



Biotamonitoring in de rijkswateren tot en met 2022

Deel I: Toetsing en Trends

Auteur(s): G. Dogruer, A.C. Sneekes, R. van Hal, S.C.V. Geelhoed & M.J.J. Kotterman

Wageningen University &
Research rapport C057/23

Biotamonitoring in de rijkswateren tot en met 2022

Deel I: Toetsing en Trends

Auteur(s): G. Dogruer, A.C. Sneekes, R. van Hal, S.C.V. Geelhoed & M.J.J. Kotterman

Wageningen Marine Research

IJmuiden, Oktober 2023

Wageningen Marine Research rapport C057/23

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 fuikhoorn, purperslak.

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

RWS Rapportnummer: BM 23.23

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/637631>
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 ISO 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

A_4_3_1 V32 (2021)

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.

Inhoud

Afkortingenlijst	5
1 Inleiding	11
1.1 Inhoud rapport	11
2 Metalen	13
2.1 Cadmium	13
2.2 Koper	16
2.3 Kwik	17
2.4 Lood	21
2.5 Zink	24
3 Organometalen	26
3.1 TBT	26
3.2 ImPOSEX	29
4 Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's)	31
5 Polychloorbifenylen (PCB's) en som-TEQ	38
5.1 PCB's	38
5.2 Som-TEQ	41
6 Pesticiden	43
6.1 (p,p')-DDE	43
6.2 HCB	45
6.3 Lindaan (HCH)	48
6.4 Dicofol	50
6.5 HCBd	52
7 Gebromeerde vlamvertragers (PBDE's/HBCDD)	54
7.1 PBDE's	54
7.2 HBCDD	58
8 Perfluorverbindingen (PFAS)	60
8.1 PFOS	60
9 Toetsing 2022	62
9.1 Toetsing conform OSPAR	62
9.2 Toetsing conform KRW	66
10 Conclusies en aanbevelingen	69
11 Kwaliteitsborging	71
Literatuur	72
12 Normen	74
12.1 Normen voor OSPAR	74
12.2 Normen voor KRW	77

13	Grafieken PAK's	78
13.1	OSPAR	78
13.2	KRW	82
14	Grafieken PCB's	86
14.1	OSPAR	86
15	Grafieken PBDE's	95
15.1	OSPAR	95

Afkortingenlijst

ABM	Actieve biologische monitoring
Ant	Antraceen
BaA	Benzo(a)antraceen
BAC	Background Assessment Concentrations, achtergrondwaarde; OSPAR-norm
BaP	Benzo(a)pyreen
BghiP	Benzo(ghi)peryleen
Cd	Cadmium
CEMP	OSPAR Coordinated Environmental Monitoring Program
Chr	Chryseen
DOMe	Data portal marine environment; database van ICES
dw	dry weight= drooggewicht
EAC	Environmental Assessment Criteria, milieunorm; OSPAR-norm
EQS _{biota}	Environmental Quality Standards voor biota; KRW-norm
Fen	Fenantreen
FEQG	Federal Environmental Quality Guidelines, milieunorm voor PBDE's
Flu	Fluoranteen
HBCDD	Hexabroomcyclododecaan
HCb	Hexachloorbenzeen
HCBD	Hexachloorbutadieen
ICES	International Council for the Exploration of the Sea
InP	Indeno(1,2,3-cd)pyreen
JAMP	Joint Assessment and Monitoring Programme
KRM	Kaderrichtlijn Mariene Strategie
KRW	Kaderrichtlijn Water
lw	Lipid weight = vetgewicht
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
QS _{sp}	Quality Standard secondary poisoning; milieunorm voor Kwik
sDOxns29	som van 29 dioxines (som-TEQ)
som-TEQ/ΣTEQ	Gecombineerde toxiciteit van dioxines, furanen en dioxineachtige PCB's
sPBDE6	som van 6 PBDE's (PBDE28, PBDE47, PBDE99, PBDE100, PBDE153 en PBDE154)
SPS	Solid Phase Passive Sampling
TBT	Tributyltin
VDS	Vas deferens sequence = mate van imposex
α-HCH	alfa- hexachloorcyclohexaan
γ-HCH	gamma-hexachloorcyclohexaan
(p,p')-DDE	p,p'-dichloordifenyldichloorethyleen
ww	wet weight = natgewicht

Samenvatting

Belangrijkste uitkomsten

De gehalten van verschillende chemische stoffen in aquatische biota overschrijden de concentratielimieten, ingesteld om de menselijke gezondheid en milieu-integriteit te beschermen. Dit betreft met name kwik, benzo[a]anthraceen, benzo[a]pyreen, PCB's, PBDE's en PFOS. In sommige gevallen zijn er wel verbeteringen waargenomen ten opzichte van vorige jaren (bijv. organotin (TBT)). In zoetwater worden de geldende KRW-normen vaker overschreden dan de OSPAR-normen in zout water. Dit is deels te verklaren doordat de KRW voor sommige stoffen (PBDE's, PAK's) striktere normen hanteert en de invloed van menselijke activiteiten op het land sterker is in zoet water.

Achtergrond

De rapportage 'Biotamonitoring in de rijkswateren' bestaat uit twee delen. Voorliggend deel I 'Toetsing en Trends' beschrijft de meetresultaten tot en met het monitoringsjaar 2022 en de toetsing van de gemeten gehalten van stoffen aan de normen van respectievelijk de Conventie van Oslo en Parijs (OSPAR), de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) en de Europese Kaderrichtlijn Mariene Strategie (KRM). De KRM volgt de monitoringprogramma's van OSPAR en de KRW. Aanvullend worden voor OSPAR trendanalyses gepresenteerd, deze zijn uitgevoerd door ICES (DOME-database). De gebruikte bemonsterings- en analysetechnieken worden beschreven in deel II 'Toegepaste Methoden'.

OSPAR

OSPAR gebruikt de achtergrondwaarde 'Background Assessment Concentrations' (BAC) en de milieunorm 'Environmental Assessment Criteria' (EAC) in biota voor de toetsing.

Kaart 1 geeft een overzicht van de toetsresultaten van de OSPAR-monitoring met vis (schol en bot) en schelpdieren (blauwe mossel en Japanse oester), die de milieunorm EAC overschrijden (rood), en de stoffen die de achtergrondwaarde BAC overschrijden zonder dat er een OSPAR-norm EAC aanwezig is (oranje).

Resultaten van de trendanalyse tot en met 2020, uitgevoerd door ICES (DOME-database) worden weergegeven in Kaart 2.

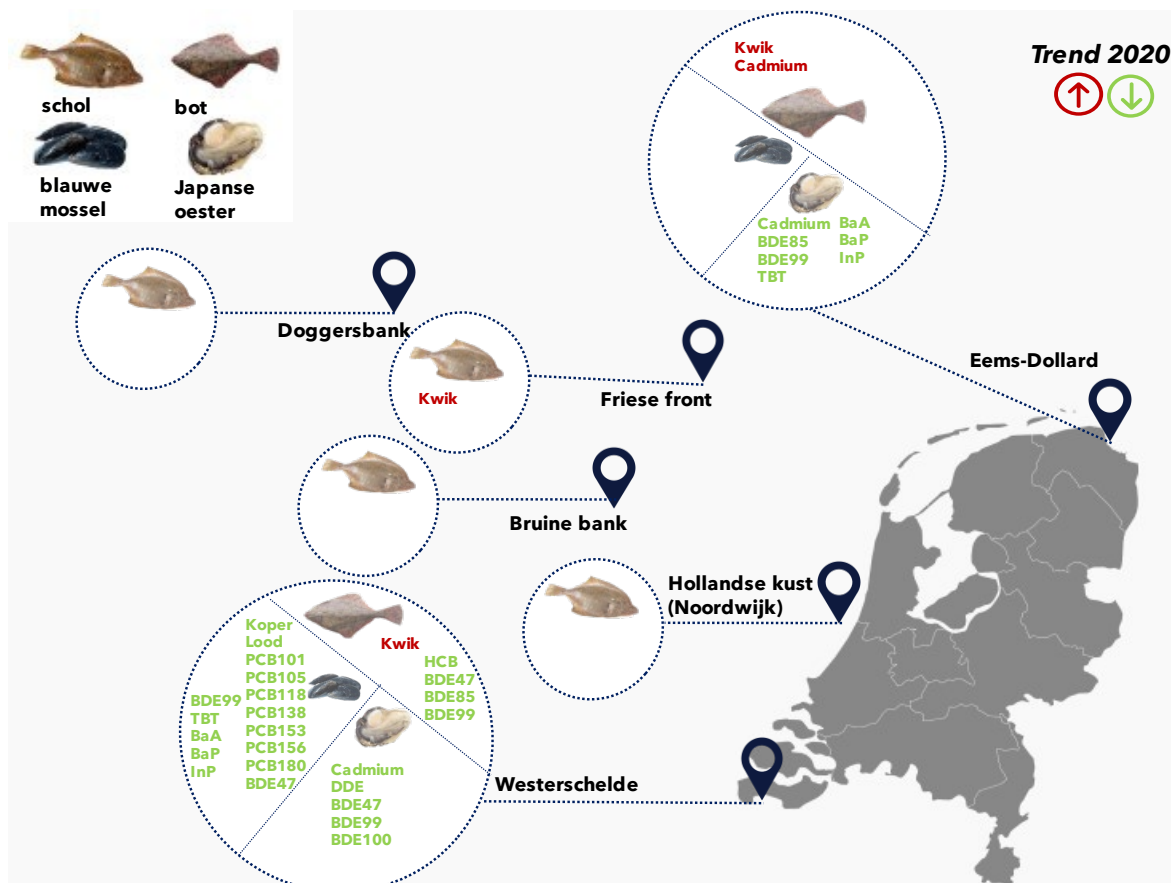
- Van de vijf geanalyseerde metalen is alleen voor kwik bij OSPAR een milieunorm EAC beschikbaar. Deze milieunorm wordt overschreden in alle soorten en waterlichamen, waarbij de concentraties op sommige locaties in vis (Friese front, Eems-Dollard en Westerschelde) een stijgende trend vertonen. Volgens de OSPAR-normen in biota vormt kwik dus een risico voor mariene milieu.
- De concentratie van de metalen cadmium, koper, lood en zink zijn boven de achtergrondconcentratie BAC, met uitzondering van lood in de Eems-Dollard voor de Japanse oester en voor de bot in de Westerschelde. Zonder een vastgestelde EAC voor lood is het onduidelijk of deze concentraties een risico vormen voor het mariene milieu.
- In de Eems-Dollard is voor cadmium in bot een gestaag toenemende trend gedurende het afgelopen decennium waargenomen, terwijl voor Japanse oester een dalende trend is vastgesteld. Ook in oesters uit de Westerschelde is een dalende voor cadmium gevonden.
- Vanaf de start van de monitoring in 2014 zijn de loodgehalten in schol van het Friese Front 20 keer hoger dan in vis van andere locaties. Beide resultaten (cadmium en lood) geven aan dat verder onderzoek nodig is om deze locatiespecifieke verhoogde niveaus te evalueren.
- De gehalten organotin (TBT) vertonen een dalende trend, desondanks wordt de EAC voor TBT in Japanse oester en blauwe mossel van de Eems-Dollard en van de Westerschelde nog steeds overschreden. In de kustwateren van Nederland liggen de TBT-gehalten in mariene slakken op de meeste locaties onder de BAC, hetgeen aangeeft dat TBT daar geen milieurisico oplevert. De biologische effecten van TBT verbindingen bij mariene slakken vertonen een dalende trend en blijven allemaal onder de BAC.
- Gehalten van PAK's blijven onder de EAC, maar overschrijden de BAC op alle meetlocaties.
- Meerdere PCB's overschrijden de EAC, waarbij PCB118 op alle kustlocaties in de gemonitorde soorten de norm overschrijdt. Daarentegen overschrijdt PCB101 de norm voor alle gemonitorde soorten alleen in de Westerschelde. Verder onderzoek is nodig om deze locatiespecifieke verhoogde niveaus te evalueren.

- De pesticiden p,p'-DDE, HCB, α -HCH en γ -HCH worden gemonitord in schelpdieren uit de Eems-Dollard en de Westerschelde. Alleen DDE overschrijdt de BAC in schelpdieren op alle locaties. Het ontbreken van een EAC beperkt de mogelijkheid om het risico van DDE voor het aquatische milieu verder te toetsen. HCB wordt ook gemonitord in verschillende vissoorten en overschrijdt de BAC op alle locaties. Zonder een vastgestelde EAC is een nauwkeuriger beoordeling van het risico dat dit pesticide met zich meebrengt beperkt.
- De gehalten PBDE's (=BDE's) overschrijden de BAC op een groot aantal locaties, maar blijven, op een enkele uitzondering na (BDE100 in blauwe mossel uit Eems-Dollard en BDE 99 in Japanse Oester uit Westerschelde), aanzienlijk onder de EAC.

In het algemeen zijn kwik en PCB118 wijdverspreid en vormen ze in verschillende soorten biota een risico voor mariene ecosystemen in rijkswateren. Verder onderzoek is nodig om te evalueren of soortspecifieke parameters of locatiespecifieke emissiebronnen de onderliggende oorzaak zijn voor lood in schol van het Friese front, cadmium in bot van de Eems Dollard, en PCB101 in de Westerschelde. Bovendien voorkomt het ontbreken van EAC voor veel chemicaliën een grondige evaluatie van het risico, bijvoorbeeld voor DDE, pesticiden en metalen.



Kaart 1 Resultaat van de toetsing volgens OSPAR voor concentraties van chemische stoffen in biota uit 2022. Hierbij zijn de stoffen weergegeven die de milieunorm EAC overschrijden (rood), en de stoffen die de achtergrondwaarde BAC overschrijden zonder dat er een OSPAR-norm EAC aanwezig is (oranje).



Kaart 2 Trends van de verontreinigende stoffen in biota voor OSPAR tot en met 2020, uitgevoerd door ICES (DOME-database). Trendgegevens voor PCB's en PBDE's in vissen zijn gebaseerd op een fout in het vetgewicht in de ICES-database en zijn niet geldig.

KRW

Voor KRW wordt getoetst aan de milieukwaliteitseis oftewel de *Environmental Quality Standards* in biota (EQS_{biota}).

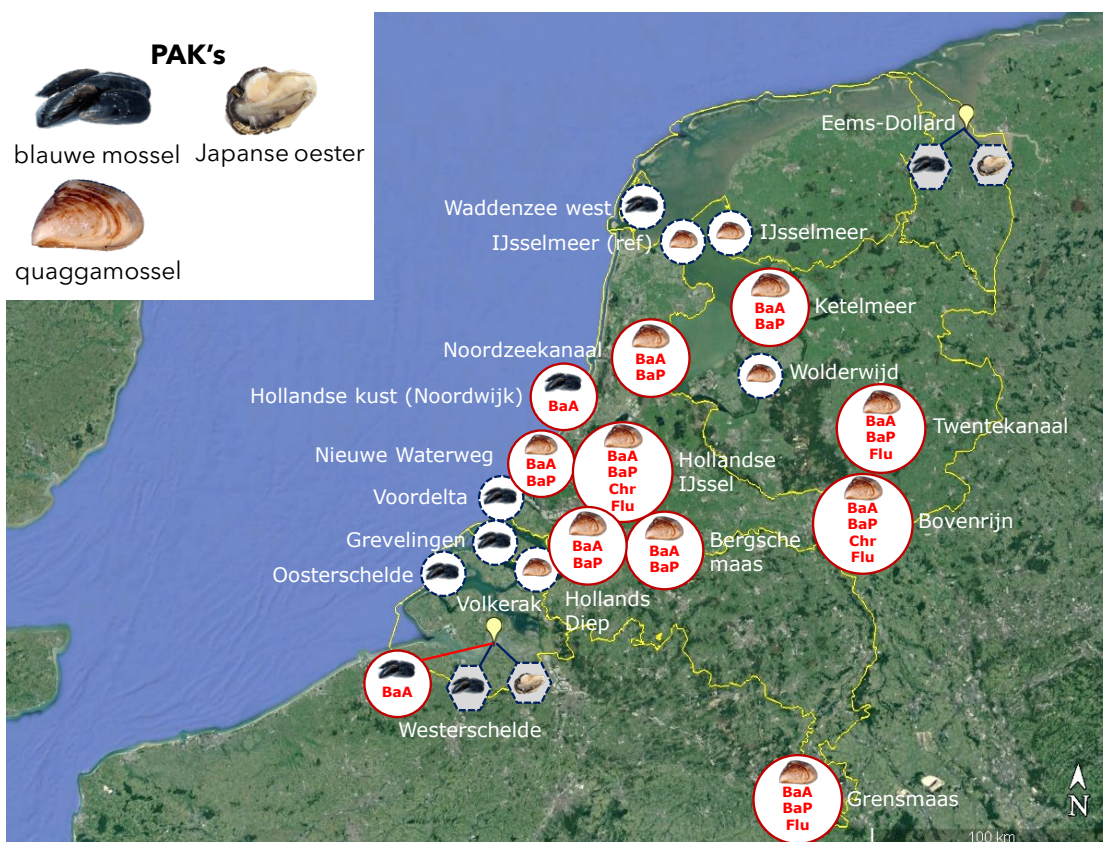
Kaart 3 geeft een overzicht van de meest recente toetsresultaten van de KRW-monitoring met vis (blankvoorn en bot) in de periode 2017-2022. Weergegeven zijn de stoffen die de KRW-norm (EQS_{biota}) overschrijden (rood). Kaart 4 geeft een overzicht van de laatst gemeten toetsresultaten van de KRW-monitoring met schelpdieren via actieve (ABM) en passieve monitoring (PBM) in de KRW-waterlichamen voor periode 2018-2022. Concentraties in biota die de EQS_{biota} overschrijden, zijn gemarkeerd met een rode cirkel, en concentraties lager dan de EQS_{biota} worden weergegeven in blauw.

- Op alle 14 meetlocaties overschrijdt kwik de EQS_{biota} in vis.
- PAK-concentraties in de zoute wateren in schelpdieren liggen veelal onder de EQS_{biota} .
- In veel binnenwateren overschrijden de PAK's benzo[a]antracene en benzo[a]pyreen deze norm in schelpdieren wel. Sommige locaties, zoals Hollandse IJssel en Bovenrijn, zijn hotspots voor alle PAK-verbindingen.
- Wat betreft som-TEQ overschrijden de gehalten in vis de KRW-norm op vier van de 14 locaties: Nieuwe Waterweg, Noordzeekanaal, Bovenrijn en de Grensmaas.
- Op alle 14 locaties bevindt HCB zich onder de EQS_{biota} in vis.
- KRW evalueert de som van een zestal PBDE's voor de status van waterlichamen. Deze EQS_{biota} wordt op alle 14 locaties overschreden in vis.
- Bij negen van de 14 locaties overschrijdt PFOS in vis de norm (Westerschelde, Noordzeekanaal, Bovenrijn, Grensmaas, Hollands Diep, Volkerak, Nieuwe Waterweg, Eems-Dollard, en IJsselmeer)

Samenvattend worden een aantal stoffen nog steeds aangetroffen in concentraties waarbij ecologische effecten niet uitgesloten kunnen worden. Dit zijn kwik, benzo[a]antracene, benzo[a]pyreen, PCB's, PBDE's en PFOS.



Kaart 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 2017-2022. Weergegeven zijn de stoffen die de KRW-norm (EQS_{biota}) overschrijden (rood).



Kaart 4 Resultaat van de toetsing van concentraties van PAK's in de quaggamossel, blauwe mossel en Japanse oester zoals voor het laatst gemeten in de biotamonitoring in de periode 2018-2022. Weergegeven in cirkels de resultaten van ABM en in de hexagon de resultaten van PBM. Concentraties in biota die de EQS_{biota} overschrijden zijn gemarkeerd met een rode cirkel. Concentraties lager dan de EQS_{biota} worden weergegeven in blauw.

Conclusies

- Kwik overschrijdt zowel de KRW- als de OSPAR-normen op alle locaties, met een stijgende trend in vissoorten. Kwik is een belangrijke verontreiniging in aquatische milieus, met verschillende ecologische gevolgen en toxiciteit afhankelijk van de chemische vormen waarin kwik voorkomt. Met name methylkwik heeft een hoge toxiciteit. In vergelijking met andere dieren lopen zeezoogdieren wereldwijd een verhoogd risico op blootstelling aan kwik.
- Gebruik van organotin (TBT) is met succes wereldwijd beperkt en verboden als anti-aangroeimiddel voor boten, hetgeen heeft geleid tot een afname van de concentraties in het aquatische milieu. In Nederland zijn de gemeten concentraties van organotin hoger in tweekleppigen dan in slakken, maar in tweekleppigen vertonen ze een sterk dalende trend. Imposex, een biologisch effect van organotin, is in de Nederlandse wateren gedurende langere tijd niet (meer) waargenomen.
- De kankerverwekkende stoffen benzo[a]antraceen en benzo[a]pyreen overschrijden de KRW-milieukwaliteitseis alleen in schelpdieren in de zoete rijkswateren.
- PCB118 overschrijdt de norm in de kustgebieden voor alle gemonitorde soorten. De concentraties van PCB101 overschrijden de norm alleen in de Westerschelde in alle gemonitorde soorten. Dit duidt mogelijk op een lokale (historische) verontreinigingsbron. Kortom, PCB's blijven een zorg voor het kustmilieu vanwege hun persistentie. Over het algemeen kunnen deze verbindingen een negatieve invloed hebben op de voortplanting.
- Op vier locaties overschrijden de dioxinegehalten in vis de KRW-norm.
- De pesticiden overschrijden de normen EQS and EAC niet. DDE overschrijdt de BAC in schelpdieren, en HCB overschrijdt de BAC in vis. Wegens het ontbreken van een vastgestelde EAC is een beoordeling van het risico dat deze pesticiden met zich meebrengen niet direct mogelijk.
- De som van zes PBDE's overschrijdt de KRW-norm in zoetwatergebieden, terwijl afzonderlijke PBDE's de OSPAR-normen in zoutwater niet overschrijden, maar altijd boven de BAC blijven. PBDE's staan bekend als hormoonontregelaars.
- PFOS-concentraties in zoetwaterbiota overschrijden de KRW-norm op tal van locaties. Per- en polyfluoralkylstoffen (PFAS), waaronder PFOS, kunnen levertoxiciteit veroorzaken en het immuunsysteem negatief beïnvloeden. PFAS-verbindingen worden verder in verband gebracht met een laag geboortegewicht, geboortefwijkingen, vertraagde ontwikkeling en overlijden van pasgeborenen bij proefdieren.

Aanbevelingen

Kwik	Gezien de stijgende kwikgehalten in het milieu en de potentieel sterke biomagnificatie van kwik in het voedselweb dient kwik te worden gescreend in de biota van walvisachtigen. Hiermee kan de mate van blootstelling en mogelijke risico's voor zeezoogdieren worden beoordeeld.
Lood	Verder onderzoek is nodig om te evalueren of soort specifieke parameters of locatie specifieke emissiebronnen de onderliggende oorzaak zijn voor de verhoogde concentraties of stijgende trends voor lood in schol van het Friese front.
Organotin (TBT)	Verlaag de frequentie en het aantal locaties van monitoring voor TBT in mariene slakken, aangezien concentraties organotin een sterk dalende trend vertonen en imposex gedurende een lange periode niet is waargenomen.
Trendanalyse	Voer de trendanalyse jaarlijks uit, inclusief de meest recente gegevens, om de meest actuele en accurate beoordeling van de Nederlandse situatie te geven.

1 Inleiding

Rijkswaterstaat (RWS) is als waterkwaliteitsbeheerder van de rijkswateren samen met het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) verantwoordelijk voor de monitoring van chemische stoffen in biota (schelpdieren 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 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).

Doelstellingen van deze biotamonitoring zijn: Het voldoen aan verplichtingen, met als onderliggend doel inzicht te verkrijgen in het watersysteem en voor beheerdoeleinden de vragen over de toestand en trends te kunnen beantwoorden. Dit omvat:

Bepaling actuele toestand	periodieke toetsing van de toestand aan criteria die voortvloeien uit de toegekende functies van wateren, waaronder de biota-normen van OSPAR (Conventie van Oslo en Parijs), Kaderrichtlijn Water (KRW) en Kaderrichtlijn Marien (KRM).
Bepaling trend	het signaleren van langjarige ontwikkelingen in de biologische toestand van watersystemen*.

* *alleen voor OSPAR-gegevens met meer dan vijf metingen in de tijd. Aangezien de KRW vanaf 2017 is opgenomen in de monitoring waren er in 2022 nog onvoldoende data beschikbaar voor het uitvoeren van een statistische trendanalyse.*

1.1 Inhoud rapport

Het rapport 'Biotamonitoring in de rijkswateren tot en met 2022' 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 de resultaten uit de biotamonitoring gerelateerd aan de geldende normen. Deel II geeft een uitgebreid overzicht van de gebruikte methoden voor elk deelproject vanaf het moment dat deze uitgevoerd wordt.

Conventie van Oslo en Parijs (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 de Europese Unie en vijftien landen die afwateren op dit deel van de Atlantische Oceaan. Het verdrag is in Nederland in 1998 in werking getreden. Een onderdeel van de afspraken is deelname aan het 'Joint Assessment and Monitoring Programme' (JAMP). Het 'OSPAR Coordinated Environmental Monitoring Programme' (CEMP) zorgt daarbij voor vergelijkbare gegevens over het OSPAR-verdragsgebied voor het OSPAR Monitoring van chemische stoffen in biota voor OSPAR vindt in Nederlandse zoute rijkswateren plaats met vis (bot en schol) en schelpdieren (blauwe mossel en Japanse oester). Sinds 1991 vindt voor de zoute rijkswateren toetsing plaats aan de volgende OSPAR-normen voor biota:

- BAC "Background Assessment Concentrations"; achtergrondwaarde,
- EAC "Environmental Assessment Criteria"; milieunorm¹,
 - QS_{sp} "Quality Standard secondary poisoning"; milieunorm voor kwik,
 - FEQG "Federal Environmental Quality Guidelines"; milieunorm voor PBDE's.

In deze rapportage zijn de monitoringsresultaten getoetst op de normwaarden van OSPAR zoals gepubliceerd door ICES (<https://ocean.ices.dk/ohat/?assessmentperiod=2023>; 01.06.2023), die te vinden zijn in Tabel 27. De normen van OSPAR zijn soort specifiek en worden per biota omgerekend op basis van standaard vetgehalten of droge stof gehalten, volgens conversiefactoren die te vinden

¹ Om de leesbaarheid van het rapport te vergroten, maken we in dit rapport alleen onderscheid tussen de achtergrondwaarde (BAC) en de milieunorm (EAC). De EAC wordt niet verder gespecificeerd. De verschillende varianten zijn wel gebruikt in de normtabel, zie 12.1.

zijn in Tabel 28. De methodologie voor de beoordeling van de toestand wordt beschreven in de 'CEMP Assessment Manual: Coordinated Environmental Monitoring Program Assessment Manual for Contaminants in Sediment and Biota' van OSPAR. De statistische methode omvat de logaritmische transformatie van de gegevens om gemiddelden en betrouwbaarheidsintervallen te berekenen, en vervolgens de vergelijking van de resultaten met de normen door te beoordelen of het bovenste betrouwbaarheidsinterval deze normen overschrijdt (worst case scenario). Zowel de berekeningen als de grafieken zijn gegenereerd in R-software.

De trendanalyses worden uitgevoerd met behulp van een zogenaamd linear mixed model, indien meer dan vijf jaar aan data beschikbaar is. ICES voert deze trendanalyses uit voor OSPAR. ICES gebruikt daarvoor de methodiek die in detail wordt beschreven in:

https://dome.ices.dk/OHAT/trDocuments/2022/help_methods_biota_contaminants.html.

De resultaten worden door ICES gepubliceerd in de database DOME (*Database on Oceanography and Marine Ecosystems*; <https://dome.ices.dk/OHAT/>). De resultaten van de in dit rapport opgenomen trendanalyses zijn op 20 juni 2023 gehaald uit DOME en bevatten de monitoringsgegevens vanaf de start van de monitoring tot en met 2020 (OSPAR 2022 assessment based on data extracted 11th January 2022). Recentere data zijn nog niet in de trendanalyses meegenomen. ICES geeft ook informatie over de jaarlijkse procentuele toename of afname, evenals voorspellingen over het jaar waarin de concentraties onder de achtergrondconcentratie (BAC) dalen. Deze informatie is ook opgenomen in dit rapport.

Europese Kaderrichtlijn Water (KRW)

De Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) stelt normen voor een aantal chemische stoffen in biota (EU, 2013; EC, 2014). Sinds 2017 worden deze normen beoordeeld voor zowel de zoete rijkswateren (quaggamossel en blankvoorn) als voor een deel van de zoute rijkswateren (de kustwateren in bot, blauwe mossel en Japanse oester). De KRW legt de milieukwaliteitseis (BIO-MKN) vast als EQS_{biota}-normen ("*Environmental Quality Standards for biota*"; milieunormen).

De KRW-beoordeling voor de biomonitoring in 2022 is uitgevoerd met behulp van de Aquo-kit door RWS en is doorgestuurd naar WMR voor opname in dit rapport. Voor de KRW geldt dat als er in 2022 geen bemonstering heeft plaatsgevonden, de laatst gemeten waarde voor de specifieke chemische stof en soort wordt gegeven.

De analyseresultaten worden voor toetsing aan de KRW-normen omgerekend naar een standaardvis of standaardchelpdier, 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 standaardchelpdier bevat 1% vet. Daarnaast geldt dat de biotanorm in vis is vastgesteld voor een vis van trofisch niveau 4. Echter, standaardisering van de gemeten gehalten naar het juiste trofische niveau wordt tot dusver uitgesteld door afwezigheid van betrouwbare correctiefactoren voor alle stoffen.

Europese Kaderrichtlijn Mariene Strategie (KRM)

De 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 OSPAR- en KRW-monitoringprogramma's volgt.

Dit rapport presenteert de gegevens per chemische groep in de volgende hoofdstukken.

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. Menselijke activiteiten, zoals mijnbouw, industrie, agricultuur of verkeer, kunnen de gehalten van bepaalde metalen in het milieu lokaal sterk verhogen. Metalen kunnen echter ook getransporteerd worden over lange afstanden door de lucht, via de afvoer van rivieren of afvloeiing van het land.

2.1 Cadmium

Cadmium is een toxisch, niet-essentieel metaal, dat boven bepaalde concentraties een gezondheidsrisico vormt voor mens en dier. Blootstelling vindt voornamelijk plaats door ingestie, waarna het cadmium kan ophopen in de voedselketen. De biologische halfwaardetijden zijn lang, afhankelijk van de soort jaren tot vele jaren. Chronische blootstelling aan cadmium kan bij gewervelden een breed scala aan gezondheidseffecten veroorzaken, 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).

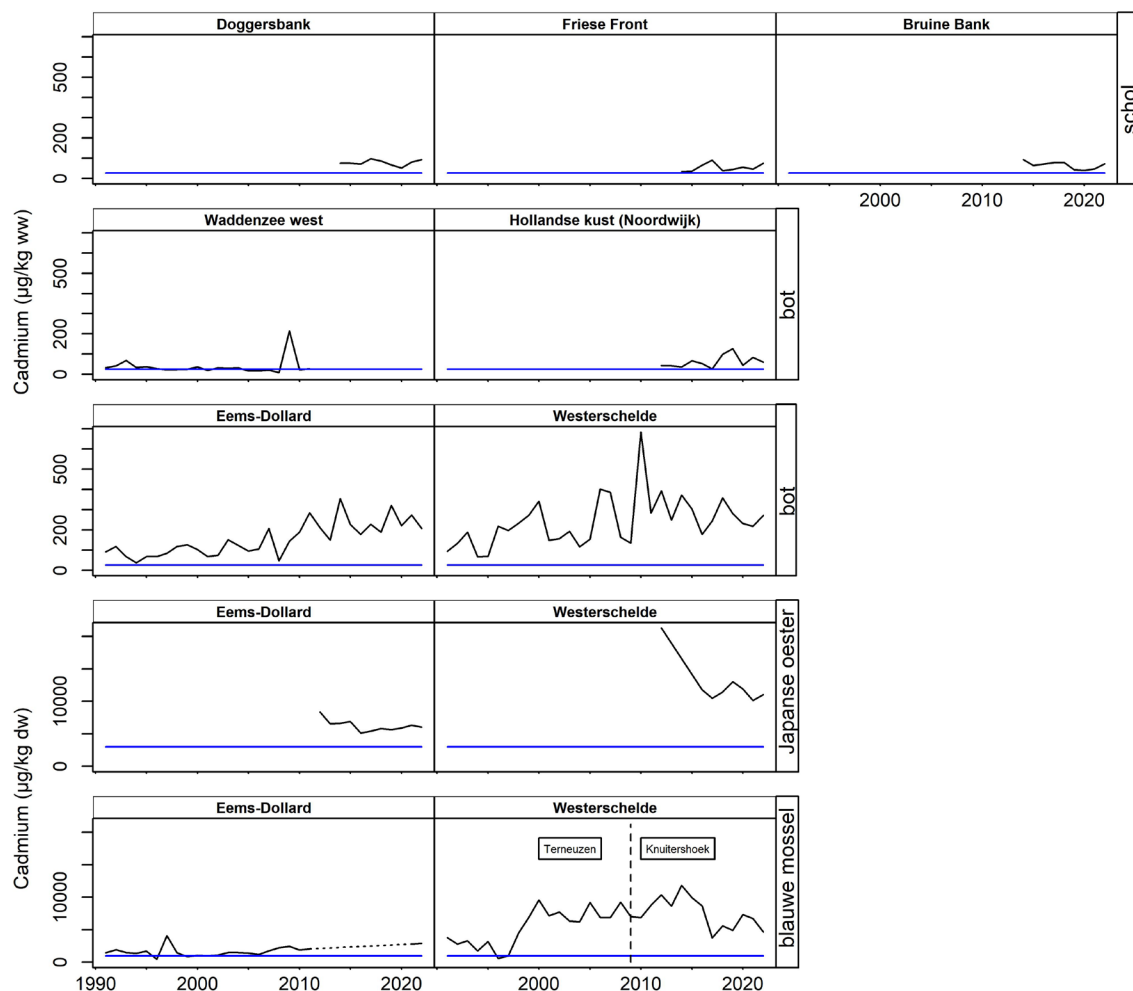
Alleen OSPAR stelt normen voor cadmium:

	schol	bot	Japanse oester	blauwe mossel	blankvoorn
OSPAR	lever	lever	vlees	vlees	-
KRW	-	-	-	-	-

OSPAR

Figuur 1 toont de cadmiumgehalten in vislevers en schelpdiervlees ten opzichte van de OSPAR-norm. Resultaten van de trendanalyse worden weergegeven in Tabel 1. De vergelijking van de meetwaarden van 2022 met de norm en de trends (t/m 2020) worden weergegeven in Kaart 5.

Het cadmiumgehalte in vislevers en schelpdiervlees overschrijdt de OSPAR achtergrondwaarde (BAC) in 2022 op alle meetlocaties (Figuur 1). In 2021 kon voor het eerst in tien jaar weer een mosselmonster uit de Eems-Dollard worden geanalyseerd; ook deze overschrijdt de BAC. Aangezien er geen milieubeoordelingscriteria (EAC) zijn vastgesteld voor cadmium, is het op basis van de geldende normen niet mogelijk om uitspraken te doen of de geobserveerde concentraties potentieel schadelijk kunnen zijn voor het zeeleven.



Figuur 1 Gehalten van cadmium uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in vislevers (schol en bot) en op basis van drooggewicht in schelpdiervlees (Japanse oester en blauwe mossel) voor OSPAR. Periode 1991-2022. Blauwe lijn is de BAC. De gestreepte lijn geeft de onderbreking van metingen aan tussen 2011 en 2021 in mosselen uit de Eems-Dollard.

In recente jaren is er een opgaande trend waargenomen in cadmiumconcentraties in bot afkomstig uit de Eems-Dollard. De concentraties zijn naar schatting met 5% per jaar toegenomen gedurende de periode 1990-2020. Er is geen trend waargenomen in bot uit de Westerschelde en de Hollandse Kust, evenmin in schol afkomstig van het Friese Front en de Doggersbank, en in blauwe mossel in de Westerschelde. Voor schol afkomstig van de Bruine bank is er een geschatte afname van 11% per jaar gedurende de periode 1990-2020. De verwachting is dat de concentratie hier bij voortzettende trend binnen 10 jaar is gedaald tot onder BAC (2030). Er is een dalende trend geconstateerd bij de Japanse oester uit de Eems-Dollard (-4% verandering per jaar) en de Westerschelde (-7% verandering per jaar) (Tabel 1).

Tabel 1 Resultaten van de trendanalyse voor cadmium op basis van OSPAR gegevens uit DOME. Trends tot en met 2020 zijn weergegeven in % verandering gehalte per jaar, waarbij n het aantal jaren weergeeft waarover de trend is berekend. Een trend wordt aangegeven als: + rood gemarkeerd, = geen trend, en als -. De dalende trend is blauw gemarkeerd als de trend voorspelt dat het gehalte in 10 jaar tijd onder de BAC daalt, en met oranje als het gehalte niet onder de BAC daalt in 10 jaar tijd.

Biota	Waterlichaam	n	% verandering per jaar
Schol	Doggersbank	7	=
Schol	Friese Front	7	=
Schol	Bruine bank	7	- 11
Bot	Eems-Dollard	23	+ 5
Bot	Hollandse kust (Noordwijk)	8	=
Bot	Westerschelde	23	=
Japanse oester	Eems-Dollard	8	- 4
Japanse oester	Westerschelde	5	- 7
blauwe mossel	Westerschelde	11	=



Kaart 5 Toetsing en trends voor cadmium in biota conform OSPAR. In oranje omcirkeld de biota die de BAC in 2022 overschrijden. Voor deze biota is geen EAC vastgesteld. Symbolen laten de trend zien tot en met 2020, op basis van OSPAR gegevens uit DOME. Door een onderbreking van de metingen tussen 2011 en 2021 kan voor mosselen in de Eems-Dollard geen trend worden berekend.

2.2 Koper

Koper is een essentieel element voor aquatische organismen, maar een lichte overmaat kan snel tot toxische effecten leiden. Hier wordt dankbaar gebruik van gemaakt bij toepassing van koper in aangroeiwerende verven (Brooks en Waldock, 2009). De toxiciteit omvat vele effecten zoals levercirrose, necrose van nieren en hersenen, gastro-intestinale stress en lage bloeddruk (https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/copper.pdf).

