

# Aanvullende analyses prioritaire KRW-stoffen in vissen, aal en blankvoorn

M.J.J. Kotterman

Rapport C117/08



Institute for Marine Resources and Ecosystem Studies

# Wageningen *IMARES*

Locatie IJmuiden

Opdrachtgever: RWS Waterdienst van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat  
Mw. J.L. Maas  
Postbus 17  
8200 AA Lelystad

Publicatiedatum: 19 november 2008

- Wageningen **IMARES** levert kennis die nodig is voor het duurzaam beschermen, oogsten en ruimte gebruik van zee- en zilte kustgebieden (Marine Living Resource Management).
- Wageningen **IMARES** is daarin de kennispartner voor overheden, bedrijfsleven en maatschappelijke organisaties voor wie marine living resources van belang zijn.
- Wageningen **IMARES** doet daarvoor strategisch en toegepast ecologisch onderzoek in perspectief van ecologische en economische ontwikkelingen.

© 2009 Wageningen **IMARES**

Wageningen IMARES is geregistreerd in het Handelsregister Amsterdam nr. 34135929, BTW nr. NL 811383696B04.

De Directie van Wageningen IMARES is niet aansprakelijk voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Wageningen IMARES; opdrachtgever vrijwaart Wageningen IMARES 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 uit dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

A\_4\_3\_1-V5

# Inhoudsopgave

Inhoudsopgave .....	3
Samenvatting .....	4
1. Inleiding.....	5
2. Materialen en methoden.....	6
2.1 Bemonstering .....	6
2.2 Voorbewerking vissen .....	6
2.3 Analysemethoden van stofgroepen .....	6
2.4 Kwaliteitsbewaking.....	8
3. Resultaten .....	10
3.1 Resultaat bemonstering.....	10
3.2 Resultaat bemonstering.....	11
3.2.1 Organische contaminanten.....	11
3.2.2 Anorganische contaminanten .....	15
3.3. Vergelijking accumulatie aal met blankvoorn.....	16
4. Discussie.....	17
4.1 Analysewaarden in aal en blankvoorn.....	17
4.1.1 Organische contaminanten.....	17
4.1.2 Metalen .....	17
4.2 Vervanging aal door blankvoorn als monitoringsorganisme.....	18
5. Conclusies.....	18
6. Aanbevelingen.....	18
Verantwoording .....	19

## Samenvatting

In dit project zijn alen van negen locaties, bemonsterd in de late lente, geanalyseerd op de “nieuwe” KRW prioritaire stoffen; kort ketenige gechloreerde parafinen (SCCP short chain chlorinated parafins), penta bromodiphenyl ethers (PBDE) en butyltinverbindingen (TBT). Blankvoorn van vijf overeenkomende locaties, bemonsterd in eind september, begin oktober, zijn geanalyseerd op dezelfde stoffen, inclusief de standaard contaminanten van het MWTL-aal programma (PCB's en OCP's). De alen zijn geanalyseerd op basis van de visfilet, de blankvoorns zijn als hele vis geanalyseerd.

In beide vissoorten zijn organische contaminanten goed meetbaar, afhankelijk van de locatie. In minder vervuilde gebieden zijn de concentraties soms beneden de rapportage grens, vooral bij aal. In blankvoorn waren de concentraties van organische contaminanten op vetbasis soms hoger dan in de aal. Dit was vooral opvallend voor een aantal PBDE's als ook TBT.

De gehalten (methyl)kwik waren hoger in aal dan in blankvoorn, de gehalten lood en cadmium waren echter veel hoger in de blankvoorn.

Er is een belangrijk verschil in de monsteropwerking; hele blankvoorn is gebruikt voor analyse terwijl van aal alleen de filet is geanalyseerd. Een deel van de geobserveerde verschillen in de gehalten van organische contaminanten en metalen kunnen hieraan worden toegeschreven. Voor gebruik als monitoringsorganisme moet daarom een keuze gemaakt worden tussen gebruik van hele vis versus filet.

Ondanks de verschillen in voorbereiding tussen de vissoorten blijft het opmerkelijk dat de concentraties van sterk apolaire organische contaminanten hoog zijn in kleine blankvoorn, een vis met een relatief laag trofisch nivo.

# 1. Inleiding

Het project "normering & chemie" van DGWater/RWS Waterdienst bevat een deelproject "Normen voor biota". De dochterrichtlijn "prioritaire stoffen" van de KRW biedt ruimte om gebruik te maken van normen voor biota en noemt 14 stoffen die daarvoor in aanmerking komen. Dit betreft de volgende stoffen: PAK's (waaronder benzo(a)pyreen; benzo(b)-fluorantheen; benzo(k)fluorantheen; benzo(ghi)peryleen; indeno(1,2,3,cd)pyreen, anthraceen en fluorantheen), tributyltinverbindingen, polybroomdifenylethers (PBDE), C<sub>10</sub>-C<sub>13</sub>chloralkanen (PCA), di(2-ethylhexyl)ftalaat (DEHP), cadmium, (methyl)kwik, lood, hexachloorbenzeen (HCB), hexachloorbutadiëen (HCBD), pentachloorbenzeen (QCB) en hexachloorcyclohexaan (HCH).

Gehalten van deze stoffen in biota worden getoetst aan normen die door de lidstaten van Europa worden vastgesteld. Door een aantal landen (o.a. Oostenrijk) is al een voorstel gedaan voor normen voor biota. Deltares is door de Waterdienst gevraagd om de afleiding en de consequenties van deze normen voor het waterbeheer in Nederland in beeld te brengen. Onderdeel hiervan is ook, dat de normen voor biota vergeleken worden met bestaande monitoringgegevens in biota. Via het MWTL-programma van RWS zijn al vele gehalten in aal en driehoeksmosselen bekend. Er ontbreken echter nog gegevens van 'nieuwe' KRW prioritaire stoffen.

Ook de keuze van organisme staat nog ter discussie. De beschikbaarheid van aal als monitoringsorganisme is in de afgelopen jaren verslechterd en er is geen uitzicht op spoedig herstel van de aalstand, in tegendeel.

Door IMARES is in 2007 voor RWS een theoretische studie uitgevoerd naar alternatieven voor de vangst van aal als monitoringorganisme. Geadviseerd is om in plaats van aal, blankvoorn of brasem te vangen. Deze vissen zijn ruim voorradig in vrijwel alle wateren en zijn geschikt als monitoringsorganisme. Voor de KRW heeft blankvoorn de voorkeur, omdat deze vis meer van algen en waterplanten leeft, ofwel meer water-georiënteerd is.

Bioaccumulatie in blankvoorn kan echter in enige mate verschillen van bioaccumulatie in aal, vanwege de verschillende leefwijzen en ook een andere trofische positie (plaats in de voedselketen).

