

MEETCAMPAGNE BIOTAMONITORING IN REGIONALE WATEREN



MEETCAMPAGNE BIOTAMONITORING IN REGIONALE WATEREN



COLOFON

DIT RAPPORT IS IN JUNI 2022 GEACTUALISEERD

STOWA-nummer 2021-42

ISBN 978.90.5773.942.2

Download

Dit rapport is beschikbaar als pdf op www.stowa.nl
Check Bibliotheek > Publicaties > STOWA 2021-42

Publicatie

STOWA | Postbus 2180 | 3800 CD Amersfoort

September 2021 © STOWA

Auteurs

Jaap Postma | Ecofide

Michiel Kotterman | Wageningen Marine Research

Rineke Keijzers | Ecofide

Eindredactie

Bert-Jan van Weeren

Design

Shapeshifter.nl | Utrecht

Fotografie

Jelger Herder (quaggamossellen cover), Michiel Kotterman & Jaap Postma (kleine foto's),
Adobe stock (grote foto's).

De volgende reviewers hebben waardevolle suggesties gedaan bij een eerdere versie van dit rapport, waarvoor dank: Annie Venema, Bernd van Broekhoven, Edwin Foekema, Gerda Valkering, Harry Boonstra, John Hin.

Copyright

De informatie uit dit rapport mag worden overgenomen, mits met bronvermelding. De in het rapport ontwikkelde, dan wel verzamelde kennis is om niet verkrijgbaar. De eventuele kosten die STOWA voor publicaties in rekening brengt, zijn uitsluitend kosten voor het vormgeven, vermenigvuldigen en verzenden.

Disclaimer

Dit rapport is gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijde kritisch worden beschouwd. De auteurs en STOWA kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit dit rapport.



INHOUDSOPGAVE

2	COLOFON
86	STOWA IN HET KORT

	TEN GELEIDE	6			
	SAMENVATTING	8			
1	INLEIDING	12			
1.1	Aanleiding	12			
1.2	Doelstelling van het project	15			
2	MATERIAAL EN METHODEN	16			
2.1	Geselecteerde waterlichamen	17			
2.2	Uitgevoerde veldwerkzaamheden	19			
	2.2.1 Blankvoorn <i>Rutilus rutilus</i>	19			
	2.2.2 Actieve biotamonitoring met quaggamosselen	21			
	2.2.3 Passieve biotamonitoring met schelpdieren	23			
2.3	Uitgevoerde laboratoriumanalyses	23			
2.4	Vergelijking met rijkswater en mogelijkheden tot clustering	26			
3	RESULTATEN EN DISCUSSIE	28			
3.1	PAK's in schelpdieren	29			
	3.1.1 Aangetroffen soorten en onderlinge vergelijking van PAK-gehalten	29			
	3.1.2 Huidige toestand	31			
	3.1.3 Relatie met druk- en emissiefactoren	34			
	3.1.4 Vergelijking met resultaten uit rijkswateren	35			
	3.1.5 Mogelijke extrapolatie naar andere waterlichamen	36			
			3.2	HCB, HCBd, HBCDD, dicofol en som-TEQ in blankvoorn	38
			3.2.1	Huidige toestand	38
			3.2.2	Relatie met druk- en emissiefactoren	39
			3.2.3	Vergelijking met resultaten uit rijkswateren	40
			3.2.4	Mogelijke extrapolatie naar andere waterlichamen	42
			3.3	Kwik, heptachloor&-epoxide, PBDE en PFOS in blankvoorn	44
			3.3.1	Huidige toestand	44
			3.3.2	Relatie met druk- en emissiefactoren	46
			3.3.3	Vergelijking met resultaten uit rijkswateren	49
			3.3.4	Mogelijke extrapolatie naar andere waterlichamen	49
			3.4	Aanvullende analyses	51
			3.4.1	Som PBDE's en som-TEQ	51
			3.4.2	Overige PFAS-verbindingen	53
			3.4.3	Isotopen-analyse	54
			4	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	58
			4.1	Conclusies	58
			4.2	Aanbevelingen	59
				REFERENTIES	64
				BIJLAGEN	66
			Bijlage 1	Bemonsterde locaties	67
			Bijlage 2	Gegevens over de geanalyseerde blankvoorn en schelpdieren	80
			Bijlage 3	Kwaliteitsborging Wageningen Marine Research	84



➤ TEN GELEIDE

Het meten van de concentraties chemische stoffen in levende organismen - zgn. biotamonitoring - is biologisch gezien een meer relevante parameter voor een goede waterkwaliteit dan het monitoren van concentraties in het oppervlaktewater. Dit blijkt uit de landelijke meetcampagne Biotamonitoring waar alle waterschappen aan hebben deelgenomen. Maar biotamonitoring is wel bewerkelijk.

De Europese Kaderrichtlijn Water heeft tot doel dat in 2027 alle waterlichamen binnen de EU een goede chemische en ecologische toestand hebben bereikt. De chemische waterkwaliteit wordt meestal beoordeeld aan de hand van de concentraties van chemische stoffen in het oppervlaktewater.

Voor sommige stoffen is bij de normstelling echter geconcludeerd dat de doorvergiftingsrisico's voor predatoren (zoals vogels en zoogdieren) dan wel de mens (bij humane consumptie van wild gevangen dieren) een doorslaggevende rol spelen. Voor dit soort gevallen zijn zogenoemde biotanormen afgeleid: de maximale concentraties van een chemische stof die in levende organismen aanwezig mogen zijn. Deze maken het mogelijk om aanvullend op de monitoring van oppervlaktewater ook de gehalten in voedselorganismen te beoordelen.

Waar biotamonitoring in rijkswateren al de nodige jaren plaatsvindt, ontbrak tot nu toe een vergelijkbaar inzicht voor onze regionale waterlichamen. In het najaar van 2020 is daarom door alle 21 regionale waterbeheerders meegedaan aan de meetcampagne Biotamonitoring. Er werden in totaal 23 waterlichamen onderzocht. Naast het verkregen inzicht in de lokale situatie, geven de resultaten een goed beeld van de variatie over Nederland.

De resultaten van de meetcampagne laten voor meerdere stoffen zien dat de belasting van regionale wateren lager is dan die van rijkswateren. Verder resulteert de uitgevoerde biotamonitoring in vergelijking tot de monitoring van de chemie van het oppervlaktewater minder vaak tot normoverschrijdende waterlichamen. Dit verschil wordt deels veroorzaakt doordat de gehalten in organismen niet alleen afhankelijk zijn van de totaal concentratie in het water, maar vooral van de biologische beschikbaarheid hiervan. Dit is de mate waarin de stof daadwerkelijk beschikbaar is voor opname in het organisme. Dit maakt biotamonitoring tot een ecologisch meer relevante parameter. De biologische beschikbaarheid kan verschillen, afhankelijk van een aantal factoren.

Biotamonitoring heeft om bovengenoemde reden volgens de onderzoekers een inhoudelijke meerwaarde, maar ze maken wel een kanttekening. Biotamonitoring is om te beginnen bewerklijker dan het bemonsteren van oppervlaktewater. Dit soort onderzoek aan vis levert ook verplichtingen op vanuit de Wet op de Dierproeven. De verdere toepassing van biotamonitoring moet daarom zorgvuldig op zijn merites worden beoordeeld, aldus de onderzoekers.

Ik hoop dat de uitkomsten van het hier beschreven onderzoek bijdragen aan deze afwegingen en dat de resultaten van de meetcampagne waterbeheerders ook nu al handvatten biedt bij het prioriteren van maatregelen om de ecologische en waterkwaliteitsdoelstellingen te realiseren.

**JOOST BUNTSMA,
DIRECTEUR STOWA**



➔ SAMENVATTING

WAAROM EEN REGIONALE MEETCAMPAGNE BIOTAMONITORING?

De Europese Kaderrichtlijn Water heeft tot doel dat in 2027 alle waterlichamen binnen de EU een goede chemische en ecologische toestand hebben bereikt. Om deze kwaliteit (chemisch) te beoordelen zijn er voor zogenoemde prioritaire stoffen Europees geldende milieukwaliteitsnormen vastgelegd, gericht op de jaargemiddelde en/of maximale concentratie in het oppervlaktewater (JG-MKE en MAC-MKE¹). Onder prioritaire stoffen wordt verstaan stoffen die zo gevaarlijk zijn voor de mens en het milieu dat er voor hun reductie met voorrang (prioritair) actie moet worden ondernomen.

Voor de meeste prioritaire stoffen maken de opgestelde waterkwaliteitsnormen een betrouwbaar oordeel mogelijk. Voor een aantal stoffen is bij de normstelling geconcludeerd dat de doorvergiftigingsrisico's voor predatoren (zoals vogels en zoogdieren) dan wel de mens (bij humane consumptie van wild gevangen dieren) een doorslaggevende rol spelen. Voor dit soort gevallen heeft Brussel ook zogenoemde biotanormen afgeleid². Het gaat om de maximale concentraties van een chemische stof die in levende organismen aanwezig mogen zijn. Deze maken het mogelijk om aanvullend op de monitoring van oppervlaktewater ook de gehalten in voedselorganismen te beoordelen.

De veertien stoffen/stofgroepen met een biotanorm betreffen vier verschillende PAK's (fluorantheen (Flu), benzo(a)pyreen (BaP), chryseen (Chr) en benzo(a)anthracen (BaA)), gebromeerde vlamvertragers (PBDE's), hexachloorbenzeen (HCB), hexachloorbutadieen (HCBD), hexabroomcyclododecaan (HBCDD), perfluoroc-taansulfonaat (PFOS), dioxines, furanen & dioxine-achtige PCB's (som-TEQ), kwik, dicofol, octamethylcyclotetrasiloxaan en heptachloor & -epoxide.

In 2015 heeft Nederland een meetnet opgezet voor biotamonitoring, dat zich in eerste instantie alleen op de rijkswateren richtte. Inmiddels hebben Rijkswaterstaat en Wageningen Marine Research dit biotameetnet enkele jaren uitgevoerd. De eerste resultaten laten zien dat verschillende van deze veertien stoffen de biotanormen frequent overschrijden. Biotamonitoring brengt kortom serieuze waterkwaliteitsproblemen aan het licht. Over de toestand in de Nederlandse regionale wateren was tot voor kort echter weinig tot niets bekend. De Unie van Waterschappen heeft in 2020 daarom het initiatief genomen voor een meetcampagne 'biotamonitoring in regionale wateren' waarbij een aantal zogenoemde prioritaire stoffen worden gemonitord in biota, zoals vissen en schelpdieren.

1 Jaargemiddelde Milieukwaliteitseis (JG-MKE), Milieukwaliteitseis voor de Maximaal Aanvaardbare Concentratie (MAC-MKE),

2 Richtlijn 2013/39/EU voor prioritaire stoffen; <https://rvs.rivm.nl> voor specifieke verontreinigende stoffen.

FIGUUR 1

Ligging van de 23 geselecteerde waterlichamen.



STOWA heeft hiervoor het onderzoeksprotocol op laten stellen. De belangrijkste doelen waren:

- a. inzicht krijgen in de (praktische) uitvoerbaarheid van biotamonitoring in regionale wateren met zowel actieve als passieve bemonstering;
- b. inzicht krijgen in de variatie in biotagehalten in Nederland, als basis voor een toekomstig meetnet voor deze stoffen (in water, sediment en/of biota).

Daarnaast is bekeken in welke mate de bevindingen ook nu al gebruikt kunnen worden voor de toestandsbeoordeling in andere, niet bemonsterde regionale wateren.

DE WIJZE VAN UITVOERING

Aan de meetcampagne biotamonitoring hebben alle 21 regionale waterbeheerders meegedaan. In totaal zijn er 23 waterlichamen bemonsterd. Deze 23 waterlichamen omvatten twaalf verschillende KRW-watertypen waaronder sloten, kleine kanalen, meren, rivieren en een brakwatersysteem. Daarnaast representeren de geselecteerde waterlichamen een verscheidenheid aan mogelijke emissies vanuit rwzi's, landbouw, glastuinbouw, stedelijk gebied dan wel de inlaat van rijkswater. Hiermee geeft de meetcampagne niet alleen inzicht in de regionale situatie, maar ook een eerste indruk in mogelijke oorzaken bij verhoogde gehalten.

De biotanormen zijn in de meeste gevallen gericht op de gehalten in vis. In Nederland is gekozen om deze monitoring te richten op blankvoorns (*Rutilus rutilus*) met een lengte van 10 tot 15 cm. Echter: gewervelde organismen kunnen PAK's afbreken, waardoor de PAK-gehalten beter in ongewervelde dieren bepaald kunnen worden. In Nederland is in het geval van PAK's daarom gekozen voor actieve monitoring met de quaggamossel (*Dreissena rostriformis bugensis*) dan wel, bij waterlichamen waar de quaggamossel nog niet voorkomt, voor passieve monitoring met ter plaatse aanwezige schelpdieren, zoals de vijver- of schildersmossel (*Anodonta anatina* resp. *Unio pictorum*).

In het najaar van 2020 zijn in alle 23 waterlichamen voldoende blankvoorns en schelpdieren verzameld, waarna in het weefsel van deze dieren de gehalten van de verschillende milieuverontreinigende stoffen zijn bepaald.

BELANGRIJKSTE RESULTATEN EN CONCLUSIES

De resultaten van de uitgevoerde meetcampagne zijn in tabel 1 samengevat. De resultaten zijn vergeleken met de resultaten van chemische monitoring in oppervlaktewater en met die van de biotamonitoring in rijkswateren. Dit leidt tot de volgende conclusies:

1. Net als in rijkswateren is biotamonitoring in regionale wateren goed uitvoerbaar en konden in alle waterlichamen voldoende schelpdieren en blankvoorns worden verzameld.
2. Voor acht van de veertien stoffen met een biotanorm³ voldeden alle 23 onderzochte waterlichamen. Dit zijn: Chr, BaP, HCB, HCBd, HBCDD, dicofol, octamethylcyclotetrasiloxaan en som-TEQ. Voor vier stoffen varieert het aantal normoverschrijdende waterlichamen tussen de 4 en 30 procent (BaA, Flu, PFOS en kwik) en voor PBDE's en heptachloor-&-epoxide werden in alle 23 onderzochte waterlichamen normoverschrijdingen vastgesteld.
Noot. Als voor PFOS wordt getoetst aan de recente advieswaarde van het RIVM (biotanorm van 0,077 µg/kg vers; RIVM, 2021), dan blijkt de huidige toestand in geen van de 23 onderzochte waterlichamen te voldoen.
3. In regionale waterlichamen zijn de biotagehalten lager of bij benadering gelijk aan die in rijkswateren. Stoffen met lagere gehalten in regionale waterlichamen zijn de vier PAK's, som-TEQ en in enige mate ook PFOS en kwik. Door deze lagere gehalten is ook het procentuele aandeel normoverschrijdende waterlichamen (soms aanzienlijk) lager.
4. Voor de vier PAK's, PFOS en kwik laat biotamonitoring minder overschrijdingen zien dan de chemische monitoring in oppervlaktewater.
5. Aangezien de gehalten in organismen (in µg/kg) veelal hoger zijn dan de concentraties in oppervlaktewater (in µg/l) neemt de betrouwbaarheid van het oordeel over de huidige toestand toe en komt het oordeel 'niet toetsbaar' bij biotamonitoring niet voor.

³ Wettelijke normen vastgelegd in Bkwm 2009; oorspronkelijk afkomstig uit de Richtlijn prioritaire stoffen (versie 2013)

TABEL 1

Resultaten van het huidige onderzoek in vergelijking met die van de biotamonitoring in rijkswateren en chemische monitoring in oppervlaktewater. a) In de 2^{de} en 3^{de} kolom zijn de biotagehalten in regionale waterlichamen en rijkswateren met elkaar vergeleken. Gehalten zijn weergegeven in µg/kg vers (som-TEQ in ng/kg) en gestandaardiseerd naar 26% droge stof (kwik, PFOS), 1% vet (PAK's) dan wel 5% vet (andere stoffen). b) in de 4^{de} tot 6^{de} kolom is het procentuele aandeel normoverschrijdende waterlichamen opgenomen op basis van i) gehalten in biota uit het huidige onderzoek; ii) chemische monitoring in oppervlaktewater en iii) biotamonitoring in rijkswateren.

- 1) Bron: toestandsbeoordeling 2020 t.b.v. stoffiches bij het ontwerp SGBP 2022-2027
- 2) Voor PBDE's wordt in oppervlaktewater alleen aan een MAC-MKE getoetst
- 3) Voor heptachloor & -epoxide is een oordeel 'voldoet' in oppervlaktewater niet mogelijk, doordat de rapportagegrenzen te hoog zijn

	Range in biotagehalten (µg/kg gestand.; min-max)		Waterlichamen > norm (%)		
	Waterschappen	Rijkswater	Waterschappen		Rijkswater
			Biota	Opp. water ¹⁾	Biota
Benzo(a)anthraceen	0,03-6,6	0,02-106	4	51	69
Chryseen	0,02-8,7	0,14-146	0	23	31
Fluorantheen	1,6-36	0,04-170	4	42	31
Benzo(a)pyreen	<0,1-1,8	0,05-49	0	59	62
HCB	0,21-3,4	0,19-5,7	0	<1	0
HCBD	<0,01-0,06	<0,07-0,83	0	1	0
HBCDD	<0,07-0,67	<0,05-8,0	0	0	0
Dicofol	<0,66	<0,60	0	0	0
Som-TEQ (ng/kg gestand)	0,31-3,3	0,5-12,6	0	-	25
Octamethylcyclotetrasiloxaan	<454	niet bekend	0	niet bekend	niet bekend
PFOS	3,4-34	2,6-54	26	44	71
Kwik	8,2 -39	16-70	30	38	86
PBDE's	0,11-5,9	0,18-9,7	100	0 ²⁾	100
Heptachloor & -epoxide	0,02-0,68	0,03-0,46	100	22 ³⁾	100



1 INLEIDING

1.1 AANLEIDING

De Kaderrichtlijn Water heeft als centrale doelstelling dat in 2027 alle waterlichamen een goede chemische en ecologische toestand hebben bereikt. Om deze kwaliteit te beoordelen zijn er voor prioritaire stoffen Europees geldende milieukwaliteitsnormen vastgelegd, gericht op de jaargemiddelde en/of maximale concentratie in het oppervlaktewater (JG-MKE en MAC-MKE). Voor de meeste prioritaire stoffen maken deze waterkwaliteitsnormen een betrouwbaar oordeel mogelijk. Voor sommige prioritaire stoffen spelen de risico's voor predatoren (zoals vogels en zoogdieren) dan wel de mens (bij humane consumptie van wild gevangen dieren) een doorslaggevende rol in de normafleiding en heeft de Europese commissie aanvullend ook zogenaamde biotanormen afgeleid. Met deze biotanormen kunnen gehalten in voedselorganismen beoordeeld worden. Hetzelfde argument geldt ook voor sommige specifieke verontreinigende stoffen en in die gevallen heeft het RIVM biotanormen afgeleid.

Voor het monitoren van stoffen geldt op grond van Richtlijn 2009/90/EG dat de bepalingsgrens van de analysemethode ten hoogste 30% van de norm en de meetonzekerheid ten hoogste 50% mag bedragen. Voor het merendeel van de stoffen met een biotanorm is dit momenteel bij meten in water niet het geval. Hierdoor is Nederland verplicht om de stoffen in biota te meten, aangezien hiermee wel aan deze voorwaarden kan worden voldaan. Overigens geldt dit ook voor de meeste andere Europese landen. De 14 stoffen met een biotanorm betreffen: gebromeerde vlamvertragers (PBDE's), hexachloorbenzeen (HCB), perfluorooctansulfonaat (PFOS), heptachloor- & -epoxide, som-TEQ (som van toxische equivalenten van dioxines, furanen en dioxineachtige PCB's), de vier PAK's fluorantheen, benzo(a)pyreen, chryseen en benzo(a)anthraceen, kwik, hexachloorbutadieen (HCBd), dicofol, octamethylcyclotetrasiloxaan (OMCTS) en hexabroomcyclododecaan (HBCDD)⁴.

INTERMEZZO 'PARAMETER SOM-TEQ'

In de KRW heeft prioritaire stof nr. 37 betrekking op dioxine en dioxine-achtige stoffen. Dit betreft 29 verschillende stoffen, waaronder verschillende polygechloroerde dibenzo-p-dioxinen (PCDD), polygechloroerde dibenzofuranen (PCDF) en dioxineachtige polychloorbifenylen (DL-PCB). De norm is gebaseerd op de gesommeerde gehalten van zeven PCDD's, tien PCDF's en twaalf DL-PCB's, waarbij het gehalte van iedere stof wordt gecorrigeerd voor de relatieve sterkte van het effect ten opzichte van dat van 2,3,7,8-TCDD, de giftigste bekende dioxineverbinding. Dit heet 'Toxische equivalentie' oftewel TEQ. In het huidige rapport wordt het gehalte van deze groep stoffen daarom aangeduid als 'Som-TEQ'.

Verder is in de EU-richtlijn 2008/105 over prioritaire stoffen ook opgenomen dat 'lidstaten, waar passend, sediment en biota dienen te monitoren in een gepaste frequentie teneinde voldoende gegevens te verkrijgen voor een betrouwbare analyse van langetermijntendensen van de prioritaire stoffen, die de tendens hebben te accumuleren in sediment en/of biota'. Er is geen eis opgenomen met betrekking tot het aantal daarvoor te kiezen meetlocaties. In 2015 zijn door Wageningen Marine Research protocollen ontwikkeld om biota op een gestandaardiseerde manier te kunnen monitoren en zijn ook de eerste compliance checks in rijkswateren uitgevoerd (Foekema *et al.*, 2019).

Daarnaast is in 2015 ook een meetnet voor biotamonitoring opgezet, dat zich in eerste instantie uitsluitend op de rijkswateren richtte (Ecofide, 2015). Eind 2015 heeft het Cluster Monitoring, Rapportage en Evaluatie (cMRE) ermee ingestemd om te starten met biotamonitoring in rijkswateren en de ervaringen hiermee op termijn te benutten voor een eventuele uitbreiding naar de regionale wateren. Het samenwerkingsverband voor de uitvoering van de KRW-monitoring, het Regionaal Afstemmingsoverleg Monitoring (RAM), heeft de uitbreiding naar regionale wateren voorbereid. Het RAM heeft in 2019 een collegiale toetsing door waterbeheerders op de KRW-meetnetten georganiseerd. Conclusie hieruit was dat een eenmalige meetcampagne nodig is om voor deze 14 stoffen te bepalen hoe hoog de biotagehalten in regionale wateren zijn. Met deze gegevens kan vervolgens worden beoordeeld of men met biotamonitoring in rijkswateren ook een accurate inschatting van de toestand in regionale wateren kan maken.

Ondertussen is het biotameetnet enkele jaren door Rijkswaterstaat en Wageningen Marine Research uitgevoerd en laten de eerste resultaten zien dat verschillende van deze 14 stoffen de biotanormen frequent en in ernstige mate overschrijden (Foekema *et al.*, 2019; Sneekes & Kotterman, 2020). Dit betreft met name PFOS, kwik, heptachloor&-epoxide, benzo(a)pyreen, benzo(a)anthraceen, fluorantheen, chryseen en PBDE's. Biotamonitoring is daarmee geen louter administratieve exercitie, maar brengt serieuze waterkwaliteitsproblemen aan het licht. Over de toestand in de Nederlandse regionale wateren is tot nu toe weinig tot

⁴ In de rest van het rapport worden de stoffen met deze afkortingen aangeduid.

TABEL 1.1

Dertien stoffen met een biotanorm in de KRW en een vergelijking met de resultaten van de uitgevoerde biotamonitoring in Vlaanderen (Teunen et al., 2017; 2018; 2019; 2020) en Nederland (alleen de zoete rijkswateren; Sneekes & Kotterman, 2020). Voor de veertiende stof met een biotanorm, octamethylcyclotetrasiloxaan, zijn in de aangehaalde studies geen gegevens beschikbaar.

- waarde < KRW-biotanorm
- waarde rondom KRW-biotanorm
- waarde > KRW-biotanorm

- 1) Meeste normen gelden voor de gehalten in vis ($\mu\text{g}/\text{kg}$ vers). Hierbij gelden aanvullende voorwaarden voor het vetgehalte van de vis en het trofisch niveau van de vissoort. Voor PAK's heeft de biotanorm betrekking op de gehalten in schelpdieren, omdat gewervelde dieren PAK's kunnen afbreken.
- 2) In slechts één van de 40 gemonitorde waterlichamen werd een normoverschrijding vastgesteld (paling uit de Bovenschelde, 2015). Daarmee lijkt het probleem in omvang beperkt.
- 3) Voor mosselen (PAK's) zijn meetreeksen over een langere periode van jaren gebruikt
- 4) Hoge gehalten in spierweefsel van paling; Spierweefsel baars ligt minimaal factor 10 lager. Dit komt deels door een verschil in vetgehalte. Gerefereerde gegevens zijn nog niet gestandaardiseerd.
- 5) Specifieke verontreinigende stof; Nederlandse norm. Geen gegevens beschikbaar in aangehaald rapport.

Stof	Biotanorm ¹⁾ ($\mu\text{g}/\text{kg}$ vers)	Vlaanderen, kleine en grote waterlopen, n=33			Nederland, alleen zoete rijkswateren, n=8		
		2016-2018 ($\mu\text{g}/\text{kg}$ vers)		Aantal locaties >norm	2017-2019 ³⁾ ($\mu\text{g}/\text{kg}$ vers)		Aantal locaties >norm
		Gem	Max	%	Gem	Max	%
PBDE's	0,0085	8,7	86	100	2,5	15,7	100
Fluorantheen	30	23	107	33	27	170	32 (n=19)
Benzo(a)pyreen	5	5,0	27	33	11	48	63 (n=19)
Benzo(a)anthraceen	3	-	-	- ⁵⁾	15	106	74 (n=19)
Chryseen	30	-	-	- ⁵⁾	20	146	26 (n=19)
HCB	10	2,9	12	9	1,5	4,9	0
HCBD	55	<0,1	<0,1	0	0,19	0,83	0
Kwik	20	107	332	100	40	70	86
Dicofol	33	<20	<20	0	<0,5	<0,5	0
PFOS	9,1	27	132	94	17	54	71
Som-TEQ	0,0065	0,0067	0,038	24	0,0041	0,013	14
HBCDD	167	13	412 ²⁾	3	1,0	8,0	0
Heptachloor en -epoxide	0,0067	5 ⁴⁾	24 ⁴⁾	96	0,19	0,56	86

niets bekend. Voor Vlaanderen zijn de eerste gegevens al wel beschikbaar. Op hoofdlijn geven deze eenzelfde beeld over de chemische toestand als de gegevens voor de Nederlandse rijkswateren (Tabel 1.1).

Verder zijn er voor PAK's aanwijzingen dat de toestandsbeoordeling in oppervlaktewater in sommige gevallen een te negatief beeld schetst. Dit heeft onder meer te maken met het verschil tussen de totaal concentratie (waar de toetsing van oppervlaktewater mee wordt uitgevoerd) en de biologisch beschikbare concentratie (relevant voor de accumulatie in biota; zie onderzoeksresultaten in Ecofide, 2021). De huidige meetcampagne geeft aanvullend inzicht in de mate waarin dergelijke verschillen optreden.

1.2 DOELSTELLING VAN HET PROJECT

De meetcampagne 'biotamonitoring in regionale wateren' richt zich op 14 stoffen met een biotanorm en heeft als belangrijkste doelen:

- a. inzicht krijgen in de (praktische) uitvoerbaarheid van biotamonitoring in regionale wateren met zowel actieve als passieve bemonstering;
- b. inzicht krijgen in de variatie in biotagehalten in Nederland, als basis voor een toekomstig meetnet voor deze stoffen (in water, sediment en/of biota).

Daarnaast is bekeken in welke mate de bevindingen ook nu al gebruikt kunnen worden voor de toestandsbeoordeling in andere, niet bemonsterde regionale wateren.





➤ 2 MATERIAAL EN METHODEN

Alle 21 waterschappen hebben aan de meetcampagne 'biotamonitoring in regionale wateren' deelgenomen en hiertoe één van hun KRW-waterlichamen geselecteerd. Twee waterschappen hebben gekozen om ook een tweede waterlichaam in de meetcampagne te betrekken, waardoor er in totaal 23 waterlichamen zijn bemonsterd (§2.1). Het uitgevoerde veldwerk is beschreven in §2.2 en de uitgevoerde laboratoriumanalyses in §2.3.

Om tot onderling vergelijkbare resultaten te komen is het onderzoek in de regionale wateren (zoveel mogelijk) uitgevoerd volgens de methoden die voor de rijkswateren zijn ontwikkeld (Foeke *et al.*, 2019) en in Kotterman *et al.* (2020) zijn samengevat. De richtlijn Prioritaire Stoffen geeft

aan dat biotamonitoring voor PAK's in ongewervelde dieren, zoals schelpdieren, moet worden uitgevoerd, omdat vissen in staat zijn om PAK's af te breken. De monitoring voor alle andere prioritair stoffen met een biotanorm wordt in vissen uitgevoerd.

Een belangrijk verschil met de uitvoering in rijkswateren is dat binnen het huidige onderzoek niet alleen de in rijkswateren toegepaste actieve monitoring met schelpdieren is toegepast maar ook zogenaamde passieve biotamonitoring. Bij actieve biotamonitoring (§2.2.2) worden organismen op een niet verontreinigde referentielocatie verzameld en daarna gedurende zes weken in de te onderzoeken waterlichamen uitgehangen en vervolgens geanalyseerd. Bij passieve biotamonitoring worden de ter plekke aanwezige schelpdieren verzameld en geanalyseerd (§2.2.3). De actieve biotamonitoring wordt uitgevoerd met de quaggamossel. Dit is een exoot die (nog) niet in alle regionale waterlichamen aanwezig is en daarom ook niet in alle waterlichamen kon worden toegepast.

2.1 GESELECTEERDE WATERLICHAMEN

De geselecteerde waterlichamen zijn weergegeven in figuur 2.1 en in meer detail beschreven in bijlage 1. Waterschap Amstel, Gooi en Vecht en het Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard hebben ieder twee waterlichamen geselecteerd.

De 23 waterlichamen omvatten 12 verschillende KRW-watertypen waaronder sloten, kleine kanalen, meren, rivieren en een brakwatersysteem (Tabel 2.1). Daarnaast representeren de geselecteerde waterlichamen een verscheidenheid aan mogelijke emissies en drukfactoren. Deze zijn in tabel 2.1 kwalitatief beoordeeld met een onderscheid in belasting vanuit rwzi's, landbouw, stedelijke bebouwing en glastuinbouw en daarnaast als aparte categorie de mate waarin het waterlichaam door rijkswater wordt beïnvloed. Hiermee ontstaat inzicht in de vraag in hoeverre de biotamonitoring in rijkswateren een goed beeld kan geven van de toestand in regionale wateren.

FIGUUR 2.1

Ligging van de 23 geselecteerde waterlichamen.



TABEL 2.1

KRW-watertype en een kwalitatieve beoordeling van de aanwezige drukfactoren in de 23 geselecteerde waterlichamen.

