

# RIJKSINSTITUUT VOOR VISSERIJONDERZOEK

Haringkade 1 — Postbus 68 — IJmuiden — Tel. (02550) 3 16 14

Afdeling: Milieu Onderzoek

Rapport: MO 86-07  
HET VERLOOP VAN PCB- EN PESTICIDENGEHALTEN  
IN AAL UIT HET HOLLANDS DIEP TIJDENS EEN  
VERWATERINGSEXPERIMENT IN DE PLAS MILLIGEN-  
STEEG.

Auteur: J. de Boer.

Project: 2-7133: PCB en pesticidenonderzoek.

Projectleider: Dr. P. Hagel.

Datum van verschijnen: 16 december 1986.

Inhoud:	Blz.
Samenvatting	1
1. Inleiding	2
2. Bemonstering	3
3. Analysemethode	3
3.1. PCB's en pesticiden	3
3.2. Tri- en tetrachloorbenzenen en pentachloorthioanisol	5
3.3. Vetgehalte	5
4. Resultaten en discussie	5
5. Conclusies	8
Literatuur	9
Tabellen en Figuren	10

*DIT RAPPORT MAG NIET GECITEERD WORDEN ZONDER TOESTEMMING VAN DE  
DIRECTEUR VAN HET R.I.V.O.*

## SAMENVATTING

Ongeveer 100 kg aal (ongeveer 2700 exemplaren) uit het sterk met PCB's verontreinigde Hollands Diep werd overgebracht naar de PCB-arme plas Milligensteeg nabij Zwolle en daar, na te zijn gemerkt, uitgezet. Gedurende vijf jaar werden mengmonsters gemerkte aal onderzocht op gehalten aan PCB's en een aantal pesticiden. Ook werd het gewicht van de terug gevangen gemerkte aal geregistreerd, zodat body burdens (= gehalte per aal) bepaald konden worden.

Door de toename in gewicht tijdens het experiment daalden alle gehalten. Een "verwater-effect", dat wil zeggen een afname van PCB of pesticide-body burdens door de instelling van een nieuw evenwicht tussen het PCB/pesticidegehalte in de aal en dat in het omringende water, werd gevonden voor de chloorbenzenen, pentachloorthioanisol en hexachloorbutadiëen en octachloorstyreen.

Een afname van de PCB-body burdens werd geconstateerd voor tri-, tetra-, penta-, en enkele hexachloorbifenylen.

Deze afname kwam na twee jaar tot stilstand. Voor de hoger gechlorreerde PCB's werd geen enkele verandering geconstateerd in de body burdens.

Gezien de betrekkelijk lange tijdsduur nodig voor het verlagen van PCB en pesticidegehalten in sterk verontreinigde aal, in de orde van jaren, lijkt het verwateren van consumptieaal weinig interessant. Voor pootaal daarentegen zijn de perspectieven wel gunstig: verwacht mag worden dat ondermaatse pootaal, afkomstig uit sterk met PCB's en pesticiden verontreinigde wateren, in weinig of niet verontreinigde wateren tot een goede kwaliteit consumptieaal zal opgroeien.

## 1. Inleiding

Naar aanleiding van relatief hoge PCB-gehalten die aan het eind van de zeventiger jaren werden aangetroffen in rode aal uit de grote rivieren, werd een onderzoek opgezet om de mogelijkheid na te gaan deze gehalten door het verwateren van verontreinigde aal te verlagen. Uitgaande van de theorie dat er een evenwicht bestaat tussen de PCB en pesticidengehalten in het vet van de vis en de gehalten aan deze stoffen in het omringende water, zou het mogelijk moeten zijn door sterk met PCB's en pesticiden verontreinigde vis in voldoende schoon water over te brengen, de PCB en pesticidengehalten in deze vis te laten dalen brengen tot een voor menselijke consumptie aanvaardbaar niveau.

Uit de resultaten van Boon en Duinker (1986) blijkt het PCB-gehalte in het Nederlandse kustwater te variëren tussen 300 en 3000 ng/m<sup>3</sup>. Uit analyses in vis uit het Nederlandse kustwater van het RIVO (Kerkhoff, e.a. 1981, 1983) blijkt het PCB-gehalte op vetbasis ongeveer 7-20 mg/kg te bedragen. Uit deze gegevens kan een bioaccumulatiefactor voor PCB's op vetbasis worden berekend die uitkomt tussen 10<sup>6</sup> en 10<sup>7</sup>. Dit komt overeen met de bioaccumulatiefactoren berekend door Duursma e.a. (1986) en Bruggeman e.a. (1981, 1985). Aal uit de grote rivieren bevatte in 1981 circa 10 mg/kg PCB's op produktbasis. Bij een vetgehalte van circa 20% betekend dit op vetbasis een gehalte van een 50 mg/kg. Het voor de consumptie aanvaardbare PCB-gehalte in aal, bepaald door de in 1981 ingestelde norm (Staatscourant 1981) bedraagt 5 mg/kg op produktbasis, hetgeen bij een vetgehalte van 20% overeenkomt met 25 mg/kg op vetbasis.

