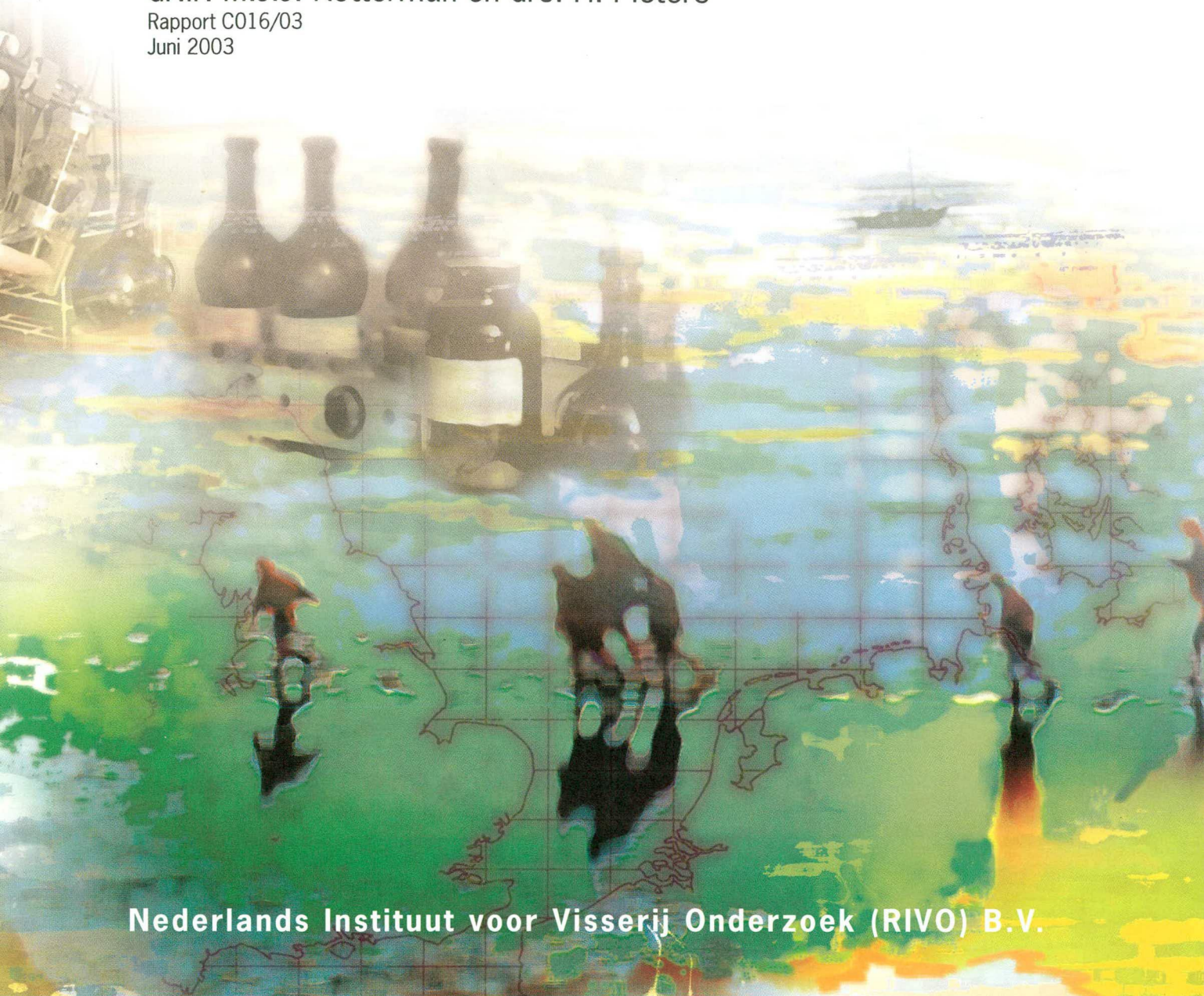


DT:267066

# Biologische Monitoring Zoete Rijkswateren: microverontreinigingen in driehoeksmosselen - 2002

dr.ir. M.J.J. Kotterman en drs. H. Pieters

Rapport C016/03  
Juni 2003



Nederlands Instituut voor Visserij Onderzoek (RIVO) B.V.

C25293

# Nederlands Instituut voor Visserijonderzoek (RIVO) BV


 Rijkswaterstaat/RIZA  
 Rijksinstituut voor  
 integraal Zoetwaterbeheer en  
 Afvalwaterbehandeling  
 Documentatie  
 Postbus 17  
 8200 AA Lelystad

Postbus 68  
 1970 AB IJmuiden  
 Tel.: 0255 564646  
 Fax.: 0255 564644  
 Internet:postkamer@rivo.dlo.nl

Postbus 77  
 4400 AB Yerseke  
 Tel.: 0113 572781  
 Fax.: 0113 573477

## RIVO Rapport

Nummer: RIVO rapport C016/03  
 RIZA rapport MB


## Biologische Monitoring Zoete Rijkswateren: microverontreinigingen in driehoeksmosselen - 2002

dr. ir. M.J.J. Kotterman en drs. H. Pieters

Opdrachtgever: RIZA  
 Postbus 17  
 8200 AA Lelystad

Project nummer: 76002-05-04 **BM 03.05**  
 Contract nummer: RI-3782

Akkoord: dr. J. De Boer  
 Afdelingshoofd Milieu en Voedselveiligheid

Handtekening: 

Datum: 24 juni 2003

Aantal exemplaren: 15  
 Aantal pagina's: 36  
 Aantal tabellen: 18  
 Aantal figuren: 5  
 Aantal bijlagen: 8

In verband met de  
 verzelfstandiging van de  
 Stichting DLO, waartoe tevens  
 RIVO-DLO behoort, maken wij  
 sinds 1 juni 1999 geen deel  
 meer uit van het Ministerie van  
 Landbouw, Natuurbeheer en  
 Visserij. Wij zijn geregistreerd in  
 het Handelsregister Centraal  
 Nederland nr. 09098104 BTW  
 nr. NL 806511618B14.

De Directie van het RIVO is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit  
 toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van het RIVO; opdrachtgever  
 vrijwaart het RIVO van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets van dit  
 rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier zonder schriftelijke  
 toestemming van de opdrachtgever.

Ingeschreven in het STERLAB-register voor laboratoria onder nr. L097 voor  
 nader omschreven in de

# Inhoudsopgave:

Inhoudsopgave:.....	2
Samenvatting.....	3
Voorwoord.....	5
1. Inleiding.....	6
2. Materialen en methoden.....	8
2.1 Bemonstering driehoeksmosselen.....	8
2.2 Uitvoering ABM onderzoek.....	10
2.3 Analysemethoden.....	11
2.3.1 Algemeen.....	11
2.3.2 Zware metalen.....	12
2.3.3 PCBs en organochloorpesticiden.....	12
2.3.4 Polycyclische aromatische koolwaterstoffen.....	13
2.3.5 Bewerking / presentatie analyseresultaten.....	13
2.4 Beoordelingscriteria.....	13
2.4.1 Warenwetnormen en LAC conceptnormen.....	13
2.4.2 Maximaal Toelaatbare Risico niveaus.....	13
2.5 Kwaliteitsborging.....	14
3. Resultaten.....	16
4. Discussie.....	17
4.1 Veranderingen van de biochemische samenstelling van mosselmonsters.....	17
4.2 Veranderingen van de gehalten aan microverontreinigingen.....	18
4.3 Risico-analyse.....	24
5. Vergelijking met eerdere data / trends.....	26
6. Conclusies.....	31
7. Aanbevelingen.....	33
8. Referenties.....	34
Verklarende woordenlijst:.....	36

## Samenvatting

In het kader van de Biologische Monitoring Zoete Rijkswateren is in 2002 een actieve biologische monitoring (ABM) onderzoek uitgevoerd met driehoeksmosselen (*Dreissena polymorpha*) in een aantal zoete rijkswateren. Het betreft een eenmalige uitvoering van het deelproject "Microverontreinigingen in driehoeksmosselen, dat in opdracht van RIZA, Lelystad wordt uitgevoerd door het RIVO te IJmuiden.

In het kader van een actieve biologische monitoring worden driehoeksmosselen afkomstig van een relatief schone locatie gedurende een bepaalde periode uitgezet in een oppervlaktewater, waarvan men een aantal parameters met betrekking tot de waterkwaliteit wil bepalen. Het gehalte aan microverontreinigingen in het oppervlaktewater is te laag om rechtstreeks te kunnen bepalen. Daarom wordt het concentratieniveau in biota bepaald, dat een nauw omschreven relatie met het gehalte in de waterkolom heeft. Het gehalte in driehoeksmosselen geeft direct een actueel beeld van de biologische beschikbaarheid van microverontreinigingen in het desbetreffende watersysteem.

In 2002 werden de volgende Rijkswateren onderzocht: het Hollands Diep, het Haringvliet nabij de sluizen, het Volkerak, het Kanaal Gent-Terneuzen en de Hollandse IJssel. In de monsters mosselen zijn chemische analyses uitgevoerd voor PCB's, organochloorpesticiden,  $\alpha$ -endosulfan, PAKs, kwik, cadmium en lood.

In alle gevallen was de concentratie van de onderzochte contaminanten na zes weken expositie toegenomen in de uitgehangen mosselen in vergelijking met het uitgangsmateriaal (Zeughoek, IJsselmeer).

Cadmium concentraties varieerden in geringe mate per locatie. De hoogste waarden werden gemeten in het Hollands Diep, gevolgd door het Volkerak en het Kanaal Gent-Terneuzen. Het loodgehalte varieerde sterker (tot factor 7) en was het hoogste in Gent-Terneuzen en het Volkerak. Kwikgehalten waren het meest toegenomen in het Volkerak en Hollands Diep.

De PCB gehalten (op vetbasis) waren toegenomen met een factor 8 in het Volkerak tot een factor 12 in het Haringvliet. In het Kanaal Gent-Terneuzen is het gehalte aan lager gechloroerde congenere (CB28 en CB52), relatief ten opzichte van CB153, aanzienlijk hoger dan op de overige gemeten locaties.

De hoogste dieldringehalten zijn gemeten in de Hollandse IJssel bij Gouda en het Kanaal Gent-Terneuzen bij Sas van Gent. De gehalten aan  $\Sigma$ DDT waren in alle locaties fors verhoogd ten opzichte van de Zeughoek, de locaties verschilden onderling niet zo veel. De hoogste gehalten aan  $\gamma$ -HCH zijn gemeten in het Kanaal Gent-Terneuzen en Haringvliet, slechts twee keer hoger dan in de Zeughoek.

HCB werd in hoge concentraties gemeten in het Hollands Diep en het Haringvliet.

In de Hollandse IJssel en bij Sas van Gent in het Kanaal Gent-Terneuzen zijn evenals in voorgaande jaren zeer hoge gehalten aan PAKs gemeten.

Het maximaal toelaatbaar risiconiveau ten aanzien van het ecosysteem, omgerekend voor de mossel, wordt in de onderzochte wateren alleen voor kwik en cadmium overschreden. MTR waarden voor organische microverontreinigingen werden op geen enkele locatie overschreden. De MTR waarde van PCB153, als indicator voor (toxische) PCBs, werd echter in de uitgehangen monsters op alle locaties licht overschreden.

## Voorwoord

Het Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA) van het Ministerie van Rijkswaterstaat is in 1992 gestart met de uitvoering van het monitoringprogramma "Biologische Monitoring Zoete Rijkswateren". Dit vormt een onderdeel van "Monitoring van de Waterstaatkundige Toestand des Lands" (MWTL).

Doelstellingen van de metingen zijn:

- het signaleren van langjarige ontwikkelingen in de biologische toestand van watersystemen (trend)
- periodieke toetsing van de toestand aan criteria die voortvloeien uit de toegekende functies van wateren (controle).

Parametergroepen die onderdeel uitmaken van het monitoringsprogramma zijn: algen, zöoplankton, macrofauna, waterplanten en oevervegetatie, amfibieën, vissen, broedvogels en watervogels benevens ecotoxicologische parameters.

Een deelproject van de Biologische Monitoring Zoete Rijkswateren heeft als werktitel "Microverontreinigingen in driehoeksmosselen (*Dreissena polymorpha*) 2002" en wordt uitgevoerd door het Nederlands Instituut voor Visserijonderzoek (RIVO).

De bekrachtiging van de opdracht is vastgelegd in overeenkomst RI - 3782.

De uit te voeren werkzaamheden betreffen het bemonsteren van driehoeksmosselen en het analyseren van microverontreinigingen daarin.

Dit rapport bevat de resultaten van onderzoek in 2002 van het genoemde deelproject, conform contract nr RI - 3782.

Het project wordt begeleid door de heer B. van den Boogaard en mevr. J.L. Maas van het Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA) van Rijkswaterstaat. Als project(groep)leider en contactpersoon voor het RIVO fungeren Dr. Ir. M.J.J. Kotterman en Drs. H. Pieters.

# 1. Inleiding

Aquatische organismen lenen zich uitstekend als biomonitor ten behoeve van de monitoring van contaminanten in zoetwater-ecosystemen, vooral als de gehalten van deze contaminanten in het water extreem laag zijn in vergelijking met die in het organisme zelf. De analytische bepaling van contaminanten in het water blijkt dan ofwel niet mogelijk of slechts met een grote fout te kunnen worden uitgevoerd. Bodemorganismen, zoetwatermosselen en sommige vissoorten (aal, snoekbaars, blankvoorn) worden het meest gebruikt.

Zulk een biologisch monitororganisme moet echter aan een aantal voorwaarden voldoen om geschikt te zijn voor de kwantificering van contaminanten in een milieucompartiment.

Het monitororganisme dient plaatsgebonden te zijn, zodat gemeten interne gehalten ook daadwerkelijk inzicht geven over de beschikbaarheid van contaminanten op vooraf vastgestelde locaties. Bodemorganismen of zoetwatermosselen voldoen duidelijk aan deze voorwaarde, maar zijn niet steeds in voldoende mate aanwezig of ontbreken op belangrijke locaties geheel.

