



Contaminanten in Chinese wolhandkrab

Resultaten van 2024

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



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Contaminanten in Chinese wolhandkrab

Resultaten van 2024

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

1 Wageningen Food Safety Research (WFSR)

2 Wageningen Marine Research (WMR)

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

Wageningen, mei 2025

WFSR-rapport 2025.002

Leenders, L.L.; M.J.J. Kotterman; S.P.J. van Leeuwen; J.C.W. Rijk, 2025. *Contaminanten in Chinese wolhandkrab; Resultaten van 2024*. Wageningen, Wageningen Food Safety Research, WFSR-rapport 2025.002. 32 blz.; 5 fig.; 5 tab.; 18 ref.

Projectnummer: 122.720.74.01

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/10.18174/692505> of op <http://www.wur.nl/food-safety-research> (onder WFSR publicaties).

© 2025 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 2025.002

Verzendlijst:

- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW): S. Biegel; L.G.M. Peters
- Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur (LVVN): F.G.E. van den Berg; G. Mahabir; E.V. Mc Pherson
- Ministerie voor Volksgezondheid, Welzijn en Sport (VWS): N.E. Emmerik; A.I. Vilorio Alebesque
- Nederlandse Voedsel en Warenautoriteit (NVWA): G.F. van den Berg; E.G. Biesta; A. Bouwhuis; M.W.N. de Bruin; B. Duijnhouwer; Y.M. Huigen
- PO IJsselmeer/Vissersbond: R. van Beek
- Sportvisserij Nederland: J. Quak
- Rijkswaterstaat: C. Schmidt; I. van der Stap
- Wageningen Marine Research: M.J.J. Kotterman
- Wageningen Food Safety Research: L.A.P. Hoogenboom; L.L. Leenders; S.P.J. van Leeuwen; J.C.W. Rijk; P. de Ruijter
- Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM): P. Boon; A. Bulder; J. van Klaveren
- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO): B. Holierhoek; N. Kamp; G.M. Smits; K. Valk
- NetVISwerk: J. Visser

Inhoud

Samenvatting	7
1 Inleiding	9
2 Materiaal en methoden	12
2.1 Monstername en voorbereiding	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 Extractie van anorganisch arseen uit matrix	14
2.4.3 Analyse van cadmium, lood, arseen, kwik en nikkel	14
2.4.4 Analyse van anorganisch arseen	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	15
3.3 PFAS's	17
3.4 Trends voor PFAS's	18
3.5 (Zware) metalen	20
4 Conclusies	21
5 Aanbevelingen	22
Literatuur	23
Bijlage 1 Biologische gegevens	24
Bijlage 2 Resultaten dioxines en PCB's op vetbasis	25
Bijlage 3 Analyseresultaten voor vet, dioxines en PCB's in wolhandkrab	27
Bijlage 4 Resultaten PFAS's in wolhandkrab 2024	28

Samenvatting

In 2024 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. Daarnaast is er dit jaar, net als in 2023, een monster wolhandkrab gevangen op locatie Kornwerderzand in het IJsselmeer. Wolhandkrabvisserij in het IJsselmeer is toegestaan.

De contaminantgehalten in wolhandkrab uit de gesloten gebieden 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 polychloorbifenyln- (PCB) gehalten, evenals metalen, niet boven het maximumgehalte (Maximum Level of ML) uitstijgen (mede omdat dit vlees weinig vet bevat). Voor het bruine vlees uit het lichaam golden geen ML's in 2024. Naast de dioxine- en PCB-gehalten en de gehalten aan zware metalen zijn ook de gehalten aan per- en polyfluoralkylstoffen (PFAS's) onderzocht. Voor 4 PFAS's zijn inmiddels ML's vastgesteld voor o.a. het witte vlees uit appendages van krabben (Verordening (EU) 2023/915), maar deze gelden niet voor het bruine vlees uit het lijf. Onderzoek in 2022 liet zien dat ook voor PFAS's geldt dat de gehalten in het witte vlees van de wolhandkrab veel lager zijn dan gehalten in het bruine vlees uit het lijf.

In de wolhandkrab die in 2024 is onderzocht varieerden de gehalten in het bruine vlees van 11,3 – 16,8 pg TEQ/g voor de dioxines, 10,2 – 18,8 pg TEQ/g voor de dl-PCB's, 21,5 – 34,6 pg TEQ/g voor de totaal-TEQ en 211 – 641 ng/g voor het totaal aan ndl-PCB's. De wolhandkrab gevangen op de locaties Hollands Diep en Maas bij Pernis waren het sterkst gecontamineerd, die van locatie Kornwerderzand had de laagste gehalten. De trendgrafieken van de dioxine-TEQ, PCB-TEQ en totaal-TEQ-gehalten voor de locatie Volkerak (Volkeraksluizen) zijn stabiel binnen een bandbreedte van 20-30% (op basis van 5 jaren), terwijl de gehalten in wolhandkrab van de Maas bij Pernis en het Hollands Diep wat meer variatie laten zien.

De aanwezigheid van twaalf verschillende PFAS's is in de wolhandkrab aangetoond. ΣPFAS-gehalten in het bruine vlees variëren van 7,3 – 13 µg/kg product. PFOS domineert het profiel met een bijdrage aan de som van ongeveer 35-50% op alle locaties. PFAS-gehalten in wolhandkrab op de trendlocaties waren op locatie Volkerak (Volkeraksluizen) het hoogst, wat vergelijkbaar is met voorgaande jaren. Op locatie Maas bij Pernis waren de gehalten het laagst. De PFAS-gehalten op de locatie Kornwerderzand in het IJsselmeer waren vergelijkbaar met de gehalten op de trendlocaties, maar waren over het algemeen wel lager dan de vorige metingen op locatie Kornwerderzand uit 2019 en 2023.

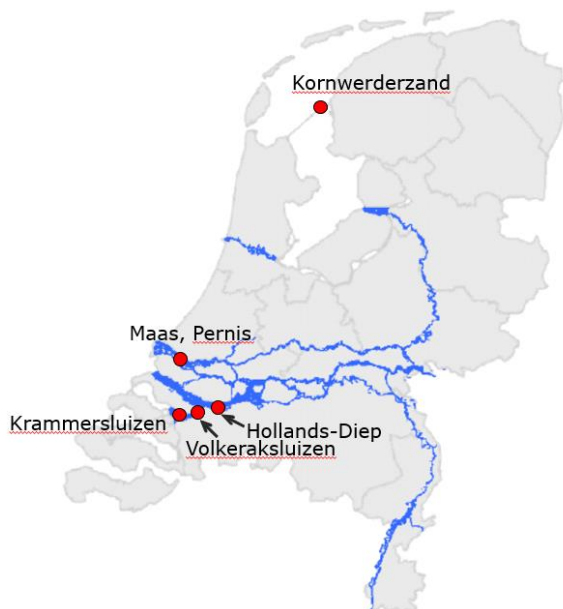
Wat betreft de (zware) metalen in bruin vlees varieerden de gehalten als volgt: 0,075 – 0,38 mg/kg voor nikkel; 1,0 – 1,5 mg/kg voor arseen; 0,080 – 0,25 mg/kg voor cadmium; 0,018 – 0,034 mg/kg voor kwik; <0,0095 – 0,041 mg/kg voor lood en <0,020 – 0,027 mg/kg voor anorganisch arseen. De gehalten in wolhandkrab van de locatie Kornwerderzand zijn beduidend lager dan op de overige locaties, behalve voor kwik, deze is op locatie Volkeraksluizen het laagst.

1 Inleiding

Chinese wolhandkrab (*Eriocheir sinensis*, hierna aangeduid als 'wolhandkrab') wordt in Nederland commercieel bevestigd. De vangst bereikt een piek tijdens de trektijd van dit organisme, van september tot en met december (Bakker en Zaalmink 2012; Kotterman et al. 2012). Gedurende deze periode migreren de krabben vanuit het achterland, waaronder de stroomgebieden van de rivieren Maas en Rijn, richting zee om in de winter in zout water te paaieren. De wolhandkrab die tijdens deze trek gevangen wordt kan dus afkomstig zijn van zeer verschillende locaties.

