

WI: 5946

Dienst Landbouwkundig Onderzoek
Rijksinstituut voor Visserijonderzoek

Actieve biologische monitoring
(ABM) met zoetwatermosselen in
relatie tot baggerproeven in het
Ketelmeer in 1995 en 1996

drs. H. Pieters

rivo-dlo



C 19177

DLO-Rijksinstituut voor Visserijonderzoek



Rijkswaterstaat/RIZA
Rijksinstituut voor
Integraal Zoetwaterbeheer en
Afwalwaterbehandeling
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-DLO Rapport

Nummer: C058/96

Actieve biologische monitoring (ABM) met zoetwatermosselen in relatie tot baggerproeven in het Ketelmeer in 1995 en 1996

drs. H. Pieters

Opdrachtgever: RIZA
POSW, ir. G.N.M. Stokman
Postbus 17
8200 AA Lelystad

Project nummer: 76002-13/14

Contract nummer: RI-1741

Akkoord: dr. J.B. Luten
Hoofd Milieu, Kwaliteit & Voeding

Handtekening: 

Datum: november 1996

Aantal exemplaren: 15
Aantal pagina's: 37
Aantal tabellen: 19
Aantal figuren: 3
Aantal bijlagen: 14

De Directie van het RIVO-DLO is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van het RIVO-DLO; opdrachtgever vrijwaart het RIVO-DLO 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.

Inhoudsopgave:

Inhoudsopgave	2
Samenvatting	3
1. Inleiding	7
2. Methoden.....	9
2.1 Bemonstering zoetwatermosselen.....	9
2.2 Uitvoering ABM veldwerk.....	9
2.3 Analysemethoden.....	13
2.3.1 Algemeen.....	13
2.3.2 Zware metalen.....	13
2.3.3 Organische microverontreinigingen.....	13
2.3.4 MTR waarden en overige ecotoxicologische tolerantie-niveau's	14
2.4 Kwaliteitscontrole.....	15
2.5 Berekening 95% betrouwbaarheidsintervallen	15
3. Resultaten.....	16
3.1 Monsteromschrijving	16
3.2 Biochemische samenstelling.....	17
3.3 Zware metalen	20
3.4 Organische verbindingen	21
3.4.1 PCBs	21
3.4.2 OCBs.....	23
3.4.3 Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAKs).....	24
4. Beoordeling	26
5. Discussie	28
6. Conclusies.....	32
7. Aanbevelingen	33
8. Literatuur	35

Samenvatting

In 1995 en 1996 is door Rijkswaterstaat, Directie IJsselmeergebied, onderzoek uitgevoerd naar diverse baggermethoden, te gebruiken bij de sanering van de sterk verontreinigde waterbodem van het Ketelmeer.

Eén van de doelstellingen van het baggerproject is het vaststellen welke baggermethode de minste verspreiding van slib in de waterkolom geeft. Methoden om de eventuele opwerveling en verspreiding van bodemslib te meten, zijn direct door de bepaling van veranderingen in het zwevend stofgehalte, troebelheid of doorzicht en indirect door de meting van veranderingen in concentraties van microverontreinigingen in het water als gevolg van desorptieprocessen. Dit laatste kan bijvoorbeeld worden bepaald door meting van de accumulatie van microverontreinigingen in blootgestelde zoetwatermosselen in de waterfase (*Dreissena polymorpha*) of in en op de waterbodem (*Corbicula fluminea*): een actief biologisch monitoringonderzoek (ABM). Een dergelijk ABM onderzoek is uitgevoerd als een deelproject monitoring baggerproeven Ketelmeer (deelprojectcode SW 1202).

Doelstellingen binnen dit deelproject kunnen als volgt worden omschreven:

1. Is er een effect meetbaar in de vorm van veranderingen (verhogingen) van de accumulatie van stoffen in blootgestelde driehoeksmosselen ten opzichte van de nulsituatie ($T = 0$) binnen het proefvakgebied als gevolg van de baggeractiviteiten ter plaatse.
2. Zijn er veranderingen in de bioaccumulatie in blootgestelde driehoeksmosselen, dus in de stofconcentraties in het water, waar te nemen op locaties buiten het proefvakgebied als gevolg van wijzigingen in de activiteiten in de omgeving van het proefvakgebied in het Ketelmeer, zoals verhoogde vaarbewegingen, aanbrengen van een damwand ten behoeve van slibopslag en eventuele andere waterstaatkundige wijzigingen in het desbetreffende gebied.

Bij opwerveling van sterk verontreinigd slib, zoals dat in de waterbodem van het Ketelmeer voorkomt, zullen de gehalten in het water in het algemeen toenemen, waardoor ook de accumulatie van stoffen in driehoeksmosselen zal toenemen.

Voor actieve biologische monitoring (ABM) in het Ketelmeer werden zowel driehoeksmosselen (*Dreissena polymorpha*) als *Corbicula* mosselen (*Corbicula fluminea*) gebruikt, uitgehangen in netjes of ondergebracht in metalen korven op enige decimeters afstand van de waterbodem. Met zoetwatermosselen in een ABM onderzoek kunnen actuele contaminatieniveau's worden bepaald, die een indruk geven van de biobeschikbaarheid van microverontreinigingen voor organismen in de lagere trofische niveau's in voedselketens.

De te gebruiken driehoeksmosselen werden verzameld in mei in het IJsselmeer in de Zeughoek, nabij Medemblik. *Corbicula* mosselen zijn bemonsterd in de Lek nabij Schoonhoven.

De locaties waar het onderzoek heeft plaatsgevonden zijn in 1995 gesitueerd in (FL13) en buiten (boei en FL15) het proefvak in het Ketelmeer ten behoeve van de

proefbaggering. In 1996 zijn *Dreissena* mosselen uitgehangen op de locaties FL19 en FL20. De preciese plaatsbepaling is in overleg met de Directie IJsselmeergebied afgesproken.

De boei en FL15 liggen ten westen van het proefvak op respectievelijk 500 m en 2500 m. De meetpalen FL19 en FL20 liggen respectievelijk ten zuidoosten en ten westen van het nieuwe slib bergingsbassin in het Ketelmeer in 1996. *Corbicula* mosselen zijn op één locatie uitgezet (FL13), vóóraf en tijdens de proefbaggering in 1995.

In vergelijking met de driehoeksmosselen van de Zeughoek lagen sommige gehalten aan microverontreinigingen (PCBs, OCS, DDE en PAKs) in *Corbicula* op een aanzienlijk hoger niveau. Dit is het gevolg van de relatief hoge milieubelasting in de Lek. Op andere, schonere wateren in Nederland komen echter (nog) niet voldoende *Corbicula* voor ter gebruik in ABM proeven.

Het gevolg van deze hoge begingehalten is, dat na expositie van de *Corbicula* mosselen lagere gehalten werden gemeten dan in de referentie ("blanco") mosselen aanwezig waren. Zowel eliminatie van stoffen als de invloed van groeiverdunning kunnen in dit geval lagere gehalten in de uitgehangen *Corbicula* veroorzaken, indien de belasting met microverontreinigingen op de ABM locatie lager is dan op de herkomstlocatie van de *Corbicula* mosselen.

Ten opzichte van de uitgangssituatie nam het vetgehalte in de meeste mosselmonsters na twee tot vier weken toe. De toename van het vetgehalte in de mosselen uitgehangen aan de boei is slechts gering in vergelijking tot de andere monsters. Over het algemeen is de toename in vetgehalte na vier weken groter dan na twee weken, behalve voor de monsters uitgehangen aan de meetpaal FL15 met een geringere toename na vier weken. Voor de *Corbicula* uitgehangen in de periode vóór de proefbaggering daalde het vetgehalte enigszins.

De MTR ten aanzien van het ecosysteem voor kwik werd gemiddeld met een factor 2 tot 4 overschreden. Voor cadmium is de overschrijding een factor 5 tot 10.

Voor PCBs zijn alleen MTRs beschikbaar voor CB153. De gemeten gehalten aan CB153 in de driehoeksmosselen bleven minimaal een factor 7 onder de MTR ten aanzien van het ecosysteem. Voor de overige organochloorverbindingen werden op geen enkele locatie MTR normwaarden overschreden. Feitelijk bleven de gehalten evenals voor PCBs ver onder de MTR waarden. Resumerend blijken alleen voor zware metalen MTR waarden in blootgestelde mosselen in het Ketelmeer te zijn overschreden.

Aan de hand van beschikbare data zijn gehalte RSDs berekend, die inzage geven in de variantie van gehalte in driehoeksmosselen. Met behulp van RSDs kunnen 95% betrouwbaarheidsintervallen berekend worden, waarmee schattingen kunnen worden gedaan op welk niveau verschillen tussen meetwaarden significant zijn.

Rekening houdend met verschillende locaties en verschillende seizoenen kan men voor de gebruikte methoden van een significant verschil spreken wanneer het verschil in meetwaarde groter is dan tweemaal het 95% betrouwbaarheidsinterval. Er is dan immers (bij benadering) geen overlap van de betrouwbaarheidsintervallen van de beide meetwaarden. Voor de meeste stoffen wordt deze voorwaarde bereikt bij een verschil in meetwaarde van ongeveer 60%. Voor de PCBs is dan een ruime veiligheidsmarge meegenomen.

Effecten van proefbaggeren

In de monsters zoetwatermosselen, die zijn uitgehangen in het Ketelmeer, is een groot aantal accumulerende microverontreinigingen gemeten. Enkele van deze stoffen zijn specifiek voor bodemslib uit het Rijnstroomgebied. Het betreft de hoger gechloroerde CB congenen, octachloorstyreen (OCS) en DDE, die bij opwerveling van in het Ketelmeer gesedimenteerd Rijnslib in relatief grote hoeveelheden kunnen vrijkomen in de waterfase. De overige stoffen zijn minder specifiek voor Rijnslib of staan sterk onder invloed van andere factoren.

In onderstaande tabel zijn procentuele veranderingen van stofgehalten in geëxposeerde *Dreissena* mosselen gegeven ten opzichte van de situatie vóór de proefbaggering in het proefvak (FL13) in mei 1995 (T=0). De microverontreinigingen zijn verdeeld in een groep stoffen specifiek voor het door de Rijn gedurende vele jaren aangevoerde bodemslib van het Ketelmeer en een groep overige stoffen. Tot deze laatste groep behoren bestrijdingsmiddelen als lindaan (γ -HCH) en dieldrin, HCB en de zware metalen Pb en Cd. Van een significant verschil is sprake wanneer het verschil in gehalten 60% of meer bedraagt. Percentages, die boven het niveau van 60% uitgaan, zijn in de tabel onderstreept.

Procentuele verandering in gehalten in in het Ketelmeer blootgestelde *Dreissena* ten opzichte van de situatie vóór de proefbaggering op FL13 in mei 1995. Als referentie is ook het procentuele verschil in *Dreissena* in 1993 uitgehangen, vermeld.

Stof	Tijdens proefbaggering			Na proefbaggering		1993
	FL13	Boei	FL15	FL19	FL20	
	4 weken			4 weken		
CB52	57	<u>233</u>	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>214</u>	19
CB153	26	<u>160</u>	<u>76</u>	52	<u>93</u>	28
S7 PCB	29	<u>165</u>	<u>76</u>	<u>65</u>	<u>129</u>	18
OCS	33	<u>69</u>	<u>73</u>	27	57	-
DDE	20	<u>120</u>	60	<u>68</u>	<u>90</u>	20
Fluoranteen	16	<u>190</u>	<u>67</u>	33	<u>92</u>	-
Pyreen	25	<u>229</u>	<u>70</u>	<u>70</u>	<u>116</u>	-
Pb	-36	-3	-5	-8	37	-29
Hg	-50	16	11	0	16	50
HCB	-13	-18	-5	-40	-36	-58
γ -HCH	-30	-36	-14	70	60	43
Dieldrin	0	0	30	-8	-12	-40

Op FL13 in het proefvakgebied bleek tijdens baggeren geen significante verhoging van de accumulatie van stoffen te zijn opgetreden. Met name voor stoffen specifiek voor door de Rijn aangevoerd slib is tijdens baggeren de accumulatie van stoffen in *Dreissena* niet toegenomen. Tijdens de proefbaggering blijken de gehalten aan PCBs en OCBs in *Corbicula* mosselen op een lager niveau te liggen in vergelijking met de gehalten op T=0. Het vetgehalte in deze mosselen was sterk toegenomen, zodat groeiverdunning was opgetreden.

Zowel de resultaten voor *Dreissena* als voor *Corbicula* wijzen erop dat tijdens de baggerwerkzaamheden in juni 1995 geen grote veranderingen in de biobeschikbaarheid van stoffen in de onmiddellijke nabijheid van het baggeren zijn opgetreden. Hieruit kan voorzichtig de conclusie getrokken worden dat het baggeren in juni 1995 waarschijnlijk geen grote hoeveelheden slib van de Ketelmeerbodem heeft doen opwervelen.

Op de meetlocaties buiten het proefvakgebied blijken echter wel significante toenames in de accumulatie van PCBs, OCS, DDE en enkele PAK verbindingen ten opzichte van de nul-situatie (T=0) te zijn opgetreden. Voor de overige stoffen die zijn gemeten is een toename afwezig. Het is echter niet mogelijk om met de in deze studie verkregen gegevens onderscheid te maken tussen het proefbaggeren, als oorzaak van de verhoogde accumulatie in *Dreissena* uitgehangen ten westen van het proefvakgebied en andere factoren die mogelijk hebben bijgedragen aan deze verhoging. Te denken valt aan locatiegebonden factoren die invloed konden uitoefenen op de accumulatie van stoffen in blootgestelde mosselen, zoals de sterke verticale bewegingen van de mosselen vastgemaakt aan de boei en veranderingen in het stroompatroon van IJsselwater als gevolg van het aanbrengen van kunstwerken (slibbassins, damwanden) in het zuidelijk deel van het Ketelmeer.

De metingen met *Dreissena* mosselen in mei 1996 in de nabijheid van het proefvakgebied laten ook significante verhogingen zien ten opzichte van de nul-situatie in mei 1995. De locaties in 1996 waren echter op andere plaatsen gesitueerd, namelijk (zie figuur 2) FL19 ten zuidoosten van het nieuw geplande slibdepot en FL20 op enige afstand ten westen hiervan.

De in 1993 uitgevoerde metingen (Pieters, 1994) met driehoeksmosselen in het Ketelmeer nabij de Ketelbrug wijken niet significant af van de accumulatie-niveau's ten tijde van de nul-situatie in mei 1995. Vanaf de start van de werkzaamheden in het Ketelmeer in juni 1995 is dus een significante toename in accumulatie in *Dreissena* ten westen van het proefvakgebied waargenomen in vergelijking met eerdere metingen. In tegenstelling tot de sterke toename in mosselgehalten ten westen van het proefbaggergebied (> factor 2 voor Σ DDT en Σ 7PCB), blijkt de afgelopen twee jaar geen verhoging van de genoemde stoffen in de Rijn te hebben plaatsgevonden. De stijging in mosselgehalten kan dus niet het gevolg zijn geweest van een significante stijging van gehalten in het Rijnwater in 1995 en 1996.

Invloed van de werkzaamheden in het Ketelmeer vanaf juni 1995 op de biobeschikbaarheid van stoffen afkomstig uit het bodemslib als oorzaak voor de sterke toename van de gehalten in uitgehangen mosselen ten westen van het proefgebied kan dus zeker niet worden uitgesloten.

1. Inleiding

In 1995 en 1996 is door Rijkswaterstaat, Directie IJsselmeergebied, onderzoek uitgevoerd naar diverse baggermethoden, te gebruiken bij de sanering van de sterk verontreinigde waterbodembodem van het Ketelmeer. Onderdeel van dit Project Baggerproeven Ketelmeer is een deelproject monitoring effecten baggerproeven Ketelmeer. In dit deelproject wordt begeleidend monitoringonderzoek uitgevoerd naar de effecten van de baggerproeven behorende bij het baggerproject in 1995. Eén van de doelstellingen van het baggerproject is het vaststellen welke baggermethode de minste verspreiding van slib in de waterkolom geeft. Methoden om de eventuele opwerveling en verspreiding van bodemslib te meten, zijn direct door de bepaling van veranderingen in het zwevend stofgehalte, troebelheid of doorzicht en indirect door de meting van veranderingen in concentraties van microverontreinigingen in het water als gevolg van desorptieprocessen. Dit laatste kan bijvoorbeeld worden bepaald door meting van de accumulatie van microverontreinigingen in blootgestelde zoetwatermosselen in de waterfase (*Dreissena polymorpha*) of in en op de waterbodembodem (*Corbicula fluminea*): een actief biologisch monitoringonderzoek (ABM). Een dergelijk ABM onderzoek is uitgevoerd als een deelproject monitoring baggerproeven Ketelmeer (deelprojectcode SW 1202).

Doelstellingen binnen dit deelproject kunnen als volgt worden omschreven:

1. Is er een effect meetbaar in de vorm van veranderingen (verhogingen) van de accumulatie van stoffen in binnen het proefvakgebied blootgestelde driehoeksmosselen als gevolg van de baggeractiviteiten ter plaatse.
2. Zijn er veranderingen in de bioaccumulatie, dus in de stofconcentraties in het water waar te nemen als gevolg van wijzigingen in de activiteiten in de omgeving van het proefvakgebied in het Ketelmeer, zoals verhoogde vaarbewegingen, aanbrengen van een damwand ten behoeve van slibopslag en eventuele andere waterstaatkundige wijzigingen in het desbetreffende gebied, in blootgestelde driehoeksmosselen op locaties buiten het proefgebied.

Bij het opwerpen van slib van de waterbodembodem, neemt het zwevend stofgehalte in de waterkolom toe. Hierdoor verandert het evenwicht tussen gehalten van stoffen in het water en gehalten van stoffen geabsorbeerd aan deeltjes, waardoor de biobeschikbaarheid van stoffen wijzigt. Bij opwerveling van sterk verontreinigd slib, zoals dat in de waterbodembodem van het Ketelmeer voorkomt, zullen de gehalten in het water in het algemeen toenemen, waardoor ook de accumulatie van stoffen in driehoeksmosselen zal toenemen. De in het veld gemeten veranderingen in concentraties van stoffen in mosselen als gevolg van tijdens het baggeren opgewerveld sediment materiaal kunnen vergeleken worden met de nul-situatie ($T=0$) en de situatie na verwijdering van het sediment.

