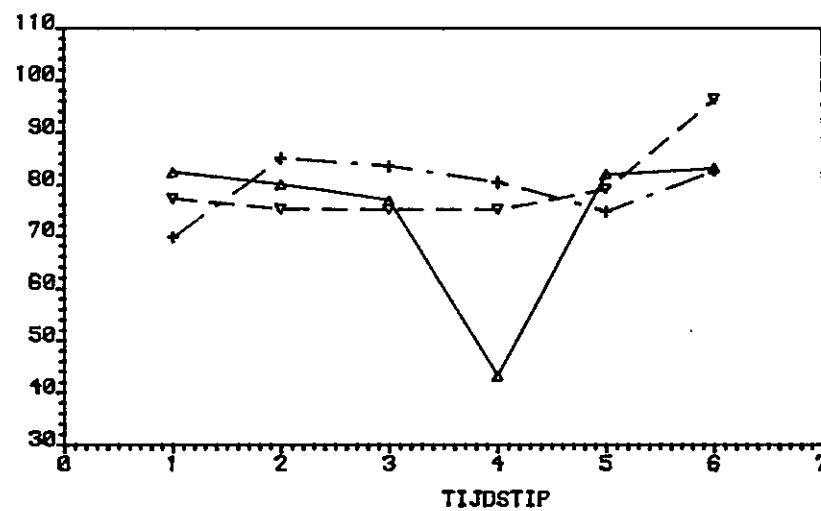
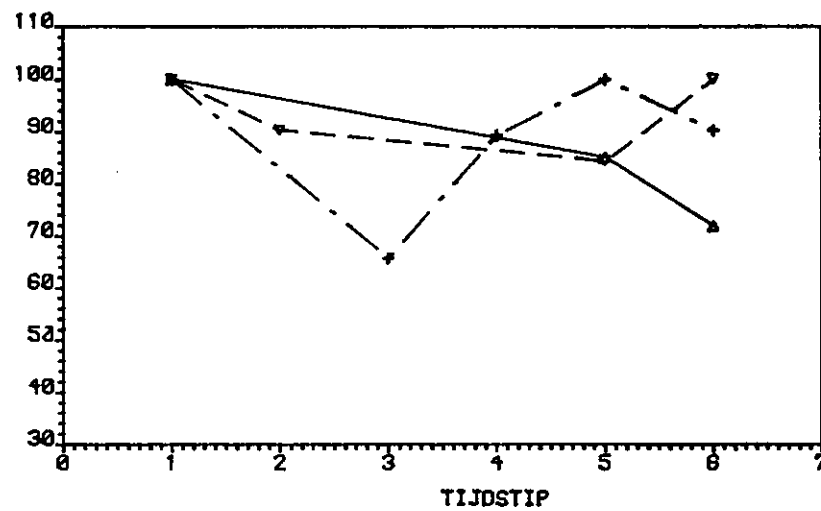
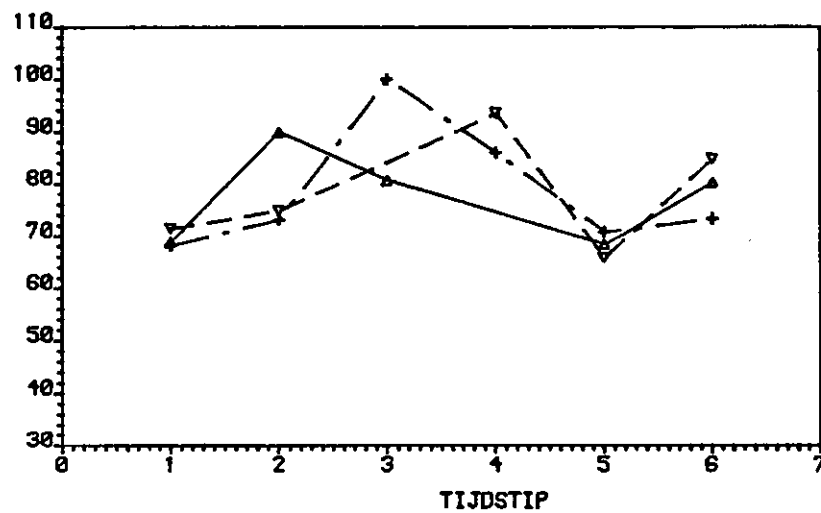


fig.9j raai bij Vliissingen , tijdstip 6





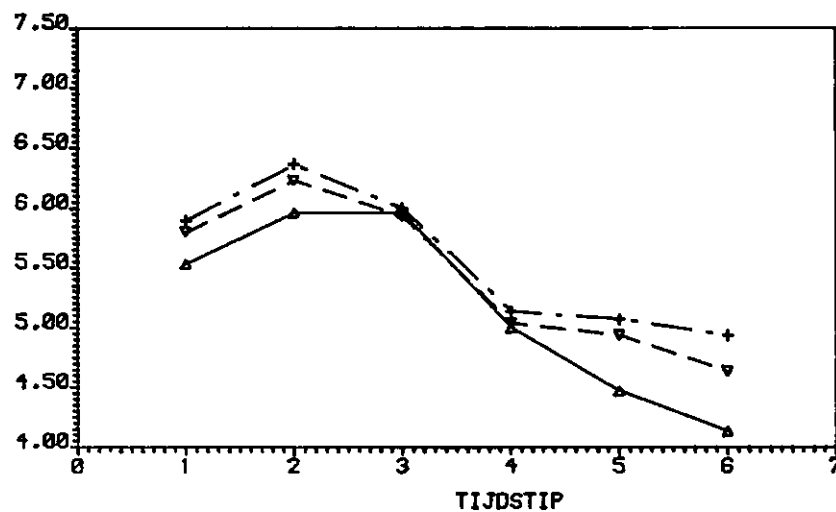


fig.11a

zuurstofconcentraties mg/l

raai bij de Schaar van Ouden Doel

— oppervlakt
 ---- 1/2 diepte
 -.-.- bodem

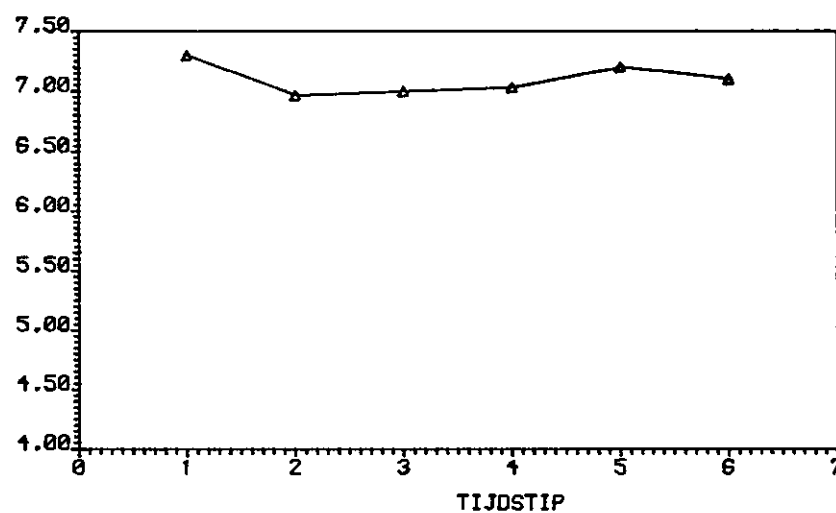


fig.11b

zuurstofconcentraties mg/l

raai bij de Schaar van Waarde

— oppervlakt
 ---- 1/2 diepte
 -.-.- bodem

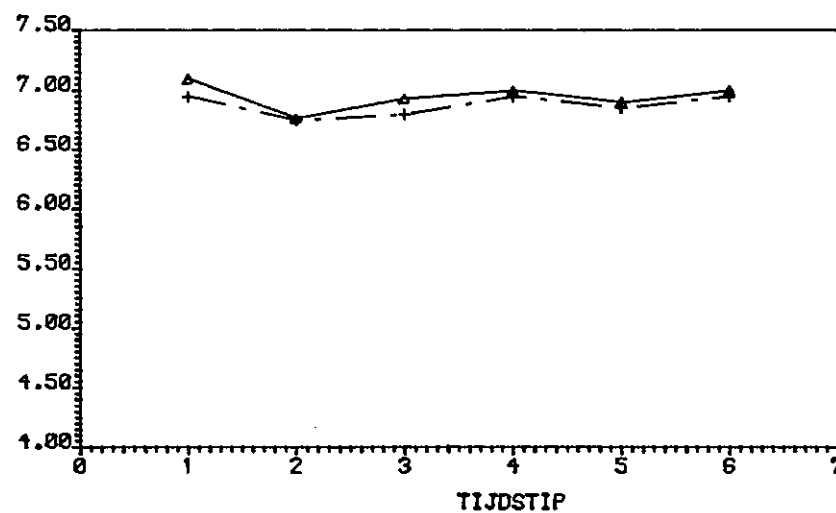
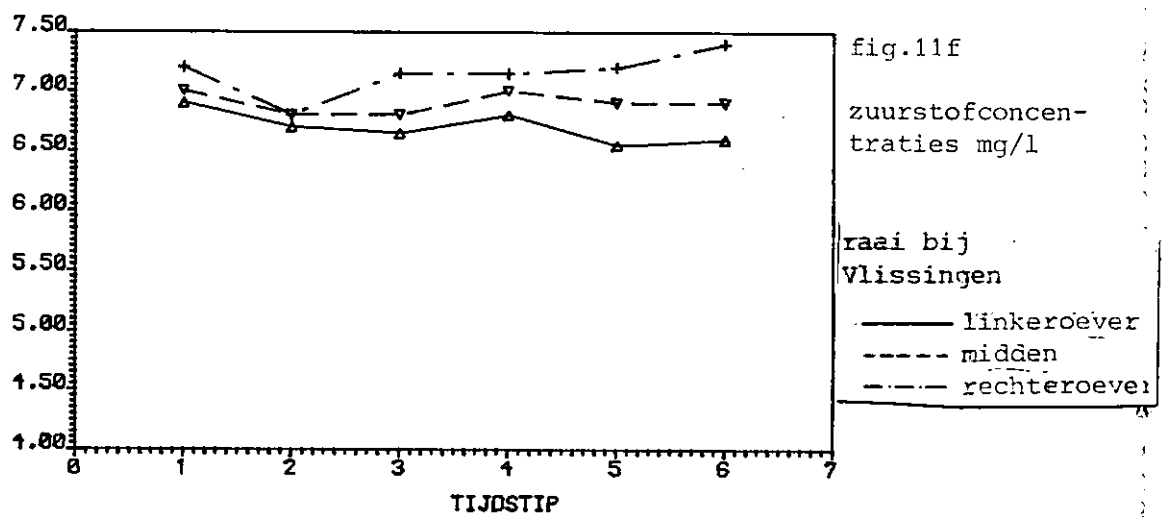
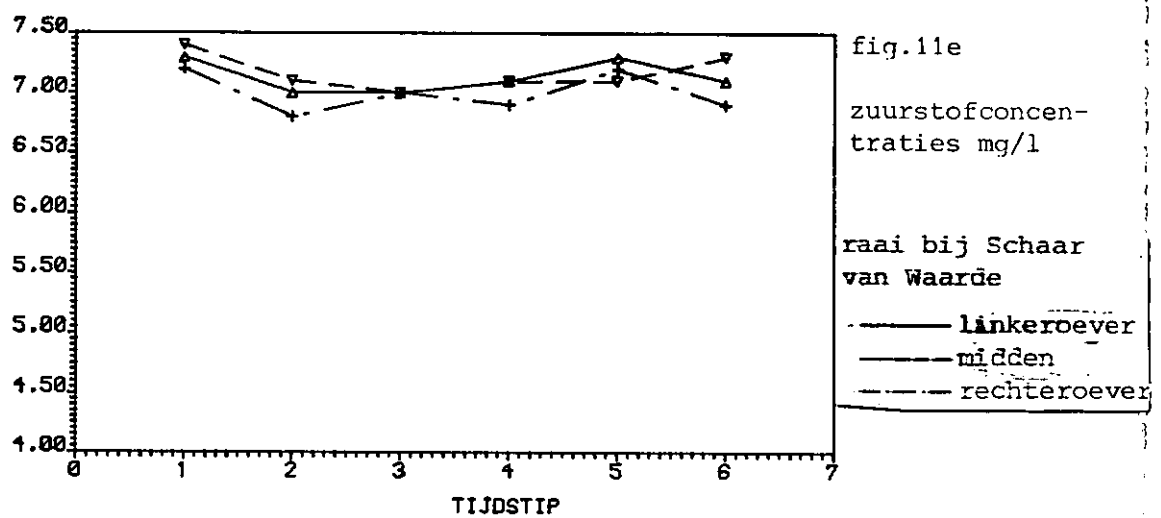
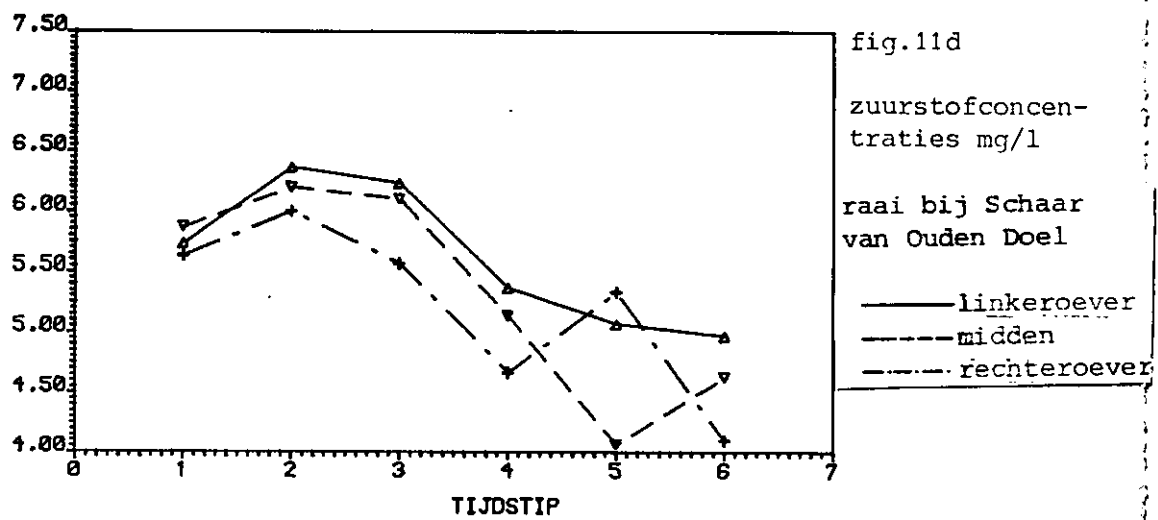


fig.11c

zuurstofconcentraties mg/l

raai bij Vlissingen

— oppervlakt
 ---- 1/2 diepte
 -.-.- bodem



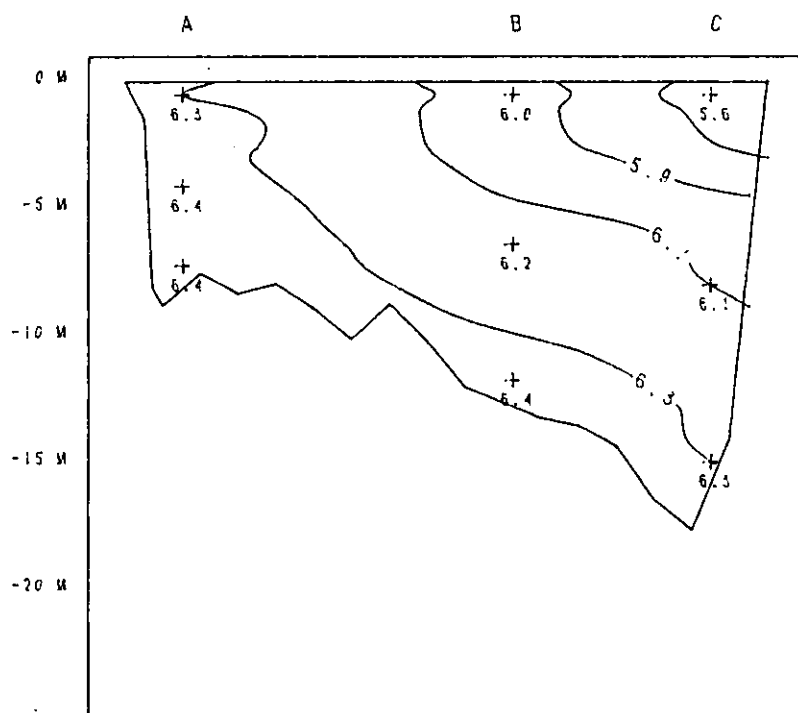


fig.11g

raai bij Schaar van Ouden
Doel , tijdstip 2

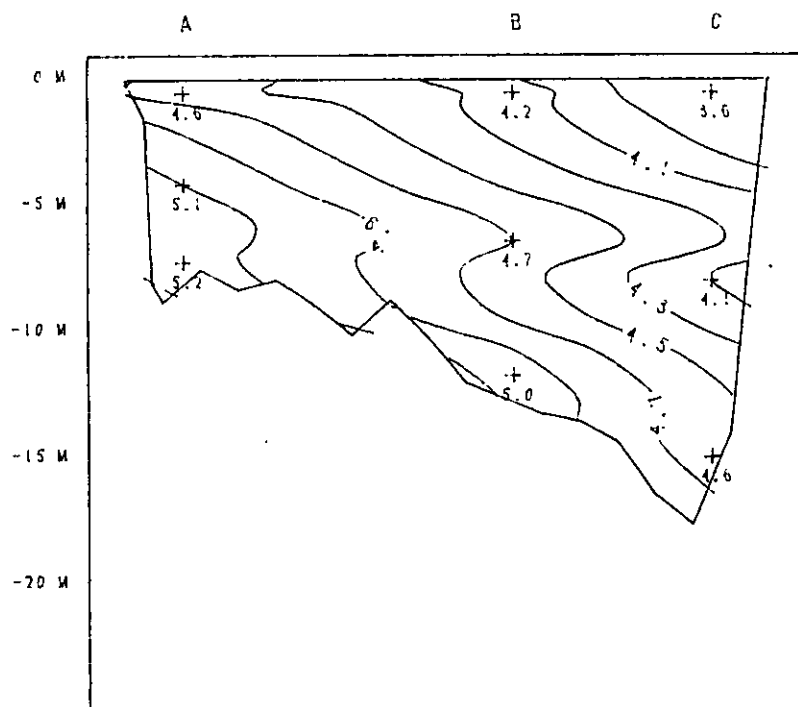
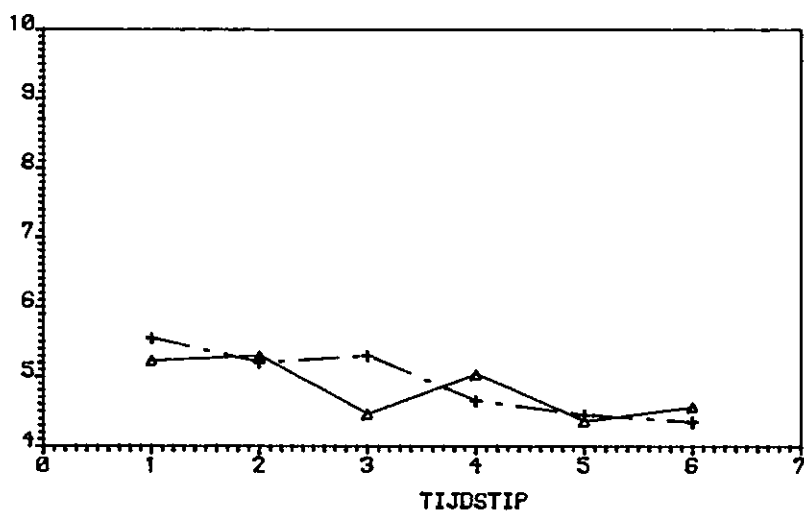
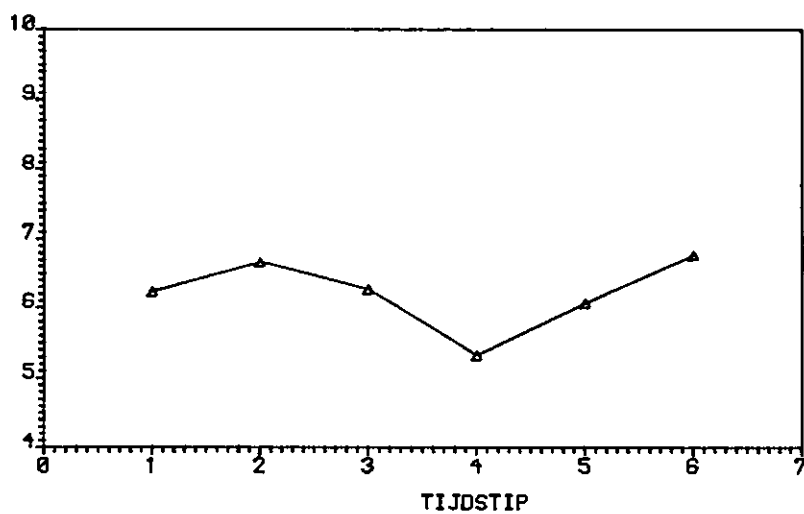
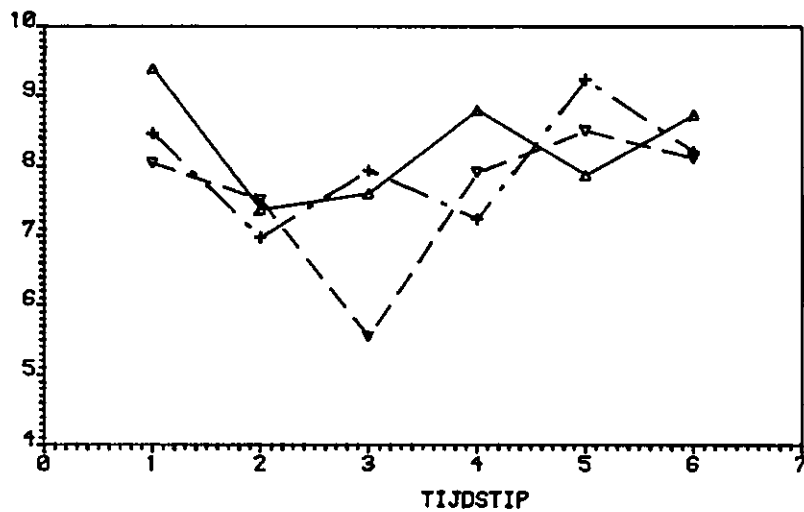
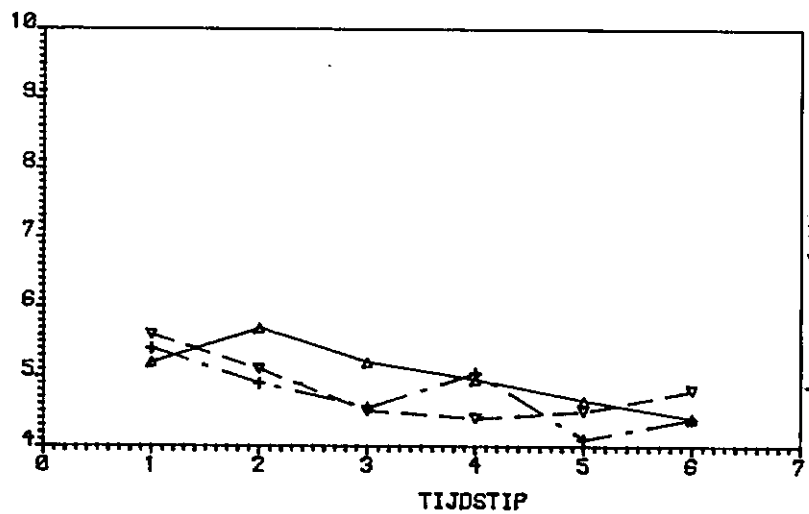
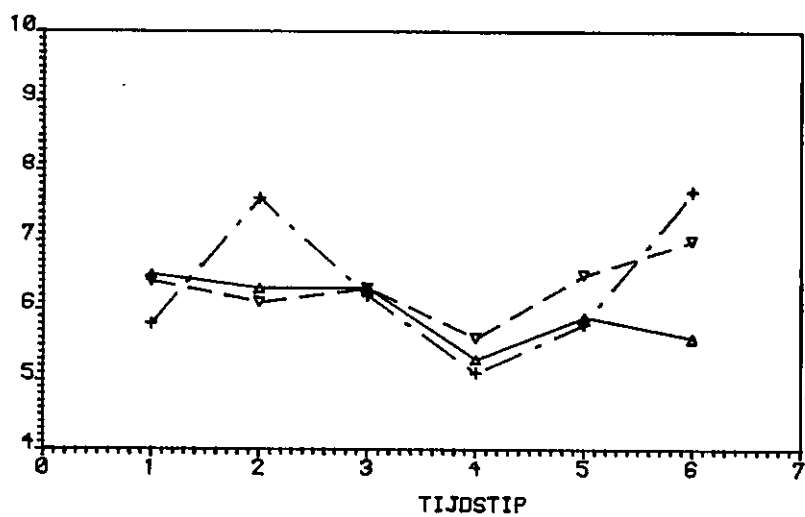
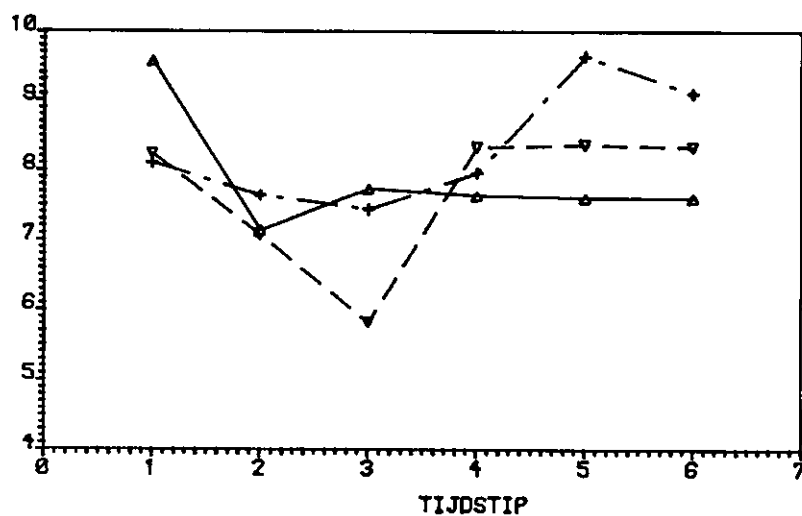
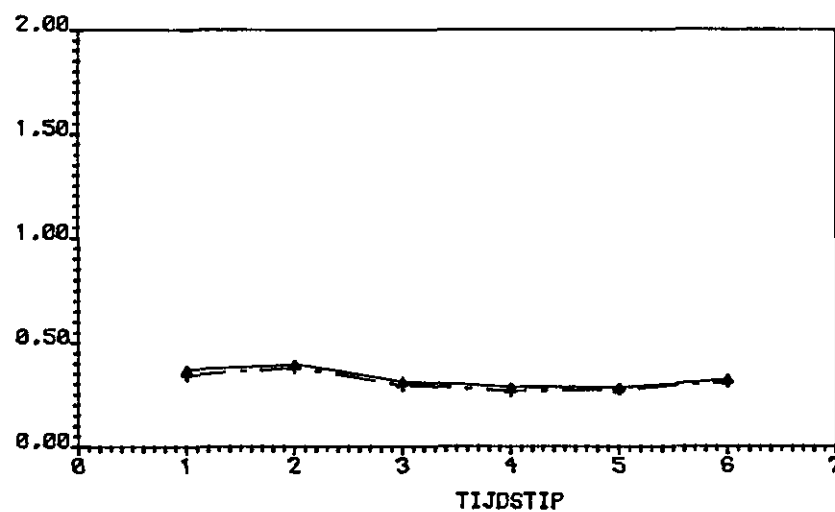
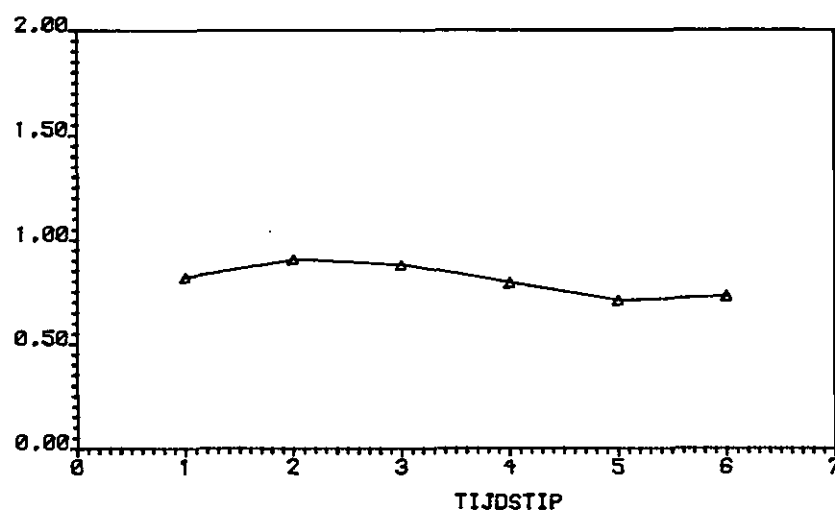
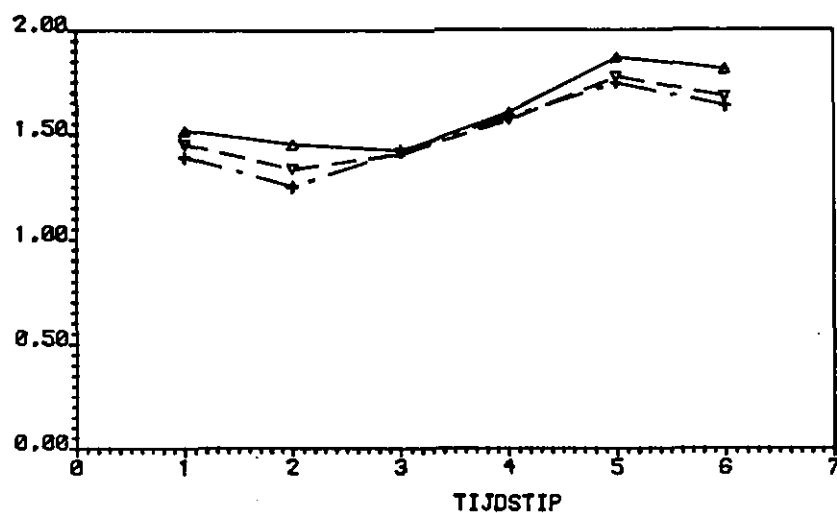


