



200

Opdrachtgever:
POSW-RIZA

Milieuchemische meting bij baggerproeven
met waterinjectietechniek in het Haringvliet

juni 1994

	bibliotheek postbus 177 - 2800 MH Delft waterloopkundig laboratorium/WL
BB	68240
WL	T 1288
EXPL	 R0001925

VERVALLEN

Milieuchemische meting bij baggerproeven met waterinjectietechniek in het Haringvliet

Dr. Hans Goossens

juni 1994



waterloopkundig laboratorium | WL

Inhoud

1	Samenvatting	1 – 1
2	Inleiding	2 – 1
3	Meetprogramma	3 – 1
	3.1 Opzet	3 – 1
	3.2 Uitvoering	3 – 4
4	Resultaten	4 – 1
5	Discussie	5 – 1
6	Conclusies en aanbevelingen	6 – 1

1 Samenvatting

Dit rapport beschrijft de resultaten van een milieuchemische meting rond de proeven met waterinjectiebaggeren in het Haringvliet in november 1993.

De monsternamen concentreerde zich op drie onderdelen van de baggermethode: de waterinjectie (het feitelijke baggeren), het transport en de berging in de put. Deze drie onderdelen werden bemonsterd voor tijdens en na het baggeren. Steeds was de monsternamen gericht op het vastleggen van gradiënten in concentraties van bodemmateriaal en vervuilende stoffen. Er werd geen onderscheid gemaakt tussen opgeloste en geadsorbeerde verontreinigingen. De analyses betroffen bodemparameters, 5 zware metalen, HexachloorBenzeen (HCB) en 16 EPA PAKs.

Zwevend stofconcentraties bleven erg laag. De maximale zwevend stof concentratie werd gemeten na het baggeren en bedroeg 52 mg/l. Door het lage vertroebelingsniveau en de lage uitgangconcentraties (< detectielimiet) bleven in veel monsters de concentraties onder de detectielimiet. Alleen een aantal PAKs maakten het mogelijk iets over het gedrag tijdens baggeren af te leiden. Met grote voorzichtigheid wordt geconcludeerd dat er geen aanwijzingen zijn voor substantiële desorptie van PAKs, zodat vermoedelijk het gedrag van PAKs voornamelijk bepaald werd door het gedrag van de bodemdeeltjes.

Voor het verkrijgen van het noodzakelijke inzicht in het gedrag van verontreinigingen tijdens baggerwerken kunnen naast veldmetingen ook labexperimenten worden gedaan. Bovendien zou de ontwikkeling van een directe in situ meetmethode de mogelijkheden tot het verkrijgen van inzicht essentieel vergroten.

2 Inleiding

In november 1993 zijn in het Haringvliet baggerproeven uitgevoerd met de waterinjectiebag-
gertechniek. Deze proeven werden begeleid met diverse metingen waaronder een milieu-
chemische meting. De bodem van het Haringvliet is verontreinigd met allerlei organische
microverontreinigingen (vnl PCBs en PAKs) zodat het verstandig is om naast inzicht in het
gedrag van bodemmateriaal ook inzicht in het gedrag van de verontreinigingen onder invloed
van deze baggertechniek te verkrijgen. Op theoretische gronden was al afgeleid dat het
gedrag van de verontreinigingen tijdens waterinjectiebaggeren wel eens verrassend zou
kunnen zijn, omdat het grote beschikbare adsorptieoppervlak en de dichtheidsscheiding tussen
slibstroom en waterkolom zou kunnen verhinderen dat verontreinigingen zich verspreiden
naar de waterkolom (Meulblok, Goossens en Verpalen, 1993; OTAR 78/6).

Met chemische metingen tijdens baggerwerken is bar weinig ervaring. Eerder is slechts een
proefmeting bij een onderhoudsbaggerwerk in vervuilde bodem uitgevoerd (niet met waterin-
jectie). De waterinjectietechniek stelt geheel eigen eisen aan het uitvoeren van een meting
omdat alle processen dicht bij de bodem plaatsvinden. Bovendien vindt injectie (het feitelijke
baggeren), transport en berging in hetzelfde systeem plaats en moeten alle drie processen
gemonitord worden.

De in hoofdstuk 3 uitgebreider beschreven opzet van het meetprogramma is gebaseerd op
het bemonsteren van gradiënten op 3 tijdstippen en op 3 plaatsen: vóór, tijdens en na het
baggeren: in het baggervak, in de afvoergeul en in de put.

In de monsters werden bodemparameters en vervuilende stoffen bepaald. Door het bepalen
van een serie verbindingen van eenzelfde klasse (PAKs) die verschillende fysisch chemische
eigenschappen hebben, nl. van redelijk oplosbaar tot sterk adsorberend, is het mogelijk de
centrale vraag te beantwoorden: gedragen (sommige) vervuilende stoffen zich anders tijdens
baggeractiviteiten dan de bodemdeeltjes of niet. Een antwoord op die vraag is van groot
belang omdat dat antwoord bepaalt of er naast maatregelen om de vertroebeling te beperken
ook nog maatregelen getroffen moeten worden om de verspreiding van opgeloste stoffen
tegen te gaan.

Het werk werd uitgevoerd in opdracht van RWS-RIZA-POSW (opdrachtnummer RI-1302), onder
begeleiding van de begeleidingsgroep voor de baggerproeven.

Als projectleider van de POSW trad op Ing. Th. Arts. Als projectleider aan WL zijde (project
T1288) trad op Dr. H. Goossens, die ook het werk uitvoerde. De analyses zijn verricht door
ALcontrol B.V. De assistentie van de bemanning van de meetschepen tijdens de meting
wordt met waardering gememoreerd.

3 Meetprogramma

3.1 Opzet

In het waterinjectiebaggerproces worden drie fasen worden onderscheiden:

- A. Het losmaken van de bodem door waterinjectie en het creëren van de slibwolk (baggervak).
- B. De fase van transport door dichtheidsstroming naar de put (afvoerkanaal).
- C. De uitzak- en ontmengingsfase, waar geïnjecteerd water en sediment weer van elkaar gescheiden worden (put).

Monsters vóóraf

Doel: vaststellen achtergrondconcentraties op de plaatsen waar gemeten gaat worden.

Baggervak (raai 51, kp 1500) (AV-serie)

3 monsters:	AV-1	1 meter boven bodem
	AV-1,5	1,5 meter boven bodem
	AV-2	2,0 meter boven bodem

Afvoerkanaal (KP-450; midden tussen baggervak en put) (BV-serie)

3 monsters:	BV-0,5	0,5 meter boven bodem
	BV-1	1 meter boven bodem
	BV-2	2 meter boven bodem

Put (midden) (CV-serie)

4 monsters:	CV-1	1 meter boven bodem
	CV-2	2 meter boven bodem
	CV-5	5 meter boven bodem
	CV-12	12 meter boven bodem

totaal aantal monsters vooraf: 10

Tijdens waterinjectie

Monsternamen baggervak (AT-serie)

De bron is hier de wolk van opgewerveld slib die vervolgens uitzakt tot een dichtheidsstroming. Eventuele verspreiding van verontreiniging vindt plaats via deeltjes en via de opgeloste fase. Eventuele desorptie is het best te meten op de plaats waar de opwerveling overgaat in dichtheidsstroming. Daar vindt mogelijk ontmenging van bijgemengd water plaats. Monsters worden genomen op raai 51 kp1500 tijdens de tweede passage van de JETSED over dat gebied. Er worden 7 monsters genomen in de verticaal op 1; 1,5; 2; 2,5; 3,5; 4,5; 5,5 meter boven de bodem, van boven naar beneden (monsters AT-1 tot en met AT-5,5). Te beginnen met monster 5,5 meter boven bodem, omdat anders verstoring kan optreden door het monsteren.

Aantal monsters: 7.

Monstername afvoerkanaal (BT-serie)

Op deze lokatie wordt gemeten of er tijdens het (laminaire) transport van de fluid mud layer vervuiling in de waterkolom terecht komt. Hier hebben we te maken met 2 dimensies: de verticale en de horizontale. Het verspreidingsgedrag zal verschillend zijn voor deze twee richtingen. De verspreiding van deeltjes naar boven wordt tegengegaan door de dichtheidsstroming (de zwaartekracht) de horizontale verspreiding wordt alleen tegengegaan in zijwaartse richting door het bodemprofiel, en in de lengterichting door het evenwicht in aan- en afvoer door de aangelegde geul. Naar verwachting zal de eventuele horizontale verspreiding, wanneer die optreedt, groter zijn dan de verticale. Beide richtingen worden bemonsterd.

Er wordt gemonsterd in de geul midden tussen put en baggerlokatie.

Verticale monsters (BT-serie):

- midden boven de geul: op 0,5; 1,5; 2,5 en 5 meter boven de bodem (BT-0,5 tot en met BT-5). Nemen van in volgorde van wateroppervlak naar bodem.

