

**Variatie en trend van de gehalten zware
metalen op locatie Zeelandbrug
Data rapport 2013**

T. Schellekens, S. Glorius, M. van den Heuvel-Greve

Technisch rapport C055/14



IMARES Wageningen UR

(IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies)

Opdrachtgever:

RWS Zeeland / Waterdienst
Poelendaelesingel 18
4335 JA Middelburg

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van
Rijkswaterstaat

Publicatiedatum:

April 2014

IMARES is:

- een onafhankelijk, objectief en gezaghebbend instituut dat kennis levert die noodzakelijk is voor integrale duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van de zee en kustzones;
- een instituut dat de benodigde kennis levert voor een geïntegreerde duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van zee en kustzones;
- een belangrijke, proactieve speler in nationale en internationale mariene onderzoeksnetwerken (zoals ICES en EFARO).

| | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| P.O. Box 68 | P.O. Box 77 | P.O. Box 57 | P.O. Box 167 |
| 1970 AB IJmuiden | 4400 AB Yerseke | 1780 AB Den Helder | 1790 AD Den Burg Texel |
| Phone: +31 (0)317 48 09 00 | Phone: +31 (0)317 48 09 00 | Phone: +31 (0)317 48 09 00 | Phone: +31 (0)317 48 09 00 |
| Fax: +31 (0)317 48 73 26 | Fax: +31 (0)317 48 73 59 | Fax: +31 (0)223 63 06 87 | Fax: +31 (0)317 48 73 62 |
| E-Mail: imares@wur.nl | E-Mail: imares@wur.nl | E-Mail: imares@wur.nl | E-Mail: imares@wur.nl |
| www.imares.wur.nl | www.imares.wur.nl | www.imares.wur.nl | www.imares.wur.nl |

© 2014 IMARES Wageningen UR

IMARES, onderdeel van Stichting DLO.
KvK nr. 09098104,
IMARES BTW nr. NL 8113.83.696.B16.
Code BIC/SWIFT address: RABONL2U
IBAN code: NL 73 RABO 0373599285

De Directie van IMARES is niet aansprakelijk voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van IMARES; opdrachtgever vrijwaart IMARES van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

Inhoudsopgave

| | |
|--|----|
| Inhoudsopgave..... | 3 |
| 1 Inleiding..... | 4 |
| 2 Methoden..... | 5 |
| 2.1 Bemonstering biota..... | 5 |
| 2.2 Analysemethode..... | 6 |
| 2.3 Detectielimiet..... | 6 |
| 2.4 Berekening Pollution Load Index..... | 7 |
| 2.5 Data analyse..... | 7 |
| 2.5.1 Variatie..... | 7 |
| 2.5.2 Trends..... | 7 |
| 3 Resultaten..... | 8 |
| 3.1 Variatie metaalgehalten mossel en Japanse oester..... | 8 |
| 3.2 Trend over de tijd van metaalgehalten in mossel en Japanse oester..... | 9 |
| 4 Discussie en conclusie..... | 13 |
| 4.1 Variatie in metaalconcentratie..... | 13 |
| 4.2 Trend in metaalconcentratie..... | 13 |
| 4.3 Aanbevelingen..... | 13 |
| 5 Kwaliteitsborging..... | 14 |
| Referenties..... | 15 |
| Verantwoording..... | 16 |
| Bijlage A. Ruwe data T0 Zierikzee..... | 17 |
| Bijlage B. Variatie in metaalconcentratie..... | 19 |
| Bijlage C. Dataserie in metaalconcentratie..... | 21 |
| Bijlage D. Ruwe data T0-T4 Zeelandbrug..... | 23 |

1 Inleiding

De stromingen in de Ooster- en Westerschelde zorgen lokaal voor erosie van de oevers en geulwanden. Om dat proces tegen te gaan, is er in 2008 (pilot) en 2009 (structureel) begonnen om op die locaties waar deze erosie de stabiliteit van de waterkering in gevaar brengt of de reeds bestaande oeverwerken ondermijnt, 'bestortingen' uit te voeren om de oevers te beschermen. Deze bestortingen zijn uitgevoerd met staalslakken en breukstenen. Dergelijke materialen kunnen volgens de Regeling Bodemkwaliteit, met in acht neming van diverse normen, worden toegepast als bouwstof. Om met zekerheid vast te kunnen stellen dat er geen negatieve effecten optreden op het mariene milieu n.a.v. de oeververdediging is door Rijkswaterstaat besloten om een monitoringsprogramma op te zetten en uit te voeren. In tabel 1 is een overzicht opgenomen van de monitoring die tot dusverre heeft plaatsgevonden en is gerapporteerd.

Tabel 1: Monitoring in chronologische volgorde inclusief rapportage

| Jaar | Transformatie | Doel | Rapport |
|------|---------------|---|--|
| 2009 | T0 | -Bepaling van gehalten van zware metalen in verschillende dominant aanwezige epifaunasoorten op de locatie vóór het storten van de staalslakken en breukstenen | Van den Heuvel-Greve e.a. (2009) |
| 2010 | T1 | -Ontwikkeling van epi- en infaunagemeenschappen -Accumulatie van zware metalen analyse | Van den Heuvel-Greve e.a. (2010) |
| 2011 | T2 | -Successie van epi- en infaunasoorten op de nieuwe ondergrond -Accumulatie van zware metalen in een 6-tal biota : blaaswier <i>Fucus vesiculosus</i> , mossel <i>Mytilus edulis</i> , Japanse oester <i>Crassostrea gigas</i> , zakpijsoorten <i>Ciona intestinalis</i> en <i>Styela clava</i> geweispans <i>Haliclona oculata</i> . | Van den Heuvel-Greve e.a. (2012) |
| 2012 | T3 | -Successie van epi- en infaunasoorten -Accumulatie van zware metalen in twee biotasoorten (op Zeelandbrug-pijler): mossel <i>Mytilus edulis</i> Japanse oester <i>Crassostrea gigas</i> -Toxiciteitstesten met Molybdeen | Van den Heuvel-Greve e.a. (2013) (Glorius e.a., 2013) |
| 2013 | T4 | -Successie van epi- en infaunasoorten op de nieuwe ondergrond -Accumulatie van zware metalen in twee biotasoorten (op Zeelandbrug-pijler): mossel <i>Mytilus edulis</i> Japanse oester <i>Crassostrea gigas</i> | Tangelder e.a., 2014 a (in voorbereiding) Dit rapport |

De huidige opdracht van rijkswaterstaat was om inzicht te verkrijgen in gehalten aan zware metalen tweeënehalf tot vier jaar na het aanbrengen van de vooroeververdediging op de Cluster I locaties. Vanwege kostenoverwegingen zijn monitoringsactiviteiten sinds 2012 ingeperkt. Dientengevolge is voor de T4 monitoring in 2013 alleen op de Zeelandbrug (Oosterschelde) bemonsterd, waarbij twee biotasoorten zijn geselecteerd, mossel (*Mytilus edulis*) en Japanse oester (*Crassostrea gigas*).

Dit rapport beschrijft de resultaten van de metaanalyses in mosselen en oesters bemonsterd op de Zeelandbrug, waarbij ingegaan wordt op de jaarlijkse variatie in metaalconcentratie en een mogelijke trend in de tijd (gebruikmakend van de eerdere data rapporten). Resultaten van deze studie dienen als input voor een samenvattende rapportage, Tangelder e.a. (2014a, in voorbereiding), waarin de

verschillende onderdelen in onderling perspectief geplaatst worden evenals implicaties voor toekomstige monitoractiviteiten. Dit omvat naast analyse van zware metalen een samenvatting van epi- en infauna bestandsopname van zowel hard als zacht substraat (uitgebreid beschreven in De Kluiver e.a. (2014, in voorbereiding) en in Tangelder e.a. (2014b, in voorbereiding)).

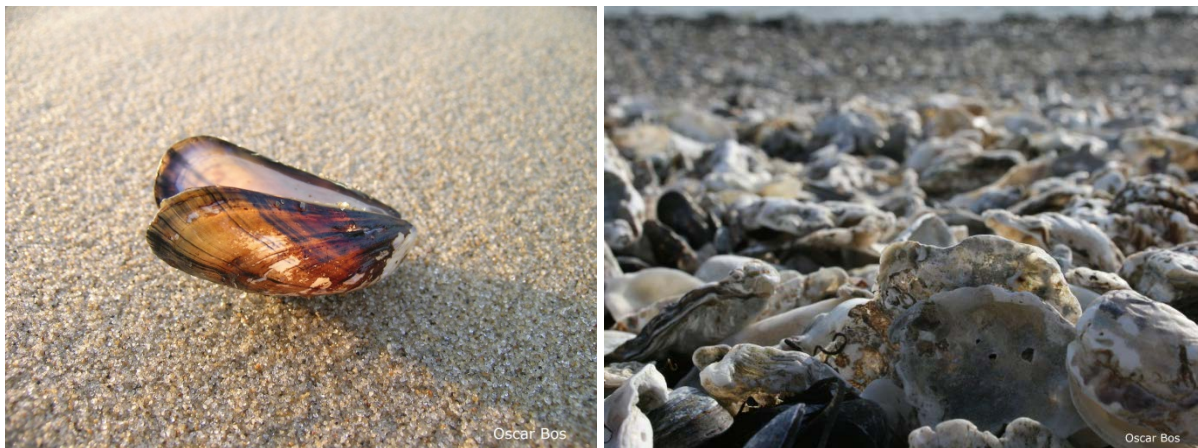
2 Methoden

2.1 Bemonstering biota

Tussen eind juli en begin september zijn in 2013 mosselen (*Mytilus edulis*) en Japanse oesters (*Crassostrea gigas*) op de pijler van de Zeelandbrug door Stichting Zeeschelp bemonsterd om gehalten aan metalen nabij de vooroeververdediging te bepalen ten behoeve van de T4 monitoring (zie voor details Kluijver e.a. 2014). Voor een kaart met de verschillende bestorting en bemonsteringslocaties wordt verwezen naar het samenvattend eindrapport, Tangelder e.a. (2014a, in voorbereiding).