Onderzoek toont aan dat wolhandkrab gecontamineerd kan zijn met o.a. dioxines, polychloorbifenylen (PCB's), perfluoralkylverbindingen (PFAS's) en (zware) metalen. Dit werd eerder vastgesteld in studies uit het Verenigd Koninkrijk en vervolgens in Nederland (Clark et al. 2009; Hoogeboom et al. 2015; Leenders et al. 2021, 2022, 2023, 2024). De mate van contaminatie in wolhandkrab varieert per lichaamsdeel. Het vlees uit appendages (poten en scharen) bevat relatief weinig vet en voldoet in alle gevallen aan de Europese maximumgehalten (maximum levels of ML's) voor dioxines en PCB's, ook in geval van wolhandkrab uit sterk gecontamineerde wateren. Dit komt door het lipofiele karakter van deze stoffen, waardoor deze worden opgehoopt in vetweefsel. Het vlees uit het lijf, ook wel het 'bruine vlees' genoemd, bevat daarentegen veel vet, met name in de hepatopancreas. Hierdoor worden lipofiele contaminanten hier in grotere mate in opgeslagen. Bij wolhandkrab wordt al het vlees uit appendages en uit het lijf geconsumeerd en dit kan een risico vormen voor de consument. Eerdere onderzoeken waren vooral gericht op dioxines en PCB's en (zware) metalen. Naast het in kaart brengen van verontreinigingen op verschillende locaties is ook onderzocht of de gehalten gedurende het seizoen fluctueren en of de grootte van de krab invloed heeft op de mate van contaminatie (Kotterman et al. 2015).

Voor monitoring van wolhandkrab worden jaarlijks een aantal trendlocaties bemonsterd. Dit betreft het Hollands Diep, de Nieuwe Maas bij Pernis en de Volkeraksluizen. Aanvullend worden regelmatig andere locaties bemonsterd als bijvoorbeeld in het IJsselmeer bij de sluizen van de afsluitdijk (Kornwerderzand). Deze monsters worden geanalyseerd op aanwezigheid van o.a. dioxines en PCB's, PFAS's en zware metalen. Op deze manier kan de overheid de ontwikkeling van de gehalten op de diverse locaties monitoren. Sinds 2011 is visserij op aal en wolhandkrab verboden in het stroomgebied van de grote rivieren (Figuur 1). Tijdens het najaar, wanneer de wolhandkrab naar zee trekt om te paaieren, is hij goed te vangen en – indien toegestaan – op de markt aan te bieden. De geselecteerde trendlocaties bestrijken de belangrijkste uittrekgebieden. Daarmee wordt ook het achterliggende stroomgebied afgedekt. Dit rapport beschrijft de monitoring van een aantal (trend-)locaties, gemarkeerd in Figuur 1. Voor een uitgebreide achtergrond over de wolhandkrab, contaminatie en consumptie wordt verwezen naar eerdere rapporten over dit onderwerp (Bakker en Zaalmink 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.

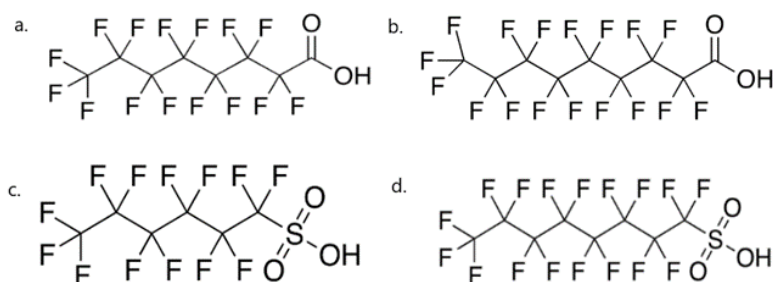
In 2019 heeft NVWA BuRO een risicobeoordeling uitgevoerd met betrekking tot de consumptie van wolhandkrab (NVWA BuRO, 2019). Hierin werden verschillende blootstellingsscenario's aan dioxines en dioxine-achtige PCB's (dl-PCB's) beoordeeld. De conclusie luidde dat wanneer de door de Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid (EFSA) in 2018 vastgestelde toelaatbare wekelijkse inname (TWI) van 2 pg TEQ per kg lichaamsgewicht wordt gehanteerd, er geen ruimte is voor consumptie van wolhandkrab. Dit komt doordat de achtergrondblootstelling al boven deze referentiewaarde ligt. Hierdoor kunnen gezondheidseffecten door consumptie van wolhandkrab, evenals van andere sterk gecontamineerde voedingsmiddelen, niet worden uitgesloten.

In 2024 waren er op nationaal en internationaal niveau geen ML's vastgesteld voor contaminanten in het vlees uit het lijf (het 'bruine vlees') van wolhandkrabben. Voor het vlees uit de appendages ('witte vlees' uit poten en scharen) gelden wel ML's, maar eerdere studies toonden aan dat deze waarden niet werden overschreden bij wolhandkrabben van de diverse locaties (Leenders et al. 2023).

PFAS's betreffen een groep van stoffen van (volledig) gefluoreerde verbindingen met uiteenlopende structuren, zoals variërende ketenlengtes en functionele groepen (Buck et al. 2011). Een aantal PFAS's zijn weergegeven in Tabel 1. Een groot aantal PFAS's komt in ons voedsel voor (Noorlander et al. 2011), waaronder in vissen, schaal- en schelpdieren (Zafeiraki et al. 2019). In 2022 en 2023 werd er onderzoek gedaan naar zeegroenten, vis, schaal- en schelpdieren in de Westerschelde, vanwege de langdurige lozing van PFAS's door een fabriek in Antwerpen in de rivier de Schelde (van den Heuvel – Greve et al. 2022, WFSR 2024).

De EFSA heeft in 2020 een TWI afgeleid van 4,4 ng/kg lichaamsgewicht per week voor de som van PFOA, PFNA, PFHxS en PFOS, gebaseerd op effecten op het immuunsysteem bij de mens (EFSA, 2020). Voor andere PFAS's ontbraken data voor effecten op het immuunsysteem, en andere effecten treden pas op bij veel hogere doseringen. De EFSA berekende bovendien dat een groot deel van de Europese bevolking de veilig geachte inname overschrijdt, waarbij vis één van de belangrijkste bronnen is.

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



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

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 Verordening (EU) 2023/915, die in werking zijn getreden op 1 januari 2023. Voor wolhandkrab gelden die ML's alleen voor spiervlees uit de poten en scharen, zie Tabel 1.

De EFSA heeft in 2024 een vernieuwde risicobeoordeling voor arseen in voedsel gedaan. Daaruit kwam naar voren dat een chronische inname van anorganisch arseen (iAs) via voeding en/of drinkwater gepaard kan gaan met een verhoogd risico op toxische effecten (EFSA, 2024). De risicobeoordeling van EFSA heeft geleid tot een verlaging van de veilig geachte inname van iAs, waardoor deze stof een bron van zorg voor de gezondheid is. EFSA kijkt op dit moment naar mogelijke risico's van andere vormen van arseen.

Dit rapport beschrijft de resultaten van onderzoek naar wolhandkrabben die in 2024 zijn gevangen. De monsters zijn geanalyseerd op dioxines, PCB's, PFAS's en (zware) metalen inclusief speciatie van arseen om het gehalte iAs te bepalen, specifiek in het vlees uit het lijf (het 'bruine vlees').

Tabel 1 Overzicht van enkele bekende PFAS's. Componenten met een * horen bij de EFSA-4 PFAS's waar ML's voor gelden in het witte vlees.

