



Contaminanten in Chinese wolhandkrab

Resultaten van 2022

L.L. Leenders, L.A.P. Hoogenboom, M.J.J. Kotterman, J.C.W. Rijk en S.P.J. van Leeuwen



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Contaminanten in Chinese wolhandkrab

Resultaten van 2022

L.L. Leenders¹, L.A.P. Hoogenboom¹, M.J.J. Kotterman², J.C.W. Rijk¹, S.P.J. van Leeuwen¹

1 Wageningen Food Safety Research (WFSR)

2 Wageningen Marine Research (WMR)

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Food Safety Research, instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research in opdracht van en gefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoeksthema 'WOT voedselveiligheid, chemische contaminanten' (WOT-02-001-014).

Wageningen, april 2023

WFSR-rapport 2023.006

L.L. Leenders, L.A.P. Hoogenboom, M.J.J. Kotterman, J.C.W. Rijk, S.P.J. van Leeuwen, 2023. *Contaminanten in Chinese wolhandkrab; Resultaten van 2022*. Wageningen, Wageningen Food Safety Research, WFSR-rapport 2023.006. 34 blz.; 6 fig.; 5 tab.; 17 ref.

Projectnummer: 122.72.074.01

BAS-code: WOT-02-001-014

Projecttitel: Monitoring contaminanten in Nederlandse vis en visserijproducten

Projectleider: L.L. Leenders

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/606756> of op <http://www.wur.nl/food-safety-research> (onder WFSR publicaties).

© 2023 Wageningen Food Safety Research, instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research. Hierna te noemen WFSR.

Het is de opdrachtgever toegestaan dit rapport integraal openbaar te maken en ter inzage te geven aan derden. Zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het WFSR is het niet toegestaan:

- a. *dit door WFSR uitgebrachte rapport gedeeltelijk te publiceren of op andere wijze gedeeltelijk openbaar te maken;*
- b. *dit door WFSR uitgebrachte rapport, c.q. de naam van het rapport of WFSR, geheel of gedeeltelijk te doen gebruiken ten behoeve van het instellen van claims, voor het voeren van gerechtelijke procedures, voor reclame of antireclame en ten behoeve van werving in meer algemene zin;*
- c. *de naam van WFSR te gebruiken in andere zin dan als auteur van dit rapport.*

Postbus 230, 6700 AE Wageningen, T 0317 48 02 56, E info.wfsr@wur.nl, www.wur.nl/food-safety-research. WFSR is onderdeel van Wageningen University & Research.

WFSR aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

WFSR-rapport 2023.006

Verzendlijst:

- Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV): G. Mahabir; F.G.E. van den Berg
- Ministerie voor Volksgezondheid, Welzijn en Sport (VWS): A.I. Vilorio Alebesque; N.E. Emmerik
- Nederlandse Voedsel en Warenautoriteit (NVWA): Y.M. Huigen; A.D. van der Linden; E.G. Biesta
- PO IJsselmeer/Vissersbond: R. van Beek
- Sportvisserij Nederland: J. Quak
- RWS Waterdienst: C. Schmidt; A. Houben
- Wageningen Marine Research: M.J.J. Kotterman
- Wageningen Food Safety Research: L.A.P. Hoogenboom; L.L. Leenders; S.P.J. van Leeuwen; J. Meijlis; J.C.W. Rijk
- Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM): A. Bulder; J. van Klaveren
- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO): L.C.M. Gorissen; N. Kamp
- NetVISwerk: J. Visser

Inhoud

Samenvatting	7
1 Inleiding	9
2 Materiaal en methoden	12
2.1 Monstername en voorbewerking	12
2.2 Analyse van dioxines en PCB's	12
2.2.1 Vetextractie	12
2.2.2 Opwerking geëxtraheerd vet met de DexTech	12
2.2.3 Bepaling van dioxines en PCB's	13
2.3 Analyse van PFAS's	13
2.3.1 Extractie	13
2.3.2 Opwerking extract	13
2.3.3 Kwantificering van PFAS's	13
2.4 Analyse van zware metalen	13
2.4.1 Ontsluiting van zware metalen uit matrix	13
2.4.2 Analyse van cadmium, lood, arseen, kwik en nikkel	14
2.5 Kwaliteitszorg	14
3 Resultaten en discussie	15
3.1 Dioxines en PCB's	15
3.2 Trends voor dioxines en PCB's	16
3.3 PFAS's	18
3.4 Trends voor PFAS's	19
3.5 Zware metalen	21
4 Conclusies	22
5 Aanbevelingen	23
Literatuur	24
Bijlage 1 Biologische gegevens	25
Bijlage 2 Resultaten dioxines en PCB's op vetbasis	26
Bijlage 3 Analyseresultaten voor vet, dioxines en PCB's in wolhandkrab	28
Bijlage 4 Resultaten PFAS's in wolhandkrab 2022	30

Samenvatting

In 2022 zijn monsters Chinese wolhandkrab (*Eriocheir sinensis*; hierna wolhandkrab) onderzocht van de locaties Hollands Diep, Maas bij Pernis en Volkerak (Volkeraksluizen). Op deze locaties (behorend tot de zogenaamd gesloten gebieden) is commerciële wolhandkrabvangst verboden. Van de locatie IJsselmeer (Kornwerderzand en Den Oever) kon geen monster verzameld worden omdat onvoldoende wolhandkrab gevangen werd als bijvangst. Evenmin kon er wolhandkrab verzameld worden van andere locaties in het IJsselmeer.

De contaminantgehalten in wolhandkrab zijn vergeleken met voorgaande jaren. Binnen deze studie is bruin vlees uit het lichaam van de wolhandkrab onderzocht. Van vlees uit poten en scharen is uit eerder onderzoek bekend dat dioxine- en polychloorbifenylnyl- (PCB) gehalten niet boven het maximumgehalte (Maximum Level of ML) uitstijgen (mede omdat dit vlees weinig vet bevat), dit is dit jaar wederom bevestigd. Voor vlees uit het lichaam golden geen ML's in 2022. Naast de dioxine- en PCB-gehalten zijn de gehalten aan zware metalen en per- en polyfluoralkylstoffen (PFAS's) onderzocht. Voor zware metalen in witvlees van krabben gelden ML's, maar niet voor het vlees uit het lijf. Voor 4 PFAS's zijn inmiddels ML's vastgesteld voor o.a. spiervlees uit appendages van krabben (EC 1881/2006), maar deze zijn pas op 1 januari 2023 in werking getreden en gelden dus nog niet voor de monsters onderzocht in dit rapport.

In de wolhandkrab die in 2022 is onderzocht varieerden de gehalten in het bruine vlees van 19,2 – 31,0 pg TEQ/g voor de dioxines, 15,5 – 24,5 pg TEQ/g voor de dl-PCB's, 38,4 – 55,5 pg TEQ/g voor de totaal-TEQ en 446 – 642 ng/g voor het totaal aan ndl-PCB's. De wolhandkrab gevangen op de locatie Maas, Pernis was het sterkst gecontamineerd, die van locatie Volkerak (Volkeraksluizen) had de laagste gehalten voor totaal-TEQ. De trendgrafieken van de dioxine-TEQ, PCB-TEQ en totaal-TEQ-gehalten voor de locaties Maas bij Pernis en Volkerak (Volkeraksluizen) zijn stabiel binnen een bandbreedte van 20-30% (op basis van 4 jaren), terwijl de gehalten in wolhandkrab van Hollands Diep wat meer variatie laten zien. In het vlees uit poten en scharen (witte vlees) varieerden de gehalten van 0,22 – 0,73 pg TEQ/g voor de dioxines, 0,15 – 0,59 pg TEQ/g voor de dl-PCB's, 0,39 – 1,31 pg TEQ/g voor de totaal-TEQ en 4,7 – 16,1 ng/g voor het totaal aan ndl-PCB's. Hiermee voldoen alle gehalten in het witte vlees op alle drie de locaties aan de gestelde ML's.

De aanwezigheid van zeven verschillende PFAS's is aangetoond. Σ PFAS-gehalten in het bruine vlees variëren van 7,8 – 13,2 μ g/kg product. PFOS domineert het profiel met een bijdrage aan de som van ongeveer 50-60%. PFAS-gehalten in wolhandkrab van locatie Volkerak (Volkeraksluizen) waren het hoogst en op locatie Hollands Diep het laagst, vergelijkbaar met voorgaande jaren. In het witte vlees zijn zes verschillende PFAS's aangetoond, Σ PFAS-gehalten variëren van 2,4 – 4,2 μ g/kg product. PFOS zorgt voor een bijdrage aan de som van ongeveer 30%, gevolgd door PFTeDA met 15-30%.

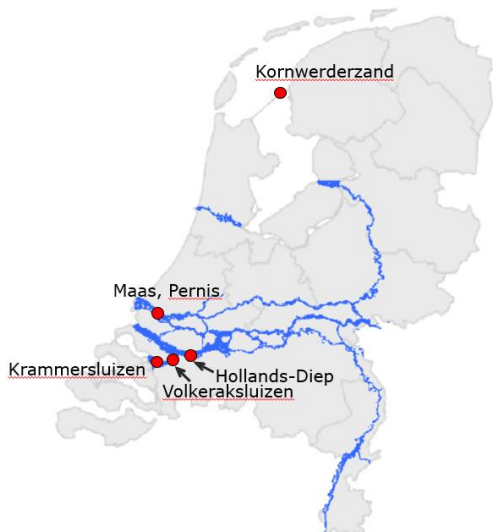
Wat betreft de zware metalen in bruin vlees varieerden de gehalten als volgt: 0,43 – 0,68 mg/kg voor nikkel; 1,3 – 1,6 mg/kg voor arseen; 0,13 – 0,22 mg/kg voor cadmium; 0,019 – 0,028 mg/kg voor kwik en 0,035 – 0,082 mg/kg voor lood. De gehalten in wolhandkrab van de locatie Hollands Diep zijn wat hoger dan van de andere twee locaties. In de appendages varieerden de gehalten als volgt: 0,050 mg/kg voor nikkel; 0,45 – 0,72 mg/kg voor arseen; <0,0091 mg/kg voor cadmium; 0,052 – 0,062 mg/kg voor kwik en 0,031 – 0,058 mg/kg voor lood. Hiermee voldoen alle gehalten aan de gestelde ML's voor dit vlees.

1 Inleiding

Chinese wolhandkrab (*Eriocheir sinensis*, hierna aangeduid als 'wolhandkrab') wordt in Nederland commercieel bevestigd. De vangst heeft een piekseizoen in de trektijd van dit organisme lopend van september tot en met december (Bakker en Zaalmlink 2012; Kotterman et al. 2012): de wolhandkrab trekt dan uit het hele achterland, inclusief de stroomgebieden van de rivieren Maas en Rijn, richting de zee om in de winter in zout water te paaien. De wolhandkrab die tijdens deze trek gevangen wordt kan dus afkomstig zijn van zeer verschillende locaties.