Een actieve biologische monitoring waarbij zoetwatermosselen van één bepaalde herkomst worden uitgezet gedurende een vaste tijd op de te meten locaties, kan dan uitkomst bieden.

Voor de uitvoering van actieve biomonitoring in het zoete water blijkt de driehoeksmossel *Dreissena polymorpha* zeer geschikt te zijn. De driehoeksmossel komt wijd verspreid in de binnenwateren voor, is sterk plaatsgebonden en relatief tolerant voor de aanwezigheid van verontreinigende stoffen (Marquenie, 1981). Tevens kunnen microverontreinigingen in de weefsels van de driehoeksmossel tot hoge concentraties accumuleren. Bepaalde stofgroepen (zware metalen, PAKs) accumuleren in driehoeksmosselen veel beter dan in hogere aquatische organismen als vissen (Pieters en Verboom, 1994).

Het uithangen van driehoeksmosselen in oppervlaktewateren geeft met name een indruk van de waterkwaliteit (Marquenie, 1981), al of niet beïnvloed via nalevering van contaminanten uit de waterbodem.

Naast het accumulatie-niveau en de biobeschikbaarheid van microverontreinigingen kan tevens een beeld verkregen worden van de beïnvloeding op biologische parameters zoals sterfte en groei. Voordelen van deze methode zijn dat verschillen in waterkwaliteit tussen diverse locaties snel in kaart gebracht kunnen worden, omdat steeds van hetzelfde uitgangsmateriaal wordt uitgegaan en de invloed van puntbronnen direct zichtbaar worden gemaakt.

Het achtergrondniveau van accumulerende stoffen van het referentiemonster is van belang. Bij een te hoog niveau in het referentiegebied zijn veranderingen in de concentraties na afloop van het ABM (actieve biologische monitoring) onderzoek minder duidelijk te verklaren.

In het kader van het deelproject "Accumulatie van microverontreinigingen in driehoeksmosselen, 2002" worden ABM onderzoeken door het RIVO uitgevoerd op een vijftal locaties in het Nederlandse oppervlaktewater. De locaties voor het uithangen van de driehoeksmosselen zijn afgestemd op de locaties, waaraan in het kader van het MWTL meetnet analyses in zwevend

---

stof worden verricht. In 2002 zijn de onderzochte Rijkswateren het Hollands Diep, het Haringvliet nabij de sluizen, het Volkerak, de Hollandse IJssel nabij Gouda en het Kanaal Gent-Terneuzen nabij Sas van Gent. In de monsters mosselen zijn chemische analyses uitgevoerd voor PCBs, organochloorpesticiden,  $\alpha$ -endosulfan, PAKs, kwik, cadmium en lood.



## 2. Materialen en methoden

### 2.1 Bemonstering driehoeksmosselen

Volgens Bij de Vaate (1991) waren er in de beginjaren negentig in het IJsselmeer uitgestrekte mosselbanken van de driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*) ontstaan. Deze zoetwatermossel bleek zeer geschikt om als uitgangsmateriaal te gebruiken in actief biologisch monitoringonderzoek (ABM) in de rijkswateren. Vanaf 1992 worden jaarlijks in september driehoeksmosselen opgevisst door de meetdienst van Directie IJsselmeergebied van Rijkswaterstaat in de Zeughoek ten noorden van Medemblik in het IJsselmeer en dezelfde dag naar het RIVO getransporteerd. De gehalten aan prioritare stoffen in de mosselen van deze locatie waren laag en goed te gebruiken in het ABM onderzoek. Tot aan het tijdstip van uithangen op de diverse locaties zijn de driehoeksmosselen bewaard in het RIVO-aquarium in stromend, kopervrij leidingwater (watertemperatuur circa 12°C; zuurstofgehalte >9 g/m<sup>3</sup>). Figuur 1 geeft de monsterlocaties aan van het monitoringsonderzoek. De locaties waar de mosselen zijn uitgehangen in het najaar van 2002 (nr 1-5) en de plaats van herkomst (referentiegebied: Zeughoek in het IJsselmeer, nr 18) van de driehoeksmosselen zijn dikgedrukt weergegeven. Omschrijvingen van alle monsterlocaties in de rijkswateren staan vermeld in tabel 1.

Legenda van monsterlocaties in figuur 1:

<b>1</b>	<b>Hollandse IJssel</b>	<b>Gouda voorhaven</b>
<b>2</b>	<b>Kan. Gent-Terneuzen</b>	<b>Sas van Gent</b>
<b>3</b>	<b>Haringvliet</b>	<b>Haringvlietsluis</b>
<b>4</b>	<b>Hollands Diep</b>	<b>Bovensluis</b>
<b>5</b>	<b>Volkerak-Zoommeer</b>	<b>Steenbergen</b>
6	Rijn	Lobith ponton
7	Rijn	Maassluis
8	Maas	Keizersveer
9	Maas	Eijsden ponton
10	IJsselmeer	Vrouwestrand
11	Markermeer	Markermeer midden
12	Twentekanaal	Wiene
13	Amsterdam Rijnkanaal	Loenen
14	Noordzeekanaal	Amsterdam
15	Ketelmeer	Ketelmeer west
16	Randmeren oost	Wolderwijd midden
17	Randmeren zuid	Eemmeerdijk
<b>18</b>	<b>IJsselmeer</b>	<b>Zeughoek</b>



Figuur 1. Biologische monitoring zoete rijkswateren (2002): Monsterlocaties

Het huidige programma "Microverontreinigingen in driehoeksmosselen (*Dreissena polymorpha*)" loopt tot en met 2005, waarbij de te meten locaties van jaar tot jaar wisselen volgens de indeling van tabel 1.

Tabel 1. Locaties en omschrijving ten behoeve van een actief biologische monitoring met driehoeksmosselen in Nederlandse oppervlaktewateren.

Watersysteem	DONAR code	DONAR omschrijving	Jaar
IJsselmeer	ZEUGHK	Zeughoek	alle
Hollandsche IJssel	GOUDVHVN	Gouda voorhaven	alle
Kanaal Gent-Terneuzen	SASVGT	Sas van Gent	alle
Haringvliet	HARVSS	Haringvlietsluis	2002
Hollandsch Diep	BOVSS	Bovensluis	2002
Volkerak-Zoommeer	STEENBGN	Steenbergen	2002
Rijn	LOBPTN	Lobith ponton	2003
Rijn	MAASSS	Maassluis	2003
Maas	KEIZVR	Keizersveer	2003
Maas	EIJSDPTN	Eijsden ponton	2003
IJsselmeer	VROUWZD	Vrouwezand	2003
Markermeer	MARKMMDN	Markermeer midden	2003
Twenthekanaal	WIENE	Wiene	2004
Amsterdam Rijnkanaal	LOENN	Loenen	2004
Noordzeekanaal	AMSDM	Amsterdam	2004
Ketelmeer	KETMWT	Ketelmeer west	2005
Randmeren oost	WOLDMDN	Wolderwijd midden	2005
Randmeren zuid	EEMMDK	Eemmeerdijk	2005

## 2.2 Uitvoering ABM onderzoek

In twee in elkaar geschoven netjes van 60 cm lengte (rekbaar kunststof garen), een diameter van omstreeks 10 à 15 cm en een maaswijdte van 9 mm, worden trosjes mosselen geschoven. Elk netje bevat circa 300 g mosselen. Onder- en bovenkant van de netjes worden afgesloten door een knoop. In het midden van elk netje mosselen wordt vervolgens met behulp van stevig draad een insnoering gemaakt, waaraan de netjes ook worden opgehangen, zodat een saucijsvormig pakketje mosselen wordt verkregen. Een aantal van deze netjes mosselen wordt aan een meetpaal (IJsselmeer, Markermeer, Ketelmeer), aan een damwand, oevervegetatie of een meerpaal opgehangen, afhankelijk van de situatie bij de te onderzoeken locatie.

De mosselen worden, behalve de verwijdering van enige grove tarra (grote lege schelpen), niet vooraf geschoond of van elkaar losgeknipt. Per locatie zijn vier tot zes van zulke netjes met driehoeksmosselen uitgehangen, hetgeen neerkomt op 1 tot 2 kg bruto. De hoogte boven de waterbodem bedraagt afhankelijk van de locatie 0,5 tot 2 m. De netjes met driehoeksmosselen zijn in week 40 (2002) op de diverse locaties uitgehangen en in week 46 weer opgehaald.

Deze najaarsperiode is gekozen omdat de spawningsperiode (productie en afzetten van ei- en zaden: gametogenese) dan is afgelopen en de overlast (storm, ijsgang) van herfst en winter nog gering is.

Om na de zesweekse periode van uithangen van de mosselen de eventueel opgetreden groei te kunnen beoordelen zijn van het uitgangsmateriaal (Zeughoek, IJsselmeer) en van de opgehaalde mosselmonsters frequentieverdelingen van de schelpenlengte opgesteld. Van elk monster werd een submonster (random geselecteerd uit de weer opgehaalde mosselen) overeenkomende met 80 tot 200 g bruto driehoeksmosselen genomen, waarin de aanwezige tarra, het totaal aantal mosselen, het aantal ondermaatse mosselen (<13 mm), het aantal levende en het aantal dode mosselen werd bepaald. Van de levende mosselen zijn na schoning de lengtes gemeten. Tevens is het vleesgewicht bepaald van de levende mosselen in de lengteklasse 14-25 mm. Van het referentiemonster (blanco) is vooraf een submonster genomen ter bepaling van dezelfde gegevens (zie bijlage 1).

## 2.3 Analysemethoden

### 2.3.1 Algemeen

Per mosselmonster werd van een bovenmaatse lengtegroep (> 13 mm, (zie tabel 4 en bijlage 1)) een hoeveelheid mosselen uitgepeld tot een totaal van circa 120 g mosselweefsel (natgewicht) werd verkregen. Alleen het aanhangend mosselvocht werd hierbij meegenomen. Het ruwe mosselmateriaal werd tot een homogenaat verwerkt met behulp van een Waring Blendor en opgeslagen in glazen potten bij een temperatuur van -25°C. In de voorbereekte mosselhomogenaten werden na ontdooien de volgende analyses van prioritaire stoffen volgens de onderstaande tabel uitgevoerd:

Tabel 2. Te analyseren prioritaire stoffen.

Stofgroep:	Prioritaire stof:
Zware metalen:	Kwik, cadmium en lood
PCB's	CB28, CB52, CB101, CB118, CB138, CB153, CB180
OCB's	HCBD, QCB, HCB $\alpha$ -HCH, $\beta$ -HCH, $\gamma$ -HCH, $\alpha$ -Endosulfan
Chloorbenzenen	Dieldrin, Endrin, DDE, DDD, DDT 1234-CBZ, 1235-CBZ, 1245-CBZ 123-CBZ, 124-CBZ, 135-CBZ
Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen	Acenafteen, Fluoreen, Fenantreen, Antraceen Fluoranteen, Pyreen, Benzo(a)antraceen, Chryseen, Benzo(e)pyreen, Benzo(b)fluoranteen, Benzo(k)fluoranteen, Benzo(a)pyreen, Dibenzo(ah)antraceen, Benzo(ghi)peryleen, Indeno(123cd)pyreen

### 2.3.2 Zware metalen

Totaalkwik (Hg) is bepaald door middel van flow injectie analyse en vlamloze atoom-absorptie spectrometrie. Gebruikte apparatuur bestond uit een AS-90 autoinjector, een FIAS-200 flow injectie systeem en een AAS-3100 spectrofotometer, alle van Perkin Elmer. Voorafgaande destructie van de monsters werd uitgevoerd in teflon vaatjes bij verhoogde temperatuur en druk in aanwezigheid van 10 ml 65% HNO<sub>3</sub> met behulp van een MDS 2000 Microwave (CEM) monsterdestructiesysteem. De bepalingsgrens bedroeg 0,0036 mg/kg op productbasis. De analyse van cadmium en lood is uitgevoerd met de ICP-MS (Elan 6000). Voor de bepaling wordt het monster in een teflon buis gedestruëerd met salpeterzuur in een microwave oven zoals bij de kwikbepaling. Het gehalte aan cadmium en lood in het destruaat wordt dan bepaald met behulp van ICP-MS. Om te corrigeren voor respectievelijk matrixeffecten en fluctuaties in de apparatuur wordt standaardadditie toegepast en gemeten in aanwezigheid van voor de te bepalen componenten geschikte diverse interne standaarden. De bepalingsgrens voor lood bedroeg 0,068 mg/kg en voor cadmium 0.004 mg/kg op productbasis.

### 2.3.3 PCBs en organochloorpesticiden

Polychloorbifenylen en organochloorpesticiden werden geanalyseerd met behulp van gaschromatografie (Perkin Elmer 8500) met <sup>63</sup>Ni-ECD detectie met een CP-Sil 19 CB kolom (de Boer, 1988). De opwerking van monsters vond plaats door middel van een soxhletextractie met dichloormethaan/n-pentaaan (1:1) gedurende 12 uur (voor mosselen). De organochloorverbindingen werden uit de lipidfractie geïsoleerd door een tweevoudige kolomchromatografische scheiding, eerst over een Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.6% $H_2O$  kolom en vervolgens fractionering op een SiO<sub>2</sub>.3%  $H_2O$  kolom. Als interne standaard werd toegevoegd CB 112 (2,2,5,6,3'-penta CB). Tegelijk met elke serie monsters werd een intern referentiemonster geanalyseerd. Voor een aantal CB's en organochloorpesticiden werden de uitslagen van de analyses in een kwaliteitskaart opgenomen, waarmee de kwaliteit van elke monsterserie werd getoetst. Gehalten zijn gecorrigeerd voor het recovery percentage (Dao *et al.*, 1998).