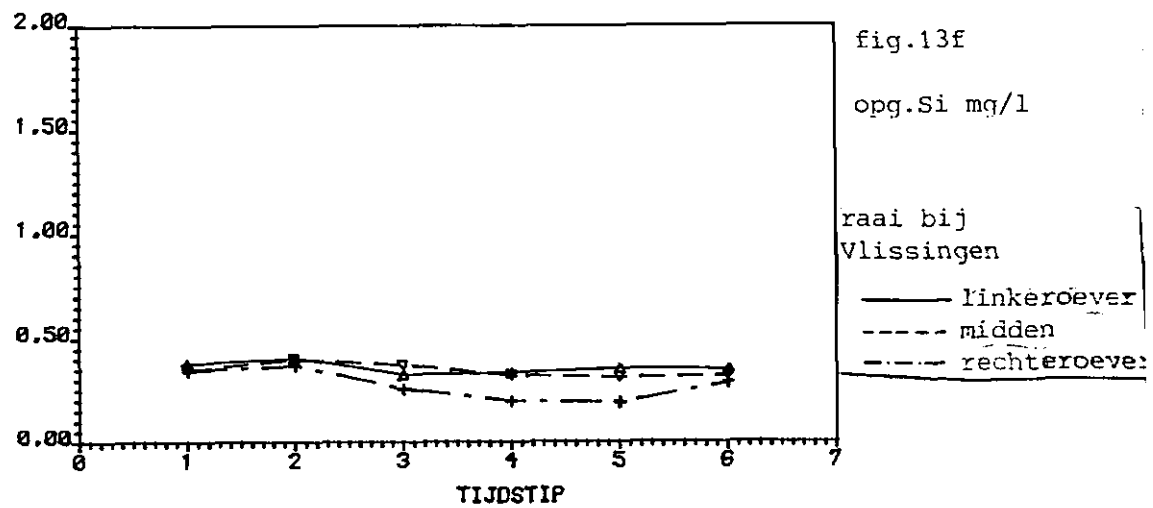
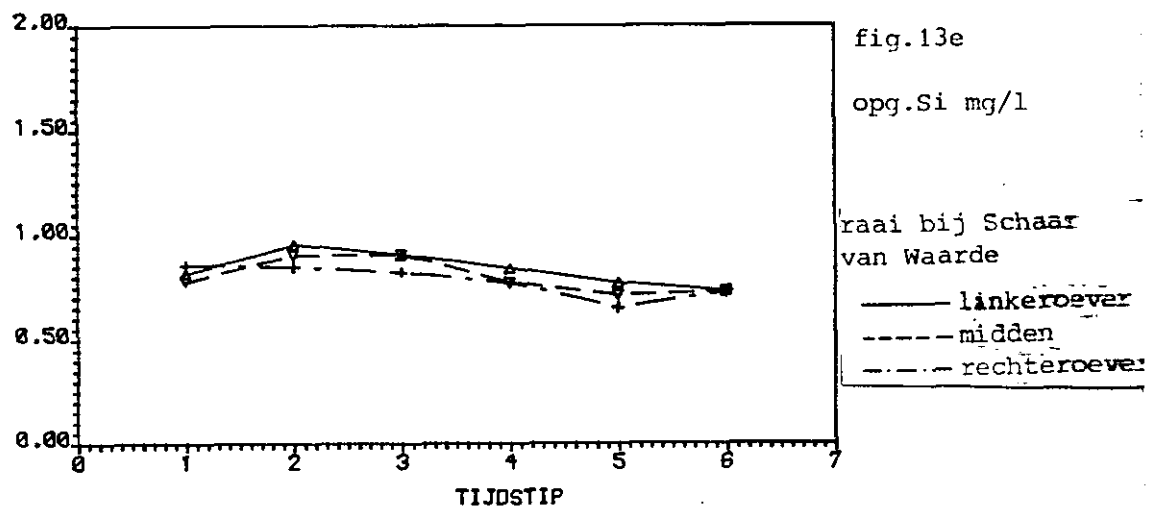
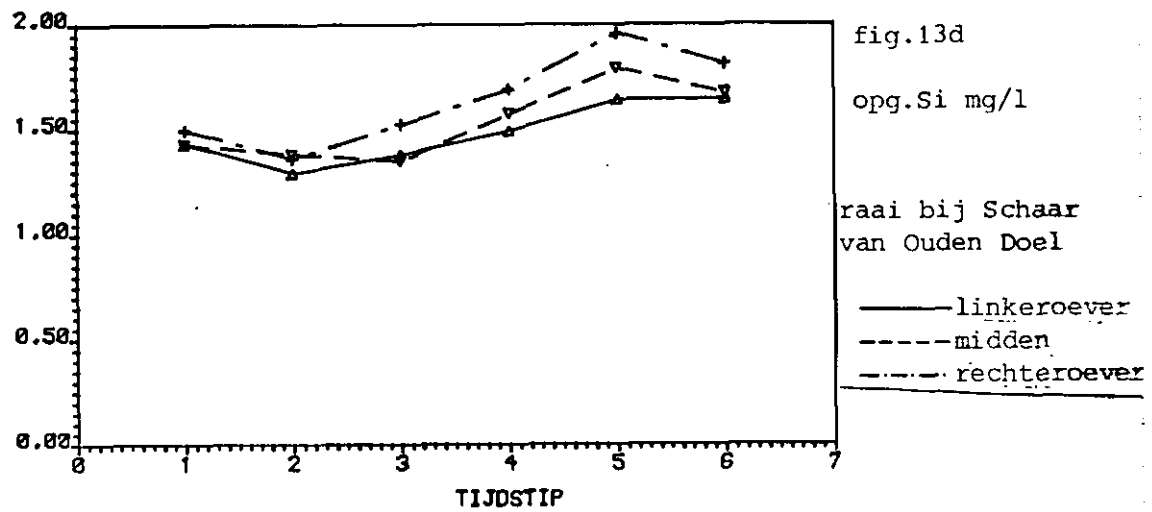
fig.11h

raai bij Schaar van Ouden
Doel , tijdstip 6









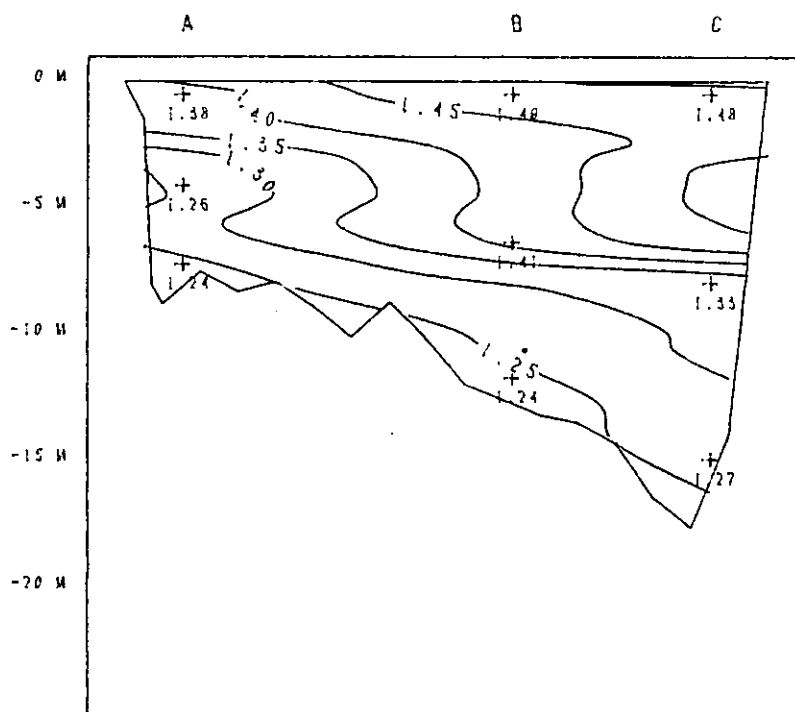


fig.13g

raai bij Schaar van Ouden
Doel , tijdstip

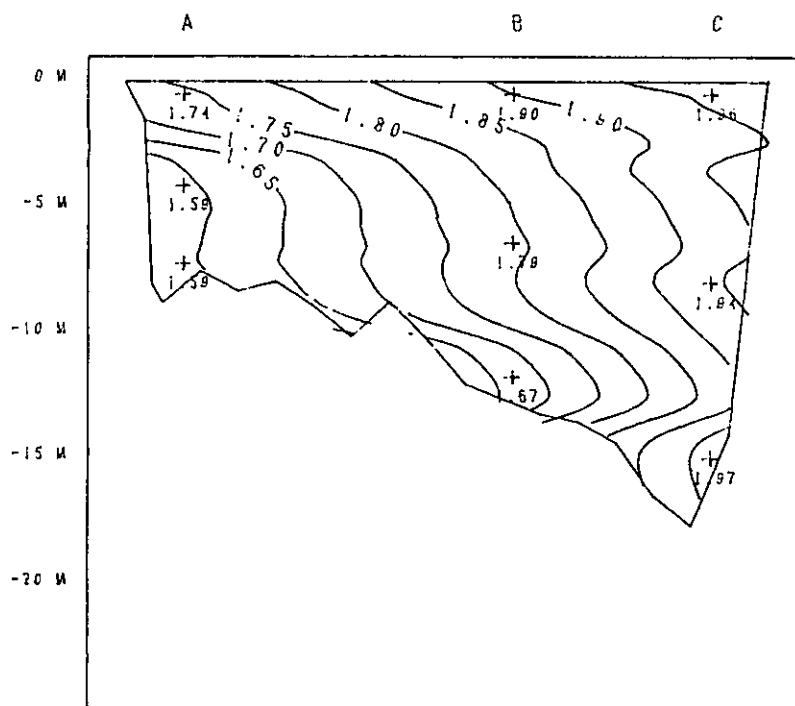


fig.13h

raai bij Schaar van Ouden
Doel , tijdstip 5

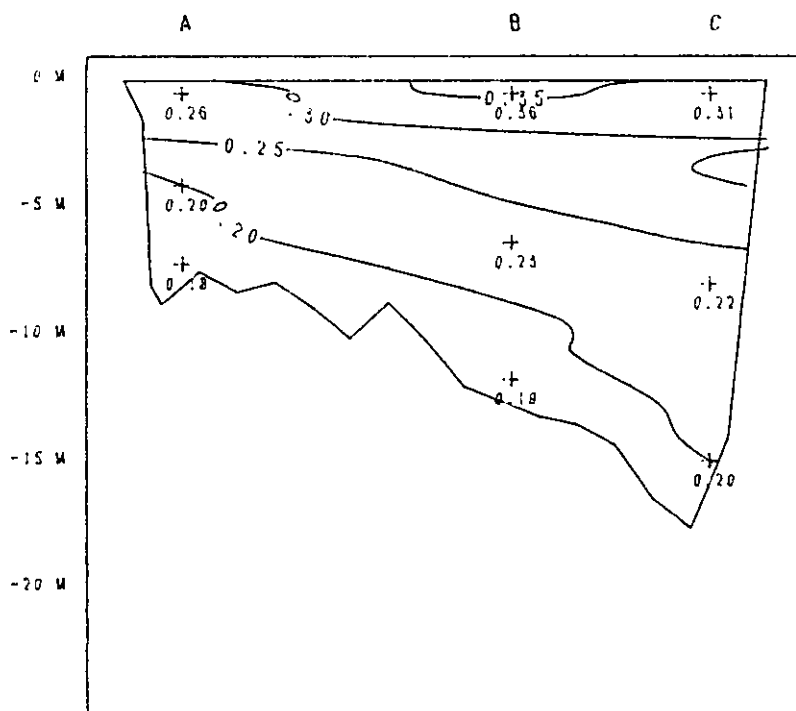


fig. 14g

raai bij Schaar van Ouden
Doel , tijdstip 2

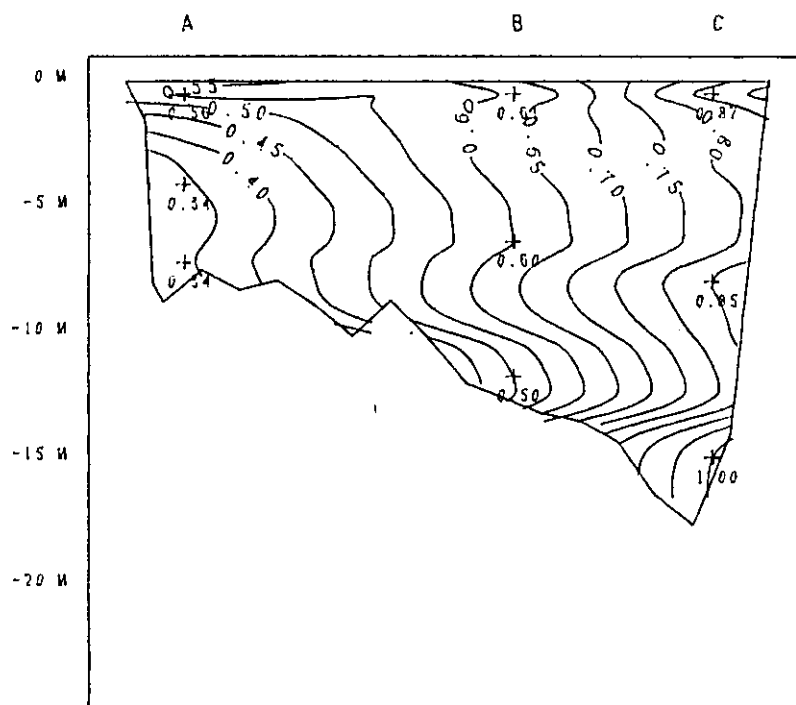
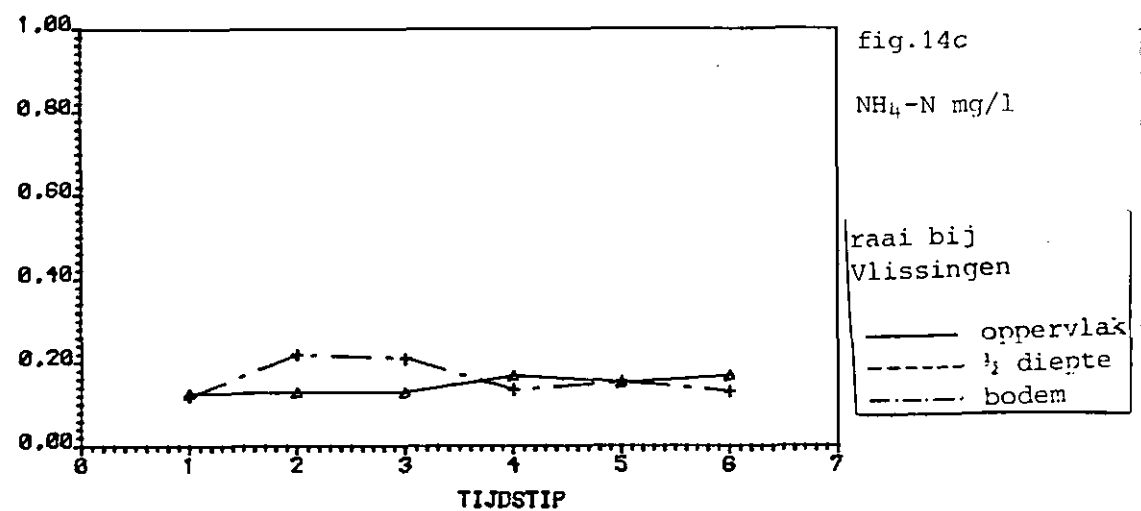
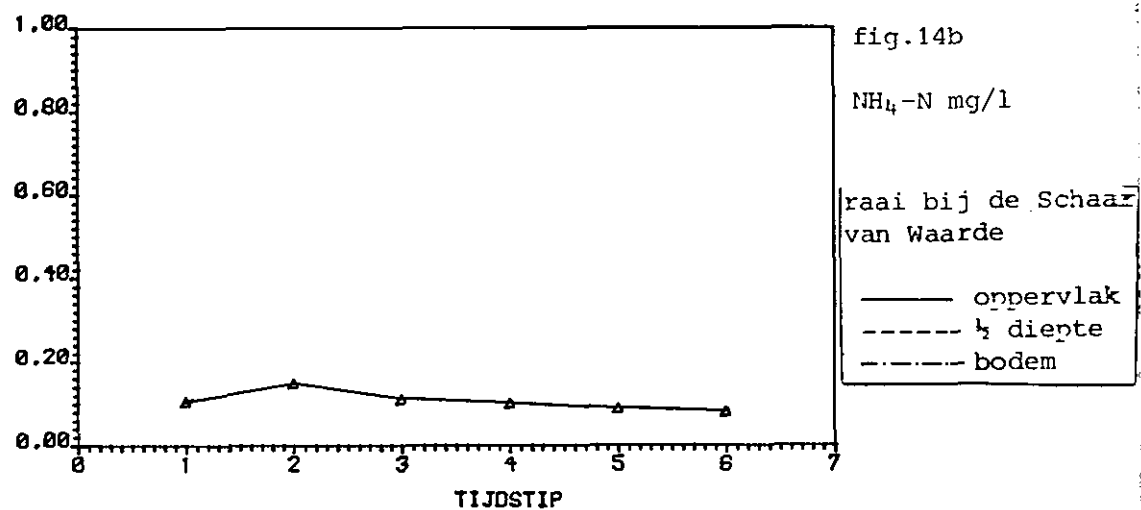
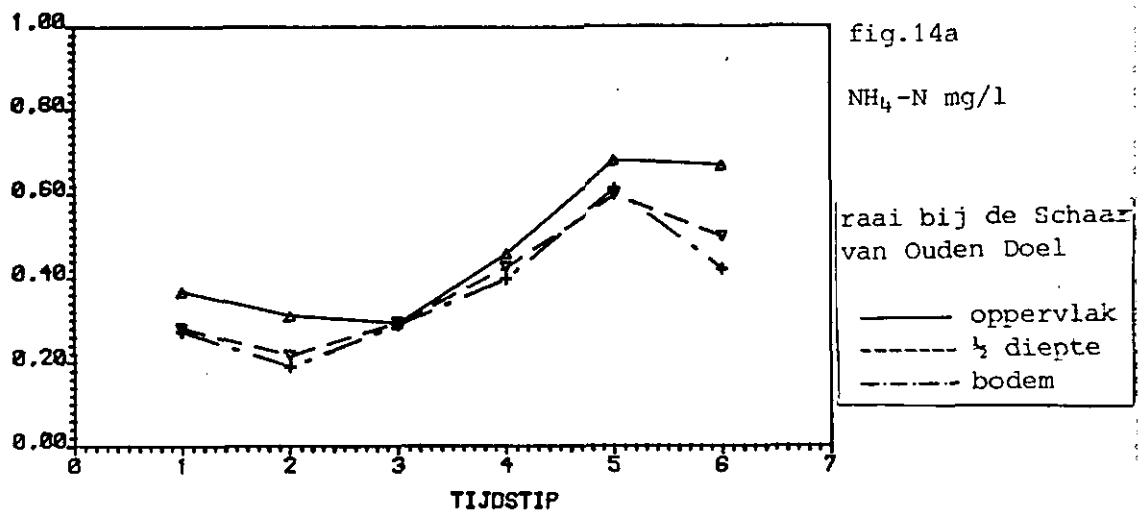
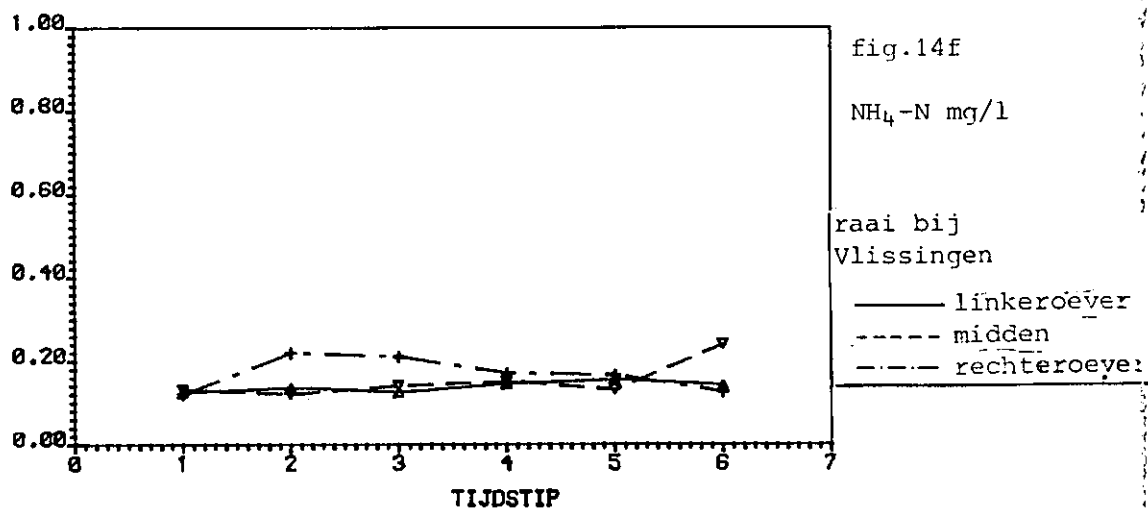
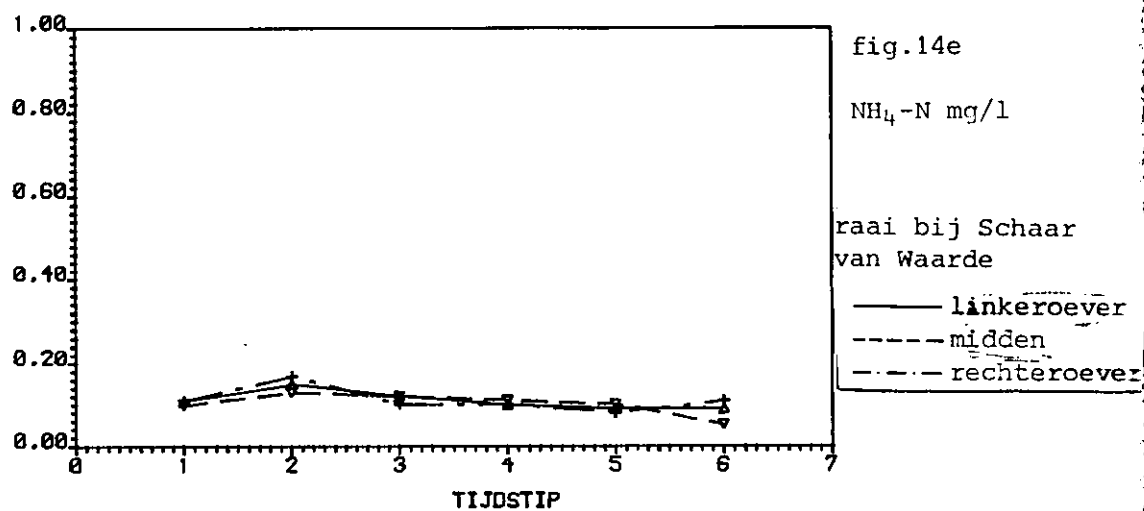
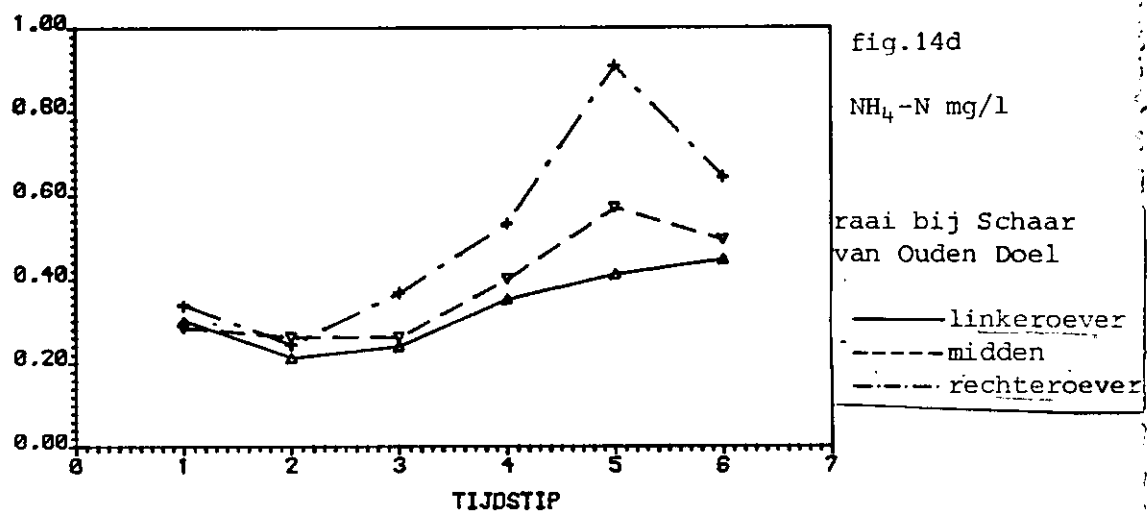