Uit onderzoek blijkt dat wolhandkrab gecontamineerd is met o.a. dioxines, polychloorbifenylen (PCB's), perfluoralkylverbindingen (PFAS's) en zware metalen. Dit werd duidelijk uit eerdere studies uitgevoerd in het Verenigd Koninkrijk en vervolgens Nederland (Clark et al. 2009; Hoogeboom et al. 2015; Brust et al. 2018; van Leeuwen et al. 2019; Leenders et al. 2020, 2021, 2022). De contaminatie van het vlees uit de scharen en poten met dioxines en PCB's is beperkt en dat vlees voldoet in alle gevallen aan de Europese maximumgehalten (maximum levels of ML's), ook in geval van wolhandkrab uit sterk gecontamineerde wateren. Reden hiervoor is o.a. het zeer lage vetgehalte in het vlees uit de poten en scharen. Het vlees uit het lijf (vaak aangeduid als het bruine vlees) bevat veel vet, met name de hepatopancreas. De lipofiele contaminanten hopen dan ook voornamelijk op in het vlees uit het lijf. Bij wolhandkrab wordt al het vlees uit appendages en uit het lijf geconsumeerd en dit vormt een risico voor de consument. Eerdere onderzoeken waren vooral gericht op dioxines en PCB's en zware metalen. Naast surveys naar gehalten in wolhandkrab van diverse locaties is ook onderzocht of gehalten gedurende het seizoen sterk variëren en of de grootte van de wolhandkrab invloed heeft (Kotterman et al. 2015).

Het stroomgebied van de grote rivieren is sinds 2011 gesloten voor visserij op aal en wolhandkrab (Figuur 1). Voor wolhandkrab worden jaarlijks een aantal trendlocaties bemonsterd. Dit betreft het Hollands-Diep, de Nieuwe Maas bij Pernis, de Volkeraksluizen en het IJsselmeer bij de sluizen van de afsluitdijk (Kornwerderzand). Aanvullend worden regelmatig andere locaties bemonsterd. De monsters van al deze locaties worden o.a. op dioxines en PCB's, PFAS's en zware metalen onderzocht. Zo kan de overheid de ontwikkeling van de gehalten op de diverse locaties monitoren. In de periode dat de wolhandkrab trekt om te paaien – in het najaar – kan hij goed gevangen worden en (mits toegestaan) aangeboden worden op de markt. Er is gekozen om als trendlocaties de belangrijkste uittrekgebieden te selecteren. Daarmee wordt ook het achterliggende stroomgebied afgedekt. In dit rapport wordt de monitoring van een aantal (trend-) locaties, gemarkeerd in Figuur 1, beschreven. Een uitgebreide achtergrondbeschrijving van wolhandkrab, de contaminatie en de consumptie is te vinden in eerdere rapporten over dit onderwerp (Bakker en Zaalmlink 2012; Kotterman et al. 2015).



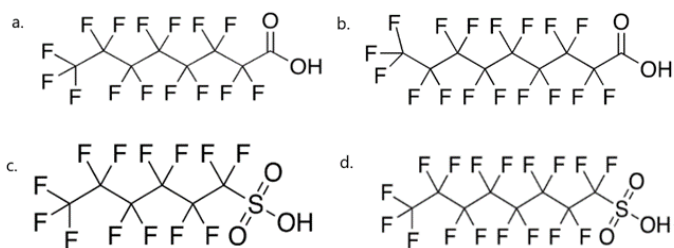
Figuur 1 Overzicht van beoogde bemonsteringslocaties voor monitoring van wolhandkrab. De blauw gemarkeerde wateren betreffen gebieden die sinds 2011 gesloten zijn voor visserij op aal en wolhandkrab. Sindsdien zijn aanvullende locaties gesloten voor visserij¹.

In 2019 heeft NVWA BuRO een risicobeoordeling uitgevoerd met betrekking tot de consumptie van wolhandkrab (NVWA BuRO, 2019). Hierin zijn een aantal risicoscenario's t.a.v. blootstelling aan dioxines en dl-PCB's beoordeeld. De conclusie luidde dat wanneer de door de Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid (EFSA) in 2018 afgeleide TWI van 2 pg TEQ per kg lichaamsgewicht per week gehanteerd wordt, er geen ruimte is voor consumptie van wolhandkrab, omdat de achtergrondblootstelling al hoger is dan de referentiewaarde. In dat geval zijn gezondheidseffecten als gevolg van consumptie van wolhandkrab (evenals andere hoger gecontamineerde voedingsmiddelen) niet uit te sluiten. Er golden in 2022 echter nationaal en internationaal geen ML's voor contaminanten in het vlees uit het lijf (bruine vlees) van wolhandkrabben. Er zijn wel ML's voor de gehalten in het vlees uit de appendages (wit vlees uit poten en scharen), maar eerdere studies lieten zien dat deze ML's niet overschreden worden in de wolhandkrab van de diverse locaties. Dit is in 2022 ter controle nogmaals onderzocht.

PFAS's betreffen een groep van stoffen van (volledig) gefluoreerde verbindingen. Er zijn duizenden verbindingen bekend, met uiteenlopende chemische structuren (ketenlengte, functionele groepen etc.) (Buck et al. 2011). De twee bekendste PFAS's zijn perfluorooctaanzuur (PFOA) en perfluorooctaansulfonaat (PFOS), beiden weergegeven in Figuur 2. Een aantal andere PFAS's zijn weergegeven in Tabel 1; deze hebben een vergelijkbare functionele groep maar een verschillende koolstofketenlengte. Een aantal PFAS's komt in ons voedsel voor (Noorlander et al. 2011), inclusief een breed scala aan vissen, schaal- en schelpdieren (Zafeiraki et al. 2019). In 2022 werd er onderzoek gedaan naar zeegroenten, vis, schaal- en schelpdieren in de Westerschelde, vanwege de aanwezigheid van een PFAS-producerende fabriek in Antwerpen, die PFAS's geloosd heeft in de rivier de Schelde² (van den Heuvel – Greve et al. 2022).

¹ <http://wetten.overheid.nl/BWBR0024539/2015-09-22#Opschrift>. Bijlage 15 en 16.

² <https://www.zeeland.nl/milieu/pfas/pfas-actueel>



Figuur 2 Chemische structuur van de EFSA-4 PFAS's: a. PFOA, b. PFNA, c. PFHxS en d. PFOS.

De EFSA heeft in 2020 een nieuwe TWI afgeleid van 4,4 ng/kg lg per week voor de som van PFOA, PFNA, PFHxS en PFOS op basis van effecten op het immuunsysteem bij de mens. Voor andere PFAS's ontbraken data voor effecten op het immuunsysteem en andere effecten treden pas op bij veel hogere doseringen. EFSA berekende ook dat een groot deel van de Europese bevolking de veilig geachte inname overschrijdt. Daarbij is vis één van de belangrijkste bronnen. Voor PFAS's zijn daarom door de EC en de lidstaten ML's voor de EFSA-4 PFAS's (PFOA, PFNA, PFHxS en PFOS, zie Figuur 2) in o.a. vis en schaal- en schelpdieren vastgesteld in het kader van EC 1881/2006 die in werking treden op 1 januari 2023. Voor wolhandkrab gelden die ML's alleen voor spiervlees uit de poten en scharen, zie Tabel 1.

In dit rapport worden de resultaten van wolhandkrab, gevangen in 2022, beschreven. De monsters zijn onderzocht op dioxines, PCB's, PFAS's en zware metalen, in zowel het vlees uit het lijf (bruine vlees) als het vlees uit poten en scharen (wit vlees).

Tabel 1 Overzicht van enkele bekende PFAS's. Componenten met een * horen bij de EFSA-4 PFAS's.

Afkorting	Component	ML's geldend voor wolhandkrab (vlees uit poten en scharen) per 1 januari 2023 (µg/kg)
Zuren:		
PFBA	Perfluorobutaanzuur	
PFPeA	Perfluoropentaanzuur	
PFHxA	Perfluorohexaanzuur	
PFHpA	Perfluoroheptaanzuur	
PFOA*	Perfluorooctaanzuur	0,70
PFNA*	Perfluorononaanzuur	1,0
PFDA	Perfluorodecaanzuur	
PFUnDA	Perfluoroundecaanzuur	
PFDoDA	Perfluorododecaanzuur	
PFTTrDA	Perfluorotridecaanzuur	
PFTeDA	Perfluorotetradecaanzuur	
Sulfonaten:		
PFBS	Perfluorobutaansulfonzuur	
PFHxS*	Perfluorohexaansulfonzuur	1,5
PFHpS	Perfluoroheptaansulfonzuur	
PFOS*	Perfluorooctaansulfonzuur	3,0
PFDS	perfluorodecaansulfonzuur	
Overig:		
GenX (HFPO-DA)	Perfluor-2-propoxypropaanzuur	
Som PFOA, PFNA, PFHxS, PFOS (lb)		5,0

2 Materiaal en methoden

2.1 Monstername en voorbereiding

Voor dit onderzoek is gekozen voor vangstlocaties binnen de voor de wolhandkrabvisserij gesloten gebieden (zie Figuur 1). In 2022 is bemonsterd bij de vangstlocaties Hollands-Diep, Maas bij Pernis en Volkerak (Volkeraksluizen). Voor de vangst werd gebruik gemaakt van beroepsvisserij. In de gesloten gebieden vissen zij onder de vergunning van WMR, waarbij de locatie, vistuig en visserijdagen strak zijn geregeld. WMR was fysiek aanwezig bij elke leging van de fuiken. De locaties waar de wolhandkrab wordt verzameld, gedurende welke periode en voor hoe lang is daarom ook strak geregeld.

De vangstgegevens, inclusief biologische gegevens van de vangst zijn weergegeven in Bijlage 1. Als ondergrens werd een gewicht van 80 gram gehanteerd. Hoewel de grootte-range van de geselecteerde krab vergelijkbaar was voor de 3 locaties, zat er wel wat variatie in het gemiddelde, waarbij Hollands Diep het laagste gemiddelde had.

2.2 Analyse van dioxines en PCB's

2.2.1 Vetextractie

De door WMR aangeleverde mengmonsters werden gehomogeniseerd met behulp van een ultraturrax. Uit het gemalen mengmonster werd het vet geëxtraheerd en het percentage vet bepaald. Hiervoor werd 10 gram gemalen vlees overgebracht in een 500 ml fles waar een mix van ¹³C-gelabelde interne standaarden, 15 ml verzadigde natriumchloride oplossing, 100 ml iso-propanol en 120 ml cyclohexaan aan toegevoegd werd. Na homogenisatie en het toevoegen van 130 ml water werden de monsters gecentrifugeerd. Het organische extract werd afgescheiden, gefiltreerd over een trechter met natriumsulfaat en opgevangen in een vooraf gewogen kolf. De extractie werd tweemaal herhaald met 120 ml cyclohexaan. De cyclohexaanfase werden na centrifugeren gefiltreerd bij de voorgaande cyclohexaanfase in de vooraf gewogen kolf gevoegd. Het oplosmiddel (hexaan) werd met een rotorvapor verdampt, waarna het geëxtraheerde vet gedurende 1 nacht bij 60°C werd gedroogd. Na drogen werd het geëxtraheerde vet gewogen en het vetpercentage (extraheerbaar vet) kwantitatief bepaald.