Ruimtelijke effecten van het baggeren kunnen bepaald worden door op verschillende afstanden, gerekend vanaf de meetpaal in het proefvak (referentiepunt) in stroomafwaartse richting, monsters driehoeksmosselen uit te hangen.

In het mariene milieu is sedert de zeventiger jaren de toepassing van ABM vrij algemeen gebruikelijk ten behoeve van metingen van het verontreinigingsniveau ("Musselwatch", Goldberg, 1978). In het zoete oppervlaktewater is het gebruik van driehoeksmosselen in ABM onderzoek in Nederland sinds 1982 (Marquenie, 1985) bekend. Dergelijke ABM onderzoeken zijn reeds uitgevoerd in verschillende oppervlaktewateren in Nederland, zoals in de Rijn en in de Maas (Van der Valk et al. 1989; Kraak et al. 1991). In de Elbe wordt sinds 1988 actieve biomonitoring met driehoeksmosselen uitgevoerd (Gaumert, 1993).

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. Driehoeksmosselen zijn zeer geschikt voor het meten van zware metalen en PAK's, stoffen, die in vis of minder sterk accumuleren (zware metalen) dan wel snel worden omgezet in meer wateroplosbare verbindingen (PAK's). Tevens blijkt uit voorlopige resultaten, dat de eliminatie van sterk lipofiele stoffen in driehoeksmosselen veel sneller verloopt dan in rode aal. Hierdoor is de actuele informatie bij gebruik van driehoeksmosselen optimaal (Pieters, 1995).

Naast het accumulatie-niveau en de biobeschikbaarheid van microverontreinigingen kan tevens een beeld verkregen worden van de invloed op biologische parameters zoals sterfte en groei. Andere 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 wordt gemaakt (Marquenie, 1985).

Beperkingen van deze ABM methode bestaan hierin dat alleen accumulerende stoffen zoals PCB's, organochloorpesticiden, PAK's en zware metalen in de driehoeksmosselen gemeten kunnen worden en dat de specifieke plaats alwaar de mosselen in de waterstroom worden gehangen van invloed kan zijn op het uiteindelijke resultaat. Voorts is het achtergrondniveau van accumulerende stoffen van het referentiemonster van belang. Bij een te hoog niveau in het uitgangsmateriaal zijn veranderingen in de concentraties na afloop van het ABM onderzoek minder duidelijk te verklaren. 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.

Uit onderzoek is gebleken dat na 1974 een snelle herkolonisatie van driehoeksmosselen (*Dreissena polymorpha*) van het Nederlandse deel van het Rijnstroomgebied en andere oppervlaktewateren, die onder directe invloed van het Rijnwater staan, heeft plaatsgevonden (Van Urk, 1976; Van der Wal, 1976).

Driehoeksmosselen bleken namelijk in 1970 niet meer in de Rijn en zijn zijtakken voor te komen, vermoedelijk door de sterk verslechterde waterkwaliteit (Van Urk, 1976). Terwijl in 1976 in de IJssel nog slechts vijf mosseltjes per m² werden gevonden lag dit aantal in 1983 reeds op 500-1000 per m² (Jenner, 1985). De populatie van driehoeksmosselen in het IJsselmeer vertoonde in de periode na 1981 op diverse plaatsen dichtheden van meer dan 2000 exemplaren per m² (Bij de Vaate, 1991).

De niet-inheemse Aziatische zoetwatermossel (*Corbicula fluminea*) is in 1988 voor het eerst in Nederland waargenomen in de Lek nabij Lekkerkerk (Bij de Vaate, 1991). Deze zoetwatermossel kwam toen voor in dichtheden van circa 40 exemplaren per m².

Corbicula soorten voldoen evenals de driehoeksmossel aan diverse criteria voor een

goed monitororganisme en is als zodanig in de Verenigde Staten meermalen gebruikt voor monitoringdoeleinden met betrekking tot zowel zware metalen als organochloorverbindingen (Hartley and Johnston, 1983; Tatem, 1986; Doherty, 1990).

Voor actieve biologische monitoring (ABM) in het Ketelmeer werden zowel driehoeksmosselen (*Dreissena polymorpha*) als *Corbicula* mosselen (*Corbicula fluminea*) gebruikt, uitgehangen in netjes of ondergebracht in metalen korven op enige decimeters afstand van de waterbodem. Met zoetwatermosselen in een ABM onderzoek kunnen actuele contaminatieniveau's worden bepaald, die een indruk geven van de biobeschikbaarheid van microverontreinigingen voor organismen in de lagere trofische niveau's in voedselketens. Aangezien deze lagere niveau's als voedsel voor hogere organismen kunnen dienen, inclusief toppredatoren, hebben de resultaten van ABM onderzoek voor de gehele voedselketen van betekenis.

2. Methoden

2.1 Bemonstering zoetwatermosselen

De te gebruiken driehoeksmosselen werden verzameld in mei in het IJsselmeer in de Zeughoek, nabij Medemblik, in een actie gecoördineerd door de Directie IJsselmeergebied en dezelfde dag naar het RIVO-DLO in IJmuiden getransporteerd.

Corbicula fluminea is in de eerste twee weken van mei 1995 bemonsterd in de Lek nabij Schoonhoven met behulp van een schepnet, dat over de bodem werd gesleept.

De driehoeksmosselen werden voor zover mogelijk ontdaan van aanwezige tarra, waarbij zoveel mogelijk trosjes mosselen werden geselecteerd. 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, werden trosjes driehoeksmosselen geschoven. Onder- en bovenkant van de netjes werden afgesloten door een knoop. In het midden van elk netje mosselen werd met behulp van stevig draad een insnoering gemaakt, waaraan de netjes ook werden opgehangen, zodat een saucijsvormig pakketje mosselen werd verkregen.

De netjes met driehoeksmosselen werden, verzwaard met een gewicht, opgehangen aan boeien of meetpalen in het baggerproefgebied in het Ketelmeer.

Tot aan het tijdstip van uithangen op de diverse locaties zijn de zoetwatermosselen bewaard in het RIVO aquarium in stromend, kopervrij leidingwater (watertemperatuur circa 12 °C; zuurstofgehalte >9 g/m³). De verblijftijd in het RIVO aquarium bedroeg enkele dagen. *Corbicula* mosselen zijn gedurende deze aquariumperiode ingegraven in ongeveer 10 cm bodemslib afkomstig van het Wolderwijd.

2.2 Uitvoering ABM veldwerk

Het uitzetten van de monsters zoetwatermosselen is door het RIVO-DLO met eigen personeel en materiaal uitgevoerd. De benodigde schepen en scheepstijd zijn ter beschikking gesteld door de Directie IJsselmeergebied. Na overleg tussen het RIVO-DLO als opdrachtnemer en de Directie IJsselmeergebied zijn voor de bevestiging van de

monsters zoetwatermosselen geschikte boeien uitgezocht en extra meetpalen door deze dienst in het onderzoeksgebied aangebracht.

De locatie waar het onderzoek heeft plaatsgevonden, is een proefvak in het Ketelmeergebied ten behoeve van de proefbaggering. De preciese plaatsbepaling is in overleg met de Directie IJsselmeergebied afgesproken.

Het monitoringonderzoek Ketelmeer is gesplitst in twee deelonderzoeken.

Deelonderzoek A omvat het onderzoek naar effecten op de beschikbaarheid van stoffen voor accumulatie in de voedselketen als gevolg van verwijdering van verontreinigd sediment en is verdeeld in drie fasen: uithangen van zoetwatermosselen op geschikte locaties

- Fase 1: vóóraf aan de proefbaggering op één locatie
- Fase 2: tijdens de baggerwerkzaamheden in het proefvak op twee locaties ongeveer 500 m van elkaar verwijderd.
- Fase 3: na afloop van de proefbaggering op twee locaties in het voorjaar van 1996.

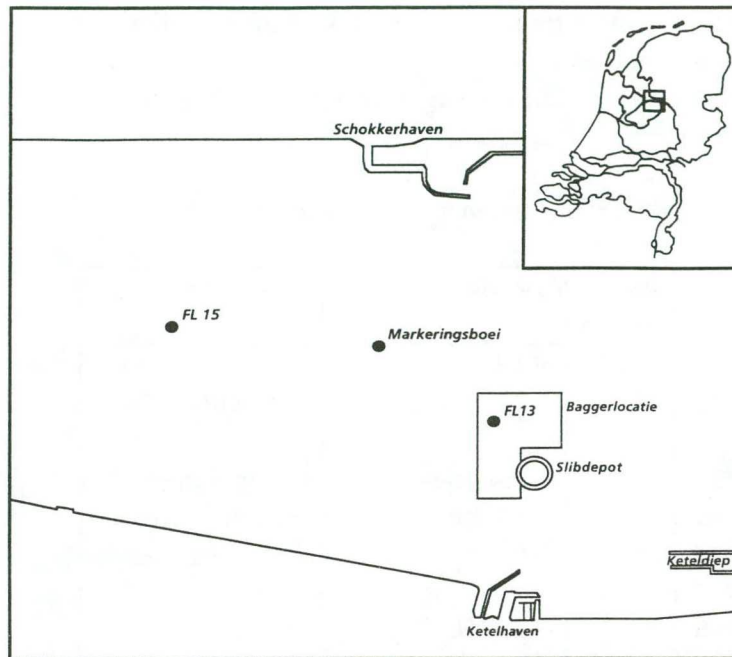
Deelonderzoek B is een uitbreiding van fase 2 en is erop gericht ruimtelijke en temporale effecten van het baggerproces in beeld te brengen. Als aanvulling op het onderzoek in fase 2 zijn daarvoor op een derde locatie op 2,5 km afstand van het proefvak (meetpaal) driehoeksmosselen uitgehangen. Hierdoor kan ook op iets grotere afstand het effect op de biobeschikbaarheid van stoffen door het baggerproces worden bepaald. Met behulp van drie meetlocaties kunnen concentratiegradiënten verkregen worden, waarmee effecten duidelijk in kaart gebracht kunnen worden en het onderzoeksresultaat aan betrouwbaarheid kan winnen. Tevens zijn de mosselen tweemaal bemonsterd, namelijk twee en vier weken na het uithangen. In verband met de planning van de proefbaggering bleek het niet mogelijk een langere expositieperiode van de mosselen in te passen.

In de figuren 1 en 2 zijn de proefgebieden in respectievelijk 1995 en 1996 in het Ketelmeer weergegeven met de posities waar zoetwatermosselen zijn uitgezet.

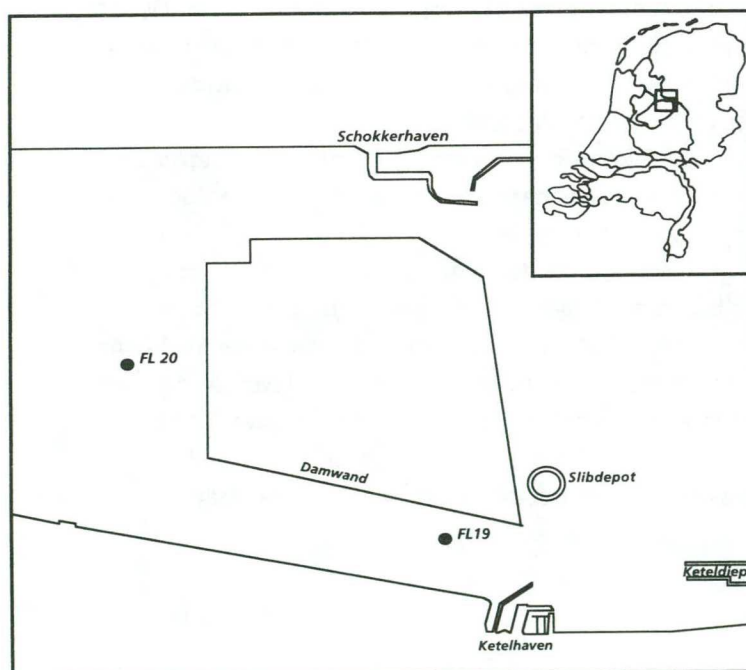
FL13 is de locatie in het proefvak ten behoeve van de proefbaggering. De boei en FL15 liggen ten westen van het proefvak op respectievelijk 500 m en 2500 m. De meetpalen FL19 en FL20 liggen respectievelijk ten zuidoosten en ten westen van het nieuwe slib bergingsbassin in het Ketelmeer in 1996.

De perioden waarin de monsters zoetwatermosselen in het proefgebied in het Ketelmeer zijn uitgezet zijn aangegeven in tabel 1.

Per locatie zijn 6 tot 10 netjes met driehoeksmosselen uitgehangen, hetgeen neerkomt op 2 tot 3 kg bruto. De hoogte boven de waterbodem bedroeg afhankelijk van de locatie 0,5 tot 2 m.



Figuur 1: Locaties in het Ketelmeer in voorjaar 1995 ten behoeve van actieve biologische monitoring met zoetwatermosselen. Voor locatie-omschrijving, zie tekst.



Figuur 2: Locaties in het Ketelmeer in voorjaar 1996 ten behoeve van actieve biologische monitoring met zoetwatermosselen. Voor locatie-omschrijving, zie tekst.

Corbicula mosselen zijn op één locatie uitgezet (FL13), vóóraf en tijdens de proefbaggering. Voor het uitzetten van *Corbicula* in de waterbodem is een vijftiental r.v.s. korven van 35 x 25 x 25 cm (l x b x h) vervaardigd uit vierkant geperforeerd plaatstaal. De korven werden voorzien van een deksel van hetzelfde materiaal, die kon worden vastgeschroefd met een bout, die vanaf de bodem van de korf tot door het deksel heen doorliep. De korven werden met twee zwarte betonstenen verzwaard, aan de zijkanten vastgemaakt met "tie ribs", opdat de korven enigermate in de slibbige bodem zouden wegzakken.

Tabel 1: Blootstellingsperioden van de zoetwatermosselen in het Ketelmeer

Expositie t.o.v. proefbaggering	Periode	Jaar	Aantal weken	Locaties	Mosselsoort
Vóóraf	22/5 - 19/6	1995	4	FL13	Driehoeksmossel
Vóóraf	22/5 - 19/6	1995	4	FL13	<i>Corbicula</i>
Tijdens	19/6 - 3/7	1995	2	FL13, boei, FL15	Driehoeksmossel
Tijdens	19/6 - 17/7	1995	4	FL13, boei, FL15	Driehoeksmossel
Tijdens	19/6 - 17/7	1995	4	FL13	<i>Corbicula</i>
Na afloop	15/5 - 14/6	1996	4	FL19, FL20	Driehoeksmossel

Vóóraf werd een korf met ter plaatse aanwezige slib tot ongeveer 10 cm hoogte opgevuld, waarna de mosselen in de korf werden overgebracht. Van *Corbicula* werden circa 150 exemplaren in een korf gedaan. Per locatie werden drie korven uitgezet. Na voorzichtig laten zakken van een korf tot deze op de waterbodem stond, werd de korf nog even flink aangedrukt om stevig in het sediment verankerd te worden. De korven stonden op 10 à 15 m van de meetpaal op een gemiddelde diepte van 3 m onder het wateroppervlak op dezelfde locaties als de driehoeksmosselen.

Om na de periode van uithangen van de driehoeksmosselen de eventueel opgetreden groei te kunnen beoordelen zijn van het uitgangsmateriaal en van de opgehaalde mosselmonsters frequentieverdelingen van de schelpenlengte bepaald. Daartoe is van elk monster 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 (<12 mm), het aantal levende en het aantal dode mosselen werd bepaald. Van de levende en dode (lege) mosselen zijn na schoning de lengtes gemeten. Tevens is het vleesgewicht bepaald van de levende mosselen in de lengteklasse 12-25 mm. Van het referentiemonster (blanco) is vooraf een submonster genomen ter bepaling van de monstergegevens.

2.3 Analysemethoden

2.3.1 Algemeen

Per monster worden de volgende analyses verricht:

9 PCB's, nrs 28, 52, 101, 105, 118, 138, 153, 156, 180
QCB, HCB, OCS, HCH's (3x), DDT's (3x)
PAK's (15x)
Hg, Cd, Pb
vochtgehalte, droge stof en asvrij drooggewicht.

Per monster is voor deze analyses een hoeveelheid mosselweefsel benodigd van 150 g natgewicht. Dit komt overeen met 1,5 kg driehoeksmosselen. Rekening houdende met tarra en verlies is per monsterlocatie omstreeks 1,5 tot 2 kg driehoeksmosselen gebruikt als uitgangsmateriaal.

2.3.2 Zware metalen

Kwik is bepaald door middel van flow injectie analyse en vlamloze atoomabsorptie spectrometrie. Gebruikte apparatuur bestond uit een AS-90 auto injector, 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% HNO₃ met behulp van een MDS 2000 Microwave (CEM) monsterdestructie systeem. De detectiegrens, berekend als drie maal de ruis, bedroeg 0,01 mg/kg op productbasis (Geuke, 1996). De analyse van cadmium en lood is uitgevoerd met differentiële puls-anodische stripping voltammetrie (Bouquet, 1996).

2.3.3 Organische microverontreinigingen

Polychloorbifenylen en organochloorpesticiden werden geanalyseerd met behulp van gaschromatografie (Perkin Elmer 8500) met ⁶³Ni-ECD detectie met een CP-Sil 19 CB kolom (de Boer, 1988). De opwerking van monsters vond plaats door middel van een soxhlet extractie met dichloormethaan/n-pentaan (1:1) gedurende 12 uur (voor mosselen). De organochloorverbindingen werden uit de vetfractie geïsoleerd door een tweevoudige kolomchromatografische scheiding, eerst over een Al₂O₃.6%H₂O kolom en vervolgens fractionering op een SiO₂.3% H₂O kolom. Als interne standaard werd 1,2,3,4 tetrachloornaftaleen toegevoegd. Gehalten zijn gecorrigeerd voor het recovery percentage.

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 (Bligh and Dyer, 1959; de Boer, 1988). Het asvrij drooggewicht werd berekend door van het droge stofgehalte het asgehalte (bepaald door verassing bij 800°C van 1 g weefselhomogenaat) af te trekken.

2.3.4 MTR waarden en overige ecotoxicologische tolerantie-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 kwaliteitsdoelstelling 2000, indien deze beneden het MTR liggen.