In 2007 en in 2008 heeft er geen aalbemonstering plaatsgevonden voor het MWTL-aal programma. IMARES heeft in 2008 echter wel aal bemonsterd op diverse locaties voor andere projecten, een aantal locaties komen overeen met de MWTL-aal programma locaties.

In dit project wordt aal van negen locaties geanalyseerd op de "nieuwe" KRW prioritaire stoffen. Blankvoorn van vijf overeenkomende locaties wordt geanalyseerd op dezelfde stoffen, inclusief de standaard contaminanten van het MWTL-aal programma. Hierdoor komen data beschikbaar over de ontbrekende KRW stoffen en kan de bioaccumulatie in aal vergeleken worden met die in de alternatieve vissoort blankvoorn.

## 2. Materialen en methoden

### 2.1 Bemonstering

De alen gebruikt in dit project zijn bemonsterd in het kader van het project monitoring sportvis in mei en juni 2008.

De blankvoorn is bemonsterd in september, door zowel beroepsvissers als sportvissers die in nauw overleg met IMARES vissen verzamelden. De beroepsvissers in Ketelmeer, Amer en Hollands Diep gebruikten de aalfuiken. In de Maas bij Eijsden heeft een andere beroepsvisser actief met elektrisch vistuig bemonsterd. In de Lek bij Culemborg was geen van deze opties voorradig. Hier is door de inzet van meerdere sportvissers op de omschreven plaatsen bemonsterd.

Het verkrijgen van het benodigde aantal vissen was niet eenvoudig. Dit werd veroorzaakt door lage waterstanden, ongunstige winden en geen stroming, wat naar verluidt standaard tot slechte vangsten leidt. Ook werd er vaak veel grote blankvoorn gevangen. Het minimum aantal van 10 vissen is voor het Hollands Diep net gehaald.

Alle vissen zijn direct na de vangst heel ingevroren.

### 2.2 Voorbewerking vissen

Alle monsters zijn voor verwerking gemeten, lengte en gewicht is genoteerd. Per locatie is een mengmonster van de vissen bereid. In dit project is gekozen voor de analyse van de hele blankvoorn, omdat dit voor het gevaar van doorvergiftiging de beste informatie oplevert. De vissen zijn hiervoor gemalen in een gehaktmolen, waarbij eerst een grove en daarna een kleinere zeefgrootte is gebruikt. Na deze maling is het vismateriaal fijner gemalen en gehomogeniseerd door middel van een blender.

De alen zijn gemeten als filet, een gemalen mengmonster van 25 vissen, zoals standaard in het MWTL aal programma.

### 2.3 Analysemethoden van stofgroepen

De volgende stofgroepen zijn geanalyseerd.

#### OCP's en PCB's:

De monsters worden opgewerkt door middel van een Soxhlet-extractie die simultaan is voor de verschillende halogeenverbindingen. De halogeenverbindingen worden uit de vetfractie geïsoleerd door een tweevoudige kolomchromatografische scheiding, waarna analyse plaatsvindt met behulp van gaschromatografie. De monsters worden gemeten tegen een kalibratiecurve en gedetecteerd met GC-ECD of met MS.

De volgende organochloorverbindingen worden gerapporteerd:

Pentachloorbenzeen (QCB), HCB, HCBD, aldrin, endrin, dieldrin,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ -HCH (lindaan), chloordanen (onderverdeeld in heptachloor, oxychloordaan en cis- en trans-chloordaan en transnonachloor),  $\alpha$ -endosulfan, pp-DDD, pp-DDE en pp-DDT (inclusief de som pesticiden) en de PCB's (28, 52, 101, 118, 153, 138+163, 180, inclusief de som 7PCB's) en de mono-ortho-PCB's (105, 118, 156).

De analyses van QCB, HCB, lindaan, de pesticiden en de PCB's zijn geaccrediteerd door de Raad voor Accreditatie. IMARES is geregistreerd als referentielab bij de Europese Commissie - Institute for Reference Materials and Measurements (IRMM) voor de bepaling van PCB's.

#### PBDE's:

De analyse van BFRs in de monsters vindt plaats volgens een gevalideerde procedure (A-102 Analyse gebromeerde vlamvertragers in biota en sediment). De methode is geaccrediteerd door de RVA (ISO 17025). Extractie vindt plaats met een Soxhlet apparaat (hexane:aceton) gevolgd door het aanzuren van het extract, en vervolgens een clean-up met GPC (PL-gel columns), een zwavelzuur behandeling en een fractionering met silica gel. Het extract wordt geanalyseerd met GC-MS in de NCI mode voor PBDEs.

De PBDE's (28, 47, 99, 100, 153 en 154+BB153) worden gerapporteerd.

#### Polychlooralkanen (SCCP):

Een hoeveelheid vis met maximaal 5 gram vet wordt gehomogeniseerd en gedroogd met natriumsulfaat. De interne standaard voor recovery  $^{13}\text{C}$ -trans chloordaan wordt toegevoegd en er wordt gesoxhlet met hexaan/DCM (1:1). Het vet wordt verwijderd met silica gel/zwavelzuur (44 %). Daarna wordt het extract gefractioneerd met florisil/1.5 % water voor verwijdering van storende componenten zoals PCB's en toxafenen.

De injectiestandaard CB 112 wordt toegevoegd aan het eindextract.

Het extract wordt geïnjecteerd op een GC-NCI-MS met een 15 m DB-5 kolom.

De som voor de korte keten PCA wordt gerapporteerd: ( $\text{C}_{10}$ - $\text{C}_{13}$ ).

De methode voor deze stofgroep hebben we recent ontwikkeld. We hebben nog geen kans gehad om mee te doen met ringtesten en zijn we ook (nog) niet geaccrediteerd. De methode die wij hebben ontwikkeld (in een AIO-onderzoek) is wetenschappelijk zeer vernieuwend. Hoewel de analyse van chlooralkanen langer beschikbaar is (ook bij andere laboratoria), kan die oude methode minder goed kwantificeren en zeker geen aparte congenere onderscheiden.

#### Organotinverbindingen:

De methode voor deze stofgroep hebben we eind vorig jaar geïmplementeerd. We maken gebruik van de methode van het laboratorium van RIKZ in Haren.

Zes organotinverbindingen zullen worden gerapporteerd (MBT, DBT, TBT, MPT, DPT and TPT). Bij deze methode wordt de extractie en derivatisering simultaan uitgevoerd. Een korte beschrijving van de methode is als volgt: Water gebufferd tot een pH 4-5 en een mengsel van acetaat zuur en natrium acetaat, methanol en hexaan worden toegevoegd aan het monster. Na een continue toevoeging van natriumtetra-ethylboraat gedurende 15 minuten en continu roeren, wordt de pH boven de 12 gebracht met natrium hydroxide. De organische laag wordt d.m.v. centrifugeren gescheiden van de waterfase en het extract wordt gefractioneerd over een silica of aluminium kolom. De stoffen worden, na concentratie van het monster, met behulp van GC-MS geanalyseerd (SIM mode). De toegepaste methode is niet geaccrediteerd door de Raad voor Accreditatie.

