

waterloopkundig laboratorium

instituut voor bodemvruchtbaarheid

inventarisatie van metalen in slib uit het
Eems-Dollard estuarium

AFGEHANDELD

verslag onderzoek

R 1529

oktober 1980

inventarisatie van metalen in slib uit het
Eems-Dollard estuarium

verslag onderzoek

R 1529

oktober 1980

INHOUD

	blz.
<u>1</u> <u>Opdracht</u>	1
<u>2</u> <u>Opzet van het onderzoek</u>	1
<u>3</u> <u>Methoden van onderzoek</u>	3
3.1 Wijze van verzamelen der sedimenten.....	3
3.2 Voorbehandeling van de verzamelde slibmonsters.....	3
3.3 Chemische en fysische onderzoeksmethoden.....	4
3.4 Verwerking van de analyseresultaten.....	4
<u>4</u> <u>Resultaten van het onderzoek</u>	5
4.1 Metaalgehalten van de slibmonsters.....	5
4.2 Regionale vergelijking van de zinkgehalten.....	6
4.3 Regionale vergelijking van de kopergehalten.....	7
4.4 Regionale vergelijking van de chroomgehalten.....	7
4.5 Regionale vergelijking van de loodgehalten.....	8
4.6 Regionale vergelijking van de cadmiumgehalten.....	8
4.7 Regionale vergelijking van de nikkelgehalten.....	9
<u>5</u> <u>Samenvatting en conclusies</u>	9

REFERENTIES

TABELLEN

- 1 Metaalgehalten in $\mu\text{g/g}$ bij 50% $< 16 \mu\text{m}$ van slib afkomstig van de diverse lokaties in het Eems-Dollard estuarium, met vermelding van de betrouwbaarheidsintervallen ($T=5\%$) en de correlatiecoëfficiënten van de regressielijnen
- 2 Metaalgehalten in $\mu\text{g/g}$ bij 50% $< 16 \mu\text{m}$ van slib op enkele lokaties in het Eems-Dollard estuarium
- 3 Metaalgehalten in $\mu\text{g/g}$ bij 50% $< 16 \mu\text{m}$ van Eemsslib en Dollard-slib

FIGUREN

- 1 Overzicht van het bemonsterde gebied
- 2 Overzicht van de bemonsterde lokaties
- 3 De samenstelling van slib als functie van het percentage
< 16 μm

BIJLAGEN

- 1 Analysegegevens van afgezet slib uit het Eems-Dollard estuarium
- 2a Verband tussen het zinkgehalte en het percentage van de fractie $< 16 \mu\text{m}$ van slib van de lokaties 0 t/m 3
- 2b Verband tussen het zinkgehalte en het percentage van de fractie $< 16 \mu\text{m}$ van slib van de lokaties 4 t/m 7
- 2c Verband tussen het zinkgehalte en het percentage van de fractie $< 16 \mu\text{m}$ van slib van de lokaties 8 en 9
- 3a Verband tussen het kopergehalte en het percentage van de fractie $< 16 \mu\text{m}$ van slib van de lokaties 0 t/m 3
- 3b Verband tussen het kopergehalte en het percentage van de fractie $< 16 \mu\text{m}$ van slib van de lokaties 4 t/m 7
- 3c Verband tussen het kopergehalte en het percentage van de fractie $< 16 \mu\text{m}$ van slib van de lokaties 8 en 9
- 4a Verband tussen het chroomgehalte en het percentage van de fractie $< 16 \mu\text{m}$ van slib van de lokaties 0 t/m 3
- 4b Verband tussen het chroomgehalte en het percentage van de fractie $< 16 \mu\text{m}$ van slib van de lokaties 4 t/m 7
- 4c Verband tussen het chroomgehalte en het percentage van de fractie $< 16 \mu\text{m}$ van slib van de lokaties 8 en 9
- 5a Verband tussen het loodgehalte en het percentage van de fractie $< 16 \mu\text{m}$ van slib van de lokaties 0 t/m 3
- 5b Verband tussen het loodgehalte en het percentage van de fractie $< 16 \mu\text{m}$ van slib van de lokaties 4 t/m 7
- 5c Verband tussen het loodgehalte en het percentage van de fractie $< 16 \mu\text{m}$ van slib van de lokaties 8 en 9
- 6a Verband tussen het cadmiumgehalte en het percentage van de fractie $< 16 \mu\text{m}$ van slib van de lokaties 0 t/m 3
- 6b Verband tussen het cadmiumgehalte en het percentage van de fractie $< 16 \mu\text{m}$ van slib van de lokaties 4 t/m 7
- 6c Verband tussen het cadmiumgehalte en het percentage van de fractie $< 16 \mu\text{m}$ van slib van de lokaties 8 en 9
- 7a Verband tussen het nikkelgehalte en het percentage van de fractie $< 16 \mu\text{m}$ van slib van de lokaties 0 t/m 3
- 7b Verband tussen het nikkelgehalte en het percentage van de fractie $< 16 \mu\text{m}$ van slib van de lokaties 4 t/m 7
- 7c Verband tussen het nikkelgehalte en het percentage van de fractie $< 16 \mu\text{m}$ van slib van de lokaties 8 en 9

BIJLAGEN (vervolg)

- 8 Zinkgehalten bij 50% < 16 μm van de bovenste sliblagen uit het Eems-Dollard estuarium
- 9 Kopergehalten bij 50% < 16 μm van de bovenste sliblagen uit het Eems-Dollard estuarium
- 10 Chroomgehalten bij 50% < 16 μm van de bovenste sliblagen uit het Eems-Dollard estuarium
- 11 Loodgehalten bij 50% < 16 μm van de bovenste sliblagen uit het Eems-Dollard estuarium
- 12 Cadmiumgehalten bij 50% < 16 μm van de bovenste sliblagen uit het Eems-Dollard estuarium
- 13 Nikkelgehalten bij 50% < 16 μm van de bovenste sliblagen uit het Eems-Dollard estuarium

INVENTARISATIE VAN METALEN IN SLIB UIT HET EEMS-DOLLARD ESTUARIUM

1 Opdracht

In het 4e kwartaal van 1975 werd ingevolge een door het Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater aan het Waterloopkundig Laboratorium verstrekte onderzoekopdracht door het Waterloopkundig Laboratorium, in nauwe samenwerking met het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, een onderzoek verricht naar het voorkomen van kwik in slib uit het Eems-Dollard estuarium. Over de resultaten van dit onderzoek werd in augustus 1978 verslag uitgebracht middels rapport R 1180.

In dit rapport werd vermeld dat in de Dollard de kwikgehalten van het vers afgezette slib zich op een hoger niveau bevonden dan in het slib langs de Groninger Waddenkust, terwijl dit bij de metalen zink, koper, chroom, lood, cadmium en nikkel niet het geval was. In een op 7-8-1978 gehouden bespreking over de in rapport R 1180 vermelde resultaten van het onderzoek naar het voorkomen van kwik in de sedimenten uit het Eems-Dollard estuarium werd door Ir. J.A.W. de Wit van het Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater de wens naar voren gebracht inzicht te hebben in de belasting van slib in het gehele Eems-Dollard estuarium met de metalen zink, koper, chroom, lood, cadmium en nikkel.

In een latere bespreking, op 17-5-1979, werd ons door Ir. de Wit gevraagd een kostenbegroting op te stellen van een rapportage van het inmiddels door het Waterloopkundig Laboratorium en het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid in het kader van eigen speurwerk uitgevoerde onderzoek naar de metaalsamenstelling van de voor R 1180 verzamelde vers afgezette sedimenten in het Eems-Dollard estuarium.

Op 6-6-1979 werd per brief, kenmerk V4175/LV1152/deGr/gv, door de Directeur van het Waterloopkundig Laboratorium een offerte voor het uitbrengen van een rapport gedaan aan het Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater.

Het verslag werd samengesteld door K.H. Zschuppe.

2 Opzet van het onderzoek

Bij het onderzoek naar de kwikbelasting van de sedimenten in het Eems-Dollard estuarium werd in de eerste plaats rekening gehouden

met de door het RIZA in 1975 en 1976 waargenomen sterke verhogingen van de kwikgehalten van het water en het zich daarin bevindende zwevende slib nabij de persleidingen van Groningen, Delfzijl en Appingedam en in de buitenhaven van Delfzijl. Daarnaast werd bij de opzet van het onderzoek uitgegaan van de wetenschap dat 2 hoofdbronnen verantwoordelijk moeten worden gesteld voor de slibafzettingen in het Eems-Dollard estuarium:

- 1) het vanuit de Waddenzee en de Noordzee via de Bocht van Watum en het Oost Friesche Gaatje binnendringende slib en
- 2) het slib dat door de rivier de Eems naar het estuarium wordt getransporteerd. (Figuur 1)

De Eems voerde volgens Hinrich [1] in de periode 1967-1971 bij Versen per jaar gemiddeld 68.000 ton zwevende stof af. De Wolf [2] komt, mede gebaseerd op de gegevens van Hinrich, tot de conclusie dat de rivier de Eems hooguit voor 10-15% aansprakelijk kan worden gesteld voor het in de Dollard tot afzetting komende slib, terwijl de resterende 85-90% wordt aangevoerd vanuit de Noordzee. Mac Cave [3] schat overigens de slibafvoer van de Eems op 140.000 ton/jaar. De Smet en Wiggers [4] berekenden de door de Eems afgevoerde hoeveelheid zwevende stof op 56.000 ton/jaar, overeenkomende met een bijdrage van de Eems in de afzetting van slib in de Dollard van maximaal $1/15$ à $1/20$. Deze waarde geldt als gemiddelde voor de periode van omstreeks 1500 tot 1950. Gebaseerd op de gemiddelde sedimentafvoer van de Eems en de huidige sedimentatiesnelheid in de Dollard komt Eysink [5] tot de uitspraak dat de Eems momenteel maximaal ca. $1/7$ van de totale sedimentatie in de Dollard kan leveren.

Bij het onderzoek naar de kwikbelasting van de sedimenten in het Eems-Dollard estuarium was de keuze van de monsterlokaties afgestemd op de in aanmerking komende aanvoerwegen van kwik.

Bemonsteringen van de bovenste sliblagen werden uitgevoerd op onderstaande bemonsteringspunten:

- | | |
|--------------------|--|
| Lokatie 0 | = Noord Groninger Waddenkust (n=10) |
| Lokatie 1 | = Eemshaven + EGD-haven (n=6) |
| Lokatie 2 | = Bocht van Watum (n=6) |
| Lokatie 3 | = Persleidingen (n=10) |
| Lokaties 4a t/m 4c | = In en bij de buitenhaven van Delfzijl (n=11) |
| Lokatie 5 | = Termunterzijl (n=2) |

Lokaties 6a t/m 6f = Centrale gebied van de Dollard (n=53)
Lokatie 7 = Eems bij Petkum (n=8)
Lokaties 8a en 8b = In en bij de buitenhaven van Emden (n=10)
Lokatie 9 = Leybocht (n=8)

Een geografisch overzicht van de bemonsterde lokaties is weergegeven in figuur 2.

3 Methoden van onderzoek

3.1 Wijze van verzamelen der sedimenten

Bij het verzamelen van de bovenlagen van het afgezette slib werd gebruik gemaakt van 2 bemonsteringstechnieken. Voor zover mogelijk vond de monstername boven de laagwaterlijn plaats, waarbij de recente afzettingen over een oppervlak van $\pm 10\text{m}^2$ werden afgeschraapt met een PVC-plamuurmes. Deze wijze van bemonsteren werd toegepast op de lokaties 0, 6, 7 en 9 (figuur 2).

Op de lokaties 1, 2, 3, 4, 5 en 8 werd van de met een grijper vlgs. Van Veen tijdens hoogwater opgehaalde sedimenten steeds het bovenste laagje genomen. Laatstgenoemde onderwaterbemonsteringen konden worden uitgevoerd dank zij de medewerking van het RIZA-onderzoekingsvaartuig "Dr. L.F. Kamps". Ook bij de monstername boven de laagwaterlijn langs de prielen in de Dollard (lokaties 6a) werd assistentie verleend door de "Kamps".

Bij de keuze van de monsters werd er naar gestreefd per lokatie een spreiding te verkrijgen in de gehalten aan de fractie $< 16 \mu\text{m}$.

De bemonsteringen werden uitgevoerd op 8 t/m 13 oktober 1975, 8 t/m 10 en 16 december 1975 en op 13 en 14 januari 1976.

3.2 Voorbehandeling van de verzamelde slibmonsters

De verzamelde monsters werden nog op de dag van de monstername naar het laboratorium in Haren getransporteerd en direct gedroogd bij 40°C in een droogstoof met geforceerde ventilatie. Na droging werden de monsters gemalen, gezeefd over een 2 mm zeef, gehomogeniseerd en bij kamertemperatuur bewaard in afgesloten plastic bakjes. Bij de opgave van de gehalten wordt het vochtgehalte van de gemalen monsters in rekening gebracht. Alle vermelde analyseresultaten zijn betrokken op vochtvrij (105°C) materiaal.

3.3 Chemische en fysische onderzoekmethoden

De metaalanalyses zijn in de gedroogde monsters verricht na ontsluiting van het materiaal met heet geconcentreerd HNO_3 , H_2SO_4 en HClO_4 (Zn, Cu, Cr, Ni) of na ontsluiting met geconcentreerd HNO_3 (Pb en Cd). In de verkregen extracten werden de metalen bepaald met atomaire absorptie [6, 7, 8].

In alle monsters zijn tevens de voor de verwerking van de metaalgegevens benodigde gehalten aan CaCO_3 , organische stof en de fractie $< 16 \mu\text{m}$ bepaald.

Het gehalte aan CaCO_3 werd bepaald volgens de methode Scheibler, zoals deze is gewijzigd door Bruin [9].

Voor de bepaling van de gehalten aan organische stof werd gebruik gemaakt van de methode Kurmies [10] en daarna berekend volgens Mebius c.s. [11].

De bepaling van het gehalte aan de fractie $< 16 \mu\text{m}$ geschiedde met de pipetmethode zoals beschreven door Hooghoudt [12].

3.4 Verwerking van de analyseresultaten

De granulometrische samenstelling van afgezette sedimenten kan grote onderlinge verschillen te zien geven. Omdat de metalen overwegend gebonden zijn aan de fijnere delen kunnen derhalve per lokatie grote verschillen in de absolute metaalgehalten optreden. Bij bestudering van sedimentmonsters afkomstig van éénzelfde lokatie blijken de gehalten aan metalen evenals de mineralogische bestanddelen te correleren met de korrelgrootteverdeling. Om de korrelgrootteverdeling weer te geven wordt gebruik gemaakt van het percentage aan deeltjes $< 16 \mu\text{m}$, laatstgenoemde fractie uitgedrukt als procenten van het CaCO_3 -vrije minerale sediment. Voor het West-Europese kustgebied is dit toegestaan, omdat de meeste korrelgroottesubfracties goed gecorreleerd zijn met deze parameter. Voor de metalen en voor enkele mineralogische bestanddelen wordt een lineaire betrekking gevonden tussen het elementgehalte en het percentage $< 16 \mu\text{m}$ (figuur 3).

De lijn voldoet aan de vergelijking $y = ax + b$, waarin

y = gehalte in % of $\mu\text{g/g}$ van het desbetreffende element

a = regressiecoëfficiënt =
$$\frac{\sum x_i \cdot y_i - \sum x_i \cdot \sum y_i / n}{\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2 / n}$$

- b = afgesneden stuk van de y-as = $[\sum y_i/n - a \sum x_i/n]$
 x_i, y_i = de coördinaten van de afzonderlijke punten, $i = 1, 2, \dots, n$
n = het aantal monsters
x = percentage $< 16 \mu\text{m}$.

Teneinde verschillende lokaties onderling vergelijkbaar te maken of om variaties in de tijd binnen één lokatie vast te kunnen stellen moeten de variaties in de korrelgrootte worden geëlimineerd. Dit wordt bereikt door de metaalgehalten steeds op te geven bij eenzelfde percentage $< 16 \mu\text{m}$ i.c. 50%, welke gehalten uit de regressielijn worden bepaald.

4 Resultaten van het onderzoek

4.1 Metaalgehalten van de slibmonsters

De analysecijfers van de individuele slibmonsters afkomstig van de diverse lokaties zijn weergegeven in bijlage 1.

Per lokatie zijn de gehalten aan de verschillende metalen in afhankelijkheid van de percentages aan de fractie $< 16 \mu\text{m}$ weergegeven in de bijlagen 2a t/m 2c (Zn), 3a t/m 3c (Cu), 4a t/m 4c (Cr), 5a t/m 5c (Pb), 6a t/m 6c (Cd) en 7a t/m 7c (Ni) met intekening van de berekende regressielijnen. Voor lokatie 3 (Persleidingen) konden geen regressielijnen worden berekend vanwege de grote variaties in de metaalgehalten van de individuele monsters, terwijl van lokatie 5 (Termunterzijl) slechts 2 monsters beschikbaar waren zodat ook hier geen regressielijn is berekend.

De uit de regressielijnen berekende metaalgehalten bij 50% $< 16 \mu\text{m}$ zijn vermeld in tabel 1 met opgave van de betrouwbaarheidsintervallen en de correlatiecoëfficiënten van de berekende regressielijnen. Voor de lokaties 3 (Persleidingen) en 5 (Termunterzijl) zijn de in de tabel vermelde waarden de rekenkundig benaderde gehalten bij 50% $< 16 \mu\text{m}$. In genoemde gevallen is van ieder monster het bepaalde metaalgehalte vergeleken met dat van de monsters van lokatie 4 (Delfzijl), uiteraard met inachtneming van het gehalte aan de fractie $< 16 \mu\text{m}$. Uit de afwijking van ieder monster van de referentielijn werd de gemiddelde afwijking van beide groepen monsters berekend, met behulp waarvan de met 50% $< 16 \mu\text{m}$ corresponderende gehalten werden verkregen en als zodanig in de tabel opgenomen.

Bij de persleidingen zijn telkens 2 waarden vermeld. De eerst genoemde waarde wordt n.l. mede bepaald door het gehalte van monster no. 43, dat voor een aantal metalen een sterk afwijkend gehalte vertoende. De tweede waarde heeft betrekking op het metaalniveau onder weglating van dit ene monster.

4.2 Regionale vergelijking van de zinkgehalten

Zowel uit de figuren 2a t/m 2c als uit de in tabel 1 vermelde correlatiecoëfficiënten blijkt dat er op vrijwel alle lokaties sprake is van een zeer goed verband tussen de zinkgehalten en de gehalten aan de fractie $< 16 \mu\text{m}$. Een uitzondering vormen de monsters die in de onmiddellijke nabijheid van de persleidingen zijn verzameld. De op deze lokatie optredende schommelingen kunnen het gevolg zijn van een niet constante zinkbelasting van het door de persleidingen aangevoerde materiaal, terwijl ook de mengverhoudingen van door de persleidingen afgevoerd materiaal en relatief schoon slib van mariene herkomst de metaalniveau's zal beïnvloeden.

De in tabel 1 vermelde zinkgehalten bij $50\% < 16 \mu\text{m}$ zijn in afhankelijkheid van de geografische positie weergegeven in bijlage 8. De bij de persleidingen vermelde waarde (809) wordt mede bepaald door het extreem hoge gehalte van monster no. 43. Wordt dit ene monster buiten beschouwing gelaten dan bedraagt het benaderde zinkgehalte, betrokken op $50\% < 16 \mu\text{m}$, bij de persleidingen (362).

Bij een beschouwing van de in bijlage 8 weergegeven zinkgehalten valt op de lokaties 1 (Eemshaven en EGD-haven) en 9 (Leybocht) in vergelijking met Noord Groningen een niveauverlaging waar te nemen. Dit verlaagde niveau handhaaft zich in grote lijnen tot in het centrale gebied van de Dollard en de uitmonding van de Eems. Alleen in de buurt van de persleidingen worden afwijkend hoge gehalten aangetroffen, terwijl de iets verhoogde gehalten in de Bocht van Watum mogelijk ook moeten worden toegeschreven aan een invloed van de persleidingen. Voor de enigszins lagere gehalten in en bij de buitenhaven van Delfzijl kan geen verklaring worden gegeven.

4.3 Regionale vergelijking van de kopergehalten

Evenals bij zink is er ook bij koper op de meeste lokaties sprake van een duidelijk significant verband tussen de metaalgehalten en de gehalten aan de fractie $< 16 \mu\text{m}$ (bijlagen 3a t/m 3c en tabel 1). Bij de monsters uit de Bocht van Watum is het verband monder goed. Ook nu weer nemen de monsters die genomen zijn bij de persleidingen een uitzonderingspositie in, waarbij de in december op deze lokatie verzamelde afzettingen zich ook nu weer op een hoger niveau bevinden dan de afzettingen die in oktober waren verzameld. Betrekken we monster no. 43 niet in de berekeningen van het met $50\% < 16 \mu\text{m}$ overeenkomende kopergehalte dan moet de in bijlage 9 ingetekende waarde (59) worden vervangen door (37).

Bij een beschouwing van de in bijlage 9 ingetekende kopergehalten bij $50\% < 16 \mu\text{m}$ zien we gaande van Noord Groningen naar het centrale gebied van de Dollard slechts een geringe afname van de gehalten. In de mond van de Eems is zelfs sprake van een lichte niveauverhoging.

4.4 Regionale vergelijking van de chroomgehalten

Ook bij chroom wordt op een aantal lokaties een goed verband met de fractie $< 16 \mu\text{m}$ waargenomen. In de Bocht van Watum (lokatie 2) is er echter nauwelijks sprake van enig verband terwijl er in de monsters van de Leybocht geen enkel verband aanwezig is, hetgeen blijkt uit de bijlagen 4a t/m 4c en uit de in tabel 1 vermelde correlatiecoëfficiënten.

In tegenstelling met zink en koper werden bij chroom geen verschillen waargenomen tussen de 2 bemonsteringen die werden uitgevoerd bij de persleidingen.

Uit bijlage 10, waarin de chroomgehalten bij $50\% < 16 \mu\text{m}$ per lokatie zijn weergegeven, blijkt weliswaar een aanvankelijke geringe afname van de gehalten van Noord Groningen naar Eemshaven en EGD-haven, maar deze afname wordt weer teniet gedaan gaande in de richting van de Dollard.

4.5 Regionale vergelijking van de loodgehalten

Bij lood kan worden gesproken van een over het algemeen zeer goed verband met de fractie $< 16 \mu\text{m}$ (bijlagen 5a t/m 5c, tabel 1). Bij de persleidingen bevonden de monsters die in december waren verzameld zich gemiddeld op een iets hoger niveau dan de monsters die in oktober waren genomen. Ook nu vertoont monster no. 43 een afwijkend hoog gehalte. De in bijlage 11 bij de persleidingen vermelde waarde (116) wordt bij weglating van dit ene sterk afwijkende monster gereduceerd tot (61).

Gaande van Noord Groningen naar Eemshaven/EGD-haven en Leybocht zien we bij lood reeds een duidelijke afname van de gehalten, een afname die in de richting van de Dollard en de mond van de Eems verder doorzet. Slechts in de onmiddellijke nabijheid van de persleidingen treedt plaatselijk een hoger niveau op.