fig.14g

raai bij Schaar van Ouden
Doel , tijdstip 5



99



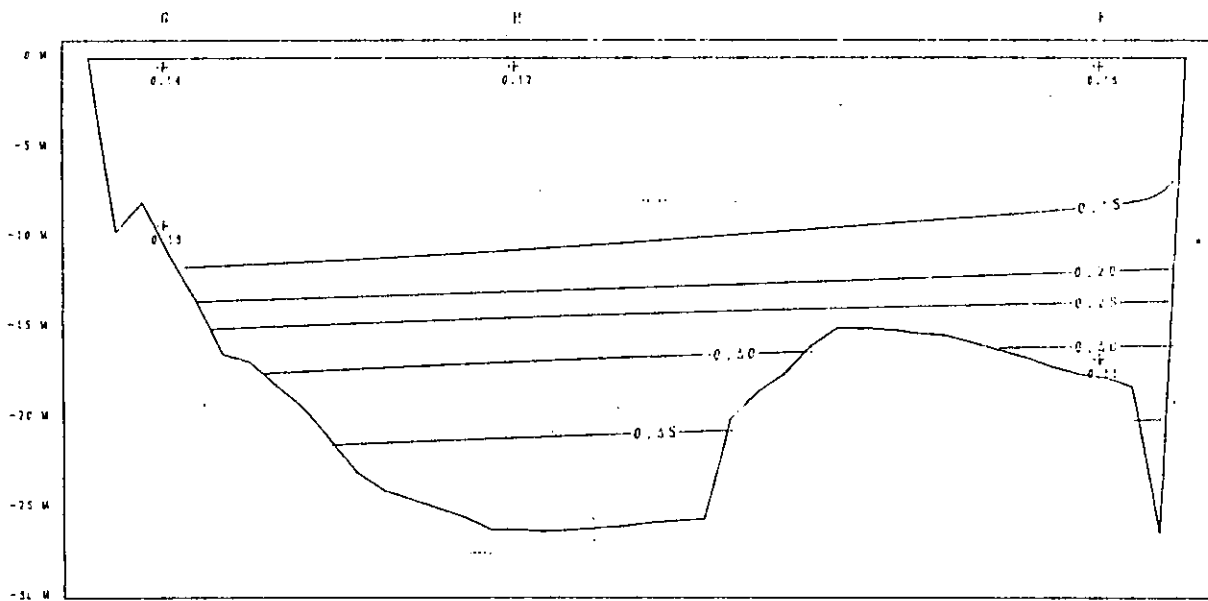


fig.14i raai bij Vliissingen , tijdstip 2

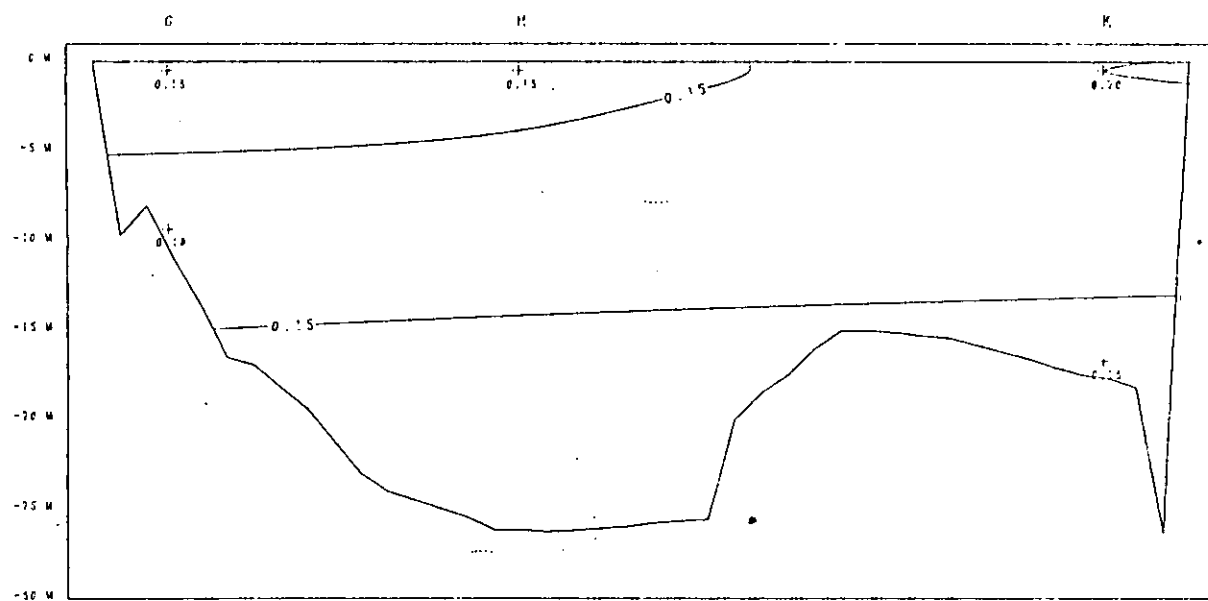


fig.14j raai bij Vliissingen , tijdstip 5

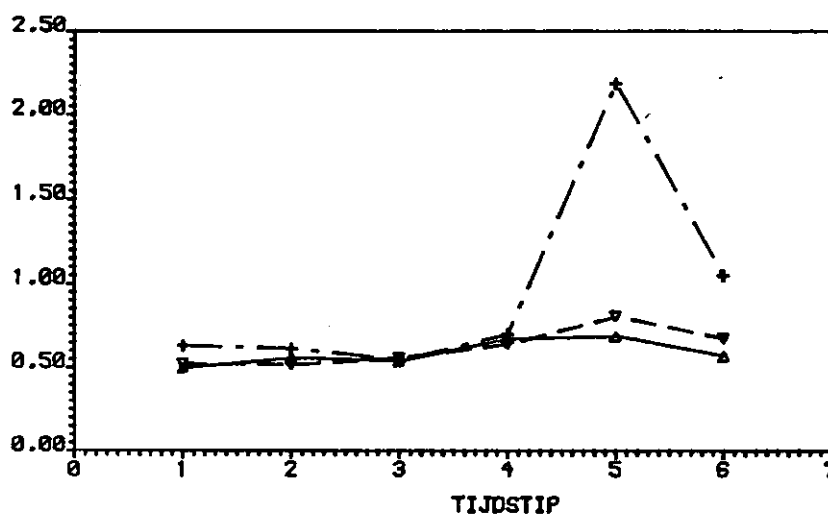


fig.15a

organisch gebonden stikstof
mg/l

raai bij de Schaar
van Ouden Doel

— oppervlak
--- 1/2 diepte
-.- bodem

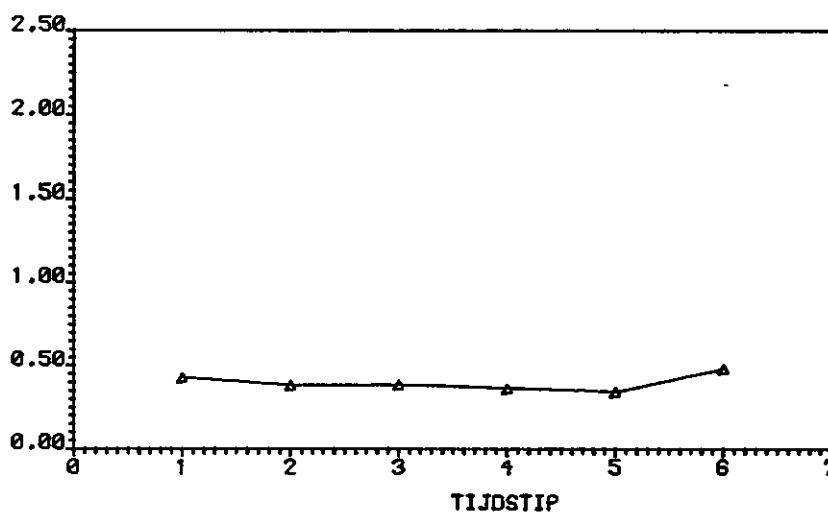


fig.15b

organisch gebonden stikstof
mg/l

raai bij de Schaar
van Waarde

— oppervlak
--- 1/2 diepte
-.- bodem

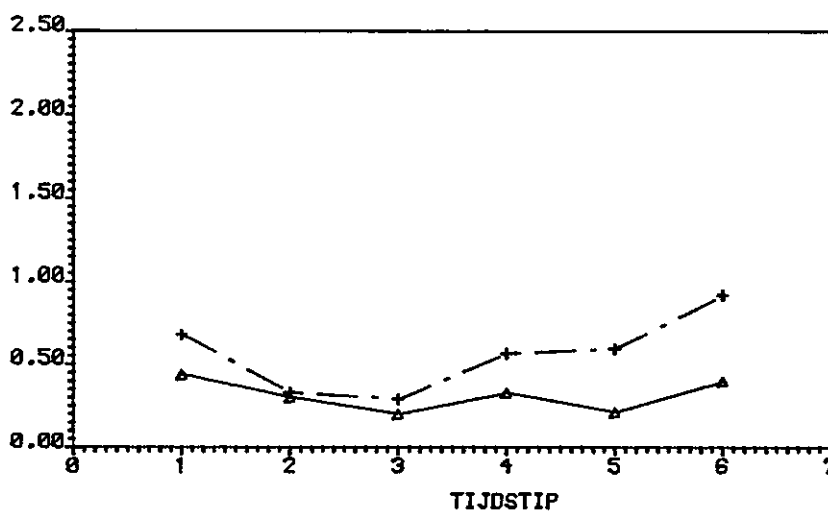
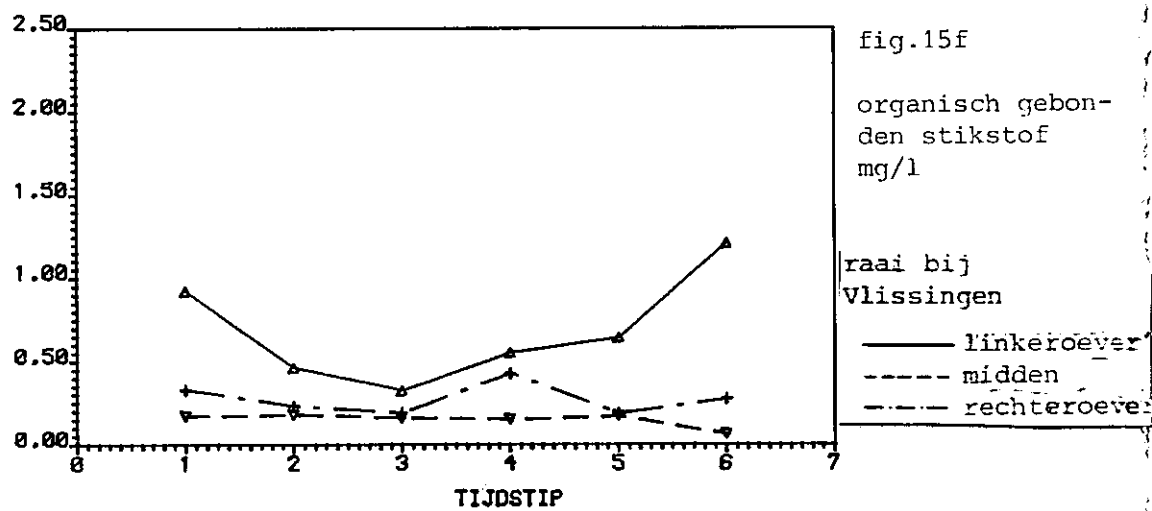
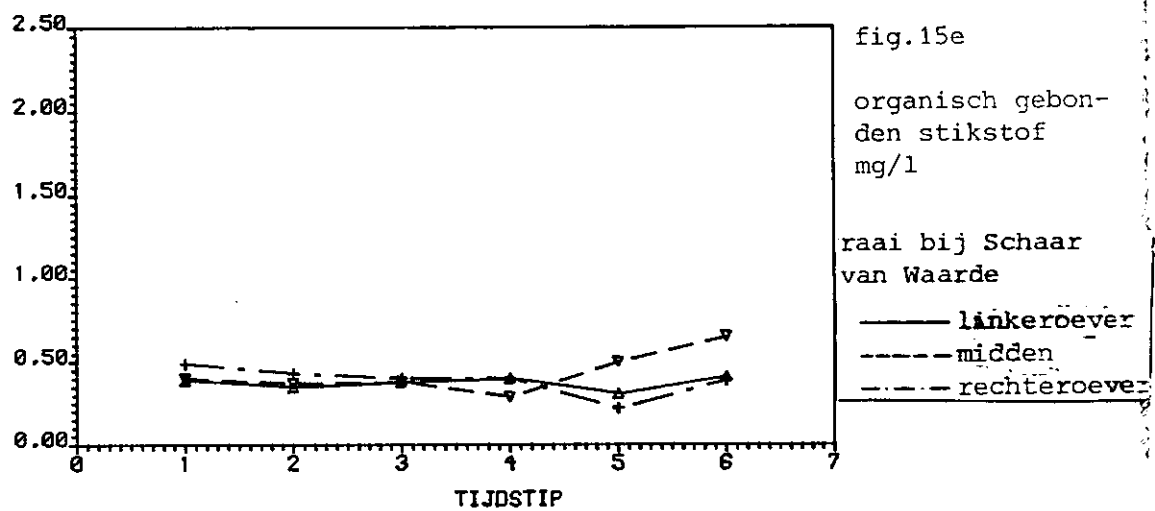
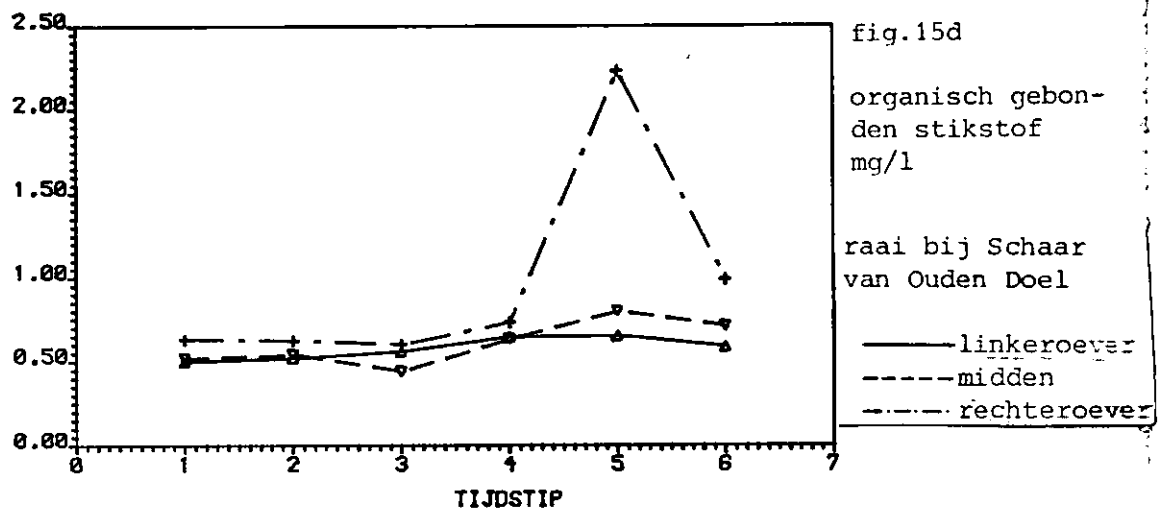


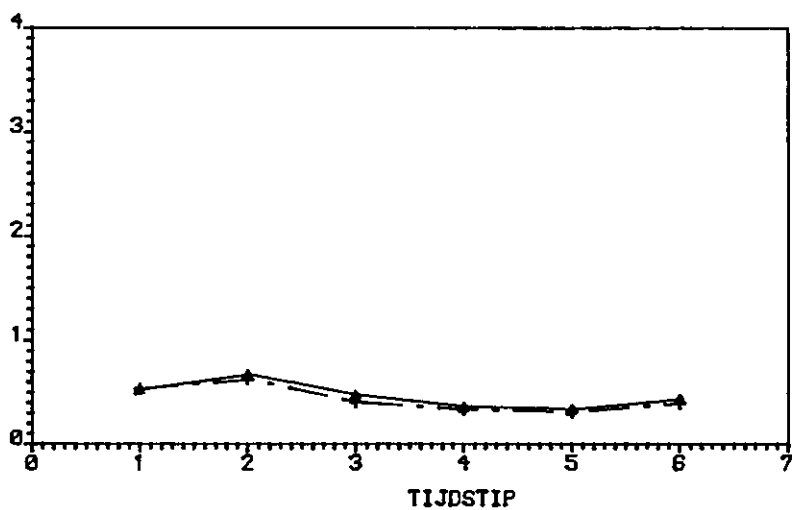
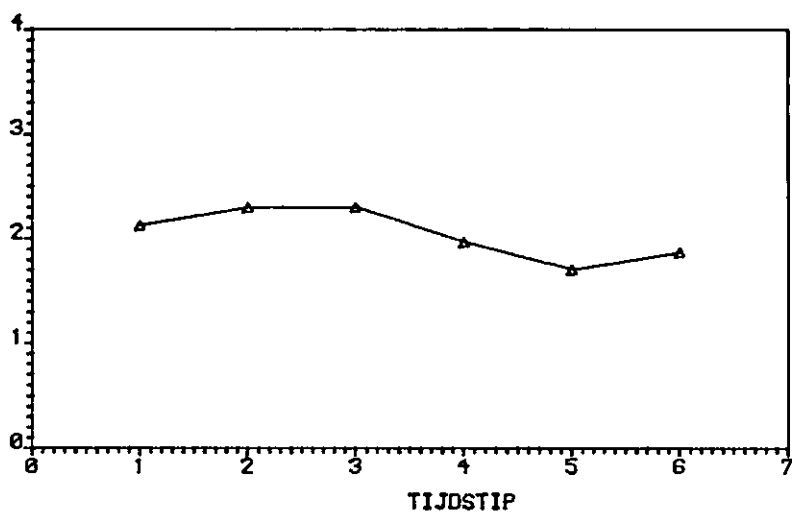
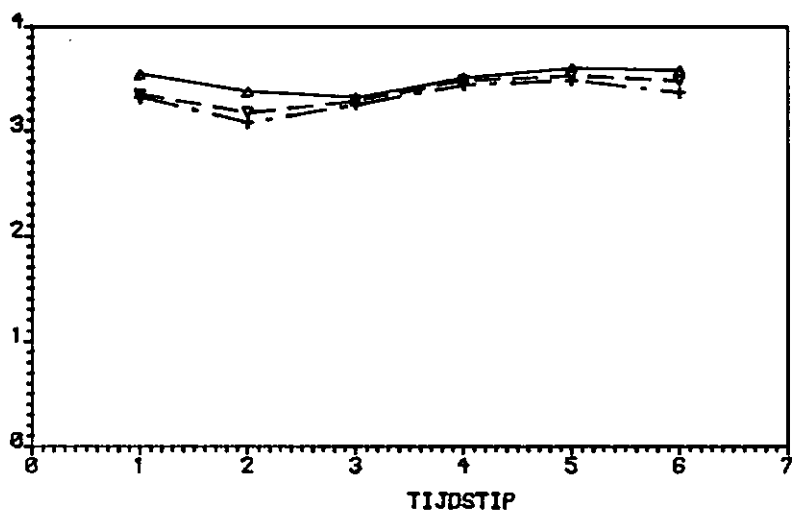
fig.15c

