

ONDERZOEK NAAR ORGANISCHE MICROPOLLUENTEN IN WATERBODEMS

E. RILLAERTS, M. BOX
Provinciaal Instituut voor Hygiëne

ASSESSMENT OF SEDIMENT QUALITY: ANALYSIS OF ORGANIC PARAMETERS

The determination of organic micropollutants is essential for the evaluation of the chemical quality of sediment. In this study attention was paid to the analysis of TOC, mineral oil, EOX, PCBs, chlorinated pesticides and PAHs.

TOC was determined by the combustion-infrared method, EOX by coulometric and mineral oil by infrared detection. 7 PCB congeners and 17 chlorinated pesticides were measured by a gaschromatographic method using two columns with different polarities and electron capture detection. 6 PAHs according to Borneff were determined by HPLC with fluorescence and UV detection.

Analyses were done on 75 sediment samples of four selected watercourses and 5 reference samples. The reference samples showed no acute toxic response in an ecotoxicological screening

and were considered to be of acceptable chemical quality. Reference values were obtained from the analysis of these reference samples. Sediment quality of the different watercourses was assessed by comparison with the reference values.

Corresponding pore waters were analyzed for PCBs, chlorinated pesticides and PAHs. Low or below detection limit concentrations were found. No differences could be demonstrated between the four watercourses and the references, despite highly different sediment values. No correlations with sediment concentrations were found.

PCBs and chlorinated pesticides were determined in a selection of 18 samples of macroinvertebrates (oligochaetae and chironomidae). The presence of these pollutants could be clearly demonstrated in the fat of the organisms originating from polluted sediments.

1. INLEIDING

Kennis van de aanwezigheid en het gedrag van organische micropolluenten, zoals o.m. organochloorpesticiden, polychloorbifenylen en polycyclische aromatische koolwaterstoffen, in de diverse milieucompartimenten is van aanzienlijk belang gezien het mutageen en toxisch karakter van verschillende van deze producten. Deze stoffen werden door de E.E.G. t.b.v. de classificatie van lozingsproducten in oppervlaktewater op de zwarte lijst geplaatst, wat impliceert dat de lozing ervan verboden is. Bij lozing van deze stoffen in oppervlaktewater adsorberen zij aan het zwevend materiaal en na sedimentatie verontreinigen zij de waterbodem. Omgekeerd vormt de verontreinigde waterbodem een bedreiging voor de waterkwaliteit. Veel is nog onbekend omtrent het effect van gehalten aan organische micropolluenten op het ganse ecosysteem water. Deze studie vormt een bijdrage tot het opstellen van een kwaliteitsbeoordelingssysteem voor waterbodems in Vlaanderen.

2. DOELSTELLINGEN

Tot nu toe ontbrak een eigen beoordelings-

systeem voor de kwaliteit van de waterbodems in Vlaanderen. Hiertoe diende gezocht naar referentiewaterbodems met een goede biologische kwaliteit. Uit het onderzoek van deze referentiepunten konden referentiewaarden afgeleid worden als basis voor het beoordelingssysteem. Om dit te bereiken dienden ook de analysemethoden vastgelegd te worden. Doelstelling hierbij was gebruik te maken van gangbare analysemethoden die voor routinematige screening kunnen toegepast worden. De beoordeling van deze methodes is belangrijk voor de interpretatie van de bekomen resultaten. De gekozen analyse- en beoordelingstechniek werd toegepast op een pilootgebied van vier waterlopen.

Teneinde meer kennis te verwerven omtrent de biobeschikbaarheid van organische micropolluenten in waterbodems werden, naast de metingen in slib, eveneens metingen uitgevoerd in poriënwater en in macroinvertebraten. De chemische resultaten zijn nuttig voor de interpretatie van de ecotoxologische en biologische beoordeling.