Waterschap	Waterlichaam-code	Waterlichaam-omschrijving	Type	Drukken				
				Rijkswater	RWZI	Landbouw	Stad	Glastuinbouw
Aa en Maas	NL38_1D	Aa van Gemert tot Den Bosch	R6					
Wetterskip Fryslan	NL02_V1	Friese Boezem (De Leijen)	M14					
Hunze en Aa's	NL33WZ	Westerwoldse Aa-Zuid	R5					
Hollands Noorderkwartier	NL12_260	Waterrijk Waterland+	M10					
Schieland&Krimpenerwaard	NL39_07a	Bergse plassen	M27					
Schieland&Krimpenerwaard	NL39_01a	Rotteboezem	M3					
Waternet	Noorderlegmeer	Noorderlegmeer polder	M1a					
Zuiderzeeland	NL37_V	Vaarten Lage afdeling ZOF	M6b					
Drents Overijsselse Delta	NL04_SAL-SOESTWTR-BE	Soestwetering (benedenloop)	R6					
Vallei en Veluwe	NL43_27	Eem	R7					
Hollandse Delta	NL40_18_3	Afwatering Groot Voorne West	M6a					
Brabantse Delta	NL25_48	Cruijslandse kreken	M14*					
Noorderzijlvest	NL34M109	Leekstermeer	M14					
Rijnland	NL13_22	Veender- en Lijkerpolder	M10					
Rivierenland	NL09_09_2	Kanalen Bommelerwaard West	M3					
Limburg	NL58WRO42	Geleenbeek	R18					
Dommel	NL99_6_BE_2	Midden- en Beneden Dommel	R6					
Scheldestromen	NL23_NLZVN	Nol 7	M30					
Stichtse Rijnlanden	NL14_15	Bijleveld	M3					
Rijn & IJssel	NL07_0013_1	Veengoot	M1a					
Vechtstromen	NL05_Lolee	Lolee bovenlopen	R5					
Delfland	nieuw in SGBP3	Boezem Westland	M3					
Waternet	nieuw in SGBP3	Vuntusplas	M27					

* Voor SGBP3 is het watertype in M3 gewijzigd.

■ M-typen
 ■ R-typen
 ■ Aanwezig maar in beperkte mate
 ■ Relevant

2.2 UITGEVOERDE VELDWERKZAAMHEDEN

Voor schelpdieren werd de actieve biotamonitoring op een door het waterschap gekozen locatie binnen het waterlichaam ingezet (vaak de locatie waar ook chemische monitoring van oppervlaktewater plaatsvindt). Dit is in overeenstemming met de werkwijze bij Rijkswaterstaat. Om de resultaten van de actieve en passieve monitoring onderling te kunnen vergelijken werd ook de passieve biotamonitoring op zoveel mogelijk dezelfde locaties uitgevoerd (zie bijlage 1). Voor de biotamonitoring met vis wordt in rijkswateren gebruik gemaakt van een mengmonster van het gehele waterlichaam (Kotterman *et al.*, 2020). Deze aanpak is bij de huidige meetcampagne zo goed mogelijk toegepast, waarbij ernaar werd gestreefd om het mengmonster op basis van ten minste vijf deelmonsters samen te stellen.

2.2.1 Blankvoorn *Rutilus rutilus*

Alle waterlichamen zijn bevestigd met een inspanning, zoals die voor een KRW-inventarisatie is omschreven (Figuur 2.2). Dit betreft zowel het aantal deellocaties als de lengte of omvang van het te bevissen oppervlak. Voor de waterlichamen waar geen KRW-inventarisatie werd uitgevoerd, is de bevissing uitsluitend met een elektrisch schepnet uitgevoerd, aangezien deze techniek eenvoudig en efficiënt is te gebruiken voor kleine hoeveelheden vis. Bij waterlichamen waar de dichtheid aan blankvoorns met de juiste lengte (10-15 cm) laag was, is de inspanning logischerwijs vergroot. Hierbij is telkens geprobeerd om een zo goed mogelijk mengmonster van het hele waterlichaam samen te stellen. Dit bleek echter niet in alle gevallen mogelijk. Zo werden

blankvoorns met een geschikte lengte soms op slechts een paar locaties binnen het waterlichaam gevangen (Bijlage 1). Daarnaast is op verzoek van het waterschap de bevissing in sommige gevallen gericht op een gedeelte van het waterlichaam. Ook dit is in bijlage 1 toegelicht. Dergelijke keuzes hadden bijvoorbeeld te maken met de wens om de invloed van binnenkomend rijkswater in de analyses te beperken.

Het vangen en doden van vissen voor wetenschappelijk onderzoek is onderhevig aan de Wet op de Dierproeven. Voor het uitvoeren van deze meetcampagne biotamonitoring is gebruik gemaakt van een bij Wageningen Marine Research aanwezige vergunning voor biotamonitoring, waarbij de hierin vastgelegde eisen zijn gevolgd. Zo dient het veldwerk te worden uitgevoerd door hiertoe gecertificeerd personeel. Vanuit eerder voor Rijkswaterstaat uitgevoerde werkzaamheden beschikte ook ATKB over de juiste ervaring. Voor waterlichamen waar ATKB in het najaar van 2020 de KRW-inventarisatie uitvoerde heeft ATKB ook de benodigde blankvoorns verzameld. Voor de andere waterlichamen heeft Ecofide in samenwerking met St. Zeeschelp en de beroepsvisserij Kooistra uit Tholen het verzamelen van blankvoorns verzorgd. Waar nodig zijn hiervoor van tevoren de nodige ontheffingen bij de visrechthebbers gevraagd. Per waterlichaam zijn maximaal 50 dieren verzameld. Dit betekent dat er per deellocatie meestal zo'n 5-10 vissen zijn gevangen (afhankelijk van

FIGUUR 2.2

Illustratie van de uitgevoerde bevissing op blankvoorn.



FIGUUR 2.3

Boven: Een overzicht van alle 50 uit één waterlichaam gevangen blankvoorns (50 dieren met lengte van 10 - 15 cm afkomstig uit vijf trekken). Na het uitsluiten van vissen met een lengte <11 cm zijn er voor het mengmonster per trek vijf vissen geselecteerd (de onderste rij).
Onder: Een trek met tien vissen (9,5 tot 14,6 cm). Alleen de drie bovenaan zijn gebruikt voor de bereiding van het mengmonster.



het aantal deellocaties per waterlichaam). De blankvoorns zijn per deellocatie verzameld, opgemeten en vervolgens in een overdosis van een daarvoor geschikt narcosemiddel (Aqui-S) gedood. Daarna zijn de dieren direct ingevroren en in ingevroren toestand bij Wageningen Marine Research aangeleverd. Op het laboratorium zijn uit deze pool aan vissen voldoende individuen geselecteerd om een mengmonster samen te stellen. Hierbij is gelet op de individuele lengte (liefst vissen met een lengte dicht bij de mediane waarde van alle gevangen vissen uit het waterlichaam) en een evenredige verdeling over deelmonsters. Vanwege hun iets grotere gewicht werden bij voorkeur vissen met een lengte >11 cm gebruikt. Het exacte aantal vissen per mengmonster hing af van hun grootte, aangezien er per waterlichaam in ieder geval 220 gram materiaal moest zijn om alle analyses uit te kunnen voeren. Ook het aantal trekken en de verdeling van het aantal geschikte vissen per trek beïnvloedden het totale aantal geselecteerde vissen. In figuur 2.3 zijn de blankvoorns van twee (deel)monsters weergegeven, waar dit soms grote verschil in lengte duidelijk is te zien.

Als het aantal geschikte vissen laag was en in alle trekken in ongeveer gelijke aantallen aanwezig waren, zijn alle vissen tussen de 10-15 cm gebruikt. Er waren ook waterlichamen waar juist veel vissen beschikbaar waren. Als in die gevallen het aantal vissen per trek sterk verschilde werden er uit trekken met veel vis slechts een paar individuen geselecteerd om oververtegenwoordiging in het mengmonster te voorkomen. Ook als alle trekken veel geschikte vis bevatten is er geselecteerd om zo het malen en homogeniseren van alle locaties op dezelfde manier te kunnen uitvoeren. Binnen de geschikte vissen (qua lengte en verdeling over trekken) zijn de individuen voor het mengmonster willekeurig geselecteerd. Het aantal vissen in de mengmonsters bedroeg minimaal 13 tot maximaal 30 vissen (Bijlage 2). De geselecteerde dieren zijn als hele vis vermalen en gehomogeniseerd, waarna de verschillende chemische analyses uitgevoerd konden worden. Dit betreft de PBDE's, HCB, PFOS, heptachloor & -epoxide, som-TEQ, HCBD, kwik, dicofol, octamethylcyclotetrasiloxaan en HBCDD. Daarnaast zijn ook de vet- en vochtgehalten van de dieren bepaald (organisch stof is niet bepaald, omdat de asrest veelal verwaarloosbaar is; <3%).

2.2.2 Actieve biotamonitoring met quaggamosselen

De quaggamossel (*Dreissena rostriformis bugensis*) is een exoot, die in Nederland aan een opmars bezig is en met name een concurrent van de driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*, ook een exoot) vormt. Voor haar biotamonitoring maakte Rijkswaterstaat in eerdere jaren gebruik van de driehoeksmossel (bijv. Kotterman, 2015) maar op de referentielocatie Zeughoek in het IJsselmeer is de driehoeksmossel nauwelijks meer te vinden en bestaat de populatie vrijwel volledig uit quaggamosselen. Sinds enige jaren wordt de biotamonitoring door Rijkswaterstaat daarom met de quaggamossel uitgevoerd. Ondanks het feit dat de verspreiding van de quaggamossel over Nederland in de laatste jaren is toegenomen, is deze soort nog niet in alle waterlichamen aanwezig. Deze actieve biotamonitoring kon daarom alleen worden ingezet bij waterlichamen waar de soort al eerder werd aangetroffen en waar beleid gericht op het tegengaan van de verspreiding van exoten dit ook toestaat. Dit betrof tien waterlichamen (zie tabel 2.2).

De actieve biotamonitoring met de quaggamossel (14-25 mm; Bijlage 2) is uitgevoerd volgens de werkwijze, zoals die ook in de rijkswateren wordt toegepast (Kotterman *et al.*, 2020). Op 1 september 2020 heeft Rijkswaterstaat quaggamosselen verzameld op de referentielocatie Zeughoek, simultaan aan de vangactie die voor de jaarlijkse

biotamonitoring van Rijkswaterstaat zelf nodig was. Na ontvangst zijn de dieren in het laboratorium gespoeld, verdeeld over verschillende ophangnetjes (figuur 2.4) en in een belucht doorstroomaquarium met schoon water bij kamertemperatuur bewaard. Binnen 7 dagen zijn de dieren op de verschillende locaties uitgehangen (3-8 september 2020). Hiertoe zijn telkens meerdere netjes met quaggamosselen opgehangen aan beschikbare structuren (zoals palen, steigers, bomen etc.) dan wel aan roestvrijstalen pennen, die in de waterbodem van de betreffende locatie werden gestoken.

De netjes werden zo opgehangen dat de dieren ongeveer halverwege de waterkolom hingen. Een aantal mosselnetjes is niet uitgehangen, maar aan het begin van het veldwerk ingevroren om zo de uitgangssituatie van quaggamosselen uit het IJsselmeer vast te leggen. Na zes weken blootstelling zijn de quaggamosselen opgehaald (15-16 oktober 2020) en meegenomen naar het laboratorium. Na opslag in bevroren toestand zijn de dieren gespoeld om aanhangend vuil te verwijderen, waarna het mosselvlees is uitgerepareerd voor verdere chemische analyses (zie §2.3). Deze richtten zich op twee prioritaire en twee specifieke verontreinigende PAK's (fluorantheen, benzo[a]pyreen, benzo[a]anthraceen en chryseen). In de praktijk zijn echter alle 16 PAK's geanalyseerd (zie Excel-bijlage met meetgegevens). Daarnaast zijn ook de vet- en vochtgehalten van de dieren vastgesteld.

FIGUUR 2.4

Actieve biotamonitoring met quaggamosselen (boven opslag bij WMR; onder waterlichaam Bijleveld; HDSR).



TABEL 2.2

Overzicht van de uitgevoerde actieve en passieve biotamonitoring en de daarbij gebruikte schelpdiersoorten.

Waterschap	Waterlichaam	Actief		Passief				
		Quaggamossel <i>Dreissena bugensis</i>	Aziatische korfmossel <i>Corbicula fluminea</i>	Vijvermossel <i>Anodonta anatina</i>	Schildersmossel <i>Unio pictorum</i>	Quaggamossel <i>Dreissena bugensis</i>	Driehoeksmossel <i>Dreissena polymorpha</i>	Japanse oester <i>Crassostrea gigas</i>
HH de Stichtse Rijnlanden	Bijleveld	x		x				
HH Hollands Noorderkwartier	Waterrijk Waterland+	x		x				
HH Schieland en de Krimpenerwaard	Bergse plassen	x					x	
	Rotteboezem	x		x				
HH van Delfland	Boezem Westland		x	x				
HH van Rijnland	Veender- en Lijkerpolder			x				
Ws Aa en Maas	Aa van Gemert tot Den Bosch		x					
Ws Amstel, Gooi en Vecht	Noorderlegmeer	x		x	x			
	Vuntusplas				x			
Ws Brabantse Delta	Cruislandse kreken		x					
Ws de Dommel	Midden- en Beneden Dommel		x		x			
Ws Drents Overijsselse Delta	Soestwetering (benedenloop)		x		x	x		
Ws Hollandse Delta	Afwatering Groot Voorne West	x	x	x				
Ws Hunze en Aa's	Westerwoldse Aa-Zuid	x			x			
Ws Limburg	Geleenbeek		x					
Ws Noorderzijlvest	Leekstermeer				x	x		
Ws Rijn en IJssel	Veengoot		x	x	x			
Ws Rivierenland	Kanalen Bommelerwaard West	x	x			x		
Ws Scheldestromen	Nol zeven							x
Ws Vallei en Veluwe	Eem		x	x	x	x		
Ws Vechtstromen	Lolee bovenlopen				x			
Ws Zuiderzeeland	Vaarten Lage afdeling ZOF	x				x		
Wetterskip Fryslân	Friese Boezem (De Leijen)	x			x			

Bovenstaande uithangperiode is gekozen omdat in deze periode van het jaar de kans op voortplanting (spawning) van de dieren zo klein mogelijk is (spawning leidt tot een behoorlijk gewichts- en ook vetverlies wat de monitoringsresultaten kan beïnvloeden), terwijl de watertemperatuur nog hoog genoeg is om de dieren actief te laten foerageren.

2.2.3 Passieve biotamonitoring met schelpdieren

In alle 23 waterlichamen zijn schelpdieren verzameld. Voor waterlichamen waar ook actieve biotamonitoring werd uitgevoerd is dit veldwerk in dezelfde periode uitgevoerd (3 sept – 16 okt). Voor de andere waterlichamen is het veldwerk tussen eind juli en begin augustus uitgevoerd.

De verzamelde schelpdieren zijn niet alleen gebruikt om de interne PAK-gehalten vast te stellen (passieve biotamonitoring) maar ook voor een zogenaamde stabiele isotopen analyse (zie §2.3). Op voorhand was duidelijk dat de aanwezigheid van de diverse schelpdiersoorten tussen de waterlichamen zou verschillen. Tegelijkertijd was onbekend of dit gevolgen voor de biotamonitoring heeft, bijvoorbeeld als de mate van PAK-accumulatie tussen soorten verschilt. Tijdens het veldwerk is daarom geprobeerd om telkens meerdere soorten te verzamelen en deze keuze te beperken tot een aantal frequent voorkomende soorten die ook in voldoende aantallen aanwezig waren (ten minste 15 individuen per waterlichaam, maar meestal zijn er >20 (grote soorten) dan wel >100 (kleine soorten) gebruikt; Bijlage 2).

Dit zijn de Aziatische korfmossel, vijvermossel, schildersmossel, beide *Dreissena* soorten en voor het brakke waterlichaam in Zeeland de Japanse oester. Het overzicht van de verzamelde en geanalyseerde soorten is opgenomen in tabel 2.2. Bij meerdere waterlichamen zijn ook andere soorten aangetroffen, zoals de bolle stroommossel en *Rangia cuneata* (wederom een exoot). Deze zijn niet geanalyseerd om zo het totaal aantal soorten te beperken. In totaal zijn er 36 monsters voor de passieve biotamonitoring verzameld. Naast de PAK-gehalten zijn alle monsters ook op stabiele isotopen geanalyseerd, aangezien deze analyse

mogelijk een verklaring kan bieden voor eventueel aan te treffen verschillen tussen de soorten. Zo leidt een verschil in eetgedrag, waarbij de ene soort zich meer op detritus⁵ richt terwijl de andere soort fytoplankton prefereert, tot een verschil in de stabiele isotopen ratio, maar kan dit ook leiden tot verschillen in de accumulatie van PAK's.

Bij het verzamelen van de dieren zijn meerdere methoden toegepast (figuur 2.5). In de meeste waterlichamen werd gebruik gemaakt van een kleine schelpdier-kor, die achter een boot door het sediment werd getrokken. In ondiepere, niet bevaarbare waterlichamen werd gebruik gemaakt van een schepnet, een stalen handnet (maaswijdte 4 mm) of werd met de hand gezocht. Op plaatsen waar schelpdieren zich mogelijk aan harde substraten konden hechten (bijv. betonnen constructies of meerpalen) werd van een schraapnet gebruik gemaakt.

Overeenkomstig met de actieve biotamonitoring zijn alle verzamelde dieren levend naar het laboratorium gebracht, waar de dieren (na opslag in bevroren toestand) zijn gespoeld en het mosselvlees kon worden uitgerepareerd voor verdere chemische analyses (zie §2.3).

2.3 UITGEVOERDE LABORATORIUMANALYSES

Het laboratorium van Wageningen Marine Research is sinds 1997 geaccrediteerd door de Raad van Accreditatie. De in dit onderzoek gebruikte analysemethoden zijn gevalideerd op basis van ISO 17025 én geaccrediteerd door de Raad van Accreditatie. Alle gerapporteerde resultaten zijn onder Q, op vier uitzonderingen na. Zowel de PAK als de dicofol analyse zijn uitgevoerd met nieuwe, gevalideerde methoden, die nog niet geaccrediteerd zijn. Daarnaast is octamethylcyclotetrasiloxaan geanalyseerd met een nieuwe methode die beperkt gevalideerd is en ook de door het NIOZ uitgevoerde bepaling van de isotopen ratio's is niet geaccrediteerd (zie ook Bijlage 3).

⁵ Dood organisch materiaal

FIGUUR 2.5

Toegepaste vangtechnieken voor de passieve biotamonitoring met schelpdieren. Linksboven een kleine schelpdier kor, rechtsboven een schraapnet voor het verzamelen van schelpdieren vastgehecht aan harde structuren (brugpijlers etc.), linksonder roestvrijstalen handnet (4mm maaswijdte), rechtsonder handmatig zoeken.



Kwik

De kwikgehalten zijn bepaald met behulp van vlamloze atoomspectrometrie met interne droge destructie van het monster en directe analyse in het apparaat (ISW⁶ nummer 2.10.3.025 'De bepaling van kwik in dierlijk weefsel, waterbodemp, slib en zwevend stof met behulp van de SMS100 Mercury Analyzer').

PAK's

De monsters zijn gehomogeniseerd en het vocht is met natriumsulfaat vastgelegd. De PAK's zijn vervolgens geëxtraheerd door middel van een ASE-extractie⁷ met een inline vetverwijdering met behulp van silicagel. De uiteindelijke PAK-bepaling vond plaats via capillaire gaschromatografie en massa selectieve detectie (GC-MS/MS; ISW 2.10.3.054 Dierlijk weefsel: Bepaling van het PAK gehalte na ASE-extractie en GC-MS detectie). Deze methode is gevalideerd, maar nog niet geaccrediteerd (wordt in 2021 voorgedragen bij RvA).

HCb, HCBd en heptachloor/epoxide

De monsters zijn gehomogeniseerd en het vocht is met natriumsulfaat vastgelegd. Vervolgens zijn de stoffen door middel van een Soxhlet-extractie samen met het visvet uit de monsters geëxtraheerd. Na vetverwijdering met aluminiumoxide en een eventuele verdere bewerking van het extract met

⁶ ISW = Interne Standaard Werkwijze

⁷ Accelerated Solvent Extraction

silica zijn de verschillende milieuverontreinigende stoffen bepaald met gaschromatografie-Electron capture detection (ISW 2.10.3.001 'Biota- en Milieumatrices: bepaling van het gehalte aan PCB's en OCP's met GC-ECD'). Vanwege de voor heptachloor benodigde, zeer lage rapportagegrens (<2,2 ng/kg) is meer monstermateriaal in bewerking genomen dan normaal (tot 100 gr). Hierdoor waren er ook meerdere aluminiumoxide kolommen nodig om al het vet te verwijderen.

Dicofol

De monsters zijn gehomogeniseerd en het vocht is met natriumsulfaat vastgelegd. Vervolgens zijn de monsters geëxtraheerd met een ASE-extractie, waarna het vet met zwavelzuur verwijderd is. Het extract is gezuiverd over een silica-kolom, waarna de dicofol-gehalten op de GC-MS zijn bepaald (ISW 2.10.3.051 'Bepaling van Dicofol, na extractie en clean-up, met GC-MS'). Dicofol is een stof, die onder invloed van pH>7, UV en hitte snel afbreekt. Hierdoor zijn er nog geen geschikte referentiematerialen beschikbaar. Voor de kwaliteitsborging werd daarom gebruikt gemaakt van een ¹³C gelabelde interne standaard en werd bij iedere serie monsters een zogenaamd terugvindingsexperiment uitgevoerd. Hierbij wordt vóór de extractie een bepaalde hoeveelheid dicofol aan een praktijkmonster toegevoegd (op een niveau beneden de biotanorm), waarna het vastgestelde dicofol-gehalte tussen de 80 en 120% van de nominale waarde dient te liggen.

PBDE's

De monsters zijn gehomogeniseerd en het vocht is met natriumsulfaat vastgelegd. De PBDE's zijn vervolgens met behulp van een Soxhlet-extractie met pentaan/dichloormethaan geëxtraheerd. Dit extract is met zwavelzuur behandeld om eventuele verontreinigingen en vet te verwijderen. Hierna is het extract verder gezuiverd met behulp van silicagelkolommen. De uiteindelijke bepaling is uitgevoerd met capillaire gaschromatografie en massa selectieve detectie (ISW 2.10.3.017 'Dierlijk weefsel, waterbodembodem, slib en zwevend stof: Bepaling van het gehalte aan PBDE's met GC-NCI en HPLC-ESI-MS^{8*}'). Aangezien PBDE154 een overlap heeft met PBB153, wordt de som van beide componenten gerapporteerd.

PFOS

Na homogenisatie is 1-5 gram van het monster geëxtraheerd door middel van een ultrasone extractie met acetonitril. Vervolgens zijn de extracten gedroogd over een glasfilter met natriumsulfaat, waarna er een opschoningsstap met actieve kool plaatsvindt. Het eindextract is geanalyseerd met behulp van LC-ESI-MSMS (ISW 2.10.3.045 'Het bepalen van het gehalte aan perfluorverbindingen in water, biota en sediment').

Octamethylcyclotetrasiloxaan (OMCTS)

De gehomogeniseerde monsters zijn geëxtraheerd met een mengsel van dimethylacetamide:acetonitril (1:3). Vervolgens is er partitionering met hexaan uitgevoerd, waarna de hexaanlaag is opgeschoond door deze op een florisil kolom op te brengen en vervolgens te elueren met een mengsel van hexaan:MTBE (99:1). Hierna is het extract geconcentreerd en overgebracht naar een GC-vial. Om vorming van OMCTS door reacties tussen in de matrix aanwezige stoffen en het kolommateriaal in de GC-MS tegen te gaan zijn de vials na toevoegen van derivatisatiereagens MSTFA gecapped en gedurende 30 minuten in een stoof bij 80 °C geplaatst en vervolgens geanalyseerd met GC-MS/MS. Aangezien er voor OMCTS geen referentiemateriaal voorhanden was, is er gebruik gemaakt van terugvindingsexperimenten. Hierbij dient de terugvinding tussen 80-120% te liggen bij een niveau van rond de 2 mg/kg. Ook is er bij deze bepaling gebruikt gemaakt van ¹³C-gelabelde interne standaard.

De analyse is uitgevoerd met als uitgangspunt dat bepaald kan worden of de gehalten in de monsters ruim beneden de KRW-norm zijn. De inweeg van het monster en de concentraties van de kalibratiecurve zijn hierop afgestemd. Bij het vaststellen van de bepalingsgrens is gebruik gemaakt van het laagst goed meetbare punt van de kalibratiecurve. De gevoeligheid bleek bij het analyseren echter goed genoeg om veel lager te kunnen meten. Indien er van het gedeelte beneden

8 High-Performance Liquid Chromatography/ElectroSpray Ionization tandem Mass Spectrometry

de kalibratiecurve (=extrapolatie naar nog lagere gehalten) gebruik gemaakt zou worden, dan zou voor bijna alle monsters het gehalte op <0.04 mg/kg bepaald worden. De enige uitzondering was de Geleenbeek waar, met acceptatie van een hogere bijdrage van de blanco aan het meetresultaat dan het werkvoorschrift toestaat, 0,06 µg/kg kon worden bepaald.

Vocht, vet en as

De vochtgehalten zijn met een gravimetrische methode bepaald. Ieder monster is met schelpenzand gemengd, vervolgens in een stoof gedroogd (105 °C, 3 uur) en na afkoelen in een exsiccator gewogen (ISW 2.10.3.011 'Bepaling van het gehalte aan vocht (droogstoofmethode)'). Ook het vetgehalte van de dieren werd gravimetrisch bepaald. Hierbij is een aangepaste versie van de Bligh en Dyer methode toegepast, gebaseerd op een koude chloroform-methanol extractie (ISW 2.10.3.002 'Bepaling van het totaal vetgehalte volgens Bligh and Dyer'). Voor de asbepaling (alleen schelpdieren) werden de monsters langzaam verwarmd en gedroogd in een kroes op een kookplaat. Daarna werden de monsters gedurende 22 uur in een moffeloven bij een temperatuur van 550 ± 15 °C verast. Na afkoelen in een exsiccator zijn de monsters terug gewogen (ISW 2.10.3.018 'Bepaling van het gehalte aan as').

Som-TEQ

De som-TEQ analyses zijn uitgevoerd door Wageningen Food Safety Research. Na toevoeging van een mix van ¹³C-gelabelde interne standaarden werd het vet uit de monsters geëxtraheerd. Dit extract werd gezuiverd met een DexTech systeem. Dit is een geautomatiseerd instrument, dat van vier zuiveringskolommen gebruik maakt. Hierna vindt scheiding en detectie plaats met behulp van GC-HRMS⁹. De resolutie is minimaal 10.000 eenheden en van zowel de oorspronkelijke als de ¹³C-gelabelde congenen werden twee ionen gemeten en gekwantificeerd (A0565 'Bepaling van dioxinen, dioxine-achtige PCBs en niet-dioxine-achtige PCBs met behulp van GC-HRMS')

⁹ Gas Chromatography/High-Resolution Mass Spectrometry

Stabiele isotopen

De gevriesdroogde monsters zijn op hoge temperatuur (1010 °C) verbrand. De gevormde CO₂ en N₂ gasen zijn opgevangen, gedroogd en daarna op een GC-kolom gescheiden. Met IRMS¹⁰ zijn de ion-ratios, corresponderend met de isotoop-samenstelling (δ ¹³C en δ ¹⁵N) bepaald. Deze analyses zijn uitgevoerd bij het NIOZ te Yerseke.

Deze analyse van stabiele isotopen wordt gebruikt om inzicht in het voedselweb te krijgen en is bruikbaar bij de interpretatie van de gehalten aan microverontreinigingen in vissen. De mate van bioaccumulatie is namelijk niet alleen afhankelijk van factoren als de vissoort, grootte en het geslacht maar hangt ook af van het voedsel dat voor de betreffende vissen beschikbaar is. Zo kan dezelfde vissoort zich in het ene waterlichaam meer richten op zoöplankton, terwijl in een ander waterlichaam ook kleine vissen worden geconsumeerd. De plaats in het voedselweb verschilt hierdoor. Dit heeft gevolgen voor de bioaccumulatie: hoe hoger de plek in het voedselweb, hoe hoger de geaccumuleerde gehalten. Deze plek in het voedselweb is vast te stellen door de stabiele isotopen-ratio's te analyseren (gericht op C en N). Ter ijkking van deze analyse in vissen zijn er in ieder waterlichaam ook (van nature voorkomende) schelpdieren verzameld, waar dezelfde stabiele isotopen analyse op is uitgevoerd. Het trofisch niveau van schelpdieren wordt per definitie op 2 gezet¹¹ en dient in de analyses als referentie. Het trofisch niveau van de blankvoorn wordt vervolgens berekend met de formule

$$\text{Trofisch niveau} = [(\delta^{15}\text{N}_{\text{vis}} - \delta^{15}\text{N}_{\text{schelpdier}}) / 3,4] + 2 \text{ (Foekema et al., 2019)}$$

2.4 VERGELIJKING MET RIJKSWATER EN MOGELIJKHEDEN TOT CLUSTERING

Een van de nevendoele van het huidige project was nagaan in welke mate de biotagehalten in regionale wateren verschillen met die in rijkswateren. In hoofdstuk 3 worden de resultaten van de meetcampagne daarom met die van

¹⁰ Isotope Ratio Mass Spectrometry

¹¹ Fytoplankton is het eerste trofische niveau en daarmee behoren algen-etende schelpdieren tot het tweede niveau.

de rijkswateren vergeleken. Verder geeft de meetcampagne ook inzicht in de mate waarin de regionale wateren onderling verschillen. Gezamenlijk geven de resultaten antwoord op de vraag of de resultaten van de huidige meetcampagne ook gebruikt kunnen worden voor de toestandsbeoordeling in andere regionale wateren. Voor deze clustering vanuit biotagehalten gelden dezelfde regels als voor de monitoring van oppervlaktewater. Deze regels zijn in het Protocol monitoring en toestandsbeoordeling vastgelegd en gebaseerd op het groeperen van waterlichamen in clusters. Clustering vindt plaats op basis van i) overeenkomsten in hydrologie, geomorfologie, geografie of trofische condities dan wel ii) gelijke beïnvloeding van een kwaliteitselement of andere parameter door bijvoorbeeld huidige emissies.

Dit betekent dat de clusters van waterlichamen, zoals die voor de monitoring van oppervlaktewater al zijn opgesteld, ook voor de resultaten van biotamonitoring gebruikt kunnen worden. Meestal hebben waterbeheerders echter meerdere clusters van waterlichamen vastgelegd, terwijl er in de huidige meetcampagne (op enkele uitzonderingen na) één waterlichaam per waterbeheerder is gemonitord. Aanvullend is daarom beoordeeld of de toevoeging in het Protocol '*...of op basis van gelijke beïnvloeding van een kwaliteitselement of andere parameter*' ruimte biedt voor het verder veralgemeniseren van projectieregels.

Deze gedachte is gebaseerd op enkele uitgangspunten

- i) Het merendeel van de stoffen met een biotanorm is als alomtegenwoordige PBT-stof¹² ('ubiquitaire stof') aangemerkt of zou op basis van de fysisch/chemische eigenschappen hiervoor in aanmerking komen (voor specifieke verontreinigende stoffen). Dit betekent dat, ook al is het gebruik van de stoffen ondertussen verboden en zijn alle mogelijke maatregelen om emissies te beperken genomen, er nog jarenlang een grijze deken van verontreiniging in de Nederlandse wateren aanwezig kan zijn.

