



Biotamonitoring Rijkswateren tot en met 2021

Deel I: Toetsing en Trends

Auteurs: G. Dogruer, A. Sneekes, M.R. de hart & M.J.J. Kotterman

Wageningen University &
Research rapport C049/22A

Biotamonitoring Rijkswateren tot en met 2021

Deel I: Toetsing en Trends

Auteur(s): G. Dogruer, A. Sneekes, M.R. de Hart & M.J.J. Kotterman

Wageningen Marine Research

IJmuiden, April 2023

Wageningen Marine Research rapport
C049/22A

Keywords: toetsing en trends, biotamonitoring, zoute rijkswateren, OSPAR, Kaderrichtlijn Water (KRW), zoete rijkswateren, Kaderrichtlijn Marien (KRM), schol, bot, blankvoorn, blauwe mossel, Japanse oester, driehoeksmossel, quaggamossel, gewone alikruik, gevlochten fuikhoren, purperslak.

Opdrachtgever: Rijkswaterstaat
C.A. Schmidt & M. Roos
Postbus 17
8200 AA Lelystad

RWS Rapportnummer: BM 22.19

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/576733>
Wageningen Marine Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

De resultaten in dit rapport zijn, in afwijking op de Nederlandse SI, gerapporteerd met een decimale punt in plaats van een komma.

Wageningen Marine Research is gecertificeerd.

© Wageningen Marine Research

Wageningen Marine Research, instituut
binnen de rechtspersoon Stichting
Wageningen Research, hierbij
vertegenwoordigd door
Drs. ir. M.T. van Manen, directeur
bedrijfsvoering

KvK nr. 09098104,
WMR BTW nr. NL 8113.83.696.B16.
Code BIC/SWIFT address: RABONL2U
IBAN code: NL 73 RABO 0373599285

Wageningen Marine Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor
gevolg schade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de
resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Wageningen
Marine Research. Opdrachtgever vrijwaart Wageningen Marine Research van
aanspraken van derden in verband met deze toepassing.
Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag weergegeven en/of
gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden
zonder schriftelijke toestemming van de uitgever of auteur.

A_4_3_1 V32 (2021)

Inhoud

Afkortingenlijst	5
Erratum	6
Samenvatting	7
1 Inleiding	14
1.1 Kader	14
1.2 Inhoud rapport	15
2 Metalen	18
2.2 Cadmium	18
2.3 Koper	21
2.4 Kwik	23
2.5 Lood	27
2.6 Zink	29
3 Organometalen	32
3.1 TBT	32
3.2 Imposex	35
4 Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's)	36
5 Polychloorbifenylen (PCB's) en som-TEQ	41
5.1 PCB's	42
5.2 Som-TEQ	43
6 Pesticiden	45
6.1 (p,p')-DDE	46
6.2 HCB	47
6.3 α -HCH	51
6.4 γ -HCH	52
6.5 Heptachloor en -epoxides	53
6.6 Dicofol	55
6.7 HCBd	56
7 Gebromeerde vlamvertragers (PBDE's/HBCDD)	58
7.1 PBDE's	58
7.2 HBCDD	62
8 Perfluorverbindingen (PFAS)	64
8.1 PFOS	64
8.2 PFHxS	66
8.3 PFNA	68
8.4 PFOA	69
9 Conclusies	72
10 Kwaliteitsborging	78
Literatuur	79
Verantwoording	80
11 Normen	81
11.1 Normen voor OSPAR	81

11.2	Normen voor KRW	83
12	Grafieken PAK's	84
12.1	OSPAR	84
12.2	KRW	90
13	Grafieken PCB's	94
13.1	OSPAR	94
14	Grafieken PBDE's	103
14.1	OSPAR	103

Afkortingenlijst

ABM	Actieve biologische monitoring
(p,p')-DDE	p,p'-dichloordifenyldichloorethyleen
Ant	Antraceen
BaA	Benzo(a)antraceen
BAC	Background Assessment Concentrations, achtergrondwaarde; OSPAR-norm
BaP	Benzo(a)pyreen
BghiP	Benzo(ghi)peryleen
CEMP	OSPAR Coordinated Environmental Monitoring Programm
Chr	Chryseen
DOME	Data portal marine environment; database van ICES
EAC	Environmental Assessment Criteria, milieunorm; OSPAR-norm
EQS _{biota}	Environmental Quality Standards voor biota; KRW-norm
Fen	Fenantreen
FEQG	Federal Environmental Quality Guidelines, milieunorm ontwikkeld door Canadian Environmental Protection Act (1999) voor de toetsing van PBDE's; OSPAR-norm
Flu	Fluoranteen
HBCDD	Hexabroomcyclododecaan
HCB	Hexachloorbenzeen
HCBD	Hexachloorbutadieen
Heptachl.	Heptachloor
ICES	International Council for the Exploration of the Sea
InP	Indeno(1,2,3-cd)pyreen
JAMP	Joint Assessment and Monitoring Programme
KRM	Kaderrichtlijn marien
KRW	Kaderrichtlijn water
LD50	Dosis waarbij 50% letale effecten zijn gevonden
MPC	Maximum permissible concentrations in foodstuffs to protect public health values, voedselveiligheidsnorm voor toetsing van metalen; OSPAR-norm
OSPAR	Conventie van Oslo en Parijs
PAK	Polycyclische aromatische koolwaterstof
PBDE	Polybroomdifenylether
PBM	Passieve biologische monitoring
PCB	Polychloorbifenyyl
PFAS	Perfluorverbindingen
PFHxS	Perfluorhexaansulfonaat
PFNA	Perfluornonaanzuur
PFOA	Perfluoroctaanzuur
PFOS	Perfluoroctaansulfonaat
Pyr	Pyreen
PYR1OH	1-hydroxypyreen
som-TEQ/ΣTEQ	Gecombineerde toxiciteit van dioxines, furanen en dioxineachtige PCB's
SPS	Solid Phase Passive Sampling
TBT	Tributyltin
VDS	Vas deferens sequence
α-HCH	alfa- hexachloorcyclohexaan
γ-HCH	gamma-hexachloorcyclohexaan
ICES	International Council for the Exploration of the Sea

Erratum

Voor u ligt de gecorrigeerde versie van rapport 'Biotamonitoring Rijkswateren tot en met 2021, Deel I: Toetsing en Trends' dat gepubliceerd werd in november 2022. De doorgevoerde correcties hebben betrekking op de KRW-toetswaarden in biota. In het oorspronkelijke rapport is de berekening van de toetswaarden in standaard vis en standaard schelpdier onjuist uitgevoerd. NB deze toetsresultaten worden niet gebruikt voor de officiële KRW toets van de Rijkswateren die RWS uitvoert.

Door deze correcties zijn de toetswaarden doorgaans slechts in geringe mate veranderd en is het resultaat - een gehalte is hoger of lager dan de KRW norm - gelijk gebleven. Alleen voor de stoffen HCB in blankvoorn (Rijn), som-TEQ in blankvoorn (Hollands Diep en Bergsche Maas) en enkele PAKs in zoetwatermossel (Rijn en Noordzeekanaal) is het toetsresultaat veranderd.

De correcties werken door in de samenvatting en de conclusies wat betreft de KRW-data.

Concrete wijzigingen staan in:

Figuur 3 (Samenvatting); de som-TEQ gehalten in biota uit Hollands Diep en Bergsche Maas voldoen nu net aan de norm, HCB in de Rijn voldoet nu net niet.

Figuur 4 (Samenvatting); alleen gehalte benzo[a]antracene in blauwe mossel 2020 ABM voldoet nu niet aan de norm.

Figuur 5 (Samenvatting); Fluoreen voldoet nu niet in de Rijn, chryseen en fluoreen voldoen nu wel in het Noordzeekanaal.

In de tabellen 'Statusbeoordeling van waterlichamen op basis van KRW-toetswaarden' (hoofdstukken 2, 5, 6, 7 en 8) zijn de data voor KRW-toetswaarden van 2021 aangepast. De data van de voorgaande jaren zijn niet veranderd.

In figuur 16 en 17 (hoofdstuk 4) zijn de aangepaste toetswaarden van PAKs zijn opgenomen.

In tabel 31 en 32 (hoofdstuk 8) zijn de KRW-toetsingsresultaten navenant aangepast.

Samenvatting

De rapportage 'Biotamonitoring Rijkswateren' bestaat uit twee delen. Voorliggend deel I 'Toetsing en Trends' beschrijft de meetresultaten tot en met het monitoringsjaar 2021, de toetsing aan de normen van de Conventie van Oslo en Parijs (OSPAR), de Europese kaderrichtlijn mariene strategie (KRM) en de kaderrichtlijn water (KRW). Aanvullend worden voor datasets met minimaal vijf jaar aan metingen trendanalyses, zoals deze in 2019 zijn berekend voor OSPAR, gepresenteerd. De monitoring is erop gericht om de status van de waterlichamen te bepalen, door de gehalten prioritaire stoffen te toetsen aan de geldende normen. De biota uit de monitoringprogramma's zijn de vissen bot, schol, blankvoorn, de schelpdieren blauwe mossel, Japanse oester en quaggamossel (vervangt sinds 2011 de driehoeksmossel) én de mariene slakken gevlochten fuikhorren, purperslak en gewone alikruik. De gebruikte bemonsterings- en analysetechnieken worden beschreven in deel II 'Toegepaste Methoden'.

Sinds 1991 vindt voor de zoute rijkswateren toetsing aan de volgende normen van OSPAR plaats:

- BAC ("*Background Assessment Concentrations*"; achtergrondwaarde),
- EAC ("*Environmental Assessment Criteria*"; milieunorm),
- MPC ("*maximum permissible concentrations in foodstuffs to protect public health values*"; voedselveiligheidsnorm) voor toetsing van metalen en
- FEQG ("*Federal Environmental Quality Guidelines*"; milieunorm ontwikkeld door *Canadian Environmental Protection Act*, 1999) voor de toetsing van PBDE's.

Sinds 2017 vindt toetsing aan de normen van KRW plaats voor de zoete rijkswateren en een deel van de zoute rijkswateren (de kustwateren) aan de hand van de EQS_{biota} normen (*Environmental Quality Standards* voor biota). Deze normen betreffen de volgende stoffen: kwik, dioxines (som van toxische equivalenten van dioxines, furanen en dioxineachtige PCB's), benzo(a)antracene, benzo(a)pyreen, chryseen, fluoranteen, dicofol, hexachloorbenzeen (HCB), heptachloor+ -epoxides, hexachloorbutadieen (HCBd), som gebromeerde difenylethers (som van PBDE28, PBDE47, PBDE99, PBDE100, PBDE153 en PBDE154), hexabroomcyclododecaan (HBCDD) en PFOS.

OSPAR

Figuur 1 geeft een overzicht van de toetsresultaten van de OSPAR-monitoring met vis en schelpdieren. In schol van de Bruine bank worden de OSPAR-milieunormen EAC/MPC/FEQG alleen voor PCB118 overschreden, in beide andere gebieden zijn er geen overschrijdingen. In bot, blauwe mossel en Japanse oester worden de PCB118-normen op alle waterlichamen/locaties overschreden behalve voor de Japanse oester in de Eems-Dollard. Daarmee blijft PCB118, dat een lange halfwaardetijd heeft in het milieu en in organismen, en waarvan bekend is dat de concentratie hoger op in de voedselketen stapsgewijs toeneemt, een probleem in de Nederlandse wateren.

In de Westerschelde worden in meerdere organismen verschillende OSPAR-milieunormen EAC/MPC overschreden (PCBs, Cadmium, TBT, γ -HCH). De Westerschelde is daarmee de meest gecontamineerde 'OSPAR locatie'. Ook blijkt duidelijk dat met de blauwe mossel-monitoring meer overschrijdingen van OSPAR-milieunormen worden gemeten dan met Japanse oester, schol of bot (het is ook het enige schelpdier met een overschrijding van de PCB-drempelwaarde). Hoewel de OSPAR-milieunormen soort-specifiek zijn treedt bij gebruik van de Japanse oester als monitoringsorganisme minder snel een normoverschrijding plaats. De monitoring van TBT in mariene slakken laat zien dat de gehalten de laatste jaren op meerdere waterlichamen/locaties gedaald zijn. In 2021 werd op geen enkele locatie de OSPAR-milieunorm EAC overschreden. In de blauwe mossel en Japanse oester uit de Westerschelde wordt de OSPAR-milieunorm EAC van TBT nog wel overschreden, wat benadrukt dat de Westerschelde ook vervuild is met TBT.

Voor veel chemische stoffen (o.a. PCB105, PCB156, HCB in vis en koper, zink, indenopyreen (InP), DDE in schelpdieren) is een overschrijding van de achtergrondconcentraties (BAC) geconstateerd. Echter door het ontbreken van een EAC-, MPC- en FEQG-norm, is niet te beoordelen in hoeverre deze verbindingen een zorgwekkend niveau hebben bereikt.



Figuur 1 Resultaat van de toetsing aan de OSPAR-normen voor concentraties van chemische stoffen in biota uit de biotamonitoring 2021. Weergegeven zijn de stoffen die de OSPAR-milieunormen EAC/MPC/FEQG overschrijden (rood), en de stoffen die de BAC overstijgen zonder overschrijding van de EAC/MPC/FEQG (oranje).

In de periode tot en met 2019 zijn er minder significant stijgende trends (n=6) dan dalende trends (n=43) waargenomen; zie Figuur 2. De chemische waterkwaliteit lijkt dus in de loop van de tijd te verbeteren. De meest zorgwekkende stijgende trend werd gevonden voor kwik in vissen van het Friese Front (schol), de Eems-Dollard (bot) en de Westerschelde (bot). Zeezoogdieren zoals de gewone zeehond *Phoca vitulina* en vogels voeden zich met prooien (vissen, mosselen) die kwik kunnen bevatten. De OSPAR-milieunorm voor secundaire vergiftiging (QSsp), die voor dieren een orde van grootte lager is dan voor mensen (MPC), wordt op alle gemonitorde waterlichamen/locaties overschreden, behalve in de Eems-Dollard en Westerschelde (Japanse oester). Bij die laatste locatie liggen de concentraties net onder de OSPAR-milieunorm MPC. De huidige kwikconcentraties vormen dus een bedreiging voor de gezondheid van soorten die bovenaan de voedselketen staan, zoals zeezoogdieren.

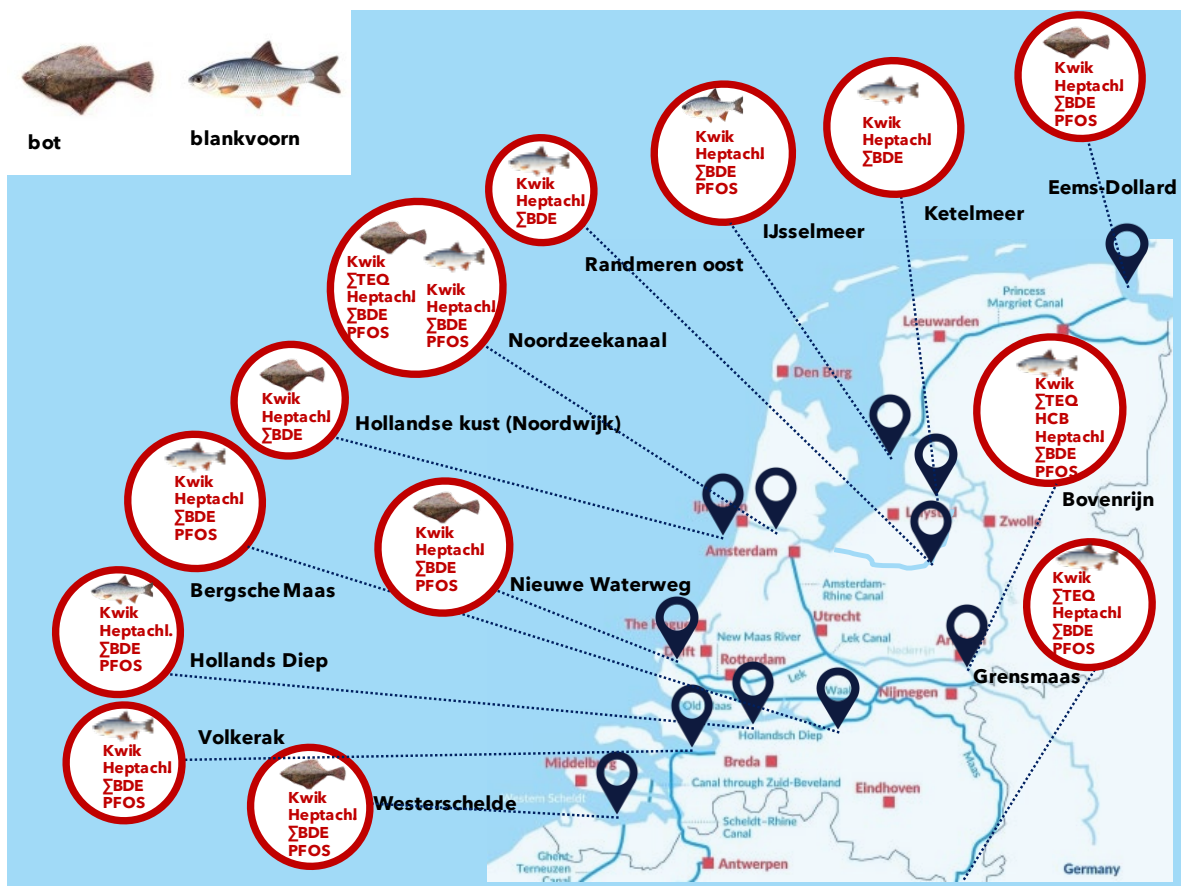
Een andere stijgende trend is vastgesteld voor het cadmium in bot uit de Eems-Dollard. Bekend is dat cadmium tot de stoffen behoort waarbij biomagnificatie optreedt, OSPAR geeft echter geen drempelwaarde voor secundaire vergiftiging. Hoewel veel PCB's een dalende trend laten zien, overschrijdt de laatste meting van veel PCB's de OSPAR-milieunorm EAC. PBDE154 laat een stijgende trend zien voor het Friese Front (schol). Het is bekend dat deze verbinding zich in het weefsel van zeezoogdieren, zoals bruinvissen, ophoopt en schadelijke gevolgen voor hun gezondheid kan hebben. Of de recente metingen uit 2020 en 2021 de in 2019 berekende trends significant veranderen, zal de komende twee jaar door ICES worden geëvalueerd.



Figuur 2 Resultaten van de trendanalyse voor OSPAR, uitgevoerd door ICES (DOME-database). Trend tot en met 2019: ↑ rood stijgend, ↓ groen dalend.

KRW

De soorten contaminanten die de normen overschrijden komen in alle waterlichamen/locaties redelijk overeen, er is ook geen verschil tussen hele blankvoorn en hele bot, zie Figuur 3. De gehalten van een aantal prioritaire stoffen, de "historische contaminanten" heptachloor, kwik en BDE's, overschrijden op alle monitoringlocaties de KRW-normen EQS_{biota}. Voor kwik werd bij de laatste meting in 2018 in de Bergsche Maas een concentratie net onder de KRW-norm gevonden. In de afgelopen drie jaar is de concentratie echter meer dan verdubbeld en in 2021 overschrijdt deze ruimschoots de KRW-norm. De KRW-norm voor de som van PBDE's wordt in alle waterlichamen/locaties ruimschoots overschreden. PBDE47 is verantwoordelijk voor meer dan 50% van de som van PBDE's. De hoogste niveaus van heptachloor en epoxide worden gevonden in het Noordzeekanaal, Westerschelde en Bovenrijn. De hoogste gehalten aan PFOS zijn gevonden in de Westerschelde en het Noordzeekanaal, gevolgd door de Bovenrijn. De hoogste som-TEQ gehalten worden gevonden in bot uit het Noordzeekanaal, gevolgd door blankvoorn uit de Bovenrijn en bot uit de Nieuwe Waterweg. In de bot uit het Noordzeekanaal wordt de grootste bijdrage van dioxines aan de som-TEQ gemeten, dit is het gevolg van bekende dioxine-hotspots in het kanaal. Van de onderzochte waterlichamen/locaties is alleen in de Bovenrijn de KRW-norm voor hexachloorbenzeen (HCB) nipt overschreden. Er zijn geen overschrijdingen van de KRW-normen vastgesteld voor dicofol, HCBd en HBCDD in de periode 2018-2021.



Figuur 3 Resultaat van de toetsing aan de KRW-normen van de concentraties van chemische stoffen in bot en blankvoorn zoals voor het laatst gemeten in de monitoring in de periode 2017-2021. Weergegeven zijn de stoffen die de EQS_{biota} overschrijden.

Figuur 4 toont de resultaten van het onderzoek naar de gehalten van PAK's in blauwe mosselen in de Nederlandse kustwateren via twee verschillende monitoringmethoden. Actieve monitoring (ABM), waarbij mosselen worden verzameld op een referentielocatie en vervolgens gedurende 6 weken op specifieke waterlichamen/locaties aan de omgeving worden blootgesteld, resulteerde in concentraties van benzo[a]antracene die de KRW-norm net overschrijden op twee locaties, namelijk de Westerschelde en de Hollandse kust. De passieve monitoring (PBM), gebaseerd op de analyse van in het wild gevangen soorten op specifieke waterlichamen/locaties, liet lagere waarden zien, net onder de KRW-norm (2021).



Figuur 4 Resultaat van de toetsing van concentraties van chemische stoffen in de blauwe mossel en Japanse oester zoals voor het laatst gemeten in de biotamonitoring in de periode 2018-2021 (*Hollandse kust Noordwijk is uit 2017). Weergegeven zijn de PAK's die de EQS_{biota} overschrijden, in cirkels de resultaten van ABM en in de hexagon de resultaten van PBM.

In de zoete Rijkswateren (Figuur 5) zijn de PAK-gehalten hoger en overschreden gehalten aan benzo(a)antraceen- en benzo(a)pyreen het vaakst de KRW-norm, terwijl chryseen en fluoranteen het minst frequent de KRW-norm overschreden. De metingen tonen aan dat het profiel van de PAK-contaminatie (de onderlinge verhouding van concentraties tussen de PAK-congeneren) in schelpdieren in alle waterlichamen/locaties min of meer gelijk is. Dit suggereert dat in deze waterlichamen/locaties een vergelijkbaar patroon van de vervuilingsgraad van de PAK-congeneren is, waarschijnlijk afkomstig van dezelfde soort bron.



Figuur 5 Resultaat van de toetsing aan de KRW-normen van concentraties van chemische stoffen in quaggamosel zoals voor het laatst gemeten in de biotamonitoring in de periode 2017-2021. Weergegeven zijn de PAK's die de EQS_{biota} overschrijden.

Uit een analyse van OSPAR-locaties blijkt dat locaties ver uit de kust doorgaans het minst verontreinigd zijn en het vaakst voldoen aan de OSPAR-milieunormen. Dichter onder de kust en in estuaria worden de contaminantgehalten hoger en worden de normen vaker overschreden, vooral voor cadmium, PCB118 en enkele andere PCB-congeneren. De keuze van de bemonsterde soort heeft effect op de uitkomst van de toetsing, waarbij blauwe mossel meer overschrijdingen van de normen vertoont dan de Japanse oester.

De resultaten van de KRW-toetsing laten zien dat heptachloor, kwik en PBDE's op alle bemonsterde locaties de gestelde KRW-normen overschrijden en PFOS-concentraties op de meeste locaties de KRW-norm overschrijden. HCB en som-TEQ vormen slechts op zeer weinig locaties een probleem. Er zijn geen overschrijdingen van de KRW-normen vastgesteld voor dicofol, HCBD en HBCDD. De waterlichamen/locaties met de minste overschrijdingen zijn doorgaans relatief weinig beïnvloed door menselijke activiteiten.

Soort-specifieke verschillen in accumulatiepatronen kunnen optreden als gevolg van biologische factoren, zoals dieet, leeftijd en levensgeschiedenis, en hebben invloed op de resultaten van de monitoring. De resultaten van de monitoring moeten dan ook per onderzochte soort op waarde geschat worden.

Aanbevelingen

Op basis van de actuele bevindingen zijn er drie aanbevelingen geformuleerd:

- 1) **Monitoring op DDT en metabolieten-concentraties:** Gezien de overschrijding van de BAC-waarde (bij gebrek aan een EAC/MPC/FEQG-norm voor DDE in schelpdieren) raden wij aan om een screening uit te voeren van gehalten DDT(metabolieten) in weefsel van vissen, en eventueel in weefsel van dood aangetroffen zeezoogdieren en visetende vogels.

Monstermatrices en soorten-specifieke drempelwaarden voor een beoordeling worden door OSPAR gegeven.

- 2) **Monitoring 'passive samplers'**: Om na te gaan in hoeverre de opname van chemische stoffen door de samplers (kinetisch proces) vergelijkbaar is met die door schelpdieren, raden we aan om de resultaten van de metingen met 'passive samplers' op te nemen in de analyses. Mogelijk zijn 'passive samplers' een interessant alternatief voor metingen van bepaalde chemische stoffen in levende organismen of vormen ze een aanvullende meetwijze bij toekomstige monitoringinspanningen.
- 3) **Monitoring van secundaire vergiftiging en biomagnificatie** door kwik, cadmium, PCB's en PBDE's. Veel van deze verbindingen laten een stijgende trend zien of overschrijdingen van drempelwaarden in vissen – de belangrijkste voedingsbron van zeezoogdieren. Aanbevolen wordt om de effecten te monitoren die deze verbindingen hebben op de gezondheid van dergelijke langlevende soorten.

1 Inleiding

1.1 Kader

Rijkswaterstaat (RWS) is als waterkwaliteitsbeheerder van de rijkswateren samen met het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) verantwoordelijk voor de monitoring van biota (schelpdieren, weekdieren en vis) in de Nederlandse rijkswateren. Wageningen Marine Research (WMR, onderdeel van Wageningen University & Research, WUR; voorheen IMARES en RIVO) heeft samen met RWS een overzichtelijk programmaplan opgesteld voor de periode 2018-2023 waarin alle onderdelen van de door RWS WVL gevraagde biotamonitoring zijn opgenomen (van de Wolfshaar et al., 2018).

Dit rapport beschrijft de meetresultaten en toetsing aan de normen van de Conventie van Oslo en Parijs (OSPAR), de kaderrichtlijn marien (KRM) of de kaderrichtlijn water (KRW) tot en met het monitoringsjaar 2021. Ook de trends van biologische parameters en gehalten toxische stoffen (tot en met het monitoringsjaar 2019) in vis en schelpdieren in de zoute en zoete rijkswateren worden beschreven. Deze metingen zijn uitgevoerd in het kader van de deelprogramma's uit Tabel 1.

Tabel 1 Overzicht van de deelprogramma's van de Biotamonitoring.

Deelprogramma	Omschrijving	Periode
Zoute rijkswateren		
Bot	Visziekten en chemische stoffen in bot	Vanaf 1991
Schol	Chemische stoffen in schol buiten de 12-mijlszone	Vanaf 2014
PBM Schelpdieren zout	Chemische stoffen in mariene schelpdieren	Vanaf 1992
ABM Schelpdier zout	Chemische stoffen in zoutwatermosselen	Vanaf 1992
Mariene slakken	Concentraties in en biologische effecten van organotinverbindingen op mariene slakken	Vanaf 2002
Zoete rijkswateren		
ABM Schelpdier zoet	Chemische stoffen in zoetwatermosselen	Vanaf 1992
Vissen voor KRW	Chemische stoffen in blankvoorn en bot	Vanaf 2017
Zoute en zoete rijkswateren		
SPS	Solid Phase Passive Sampling	Vanaf 2018

1.1.1 Kennisvraag

In 1953 is gestart met het fysisch-chemisch monitoringprogramma 'Monitoring Zoete Rijkswateren'. De Biologische Monitoring van de zoete Rijkswateren is in 1992 gestart als onderdeel van het 'Monitoring van de Waterstaatkundige Toestand des Lands' (MWTL). De deelprojecten waarin chemische stoffen in biota (schelpdieren, weekdieren en vis) werden bepaald, zijn hierin opgenomen.

OSPAR

Voor de bescherming van het mariene milieu van het noordoostelijk deel van de Atlantische Oceaan inclusief de Noordzee, is in 1992 op de Conventie van Oslo en Parijs (OSPAR) een verdrag gesloten. Verdragspartijen zijn 15 landen, waaronder Nederland, die afwateren op dit deel van de Atlantische Oceaan, en de Europese Unie. Het verdrag is in Nederland in 1998 in werking getreden. Een onderdeel van de afspraken is deelname aan het 'OSPAR Coordinated Environmental Monitoring Programme' (CEMP), dat onderdeel uitmaakt van het 'Joint Assessment and Monitoring Programme' (JAMP). Doel van het CEMP is het verkrijgen van vergelijkbare gegevens over het OSPAR-verdragsgebied voor het

OSPAR JAMP. OSPAR heeft voor biota (vissen, schelpdieren en slakken) *Ecotoxicological Assessment Criteria* (EACs) vastgesteld (OSPAR, 2009).

KRW

De Europese kaderrichtlijn water (KRW) stelt normen (EQS_{biota}) voor een aantal chemische stoffen in biota (EU, 2013; EC, 2014), omdat gehalten van deze stoffen gemeten in water of sediment, niet adequaat kunnen worden geëxtrapoleerd naar gehalten in biota. Het gaat om vissen, kreeftachtigen of mosselen.

KRM

De Europese kaderrichtlijn mariene strategie (KRM) is in 2008 aangenomen (EC, 2008). In 2010 heeft Nederland de richtlijn verankerd in de Waterwet. De KRM heeft als doel het mariene milieu te beschermen en te behouden, duurzaam gebruik van de zee te bevorderen en mariene ecosystemen in stand te houden. Om dit te bereiken schrijft de KRM voor dat de Europese lidstaten zich inspannen om in hun zeeën een goede milieutoestand te hebben. Dit wordt sinds 2014 getoetst in een monitoringprogramma, dat zoveel mogelijk de monitoringprogramma's volgt van OSPAR en de KRW. In het Commissiebesluit 2017/848/EU (EU, 2017) zijn descriptoren voor de goede milieutoestand. De lidstaten moeten de criteria gebruiken om de goede milieutoestand te beschrijven en te beoordelen in welke mate deze is bereikt. Concentraties van verschillende vervuilende stoffen in biota (vissen, schelpdieren en slakken) en frequentie van imposex bij slakken zijn de indicatoren die voor descriptor 8 worden gebruikt. Descriptor 8 van de KRM beschrijft de bescherming van biota tegen de verontreiniging van zeewater met chemische contaminanten. De descriptor houdt nauw verband met de activiteiten in het kader van de kaderrichtlijn water (KRW) [2000/60/EU], die betrekking heeft op zoetwater en kustwateren.

1.2 Inhoud rapport

Sinds 2018 worden de verschillende deelprogramma's samen gerapporteerd waarbij de nadruk ligt op een integrale analyse per stof (groep) om zo beter aan te sluiten bij de kennisbehoeften van de opdrachtgevers.

Het rapport 'Biotamonitoring in de Rijkswateren tot en met 2021' bestaat uit twee verschillende delen: deel I: Toetsing en Trends (dit rapport) en deel II: Toegepaste methoden (Kotterman & de Hart, 2022). Deel I geeft een overzicht van alle resultaten uit de biotamonitoring waarvoor een norm geldt, aangevuld met recente informatie over een selectie van vier PFAS-congeneren. Deel II geeft een uitgebreid overzicht van de gebruikte methoden voor elk deelproject vanaf het moment dat deze uitgevoerd wordt. De nieuwe chemische analyse-uitkomsten van elk deelproject en bijbehorende biologische gegevens worden elk jaar in data interchange-bestanden (DIF-bestanden) aan RWS aangeleverd. RWS gebruikt deze gegevens voor rapportage aan OSPAR, KRW en KRM.

De hoofdstukindeling van dit rapport: deel I, is gebaseerd op de stofgroepen (metalen, organische contaminanten) met de daarin verschillende gemeten stoffen. De resultaten van 2021 én de historische resultaten vanaf 1991 zijn getoetst aan de normen van OSPAR en KRW. Voor OSPAR zijn de trends opgenomen zoals in 2019 gepubliceerd door ICES. De figuren in het voorliggende rapport zijn voor elke stof per waterlichaam/locatie en per soort biota gemaakt. De gegevens die hiervoor gebruikt zijn werden aangeleverd door RWS en aangevuld met informatie uit de WMR-database LIMS. Doordat verschillende deelprogramma in de loop van de tijd inhoudelijk aanzienlijk zijn aangepast is het niet mogelijk om eenduidig in de figuren aan te geven hoe de gehalten berekend zijn (zoals aantal vissen, aantal mengmonsters). In alle gevallen wordt één waarde van een contaminant per monstersoort en locatie getoond (bij meerdere analyseresultaten wordt het gemiddelde gebruikt).

In deze rapportage zijn de resultaten gepresenteerd per waterlichaam (bijvoorbeeld Westerschelde, Eems-Dollard) of per specifiek gebied in een waterlichaam (bijvoorbeeld Bruine bank, Friese Front). Omdat de specifieke meetlocatie van de blauwe mosselen uit de Westerschelde in 2009 verschoven is van Terneuzen naar Knuitershoek, zijn in de figuren deze resultaten samengevoegd tot Westerschelde; bij de trendanalyse is alleen uitgegaan van Knuitershoek. Voor de KRW geldt dat als er in 2021 geen bemonstering heeft plaatsgevonden, de laatst gemeten waarde voor de specifieke chemische stof en soort wordt gegeven. De meetreeks voor de blauwe mossel in de Eems-Dollard kent een onderbreking van tien jaar. De grafiek tussen 2011 en 2021 bevat dus geen gegevens.

Voor detailinformatie over de programma's, waaronder bijvoorbeeld monsterkeuze en monstersamenstelling, wordt verwezen naar deel II.

Doelstellingen van deze biotamonitoring zijn:

Toestand tot 2021	periodieke toetsing van de toestand aan criteria die voortvloeien uit de toegekende functies van wateren, waaronder biotanormen in OSPAR, KRW en KRM.
Bepaling trend	het signaleren van langjarige ontwikkelingen in de biologische toestand van watersystemen*

* *alleen voor OSPAR-gegevens voor meer dan vijf jaar. Doordat de KRW vanaf 2017 is opgenomen in de monitoring waren er in 2021 nog onvoldoende data beschikbaar voor het uitvoeren van een statistische trendanalyse.*

OSPAR-normen

Monitoring van prioritaire stoffen in biota voor OSPAR vindt in Nederlandse zoute rijkswateren plaats met vis (bot en schol) en schelpdieren (blauwe mossel en Japanse oester).

In deze rapportage zijn de monitoringsresultaten getoetst op de normwaarden van OSPAR zoals gepubliceerd door ICES (<https://ocean.ices.dk/ohat/?assessmentperiod=2021>). De meeste OSPAR-normen zijn vastgesteld ter bescherming van het milieu, alleen voor metalen wordt gebruik gemaakt van normen op basis van humane gezondheid. De normen van OSPAR zijn soortspecifiek en worden per biota omgerekend op basis van standaard vetgehaltes of droge stof gehalten (https://ocean.ices.dk/OHAT/trDocuments/2021/help_ac_basis_conversion.html).

De normwaarden van OSPAR zijn:

- BAC ("*Background Assessment Concentrations*"; Het gehalte dat wordt beschouwd als achtergrondwaarde, welke van nature voorkomt en niet door menselijk handelen is verhoogd),
- EAC ("*Environmental Assessment Criteria*"; milieunorm),
- MPC ("*Maximum Permissible Concentrations in food for the protection of public health*"; voedselveiligheidsnorm) voor toetsing van metalen.
- FEQG ("*Federal Environmental Quality Guidelines*"; milieunorm ontwikkeld door *Canadian Environmental Protection Act, 1999*) voor de toetsing van BDE's.

Trendanalyses voor OSPAR

Trends over de tijd worden in deze rapportage bekeken op basis van de meest recente door ICES gepubliceerde trendanalyse van de monitoringsdata. De trendanalyses worden uitgevoerd met behulp van een zogenaamd linear mixed model van ICES (bij meer dan vijf jaar aan data). ICES voert deze trendanalyses standaard uit voor OSPAR en publiceert de resultaten in de ICES-database DOME (Database on Oceanography and Marine Ecosystems; <https://dome.ices.dk/OHAT/>). De linear mixed modellen die toegepast zijn bij deze trendanalyses worden gebruikt om de milieutoestand te beoordelen aan de hand van de beschikbare beoordelingscriteria en gegevens over veranderingen in de verontreinigingsniveaus in de afgelopen twintig jaar. De door ICES gebruikte methodiek wordt hier

in detail beschreven:

https://dome.ices.dk/OHAT/trDocuments/2021/help_methods_biota_contaminants.html. De resultaten van de trendanalyses gebruikt in deze rapportage zijn op 25 augustus 2022 gehaald uit DOME en bevatten de analyses met monitoringsgegevens vanaf de start van de monitoring tot en met 2019.

Normen voor Kaderrichtlijn Water

Monitoring van prioritaire stoffen in biota voor KRW vindt in Nederland plaats met vis (blankvoorn en bot) en schelpdieren (blauwe mossel, Japanse oester, driehoeksmossel en quaggamossel). De beoordeling van KRW-normen vindt plaats voor de zoete rijkswateren en een deel van de zoute rijkswateren (de kustwateren). De analyseresultaten worden voor toetsing aan de KRW-normen omgerekend naar een standaardvis of standaardschelpdier, hiervoor worden de organische contaminanten gestandaardiseerd op basis van vet. De metalen en PFOS worden gestandaardiseerd op basis van droge stof. De standaardvis bevat 5% vet en 26% droge stof. Het standaardschelpdier bevat 1% vet. Daarnaast geldt dat de biotanorm in vis is vastgesteld voor een vis met trofisch niveau van 4. Echter, standaardisering van de gemeten gehalten naar het juiste trofische niveau wordt tot dusver uitgesteld door afwezigheid van betrouwbare correctiefactoren voor alle stoffen. De berekende toetswaarden worden daarom direct getoetst aan de EQS_{biota} .

Normen voor Kaderrichtlijn Marien

Er vindt in Nederland geen specifieke monitoring plaats voor de KRM. In deze rapportage wordt daarom ook niet apart getoetst voor de KRM. Reden hiervoor is dat de kaderrichtlijn gebruik maakt van de bestaande regionale zeeconventies, de OSPAR en de KRW. Het doel van KRM, met betrekking tot gevaarlijke stoffen in vis (Descriptor 9), is dat vervuilende stoffen in vis en andere visserijproducten voor menselijke consumptie niet de grenzen overschrijden die door communautaire wetgeving of andere relevante normen zijn vastgesteld.

2 Metalen

De metalen cadmium (Cd), koper (Cu), kwik (Hg), lood (Pb) en zink (Zn) komen van nature in het milieu voor, en zijn afhankelijk van de geografische locatie aanwezig in verschillende gehalten in water, bodem en lucht. Humane activiteiten, zoals mijnbouw, industrie, agricultuur of verkeer, kunnen de gehalten van bepaalde metalen in het milieu plaatselijk sterk verhogen. Metalen kunnen echter ook getransporteerd worden over lange afstanden door de lucht, via de afvoer van rivieren of afvloeiing van het land. Metalen zijn volledig persistent, maar de biologische beschikbaarheid kan wel worden verlaagd door bv. binding aan sediment, of aan al dan niet opgelost organisch materiaal in het water.

Dit hoofdstuk beschrijft de vergelijking van de metaalgehalten aan de OSPAR- en KRW-normen die in verschillende monitoringprogramma's zijn geanalyseerd. Voor OSPAR worden in levers van bot en schol de metalen cadmium en lood gemeten en in de filet van deze vissen wordt kwik gemeten. In schelpdiervlees worden naast cadmium en lood, ook de metalen koper en zink gemeten. Voor de KRW wordt alleen kwik gemeten, in de hele vis.

2.2 Cadmium

De bronnen van cadmium in het Nederlandse milieu zijn tegenwoordig vooral diffuus ("overige bronnen"), gevolgd door de landbouw (meststoffen en diervoeder) en afvalwater en afvalwaterzuiveringsinstallaties (zowel huishoudelijk als industrieel). Samen ongeveer 1000 kg per jaar. De chemische industrie draagt nu nauwelijks meer bij (www.emissieregistratie.nl).

Cadmium (Cd) is een toxisch, niet-essentieel metaal, dat een gezondheidsrisico vormt voor mens en dier. De voornaamste wijze van blootstelling is door middel van ingestie, de ophoping van cadmium in de voedselketen wordt niet als significant beschouwd. De biologische halfwaardetijden zijn lang, afhankelijk van de soort jaren tot vele jaren. Chronische blootstelling aan cadmium kan een wijde reeks van gezondheidseffecten veroorzaken in gewervelden, waaronder toxiciteit voor de nieren, negatieve effecten op de reproductie en ook kan het carcinogeen en mutageen zijn. Cadmium hoopt voornamelijk op in de lever en nieren, maar wordt ook aangetroffen in andere organen en botten (Genchi e.a. 2020).

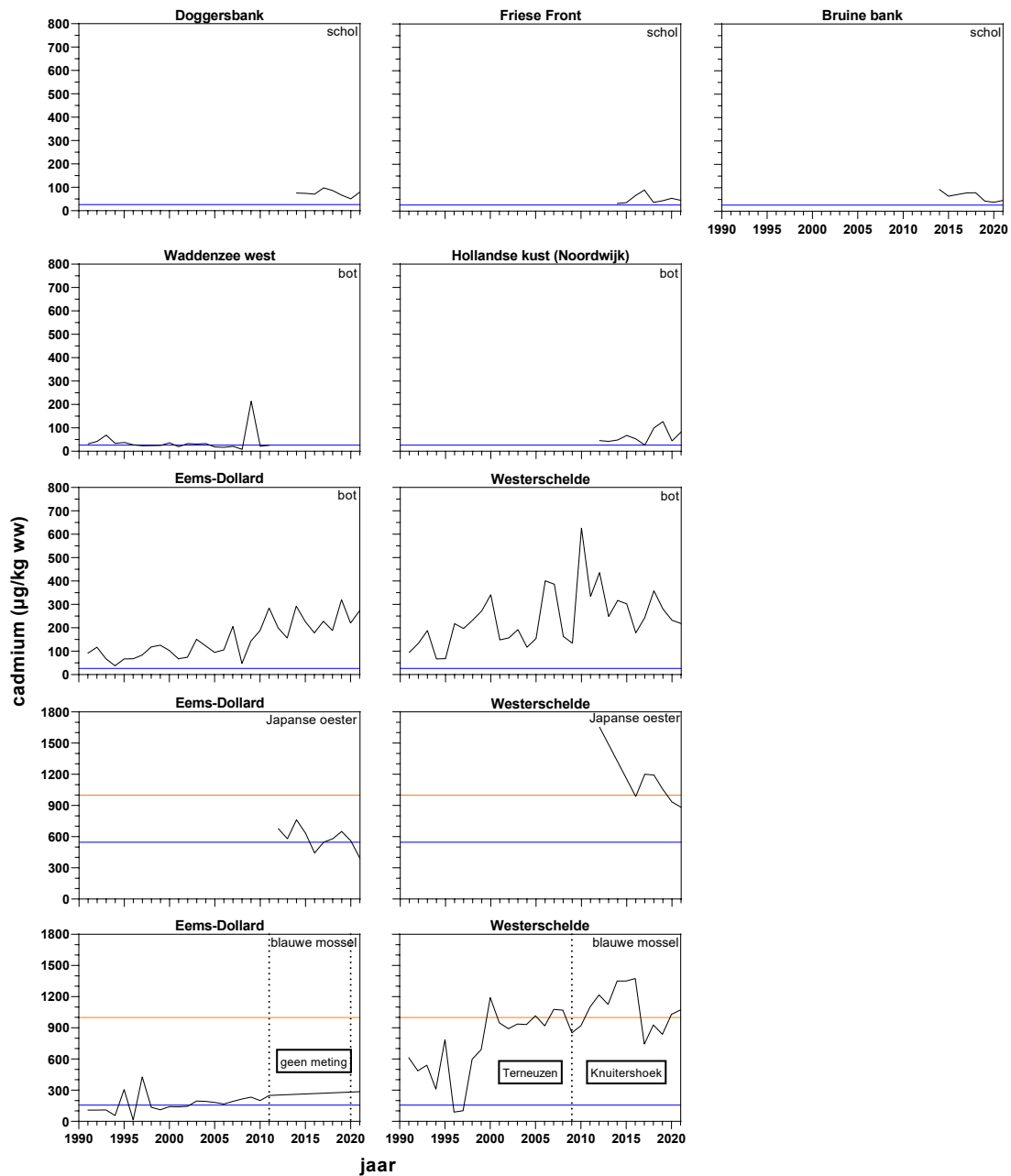
OSPAR

Figuur 1 toont de cadmiumgehalten in vislevers en schelpdiervlees ten opzichte van de norm van OSPAR voor alle gemonitorde jaren. Resultaten van de trendanalyse worden weergegeven in Tabel 2. De vergelijking van de meetwaarden van 2021 met de norm en de door ICES berekende trends (tot en met 2019) worden geografisch weergegeven in Figuur 2.