Horizontale monsters (BTH-serie):

- op 2 meter boven de bodem: aan de zijkant van de geul, en op 15 m en 30 m naast de zijkant van de geul (resp. BTH; BTH-15 en BTH-30). Nemen in volgorde te nemen naar de geul toe.

Aantal monsters: 7.

Monstername put (CT-serie)

Op deze plaats wordt gemeten of er vervuiling uit de put naar het bovenstaande water komt. Ook hier wordt in horizontale en verticale richting gemeten.

verticaal (CT-serie):

- Midden in de put, in het verlengde van de aanstroomgoot, een verticaal op 3, 8, 13 en 18 meter boven de bodem (CT-3 tot en met CT-18)

horizontaal:

- in de put in het verlengde van de aanstroomgoot: ca 10 m van de rand van de put op een waterdiepte van 12 m (CT-12o).

Aantal monsters: 5.

Totaal aantal monsters tijdens water injectie: 19 monsters.

Na afloop

Na het stoppen van de waterinjectie worden in het baggervak en in de put nog monsters genomen.

Baggervak (AN-serie)

- op zelfde lokatie 7 monsters: op diepte boven bodem 1; 1,5; 2; 2,5; 3,5; 4,5; 5,5 meter (AN-1 tot en met AN-5,5).

Put (CN-serie)

- in het midden van de put 4 monsters, verticaal op 3, 8, 13 en 18 meter boven de bodem (CN-3 tot en met CN-18).

Totaal 11 monsters.

Sedimentmonsters

Het doel van het nemen van sedimentmonsters is tweeledig:

- precieze samenstelling van het materiaal dat gebaggerd wordt.
- achtergrondinformatie: Is er sprake van een afdeklaag na het baggeren en wat is de samenstelling van de toplaag, zowel wat betreft vervuilende stoffen als wat betreft deeltjesgrootte.

Aan de hand van de samenstelling van het zwevend materiaal in de monsters kan een indruk worden verkregen of en zo ja welke fractie zich verspreidt en of de vervuilingsgraad sterk afwijkt van het uitgangsmateriaal.

Overzicht monsters:

- A. Baggervak
- B. Afvoerkanaal
- C. Put
- D. Sedimentmonsters

Verdeling monsters:

watermonsters aantal	voor	tijdens	na	totaal
baggervak	3	7	7	17
afvoerkanaal	3	7	-	10
put	4	5	4	13
watermonsters	10	19	11	40
bodemmonsters	1		1	2

Parameters watermonsters:

zware metalen: Cd, Cu, Zn, Ni, Hg
 PAK's: EPA
 HCB
 Zwevend Stof
 DOC
 TOC
 Ammonium
 Kjeldahl stikstof
 orthoFosfaat
 totaal Fosfaat

Parameters sedimentmonsters:

zware metalen: Cd, Cu, Zn, Ni, Hg
 PAK's: EPA
 PCB's 7
 HCB
 Organisch Materiaal
 TOC
 Kjeldahl stikstof
 totaal Fosfaat

3.2 Uitvoering

De bemonstering werd uitgevoerd op 23-11-1993. Het weer was: droog; koud (ca -3 C); wind zuid, wisselende sterkte ca 2 - 4 à 5 aan eind dag), tamelijk mistig.

Vooraf:

positie	diepte bodem	bijzonderheden
x=70294 y=425327	9,15-9,40 m	genomen vanaf Westergat raai 51, kp1500 tijd 10:15 uur
code	diepte t.o.v. water- oppervlak	bijzonderheden
AV-2	7,15 m	
AV-1,5	7,65 m	
AV-1	8,15 m	

positie	diepte bodem	bijzonderheden
x=69510 y=426000	12,6 m	vanaf Slaggaard
code	diepte t.o.v. water- oppervlak	bijzonderheden
BV-2	10,6 m	tijd 10:05 uur
BV-1,5	11,6 m	tijd 10:19 uur
BV-1	12,1 m	tijd 10:23 uur

positie	diepte bodem	bijzonderheden
x=68840 y=426300	34 m	vanaf Indus
code	diepte t.o.v. water- oppervlak	bijzonderheden
CV-12	22 m	tijd 10:04 uur
CV-5	29 m	tijd 10:12 uur
CV-2	32 m	tijd 10:21 uur
CV-1	33 m	tijd 10:31 uur

Sedimentmonsters

positie	diepte bodem	bijzonderheden
		vanaf Jetsed raai 51, kp1520 tijd 10:15 uur
code	diepte t.o.v. water- oppervlak	bijzonderheden (dikte afdeklaag?)
AV-1		mengsel van twee monsters, sliblaag; valbom bevatte 0,5 liter. 1 pot voor Alcontrol en 1 voor WL.

Het op zijn plaats leggen van de boten (m.n. de Westergat) had bijzonder veel voeten in de aarde, eerst vanwege het vinden van de juiste coördinaten voor de schepen en daarna vanwege het ankeren van de Westergat. Uiteindelijk begon de Jetsed pas om ca 12:00 uur te baggeren.

Monsternamen tijdens het baggeren

Monsters zijn genomen vanaf de Indus in de raai tussen de slaggaard en de Westergat. De Indus zocht steeds dezelfde plek (x,y) op voor het monster werd genomen, maar moest wel uit de baan van de Jetsed blijven. Om toch tijdens het passeren te kunnen monsters zijn die monsters naast de baan genomen. Aan de tijd van monsternamen is te zien welke monsters dat zijn. Daarom zijn ook de monsters niet in volgorde van boven naar beneden genomen.

positie	diepte bodem	bijzonderheden
x=70294 y=425327	9,40 m	de Jetsed passeerde om 13:30 en 13:45
code	diepte t.o.v. water- oppervlak	bijzonderheden
AT-5,5	3,90 m	tijd 13:24 uur
AT-4,5	4,90 m	tijd 13:45 uur
AT-3,5	5,90 m	tijd 13:42 uur
AT-2,5	6,90 m	tijd 13:28 uur
AT-2	7,40 m	tijd 13:39 uur
AT-1,5	7,90 m	tijd 13:32 uur
AT-1	8,40 m	tijd 13:36 uur

positie	diepte bodem	bijzonderheden
x=69510 y=426000	13 m	
code	diepte t.o.v. wateroppervlak	bijzonderheden
BT-5	8 m	tijd 13:54 uur
BT-2,5	10,5 m	tijd 14:00 uur
BT-1,5	11,5 m	tijd 14:05 uur
BT-0,5	12,5 m	tijd 14:18 uur 3 pogingen (1 dik water, 2 half/half, 3 dik)*
BTH-30	10,80 m	tijd 14:36 uur, zuidkant van geul diepte bodem 12,30 m
BTH-15	10,80 m	tijd 14:40 uur, zuidkant van geul diepte bodem 12,30-12,40 m
BTH	10,80 m	tijd 14:44 uur, zuidkant van geul diepte bodem 12,70 m

* het tweede monster toonde een scherpe scheidingslaag tussen de zwarte dik water laag en de slechts enigszins vertroebelde laag daarboven. De overgangslaag ertussen in was niet dikker dan 1 cm).

Met het derde monster dat geheel zwart was zijn de flessen gevuld.

Het vinden van de juiste plaats om de monsters ten opzichte van de zijkant van de geul te nemen bleek moeilijk omdat de geul opdat moment vol leek te zitten en zelfs leek over te lopen. Het bleek eenvoudiger om eerst het BTH-30 monster te nemen en van daaruit naar de geul toe te varen.

positie	diepte bodem	bijzonderheden
x=68840 y=426300	34,30 m	geldt niet voor ZT 11o
code	diepte t.o.v. wateroppervlak	bijzonderheden
CT-12o	12 m	diepte 14,80 m; tijd 14:55 uur
CT-18	17 m	tijd 15:25 uur
CT-13	22 m	tijd 15:20 uur
CT-8	27 m	tijd 15:13 uur
CT-3	32 m	tijd 15:08 uur

De Jetsed stopte om ca 15:05 uur met baggeren.

Na het baggeren

positie	diepte bodem	bijzonderheden
x=70294 y=425327	10 m	
code	diepte t.o.v. wateroppervlak	bijzonderheden
AN-5,5	4,5 m	tijd 15:48 uur
AN-4,5	5,5 m	tijd 15:54 uur
AN-3,5	6,5 m	tijd 15:58 uur
AN-2,5	7,5 m	tijd 16:02 uur
AN-2	8,0 m	tijd 16:06 uur
AN-1,5	8,5 m	tijd 16:10 uur; diepte 10,10 m
AN-1	9,0 m	tijd 16:14 uur

Monsters zijn genomen ongeveer op dezelfde plaats waar eerdere monsters zijn genomen, door voor iedere te nemen monster de boot op die x,y positie te leggen. Er stond toen inmiddels flink wat wind. De lokatie zal niet heel nauwkeurig zijn.

positie	diepte bodem	bijzonderheden
x=68840 y=426300	34,60 m ?	diepte was moeilijk te bepalen
code	diepte t.o.v. wateroppervlak	bijzonderheden
CN-18	17 m	tijd 16:41 uur
CN-13	22 m	tijd 16:46 uur
CN-8	27 m	tijd 16:36 uur
CN-3	32 m	tijd 16:52 uur

Per vergissing werd monster CN-8 eerst genomen.