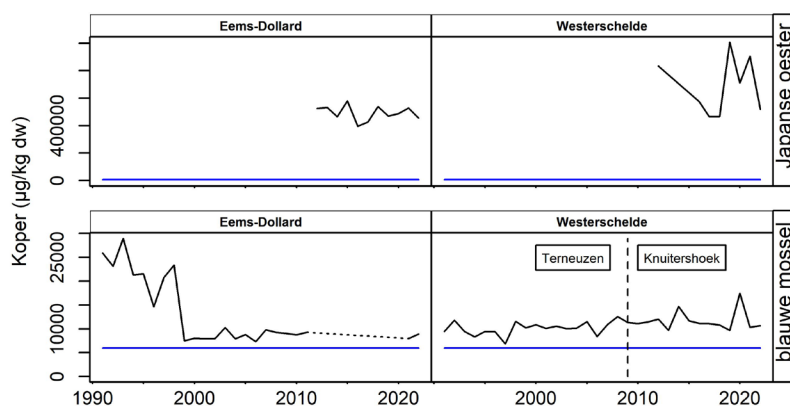
Alleen OSPAR stelt normen voor koper.

	schol	bot	Japanse oester	blauwe mossel	blankvoorn
OSPAR	-	-	vlees	vlees	-
KRW	-	-	-	-	-

OSPAR

Figuur 2 toont de kopergehalten in schelpdiervlees in de periode 1991-2022 ten opzichte van de OSPAR-norm. Resultaten van de trendanalyse worden weergegeven in Tabel 2. De vergelijking van de meetwaarden van 2022 met de norm en de trends (t/m 2020) worden weergegeven in Kaart 6.

De achtergrondwaarde BAC werd de afgelopen jaren op alle locaties in beide schelpdieren overschreden. Gehalten aan koper in de Japanse oester zijn structureel vele malen hoger dan in de blauwe mossel.



Figuur 2 Gehalten van koper uitgedrukt op basis van drooggewicht in schelpdiervlees (Japanse oester en blauwe mossel) voor OSPAR. Periode 1991-2022. Blauwe lijn is de BAC. De gestreepte lijn geeft de onderbreking van metingen aan tussen 2011 en 2021 in mosselen uit de Eems-Dollard.

De gehalten koper in Japanse oester en blauwe mossel vertoonden in geen van de gebieden een trend. Voor mosselen uit de Eems-Dollard kan geen trend worden berekend vanwege de onderbreking van de monitoring tussen 2011 en 2021.

Tabel 2 Resultaten van de trendanalyse voor koper op basis van OSPAR gegevens uit DOME. Trend tot en met 2020: = geeft aan dat er geen significante detecteerbare trend was, n geeft het aantal jaren waarover de trend is berekend.

Biota	Waterlichaam/ locaties	n	% verandering per jaar
Japanse oester	Eems-Dollard	9	=
Japanse oester	Westerschelde	6	=
blauwe mossel	Westerschelde	11	=



Kaart 6 Toetsing en trends voor koper in biota conform OSPAR. In oranje omcirkeld de biota die de BAC in 2022 overschrijden. Voor deze biota is geen EAC vastgesteld. Symbolen laten de trend zien tot en met 2020 op basis van OSPAR gegevens uit DOME. Door een onderbreking van de metingen tussen 2011 en 2021 kan voor mosselen in de Eems-Dollard geen trend worden berekend.

2.3 Kwik

Kwik wordt door de Wereldgezondheidsorganisatie 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>). Kwik staat bekend om de sterke biomagnificatie in de voedselketen waardoor de hoogste blootstelling plaatsvindt bij toppredatoren.

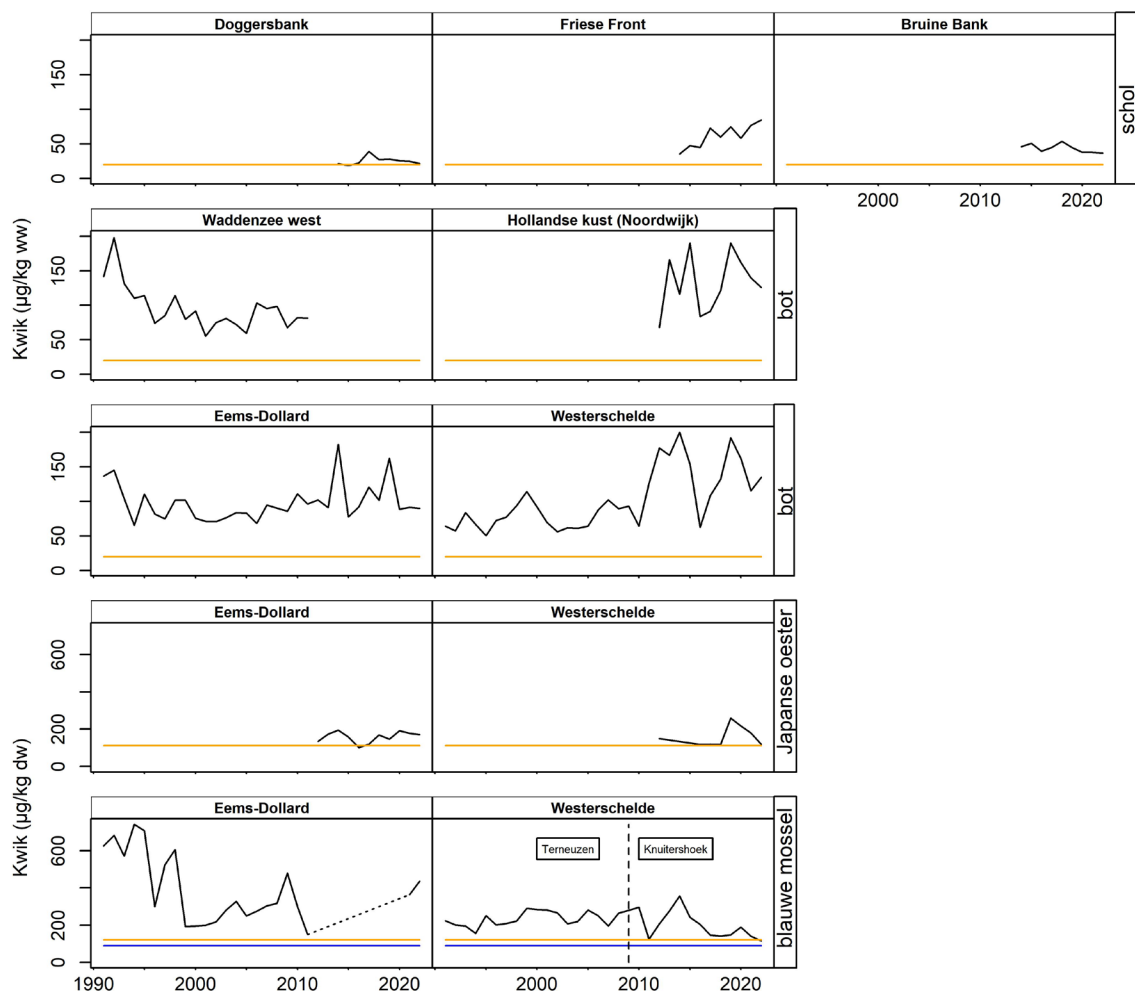
Zowel OSPAR als KRW stellen normen voor kwik.

	schol	bot	Japanse oester	blauwe mossel	blankvoorn
OSPAR	filet	filet	vlees	vlees	-
KRW	-	hele vis	-	-	hele vis

OSPAR

Figuur 3 toont de kwikgehalten in visfilet en schelpdier vlees ten opzichte van de OSPAR-norm. Resultaten van de trendanalyse worden weergegeven in Tabel 3. De vergelijking van de meetwaarden van 2022 met de norm en de berekende trends (t/m 2020) worden weergegeven in Kaart 7.

In bot, schol, Japanse oester en blauwe mossel wordt de EAC voor kwik op alle locaties overschreden.



Figuur 3 Gehalten van kwik uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in visfilet (schol en bot) en op basis van drooggewicht in schelpdier vlees (Japanse oester en blauwe mossel) voor OSPAR. Periode 1991-2022. Blauwe lijn is de BAC. Oranje lijn is de EAC. De gestreepte lijn geeft de onderbreking van metingen aan tussen 2011 en 2021 in mosselen uit de Eems-Dollard.

Op basis van de gegevens tot en met 2020 is een stijgende trend berekend voor de kwikgehalten in schol van het Friese Front (+10% verandering per jaar) en bot uit de Eems-Dollard en de Westerschelde (beide +2% verandering per jaar). Er is geen trend aanwezig in de kwikgehalten van schol op de Doggersbank en de Bruine Bank, evenals bij bot in de Hollandse kust. Hetzelfde geldt voor de Japanse oester uit de Westerschelde en de Eems-Dollard. Het kwikgehalte in de blauwe mossel uit de Westerschelde vertoont een neerwaartse trend waarbij het naar verwachting binnen de komende 10 jaar onder de BAC-waarde zal dalen. Voor mosselen uit de Eems-Dollard kan geen trend worden berekend vanwege de onderbreking van de monitoring tussen 2011 en 2021.

Tabel 3 Resultaten van de trendanalyse voor kwik op basis van OSPAR gegevens uit DOME. Trends tot en met 2020 zijn weergegeven in % verandering gehalte per jaar, waarbij n het aantal jaren weergeeft waarover de trend is berekend. Een trend wordt aangeven als: + rood gemarkeerd, = geen trend, en als -. De dalende trend is blauw gemarkeerd als verwacht wordt dat het gehalte in 10 jaar tijd onder de BAC daalt.

Biota	Waterlichaam/ locaties	n	% verandering per jaar
schol	Doggersbank	7	=
schol	Friese Front	7	+ 10
schol	Bruine bank	7	=
bot	Eems-Dollard	24	+ 2
bot	Hollandse kust (Noordwijk)	9	=
bot	Westerschelde	24	+ 2
Japanse oester	Eems-Dollard	9	=
Japanse oester	Westerschelde	6	=
blauwe mossel	Westerschelde	12	- 5



Kaart 7 Toetsing en trends voor kwik in biota conform OSPAR. In rood omcirkeld de biota die de EAC in 2022 overschrijden. Symbolen laten de trend zien tot en met 2020 op basis van OSPAR gegevens uit DOME. Door een onderbreking van de metingen tussen 2011 en 2021 kan voor mosselen in de Eems-Dollard geen trend worden berekend.

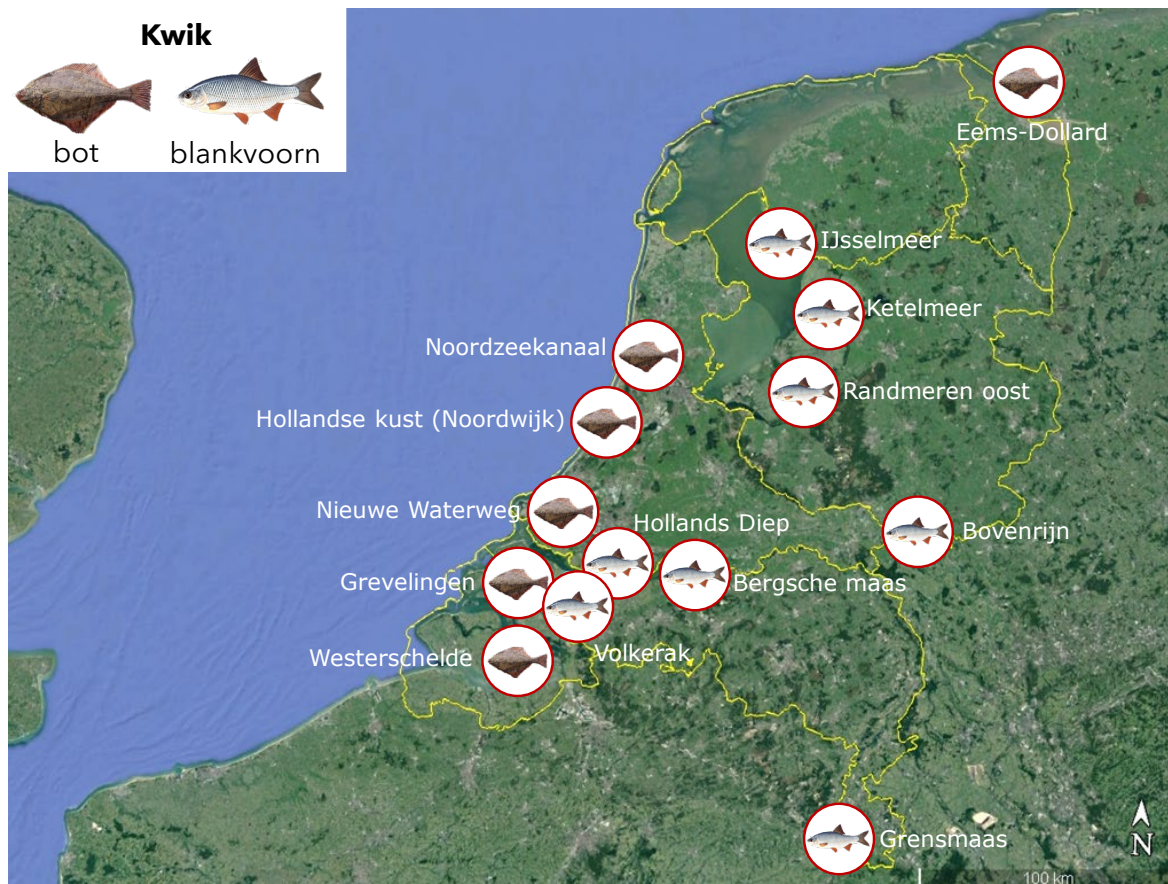
KRW

Tabel 4 laat de KRW-toetswaarden zien ten opzichte van de vigerende KRW-norm. De toetsing van de laatste meting ten opzichte van de norm wordt weergegeven in Kaart 8.

Sinds de start van dit reguliere biotamonitoringsprogramma in 2017 wordt de KRW-biotanorm EQS_{biota} voor kwik op alle monitoringslocaties overschreden in blankvoorn en in bot, met als uitzondering een enkele meting in blankvoorn van de Bergsche Maas in 2018. In de volgende meting in hetzelfde waterlichaam in 2021 lagen de gehalten echter ook hier boven de EQS_{biota} .

Tabel 4 Statusbeoordeling van waterlichamen op basis van KRW-toetswaarden van kwik uitgedrukt op basis van standaardvis gemeten in blankvoorn (hele vis) en bot ($\mu\text{g/kg}$ ww) voor periode 2017-2022. Blauw $\leq EQS_{biota}$, rood $> EQS_{biota}$.

Waterlichaam/ locaties	Biota	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Hollands Diep	Blankvoorn	44	70	34	36	35	42
IJsselmeer	Blankvoorn			48			
Ketelmeer	Blankvoorn	35			42		
Randmeren Oost	Blankvoorn			35			38
Bovenrijn	Blankvoorn					52	
Volkerak	Blankvoorn			45			78
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		150			97	
Grevelingen	Bot						110
Westerschelde	Bot		75			54	



Kaart 8 Toetsing van laatste meting (2020-2022) van kwik in biota aan de KRW-norm. Biota die de EQS_{biota} overschreden zijn rood omcirkeld.

2.4 Lood

Lood kan toxische effecten hebben op meerdere lichaamsonderdelen en is vooral schadelijk voor jonge kinderen, met effecten op hersen- en zenuwstelselontwikkeling. Lood wordt over het lichaam verdeeld tussen hersenen, lever, nieren en botten. In botten kan het gedurende langere tijd accumuleren. (<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>). Bij aquatische diersoorten zijn gezondheidseffecten op ontwikkeling en voortplanting waargenomen. Bovendien zijn neurotoxische en immunotoxische effecten van lood ook beschreven bij vissoorten (Ju-Wook Lee, 2019).

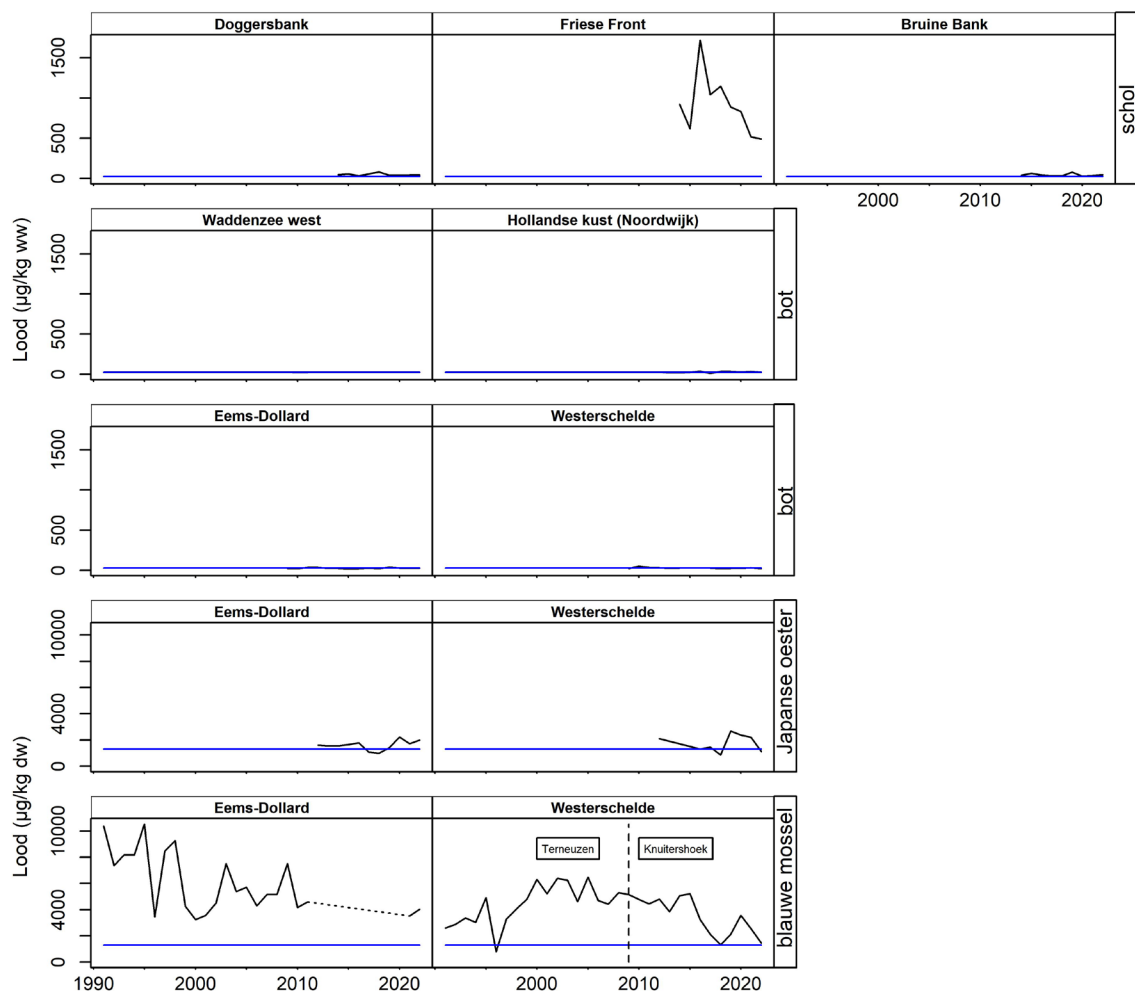
Alleen OSPAR stelt normen voor lood.

	schol	bot	Japanse oester	blauwe mossel	blankvoorn
OSPAR	lever	lever	vlees	vlees	-
KRW	-	-	-	-	-

OSPAR

Figuur 4 toont de loodgehalten in vislevers en schelpdiervlees ten opzichte van de OSPAR-norm. Resultaten van de trendanalyse worden weergegeven in Tabel 5. De vergelijking met de meetwaarden van 2022 met de norm en de berekende trends (t/m 2020) worden weergegeven in Kaart 9.

De concentraties lood in de lever van schol zijn in 2022 iets hoger dan de achtergrondwaarde BAC op locaties Doggersbank en Bruine bank, maar continu veel hoger (ong. 20 keer) op locatie Friese Front. De concentraties lood in de lever van bot zijn hoger dan de BAC in de Hollandse kust en de Eems-Dollard, en de niveaus in de Westerschelde liggen onder de BAC. Voor de Japanse oester uit de Eems-Dollard zijn de concentraties lager dan de BAC, maar overschrijden ze deze in de Westerschelde. Daarentegen overschrijden de concentraties lood in de blauwe mossel de BAC structureel.



Figuur 4 Gehalten van lood uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in vislevers (schol en bot) en op basis van drooggewicht in schelpdier vlees (Japanse oester en blauwe mossel) voor OSPAR. Periode 1991-2022. Blauwe lijn is de BAC. De gestreepte lijn geeft de onderbreking van metingen aan tussen 2011 en 2021 in mosselen uit de Eems-Dollard.

De trendanalyse toonde voor de meeste organismen en locaties geen significante trend. Alleen voor de blauwe mossel uit de Westerschelde (knultershoek) kon een statistisch significante dalende trend worden vastgesteld, met een afname van 9% per jaar berekend over de periode 2009-2020. De voorspellingen geven aan dat de concentraties binnen de komende 10 jaar onder de BAC zullen dalen als deze trend doorzet. De meetresultaten van de afgelopen twee jaar (2021 en 2022) laten zien dat de trend ook na 2020 doorzet. De lood concentraties in blauwe mossel zijn verder afgenomen van 3564 µg/kg naar 1454 µg/kg, wat nog boven het BAC-niveau is. De concentraties in Japanse oesters uit de Westerschelde zijn afgenomen van 2384 µg/kg naar 1116 µg/kg in de afgelopen twee jaar, waarmee ze onder het BAC-niveau zijn gekomen.

Tabel 5 trendgehalten in biota voor lood op basis van OSPAR gegevens uit DOME. Trends tot en met 2020 zijn weergegeven in % verandering gehalte per jaar, waarbij n het aantal jaren weergeeft waarover de trend is berekend. Een trend wordt aangegeven als: + rood gemarkeerd, = geen trend, en als -. De dalende trend is blauw gemarkeerd als verwacht wordt dat het gehalte in 10 jaar tijd onder de BAC daalt.

Biota	Waterlichaam/ locaties	n	% verandering per jaar
schol	Doggersbank	7	=
schol	Friese Front	7	=
schol	Bruine bank	7	=
bot	Eems-Dollard	12	=
bot	Hollandse kust (Noordwijk)	9	=
bot	Westerschelde	11	=
Japanse oester	Eems-Dollard	8	=
Japanse oester	Westerschelde	5	=
blauwe mossel	Westerschelde	12	- 9



Kaart 9 Toetsing en trends voor lood in biota conform OSPAR. In blauw omcirkeld zijn de biota die in 2022 onder de BAC liggen.. In oranje is de biota omcirkeld waarvan de BAC in 2022 werd overschreden. Voor deze biota is geen EAC vastgesteld. Symbolen laten de trend zien tot en met 2020 op basis van OSPAR gegevens uit DOME. Door een onderbreking van de metingen tussen 2011 en 2021 kan voor mosselen in de Eems-Dollard geen trend worden berekend.

2.5 Zink

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. Daarnaast kan een chronische, hoge dosis van zink een negatief effect hebben op de opname van koper, hetgeen toxische effecten door kopergebrek kan veroorzaken (Plum e.a. 2010).

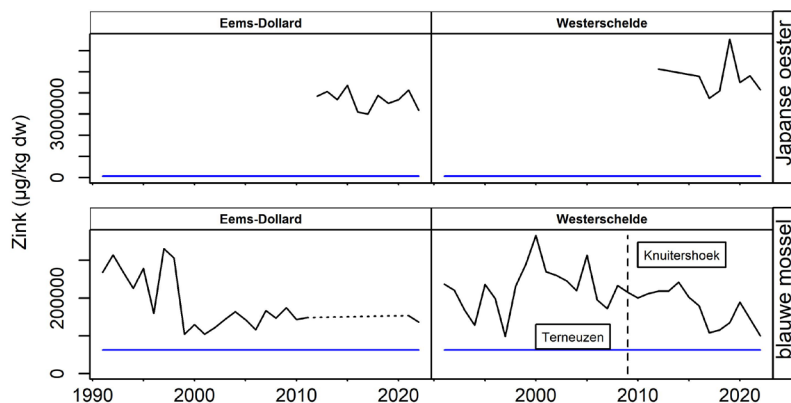
Alleen OSPAR stelt normen voor zink:

	schol	bot	Japanse oester	blauwe mossel	blankvoorn
OSPAR	-	-	vlees	vlees	-
KRW	-	-	-	-	-

OSPAR

Figuur 5 toont de zinkgehalten in schelpdiervlees ten opzichte van de OSPAR-norm. Resultaten van de trendanalyse worden weergegeven in Tabel 6. De vergelijking met de meetwaarden van 2022 met de norm en de berekende trends (t/m 2020) worden weergegeven in Kaart 10.

In de blauwe mossel en vooral in de Japanse oester zijn zinkgehalten gemeten die de achtergrondwaarde BAC structureel ruim tot zeer ruim overschrijden (tot meer dan een factor veertig).



Figuur 5 Gehalten van zink uitgedrukt op basis van drooggewicht in schelpdiervlees (Japanse oester en blauwe mossel) voor OSPAR. Periode 1991-2022. Blauwe lijn is de BAC. De gestreepte lijn geeft de onderbreking van metingen aan tussen 2011 en 2021 in mosselen uit de Eems-Dollard.

Er zijn voor zink geen statistisch significante trends vastgesteld voor de periode tot 2020. Wel zijn in de afgelopen twee jaar de zinkconcentraties in blauwe mosselen uit de Westerschelde afgenomen, van 189 206 µg/kg naar 99 893 µg/kg. Mogelijk lijdt dit tot een dalende trend in de toekomst als deze data bij de trendanalyse worden betrokken.

Tabel 6 Resultaten van de trendanalyse voor zink op basis van OSPAR gegevens uit DOME. Trend tot en met 2020: = geeft aan dat er geen significante detecteerbare trend was, n geeft het aantal jaren weer waarover de trend is berekend.

Biota	Waterlichaam/ locaties	N	% verandering per jaar
Japanse oester	Eems-Dollard	9	=
Japanse oester	Westerschelde	6	=
blauwe mossel	Westerschelde	12	=



Kaart 10 Toetsing en trends voor cadmium in biota conform OSPAR. In oranje omcirkeld de biota die de BAC in 2022 overschrijden. Voor deze biota is geen EAC vastgesteld. Symbolen laten de trend zien tot en met 2020 op basis van OSPAR gegevens uit DOME. Door een onderbreking van de metingen tussen 2011 en 2021 kan voor mosselen in de Eems-Dollard geen trend worden berekend.

3 Organometalen

Organometalen zijn sterke biocides die wereldwijd in het milieu aangetroffen worden. Tributyltin (TBT) is het meest bekend. Hoge gehalten worden gevonden in sediment in zeehavens, scheepswerven, zeewegen en jachthavens als gevolg van het gebruik in aangroei-werende verf. Het gebruik is inmiddels wereldwijd verboden, in Nederland is het vanaf 2008 verboden toe te passen. Relatief hoge gehalten veroorzaken misvormingen en verminderde voortplanting, maar ook in zeer lage concentraties is TBT giftig voor veel mariene organismen. TBT verstoort onder andere de omzetting van mannelijk testosteron in het vrouwelijke oestrogeen, waardoor imposex bij mollusken (mariene slakken) op kan treden. Imposex betekent dat vrouwelijke slakken mannelijke kenmerken krijgen, waardoor zij zich niet meer kunnen voortplanten. De purperslak is door zijn grote gevoeligheid een ideale soort om dit 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 fuikhoorn. In sommige gevallen is gekozen voor de alikruik. In deze slak wordt het effect van TBT zichtbaar als intersex. Belangrijk verschil is dat intersex enkel in het juveniele stadium van de slak ontstaat, terwijl imposex zich gedurende het hele leven van de slak kan ontwikkelen.

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. TBT-gehalten worden getoetst aan de OSPAR-normen, waarvoor organotinverbindingen zijn gemeten in het vlees van de tweekleppige schelpdieren blauwe mossel en Japanse oester, en in de mariene slakken gevlochten fuikhoorn, purperslak en gewone alikruik. Bij toetsing en de beoordeling worden de TBT-gehalten vergeleken met een achtergrondwaarde (BAC) en een milieu-beoordelingscriterium (EAC). Alleen voor de gevlochten fuikhoorn en de purperslak is een norm voor imposex vastgesteld. Bij de beoordeling wordt de VDS (Vas Deferens Stage; mate van imposex) vergeleken met een achtergrondwaarde (BAC) en een milieu-beoordelingscriterium (EAC).

3.1 TBT

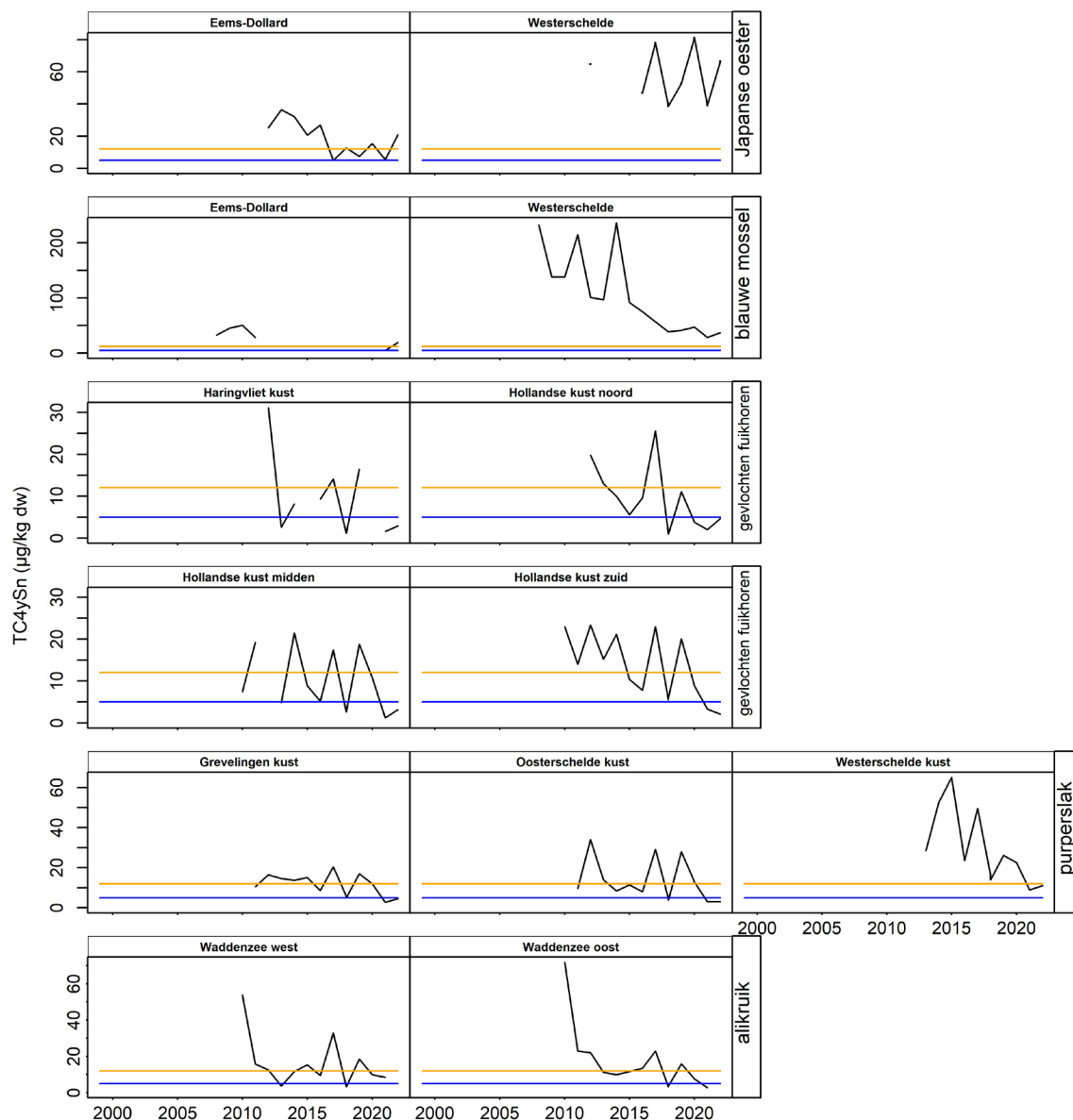
Alleen OSPAR stelt normen voor TBT:

	Schol	bot	Japanse oester	blauwe mossel	blankvoorn	gevlochten fuikhoorn	purperslak	alikruik
OSPAR	-	-	vlees	vlees	-	vlees	vlees	vlees
KRW	-	-	-	-	-	-	-	-

OSPAR

Figuur 6 toont de gehalten TBT (TC4Ysn) in tweekleppigen en mariene slakken ten opzichte van de OSPAR-norm. Resultaten van de trendanalyse worden weergegeven in Tabel 7. De vergelijking van de meetwaarden van 2022 met de norm en de trends (t/m 2020) worden weergegeven in Kaart 11.

De EAC-normen voor TBT in tweekleppige schelpdieren worden op alle locaties overschreden. Voor de mariene slakken overschrijden de concentraties van geen enkel biota-monster de EAC, alleen de purperslakken van de Westerschelde-kust overschrijden de BAC-norm. De alikruik uit Waddenzee west en oost is voor het laatst geanalyseerd in 2021. De gegevens van de laatste meting laten zien dat de TBT-concentraties voor beide locaties hoger dan de BAC, maar lager dan de EAC waren.

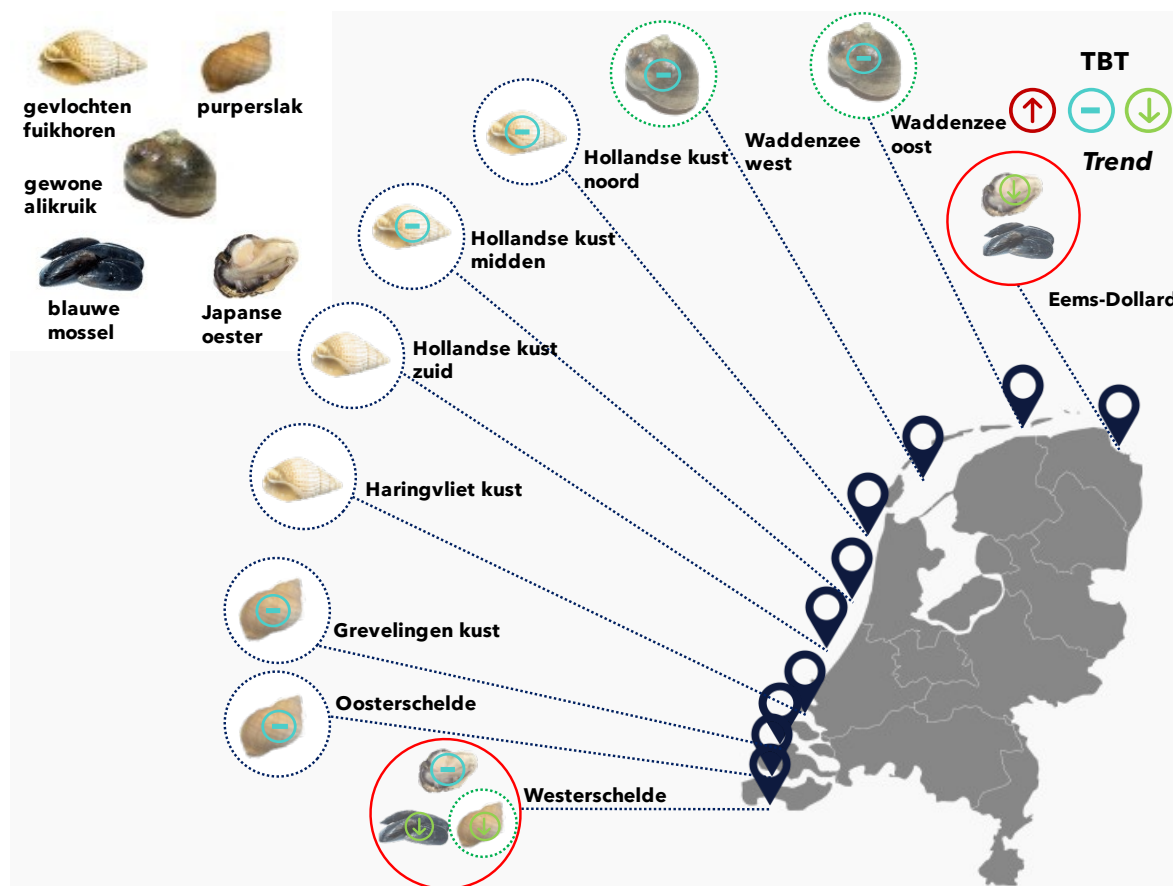


Figuur 6 Gehalten van TBT (TC4YSn) uitgedrukt op basis van drooggewicht gemeten in vlees van tweekleppige schelpdieren (mossel en oester) en mariene slakken voor OSPAR. Periode 2008-2022. Blauwe lijn is de BAC. Oranje lijn is de EAC. Door een onderbreking van de metingen tussen 2011 en 2021 kan voor mosselen in de Ems-Dollard geen toetsing worden berekend.

Voor de blauwe mossel en de purperslak uit de Westerschelde is tot en met 2020 een neerwaartse trend aantoonbaar, evenals voor de Japanse oester uit de Ems-Dollard. Hoewel de tweekleppige schelpdieren de EAC in 2022 overschrijden, laten ze een sterke afname zien van 14-16% per jaar over de periode 2008-2020. Afgezien van de blauwe mossel in de Westerschelde zullen de concentraties zich op alle locaties binnen de komende 10 jaar onder de BAC bevinden als de huidige trend doorzet. Van de blauwe mossel uit de Ems Dollard kon door de onvolledige dataset nog geen trend worden bepaald.

Tabel 7 Resultaten van de trendanalyse voor TBT op basis van OSPAR gegevens uit DOME. Trends tot en met 2020 zijn weergegeven in % verandering gehalte per jaar, waarbij N het aantal jaren weergeeft waarover de trend is berekend. Een trend wordt aangeven als: + rood gemarkeerd, = geen trend, en als -. De dalende trend is blauw gemarkeerd als verwacht wordt dat het gehalte in 10 jaar tijd onder de BAC daalt, en met groen als het gehalte niet onder de BAC daalt in 10 jaar tijd. n.b. geeft aan dat geen trendanalyse is uitgevoerd.