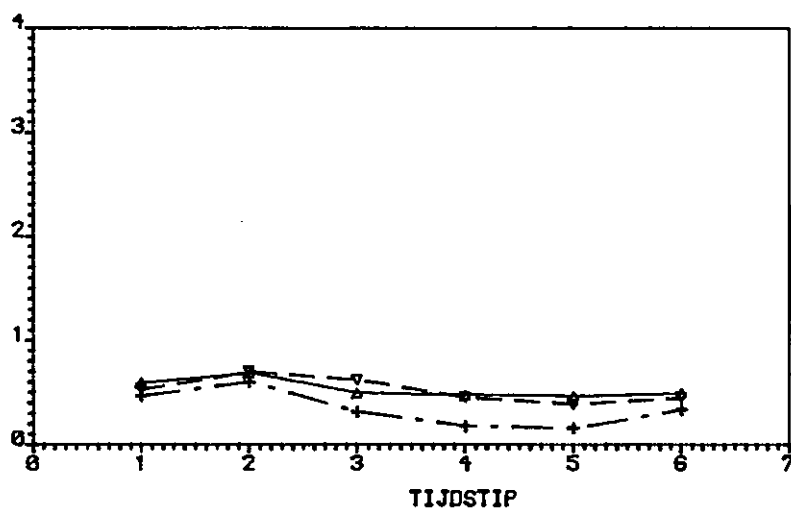
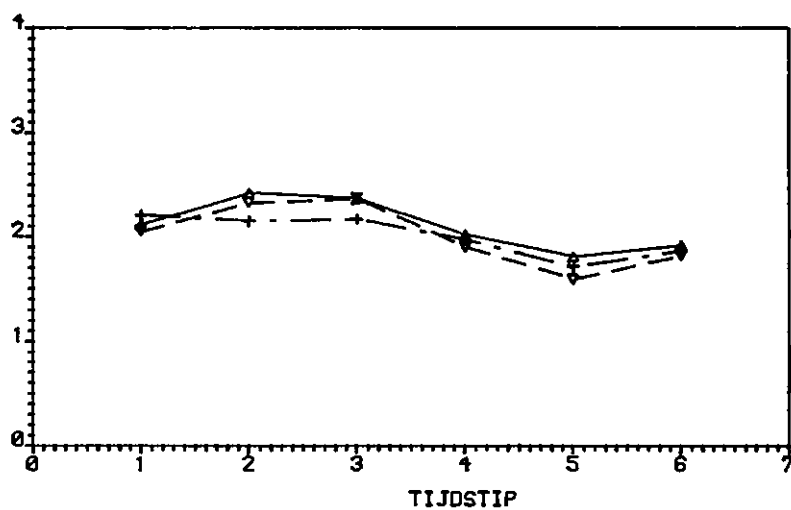
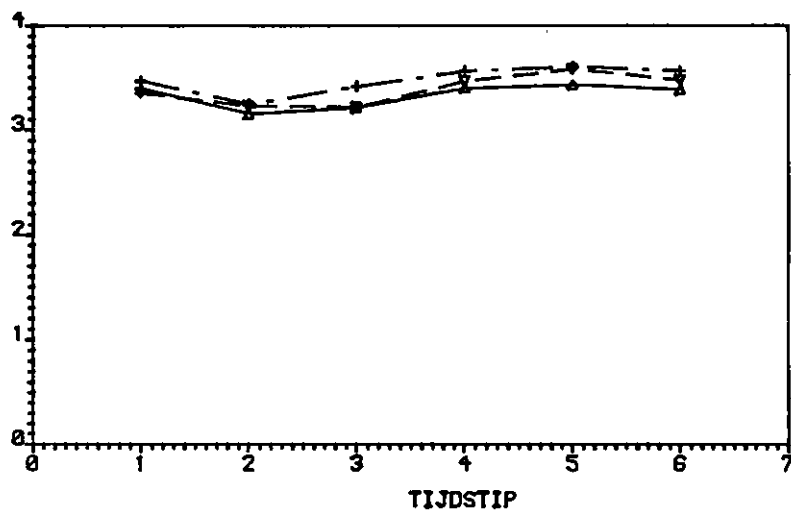
organisch gebonden stikstof
mg/l

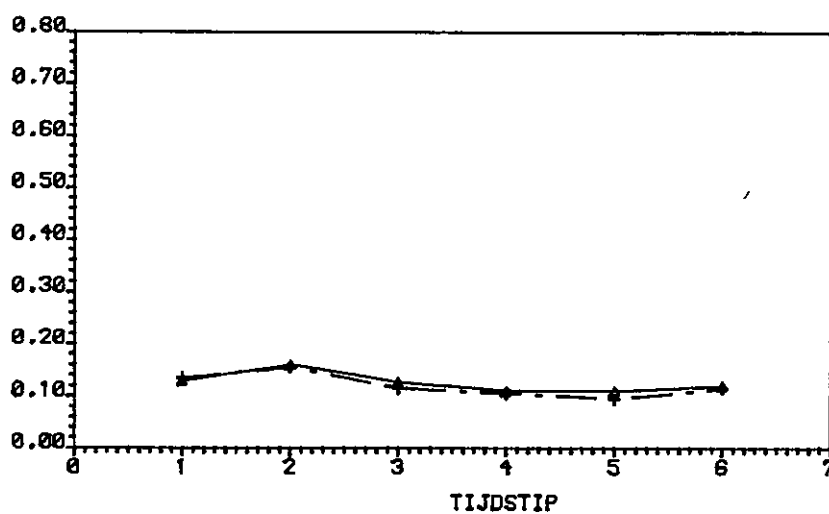
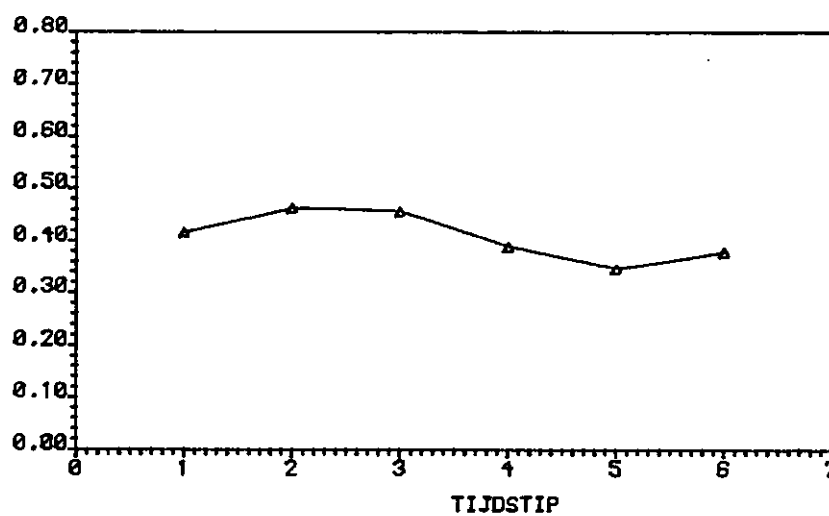
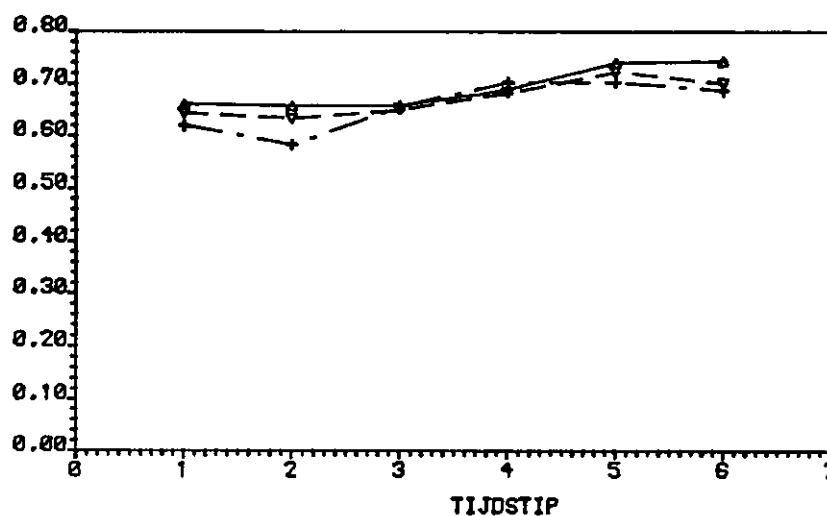
raai bij
Vlissingen

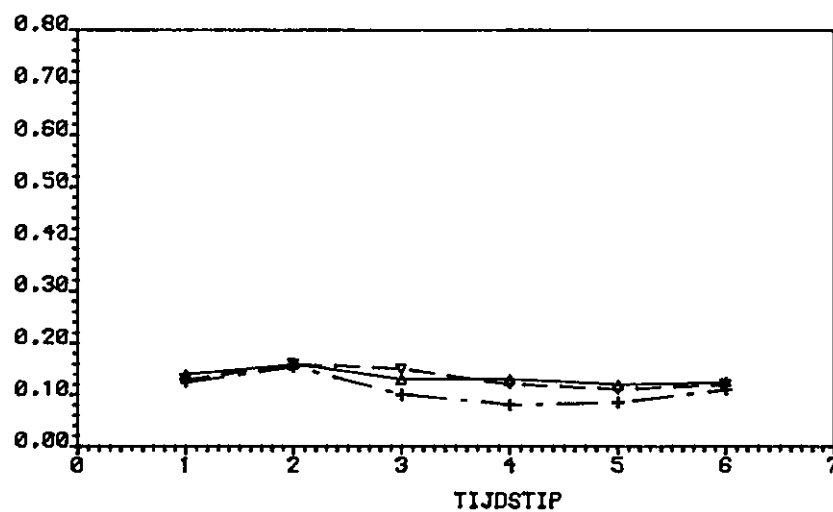
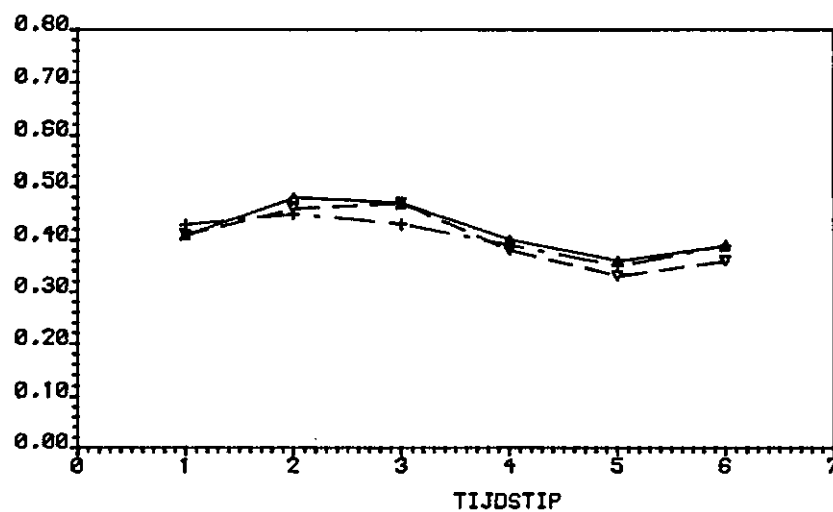
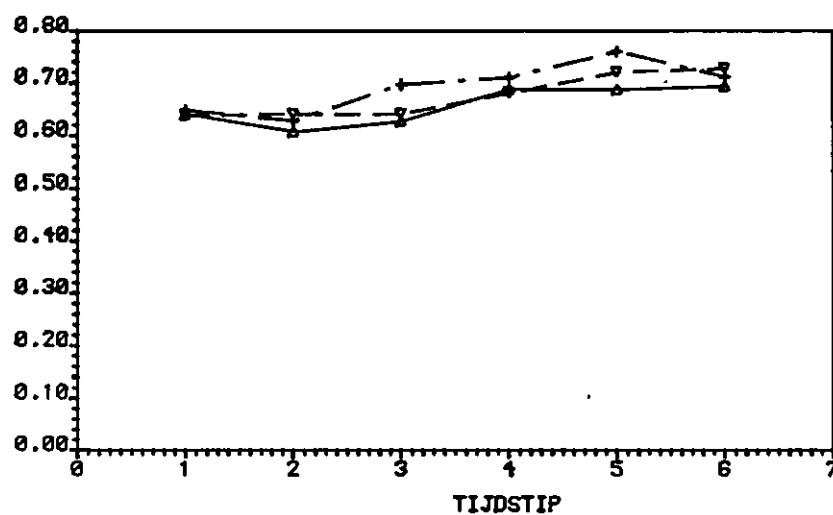
— oppervlak
--- 1/2 diepte
-.- bodem











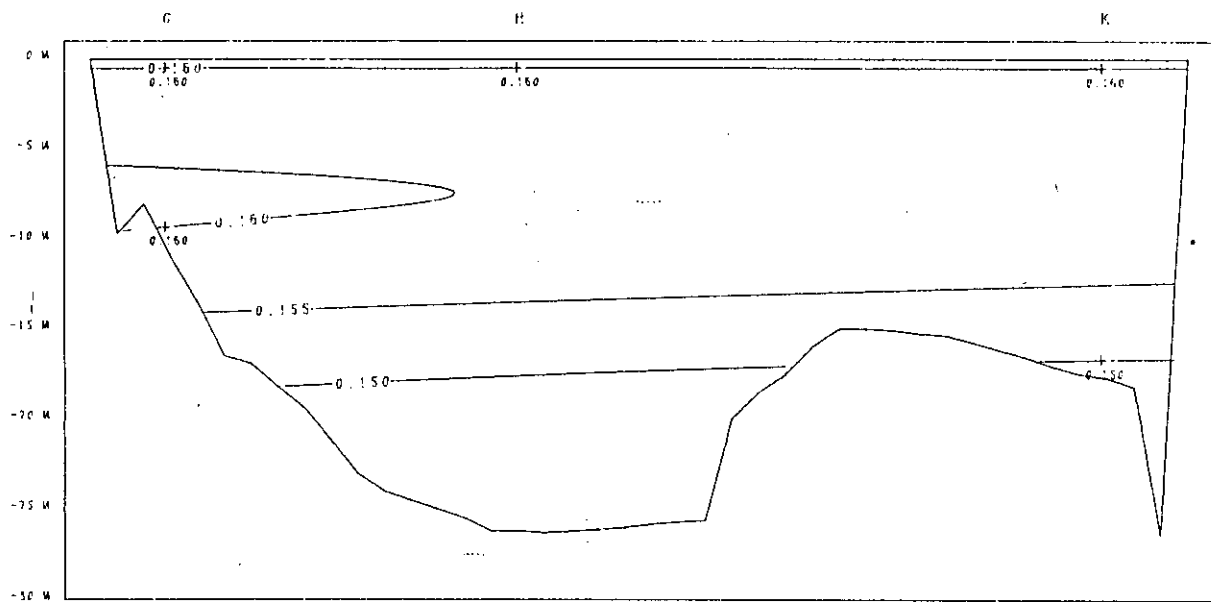


fig.17g raai bij Vliessingen , tijdstip 2

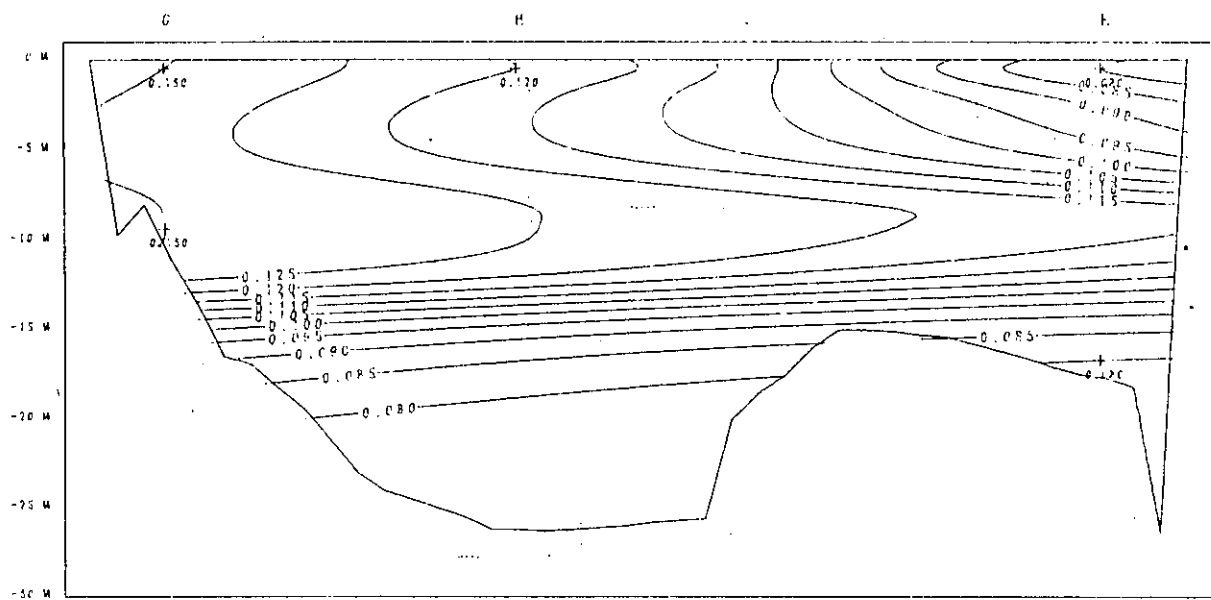
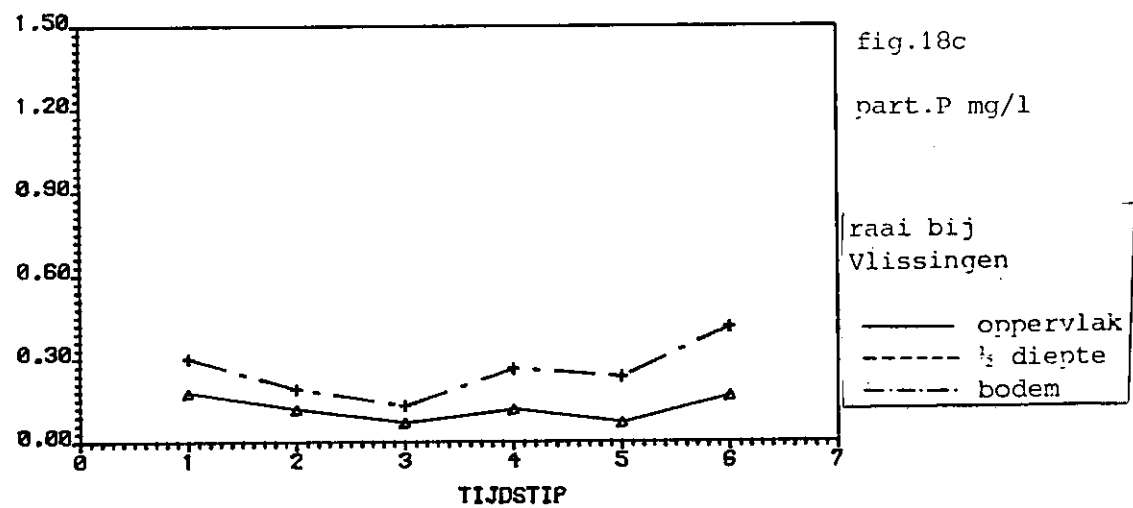
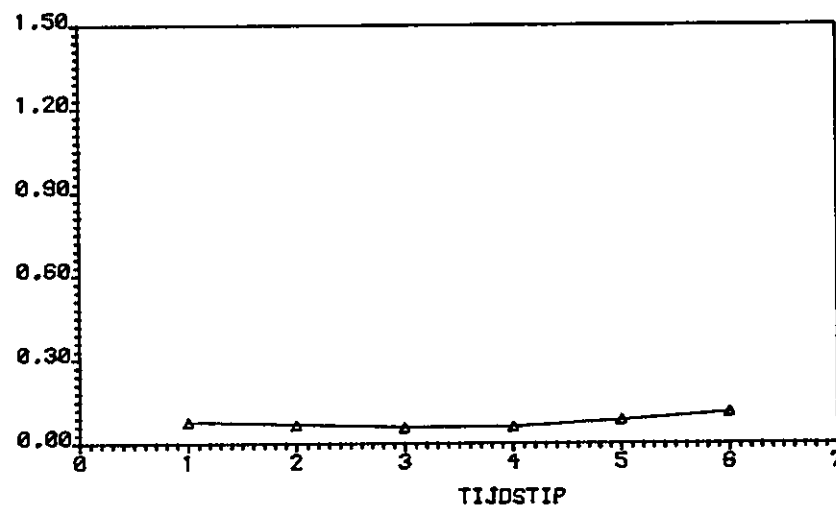
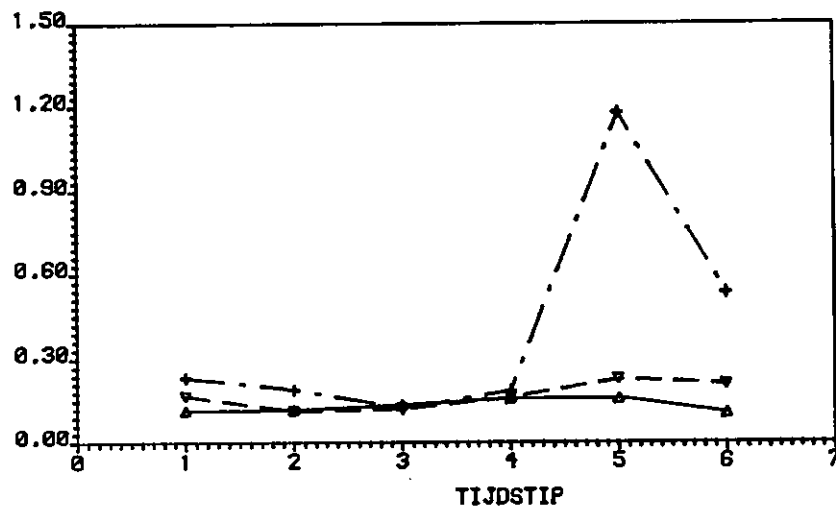
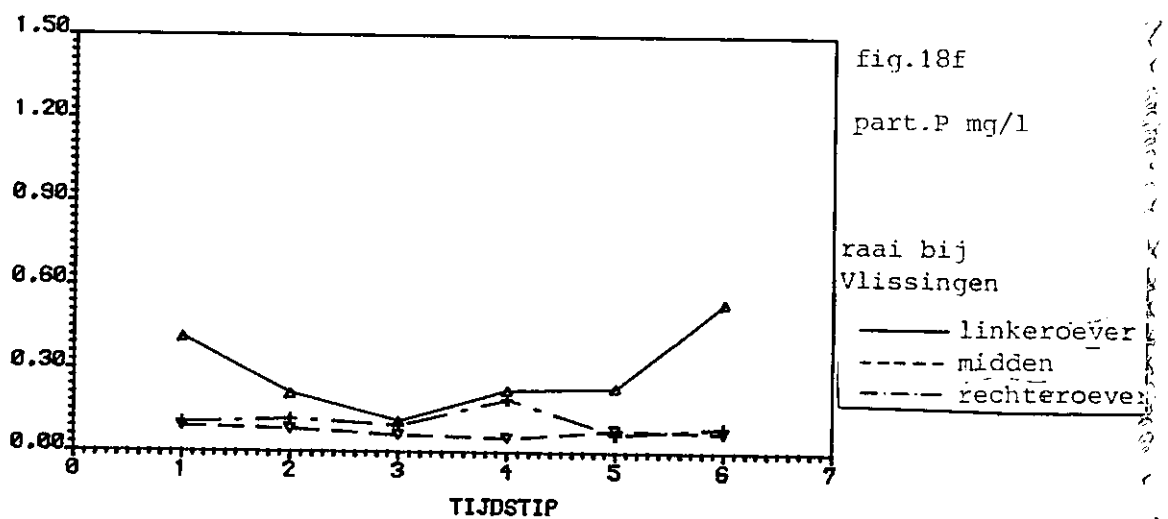
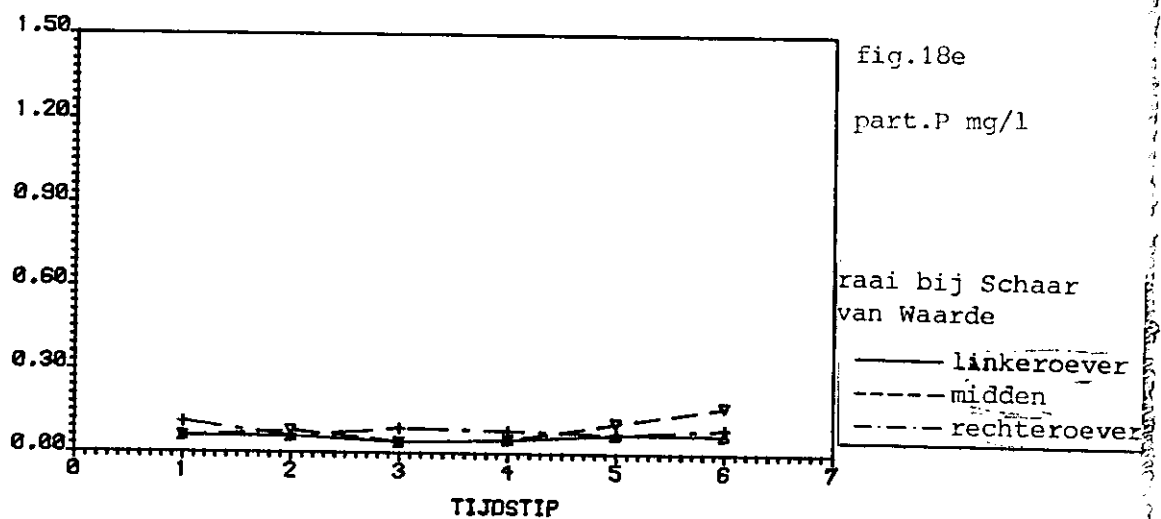
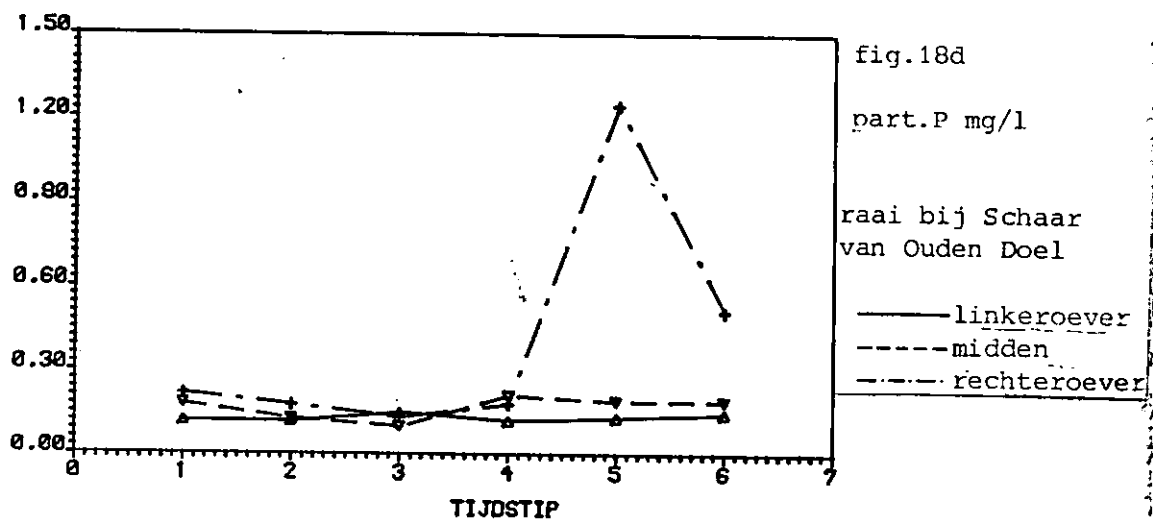
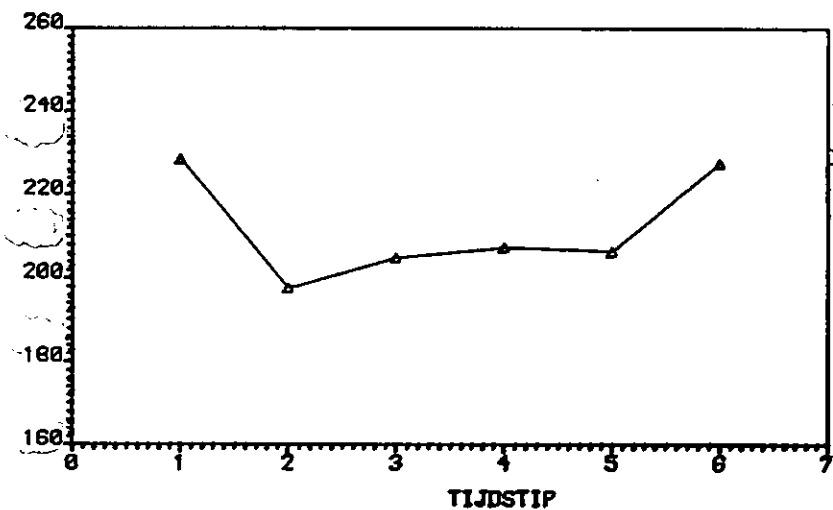
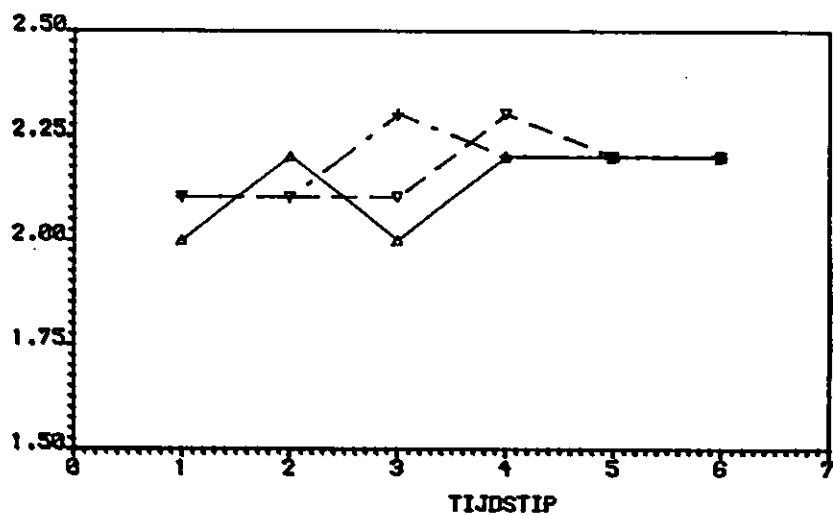
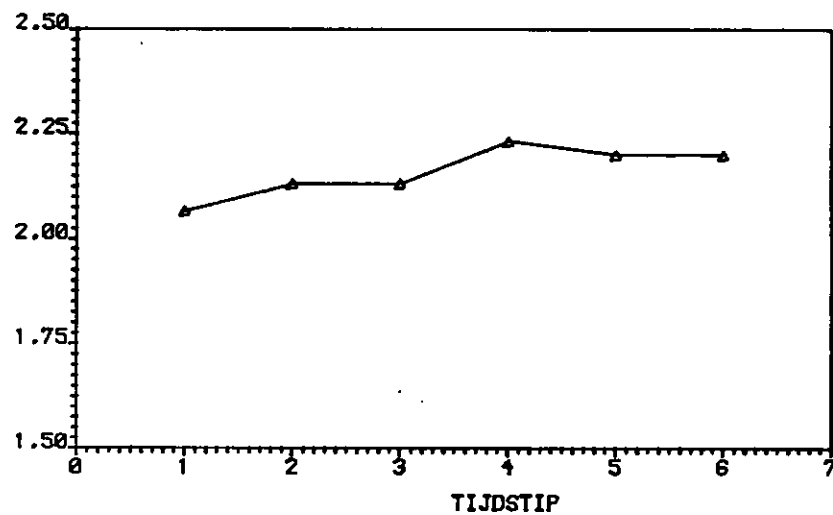


