

Een nieuw apparaat om ongeroerde grondmonsters onder water te nemen

1. Vooraf

Bij de bemonstering van de onderwaterbodem treden vaak verstoringen op. Om dit probleem afdoende op te lossen is een bemonsteringsapparaat ontwikkeld, waarmee ongeroerde monsters uit de bodemsedimenten in meren en rivieren genomen kunnen worden. De sedimentmonsters hebben een diameter van 10 cm en een lengte van maximaal 75 à 80 cm. Dit resultaat is bereikt in een samenwerkingsproject gesubsidieerd door het Ministerie van Economische Zaken.



IR. H. H. SIEBERS
Vakgroep Civiele
Gezondheidstechniek
Afdeling der Civiele Techniek
Technische Hogeschool Delft



PROF. DR. M. DONZE
Vakgroep Civiele
Gezondheidstechniek
Afdeling der Civiele Techniek
Technische Hogeschool Delft

Participanten in de projectgroep zijn een onderzoeksinstituut: de Vakgroep Civiele Gezondheidstechniek van de Afdeling der Civiele Techniek van de Technische Hogeschool Delft, een bedrijf, dat apparatuur produceert en verkoopt op het gebied van bodemonderzoek: Eijkelkamp Equipment for Soil Research BV te Giesbeek en een innovatieadviseur: ing. L. Teerling te Roden. J. J. Gerritsen (KEMA NV te Arnhem) verleende waardevolle adviezen tijdens de ontwikkeling en beproeving van de apparatuur.

2. Inleiding

Het nemen van ongeroerde grondmonsters onder water vereist specifieke apparatuur, kennis en ervaring. De ongeroerdheid van de monsters is essentieel voor onderzoek aan de top lagen van de onderwaterbodem en bij het vaststellen van structuren in het sediment [Siebers, 1982]. Bij het ontwikkelen van apparatuur hiervoor vragen technische aspecten als bediening, constructie en afsluitermechanismen zowel als bedrijfsmatige aspecten als kosten en verkoopbaarheid om een integrale oplossing.

Diverse bedrijven en onderzoekers hebben energie gestoken in de ontwikkeling van nieuwe of de aanpassing van bestaande apparatuur [Mortimer, 1941; Murray, 1976; Niemisto, 1974; e.v.a.]. Uit de aard van de onderzoek-invalshoek zijn de onderzoekers in de meeste gevallen met de ontwikkeling gestopt op het moment, dat deze geleid had tot een monstername, die voor het betref-

fende onderzoek betrouwbaar was en genoeg informatie gaf.

Voor de hand ligt de constatering: 'De ene onderwaterbodem is de andere niet'.

Hiernaast kunnen de condities, waaronder bemonsterd wordt, van plaats tot plaats binnen een meer of rivier zeer sterk verschillen. Dit leidt er toe dat apparaten slechts in een aantal gevallen een goed monster opleveren.

Het is dan ook zinvol te overwegen of er een sedimentbemonsteringsapparaat ontworpen kan worden, dat onder alle omstandigheden het gewenste monster levert. Dat zal dan een zeer flexibel op te bouwen apparaat moeten zijn, voorzien van verwisselbare hulpstukken, waarmee uit alle typen onderwatersedimenten succesvol een ongeroerd monster kan worden gestoken.

Dit leidde tot de gedachte van een modulair opgebouwd monstername-apparaat, waarbij een basiseenheid afhankelijk van de te bemonsteren grondsoort voorzien wordt van de hulpstukken die bij die grondsoort nodig zijn voor een succesvolle monstername. Deze modulaire opbouw is gekozen als uitgangspunt van ontwerp.

In de hierna volgende paragrafen wordt de gekozen werkopzet, leidend tot het ontwerp van een eerste prototype, uiteengezet (paragraaf 3). Hierna wordt dit prototype beschreven, gevolgd door een beoordeling van het gebruik in wisselende veldsituaties zoals grondsoort, weertype, werkend vanaf de wal of vanuit de boot (paragraaf 4). Verdere activiteiten zijn gericht op vergroting van het toepassingsgebied in Nederland en in het buitenland. Dat dit een kwestie van relatief lange adem is, moge duidelijk zijn.