#### Metalen:

Het analyseren van de metalen cadmium en lood wordt uitbesteed aan TNO Zeist.

Het monster wordt ontsloten met salpeterzuur en waterstofperoxide, volgens TNO voorschrift LSP/072. In de verkregen oplossing wordt het gehalte aan cadmium en lood bepaald m.b.v. ICP-MS, volgens TNO voorschrift LSP/055. De kwantificering vindt plaats aan de hand van externe kalibratiestandaarden en om te corrigeren voor fluctuaties in de apparatuur wordt gebruik gemaakt van een interne standaard (rhodium).

#### Kwik:

Voor de bepaling wordt het monster in een teflon buis gedestruëerd met salpeterzuur in een microwave oven. Bij de bepaling van het gehalte aan kwik in het destruaat wordt vlamloze atoom absorptie spectrometrie toegepast. De monsters worden gemeten tegen een kalibratiecurve.

De analyse van totaal kwik is geaccrediteerd door de Raad voor Accreditatie.

#### Vet:

De bepaling van vrij extraheerbaar vet wordt uitgevoerd als onderdeel van de PCB analyse. Na de Soxhlet extractie wordt een deel van het extract drooggedampt en het residu gewogen.

De totaal vet bepaling geschiedt volgens een aangepaste versie van de Bligh en Dyer methode, gebaseerd op een koude chloroform-methanol extractie.

De Bligh en Dyer methode is geaccrediteerd door de Raad van Accreditatie.

#### Droge stof en asvrijdrooggewicht:

Voor de bepaling van het droge stofgehalte wordt het monster gemengd met een oppervlakte vergrotende stof, vervolgens gedroogd in een stoof (105 °C, 3 uur) en na afkoelen in een exsiccator gewogen.

Voor de asbepaling wordt het monster langzaam verwarmd en gedroogd in een kroes op een kookplaat. Daarna wordt het monster gedurende 22 uur verast in een moffeloven bij een temperatuur van  $550 \pm 15^\circ\text{C}$ . Na afkoelen in een exsiccator wordt het monster teruggewogen.

Uit de uitkomst van beide analyses kan het asvrijdrooggewicht berekend worden.

NB De standaard analyses van PCB's, OCP's en kwik waren al uitgevoerd voor de alen door het RIKILT. Hiervoor gebruikt het RIKILT gelijksoortige en gelijkwaardige analysemethoden die ook geaccrediteerd zijn.

## 2.4 Kwaliteitsbewaking

### Wageningen IMARES

IMARES beschikt over een ISO 9001:2000 gecertificeerd kwaliteitsmanagement systeem (certificaatnummer: 08602-2004-AQ-ROT-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 december 2009. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V. Het laatste controle bezoek vond plaats in april 2008. Daarnaast beschikt het chemisch laboratorium van de afdeling milieu over een NEN-EN-ISO/IEC 17025:2000 accreditatie voor testlaboratoria met nummer L097. Deze accreditatie is geldig tot 27 maart 2009 en is voor het eerst verleend op 27 maart 1997, deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie. Het laatste controlebezoek heeft plaatsgevonden op 12 juni 2007. Dit type accreditatie is bij vele mensen beter bekend als 'sterlab' (maar dat is een verouderde term).

Wageningen IMARES streeft voortdurend naar kwaliteitsverbetering; een groot aantal analyses zijn RvA geaccrediteerd. De juistheid van de analysemethoden wordt regelmatig getoetst door deelname aan ringonderzoeken waaronder het QUASIMEME project. Standaard worden de resultaten van elke (serie van) meting(en) gecontroleerd door het gebruik van gecertificeerd (CRM) en/of intern referentiemateriaal (IRM). De "gecertificeerde" gehalten en de waarden van de waarschuwingsgrens (tweemaal standaarddeviatie) van de gebruikte referentiematerialen, evenals de gemeten waarden worden in kwaliteitscontrolekaarten bijgehouden conform NPR 6603. Daarnaast organiseert Wageningen IMARES zelf ringonderzoeken op het gebied van de analyse van contaminanten in milieumonsters en maakt het referentiematerialen voor certificering. IMARES speelt daarmee een prominente rol in QUASIMEME en staat daarmee veelal aan de basis van internationale ringtesten.

### TNO Zeist

Het analyseren van de metalen cadmium en lood is uitbesteed aan TNO Zeist.

Het TNO laboratorium beschikt over een geldig ISO/IEC 17025 certificaat en is geaccrediteerd voor de bepaling van de te analyseren metalen cadmium en lood.

Om de kwaliteit van de analyses te waarborgen is door IMARES een intern referentiemateriaal meegestuurd.

Het IRM (gevriesdroogde schol) is bij iedere meetserie geanalyseerd.

Ten aanzien van de resultaten heeft IMARES de volgende toetsingscriteria toegepast:

- De gehalten in het IRM zijn gecontroleerd met betrekking tot overschrijdingen van de 2s- en 3s-grenzen van de door IMARES intern gehanteerde kwaliteitscontrolekaarten voor de betreffende elementen. Wat betreft deze kwaliteitscontrolekaarten is een grote historie opgebouwd en hierop heeft jaarlijks een controle plaatsgevonden door de Raad van Accreditatie.
- Indien er in een serie een overschrijding blijkt te zijn van bovengestelde eisen, zal TNO overgaan tot opnieuw analyseren van de betreffende serie monsters voor het metaal waarvoor de overschrijding heeft plaatsgevonden.

De kwaliteitsparameters van de toegepaste analyses van IMARES en van TNO zijn weergegeven in tabel 1.