3. MATERIAAL EN METHODES

Minerale olie (MINOL) werd bepaald door

het slib na aanzuren te extraheren met trichloortrifluorethaan. Na clean-up over florisil werden de apolaire koolwaterstoffen bepaald via de meting van karakteristieke absorptiebanden in het infrarood spectrum. De extraheerbare organohalogenen (EOX) in sediment werden bepaald na soxhlet extractie met 1:1 n-hexaan/acetone (v/v) d.m.v. coulometrische detectie. Het organisch koolstofgehalte (TOC) werd na aanzuren en verbranding van het slibmonster gemeten d.m.v. een niet-dispersieve infrarood analyzer. Voor de bepaling van het opgeloste organisch koolstof (DOC) in water werd het monster gefiltreerd over 0.45µm, aangezuurd en chemisch geoxideerd.

Voor de analyse van organische micropolluenten werden de slibmonsters eerst gevriesdroogd en gezeefd door een metaalzeef met 2 mm maaswijdte. Twee aparte deelmonsters werden klaargemaakt voor enerzijds de analyse van polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) en anderzijds organochloorpesticiden (OCP's) en polychloorbifenylen (PCB's). De monsters voor OCP/PCB bepaling werden 24 uur gesoxhlet met een 1:1 n-hexaan/acetone (v/v) mengsel. Vervolgens werden de extracten ontzwaveld, waarna een clean-up over aluminiumoxide en een fractionering over sili-

cagel werden uitgevoerd. De slibmonsters voor PAK analyse werden 24 uur door middel van een Soxhlet-apparaat geëxtraheerd met dichloormethaan gevolgd door een clean-up over silicagel.

Poriënwaters werden klaargemaakt voor OCP/PCB analyse, d.m.v. vloeistof/vloeistof extractie met petroleumether gevolgd door clean-up over aluminiumoxide. Voor de bepaling van PAK's werd een vloeistof/vloeistof extractie met dichloormethaan uitgevoerd gevolgd door een clean-up over silicagel. Gevriesdroogde macro-invertebraten werden 8 uur gesoxhlet met 3:1 petroleumether/aceton (v/v). De hoeveelheid vet werd gravimetrisch bepaald. Voor de OCP/PCB analyse werd het vet verwijderd d.m.v. florasil en een fractiëring over silicagel werd gebruikt als clean-up.

Kwantificatie van de OCP's (alfa, beta en gamma-HCH, hexachloorbenzeen, heptachloor, heptachloorepoxide, hexachloorbutadieën, o,p'-DDD, p,p'-DDD, o,p'-DDE, p,p'-DDE, o,p'-DDT, p,p'-DDT, aldrin, dieldrin, endrin, alfa-endosulfan en trifluraline) en PCB's (PCB28, 52, 101, 118, 138, 153 en 180) gebeurde na gaschromatografische scheiding op twee kolommen met verschillende polariteit d.m.v. electron capture detectie. Een component werd als aanwezig beschouwd als hij op de beide kolommen werd teruggevonden. De 16 PAK's volgens EPA werden bepaald d.m.v. HPLC met fluorescentie- en UV-detectie.

4. TOEPASSING OP PILOOTGEBIED

4.1 Waterbodembodem

De gemiddelde gehalten, omgerekend naar 10% organische stof, aan organische micropolluenten van de sedimenten van de vijf referentiepunten en de vergelijking met de Nederlandse normen zijn weergegeven in tabel 1. De vergelijking toont dat de waarden voor PAK's en vooral EOX voor de referentiepunten boven de Nederlandse streefwaarden liggen.

Tabel 1. Gemiddelde waarden referentiemonsters t.o.v. Nederlandse normen. (1,2)

		Referentiemonsters (10% org. stof)	Streefwaarden (NL)
MINOL	(mg/kg ds)	71 (40 - 294)	300*
EOX	(mg/kg ds)	60 (46 - 98)	0.7*
PAK10	(µg/kg ds)	1588 (771 - 4423)	1000
PCB	(µg/kg ds)	17 (8 - 63)	22
DDT + deriv.	(µg/kg ds)	1 (0 - 3)	2.5
OCP	(µg/kg ds)	1 (0 - 3)	10*

Gemiddelde geschat via de MVU estimator volgens Koch en Link (3).