Wanneer 100 kg aal met een PCB-gehalte van 10 mg/kg op produktbasis moet worden verwaterd totdat het PCB-gehalte in deze aal tot 5 mg/kg is gedaald, betekent dit dat uit deze hoeveelheid aal in totaal 0,5 gram PCB's, moet overgegaan in het omringende water. De PCB-concentratie in het water zal dan, in evenwicht zijnde met het PCB-gehalte in de aal dat op vetbasis 25 mg/kg bedraagt,  $25 \cdot 10^{-6} - 25 \cdot 10^{-7}$  g/m<sup>3</sup> bedragen, oftewel 25-2,5 µg/m<sup>3</sup>. Om 0,5 gram PCB's te verdunnen tot een concentratie van 2,5 µg/m<sup>3</sup> is  $0,5 \cdot 10^6 / 2,5 = 0,2 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup> nodig. Om dus enige resultaatsverwachting te hebben wat betreft een daling van het PCB-gehalte in een experiment waarbij 100 kg aal met een PCB-gehalte van 10 mg/kg wordt uitgezet in een "schone" waterplas, zouden de afmetingen van deze plas dus minimaal 200x100x10 meter moeten bedragen.

De plas Milligensteeg ten noordwesten van Zwolle, bleek aan deze eis te voldoen (figuur 1). De totale aanwezige waterhoeveelheid bedraagt in deze plas ongeveer  $3 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>.

Uit controle van de autochtone aal uit de Milligensteeg bleek deze een PCB-gehalte te bezitten van globaal 0,5 mg/kg op produktbasis, aanzienlijk lager dus dan in de aal uit het Hollands Diep. Voor de pesticiden kan eenzelfde beschouwing gegeven worden als voor de PCB's, zij het dan dat deze pesticiden in het algemeen een lagere bioaccumulatiefactor bezitten, zodat de waterhoeveelheid in de Milligensteeg in deze gevallen zeker voldoende zal zijn om een evenwichtstoestand te kunnen bereiken. In tegenstelling tot bij de PCB's bevatte de autochtone aal uit de Milligensteeg echter soms nog aanzienlijke pesticiden gehalten, met name voor wat betreft  $\alpha$ - en  $\gamma$ -HCH (40-50 µg/kg) waardoor

het verwatereffect niet bestudeerd kan worden.

## 2. Bemonstering

Als uitgangsmateriaal werd gekozen voor aal uit het Hollands Diep. Tot aan 1981 waren hierin voortdurend hoge PCB-gehalten aangetroffen (15-24 mg/kg op produktbasis) (Kerkhoff e.a. 1981). Op 25 mei 1981 werd door de Operationele Groep van de Directie Visserijen 100 kg rode aal (ongeveer 2700 stuks) gevangen in het Hollands Diep en in leeftanks overgebracht naar de plas Milligensteeg. Op 26 mei 1981 werden deze alen uitgezet in de plas. Om de uitgezette aal te kunnen onderscheiden van de autochtone aal werd deze gemerkt door met een panjet injector een 6% oplossing van de kleurstof alciaan blauw door de huid van de aal te schieten, ter hoogte van de buikholte. De aal werd hiervoor verdoofd door deze enkele minuten in een bad van 0,03% MS 222 (methylsulfonaat van ethyl -3 aminobenzaat) in water te houden. Nadat de verdoving weer was uitgewerkt werd de aal in de plas uitgezet. Alciaan blauw veroorzaakte een duidelijk zichtbare blauwe vlek die na vijf jaar wel afnam in intensiteit, maar nog steeds zichtbaar bleef (figuur 2). Zowel alciaan blauw als MS-222 werden vooraf getest op de gaschromatograaf met het oog op een mogelijk storend signaal op de ECD-detector. Beide stoffen gaven echter geen reactie en konden daardoor gebruikt worden bij dit experiment. De Operationele Groep van Directie Visserijen verzorgde ook de latere monsternamen van de gemerkte aal. Getracht werd bij elke monsternamen 25 gemerkte alen te vangen.

In september 1981, vier maanden na uitzetten van de aal, werd voor het eerst gemerkte aal bemonsterd en daarna steeds in het voorjaar (mei) t/m 5 jaar na het uitzetten van de aal. Op het moment van uitzetten was een 0-monster van 25 stuks genomen. Tevens werden in augustus 1981 25 stuks autochtone aal bemonsterd. Alle monstergegevens staan vermeld in tabel 1.