3. Ontwerp van het prototype

Het modulair samengestelde monstername-apparaat wordt opgebouwd rond een basiseenheid. Dit is een mantelbuis waarin zich de eigenlijke monsterbuis bevindt, die tijdens monstername met het sedimentmonster gevuld wordt. De krachten, nodig voor het inbrengen van het apparaat in het sediment, worden via de ommantelingsconstructie overgebracht. Uit oogpunt van vergroting van het toepassingsgebied is de maatvoering van het systeem zo gekozen, dat er een uitwisselbaarheid van verschillende buistypen en materialen mogelijk blijft. De binnenbuis, bijvoorbeeld een perspex buis, bevat na monstername het gewenste sedimentmonster en moet daarom eenvoudig uit het apparaat verwijderbaar zijn, waarna voor voortgezette bemonstering een volgende binnenbuis snel en eenvoudig moet kunnen worden gemonteerd. Om de basiseenheid heen moeten een bovenafsluiting en een onderafsluiting aangebracht kunnen worden.

Of de onderzijde van het apparaat bij het terugtrekken uit het sediment afsluiting behoeft, is sterk afhankelijk van de te bemonsteren grondsoort. Deze onderzijde leent zich daarom bij uitstek voor toepassing van een uitwisselbare kop die enerzijds een snijdende functie heeft bij het inbrengen van het apparaat in het sediment en waarin anderzijds een afsluitermechanisme kan worden ingebouwd.

Aan de bovenzijde kan het apparaat uitgerust worden met een vacuümafsluiting, die operationeel wordt, vlak voor het apparaat weer teruggetrokken wordt uit het sediment. Hiernaast kan het apparaat uitgerust worden met verwisselbare meet- en regelapparatuur. Ook kan het meer zelfstandig werkend worden gemaakt.

Doelstelling is het ontwerpen en bouwen van een apparaat (core-apparaat of corer) voor de bemonstering van onderwatersedimenten dat:

1. modulair opgebouwd is;
 2. altijd en overal inzetbaar is;
 3. optimaal ongestoorde monsters levert en snel werkt;
 4. modulair verkoopbaar is, dat wil zeggen dat het aangeboden pakket een door de koper uit te breiden systeem vormt.
- Vervolgens zijn randvoorwaarden van het best mogelijke apparaat geformuleerd. Aangezien het irreëel is al deze opties in een eerste prototype te combineren, zijn ook de eisen voor een minimum-pakket opgesteld. Vervolgens is besloten tot een aanpak van stap voor stap verbeteren van het prototype. Aankleding en versiering kunnen in een later stadium plaatsvinden. Hieronder wordt verstaan het stapsgewijs uitbreiden van het ontwikkelde apparaat tot 'ideale corer' en uitrusting van het coreapparaat met zintuigen als dieptepeiling, poriewatersampler, redox-, pH-, geleidbaarheidsmeting, etc.

De ideale corer is:

Een zelfstandige corer aan een slap touw, die zelfstandig langzaam afdaalt door het water en een zachte landing maakt op de te bemonsteren onderwaterbodem. Na de landing kan het apparaat zichzelf verticaal stellen en zich zelfstandig het sediment inwerken tot de gewenste diepte. Vervolgens kan de corer zich het sediment uitwerken, waarna hij zelfstandig naar het wateroppervlak terugkeert en geborgen kan worden.

De minimum corer is:

Een corer, die aan een strak touw neergelaten wordt, zodoende een redelijk zachte landing maakt, waarbij hij door een soort van frame werk ongeveer verticaal gehouden kan worden (afhankelijk van de vlakheid van de bodem). Daarna moet het bemonsteringsapparaat het sediment ingehamerd worden vanuit bijvoorbeeld een vastliggende boot.