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 Monsternamen en voorbereiding

Voor dit onderzoek is gekozen voor vangstlocaties binnen de voor de wolhandkrabvisserij gesloten gebieden (zie Figuur 1). In 2024 is bemonsterd bij de trendlocaties Hollands-Diep, Maas bij Pernis en Volkerak (Volkeraksluizen). Het monster gevangen voor de trendlocatie Hollands Diep is dit jaar 17 km verder richting het Westen gevangen ten opzichte van voorgaande jaren (in het Haringvliet). Omdat de wolhandkrab gevangen wordt op het moment dat deze migreert naar de zee kan aangenomen worden dat het monster wolhandkrab op deze locatie de trendlocatie Hollands Diep vertegenwoordigt. Dit monster wordt in dit rapport daarom ook als Hollands Diep aangeduid. Daarnaast is er een extra monster wolhandkrab gevangen bij Kornwerderzand in het IJsselmeer, dat open is voor de wolhandkrabvisserij. Voor de vangst werd gebruik gemaakt van beroeps vissers. In de gesloten gebieden vissen zij onder de vergunning van WMR, waarbij de locatie, vistuig en visserijdagen gedetailleerd zijn afgesproken en vastgelegd. Een medewerker van WMR was fysiek aanwezig bij de leging van de fuiken in het Volkerak en het Hollands Diep. 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 4 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 ^{13}C -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 werd na centrifugeren gefiltreerd en 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 dl-PCB's en de ndl-PCB's (fractie 'A'). De koolkolom wordt vervolgens in een 'reversed' mode gespoeld om de dioxines en non-ortho gesubstitueerde dl-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 (Thermo trace 1310) was voorzien van een 60 meter capillaire kolom (DB-5-MS, ID=0,25 mm). Voor de detectie werd 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 congenen 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 5 mL Ultra LC-MS grade water toegevoegd. 2 mL daarvan werd overgeschonken in een nieuwe kunststof buis van 50 mL en opnieuw gecentrifugeerd.

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 Ultra LC-MS grade 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) (20 mM ammoniumacetaat in Ultra LC-MS grade 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 (Shimadzu) was voorzien van een reversed-phase kolom (Luna Omega 1.6µm PS C₁₈ 100A, 100 mm x 2,1 mm i.d.). De componenten werden gescheiden met een gradiënt van 20 mM ammoniumacetaat in Ultra LC-MS grade water en acetonitril. Eventuele PFAS's vanuit het LC-systeem werden vertraagd over een isolatorkolom (Gemini 3µm C₁₈ 110A, 50 mm x 3,0 mm i.d.) zodat ze niet tegelijk met de PFAS's vanuit de monsteroplossingen werden gedetecteerd. Voor detectie werd een SCIEX QTRAP7500 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 analyses van (zware) metalen (cadmium, lood, arseen, kwik en nikkel) werden de mengmonsters wolhandkrab bij kamertemperatuur gehomogeniseerd. Vervolgens werd 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 Greinerbuis van 50 mL en aangevuld met Milli-Q water.

2.4.2 Extractie van anorganisch arseen uit matrix

Voor de analyse van anorganisch arseen werd aan 0.5 gram mengmonster wolhandkrab 10 mL extractie-oplossing (0.1 M salpeterzuur en 3% waterstofperoxide) toegevoegd, waarna het anorganisch arseen gedurende een uur bij 90°C in een schudwaterbad werd geëxtraheerd. Tijdens de extractie werd het in het monster aanwezige arseniet (As^{3+}) omgezet naar arsenaat (As^{5+}). De extracten werden voor analyse aangevuld tot 50 mL met 30 mM ammoniumcarbonaat in 2% v/v methanol-water.

2.4.3 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 germanium, 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.

2.4.4 Analyse van anorganisch arseen

De bepaling van het anorganische arseengehalte werd uitgevoerd met behulp van een hogedrukvlloeistofchromatograaf gekoppeld aan een inductief gekoppelde plasma massaspectrometer (HPLC-ICP-MS). Het anorganisch arseen werd van de andere (organische) arseenverbindingen gescheiden met anion uitwisselingschromatografie. Hiervoor werd gebruik gemaakt van een Hamilton PRP-X100 HPLC kolom en 30 mM ammoniumcarbonaat in 2% v/v methanol-water als mobiele fase, met een flow rate van 1.2 mL/min. Het anorganisch arseen werd vervolgens gedetecteerd met de ICP-MS op de massa van arseen (m/z 75). Door de omzetting van As^{3+} naar As^{5+} tijdens de extractie, kon het totale anorganisch arseengehalte (As^{3+} plus As^{5+}) als As^{5+} worden bepaald. De gehalten in de monsterextracten werden berekend tegen een externe kalibratiecurve.

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. Voor dioxines en PCB's in witvlees uit de poten van krabben gelden ML's (Verordening (EU) 2023/915), maar niet voor het vlees uit het lijf (cephalothorax, bruine vlees). Het onderzoek is echter beperkt tot monsters vlees uit het lijf omdat hierin de hogere gehalten zitten en deze een risico kunnen vormen voor de consument. Vlees uit poten en scharen is niet onderzocht omdat uit eerder onderzoek (Leenders et al, 2023) bleek dat dit vlees, ook bij zwaar gecontamineerde krabben, ruim voldoet aan de geldende ML's voor totaal-TEQ en ndl-PCB's.

Tabel 2 Gehalten van dioxines en PCB's in wolhandkrab (vlees uit het lijf) bemonsterd in 2024. Resultaten zijn uitgedrukt op productbasis. Kornwerderzand is een open gebied, de overige locaties betreffen gesloten gebied.

WFSR monster nr.	WMR nr. 2024/	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)
200712012	2613	Maas, Pernis	8,8	16,8	17,8	34,6	491
200712013	2714	Hollands Diep	15,1	12,6	18,8	31,5	641
200712014	2815	Volkerak, Volkeraksluizen	13,1	14,5	14,6	29,1	442
200712015	2956	Kornwerderzand	14,9	11,3	10,2	21,5	211

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

De meest gecontamineerde wolhandkrab voor dioxines en dl-PCBs was afkomstig uit de Maas bij Pernis, de ndl-PCBs waren het hoogst op locatie Hollands Diep. De gehalten in Hollands Diep liggen in dezelfde lijn als in voorgaande jaren, op locaties Maas bij Pernis en de Volkeraksluizen zijn de gehalten wat lager dan voorgaande jaren (Leenders et al. 2021, 2022, 2023, 2024). De gehalten variëren altijd in meer of mindere mate van jaar tot jaar, o.a. door natuurlijke variatie en 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.

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.