Tabel 1. Kwaliteitsparameters toegepaste analyses

stofnaam	hoeveelheid in bewerking bij standaardanalyse	rapportagegrens met eenheid (versgewicht)	rapportagegrens bij inweeg van x gram (versgewicht)	precisie, relatieve standaard deviatie (%)	precisie bij aantal metingen	standaard uitgevoerd in x-voud
<b>Metalen</b>						
totaal kwik	1 g voor Hg	0.0036 mg/kg	1 gram	3.9	174	duplo
cadmium	1 g voor Pb én Cd	0.005 mg/kg	1 gram	6.9	52	duplo, TNO
lood	1 g voor Pb én Cd	0.025 mg/kg	1 gram	5.3	60	duplo, TNO
<b>Organochloorverbindingen</b>						
pentachloorbenzeen (QCB)	0.5 g vet OCP's en PCB's	0.0125-0.125 µg/kg*	50 gram en 1% vet	16.4	49	1 x in duplo per serie
HCB	0.5 g vet OCP's en PCB's	0.01-0.1 µg/kg*	50 gram en 1% vet	7.4	76	1 x in duplo per serie
HCBd	0.5 g vet OCP's en PCB's	0.01-0.1 µg/kg*	50 gram en 1% vet	x	x	1 x in duplo per serie
aldrin	0.5 g vet OCP's en PCB's	0.025-0.25 µg/kg**	50 gram en 1% vet	x	x	1 x in duplo per serie
endrin	0.5 g vet OCP's en PCB's	0.025-0.25 µg/kg*	50 gram en 1% vet	x	x	1 x in duplo per serie
Dieldrin	0.5 g vet OCP's en PCB's	0.025-0.25 µg/kg*	50 gram en 1% vet	10.9	24	1 x in duplo per serie
α-HCH	0.5 g vet OCP's en PCB's	0.01-0.1 µg/kg*	50 gram en 1% vet	17.5	72	1 x in duplo per serie
β-HCH	0.5 g vet OCP's en PCB's	0.01-0.1 µg/kg*	50 gram en 1% vet	x	x	1 x in duplo per serie
lindaan (γ-HCH)	0.5 g vet OCP's en PCB's	0.01-0.1 µg/kg*	50 gram en 1% vet	15.6	69	1 x in duplo per serie
chloordaan	0.5 g vet OCP's en PCB's	0.025-0.25 µg/kg*	50 gram en 1% vet	x	x	1 x in duplo per serie
heptachloor	0.5 g vet OCP's en PCB's	0.025-0.25 µg/kg*	50 gram en 1% vet	x	x	1 x in duplo per serie
endosulfan (som α en β)	0.5 g vet OCP's en PCB's	?	?	x	x	1 x in duplo per serie
p,p-DDT	0.5 g vet OCP's en PCB's	0.075-0.75 µg/kg*	50 gram en 1% vet	x	x	1 x in duplo per serie
som DDT	0.5 g vet OCP's en PCB's	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	1 x in duplo per serie
Indiv. DDT-comp (pp-DDE, pp-DDD)	0.5 g vet OCP's en PCB's	0.025-0.25 µg/kg*	50 gram en 1% vet			1 x in duplo per serie
pp-DDD	0.5 g vet OCP's en PCB's	0.025-0.25 µg/kg*	50 gram en 1% vet	21.9	71	1 x in duplo per serie
pp-DDE	0.5 g vet OCP's en PCB's	0.025-0.25 µg/kg*	50 gram en 1% vet	7	55	1 x in duplo per serie
<b>additionele KRW - stoffen</b>						
pentapBDE (28, 47, 99, 100, 153, 154)	0.5 g vet	0.002 µg/kg	50 gram en 1% vet	x	x	1 x in duplo per serie
BDE47	0.5 g vet	0.002 µg/kg	50 gram en 1% vet	22	13	1 x in duplo per serie
BDE99	0.5 g vet	0.002 µg/kg	50 gram en 1% vet	12.6	13	1 x in duplo per serie
C <sub>10</sub> -C <sub>13</sub> chloroalkanen	ca. 100 g	nb	nb	nb	nb	1 x in duplo per serie
tributyltin verb. als tributyltin - kation	1 gram droog	0.5 µg/kg	1 gram	20	nb	1 x in duplo per serie
overige organotinverb.	1 gram droog	0.5 µg/kg	1 gram	35	nb	1 x in duplo per serie
<b>overige relevante stoffen</b>						
Som 7 PCB	0.5 gram vet	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	1 x in duplo per serie
CB28	0.5 gram vet	0.025-0.25 µg/kg*	50 gram en 1% vet	15.4	212	1 x in duplo per serie
CB52	0.5 gram vet	0.025-0.25 µg/kg*	50 gram en 1% vet	7.9	220	1 x in duplo per serie
CB101	0.5 gram vet	0.05-0.5 µg/kg*	50 gram en 1% vet	5.1	55	1 x in duplo per serie
CB118	0.5 gram vet	0.075-0.75 µg/kg*	50 gram en 1% vet	6.2	223	1 x in duplo per serie
CB138+163	0.5 gram vet	0.05-0.5 µg/kg*	50 gram en 1% vet	5.9	192	1 x in duplo per serie
CB153	0.5 gram vet	0.05-0.5 µg/kg*	50 gram en 1% vet	5.9	228	1 x in duplo per serie
CB180	0.5 gram vet	0.025-0.25 µg/kg*	50 gram en 1% vet	5.8	217	1 x in duplo per serie
vet (Bligh en Dyer)	8 g	0.03 mg	8 g	1.3	47	1 x in duplo per serie
droge stof	1 g	0.06 g	1 g	0.4	60	duplo
as	5 g	0.12%	5 g	3.2	31	duplo

\* Rapportagegrens gebaseerd op magere vis bij een inweeg van 50 gram en 1% vet, met een verdunningsfactor van 0.1 – 1 (in µg/kg)

\*\* Rapportagegrens gebaseerd op een verwante component, daar deze niet in de validatie is opgenomen

## 3. Resultaten

### 3.1 Resultaat bemonstering

In onderstaande tabellen staan de resultaten van de bemonstering van aal en blankvoorn. De aalen zijn al eerder voor een ander project gevangen. Het gewenste aantal van 25 stuks per monster is niet overal gehaald, het minimum van 10 stuks is gelukkig wel gehaald in alle locaties. In het Hollands Diep werden voornamelijk grote blankvoorns (> 25 cm) gevangen door de beroepsvisser.

Tabel 2. Bemonsteringsresultaten voor blankvoorn

Locatie	aantal	Lengte cm (gemid)	max	min	gewicht g (gemid)	max	min
Lek	20	9.6	14	8	13.5	47	6
Hollands Diep	10	15.7	17	12	60.3	83	31
Amer	25	9.5	15	7	15.6	51	7
Ketelmeer	25	12.7	14	11	32.7	42	19
Eijsden	40	11.2	15	8	24.9	50	7

Tabel 3. Bemonsteringsresultaten voor aal

Locatie	aantal	lengte cm (gemid)	max	min	Gewicht g (gemid)	max	min
Lek	25	36.3	40.0	31.9	98.8	141	66
Eijsden	17	38.9	43.0	32.4	105.1	158	53
Ketelmeer	25	35.6	40.0	30.9	86.7	145	45
Amer	25	35.3	40.0	31.4	81.8	124	53
Hollands Diep	25	35.4	39.9	30.9	88.7	129	53
Haringvliet	25	34.9	38.2	31.5	84.6	139	53
Volkerak	25	35.5	39.9	30.5	93.6	142	55
Medemblik	25	35.8	39.7	31.8	92.6	146	61
Oosterschelde	25	38.0	40.0	32.9	76.9	104	53

## 3.2 Resultaat analyses

De analysegegevens zijn weergegeven in de onderstaande tabellen. Hierbij zijn de locaties waarin aal en blankvoorn zijn geanalyseerd gegroepeerd voor een directe vergelijking.