Bij de analyse van CBs kunnen de congenere CB 138 en 163 slecht gescheiden worden, de CB 138 gehalten bestaan daardoor in feite voor ca. 25% uit CB 163 (de Boer en Dao, 1991). Het vochtgehalte in mosselmonsters werd bepaald door verhitting bij 105°C gedurende 24 uur en afkoelen in een exsiccator.

De vetgehalten van mosselmonsters werden bepaald volgens de methode van Bligh en Dyer (Dao, Lohman en de Wit, 1998).

Het asgehalte werd bepaald door middel van droge verassing op 550°C.

### *2.3.4 Polycyclische aromatische koolwaterstoffen*

Ontsluiting van de mosselmonsters gebeurt door verzeping van 30 g mosselhomogenaat met 160 ml ethanolische KOH-oplossing gedurende drie uur in een incubator bij 37°C. Het verzepingsproduct wordt driemaal geëxtraheerd met 100 ml hexaan, waarna na indampen een zuiveringsstap volgt met behulp van een  $\text{Al}_2\text{O}_3$  /silica kolom. Het eluaat wordt ingedampt en opgenomen in 3 ml acetonitril. Analyse van de PAK verbindingen wordt uitgevoerd met HPLC en fluorescentie-detectie in drie runs bij verschillende golflengten. De detectiegrens bedraagt 0,01 - 0,05  $\mu\text{g}/\text{kg}$  natgewicht (Riekwel-Booij, 1998).

### *2.3.5 Bewerking / presentatie analyseresultaten*

De op productbasis bepaalde gehalten zijn met behulp van het bijbehorende vetgehalte omgerekend op vetbasis. In geval gehalten niet zijn gemeten staat dit aangegeven met "-". Indien een component niet nauwkeurig bepaald kon worden, door bv. grote storende pieken, is dit aangegeven met "nb". Gehalten die onder de bepalingsgrens liggen zijn aangegeven met "<...". De bepalingsgrens kan per monster variëren (matrix effecten, ruis).

## 2.4 Beoordelingscriteria

### *2.4.1 Warenwetnormen en LAC conceptnormen*

Ten aanzien van de menselijke consumptie zijn voor een aantal microverontreinigingen de maximaal toegestane concentraties in visserijproducten vastgelegd krachtens de Warenwet (1992, 1984). In tabel 3 zijn deze concentraties weergegeven. In de Landbouw Advies Commissie zijn voor een aantal organochloorverbindingen conceptnormen voor visserijproducten ten aanzien van de consumptie opgesteld (LNV, 1988).

### *2.4.2 Maximaal Toelaatbare Risico niveaus*

Normstelling aan de hand van de risico-evaluatie methodiek voor bodem- en oppervlaktewater heeft, uitgaande van de Maximaal Toelaatbaar Risico (MTR) benadering, geleid tot de formulering van grenswaarden voor het oppervlaktewater en nieuw gevormd sediment. De grenswaarden (MILBOWA) zijn gelijk aan de kwaliteits-doelstelling 2000, indien deze beneden het MTR liggen.

Een MTR geeft de concentratie aan voor een stof waarbij 95% van de potentieel aanwezige soorten binnen een ecosysteem beschermd is. MTR's zijn omschreven voor concentraties van stoffen in de milieucompartimenten water, bodem en lucht.

Vanuit biologische monitoringprogramma's bestaat een behoefte om risicogrenzen uit te drukken als concentraties in organismen. Voor dit doel zijn MTR's voor water omgerekend naar concentraties in respectievelijk vis en mossel (Beek, 1997). Hierbij is gebruik gemaakt van op laboratoriumgegevens gebaseerde evenwichtsverdeling (BCF's). Deze omgerekende MTR waarden voor de mossel staan weergegeven in tabel 3. Naast risicogrenzen voor mosselen inzake effecten op het ecosysteem zijn risicogrenzen berekend ten aanzien van doorvergiftiging van prooidier naar hogere organismen. In 2002 zijn er nieuwe risicogrenzen berekend ten aanzien van doorvergiftiging van prooidier naar hogere organismen (Beek, 2002). Deze waarden staan ook vermeld in tabel 3.

## 2.5 Kwaliteitsborging

Het RIVO is Sterlab geaccrediteerd (accreditatienr. L097) voor een groot aantal analyses, waaronder PCB en OCP analyses, metaal analyses en PAK analyses. Voor details betreffende de kwaliteit van de analysemethoden wordt verwezen naar het RIVO- Kwaliteitshandboek en naar de volgende interne standaard werkvoorschriften (ISW's): ISW A002 "Bepaling van PCBs, OCPs en andere gehalogeneerde microverontreinigingen in vis", ISW A004 "Bepaling van het totaal vetgehalte volgens Bligh and Dyer", ISW A014 "Schelpdieren: Bepaling van het gehalte aan Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen met behulp van Hogedrukvlloeistofchromatografie", ISW A021 "Bepaling van kwik in vis door vlamloze atoom absorptiespectrometrie", ISW A034 "Bepaling van het gehalte vocht (droogstoofmethode)", ISW A 105 " Bepaling van het asgehalte" en ISW 099 "Bepaling van cadmium en lood in vis met ICP-MS". Bij de in dit onderzoek gebruikte analysemethoden kunnen, gebaseerd op de lange termijn variantie, de volgende variatiecoëfficiënten optreden:

PCBs	10-20% (afhankelijk van de concentratie)
OCPs	10-25% (afhankelijk van de concentratie)
PAKs	10-25% (afhankelijk van de concentratie)
Metalen	10%
Totaal vet	5%
Vocht	3%

Spreiding in meetresultaten kan worden veroorzaakt door variaties binnen het gestandaardiseerde analyseproces, zoals extractie-efficiency en meetfouten van gebruikte apparatuur. Een maat voor deze grootte van spreiding, of ook wel variatiecoëfficiënt, wordt gevonden in het quotiënt van de standaardafwijking en het gemiddelde van de waarnemingen uitgedrukt in procenten.

Tabel 3. Diverse gehanteerde normwaarden voor mosselen in  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (de MTR waarden gelden (Beek, 1995, 2002) voor standaardmosselen met 10% droge stof (zware metalen) of 1,3% vet (organochloorverbindingen))

Stoffen	Productbasis				
			Beek, 1995		Beek, 2002
	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$
	Warenwet norm	LAC-concept norm	MTR ecosysteem mossel	MTR-hogere organismen mossel	MTR-hogere organismen mossel
<b>PCBs</b>					
CB 28	100	-	-	-	
CB 52	40	-	-	-	
CB 101	80	-	-	-	
CB 118	80	-	-	-	
CB 153	100	-	84	200	50
CB153 als indicatie voor toxPCB	-	-	-	5	5
CB 138	100	-	-	-	
CB 180	120	-	-	-	
<b>OCBs</b>					
QCB	-	-	60	100	100
HCB	-	50	15	24	26
$\alpha$ -HCH	-	25	195	1000	1000
$\beta$ -HCH	-	25	7	40	40
$\gamma$ -HCH	-	50	154	240	260
Dieldrin	-	50	40	76	78
$\alpha$ -Endosulfan	-	-	0.02	140	150
p,p'-DDE	-	-	18	22	36
p,p'-DDD	-	-	10	30	22
p,p'-DDT	-	-	48	42	100
$\Sigma$ DDT	-	500	20	73	
<b>Zware metalen</b>					
Totaal kwik	1000	-	4.8	80	150
Methylkwik	-	-	24.7	24	32
Cadmium	1000	-	8	8	70
Lood	2000	-	-	-	



### 3. Resultaten

Alle gemeten gehalten worden overzichtelijk gepresenteerd in de bijlagen in tabelvorm.

In bijlage 1 zijn de ruwe data van de monsters driehoeksmosselen alsmede de frequentieverdelingen voor de lengte van de mosselen gegeven en enkele gemiddelde waarden voor lengte en gewicht voor de submonsters onder- en bovenmaats en het totale monster. In het submonster bovenmaats (lengteklasse circa 14 tot 25 mm) worden de diverse chemische analyses uitgevoerd.

In bijlage 2 zijn de frequentieverdelingen grafisch weergegeven.

Bijlage 3 Zware metaalgehalten op natgewicht en asvrij drooggewicht

Bijlage 4 PCB gehalten op product- en vetbasis

Bijlage 5 en 6 OCP gehalten op product- en vetbasis

Bijlage 7 en 8 PAK gehalten op product- en vetbasis

In de hoofdstukken 4 en 5; "Discussie" en "Trends", worden tevens van een aantal contaminanten (PCBs, OCBs, kwik, cadmium en lood) geselecteerde data in figuren 6 tot en met 14 weergegeven. In tabel 4 zijn enkele relevante resultaten uit het ABM onderzoek, na een verblijf van de mosselen van ongeveer zes weken op de diverse locaties (behalve voor Zeughoek), vermeld zoals de gemiddelde lengte, het gemiddelde gewicht, het sterftepercentage, het percentage tarra en het percentage ondermaatse mosselen.

Tabel 4. Resultaten van het ABM onderzoek: samenstelling mosselmonsters.

Locatie	gemiddelde lengte (mm)		gemiddeld gewicht (g)		sterfte (%)	% tarra gewicht (%)	% ondermaatse mosselen
	4 - 25	13 - 25	13 - 25 mm				
	mm	mm	schelp	vlees			
IJsselmeer, Zeughoek	11.8	15.2	0.21	0.12	9.3	4.7	73
Hollands Diep	13.4	16.0	0.24	0.14	12.8	4.7	51
Haringvliet, sluizen	20	20.6	0.31	0.18	1.2	4.9	7
Volkerak	12.5	15.3	0.17	0.06	7.3	9.7	66
Hollandse IJssel, Gouda	13.0	15.5	0.23	0.13	9.8	6.1	58
Kanaal Gent-Terneuzen, Sas van Gent	12.8	15.5	0.21	0.10	3.7	4.5	60

## 4. Discussie

### 4.1 Veranderingen van de biochemische samenstelling van mosselmonsters

In de meeste onderzochte locaties in de rijkswateren is het drogestofgehalte van de uitgehangen driehoeksmosselen toegenomen ten opzichte van het uitgangsmateriaal uit de Zeughoek. In het Hollands Diep en het Kanaal Gent – Terneuzen is het drogestofgehalte nagenoeg gelijkgebleven. De sterkste stijging (75%) vond plaats in het Volkerak. Deze toename komt ook tot uiting in relatief grote stijgingen van het asvrij drooggewicht en het vetgehalte (zie tabel 5).

De sterke stijging heeft echter wel plaatsgevonden in vrij kleine mosseltjes met een gemiddeld totaal gewicht van slechts 0.17 g (zie tabel 4, schelp en vleesgewicht). Het gemiddeld vleesgewicht (0.06 g) was minder dan de helft van dat in de andere locaties. In de figuur van bijlage 2 is het verschil in lengteverdeling van de mosselen in de monsters voor het Volkerak in vergelijking met de andere locaties duidelijk zichtbaar: grotere mosselen ontbreken nagenoeg. Wat ook opvalt is juist het geringe aantal kleine mosseltjes in het monster van het Haringvliet. Het monster bij de Haringvlietssluisen is twee weken later uitgehangen dan de andere monsters en is ook later opgevisst op de Zeughoeklocatie in het IJsselmeer. Het Haringvlietmonster had het hoogste gemiddelde schelp- en vleesgewicht samenvallend met een zeer laag percentage ondermaatse mosselen. Wellicht was de grootteverdeling anders of is de kleinere fractie uit de netjes verdwenen door de omstandigheden (golfslag en hogere stroomsnelheden nabij de sluisen). Sterfte was hier laag (1.2%), evenals in Kanaal Gent-Terneuzen. In het Hollands Diep was het sterftepercentage het hoogst (12.8%).

Tabel 5. Biochemische samenstelling van de mosselen, submonsters 13-25 mm.

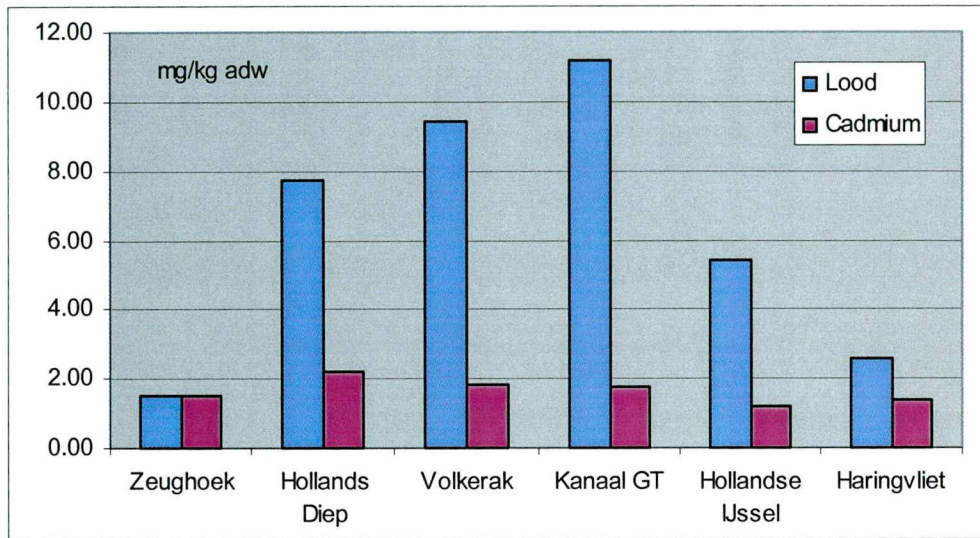
Lims nr.	Locatie productbasis	Drogestof gehalte (g/kg)	Asvrij droge- stof gehalte (g/kg)	As- gehalte (g/kg)	Vet gehalte (g/kg)
1984	IJsselmeer, Zeughoek	47	45	2	6
1988	Hollands Diep	48	44	4	5
1989	Haringvliet, sluisen	53	50	3	6
1990	Volkerak	82	71	11	11
1991	Hollandse IJssel, Gouda	63	59	4	9
1992	Kanaal Gent-Terneuzen, Sas van Gent	48	42	6	6

## 4.2 Veranderingen van de gehalten aan microverontreinigingen

### Zware metalen

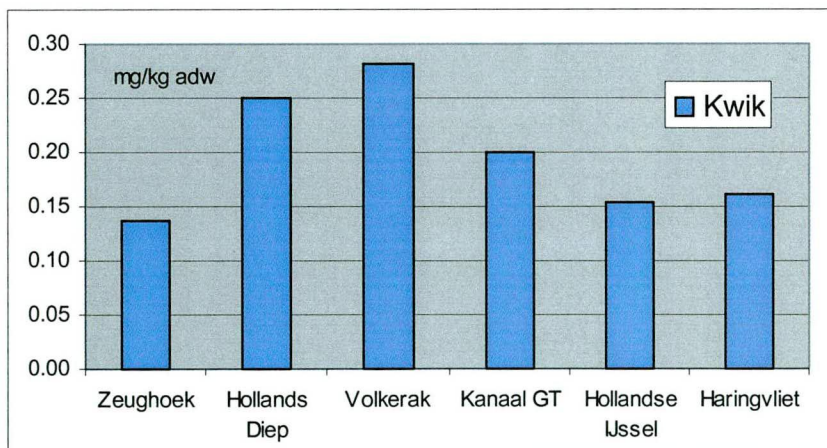
Het Cd gehalte in de uitgehangen monsters driehoeksmosselen varieerde slechts gering van locatie tot locatie, nog geen factor twee (figuur 2).