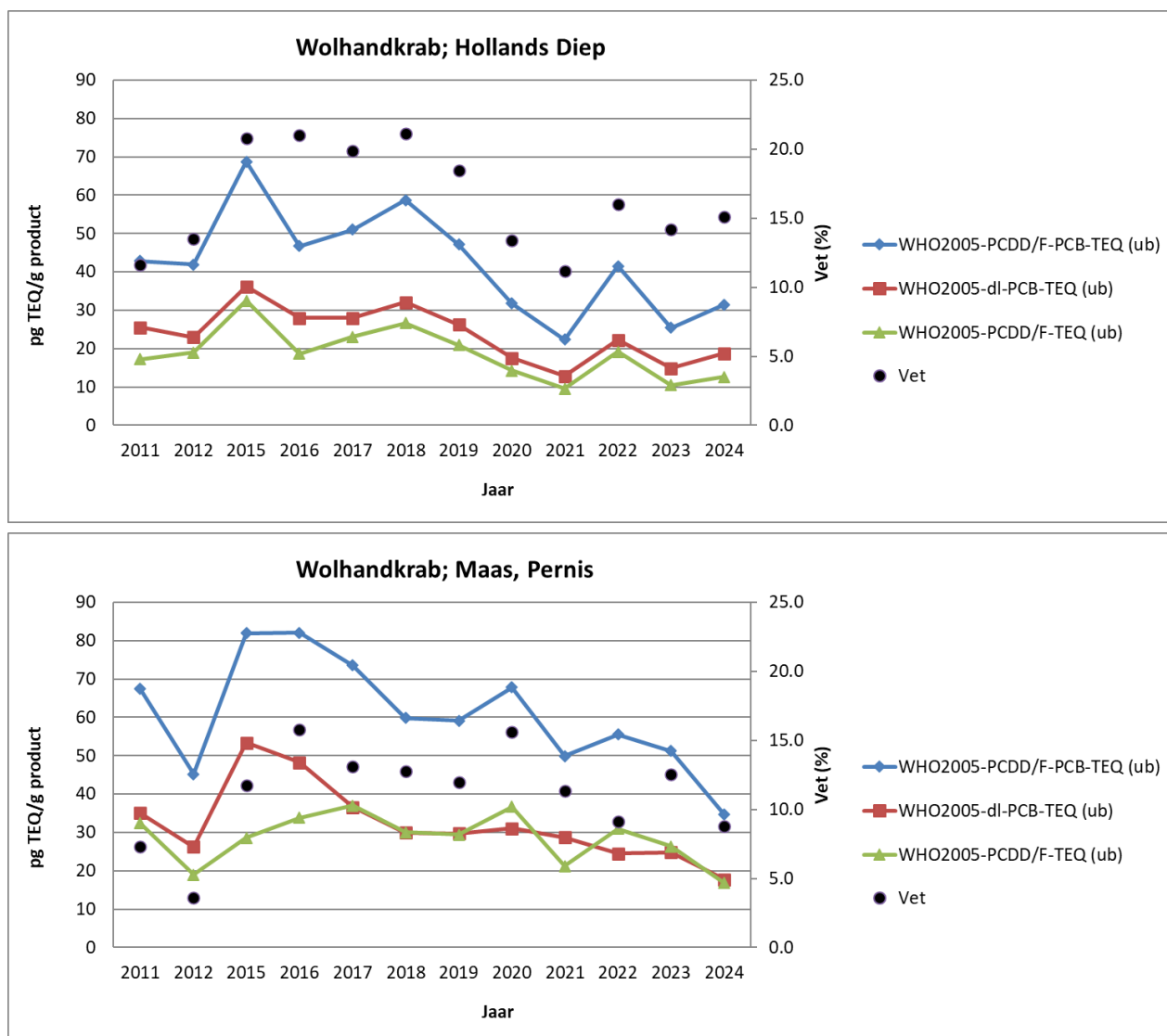
In 2024 is er wederom een monster verkregen van de locatie IJsselmeer (Kornwerderzand), net als in 2013, 2019 en 2023. In Tabel 3 staan de gehalten uit deze jaren op locatie Kornwerderzand. Gehalten uit 2024 liggen in dezelfde lijn als in de jaren daarvoor.

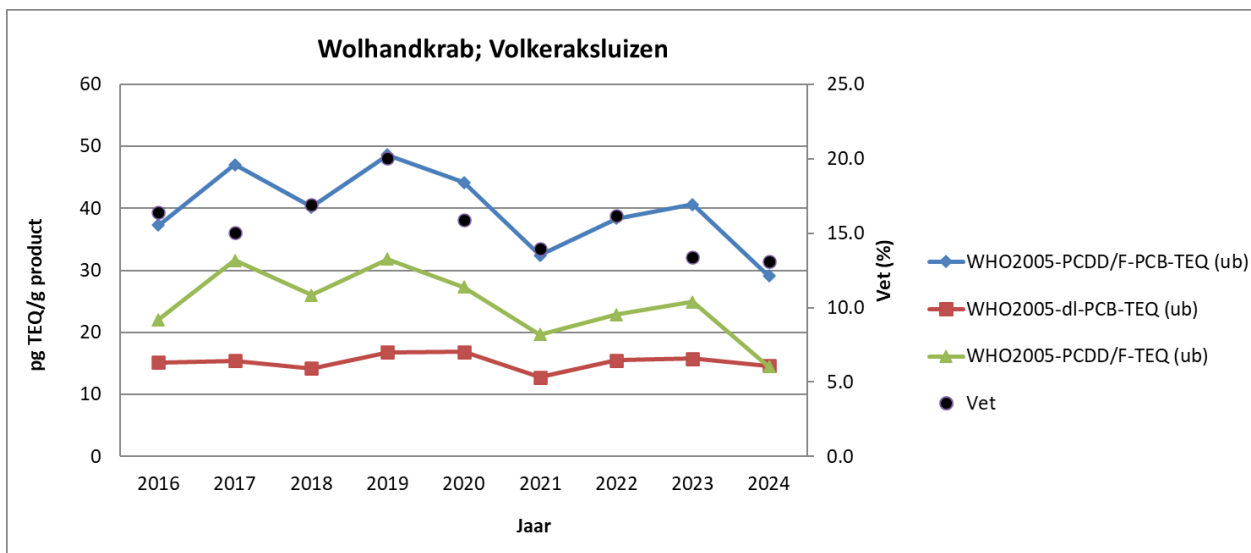
Tabel 3 Gehalten van dioxines en PCB's in wolhandkrab (vlees uit het lijf) bemonsterd op locatie Kornwerderzand in 2024, 2023, 2019 en 2013. Resultaten zijn uitgedrukt op productbasis. Kornwerderzand is een open gebied.

Jaartal	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)
2024	Kornwerderzand	14,9	11,3	10,2	21,5	211
2023	Kornwerderzand	18,7	11,5	10,1	21,6	183
2019	Kornwerderzand	18,5	8,6	10,5	19,1	162
2013	Kornwerderzand	24,5	11,0	10,3	21,2	284

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

In Figuur 3 zijn de trends voor de in 2024 bemonsterde locaties weergegeven. Omdat locatie Kornwerderzand niet elk jaar bemonsterd is, is er niet genoeg data om een trendgrafiek van die locatie weer te geven.





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.