4.6 Regionale vergelijking van de cadmiumgehalten

Het verband tussen de cadmiumgehalten en de fractie $< 16 \mu\text{m}$ kan op het merendeel van de lokaties als redelijk goed worden gekwalificeerd, zoals valt af te leiden uit de bijlagen 6a t/m 6c en tabel 1. Evenals bij koper het geval was is ook nu het verband bij de monsters uit de Bocht van Watum minder goed.

Bij de persleidingen kan worden gesproken van een verband tussen cadmium en de fractie $< 16 \mu\text{m}$, alhoewel monster 43 zich ook nu weer afwijkend gedraagt. Bij weglating van dit ene monster moet voor (0.87) worden gelezen (0.63).

Uit de in bijlage 12 weergegeven regionale vergelijking van de cadmiumgehalten bij 50% $< 16 \mu\text{m}$ valt ook nu weer een afname van de gehalten af te leiden gaande van Noord Groningen in de richting van de Dollard en de mond van de Eems. Opvallend lage gehalten worden op lokatie 7, bij Petkum in de mond van de Eems, aangetroffen. Afgezien van het ene monster vertonen de sedimenten bij de persleidingen geen afwijkende gehalten.

4.7 Regionale vergelijking van de nikkelgehalten

De nikkelgehalten van de afgezette sedimenten vertonen op alle lokaties een zeer goede samenhang met de gehalten aan de fractie $< 16 \mu\text{m}$ (bijlagen 7a t/m 7c en tabel 1). Ook in de monsters die genomen zijn bij de persleidingen is, afgezien van opnieuw monster no. 43, een duidelijk verband aanwezig.

Ten aanzien van de niveau's van de nikkelgehalten kan worden gesteld dat deze in het gehele estuarium geen grote verschillen te zien geven. Wel tenderen de sedimenten langs de Groninger Waddenkust naar iets lagere gehalten dan de overige sedimenten uit het Eems-Dollard estuarium.

5 Samenvatting en conclusies

Uit het onderzoek naar de belasting met zink, koper, chroom, lood, cadmium en nikkel van de bovenste sedimentlagen die in de periode oktober 1975 - januari 1976 in het Eems-Dollard estuarium werden verzameld blijkt dat er in meer of mindere mate sprake is van een gradiëntsituatie (tabel 2).

Metaal	Noord Groningen	Buitenrand van het estuarium		Dollard
		Eems- + EGD-haven	Leybocht	
Zink	159	137	139	135
Koper	22	17	18	19
Chroom	92	82	89	91
Lood	67	52	53	45
Cadmium	0.88	0.65	0.55	0.54
Nikkel	25.4	25.9	27.2	27.1

Tabel 2. Metaalgehalten in $\mu\text{g/g}$ bij 50% $< 16 \mu\text{m}$ van slib op enkele lokaties in het Eems-Dollard estuarium

In het bijzonder bij de metalen zink, lood en cadmium zien we gaande van Noord Groningen (lokatie 0) naar de Eemshaven en de EGD-haven (lokatie 1) een duidelijke afname van de gehalten, een afname die bij lood en cadmium verder voortschrijdt gaande in de richting van

de kom van de Dollard (lokatie 6). Daarentegen zijn bij zink de verschillen tussen Eemshaven en EGD-haven enerzijds en de kom van de Dollard anderzijds te verwaarlozen.

Koper en chroom geven slechts een geringe daling te zien bij de overgang van Noord Groningen naar Eemshaven en EGD-haven, terwijl bij deze 2 metalen de gehalten in de kom van de Dollard nauwelijks verder zijn afgenomen.

De nikkelgehalten bevinden zich in het gehele estuarium op eenzelfde niveau.

De metaalgehalten van de sedimenten die werden verzameld in de Leybocht (lokatie 9) zijn over het algemeen vergelijkbaar met die uit Eemshaven en EGD-haven. Alleen bij cadmium zijn de gehalten in de Leybocht iets lager. In dit verband kan ook worden gewezen op de situatie in de Eems bij Petkum (lokatie 7) waar cadmium ook afwijkend lage gehalten te zien geeft.

De in de onmiddellijke nabijheid van de persleidingen verzamelde sedimenten vertonen bij een aantal van de onderzochte metalen een beeld dat afwijkt van de situatie in de rest van het estuarium. De zink- en kopergehalten zijn bij de persleidingen duidelijk verhoogd, hetgeen zich ook enigszins manifesteert in de gehalten van de sedimenten uit de Bocht van Watum.

Chroom, cadmium en nikkel geven nauwelijks verhogingen te zien, met dien verstande dat een enkel monster enigszins verhoogde gehalten bevatte.

Ten aanzien van de invloed van de persleidingen op de metaalniveau's van het slib in het Eems-Dollard estuarium kan worden gesteld dat een beïnvloeding, zo deze al merkbaar is, beperkt blijft tot een zeer klein gebied in de buurt van de persleidingen.

Uit het voorgaande blijkt dat, afgezien van een lokale invloed van de persleidingen, de niveauverschillen zoals deze bij een aantal metalen in het estuarium werden waargenomen zich voornamenlijk openbaren aan de buitenrand van het onderzochte gebied.

Volgens berekeningen van De Wolf [2] en Eysink [5] kan de rivier de Eems hooguit voor 10-15% aansprakelijk worden gesteld voor het in de Dollard tot afzetting komende slib. Via beschouwingen van de

gehalten aan carbonaten, dolomiet, strontium en de δ_{PDB}^{13} en δ_{PDB}^{18} isotopen komt Salomons [13] zelfs tot de uitspraak dat het slib in de Dollard overwegend van mariene herkomst is.

Uit tabel 3, waarin de metaalgehalten bij 50% $< 16 \mu\text{m}$ van slib op een tweetal lokaties in de Eems worden vergeleken met de gehalten die in de Dollard worden waargenomen, blijkt dat de relatief hoge gehalten die in de Eems bij Diele aanwezig waren bij Petkum reeds tot een met de Dollard vergelijkbaar niveau waren gedaald.

Metaal	Eems bij Diele (1974)	Eems bij Petkum (1975)	Dollard (1975)
Zink	396	135	135
Koper	60	24	19
Chroom	94	96	91
Lood	70	43	45
Cadmium	2.18	0.36	0.54
Nikkel	39.1	29.0	27.1

Tabel 3. Metaalgehalten in $\mu\text{g/g}$ bij 50% $< 16 \mu\text{m}$ van Eemsslib en Dollardslib

Salomons [13] vond reeds eerder dat in het zoete gedeelte van de Eems ter hoogte van Leer het aandeel van marien slib 90% van de slibafzettingen uitmaakt. Salomons en Mook [14] stellen dat de reeds in het zoete gedeelte van de rivier optredende dalingen van de metaalgehalten vrijwel volledig moeten worden toegeschreven aan een vermenging van in de benedenloop van de rivier binnendringend slib van mariene herkomst met het aangevoerde rivierslib. Hierbij overheerst bij de uitmonding van de Eems in de Dollard het mariene aandeel.

Het feit dat de metaalgehalten in de Dollard zich bij een aantal metalen op een lager niveau bevinden dan langs de Groninger Wad-
denkust kan worden verklaard door een bijmenging met opgewoeld slib van oudere datum.

REFERENTIES

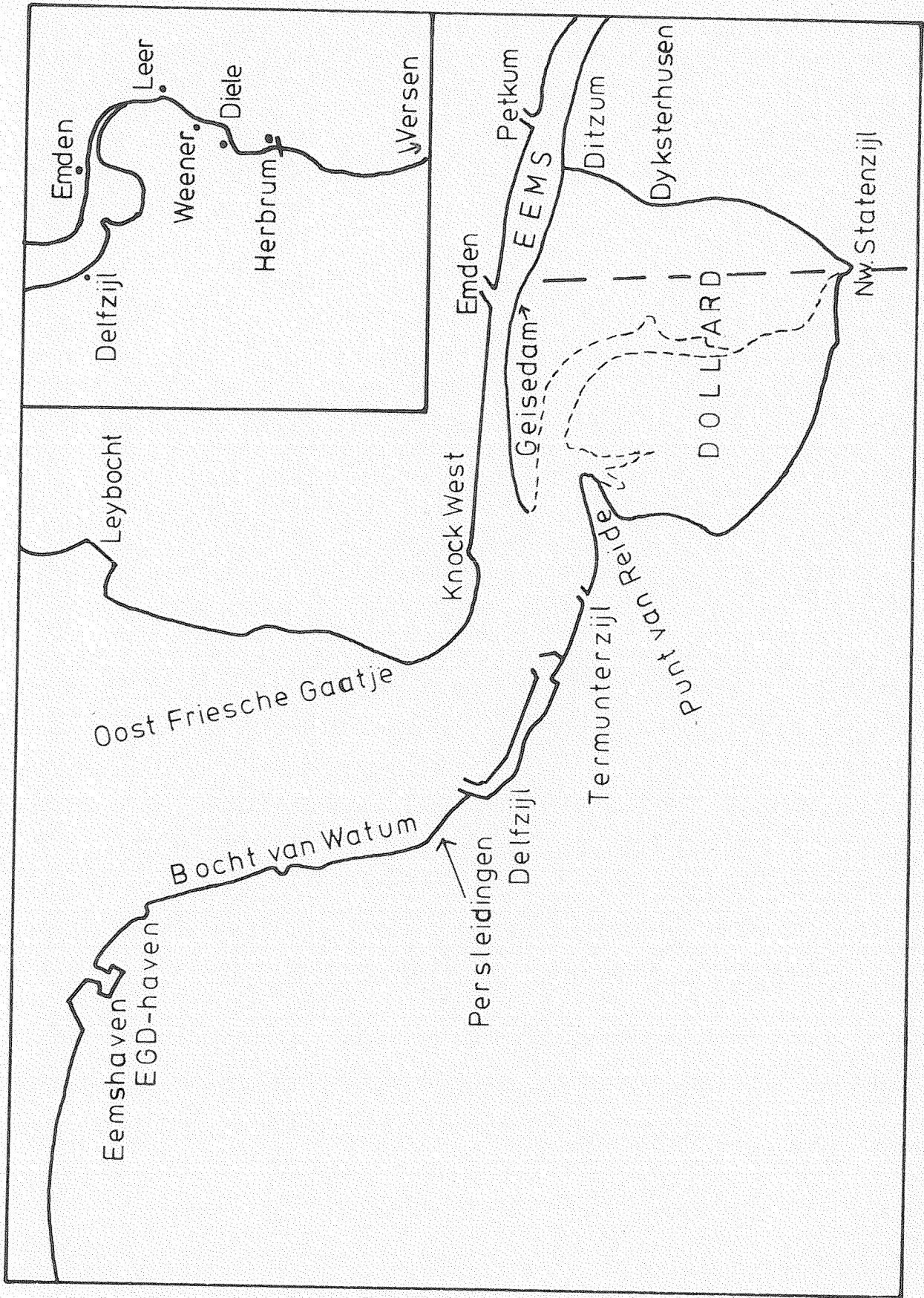
- 1 HINRICH, H. (1974)
Schwebstoffgehalt, Gebietsniederschlag, Abfluss und Schwebstofffracht der Ems bei Rheine und Versen in den Jahren 1965 bis 1971.
Deutsche Gewässerkr. Mitt. 18, 85-95.
- 2 WOLF, P. de (1978)
Effects of organic waste on primary and secondary production in the Ems-Dollard estuary.
Hydrobiol. Bull. 12, 260-272.
- 3 McCAYE, I.N. (1973)
Mud in the North Sea
In: North Sea Science (Editor E.D. Goldberg) 75-99.
- 4 SMET, L.A.H. de und WIGGERS, A.J. (1960)
Einige Bemerkungen über die Herkunft und die Sedimentationsgeschwindigkeit der Dollart Ablagerungen.
In: J.H. van Voorthuysen: Das Emsestuarium, Verh. Kon. Ned. Geol. Mijnbk. Gen., Geol. Serie 19, 129-134.
- 5 EYSINK, W.D. (1979)
Morfologie van de Waddenzee, gevolgen van zand- en schelpwinning.
Waterloopkundig Laboratorium Delft, verslag R 1336, mei 1979, p.p. 1-92.
- 6 BALRAADJSING, B.D. (1972)
Bepaling van totaal-zink in grond met atoomabsorptiespectrofotometrie.
Rapp. 11-1972, Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren (Gr.), 20 blz.
- 7 BALRAADJSING, B.D. (1972)
Bepaling van totaal-koper in grond met atoomabsorptiespectrofotometrie.
Rapp. 12-1972, Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren (Gr.), 15 blz.

REFERENTIES (vervolg)

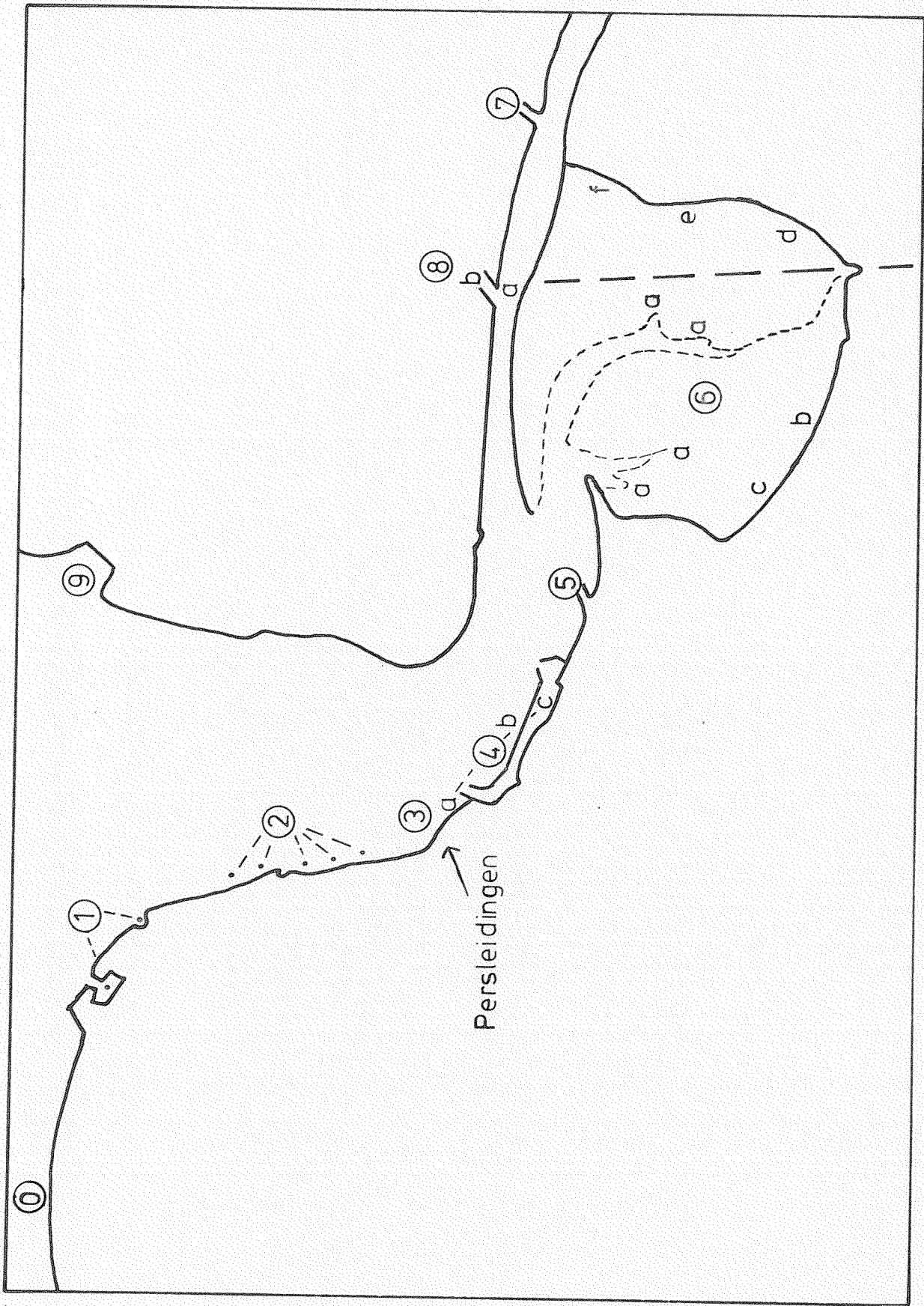
- 8 BALRAADJSING, B.D. (1974)
The determination of total lead in soil by atomic absorption spectrophotometry.
Comm. Soil Sci. Plant Anal. 5, 25-37.
- 9 BRUIN, P. (1937)
Enige ervaringen bij de bepaling van het gehalte van de grond aan koolzure kalk volgens de methode Scheibler.
Chem. Weekbl. 34, 755-759.
- 10 KURMIES, B. (1949)
Humusbestimmung nach dem Bichromatverfahren.
Z. für Pflanzenernähr. 44, 121-125.
- 11 MEBIUS, L.J., DEKKER, A. en HAVE, J. ten (1957)
De methode "Kurmies", een snelle en betrouwbare titratiemethode voor de bepaling van het humusgehalte van de grond.
Chem. Weekbl. 53, 291-295.
- 12 HOOGHOUT, S.B. (1945)
Een gecombineerde zeef- en pipetmethode voor de bepaling van de granulaire samenstelling van gronden.
Versl. Landbk. Onderz. 50, 671-993.
- 13 SALOMONS, W. (1973)
Chemical and isotopic composition of carbonates during an erosion-sedimentation cycle.
Rijksuniversiteit Groningen, Proefschrift, 118p.
- 14 SALOMONS, W. and MOOK, W.G. (1977)
Trace metal concentrations in estuarine sediments: mobilization, mixing or precipitation.
Neth. J. Sea Res. 11, 119-129.

Lokatie	Zink	Koper	Chroom	Lood	Cadmium	Nikkel
0 = Noord Groningen	159 (152-166) r = 0,99	22 (20-24) r = 0,98	92 (78-107) r = 0,79	67 (63-71) r = 0,99	0,88 (0,79-0,97) r = 0,96	25,4 (24,3-26,4) r = 0,99
1 = Eemshaven + EGD-haven	137 (130-145) r = 0,99	17 (16-19) r = 0,99	82 (75-88) r = 0,98	52 (45-59) r = 0,97	0,65 (0,48-0,82) r = 0,91	25,9 (25,0-26,8) r = 0,99
2 = Bocht van Watum	148 (138-158) r = 0,99	24 (8-39) r = 0,72	87 (17-156) r = 0,56	52 (43-61) r = 0,98	0,64 (0,30-0,99) r = 0,83	28,3 (24,1-32,4) r = 0,98
3 = Persleidingen	(809) - (362)	(59) - (37)	(106) - (103)	(116) - (61)	(0,87) - (0,63)	(32,5) - (29,2)
4 = Delfzijl	125 (118-132) r = 0,98	22 (19-25) r = 0,85	97 (90-104) r = 0,93	41 (39-44) r = 0,99	0,47 (0,39 -0,54) r = 0,85	29,7 (26,9-32,6) r = 0,94
5 = Termunterzijl	(137)	(21)	(99)	(49)	(0,46)	(27,4)
6 = Dollard	135 (133-137) r = 0,99	19 (18-20) r = 0,94	91 (88-94) r = 0,85	45 (45-46) r = 0,99	0,54 (0,51-0,57) r = 0,87	27,1 (26,7-27,5) r = 0,99
7 = Eems bij Petkum	135 (129-141) r = 0,99	24 (23-26) r = 0,96	96 (89-102) r = 0,93	43 (41-45) r = 0,99	0,36 (0,29-0,44) r = 0,88	29,0 (27,5-30,4) r = 0,99
8 = Emden	138 (133-143) r = 0,99	20 (18-23) r = 0,96	79 (68-90) r = 0,86	46 (45-48) r = 0,99	0,58 (0,43-0,72) r = 0,79	28,9 (28,4-29,5) r = 0,99
9 = Leybocht	139 (136-143) r = 0,99	18 (16-19) r = 0,96	89 (75-103) r = 0,39	53 (51-55) r = 0,99	0,55 (0,52-0,57) r = 0,98	27,2 (26,1-28,2) r = 0,98

Tabel 1. Metaalgehalten in µg/g bij 50% <16 µm van slib afkomstig van de diverse lokaties in het Eems-Dollard estuarium, met vermelding van de betrouwbaarheidsintervallen (T=5%) en de correlatiecoëfficiënten van de regressielijnen.