- ii) De emissieregistratie geeft aan dat voor veel van deze stoffen atmosferische depositie een belangrijke emissiebron is. Dit draagt bij aan bovengenoemde grijze deken van verontreiniging in de Nederlandse wateren, maar betekent tegelijkertijd ook dat 'nog niet alle mogelijke maatregelen om emissies te beperken ondertussen zijn genomen'.
- iii) De meeste puntbronnen met directe emissies op het oppervlaktewater zijn voor stoffen met een biotanorm ondertussen beëindigd of sterk in omvang gereduceerd.

Dit betekent dat ook waterlichamen, die niet hydrologisch aan elkaar zijn verbonden, toch overeenkomsten kunnen vertonen in de belasting en daarmee in het toestandsoordeel op basis van biotanormen. Voor iedere stof is daarom nagegaan of de resultaten een eenduidig verband met mogelijke druk- of emissiefactoren laten zien. Hiervoor is gebruik gemaakt van de in tabel 2.1 gespecificeerde drukfactoren maar is aanvullend ook gekeken naar eventuele verschillen op basis van andere factoren, zoals regio's in Nederland of het watertype. Aan het einde van iedere paragraaf zijn deze inzichten veralgemeniseerd tot voorgestelde projectieregels. Deze zijn strikt op de huidige meetgegevens gebaseerd. Voor projectieregels kunnen ook andere overwegingen een rol spelen, zoals een afweging tussen de oordelen op basis van een meerjarige monitoring in oppervlaktewater en de huidige, eenmalige meetcampagne biotamonitoring.

12 PBT=Persistent, bioaccumulerend en/of toxisch

➤ 3 RESULTATEN EN DISCUSSIE

In onderstaande paragrafen worden de resultaten van de uitgevoerde meetcampagne samengevat en bediscussieerd. In §3.1 wordt eerst stilgestaan bij de PAK-gehalten in schelpdieren. Dit betreft twee prioritaire (benzo(a)pyreen en fluorantheen) en twee specifieke verontreinigende stoffen (chryseen en benzo(a)anthraceen). Daarna wordt ingegaan op de gehalten in blankvoorn. De bespreking van deze resultaten is in twee paragrafen opgedeeld, waarbij §3.2 zes stoffen betreft, die in alle 23 onderzochte waterlichamen aan de norm voldoen. Dit zijn HCB, HCBD, HBCDD, dicofol, octamethylcyclotetrasiloxaan en de som-TEQ. In §3.3 worden de resultaten van vier prioritaire stoffen besproken, die in enkele dan wel alle 23 waterlichamen de biotanorm overschrijden. Dit betreft kwik, heptachloor & -epoxide, PBDE's en PFOS. In §3.4 worden ten slotte de resultaten van enkele aanvullende of achterliggende analyses besproken.

3.1 PAK'S IN SCHELPIEREN

In de 23 onderzochte waterlichamen is een verscheidenheid aan schelpdiersoorten aangetroffen. In §3.1.1. is daarom eerst nagegaan of eventuele verschillen tussen deze soorten consequenties hebben voor de PAK-accumulatie en daarmee voor het onderling vergelijken en beoordelen van de waterlichamen. In de daaropvolgende paragrafen worden de resultaten getoetst aan de normen, vergeleken met de situatie in rijkswateren en wordt gekeken naar mogelijke relaties met druk- en emissiefactoren.

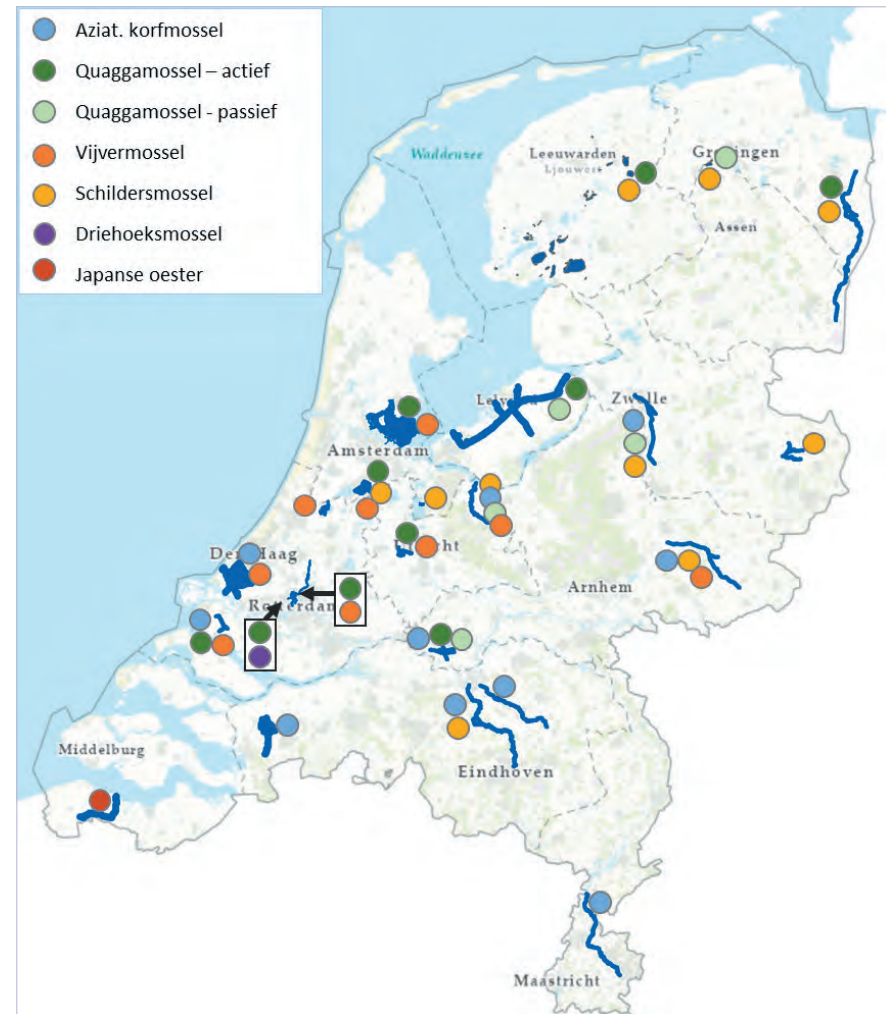
3.1.1 Aangetroffen soorten en onderlinge vergelijking van PAK-gehalten

De meetcampagne heeft zich gericht op een zo klein mogelijke set aan soorten, waarmee alle locaties onderzocht kunnen worden en tegelijkertijd ook een vergelijking van soorten op één locatie mogelijk was. De zes geselecteerde soorten zijn de Aziatische korfmossel (*Corbicula fluminea*), quagga- en driehoeksmossel (*Dreissena rostriformis bugensis*; *Dreissena polymorpha*), schildersmossel (*Unio pictorum*), vijvermossel (*Anodonta anatina*) en Japanse oester (*Crassostrea gigas*). Verder zijn tijdens het veldwerk ook soorten als de zwanenmossel, bolle stroommossel, moerashoornschaal, brakwaterstrandschelp en de blauwe mossel aangetroffen. Deze zijn niet verzameld. Een overzicht van de bemonsterde schelpdiersoorten is opgenomen in figuur 3.1. In figuur 3.2 zijn enkele vangsten geïllustreerd.

Uit figuur 3.1 blijkt dat geen enkele schelpdiersoort op alle locaties is aangetroffen. Voor de toestandsbeoordeling hoeft dat geen probleem te zijn, aangezien de biotanorm niet op één specifieke schelpdiersoort is gericht. Tegelijkertijd rijst dan wel de vraag of het gebruik van verschillende schelpdiersoorten tot eenzelfde beoordeling van het waterlichaam leidt. Daarom zijn er bij meerdere waterlichamen telkens twee soorten verzameld en zijn er zes waterlichamen waar drie of vier soorten zijn geanalyseerd. Om eventuele verschillen goed te kunnen beoordelen zijn de verschillende soorten binnen ieder waterlichaam op telkens dezelfde locatie verzameld.

FIGUUR 3.1

Overzicht van de bemonsterde schelpdiersoorten per waterlichaam.



FIGUUR 3.2

Illustratie van enkele schelpdiervangsten.



Dommel (Ws de Dommel)
Aziatische korfmossel en schildersmossel



Geleenbeek (Ws Limburg)
Aziatische korfmossel



Lolee bovenlopen (Ws Vechtstromen)
Schilders- en vijvermossel



Vuntusplas (Ws Amstel, Gooi en Vecht)
Schildersmossel

Eventuele verschillen in de PAK-accumulatie van schelpdieren kunnen door meerdere factoren veroorzaakt worden, waaronder de voedselvoorzeker (bijv. aandeel detritus versus fytoplankton), groeisnelheid, leeftijd, grootte of de timing van reproductie. Sommige van deze factoren kunnen bovendien tot een verschil in vetgehalte leiden en juist dit vetgehalte speelt een belangrijke rol bij de bioaccumulatie van PAK's (Bleeker & Verbruggen, 2009; Ecofide, 2021). Het vetgehalte van schelpdieren ligt veelal rond de 1% maar verschilt iets per soort (Figuur 3.3; ruwe meetgegevens in bijlage 2). De Aziatische korfmossel heeft bijvoorbeeld een gemiddeld vetgehalte van 1,4%, terwijl dat voor de schilders- en vijvermossel de helft lager ligt (0,6-0,8%). De quaggamossel zit er tussenin, waarbij opvalt dat de spreiding in het vetgehalte van de uitgehangen quaggamosselen groter is dan bij de lokaal verzamelde quaggamosselen. Dit komt doordat er met de actieve monitoring meer waterlichamen zijn onderzocht terwijl tegelijkertijd de voedselsituatie per waterlichaam kan verschillen. In de waterlichamen Noorderlegmeerpolder, Bijleveld en Bergse plassen is de voedselsituatie waarschijnlijk goed, aangezien het vetgehalte tijdens de zes weken uithangproef meer dan verdrievoudigt (van 0,4% op T_0 in het IJsselmeer tot 1,4-1,6%). In de waterlichamen Waterrijk waterland, Westervoldse Aa-Zuid en Vaarten Lage afdeling ZOF was de toename veel kleiner (van 0,4 naar 0,6-0,7%). Dit duidt op een minder goede conditie. Voor het waterlichaam Vaarten Lage afdeling ZOF is de ach-

terliggende reden onbekend. Bij de waterlichamen Waterrijk Waterland en Westerwoldse Aa-Zuid is het lage vetgehalte gekoppeld aan een verhoogde sterfte bij de uitgehangen quaggamosselen. Voor Waterrijk Waterland zijn de quaggamosselen in de Binnenbraak uitgehangen. Dit is een plas die door het aanwezige veen een hoog zwevend stofgehalte kent. Dit zijn geen optimale condities voor fytoplankton-etende schelpdieren. In deze Binnenbraak zijn ook geen andere, van nature voorkomende schelpdieren aangetroffen¹³.

De passieve monitoring werd daarom in een nabijgelegen deel van het waterlichaam uitgevoerd (zie bijlage 1). De sterfte in de Westerwoldse Aa-Zuid is veroorzaakt doordat het winterpeil vijf dagen voor het uithalen van de uithangproef werd ingesteld (12 versus 19 oktober). Het zal enige tijd geduurd hebben voordat de uitgehangen quaggamosselen droog stonden (winterpeil is 50 cm lager) en quaggamosselen kunnen droogstand ook enige tijd overleven, maar vijf dagen is helaas te veel. Zowel in Waterrijk Waterland als in de Westerwoldse Aa konden nog genoeg levende quaggamosselen voor de chemische analyses verzameld worden, maar uit het vetgehalte blijkt dat deze dieren al wel verzwakt waren. In beide waterlichamen is ook passieve monitoring uitgevoerd en de resultaten van de actieve en passieve monitoring kwamen on-

13 Eventuele zoute kwel speelt hier geen rol (gem. Cl - 0,27 g/l).

derling overeen (geen overschrijdingen; zie §3.1.2).

Het verschil in vetgehalte leidt ook tot een verschil in de geaccumuleerde hoeveelheid PAK's. Dit is in figuur 3.3 geïllustreerd aan de hand van de zes waterlichamen waar drie of vier verschillende schelpdiersoorten zijn geanalyseerd. Met name in de waterlichamen Noorderlegmeerpolder, Afwatering Groot Voorne West en de Eem blijkt duidelijk dat de PAK-gehalten in het mosselvlees hoger zijn naarmate de soort ook een hoger vetgehalte heeft. Voor de waterlichamen Veengoot en Soestwetering was de variatie in het vetgehalte tussen de soorten klein en kon deze relatie niet worden aangetoond. Het waterlichaam Kanalen Bommelerwaard West geeft een wat variabel beeld. De achterliggende reden is niet nader onderzocht.

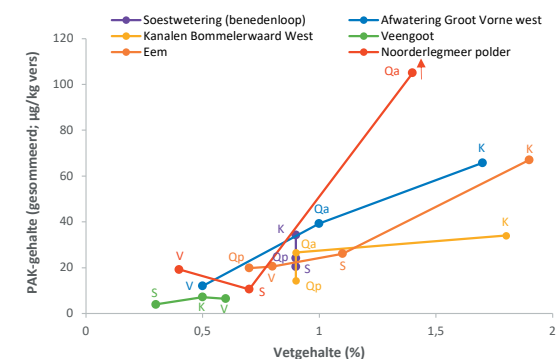
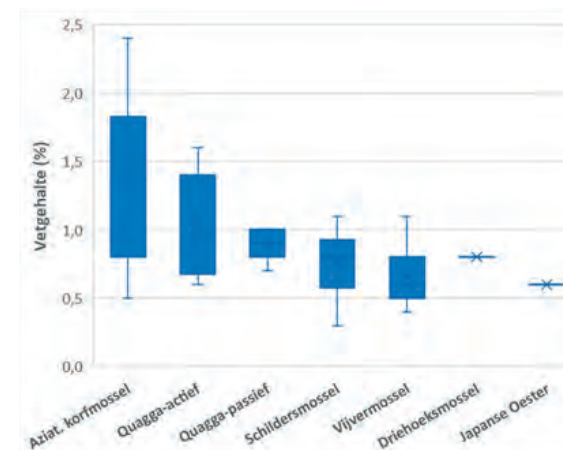
Deze relatie tussen het vet- en PAK-gehalte is niet onverwacht. In de EU-guidance over biotamonitoring (EU, 2014) is dan ook aangegeven dat de PAK-gehalten in schelpdieren op een vetgehalte van 1% worden gestandaardiseerd alvorens deze met de biotanorm vergeleken kunnen worden (§3.1.2). Ook een eventueel verschil tussen de soorten kan beter beoordeeld worden nadat de PAK-gehalten op 1% vet zijn gestandaardiseerd.

3.1.2 Huidige toestand

Voor de vier PAK's met een biotanorm zijn de gestandaardiseerde PAK-gehalten voor alle waterlichamen en schelpdiersoorten samengevat (Tabel 3.1).

FIGUUR 3.3

Variatie in het vetgehalte per soort (boven) en relatie tussen vetgehalte en som₆ PAK-gehalte (µg/kg vers) voor de zes locaties waar drie of vier schelpdiersoorten zijn bemonsterd (onder).



K = Aziat. korfmosseel Qp = Quagga passief S = Schildersmosseel
 Qa = Quagga actief V = Vijvermosseel

TABEL 3.1

PAK-gehalten in verschillende schelpdiersoorten uit de 23 waterlichamen (µg/kg vers; gestandaardiseerd naar 1% vet). PAK-gehalten, die de norm overschrijden, zijn oranje gearceerd. De overige zijn groen gearceerd. Waterlichamen waar alle geanalyseerde schelpdiersoorten ten minste één overschrijding van een PAK-norm laten zien (dit kan overigens soms één soort zijn) zijn ook oranje gearceerd. Waterlichamen waar sommige schelpdiersoorten wel en anderen niet aan de biotanormen voldoen zijn licht oranje gearceerd.

Waterschap	Waterlichaam	Fluorantheen (norm = 30 µg/kg vers)						Benzo(a)pyreen (norm = 5 µg/kg vers)						Benzo(a)antracene (norm = 3 µg/kg vers)						Chryseen (norm = 30 µg/kg vers)								
		A. = Actief		Passief				A.		Passief				A.		Passief				A.		Passief						
		Quagga mossel	Japane oester	Aziatische korfm.	Vijvermossel	Schildersmossel	Quagga mossel	Driehoeksmossel	Quagga mossel	Japane oester	Aziatische korfm.	Vijvermossel	Schildersmossel	Quagga mossel	Driehoeksmossel	Quagga mossel	Japane oester	Aziatische korfm.	Vijvermossel	Schildersmossel	Quagga mossel	Driehoeksmossel	Quagga mossel	Japane oester	Aziatische korfm.	Vijvermossel	Schildersmossel	Quagga mossel
T ₀ -situatie actieve monitoring	IJsselmeer (locatie Zeughoek)	1,0						0,4							0,3							0,3						
HH de Stichtse Rijnlanden	Bijleveld	8,6			9,0			0,2		< 0,1					0,6			0,3				1,1			0,3			
HH Hollands Noorderkwartier	Waterrijk Waterland+	7,0			4,4			0,2		0,2					0,7			0,6				0,7			0,3			
HH Schieland&Krimpenerwaard	Bergse plassen	18,8					17,5	1,8						1,1	4,6						4,1	4,5					3,8	
	Rotteboezem	6,7			7,6			0,3		< 0,1					0,8			0,6				0,6			0,2			
HH van Delfland	Boezem Westland			30,0	20,0					0,3	1,2						2,5	3,5						1,9	8,7			
HH van Rijnland	Veender- en Lijkerpolder				18,8						0,1							0,8						0,9				
Ws Aa en Maas	Aa van Gemert tot Den Bosch			36,0						< 0,1							2,6							2,6				
Ws Amstel, Gooi en Vecht	Noorderlegmeer polder	30,7			16,8	4,1		1,5		0,3	< 0,1			6,6			0,5	0,1			7,1			4,5	0,1			
	Vuntusplas					9,8					0,2							0,5							0,7			
Ws Brabantse Delta	Cruislandse krekens			11,3						< 0,1							0,1							0,3				
Ws de Dommel	Midden en beneden Dommel			17,3		12,0				0,6	0,3						2,6	0,9					3,5	4,5				
Ws Drents Overijsselse Delta	Soestwetering (benedenloop)			17,8		8,0	9,3			< 0,1	0,1	0,6					0,3	0,3	1,2				0,2	2,2	3,4			
Ws Hollandse Delta	Afwatering Groot Vorne west	11,0		15,3	6,0			0,4		0,1	0,2			1,1			0,4	0,4			2,5		0,3	2,8				
Ws Hunze en Aa's	Westerwoldse Aa-Zuid	6,5				3,5		0,7			0,1			0,5				0,3			0,7			0,1				
Ws Limburg	Geleenbeek			13,8						< 0,1							1,1							1,3				
Ws Noorderzijlvest	Leekstermeer					3,7	3,7				0,2	0,2						0,3	0,7					0,2	0,7			
Ws Rijn en IJssel	Veengoot			1,6	2,0	2,0				< 0,2	< 0,1	< 0,2					0,04	0,1	0,03				0,02	0,2	0,1			
Ws Rivierenland	Kanalen Bommelerwaard West	6,1		8,3			4,6	0,4		0,1		< 0,1		0,4			0,2		0,6		0,8		0,1			0,8		
Ws Scheldestromen	Nol zeven		5,3						< 0,1						0,7							1,3						
Ws Vallei en Veluwe	Eem			12,6	8,5	10,0	8,7			0,2	0,8	0,1	0,7				0,9	1,6	0,5	2,9			0,6	1,3	0,7	2,7		
Ws Vechtstromen	Lolee Bovenlopen					7,2					0,2							0,4						0,6				
Ws Zuiderzeeland	Vaarten Lage afdeling ZOF	22,9					8,5	0,3				< 0,1		1,1					0,5		1,0					0,4		
Wetterskip Fryslan	Friese Boezem (De Leijen)	4,8				2,5		0,3			0,4			0,6				0,5			0,7			0,5				

Noot. Na publicatie van dit rapport in 2021 heeft het uitvoerend laboratorium een fout in de analyses geconstateerd. In de huidige geactualiseerde versie zijn de juiste (lagere) waarden opgenomen.

Alle 46 onderzochte schelpdiermonsters voldoen aan de biotanormen van benzo(a)pyreen en chryseen. Voor fluorantheen en benzo(a)anthraceen is dit voor respectievelijk 96% en 91% van de monsters het geval. Als naar de waterlichamen als geheel wordt gekeken dan werd in 19 waterlichamen (83%) in alle monsters aan alle vier biotanormen voldaan. In de vier resterende waterlichamen bleek de toestandsbeoordeling tussen de schelpdiersoorten te kunnen verschillen. In de waterlichamen Noorderlegmeerpolder en Boezem Westland werd door één schelpdiersoort niet aan alle normen voldaan, terwijl er tegelijkertijd ook een of twee soorten waren bemonsterd, die wel aan alle biotanormen voldeden. In de waterlichamen Bergse plassen en de Aa van Gemert tot Den Bosch zijn overschrijdingen van de biotanorm in alle bemonsterde soorten aangetroffen. Voor de Bergse plassen waren dit twee soorten en in de Aa van Gemert tot Den Bosch was één soort bemonsterd.

Uit deze resultaten blijkt tevens dat de biotamonitoring van PAK's tot een veel positiever oordeel over de chemische toestand leidt dan de standaard monitoring van totaal concentraties in oppervlaktewater. Zo is in het ontwerp-SGBP 2022-2027 aangegeven dat benzo(a)pyreen op basis van de monitoring in oppervlaktewater in 59% van de beoordeelde waterlichamen de normen overschrijdt. Voor fluorantheen, benzo(a)anthraceen en chryseen zijn deze percentages 42, 51 en 23%. In de huidige biotamonitoring liggen deze percentages op 0, 4, 4 en 0%. Dit is niet onverwacht, aangezien de PAK's die aan zwevend stof zijn gebonden wel meewegen in de beoordeling van oppervlaktewater, maar meestal minder biologisch beschikbaar zijn en zo tot een lagere bioaccumulatie leiden. Ook in een recente studie voor het waterschap Hollandse Delta werden deze verschillen aangetoond (Ecofide, 2021).

Toestandsoordeel bij de aanwezigheid van meerdere soorten

In de Europese guidance over biotamonitoring (EU, 2014) en het Protocol monitoring en toestandsbeoordeling wordt ervan uitgegaan dat er voor de monitoring en toestandsbepaling telkens één soort wordt gekozen. Dit was voor de huidige meetcampagne niet mogelijk en in sommige gevallen blijkt het toestandsoordeel

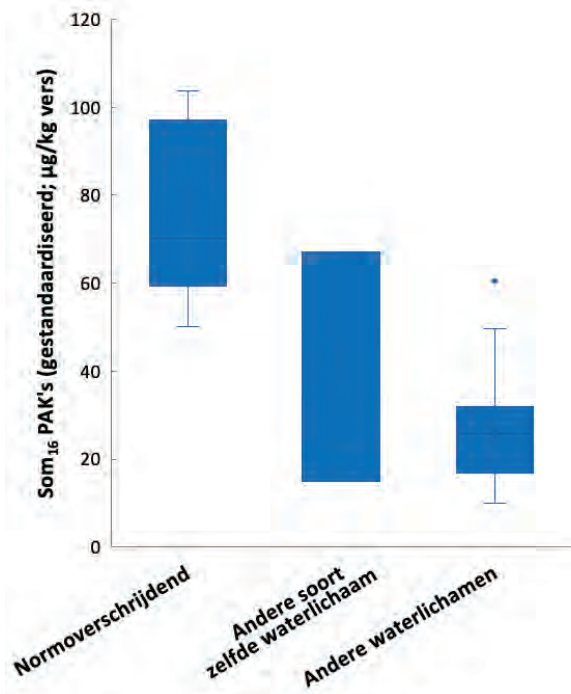
tussen de soorten te verschillen. Om in die gevallen toch het meest passende oordeel te kunnen geven is deze interspecifieke variatie nader beoordeeld (Figuur 3.4). In deze figuur is het gestandaardiseerde \sum_{16} PAK-gehalte geïllustreerd voor schelpdiermonsters met een normoverschrijding (links), voor andere soorten uit dezelfde waterlichamen die de biotanorm niet overschreden (midden) en in schelpdiermonsters uit waterlichamen waar in geen enkele soort een normoverschrijding werd vastgesteld (rechts). Deze figuur illustreert twee aandachtspunten.

- 1) *het gehalte van de normoverschrijdende PAK is geen uitschieter*
De vraag of het gehalte van de normoverschrijdende PAK een uitschieter is, kan beantwoord worden door te kijken naar het gesommeerde gehalte van alle 16 PAK's. Uit figuur 3.4 blijkt dat in het schelpdiermonster met een normoverschrijding ook het \sum_{16} PAK-gehalte significant hoger is dan bij andere schelpdiermonsters (linkerbalk ten opzichte van de andere twee; Mann-Whitney; $p=0,007$). Dit betekent dat niet alleen het gehalte van de normoverschrijdende PAK maar ook de som van alle 16 PAK's hoog is. De normoverschrijdende PAK is daarmee geen uitschieter.
- 2) *de aangetroffen normoverschrijdingen duiden niet alleen op een verschil in belasting tussen waterlichamen maar ook op variatie binnen een waterlichaam*
Zou het schelpdier met een normoverschrijdende PAK zijn bemonsterd in een waterlichaam met overal een verhoogde aanwezigheid van PAK's, dan zou men verwachten dat ook het PAK-gehalte in de andere schelpdiermonsters uit hetzelfde waterlichaam verhoogd is (wellicht niet normoverschrijdend maar wel verhoogd)¹⁴. Het waterlichaam Boezem Westland is hier een goed voorbeeld van. Het gesommeerde PAK-gehalte van de vijvermossel en Aziatische korfmossel is vergelijkbaar (70 en 67 $\mu\text{g}/\text{kg}$ vers), maar alleen in de vijvermossel is een normoverschrijding vastgesteld (het fluorantheengehalte

¹⁴ Dit onder de aanname dat de verschillende schelpdiersoorten uit hetzelfde waterlichaam PAK's op eenzelfde wijze accumuleren. Figuur 3.3 laat zien dat dat in grote lijnen het geval is.

FIGUUR 3.4

Som₁₆ PAK-gehalte (gestandaardiseerd) in schelpdiermonsters met een normoverschrijding (links), in andere soorten uit dezelfde waterlichamen die de biotanorm niet overschreden (midden) en in schelpdiermonsters uit waterlichamen waar in geen enkele soort een normoverschrijding werd vastgesteld (rechts).



van de Aziatische korfmossel ligt op de norm). Voor het waterlichaam Noorderlegmeerpolder is de situatie anders en ligt het gesommeerde PAK-gehalte van de schilders- en vijvermossel (15 en 48 µg/kg vers; geen normoverschrijdingen) aanzienlijk lager dan bij de iets verderop uitgehangen quaggamosselen (104 µg/kg vers; overschrijding voor zowel Flu als BaA). Dit betekent dat de normoverschrijdingen eerder duiden op variatie binnen een waterlichaam, bijvoorbeeld als gevolg van ruimtelijke verschillen of een verschil in voedselvoorkeur.

Vervolgens is ook gekeken naar de overschrijdingsfactor. Deze bleek in de meeste gevallen gering te zijn (<factor 2). Van de 6 vastgestelde overschrijdingen (2 voor fluorantheen en 4 voor benzo(a)anthraceen) is de overschrijdingsfactor in slechts één monster groter dan 2. Dit betrof de quaggamosselel uit de Noorderlegmeerpolder (factor 2,2). In deze polder werden in de iets verderop verzamelde vijver- en schildersmosselen geen overschrijdingen vastgesteld. Dit duidt op ruimtelijke variatie binnen het waterlichaam.

Vanuit het over het algemeen geringe verschil tussen soorten binnen een waterlichaam lijkt het gerechtvaardigd om het eindoordeel over de huidige toestand van een waterlichaam te baseren op het gemiddelde beeld van de onderzochte schelpdiermonsters (na standaardisatie

op 1% vet). Voor de meetcampagne betekent dit dat de huidige toestand voor de waterlichamen Boezem Westland en Noorderlegmeerpolder toch als 'voldoet' wordt beschouwd. Daarmee resteren er twee waterlichamen (Bergse plassen en de Aa van Gemert tot Den Bosch) waar de toestand als 'voldoet niet' wordt beoordeeld (9% van de onderzochte waterlichamen).

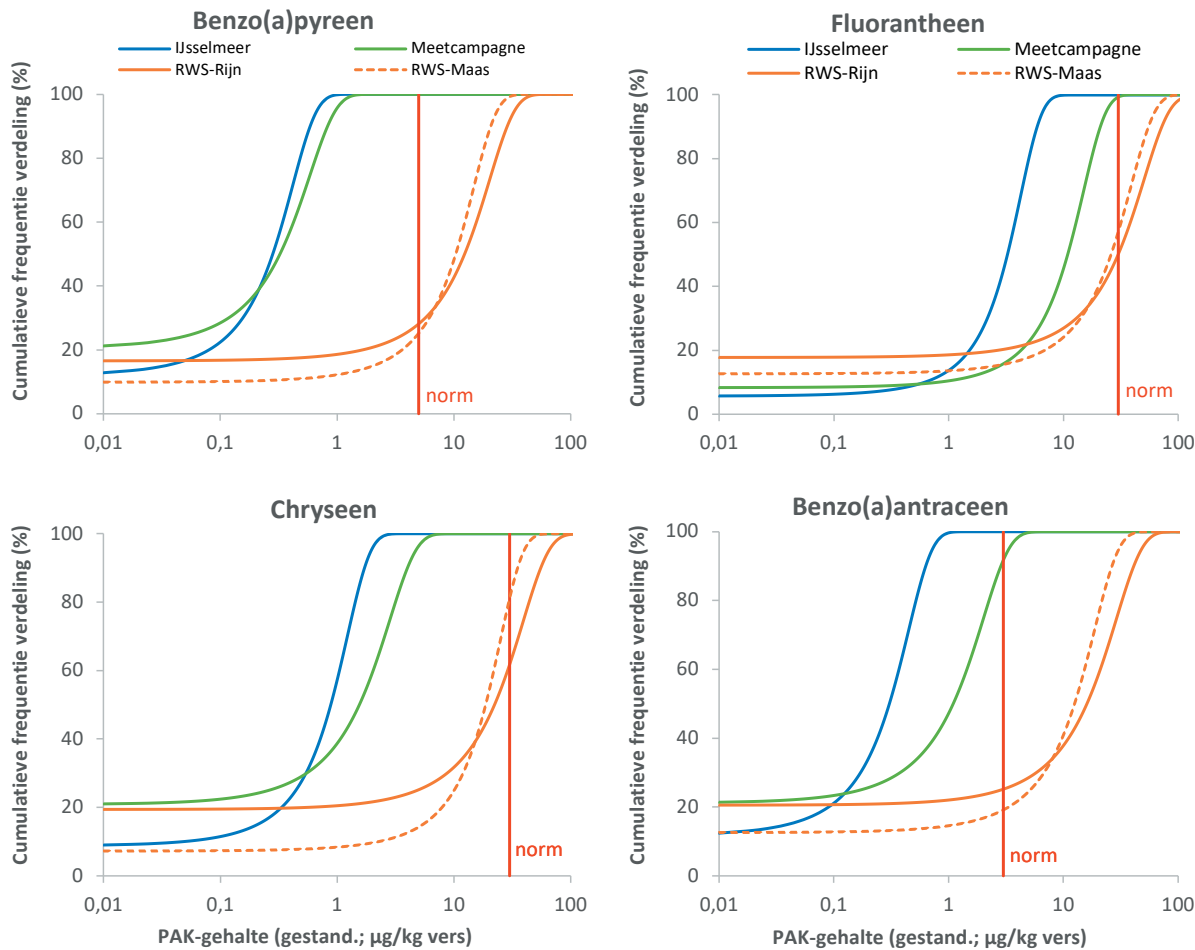
Voor de Bergse plassen zijn twee schelpdiersoorten geanalyseerd en in beide monsters werden normoverschrijdingen voor benzo(a)anthraceen vastgesteld. Voor de Aa van Gemert tot Den Bosch is slechts één schelpdiersoort geanalyseerd. Voor dit waterlichaam blijft daarmee de vraag of het gemiddeld beeld van meerdere schelpdiersoorten tot eenzelfde oordeel zou komen. Dit vergt aanvullend onderzoek, waarbij er dan ook voor kan worden gekozen om een mengmonster van het hele waterlichaam te maken (overeenkomstig met de aanpak voor blankvoorn).