## 3. Analyse methode.

### 3.1. PCB's en pesticiden.

Voor de extractie en clean-up van de aalmonsters werden dezelfde methoden toegepast als bij vorige PCB en pesticiden analyses in aal. (M. Kerkhoff e.a. 1986). De aalmonsters werden gefileerd, waarna mengmonsters werden gemaakt door van elk exemplaar gelijke hoeveelheden af te wegen en bij elkaar te voegen. De mengmonsters werden gehomogeniseerd. Circa 10 g homogenaat werd afgewogen en gewreven met watervrij  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  tot een droog poeder. Dit werd vervolgens gesoxhlet met n-pentaaan gedurende 3 uur (1981-1983) of met n-pentaaan/dichloormethaan (1:1) gedurende 6½ uur (1984-1986). Na toevoegen van 5 ml iso-octaan werd het extract ingedampt aan de rotavapor totdat er geen vloeistof met overkwam. Vervolgens werd de overgebleven iso-octaan oplossing met n-pentaaan kwantitatief overgebracht in een maatkolf van 100 ml. Het vetgehalte van de oplossing werd bepaald door 10 ml hieruit droog te dampen en het residu te wegen. Een hoeveelheid vetextract overeenkomend met 250 mg vet werd vervolgens op een 15g  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\% \text{H}_2\text{O}$  kolom gebracht waarna werd geëlueerd met 250 ml n-pentaaan. Het vet bleef hierbij op de kolom

achter, terwijl de PCB's en pesticiden werden geëluëerd. Het eluaat werd aan de rotavapor en daarna onder een stikstofstroom geconcentreerd tot 2 ml en op een 1,8 g SiO<sub>2</sub>. 0% H<sub>2</sub>O kolom Kieselgel 60, Merck no. 7754) gebracht. Geëluëerd werd met 13 ml iso-octaan (1<sup>e</sup> fractie), gevolgd door 10 ml 15% diëthylether/iso-octaan (2<sup>e</sup> fractie). De eerste fractie bevatte de PCB's, HCB, QCB, HCB en het grootste gedeelte van p,p'-DDE. De tweede fractie bevatte de overige p,p'-DDE, p,p'-DDD, p,p'-DDT, dieldrin, endrin, α-HCH en γ-HCH.

Na het vaststellen van de juiste verdunning of concentratie met behulp van een proefinjectie werd de fractie op het uiteindelijke volume gebracht, waaruit werd geïnjecteerd. Als interne standaard werden mirex en dichloorbenzyltetradecylether gebruikt.

De gaschromatografische omstandigheden waren als volgt:

Van 1981 t/m 1984

Apparatuur	: Packard Becker gas chromatograaf, model 419 met 63 Ni-ECD uitgerust met een Varian 8000 autosampler en een integrator (Spectra Physics Autolab System I)
Kolom	: fused silica WCOT CP-Sil 8CB; lengte 25 m; i.d. 0,23 mm; filmdikte 0,45 μm
Dragergas	: He, gassnelheid: ca. 1,0 ml/min, druk gecontroleerd 118 kPa
Bypass	: (make up gas + detector purge) N <sub>2</sub> , 25 ml/min
Temperatuur oven	: begin temp. 87°C (6 min.); programmering met 32°C/min tot 215°C (4 min.); eind temp. 215°C (ca. 95 min)
Temperatuur injector	: 240°C
Temperatuur detector	: 305°C
Injectie procedure	: volgens Grob; splitter open na 5 min, splitverhouding 1:25
Injectie volume	: 2 μl

In 1985 en 1986:

Apparatuur	: Perkin Elmer gas chromatograaf integrator, model 8320 met 63 Ni-ECD, uitgerust met een Perkin Elmer AS 8300 autosampler
Kolom	: fused silica WCOT CP-Sil 8CB; lengte 25 m; i.d. 0,23 mm; filmdikte 0,45 μm
Dragergas	: He, gassnelheid: ca. 0,8 ml/min (25 cm/s) druk gecontroleerd 73,5 kPa
Bypass	: N <sub>2</sub> , 60 ml/min
Septumpurge	: 2 ml/min
Temperatuur oven	: begin temperatuur 90°C (3 min); programmering met 30°C tot 215°C (ca. 4 min); 215°C (30 min); programmering met 5°C tot 255°C (8 min); eind temp. 255°C (15 min)
Temperatuur injector	: 270°C
Temperatuur detector	: 360°C
Injectie procedure	: volgens Grob; splitter open na 2 min, splitverhouding 1:20
Injectie volume	: 2 μl

### 3.2 Tri- en tetrachloorbenzenen en pentachloorthioanisol (PCTA)

De voorbereiding en extractie van de aalmonsters voor de analyse van tri- en tetrachloorbenzenen en pentachloorthioanisol was gelijk aan de voorbereiding en extractie, beschreven onder 3.1. Een hoeveelheid vetextract overeenkomend met 250 mg vet werd vervolgens op een 15 g  $Al_2O_3 \cdot 5H_2O$  kolom gebracht en geëluëerd met 50 ml n-pentaan, hetgeen voldoende was om de chloorbenzenen en PCTA van de kolom te elueren (J. de Boer, 1983). Het eluaat werd ingedampt aan de rotavapor, waarna het volume op 10 ml werd gebracht. Na een proefinjectie werd het monster zonodig verdund of geconcentreerd. De gaschromatografische omstandigheden waren als volgt:

kolom: glas, WCOT Carbowax 20 M TPA  
lengte: 25 m, diameter: 0,25 mm, filmdikte; 0,4  $\mu$ m  
dragergas: He, constant druk: 1,2 at  
gassnelheid: circa 1 ml/min  
bypass:  $N_2$ , 30 ml/min  
septumpurge: 2 ml/min  
injectie: 1  $\mu$ l, splittless, splitter open na 0,5 min  
temperatuurprogramma: 8 min. 80°C, 8°C/min - 160°C,  
3 min. 160°C, 25°C/min - 210°C,  
57 min. 210°C  
detectortemperatuur: 300°C, injectortemperatuur: 230°C.