EEMS-DOLLARD ESTUARIUM
 Overzicht van het bemonsterde gebied

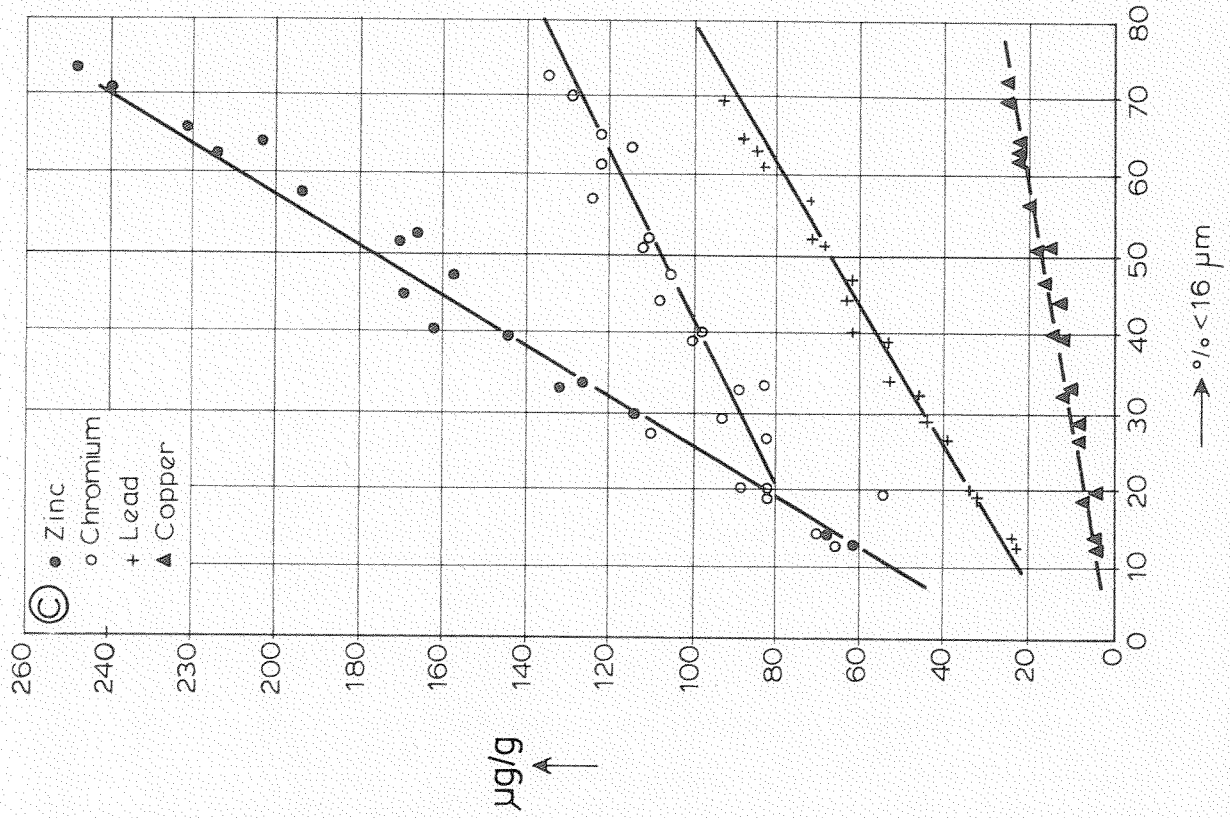
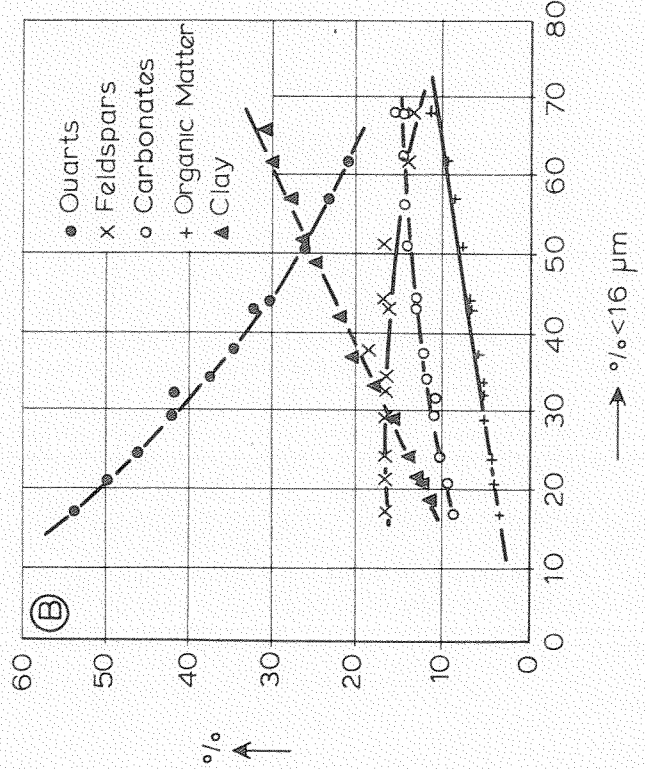
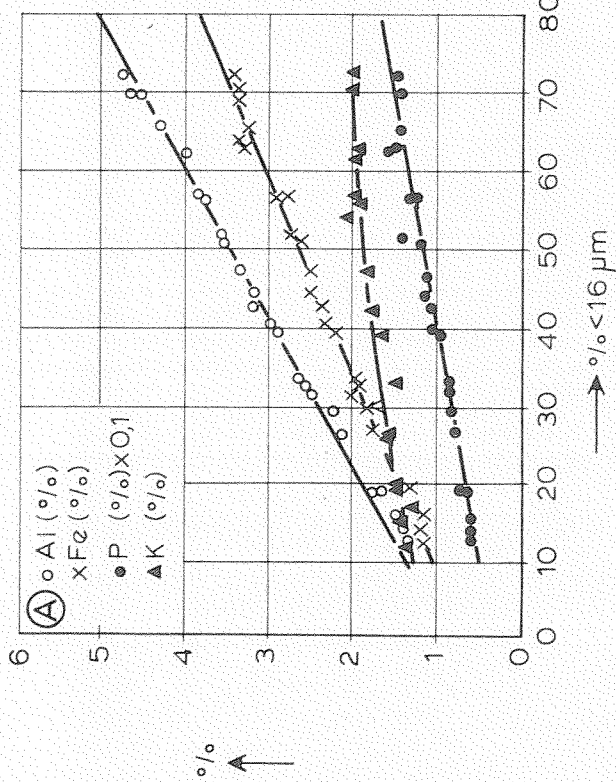


EEMS-DOLLARD ESTUARIUM
 Overzicht van de bemonsterde lokaties

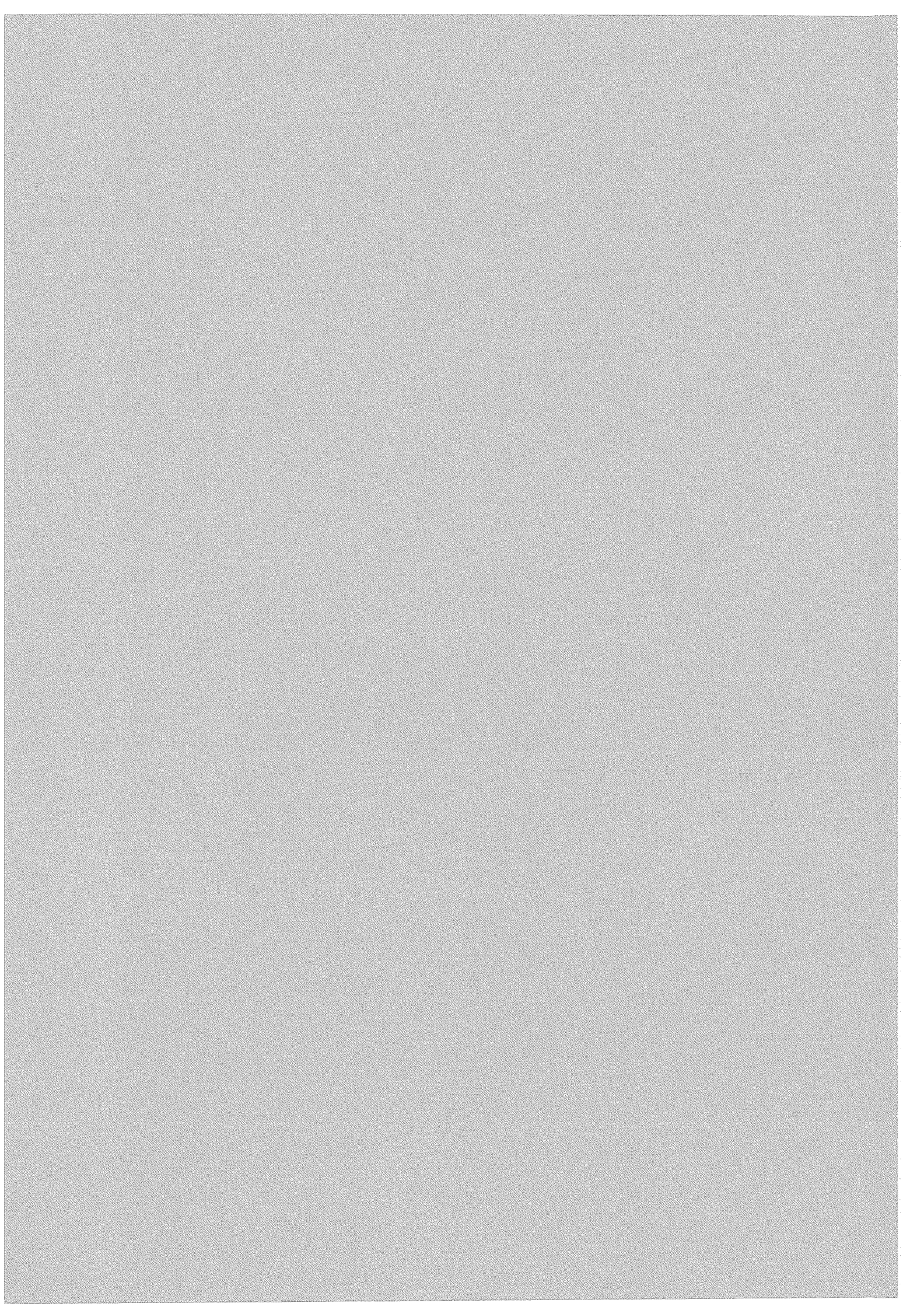
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1529

FIG. 2



DE SAMENSTELLING VAN SLIB ALS FUNCTIE
VAN HET PERCENTAGE $< 16 \mu\text{m}</math>$



Monster no.	Bemonsterings datum	% < 16µm 2)	µg/g Zn	µg/g Cu	µg/g Cr	µg/g Pb	µg/g Cd	µg/g Ni
<u>Lokatie 0 - Noord Groninger Waddenkust</u>								
33	oktober 1975	33.2	116	14	85	50	0.57	18.6
34	"	29.5	112	14	77	45	0.57	17.7
35	"	53.0	160	22	86	67	0.90	26.1
36	"	37.7	129	19	81	53	0.71	21.1
37	"	40.8	134	20	90	56	0.82	21.5
38	"	17.4	67	10	65	26	0.39	10.9
39	"	13.2	58	7	49	20	0.46	10.2
40	"	11.1	49	7	48	17	0.21	9.4
41	"	12.6	57	7	81	20	0.32	9.8
42	"	11.6	58	7	52	19	0.32	11.1
<u>Lokatie 1 - Eemshaven</u>								
10	oktober 1975	44.1	132	14	73	52	0.71	23.8
11	"	22.3	74	7	48	26	0.28	14.2
54	december 1975	58.8	161	21	98	64	0.86	30.0
55	"	69.0	172	24	99	63	0.72	32.8
<u>Lokatie 1 - EGD-haven</u>								
12	oktober 1975	23.0	76	7	48	26	0.35	14.9
53	december 1975	25.0	83	10	57	30	0.35	16.9
<u>Lokatie 2 - Bocht van Watum</u>								
52	december 1975	8.0	35	7	32	8	0.21	8.1
9	oktober 1975	16.5	54	7	32	15	0.14	11.5
51	december 1975	12.8	49	13	65	16	0.17	11.1
50	"	13.6	50	13	60	15	0.28	11.1
49	"	30.3	97	20	77	34	0.37	20.1
48	"	31.2	96	14	57	31	0.50	18.3
<u>Lokatie 3 - Persleidingen</u>								
4	oktober 1975	45.8	154	24	102	47	0.55	27.6
5	"	35.1	127	22	93	39	0.59	22.0
6	"	19.1	93	15	77	27	0.31	15.2
7	"	45.0	193	30	93	49	0.59	25.9
8	"	55.3	211	37	110	57	0.76	29.3
43	december 1975	10.9	1614	82	81	164	1.05	23.2
44	"	17.8	177	18	81	40	0.21	14.5

Bijlage 1 (vervolg 1)

Monster no.	Bemonsterings datum	% < 16µm 2)	µg/g Zn	µg/g Cu	µg/g Cr	µg/g Pb	µg/g Cd	µg/g Ni
<u>Lokatie 3 (Vervolg)</u>								
45	december 1975	16.6	71	17	65	21	0.28	13.2
46	"	24.8	257	24	69	32	0.38	18.3
47	"	32.9	224	29	85	41	0.42	21.7
<u>Lokatie 4a - Delfzijl bij Eemshotel</u>								
2	oktober 1975	13.5	47	10	75	12	0.21	12.5
3	"	30.2	94	16	89	30	0.28	21.3
<u>Lokatie 4b - Delfzijl voor de buitenhaven</u>								
1	oktober 1975	50.4	110	19	85	35	0.62	24.5
66	december 1975	17.1	58	13	65	20	0.21	12.5
67	"	3.3	50	19	46	11	0.32	16.4
68	"	33.8	95	17	81	29	0.31	21.0
<u>Lokatie 4c - Delfzijl in de buitenhaven</u>								
13	oktober 1975	33.0	91	17	85	29	0.34	22.4
14	"	76.1	178	33	112	59	0.60	46.2
15	"	76.0	185	30	130	64	0.77	45.3
16	"	41.6	110	19	102	37	0.35	24.8
17	"	71.8	162	24	111	56	0.49	35.3
<u>Lokatie 5 - Termunterzijl</u>								
24	oktober 1975	20.4	69	12	73	24	0.21	14.9
25	"	39.7	122	22	90	42	0.49	24.2
<u>Lokatie 6a - Dollard</u>								
18	oktober 1975	24.0	85	10	57	27	0.35	16.9
19	"	23.3	91	10	65	30	0.35	17.6
20	"	22.3	75	7	57	25	0.21	15.6
21	"	15.1	60	7	57	16	0.14	12.2
22	"	19.7	69	7	49	22	0.35	15.6
23	"	17.5	69	7	49	21	0.21	15.6
26	"	52.3	127	22	102	46	0.59	26.5
27	"	44.6	119	17	81	42	0.50	24.5
28	"	65.1	161	24	98	58	0.64	32.6
<u>Lokatie 6b - Dollard</u>								
69	december 1975	38.1	116	14	73	39	0.43	23.8
70	"	49.9	138	17	82	46	0.57	27.4

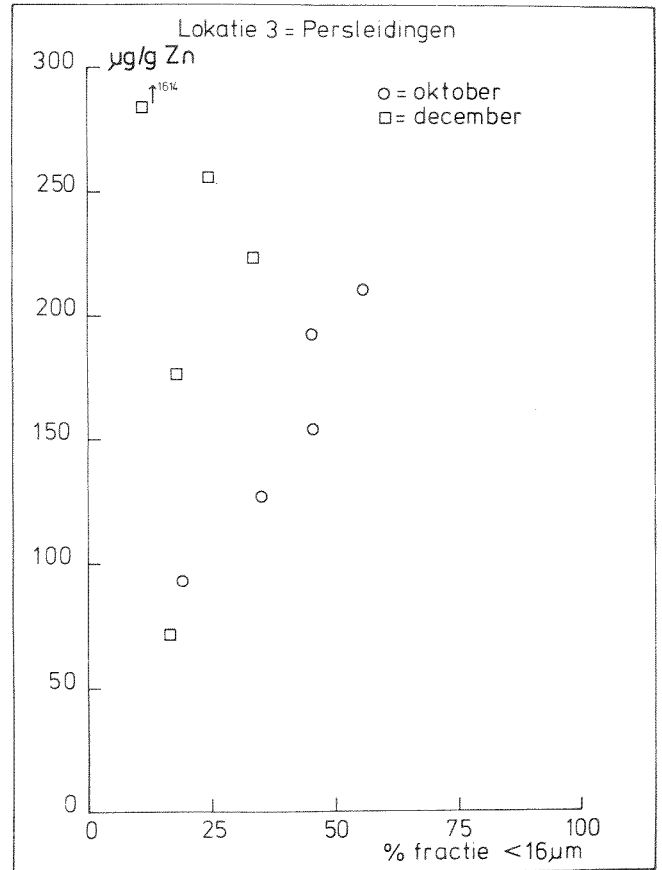
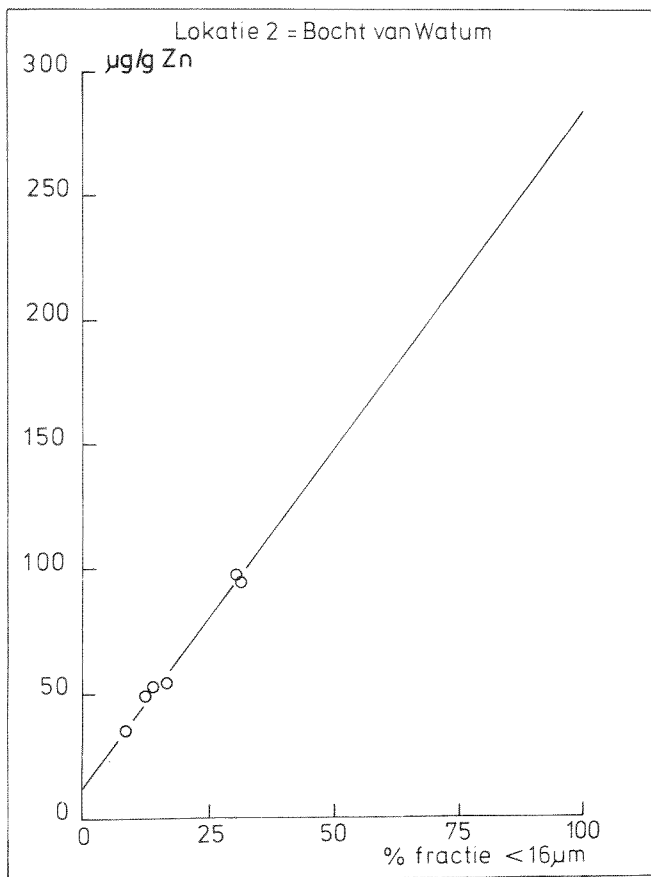
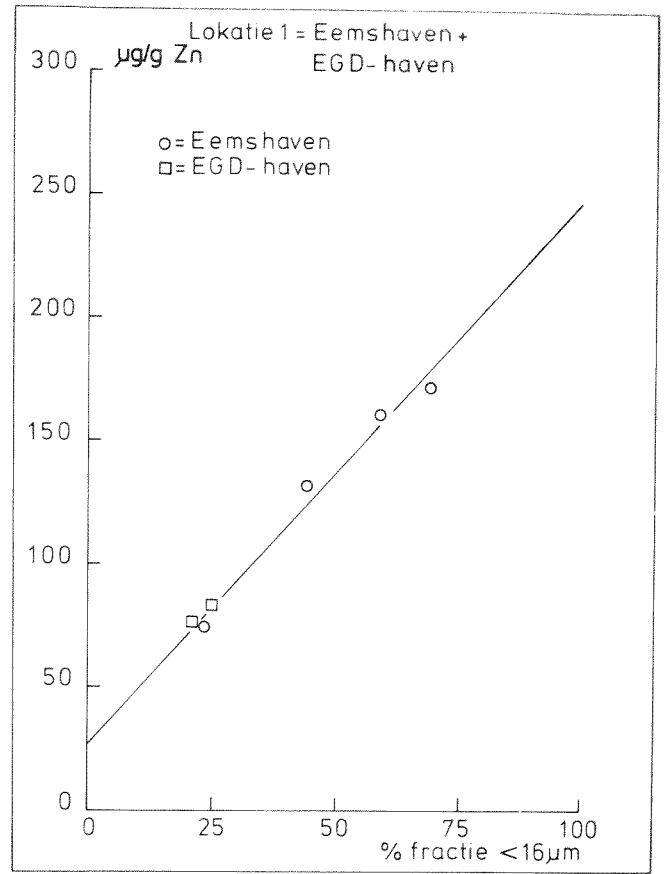
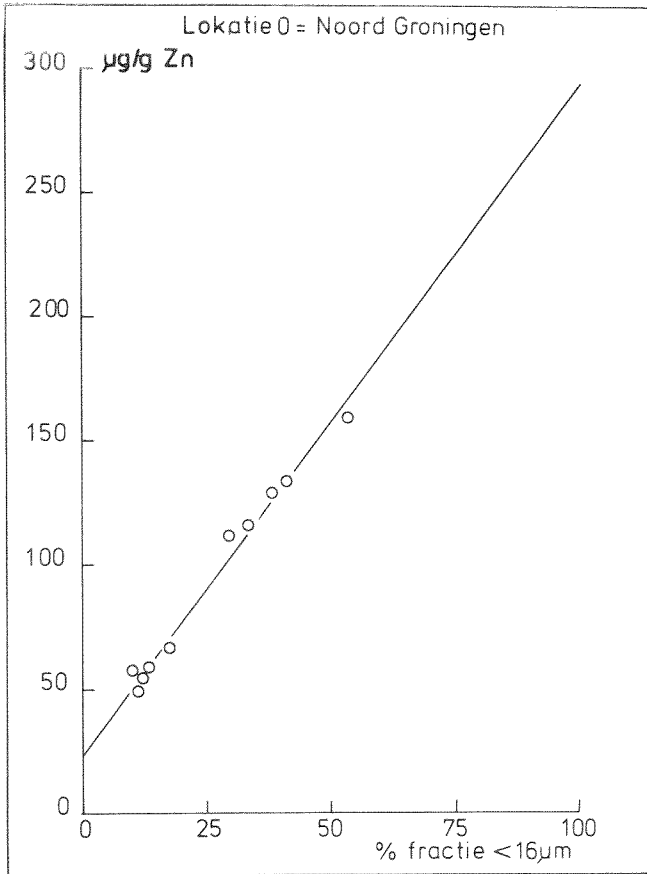
Monster no.	Bemonsterings datum	% < 16µm 2)	µg/g Zn	µg/g Cu	µg/g Cr	µg/g Pb	µg/g Cd	µg/g Ni
<u>Lokatie 6b (Vervolg)</u>								
71	december 1975	55.7	149	20	90	50	0.57	29.5
72	"	44.3	126	17	90	40	0.50	25.9
73	"	26.6	90	10	65	27	0.28	18.3
115	januari 1976	18.6	60	7	57	20	0.21	13.5
116	"	31.6	91	10	73	31	0.43	19.0
117	"	24.9	80	10	65	26	0.35	14.9
118	"	30.5	93	10	73	31	0.43	19.0
119	"	19.6	69	10	61	21	0.32	14.2
120	"	23.5	80	10	65	25	0.35	15.6
121	"	31.9	95	14	73	33	0.43	19.7
122	"	32.1	94	14	73	31	0.43	19.7
123	"	29.8	93	14	73	28	0.35	18.4
124	"	35.4	110	17	77	34	0.50	20.8
<u>Lokatie 6c - Dollard</u>								
74	december 1975	47.6	129	22	98	43	0.59	27.6
75	"	67.6	177	24	99	60	0.72	33.7
76	"	66.5	178	24	107	60	0.79	34.4
77	"	70.7	178	24	107	61	0.72	35.8
78	"	62.5	166	24	99	55	0.65	31.6
<u>Lokatie 6d - Dollard</u>								
29	oktober 1975	50.5	132	17	89	48	0.50	27.2
30	"	69.9	164	31	128	61	0.70	33.1
94	december 1975	58.3	150	21	99	49	0.65	30.2
95	"	61.2	156	29	115	52	0.35	30.2
96	"	59.2	152	21	98	50	0.65	28.2
<u>Lokatie 6e - Dollard</u>								
31	oktober 1975	17.4	57	15	97	18	0.18	13.1
32	"	13.6	59	7	89	17	0.14	10.8
91	december 1975	36.9	111	14	89	36	0.43	23.8
92	"	29.7	90	10	65	30	0.43	18.4
93	"	40.1	112	14	82	37	0.50	23.2
105	januari 1976	27.1	83	10	73	25	0.35	17.6
106	"	51.8	144	20	106	49	0.72	29.5
107	"	73.7	198	31	124	70	0.87	38.7

