

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap

Departement Leefmilieu en Infrastructuur

Algemene Milieu Impactstudie Sigmaplan (AMIS)

**SEDIMENTTRANSPORT EN SEDIMENTATIE-
PROCESSEN IN DE SCHELDE TUSSEN
ZANDVLIET EN GENT**

23687

Verslag : AMIS DS6.1 – 6
OMES Workshop 31/3 – 1/4 1998

Stanislas Wartel, Frederic Francken & Patrik Schotte

Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen
Beheer van het Marien Ecosysteem - Sedimentologie
Vautierstraat 29, 1000 Brussel

Maart 1998

Inleiding

Dit rapport geeft een beeld van het onderzoek dat momenteel door de groep Sedimentologie, Departement Beheer van het Marien Ecosysteem, wordt uitgevoerd. Het werk bestaat uit verschillende facetten, waarvan de BELGICA campagnes een groot deel uitmaken. Vandaar dat de groep sedimentologie niet aanwezig kan zijn op deze 3^e OMES Workshop. In het belang van het OMES project streven wij naar een zo volledig mogelijk beeld te krijgen van het sedimenttransport en de sedimentatieprocessen in het Schelde-estuarium. Dit is enkel mogelijk door op regelmatige tijdstippen metingen uit te voeren die een volledig tijcyclus beslaan, metingen die enkel dankzij de BELGICA campagnes, de metingen aan het Durmeschor te Tielrode en aanvullende campagnes met medewerking van de Antwerpse Zeehavendiensten mogelijk zijn geworden. Om deze set van gegevens zo compleet mogelijk te maken was in 1997 een campagne met de BELGICA gepland, juist in de week van deze workshop, maar juist in het belang van OMES en vandaar onze excuses voor onze afwezigheid en onze bijdrage in deze vorm.

Hebben bijgedragen tot de verwezelijking van dit rapport:

Promotor :	S. Wartel
Wetenschappelijke uitvoering :	F. Francken
	P. Schotte
	M. Chen
	C. Salinas
Technische assistentie :	A. Laus
	A. Druyts
	J. Tavernier



KBIN – Beheer van het Marien Ecosysteem

Sedimentologie

Intercalibratie korrelgrootte

VERGELIJKENDE STUDIE VAN KORRELGROOTTE RESULTATEN

Inleiding

Bij de studie van het estuariene milieu is de korrelgrootteverdeling van het sediment is om velerlei redenen bijzonder interessant, zelfs onmisbaar. In de eerste plaats is er natuurlijk de problematiek die ontstaat wanneer te veel sediment te snel op een gegeven plaats wordt afgezet. Er ontstaan zo allerhande problemen van praktische aard gaande van de ophoging van drempels tot het dicht slibben van de toegangsgeulen tot de zeehavens. Maar er is meer. Het is algemeen gekend dat een groot aantal pollutanten zich vastzetten op het fijnere sediment (lutum, silt en klei) en samen met dit sediment vervoerd worden en accumuleren. In rivieren met een hoge graad van pollutie is dan ook de kennis van het lutum of slibgehalte zowel in suspensie als in afzetting een eerste prioriteit. Om dit slibgehalte te meten bestaan er verschillende moderne gesofisticeerde technieken die elk voor zich opeisen dat ze **reproduceerbaar** en **betrouwbaar** zijn. "Reproduceerbaar" wil zeggen dat bij herhaling van de analyse eenzelfde resultaat bekomen wordt. Dit kan vrij gemakkelijk nagegaan worden door een homogeen staal in gelijke fracties te verdelen en iedere fractie afzonderlijk te analyseren. De bekomen resultaten moeten dan zo dicht mogelijk rond een gemeenschappelijk gemiddelde gegroepeerd zijn. "Betrouwbaar" wil zeggen dat het bekomen resultaat ook nog overeenstemt met de werkelijkheid. Dit is heel wat moeilijker na te gaan voor een natuurlijk sediment aangezien er geen methode bekend is waarmee kan vergeleken worden. Sommige onderzoeken hebben hiervoor gebruik gemaakt van kunstmatige sedimenten (glasbolletjes bijvoorbeeld). Dit kan echter het probleem niet oplossen aangezien het kunstmatig sediment nooit volkomenvergelijkbaar zal zijn met een natuurlijk sediment. Zo zal er bijvoorbeeld nooit agglomeratie, adhesie, of flocculatie optreden bij glasbolletjes. We zullen hier dus onze toevlucht moeten nemen tot een omweg door het bekijken van het sediment met een electronen-microscoop.

Aangezien nu binnen het OMES-project korrelgrootte analyses uitgevoerd werden in verschillende laboratoria en met verschillende technieken hebben we hier getracht de resultaten van deze laboratoria onderling te vergelijken.

We beschikken echter nog niet over alle resultaten beschikken en dus is onderhavig verslag uiteraard onvolledig en is het alleen de bedoeling de stand van zaken toe te lichten.

Methode

Twee natuurlijke sedimenten van het Schelde estuarium, respectievelijk afkomstig uit de omgeving van Fort De Parel (bodemsediment, brak water) en van de Rupelmonding (97B02/02S, suspensiesediment, zoet water), werden gedroogd door lyophilisatie en lang gehomogeniseerd volgens een methode getest en op punt gesteld op het laboratorium. Van ieder staal werden kleine substalen afgezonderd en verdeeld over vier laboratoria, waarbij ieder laboratorium van elk staal drie substalen ontving. De toegepaste korrelgrootte methoden waren respectievelijk de Pipet analyse (KUL), de Sedigraph (KBIN) en de Coulter Counter analyse (UG). Het vierde laboratorium (INB) heeft zijn resultaten nog niet meegedeeld.

De voorbehandeling van de stalen is verschillend in de drie laboratoria, zo werden de sedimenten gespoeld en de organische bestanddelen en het calciumcarbonaat wel verwijderd in twee laboratoria (KBIN, KUL) en maar niet aan de UG waar het ruw staal geanalyseerd werd. Daarenboven werd zowel aan de KUL als in het KBIN een peptisant toegevoegd om de kleipartikels optimaal te individualiseren. Aangezien het hier echter gaat om een vergelijkende studie van de resultaten bekomen in verschillende laboratoria en het niet de bedoeling was om de methode zelf te bestuderen werd er niet naar gestreefd om de voorbehandeling te uniformeren.

Resultaten

Een overzicht van de tot nu toe bekomen resultaten wordt gegeven in tabellen 1 en 2.

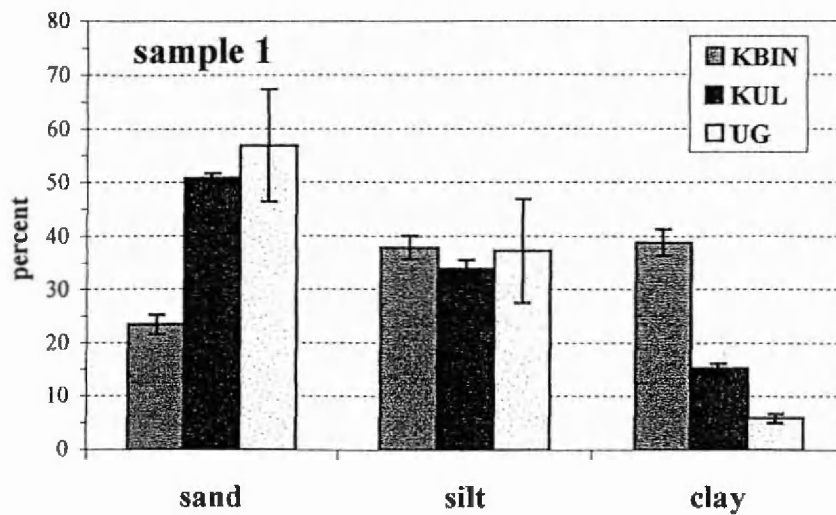
sample 1									
sample #	m-mean	m-sorting	m-skewness	m-kurtosis	sand	silt-4	silt-2	clay-4	clay-2
Grain-size Results - KBIN - SEDIGRAPH 51									
average	3.5	4.67	0.63	1.98	23.41	34.38	37.82	42.21	38.77
stdevp	0.6	0.05	0.10	0.13	1.84	2.13	2.22	2.40	2.45
rel stdev	17.7	1.16	15.65	6.68	7.88	6.20	5.86	5.68	6.31
Grain-size Results - KUL - PIPETTE					sand=50µm				
average					50.75		33.86		15.39
stdevp					0.90		1.66		0.86
rel stdev					1.77		4.89		5.58
Grain-size Results - UG - COULTER COUNTER									
average	54.72		-1.40	2.14	56.85	37.20		5.95	
stdevp	11.12		0.06	0.06	10.48	9.66		0.83	
rel stdev	20.32		-4.59	2.90	18.43	25.97		13.91	

Tabel 1 : Samenvatting van de analyseresultaten voor staal 1 - Bodemslib uit de omgeving van Fort De Parel.

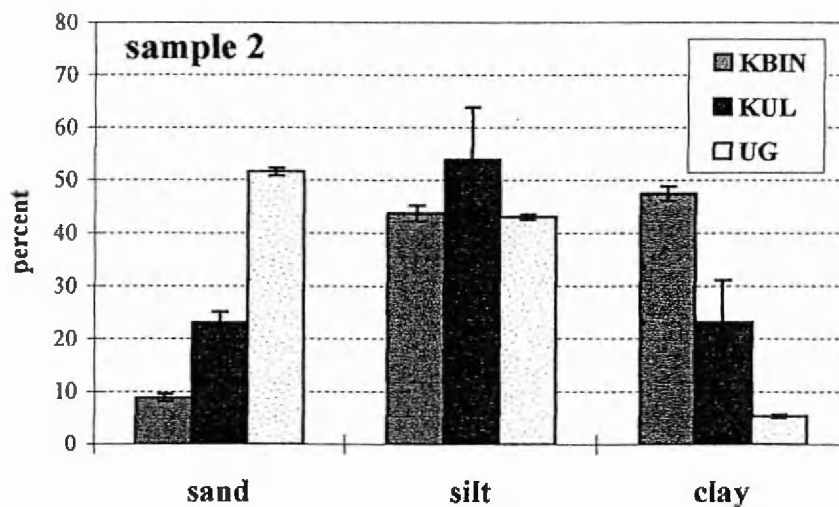
sample 2									
Grain-size Results - KBIN - SEDIGRAPH 51									
average	1.5	4.44	0.36	1.82	8.80	37.23	43.77	53.97	47.43
stdevp	0.1	0.04	0.04	0.02	0.72	2.30	1.49	2.25	1.32
rel stdev	8.9	0.97	10.82	0.90	8.23	6.17	3.40	4.16	2.78
Grain-size Results - KUL - PIPETTE					sand=50µm				
average					23.01		53.87		23.12
stdevp					1.99		10.02		8.03
rel stdev					8.67		18.60		34.73
Grain-size Results - UG - COULTER COUNTER									
average	57.58		-0.73	0.46	51.57	43.07		5.36	
stdevp	1.57		0.01	0.03	0.75	0.53		0.26	
rel stdev	2.72		-1.77	7.64	1.46	1.23		4.79	

Tabel 2 : Samenvatting van de analyseresultaten voor staal 2 - gesuspendeerd sediment uit de omgeving van Rupelmonding.

Het meest opvallend resultaat is dat voor beide stalen de silt fractie (63 tot 2 μm) zeer vergelijkbare resultaten opleverde (zie figuren 1 en 2).



Figuur 1 : Gemiddelde zand - silt - klei gehalten voor de verschillende analyses van staal 1. Vooral de UG analyses vertonen een opvallend grote standaardafwijking.



Figuur 2 : Gemiddelde zand - silt - klei gehalten voor de verschillende analyses van staal 2. Vooral de KUL analyses vertonen een opvallend grote standaardafwijking.

De zandfractie daarentegen vertoont zeer grote verschillen en deze verschillen zijn relatief genomen dezelfde voor beide stalen. Het kleinste zandgehalte wordt gevonden door het KBIN het grootste door UG, terwijl de KUL ergens tussenin zit.

Voor het kleigehalte (fractie < 2µm) geldt hetzelfde maar in omgekeerde zin namelijk het hoogste kleigehalte wordt gevonden door het KBIN en het kleinste door UG.

Opvallend is eveneens dat de standaardafwijking vrij homogeen is voor de analyses uitgevoerd in het laboratorium van het KBIN maar zowel voor de analyses van UG laboratorium (staal 1) als dta van de de KUL (staal 2) soms een zeer grote afwijking vertonen.

Het verschil tussen de Sedigraph analyse (KBIN) en de pipet methode (KUL) is niet verwonderlijk en werd reeds elders besproken. Wartel et al. (1995) toonden reeds aan dat dit verschil in hoofdzaak te wijten is aan een verschil in deflocculatie en eveneens desaggregatie van de partikels door het feit dat voor beide methode niet dezelfde dispersie techniek gebruikt wordt. Het grote verschil met de Coulter-Counter methode zoals toegepast door UG dient waarschijnlijk gezocht te worden in het niet verwijderen van het organisch materiaal, het niet toevoegen van een peptisant en een onvoldoende dispersie methode.

Referenties

Wartel S., Barusseau J.P. & Cornand L., 1995. Improvement of grain-size analyses using the automated SEDIGRAPH 5100. *Studiedokumenten van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen*, 80, 28pp.



KBIN – Beheer van het Marien Ecosysteem

Sedimentologie

**Waterkolom
&
Sedimenttransport**

Waterkolom & Sedimenttransport

Dit hoofdstuk geeft de 4 basisparameters weer die door ons team worden gevolgd tijdens een tijcyclus: de temperatuur, de saliniteit, de turbiditeit en de stroomsnelheid. De twee laatste parameters geven ons ook een idee van het heersende debiet (via de stroomsnelheid) en het massatransport (combinatie van turbiditeit en stroomsnelheid). Uit vorige rapporteringen is al gebleken dat het Schelde-estuarium een estuarium van het gedeeltelijk gemengd type is (figuren 1 en 2).