Sedimentmonsters

code	diepte t.o.v. wateroppervlak	bijzonderheden (dikte afdeklaag)
N-1		raai51/kp1700; tijd 15:25 uur
N-2		raai50/kp1400; tijd 15:40 uur

De monsters N-1 en N-2 zijn genomen vanaf de Jetsed met een valbom en in potten gedaan door Paul Verpalen die daarvoor een representatief gedeelte van het valbommonster in de potten heeft gedaan.

- N-1 voor analyse naar WL voor korrelgrootteverdeling.
- N-2 voor analyse naar Alcontrol.

Na vervoer naar de haven zijn de monsters op de wal gezet (ca 17:30) waar ze door een foutje van Alcontrol niet werden opgehaald. Goossens heeft ze toen met eigen auto naar Vlaardingen gebracht, waar ze om ongeveer 19:15 aankwamen en in een warme barak zijn achtergelaten.

De sedimentmonsters voor WL zijn door Goossens op 24 november bij WL afgeleverd.

In de nabespreking deelde Paul Verpalen mee dat hij de indruk had dat het kanaal minder goed liep dan andere dagen en nodig opgeschoond moest worden.

4 Resultaten

De analyseresultaten zijn weergegeven in 4 tabellen (Tabellen 1 t/m 4). Voor het overzicht zijn in deze tabellen alleen de resultaten opgenomen waarvoor de waarde boven de detectielimiet lag. De detectielimieten staan vermeld in kolom 3. Afwijkende meetresultaten zijn opgenomen met een teken waarvan de betekenis in de legenda is opgenomen.

De resultaten zijn ingedeeld naar de 3 onderzochte lokaties in het baggergebied: het baggervak, het transport kanaal en de put, en naar de tijd van monsternamen, nl. vóór, tijdens en na afloop van het baggeren.

Resultaten van metingen in het baggervak

De meetresultaten voor het baggervak zijn weergegeven in twee tabellen. Tabel 1 geeft de volledige serie resultaten weer. Tabel 4 geeft dezelfde resultaten weer maar nu in volgorde van monsternamen. Het tijdstip van monsternamen is in de tweede rij vermeld.

Vooraf

Voorafgaande aan de baggerwerkzaamheden zijn in het baggervak geen metalen aantoonbaar, terwijl in één monster enkele PAKs boven de detectielimiet uitkomen. Ook het zwevend gehalte is laag (< 10 mg/l). Het totaal P gehalte ligt net boven de detectielimiet, evenals het opgelost P gehalte dat bijna volledig het totaal P gehalte dekt.

Tijdens

De monsters die tijdens baggeractiviteit genomen zijn geven de situatie weer na ongeveer anderhalf uur baggeren bij de tweede JETSED passage van het baggervak. De monsters zijn op een vast punt genomen, de JETSED passeerde tijdens het nemen van de monsters. In Tabel x+1 staan de monsters weergegeven in de volgorde waarin ze genomen zijn. De JETSED passeerde om 13:30 uur, dus tussen het nemen van monster at-2,5 en at-1,5 in. Bij het nemen van het laatste monster (at-4,5) passeerde de JETSED weer op de terugweg.

Hoewel er enkele verhoogde concentraties gemeten worden zijn de verhogingen bijzonder klein: het zwevend stof komt tot maximaal 18 mg/l. In het monster dat direct genomen werd na het passeren van de JETSED (at-1,5) is het TOC gehalte veel hoger dan in de andere monsters, maar dit is waarschijnlijk een meetfout aangezien dit gehalte zelfs hoger is dan het zwevend stof gehalte terwijl het DOC niet verhoogd is.

Een duidelijke verhoging tov de situatie vooraf, is ook te constateren in het P-totaal gehalte in het water. Het passeren van de JETSED is in deze parameter echter niet herkenbaar.

Kwik is tijdens het baggeren aantoonbaar en daarvoor niet. De concentratie is net op de detectiegrens of iets hoger. Ook in de concentraties van de PAKs zijn de verhogingen bijzonder klein. De concentraties zijn ongeveer even hoog als in het ene monster voor het baggeren waarin PAKs konden worden aangetoond.

Na afloop

Na het stoppen van het baggeren (ca 45 minuten) werden iets grotere verhogingen gemeten. De hoogste zwevend stof gehalten werden in deze monsters gevonden (maximum 52 mg/l). Verhogingen werden geconstateerd voor de meeste gemeten parameters. De waarden nemen af met de hoogte in de waterkolom.

Resultaten van metingen in het afvoerkanaal

In het afvoerkanaal zijn alleen voorafgaande aan en tijdens het baggeren monsters genomen. Monsternamen achteraf had geen zin vanwege het doorlopen van de slibstroom na afloop van het injecteren.

Vooraf

Voorafgaande aan het baggeren zijn alleen monsters genomen in een verticaal boven het midden van de geul, op 0,5, 1 en 2 m boven de aangepeilde bodem.

In deze monsters bleef de zwevend stof concentratie onder de detectiegrens. Alleen in de monster op 1 en 2 meter boven de bodem was de fosfaatconcentratie enigszins verhoogd. Vervuilende stoffen bleven alle onder de detectielimiet met uitzondering van enkele PAKs in het monster op 2 m boven de bodem waarin de detectielimiet net bereikt werd.

Tijdens het baggeren.

Tijdens het baggeren werd behalve in de verticaal midden boven de geul, ook aan de zijkant en bezijden de geul gemonsterd (zijkant, 15 meter buiten de geul en 30 meter buiten de geul).

1 monster werd in de slibstroom genomen. Dit monster was pikzwart, terwijl alle andere monsters volledig helder waren. In dit slibstroom monster werd 21,5 gr/l zwevend stof gemeten ($> 1000 \times$ de concentratie in de andere monsters). Ook de andere bulk parameters waren sterk verhoogd maar minder sterk dan zwevend stof (TOC: factor 35 - 40; DOC: factor < 2 ; Ptot: factor ca 840).

Het slibstroom monster was het enige monster waarin alle metalen detecteerbaar waren. Met behulp van de gegevens van het bodemonderzoek vooraf en de concentraties van de bodemcomponenten in het monster kan men uitrekenen of de aanwezige concentraties in het monster verklaard kunnen worden door verdunning van het bodemmateriaal.

Het betreft hier een ruwe berekening waarbij geen rekening gehouden is met achtergrondconcentraties in het bijgemengde water.

berekend mg/l	obv. zw.stof	obv. TOC	obv. Kjeldahl N	obv. Ptot	gemeten in bt-0,5
Cadmium	0,215	0,06	0,115	0,42	0,96
Koper	1,83	0,51	0,98	3,55	9,1
Kwik	43 $\mu\text{g/l}$	12 $\mu\text{g/l}$	23 $\mu\text{g/l}$	84 $\mu\text{g/l}$	230 $\mu\text{g/l}$
Nikkel	0,75	0,21	0,40	1,46	0,84
Zink	15,7	4,38	8,4	30,5	20

De gemeten concentraties zijn dus veel hoger dan verklaard kan worden uit menging met bodemmateriaal.

De volgende tabel geeft de gemeten waarde gedeeld door de berekende waarde. Deze waarden geven dus het aantal malen dat de gemeten waarde hoger is dan de berekende.

berekende factor	obv. zw.stof	obv. TOC	obv. Kjeldahl N	obv. Ptot
Cadmium	2,2	16	8,4	2,3
Koper	5,0	17,8	9,3	2,6
Kwik	5,3	19,1	10	2,7
Nikkel	1,1	4	2,1	0,6
Zink	1,3	4,6	2,4	0,7

De in de verticaal genomen monsters (bt-1,5 en bt-2,5) vertonen een lichte verhoging van een aantal componenten. Bt-1,5 heeft een verhoogd zwevend stof en kwik-gehalte en Zn bereikt net de detectiegrens. De andere componenten vertonen nauwelijks of geen verhoging. Bt-2,5 vertoont meetbare gehalten voor diverse PAKs. De andere monsters vertonen geen veranderingen tov de situatie vooraf.

Resultaten van metingen in de put

Vooraf

Vooraf is midden in de put een verticaal bemonsterd op 1, 2, 5 en 12 meter boven de aangepeilde bodem. De resultaten van de metingen geven een heel licht gewijzigd beeld vergeleken met de metingen vooraf in het baggervak en het afvoerkanaal, in die zin dat in de put een aantal parameters net meetbaar waren die op de andere lokaties onder de detectiegrens bleven (zwevend stof, ammonium, kwik, een aantal PAKs. De meeste parameters zitten op of net boven de detectiegrens. Er is in de meetresultaten ook geen trend in de verticaal te ontdekken.