Monster no.	Bemonsterings datum	% < 16µm 2)	µg/g Zn	µg/g Cu	µg/g Cr	µg/g Pb	µg/g Cd	µg/g Ni
<u>Lokatie 6e (Vervolg)</u>								
108	januari 1976	73.8	195	31	107	68	0.87	39.4
109	"	22.4	73	10	81	21	0.28	16.6
110	"	18.9	70	7	65	19	0.28	14.9
111	"	27.3	91	10	81	29	0.43	18.3
112	"	34.8	109	14	73	34	0.50	21.1
113	"	49.6	140	20	82	47	0.64	27.4
114	"	25.5	84	10	81	25	0.35	18.3
<u>Lokatie 6f - Dollard</u>								
87	december 1975	68.0	163	21	99	54	0.57	32.3
88	"	52.5	132	22	102	42	0.21	26.7
89	"	59.2	151	21	90	48	0.50	30.2
90	"	60.0	150	17	98	49	0.57	33.6
<u>Lokatie 7 - Eems bij Petkum</u>								
79	december 1975	64.8	170	29	103	55	0.59	36.1
80	"	66.0	162	26	102	51	0.52	35.3
81	"	68.7	181	33	111	60	0.49	38.9
82	"	56.4	156	27	111	49	0.45	34.7
83	"	12.3	46	12	56	12	0.07	10.5
84	"	62.4	161	27	115	53	0.49	33.6
85	"	69.0	173	33	111	57	0.35	36.2
86	"	41.4	123	22	94	39	0.25	25.6
<u>Lokatie 8a - Emden voor de buitenhaven</u>								
56	december 1975	10.6	49	7	56	15	0.28	10.1
57	"	26.6	86	10	65	28	0.28	16.3
<u>Lokatie 8b - Emden in de buitenhaven</u>								
58	december 1975	18.6	67	10	32	20	0.35	12.9
59	"	49.8	131	17	65	44	0.64	28.7
60	"	60.4	157	27	102	51	0.35	34.6
61	"	70.4	192	33	115	64	0.45	39.3
62	"	77.6	210	31	99	74	1.01	43.9
63	"	71.7	185	28	91	65	0.94	39.8
64	"	72.5	178	28	83	63	0.87	39.8
65	"	72.6	195	24	107	66	0.87	39.4

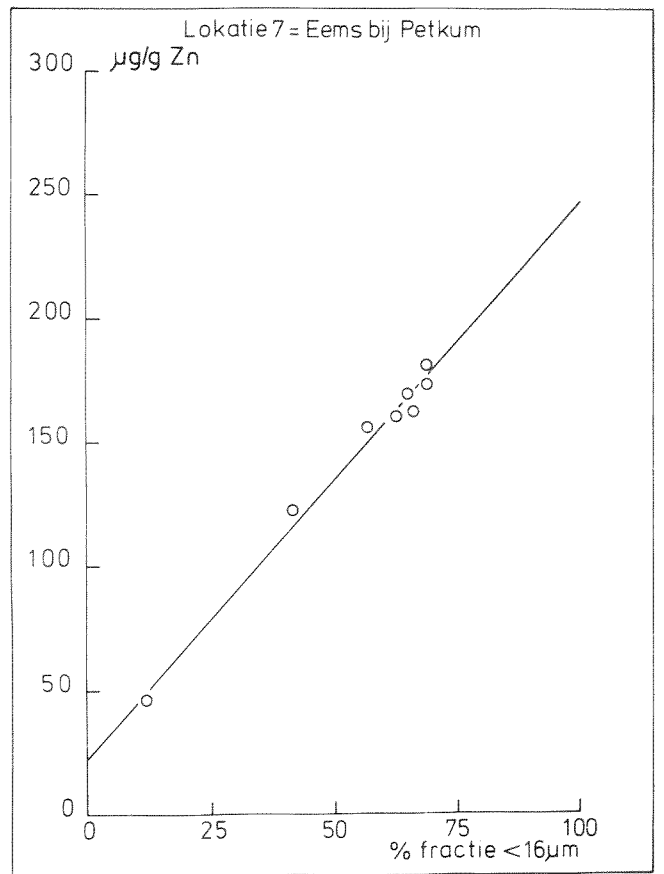
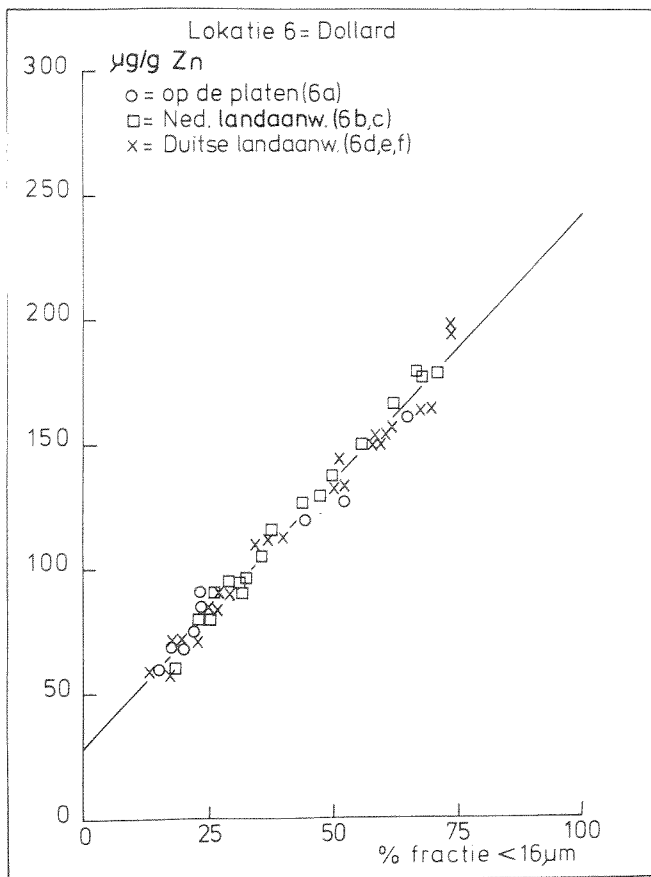
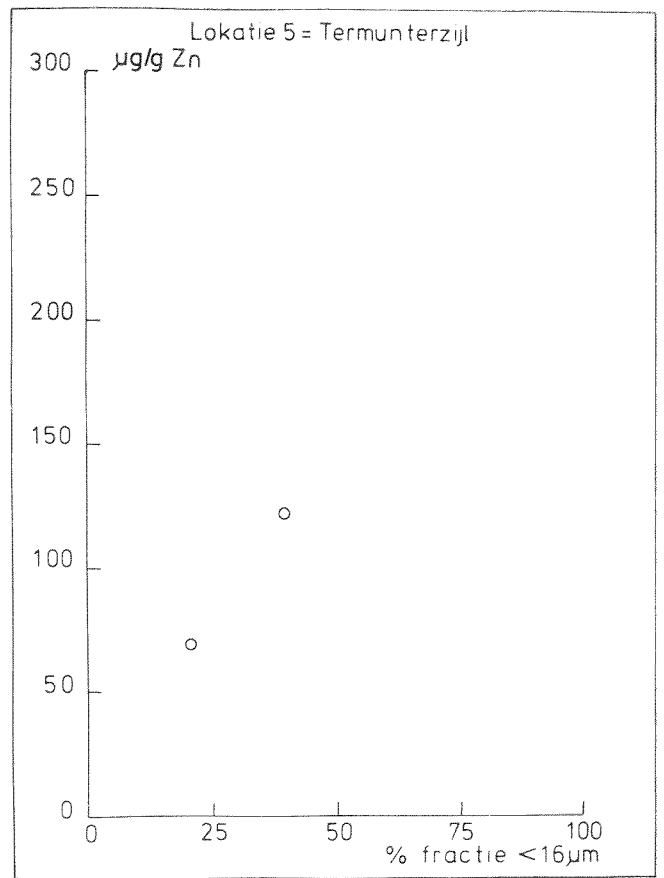
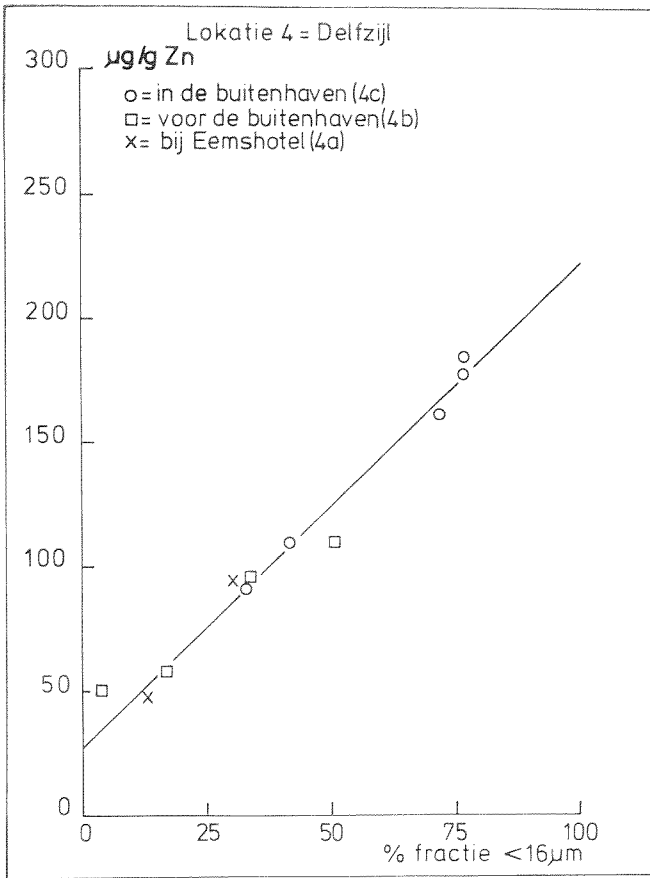
Monster no.	Bemonsterings datum	% < 16µm 2)	µg/g Zn	µg/g Cu	µg/g Cr	µg/g Pb	µg/g Cd	µg/g Ni
<u>Lokatie 9 - Leybocht</u>								
97	december 1975	70.3	174	24	107	66	0.72	32.5
98	"	65.5	167	21	115	65	0.72	33.0
99	"	50.8	143	17	90	53	0.57	26.7
100	"	39.2	118	14	89	44	0.43	23.8
101	"	53.0	149	20	90	56	0.57	28.1
102	"	72.3	180	24	91	71	0.73	36.1
103	"	68.1	171	24	91	67	0.72	33.9
104	"	58.5	151	21	74	58	0.65	30.3

2) < 16µm als procenten van de CaCO₃-vrije minerale bestanddelen.

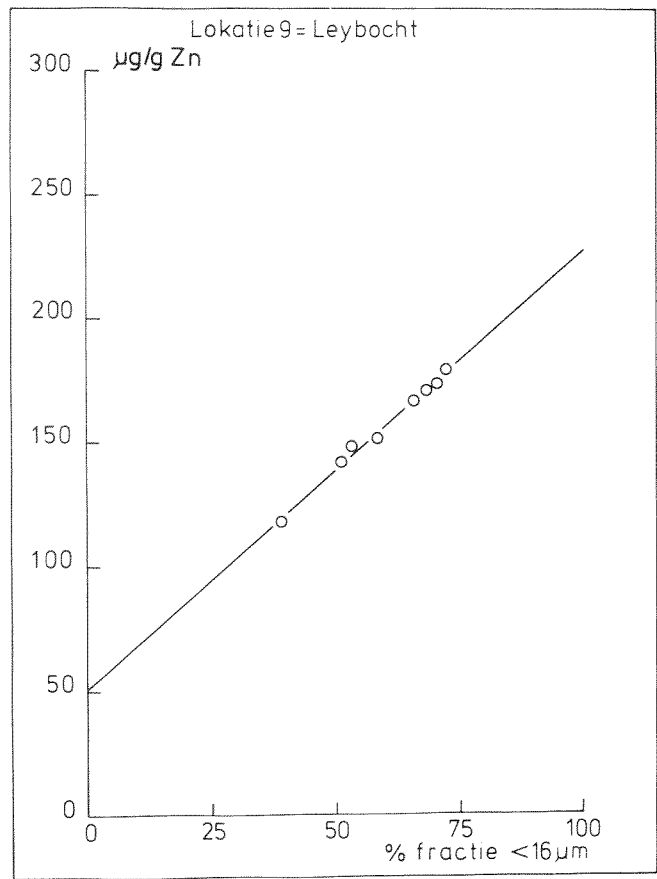
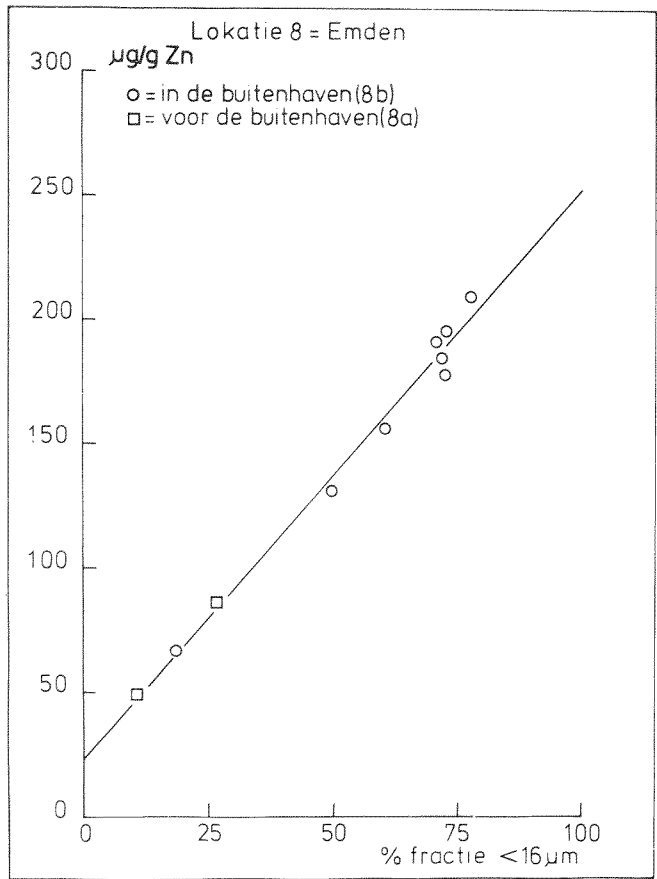
Analysegegevens van afgezet slib uit het Eems-Dollard estuarium



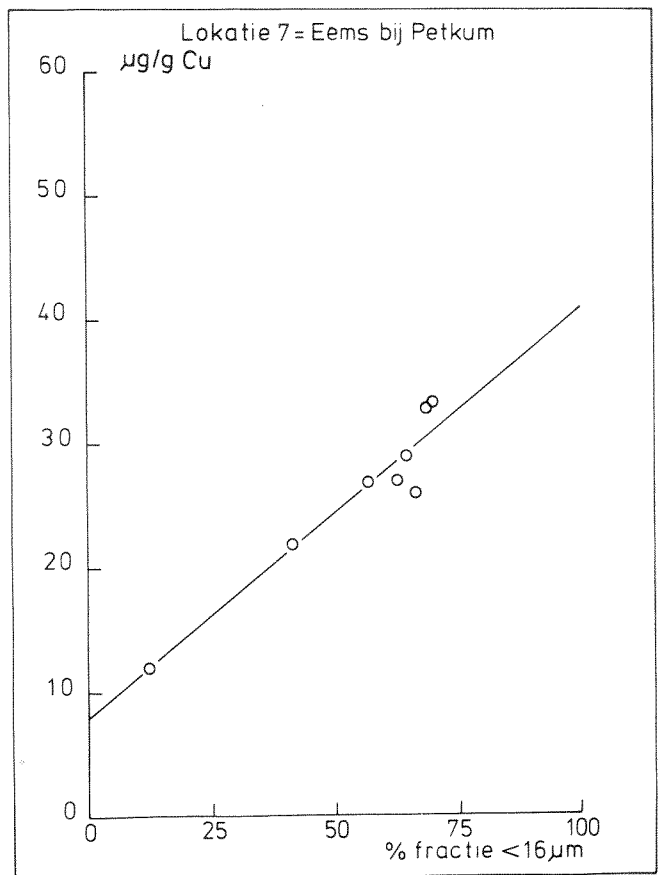
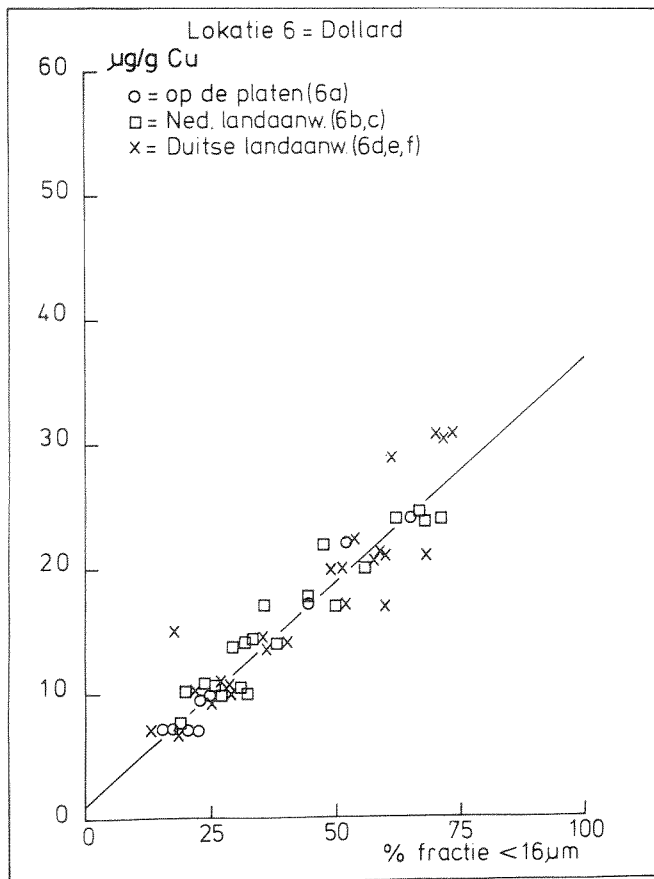
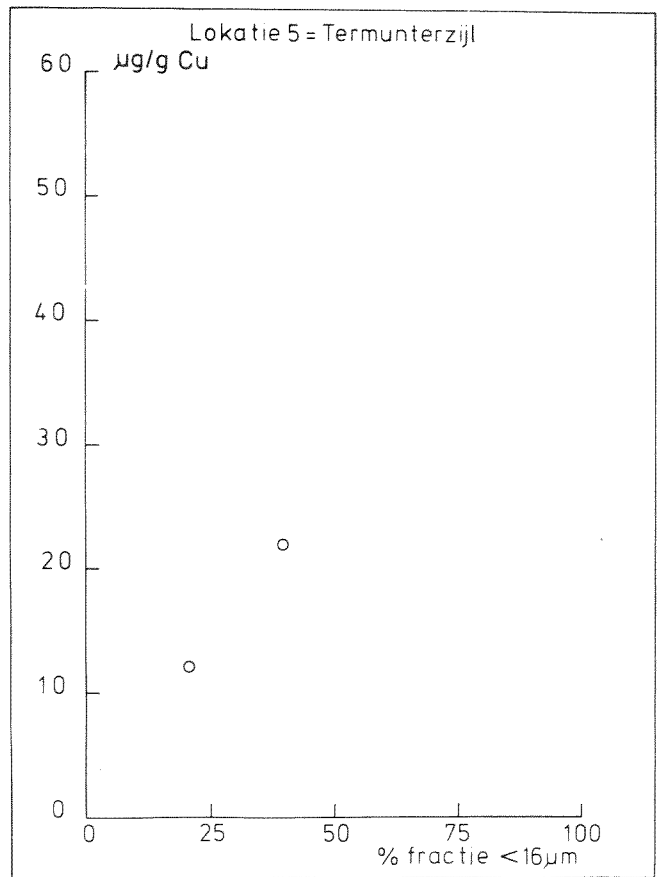
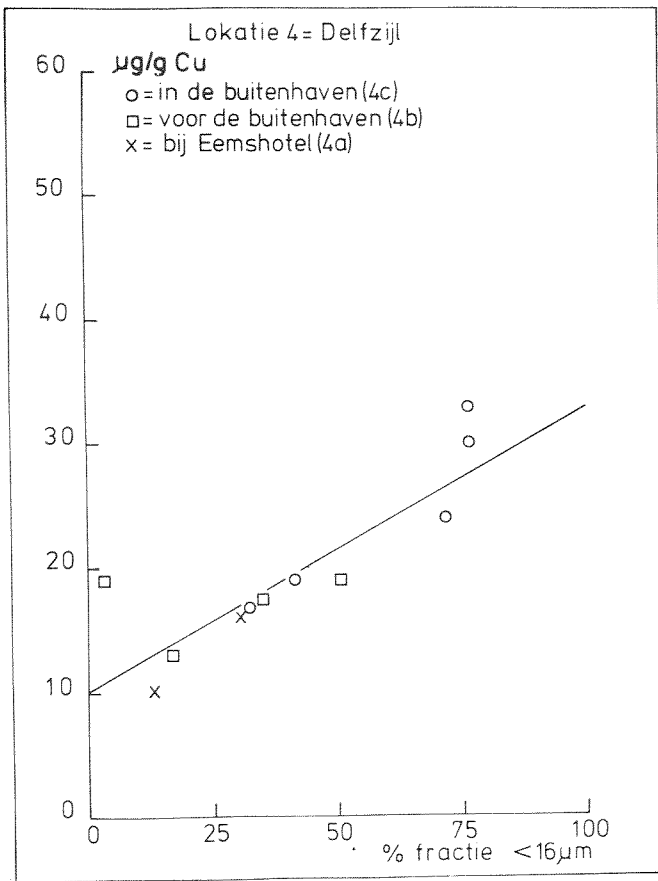
Verband tussen het zinkgehalte en het percentage van de fractie <16µm van slib van de lokaties 0 t/m 3



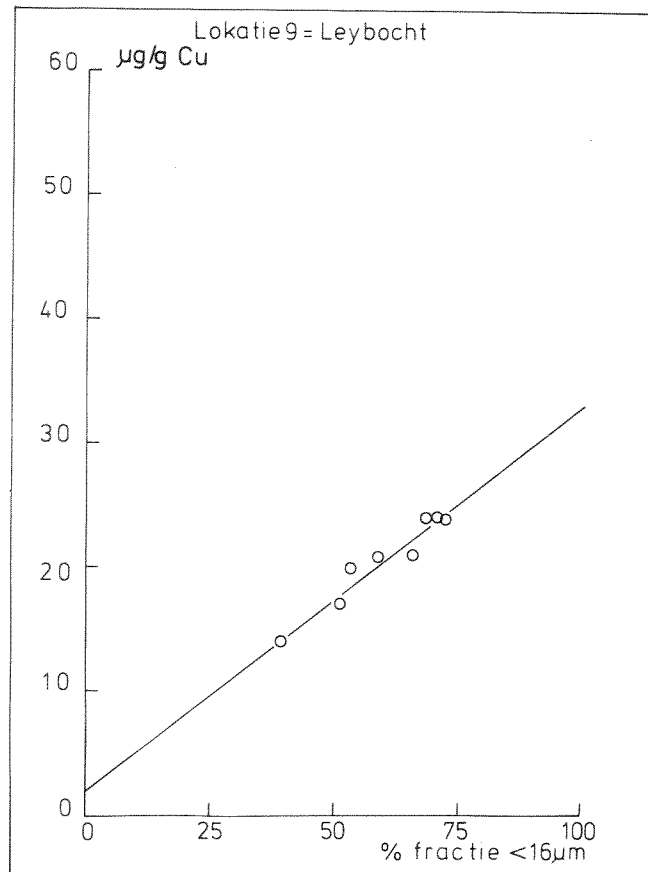
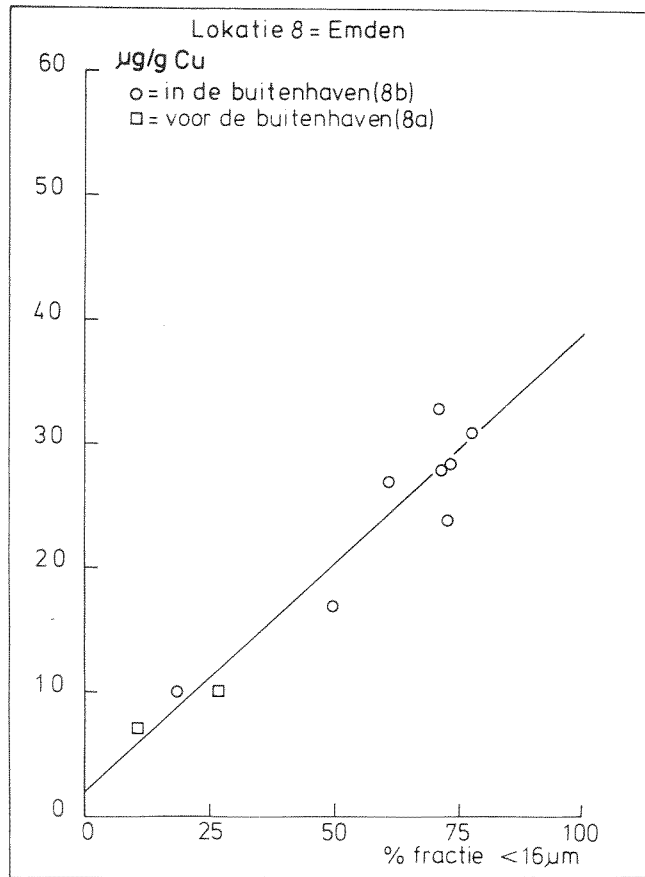
Verband tussen het zinkgehalte en het percentage van de fractie <16µm van slib van de lokaties 4 t/m 7		
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	R 1529	BIJL. 2 b