Van beide soorten zijn per monster meerdere individuen (minstens een tiental tot tientallen individuen) samengenomen. De monsters zijn in triplo (drie posities op de pijler) verzameld van de pijler (zie voor details De Kluijver e.a. 2014, in voorbereiding). Uitsluitend schelpdier vlees is gebruikt voor analyse op zware metalen door TNO-Triskelion te Zeist. Van elk monster is het vlees van de verschillende individuen gehomogeniseerd tot een mengmonster.

Alle drie mengmonsters per soort (zes mengmonsters voor mossels en oesters samen) werden in duplo op zware metalen geanalyseerd.



Figuur 1: De mossel *Mytilus edulis* (links) en Japanse oester *Crassostrea gigas* (rechts). Foto's: IMARES/Oscar Bos.

Na bemonstering zijn de monsters gekoeld getransporteerd en opgeslagen in kunststofmaterialen (PP, PE en PVC). De pincetten die gebruikt zijn tijdens deze handeling zijn eveneens van kunststof. De monsters zijn opgeslagen bij -26°C , in gewassen, zuur- en demi-gespoelde glazen flessen, afgedicht met Idpe-inlegstop en PP-schroefdeksel. De schelpdieren zijn voor de duur van een nacht verwaterd voordat ze in de vriezer zijn opgeslagen. Verwatering vond plaats in een continue doorstroomd kunststofaquarium van ongeveer 500 liter, met gefilterd zeewater afkomstig uit de Oosterschelde (Jacobahaven).

In Tabel 2 is het aantal bemonsterde soorten op Zeelandbrug ten behoeve van metaalanalyses voor de verschillende jaren weergegeven. Zoals blijkt uit Tabel 2, is Japanse oester ieder jaar bemonsterd. Mosselen zijn elk jaar bemonsterd, met uitzondering van 2009. Het aantal replica's is toegenomen; in 2011 t/m 2013 zijn bemonsteringen en metaalanalyses in zowel Japanse oesters als mosselen in drievoud uitgevoerd.

Tabel 2. Biota die bemonsterd zijn op locatie Zeelandbrug tbv metaalanalyses binnen het monitorprogramma. De getallen duiden het aantal replica's per jaar.

| Species | 2009 (T0) | 2010 (T1) | 2011 (T2) | 2012 (T3) | 2013 (T4) |
|-----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Doorzichtige zakpijp | | 2 | 3 | | |
| Geweispons | 1 | | | | |
| Japanse oester | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| Japanse zakpijp | | 2 | 3 | | |
| Mossel | | 2 | 3 | 3 | 3 |
| Mosselzaad | 1 | | | | |
| Ruwe zakpijp | | | 3 | | |
| Zeester | 1 | | | | |

In 2013 is ook een T0 meting uitgevoerd bij locatie Zierikzee waarbij vier soorten zijn bemonsterd. De ruwe data van deze meting is opgenomen in de bijlage A.

2.2 Analysemethode

De keuze van de te analyseren metalen voor de T4 (2013) is gebaseerd op de lijst van zware metalen die in het Besluit Bodemkwaliteit staan. Het betreft de volgende stoffen: As (arseen), Ba (barium), Cd (cadmium), Co (kobalt), Cr (chrom), Cu (koper), Hg (kwik), Mo (molybdeen), Ni (nikkel), Pb (lood), Sb (antimoon), Se (seleen), Sn (tin), V (vanadium) en Zn (zink). Additioneel op deze stoffenlijst zijn ook Al (aluminium), Fe (ijzer) en Mn (mangaan) geanalyseerd, omdat deze metalen niet op de lijst van zware metalen van het Besluit Bodemkwaliteit staan, maar ook uit staalslakken kunnen logen (Jonkers 1987). Dezelfde set is in 2009 (T0), 2010 (T1), 2011 (T2) en 2012 (T3) geanalyseerd.

De metaalanalyses zijn uitgevoerd door TNO Triskelion te Zeist. Na homogenisatie is een deel van het monster in duplo ontsloten met salpeterzuur en waterstofperoxide, volgens TNO voorschrift LSP/072. In de verkregen oplossing is het gehalte bepaald m.b.v. ICP-MS, volgens TNO voorschrift LSP/055. De kwantificering vindt plaats aan de hand van externe kalibratiestandaarden en om te corrigeren voor fluctuaties in de apparatuur is gebruik gemaakt van een interne standaard (rhodium). Concentraties zijn teruggerekend naar eenheden per droogstofgewicht.

Voor het bepalen van het droge stofgehalte is het gewogen monster gedroogd in een stoof ($103 \pm 3^\circ\text{C}$) tot constant gewicht en na afkoelen in een exsiccator terug gewogen.

2.3 Detectielimiet

De detectielimiet of aantoonbaarheidsgrens van een analyse is de laagste waarde die gerapporteerd kan worden. Beneden deze grens vallen de waarden binnen de ruis van de bepaling en kan geen betrouwbaar gehalte worden opgegeven. De detectielimiet kan op verschillende manieren worden vastgesteld. In de analyse uitgevoerd door TNO is de detectielimiet de laagste standaard uit de kalibratie curve aangehouden als onderste te bepalen waarde.

Het ene metaal is door de gebruikte apparatuur in lagere concentraties te meten dan andere, dus er bestaan verschillen in detectielimieten tussen verschillende metalen. De detectielimiet van een metaal in een monster is echter ook afhankelijk van de hoeveelheid (massa) monster die is ingewogen voor de bepaling en is daarmee dus voor elk monster verschillend. Wordt 2x meer ingewogen van eenzelfde monster dan zal de detectielimiet 2x lager zijn. Er kunnen dus verschillen in detectielimieten zijn van een metaal binnen 1 gemeten jaar (tot 3 monsters dus 3 detectielimieten per metaal per jaar), maar uiteraard ook tussen jaren.

Uit analyse blijkt dat elk jaar (2009-2013) de concentraties van antimoon (Sb) en tin (Sn) onder de detectielimieten blijven. Er is daarom voor gekozen deze metalen niet verder op te nemen in de rapportage.

2.4 Berekening Pollution Load Index

De Pollution Load Index (PLI) berekend als maat voor de totale metaalvervuiling (Tomlinson et al. (1980)). De formule om de PLI te berekenen wordt gegeven in vergelijking 1. In feite betreft de index het geometrisch gemiddelde van de concentraties van metalen.

$$PLI = \sqrt[n]{CF_1 \times CF_2 \times \dots \times CF_n} \quad \text{Vergelijking 1.}$$

n = aantal metalen opgenomen in de index

CF₁ = concentratie metaal nr. 1

CF₂ = concentratie metaal nr. 2

CF_n = concentratie metaal nr. n

Aangezien de concentraties van de metalen antimoon (Sb) en tin (Sn) in alle jaren onder de detectielimiet liggen, zijn deze metalen niet meegenomen in de berekening van de PLI. De overige geanalyseerde metalen (16 stuks) zijn wel meegenomen in de PLI berekening.

2.5 Data analyse

2.5.1 Variatie

Om inzicht te krijgen in de variatie van de metaalconcentratie is de standaarddeviatie (standaardafwijking) berekend voor een steekproef (n-1) als maat voor deze spreiding. Hoe groter deze maat hoe groter de verschillen tussen de verschillende waarnemingen. Om de variatie tussen metalen te kunnen vergelijken is ook het procentuele aandeel van de standaarddeviatie op het gemiddelde berekend (ook wel bekend als 100% maal de variatiecoëfficiënt). De formule voor de standaarddeviatie (sd) wordt weergegeven in vergelijking 2.

$$sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad \text{Vergelijking 2.}$$

sd = standaarddeviatie

n = het aantal waarnemingen

x_i = waarde van een waarneming

\bar{x} = gemiddelde

2.5.2 Trends

Trends van metaalconcentraties (per metaal, per biota) in de tijd zijn onderzocht aan de hand van lineaire regressie waarbij metaalconcentratie afhankelijk is van het jaartal en een niet verklaarde variatie, error term (ε).

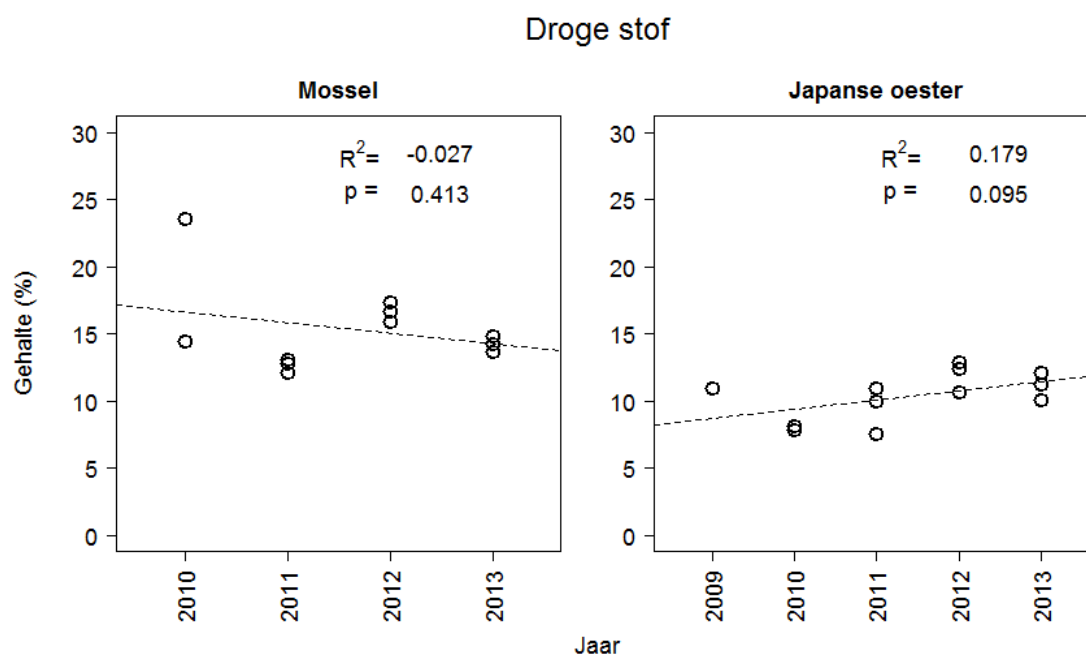
$$\text{Metaalconcentratie} \sim \text{jaar} + \varepsilon$$

Significantie van deze trend is onderzocht door een ANOVA toets.