Tijdens

Tijdens het baggeren is weer een verticaal bemonsterd midden in de put met monsters op 3, 8, 13 en 18 meter boven de aangepeilde bodem en tevens op 12 m onder de wateroppervlakte aan de zijkant van de put (CT-12o) bij de aansluiting van het afvoerkanaal op de put. De bodem lag ter plaatse op 14,80 m, terwijl de diepte waarop het monster is genomen iets lag onder de diepte van de bodem in het afvoerkanaal.

De resultaten van deze monsters zijn volledig vergelijkbaar met de monsters die vooraf genomen zijn in de put.

Na afloop

Ongeveer anderhalf uur nadat de JETSED gestopt was met baggeren hebben we nogmaals de verticaal in de put bemonsterd op 3, 8, 13 en 18 meter boven de bodem. In 2 van deze monsters (cn-3 en cn-13) zijn een aantal parameters wat verhoogd. Zwevend stof, ammonium, koper, kwik en zink en een aantal PAKs tonen zich licht verhoogd, vooral op 3 meter boven de bodem. In het cn-8 monster is zwevend stof en ammonium iets verhoogd maar de andere componenten niet.

Verwerking van de analyseresultaten

De slibstroom

Het monster bt-0,5 is het enige monster van de afvloeiende "baggerspecie". Met de gegevens van dit monster en van het bodemmonster vooraf kunnen verdunningsfactoren worden berekend.

De concentratie zwevend stof in bt-0,5 is 21,5 g/l. Uit de bodemanalyse gegevens is de dichtheid van de in situ specie te berekenen. Het gemeten droge stof gehalte is 42,9 % (gewicht %).

Uit de bodemanalyses van het voorafgaande bodemonderzoek volgt voor de bodemonsters A1.01 t/m A4.01 een soortelijke massa van 2,57 tot 2,63. 2,6 is dus een goede gemiddelde waarde.

Daarmee wordt de in situ dichtheid 1,36. Dat is in goede overeenstemming met de metingen in het bodemmonsterprogramma.

Het droge stofgehalte van de bodem was dus $0,429 * 1360 = 583$ g/l.

In het afvoerkanaal stroomde op het moment van monsternamen materiaal af dat $583 / 21,5 = 27,8$ maal verdund was, uitgaande van de zwevend stof concentratie.

Wanneer we de organisch koolstof concentraties als basis nemen voor het berekenen van de verdunning komen er heel andere waarden uit:

vooraf was TOC 4% van droge stof, dus 23,3 g/l.

In monster bt-0,5 werd 240 mg/l TOC gemeten, dus een verdunning van $23300 / 240 = 97$ maal.

Met totaal P als basis komen we op een verdunning van $1283 / 92 = 13,9$ maal.

Met Kjeldahl stikstof als basis wordt een verdunning van $1166 / 23 = 51$ maal berekend.

De verdunningsfactor varieert dus van 13,9 tot 97 maal.

Op dezelfde manier kunnen we verdunningsfactoren berekenen op basis van de metalen en

<i>de PAKs:</i>	<i>verdunningsfactor</i>		
Cadmium	$0,583 * 10 / 0,96$	=	6,1
Koper	$0,583 * 85 / 9,1$	=	9,34
Kwik	$0,583 * 2 / 0,23$	=	5,06
Nikkel	$0,583 * 35 / 0,84$	=	24,3
Zink	$0,583 * 730 / 20$	=	21,3
Fenanthreen	$0,583 * 640 / 0,07$	=	5330
Anthraceen	$0,583 * 300 / 0,04$	=	4373
Fluorantheen	$0,583 * 1300 / 0,12$	=	6316
Pyreen	$0,583 * 800 / 0,1$	=	4664
Benzo(a)anthraceen	$0,583 * 560 / 0,06$	=	5441
Chryseen	$0,583 * 790 / 0,07$	=	6580
Benzo(b)fluorantheen	$0,583 * 1300 / 0,08$	=	9474
Benzo(k)fluorantheen	$0,583 * 400 / 0,03$	=	7773
Benzo(a)pyreen	$0,583 * 1000 / 0,06$	=	9717
Benzo(ghi)peryleen	$0,583 * 990 / 0,04$	=	14429
indeno(123)pyreen	$0,583 * 1100 / 0,08$	=	8016

De zware metalen geven een variatie in de verdunningsfactor van 5 tot 24,3. De verdunningsfactoren voor kwik, cadmium en koper zijn laag vergeleken met de verdunningsfactoren op basis van de bodem parameters. Dat betekent dat er relatief veel kwik, cadmium en koper in de monsters aanwezig was. Nikkel en zink geven vergelijkbare verdunningsfactoren aan. De met de PAK metingen berekende verdunningsfactoren liggen in de range 4373 tot 14429. De in bt-0,5 gemeten concentraties PAKs zijn dus ruwweg 500 * zo laag als verwacht.

Het is niet duidelijk wat de oorzaak hiervan is. De analysemethodiek voor dit monster is niet volledig vergelijkbaar met die voor de bepaling in de bodem. Bt-0,5 is behandeld als een watermonster. Daarvoor wordt een andere extractietechniek gebruikt dan voor bodemonsters. Echter, een onvolledige extractie leidt weliswaar tot lagere concentraties maar het is erg onwaarschijnlijk dat daarmee zulke grote verschillen kunnen worden verklaard. Het monster bt-0,5 is het enige monster in de slibstroom en staat daarom los van de andere monsters.

Gezien de enorme variatie in de verdunningsfactoren is dit monster niet gebruikt in de verder interpretatie.

De monsters buiten de slibstroom

De parameters in de monsters buiten de slibstroom vertonen slechts geringe verhogingen in relatie tot de baggeractiviteiten. De hoogste zwevend stof concentratie bedroeg 52 mg/l en de verhogingen van vervuilende stoffen bleven beperkt tot enkele malen de detectielimiet. De hoogste concentraties, zowel wat betreft zwevend stof als PAKs, werden gemeten in het baggervak na afloop van het baggeren, mogelijk als gevolg van een niet optimaal functionerend afvoerkanaal.

Zelfs tijdens het op korte afstand passeren van de JETSED bleven zwevend stof en andere parameters laag.

De concentraties van Zwevend Stof, Totaal Organisch Koolstof (TOC) en Opgelost Organisch Koolstof (DOC) in de verschillende monsters is weergegeven in Figuur 1. Duidelijk is dat de hoogste concentraties zwevend stof worden gemeten in de monsters die na het baggeren zijn genomen. Vooraf kon alleen in de put (cv-5, cv-12) zwevend stof worden gemeten. In alle andere vooraf genomen monsters was zwevend stof onder de detectiegrens. In het algemeen nemen de concentraties van TOC en Zwevend Stof niet gelijk, toe maar blijft TOC relatief achter.

Analyse verspreidingsgedrag PAKs

Een belangrijke vraag is of de verspreiding van de individuele verbindingen overeenkomt met de verspreiding van de sedimentdeeltjes. Wanneer toxische stoffen zich hetzelfde gedragen als de deeltjes dan houdt beperking van de verspreiding van deeltjes automatisch ook een beperkte verspreiding van toxische stoffen in. Wanneer echter toxische stoffen desorberen van deeltjes dan kan een verspreiding van opgeloste toxische stoffen via de waterfase plaatsvinden, onafhankelijk van de verspreiding van deeltjes.

Om deze vraag te beantwoorden is gekeken naar het gedrag van de toxische stoffen in relatie tot het zwevend stof gehalte. Voor de metalen was dit niet mogelijk omdat de metaal concentraties (m.u.v. kwik) slechts in een enkel monster boven de detectiegrens uitkwamen.

In Figuur 2 staan de gemeten individuele PAK concentraties gesommeerd uitgezet in volgorde van de in de monsters gemeten zwevend stof concentraties. Onder de horizontale as zijn de codes van de monsters aangegeven.

De concentraties van de (gesommeerde) individuele PAKs blijven steeds dicht bij de detectiegrens zodat de onnauwkeurigheid groot is. De balkjes geven de PAKs weer waarvoor de concentratie boven de detectielimiet kwam. Bijdragen van PAKs onder de detectielimiet worden dus op 0 gesteld. Of een individuele PAK net wel of net niet boven de detectielimiet uitkomt maakt dan een groot verschil. In een aantal monsters is de totale PAK concentratie 0 omdat iedere individuele PAK onder de detectiegrens blijft.

De lagere PAK concentraties bij hoge zwevend stof concentraties geeft aan dat de PAK concentratie niet alleen maar bepaald wordt door de zwevend stof concentratie. De hoogste concentraties PAKs en zwevend stof zijn *na* het baggeren gemeten en niet tijdens het baggeren.