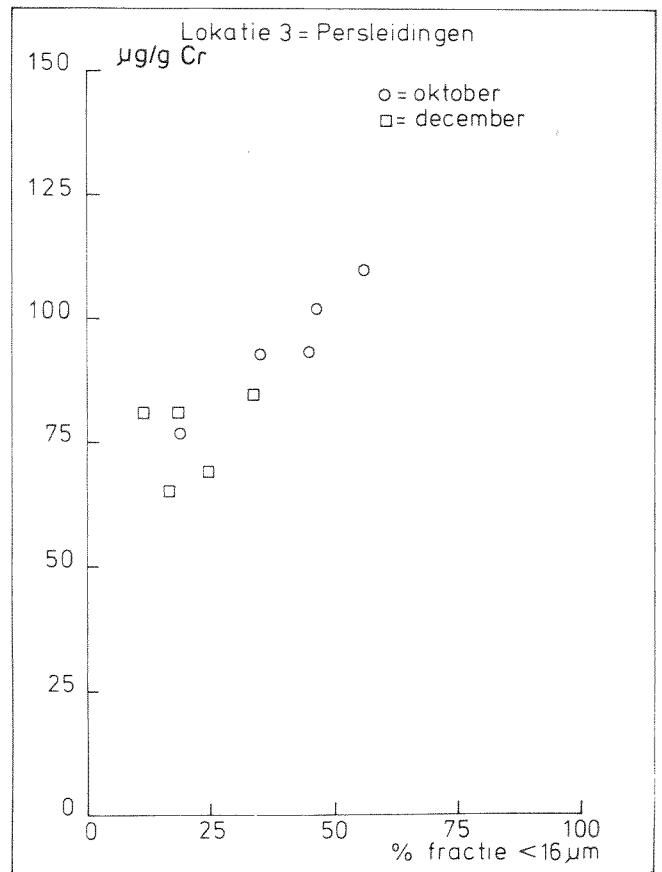
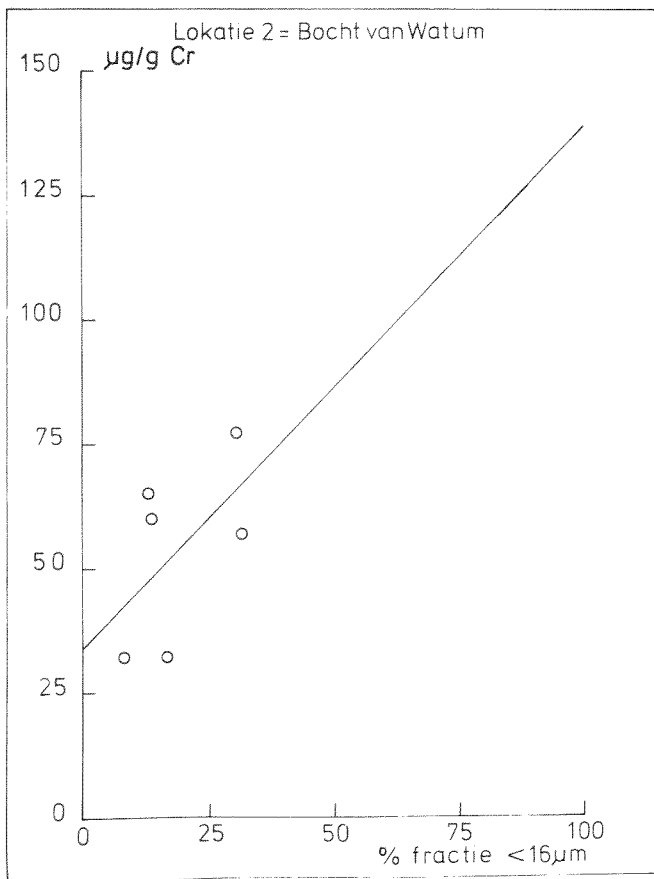
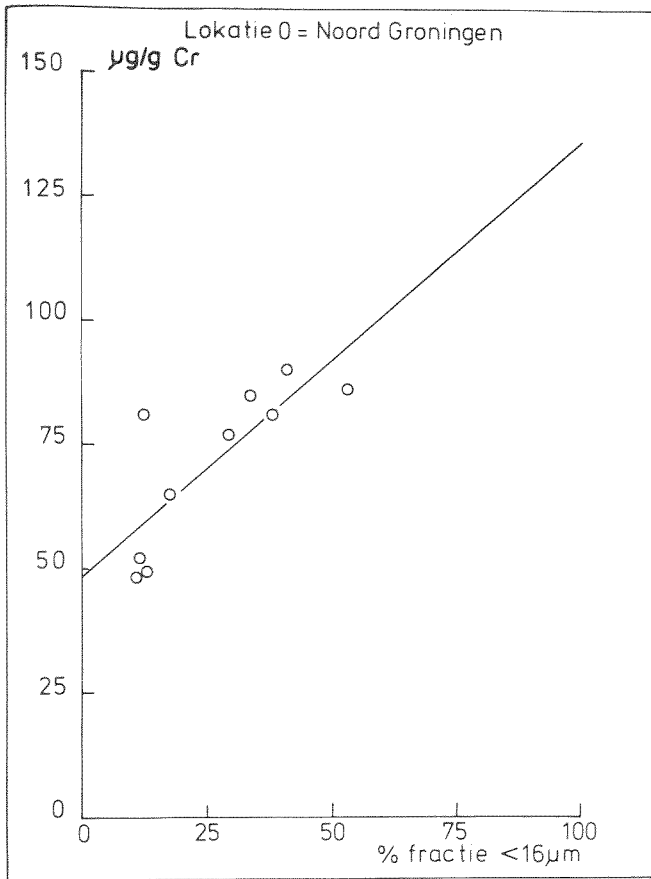
Verband tussen het zinkgehalte en het percentage van de fractie < 16 μm van slib van de lokaties 8 en 9



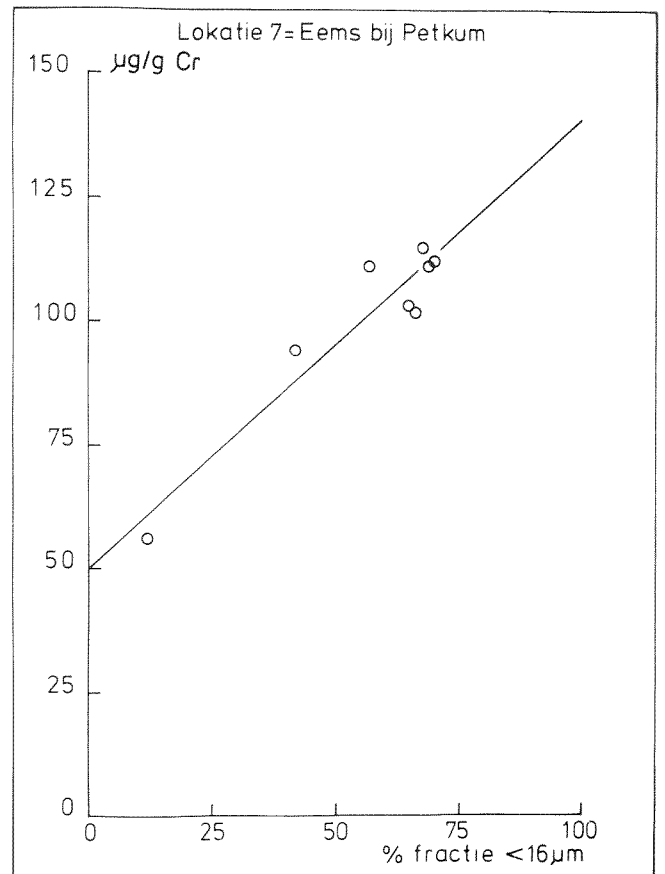
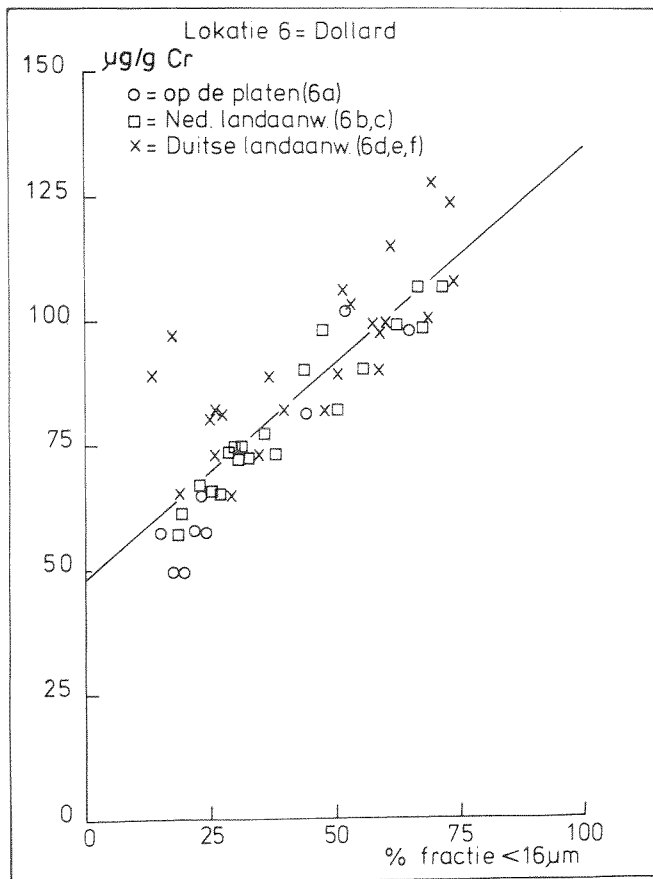
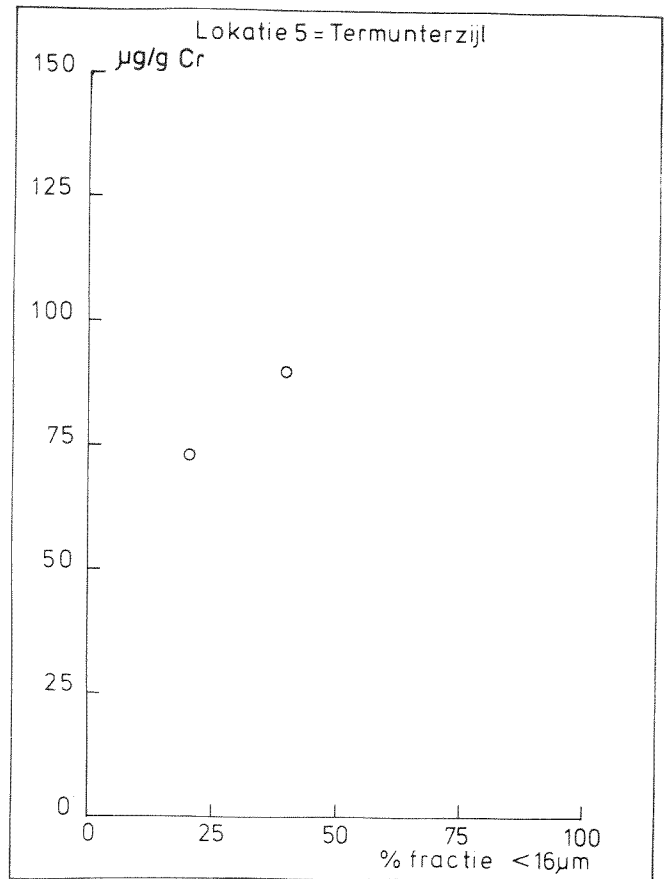
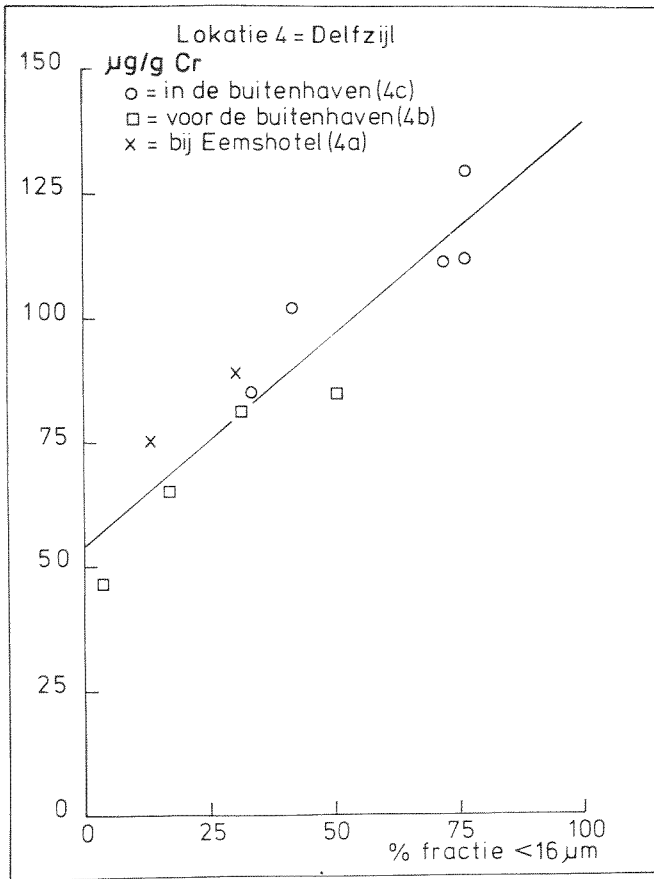
Verband tussen het kopergehalte en het percentage van de fractie $<16\mu\text{m}$ van slib van de lokaties 4 t/m 7		
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	R 1529	BIJL. 3b



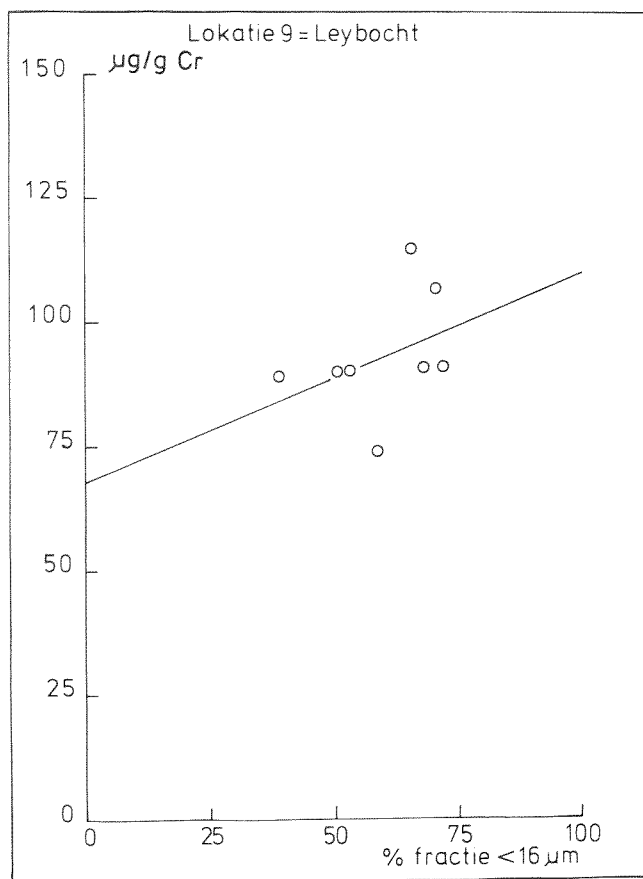
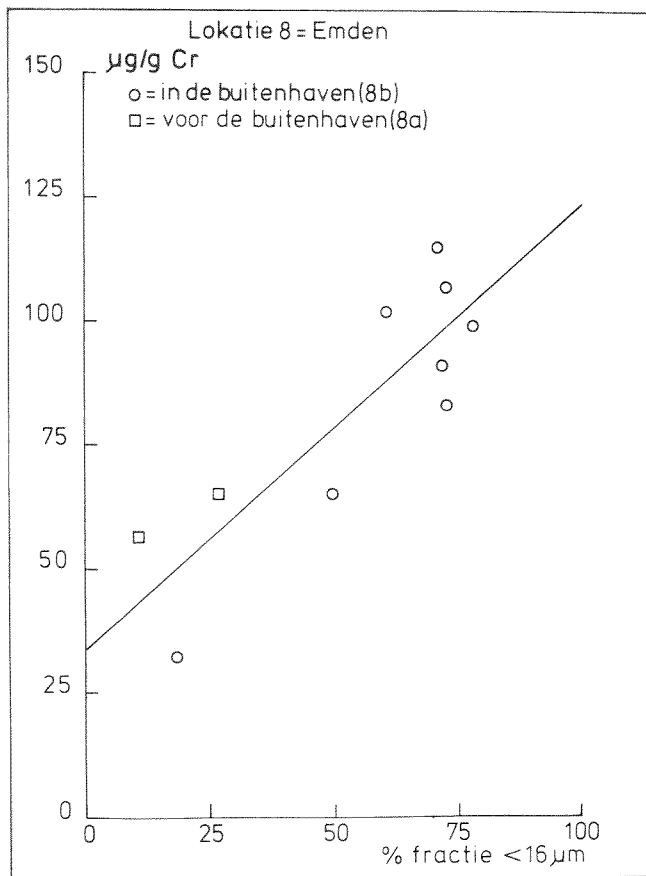
Verband tussen het kopergehalte en het percentage van de fractie <16µm van slib van de lokaties 8 en 9



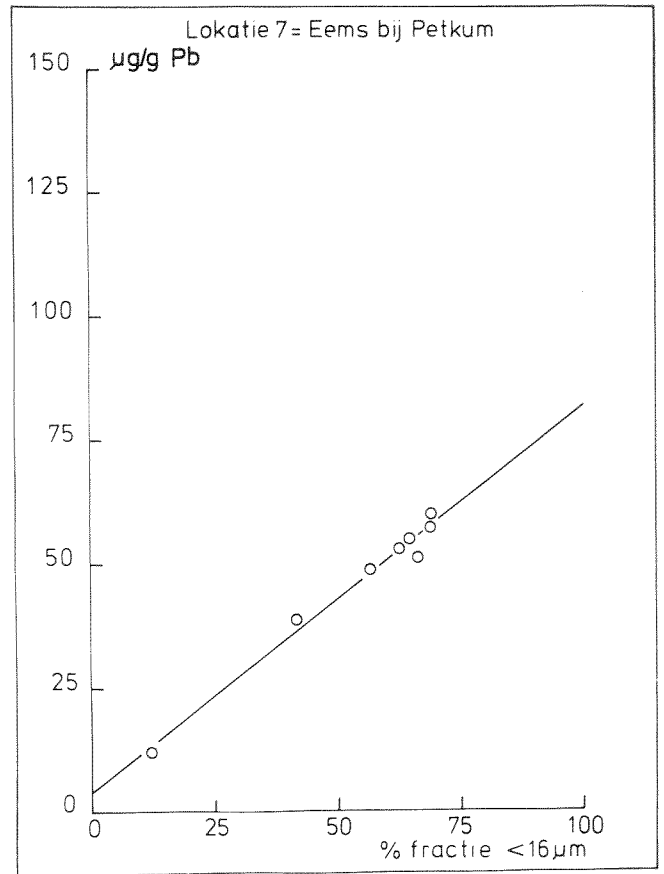
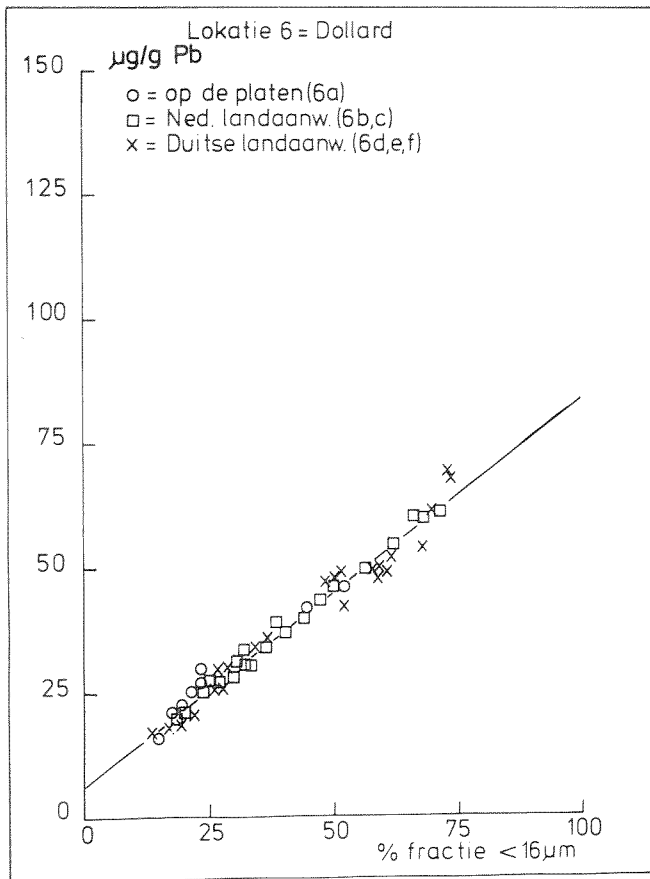
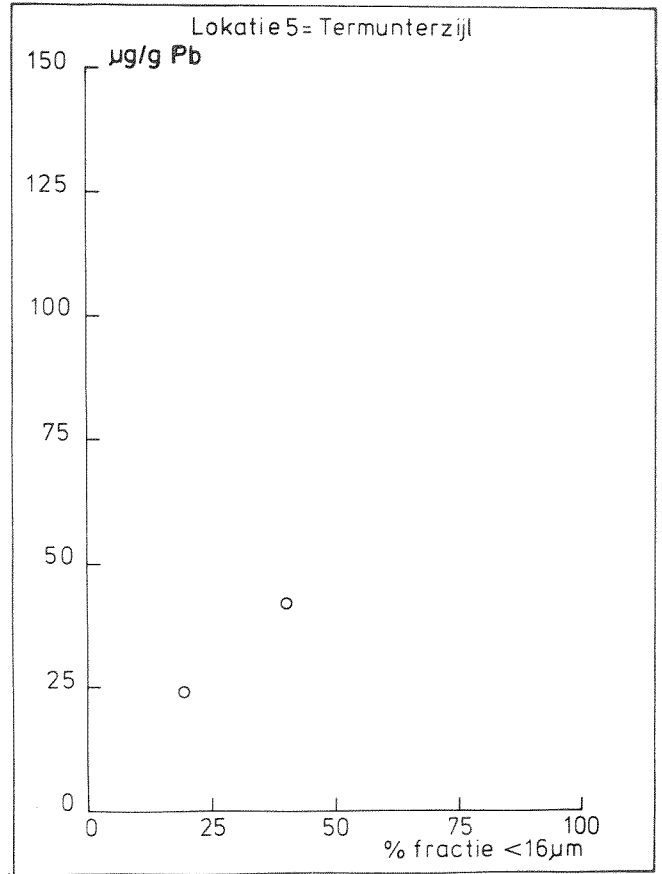
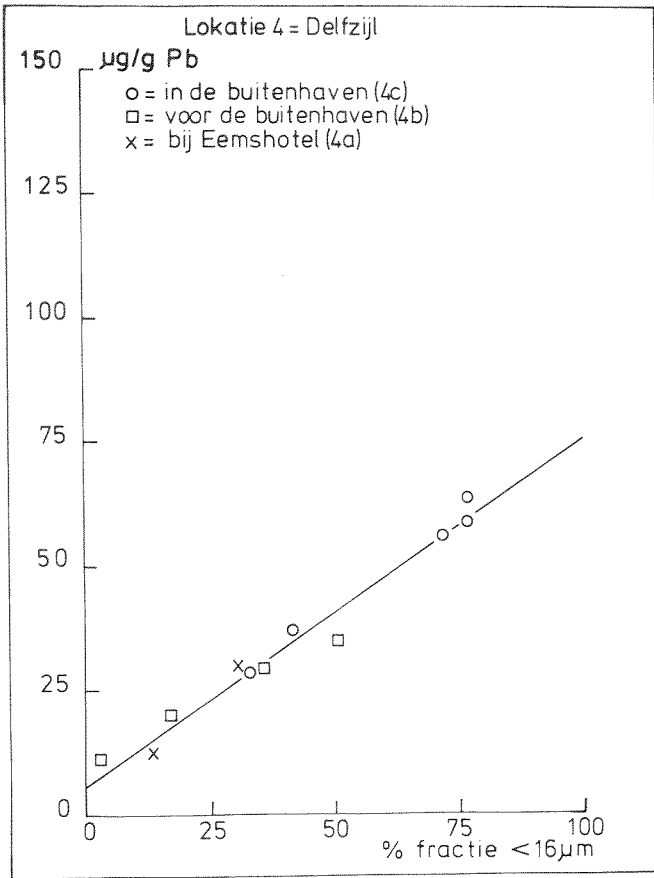
Verband tussen het chroomgehalte en het percentage van de fractie $<16\mu\text{m}$ van slib van de lokaties 0 t/m 3