2.2.2 Opwerking geëxtraheerd vet met de DexTech

Na de vetextractie en het bepalen van het vetpercentage werd het vet opgelost in 15 ml hexaan. Vervolgens werd het monster gezuiverd door gebruik te maken van een DexTech systeem. Dit is een geautomatiseerd instrument dat gebruik maakt van drie zuiveringskolommen. Ten eerste gaat het vet door een zure-silicakolom met zilvernitraat, waar het vet geoxideerd en verwijderd wordt en waar onzuiverheden worden neergeslagen. Vervolgens wordt het eluaat over een aluminiumoxide-kolom geleid, die wordt gebruikt om de interfererende componenten uit het eluaat te verwijderen. De laatste kolom die gebruikt wordt is een koolkolom. Het eluaat dat door de koolkolom elueert, bevat de mono-ortho gesubstitueerde en ndl-PCB's (fractie 'A'). De koolkolom wordt vervolgens in een 'reversed' mode gespoeld om de dioxines en non-ortho gesubstitueerde PCB's in een tweede fractie op te vangen (fractie 'B'). Aan beide fracties werden injectiestandaarden toegevoegd. Voor de analyse van mono-ortho gesubstitueerde en ndl-PCB's werd fractie 'A' geconcentreerd tot een eindvolume van 5 ml. Fractie 'B' (dioxines en non-ortho gesubstitueerde PCB's) werd uiteindelijk geconcentreerd tot een eindvolume van 0,5 ml.

2.2.3 Bepaling van dioxines en PCB's

Een aliquot van fractie 'A' en 'B' werd achtereenvolgens met gaschromatografie-hoge resolutie massaspectrometrie (GC/HRMS) geanalyseerd. De GC (Agilent 7890B of Thermo trace 1310) was voorzien van een 60 meter capillaire kolom (DB-5-MS, ID=0,25 mm). Voor de detectie werd een "Waters – Autospec Premier" of een "Thermo – DFS Magnetic Sector" HRMS gebruikt. De apparatuur werd zodanig afgesteld dat de resolutie minimaal 10,000 eenheden was. Van zowel de natieve als de ¹³C-gelabelde congenereën werden twee ionen gemeten en gekwantificeerd.

2.3 Analyse van PFAS's

2.3.1 Extractie

Van het gemalen monster wolhandkrab werd 1 gram afgewogen in een kunststof buis van 50 ml waaraan een mix van ¹³C-gelabelde interne standaarden werd toegevoegd. Na toevoeging van 2 ml 200 mM natriumhydroxide voor alkalische digestie werden de componenten geëxtraheerd met 10 ml methanol. Na extractie werd er 100 µl mierenzuur toegevoegd. Na centrifugeren werd het supernatant overgeschonken in een schone kunststof buis en werd daaraan 25 ml Milli-Q water toegevoegd.

2.3.2 Opwerking extract

Het extract werd gezuiverd met solid-phase extractie (SPE). De SPE cartridges (Strata-X-AW, Phenomenex) werden geconditioneerd met 8 ml methanol en 8 ml 0,04 M zoutzuur in Milli-Q water. Na toevoeging van het extract werd de SPE kolom achtereenvolgens gewassen met 5 ml natriumacetaat buffer pH 4 en 3 ml 0,04 M zoutzuur in methanol. De PFAS's werden van de cartridge geëluëerd met 5 ml 2% ammoniumhydroxide in acetonitril. Na droogdampen van het eluaat onder een stikstofstroom werd het residu opgelost in acetonitril. Na toevoeging van de mobiele fase van de vloeistofchromatograaf (LC) (2 mM ammoniumacetaat in Milli-Q water) en een injectiestandaardenmix (¹³C₈-PFOA en ¹³C₈-PFOS) werd de oplossing via een filter overgebracht in een LC-vial.

2.3.3 Kwantificering van PFAS's

De monsteroplossingen werden met LC-tandem massaspectrometrie (LC-MS/MS) geanalyseerd. De LC (Waters) was voorzien van een reversed-phase kolom (Waters Acquity UPLC BEH C₁₈, 50 mm x 2,1 mm i.d., 1,7 µm deeltjes). De componenten werden gescheiden met een gradiënt van 2 mM ammoniumacetaat in Milli-Q water en acetonitril. Eventuele PFAS's vanuit het LC-systeem werden vertraagd over een isolatorkolom (Waters Symmetry C₁₈, 50 mm x 2,1 mm i.d., 5 µm deeltjes) zodat ze niet tegelijk met de PFAS's vanuit de monsteroplossingen werden gedetecteerd. Voor detectie werd een "Sciex QTRAP6500" MS/MS gebruikt, waarbij zowel de natieve als ¹³C-gelabelde verbindingen met behulp van specifieke massaovergangen werden gedetecteerd.

2.4 Analyse van zware metalen

2.4.1 Ontsluiting van zware metalen uit matrix

Voor zware metalen analyses (cadmium, lood, arseen, kwik en nikkel) werden de mengmonsters wolhandkrab bij kamertemperatuur gehomogeniseerd. Vervolgens werd 0,25 – 0,5 gram monster ontsloten door het met 3 ml salpeterzuur (70%) en 1 ml waterstofperoxide (30%) in een afgesloten destructievaatje te verhitten in een magnetronoven. Na ontsluiting werden de monsters overgebracht in een maatkolf van 50 ml en aangevuld met Milli-Q water.

2.4.2 Analyse van cadmium, lood, arseen, kwik en nikkel

De bepaling van de gehalten cadmium, lood, arseen, kwik en nikkel werd uitgevoerd met behulp van een inductief gekoppelde plasma massaspectrometer (ICP-MS). De elementen die in de ontsloten monsters aanwezig waren, werden in het plasma geïoniseerd, waarna de verschillende isotopen gedetecteerd werden door de massaspectrometer. De elementgehalten werden gekwantificeerd tegen een kalibratiecurve met gebruik van rhodium en thallium als interne standaarden. De gehalten cadmium, kwik en lood werden bepaald in de standaard modus met behulp van de isotopen ^{111}Cd , ^{202}Hg en ^{208}Pb . Arseen en nikkel werden gemeten in de KED (kinetic energy discrimination) modus waarbij gebruik gemaakt werd van helium als botsingsgas om interferenties op isotopen ^{75}As en ^{60}Ni te verwijderen.

2.5 Kwaliteitszorg

WMR IJmuiden beschikt over een ISO 9001:2008 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer 187378-2015-AQ-NLD-RvA). De methodes van WFSR voor de analyse van dioxines en (n)dl-PCB's, alsmede de methode voor PFAS's en zware metalen zijn geaccrediteerd (Raad van Accreditatie (RvA), L014) volgens ISO 17025. De methodes worden geborgd door analyse van gecertificeerde referentiematerialen, deelname aan diverse ringonderzoeken en de analyse (in elke batch monsters) van blanco's, gebruik van interne standaarden en recovery experimenten. Daarnaast is WFSR het nationaal referentie laboratorium voor analyse van dioxines en (n)dl-PCB's, PFAS's en andere POP's en zware metalen in voeding en diervoeders.

3 Resultaten en discussie

3.1 Dioxines en PCB's

De resultaten van de analyses van monsters vlees uit het lijf staan vermeld in Tabel 2. Zie Bijlage 2 voor de resultaten op vetbasis en Bijlage 3 voor de uitgebreide analysegegevens.

Tabel 2 Gehalten van dioxines en PCB's in wolhandkrab (vlees uit het lijf) bemonsterd in 2022. Resultaten zijn uitgedrukt op productbasis. Alle locaties betreffen gesloten gebied.

WFSR nr.	WMR nr. 2022/	Vangstlocatie	Vet (%)	PCDD/F-TEQ (ub)* (pg/g)	dl-PCB-TEQ (ub)* (pg/g)	Totaal TEQ (pg/g)	Totaal ndl-PCB's (ub) (ng/g)
200676905	4727	Maas, Pernis	9,1	31,0	24,5	55,5	642
200676906	4828	Volkerak, Volkeraksluizen	16,2	22,9	15,5	38,4	446
200676907	4626	Hollands Diep	16,0	19,2	22,3	41,5	635

* gebaseerd op WHO2005-TEF's; upperbound (ub) gehaltenes.

De meest gecontamineerde wolhandkrab was afkomstig uit de Maas bij Pernis. De gehalten in het Volkerak en het Hollands Diep liggen in dezelfde lijn als in voorgaande jaren (Brust et al. 2018; van Leeuwen et al. 2019; Leenders et al. 2020, 2021, 2022). Niettemin variëren de gehalten van jaar tot jaar, o.a. doordat de wolhandkrab gevangen wordt op het moment dat hij migreert. De wolhandkrab kan daardoor afkomstig zijn van een andere locatie dan in de voorgaande jaren.

Uit eerder onderzoek bleek dat vlees uit poten en scharen, ook bij zwaar gecontamineerde krabben, ruim voldoet aan de geldende maximum gehalten voor dioxine-TEQ, totaal-TEQ en totaal-ndl-PCB's. Omdat vlees uit poten en scharen al een aantal jaar niet meer onderzocht was, is dit in 2022 weer gedaan. De resultaten van de analyses van vlees uit poten en scharen staan vermeld in Tabel 3.

Tabel 3 Gehalten van dioxines en PCB's in wolhandkrab (vlees uit poten en scharen) bemonsterd in 2022. Resultaten zijn uitgedrukt op productbasis. Alle locaties betreffen gesloten gebied.