Tabel 2. Diverse gehanteerde normwaarden voor zoetwatermosselen in $\mu\text{g}/\text{kg}$ (de MTR waarden gelden voor standaardmosselen met 10% droge stof (zware metalen) of 1,3 % vet (organochloor-verbindingen))

Stoffen	Productbasis		
	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$
	MTR-mossel 1) t.a.v. eco- systeem	MTR-mossel 1) t.a.v. doorvergiftiging hogere organismen	MTR-voedsel 2) t.a.v. vogels
CB 153	84	200	380
QCB	60	100	-
HCB	15	24	95
α -HCH	195	1000	-
β -HCH	7	40	-
γ -HCH	154	240	-
Dieldrin	40	76	55
α -Endosulfan	0.02	140	1540
p,p'-DDE	18	22	28
p,p'-DDD	10	30	21
p,p'-DDT	48	42	40
Σ DDT	20	73	-
Totaal kwik	4.8	80	76
Methyalkwik	24.7	24	18
Cadmium	8	8	8
Lood	-	-	-

1) Beek, 1995, 2) Den Besten, 1996.

De concentraties in organismen zijn te scheiden in normwaarden inzake effecten van prooidier naar hogere organismen alsmede effecten op het ecosysteem. 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. Hierbij is gebruik gemaakt van, op laboratorium gegevens gebaseerde evenwichtsverdeling (BCF's). Deze omgerekende MTR waarden staan weergegeven in tabel 2.

2.4 Kwaliteitscontrole

Bij elke serie monsters werd een intern laboratoriumreferentiemateriaal (IRM) geanalyseerd. Voor de zware metalen betrof het een LAC-scholmonster en/of een LAC-mosselmonster, alsmede de CRM materialen Dolt-1 (vishomogenaat) van de NRCC, Canada (Cu) en mussel tissue (CRM 278) van de BCR te Brussel (Hg).

Voor de PCB's en organochloorpesticiden is als intern referentiemateriaal een kabeljauwlevermonster gebruikt.

Voor een aantal CB's, organochloorpesticiden en kwik werden de uitslagen van deze analyses in een kwaliteitskaart opgenomen, waaraan de kwaliteit van elke monsterserie getoetst kon worden. Kwik-, cadmium- en loodgehalten werden in duplo bepaald. Voor de overige stoffen werd één monsterduplo per serie ter controle van de herhaalbaarheid geanalyseerd. Bepaalbaarheidsgrenzen werden bepaald op basis van de variabiliteit van procedurele blanco's.

2.5 Berekening 95% betrouwbaarheidsintervallen

De 95% betrouwbaarheidsintervallen werden berekend volgens:

$$(RSD \times 1.9) / \sqrt{n}.$$

Hierin is RSD de (relatieve) standaardafwijking van het gemiddelde gehalte van een aantal submonsters en n het aantal submonsters.

Men kan de kritieke grenzen bepalen door het (gemiddeld) gehalte te vermeerderen respectievelijk te verminderen met bovengenoemde term. De tabelwaarde 1.9 kan worden teruggevonden als behorende bij het 97.5% oppervlak van een normale curve (in werkelijkheid 1.96). In dat geval is het eigenlijke 95% betrouwbaarheidsinterval dus dubbel zo groot als het bovengenoemde, 2.5% naar beneden zowel als naar boven. Omdat de RSD waarden van de mengmonsters driehoeksmosselen onbekend zijn worden schattingswaarden gebruikt, verkregen uit enkele onderzoeken naar de statistische variatie in concentratie-gegevens, welke in § 4 nader worden omschreven. De gegevens hiervoor werden verkregen uit de bepalingen in referentie mosselen afkomstig van de Zeughoek in het IJsselmeer over de afgelopen vijf jaar en een beperkt onderzoek naar de variatie in geëxposeerde driehoeksmosselen in het Biesboschgebied (Pieters, 1997).

3. Resultaten

3.1 Monsteromschrijving

In tabel 3 is een opsomming gegeven van de locaties en tijdsperioden, waarin de diverse monsters zoetwatermosselen zijn uitgehangen, respectievelijk zijn uitgezet. Vóór de baggerperiode zijn twee soorten zoetwatermosselen uitgezet. Driehoeksmosselen zijn tijdens het proefbaggeren tweemaal bemonsterd, namelijk na twee en na vier weken expositie. Van de monsters zoetwatermosselen zijn submonsters genomen ter bepaling van het percentage sterfte, de tarra, de lengteverdeling, gemiddelde lengte en het gemiddeld mossel- en schelpgewicht. De ruwe data zijn weergegeven in bijlage 1.

Tabel 3: Monsteromschrijving en locaties voor de uitgezete *Dreissena Polymorpha* en *Corbicula fluminea*.

Monster nr.	Locatie	Situatie	Datum in	Datum uit	Jaar	Periode (weken)
<i>Dreissena polymorpha</i> 1995						
11033	Blanco	n.v.t.	–	20/5	1995	–
11037	FL13	vóór baggeren	22/5	19/6	1995	4
11036	FL13	tijdens baggeren	19/6	3/7	1995	2
11030	FL13	tijdens baggeren	19/6	17/7	1995	4
11034	Boei	tijdens baggeren	19/6	3/7	1995	2
11029	Boei	tijdens baggeren	19/6	17/7	1995	4
11035	FL15	tijdens baggeren	19/6	3/7	1995	2
11028	FL15	tijdens baggeren	19/6	17/7	1995	4
<i>Corbicula fluminea</i> 1995						
11038	Blanco	n.v.t.	–	20/5	1995	–
11032	FL13	vóór baggeren	22/5	19/6	1995	4
11031	FL13	tijdens baggeren	19/6	17/7	1995	4
<i>Dreissena polymorpha</i> 1996						
16818	Blanco	na baggeren	15/5	14/6	1996	–
16816	FL19	na baggeren	15/5	14/6	1996	4
16817	FL20	na baggeren	15/5	14/6	1996	4

Een aantal berekende gegevens staat vermeld in bijlage 2. De lengteverdelingen voor *Dreissena* staan vermeld in bijlage 3. Voor *Corbicula* zijn geen lengteverdelingen opgenomen.

Het tarra percentage, gemeten in submonsters van 200 à 300 gram, varieerde van 0,4 tot 11%. De hogere percentages zijn veroorzaakt door enkele grote schelpen in het submonster. Het percentage dode, lege schelpen in de submonsters (sterfte) varieerde van 21 tot 47%. In 1995 gemiddeld 30% ($\pm 8\%$, $n = 8$), voor *Dreissena*, in 1996 gemiddeld 37% ($\pm 5\%$, $n = 3$). Voor *Corbicula* lag het percentage dode mosselen op eenzelfde niveau. Ten opzichte van de blanco werd in de uitgehangen monsters geen verschil in sterfte geconstateerd.

De gemiddelde lengte van de *Dreissena* monsters (totale populatie) varieerde slechts gering, in 1995 tussen 14,6 en 16,4 mm. De submonsters uitgehangen aan een boei tijdens de proefbaggering lieten de hoogste gemiddelde lengte zien (16,4 en 16,1 mm na respectievelijk twee en vier weken expositie). Ten opzichte van de overige submonsters (gemiddelde $15,0 \pm 0,3$ (n = 6)) betrof dit een significant verschil. In 1996 was de gemiddelde lengte van de *Dreissena* mosselen veel kleiner, gemiddeld $11,9 \pm 0,6$ mm.

Het gemiddelde gewicht per *Dreissena* mossel ($0,43 \pm 0,04$ g, n = 8) en het gemiddelde schelpgewicht ($0,26 \pm 0,02$, n = 11) varieerde nauwelijks en lieten zeker geen significante verschillen zien, zodat significante groeiverschijnselen niet waargenomen zijn tijdens de twee tot vier weekse expositieperioden.

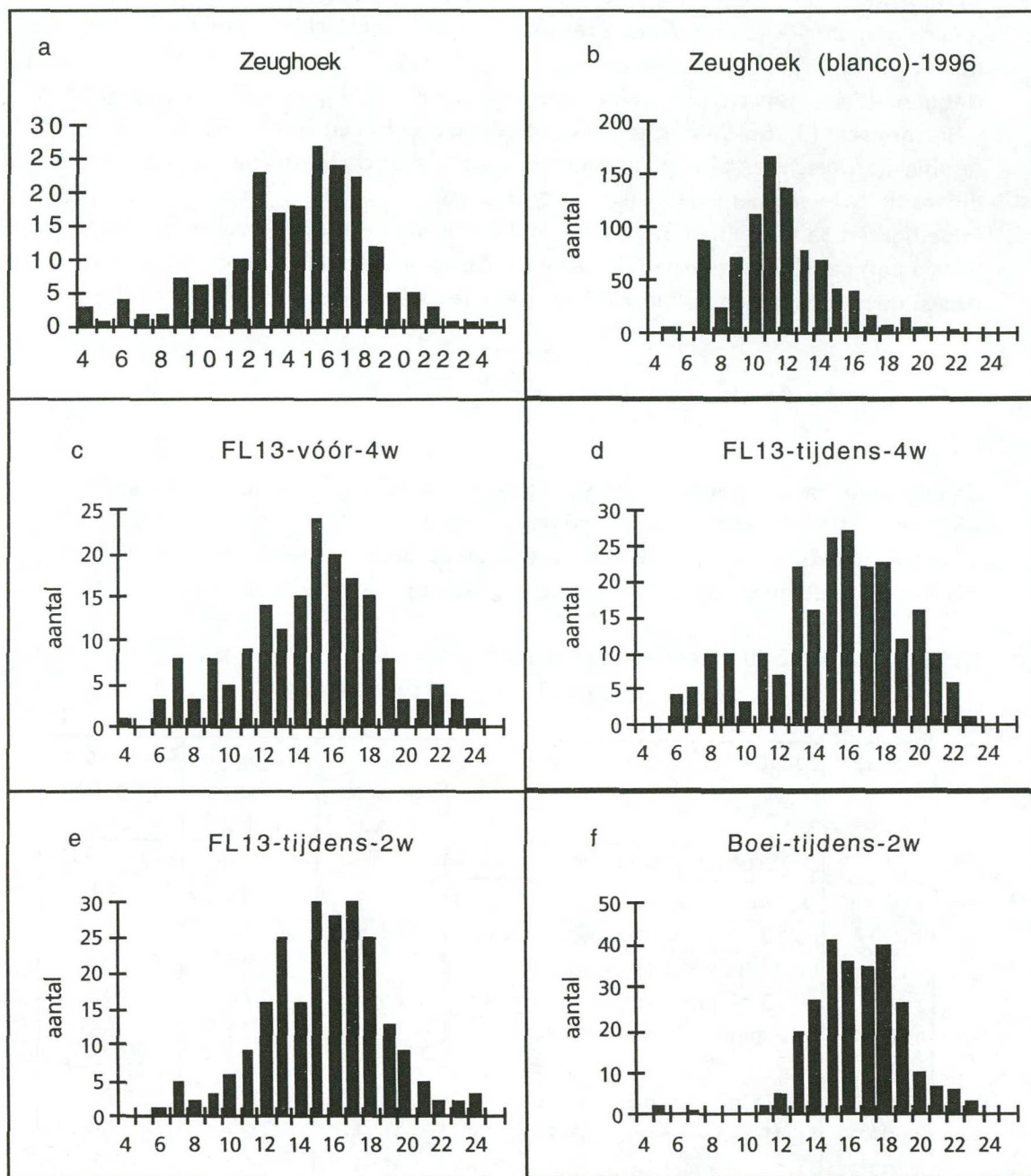
In de figuren 3a tot en met 3k zijn de lengteverdelingen voor de diverse submonsters (totale populatie) weergegeven. Opvallend is het grote verschil in gemiddelde lengte tussen de mosselen gebruikt in 1995 en 1996, respectievelijk 15,0 mm en 11,9 mm.

3.2 Biochemische samenstelling

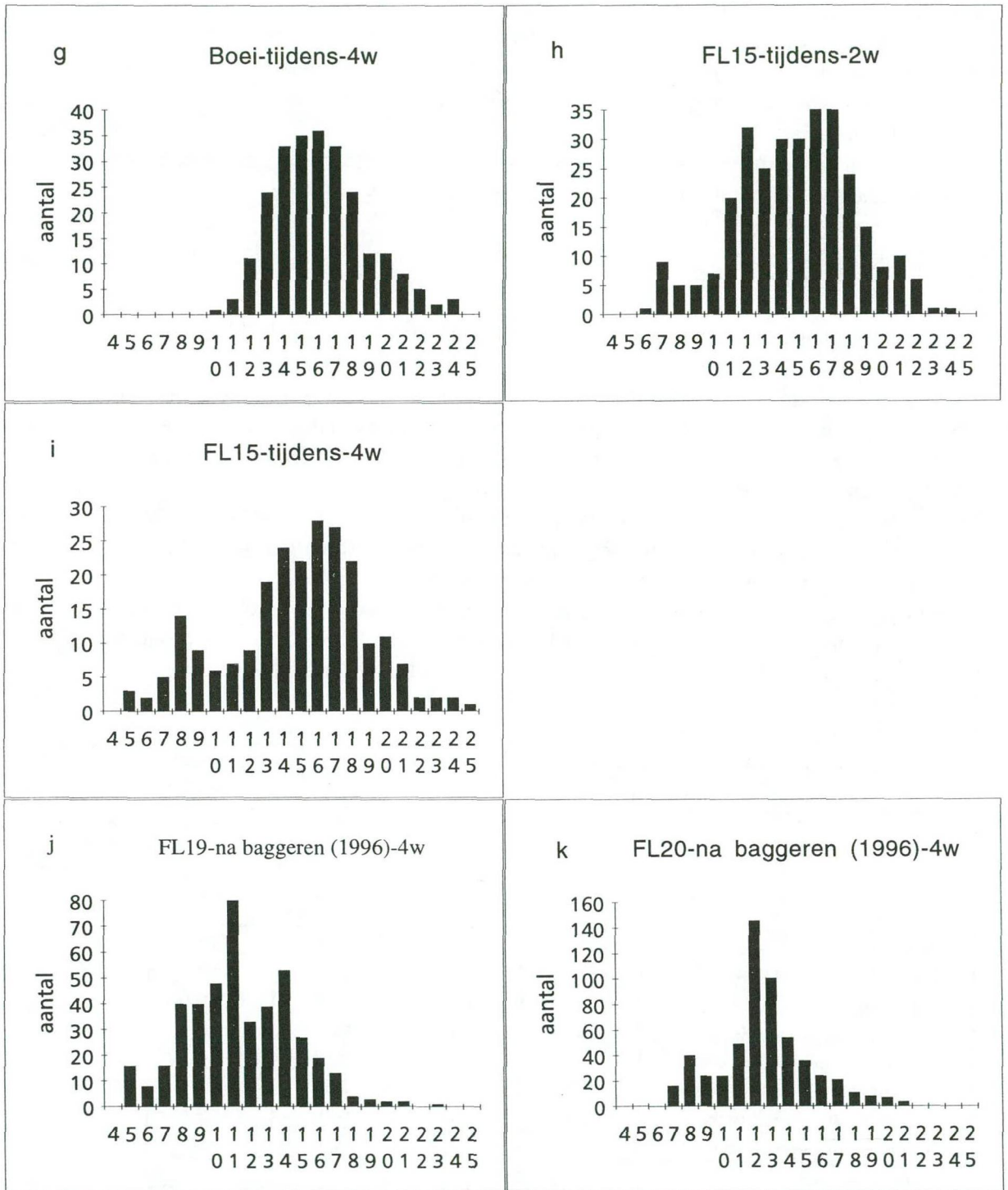
De gegevens betreffende het droge stofgehalte en het asvrij drooggewicht staan vermeld in tabel 4. Zware metalen zijn berekend op basis van het asvrij drooggewicht. Organische verbindingen worden weergegeven op basis van het vetgehalte. Voor de PAKs zijn ook de gehalten op basis van asvrij drooggewicht in een bijlage weergegeven.

Tabel 4: Biochemische samenstelling van de *Dreissena Polymorpha* (15-25 mm) en *Corbicula fluminea* (8 - 25 mm) submonsters

Monster nr.	Locatie	Vet-gehalte (g/kg)	Droge stof gehalte (g/kg)	Asvrij droge stof gehalte (g/kg)
<i>Dreissena polymorpha</i>				
11033	Zeughoek blanco	8.4	68	64
11037	FL 13 voor baggeren 4 weken	19.3	112	98
11036	FL 13 tijdens baggeren 2 weken	17	85	76
11030	FL 13 tijdens baggeren 4 weken	20.6	112	104
11034	Boei tijdens baggeren twee weken	10.9	74	68
11029	Boei tijdens baggeren 4 weken	11.6	77	72
11035	FL 15 tijdens baggeren 2 weken	16.3	87	80
11028	FL 15 tijdens baggeren 4 weken	13.6	107	95
<i>Corbicula fluminea</i>				
11038	Blanco Lek Schoonhoven	25.2	94.4	92.6
11032	FL 13 vóór baggeren 4 weken	22.1	135	127
11031	FL 13 tijdens baggeren 4 weken	35.9	157	150
<i>Dreissena polymorpha</i>				
16818	Blanco, Zeughoek	9.4	52	49
16816	FL19, na baggeren, 1996	10.7	87	74
16817	FL20, na baggeren, 1996	11.3	89	85



Figuur 3 a t/m f: Lengteverdelingen van de submonsters driehoeksmosselen, uitgehangen in het Ketelmeer en het uitgangsmateriaal uit de Zeughoek in 1995 en 1996.



Figuur 3 g t/m k: Lengteverdelingen van de submonsters driehoeksmosselen, uitgehangen in het Ketelmeer in 1995 en 1996.

Ten opzichte van de uitgangssituatie nam het vetgehalte in de meeste mosselmonsters na twee tot vier weken toe. De toename van het vetgehalte in de mosselen uitgehangen aan de boei is slechts gering in vergelijking tot de andere monsters. Over het algemeen is de toename in vetgehalte na vier weken groter dan na twee weken, behalve voor de monsters uitgehangen aan de meetpaal FL15 met een geringere toename na vier weken. Voor de *Corbicula* uitgehangen in de periode vóór de proefbaggering daalde het vetgehalte enigszins.

Ook de toename van het vetgehalte van *Dreissena* monsters tijdens de expositieperiode in 1996 is slechts gering in vergelijking met de veranderingen in 1995.