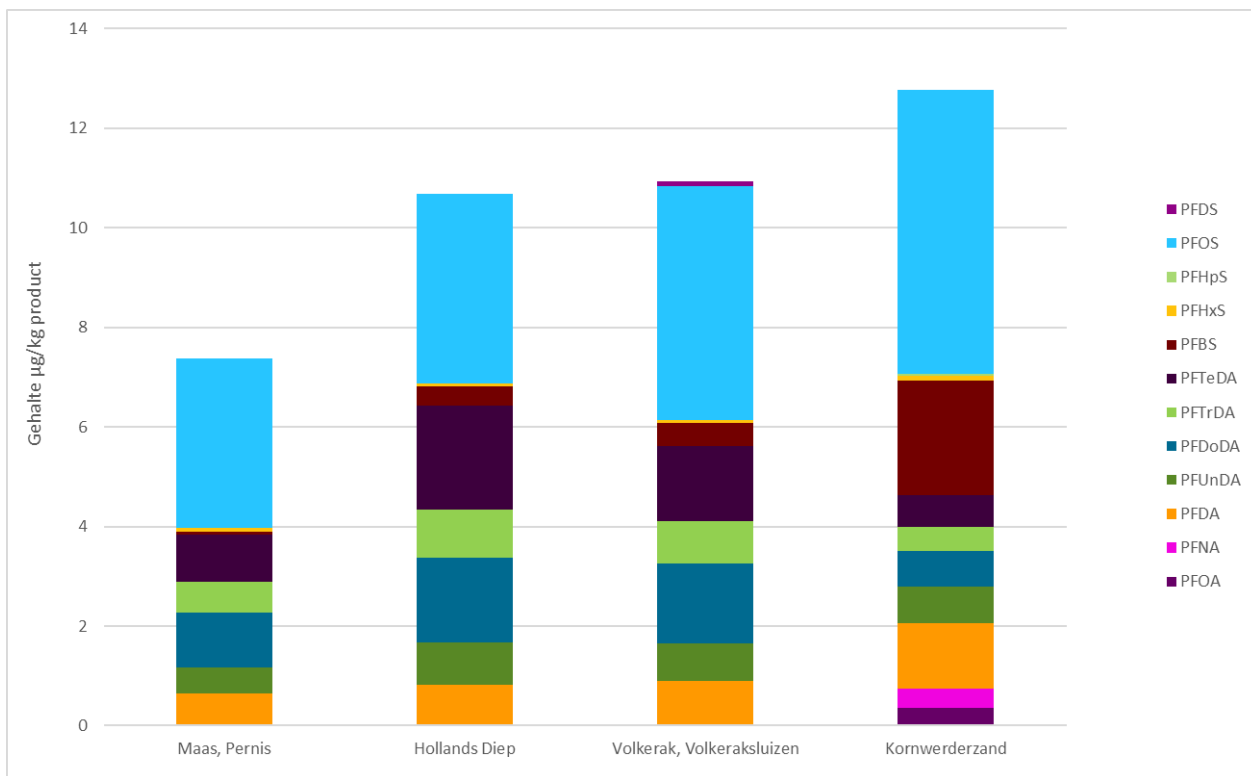
De trendgrafieken laten een variatie zien binnen een bandbreedte van ongeveer 20-30% over de laatste jaren voor de locatie Volkeraksluizen. Dat geldt voor zowel de gehalten van dioxine-TEQ, dl-PCB-TEQ, totaal-TEQ, maar ook voor het vetgehalte. Opvallend is dat de gehalten voor de dioxine-TEQ en de dl-PCB-TEQ dit jaar op locatie Volkeraksluizen nagenoeg gelijk zijn, terwijl voorgaande jaren de dioxine-TEQ altijd een stuk hoger was dan de dl-PCB-TEQ. Bij de Maas bij Pernis en het Hollands Diep zijn de variaties wat groter. Op deze locaties waren de contaminantgehalten een aantal jaar substantieel lager dan in de jaren daarvoor: voor Hollands Diep in de jaren 2021 en 2023, voor de Maas bij Pernis geldt dat de gehalten in 2024 lager zijn dan de jaren ervoor. Ook het vetgehalte op die locaties was in deze jaren vaak wat lager. De gehalten op locatie Hollands Diep zijn dit jaar weer op een vergelijkbaar niveau met de overige jaren. De verhouding tussen de dioxine-TEQ en de dl-PCB-TEQ is op locatie Hollands Diep wel redelijk constant over de jaren heen, dus het zal vermoedelijk voornamelijk om natuurlijke variatie gaan.

Waar voorgaande jaren de totaal-TEQ-gehalten in het Volkerak hoger waren dan in het naastgelegen Hollands Diep zijn de totaal-TEQ-gehalten dit jaar 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 en dl-PCB-TEQ nagenoeg gelijk zijn. Dit suggereert dat de wolhandkrab gevangen in het Volkerak een andere herkomst heeft dan die uit het Hollands Diep, mogelijk omdat die jaarlijks dezelfde migratieroute volgen. Op locatie Maas bij Pernis waren de dioxine-TEQ en dl-PCB-TEQ ook gelijk, net als in 2023 en de jaren voor 2020.

In Bijlage 2 zijn de trendgrafieken op vetbasis weergegeven. Op vetbasis verlopen de gehalten ongeveer als volgt: Maas (Pernis) > Hollands Diep ≈ Volkeraksluizen, wat vergelijkbaar is met de voorgaande jaren.

3.3 PFAS's

De volledige PFAS-resultaten van de metingen verricht in 2024 staan in Bijlage 4. Diverse PFAS's zijn aangetoond in de wolhandkrabmonsters (vlees uit het lijf): PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFDoDA, PFTTrDA, PFTeDA, PFBS, PFHxS, PFHpS, PFOS en PFDS. De PFOS-gehalten zijn met 3,4 – 5,7 µg/kg op alle locaties het hoogst (Figuur 4). De bijdrage van PFOS aan het totaal is op alle locaties ongeveer 35-50%. Dat PFOS vaak domineert blijkt ook uit eerdere studies over wolhandkrab (Leenders et al. 2021, 2022, 2023, 2024) en studies naar andere vis, schaal- en schelpdieren (Zafeiraki et al. 2019). Van de vier onderzochte locaties bevatte wolhandkrab gevangen bij Kornwerderzand de hoogste gehalten. Ook is op deze locatie het profiel van de PFAS's iets anders dan op de andere 3 locaties. In het Kornwerderzand worden ook PFOA en PFNA aangetroffen, en zijn de concentraties van PFBS en PFDA hoger dan op andere locaties, terwijl de bijdrage van de lange ketens (PFUnDA, PFDoDA, PFTTrDA, PFTeDA) aan het totaal gehalte PFAS's minder is.



Figuur 4 PFAS-gehalten in wolhandkrab (vlees uit het lijf) bemonsterd in 2024. Resultaten zijn uitgedrukt op productbasis.

De EC heeft maximumgehalten opgesteld voor 4 PFAS's, te weten PFOA, PFNA, PFHxS en PFOS, voor krabben geldende voor spiervlees uit poten en scharen (Verordening (EU) 2023/915), maar niet voor het vlees uit het lijf. Eerder onderzoek (Leenders et al. 2023) liet zien dat vlees uit poten en scharen, ook bij hoger gecontamineerde krabben, ruim voldoet aan de geldende maximumgehalten.

3.4 Trends voor PFAS's

In dit rapport zijn figuren gemaakt van de trends van gehalten van de som van de onderzochte 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. Omdat niet alle PFAS's elk jaar geanalyseerd konden worden bestaat de som PFAS's uit de volgende componenten die wel elk jaar geanalyseerd zijn: PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFDODA, PFBS, PFHxS, PFHpS, PFOS en PFDS. 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.

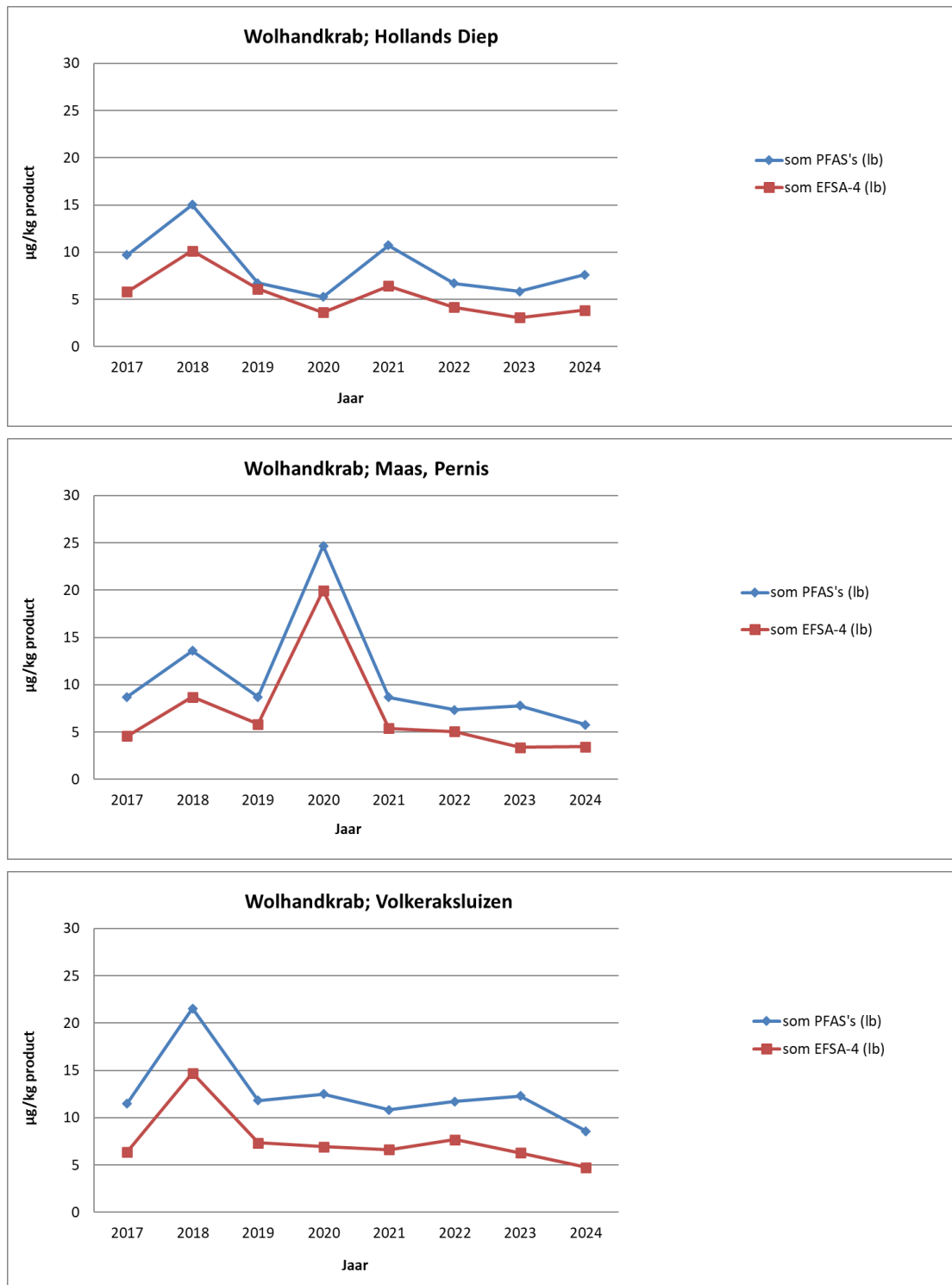
In 2024 is er wederom een monster verkregen van de locatie IJsselmeer (Kornwerderzand), net als in 2019 en 2023. In Tabel 4 zijn de gehalten weergegeven voor de EFSA-4 PFAS's en de som PFAS's voor alle drie de jaartallen.