3.1.3 Relatie met druk- en emissiefactoren

In een multivariate PCA-analyse is nagegaan of de PAK-gehalten van schelpdieren ook aan bekende druk- en emissiefactoren (tabel 2.1) zijn te relateren. Dit blijkt slechts in beperkte mate het geval, waarbij de verklaarde variantie tussen de 10 en 15% ligt. Dit betekent niet dat de benoemde druk- en emissiefactoren geen effect op de PAK-belasting van het waterlichaam hebben. Alleen dat ze in de huidige opzet van de meetcampagne (met veel bronnen van

FIGUUR 3.5

Cumulatieve frequentieverdelingen van gestandaardiseerde PAK-gehalten in schelpdieren uit verschillende wateren, namelijk de referentielocatie Zeughoek in het IJsselmeer (sinds 1999 jaarlijks geanalyseerd), in verschillende waterlichamen in de rijkswateren van de Rijn en Maas (Sneekes & Kotterman, 2020) en in de regionale waterlichamen van de huidige meetcampagne. Als de curve niet op $y=0$ begint betekent dit dat een deel van de gehalten onder de rapportagegrens ligt.



variatie en uitsluitend kwalitatief ingeschatte drukfactoren) niet als doorslaggevend kunnen worden aangetoond. Wel valt op dat er in de laag belaste waterlichamen nergens normoverschrijdingen zijn vastgesteld. Dit geldt voor de Vuntusplas (waar afgezien van pleziervaartuigen alleen atmosferische depositie een bron van PAK-verontreiniging kan zijn) maar ook voor waterlichamen waar 'landbouw' de enige relevante drukfactor is (zie tabel 2.1; Landbouw wordt niet gezien als een directe bron van PAK's). In totaal zijn er acht waterlichamen, die aan dit criterium voldoen¹⁵ en in deze acht waterlichamen voldeden alle 14 schelpdiermonsters aan de vier biotannormen.

3.1.4 Vergelijking met resultaten uit rijkswateren

Voor de vier PAK's met een biotannorm zijn in figuur 3.5 cumulatieve frequentieverdelingen opgenomen om zo de resultaten van de huidige meetcampagne met die van de monitoring in rijkswateren te vergelijken. De gegevens van de rijkswateren zijn afkomstig uit Sneekes & Kotterman (2020) en omvatten alle metingen sinds 1999, waarbij de gegevens van de referentielocatie in het IJsselmeer (Zeughoek) apart zijn opgenomen. Uit deze vergelijking blijkt dat de PAK-gehalten in schelpdieren uit regionale wateren lager liggen dan in de rijkswateren. Voor

¹⁵ Hiervan is er bij twee aangegeven, dat ook de aanwezigheid van stedelijk gebied relevant kan zijn.

benzo(a)pyreen, benzo(a)anthraceen en chryseen is het verschil groot en ligt de gemiddelde waarde meer dan een factor 10 lager. Voor fluorantheen is het verschil kleiner (factor 2,5 in het gemiddelde).

In tabel 3.2 zijn deze gegevens samengevat op basis van zowel het aantal waterlichamen waarin een overschrijding van de biotanorm is vastgesteld als de range aan gestandaardiseerde gehalten, die in deze normoverschrijdende waterlichamen zijn aangetroffen. Ook hiermee wordt duidelijk dat de situatie in de regionale wateren beter is dan in de rijkswateren: zowel het aandeel normoverschrijdingen als de hierbij vastgestelde gehalten liggen in deze meetcampagne in regionale wateren duidelijk lager. Deze vergelijking is gebaseerd op alle 23 onderzochte waterlichamen. In zeven daarvan is sprake van een relevante beïnvloeding vanuit rijkswater (zie tabel 2.1). Ook als de vergelijking met rijkswater alleen voor deze zeven waterlichamen wordt uitgevoerd, dan blijft de conclusie dat de situatie in de regionale waterlichamen beter is. Zo is het percentage normoverschrijdende waterlichamen nog steeds lager (14%) en blijven de vastgestelde gehalten logischerwijs lager dan in rijkswater.

3.1.5 Mogelijke extrapolatie naar andere waterlichamen

Binnen de huidige meetcampagne is nagegaan in welke mate de resultaten ook nu al gebruikt kunnen worden voor de toestandsbeoordeling in andere, niet bemonsterde regionale wateren. Deze bevindingen zijn hieronder uitgewerkt als een advies aan de waterschappen over de mogelijkheden om clustering toe te passen om zo tot een landelijk dekkend beeld te komen.

Benzo(a)pyreen en chryseen

Overwegingen.

In geen enkel waterlichaam is een overschrijding van de biotanorm vastgesteld. Dit geldt ook voor zes aanvullende waterlichamen, die in opdracht van waterschap Hollandse Delta zijn bemonsterd (Ecofide, 2021). Tegelijkertijd geven de 23 bemonsterde waterlichamen een goed beeld van de variatie in drukfactoren, zoals die in regionale wateren kan worden aangetroffen.

Advies.

Als basisregel wordt geadviseerd dat voor benzo(a)pyreen en chryseen het oordeel 'voldoet' in principe naar alle regionale waterlichamen kan worden geprojecteerd, met twee mogelijke uitzonderingen ter beoordeling van de waterbeheerders. Dit zijn

- i) waterlichamen die een relevante belasting uit het Twentekanaal of de Hollandse IJssel ontvangen. Sneekes en Kotterman (2020) laten zien dat de belasting in deze twee waterlichamen aanmerkelijk hoger is dan in andere waterlichamen in rijkswateren. Voor regionale waterlichamen waar dit het geval is kan de toestandsbeoordeling worden gebaseerd op de biotamonitoring in het Twentekanaal resp. Hollandse IJssel (voldoet niet)¹⁶.
- ii) waterlichamen met een relevante puntbron van PAK's, blijkend uit de lopende monitoring in oppervlaktewater (PAK-concentraties in oppervlaktewater zijn duidelijk hoger dan in de rest van het beheergebied). In dat geval wordt geadviseerd om het toestandsoordeel vanuit de oppervlaktewatermonitoring te handhaven.

Benzo(a)anthraceen en fluorantheen

Overwegingen.

Het aandeel normoverschrijdende waterlichamen is weliswaar lager dan in rijkswateren, maar er zijn wel enkele normoverschrijdingen aangetroffen. Opmerkelijk hierbij is dat drie van de vier waterlichamen, waar normoverschrijdingen in zijn vastgesteld, (ook) door oppervlaktewater uit rijkswateren worden beïnvloed. Inhoudelijk levert een toetsing aan de biotanorm een betrouwbaarder oordeel over de huidige toestand dan de toetsing aan totaal concentraties in oppervlaktewater (Ecofide, 2021). Tegelijkertijd geeft de huidige meetcampagne nog een te beperkt inzicht in de relaties met druk- en emissiefactoren om op basis hiervan voldoende onderbouwde projectieregels op te stellen. Normoverschrijdingen

¹⁶ In die gevallen kan via een aanvullende monsternamen de actuele toestand in het betreffende waterlichaam alsnog worden vastgesteld.

TABEL 3.2

Vergelijking van het toestandoordeel over de biotamonitoring van PAK's en de hierbij vastgestelde gestandaardiseerde PAK-gehalten ($\mu\text{g}/\text{kg}$ vers) tussen waterlichamen in rijkswateren en het huidige onderzoek. De gegevens van rijkswateren zijn afkomstig uit Sneekes en Kotterman (2020). Aandeel normoverschrijdende waterlichamen:

■ <25% ■ > 25 & <50% ■ >50%

	Regionale wateren		Rijkswateren	
	Aandeel waterlichamen >norm (%)	Range aan gehalten als >norm ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	Aandeel waterlichamen >norm (%)	Range aan gehalten als >norm ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
Benzo(a)pyreen	0	–	62	5 – 49
Fluorantheen	4	31 - 36	31	40 – 170
Benzo(a)anthraceen	4	3,5 - 6,6	69	10 – 106
Chryseen	0	–	31	30 – 146

lijken alleen voor te komen in waterlichamen, die vanuit rijkswateren worden belast en/of gelegen zijn in het westelijk deel van Nederland. Dit laatste is wellicht niet geheel onverwacht, aangezien de emissieregistratie aangeeft dat PAK-emissies in stedelijk gebied iets hoger zijn dan elders. Tegelijkertijd geldt dit niet voor alle waterlichamen, die aan deze criteria voldoen. Extrapolatie lijkt daarom alleen mogelijk voor waterlichamen met een lage belasting aan PAK's. Dit zijn waterlichamen waar landbouw de enige relevante drukfactor is en waar (dus) atmosferische depositie de voornaamste bron van PAK's zal zijn. Er zijn acht dergelijke waterlichamen bemonsterd en in alle

14 onderzochte schelpdiermonsters werd aan de biotanormen van PAK's voldaan.

Advies.

Als basisregel wordt geadviseerd dat er voor benzo(a)anthraceen en fluorantheen geen clustering vanuit de huidige meetcampagne plaatsvindt. De huidige werkwijze voor toetsing en projecteren vanuit de oppervlaktewatermonitoring blijft daarmee leidend. Hierop zijn twee uitzonderingen:

- i) voor laag belaste waterlichamen kan wel clustering plaatsvinden, waarbij 'laag belast'

in deze context wordt gezien als waterlichamen met alleen een relevante belasting vanuit landbouw (cf. criteria in tabel 2.1) dan wel zonder enige relevante belasting vanuit deze drukfactor. Het oordeel over de huidige toestand is dan 'voldoet'.

- ii) De resultaten van de huidige monitoring kunnen wel geprojecteerd worden naar waterlichamen die op basis van de voor oppervlaktewater monitoring geldende regels voldoende aan elkaar zijn verbonden (clustering). Dit ter beoordeling van de waterbeheerder. Het eindoordeel is dan gebaseerd op het gemiddelde van de geanalyseerde monsters. Dit leidt voor benzo(a)anthraceen tot een 'voldoet niet' voor het waterlichaam Bergse plassen. Voor alle andere onderzochte waterlichamen is het oordeel voor benzo(a)anthraceen 'voldoet'. Voor fluorantheen voldoet de toestand in alle waterlichamen behalve in de Aa van Gemert tot Den Bosch.

SAMENVATTEND WORDT GECONCLUDEERD

- a) dat zowel actieve monitoring met de quaggamossel als passieve monitoring met ter plaatse aanwezige schelpdieren goed uitvoerbaar is.
- b) dat de biotamonitoring tot een veel positiever oordeel over de chemische toestand leidt dan de standaard monitoring van totaal concentraties in oppervlaktewater. In de huidige biotamonitoring is het aandeel normoverschrijdende waterlichamen voor respectievelijk BaP, Flu, BaA en Chr 0, 4, 4 en 0%. Ter vergelijking: In het ontwerp-SGBP 2022-2027 is, op basis van de monitoring in oppervlaktewater, aangegeven dat deze percentages voor BaP, Flu, BaA en Chr 59, 42, 51 en 23% bedragen. Dit verschil wordt veroorzaakt doordat een deel van de in oppervlaktewater aanwezige PAK's aan het zwevend stof is gebonden en daarmee niet of minder biologisch beschikbaar is (Ecofide, 2021).
- c) dat de situatie in de regionale wateren beter is dan in rijkswateren. Zowel het aandeel normoverschrijdingen als de hierbij vastgestelde gehalten liggen in de regionale wateren duidelijk lager. Voor benzo(a)pyreen, benzo(a)anthraceen en chryseen is het verschil groot en ligt de gemiddelde waarde meer dan een factor 10 lager. Voor fluorantheen is het verschil kleiner (factor 3 in het gemiddelde).
- d) dat er geen duidelijke relatie is aangetoond tussen de normoverschrijdingen en de verwachte emissies en drukfactoren. Alleen voor waterlichamen, die laag met PAK zijn belast (criterium: landbouw als enige relevante drukfactor), valt te concluderen dat deze aan de biotanormen voldoen.
- e) dat verdere uniformering van de passieve biotamonitoring mogelijk is. Aanbevolen wordt om waar mogelijk te kiezen voor de vijver- of schildersmossel. Qua vet- en PAK-gehalten zijn deze twee soorten onderling vergelijkbaar en in 83% van de waterlichamen is ten minste één van deze twee soorten aangetroffen. Overeenkomstig met de werkwijze bij blankvoorns dient deze passieve monitoring zich te richten op een mengmonster van één schelpdier-soort afkomstig van meerdere locaties binnen een waterlichaam.

3.2 HCB, HCBd, HBCDD, DICOFOl, OCTAMETHYLCYCLOTETRASILOXAAN EN SOM-TEQ IN BLANKVOORN

3.2.1 Huidige toestand

Afgezien van de PAK's (§3.1) is de biotamonitoring voor alle prioritaire stoffen gericht op de gehalten in vis. Voor zoete oppervlaktewateren is in Nederland gekozen om deze monitoring uit te voeren met gehele blankvoorns met een lengte van 10-15 cm. Voor zes stoffen voldeden de gehalten in alle 23 onderzochte waterlichamen aan de biotanormen. Dit zijn HCB, HCBd, HBCDD, dicofol, octamethylcyclotetrasiloxaan en de som-TEQ. Dit zijn alle zes lipofiele stoffen, waardoor de toetsing aan de biotanormen plaatsvindt nadat de gehalten naar 5% vet zijn gestandaardiseerd (tabel 3.3).

Ondanks het feit dat alle zes stoffen in alle 23 waterlichamen aan de biotanormen voldoen, is er wel enige spreiding in de mate waarin. Voor HCBd, HBCDD, octamethylcyclotetrasiloxaan en dicofol lagen de meeste (zo niet alle) resultaten onder de rapportagegrens, waarbij de wel gemeten gehalten ten minste een factor 20 (octamethylcyclotetrasiloxaan) tot 900 (HCBd) lager dan de biotanorm waren. Voor HCB en de som-TEQ lagen de gehalten in alle 23 waterlichamen boven de rapportagegrens en bedroeg het verschil tussen het maximale gehalte en de biotanorm respectievelijk een factor 3 en 2. Op basis van eventuele normoverschrijdingen leidt biotamonitoring voor deze zes¹⁷ stofgroepen) niet tot een heel ander oordeel over de huidige toestand dan de monitoring van oppervlaktewater¹⁸. Voor oppervlaktewater geven ook de toestandsbeoordelingen van 2020 (opgenomen in het ontwerp-SGBP 2022-2027) nauwelijks normoverschrijdingen voor deze stoffen. Voor dicofol en HBCDD is zelfs geen enkele normoverschrijding aangetroffen en voor HCB en HCBd is het aantal normoverschrijdende waterlichamen beperkt (1 resp. 14 waterlichamen). Toch heeft de uitgevoerde biotamonitoring wel meerwaarde. Dit komt enerzijds doordat biotamonitoring noodzakelijk is voor het geven van een oordeel over de huidige toestand van de som-TEQ (hier is alleen een biotanorm voor opgesteld). Anderzijds leidt

¹⁷ Voor de zesde stof (octamethylcyclotetrasiloxaan) zijn geen analyses in oppervlaktewater beschikbaar.

¹⁸ Er is wel een verschil doordat 'niet toetsbare' oordelen bij biotamonitoring niet voorkomen.

biotamonitoring voor HCB, HCBd, HBCDD, octamethylcyclotetrasiloxaan en dicofol tot het verdwijnen van zogenaamde 'niet toetsbare' oordelen: in oppervlaktewater kunnen deze stoffen niet (overal) op een voldoende laag niveau worden gemeten om vast te stellen of ze aan de norm voldoen.

3.2.2 Relatie met druk- en emissiefactoren

Voor HCBd, HBCDD en dicofol is het verschil tussen de vastgestelde gehalten en de biotanorm zeer groot (meer dan een factor 50). Voor deze stoffen kan daarom gevoeglijk worden aangenomen dat de toestand in alle regionale wateren aan de biotanormen voldoet en dat onderzoek naar eventuele relaties met druk- en emissiefactoren weinig zinvol is. Daarnaast liggen vrijwel alle gehalten onder de rapportagegrens (die dan dus ook minimaal 50 keer lager is dan de biotanorm), waardoor verdere analyses sowieso weinig zeggingskracht hebben. Dit geldt ook voor octamethylcyclotetrasiloxaan. Voor HCB en som-TEQ is het verschil met de biotanorm kleiner en bestaat de kans dat sommige regionale waterlichamen toch niet aan de normen voldoen. Dit kan bijvoorbeeld optreden in aanwezigheid van puntbronnen, zoals die wellicht zijn op te sporen vanuit historisch gebruik, dan wel de aanwezigheid van met deze stoffen verontreinigd sediment dat van elders is aangevoerd. Daarnaast kan ook een relatie met druk- of emissiefactoren (tabel 2.1) een aanwijzing geven in de gebieden waar dergelijke normoverschrijdingen wellicht nog aanwezig kunnen zijn.

TABEL 3.3

Gehalten van HCB, HCBd, HBCDD, dicofol, som-TEQ alsmede het vetgehalte in hele blankvoorn. Gehalten in µg/kg vers (som-TEQ in ng/kg vers) en gestandaardiseerd naar 5% vet. Overschrijdingen van de norm zijn oranje gearceerd. Als de norm niet wordt overschreden is dit groen gearceerd.

Stof		Vet	HCB	HCBd	HBCDD	Dicofol	som-TEQ	OMCTS
Eenheid		%	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	ng/kg	µg/kg
Norm		-	10	55	167	33	6,5	7900
HH de Stichtse Rijnlanden	Bijleveld	4,1	0,37	<0,02	<0,12	<0,61	0,57	<366
HH Hollands Noorderkwartier	Waterrijk Waterland+	3,8	0,39	<0,03	<0,13	<0,66	1,74	<395
HH Schieland en de Krimpenerwaard	Bergse plassen	5,5	0,27	<0,01	<0,07	<0,45	1,67	<273
	Rotteboezem	5,2	0,58	<0,02	<0,10	<0,48	1,22	<288
HH van Delfland	Boezem Westland	4,9	1,12	<0,03	<0,10	<0,41	1,56	<306
HH van Rijnland	Veender- en Lijkerpolder	6,5	3,38	<0,05	<0,08	<0,38	0,80	<231
Ws Aa en Maas	Aa van Gemert tot Den Bosch	5,6	0,54	<0,04	0,18	<0,45	1,35	<268
Ws Amstel, Gooi en Vecht	Noorderlegmeer polder	5,8	2,84	0,06	<0,09	<0,43	0,73	<259
	Vuntusplas	4,2	0,36	<0,02	<0,12	<0,48	1,61	<357
Ws Brabantse Delta	Cruislandse krekens	4,4	0,91	<0,02	<0,11	<0,57	1,18	<455
Ws de Dommel	Midden en beneden Dommel	5,1	0,69	<0,02	<0,10	<0,49	3,26	<294
Ws Drents Overijsselse Delta	Soestwetering (benedenloop)	5,7	0,35	0,06	<0,09	<0,35	0,34	<263
Ws Hollandse Delta	Afwatering Groot Voorne west	4,1	0,49	<0,01	<0,12	<0,49	0,80	<366
Ws Hunze en Aa's	Westerwoldse Aa-Zuid	3,9	1,54	0,03	<0,13	<0,64	0,36	<256
Ws Limburg	Geleenbeek	6,0	2,17	0,03	0,67	<0,42	0,94	<250
Ws Noorderzijlvest	Leekstermeer	6,2	0,40	<0,04	<0,08	<0,32	0,75	<242
Ws Rijn en IJssel	Veengoot	4,7	0,32	<0,03	0,43	<0,53	0,89	<319
Ws Rivierenland	Kanalen Bommelerwaard West	3,9	0,26	<0,03	<0,13	<0,51	0,53	<385
Ws Scheldestromen	Nol zeven	4,6	0,22	<0,02	<0,11	<0,43	0,69	<326
Ws Vallei en Veluwe	Eem	5,5	0,45	<0,03	<0,09	<0,45	1,09	<273
Ws Vechtstromen	Lolee Bovenlopen	3,6	0,69	<0,03	<0,14	<0,56	0,87	<417
Ws Zuiderzeeland	Vaarten Lage afdeling ZOF	7,2	0,21	<0,03	<0,07	<0,28	0,31	<208
Wetterskip Fryslân	Friese Boezem (De Leijen)	5,5	0,27	<0,02	<0,09	<0,36	0,82	<273

OMCTS=octamethylcyclotetrasiloxaan

Deze relatie is daarom nader bestudeerd door het uitvoeren van een multivariate PCA-analyse, waarbij de vijf druk- en emissiefactoren (rijkswater, rwzi, landbouw, stad en glastuinbouw) als kwalitatieve factoren zijn meegenomen. Hierdoor is de multivariate analyse met name gericht op de ordening van locaties, parameters en verklarende factoren. Kwantitatieve uitkomsten, zoals de hoeveelheid verklaarde variantie, zijn minder relevant. De uitkomsten laten zien dat de spreiding in HCB en som-TEQ gehalten relatief beperkt is. De meeste waterlichamen worden namelijk in elkaars nabijheid gegroepeerd (linksonder in het linker deelfiguur van figuur 3.6). Vooral de Dommel, Veender- en Lijkerpolder, Noorderlegmeerpolder, Geleenbeek en Boezem Westland nemen afwijkende locaties in. Voor de Dommel, en in minder mate ook voor Boezem Westland en Waterrijk Waterland, is het verhoogde som-TEQ gehalte hierin leidend. De Veender- en Lijkerpolder, Noorderlegmeerpolder en Geleenbeek worden juist gekenmerkt door relatief hoge HCB-gehalten.

Uit het rechter deelfiguur van figuur 3.6 blijkt dat deze verhoogde HCB-gehalten verband houden met de drukfactor 'glastuinbouw'. Dit komt ook uit de resultaten naar voren: van de vijf waterlichamen met de hoogste HCB-gehalten ondervinden drie waterlichamen een relevante druk vanuit de glastuinbouw, namelijk Boezem Westland, Veender- en Lijkerpolder en Noorderlegmeerpolder (Tabel 2.1). Daarnaast is het gemiddelde HCB-gehalte in de blankvoorns uit deze vijf waterlichamen (1,64 µg/kg vers) significant hoger dan het gemiddelde HCB-gehalte in de andere 18 waterlichamen (0,59 µg/kg vers; $p < 0,005$). Ook de Westerwoldse Aa-Zuid, die enige druk vanuit de glastuinbouw ondervindt, wordt gekenmerkt door een relatief hoog HCB-gehalte in blankvoorn (1,54 µg/kg vers). Deze correlaties hoeven overigens geen oorzakelijk verband met de huidige glastuinbouw te betekenen. Historisch landgebruik op de huidige glastuinbouw locaties lijkt een meer waarschijnlijke oorzaak. Vroeger werd het fungicide HCB veel gebruikt als zaadbehandeling/-bescherming in de akker- en tuinbouw. Daarnaast breekt de stof moeizaam af, waardoor een relatie met gebieden die momenteel door de glastuinbouw worden gebruikt voorstelbaar is.

Voor som-TEQ valt vooral de afwijkende locatie van de Dommel op (relatief hoog gehalte van 3,26 ng/kg). Van de vijf toegekende druk- en emissiefactoren is er geen, die een duidelijke relatie met verhoogde som-TEQ-waarden geeft. Wel valt op dat de factor 'landbouw' precies tegengesteld is aan de richting van de pijl voor som-TEQ. In andere woorden: blankvoorns van locaties waar landbouw een relevante drukfactor is hebben relatief vaak lage som-TEQ gehalten. Dit komt overeen met de conclusie voor de PAK's, waarbij in gebieden met landbouw als enige relevante drukfactor geen normoverschrijdingen voor benzo(a)anthraceen en fluorantheen zijn aangetroffen. Dergelijke patronen komen enerzijds doordat er vanuit de landbouw geen directe emissies van deze stoffen plaatsvindt. Daarnaast kunnen er ook meer indirecte verbanden optreden, bijvoorbeeld vanuit de ligging van deze waterlichamen ten opzichte van belangrijke (industriële) emissies. Zo zijn er in Noord- en Zuid-Holland, waar de luchtemissie wellicht hoger zijn dan in andere delen van Nederland, geen waterlichamen bemonsterd waar landbouw de enige relevante drukfactor was. De rol van atmosferische depositie wordt ook geïllustreerd door de blankvoorns in de Vuntusplas, die het op drie na hoogste som-TEQ gehalte bezitten (1,6 ng som-TEQ/kg vers). De Vuntusplas is een door grondwater gevoed systeem op de westflank van de Utrechtse heuvelrug waar, afgezien van enige pleziervaart, geen emissies op plaatsvinden. Atmosferische depositie van dioxines is daarmee de meest waarschijnlijke route.

3.2.3 Vergelijking met resultaten uit rijkswateren

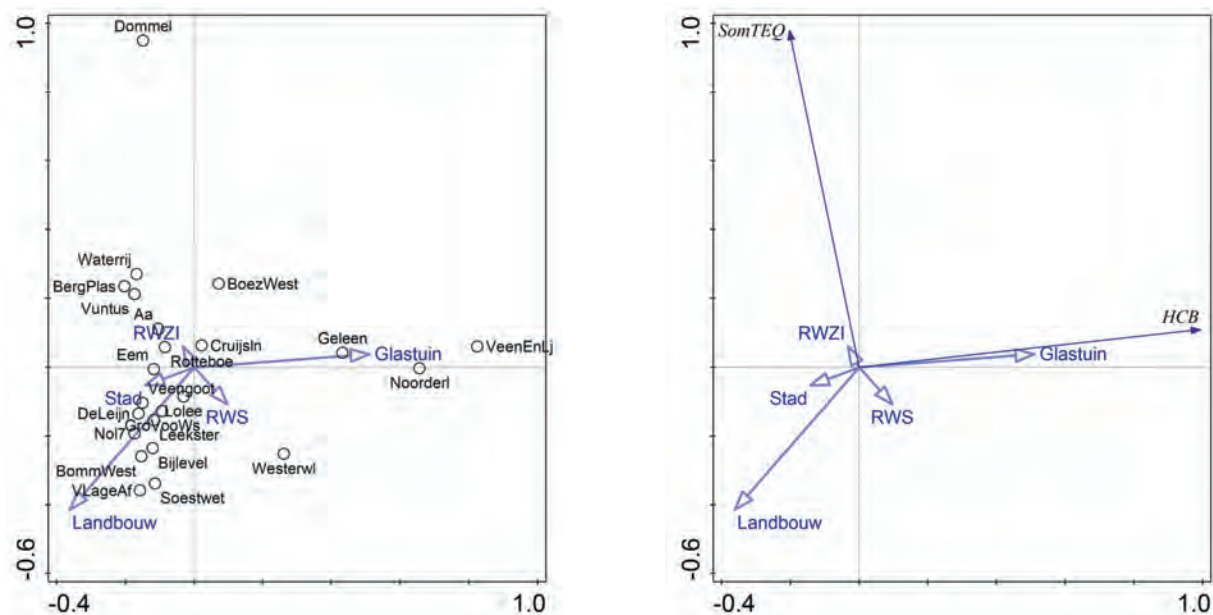
Sinds het in 2015 opgestelde roulerende meetnet voor biotamonitoring (Ecofide, 2015) heeft Rijkswaterstaat in acht zoete waterlichamen de gehalten in blankvoorns gemonitord (Sneekes & Kotterman, 2020; voor drie waterlichamen aangevuld met nog niet gepubliceerde gegevens over de monitoring in 2020). Vier waterlichamen liggen in het stroomgebied van de Maas en de andere vier in dat van de Rijn.

HCB, HBCDD, octamethylcyclotetrasiloxaan en dicofol

In de 23 regionale waterlichamen was het gehalte van HCB, HBCDD, octamethylcyclotetrasiloxaan en dicofol veelal onder de rapportagegrens en zijn er geen

FIGUUR 3.6

Multivariate PCA-analyse van de HCB en som-TEQ gehalten in blankvoorn met de drukfactoren uit tabel 2.1 als verklarende factor.



overschrijdingen van de biotanorm vastgesteld. Dit komt op hoofdlijn goed overeen met de gegevens uit rijkswateren, waar ook geen normoverschrijdingen zijn vastgesteld (tabel 3.4)¹⁹. Meer in detail lijken de maximale gehalten van HCB en HBCDD in regionale waterlichamen iets lager. Dit komt echter vooral door de resultaten van het Hollandsch Diep waar in 2017 relatief hoge gehalten van

beide stoffen zijn vastgesteld, terwijl de waarden uit 2018 en vooral 2019 meer met de range uit de regionale waterlichamen overeenkwamen.

HCB en som-TEQ

In alle 23 onderzochte regionale waterlichamen werd voor beide stoffen een meetbaar gehalte vastgesteld. De vergelijking met de gehalten in

rijkswateren is daarom weergegeven in cumulatieve frequentieverdelingen (figuur 3.7²⁰). Voor rijkswateren kennen deze verdelingen een grotere onzekerheid aangezien ze op metingen uit acht onderzochte waterlichamen (huidige meetcampagne: 23) zijn gebaseerd.

Voor HCB komen de gehalten in blankvoorns uit regionale waterlichamen goed met die van rijkswateren overeen (al liggen de waarden gemiddeld iets hoger in rijkswater). In beide gevallen variëren de gehalten tussen de 0,2 en 5 µg/kg en zijn er geen overschrijdingen van de biotanorm. Voor de som-TEQ is er wel een verschil en zijn de gehalten in blankvoorns uit rijkswateren gemiddeld een factor 4 hoger dan in regionale waterlichamen. In vijf van de acht (63%) onderzochte rijkswaterlichamen ligt het som-TEQ gehalte boven het maximum van 3,3 ng/kg in blankvoorns uit regionale waterlichamen. Dit zijn het Hollandsch Diep (12,6 ng/kg), Ketelmeer (5,4 ng/kg), Noordzeekanaal (4,5 ng/kg), Grensmaas (6,6 ng/kg) en het Volkerak (4,0 ng/kg). Deze resultaten geven aan dat voor dioxines en dioxineachtige stoffen niet alleen atmosferische depositie (zie bovenstaande discussie over de Vuntusplas) maar ook (oude) belasting van rijkswateren een rol speelt.