3.3 Zware metalen

De ruwe gegevens betreffende de gehalten aan zware metalen en organische microverontreinigingen op productbasis staan gegeven in de bijlagen 4 t/m 7. Ten opzichte van de uitgangssituatie (blanco) zijn gedurende de expositie vóór en tijdens de proefbaggering voor het kwikgehalte zowel toenamen als afnamen geconstateerd (tabel 5). Sommige afnamen vallen samen met een relatief sterke toename van het asvrij drooggewicht. In de mosselen bevestigd aan de boei (fig. 1) tijdens de proefbaggering valt de relatief grote toename in het kwikgehalte samen met een zeer geringe toename in het asvrij drooggewicht. Op de andere locaties tijdens de proefbaggering nam het kwikgehalte niet toe en was iets lager dan na de expositieperiode vóór de proefbaggering. In de driehoeksmosselen uitgehangen in 1996 is in vergelijking met 1995 een grote toename van het kwikgehalte waargenomen ($\pm 60\%$). De variaties in het cadmiumgehalte van de mosselmonsters waren procentueel veel geringer dan in het kwikgehalte.

Tabel 5: Zware metalen gehalte in *Dreissena Polymorpha* en *Corbicula fluminea* in mg/kg asvrij droge stof basis.

Locatie	Asvrije droge stof g/kg	Hg	Cd	Pb
		in mg/kg op	asvrijdroge	stof basis
<i>Dreissena Polymorpha</i>				
Zeughoek blanco	64	0.16	0.66	0.69
FL 13 vóór baggeren 4 weken	98	0.18	0.74	5.9
FL 13 tijdens baggeren 2 weken	76	0.17	0.75	4.6
FL 13 tijdens baggeren 4 weken	104	0.12	0.85	3.8
Boei tijdens baggeren 2 weken	68	0.20	0.78	5.6
Boei tijdens baggeren 4 weken	72	0.21	0.54	5.7
FL 15 tijdens baggeren 2 weken	80	0.14	0.65	3.3
FL 15 tijdens baggeren 4 weken	95	0.16	0.78	5.6
<i>Corbicula fluminea</i>				
Blanco Lek Schoonhoven	92.6	0.12	0.94	1.1
FL 13 vóór baggeren	127	0.15	0.87	4.3
FL 13 tijdens baggeren	150	0.11	0.59	2.9
<i>Dreissena Polymorpha</i>				
Blanco, Zeughoek	49	0.12	0.82	0.69
FL19, na baggeren, 1996	74	0.18	0.98	5.4
FL20, na baggeren, 1996	85	0.21	0.83	7.7

Tijdens het baggeren werden in 1995 cadmiumgehalten gemeten die tot 25% hoger waren dan de blanco en 10-20% hoger dan vóór de proefbaggering (niet significant). In de post-baggerperiode in 1996 wijkt het cadmiumgehalte minder dan 25% af van de gehalten in 1995. Ook de blanco is in 1996 iets hoger dan in 1995. Het cadmiumgehalte in *Corbicula* ligt op hetzelfde niveau als in *Dreissena*. De blanco waarde is echter hoger dan de meetwaarde na expositie in het Ketelmeer. Het cadmiumgehalte tijdens baggeren is lager dan vóór de baggerperiode.

Ten opzichte van de blanco nam het loodgehalte in *Dreissena* na expositie zowel in 1995 als in 1996 toe met een factor 5 tot 10. Het loodgehalte tijdens baggeren ligt op een gelijk tot lager niveau dan vóór de baggerperiode. Dit geldt ook voor *Corbicula*. Tijdens de post-baggerperiode is het lood gehalte iets hoger dan tijdens het baggeren. Evenals voor kwik is waargenomen, is het lood gehalte bij de boei locatie gemiddeld iets hoger dan bij de meetpalen FL13 en FL15.

3.4 Organische verbindingen

3.4.1 PCBs

Van de PCBs staan de CB congenen nrs 82, 52, 101, 118, 153, 138 en 180 in tabel 6 gegeven in $\mu\text{g}/\text{kg}$ op vetbasis. In bijlage 5 staan ook de CBs nrs 105 en 156 op productbasis vermeld. De variaties in PCB gehalten staan ook weergegeven in bijlagen 8 en 9. Het PCB gehalte in het *Dreissena* uitgangsmateriaal was lager dan in elk van de uitgehangen monsters driehoeksmosselen. *Corbicula* uit de Lek vertoonde echter een aanzienlijk hoger PCB gehalte, hetgeen afnam na de expositie. Deze afname bedroeg 23% in de periode voorafgaande aan de proefbaggering en 55% tijdens de proefbaggering, beide gemeten bij de meetpaal FL13.

De relatief grote afname ten tijde van de proefbaggering werd gedeeltelijk veroorzaakt door een snelle groei van de *Corbicula* mosselen. Het vetgehalte nam in vier weken toe van 25 tot 36 g/kg. De door groeiverdunning veroorzaakte snelle afname geeft aan dat de beschikbaarheid van PCBs op en in de waterbodem bij FL13 veel lager was dan voor de *Corbicula* in de Lek (uitgangsmateriaal) en de *Corbicula* uitgehangen tijdens de proefbaggering (zie bijlage 9).

Ten opzichte van de situatie vóór de proefbaggering bleek het PCB gehalte in *Dreissena* bij FL13 tijdens de baggering iets te zijn toegenomen (bijlage 8), bij de boei sterk te zijn toegenomen, terwijl het PCB gehalte bij FL15 daartussen in lag. In het proefvak zelf bij FL13 waren de PCB gehalten in *Dreissena* relatief het minst toegenomen ten opzichte van de periode vóór het baggeren.

Voor alle drie locaties gold, dat na vier weken expositie hogere gehalten werden gemeten dan na twee weken expositie. De gemeten PCB gehalten een jaar na de proefbaggering, bepaald na vier weken expositie, lagen op het niveau van FL15 in 1995 en op een hoger niveau dan gemeten in de periode voorafgaande aan de proefbaggering in 1995.

Tabel 6: Polychloorbifenylen in µg/kg vetbasis

1995 *Dreissena polymorpha*

CB nr.	11033	11037	11036	11030	11034	11029	11035	11028
	Zeug- hoek blanco	FL 13 vóór bagger- proef 4 wk	FL 13 tijdens bagger- proef 2 wk	FL 13 tijdens bagger- proef 4 wk	Boei tijdens bagger- proef 2 wk	Boei tijdens bagger- proef 4 wk	FL 15 tijdens bagger- proef 2 wk	FL 15 tijdens bagger- proef 4 wk
28	9.5	31	41	49	64	86	55	74
52	45	210	190	330	430	700	260	420
101	140	330	280	450	620	1000	390	640
118	77	160	120	190	270	390	160	280
153	260	460	360	580	810	1200	510	810
138	190	290	240	390	430	650	310	500
180	110	150	140	190	240	350	150	250
∑PCB(7)	860	1700	1400	2200	2900	4500	1900	3000
Vet (g/kg)	8.4	19	17	21	11	12	16	14

Tabel 6 vervolg: Polychloorbifenylen in µg/kg vetbasis

1995 *Corbicula fluminea* *Dreissena polymorpha*

CB nr.	1995 <i>Corbicula fluminea</i>			1996 <i>Dreissena polymorpha</i>		
	FL 13 tijdens bagger- proef 4 weken	FL 13 vóór bagger- proef 4 weken	Blanco Lek Schoon- hoven	Zeughoek blanco	FL19 na bagger- proef 4 weken	FL20 na bagger- proef 4 weken
28	90	41	40	11	100	260
52	400	450	440	11	420	660
101	500	770	1100	53	650	890
118	280	540	800	21	220	360
153	900	1800	2300	74	700	890
138	450	860	1100	53	430	540
180	150	240	330	32	220	270
∑PCB(7)	2800	4800	6200	280	2800	3900
Vet (g/kg)	35.9	22.1	25.2	9.4	10.7	11.3

3.4.2 OCBs

De groep van organochloorbestrijdingsmiddelen, inclusief enkele verontreinigingen van industriële afkomst, geeft een gemengd beeld te zien met gevarieerde uitkomsten (tabel 7 en de bijlagen 10 en 11). Op de twee westelijke meetlocaties (boei, FL15) namen tijdens de proefbaggering de gehalten van OCS, DDE en DDD in *Dreissena* aanzienlijk toe, terwijl de toename bij FL13 slechts gering was. Voor HCB en γ -HCH is op alle drie locaties een afname waargenomen, terwijl dieldrin nagenoeg gelijk was gebleven.

In *Corbicula* uit de Lek bleek het gehalte aan DDE, DDD en OCS erg hoog te zijn. Door het optreden van groeiverdunning tijdens de baggerproef kunnen nog enkele conclusies getrokken worden. Ten opzichte van de periode vóór baggeren zijn de gehalten in *Corbicula* tijdens het baggeren veel lager. Dit geldt ook voor de stoffen die in het uitgangsmateriaal op een zeer laag niveau lagen, zoals HCB, γ -HCH en dieldrin.

Tabel 7: Organochloorpesticiden in $\mu\text{g}/\text{kg}$ vetbasis

1995		<i>Dreissena polymorpha</i>							
OCB ver- binding	11033	11037	11036	11030	11034	11029	11035	11028	
	Zeug- hoek blanco	FL 13 vóór bagger- proef	FL 13 tijdens bagger- proef	FL 13 tijdens bagger- proef	Boei tijdens bagger- proef	Boei tijdens bagger- proef	FL 15 tijdens bagger- proef	FL 15 tijdens bagger- proef	
		4 wk	2 wk	4 wk	2 wk	4 wk	2 wk	4 wk	
QCB	6.0	21	18	21	22	24	23	28	
HCB	7.1	220	170	190	180	180	180	210	
OCS	13	51	44	68	69	86	53	88	
α -HCH	3.6	8.8	8.2	8.7	8.3	7.8	10	11	
β -HCH	3.6	11	12	20	10	15	15	22	
γ -HCH	3.6	44	34	31	31	28	41	38	
Dieldrin	32	40	35	39	37	41	37	52	
p,p' -DDE	67	100	88	120	150	220	120	160	
p,p' -DDD	25	52	60	68	88	150	74	96	
p,p' -DDT	11	29	26	26	21	22	23	18	
Vet (g/kg)	8.4	19	17	21	11	12	16	14	

Tabel 7 vervolg: Organochloorpesticiden in µg/kg vetbasis

1995	<i>Corbicula fluminea</i>			<i>Dreissena polymorpha</i>		
	11031	11032	11038	16818	16816	16817
OCB ver- binding	FL 13	FL 13	Blanco	1996		
	tijdens	vóór	Lek	Zeughoek	FL19	FL20
	bagger- proef	bagger- proef	Schoon- hoven	blanco	na bagger- proef	na bagger- proef
	4 wk	4 wk			4 wk	4 wk
QCB	25	39	9	10	19	18
HCB	210	330	11	10	130	140
OCS	42	81	95	10	65	80
α-HCH	21	29	2	10	9	9
β-HCH	22	28	5	10	19	18
γ-HCH	64	110	2	10	75	71
Dieldrin	31	43	13	10	37	35
p,p' -DDE	140	240	290	10	168	190
p,p' -DDD	67	100	83	10	56	71
p,p' -DDT	27	59	35	10	37	9
Vet (g/kg)	35.9	22.1	25.2	9.4	10.7	11.3

Tijdens de post-baggerperiode een jaar later lagen de gehalten bij FL19 en FL20 voor OCS en DDE op een vergelijkbaar niveau als bij FL15 in 1995, voor HCB, evenals QCB, op een veel lager niveau en voor γ-HCH op een hoger niveau.

3.4.3 Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAKs)

Gehalten aan PAKs staan vermeld in tabel 8 en weergegeven op vetbasis in de bijlagen 12 en 13. De PAK gehalten zijn in 1995 met een minder gevoelige detectiemethode gemeten, waardoor de hogere PAK verbindingen niet konden worden bepaald (zie tabel 8).

Tijdens de proefbaggering zijn enkele PAK gehalten gemeten bij de meetpaal F13 in het bagger proefvak slechts licht gestegen, enkele andere echter licht gedaald (fluoreen, fenantreen) ten opzichte van de gehalten vóór de baggerperiode. Bij de boei en meetpaal FL15 waren de gehalten in *Dreissena* in 1995 echter aanzienlijk (50-200%) gestegen ten opzichte van de periode vóór het baggeren.

In *Corbicula* bleek ook het gehalte aan PAKs in het uitgangsmateriaal te hoog om enige veranderingen in de biobeschikbaarheid door toename van de accumulatie te kunnen vaststellen.

Een jaar na de baggerperiode bleken de PAK gehalten hoger dan in de periode vóór baggeren was gemeten in 1995. In vergelijking met FL15 waarden tijdens baggeren lagen de gehalten in 1996 op een vergelijkbaar niveau.

Tabel 8: Polycyclische aromatische koolwaterstoffen in µg/kg vetbasis.

Dreissena polymorpha

PAK-verbinding	Zeug- hoek blanco	FL 13 vóór bagger- proef 4 wk	FL 13 tijdens bagger- proef 2 wk	FL 13 tijdens bagger- proef 4 wk	Boei tijdens bagger- proef 2 wk	Boei tijdens bagger- proef 4 wk	FL 15 tijdens bagger- proef 2 wk	FL 15 tijdens bagger- proef 4 wk
	acenaftien	48	73	29	41	120	190	70
fluoreen	120	160	180	49	92	260	180	74
fenantreen	1100	620	710	490	1100	1400	740	660
antraceen	24	26	35	24	46	86	25	44
fluoranteen	360	1200	940	1400	2100	3500	1200	2000
pyreen	120	880	650	1100	1700	2900	860	1500
benzo(a)antraceen	120	310	530	340	730	1100	310	510
chryseen	<12	52	29	39	120	230	43	51
benzo(e)pyreen	24	260	180	190	180	170	180	290
benzo(b)fluoranteen	<12	31	35	29	73	170	37	59
benzo(k)fluoranteen	<12	<12	<12	<12	<12	<12	<12	<12
benzo(a)pyreen	<6	<6	<6	<6	<12	17	<12	<12
dibenzo(ah)antraceen	<12	16	<12	<12	<12	<12	<12	<12
benzo(ghi)peryleen	<12	<12	<12	<12	<12	<12	<12	<12
indeno(123cd)pyreen	<36	<36	<36	<36	<36	<36	<36	<36

Tabel 8 vervolg: Polycyclische aromatische koolwaterstoffen in µg/kg vetbasis

*Corbicula fluminea**Dreissena polymorpha*

PAK-verbinding	<i>Corbicula fluminea</i>			1996 <i>Dreissena polymorpha</i>		
	FL 13 tijdens bagger- proef 4 wk	FL 13 vóór bagger- proef 4 wk	Blanco Lek Schoon- hoven	Zeughoek blanco	FL19 na bagger- proef 4 wk	FL20 na bagger- proef 4 wk
acenaftien	31	n.b.		21	19	32
fluoreen	28	n.b.	120	21	27	97
fenantreen	390	n.b.	600	4	71	500
antraceen	42	n.b.	28	1	160	320
fluoranteen	1600	1400	1300	98	1600	2300
pyreen	1400	1300	360	56	1500	1900
benzo(a)antraceen	310	700	360	3	700	1100
chryseen	45	800	24	110	1200	1800
benzo(e)pyreen	45	700	480	86	1300	1600
benzo(b)fluoranteen	11	480	12	120	940	1300
benzo(k)fluoranteen	3	180	4	49	370	550
benzo(a)pyreen	3	270	8	34	470	680
dibenzo(ah)antraceen	14	<20	79	64	56	53
benzo(ghi)peryleen	3	500	4	53	250	300
indeno(123cd)pyreen	10	290	12	110	380	460

4. Beoordeling

Tijdens de proefbaggering in 1995 zijn op drie locaties driehoeksmosselen uitgehangen. De omstandigheden op deze locaties zijn niet geheel vergelijkbaar geweest. Op FL13 en FL15 zijn de mosselen aan een meetpaal vastgemaakt, waardoor de invloed van golfslag gering is geweest. De mosselen die waren opgehangen aan de boei op 500 meter afstand van FL13 hebben wel veel te lijden gehad van sterke verticale bewegingen als gevolg van de golfslag. De invloed hiervan valt af te lezen aan het achterblijven van vet- en droge stofgehalten ten opzichte van de overige locaties, waar deze gehalten in de mosselmonsters sneller toegenomen zijn na uithangen. Door de ongunstiger omstandigheden waren de mosselen bij de boei gemiddeld meer gesloten en de voedselopname en filtratie van zwevend stof bleef daardoor achter bij de andere monsters. De invloed hiervan op de accumulatie van stoffen zal echter gering zijn. In het monitoringonderzoek Ketelmeer zijn de zoetwatermosselen vier weken op de diverse locaties uitgehangen in plaats van zes weken zoals in veel andere onderzoeken wordt toegepast. Reden voor de kortere expositieperiode was tijdgebrek. Voor de aanvang van de proefbaggering in 1995 diende nog de nulsituatie onderzocht te worden. Daardoor moesten alle expositieperioden worden gereduceerd tot vier weken. Uit de resultaten na twee en vier weken valt af te lezen dat waarschijnlijk ook na vier weken nog geen evenwichtssituatie is bereikt met betrekking tot de accumulatie van stoffen. Een gelijke tijdsperiode van expositie tijdens alle monitoringonderdelen van een vergelijkingsexperiment is dus essentieel.

Om enig idee te krijgen over de significantie van gemeten verschillen is inzicht nodig omtrent de variatie in gehaltemetingen. De totale variatie bestaat uit een analysedeel en een biologisch variatiedeel.

Sinds 1992 zijn driehoeksmosselen uit de Zeughoek, IJsselmeer, onderzocht op de aanwezigheid van microverontreinigingen. In tabel 9 zijn enkele resultaten over de afgelopen vijf jaar verwerkt tot standaarddeviaties van gemeten interne gehalten met bijbehorende RSDs in %.

Tabel 9: 95% betrouwbaarheidsintervallen in % voor meetwaarden van accumulerende verbindingen in driehoeksmosselen, bepaald met behulp van jaarlijkse metingen aan mosselen afkomstig uit de Zeughoek in het IJsselmeer

	RSD (%)	95% Betrouwbaarheids interval
PCBs	30	22
OCBs	40	29
Hg, Cd, Pb	40	29

In onderzoek aan de spaarbekkens in het Biesbosch gebied is een schatting verkregen van de variatie in de meetwaarde van het gehalte in driehoeksmosselen afkomstig van één locatie na zes weken expositie (tabel 10).