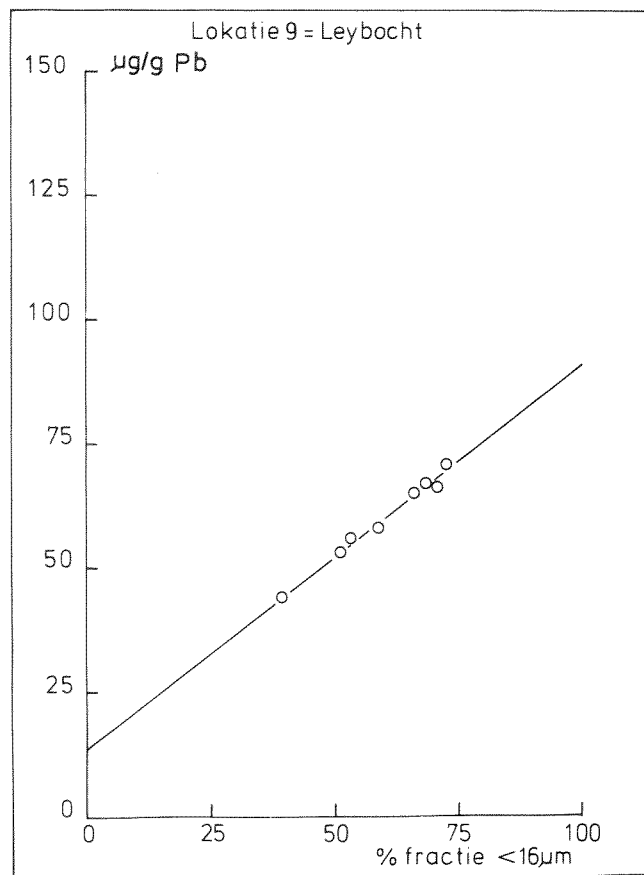
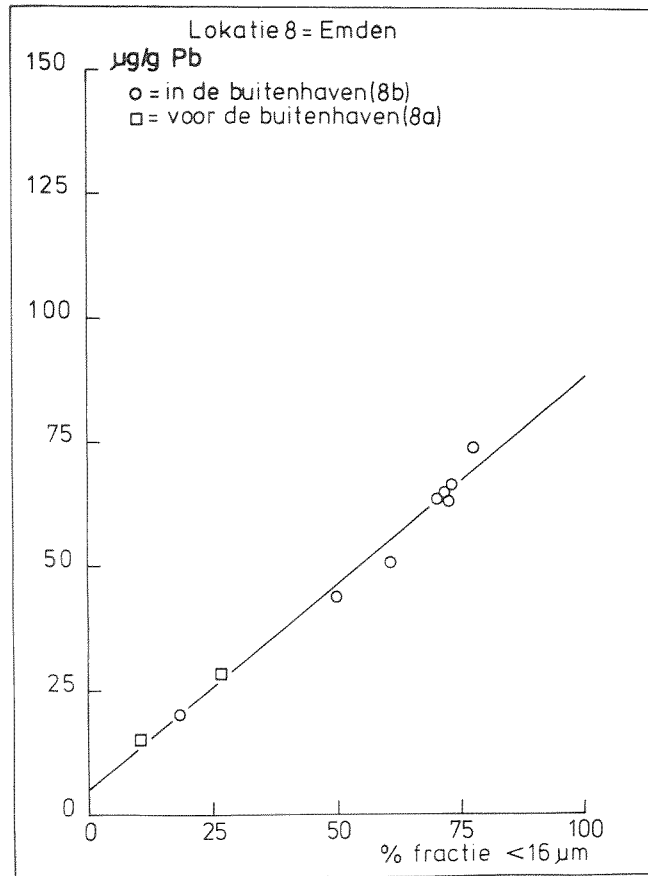
Verband tussen het chroomgehalte en het percentage van de fractie <16µm van slib van de lokaties 4 t/m 7		
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	R1529	BIJL. 4b



Verband tussen het chroomgehalte en het percentage van de fractie $<16\mu\text{m}$ van slib van de lokaties 8 en 9		
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	R1529	BIJL. 4c



Verband tussen het loodgehalte en het percentage van de fractie <16µm van slib van de lokaties 4 t/m 7

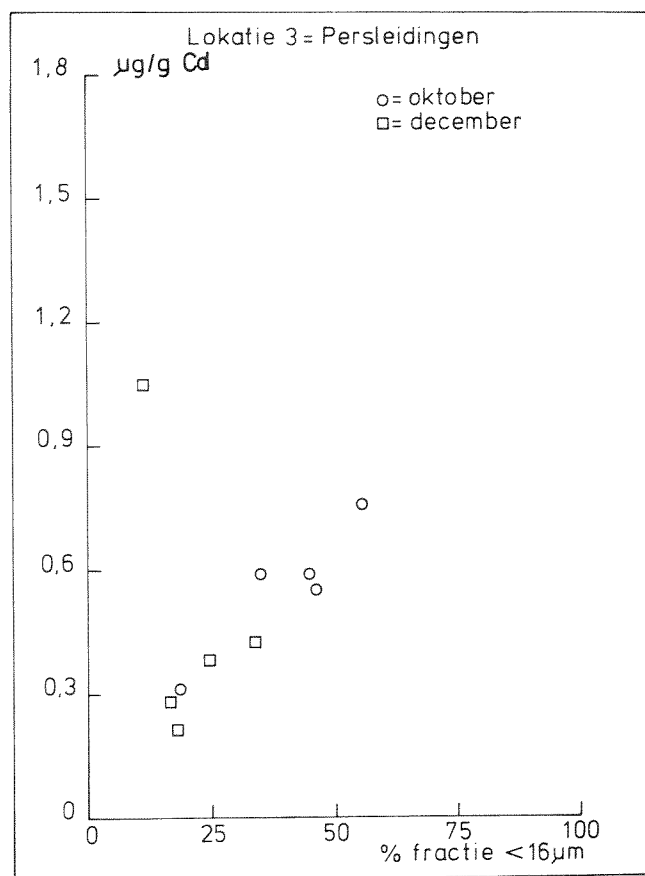
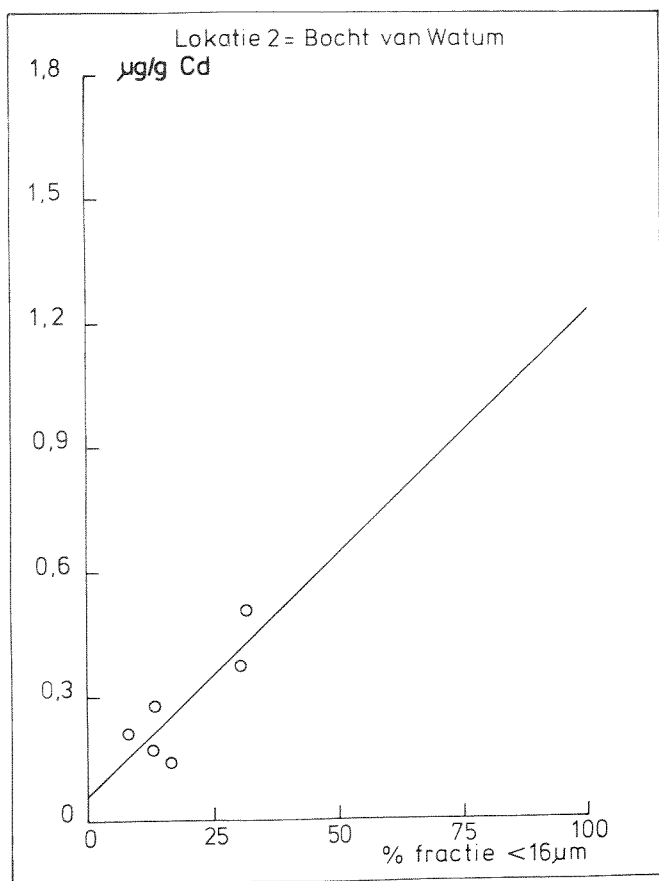
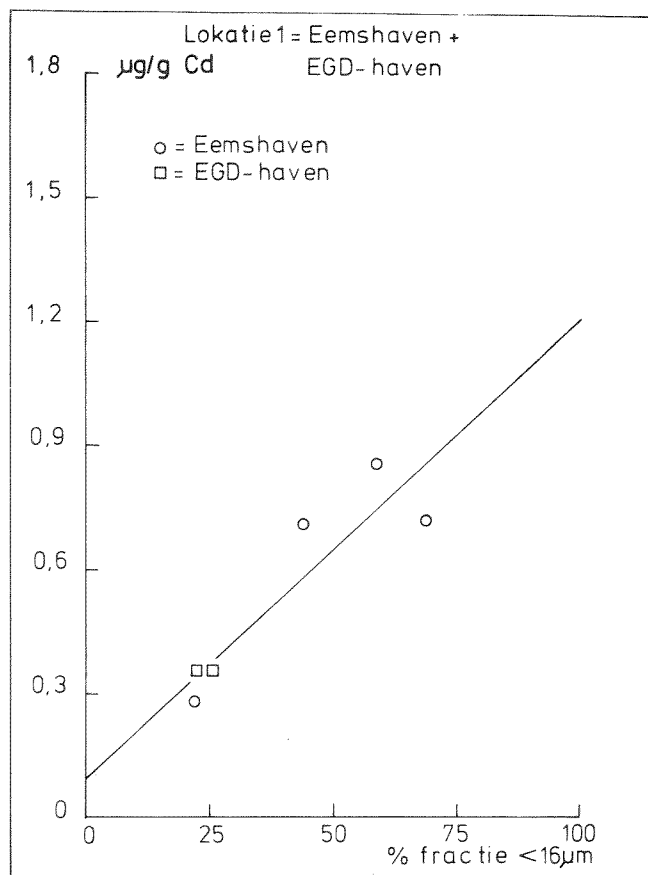
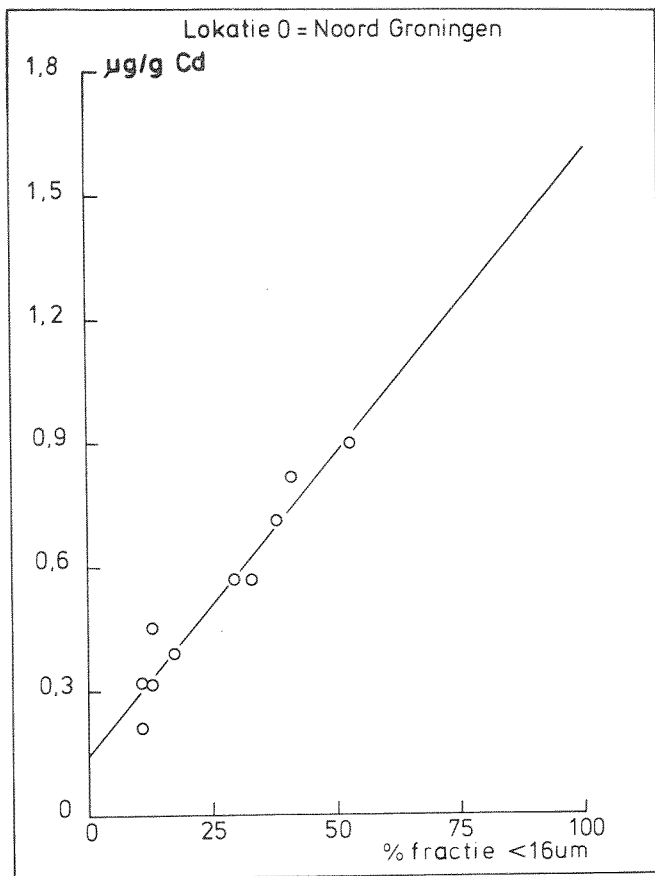


Verband tussen het loodgehalte en het percentage van de fractie <16µm van slib van de lokaties 8 en 9

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R1529

BIJL. 5c

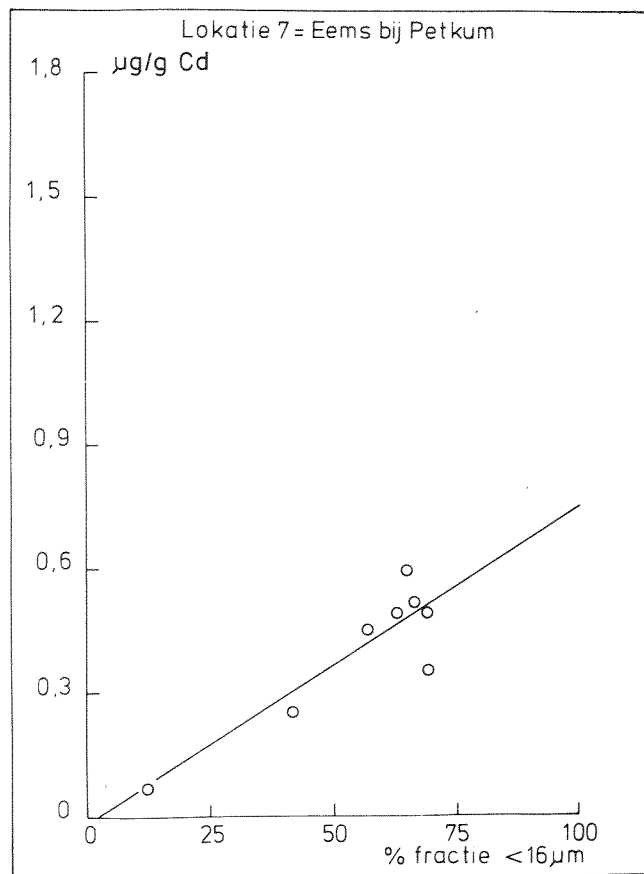
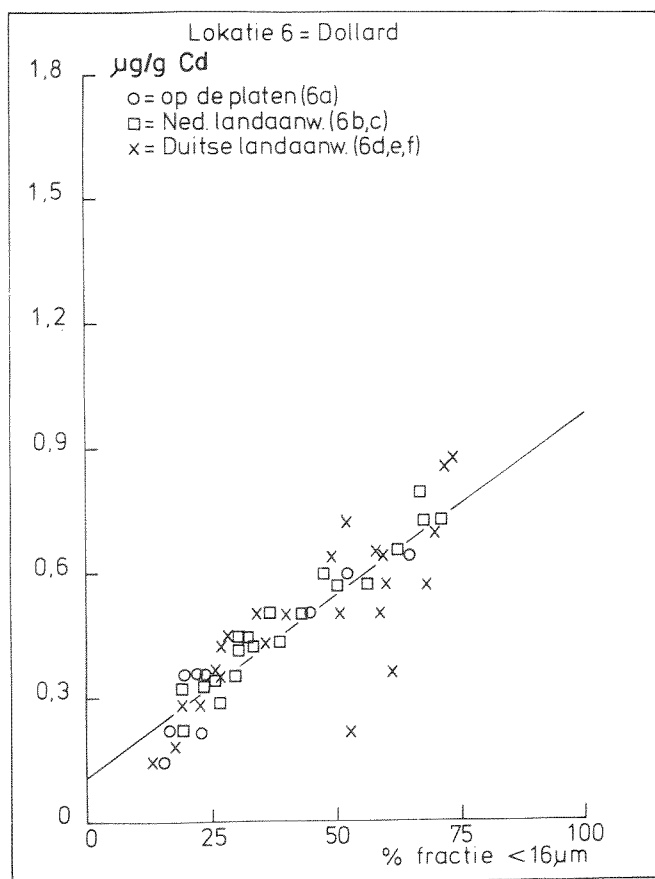
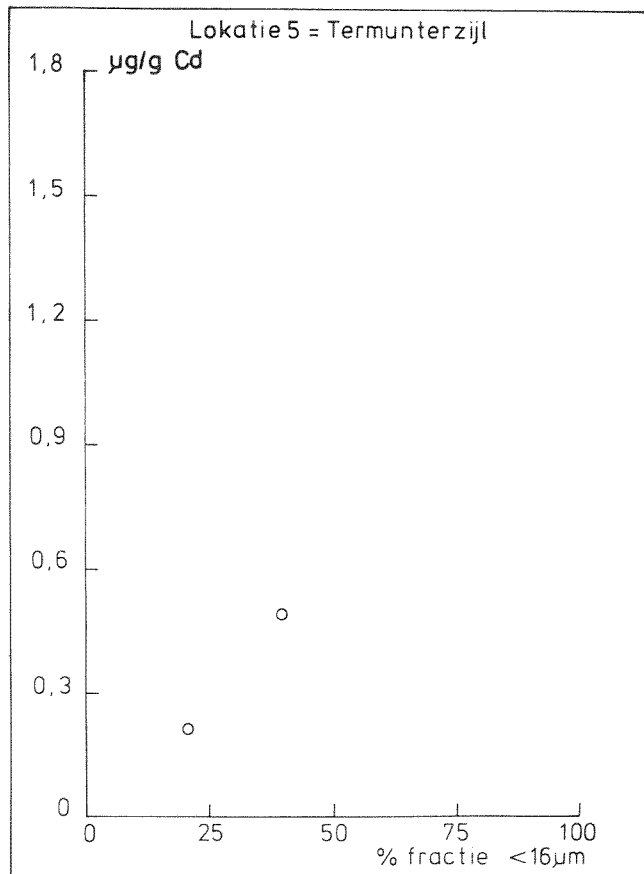
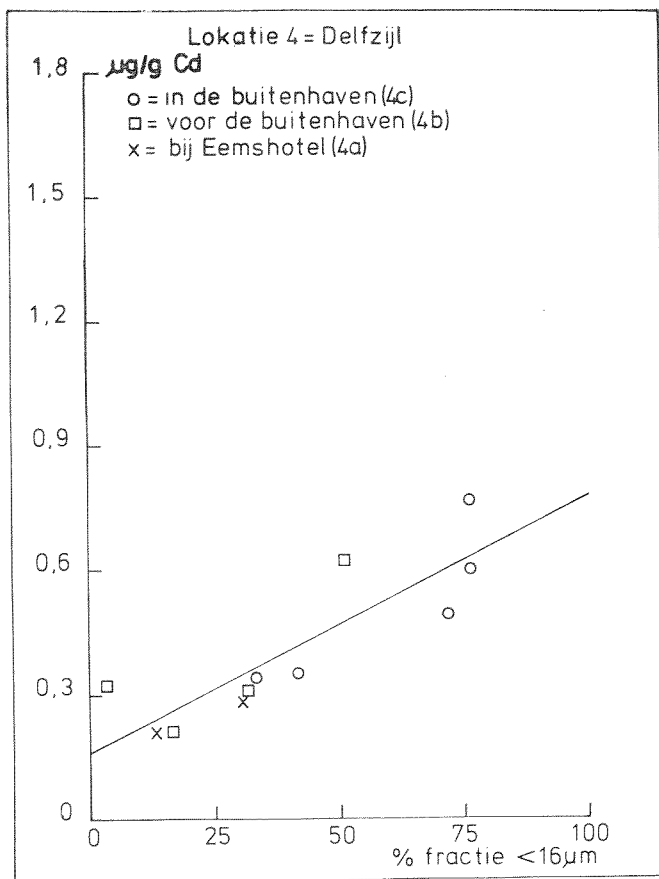


Verband tussen het cadmiumgehalte en het percentage van de fractie <math><16\mu\text{m}</math> van slib van de lokaties 0 t/m 3