Biota	Waterlichaam/ locaties	N	% verandering per jaar
Japanse oester	Eems-Dollard	9	- 16
Japanse oester	Westerschelde	6	=
blauwe mossel	Westerschelde	12	- 14
gevlochten fuikhoorn	Haringvliet kust	n.b.	n.b.
gevlochten fuikhoorn	Hollandse kust noord	1	=
gevlochten fuikhoorn	Hollandse kust midden	1	=
gevlochten fuikhoorn	Hollandse kust zuid	n.b.	n.b.
purperslak	Grevelingen kust	6	=
purperslak	Oosterschelde kust	6	=
purperslak	Westerschelde kust	6	- 15
alijkruik	Waddenzee west	4	=
alijkruik	Waddenzee oost	4	=



Kaart 11 Toetsing en trends voor TBT in biota conform OSPAR. In blauw omcirkeld zijn de biota die in 2022 onder de BAC liggen.. De gestippelde groene cirkels geven aan dat de BAC wordt overschreden, maar niet de EAC. In rood omcirkeld zijn de biota die in 2022 de EAC overschrijden. Symbolen geven de trend weer tot en met 2020 op basis van OSPAR

3.2 Imposex

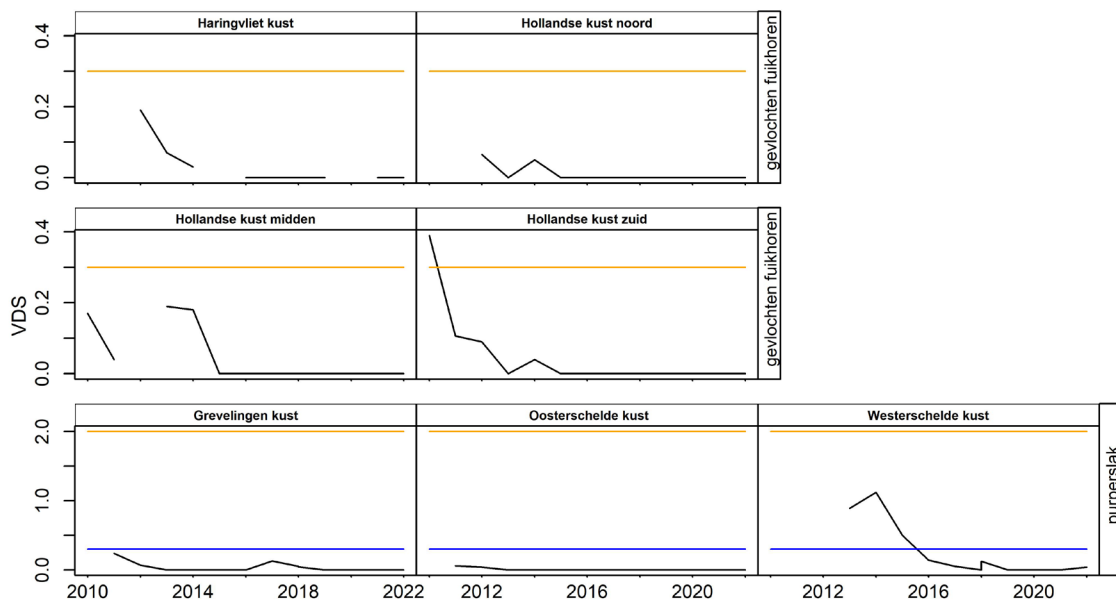
Alleen OSPAR stelt normen voor imposex:

	schol	bot	Japanse oester	blauwe mossel	blankvoorn	gevlochten fuikhoorn	purperslak	alijkruik
OSPAR	-	-	-	-	-	hele slak	hele slak	-
KRW	-	-	-	-	-	-	-	-

OSPAR

Figuur 7 toont het vóórkomen van imposex in zeeslakken ten opzichte van de OSPAR-norm. Resultaten van de trendanalyse worden weergegeven in Tabel 8. De vergelijking van de meetwaarden van 2022 met de norm en de trends (t/m 2020) wordt weergegeven in Kaart 12.

De afgelopen jaren trad een duidelijke daling op. De laatste drie jaar is geen imposex (VDS) meer vastgesteld in de gevlochten fuikhoorn en de purperslak. De normen worden op geen van de monitoringslocaties meer overschreden.

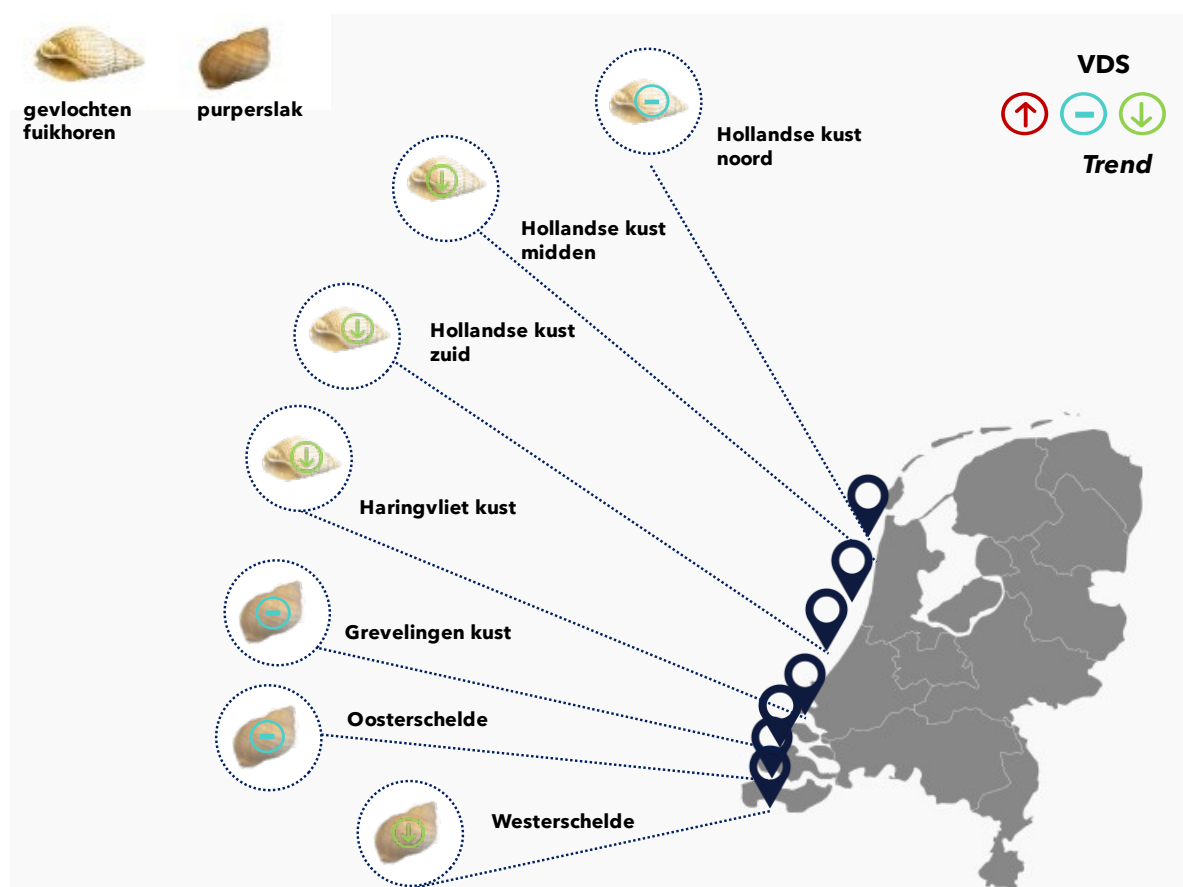


Figuur 7 Imposex (VDS) gemeten in mariene slakken (gevlochten fuikhoorn en purperslak) voor OSPAR. Periode 2010-2022. Blauwe lijn is de BAC en de oranje lijn is de EAC.

Voor de Haringvliet en Hollandsche kust midden en zuid (gevlochten fuikhoorn) is een statistisch significante dalende trend vastgesteld. Hetzelfde geldt voor de Westerschelde (purperslak). Met behulp van slakken als bio-indicatoren voor effecten van TBT blijkt uit lange-termijngegevens dat TBT op de meetlocaties geen risico meer vormt voor het ontstaan van VDS-imposex.

Tabel 8 Resultaten van de trendanalyse voor imposex (VDS) op basis van OSPAR gegevens uit DOME. Trends tot en met 2020 zijn weergegeven in % verandering gehalte per jaar, waarbij *n* het aantal jaren weergeeft waarover de trend is berekend. Een trend wordt aangeven als; +, rood gemarkeerd, =, geen trend, en als -. De dalende trend is blauw gemarkeerd als verwacht wordt dat het gehalte in 10 jaar tijd onder de BAC daalt.

Biota	Waterlichaam/ locaties	n	% verandering per jaar
gevlochten fuikhoorn	Haringvliet kust	7	- 1
gevlochten fuikhoorn	Hollandse kust noord	10	=
gevlochten fuikhoorn	Hollandse kust midden	10	- 1
gevlochten fuikhoorn	Hollandse kust zuid	11	- 1
purperslak	Grevelingen kust	10	=
purperslak	Oosterschelde kust	10	=
purperslak	Westerschelde kust	9	- 1



Kaart 12 Toetsing en trends voor imposex (VDS) in biota conform OSPAR. In blauw omcirkeld zijn de biota die in 2022 onder de BAC liggen. Symbolen laten de trend zien tot en met 2020 op basis van OSPAR gegevens uit DOME. Door een onderbreking van de metingen tussen 2011 en 2021 kan voor mosselen in de Eems-Dollard geen trend worden berekend.

4 Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's)

Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) zijn natuurlijke bestanddelen van steenkool en olie. Ze worden ook gevormd tijdens verbranding van zowel fossiele brandstoffen als hout. PAK's lossen slecht op in water (lipofiel); hoe groter het molecuul(gewicht) hoe slechter de stof in water oplost. PAK's zijn onder gunstige condities bij voldoende zuurstof, biologisch afbreekbaar, maar de grote PAK's worden niet of slechts zeer langzaam afgebroken. Bioaccumulatie treedt op in ongewervelden, waaronder schelpdieren, maar gewervelden kunnen PAK's metaboliseren en uitscheiden als beter wateroplosbare metabolieten. Deze uitscheiding vindt plaats via de gal. Om deze reden worden voor OSPAR de gehalten van PAK-metabolieten in de gal van vis (bot) bepaald. Blootstelling van aquatische organismen vindt doorgaans plaats aan mengsels van PAK's in plaats van individuele PAK-verbindingen. De belangrijkste zorg bij blootstelling aan PAK's ligt in hun carcinogene toxiciteit en het potentiële vermogen tot verstoring van de hormoonhuishouding.

Zowel OSPAR als KRW stellen normen voor PAK's:

	schol	bot	Japanse oester	blauwe mossel (PBM)	blauwe mossel (ABM)	blankvoorn	quaggamossel (ABM)
OSPAR	-	gal	vlees	vlees	-	-	-
KRW	-	-	vlees	vlees	vlees	-	vlees

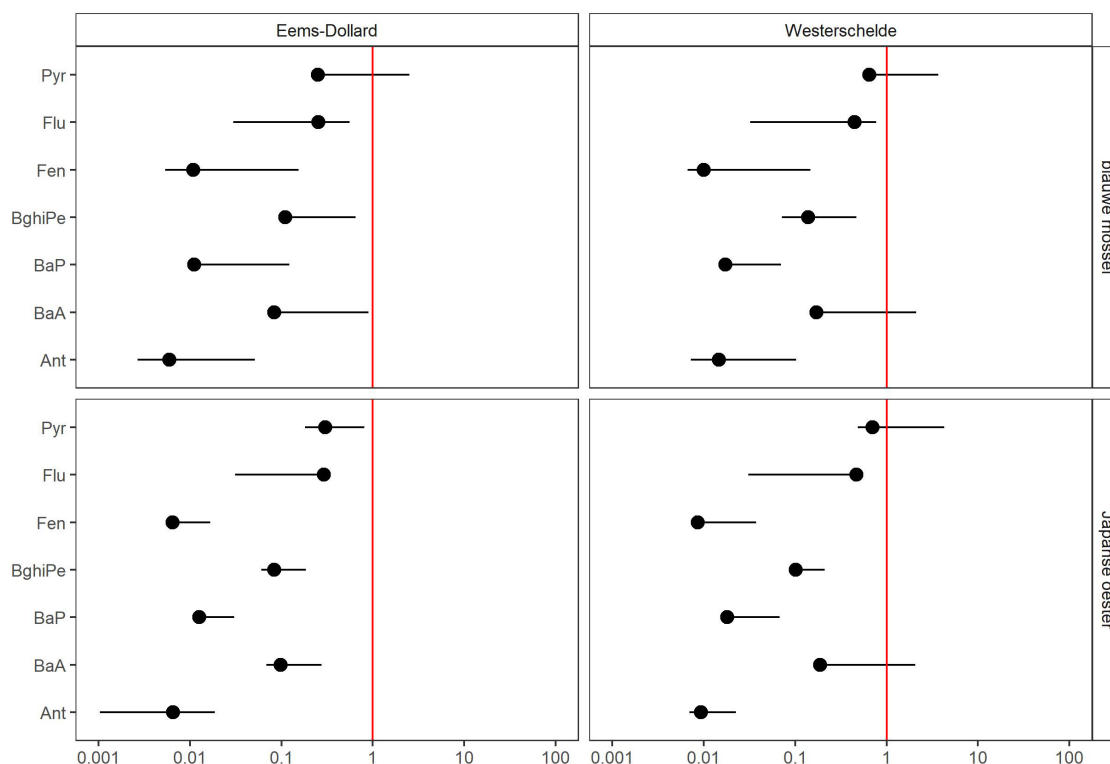
Voor OSPAR zijn PAK's in schelpdieren en PAK-metabolieten in gal van vissen gemeten. Het gaat hierbij om de PAK's antraceen (Ant), benzo(a)antraceen (BaA), benzo(a)pyreen (BaP), benzo(ghi)peryleen (BghiP), chryseen (Chr), fenantreen (Fen), fluoranteen (Flu), indeno(1,2,3-cd)pyreen (InP), pyreen (Pyr) en het PAK-metaboliet 1-hydroxypyreen.

Voor KRW zijn de stoffen benzo(a)antraceen (BaA), benzo(a)pyreen (BaP), chryseen (Chr) en fluoranteen (Flu) gemeten bij in het veld verzamelde schelpdieren (blauwe mossel en Japanse oester) én in uitgehangen schelpdieren (blauwe mossel en quaggamossel). PAK's in blauwe mosselen in de Nederlandse kustwateren worden gevolgd via twee verschillende monitoringmethoden: 1) actieve biotamonitoring (ABM), waarbij mosselen worden verzameld op een referentielocatie (ABM Zout: Oosterschelde and ABM Zoet: IJsselmeer) en vervolgens gedurende 6 weken op specifieke waterlichamen/locaties aan de omgeving worden blootgesteld, 2) passieve biotamonitoring (PBM), gebaseerd op de analyse van in het wild gevangen soorten op specifieke waterlichamen/locaties.

OSPAR

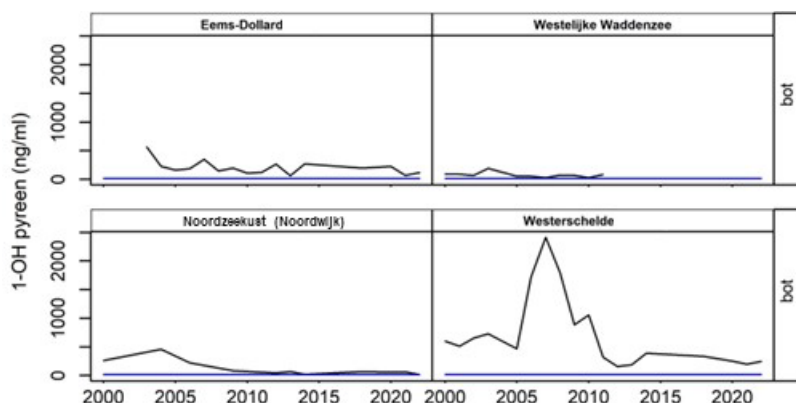
Figuur 8 toont de meest recente meetwaarde en de range van gemeten PAK-gehalten in schelpdiervlees (PBM) van alle monitoringsjaren, beide relatief ten opzichte van de OSPAR-norm. Figuur 9 bevat de resultaten van het PAK metaboliet 1-hydroxypyreen in gal van de bot. Resultaten van de trendanalyse zijn weergegeven in Tabel 9. Grafieken van de individuele PAK's zijn opgenomen in paragraaf 13.1. De vergelijking van de meetwaarden van 2022 met de norm en de trends (t/m 2020) worden weergegeven in Kaart 13.

De gehalten van de PAK-congeneren in de schelpdieren voldeden in 2022 aan de EAC-normen, maar zijn wel overal boven de BAC. Het patroon van de PAK-congeneren (ten opzichte van de EAC) in de waterlichamen en in de schelpdiersoorten vertoont grote overeenkomsten. De absolute gehalten variëren wel sterk per waterlichaam/locatie.



Figuur 8 Recentste meetwaarde (stippen: 2022) en de range van gemeten waarden sinds 1991, genormaliseerd ten opzichte van de OSPAR-norm EAC (=1, rode verticale lijn) voor de PAK's (logaritmische schaal).

Het PAK metaboliet 1-hydroxypyreen in gal van de bot overschrijdt de achtergrondwaarde (BAC) op alle meetlocaties. Aangezien er geen milieubeoordelingscriteria (EAC) zijn vastgesteld voor 1-hydroxypyreen, is het op basis van de geldende normen niet mogelijk om uitspraken te doen of de geobserveerde concentraties potentieel schadelijk kunnen zijn voor het zeeleven.



Figuur 9 Gehalten van het PAK metaboliet 1-hydroxypyreen uitgedrukt op basis van ng/ml gemeten in gal van bot voor OSPAR. Periode 2000 tot en met 2022. Blauwe lijn is de BAC.

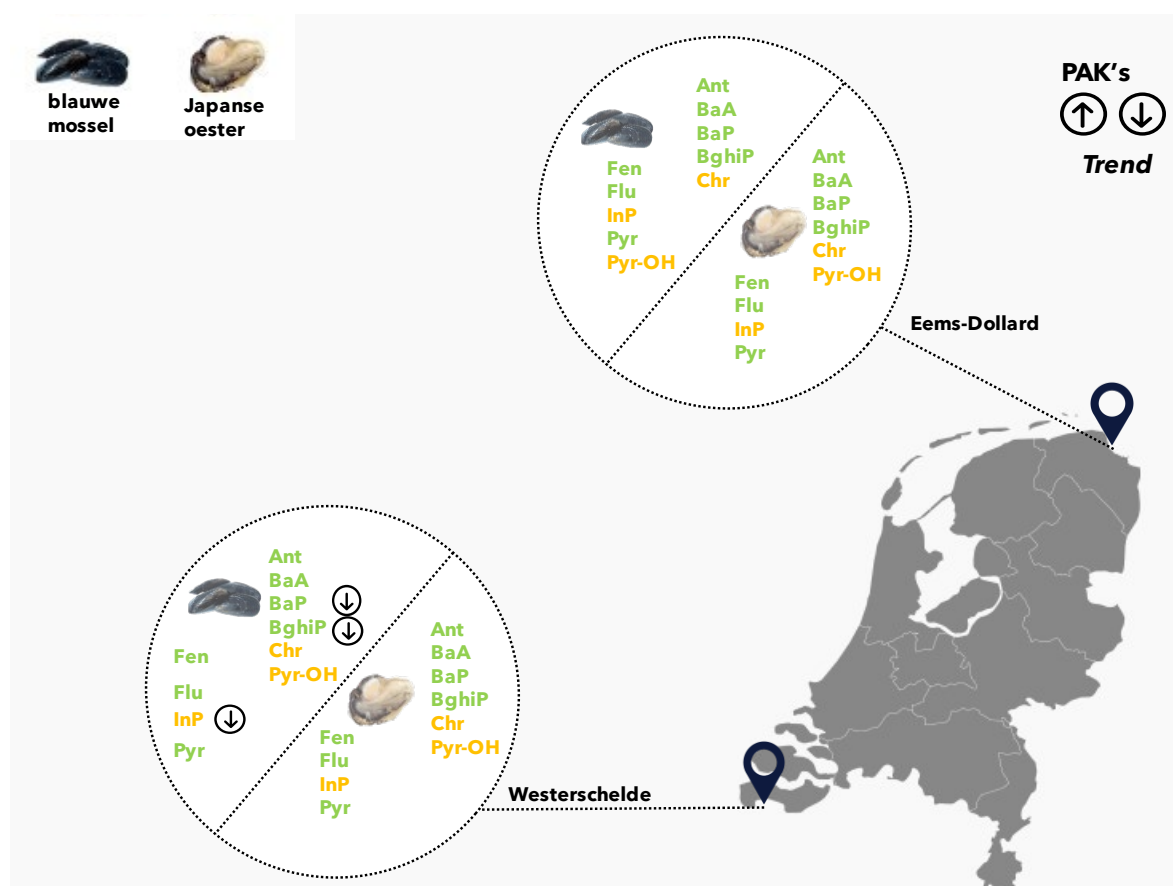
De PAK-gehalten in Japanse oesters zijn stabiel in Ems-Dollard en Westerschelde. Voor drie PAK-congeneren is wel een dalende trend berekend voor de blauwe mossel uit de Westerschelde.

Tabel 9 Resultaten van de trendanalyse voor PAK's op basis van OSPAR gegevens uit DOME. Trends tot en met 2020 zijn weergegeven in % verandering gehalte per jaar, waarbij n het aantal jaren weergeeft waarover de trend is berekend. Een trend wordt aangeven als: + rood

gemarkeerd, = geen trend, en als -. De dalende trend is groen gemarkeerd als verwacht wordt dat het gehalte in 10 jaar tijd niet onder de BAC daalt.

Biota	Japanse oester	Japanse oester	blauwe mossel
Waterlichaam/ locaties	Eems-Dollard	Westerschelde	Westerschelde
n	9	6	12
Ant	=	=	=
BaA	=	=	=
BaP	=	=	-6.70%
BghiP	=	=	-7.30%
Chr	=	=	=
Fen	=	=	-3.9%*
Flu	=	=	=
InP	=	=	-5.80%
Pyr	=	=	=
Biota	bot	bot	bot
n	11	6	11
PY1OH	-14.70%	8.20%	-0.4%

* Bij deze trend is geen voorspelling gegeven over het bereiken van de BAC.



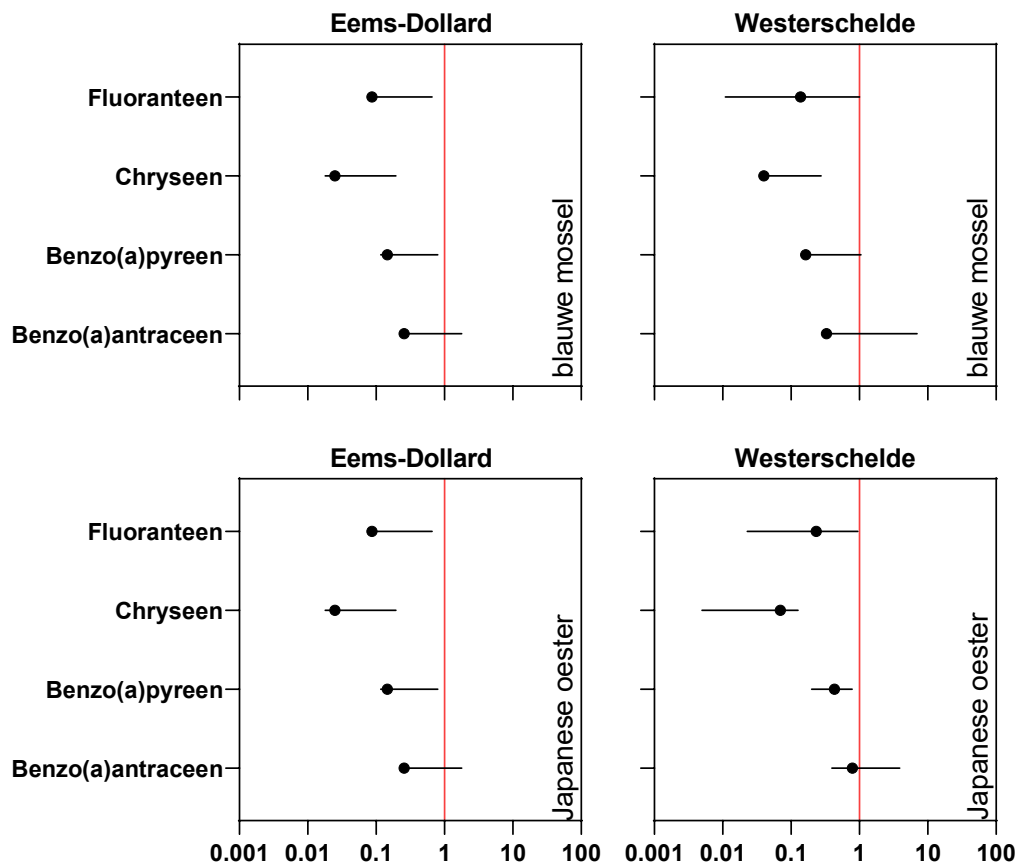
Kaart 13 Toetsing en trends voor PAK's in biota conform OSPAR. Groene PAK's geven concentraties aan boven de BAC en onder de EAC. Oranje PAK's zijn concentraties boven de BAC, maar hebben geen EAC. Symbolen laten de trend zien tot en met 2020 op basis van OSPAR gegevens uit DOME. Door een onderbreking van de metingen tussen 2011 en 2021 kan voor mosselen in de Eems-Dollard geen trend worden berekend.

KRW

Figuur 10, Figuur 11 en Figuur 12 tonen de laatste meetwaarden en de range van gemeten PAK-gehalten in schelpdiervlees uit gemonitorde jaren, ten opzichte van de vigerende KRW-norm. De toetsing van de laatste meting in de periode 2017-2022 voor PBM en ABM in zoute rijkswateren ten opzichte van de norm wordt grafisch weergegeven in Kaart 14. De toetsing van de laatste meting in de periode 2017-2022 voor ABM zoete rijkswateren ten opzichte van de norm wordt weergegeven in Kaart 15. Grafieken van de individuele PAK's van de zoetwater ABM-monitoring zijn opgenomen in paragraaf 13.2

Passieve biotamonitoring in zout water

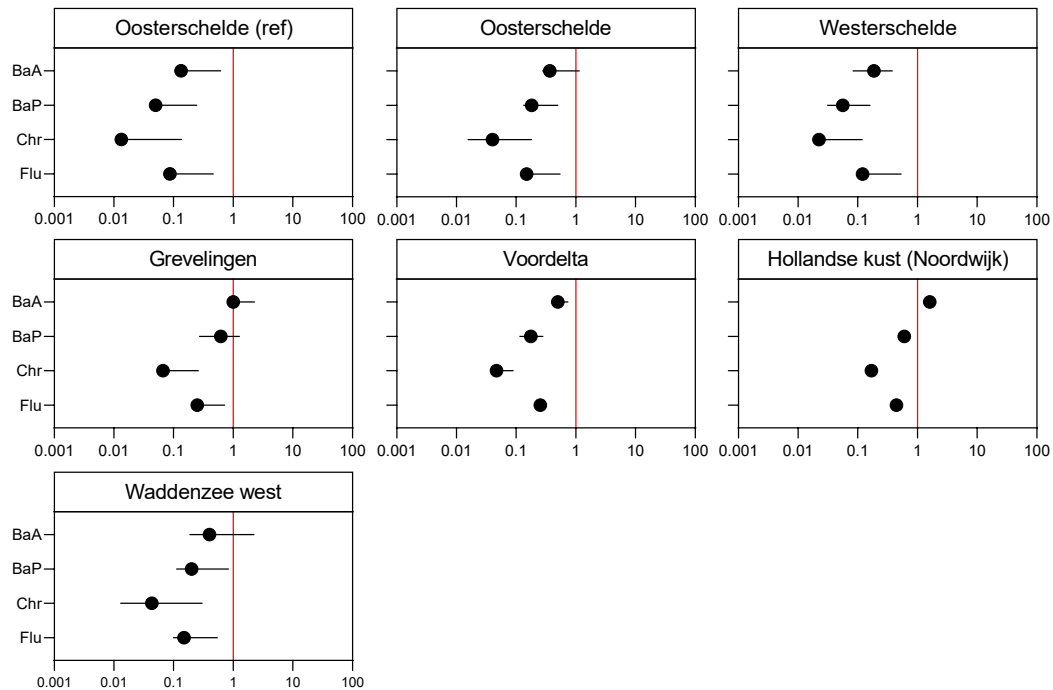
Bij de PBM-monitoring zijn in 2021 voor PAKs geen overschrijdingen van de EQS_{biota} geconstateerd (Figuur 10).



Figuur 10 Recentste 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).

Actieve monitoring in zout water

De ABM-monitoring met blauwe mossel wordt één keer per drie jaar uitgevoerd, in 2020 is de laatste monitoring uitgevoerd (Figuur 11). Het gehalte benzo(a)antraceen in mossel overschreed de EQS_{biota} -norm bij Hollandse kust (Noordwijk, laatste meting 2017). Vanwege het verlies van de uitgezette mosselen op locatie Hollandse kust (Noordwijk) zijn er geen PAK-data voor deze locatie in 2020.



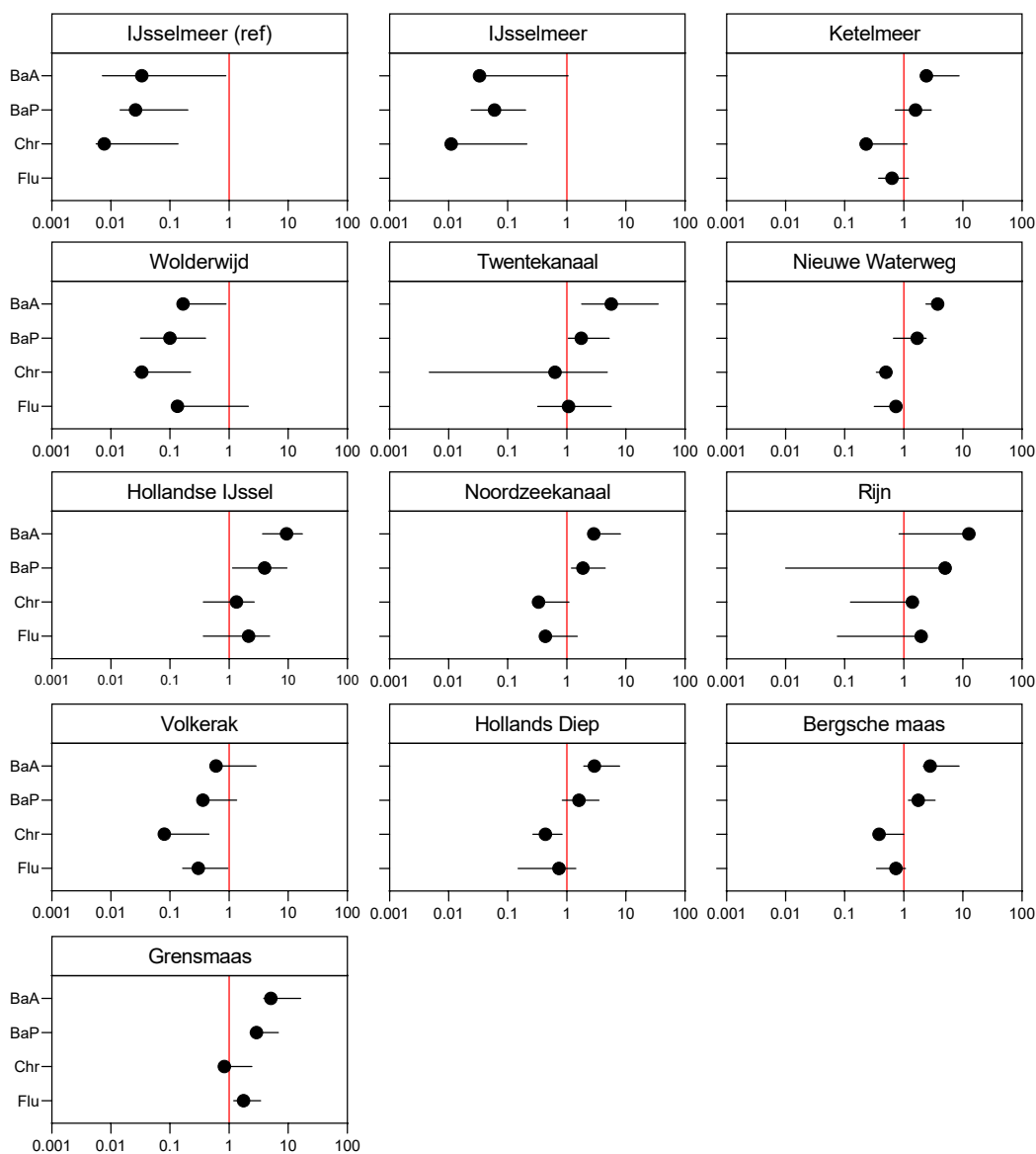
Figuur 11 Recentste meetwaarde (stippen; jaar 2020, alleen Hollandse kust (Noordwijk) 2017) en de range van gemeten waarden sinds 1992, genormaliseerd ten opzichte van de EQS_{biota} (=1, rode verticale lijn) voor de PAK's gemeten in blauwe mossel (ABM).



Kaart 14 Toetsing van laatste meting van PAK's in schelpdieren aan de KRW-biota norm. Biota die de EQS_{biota} overschrijden zijn rood omcirkeld. In cirkels de resultaten van ABM en in de hexagon de resultaten van PBM.

Actieve monitoring in zoete rijkswateren

In het binnenwater worden de gehalten aan benzo(a)antracene en benzo(a)pyreen het vaakst overschreden (Figuur 12 en Kaart 15). Overschrijdingen van chryseen en fluoranteen komen het minst vaak voor. Wolderwijd, IJsselmeer en de referentielocatie 'IJsselmeer(ref)' vertonen de laagste concentraties voor alle PAK's en voldoen aan de EQS_{biota}-normen. De locaties Hollandse IJssel en Rijn overschrijden de milieukwaliteitseis voor alle PAK's.



Figuur 12 Laatste toetswaarde (stippen) en de range van gemeten waarden ten opzichte van de EQS_{biota} (=1, rode verticale lijn) voor de PAK's gemeten in zoetwater mosselen (ABM). Periode 1992-2022.



Kaart 15 Resultaat van de toetsing aan de KRW-normen van concentraties van PAK's in quaggamossel, zoals voor het laatst gemeten in de biotamonitoring in de periode 1992-2022. Weergegeven zijn de PAK's die de EQS_{biota} overschrijden.

5 Polychloorbifenylen (PCB's) en som-TEQ

Polychloorbifenylen (PCB's) en dioxines zijn toxische stoffen die persistent zijn in het milieu en zich ophopen in de voedselketen. Sinds de jaren tachtig van de vorige eeuw zijn productie en gebruik in de meeste landen verboden. De persistentie in het milieu en de grote mate van bioaccumulatie in vet. PCB's worden ook goed in de voedselketen doorgegeven. Sommige PCBs hebben vergelijkbare toxicologische eigenschappen als dioxines en furanen en worden daarom in het kader van milieurisico's vaak samen beschouwd als som-TEQ, waarmee het totaal aan dioxine-achtige toxiciteit wordt uitgedrukt. Hoewel dioxines en furanen ook goed ophopen in het vet van organismen, worden ze minder goed in de voedselketen doorgegeven dan PCB's. Hierdoor neemt het aandeel dioxines en furanen in de som-TEQ (sDOxns29) af naarmate het organisme hoger in de voedselketen staat. Langdurige blootstelling aan deze chemicaliën kan nadelige effecten hebben op het zenuwstelsel, het immuun- en het endocrien-systeem, evenals op de reproductie. Deze stoffen kunnen ook kanker veroorzaken.

OSPAR stelt normen voor PCB's en KRW voor dioxines:

	schol	bot	Japanse oester	blauwe mossel	blankvoorn
OSPAR	lever	lever	vlees	vlees	-
KRW	-	hele vis	-	-	hele vis

Voor 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.

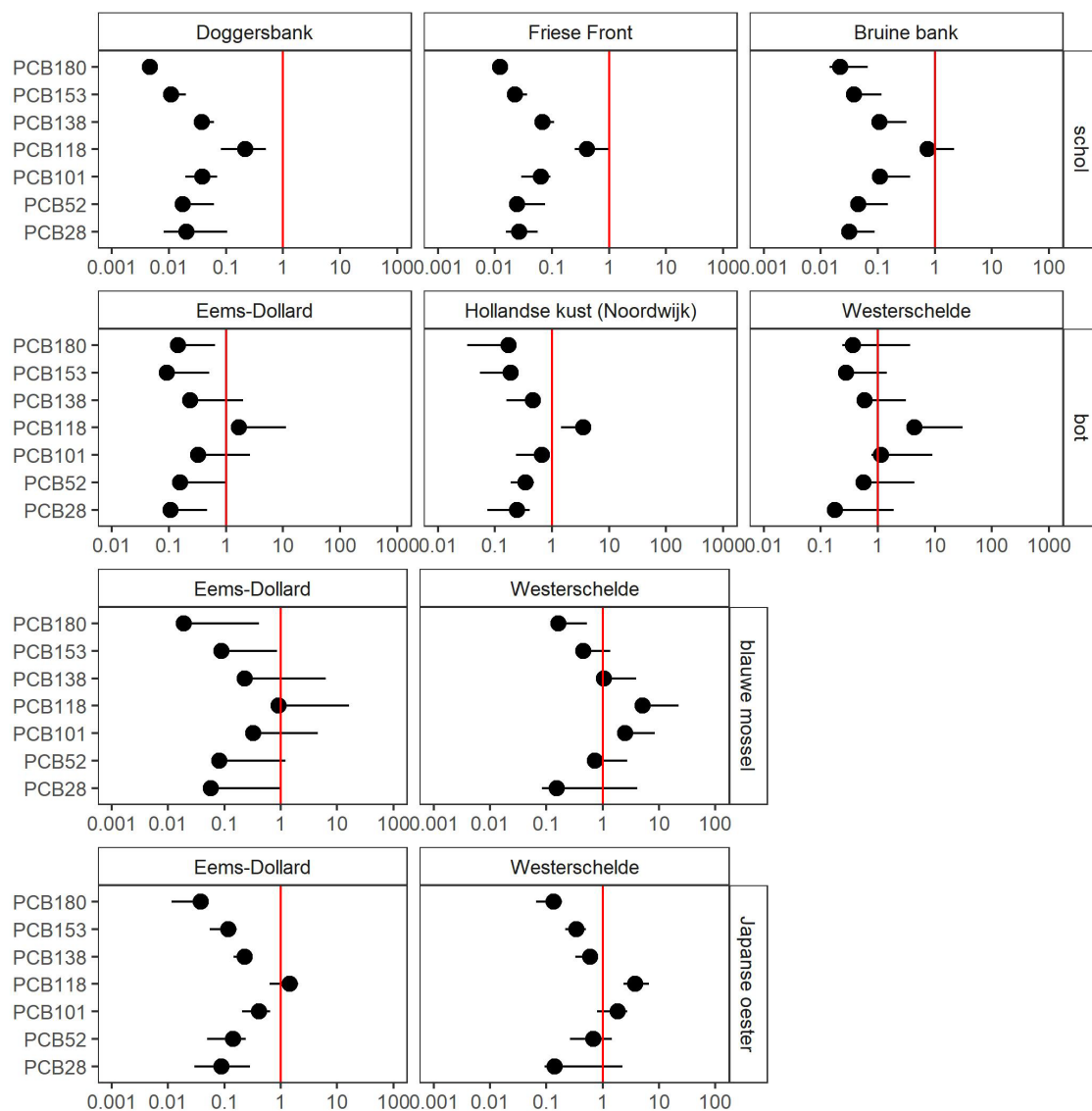
Voor de toetsing aan KRW-normen zijn de dioxineachtige PCB's, dioxines en furanen gemeten in blankvoorn en bot, de hele vis.