### 3.2.1 Organische contaminanten

Tabel 4. PCB gehalten in aal en blankvoorn op versgewicht en vetgewicht ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )

	CB-28	CB-52	CB-101	CB-118	CB-138	CB-153	CB-180	SOM
Versgewicht								
<b>Aal Lek</b>	2.3	26.3	48.1	57.1	93.9	183.4	60.9	<b>471.9</b>
<b>Blankvoorn Lek</b>	6.9	22	44	22	16	57	15	182.9
<b>Aal Ketelmeer</b>	0.6	3.4	5.2	9.1	18.0	32.9	10.9	80.1
<b>Blankvoorn Ketel</b>	4.7	16	43	22	20	68	11	184.7
<b>Aal Eijsden</b>	1.1	10.7	16.1	21.6	56.5	107.7	52.8	266.6
<b>Blankvoorn Eijsden</b>	6.2	16	37	14	24	59	22	178.2
<b>Aal Amer</b>	4.4	54.7	94.6	96.3	175.9	354.1	102.2	<b>882.0</b>
<b>Blankvoorn Amer</b>	8.3	34	76	34	32	110	24	318.3
<b>Aal Hollands Diep</b>	6.5	74.9	131.5	138.8	258.9	567.1	148.6	<b>1326.2</b>
<b>Blankvoorn Hollands Diep</b>	9	35	74	35	36	120	21	330.0
<b>Aal Haringvliet</b>	1.6	20.9	28.3	41.6	97.0	224.5	69.4	<b>483.3</b>
<b>Aal Volkerak</b>	2.1	16.2	23.4	37.8	64.4	141.1	47.3	332.4
<b>Aal Medemblik</b>	1.2	2.9	6.8	12.2	18.5	41.1	13.8	96.4
<b>Aal Oosterschelde</b>	0.3	1.0	1.8	4.3	6.6	14.8	2.7	31.4
KRW biotanorm								335
	CB-28	CB-52	CB-101	CB-118	CB-138	CB-153	CB-180	SOM
Vetgewicht								
<b>Aal Lek</b>	16	181	331	393	646	1262	419	3248
<b>Blankvoorn Lek</b>	164	524	1048	524	381	1357	357	4355
<b>Aal Ketelmeer</b>	8	45	70	122	241	440	146	1072
<b>Blankvoorn Ketel</b>	82	281	754	386	351	1193	193	3240
<b>Aal Eijsden</b>	22	207	313	419	1096	2089	1024	5170
<b>Blankvoorn Eijsden</b>	113	291	673	255	436	1073	400	3240
<b>Aal Amer</b>	27	343	594	604	1104	2222	641	5537
<b>Blankvoorn Amer</b>	132	540	1206	540	508	1746	381	5052
<b>Aal Hollands Diep</b>	33	381	669	706	1317	2885	756	6747
<b>Blankvoorn Hollands Diep</b>	145	565	1194	565	581	1935	339	5323
<b>Aal Haringvliet</b>	19	249	337	495	1152	2668	824	5744
<b>Aal Volkerak</b>	15	113	165	266	452	991	332	2333
<b>Aal Medemblik</b>	6	15	34	60	92	204	68	479
<b>Aal Oosterschelde</b>	3	10	20	46	71	159	29	338

Tabel 5. OCP gehalten in aal en blankvoorn op versgewicht en vetgewicht ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )

	a-HCH	b-HCH	y-HCH	HCB	HCBD	QCB	pp_DDD	pp_DDE	pp_DDT	Som
versgewicht										
<b>Aal Lek</b>	<1	2.4	1.7	<b>16.7</b>	<4	1.40	15.4	<b>50.8</b>	9.8	<b>76.0</b>
<b>Blankvoorn Lek</b>	0.2	0.7	0.3	4.7	1.2	0.7	3.9	19	<0.3	22.9
<b>Aal Ketelmeer</b>	<1	<2	<2	1.3	<5	<1	4.5	17.8	1.6	23.9
<b>Blankvoorn Ketel</b>	0.3	2.2	0.3	5.9	1.9	1	4.5	17	<0.4	21.5
<b>Aal Eijsden</b>	<2	<2	<2	2.6	<10	<1	3.2	11.6	2.1	16.9
<b>Blankvoorn Eijsden</b>	0.5	0.6	0.5	2.9	12	0.5	3.1	8	<0.4	11.1
<b>Aal Amer</b>	<1	1.0	<1	7.2	<4	<1	18.5	<b>43.0</b>	5.3	66.7
<b>Blankvoorn Amer</b>	0.2	1.2	0.3	6.6	1.6	1	6.6	20	<0.4	26.6
<b>Aal Hollands Diep</b>	<1	3.1	1.8	<b>12.5</b>	2.1	1.10	28.8	<b>95.6</b>	6.4	<b>130.8</b>
<b>Blankvoorn Hollands Diep</b>	0.3	1.5	0.4	5.8	0.9	0.7	5.9	20	<0.4	25.9
<b>Aal Haringvliet</b>	<1	<2	<2	2.8	<5	<1	11.5	25.8	1.3	38.6
<b>Aal Volkerak</b>	<1	1.1	1.1	1.9	<4	<1	12.4	<b>43.4</b>	4.4	60.1
<b>Aal Medemblik</b>	<1	1.6	1.2	1.6	<2	<1	4.7	15.0	<1	19.7
<b>Aal Oosterschelde</b>	<1	<2	<2	<1	<5	<1	<1	7.7	<1	7.7
<b>KRW biotnorm</b>	67	67	33	10	55	367	30	30	30	75