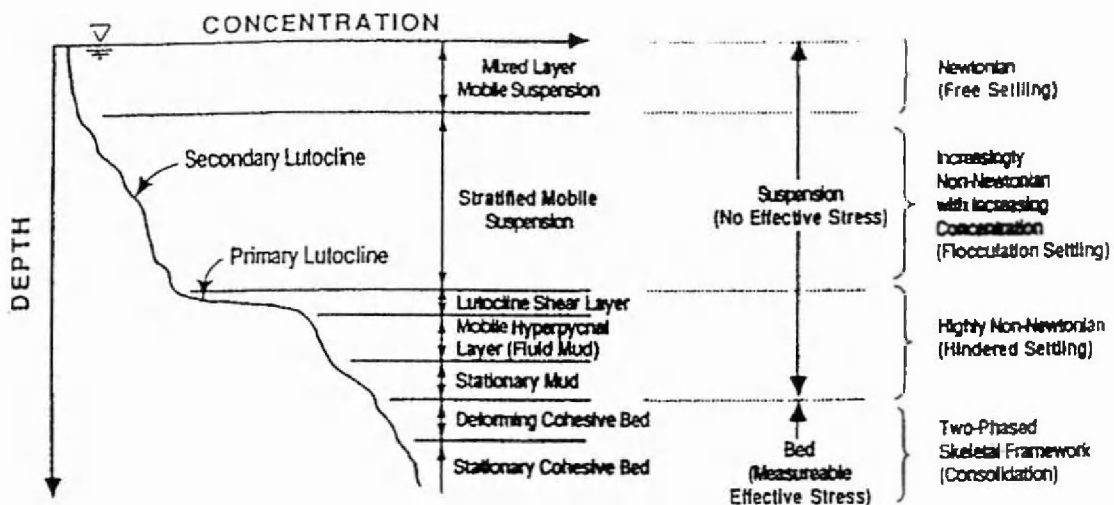


Fig. 1: Horizontale gelaagdheid van een verticaal concentratieprofiel en de benaming van de verschillende lagen. (Naar Mehta, 1989)

22:45

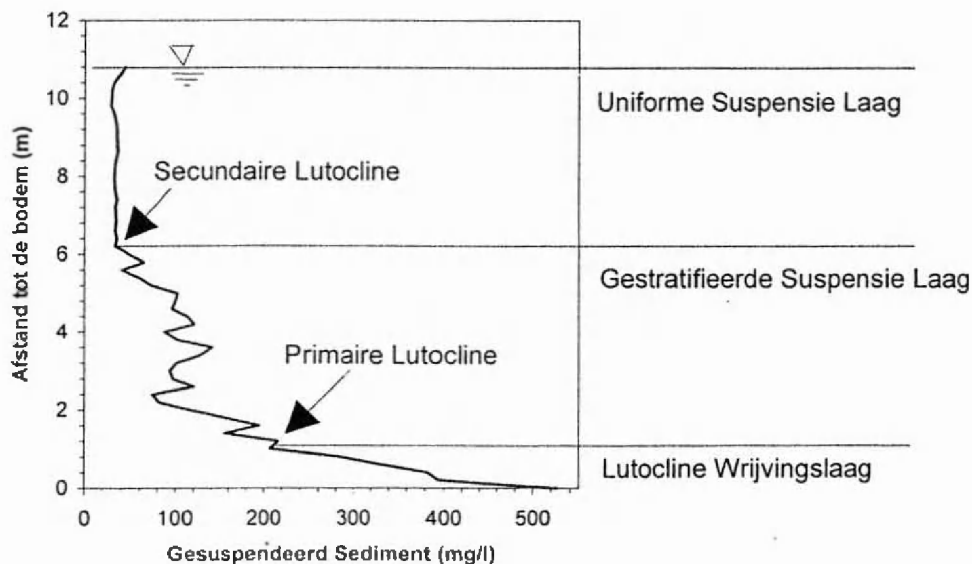


Fig. 2: Horizontale gelaagdheid van een concentratieprofiel, waargenomen op station 97B05 - Rupelmonde

We kunnen grofweg onderscheid maken tussen drie hoofdlagen: een bovenste gemengde laag met een mobiele suspensie, een middelste gestratificeerde, mobiele laag en een onderste laag waarin de concentratie aan sediment sterk toeneemt, bestaande uit een fluid bed suspensie, een stationary bed suspensie en de bodemlaag (cohesive layers). De onderste laag is van de middelste laag gescheiden door een interface waar de shear stress sterk toeneemt, de lutocline wrijvingslaag. Recente metingen te Tielrode (Durmeschor) tonen de aanwezigheid aan van een lutocline wrijvingslaag met concentraties tot 5 g/l. In de omgeving van Fort De Parel werden zelfs concentraties hoger dan 20 g/l waargenomen (b.v. staal 95B53, De Parel L). Een hoofdtak is het onderscheid maken tussen die drie lagen en ze kwalitatief en kwantitatief te beschrijven. (zie ook Wartel, S & Francken, F., 1997)

Deze gelaagdheid is ook terug te vinden in de saliniteits- en in mindere mate in de temperatuurprofielen.

Door de verticale turbiditeitsprofielen en de syroomsnelheidsprofielen te combineren, kunnen we een beeld vormen van de massaflux (zie figuren 3 en 4).

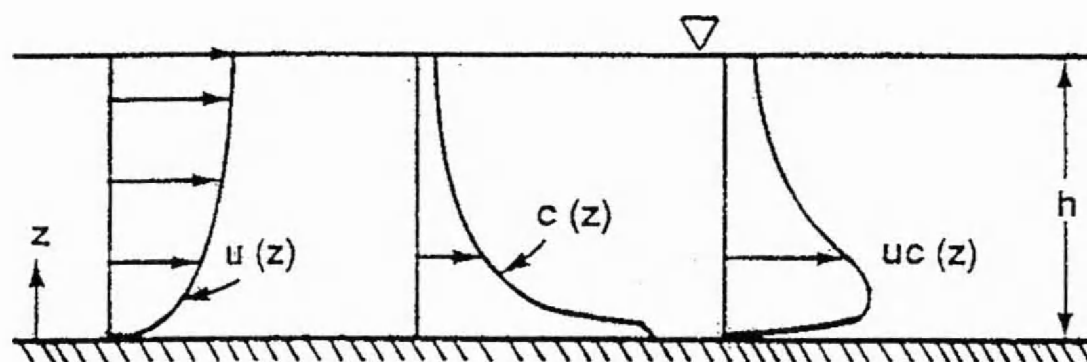


Fig. 3: De combinatie van turbiditeits- en stroomsnelheidsprofiel tot massafluxprofiel

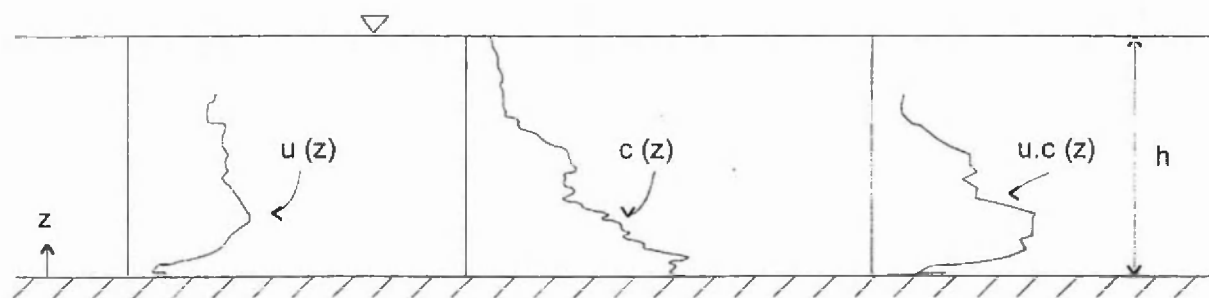
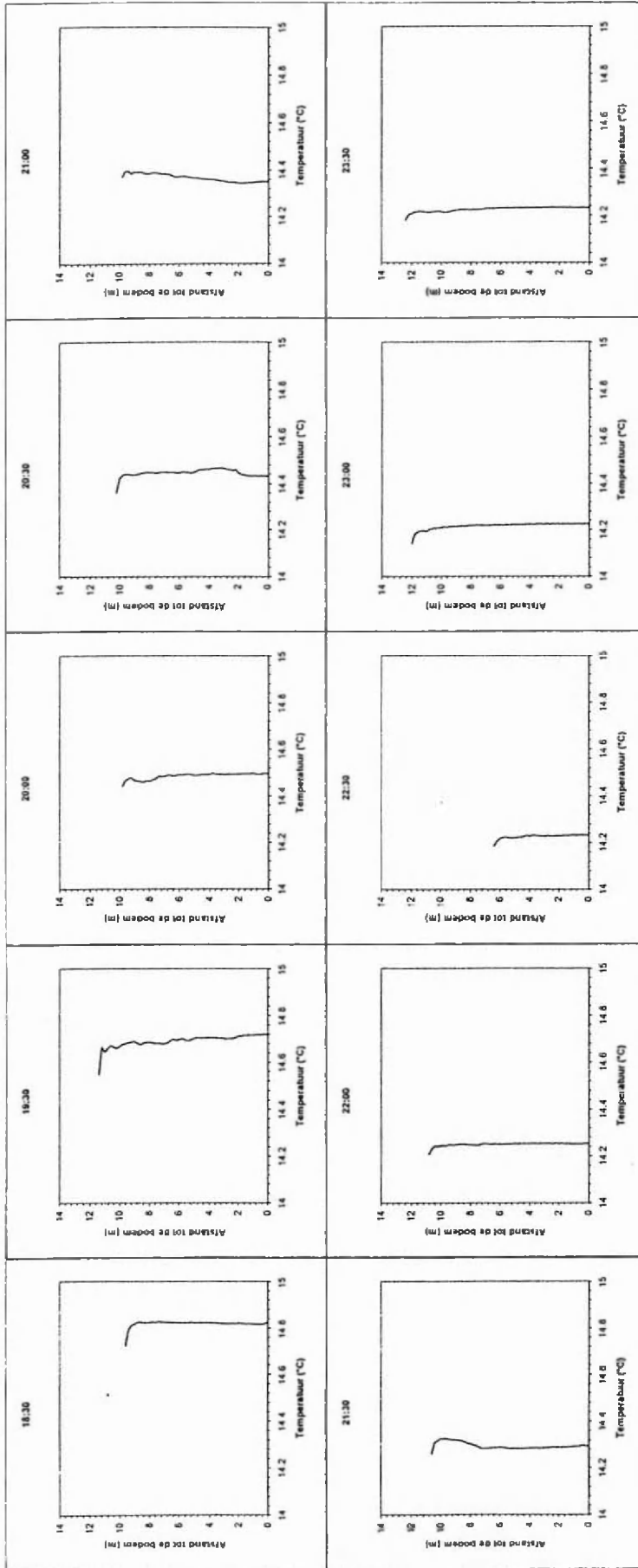
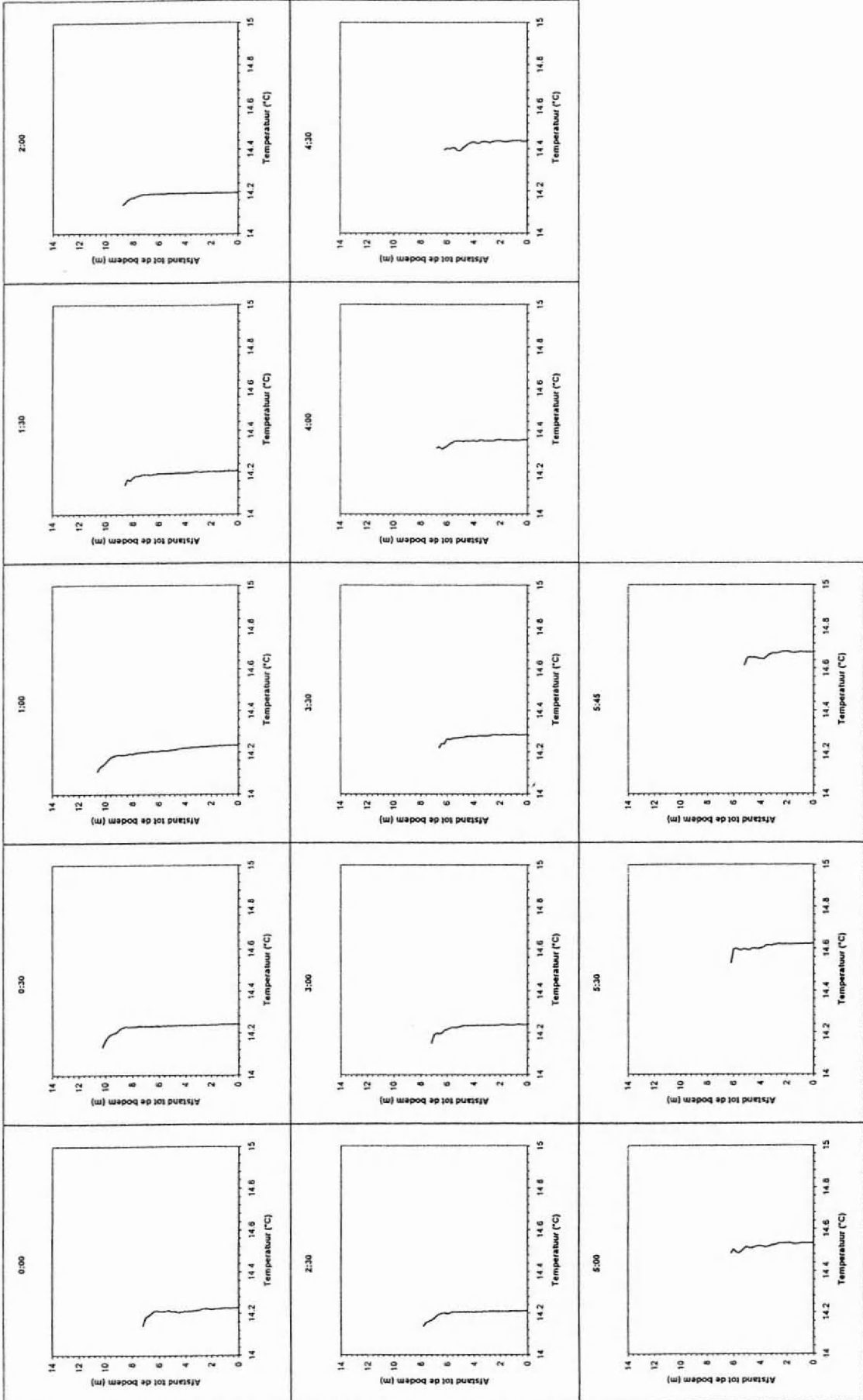