Tabel 4 Gehalten EFSA-4 PFAS's en som PFAS's in wolhandkrab monster vlees uit het lijf op locatie Kornwerderzand in 2019, 2023 en 2024. Resultaten in µg/kg, uitgedrukt op productbasis.

Jaar	Vangstlocatie	PFOA	PFNA	PFHxS	PFOS	SOM EFSA-4	SOM PFAS's
2019	Kornwerderzand	<0,50	0,57	<0,20	20	21	25
2023	Kornwerderzand	0,21	0,28	0,10	8,6	9,2	14
2024	Kornwerderzand	0,35	0,40	0,10	5,7	6,6	13

Gehalten lijken sinds 2019 sterk gedaald te zijn, echter, zoals hiervoor genoemd, kan de krab afkomstig zijn van diverse locaties stroomopwaarts en kan er dus op basis van informatie van 3 metingen geen duidelijke conclusie gegeven worden. Een sterke daling als deze is niet te zien op de trendlocaties (zie onder). Onderzoek de komende jaren moet uitwijzen of de PFAS-gehalten op locatie Kornwerderzand echt gedaald zijn.

In Figuur 5 zijn de trends voor de in 2024 bemonsterde locaties weergegeven. Omdat locatie Kornwerderzand niet elk jaar bemonsterd is, is er niet genoeg data om een trendanalyse te doen op die locatie, daarom is van die locatie geen trendgrafiek weergegeven.



Figuur 5 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 5 vergelijkbaar met voorgaande jaren voor de locatie Hollands Diep. De gehalten op locatie Volkeraksluizen zijn dit jaar wat lager dan voorgaande jaren. De wolhandkrab van de locatie Maas bij Pernis liet in 2020 fors hogere gehalten zien dan in voorgaande jaren, maar dit is in de jaren erna, dus ook in 2024, weer in lijn met de jaren daarvoor. Aan zowel de som PFAS's als de som EFSA-4 gehalten is goed te zien hoe de gehalten op de locaties nauwelijks af lijken te nemen.

3.5 (Zware) metalen

De gehalten (zware) metalen in het vlees uit het lijf van de wolhandkrab die in 2024 is verzameld, zijn weergegeven in Tabel 5. De arseengehalten vertoonden weinig variatie op alle locaties (1,0 – 1,5 mg/kg), evenals kwik (0,018 – 0,034 mg/kg). De variatie in cadmium, nikkel en lood is iets groter. Op de locatie Kornwerderzand zijn de gehalten voor nikkel, arseen en lood wat lager dan op de overige drie locaties. Het gehalte voor kwik is het laagst op locatie Volkeraksluizen, cadmium is het laagst in de Maas bij Pernis. Voor (zware) metalen in witvlees van krabben gelden ML's (Verordening (EU) 2023/915), maar niet voor het vlees uit het lijf.

In 2024 is er daarnaast een speciatie van arseen uitgevoerd op de wolhandkrabmonsters om de gehalten aan anorganisch arseen (iAs) te bepalen. Dit omdat recentelijk onderzoek van EFSA heeft geleid tot een verlaging van de veilige inname van anorganisch arseen (EFSA, 2024). Anorganisch arseen werd op alle locaties aangetroffen in lage gehalten (0,022 – 0,027 mg/kg), behalve op locatie Kornwerderzand. Daar werd geen anorganisch arseen aangetroffen boven de kwantificeringslimiet.

Tabel 5 Gehalten (zware) metalen in wolhandkrab monsters vlees uit het lijf. Resultaten zijn uitgedrukt op productbasis.

WFSR monster nr.	WMR nr. 2024/	Vangstlocatie	Nikkel (mg/kg)	Arseen ² (mg/kg)	Cadmium (mg/kg)	Kwik (mg/kg)	Lood (mg/kg)	Anorganisch Arseen (mg/kg)
200712012	2613	Maas, Pernis	0,14	1,0	0,080	0,023	0,018	0,024
200712013	2714	Hollands Diep	0,38	1,5	0,25	0,020	0,041	0,027
200712014	2815	Volkerak, Volkeraksluizen	0,36	1,2	0,15	0,018	0,041	0,022
200712015	2956	Kornwerderzand	0,075	1,0	0,093	0,034	<0,0095	<0,020

² Totaal-Arseen, bestaande uit organisch arseen (oAs) en anorganisch arseen (iAs).

4 Conclusies

In 2024 is de wolhandkrab afkomstig van 4 locaties onderzocht (Hollands Diep, Maas bij Pernis, Volkerak (Volkeraksluizen) en Kornwerderzand) op gehalten aan dioxines en PCB's, PFAS's en zware metalen.

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

- Voor de dioxines varieerden de gehalten van 11,3 – 16,8 pg TEQ/g, voor de dl-PCB's van 10,2 – 18,8 pg TEQ/g, voor de totaal-TEQ van 21,5 – 34,6 pg TEQ/g en voor de ndl-PCB's van 211 – 641 ng/g;
- De wolhandkrab afkomstig van locaties Hollands Diep en Maas bij Pernis is het sterkst gecontamineerd met dioxines en dl-PCB's, en die van locatie Kornwerderzand het minst;
- De dioxine- en dl-PCB-trends in de wolhandkrab zijn redelijk stabiel over de laatste jaren op de locatie Volkerak (Volkeraksluizen), terwijl de locaties Maas bij Pernis en Hollands Diep een sterkere spreiding laten zien door de jaren heen;
- Er zijn twaalf verschillende PFAS's aangetoond, de som van alle gemeten PFAS's variëren van 7,3 – 13 µg/kg product. PFOS domineert het profiel met een bijdrage aan de som van ongeveer 35-50%;
- PFAS's-gehalten in wolhandkrab op de trendlocaties waren op locatie Volkeraksluizen het hoogst wat vergelijkbaar is met de voorgaande jaren. Op locatie Maas bij Pernis waren de gehalten dit jaar het laagst;
- De PFAS's-gehalten op locatie Kornwerderzand in het IJsselmeer liggen in lijn met de overige locaties, echter liggen de gehalten over het algemeen wel lager dan de vorige metingen in Kornwerderzand in 2019 en 2023;
- De PFAS's trends in de wolhandkrab zijn redelijk stabiel over de laatste jaren op de locaties Hollands Diep en Volkerak (Volkeraksluizen), terwijl de locatie Maas bij Pernis een sterkere spreiding laat zien door de jaren heen;
- De gehalten van de (zware) metalen variëren als volgt: 0,075 – 0,38 mg/kg voor nikkel; 1,0 – 1,5 mg/kg voor arseen; 0,080 – 0,25 mg/kg voor cadmium; 0,018 – 0,034 mg/kg voor kwik; <0,0095 – 0,041 mg/kg voor lood en <0,020 – 0,027 mg/kg voor anorganisch arseen;
- De gehalten van (zware) metalen zijn op de locatie Kornwerderzand beduidend lager dan op de overige locaties, behalve voor kwik, deze was voor locatie Volkeraksluizen het laagst.