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R1529

BIJL. 6a

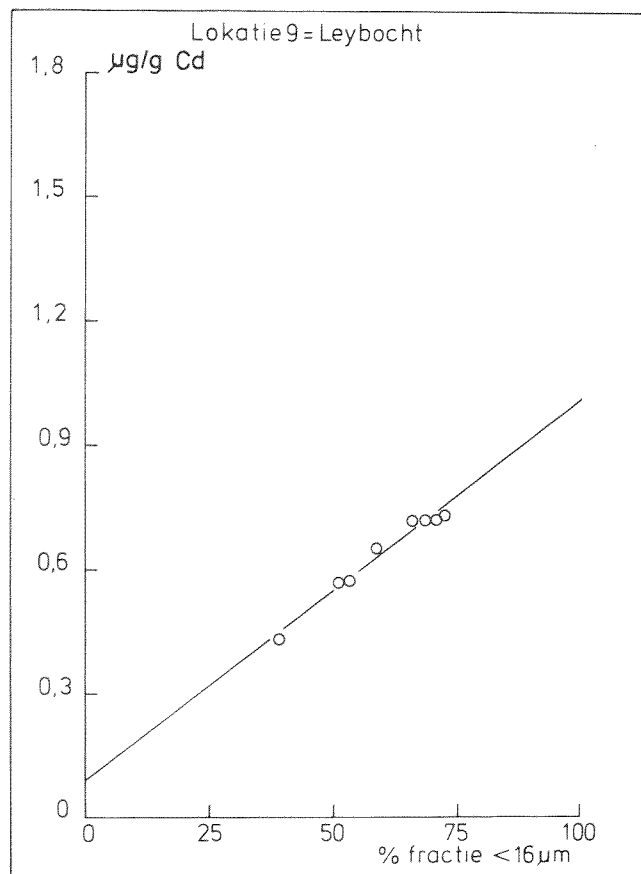
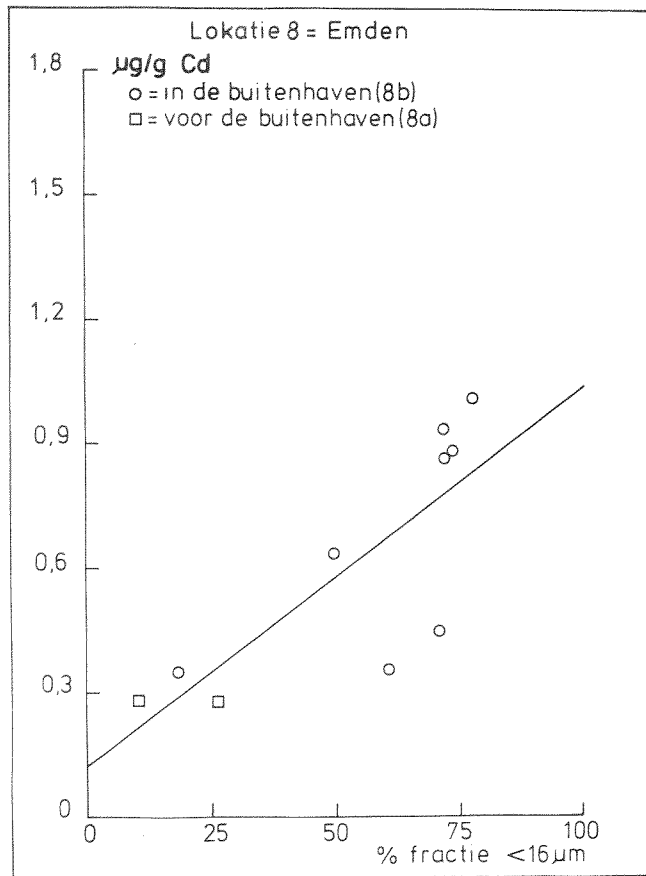


Verband tussen het cadmiumgehalte en het percentage van de fractie <16µm van slib van de lokaties 4 t/m 7

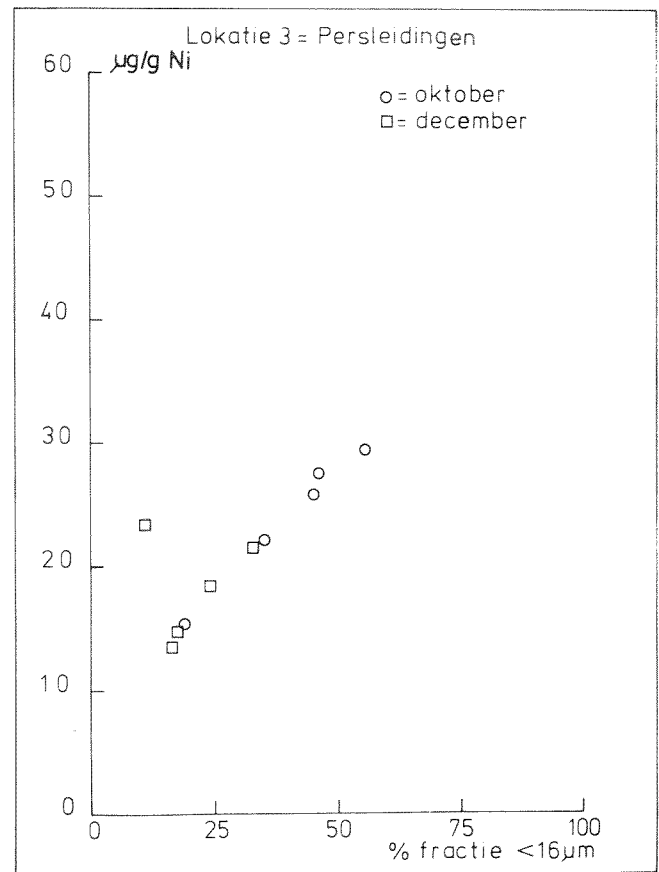
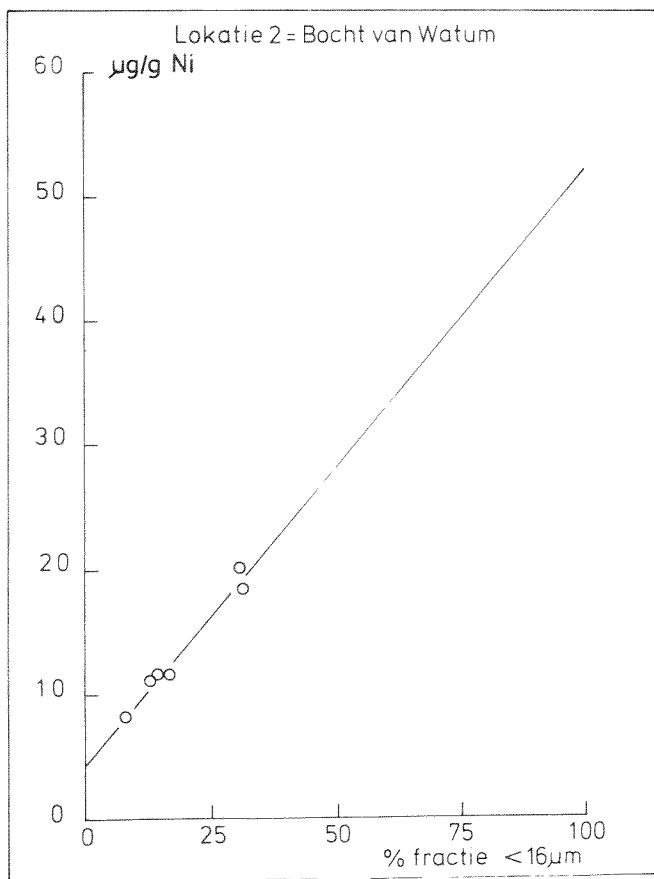
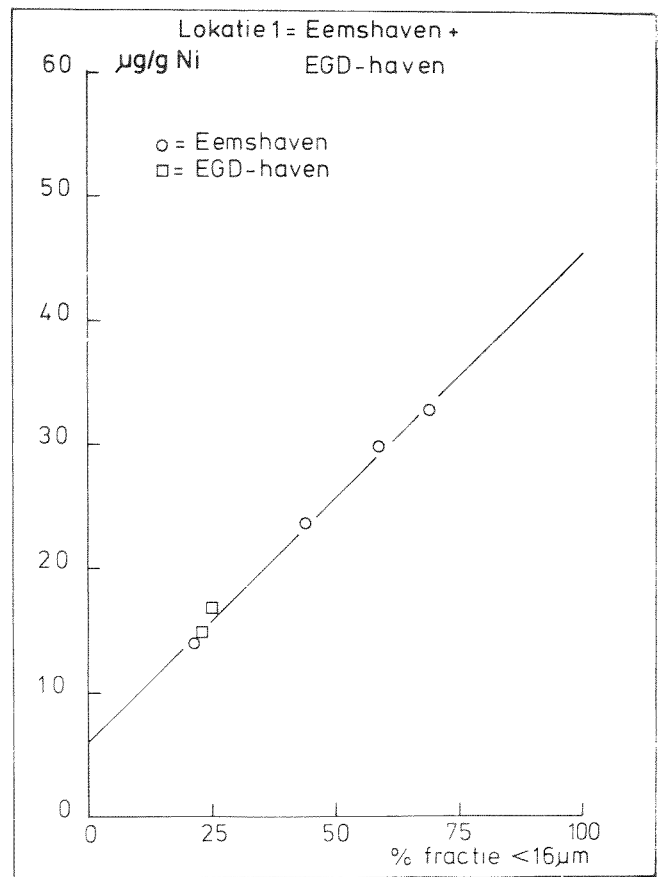
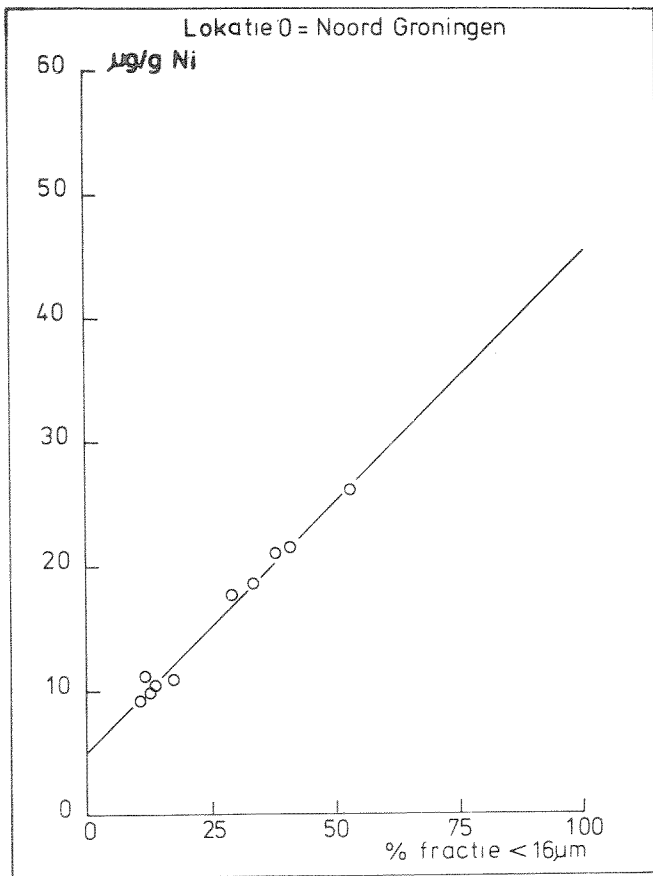
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R1529

BIJL. 6b



Verband tussen het cadmiumgehalte en het percentage van de fractie <16µm van slib van de lokaties 8 en 9		
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	R 1529	BIJL. 6c

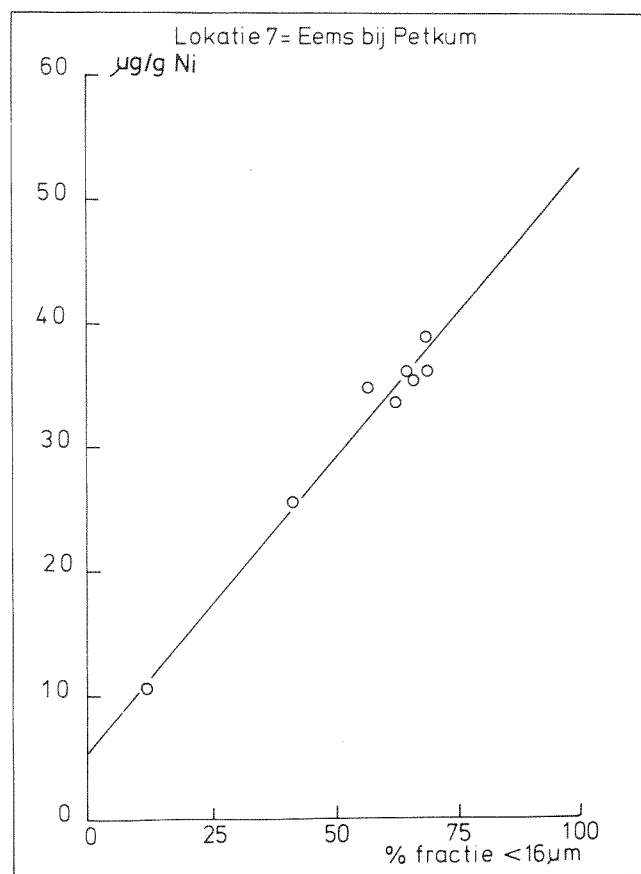
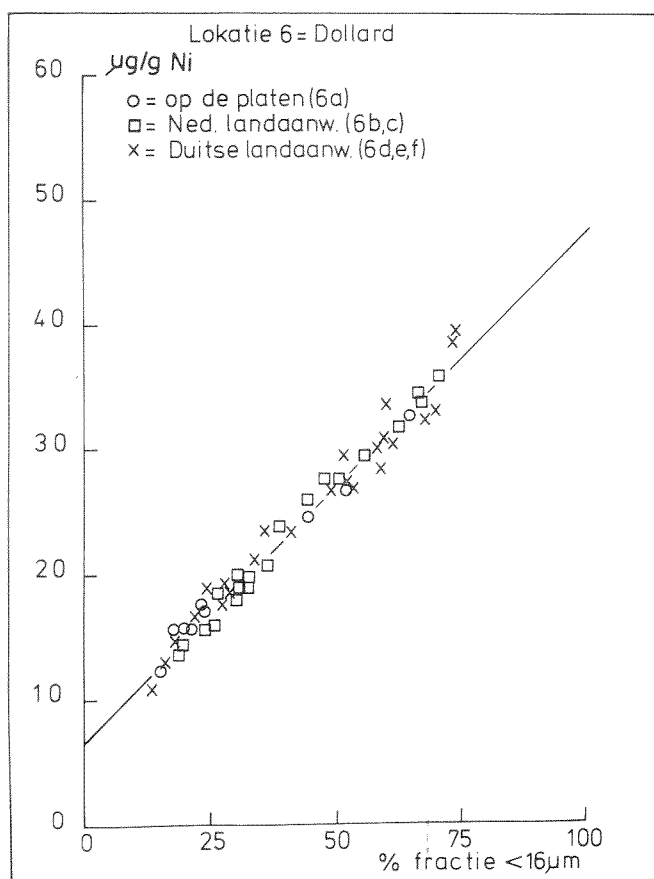
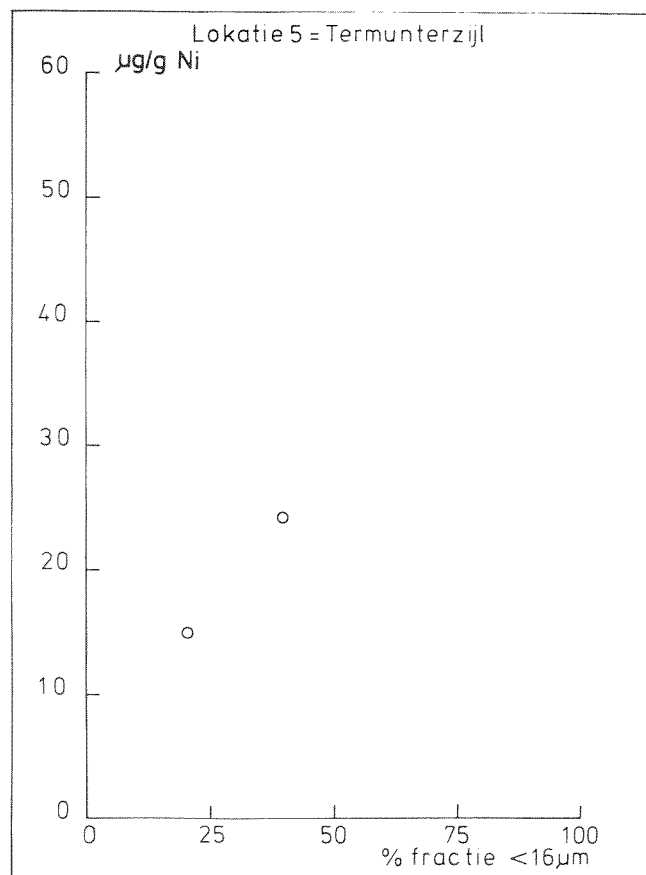
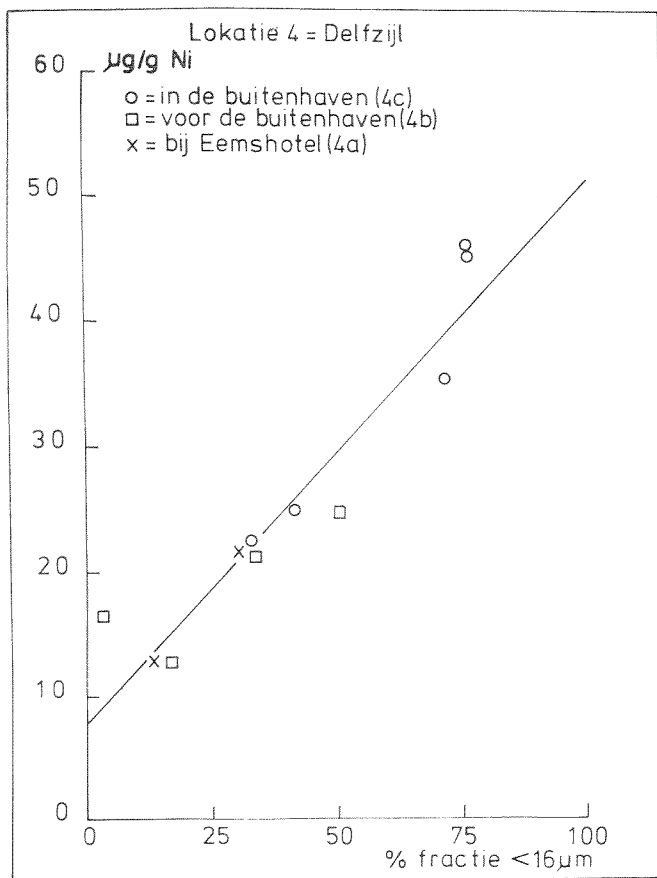


Verband tussen het nikkelgehalte en het percentage van de fractie $<16\mu\text{m}$ van slib van de lokaties 0 t/m 3

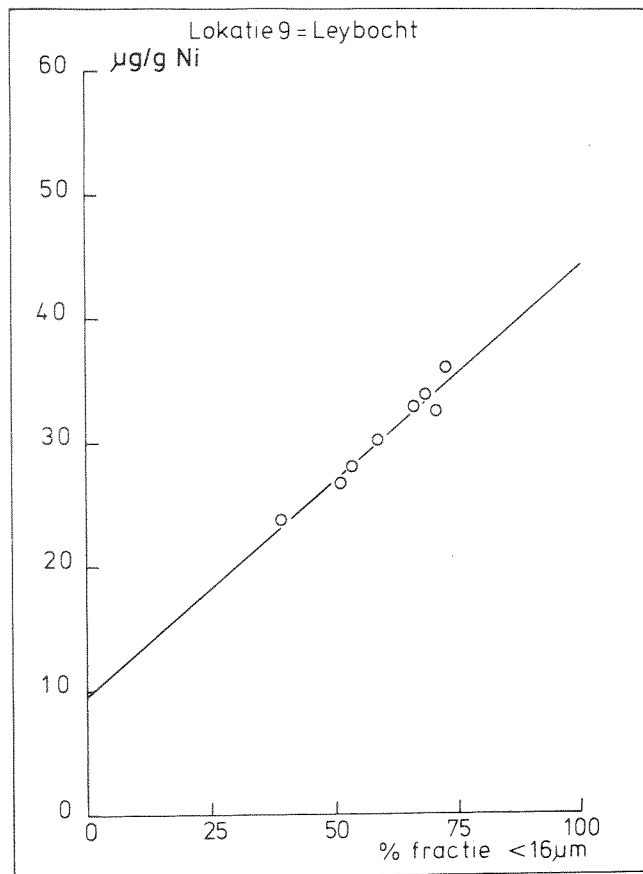
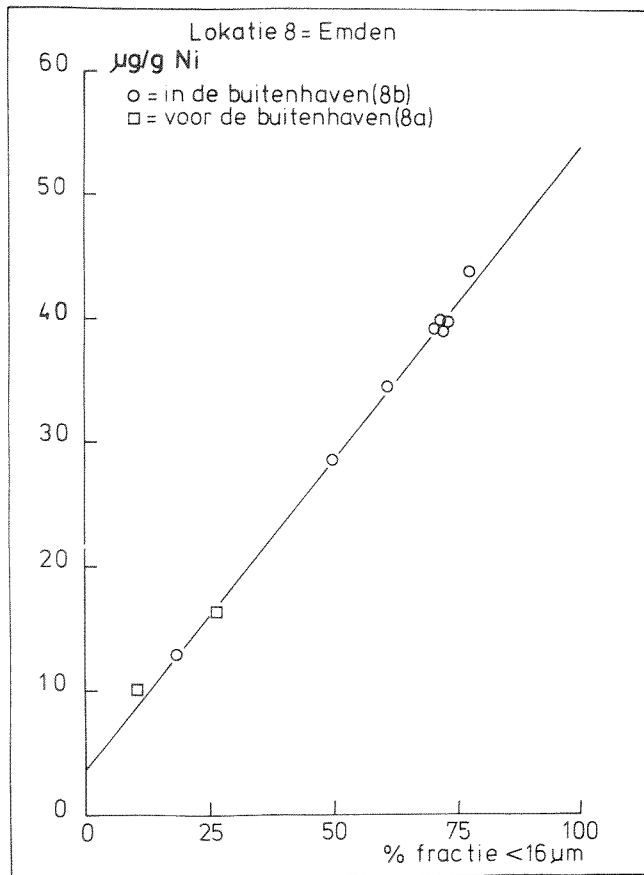
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R1529

BIJL. 7a



Verband tussen het nikkelgehalte en het percentage van de fractie <16µm van slib van de lokaties 4 t/m 7