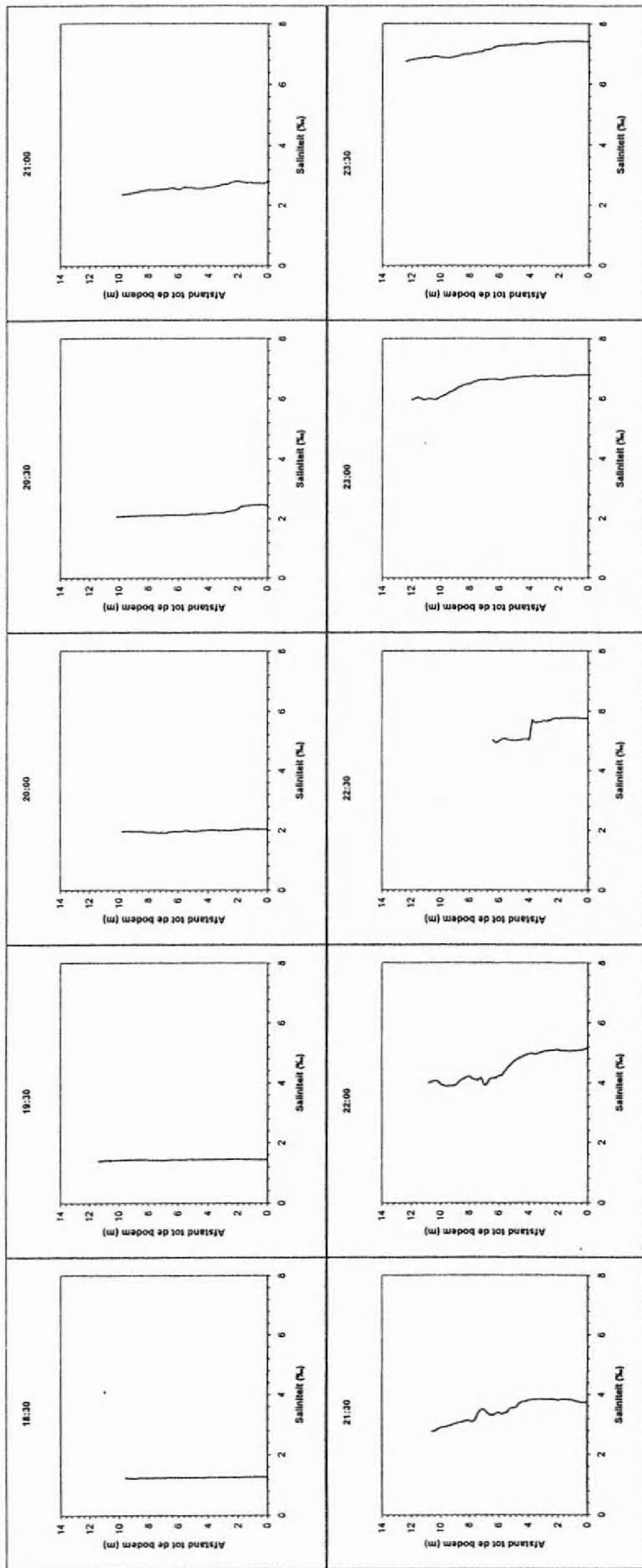
Fig. 4: De berekening van het massafluxprofiel uit het stroomsnelheids- en concentratieprofiel van 21:00 van station 96B07 – Oosterweel R

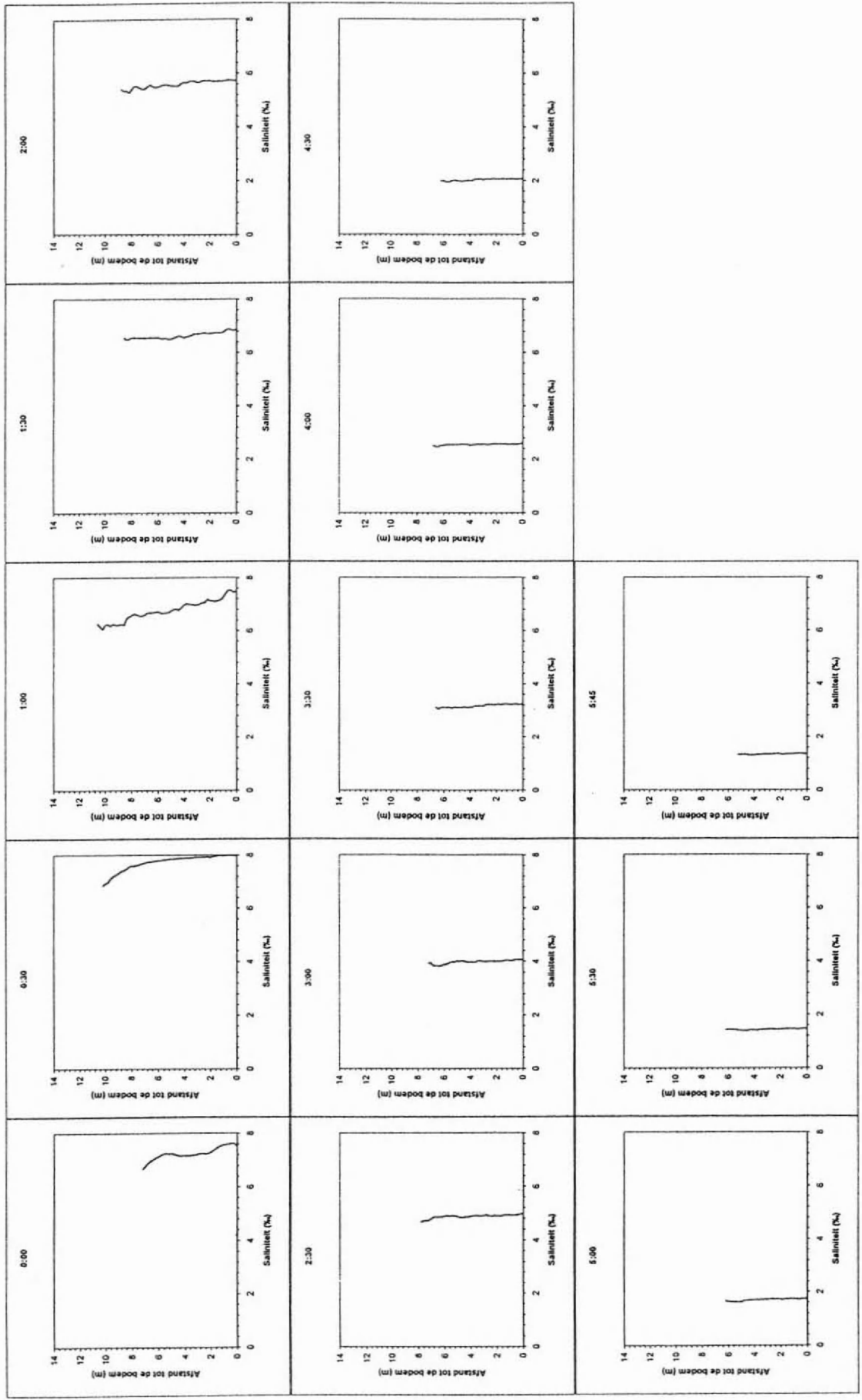
Van deze parameters is in de volgende pagina's een kort overzicht gegevens van een tijcyclus op 1 meetstation: 96B07 – Oosterweel Rechts. Om een geheel beeld te krijgen over een dwarsraai is er na een overzicht van de snelheid, het debiet en het massatransport van Oosterweel Links en Rechts weergegeven. Deze data zijn afkomstig van een andere campagne en de berekeningswijze verschilt lichtjes van de voorgaande profielen, maar ze geven een idee van de heersende omstandigheden.

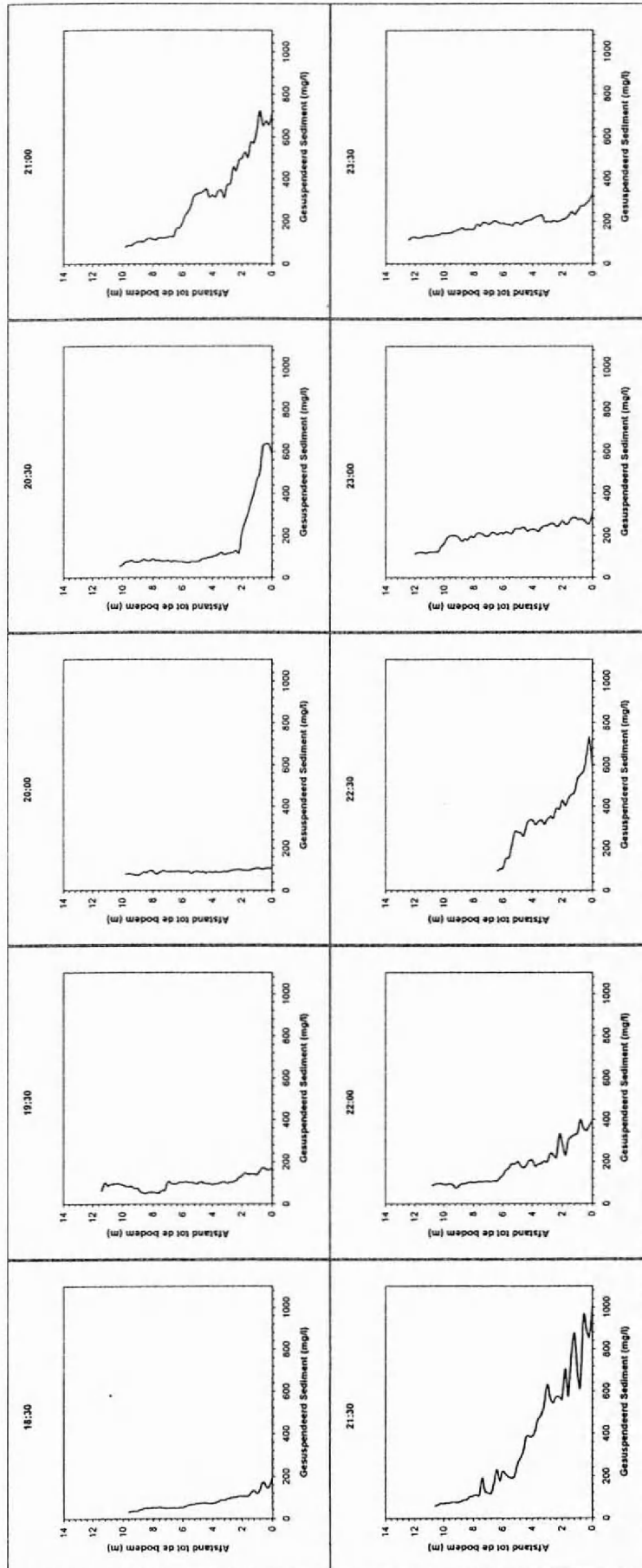
De twee laatste bladzijden van dit hoofdstuk geven een samenvatting weer in tabelvorm van de dwarsraai te Oosterweel en een vergelijk met de Drempel van Zandvliet (Fettweis, M., 1995)