Er zijn grote verschillen in cadmiumgehalten tussen de locaties (factor acht tot tien verschil) en tussen de gemonitorde organismen van één locatie (tot factor vier verschil). Het cadmiumgehalte in biota overschrijdt de achtergrondwaarde (BAC) overal, behalve in Japanse oester uit de Eems-Dollard. In 2021 kon voor het eerst in tien jaar weer een mosselmonster worden verzameld in de Eems-Dollard, deze overschrijdt de BAC wel. Alleen de blauwe mossel uit de Westerschelde overschrijdt de voedselveiligheidsnorm voor cadmium (MPC).

In recente jaren werd er een opgaande trend van cadmium in bot uit de Eems-Dollard waargenomen, de data van 2021 zijn met deze trend in overeenstemming.

Bij de Japanse oester uit de Eems-Dollard en Westerschelde is statistisch gezien een dalende trend geconstateerd. Dit kan te wijten zijn aan de lange halfwaardetijden van cadmium in het milieu en in weefsels van organismen (enkele tientallen jaren).



Figuur 1 Gehalten van cadmium uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in vislevers (schol en bot) en in schelpdier vlees (Japanse oester en blauwe mossel) uit de passieve biologische monitoring in zoutwater voor OSPAR. Periode 1991-2021. Blauwe lijn is de BAC en de oranje lijn is de MPC.

Tabel 2 Resultaten van de trendanalyse voor cadmium, uitgevoerd door ICES (DOME-database). Trend tot en met 2019: ↑ stijgend, – geen, ↓ dalend. (n): aantal jaren waarover de trend is berekend.

Biota	Waterlichaam	Trend (n)
schol	Doggersbank	- (6)
schol	Friese front	- (6)
schol	Bruine bank	- (6)
bot	Eems-Dollard	↑ (23)
bot	Hollandse kust (Noordwijk)	- (8)
bot	Westerschelde	- (23)
Japane oester	Eems-Dollard	↓ (8)
Japane oester	Westerschelde	↓ (5)
blauwe mossel	Westerschelde	- (11)



Figuur 2 Normoverschrijding en trends voor cadmium in biota conform OSPAR. In rood omcirkeld de biota die de voedselveiligheidsnorm MPC in 2021 overschrijden. De gestippelde cirkels impliceren dat er geen normen zijn overschreden. Symbolen laten de trend zien tot en met 2019, zoals berekend door ICES.

2.3 Koper

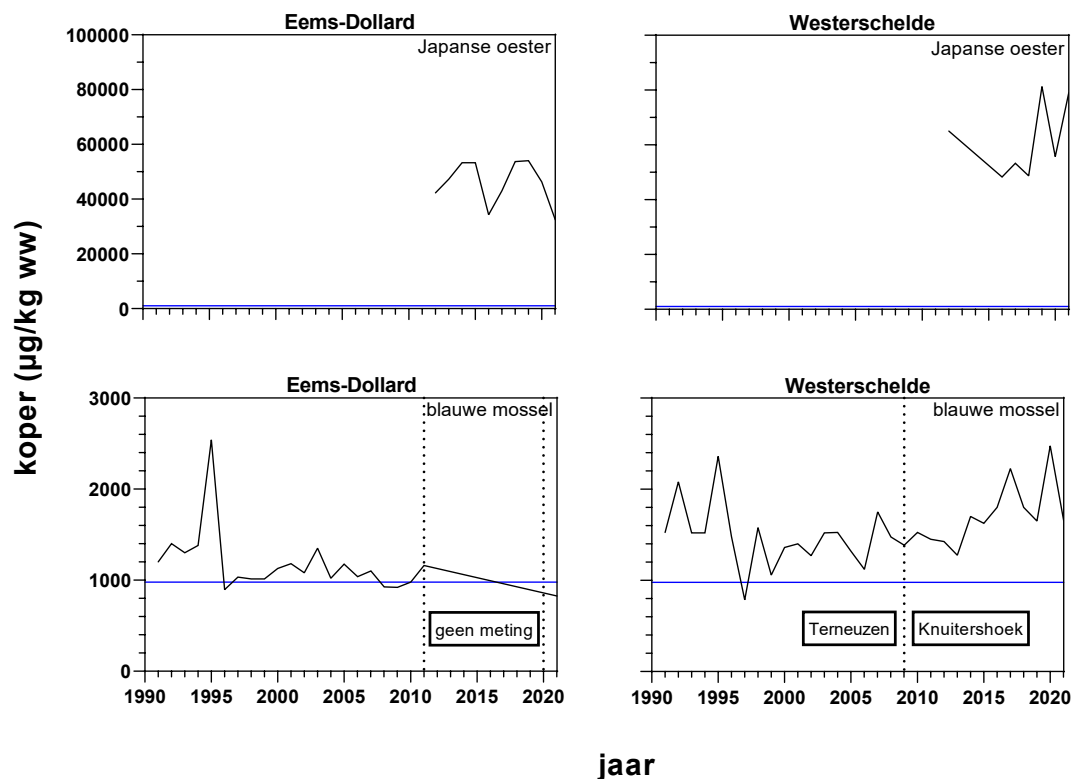
De bronnen van koper in het Nederlandse milieu zijn "verkeer en vervoer", gevolgd door "overige bronnen" en "riolering en waterzuiveringsinstallaties", samen 150.000 kg per jaar (www.emissieregistratie.nl). Koper is zowel een micronutriënt als een toxisch element. Koper is een essentieel element voor aquatische organismen, maar een lichte overmaat kan snel tot toxische effecten leiden. Het gebruik in aangroeiwerende verven is hier een duidelijk voorbeeld van (Brooks en Waldock, 2009). Zoogdieren hebben een efficiënt mechanisme om kopergehalten te reguleren, zodat zij doorgaans beschermd zijn tegen een overmaat koper in het dieet. De toxiciteit in zoogdieren omvat vele effecten zoals levercirrose, necrose van nieren en hersenen, gastro-intestinale stress en lage bloeddruk. Chronische blootstelling aan koper heeft negatieve effecten op lever en nieren (https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/copper.pdf).

OSPAR

Figuur 3 toont de kopergehalten in schelpdiervlees zien ten opzichte van de norm van OSPAR voor alle gemonitorde jaren. Resultaten van de trendanalyse worden weergegeven in Tabel 3. De vergelijking van de meetwaarden van 2021 met de norm en door ICES berekende trends (tot en met 2019) worden geografisch weergegeven in Figuur 4.

De achtergrondwaarde BAC werd de afgelopen jaren op alle locaties en in beide schelpdieren overschreden, met uitzondering van de blauwe mossel uit de Eems-Dollard in 2021. Gehalten aan koper in de Japanse oester zijn vele malen hoger dan in de blauwe mossel.

Een opgaande trend van koper is waargenomen voor de blauwe mossel uit de Westerschelde. De locatie in de Westerschelde is in 2009 verschoven van Terneuzen naar Knuitershoek. In de trendanalyse door ICES is alleen locatie Knuitershoek meegenomen. Maar zoals Figuur 5 laat zien, zijn de waarden van de beide locaties voor en na de verschuiving vergelijkbaar; pas in recente jaren zijn hogere concentraties waargenomen. De komende jaren zal duidelijk worden of het hier echt gaat om een stijgende trend of om variatie in de tijd.



Figuur 3 Gehalten van koper uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in schelpdiervlees (Japanse oester en blauwe mossel) voor OSPAR. Blauwe lijn is de achtergrondwaarde BAC.

Tabel 3 Resultaten van de trendanalyse voor koper, uitgevoerd door ICES (DOME-database). Trend tot en met 2019: ↑ stijgend, – geen, ↓ dalend. (n): aantal jaren waarover de trend is berekend.

Biota	Waterlichaam/ locaties	Trend (n)
Japanse oester	Eems-Dollard	- (8)
Japanse oester	Westerschelde	- (5)
blauwe mossel	Westerschelde	↑ (11)



Figuur 4 Toetsing aan de normen van OSPAR voor koper in biota. De gestippelde cirkels impliceren dat er geen normen zijn overschreden. De symbolen laten de trend zien tot en met 2019.

2.4 Kwik

De bronnen van kwik in het Nederlandse milieu zijn door "riolering waterzuiveringsinstallaties" met een uitstoot van 500 kg/jaar. De industrie draagt nauwelijks nog bij (www.emissieregistratie.nl).

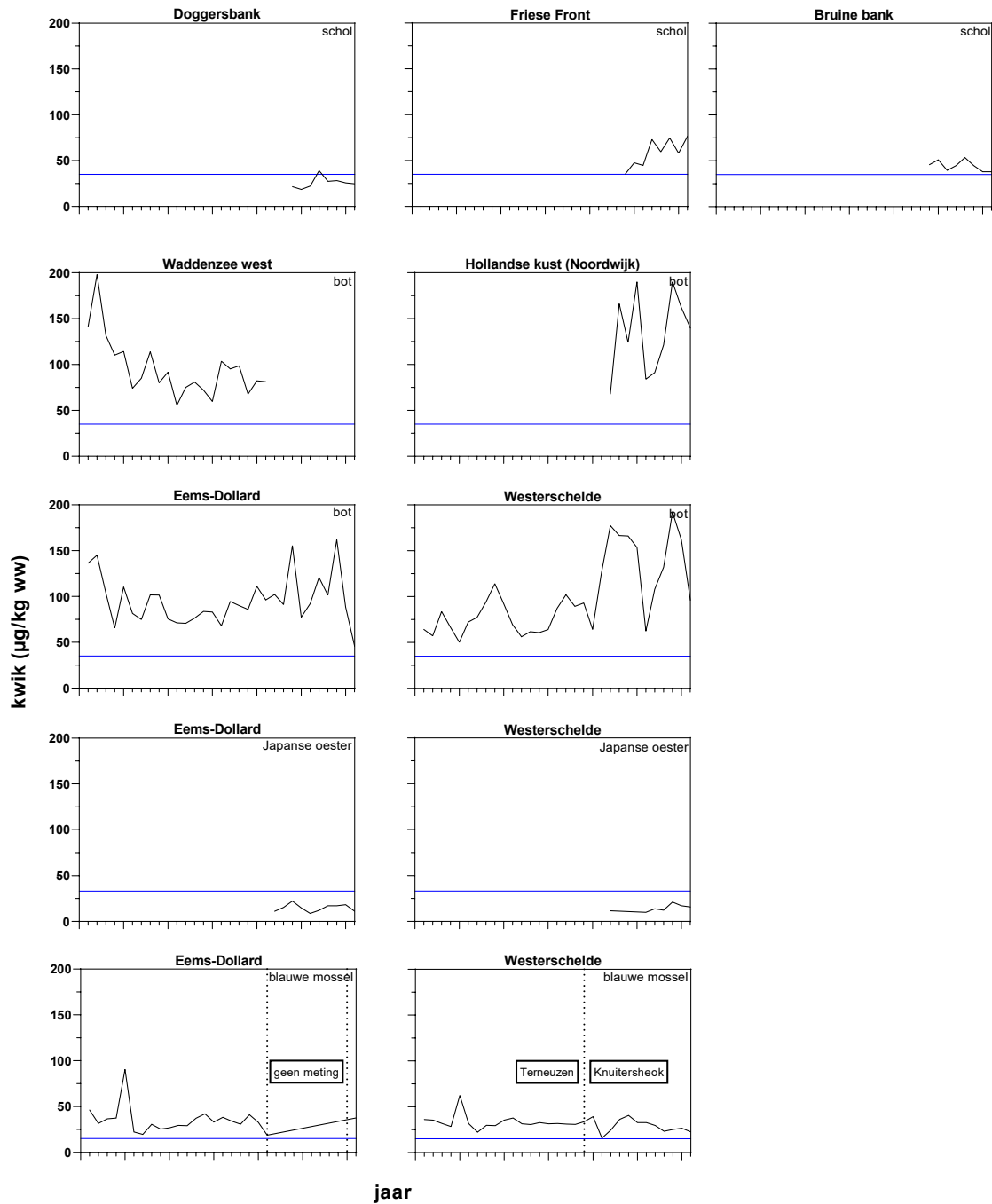
Kwik wordt door de WHO beschouwd als één van de top tien contaminanten met grote gezondheidsrisico's. Blootstelling aan kwik kan leiden tot gezondheidsklachten, en is een bedreiging voor de ontwikkeling van foetus en jonge kinderen. Zowel metallisch kwik als organisch kwik (methylkwik) kunnen toxische effecten hebben op het zenuwstelsel, spijsverteringskanaal en het immuunsysteem. (<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health>). Zowel OSPAR als KRW stellen normen voor kwik. OSPAR op basis van visfilet, KRW op basis van metingen in de hele vis.

OSPAR

Figuur 5 toont de kwikgehalten in visspier en schelpdier vlees ten opzichte van de norm van OSPAR voor alle gemonitorde jaren. Resultaten van de trendanalyse worden weergegeven in Tabel 4. De vergelijking van de meetwaarden van 2021 met de norm en de door ICES berekende trends (tot en met 2019) worden geografisch weergegeven in Figuur 6.

In bot en schol wordt de achtergrondwaarde BAC voor kwik overschreden, behalve in schol van de Doggersbank. Gehalten in blauwe mossel overschrijden de BAC, maar de gehalten in Japanse oester niet.

Tot 2017 werd alleen een opgaande trend van kwik vastgesteld voor bot uit de Eems-Dollard. Op basis van de data tot en met 2019 is ook een opgaande trend berekend voor gehalten in schol uit het Friese Front en bot uit de Eems-Dollard en Westerschelde. De recente data van Eems-Dollard ondersteunen deze trend niet.



Figuur 5 Gehalten van kwik uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in vislevers (schol en bot) en in schelpdiervlees (Japanse oester en blauwe mossel) voor OSPAR. Periode 1991-2021. Blauwe lijn is de achtergrondwaarde BAC.

Tabel 4 Resultaten van de trendanalyse voor kwik, uitgevoerd door ICES (DOME-database). Trend tot en met 2019: ↑ stijgend, – geen, ↓ dalend. (n): aantal jaren waarover de trend is berekend.

Biota	Waterlichaam/ locaties	Trend (n)
schol	Doggersbank	- (6)
schol	Friese front	↑ (6)
schol	Bruine bank	- (6)
bot	Eems-Dollard	↑ (23)
bot	Hollandse kust (Noordwijk)	- (8)
bot	Westerschelde	↑ (23)
Japane oester	Eems-Dollard	- (8)
Japane oester	Westerschelde	↓ (5)
blauwe mossel	Westerschelde	- (11)



Figuur 6 Toetsing aan de normen van OSPAR voor kwik in biota. De gestippelde cirkels impliceren dat er geen normen zijn overschreden. De symbolen laten de trend zien tot en met 2019.

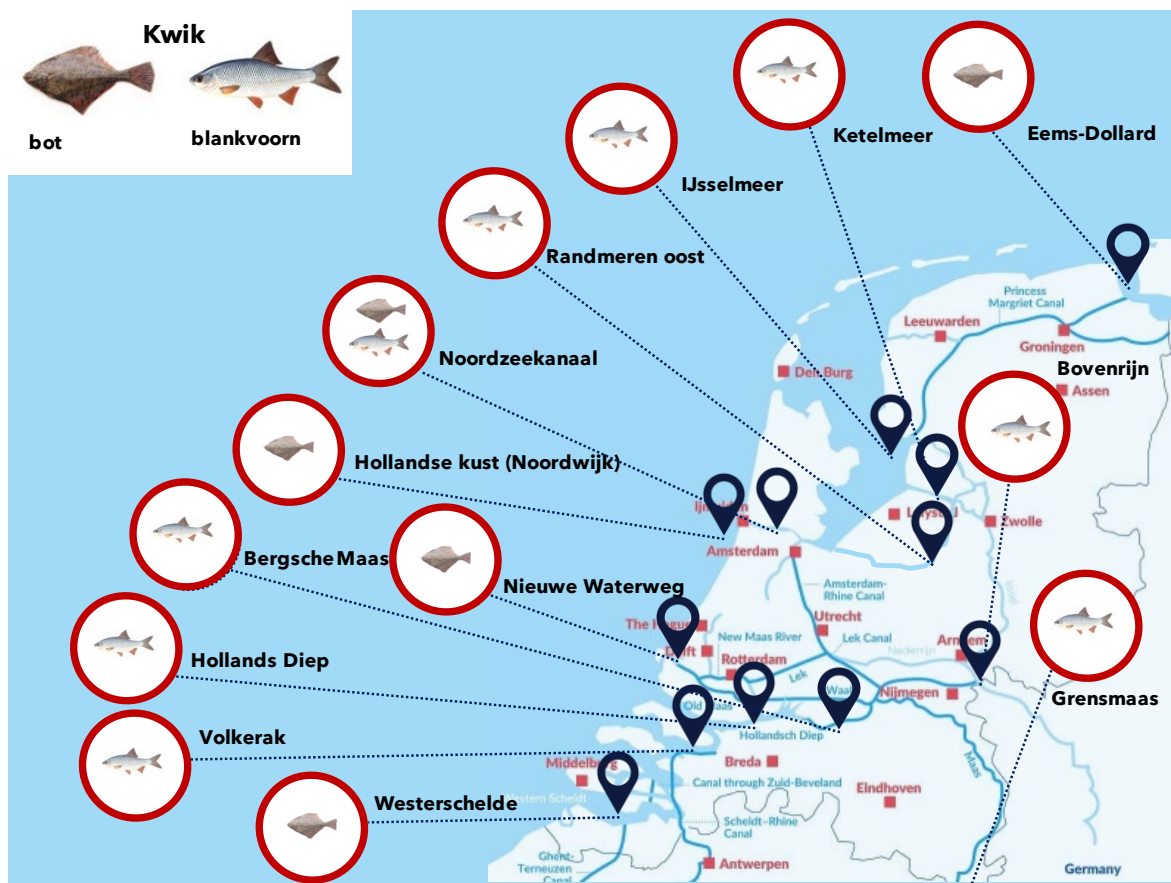
KRW

Tabel 5 laat de KRW-toetswaarden zien ten opzichte van de vigerende norm voor de KRW voor gemonitorde jaren. De toetsing van de laatste meting in de periode 2017-2021 ten opzichte van de norm wordt geografisch weergegeven in Figuur 7.

De KRW-biotanorm voor kwik wordt sinds 2017 overal overschreden in blankvoorn en in bot, met uitzondering van de gehalten in blankvoorn van de Bergsche Maas gemeten in 2018 toen de concentratie kwik (16 µg/kg) net onder de norm van 20 µg/kg natgewicht bleef. In 2012 was de concentratie in blankvoorn op dezelfde locatie meer dan verdubbeld en werd de norm ruim overschreden. De gehalten in bot zijn in 2021 juist lager dan in 2018, maar nog steeds worden in alle locaties kwik gehalten gemeten die enkele malen hoger zijn dan de kwaliteitsnormen van de Europese Commissie. Kwik staat erom bekend dat het door de voedselketen biomagnificeert en dus is het waarschijnlijk dat het impact heeft op de toppredatoren. Als de kwik-gehalten van bot en blankvoorn uit het Noordzeekanaal (2018) worden vergeleken bevat bot een hogere concentratie (120 µg/kg natgewicht) dan blankvoorn (33 µg/kg natgewicht). Dit verschil wordt waarschijnlijk veroorzaakt door zowel de vangstlocatie (bot meer westelijk in kanaal dan blankvoorn), door grootte als ook door soort-specifieke verschillen in de bioaccumulatieprocessen.

Tabel 5 Statusbeoordeling van waterlichamen op basis van KRW toetswaarden van kwik uitgedrukt op basis van standaardvis gemeten in blankvoorn en bot (µg/kg ww) voor periode 2017-2021. Blauw ≤EQS_{biota}, rood >EQS_{biota}.

Waterlichaam/ locaties	Biota	2017	2018	2019	2020	2021
Hollands Diep	Blankvoorn	44	70	34	36	35
IJsselmeer	Blankvoorn			48		
Ketelmeer	Blankvoorn	35			42	
Noordzeekanaal	Blankvoorn		33			
Randmeren Oost	Blankvoorn			35		
Bovenrijn	Blankvoorn					52
Volkerak	Blankvoorn			45		
Grensmaas	Blankvoorn				29	
Bergsche Maas	Blankvoorn		16			41
Eems-Dollard	Bot		96			55
Noordzeekanaal	Bot		120			53
Hollandse kust (Noordwijk)	Bot		77			59
Nieuwe Waterweg	Bot		151			97
Westerschelde	Bot		75			54



Figuur 7 Toetsing van kwik in biota aan de KRW-norm. Biota die de EQSbiota in periode 2017 tot en met 2021 tenminste eenmaal overschreden zijn rood omcirkeld.

2.5 Lood

De bronnen van lood in het Nederlandse milieu zijn zeer diffuus, waarbij de input van "overige bronnen" vanaf 2000 sterk is gedaald en nu vergelijkbaar is met "consumenten" en "riolering en waterzuiveringsinstallaties", samen goed voor 50.000 kg/jaar (www.emissieregistratie.nl).

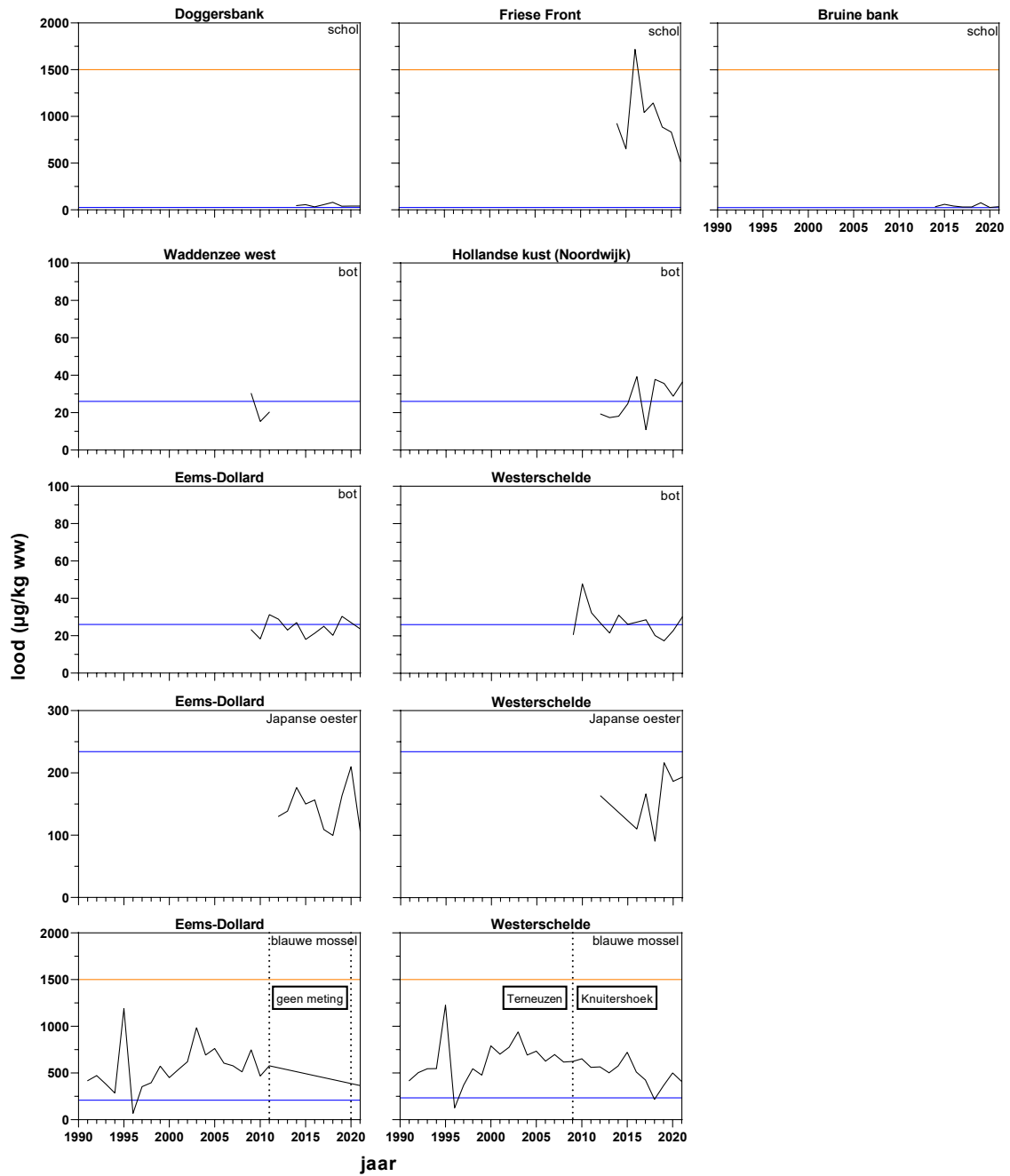
Lood kan toxische effecten hebben op meerdere lichaamsonderdelen en is vooral schadelijk voor jonge kinderen, met effecten op hersen- en zenuwstelselontwikkeling. Zeer lage loodgehalten worden al verondersteld schadelijk te zijn. Lood wordt over het lichaam verdeeld tussen hersenen, lever, nieren en botten. In botten kan het gedurende de tijd accumuleren. Dit kan vrijkomen tijdens zwangerschap en vormt daarmee een bron voor blootstelling van de foetus. (<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>).

OSPAR

Figuur 8 toont de loodgehalten in vislevers en schelpdiervlees ten opzichte van de norm van OSPAR voor alle gemonitorde jaren. Resultaten van de trendanalyse worden weergegeven in Tabel 6. De vergelijking met de meetwaarden van 2021 met de norm en door ICES berekende trends (tot en met 2019) worden geografisch weergegeven in Figuur 9.

De gehalten lood in de lever van schol zijn hoger dan de achtergrondwaarde BAC en schommelen rond de BAC in de lever van bot. In lever van schol van het Friese Front wordt elk jaar een sterk verhoogd gehalte gemeten ten opzichte van de andere locaties, in 2016 overschreed deze eenmalig de voedselveiligheidsnorm (MPC).

Alleen voor de Westerschelde (blauwe mossel) kon een statistisch significant dalende trend worden vastgesteld.



Figuur 8 Gehalten van lood uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in vislevers (schol en bot) en in schelpdiervlees (Japanse oester en blauwe mossel) uit de passieve biologische monitoring in zoutwater voor OSPAR. Periode 1991-2021. Blauwe lijn is de BAC en de oranje lijn is de MPC.

Tabel 6 Resultaten van de trendanalyse voor lood, uitgevoerd door ICES (DOME-database). Trend tot en met 2019: ↑ stijgend, – geen, ↓ dalend. (n): aantal jaren waarover de trend is berekend.

Biota	Waterlichaam/ locaties	Trend (n)
schol	Doggersbank	- (6)
schol	Friese front	- (6)
schol	Bruine bank	- (6)
bot	Eems-Dollard	- (11)
bot	Hollandse kust (Noordwijk)	- (8)
bot	Westerschelde	- (11)
Japanse oester	Eems-Dollard	- (8)
Japanse oester	Westerschelde	- (5)
blauwe mossel	Westerschelde	↓ (11)



Figuur 9 Vergelijking met de OSPAR normen van lood in biota. De gestippelde cirkels impliceren dat er geen normen zijn overschreden. De symbolen laten de trend zien tot en met 2019.

2.6 Zink

De grootste input van zink in het Nederlandse milieu is verdeeld over "verkeer en vervoer", "landbouw", "overige bronnen" en "riolering en waterzuiveringsinstallaties" (www.emissieregistratie.nl).

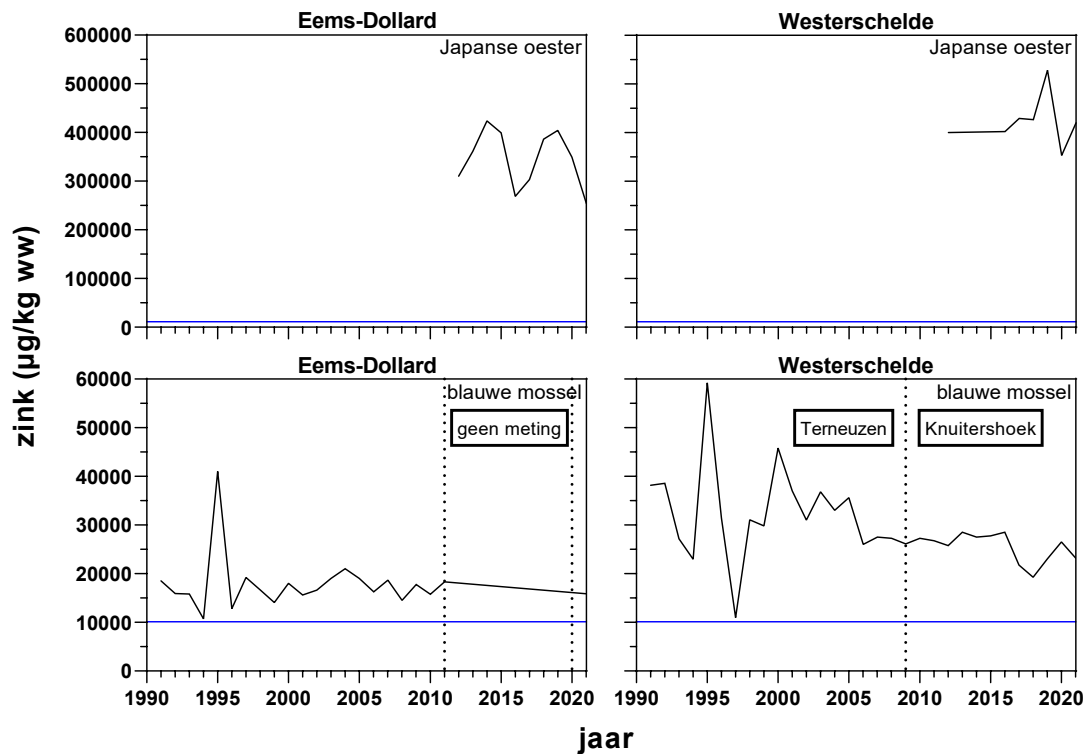
Zink is een essentieel element en vergeleken met lood, kwik en cadmium relatief onschadelijk. Alleen blootstelling aan zeer hoge doses kan een toxisch effect veroorzaken. Op basis van ratten- en muizenstudies is de LD50 voor mensen geschat op 27 g zink per dag. Daarnaast kan een chronische, hoge dosis van zink een negatief effect hebben op de opname van koper, zodat indirect het kopergebrek toxische effecten kan veroorzaken (Plum e.a. 2010).

OSPAR

Figuur 10 toont de zinkgehalten in schelpdier vlees ten opzichte van de norm van OSPAR voor alle gemonitorde jaren. Resultaten van de trendanalyse worden weergegeven in Tabel 7. De vergelijking met de meetwaarden van 2021 met de norm en door ICES berekende trends (tot en met 2019) worden geografisch weergegeven in Figuur 11.

In de blauwe mossel en vooral in de Japanse oester zijn zinkgehalten gemeten die de achtergrondwaarde BAC ruim tot zeer ruim overschrijden (tot meer dan factor veertig). Net als bij cadmium en koper zijn de zink-gehalten in de Japanse oester hoger (soms tot factor tien) dan in de blauwe mossel.

Er zijn voor zink geen statistisch significante trends vastgesteld.



Figuur 10 Gehalten van zink uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in schelpdier vlees uit de passieve biologische monitoring in zoutwater voor OSPAR. Periode 1991-2021. Blauwe lijn is de BAC.

Tabel 7 Extract uit DOME voor zink. Trend tot en met 2019: ↑ stijgend, – geen, ↓ dalend. (n): aantal jaren waarop trend is berekend.

Biota	Waterlichaam/ locaties	Trend (n)
Japanse oester	Eems-Dollard	- (8)
Japanse oester	Westerschelde	- (5)
blauwe mossel	Westerschelde	- (11)



Figuur 11 Toetsing aan de normen van OSPAR voor zink in biota. De gestippelde cirkels impliceren dat er geen normen zijn overschreden. De symbolen laten de trend zien tot en met 2019.

3 Organometalen

Organometalen, waarvan Tributyltin (TBT) de bekendste is, zijn sterke biocides die wereldwijd in het milieu aangetroffen worden. De toepassing van deze stoffen in aangroeiwerende verf op schepen nam een grote vlucht in de jaren '60. Omdat organotin langzaam uit de verf diffundeert en oplost in het (zee)water heeft het ook grote effecten op ander aquatisch leven, van ongewervelden tot gewervelden. Hoge gehalten aan TBT in sediment worden gevonden in zeehavens voor de beroeps- en recreatievaart, scheepswerven, zeewegen en jachthavens. Halverwege de jaren '80 bleek dat de slechte groei van oesters te wijten was aan TBT in de aangroeiwerende verf op kleine vaartuigen die voeren in wateren dicht bij de commerciële oesterbanken. Het gebruik is inmiddels wereldwijd aan banden gelegd, in Nederland is het vanaf 2008 verboden toe te passen op schepen.

Relatief hoge gehalten aan TBT veroorzaken misvormingen en verminderde voortplanting van de oesters. Organotin is ook in zeer lage concentraties giftig voor veel mariene organismen en veroorzaakt onder andere imposex in mollusken (mariene slakken). Imposex betekent dat vrouwelijke slakken mannelijke kenmerken krijgen, waardoor zij zich niet meer kunnen voortplanten. De Purperslak is doordat zijn grote gevoeligheid een ideale soort om te monitoren. Deze soort komt echter niet in alle mariene Nederlandse waterlichamen voor. Bij ontbreken of onvoldoende aanwezigheid wordt voor de monitoring van imposex uitgeweken naar alternatieve, lokaal beschikbare soorten, zoals de gevlochten fuikhoren en de gewone alikruik. Voor de gewone alikruik wordt dan intersex gemeten in plaats van imposex. Intersex is, net als imposex, een vermannelijking van vrouwtjes, maar ze verschillen morfologisch van elkaar. Intersex komt tot uiting in misvormingen van de vrouwelijke voortplantingsorganen of in een volledige omzetting van de vrouwelijke voortplantingsorganen in mannelijke organen.

Dit hoofdstuk beschrijft de toetsing van gehalten en effecten van organometalen aan de OSPAR-normen die in de monitoringprogramma's PBM Schelpdieren Zout en Mariene slakken zijn geanalyseerd. Voor de toetsing van de gehalten aan de OSPAR-normen zijn organotinverbindingen gemeten in het vlees van de schelpdieren Blauwe mossel, Japanse oester en in de mariene slakken; Gevlochten fuikhoren, Purperslak en Gewone alikruik (afhankelijk van voorkomen in de waterlichamen). Het gaat hierbij om toetsing van het tributyltin-kation (TBT). Bij de beoordeling worden de gehalten vergeleken met een achtergrondwaarde (BAC) en een milieu-beoordelingscriterium (EAC).

Toetsing aan de OSPAR-normen wordt door ICES uitgevoerd voor OSPAR en overgenomen voor de KRM. Voor het vaststellen van de effecten van organometalen in mariene slakken zijn drie verschillende slakkensoorten (afhankelijk van voorkomen) onderzocht uit tien waterlichamen. De onderzochte slakkensoorten zijn de gevlochten fuikhoren, purperslak en gewone alikruik. Alleen voor de gevlochten fuikhoren en de purperslak is een norm vastgesteld: de norm voor imposex. Bij de beoordeling wordt de VDS (Vas Deferens Stage; mate van imposex) vergeleken met een achtergrondwaarde (BAC) en een milieu-beoordelingscriterium (EAC). Voor de gewone alikruik is geen norm voor intersex meer beschikbaar.

3.1 TBT

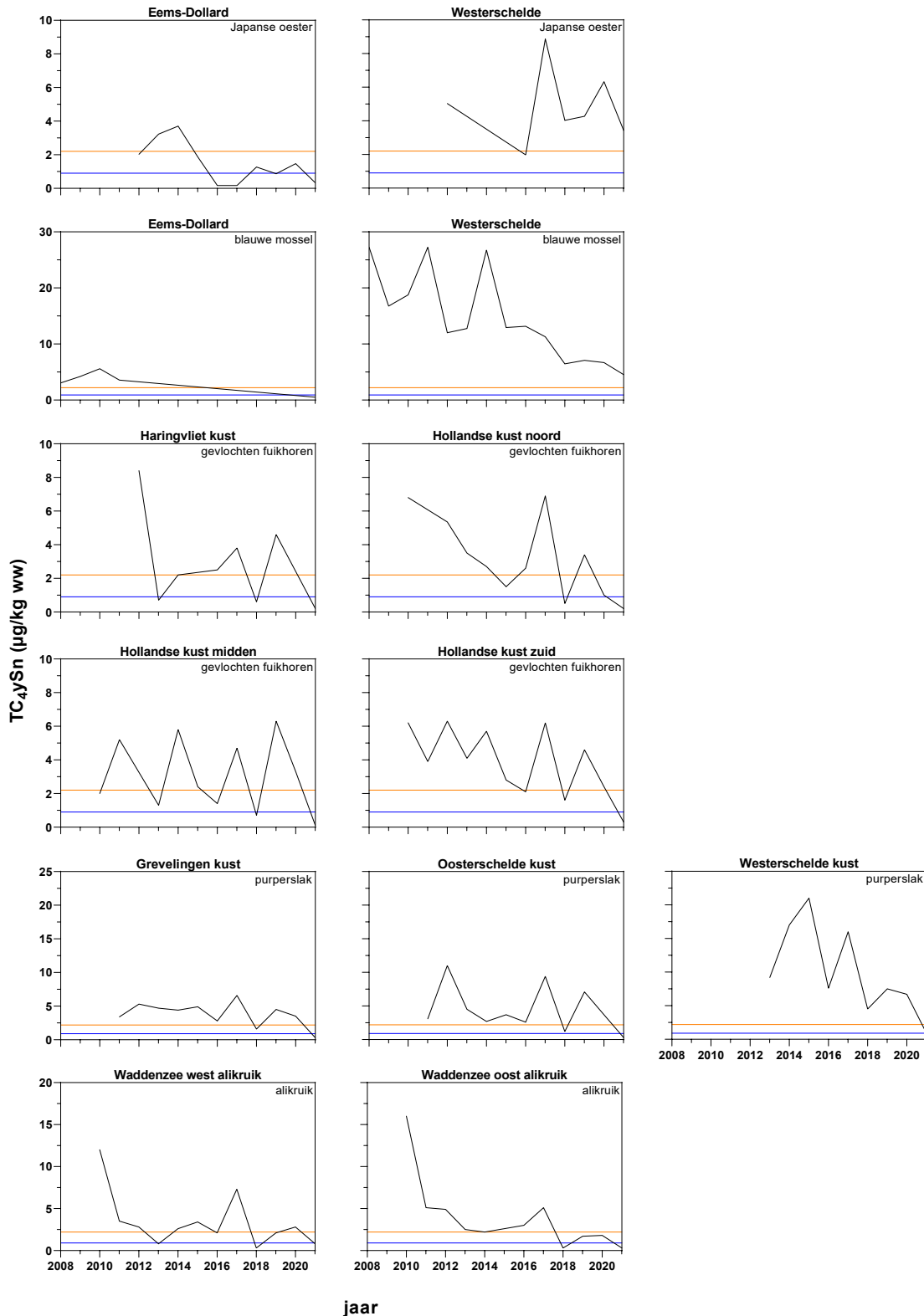
OSPAR

Figuur 12 toont de TBT-gehalten in het vlees van tweekleppige schelpdieren en zeeslakken ten opzichte van de norm van OSPAR voor alle gemonitorde jaren. Resultaten van de trendanalyse worden weergegeven in Tabel 8. De vergelijking van de meetwaarden van 2021 met de norm en de door ICES berekende trends (tot en met 2019) worden geografisch weergegeven in Figuur 13.

Normen voor TBT in de verschillende biota wordt in diverse waterlichamen overschreden. De TBT-gehalten in de biota variëren vaak sterk tussen de monitoringsjaren: het komt voor dat in het ene jaar de EAC wordt overschreden en in het volgende jaar de BAC niet wordt overschreden. In de Westerschelde wordt de EAC wel consequent overschreden voor beide tweekleppige schelpdieren (blauwe mossel en Japanse oester) en in de purperslak. Ondanks de grote variatie op de andere locaties lijkt de situatie voor de meeste waterlichamen licht te verbeteren.

Voor de blauwe mossel uit de Westerschelde is een neerwaartse trend bepaald tot en met 2019. De data van 2020 en 2021 wijzen erop dat deze trend zich doorzet.

106



Figuur 12 Gehalten van TBT (TC4YSn) uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in biota uit de passieve biologische monitoring in zoutwater voor OSPAR. Periode 2008-2021. Blauwe lijn is de BAC en de oranje lijn is de EAC.

Tabel 8 Resultaten van de trendanalyse voor TBT, uitgevoerd door ICES (DOME-database). Trend tot en met 2019: ↑ stijgend, – geen, ↓ dalend, n.b. niet bepaald. (n): aantal jaren waarover de trend is berekend.

Biota	Waterlichaam/ locaties	Trend (n)
Japanse oester	Eems-Dollard	↓ (8)
Japanse oester	Westerschelde	- ()
blauwe mossel	Westerschelde	↓ (11)
gevlochten fuikhoren	Haringvliet kust	n.b.
gevlochten fuikhoren	Hollandse kust noord	n.b.
gevlochten fuikhoren	Hollandse kust midden	n.b.
gevlochten fuikhoren	Hollandse kust zuid	n.b.
purperslak	Grevelingen kust	- (5)
purperslak	Oosterschelde kust	- (5)
purperslak	Westerschelde kust	- (5)
alikuik	Waddenzee west	- (3)
alikuik	Waddenzee oost	- (3)



Figuur 13 Normoverschrijding en trends voor TBT in biota conform OSPAR. De gestippelde cirkels impliceren dat er geen normen zijn overschreden. In rood omcirkeld de biota die de voedselveiligheidsnorm EAC in 2021 overschrijden. Symbolen laten de trend zien tot en met 2019, zoals berekend door ICES. Afwezigheid van een symbool betekent dat geen trend is bepaald.

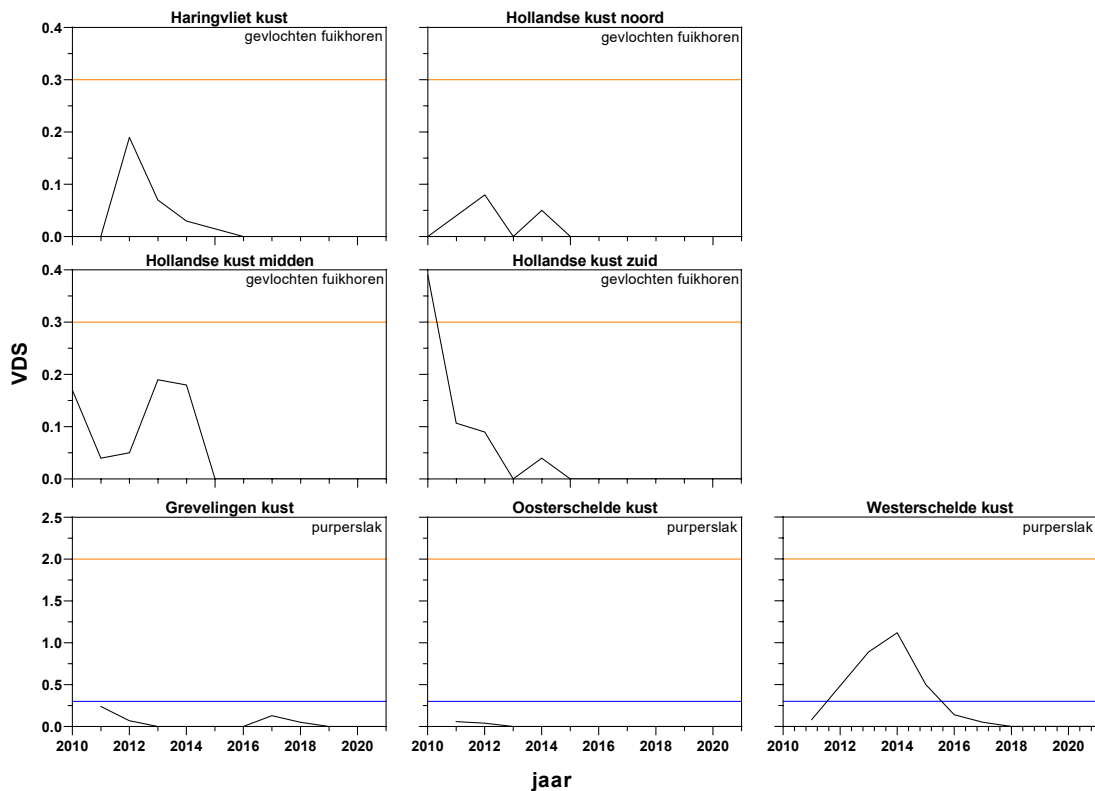
3.2 Imposex

OSPAR

Figuur 14 toont het voorkomen van imposex in zeeslakken ten opzichte van de norm van OSPAR voor alle gemonitorde jaren. Resultaten van de trendanalyse worden weergegeven in Tabel 8.

Er is de afgelopen jaren een duidelijke daling opgetreden en de laatste drie jaar is helemaal geen imposex meer vastgesteld in de gevlochten fuikhoren en de purperslak. De normen worden nergens meer overschreden.

Voor de Haringvliet en Hollandsche kust midden en zuid (gevlochten fuikhoren) kon een statistisch significante dalende trend worden vastgesteld. Hetzelfde geldt voor de Westerschelde (purperslak).