(LL10 - UL90): onder- en bovengrens op het 10% confidentieinterval berekend volgens Land.

*1/10de toetsingswaarde

PAK10: som 10 PAK's volgens VROM.

PCB: som 7 congenere. OCP: som organochloorpesticiden

MINOL: minerale olie

EOX: extraheerbare organohalogenen

Tabel 2. Toetsing van de waterbodems van de verschillende waterlopen aan de referentiegroep.

	MINOL (mg/g OC)	EOX (mg/g OC)	PAK6 (µg/g OC)	PCB (µg/g OC)	OCP (µg/g OC)
Referenties	1.2	1.1	17	0.52	0.02
Bovenschede	19.3***	1.0	139***	2.23**	0.63***
Jeker	5.0**	0.9	92**	0.58*	0.20**
IJzer	3.9*	0.9	35	0.19	0.20*
Dommel	0.9	1.5	25	0.05**	0.01

De rekenkundige gemiddelden, uitgedrukt per g organisch koolstof (OC), zijn weergegeven voor de verschillende waterlopen.

PAK6: Som 6 PAK's van Borneff. PCB: som 7 congenere. OCP: som organochloorpesticiden

Statistische vergelijking t.o.v. de referentiegroep werd uitgevoerd d.m.v. de niet-parametrische Mann-Whitney test. (* p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001)

De vergelijking tussen de verschillende waterlopen en de referentiepunten is weergegeven in tabel 2.

De gehalten werden uitgedrukt per g organisch koolstof. Binnen de groep OCP's is DDT met zijn afbraakproducten voor ongeveer 70% van het voorkomen ervan verantwoordelijk. Voor de Bovenschede en de

Jeker zijn alle onderzochte parameters, op EOX na, significant verhoogd t.o.v. de referentiemonsters. Voor de IJzer is er een verhoging aan minerale olie en OCP's. In tegenstelling tot de andere waterlopen worden voor de Dommel geen verhogingen t.o.v. de referenties waargenomen. De PCB's liggen zelfs significant lager dan in de referentiegroep.

Tabel 3. Toetsing van de poriënwaters van de verschillende waterlopen aan de referentiegroep.

	N	DOC (mg/l)	PAK6 (µg/l)	PCB (µg/l)	OCP (µg/l)
Referenties	5	20	<d.l.	<d.l.	0.04 (5)
Bovenschede	20	38**	0.06(3)	<d.l.	0.03 (13)
Jeker	12	18	<d.l.	<d.l.	0.03 (12)
IJzer	16	20	<d.l.	<d.l.	0.03 (16)
Dommel	19	32	0.09 (1)	<d.l.	0.03 (18)

De rekenkundige gemiddelden zijn weergegeven voor de verschillende bekkens.

PAK6: Som 6 PAK's van Borneff. PCB: som 7 congenere. OCP: som organochloorpesticiden

<d.l.: kleiner dan detectielimiet, DOC: opgelost organisch koolstof

Statistische vergelijking t.o.v. de referentiegroep werd uitgevoerd d.m.v. de niet-parametrische Mann-Whitney test (** p<0.01)

4.2 Poriënwater

In de onderzochte poriënwaters werden lage of beneden detectiegrens gemeten waarden voor de organische micropolluenten teruggevonden. In een zeer beperkt aantal monsters werden lage PAK's gehalten gemeten en in het merendeel van de monsters werden binnen de groep OCP's enkel lage waarden voor lindaan (~0.03 µg/l) aangetoond. Op een verhoging van DOC in de Bovenschede na, waren er geen significante verschillen tussen de poriënwaters van de verschillende waterlopen en de referentiepunten. Er konden geen correlaties met de waarden in slib worden aangetoond.