### 3.3 Vetgehalte.

In alle monsters werd het totaal-vetgehalte bepaald volgens de methode van Bligh and Dyer (1959).

## 4. Resultaten en discussie.

Uit tabel 1 blijkt dat vanaf het moment van uitzetten van de aal deze regelmatig is gegroeid. Tot aan 1986 bedraagt de toename in gewicht ongeveer 20 g per jaar. Het gemiddelde uitgangsgewicht, 37 gram, is in vijf jaar meer dan verdrievoudigd. Door deze gewichtstoename treedt een verdunningseffect op: de PCB en pesticiden gehalten dalen, ook zonder dat er van eliminatie sprake behoeft te zijn. Voor de hoger gechloroerde bifenylen, hexa's - octa's, bedraagt de daling in gehalte ten gevolge van deze gewichtstoename in vijf jaar een factor twee: CB 153: 1981: 890  $\mu$ g/kg- 1986: 430  $\mu$ g/kg, CB 180 1981: 390 $\mu$ g/kg-1986: 170  $\mu$ g/kg (tabel 2).

Gezien in het licht van de in 1984 ingestelde toleranties voor afzonderlijke chloorbifenylen in aal CB28: 500  $\mu$ g/kg, CB52: 200  $\mu$ g/kg, CB101: 400  $\mu$ g/kg, CB118: 400  $\mu$ g/kg, CB153: 500  $\mu$ g/kg, CB138: 500  $\mu$ g/kg, CB180: 600  $\mu$ g/kg (Staatscourant 1984), betekent dit dat alleen al door toename in gewicht het gehalte van alle chloorbifenylen na twee jaar is gedaald onder de gestelde toleranties.

Om een duidelijker beeld te krijgen van de effecten van het verwateren van de aal op de PCB en pesticidengehalten is het beter om gebruik te maken van de zogenaamde body burden. Deze maat geeft aan hoeveel  $\mu$ g PCB of pesticide per aal aanwezig is. Het gemeten PCB of pesticidengehalte wordt daartoe gedeeld door het gemiddeld gewicht van de aal in het mengmonster. In tabel 3 staan deze body burdens vermeld.

Uit de tabel 3 blijkt dat voor de tri-, tetra- en pentachloorbifenylen, alle chloorbenzenen, octachloorstyreen en pentachloorthioanisol sprake is van een absolute afname gedurende de eerste twee jaar van het experiment. Voor enkele pesticiden, met name  $\alpha$ -HCH en  $\gamma$ -HCH, treedt een stijging op van de body burden, terwijl voor dieldrin en  $\Sigma p,p'$ -DDT geen duidelijke trend kan worden vastgesteld. Voor de PCB's wordt het nog duidelijker wanneer de verschillende chloorbifenylen uitgedrukt worden in verhouding tot één van de hoger gechlореerde bifenylen. In dit geval is gekozen voor CB153. Deze PCB-component is nauwkeurig te bepalen, vertoont in tabel 3 geen afname in body burden en geeft daardoor de natuurlijke fluctuatie weer zoals die in de PCB-gehalten en body burdens in de aalmonsters voorkomt (Coenradi, 1983). Door de gehalten of body burdens van de PCB's te delen door het gehalte of body burden van CB153 wordt de natuurlijke fluctuatie grotendeels uitgedoofd. De resultaten van deze exercitie staan vermeld in tabel 4.

Bij bestudering van de verhoudingsgetallen uit de tabel 4, blijkt dat voor de verhoudingen 138/153, 128/153, 187/153, 180/153, 170/153 en 201/153 een grote mate van overeenkomst tussen alle onderzochte aalmonsters.

Voor alle overige chloorbifenylen komen de verhoudingen t.o.v. CB153 in aal van 1983 t/m 1986 overeen met die in de autochtone aal. In het 0-monster uit 1981 komen de lichter gechlореerde PCB's in hogere verhoudingen t.o.v. CB153 voor, die echter tot in 1983 afnemen en op hetzelfde niveau als in de autochtone aal terecht komen. Hier is duidelijk sprake van een verwateringseffect. Het verwateringsproces stopt echter nadat de onderlinge verhoudingen van de PCB's gelijk zijn geworden aan de verhoudingen zoals die in de autochtone aal voorkomen, dit ondanks het feit dat de gehalten aan PCB's nog ver boven die in de autochtone aal liggen.

Tri- en tetrachloorbenzenen en pentachloorthioanisol nemen binnen één jaar af van waarden van 10-100  $\mu\text{g}/\text{kg}$  tot niet meer te detecteren niveaus. Voor hexachloorbutadiëen, waarvan in 1981 120  $\mu\text{g}/\text{kg}$  aanwezig was is dit na twee jaar het geval, voor pentachloorbenzeen (in 1981: 170  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) na vier jaar. De HCB en OCS-gehalten, aanvankelijk resp. 1500 en 650  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , dalen nog steeds op een niveau van resp. 110 en 60  $\mu\text{g}/\text{kg}$ .