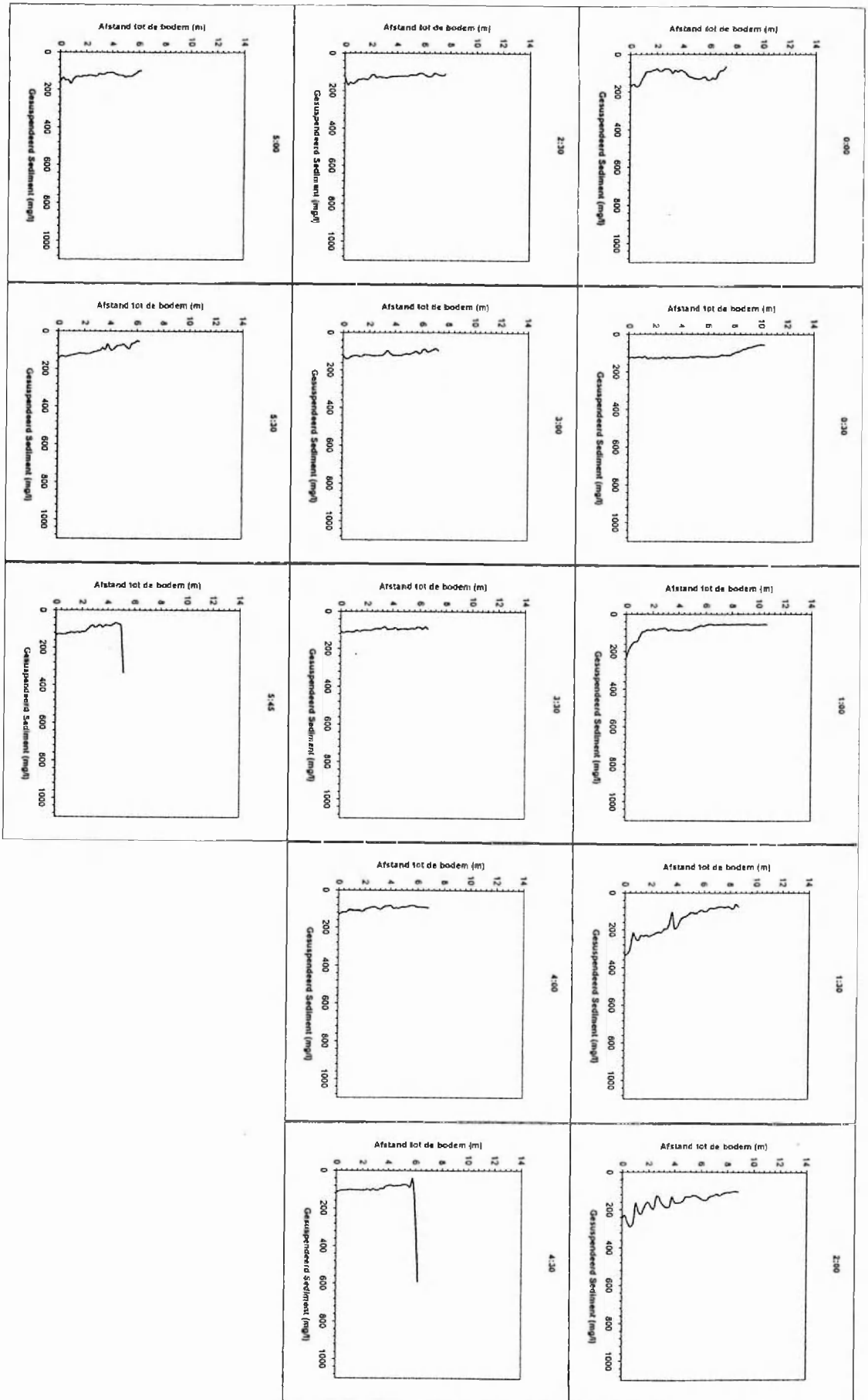


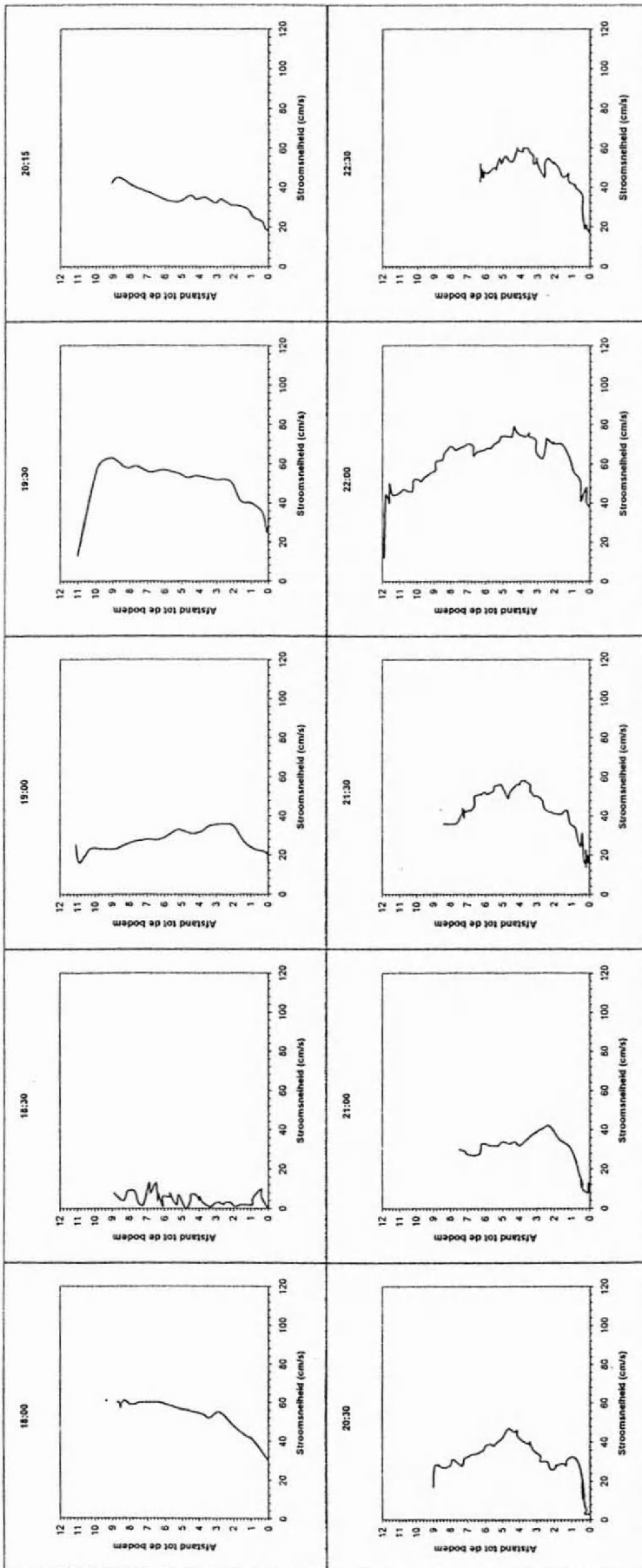




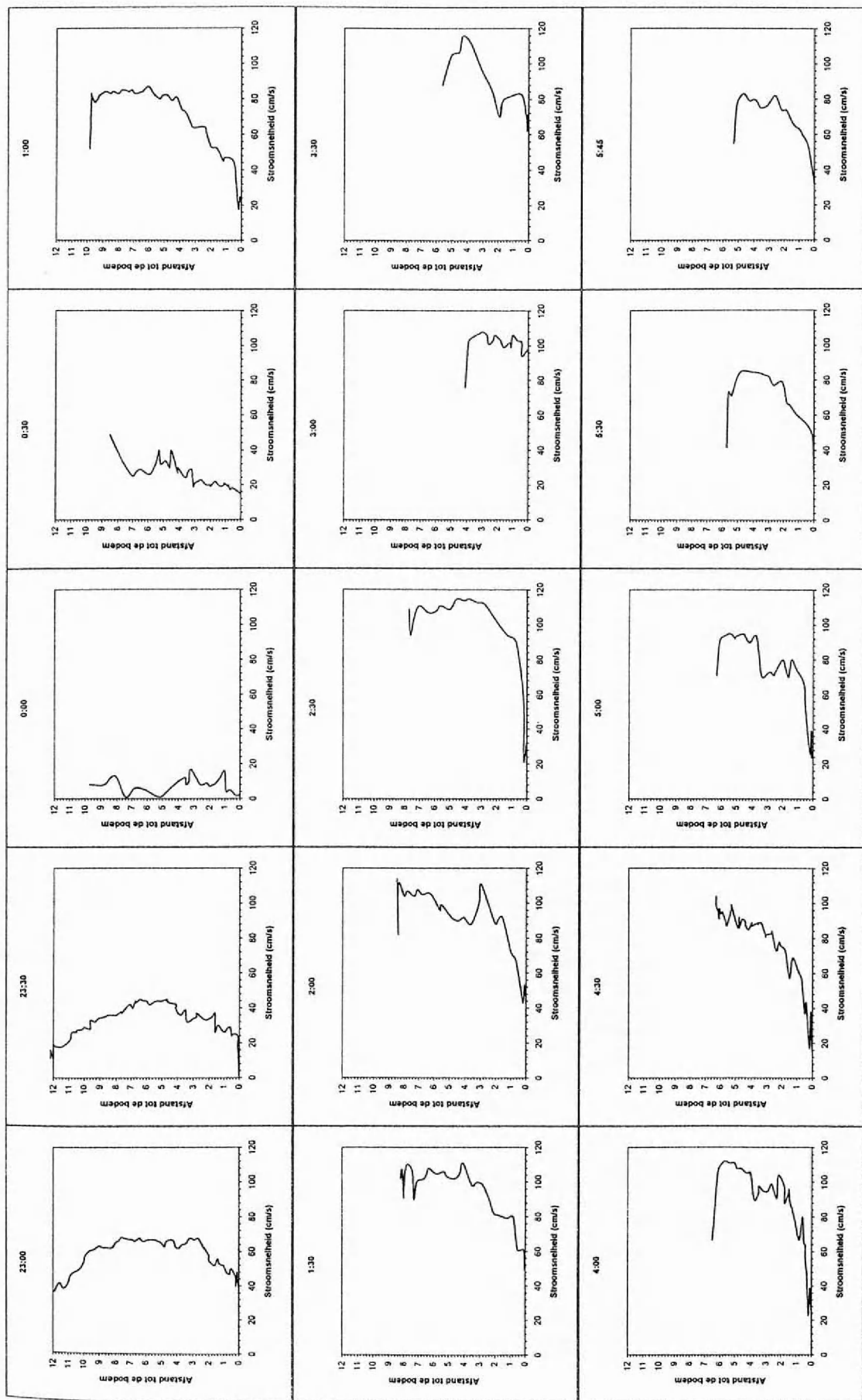


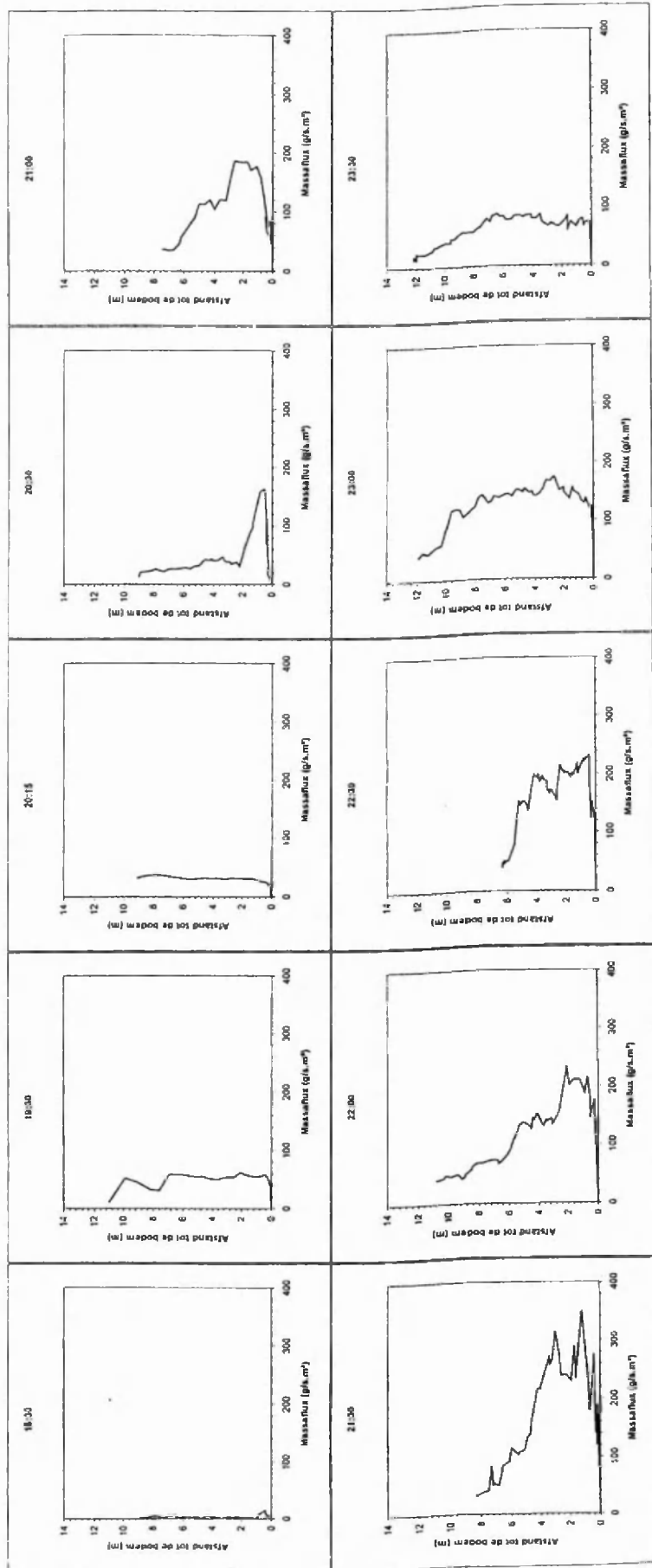


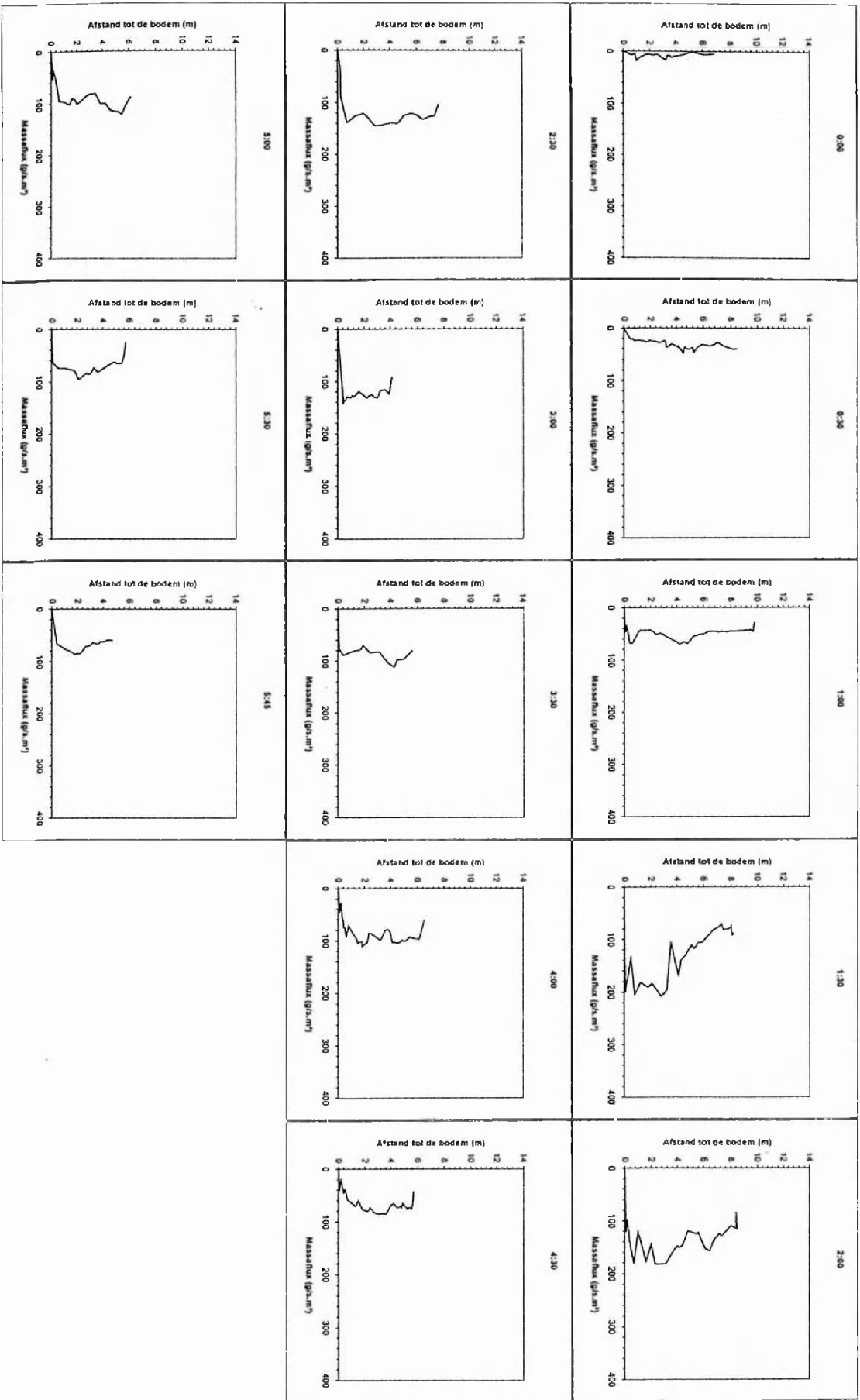