Alle berekeningen zijn uitgevoerd in R (R Development Core Team (2012)).

3 Resultaten

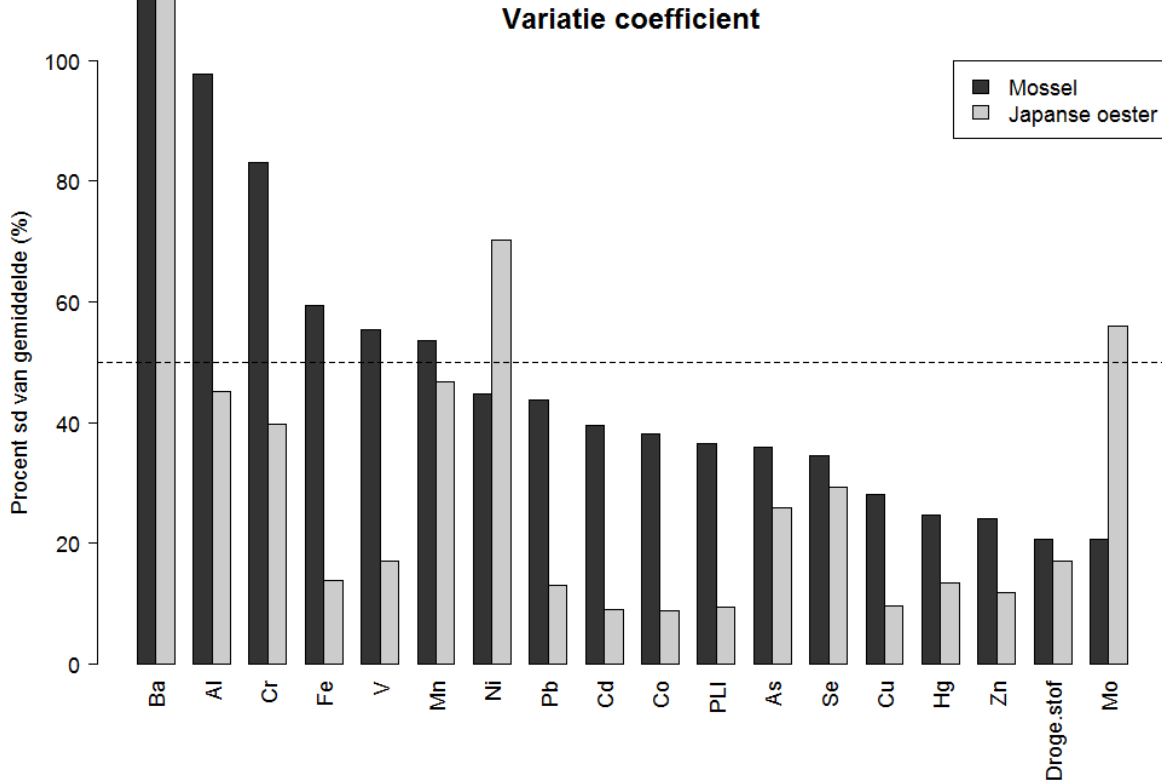
Het gehalte droge stof ligt in mosselen hoger (gem. 15.35 %, sd = 3.18) dan in de Japanse oester (gem. 10.41 %, sd = 1.77), zie figuur 2. Omdat de monsternamen destructief is en een tijdserie van concentraties zware metalen wordt gevormd door een sequentie van individuen van eventueel veranderende grootte, zouden eventuele trends in concentratie zware metalen veroorzaakt kunnen worden door een trend in grootte van individuen. Het gehalte droge stof, een indicatie voor de grootte van individuen, is echter niet toe- of afgenomen over de tijd (2009-2013) in beide soorten. Hierdoor is aan te nemen dat de trends in metaalconcentraties over de tijd niet veroorzaakt worden door een verschil in individuele grootte over de tijd.



Figuur 2: Gehalte droge stof in mosselen (links) en Japanse oester (rechts). Onderbroken lijnen geven niet-significante trends aan.

3.1 Variatie metaalgehalten mossel en Japanse oester

Tabel 1A in Bijlage B geeft een overzicht van gemiddelde metaalconcentraties, de standaardafwijking (sd) en of er een significante trend over de tijd is waargenomen. Er bestaat grote variatie in gemiddelde metaalconcentratie tussen de verschillende metalen en tussen mosselen en Japanse oesters. Om deze verschillen inzichtelijk te maken is het aandeel van de standaardafwijking op de gemiddelde concentratie berekend. Het resultaat hiervan wordt weergegeven in Figuur 3.



Figuur 3. Procentueel aandeel van de standaarddeviatie op de gemiddelde metaalconcentratie, droge stof en PLI. Met de horizontale stippellijn wordt de (arbitraire) grens van een sd van 50% van het gemiddelde weergegeven. Procent sd van gemiddelde waarde van barium (Ba) is voor mosselen 165% en voor Japanse oesters 204%, hetgeen veroorzaakt wordt door 1 monsterpunt in beide soorten uit 2013 (zie Bijlage C). Zonder die punten is het procent sd van gemiddelde waarde van barium 73 en 32% respectievelijk voor mosselen en Japanse oesters.

In Figuur 3 is te zien dat de variatie in metaalconcentratie ten opzichte van de gemiddelde concentratie verschillend is voor zowel schelpdier als metaal. De variatie in metaalconcentratie is over het algemeen groter in mosselen dan in Japanse oesters. De Relatieve Standaard Deviatie (RSD) voor mosselen is voor de geanalyseerde metalen gemiddeld 50.3%, voor Japanse oesters is deze 35.6 %. In mosselen wordt voor zes metalen een standaarddeviatie groter dan 50% van het gemiddelde aangetroffen (aluminium (Al), barium (Ba), chroom (Cr), ijzer (Fe), mangaan (Mn) en vanadium (V)). Voor Japanse oesters is dit het geval voor barium (Ba), molybdeen (Mo) en nikkel (Ni), maar bij de laatste wordt dit voornamelijk veroorzaakt door twee datapunten gemeten onder de detectielimiet (zie ook Bijlage C, figuur 2B).

Over het algemeen is de variatie in metaalconcentratie tussen jaren groter dan in de replica's binnen de jaren, zie figuren in Bijlage C. In deze figuren valt ook op dat de koper- (Cu) en zinkconcentraties (Zn) in Japanse oesters een stuk hoger liggen dan in mosselen.

3.2 Trend over de tijd van metaalgehalten in mossel en Japanse oester

Voor veruit de meeste metalen is geen significant lineaire toe- of afname in de tijd geconstateerd, zie Tabel 1A- Bijlage B. Om een trend betrouwbaar vast te kunnen stellen met alle analysewaarden is het ten eerste van belang dat de meeste analysewaarden boven de detectielimiet liggen. Dat was niet het geval voor tin (Sb) en antimoon (Sn) in zowel mossels als oesters. Deze metalen zijn daarom verwijderd uit de resultaten. Ten tweede is voor het bepalen van een trend van belang dat die waarden onder de detectielimiet ook lager zijn dan andere waarden. De detectielimiet wordt per monster vastgesteld, en hoe hoger de massa van het monster hoe lager over het algemeen de detectielimiet. Zo kan het

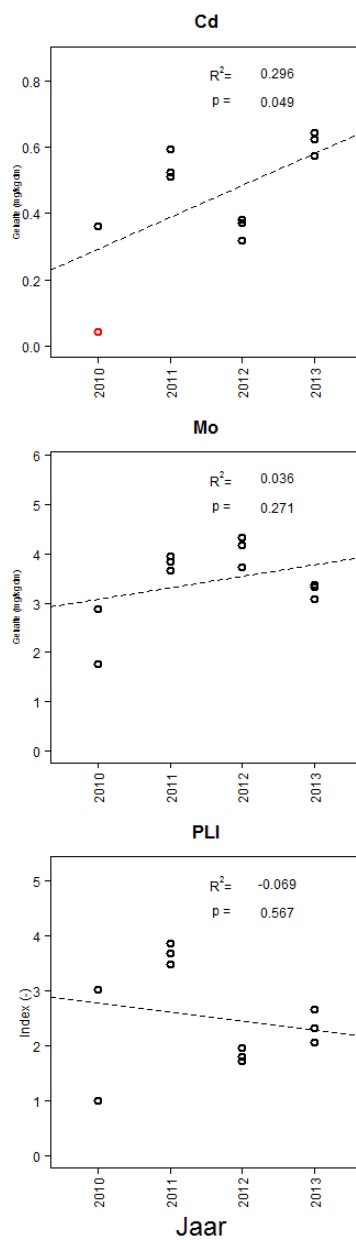
voorkomen dat bv. voor chroom (Cr) in oesters in 2010 twee monsters en in 2011 drie monsters onder verschillende detectielimieten vallen en de waarden van verschillende monsters uit 2009, 2012 en 2013 onder die van 2010 en 2011 liggen maar toch boven het monster-specifieke detectielimiet (zie figuur 2B, Bijlage C). Omdat het niet duidelijk is in welke mate de hoeveelheid chroom in 2010 en 2011 anders was dan waarden uit andere jaren is deze dataserie voor oesters niet bruikbaar om trends uit te berekenen. Deze zelfde logica geldt voor de dataserie van aluminium (Al), barium (Ba) en nikkel (Ni) in oesters (zie figuur 2B, Bijlage C); voor deze metalen in oesters is geen trendanalyse mogelijk met alle analysewaarden. Zonder de waarden onder de detectielimiet leveren deze dataserie echter ook geen significante trends op.