Figuur 14 *Imposex (VDS) gemeten in mariene slakken (gevlochten fuikhoren en purperslak) voor OSPAR. Periode 2010-2021. Blauwe lijn is de BAC en de oranje lijn is de EAC.*

Tabel 9 *Extract uit DOME voor imposex (VDS). Trend tot en met 2019: ↑ stijgend, – geen, ↓ dalend. (n): aantal jaren waarover de trend is berekend.*

Biota	Waterlichaam/ locaties	Trend (n)
gevlochten fuikhoren	Haringvliet kust	↓ (7)
gevlochten fuikhoren	Hollandse kust noord	- (7)
gevlochten fuikhoren	Hollandse kust midden	↓ (7)
gevlochten fuikhoren	Hollandse kust zuid	↓ (10)
purperslak	Grevelingen kust	- (9)
purperslak	Oosterschelde kust	- (9)
purperslak	Westerschelde kust	↓ (6)

4 Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's)

Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) zijn natuurlijke bestanddelen van steenkool en olie, en worden ook gevormd tijdens verbrandingsprocessen van zowel fossiele brandstoffen als hout. PAK's komen daardoor op verschillende wijze in het milieu. Deze diffuse input van PAK's in het Nederlandse milieu is verdeeld over "overige bronnen" en op afstand gevolgd door "verkeer en vervoer" en "riolering en waterzuiveringsinstallaties". Opgeteld bedraagt de som van benzo(a)pyreen, benzo(b)fluoranteen, benzo(k)fluoranteen en indeno(1,2,3-cd)pyreen 1200 kg per jaar (www.emissieregistratie.nl).

PAK's lossen slecht op in water (lipofiel), hoe groter het molecuul (-gewicht) hoe slechter de stof in water oplost. PAK's zijn biologisch afbreekbaar onder gunstige condities, maar de grote PAK's worden niet of slechts zeer langzaam afgebroken. Bioaccumulatie treedt op in schelpdieren, maar gewervelden kunnen PAK's metaboliseren en in gemetaboliseerde, beter wateroplosbare vorm uitscheiden: de PAK-metabolieten. De toxiciteit van PAK's voor gewervelden (sommige PAK's zijn carcinogeen, zoals benzo(a)pyreen) wordt mede veroorzaakt door dit metabolisatieproces waarbij reactieve intermediairen ontstaan.

Dit hoofdstuk beschrijft de toetsing van de PAK-gehalten en de PAK-metabolieten aan de OSPAR- en KRW-normen.

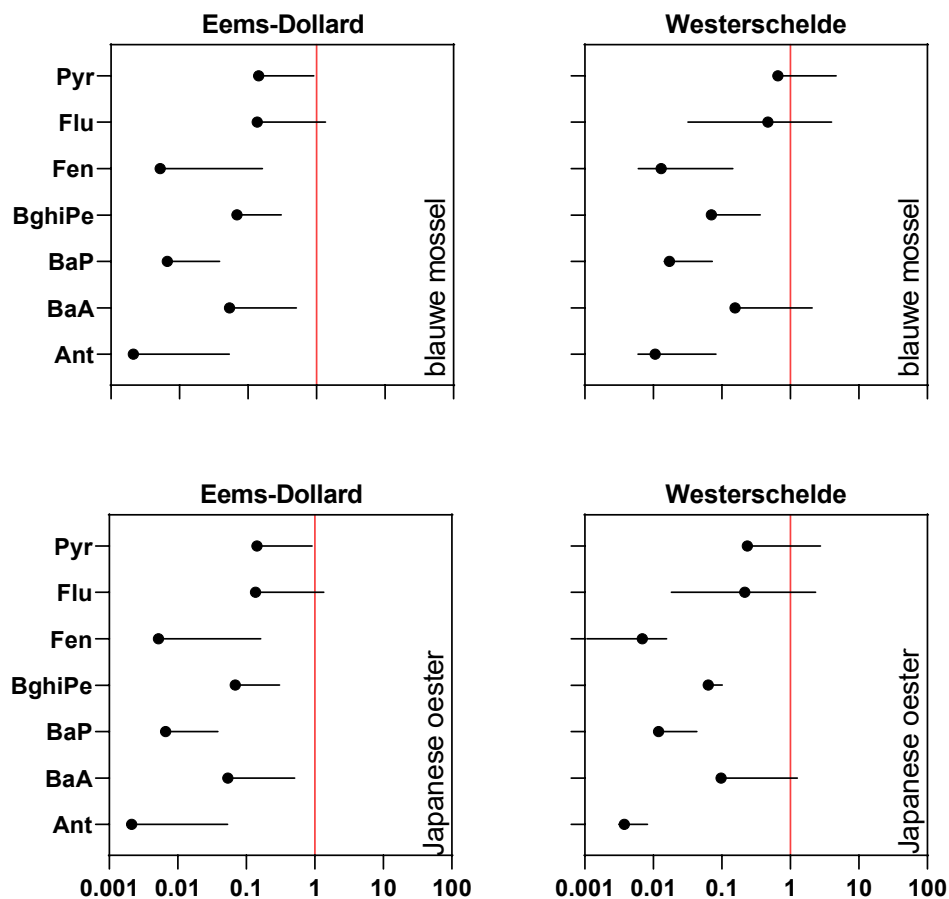
Voor OSPAR zijn PAK's en PAK-metabolieten gemeten. PAK's zijn gemeten in het vlees van de schelpdieren blauwe mossel en Japanse oester. Het gaat hierbij om antraceen (Ant), benzo(a)antraceen (BaA), benzo(a)pyreen (BaP), benzo(ghi)peryleen (BghiP), chryseen (Chr), fenantreen (Fen), fluoranteen (Flu), indeno(1,2,3-cd)pyreen (InP) en pyreen (Pyr). Omdat vissen PAK's kunnen afbreken wordt de blootstelling van bot aan PAK's onderzocht door de analyse van PAK-metabolieten in de gal van bot. Bij de OSPAR-beoordeling worden de gehalten vergeleken met een achtergrondwaarde (BAC) en een milieu-beoordelingscriterium (EAC).

Voor KRW zijn de stoffen benzo(a)antraceen (BaA), benzo(a)pyreen (BaP), chryseen (Chr) en fluorantheen (Flu) gemeten bij in het veld verzamelde schelpdieren (blauwe mossel en Japanse oester) én in uitgehangen schelpdieren (blauwe mossel en quaggamossel). Bij de beoordeling worden de gemeten gehalten in natgewicht omgerekend naar een modelschelpdier met 1% vet op basis van het gemeten vetpercentage.

OSPAR

Figuur 15 toont de meest recente meetwaarde en de range van gemeten PAK gehalten in schelpdiervlees in alle monitoringsjaren, beide relatief ten opzichte van de norm van OSPAR. Resultaten van de trendanalyse is weergegeven in Tabel 10. Grafieken van de individuele PAK's zijn opgenomen in Bijlage 3.1.

De gehalten van de PAK-congeneren voldeden in 2021 aan de EAC-normen. Het patroon van de PAK-congeneren (ten opzichte van de EAC) in de waterlichamen en in de schelpdiersoorten vertonen grote overeenkomsten. De verhoudingen tussen de concentraties van de verschillende PAK-congeneren in schelpdieren zijn in alle waterlichamen min of meer gelijk: pyreen wordt in de hoogste concentraties aangetroffen, antraceen in de laagste. De absolute gehalten variëren wel sterk per waterlichaam/locaties. De blauwe mossel uit de Westerschelde bevat de hoogste PAK-gehalten: pyreen en in mindere mate benzo(a)antraceen naderen de EAC-norm het sterkst. De PAK-gehalten lijken wel te dalen in Westerschelde; voor drie congenen is een dalende trend berekend in de blauwe mossel.



Figuur 15 Meest recente meetwaarde (stippen: 2021) en de range van gemeten waarden sinds 1991, genormaliseerd ten opzichte van de EAC (=1, rode verticale lijn) voor de PAK's in zoute rijkswateren voor OSPAR (logaritmische schaal).

Tabel 10 Resultaten van de trendanalyse voor PAK's, uitgevoerd door ICES (DOME-database). Trend tot en met 2019: ↑ stijgend, – geen, ↓ dalend. (n): aantal jaren waarover de trend is berekend.

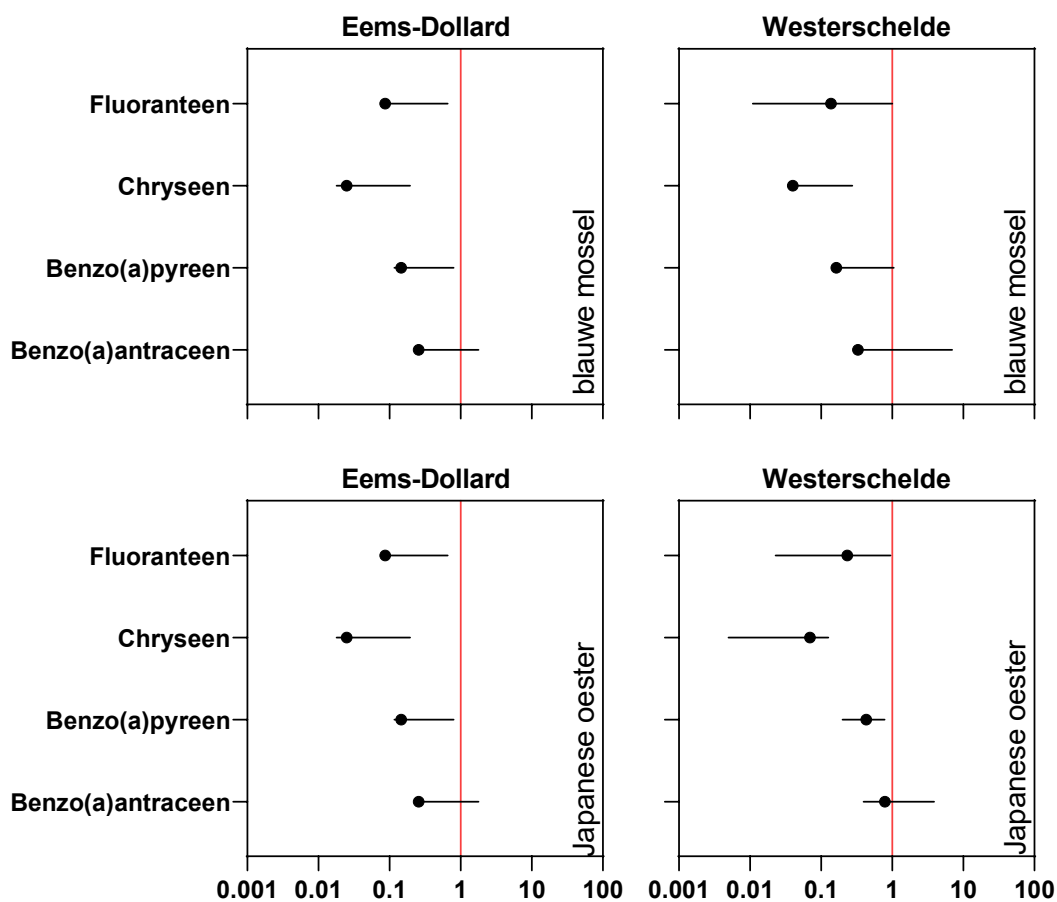
Biota	Waterlichaam/ locaties	Ant	BaA	BaP	BghiP	Chr
Japane oester	Eems-Dollard	-8	-8	-8	-8	-8
Japane oester	Westerschelde	-5	-5	-5	-5	-5
blauwe mossel	Westerschelde	-11	-11	↓(11)	↓(11)	-10
Biota	Waterlichaam/ locaties	Fen	Flu	InP	Pyr	
Japane oester	Eems-Dollard	-8	-8	-8	-8	
Japane oester	Westerschelde	-5	-5	-5	-5	
blauwe mossel	Westerschelde	-11	-11	↓(11)	-11	

KRW

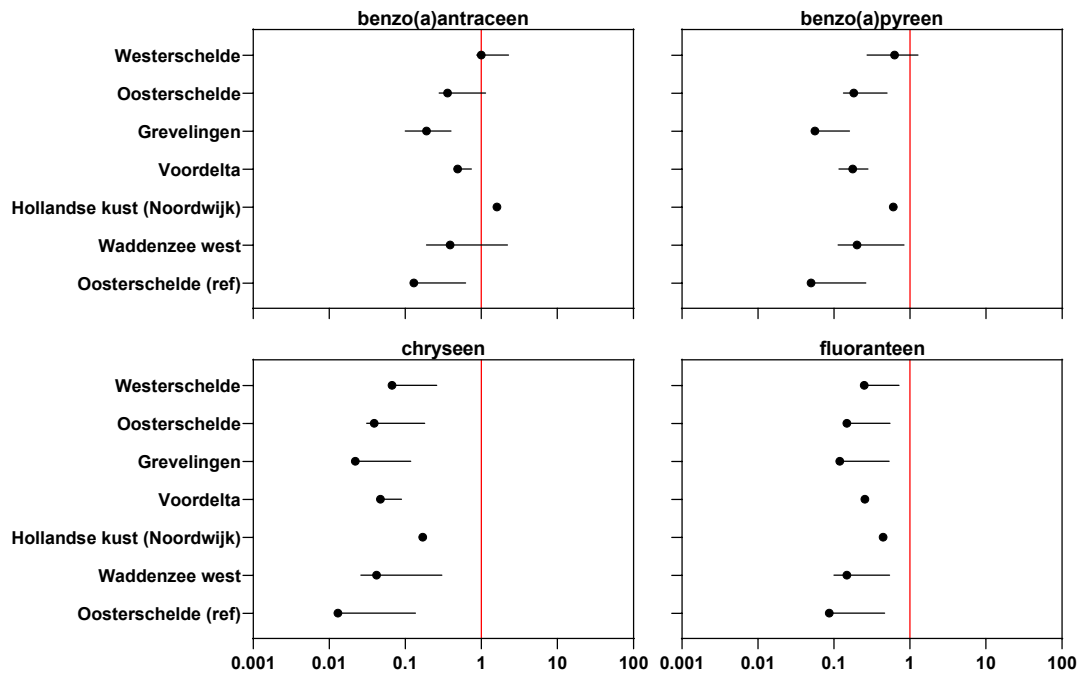
Figuur 16, Figuur 17 en Figuur 18 tonen de laatste meetwaarden en de range van gemeten PAK-gehalten in schelpdiervlees uit gemonitorde jaren, relatief ten opzichte van de vigerende norm voor de KRW. Grafieken van de individuele PAK's van de zoetwater ABM-monitoring zijn opgenomen in Bijlage 3.2.

Bij de PBM-monitoring zijn in 2021 geen overschrijdingen van de EQS_{biota} aangetroffen (Figuur 16).

De ABM-monitoring met blauwe mossel wordt één keer per drie jaar uitgevoerd, in 2020 is de laatste monitoring uitgevoerd (Figuur 17). Het gehalte benzo(a)antracene in mossel overschreed de EQS_{biota}-norm bij Hollandse kust (Noordwijk, laatste meting 2017). In mossel uit de Westerschelde werd in 2020 benzo(a)antracene exact op het niveau van de EQS_{biota}-norm aangetoond. De verhoudingen tussen de concentraties van de verschillende PAK-congeneren in schelpdieren zijn min of meer gelijk in alle waterlichamen, wat resulteert in een vergelijkbaar patroon van de vervuilingsgraad van de PAK-congeneren (ten opzichte van de EQS_{biota}) in de waterlichamen. Vanwege het verlies van de uitgezette mosselen op locatie Hollandse kust (Noordwijk) zijn er geen PAK-data voor deze locatie in 2020.

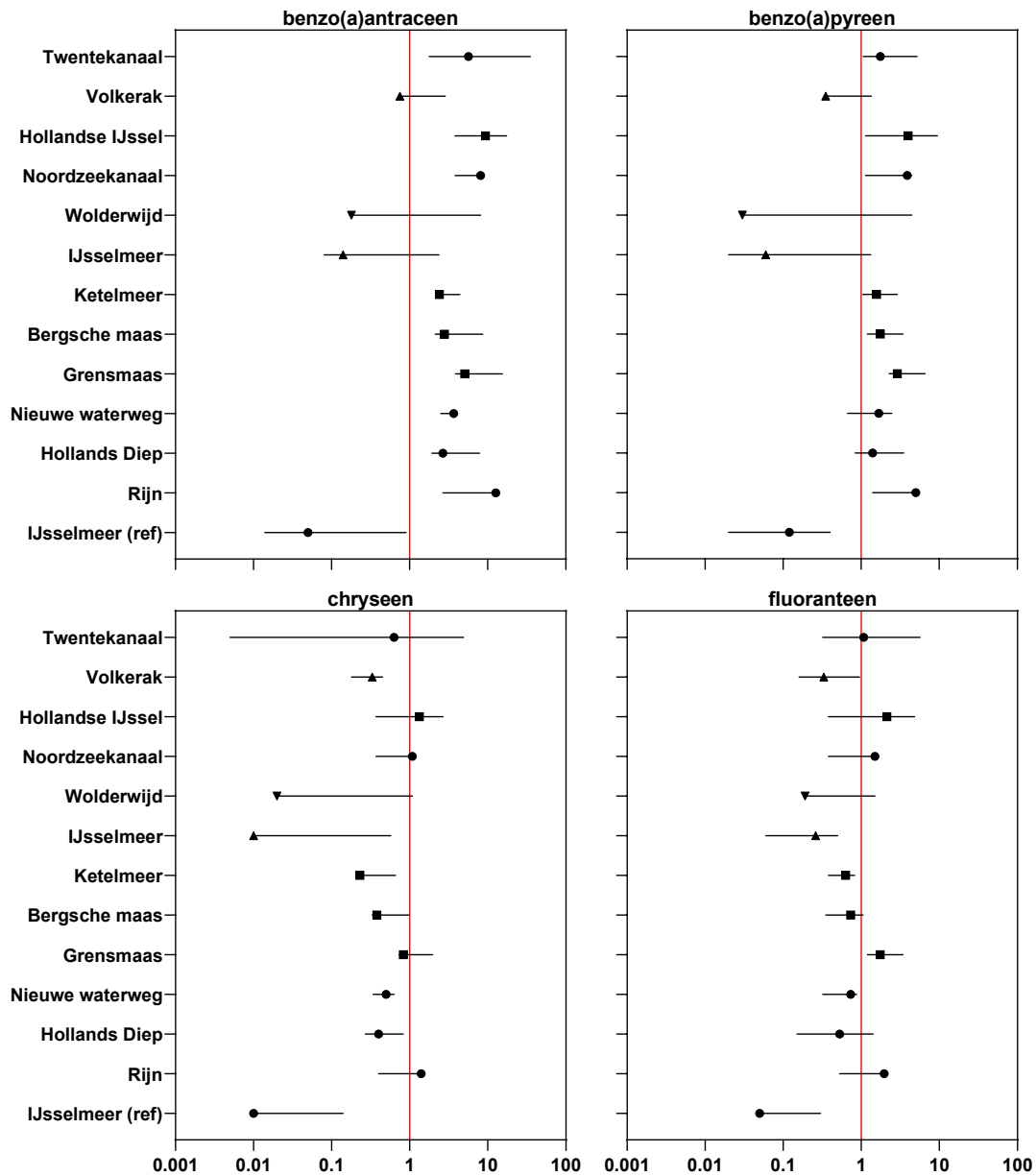


Figuur 16 Meest recente meetwaarde (stippen; 2021) en de range van gemeten waarden sinds 1991, genormaliseerd ten opzichte van de EQS_{biota} (=1, rode verticale lijn) voor de PAK's in zoute rijkswateren voor KRW (PBM) (logaritmische schaal).



Figuur 17 Meest recente meetwaarde (stippen; jaar 2020, alleen Hollandse kust (Noordwijk) 2017) en de range van gemeten waarden sinds 1992, genormaliseerd ten opzichte van de EQS_{biota} (=1, rode verticale lijn) voor de PAK's gemeten in blauwe mossel (ABM).

Net als in de zoute wateren zijn in de zoete rijkswateren de verhoudingen tussen de concentraties van de verschillende PAK-congeneren in schelpdieren in alle waterlichamen/locaties min of meer gelijk. Het patroon van de vervuilingsgraad van de PAK-congeneren (ten opzichte van de EQS_{biota}) in de waterlichamen vertoont grote overeenkomsten (Figuur 18). Gehalten aan benzo(a)antracene- en benzo(a)pyreen overschrijden de norm het meest frequent, chryseen en fluoranteen het minst frequent. Wolderwijd, IJsselmeer en de referentielocatie (IJsselmeer) vertonen de laagste concentraties voor alle PAK's en voldoen aan de EQS_{biota}-normen. De gehalten chryseen en fluoranteen zijn verhoogd op specifieke locaties zoals Twentekanaal, Hollandse IJssel en Grensmaas. De quaggamosselen uitgehangen in het Twentekanaal in 2021 waren het meest gecontamineerd.



Figuur 18 Laatste toetswaarde (stippen: 2021, vierkant: 2020, driehoek naar boven: 2019, driehoek naar beneden: 2018) en de range van gemeten waarden sinds 1992 ten opzichte van de EQSbiota (=1, rode verticale lijn) voor de PAK's gemeten in zoetwater mosselen (ABM).

5 Polychloorbifenylen (PCB's) en som-TEQ

Polychloorbifenylen (PCB's) en dioxines zijn toxische stoffen, persistent in het milieu en hopen op in de voedselketen. Dioxines worden als ongewenst bijproduct gevormd in verschillende productieprocessen en verbrandingsprocessen. PCB's werden, als inerte, thermostabiele olie, wijdverbreid ingezet in industriële toepassingen, en zijn sinds WO II in grote hoeveelheden geproduceerd. De geschatte totale wereldproductie bedraagt inmiddels 1.2-1.5 miljoen ton. De productie en het gebruik is in de meeste landen verboden sinds de jaren tachtig van de vorige eeuw. De concentraties in het milieu dalen sindsdien langzaam. De input van PCB's in het Nederlandse milieu is tegenwoordig gering, minder dan 10 kg per jaar, en komt uit diverse bronnen ("Overig") (www.emissieregistratie.nl).

De persistentie in het milieu en de grote mate van bioaccumulatie in vet zorgen ervoor dat deze stoffen nog steeds een groot risico vormen voor mens en milieu.

Dioxines en verschillende specifieke PCB's hebben dezelfde toxicologische eigenschappen en worden daarom vaak samen beschouwd als som-TEQ, in het kader van humane veiligheid en milieurisico's. Langdurige blootstelling aan deze chemicaliën kan nadelige effecten geven op het zenuwstelsel, het immuun- en het endocrien-systeem, als ook een negatief effect op de reproductie. Deze stoffen kunnen ook kanker veroorzaken. Andere PCB's hebben een andere toxicologische werking; zij hebben bij hogere concentraties een negatief effect op de gezondheid.

Dit hoofdstuk beschrijft de toetsing van de gehalten van polychloorbifenylen (PCB's) en som-TEQ (gecombineerde toxiciteit van dioxines, furanen en dioxineachtige PCB's) die in verschillende monitoringprogramma's zijn geanalyseerd aan respectievelijk de OSPAR- en KRW-normen. De som-TEQ-waarde wordt gevormd door dioxines, furanen en dioxine-achtige PCB's. Deze PCB's kunnen vergelijkbaar toxische effecten veroorzaken als dioxines, maar het milieuchemisch gedrag verschilt. PCB's hopen erg goed op in (het vet van) organismen, en worden ook goed in de voedselketen doorgegeven. Al hopen dioxines en furanen ook goed op in het vet van organismen, deze stoffen worden minder goed dan PCB's 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 de wolhandkrab wordt 40 tot 50% van de som-TEQ veroorzaakt door dioxines en furanen, in aal is de bijdrage van dioxines en furanen aan som-TEQ aanzienlijk lager, tot minder dan 10%.

In het kader van OSPAR worden PCB's gemeten in levers van bot en schol en in schelpdiervlees van blauwe mossel en Japanse oester. Het gaat hierbij om: PCB28, PCB52, PCB101, PCB105, PCB118, PCB138, PCB153, PCB156 en PCB180. Het zijn de PCB's die in de hoogste concentraties worden gemeten. Met uitzondering van PCB118 zijn dit geen dioxineachtige PCB's. Bij de beoordeling zijn de gehalten vergeleken met een achtergrondwaarde (BAC) en een milieu-beoordelingscriterium (EAC) conform OSPAR.

Voor de toetsing aan KRW-normen zijn de dioxineachtige PCB's, dioxines en furanen gemeten in de hele vis van blankvoorn en bot. Bij de beoordeling zijn de gemeten gehalten in natgewicht eerst omgerekend naar een som-TEQ in natgewicht, en vervolgens naar een modelvis met 5% vet op basis van gemeten vetpercentage.

5.1 PCB's

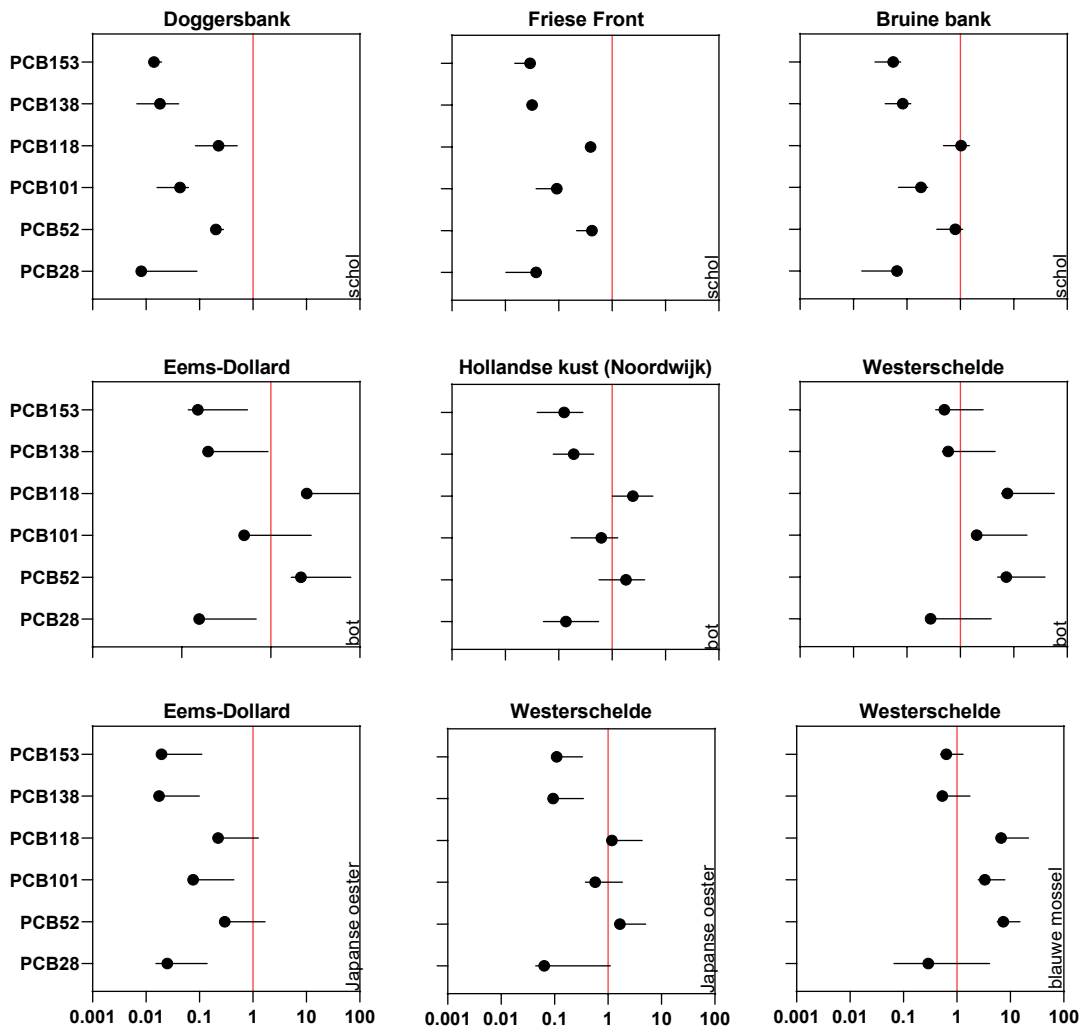
OSPAR

Figuur 19 toont de meest recente meetwaarde en de range van in de gehele periode gemeten gehalten aan PCB's in vislevers en schelpdier vlees relatief ten opzichte van de norm van OSPAR. Resultaten van de trendanalyse wordt weergegeven in Tabel 11. Grafieken van de individuele PCB's zijn opgenomen in Bijlage 4.1.

Geen van de PCB-congeneren in schol overschreden in 2021 de EAC-normen. In bot zijn de PCB-gehalten hoger dan in schol, de EAC voor PCB118 wordt overschreden op alle drie de locaties. In de Westerschelde zijn de gehalten het hoogst. De gehalten PCB's in de blauwe mossel uit de Westerschelde zijn hoger dan die in de Japanse oester. In de Japanse oester overschrijdt alleen PCB118 de EAC, in de blauwe mossel overschrijden ook PCB138, PCB101 en PCB52 deze norm. Nergens zijn stijgende trends voor de PCB's gemeten; de meeste dalingen zijn gemeten in bot.

Het is duidelijk dat het patroon van de vervuilingsgraad van de PCB-congeneren (ten opzichte van de EAC) in de vissen en de schelpdiersoorten op alle locaties grote overeenkomsten vertoont. Daarbij overschrijdt van de PCB-congeneren PCB118, een dioxineachtige PCB die bijdraagt aan de som-TEQ, als eerste én het meest de EAC-norm.

LOBJ



Figuur 19 Laatste meetwaarde (stip: 2021) en de range van gemeten waarden sinds 1991 ten opzichte van de EAC (=1, rode verticale lijn) voor de PCB's uit de passieve biotamonitoring zoute rijkswateren (logaritmische schaal).

Tabel 11 Resultaten van de trendanalyse voor PCB's, uitgevoerd door ICES (DOME-database). Trend tot en met 2019: ↑ stijgend, – geen, ↓ dalend, n.b. niet bepaald. (n): aantal jaren waarover de trend is berekend.

Biota	Waterlichaam/ locaties	PCB 28	PCB 52	PCB 101	PCB 105	PCB 118	PCB 138	PCB 153	PCB 156	PCB 180
schol	Doggersbank	- (4)	- (4)	- (5)	- (4)	- (5)	- (5)	- (5)	- (2)	- (5)
schol	Friese Front	- (2)	- (4)	- (5)	- (4)	- (5)	- (5)	- (5)	- (2)	- (5)
schol	Bruine bank	- (5)	- (5)	- (5)	- (5)	↓ (5)	↓ (5)	- (5)	- (5)	- (5)
bot	Eems-Dollard	- (22)	- (22)	↓ (22)	↓ (22)	↓ (22)	↓ (20)	↓ (22)	- (22)	↓ (22)
bot	Hollandse kust (Noordwijk)	- (7)	- (7)	- (7)	- (6)	- (7)	- (7)	- (7)	- (7)	- (7)
bot	Westerschelde	- (22)	↓ (22)	↓ (22)	↓ (22)	↓ (22)	↓ (20)	↓ (22)	↓ (22)	↓ (22)
Japanse oester	Eems-Dollard	- (7)	- (7)	- (7)	- (7)	- (7)	- (7)	- (7)	- (6)	- (7)
Japanse oester	Westerschelde	- (4)	- (4)	- (4)	- (4)	- (4)	- (4)	- (4)	- (3)	- (4)
blauwe mossel	Westerschelde	- (10)	- (10)	- (10)	- (10)	- (10)	↓ (10)	- (10)	- (10)	- (10)

5.2 Som-TEQ

KRW

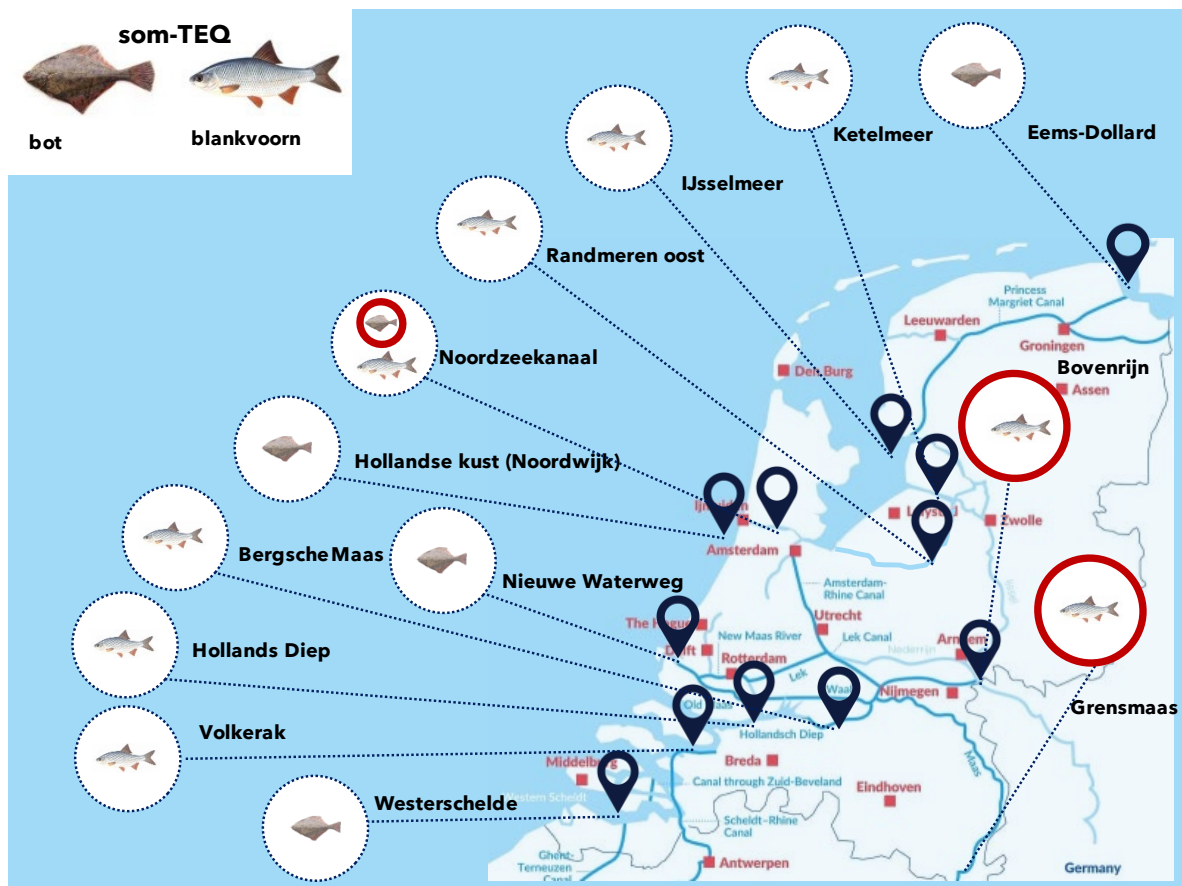
In Tabel 12 is de status (toetsresultaat) van de verschillende waterlichamen en de onderliggende toetswaarden weergegeven van som-TEQ ten opzichte van de norm voor de KRW voor de gemonitorde jaren. De vergelijking met de norm voor periode 20187-2021 wordt geografisch weergegeven in Figuur 20.

De bot uit de Noordzeekanaal bevat het hoogste gehalte som-TEQ, gevolgd door blankvoorn uit Bovenrijn en bot uit de Nieuwe Waterweg. Op al deze locaties overschrijden de gehalten in 2021 de maximum norm van 6.5 ng/kg natgewicht. Op IJsselmeer en Randmeren na zijn de gehalten op alle locaties in alle gemeten jaren minimaal 50% van de norm of hoger. Gezien de nabijheid van de limiet moeten deze locaties als zorgwekkend worden beschouwd en blijvend worden gemonitord. De hoge som-TEQ gehalten in bot uit het Noordzeekanaal zijn te verklaren door de bekende dioxine-hotspots in het Noordzeekanaal (Postma e.a., 2013). In het Noordzeekanaal (2018) bevatte bot een hogere concentratie som-TEQ (0.026 µg/kg natgewicht) dan de blankvoorn (0.0045 µg/kg natgewicht). Dit verschil wordt waarschijnlijk veroorzaakt door een combinatie van soortspecifieke verschillen in de bioaccumulatieprocessen (als gevolg van verschillende ecologie) als ook een iets andere vangstlocatie in het Noordzeekanaal.

Tabel 12 KRW toetswaarden voor som-TEQ gemeten in blankvoorn en bot en omgerekend naar standaardvis (µg/kg ww) voor de monitoringsjaren 2017 tot en met 2021. Status is weergegeven in blauw ≤EQS_{biota} of rood >EQS_{biota}.

Waterlichaam/ locaties	Biota	2017	2018	2019	2020	2021
Hollands Diep	Blankvoorn	0.013	0.0086	0.0070	0.0098	0.0065
IJsselmeer	Blankvoorn			0.0010		
Ketelmeer	Blankvoorn	0.0063			0.0044	
Noordzeekanaal	Blankvoorn		0.0045			
Randmeren Oost	Blankvoorn			0.0005		

Waterlichaam/ locaties	Biota	2017	2018	2019	2020	2021
Bovenrijn	Blankvoorn					0.021
Volkerak	Blankvoorn			0.0040		
Grensmaas	Blankvoorn				0.0066	
Bergsche Maas	Blankvoorn		0.0029			0.0065
Eems-Dollard	Bot		0.0047			0.0040
Noordzeekanaal	Bot		0.026			0.031
Hollandse kust (Noordwijk)	Bot		0.0030			0.0033
Nieuwe Waterweg	Bot		0.014			0.010
Westerschelde	Bot		0.0043			0.0049



Figuur 20 Toetsing van som-TEQ in biota aan de KRW-norm. Biota die de EQSbiota in periode 2017 tot en met 2021 tenminste eenmaal overschreden zijn rood omcirkeld. De gestippelde cirkels impliceren dat er geen normen zijn overschreden.

6 Pesticiden

Pesticiden is een verzamelnaam voor stoffen die worden gebruikt om ziekten, plagen of onkruiden in de landbouw te bestrijden of organismen te bestrijden die hinderlijk of schadelijk zijn. Onderscheid wordt gemaakt in gewasbeschermingsmiddelen (voor in de landbouw) en biociden (de overige). In de Europese unie is de verkoop en het gebruik van de persistente organische chloorverbindingen aldrin, chlordaan, dieldrin, DDT, endrin, HCH, heptachloor, hexachloorbenzeen en een aantal kwikverbindingen, sinds 1978 verboden. Vanaf 2004 is door de Conventie van Stockholm, de productie en het gebruik van een aantal persistente organische verontreinigende stoffen (POP's), waaronder ook een aantal pesticiden, wereldwijd niet meer toegestaan.

DDT (Dichloordifenyiltrichloorethaan) is op de markt sinds 1945 als algemeen insectenbestrijdingsmiddel met neurotoxische werking. De stofgroep is persistent, lost op in vet en vertoont sterke bioaccumulatie. Het is ook de eerste stofgroep waarvan de ongewenste bijeffecten door accumulatie in de voedselketen duidelijk werden. Het is daarom al vanaf 1972 verboden in de Verenigde Staten, vlak daarna ook in Nederland en de Europese unie. Het is thans niet op de hele wereld verboden, in India wordt het nog steeds gebruikt. Ook bij noodgevallen wordt DDT nog ingezet. De geschatte wereldproductie is 1.8 miljoen ton vanaf 1940. Als gevolg van het veelvuldig gebruik van DDT in het verleden worden de afbraakproducten dichloordifenyldichloorethyleen (DDE) waaronder ook p,p'-DDE en dichloordifenyldichloorethaan (DDD) ook in Europa nog bijna overal aangetroffen. Voor p,p'-DDE is een norm ontwikkeld.

Hexachloorbenzeen (HCB) is in het verleden geproduceerd als fungicide. Ook HCB is onder de Stockholm-conventie in de ban gedaan. De stof is persistent en vertoont bioaccumulatie in de voedselketen. De stof is carcinogeen en kan o.a. neurologische afwijkingen in dieren veroorzaken. De huidige immissie in het Nederlandse milieu is zeer gering; minder dan 5 kg/jaar (www.emissieregistratie.nl).

Lindaan (hexachloorcyclohexaan, HCH) is een contactpesticide (insecticide) dat vanaf 1949 veel gebruikt is in de land- en tuinbouw, maar ook als textiel- en houtbeschermingsmiddel. Het gebruik is vanaf 2002 in de EU niet meer toegestaan. Lindaan is persistent, al is afbraak onder anaerobe omstandigheden wel aangetoond. Het is vrij goed wateroplosbaar en vertoont daarom matige bioaccumulatie. Voor Lindaan zijn normen voor de derivaten α -HCH en γ -HCH afgeleid.

Heptachloor is een moeilijk afbreekbaar, chloorhoudend insecticide met een lipofiel karakter. In insecten en zoogdieren is het voornaamste afbraakproduct ervan heptachloorepoxide, dat biologisch actiever is dan heptachloor en gemakkelijk opgeslagen wordt in het vetweefsel. Heptachloorepoxide is persistent en bioaccumuleert in de voedselketen. Kortstondige blootstelling aan heptachloor kan effecten hebben op het centrale zenuwstelsel. Langdurige blootstelling kan effect hebben op de lever. De stof is mogelijk carcinogeen bij de mens.

Dicofol is een chloorhoudend bestrijdingsmiddel en wordt industrieel bereid uit DDT. Dicofol is in het milieu minder persistent dan DDT maar heeft wel een hogere bioaccumulatie. De stof kan neurologische effecten hebben en de lever en nieren aantasten.

Hexachloorbutadieen (HCBd) is een industrieel oplosmiddel (solvent). Deze stof bioaccumuleert matig en kan een reeks aan toxische effecten veroorzaken. Het is ook een verdacht carcinogeen.

Dit hoofdstuk beschrijft de toetsing van de gemeten pesticidengehalten aan de OSPAR- en KRW-normen.

OSPAR heeft normen voor (p,p')-DDE, HCB, α -HCH en γ -HCH. KRW heeft normen voor HCB, heptachloor + -epoxides, dicofol en HCBd.

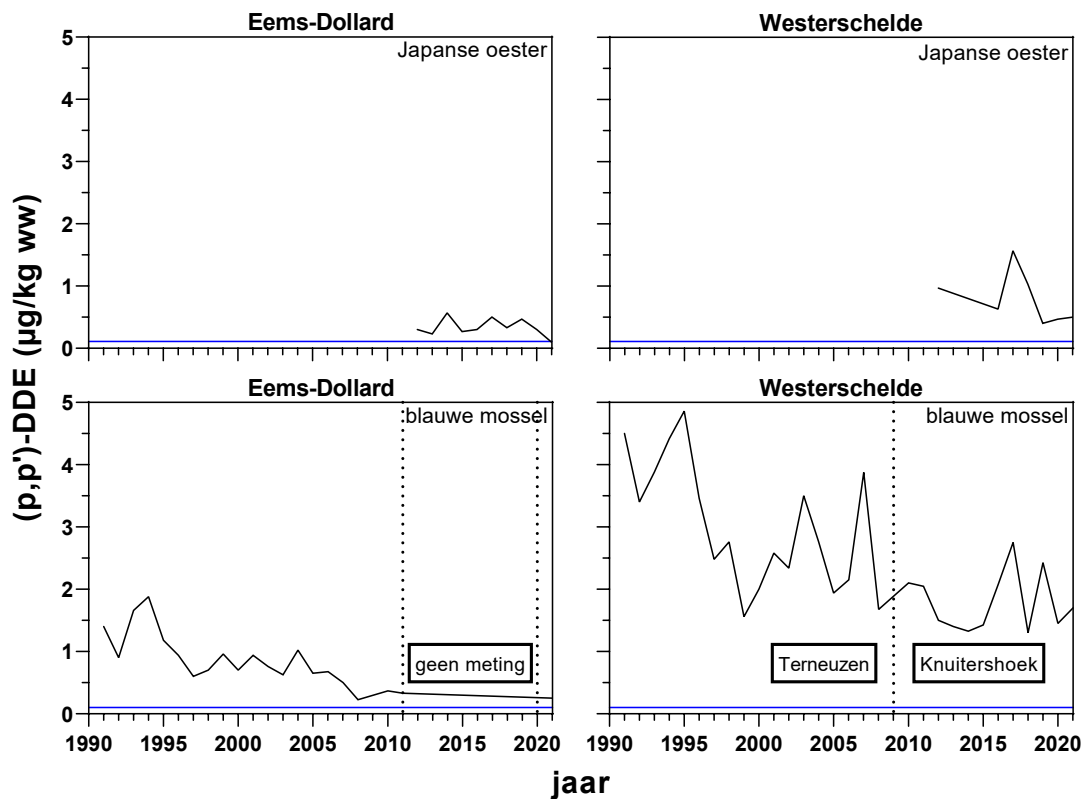
Voor OSPAR worden de pesticiden gemeten in levers van bot en schol en in schelpdiervlees van blauwe mossel en Japanse oester. Bij de beoordeling worden de gehalten getoetst aan een achtergrondwaarde (BAC) en een milieu-beoordelingscriterium (EAC).