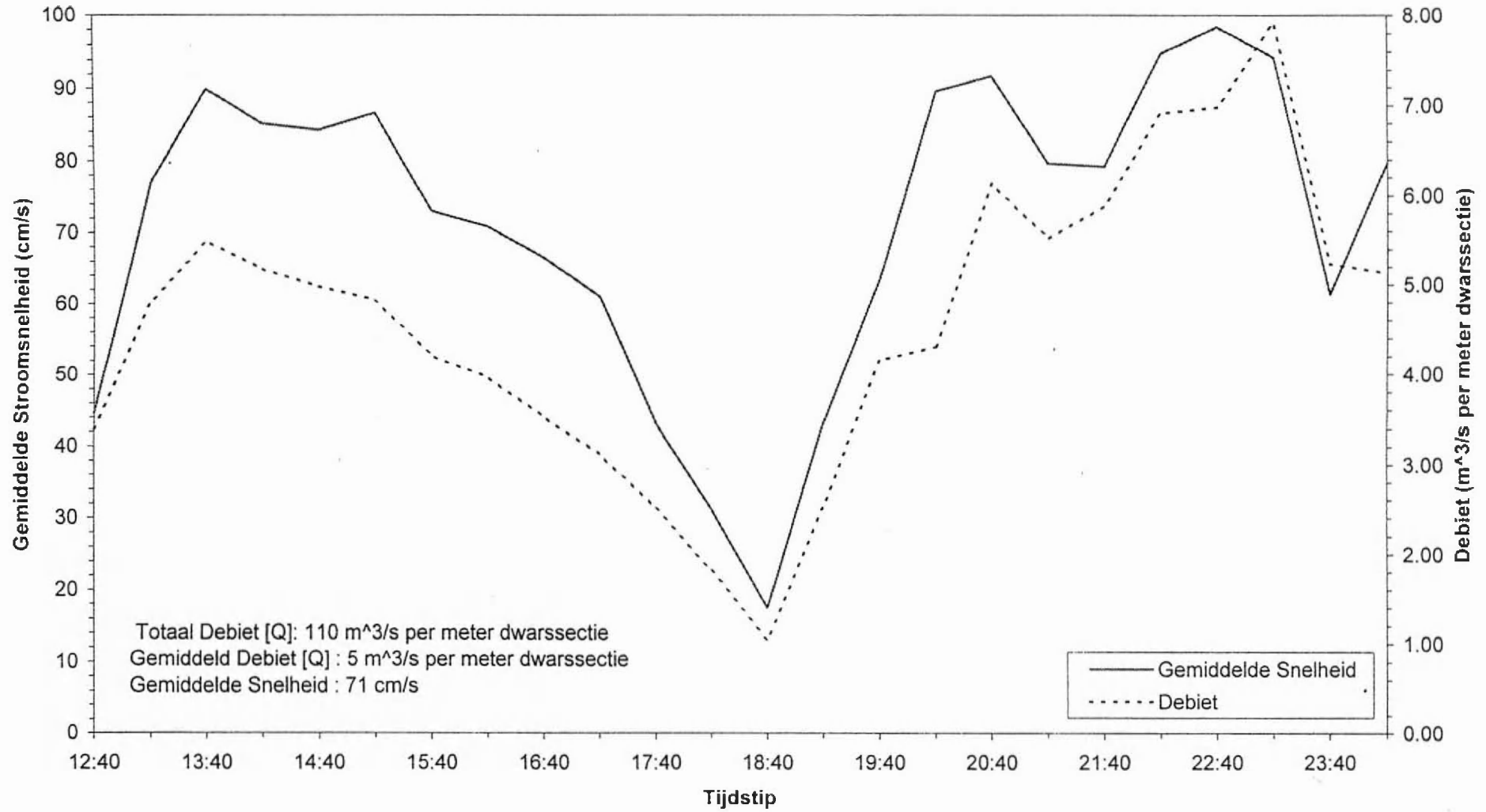
Stroomsnelheid - Station B6B07 - Oosterveer R



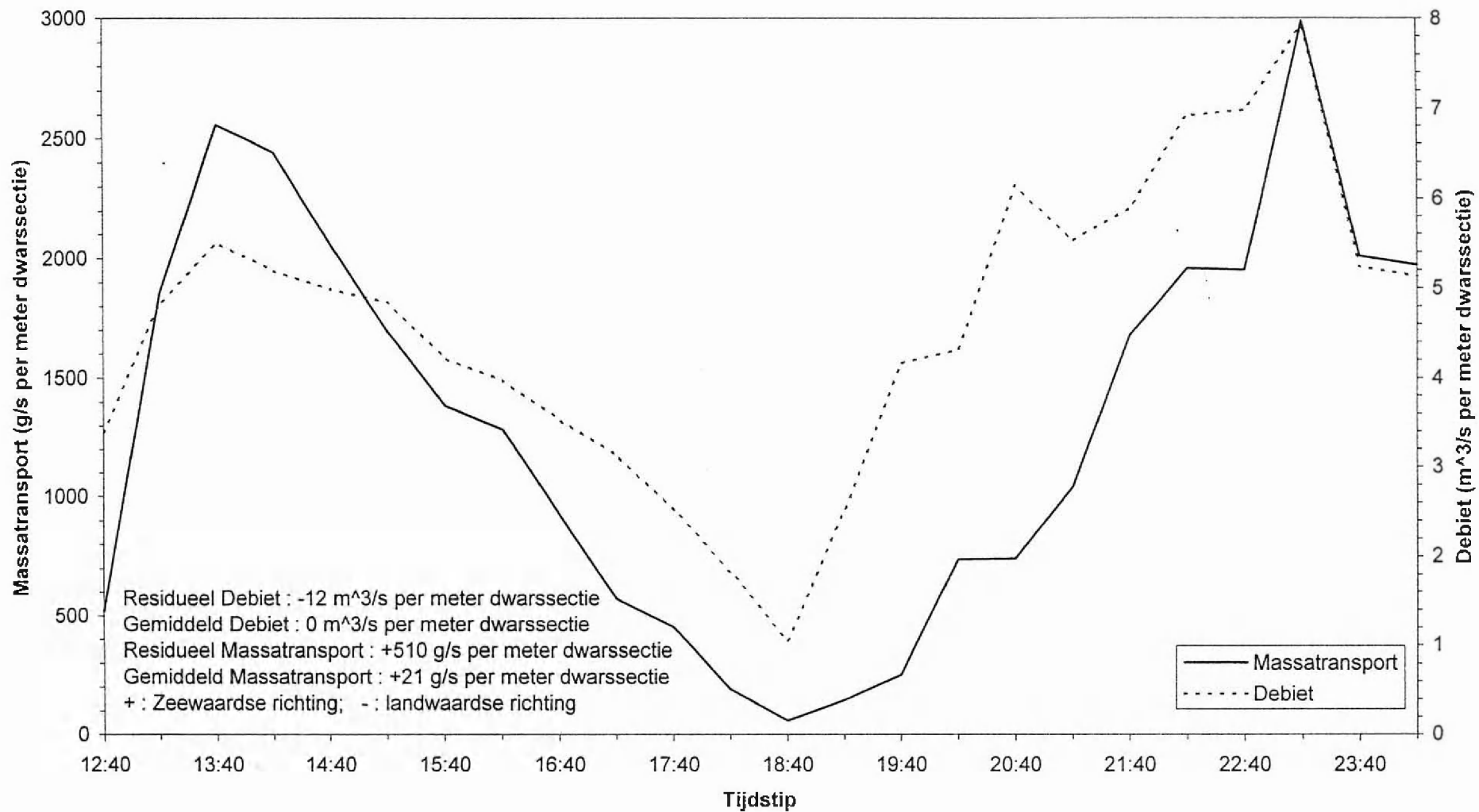




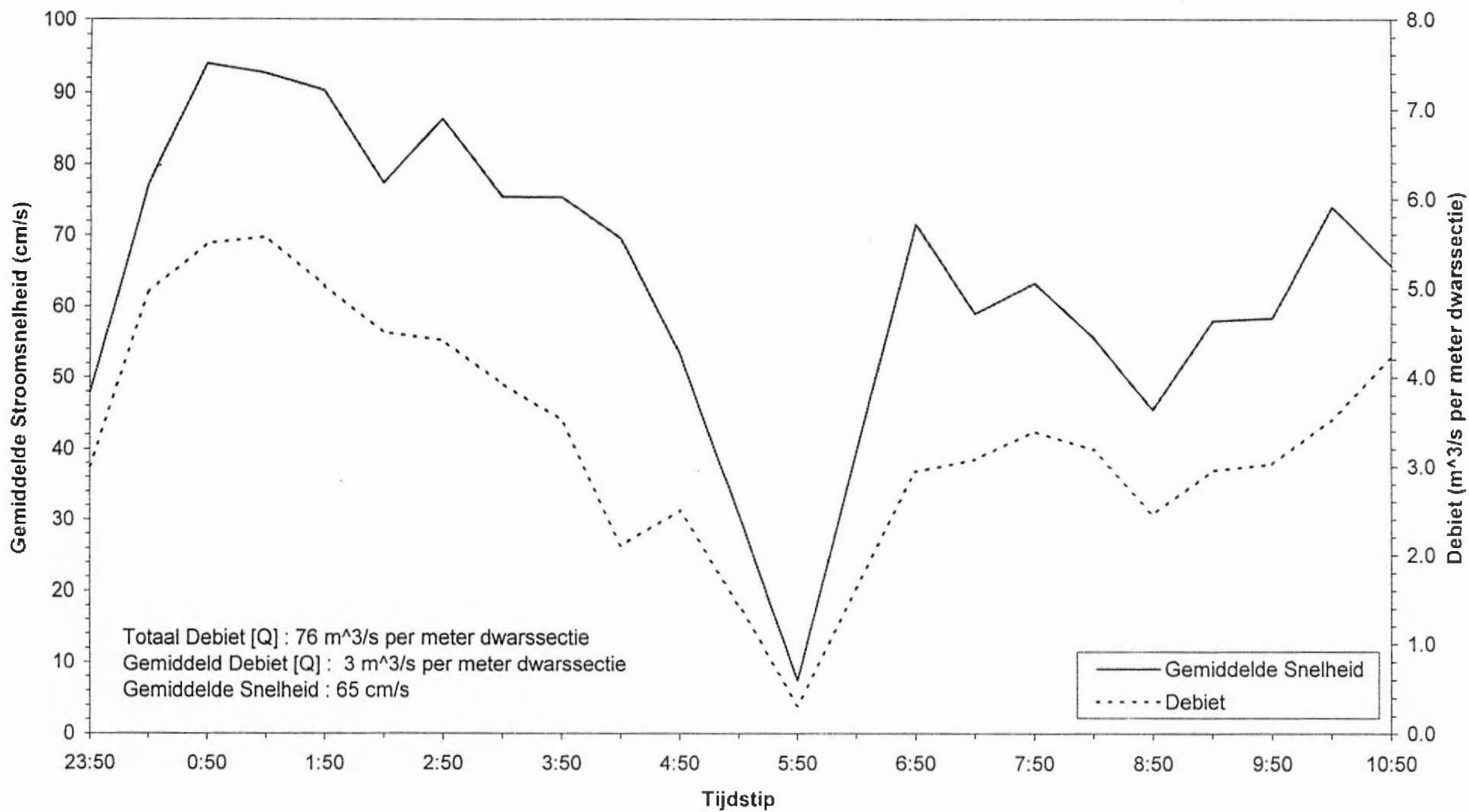
Snelheid en debiet in functie van de tijd - Oosterweel links