De PAK samenstelling van de monsters vertoont duidelijke verschillen. In alle monsters komt een flinke bijdrage van fluorantheen, pyreen en benzo(a)pyreen voor.

In de opzet van de bemonstering is speciaal de analyse van een *serie* PAKs opgenomen. Door de verschillende fysisch chemische eigenschappen van de individuele PAKs vertegenwoordigt deze serie een reeks verbindingen met toenemende neiging tot adsorptie (van boven naar onder). Verwacht kan worden dat het gedrag van de best adsorberende PAKs het meest overeenkomt met het gedrag van de deeltjes. Wanneer bodemmateriaal mengt met water zou van de minder goed adsorberende PAKs een groter gedeelte in oplossing kunnen gaan dan van de goed adsorberende PAKs, vooropgesteld dat er sprake is van desorptie. Of van desorptie sprake is wordt volgens de gangbare partitietheorie bepaald door het concentratieverschil aan de deeltjes in het water (zwevend stof) en in de bodemdeeltjes. Wanneer de concentratie in de bodemdeeltjes groter is dan in het zwevend stof dan zal door het opwerpen van bodemmateriaal, de gemiddelde concentratie in de deeltjes in het water toenemen. Daarmee is de opgeloste concentratie in het water niet meer in evenwicht met de concentratie in de deeltjes. Om dit evenwicht te herstellen moet dan desorptie plaatsvinden.

Volgens dezelfde redenering zal er geen desorptie optreden als de concentratie in het zwevend stof en in de bodemdeeltjes gelijk is. Wanneer de concentratie aan de bodemdeeltjes lager is dan in het zwevend stof dan zal zelfs adsorptie plaatsvinden.

Mogelijke verschillen tussen theorie en praktijk zijn dat in de theorie de snelheid waarmee de- en adsorptie optreden geen rol speelt (de theorie beschrijft alleen de uiteindelijke verdeling) terwijl onder baggercondities het bodemmateriaal maar tamelijk korte tijd (enkele uren) in de waterkolom verblijft en relatief snel weer op de bodem ligt.

Een tweede verschil kan optreden doordat de mogelijkheid tot desorptie afhangt van het contact tussen PAK en water. PAK moleculen die *in* een bodemdeeltje zitten, en dus niet aan de oppervlakte van het deeltje, zullen veel moeilijker (langzamer) desorberen dan oppervlakkig gebonden deeltjes. Kortom, niet alle aanwezige PAK moleculen zijn beschikbaar voor uitwisseling.

Het verschillende gedrag van individuele PAKs kan zichtbaar worden gemaakt door de in een monster gemeten concentratie van een minder goed adsorberende PAK uit te zetten tegen de in hetzelfde monster gemeten concentratie van een goed adsorberende PAK. Dit is gedaan in Figuur 3.

Wanneer de toename van de PAK concentratie voor alle PAKs volledig wordt bepaald door het bijmengen van bodemmateriaal, dan moet de concentratietoename voor de individuele PAKs in dezelfde verhouding plaatsvinden als waarmee de PAKs in de bodem voorkomen. De toegevoegde hoeveelheid PAK wordt immers bepaald door de hoeveelheid bodemmateriaal * de concentratie van de PAK daarin. In één en hetzelfde monster wordt eenzelfde hoeveelheid bodemmateriaal bijgemengd, zodat de verhoging van de individuele PAKs plaatsvindt in de verhouding van hun concentraties in de bodem.

Wanneer substantiële desorptie optreedt dan is te verwachten dat een redelijk oplosbare PAK zich anders gedraagt dan een slecht oplosbare: Door menging met bodemmateriaal nemen de concentraties (totaal = opgelost + geadsorbeerd) van beide PAKs toe. Dus bij hoge concentraties zal de verhouding redelijk oplosbaar / slecht oplosbaar vooral de samenstelling van het bodemmateriaal weerspiegelen. Wanneer materiaal uitzakt zal de slecht oplosbare PAK met het bodemmateriaal uit de waterkolom verdwijnen, waardoor de concentratie van de slecht oplosbare PAK in het monster afneemt. Wat er met de concentratie van de redelijk oplosbare PAK gebeurt hangt af van het al of niet optreden van desorptie. Als er PAK desorbeert zal de concentratie redelijk oplosbare PAK in het monster minder sterk dalen dan die van de slecht oplosbare PAK. Dit wordt zichtbaar in een hogere verhouding redelijk oplosbare PAK / slecht oplosbare PAK.

Wanneer de concentraties van de redelijk oplosbare PAKs worden uitgezet tegen de concentratie van een slecht oplosbare PAK, zoals bijvoorbeeld fluorantheen en pyreen (redelijk oplosbaar) tegen benzo(a)pyreen (slecht oplosbaar) (Figuur 3), dan moeten de monsters die niet beïnvloed zijn door bodemmateriaal plotten bij een lage BaP concentratie en een lage FLU of PYR concentratie. Monsters waarin desorptie is opgetreden zouden ook plotten bij een lage(re) BaP concentratie (door weer uitzakken van het bodemmateriaal) maar bij een relatief verhoogde FLU of PYR concentratie.

Figuur 3 geeft geen duidelijke aanwijzing dat er van desorptie sprake is, maar de grote spreiding maant tot voorzichtigheid.

Regressie analyse van Figuur 3 levert de volgende regressie-vergelijkingen op:

Fluorantheen:	$FLU = 0,011255 + 1,619772 * [BaP]$
Pyreen:	$PYR = 0,015238 + 1,457341 * [BaP]$
Benzo(b)fluorantheen:	$BBF = 0,002647 + 1,184874 * [BaP]$
Indeno(123)pyreen	$INP = 0,003143 + 1,057143 * [BaP]$

Deze regressiecoëfficiënten (FLU: 1,62; PYR: 1,46; BBF: 1,18; INP: 1,06) zijn aardig in overeenstemming met de verhouding waarin de PAKs in het bodemmonster in het baggervak zijn gemeten, nl.:

PAK/BaP in sediment	regressie-coëfficiënt
FLU/BaP 1,3	1,62
PYR/BaP 0,8	1,46
BBF/BaP 1,3	1,18
INP/BaP 1,1	1,06

In het bodemmonsterprogramma vooraf worden enigszins andere verhoudingen gemeten: De gemiddelden (alleen toplaagmonsters) wijken hier wel af van de waarde in het voorafgenomen sedimentmonster, vooral INP:

	gemiddeld	hoogste -	laagste
FLU/BaP	1,94	2,4 -	1,5
PYR/BaP	1,27	1,58 -	1,07
BBF/BaP	1,23	1,62 -	1,02
INP/BaP	0,50	0,68 -	0,58

De spreiding in de waarden voor de verschillende monsters is echter erg groot. Alleen voor INP blijkt er een duidelijke afwijking.

Voor FLUorantheen, PYReen en Benzo(B)Fluorantheen vallen de regressiecoëfficiënten binnen de range van de bodemmonsters. INP vertoont een grote afwijking, die echter ook bestaat in het bodemmonster in het baggervak.

Het is duidelijk dat er geen harde conclusies kunnen worden getrokken uit de data.

Het lijkt er echter sterk op dat eventuele desorptie beperkt van omvang is.

Een probleem is dat er zo weinig monsters van de situatie vooraf zijn die meetbare concentraties bevatten, zowel wat betreft de PAKs als wat betreft het zwevend stof. De achtergrond situatie is daardoor slecht bekend.

De slechte definitie van de uitgangssituatie veroorzaakt het volgende probleem: In de analyses is het totaal gehalte verontreiniging gemeten, dwz geadsorbeerd + opgelost. De lage zwevend stof concentraties geven aan dat er slechts weinig bodemmateriaal, en dus weinig geadsorbeerde verontreiniging, aan de waterkolom wordt toegevoegd door het baggerproces. Dat betekent dat de (onbekende) uitgangskoncentratie een belangrijk gedeelte van de gemeten concentratie kan vertegenwoordigen, wanneer bijvoorbeeld de concentraties van de individuele PAKs maar net onder de detectiegrens zijn. Dit gedeelte is groter naarmate de PAK beter oplosbaar is, omdat dan een groter gedeelte van de PAK in opgeloste vorm in het water zit. Het effect is dan dat de bovenstaande regressiecoëfficiënt te laag wordt ingeschat.

Dit effect wordt kleiner naarmate de concentraties PAK en BAP hoger worden in een monster (meer bodemmateriaal toegevoegd). In Figuur 3 is zo'n effect niet zichtbaar, maar de grote spreiding van de punten maant tot voorzichtigheid. Aan de andere kant lijkt het erop dat dit effect, als het al optreedt, niet erg groot is. De afwijking van de regressiecoëfficiënt zal dus vermoedelijk niet al te groot zijn.