In mosselen is alleen voor cadmium (Cd) een significant toenemende trend gevonden (zie figuur 4). Deze trend wordt veroorzaakt door een laag gehalte gemeten in 2010 onder de detectielimiet, zie figuur 1B in Bijlage C. Zonder dat punt onder de detectielimiet is er geen significant lineaire trend ($p=0.232$). Echter, ook als de cadmium concentratie in 2010 nul was zou de positieve trend significant blijven. Voor molybdeen (Mo) in mosselen is in de tijdserie tot en met 2012 een significante toename vastgesteld ($p=0.012$; Glorius e.a., 2013). In 2013 lijkt deze trend gekeerd en zijn de gemeten waarden vergelijkbaar met die van 2010 (t-test tussen 2010 en 2013: $p=0.334$, zie ook figuur 4).

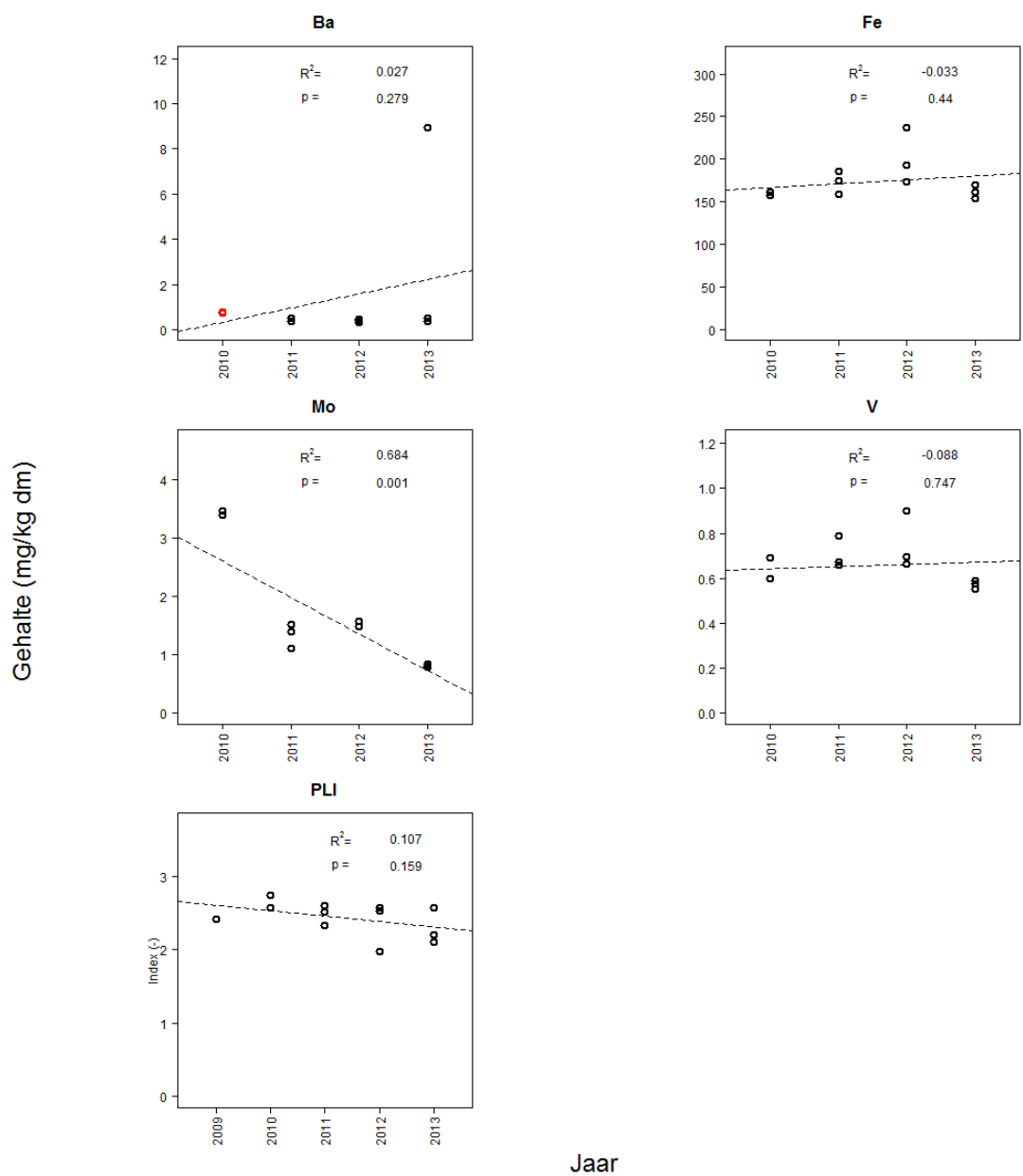
In Japanse oester neemt de molybdeenconcentratie significant af (zie figuur 5). Hier geldt dat dit m.n. veroorzaakt wordt door verschil in concentratie van de eerste twee metingen (2009 en 2010) met metingen uitgevoerd in 2011 t/m 2013. Een significant negatief lineaire trend in bariumconcentratie tot 2012 (Glorius et al. 2013) is niet langer significant met inbegrip van 2013 ($p=0.279$, figuur 5). 2013 laat voor barium een hoge waarde zien, maar ook zonder deze uitbijter blijft de trend niet significant ($p=0.397$). IJzer- en vanadiumconcentratie namen tot en met 2012 significant toe (Glorius et al. 2013). Met toevoeging van de meting van 2013 zijn ook deze beide significant positief lineaire trends verdwenen (zie figuur 5).

Voor beide schelpdiersoorten geldt dat de Pollution Load Index (PLI) geen significante toe- of afname laat zien (figuur 4 en 5).

Gehalte (mg/kg dm)



Figuur 4. Trend in metaalconcentratie (Cadmium, Barium en PLI) gemeten in mosselen (mg/kg droge stof). Rode datapunten betreffen waarden < detectielimiet. Met de stippellijn wordt de lineaire trendlijn weergegeven. Significantie van de lijn aangegeven in R^2 en p -waarde.



Figuur 5. Trend in metaalconcentratie (Barium, IJzer, Molybdeen, Vanadium en PLI) gemeten in Japanse Oester (mg/kg droge stof). Rode datapunten betreffen waarden < detectielimiet. Met de stippellijn wordt de lineaire trendlijn weergegeven. Significantie van de lijn aangegeven in R^2 en p -waarde.

4 Discussie en conclusie

4.1 Variatie in metaalconcentratie

De variatie in metaalconcentratie is tussen jaren over het algemeen groter dan in replica's binnen jaren. Dat geeft vertrouwen in de validiteit van de metingen en geeft aan dat de variatie die gemeten wordt niet voornamelijk ruis is, maar mogelijk bepaald wordt door concentraties in de omgeving van deze schelpdieren en de biologische variatie. Daarnaast is de variatie in metaalconcentratie in mosselen voor de meeste metalen groter dan in oesters. De grotere variatie in metaalconcentraties in mosselen kan veroorzaakt worden doordat er meer variatie in mosselen zit in de opname van metalen (door bv. variatie in filtratie), of de verwerkingssnelheid van metalen. Veel van de metalen komen in mosselen en oesters in min of meer gelijke gemiddelde concentratie voor. Koper- en zinkconcentraties zijn daarentegen hoger in oesters dan in mosselen, zonder een aanwijsbare trend in de tijd. Dit verschil wijst op een specifieke opname en verwerking (opslag dan wel uitscheiding) van deze twee metalen door oesters.

4.2 Trend in metaalconcentratie

In zowel oesters als mosselen is er een toenemende trend in molybdeen gehalten aangetroffen, gevolgd door een afname. De afname van molybdeen geldt voor zowel oesters als mosselen maar lijkt voor de individuele soorten op een ander tijdstip te zijn ingezet. In mosselen heeft de toename geduurd tot 2012 en nam af in 2013, terwijl in oesters de concentratie al af nam vanaf 2010. Mogelijk heeft dit verschil te maken met verschillen in de biologie van de twee soorten, bv de verwerkingssnelheid van dit metaal. In oester zijn ook de concentraties van ijzer en vanadium na een toename tot en met 2012 in 2013 lager. Dit is echter nog geen significante trend.

Ook in de Pollution Load Index is het verschil in trends en afbuiging van de toename en tussen beide soorten zichtbaar; de maximale waarde van de sterk variërende PLI voor mosselen is tot dusverre waargenomen in 2011, terwijl voor oesters de maximale waarde is waargenomen 2010. Analyses op de tijdseries voor PLI in zowel oesters als mosselen laten echter geen significante trend zien.