Voor KRW worden pesticiden gemeten in hele vis van blankvoorn en bot. Bij de beoordeling worden toetswaarden vergeleken met een EQS_{biota} conform KRW. Toetswaarden worden berekend door de gemeten gehalten in natgewicht om te rekenen naar een modelvis met 5% vet op basis van het gemeten vetpercentage.

6.1 (p,p')-DDE

OSPAR

De gehalten aan p,p'-dichloordifenyldichloorethyleen ((p,p')-DDE) zijn stabiel in de loop van de tijd (Figuur 21, Tabel 13 en Figuur 22). Er lijkt sprake te zijn van een lichte daling voor de blauwe mossel uit de Westerschelde; deze is echter (nog) niet bevestigd met de trendanalyse door ICES. In 2009 is de locatie in de Westerschelde verschoven van Terneuzen naar Knuitershoek. De berekening van ICES gaat alleen uit van de gegevens van de locatie Knuitershoek. In de figuur zijn alle metingen van beide locaties weergegeven.



Figuur 21 Gehalten van (p,p')-DDE uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in schelpdieren (blauwe mossel en Japanse oester) voor OSPAR. Periode 1991-2021. Blauwe lijn is de BAC.

Tabel 13 Resultaten van de trendanalyse voor (p,p')-DDE, uitgevoerd door ICES (DOMEDatabase). Trend tot en met 2019: ↑ stijgend, – geen, ↓ dalend, n.b. niet bepaald. (n): aantal jaren waarover de trend is berekend.

Biota	Waterlichaam/ locaties	Trend (n)
Japanse oester	Eems-Dollard	- (8)
Japanse oester	Westerschelde	↓ (5)
blauwe mossel	Westerschelde	- (10)

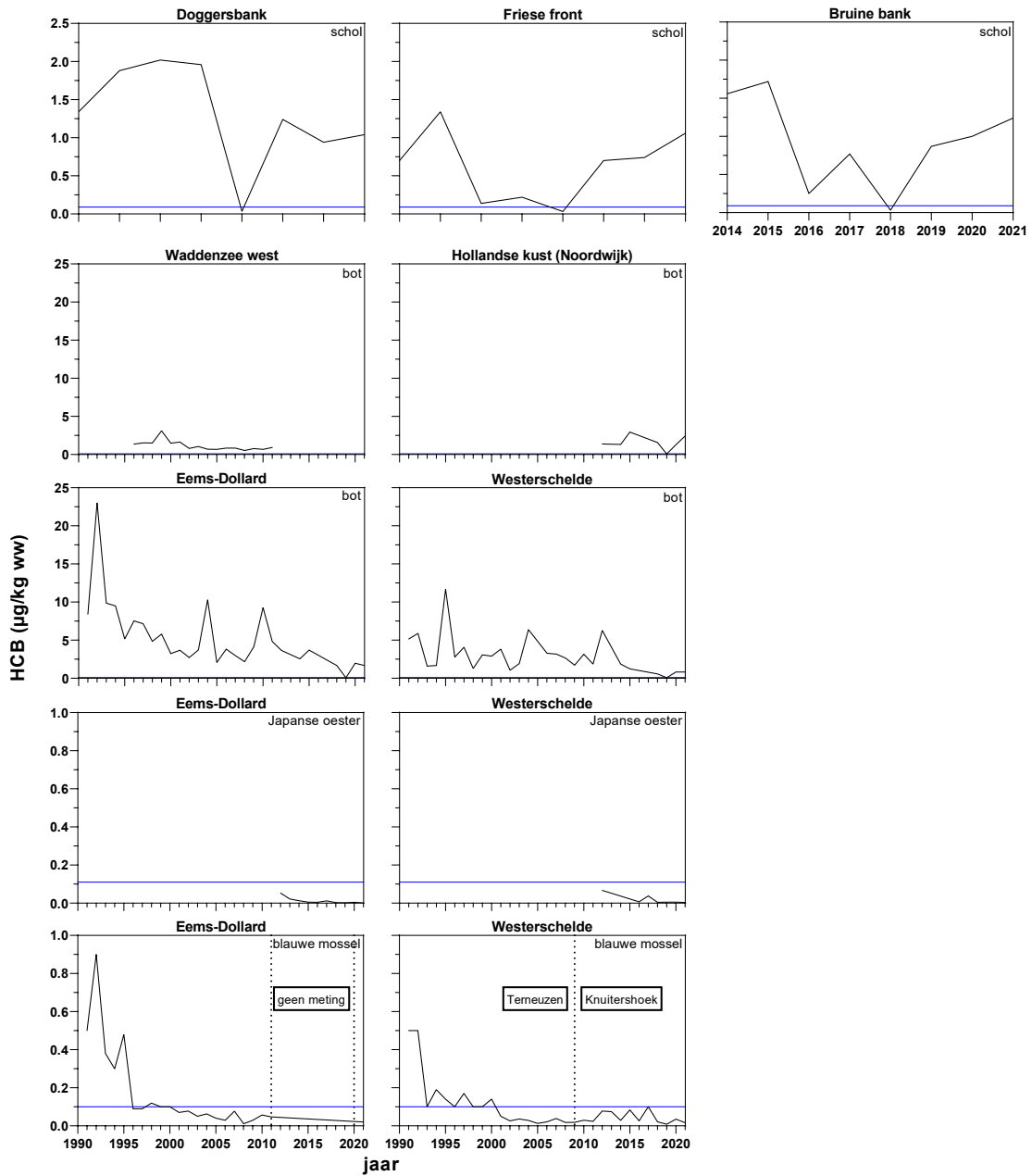


Figuur 22 Toetsing aan de normen van OSPAR voor (p,p')-DDE in biota. De gestippelde cirkels impliceren dat er geen normen zijn overschreden. De symbolen laten de trend zien tot en met 2019.

6.2 HCB

OSPAR

HCB-gehalten in biota zijn stabiel of nemen af (Figuur 22, Tabel 14 en Figuur 23). In de schelpdieren wordt de BAC meerdere jaren achtereen niet overschreden, terwijl in de vislevens van bot en schol deze norm veelvuldig wordt overschreden.



Figuur 23 Gehalten van HCB uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in levers van schol en bot én in schelpdieren (blauwe mossel en Japanse oester) voor OSPAR. Periode 1991-2021. Blauwe lijn is de BAC.

Tabel 14 Resultaten van de trendanalyse voor HCB, uitgevoerd door ICES (DOME-database). Trend tot en met 2019: ↑ stijgend, – geen, ↓ dalend, n.b. niet bepaald. (n): aantal jaren waarover de trend is berekend.

Biota	Waterlichaam/ locaties	Trend (n)
schol	Doggersbank	- (6)
schol	Friese front	- (3)
schol	Bruine bank	- (6)
bot	Eems-Dollard	- (23)
bot	Hollandse kust (Noordwijk)	- (8)
bot	Westerschelde	↓ (22)
Japane oester	Eems-Dollard	- (3)
Japane oester	Westerschelde	- (3)
blauwe mossel	Westerschelde	- (3)



Figuur 24 Toetsing aan de normen van OSPAR voor HCB in biota. De gestippelde cirkels impliceren dat er geen normen zijn overschreden. De symbolen laten de trend zien tot en met 2019.

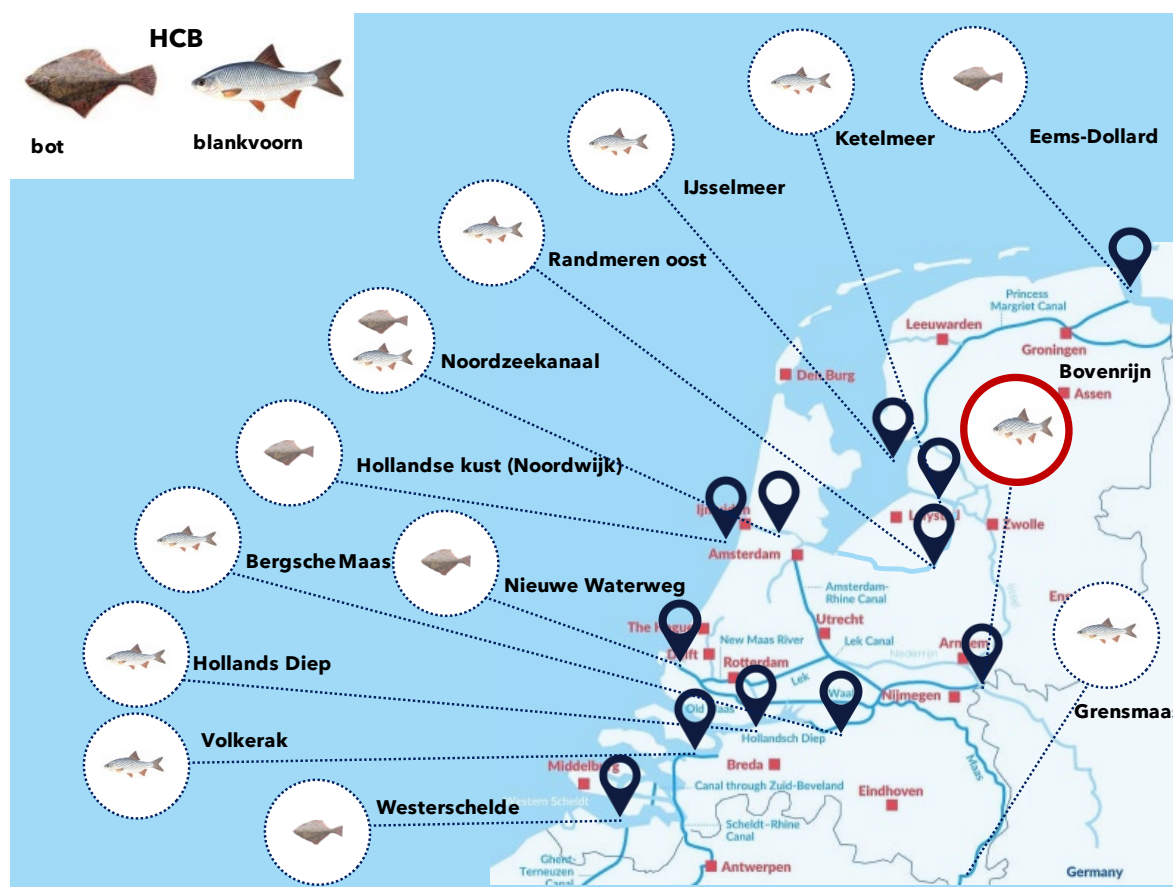
KRW

Tabel 15 toont de KRW-toetswaarden voor hexachloorbenzeen (HCB) in hele vis ten opzichte van de vigerende norm voor de KRW voor gemonitorde jaren. De vergelijking met de norm voor periode 2017-2021 wordt geografisch weergegeven in Figuur 25.

Van de onderzochte locaties heeft alleen blankvoorn uit de Bovenrijn een gehalte HCB dat de EQS_{biota} voor HCB van 10 µg/kg natgewicht nipt overschreed. De andere toetswaarden zijn aanzienlijk lager, maar blankvoorn verzameld uit het Hollands Diep (5.8 µg/kg), uit de Bergsche Maas (3.6 µg/kg) en bot uit de Nieuwe Waterweg (3.5 µg/kg) bevatten ook nog verhoogde HCB-concentraties ten opzichte van de andere locaties.

Tabel 15 Status van waterlichamen op basis van KRW toetswaarden van HCB uitgedrukt op basis van standaardvis gemeten in blankvoorn en bot ($\mu\text{g}/\text{kg}$ ww) voor de periode 2017-2021 (blauw $\leq \text{EQS}_{\text{biota}}$, rood $> \text{EQS}_{\text{biota}}$).

Waterlichaam/ locaties	Biota	2017	2018	2019	2020	2021
Hollands Diep	Blankvoorn	4.9	4.5	3.0	4.7	5.8
IJsselmeer	Blankvoorn			0.38		
Ketelmeer	Blankvoorn	2.6			2.8	
Noordzeekanaal	Blankvoorn		0.96			
Randmeren Oost	Blankvoorn			0.19		
Bovenrijn	Blankvoorn					10.3
Volkerak	Blankvoorn			0.74		
Grensmaas	Blankvoorn				1.4	
Bergsche Maas	Blankvoorn		1.7			3.6
Eems-Dollard	Bot		0.49			0.60
Noordzeekanaal	Bot		0.80			0.95
Hollandse kust (Noordwijk)	Bot		0.61			1.2
Nieuwe Waterweg	Bot		1.3			3.5
Westerschelde	Bot		0.14			0.29

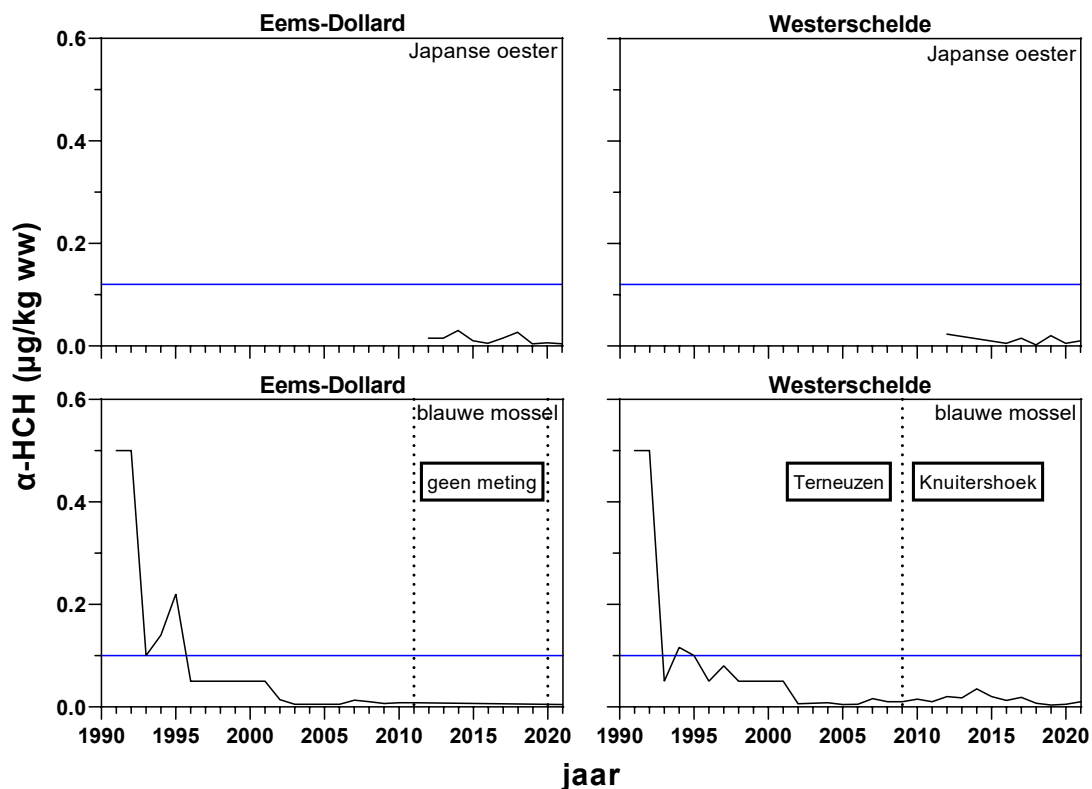


Figuur 25 Toetsing van HCB in biota aan de KRW-norm. Biota die de $\text{EQS}_{\text{biota}}$ in de periode 2018-2021 overschrijden zijn rood omcirkeld. De gestippelde omcirkeling geeft aan dat de $\text{EQS}_{\text{biota}}$ in de periode 2017 tot en met 2021 niet is overschreden.

6.3 α -HCH

OSPAR

De norm voor alfa-hexachloorcyclohexaan (α -HCH) in biota wordt al jaren niet meer overschreden (Figuur 26 en Tabel 16).



Figuur 26 Gehalten van α -HCH uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in levers van schol en bot én in schelpdieren (blauwe mossel en Japanse oester) voor OSPAR. Periode 1991-2021. Blauwe lijn is de BAC.

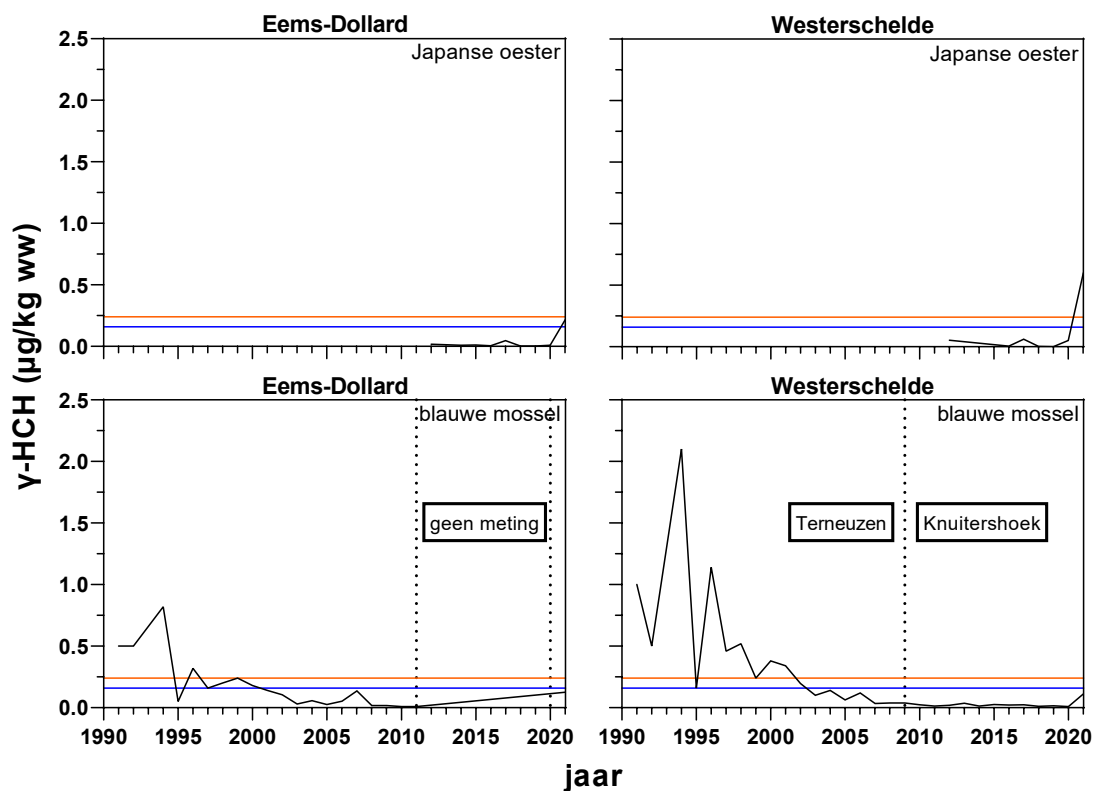
Tabel 16 Resultaten van de trendanalyse voor α -HCH, uitgevoerd door ICES (DOME-database). Trend tot en met 2019: \uparrow stijgend, – geen, \downarrow dalend, n.b. niet bepaald. (n): aantal jaren waarover de trend is berekend.

Biota	Waterlichaam/ locaties	Trend (n)
Japanse oester	Eems-Dollard	- (3)
Japanse oester	Westerschelde	- (3)
blauwe mossel	Westerschelde	- (3)

6.4 γ -HCH

OSPAR

De norm voor gamma-hexachloorcyclohexaan (γ -HCH) in biota werd al jaren niet meer overschreden (Figuur 27 en Tabel 17) en de gehalten zijn de laatste jaren onder de kwantificatielimiet. De gehalten γ -HCH zijn in 2021 ook lager dan de kwantificatielimiet. De analyse van γ -HCH had last van een interferentie (stoorpiek). Hierdoor is de kwantificatielimiet, getoond in de grafiek, erg hoog. Dit is geen aanwijzing dat de gehalten weer stijgen. Doordat de kwantificatielimiet hoger is dan de EAC, is in 2021 geen toetsing mogelijk.



Figuur 27 Gehalten van γ -HCH uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in levers van schol en bot én in schelpdieren (blauwe mossel en Japanse oester) voor OSPAR. Periode 1991-2021. Blauwe lijn is de BAC en de oranje lijn is de EAC.

Tabel 17 Resultaten van de trendanalyse voor γ -HCH, uitgevoerd door ICES (DOME-database). Trend tot en met 2019: \uparrow stijgend, $-$ geen, \downarrow dalend, n.b. niet bepaald. (n): aantal jaren waarover de trend is berekend.

Biota	Waterlichaam/ locaties	Trend (n)
Japanse oester	Eems-Dollard	- (3)
Japanse oester	Westerschelde	- (3)
blauwe mossel	Westerschelde	- (3)

6.5 Heptachloor en -epoxides

KRW

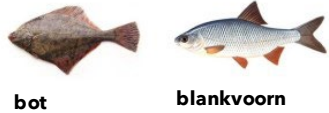
Tabel 18 toont de KRW-toetswaarden van heptachloor- en epoxides ten opzichte van de norm voor de KRW voor alle gemonitorde jaren. De overschrijdingen in de meest recente drie meetjaren zijn geografisch weergegeven in Figuur 28.

De EQS van deze verbinding is bijzonder laag (0.0067 µg/kg) en wordt ruim overschreden in bot uit het Noordzeekanaal met 100 µg/kg, gevolgd door bot uit de Westerschelde met 74 µg/kg en blankvoorn uit de Bovenrijn met 68 µg/kg. De overschrijding van de EQS is dus met meerdere grootteordes. In alle gevallen is b-HEPO (cis-heptachloorepoxide) verantwoordelijk voor de overschrijdingen.

Tabel 18 Status van waterlichamen op basis van KRW toetswaarden van heptachloor en -epoxides uitgedrukt op basis van standaardvis gemeten in blankvoorn en bot (µg/kg ww) voor de periode 2017-2021 (blauw ≤EQSbiota, rood >EQSbiota).

Waterlichaam/ locaties	Biota	2017	2018	2019	2020	2021
Hollands Diep	Blankvoorn	15	30	12	15	10
IJsselmeer	Blankvoorn			67		
Ketelmeer	Blankvoorn	7.7			4.7	
Noordzeekanaal	Blankvoorn		11			
Randmeren Oost	Blankvoorn			2.55		
Bovenrijn	Blankvoorn					68
Volkerak	Blankvoorn			15		
Grensmaas	Blankvoorn				29	
Bergsche Maas	Blankvoorn		11			13
Eems-Dollard	Bot		12			12
Noordzeekanaal	Bot		46			100
Hollandse kust (Noordwijk)	Bot		9.7			11
Nieuwe Waterweg	Bot		66			41
Westerschelde	Bot		74			74

Heptachloor en -epoxides



Figuur 28 Toetsing van heptachloor en -epoxides in biota aan de KRW-norm. Biota die de EQS_{biota} in de periode 2018-2021 overschrijden zijn rood omcirkeld.

6.6 Dicofol

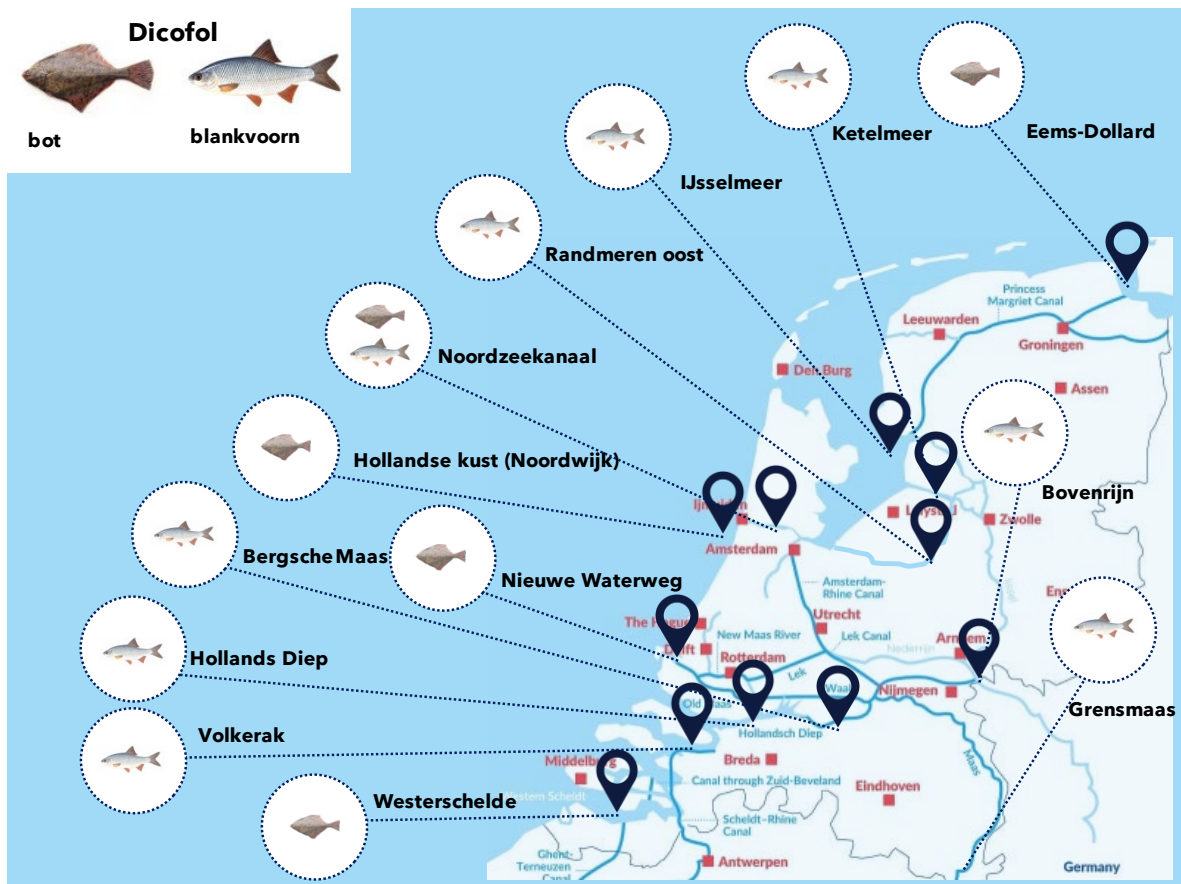
KRW

In geen van de onderzochte waterlichamen wordt de EQS_{biota} voor dicofol overschreden (Tabel 19 en Figuur 29).

In 2021 is dicofol op slechts één locatie (Bergsche Maas) boven de kwantificatielimiet aangetoond, het gehalte was ver onder de EQS_{biota} norm.

Tabel 19 Status van waterlichamen op basis van KRW toetswaarden van dicofol uitgedrukt op basis van standaardvis gemeten in blankvoorn en bot ($\mu\text{g}/\text{kg}$ ww) voor de periode 2017-2021 (blauw \leq EQS_{biota}, rood $>$ EQS_{biota}).

Waterlichaam/ locaties	Biota	2017	2018	2019	2020	2021
Hollands Diep	Blankvoorn	<0.6	<0.28	<0.18	<0.32	<0.56
IJsselmeer	Blankvoorn			<0.26		
Ketelmeer	Blankvoorn	<0.45			<0.23	
Noordzeekanaal	Blankvoorn		<0.26			
Randmeren Oost	Blankvoorn			<0.19		
Bovenrijn	Blankvoorn					<1.76
Volkerak	Blankvoorn			<0.19		
Grensmaas	Blankvoorn				<0.71	
Bergsche Maas	Blankvoorn		<0.28			1.0
Eems-Dollard	Bot		<0.37			<0.71
Noordzeekanaal	Bot		<0.6			<1.43
Hollandse kust (Noordwijk)	Bot		<0.45			<1.03
Nieuwe Waterweg	Bot		<0.79			<1.76
Westerschelde	Bot		<0.28			<1



Figuur 29 Toetsing van dicofol in biota aan de KRW-norm. De gestippelde omcirkeling geeft aan dat de EQS_{biota} in de periode 2017 tot en met 2021 niet is overschreden.

6.7 HCBD

KRW

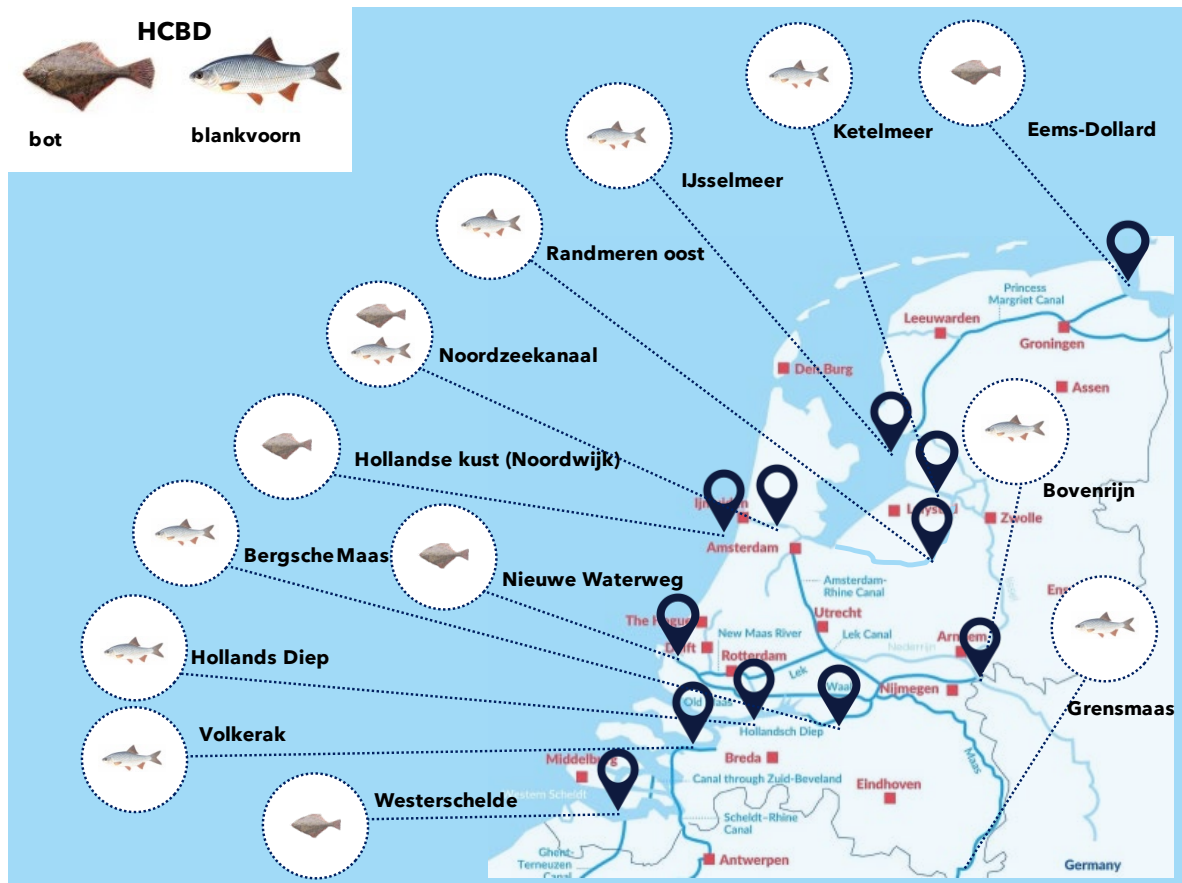
Tabel 20 toont de KRW-toetswaarden van hexachloorbutadien (HCBD) in hele vis ten opzichte van de norm voor de KRW voor alle monitoringsjaren. De vergelijking met de norm voor periode 2018-2021 wordt geografisch weergegeven in Figuur 30.

Alle concentraties zijn ver onder de normwaarde van 55 $\mu\text{g}/\text{kg}$ natgewicht, de hoogste waarde is gemeten in blankvoorn uit de locatie Bovenrijn met 10.3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ natgewicht in 2021.

Tabel 20 Status van waterlichamen op basis van KRW toetswaarden van HCBD uitgedrukt op basis van standaardvis gemeten in blankvoorn en bot ($\mu\text{g}/\text{kg}$ ww) voor de periode 2017-2021 (blauw $\leq EQS_{biota}$, rood $> EQS_{biota}$).

Waterlichaam/ locaties	Biota	2017	2018	2019	2020	2021
Hollands Diep	Blankvoorn	8.0	2.2	1.6	1.4	5.2
IJsselmeer	Blankvoorn			<0.064		
Ketelmeer	Blankvoorn	1.7			3.5	
Noordzeekanaal	Blankvoorn		0.53			
Randmeren Oost	Blankvoorn			<0.057		
Bovenrijn	Blankvoorn					10.3
Volkerak	Blankvoorn			<0.046		
Grensmaas	Blankvoorn				1.00	
Bergsche Maas	Blankvoorn		0.74			2.7

Waterlichaam/ locaties	Biota	2017	2018	2019	2020	2021
Eems-Dollard	Bot		0.061			1.1
Noordzeekanaal	Bot		0.10			2.1
Hollandse kust (Noordwijk)	Bot		0.076			2.1
Nieuwe Waterweg	Bot		0.13			3.2
Westerschelde	Bot		0.069			1.4



Figuur 30 Toetsing van HCBd in biota aan de KRW-norm. De gestippelde omcirkeling geeft aan dat de EQS_{biota} in de periode 2017 tot en met 2021 niet is overschreden.

7 Gebromeerde vlamvertragers (PBDE's/HBCDD)

Gebromeerde vlamvertragers zijn mengsels van chemicaliën die worden toegevoegd aan een scala van producten, inclusief industriële, om deze minder brandbaar te maken. Polybroomdifenylethers (PBDE's) worden voornamelijk gebruikt in plastics, textiel en elektronica. Hexabroomcyclododecanen (HBCDD's) worden voornamelijk gebruikt in isolatiematerialen. Na het vrijkomen in het milieu kunnen deze stoffen ophopen in voedselketens door hun lipofiele eigenschappen. In de Europese unie is het gebruik van PBDE's vanaf 2004 aan banden gelegd en het gebruik van HBCDD is gelimiteerd, voornamelijk vanwege de sterke bioaccumulatie. De huidige input in het Nederlandse milieu van PBDE's is zeer gering (40 kg), veroorzaakt door "overig" en "riolering en afvalwaterzuivering" (www.emissieregistratie.nl). Maar door de persistentie van deze stoffen in het milieu zijn het nog steeds probleemstoffen. De toxiciteit van deze stoffen uit zich in een reeks van effecten op het zenuwstelsel en endocrien systeem. Ook zijn PBDE's verdacht carcinogeen.

Dit hoofdstuk beschrijft de toetsing van de gehalten van gebromeerde vlamvertragers aan de OSPAR- en KRW-normen. Voor OSPAR worden individuele PBDEs getoetst en voor KRW de som PBDE's en de som HBCDD.

Omdat de analyse van PBDE154 deels overlapt met PBDE153 wordt PBDE154 gerapporteerd als sPBDE154+BB153.

Voor de toetsing aan OSPAR worden de individuele PBDE's (PBDE28, PBDE47, PBDE99, PBDE100, PBDE153 en PBDE154) gemeten in levers van bot en schol en in schelpdiervlees van blauwe mossel en Japanse oester vergeleken met een achtergrondwaarde (BAC) en een milieu-beoordelingscriterium (FEQG). Omdat de hoeveelheden levermonster zeer beperkt zijn én de norm heel laag, kan het voorkomen dat de norm lager is dan wat analytisch goed gemeten kan worden (bepalingsgrens). In deze gevallen wordt in de figuur de bepalinggrens weergegeven.

Voor de toetsing aan KRW wordt de sPBDE (som van PBDE28, PBDE47, PBDE99, PBDE100, PBDE153 en PBDE154) en HBCDD gemeten in hele vis van blankvoorn en bot. Bij de beoordeling worden de toetswaarden vergeleken met een EQS_{biota} conform KRW. Hiervoor worden de gemeten gehalten in natgewicht omgerekend naar een modelvis met 5% vet op basis van gemeten vetpercentage.

7.1 PBDE's

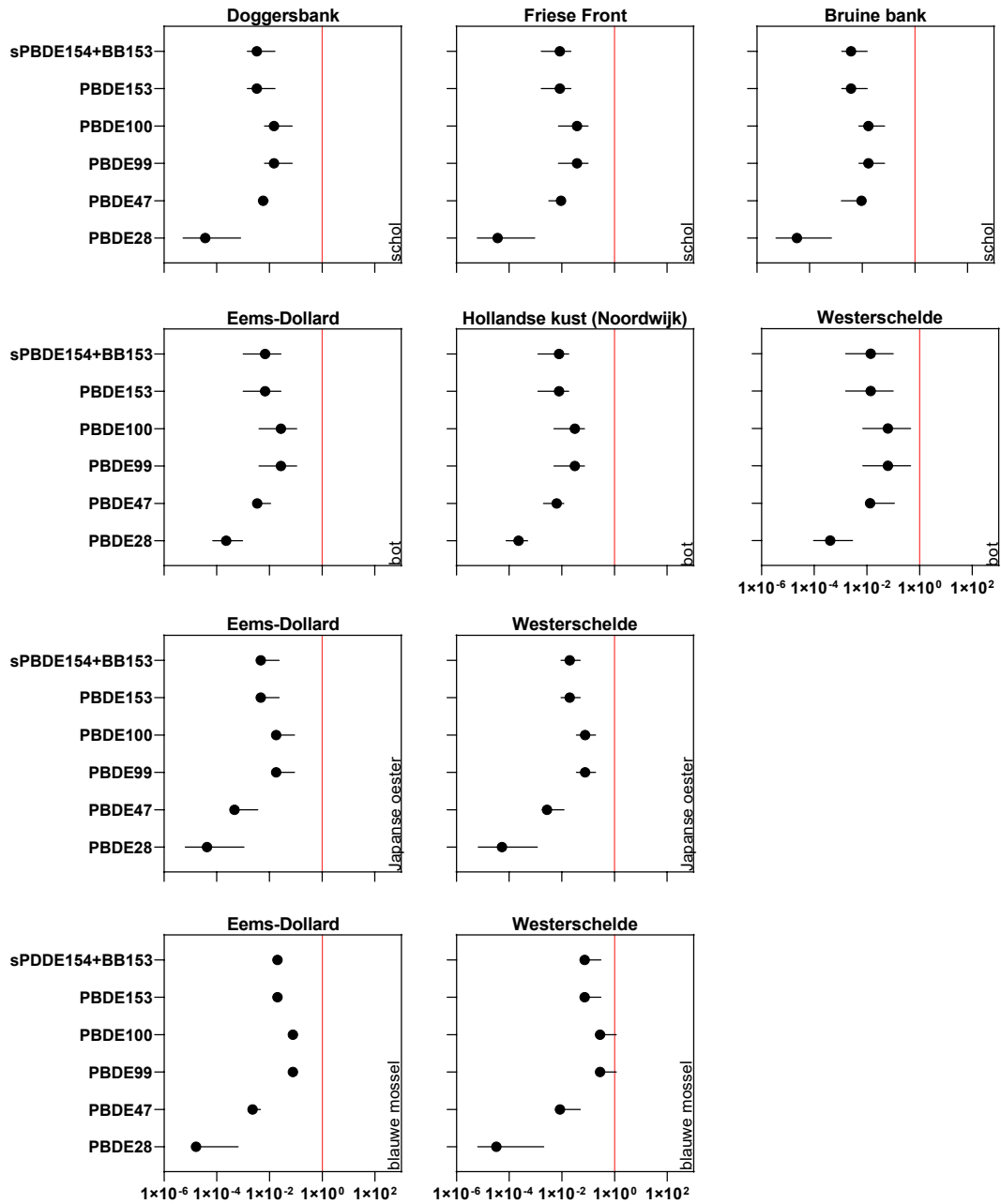
OSPAR

Figuur 31 toont de laatste meetwaarden en de ranges van gemeten PBDE-gehalten in vislever en schelpdiervlees uit gemonitorde jaren relatief ten opzichte van de norm van OSPAR. Tabel 21 geeft de resultaten van de trendanalyse. Trendgrafieken van de individuele PBDE's zijn opgenomen in Bijlage 5.1.

De EAC-normen worden in schol en in bot voor géén van de PBDE-congeneren overschreden in 2021. De gehalten in bot uit de Westerschelde zijn daarbij het hoogst.

De gehalten in de blauwe mossel en de Japanse oester uit de Eems-Dollard en Westerschelde overschrijden de normen ook niet. Voor een aantal PBDE's, met name PBDE47 en PBDE99, is een trend omlaag geconstateerd in 2019 in een aantal waterlichamen. Alleen voor PBDE154 (schol, Friese Front) is een trend omhoog geconstateerd.

Ook bij de PBDE's blijkt dat het patroon van de vervuilingsgraad met PBDE-congeneren (ten opzichte van de EAC) in de waterlichamen, in de vissen én in de schelpdiersoorten grote overeenkomsten vertoont.



Figuur 31 Laatste meetwaarde (stip: 2021) en de range van gemeten waarden ten opzichte van de EAC (=1; rode verticale lijn) voor de PCB's in vislever of schelpdier vlees uit de passieve biotamonitoring zoute rijkswateren (logaritmische schaal). Periode 2000 tot en met 2021.

Tabel 21 Resultaten van de trendanalyse voor PBDE's, uitgevoerd door ICES (DOME-database). Trend tot en met 2019: ↑ stijgend, – geen, ↓ dalend, n.b. niet bepaald. (n): aantal jaren waarover de trend is berekend.

Biota	Waterlichaam/ locaties	PBDE28	PBDE47	PBDE66	PBDE85	PBDE99
schol	Doggersbank	- (6)	- (6)	- (2)	- (2)	- (6)
schol	Friese Front	- (6)	- (6)	- (2)	- (2)	- (6)
schol	Bruine bank	- (6)	↓ (5)	- (2)	n.b	- (6)
bot	Eems-Dollard	- (9)	- (9)	- (2)	n.b	- (10)
bot	Hollandse kust (Noordwijk)	- (8)	- (8)	- (2)	n.b	- (8)
bot	Westerschelde	- (7)	↓ (9)	- (8)	n.b	- (10)
Japanse oester	Eems-Dollard	- (8)	- (7)	- (2)	- (7)	↓ (8)
Japanse oester	Westerschelde	- (5)	- (4)	- (2)	n.b	↓ (5)
blauwe mossel	Westerschelde	- (10)	↓ (10)	↓ (9)	n.b	↓ (9)
Biota	Waterlichaam/ locaties	PBDE100	PBDE153	PBDE154	PBDE183	PBDE209
schol	Doggersbank	- (6)	- (6)	- (6)	- (2)	n.b
schol	Friese Front	- (6)	- (6)	↑ (6)	- (2)	n.b
schol	Bruine bank	- (6)	- (6)	- (6)	- (2)	n.b
bot	Eems-Dollard	- (10)	- (10)	- (10)	- (2)	n.b
bot	Hollandse kust (Noordwijk)	- (8)	- (8)	- (8)	- (2)	n.b
bot	Westerschelde	↓ (10)	- (10)	- (10)	- (2)	n.b
Japanse oester	Eems-Dollard	- (8)	- (7)	- (7)	- (8)	n.b
Japanse oester	Westerschelde	- (5)	- (5)	- (5)	- (5)	n.b
blauwe mossel	Westerschelde	↓ (11)	↓ (10)	- (10)	- (8)	n.b

KRW

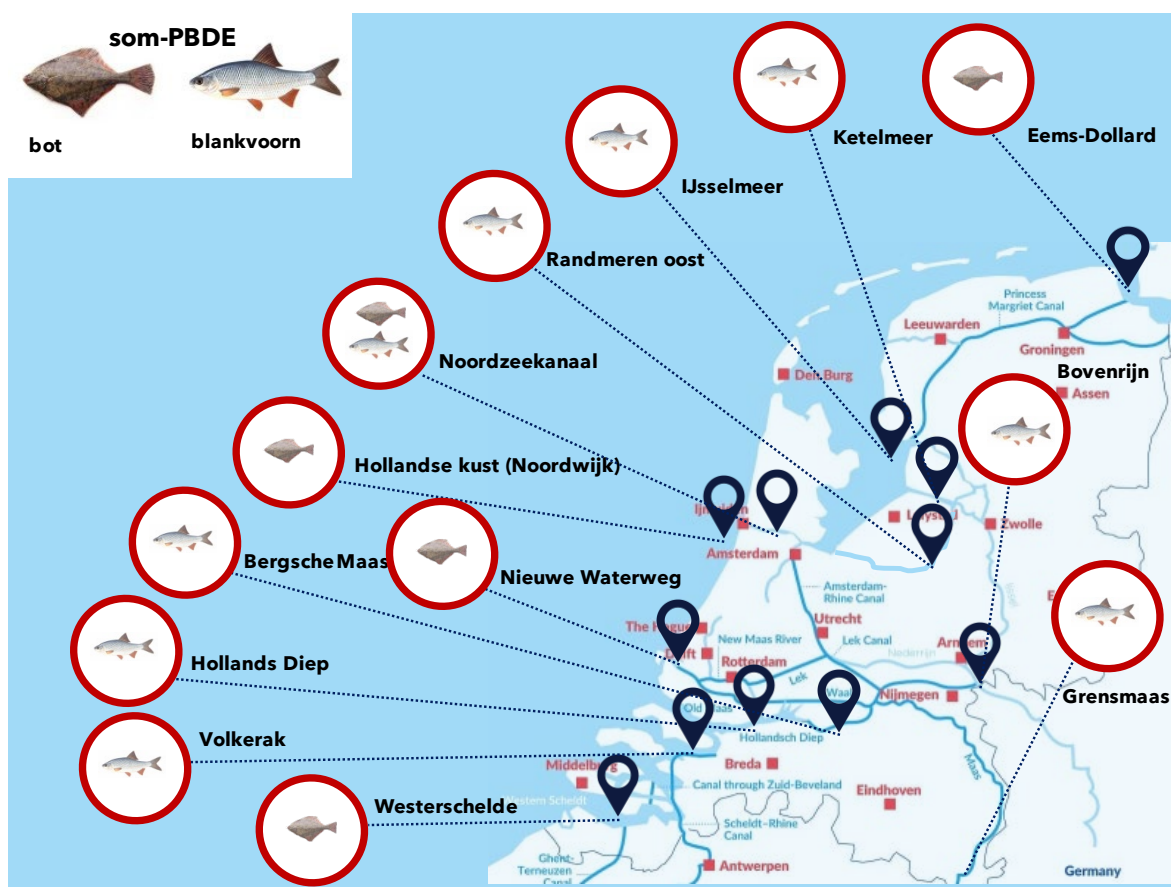
Tabel 22 toont de KRW-toetswaarden van som PBDE in hele vis ten opzichte van de vigerende norm voor de KRW voor gemonitorde jaren. De vergelijking met de norm voor periode 2017-2021 wordt geografisch weergegeven in Figuur 32.