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, naast de monitoring van het bruine vlees uit het lijf, ook om de paar jaar de monitoring van PFAS's in wit vlees voort te zetten, omdat er nog weinig bekend is over verhouding van PFAS's in de verschillende delen van de wolhandkrab en omdat hiervoor normen gelden;
- Daarnaast wordt aanbevolen om de speciatie van arseen voort te zetten in de wolhandkrab monsters omdat recentelijk onderzoek van EFSA heeft geleid tot een verlaging van de veilige inname van anorganisch (inorganic) arseen (iAs) (EFSA, 2024), en EFSA op dit moment kijkt naar mogelijke risico's van andere vormen van arseen.

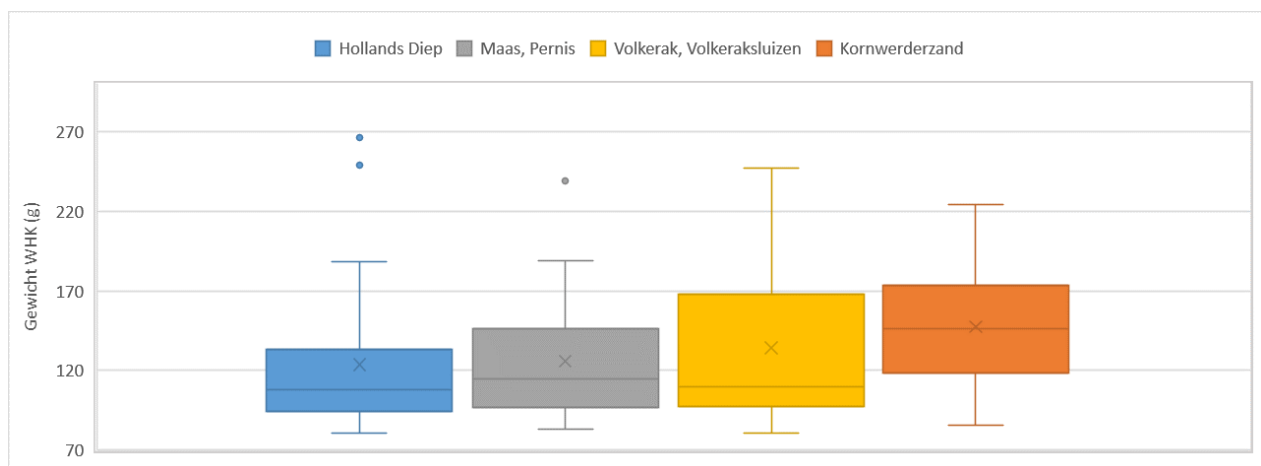
Literatuur

- 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>.
- 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.
- European Food Safety Authority (EFSA) 2024. "Update of the risk assessment of inorganic arsenic in food" *The EFSA journal* 2024;22 e8488.
- 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., Hoogeboom, L.A.P., Kotterman, M.J.J., Leeuwen, S.P.J. van en Rijk, J.C.W. (2021). "Contaminanten in Chinese wolhandkrab; Resultaten van 2020" WFSR-rapport 2021.009.
- Leenders, LL., Hoogenboom, L.A.P., Kotterman, M.J.J., Leeuwen, S.P.J. van en Rijk, J.C.W. (2022). "Contaminanten in Chinese wolhandkrab; Resultaten van 2021" WFSR-rapport 2022.015.
- Leenders, LL., Hoogenboom, L.A.P., Kotterman, M.J.J., Leeuwen, S.P.J. van en Rijk, J.C.W. (2023). "Contaminanten in Chinese wolhandkrab; Resultaten van 2022" WFSR-rapport 2023.006.
- Leenders, LL., Hoogenboom, L.A.P., Kotterman, M.J.J., Leeuwen, S.P.J. van en Rijk, J.C.W. (2024). "Contaminanten in Chinese wolhandkrab; Resultaten van 2023" WFSR-rapport 2024.006.
- 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 (EU) 2023/915 van de Commissie van 25 april 2023 betreffende maximumgehalten aan bepaalde verontreinigingen in levensmiddelen en tot intrekking van Verordening (EG) nr. 1881/2006. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/915/oj?locale=nl>.
- Wageningen Food Safety Research (WFSR) (2024), "Onderzoek naar de gehalten aan PFAS's in vis en visserijproducten uit de Westerschelde". WFSR-briefrapport 2407647. <https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/detail?id=2024D09543&did=2024D09543>.
- 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 2024.

Locatie	Datum monstername	Aantal man	Aantal vrouw	Gewicht (g)		
				Gemiddelde	Min	Max
Hollands Diep	15-11-24	13	12	124	81	266
Maas, Pernis	15-11-24	23	1	126	83	239
Volkerak, Volkeraksluizen	15-11-24	15	10	134	81	247
Kornwerderzand	25-11-24	25	0	147	86	224



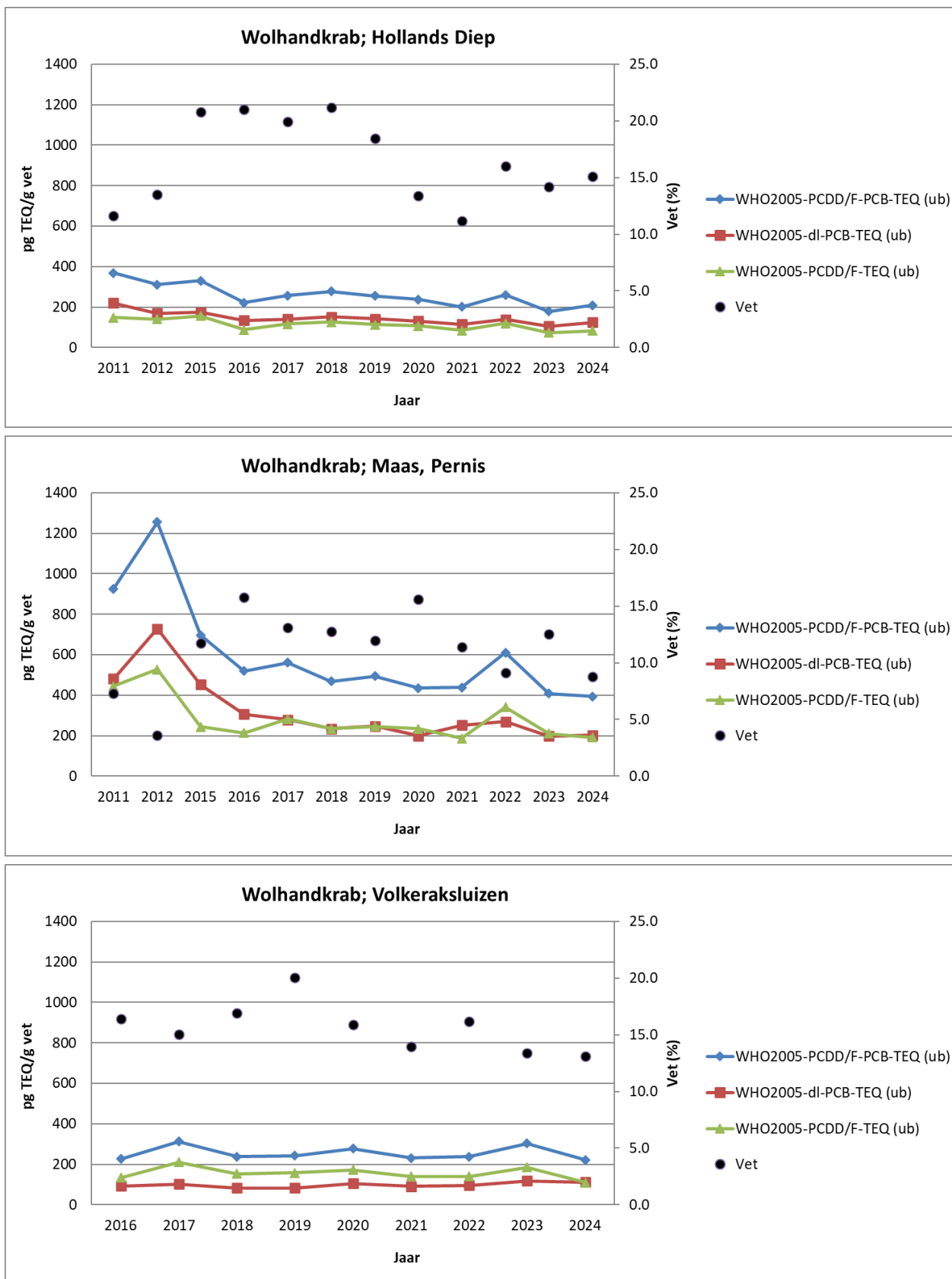
Figuur B1 Verdeling totaalgewichten wolhandkrab bemonsterd in 2024.