fig.17h raai bij Vliessingen , tijdstip 4







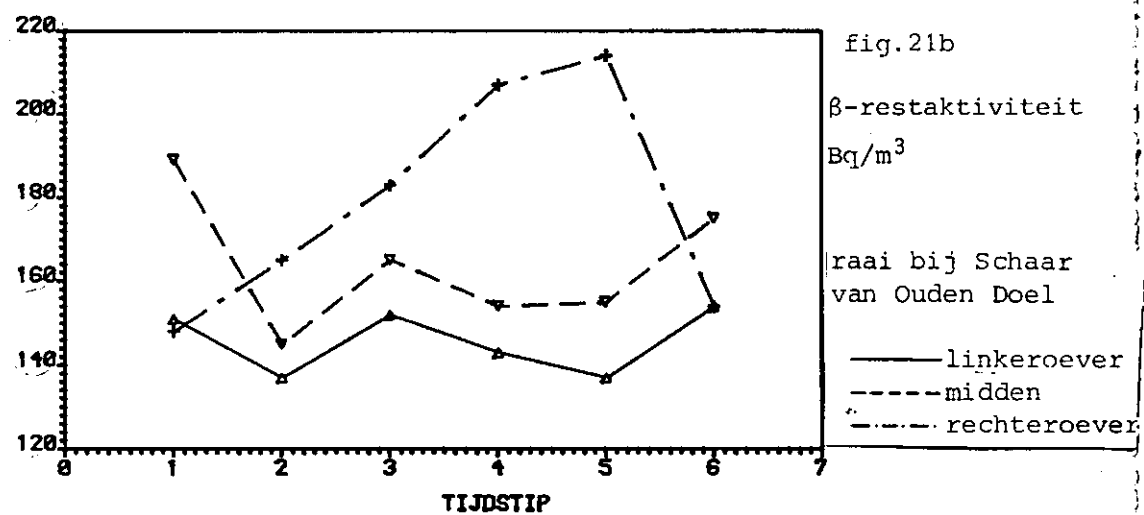
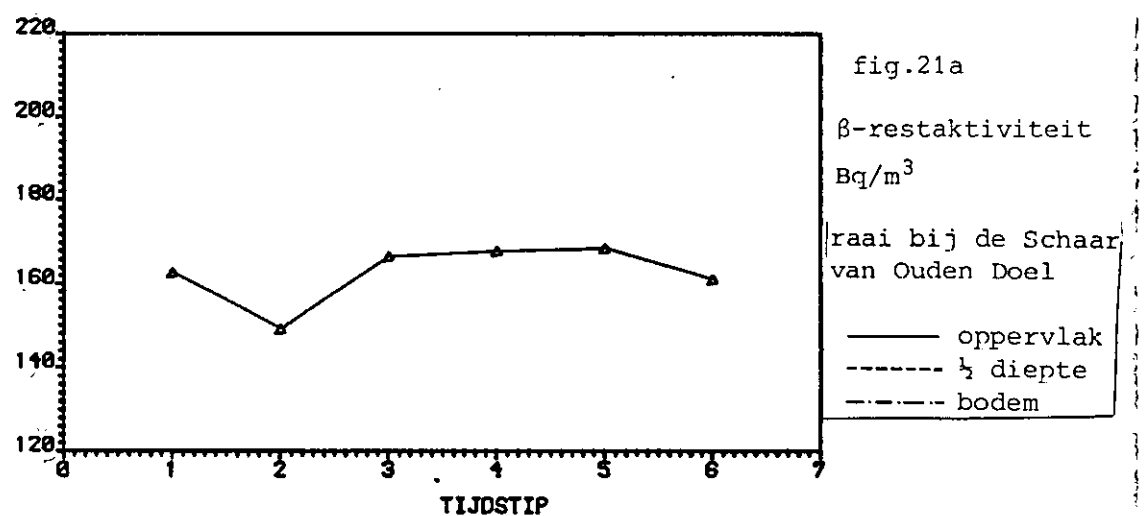
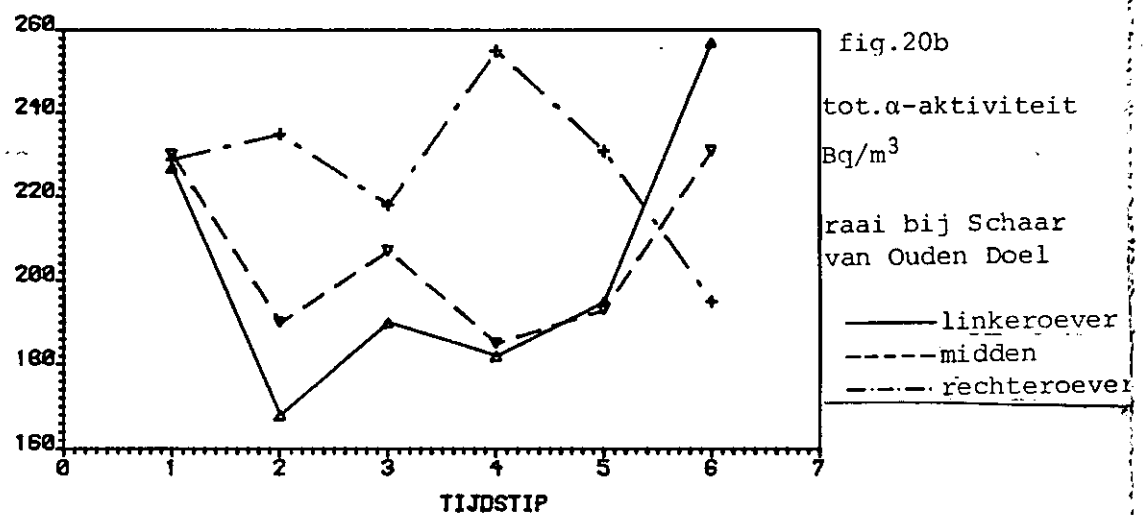
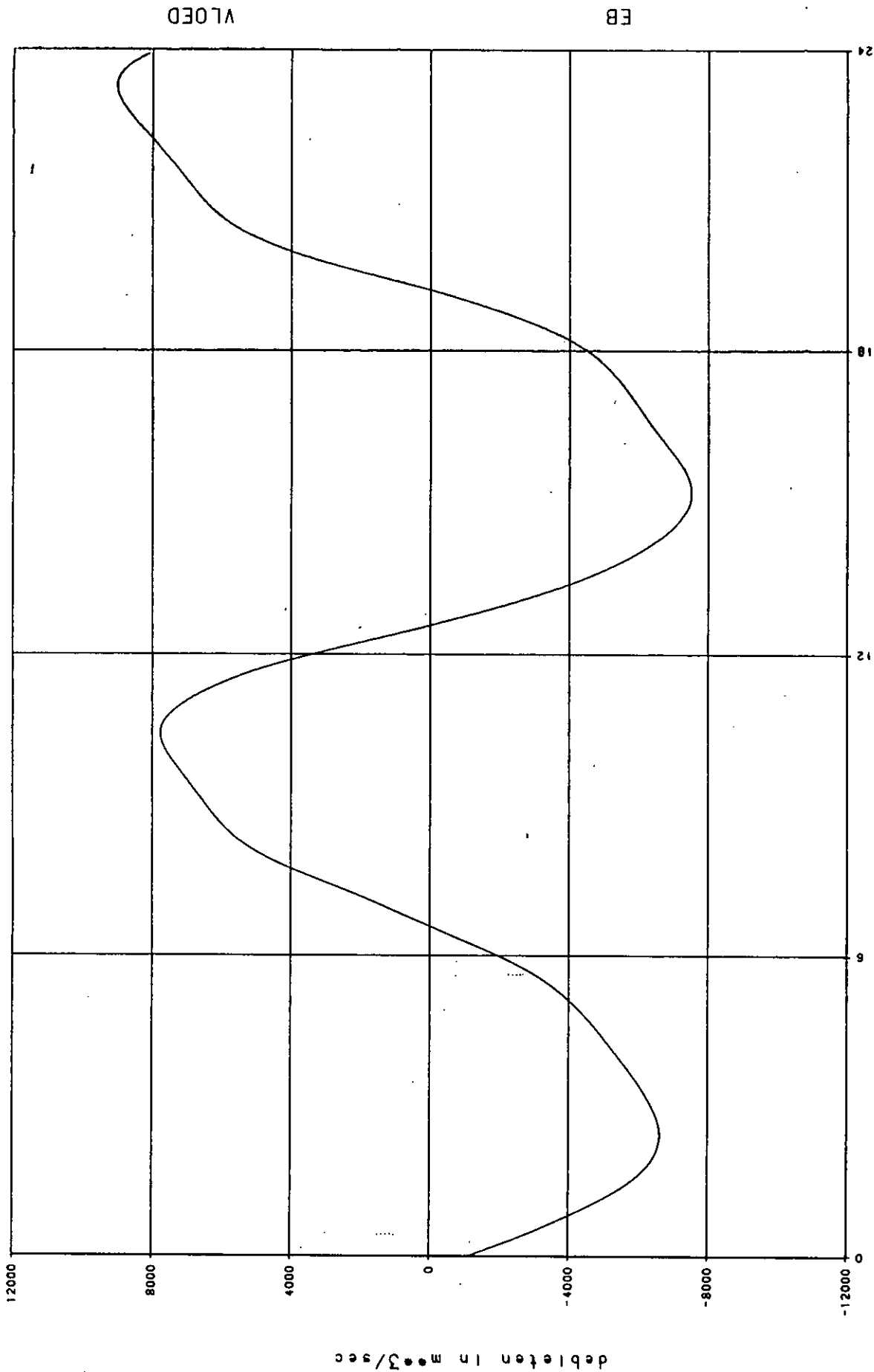


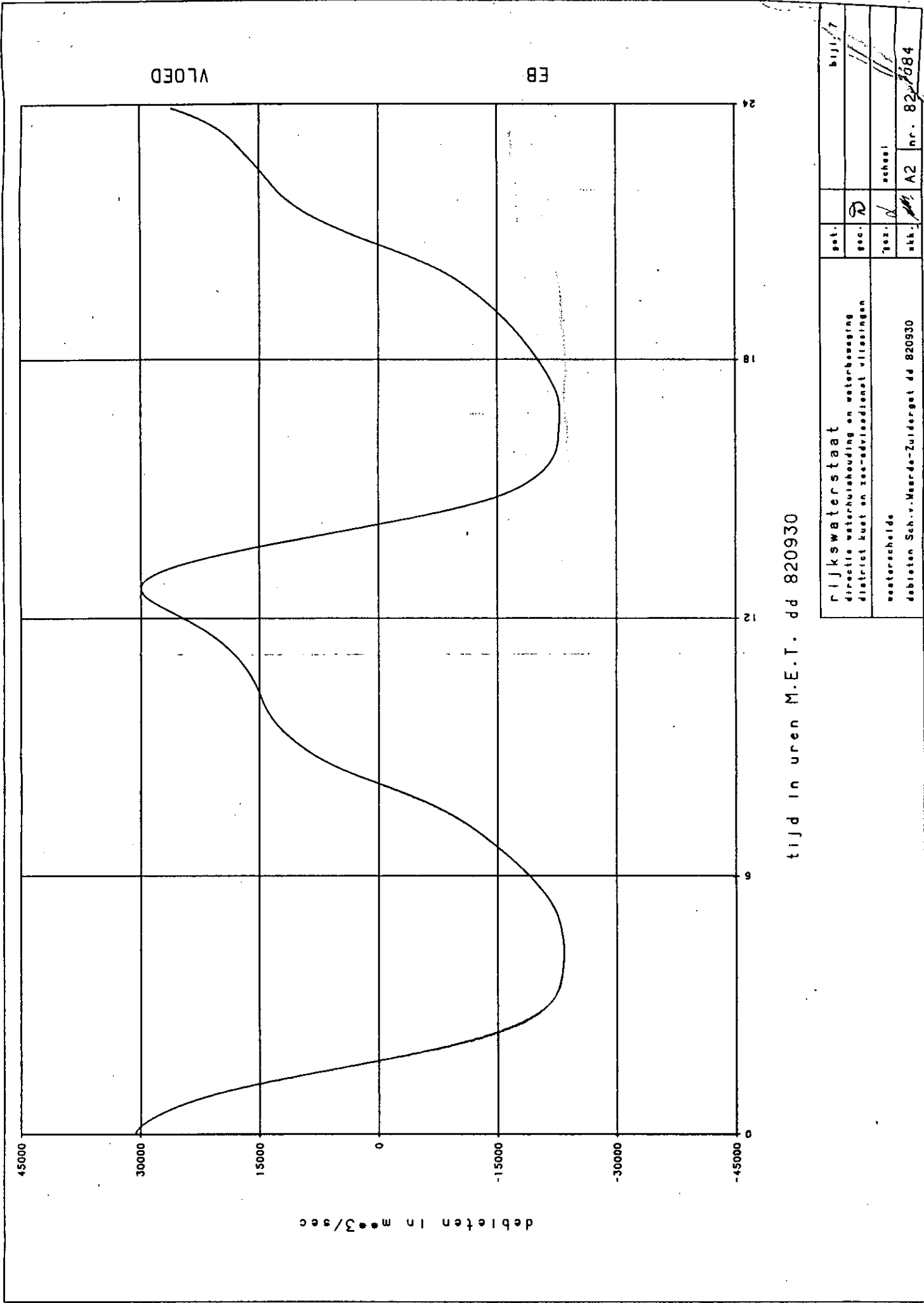
fig.22a



tijd in uren M.E.T. dd 820928

rijkswaterstaat		get.		bijl. 5	
directie waterhuishouding en waterhuizing		sec.	R		
district huut en aecrediectionat vlielingen		ges.	d	schaal	
waterschelde		skt.	W	A2	nr. 82-1082
debeten Veere. b. Bath dd 820928					

fig.22b



rijkswaterstaat		get.		bijl. 7
directie waterhuishouding en waterbevoeging		geo.	2	
district kust en zee-adviesdienst vlielingen		top.	d	
waterschelde		stk.	A2	nr. 820930

fig.25a

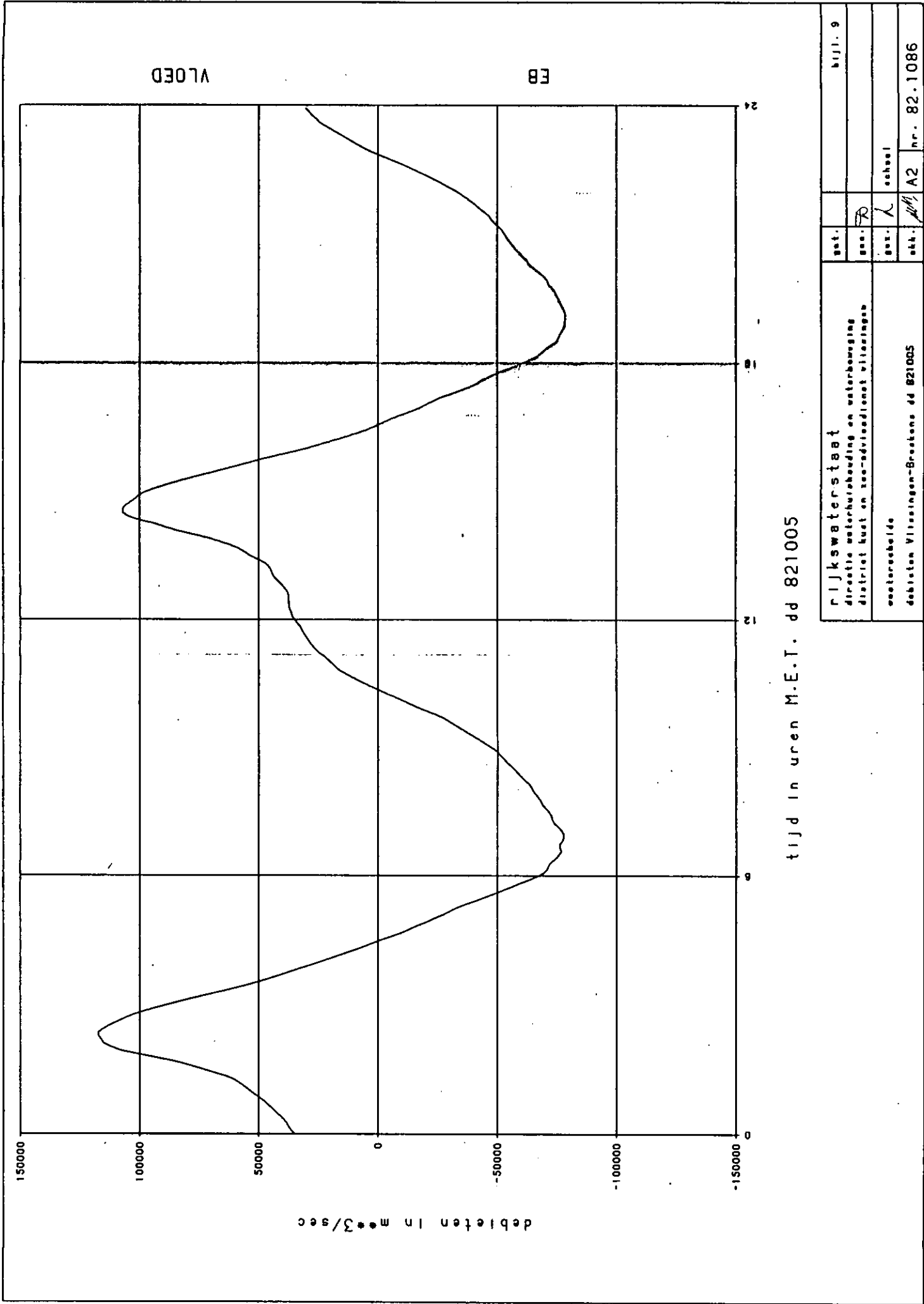
transporten gloeirest van
de zwevende stof kg/s

fig.25b

transporten gloeirest van
de zwevende stof kg/s

fig.25c

transporten gloeirest van
de zwevende stof kg/s



47

fig.24a

zwevende stoftransport kg/s

fig.24b

zwevende stoftransport kg/s

fig.24c

zwevende stoftransport kg/s

chloridetransporten in ton/s

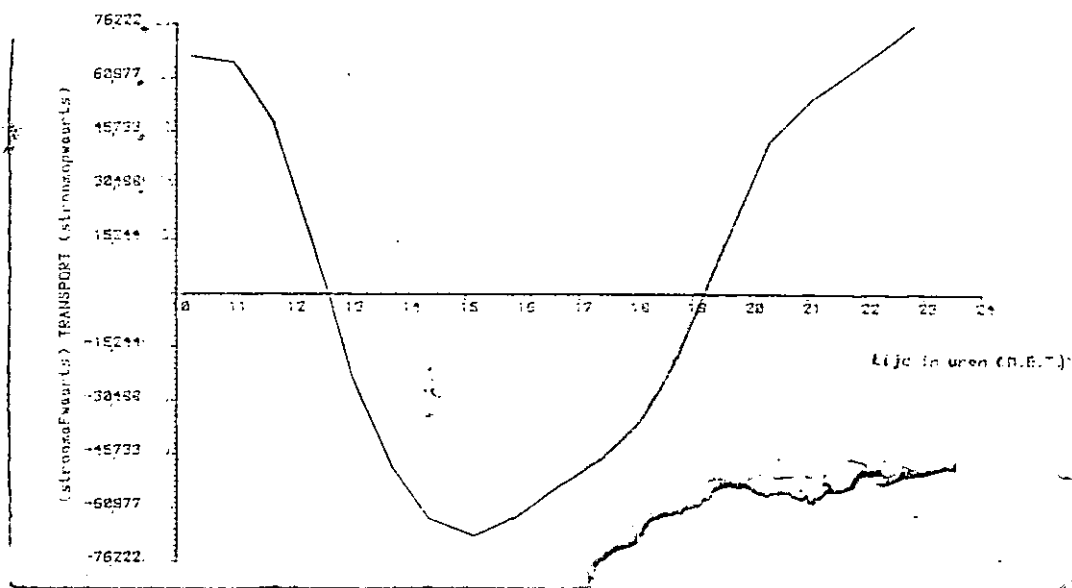


fig.23a

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Ouden Doel

tot.vracht vloedperi-
ode (ton): 289300
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton): -297300
(stroomafwaarts)