5.1 PCB's

OSPAR

Figuur 13 toont de recentste meetwaarde en de gemeten range vanaf 1991 van PCB-gehalten in vislevers en schelpdiervlees relatief ten opzichte van de OSPAR-EAC-norm. Resultaten van de trendanalyse worden weergegeven in Tabel 10. Grafieken van de individuele PCB's zijn opgenomen in paragraaf 14.1. De vergelijking van de meetwaarden van 2022 met de norm en de trends (t/m 2020) worden weergegeven in Kaart 16.

De gehalten van PCB-118 in vis zijn hoger in de drie kustlocaties (bot) dan in de Noordzee (schol). In de Westerschelde wordt de norm voor PCB101 voor alle soorten overschreden. De blauwe mossel en de Japanse oester uit de Westerschelde overschrijden daarnaast ook de norm voor PCB118. Bovendien wordt voor de blauwe mossel ook de EAC voor PCB138 overschreden. Deze bevindingen benadrukken de wijdverbreide aanwezigheid en persistentie van PCB-vervuiling in de Nederlandse mariene wateren.



Figuur 13 Laatste meetwaarde (stip: 2022) en de range van gemeten waarden sinds 1991 ten opzichte van de OSPAR-norm EAC (=1, rode verticale lijn) voor de PCB's uit de passieve biotamonitoring zoute rijkswateren (logaritmische schaal).

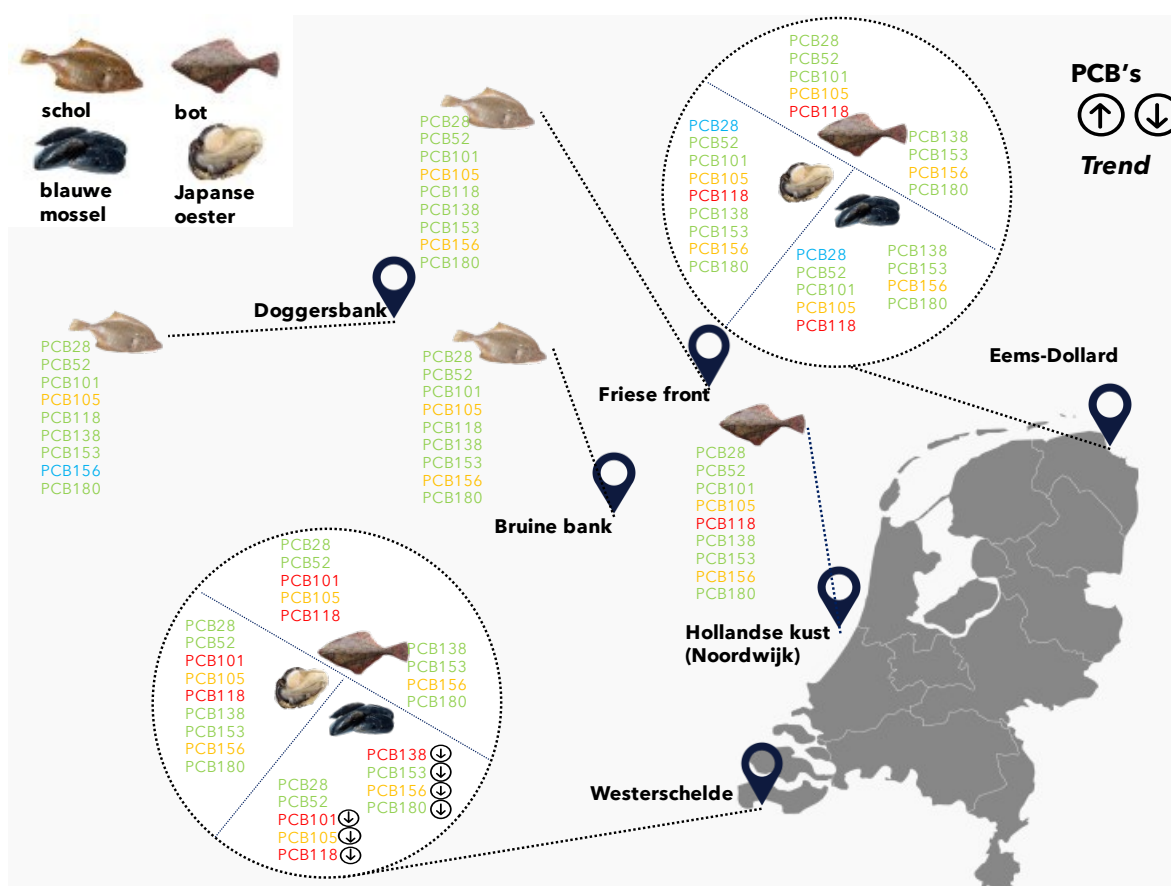
Volgens de trendanalyse van ICES vertoonden de concentraties van PCB101 en PCB118 in schol van de Doggerbank en PCB 101 in schol van de Friese Front een sterk stijgende trend, met een jaarlijkse toename tussen 30% en 50% (Tabel 10). Echter, deze stijgende trend tot en met 2020 is mede gebaseerd op een ongebruikelijk hoge concentratie van zowel PCB101 als PCB118 in 2020 (paragraaf 14.1). Vanwege een fout in de vetgewichtgegevens (10 keer te laag) in de database van ICES zijn de gehalten op vetgewicht 10 keer te hoog in 2020. Daarom zijn de trendanalyses voor PCB's bij schol en bot niet geldig en moeten ze opnieuw worden berekend met gecorrigeerde vetgewichten. In 2021 en 2022 zijn de gemeten gehalten weer lager, vergelijkbaar met de voorgaande jaren.

De analyses in de blauwe mossels uit de Westerschelde toonden een afname van verschillende PCB-congeneren, met een jaarlijkse afname tussen 3% en 15% voor verschillende PCB-congeneren (Tabel 10). Dit wijst op een vermindering van PCB-vervuiling in het ecosysteem van de Westerschelde.

Tabel 10 Resultaten van de trendanalyse voor PCBs op basis van OSPAR gegevens uit DOME. Trends tot en met 2020 zijn weergegeven in % verandering gehalte per jaar, waarbij n het aantal jaren weergeeft waarover de trend is berekend. Een trend wordt aangegeven als: = geen trend, en als -. De dalende trend is blauw gemarkeerd als

verwacht wordt dat het gehalte in 10 jaar tijd onder de BAC daalt, en met groen als het gehalte niet onder de BAC daalt in 10 jaar tijd.²

Biota	Japanse oester	Japanse oester	blauwe mossel
Waterlichaam/ locatie	Eems-Dollard	Westerschelde	Westerschelde
n	9	6	12
PCB28	=	=	=
PCB52	=	=	=
PCB101	=	=	-3.9
PCB105	=	=	-14.5
PCB118	=	=	-5.4
PCB138	=	=	-6.8
PCB153	=	=	-4.2
PCB156	=	=	-5.9
PCB180	=	=	-4.7



Kaart 16 Toetsing en trends voor PCB's in biota conform OSPAR. De rode PCB's geven gedetecteerde concentraties aan die de EAC overschrijden. De groene PCB's geven concentraties aan boven de BAC en onder de EAC. De oranje PCB's zijn boven de BAC maar hebben geen EAC. De blauwe PCB's zijn onder de achtergrondconcentratie BAC. Symbolen laten de trend zien tot en met 2020 op basis van OSPAR gegevens uit DOME.³ Door een onderbreking van de metingen tussen 2011 en 2021 kan voor mosselen in de Eems-Dollard geen trend worden berekend.

² Trendgegevens voor PCB's in schol en bot zijn sterk beïnvloed door een fout in het vetgewicht in de ICES-database en zijn niet geldig.

5.2 Som-TEQ

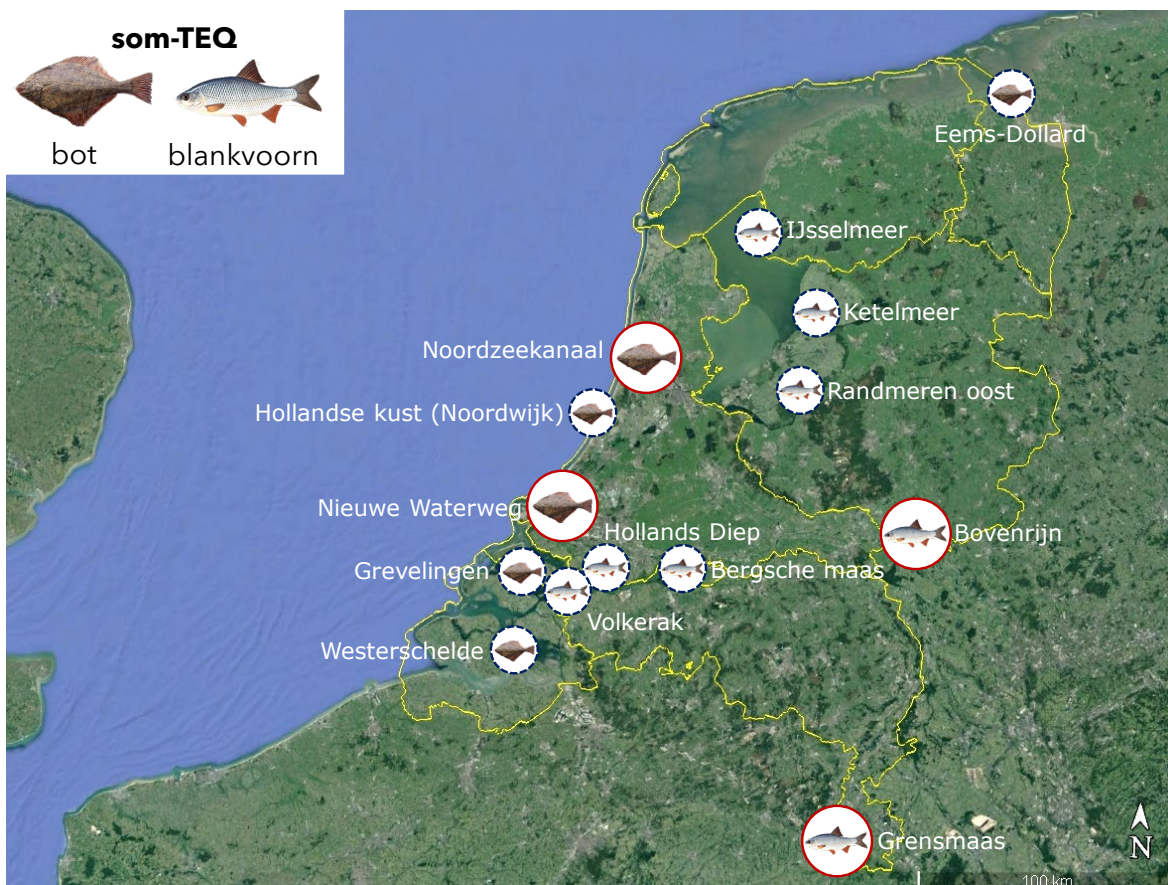
KRW

In Tabel 11 is de status (toetsresultaat) van de verschillende waterlichamen en de onderliggende toetswaarden van som-TEQ ten opzichte van de KRW-norm weergegeven. De vergelijking met de norm voor periode 2017-2022 wordt weergegeven in Kaart 17.

In 2022 bleven alle gemonitorde locaties onder de milieukwaliteitseis voor som-TEQ. Hollands Diep is de enige locatie die jaarlijks wordt gemeten. Op deze locatie liggen de gedetecteerde concentraties in blankvoorn sinds 2021 onder de EQS_{biota} . De laatste metingen in Bovenrijn, Noordzeekanaal en Nieuwe Waterweg (2021) overschreden de milieukwaliteitseis echter aanzienlijk.

Tabel 11 KRW-toetswaarden voor som-TEQ gemeten in blankvoorn en bot en omgerekend naar standaardvis ($\mu\text{g/kg ww}$) voor de monitoringsjaren 2017 tot en met 2022. Status is weergegeven in blauw $\leq EQS_{biota}$ of rood $> EQS_{biota}$.

Waterlichaam/ locaties	Biota	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Hollands Diep	blankvoorn	0.013	0.0086	0.0070	0.0098	0.0065	0.0053
IJsselmeer	blankvoorn			0.0010			
Ketelmeer	blankvoorn	0.0063			0.0044		
Randmeren Oost	blankvoorn			0.0005			0.00055
Bovenrijn	blankvoorn					0.021	
Volkerak	blankvoorn			0.0040			0.0047
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	
Grevelingen	bot						0.0039
Westerschelde	bot		0.0043			0.0049	



Kaart 17 Toetsing van de laatste meting van som-TEQ in biota aan de KRW-norm. Biota die de EQS_{biota} overschreden zijn rood omcirkeld. De gestippelde blauwe cirkels impliceren dat er geen normen zijn overschreden.

6 Pesticiden

Pesticiden zijn stoffen die worden gebruikt ter bestrijding van hinderlijke of schadelijke organismen of van ziekten, plagen of onkruiden in de landbouw. In de Europese unie is sinds 1978 de verkoop en het gebruik verboden van een aantal pesticiden. Het gaat hierbij om pesticiden met kwikverbindingen en met persistente organische chloorverbindingen (aldrin, chlordaan, dieldrin, DDT, endrin, HCH, heptachloor en hexachloorbenzeen). 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 sinds 2004 niet meer toegestaan.

OSPAR en/of KRW hebben normen gesteld voor de pesticiden (p,p')-DDE, HCB, lindaan (α -HCH en γ -HCH), heptachloor en -epoxiden, dicofol en HCBd.

6.1 (p,p')-DDE

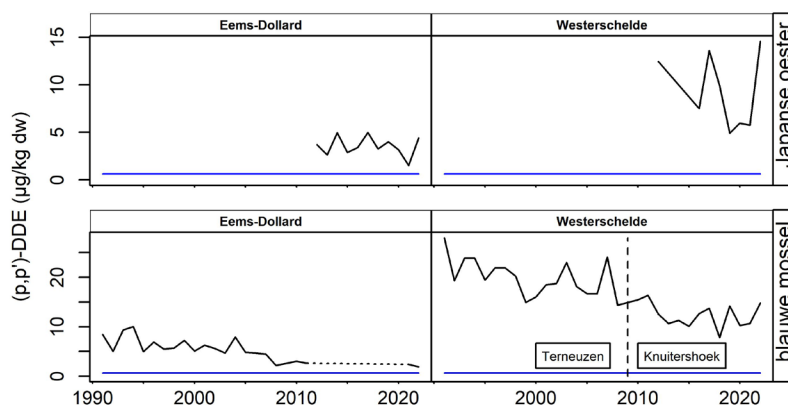
DDT (Dichloordifenyldichloorethaan) is op de markt sinds 1945 als algemeen insectenbestrijdingsmiddel met neurotoxische werking. De stofgroep is persistent, lost op in vet en vertoont sterke bioaccumulatie. Het is ook de eerste stofgroep waarvan de ongewenste bijeffecten door accumulatie in de voedselketen duidelijk werden. Het is daarom al vanaf 1972 verboden in de Verenigde staten, vlak daarna ook in Nederland en de Europese unie. Als gevolg van het veelvuldig gebruik van DDT in het verleden worden de afbraakproducten dichloordifenyldichloorethyleen (DDE) waaronder p,p'-DDE en dichloordifenyldichloorethaan (DDD) ook in Europa nog bijna overal aangetroffen. Voor p,p'-DDE bestaat een OSPAR-norm, het wordt in schelpdiervlees gemeten.

	schol	bot	Japanse oester	blauwe mossel	blankvoorn
OSPAR	-	-	vlees	vlees	-
KRW	-	-	-	-	-

OSPAR

Figuur 14 toont de gehalten DDE (p,p'-DDE) in schelpdiervlees ten opzichte van de OSPAR-norm. Resultaten van de trendanalyse worden weergegeven in Tabel 12. De vergelijking van de meetwaarden van 2022 met de norm en de trends (t/m 2020) worden weergegeven in Kaart 18.

De concentraties die werden aangetroffen in beide schelpdiersoorten, de Japanse Oester en de blauwe mossel, overschreden beide de BAC. Er is geen milieukwaliteitsnorm (EAC) vastgesteld voor DDE.



Figuur 14 Gehalten van (p,p')-DDE uitgedrukt op basis van drooggewicht gemeten in schelpdiervlees (blauwe mossel en Japanse oester). Periode 1991-2022. Blauwe lijn is de BAC. De gestreepte lijn geeft de onderbreking van metingen aan tussen 2011 en 2021 in mosselen uit de Eems-Dollard.

Voor de Japanse oester uit de Westerschelde is een dalende trend waargenomen, met een afname van 9,9% per jaar in de periode 2012-2020. Op basis van deze trend is het niet te verwachten dat de concentratie de komende 10 jaar onder de BAC daalt (Tabel 12). Voor de Japanse oester uit de Eems-Dollard en de blauwe mossel uit Eems-Dollard en Westerschelde was geen trend aantoonbaar.

Tabel 12 Resultaten van de trendanalyse voor (p,p')-DDE op basis van OSPAR gegevens uit DOME. Trends tot en met 2020 zijn weergegeven in % verandering gehalte per jaar, waarbij n het aantal jaren weergeeft waarover de trend is berekend. Een trend wordt aangegeven als: + rood gemarkeerd, = geen trend, en als -. De dalende trend is oranje gemarkeerd als verwacht wordt dat het gehalte in 10 jaar tijd niet onder de BAC daalt.

Biota	Waterlichaam/ locaties	N	% verandering per jaar
Japanse oester	Eems-Dollard	9	=
Japanse oester	Westerschelde	6	-9.9
blauwe mossel	Westerschelde	11	=



Kaart 18 Toetsing en trends voor (p,p')-DDE in biota conform OSPAR. In oranje omcirkeld de biota die de BAC in 2022 overschrijden. Voor deze biota is geen EAC vastgesteld. Symbolen laten de trend zien tot en met 2020 op basis van OSPAR gegevens uit DOME. Door onderbroken meetreeks kon voor mossel uit Eems-Dollard geen trend worden berekend.

6.2 HCB

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 veroorzaken.

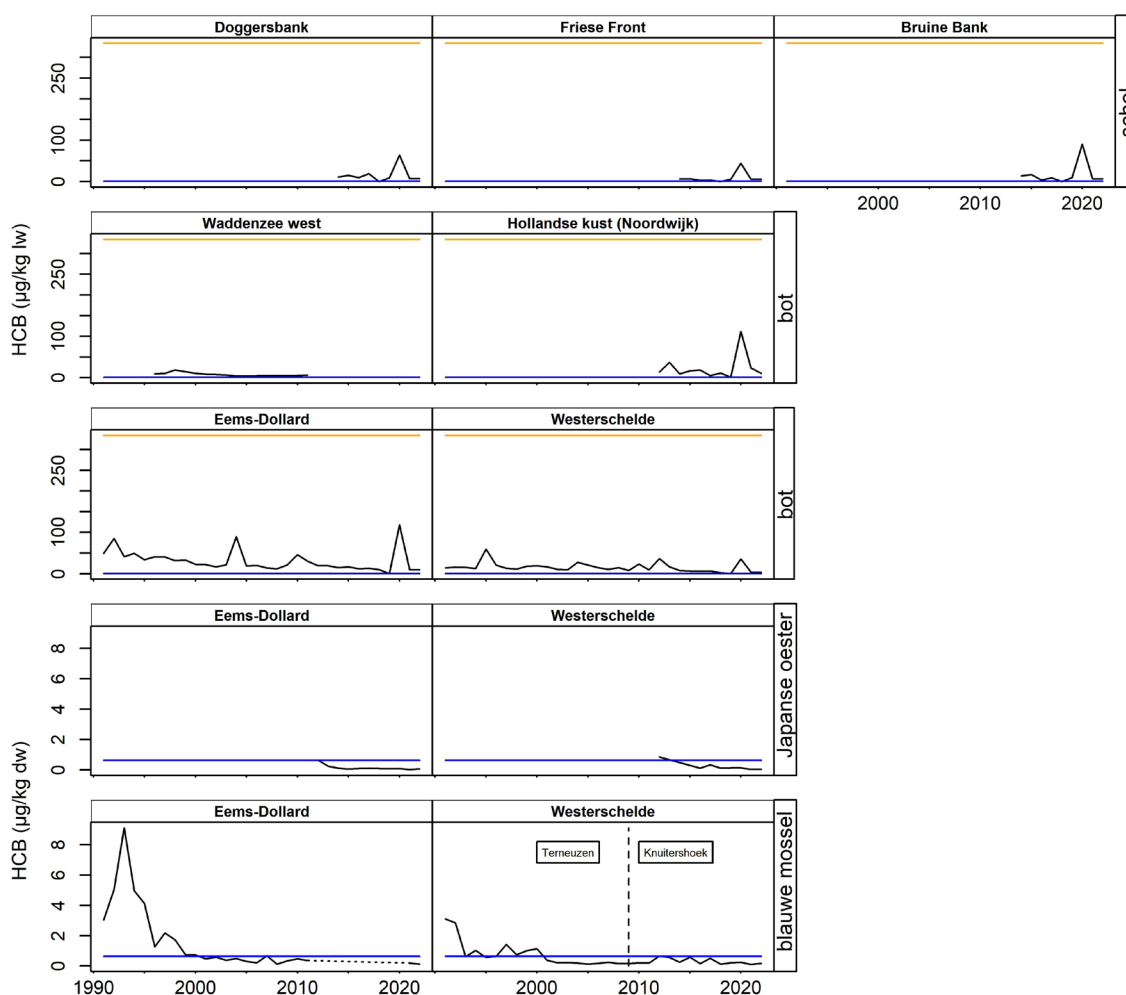
Zowel OSPAR en KRW stellen normen voor HCB:

	schol	bot	Japanse oester	blauwe mossel	Blankvoorn
OSPAR	lever	lever	vlees	vlees	-
KRW	-	hele vis	-	-	hele vis

OSPAR

Figuur 15 toont de HCB-gehalten in vislevers en schelpdiervlees ten opzichte van de OSPAR-norm. Resultaten van de trendanalyse worden weergegeven in Tabel 13. De vergelijking van de meetwaarden van 2022 met de norm en de trends (t/m 2020) worden weergegeven in Kaart 19.

De concentraties van HCB in schelpdieren op beide locaties liggen onder de BAC. Echter, bij vissen overschrijden de concentraties de BAC, maar ze zijn aanzienlijk lager dan de EAC.



Figuur 15 Gehalten van HCB uitgedrukt op basis van vetgewicht gemeten in levers van schol en bot én op basis van drooggewicht in schelpdiervlees (blauwe mossel en Japanse oester). Periode 1991-2022. Oranje lijn is de EAC en blauwe lijn is de BAC. De gestreepte lijn geeft de onderbreking van metingen aan tussen 2011 en 2021 in mosselen uit de Eems-Dollard.

Tabel 13 Resultaten van de trendanalyse voor HCB op basis van OSPAR gegevens uit DOME. Trends tot en met 2020 zijn weergegeven in % verandering gehalte per jaar, waarbij n het aantal jaren weergeeft waarover de trend is berekend. Een trend wordt aangeven als: + rood gemarkeerd, = geen trend, en als -. De dalende trend is groen gemarkeerd als verwacht wordt dat het gehalte niet onder de BAC daalt in 10 jaar tijd.

Biota	Waterlichaam/ locaties	n	% verandering per jaar
Schol	Doggersbank	7	=
Schol	Friese Front	7	=
Schol	Bruine bank	7	=
Bot	Eems-Dollard	24	=
Bot	Hollandse kust (Noordwijk)	9	=
Bot	Westerschelde	23	- 5.2
Japanse oester	Eems-Dollard	9	=
Japanse oester	Westerschelde	6	=
blauwe mossel	Westerschelde	12	=



Kaart 19 Toetsing en trends voor HCB in biota conform OSPAR. In blauw omcirkeld zijn de biota die in 2022 onder de BAC liggen. De gestippelde groene cirkels impliceren dat de BAC wordt overschreden, maar niet de EAC. Symbolen geven de trend weer tot en met 2020 op basis van OSPAR gegevens uit DOME. Door een onderbreking van de metingen tussen 2011 en 2021 kan voor mosselen in de Eems-Dollard geen trend worden berekend.

KRW

Tabel 14 toont de toetswaarden voor hexachloorbenzeen (HCB) in hele vis ten opzichte van de vigerende KRW-norm. De vergelijking met de norm voor de periode 2017-2022 wordt weergegeven in Kaart 20.

De concentraties van HCB die werden aangetroffen in zowel blankvoorn als bot overschrijden gedurende de monitoringsperiode 2017-2022 de EQS_{biota}-norm niet op enige locatie.

Tabel 14 Statusbeoordeling van waterlichamen op basis van KRW-toetswaarden van HCB uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in hele vis ($\mu\text{g/kg ww}$) voor periode 2017-2022. Blauw $\leq \text{EQS}_{\text{biota}}$, rood $> \text{EQS}_{\text{biota}}$.

Waterlichaam/ locaties	Biota	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Hollands Diep	Blankvoorn	4.9	4.5	3.0	4.7	5.8	3.6
IJsselmeer	Blankvoorn			0.38			
Ketelmeer	Blankvoorn	2.6			2.8		
Randmeren Oost	Blankvoorn			0.19			0.12
Bovenrijn	Blankvoorn					10	
Volkerak	Blankvoorn			0.74			0.73
Grensmaas	Blankvoorn				1.4		
Bergsche Maas	Blankvoorn		1.7			3.6	
Eems-Dollard	Bot		0.49			0.6	
Noordzeekanaal	Bot		0.80			0.95	
Hollandse kust (Noordwijk)	Bot		0.61			1.2	
Nieuwe Waterweg	Bot		1.3			3.5	
Grevelingen	Bot						0.33
Westerschelde	Bot		0.14			0.29	



Kaart 20 Toetsing van laatste meetwaarde van HCB in biota aan de KRW-norm. De gestippelde blauwe omcirkeling geeft aan dat de EQS_{biota} niet is overschreden.

6.3 Lindaan (HCH)

Lindaan (hexachloorcyclohexaan, HCH) is een contactpesticide (insecticide) dat vanaf 1949 veel gebruikt is in de land- en tuinbouw, maar ook als textiel- en houtbeschermingsmiddel is toegepast. 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 de isomeren α -HCH en γ -HCH van lindaan zijn OSPAR-normen afgeleid.

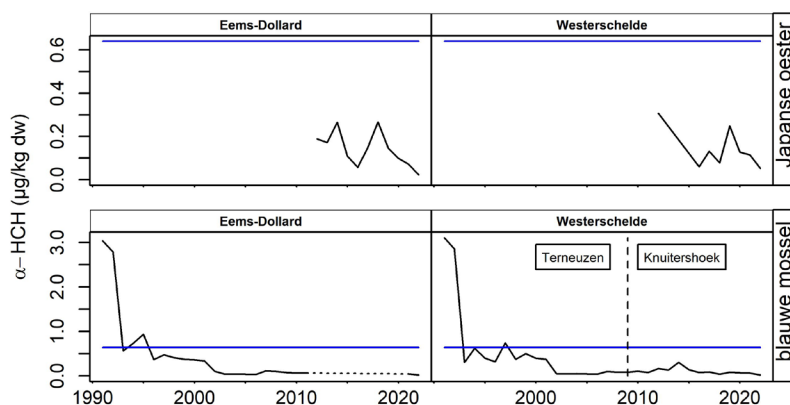
	schol	bot	Japanse oester	blauwe mossel	blankvoorn
OSPAR	-	-	vlees	vlees	-
KRW	-	-	-	-	-

OSPAR

6.3.1 α -HCH

Figuur 16 toont de gehalten alfa-hexachloorcyclohexaan (α -HCH) in schelpdiervlees ten opzichte van de OSPAR-norm. Resultaten van de trendanalyse worden weergegeven in Tabel 15. De vergelijking van de meetwaarden van 2022 met de norm en de trends (t/m 2020) worden weergegeven in Kaart 21.

De norm voor α -HCH in biota wordt al jaren niet meer overschreden.



Figuur 16 Gehalten van α -HCH uitgedrukt op basis van drooggewicht gemeten in schelpdiervlees (blauwe mossel en Japanse oester). Periode 1991-2022. Blauwe lijn is de BAC. De gestreepte lijn geeft de onderbreking van metingen aan tussen 2011 en 2021 in mosselen uit de Eems-Dollard.

ICES heeft geen trend gedetecteerd voor α -HCH (Tabel 15).

Tabel 15 Resultaten van de trendanalyse voor α -HCH op basis van OSPAR gegevens uit DOME. Trend tot en met 2020: = geeft aan dat er geen significante detecteerbare trend was, n geeft het aantal jaren weer waarover de trend is berekend.

Biota	Waterlichaam/ locaties	N	% verandering per jaar
Japanse oester	Eems-Dollard	9	=
Japanse oester	Westerschelde	6	=
blauwe mossel	Westerschelde	12	=

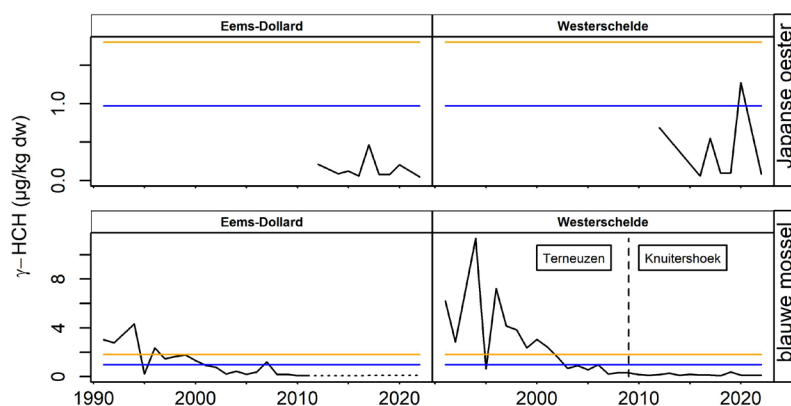


Kaart 21 Toetsing en trends voor α -HCH in biota conform OSPAR. In blauw omcirkeld zijn de biota die in 2022 onder de BAC liggen. Symbolen laten de trend zien tot en met 2020 op basis van OSPAR gegevens uit DOME. Door een onderbreking van de metingen tussen 2011 en 2021 kan voor mosselen in de Eems-Dollard geen trend worden berekend.

6.3.2 γ -HCH

Figuur 17 toont de gehalten gamma-hexachloorcyclohexaan (γ -HCH) in schelpdiervlees ten opzichte van de OSPAR-norm. Resultaten van de trendanalyse worden weergegeven in Tabel 16. De vergelijking van de meetwaarden van 2022 met de norm en de trends (t/m 2020) worden weergegeven in Figuur 18.

De norm voor γ -HCH in biota wordt al jaren niet meer overschreden (Figuur 17).



Figuur 17 Gehalten van γ -HCH uitgedrukt op basis van drooggewicht gemeten in schelpdiervlees (blauwe mossel en Japanse oester). Periode 1991-2022. Blauwe lijn is de BAC. De oranje

lijn is de EAC. De gestreepte lijn geeft de onderbreking van metingen aan tussen 2011 en 2021 in mosselen uit de Eems-Dollard.

ICES heeft geen trend gedetecteerd voor γ -HCH (Tabel 16).

Tabel 16 Resultaten van de trendanalyse voor γ -HCH op basis van OSPAR gegevens uit DOME. Trend tot en met 2020: = geeft aan dat er geen significante detecteerbare trend was, n geeft het aantal jaren weer waarover de trend is berekend.

Biota	Waterlichaam/ locaties	N	% verandering per jaar
Japanse oester	Eems-Dollard	9	=
Japanse oester	Westerschelde	6	=
blauwe mossel	Westerschelde	12	=



Figuur 18 Toetsing en trends voor γ -HCH in biota conform OSPAR In blauw omcirkeld zijn de biota die in 2022 onder de BAC liggen. Symbolen laten de trend zien tot en met 2020 op basis van OSPAR gegevens uit DOME. Door een onderbreking van de metingen tussen 2011 en 2021 kan voor mosselen in de Eems-Dollard geen trend worden berekend.

6.4 Dicofol

Dicofol is een chloorhoudend bestrijdingsmiddel, dat industrieel wordt 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.

Alleen KRW stelt normen voor dicofol:

	schol	bot	Japanse oester	blauwe mossel	blankvoorn
OSPAR	-	-	-	-	-

KRW	-	hele vis	-	-	hele vis
-----	---	----------	---	---	----------

KRW

Tabel 17 toont de toetswaarden van dicofol in hele vis ten opzichte van de KRM-norm voor de periode 2017-2022. De vergelijking met de norm voor de laatste meetwaarde wordt ruimtelijk weergegeven in Kaart 22.

In geen van de onderzochte waterlichamen wordt de EQS_{biota} voor dicofol overschreden.

Tabel 17 Status van waterlichamen op basis van KRW toetswaarden van dicofol uitgedrukt op basis van standaardvis gemeten in blankvoorn en bot ($\mu\text{g/kg ww}$) voor de periode 2017-2022 (blauw $\leq EQS_{biota}$, rood $> EQS_{biota}$).

Waterlichaam/ locaties	Biota	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Hollands Diep	Blankvoorn	<0.6	<0.28	<0.18	<0.32	<0.56	<0.28
IJsselmeer	Blankvoorn			<0.26			
Ketelmeer	Blankvoorn	<0.45			<0.23		
Randmeren Oost	Blankvoorn			<0.19			<0.24
Bovenrijn	Blankvoorn					<1.76	
Volkerak	Blankvoorn			<0.19			<0.2
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	
Grevelingen	Bot						<0.66
Westerschelde	Bot		<0.28			<1	



Kaart 22 Toetsing van de laatste meetwaarde van dicofol in biota aan de KRW-norm. De gestippelde omcirkeling geeft aan dat de EQS_{biota} niet is overschreden.

6.5 HCB

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

Alleen KRW stelt een norm voor HCB:

	schol	bot	Japanse oester	blauwe mossel	blankvoorn
OSPAR	-	-	-	-	-
KRW	-	hele vis	-	-	hele vis

KRW

Tabel 18 toont de toetswaarden van hexachloorbutadieen (HCB) in hele vis ten opzichte van de KRW-norm voor de periode 2017-2022. De vergelijking met de norm voor de laatste meetwaarde wordt weergegeven in Kaart 23.

Alle concentraties liggen ver onder de KRW-norm.

Tabel 18 Statusbeoordeling van waterlichamen op basis van KRW-toetswaarden van HCB uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in hele vis (µg/kg ww) voor periode 2017-2022. Blauw ≤EQS_{biota}, rood >EQS_{biota}.

Waterlichaam/ locaties	Biota	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Hollands Diep	Blankvoorn	0.83	0.22	0.089	<0.079	<0.093	0.19
IJsselmeer	Blankvoorn			0.038			
Ketelmeer	Blankvoorn	0.73			0.35		
Randmeren Oost	Blankvoorn			0.028			0.012
Bovenrijn	Blankvoorn					2.6	
Volkerak	Blankvoorn			<0.065			0.031
Grensmaas	Blankvoorn				0.71		
Bergsche Maas	Blankvoorn		0.12			<0.052	
Eems-Dollard	Bot		0.012			<0.012	
Noordzeekanaal	Bot		0.040			<0.071	
Hollandse kust (Noordwijk)	Bot		0.015			<0.017	
Nieuwe Waterweg	Bot		0.026			0.12	
Grevelingen	Bot						0.033
Westerschelde	Bot		<0.003			<0.014	



Kaart 23 Toetsing van de laatste meetwaarde van HCBD in biota aan de KRW-norm. De gestippelde omcirking geeft aan dat de EQS_{biota} 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. In plastics, textiel en elektronica worden voornamelijk polybroomdifenylethers (PBDE's) gebruikt, in isolatiematerialen voornamelijk hexabroomcyclododecanen (HBCDD's). Na het vrijkomen in het milieu kunnen deze stoffen door hun lipofiele eigenschappen ophopen in voedselketens. In de Europese unie is het gebruik van PBDE's vanaf 2004 aan banden gelegd en het gebruik van HBCDD is gelimiteerd. Vanwege de persistentie van deze stoffen in het milieu zijn het echter nog steeds probleemstoffen. De toxiciteit van deze stoffen manifesteert zich in een reeks van effecten op het zenuwstelsel en endocrien systeem. PBDE's zijn ook verdacht carcinogeen en HBCDD is kan de reproductie negatief beïnvloeden.

7.1 PBDE's

Zowel OSPAR als KRW stellen normen voor PBDE's (=BDE's). Voor OSPAR worden individuele PBDE's getoetst en voor KRW de som PBDE's en de som HBCDD. Voor de OSPAR-toetsing worden de gehalten van 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.

Voor de KRW-toetsing wordt de sPBDE6 (som van PBDE28, PBDE47, PBDE99, PBDE100, PBDE153 en PBDE154) gemeten in hele vis, blankvoorn en bot.