De EQS_{biota} voor de som PBDE wordt ruimschoots overschreden voor alle waterlichamen. PBDE47 is verantwoordelijk voor >50% van de som PBDE's (data niet in dit rapport). De hoogste overschrijdingen aan som PBDE zijn aangetroffen in de Bovenrijn. De norm wordt hier ruim 2000 keer overschreden. Daarmee blijven de PBDE's een belangrijke zorg voor de chemische waterkwaliteit in Nederland.

Tabel 22 Status van waterlichamen op basis van KRW toetswaarden van som PBDE uitgedrukt op basis van standaardvis gemeten in blankvoorn en bot ($\mu\text{g}/\text{kg}$ ww) voor de monitoringsjaren 2017 tot en met 2021 (blauw $\leq EQS_{biota}$, rood $> EQS_{biota}$).

Waterlichaam/ locaties	Biota	2017	2018	2019	2020	2021
Hollands Diep	Blankvoorn	16	7.7	4.5	11	7.7

Waterlichaam/ locaties	Biota	2017	2018	2019	2020	2021
IJsselmeer	Blankvoorn			0.41		
Ketelmeer	Blankvoorn	4.3			2.9	
Noordzeekanaal	Blankvoorn		1.1			
Randmeren Oost	Blankvoorn			0.22		
Bovenrijn	Blankvoorn					20
Volkerak	Blankvoorn			0.18		
Grensmaas	Blankvoorn				5.4	
Bergsche Maas	Blankvoorn		2.0			4.6
Eems-Dollard	Bot		0.39			0.24
Noordzeekanaal	Bot		2.6			1.7
Hollandse kust (Noordwijk)	Bot		0.86			0.52
Nieuwe Waterweg	Bot		4.5			4.4
Westerschelde	Bot		1.2			0.56



Figuur 32 Toetsing van som-PBDE in biota aan de KRW-norm. Biota die de EQS_{biota} in periode 2017 tot en met 2021 tenminste eenmaal overschreden zijn rood omcirkeld.

7.2 HBCDD

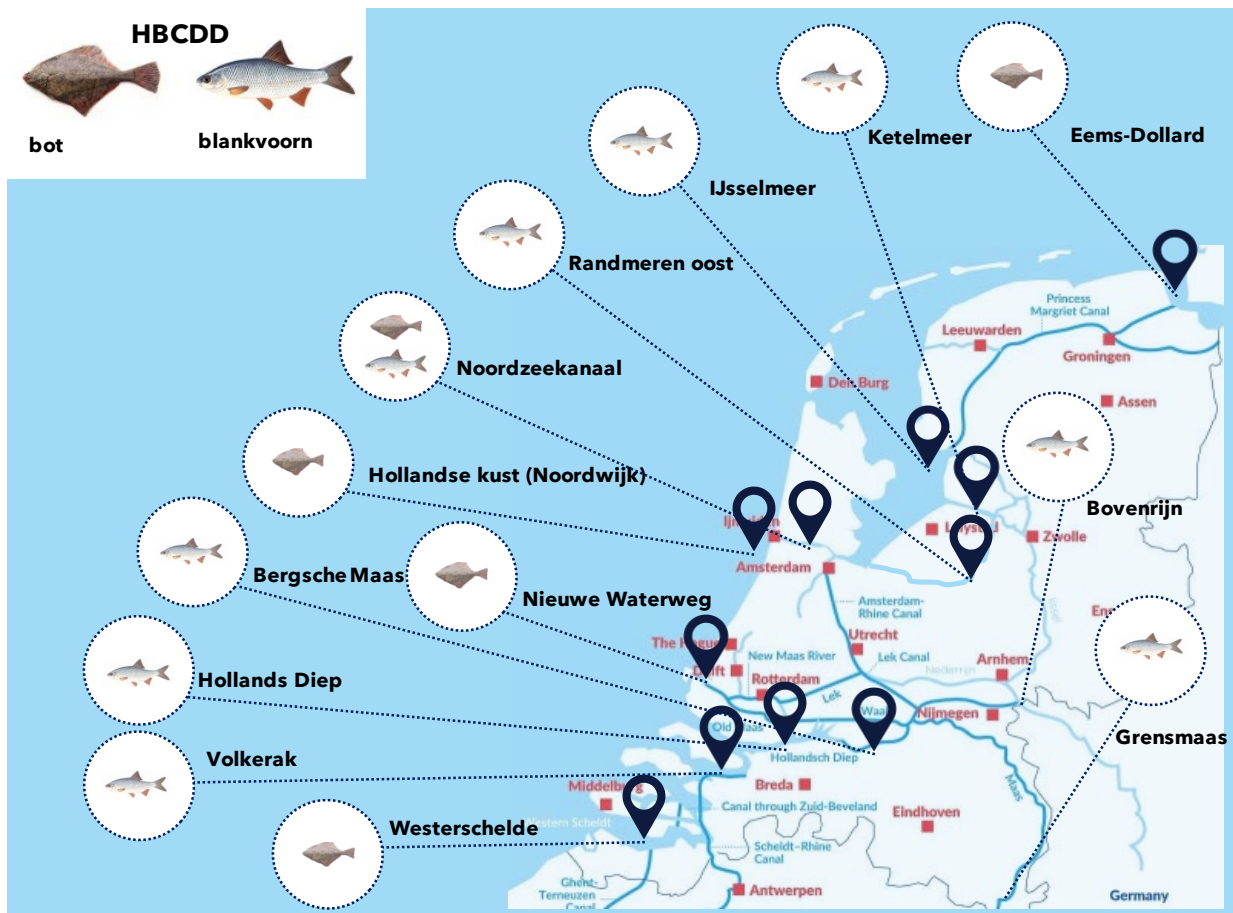
KRW

Tabel 23 toont de KRW-toetswaarden van hexabroomcyclododecaan (HBCDD) in hele vis ten opzichte van de vigerende norm voor de KRW voor de periode 2017-2021. De vergelijking met de norm voor periode 2017-2021 wordt geografisch weergegeven in Figuur 33.

In alle onderzochte waterlichamen zijn de berekende toetswaarden voor HBCDD ruimschoots onder de EQS_{biota} voor HBCDD (167 $\mu\text{g}/\text{kg}$ natgewicht). Het hoogste gehalte is gemeten in blankvoorn uit de Bovenrijn.

Tabel 23 Status van waterlichamen op basis van KRW toetswaarden van HBCDD uitgedrukt op basis van standaardvis gemeten in blankvoorn en bot ($\mu\text{g}/\text{kg}$ ww) voor de monitoringsjaren 2017 tot en met 2021 (blauw $\leq EQS_{biota}$, rood $> EQS_{biota}$).

Waterlichaam/ locaties	Biota	2017	2018	2019	2020	2021
Hollands Diep	Blankvoorn	8.0	2.2	1.6	1.4	5.2
IJsselmeer	Blankvoorn			<0.064		
Ketelmeer	Blankvoorn	1.7			3.5	
Noordzeekanaal	Blankvoorn		0.53			
Randmeren Oost	Blankvoorn			<0.057		
Bovenrijn	Blankvoorn					10.3
Volkerak	Blankvoorn			<0.046		
Grensmaas	Blankvoorn				1.00	
Bergsche Maas	Blankvoorn		0.74			2.7
Eems-Dollard	Bot		<0.061			<1.1
Noordzeekanaal	Bot		<0.10			<2.1
Hollandse kust (Noordwijk)	Bot		<0.076			<2.1
Nieuwe Waterweg	Bot		<0.13			<3.2
Westerschelde	Bot		<0.069			<1.4



Figuur 33 Toetsing van HBCDD in biota aan de KRW-norm. De gestippelde omcirkeling geeft aan dat de EQS_{biota} in de periode 2017 tot en met 2021 niet is overschreden.

8 Perfluorverbindingen (PFAS)

PFAS is de verzamelnaam voor perfluoralkylstoffen. Deze stoffen hebben een apolair gefluoreerd deel (staart) met variërende lengte en een polair deel (kop) en hebben daarmee zeepachtige eigenschappen. Vanwege de vuil- en vetafstotende werking zijn PFAS gebruikt in zeer veel huishoudelijke en industriële toepassingen, waarbij het gebruik in blusschuim de meest bekende is. PFAS zijn thermisch stabiel en zowel chemisch als biologisch niet reactief. Deze stoffen breken dus niet af in het milieu. Van PFAS wordt PFOS doorgaans in de hoogste concentratie in het milieu aangetroffen. PFAS hopen niet specifiek op in vet, maar bioaccumulatie treedt wel op. Deze accumulatie is zeer gering voor de PFAS met een korte staart (keten korter dan 6). PFAS met een grotere ketenlengte (6 en hoger) bv. PFOS (ketenlengte 8) hopen beter op. Echter, PFAS met grote ketenlengte (>8) worden in lagere concentraties in het milieu aangetroffen. Hierdoor is PFOS (ketenlengte 8) de PFAS die in de hoogste concentraties in biota wordt aangetroffen. In vissen en zoogdieren worden de hoogste concentraties aangetroffen in de lever. De halfwaardetijd in vissen is enkele weken tot maanden (dit wordt veroorzaakt door uitspoeling via de kieuwen), in zoogdieren kan dit echter oplopen tot jaren. Blootstelling aan PFAS kan vooral aan de lever gezondheidsschade toebrengen.

Dit hoofdstuk beschrijft de toetsing van de gehalten van perfluorverbindingen (PFAS), die in hele vis van blankvoorn en bot zijn geanalyseerd, aan de KRW-norm. Deze norm is alleen voor PFOS. Bij de beoordeling zijn de gemeten gehalten in natgewicht voor de vissen omgerekend naar een modelvis met 26% droge stof op basis van gemeten percentage droge stof.

Vanuit de politiek bestaat extra interesse voor PFAS-gehalten in het milieu, waaronder ook de gehalten in biota. In de rapportage tot en met 2019 waren daarom de resultaten van alle door WMR gemeten congenere van PFAS in de bijlagen opgenomen, namelijk perfluorocataansulfonaat (PFOS), perfluorbutaanzuur (PFBA), perfluorbutaansulfonaat (PFBS), perfluordecaanzuur (PFDCa), perfluordodecaanzuur (PFDoA), perfluordecaansulfonaat (PFDS), perfluorheptaanzuur (PFHpA), perfluorheptaansulfonaat (PFHpS), perfluorhexaanzuur (PFHxA), perfluorhexaansulfonaat (PFHxS), perfluornonaanzuur (PFNA), perfluorocataanzuur (PFOA), perfluorpentaanzuur (PFPA), perfluortetradecaanzuur (PFTeDA), perfluortridecaanzuur (PFTTrDA), perfluorundecaanzuur (PFUnDA). Dit jaar zijn in dit hoofdstuk alleen de gehalten (op natgewicht) van perfluorocataansulfonaat (PFOS), perfluorocataanzuur (PFOA), perfluorhexaansulfonaat (PFHxS) en perfluornonaanzuur (PFNA) opgenomen. Voor deze stoffen heeft de EFSA (European Food Safety Administration) een opinie uitgebracht. Op basis van deze opinie heeft het RIVM een advies uitgebracht over een biotanorm voor de gesommeerde gehalten van deze vier PFAS-verbindingen; 0,077 µg/kg. Ook is door hen voorgesteld om de vastgestelde gehalten te corrigeren voor de relatieve toxische potentie van iedere PFAS-verbinding ten opzichte van PFOA (zie het RIVM-advies, <https://www.rivm.nl/documenten/biotanorm-voor-pfas-in-vis>). Gehalten van PFOA, PFHxS en PFNA zijn veel lager dan de gehalten van PFOS en vaak zelfs onder de bepalingsgrens, zeker in biota uit het mariene milieu. Deze bepalingsgrens kan niet uit de figuren opgemaakt worden, omdat deze voor elke analyse verschillend is.

8.1 PFOS

KRW

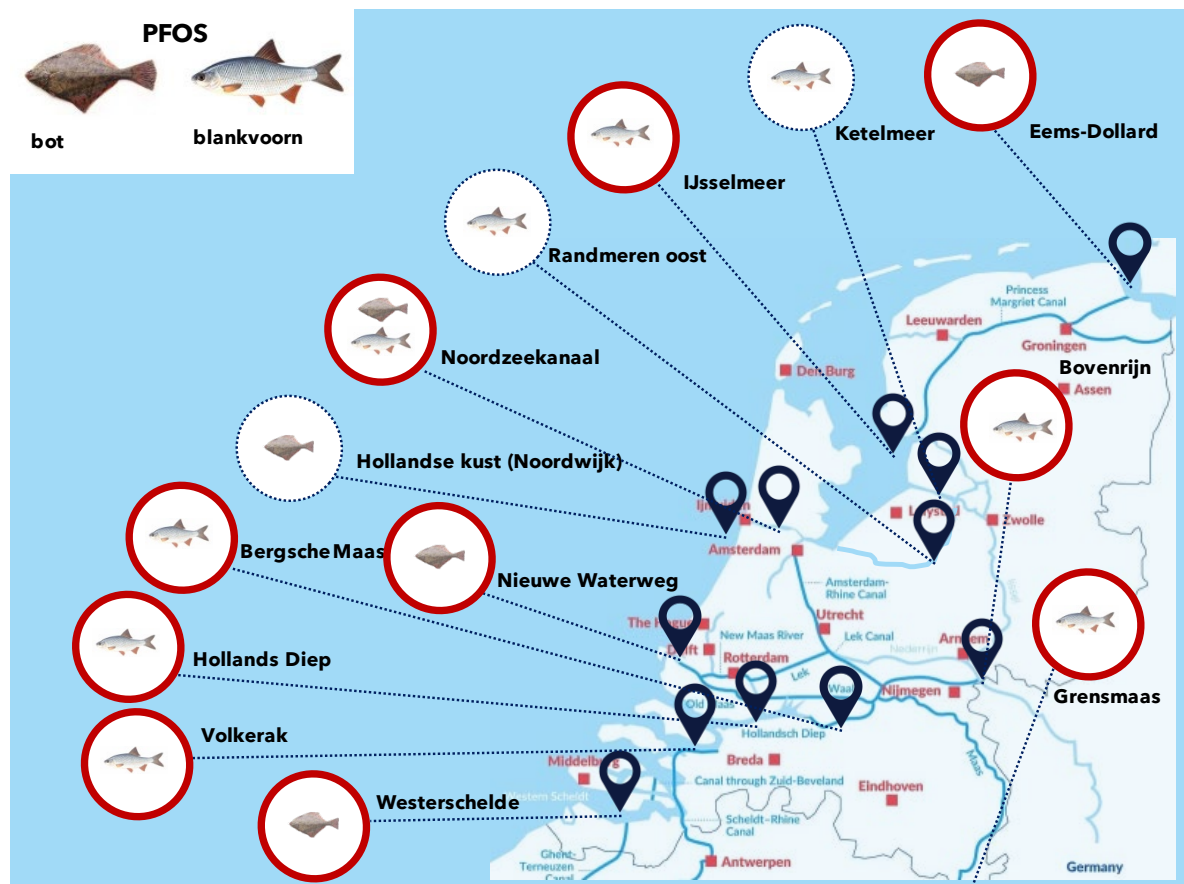
Tabel 24 toont de KRW-toetswaarden van perfluorocataansulfonaat (PFOS) in hele vis ten opzichte van de vigerende norm voor de KRW voor de periode 2017-2021. De vergelijking met de norm voor periode 2018-2021 wordt geografisch weergegeven in Figuur 34.

Voor de waterlichamen Ketelmeer, Randmeren Oost en aan de Hollandse kust (Noordwijk) is geen normoverschrijding voor PFOS aangetroffen in biota. In alle andere locaties wordt de norm van 9.1 µg/kg natgewicht in geringe mate (Hollands Diep, Bergsche Maas en Eems-Dollard) of ruimer

overschreden. De hoogste gehalten worden gevonden in blankvoorn uit IJsselmeer en bot uit het Noorzee kanaal en de Westerschelde

Tabel 24 Status van waterlichamen op basis van KRW toetswaarden van PFOS uitgedrukt op basis van standaardvis gemeten in blankvoorn en bot ($\mu\text{g}/\text{kg}$ ww) voor de periode 2017-2021 (blauw $\leq EQS_{biota}$, rood $> EQS_{biota}$).

Waterlichaam/ locaties	Biota	2017	2018	2019	2020	2021
Hollands Diep	Blankvoorn	14	31	12	18	11
IJsselmeer	Blankvoorn			54		
Ketelmeer	Blankvoorn	8.0			7.1	
Noordzeekanaal	Blankvoorn		11			
Randmeren Oost	Blankvoorn			2.6		
Bovenrijn	Blankvoorn					26
Volkerak	Blankvoorn			15		
Grensmaas	Blankvoorn				23	
Bergsche Maas	Blankvoorn		12			12
Eems-Dollard	Bot		11			11
Noordzeekanaal	Bot		28			58
Hollandse kust (Noordwijk)	Bot		7.1			7.4
Nieuwe Waterweg	Bot		31			19
Westerschelde	Bot		62			58

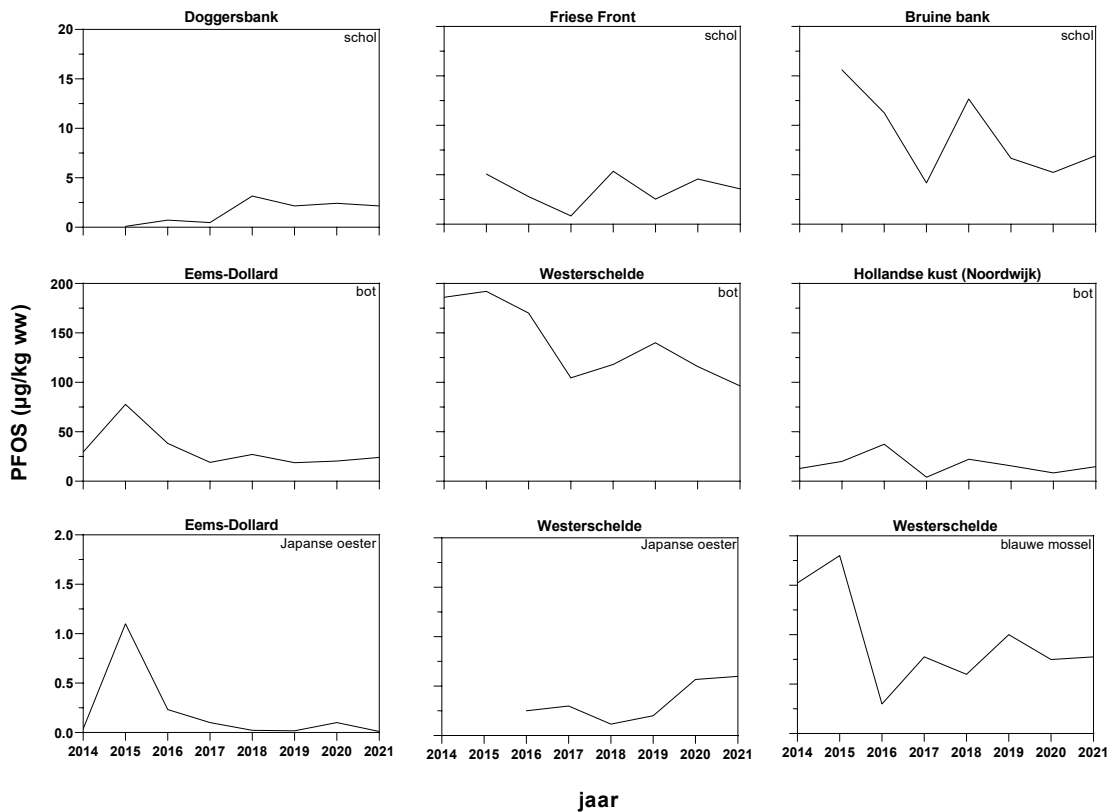


Figuur 34 Toetsing van PFOS in biota aan de KRW-norm. Biota die de EQS_{biota} in periode 2017 tot en met 2021 tenminste eenmaal overschreden zijn rood omcirkeld. De

gestippelde omcirkeling geeft aan dat de EQS_{biota} in de periode 2017 tot en met 2021 niet is overschreden.

Figuur 35 toont de gemeten gehalten van PFOS op basis van natgewicht in vislevers en schelpdieren; er zijn geen normen voor schelpdiervlees of vislevers dus vindt geen toetsing plaats.

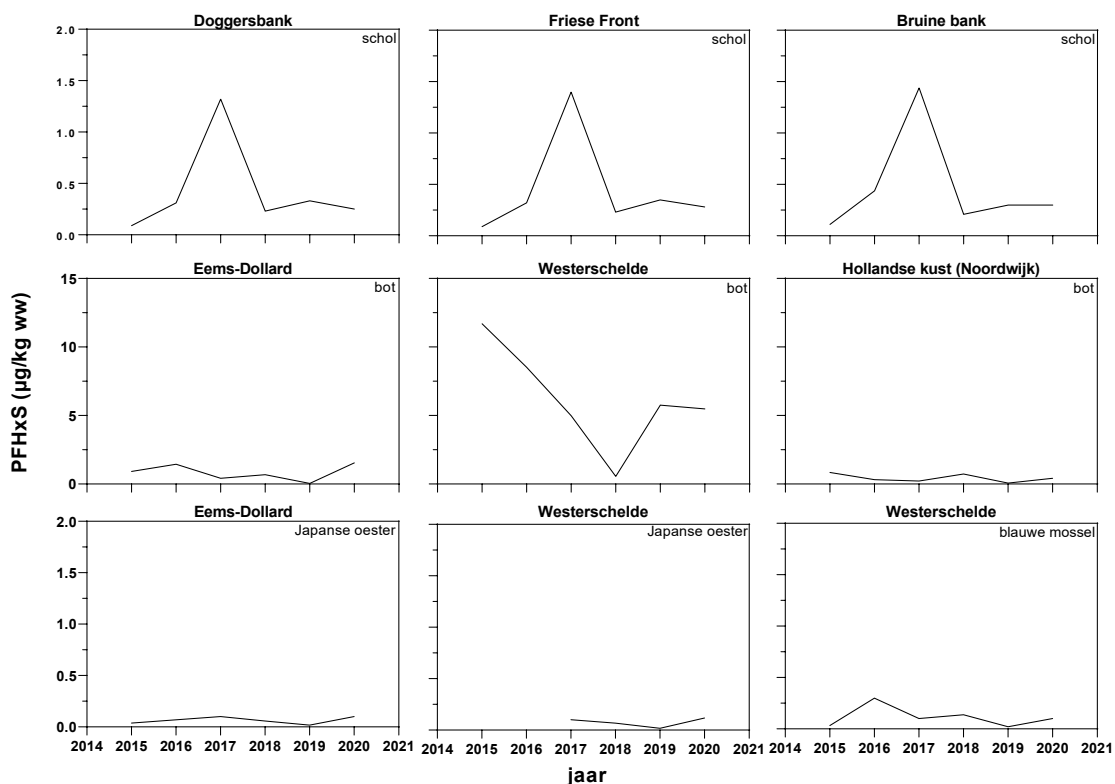
In de Westerschelde worden de hoogste PFOS gehalten gemeten in de lever van bot. In 2021 is dit nog 96 µg/kg natgewicht ten opzichte van 186 µg/kg natgewicht in 2014. De afname aan gehalten is het effect van restrictief beleid in combinatie met verspreiding van de stof over het waterlichaam. Desondanks zijn de gehalten nog steeds verhoogd ten opzichte van de andere meetlocaties. De gehalten PFOS in schelpdiervlees zijn veel lager.



Figuur 35 Gehalten van PFOS uitgedrukt in µg/kg op basis van natgewicht gemeten in de lever van bot en schol en schelpdiervlees van blauwe mossel en Japanse oester in zoutwater. Periode 2014-2021.

8.2 PFHxS

Figuur 36 (vislevers en schelpdieren) en Tabel 25 (hele vis) tonen de gemeten gehalten van perfluorhexaansulfonaat (PFHxS) op basis van natgewicht in de biota; door afwezigheid van een norm vindt er geen toets plaats. De resultaten zijn hierdoor ook niet omgerekend naar bijvoorbeeld toetswaarden.



Figuur 36 Gehalten van PFHxS uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in de levers van bot en schol en schelpdier vlees van blauwe mossel en Japanse oester uit de passieve biologische monitoring in zoutwater. Periode 2014-2021.

Tabel 25 Gehalten van PFHxS uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in hele vis van blankvoorn en bot (µg/kg ww) voor de periode 2017-2021.

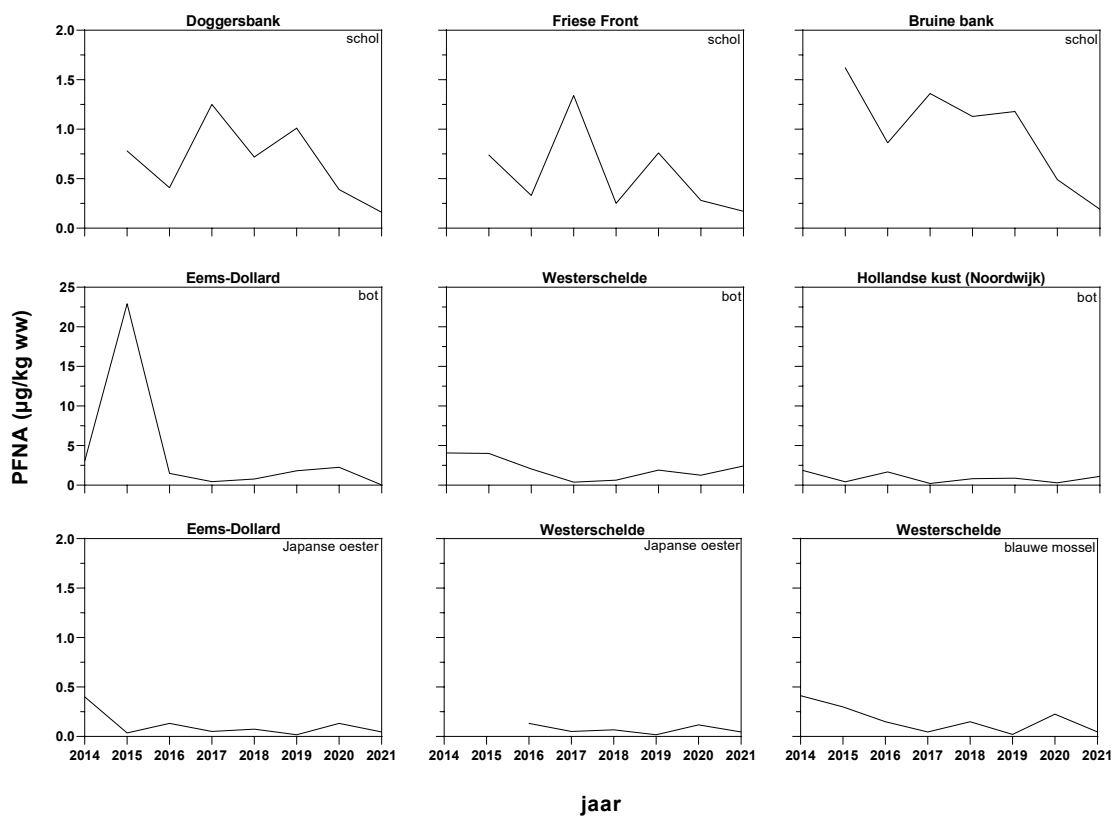
Waterlichaam/ locaties	Biota	2017	2018	2019	2020	2021
Eems-Dollard	bot		0.4			0.6
Hollandse kust (Noordwijk)	bot		<0.05			0.3
Nieuwe Waterweg	bot		<0.06			0.5
Noordzeekanaal	bot		1			0.9
Westerschelde	bot		1.5			2.2
Bergsche Maas	blankvoorn		<0.06			<0.02
Bovenrijn	blankvoorn					0.09
Grensmaas	blankvoorn				<0.1	
Hollands Diep	blankvoorn	<0.2	<0.06	<0.09	<0.1	<0.02
IJsselmeer	blankvoorn			<0.08		
Ketelmeer	blankvoorn	<0.2			<0.2	
Noordzeekanaal	blankvoorn		<0.06			0.9

Waterlichaam/ locaties	Biota	2017	2018	2019	2020	2021
Randmeren Oost	blankvoorn			<0.1		
Volkerak	blankvoorn			<0.09		

8.3 PFNA

Figuur 37 en Tabel 26 tonen de gemeten gehalten van perfluoronaanzuur (PFNA) op basis van natgewicht in de biota; door afwezigheid van een norm vindt er geen toets plaats. De resultaten zijn hierdoor ook niet omgerekend naar bijvoorbeeld toetswaarden.

De gehalten van deze lange-keten PFAS zijn erg laag, de gehalten zijn vaak onder de bepalingsgrens. Ook in de monsters hele vis zijn de gehalten laag, op zeven van de 13 locaties zijn gehalten boven de bepalingsgrens gemeten.



Figuur 37 Gehalten van PFNA uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in de levers van bot en schol en schelpdier vlees van blauwe mossel en Japanse oester uit de passieve biologische monitoring in zoutwater. Periode 2014-2021.

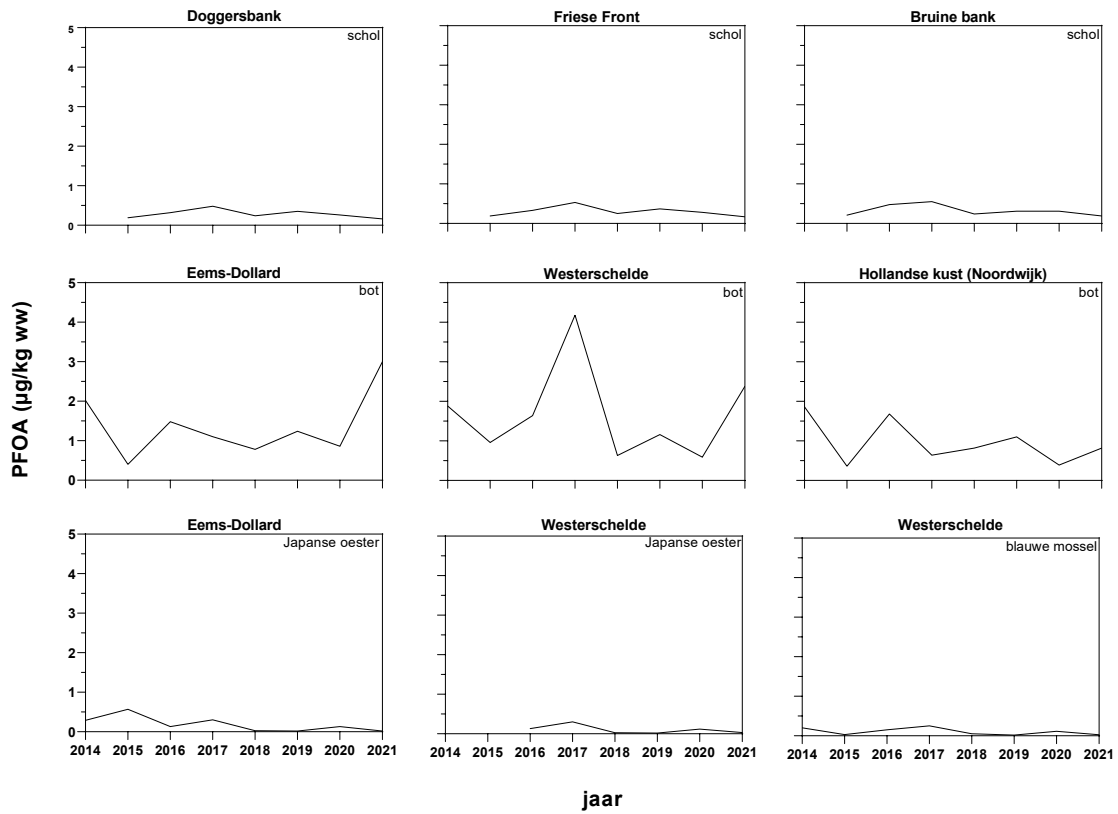
Tabel 26 Gehalten van PFNA uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in hele vis van blankvoorn en bot ($\mu\text{g}/\text{kg}$ ww) voor de periode 2017-2021.

Waterlichaam/ locaties	Biota	2017	2018	2019	2020	2021
Eems-Dollard	bot		0.7			1.5
Hollandse kust (Noordwijk)	bot		0.8			0.6
Nieuwe Waterweg	bot		<0.03			0.6
Noordzeekanaal	bot		1.7			0.6
Westerschelde	bot		0.8			1.8
Bergsche Maas	blankvoorn		<0.03			<0.08
Bovenrijn	blankvoorn					<0.1
Grensmaas	blankvoorn				<0.3	
Hollands Diep	blankvoorn	<0.2	<0.03	<0.09	<0.3	<0.08
IJsselmeer	blankvoorn			1.3		
Ketelmeer	blankvoorn	<0.2			<0.4	
Noordzeekanaal	blankvoorn		<0.03			
Randmeren Oost	blankvoorn			0.1		
Volkerak	blankvoorn			0.8		

8.4 PFOA

Figuur 38 en Tabel 27 tonen de gemeten gehalten van perfluorooctaanuur (PFOA) in natgewicht in de biota; door afwezigheid van een norm vindt er geen toets plaats. De resultaten zijn hierdoor ook niet omgerekend naar bijvoorbeeld toetswaarden.

De gehalten PFOA zijn erg laag in alle monsters, meestal rond de bepalingsgrens, in schol zijn de gehalten allemaal lager dan de bepalingsgrens. In monsters hele vis zijn de gehalten ook laag, in 2021 zijn wel in alle slechts twee monsters blankvoorn zijn gehalten boven de bepalingsgrens vastgesteld.



Figuur 38 Gehalten van PFOA uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in de levers van bot en schol en schelpdier vlees van blauwe mossel en Japanse oester uit de passieve biologische monitoring in zoutwater. Periode 2014-2021.

Tabel 27 Gehalten van PFOA uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in hele vis van blankvoorn en bot ($\mu\text{g}/\text{kg}$ ww) voor de periode 2017-2021.

Waterlichaam/ locaties	Biota	2017	2018	2019	2020	2021
Eems-Dollard	bot		<0.4			0.8
Hollandse kust (Noordwijk)	bot		<0.3			<0.03
Nieuwe Waterweg	bot		<0.4			0.1
Noordzeekanaal	bot		<0.4			0.1
Westerschelde	bot		<0.3			1.3
Bergsche Maas	blankvoorn		<0.4			<0.3
Bovenrijn	blankvoorn					<0.04
Grensmaas	blankvoorn				<0.3	
Hollands Diep	blankvoorn	<0.09	<0.4	<0.09	<0.3	<0.3
IJsselmeer	blankvoorn			0.1		
Ketelmeer	blankvoorn	1			<0.4	
Noordzeekanaal	blankvoorn		<0.4			
Randmeren Oost	blankvoorn			<0.1		
Volkerak	blankvoorn			<0.09		

9 Conclusies

De monitoring voor OSPAR en de KRW is erop gericht om de status van de waterlichamen te bepalen, dat wil zeggen de gehalten prioritaire stoffen toetsen aan de geldende normen. Omdat niet alle organismen, die geschikt zijn om mee te monitoren, in alle waterlichamen voorkomen zijn normen per organisme gesteld.

Toetsing conform OSPAR

In Tabel 28 en Tabel 29 wordt voor alle waterlichamen in 2021 een totaaloverzicht gegeven van de toetsing aan OSPAR-normen op basis van de meest recente meetwaarde. De verschillende kleuren in de tabel geven het toetsingsresultaat aan conform OSPAR.

- Blauw** geeft aan dat de BAC niet is overschreden.
- Groen** geeft aan dat de BAC is overschreden, maar dat EAC, MPC of FEQG niet is overschreden óf dat de EAC/MPC/FEQG niet is overschreden, maar door afwezigheid van een BAC verder geen inschatting gemaakt kan worden.
- Oranje** geeft aan dat de gehalten de BAC overschrijden, maar dat door ontbreken van een EAC/MPC/FEQG verder geen inschatting gemaakt kan worden
- Rood** geeft aan dat de EAC, MPC of FEQG is overschreden.

In geen van de waterlichamen voldoen alle gemonitorde stoffen aan de BAC. De toestand van schol bemonsterd op de Noordzee is het best; er is slechts één EAC overschrijding (PCB118) nl op de locatie Bruine bank.

Het hoogste aantal overschrijdingen (zie "rode" en "oranje" cellen in tabel 30 en 31) is gemeten in schelpdiervlees van de blauwe mossel uit de Westerschelde. Hier worden ook in bot en Japanse oester overschrijdingen geconstateerd. De Westerschelde heeft hiermee de slechtste toestand volgens de OSPAR-criteria. De overschrijdingen worden voornamelijk veroorzaakt door PCB's, TBT, p,p'-DDE en metalen. De blauwe mossel uit de Westerschelde is niet geschikt voor consumptie, omdat cadmiumgehalten de norm voor voedselveiligheid overschrijden. De Japanse oester scoort op elke locatie beter dan de blauwe mossel. In de Japanse oester zijn vaak lagere gehalten aan organische contaminanten en metalen (kwik en lood) aangetroffen dan in de blauwe mossel terwijl de norm voor de Japanse oester gelijk of zelfs hoger is dan voor de blauwe mossel. Een normoverschrijding treedt daarom minder snel op als Japanse oester wordt gebruikt als monitoringsorganisme in plaats van de blauwe mossel. Concentraties van TBT in de mariene slakken vertonen variatie tussen de locaties. De EAC wordt op dit moment alleen in de Westerschelde (blauwe mossel en Japanse oester) overschreden. Effecten van TBT zijn in 2021 niet waargenomen: er is geen imposex aangetroffen in de purperslak en de gevlochten fuikhoren.

Er zijn minder significant stijgende trends (n=6) dan dalende trends (n=43) gevonden; zie Figuur 1.2. De chemische waterkwaliteit lijkt dus in de loop van de tijd te verbeteren. De meest zorgwekkende stijgende trend werd gevonden voor kwik in vissen van het Friese Front (schol), de Eems-Dollard (bot) en de Westerschelde (bot). De kwaliteitsnorm voor secundaire vergiftiging (QSsp), die voor dieren een orde van grootte lager is dan voor mensen (MPC), wordt op alle gemonitorde locaties overschreden, behalve in de Eems-Dollard en Westerschelde (Japanse oester). Bij die laatste locaties zijn de concentraties net onder de drempelwaarde. De huidige kwikconcentraties vormen dus een bedreiging voor de gezondheid van soorten die bovenaan de voedselketen staan, zoals zeezoogdieren en vogels. Een andere zorgwekkende stijgende trend is vastgesteld voor het cadmium in bot uit de Eems-Dollard. Bekend is dat cadmium tot de stoffen behoort waarbij biomagnificatie optreedt. OSPAR geeft echter geen drempelwaarde voor secundaire vergiftiging. Hoewel veel PCB's een dalende trend laten zien, overschrijdt de laatste meting van vier PCB's de EAC/MPC/FEQG-norm. Ook PBDE154 laat een stijgende trend zien voor het Friese Front (schol). Het is bekend dat deze verbinding zich in het weefsel van zeezoogdieren, zoals bruinvissen, ophoopt en schadelijke gevolgen voor hun gezondheid heeft. Of en hoe deze trends de komende jaren zich ontwikkelen wordt jaarlijks door ICES opnieuw berekend.

Tabel 28 Totaaloverzicht toetsing van meest recente meetwaarden tot en met 2021 aan OSPAR-normen voor de metalen, polychloorbifenylen (PCB's), pesticiden en de gebromeerde vlamvertragers (PBDE's). Blauw: ≤BAC, groen: ≤EAC/MPC/FEQG, oranje: >BAC, rood: >EAC/MPC/FEQG. De pijlen laten de trend zien tot en met 2019 (s= schol, b= bot).

Locatie	Biota	Cadmium	Koper	Kwik	Lood	Zink	1-hydroxypyreen	PCB28	PCB52	PCB101	PCB105	PCB118	PCB138	PCB153	PCB156	PCB180	p,p'-DDE	HCB	a-HCH	γ-HCH*	PBDE-28	PBDE-47	PBDE-66	PBDE-85	PBDE-99	PBDE-100	PBDE-153	PBDE-154	PBDE-183
		BAC/MPC	BAC	BAC/MPC	BAC/MPC	BAC/MPC	BAC	BAC/EAC	BAC/EAC	BAC/EAC	BAC	BAC/EAC	BAC/EAC	BAC/EAC	BAC/EAC	BAC	BAC/EAC	BAC	BAC	BAC/EAC	BAC/EAC	BAC/FEQG	BAC/FEQG	BAC	BAC	BAC/FEQG	BAC/FEQG	BAC/FEQG	BAC/FEQG
Doggerbank	s	↓		↓	↓			↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
Friese Front	s	↓		↑	↓			↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↑	
Bruine bank	s	↓		↓	↓			↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
Eems-Dollard	b	↑		↑	↓		↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
Eems-Dollard	bm	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
Eems-Dollard	Jo	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
Hollandse kust	b	↓		↓	↓		↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
Wester schelde	b	↓		↑	↓		↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
Wester schelde	bm	↓	↑	↓	↓		↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
Wester schelde	Jo	↓	↓	↓	↓		↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	*	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	

*Geen toetsing mogelijk in 2021 want kwantificatielimiet is hoger dan EAC

NB. De BAC norm voor PBDE is in dit rapport gecorrigeerd. Daardoor zijn bijna alle PBDE congenenoren nu groen (boven BAC) terwijl ze in het vorige rapport als blauw (onder BAC) vermeld stonden.

Tabel 29 Totaaloverzicht toetsing van meest recente meetwaarden tot en met 2021 aan OSPAR-normen voor de organometalen en polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's). Blauw: ≤BAC, groen: ≤EAC, oranje: >BAC, rood: >EAC. De pijlen laten de trend zien tot en met 2019.

Waterlichaam/ locaties	Biota	TBT	Imposex (VDS)	Antraceen	Benzo(a)antraceen	Benzo(a)pyreen	Benzo(ghi)peryleen	Chryseen	Fenantreen	Fluoranteen	Indeno(123-cd)pyreen	pyreen
		BAC EAC	BAC EAC	EAC	BAC EAC	BAC EAC	BAC EAC	BAC	BAC EAC	BAC EAC	BAC	BAC EAC
Eems-Dollard	blauwe mossel	↓		↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Eems-Dollard	Japane oester	↓		↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Wester schelde	blauwe mossel	↓		↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Wester schelde	Japane oester	↓		↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Waddenzee oost	gewone alikruik	↓		↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Waddenzee west	gewone alikruik	↓		↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Hollandse kust noord	gevlochten fuikhoren	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Hollandse kust midden	gevlochten fuikhoren	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓

Waterlichaam/ locaties	Biota	TBT	Imposex (VDS)	Antraceen	Benzo(a)antraceen	Benzo(a)pyreen	Benzo(ghi)peryleen	Chryseen	Fenantreen	Fluoranteen	Indeno (123-cd)pyreen	Pyreen
Hollandse kust zuid	gevlochten fuikhoren		↓									
Haringvliet kust	gevlochten fuikhoren		↓									
Grevelingen kust	purperslak											
Oosterschelde kust	purperslak											
Westerschelde	purperslak		↓									

Toetsing conform KRW

In Tabel 30 en Tabel 31 wordt een totaaloverzicht gegeven van de toetsing aan de KRW-normen op basis van de meest recente meetwaarde uit de periode 2017-2021. De kleuren in de tabel geven (conform de KRW-systematiek) het resultaat van de toetsing aan; blauw: de EQS_{biota} is niet overschreden; rood: de EQS_{biota} is wel overschreden.

In de periode 2018-2021 zijn er in alle waterlichamen/locaties normoverschrijdingen geconstateerd voor kwik, PBDE's, en heptachloor en -epoxides. De KRW-biotanorm voor kwik is overal overschreden in blankvoorn en bot, ook in Bergsche Maas waar in 2018 de concentratie nog lager dan de norm was. De EQS_{biota} voor de som PBDE wordt ruimschoots overschreden in alle waterlichamen/locaties. PBDE47 is verantwoordelijk voor meer dan 50% van de som PBDE's. Het is verontrustend dat de hoogste niveaus van heptachloor en epoxide, die worden gemeten in het Noordzeekanaal, Westerschelde en Bovenrijn, de drempelwaarde met meerdere grootteordes overschrijden.