Met behulp van de RSDs kunnen 95% betrouwbaarheidsintervallen berekend worden (zie § 2.5) waarmee schattingen kunnen worden gedaan op welk niveau verschillen tussen meetwaarden significant zijn. Deze gegevens zijn ook opgenomen in de tabellen.

Indien submonsters zijn uitgehangen in dezelfde locatie over dezelfde tijdsperiode is de betrouwbaarheid veel groter (interval kleiner) en benadert daardoor meer de analytische variabiliteit met nog slechts een geringe bijdrage van de biologische variatie (tabel 10). De betrouwbaarheidsinterval-percentages berekend voor mosselen afkomstig uit de Zeughoek (tabel 9) gelden voor de variatie over meerdere jaren (1992-1995). Samenvattend en rekening houdend met verschillende locaties en verschillende seizoenen kan men voor de gebruikte methoden van een significant verschil spreken wanneer het verschil in meetwaarde groter is dan tweemaal het 95% betrouwbaarheidsinterval. Er is dan immers (bij benadering) geen overlap van de betrouwbaarheidsintervallen van de beide meetwaarden. Voor de meeste stoffen wordt deze voorwaarde bereikt bij een verschil in meetwaarde van ongeveer 60%. Voor de PCBs is dan een ruime veiligheidsmarge meegenomen (zie tabel 9).

Tabel 10: 95% betrouwbaarheidsintervallen in % voor de meetwaarde van interne concentraties van enkele microverontreinigingen in driehoeksmosselen, bepaald met behulp van vijf submonsters na expositie in De Gijster (Pieters, 1997)

	RSD (%)	95% interval
CB52	13	11
CB153	15	13
DDE	12	10
Cd	7	6
Pb	10	9
Hg	10	9
Cu	8	7
Zn	13	11

5. Discussie

5.1 Algemeen

Uit de figuren 3 (a en b) blijkt een groot verschil in gemiddelde lengte tussen de driehoeksmosselen, die in respectievelijk 1995 en in 1996 zijn opgevist van de Zeughoek in het IJsselmeer. De lagere gemiddelde lengte en de vorm van de staafdiagrammen van de mosselen uit 1996, wijzen op een jongere "jaarklasse" van de *Dreissena*. De gehalten aan PCBs en DDE waren in dit jongere materiaal veel lager dan in de driehoeksmosselen bemonsterd in voorgaande jaren in de Zeughoek. Voor zware metalen en diverse OCBs lagen de gehalten op een gelijk niveau. Accumulatie van microverontreinigingen vond in deze driehoeksmosselen tot vergelijkbare niveau's plaats als in voorgaande jaren en is dus vooral afhankelijk van de concentraties in het milieu op de expositielocaties. Onderlinge vergelijking van locaties blijft dus zinvol, hetgeen ook de kracht van de ABM monitoring methode aangeeft.

Submonsters driehoeksmosselen uitgehangen aan de boei in 1995 tijdens de proefbaggering hadden een hogere gemiddelde lengte dan de overige monsters driehoeksmosselen. Het betrof een significant verschil. Oorzaak van dit significante verschil is niet zozeer een grotere groei van de mosselen ter plaatse als wel een selectief verdwijnen van de kleinere mosseltjes als gevolg van de meer ongunstige omstandigheden. De mosselmonsters, vastgemaakt aan de boei, zijn continu onderhevig geweest aan golfslagbewegingen. Onder dergelijke omstandigheden is de byssusdraad productie minder met als gevolg dat kleinere mosselen door de mazen van de netjes kunnen "verdwijnen" (Pieters, 1993).

De voor actieve biomonitoring gebruikte *Corbicula* mosselen waren afkomstig van de Lek bij Schoonhoven. In vergelijking met de driehoeksmosselen van de Zeughoek lagen sommige gehalten aan microverontreinigingen (PCBs, OCS, DDE en PAKs) in *Corbicula* op een aanzienlijk hoger niveau. Dit is het gevolg van de relatief hoge milieubelasting in de Lek. Op andere, schonere wateren in Nederland komen echter (nog) niet voldoende *Corbicula* voor ter gebruik in ABM proeven.

Het gevolg van deze hoge begingehalten is, dat na expositie van de *Corbicula* mosselen lagere gehalten werden gemeten dan in de referentie ("blanco") mosselen aanwezig waren. Zowel eliminatie van stoffen als de invloed van groeiverdunning kunnen in dit geval lagere gehalten in de uitgehangen *Corbicula* veroorzaken.

Indien de eliminatie van stoffen uit de weefsels langzaam verloopt (maanden), zoals bij vis bekend is (De Boer et al, 1995), is groeiverdunning het belangrijkste proces waardoor gehalten in *Corbicula* kunnen dalen, wanneer de mosselen in een schoner milieu worden uitgehangen. Een toename van het vetgehalte tijdens expositie zal in dit geval sneller tot relevante interne gehalten met betrekking tot gehalten in het omringende milieu leiden.

5.2 Risicobeoordeling

Om enige betekenis te kunnen geven aan het niveau van verontreiniging in het Ketelmeer worden de gehalten aan microverontreinigingen in de uitgehangen zoetwatermosselen vergeleken met een aantal ecotoxicologische normwaarden, de MTR waarden voor mosselen ten aanzien van het ecosysteem en ten aanzien van doorvergiftiging naar hogere organismen. Tevens wordt een vergelijking gemaakt met

een MTR niveau in zoetwatermosselen, die bescherming geeft voor mosseletende watervogels. Voor eerdere gegevens omtrent het verontreinigingsniveau in het Ketelmeer wordt verwezen naar het RIVO rapport C004/94 (Pieters, 1994).

De MTR normwaarden worden uitgedrukt op productbasis. De gehalten in zoetwatermosselen op productbasis staan vermeld in de bijlagen 4 t/m 7.

De MTR ten aanzien van het ecosysteem voor kwik werd gemiddeld met een factor 2 tot 4 overschreden. Voor cadmium is de overschrijding een factor 5 tot 10. Voor lood is (nog) geen MTR waarde beschikbaar.

Voor PCBs zijn alleen MTRs beschikbaar voor CB153. De gemeten gehalten aan CB153 in de driehoeksmosselen bleven minimaal een factor 7 onder de MTR ten aanzien van het ecosysteem. Voor de overige organochloorverbindingen werden op geen enkele locatie MTR normwaarden overschreden. Feitelijk bleven de gehalten evenals voor PCBs ver onder de MTR waarden

Resumerend blijken alleen voor zware metalen MTR waarden in blootgestelde mosselen in het Ketelmeer te zijn overschreden. Rekening houdend met het feit dat na vier weken expositie een evenwichtinstelling voor zware metalen waarschijnlijk nog niet is bereikt, zal de werkelijke overschrijding bij autochtone mosselen zelfs groter kunnen zijn.

5.3 Effecten van proefbaggeren

In de monsters zoetwatermosselen die zijn uitgehangen in het Ketelmeer, is een groot aantal accumulerende microverontreinigingen gemeten. Enkele van deze stoffen zijn specifiek voor bodemslib uit het Rijnstroomgebied. Het betreft de hoger gechloroerde CB congenen, octachloorstyreen (OCS) en DDE, die bij opwerveling van in het Ketelmeer gesedimenteed Rijnslib in relatief grote hoeveelheden kunnen vrijkomen in de waterfase. De overige stoffen zijn minder specifiek voor Rijnslib.

Bij opwerveling van Rijnslib kunnen ook PAKs vrijkomen, alhoewel deze stoffen niet specifiek voor de Rijn genoemd kunnen worden. De in deze studie gemeten zware metalen (Hg, Cd, Pb) komen weliswaar in grote hoeveelheden in het Rijnslib voor, maar de Rijn is stellig niet de enige bron van deze zware metalen.

De verbindingen QCB en HCB zijn weliswaar specifiek voor de Rijn, maar hebben door hun grotere verdampingssnelheid een ten opzichte van bovengenoemde stoffen afwijkend gedrag, waardoor gehaltevariaties van deze stoffen in blootgestelde mosselen tussen locaties in aanzienlijke mate ook door andere factoren worden beïnvloed.

Om iets te kunnen zeggen over een eventueel vrijkomen van stoffen door opwerveling van bodemslib als gevolg van baggerwerkzaamheden kan gekeken worden of specifiek aan Rijnslib gebonden stoffen in gehalte zijn toegenomen in de weefsels van uitgehangen zoetwatermosselen na expositie ten tijde van het baggeren in vergelijking met de nul-situatie. Stoffen die hiervoor in aanmerking komen zijn dus de PCBs, OCS en DDE. Eventueel ook enkele PAKs.

In tabel 11 zijn de procentuele veranderingen van stofgehalten in geëxposeerde *Dreissena* mosselen gegeven ten opzichte van de situatie vóór de proefbaggering in het proefvak (FL13) in mei 1995. De microverontreinigingen zijn verdeeld in een groep stoffen specifiek voor het door de Rijn gedurende vele jaren aangevoerde bodemslib van het Ketelmeer en een groep overige stoffen. Tot deze laatste groep behoren bestrijdingsmiddelen als lindaan (γ -HCH) en dieldrin, HCB en de zware metalen Pb en Cd. In § 4 Beoordeling is de eventuele significantie van gehalte-verschillen in uitgehangen *Dreissena* besproken. Van een significant verschil is sprake wanneer het verschil in gehalten 60% of meer bedraagt. Percentages, die boven het niveau van 60% uitgaan, zijn in de tabel onderstreept.

Tabel 11. Procentuele verandering in gehalten in in het Ketelmeer blootgestelde *Dreissena* ten opzichte van de situatie vóór de proefbaggering op FL13 in mei 1995. Als referentie is ook het procentuele verschil in *Dreissena* in 1993 uitgehangen vermeld.

Stof	Tijdens proefbaggering			Na proefbaggering		1993
	FL13	Boei	FL15	FL19	FL20	
	4 weken			4 weken		
CB52	57	<u>233</u>	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>214</u>	19
CB153	26	<u>160</u>	<u>76</u>	52	<u>93</u>	28
Σ7 PCB	29	<u>165</u>	<u>76</u>	<u>65</u>	<u>129</u>	18
OCS	33	<u>69</u>	<u>73</u>	27	57	-
DDE	20	<u>120</u>	60	<u>68</u>	<u>90</u>	20
Fluoranteen	16	<u>190</u>	<u>67</u>	33	<u>92</u>	-
Pyreen	25	<u>229</u>	<u>70</u>	<u>70</u>	<u>116</u>	-
Pb	-36	-3	-5	-8	37	-29
Hg	-50	16	11	0	16	50
HCB	-13	-18	-5	-40	-36	-58
γ-HCH	-30	-36	-14	70	60	43
Dieldrin	0	0	30	-8	-12	-40

Op FL13 in het proefvakgebied bleek tijdens baggeren geen significante verhoging van de accumulatie van stoffen te zijn opgetreden. Met name voor stoffen specifiek voor door de Rijn aangevoerd slib is tijdens baggeren de accumulatie van stoffen in *Dreissena* niet toegenomen.

Tijdens de proefbaggering blijken de gehalten aan PCBs en OCBs in *Corbicula* mosselen op een iets lager niveau te liggen in vergelijking met de gehalten, die na expositie vóóraf aan de proefbaggering zijn gemeten. Het vetgehalte in deze mosselen was echter wel sterk toegenomen, zodat groeiverdunning is opgetreden. Op grond hiervan kan geconcludeerd worden dat ook *Corbicula*, evenals de *Dreissena*, tijdens de proefbaggering geen grotere belasting aan microverontreinigingen in vergelijking met de periode van expositie vóór de proefbaggering heeft ondergaan.

Zowel de resultaten voor *Dreissena* als voor *Corbicula* wijzen erop dat tijdens de baggerwerkzaamheden in juni 1995 geen grote veranderingen in de biobeschikbaarheid van stoffen in de onmiddellijke nabijheid van het baggeren zijn opgetreden. Hieruit kan voorzichtig de conclusie getrokken worden dat het baggeren in juni 1995 waarschijnlijk geen grote hoeveelheden slib van de Ketelmeerbodem heeft doen opwerpen.

Op de meetlocaties buiten het proefvakgebied (Boei, FL15, zie de figuren 1 en 2) blijken echter wel significante toenames in de accumulatie van PCBs, OCS, DDE en enkele PAKs ten opzichte van de nul-situatie (FL13) te zijn opgetreden. Voor de overige stoffen die zijn gemeten is een toename afwezig.

Het is echter niet mogelijk om met de in deze studie verkregen gegevens onderscheid te maken tussen het proefbaggeren, als oorzaak van de verhoogde accumulatie in *Dreissena* uitgehangen ten westen van het proefvakgebied en andere factoren die mogelijk hebben bijgedragen aan deze verhoging. Te denken valt aan locatiegebonden factoren die invloed konden uitoefenen op de accumulatie van stoffen in blootgestelde mosselen, zoals de sterke verticale bewegingen van de mosselen vastgemaakt aan de boei en veranderingen in het stroompatroon van IJsselwater als gevolg van het aanbrengen van kunstwerken (slibbassins, damwanden) in het zuidelijk deel van het Ketelmeer.

De metingen met *Dreissena* mosselen in mei 1996 in de nabijheid van het proefvakgebied laten voor enkele stoffen (PCB, DDE) significante verhogingen zien ten opzichte van de nul-situatie in mei 1995. Deze toenamen ten opzichte van de nul-situatie zijn echter veel geringer dan de in 1995 gemeten toenamen ten westen van het proefvakgebied. De locaties in 1996 waren op andere plaatsen gesitueerd, namelijk (zie figuur 2) FL19 ten zuidoosten van het nieuw geplande slibdepot en FL20 op enige km ten westen hiervan. De in 1993 uitgevoerde metingen (Pieters, 1994) met driehoeksmosselen in het Ketelmeer nabij de Ketelbrug wijken niet significant af van de accumulatie-niveaus ten tijde van de nul-situatie in mei 1995.

Vanaf de start van de werkzaamheden in het Ketelmeer in juni 1995 is dus een significante toename in accumulatie in *Dreissena* ten westen van het proefvakgebied waargenomen in vergelijking met eerdere metingen. De vraag rijst echter of deze toename het gevolg is van een recente toename in de gehalten van het Rijnwater. In figuur 4 zijn trends weergegeven van HCB, Σ DDT en Σ 7PCB in aal uit de Rijn bij Lobith en het IJsselmeer gedurende de laatste twee decennia. In tegenstelling tot de sterke toename in mosselgehalten ten westen van het proefbaggergebied (> factor 2 voor Σ DDT en Σ 7PCB), blijkt de afgelopen twee jaar geen verhoging van de genoemde stoffen in de Rijn te hebben plaatsgevonden. De stijging in mosselgehalten kan dus niet het gevolg zijn geweest van een significante stijging van gehalten in het Rijnwater in 1995 en 1996.

Invloed van de werkzaamheden in het Ketelmeer vanaf juni 1995 op de biobeschikbaarheid van stoffen afkomstig uit het bodemslib als oorzaak voor de sterke toename van de gehalten in uitgehangen mosselen ten westen van het proefgebied kan dus zeker niet worden uitgesloten.

Onderscheid tussen baggerwerkzaamheden, het aanbrengen van kunstwerken in het zuidelijke Ketelmeergebied of toegenomen scheepsbewegingen in het desbetreffende gebied als oorzaak voor de hogere gehalten ten westen van het slibdepot vanaf juni 1995, kan echter niet worden gemaakt.

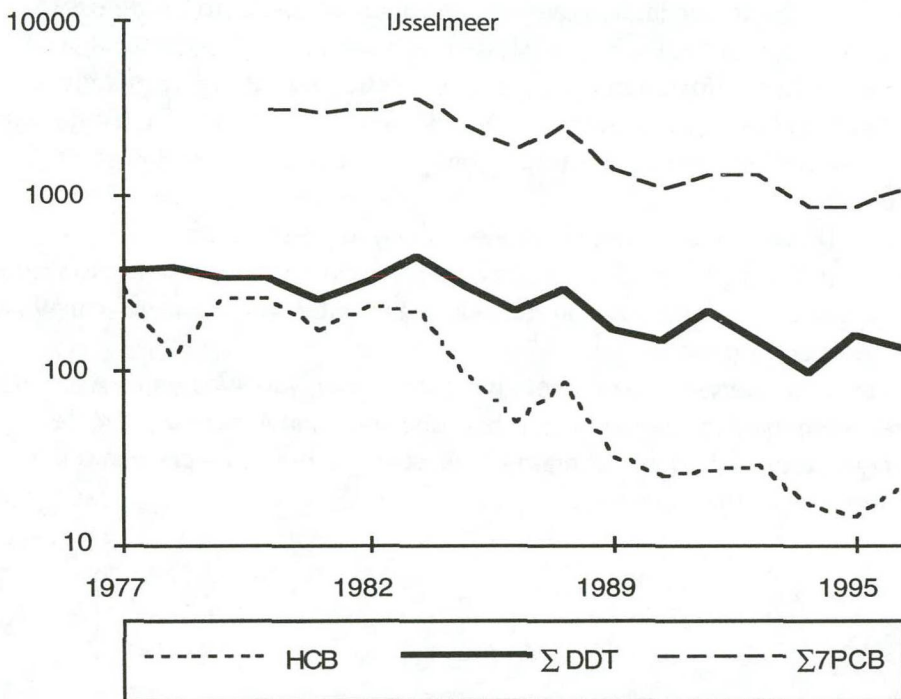
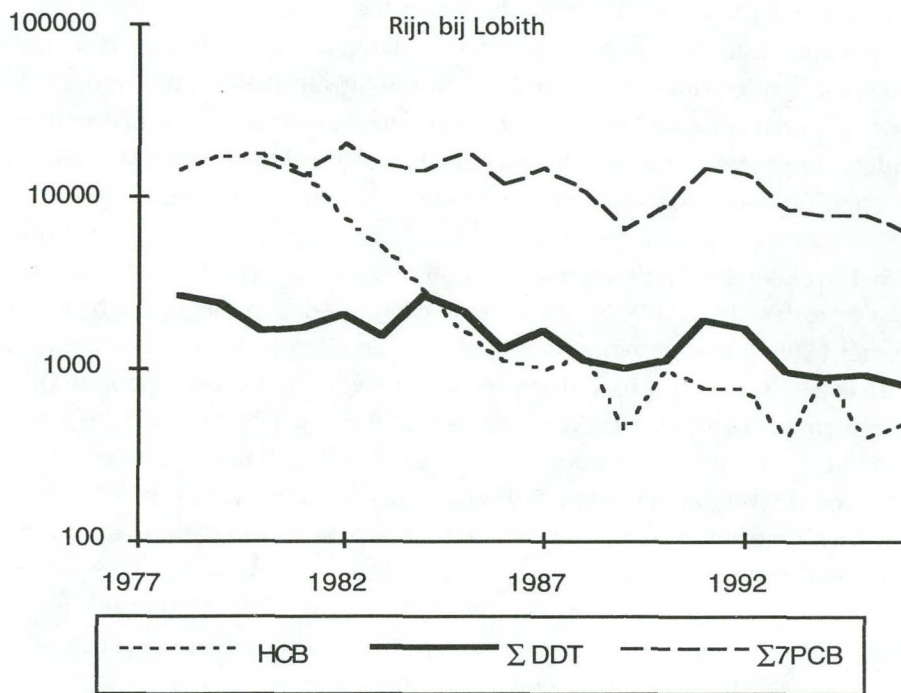


Fig. 4: Trends van de gehalten aan HCB, Σ DDT en Σ PCB in rode aal uit de Rijn bij Lobith en het IJsselmeer over de afgelopen twee decennia

6. Conclusies

Het voordeel van het gebruik van *Corbicula* in ABM proeven is dat naast de monitoring van het oppervlaktewater (*Dreissena*) ook de waterbodem, inclusief de bovenstaande paar cm in direct contact met het slib staande waterlaag, wordt gemeten. Nadeel is dat sommige beginconcentraties te hoog zijn. Door een aanzienlijke toename van het vetgehalte met als gevolg groeiverdunning konden nog conclusies worden verbonden aan de gemeten interne concentraties van de *Corbicula* monsters.