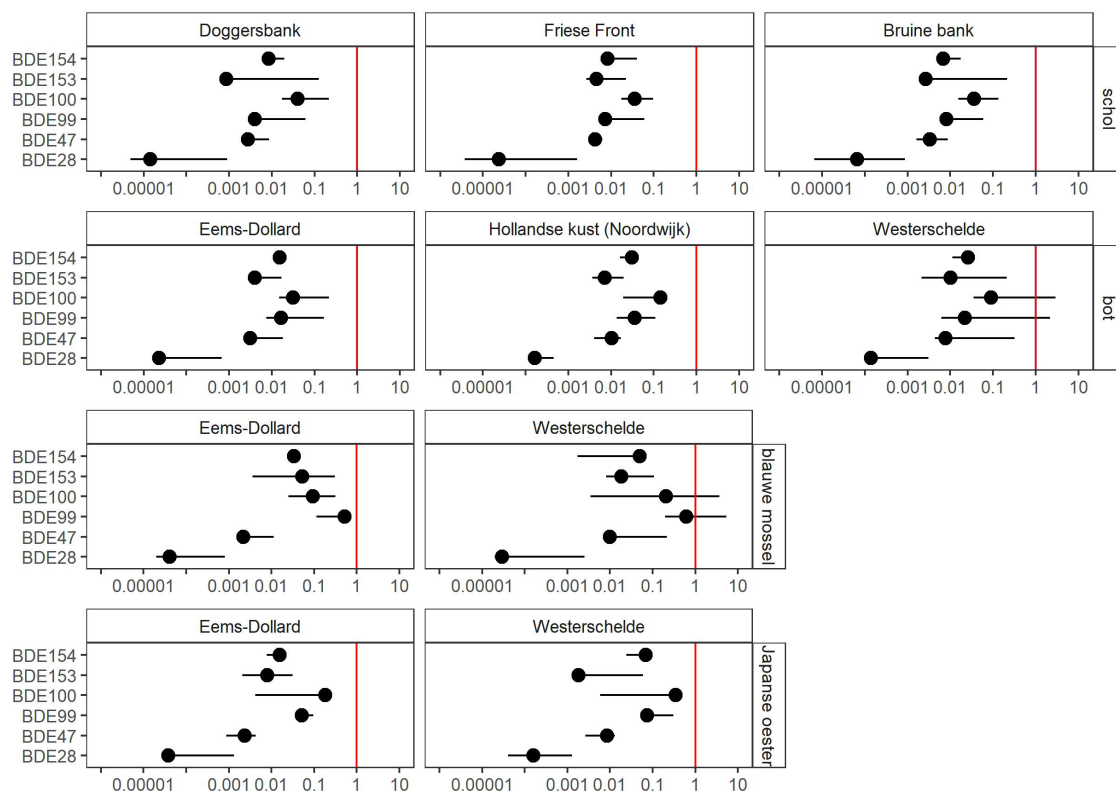
	schol	Bot	Japanse oester	blauwe mossel	blankvoorn
OSPAR	lever	Lever	vlees	vlees	-
KRW	-	hele vis	-	-	hele vis

Omdat de analyse van PBDE154 deels overlapt met PBB153 (polybroombifenyyl) wordt PBDE154 gerapporteerd als sPBDE154+PBB153. Voor de leesbaarheid is in deze rapportage alleen PBDE154 gebruikt.

OSPAR

Figuur 19 toont de laatste meetwaarden en de ranges van gemeten PBDE-gehalten in vislever en schelpdiervlees uit gemonitorde jaren relatief ten opzichte van de OSPAR-norm EAC. Tabel 19 geeft de resultaten van de trendanalyse. De vergelijking van de meetwaarden van 2022 met de norm en de trends (t/m 2020) worden weergegeven in Kaart 24. Trendgrafieken van de individuele PBDE's zijn opgenomen in paragraaf 15.1.

De EAC-normen worden in 2022 voor geen enkele van de PBDE-congeneren overschreden, zowel in schol als in bot. De BAC-normen wordt echter op alle locaties overschreden, met uitzondering van PBDE28 van Doggersbank en het Friese Front. Figuur 19 toont alleen de gemiddelde concentraties, maar statistische beoordelingen tegen de EAC worden uitgevoerd met log-getransformeerde gemiddelde waarden en betrouwbaarheidsintervallen, waarbij de bovengrens van het betrouwbaarheidsinterval tegen de normen wordt getest. Daarom, hoewel het niet duidelijk is in Figuur 19 op basis van de gemiddelde waarden, overschrijden de gehalten in de blauwe mossel uit de Eems-Dollard en de Japanse oester uit de Westerschelde de EAC-normen zoals weergegeven in Kaart 24. Voor PBDE66, PBDE85 en PBDE209 is er geen EAC vastgesteld. Daarom kan er geen beoordeling worden uitgevoerd om te bepalen of de overschrijding van de BAC een bedreiging vormt voor de milieuwatervkwaliteit.



Figuur 19 Laatste meetwaarde (stip: 2022) en de range van gemeten waarden (zwarte lijn) ten opzichte van de EAC (=1; rode verticale lijn) voor de PBDE's (=BDE's) in vislever of schelpdiervlees uit de passieve biotamonitoring (logaritmische schaal). Periode 2000 tot en met 2022.⁴

In de Westerschelde vertonen veel PBDE-congeneren een statistisch significante neerwaartse trend, met een jaarlijkse afname tussen 9-12% vanaf 2010. Ook de Japanse oester uit de Eems-Dollard vertoont een significante neerwaartse trend voor PBDE99 en PBDE100. Ofschoon de gehalten PBDE hoog zijn en in de Japanse oester de EAC voor PBDE99 wordt overschreden, wordt een statistisch significante neerwaartse trend waargenomen (Kaart 24). De gemeten trend voorspelt dat veel van de PBDE-congeneren de komende 10 jaar nog boven de BAC zullen blijven (gemarkeerd met groen in Tabel 19). Alleen voor PBDE99 in bot uit de Westerschelde en PBDE100 in de Japanse oester uit de Eems-Dollard zullen de voorspelde concentraties in de komende 10 jaar onder de BAC dalen (gemarkeerd met blauw in Tabel 21).

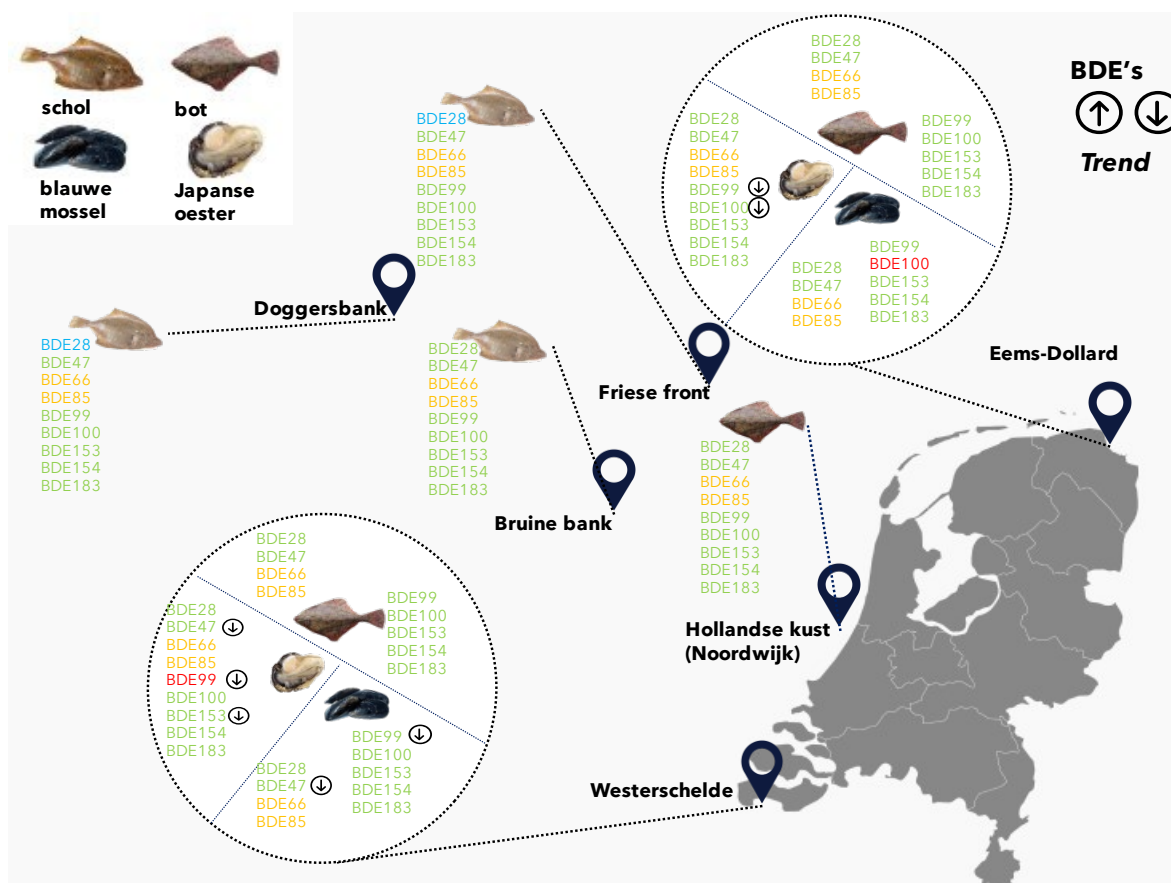
Tabel 19 Resultaten van de trendanalyse voor PBDE's (=BDE's) op basis van OSPAR gegevens uit DOME. Trends tot en met 2020 zijn weergegeven in % verandering gehalte per jaar, waarbij *n* het aantal jaren weergeeft waarover de trend is berekend. Een trend wordt aangeven als: + rood gemarkeerd, = geen trend, en als -. De dalende trend is blauw gemarkeerd als verwacht wordt dat het gehalte in 10 jaar tijd onder de BAC daalt, en met groen als het gehalte niet onder de BAC daalt in 10 jaar tijd.⁵

Biota	Japanse oester	Japanse oester	blauwe mossel
Waterlichaam/ locaties	Eems-Dollard	Westerschelde	Westerschelde
n	9	6	11
BDE28	=	=	=
BDE47	=	-16.90%	-14.40%
BDE66	=	=	=

⁴ Omdat de analyse van PBDE154 deels overlapt met PBB153 (polybroombifeny) wordt PBDE154 gerapporteerd als sPBDE154+BB153. Voor de leesbaarheid is in deze rapportage alleen PBDE154 gebruikt.

⁵ Trendgegevens voor PBDE's in schol en bot zijn sterk beïnvloed door een fout in het vetgewicht in de ICES-database en zijn niet geldig

Biota	Japanse oester	Japanse oester	blauwe mossel
Waterlichaam/ locaties	Eems-Dollard	Westerschelde	Westerschelde
BDE85	=	=	=
BDE99	-9.10%	-21.50%	-14.60%
BDE100	-30.40%	=	=
BDE153 ⁴	=	=	-17.70%
BDE154	=	=	=
BDE183	=	=	=



Kaart 24 Toetsing en trends voor PBDE's (=BDE's) in biota conform OSPAR. De rode PBDE's geven gedetecteerde concentraties aan die de EAC overschrijden. De groene PBDE's geven concentraties aan boven de BAC en onder de EAC. De oranje PBDE's zijn boven de BAC maar hebben geen EAC. De blauwe PBDE's zijn onder de achtergrondconcentratie BAC.
⁶Symbolen laten de trend zien tot en met 2020 op basis van OSPAR gegevens uit DOME. Door een onderbreking van de metingen tussen 2011 en 2021 kan voor mosselen in de Eems-Dollard geen trend worden berekend.⁷

⁶ Trendgegevens voor PBDE's in schol en bot zijn sterk beïnvloed door een fout in het vetgewicht in de ICES-database en zijn niet geldig

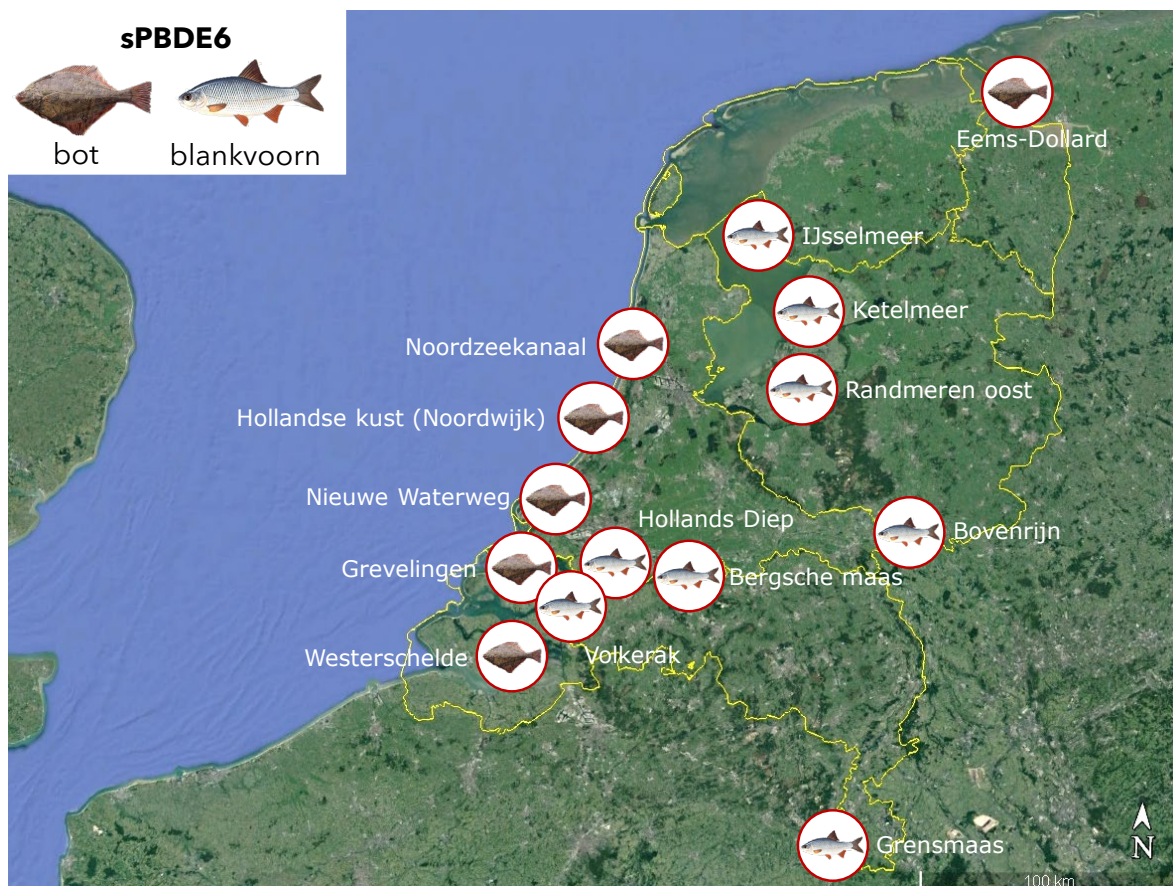
KRW

Tabel 20 toont de toetswaarden van sPBDE6 in hele vis ten opzichte van de vigerende KRW-norm. De vergelijking met de norm voor periode 2017-2022 wordt weergegeven in Kaart 25.

De EQS_{biota} voor de sPBDE6 wordt ruimschoots overschreden voor alle waterlichamen. Daarmee blijven de PBDE's een belangrijk knelpunt voor de chemische waterkwaliteit in Nederland. PBDE47 is verantwoordelijk voor >50% van de sPBDE6 (data niet in dit rapport). De hoogste overschrijdingen aan sPBDE6 zijn aangetroffen in de Bovenrijn.

Tabel 20 Status van waterlichamen op basis van KRW toetswaarden van sPBDE6 uitgedrukt op basis van standaardvis gemeten in blankvoorn en bot ($\mu\text{g/kg ww}$) voor de monitoringsjaren 2017 tot en met 2022 (blauw $\leq EQS_{biota}$, rood $> EQS_{biota}$).

Waterlichaam/ locaties	Biota	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Hollands Diep	Blankvoorn	15.1	7.4	3.87	10.5	6.9	4.2
IJsselmeer	Blankvoorn			0.36			
Ketelmeer	Blankvoorn	4.2			2.7		
Randmeren Oost	Blankvoorn			0.21			0.18
Bovenrijn	Blankvoorn					19	
Volkerak	Blankvoorn			0.13			0.35
Grensmaas	Blankvoorn				5.1		
Bergsche Maas	Blankvoorn		1.69			4.2	
Eems-Dollard	Bot		0.29			0.24	
Noordzeekanaal	Bot		2.4			1.4	
Hollandse kust (Noordwijk)	Bot		0.73			0.52	
Nieuwe Waterweg	Bot		4.2			3.8	
Grevelingen	Bot						0.23
Westerschelde	Bot		1.1			0.56	



Kaart 25 Toetsing van de laatste meetwaarde van sPBDE6 in biota aan de KRW-norm. Biota die de EQS_{biota} overschrijden zijn rood omcirkeld.

7.2 HBCDD

Alleen KRW stelt een norm voor hexabroomcyclododecaan (HBCDD).

	schol	bot	Japanse oester	blauwe mossel	blankvoorn
OSPAR	-	-	-	-	-
KRW	-	hele vis	-	-	hele vis

KRW

Tabel 21 toont de toetswaarden van HBCDD in hele vis ten opzichte van de vigerende KRW-norm voor de periode 2017-2021. De vergelijking met de norm voor de periode 2017-2021 wordt weergegeven in Kaart 26.

In alle onderzochte waterlichamen liggen de berekende toetswaarden voor HBCDD ruimschoots onder de EQS_{biota} .

Tabel 21 Status van waterlichamen (in kleur) op basis van KRW toetswaarden (cijfer) van HBCDD uitgedrukt op basis van standaardvis gemeten in blankvoorn en bot ($\mu\text{g/kg ww}$) 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	
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



Kaart 26 Toetsing van laatste meetwaarde van HBCDD in biota aan de KRW-norm. De gestippelde omcirkeling geeft aan dat de EQS_{biota} niet is overschreden.

8 Perfluorverbindingen (PFAS)

PFAS is de verzamelnaam voor perfluorverbindingen of perfluoralkylstoffen. Deze stoffen hebben zeepachtige eigenschappen door de combinatie van een apolair gefluoreerd deel (staart) met variërende lengte en een polair deel (kop). Vanwege hun vuil- en vetafstotende werking zijn PFAS gebruikt in zeer veel huishoudelijke en industriële toepassingen, waarbij het gebruik in blusschuim de bekendste is. 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. 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 onder andere schade aan de lever toebrengen.

Dit hoofdstuk beschrijft de toetsing van de gehalten van perfluorverbindingen (PFAS), die in hele vis van de soorten 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.

	schol	bot	Japanse oester	blauwe mossel	blankvoorn
OSPAR	-	-	-	-	-
KRW	-	hele vis	-	-	hele vis

8.1 PFOS

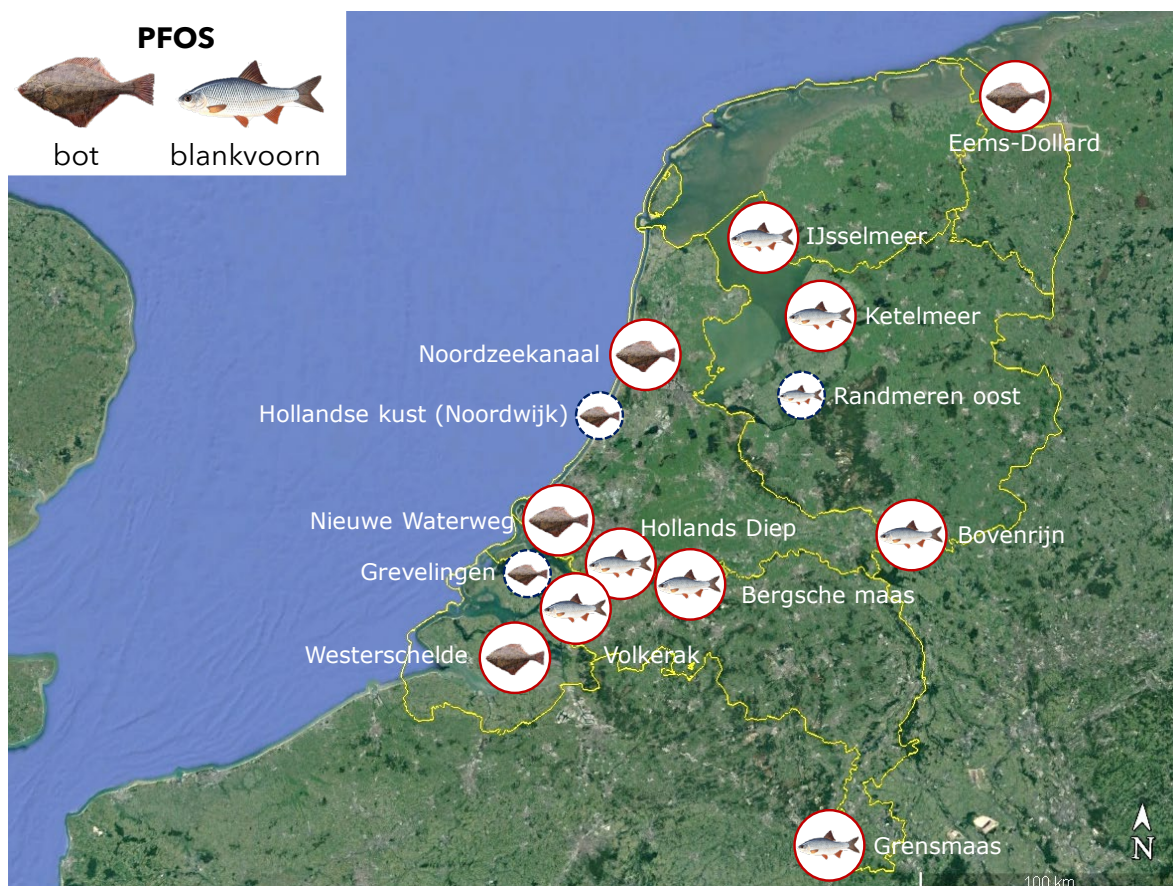
KRW

Tabel 22 toont de toetswaarden van perfluorooctaansulfonaat (PFOS) in hele vis ten opzichte van de vigerende KRW-norm voor de periode 2017-2022. De vergelijking met de norm voor periode 2018-2022 wordt weergegeven in Kaart 27.

Voor de waterlichamen Ketelmeer, Randmeren Oost en aan de Hollandse kust (Noordwijk) is geen normoverschrijding voor PFOS in biota aangetroffen. Op alle andere locaties wordt de norm overschreden. De hoogste PFOS-gehalten worden gevonden in blankvoorn uit het IJsselmeer en bot uit het Noordzeekanaal en de Westerschelde.

Tabel 22 Status van waterlichamen op basis van KRW toetswaarden van PFOS uitgedrukt op basis van standaardvis gemeten in blankvoorn en bot ($\mu\text{g/kg ww}$) voor de periode 2017-2022 (blauw $\leq \text{EQS}_{\text{biota}}$, rood $> \text{EQS}_{\text{biota}}$).

Waterlichaam/ locaties	Biota	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Hollands Diep	Blankvoorn	14	31	12	18	11	19
IJsselmeer	Blankvoorn			54			
Ketelmeer	Blankvoorn	8.0			7.1		
Randmeren Oost	Blankvoorn			2.6			3.5
Bovenrijn	Blankvoorn					26	
Volkerak	Blankvoorn			15			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	
Grevelingen	Bot						4.2
Westerschelde	Bot		62			58	



Kaart 27 Toetsing van laatste meetwaarde van PFOS in biota aan de KRW-norm. Biota die de $\text{EQS}_{\text{biota}}$ overschrijden zijn rood omcirkeld. De gestippelde omcirkeling geeft aan dat de $\text{EQS}_{\text{biota}}$ niet is overschreden.

9 Toetsing 2022

Verschillende soorten biota worden gebruikt als indicator voor verontreinigingsniveaus op specifieke locaties. Dit hoofdstuk geeft een samenvatting van de resultaten van de meest recente metingen van chemicaliën of chemische groepen in alle soorten en locaties binnen de biotamonitoring. De bespreking is ingedeeld per chemische groep. Wanneer van toepassing worden aanbevelingen gegeven.

9.1 Toetsing conform OSPAR

In Tabel 23 en Tabel 24 wordt voor alle waterlichamen een totaaloverzicht gegeven van de toetsing aan OSPAR-normen op basis van de recentste 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 of niet bepaald is, maar dat EAC niet is overschreden.
Oranje	geeft aan dat de gehalten de BAC overschrijden, maar dat door ontbreken van een EAC verder geen inschatting gemaakt kan worden
Rood	geeft aan dat de EAC is overschreden.

Kwik is de enige metaalverbinding waarvoor een EAC beschikbaar is. Deze milieunormen wordt overschreden in alle soorten en waterlichamen, waarbij de gehalten op sommige locaties een stijgende trend vertonen. Volgens de OSPAR-normen vormt kwik dus een risico voor Zoute rijkswateren. Van de andere metalen die binnen OSPAR-kader worden gemonitord, liggen alleen de concentraties van lood in twee gebieden (Eems-Dollard voor de Japanse oester en in de Westerschelde voor de bot) onder de BAC.

Alle andere metaalverbindingen worden gedetecteerd boven de BAC, maar zonder een EAC is niet direct aan te geven of deze concentraties een risico vormen voor het milieu. Voor cadmium is in bot in de Eems-Dollard een gestaag stijgende trend gedurende het afgelopen decennium waargenomen, terwijl een negatieve trend is opgemerkt voor Japanse oester. Sinds 2014 zijn de loodgehalten in schol vanaf het Friese Front 20 keer hoger dan in vis van andere locaties. Beide resultaten geven aan dat verder onderzoek nodig is om deze locatiespecifieke verhoogde niveaus te evalueren.

De biologische effecten als gevolg van blootstelling aan organotin (TBT) verbindingen bij mariene slakken vertonen een dalende trend en blijven alle onder de BAC. TBT-concentraties overschrijden de EAC nog steeds bij beide schelpdiersoorten die worden gemonitord in Eems-Dollard en Westerschelde, maar de ICES-analyse toont ook hier een dalende trend aan. In de kustwateren van Nederland liggen de TBT-gehalten in mariene slakken op de meeste locaties onder de BAC, hetgeen aangeeft dat TBT in deze wateren geen risico voor het ecosysteem oplevert.

Gehalten van PAK's blijven onder de EAC, maar liggen op alle meetlocaties nog steeds boven de BAC.

Meerdere PCB's overschrijden de EAC, waarbij PCB118 op alle kustlocaties in de gemonitorde soorten de norm overschrijdt. Daarentegen overschrijdt PCB101 de norm voor alle gemonitorde soorten alleen in de Westerschelde, wat waarschijnlijk duidt op een lokale (historische) verontreiniging. Over het algemeen blijven PCB's als persistente stoffen een zorg voor het milieu.

De pesticiden p,p'-DDE, HCB, α -HCH en γ -HCH worden gemonitord in schelpdieren uit de Eems-Dollard en de Westerschelde. Alleen DDE overschrijdt de BAC in schelpdieren. Het ontbreken van een EAC beperkt de mogelijkheid om het risico van DDE voor het aquatische milieu verder te evalueren. HCB wordt ook gemonitord in verschillende vissoorten en overschrijdt de BAC. Zonder een

vastgestelde EAC is een nauwkeurigere beoordeling van het risico dat dit pesticide met zich meebrengt beperkt.

De gehalten PBDE's (=BDE's) overschrijden de BAC op een groot aantal locaties, maar blijven, op een enkele uitzondering na (BDE100 in blauwe mossel uit Eems-Dollard en BDE99 in Japanse Oester uit Westerschelde), aanzienlijk onder de EAC.

Samengevat zijn kwik en PCB-118 wijdverspreid en vormen ze in verschillende soorten biota een risico voor mariene ecosystemen in rijkswateren. Verder onderzoek is nodig om te evalueren of soort specifieke parameters of locatie specifieke emissiebronnen de onderliggende oorzaak zijn voor lood in schol van het Friese front, cadmium in bot van de Eems Dollard en PCB101 in de Westerschelde.

Bovendien belemmert het ontbreken van EAC voor veel chemicaliën een grondige evaluatie van het risico, bijvoorbeeld voor DDE, pesticiden en metalen.

Tabel 23 Totaaloverzicht toetsing van recentste meetwaarden tot en met 2022 aan OSPAR-normen voor de metalen, polychloorbifenylen (PCB's), pesticiden en de gebromeerde vlamvertragers (PBDE's). Blauw: \leq BAC, groen: \leq EAC, oranje: $>$ BAC zonder EAC, rood: $>$ EAC, een lege cel = niet gemeten. De pijlen geven aan dat er een trend berekend kon worden tot en met het jaar 2020: \uparrow stijgende trend, \downarrow dalende trend.^{7 8}

Chemische stoffen																					
Waterlichaam/ locaties	Soort	Normen																			
		BAC	BAC	BAC/EAC	BAC	BAC	BAC	BAC/EAC	BAC/EAC	BAC	BACEAC	BACEAC	BACEAC	BACEAC	BAC	BAC/EAC	BAC	BAC	BAC	BAC/EAC	BAC/EAC
Doggersbank	schol																				
Friese Front	schol			\uparrow																	
Bruine bank	schol																				
Eems-Dollard	bot	\uparrow		\uparrow																	
Eems-Dollard	blauwe mossel																				
Eems-Dollard	Japane oester	\downarrow																			
Hollandse kust	bot																				
Westerschelde	bot			\uparrow																	
Westerschelde	blauwe mossel			\downarrow	\downarrow																
Westerschelde	Japane oester	\downarrow																			

⁷ Trendgegevens voor PCB's en PBDE's in schol en bot sterk beïnvloed zijn door een fout in het vetgewicht in de ICES-database en niet geldig zijn.

⁸ Door een onderbreking van de metingen tussen 2011 en 2021 kan voor mosselen in de Eems-Dollard geen trend worden berekend.

Tabel 24 Totaaloverzicht toetsing van recentste meetwaarden tot en met 2022 aan OSPAR-normen voor de organometalen en polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's). Blauw: ≤BAC, groen: ≤EAC, oranje: >BAC, rood: >EAC. , een lege cel = niet gemeten. De pijlen laten de trend zien tot en met 2020. De pijlen geven aan dat er een trend berekend kon worden tot en met het jaar 2020: ↑ stijgende trend, ↓ dalende trend.⁹

Chemische stoffen		TBT	Imposex (VDS)	Antraceen	Benzo(a)antraceen	Benzo(a)pyreen	Benzo(ghi)peryleen	Chryseen	Fenantreen	Fluorantreen	Indeno(123-cd)pyreen	Pyreen
Waterlichaam/ locaties	Soort	Normen										
		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	Japanse oester	↓										
Westerschelde	blauwe mossel	↓				↓	↓				↓	
Westerschelde	Japanse oester											
Waddenzee oost	gewone alikruik											
Waddenzee west	gewone alikruik											
Hollandse kust noord	gevlochten fuikhoorn											
Hollandse kust midden	gevlochten fuikhoorn		↓									
Hollandse kust zuid	gevlochten fuikhoorn		↓									
Haringvliet kust	gevlochten fuikhoorn		↓									
Grevelingen kust	purperslak											
Oosterschelde kust	purperslak											
Westerschelde	purperslak	↓	↓									

⁹ Door een onderbreking van de metingen tussen 2011 en 2021 kan voor mosselen in de Eems-Dollard geen trend worden berekend.

9.2 Toetsing conform KRW

In Tabel 25 en Tabel 26 wordt voor alle waterlichamen een totaaloverzicht gegeven van de toetsing aan KRW-normen op basis van de meest recente meetwaarde (2018-2022). De verschillende kleuren in de tabel geven het toetsingsresultaat aan conform KRW.

Blauw geeft aan dat de EQS_{biota} niet is overschreden.
Rood geeft aan dat de EQS_{biota} is overschreden.

De KRW voorziet in een EQS_{biota} voor kwik en deze wordt overschreden op alle 14 meetlocaties. Dit is vergelijkbaar met de resultaten van de OSPAR-metingen in het zoute water.

PAK-concentraties in de zoute wateren liggen veelal beneden de EQS_{biota}. In veel binnenwateren overschrijden de PAK's benzo[a]antracene en benzo[a]pyreen deze wel. Sommige locaties, zoals Hollandse IJssel en Bovenrijn, zijn hotspots voor alle PAK-verbindingen.

Wat betreft som-TEQ overschrijden biota de norm op vier locaties: Nieuwe Waterweg, Noordzeekanaal, Bovenrijn en de Grensmaas.

Op alle 14 locaties bevinden HCB, Dicofol en HCBd zich onder de EQS_{biota}-waarden in vis.

In tegenstelling tot OSPAR evalueert de KRW de som van PBDE's voor de status van waterlichamen. Deze EQS_{biota} ligt vele malen lager dan de som van de EAC's die OSPAR voor individuele PBDE's hanteert. De EQS_{biota} van de KRW wordt dan ook op alle locaties overschreden.

PFOS wordt alleen geëvalueerd in KRW en overschrijdt de EAC op de 9 van de 14 locaties.

Samenvattend; kwik, benzo[a]antracene, benzo[a]pyreen, PCB's, PBDE's en PFOS worden nog steeds aangetroffen in concentraties waarbij ecologische effecten niet uitgesloten kunnen worden.

Tabel 25 Totaaloverzicht toetsing van 2018-2022 aan KRW-normen voor metingen in vis uit de passieve biotamonitoring. Blauwe cellen $\leq EQS_{biota}$, Rode cellen $> EQS_{biota}$.

Chemische stoffen			Kwik	Som TEQ	HCB	Dicofol	HCBd	som PBDE's	HBCD	PFOS
Waterlichaam/ locaties	Soort	Jaar								
Eems-Dollard	bot	2021								
Hollandse kust (Noordwijk)	bot	2021								
Nieuwe Waterweg – Maassluis	bot	2021								
Noordzeekanaal	bot	2021								
Grevelingen	bot*	2022								
Westerschelde	bot	2021								
Bergsche Maas – Keizersveer	blankvoorn	2021								
Bovenrijn – Lobith	blankvoorn	2021								
Grensmaas – Stevensweert	blankvoorn	2020								
Hollands Diep – Bovensluis	blankvoorn*	2022								
IJsselmeer	blankvoorn	2019								
Ketelmeer	blankvoorn	2020								
Randmeren oost – Veluwemeer midden	blankvoorn*	2022								
Volkerak – Steenbergen	blankvoorn*	2022								

* De concentraties voor HBCD zijn van 2021

Tabel 26 Totaaloverzicht toetsing van 2018-2022 aan KRW-normen voor metingen in schelpdieren.
 Blauwe cellen $\leq EQS_{biota}$, Rode cellen $> EQS_{biota}$.

Chemische stoffen				Benzo(a)antraceen	Benzo(a)pyreen	Chryseen	Fluoranteen
Waterlichaam/ locaties	Biota	Jaar	Type				
Eems-Dollard	Japanse oester	2021	PBM				
Eems-Dollard	blauwe mossel	2021	PBM				
Westerschelde	blauwe mossel	2021	PBM				
Westerschelde	Japanse oester	2021	PBM				
Waddenzee west – Malzwin	blauwe mossel	2020	ABM Zout				
Hollandse kust (Noordwijk)	blauwe mossel	2018*	ABM Zout				
Voordelta – Slijkgat	blauwe mossel	2020	ABM Zout				
Grevelingen – Bommenede	blauwe mossel	2020	ABM Zout				
Oosterschelde (ref) – Jacobahaven	blauwe mossel	2020	ABM Zout				
Oosterschelde – Wissenkerke	blauwe mossel	2020	ABM Zout				
Westerschelde – Hansweert	blauwe mossel	2020	ABM Zout				
IJsselmeer (ref) – Zeughoek	quaggamossel	2022	ABM Zoet				
IJsselmeer – Vrouwezand	quaggamossel	2022	ABM Zoet				
Ketelmeer	quaggamossel	2020	ABM Zoet				
Wolderwijd – de Zegge	quaggamossel	2022	ABM Zoet				
Twentekanaal – Eefde	quaggamossel	2021	ABM Zoet				
Nieuwe waterweg	quaggamossel	2021**	ABM Zoet				
Hollandse IJssel – Gouda voorhaven	quaggamossel	2020	ABM Zoet				
Noordzeekanaal – Amsterdam	quaggamossel	2021	ABM Zoet				
Bovenrijn – Lobith	quaggamossel	2021	ABM Zoet				
Volkerak	quaggamossel	2022	ABM Zoet				
Hollands Diep – Bovensluis	quaggamossel	2022	ABM Zoet				
Bergsche maas – Keizersveer	quaggamossel	2020	ABM Zoet				
Grensmaas – Eijsden	quaggamossel	2020	ABM Zoet				

* Monitoringsresultaat uit 2018 omdat monster in 2020 verloren is gegaan

** Monitoringsresultaat op nieuwe locatie; Van Brienenoordbrug

10 Conclusies en aanbevelingen

Kwik overschrijdt op alle locaties de normen EAC en EQS_{biota} die zijn vastgesteld door respectievelijk OSPAR en KRW. Bij vissoorten van de Friese front, Eems-Dollard en Westerschelde wordt bovendien een stijgende trend waargenomen. Kwik vormt een aanzienlijk risico in aquatische omgevingen. De ecologische impact en toxiciteit varieert afhankelijk van de specifieke chemische kwikverbinding. Onder bepaalde omgevingsomstandigheden kunnen anorganische soorten kwik worden omgezet in zeer giftige gemethyleerde verbindingen, waaronder methyلكwik. Deze kwikverbinding werkt als een krachtig neurotoxine en hoopt zich gemakkelijk op in (water)organismen. Zeezoogdieren hebben een verhoogd risico op blootstelling aan kwik. Een recente studie wees uit dat de kwikconcentraties in de hersenen van walvisachtigen één tot twee ordes van grootte hoger waren dan waargenomen bij andere zeezoogdiersoorten, als zeehonden (of ijsberen) (López-Berenguer G, 2020). Gezien de hoge toxiciteit van kwik en de relatief hoge gehalten in de onderzochte biota adviseren wij een screening uit te voeren op kwik in gestrande walvisachtigen in de Nederlandse wateren. De bruinvis, de kleinste inheemse walvisachtige, leent zich hier goed voor.

Het gebruik van tributyltin (TBT) werd vanaf de jaren tachtig geleidelijk aan beperkt en werd in 2008 wereldwijd verboden voor alle soorten boten. Organotin kan dienen als een succesvol voorbeeld hoe regelgeving kan helpen om de waterkwaliteit te verbeteren. In Nederland zijn de concentraties organotin in tweekleppige schelpdieren hoger dan in slakken, maar ook in tweekleppigen laat organotin een sterk dalende trend zien. De biologische effecten (imposex) zijn in de Nederlandse wateren al lange tijd niet waargenomen.