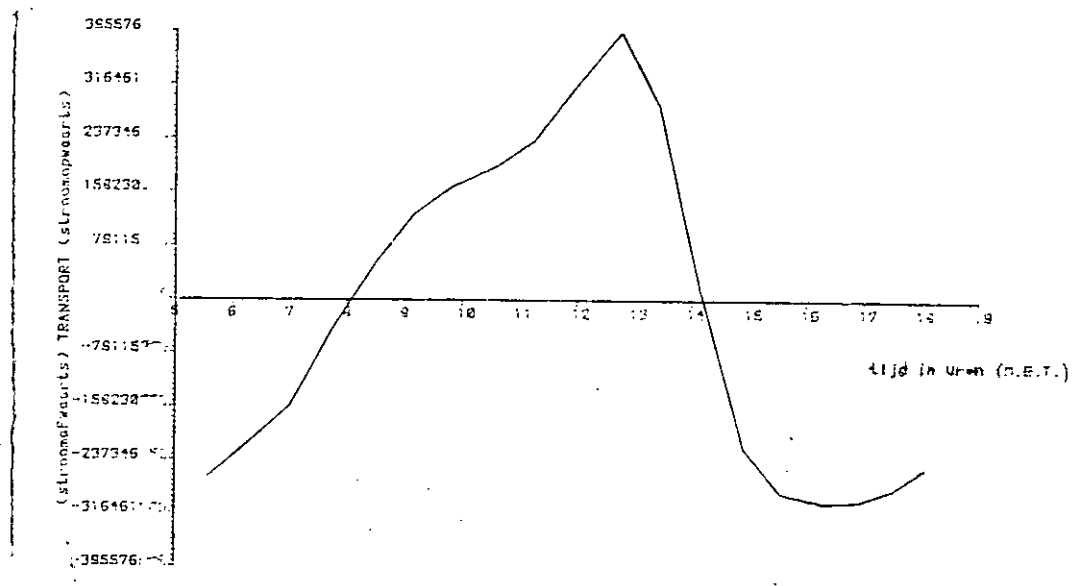


fig.23b

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Waarde

tot.vracht vloedperi-
ode (ton): 126700
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton): -126600
(stroomafwaarts)

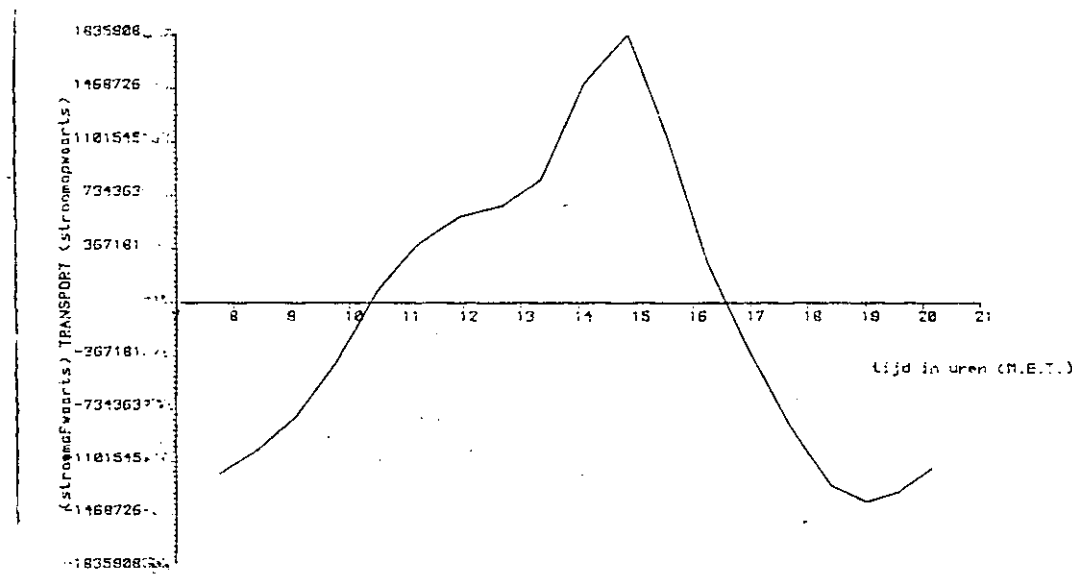


fig.23c

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij Vlissingen

tot.vracht vloedperi-
ode (ton): 52570000
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton): -5277000
(stroomafwaarts)

zwevende stoftransporten in ton/s

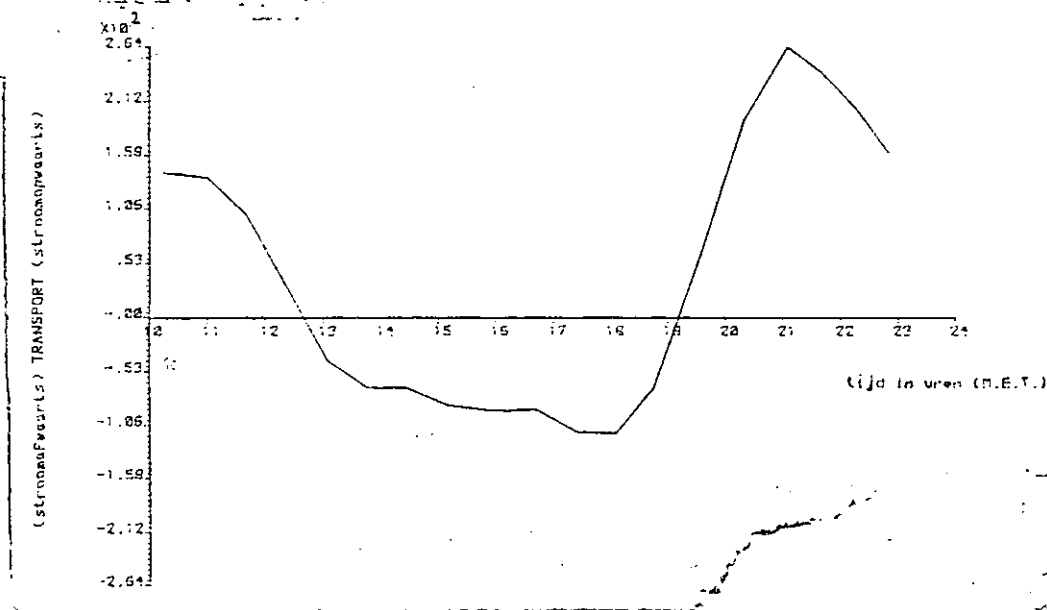


fig.24a

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Ouden Doel

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):900
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-510
(stroomafwaarts)

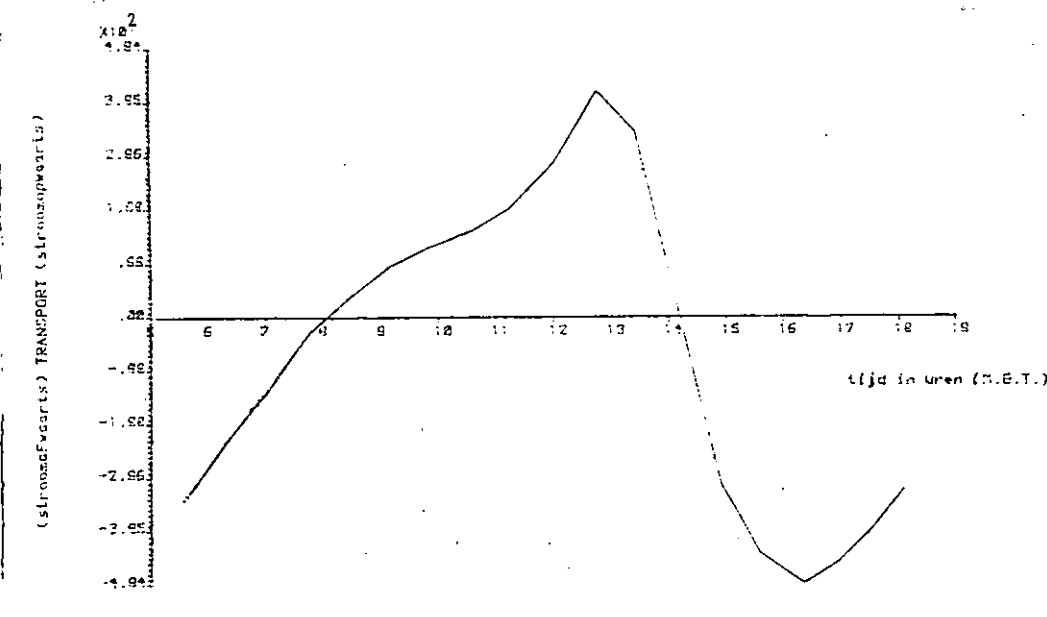


fig.24b

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Waarde

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):1190
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-1740
(stroomafwaarts)

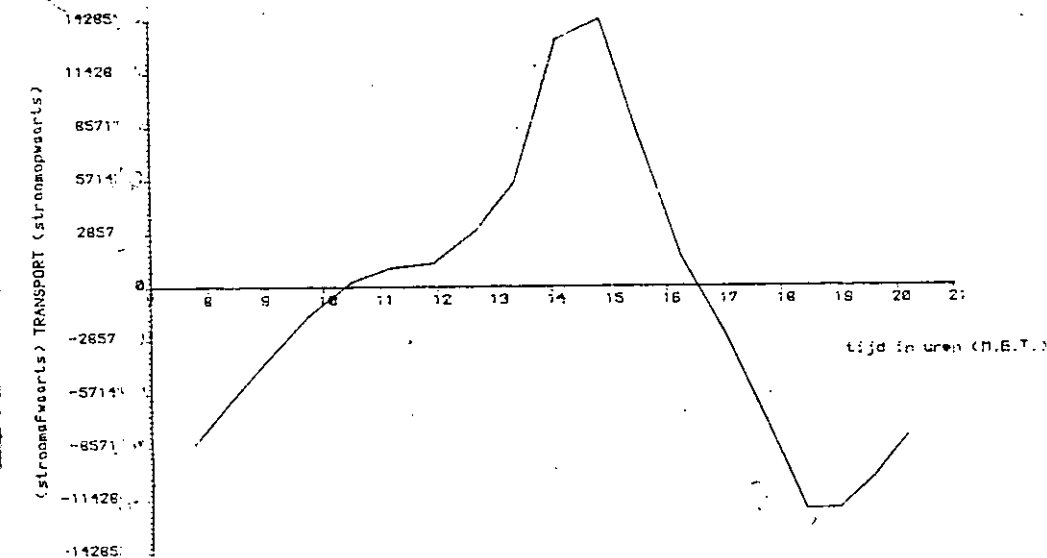


fig.24c

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij Vlissingen

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):34500
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-39300
(stroomafwaarts)

transporten gloeirest van de zwevende stof in ton/s

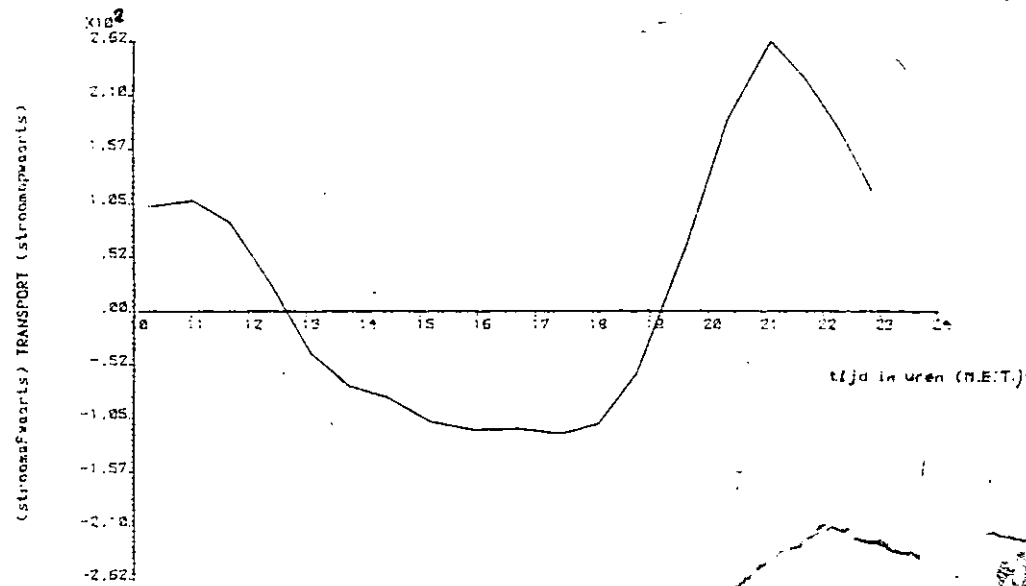


fig.25a

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Ouden Doel

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):807
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-578
(stroomafwaarts)

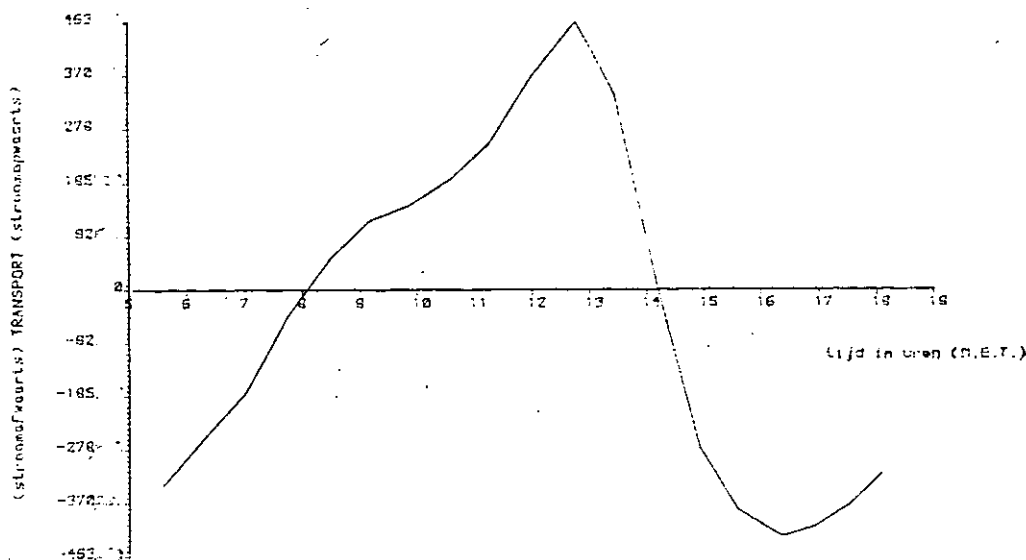


fig.25b

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Waarde

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):1382
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):+1666
(stroomafwaarts)

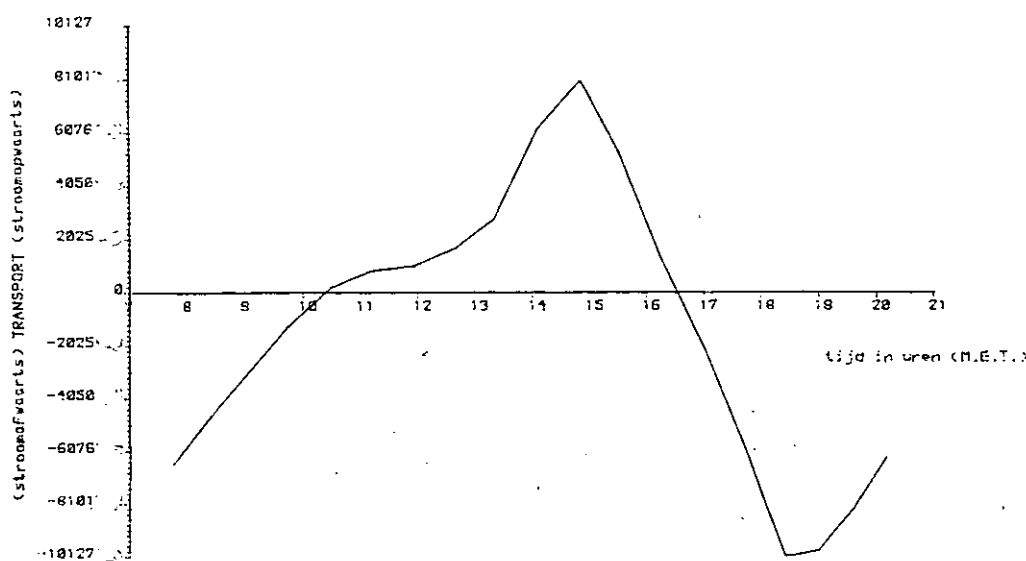


fig.25c

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij Vlissingen

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):19576
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-32022
(stroomafwaarts)

zuurstoftransporten in ton/s

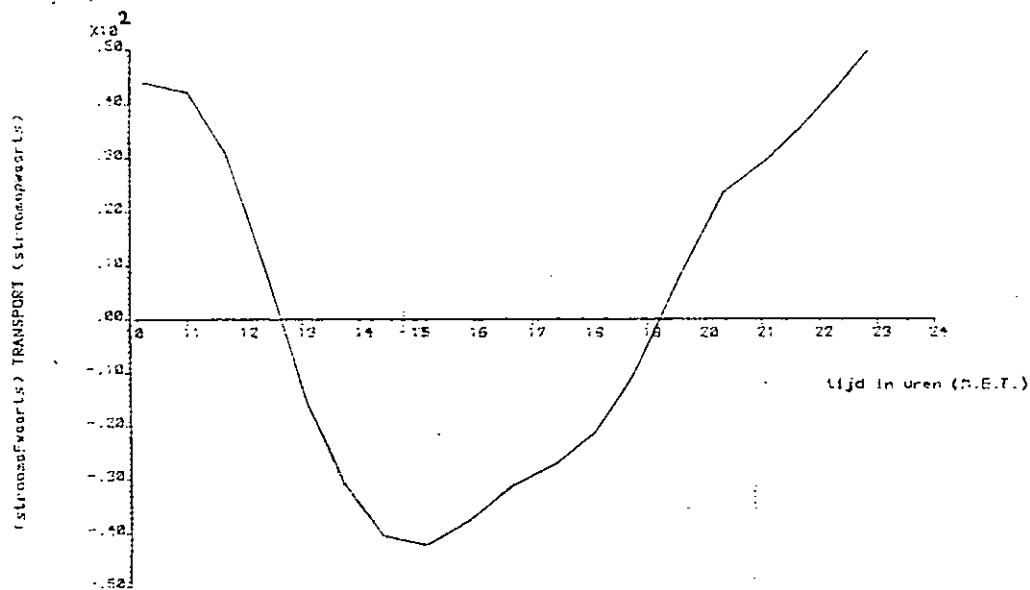


fig.26a

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Ouden Doel

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):180
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-180
(stroomafwaarts)

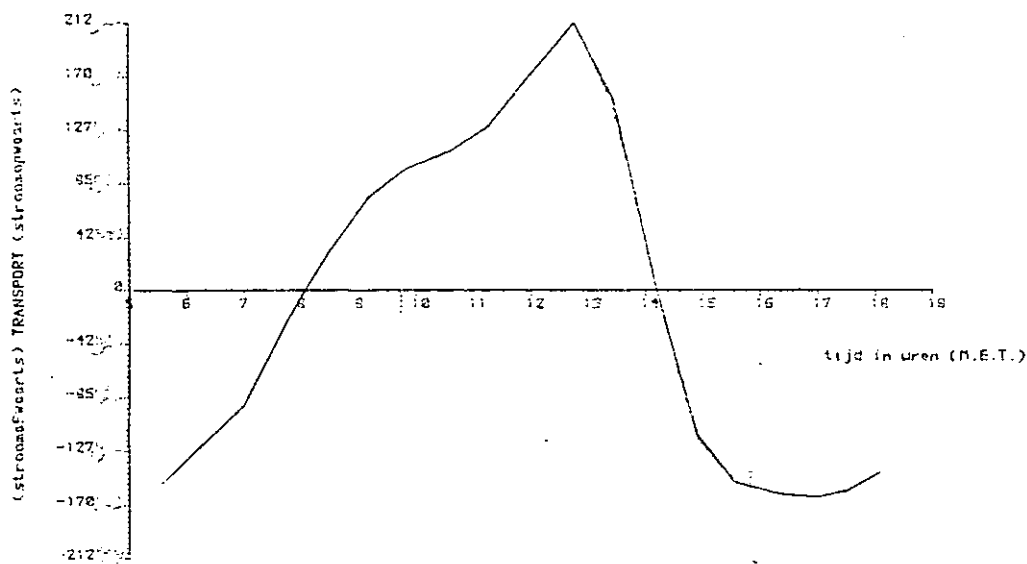


fig.26b

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Waarde

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):700
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-710
(stroomafwaarts)

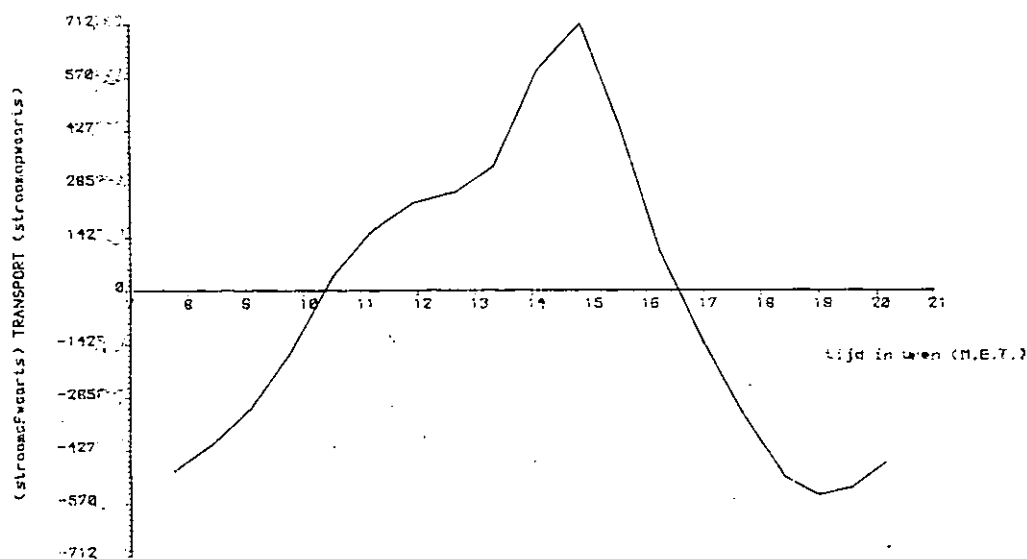


fig.26c

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij Vliissingen

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):2100
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-2100
(stroomafwaarts)

TOC transporten in ton/s

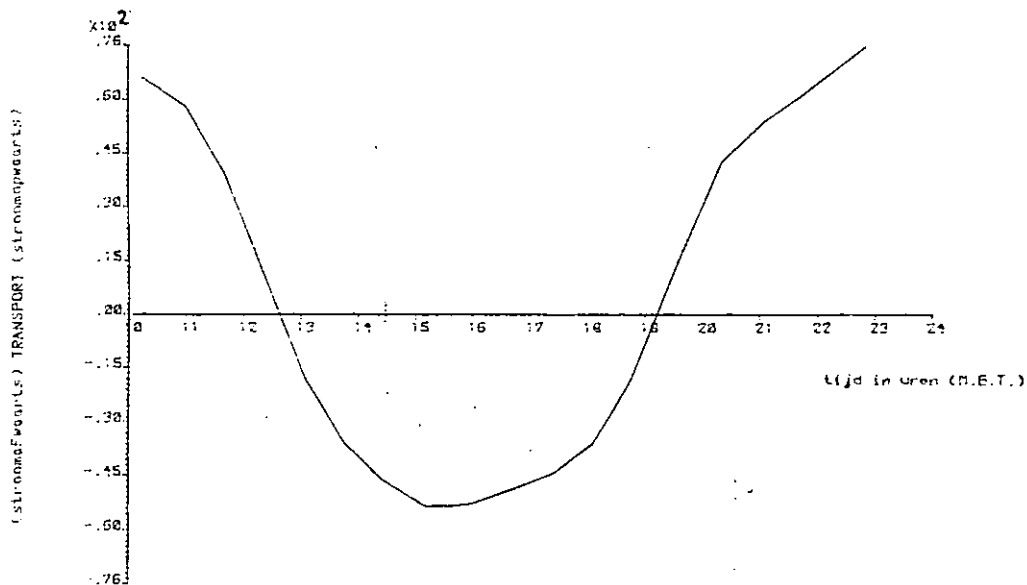


fig.27a

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Ouden Doel

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):280
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-250
(stroomafwaarts)

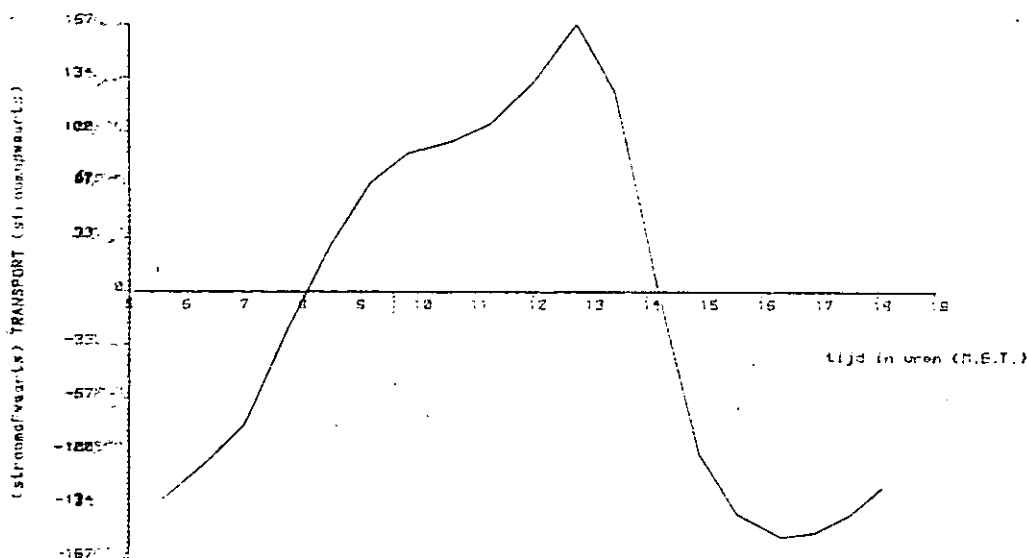


fig.27b

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Waarde

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):570
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-640
(stroomafwaarts)