Alleen voor zware metalen zijn MTR waarden in blootgestelde mosselen in het Ketelmeer overschreden. Voor de overige stoffen bleven de gehalten in *Dreissena* ver onder de MTR waarde ten aanzien van bescherming van het ecosysteem.

Gehalten aan zware metalen, PCBs, Paks en organochloorbestrijdingsmiddelen in zowel *Dreissena* als *Corbicula* zijn in de omgeving van de baggerlocatie tijdens en na de baggerproeven in juni 1995 niet significant hoger ten opzichte van de uitgangssituatie, T=0.

Tijdens en na de proefbaggering hebben beide zoetwatermosselen dus niet of nauwelijks blootgestaan aan een hogere belasting van microverontreinigingen. Deze resultaten wijzen erop dat tijdens de baggerwerkzaamheden in juni 1995 en na de proefbaggering in 1996 geen grote veranderingen in de biobeschikbaarheid van stoffen in de onmiddellijke nabijheid van het baggeren zijn opgetreden. Hieruit kan voorzichtig de conclusie getrokken worden dat het baggeren in juni 1995 geen grote hoeveelheden slib van de Ketelmeerbodem heeft doen opwervelen.

Ten westen van het proefbaggergebied blijken in 1995 en 1996 echter wel significante toenames in de accumulatie van PCBs, OCS, DDE en enkele PAK verbindingen ten opzichte van de nulsituatie (T=0, FL13) te zijn opgetreden. Inzicht in de mogelijke oorzaken hiervan, met name het proefbaggeren, bleek met de verkregen gegevens niet te verkrijgen. Ook andere factoren hebben kunnen bijdragen aan deze verhoging, zoals de sterke verticale bewegingen van de mosselen vastgemaakt aan de boei en veranderingen in het stroompatroon van IJsselwater als gevolg van het aanbrengen van kunstwerken (slibbassins, damwanden) in het zuidelijk deel van het Ketelmeer. Vanaf de start van de werkzaamheden in het Ketelmeer in juni 1995 is tevens een significante toename in accumulatie in *Dreissena* uitgehangen buiten het proefvakgebied (in 1995 en 1996) waargenomen in vergelijking met eerdere metingen (in 1993). Deze toename viel niet te verklaren door een gelijktijdige trendmatige toename in de stofgehalten van Rijn- en IJsselmeerwater. Een toename van concentraties in het Rijnwater is in 1995 en 1996 niet waargenomen. Een bepaalde invloed van de werkzaamheden vanaf juni 1995 uitgevoerd in het zuidelijke deel van het Ketelmeer op de biobeschikbaarheid van stoffen, gemeten buiten het proefbaggergebied, kan dus niet worden uitgesloten.

7. Aanbevelingen

Uit de verkregen resultaten van het in dit rapport beschreven onderzoek komt naar voren dat de omstandigheden per ABM locatie een belangrijke factor blijkt te zijn voor de uiteindelijk gemeten accumulatie-niveau's. Een vergelijking van accumulatie-niveau's in verschillende expositieperioden per ABM locatie is dan ook zeer wenselijk. De nul-situatie is echter slechts op één ABM locatie gemeten, hetgeen als nadelig wordt ervaren bij de beoordeling van de proefresultaten.

In toekomstige ABM onderzoeken is het aanbevelenswaardig om per meetlocatie in een betreffend oppervlaktewater, indien relevant, de nul-situatie vóóraf aan de geplande saneringswerkzaamheden, te bepalen.

Het gebruik van *Corbicula* mosselen voor de beoordeling van de biobeschikbaarheid van microverontreinigingen vanuit vervuilde waterbodems zal aan waarde winnen indien mosselen kunnen worden toegepast met een lager uitgangsniveau aan microverontreinigingen. Het is aan te bevelen onderzoek uit te voeren naar de mogelijkheid concentratie-niveau's in *Corbicula* te verlagen door opslag in een aquarium in aanwezigheid van schoon slib en kopervrij leidingwater.

Uit het onderzoek komt naar voren dat na medio 1995 een verhoogd accumulatie-niveau in uitgehangen driehoeksmosselen is gemeten ten opzichte van daarvoor verrichte metingen. Om meer duidelijkheid te verkrijgen over de oorzaken hiervan is een herhaalde meting in 1997 en 1998 wenselijk. Blootstelling aan andere sliblagen als gevolg van de voortgaande baggeractiviteiten kan een dergelijk verhoogd accumulatie-niveau blijvend in de hand werken. Pas na sanering zal dan een lager niveau waargenomen kunnen worden. Met behulp van gericht trendonderzoek zal een en ander kunnen worden gevolgd.

Verklarende woordenlijst:

AAS	Atoomabsorptiespectrometer
ABM	Actieve biologische monitoring
AMK 2000	Algemene Milieu Kwaliteit 2000
adw	Asvrij drooggewicht
CB	ChloorbifenyI
Ecotoxicologische waarden	Concentratieniveau voor afwezigheid van effecten op het ecosysteem
FIAS	Flow Injection Analysis System
HCB	Hexachloorbenzeen
HCBD	Hexachloorbutadiëen
HCH	Hexachloorcyclohexaan
HEPO	Heptachloorepoxide
Consumptiestandaard	Normen vastgelegd in de Warenwet
MTR	Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau
Natgewicht	Versgewicht van filet of andere organen, cq organismen
OCB	Organochloorbestrijdingsmiddelen
OCS	Octachloorstyreen
PCB	PolychloorbifenyI
Productbasis	Gehalten uitgedrukt op basis van natgewicht
QCB	Pentachloorbenzeen
RSD	Relatieve Standaarddeviatie
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' - dichloordifenyItrichloorethaan

8. Literatuur

- Beek, M.A. (1995). De risico's van normen. Werkdocument 95097X, RIZA, WSC, Lelystad.
- Boer, J. de (1988). Chlorobiphenyls in bound and non-bound lipids of fishes; comparison of different extraction methods, *Chemosphere* 17, 1803-1810.
- Boer, J. de, and U.A.Th. Brinkman (1994). The use of fish as biomonitors for the determination of contamination of the aquatic environment by persistent organochlorine compounds. Teend in *Anal. Chemistry* vol. 13 (9), 397.
- 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. (1996). Bepaling van het gehalte aan cadmium en lood door square wave stripping voltammetrie in vis en visserijproducten. ISW nr. A042, RIVO-DLO, IJmuiden.
- Bij de Vaate, A. (1991). Distribution and aspects of population dynamics of the zebra mussel, *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1171) in the lake IJsselmeer area (The Netherlands), *Oecologia* 86; 40-50.
- Den Besten, P.J. (1996). Biotisch effectonderzoek Hollands Diep en Dordtse Biesbosch in het kader van Nader Onderzoek Waterbodem. NAOZ, RIZA notanr. xx.xxx (in voorbereiding)
- Derde Nota Waterhuishouding, VROM 1989, Den Haag.
- Doherty, F.G., (1990). The asiatic clam, *Corbicula* spp, as a biological monitor in freshwater environments, *Environ. Monitoring and Assessment* 15, 143 - 181.
- Gaumert, T. (1993). Biologisch Effektmonitoring mit der Dreikantmuschel *Dreissena polymorpha* in der Messstation Schnackenburg. Wassergütestelle Elbe, Hamburg.
- Gaumert, T. (1993). Schadstoffüberwachung der Elbe bei Schnackenburg mit der Dreikantmuschel, Aktives Biomonitoring 1990 - 1991, Wassergütestelle Elbe, Hamburg.
- Geuke, V. (1996). Het bepalen van kwik door vlamloze atoomabsorptie spectrometrie in vis en visserijproducten. ISW nr. A021, RIVO-DLO, IJmuiden.
- Goldberg, E.D. et al.(1978). The Musselwatch. *Environ. Conserv.* 5, 101 - 125.
- Hartley, D.M. and J.B. Johnston (1983). Use of the freshwater Clam *Corbicula manilensis* as a monitor for Organochloric Pesticides. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 31, 33-40.
- Jenner, H.A. en J.P.M. Mommen (1985). Driehoeksmosselen en aangroei problemen, *H₂O* 18, 2.
- Kaminsky, R. and R.A. Hites (1984). Octachlorostyrene in Lake Ontario: Sources and Fates, *Environ. Sci. Technol.* 18, 275.
- Kraak, M.H.S., M.C.Th. Scholten, W.H.M. Peeters and W. Chr. de Kock (1991). Biomonitoring of heavy metals in the western European Rivers Rhine and Meuse using the freshwater mussel *Dreissena polymorpha*. *Environ. Pollut.* 74,101.
- LNV, (1988) Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Landbouwwadviscommissie (LAC). Stuurgroep "Visverontreiniging", Jaarverslag 1990, Den Haag
- Marquenie, J.M. (1981). The freshwater mollusc *Dreissena polymorpha* as a potential tool for assessing bioavailability of heavy metals in aquatic systems. *Proc. Int. Conf. Heavy Metals in the Environment*, CEP Consultants, Edinburgh, 409 - 412.
- Marquenie, J.M., G. Hoornsman en P. Roele (1985). Een actief biologisch meetnet in de Maas. TNO rapport nr. R 85/155, Delft.

- Pieters, H. (1993). Het voorkomen van organische en anorganische microverontreinigingen in aal (*Anguilla anguilla*) en driehoeksmosselen (*Dreissena polymorpha*) in de spaarbekkens van het Waterwinningbedrijf Brabantse Biesbosch en omliggende wateren. RIVO rapport C004/93, IJmuiden.
- Pieters H. (1995). Actieve biologische monitoring met driehoeksmosselen (*Dreissena polymorpha*) in de Biesbosch spaarbekkens. RIVO-DLO rapport C030/94, IJmuiden.
- Pieters, H. en B.L. Verboom (1994). Biologische monitoring zoete rijkswateren: microverontreinigingen in driehoeksmosselen - 1993, RIVO rapport C011/93, IJmuiden.
- Pieters, H. en B.L. Verboom (1994) Biologische monitoring zoete rijkswateren: microverontreinigingen in driehoeksmosselen - 1993, RIVO rapport C004/94, IJmuiden.
- Pieters, H., V. Geuke en B.L. Verboom (1995). Accumulatie en eliminatie van microverontreinigingen in drie soorten zoetwatermosselen tijdens actieve biologische monitoring. Een vergelijkend onderzoek in Spijkerboor en Wolderwijd. Rapport C001/95, RIVO-DLO, IJmuiden.
- Pieters, H. (1997). Actieve biologische monitoring met driehoeksmosselen (*Dreissena polymorpha*) in de Biesbosch spaarbekkens - 1996. RIVO rapport C025/97, IJmuiden.
- Tatem, H.E. (1986). Bioaccumulation of Polychlorinated Biphenyls and Metals from Contaminated Sediment by Freshwater Prawns, *Macrobrachium rosentergii* and clams, *Corbicula flumeninea*.
- Van Hattum, B., P. Leonards, I. Burgers en B. van der Horst (1992). Microverontreinigingen in organismen uit de Nieuwe Merwede en de Dordtse Biesbosch, Rapport IVM nr E-92/22.
- 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, RIVO-DLO, IJmuiden.
- Van der Wal, R.J.(1976). De driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*) in het IJsselmeer, RIVO, Verslag doctoraalstudie, IJmuiden.
- Van Urk, G. (1976). De driehoeksmossel, *Dreissena polymorpha* in de Rijn, H₂O 17, 327.
- Warenwet, Regeling normen zware metalen, februari 1992, nr DGVgz/VVP/L92417.
- Stcrt 43; Regeling normen PCB's, nr 141639, Ministerie VROM, 1984, Den Haag.

Overzicht bijlagen:

bijlage 1	ruwe data mosselmonsters
bijlage 2	berekende gegevens mosselmonsters
bijlage 3	lengteverdelingen <i>Dreissena</i>
bijlage 4	de gehalten van zware metalen op productbasis
bijlage 5	de gehalten van PCBs op productbasis
bijlage 6	de gehalten van OCBs op productbasis
bijlage 7	de gehalten van PAKs op productbasis
bijlage 8	Figuur PCB gehalten in 1995
bijlage 9	Figuur PCB gehalten in 1996 en van <i>Corbicula</i> in 1995
bijlage 10	Figuur OCB gehalten in 1995
bijlage 11	Figuur OCB gehalten in 1996 en van <i>Corbicula</i> in 1995
bijlage 12	Figuur PAK gehalten in 1995
bijlage 13	Figuur PAK gehalten in 1996 en van <i>Corbicula</i> in 1995
bijlage 14	Vergelijking data in <i>Dreissena</i> in 1993 en 1995

Tabel 12: Biologische parameters van Dreissena en Corbicula monsters

			Dreissena								
			blanco	FL 13	FL 13	FL 13	FL 15	FL 15	boei	boei	
			20/5 BV06	19/6 BV10	3/7 BVO9	17/7 BV03	3/7 BV08	17/7 BV01	3/7 BV07	17/7 BV02	
BRUTO (gram)			88.6	72.1	105.6	-	139.4	-	126.2	-	
TARRA (hechtmateriaal)			3.6	1.3	0.4	12.3	1.2	7.7	2.4	1.6	
NETTO	levend	schelpen	48.6	42.8	58.3	63.3	73.4	62.1	68.8	69.3	
		vlees	36.4	28.0	46.9	-	64.8	-	55.0	-	
LENGTE	(mm)										
	4		3	1							
	5		1					3	2		
	6		4	3	1	4	1	2			
	7		2	8	5	5	9	5	1		
	8		2	3	2	10	5	14			
	9		7	8	3	10	5	9			
	10		6	5	6	3	7	6		1	
	11		7	9	9	10	20	7	2	3	
	12		10	14	16	7	32	9	5	11	
	13		23	11	25	22	25	19	20	24	
	14		17	15	16	16	30	24	27	33	
	15		18	24	30	26	30	22	41	35	
	16		27	20	28	27	35	28	36	36	
	17		24	17	30	22	35	27	35	33	
	18		22	15	25	23	24	22	40	24	
	19		12	8	13	12	15	10	26	12	
	20		5	3	9	16	8	11	10	12	
	21		5	3	5	10	10	7	7	8	
	22		3	5	2	6	6	2	6	5	
	23		1	3	2	1	1	2	3	2	
	24		1	1	3		1	2		3	
	25		1					1			
	maat			10.8	9.6	10.5	9.3	10.7	9.3	11.0	11.0
	aantal	dood									
ondermaats			1	2		8	5	7	1		
	maats		86	48	90	196	95	96	109	85	
(totaal)											
aantal levend			201	176	230	230	299	232	261	242	
aantal dood			87	50	90	204	100	103	110	85	
gemiddelde lengte			15.0	14.6	15.4	15.2	14.9	14.8	16.4	16.1	
gemiddeld gewicht			0.42	0.40	0.46	-	0.46	-	0.47	-	
gemiddeld schelpgewicht			0.24	0.24	0.25	0.28	0.25	0.27	0.26	0.29	
gemiddeld vleesgewicht			0.18	0.16	0.20	-	0.22	-	0.21	-	

Bijlage 1, vervolg

Tabel 12, vervolg: Biologische parameters van Dreissena en Corbicula monsters

			<i>Corbicula</i> 1995			<i>Dreissena</i> 1996		
			blanco	FL 13	FL 13	Blanco	FL 19	FL 20
BRUTO (gram)			20/5 716	19/6 734	17/7 696	15/5 256.8	14/6 139.9	14/6 185.7
TARRA (hechtmateriaal)						32.6	3.1	9.2
NETTO	levend	schelpen	523	508	450	55.0	27.7	50.7
		vlees	193	226	246	28.4	16.5	31.2
LENGTE	(mm)							
	4							
	5					8	16	
	6						8	
	7					87	16	16
	8					24	40	40
	9					72	40	24
	10					112	48	24
	11					168	80	49
	12					137	33	146
	13					80	39	101
	14					71	53	54
	15					43	27	36
	16					39	19	24
	17					19	13	21
	18					9	4	11
	19					16	3	8
	20					8	2	7
	21					2	2	4
	22					5		
23					2	1		
24					1			
25								
range			8-29	8-25	8-25			
maat						13.5	14.2	13.2
aantal	ondermaats					687	352	351
	maats					216	92	214
(totaal)								
aantal levend			300	344	210	216	92	214
aantal dood			79	90	142	120	66	105
gemiddelde lengte			-	-	-	11.7	11.5	12.6
gemiddeld gewicht			2.39	2.13	3.32	0.39	0.48	0.38
gemiddeld schelpgewicht			1.74	1.48	2.14	0.25	0.30	0.24
gemiddeld vleesgewicht			0.64	0.66	1.17	0.13	0.18	0.15

Bijlage 2

Tabel 13: Monstergegevens Dreissena Polymorpha.