Het Hollands Diep liet het hoogste gemeten gehalten zien in 2002, gevolgd door het Volkerak en het Kanaal Gent-Terneuzen.



Figuur 2: Gehalten van lood en cadmium in driehoeksmosselen op basis van asvrij droge stof in 2002.

Echter, voor lood is de variatie meer dan een factor 7. De biobeschikbaarheid van lood voor opname in de voedselketen varieert dus, evenals voorgaande jaren, aanzienlijk in de rijkswateren. De hoogste loodgehalten zijn bepaald in het Kanaal Gent-Terneuzen en het Volkerak.



Figuur 3: Variatie in het kwikgehalte van de uitgehangen driehoeksmosselen in de rijkswateren in 2002.

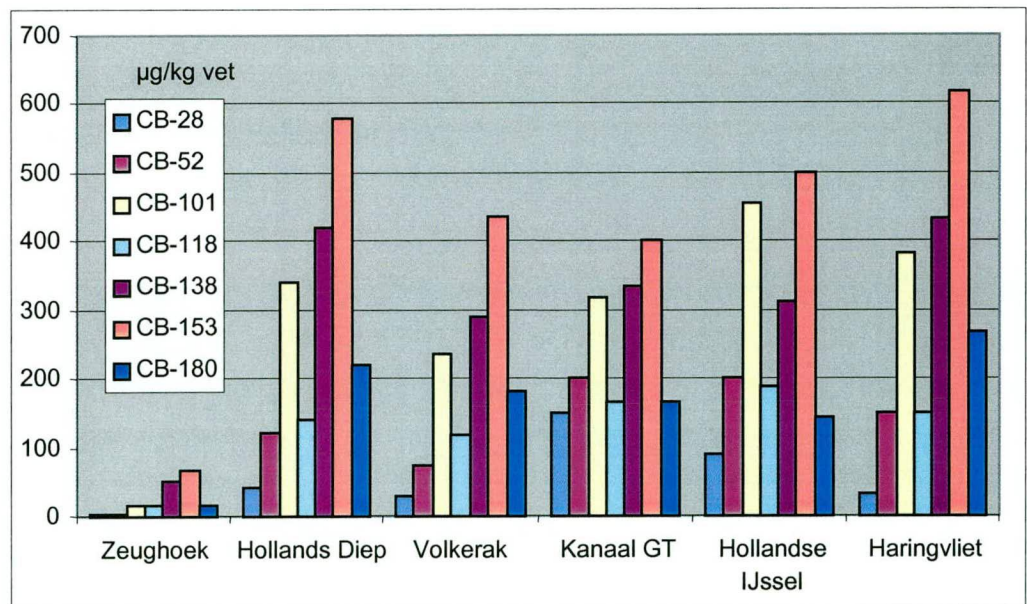
Het kwikgehalte varieerde in de gemeten locaties van 0.14 mg/kg adw in de Zeughoek (blanco) tot 0.28 mg/kg adw in het Volkerak (factor 2). In figuur 3 zijn de kwikgehalten in de rijkswateren apart weergegeven. Er is weinig variatie in het gehalte, waarbij hogere gehalten in het Rijnstroomgebied en het Volkerak gezocht moeten worden.

### Organochloorverbindingen

#### PCB's

Het hoogste  $\Sigma$ PCB gehalte (zie figuren 4 en 5) werd gemeten in de Hollandse IJssel en het Haringvliet, gevolgd door het Hollands Diep en het Kanaal Gent-Terneuzen (zie ook bijlage 4). Het PCB gehalte in het Volkerak was lager dan het gehalte in de overige locaties.

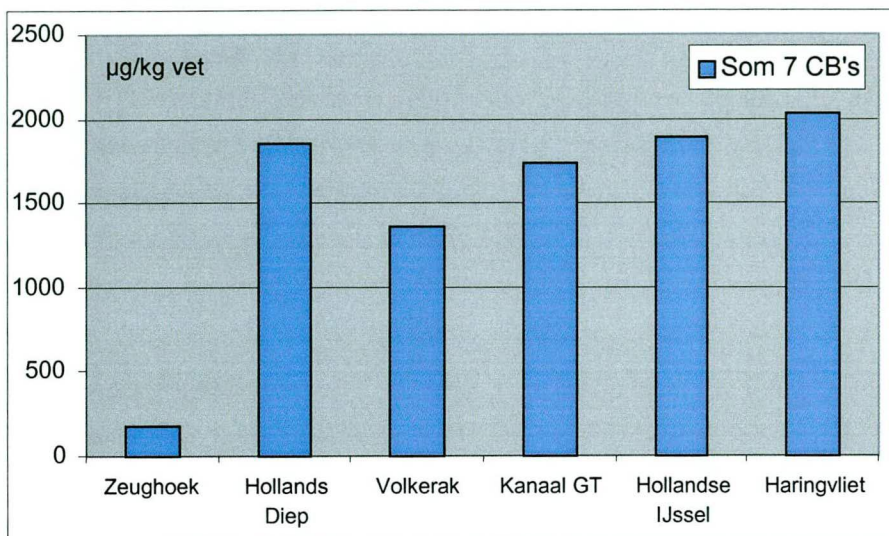
In de Hollandse IJssel werd wederom een relatief hoog gehalte aan lager gechloteerde CB's aangetroffen, evenals in het Kanaal Gent-Terneuzen. Het gehalte aan CB28 was in het Kanaal GT tweemaal zo hoog als in de Hollandse IJssel; voor CB52 was het verschil nihil, hetgeen een recente lozing doet vermoeden.



Figuur 4: Gehalten van PCB's in driehoeksmosselen in de rijkswateren in 2002.

Een relatief hoog percentage aan CB28 en CB52 kan wijzen op een meer recente verontreinigingsbron (Pieters en De Boer, 2000). Door een hogere vluchtigheid en/of een grotere afbreekbaarheid van de lager gechloteerde CB's neemt de relatieve bijdrage van deze congenere aan  $\Sigma$ 7PCB in het milieu af in de tijd.

Figuur 5 geeft de variatie van  $\Sigma$ PCB's in de diverse locaties. Hieruit blijkt het lage gehalte aan PCB's in het IJsselmeer nabij Medemblik (de Zeughoek).

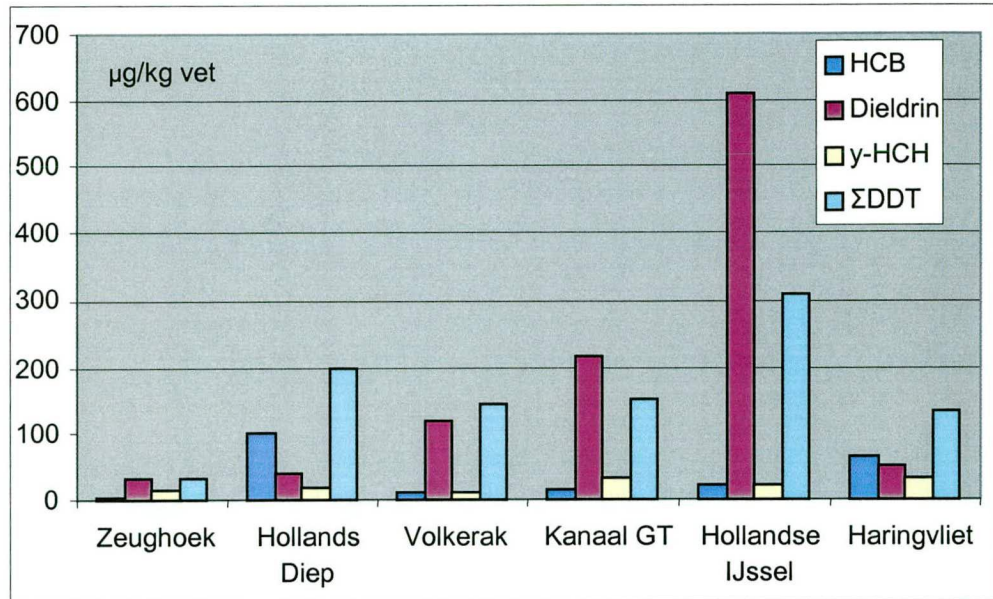


Figuur 5: Gehalten van  $\Sigma$ PCB's in driehoeksmosselen in de rijkswateren in 2002.

#### *Organochloorpesticiden*

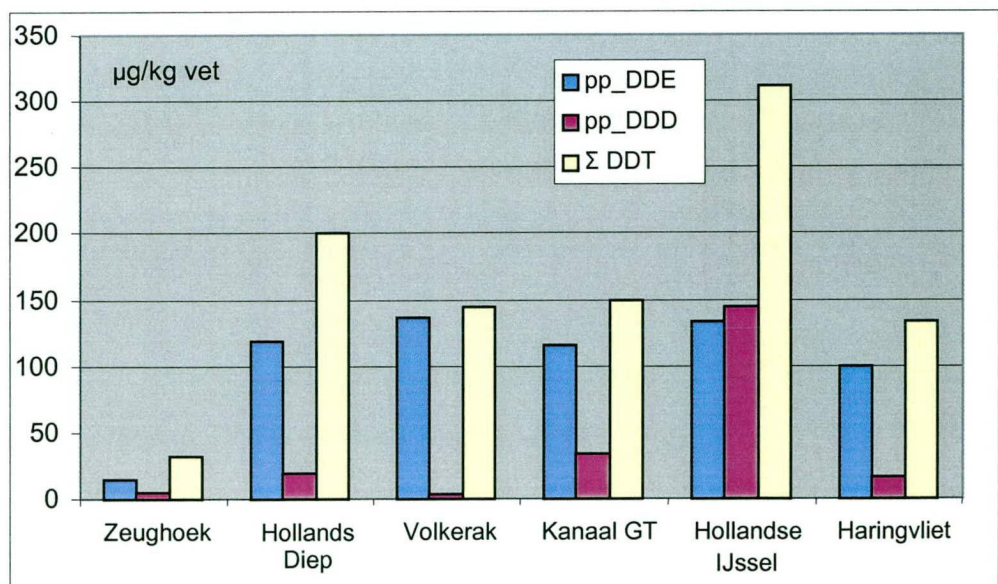
Een aantal organochloorpesticiden bleek op diverse locaties een gehalte te hebben onder de detectiegrens aangegeven met een < teken. Het betreft hier de stoffen Endrin,  $\alpha$ -Endosulfan,  $\alpha$ -HCH en  $\beta$ -HCH (zie bijlage 5). Het gehalte aan HCBd kon niet worden bepaald.

Zeer hoge gehalten aan Dieldrin zijn, evenals in voorgaande jaren, gevonden in de Hollandse IJssel (figuur 6) en het Kanaal Gent-Terneuzen bij Sas van Gent. In vergelijking met de overige gemeten watersystemen lagen de gehalten een factor 10 tot 25 hoger. Het Dieldrin in de Hollandse IJssel is nog afkomstig van de uitgebreide verontreiniging in de 70er en 80er jaren als gevolg van industriële lozingen in dit gebied (Baarse, 1993; Pieters e.a., 1998). Ook het dieldringehalte in het Volkerak is relatief hoog. Het gehalte ligt een factor 3 hoger dan in het Hollands Diep. In rode aal uit het Volkerak is de laatste jaren ook een verhoogd dieldringehalte gevonden (Pieters en De Boer, 2002). De bron van de verhoogde dieldringehalten moet in het Volkerak zelf gezocht worden of de verontreiniging is afkomstig uit de rivieren die vanuit Noord-Brabant in het Volkerak uitstromen.



Figuur 6: Gehalten aan HCB, Dieldrin,  $\gamma$ -HCH en  $\Sigma$ DDT in de uitgehangen driehoeksmosselen in 2002.

Het hoge Dieldringehalte in het Kanaal Gent-Terneuzen kan mogelijk zijn veroorzaakt door grensoverschrijdende verontreiniging vanuit het industriegebied van Sas van Gent in België. De hoogste gehalten aan  $\gamma$ -HCH zijn gevonden in het Haringvliet en het Kanaal Gent-Terneuzen. De  $\gamma$ -HCH niveaus in de andere wateren waren lager.