Voor de waterlichamen Ketelmeer en Randmeren Oost en aan de Hollandse kust (Noordwijk) is er geen normoverschrijding van perfluorooctaansulfonaat (PFOS) gevonden in biota. De hoogste gehalten aan PFOS zijn gevonden in de Westerschelde en het Noordzeekanaal, gevolgd door de Bovenrijn. Voor kwik, PBDE's en PFOS rijst de vraag in welke mate de gehalten in hogere trofische soorten toenemen.

In de zoutwater ABM-monitoring met blauwe mossel en Japanse oester in 2020 is slechts één overschrijding van de EQS_{biota} geconstateerd. Dit betrof de PAK benzo(a)antraceen in mosselvlees uit de Westerschelde. De toetswaarde was hier exact gelijk aan de norm. Dezelfde norm werd ook overschreden bij de ABM-monitoring van de Hollandse kust (Noordwijk), maar de laatste toetswaarde kwam hiervoor uit 2017. Een nieuwe meting voor deze locatie zal moeten uitwijzen of de norm nog steeds wordt overschreden.

In de zoete Rijkswateren overschreden gehalten aan benzo(a)antraceen- en benzo(a)pyreen in schelpdiervlees het vaakst de EQS_{biota}-norm, terwijl chryseen en fluoranteen het minst frequent de norm overschreden. Het rapport toont aan dat het patroon van verschillende PAK-congeneren in schelpdieren(het PAK-profiel) in alle waterlichamen min of meer gelijk zijn, de resultante van een vergelijkbaar patroon van de vervuilingsgraad van de PAK-congeneren in de waterlichamen.

De som-TEQ gehalten zijn het hoogst in bot uit het Noordzeekanaal, gevolgd door blankvoorn uit de Bovenrijn en bot uit de Nieuwe Waterweg. De bot uit het Noordzeekanaal bevat het hoogste som-TEQ gehalte als gevolg van bekende dioxine-hotspots in het sediment.

Voor hexachloorbenzeen (HCB) werd de biota-kwaliteitsnorm (EQS_{biota}) alleen in de Bovenrijn overschreden. Het betrof hier een geringe overschrijding.

Er zijn voor de rapportage periode 2018-2021 geen overschrijdingen van de EQS_{biota} vastgesteld voor dicofol, HCBd en HBCDD. Het gevonden beeld komt grotendeels overeen met de resultaten uit het vooronderzoek (Foekema e.a., 2019).

Tabel 30 Totaaloverzicht toetsing van 2018-2021 aan KRW-normen voor metingen in vis uit de passieve biotamonitoring. Blauwe cellen $\leq EQS_{biota}$, Rode cellen $> EQS_{biota}$.

Waterlichaam/ locaties	Biota	Jaar	Kwik	Som TEQ	HCB	Heptachloor + -epoxides	Dicofol	HCBD	som BDE's	HBCD	PFOS
Noordzeekanaal	blankvoorn	2018	Red	Blue	Blue	Red	Blue	Blue	Red	Blue	Red
IJsselmeer	blankvoorn	2019	Red	Blue	Blue	Red	Blue	Blue	Red	Blue	Red
Randmeren oost	blankvoorn	2019	Red	Blue	Blue	Red	Blue	Blue	Red	Blue	Blue
Volkerak	blankvoorn	2019	Red	Blue	Blue	Red	Blue	Blue	Red	Blue	Red
Grensmaas	blankvoorn	2020	Red	Red	Blue	Red	Blue	Blue	Red	Blue	Red
Bergsche Maas	blankvoorn	2021	Red	Blue	Blue	Red	Blue	Blue	Red	Blue	Red
Hollands Diep	blankvoorn	2021	Red	Blue	Blue	Red	Blue	Blue	Red	Blue	Red
Ketelmeer	blankvoorn	2020	Red	Blue	Blue	Red	Blue	Blue	Red	Blue	Blue
Bovenrijn	blankvoorn	2021	Red	Red	Red	Red	Blue	Blue	Red	Blue	Red
Hollandse kust (Noordwijk)	bot	2018	Red	Blue	Blue	Red	Blue	Blue	Red	Blue	Blue
Eems-Dollard	bot	2021	Red	Blue	Blue	Red	Blue	Blue	Red	Blue	Red
Nieuwe Waterweg	bot	2021	Red	Blue	Blue	Red	Blue	Blue	Red	Blue	Red
Noordzeekanaal	bot	2021	Red	Red	Blue	Red	Blue	Blue	Red	Blue	Red
Westerschelde	bot	2021	Red	Blue	Blue	Red	Blue	Blue	Red	Blue	Red

Tabel 31 Totaaloverzicht toetsing van 2018-2021 aan KRW-normen voor metingen in schelpdieren. Blauwe cellen $\leq EQS_{biota}$, Rode cellen $> EQS_{biota}$.

Waterlichaam/ locaties	Biota	Jaar	Type	Benzo(a)antraceneen	Benzo(a)pyreen	Chryseen	Fluoranteen
Grevelingen	blauwe mossel	2020	ABM	Blue	Blue	Blue	Blue
Hollandse kust (Noordwijk)	blauwe mossel	2017*	ABM	Red	Blue	Blue	Blue
Oosterschelde	blauwe mossel	2020	ABM	Blue	Blue	Blue	Blue
Oosterschelde (ref)	blauwe mossel	2020	ABM	Blue	Blue	Blue	Blue
Voordelta	blauwe mossel	2020	ABM	Blue	Blue	Blue	Blue
Waddenzee west	blauwe mossel	2020	ABM	Blue	Blue	Blue	Blue
Westerschelde	blauwe mossel	2020	ABM	Red	Blue	Blue	Blue
Eems-Dollard	Japanse oester	2021	PBM	Blue	Blue	Blue	Blue
Eems-Dollard	blauwe mossel	2021	PBM	Blue	Blue	Blue	Blue
Westerschelde	blauwe mossel	2021	PBM	Blue	Blue	Blue	Blue
Westerschelde	Japanse oester	2021	PBM	Blue	Blue	Blue	Blue
Wolderwijd	quaggamossel	2018	ABM	Blue	Blue	Blue	Blue
IJsselmeer	quaggamossel	2019	ABM	Blue	Blue	Blue	Blue
Volkerak	quaggamossel	2019	ABM	Red	Red	Blue	Blue
Bergsche maas	quaggamossel	2020	ABM	Red	Red	Blue	Blue
Grensmaas	quaggamossel	2020	ABM	Red	Red	Red	Red
Hollandse IJssel	quaggamossel	2020	ABM	Red	Red	Red	Red
Ketelmeer	quaggamossel	2020	ABM	Red	Red	Blue	Blue
Hollands Diep	quaggamossel	2021	ABM	Red	Red	Blue	Blue
IJsselmeer (ref)	quaggamossel	2021	ABM	Blue	Blue	Blue	Blue
Noordzeekanaal	quaggamossel	2021	ABM	Red	Red	Blue	Blue
Bovenrijn	quaggamossel	2021	ABM	Red	Red	Red	Red
Nieuwe waterweg	quaggamossel	2021**	ABM	Red	Red	Blue	Blue
Twentekanaal	quaggamossel	2021	ABM	Red	Red	Blue	Red

* Monitoringsresultaat uit 2017 omdat monster in 2020 verloren is gegaan

** Monitoringsresultaat op nieuwe locatie; Van Brienoordbrug

OSPAR locaties ver uit de kust zijn doorgaans het verst verwijderd van de bron van een chemische stof, daardoor het minst verontreinigd en voldoen het vaakst aan de normen. Dichter onder de kust en zeker in estuaria zijn de stofgehalten hoger en worden de normen vaker overschreden. Een uitzondering hierop vormt PCB118 waarvan de norm in vis op de bruine Bank wordt overschreden. Slechts bij een aantal stoffen worden de EAC-normen overschreden: voornamelijk cadmium, PCB118 en een aantal andere PCB-congeneren.

Op de meest gecontamineerde locatie, Westerschelde, worden standaard meerdere soorten bemonsterd: blauwe mossel, Japanse oester en bot. Hieruit blijkt dat de keuze van de soort een effect kan hebben op de uitkomst van de toetsing. Met de blauwe mossel (62%) worden meer overschrijdingen van de BAC geconstateerd dan met de Japanse oester (48%). De OSPAR-normen voor blauwe mossel en die voor Japanse oester geven in de Nederlandse situatie blijkbaar niet precies dezelfde uitkomst. Hierbij moet worden opgemerkt dat de verschillen klein zijn. De toetswaarden voor blauwe mossel en Japanse oester liggen dicht bij elkaar. Er bestaan ook BAC-normen voor sediment. De vraag rijst bij gebruik van welk schelpdier (Japanse oester of blauwe mossel), de biota-toetsing het best overeenkomt met de toetsing van de gehalten in het omringende sediment.

De resultaten van de KRW-toetsing geven duidelijk aan dat een aantal prioritaire stoffen de gestelde EQS_{biota}-normen stelselmatig overschrijden; heptachloor, kwik en PBDE's. Deze stoffen zijn wijd verspreid over het hele land en tussen de onderzochte locaties worden slechts kleine verschillen in concentraties waargenomen. PFOS-concentraties overschrijden op de meeste locaties de drempelwaarden, terwijl HCB en som-TEQ slechts op zeer weinig locaties een probleem vormen. De locaties met de minste overschrijdingen zijn doorgaans relatief weinig beïnvloed door industrie of andere menselijke activiteiten. Stoffen als dicofol, HCBD en HBCD overschrijden de norm nooit, HCB werd alleen in de Bovenrijn boven de norm aangetroffen in 2021. Het bestrijdingsmiddel dicofol wordt waarschijnlijk erg weinig gebruikt in Nederland.

Aanbevelingen

Op basis van de actuele bevindingen zijn er drie aanbevelingen geformuleerd:

- 1) **Monitoring op DDT en metabolite-concentraties:** Gezien de overschrijding van de BAC-waarde (bij gebrek aan een EAC/MPC/FEQG-norm voor DDE in schelpdieren) raden wij aan om deze stofgroep ook te monitoren in weefsel van vissen, en eventueel in weefsel van (dood aangetroffen) zeezoogdieren en vis etende vogels. Monstermatrices en soorten-specifieke drempelwaarden voor een beoordeling worden door OSPAR gegeven.
- 2) **Monitoring 'passive samplers':** Om na te gaan in hoeverre de opname van chemische stoffen door de samplers (kinetisch proces) vergelijkbaar is met die door schelpdieren, raden we aan om de resultaten van de metingen met 'passive samplers' op te nemen in de analyses. Mogelijk zijn passieve samplers een interessant alternatief voor metingen van bepaalde chemische stoffen in levende organismen of vormen ze een aanvullende meetwijze bij toekomstige monitoringinspanningen.
- 3) **Monitoring van secundaire vergiftiging en biomagnificatie** door kwik, cadmium, PCB's en PBDE's. Veel van deze verbindingen laten een stijgende trend zien of overschrijdingen van drempelwaarden in vissen – de belangrijkste voedingsbron van zeezoogdieren. Aanbevolen wordt om de effecten te monitoren die deze verbindingen hebben op de gezondheid van dergelijke langlevende soorten.

10 Kwaliteitsborging

Wageningen Marine Research beschikt over een ISO 9001:2015 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV.

Het Chemisch en Benthos laboratorium beschikken over een EN-ISO/IEC 17025:2017 accreditatie voor testlaboratoria met nummer L097. Deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie. Het Chemisch en Benthos laboratorium hebben hierdoor aangetoond in staat te zijn op technisch bekwame wijze valide resultaten te leveren en te werken volgens de ISO17025 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. Het kwaliteitskenmerk Q wordt niet in dit rapport gebruikt.

De kwaliteit van de analysemethoden wordt op verschillende manieren gewaarborgd. De juistheid van de analysemethoden wordt regelmatig getoetst door deelname aan ringonderzoeken cq bekwaamheidsonderzoeken (3^e lijnscontrole). Daarnaast worden bij iedere meetserie nog andere kwaliteitscontroles uitgevoerd waaronder 1^e lijns- (controlemonsters) en 2^e lijnscontroles.

Indien gewenst kunnen gegevens met betrekking tot de prestatiekenmerken van de analysemethoden bij het laboratorium worden opgevraagd.

Indien sprake is van onbeheerste kwaliteit worden passende maatregelen genomen.

Literatuur

- Brooks, S.J, Waldoock, M., 2009. Copper Biocides in the Marine Environment. *Ecotoxicology of Antifouling Biocides*, pp 413-428|
- EC. 2008. Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive) (Text with EEA relevance). OJ L 164, 25.6.2008, p. 19–40 (BG, ES, CS, DA, DE, ET, EL, EN, FR, IT, LV, LT, HU, MT, NL, PL, PT, RO, SK, SL, FI, SV). Latest consolidated version: 07/06/2017. ELI: <http://data.europa.eu/eli/dir/2008/56/oj>
- EC. 2014. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy OJ L 327, 22.12.2000, p. 1–73 (ES, DA, DE, EL, EN, FR, IT, NL, PT, FI, SV). Latest consolidated version: 20/11/2014. ELI: <http://data.europa.eu/eli/dir/2000/60/oj>.
- EU. 2013. Richtlijn 2013/39/EU van het Europees Parlement en de Raad van 12 augustus 2013 tot wijziging van Richtlijn 2000/60/EG en Richtlijn 2008/105/EG wat betreft prioritaire stoffen op het gebied van het waterbeleid Voor de EER relevante tekst. OJ L 226, 24.8.2013, p. 1–17 (BG, ES, CS, DA, DE, ET, EL, EN, FR, HR, IT, LV, LT, HU, MT, NL, PL, PT, RO, SK, SL, FI, SV). ELI: <http://data.europa.eu/eli/dir/2013/39/oj>
- 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. Technical Report - 2014 - 083
- EU. 2017. Besluit (EU) 2017/848 van de Commissie van 17 mei 2017 tot vaststelling van criteria en methodologische standaarden inzake de goede milieutoestand van mariene wateren en specificaties en gestandaardiseerde methoden voor monitoring en beoordeling, en tot intrekking van Besluit 2010/477/EU (Voor de EER relevante tekst.). C/2017/2901. Published: 2017-05-17.
- Foekema, E.M., M. Kotterman & M. Hoek – van Nieuwenhuizen. 2019. Chemische biotamonitoring conform KRW. Methodeontwikkeling en compliance-check 2014/2015. Gecorrigeerde versie van rapport van 16 aug 2016. IMARES rapport C082/16.a. Den Helder, mei 2019.
- Genchi, G., Sinicropi, M.S., Lauria, G., Carocci, A., Catalano, A., 2020. The Effects of Cadmium Toxicity. *Review Int J Environ Res Public Health*. 2020 May 26;17(11):3782.
- Giessing, A.M.B., L.M. Mayer & T.L. Forbes. 2003. Synchronous fluorescence spectrometry of 1-hydroxypyrene: a rapid screening method for identification of PAH exposure in tissue from marine polychaetes. *Marine Environmental Research* 56 (2003) 599–615. doi:10.1016/S0141-1136(03)00045-X
- Kotterman, M.J.J. & M.R. de Hart 2022. Biotamonitoring Rijkswateren tot en met 2021. Deel II: Toegepaste Methoden. Wageningen Marine Research rapport C068/22.OSPAR. 2009. Agreement on CEMP Assessment Criteria for the QSR 2010 (OSPAR Agreement 2009-2).
- OSPAR. 2017. Agreement on contaminants' criteria and methods for the Intermediate Assessment 2017 (OSPAR Agreement 2017-01e). Adopted 2017, Cork.
- OSPAR. 2018. CEMP Guidelines for Monitoring Contaminants in Biota (OSPAR Agreement 1999-02). Revised in 2018.
- Postma J., Rozemeijer M.J.C., Schobben J.H.M., 2013. De invloed van de waterbodem op de waterkwaliteitsdoelen van het Noordzeekanaal. Met specifieke aandacht voor de dioxine-problematiek. Rapport C092/13. IMARES Wageningen UR.
- Plum, L.M., Rink, L., Haase, H., 2010. The Essential Toxin: Impact of Zinc on Human Health. *Int J Environ Res Public Health*. 2010 Apr; 7(4): 1342–1365.
- RWS. 2019. Protocol monitoring en toestandbeoordeling oppervlaktewaterlichamen KRW. Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving. 3 april 2019.
- Van de Wolfshaar, K.E., R. Schelvis, M. Kotterman, A.C. Sneekes, M.T. van de Sluis, M. Roos, C. Schmidt, A. Houben & J.J. de Leeuw. 2018. Programmaplan Vis- en Biotamonitoring Rijkswateren. Periode 2018-2023. Wageningen Marine Research rapport C099.17. Wageningen, 13 november 2018.

Verantwoording

Rapport: C049/22A
Projectnummers: 4316100126; 4316100127; 4316100128; 4316100129; 4316100130;
4316100131; 4316100132; 4316100133; 4316100134; 4316100158

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het verantwoordelijk lid van het managementteam van Wageningen Marine Research

Akkoord: Dr. E.M. Foekema
Onderzoeker

Handtekening:



Datum: 20 april 2023

Akkoord: Dr. Ir. T.P. Bult
Director

Handtekening:



Datum: 20 april 2023

11 Normen

11.1 Normen voor OSPAR

De normen omgerekend voor de specifieke soort op basis van De OSPAR-normen zoals gebruikt in deze rapportage zijn opgenomen in Tabel 32. Daar waar nodig, zijn soortspecifieke conversiefactoren zoals weergegeven in Tabel 33. Hierdoor is de eenheid van alle soortspecifieke OSPAR-normen in $\mu\text{g}/\text{kg}$ natgewicht (ww), met uitzondering van de metabolieten van PAK welke in ng/ml natgewicht (ww) wordt weergegeven. De exacte methode die voor de omrekening gebruikt is wordt beschreven door ICES (<https://dome.ices.dk/ohat/?assessmentperiod=2021>).

Tabel 32 OSPAR-normen voor de specifieke biota. Eenheid in $\mu\text{g}/\text{kg}$ natgewicht, met uitzondering van PAK eenheid ng/ml .

Biota	Schol		Bot		Blauwe mossel		Japanse oester	
	BAC	MPC	BAC	MPC	BAC	MPC	BAC	MPC
Cadmium	26	1000	26	1000	156	1000	546	1000
Koper	-	-	-	-	978	-	1092	-
Kwik	35	500	35	500	15	500	33	500
Lood	26	1500	26	1500	209	1500	234	1500
Zink	-	-	-	-	10143	-	11340	-
Norm	BAC	EAC	BAC	EAC	BAC	EAC	BAC	EAC
TBT	-	-	-	-	0.82	2.0	0.91	2.2
Antraceen	-	-	-	-	-	47	-	53
Benzo(a)antraceen	-	-	-	-	0.41	13	0.41	15
Benzo(a)pyreen	-	-	-	-	0.23	97.8	0.25	109
Benzo(ghi)peryleen	-	-	-	-	0.41	18	0.46	20
Chryseen	-	-	-	-	1.3	-	1.47	-
Fenantreen	-	-	-	-	1.8	277	2.0	309
Fluoranteen	-	-	-	-	2.0	18	2.22	20
Indeno(123-cd)pyreen	-	-	-	-	0.39	-	0.44	-
Naftaleen	-	-	-	-	-	55	-	62
Pyreen	-	-	-	-	1.5	16	1.64	18
Metabolieten van PAK (ng/ml)	-	-	-	16	-	-	-	-
PCB28	0.1	9.8	0.1	7.30	0.12	0.94	0.14	1.2
PCB52	0.08	16	0.08	<u>12</u>	0.12	1.5	0.14	1.9
PCB101	0.08	18	0.08	<u>13</u>	0.11	1.7	0.13	2.2
PCB105	0.08	-	0.08	-	0.12	-	0.14	-
PCB118	0.1	3.7	0.1	2.725	0.10	0.35	0.11	<u>0.45</u>
PCB138	0.09	46	0.09	<u>35</u>	0.10	4.4	0.11	5.7
PCB153	0.1	231	0.1	173	0.10	22	0.11	29
PCB156	0.08	-	0.08	-	0.10	-	0.11	-
PCB180	0.11	68	0.11	<u>51</u>	0.10	6.6	0.11	8.4
p,p'-DDE	0.1	-	0.1	-	0.10	-	0.11	-
HCB	0.09	-	0.09	-	0.10	-	0.11	-
a-HCH	-	-	-	-	0.10	-	0.12	-
y-HCH	-	11	-	11	0.16	0.24	0.18	0.26

Biota	Schol		Bot		Blauwe mossel		Japanse oester	
Norm	BAC	FEQG	BAC	FEQG	BAC	FEQG	BAC	FEQG
BDE28	0.007	274	0.010	353	0.001	31	0.001	31
BDE47	0.007	100	0.010	129	0.001	11	0.001	11
BDE66	0.007		0.010		0.001		0.001	
BDE85	0.007		0.010		0.001		0.001	
BDE99	0.007	2	0.010	3	0.001	0.26	0.001	0.26
BDE100	0.007	2	0.010	3	0.001	0.26	0.001	0.26
BDE126	0.007		0.010		0.001		0.001	
BDE153	0.007	9	0.010	12	0.001	1	0.001	1
BDE154	0.007	9	0.010	12	0.001	1	0.001	1
BDE183	0.007		0.010		0.001		0.001	
BDE209	0.007		0.010		0.001		0.001	
Biota	Gewone alikruik		Gevlochten fuikhoren		Purperslak			
Norm	BAC	EAC	BAC	EAC	BAC	EAC		
TBT	1.1	2.6	1.36	3.3	1.6	3.9		

Tabel 33 Soortspecifieke conversiefactoren

Biota	Soort	matrix	eenheid	Drooggewicht (dw) of Vetgewicht (lw)	factor
Mossel	<i>Mytilus edulis</i>	weke delen	µg/kg	dw	16.3
Mossel	<i>Mytilus edulis</i>	weke delen	µg/kg	lw	1.4
Oester	<i>Crassostrea gigas</i>	weke delen	µg/kg	dw	18
Oester	<i>Crassostrea gigas</i>	weke delen	µg/kg	lw	2.1
Bot	<i>Platichthys flesus</i>	lever	µg/kg	lw	14.6
Bot	<i>Platichthys flesus</i>	filet	µg/kg	lw	0.9
Schol	<i>Pleuronectes platessa</i>	lever	µg/kg	lw	11.4
Schol	<i>Pleuronectes platessa</i>	filet	µg/kg	lw	0.5
Alikruik	<i>Littorina littorea</i>	weke delen	µg/kg	dw	21.9
Gevlochten fuikhoorn	<i>Nassarius reticulatus</i>	weke delen	µg/kg	dw	27.1
Purperslak	<i>Nucella lapillus</i>	weke delen	µg/kg	dw	32.8

11.2 Normen voor KRW

Tabel 34 KRW-normen voor biota. Eenheid in $\mu\text{g}/\text{kg}$ ww.

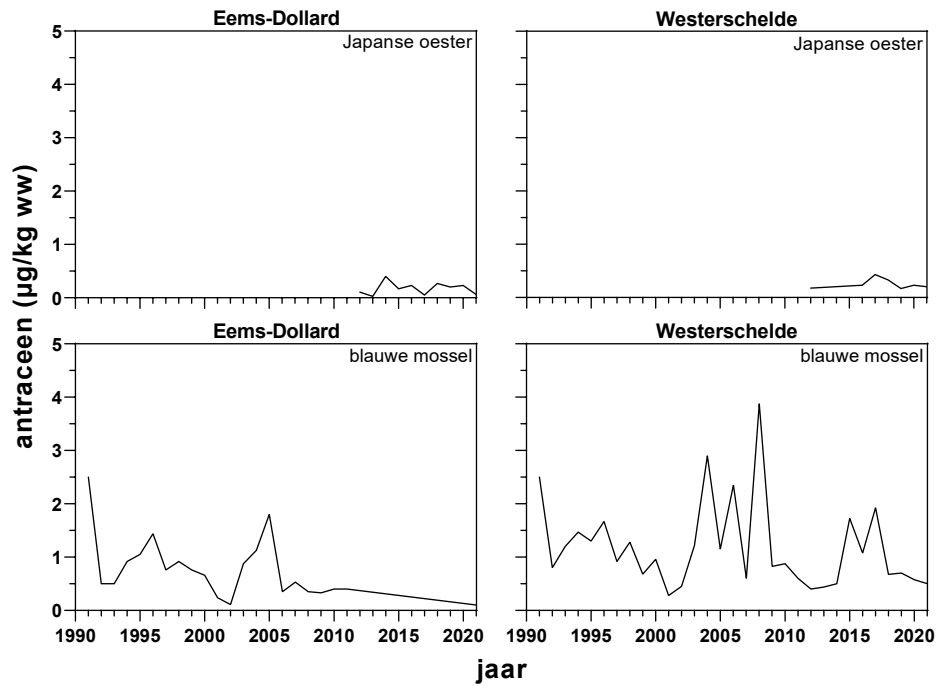
Contaminant	EQS _{biota}	Matrix
Kwik	20	Vis
Dioxines (som-TEQ [#])	0.0065 (TEQ2005)	Vis, kreeftachtigen en schelpdieren
Benzo(a)antraceen	3	Kreeftachtigen en schelpdieren
Benzo(a)pyreen	5	Kreeftachtigen en schelpdieren
Chryseen	30	Kreeftachtigen en schelpdieren
Fluoranteen	30	Kreeftachtigen en schelpdieren
Dicofol	33	Vis
Hexachloorbenzeen (HCB)	10	Vis
Heptachloor+ -epoxides	0.0067	Vis
Hexachloorbutadieen (HCBD)	55	Vis
som Gebromeerde difenylethers (sBDE6*)	0.0085	Vis
Hexabroomcyclododecaan (HBCDD)	167	Vis
PFOS	9.1	Vis

[#] som van toxische equivalenten van dioxines, furanen en dioxineachtige PCB's.

* som van PBDE28, PBDE47, PBDE99, PBDE100, PBDE153 en PBDE154.

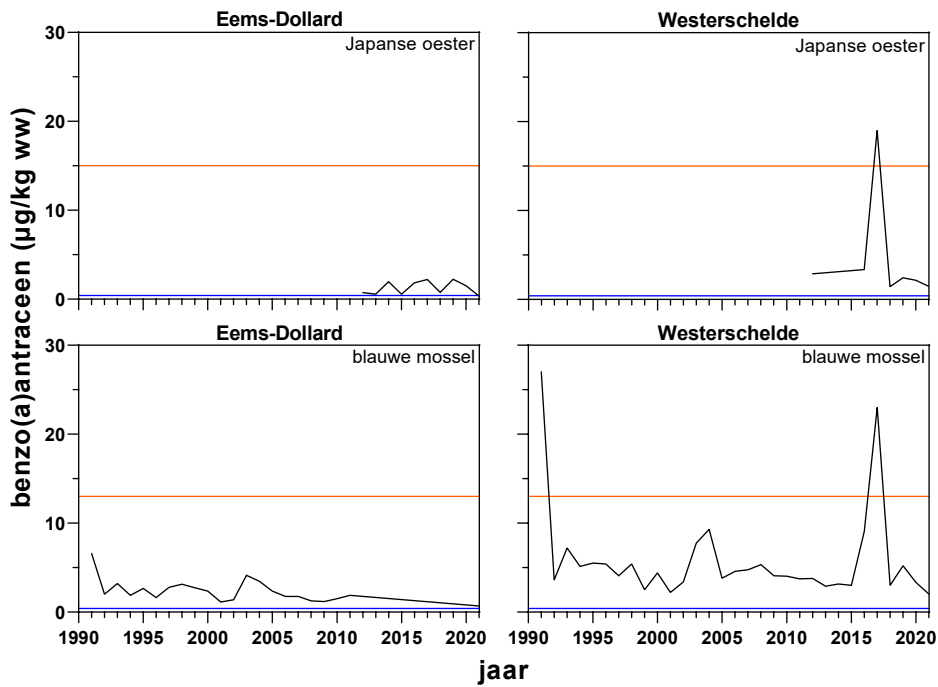
12.1 OSPAR

12.1.1 Antraceen



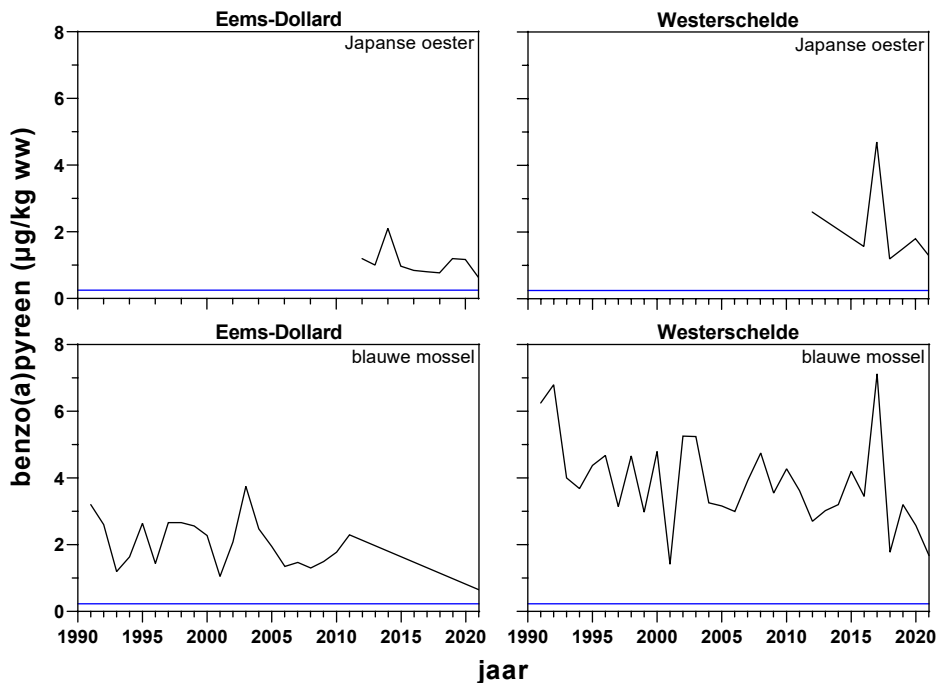
Figuur 39 Gehalten van antraceen uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in schelpdieren (blauwe mossel en Japanse oester) voor OSPAR. Periode 1991 tot en met 2021. EAC > y-as.

12.1.2 Benzo(a)antraceen



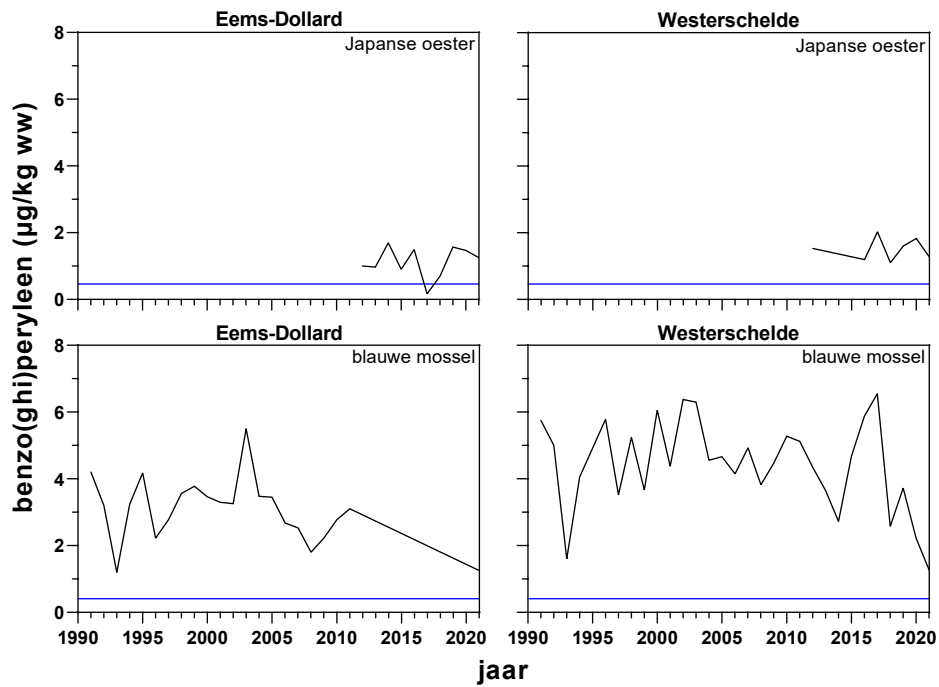
Figuur 40 Gehalten van benzo(a)antraceen uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in schelpdieren (blauwe mossel en Japanse oester) voor OSPAR. Periode 1991 tot en met 2021. Blauwe lijn is de BAC en de oranje lijn is de EAC/MPC/FEQG.

12.1.3 Benzo(a)pyreen



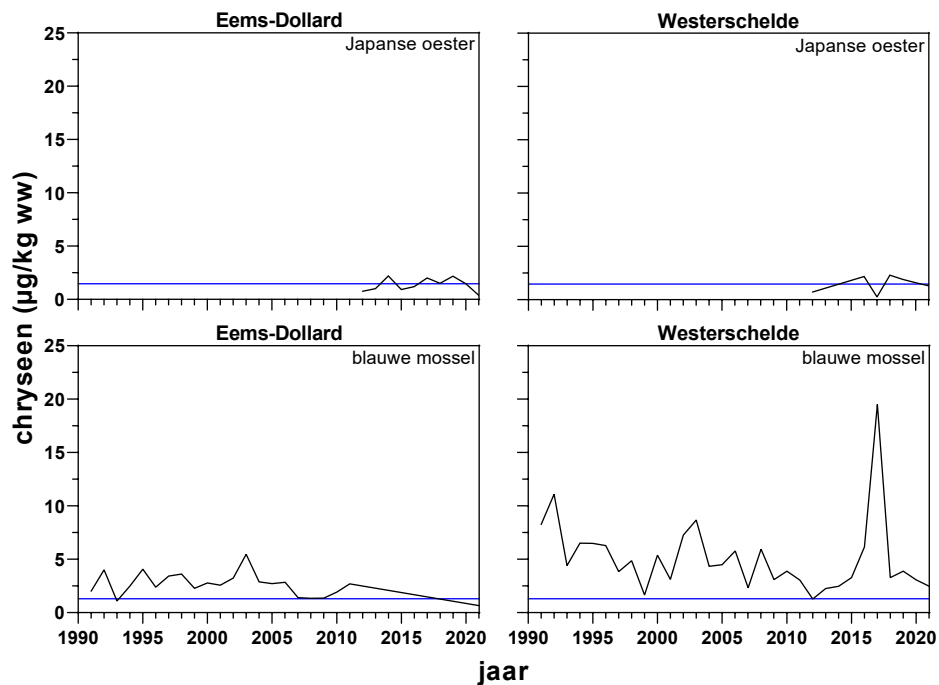
Figuur 41 Gehalten van benzo(a)pyreen uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in schelpdieren (blauwe mossel en Japanse oester) voor OSPAR. Periode 1991 tot en met 2021. Blauwe lijn is de BAC.

12.1.4 Benzo(ghi)peryleen



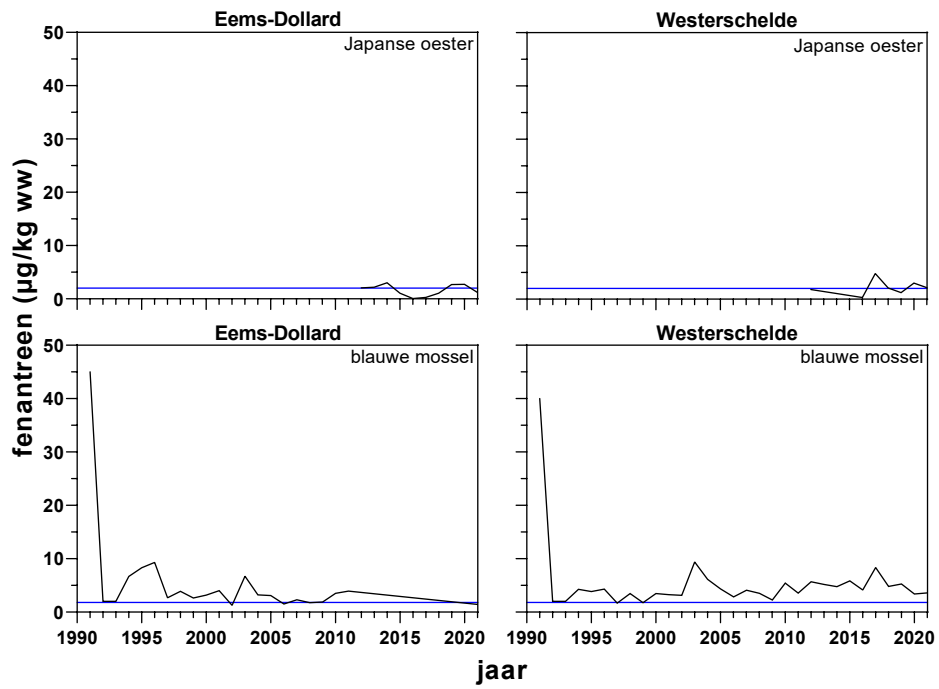
Figuur 42 Gehalten van benzo(ghi)peryleen uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in schelpdieren (blauwe mossel en Japanse oester) voor OSPAR. Periode 1991 tot en met 2021. Blauwe lijn is de BAC.

12.1.5 Chryseen



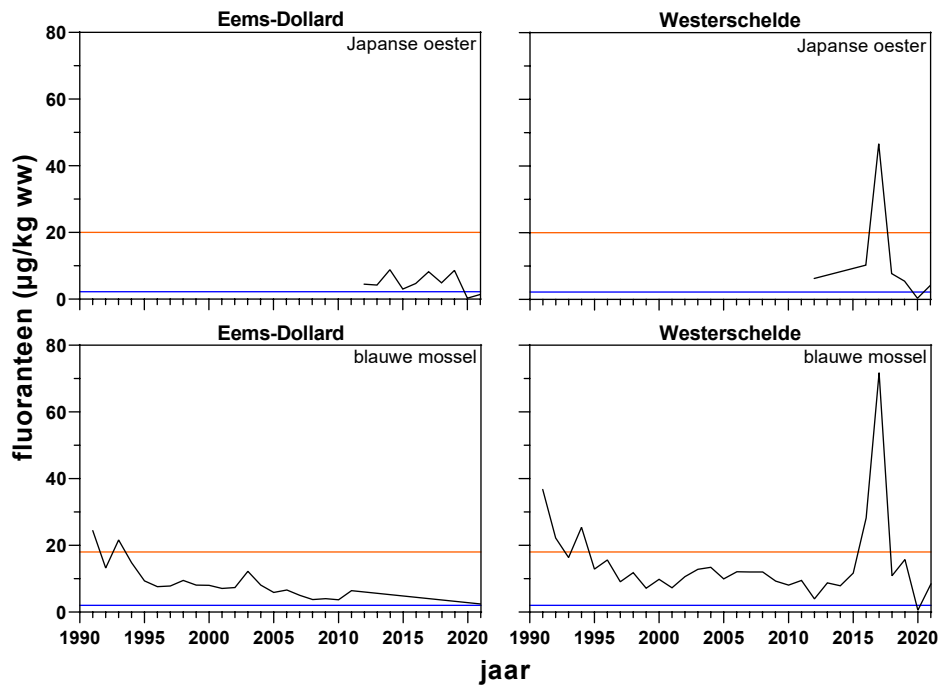
Figuur 43 Gehalten van chryseen uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in schelpdieren (blauwe mossel en Japanse oester) voor OSPAR. Periode 1991 tot en met 2021. Blauwe lijn is de BAC.

12.1.6 Fenantreen



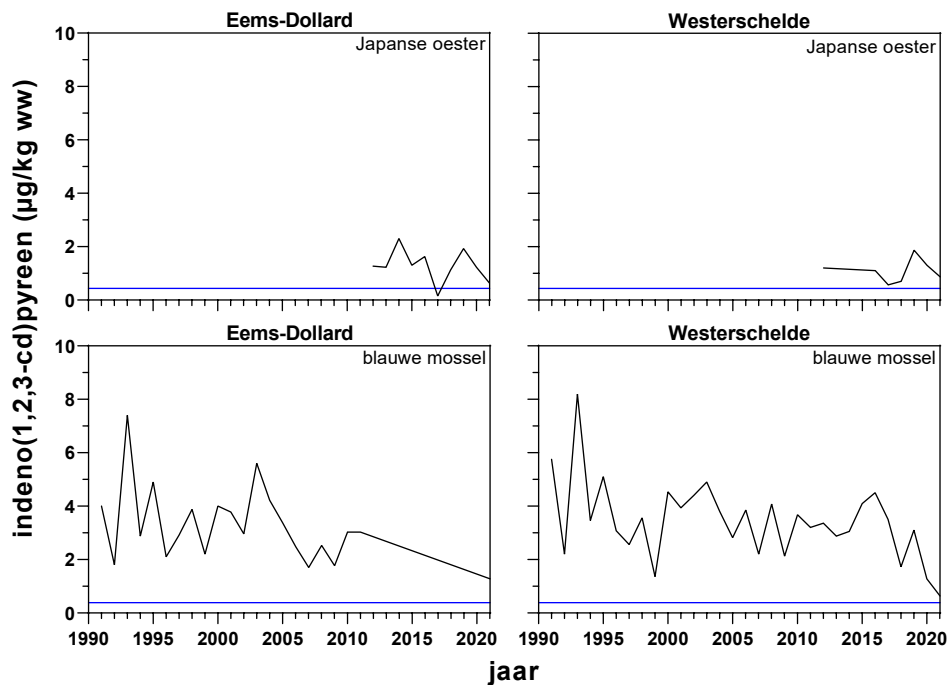
Figuur 44 Gehalten van fenantreen uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in schelpdieren (blauwe mossel en Japanse oester) voor OSPAR. Periode 1991 tot en met 2021. Blauwe lijn is de BAC.

12.1.7 Fluoranteen



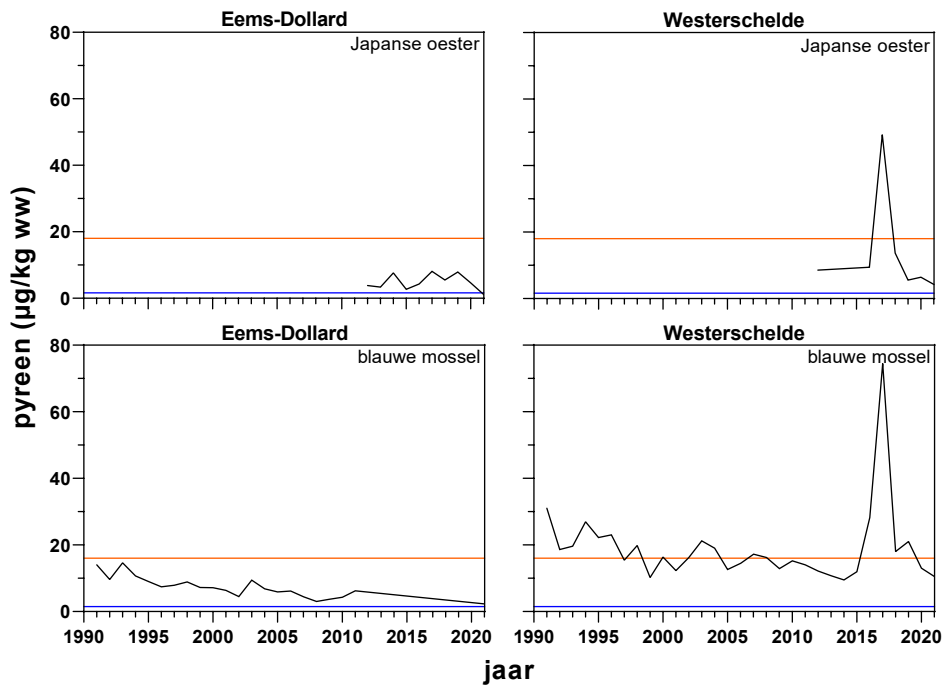
Figuur 45 Gehalten van fluoranteen uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in schelpdieren (blauwe mossel en Japanse oester) voor OSPAR. Periode 1991 tot en met 2021. Blauwe lijn is de BAC en de oranje lijn is de EAC/MPC/FEQG.

12.1.8 Indeno(1,2,3-cd)pyreen



Figuur 46 Gehalten van indeno(1,2,3-cd)pyreen uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in schelpdieren (blauwe mossel en Japanse oester) voor OSPAR. Periode 1991 tot en met 2021. Blauwe lijn is de BAC.