4.3 Macro-invertebraten

OCP's en PCB's werden gemeten in 18 monsters van macro-invertebraten (Oligochaeten en Chironomiden), afkomstig van sites waar sediment bemonsterd werd. In

Tabel 4. Organochloorpesticiden en PCB's in macro-invertebraten.

	N	PCB (ng/g vet)	OCP (ng/g vet)
Referenties	4	<d.l. (<d.l. - <d.l.)	450 (333 - 520)
Bovenschede	2	6420 (2200 - 10400)	3620 (3420 - 3820)
Jeker	4	346 (<d.l. - 919)	684 (468 - 976)
IJzer	5	184 (<d.l. - 823)	495 (175 - 1140)
Dommel	3	72 (<d.l. - 215)	227 (<d.l. - 516)

Gemiddelde (min. - max.) concentraties van PCB's en OCP's in macro-invertebraten.
<d.l.: kleiner dan detectielimiet. N: aantal gemeten monsters

verschillende organismen kon de aanwezigheid van zowel PCB's als OCP's in het vetweefsel aangetoond worden (tabel 4). In de groep van OCP's werden voornamelijk HCH's (13/18) en DDT degradatieproducten (8/18) aangetoond. De gehalten in de organismen waren gerelateerd aan de concentraties in slib (PCB's in organismen vs. sediment: $R = 0.52$, $p < 0.05$). Evenals in slib werden de hoogste concentraties teruggevonden in de Bovenschede, gevolgd door de Jeker, de IJzer en de Dommel.

5. BESLUITEN

5.1 Methodologie

Analyses van organische micropolluënten in sediment en organismen zijn omslachtig en soms moeilijk te interpreteren. Een belangrijk probleem bij de analyse van organische micropolluënten in milieutoepassingen is dikwijls de extreme complexiteit van milieumatrices. Waterbodembodem vormt hierop geen uitzondering. De aanwezigheid van vele interfererende stoffen bemoeilijkt aanzienlijk de analyse van organische micropolluënten in sediment. Gevolgen van matrixeffecten zijn o.m. problemen bij kwantificatie en identificatie. In de gebruikte methodes, gebaseerd op de EPA (610) en NEN (5734, ontwerp) normen (4), wordt geen rekening gehouden met het extractierendement en is er bijgevolg een mogelijke onderschatting t.o.v. de werkelijke gehalten. Aanwezige interfererende stoffen kunnen het analyseresultaat positief of negatief beïnvloeden. Omwille van de complexiteit van de waterbodembodemmatrix wordt selectiviteit ingebouwd in de monsterpreparatie en de detectie. Ondanks de getroffen voorzorgen resulteren de methodes bij vervuilde sites in zeer complexe chromatogrammen en kunnen vals positieve resultaten niet uitsloten worden. Dit is met name een probleem voor de meest vluchtige PAK's (nftaleen, acenafthyleen, acenaftheen en fluoreen) en in beperkte mate voor de organochloorpesticiden. Voor bepaalde extreem vervuilde waterbodems kan de gevolgde methodiek ontoereikend worden. Voor de meeste waterbodems konden echter op een redelijk routinematige manier resultaten met een goede gevoeligheid bekomen worden. De reproduceerbaarheid is afhankelijk van het beschouwde monster en vermindert bij toenemende vervuiling. Ge-

middelste variatiecoëfficiënten worden geschat op 20 tot 60% voor de diverse componenten, doch zijn sterk afhankelijk van de onderzochte monsters.

Interferenties speelden opvallend minder een rol bij de analyses van de onderzochte poriënwaters, zelfs indien afkomstig van sterk verontreinigde waterbodems. Klassieke methodes uit het wateronderzoek kunnen afdoende resultaten opleveren. Problemen treden wel op bij de meest vluchtige PAK's, waarvoor moeilijk reproduceerbare verliezen optreden.