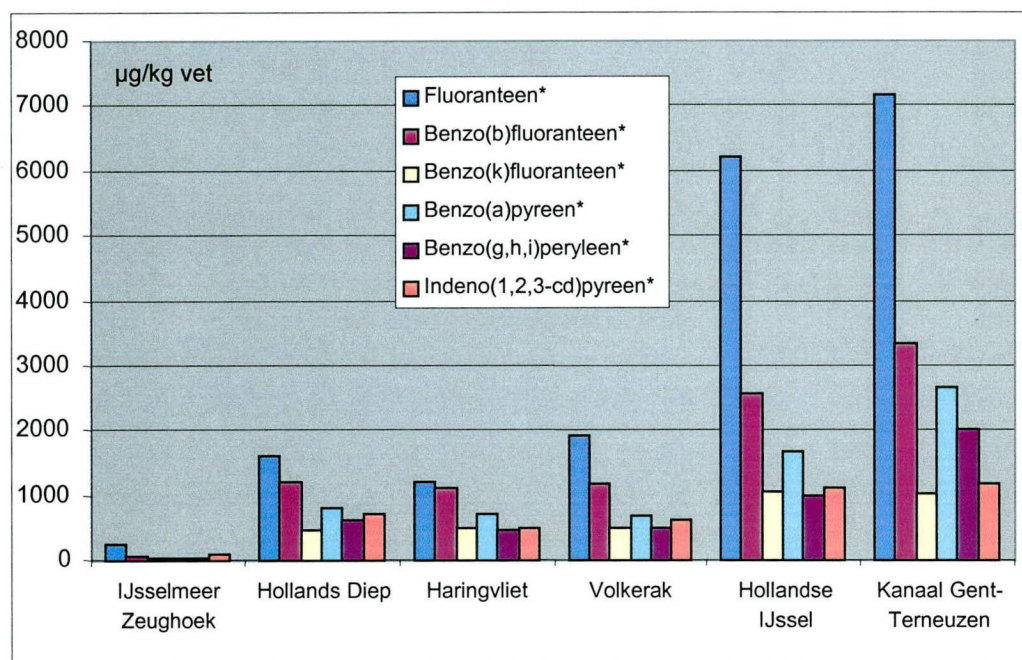


Figuur 7: De gehalten van  $\Sigma$ DDT, DDE en DDD in de uitgehangen driehoeksmosselen in 2002.

Het hoogste gehalte aan DDT verbindingen ( $\Sigma$ DDT) werd gemeten in de Hollandse IJssel. In dit oppervlaktewater is ook het DDD gehalte relatief hoog in vergelijking met het gehalte aan DDE. In het Volkerak is het DDD gehalte het laagst.

### Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen

Evenals in voorgaande jaren is het hoogste gehalte aan PAKs is gemeten in het Kanaal Gent-Terneuzen (bijlage 7). Dit is voornamelijk het gevolg van zeer hoge gehalten aan pyreen, fluoranteen, benzo(a)anthraceen, chryseen en benzo(e)pyreen, in vergelijking tot de gehalten in de Hollandse IJssel (zie figuren 8 t/m 10). De Borneff PAKs concentraties zijn ook veel hoger dan in de grote rivieren en de Hollandse IJssel.

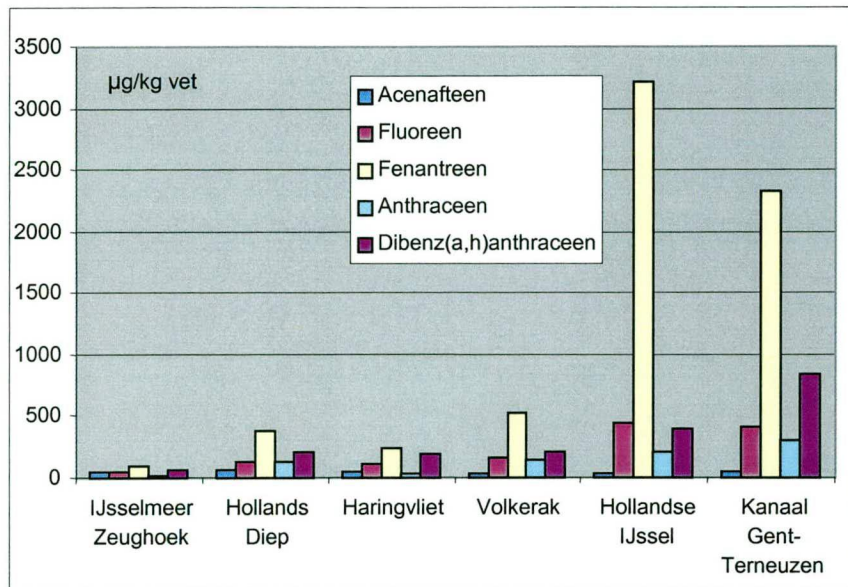


Figuur 8: Gehalten van zes Borneff PAKs per locatie in de uitgehangen driehoeksmosselen in 2002.

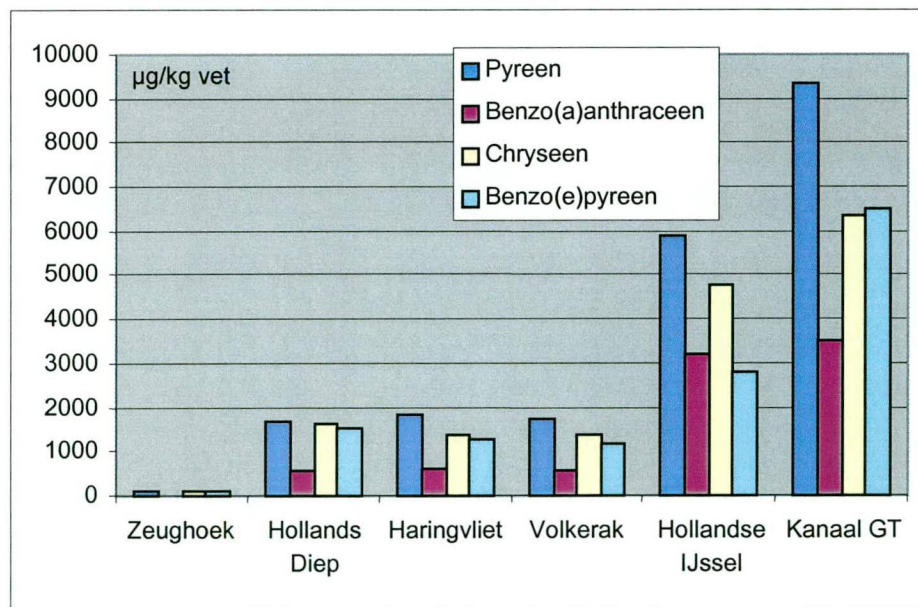
De gevonden resultaten zijn een bevestiging van hetgeen ook in 2000 en 2001 is gemeten. De relatieve bijdrage van de Borneff PAKs aan totaal PAK bedroeg bij Sas van Gent slechts 36%, terwijl op de locaties in de andere watersystemen de bijdrage boven de 45% bedroeg (figuur 8 en bijlage 8). De som van de 6 Borneff PAKs was relatief hoog in de Hollandse IJssel en het Kanaal Gent-Terneuzen, een factor drie of meer hoger dan in de overige gemeten locaties.

Hoge gehalten aan individuele PAKs zijn gevonden voor fenantreen in de Hollandse IJssel en Kanaal GT en pyreen en dibenzo(a,h)anthraceen in het Kanaal Gent-Terneuzen (figuren 9 en 10).

De laagste gehalten aan PAKs werden gemeten in het Hollands Diep en Haringvliet.



Figuur 9: Gehalten van overige PAKs (acenaftteen, fluoreen, fenantreen, anthraceen en dibenzo(ah)-anthraceen) per locatie in de uitgehangen driehoeksmosselen in 2002.



Figuur 10: Gehalten van overige PAKs (pyreen, benzo(a)anthraceen, chryseen en benzo(e)pyreen) in de driehoeksmosselen per locatie in 2002.



### 4.3 Risico-analyse

Voor de vergelijking met de MTR waarden worden de gemeten gehalten op productbasis omgerekend naar standaard droge stofgehalte (10%), voor zware metalen of standaard vetgehalte (1,3%) voor organische contaminanten (tabel 6).

De zware metaalgehalten op productbasis (mg per kg nat gewicht) worden door deze standaardisatie ruim een factor 2 hoger. Het maximaal toelaatbaar risiconiveau ten aanzien van het ecosysteem, omgerekend voor de mossel, wordt in de onderzochte wateren alleen voor kwik en cadmium overschreden. Overschrijding van de MTR waarden voor totaal kwik en cadmium vond plaats met respectievelijk factoren 3 tot 5 en 15 tot 25. De hoogste overschrijding was voor kwik in het Volkerak (factor 5) en voor cadmium in het Hollands Diep met een factor 25. De kwikgehalten in mosselen zijn vergeleken met de MTR waarde voor totaal kwik, omdat in mosselweefsel meer dan 50% van het totale kwikgehalte uit anorganisch kwik bestaat. Met de nieuwe waarden voor cadmium (gevaar voor doorvergiftiging hogere organismen, Beek, 2002) zijn de overschrijdingen aanzienlijk lager.

Na correctie voor standaard vetgehalte namen de PCB- en pesticidengehalten toe met een factor 2 tot 3. Ook na deze correctie werden MTR waarden voor de organochloorverbindingen in de onderzochte wateren nergens overschreden.

Warenwetnormen zijn in geen van de monsters driehoeksmosselen overschreden.

Alleen de norm voor CB153 als indicator voor toxische PCBs (5 µg/kg) werd in alle locaties, behalve de Zeughoek, overschreden.

Het Dieldrin in de Hollandse IJssel is nog afkomstig van de uitgebreide verontreiniging in de 70er en 80er jaren als gevolg van industriële lozingen in dit gebied. Het hoge Dieldringehalte in het Kanaal Gent-Terneuzen wordt mogelijk veroorzaakt door verontreinigingen vanuit het Belgische deel van het Kanaal Gent-Terneuzen.

Tabel 6. Gehalten aan microverontreinigingen in monsters driehoeksmosselen omgerekend naar standaard droge stof (10%) voor metalen en vet (1,3%) voor organische contaminanten.

Overschrijdingen zijn vetgedrukt.

Water systeem		IJsselmeer	Hollands Diep	Haring vliet	Volke-rak	Holl. IJssel	Kanaal Gent Terneuzen
locatie	product basis	Zeughoek	sluizen			Gouda	Sas van Gent
Kwik	(mg/kg)	<b>0.013</b>	<b>0.023</b>	<b>0.015</b>	<b>0.024</b>	<b>0.014</b>	<b>0.018</b>
Lood	(mg/kg)	<0.145	0.708	0.245	0.817	0.51	0.979
Cadmium	(mg/kg)	<b>0.145</b>	<b>0.200</b>	<b>0.130</b>	<b>0.159</b>	<b>0.114</b>	<b>0.156</b>
<b>PCBs</b>							
CB 28	(µg/kg)	0.022	0.520	0.433	0.355	1.156	1.950
CB 52	(µg/kg)	0.043	1.560	1.950	0.945	2.600	2.600
CB 101	(µg/kg)	0.217	4.420	4.983	3.073	5.922	4.117
CB 118	(µg/kg)	0.217	1.820	1.950	1.536	2.456	2.167
CB 153	(µg/kg)	0.867	<b>7.540</b>	<b>8.017</b>	<b>5.673</b>	<b>6.500</b>	<b>5.200</b>
CB 138	(µg/kg)	0.650	5.460	5.633	3.782	4.044	4.333
CB 180	(µg/kg)	0.217	2.860	3.467	2.364	1.878	2.167
<b>OCBs</b>							
HCB	(µg/kg)	0.043	1.300	0.867	0.118	0.289	0.173
α-HCH	(µg/kg)	<0.022	<0.026	<0.043	0.047	<0.058	<0.022
β-HCH	(µg/kg)	<0.108	<0.104	<0.173	<0.059	<0.087	<0.087
γ-HCH	(µg/kg)	0.195	0.234	0.433	0.118	0.289	0.433
Dieldrin	(µg/kg)	0.433	0.520	0.650	1.536	7.944	2.817
p,p'-DDE	(µg/kg)	0.195	1.560	1.300	1.773	1.733	1.517
p,p'-DDD	(µg/kg)	<0.065	0.260	<0.217	0.035	1.878	0.433
p,p'-DDT	(µg/kg)	<0.152	0.780	<0.217	<0.095	<0.433	<0.108
ΣDDT	(µg/kg)	0.412	2.600	1.733	1.891	4.044	1.950

## 5. Vergelijking met eerdere data / trends

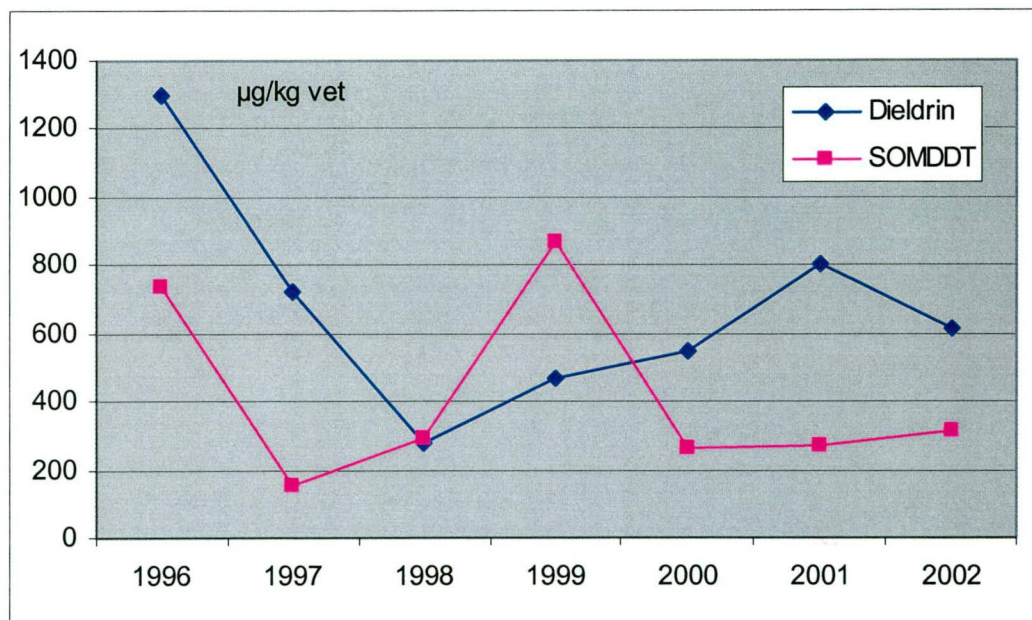
### De Hollandsche IJssel

Na de sterke stijging van lood in 1998 in de Hollandse IJssel, hetgeen verband hield met baggeractiviteiten ter plaatse, zette in 1999 de daling van het loodgehalte in (tabel 7). In 2002 is het loodgehalte sterk verder gedaald. Het cadmiumgehalte daalde ook sterk, tot een niveau als voor 1998. PCB's en HCB vertonen een lichte daling na de piek van 1999 en  $\Sigma$ DDT blijft relatief stabiel over de jaren, uitgezonderd de pieken in 1996 en 1999 (figuur 11).