4.3 Aanbevelingen

Gegevens over metaalconcentratie in water, sediment en droge stof uit de MWTL monitoring zouden gebruikt kunnen worden voor het vaststellen van een eventueel meerjarige trend als aanvulling op gehalten gemeten in biota. Molybdeen maakt echter (nog) geen onderdeel uit van de MWTL monitoring.

Dit rapport geeft een indicatie van een eventuele verandering in metaalconcentraties in biota. In rapportage in hetzelfde onderzoek wordt nader ingegaan op epifauna gemeenschap. Het vaststellen van causale relaties over eventuele effecten van uitloging van metalen uit staalslakken op biota, is in het veld lastig. Een vaststelling van de aan of afwezigheid van effecten van uitlogende stoffen op biota zou kunnen bestaan uit een langduriger studie waarbij in gesloten experimentele ecosystemen (mesocosms) de invloed van de staalslakken op de levensgemeenschap en de chemie kan worden vastgesteld, ten opzichte van een controle zonder staalslakken.

5 Kwaliteitsborging

IMARES beschikt over een ISO 9001:2008 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer: 124296-2012-AQ-NLD-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 december 2015. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V. Daarnaast beschikt het chemisch laboratorium van de afdeling Vis over een NEN-EN-ISO/IEC 17025:2005 accreditatie voor testlaboratoria met nummer L097. Deze accreditatie is geldig tot 27 maart 2013 en is voor het eerst verleend op 27 maart 1997; deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie.

Referenties

- De Kluijver, M.J., Dubbeldam, M.C. en van Broekhoven, B.J.L. (in preparation) (2014).
Levensgemeenschappen op de harde substraten in het eulittoraal en op de vooroever aan de
zuidkust van Schouwen-Duiveland T4-inventarisatie Zuidhoek/De Val; T0-inventarisatie
Zierikzee, 2013. Stichting Zeeschelp. P 112.
- Fox, J. (2005). The R Commander: A Basic Statistics Graphical User Interface to R. Journal of
Statistical Software, 14(9): 1--42.
- Glorius, S.T., M.J. van den Heuvel-Greve en E.M. Foekema (2013). Variatie gehalte zware metalen op
locatie Zeelandbrug en toxiciteit molybdeen – data rapport. IMARES Rapport C105/13.
- Heuvel-Greve, M.J. van den (2009). T0 monitoring vooroeververdediging Oosterschelde; cluster 1 –
2009. IMARES Wageningen UR, rapport C137/09.
- Heuvel-Greve, M. van den, A. van den Brink, S. Glorius, C. Schipper, M. de Kluijver, M. Dubbeldam
(2011). Monitoring vooroeververdediging Oosterschelde 2010: T1 Cluster 1/T0 Cluster 2.
IMARES Wageningen UR, rapport C029/11.
- Heuvel-Greve, M. van den, A. van den Brink, S. Glorius, C. Schipper, A. Gittenberger, M.J. de Kluijver,
M. Dubbeldam (2012). Monitoring vooroeververdediging Oosterschelde en Westerschelde 2011:
T2 Cluster 2. IMARES Wageningen UR, rapport C081/12.
- Heuvel-Greve, M. van den, A. van den Brink, S. Glorius, M.J. de Kluijver, en M. Dubbeldam (2013).
Monitoring vooroeververdediging Oosterschelde 2012: T3 Cluster 1. IMARES Wageningen UR,
rapport 102/13.
- R Development Core Team (2012). R: A language and environment for statistical computing. R
Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL
<http://www.R-project.org/>.
- Tangelder et al. (in preparation) (2014a) Monitoring vooroeververdediging Oosterschelde 2013: T4
Cluster 1 en T0 Zierikzee. IMARES rapport.
- Tangelder e.a. (in preparation) (2014b). Data rapport: Het effect van vooroeververdediging op
bodemorganismen in de Oosterschelde: 2013. IMARES rapport.
- Tomlinson, D. L., Wilson, J. G., Harris, C. R., en Jeffrey, D. W. (1980). Problems in the assessment of
heavy-metal levels in estuaries and the formation of a pollution index, Helgoland Marine
Research (33), pp 566 – 575.

Verantwoording

Rapport C055/14

Projectnummer:

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het betreffende afdelingshoofd van IMARES.

Akkoord: Dr. DME Slijkerman
Onderzoeker

Handtekening:



Datum: 23 april 2014

Akkoord: L. van Hoof
Afdelingshoofd Delta

Handtekening:



Datum: 23 april 2014

Bijlage A. Ruwe data TO Zierikzee

Ruwe data van de TO (2013) bemonstering bij Zierikzee voor *Ciona intestinalis* (doorzichtige zakpijp), *Styela clava* (japanse zakpijp), *Asciidiella spec.*, *Crassostrea gigas* (japanse oester) en *Fucus vesiculosus* (blaaswier). De waarden zijn weergegeven in mg/kg en mg/kg/ds.

| | | <i>Ciona intestinalis</i> | | | <i>Styela clava</i> | | | <i>Asciidiella spec</i> | | | <i>Crassostrea Japanese oester</i> | | | <i>Fucus vesiculosus</i> | |
|------------|------------|---------------------------|------|------|---------------------|------|-------|-------------------------|-------|-------|------------------------------------|------|------|--------------------------|--------|
| | | A | B | C | A | B | C | A | B | C | A | B | C | A | B |
| Al | (mg/kg) | 247 | 249 | 240 | 157 | 145 | 151 | 195 | 182 | 173 | 0.92 | 0.99 | 0.53 | 3 | 4 |
| As | (mg/kg) | 0.9 | 1.4 | 1.0 | 0.9 | 1.8 | 4.5 | 1.6 | 1.7 | 1.5 | 1.7 | 1.4 | 1.7 | 5 | 5 |
| Cu | (mg/kg) | 0.62 | 0.60 | 0.62 | 0.59 | 0.59 | 0.63 | 0.51 | 0.53 | 0.46 | 5.5 | 6.7 | 6.1 | 3 | 3 |
| Fe | (mg/kg) | 348 | 336 | 337 | 241 | 215 | 224 | 327 | 284 | 266 | 17.5 | 18.0 | 19.6 | 0 | 0 |
| Mn | (mg/kg) | 44 | 36 | 35 | 70 | 68 | 82 | 63 | 59 | 49 | 5.9 | 3.9 | 6.3 | 0 | 0 |
| Zn | (mg/kg) | 6.9 | 6.6 | 6.5 | 4.7 | 5.1 | 4.9 | 7.4 | 6.9 | 6.0 | 152 | 164 | 185 | 0 | 0 |
| Ba | (µg/kg) | 1068 | 2177 | 1450 | 1361 | 3271 | 11206 | 1221 | 1398 | 1428 | 27 | 23 | 23 | 0 | 0 |
| Cd | (µg/kg) | 12 | 10 | 10 | 5.6 | 5.2 | 5.8 | 11 | 10.0 | 9.4 | 79 | 80 | 81 | 12 | 15 |
| Co | (µg/kg) | 216 | 203 | 214 | 384 | 382 | 490 | 260 | 272 | 237 | 25 | 26 | 28 | 0 | 0 |
| Cr | (µg/kg) | 719 | 718 | 725 | 623 | 652 | 670 | 719 | 683 | 661 | 17 | 20 | 18 | 15 | 15 |
| Hg | (µg/kg) | 7.0 | 6.6 | 6.4 | 5.8 | 5.6 | 6.6 | 7.2 | 7.5 | 6.5 | 19 | 22 | 18 | 0 | 0 |
| Mo | (µg/kg) | 86 | 85 | 80 | 133 | 134 | 145 | 211 | 205 | 276 | 86 | 94 | 99 | 1 | 1 |
| Ni | (µg/kg) | 395 | 382 | 387 | 796 | 768 | 901 | 434 | 434 | 386 | 52 | 44 | 52 | 0 | 0 |
| Pb | (µg/kg) | 605 | 581 | 591 | 564 | 495 | 604 | 637 | 613 | 528 | 67 | 73 | 63 | < 0.02 | < 0.02 |
| Se | (µg/kg) | 177 | 171 | 179 | 334 | 353 | 376 | 280 | 318 | 261 | 327 | 282 | 376 | 0 | 0 |
| Sb | (µg/kg) | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 0.02 | < 0.02 |
| Sn | (µg/kg) | 37 | 37 | 37 | 23 | 21 | 25 | 35 | 35 | 29 | < 20 | < 20 | < 20 | 0 | 0 |
| V | (µg/kg) | 8330 | 7653 | 7989 | 765 | 1493 | 811 | 10986 | 10829 | 11203 | 40 | 48 | 44 | 13 | 12 |
| Droge stof | (% m/m) | 6.1 | 6.1 | 6.0 | 9.3 | 9.3 | 10.0 | 7.1 | 7.1 | 6.8 | 10.4 | 11.5 | 11.0 | 0 | 0 |
| Al | (mg/kg ds) | 4056 | 4053 | 3992 | 1694 | 1555 | 1512 | 2755 | 2580 | 2541 | 9 | 9 | 5 | 12 | 18 |
| As | (mg/kg ds) | 15.5 | 22.7 | 16.7 | 9.3 | 19.6 | 44.7 | 21.9 | 23.7 | 22.5 | 16.5 | 12.2 | 15.2 | 18 | 19 |
| Cu | (mg/kg ds) | 10.3 | 9.8 | 10.4 | 6.4 | 6.3 | 6.3 | 7.2 | 7.4 | 6.7 | 53.3 | 58.7 | 55.5 | 11 | 11 |
| Fe | (mg/kg ds) | 5712 | 5479 | 5605 | 2599 | 2305 | 2247 | 4605 | 4020 | 3902 | 169 | 157 | 178 | 0 | 0 |