De analyses van OCP's en PCB's in macro-invertebraten zijn vrij omslachtig en resulteren in complexe chromatogrammen. Omwille van de beperkte hoeveelheid uitgangsmateriaal kon de methode onvoldoende gevalideerd worden en konden geen PAK's analyses uitgevoerd worden. Voor de beoordeling van PAK's in waterbodembodem, verkiezen we om analytische redenen niet de 16 van EPA te gebruiken. Binnen de gebruikte HPLC methode, die vrij goed geschikt is voor routinematig onderzoek van PAK's, treden problemen op met de kwantificering en identificatie van de meest vluchtige PAK's. Derhalve werd voor de beoordeling geselecteerd voor de meer beperkte groep van 6 PAK's volgens Borneff.

Bij vergelijking met de Nederlandse normen vallen de zeer hoge waarden voor EOX op. Dit resultaat is te verklaren door een verschil tussen de analysemethoden in Nederland en Vlaanderen. De methode voor EOX volgens het afvalstoffencompendium van OVAM/VITO levert hogere waarden op dan de overeenkomende NEN methode. De reden hiervoor is dat in Vlaanderen een hardere extractiemethode wordt aangewend. De verschillen zijn echter afhankelijk van het type monster, zodat geen omrekening kan gemaakt worden. Hieruit blijkt dat het belangrijk is dat normen en onderzoeksresultaten bekomen worden via gestandaardiseerde methodes. Bij vergelijkingen van eigen resultaten met buitenlandse normen dient steeds nagegaan te worden of er geen verschil tussen de aangewende analysemethoden bestaat.

5.2 Pilotgebied

Binnen de studie werden 5 referentiepunten (op de Voer, IJzer, Beverdijkvaart, Grote Nete en Kapittelbeek in Dworp) geselecteerd op basis van een uitstekende waterkwaliteit. Deze punten werden gescreend in

een ecotoxicologische testbatterij en werden alle als klasse 1 (geen acute impact op aquatische biota) beoordeeld. De biologische beoordeling van de waterbodems was echter minder gunstig, gaande van klasse 1 (goed) tot klasse 4 (zeer slecht).

De concentraties aan organische micropolluënten voor deze referentiepunten worden als aanvaardbaar beschouwd en vormen de basis voor de kwaliteitsbeoordeling van waterbodems. De vraag stelt zich hoe deze referentiepunten zouden beoordeeld worden in een bestaande normering. Als bestaande normering hebben we de Nederlandse normen. Hierin wordt de waterbodembodem gestandaardiseerd naar 10% organische stof. Vergelijking met de streefwaarden (of 1/10de toetsingswaarde), toont aan dat de Voer en de Kapittelbeek verhoogde waarden hebben voor PAK's. Als gevolg hiervan ligt de referentiewaarde voor PAK's aan de hoge kant. Bijkomend wordt voor de Voer ook de streefwaarde voor DDT niet gehaald. Aanzienlijk verhoogd t.o.v. de Nederlandse norm is de referentiewaarde voor EOX, doch dit wordt verklaard door een methodologisch verschil. Algemeen kan gesteld worden dat de referentiepunten naar Nederlandse normen voor de onderzochte organische micropolluënten van goede chemische kwaliteit zijn. Voor de afleiding van referentiewaarden of kwaliteitsdoelstellingen is het echter wenselijk dat meer referentiepunten zouden onderzocht worden.

De verschillende waterlopen in het pilotgebied werden vergeleken met de referentiepunten en bekeken in de eigen kwaliteitsbeoordeling en de Nederlandse normering. De beoordeling van ieder monsternamenpunt apart komt bij het opstellen van de kwaliteitskaarten aan bod.