Dieldrin en  $\Sigma p,p'$ -DDT laten geen duidelijke tendens zien de body burdens van deze stoffen waren in de aal uit het Hollands Diep met waarden rond de 2 en 15  $\mu\text{g}$  aal ongeveer gelijk aan de body burdens in de autochtone aal in de Milligensteeg. Een verandering in gehalten kon dan ook niet verwacht worden. Van  $\alpha$ -HCH en  $\gamma$ -HCH was het gehalte, evenals de body burden, in de aal uit het Hollands Diep lager dan in de autochtone aal uit Milligensteeg. Uit tabel 3 blijkt dat in dit geval een accumulatie is opgetreden: de  $\alpha$  en  $\gamma$ -HCH body burdens zijn in een tijdsbestek van twee jaar opgelopen tot het niveau van de  $\alpha$ - en  $\gamma$ -HCH body burdens in de autochtone aal.

De stoffen waarvan op grond van het verschil in gehalten tussen de aal uit het Hollands Diep en de autochtone aal uit Milligensteeg een verlaging van de body bunden door verwatering verwacht mocht worden, zijn op grond van de resultaten van dit experiment in drie groepen in te delen.

Ten eerste de groep waarvan direkt de body burdens beginnen te dalen en of het niveau van de autochtone aal al bereikt hebben of dit niveau nog niet hebben bereikt, maar nog steeds dalen. Dit zijn de chloorbenzenen, pentachloorthioanisol, hexachloorbutadieën en octachloorstyreen.

De tweede groep bestaat uit de chloorbifenylen 28, 52, 49, 44, 101, 97, 87, 151, 149 en 141. In de body burdens van deze chloorbifenylen is, vergeleken met de body burden van CB153 een daling opgetreden gedurende de eerste twee jaar van het experiment. Deze daling was zodanig dat de onderlinge verhoudingen tussen de PCB's gelijk zijn geworden aan de verhoudingen in de autochtone aal uit Milligensteeg. Een verdere daling die op grond van de nog aanwezige grote verschillen in gehalten tussen de gemerkte aal en de autochtone aal verwacht zou kunnen worden, kon niet worden vastgesteld.

De derde groep wordt gevormd door de overige PCB's: de overige hexachloorbifenylen en de hepta- en octachloorbifenylen. In deze groep werd tijdens het gehele experiment geen verandering in body burden waargenomen.



## 5. Conclusies

Uit het verwateringsexperiment in de plas Milligensteeg kunnen de volgende conclusies worden getrokken.

- Tijdens het verblijf van aal in relatief schoon water kan door de groei van de aal een daling in PCB en pesticidengehalten worden bewerkstelligd. Hiermee kan bereikt worden dat gehalten beneden een vastgestelde norm dalen. Gezien de betrekkelijk lange tijdsduur lijkt deze methode voor consumptieaals echter weinig interessant. Voor pootaal daarentegen biedt dit effect wel degelijk aangrijpingspunten.
- Gehalten en body burdens van chloorbenzenen, pentachloorthioanisool, hexachloorbutadieën en octachloorstyreen nemen sterk af als gevolg van het verwateren. De gehalten van lichter gechlloreerde benzenen dalen sneller dan die van de hoger gechlloreerde.
- Het PCB-patroon van de uitgezette aal verandert zodanig dat de onderlinge verhoudingen in de uitgezette aal gelijk worden aan de onderlinge verhoudingen in de autochtone aal. Hierbij dalen de body burdens van de tri-, tetra-, penta- en enkele hexachloorbifenylen. Voor de hoger gechlloreerde PCB's treedt geen enkele verandering in de body burdens op. Dit betekent dat wanneer bijvoorbeeld in een rivier die met PCB's is verontreinigd, door het terug dringen van lozingen, het PCB-gehalte in het water daalt, de op dat moment aanwezige aal in ditzelfde water nog jarenlang het opgebouwde PCB-gehalte zal behouden. De daling van het PCB-gehalte in het water zal er wel, en in veel snellere mate, toe leiden, dat de in het dan minder verontreinigde water aal zal opgroeien met een lager PCB-gehalte.