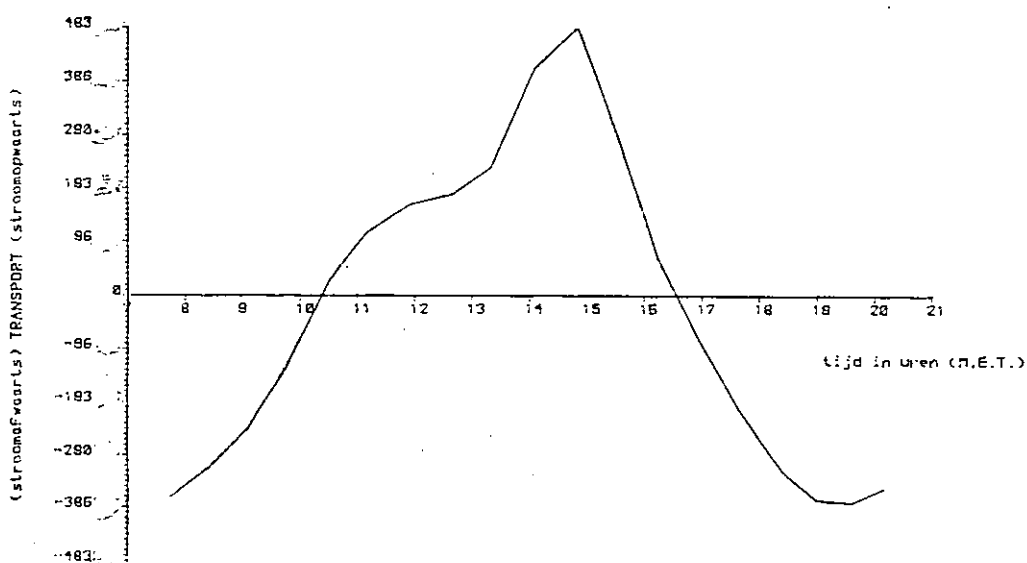


fig.27c

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij Vliissingen

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):1400
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-1500
(stroomafwaarts)

opg. Si transporten in ton/s

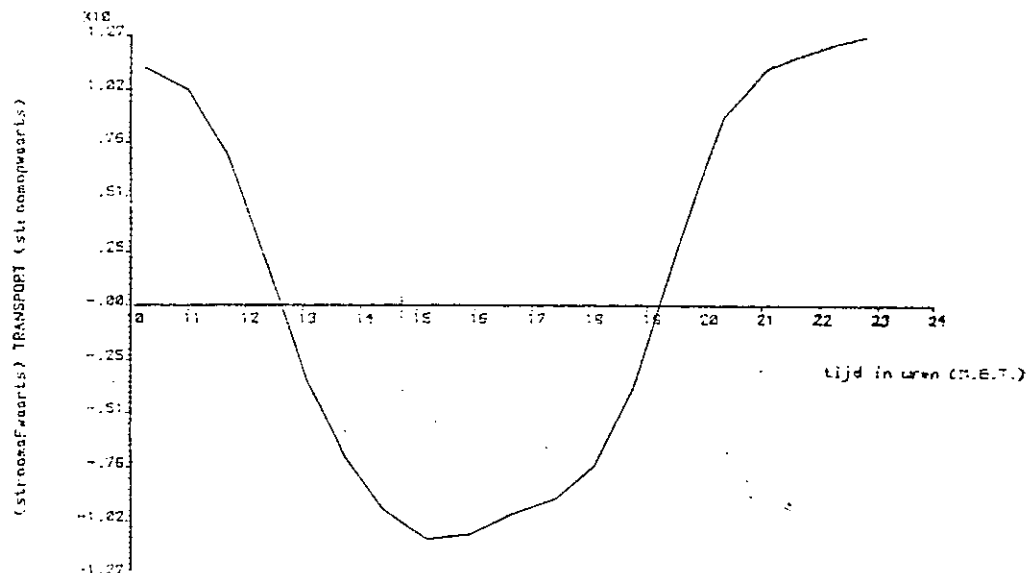


fig.28a

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Ouden Doel

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):510
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-500
(stroomafwaarts)

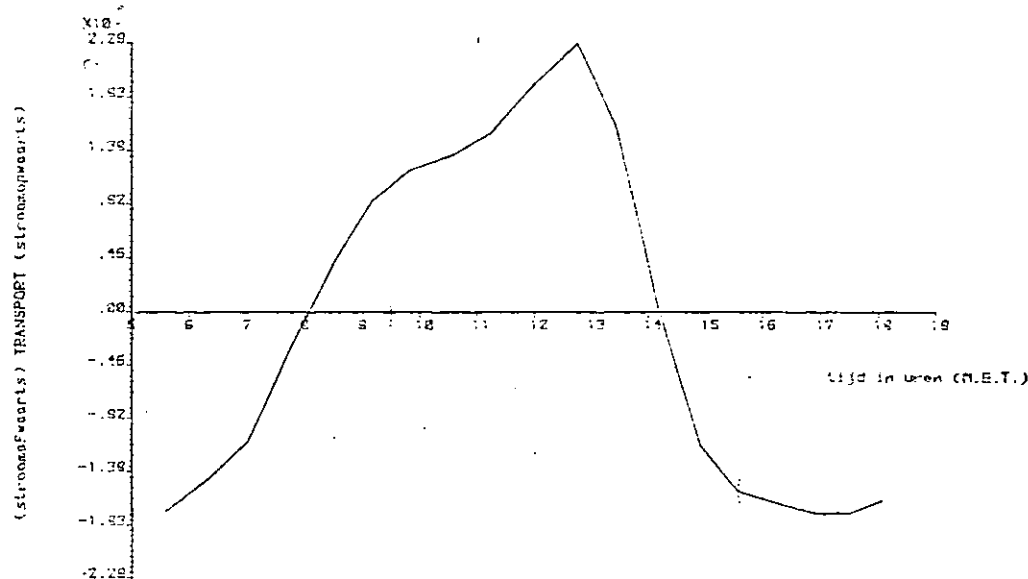


fig.28b

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Waarde

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):800
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-770
(stroomafwaarts)

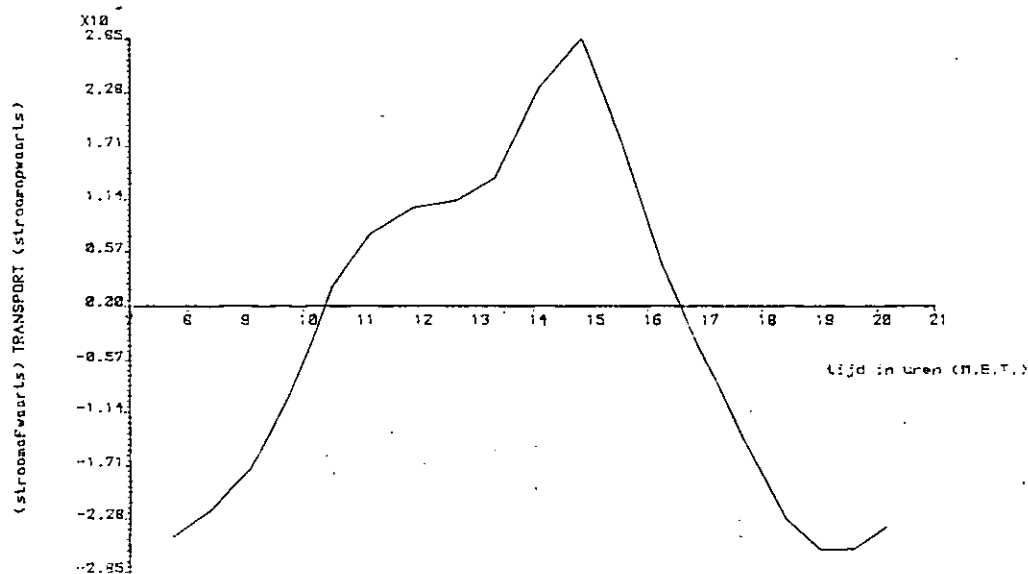


fig.28c

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij Vliissingen

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):900
(stroomafwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-1000
(stroomafwaarts)

ammonium-stikstoftransporten in ton/s

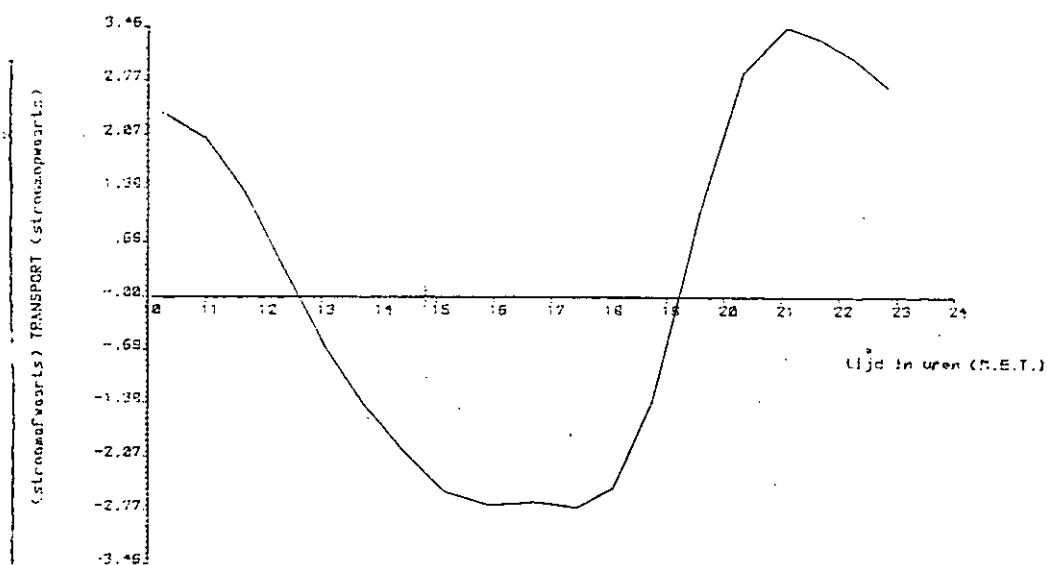


fig.29a

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Ouden Doel

tot. vracht vloedperi-
ode (ton): 10
(stroomopwaarts)

tot. vracht ebperiode
(ton): -10
(stroomafwaarts)

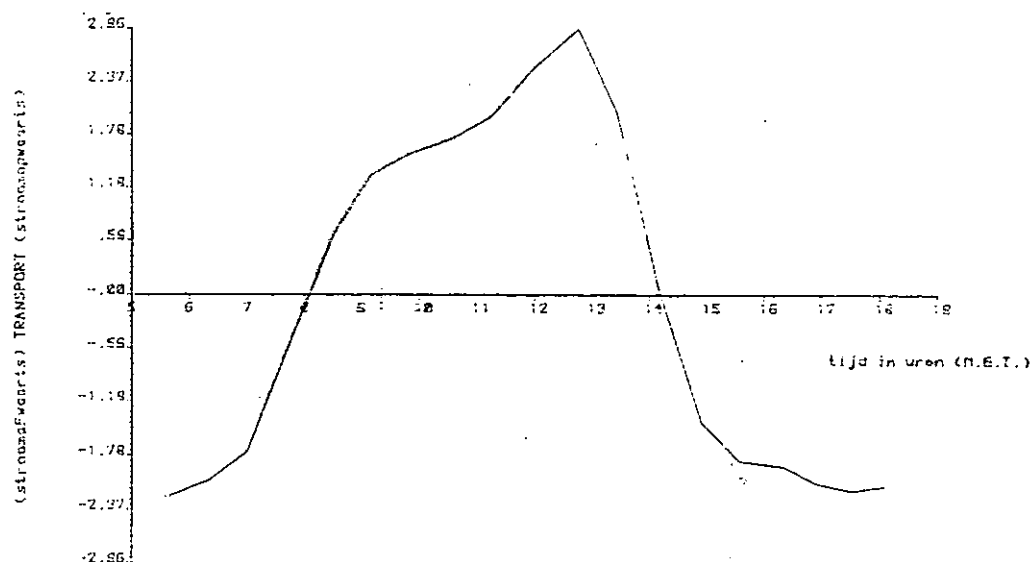


fig.29b

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Waarde

tot.vracht vloedperi-
ode (ton): 10
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton): -10
(stroomafwaarts)

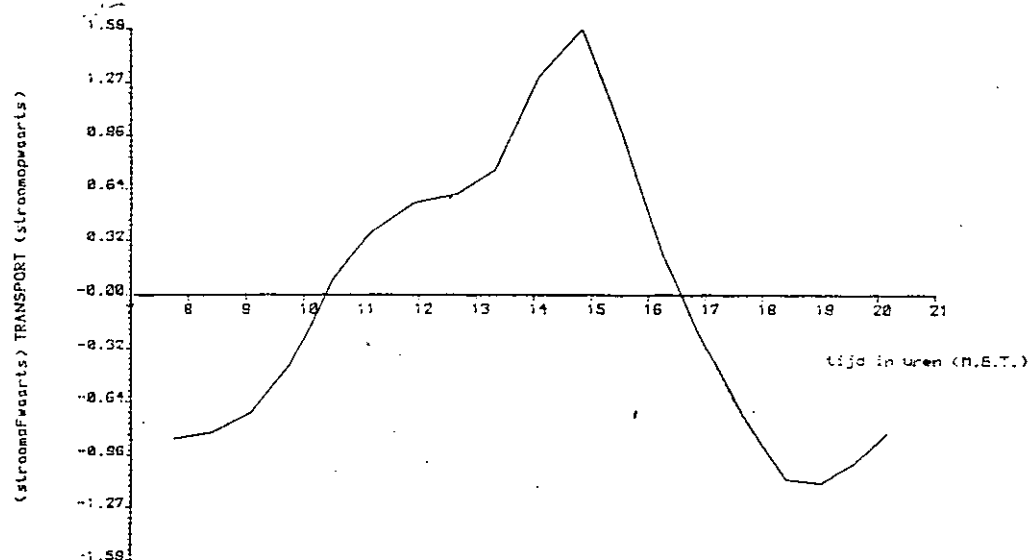


fig.29c

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij Vliissingen

tot.vracht vloedperi-
ode (ton): 50
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton): -50
(stroomafwaarts)

organisch stikstof transporten in ton/s

fig.30a

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Ouden Doël

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):20
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-20
(stroomafwaarts)

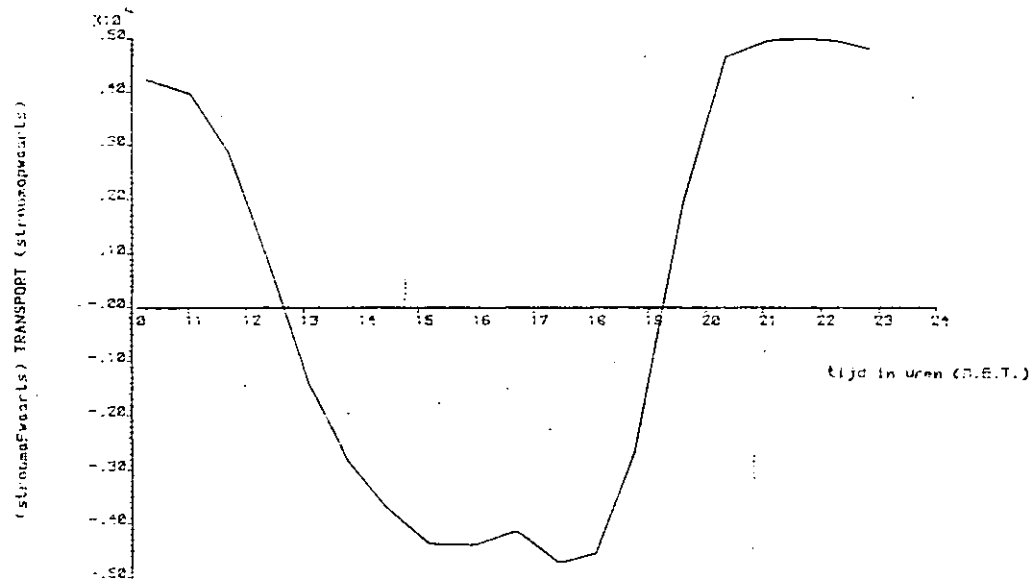


fig.30b

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Waarde

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):40
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-40
(stroomafwaarts)

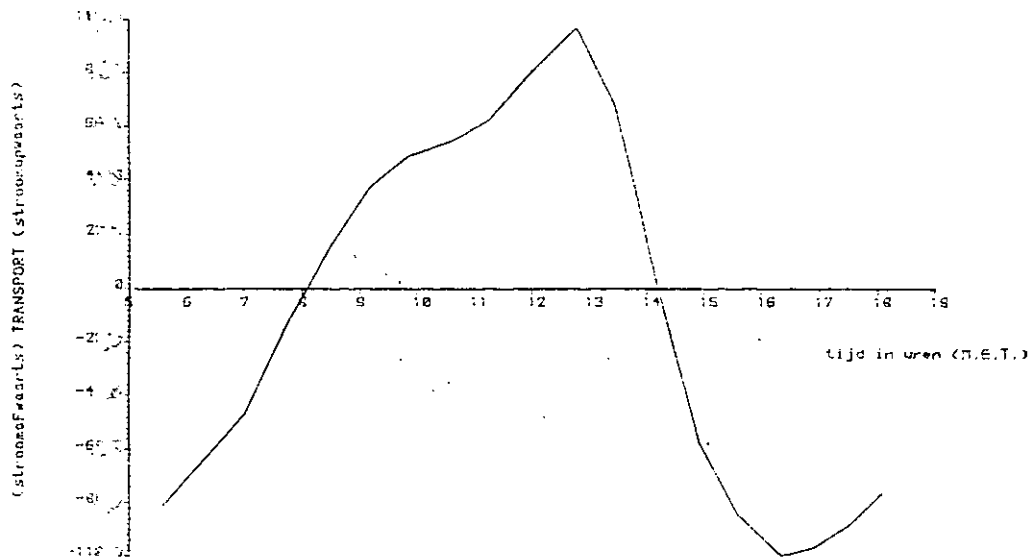
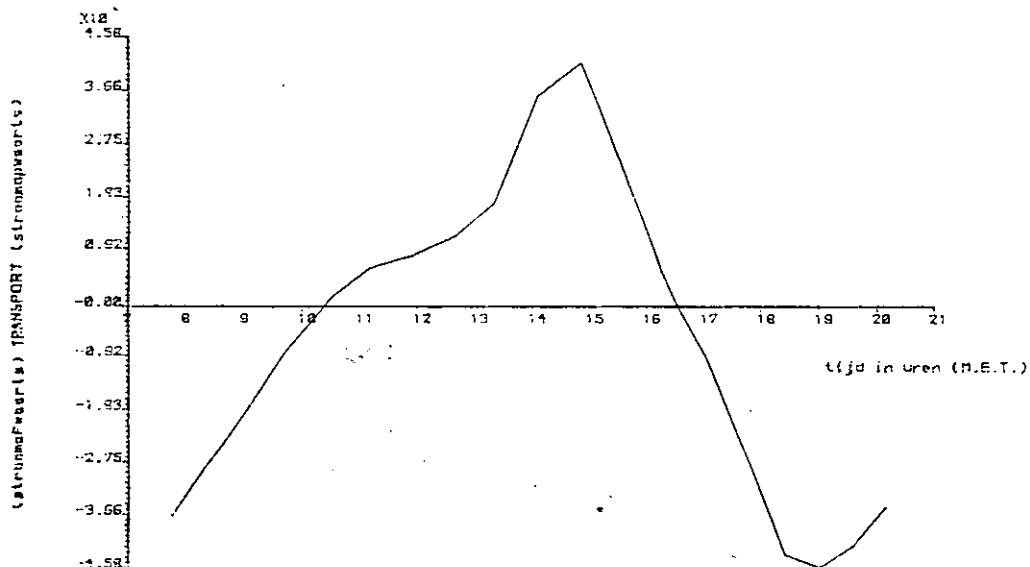


fig.30c

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij Vlissingen

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):100
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-150
(stroomafwaarts)



nitraattransporten in ton/s

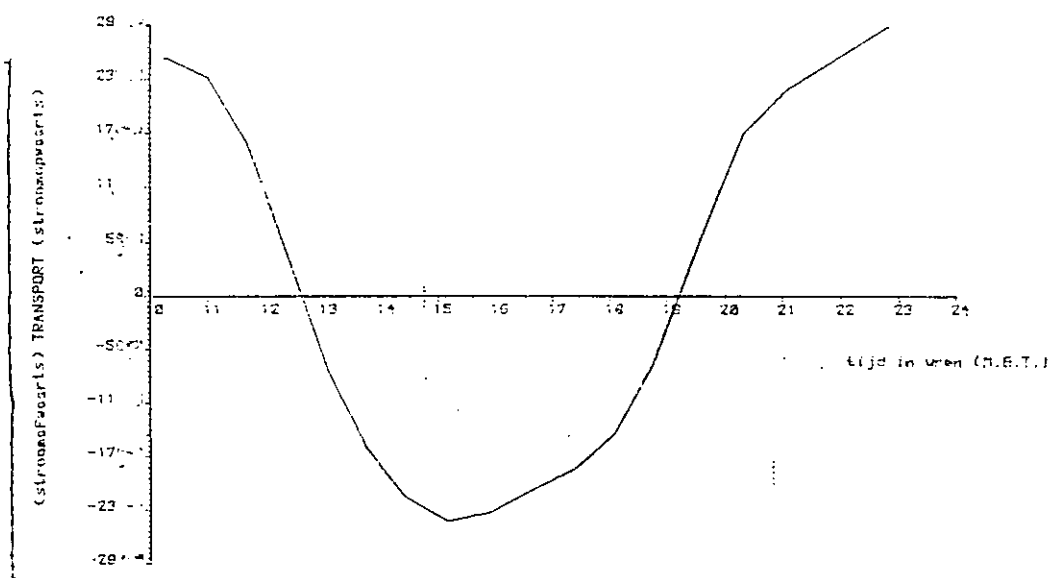


fig.31a

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Ouden Doel

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):130
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-130
(stroomafwaarts)

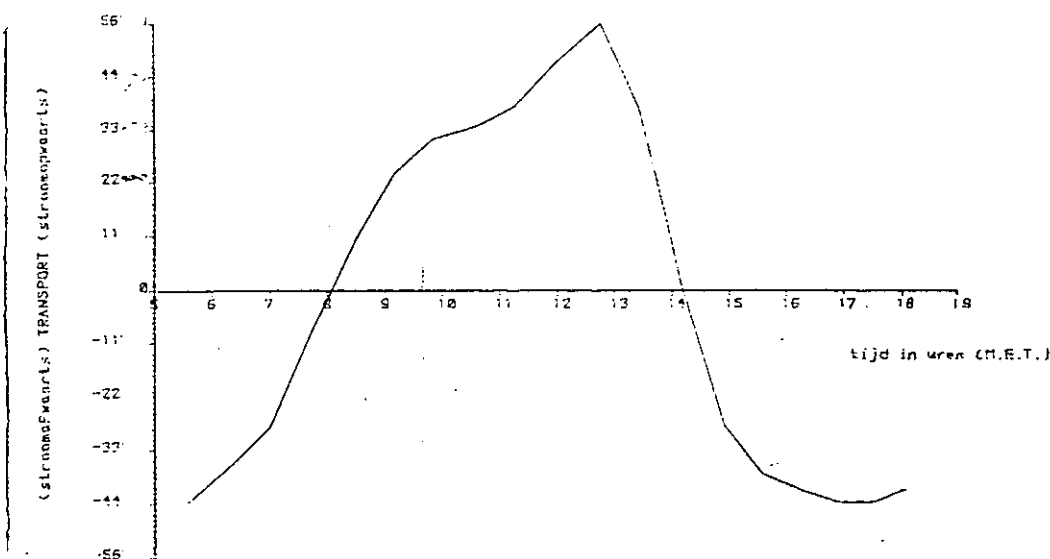


fig.31b

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Waarde

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):210
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-210
(stroomafwaarts)