Tabel 7. Vergelijking accumulatie data in driehoeksmosselen voor de Hollandse IJssel in het najaar van 1996 - 2002. Gehalten zijn op asvrij droge stof cq vetbasis berekend.

Stof	eenheid	najaar 1996	najaar 1997	najaar 1998	najaar 1999	najaar 2000	najaar 2001	najaar 2002
Cd	mg/kg	1.1	1.1	1.3	2.3	2.0	1.8	1.2
Pb	mg/kg	14.8	15.2	55	21	14.5	16.5	5.4
$\Sigma$ 7PCB	mg/kg	6.4	3.3	2.1	3.4	2.1	2.6	1.9
HCB	$\mu$ g/kg	70	54	33	43	26	40	22
$\gamma$ -HCH	$\mu$ g/kg	50	27	17	19	26	14	22
Dieldrin	$\mu$ g/kg	1300	720	280	470	550	800	610
$\Sigma$ DDT	$\mu$ g/kg	740	150	290	870	260	268	310
$\Sigma$ PAK (6vB)	mg/kg	19	20	24	23	15	21	14

Er is een einde gekomen aan de stijgende Dieldringehalten, na het dal van 1998 (figuur 11). De snelle daling tussen 1996 en 1998 was veroorzaakt door de intensieve baggerwerkzaamheden in de Hollandse IJssel gedurende deze periode (Baarse, 1993). Deze Dieldrin toename na 1998 kan mogelijk een gevolg zijn van doorgaand gebruik in de landbouw of ook wel hernieuwde nalevering vanuit de waterbodem. Het gehalte van  $\gamma$ -HCH steeg ten opzichte van 2001 maar is relatief stabiel over de laatste jaren. Het gehalte aan  $\Sigma$ PAK (6vB) was wat lager dan het niveau van de afgelopen jaren.



Figuur 11: Trends voor Dieldrin en  $\Sigma$ DDT in de Hollandse IJssel.

#### Het Kanaal Gent-Terneuzen

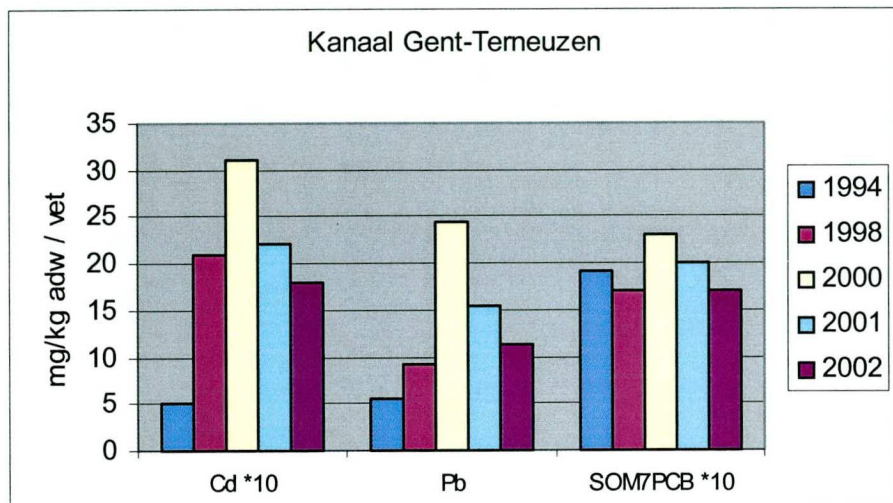
In tabel 8 staan diverse gehalten van microverontreinigingen in uitgehangen driehoeksmosselen uit het Kanaal Gent-Terneuzen vanaf 1994 vermeld. Het valt op dat het jaar 2000 voor alle verontreinigingen, behalve PAK en HCB, piekwaarden vertoonden, waarna de gehalten weer daalden. De gehalten van cadmium en lood daalden in 2002 verder echter, vanaf 1994 is het cadmium gehalte met een factor 3 en lood met een factor 2 gestegen (figuur 12).

De PCB,  $\gamma$ -HCH en dieldrin gehalten zijn in 2002 ook verder gedaald. HCB en PAK-gehalten waren in 2001 plotseling hoger, hierna is HCB verder gedaald vanaf het niveau van 2000 en het PAK stabiliseerde op het niveau van voor 2001.

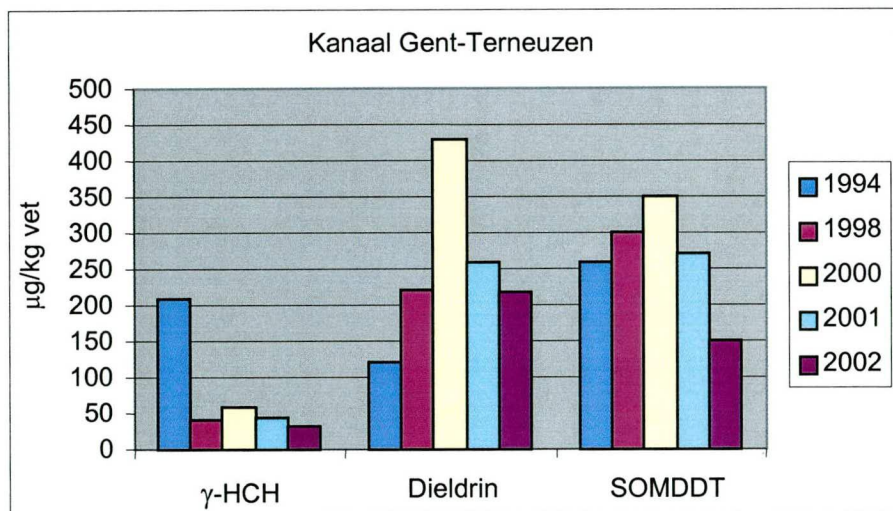
Tabel 8. Vergelijking accumulatie data in driehoeksmosselen voor het Kanaal Gent-Terneuzen in 1994, 1998, 2000, 2001 en 2002. Gehalten zijn op asvrijdrooggewicht en vetbasis berekend.

Stof	eenheid	1994	1998	2000	2001	2002
Cd	mg/kg	0.5	2.1	3.1	2.2	1.8
Pb	mg/kg	5.5	9.2	24.5	15.5	11
$\Sigma$ 7PCB	mg/kg	1.9	1.7	2.3	2	1.7
HCB	$\mu$ g/kg	29	20	20	43	13
$\gamma$ -HCH	$\mu$ g/kg	210	40	59	43	33
Dieldrin	$\mu$ g/kg	120	220	430	260	217
$\Sigma$ DDT	$\mu$ g/kg	260	300	350	270	150
$\alpha$ -Endosulfan	$\mu$ g/kg	190	120	nb	70	117
$\Sigma$ PAK (6vB)	mg/kg	16.5	18	17.7	24	17

Na de piekwaarden van een aantal microverontreinigingen in het Kanaal Gent-Terneuzen in 2000 namen dus vooral de zware metalen Cd en Pb, dieldrin en  $\Sigma$ DDT aanzienlijk af in de jaren daarna. De signaalfunctie die kan uitgaan van de publikatie van jaarlijkse monitoringgegevens uit sterk vervuilde oppervlaktewateren, heeft mogelijk ook in dit geval effect gesorteerd.



Figuur 12: Trends voor prioritaire stoffen in het Kanaal Gent-Terneuzen vanaf 1994.



Figuur 13: Trends voor prioritaire stoffen in het Kanaal Gent-Terneuzen vanaf 1994.

Het Volkerak, Hollands Diep en Haringvliet-west

In de tabellen 9, 10 en 11 staan de veranderingen in gehalte van enkele belangrijke microverontreinigingen in uitgehangen driehoeksmosselen gegeven voor het Volkerak, het Hollands Diep en het Haringvliet-west.

Over de afgelopen acht jaar is in het Volkerak een sterke stijging van de zware metalen cadmium en lood zichtbaar. Lood is met een factor 6 gestegen en cadmium met een factor 3.

Tabel 9. Trends van microverontreinigingen in het Volkerak

Stof	eenheid	1994	1998	2002
Pb	mg/kg adw	1.5	3.3	9.4
Cd	mg/kg adw	0.5	1.7	1.8
$\Sigma$ 7PCB	mg/kg vet	1.4	0.9	1.4
HCB	ug/kg vet	10	20	9
$\gamma$ -HCH	ug/kg vet	41	20	9
Dieldrin	ug/kg vet	84	220	118
SomDDT	ug/kg vet	210	340	145
$\alpha$ -Endosulfan	ug/kg vet	26	20	45
$\Sigma$ PAK(6vB)	mg/kg vet	1.5	4.6	5.4

Tabel 10. Trends van microverontreinigingen in het Hollands Diep

Stof	eenheid	1994	1998	2002
Pb	mg/kg adw	6.1	6.6	7.7
Cd	mg/kg adw	1.3	2.7	2.2
$\Sigma$ 7PCB	mg/kg vet	2.8	2.1	1.9
HCB	ug/kg vet	87	80	100
$\gamma$ -HCH	ug/kg vet	63	20	18
Dieldrin	ug/kg vet	41	20	40
SomDDT	ug/kg vet	190	160	200
$\alpha$ -Endosulfan	ug/kg vet	20	4	14
$\Sigma$ PAK(6vB)	mg/kg vet	2.3	5.8	5.4

Tabel 11. Trends van microverontreinigingen in het Haringvliet

Stof	eenheid	1994	1998	2002
Pb	mg/kg adw	3.3	4.8	2.6
Cd	mg/kg adw	1.1	3.1	1.4
$\Sigma$ 7PCB	mg/kg vet	3.3	2.5	2
HCB	ug/kg vet	33	80	67
$\gamma$ -HCH	ug/kg vet	55	20	33
Dieldrin	ug/kg vet	55	20	50
$\Sigma$ DDT	ug/kg vet	247	180	130
$\alpha$ -Endosulfan	ug/kg vet	12	2	17
$\Sigma$ PAK(6vB)	mg/kg vet	2.2	6.1	4.5

---

Aangezien deze toename nauwelijks heeft plaatsgevonden in het Hollands Diep (Volkerak en Hollands Diep zijn gescheiden door een sluiscomplex), zou de bron van de toename in verontreiniging mogelijk afkomstig kunnen zijn van de rivieren die vanuit Noord-Brabant in het Volkerak uitstromen. Voor Dieldrin en  $\Sigma$ DDT werd een tijdelijke verhoging geconstateerd in 1998 in het Volkerak,  $\gamma$ -HCH daalde aanzienlijk vanaf 1994 in zowel het Volkerak als het Hollands Diep.

Alleen in het Volkerak is een stijging waargenomen in het PAK gehalte vanaf 1998.

Het PCB gehalte daalde in zowel het Hollands Diep als het Haringvliet. Alleen in het Haringvliet is een constante daling van  $\Sigma$ DDT geconstateerd vanaf 1994.

## 6. Conclusies

Ondanks de grote tolerantie van de driehoeksmossel bleken de omstandigheden in het Hollands Diep erg ongunstig; op deze locatie werd een hoog sterftepercentage (12.8%) geconstateerd en geen biomassa toename. Ook in het Kanaal Gent-Terneuzen werd geen toename van biomassa gemeten. Goede groei (lage sterfte en toename biomassa) werd gemeten in het Volkerak. In alle gevallen is de actieve biologische monitoring wel effectief geweest, een toename van de onderzochte contaminanten werd op alle locaties geconstateerd. De toename van de contaminanten op bepaalde locaties is ten opzichte van voorgaande jaren soms groter en soms kleiner. De redenen hiervoor zijn slechts zelden duidelijk.

De hoogste gehalten aan zware metalen in driehoeksmosselen werden gevonden in het Hollands Diep, het Volkerak en het Kanaal Gent-Terneuzen. Een relatief hoog kwikgehalte werd gevonden in het Volkerak. De bron van de toename in verontreiniging met zware metalen gedurende de laatste acht jaar zou mogelijk afkomstig kunnen zijn van de rivieren die vanuit Noord-Brabant in het Volkerak uitstromen.

De hoogste PCB gehalten zijn gemeten in driehoeksmosselen uitgehangen in het Haringvliet, de Hollandse IJssel nabij Gouda en het Hollands Diep. In de Hollandse IJssel en het Kanaal Gent-Terneuzen is ook het gehalte aan lager gechloroerde congenere (CB28 en CB52), relatief ten opzichte van CB153, aanzienlijk hoger dan in de overige gemeten locaties.

Zeer hoge gehalten aan Dieldrin zijn gevonden in de Hollandse IJssel bij Gouda (voorhaven) en het Kanaal Gent-Terneuzen bij Sas van Gent. Het Dieldrin in de Hollandse IJssel is nog afkomstig van de uitgebreide verontreiniging in de 70er en 80er jaren als gevolg van industriële lozingen in dit gebied. De herkomst van het hoge Dieldringehalte in het Kanaal Gent-Terneuzen is onduidelijk.

De gehalten aan  $\Sigma$ DDT waren, hoewel in alle locaties fors verhoogd ten opzichte van de Zeughoek, lager dan in het vorige meetjaar (behalve het Hollands Diep).