¹⁹ Voor octamethylcyclotetrasiloxaan zijn geen gegevens uit rijkswateren beschikbaar.

²⁰ De verdelingen gaan uit van een normale verdeling en maken gebruik van de gemiddelde waarde en de standaarddeviatie.

TABEL 3.4

Vergelijking van het toestandoordeel bij de biotamonitoring van HCB, HCBd, HBCDD, dicofol, en som-TEQ tussen gemonitorde waterlichamen in rijkswateren en het huidige onderzoek. Ook is de range aan gestandaardiseerde gehalten (min; max; µg/kg vers) opgenomen. De gegevens van rijkswateren zijn afkomstig uit Sneekes en Kotterman (2020). Aandeel normoverschrijdende waterlichamen:

■ <25% ■ > 25 & <50% ■ >50%

	Regionale wateren		Rijkswateren	
	Aandeel waterlichamen >norm (%)	Min & max gehalte (µg/kg) ¹⁾	Aandeel waterlichamen >norm (%)	Min & max gehalte (µg/kg) ¹⁾
HCB	0	0,21 - 3,4	0	
HCBd	0	<0,01 - 0,06	0	<0,07 - 0,83
HBCDD	0	<0,07 - 0,67	0	<0,05 - 8,0
Dicofol	0	<0,66	0	<0,60
Som-TEQ	0	0,31 - 3,3 ²⁾	25	0,5 - 12,6 ²⁾
Octamethylcyclotetrasiloxaan	0	<454	niet bekend	niet bekend

1) door de afwezigheid van normoverschrijdingen zijn de minimale en maximale waarde opgenomen.

2) som-TEQ in ng/kg vers

3.2.4 Mogelijke extrapolatie naar andere waterlichamen

Binnen de huidige meetcampagne is nagegaan in welke mate de resultaten ook nu al gebruikt kunnen worden voor de toestandbeoordeling in andere, niet bemonsterde regionale wateren. Deze bevindingen zijn hieronder uitgewerkt als een advies aan de waterschappen over de mogelijkheden om clustering toe te passen om zo tot een landelijk dekkend beeld te komen.

HCB, HCBd, HBCDD, dicofol, octamethylcyclotetrasiloxaan en som-TEQ

Overwegingen.

In geen enkel waterlichaam is een overschrijding van de biotanorm vastgesteld. Tegelijkertijd geven de 23 bemonsterde waterlichamen een goed beeld van de variatie in drukfactoren, zoals die in regionale wateren kan worden aangetroffen.

Advies.

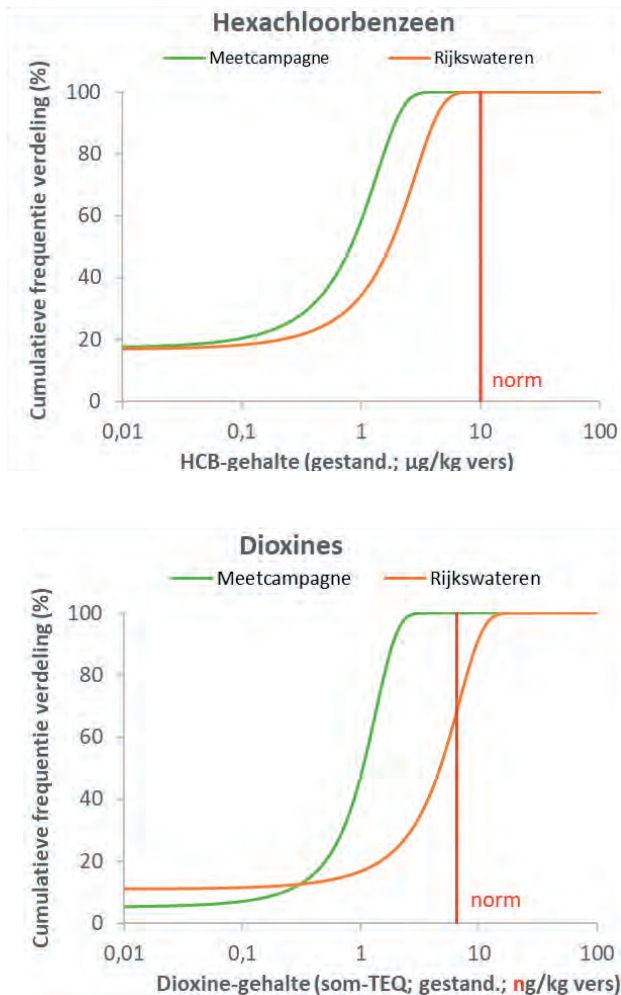
Als basisregel wordt geadviseerd dat het oordeel 'voldoet' in principe voor alle zes stoffen naar alle regionale waterlichamen kan worden geprojecteerd, met twee mogelijke uitzonderingen ter beoordeling van de waterbeheerders. Dit zijn

- i) waterlichamen die een relevante belasting²¹ uit het Hollandsch Diep ontvangen. In het Hollandsch Diep wordt niet aan de biotanorm voor som-TEQ voldaan (Sneekes en Kotterman, 2020). Voor regionale waterlichamen met een relevante belasting uit het Hollandsch Diep kan de toestandbeoordeling voor som-TEQ op de biotamonitoring in het Hollandsch Diep (voldoet niet) gebaseerd worden. Deze clustering geldt dan logischerwijs ook voor de andere vier stoffen (voor de vijfde stof, octamethylcyclotetrasiloxaan, zijn er geen gegevens uit het Hollandsch Diep) maar dat leidt niet tot een verschil met de huidige meetcampagne, aangezien de toestand voor deze vier stoffen in het Hollandsch Diep voldoet overeenkomstig met de toestand in de regionale wateren.

²¹ Dit is een kwalitatief oordeel. Er zijn geen gegevens om deze relatie verder te kwantificeren. Ook kan blijken dat de toestand in het betreffende regionale waterlichaam alsnog blijkt te voldoen. Hier zijn momenteel geen gegevens voor en is besloten om het toestandoordeel aan de voorzichtige kant te houden (dus liever foutief uitgaan van een normoverschrijding, dan foutief uitgaan van de goede toestand).

FIGUUR 3.7

Cumulatieve frequentieverdeling van de gestandaardiseerde HCB en som-TEQ gehalten in blankvoorns uit de 23 regionale waterlichamen en de acht waterlichamen in rijkswater (Sneekes & Kotterman, 2020).



- ii) waterlichamen met een relevante puntbron van HCB of som-TEQ. De maximale gehalten van beide stoffen liggen niet meer dan een factor 3 onder de biotanorm. Alhoewel alle 23 onderzochte waterlichamen aan de biotanormen voldoen, bestaat er een kans dat dit in waterlichamen met een puntbron niet het geval is. Deze puntbronnen zijn wellicht op te sporen vanuit historisch gebruik dan wel de aanwezigheid van verontreinigd sediment. Voor HCB zijn er verdenkingen dat historisch landgebruik (gebruik als fungicide in akker- en tuinbouw) wellicht een relevante factor is. In dergelijke gevallen leidt clustering vanuit de 23 thans onderzochte waterlichamen wellicht onterecht tot het oordeel 'voldoet'. Aanvullend onderzoek kan in die gevallen uitkomst bieden, maar voor de toestandsbeoordeling in 2021 kan de waterbeheerder zich ook op de resultaten van de monitoring in oppervlaktewater baseren. Voor mogelijke puntbronnen met dioxines en dioxineachtige stoffen (som-TEQ²²) zou het oordeel voorzichtigheidshalve op 'voldoet niet' gezet kunnen worden, aangezien de KRW vraagt om een oordeel van de kans dat er niet aan de norm wordt voldaan. Dit ter beoordeling van het betreffende waterschap.

²² Gelet op de bekende historische verontreiniging met dioxines in het Noordzeekanaal wordt HHNK aanbevolen na te gaan of dit consequenties kan hebben voor de toestand in waterlichamen waar water vanuit het Noordzeekanaal wordt ingelaten.

SAMENVATTEND WORDT GECONCLUDEERD

- a) *dat de toestand van HCB, HCBd, HBCDD, dicofol, octamethylcyclotetrasiloxaan en som-TEQ in alle 23 waterlichamen aan de biotanormen voldoet*
- b) *dat voor HCB, HCBd, HBCDD en dicofol biotamonitoring niet tot een heel ander oordeel over normoverschrijdingen leidt dan de monitoring van oppervlaktewater. In beide matrices zijn geen of slechts enkele normoverschrijdingen vastgesteld. De meerwaarde van biotamonitoring zit voor deze stoffen in het verdwijnen van de uitkomst 'niet toetsbaar', die ontstaat als de gehalten in het water beneden de rapportagegrens liggen. Dit geldt ook voor octamethylcyclotetrasiloxaan, waarvoor momenteel geen betrouwbare analysemethode voor oppervlaktewater beschikbaar is. Daarnaast is biotamonitoring voor som-TEQ de enige manier om tot een oordeel over de huidige toestand te komen.*
- c) *dat de gehalten van HCB, HCBd, HBCDD en dicofol in blankvoorns goed overeenkomen met de gehalten zoals die in rijkswateren zijn vastgesteld. Ook in de rijkswateren zijn voor deze vier stoffen geen overschrijdingen van de biotanormen vastgesteld. De som-TEQ gehalten lijken in regionale waterlichamen iets lager dan in rijkswater, maar inzicht in de variatie in rijkswateren is nog relatief beperkt (acht onderzochte waterlichamen).*
- d) *dat de aanwezigheid van glastuinbouw als relevante drukfactor verband lijkt te houden met licht verhoogde HCB-gehalten. Waarschijnlijk is de achterliggende oorzaak niet het huidige gebruik maar het historische gebruik van deze gronden als tuinbouwgebied. Vanaf 1945 werd het fungicide HCB namelijk veel gebruikt als zaadbehandeling-/bescherming in de land- en tuinbouw. Net zoals bij de PAK's bleken waterlichamen met landbouw als relevante drukfactor over het algemeen door lagere HCB en som-TEQ gehalten te worden gekenmerkt.*

3.3 KWIK, HEPTACHLOOR&-EPOXIDE, PBDE EN PFOS IN BLANKVOORN

3.3.1 Huidige toestand

Voor zowel kwik, heptachloor&-epoxide, PBDE als PFOS zijn er verschillende normoverschrijdingen in de regionale waterlichamen vastgesteld (Tabel 3.5). Wel is er een verschil in het aantal overschrijdingen. Voor kwik en PFOS betreft het zeven respectievelijk zes waterlichamen (30, 26%), terwijl er voor heptachloor&-epoxide en PBDE in alle 23 waterlichamen normoverschrijdingen zijn vastgesteld. Ook is er een verschil in de ernst van de overschrijding. Voor kwik en PFOS is deze relatief gering, waarbij de maximale waarden een factor 2 respectievelijk 4 groter zijn dan de norm. Voor heptachloor&-epoxide en PBDE is dit verschil met de norm veel groter en bedragen deze waarden een factor 100 en 700 respectievelijk.

Noot.

Voor PFOS is deze huidige toestand gebaseerd op de formele norm van 9,1 µg/kg vers en ook onderstaande nadere beschrijving is op deze officiële waarde gericht. Voor opname door de mens heeft de Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid (EFSA) recent echter ook een gezondheidskundige grenswaarde voor vier perfluoralkylstoffen (PFAS) gepubliceerd. Deze bedraagt 4,4 ng/kg lichaamsgewicht per week. Op basis van de rekenmethode, zoals die bij de normstelling onder de Kaderrichtlijn Water wordt gehanteerd, heeft het RIVM deze grenswaarde omgerekend tot een biotanorm, waarbij de geadviseerde waarde 0,077 µg/kg bedraagt (www.rivm.nl/documenten/biotanorm-voor-pfas-in-vis). Dit betreft zoals gezegd een normwaarde voor het gesommeerde gehalte van vier PFAS-verbindingen (PFOS, PFOA, PFNA en PFHxS), maar alleen het hier gerapporteerde PFOS-gehalte is in alle 23 onderzochte waterlichamen al groter dan deze normwaarde. Op basis van dit advies zou de huidige toestand voor PFOS in geen van de 23 onderzochte waterlichamen voldoen.

Voor heptachloor&-epoxide valt op dat heptachloor zelf nergens boven de rapportagegrens is aangetroffen (0,001 µg/kg; is ook <norm). De geconstateerde normoverschrijdingen zijn daarmee volledig door cis-heptachloorepoxide veroorzaakt. Voor de PBDEs verschilt de bijdrage per congeneer. Zo lagen de gehalten van BDE-

99 en -153 in vrijwel alle monsters onder de rapportagegrens, terwijl de gehalten van BDE-28 en -47 juist vrijwel altijd meetbaar waren. De hoogste gehalten zijn aangetroffen voor BDE-47, waarbij alleen het gehalte van deze congeneer in alle 23 waterlichamen al tot een normoverschrijding leidde (meetwaarden gemiddeld 1,0 µg/kg vers).

Biotamonitoring leidt voor deze vier stoffen tot een ander oordeel over de huidige toestand dan de monitoring van oppervlaktewater (zie stoffiches bij het ontwerp-SGBP 2022-2027). Voor kwik en PFOS is het oordeel op basis van biotamonitoring gunstiger. Zo bedraagt het aandeel normoverschrijdende waterlichamen op basis van oppervlaktewatermonitoring 74 en 75% respectievelijk, terwijl dit voor biotamonitoring 30 en 26% bedraagt. Voor heptachloor&-epoxide en gebromeerde vlamvertragers lijkt biotamonitoring juist tot een hoger aandeel normoverschrijdende waterlichamen te leiden (in oppervlaktewater 45 en 0% respectievelijk t.o.v. 100% voor beide stoffen in de biotamonitoring). Deze vergelijking gaat echter mank. Voor PBDE komt dit omdat er bij de monitoring van oppervlaktewater alleen aan de MAC-MKE getoetst wordt (er is voor PBDE geen JG-MKE beschikbaar; daarvoor dient de biotanorm als vervanger). Voor heptachloor&-epoxide komt dit doordat in de stoffiches het aandeel waterlichamen, dat aan de normen voldoet, onterecht hoog is (het aandeel 'niet toetsbare' waterlichamen is niet op de juiste manier in de cijfers verwerkt). Dit

TABEL 3.5

Gehalten van kwik, heptachloor&-epoxide, gebromeerde vlamvertragers en PFOS alsmede het vet- en droge stofgehalte in de blankvoorns. Gehalten in µg/kg vers en gestandaardiseerd naar 5% vet (heptachloor&-epoxide, PBDE) dan wel 26% droge stof (kwik, PFOS). Overschrijdingen van de norm zijn oranje gearceerd. Als de norm niet wordt overschreden is dit groen gearceerd.

Stof		Vet	DS	Kwik	HpC ⁽¹⁾	PBDE	PFOS
Eenheid		%	%	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
Norm		-	-	20	0,0067	0,0085	9,1 ⁽³⁾
HH de Stichtse Rijnlanden	Bijleveld	4,1	26,5	28	0,05	0,24	8,4
HH Hollands Noorderkwartier	Waterrijk Waterland+	3,8	27,0	12	0,04	0,13	8,0
HH Schieland&Krimpenerwaard	Bergse plassen	5,5	28,2	14	0,27	0,23	12
	Rotteboezem	5,2	27,7	11	0,19	1,8	34
HH van Delfland	Boezem Westland	4,9	27,5	19	0,31	1,3	9,5
HH van Rijnland	Veender- en Lijkerpolder	6,5	27,1	21	0,15	0,48	9,0
Ws Aa en Maas	Aa van Gemert tot Den Bosch	5,6	26,9	8,2	0,09	1,4	4,8
Ws Amstel, Gooi en Vecht	Noorderlegmeer polder	5,8	27,8	14	0,17	1,2	18
	Vuntusplas	4,2	25,6	11	0,03 ⁽²⁾	0,51	6,7
Ws Brabantse Delta	Cruislandse krekens	4,4	26,6	39	0,68	0,70	7,9
Ws de Dommel	Midden en beneden Dommel	5,1	26,6	20	0,10	3,7	5,0
Ws Drents Overijsselse Delta	Soestwetering (benedenloop)	5,7	26,6	9,8	0,04	0,18	5,7
Ws Hollandse Delta	Afwatering Groot Voorne west	4,1	26,3	36	0,12	0,45	13
Ws Hunze en Aa's	Westerwoldse Aa-Zuid	3,9	25,7	20	0,08	0,26	7,7
Ws Limburg	Geleenbeek	6,0	27,2	11	0,17	3,2	3,4
Ws Noorderzijlvest	Leekstermeer	6,2	27,3	18	0,02	0,30	6,5
Ws Rijn en IJssel	Veengoot	4,7	26,0	29	0,04 ⁽²⁾	5,9	6,3
Ws Rivierenland	Kanalen Bommelerwaard West	3,9	25,2	18	0,06	0,28	7,4
Ws Scheldestromen	Nol zeven	4,6	26,1	36	0,22	0,11	3,6
Ws Vallei en Veluwe	Eem	5,5	25,9	17	0,06	2,7	6,4
Ws Vechtstromen	Lolee Bovenlopen	3,6	26,0	24	0,04	0,88	4,7
Ws Zuiderzeeland	Vaarten Lage afdeling ZOF	7,2	28,4	11	0,04	0,64	8,7
Wetterskip Fryslân	Friese Boezem (De Leijen)	5,5	26,6	14	0,04 ⁽²⁾	0,44	9,4

- 1) som van heptachloor en cis-heptachloorepoxide. Alleen cis-heptachloorepoxide ('b-hepo') is in kwantificeerbare gehalten aangetroffen.
- 2) Bij de eerste analyse werd in dit monster een iets verhoogd blanco achtergrondsignaal aangetroffen. De bijdrage van de blanco aan het gemeten gehalte was meer dan 15% (15,1 tot 20%) en kon daarom niet onder Q gerapporteerd worden. Het monster is daarom opnieuw in bewerking genomen en nu met een nieuwe GC-MS methode geanalyseerd (wel gevalideerd; nog niet geaccrediteerd). Deze laatste waarden zijn in de tabel opgenomen, maar de uitkomsten waren aan elkaar gelijk (max 0,01 µg/kg verschil).
- 3) In een recent RIVM-advies (<https://www.rivm.nl/documenten/biotanorm-voor-pfas-in-vis>) wordt een normwaarde van 0,077 µg/kg vers voorgesteld voor de som van vier PFAS-verbindingen, waaronder PFOS. Deze wordt in alle 23 onderzochte waterlichamen overschreden.

zal in de stoffiches bij het definitieve SGBP 2022-2027 worden aangepast.

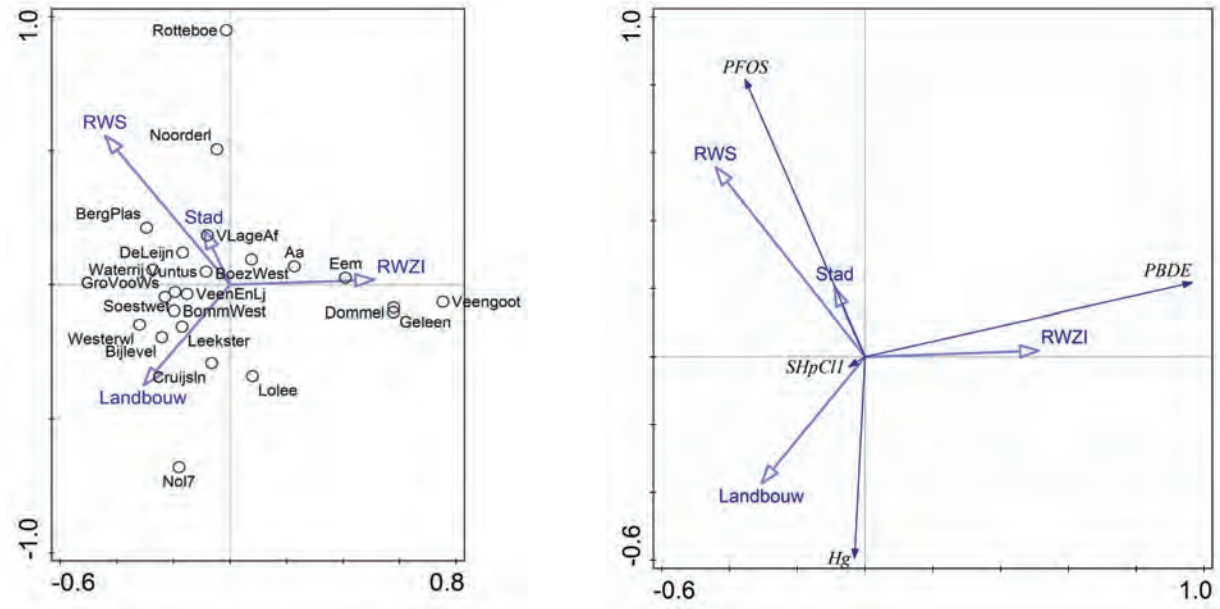
3.3.2 Relatie met druk- en emissiefactoren

De mogelijke relatie met druk- en emissiefactoren is beoordeeld door het uitvoeren van een multivariate PCA-analyse, waarbij de druk- en emissiefactoren uit tabel 2.1 als kwalitatieve variabelen zijn meegenomen. Hierdoor geven de resultaten (figuur 3.8) vooral inzicht in de onderlinge ordening van locaties en parameters en daarmee in mogelijke correlaties tussen de biotagehalten en druk- en emissiefactoren. De resultaten leiden tot de volgende constatering:

- * Hoge PBDE-gehalten in biota zijn gecorreleerd aan waterlichamen met een relevante belasting vanuit rwzi's (de pijlen in het rechterdeel van figuur 3.8 wijzen dezelfde kant op). Deze correlatie komt vooral door de hoge PBDE-gehalten in de waterlichamen Eem, Dommel en Geleenbeek (telkens >2 µg/kg vers gestandaardiseerd; tabel 3.5). Daarnaast werd ook in de Veengoot een hoog PBDE-gehalte vastgesteld (5,9 µg/kg vers). In dit waterlichaam is de belasting met rwzi-effluent als 'aanwezig maar in beperkte mate' ingeschat. De conclusie dat rwzi's een bron van PBDE's vormen is overigens al eerder getrokken (Deltares, 2013). Daarnaast is in dit rapport aangegeven dat ook atmosferisch depositie een bron van PBDE's in oppervlaktewater vormt.

FIGUUR 3.8

Multivariate PCA-analyse van de kwik, heptachloor-ε-epoxide, PFOS- en PBDE-gehalten in blankvoorn met de drukfactoren uit tabel 2.1 als verklarende factor.



- * Hoge PFOS gehalten lijken gecorreleerd aan waterlichamen met een relevante belasting vanuit rijkswater (de pijlen in het rechterdeel van figuur 3.8 wijzen dezelfde kant op). Waarschijnlijk betreft dit een schijnverband, aangezien de biotagehalten in rijkswateren en regionale wateren slechts in beperkte mate

verschillen (§3.3.3). Een meer waarschijnlijke oorzaak is de aanwezigheid van een of meerdere lokale bronnen. Uit de resultaten (tabel 3.5) valt namelijk op dat alle normoverschrijdende waterlichamen uit de omgeving van Zuid-Holland afkomstig zijn (met de Leijen als uitzondering), namelijk Afwatering Groot

Voorne West (WSHD), Boezem Westland (HHD), Rotteboezem en Bergse plassen (HHSK) en Noorderlegmeerpolder (Waternet/AGV). De Veender- en Lijkerpolder (HHR) betreft een grensgeval, aangezien het vastgestelde gehalte met 9,0 slechts net iets kleiner is dan de biotanorm van 9,1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ vers. Daarnaast zijn er in deze regio geen waterlichamen aangetroffen, waarin het PFOS-gehalte in blankvoorn aanmerkelijk kleiner is dan deze 9,1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ vers. Atmosferisch transport en depositie kan bij PFAS-verbindingen een belangrijke bron vormen en hogere depositie rondom lokale bronnen is niet onwaarschijnlijk. Daarnaast kunnen ook incidenten, zoals die met de sprinklerinstallatie bij Schiphol in 2008, aan de verontreiniging van het oppervlaktewater hebben bijgedragen (Kwadijk *et al.*, 2014). Ondanks deze duidelijke clustering van normoverschrijdingen in Zuid-Holland laten de resultaten ook een meer genuanceerd beeld zien. Zo zijn er meerdere waterlichamen waar de PFOS-gehalten in blankvoorns dicht tegen de norm van 9,1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ aanzitten. Naast het normoverschrijdende gehalte van 9,4 in de Leijen betreft dit de waterlichamen Vaarten Lage afdeling ZOF (8,7 $\mu\text{g}/\text{kg}$), Bijleveld (8,4 $\mu\text{g}/\text{kg}$) en Waterrijk Waterland+ (8,0 $\mu\text{g}/\text{kg}$). Het vergt aanvullend onderzoek om de eventuele causaliteit van deze verbanden nader te beoordelen. Overigens valt wel op dat deze regionale variatie overeenkomsten vertoont met de PFOS-gehalten in landbodem (RIVM, 2020). Ook in dit bodemonderzoek werd geconcludeerd dat verhoogde PFOS-gehalten vooral in de westelijke helft van Nederland worden aangetroffen, zij het dat dergelijke verhoogde waarden ook in andere delen van Nederland werden aangetroffen (dit geldt voor zowel de landbouw/natuurgebieden als voor het bebouwd gebied; RIVM, 2020).

Noot.

Het RIVM heeft voor PFAS recent een biotanorm van 0,077 $\mu\text{g}/\text{kg}$ vers afgeleid (RIVM M/270071/01/AB). Deze voorgestelde normwaarde wordt in alle 23 onderzochte waterlichamen overschreden, maar bovenbeschreven beeld van de regionale variatie met relatief hoge gehalten in Zuid-Holland blijft logischerwijs hetzelfde.

FIGUUR 3.9

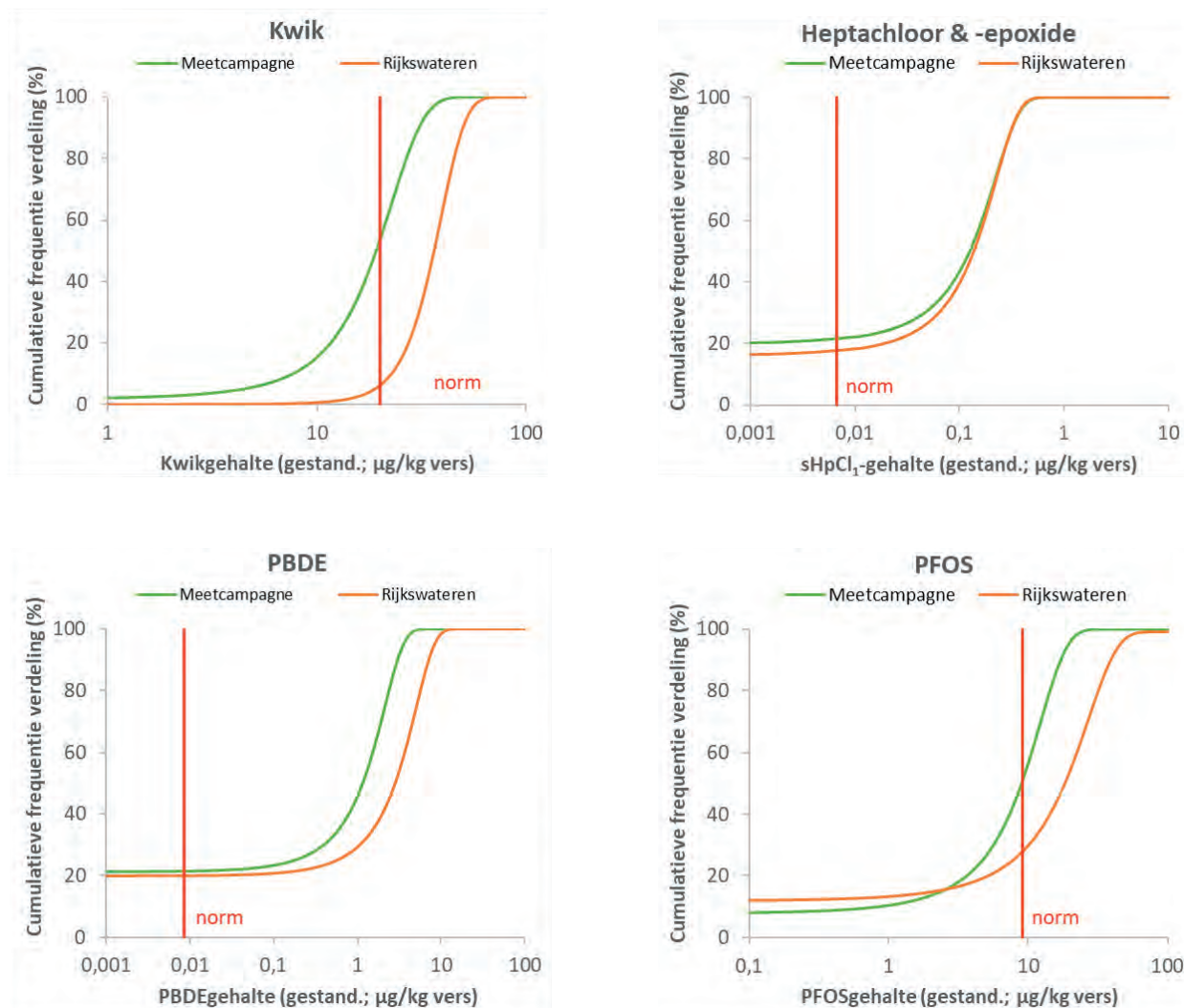
PFOS-gehalte in blankvoorn uit de 23 waterlichamen. Gestandaardiseerde gehalten ≥ 9 $\mu\text{g}/\text{kg}$ vers zijn rood gekleurd. Gehalten < 9 zijn blauw.



- Verhoogde kwikgehalten blijken met een relevante druk vanuit landbouw te correleren. De variatie in kwikgehalten tussen de 23 waterlichamen is echter klein. Zo is het verschil tussen het maximale en minimale kwikgehalte in blankvoorn slechts een factor 4,8. Dit relatief kleine verschil is niet onverwacht, aangezien atmosferische depositie een belangrijke bron voor de grijze deken aan verontreiniging over Nederland vormt (European Environment Agency, 2019). Tegelijkertijd horen oorzakelijke verbanden met een meer lokaal gebruik van kwik ook tot de mogelijkheden. Zo werd kwik vroeger veelvuldig gebruikt als schimmelbestrijding bij bollen en poot aardappelen en kan dit gebruik tot emissies naar het watersysteem hebben geleid. Daarnaast kan men ook aan andere factoren denken, zoals een verschil in de biologische beschikbaarheid van kwik. Een eventueel verschil in de pH, organische stof of zuurstofhuishouding in door landbouw beïnvloede waterlichamen kan bijvoorbeeld tot een gewijzigde biobeschikbaarheid van kwik en met name methylkwik leiden (Kotterman & Van den Heuvel, 2010). Ook in dit geval is verder onderzoek nodig om na te gaan in hoeverre dergelijke correlatieve verbanden ook op causale verbanden duiden.
- De heptachloor&-epoxide gehalten blijken niet met een van de druk- en emissiefactoren te correleren, aangezien de 'pijl' nauwelijks uit het nulpunt steekt. Dit duidt op de 'grijze deken' van verontreinigingen over Nederland.