WFSR nr.	WMR nr. 2022/	Vangstlocatie	Vet (%)	PCDD/F-TEQ (ub)* (pg/g)	dl-PCB-TEQ (ub)* (pg/g)	Totaal TEQ (pg/g)	Totaal ndl-PCB's (ub) (ng/g)
200676908	4870	Maas, Pernis	0,39	0,73	0,59	1,31	16,1
200676909	4871	Volkerak, Volkeraksluizen	0,52	0,30	0,15	0,45	4,7
200676910	4869	Hollands Diep	0,40	0,22	0,18	0,39	5,3

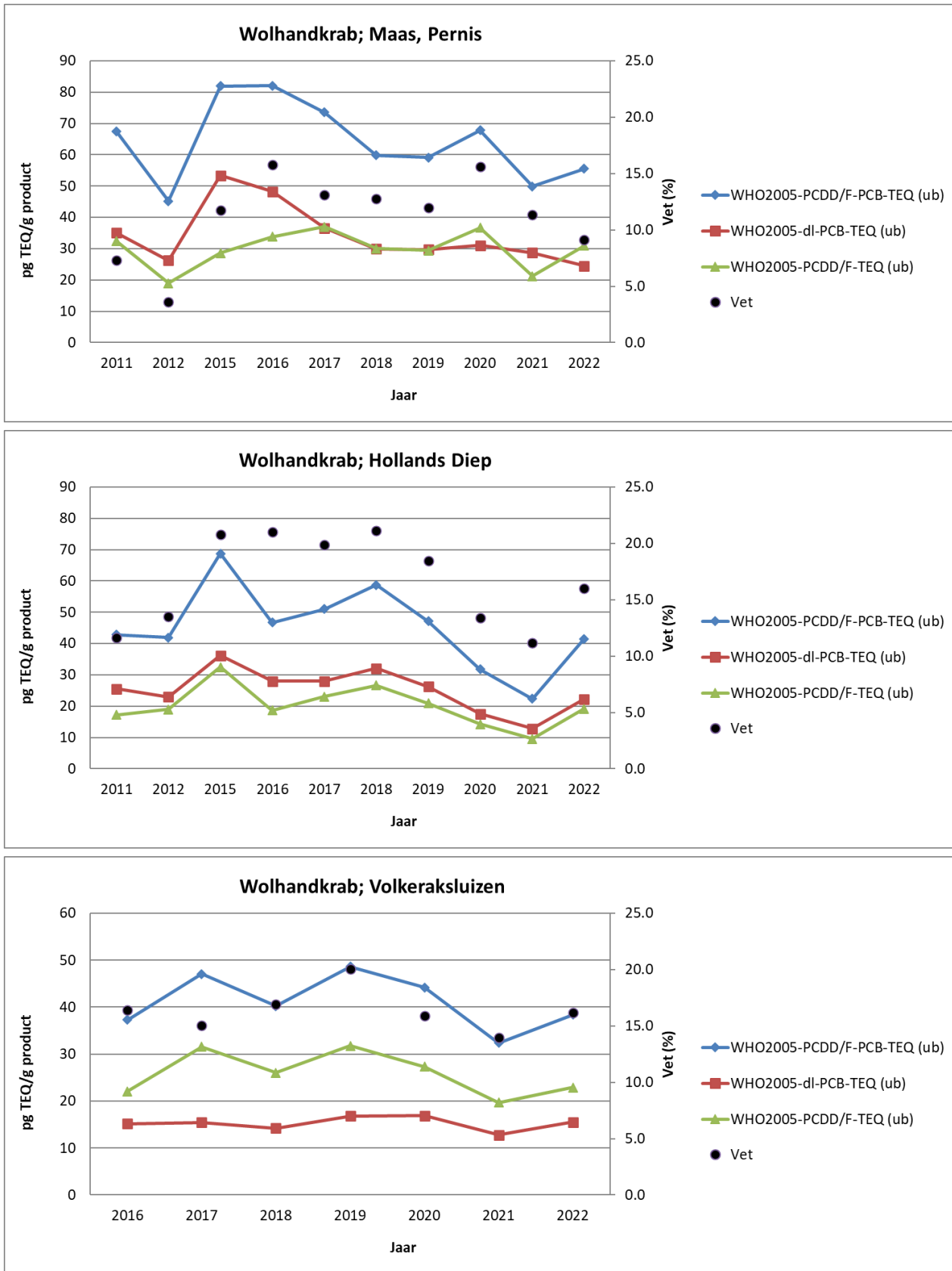
* gebaseerd op WHO2005-TEFs; upperbound (ub) gehaltenes.

De gevonden gehalten in vlees van poten en scharen op alle locaties voldoet ruim aan de maximum gehalten voor dioxine-TEQ (3,5 pg/g), totaal-TEQ (6,5 pg/g) en totaal-ndl-PCB's (75 ng/g).

3.2 Trends voor dioxines en PCB's

In dit rapport zijn, net als in voorgaande jaren, figuren gemaakt van de trends van vetgehalte, en gehalten van dioxines en PCB's in het vlees uit het lijf. Daarmee is het mogelijk om de gehalten door de tijd heen te volgen en te evalueren. Het is bij de evaluatie van trends belangrijk om te realiseren dat wolhandkrab gevangen wordt op het moment van de trektijd; de wolhandkrab kan dus van diverse locaties stroomopwaarts komen. Dit in tegenstelling tot de rode aal, waarvan bekend is dat die op het moment van vangst voor het monitoringsprogramma, een lokale oorsprong heeft. Het gevolg hiervan is dat er bij wolhandkrab mogelijk meer variatie in de gehalten zit in de opeenvolgende jaren.

In Figuur 3 zijn de trends voor de in 2022 bemonsterde locaties weergegeven. In 2022 kon geen monster van de locatie IJsselmeer (sluizen van Den Oever of Kornwerderzand) verkregen worden. Daarom is van die locatie hieronder geen trendgrafiek weergegeven.



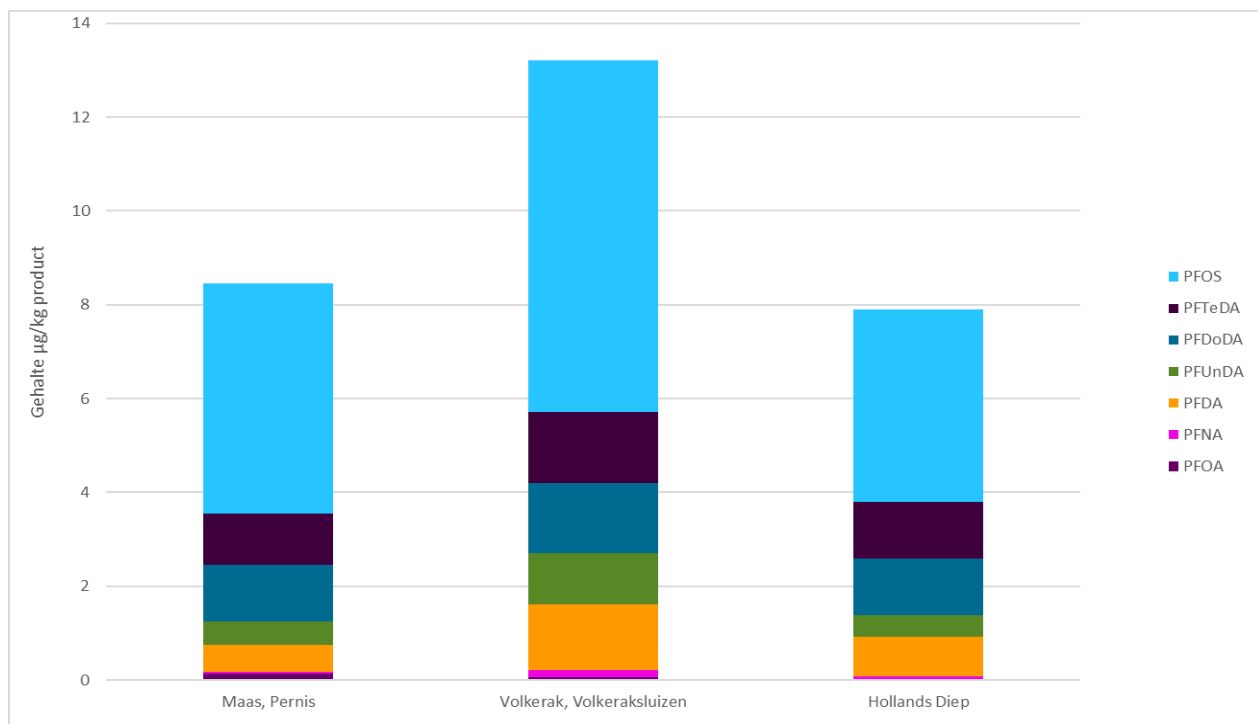
Figuur 3 Trends van gehalten dioxines, dl-PCB's, totaal-TEQ en vet in wolhandkrabvlees uit het lijf. De jaartallen zijn niet altijd aansluitend; soms omdat dat jaar niet bemonsterd is op die locatie, of omdat geen goed monster verkregen werd. Resultaten zijn uitgedrukt op productbasis.

De trendgrafieken laten een variatie zien binnen een bandbreedte van ongeveer 20-30% over de laatste jaren voor de locaties Maas (Pernis) en Volkeraksluizen. Dat geldt voor zowel de gehalten van dioxine-TEQ, dl-PCB-TEQ, totaal-TEQ, maar ook voor het vetgehalte en de bijdrage van dioxines of dl-PCB's aan de totaal-TEQ. Bij het Hollands Diep is de variatie groter omdat de contaminantgehalten in 2020 en 2021 substantieel lager waren dan in de jaren daarvoor. Ook het vetgehalte op die locatie was in 2020 en 2021 lager. In 2022 waren de contaminantgehalten en het vetgehalte weer wat hoger. De verhouding tussen de dioxine-TEQ en de dl-PCB-TEQ is wel redelijk constant over de jaren heen, dus het zal vermoedelijk voornamelijk om natuurlijke variatie gaan.

De totaal-TEQ-gehalten in het Volkerak waren de afgelopen jaren hoger dan het naastgelegen Hollands Diep, mogelijk omdat er door de Volkeraksluizen weinig uittrek is vanuit het Hollands Diep, maar in 2022 zijn deze gehalten nagenoeg gelijk. Verder valt op dat op de locatie Hollands Diep de bijdrage van de dl-PCB's aan het totaal-TEQ-gehalte iets hoger is dan de dioxines, terwijl op de locatie in het Volkerak, de dioxine-TEQ het totaal-TEQ-gehalte domineert. Dit suggereert wederom dat de wolhandkrab gevangen in het Volkerak een andere herkomst heeft dan die uit het Hollands Diep, mogelijk omdat die jaarlijks dezelfde migratieroute volgen. Waar vorig jaar op locatie Maas bij Pernis de dioxine-TEQ weer wat lager was dan de dl-PCB-TEQ nadat deze jaren nagenoeg gelijk waren, is het dit jaar omgekeerd en is de dioxine-TEQ weer wat hoger dan de dl-PCB-TEQ. In Bijlage 2 zijn de trendgrafieken op vetbasis weergegeven. Op vetbasis verlopen de gehalten ongeveer als volgt: Maas (Pernis) > Hollands Diep \approx Volkeraksluizen, wat vergelijkbaar is met de voorgaande jaren.