5 Discussie

Het uitgevoerde monsterprogramma voor de chemische meting was zeer beperkt van omvang. Gezien de omvang van het baggervak, het feit dat op drie plaatsen (baggervak, transportgeul en put) moest worden gemeten en het gebrek aan basiskennis omtrent het gedrag van vervuilende stoffen tijdens baggerwerken kan gesteld worden dat dit programma vooral een indicatief karakter had.

Een tweede handicap is naar voren gekomen uit de resultaten: De scheiding tussen slib-wolk/-stroom en oppervlaktewater bleek zo goed dat slechts geringe hoeveelheden bodemmateriaal in de waterkolom kwamen. De consequentie was dat in veel monsters de concentraties niet boven de detectielimiet uitkwamen. Dat is jammer voor het chemisch onderzoek, maar geeft wel aan dat de waterinjectietechniek de moeite van verder onderzoek en ontwikkeling waard is. Een derde handicap van deze meting is de lage concentraties in de situatie vooraf. Hierdoor kon de uitgangssituatie niet goed worden gekarakteriseerd, waardoor ook de conclusies omtrent de veranderingen ten gevolge van waterinjectie vaag blijven.

De beschikbare gegevens leiden tot de tentatieve conclusie dat de verspreiding van PAKs tijdens waterinjectiebaggeren grotendeels overeenkomt met de verspreiding van de deeltjes. Er konden geen grote verschillen worden aangetoond tussen het gedrag van een sterk adsorberende PAK als Benzo(a)Pyreen en een redelijk oplosbare PAK als Fluorantheen of Pyreen.

Deze conclusie wordt echter met grote voorzichtigheid getrokken.

De gegevens zijn mager omdat de concentraties alle in de buurt van de detectiegrens waren. Bovendien werden in geen enkel monster de meest oplosbare PAKs naftaleen, acenaftyleen, acenaftheen en fluoreen aangetroffen. Dit is waarschijnlijk een gevolg van tamelijk lage concentraties in het uitgangsmateriaal en hogere detectielimieten voor deze stoffen. Het kan echter ook een gevolg zijn van grotere verspreiding door betere oplosbaarheid.

Dat de vertroebeling in de waterkolom bij waterinjectiebaggeren beperkt bleef tot maximaal 50 à 60 mg droge stof per liter is vastgesteld in het vertroebelings monitoring programma. Dat betekent dat de beïnvloeding van de waterkolom zich afspeelt in ongeveer een halve meter boven de bodem. Dat is een moeilijk te bemonsteren gedeelte van de waterkolom met een waterhapper. Men moet voorkomen dat voorafgaande aan de monsternamen de bodem wordt geraakt door de bemonsteringsapparatuur.

Ook in de afvoergeul en in de put zijn geen duidelijke aanwijzingen gevonden van substantiële desorptie van beter oplosbare PAKs.

Wel kunnen er verschillen in de PAK samenstelling tussen de verschillende monsters worden geconstateerd. Daaruit komt echter geen duidelijke trend naar voren. De totale concentratie lijkt de belangrijkste factor, waarschijnlijk omdat met een toenemende totaalconcentratie meer componenten boven de detectielimiet uitkomen.

Evaluatie van de opzet van de meting

Hoewel de waarde van de opzet van deze meting niet geheel uit de verf is gekomen door de lage concentraties, lijkt de benadering via de serie PAKs wel waardevol. De grote verschillen in fysisch chemische eigenschappen tussen de individuele PAKs (van voornamelijk in opgeloste vorm in de waterkolom voor de beter oplosbare PAKs, tot bijna volledig geadsorbeerd voor de slecht oplosbare) kunnen een genuanceerd beeld geven van wat er tijdens baggeren gebeurt. Ook het meten van de bodemparameters TOC en P-totaal naast het droge stof gehalte in bodem en water geeft de mogelijkheid de concentraties van vervuilende stoffen op meerdere manieren in verband te brengen met de menging met bodemdeeltjes.

Wat in deze meting duidelijk naar voren komt is dat het vastleggen van de uitgangssituatie, zowel in de waterkolom als in de bodem, veel aandacht behoeft. Gezien de problemen met detectielimieten kan extra inspanning nodig zijn om toch betrouwbare meetresultaten te krijgen. Het is van belang om in het vooronderzoek van een baggerwerk vast te stellen of dat het geval zal zijn.

In deze meting zijn de gegevens verkregen door monsters te nemen en in het lab te analyseren. Dit legt enorme beperkingen op aan het verkrijgen van de benodigde informatie. Het is niet mogelijk om op hetzelfde tijdstip een serie monsters te nemen in de verticaal, omdat het genomen watermonster steeds verwerkt moet worden (ophalen waterhapper, monster verdelen over de flessen, waterhapper weer naar de diepte van het volgende monster laten zakken). Daardoor loopt het tijdsverloop tussen de monsters tamelijk op. In deze meting zat er steeds 4 tot 5 minuten tussen het nemen van de monsters van dezelfde serie.

De belangrijkste beperking is echter dat het aantal monsters zeer beperkt moet blijven in verband met de kosten. Als men werkelijk inzicht wil krijgen in wat er gebeurt tijdens de variabele omstandigheden tijdens baggeren is een groot aantal meetresultaten nodig. Slechts op basis van veel meer inzicht in de gebeurtenissen kan mogelijk met een beperkt programma worden volstaan. De ontwikkeling van een directe, continue meetmethode waarmee een aantal parameters kunnen worden gevolgd in de tijd, zou het verkrijgen van inzicht enorm bevorderen.

6 Conclusies en aanbevelingen

- Het waterinjectiebaggeren leidde tot zwevend stof concentraties tot ca. 60 mg/l in de waterkolom tot ca 4 meter boven de bodem.
- Bij deze vertroebeling bleven de concentraties van vervuilende stoffen beperkt tot enkele malen de detectielimiet, terwijl een aantal stoffen in geen enkel monster boven de detectielimiet uitkwam. Dit laatste geldt voor de zware metalen met uitzondering van Kwik (lagere detectielimiet), HexaChloorBenzeen (HCB) en de lichte PAKs.
- Onverwacht lage concentraties in de waterkolom van zwevend stof en vervuilende stoffen vóór het baggeren hebben geleid tot een slechte definitie van de uitgangssituatie. Of aan de definitie van de uitgangssituatie extra aandacht moet worden besteed zou onderdeel kunnen zijn van het vooronderzoek van een baggerwerk.
- Het lijkt erop dat het gedrag van slecht oplosbare PAKs niet afwijkt van het gedrag van beter oplosbare PAKs, zodat *met grote voorzichtigheid* wordt geconcludeerd dat er geen aanwijzingen zijn voor substantiële desorptie van PAKs tijdens het baggeren of bij de berging in de put.
- De noodzakelijkerwijze gebruikte methode van nemen van monsters en analyse in het lab, legt grote beperkingen op aan de te verkrijgen informatie. De ontwikkeling van een directe, continue in situ meetmethode zou de mogelijkheden tot het verkrijgen van inzicht in het gedrag van verontreinigingen tijdens baggerwerken essentieel vergroten.
- De gevolgde aanpak van m.n. het meten van een serie verbindingen van een klasse (in dit geval PAKs maar PCBs kan ook) en het meten van meerder bodemparameters (TOC, Ptotaal, etc.) naast zwevend stof / droge stof gehalte, lijkt een goede benadering.
- Specifiek voor waterinjectiebaggeren lijkt het verstandig bij een volgende meting eventuele veranderingen in de samenstelling van het slib in de slibstroom in het afvoerkanaal te monitoren. Dit was binnen de randvoorwaarden van deze meting niet mogelijk.
- Een nadere vergelijking van de resultaten van extractieprocedures voor bodemmonsters en watermonsters wordt aanbevolen om inzicht te krijgen in:
 - a: in hoeverre de resultaten van beide methoden te vergelijken zijn
 - b: of de merkwaardige resultaten met het monster van de slibstroom (bt-0,5) door deze verschillen te verklaren zijn.
- Labonderzoek kan een gedeelte van het benodigde inzicht leveren in het gedrag van organische microverontreinigingen tijdens baggerwerken.