FIGUUR 3.10

Cumulatieve frequentieverdeling van de gestandaardiseerde kwik, heptachloor & -epoxide, PBDE en PFOS-gehalten in blankvoorn uit de 23 regionale waterlichamen en de acht waterlichamen in rijkswater (data uit Sneekes & Kotterman, 2020).



3.3.3 Vergelijking met resultaten uit rijkswateren

Zoals beschreven in §3.2.3 is er een beperkte dataset opgebouwd van gehalten aan prioritair stoffen in biota (blankvoorns) in acht zoete waterlichamen (Sneekes & Kotterman, 2020 aangevuld met nog niet gepubliceerde resultaten van de monitoring uit 2020). Inzicht in de spreiding van de gehalten in rijkswateren is daarmee nog relatief beperkt.

Voor kwik, heptachloor & -epoxide, PBDE en PFOS zijn in figuur 3.10 cumulatieve frequentieverdelingen opgenomen om zo de resultaten van de huidige meetcampagne met die van de monitoring in rijkswateren te vergelijken. Uit de vergelijking blijkt dat de onderlinge verschillen klein zijn. Voor kwik, PFOS en PBDE verschillen de gemiddelde waarden van de regionale resp. rijkswaterlichamen bijvoorbeeld een factor 1,9 tot 2,4 en voor heptachloor&-epoxide zijn ze zelfs nagenoeg aan elkaar gelijk (0,13 en 0,14 µg/kg). In meer detail valt op dat voor zowel kwik, PBDE als PFOS de gemiddelden in de regionale waterlichamen telkens lager zijn dan in de acht waterlichamen in rijkswateren. Voor kwik en PFOS heeft dit ook gevolgen voor het aantal waterlichamen waar een normoverschrijding wordt vastgesteld. Dit aandeel is in de regionale waterlichamen een factor 2 tot 3 lager (Tabel 3.6), maar de range aan gehalten in normoverschrijdende waterlichamen is globaal aan elkaar gelijk hoewel in de rijkswateren het maximum hoger ligt.

TABEL 3.6

Vergelijking van het toestandsoordeel bij de biotamonitoring van kwik, heptachloor&-epoxide, PBDE en PFOS tussen waterlichamen in rijkswateren en het huidige onderzoek. Ook is voor normoverschrijdende waterlichamen de range aan gestandaardiseerde gehalten (µg/kg vers) opgenomen. Aandeel normoverschrijdende waterlichamen:

■ <25% ■ > 25 & <50% ■ >50%

	Regionale wateren		Rijkswateren	
	Aandeel waterlichamen >norm (%)	Range aan gehalten als >norm (µg/kg)	Aandeel waterlichamen >norm (%)	Range aan gehalten als >norm (µg/kg)
Kwik	30	21 - 39	86	34 - 70
Heptachloor&-epoxide	100	0,02 - 0,68	100	0,03 - 0,46
PBDE	100	0,11 - 5,9	100	0,18 - 9,7
PFOS	26	9,4 - 34	71	11 - 54

3.3.4 Mogelijke extrapolatie naar andere waterlichamen

Binnen de huidige meetcampagne is nagegaan in welke mate de resultaten ook nu al gebruikt kunnen worden voor de toestandsbeoordeling in andere, niet bemonsterde regionale wateren. Deze bevindingen zijn hieronder uitgewerkt als een advies aan de waterschappen over de mogelijkheden om clustering toe te passen om zo tot een landelijk dekkend beeld te komen.

Heptachloor&-epoxide en PBDE

Overwegingen.

In alle 23 waterlichamen zijn overschrijdingen van de biotanormen voor PBDE en heptachloor&-epoxi-

de vastgesteld. De laagst gemeten gehalten overschreden de norm minimaal drie keer. Ook in alle acht onderzochte waterlichamen in rijkswateren worden de biotanormen van deze twee stoffen overschreden.

Advies.

Op basis hiervan wordt geadviseerd dat het oordeel 'voldoet niet' naar alle regionale waterlichamen kan worden geprojecteerd. Hierop zijn geen uitzonderingen van toepassing.

Kwik en PFOS

Overwegingen.

Het aandeel normoverschrijdende waterlichamen

is weliswaar lager dan in rijkswateren, maar er worden wel normoverschrijdingen aangetroffen (30 resp. 26% van de waterlichamen). Inhoudelijk levert een toetsing aan de biotanorm een betrouwbaarder oordeel over de huidige toestand dan de toetsing aan totaal concentraties in oppervlaktewater. Dit komt onder meer doordat de concentraties in oppervlaktewater vaak om en nabij de rapportagegrenzen liggen, terwijl de gehalten in biota analytisch goed zijn vast te stellen. Daarnaast bevatten de waterlichamen, die de biotanormen niet overschreden, toch nog een gehalte van minimaal 37% (PFOS) tot 50% (kwik) van de biotanorm. Eventuele kleine, lokale verschillen tussen waterlichamen (die momenteel nog niet in beeld zijn) kunnen er dan voor zorgen dat een waterlichaam net wel of juist net niet aan de biotanorm voldoet. Daarbij geeft de huidige meetcampagne nog onvoldoende inzicht in de relaties met druk- en emissiefactoren om op basis hiervan voldoende onderbouwde projectieregels op te stellen. Dit geldt voor zowel kwik als PFOS. Voor PFOS blijkt er echter ook een sterk regionaal patroon op te treden, waarbij alle waterlichamen in en rond Zuid-Holland hoge, normoverschrijdende PFOS-gehalten laten zien. Een lokale bron lijkt een mogelijke oorzaak, maar dit zou meer gericht onderzoek vergen.

Advies.

Als basisregel wordt geadviseerd dat er voor kwik en PFOS geen clustering vanuit de huidige meetcampagne plaatsvindt. De huidige werkwijze voor toetsing en projecteren vanuit de oppervlaktewatermonitoring blijft daarmee leidend. Hierop zijn twee uitzonderingen:

- i) de resultaten van de huidige monitoring kunnen wel geprojecteerd worden naar waterlichamen, die op basis van de voor oppervlaktewater monitoring geldende regels voldoende aan elkaar zijn verbonden (clustering). Dit ter beoordeling van de waterbeheerder.
- ii) voor PFOS kunnen de resultaten van de huidige monitoring in Zuid-Holland en zuidelijke delen van N-Holland ('voldoet niet') geprojecteerd worden naar de overige waterlichamen in dit gebied.

SAMENVATTEND WORDT GECONCLUDEERD

- a) *dat er voor zowel kwik, heptachloor ϵ -epoxide, PBDE als PFOS normoverschrijdingen in de regionale waterlichamen zijn aangetroffen. Voor heptachloor ϵ -epoxide en PBDE geldt dit voor alle 23 waterlichamen. Voor kwik en PFOS geldt dit voor zeven resp. zes waterlichamen (30 resp. 26%).*
- b) *dat biotamonitoring voor kwik en PFOS tot een positiever oordeel over de huidige toestand leidt dan de monitoring van oppervlaktewater. Voor heptachloor ϵ -epoxide kon deze vergelijking niet goed gemaakt worden en voor PBDE is die niet gelijkwaardig omdat bij oppervlaktewater alleen de MAC-MKE wordt getoetst.*
- c) *dat de range aan gehalten van kwik, PFOS, heptachloor ϵ -epoxide en PBDE redelijk overeenkomen met de gehalten zoals die in blankvoorns uit rijkswateren zijn vastgesteld. Wel worden in rijkswateren voor kwik en PFOS percentueel meer overschrijdingen van de biotanormen vastgesteld. Voor heptachloor ϵ -epoxide en PBDE ligt dit in beide gevallen op 100%.*
- d) *dat de relatie met aanwezige druk- en emissiefactoren vooral voor PBDE aantoonbaar is (relatie met belasting door rwzi-effluent). Voor kwik en heptachloor ϵ -epoxide zijn de relaties niet duidelijk en zou aanvullend onderzoek nodig zijn om mogelijke relaties beter in beeld te brengen. Voor PFOS lijkt een of meerdere lokale bronnen in de omgeving van Zuid-Holland een rol te spelen.*

3.4 AANVULLENDE ANALYSES

In bovenstaande paragrafen zijn de resultaten van de uitgevoerde meetcampagne voor alle veertien stoffen met een biotanorm samengevat en bediscussieerd. Deze geven inzicht in de huidige toestand, eventuele ruimtelijke variatie en mogelijke relaties met drukfactoren/bronnen. Met name deze mogelijke relatie met bronnen kan verder worden bestudeerd door gebruik te maken van achterliggende en/of aanvullende analyses. Dit betreft enerzijds gegevens over de achterliggende individuele stoffen in het geval van som-normen, zoals de som-PBDE's en som-TEQ (§3.4.1). Anderzijds is er simultaan met de PFOS-analyse een groot aantal andere PFAS-verbindingen geanalyseerd (§3.4.2) en biedt ook de uitgevoerde isotopen-analyse mogelijk inzicht in eventuele oorzaken achter variaties in stofgehalten van blankvoorns (§3.4.3).

3.4.1 Som PBDE's en som-TEQ

PBDE's

Polygebromeerde difenylethers worden onderverdeeld op basis van het aantal broom-atomen in het molecuul. In totaal zijn er 209 verschillende congenere, die met nummers worden aangeduid. Vanwege het grote aantal congenere is besloten om de normstelling binnen de KRW te baseren op de gesommeerde concentratie van een zestal veel voorkomende, goed te analyseren en risicovolle congenere namelijk 28, 47, 99, 100, 153 en 154. Het aantal broom-atomen in deze congenere loopt op van drie (BDE-28) via vier (BDE-47) en vijf (BDE-99&100) tot aan zes (BDE-153&154). Naast deze zes congenere zijn in het onderzoek ook de gehalten van BDE-66, -85 en -183 bepaald (zie Excel-bijlage met ruwe meetgegevens).

Congeneren met veel broom-atomen zijn minder polair dan congenere met weinig broom-atomen en hebben daardoor een lagere wateroplosbaarheid en biobeschikbaarheid. Ondanks het feit dat voor deze congenere de potentiële ophoping in de voedselketen hoog is, komen ze door de lage oplosbaarheid en beschikbaarheid slechts langzaam in de voedselketen. In zoetwatervis is BDE-47 de congener, die het vaakst en in de hoogste gehalten wordt aangetroffen

(Sneekes & Kotterman, 2020). Pas bij hogere gehalten aan BDE-47 worden ook de andere BDE's in blankvoorn aangetroffen. Als eerste betreft dit meestal de BDE's -28 en -100, gevolgd door 154, 153 en 99. De gehalten van deze BDE's zijn vaak 10 tot 50 keer lager dan dat van BDE-47. Ook in het huidige onderzoek komt dit naar voren en werd BDE-47 in de blankvoorns van alle 23 onderzochte waterlichamen aangetroffen. Ter vergelijking: BDE's -28 en -100 werden in vissen uit 19 resp. 17 waterlichamen aangetroffen en voor de andere drie congenere varieerde dit tussen de 2 en 7 waterlichamen. Dit aantal is zo laag dat er vanuit de vastgestelde gehalten van de individuele congenere geen aanvullende conclusies zijn te trekken over verschillen tussen de waterlichamen dan wel de mogelijke aanwezigheid van specifieke bronnen (specifieke bronnen zijn soms herkenbaar als een bepaalde congener in meer dan gemiddelde gehalten aanwezig is; zie §3.3 voor het algehele beeld over deze PBDE's).

Som-TEQ

Voor de som-TEQ waarde worden 29 verschillende stoffen geanalyseerd, namelijk zeven verschillende dioxines, tien furanen en twaalf dioxine-achtige PCBs. Deze laatste groep wordt zo aangeduid omdat deze PCB's dezelfde toxische effecten kunnen veroorzaken als dioxines. Hun milieuchemisch gedrag verschilt echter wel. Zo hopen PCB's erg goed op in (het vet van) organismen, en worden ze ook goed in de voedselketen doorgegeven. Een grote roofvis bevat dan ook veel meer PCBs per eenheid lichaamsvet dan een watervlo uit hetzelfde water. Ook dioxines en furanen hopen goed op in het vet van organismen, maar deze stoffen worden niet of nauwelijks in de voedselketen doorgegeven. Hierdoor bestaat de som-TEQ van organismen die laag in de voedselketen staan, voor een relatief groot deel uit dioxines en furanen, en wordt dit aandeel lager naarmate het organisme hoger in de voedselketen staat. In wolhandkrabben uit Nederlandse wateren bestaat de som-TEQ voor bijvoorbeeld 55% uit dioxines en furanen (Van Leeuwen *et al.*, 2019), terwijl dat aandeel in de paling naar gemiddeld 22% (range 8,2 – 33,9% op 17 locaties in 2020) is afgenomen (Leenders *et al.*, 2021). Alleen op locaties, die specifiek met dioxinen en furanen zijn verontreinigd, worden hogere aandelen vastgesteld. Voor palingen uit het Noordzeekanaal is dit aandeel bijvoorbeeld 41.8%.

Het trofisch niveau (de plek in de voedselketen) van de nu onderzochte blankvoorns is hoger dan dat voor de wolhandkrab maar lager dan dat van palingen. Dit is terug te zien in het aandeel dioxines en furanen. Voor de blankvoorns is dit aandeel gemiddeld 32,4%, een waarde die volgens verwachting tussen de wolhandkrab (55%) en paling (22%) in ligt. Wel valt op dat de variatie over de 23 onderzochte waterlichamen vrij groot is (range 18,8 tot 43,5 %; tabel 3.7). Zoals hierboven al toegelicht kan dit duiden op een verschil in de relatieve belasting met dioxines/furanen dan wel PCB's tussen de waterlichamen. Ook het trofisch niveau van blankvoorns kan echter een rol spelen. Dit trofisch niveau (berekend o.b.v. de stabiel isotopen-analyse) verschilt tussen de waterlichamen (tabel 3.9) en als tabellen 3.7 en 3.9 met elkaar vergeleken worden dan blijkt dat:

- i) blankvoorns uit de drie waterlichamen met het laagste aandeel dioxines en furanen alle drie tot de vijf waterlichamen met het hoogste trofische niveau behoren (trofisch niveau van 3,2 tot 4,0). Dit zijn de Aa van Gemert tot Den Bosch, Midden en beneden Dommel en de Geleenbeek;
- ii) blankvoorns uit de drie waterlichamen met het hoogste aandeel dioxines en furanen alle drie een trofisch niveau <3 hebben. Dit zijn Waterrijk waterland+, Veender- en Lijkerpolder en het Leekstermeer.. Wel moet hierbij worden opgemerkt dat deze correlatie tussen trofisch niveau en aandeel dioxines en furanen zeer zwak is ($R^2=0,1$). Zoals hierboven toegelicht illustreert dit dat niet alleen het trofisch niveau maar ook andere factoren hierin een rol spelen.

TABEL 3.7

PFOS-gehalte ($\mu\text{g/kg}$ vers) en het gehalte van een aantal andere PFAS-verbindingen uitgedrukt als percentage van PFOS. Daarnaast ook de som-TEQ waarde (ng/kg) en het aandeel hiervan dat door dioxines & furanen wordt veroorzaakt (t.o.v. PCB's). Ter illustratie zijn telkens de drie laagste waarden blauw gearceerd en de drie hoogste geel.

Stof		PFOS ($\mu\text{g/kg}$)	% van PFOS			Som-TEQ (ng/kg)	Dioxine & furanen (%)
			PFDCa	PFUnA	PFDoA		
HH de Stichtse Rijnlanden	Bijleveld	8,4	17	7	5	0,57	29,9
HH Hollands Noorderkwartier	Waterrijk Waterland+	8,0	19	10	7	1,74	39,7
HH Schieland&Krimpenerwaard	Bergse plassen	12	48	18	19	1,67	35,3
	Rotteboezem	34	24	6	7	1,22	37,1
HH van Delfland	Boezem Westland	9,5	17	16	19	1,56	36,4
HH van Rijnland	Veender- en Lijkerpolder	9,0	32	15	20	0,80	43,5
Ws Aa en Maas	Aa van Gemert tot Den Bosch	4,8	40	18	28	1,35	22,1
Ws Amstel, Gooi en Vecht	Noorderlegmeer polder	18	74	15	89	0,73	32,8
	Vuntusplas	6,7	82	29	27	1,61	34,3
Ws Brabantse Delta	Cruislandse krekens	7,9	19	10	7	1,18	33,5
Ws de Dommel	Midden en beneden Dommel	5,0	35	24	37	3,26	18,8
Ws Drents Overijsselse Delta	Soestwetering (benedenloop)	5,7	26	10	14	0,34	31,0
Ws Hollandse Delta	Afwatering Groot Voorne west	13	22	14	10	0,80	35,6
Ws Hunze en Aa's	Westerwoldse Aa-Zuid	7,7	26	12	9	0,36	29,0
Ws Limburg	Geleenbeek	3,4	56	28	44	0,94	21,8
Ws Noorderzijlvest	Leekstermeer	6,5	nb	15	19	0,75	43,0
Ws Rijn en IJssel	Veengoot	6,3	16	13	13	0,89	30,4
Ws Rivierenland	Kanalen Bommelerwaard West	7,4	21	11	6	0,53	29,2
Ws Scheldestromen	Nol zeven	3,6	36	22	11	0,69	34,8
Ws Vallei en Veluwe	Eem	6,4	33	16	23	1,09	31,9
Ws Vechtstromen	Lolee Bovenlopen	4,7	23	19	17	0,87	23,1
Ws Zuiderzeeland	Vaarten Lage afdeling ZOF	8,7	12	9	11	0,31	33,2
Wetterskip Fryslân	Friese Boezem (De Leijen)	9,4	30	13	15	0,82	38,6

3.4.2 Overige PFAS-verbindingen

Van de ongeveer 6000 verschillende PFAS-verbindingen behoren PFOS en PFOA (perfluorooctaansulfonzuur resp. perfluorooctaanzuur) tot de componenten, die in het verleden het meest grootschalig zijn toegepast en als gevolg daarvan ook in het milieu terecht zijn gekomen.

Sulfonzuren.

Binnen deze groep zijn in zoetwatervis de PFOS-gehalten meestal het hoogst (Kwadijk *et al.*, 2010; Sneekes & Kotterman, 2020; Zafeiraki *et al.*, 2019). De gehalten van andere sulfonzuren zijn over het algemeen veel lager en pas kwantificeerbaar als het PFOS-gehalte in de vis hoog is. Een van de eerste congenen die in die gevallen kan worden aangetroffen is PFHxS (Hexa), waarbij het gehalte meestal meer dan een factor 10 lager is dan dat van PFOS. Andere sulfonzuren worden in zoetwatervis zelden of nooit aangetroffen, maar kunnen in oppervlaktewater wel meetbaar zijn. De bioconcentratiefactor van deze stoffen is over het algemeen klein.

Carbonzuren.

Binnen de groep van carbonzuren wordt PFOA soms in zoetwatervis aangetroffen, waarbij de gehalten wederom veel lager zijn dan die van PFOS. Ook de kleinere component PFHxA wordt vrijwel nooit in zoetwatervis aangetroffen, maar carbonzuren met een grotere ketenlengte, zoals PFDcA (decaan), PFUnA (undecaan) en PFDoA (dodecaan) wél. De gehalten van PFUnA en PFDcA zijn meestal het hoogst als gevolg van de grotere bioconcentratiefactor van deze congenen. Ook voor deze stoffen geldt echter dat de gehalten veelal 5 tot 10 keer lager zijn dan die van PFOS.

Ook in het huidige onderzoek waren de PFOS-gehalten zonder uitzondering het hoogst van alle PFAS-congenen en zijn geen andere sulfonzuren boven de rapportagegrens aangetroffen. Binnen de carbonzuren werd PFOA nergens in een gehalte boven de rapportagegrens aangetroffen, maar werden wel enkele carbonzuren met een grotere ketenlengte aangetroffen. Binnen deze groep gaven de

gehalten van PFDcA, PFUnA en PFDoA een variabel beeld, waarbij de gehalten van PFDcA en PFDoA soms bijna even hoog waren als die van PFOS (bijv. in de Noorderlegmeerpolder, Vuntusplas; tabel 3.7) en in andere waterlichamen juist veel lager. Dit lijkt een locatieafhankelijk effect en wordt waarschijnlijk veroorzaakt door verschillen in de achterliggende bronnen.

Zoals eerder verwoord heeft het RIVM recent, op basis van een EFSA-opinie, een advies uitgebracht over een biotanorm voor de gesommeerde gehalten van vier PFAS-verbindingen. De gestandaardiseerde gehalten van deze EFSA4 zijn in tabel 3.8 opgenomen. Bij toetsing aan de voorgestelde normwaarde van 0,077 µg/kg worden de vastgestelde gehalten gecorrigeerd voor de relatieve potentie van iedere PFAS-verbinding ten opzichte van PFOA. Deze 'Relative Potency Factors' (RPF-waarde) zijn opgenomen in tabel 3.8 (zie ook het RIVM-advies, www.rivm.nl/documenten/biotanorm-voor-pfas-in-vis). De gegevens laten zien dat bij een eventuele toetsing aan deze biotanorm voor de EFSA4 PFAS-verbindingen, het PFOS-gehalte in alle monsters de grootste bijdrage heeft, zoals ook al in het RIVM-advies is aangeduid. PFOA en PFHxS zijn nergens boven de rapportagegrens aangetroffen. Voor PFNA zijn in zeven waterlichamen meetbare gehalten vastgesteld, maar deze zijn over het algemeen laag (maximaal vier keer hoger dan de rapportagegrens). Ook met de hoge RPF van 10 blijft de bijdrage van PFNA aan de normwaarde ruim kleiner dan die van PFOS.

TABEL 3.8

Gehalten van de vier EFSA PFAS verbindingen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ vers en gestandaardiseerd naar 26% droge stof).

Relative Potency Factors (RPF-waarden)		PFOS	PFOA	PFNA	PFHxS
		2	1	10	0,6
HH de Stichtse Rijnlanden	Bijleveld	8,4	<0,2	<0,2	<0,1
HH Hollands Noorderkwartier	Waterrijk Waterland+	8,0	<0,2	0,3	<0,1
HH Schieland&Krimpenerwaard	Bergse plassen	12	<0,2	0,4	<0,1
	Rotteboezem	34	<0,2	0,7	<0,1
HH van Delfland	Boezem Westland	9,5	<0,2	<0,2	<0,1
HH van Rijnland	Veender- en Lijkerpolder	9,0	<0,2	0,3	<0,1
Ws Aa en Maas	Aa van Gemert tot Den Bosch	4,8	<0,2	<0,2	<0,1
Ws Amstel, Gooi en Vecht	Noorderlegmeer polder	18	<0,3	<0,3	<0,1
	Vuntusplas	6,7	<0,2	0,3	<0,1
Ws Brabantse Delta	Cruislandse krekens	7,9	<0,2	<0,2	<0,1
Ws de Dommel	Midden en beneden Dommel	5,0	<0,2	<0,2	<0,1
Ws Drents Overijsselse Delta	Soestwetering (benedenloop)	5,7	<0,2	<0,2	<0,1
Ws Hollandse Delta	Afwatering Groot Voorne west	13	<0,2	<0,2	<0,1
Ws Hunze en Aa's	Westerwoldse Aa-Zuid	7,7	<0,2	<0,2	<0,1
Ws Limburg	Geleenbeek	3,4	<0,2	<0,2	<0,1
Ws Noorderzijlvest	Leekstermeer	6,5	<0,2	<0,2	<0,1
Ws Rijn en IJssel	Veengoot	6,3	<0,2	<0,2	<0,1
Ws Rivierenland	Kanalen Bommelerwaard West	7,4	<0,2	<0,2	<0,1
Ws Scheldestromen	Nol zeven	3,6	<0,3	<0,3	<0,1
Ws Vallei en Veluwe	Eem	6,4	<0,3	0,4	<0,1
Ws Vechtstromen	Lolee Bovenlopen	4,7	<0,2	<0,2	<0,1
Ws Zuiderzeeland	Vaarten Lage afdeling ZOF	8,7	<0,3	<0,3	<0,1
Wetterskip Fryslân	Friese Boezem (De Leijen)	9,4	<0,2	0,4	<0,1

3.4.3 Isotopen-analyse

De resultaten van de uitgevoerde isotopen-analyse zijn opgenomen in tabel 3.9. Hierin is zowel de ^{15}N -waarde als het hiermee berekende trofische niveau van blankvoorns opgenomen. Dit trofisch niveau is uitsluitend gebaseerd op $\delta^{15}\text{N}$ -waarden van schelpdieren, die ter plaatse zijn verzameld. Dit omdat de resultaten dan een zo betrouwbaar mogelijk beeld van de voedselsituatie in het waterlichaam geven. Ook voor de uitgehangen quaggamosselen zijn de $\delta^{15}\text{N}$ -waarden ter vergelijking in deze tabel opgenomen.

Uit de resultaten valt op dat deze $\delta^{15}\text{N}$ -waarde sterk tussen de waterlichamen kan verschillen. Zo kent de Vuntusplas een zeer lage waarde van 4,1 voor de schildersmossel. Dit duidt op een voedselpatroon met vooral fytoplankton en weinig andere bronnen als zwevend stof of detritus. Ook de blankvoorns uit de Vuntusplas hebben een lage $\delta^{15}\text{N}$, wederom een indicatie dat het voedselweb vooral op de primaire productie van fytoplankton draait. De Eem daarentegen laat juist in zowel schelpdieren als blankvoorns hoge waarden voor de $\delta^{15}\text{N}$ zien. Dit wordt waarschijnlijk door de aanwezigheid van rwzi-effluent veroorzaakt. Zo kan uitspoelend actief slib als aanvullende voedselbron voor schelpdieren gebruikt worden. Ook in andere waterlichamen met een rwzi-belasting is dit effect te zien, namelijk de Aa van Gemert tot Den Bosch, de Midden en beneden Dommel en de Geleenbeek. De correlatiecoëfficiënt tussen de

invloed van rwzi-effluent (geen aanwezigheid, enige aanwezigheid en relevante aanwezigheid) en de $\delta^{15}\text{N}$ -waarde bedraagt 0,4.

Binnen een waterlichaam variëren de $\delta^{15}\text{N}$ -waarden veel minder en geven de verschillende schelpdiersoorten een (globaal genomen) vergelijkbaar beeld. Dit betekent dat binnen een waterlichaam de verschillende schelpdiersoorten telkens een min of meer overeenkomend voedselpatroon hebben. Verder is de $\delta^{15}\text{N}$ -waarde van de blankvoorns veelal hoger dan in schelpdieren, hetgeen overeenkomt met de verwachting (blankvoorns hebben een hoger trofisch niveau dan schelpdieren aangezien zij dierlijk voedsel tot zich nemen). Hierop zijn enkele uitzonderingen, zoals de waterlichamen Nol zeven en de Lolee bovenlopen, waar het berekende trofische niveau van de blankvoorn onder de 2 ligt²³. Dit heeft waarschijnlijk te maken met ruimtelijke variatie binnen het waterlichaam. Dit is vooral duidelijk voor Nol zeven, waar de blankvoorns in de meest zoete delen van het waterlichaam zijn gevangen terwijl de Japanse oesters juist uit het meest zoute deel afkomstig zijn. Voor toekomstige biotamonitoring is het daarom aan te bevelen om niet alleen voor blankvoorn maar ook voor schelpdieren een mengmonster van het gehele waterlichaam te hanteren.

²³ Fytoplankton is het eerste trofische niveau en algen-etende schelpdieren behoren tot het tweede niveau.

TABEL 3.9

Resultaten van de stabiele isotopen analyse voor schelpdieren en blankvoorn weergegeven als $\delta^{15}\text{N}$ (‰). Ter illustratie zijn voor iedere soort telkens de drie laagste waarden blauw en de drie hoogste geel gearceerd. In de laatste kolom is het berekende trofisch niveau voor blankvoorn opgenomen.

1) ratio voor actieve monitoring was 14,3; 2) ratio voor actieve monitoring was 10,0
3) passieve monitoring gem. 13,6; actieve monitoring gem. 12,2

*: gemiddelde van ratio's berekend met 2 of meer schelpdieren (alleen passieve monitoring)

Stof		Quaggamossel	Aziat. korfmossel	Vijvermossel	Schildersmossel	Driehoeksmossel	Japane oester	Blankvoorn	Trofisch niveau Blankvoorn
HH de Stichtse Rijnlanden	Bijleveld	9,8		8,8				10,0	2,4
HH Hollands Noorderkwartier	Waterrijk Waterland+	11,5		9,3				12,1	2,8
HH Schieland&Krimpenerwaard	Bergse plassen	11,7				10,1		13,1	2,9
	Rotteboezem	15,0		12,7				15,7	2,9
HH van Delfland	Boezem Westland		11,8	11,9				14,4	2,8*
HH van Rijnland	Veender- en Lijkerpolder			12,8				14,8	2,6
Ws Aa en Maas	Aa van Gemert tot Den Bosch		15,9					19,9	3,2
Ws Amstel, Gooi en Vecht	Noorderlegmeer polder	11,0		10,8	10,7			13,3	2,7
	Vuntusplas				4,1			7,1	2,9
Ws Brabantse Delta	Cruijslandse krekens		13,9					15,4	2,4
Ws de Dommel	Midden en beneden Dommel		17,5		17,5			21,8	3,3*
Ws Drents Overijsselse Delta	Soestwetering (benedenloop)	13,2	14,4		14,4			16,5	2,8*
Ws Hollandse Delta	Afwatering Groot Voorne west	11,9	10,5	11,8				14,8	3,1*
Ws Hunze en Aa's	Westerwoldse Aa-Zuid	14,0			10,9			15,0	3,2
Ws Limburg	Geleenbeek		15,0					21,9	4,0
Ws Noorderzylvest	Leekstermeer	10,8			10,9			12,5	2,5*
Ws Rijn en IJssel	Veengoot		13,9	13,7	14,4			14,8	2,2*
Ws Rivierenland	Kanalen Bommelerwaard West	12,8 ¹⁾	13,1					15,6	2,8*
Ws Scheldestromen	Nol zeven						15,4	14,2	1,6
Ws Vallei en Veluwe	Eem	23,6	23,1	23,0	23,3			23,5	2,1*
Ws Vechtstromen	Lolee Bovenlopen				12,8			12,3	1,9
Ws Zuiderzeeland	Vaarten Lage afdeling ZOF	7,7 ²⁾						13,6	3,7
Wetterskip Fryslân	Friese Boezem (De Leijen)	12,7			11,5			13,3	2,5
Gemiddelde		12,7³⁾	14,9	12,8	13,0	10,1	15,4	15,0	2,7
Standaarddeviatie		3,6	3,5	4,2	5,0	-	-	3,8	0,5





4 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

In onderstaande paragrafen zijn de belangrijkste conclusies en aanbevelingen opgenomen.