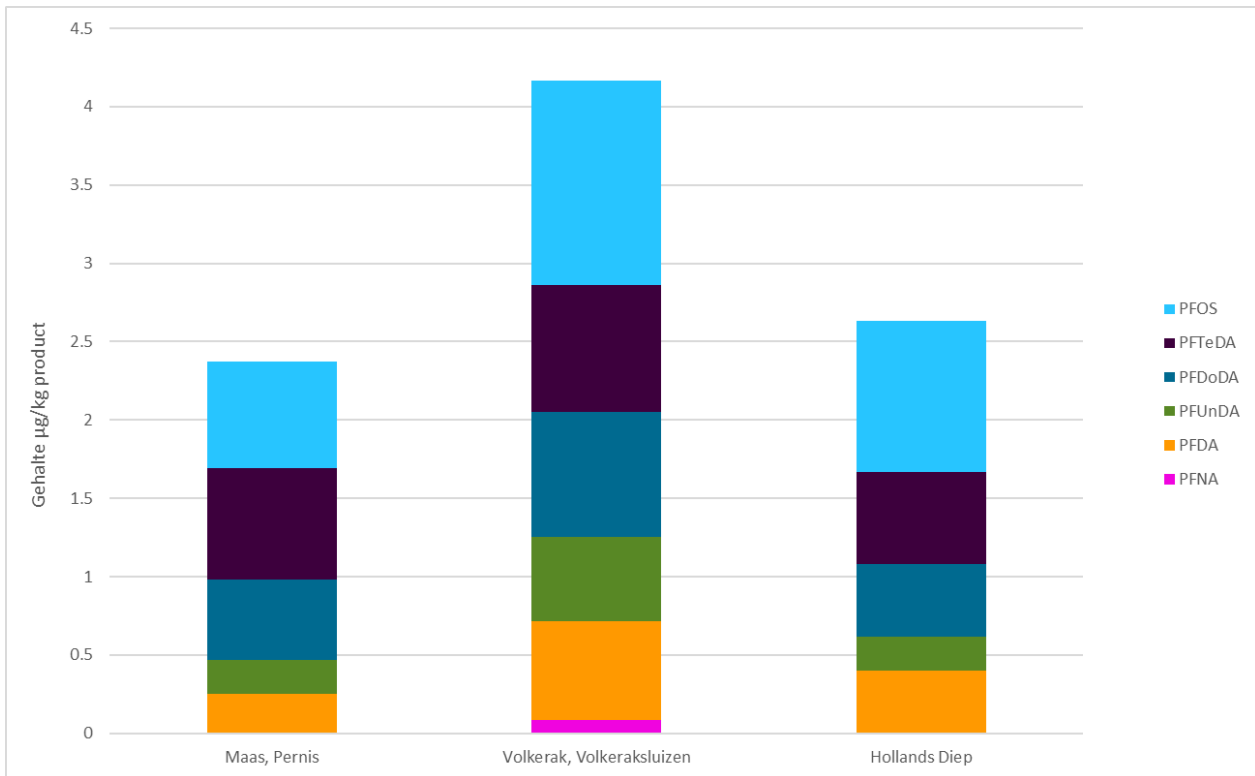
3.3 PFAS's

De volledige PFAS-resultaten van de metingen verricht in 2022 staan in Bijlage 4. Diverse PFAS's zijn aangetoond in de wolhandkrabmonsters (vlees uit het lijf) van 2022: PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFDoDA, PFTeDA en PFOS. De PFOS-gehalten zijn met 4,1-7,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ op alle locaties het hoogst (Figuur 4). De bijdrage van PFOS aan het totaal is in alle drie de gevallen ongeveer 50-60%. Dat PFOS vaak domineert blijkt ook uit eerdere studies over wolhandkrab (Brust et al. 2018; van Leeuwen et al. 2019; Leenders et al. 2020, 2021, 2022) en studies naar andere vis, schaal- en schelpdieren (Zafeiraki et al. 2019). Van de drie onderzochte locaties bevatte wolhandkrab gevangen in het Volkerak (Volkeraksluizen) de hoogste gehalten.



Figuur 4 PFAS-gehalten in wolhandkrab (vlees uit het lijf) bemonsterd in 2022. Resultaten zijn uitgedrukt op productbasis.

Er is weinig bekend over de verdeling van PFAS-gehalten in de wolhandkrab. Daarom is in 2022 ook het witte vlees (vlees uit poten en scharen) in de wolhandkrab onderzocht. Ook in deze monsters werden diverse PFAS's aangetoond: PFNA, PFDA, PFUnDA, PFDoDA, PFTeDA en PFOS. De PFOS-gehalten zijn met 0,96-1,3 µg/kg op locaties Volkerak (Volkeraksluizen) en Hollands Diep het hoogst, op locatie Maas (Pernis) is het gehalte PFTeDA met 0,71 µg/kg net wat hoger dan het PFOS-gehalte van 0,68 µg/kg (Figuur 5). In vergelijking met het vlees uit het lijf liggen de gehalten in het vlees uit poten en scharen ongeveer 40 tot 85% lager. Ook in het witte vlees bevat het monster van locatie Volkerak (Volkeraksluizen) de hoogste gehalten.



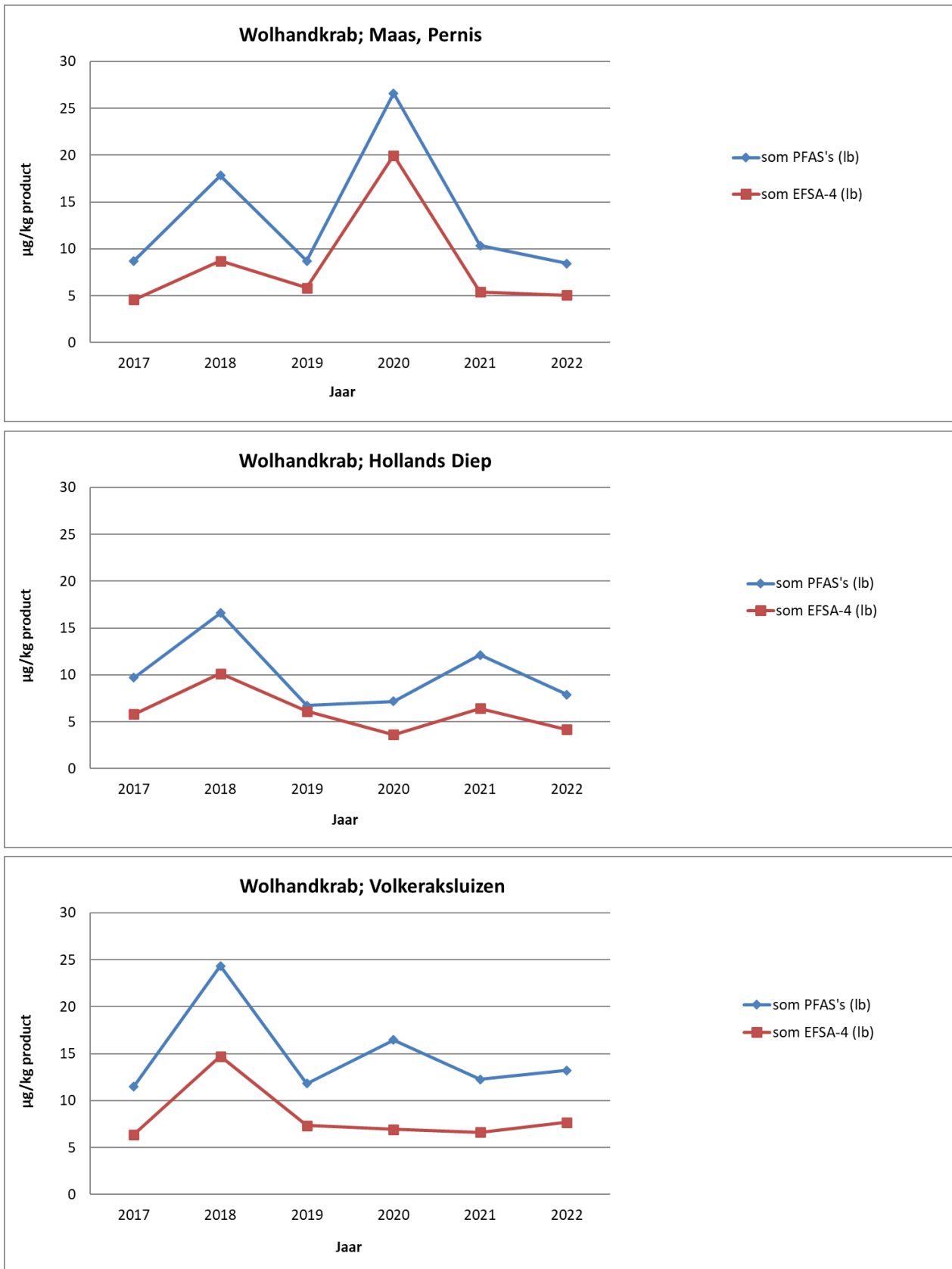
Figuur 5 PFAS-gehalten in wolhandkrab (vlees uit poten en scharen) bemonsterd in 2022. Resultaten zijn uitgedrukt op productbasis.

De EC heeft maximum gehalten opgesteld voor 4 PFAS's, te weten PFOA, PFNA, PFHxS en PFOS, voor krabben geldende voor spiervlees uit poten en scharen (dus niet uit het lijf) (EG/1881/2006). Deze maximum gehalten gelden sinds 1 januari 2023 en zijn dus nog niet van toepassing op de data in dit rapport. In vlees uit de poten en scharen waren de gehalten van PFOA en PFHxS <LOQ en deze componenten zijn daarom niet opgenomen in Figuur 5. PFNA is aangetroffen op 1 locatie, echter in hele lage concentratie. Voor wolhandkrab lijkt de bijdrage van PFOS aan de blootstelling het meest relevant, terwijl voor andere voedingsmiddelen andere PFAS's ook een belangrijke bijdrage leveren (EFSA, 2020). De gevonden gehalten voor de EFSA-4 PFAS's en de som zijn in de monsters poten en scharen lager dan de vanaf 1 januari 2023 geldende maximum limieten (Tabel 1).

3.4 Trends voor PFAS's

In dit rapport zijn figuren gemaakt van de trends van gehalten van de som van alle PFAS's, alsmede de som van de EFSA-4 PFAS's (PFOA, PFNA, PFHxS en PFOS). Daarmee is het mogelijk om de gehalten door de tijd heen te volgen en te evalueren. Het is bij de evaluatie van trends van PFAS's, net als bij dioxines en PCB's, belangrijk om te realiseren dat wolhandkrab gevangen wordt op het moment van de trektijd; de wolhandkrab kan dus van diverse locaties stroomopwaarts komen. Het gevolg hiervan is dat er bij wolhandkrab mogelijk meer variatie in de gehalten zit in de opeenvolgende jaren.

In Figuur 6 zijn de trends voor de in 2022 bemonsterde locaties weergegeven. In 2022 kon geen monster van de locatie IJsselmeer (sluizen van Den Oever of Kornwerderzand) verkregen worden. Daarom is van die locatie hieronder geen trendgrafiek weergegeven.



Figuur 6 Trends van gehalten som EFSA-4 en som-PFAS's in wolhandkrab vlees uit het lijf. Resultaten zijn uitgedrukt op productbasis.

Met betrekking tot trends van gehalten in de tijd zijn de totaalgehalten in Figuur 6 vergelijkbaar met voorgaande jaren voor de locaties Volkerak (Volkeraksluizen) en Hollands Diep. De wolhandkrab van de locatie Maas, Pernis liet in 2020 fors hogere gehalten zien dan in voorgaande jaren, maar dit is dit jaar, net als in 2021, weer in lijn met de jaren daarvoor.