	11033 1995 Zeughoek blanco	11037 FL 13 voor baggeren 4 weken	11036 FL 13 tijdens baggeren 2 weken	11030 FL 13 tijdens baggeren 4 weken	11034 Boei tijdens baggeren 2 weken	11029 Boei tijdens baggeren 4 weken	11035 FL 15 tijdens baggeren 2 weken	11028 FL 15 tijdens baggeren 4 weken	11031 Corbicula Blanco Lek Schoon- hoven	11032 Corbicula FL 13 vóór baggeren 4 weken	11038 Corbicula FL 13 tijdens baggeren 4 weken	16818 1996 Zeughoek blanco	16816 FL19 na baggeren 4 weken	16817 FL20 na baggeren 4 weken
Tarra (%)	4	2	0.4	>10	2	2	0.9	7	-	-	-	11	2.1	4.7
Sterfte (%)	30	22	28	47	30	26	25	31	21	21	40	36	42	33
Gemiddelde lengte (mm) 4-25	15.0	14.6	15.4	15.2	16.4	16.1	14.9	14.8	8 - 29 Range (mm)	8 - 25 Range (mm)	8 - 25 Range (mm)	11.7	11.5	12.6
Gemiddelde lengte (mm) 12 - 25	16.2	16.1	18.6	15.8	16.6	16.2	15.9	16.7	-	-	-	18.4	17.6	17.1
Gem gewicht per mossel (g)	0.42	0.40	0.46	-	0.47	-	0.46	-	2.39	2.13	3.32	0.39	0.48	0.38
Schelpgewicht per mossel (g) 4 - 25 mm	0.24	0.24	0.25	0.28	0.26	0.29	0.25	0.27	1.74	1.48	2.14	0.25	0.30	0.24

Bijlage 3

Tabel 14: Lengteverdeling Dreissena Polymorpha

Lengte Lengte	11033 1995 Zeughoek blanco	11037 FL 13 voor baggeren 4 weken FL 13	11036 FL 13 tijdens baggeren 2 weken FL 13	11030 FL 13 tijdens baggeren 4 weken FL 13	11034 Boei tijdens baggeren 2 weken Boei	11029 Boei tijdens baggeren 4 weken Boei	11035 FL 15 tijdens baggeren 2 weken FL 15	11028 FL 15 tijdens baggeren 4 weken FL 15	16818 1996 Zeughoek blanco	16816 FL19 na baggeren 4 weken FL19	16817 FL20 na baggeren 4 weken FL20
	Zeughoek	FL 13	FL 13	FL 13	Boei	Boei	FL 15	FL 15	Zeughoek	FL19	FL20
4	3	1									
5	1				2			3	8	16	
6	4	3	1	4			1	2		8	
7	2	8	5	5	1		9	5	87	16	16
8	2	3	2	10			5	14	24	40	40
9	7	8	3	10			5	9	72	40	24
10	6	5	6	3		1	7	6	112	48	24
11	7	9	9	10	2	3	20	7	168	80	49
12	10	14	16	7	5	11	32	9	137	33	146
13	23	11	25	22	20	24	25	19	80	39	101
14	17	15	16	16	27	33	30	24	71	53	54
15	18	24	30	26	41	35	30	22	43	27	36
16	27	20	28	27	36	36	35	28	39	19	24
17	24	17	30	22	35	33	35	27	19	13	21
18	22	15	25	23	40	24	24	22	9	4	11
19	12	8	13	12	26	12	15	10	16	3	8
20	5	3	9	16	10	12	8	11	8	2	7
21	5	3	5	10	7	8	10	7	2	2	4
22	3	5	2	6	6	5	6	2	5		
23	1	3	2	1	3	2	1	2	2	1	
24	1	1	3			3	1	2	1		
25	1							1			

Tabel 15: Zware metalen gehalte in *Dreissena Polymorpha* en *Corbicula fluminea* in mg/kg productbasis.

Monster nr.	Locatie	Hg	Cd	Pb
		mg/kg productbasis		
<i>Dreissena Polymorpha</i>				
11033	Zeughoek blanco	0.010	0.042	0.044
11037	FL 13 voor baggeren 4 weken	0.018	0.073	0.560
11036	FL 13 tijdens baggeren 2 weken	0.013	0.057	0.347
11030	FL 13 tijdens baggeren 4 weken	0.012	0.088	0.393
11034	Boei tijdens baggeren 2 weken	0.014	0.053	0.380
11029	Boei tijdens baggeren 4 weken	0.015	0.039	0.408
11035	FL 15 tijdens baggeren 2 weken	0.011	0.052	0.266
11028	FL 15 tijdens baggeren 4 weken	0.015	0.074	0.536
<i>Corbicula fluminea</i>				
11031	FL 13 tijdens baggeren	0.016	0.09	0.43
11032	FL 13 vóór baggeren	0.019	0.11	0.54
11038	Blanco Lek Schoonhoven	0.011	0.09	0.10
<i>Dreissena Polymorpha</i>				
16818	Blanco, Zeughoek	0.006	0.04	0.034
16816	FL19, meetpaal, na baggeren, 1996	0.013	0.073	0.40
16817	FL20, meetpaal, na baggeren, 1996	0.018	0.071	0.66

Bijlage 5

Tabel 16: Polychloorbifenylen in µg/kg produktbasis

<i>Dreissena polymorpha</i>								
CB nr.	11033	11037	11036	11030	11034	11029	11035	11028
	Zeughoek blanco	FL 13 voor baggeren 4 weken	FL 13 tijdens baggeren 2 weken	FL 13 tijdens baggeren 4 weken	Boei tijdens baggeren 2 weken	Boei tijdens baggeren 4 weken	FL 15 tijdens baggeren 2 weken	FL 15 tijdens baggeren 4 weken
28	0.08	0.6	0.7	1	0.7	1	0.9	1
52	0.38	4.1	3.2	6.7	4.7	8.1	4.3	5.7
101	1.2	6.4	4.7	9.2	6.8	12	6.4	8.7
118	0.65	3.0	2	4	2.9	4.5	2.6	3.8
153	2.2	8.8	6.1	12	8.8	14.0	8.3	11
105	0.11	0.47	0.4	0.58	0.37	0.39	0.44	0.55
138 + 163	1.6	5.6	4	8	4.7	7.5	5.0	6.8
156	0.11	0.4	0.29	0.44	0.33	0.47	0.35	0.41
180	0.92	2.8	2.3	4	2.6	4.1	2.4	3.4
ΣPCB(7)	7.3	32	24	46	32	52	31	41
Vetgehalte (g/kg)	8.4	19	17	21	11	12	16	14

Tabel 16, vervolg: Polychloorbifenylen in µg/kg productbasis

CB nr.	<i>Corbicula fluminea</i>			<i>Dreissena polymorpha</i>		
	11031	11032	11038	16818 1996	16816	16817
	FL 13 tijdens baggeren 4 weken	FL 13 vóór baggeren 4 weken	Blanco Lek Schoon- hoven	Zeughoek blanco	FL19 na baggeren 4 weken	FL20 na baggeren 4 weken
28	3	0.9	1	0.1	1.1	2.9
52	14	10	11	0.1	4.5	7.4
101	18	17	27	0.5	7	10
118	10	12	20	0.2	2.4	4.1
153	33	39	59	0.7	7.4	10
105	1.4	1.4	2.1	0.1	0.4	0.5
138 + 163	16	19	27	0.5	4.6	6.1
156	0.94	0.89	1.4	0.1	0.3	0.3
180	5.2	5.3	8.2	0.3	2.4	3.1
ΣPCB(7)	102	105.5	157	2.6	30.1	44.4
Vetgehalte (g/kg)	24	22.1	25.2	9.4	10.7	11.3

Tabel 17: Organochloorpesticiden in µg/kg productbasis

	<i>Dreissena polymorpha</i>							
	11033	11037	11036	11030	11034	11029	11035	11028
	Zeughoek blanco	FL 13 voor baggeren 4 weken	FL 13 tijdens baggeren 2 weken	FL 13 tijdens baggeren 4 weken	Boei tijdens baggeren 2 weken	Boei tijdens baggeren 4 weken	FL 15 tijdens baggeren 2 weken	FL 15 tijdens baggeren 4 weken
QCB	0.05	0.40	0.31	0.43	0.24	0.28	0.37	0.38
HCB	0.06	4.2	2.9	4.0	2.0	2.1	2.9	2.9
Octachloor- styreen	0.11	0.98	0.74	1.4	0.75	1.0	0.86	1.2
α-HCH	0.03	0.17	0.14	0.18	0.09	0.09	0.17	0.15
β-HCH	0.03	0.21	0.21	0.42	0.11	0.17	0.25	0.30
γ-HCH	0.03	0.85	0.58	0.63	0.34	0.33	0.67	0.52
Dieldrin	0.27	0.77	0.59	0.81	0.40	0.48	0.61	0.71
p,p' -DDE	0.56	2.0	1.5	2.5	1.6	2.5	1.9	2.2
p,p' -DDD	0.21	1.0	1.0	1.4	0.96	1.7	1.2	1.3
p,p' -DDT	0.09	0.56	0.45	0.53	0.23	0.26	0.38	0.24
Vetgehalte (g/kg)	8.4	19	17	21	11	12	16	14

Tabel 17, vervolg: Organochloorpesticiden in µg/kg productbasis

	<i>Corbicula fluminea</i>			<i>Dreissena polymorpha</i>		
	11031	11032	11038	16818 1996	16816	16817
	FL 13 tijdens baggeren 4 weken	FL 13 vóór baggeren 4 weken	Blanco Lek Schoon- hoven	Zeughoek blanco	FL19 na baggeren 4 weken	FL20 na baggeren 4 weken
QCB	0.91	0.86	0.23	0.1	0.2	0.2
HCB	7.5	7.2	0.27	< 0.1	1.4	1.6
Octachloorstyreen	1.5	1.8	2.4	< 0.1	0.7	0.9
α-HCH	0.75	0.64	0.04	< 0.1	0.1	0.1
β-HCH	0.8	0.61	0.13	< 0.1	0.2	0.2
γ-HCH	2.3	2.4	0.04	< 0.1	0.8	0.8
Dieldrin	1.1	0.96	0.33	0.1	0.4	0.4
p,p' -DDE	5.15	5.4	7.3	0.1	1.8	2.2
p,p' -DDD	2.55	2.3	2.1	< 0.1	0.6	0.8
p,p' -DDT	0.995	1.3	0.89	< 0.1	0.4	0.1
Vetgehalte (g/kg)	35.7	22.1	25.2	9.4	10.7	11.3

Bijlage 7

Tabel 18: Polyaromatische koolwaterstoffen in µg/kg productbasis.

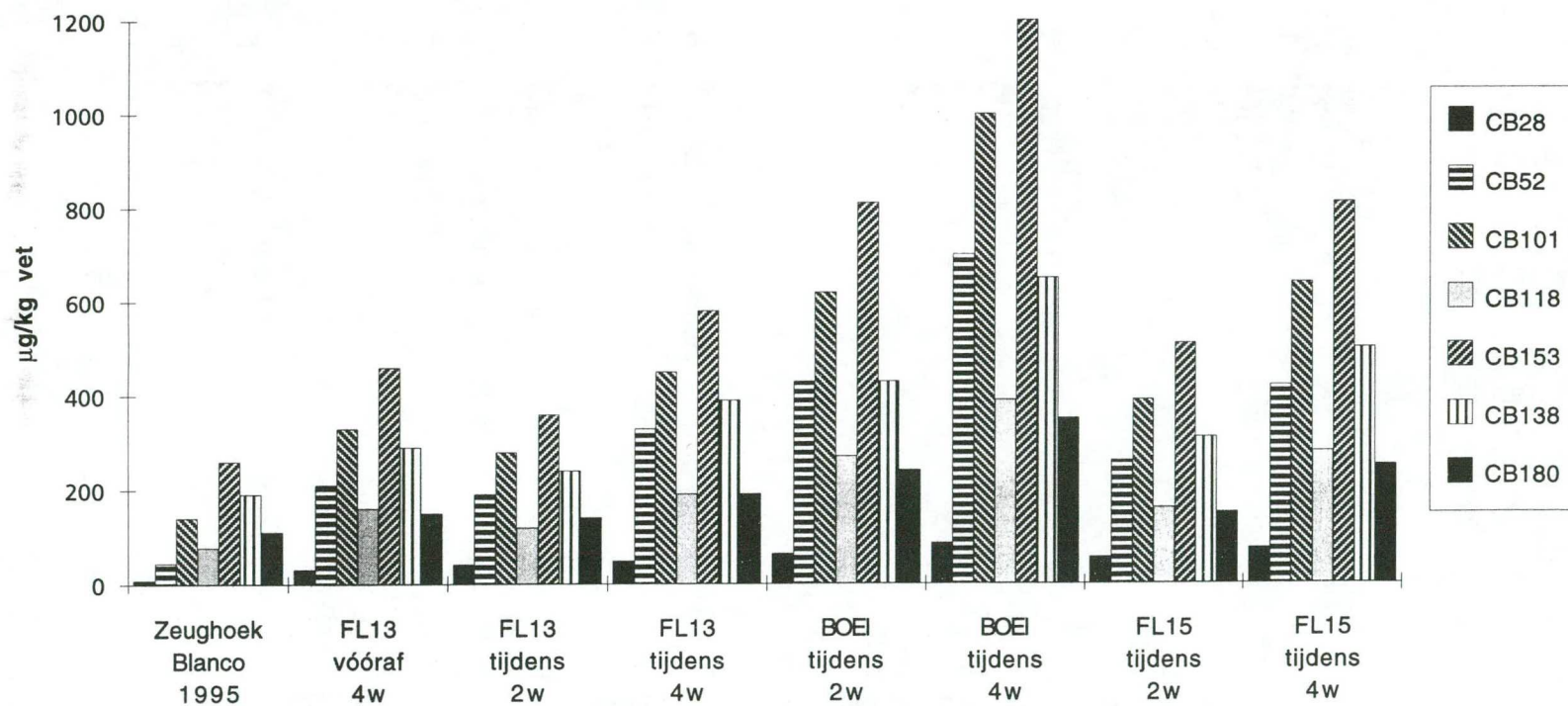
	<i>Dreissena polymorpha</i>							
	Zeughoek blanco	FL 13 voor baggeren 4 weken	FL 13 tijdens baggeren 2 weken	FL 13 tijdens baggeren 4 weken	Boei tijdens baggeren 2 weken	Boei tijdens baggeren 4 weken	FL 15 tijdens baggeren 2 weken	FL 15 tijdens baggeren 4 weken
acenaftien	0.40	1.4	0.50	0.85	1.3	2.2	1.1	1.0
fluoreen	1.0	3.0	3.0	1.0	1.0	3.0	3.0	1.0
fenantreen	9.0	12	12	10	12	16	12	9.0
antraceen	0.20	0.50	0.60	0.5	0.50	1.00	0.40	0.60
fluoranteen	3.0	23	16	28	23	41	19	27
pyreen	1.0	17	11	22	19	34	14	21
benzo(a)antraceen	1.0	6.0	9.0	7.0	8.0	13	5.0	7.0
chryseen	<0.1	1.0	0.50	0.80	1.3	2.7	0.70	0.70
benzo(e)pyreen	0.20	5.0	3.0	4.0	2.0	2.0	3.0	4.0
benzo(b)fluoranteen	<0.1	0.60	0.60	0.60	0.80	2.0	0.60	0.80
benzo(k)fluoranteen	<0.1	<0.1	<0.1	0.10	0.1	<0.1	<0.1	0.10
benzo(a)pyreen	<0.05	0.09	<0.05	0.05	0.09	0.2	0.06	0.10
dibenzo(ah)antraceen	<0.1	0.3	0.2	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1
benzo(ghi)peryleen	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
indeno(123cd)pyreen	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Vetgehalte (g/kg)	8.4	19	17	21	11	12	16	14
Asvrijdrogestof (g/kg)	64	98	76	104	68	72	80	95

Tabel 18: Polyaromatische koolwaterstoffen in µg/kg productbasis.