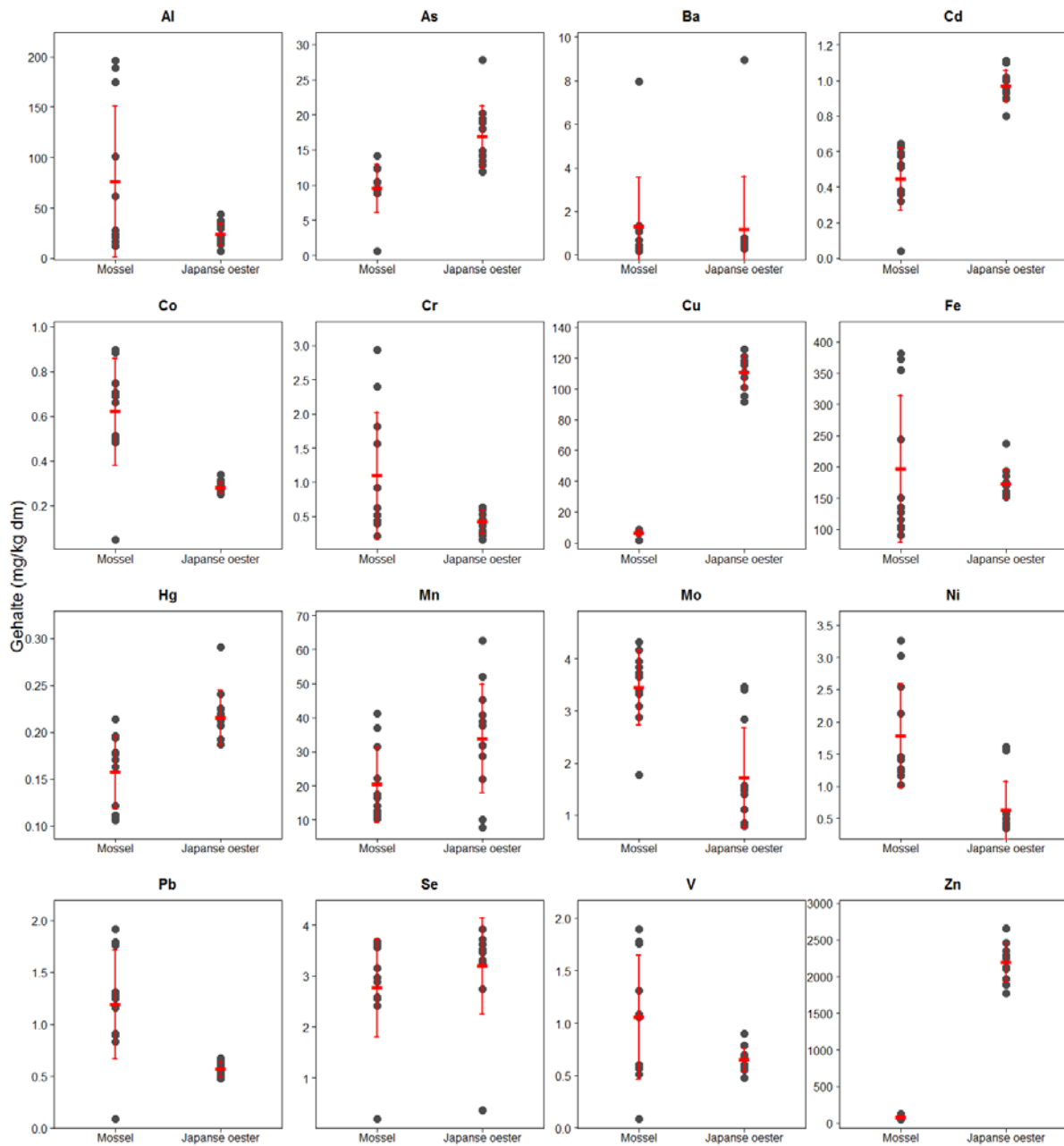
| | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|------------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|
| Mn | (mg/kg ds) | 723 | 580 | 589 | 760 | 728 | 823 | 894 | 832 | 711 | 57 | 34 | 57 | 1 | 1 |
| Zn | (mg/kg ds) | 113 | 107 | 109 | 50 | 55 | 49 | 104 | 98 | 89 | 1465 | 1433 | 1686 | 0 | 0 |
| Ba | (µg/kg ds) | 17537 | 35505 | 24121 | 14709 | 35036 | 112413 | 17198 | 19769 | 20928 | 261 | 202 | 206 | 2 | 2 |
| Cd | (µg/kg ds) | 191 | 162 | 165 | 60 | 55 | 58 | 150 | 141 | 138 | 765 | 695 | 734 | 49 | 62 |
| Co | (µg/kg ds) | 3551 | 3306 | 3568 | 4152 | 4089 | 4912 | 3663 | 3853 | 3469 | 246 | 225 | 254 | 0 | 0 |
| Cr | (µg/kg ds) | 11814 | 11707 | 12065 | 6733 | 6984 | 6722 | 10136 | 9665 | 9684 | 162 | 175 | 164 | 61 | 64 |
| Hg | (µg/kg ds) | 115 | 107 | 107 | 62 | 60 | 66 | 102 | 105 | 95 | 186 | 189 | 167 | 1 | 1 |
| Mo | (µg/kg ds) | 1411 | 1382 | 1328 | 1440 | 1435 | 1458 | 2977 | 2896 | 4038 | 832 | 821 | 898 | 3 | 4 |
| Ni | (µg/kg ds) | 6492 | 6232 | 6442 | 8599 | 8229 | 9041 | 6114 | 6136 | 5660 | 502 | 386 | 472 | 0 | 0 |
| Pb | (µg/kg ds) | 9942 | 9466 | 9838 | 6097 | 5307 | 6056 | 8980 | 8669 | 7729 | 651 | 635 | 571 | < 0.08 | < 0.08 |
| Se | (µg/kg ds) | 2901 | 2790 | 2984 | 3612 | 3783 | 3776 | 3946 | 4504 | 3827 | 3158 | 2458 | 3422 | 0 | 0 |
| Sb | (µg/kg ds) | < 75 | < 75 | < 75 | < 75 | < 75 | < 75 | < 75 | < 75 | < 75 | < 75 | < 75 | < 75 | < 0.08 | < 0.08 |
| Sn | (µg/kg ds) | 601 | 602 | 613 | 252 | 226 | 246 | 496 | 489 | 429 | < 150 | < 150 | < 150 | 0 | 0 |
| V | (µg/kg ds) | 136819 | 124785 | 132927 | 8269 | 15995 | 8140 | 154788 | 153145 | 164137 | 383 | 423 | 399 | 50 | 52 |

Bijlage B. Variatie in metaalconcentratie.

Tabel 1A. Gemiddelde metaalconcentratie (gem), spreiding (variantie en standaard deviatie) en testresultaten voor lineaire trends (R^2 en p-waarde (richting)) in mosselen en Japanse oesters bemonsterd op Zeelandbrug. De vetgedrukte waarden geven significante ($p < 0.05$) waarden aan. Voor de in rood afgedrukte waarden lag een of twee metingen onder de detectielimiet (uitgezonderd Cr: 5 van de 11 metingen in oesters onder de detectielimiet). In die gevallen is de concentratie gelijk aan de detectiegrens gebruikt in de berekening van het gemiddelde, standaarddeviatie en trend.