3.5 Zware metalen

De gehalten zware metalen in het vlees uit het lijf van de wolhandkrab dat in 2022 is verzameld, zijn weergegeven in Tabel 4. De arseengehalten vertoonden weinig variatie (1,3 – 1,6 mg/kg), evenals kwik (0,019 – 0,028 mg/kg) en cadmium (0,13 – 0,22 mg/kg). De variatie in nikkel en lood is iets groter (zie Tabel 4).

Tabel 4 Gehalten zware metalen in wolhandkrab monsters vlees uit het lijf. Resultaten zijn uitgedrukt op productbasis.

WFSR nr.	WMR nr. 2022/	Vangstlocatie	Nikkel (mg/kg)	Arseen (mg/kg)	Cadmium (mg/kg)	Kwik (mg/kg)	Lood (mg/kg)
200676905	4727	Maas, Pernis	0,43	1,3	0,13	0,019	0,066
200676906	4828	Volkerak, Volkeraksluizen	0,49	1,5	0,16	0,028	0,035
200676907	4626	Hollands Diep	0,68	1,6	0,22	0,022	0,082

Voor zware metalen in witvlees van krabben gelden ML's (EG/1881/2006), maar niet voor het vlees uit het lijf. Ook voor zware metalen geldt dat uit eerder onderzoek bleek dat vlees uit poten en scharen, ook bij hoger gecontamineerde krabben, ruim voldoet aan de geldende maximum gehalten. Omdat vlees uit poten en scharen al een aantal jaar niet meer onderzocht was, is dit in 2022 weer gedaan. De resultaten van de analyses van vlees uit poten en scharen staan vermeld in Tabel 5.

Tabel 5 Gehalten zware metalen in wolhandkrab monsters vlees uit poten en scharen. Resultaten zijn uitgedrukt op productbasis.

WFSR nr.	WMR nr. 2022/	Vangstlocatie	Nikkel (mg/kg)	Arseen (mg/kg)	Cadmium (mg/kg)	Kwik (mg/kg)	Lood (mg/kg)
200676908	4870	Maas, Pernis	0,050	0,72	<0,0091	0,062	0,058
200676909	4871	Volkerak, Volkeraksluizen	0,050	0,45	<0,0091	0,055	0,031
200676910	4869	Hollands Diep	0,050	0,55	<0,0091	0,052	0,040

Alle gevonden metalengehalten in het vlees uit de poten en scharen voldoet aan de ML's. De nikkelgehalten vertoonden geen variatie (0,050 mg/kg). De kwikgehalten vertoonden weinig variatie (0,052 – 0,062 mg/kg). De variatie in arseen en lood is iets groter (zie Tabel 5). De locatie Maas, Pernis wijkt af van de andere locaties met een iets hoger arseen-, kwik- en loodgehalte.

4 Conclusies

In 2022 is de wolhandkrab afkomstig van 3 locaties onderzocht (Maas bij Pernis, Volkerak (Volkeraksluizen) en Hollands Diep) op gehalten aan dioxines en PCB's, PFAS's en zware metalen. Bemonstering van wolhandkrab in het IJsselmeer is niet gelukt, net als in voorgaande jaren.

De onderzochte monsters betroffen steeds het vlees uit het lijf. Uit dit onderzoek blijkt het volgende:

- de gehalten varieerden van 19,2 – 31,0 pg TEQ/g voor de dioxines, 15,5 – 24,5 pg TEQ/g voor de dl-PCB's, 38,4 – 55,5 pg TEQ/g voor de totaal-TEQ en 446 - 642 ng/g voor het totaal aan ndl-PCB's;
- de wolhandkrab afkomstig van locatie Maas, Pernis is het sterkst gecontamineerd met dioxines en dl-PCB's, en die van locatie Volkerak (Volkeraksluizen) het minst;
- de dioxine- en dl-PCB-trends in de wolhandkrab zijn redelijk stabiel over de laatste jaren op de locaties Maas bij Pernis en Volkerak (Volkeraksluizen), terwijl de locatie Hollands Diep een sterkere spreiding laat zien door de jaren heen;
- er zijn zeven verschillende PFAS's aangetoond, Σ PFAS-gehalten variëren van 7,8 – 13,2 μ g/kg product. PFOS domineert het profiel met een bijdrage aan de som van ongeveer 50-60%;
- PFAS-gehalten in wolhandkrab van locatie Volkeraksluizen waren het hoogst en op locatie Hollands Diep het laagst, dit is vergelijkbaar met voorgaande jaren;
- de gehalten van de metalen variëren als volgt: 0,43 – 0,68 mg/kg voor nikkel; 1,3 – 1,6 mg/kg voor arseen; 0,13 – 0,22 mg/kg voor cadmium; 0,019 – 0,028 mg/kg voor kwik en 0,035 – 0,082 mg/kg voor lood.

Naast onderzoek in het vlees uit het lijf is ook het vlees uit poten en scharen onderzocht. Uit dit onderzoek bleek het volgende:

- de gehalten varieerden van 0,22 – 0,73 pg TEQ/g voor de dioxines, 0,15 – 0,59 pg TEQ/g voor de dl-PCB's, 0,39 – 1,31 pg TEQ/g voor de totaal-TEQ en 4,7 – 16,1 ng/g voor het totaal aan ndl-PCB's, hiermee voldoen alle gehalten op alle drie de locaties aan de gestelde ML's;
- de wolhandkrab afkomstig van locatie Maas, Pernis bevat de hoogste gehalten aan dioxines en dl-PCB's, en die van locaties Volkerak (Volkeraksluizen) en Hollands Diep het laagst (vergelijkbare gehalten op beide locaties);
- er zijn zes verschillende PFAS's aangetoond, Σ PFAS-gehalten variëren van 2,4 – 4,2 μ g/kg product. PFOS zorgt voor een bijdrage aan de som van ongeveer 30%, gevolgd door PFTeDA met 15-30%;
- PFAS-gehalten in wolhandkrab van locatie Volkeraksluizen waren het hoogst en op locatie Maas, Pernis het laagst;
- de gehalten van de metalen variëren als volgt: 0,050 mg/kg voor nikkel; 0,45 – 0,72 mg/kg voor arseen; <0,0091 mg/kg voor cadmium; 0,052 – 0,062 mg/kg voor kwik en 0,031 – 0,058 mg/kg voor lood. De gehalten in wolhandkrab van de locatie Maas, Pernis zijn wat hoger dan van de andere twee locaties, maar de gehalten op alle drie de locaties voldoen aan de gestelde ML's.

Voor dioxines, PCB's en PFAS's zijn de gehalten in het vlees uit het lijf beduidend hoger dan in het vlees uit poten en scharen. Voor nikkel, arseen en cadmium geldt hetzelfde, echter zijn de gehalten voor lood vergelijkbaar en voor kwik juist hoger in vlees uit de poten en scharen dan in vlees uit het lijf.

5 Aanbevelingen

- Er wordt aanbevolen om de monitoring van contaminanten in wolhandkrab van diverse locaties voort te zetten in het komende jaar, om daarmee een vinger aan de pols te houden m.b.t. de ontwikkeling van de gehalten op de verschillende locaties.
- Er wordt aanbevolen om de monitoring van PFAS's in wit en bruin vlees uit het lijf voort te zetten in het komende jaar, omdat er nog weinig bekend is over verhouding van PFAS's in de verschillende delen van de wolhandkrab.
- Daarnaast wordt aanbevolen om PFAS's in individuele wolhandkrab te gaan meten omdat er weinig bekend is over de spreiding van PFAS-gehalten in individuele wolhandkrab.