TABEL I – Beoordelingscriteria voor bemonsteringsapparatuur voor de onderwaterbodem.

apparaat	monsterdiameter en -lengte, materialen, gewicht waterdieptes waarin toepasbaar
monsternemen	zelfstandigheid: lancering via slap of strak touw zachte landing indringing in het sediment – zelfstandig – alleen door eigen gewicht – tot gewenste diepte – heien – pneumatisch, handkracht – tot welke dieptes
	afsluiting – boven – plunjer, kleppen, rubberbal – onder – geen, kleppen, diafragma, schuim, opblaasband, veer met draden, analogon van kogelkraan, bevroren met N₂-gas, snelle betonmengsels
	uit sediment – zelfstandig – trekken – touw met de hand, lier met kabel, ballon
bediening	is het apparaat gemakkelijk te hanteren/bedienen
resultaat	is de monsterbuis snel en eenvoudig te verwisselen
	mate van ongestoordheid van het monster
aanschaf	lossen van het monster
	in de handel, prijs, patenten

Vervolgens wordt de monsterbuis van boven en (facultatief) van onder afgesloten. Het apparaat moet uit het sediment getrokken worden, waarna het aan een strak touw rechtstandig bovengehaald en geborgen wordt.

Hieruit kunnen de belangrijkste beoordelingscriteria ten aanzien van uitvoering en werking worden afgeleid.

Beoordelingscriteria

De opgestelde beoordelingscriteria zijn samengevat in tabel I.

Toetsing van bestaande apparatuur

Uitgaande van de beoordelingscriteria zijn circa 90 bestaande bemonsteringsapparaten getoetst. Ten aanzien van enkele punten kan het volgende worden opgemerkt.

Resultaat

Of de verkregen sedimentkern ongeroerd is, is zeer discutabel, hetgeen door de auteurs zelf vaak bevestigd wordt. Dit bezwaar geldt het zwaarst bij de vrije-val-corers. Deze ploegen de toplaag vrijwel geheel om [Baxter, 1981]. Core catchers, die regelmatig toegepast worden bij grondmonsternamen, geven in het algemeen een ontoelaatbare verstoring van de slappe toplaag van het sediment en kunnen voor dit doel dan ook niet toegepast worden. Ook aan het resultaat van corers, die het monster door middel van een zuiger trekken, moet getwijfeld worden. Het beste is een volledig vrije doorgang voor het monster tijdens de monsternamen.

Verticaalstelling

Of de corer bij het begin van het indringen van het sediment verticaal staat, is bij geen van de apparaten met zekerheid vanuit de boot vast te stellen. Slechts één type staat op pootjes.

De ervaring heeft geleerd, dat bij enige

waterstroming (ten gevolge van de wind of stroming) de corer schuinhangend naar de bodem zinkt en dat, eenmaal op het sediment geland, het apparaat vanuit de boot slechts met bijzondere aandacht rechtstandig gehouden kan worden.

Zelfstandigheid

Zelfstandigheid van werken zoals beschreven bij de omschrijving van de ideale corer, bezit geen enkele van de in de handel zijnde apparaten.

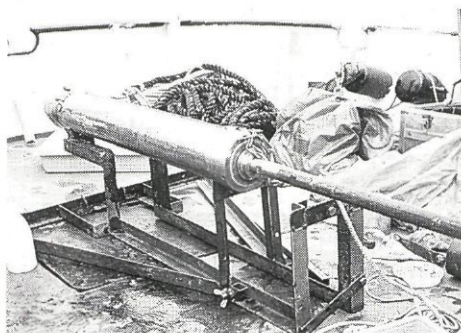
Afsluiten bovenzijde

Afsluiten aan de bovenzijde is niet steeds mogelijk. Het is in verband met mogelijke verstoring door waterstromen raadzaam wel een bovenafsluiting aan te brengen.

Afsluiten onderzijde

Afsluiting aan de onderzijde is in veel gevallen niet aanwezig of werkt niet in alle grondsoorten afdoende. Soms is dit ook niet nodig. Op andere plaatsen is een onderafsluiting echter essentieel vanwege het hoge watergehalte en de geringe consistentie van de sedimenten. Er zijn ingenieuze systemen ontworpen voor het afsluiten van de onderkant die echter ook vaak weer een beperkte werking hebben. Voor bemonstering van vrij

Foto 1 - Bemonsteringsapparaat met verlengstang liggend op de lostafel.



dunne toplagen van sedimenten is het, om monsterverlies bij optrekken uit het sediment en bij boven water halen van de corer te voorkomen, zeer gewenst om de buis reeds in het sediment onderaan af te sluiten. Sommige corers werken met een zuiger, die het monster naar binnen zuigt. Bij een enkele corer kan vervolgens de monsterbuis met een kraan afgesloten worden.