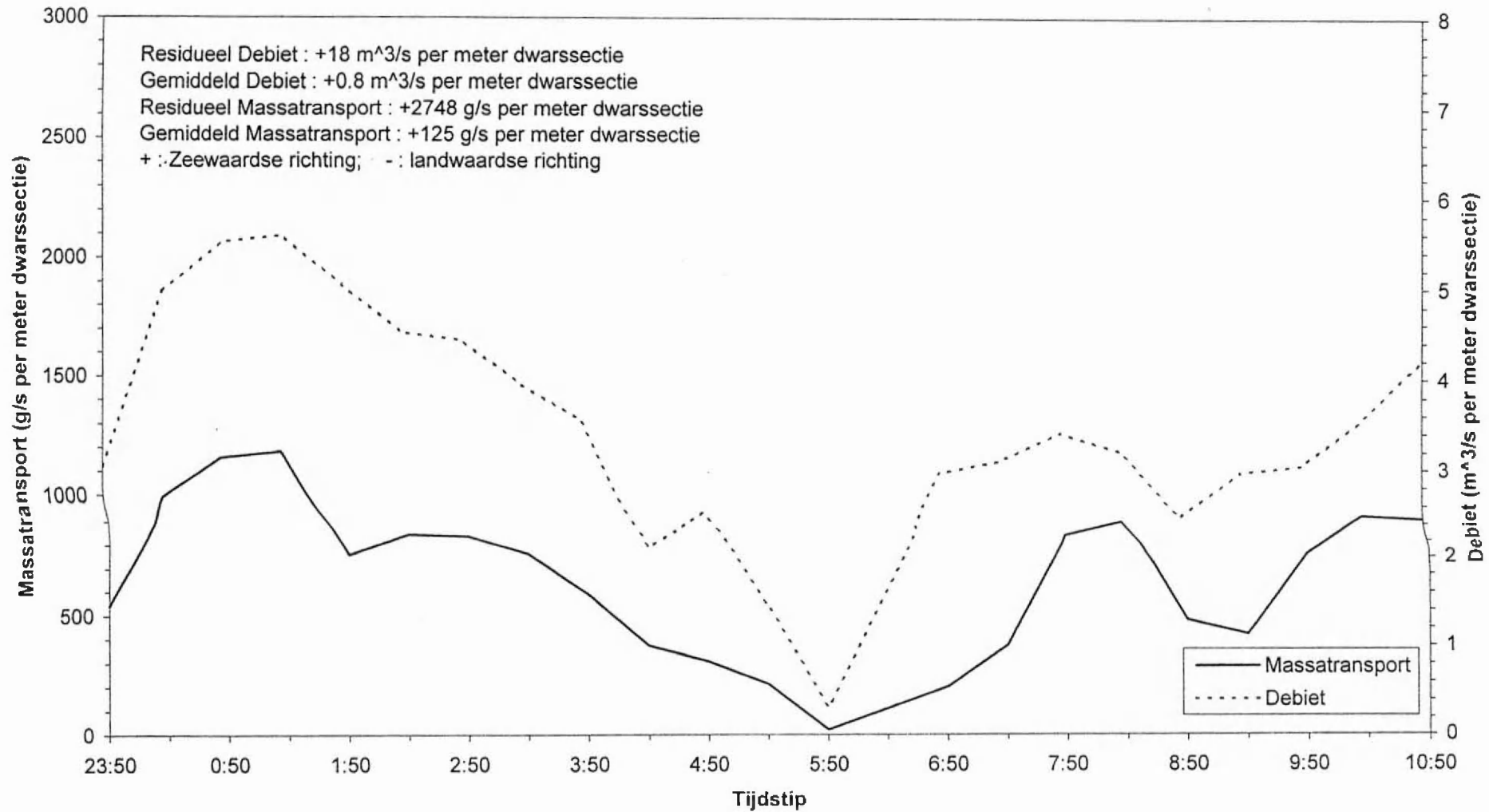
Massatransport en debiet in functie van de tijd - Oosterweel Links



Snelheid en debiet in functie van de tijd - Oosterweel rechts



Massatransport en debiet in functie van de tijd - Oosterweel Rechts



Dwarsraai Oosterweel

Samenvatting

	<u>Oosterweel Links</u>	<u>Oosterweel Rechts</u>
Gemiddelde Stroomsnelheid (cm/s)	71	65
Gemiddeld Debiet [Q] (m ³ /s m dwarsraai)	5	3
Totaal Debiet [Q] (m ³ /s m dwarsraai)	110	76
Gemiddeld Debiet (m ³ /s m dwarsraai)	0	+0.8
Residueel Debiet (m ³ /s m dwarsraai)	-12	+18
Gemiddeld Massatransport (g/s m dwarsraai)	+21	+125
Residueel Massatransport (g/s m dwarsraai)	+510	+2748
Massatransport (ton/getij m dwarsraai)	+23	+122
Massatransport (10 ³ ton/jaar m dwarsraai)	+16	+87

	Oosterweel	Drempel van Zandvliet *
Residueel transport doodtij/springtij (kg/s m dwarsraai)	0.5 – 2.7 / NB	1.1 / 5.4
Gemiddeld transport (ton/getij m dwarsraai) – doodtij	+72	+49
Gemiddeld transport (ton/getij m dwarsraai) – springtij	NB	+243
Gemiddeld transport (10 ⁶ ton/jaar)	+18	NB
Gemiddeld transport (10 ⁶ m ³ /jaar)	+12	NB
Hoeveelheid baggerspecie (10 ⁶ m ³ /jaar)	1.5 – 2 (12.5 – 17%)	

* Resultaten uit Modelling Currents and Sediment Transport Phenomena in Shelf Seas and Estuaries – M. Fettweis (1995)



KBIN – Beheer van het Marien Ecosysteem

Sedimentologie

Gesuspendeerd Sediment Entropie Analyse

Entropie Analyse

De korrelgrootte-analyse van sedimentstalen berust dikwijls op de moment-methode (Friedman, 1961, 1967) of de meer algemeen gebruikte grafische plot methode (Folk & Ward, 1957; Mason & Folk, 1958; Muiola & Weiser, 1968). Deze methoden richten zich op de gemiddelde korrelgrootte, de phi standaard deviatie, de phi skewness en de phi kurtosis van de spectra.

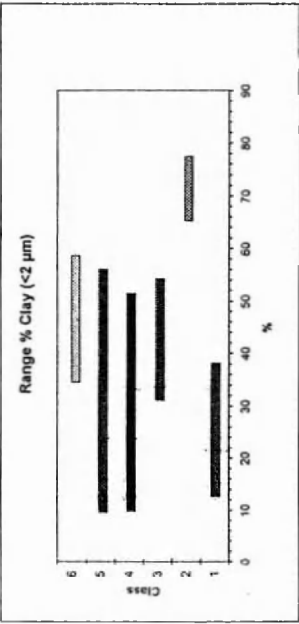
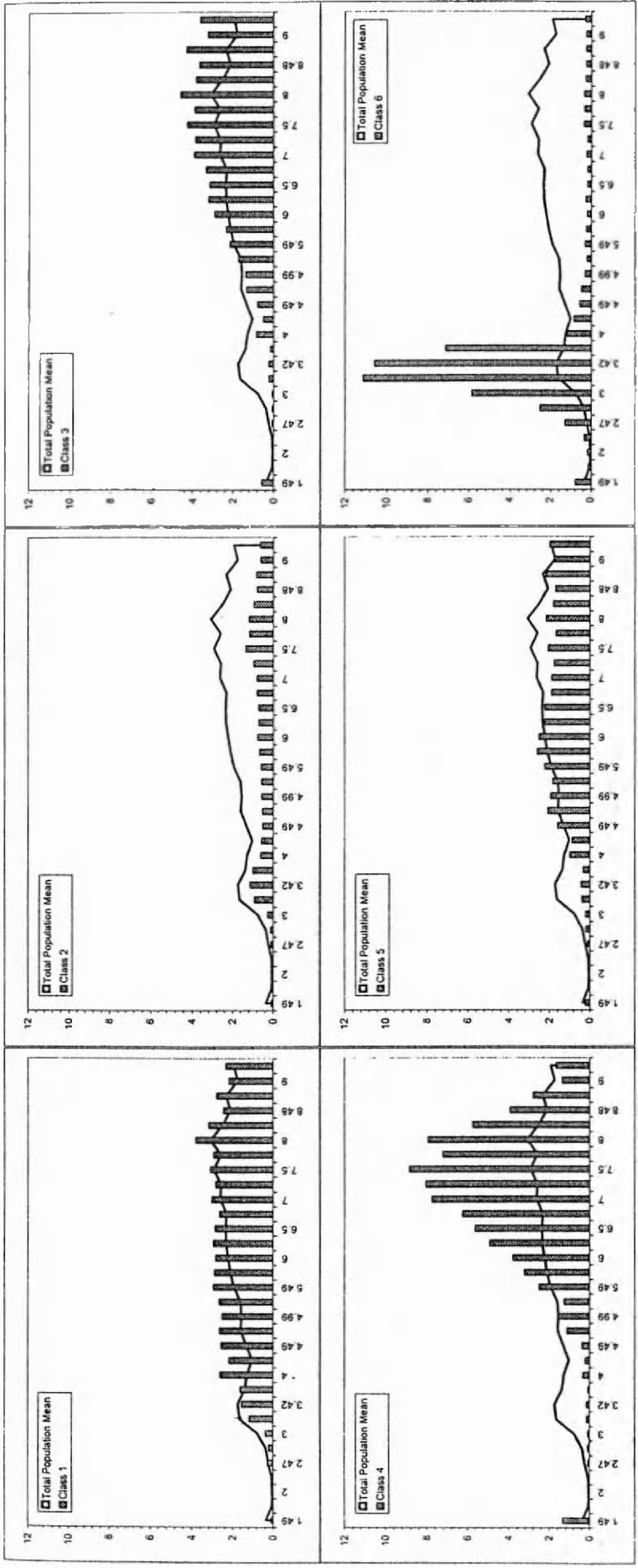
Deze methoden brengen echter een groot informatie verlies met zich mee, daar een heel spectrum wordt beschreven aan de hand van deze vorige parameters en er verschillende spectra overeen kunnen stemmen met een zelfde set van grafische of moment parameters. Om dit verlies op te vangen, is een informatie classificatie techniek, afkomstig uit de geografie, toegepast op korrelgrootte verdelingen (Johnston, R.J. & Semple, R.K., 1983; Forrest, J & Clark, N.R., 1989). Het is een multivariante extentie van de entropie analyse. De techniek groepeert stalen volgens de totale vorm van hun spectrum van korrelgrootte en laat toe het aantal groepen te variëren. De entropie analyse geeft een idee van het contrast tussen intervallen in een frequentie histogram. Lage entropie waarden karakteriseren een histogram met opmerkelijke verschillen tussen de intervallen, hoge entropie waarden enkel kleine verschillen. De entropie methode zorgt voor een kleine intra-groep variatie en een maximale inter-groep variatie.

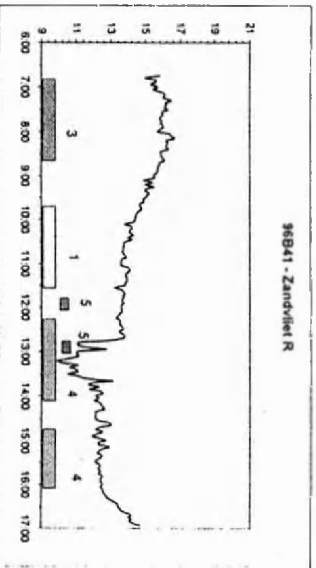
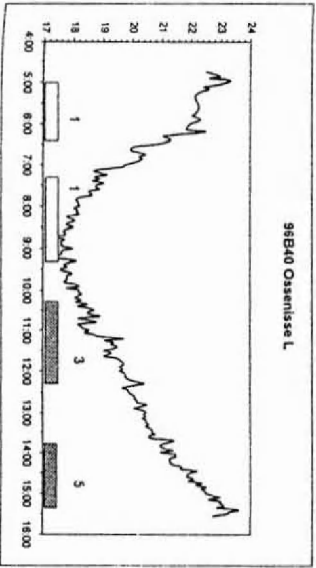
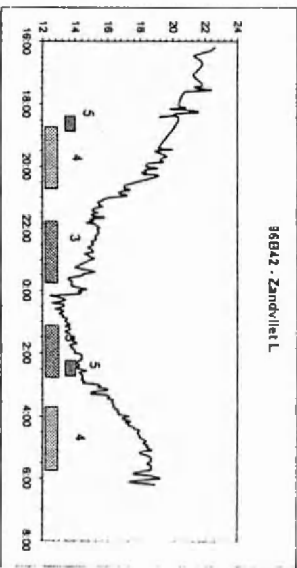
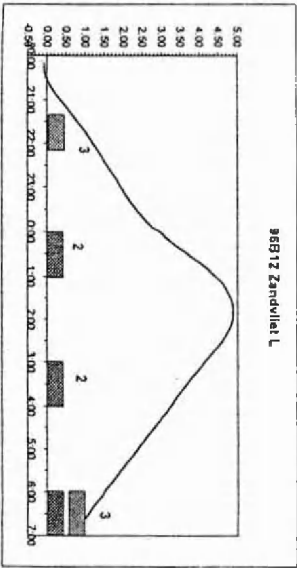
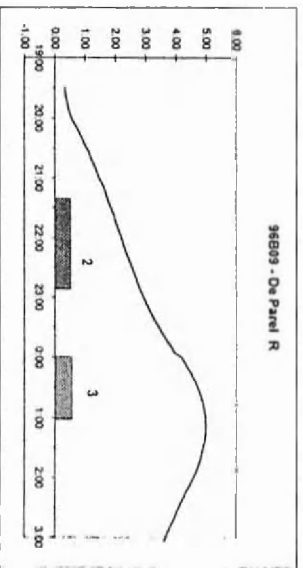
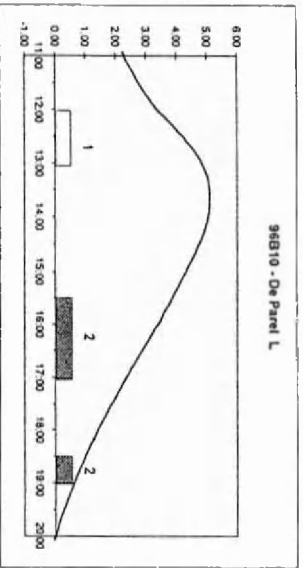
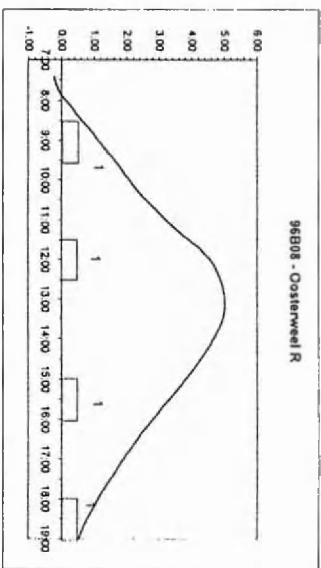
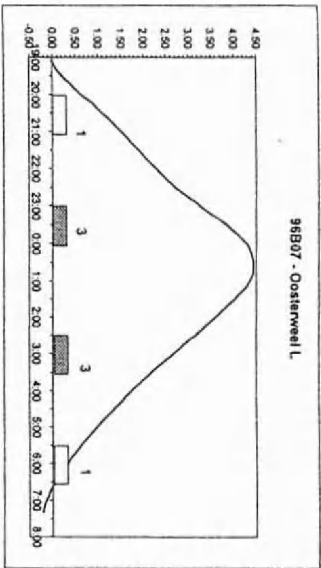
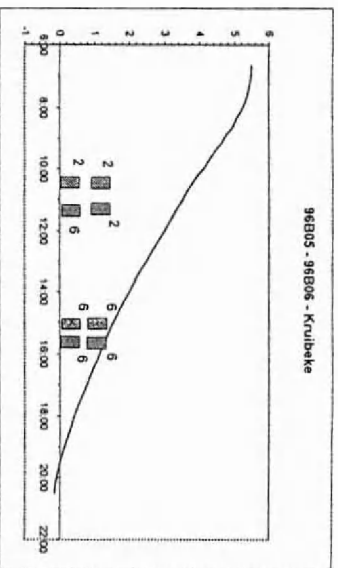
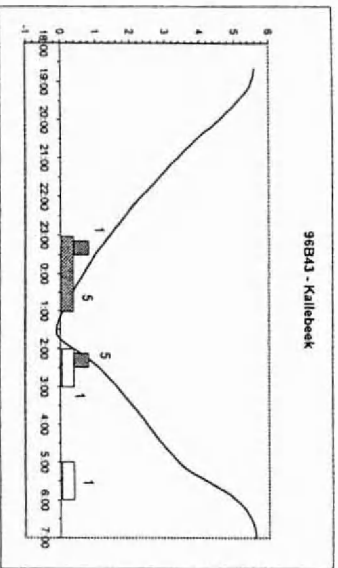
Om deze methode toe te passen werd een FORTRAN programma van Johnston & Semple aangepast (met dank aan J. Forrest) om grote sets van korrelgrootte data (groot zowel in aantal stalen als in μm of ϕ -intervals) te kunnen verwerken.