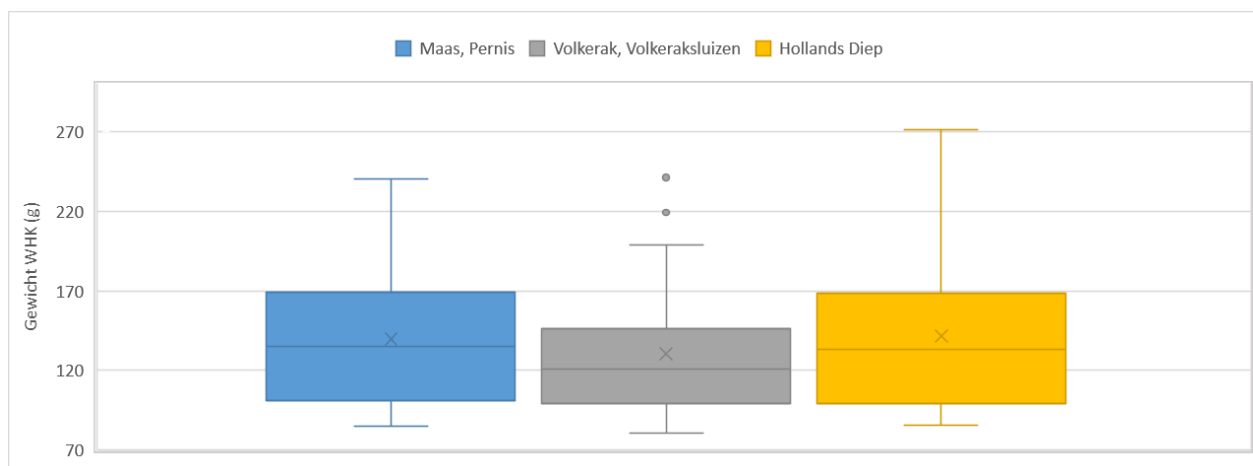
Literatuur

- Bakker, T., Zaalmink, W. (2012). De Wolhandkrab: een Hollandse exoot. Een marktverkenning. Landbouw Economisch Instituut (LEI).
- Buck, R.C., J. Franklin, U. Berger, J.M. Conder, I.T. Cousins, P. de Voogt, A.A. Jensen, et al. (2011). "Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances in the environment: terminology, classification, and origins." *Integr Environ Assess Manag* 7 (4): 513-41. <http://dx.doi.org/10.1002/ieam.258>.
- Brust, G.M.H., Hoogeboom, L.A.P., Kotterman, M.J.J., Leeuwen, S.P.J. van (2018). "Contaminanten in Chinese wolhandkrab: Resultaten van 2016 en 2017." RIKILT-rapport 2018.004.
- Clark, P.F., Avers, J.M., Cohen, B.A., Fernandes, R., Law, R.J., Rainbow, P.S., Rose, M.D., Wood, D. (2009). "Dioxin and PCB Contamination in Chinese Mitten Crabs: Human Consumption as a Control Mechanism for an Invasive Species." *Environmental Science & Technology* 43 (5): 1624-1629. <http://dx.doi.org/10.1021/es802935a>.
- European Food Safety Authority (EFSA) 2020. "Risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food" *The EFSA journal* 18 (9) e06223.
- Hoogenboom, L.A.P., Hoek-van Nieuwenhuizen, M., Jeurissen, S.M.F., Kotterman, M.J.J., Lee, M.K. van der, Leeuwen, S.P.J. van, Mennes, W.C. (2015). "Dioxins, PCBs and heavy metals in Chinese mitten crabs from Dutch rivers and lakes." *Chemosphere* 123: 1-8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.10.055>.
- Kotterman, M.J.J., Bierman, S., Lee, M.K. van der (2012). "Schatting percentage schone wolhandkrab in de gesloten gebieden." WMR-rapport C043/12.
- Kotterman, M.J.J., Hoogeboom, L.A.P., Leeuwen, S.P.J. van, Vries, P. de (2015). "Dioxines en PCB's in Chinese wolhandkrab; invloed van grootte en variatie door het seizoen." WMR-rapport C057/15.
- Leenders, L.L., Gerssen, A., Nijrolder, A.W.J.M, Hoogeboom, L.A.P., Kotterman, M.J.J. en Leeuwen, S.P.J. van (2020). "Contaminanten in rode aal uit Nederlandse binnenwateren; Resultaten van 2019" WFSR-rapport 2020.010.
- Leenders, L.L., Hoogeboom, L.A.P., Kotterman, M.J.J., Leeuwen, S.P.J. van en Rijk, J.C.W. (2021). "Contaminanten in rode aal uit Nederlandse binnenwateren; Resultaten van 2020" WFSR-rapport 2021.009.
- Leenders, L.L., Hoogenboom, L.A.P., Kotterman, M.J.J., Leeuwen, S.P.J. van en Rijk, J.C.W. (2022). "Contaminanten in rode aal uit Nederlandse binnenwateren; Resultaten van 2021" WFSR-rapport 2022.015.
- Leeuwen, S.P.J. van, Hoogenboom, L.A.P., Kotterman, M.J.J., Nijrolder, A.W.J.M. (2019). "Contaminanten in Chinese wolhandkrab; Resultaten van 2018." WFSR-rapport 2019.004.
- Noorlander, C.W., Biesebeek, J.D. te, Leeuwen, S.P.J. van, Mengelers, M.J., Zeilmaker, M.J. (2011). "Levels of perfluorinated compounds in food and dietary intake of PFOS and PFOA in the Netherlands." *J Agric Food Chem* 59 (13): 7496-505. <http://dx.doi.org/10.1021/jf104943p>.
- NVWA BuRO (2019). Advies over de risico's van consumptie van vlees van het lijf (bruinvlees) van de Chinese wolhandkrab (*Eriocheir sinensis*) voor de Nederlandse consument, Nederlandse Voedsel en Warenautoriteit, Bureau voor Risicobeoordeling, Utrecht, Documentnummer TRCNVWA/2019/3583.
- Van den Heuvel – Greve, M.J., S.P.J. van Leeuwen, J. Perdon, J. van Zwol, C.F. Weyhenke, C.J.A.F. Kwadijk, M.J.J. Kotterman (2022). "PFAS in Westerschelde: meting van PFAS in vis, garnaal, schelpdier, zeegroente, water en sediment in het najaar van 2021." WMR-rapport C025/22.
- Verordening (EG) 1881/2006 van de Commissie van 19 december 2006 tot vaststelling van de maximumgehalten aan bepaalde verontreinigingen in levensmiddelen. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32006R1881>
- Zafeiraki, E., Gebbink, W.A., Hoogenboom, L.A.P., Kotterman, M. Kwadijk, C., Dassenakis, E., van Leeuwen, S.P.J. (2019). "Occurrence of perfluoroalkyl substances (PFASs) in a large number of wild and farmed aquatic animals collected in the Netherlands" *Chemosphere*, 232, 415-423.

Bijlage 1 Biologische gegevens

Tabel B1 Biologische gegevens van wolhandkrabmonsters in 2022.

Locatie	Datum monstername	Aantal man	Aantal vrouw	Gewicht (g)		
				Gemiddelde	Min	Max
Maas, Pernis	17-11-2022	24	1	140	85	240
Volkerak, Volkeraksluizen	02-12-2022	15	10	130	81	241
Hollands Diep	17-11-2022	21	4	142	86	271



Figuur B1 Verdeling totaalgewichten wolhandkrab bemonsterd in 2022.

Bijlage 2 Resultaten dioxines en PCB's op vetbasis

Tabel B2 Gehalten van dioxines en PCB's in wolhandkrab (vlees uit het lijf) bemonsterd in 2022. Resultaten zijn uitgedrukt op vetbasis.

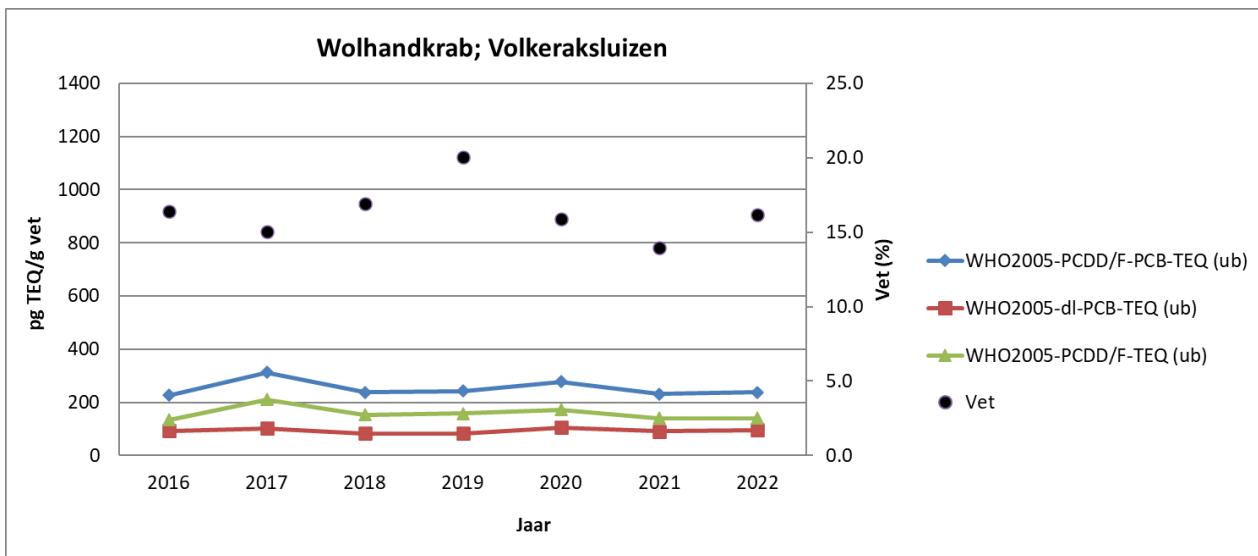
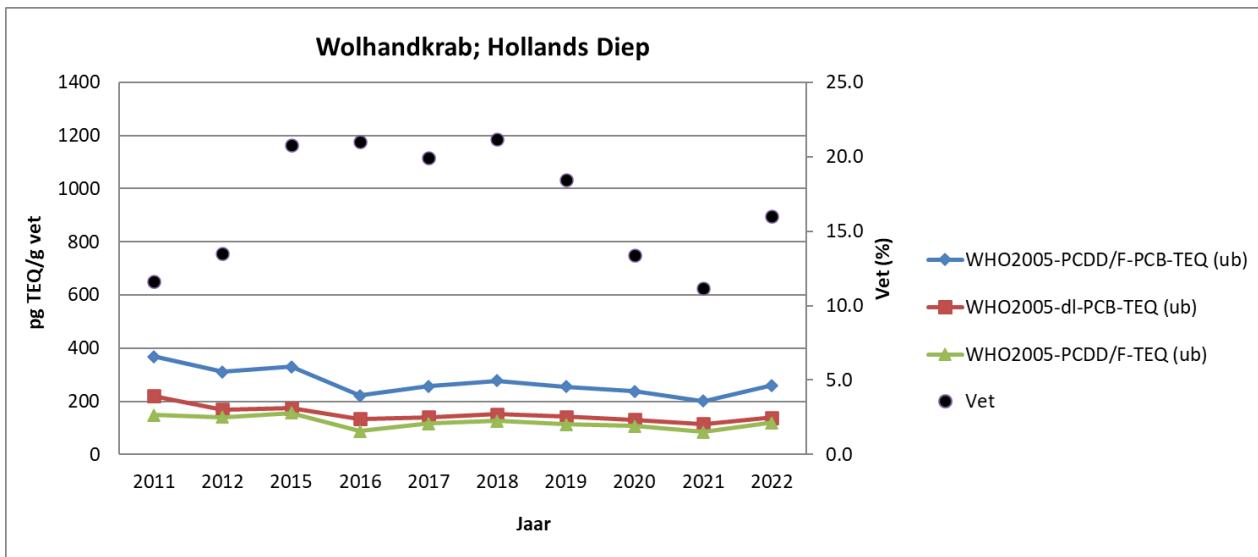
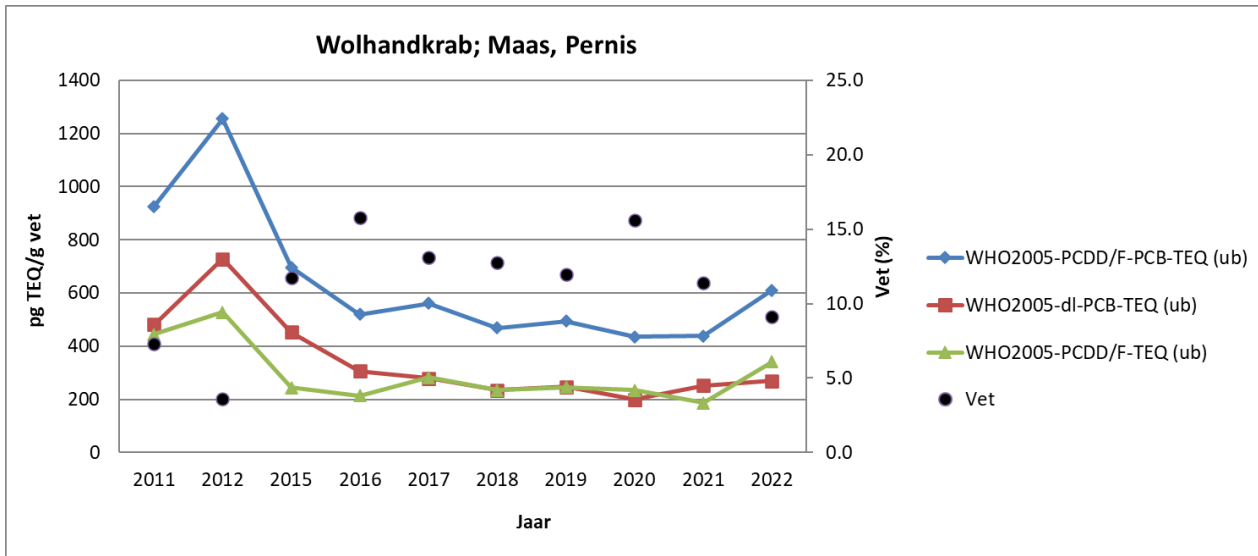
WFSR nr.	WMR nr. 2022/	Vangstlocatie	Vet (%)	PCDD/F-TEQ (ub)* (pg/g)	dl-PCB-TEQ (ub)* (pg/g)	Totaal TEQ (pg/g)	Totaal ndl-PCB's (ub) (ng/g)
200676905	4727	Maas, Pernis	9,1	343	271	613	7094
200676906	4828	Volkerak, Volkeraksluizen	16,2	141	96	237	2753
200676907	4626	Hollands Diep	16,0	120	139	259	3961

* gebaseerd op WHO2005-TEF's; upperbound (ub) gehaltenes.