Monsterlengte

Bij veel apparaten wordt de monsterlengte bepaald door het eigen gewicht van het apparaat en dus van de weerstand bij indringing. In andere gevallen wordt de monsterlengte sterk beperkt door de constructie bijvoorbeeld bij uitstaande dus zichzelf vastzettende stangen. Het is wenselijk om tijdens de bemonstering te kunnen bepalen tot welke diepte het monster genomen wordt.

Waterdiepte

De maximaal mogelijke waterdieptes variëren sterk. Het is aan te bevelen de mogelijkheden niet teveel te beperken. In Nederland zijn de meeste waterdiepten weliswaar relatief gering, maar ook hier kunnen diepe plassen of plasdelen voorkomen.

Lossen van de monsterbuis

Het lossen van de monsterbuis varieert van vrij eenvoudig tot desastreus voor de sediment-toplaag. Een lostafel werkt zeer effectief [Ambühl, 1969].

4. Beschrijving van het prototype

Gekozen is voor een eerste prototype bestaande uit een roestvrijstalen mantelbuis met een perspex binnenbuis, voorzien van een vacuümbovenafsluiting en een op afstand te bedienen onderafsluiting. Een principetekening wordt gegeven in afb. 1.

Het apparaat moet aan de volgende eisen voldoen:

- het moet inhamerbaar zijn op afstand;
- de bediening moet eenvoudig zijn;
- het verkregen monster moet ongeroerd zijn;
- het monsterlossen en het wisselen van de monsterbuis moet snel en eenvoudig kunnen gebeuren zonder verstoring van het monster en zonder dat monsterverlies optreedt;
- elk verkregen monster moet apart vervoerbaar en verwerkbaar zijn.

Om het in het sediment hameren mogelijk te maken is het apparaat voorzien van een aansluitpunt voor een stang. Deze (verlengbare) stang (afb. 1, no. 1) dient (a) als duwstang bij het inhameren in het sediment, (b) als trekstang bij het uithalen en (c) als vaste verbinding tussen corer en boot. Hiermee zijn de functies verbinding

boot/corer en verticaal houden van de corer gecombineerd (foto 1).

Het rechthouden van het bemonsteringsapparaat wordt in deze fase door de stang, en dus zonder aparte hulpstukken geregeld.

Het prototype bestaat uit een roestvrijstalen steekapparaat (afb. 1, no. 12), waarin zich de eigenlijke monsterbuis (no. 4) bevindt. Op de verbindingstang tussen boot en apparaat kan een standaard hamerapparaat gemonteerd worden, waarbij de krachtoverbrenging via de stang en de mantelbuis op de onder de mantelbuis gemonteerde snijkop (no. 6/7) geschiedt. Op dit hamerapparaat kan een standaard verzwaringsgewicht worden geschroefd. De afsluitconstructie aan de onderzijde bestaat uit een aantal snijkoppen, die onderling uitwisselbaar zijn en ingezet kunnen worden afhankelijk van de te bemonsteren grondsoort. Ze worden door middel van eenvoudig bedienbare klemmen

Afb. 1 - Schematische voorstelling van het nieuwe apparaat met uitwisselbare snijkoppen.