	a-HCH	b-HCH	y-HCH	HCB	HCBD	QCB	pp_DDD	pp_DDE	pp_DDT	Som
vetgewicht										
<b>Aal Lek</b>	na	16.7	11.5	115.2	na	9.6	105.7	349.9	67.5	523.0
<b>Blankvoorn Lek</b>	4.8	16.7	7.1	111.9	28.6	16.7	92.9	452.4	na	545.2
<b>Aal Ketelmeer</b>	na	na	na	17.0	na	na	60.0	237.9	21.6	319.5
<b>Blankvoorn Ketel</b>	5.3	38.6	5.3	103.5	33.3	17.5	78.9	298.2	na	377.2
<b>Aal Eijsden</b>	na	na	na	50.5	na	na	61.8	225.6	40.7	328.1
<b>Blankvoorn Eijsden</b>	9.1	10.9	9.1	52.7	218.2	9.1	56.4	145.5	na	201.8
<b>Aal Amer</b>		6.4	na	45.1	na	na	115.9	269.7	33.3	418.9
<b>Blankvoorn Amer</b>	3.2	19.0	4.8	104.8	25.4	15.9	104.8	317.5	na	422.2
<b>Aal Hollands Diep</b>		15.9	9.3	63.5	10.5	5.6	146.6	486.5	32.5	665.7
<b>Blankvoorn Hollands Diep</b>	5	24.2	6.5	93.5	14.5	11.3	95.2	322.6	na	417.7
<b>Aal Haringvliet</b>	na			33.3	na	na	136.9	306.0	15.7	458.7
<b>Aal Volkerak</b>	na	7.8	7.9	13.3	na	na	86.7	304.7	30.6	422.0
<b>Aal Medemblik</b>	na	7.8	6.0	7.9	na	na	23.3	74.5	na	97.8
<b>Aal Oosterschelde</b>	na	na	na	na	na	na	na	83.3	na	83.3

Tabel 6. PBDE en SCCP gehalten in aal en blankvoorn op versgewicht en vetgewicht ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )

	BDE28	BDE47	BDE49	BDE66	BDE71	BDE75	BDE77	BDE85	BDE99	BDE100
versgewicht										
<b>Aal Lek</b>	0.2	18	1.7	0.2	0.07	<0.009	<0.01	<0.009	1.5	11
<b>Blankvoorn Lek</b>	0.9	13	1.7	0.03	0.01	0.07	<0.004	<0.003	0.09	3.8
<b>Aal Ketelmeer</b>	<0.02	2.4	0.2	0.03	<0.01	<0.009	<0.01	<0.009	0.1	1.2
<b>Blankvoorn Ketel</b>	0.6	10	1.3	0.01	0.03	0.08	<0.004	<0.003	0.05	4
<b>Aal Eijsden</b>	<0.02	4.6	0.3	0.09	<0.01	<0.009	<0.01	<0.009	0.2	3.2
<b>Blankvoorn Eijsden</b>	0.3	3.9	0.4	<0.004	0.01	<0.003	<0.003	<0.003	0.03	0.9
<b>Aal Amer</b>	0.3	16	2.3	0.2	0.05	<0.009	<0.01	<0.01	0.9	13
<b>Blankvoorn Amer</b>	0.9	14	2.1	0.009	0.02	0.1	<0.004	<0.003	0.08	3.9
<b>Aal Hollands Diep</b>	0.5	24	3.4	0.2	0.06	<0.009	<0.01	<0.009	1	18
<b>Blankvoorn Hollands Diep</b>	1	16	2.8	0.05	0.03	0.1	<0.004	<0.003	0.2	5.3
<b>Aal Haringvliet</b>	0.02	4.1	0.6	0.07	<0.009	<0.008	0.02	<0.008	0.3	4.4
<b>Aal Volkerak</b>	0.04	5.4	0.5	0.09	<0.01	<0.009	<0.01	<0.009	0.3	2.2
<b>Aal Medemblik</b>	<0.02	3.1	0.2	0.06	<0.01	<0.009	<0.01	<0.009	0.3	0.9
<b>Aal Oosterschelde</b>	<0.02	0.3	0.05	<0.01	<0.01	<0.009	0.02	<0.009	0.02	0.08
	BDE119	BDE138	BDE153	BDE154	BDE183	BDE190	BDE209	HBCD	SCCP	Vet
<b>Aal Lek</b>	0.04	0.05	2.1	1	0.03	<0.01	<0.2	34	16.3	15
<b>Blankvoorn Lek</b>	0.03	0.1	0.9	0.7	0.01	<0.004	<0.05	4.8	16.0	3.7
<b>Aal Ketelmeer</b>	<0.007	<0.009	0.2	0.2	<0.009	<0.01	<0.2	<1.4	9.9	9.3
<b>Blankvoorn Ketel</b>	0.02	0.08	0.2	0.5	<0.003	<0.003	<0.05	7.3	10.5	5
<b>Aal Eijsden</b>	0.05	<0.009	0.3	0.4	<0.009	<0.01	<0.2	6.7	16.7	8.7
<b>Blankvoorn Eijsden</b>	0.02	<0.003	0.1	0.3	<0.003	<0.003	<0.05	2.3	10.8	4.8
<b>Aal Amer</b>	0.09	0.09	1.5	1.3	0.04	<0.01	<0.2	32	32.5	18.7
<b>Blankvoorn Amer</b>	0.02	0.1	0.4	0.6	0.004	<0.004	<0.06	7	24.7	5.2
<b>Aal Hollands Diep</b>	0.1	0.2	2	1.8	0.04	<0.01	<0.3	30	37.8	21.3
<b>Blankvoorn Hollands Diep</b>	0.04	0.1	0.6	0.7	0.01	<0.004	<0.05	6.5	19.1	5.2
<b>Aal Haringvliet</b>	0.02	0.03	0.5	0.6	<0.008	<0.01	<0.2	5.3	58.0	8.9
<b>Aal Volkerak</b>	0.04	0.02	0.9	0.5	0.07	<0.01	<0.2	10	25.0	20.3
<b>Aal Medemblik</b>	0.01	0.02	0.2	0.3	<0.009	<0.01	<0.2	2.5	22.9	20.1
<b>Aal Oosterschelde</b>	<0.007	<0.009	<0.01	0.1	<0.009	<0.01	<0.2	<1.5	23.2	9.2