Gehalten aan  $\gamma$ -HCH zijn in de in 2002 gemeten locaties relatief laag ten opzichte van andere locaties in voorgaande jaren en vertoonden ook een dalende trend.

Bij Gouda in de Hollandse IJssel en bij Sas van Gent in het Kanaal Gent-Terneuzen zijn evenals in voorgaande jaren zeer hoge gehalten aan PAKs gevonden. Deze gehalten zijn de afgelopen acht jaar niet gedaald.



Het maximaal toelaatbaar risiconiveau ten aanzien van het ecosysteem, omgerekend voor de mossel, wordt in de onderzochte wateren alleen voor kwik en cadmium overschreden. MTR waarden voor organische microverontreinigingen werden in geen enkele locatie overschreden. De waarde voor PCB153 als indicator voor toxische PCBs, 5 µg/kg, werd echter wel licht overschreden in de driehoeksmosselen die waren uitgehangen op de locaties. De overschrijding was maximaal 60% in het Haringvliet.

## **Dankwoord**

De heer E. van Barneveld van het RIVO wordt hartelijk bedankt voor zijn inzet bij het uitzetten van driehoeksmosselen. Auteurs zijn Mevr. B. van Os zeer erkentelijk voor de coördinatie en uitvoering ten behoeve van een extra bemonstering van driehoeksmosselen in het IJsselmeer. De medewerking van een aantal medewerkers van de Meetdienst, Directie IJsselmeergebied wordt eveneens zeer op prijs gesteld.

## 7. Aanbevelingen

Van een aantal stofgroepen die nieuw in de belangstelling staan zijn nauwelijks gegevens bekend van de gehalten in lagere organismen, zoals zoetwatermosselen. Het wordt daarom ook aanbevolen in volgende MWTL onderzoeken in de rijkswateren een aantal van deze stoffen in de analyses van driehoeksmosselen mee te nemen.

De volgende stoffen komen in aanmerking:

- **HBCD** (hexabroomcyclododecaan)
- **PBDEs** (polybroomdifenylethers): congenere: 28, 47, 99, 100, 153, 154, 183. Congeneer 209 (decaBDE) komt voor in hoge gehalten in zwevend stof en sediment, maar leek tot voor kort niet te accumuleren. Echter, recente gegevens laten accumulatie zien in vogels.

Eventueel ook:

- **TBBP-A** (tetrabroombisfenol-A) en dimethyl metaboliet daarvan. Vlamvertrager met hoogste productiecijfers, maar tot nu toe nog niet zulke hoge gehalten in biota en sediment (analysemethode net ontwikkeld); mogelijk meer in waterfase vanwege meer polaire karakter.

De chemische en fysische eigenschappen, het gedrag in het milieu en de toxiciteit van BVT's (geBromeerde VlamverTragers) lijken sterk op verbindingen als polychloorbifenylen (PCB's) en DDT, en kunnen daarom geclassificeerd worden als persistente, toxische en bioaccumuleerbare verbindingen. PBDE's kunnen onder andere effect hebben op de schildklierhormoonhuishouding en immunotoxiciteit veroorzaken. BVT's zijn in verschillende milieucompartimenten aangetoond, zoals waterbodems, vis, vogels en zoogdieren. In potvissen die afkomstig waren uit de Atlantische Oceaan zijn PBDE's en PBB's aangetroffen (de Boer et al., 1998), wat aantoont dat deze stoffen wijdverspreid in het milieu voorkomen. De vlamvertrager HBCD wordt in biota en sediment in soms hogere gehalten aangetroffen dan de PBDE's (Leonards, 2001).

PBDE-gehalten in vis laten zien dat deze in dezelfde orde grootte liggen als de gehalten aan PCB's en DDT. Anders dan voor PCB's, bestaat er voor gebromeerde vlamvertragers nog een groot aantal (diffuse) emissiebronnen, waardoor er grote variaties in gehalteniveaus worden aangetroffen in aquatische organismen en neemt het gebruik van deze stoffen nog steeds toe (de Boer, J., 2000).

In de Maas bij Eijsden en Borgharen worden zo nu en dan piekwaarden in prioritaire stoffen waargenomen in de zwevende stof. Om de grote variatie en van jaar tot jaar sterk wisselende gehalten aan prioritaire stoffen in de Maas beter in beeld te kunnen brengen, kan in overweging genomen worden jaarlijks een ABM onderzoek met driehoeksmosselen in de Maas bij Eijsden, evenals dit het geval is bij Sas van Gent in het Kanaal Gent-Terneuzen, te laten uitvoeren. Deze gegevens zouden ook nuttig kunnen zijn met betrekking tot het Maas Actie Programma.

## 8. Referenties

- Baarse, G. (1993). Saneringsonderzoek Waterbodern Hollandsche IJssel, Activiteitenplan, Rijkswaterstaat, Directie Zuid-Holland, Rotterdam.
- Beek, M.A. (1995). De risico's van normen. Werkdocument 95.097X, WSC, Ecotoxicologie, 94.10, RIZA, Lelystad.
- Beek, M.A. (2002). Risicogetallen voor doorvergiftiging voor hogere organismen. Werkdocument 2002.182X, RIZA-WCS, Lelystad.
- Boer, J. de (1988). Chlorobiphenyls in bound and non-bound lipids of fishes; comparison of different extraction methods, Chemosphere 17, 1803.
- Boer, J. de, P.G. Wester, H.J.C. Klammer, W.E. Lewis en J.P. Boon (1998). Do flame retardants threaten ocean life? Nature, 394, 28.
- Boer, J. de, K. de Boer en J.P. Boon (2000) Polybrominated Biphenyls and Diphenylethers. The Handbook of Environmental Chemistry Vol. 3 Part K New Types of Persistent Halogenated Compounds (ed. J. Paasivirta), Springer Verlag, Berlin Heidelberg 2000.
- Bligh, E.G. and W.J. Dyer (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. Can. J. Biochem. Physiol. 37, 911.
- Bouquet, W. en E. van Barneveld (1998). Bepaling van het gehalte aan cadmium en lood door square wave stripping voltammetrie in vis en visserijproducten. ISW nr. A042, RIVO-DLO, IJmuiden.
- Dao, Q.T. en M.M. de Wit (1997). Bepaling van het totaal vetgehalte volgens Bligh en Dyer. ISW nr. A004, RIVO-DLO, IJmuiden.
- Dao, Q.T., M.M. de Wit en M. Lohman (1998). Bepaling van het gehalte aan PCB's en andere gehalogeneerde microverontreinigingen met behulp van capillaire gaschromatografie. ISW nr. A002, RIVO-DLO, IJmuiden.
- Derde Nota Waterhuishouding, V&W, 1989.
- Hoek, M.. (2000). Het bepalen van kwik door vlamloze atoomabsorptie spectrometrie in vis en visproducten. ISW nr. A021, RIVO-DLO, IJmuiden.
- Kaminsky, R. and R.A. Hites (1984). Octachlorostyrene in Lake Ontario: Sources and Fates, Environ. Sci .Technol.18, 275.
- Kraak, M.H.S. et al (1991). Biomonitoring of Heavy Metals in the Western European Rivers Rhine and Meuse Using the Freshwater Mussel *Dreissena polymorpha*. Environ. Pollut. 74,101.
- Leonards, P., (2001) Personal Communication, IJmuiden.
- LNV, 1990 Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Landbouw-Adviescommissie (LAC), Stuurgroep "Visverontreiniging", Jaarverslag 1988.
- Pieters, H. (1996). Biologische monitoring zoete rijkswateren: microverontreinigingen in driehoeksmosselen - 1995, RIVO rapport C042/96, IJmuiden.

- Pieters, H., B.L. Verboom en V. Geuke (1997). Biologische monitoring zoete rijkswateren: microverontreinigingen in driehoeksmosselen - 1996, RIVO rapport C028/97, IJmuiden.
- Pieters, H., V. Geuke en J. de Boer (1999). Biologische monitoring zoete rijkswateren: microverontreinigingen in driehoeksmosselen - 1998, RIVO rapport C050/99, IJmuiden.
- Pieters, H. en J. de Boer (2000). Biologische monitoring zoete rijkswateren: microverontreinigingen in driehoeksmosselen - 1999, RIVO rapport C026/00, IJmuiden.
- Pieters, H. en J. de Boer (2001). Biologische monitoring zoete rijkswateren: microverontreinigingen in driehoeksmosselen - 2000, RIVO rapport C026/01, IJmuiden.
- Pieters, H. en J. de Boer (2002). Biologische monitoring zoete rijkswateren: microverontreinigingen in driehoeksmosselen - 2001, RIVO rapport C032/02, IJmuiden.
- Pieters, H. en J. de Boer (2002). Biologische monitoring zoete rijkswateren: microverontreinigingen in rode aal - 2001, RIVO rapport C030/02, IJmuiden.
- Pieters H. en B.L. Verboom (1994). Biologische monitoring zoete rijkswateren: microverontreinigingen in driehoeksmosselen - 1993, RIVO rapport C004/94, IJmuiden.
- Pieters H., J. de Boer, B.L. Verboom en V. Geuke (1998). Effecten van nautisch baggeren op de biobeschikbaarheid van stoffen in de Hollandse IJssel, gemeten met actieve biologische monitoring (ABM). RIVO rapport C052/98, IJmuiden.
- Riekwel-Booy G., (1998) Schelpdieren: bepalen van het gehalte aan polycyclische aromatische koolwaterstoffen met behulp van hogedrukvlloeistofchromatografie. ISW nr. A014, RIVO-DLO, IJmuiden.
- Van der Valk, F., Q.T. Dao and J. Speur (1989). Contaminant Contents of Freshwater Mussels (*Dreissena polymorpha*) incubated at various Locations in the River Rhine from Switzerland to the Netherlands, RIVO rapport MO 89-206, IJmuiden.
- Verboom, B.L., H. Pieters en J. de Boer (1995). Biologische monitoring zoete rijkswateren: microverontreinigingen in rode aal - 1995, RIVO rapport C008/96, IJmuiden.
- Visser, W., W. Verlinden & E. Landman (1991). Het kwaliteitsonderzoek in de Rijks-wateren, planning 1992, RIZA nota, nr. 91.084, Lelystad.
- Warenwet, Regeling normen zware metalen , februari 1992, nr DGVgz/WVP/L92417.Stcrt 43; Regeling normen PCB's, nr 141639, Ministerie VROM, 1984

**Verklarende woordenlijst:**

AAS	Atoomabsorptiespectrometer
ABM	Actieve Biologische Monitoring
AMK 2000	Algemene Milieu Kwaliteit 2000
adw	Asvrij drooggewicht
CB	Chloorbifenyyl
CLB	Chloorbenzenen
Ecotoxicologische waarden	Concentratieniveau voor Ecotoxicologische normen van effecten op het ecosysteem
FIAS	Flow Injection Analysis System
HCB	Hexachloorbenzeen
HCBD	Hexachloorbutadiëen
HCH	Hexachloorcyclohexaan
Consumptiestandaard	Normen vastgelegd in de Warenwet
MTR	Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau
Natgewicht	Versgewicht van filet of andere organen, c.q. organismen
OCP	Organochloorpesticiden
OCS	Octachloorstyreen
PAK	Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen
PCB	Polychloorbifenyyl
Productbasis	Gehalten uitgedrukt op basis van natgewicht
QCB	Pentachloorbenzeen
Vetbasis	Concentraties uitgedrukt op basis van het vetgehalte
p,p'-DDE	p,p' - dichloordifenyldichlooretheen
p,p'-DDD	p,p' - dichloordifenyldichloorethaan
p,p'-DDT	p,p' - dichloordifenyyltrichloorethaan