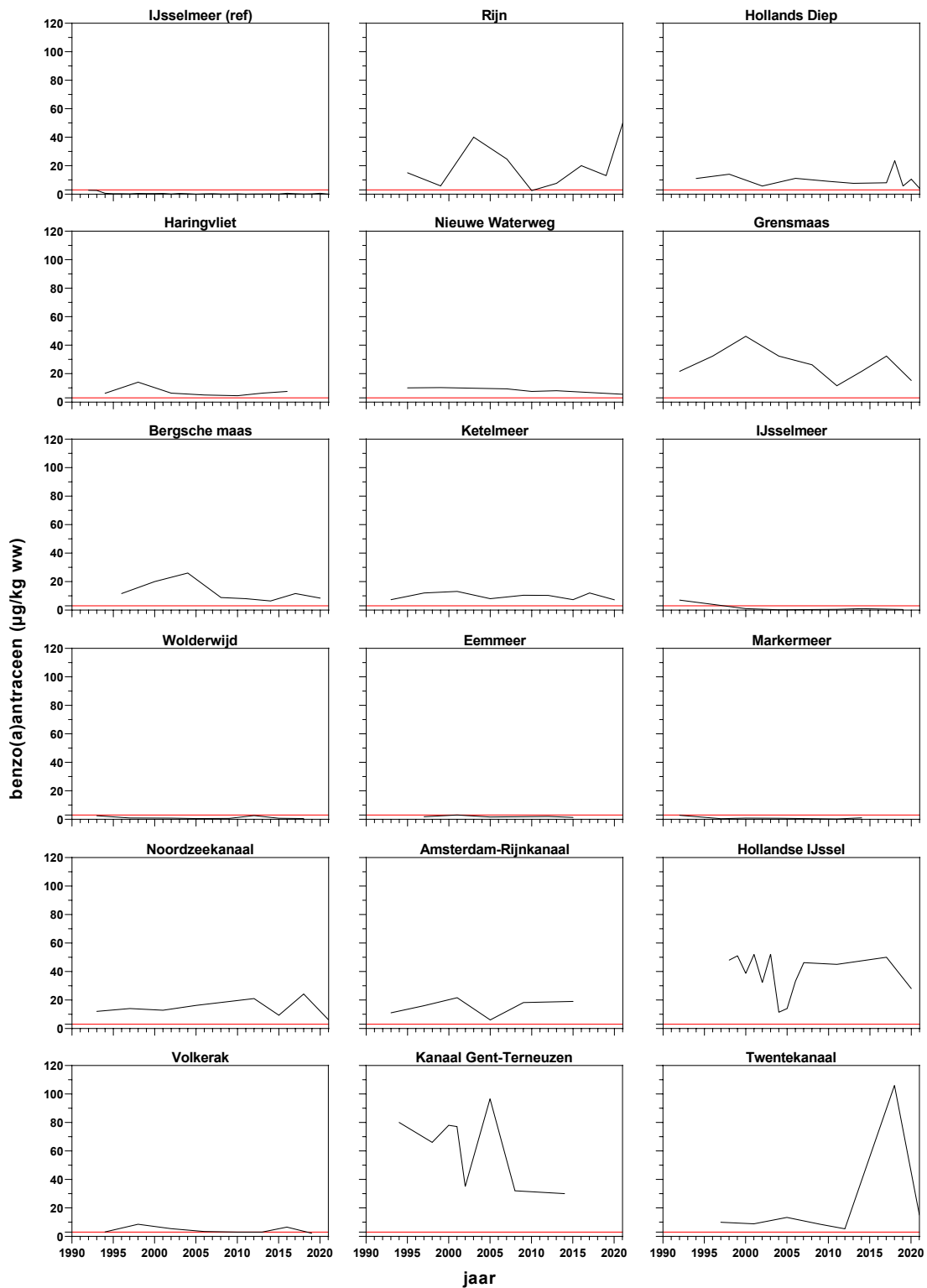
12.1.9 Pyreen



Figuur 47 Gehalten van pyreen uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in schelpdieren (blauwe mossel en Japanse oester) voor OSPAR. Periode 1991 tot en met 2021. Blauwe lijn is de BAC en de oranje lijn is de EAC/MPC/FEQG.

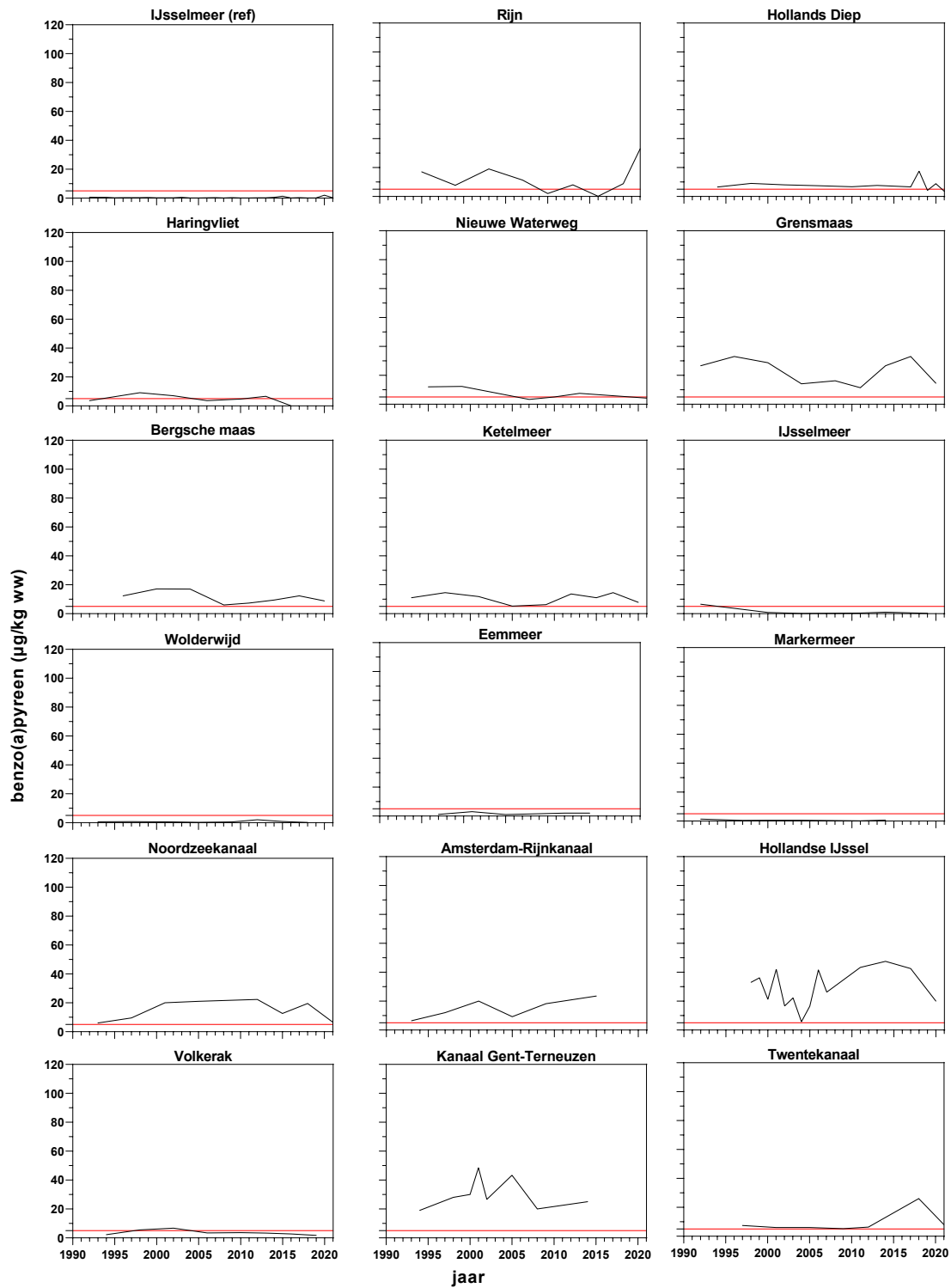
12.2 KRW

12.2.1 Benzo(a)antraceen



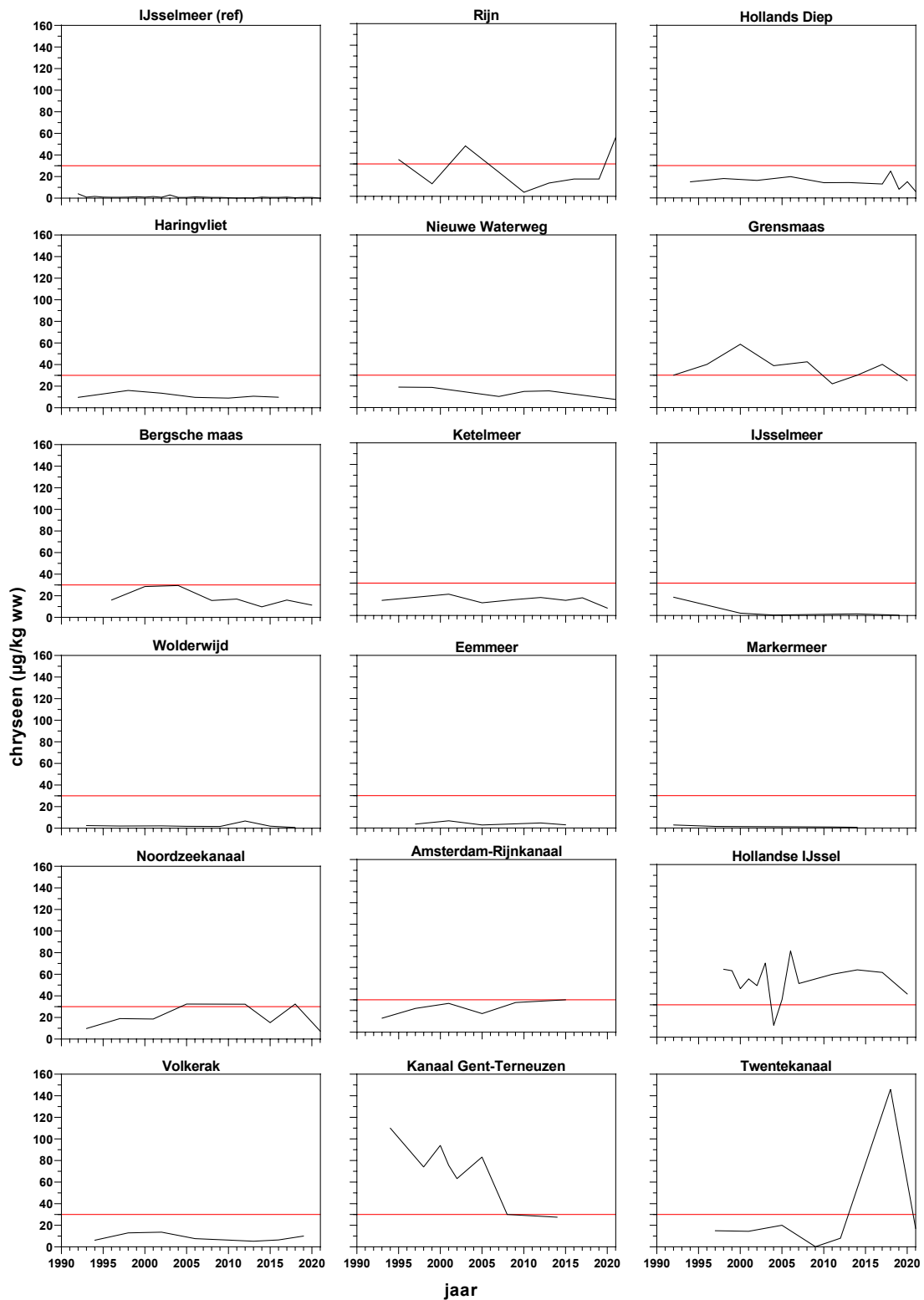
Figuur 48 KRW toetswaarden 1992 tot en met 2021 van benzo(a)antracene uitgedrukt in natgewicht standaard schelpdier gemeten in de actieve biologische monitoring van schelpdieren in zoetwater. De rode lijn geeft de EQS_{biota} aan.

12.2.2 Benzo(a)pyreen



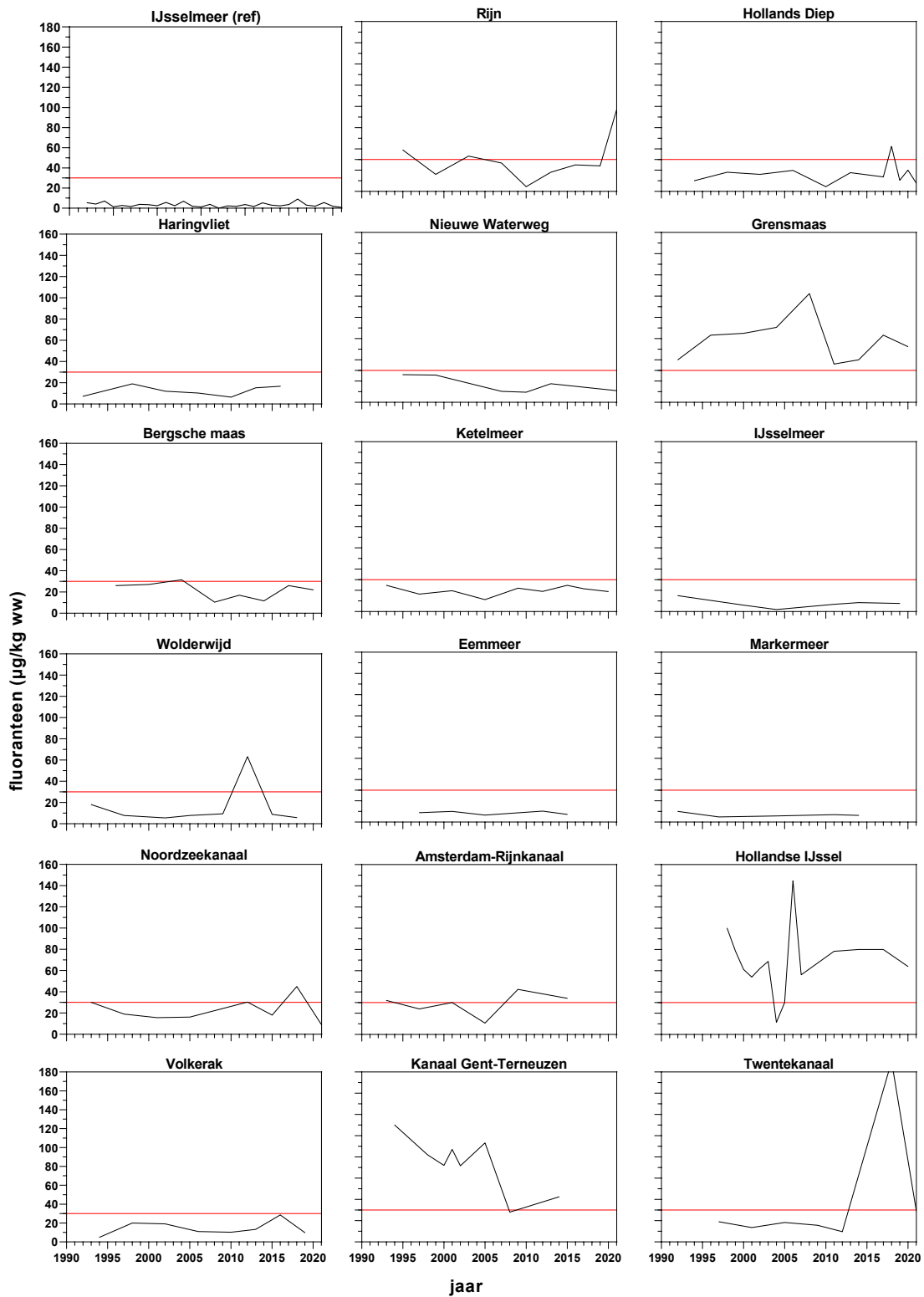
Figuur 49 KRW toetswaarden 1992 tot en met 2021 van benzo(a)pyreen uitgedrukt in natgewicht standaard schelpdier gemeten in de actieve biologische monitoring van schelpdieren in zoetwater. De rode lijn geeft de EQSbiota aan

12.2.3 Chryseen



Figuur 50 KRW toetswaarden 1992 tot en met 2021 van chryseen uitgedrukt in natgewicht standaard schelpdier gemeten in de actieve biologische monitoring van schelpdieren in zoetwater. De rode lijn geeft de EQSbiota aan.

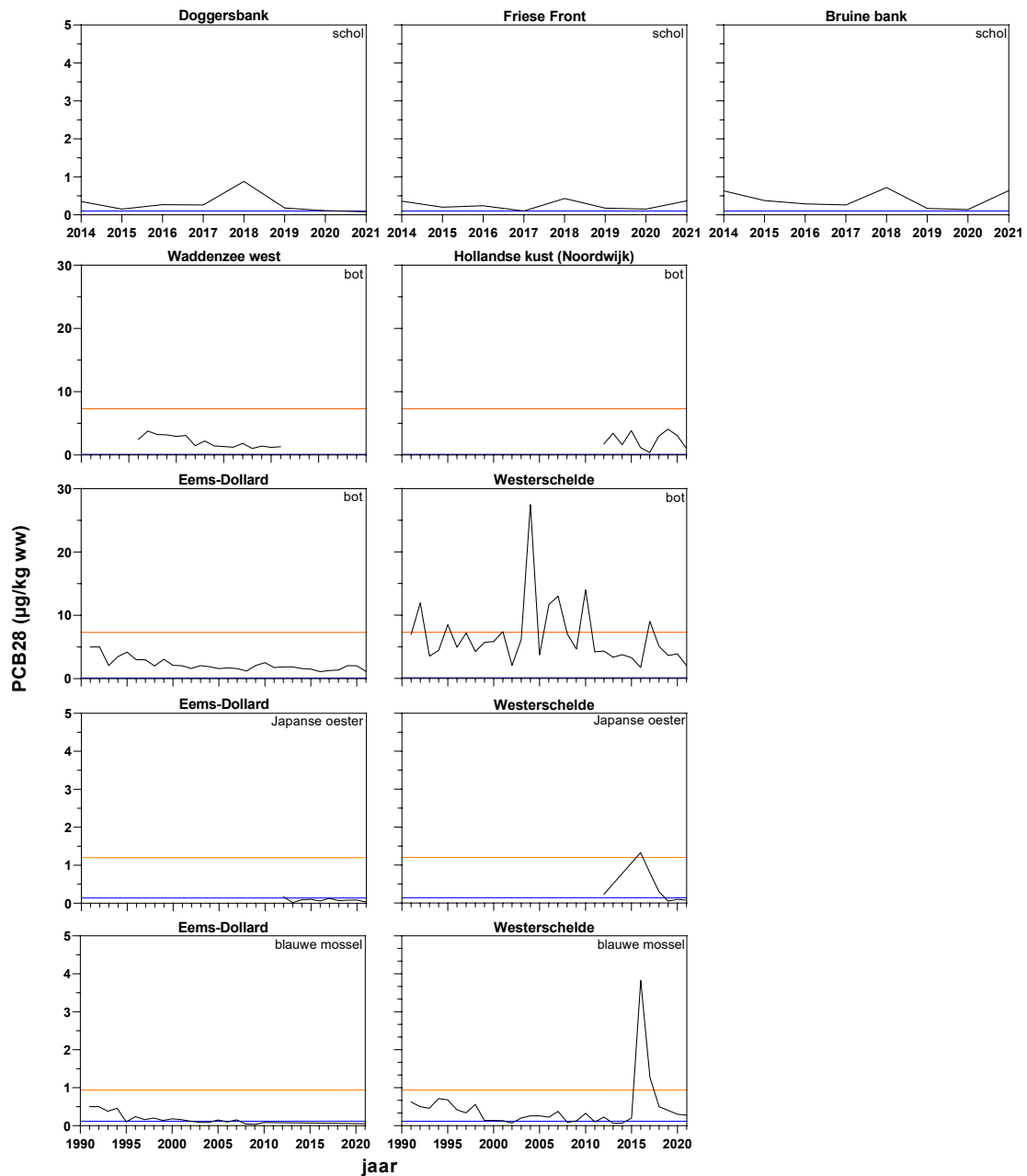
12.2.4 Fluoranteen



Figuur 51 KRW toetswaarden 1992 tot en met 2020 van fluoranteen uitgedrukt in natgewicht standaard schelpdier gemeten in de actieve biologische monitoring van schelpdieren in zoetwater. De rode lijn geeft de EQSbiota aan.

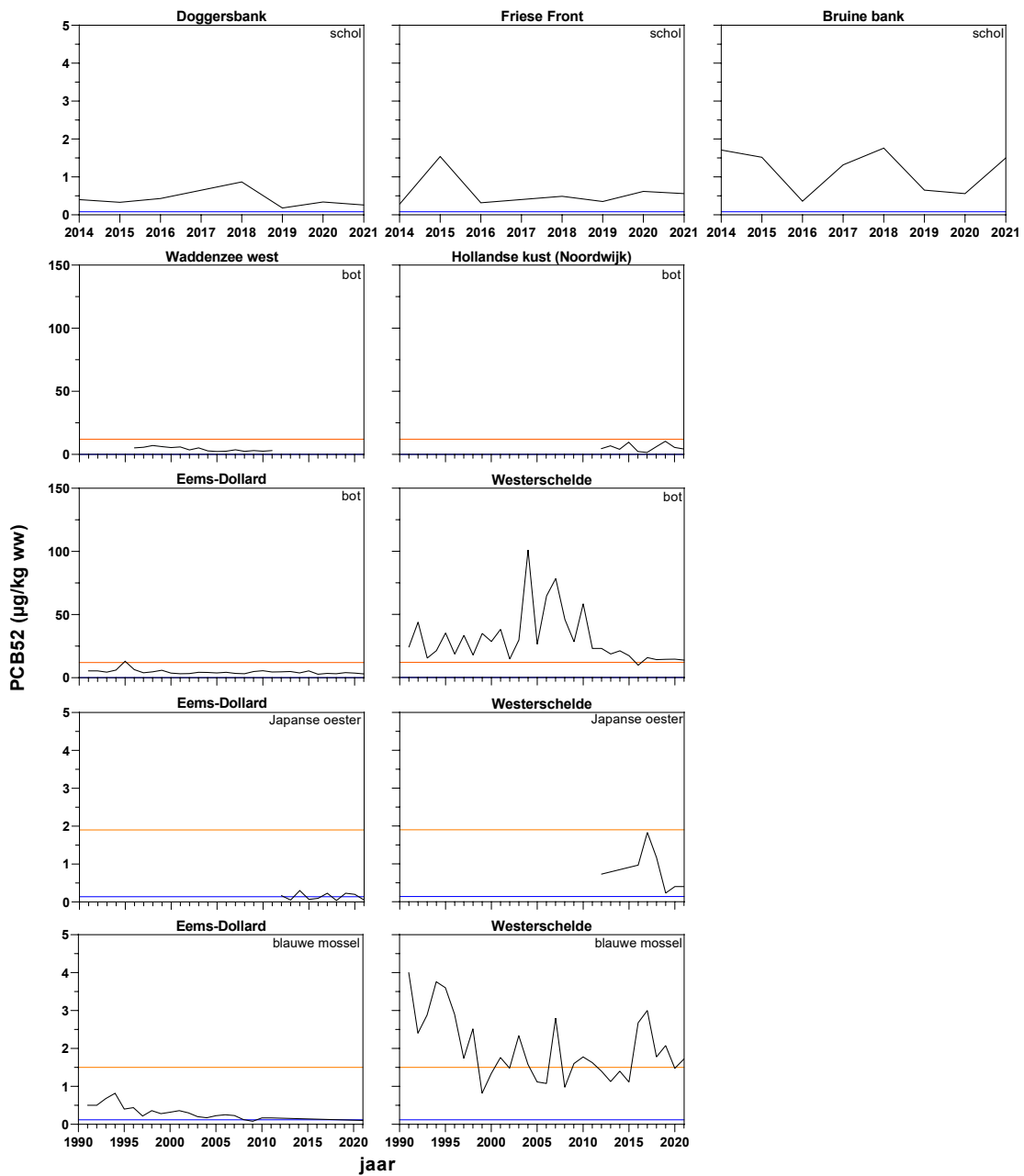
13.1 OSPAR

13.1.1 PCB28



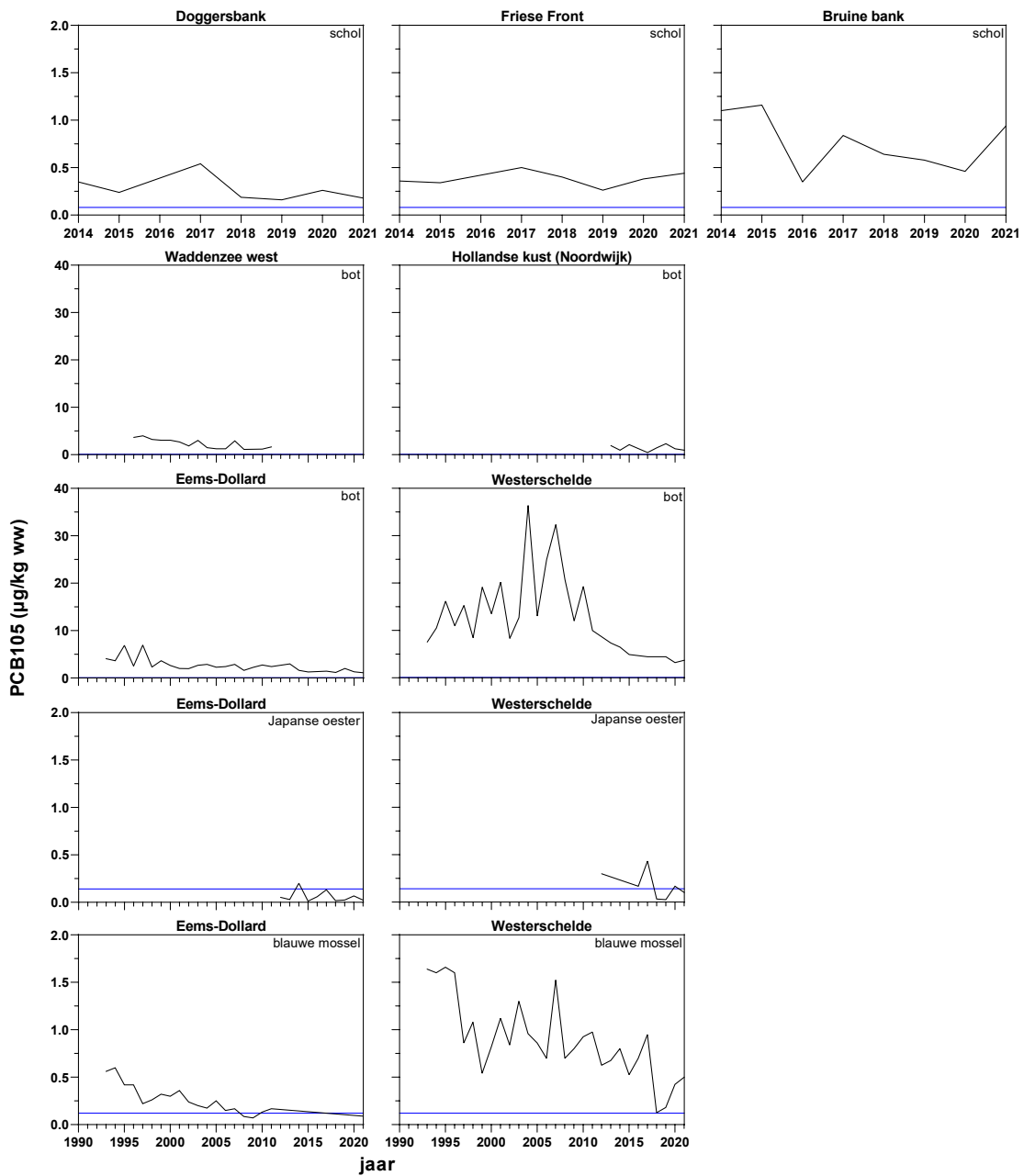
Figuur 52 Gehalten van PCB28 uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in vislevers (schol en bot) en in schelpdier vlees (Japanse oester en blauwe mossel) uit de passieve biotamonitoring in zoutwater voor OSPAR. Periode 1991 tot en met 2021. Blauwe lijn is de BAC en de oranje lijn is de EAC/MPC/FEQG.

13.1.2 PCB52



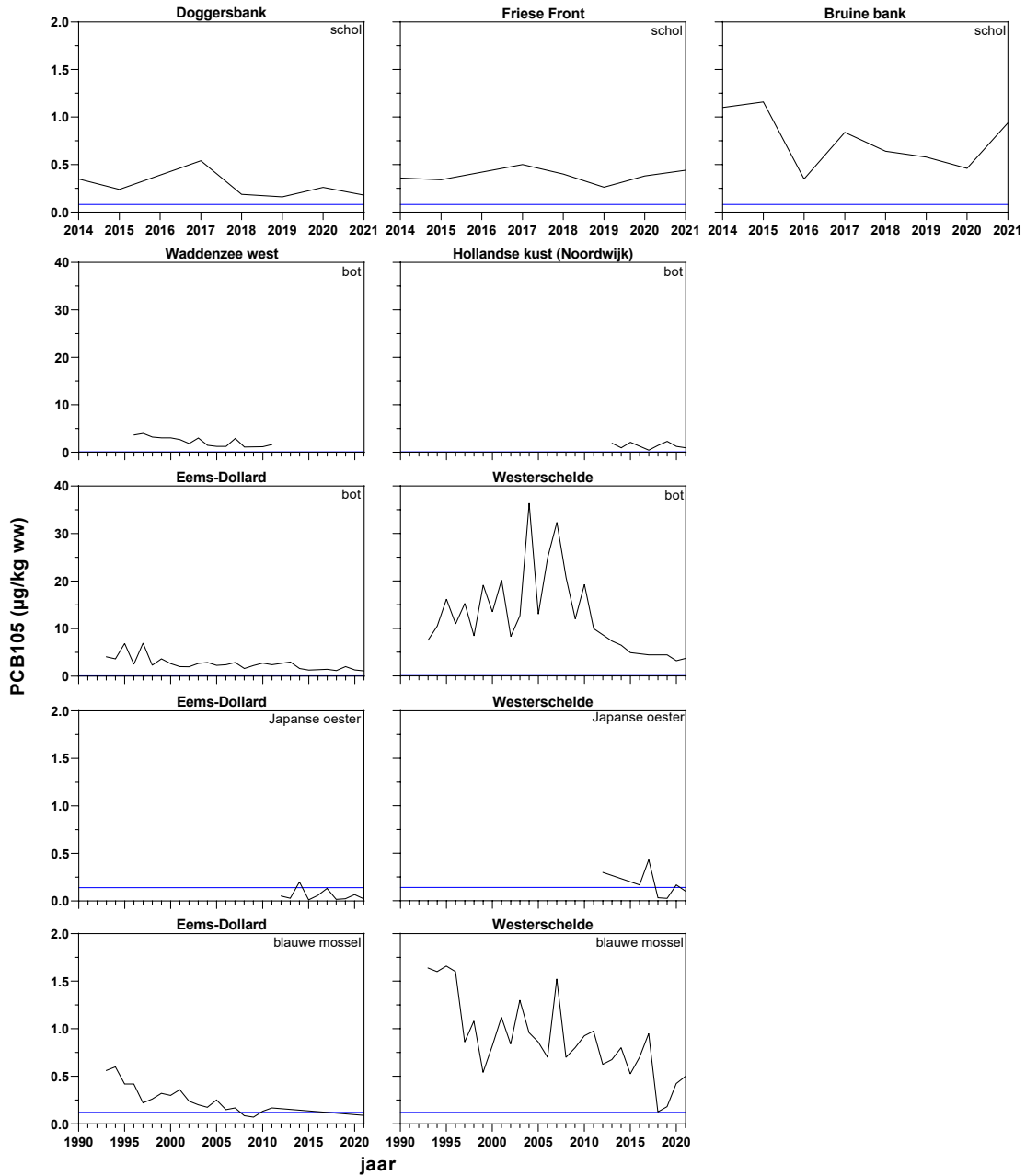
Figuur 53 Gehalten van PCB52 uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in vislevers (schol en bot) en in schelpdiervlees (Japanse oester en blauwe mossel) uit de passieve biotamonitoring in zoutwater voor OSPAR. Periode 1991 tot en met 2021. Blauwe lijn is de BAC en de oranje lijn is de EAC/MPC/FEQG.

13.1.3 PCB101



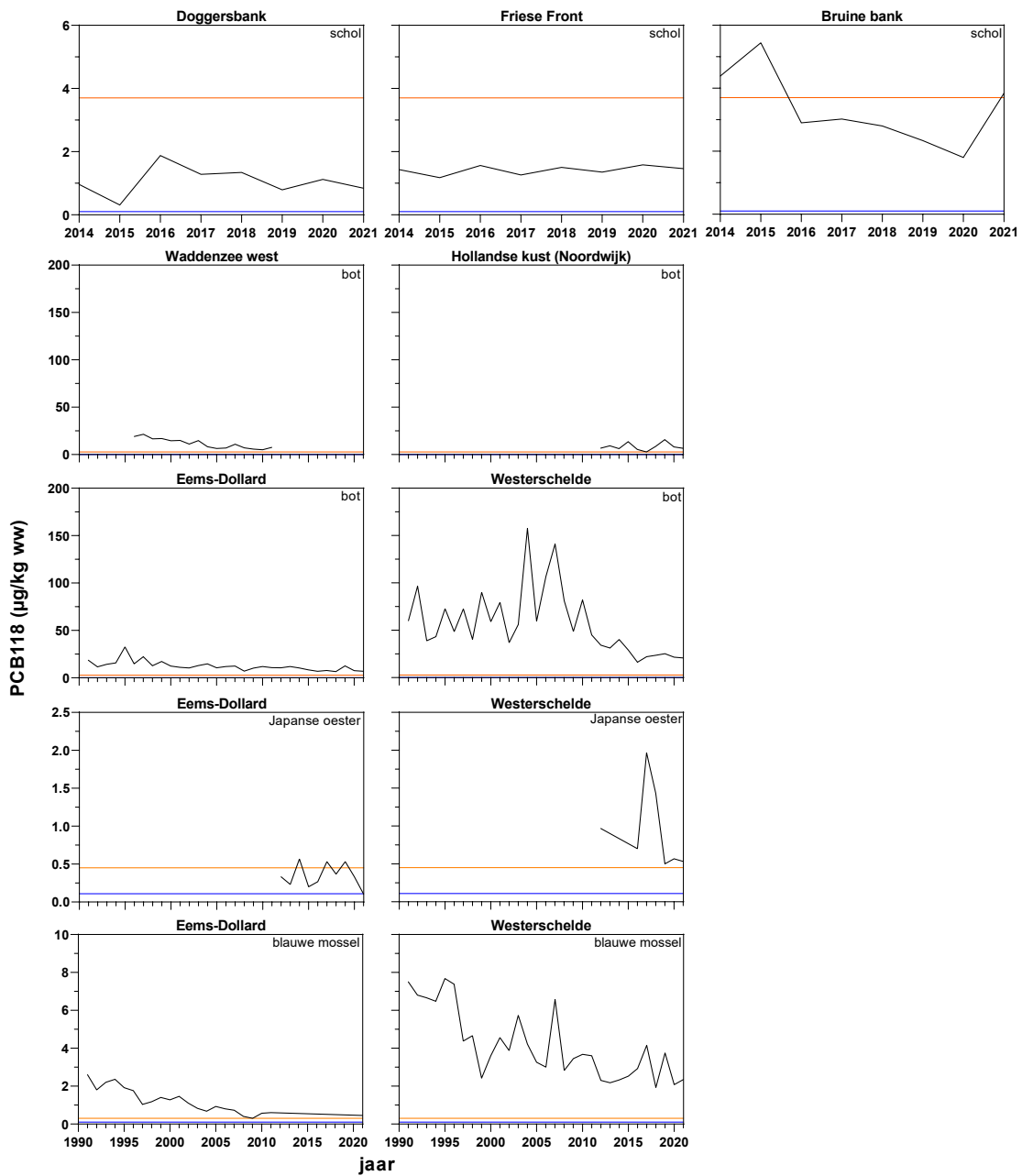
Figuur 54 Gehalten van PCB101 uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in vislevers (schol en bot) en in schelpdiervlees (Japanse oester en blauwe mossel) uit de passieve biotamonitoring in zoutwater voor OSPAR. Periode 1991 tot en met 2021. Blauwe lijn is de BAC en oranje lijn de EAC.

13.1.4 PCB105



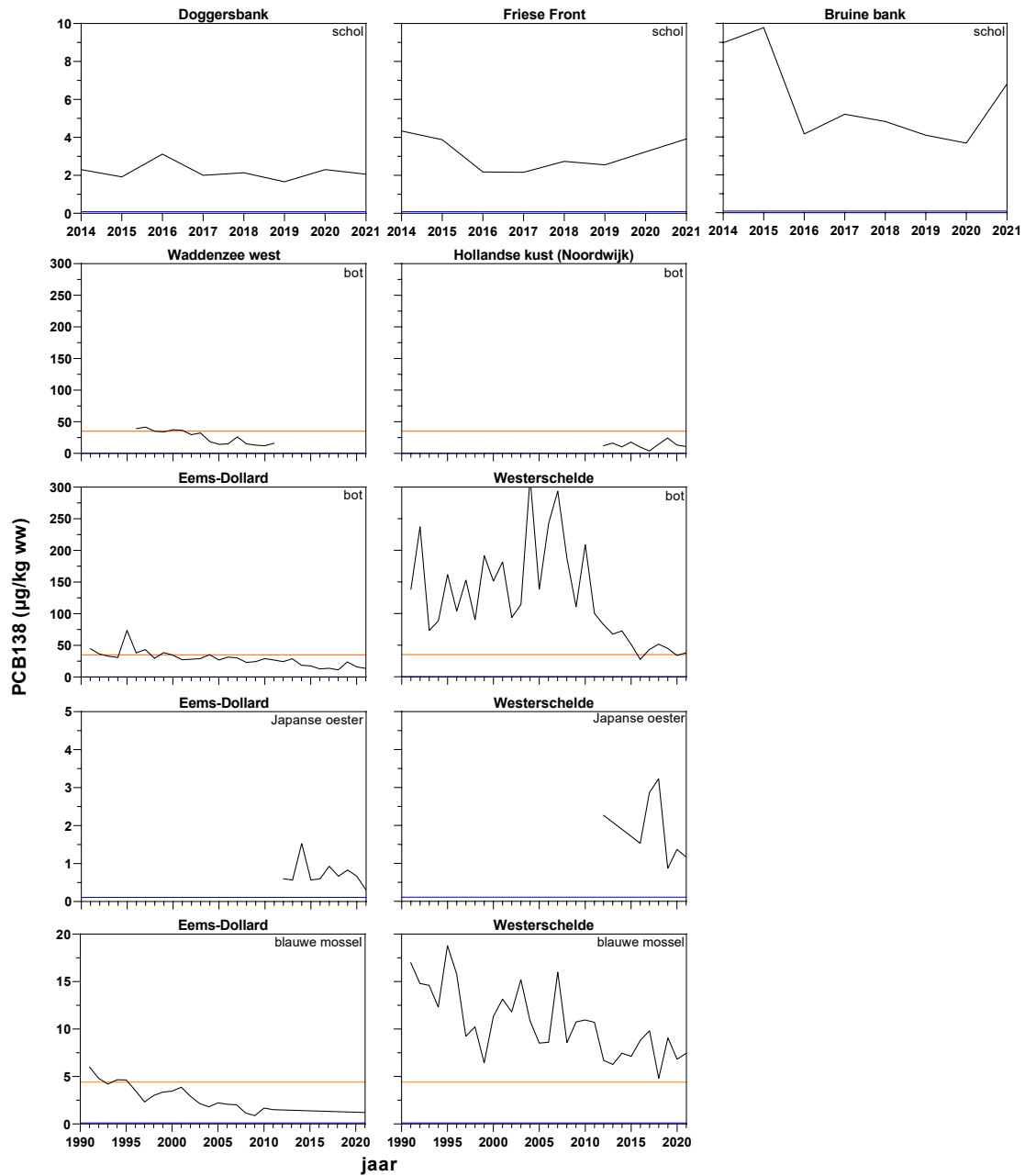
Figuur 55 Gehalten van PCB105 uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in vislevens (schol en bot) en in schelpdiervlees (Japanse oester en blauwe mossel) uit de passieve biotamonitoring in zoutwater voor OSPAR. Periode 1991 tot en met 2021. Blauwe lijn is de BAC.

13.1.5 PCB118



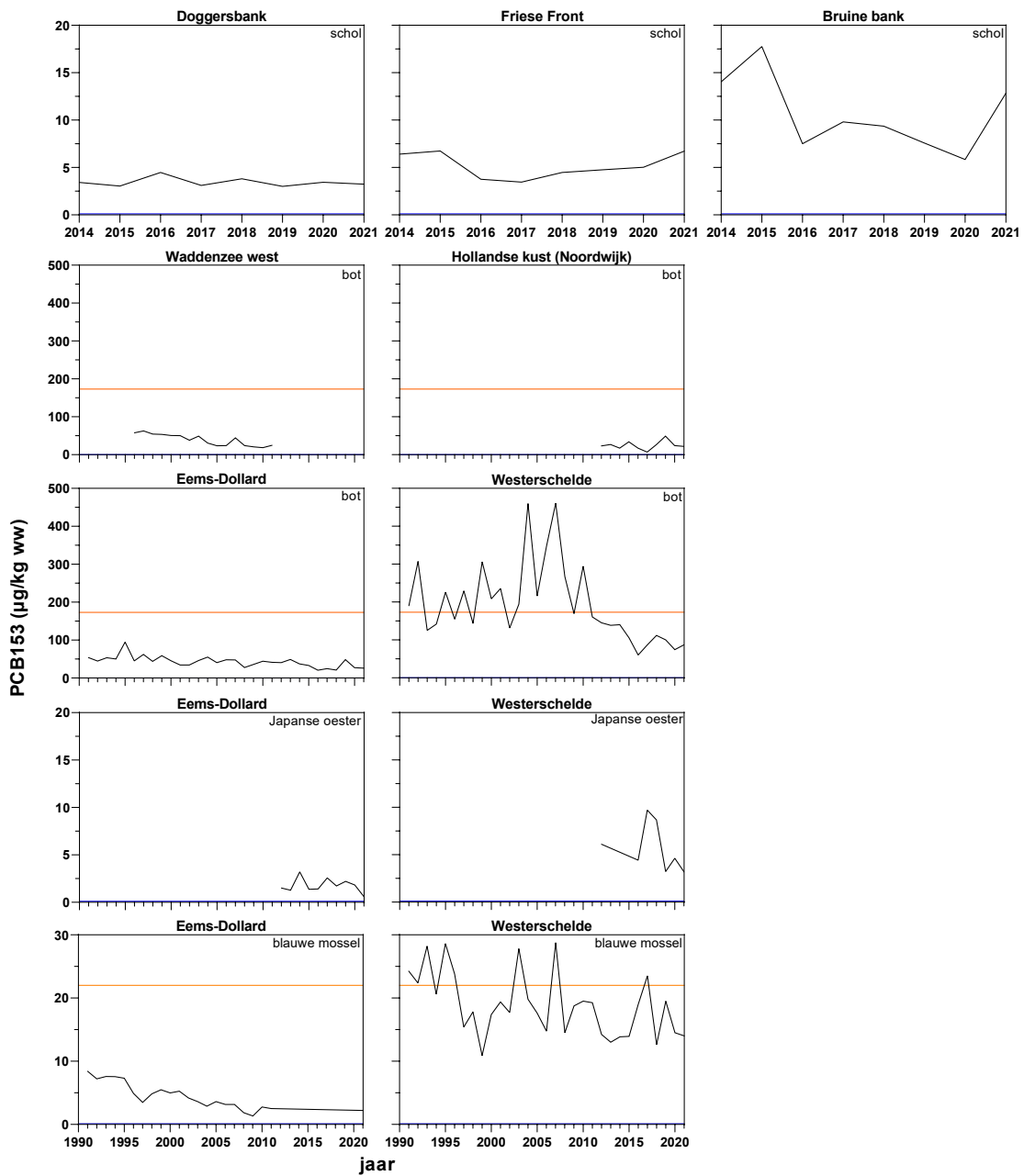
Figuur 56 Gehalten van PCB118 uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in vislevers (schol en bot) en in schelpdiervlees (Japanse oester en blauwe mossel) uit de passieve biotamonitoring in zoutwater voor OSPAR. Periode 1991 tot en met 2021. Blauwe lijn is de BAC en de oranje lijn is de EAC/MPC/FEQG.