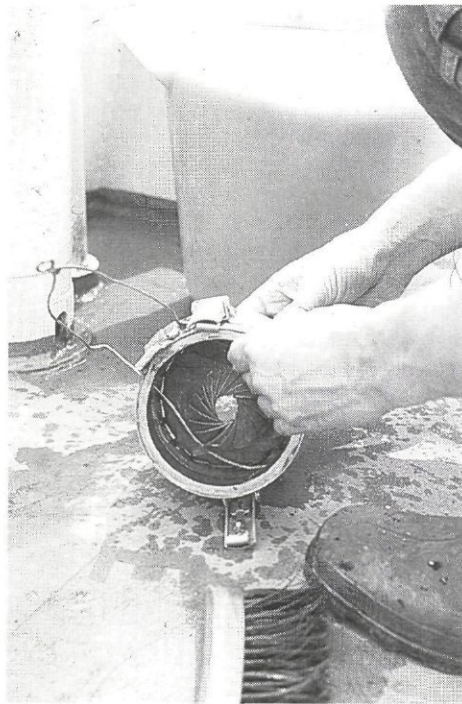
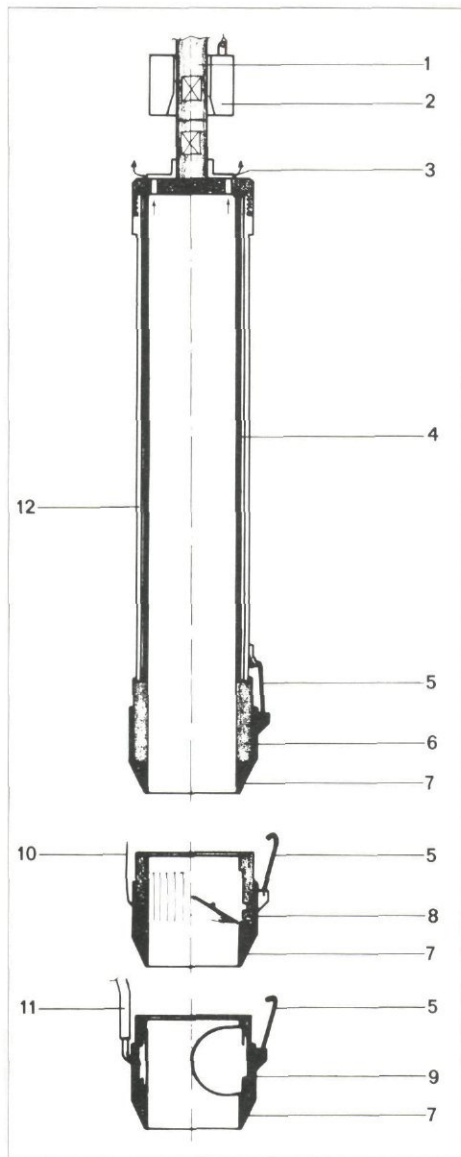


Foto 2 - Snijkop met afsluiting d.m.v. metalen lamellen.

aan de mantelbuis aangesloten. De snijkoppen zijn:

- a. een kop zonder afsluiting voor geconsolideerde grond (no. 6/7);
- b. een kop met een lamellenafsluiting voor ongeconsolideerde grond en dunne sedimenten (no. 8/7);
- c. een kop met een afsluiting door middel van een inwendig aangebrachte en opblaasbare rubberband voor bemonstering in ongeconsolideerde grond en dunne sedimenten (no. 9/7).

ad (a) een open kop

Dit is een verlengstuk aan de mantelbuis, dat naast een snijrandfunctie alleen de perspex binnenbuis in de mantelbuis opsluit. Deze snijkop kan toegepast worden als het sedimentmonster door kleef aan de buiswand en door het vacuüm in het apparaat blijft hangen. Het kan dus niet in dunne sedimenten toegepast worden.

ad (b) en (c) afsluitbare kop

Dit type snijkop kan na indringing tot de gewenste diepte in de onderwaterbodem afgesloten worden vanuit de boot.

Hierbij zijn twee typen ontwikkeld:

(b) een snijkop voorzien van metalen lamellen die als een soort diafragma-afsluiter werken (foto 2). De om een horizontaal liggende as scharnierende lamellen staan open tijdens indringing in het sediment en kunnen door middel van een kabel (afb. 1, no. 10) gesloten worden vlak voor het uittrekken uit het sediment.

(c) een snijkop voorzien van een opblaasbare rubberband (foto 3), die na indringing in het sediment opgeblazen wordt via een slang

(no. 11) met een in de boot staand pompje. Deze snijkop geeft een goede afdichting in alle dunne typen sediment. Het materiaal is bestand tegen takken en steentjes. Wanneer veel scherpe voorwerpen in het sediment aanwezig zijn, kan de lamel-kop toegepast worden.

Bovenzijde

Het apparaat heeft een ontluuchtingsmogelijkheid aan de bovenzijde voorzien van een rubbermembraan (no. 3), dat tevens dienst doet als vacuümafsluiting.

Het membraan stoot de uitstroming van water bij het afdalen niet. Om bij het omhooghalen van het gevulde apparaat verbreking van het vacuüm te voorkomen is een gewicht gemaakt (no. 2), dat langs de drukstang tot op dit membraan kan glijden en het membraan vastzet. Gebleken is dat dit systeem bevredigend werkt.