## Bijlage 1

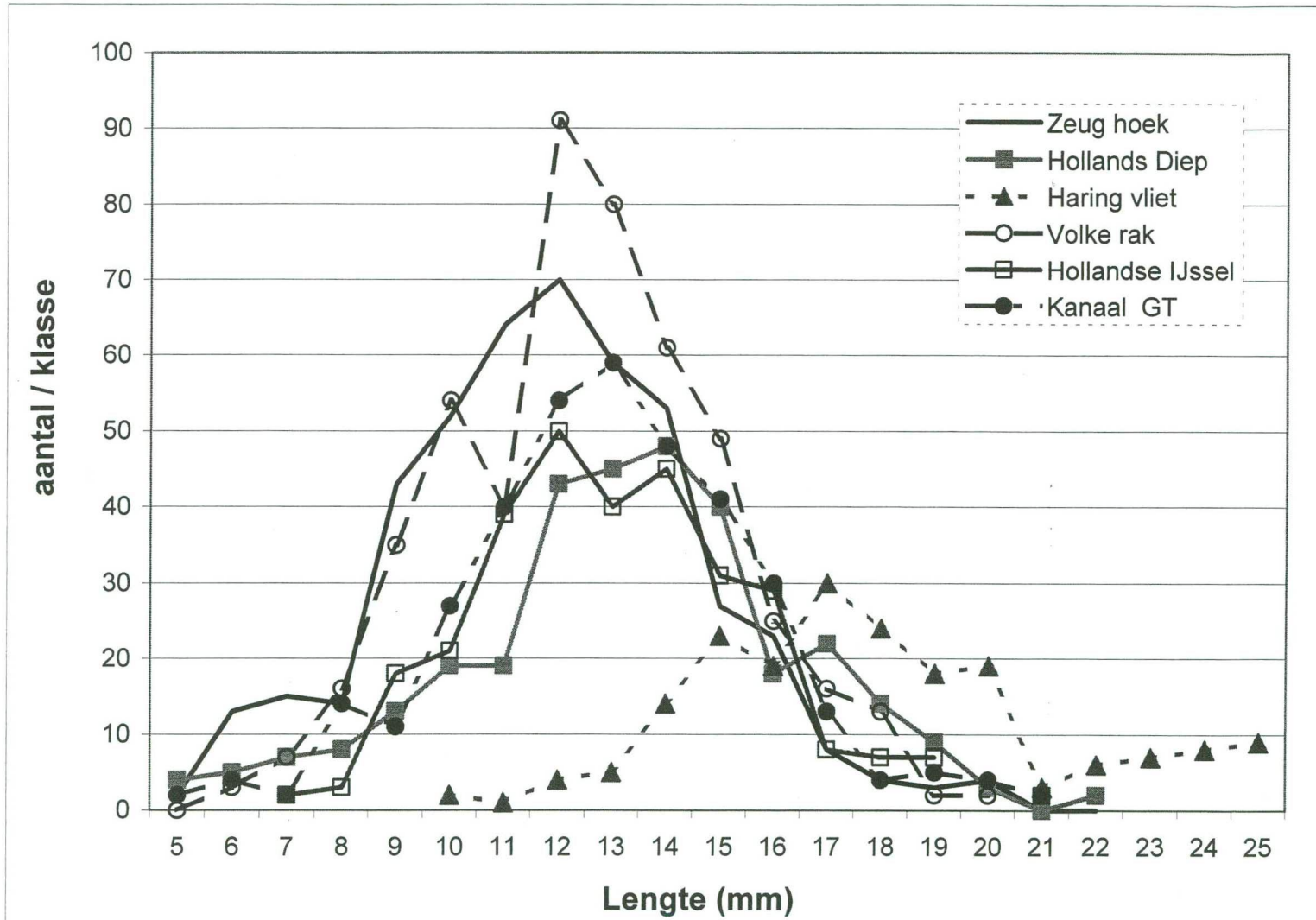
Monsternummer Locatie		1786 Zeug hoek	1787 Hollands Diep	1791 Haring vliet	1788 Volke- rak	1790 Hollandse IJssel	1789 Kanaal GT
brutogewicht (g)		116.47	110	110.11	110.02	111.04	110.06
tarra		5.52	5.16	5.46	10.87	6.8	4.89
<b>bovenmaats</b>							
nettogewicht (g):		40.58	59.73	78.16	38.51	47.18	46.37
levend vlees		14.41	22.14	28.08	9.48	16.96	15.34
schelpen		26.17	37.59	50.08	29.03	30.22	31.03
dood schelpen		6.9	8.4	0.48	7.27	7.96	2.31
<b>ondermaats</b>							
totaalgewicht		44.8	26.74	2.37	37.88	27.67	38.47
aanhangend vocht							
Monsternummer Locatie		Zeug hoek	Hollands Diep	Haring vliet	Volke- rak	Hollandse IJssel	Kanaal GT
lengteklasse (mm)	<5	4	0		0	2	4
aantal levend	5	2	4		0		2
	6	13	5		3		4
	7	15	7		7	2	2
	8	14	8		16	3	14
	9	43	13		35	18	11
	10	52	19	2	54	21	27
	11	64	19	1	40	39	40
	12	70	43	4	91	50	54
	13	59	45	5	80	40	59
	14	53	48	14	61	45	48
	15	27	40	23	49	31	41
	16	23	18	19	25	29	30
	17	8	22	30	16	8	13
	18	4	14	24	13	7	4
	19	3	9	18	2	7	5
	20	4	3	19	2		4
	21	0	0	3		2	2
	22	0	2	6			
	23			7			
	24			8			
25			9				
aantal		458	317	171	494	304	364

**Bijlage 1, vervolg**

Monsternummer Locatie	1786 Zeug hoek	1787 Hollands Diep	1791 Haring vliet	1788 Volke- rak	1790 Hollandse IJssel	1789 Kanaal GT
<b>aantal totaal levend</b>	458	317	171	494	304	364
ondermaats	336	163	12	326	175	217
bovenmaats	122	154	159	168	129	147
gem. lengte (mm)	11.8	13.4	20.0	12.5	13.0	12.8
gem. gewicht (g)	0.19	0.27	0.47	0.15	0.25	0.23
<b>bovenmaats levend</b>						
gem. lengte (mm)	15.2	16.0	20.6	15.3	15.5	15.5
gewicht (g)	0.33	0.39	0.49	0.23	0.37	0.32
vleesgewicht (g)	0.12	0.14	0.18	0.06	0.13	0.10
schelpgewicht (g)	0.21	0.24	0.31	0.17	0.23	0.21
<b>bovenmaats dood</b>						
dood schelpen (leeg)	47	45	2	39	33	14
gem. schelpgewicht	0.15	0.19	0.24	0.19	0.24	0.17
totaal dood(%)	9.3	12.8	1.2	7.3	9.8	3.7

## Bijlage 2

Lengteverdeling van de uitgehangen driehoeksmosselen ten opzichte van de Zeughoek (uitgangsmateriaal)





### Bijlage 3

Tabel a. Biochemische parameters driehoeksmosselen 2002

Locatie	Droge stof	As	Vet	datum	
	g/kg	g/kg	g/kg	uitgehangen	opgehaald
IJsselmeer Zeughoek	47	2	6		27-9-02
Hollands Diep	48	4	5	1-10-02	12-11-02
Volkerak	82	11	11	2-10-02	13-11-02
Kanaal Gent-Terneuzen	48	6	6	4-10-02	14-11-02
Hollandse IJssel	63	4	9	4-10-02	14-11-02
Haringvliet	53	3	6	24-10-02	27-11-02

Tabel b. Gehalten van zware metalen in driehoeksmosselen in 2002 op productbasis

Locatie	Kwik	Lood	Cadmium
	mg/kg	mg/kg	mg/kg
IJsselmeer Zeughoek	0,0062	<0.068	0,068
Hollands Diep	0,011	0,34	0,096
Volkerak	0,020	0,67	0,13
Kanaal Gent-Terneuzen	0,0084	0,47	0,075
Hollandse IJssel	0,0091	0,32	0,072
Haringvliet	0,0081	0,13	0,069

Tabel c. Gehalten van zware metalen in driehoeksmosselen op basis van asvrijdroge stof

Locatie	Kwik	Lood	Cadmium
	mg/kg	mg/kg	mg/kg
IJsselmeer Zeughoek	0,14	<1.5	1,51
Hollands Diep	0,25	7,73	2,18
Volkerak	0,28	9,44	1,83
Kanaal Gent-Terneuzen	0,20	11,19	1,79
Hollandse IJssel	0,15	5,4	1,22
Haringvliet	0,16	2,60	1,38

#### Bijlage 4

Tabel a. PCB gehalten in monsters driehoeksmosselen in 2002 op productbasis ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )

Locatie	CB-28	CB-52	CB-101	CB-118	CB-138	CB-153	CB-180	Som 7 CB's
<b>Productbasis</b>	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$
IJsselmeer Zeughoek	0,01	0,02	0,1	0,1	0,3	0,4	0,1	1,03
Hollands Diep	0,2	0,6	1,7	0,7	2,1	2,9	1,1	9,3
Volkerak	0,3	0,8	2,6	1,3	3,2	4,8	2,0	15
Kanaal Gent-Terneuzen	0,9	1,2	1,9	1,0	2,0	2,4	1,0	10,4
Hollandse IJssel	0,8	1,8	4,1	1,7	2,8	4,5	1,3	17
Haringvliet	0,2	0,9	2,3	0,9	2,6	3,7	1,6	12,2

Tabel b. PCB gehalten in monsters driehoeksmosselen in 2002 op vetbasis ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ).

Locatie	CB-28	CB-52	CB-101	CB-118	CB-138	CB-153	CB-180	Som 7 CB's
<b>Vetbasis</b>	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$
IJsselmeer Zeughoek	2	3	17	17	50	67	17	172
Hollands Diep	40	120	340	140	420	580	220	1860
Volkerak	27	73	236	118	291	436	182	1364
Kanaal Gent-Terneuzen	150	200	317	167	333	400	167	1733
Hollandse IJssel	89	200	456	189	311	500	144	1889
Haringvliet	33	150	383	150	433	617	267	2033

## Bijlage 5

Pesticiden gehalten in monsters driehoeksmosselen in 2002 op productbasis ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ).

Locatie	HCBD	QCB	HCB	Dieldrin	Endrin	$\alpha$ -Endosulfan
<b>Productbasis</b>	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$
IJsselmeer Zeughoek	nb	0,06	0,02	0,2	<0.03	<0.09
Hollands Diep	nb	0,05	0,5	0,2	<0.02	<0.07
Volkerak	nb	0,03	0,1	1,3	<0.03	0,5
Kanaal Gent-Terneuzen	nb	0,02	0,08	1,3	0,2	0,7
Hollandse IJssel	nb	0,04	0,2	5,5	1,3	0,2
Haringvliet	nb	0,04	0,4	0,3	<0.04	0,1

Pesticiden gehalten in monsters driehoeksmosselen in 2002 op productbasis ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) Vervolg

Locatie	$\alpha$ -HCH	$\beta$ -HCH	$\gamma$ -HCH	pp-DDE	pp-DDD	pp-DDT	Totaal DDT
<b>Productbasis</b>	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$
IJsselmeer Zeughoek	<0.01	<0.05	0,09	0,09	<0.03	<0.07	<0.19
Hollands Diep	<0.01	<0.04	0,09	0,6	0,1	0,3	1,0
Volkerak	0,04	<0.05	0,1	1,5	<0.03	<0.08	1,6
Kanaal Gent-Terneuzen	<0.01	<0.04	0,2	0,7	0,2	<0.05	0,9
Hollandse IJssel	<0.04	<0.06	0,2	1,2	1,3	<0.3	2,8
Haringvliet	<0.02	<0.08	0,2	0,6	0,1	<0.1	0,8

## Bijlage 6

Pesticiden gehalten in monsters driehoeksmosselen in 2002 op vetbasis ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )

Locatie	HCBD	QCB	HCB	Dieldrin	Endrin	$\alpha$ -Endosulfan
<b>Vetbasis</b>	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$
IJsselmeer Zeughoek	nb	10	3	33	<5	<15
Hollands Diep	nb	10	100	40	<4	<14
Volkerak	nb	3	9	118	<3	45
Kanaal Gent-Terneuzen	nb	3	13	217	33	117
Hollandse IJssel	nb	4	22	611	144	22
Haringvliet	nb	7	67	50	<7	17

Pesticiden gehalten in monsters driehoeksmosselen in 2002 op vetbasis ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) Vervolg

Locatie	$\alpha$ -HCH	$\beta$ -HCH	$\gamma$ -HCH	pp-DDE	pp-DDD	pp-DDT	Totaal DDT
<b>Vetbasis</b>	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$
IJsselmeer Zeughoek	<2	<8	15	15	<5	<12	<32
Hollands Diep	<2	<8	18	120	20	60	200
Volkerak	4	<4	9	136	<3	<7	<145
Kanaal Gent-Terneuzen	<2	<6	33	117	33	<8	<150
Hollandse IJssel	<4	<6	22	133	144	<33	<311
Haringvliet	<3	<13	33	100	17	<17	<133

## Bijlage 7

PAK gehalten in monsters driehoeksmosselen in 2002 op productbasis ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ).

	2002/1786 IJsselmeer Zeughoek	2002/1787 Hollands Diep	2002/1788 Volkerak	2002/1789 Kanaal Gent- Terneuzen	2002/1790 Hollandse IJssel	2002/1791 Haringvliet
Acenafteen	<0.3	<0.3	<0.3	0,3	0,3	<0.3
Fluoreen	<0.3	0,63	1,8	2,5	4	0,7
Fenantreen	0,6	1,9	5,8	14	29	1,4
Anthraceen	0,1	0,66	1,6	1,8	1,9	0,2
Fluoranteen*	1,5	8	21	43	56	7,2
Pyreen	0,5	8,5	19	56	53	11
Benzo(a)anthraceen	0,1	2,9	6	21	29	3,8
Chryseen	0,5	8,2	15	38	43	8,1
Benzo(e)pyreen	0,5	7,5	13	39	25	7,7
Benzo(b)fluoranteen*	0,4	6	13	20	23	6,7
Benzo(k)fluoranteen*	0,2	2,3	5,5	6,1	9,4	2,9
Benzo(a)pyreen*	0,1	4	7,4	16	15	4,2
Dibenz(a,h)anthraceen	<0.4	1	2,3	5	3,5	1,1
Benzo(g,h,i)peryleen*	0,22	3,1	5,5	12	8,8	2,8
Indeno(1,2,3-cd)pyreen*	<0.6	3,6	6,8	7	10	3
Vet %	0,6	0,5	1,1	0,6	0,9	0,6

\*) De zes van Borneff

## Bijlage 8

PAK gehalten in monsters driehoeksmosselen in 2002 op vetbasis ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ).

	2002/1786 IJsselmeer Zeughoek	2002/1787 Hollands Diep	2002/1788 Volkerak	2002/1789 Kanaal Gent- Terneuzen	2002/1790 Hollandse IJssel	2002/1791 Haringvliet
Acenafteen	<50	<60	<27	50	33	<50
Fluoreen	<50	126	164	417	444	117
Fenantreen	100	380	527	2333	3222	233
Anthraceen	17	132	145	300	211	33
Fluoranteen*	250	1600	1909	7167	6222	1200
Pyreen	83	1700	1727	9333	5889	1833
Benzo(a)anthraceen	17	580	545	3500	3222	633
Chryseen	83	1640	1364	6333	4778	1350
Benzo(e)pyreen	83	1500	1182	6500	2778	1283
Benzo(b)fluoranteen*	67	1200	1182	3333	2556	1117
Benzo(k)fluoranteen*	33	460	500	1017	1044	483
Benzo(a)pyreen*	17	800	673	2667	1667	700
Dibenz(a,h)anthraceen	<67	200	209	833	389	183
Benzo(g,h,i)peryleen*	37	620	500	2000	978	467
Indeno(1,2,3-cd)pyreen*	<100	720	618	1167	1111	500
Som PAK 6vBorneff (mg/kg)	0,5	5,4	5,4	17	14	4,5
Som PAK tot (mg/kg)	1,1	12	11	47	35	10
Vet %	0,6	0,5	1,1	0,6	0,9	0,6