Tabel B3 Gehalten van dioxines en PCB's in wolhandkrab (vlees uit poten en scharen) bemonsterd in 2022. Resultaten zijn uitgedrukt op vetbasis.

WFSR nr.	WMR nr. 2022/	Vangstlocatie	Vet (%)	PCDD/F-TEQ (ub)* (pg/g)	dl-PCB-TEQ (ub)* (pg/g)	Totaal TEQ (pg/g)	Totaal ndl-PCB's (ub) (ng/g)
200676908	4870	Maas, Pernis	0,39	186	151	336	4128
200676909	4871	Volkerak, Volkeraksluizen	0,52	59	29	87	907
200676910	4869	Hollands Diep	0,40	54	44	98	1342

* gebaseerd op WHO2005-TEF's; upperbound (ub) gehaltenes.



Figuur B2 Trends van gehalten dioxines, PCB's, totaal-TEQ en vet in wolhandkrab (vlees uit het lijf) op vetbasis. De jaartallen zijn niet altijd aansluitend; soms omdat dat jaar niet bemonsterd is op die locatie, of omdat geen goed monster verkregen werd.

Bijlage 3 Analyseresultaten voor vet, dioxines en PCB's in wolhandkrab

Tabel B4 Individuele gehalten van de verschillende dioxines en PCB's in wolhandkrab (vlees uit het lijf) bemonsterd in 2022. Resultaten zijn uitgedrukt op productbasis.

WFSR nr	200676905	200676906	200676907
Opdrachtgevern	2022/4727	2022/4828	2022/4626
Product	Wolhandkrab	Wolhandkrab	Wolhandkrab
Herkomst	Maas, Pernis	Volkeraksluizen	Hollands Diep
Vetgehalte (%)	9.1	16.2	16.0
Dioxins (A0565)	pg/g	pg/g	pg/g
2,3,7,8-TCDF	45.7	33.6	36.3
1,2,3,7,8-PeCDF	17.1	7.59	10.5
2,3,4,7,8-PeCDF	19.0	15.1	12.0
1,2,3,4,7,8-HxCDF	33.8	11.4	19.5
1,2,3,6,7,8-HxCDF	11.2	5.57	6.30
2,3,4,6,7,8-HxCDF	5.01	4.02	3.35
1,2,3,7,8,9-HxCDF	1.22	0.960	1.08
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	42.6	19.2	17.6
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.499	0.686	0.847
OCDF	4.21	7.36	7.51
2,3,7,8-TCDD	12.4	10.8	6.79
1,2,3,7,8-PeCDD	1.68	1.18	1.18
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.991	0.766	0.698
1,2,3,6,7,8-HxCDD	2.89	2.13	2.23
1,2,3,7,8,9-HxCDD	1.23	0.680	0.812
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	6.05	3.95	4.96
OCDD	6.58	4.92	6.93
WHO2005-PCDD/F-TEQ (lb)	31.0	22.9	19.2
WHO2005-PCDD/F-TEQ (ub)	31.0	22.9	19.2
Dioxine-like-PCB's	pg/g	pg/g	pg/g
PCB 081	48.7	32.1	52.5
PCB 077	2650	1410	2280
PCB 126	197	127	183
PCB 169	26.8	15.5	20.6
PCB 123	<695	<476	<515
PCB 118	88500	50000	72000
PCB 114	755	342	655
PCB 105	13800	7550	11600
PCB 167	7150	4820	7050
PCB 156	10400	6400	9400
PCB 157	1970	1220	1580
PCB 189	1210	990	1390
WHO2005-dl-PCB-TEQ (lb)	24.5	15.5	22.3
WHO2005-dl-PCB-TEQ (ub)	24.5	15.5	22.3
WHO2005-PCDD/F-PCB-TEQ (lb)	55.5	38.4	41.4
WHO2005-PCDD/F-PCB-TEQ (ub)	55.5	38.4	41.5
Non-dioxine-like-PCB's	ng/g	ng/g	ng/g
PCB 028	22.6	11.3	19.6
PCB 052	50.5	32.7	51.5
PCB 101	118	68.0	108
PCB 153	262	196	261
PCB 138	121	78.5	116
PCB 180	68	59.5	78.0
Totaal ndl-PCB's (lb)	642	446	635
Totaal ndl-PCB's (ub)	642	446	635

* lb met lower bound detectiegrenzen.

**ub met upperbound detectiegrenzen.

Tabel B5 Individuele gehalten van de verschillende dioxines en PCB's in wolhandkrab (vlees uit poten en scharen) bemonsterd in 2022. Resultaten zijn uitgedrukt op productbasis.

WFSR nr	200676908	200676909	200676910
Opdrachtgevern	2022/4870	2022/4871	2022/4869
Product	Wolhandkrab wit vlees	Wolhandkrab wit vlees	Wolhandkrab wit vlees
Herkomst	Maas, Pernis	Volkeraksluizen	Hollands Diep
Vetgehalte (%)	0.39	0.52	0.40
Dioxins (A0565)	pg/g	pg/g	pg/g
2,3,7,8-TCDF	0.98	0.40	0.36
1,2,3,7,8-PeCDF	0.39	0.12	0.13
2,3,4,7,8-PeCDF	0.34	0.16	0.11
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.51	0.16	0.20
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.19	0.068	0.072
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.084	0.038	0.022
1,2,3,7,8,9-HxCDF	<0.016	<0.013	0.011
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.53	0.25	0.18
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	<0.011	<0.009	0.011
OCDF	0.049	0.15	0.12
2,3,7,8-TCDD	0.38	0.16	0.094
1,2,3,7,8-PeCDD	0.038	0.021	0.013
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.019	0.009	<0.008
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.061	0.018	0.019
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.026	<0.010	0.012
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.12	<0.032	0.061
OCDD	0.30	0.16	0.23
WHO2005-PCDD/F-TEQ (lb)	0.72	0.30	0.22
WHO2005-PCDD/F-TEQ (ub)	0.73	0.30	0.22
Dioxine-like-PCB's	pg/g	pg/g	pg/g
PCB 081	1.08	0.324	0.461
PCB 077	52.4	15.1	18.9
PCB 126	4.53	1.15	1.36
PCB 169	0.504	0.115	<0.118
PCB 123	<22.9	<4.81	<6.65
PCB 118	2820	665	830
PCB 114	20.6	4.40	6.80
PCB 105	390	96.5	118
PCB 167	180	47.4	56.0
PCB 156	342	80.5	87.5
PCB 157	49.0	13.2	13.2
PCB 189	28.0	7.60	8.10
WHO2005-dl-PCB-TEQ (lb)	0.588	0.148	0.172
WHO2005-dl-PCB-TEQ (ub)	0.589	0.148	0.176
WHO2005-PCDD/F-PCB-TEQ (lb)	1.310	0.450	0.387
WHO2005-PCDD/F-PCB-TEQ (ub)	1.310	0.452	0.392
Non-dioxine-like-PCB's	ng/g	ng/g	ng/g
PCB 028	0.81	0.20	0.23
PCB 052	1.06	0.46	0.53
PCB 101	3.16	0.85	1.02
PCB 153	6.60	1.88	2.10
PCB 138	2.78	0.81	0.94
PCB 180	1.67	0.49	0.51
Totaal ndl-PCB's (lb)	16.1	4.70	5.34
Totaal ndl-PCB's (ub)	16.1	4.70	5.34

* lb met lower bound detectiegrenzen.

** ub met upperbound detectiegrenzen.

Bijlage 4 Resultaten PFAS's in wolhandkrab 2022

Tabel B6 *Individuele gehalten van de verschillende PFAS's in wolhandkrab (vlees uit het lijf) bemonsterd in 2022. Resultaten zijn uitgedrukt in µg/kg product. Componenten met * behoren tot de EFSA-4 PFAS's. Gehaltes lager dan LOQ van de methode worden aangeduid als <LOQ.*

WFSR nr.	WMR nr. 2022/	Locatie	PFPeA	PFHpA	PFOA*	PFNA*	PFDA	PFUnDA	PFDoDA	PFTeDA	PFHxS*	PFHpS	PFOS*	PFDS
200676905	4727	Maas, Pernis	n.a	<0,15	0,13	0,047	0,58	0,49	1,2	1,1	<0,20	<0,040	4,9	<0,10
200675906	4828	Volkerak, Volkeraksluizen	n.a	<0,15	0,064	0,14	1,4	1,1	1,5	1,5	<0,20	<0,040	7,5	<0,10
200676907	4626	Hollands Diep	n.a	<0,15	<0,060	0,069	0,86	0,46	1,2	1,2	<0,20	<0,040	4,1	<0,10

Tabel B7 *Individuele gehalten van de verschillende PFAS's in wolhandkrab (vlees uit poten en scharen) bemonsterd in 2022. Resultaten zijn uitgedrukt in µg/kg product. Componenten met * behoren tot de EFSA-4 PFAS's. Gehaltes lager dan LOQ van de methode worden aangeduid als <LOQ.*

WFSR nr.	WMR nr. 2022/	Locatie	PFPeA	PFHpA	PFOA*	PFNA*	PFDA	PFUnDA	PFDoDA	PFTeDA	PFHxS*	PFHpS	PFOS*	PFDS
200676908	4870	Maas, Pernis	<4,0	<0,15	<0,060	<0,040	0,25	0,22	0,51	0,71	<0,20	<0,040	0,68	<0,10
200675909	4871	Volkerak, Volkeraksluizen	<4,0	<0,15	<0,060	0,083	0,63	0,54	0,80	0,81	<0,20	<0,040	1,3	<0,10
200676910	4869	Hollands Diep	<4,0	<0,15	<0,060	<0,040	0,40	0,22	0,46	0,59	<0,20	<0,040	0,96	<0,10



Wageningen Food Safety Research
Postbus 230
6700 AE Wageningen
T 0317 48 02 56
wur.nl/food-safety-research

WFSR-rapport 2023.006



De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.200 medewerkers (6.400 fte) en 13.200 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen Food Safety Research
Postbus 230
6700 AE Wageningen
T 0317 48 02 56
wur.nl/food-safety-research

WFSR-rapport 2023.006

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.200 medewerkers (6.400 fte) en 13.200 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