4.1 CONCLUSIES

De resultaten van de uitgevoerde meetcampagne zijn in tabel 4.1 samengevat en vergeleken met zowel de resultaten van de chemische monitoring in oppervlaktewater als met die van de biotamonitoring in rijkswateren. Dit leidt tot de volgende hoofdconclusies:

- * Voor 8 van de 14 stoffen met een biotanorm voldeden alle 23 onderzochte waterlichamen aan deze normen. Dit zijn Chr, BaP, HCB, HCBd, HBCDD, dicofol, octamethylcyclotrisiloxaan en som-TEQ. Voor vier stoffen varieert het aantal normoverschrijdende

waterlichamen tussen de 4 en 30% (BaA, Flu, PFOS en kwik) en voor PBDE's en heptachloor&-epoxide werden in alle 23 onderzochte waterlichamen normoverschrijdingen vastgesteld.

Noot. Als voor PFOS aan de recente advieswaarde van het RIVM wordt getoetst (biotanorm van 0,077 µg/kg vers; RIVM, 2021) dan blijkt de huidige toestand in geen van de 23 onderzochte waterlichamen te voldoen.

- * In regionale waterlichamen zijn de biotagehalten lager of op ordegrootte gelijk aan die in rijkswateren. Stoffen met lagere gehalten in regionale waterlichamen zijn de vier PAK's, som-TEQ en in enige mate ook PFOS en kwik. Door deze lagere gehalten is ook het procentuele aandeel normoverschrijdende waterlichamen (soms aanzienlijk) lager.
- * Voor de vier PAK's, PFOS en kwik laat biotamonitoring minder overschrijdingen zien dan de chemische monitoring in oppervlaktewater. Dit verschil wordt deels veroorzaakt doordat de gehalten in organismen niet alleen afhankelijk zijn van de totaal concentratie in het water, maar vooral van de biologische beschikbaarheid hiervan. Dit maakt biotamonitoring tot een ecologisch meer relevante parameter.
- * Aangezien de gehalten in organismen (in µg/kg) veelal hoger zijn dan de concentraties in oppervlaktewater (in µg/l) neemt de betrouwbaarheid van het oordeel over de huidige toestand toe en komt het oordeel 'niet toetsbaar' bij biotamonitoring niet voor.

Daarnaast leidt de uitgevoerde meetcampagne ook tot de volgende conclusies:

- * Net zoals in rijkswateren is biotamonitoring in regionale wateren goed uitvoerbaar en konden in alle waterlichamen voldoende geschikte schelpdieren en blankvoorns worden verzameld.
- * De relatie met aanwezige druk- en emissiefactoren is uitsluitend kwalitatief onderzocht. Dit levert geen inzicht in causale verbanden maar uit de uitgevoerde analyses zijn wel enkele correlaties naar voren gekomen:
 - * in waterlichamen met 'landbouw' als enige drukfactor zijn de gehalten van PAK's, HCB en som-TEQ over het algemeen lager dan in andere waterlichamen. Dit geldt ook voor het enige onderzochte waterlichaam

waar geen enkele relevante drukfactor aanwezig was (de door grondwater gevoede Vuntusplas).

- * licht verhoogde HCB-gehalten lijken verband te houden met de aanwezigheid van glastuinbouw als relevante drukfactor. De achterliggende oorzaak ligt waarschijnlijk in het historische gebruik van deze gronden als tuinbouwgebied. Vanaf 1945 werd het fungicide HCB namelijk veel gebruikt als zaadbehandeling/-bescherming in de akker- en tuinbouw.
- * In waterlichamen die met rwzi-effluent zijn belast liggen de PBDE-gehalten in blankvoorns over het algemeen hoger dan in andere waterlichamen.
- * Voor PFOS lijken lokale bronnen in de omgeving van Zuid-Holland een rol te spelen en zijn hoge gehalten vooral in West-Nederland vastgesteld.

Aanvullend onderzoek is nodig om de causaliteit van deze correlaties te beoordelen.

4.2 AANBEVELINGEN

- * Bij eventuele toekomstige biotamonitoring voor PAK's kan de passieve monitoring met schelpdieren verder geüniformeerd worden. Hierbij wordt aanbevolen om waar mogelijk te kiezen voor de vijf- of schildersmossel. Qua vet- en PAK-gehalten zijn deze soorten onderling vergelijkbaar en in 83% van de waterlichamen is ten minste één van deze twee soorten aangetroffen (in de resterende waterlichamen is de Aziatische korfmossel een goed alternatief). Overeenkomstig met de werkwijze bij blankvoorns kan deze passieve monitoring zich richten op een mengmonster van één schelpdiersoort afkomstig van meerdere locaties binnen een waterlichaam.
- * In de richtlijn prioritaire stoffen wordt niet alleen aandacht gevraagd voor de benodigde biotamonitoring van de in dit rapport besproken stoffen, maar ook voor het volgen van de langetermijntendensen van 20 prioritaire stoffen, die de neiging hebben om in sediment of biota te accumuleren. Deze twee stofgroepen kennen een grote overlap (alle 11 prioritaire stoffen met een biotanorm zijn óók voor deze langetermijntendensen relevant), waardoor aanbevelingen voor een eventueel vervolg in samenhang bekeken kunnen worden.

TABEL 4.1

Resultaten van het huidige onderzoek in vergelijking met die van de biotamonitoring in rijkswateren en chemische monitoring in oppervlaktewater. a) In de 2de en 3de kolom zijn de biotagehalten in regionale waterlichamen en rijkswateren met elkaar vergeleken. Gehalten zijn weergegeven in µg/kg vers (som-TEQ in ng/kg) en gestandaardiseerd naar 26% droge stof (kwik, PFOS), 1% vet (PAK's) dan wel 5% vet (andere stoffen). b) in de 4de tot 6de kolom is het procentuele aandeel normoverschrijdende waterlichamen opgenomen op basis van i) gehalten in biota uit het huidige onderzoek; ii) chemische monitoring in oppervlaktewater en iii) biotamonitoring in rijkswateren. Opmerkelijke situaties zijn gearceerd, waarbij een blauwe arcering duidt op situaties met lage gehalten dan wel een laag percentage normoverschrijdende waterlichamen en gele arcering op situaties met een hoog aandeel waterlichamen waarvan de huidige toestand als 'niet toetsbaar' is beoordeeld.

	Range in biotagehalten (µg/kg gestand.; min-max)		Waterlichamen > norm (%)		
	Waterschappen	Rijkswater	Waterschappen		Rijkswater
			Biota	Opp. water ¹⁾	Biota
Benzo(a)anthraceen	0,03 - 6,6	0,02 - 106	4	51	69
Chryseen	0,02 - 8,7	0,14 - 146	0	23	31
Fluorantheen	1,3 - 36	0,04 - 170	4	42	31
Benzo(a)pyreen	<0,1 - 1,8	0,05 - 49	0	59	62
HCB	0,21 - 3,4	0,19 - 5,7	0	<1	0
HCBD	<0,01 - 0,06	<0,07 - 0,83	0	1	0
HBCDD	<0,07 - 0,67	<0,05 - 8,0	0	0	0
Dicofol	<0,66	<0,60	0	0	0
Som-TEQ (ng/kg gestand.)	0,31 - 3,3	0,5 - 12,6	0	-	25
Octamethylcyclotetrasiloxaan	<454	niet bekend	0	niet bekend	niet bekend
PFOS	3,4 - 34	2,6 - 54	26	44	71
Kwik	8,2 - 39	16 - 70	30	38	86
PBDE's	0,11 - 5,9	0,18 - 9,7	100	0 ²⁾	100
Heptachloor & -epoxide	0,02 - 0,68	0,03 - 0,46	100	22 ³⁾	100

1) Bron: toestandsbeoordeling 2020 t.b.v. stoffiches bij het ontwerp SGBP 2022-2027

2) Voor PBDE's wordt in oppervlaktewater alleen aan een MAC-MKE getoetst

3) Voor heptachloor & -epoxide is een oordeel 'voldoet' in oppervlaktewater niet mogelijk, doordat de rapportagegrenzen te hoog zijn.

De twintig (groepen van) stoffen, die in de richtlijn Prioritaire stoffen inzake deze langetermijntendensen zijn genoemd, zijn de metalen cadmium, lood en kwik, de PAK's anthraceen, fluorantheen, benzo(a)pyreen, benzo(b)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen, benzo(ghi)peryleen en indeno(123cd)pyreen, gebromeerde vlamvertragers (PBDE's), C10-13 chlooralkanen, Bis(2-ethylhexyl)ftalaat (DEHP), hexachloorbenzeen, hexachloorbutadieen, hexachloorcyclohexaan (HCH), pentachloorbenzeen, tributyltin, dicofol, perfluoroctaansulfonaat (PFOS), quinoxifen, som-TEQ, hexabroomcyclododecaan (HBCDD) en heptachloor&-epoxide (stoffen die ook een biotanorm kennen zijn hierbij schuingedrukt opgenomen).

Verder is in de richtlijn prioritaire stoffen ook opgenomen dat 'lidstaten de meetfrequentie in sediment en/of biota zodanig vaststellen dat zij voldoende gegevens voor een betrouwbare analyse van langetermijntendensen oplevert. Als leidraad geldt dat de monitoring elke drie jaar wordt uitgevoerd, tenzij technische kennis en het oordeel van deskundigen een ander interval rechtvaardigen'. In het protocol monitoring en toestandsbeoordeling oppervlaktewaterlichamen is opgenomen dat Nederland de langetermijntendensen van deze 20 stoffen niet alleen zou willen volgen door te meten in biota, maar waar mogelijk ook door te meten in water. Aanvullend hierop kunnen echter ook andere matrices meerwaarde hebben bij het monitoren van deze langetermijntendensen, zoals

het gebruik van sediment, zwevende stof of passieve samplers. Daarmee wordt een samenhangende gedachtenvorming over nut en noodzaak van biotamonitoring en langetermijntendensen niet alleen geadviseerd vanwege de overlap in stofgroepen maar ook vanuit openstaande keuzes in de te kiezen matrix.

In deze gedachtenvorming zullen allerlei aspecten moeten worden samengebracht bijvoorbeeld aangaande uitvoerbaarheid, bestaande meetnetten, meerwaarde, omvang en kosten. Op onderdelen hiervan levert de uitgevoerde meetcampagne bruikbare basisinformatie. In tabel 4.2 is daarom een eerste aanzet gegeven voor de manier waarop de resultaten van de huidige meetcampagne inzicht geven in eventuele vervolg monitoring met biota. Hierbij gaat het om zowel toestand & trend, operationele monitoring als bovenstaande monitoring voor langetermijntendensen. Bovenstaande afweging tussen matrices (biota, water, sediment, etc.) is hierin nog niet opgenomen. Waar gesproken wordt over landelijk (biota)meetnet moet dit dan ook vooral gelezen worden als een advies dat de benodigde activiteiten door de waterbeheerders gezamenlijk kunnen worden opgepakt, zonder op voorhand een bepaalde matrix te verkiezen. Bij een keuze voor zo'n gezamenlijk meetnet staat de verdere invulling nog open. Logischerwijs kan het biotameetnet, zoals dat in Ecofide (2015) is beschreven en sindsdien door Rijkswaterstaat in rijkswateren wordt uitgevoerd, hier een onderdeel van zijn. Voor het landelijk beeld zouden hieraan echter ook enkele regionale waterlichamen toegevoegd kunnen worden en dan met name gericht op waterlichamen die niet door rijkswater worden beïnvloed (denk bijv. aan de hogere zandgronden). Daarnaast is bij de biotamonitoring van blankvoorn specifiek stilgestaan bij de te verwachten toegevoegde waarde. Onderzoek aan vissen valt onder de Wet op de Dierproeven, waardoor toepassing hiervan extra zorgvuldig beoordeeld moet worden.

Deze aanzet is zoals gezegd gericht op monitoring, en dus op activiteiten waar nu al van duidelijk is dat dit met een zekere vaste frequentie gedurende de komende jaren moet worden uitgevoerd. Onderzoek naar gehalten in biota kan echter ook in andere kaders nuttig zijn. Zo kunnen lokale problemen (bijv. puntbronnen) of vragen rondom de 14 stoffen met een biotanorm om aanvullend onderzoek vragen (zoals bijvoorbeeld in de KRW verwoord onder het begrip 'monitoring Nader Onderzoek'), waarbij onderzoek naar de gehalten in biota hier een onderdeel van kan zijn. Met dergelijke vragen is in tabel 4.2 geen rekening gehouden. Deze tabel richt zich uitsluitend op de wenselijkheid/noodzaak voor (biota)monitoring op een landelijke schaal en over een langere periode.

TABEL 4.2

Een aanzet voor de manier waarop de resultaten van de huidige meetcampagne inzicht geven in eventuele vervolg monitoring met biota. Noot. Waar over een landelijk meetnet wordt gesproken moet dit vooral gelezen worden als een advies dat de benodigde activiteiten

door de waterbeheerders gezamenlijk kunnen worden opgepakt, zonder op voorhand een bepaalde matrix te verkiezen (naast biota zou ook aan water, sediment, zwevende stof of passieve samplers gedacht kunnen worden).

Stofgroepen	Gevolg voor monitoring	Welke stoffen?
1. Alle onderzochte waterlichamen in zowel regionale als rijkswateren voldoen aan de biotanorm én de biotagehalten in beide type wateren liggen in dezelfde range	Voor T&T-monitoring kan de frequentie naar 1*/18 jaar. OM-monitoring is niet nodig omdat er geen overschrijdingen zijn. Ruimtelijke variatie in biotagehalten is beperkt en voor langetermijntendensen (eens per drie jaar) kan een landelijk meetnet volstaan.	HCB HCBd HBCDD dicofol OMCTS
2. Overschrijdingen van de biotanorm zijn alleen in rijkswateren aangetroffen	Voor regionale wateren kan de frequentie van T&T-monitoring naar 1*/18 jaar en is OM-monitoring niet nodig. Voor langetermijn-tendensen (eens per drie jaar) kan een landelijk meetnet volstaan.	Chr BaP som-TEQ
3. Overschrijdingen van de biotanorm zijn in zowel regionale wateren als rijkswateren aangetroffen maar de frequentie hiervan is in rijkswateren hoger	a) Voor PAK's laat monitoring in oppervlaktewater een onterecht hoog aantal normoverschrijdende waterlichamen zien. Uitbreiding van onderzoek naar biotagehalten in regionale wateren is aan te bevelen (bijv. gericht op de vaste T&T-locaties) en pas daarna kijken naar monitoringsverplichtingen ¹⁾ .	BaA Flu
	b) Voor kwik en PFOS leunen maatregelen om emissies te beperken voornamelijk op landelijk of Europees beleid (eventuele puntbronnen daargelaten). Er is vooralsnog geen duidelijk regionaal verschillend effect van de maatregelen te verwachten. Kennis van ruimtelijke variatie in belasting kan ook via onderzoek aan sediment, zwevend stof, passieve samplers of door analyse van deze stoffen in schelpdieren ²⁾ . Voor alle vier stoffen geldt dat het opzetten van een landelijke meetnet als minimumvariant is aan te bevelen. Afhankelijk van verdere onderzoeksresultaten kan blijken of uitbreiding wenselijk is.	Hg PFOS
4. Overschrijdingen van de biotanorm treden in alle waterlichamen op en gehalten in regionale wateren en rijkswateren zijn vergelijkbaar	Voortzetten van monitoring is nodig vanwege aangetroffen overschrijdingen. Ruimtelijke variatie is echter klein en gehalten in rijks- en regionale wateren liggen in dezelfde range. Landelijk meetnet kan volstaan.	PBDE's Heptachloor & -epoxide

1) Eventuele OM-monitoring kan bijvoorbeeld ook met passieve samplers worden uitgevoerd. Resultaten kunnen dan weliswaar niet aan de biotanorm worden getoetst maar geven wel inzicht in de trend en daarmee in het effect van maatregelen.

2) De huidige biotanorm geldt voor vis. Gehalten in schelpdieren kunnen niet getoetst worden, maar geven wel inzicht in ruimtelijke variatie en voorkomt het uitvoeren van dierproeven met vis.

3) OMCTS = Octamethylcyclotetrasiloxaan; Voor deze stof ontbreken nog gegevens voor rijkswateren, maar in alle 23 waterlichamen in regionale wateren wordt aan de norm voldaan.



➤ REFERENTIES

Bleeker, EAJ & EMJ Verbruggen (2009).

Bioaccumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons in aquatic organisms. RIVM-rapport 601779002.

Deltares (2013). Bronnenanalyse van stoffen in het oppervlaktewater en grondwater in het stroomgebied Maas. Rapportnr. 1206921-000.

Ecofide (2015). Biotamonitoring binnen de KRW. De opzet van een landelijk meetnet. In opdracht van Rijkswaterstaat. Projectnummer 82.

Ecofide (2021). Nader onderzoek PAK's. Geven oppervlaktewater- en biotamonitoring hetzelfde antwoord? In opdracht van waterschap Hollandse Delta. Rapportnummer 134.

- EU (2014). Common implementation strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance document No. 32 on biota monitoring (the implementation of EQSbiota) under the water framework directive.
- European Environment Agency (2019). Mercury: a persistent threat to the environment and people's health. An interview with Ian Marnane.
- Foekema EM, MJJ Kotterman & M Hoek-van Nieuwenhuizen (2019). Chemische biotamonitoring conform KRW. Methodeontwikkeling en compliance-check 2014/2015. IMARES rapport C082/16.a.
- Kotterman MJJ & M van den Heuvel (2010). Kwik en chroom in het milieu. Verschijningsvormen, gedrag en toxiciteit. IMARES rapportnr. C046-10.
- Kotterman, MJJ (2015). Actieve biologische Monitoring Zoete Rijkswateren: microverontreinigingen in zoetwatermosselen –2014. IMARES Rapport C085/16.
- Kotterman MJJ, MR de Hart & AC Sneekes (2020). Biotamonitoring Rijkswateren t/m 2019. Deel II: Toegepaste methoden. Wageningen University & Research rapport C064/20.
- Kwadijk CJAF, P Korytár & AA Koelmans (2010). Distribution of perfluorinated compounds in aquatic systems in The Netherlands. *Environ. Sci. Technol.* 44 (10): 3746–3751.
- Kwadijk CJAF, MJJ Kotterman & AA Koelmans (2014). Partitioning of perfluorooctanesulfonate and perfluorohexanesulfonate in the aquatic environment after an accidental release of aqueous film forming foam at Schiphol Amsterdam Airport. *Environ Toxicol Chem* 33(8): 1761–1765.
- Leenders LL, A Gerssen, AWJM Nijrolder, LAP Hoogenboom, MJJ Kotterman en SPJ van Leeuwen (2021). Contaminanten in rode aal uit Nederlandse binnenwateren Resultaten van 2020. WFSR-rapport 2021.008.
- RIVM (2020). Achtergrondwaarden perfluoralkylstoffen (PFAS) in de Nederlandse landbodem. RIVM-briefrapport 2020-0100.
- RIVM (2021). Biotanorm voor PFAS in vis volgens de methodiek van de Kaderrichtlijn water. Doorvertaling van de EFSA-TWI over PFAS en duiding van gemeten PFAS concentraties in vis uit Nederlands oppervlaktewater. RIVM projectnr. RIVM M/270071/01/AB.
- Sneekes, AC & MJJ Kotterman (2020). Biotamonitoring Rijkswateren t/m 2019. Deel I: Toetsing en trends. Wageningen University & Research rapport C104/20.
- Teunen L, C Belpaire, F Dardenne, R Blust, & L Bervoets (2017). Veldstudie naar de monitoring van biota in het kader van de rapportage van de chemische toestand voor de Kaderrichtlijn Water 2015-2016. In opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM).
- Teunen L, C Belpaire, F Dardenne, R Blust, A Covaci & L Bervoets (2018). Veldstudie naar de monitoring van biota in het kader van de rapportage van de chemische toestand voor de Kaderrichtlijn Water 2016-2017. In opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM).
- Teunen L, C Belpaire, F Dardenne, R Blust, A Covaci & L Bervoets (2019). Veldstudie naar de monitoring van biota in het kader van de rapportage van de chemische toestand voor de Kaderrichtlijn Water 2017-2018. In opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM).
- Teunen L, C Belpaire, F Dardenne, R Blust, A Covaci & L Bervoets (2020). Veldstudies naar monitoring van biota in het kader van de rapportage van de chemische toestand voor de Kaderrichtlijn Water 2015-2018. Algemene trends en relaties. In opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM).
- Van Leeuwen SPJ, AWJM Nijrolder, LAP Hoogenboom en MJJ Kotterman (2019). Contaminanten in Chinese wolhandkrab. Resultaten van 2018. WFSR rapport 2019.004.
- Zafeiraki E, WA Gebbink, LAP Hoogenboom, MJJ Kotterman, CJAF Kwadijk, E Dassenakis, SPJ van Leeuwen (2019). Occurrence of perfluoroalkyl substances (PFASs) in a large number of wild and farmed aquatic animals collected in the Netherlands. *Chemosphere* 232: 415-423.



BIJLAGEN

LIJST VAN BIJLAGEN

Bijlage 1	Bemonsterde locaties
Bijlage 2	Gegevens over de geanalyseerde blankvoorn en schelpdieren
Bijlage 3	Kwaliteitsborging Wageningen Marine Research



BIJLAGE 1

Bemonsterde locaties

Waterschap	Waterlichaam-omschrijving
Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden	Bijleveld
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	Waterrijk Waterland+
Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard	Bergse plassen
	Rotteboezem
Hoogheemraadschap van Delfland	Boezem Westland
Hoogheemraadschap van Rijnland	Veender- en Lijkerpolder
Waterschap Aa en Maas	Aa van Gemert tot Den Bosch
Waterschap Amstel, Gooi en Vecht	Noorderlegmeer
	Vuntusplas
Waterschap Brabantse Delta	Cruislandse kreken
Waterschap De Dommel	Midden- en Beneden Dommel
Waterschap Drents Overijsselse Delta	Soestwetering (benedenloop)
Waterschap Hollandse Delta	Afwatering Groot Voorne West
Waterschap Hunze en Aa's	Westerwoldsche Aa-Zuid
Waterschap Limburg	Geleenbeek
Waterschap Noorderzijlvest	Leekstermeer
Waterschap Rijn en IJssel	Veengoot
Waterschap Rivierenland	Kanalen Bommelerwaard West
Waterschap Scheldestromen	Nol zeven
Waterschap Vallei en Veluwe	Eem
Waterschap Vechtstromen	Lolee bovenlopen
Waterschap Zuiderzeeland	Vaarten Lage afdeling ZOF
Wetterskip Fryslân	Friese Boezem - Overige meren (De Leijen)

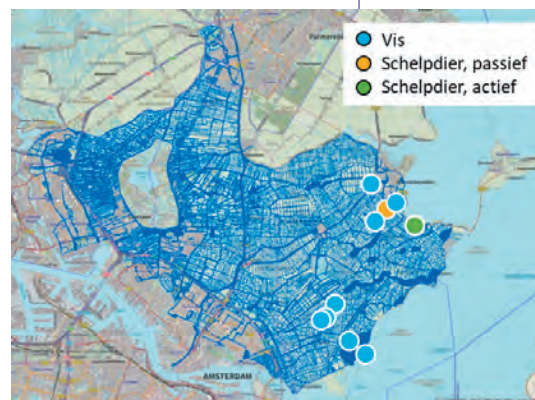
⇒ HH Stichtse Rijnlanden

Waterlichaam code	NL14_15
Waterlichaam naam	Bijleveld
Watertype	M3
Vis monsterdatum	01-09-2020
Vis soort	Blankvoorn
Schelpdier passief monsterdatum	03-08-2020
Schelpdier passief soort	Vijvermossel
Schelpdier actief uithangperiode	04-09-2020 tot 15-10-2020
Bijzonderheden	-



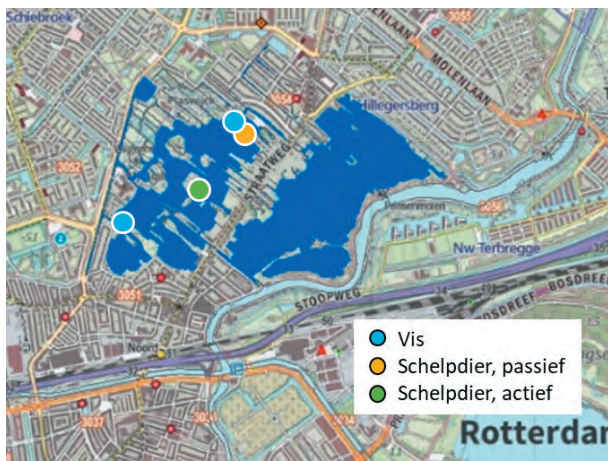
⇒ HH Hollands Noorderkwartier

Waterlichaam code	NL12_260
Waterlichaam naam	Waterrijk Waterland+
Watertype	M10
Vis monsterdatum	06-10-2020, 14-10-2020 en 19-10-2020
Vis soort	Blankvoorn
Schelpdier passief monsterdatum	15-10-2020
Schelpdier passief soort	Vijvermossel
Schelpdier actief uithangperiode	03-09-2020 tot 15-10-2020
Bijzonderheden	Het veldwerk voor zowel de actieve als passieve biotamonitoring met schelpdieren was gericht op de Binnenbraak. De quaggamosselen zijn hier succesvol uitgehangen, maar er bleken geen schelpdieren in de Binnenbraak aanwezig te zijn. De passieve monitoring is daarom uitgevoerd in de nabijgelegen Oosteree. Gelet op de omvang van het waterlichaam is het verzamelen van Blankvoorn beperkt tot het deel waarin ook de Binnenbraak is gelegen (deelgebied Oost).



⇒ HH Schieland en de Krimpenerwaard

Waterlichaam code	NL39_07a
Waterlichaam naam	Bergse plassen, alleen Bergse achterplas bemonsteren
Watertype	M27
Vis monsterdatum	15-09-2020
Vis soort	Blankvoorn
Schelpdier passief monsterdatum	04-09-2020
Schelpdier passief soort	Driehoeksmossel
Schelpdier actief uithangperiode	04-09-2020 tot 15-10-2020
Bijzonderheden	Op verzoek van het waterschap heeft de biotamonitoring zich op alleen de Bergse Achtersteplas gericht. Dit om de mogelijke invloed van binnenkomend water uit de Rotte te beperken.



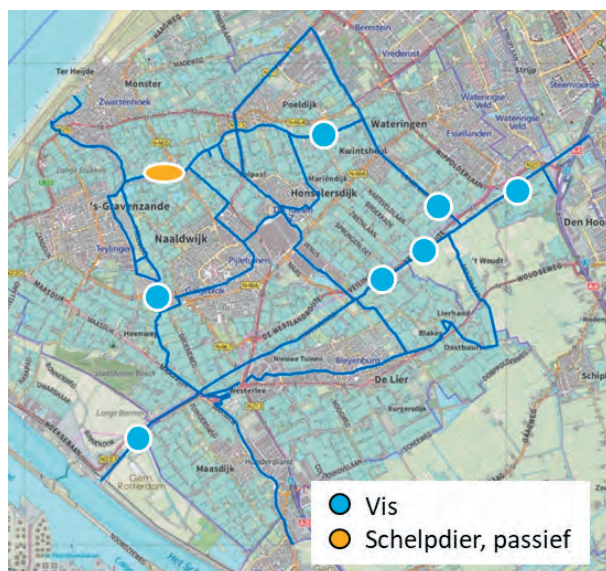
⇒ HH Schieland en de Krimpenerwaard

Waterlichaam code	NL39_01a
Waterlichaam naam	Rotteboezem. Alleen Rotte ten noorden, boven gemaal
Watertype	M3
Vis monsterdatum	16-09-2020 en 29-10-2020
Vis soort	Blankvoorn
Schelpdier passief monsterdatum	04-09-2020
Schelpdier passief soort	Vijvermossel
Schelpdier actief uithangperiode	04-09-2020 tot 15-10-2020
Bijzonderheden	Op verzoek van het waterschap heeft de biotamonitoring zich alleen op het deel van de Rotte ten noorden van het gemaal de Kooi gericht. Dit om de mogelijke invloed van uit het zuiden binnenkomend rijkswater te beperken.



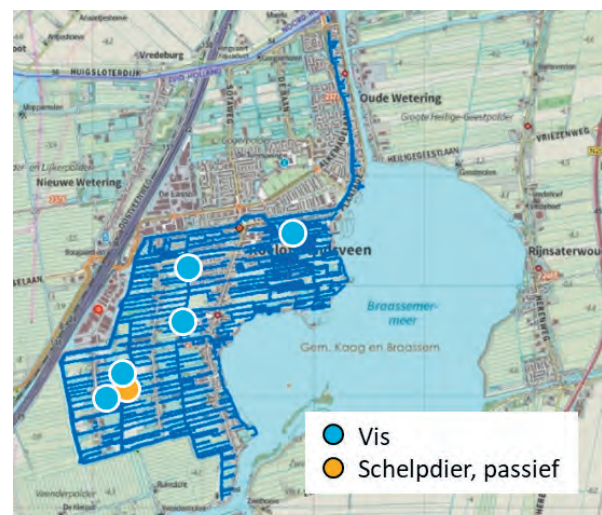
⇒ HH van Delfland

Waterlichaam code	NL15_02a
Waterlichaam naam	Boezem Westland. Nieuw waterlichaam; deel van oorspronkelijk waterlichaam "Westboezem".
Watertype	M3
Vis monsterdatum	01-10-2020, 02-10-2020 en 20-10-2020
Vis soort	Blankvoorn
Schelpdier passief monsterdatum	03-08-2020
Schelpdier passief soort	Aziatische korfmossel, vijvermossel
Schelpdier actief uithangperiode	Niet uitgevoerd
Bijzonderheden	-



⇒ HH van Rijnland

Waterlichaam code	NL13_22
Waterlichaam naam	Veender- en Lijkerpolder
Watertype	M10
Vis monsterdatum	30-07-2020 en 31-07-2020
Vis soort	Blankvoorn
Schelpdier passief monsterdatum	03-08-2020
Schelpdier passief soort	Vijvermossel
Schelpdier actief uithangperiode	Niet uitgevoerd
Bijzonderheden	-



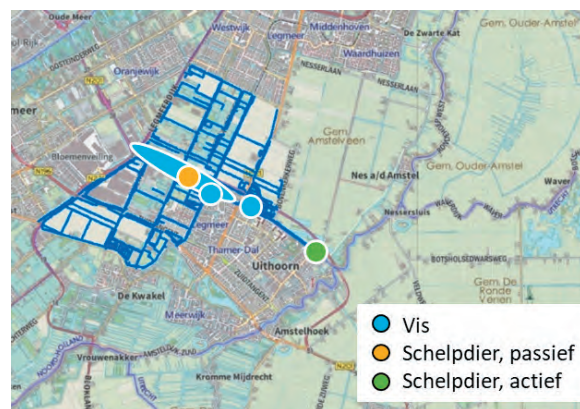
⇒ Waterschap Aa en Maas

Waterlichaam code	NL38_1D
Waterlichaam naam	Aa van Gemert tot Den Bosch
Watertype	R6
Vis monsterdatum	31-08-2020
Vis soort	Blankvoorn
Schelpdier passief monsterdatum	29-07-2020
Schelpdier passief soort	Aziatische korfmossel
Schelpdier actief uithangperiode	Niet uitgevoerd
Bijzonderheden	-



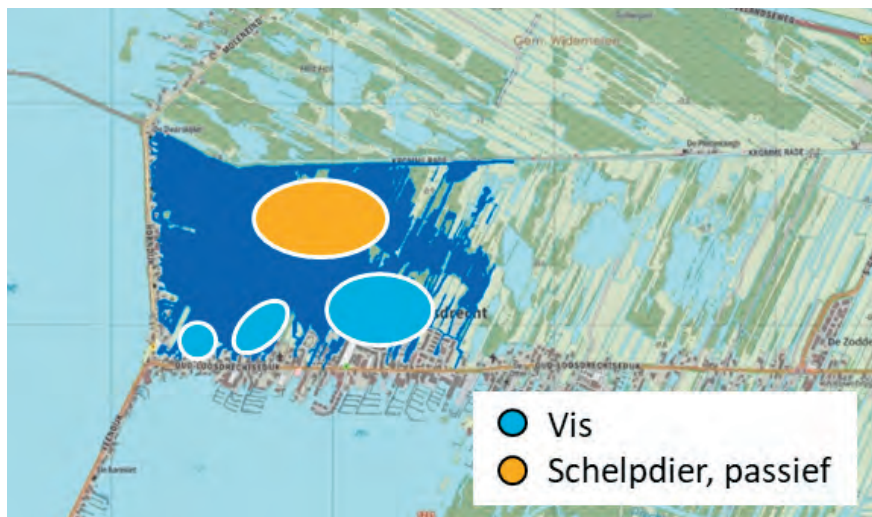
⇒ Waterschap Amstel, Gooi en Vecht

Waterlichaam code	NL11_2_9
Waterlichaam naam	Noorderlegmeer (vanaf SGBP3 eigen waterlichaam)
Watertype	M1a
Vis monsterdatum	10-09-2020
Vis soort	Blankvoorn
Schelpdier passief monsterdatum	10-09-2020
Schelpdier passief soort	Schildersmossel, Vijvermossel
Schelpdier actief uithangperiode	04-09-2020 tot 15-10-2020
Bijzonderheden	Op de plek van de actieve biotamonitoring waren geen schelpdieren aanwezig. Daarom is de locatie voor de passieve biotamonitoring met schelpdieren in westelijke richting verplaatst. In de verschillende zijsloten van het waterlichaam is uitgebreid gevist maar konden geen Blankvoorns van de juiste lengte verzameld worden.