De Bovenschede is met betrekking tot organische micropolluënten het zwaarst vervuuld. Vrijwel alle parameters, op EOX na, zijn significant verhoogd t.o.v. de referentiegroep. In de eigen kwaliteitsbeoordeling voldoet voor de organische parameters geen enkel punt aan klasse 1 (niet afwijkend t.o.v. referentiewaarden); 9 punten zijn klasse 3 (afwijkend t.o.v. referentiewaarden) en 10 punten zijn klasse 4 (sterk afwijkend t.o.v. referentiewaarden). De ernst van de vervuiling wordt ook weergegeven door vergelijking met de Nederlandse normen, waarbij EOX buiten beschouwing blijft. Op 18 van de 20 monsternamenpunten wordt minstens één toetsingswaarde overschreden. Overschrijding van de toetsingswaarde betekent dat gecontroleerde berging nodig is. Geen enkel punt voldoet aan de streefwaarden. Binnen de streefwaarden blijven betekend dat verspreiding op het land of in het water zonder problemen mogelijk is.

Ook voor de Jeker zijn de meeste organische parameters verhoogd t.o.v. de referentiewaarden. De verhoging aan organische micropolluënten is minder uitgesproken dan bij de Bovenschede. Binnen de eigen beoordeling voldoen 2 punten aan klasse 1, 8 punten aan klasse 2 (licht afwijkend t.o.v. de referentiewaarden) en 2 punten aan klasse 3. Klasse 4 komt niet voor. Omgerekend naar de Nederlandse normering overschrijdt slechts 1 punt op 12 de

toetsingswaarden en voldoet geen enkel punt aan de streefwaarden.

Nog minder uitgesproken is de vervuiling aan organische micropolluenten van de IJzer. Enkel voor organochloorpesticiden en minerale olie wordt een verhoging waargenomen. Voor de IJzer voldoen 8 punten aan klasse 1, 9 aan klasse 2 en 3 aan klasse 3. Slechts 1 punt van de 23 overschrijdt de toetsingswaarden en 5 punten voldoen aan de streefwaarden.

Met betrekking tot de organische micropolluenten vertoont de zandige waterbodem van de Dommel gelijke tot lagere concentraties dan de referenties. Bijgevolg voldoen 18 punten aan klasse 1 en 4 punten aan klasse 2. Slechts 1 monsternamapunt valt onder klasse 3. Dit uit zich eveneens in de Nederlandse normering waarvoor geen enkel punt de toetsingswaarden overschrijdt en 15 van de 23 punten beneden de streefwaarden blijven.

Uit de vergelijking met de Nederlandse normering blijkt dat het eigen beoordelingssysteem voor de organische micropolluenten, met uitzondering van EOX, vrij gelijklopend is. Voldoen aan klasse 1 is vergelijkbaar, doch iets minder streng dan voldoen aan de Nederlandse streefwaarden. Overschrijding van klasse 3 is vergelijkbaar, doch iets strenger dan het overschrijden van de Nederlandse toetsingswaarden.

Ondanks het feit dat dikwijls hoge waarden in het sediment voorkomen, worden in poriënwater lage waarden voor organische micropolluenten teruggevonden. De slechte wateroplosbaarheid en de grote affiniteit van de onderzochte micropolluenten voor sediment verklaren allicht de lage concentraties in poriënwater. Bovendien worden door filtratie de meeste zwevende stoffen uit het poriënwater verwijderd. Illustratie hiervan is dat binnen de groep OCP's voor de onderzochte waterbodems voornamelijk

DDT en derivaten aangetoond worden, terwijl in poriënwater het meer wateroplosbare lindaan gevonden wordt. Metingen van apolaire slecht wateroplosbare organische micropolluenten in poriënwater leveren weinig informatie op en geen enkel verband met metingen in slib en met de ecotoxicologische en biologische testen kon worden aangetoond. Correlaties tussen de waarden in slib en de ecotoxicologische en biologische testen konden daarentegen wel aangetoond worden. Toch kan niet uitgesloten worden dat concentraties beneden de huidige detectielimieten een zeker belang hebben.

De interpretatie van de concentraties aan organochloorpesticiden en PCB's bekomen in macro-invertebraten wordt bemoeilijkt omwille van verschillende redenen. Omwille van de lage concentraties in een complexe matrix konden geen bevestigingen met een onafhankelijke methode uitgevoerd worden. Beperkingen in de hoeveelheid beschikbaar materiaal leidden tot verschillende detectiegrenzen, wat de kwantitatieve vergelijkingen bemoeilijkt. In geval van minder materiaal en dus hogere detectiegrenzen gaat informatie verloren. Analyses van PAK's konden omwille van te weinig materiaal niet uitgevoerd worden.