Benzo[a]antraceen en benzo[a]pyreen zijn op alle bemonsteringslocaties in zoete rijkswateren aanwezig boven de KRW EQS_{biota}. Deze stoffen staan bekend als kankerverwekkend en interfereren met de normale werking van het endocriene systeem, dat verantwoordelijk is voor het reguleren van de hormoonproductie en -signalering in het lichaam (Honda, 2020).

De resultaten van deze studie benadrukken de aanwezigheid van PCB's in de Nederlandse mariene wateren. Meerdere PCB's overschrijden de EAC, waarbij PCB118 de norm op alle kustlocaties in de gemonitorde soorten overschrijdt. Daarentegen overschrijdt PCB101 de norm voor alle gemonitorde soorten alleen in de Westerschelde, wat mogelijk duidt op een meer gelokaliseerde emissiebron. Van PCB's is bekend dat ze de hormoonhuishouding kunnen ontregelen. Deze stoffen interfereren met de normale werking van het endocriene systeem. Deze verstoringenvoortplanting van organismen beïnvloeden (C. Porte, 2006).

De pesticiden overschrijden de normen EQS_{biota} and EAC niet. DDE overschrijdt de BAC in schelpdieren, en HCB overschrijdt de BAC in vis. Zonder een vastgestelde EAC is een nauwkeurigere beoordeling van het risico dat deze pesticiden met zich meebrengen beperkt.

Individuele broomhoudende vlamvertragers (PBDE's) overschrijden de OSPAR-normen niet. De som van PBDE's, zoals geëvalueerd door KRW, is veel strikter en wordt overschreden op alle KRW-locaties. PBDE's kunnen de hormoonhuishouding ontregelen en hebben vermoedelijk negatieve effecten op de neurologische ontwikkeling van organismen.

PFOS-concentraties in zoetwaterbiota overschrijden de KRW-norm op tal van locaties. Studies hebben aangetoond dat PFAS schade aan de lever en het immuunsysteem kan veroorzaken. PFAS-verbindingen worden verder in verband gebracht met een laag geboortegewicht, geboortefwijkingen, vertraagde ontwikkeling en overlijden van pasgeborenen bij proefdieren.

Samengevat kan worden gesteld dat de gehalten van verschillende chemische stoffen in aquatische biota de concentratielimieten overschrijden die bedoeld zijn om de menselijke gezondheid en milieu-integriteit te beschermen. Deze stoffen en chemische groepen omvatten kwik, benzo[a]antraceen en benzo[a]pyreen, PCB's, PBDE's en PFOS. In sommige gevallen zijn er wel verbeteringen waargenomen (bijv. organotin (TBT)). In zoetwater worden de geldende KRW-normen vaker overschreden dan de OSPAR-normen in zout water. Dit is deels te verklaren doordat de KRW voor sommige stoffen (PBDE's, PAK's) striktere normen hanteert en de invloed van menselijke activiteiten op het land sterker is in zoet water.

Aanbevelingen

Kwik

Gezien de stijgende kwikgehalten in het milieu en de potentieel sterke biomagnificatie van kwik in het voedselweb wordt aanbevolen om kwik te screenen in toppredatoren zoals walvisachtigen. Hiermee kan de mate van blootstelling en mogelijke risico's voor zeezoogdieren worden beoordeeld.

Lood

Verder onderzoek is nodig om te evalueren of soortspecifieke parameters of locatiespecifieke emissiebronnen de onderliggende oorzaak zijn voor de verhoogde concentraties of stijgende trends voor lood in schol van het Friese front.

Organotin (TBT)

Verlaag de frequentie en locaties van monitoring voor TBT in Nederlandse wateren vanwege de sterk dalende trend in organotinconcentraties bij mariene slakken en de afwezigheid van imposex gedurende een lange periode, maar blijf de trend in schelpdieren volgen om duurzame verbeteringen te waarborgen en de effectiviteit van de regelgevende maatregelen te evalueren.

Trendanalyse

Het is aan te raden om trendanalyses uit te voeren met de meest recente gegevens om een verbeterde en actuele beoordeling te krijgen. De huidige analyses van ICES lopen vaak twee jaar achter en de uitkomst van deze trendanalyse wordt niet altijd ondersteund door de data van de twee recente jaren. Ook wordt de mogelijke invloed van methodologische veranderingen in de analyse niet door ICES meegenomen in de trendanalyse. ICES beschikt niet over alle informatie omtrent de prestatiekenmerken van de analysemethoden en kan deze informatie dus niet in de trendanalyse verwerken. Zoals beschreven in deel II zijn er enkele analyses waar in de loop van de jaren significante veranderingen zijn opgetreden; gemeten gehalten van het interne referentiemateriaal zijn hoger (als voorbeeld kwik) of juist lager (als voorbeeld TBT) geworden. Het vereist een grondige analyse om te bepalen in welke mate deze aanpassingen een effect (zullen) hebben op de gemeten trend. Voer de trendanalyse jaarlijks uit, inclusief de meest recente gegevens, om de meest actuele en accurate beoordeling van de Nederlandse situatie te geven.

11 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 bekwaame 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., Waldock, M., 2009. Copper Biocides in the Marine Environment. *Ecotoxicology of Antifouling Biocides*, pp 413-428|
- C. Porte, G. J.-Z. 2006. Endocrine disruptors in marine organisms: Approaches and perspectives. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, C. Porte, G. J.-Z. (2006). Endocrine disruptors in marine organisms: Approaches and perspectives. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*,.
- 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 prioritair 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
- Honda, M. a. 2020. Toxicities of polycyclic aromatic hydrocarbons for aquatic animals. *International Journal of Environmental Research and Public Health*.
- Ju-Wook Lee, H. C.-K.-C.-H. 2019. Toxic effects of lead exposure on bioaccumulation, oxidative stress, neurotoxicity, and immune responses in fish: A review. *Environmental Toxicology and Pharmacology*.
- 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).
- López-Berenguer G, P. J.-L. (2020). A critical review about neurotoxic effects in marine mammals of mercury and other trace elements. *Chemosphere*.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: C057/23

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: 25/10/2023

Akkoord: Dr. A.M. Mouissie
Business Manager Projecten

Handtekening:



Datum: 26/10/2023

12 Normen

12.1 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 27. Daar waar nodig, zijn soortspecifieke conversiefactoren zoals weergegeven in Tabel 28 toegepast. De exacte methode die voor de omrekening gebruikt is, wordt uitgebreid beschreven door ICES (<https://dome.ices.dk/OHAT/trDocuments/2023/>).

Tabel 27 OSPAR-normen voor de specifieke stoffen en biota. ww= wet weight (natgewicht), dw= dry weight (drooggewicht), en lw= lipidweight (vetgewicht).

Stofnaam	Biota	BAC	EAC/QS _{sp} /FEQG	Type	Unit	
Cadmium	schol	26	-	-	µg/kg	ww
Cadmium	bot	26	-	-	µg/kg	ww
Cadmium	Japanse oester	3000	-	-	µg/kg	dw
Cadmium	blauwe mossel	960	-	-	µg/kg	dw
Koper	Japanse oester	6000	-	-	µg/kg	dw
Koper	blauwe mossel	6000	-	-	µg/kg	dw
Kwik	schol	-	20	QS _{sp}	µg/kg	ww
Kwik	bot	-	20	QS _{sp}	µg/kg	ww
Kwik	Japanse oester	-	111	QS _{sp}	µg/kg	dw
Kwik	blauwe mossel	90	122	QS _{sp}	µg/kg	dw
Lood	schol	26	-	-	µg/kg	ww
Lood	bot	26	-	-	µg/kg	ww
Lood	Japanse oester	1300	-	-	µg/kg	dw
Lood	blauwe mossel	1300	-	-	µg/kg	dw
Zink	Japanse oester	63000	-	-	µg/kg	dw
Zink	blauwe mossel	63000	-	-	µg/kg	dw
TBT (TC4ySn)	Japanse oester	5	12	EAC	µg/kg	dw
TBT (TC4ySn)	blauwe mossel	5	12	EAC	µg/kg	dw
TBT (TC4ySn)	aliekruik	5	12	EAC	µg/kg	dw
TBT (TC4ySn)	gevlochten fuikhoorn	5	12	EAC	µg/kg	dw
TBT (TC4ySn)	purperslak	5	12	EAC	µg/kg	dw
Imposex (VDS)	gevlochten fuikhoorn	-	0.3	EAC	-	-
Imposex (VDS)	purperslak	0.3	2	EAC	-	-
Antraceen	Japanse oester	-	290	EAC	µg/kg	dw
Antraceen	blauwe mossel	-	290	EAC	µg/kg	dw
Benzo(a)antraceen	Japanse oester	2.5	80	EAC	µg/kg	dw
Benzo(a)antraceen	blauwe mossel	2.5	80	EAC	µg/kg	dw
Benzo(a)pyreen	Japanse oester	1.4	600	EAC	µg/kg	dw
Benzo(a)pyreen	blauwe mossel	1.4	600	EAC	µg/kg	dw

Stofnaam	Biota	BAC	EAC/QS _{sp} /FEQG	Type	Unit	
Benzo(ghi)peryleen	Japanse oester	2.5	110	EAC	µg/kg	dw
Benzo(ghi)peryleen	blauwe mossel	2.5	110	EAC	µg/kg	dw
Chryseen	Japanse oester	8.1	-	EAC	µg/kg	dw
Chryseen	blauwe mossel	8.1	-	EAC	µg/kg	dw
Fenantreen	Japanse oester	11	1700	EAC	µg/kg	dw
Fenantreen	blauwe mossel	11	1700	EAC	µg/kg	dw
Fluoranteen	Japanse oester	12.2	110	EAC	µg/kg	dw
Fluoranteen	blauwe mossel	12.2	110	EAC	µg/kg	dw
Indeno(123-cd)pyreen	Japanse oester	2.4	-	EAC	µg/kg	dw
Indeno(123-cd)pyreen	blauwe mossel	2.4	-	EAC	µg/kg	dw
Pyreen	Japanse oester	9	100	EAC	µg/kg	dw
Pyreen	blauwe mossel	9	100	EAC	µg/kg	dw
1-OH pyreen	bot	16	-	-	ng/ml	-
PCB028	schol	0.1	7.4	FEQG	µg/kg	lw
PCB028	bot	0.1	10	FEQG	µg/kg	lw
PCB028	Japanse oester	0.75	7.1	FEQG	µg/kg	dw
PCB028	blauwe mossel	0.75	5.7	FEQG	µg/kg	dw
PCB052	schol	0.08	12	FEQG	µg/kg	lw
PCB052	bot	0.08	16	FEQG	µg/kg	lw
PCB052	Japanse oester	0.75	11	FEQG	µg/kg	dw
PCB052	blauwe mossel	0.75	9.2	FEQG	µg/kg	dw
PCB101	schol	0.08	13	FEQG	µg/kg	lw
PCB101	bot	0.08	18	FEQG	µg/kg	lw
PCB101	Japanse oester	0.7	13	FEQG	µg/kg	dw
PCB101	blauwe mossel	0.7	10	FEQG	µg/kg	dw
PCB118	schol	0.1	2.8	FEQG	µg/kg	lw
PCB118	bot	0.1	3.7	FEQG	µg/kg	lw
PCB118	Japanse oester	0.6	2.6	FEQG	µg/kg	dw
PCB118	blauwe mossel	0.6	2.1	FEQG	µg/kg	dw
PCB138	schol	0.09	35	FEQG	µg/kg	lw
PCB138	bot	0.09	47	FEQG	µg/kg	lw
PCB138	Japanse oester	0.6	33	FEQG	µg/kg	dw
PCB138	blauwe mossel	0.6	27	FEQG	µg/kg	dw
PCB153	schol	0.1	174	FEQG	µg/kg	lw
PCB153	bot	0.1	236	FEQG	µg/kg	lw
PCB153	Japanse oester	0.6	167	FEQG	µg/kg	dw
PCB153	blauwe mossel	0.6	135	FEQG	µg/kg	dw
PCB180	schol	0.11	52	FEQG	µg/kg	lw
PCB180	bot	0.11	70	FEQG	µg/kg	lw
PCB180	Japanse oester	0.6	50	FEQG	µg/kg	dw
PCB180	blauwe mossel	0.6	40	FEQG	µg/kg	dw
(p,p')-DDE	Japanse oester	0.63	-	-	µg/kg	dw

Stofnaam	Biota	BAC	EAC/QS _{sp} /FEQG	Type	Unit	
(p,p')-DDE	blauwe mossel	0.63	-	-	µg/kg	dw
HCB	schol	0.82	334	QS _{sp}	µg/kg	lw
HCB	bot	0.82	334	QS _{sp}	µg/kg	lw
HCB	Japanse oester	0.63	93	QS _{sp}	µg/kg	dw
HCB	blauwe mossel	0.63	102	QS _{sp}	µg/kg	dw
α-HCH	Japanse oester	0.64	-	-	µg/kg	dw
α-HCH	blauwe mossel	0.64	-	-	µg/kg	dw
γ-HCH	Japanse oester	0.97	1.6	EAC	µg/kg	dw
γ-HCH	blauwe mossel	0.97	1.8	EAC	µg/kg	dw
PBDE028	schol	0.065	2400	FEQG	µg/kg	lw
PBDE028	bot	0.065	2400	FEQG	µg/kg	lw
PBDE028	Japanse oester	0.0069	253	FEQG	µg/kg	dw
PBDE028	blauwe mossel	0.0055	205	FEQG	µg/kg	dw
PBDE047	schol	0.065	880	FEQG	µg/kg	lw
PBDE047	bot	0.065	880	FEQG	µg/kg	lw
PBDE047	Japanse oester	0.0069	93	FEQG	µg/kg	dw
PBDE047	blauwe mossel	0.0055	75	FEQG	µg/kg	dw
PBDE099	schol	0.065	20	FEQG	µg/kg	lw
PBDE099	bot	0.065	20	FEQG	µg/kg	lw
PBDE099	Japanse oester	0.0069	2.1	FEQG	µg/kg	dw
PBDE099	blauwe mossel	0.0055	1.7	FEQG	µg/kg	dw
PBDE100	schol	0.065	20	FEQG	µg/kg	lw
PBDE100	bot	0.065	20	FEQG	µg/kg	lw
PBDE100	Japanse oester	0.0069	2.1	FEQG	µg/kg	dw
PBDE100	blauwe mossel	0.0055	1.7	FEQG	µg/kg	dw
PBDE153	schol	0.065	80	FEQG	µg/kg	lw
PBDE153	bot	0.065	80	FEQG	µg/kg	lw
PBDE153	Japanse oester	0.0069	8.4	FEQG	µg/kg	dw
PBDE153	blauwe mossel	0.0055	6.8	FEQG	µg/kg	dw
sPBDE154+BB153	schol	0.065	80	FEQG	µg/kg	lw
sPBDE154+BB153	bot	0.065	80	FEQG	µg/kg	lw
sPBDE154+BB153	Japanse oester	0.0069	8.4	FEQG	µg/kg	dw
sPBDE154+BB153	blauwe mossel	0.0055	6.8	FEQG	µg/kg	dw
PFOS	schol	-	165	QS _{sp}	µg/kg	ww
PFOS	bot	-	165	QS _{sp}	µg/kg	ww
PFOS	Japanse oester	-	183	QS _{sp}	µg/kg	dw
PFOS	blauwe mossel	-	201	QS _{sp}	µg/kg	dw

Tabel 28 Soortspecifieke conversiefactoren. ww= wet weight (natgewicht), dw= dry weight (drooggewicht), en lw=lipidweight (vetgewicht).

Biota	Soort	matrix	eenheid		factor
Blauwe mossel	<i>Mytilus edulis</i>	weke delen	µg/kg	dw	16.4
Blauwe mossel	<i>Mytilus edulis</i>	weke delen	µg/kg	lw	1.4
Japanse oester	<i>Magallana gigas</i> ¹	weke delen	µg/kg	dw	18
Japanse oester	<i>Magallana gigas</i> ¹	weke delen	µg/kg	lw	1.9
Bot	<i>Platichthys flesus</i>	lever	µg/kg	lw	14.9
Bot	<i>Platichthys flesus</i>	filet	µg/kg	lw	0.9
Bot	<i>Platichthys flesus</i>	lever	µg/kg	dw	20
Bot	<i>Platichthys flesus</i>	filet	µg/kg	dw	27.1
Schol	<i>Pleuronectes platessa</i>	lever	µg/kg	lw	11
Schol	<i>Pleuronectes platessa</i>	filet	µg/kg	lw	0.5
Schol	<i>Pleuronectes platessa</i>	lever	µg/kg	dw	21.3
Schol	<i>Pleuronectes platessa</i>	filet	µg/kg	dw	32.2
Alikruik	<i>Littorina littorea</i>	weke delen	µg/kg	dw	22.3
Gevlochten fuikhoorn	<i>Tritia reticulata</i> ²	weke delen	µg/kg	dw	
Purperslak	<i>Nucella lapillus</i>	weke delen	µg/kg	dw	32.3

¹ voorheen *Crassostrea gigas*

² voorheen *Nassarius reticulatus*

12.2 Normen voor KRW

Figure 1 KRW-normen voor biota. Eenheid in µg/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 (HCBDD)	55	Vis
som Gebromeerde difenylethers (sBDE6**)	0.0085	Vis
Hexabroomcyclododecaan (HBCDD)	167	Vis
PFOS	9.1	Vis

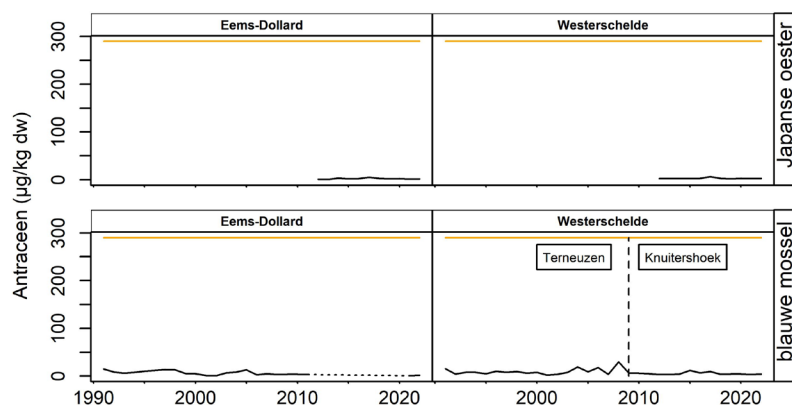
* som van toxische equivalenten van dioxines, furanen en dioxineachtige PCB's.

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

13 Grafieken PAK's

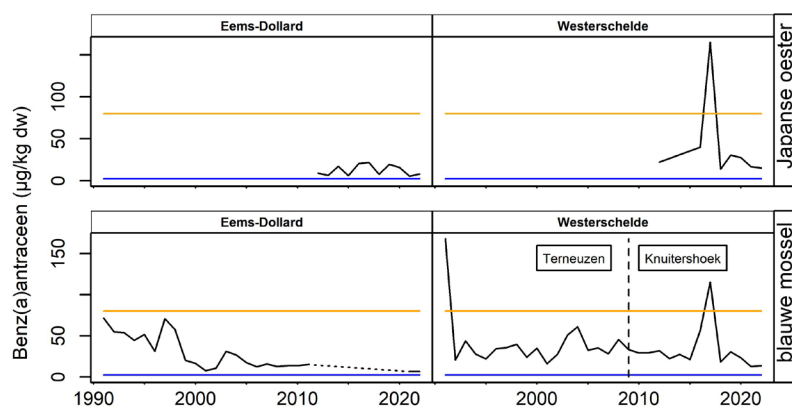
13.1 OSPAR

13.1.1 Antraceen



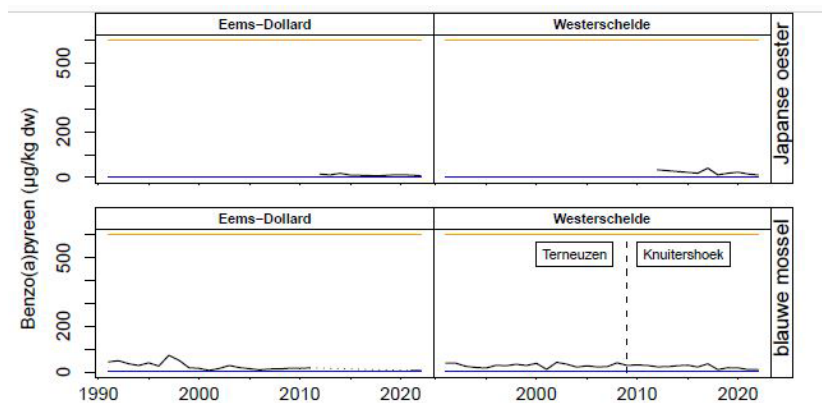
Figuur 20 Gehalten van antraceen uitgedrukt op basis van drooggewicht gemeten in schelpdieren (blauwe mossel en Japanse oester) voor OSPAR. Periode 1991 tot en met 2022. Oranje lijn is de EAC.

13.1.2 Benzo(a)antraceen



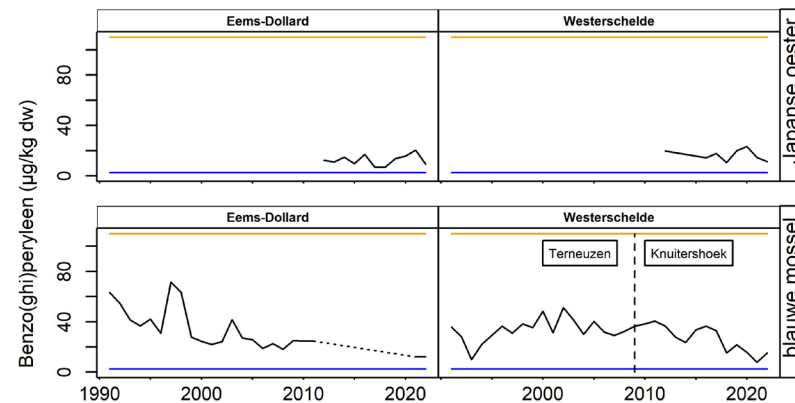
Figuur 21 Gehalten van benzo(a)antraceen uitgedrukt op basis van drooggewicht gemeten in schelpdieren (blauwe mossel en Japanse oester) voor OSPAR. Periode 1991 tot en met 2022. Blauwe lijn is de BAC en de oranje lijn is de EAC.

13.1.3 Benzo(a)pyreen



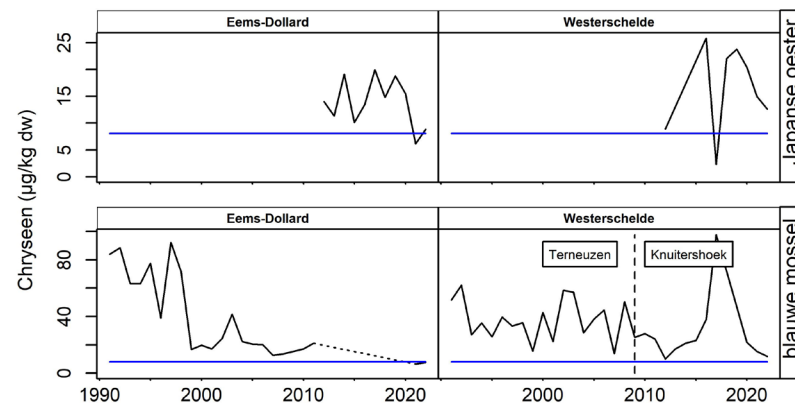
Figuur 22 Gehalten van benzo(a)pyreen uitgedrukt op basis van drooggewicht gemeten in schelpdieren (blauwe mossel en Japanse oester) voor OSPAR. Periode 1991 tot en met 2022. Blauwe lijn is de BAC en de oranje lijn is de EAC.

13.1.4 Benzo(ghi)peryleen



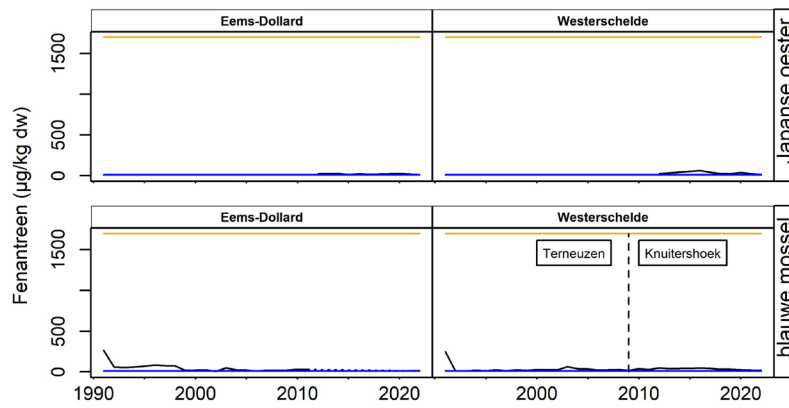
Figuur 23 Gehalten van benzo(ghi)peryleen uitgedrukt op basis van drooggewicht gemeten in schelpdieren (blauwe mossel en Japanse oester) voor OSPAR. Periode 1991 tot en met 2022. Blauwe lijn is de BAC en de oranje lijn is de EAC.

13.1.5 Chryseen



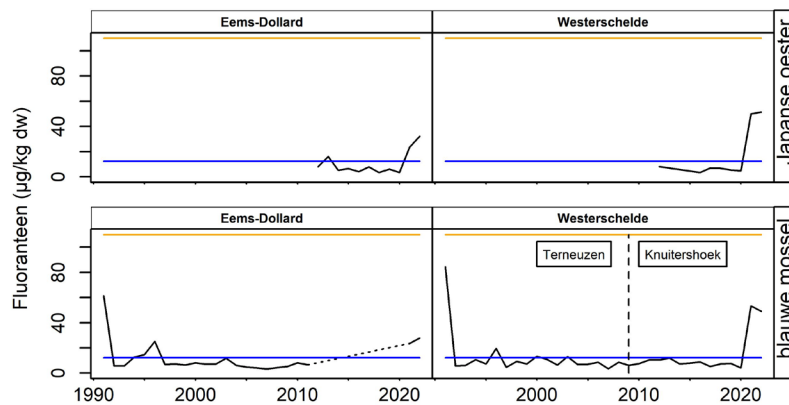
Figuur 24 Gehalten van chryseen uitgedrukt op basis van drooggewicht gemeten in schelpdieren (blauwe mossel en Japanse oester) voor OSPAR. Periode 1991 tot en met 2022. Blauwe lijn is de BAC.

13.1.6 Fenantreen



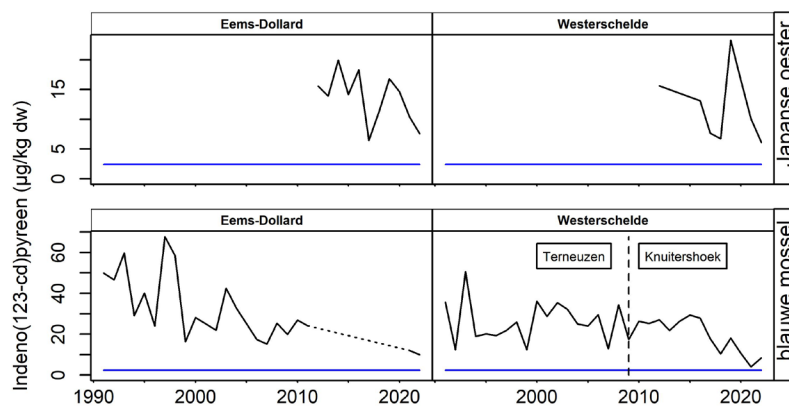
Figuur 25 Gehalten van fenantreen uitgedrukt op basis van drooggewicht gemeten in schelpdieren (blauwe mossel en Japanse oester) voor OSPAR. Periode 1991 tot en met 2022. Blauwe lijn is de BAC en de oranje lijn is de EAC.

13.1.7 Fluoranteen



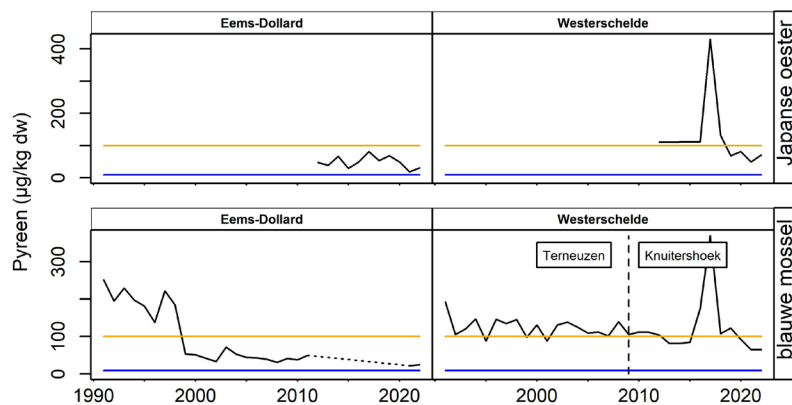
Figuur 26 Gehalten van fluoranteen uitgedrukt op basis van drooggewicht gemeten in schelpdieren (blauwe mossel en Japanse oester) voor OSPAR. Periode 1991 tot en met 2022. Blauwe lijn is de BAC en de oranje lijn is de EAC.

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



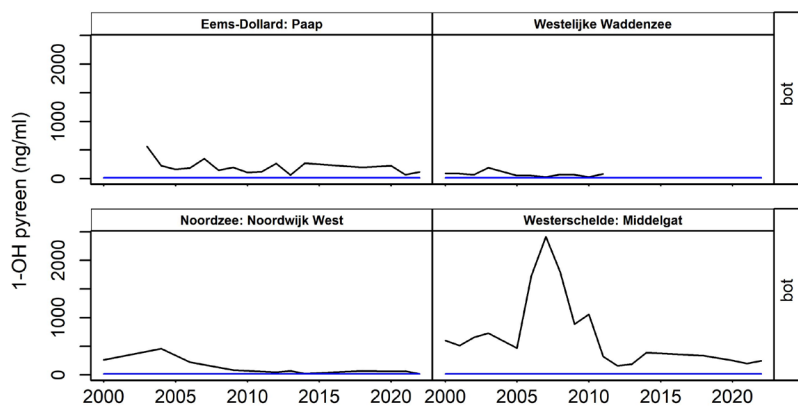
Figuur 27 Gehalten van indeno(1,2,3-cd)pyreen uitgedrukt op basis van drooggewicht gemeten in schelpdieren (blauwe mossel en Japanse oester) voor OSPAR. Periode 1991 tot en met 2022. Blauwe lijn is de BAC.

13.1.9 Pyreen



Figuur 28 Gehalten van pyreen uitgedrukt op basis van drooggewicht gemeten in schelpdieren (blauwe mossel en Japanse oester) voor OSPAR. Periode 1991 tot en met 2022. Blauwe lijn is de BAC en de oranje lijn is de EAC.

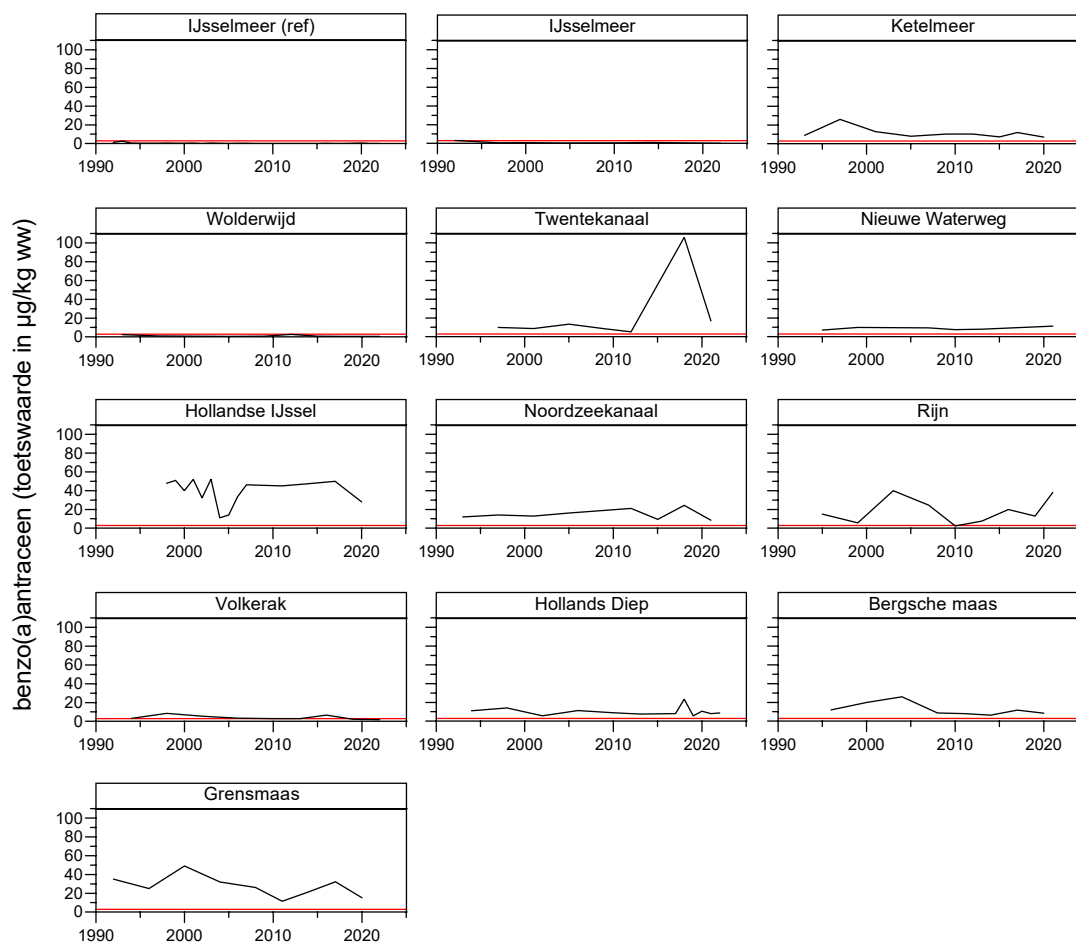
13.1.10 1-hydroxypyreen



Figuur 29 Gehalten van het PAK galmetaboliet 1-hydroxypyreen uitgedrukt op basis van ng/ml gemeten in bot voor OSPAR. Periode 2000 tot en met 2022. Blauwe lijn is de BAC.

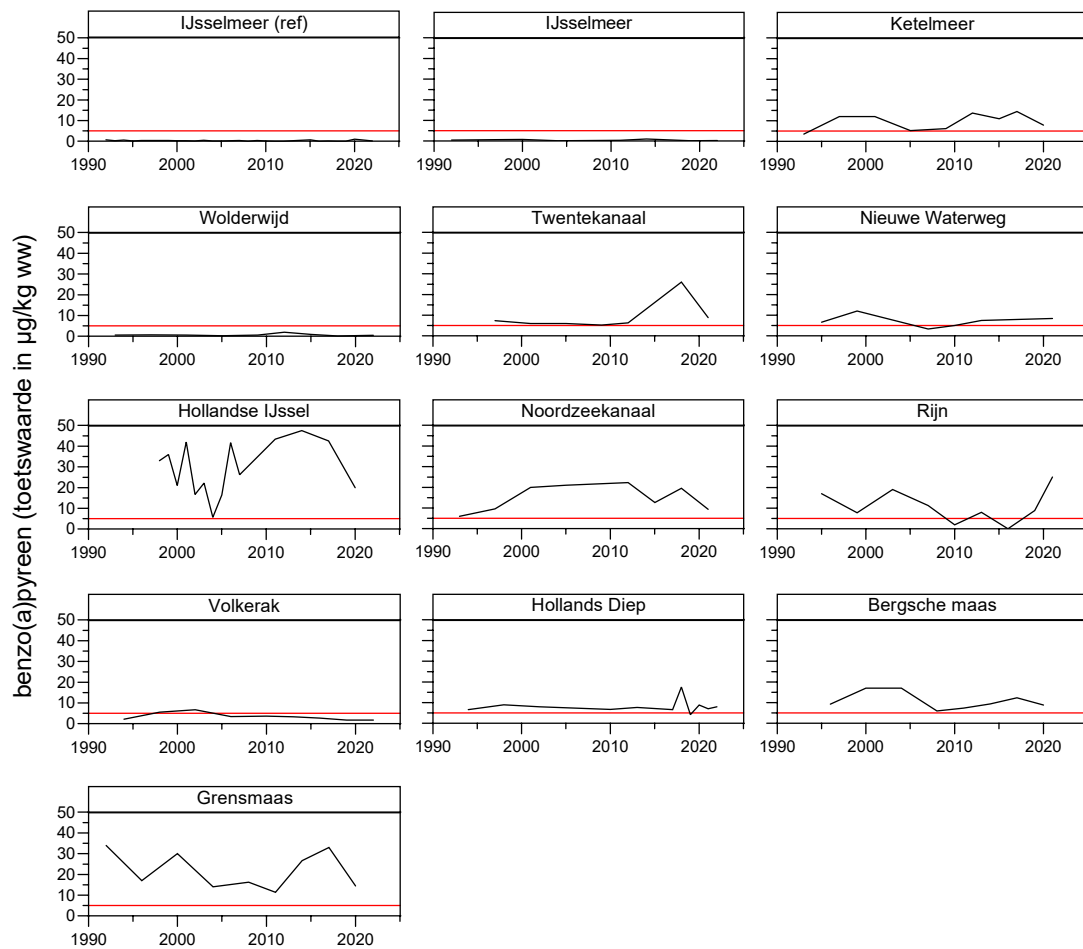
13.2 KRW

13.2.1 Benzo(a)antraceen



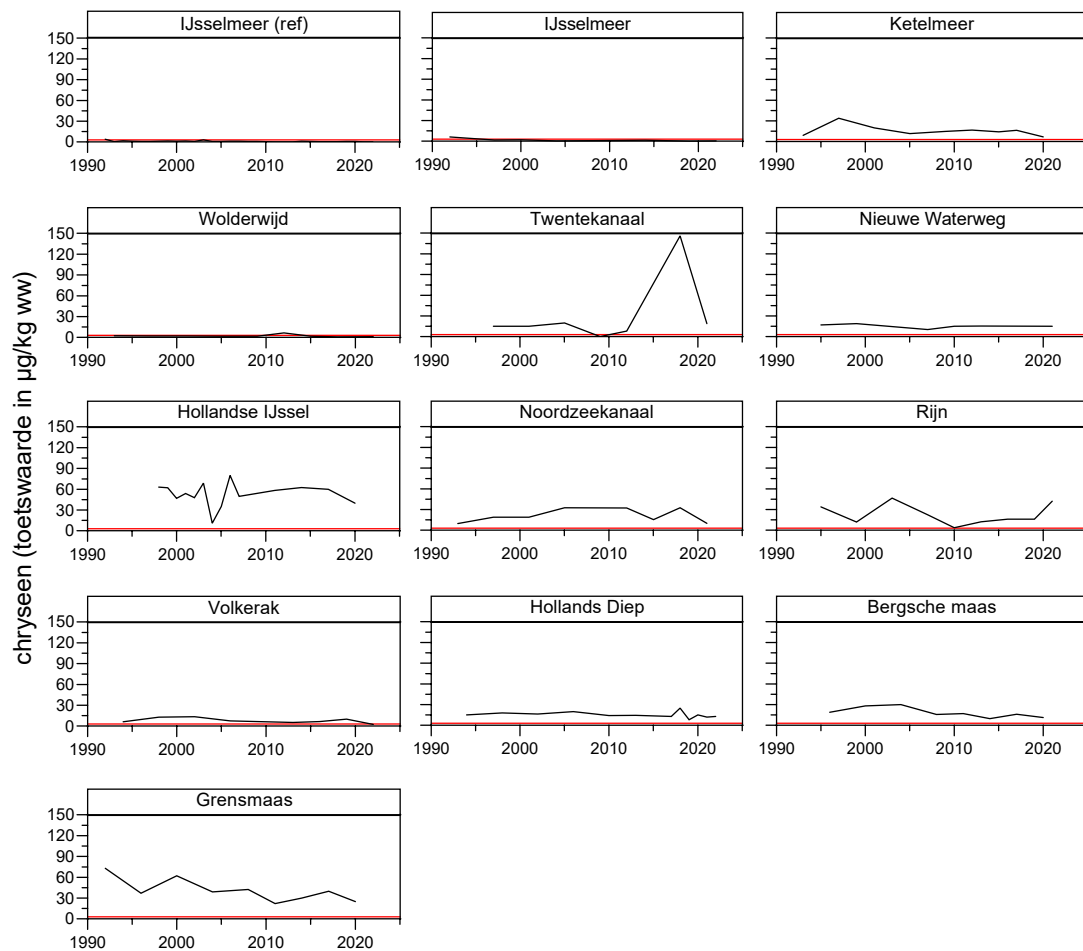
Figuur 30 KRW toetswaarden 1992 tot en met 2022 van benzo(a)antraceen uitgedrukt in natgewicht standaard schelpdier gemeten in de actieve biologische monitoring van schelpdieren in zoetwater. De rode lijn geeft de $\text{EQS}_{\text{biota}}$ aan.