13.1.6 PCB138



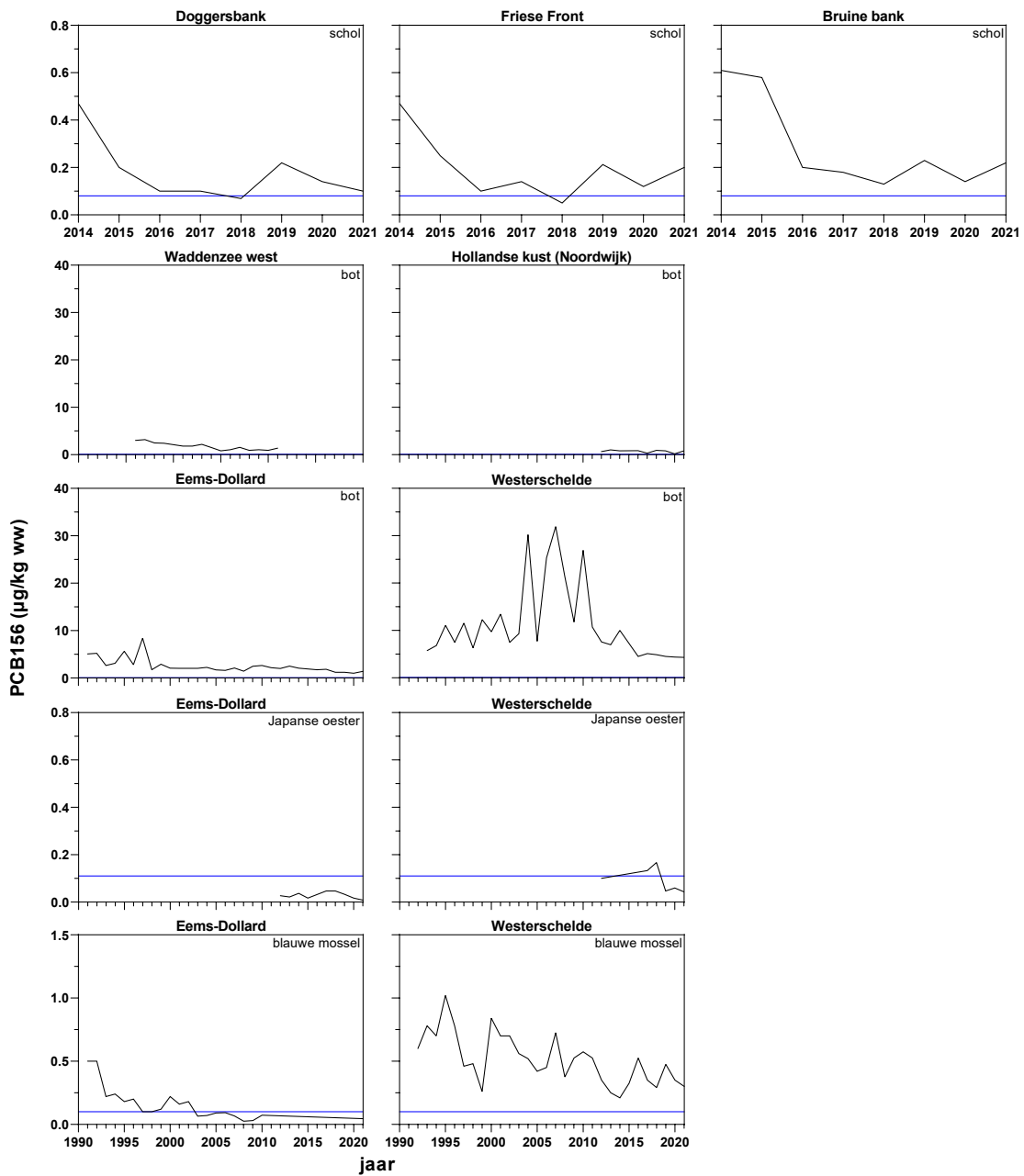
Figuur 57 Gehalten van PCB138 uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in vislevers (schol en bot) en in schelpdiervlees (Japanse oester en blauwe mossel) uit de passieve biotamonitoring in zoutwater voor OSPAR. Periode 1991 tot en met 2021. Blauwe lijn is de BAC en de oranje lijn is de EAC/MPC/FEQG.

13.1.7 PCB153



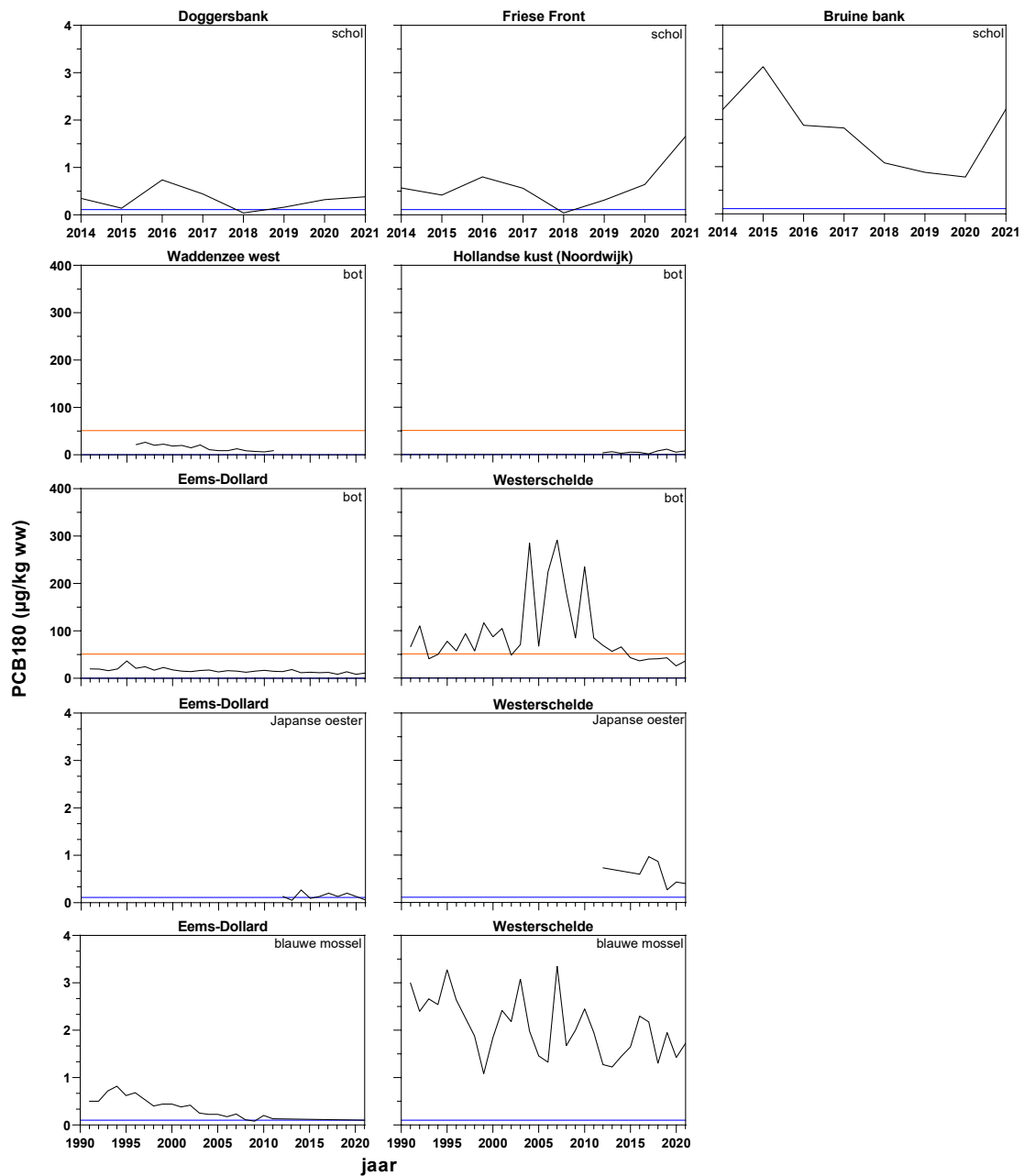
Figuur 58 Gehalten van PCB153 uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in vislevers (schol en bot) en in schelpdiervlees (Japanse oester en blauwe mossel) uit de passieve biotamonitoring in zoutwater voor OSPAR. Periode 1991 tot en met 2021. Blauwe lijn is de BAC en de oranje lijn is de EAC/MPC/FEQG.

13.1.8 PCB156



Figuur 59 Gehalten van PCB156 uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in vislevers (schol en bot) en in schelpdiervlees (Japanse oester en blauwe mossel) uit de passieve biotamonitoring in zoutwater voor OSPAR. Periode 1991 tot en met 2021. Blauwe lijn is de BAC.

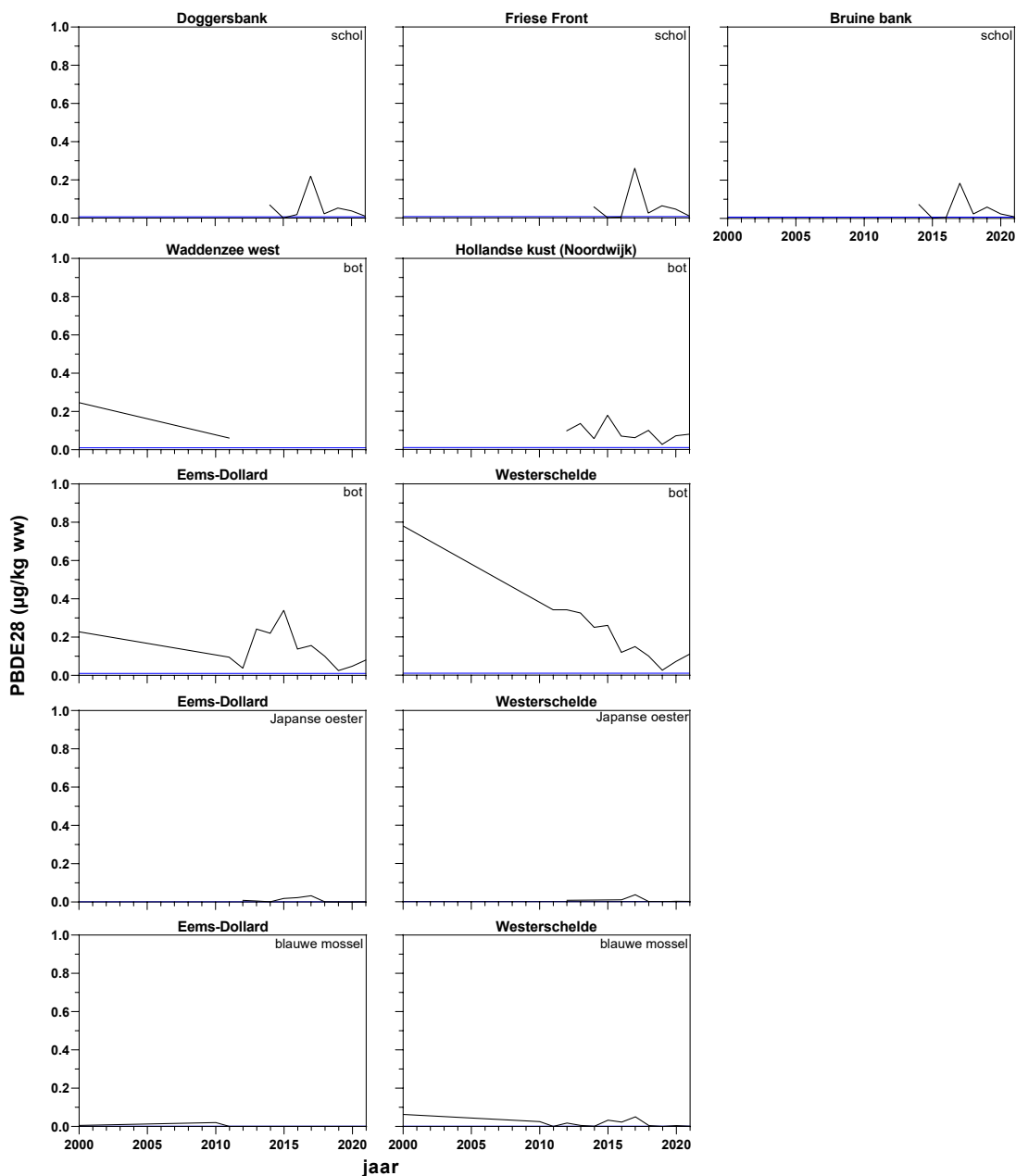
13.1.9 PCB180



Figuur 60 Gehalten van PCB180 uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in vislevers (schol en bot) en in schelpdiervlees (Japanse oester en blauwe mossel) uit de passieve biotamonitoring in zoutwater voor OSPAR. Periode 1991 tot en met 2021. Blauwe lijn is de BAC en de oranje lijn is de EAC/MPC/FEQG.

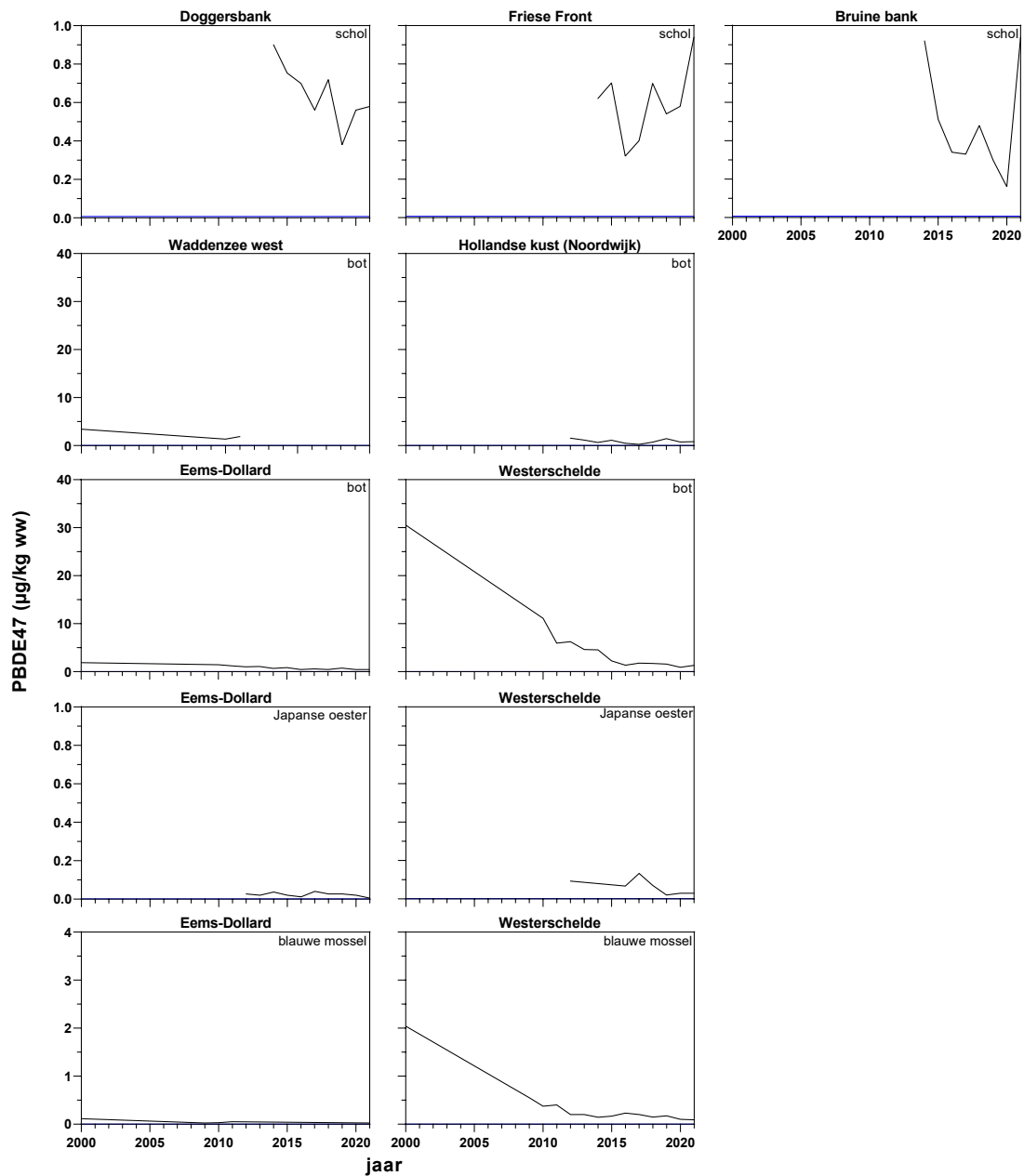
14.1 OSPAR

14.1.1 PBDE28



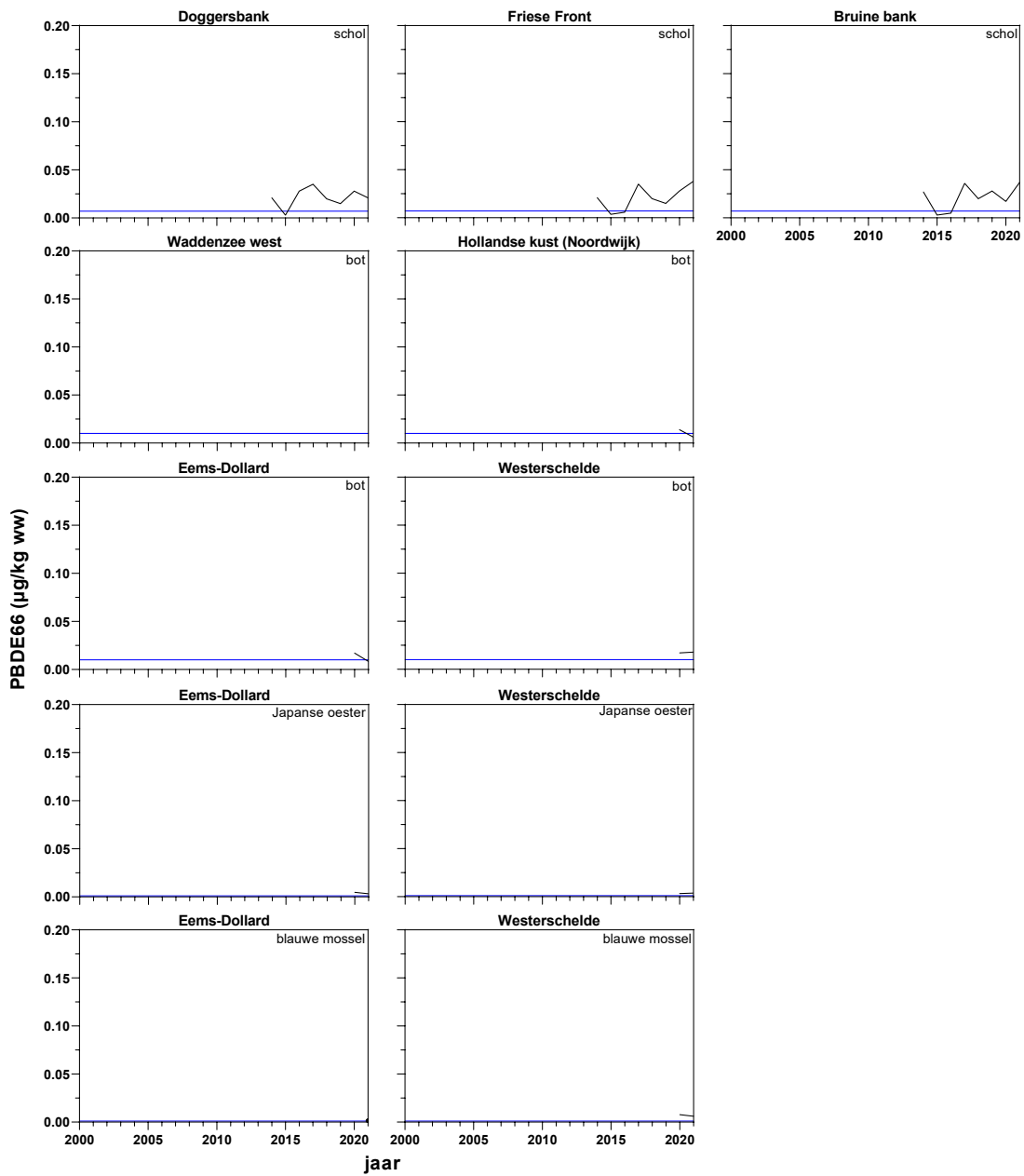
Figuur 61 Gehalten van PBDE28 uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in vislevers (schol en bot) en in schelpdiervlees (Japanse oester en blaauwe mossel) uit de passieve biotamonitoring in zoutwater voor OSPAR. Periode 2000 tot en met 2021. Blauwe lijn is de BAC.

14.1.2 PBDE47



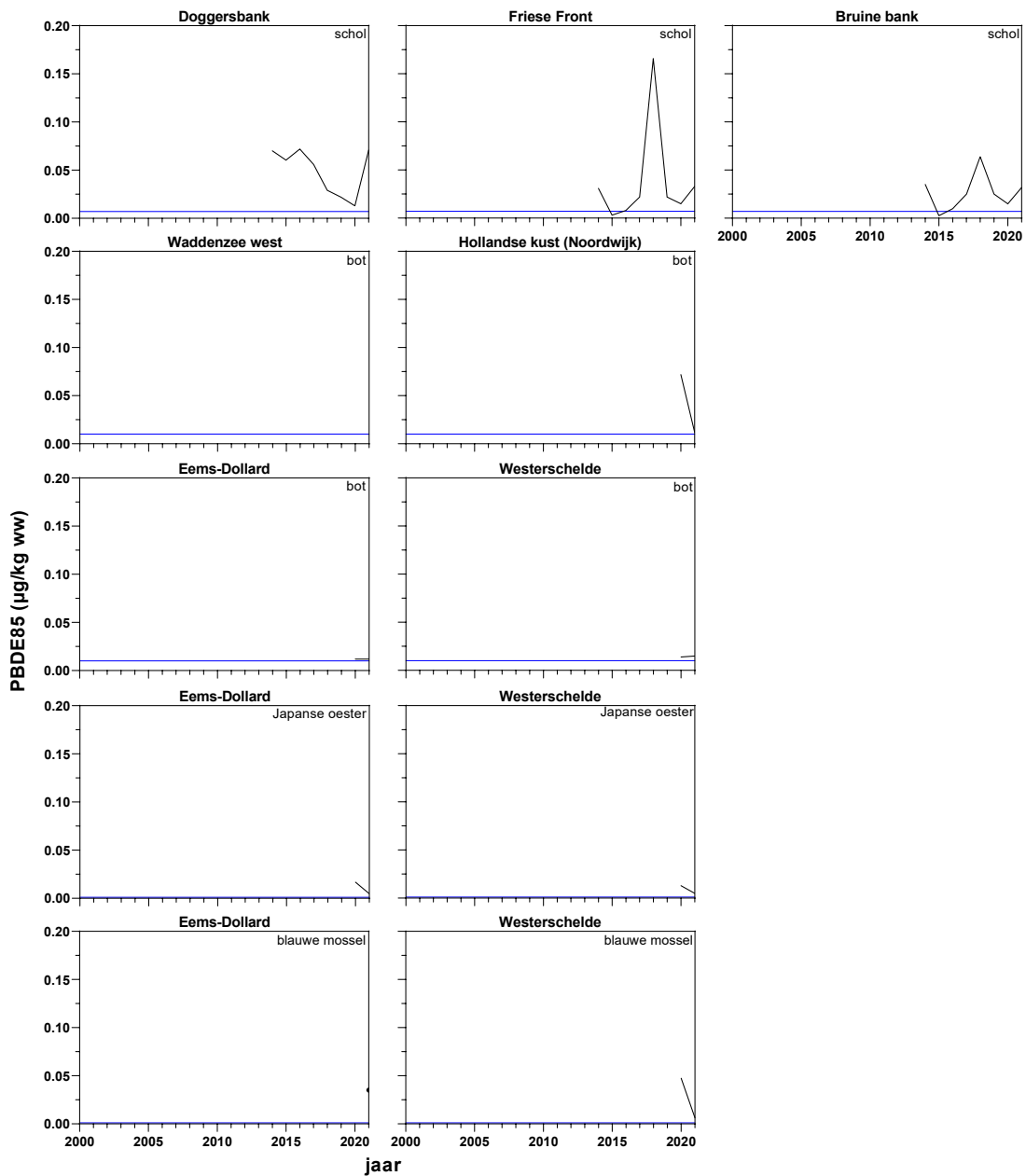
Figuur 62 Gehalten van PBDE47 uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in vislevers (schol en bot) en in schelpdiervlees (Japanse oester en blauwe mossel) uit de passieve biotamonitoring in zoutwater voor OSPAR. Periode 2000 tot en met 2021. Blauwe lijn is de BAC.

14.1.3 PBDE66



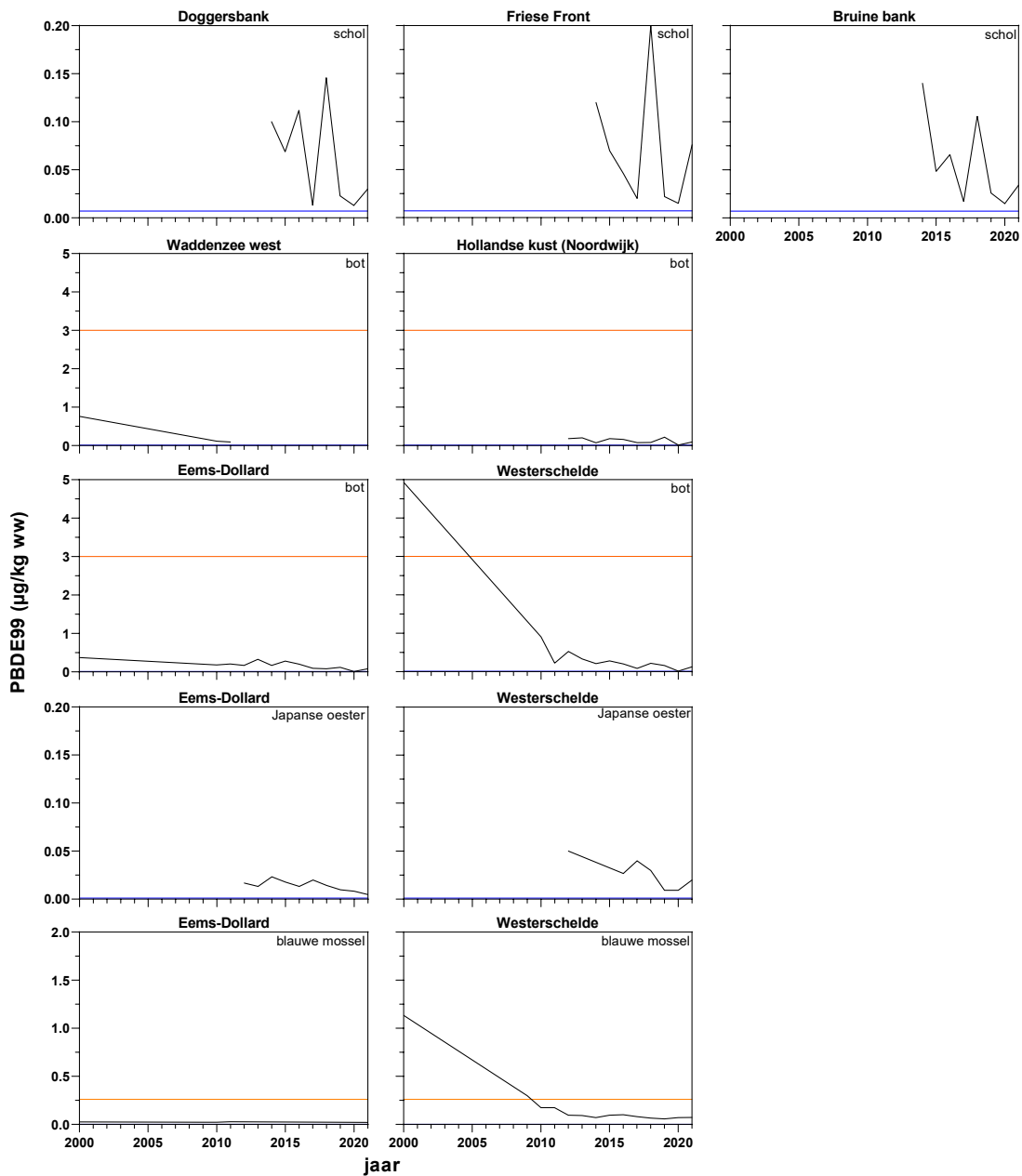
Figuur 63 Gehalten van PBDE66 uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in vislevers (schol en bot) en in schelpdiervlees (Japanse oester en blauwe mossel) uit de passieve biotamonitoring in zoutwater voor OSPAR. Periode 2000 tot en met 2021. Blauwe lijn is de BAC.

14.1.4 PBDE85



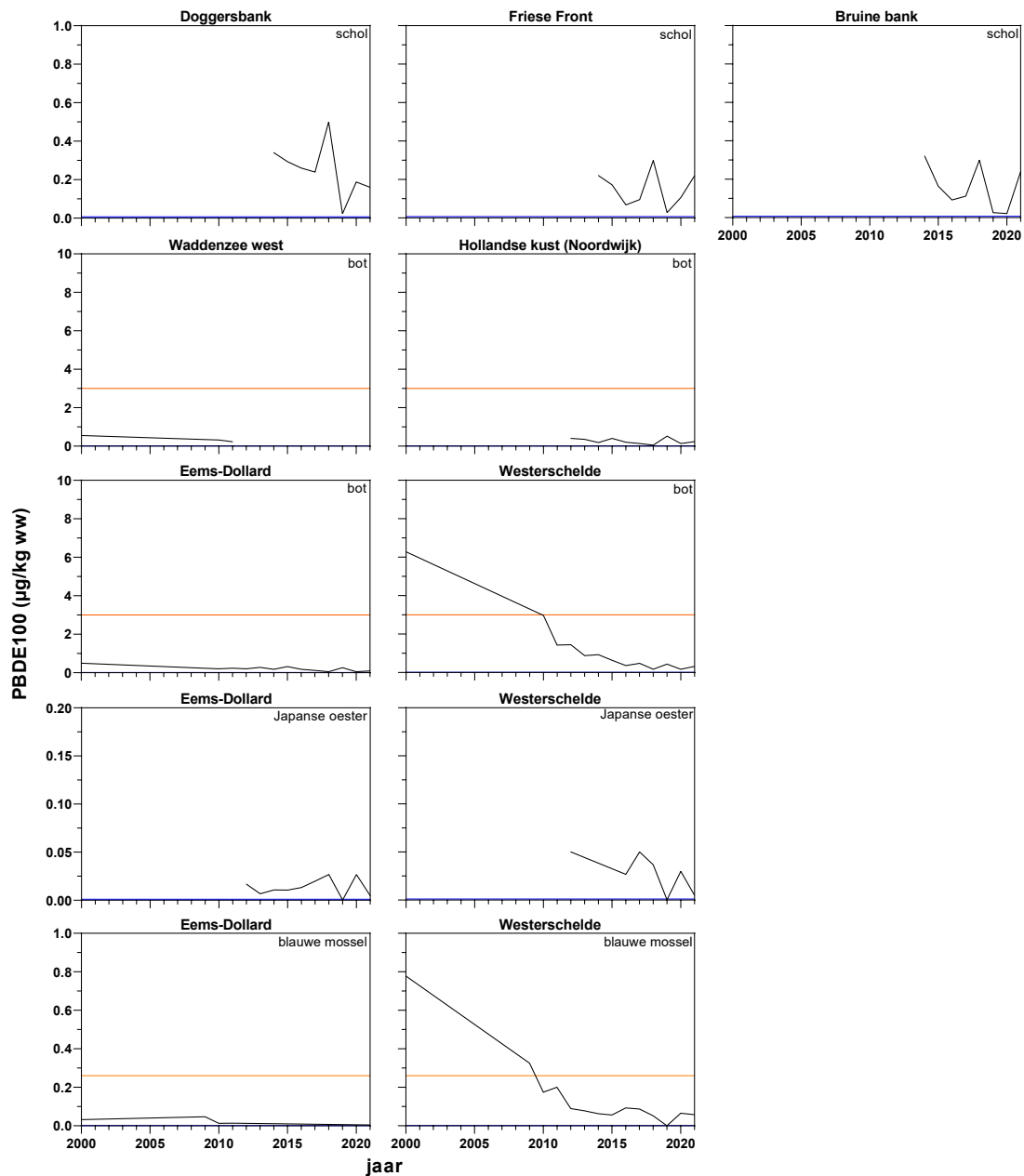
Figuur 64 Gehalten van PBDE85 uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in vislevers (schol en bot) en in schelpdiervlees (Japanse oester en blauwe mossel) uit de passieve biotamonitoring in zoutwater voor OSPAR. Periode 2000 tot en met 2021. Blauwe lijn is de BAC.

14.1.5 PBDE99



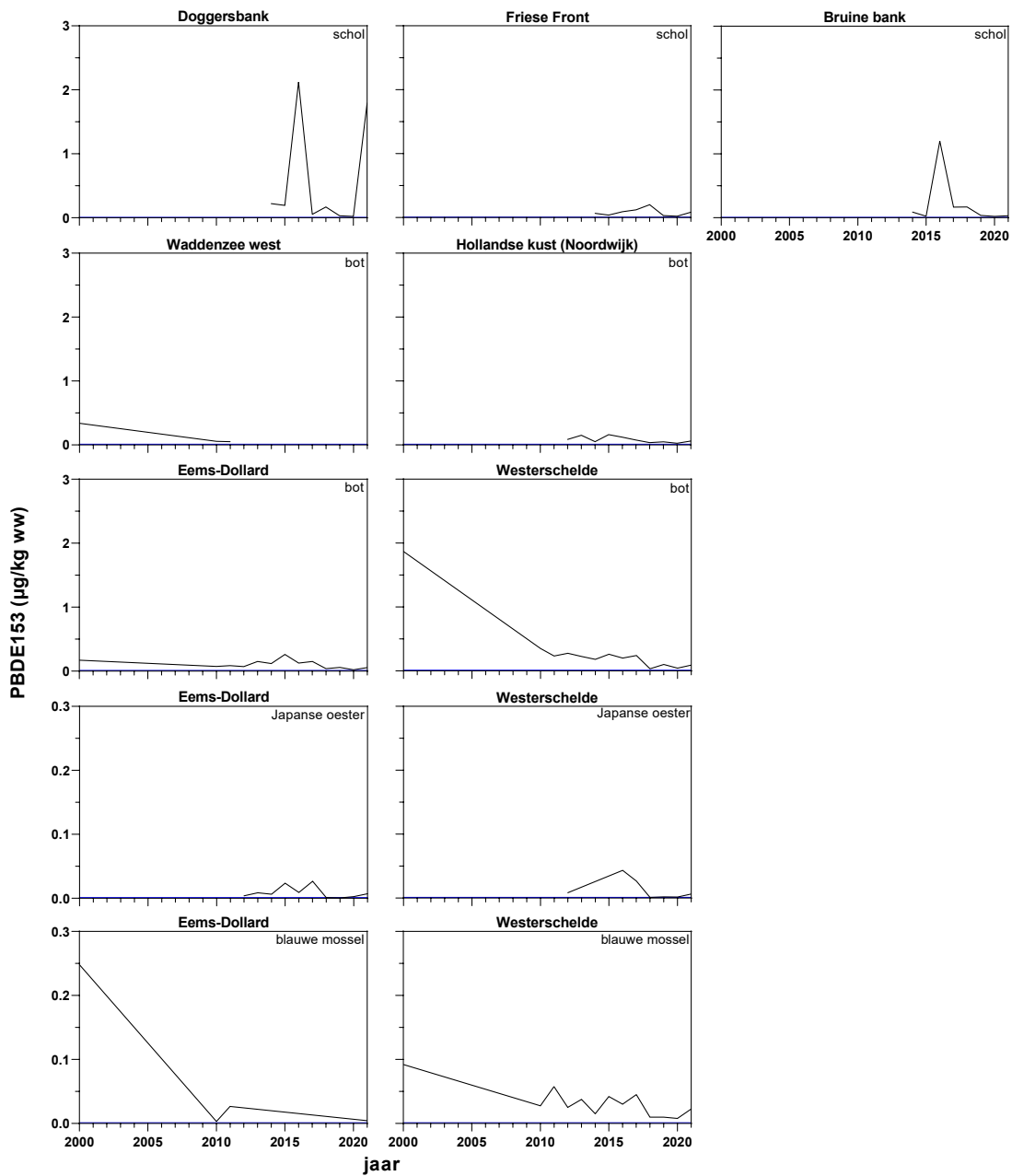
Figuur 65 Gehalten van PBDE99 uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in vislevers (schol en bot) en in schelpdiervlees (Japanse oester en blauwe mossel) uit de passieve biotamonitoring in zoutwater voor OSPAR. Periode 2000 tot en met 2021. Blauwe lijn is de BAC en de oranje lijn is de EAC/MPC/FEQG.

14.1.6 PBDE100



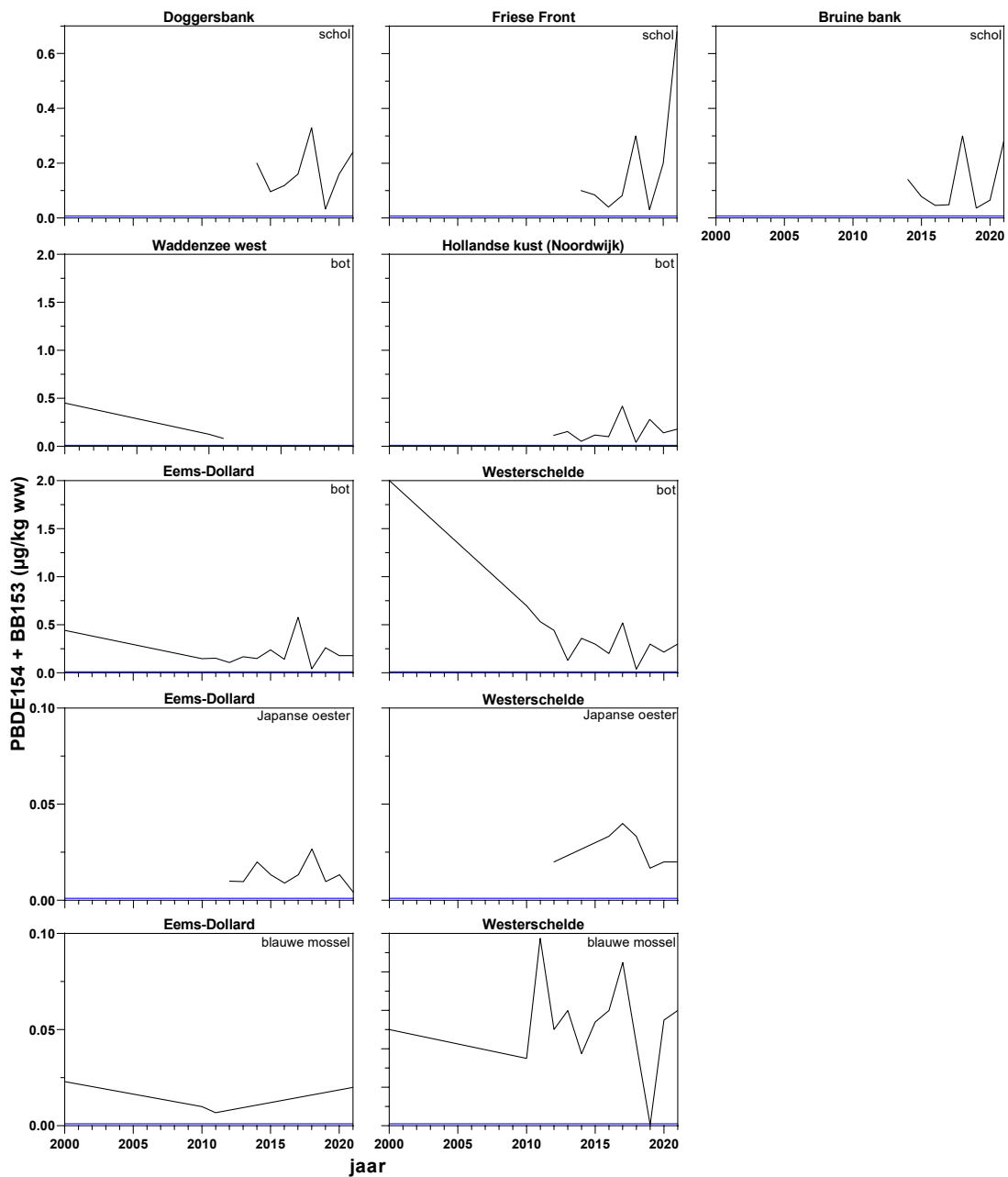
Figuur 66 Gehalten van PBDE100 uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in vislevers (schol en bot) en in schelpdiervlees (Japanse oester en blauwe mossel) uit de passieve biotamonitoring in zoutwater voor OSPAR. Periode 2000 tot en met 2021. Blauwe lijn is de BAC en de oranje lijn is de EAC/MPC/FEQG.

14.1.7 PBDE153



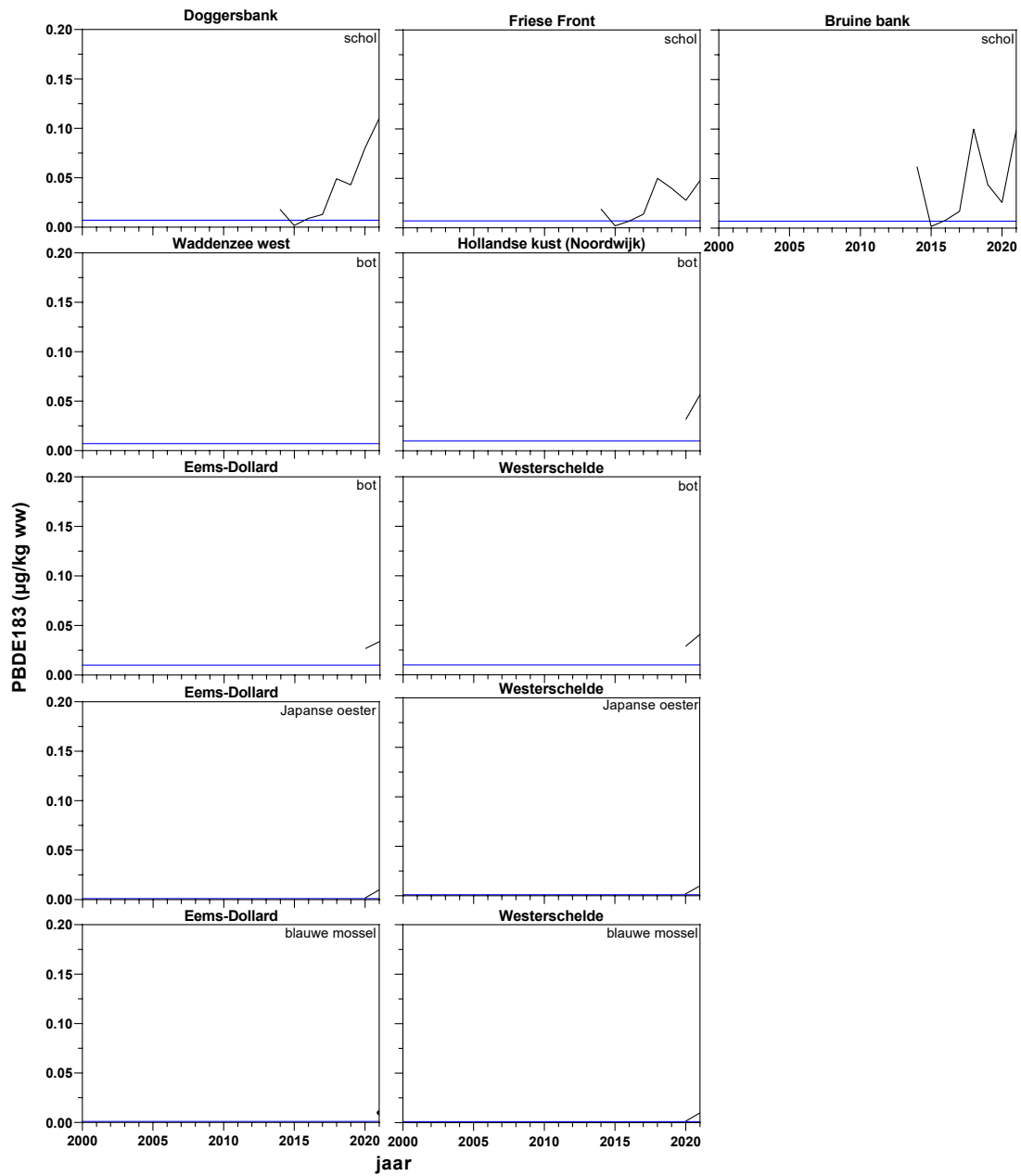
Figuur 67 Gehalten van PBDE153 uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in vislevers (schol en bot) en in schelpdiervlees (Japanse oester en blauwe mossel) uit de passieve biotamonitoring in zoutwater voor OSPAR. Periode 2000 tot en met 2021. Blauwe lijn is de BAC.

14.1.8 PBDE154



Figuur 68 Gehalten van PBDE154 uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in vislevers (schol en bot) en in schelpdiervlees (Japanse oester en blauwe mossel) uit de passieve biotamonitoring in zoutwater voor OSPAR. Periode 2000 tot en met 2021. Blauwe lijn is de BAC.

14.1.9 PBDE183



Figuur 69 Gehalten van PBDE183 uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in vislevers (schol en bot) en in schelpdiervlees (Japanse oester en blauwe mossel) uit de passieve biotamonitoring in zoutwater voor OSPAR. Periode 2014 tot en met 2021. Blauwe lijn is de BAC.

Wageningen Marine Research
T: +31 (0)317 48 09 00
E: marine-research@wur.nl
www.wur.nl/marine-research

Bezoekers adres:

- Ankerpark 27 1781 AG Den Helder
- Korringaweg 7, 4401 NT Yerseke
- Haringkade 1, 1976 CP IJmuiden

Wageningen Marine Research levert met kennis, onafhankelijk wetenschappelijk onderzoek en advies een wezenlijke bijdrage aan een duurzamer, zorgvuldiger beheer, gebruik en bescherming van de natuurlijke rijkdommen in zee-, kust- en zoetwatergebieden.



Wageningen Marine Research is onderdeel van Wageningen University & Research. Wageningen University & Research is het samenwerkingsverband tussen Wageningen University en Stichting Wageningen Research en heeft als **missie**: 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'