LITERATUUR

- Bligh, E.G. en W.J. Dyer (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.* 37, 911-917.
- Boer, J. de (1983). Onderzoek naar chloorbenzenen en pentachloorthioanisol in aal uit Nederlandse binnenwateren (1977-1982). RIVO-rapport CA 83-03, IJmuiden.
- Boon, J.P. en J.C. Duinker (1986). Monitoring of cyclic organochlorines in the marine environment. *Env. Monitoring and Assessment* 7 no. 3, 189-208.
- Bruggeman, W.A. e.a. (1981). Accumulation and elimination kinetics of di-, tri- and tetrachlorobiphenyls by goldfish after dietary and aqueous exposure. *Chemosphere* 10, no. 8, 811-832.
- Bruggeman, W.A., M.A.T. Kerkhoff en R.C.C. Wegman (1985). Verspreiding van organische micro-verontreinigingen in onderwaterbodems en de relatie tot accumulatie in waterorganismen. *Proceedings symposium "Onderwaterbodems, rol en lot"*, 28 en 29 mei 1985, Rotterdam, KNCV Sectie Milieuchemie.
- Coenradi, P (1983). Onderzoek naar relaties tussen PCB-gehalten en enkele visparameters van aal uit 4 Nederlandse binnenwateren. Verslag RIVO, juli 1983, IJmuiden.
- Duursma, E.K. e.a. (1986). Partitioning of organochlorines between water, particulate matter and some organisms in estuarine and marine systems of the Netherlands. *Neth. J. of Sea Research*, 20, 239-251.
- Kerkhoff, M.A.T., J. de Boer, A. de Vries (1981). Vier jaar PCB-onderzoek in aal uit Nederlandse binnenwateren (1977-1980). RIVO-rapport CA 81-01, IJmuiden.
- Kerkhoff, M.A.T., e.a. (1986). De PCB-verontreiniging van rode aal: trends in chloorbifenyl gehalten (1977-1985). RIVO-rapport MO 86-01, IJmuiden.
- Nederlandse Staatscourant (1981). Maximaal toelaatbaar gehalte polychloorbifenylen in paling, 10 juni 1981.
- Nederlandse Staatscourant (1984). Regeling normen PCB's (Warenwet), 6 december 1984.

Tabel 1 Monstergegevens

Monster no.	1	2	3	4	5	6	7	8
datum monsternamen verwattertijd	04-08-1981	26-05-1981	21-09-1981	12-05-1982	09-06-1983	21-06-1984	19-06-1985	22-05-1986
(dagen)	autochttoon	0	118	351	744	1122	1485	1822
aantal exemplaren	25	25	24	31	25	25	18	20
gem. gewicht (g)	40	37	47	51	72	91	102	139
gem. lengte (cm)	29	29	31	32	34	37	39	42
vetgehalte (g/kg)	267	124	114	135	103	133	121	125

Tabel 2 PCB en pesticidengehalten (µg/kg op produktbasis)

Jaar van monstername	1981	1981	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Verwatertijd (dagen)	aut	0	118	351	744	1122	1485	1822
Component:								
1,2,4-trichloorbenzeen	<1,0	89	3,8	<1,0	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
1,2,3-trichloorbenzeen	<1,0	19	<1,0	<1,0	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
1,2,3,5-tetrachloorbenzeen	<0,5	6,4	1,9	2,1	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
1,2,4,5-tetrachloorbenzeen	<0,5	39	3,3	<0,5	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
1,2,3,4-tetrachloorbenzeen	<0,5	16	1,3	<0,5	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
pentachloorbenzeen (QCB)	5,0	170	78	65	4,0	8,7	<2,0	7,6
hexachloorbenzeen (HCB)	20	1500	730	890	130	160	68	110
hexachloorbutadiëen (HCBD)	<1,0	120	n.b.	20	<1,0	n.b.	<1,0	<1,0
pentachloorthioanisol (PCTA)	<2,0	120	<2,0	<2,0	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
octachloorstyreen (OCS)	5,0	650	350	370	110	120	66	59
α-HCH	43	16	20	18	17	24	19	7,9
γ-HCH	53	17	30	22	29	33	26	22
dieldrin	36	36	40	21	16	20	17	14
Σp,p'-DDT	190	270	270	280	150	200	190	130
2,4-4' trichloorbifenyl (CB28)	3,0	75	28	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
2,5-2',5' tetrachloorbifenyl (CB52)	8,0	300	220	250	58	71	57	61
2,4-2',5' tetrachloorbifenyl (CB 49)	<1,0	160	70	53	<10	13	<10	<10
2,3-2',5' tetrachloorbifenyl (CB44)	<1,0	200	100	130	19	22	21	22
2,4,5-2',5' pentachloorbifenyl (CB101)	14	520	340	470	130	140	110	82
2,4,5-2',3' pentachloorbifenyl (CB97)	<1,0	110	90	65	19	18	<10	13
2,3,4-2',5' pentachloorbifenyl (CB87)	n.b.	94	80	n.b.	16	32	17	n.b.
2,3,5,6-2',5' hexachloorbifenyl (CB151)	3,0	84	60	70	13	11	12	11
2,3,6-2',4',5' hexachloorbifenyl (CB149)	16	430	330	400	160	220	160	150
2,4,5-2',4',5' hexachloorbifenyl (CB153)	56	890	580	870	480	460	420	430
2,3,4,5-2',5' hexachloorbifenyl (CB141)	6,0	110	100	110	38	37	34	38
2,3,4-2',4',5' hexachloorbifenyl (CB138)	55	790	490	850	370	340	370	360
2,3,4-2',3',4' hexachloorbifenyl (CB128)	10	100	90	150	60	54	56	56
2,3,5,6-2',4',5' heptachloorbifenyl (CB187)	19	320	210	370	120	160	140	130
2,3,4,5-2',4',5' heptachloorbifenyl (CB180)	25	390	320	440	210	130	120	170
2,3,4,5-2',3',4' heptachloorbifenyl (CB170)	10	170	100	180	84	100	67	78
2,3,4,5-2',3',5',6' octachloorbifenyl (CB 201)	3,0	55	40	52	28	38	21	28