	BDE28	BDE47	BDE49	BDE66	BDE71	BDE75	BDE77	BDE85	BDE99	BDE100
vetgewicht										
<b>Aal Lek</b>	1.3	120.0	11.3	1.3	0.5	na	na	na	10.0	73.3
<b>Blankvoorn Lek</b>	24.3	351.4	45.9	0.8	0.3	1.9	na	na	2.4	102.7
<b>Aal Ketelmeer</b>	na	25.8	2.2	0.3	na	na	na	na	1.1	12.9
<b>Blankvoorn Ketel</b>	12.0	200.0	26.0	0.2	0.6	1.6	na	na	1.0	80.0
<b>Aal Eijsden</b>	na	52.9	3.4	1.0	na	na	na	na	2.3	36.8
<b>Blankvoorn Eijsden</b>	6.3	81.3	8.3	na	0.2	na	na	na	0.6	18.8
<b>Aal Amer</b>	1.6	85.6	12.3	1.1	0.3	na	na	na	4.8	69.5
<b>Blankvoorn Amer</b>	17.3	269.2	40.4	0.2	0.4	1.9	na	na	1.5	75.0
<b>Aal Hollands Diep</b>	2.3	112.7	16.0	0.9	0.3	na	na	na	4.7	84.5
<b>Blankvoorn Hollands Diep</b>	19.2	307.7	53.8	1.0	0.6	1.9	na	na	3.8	101.9
<b>Aal Haringvliet</b>	0.2	46.1	6.7	0.8	na	na	0.2	na	3.4	49.4
<b>Aal Volkerak</b>	0.2	26.6	2.5	0.4	na	na	na	na	1.5	10.8
<b>Aal Medemblik</b>	na	15.4	1.0	0.3	na	na	na	na	1.5	4.5
<b>Aal Oosterschelde</b>	na	3.3	0.5	na	na	na	0.2	na	0.2	0.9
	BDE119	BDE138	BDE153	BDE154	BDE183	BDE190	BDE209		SCCP	
<b>Aal Lek</b>	0.3	0.3	14.0	6.7	0.2	na	na		108	
<b>Blankvoorn Lek</b>	0.8	2.7	24.3	18.9	0.3	na	na		433	
<b>Aal Ketelmeer</b>	na	na	2.2	2.2	na	na	na		106	
<b>Blankvoorn Ketel</b>	0.4	1.6	4.0	10.0	na	na	na		211	
<b>Aal Eijsden</b>	0.6	na	3.4	4.6	na	na	na		191	
<b>Blankvoorn Eijsden</b>	0.4	na	2.1	6.3	na	na	na		226	
<b>Aal Amer</b>	0.5	0.5	8.0	7.0	0.2	na	na		174	
<b>Blankvoorn Amer</b>	0.4	1.9	7.7	11.5	0.1	na	na		475	
<b>Aal Hollands Diep</b>	0.5	0.9	9.4	8.5	0.2	na	na		178	
<b>Blankvoorn Hollands Diep</b>	0.8	1.9	11.5	13.5	0.2	na	na		368	
<b>Aal Haringvliet</b>	0.2	0.3	5.6	6.7	v	na	na		651	
<b>Aal Volkerak</b>	0.2	0.1	4.4	2.5	0.3	na	na		123	
<b>Aal Medemblik</b>	0.0	0.1	1.0	1.5	na	na	na		114	
<b>Aal Oosterschelde</b>	na	na	na	1.1	na	na	na		252	

Tabel 6. TBT gehalte op versgewicht en vetgewicht (als Sn µg/kg)

	Tributyltin	Dibutyltin	Triphenyltin	Tributyltin	Droge stof
					%
	versgewicht			vetgewicht	
<b>Aal Lek</b>	6.4	<6.2	<3.4	44	29.9
<b>Blankvoorn Lek</b>	15	<7.5	4.7	357	23.2
<b>Aal Ketelmeer</b>	5.9	<5.7	5.7	79	27.7
<b>Blankvoorn Ketel</b>	7.9	<3.8	<2.1	139	25.3
<b>Aal Eijsden</b>	5.8	<4.8	<2.7	112	26.0
<b>Blankvoorn Eijsden</b>	5.7	<3.9	<1.9	104	26.2
<b>Aal Amer</b>	5.7	<4.5	<2.4	36	33.1
<b>Blankvoorn Amer</b>	44	4.7	21	698	22.6
<b>Aal Hollands Diep</b>	<3.5	<4.5	<2.5	na	36.5
<b>Blankvoorn Hollands Diep</b>		<5.1	5.2	161	26.2
<b>Aal Haringvliet</b>	15	<5.1	6	178	27.1
<b>Aal Volkerak</b>	10	<6.0	<3.3	70	36.4
<b>Aal Medemblik</b>	13	<5.5	<3.1	65	36.6
<b>Aal Oosterschelde</b>	13	<5.4	<3.1	140	29.4

### 3.2.2 Anorganische contaminanten

Tabel 7. Gehalten cadmium, lood (µg/kg) en kwik (mg/kg) op natgewicht.

	Cadmium	Lood	Kwik
	µg/kg	µg/kg	mg/kg
<b>Aal Lek</b>	2.3	70	<b>0.303</b>
<b>Blankvoorn Lek</b>	22	130	0.064
<b>Aal Ketelmeer</b>	1.4	<b>560*</b>	0.109
<b>Blankvoorn Ketel</b>	5.2	30	0.035
<b>Aal Eijsden</b>	11	41	0.089
<b>Blankvoorn Eijsden</b>	31	<b>430</b>	0.023
<b>Aal Amer</b>	5.6	34	0.105
<b>Blankvoorn Amer</b>	13	89	0.053
<b>Aal Hollands Diep</b>	7	19	0.193
<b>Blankvoorn Hollands Diep</b>	12	65	0.046
<b>Aal Haringvliet</b>	3.9	77	0.153
<b>Aal Volkerak</b>	< 1	18	0.166
<b>Aal Medemblik</b>	< 1	8.8	0.137
<b>Aal Oosterschelde</b>	1.3	12	0.090
<b>KRW biotnorm</b>	160	300	0.20

\* Dit monster is opnieuw geanalyseerd, resulterend in dezelfde waarde.

### 3.3. Vergelijking accumulatie aal met blankvoorn

Omdat de aalstand sterk krimpt en er nog geen verbetering is voorzien is een eventuele andere vissoort om te gebruiken als monitoringvis gewenst. In een eerder literatuuronderzoek zijn blankvoorn en brasem als geschikte kandidaten naar voren gekomen. Er is gekozen voor blankvoorn in dit onderzoek.

Zoals blijkt uit de analyseresultaten zijn de gehalten contaminanten in blankvoorn hoog. Op natte stof basis zijn de gehalten organische contaminanten doorgaans lager dan in aal, maar op vetbasis zijn de waarden vergelijkbaar of zelfs hoger dan in aal. De gehalten metalen lood en cadmium zijn aanzienlijk hoger in de blankvoorn dan in de aal.



## 4. Discussie

### 4.1 Analysewaarden in aal en blankvoorn

#### 4.1.1 *Organische contaminanten*

De bioaccumulatie van organische contaminanten wordt beïnvloed door het trofisch nivo van een vis (hoog of laag in voedselketen) en de intrinsieke eigenschappen van een stof zelf. Hoe hoger in de voedselketen, hoe hoger de bioaccumulatie. Dit geldt specifiek voor die stoffen die voornamelijk door de voedselketen worden doorgegeven en niet door de kieuwen uit het water worden opgenomen (de zeer apolaire stoffen).