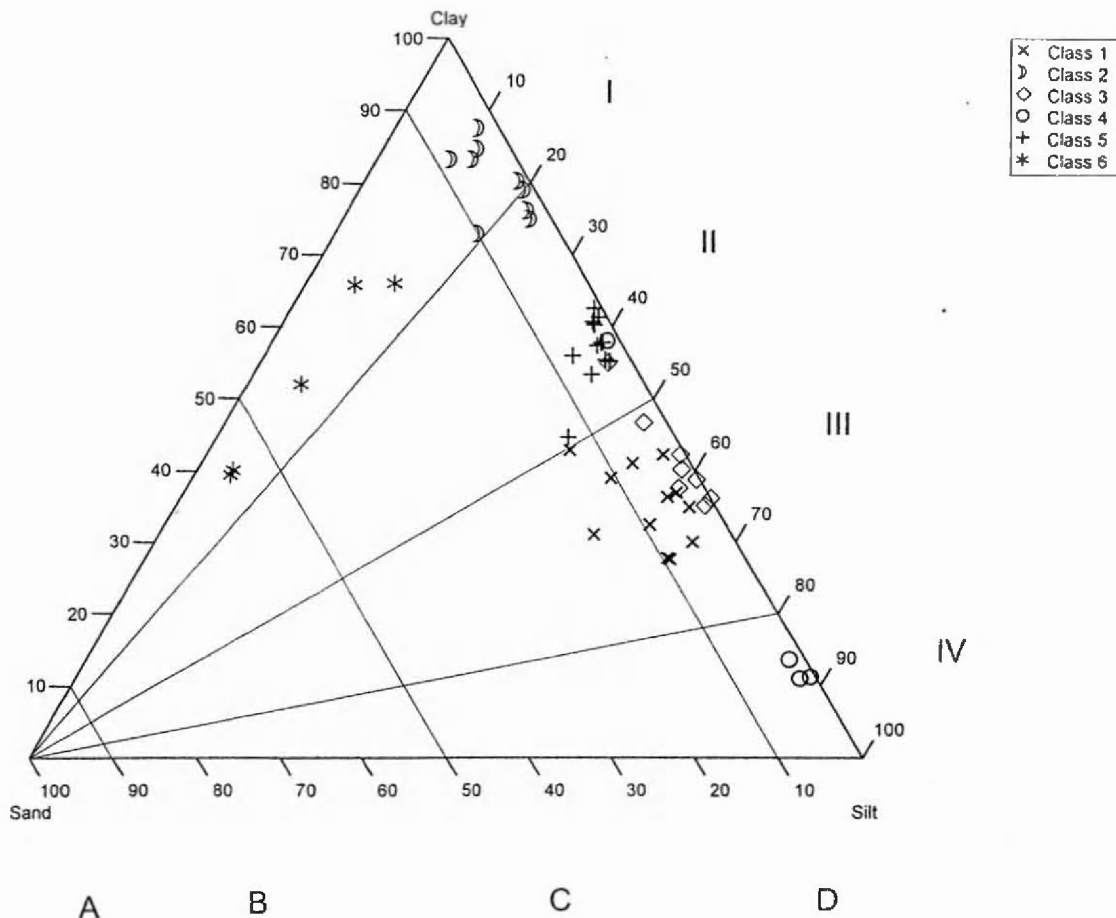
De volgende pagina's geven de entropie analyse weer van de set gesuspendeerde sedimentstalen van 1996. Deze stalen, 52 in totaal, zijn genomen op verschillende plaatsen langsheen het Schelde-estuarium. De entropie analyse gaf een goede groepering (77.5% verklaard) weer bij 6 groepen. De eerste bladzijde geeft de uitdraai van het entropie-programma weer, met de volledige dataset, gevolgd door de 6 groepen, met in elke groep alle observaties. Daarna is een pagina met de 6 groepen grafisch weergegeven (histogram) ten opzichte van het gemiddelde van alle observaties. Eronder staat nog een grafiekje met het kleigehalte voor elk van de 6 klassen. Vervolgens zijn alle klassen weergegeven, volgens de positie waar ze genomen zijn en op welk moment van het getij dit gebeurde. De laatste pagina geeft de klassen weer op het driehoeksdiagramma van Perjup.

Voor een gedetailleerde bespreking van deze methode en de voortvloeiende resultaten, wordt naar een volgend rapport verwezen.

GROUP	MEANS	TOTAL	MEAN	0.28	-0.02	-0.02	0.00	-0.16	-0.4	-0.81	-0.22	0.34	1.34	1.15	1.26	1.06	0.87	1.07	0.34	0.38	0.25	0.17	0.35	0.72	0.64	0.35	0.46	0.42	0.36	
CLASS	2	0.03	0.01	0.02	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	
OBSERVA	9	0.03	0.01	0.02	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	
OBSERVA	12	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	
OBSERVA	13	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	
OBSERVA	15	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	
OBSERVA	16	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	
OBSERVA	17	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	
OBSERVA	43	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	
OBSERVA	45	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	
OBSERVA	50	0.11	0.07	0.04	0.07	0.11	0.21	0.68	1.17	1.99	3.74	1.19	0.84	0.52	0.16	0.62	0.36	0.49	0.18	0.39	0.49	0.38	0.43	0.68	0.58	0.49	0.38	0.59	0.70	
OBSERVA	50	0.11	0.07	0.04	0.07	0.11	0.21	0.68	1.17	1.99	3.74	1.19	0.84	0.52	0.16	0.62	0.36	0.49	0.18	0.39	0.49	0.38	0.43	0.68	0.58	0.49	0.38	0.59	0.70	
GROUP MEANS	0.06	0.06	0.08	0.12	0.26	0.81	1.13	2.26	4.41	8.48	1.68	1.17	0.84	0.52	0.16	0.62	0.36	0.49	0.18	0.39	0.49	0.38	0.43	0.68	0.58	0.49	0.38	0.59	0.70	
GROUP MEANS	0.06	0.06	0.08	0.12	0.26	0.81	1.13	2.26	4.41	8.48	1.68	1.17	0.84	0.52	0.16	0.62	0.36	0.49	0.18	0.39	0.49	0.38	0.43	0.68	0.58	0.49	0.38	0.59	0.70	
GROUP MEANS	-0.01	-0.03	-0.15	-0.25	-0.5	-0.73	-0.81	-0.28	-0.66	-0.45	-0.5	-1.05	-1.05	-0.8	-0.3	-0.28	-1.44	-1.45	-1.62	-1.63	-1.54	-1.83	-1.64	-1.6	-1.42	-1.51	-1.32	-1.51	-1.14	
TESTS	-1.14	-0.89	-0.46	-0.58	-0.71	-0.83	-0.76	-0.64	-0.56	-0.47	-1.36	-1.26	-2.1	-2.91	-2.89	-2.84	-3.72	-3.85	-3.76	-3.49	-3.19	-2.85	-2.74	-2.43	-2.16	-2.31	-2.79	-3	-3.02	
CLASS	3	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	
OBSERVA	3	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	
OBSERVA	6	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	
OBSERVA	14	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	
OBSERVA	14	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	
OBSERVA	21	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	
OBSERVA	21	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	
OBSERVA	21	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	
OBSERVA	30	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
OBSERVA	30	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
OBSERVA	31	0.08	0.01	0.04	0.07	0.16	0.19	0.75	1.72	3.25	6.59	1.74	2.71	2.9	3.39	3.49	2.81	2.9	3.39	3.49	2.81	2.9	3.39	3.49	2.81	2.9	3.39	3.49	2.81	
OBSERVA	31	0.08	0.01	0.04	0.07	0.16	0.19	0.75	1.72	3.25	6.59	1.74	2.71	2.9	3.39	3.49	2.81	2.9	3.39	3.49	2.81	2.9	3.39	3.49	2.81	2.9	3.39	3.49	2.81	
GROUP MEANS	0.03	0.04	0.05	0.07	0.07	0.21	0.22	0.15	0.83	0.48	0.77	1.3	1.34	1.37	2.14	2.32	2.89	3.21	3.15	3.32	3.82	3.85	4.25	3.89	4.58	3.62	3.66	4.28	3.22	
GROUP MEANS	0.03	0.04	0.05	0.07	0.07	0.21	0.22	0.15	0.83	0.48	0.77	1.3	1.34	1.37	2.14	2.32	2.89	3.21	3.15	3.32	3.82	3.85	4.25	3.89	4.58	3.62	3.66	4.28	3.22	
GROUP MEANS	-0.02	-0.04	-0.19	-0.3	-0.7	-1.43	-1.51	-1.21	-0.44	-0.53	-0.54	-0.29	-0.22	0.1	0.2	0.21	0.67	0.88	0.81	1.02	1.3	1.37	1.32	1.31	1.48	1.32	1.55	1.86	1.48	
TESTS	-0.73	-0.83	-0.89	-1	-1.06	-1.25	-1.47	-1.49	-0.92	-1.59	-1.42	-0.84	-0.29	0.56	0.6	0.6	1.72	1.86	1.96	1.89	1.87	1.79	2.13	2.17	2.51	2.57	4.07	3.83	3.88	
CLASS	4	0.01	0.03	0.04	0.14	0.11	0.14	0.11	0.14	0.11	0.14	0.11	0.14	0.11	0.14	0.11	0.14	0.11	0.14	0.11	0.14	0.11	0.14	0.11	0.14	0.11	0.14	0.11	0.14	
OBSERVA	24	0.01	0.03	0.04	0.14	0.11	0.14	0.11	0.14	0.11	0.14	0.11	0.14	0.11	0.14	0.11	0.14	0.11	0.14	0.11	0.14	0.11	0.14	0.11	0.14	0.11	0.14	0.11	0.14	
OBSERVA	24	0.01	0.03	0.04	0.14	0.11	0.14	0.11	0.14	0.11	0.14	0.11	0.14	0.11	0.14	0.11	0.14	0.11	0.14	0.11	0.14	0.11	0.14	0.11	0.14	0.11	0.14	0.11	0.14	
OBSERVA	26	0.53	0.01	0.03	0.01	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
OBSERVA	26	0.53	0.01	0.03	0.01	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
OBSERVA	32	3.67	0.11	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	
OBSERVA	32	3.67	0.11	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
GROUP MEANS	0.04	0.07	0.08	0.08	0.08	0.13	0.13	0.21	0.35	1.32	1.56	1.26	2.49	3.22	3.79	4.91	5.63	6.34	7.76	6.05	6.67	7.21	7.64	6.74	6.84	2.8	1.25	1.65	1.65	
GROUP MEANS	0.04	0.07	0.08	0.08	0.08	0.13	0.13	0.21	0.35	1.32	1.56	1.26	2.49	3.22	3.79	4.91	5.63													







Deze figuur geeft de 6 klassen van de entropie analyse weer in het driehoeksdigramma van Perjup (Perjup, M. 1988). De hydrodynamische eigenschappen van het sedimentatiemilieu zijn beschreven door het percentage klei in de sedimenten. Secties I tot IV weerspiegelen een toename in turbulentie van het milieu (I: zwak, II: eerder zwak, III: eerder sterk en IV: sterk). De sedimenten zijn ingedeeld in vier groepen volgens hun zandgehalte, A tot D. Zo ontstaan 16 groepen, elk met hun letter en cijfer. B.v. groep CIII omvat sedimenten met een gehalte aan zand tot ligt tussen 50 en 10%, afgezet onder eerder sterke turbulente omstandigheden.

De sedimenten uit klasse 1 zijn typisch groep DIII sedimenten: tussen 0% en 10% (enkele tot 20%) zand en eerder sterk turbulente omstandigheden. Klasse 2 sedimenten vinden we terug in de DI groep: 0-10% zand en zwak hydrodynamische condities. Klasse 3 sedimenten zijn eveneens van het type DIII zoals klasse 1, maar met nog minder zand (<5%). Klasse 4 stemt overeen met een sediment van groep DIV: van 0 tot 10% zand en sterk turbulente condities, terwijl klasse 5 in groep DII thuis hoort: weinig zand (0-10%) en eerder zwakke hydrodynamische omstandigheden. Tenslotte is er klasse 6 die we kunnen verdelen over groepen BI en CI: van 70 tot 20% zand en zwakke hydrodynamische condities.