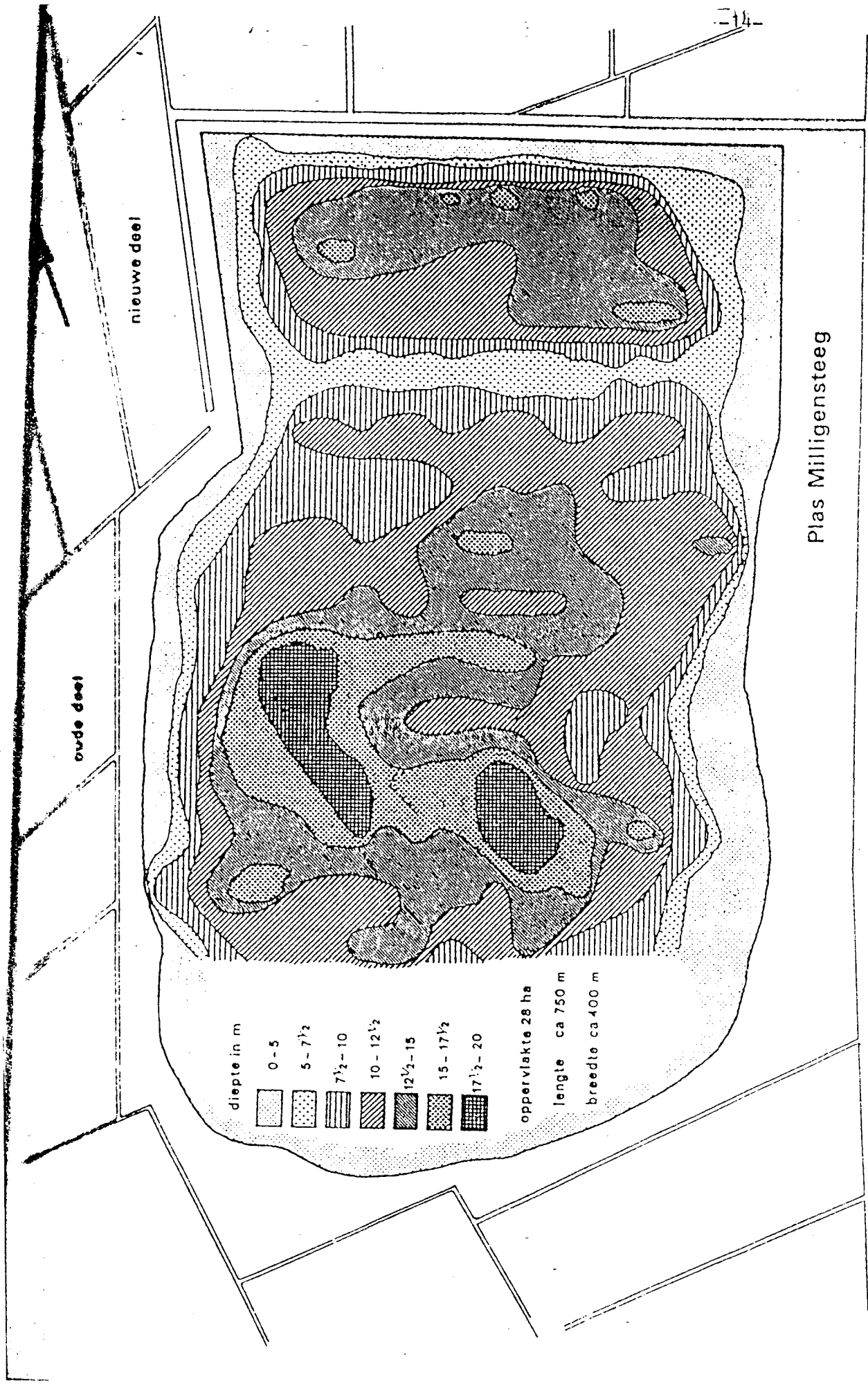
Tabel 3: PCB en pesticiden- body burdens, uitgedrukt in µg.