Beoordeling in veldsituaties van het apparaat Constructie

De aansluitingen van snijkop aan mantelbuis door middel van klemmen werkt zeer snel en is afdoende gebleken. Bij het vastlassen moet speciale aandacht aan de maatvoering geschonken worden, omdat in het veld de definitieve klemkracht van deze klemmen nog ingesteld moet worden. Hoe groter de op te vangen maatafwijking, hoe beter het is. Hiermee is het monsterlossen en monsterbuis wisselen een eenvoudige zaak geworden.

Werken vanaf een vast punt

Het eenvoudigst is het wanneer een monster,

Foto 3 - Snijkop met afsluiting d.m.v. opblaasbare rubberband.



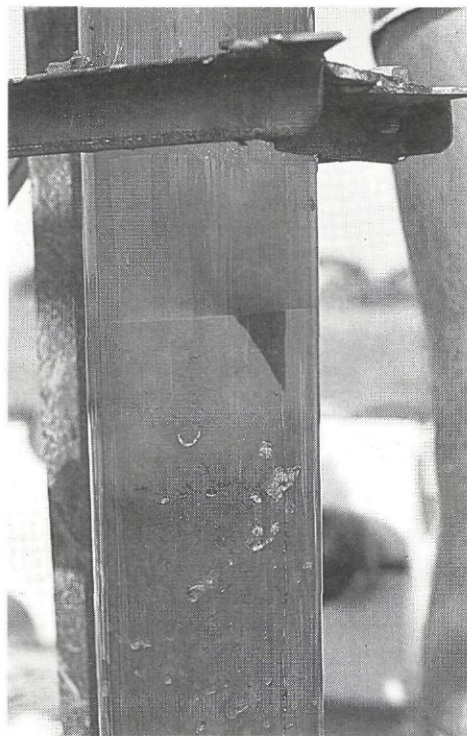


Foto 4 - Voorbeeld van het bemonsteringsresultaat.

staande in het water of vanaf een vast punt – brug, vlonder – genomen kan worden. De eerste proefnemingen zijn dan ook vanaf een vast punt uitgevoerd. Hierna is enkele keren vanuit een boot bemonsterd.

Werken vanuit een boot

Bij het bemonsteren vanuit een boot moet aan de eis voldaan zijn dat de boot goed verankerd ligt. Door het inhameren bestaat namelijk de kans, dat men de boot onder zich vandaan drukt. Wanneer een boot goed verankerd ligt is deze verplaatsing van de boot tot een minimum gereduceerd. Hoe beter overigens een monsterploeg ingewerkt is, hoe sneller de bemonstering uitgevoerd zal worden en hoe geringer de problemen zijn. Een 'jonge ploeg' zal hierbij meer problemen krijgen.

Een paar keer proefmonsteren moet dan ook aangeraden worden: het kost wel tijd en geld, maar de vervolgens verkregen getallen uit chemische analyses kosten vaak veel meer en onbetrouwbare getallen worden toch uiteindelijk weggegooid. Bemonstering op grotere plassen en meren vereist een grotere boot om enigszins onafhankelijk te worden van de klimatologische omstandigheden.

Lostafel

Om het monster snel en eenvoudig te kunnen lossen en een nieuwe monsterbuis in het apparaat te monteren is een eenvoudige lostafel geconstrueerd. Helaas kon door beperkte tijd nog niet veel aandacht aan de vorm en uitvoering hiervan geschonken

worden, maar in principe is het werken met een dergelijke lostafel zeer plezierig.

Werkwijze

Voor de beoordeling werd gebruik gemaakt van de diensten van een aantal proefpersonen. Deze proefpersonen simuleerden toekomstige kopers, die alleen voorzien van een handleiding en gedurende een uur geïnstrueerd, het apparaat gaan gebruiken. Als resultaat verwacht een koper enkele goede sedimentmonsters. Door de proefpersonen werd een aantal opmerkingen gemaakt ten aanzien van de uitvoering en bediening van de beproefde apparatuur. Deze zijn verwerkt in de uitvoering van het apparaat, dat vervolgens in een echte praktijksituatie uitgetest is. Hierbij was een directe visuele controle mogelijk op de mate van verstoring, omdat er een bekende gelaagdheid in de onderwaterbodem voorkwam. Deze gelaagdheid is in alle monsters goed teruggevonden (zie foto 4). In de praktijkproeven zijn opnieuw alle drie de snijkoppen uitgetest. Toepassing van de open kop leverde in sommige situaties geen of geen goed monster. Hier bleek het voordeel van de modulaire aanpak: de open kop werd verwisseld voor de lamelkop of voor de rubberkop en er werd een prima monster verkregen. Een ingewerkte ploeg kan op een dag zo'n 8 - 12 cores nemen, mits de vaarafstanden niet te groot zijn.