Diverse organochloorpesticiden en PCB's konden in de macro-invertebraten aangetoond worden. De beperkte hoeveelheid resultaten wijzen op een relatie met de verontreinigingsgraad van het slib.

Analyse van meer monsters is echter nodig om verschillen tussen de diverse organismen te kunnen bekijken, om een duidelijker beeld van de verschillende waterlopen te verkrijgen en verdere relaties te onderzoeken.

Monitoring van bio-accumulerende organische micropolluenten in macro-invertebraten levert bijkomende informatie op naast slibmetingen. In geval van voldoende hoeveelheid materiaal hebben we, omwille van

de accumulatie, een gevoelige methode om de aanwezigheid organische micropolluenten op te sporen. Zelfs bij concentraties beneden de detectiegrens in slib kunnen toch nog duidelijk meetbare concentraties in organismen aangetoond worden. Het meten van bio-accumulerende stoffen in organismen is eigenlijk een gevoelige chemische monitoring van verontreinigingen. Bovendien geven de metingen informatie over biologische beschikbaarheid en het voorkomen in de voedselketen.

6. REFERENTIES

1. MINISTERIE VAN VERKEER EN WATERSTAAT, (1989). Derde nota waterhuishouding, Kamerstukken II, vergaderjaar 1988-1989, 21250, nrs. 1-2.
2. MINISTERIE VAN VROM, (1994). Evaluatienota water, Tweede Kamer, vergaderjaar 1993-1994, 21250, nrs. 27-28.
3. GILBERT, R.O., (1987). Statistical methods for environmental pollution monitoring, Van Nostrand Reinhold, New York, 171-172.
4. EPA 610 (1984). Polynuclear aromatic hydrocarbons. Federal Register, 49 (209), 112-120. NEN 5731 (ontwerp, 1990). Bodem: bepaling van de gehalten aan tien polycyclische aromatische koolwaterstoffen met behulp van hoge druk vloeistof chromatografie. Nederlands Normalisatie Instituut, januari 1992. NEN 5734 (ontwerp, 1990). Bodem: gaschromatografische bepaling van de gehalten aan organochloorbestrijdingsmiddelen (ocb's) en polychloorbifenyleen (pcb's) in grond. Nederlands Normalisatie Instituut, november 1990.

Dr. Sc. E. RILLAERTS,
Dr. Sc. M. BOX
Provinciaal Instituut voor Hygiëne
Kronenburgstraat 45
2000 Antwerpen

De tijdschriften WATER en ENERGIE & MILIEU worden uitgegeven door de vzw WEL - Marktplein 16, 2110 Wijnegem. Tel. 03/353.72.53. Een jaarabonnement kost 1600 Fr. per tijdschrift voor 6 nummers. Een abonnement op de 2 tijdschriften samen kost 2800 Fr. Bedrag te storten op rekening nr. 068-2114041-50 of P.C. 000-0227052-72 voor WATER of voor een gezamenlijk abonnement op één van beide rekeningen met vermelding "WATER + ENERGIE & MILIEU".

**Inhoudsopgave van het tijdschrift Energie & Milieu nr. 4
juli/augustus 1996:**

**Externe milieucommunicatie :
een troef achter de hand voor de toekomst ?**

Natte luchtwassen en biologische geurbestrijdingssystemen

Klimaatregeling van gebouwen met koude/warmte-opslag

Het decreet BIM en de milieucoördinator

Ecologie-steun in het kader van de Expansiesteun

**Kwantificatie van de transportverschijnselen bij de
elektrolytische sanering van een met zink, gecontamineerde
zand-bentoniet bodem**

Het Energie en Milieu InformatieSysteem voor Het Vlaamse Gewest