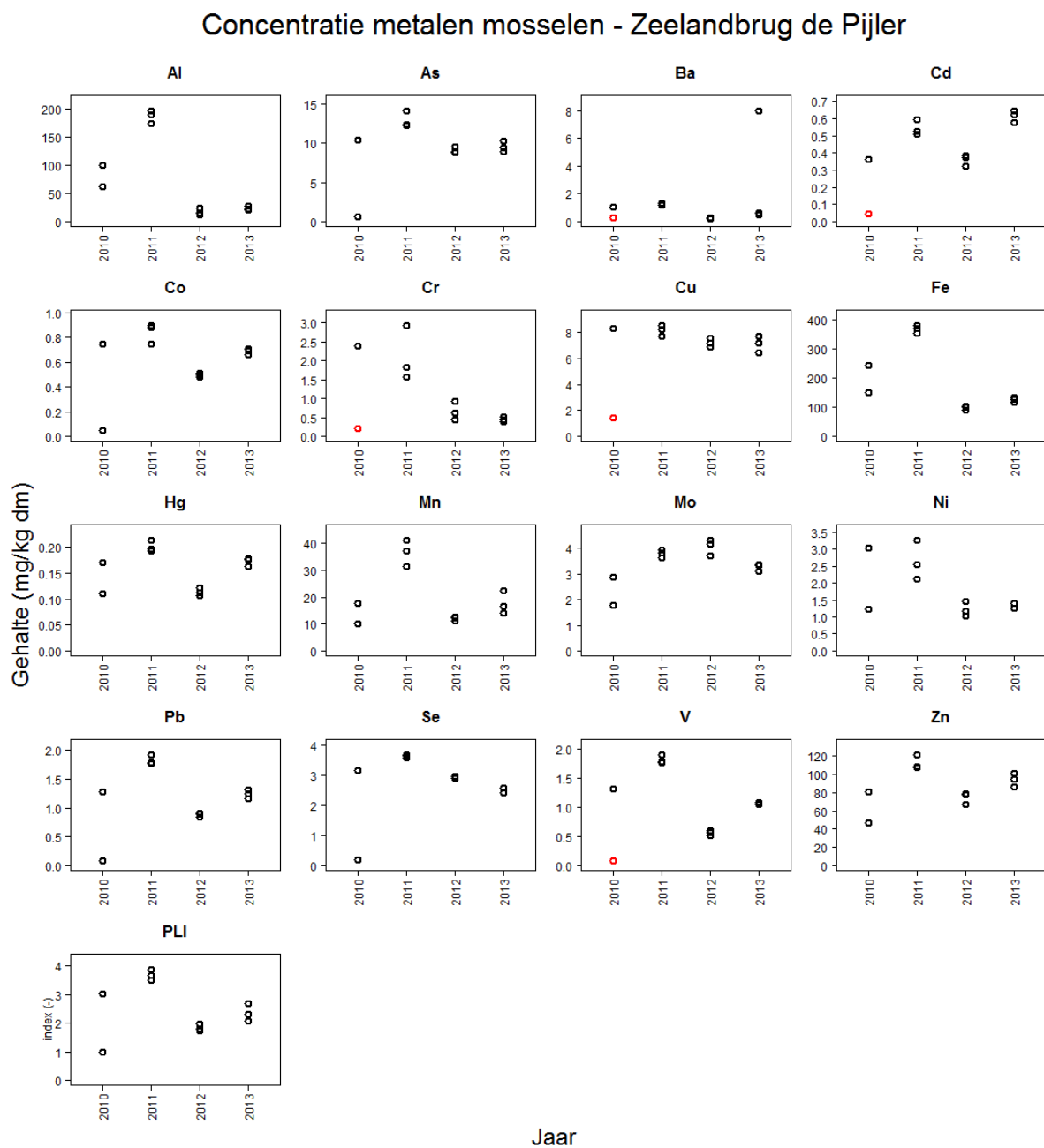
| | mosselen | | | | | Japanse oester | | | | |
|----------|----------|----------|--------|--------------|------------------|----------------|----------|--------|--------------|-------------------|
| | gem | var | sd | R^2 | p | gem | var | sd | R^2 | p |
| Al | 76.87 | 5644.93 | 75.13 | 0.362 | 0.05 | 24.26 | 120.24 | 10.97 | 0.037 | 0.548 |
| As | 9.65 | 11.96 | 3.46 | 0.025 | 0.640 | 17.01 | 19.43 | 4.41 | 0.007 | 0.794 |
| Ba | 1.35 | 5.02 | 2.24 | 0.103 | 0.336 | 1.20 | 5.98 | 2.45 | 0.116 | 0.279 |
| Cd | 0.45 | 0.03 | 0.18 | 0.366 | 0.049 (+) | 0.97 | 0.01 | 0.09 | 0.002 | 0.905 |
| Co | 0.62 | 0.06 | 0.24 | 0.027 | 0.629 | 0.28 | 0.00 | 0.03 | 0.135 | 0.239 |
| Cr | 1.11 | 0.85 | 0.92 | 0.307 | 0.077 | 0.43 | 0.03 | 0.17 | 0.102 | 0.311 |
| Cu | 7.03 | 3.87 | 1.97 | 0.061 | 0.464 | 111.48 | 113.35 | 10.65 | 0.001 | 0.980 |
| Fe | 197.69 | 13798.61 | 117.47 | 0.305 | 0.078 | 173.14 | 564.85 | 23.77 | 0.061 | 0.440 |
| Hg | 0.16 | 0.00 | 0.04 | 0.001 | 0.934 | 0.22 | 0.00 | 0.03 | 0.296 | 0.068 |
| Mn | 20.57 | 121.49 | 11.02 | 0.060 | 0.469 | 34.10 | 254.55 | 15.95 | 0.094 | 0.333 |
| Mo | 3.46 | 0.51 | 0.71 | 0.133 | 0.271 | 1.73 | 0.93 | 0.97 | 0.713 | 0.0005 (-) |
| Ni | 1.80 | 0.65 | 0.81 | 0.351 | 0.054 | 0.64 | 0.20 | 0.45 | 0.198 | 0.147 |
| Pb | 1.20 | 0.28 | 0.53 | 0.002 | 0.874 | 0.57 | 0.01 | 0.08 | 0.304 | 0.063 |
| Se | 2.78 | 0.92 | 0.96 | 0.011 | 0.756 | 3.21 | 0.89 | 0.94 | 0.235 | 0.110 |
| V | 1.07 | 0.35 | 0.59 | 0.013 | 0.738 | 0.66 | 0.01 | 0.11 | 0.011 | 0.747 |
| Zn | 87.98 | 446.05 | 21.12 | 0.033 | 0.591 | 2203.40 | 67026.38 | 258.89 | 0.003 | 0.866 |
| Dr. stof | 15.35 | 10.12 | 3.18 | 0.076 | 0.413 | 10.41 | 3.14 | 1.77 | 0.254 | 0.095 |
| PLI | 2.51 | 0.84 | 0.92 | 0.038 | 0.567 | 2.43 | 0.05 | 0.23 | 0.188 | 0.159 |

Variatie metaalgehalte



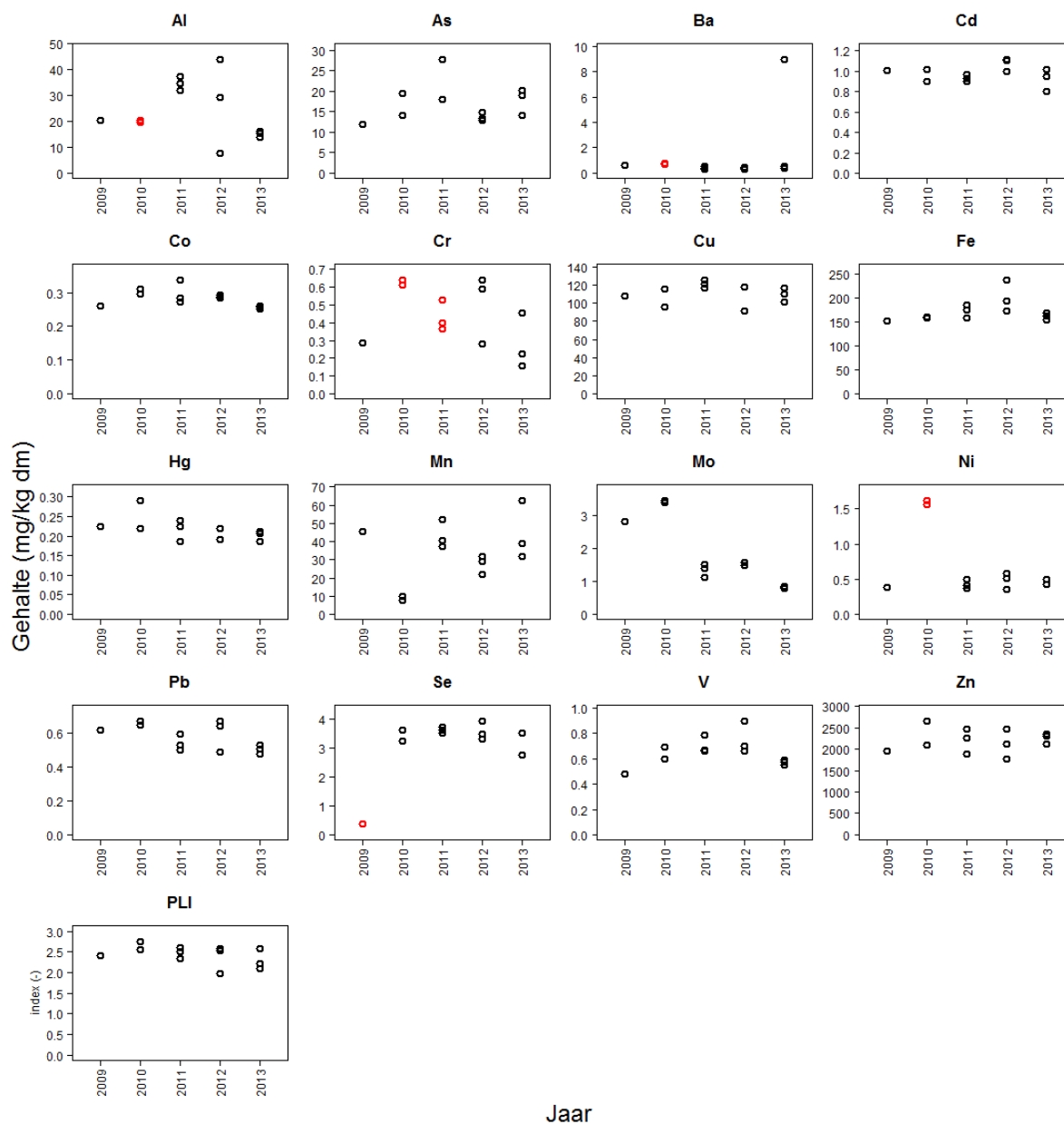
Figuur 1A: Spreiding metaalconcentraties in mosselen en Japanse oester in de periode 2009 tot en met 2013. Met elk punt wordt een individuele meting weergegeven. Met de dikke rode horizontale lijnen wordt het gemiddelde weergegeven, errorbars geven standaardafwijking beneden en boven het gemiddelde weer en zijn in rode verticale lijnen afgedrukt.

Bijlage C. Dataserie in metaalconcentratie.



Figuur 1B: Dataserie in metaalconcentratie (mg/kg droge stof) gemeten in mosselen. Rode datapunten betreffen waarden < detectielimiet.

Concentratie metalen Japanse oester - Zeelandbrug de Pijler



Figuur 2B: Dataserie in metaalconcentratie gemeten(mg/kg droge stof) in Japanse oester. Rode datapunten betreffen waarden < detectielimiet.