13.2.2 Benzo(a)pyreen



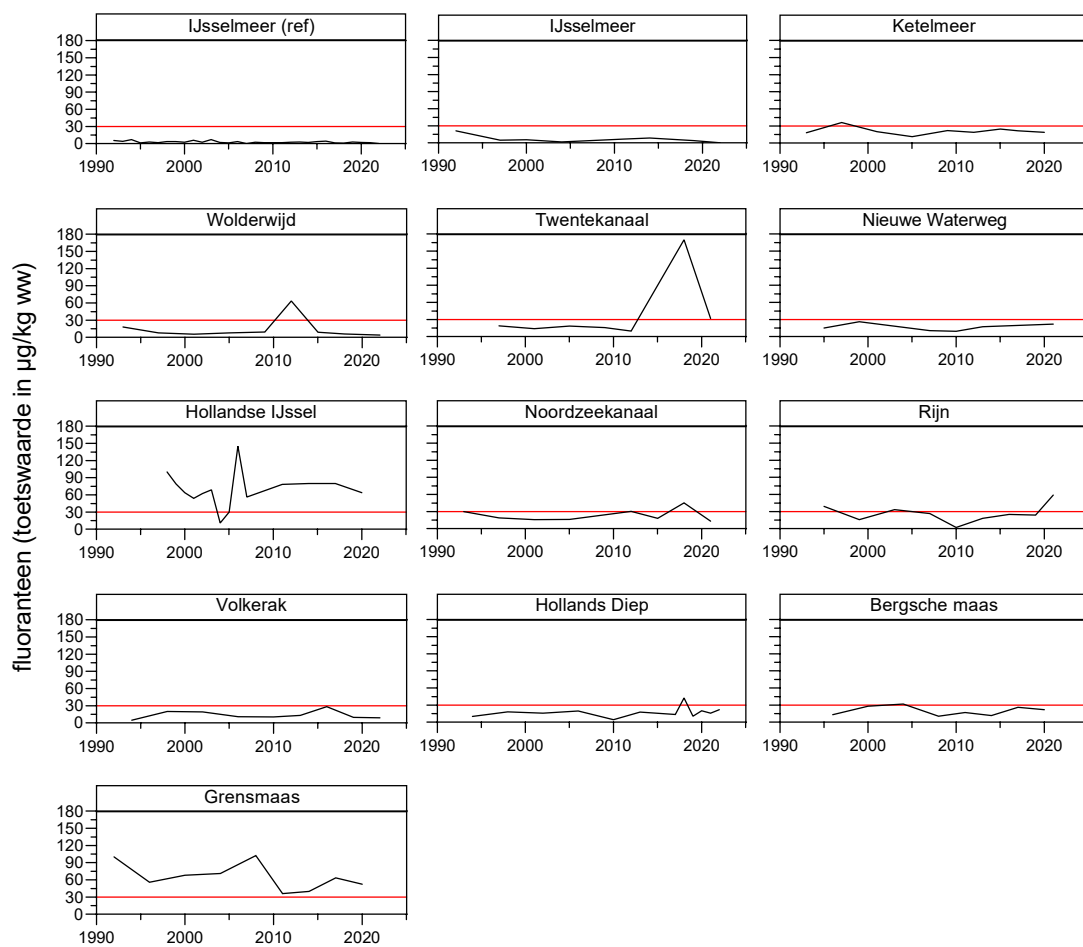
Figuur 31 KRW toetswaarden 1992 tot en met 2022 van benzo(a)pyreen uitgedrukt in natgewicht standaard schelpdier gemeten in de actieve biologische monitoring van schelpdieren in zoetwater. De rode lijn geeft de $\text{EQS}_{\text{biota}}$ aan

13.2.3 Chryseen



Figuur 32 KRW toetswaarden 1992 tot en met 2022 van chryseen uitgedrukt in natgewicht standaard schelpdier gemeten in de actieve biologische monitoring van schelpdieren in zoetwater. De rode lijn geeft de EQS_{biota} aan.

13.2.4 Fluoranteen

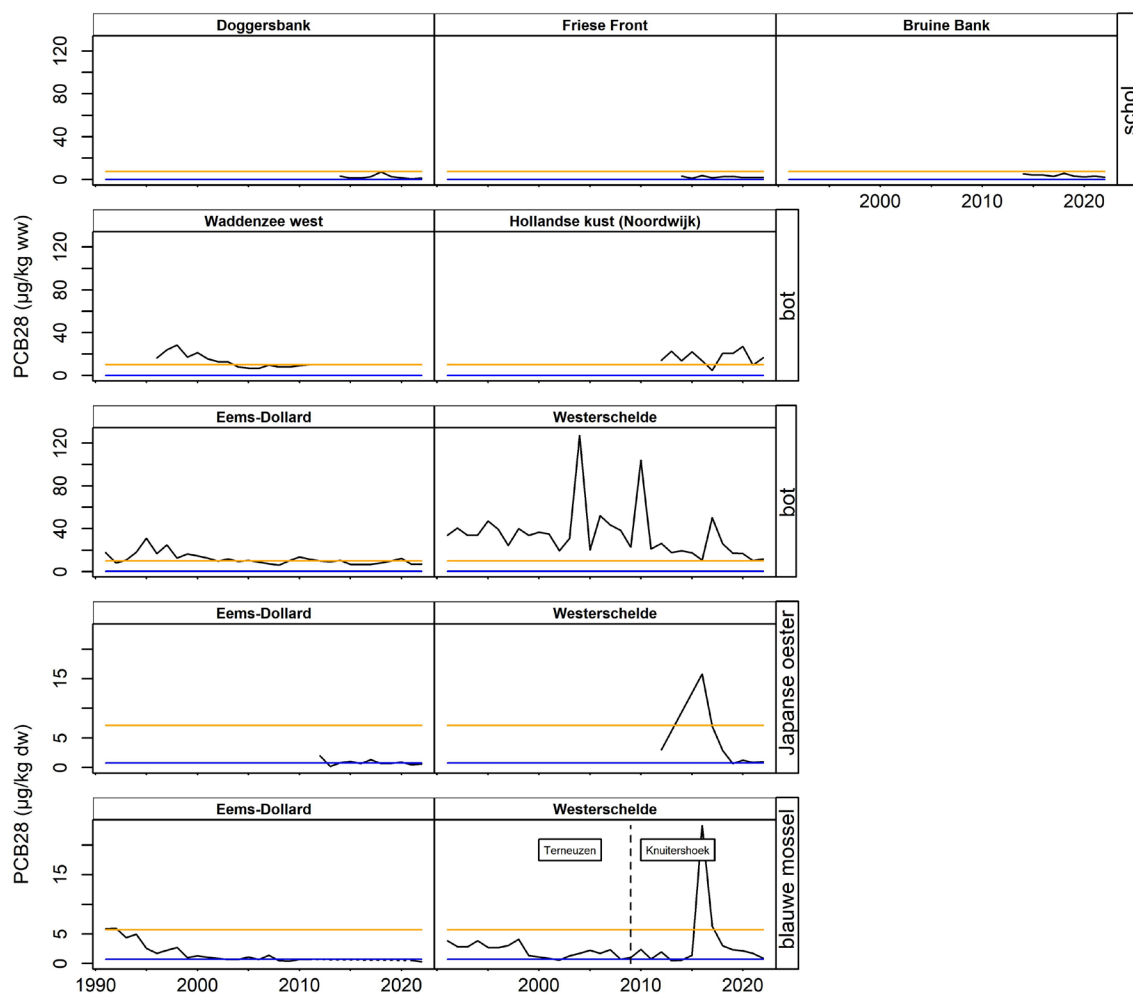


Figuur 33 KRW toetswaarden 1992 tot en met 2022 van fluoranteen uitgedrukt in natgewicht standaard schelpdier gemeten in de actieve biologische monitoring van schelpdieren in zoetwater. De rode lijn geeft de EQS_{biota} aan.

14 Grafieken PCB's

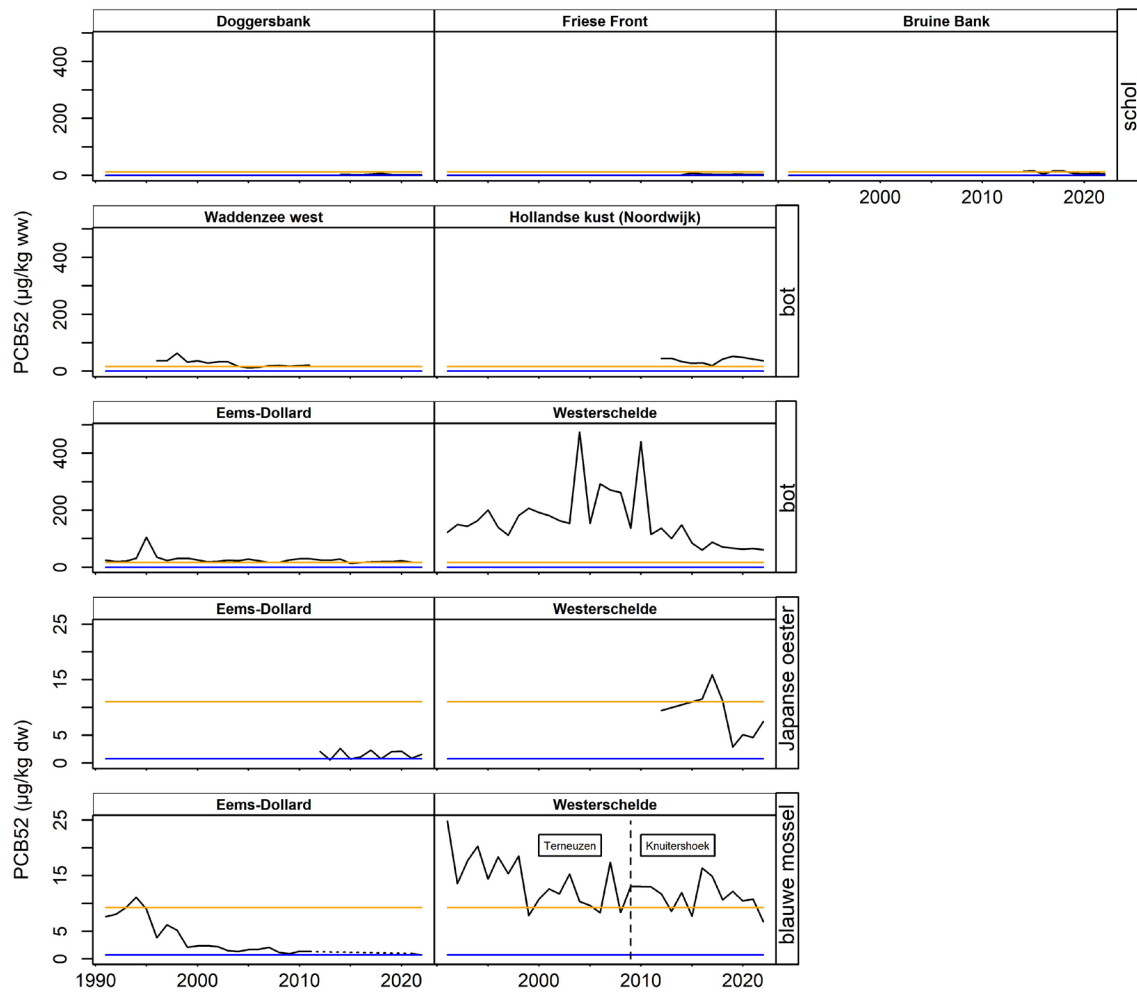
14.1 OSPAR

14.1.1 PCB28



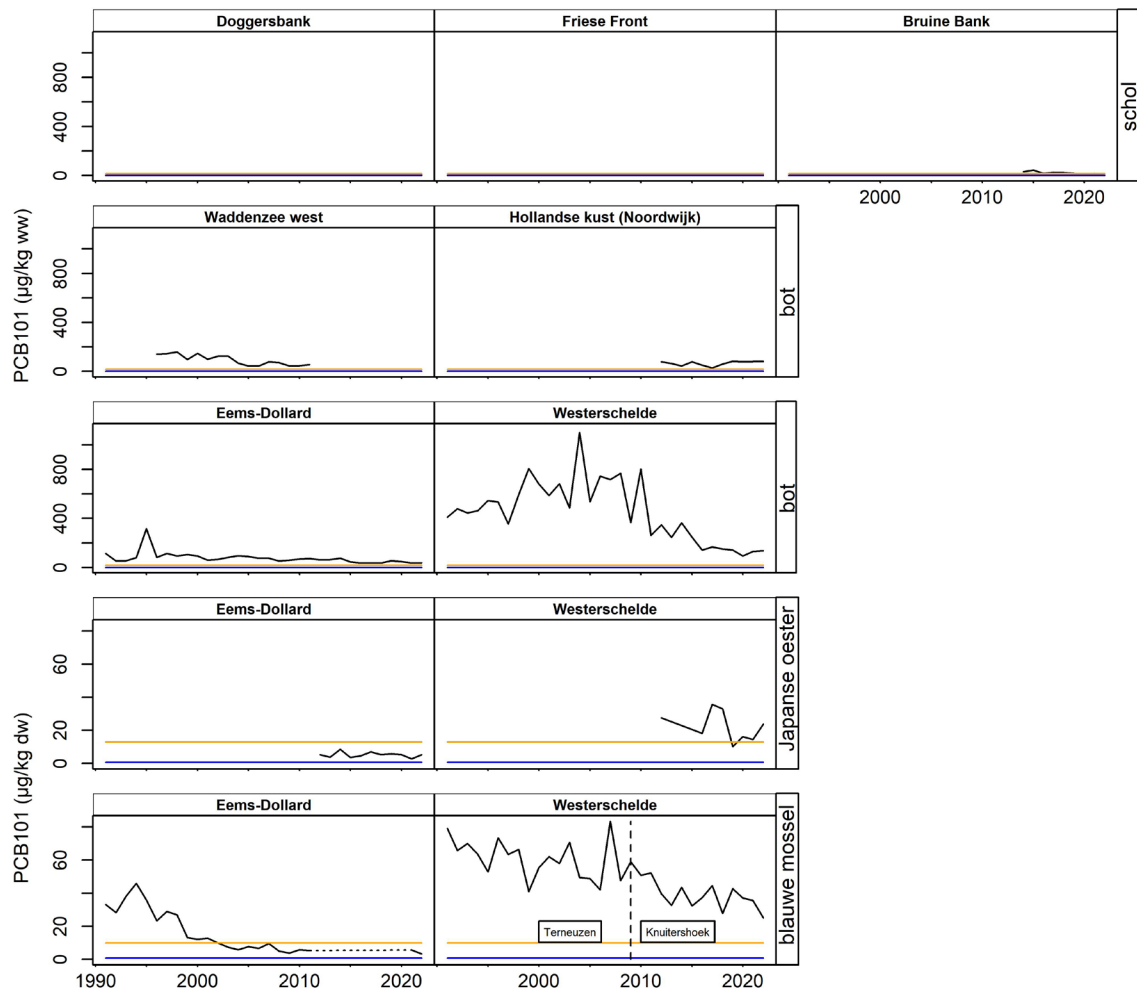
Figuur 34 Gehalten van PCB28 uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in vislevers (schol en bot) en op basis van drooggewicht in schelpdiervlees (Japanse oester en blauwe mossel) uit de passieve biotamonitoring in zoutwater voor OSPAR. Periode 1991 tot en met 2022. Blauwe lijn is de BAC en de oranje lijn is de EAC.

14.1.2 PCB52



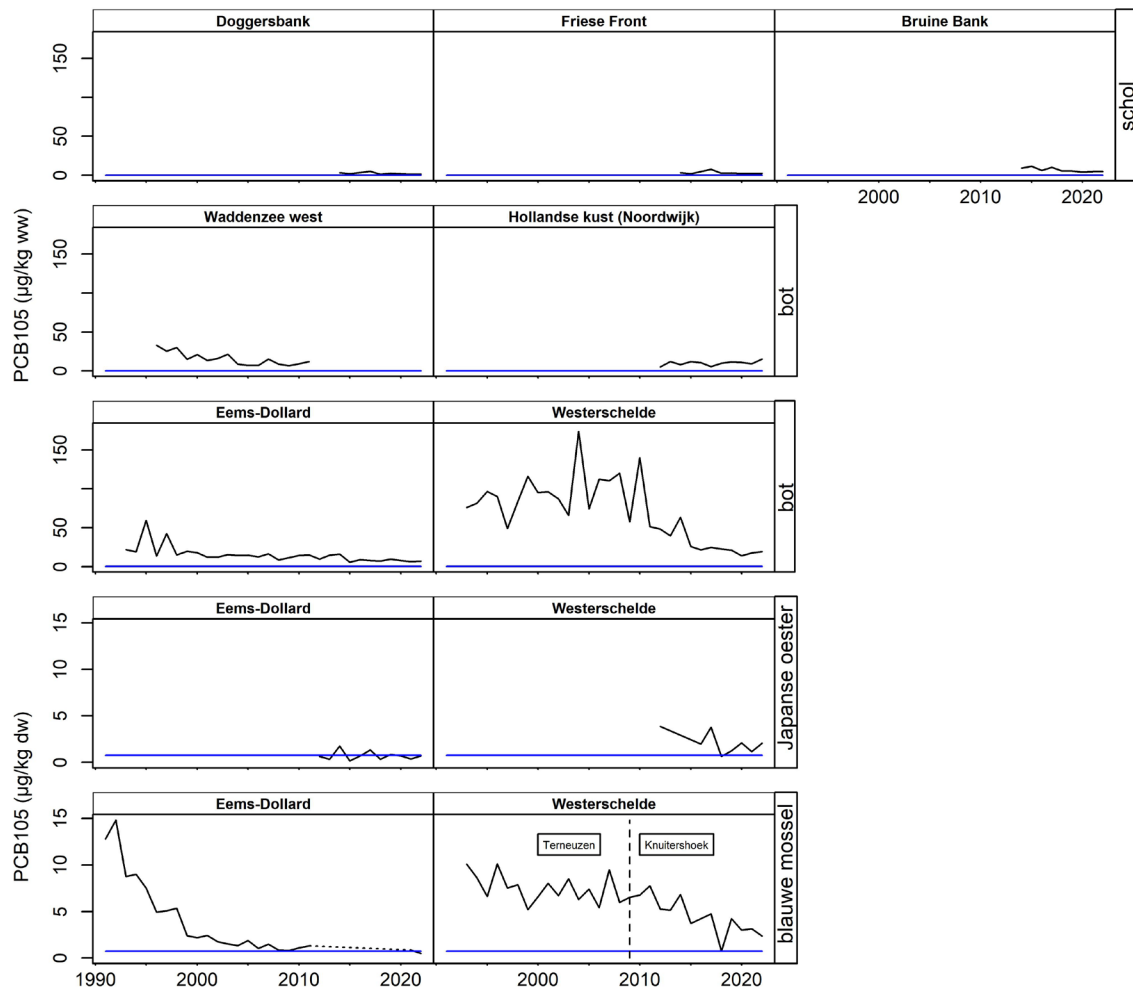
Figuur 35 Gehalten van PCB52 uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in vislevers (schol en bot) en op basis van drooggewicht in schelpdiervlees (Japanse oester en blauwe mossel) uit de passieve biotamonitoring in zoutwater voor OSPAR. Periode 1991 tot en met 2022. Blauwe lijn is de BAC en de oranje lijn is de EAC.

14.1.3 PCB101



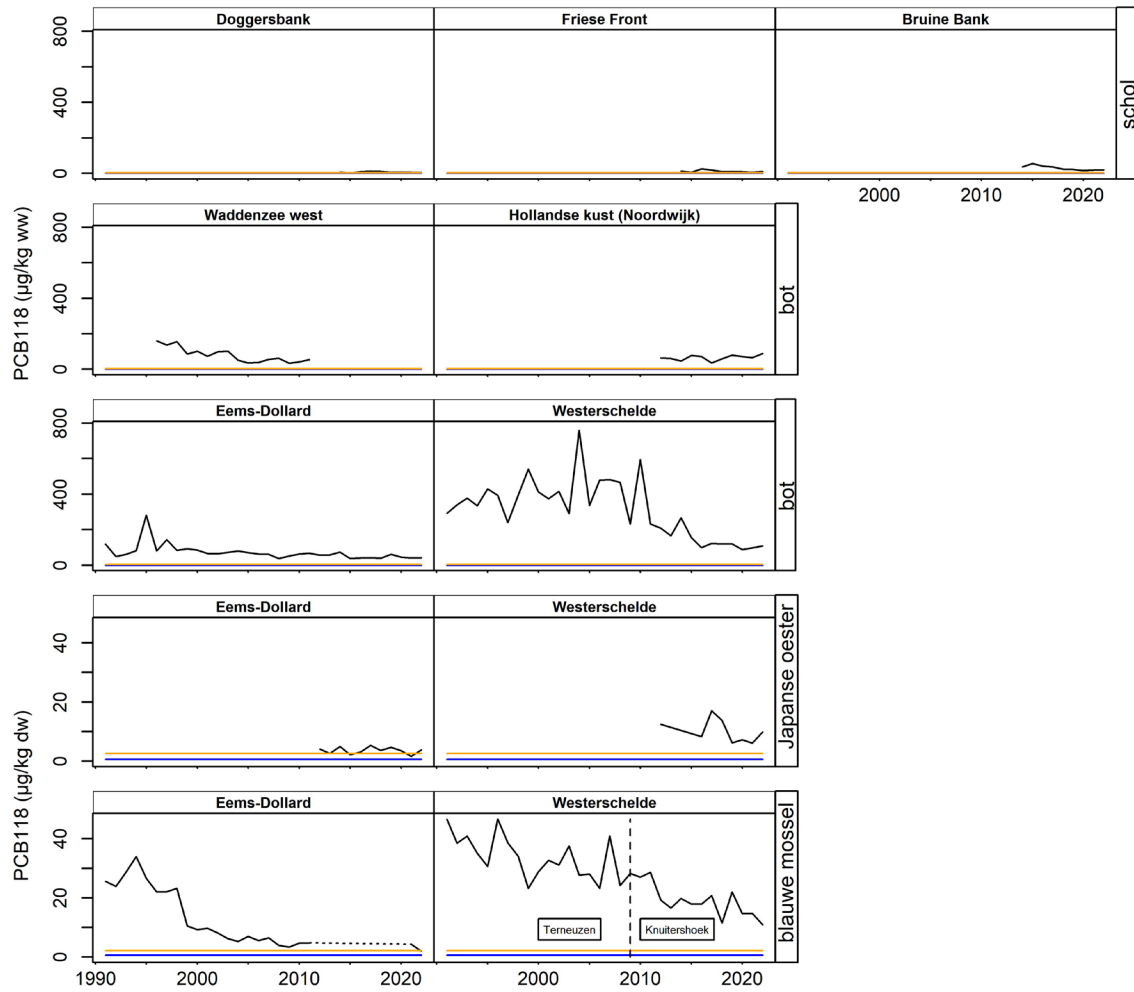
Figuur 36 Gehalten van PCB101 uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in vislevers (schol en bot) en op basis van drooggewicht in schelpdiervlees (Japanse oester en blauwe mossel) uit de passieve biotamonitoring in zoutwater voor OSPAR. Periode 1991 tot en met 2022. Blauwe lijn is de BAC en de oranje lijn is de EAC.

14.1.4 PCB105



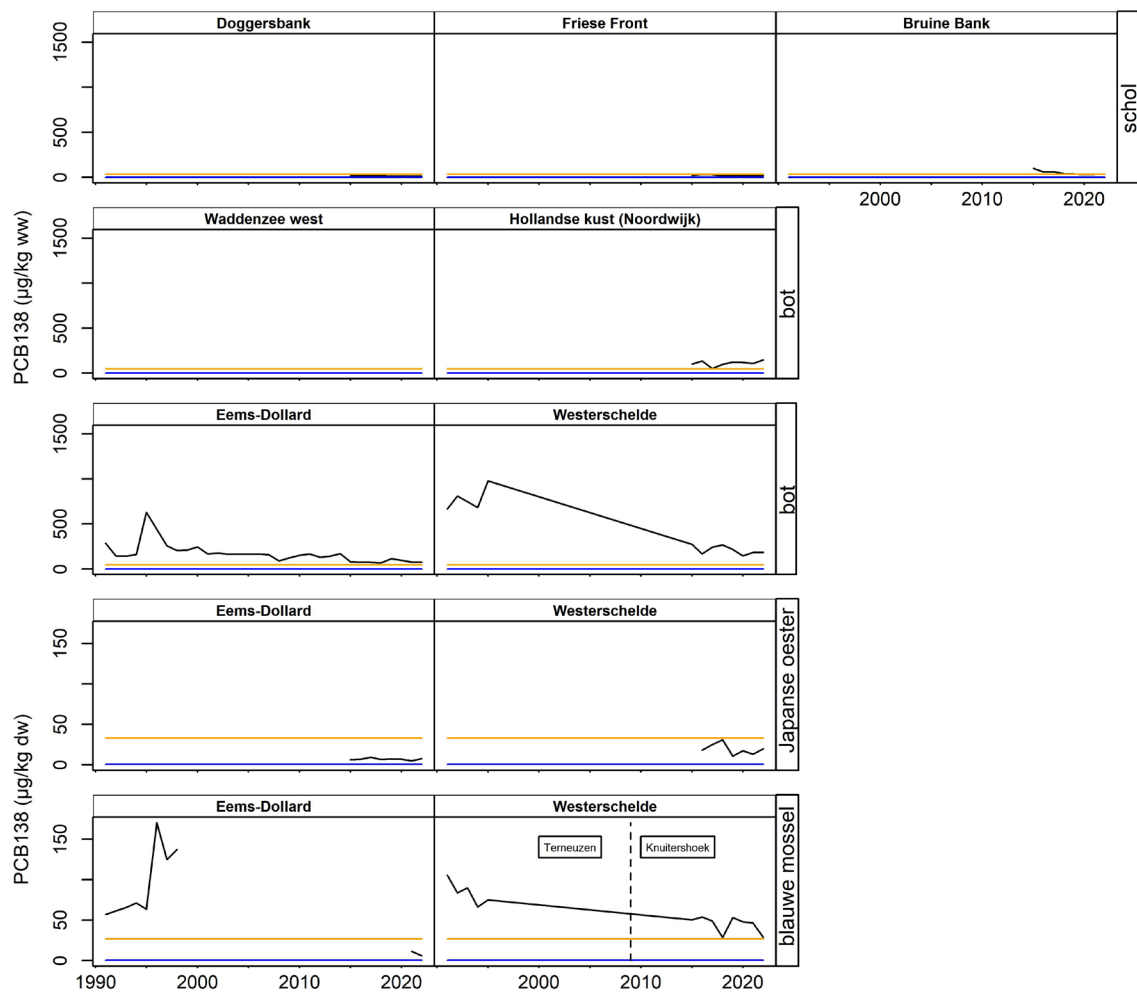
Figuur 37 Gehalten van PCB105 uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in vislevers (schol en bot) en op basis van drooggewicht in schelpdiervlees (Japanse oester en blauwe mossel) uit de passieve biotamonitoring in zoutwater voor OSPAR. Periode 1991 tot en met 2022. Blauwe lijn is de BAC.

14.1.5 PCB118



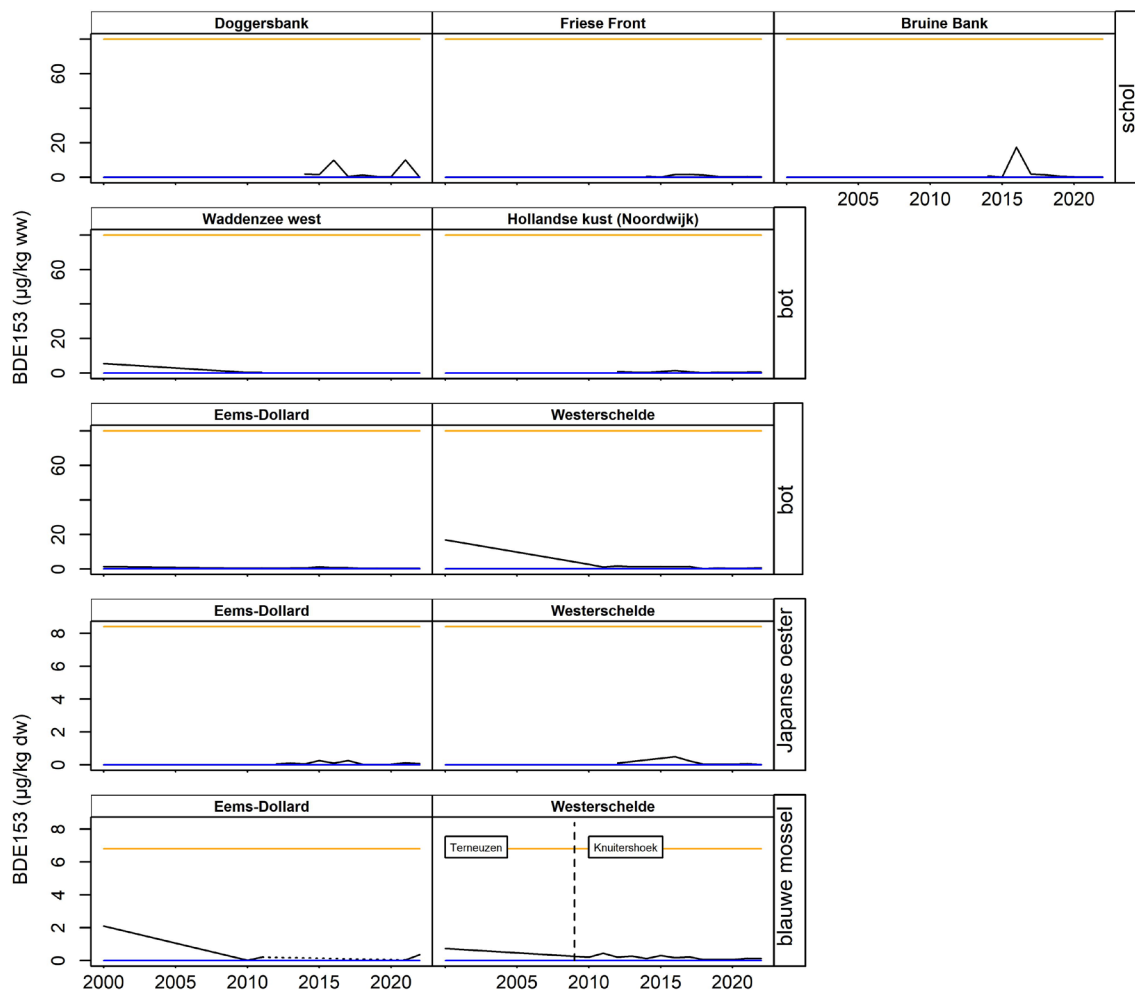
Figuur 38 Gehalten van PCB118 uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in vislevers (schol en bot) en op basis van drooggewicht in schelpdier vlees (Japanse oester en blauwe mossel) uit de passieve biotamonitoring in zoutwater voor OSPAR. Periode 1991 tot en met 2022. Blauwe lijn is de BAC en de oranje lijn is de EAC.

14.1.6 PCB138



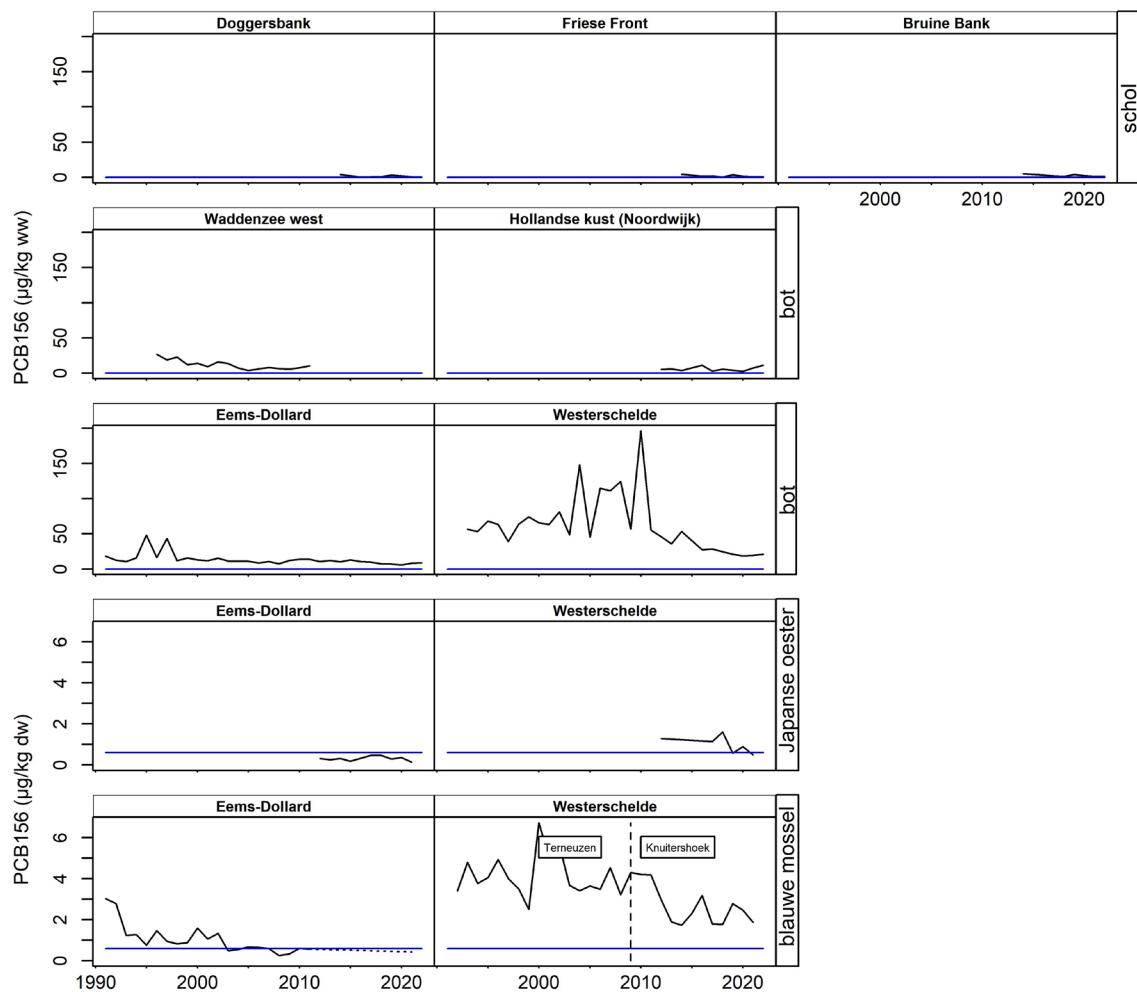
Figuur 39 Gehalten van PCB138 uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in vislevers (schol en bot) en op basis van drooggewicht in schelpdiervlees (Japanse oester en blauwe mossel) uit de passieve biotamonitoring in zoutwater voor OSPAR. Periode 1991 tot en met 2022. Blauwe lijn is de BAC en de oranje lijn is de EAC.