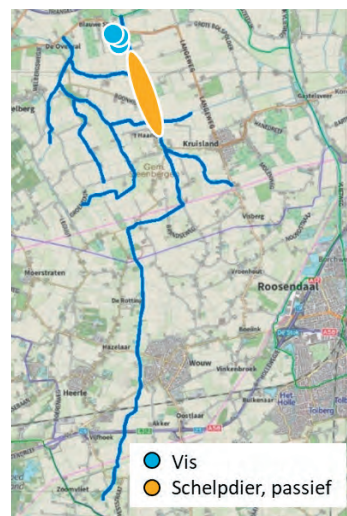
➤ Waterschap Amstel, Gooi en Vecht

Waterlichaam code	NL11_5_9
Waterlichaam naam	Vuntusplas (vanaf SGBP3 eigen waterlichaam)
Watertype	M27
Vis monsterdatum	10-09-2020
Vis soort	Blankvoorn
Schelpdier passief monsterdatum	04-08-2020
Schelpdier passief soort	Schildersmossel
Schelpdier actief uithangperiode	Niet uitgevoerd
Bijzonderheden	-



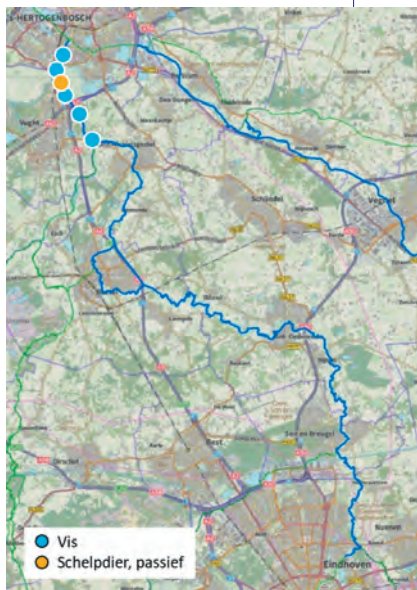
➤ Waterschap Brabantse Delta

Waterlichaam code	NL25_48
Waterlichaam naam	Cruislandse kreken
Watertype	M14 (voor SGBP3 in M3 gewijzigd)
Vis monsterdatum	20-08-2020 en 23-10-2020
Vis soort	Blankvoorn
Schelpdier passief monsterdatum	28-07-2020
Schelpdier passief soort	Aziatische korfmossel
Schelpdier actief uithangperiode	Niet uitgevoerd
Bijzonderheden	Tijdens de door ATKB uitgevoerde visinventarisatie konden onvoldoende Blankvoorns van de juiste lengte verzameld worden. Daarom is tijdens een aanvullende velddag gericht op Blankvoorn gevist, die alleen in voldoende aantallen in het noordelijke deel van het waterlichaam werd aangetroffen.



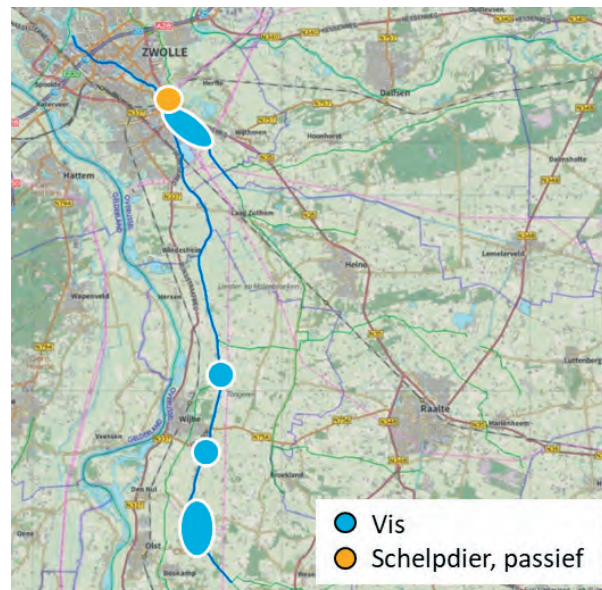
➤ Waterschap de Dommel

Waterlichaam code	NL99_6_BO_BE_2
Waterlichaam naam	Midden- en Beneden Dommel
Watertype	R6
Vis monsterdatum	31-08-2020
Vis soort	Blankvoorn
Schelpdier passief monsterdatum	29-07-2020
Schelpdier passief soort	Aziatische korfmossel, schildersmossel
Schelpdier actief uithangperiode	Niet uitgevoerd
Bijzonderheden	Op verzoek van het waterschap heeft de biotamonitoring zich alleen op het deel tussen St Michielsgestel en Den Bosch gericht.



➤ Waterschap Drents Overijsselse Delta

Waterlichaam code	NL59_SAL-SOESTWTR-BE
Waterlichaam naam	Soestwetering (benedenloop)
Watertype	R6
Vis monsterdatum	17-09-2020
Vis soort	Blankvoorn
Schelpdier passief monsterdatum	31-07-2020
Schelpdier passief soort	Aziatische korfmossel, schildersmossel, quagga mossel
Schelpdier actief uithangperiode	Niet uitgevoerd
Bijzonderheden	-



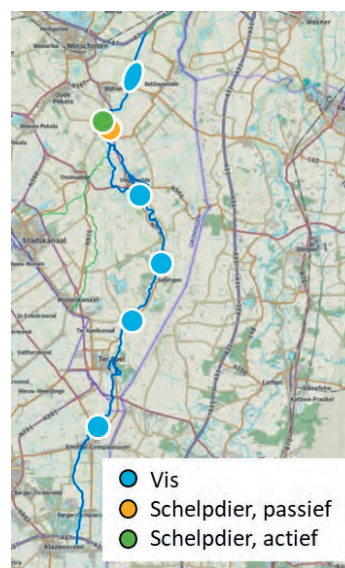
➤ Waterschap Hollandse Delta

Waterlichaam code	NL40_18_3
Waterlichaam naam	Afwatering Groot Voorne West
Watertype	M6a
Vis monsterdatum	22-09-2020
Vis soort	Blankvoorn
Schelpdier passief monsterdatum	07-09-2020
Schelpdier passief soort	Aziatische korfmossel, vijvermossel
Schelpdier actief uithangperiode	07-09-2020 tot 15-10-2020
Bijzonderheden	-



➤ Waterschap Hunze en Aa's

Waterlichaam code	NL33WZ
Waterlichaam naam	Westerwoldsche Aa-Zuid / Ruiten Aa / Runde
Watertype	R5
Vis monsterdatum	15-09-2020 en 16-09-2020
Vis soort	Blankvoorn
Schelpdier passief monsterdatum	03-09-2020
Schelpdier passief soort	Schildersmossel
Schelpdier actief uithangperiode	03-09-2020 tot 16-10-2020
Bijzonderheden	Bij het ophalen van de uitgehangen quaggamoselen hingen de mosselen boven het water, doordat het waterpeil 50 cm was gezakt. Dit heeft tot enige sterfte geleid maar er waren nog voldoende levende quaggamoselen aanwezig voor de analyses.



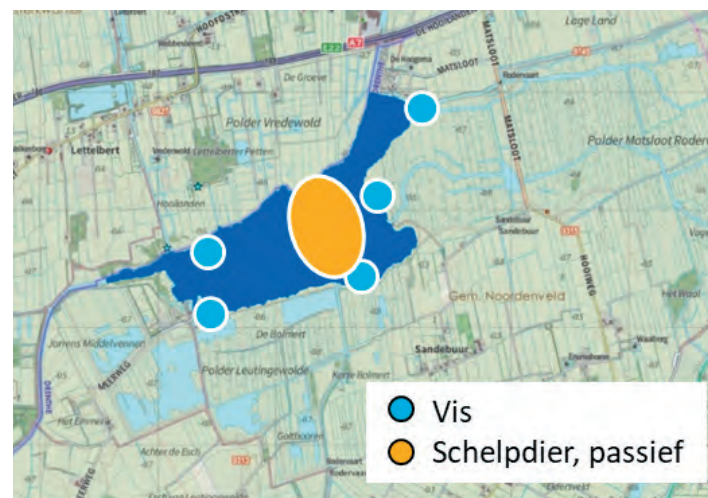
➤ Waterschap Limburg

Waterlichaam code	NL60_GELEENBK
Waterlichaam naam	Geleenbeek
Watertype	R18
Vis monsterdatum	17-08-2020 en 25-09-2020
Vis soort	Blankvoorn
Schelpdier passief monsterdatum	30-07-2020
Schelpdier passief soort	Aziatische korfmossel
Schelpdier actief uithangperiode	Niet uitgevoerd
Bijzonderheden	Bij het vissen is de gehele Geleenbeek bezocht. Blankvoorns van de juiste lengte zijn echter op slechts een stuk van de Geleenbeek aangetroffen.



➤ Waterschap Noorderzijlvest

Waterlichaam code	NL34M109
Waterlichaam naam	Leekstermeer
Watertype	M14
Vis monsterdatum	15-09-2020
Vis soort	Blankvoorn
Schelpdier passief monsterdatum	31-07-2020
Schelpdier passief soort	Schildersmossel, quaggamossel
Schelpdier actief uithangperiode	Niet uitgevoerd
Bijzonderheden	-



➤ Waterschap Rijn en IJssel

Waterlichaam code	NL07_0013_1
Waterlichaam naam	Veengoot
Watertype	M1a
Vis monsterdatum	18-08-2020
Vis soort	Blankvoorn
Schelpdier passief monsterdatum	30-07-2020
Schelpdier passief soort	Vijvermossel, aziatische korfmossel, schildersmossel
Schelpdier actief uithangperiode	Niet uitgevoerd
Bijzonderheden	-



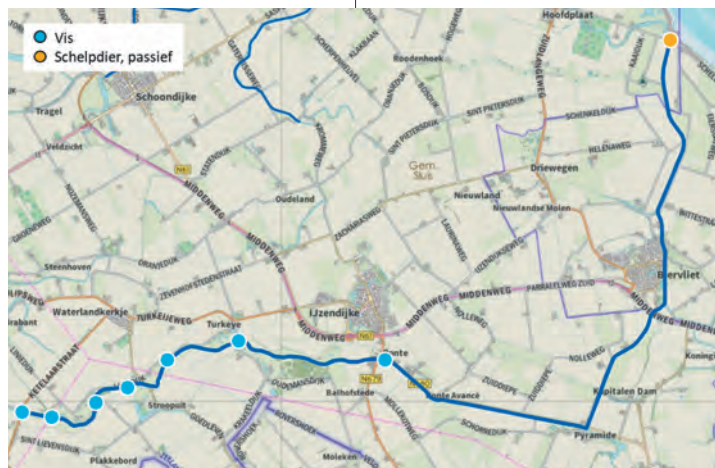
➤ Waterschap Rivierenland

Waterlichaam code	NL09_09_2
Waterlichaam naam	Kanalen Bommelerwaard West
Watertype	M3
Vis monsterdatum	01-09-2020
Vis soort	Blankvoorn
Schelpdier passief monsterdatum	08-09-2020
Schelpdier passief soort	Aziatische korfmossel, quaggamossel
Schelpdier actief uithangperiode	08-09-2020 tot 15-10-2020
Bijzonderheden	-



➤ Waterschap Scheldestromen

Waterlichaam code	NL42_NLZVN
Waterlichaam naam	NoI 7
Watertype	M30
Vis monsterdatum	20-08-2020
Vis soort	Blankvoorn
Schelpdier passief monsterdatum	28-07-2020
Schelpdier passief soort	Japanse oester
Schelpdier actief uithangperiode	Niet uitgevoerd
Bijzonderheden	<p>Vis met leusnet bevist (te zout voor electrisch vissen)</p> <p>Dit waterlichaam kent een sterke zoet-zout overgang. Blankvoorns waren daarom alleen in het meest westelijke deel aanwezig. Hier zijn echter geen schelpdieren aangetroffen. Deze waren alleen aan het meest noordelijke en zoute deel aanwezig (Japanse oester).</p>



➤ Waterschap Vallei en Veluwe

Waterlichaam code	NL43_27
Waterlichaam naam	Eem
Watertype	R7
Vis monsterdatum	28-07-2020 en 30-07-2020
Vis soort	Blankvoorn
Schelpdier passief monsterdatum	04-08-2020
Schelpdier passief soort	Aziatische korfmossel, vijvermossel, schildersmossel, quaggamossel
Schelpdier actief uithangperiode	Niet uitgevoerd
Bijzonderheden	-



➤ Waterschap Vechtstromen

Waterlichaam code	NL44_LOLEE_BOVENLOPEN
Waterlichaam naam	Lolee bovenlopen
Watertype	R5
Vis monsterdatum	23-09-2020 en 24-09-2020
Vis soort	Blankvoorn
Schelpdier passief monsterdatum	30-07-2020
Schelpdier passief soort	Schildersmossel
Schelpdier actief uithangperiode	Niet uitgevoerd
Bijzonderheden	-



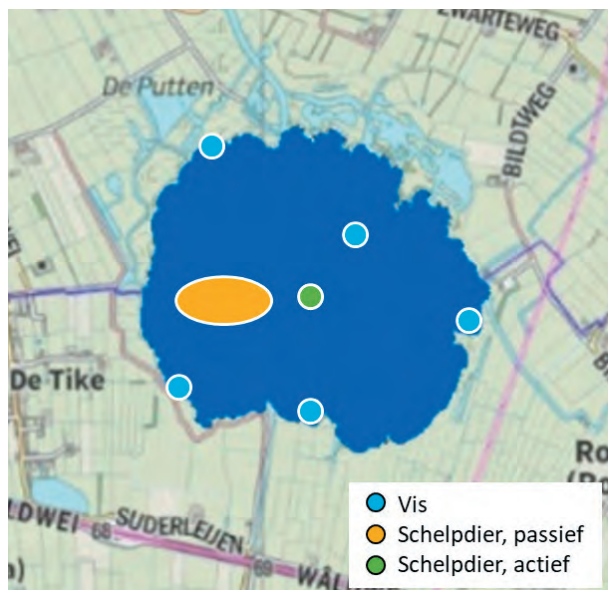
➤ Waterschap Zuiderzeeland

Waterlichaam code	NL37_V
Waterlichaam naam	Vaarten Lage afdeling ZOF
Watertype	M6b
Vis monsterdatum	14-09-2020
Vis soort	Blankvoorn
Schelpdier passief monsterdatum	03-09-2020
Schelpdier passief soort	Quaggamossel
Schelpdier actief uithangperiode	03-09-2020 tot 16-10-2020
Bijzonderheden	Ondanks flinke inspanning (vrijwel) geen enkele Blankvoorn van de juiste lengte aangetroffen (deze vaarten hebben ook vrijwel nergens geschikte oevers). Daarom gekozen voor iets grotere dieren (lengte van ca. 15-18).



➤ Wetterskip Fryslân

Waterlichaam code	NL02V1
Waterlichaam naam	Friese Boezem - Overige meren (De Leijen)
Watertype	M14
Vis monsterdatum	15-09-2020
Vis soort	Blankvoorn
Schelpdier passief monsterdatum	03-09-2020
Schelpdier passief soort	Schildersmossel
Schelpdier actief uithangperiode	03-09-2020 tot 15-10-2020
Bijzonderheden	Op verzoek van het waterschap heeft de meetcampagne zich op alleen de Leijen gericht.



➔ BIJLAGE 2

Gegevens over de geanalyseerde blankvoorn en schelpdieren

BLANKVOORN		Aantal	Aantal	Lengte (cm)		Gewicht (g)	
Waterschap	Waterlichaam	trekken	vissen ¹⁾	Gem.	Stdev	Gem.	Stdev
HH de Stichtse Rijnlanden	Bijleveld	6	23	12,9	0,9	22,7	4,8
HH Hollands Noorderkwartier	Waterrijk Waterland+	8	15	13,0	1,5	26,4	9,6
HH Schieland & Krimpenerwaard	Bergse plassen	2	13	13,3	2,1	29,1	13,0
	Rotteboezem	3	18	11,8	1,8	19,1	10,8
HH van Delfland	Boezem Westland	8	22	13,5	1,0	27,9	6,6
HH van Rijnland	Veender- en Lijkerpolder	5	23	12,9	1,2	25,8	8,2
Ws Aa en Maas	Aa van Gemert tot Den Bosch	5	20	12,2	1,2	20,2	6,7
Ws Amstel, Gooi en Vecht	Noorderlegmeer polder	5	25	13,1	0,7	26,5	4,1
	Vuntusplas	5	25	11,1	0,3	14,2	1,4
Ws Brabantse Delta	Cruislandse kreken	3	17	13,5	1,0	26,7	6,2
Ws de Dommel	Midden en beneden Dommel	5	25	13,0	0,9	24,6	5,5
Ws Drents Overijsselse Delta	Soestwetering (benedenloop)	5	23	12,2	1,1	20,4	5,8
Ws Hollandse Delta	Afwatering Groot Voorne west	3	21	12,5	0,9	21,7	5,0
Ws Hunze en Aa's	Westerwoldse Aa-Zuid	6	24	13,4	0,8	26,9	5,4
Ws Limburg	Geleenbeek	3	18	14,1	0,4	31,9	3,3
Ws Noorderzijlvest	Leekstermeer	5	30	12,4	0,8	21,9	4,7
Ws Rijn en IJssel	Veengoot	7	18	12,8	2,4	25,3	15,0
Ws Rivierenland	Kanalen Bommelerwaard West	5	28	12,3	0,7	20,0	4,5
Ws Scheldestromen	Nol zeven	8	20	12,9	0,9	24,0	4,8
Ws Vallei en Veluwe	Eem	5	20	12,0	0,9	20,8	5,7
Ws Vechtstromen	Lolee Bovenlopen	4	22	12,6	1,3	20,3	6,4
Ws Zuiderzeeland	Vaarten Lage afdeling ZOF	2	10	15,5	0,8	47,5	9,5
Wetterskip Fryslân	Friese Boezem (De Leijen)	5	30	12,5	0,6	21,1	4,3

1) Aantal vissen geselecteerd voor metingen

SCHELPIEREN		Soort ¹⁾	Aantal	Lengte (cm)		
Waterschap	Waterlichaam			Gem.	Min	Max
-	IJsselmeeteet (T0)	Db-a	350	1,9	1,6	2,0
HH de Stichtse Rijnlanden	Bijleveld	Aa	21	11,3	7,1	16,0
		Db-a	285	2,0	1,6	2,3
HH Hollands Noorderkwartier	Waterrijk Waterland+	Aa	20	9,2	6,3	11,5
		Db-a	275	1,8	1,5	2,0
HH Schieland&Krimpenerwaard	Bergse plassen	Db-a	225	2,0	1,9	2,3
		Dp	180	1,9	1,7	2,5
	Rotteboezem	Aa	15	9,3	7,5	10,5
		Db-a	285	2,0	1,8	2,3
HH van Delfland	Boezem Westland	Aa	19	9,6	7,4	11,2
		Cf	17	2,6	1,0	4,4
HH van Rijnland	Veender- en Lijkerpolder	Aa	26	8,4	7,0	10,0
Ws Aa en Maas	Aa van Gemert tot Den Bosch	Cf	70	3,0	2,5	3,5
Ws Amstel, Gooi en Vecht	Noorderlegmeer polder	Aa	15	8,3	6,0	13,2
		Db-a	234	2,0	1,7	2,5
		Up	15	8,7	7,3	9,5
	Vuntusplas	Up	29	5,0	3,5	6,1
Ws Brabantse Delta	Cruislandse krekens	Cf	23	3,9	3,5	4,4
Ws de Dommel	Midden en beneden Dommel	Cf	68	3,3	2,6	4,2
		Up	65	6,5	3,9	7,9
Ws Drents Overijsselse Delta	Soestwetering (benedenloop)	Cf	45	3,4	3,1	4,0
		Db-p	244	2,8	2,3	3,3
		Up	29	7,6	6,6	8,1
Ws Hollandse Delta	Afwatering Groot Voorne west	Aa	15	10,8	8,6	12,5
		Cf	92	2,7	1,5	3,9
		Db-a	250	2,0	1,8	2,2
Ws Hunze en Aa's	Westerwoldse Aa-Zuid	Db-a	300	1,9	1,7	2,3
		Up	24	4,6	3,0	7,9

SCHELPIEREN		Soort ¹⁾	Aantal	Lengte (cm)		
Waterschap	Waterlichaam			Gem.	Min	Max
Ws Limburg	Geleenbeek	Cf	186	2,4	1,9	2,9
Ws Noorderzijlvest	Leekstermeer	Db-p	147	2,7	2,3	3,4
		Up	51	5,8	4,1	7,1
Ws Rijn en IJssel	Veengoot	Aa	24	9,2	6,5	11,2
		Cf	161	2,8	2,4	3,0
		Up	16	7,0	5,6	8,4
Ws Rivierenland	Kanalen Bommelerwaard West	Cf	32	2,9	1,3	4,4
		Db-a	250	2,0	1,6	2,2
		Db-p	134	1,7	1,5	2,0
Ws Scheldestromen	Nol zeven	Cg	15	13,2	10,8	16,7
Ws Vallei en Veluwe	Eem	Aa	25	7,5	4,5	8,8
		Cf	60	2,8	2,2	3,6
		Db-p	158	2,8	2,5	3,0
		Up	21	5,9	3,0	9,4
Ws Vechtstromen	Lolee Bovenlopen	Up	44	9,0	8,0	10,3
Ws Zuiderzeeland	Vaarten Lage afdeling ZOF	Db-a	400	1,8	1,5	2,1
		Db-p	140	2,8	2,4	3,2
Wetterskip Fryslân	Friese Boezem (De Leijen)	Db-a	350	1,9	1,4	2,3
		Up	37	5,9	3,9	6,6

- 1) *Aa* = *Anodonta anatina*; vijvermossel
Cg = *Crassostrea gigas*; Japanse oester
Cf = *Corbicula fluminea*; Aziatische korfmossel
Db = *Dreissena bugensis*; quaggamossel (a=actief; p=passief)
Dp = *Dreissena polymorpha*; driehoeksmossel
Up = *Unio pictorum*; schuldsmossel

Vetgehalten in verschillende schelpdiersoorten uit de 23 waterlichamen (%).

Waterschap	Waterlichaam	Actief		Passief				
		Quagga mossel	Japane oester	Aziatische korfmosseel	Vijvermosseel	Schildersmosseel	Quagga mossel	Driehoeksmosseel
T ⁰ -situatie actieve monitoring	IJsselmeer (locatie Zeughoek)	0,4						
HH de Stichtse Rijnlanden	Bijleveld	1,4			0,6			
HH Hollands Noorderkwartier	Waterrijk Waterland+	0,6			1,1			
HH Schieland&Krimpenerwaard	Bergse plassen	1,6						0,8
	Rotteboezem	1,2			0,5			
HH van Delfland	Boezem Westland			2,4	0,6			
HH van Rijnland	Veender- en Lijkerpolder				0,8			
Ws Aa en Maas	Aa van Gemert tot Den Bosch			0,5				
Ws Amstel, Gooi en Vecht	Noorderlegmeer polder	1,4			0,4	0,7		
	Vuntusplas					0,6		
Ws Brabantse Delta	Crujjslandse kreken			1,6				
Ws de Dommel	Midden en beneden Dommel			1,1		1,0		
Ws Drents Overijsselse Delta	Soestwetering (benedenloop)			0,9		0,9	0,9	
Ws Hollandse Delta	Afwatering Groot Vorne west	1,0		1,7	0,5			
Ws Hunze en Aa's	Westerwoldse Aa-Zuid	0,6				0,8		
Ws Limburg	Geleenbeek			1,3				
Ws Noorderzijlvest	Leekstermeer					0,9	1,0	
Ws Rijn en IJssel	Veengoot			0,5	0,6	0,3		
Ws Rivierenland	Kanalen Bommelerwaard West	0,9		1,8			0,9	
Ws Scheldestromen	Nol zeven		0,6					
Ws Vallei en Veluwe	Eem			1,9	0,8	1,1	0,7	
Ws Vechtstromen	Lolee Bovenlopen					0,5		
Ws Zuiderzeeland	Vaarten Lage afdeling ZOF	0,7					1,0	
Wetterskip Fryslan	Friese Boezem (De Leijen)	0,9				0,8		



BIJLAGE 3

Kwaliteitsborging Wageningen Marine Research

Wageningen Marine Research beschikt over een ISO 9001:2015 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem. Dit certificaat is geldig tot 15 december 2021. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV GL.

Het chemisch laboratorium te IJmuiden beschikt over een EN-ISO/IEC 17025:2017 accreditatie voor testlaboratoria met nummer L097. Deze accreditatie is geldig tot 1 april 2025 en is voor het eerst verleend op 27 maart 1997; deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie. Het chemisch laboratorium heeft hierdoor aangetoond in staat te zijn op technisch bekwaam wijze valide resultaten te leveren en te werken volgens de ISO 17025 norm. De scope (L097) met de geaccrediteerde analysemethoden is te vinden op de website van de Raad voor Accreditatie (www.rva.nl).

Op grond van deze accreditatie is het kwaliteitskenmerk Q toegekend aan de resultaten van die componenten die op de scope staan vermeld, mits aan alle kwaliteitseisen is voldaan. Indien niet aan alle kwaliteitseisen is voldaan heeft het resultaat niet het kwaliteitskenmerk Q en staat dit met reden vermeld bij het resultaat.

De kwaliteit van de analysemethoden wordt op verschillende manieren gewaarborgd. De juistheid van de analysemethoden wordt regelmatig getoetst door deelname aan ringonderzoeken, waaronder die georganiseerd door QUASIMEME. Indien geen ringonderzoek voorhanden is, wordt een tweede

lijnscontrole uitgevoerd. Tevens wordt bij iedere meetserie een eerstelijnscontrole uitgevoerd.

Naast de lijnscontroles wordende volgende algemene kwaliteitscontroles uitgevoerd:

- Blanco onderzoek
- Terugvinding (recovery)
- Interne standaard voor borging opwerkmethode
- Injectie standaard
- Gevoeligheid

Bovenstaande controles staan beschreven in Wageningen Marine Research werkvoorschrift ISW 2.10.2.105. Indien gewenst kunnen gegevens met betrekking tot de prestatiekenmerken van de analysemethoden bij het chemisch laboratorium worden opgevraagd.

Indien sprake is van onbeheerste kwaliteit worden passende maatregelen genomen.

Schildersmossel (*Unio pictorum*)
met bittervoorn (*Rhodeus amarus*)





⇒ **STOWA**
IN HET KORT

STOWA is het kenniscentrum van de regionale waterbeheerders (veelal de waterschappen) in Nederland. STOWA ontwikkelt, vergaart, verspreidt en implementeert toegepaste kennis die de waterbeheerders nodig hebben om de opgaven waar zij in hun werk voor staan, goed uit te voeren. Deze kennis kan liggen op toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied.

STOWA werkt in hoge mate vraaggestuurd. We inventariseren nauwgezet welke kennisvragen waterschappen hebben en zetten die vragen uit bij de juiste kennisleveranciers. Het initiatief daarvoor ligt veelal bij de kennisvragende waterbeheerders, maar soms ook bij kennisinstellingen en het bedrijfsleven. Dit tweerichtingsverkeer stimuleert vernieuwing en innovatie.

Vraaggestuurd werken betekent ook dat we zelf voortdurend op zoek zijn naar de 'kennisvragen van morgen' - de vragen die we graag op de agenda zetten nog voordat iemand ze gesteld heeft - om optimaal voorbereid te zijn op de toekomst.

STOWA ontzorgt de waterbeheerders. Wij nemen de aanbesteding en begeleiding van de gezamenlijke kennisprojecten op ons. Wij zorgen ervoor dat waterbeheerders verbonden blijven met deze projecten en er ook 'eigenaar' van zijn. Dit om te waarborgen dat de juiste kennisvragen worden beantwoord. De projecten worden begeleid door commissies waar regionale waterbeheerders zelf deel van uitmaken. De grote onderzoekslijnen worden per werkveld uitgezet en verantwoord door speciale programmacommissies. Ook hierin hebben de regionale waterbeheerders zitting.

STOWA verbindt niet alleen kennisvragers en kennisleveranciers, maar ook de regionale waterbeheerders onderling. Door de samenwerking van de waterbeheerders binnen STOWA zijn zij samen verantwoordelijk voor de programmering, zetten zij gezamenlijk de koers uit, worden meerdere waterschappen bij één en het zelfde onderzoek betrokken en komen de resultaten sneller ten goede van alle waterschappen.

DE GRONDBEGINSELEN VAN STOWA ZIJN VERWOORD IN ONZE MISSIE:

Het samen met regionale waterbeheerders definiëren van hun kennisbehoeften op het gebied van het waterbeheer en het voor én met deze beheerders (laten) ontwikkelen, bijeenbrengen, beschikbaar maken, delen, verankeren en implementeren van de benodigde kennis.

STOWA

Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

Bezoekadres

Stationsplein 89, vierde etage
3818 LE Amersfoort

033 460 32 00
stowa@stowa.nl
www.stowa.nl

stowa

STICHTING
TOEGEPAST ONDERZOEK WATERBEHEER



stowa@stowa.nl www.stowa.nl
TEL 033 460 32 00 FAX 033 460 32 01
Stationsplein 89 3818 LE Amersfoort
POSTBUS 2180 3800 CD Amersfoort