Bijlage D. Ruwe data T0-T4 Zeelandbrug

Tabel 1C. Ruwe data oesters. Waarden van elk monster per jaar (T0=2009, T1=2010, T2=2011, T3=2012, T4=2014). Zie tabel 2 in hoofdtekst voor aantal monsters. < geeft aan dat de waarde onder de detectielimiet lag; genoemde waarde daar = detectielimiet.

| Parameter | Eenheid | Gehalte T0 | Gehalte T1 | Gehalte T2 | Gehalte T3 | Gehalte T4 |
|------------|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Al | mg/kg droge stof | 20.55 | <20.57 | 34.52 | 29.29 | 16.30 |
| | | | <19.77 | 37.42 | 43.93 | 13.93 |
| | | | | 31.82 | 7.51 | 15.51 |
| As | mg/kg droge stof | 11.96 | 14.23 | 18.01 | 14.91 | 14.21 |
| | | | 19.40 | 18.11 | 13.47 | 20.22 |
| | | | | 27.80 | 12.85 | 18.92 |
| Ba | mg/kg droge stof | 0.65 | <0.77 | 0.35 | 0.40 | 0.52 |
| | | | <0.74 | 0.38 | 0.46 | 8.95 |
| | | | | 0.52 | 0.29 | 0.35 |
| Cd | mg/kg droge stof | 1.00 | 0.90 | 0.90 | 1.10 | 0.95 |
| | | | 1.02 | 0.93 | 1.11 | 0.80 |
| | | | | 0.97 | 1.00 | 1.02 |
| Co | mg/kg droge stof | 0.26 | 0.30 | 0.28 | 0.29 | 0.26 |
| | | | 0.31 | 0.34 | 0.29 | 0.26 |
| | | | | 0.27 | 0.29 | 0.25 |
| Cr | mg/kg droge stof | 0.28 | <0.64 | <0.37 | 0.64 | 0.46 |
| | | | <0.61 | <0.40 | 0.59 | 0.16 |
| | | | | <0.53 | 0.28 | 0.23 |
| Cu | mg/kg droge stof | 107.56 | 95.30 | 121.24 | 118.06 | 100.93 |
| | | | 115.43 | 125.64 | 91.39 | 110.61 |
| | | | | 116.54 | 118.17 | 116.90 |
| Droge stof | % | 10.98 | 7.82 | 10.93 | 12.41 | 11.25 |
| | | | 8.14 | 10.00 | 12.89 | 12.16 |
| | | | | 7.60 | 10.64 | 10.05 |
| Fe | mg/kg droge stof | 152.06 | 161.02 | 174.37 | 193.02 | 169.43 |
| | | | 157.97 | 185.34 | 237.27 | 154.14 |
| | | | | 158.38 | 173.46 | 161.25 |
| Hg | mg/kg droge stof | 0.23 | 0.22 | 0.22 | 0.22 | 0.19 |
| | | | 0.29 | 0.24 | 0.19 | 0.21 |
| | | | | 0.19 | 0.19 | 0.21 |
| Mn | mg/kg droge stof | 45.33 | 7.66 | 40.69 | 28.81 | 38.96 |
| | | | 10.08 | 37.56 | 31.75 | 62.56 |
| | | | | 52.00 | 21.84 | 32.00 |
| Mo | mg/kg droge stof | 2.84 | 3.40 | 1.11 | 1.48 | 0.85 |

| | | | | | | |
|-----------|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | | 3.46 | 1.53 | 1.57 | 0.81 |
| | | | | 1.40 | 1.49 | 0.78 |
| Ni | mg/kg droge stof | 0.38 | <1.62 | 0.36 | 0.58 | 0.43 |
| | | | <1.56 | 0.41 | 0.51 | 0.49 |
| | | | | 0.50 | 0.35 | 0.49 |
| Pb | mg/kg droge stof | 0.62 | 0.65 | 0.50 | 0.64 | 0.51 |
| | | | 0.67 | 0.60 | 0.67 | 0.53 |
| | | | | 0.53 | 0.49 | 0.48 |
| Sb | mg/kg droge stof | <0.05 | <0.26 | <0.18 | <0.16 | <0.075 |
| | | | <0.25 | <0.20 | <0.16 | <0.075 |
| | | | | <0.26 | <0.19 | <0.075 |
| Se | mg/kg droge stof | <0.36 | 3.23 | 3.72 | 3.31 | 3.51 |
| | | | 3.62 | 3.61 | 3.92 | 3.51 |
| | | | | 3.52 | 3.46 | 2.74 |
| Sn | mg/kg droge stof | <0.55 | <0.26 | <0.18 | <0.16 | <0.15 |
| | | | <0.25 | <0.20 | <0.16 | <0.15 |
| | | | | <0.26 | <0.19 | <0.15 |
| V | mg/kg droge stof | 0.48 | 0.60 | 0.66 | 0.70 | 0.57 |
| | | | 0.69 | 0.79 | 0.90 | 0.55 |
| | | | | 0.67 | 0.66 | 0.59 |
| Zn | mg/kg droge stof | 1961.53 | 2102.11 | 2248.01 | 2462.74 | 2295.25 |
| | | | 2655.89 | 2456.88 | 1772.64 | 2123.69 |
| | | | | 1884.21 | 2125.93 | 2351.91 |

Tabel 2C. Ruwe data mosselen. Waarden van elk monster per jaar (T1=2010, T2=2011, T3=2012, T4=2014, Let op! Geen T0). Zie tabel 2 in hoofdtekst voor aantal monsters. < geeft aan dat de waarde onder de detectielimiet lag; genoemde waarde daar = detectielimiet.

| Parameter | Eenheid | Gehalte T1 | Gehalte T2 | Gehalte T3 | Gehalte T4 |
|-------------------|------------------|------------|------------|------------|------------|
| Al | mg/kg droge stof | 100.61 | 196.40 | 11.83 | 27.82 |
| | | 61.83 | 189.10 | 23.49 | 23.20 |
| | | | 174.61 | 16.22 | 20.49 |
| As | mg/kg droge stof | 10.49 | 12.29 | 8.88 | 9.41 |
| | | 0.63 | 12.48 | 8.91 | 10.37 |
| | | | 14.16 | 9.53 | 8.98 |
| Ba | mg/kg droge stof | 1.06 | 1.19 | 0.18 | 0.66 |
| | | <0.25 | 1.29 | 0.22 | 7.97 |
| | | | 1.33 | 0.27 | 0.46 |
| Cd | mg/kg droge stof | 0.36 | 0.59 | 0.32 | 0.62 |
| | | <0.04 | 0.53 | 0.37 | 0.64 |
| | | | 0.51 | 0.38 | 0.57 |
| Co | mg/kg droge stof | 0.75 | 0.88 | 0.48 | 0.69 |
| | | 0.05 | 0.90 | 0.50 | 0.70 |
| | | | 0.75 | 0.51 | 0.66 |
| Cr | mg/kg droge stof | 2.39 | 1.82 | 0.62 | 0.51 |
| | | <0.21 | 2.93 | 0.44 | 0.43 |
| | | | 1.56 | 0.92 | 0.40 |
| Cu | mg/kg droge stof | 8.35 | 8.25 | 6.87 | 7.76 |
| | | <1.42 | 8.55 | 7.59 | 6.45 |
| | | | 7.73 | 7.17 | 7.18 |
| Droge stof | % | 14.41 | 12.81 | 17.32 | 13.68 |
| | | 23.60 | 12.15 | 16.72 | 14.28 |
| | | | 13.05 | 15.95 | 14.87 |
| Fe | mg/kg droge stof | 243.65 | 380.70 | 90.34 | 134.88 |
| | | 150.57 | 371.44 | 104.52 | 126.84 |
| | | | 354.93 | 100.66 | 116.05 |
| Hg | mg/kg droge stof | 0.17 | 0.19 | 0.11 | 0.18 |
| | | 0.11 | 0.21 | 0.11 | 0.18 |
| | | | 0.20 | 0.12 | 0.16 |
| Mn | mg/kg droge stof | 17.57 | 41.21 | 12.14 | 16.45 |
| | | 10.19 | 37.08 | 11.24 | 22.26 |
| | | | 31.40 | 12.70 | 14.05 |
| Mo | mg/kg droge stof | 2.88 | 3.65 | 4.16 | 3.33 |
| | | 1.77 | 3.84 | 3.72 | 3.38 |
| | | | 3.95 | 4.32 | 3.09 |

| | | | | | |
|-----------|------------------|-------|--------|--------|--------|
| Ni | mg/kg droge stof | 3.03 | 2.54 | 1.16 | 1.41 |
| | | 1.24 | 3.26 | 1.02 | 1.26 |
| | | | 2.13 | 1.46 | 1.26 |
| Pb | mg/kg droge stof | 1.28 | 1.79 | 0.89 | 1.31 |
| | | 0.09 | 1.92 | 0.83 | 1.25 |
| | | | 1.77 | 0.91 | 1.16 |
| Sb | mg/kg droge stof | <0.14 | <0.16 | <0.115 | <0.075 |
| | | <0.08 | <0.16 | <0.115 | <0.075 |
| | | | <0.15 | <0.125 | <0.075 |
| Se | mg/kg droge stof | 3.15 | 3.56 | 2.97 | 2.58 |
| | | 0.20 | 3.67 | 2.88 | 2.56 |
| | | | 3.63 | 2.97 | 2.42 |
| Sn | mg/kg droge stof | <0.14 | <0.16 | <0.115 | <0.15 |
| | | <0.08 | <0.16 | <0.115 | <0.15 |
| | | | <0.15 | <0.125 | <0.15 |
| V | mg/kg droge stof | 1.31 | 1.90 | 0.51 | 1.08 |
| | | <0.08 | 1.78 | 0.57 | 1.06 |
| | | | 1.76 | 0.60 | 1.08 |
| Zn | mg/kg droge stof | 80.25 | 107.91 | 66.92 | 101.05 |
| | | 47.02 | 121.24 | 78.24 | 94.23 |
| | | | 106.89 | 77.41 | 86.60 |