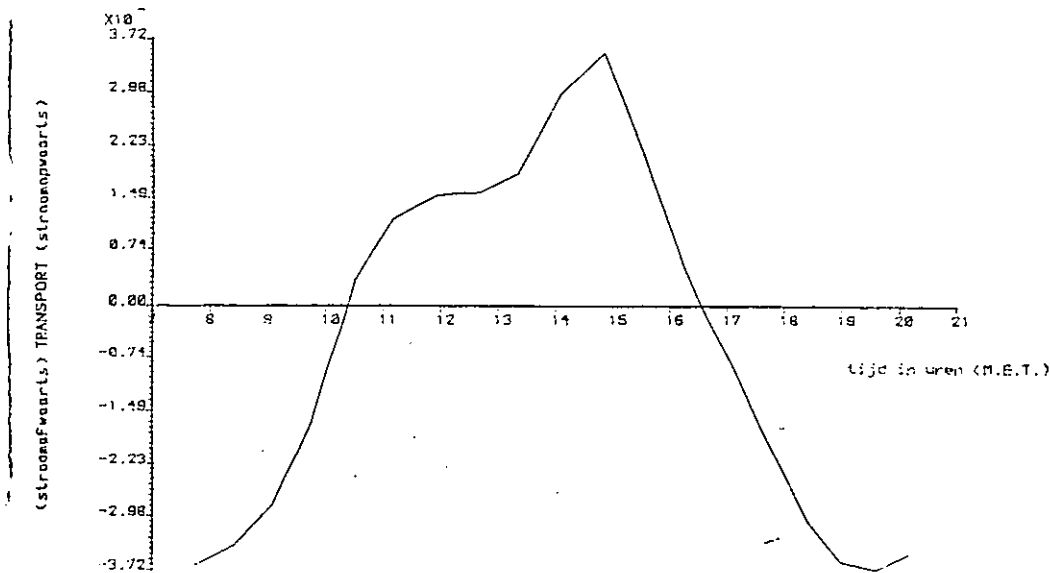


fig.31c

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij Vlissingen

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):100
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-150
(stroomafwaarts)

ortho-fosfaattransporten in ton/s

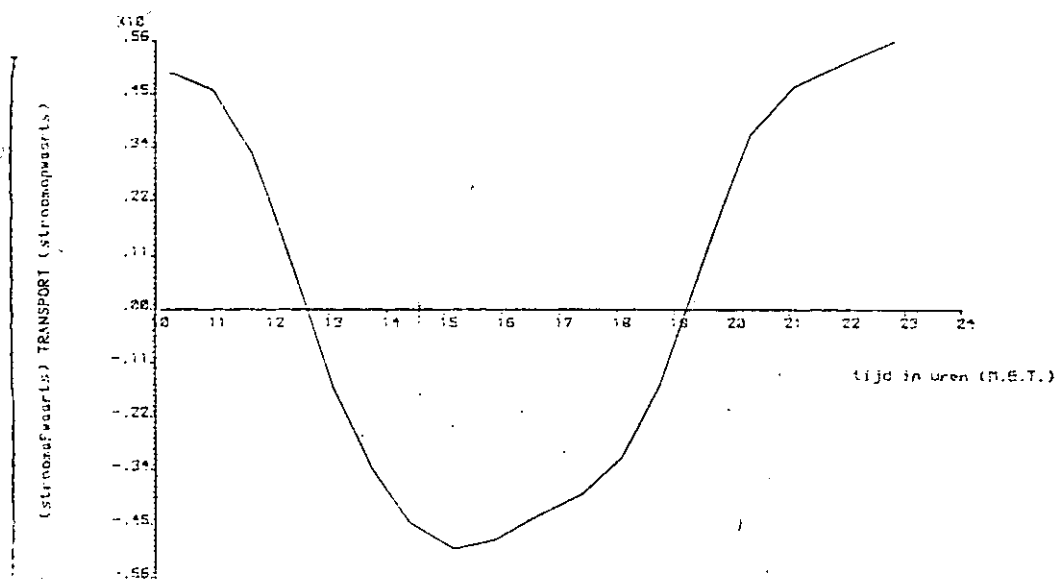


fig.32a

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Ouden Doel

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):20
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-20
(stroomafwaarts)

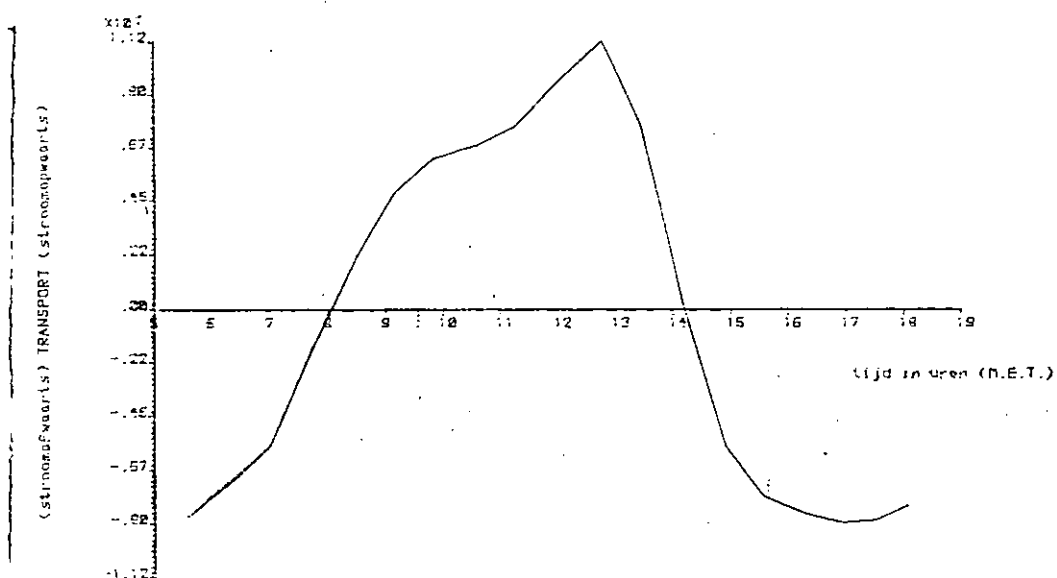


fig.32b

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Waarde

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):40
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-40
(stroomafwaarts)

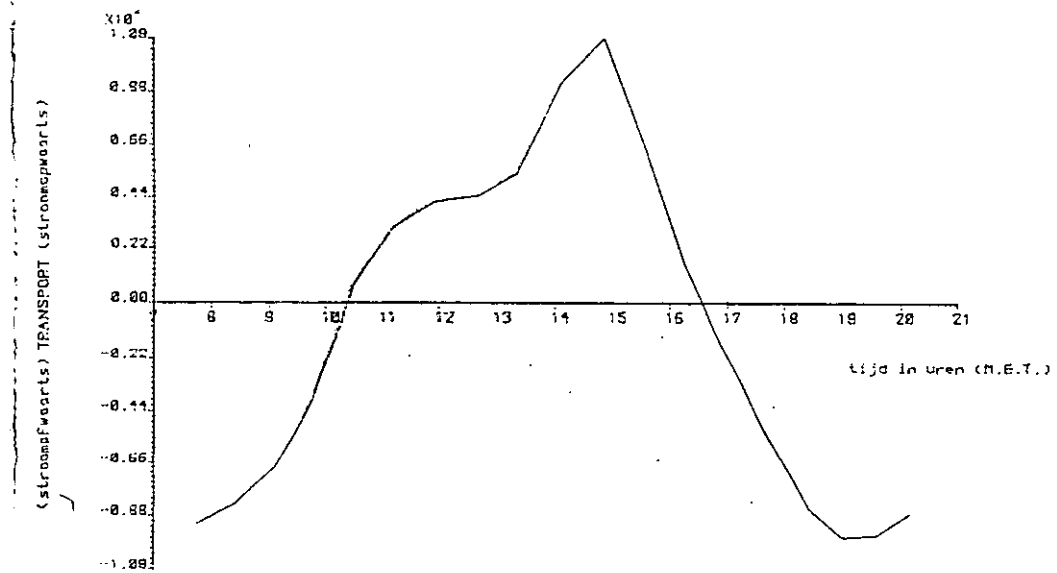


fig.32c

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij Vlissingen

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):50
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-50
(stroomafwaarts)

particulair fosfaat transporten in ton/s

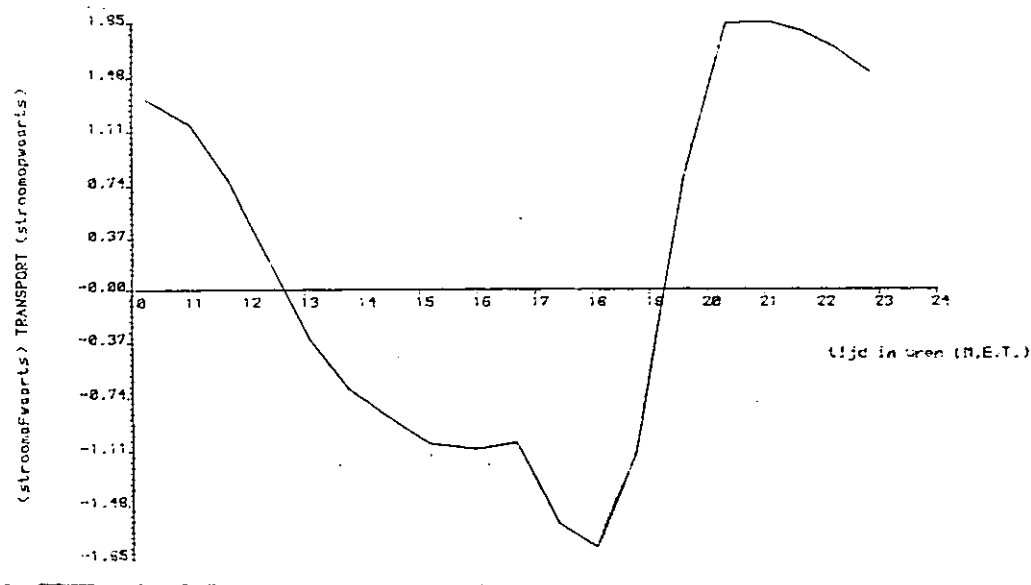


fig.33a

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Ouden Doel

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):10
(stroomopwaarts):...

tot.vracht ebperiode
(ton):-5
(stroomafwaarts)

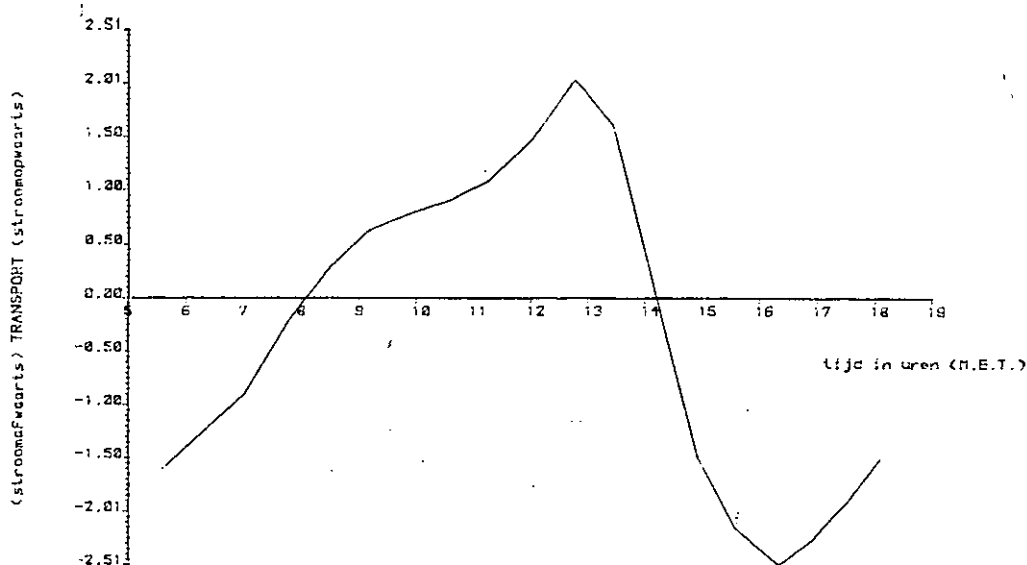


fig.33b

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Waarde

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):5
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-10
(stroomafwaarts)

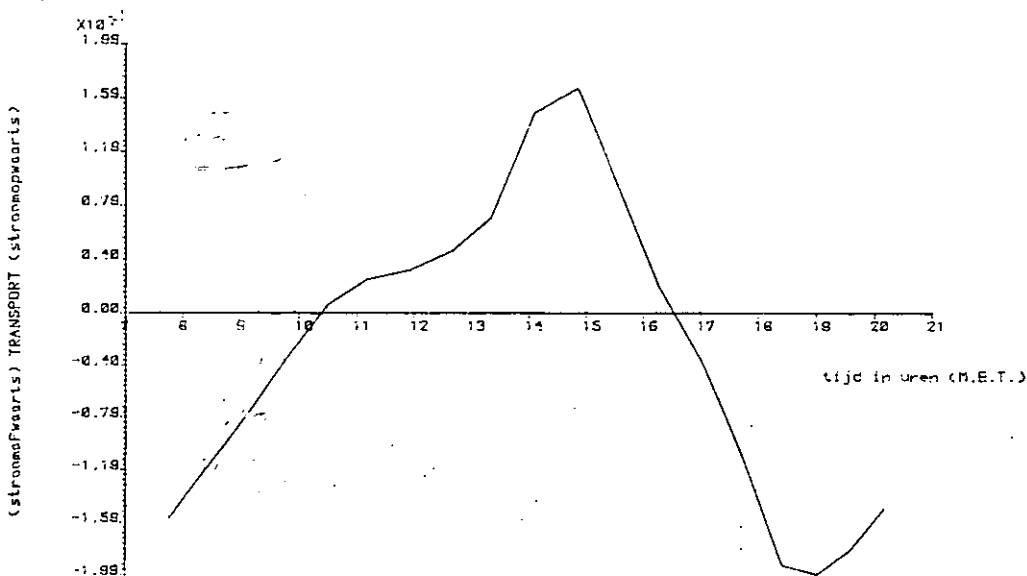


fig.33c

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij Vlissingen

tot.vracht vloedperi-
ode(ton):50
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton):-50
(stroomafwaarts)

fluoride transporten in ton/s

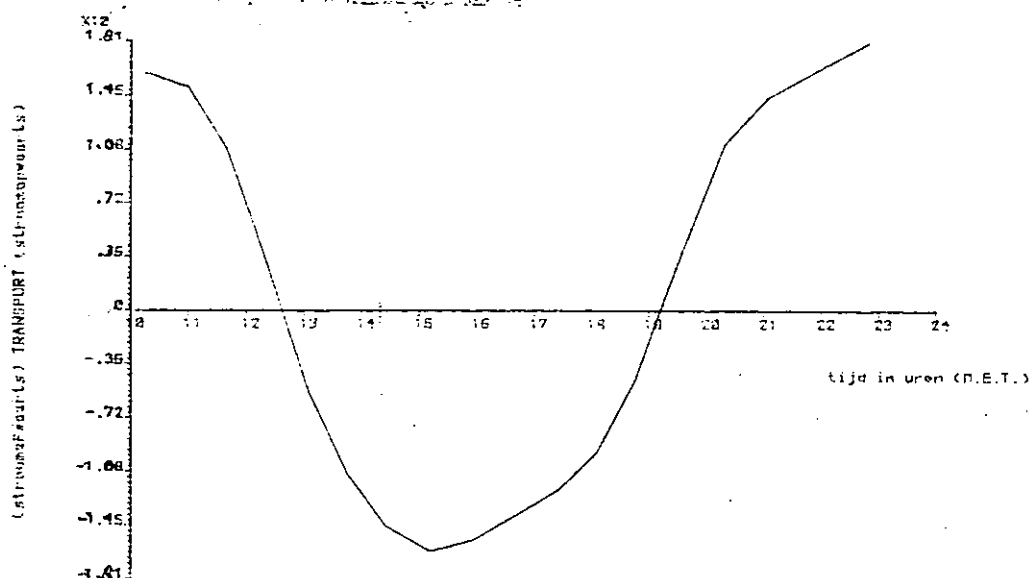
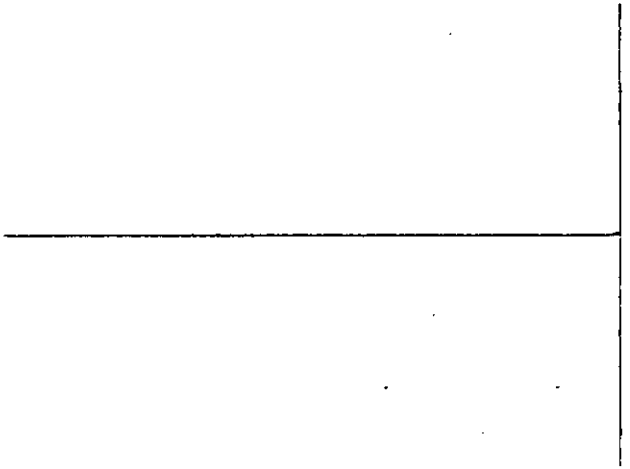
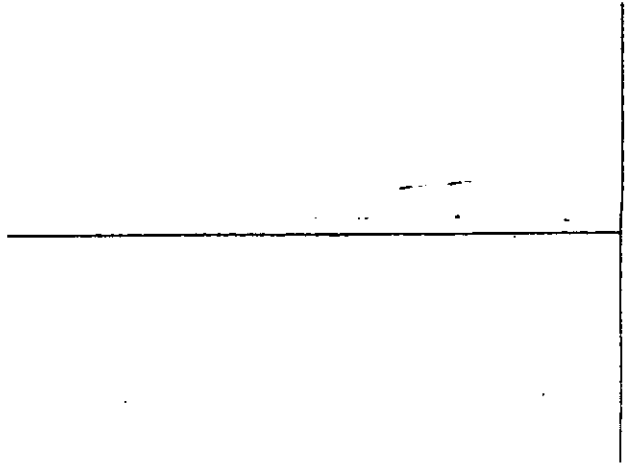
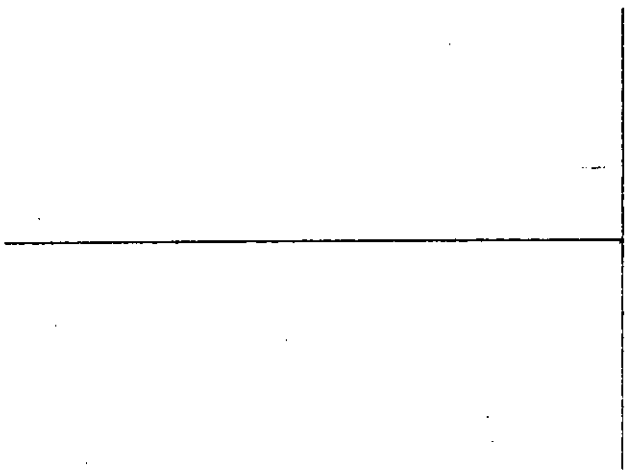


fig.34

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Ouden Doel

tot.vracht vloedperi-
ode (ton) : 710
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(ton) : -720
(stroomafwaarts)



totaal α -aktiviteitstransporten in Bq/ss

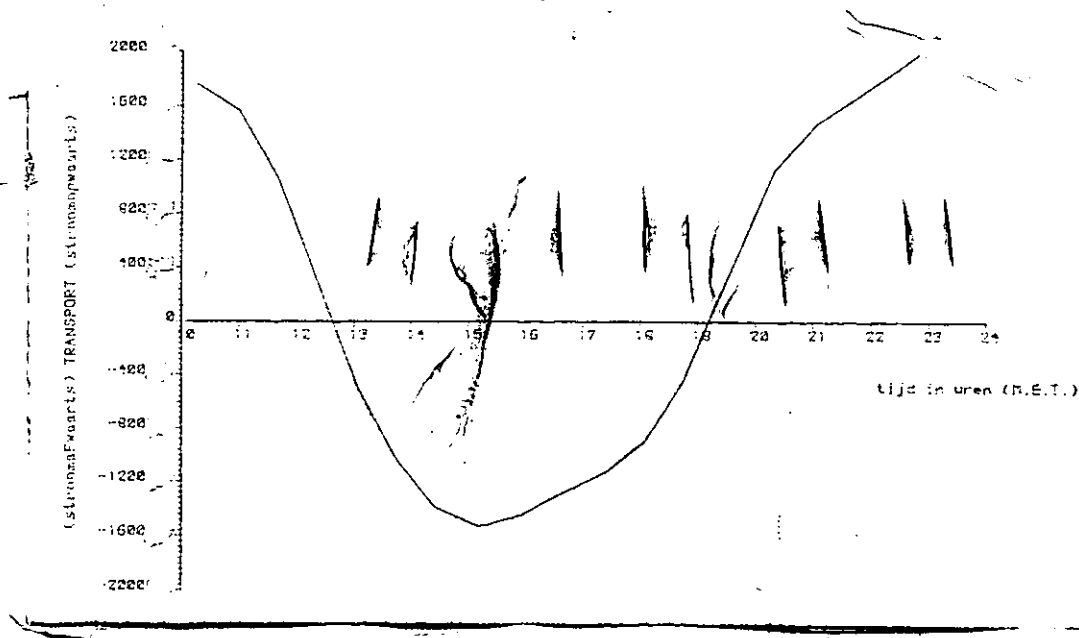
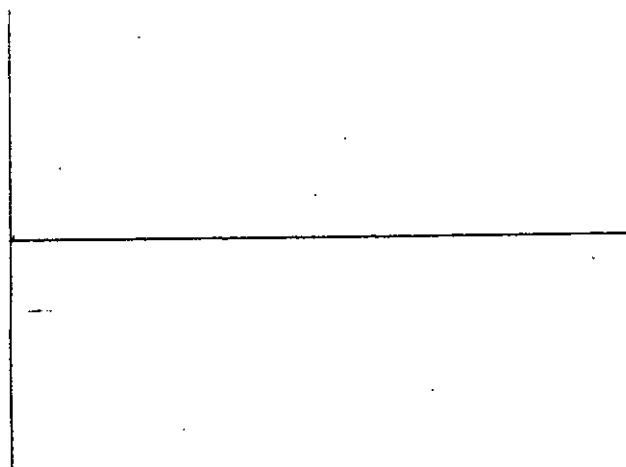
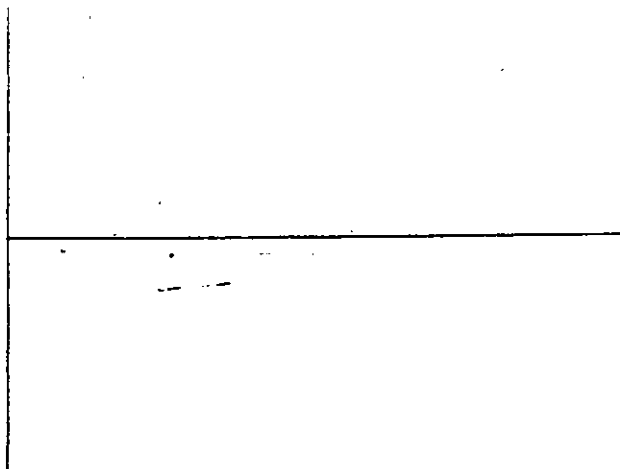
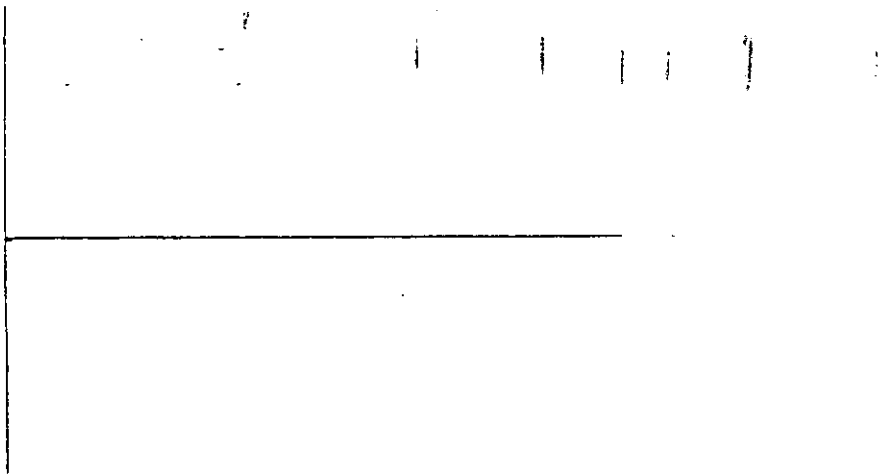


fig.35

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Ouden Doel

tot.vracht vloedperi-
ode (Bq): $7,35 \cdot 10^6$ Bq
(stroomopwaarts)
tot.vracht ebperiode
(Bq): $-26,78 \cdot 10^6$
(stroomafwaarts)



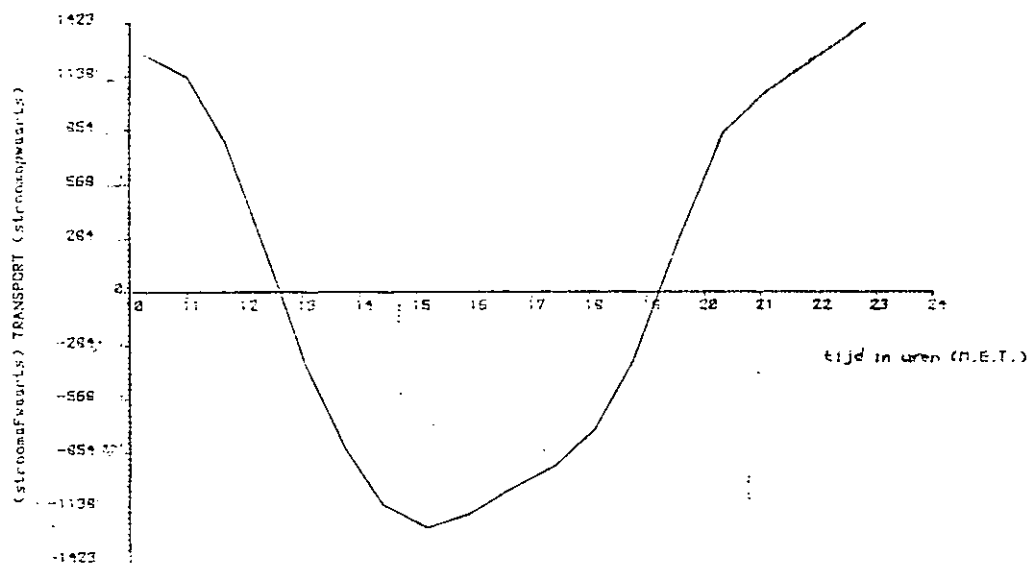


fig.36

gemiddelde transporten
gedurende een getij-
cyclus
raai bij de Schaar
van Ouden Doel

tot.vracht vloedperi-
ode (Bq) : $5,30 \cdot 10^6$
(stroomopwaarts)

tot.vracht ebperiode
(Bq) : $-5,48 \cdot 10^6$
(stroomafwaarts)