5. Toekomstige ontwikkelingen

Om in staat te zijn ook in grotere waterdiepten een ongeroerd monster van de bodem te kunnen nemen, is verder onderzoek en ontwikkeling noodzakelijk. Gedacht wordt aan apparatuur, die aan kabels door het water naar de bodem zakt en daar het sediment ingedreven wordt. Hierbij zijn verschillende mogelijkheden om de zelfstandigheid van werken van de apparatuur te vergroten.

Literatuur

- Ambühl, H. und Bühner, H. (1969). Schweiz, Zeitschr. für Hydrol., 31, 132 - 140.
 Baxter, M. S. et al (1981). Environ. Sci. Technol., 15, 843 - 846.
 Mortimer, C. H. (1941). *Freshwater*. Biological Association.
 Murray, D. A. (1976). Limnol. Oceanogr., 21, 341 - 344.
 Niemisto, L. (1974). Merentutkimuslait., Julk./Havsforskningsinst. Skr. 238, 33 - 38.
 Siebers, H. H. (1982). Rapport TH Delft, Vakgroep Civiele Gezondheidstechniek, no. 82-14.

● ● ●

Agenda

● Vervolg van pagina 72

Technology, Recent Developments and Applications. Inl.: KVIV Symposium Electrical & Magnetic Separation, Jan van Rijswijklaan 58, B-2018 Antwerpen, België.

4 - 8 juni 1984, Gothenburg, Zweden: Third International Conference on Urban Storm Drainage. Inl.: Prof. Anders Sjöberg, Dept. of Hydraulics, Chalmers University of Technology, S-41296 Gothenburg, Zweden.

13 - 14 juni 1984, Karlsruhe, BRD: Symposium: Die Flockung in der Wasseraufbereitung. Inl.: VDGW-Hauptgeschäfts-führung, Postfach 5240, Frankfurter Allee 27-29, 6236 Eschhorn 1, BRD.

18 - 21 juni 1984, Gothenburg, Zweden: World Conference and Exhibition BioEnergy 84. Inl.: The Swedish Bio-Energy Association (SVEBIO), Essingestråket 11, S-112 66 Stockholm, Zweden.

12 - 14 september 1984, Reading, UK: International Conference on the planning, construction, maintenance & operation of sewerage systems. BHRA-WRC, University of Reading, UK. Inl.: Conference Organiser Sewerage Systems, BHRA, The Fluid Engineering Centre, Cranfield, Bedford MK43 0AJ, England.

12 - 14 september 1984, Cardiff, UK: Seminar on freshwater biological monitoring. IAWPRC en Univ. of Wales. Inl.: Dr. David Pascoe, Dept. of Applied Biology, Univ. of Wales, Institute of Science and Technology, Kind Edward VII Avenue, Cathays Park, Cardiff CF1 3NU, UK.

12 - 14 september 1984, Kopenhagen, Denemarken: Degradation, Retention and Dispersion of Pollutants in Groundwater - pre-conference seminar associated with 12th IAWPRC biennial, conference. Inl.: Prof. E. Arvin, Dept. of Environmental Engineering Building 115C, Technical Univ. of Denmark, DK-2800 Lyngby, Denemarken.

17 - 20 september 1984, Amsterdam: 12th IAWRC Biennial International Conference of Water Pollution Research and Control. Inl. IAWPRC, Alliance House, 29/30 High Holborn, London WC1V 6BA, UK.

18 - 22 september 1984, Amsterdam: Aquatech '84. Inl.: Industrial Presentations (Europe) BV, Aquatech '84, Waalhaven ZZ 44, 3088 HJ Rotterdam.

● ● ●