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 2024. Resultaten zijn uitgedrukt op vetbasis.

WFSR nr.	WMR nr. 2024/	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)
200712012	2613	Maas, Pernis	8,8	191	202	393	5579
200712013	2714	Hollands Diep	15,1	84	125	208	4248
200712014	2815	Volkerak, Volkeraksluizen	13,1	110	112	222	3375
200712015	2956	Kornwerderzand	14,9	76	68	144	1415

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



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 B3 *Individuele gehalten van de verschillende dioxines en PCB's in wolhandkrab (vlees uit het lijf) bemonsterd in 2024. Resultaten zijn uitgedrukt op productbasis.*

WFSR nr	200712012	200712013	200712014	200712015
Opdrachtgevern	2024/2613	2024/2714	2024/2815	2024/2956
Product	Wolhandkrab	Wolhandkrab	Wolhandkrab	Wolhandkrab
Herkomst	Maas, Pernis	Hollands Diep	Volkeraksluizen	Kornwerderzand
Vetgehalte (%)	8.8	15.1	13.1	14.9
Dioxins (A0565)	pg/g	pg/g	pg/g	pg/g
2,3,7,8-TCDF	29.30	29.25	26.26	20.315
1,2,3,7,8-PeCDF	8.05	6.44	6.72	4.94
2,3,4,7,8-PeCDF	10.29	10.08	11.41	9.30
1,2,3,4,7,8-HxCDF	13.66	9.26	9.39	7.673
1,2,3,6,7,8-HxCDF	5.47	3.658	4.279	3.61
2,3,4,6,7,8-HxCDF	2.851	2.493	3.050	2.464
1,2,3,7,8,9-HxCDF	<0.367	<0.428	<0.455	<0.162
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	17.73	10.74	15.52	12.430
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.440	0.401	0.530	0.17
OCDF	4.686	4.16	5.59	1.57
2,3,7,8-TCDD	6.61	3.26	4.927	3.56
1,2,3,7,8-PeCDD	1.110	1.109	1.015	0.935
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.697	0.721	0.66	0.60
1,2,3,6,7,8-HxCDD	2.089	2.401	2.037	1.60
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.756	0.788	0.778	0.721
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	4.50	4.734	4.179	2.725
OCDD	4.99	5.16	4.20	1.655
WHO2005-PCDD/F-TEQ (lb)	16.8	12.6	14.4	11.3
WHO2005-PCDD/F-TEQ (ub)	16.8	12.6	14.5	11.3
Dioxine-like-PCB's	pg/g	pg/g	pg/g	pg/g
PCB 081	39.01	44.741	44.824	21.136
PCB 077	1678.1	1687.5	1333.0	836.2
PCB 126	140.45	152.32	118.37	84.1
PCB 169	18.481	18.716	13.7	14.7
PCB 123	<1044.538	<1159.146	<1122.596	<792.472
PCB 118	73228	61744	47642	27363
PCB 114	<835.573	<965.493	<1128.518	<850.515
PCB 105	9974	12263.1	8175	4926
PCB 167	5143	6504.2	5426.7	2473
PCB 156	8143	9558.6	8373.4	3802
PCB 157	1376.6	1451.3	1044.8	<553.209
PCB 189	842.1	1310.10	1045.53	250
WHO2005-dl-PCB-TEQ (lb)	17.7	18.8	14.5	10.1
WHO2005-dl-PCB-TEQ (ub)	17.8	18.8	14.6	10.2
WHO2005-PCDD/F-PCB-TEQ (lb)	34.5	31.4	29.0	21.4
WHO2005-PCDD/F-PCB-TEQ (ub)	34.6	31.5	29.1	21.5
Non-dioxine-like-PCB's	ng/g	ng/g	ng/g	ng/g
PCB 028	15.90	17.68	13.45	5.72
PCB 052	30.63	32.62	23.52	9.2
PCB 101	88.20	92.81	64.49	34.7
PCB 153	210.06	288.03	198.44	94
PCB 138	98.89	119.81	81.42	43.3
PCB 180	47.28	90.43	60.74	23.9
Totaal ndl-PCB's (lb)	491	641	442	211
Totaal ndl-PCB's (ub)	491	641	442	211

*lb met lower bound detectiegrenzen.

**ub met upperbound detectiegrenzen.

Bijlage 4 Resultaten PFAS's in wolhandkrab 2024

Tabel B4 *Individuele gehalten van de verschillende PFAS's in wolhandkrab (vlees uit het lijf) bemonsterd in 2024. 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. 2024/	Locatie	PFPeA	PFHxA	PFHpA	PFOA*	PFNA*	PFDA	PFUnDA	PFDaDA	PFTTrDA	PFTeDA	PFBS	PFHxS*	PFHpS	PFOS*	PFDS	HFPO-DA (GenX)
200712012	2613	Maas, Pernis	<0,20	<0,20	<0,10	<0,10	<0,10	0,65	0,52	1,1	0,62	0,95	0,062	0,063	<0,025	3,4	<0,050	<1,3
200712013	2714	Hollands Diep	<0,20	<0,20	<0,10	<0,10	<0,10	0,82	0,86	1,7	0,95	2,1	0,39	0,054	<0,025	3,8	<0,050	<2,1
200712014	2815	Volkerak, Volkeraksluizen	<0,20	<0,20	<0,10	<0,10	<0,10	0,90	0,75	1,6	0,86	1,5	0,46	0,068	<0,025	4,7	0,087	<0,69
200712015	2956	Kornwerderzand	<0,20	<0,20	<0,10	0,35	0,40	1,3	0,74	0,71	0,49	0,64	2,3	0,10	0,032	5,7	<0,050	<0,10

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

WFSR-rapport 2025.002



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, 7.700 medewerkers (7.000 fte), 2.500 PhD- en EngD-kandidaten, 13.100 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 2025.002

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, 7.700 medewerkers (7.000 fte), 2.500 PhD- en EngD-kandidaten, 13.100 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.