Analyseresultaten bemonstering Haringvliet; afvoergeul												
Parameter	eenheid	meetgrens	voor					tijdens				
			bv-0,5	bv-1	bv-2	bt-0,5	bt-1,5	bt-2,5	bt-5	bth	bth-15	bth-30
zwevend st	mg/l	< 10				21500	31	15	13			
T.O.C.	mg/l	n.v.t.	7	5.3	6.7	240	6.3	5.8	8.9	5.6	10	5.1
opgelost or	mg/l	n.v.t.	3.7	5.3	6.3	6.7	6.3	4.6	5.5	4.3	7.1	5.1
stikstof Kjehl	mg/l	< 1				23						
ammonium	mgN/l	< 0,5				2.2						
fosfaat (tot	mgP/l	< 0,1	0.11	0.17	0.16	92	0.17	0.18	0.12	0.13	0.13	0.15
(ortho) fosf	mgP/l	< 0,1		0.12	0.11							
cadmium	mg/l	< 0,01				0.96						
koper	mg/l	< 0,08				9.1						
kwik	ug/l	< 0,1				230	0.3	0.1			0.1	0.3
nikkel	mg/l	< 0,08				0.84						
zink	mg/l	< 0,08				20	0.086					
HCB	ug/l	< 0,01										
naftaleen	ug/l	< 0,2										
acenaftylee	ug/l	< 0,2										
acenaftthee	ug/l	< 0,2										
fluoreen	ug/l	< 0,05										
fenanthree	ug/l	< 0,02				0.07						
anthraceen	ug/l	< 0,02				0.04						
fluoranthee	ug/l	< 0,02			0.02	0.12	0.03	0.05				
pyreen	ug/l	< 0,02			0.03	0.1	0.02	0.05				
benzo(a)ant	ug/l	< 0,02			0.02	0.06	0.06	0.05				
chryseen	ug/l	< 0,02			0.02	0.07	0.07	0.03				
benzo(b)flu	ug/l	< 0,02				0.08	0.02	0.04				
benzo(k)flu	ug/l	< 0,01				0.03	0.03	0.02				
benzo(a)pyr	ug/l	< 0,01			0.01	0.06	0.02	0.03				
dibenz(ah)a	ug/l	< 0,02										
benzo(ghi)p	ug/l	< 0,02				0.04		0.02				
indeno(123	ug/l	< 0,02				0.08		0.04				

Tabel 2. Analyseresultaten bemonstering afvoergeul

Analyseresultaten bemonstering Haringvliet; put																
Parameter	eenheid	meetgrens	Voor			cv-5	cv-12	ct-3	ct-8	ct-13	ct-18	ct-110	cn-3	cn-8	cn-13	cn-18
			cv-1	cv-2	cv-12											
			18	14	15	13	#	14	#	14	#	14	#	14	#	14
zwevend st	mg/l	< 10	5.1	14	9.8	7.5	8.6	5.4	9.7	8.1	8.7	46	24	34		
T.O.C.	mg/l	n.v.t.	5.1	13	4.8	2.6	5.6	5.1	5.5	6	4.4	17	7.6	6.4	7.2	7.2
opgelost or	mg/l	n.v.t.	5.1	13	4.8	2.6	5.6	5.1	5.5	6	4.4	3.9	7.6	6.4	7.2	7.2
stikstof Kje	mg/l	< 1						1.1	1							
ammonium	mgN/l	< 0.5	0.58									0.52	0.52			
fosfaat (tot)	mgP/l	< 0.1					0.1	0.12	0.11	0.12	0.17	0.24				0.11
(ortho) fosf	mgP/l	< 0.1								0.11						
cadmium	mg/l	< 0.01										0.011		0.01		0.01
koper	mg/l	< 0.08														
kwik	ug/l	< 0.1		0.1	0.1	0.2	0.2					1.5	0.1	0.2		
nikkel	mg/l	< 0.08														
zink	mg/l	< 0.08										0.12				0.1
HCB	ug/l	< 0.01														
naftaleen	ug/l	< 0.2														
acenafthylee	ug/l	< 0.2														
acenafthee	ug/l	< 0.2														
fluoreen	ug/l	< 0.05														
fenanthree	ug/l	< 0.02	0.02			0.02						0.04		0.02		
anthraceen	ug/l	< 0.02										0.02				
fluoranthee	ug/l	< 0.02	0.04	0.04	0.02	0.04		0.03	0.04			0.07		0.04		
pyreen	ug/l	< 0.02	0.04	0.04	0.03	0.04		0.03	0.04			0.06		0.03		
benzo(a)ant	ug/l	< 0.02										0.04				
chryseen	ug/l	< 0.02	0.02									0.05				0.02
benzo(b)flu	ug/l	< 0.02	0.02	0.02		0.02						0.05				0.03
benzo(k)flu	ug/l	< 0.01										0.02				
benzo(a)pyr	ug/l	< 0.01	0.01	0.02		0.01		0.01	0.01			0.04		0.02		
dibenz(ah)a	ug/l	< 0.02														
benzo(ghi)j	ug/l	< 0.02														
indeno(123)	ug/l	< 0.02														0.04

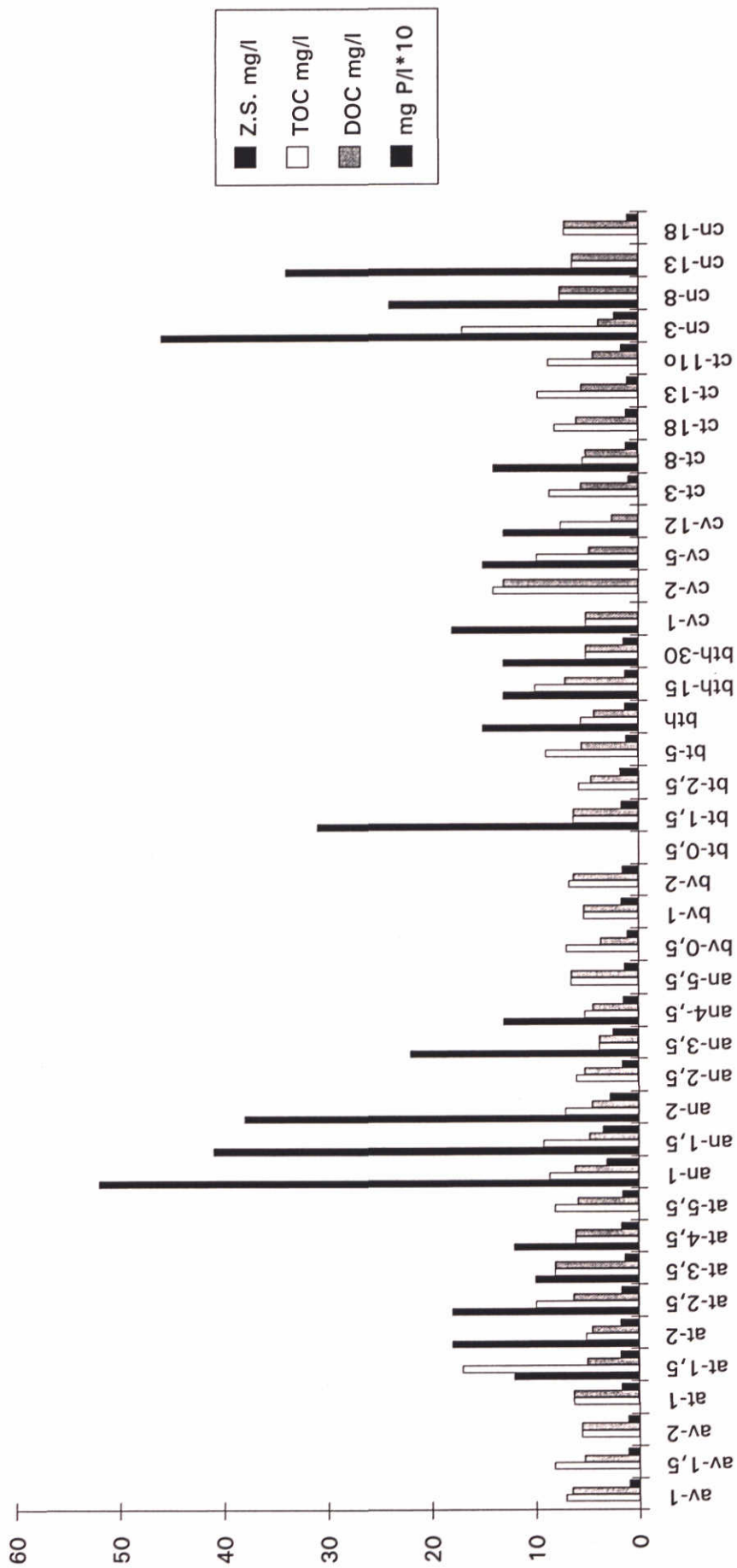
Tabel 3. Analyseresultaten bemonstering put