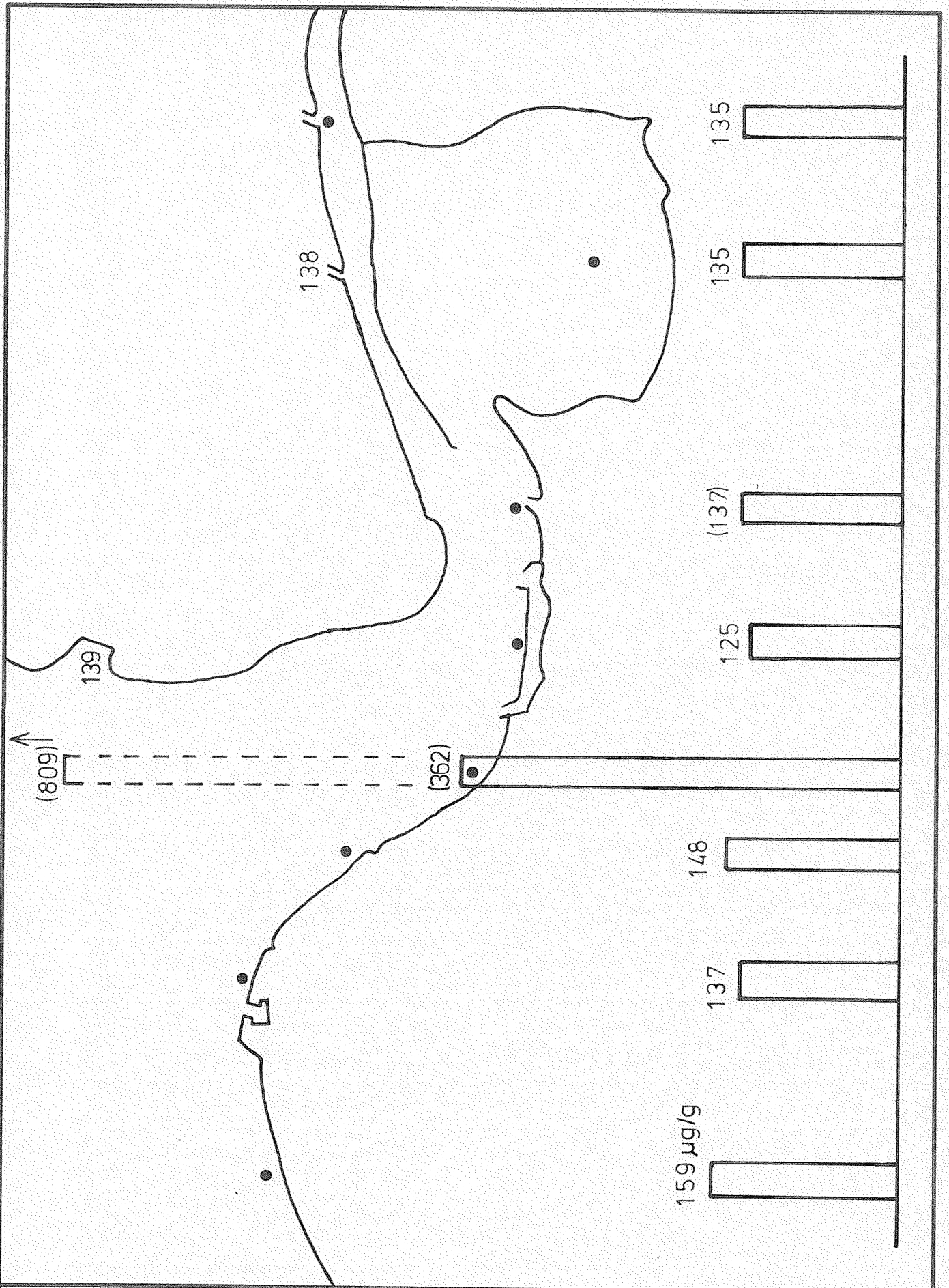


Verband tussen het nikkelgehalte en het percentage van de fractie $<16\mu\text{m}$ van slib van de lokaties 8 en 9

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1529

BIJL. 7c

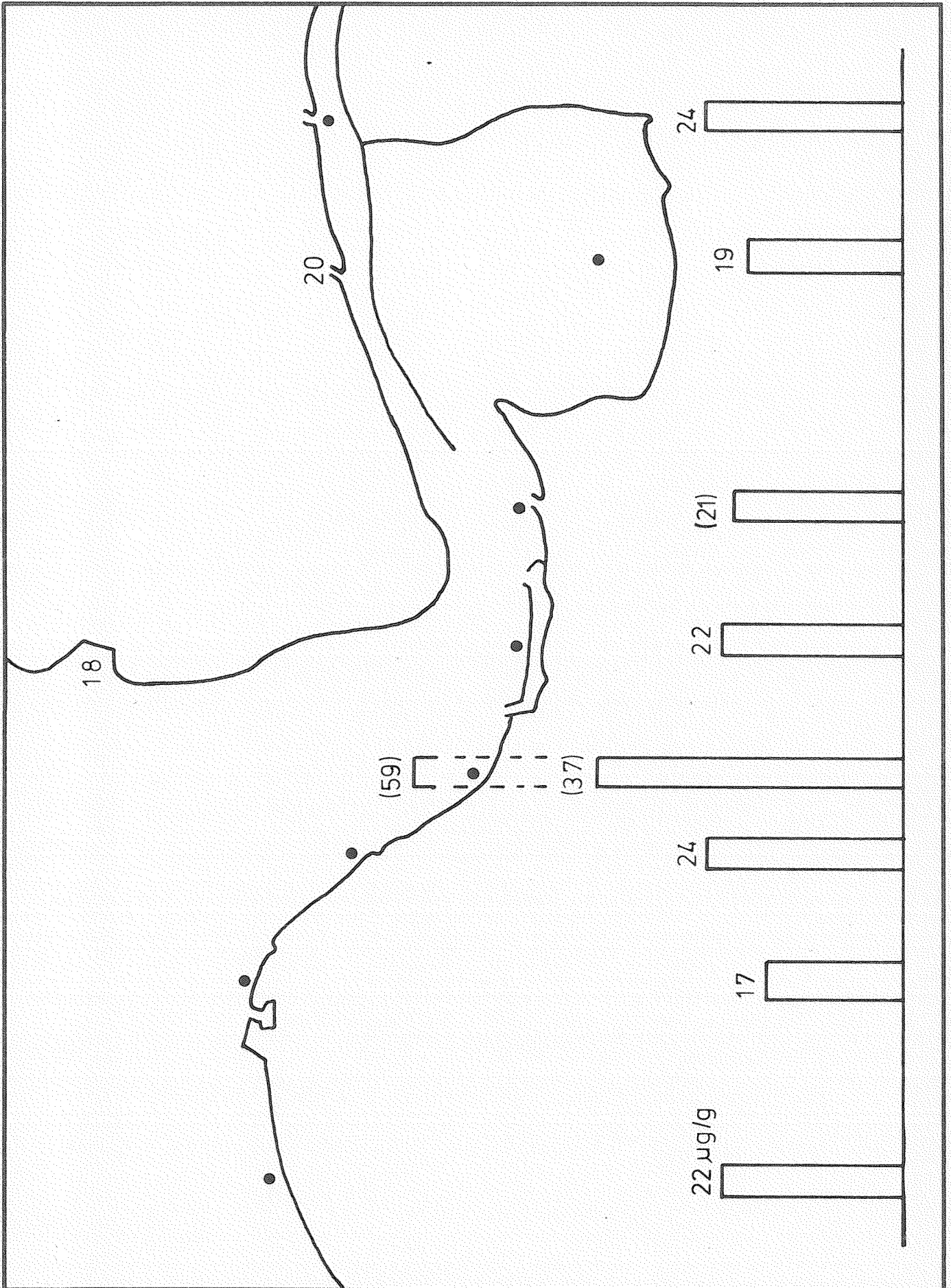


Zinkgehalten bij 50% < 16µm van de bovenste sliblagen uit het Eems-Dollard estuarium

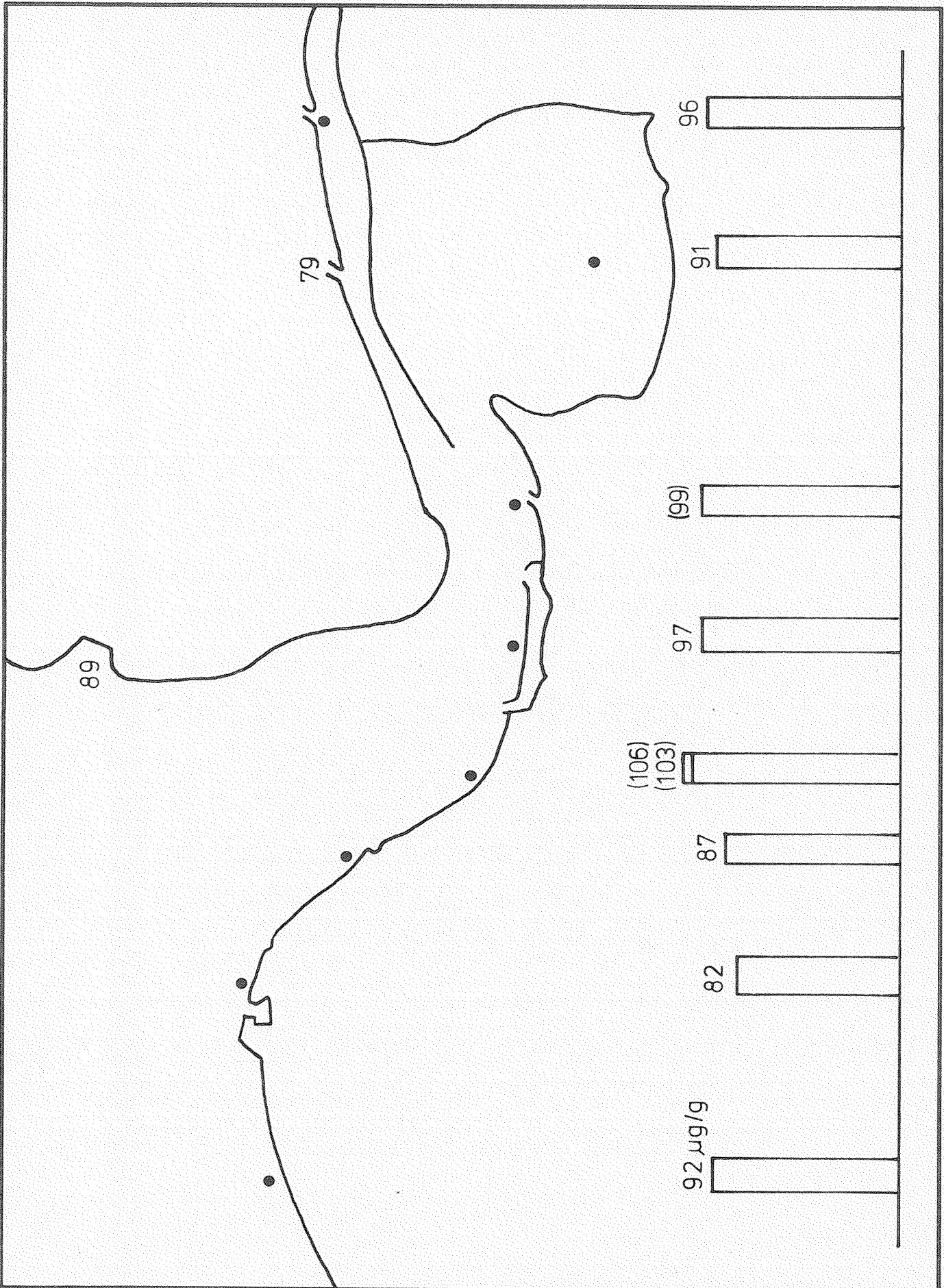
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1529

BIJLAGE 8



Kopergehalten bij 50% <math>< 16\mu\text{m}</math> van de bovenste sliedlagen uit het Eems-Dollard estuarium

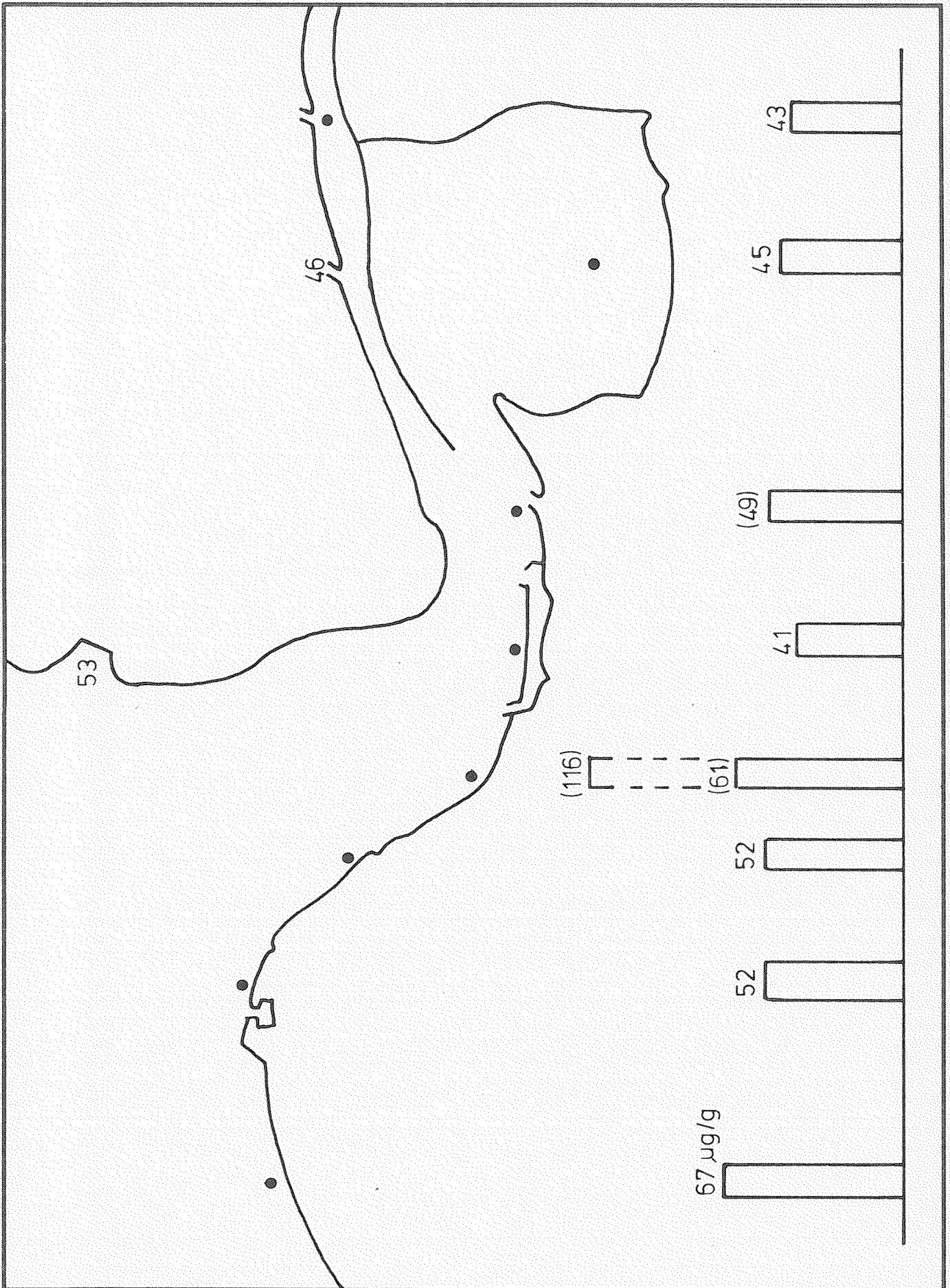


Chroomgehalten bij 50% < 16µm van de bovenste sliblagen uit het Eems-Dollard estuarium

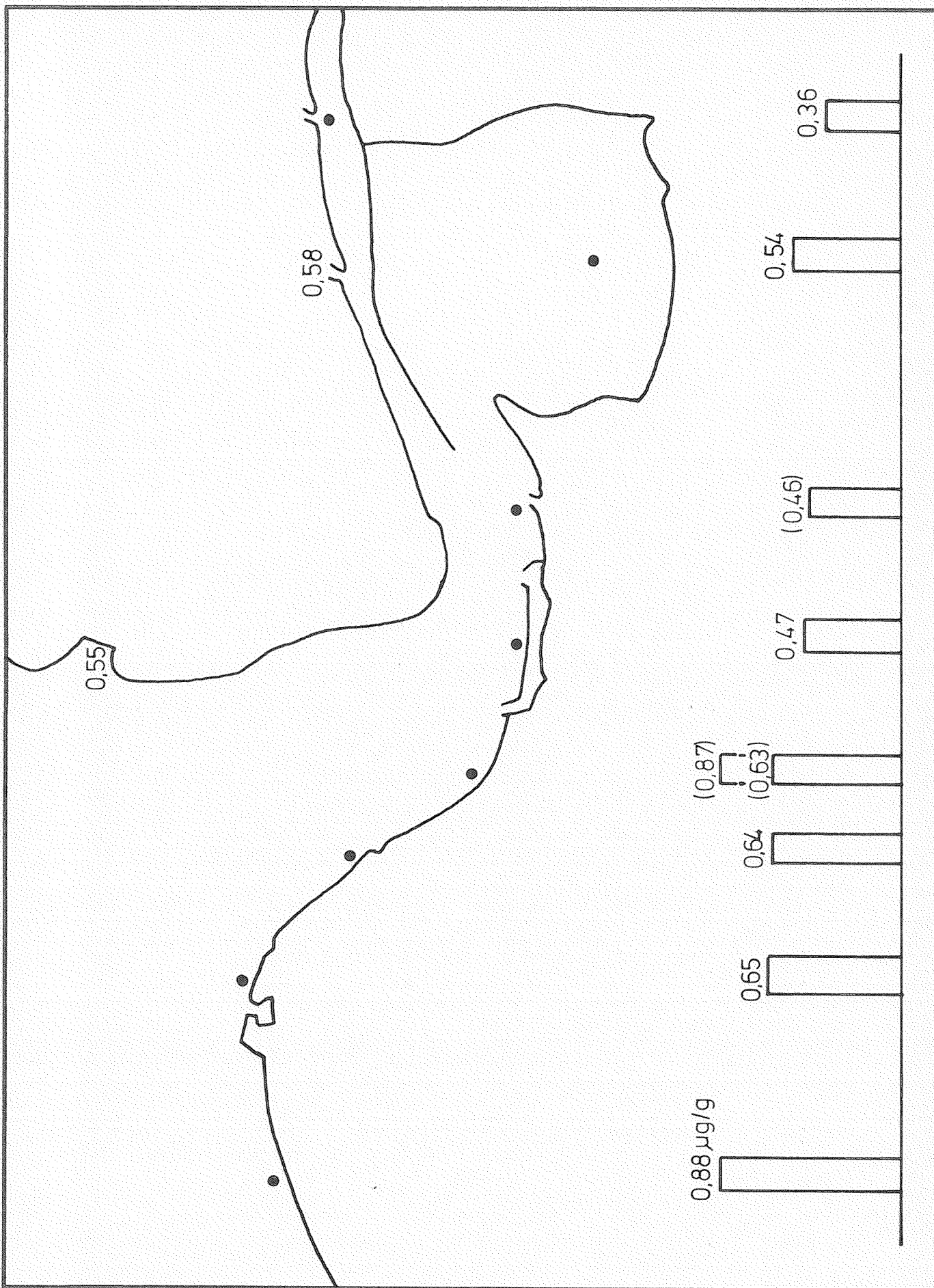
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 1529

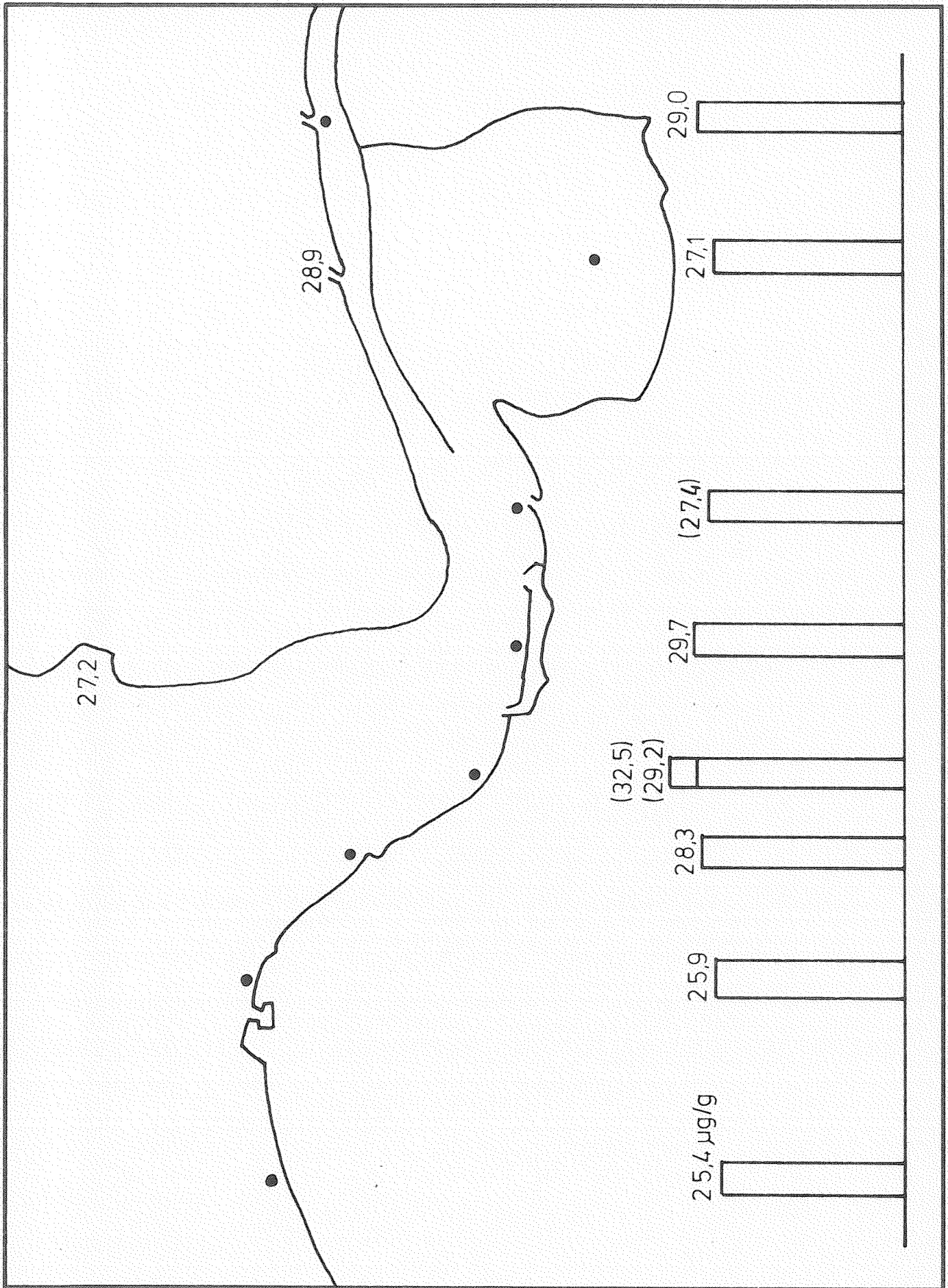
BIJLAGE 10



Loodgehalten bij 50% <math> < 16\mu\text{m}</math> van de bovenste sliedlagen uit het Eems- Dollard estuarium		
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	R 1529	BIJLAGE 11



Cadmiumgehalten bij 50% < 16µm van de bovenste sliblagen uit het Eems-Dollard estuarium



Nikkelgehalten bij 50% < 16µm van de bovenste sliedlagen uit het Eems- Dollard estuarium

waterloopkundig laboratorium postbus 177 delft

instituut voor bodemvruchtbaarheid oosterweg 92 haren (gr.)