Referenties

- Fettweiss, M. (1995). *Modelling Currents and Sediment Transport Phenomena in Shelf Seas and Estuaries*. Doctoraatsthesis, Faculteit Wetenschappen, Geologie-Geografie, Historische Geologie – Faculteit Toegepaste Wetenschappen, Burgerlijke Bouwkunde, Laboratorium voor Hydraulica. Katholieke Universiteit Leuven. 253 pp.
- Folk, R.L. & Ward, W.C. (1957). Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *J. sedim. Petrol.*, **27**, 3-26.
- Forrest, J. & Clark, N.R. (1989). Characterizing grain size distributions: evaluation of a new approach using a multivariate extension of entropy analysis. *Sedimentology*, **36**, 711-722.
- Friedman, G.M. (1961). Distinction between dune, beach, and river sands from the textural characteristics. *J. sedim. Petrol.*, **31**, 514-529.
- Friedman, G.M. (1967). Dynamic processes and statistical parameters compared for grain size frequency distributions of beach and river sands. *J. sedim. Petrol.*, **37**, 327-354.
- Johnston, R.J. & Semple, R.K. (1983). *Classification Using Information Statistics*. Geobooks, Norwich.
- Mason, C.C. & Folk, R.L. (1958). Differentiation of beach, dune and aeolian flat environments by size analysis: Mustang Island, Texas. *J. sedim. Petrol.*, **28**, 211-226.
- Mehta, A.J. (1989). Fine sediment stratification in coastal waters. Third National Conference on dock & harbour engineering, 6-9 dec. 1989, Surathkal, India. 487-491
- Moiola, R.J. & Weiser, D. (1968). Textural Parameters: an evaluation. *J. sedim. Petrol.*, **38**, 45-53.
- Perjup, M. (1988). The Triangular diagram used for classification of estuarine sediments: a new approach. *Tide-Influenced Sedimentary Environments and Facies*. 289-300.
- Wartel, S & Francken, F. (1997). Sedimenttransport en sedimentatieprocessen in de Schelde tussen Zandvliet en Gent. *Verslag AMIS DS6.1 – 5/1*. 89 pp.



KBIN – Beheer van het Marien Ecosysteem

Sedimentologie

Organisch Materiaal

Bepaling van het gehalte aan organisch materiaal in estuarine sedimenten

Precisie en Accuraatheid

ABSTRACT

When measuring the total content of organic matter in sediments, several simple methods based on combustion can be used. Two of these methods, the combustion at 430°C during 24 hours (S.J. Gale & P.G. Hoare, 1991) and the combustion at 550°C during 2 hours (M.G. Gross, 1971) were tested on their precision and accuracy. At the same time the loss of carbonates due to combustion was monitored, since this could have some effects on the results of the total organic matter content.

For these tests estuarine suspended sediments were used, as well as pure organic compounds (glucose and charcoal powder). The lithic fraction of the sediments was for about 50 % smaller than 2µm. In the Schelde estuary this sedimentological fraction consists especially of Illite, Smeckite and Kaolinite (L. M. Duarte, 1991).

Out of the tests we can conclude that the combustion at 430°C during 24 hours is the best method, since it produces less dehydration of clays (D. Cattol, 1962), while it is more effective against strong organic compounds, as cellulose. This method has proved to be precise and accurate (relative errors on the results are about 2%), though the precision depends of the homogenisation method (P. I. Tagle Saad, 1996) and the type of furnace used.

INLEIDING

Deze studie had tot doel de precisie en de accuraatheid van de bepaling van het gehalte aan organisch materiaal te verbeteren.

Een eerste stap, om een betere reproduceerbaarheid van het meetresultaat te bekomen, werd gezet door de homogenisatie te optimaliseren (P. I. Tagle Saad, 1996). Vervolgens werden twee veelgebruikte methodes voor de bepaling van het totaal gehalte aan organisch materiaal bestudeerd.

Een eerste methode bestaat uit de bepaling van het gehalte aan organisch materiaal door meting van het gewichtsverlies na verbranding op 550°C (M.G. Gross, 1971). Een nadeel van deze methode is dat bepaalde mineralen, zoals carbonaten en kleien, gedeeltelijk kunnen vernietigd worden tijdens dit proces.

De tweede methode is eveneens gebaseerd op de bepaling van het gewichtsverlies na verbranding, maar dan bij 430°C (S.J. Gale & P.G. Hoare, 1991), welke, weliswaar in mindere mate, dezelfde nadelen heeft als de verbranding bij 550°C.

Een derde methode, die buiten beschouwing werd gehouden, is de bepaling van het totaal gehalte aan organisch materiaal door oxidatie van de organische bestanddelen

met behulp van waterstofperoxide (M.G. Gross, 1971). Ervaring, opgedaan tijdens de voorbehandeling van sedimenten voor korrelgrootte analyses, heeft ons geleerd dat deze methode kan leiden tot ongecontroleerde reacties en dat bepaalde organische componenten, zoals fragmenten van stengels en bladen, niet vernietigd worden. Verder leidt deze methode tevens tot de oxidatie van Fe^{2+} en Mn^{2+} , wat resulteert in een toename van het gewicht van het sediment.

De testen werden uitgevoerd op estuariene sedimenten, welke bij $-20^{\circ}C$ onder vacuüm gedroogd werden, waarna ze zorgvuldig werden gehomogeniseerd met behulp van een mechanische roerder.

METHODOLOGIE

Bij de bepaling van het gehalte aan organisch materiaal door verbranding bij $550^{\circ}C$ (M.G. Gross, 1971), wordt 1 tot 2 g van het staal afgewogen in een porseleinen kroesje, welke eerder reeds met een nauwkeurigheid van 0.001 g (M1) werd afgewogen. De kroesjes gaan vervolgens voor 24 uren in een droogoven op $105^{\circ}C$, waarna ze in een desiccator worden geplaatst. Eens de kroesjes afgekoeld zijn tot de omgevingstemperatuur, worden de kroesjes met hun inhoud gewogen met een nauwkeurigheid van 0.001 g (M2). De kroesjes gaan vervolgens voor 1 tot 2 uren in een moffeloven welke voorverwarmd werd op $550^{\circ}C (\pm 25^{\circ}C)$. Hierna gaan de kroesjes weer in een desiccator, waar deze kunnen afkoelen tot de omgevingstemperatuur, om vervolgens met een nauwkeurigheid van 0.001 g afgewogen te worden (M3). Het procentueel gehalte aan organisch materiaal wordt dan bekomen door volgende berekening :

$$\%OM = 100 * [(M2 - M1) - (M3 - M1)] / (M2 - M1)$$

Voor de bepaling van het gehalte aan organisch materiaal door verbranding bij $430^{\circ}C$ (S.J. Gale & P.G. Hoare, 1991), wordt in grote lijnen dezelfde procedure gevolgd als bij de verbranding bij $550^{\circ}C$. De kroesjes gaan echter voor 24 uren in een moffeloven welke voorverwarmd werd op $430^{\circ}C (\pm 25^{\circ}C)$.

De precisie van een methode is eenvoudig te achterhalen door een goed gehomogeniseerd staal onder te verdelen in een aantal substalen, zodat een zelfde analyse een aantal maal herhaald kan worden.

Dit is niet zo evident voor de accuraatheid. Bovenstaande methodes kunnen een invloed hebben op andere componenten van het sediment en zo het resultaat beïnvloeden. Dit kan onder meer doordat tijdens de verbranding carbonaten en kleien eveneens vernietigd worden. Vermits de carbonaten een belangrijk deel uitmaken van estuarine sedimenten, kan een idee van de accuraatheid verkregen worden door het gehalte aan carbonaten na te gaan en deze te vergelijken met het gehalte gemeten in een referentie staal. Wel moet men een kleine omrekening uitvoeren ten gevolge van het verwijderen van het organisch materiaal :

$$\%CaCO_3(\text{sediment}) = \%CaCO_3(\text{gemeten}) * [1 - (\%OM / 100)]$$

Voor de bepaling van het gehalte aan carbonaten in het staal werd gebruik gemaakt van een Scheibler-Dietrich calcimeter, waarbij het gehalte aan carbonaten berekend wordt uit het volume CO₂ dat gevormd wordt bij de acidificatie van het staal (M.G. Gross, 1971).

RESULTATEN

Voor deze metingen werden 4 teststalen gebruikt, drie bestaande uit estuarine gesuspenderde sedimenten, het vierde bestaande uit houtskoolpoeder.

Voor elke test werden er per teststaal 4 substalen genomen.

In onderstaande tabel wordt enerzijds het gemiddelde gehalte aan organisch materiaal, de standaard deviatie op dit gemiddelde en het gehalte aan carbonaten weergegeven.

1) Verbranding bij 550°C

Staal	Gemiddelde	Standaard Deviatie	% Carbonaten
Teststaal 1	12.37	0.21	13.8
Teststaal 2	11.75	0.08	9.3
Teststaal 3	9.89	0.09	9.3
Glucose	100	0	0.0
Houtskoolpoeder	81	2	0.0

Tabel 1 : Verbranding bij 550°C

Hierbij moet opgemerkt worden dat de verbranding van het houtskoolpoeder niet volledig was.

2) Verbranding bij 430°C

Staal	Gemiddelde	Standaard Deviatie	% Carbonaten
Teststaal 1	9.96	0.15	15.4
Teststaal 2	10.25	0.13	9.9
Teststaal 3	8.62	0.08	9.9
Glucose	100	0	0.0
Houtskoolpoeder	98.75	0.01	0.0

Tabel 2 : Verbranding bij 430°C

Ter vergelijking worden hieronder de gehalten aan carbonaten weergegeven gemeten op referentiestalen.

Teststaal 1	Teststaal 2	Teststaal 3	Glucose	Houtskoolpoeder
16.3	10.0	10.2	0.0	0.0

Tabel 3 : Carbonaatgehalte

BESPREKING

In eerste instantie kan men opmerken dat de precisie van deze twee methoden nagenoeg gelijk zijn.

Wat wel opvalt is dat de verbranding bij 550°C over het algemeen hogere gehalten aan organisch materiaal geeft dan de verbranding bij 430°C, dit terwijl de test met het houtskoolpoeder aanwijst dat deze methode door zijn korte duur niet optimaal is.

Een eerste verklaring kan gezocht worden in het verlies aan carbonaten.

1) Verbranding bij 550°C

Staal	Gemeten % O.M.	Verlies aan CaCO ₃	Gecorrig. % O.M.
Teststaal 1	12.4	2.9	9.5
Teststaal 2	11.8	0.7	11.1
Teststaal 3	9.9	0.9	9.0

Tabel 4 : Gecorrigeerd gehalte aan organisch materiaal (verbranding bij 550°C)

2) Verbranding bij 430°C

Staal	Gemeten % O.M.	Verlies aan CaCO ₃	Gecorrig. % O.M.
Teststaal 1	10.0	0.9	9.1
Teststaal 2	10.3	0.1	10.2
Teststaal 3	8.6	0.3	8.3

Tabel 5 : Gecorrigeerd gehalte aan organisch materiaal (verbranding bij 430°C)

De verschillen tussen de meetresultaten van de twee methoden worden kleiner, maar men blijft met grotere gehalten voor de verbranding bij 550°C.

Een tweede factor die verantwoordelijk kan zijn voor de grotere analyse resultaten bij de verbranding bij 550°C, is de dehydratatie van de kleien. Met behulp van dehydratatiecurven (D. Cattol, 1962) kan het procentueel massaverlies voor verscheidene eenlagige kleien bepaald worden, zoals weergegeven in volgende tabel. Voor de bepaling van deze waarden werd rekening gehouden met het drogen van het staal op 105°C.

Verbranding bij 550°C		Verbranding bij 430°	
Illiet	6%	Illiet	5%
Kaoliniet	13%	Kaoliniet	1%
Smeectiet (Montmorilloniet)	4%	Smeectiet (Montmorilloniet)	3%

Tabel 6 : Procentueel massaverlies van enkele veelvoorkomende eenlagige kleien

De kleifractie (< 2µm) in het Schelde estuarium bestaat voor 25 à 45% uit Illiet, voor 10 à 20 % uit Kaoliniet en voor 15 à 25 % uit Smeectiet (L. M. Duarte, 1991). Verder bestaat de kleifractie uit "mixed layer" kleien, wat Chloriet, wat Vermickuliet en wat natuurlijk gezwollen kleien.

Het is daarom interessant te zien welk het aandeel is van deze fractie in het sediment.

Teststaal 1	Teststaal 2	Teststaal 3
57.5 %	44.3 %	49.7 %

Tabel 7 : Fractie van het sediment < 2µm, na verwijdering van organisch materiaal en carbonaten

Het is duidelijk dat, vooral voor Kaolinit, de temperatuur waarbij de bepaling van het organisch materiaal gebeurt van groot belang is.

BESLUIT

Uit deze testen blijkt dat voor de bepaling van het totaal gehalte aan organisch materiaal de verbranding bij 430°C gedurende 24 uren de beste methode is. Verder kan het nuttig zijn dit resultaat nog te corrigeren voor het verlies aan carbonaten.

De testen hebben aangetoond dat deze methode buiten een grote precisie (procentuele fout = 1 à 3%), ook een grote accuraatheid heeft (100% op zachte en minder dan 2% op harde organische componenten).

Wel moet opgemerkt worden dat de precisie sterk afhankelijk is van de oven zelf. Bij sommige oudere moffelovens is het energieverlies nabij de deur redelijk groot, waardoor men hier de gewenste temperatuur niet verkrijgt. Dit probleem kan gedeeltelijk verholpen worden door nabij de deur van de oven een rij kroesjes te zetten welke gevuld zijn met zand.

REFERENTIES

- Cattoll, D. (1962). The Clay Minerals. In H. B. Milner, A. M. Ward & F. Higham (Eds.), *Sedimentary Petrography: Volume II - Principles and Applications* (4th revised edition, chapter 3). George Allen & Unwin Ltd., London.
- Duarte, L. M. (1991). La fraction détritique des suspensions en Baie Sud de la Mer du Nord, analysée par diffraction des rayons X. Mémoire de maîtrise, p. 100. Université de Liege, Faculté des Sciences.
- Gale, S. J., & Hoare P. G. (1991). Quaternary Sediments: Petrographic Methods for the Study of Unlithified Rocks (chapter 5.9). Belhaven Press.
- Gross, M. G. (1971). Carbon Determination. In R. E. Carver (Ed.), *Procedures in sedimentary petrology* (chapter 25). Wiley-Interscience.
- Tagle Saad, P. I. (1996). The accumulation dynamics of the Rio Guayas Estuary introducing a novel technique for samples and standard preparation for the accumulation rates measurements by means of excess Pb-120. Master These, p. 132. Free University of Brussels, Faculty of Science and Faculty of Applied Sciences.