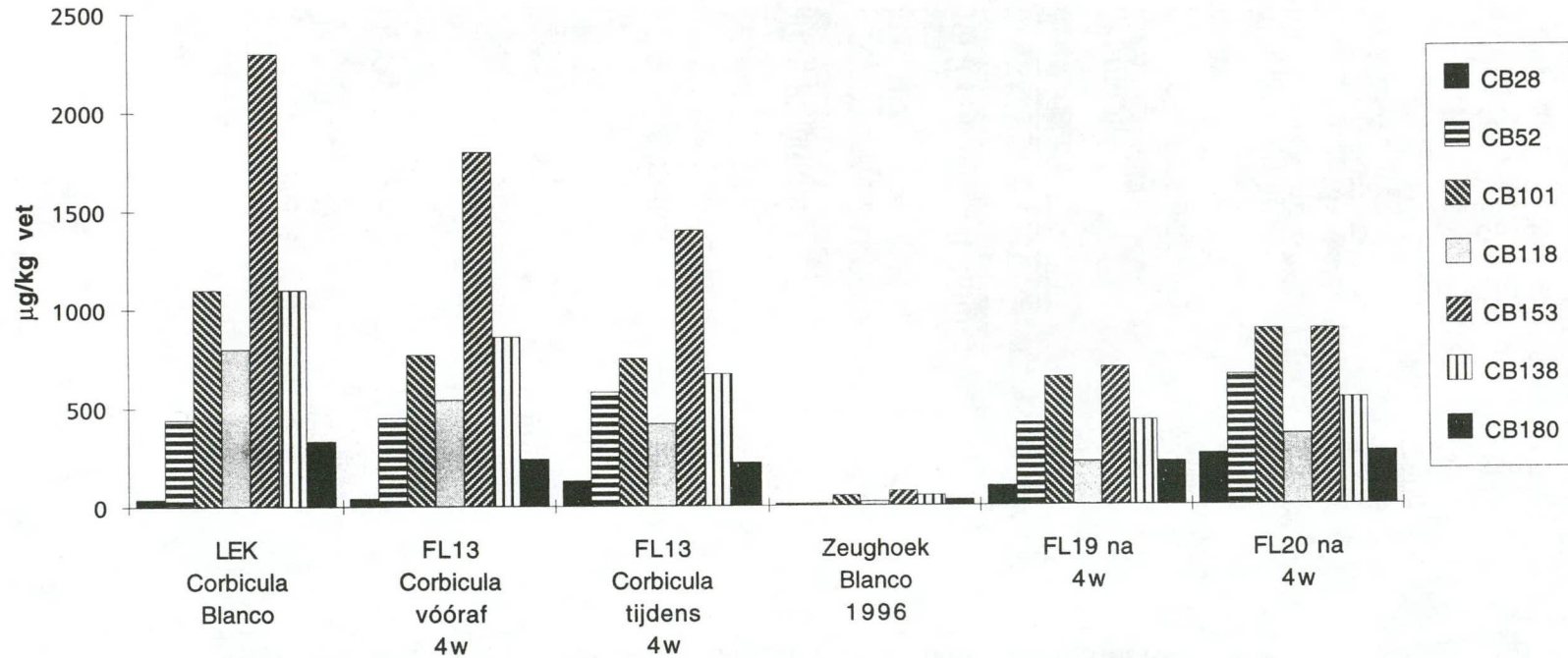
1996

	<i>Corbicula fluminea</i>			<i>Dreissena polymorpha</i>		
	FL 13 tijdens baggeren 4 weken	FL 13 vóór baggeren 4 weken	Blanco Lek Schoon- hoven	Zeughoek blanco	FL19 na baggeren 4 weken	FL20 na baggeren 4 weken
acenaftien	1.1	n.b.	n.b.	0.20	0.20	0.36
fluoreen	1	n.b.	3	0.20	0.29	1.1
fenantreen	14	n.b.	15	0.04	0.76	5.6
antraceen	1.5	n.b.	0.7	0.01	1.7	3.6
fluoranteen	58	30	32	0.92	17	26
pyreen	50	29	9	0.53	16	21
benzo(a)antraceen	11	15.4	9	0.03	7.5	12
chryseen	1.6	17.5	0.6	1.00	13	20
benzo(e)pyreen	1.6	15.6	12	0.81	14	18
benzo(b)fluoranteen	0.4	10.6	0.3	1.10	10	15
benzo(k)fluoranteen	0.1	3.9	0.1	0.46	4.0	6.2
benzo(a)pyreen	0.1	6	0.2	0.32	5.0	7.7
dibenzo(ah)antraceen	0.5	<0.5	2	0.60	0.60	0.60
benzo(ghi)peryleen	0.1	11.2	0.1	0.50	2.7	3.4
indeno(123cd)pyreen	0.3	6.4	0.3	1.00	4.0	5.2
Vetgehalte (g/kg)	35.9	22.1	25.2	9.4	10.7	11.3
Asvrijdrogestof (g/kg)	150	127	93	49	74	85

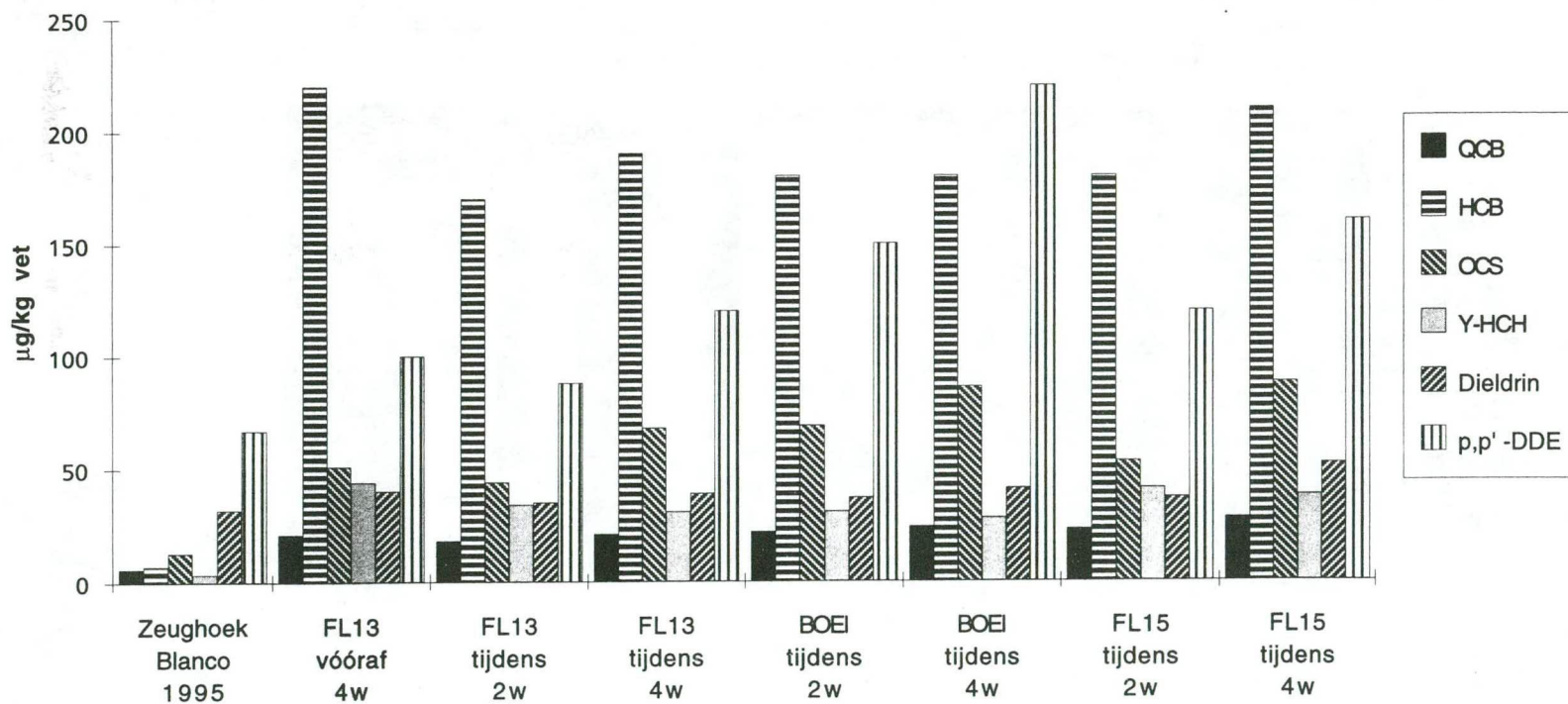
Het PCB gehalte in Dreissena polymorpha: ABM onderzoek in Het Ketelmeer



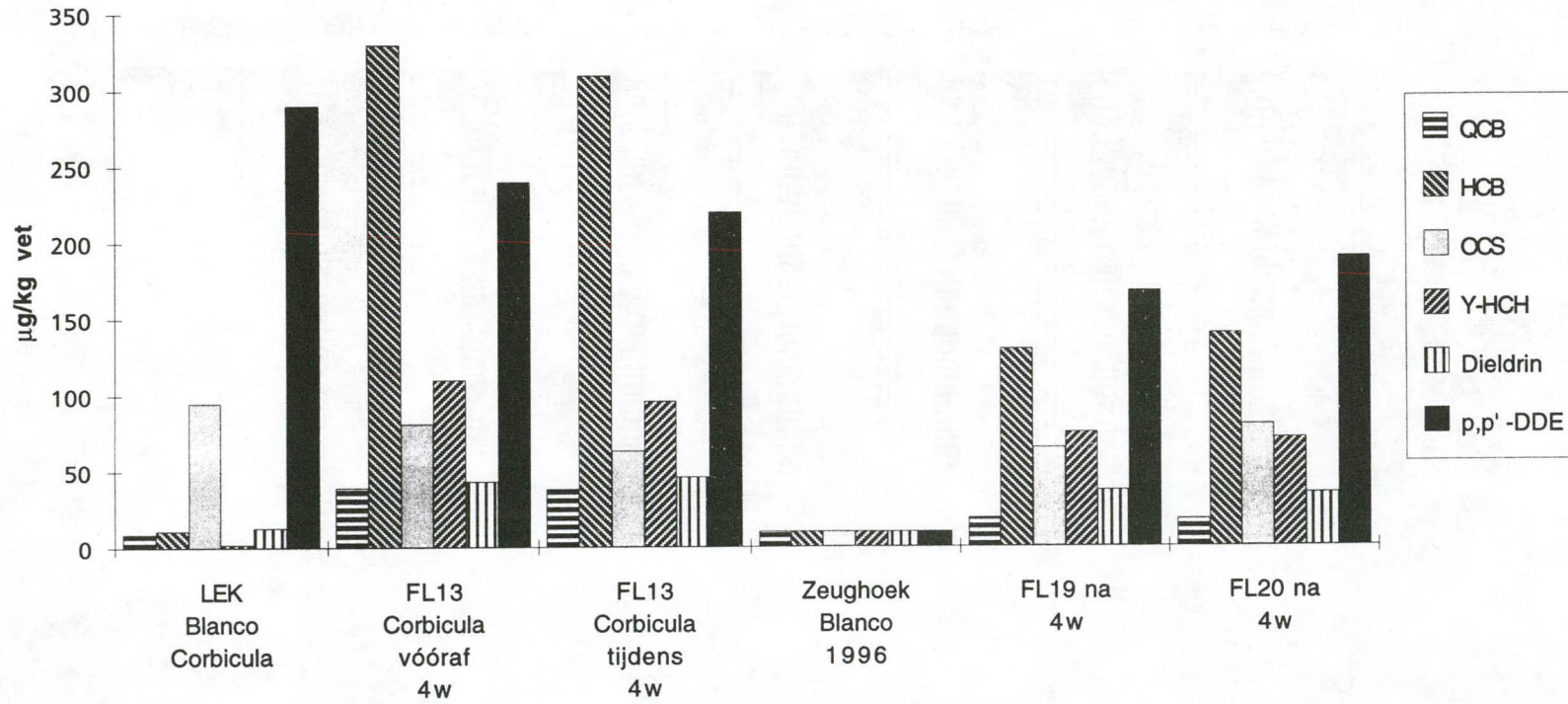
Het PCB gehalte in Corbicula (1995) en Dreissena (1996): ABM onderzoek in Het Ketelmeer



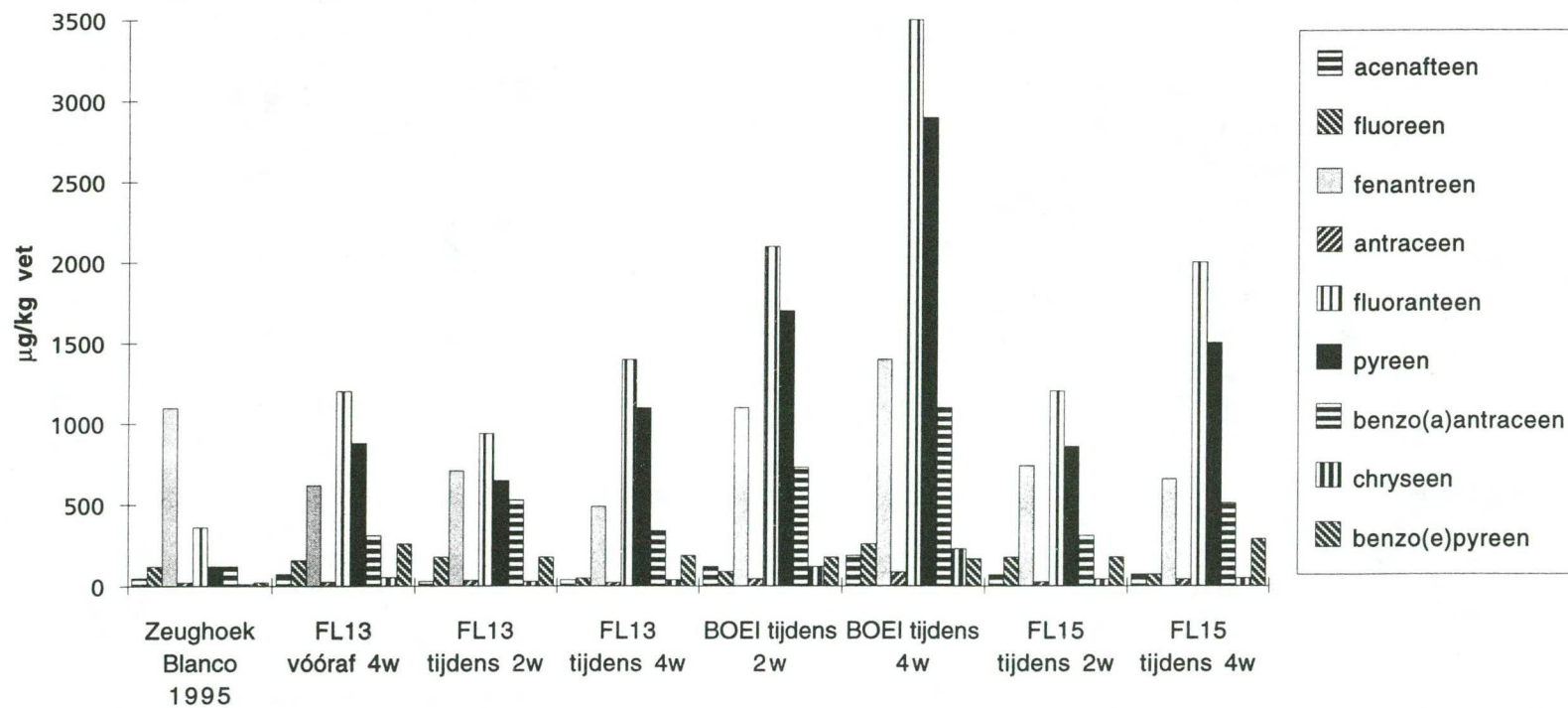
Het OCB gehalte in Dreissena polymorpha: ABM onderzoek in Het Ketelmeer



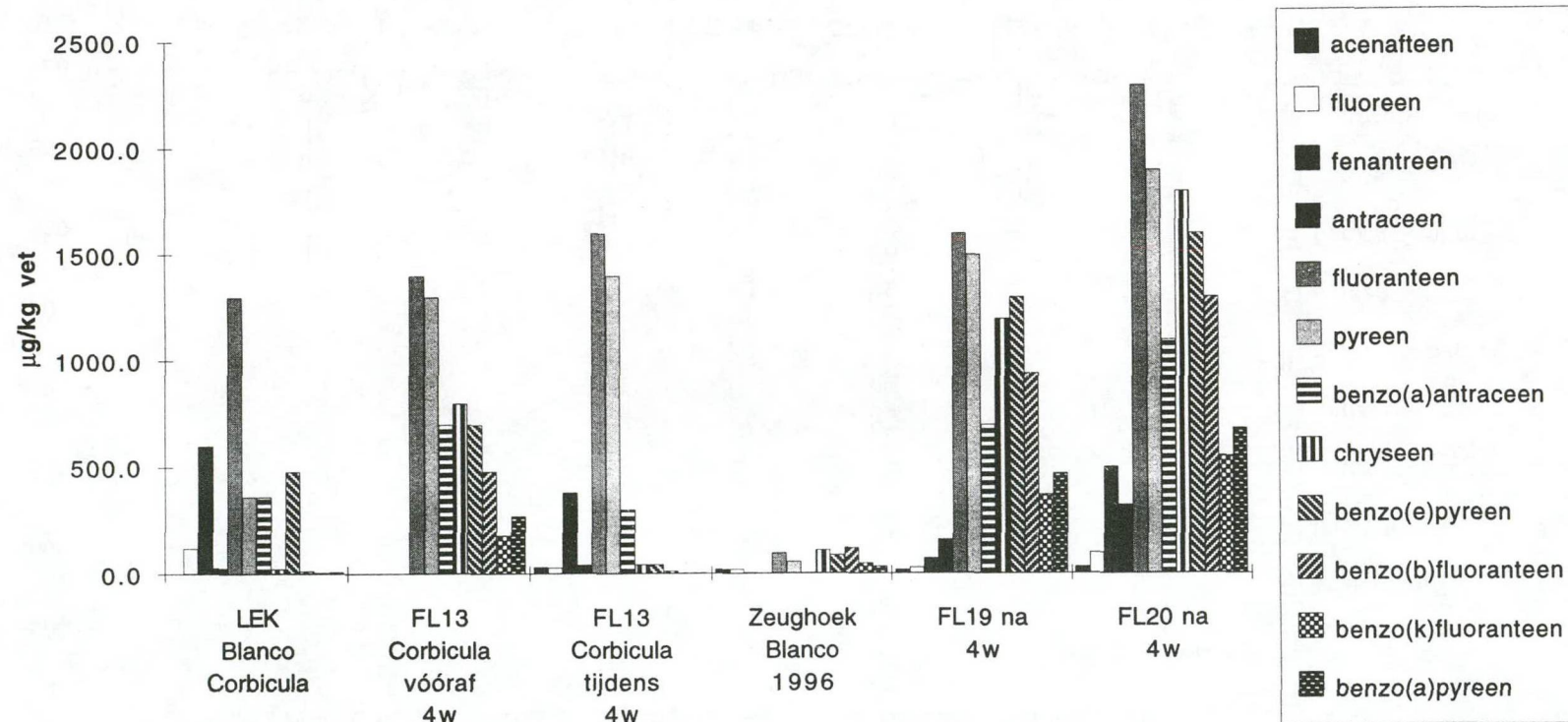
Het OCB gehalte in Dreissena polymorpha: ABM onderzoek in Het Ketelmeer



Het PAK gehalte in Dreissena polymorpha: ABM onderzoek in het Ketelmeer



Het PAK gehalte in Dreissena en Corbicula: ABM onderzoek in het Ketelmeer



Bijlage 14

Tabel 19: Vergelijking chemische contaminanten in het Ketelmeer in *Dreissena polymorpha* 1993 en 1995

	Ketelmeer voor baggeren 1995	Ketelmeer 1993
PCB	µg/kg vetbasis	µg/kg vetbasis
28	31	93
52	210	250
101	330	410
118	160	180
153	460	590
105	24	38
138 + 163	290	300
156	21	18
180	150	200
∑PCB(7)	1700	2000
Pesticiden	µg/kg vetbasis	µg/kg vetbasis
QCB	21	14
HCB	220	93
Octachloorstyreen	51	-
α-HCH	8.8	11
β-HCH	11	<5
γ-HCH	44	63
Dieldrin	40	23
p,p' -DDE	100	120
p,p' -DDD	52	52
p,p' -DDT	29	54
Zware metalen	µg/kg asvrij droge stof basis	µg/kg asvrij droge stof basis
Hg	0.18	0.27
Cd	0.74	1.3
Pb	5.9	4.2
Vetgehalte (g/kg)	19	5.6
Asvrij droge stof gehalte (g/kg)	98	52.6

asvrij droge stof basis