In dit onderzoek werd verwacht dat de ophoping van specifiek de zeer apolaire contaminanten, die voornamelijk door de voedselketen worden opgehoopt, in kleine blankvoorn lager zou zijn dan in de aal. Dit omdat de kleine blankvoorn, gebruikt in dit onderzoek, theoretisch iets lager in de voedselketen zit dan aal (30-40 cm). Bij de PCBs is inderdaad te zien dat de hogere PCBs relatief iets minder ophopen in blankvoorn dan in aal (maximaal 2.5 keer minder). De lagere PCBs hopen wel erg sterk op in blankvoorn, op vetbasis soms tot 10 keer hoger dan in aal. De PBDEs en ook TBT hopen echter erg goed op in blankvoorn, soms tot 10 en 17 keer hogere concentraties op vetbasis dan in aal. SCCP wordt tot 4 keer hogere concentraties in het vet van de blankvoorn aangetroffen.

Hier moet meteen wel meteen een aantal belangrijke opmerkingen gemaakt worden over de monsters.

Aal is gemeten als filet, dus zonder huid, skelet en organen die een andere ophoping kunnen vertonen. Vooral lever en nieren staan bekend als "reservoir" voor allerlei contaminanten. Daarnaast is ook het volledige maag-darmkanaal mee geanalyseerd bij de blankvoorn. Onverteerde resten, bodemdeeltjes of andere bronnen van organische contaminanten die (nog) niet opgenomen waren in de vis zelf zijn mee geanalyseerd. Niet alle contaminanten uit slib of ander organisch materiaal worden standaard door het maag-darmkanaal in het organisme opgenomen, de biobeschikbaarheid van deze stoffen is soms erg laag, waardoor er een overschatting van de gemeten gehalten in vis kan optreden.

In het MWTL programma wordt historisch gezien alleen in visfilet gemeten. Hier zijn een aantal redenen voor. Ten eerste is het vetgehalte filet zo hoog dat vooral de organische contaminanten daar goed in ophopen (geen lever nodig), dit levert een relatief schoon extract voor analyse. Uitsluiting van ingewanden sluit ook vragen uit over onverteerd voedsel (en vooral slib). Daarnaast is het taaie aalvel bijzonder lastig te homogeniseren. Ook de link met eetbaar gedeelte (voedselveiligheid) kan met de meting van filet gemakkelijk gelegd worden.

Zoals de metingen met blankvoorn aantonen is de matrix van hele vis tegenwoordig geen probleem voor de analyse. Door gebruik van vloeibare stikstof (voor graten, vel en kop) is homogenisatie van hele aal technisch mogelijk, al kost dit aanzienlijk meer tijd meer tijd dan een filet homogenisatie.

Daarnaast zijn de vismonsters genomen in een ander jaargetijde, laat voorjaar begin zomer voor de aal en herfst wat betreft de blankvoorn. Vetreserves en ophoping van contaminanten kunnen daardoor verschillen.

Deze opmerkingen in beschouwing nemend blijft het opmerkelijk dat op vetbasis de ophoping in kleine blankvoorn zo hoog is, zeker voor de PBDEs.

#### 4.1.2 *Metalen*

De ophoping van lood en cadmium geconstateerd in blankvoorn is een stuk hoger dan in aal. Dit is niet verwonderlijk, aangezien de hele blankvoorn inclusief lever en nieren wordt geanalyseerd.

De ophoping van kwik, voornamelijk methylkwik is in aal wel hoger dan in blankvoorn met een factor 2 tot 5. Methylkwik is ook een component die naar mate vissen ouder en groter worden in hogere concentraties wordt aangetroffen. De bioaccumulatie is hier niet afhankelijk van vetgehalten maar van opname uit het voedsel en opslag in het visweefsel. Deze opslag gaat door tijdens het leven van de vis. De waarden van kwik in aal (ook in aal < 30 cm, data niet vermeld) was hoger dan die van kleine blankvoorn. Deze gegevens zijn wel in overeenstemming met de theoretische trofische positie van blankvoorn ten opzichte van aal.

## 4.2 Vervanging aal door blankvoorn als monitoringsorganisme

De keuze van aal als monitoringorganisme is voor een deel van historische aard, maar nu de aalstand zo laag en bedreigd is moet wellicht een ander organisme gebruikt worden. De resultaten uit dit project laten zien dat de ophoping van contaminanten, zowel organisch als anorganisch, in blankvoorn hoog is. De vangst van blankvoorn, ofschoon algemeen aanwezig, is niet erg eenvoudig en in grotere mate afhankelijk van weersomstandigheden dan de vangst van aal. Bij overgang van aal naar blankvoorn zal waarschijnlijk voor een groot aantal contaminanten een grote trendbreuk optreden. De resultaten uit deze studie zijn nog puur indicatief, omdat het tijdstip van bemonstering niet gelijk was en het effect van filet versus een hele vis op de analyses nog niet gekwantificeerd is.

## 5. Conclusies

De prioritare stoffen voor KRW zijn op de meeste locaties in goed meetbare concentraties aanwezig in zowel aal als blankvoorn. In blankvoorn zijn de concentraties op vetbasis soms hoger dan in de aal. De metalen lood en cadmium zijn in de blankvoorn aanzienlijk hoger dan in de aal, methykwik is hoger in de aal. zijn alle contaminanten goed te meten, waarschijnlijk mede veroorzaakt door het gebruik van de hele vis.

De gemeten gehalten lijken in grote mate af te hangen van de soort vis die wordt gemeten, op welke manier (hele vis voor blankvoorn, filet voor aal) en ook van de contaminant (bv PCB 28 of PCB 153). De gehalten organische contaminanten op vetbasis zijn in blankvoorn vaak hoger dan die van aal, maar door de grote verschillen in vetgehalten zijn de gehalten organische contaminanten op natte stof redelijk vergelijkbaar (hele blankvoorn, filet aal).

## 6. Aanbevelingen

De analysegegevens uit dit project werpen vragen op. Waardoor wordt de hoge concentratie organische contaminanten in blankvoorn veroorzaakt? Volgt de ophoping van deze apolaire stoffen niet de gebruikelijke route of zijn de grote verschillen geheel te wijten aan het meten van een ander matrix (hele vis versus filet) en het tijdsverschil in bemonstering.

Bemonstering van aal en blankvoorn op 1 locatie op twee tijdstippen, gecombineerd met zowel filet als hele vis analyse kan uitwijzen waardoor de grote verschillen bepaald worden. Ook het bemonsteren van verschillende lengteklassen blankvoorn kan ondersteunende data leveren.

# Verantwoording

Rapport C117/08  
Projectnummer: 439.51020.01

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het betreffende afdelingshoofd van Wageningen IMARES.

Akkoord:                   Drs. J.H.M. Schobben  
                                  Hoofd afdeling Milieu

Handtekening:

Datum:                     19 december 2008

Aantal exemplaren:       2  
Aantal pagina's:         19  
Aantal tabellen:         7