Jaar van monstername:	1981	1981	1981	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Verwatertijd (dagen)	aut.	0	118	351	744	1122	1485	1822	
Component:									
1,2,4-trichloorbenzeen	<0,05	3,3	0,18	<0,05	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
1,2,3-trichloorbenzeen	<0,05	0,7	<0,05	<0,05	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
1,2,3,5-tetrachloorbenzeen	<0,02	0,24	0,09	0,11	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
1,2,4,5-tetrachloorbenzeen	<0,02	1,4	0,16	<0,02	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
1,2,3,4-tetrachloorbenzeen	<0,02	0,59	0,06	<0,02	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
pentachloorbenzeen(QCB)	0,20	6,1	3,7	3,3	0,28	0,79	<0,20	1,1	
hexachloorbenzeen (HCB)	0,80	55	35	46	9,6	15	6,9	15	
hexachloorbutadiëen (HCBD)	<0,05	4,4	n.b.	1,0	<0,10	n.b.	<0,10	<0,10	
pentachloorthioanisol (PCTA)	<0,10	4,3	<0,10	<0,10	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	
octachloorstyreen (OCS)	0,20	24	17	19	8,2	11	6,7	8,2	
α-HCH	1,7	0,59	0,95	0,92	1,2	2,2	1,9	1,1	
γ-HCH	2,1	0,63	1,4	1,1	2,1	3,0	2,7	3,1	
dieldrin	1,5	1,3	1,9	1,1	1,2	1,8	1,7	1,9	
ΣP,p'-DDT	7,7	10	13	14	11	18	19	18	
2,4-4'trichloorbifenyl (CB28)	0,12	2,7	1,3	<0,4	<0,4	<0,4	<0,5	<0,7	
2,5-2',5'tetrachloorbifenyl (CB52)	0,32	11	10	13	4,2	6,5	5,8	8,5	
2,4-2',5'tetrachloorbifenyl (CB 49)	<0,05	5,9	3,3	2,7	<1,0	1,2	<1,0	<1,0	
2,3-2',5'tetrachloorbifenyl (CB 44)	<0,05	7,4	4,7	6,5	1,4	2,0	2,1	3,1	
2,4,5-2',5' pentachloorbifenyl (CB 101)	0,56	19	16	24	9,1	13	11	11	
2,4,5-2',3' pentachloorbifenyl (CB 97)	<0,05	4,0	4,3	3,3	1,4	1,6	<1,0	1,8	
2,3,4-2',5' pentachloorbifenyl (CB 87)	n.b.	3,6	3,8	n.b.	1,4	2,9	1,7	n.b.	
2,3,5,6-2',5' hexachloorbifenyl (CB 151)	0,12	3,1	2,8	3,6	0,94	1,0	1,2	1,5	
2,3,6-2',4',5' hexachloorbifenyl (CB 149)	0,64	16	16	20	11	20	16	21	
2,4,5-2',4',5' hexachloorbifenyl (CB 153)	2,3	33	27	44	35	42	43	60	
2,3,4,5-2',5' hexachloorbifenyl (CB 141)	0,24	4,0	4,7	5,6	2,7	3,4	3,5	5,3	
2,3,4-2',4',5' hexachloorbifenyl (CB 138)	2,2	29	23	43	26	31	38	50	
2,3,4-2',3',4' hexachloorbifenyl (CB 128)	0,40	3,7	4,3	7,6	4,3	4,9	5,7	7,8	
2,3,5,6-2',4',5' heptachloorbifenyl (CB 187)	0,76	12	10	19	8,9	15	14	17	
2,3,4,5-2',4',5' heptachloorbifenyl (CB 180)	1,0	14	15	22	15	12	12	24	
2,3,4,5-2',3',4' heptachloorbifenyl (CB 170)	0,40	6,3	4,7	9,2	6,0	9,1	6,8	11	
2,3,4,5-2',3',5',6' octachloorbifenyl (CB 201)	0,12	2,0	1,9	2,7	2,0	3,5	2,1	3,9	

Tabel 4: Verhoudingen van chloorbifenylen t.o.v. CB 153.

Jaar van monstername:	1981	1981	1981	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Verwatertijd (dagen)	aut.	0	118	351	744	1122	1485	1822	
28/153	0,05	0,08	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	0,05
52/153	0,14	0,33	0,37	0,30	0,12	0,15	0,15	0,13	0,14
49/153	<0,02	0,18	0,12	0,06	<0,01	0,03	0,02	0,01	0,01
44/153	<0,02	0,22	0,17	0,15	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05
101/153	0,24	0,58	0,59	0,55	0,26	0,31	0,26	0,26	0,18
97/153	<0,02	0,16	0,16	0,08	0,04	0,04	<0,02	0,03	0,03
151/153	0,05	0,09	0,10	0,08	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03
149/153	0,28	0,48	0,59	0,45	0,31	0,48	0,37	0,35	0,35
141/153	0,10	0,12	0,17	0,13	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09
138/153	0,96	0,88	0,85	0,98	0,74	0,74	0,74	0,88	0,83
128/153	0,17	0,11	0,16	0,17	0,12	0,12	0,12	0,13	0,13
187/153	0,33	0,36	0,37	0,43	0,25	0,36	0,33	0,28	0,28
180/153	0,43	0,42	0,56	0,50	0,43	0,29	0,28	0,28	0,40
170/153	0,17	0,19	0,17	0,21	0,17	0,22	0,16	0,18	0,18
201/153	0,05	0,06	0,07	0,06	0,06	0,08	0,05	0,07	0,07

verhouding:



PROV. WFC. ZWOLLE-HASSELT

Figuur 1: Diepteprofiel van de plas Milligensteeg.



Figuur 2: Na vijf jaar terug gevangen blauw-gemerkte aal.