14.1.7 PCB153



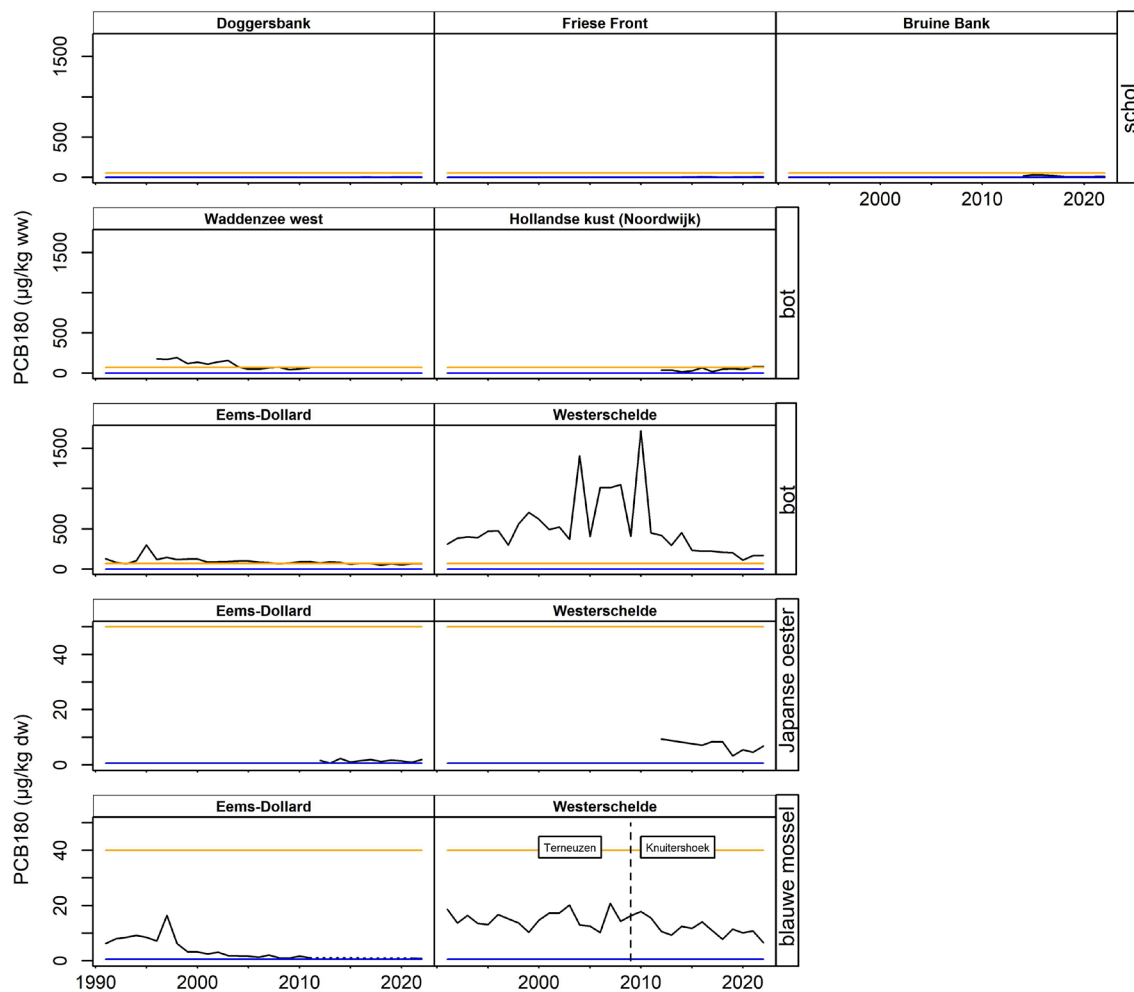
Figuur 40 Gehalten van PCB153 uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in vislevers (schol en bot) en op basis van drooggewicht in schelpdier vlees (Japanse oester en blauwe mossel) uit de passieve biotamonitoring in zoutwater voor OSPAR. Periode 1991 tot en met 2022. Blauwe lijn is de BAC en de oranje lijn is de EAC.

14.1.8 PCB156



Figuur 41 Gehalten van PCB156 uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in vislevers (schol en bot) en op basis van drooggewicht in schelpdiervlees (Japanse oester en blauwe mossel) uit de passieve biotamonitoring in zoutwater voor OSPAR. Periode 1991 tot en met 2022. Blauwe lijn is de BAC.

14.1.9 PCB180

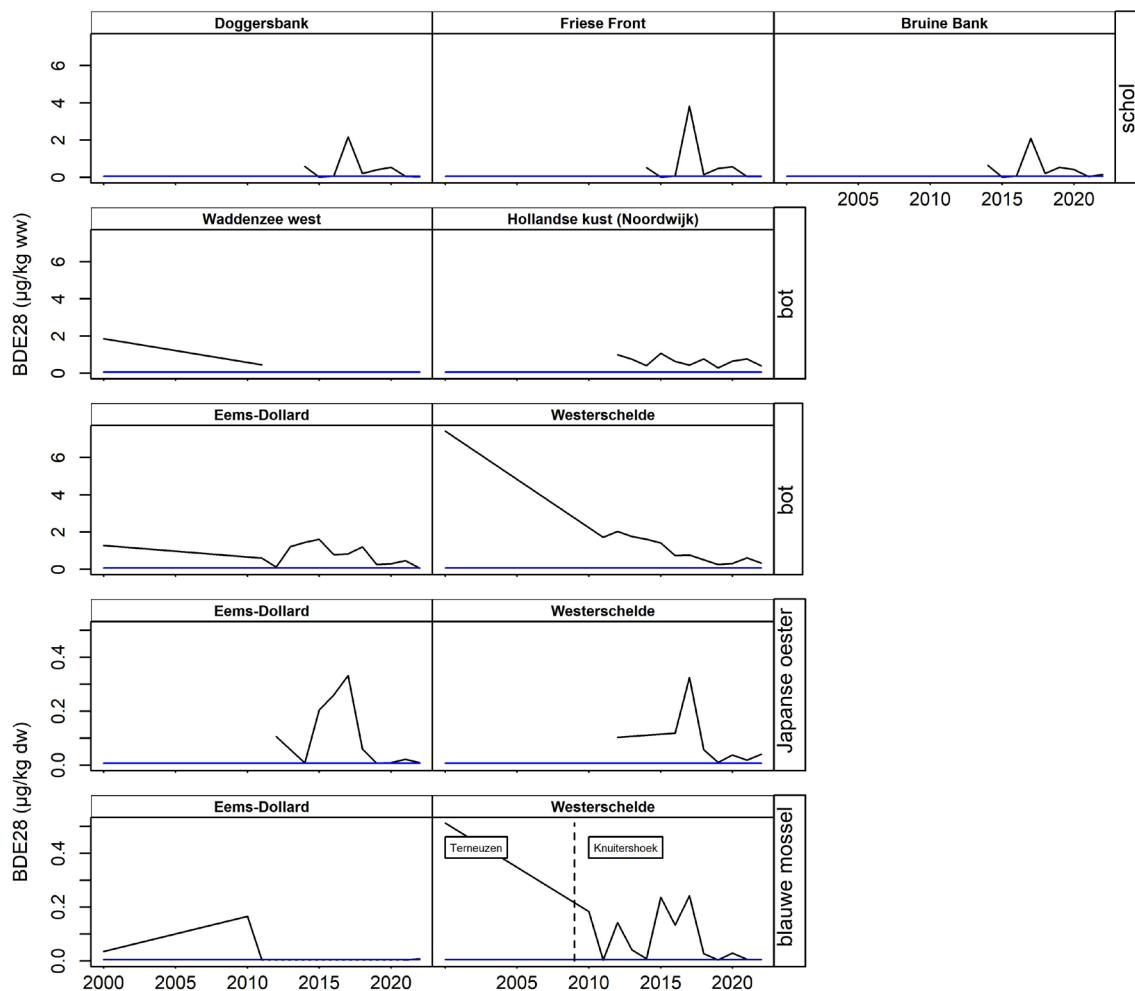


Figuur 42 Gehalten van PCB180 uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in vislevers (schol en bot) en op basis van drooggewicht in schelpdiervlees (Japanse oester en blauwe mossel) uit de passieve biotamonitoring in zoutwater voor OSPAR. Periode 1991 tot en met 2022. Blauwe lijn is de BAC en de oranje lijn is de EAC.

15 Grafieken PBDE's

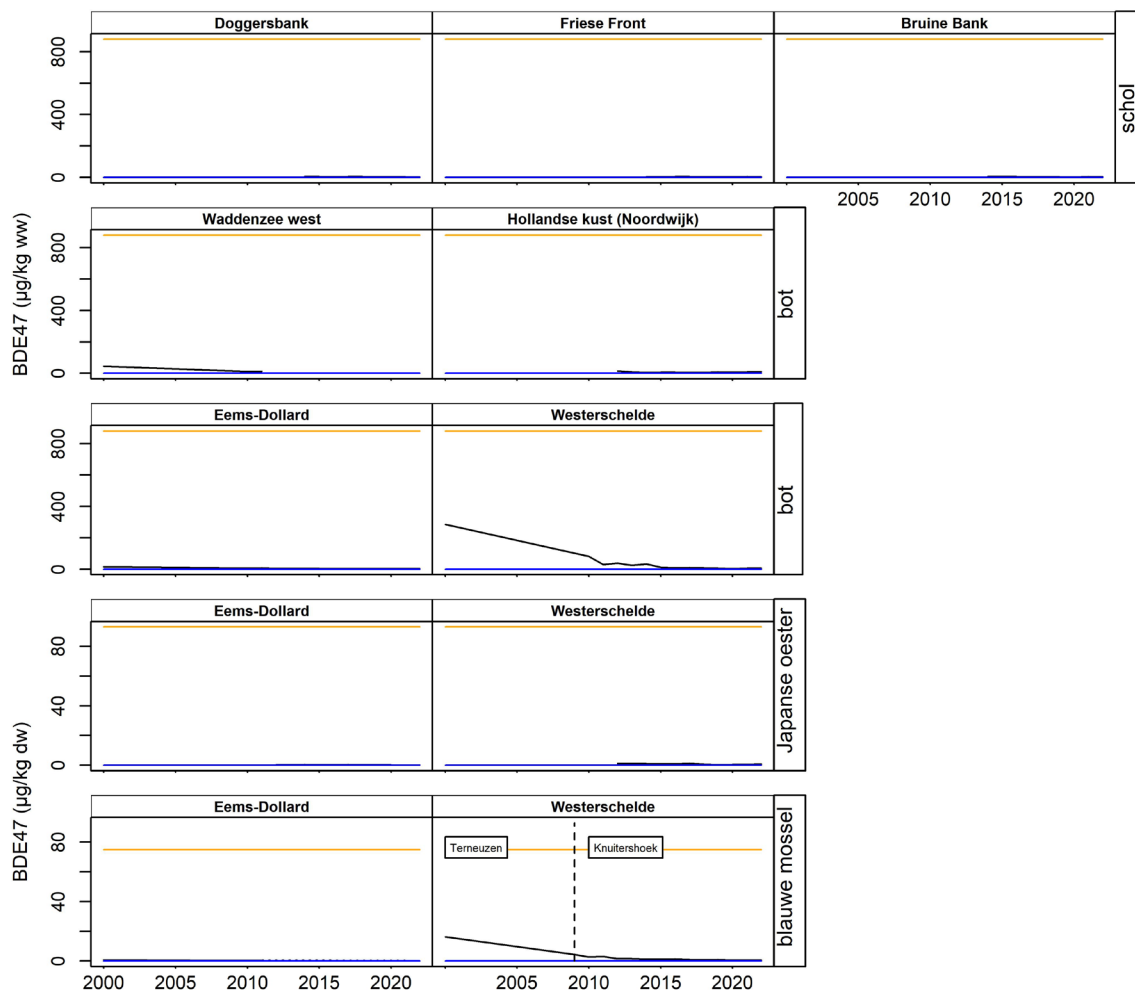
15.1 OSPAR

15.1.1 PBDE28



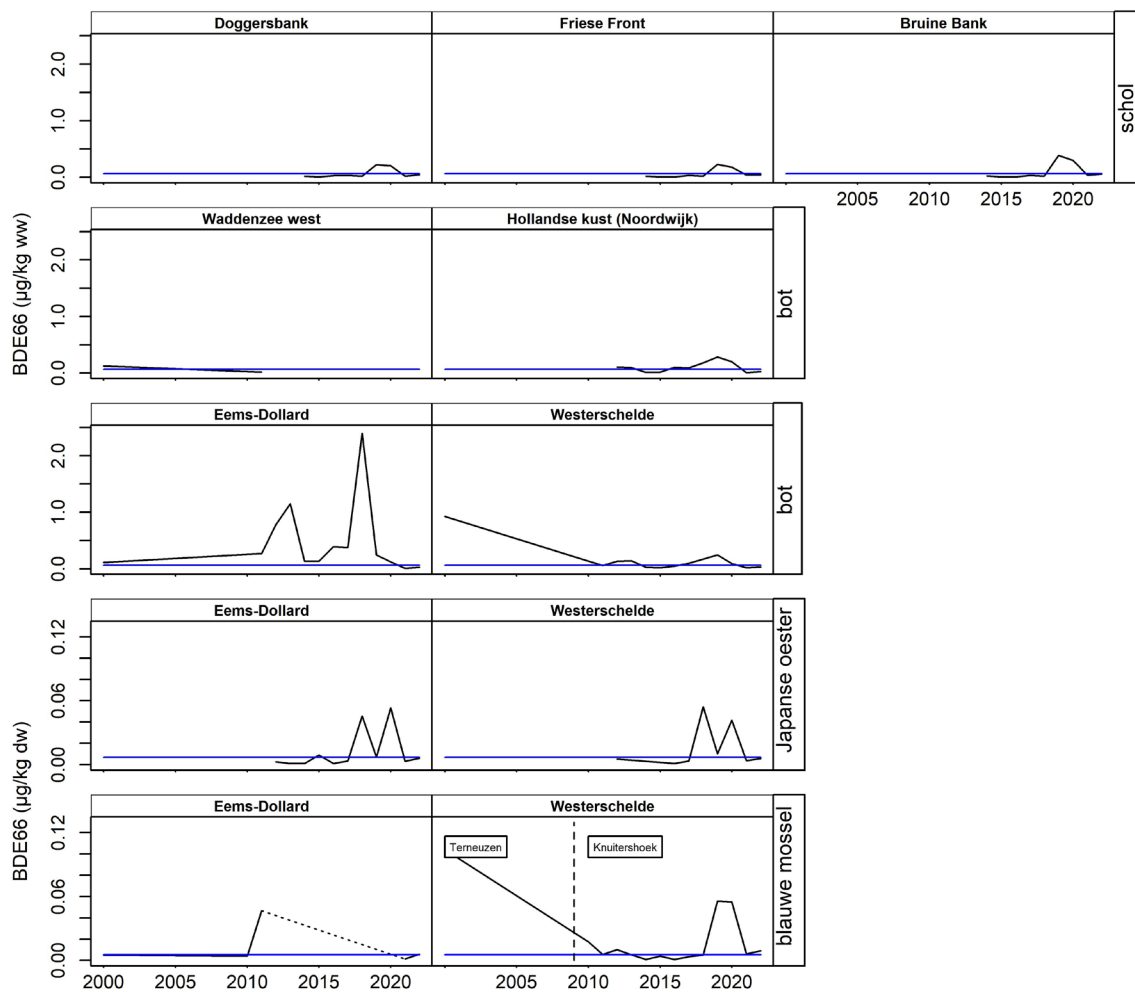
Figuur 43 Gehalten van PBDE28 uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in vislevers (schol en bot) en in schelpdier vlees (Japanse oester en blauwe mossel) uit de passieve biotamonitoring in zoutwater voor OSPAR. Periode 2000 tot en met 2022. Blauwe lijn is de BAC.

15.1.2 PBDE47



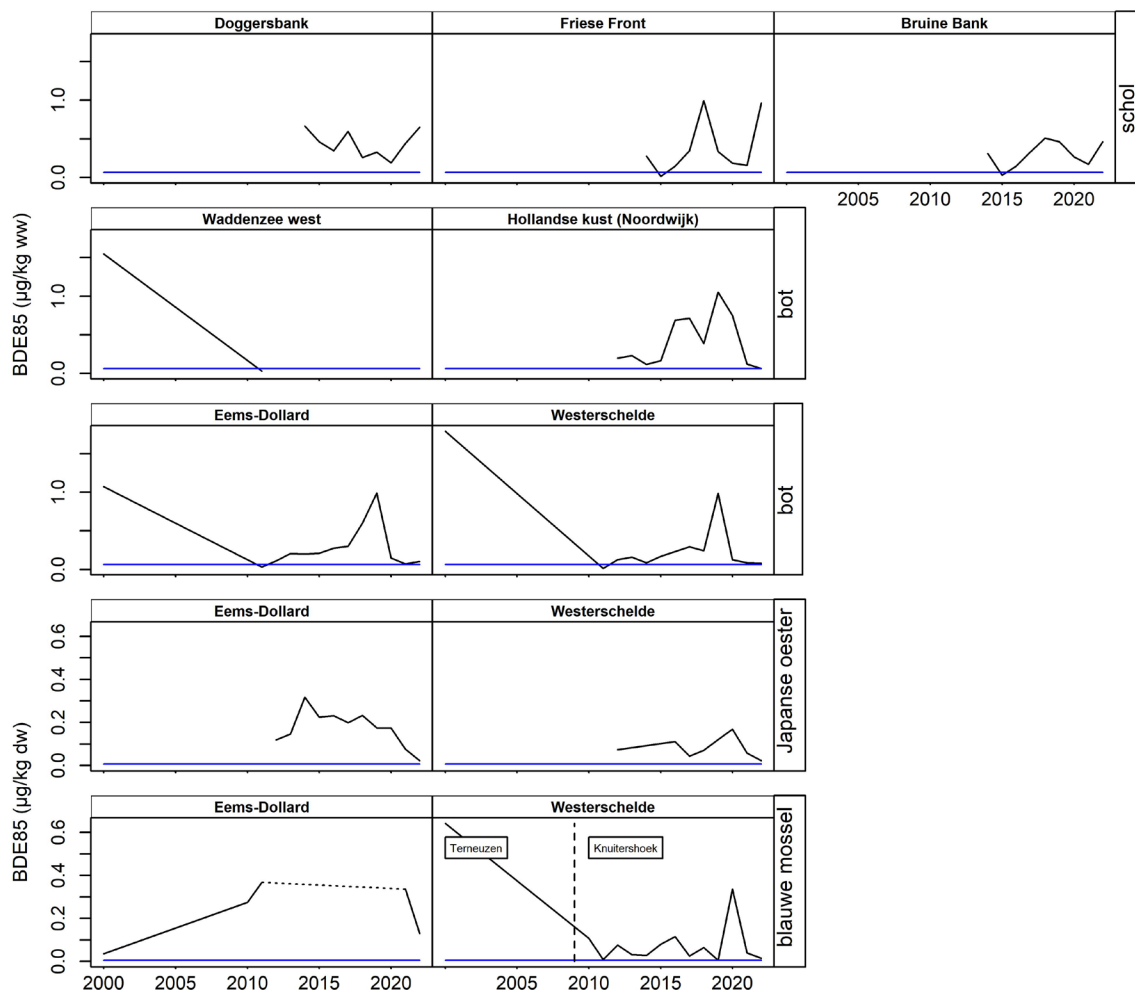
Figuur 44 Gehalten van PBDE47 uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in vislevers (schol en bot) en in schelpdiervlees (Japanse oester en blauwe mossel) uit de passieve biotamonitoring in zoutwater voor OSPAR. Periode 2000 tot en met 2022. Blauwe lijn is de BAC en de oranje lijn is de EAC.

15.1.3 PBDE66



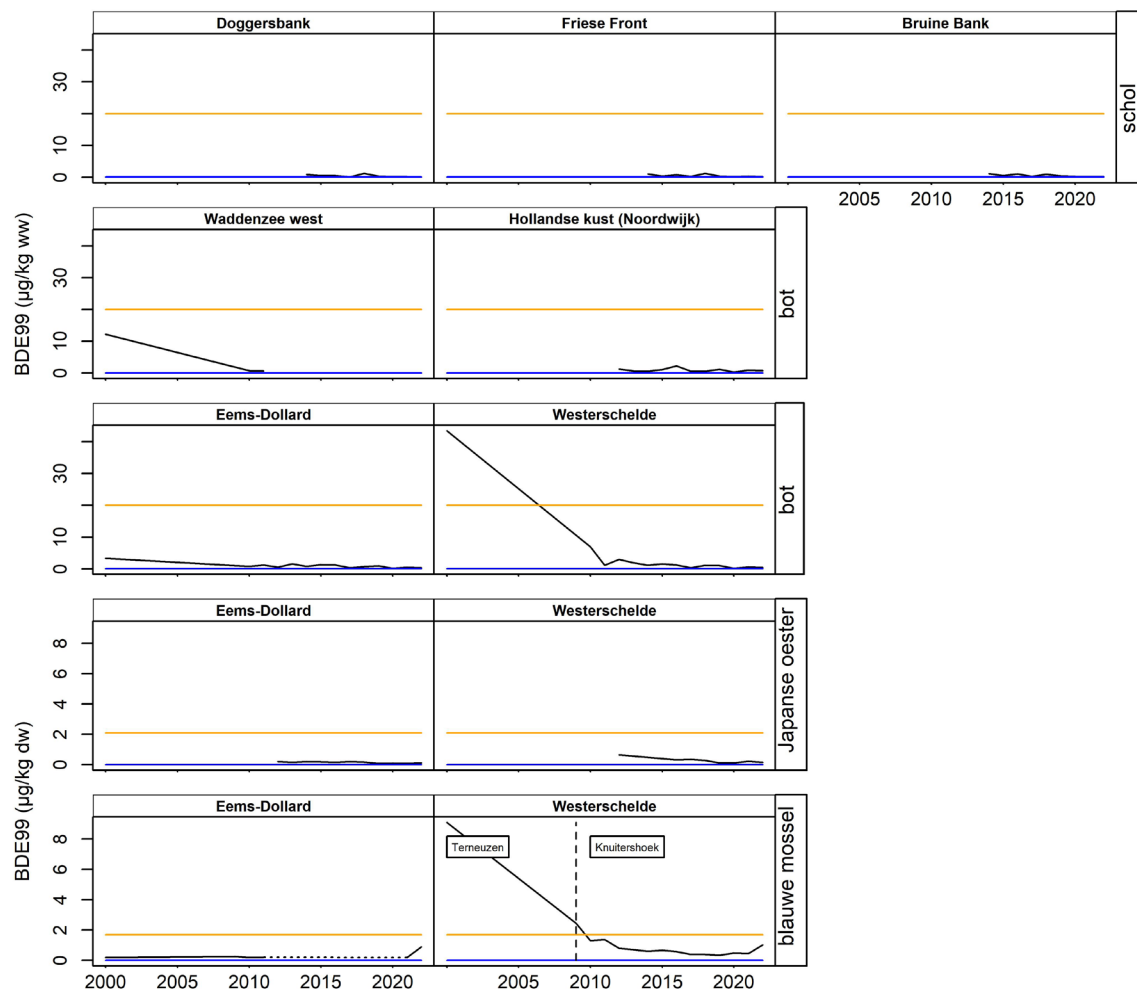
Figuur 45 Gehalten van PBDE66 uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in vislevers (schol en bot) en in schelpdiervlees (Japanse oester en blauwe mossel) uit de passieve biotamonitoring in zoutwater voor OSPAR. Periode 2000 tot en met 2022. Blauwe lijn is de BAC.

15.1.4 PBDE85



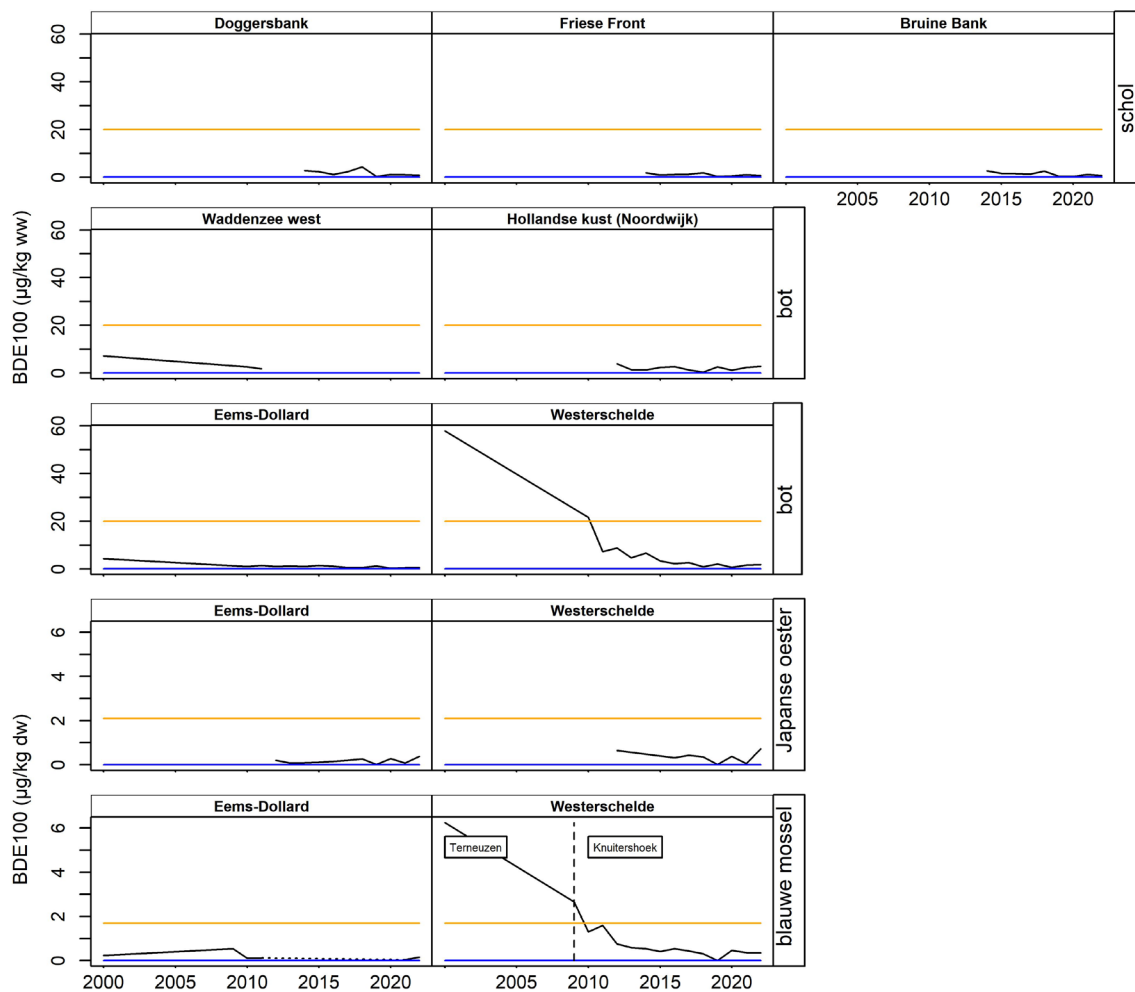
Figuur 46 Gehalten van PBDE85 uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in vislevers (schol en bot) en in schelpdier vlees (Japanse oester en blauwe mossel) uit de passieve biotamonitoring in zoutwater voor OSPAR. Periode 2000 tot en met 2022. Blauwe lijn is de BAC.

15.1.5 PBDE99



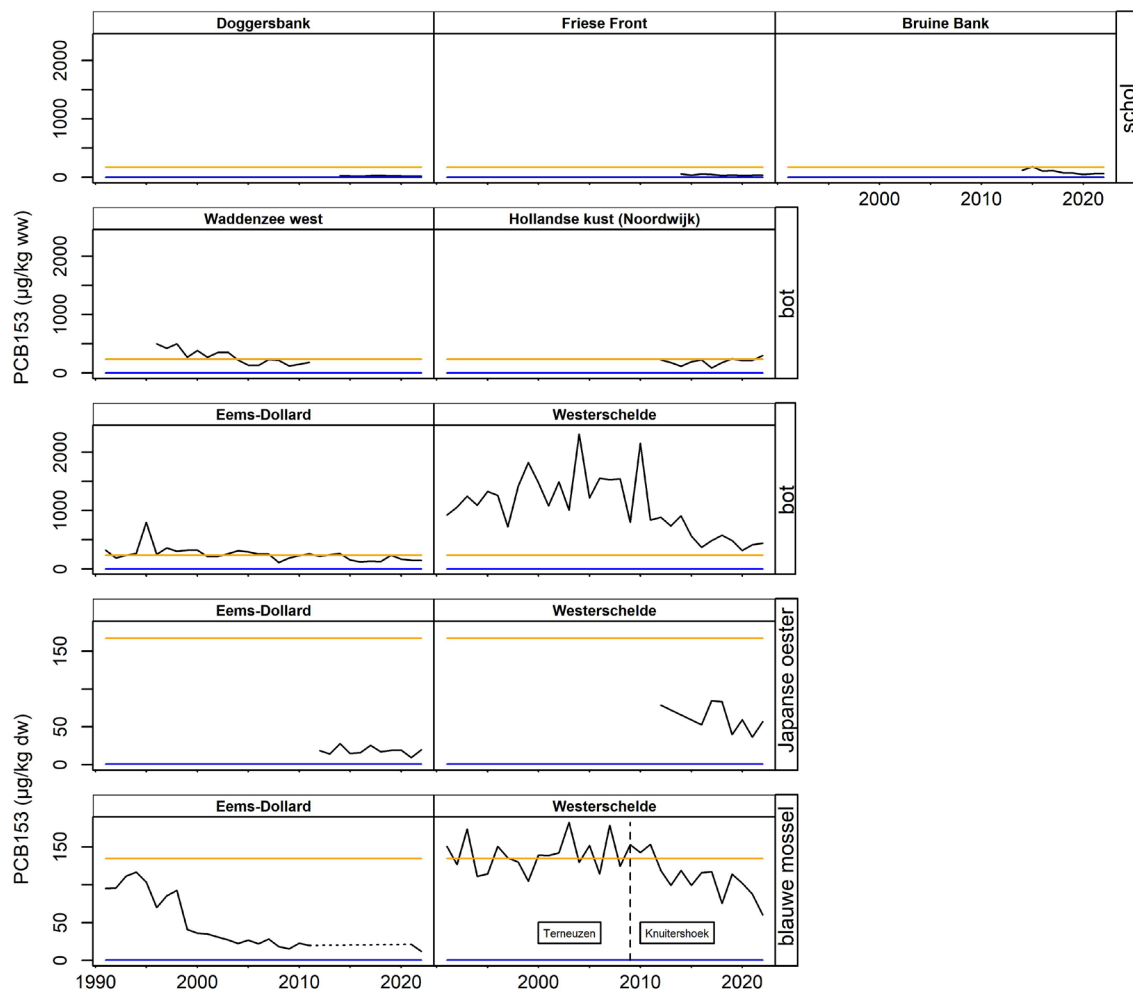
Figuur 47 Gehalten van PBDE99 uitgedrukt op basis van natgewicht gemeten in vislevers (schol en bot) en in schelpdier vlees (Japanse oester en blauwe mossel) uit de passieve biotamonitoring in zoutwater voor OSPAR. Periode 2000 tot en met 2022. Blauwe lijn is de BAC en de oranje lijn is de EAC.

15.1.6 PBDE100



Figuur 48 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 2022. Blauwe lijn is de BAC en de oranje lijn is de EAC.

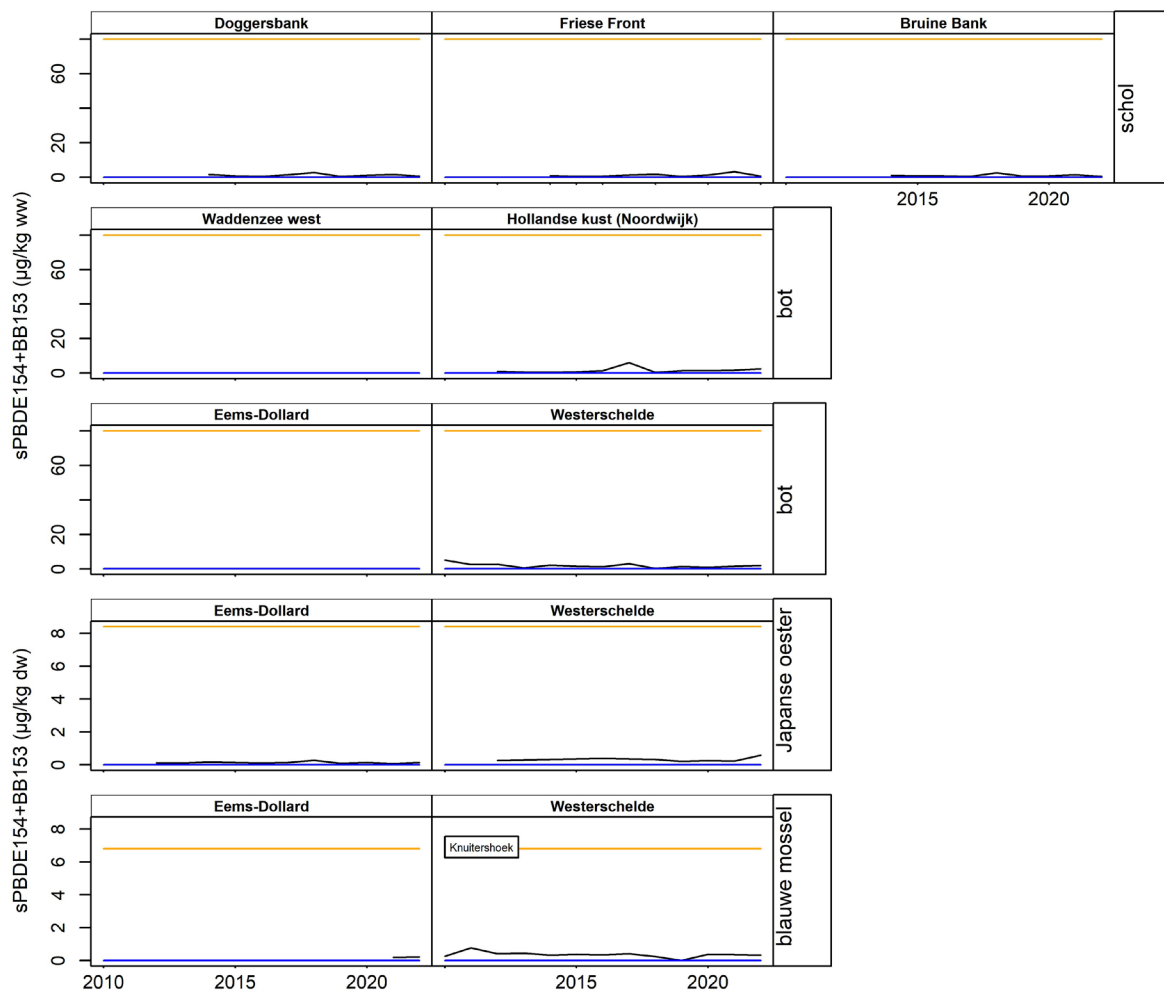
15.1.7 PBDE153



Figuur 49 Gehalten van PBDE153¹⁰ 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 2022. Blauwe lijn is de BAC en de oranje lijn is de EAC.

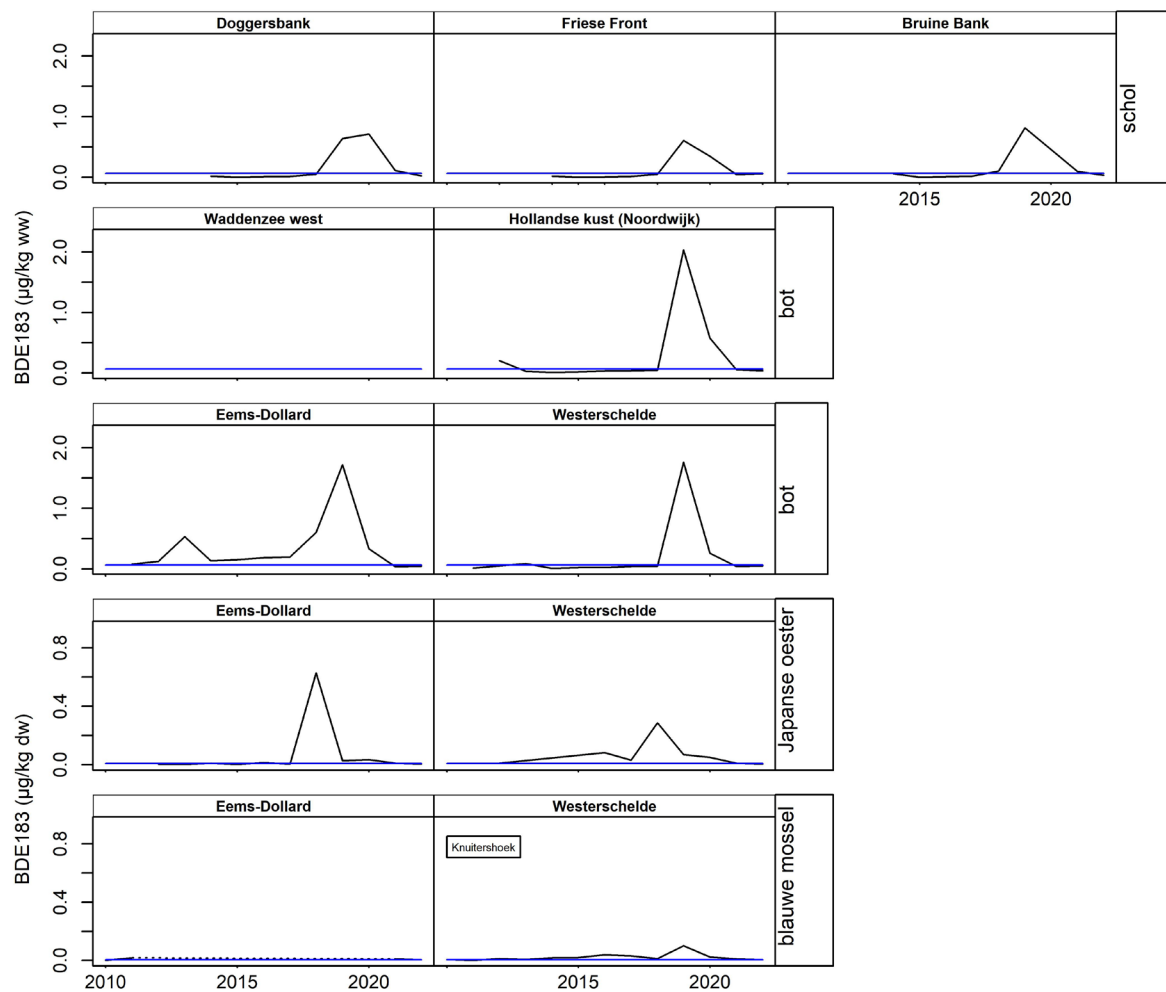
¹⁰ Omdat de analyse van PBDE154 deels overlapt met PBB153 (polybroombifenyl) wordt PBDE154 gerapporteerd als sPBDE154+BB153. Voor de leesbaarheid is in deze rapportage alleen PBDE154 gebruikt.

15.1.8 PBDE154



Figuur 50 Gehalten van PBDE154 (gemeten als sPBDE154+BB153) 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 2010 tot en met 2022. Blauwe lijn is de BAC en de oranje lijn is de EAC.

15.1.9 PBDE183



Figuur 51 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 2010 tot en met 2022. 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'