CT-3 afwijkende duplo's, nl. 28 en 35 mg/l

CT-13 afwijkende duplo's, nl. <10, 14 en 31 mg/l

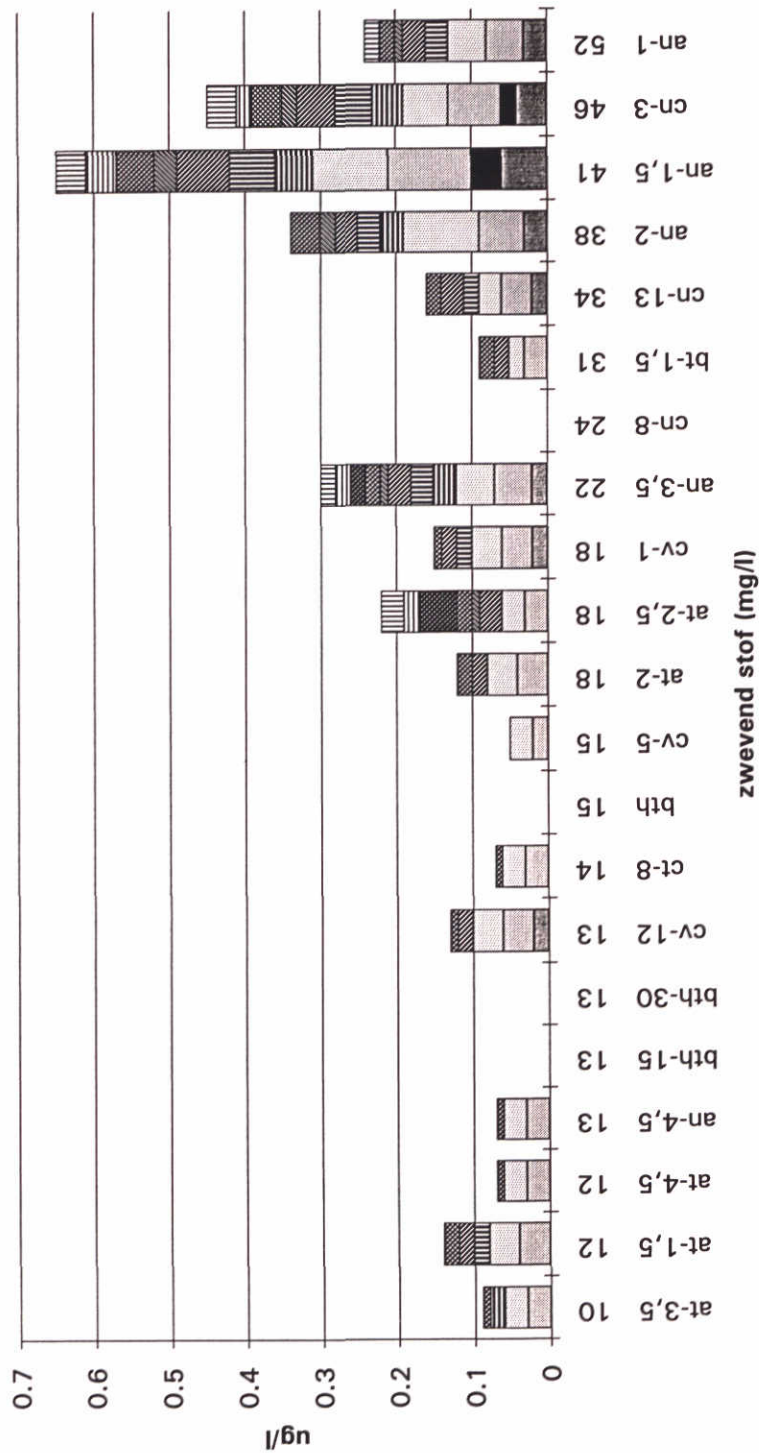
Parameter	eenheid	meetgrens	at-5,5	at-2,5	at-1,5	at-1	at-2	at-3,5	at-4,5
zwevend st	mg/l	< 10	13:24	13:28	13:32	13:36	13:39	13:42	13:45
T.O.C.	mg/l	n.v.t.	8.1	9.9	17	#	18	10	12
opgelost or	mg/l	n.v.t.	5.9	6.3	5	6.3	4.5	8.1	6.1
stikstof Kjehl	mg/l	< 1							
ammonium	mgN/l	< 0,5							
fosfaat (tot	mgP/l	< 0,1	0.16	0.17	0.18	0.17	0.18	0.14	0.17
(ortho) fosf	mgP/l	< 0,1	0.1						
cadmium	mg/l	< 0,01							
koper	mg/l	< 0,08							
kwik	ug/l	< 0,1		0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1
nikkel	mg/l	< 0,08							
zink	mg/l	< 0,08		0.12					
HCB	ug/l	< 0,01							
naftaleen	ug/l	< 0,2							
acenaftylee	ug/l	< 0,2							
acenafthee	ug/l	< 0,2							
fluoreen	ug/l	< 0,05							
fenanthree	ug/l	< 0,02							
anthraceen	ug/l	< 0,02							
fluoranthee	ug/l	< 0,02		0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03
pyreen	ug/l	< 0,02		0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03
benzo(a)ant	ug/l	< 0,02			0.02			0.02	
chryseen	ug/l	< 0,02							
benzo(b)flu	ug/l	< 0,02		0.03	0.02		0.02		
benzo(k)flu	ug/l	< 0,01		0.01					
benzo(a)pyr	ug/l	< 0,01		0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01
dibenz(ah)a	ug/l	< 0,02		0.05					
benzo(ghi)p	ug/l	< 0,02		0.02					
indeno(123	ug/l	< 0,02		0.03					

Tabel 4. Monsters in baggervak tijdens baggeren; op volgorde van tijd

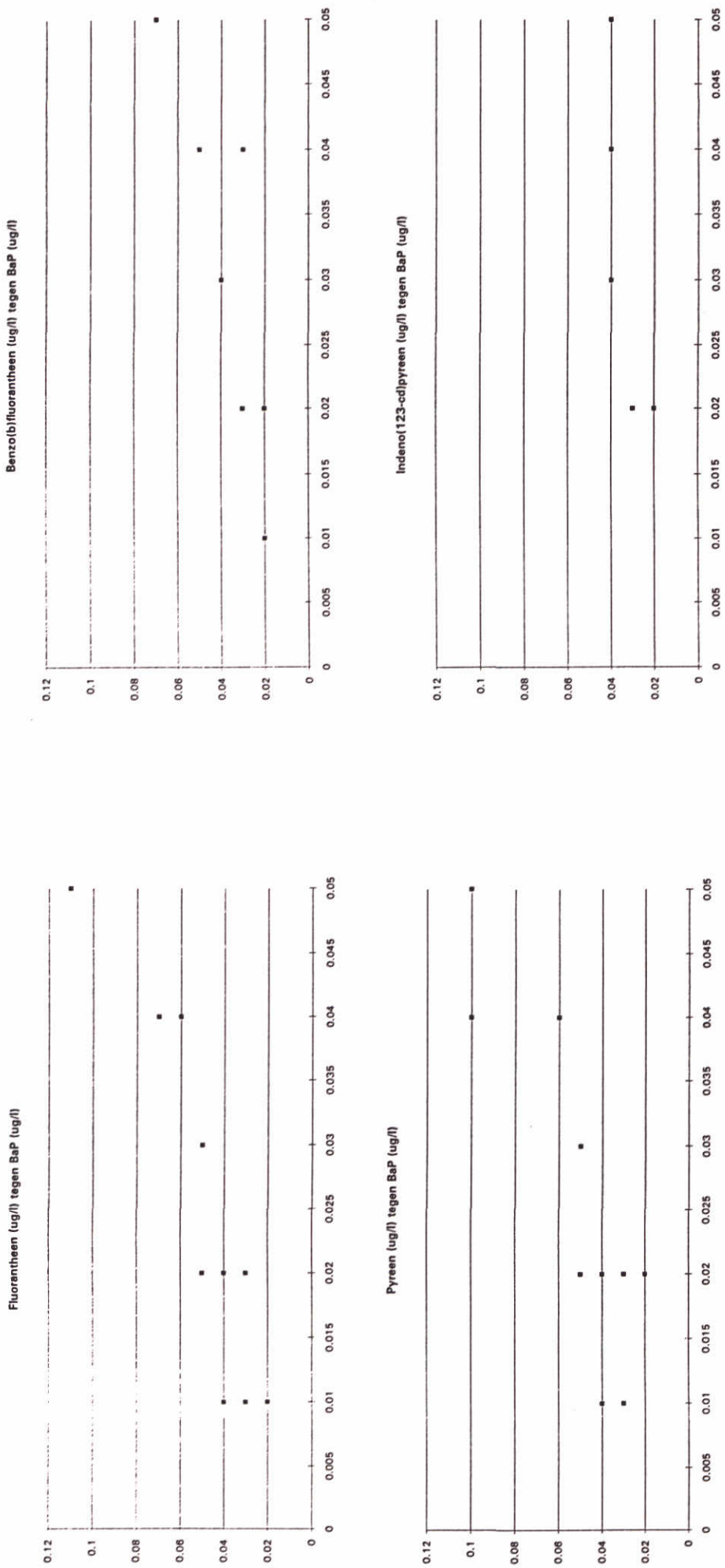


Figuur 1.
 Concentraties van bodemparemeters. P-totaal is vermenigvuldigd met 10 i.v.m.
 schaling

PAKs in monsters op volgorde van zwevend stof concentratie



Figuur 2.
Concentraties PAKs in monsters met meetbare zwevend stof concentraties.



Figuur 3. Concentraties van respectievelijk fluorantheen, pyreene, benzo(b)fluorantheen en indeno(123-cd)pyreene tegen de benzo(a)pyreene in hetzelfde monster.



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

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

