

Bepaling zware metalen in kreeften op nieuwe vooroevers in de Oosterschelde

Marijn Tangelder, Kees Goudswaard en Yoeri van Es
Rapport C039/15



IMARES Wageningen UR

(IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies)

Oprachtgever:

RWS Zee en Delta / RWS WVL
T.a.v. Adriana Wijga
Poelendaelesingel 18
4335 JA Middelburg

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van
Rijkswaterstaat

Publicatiedatum:

februari 2015

IMARES is:

- Missie Wageningen UR: *To explore the potential of marine nature to improve the quality of life.*
- IMARES is hét Nederlandse instituut voor toegepast marien ecologisch onderzoek met als doel kennis vergaren van en advies geven over duurzaam beheer en gebruik van zee- en kustgebieden.
- IMARES is onafhankelijk en wetenschappelijk toonaangevend.

P.O. Box 68
1970 AB IJmuiden
Phone: +31 (0)317 48 09
00
Fax: +31 (0)317 48 73 26
E-Mail: imares@wur.nl
www.imares.wur.nl

P.O. Box 77
4400 AB Yerseke
Phone: +31 (0)317 48 09 00
Fax: +31 (0)317 48 73 59
E-Mail: imares@wur.nl
www.imares.wur.nl

P.O. Box 57
1780 AB Den Helder
Phone: +31 (0)317 48 09 00
Fax: +31 (0)223 63 06 87
E-Mail: imares@wur.nl
www.imares.wur.nl

P.O. Box 167
1790 AD Den Burg Texel
Phone: +31 (0)317 48 09 00
Fax: +31 (0)317 48 73 62
E-Mail: 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.

A_4_3_1-V14.1

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave.....	3
Samenvatting.....	4
1. Inleiding.....	5
1.1 Achtergrond.....	5
1.2 Aanleiding.....	5
1.3 Doel van dit onderzoek.....	6
1.4 De Europese kreeft.....	7
Leefwijze.....	7
Kreeften visserij.....	8
Leeftijdsbepaling.....	8
2. Methoden.....	9
2.1 Bemonstering van kreeften.....	9
2.2 Bepaling van lengte en gewicht.....	10
2.2 Analyse methode zware metalen.....	10
3. Resultaten.....	11
3.1 Lengte en gewicht.....	11
3.2 Zware metalen.....	12
3.3 Droge stof.....	19
4. Discussie.....	20
Lengte en gewicht.....	20
Zware metalen.....	20
5. Conclusies.....	22
Lengte en gewicht.....	22
Zware metalen.....	22
6. Kwaliteitsborging.....	23
7. Referenties.....	24
8. Verantwoording.....	26
Bijlage A. Bemonsteringslocaties.....	27
Bijlage B. Ruwe data meting lengte en gewicht.....	29
Bijlage C. Ruwe data meting gehalte zware metalen en droge stof.....	30

Samenvatting

Rijkswaterstaat verstevigt de vooroevers van de dijken in de Oosterschelde en Westerschelde en maakt hiervoor gebruik van o.a. staalslakken en breuksteen. In voorgaande jaren is onderzoek gedaan naar mogelijke uitlogingseffecten van zware metalen uit staalslakken en breukstenen op bodemfauna van hard substraat, maar niet naar mobiele soorten zoals kreeften. Het doel van dit onderzoek is om een eerste inzicht te verkrijgen in gewicht en schaallengte van kreeften en in gehalten aan zware metalen in het consumptiedeel van kreeften (scharen) voor vijf locaties in de Oosterschelde, op vooroevers die al dan niet verdedigd zijn met staalslakken en breukstenen.

Hiertoe zijn twee recentelijk verdedigde locaties, Zeelandbrug West (staalslakken met breuksteen) en Zeelandbrug Oost (staalslakken), vergeleken met drie locaties waar een oude bestorting aanwezig is, bij Wemeldinge (wordt bestort in Cluster 3), Zuidbout en Strijenham op Tholen. Op iedere locatie zijn met behulp van korven vijf maatse kreeften gevangen. Het vlees van de scharen uit de kreeften is vervolgens getest op gehalten aan de volgende zware metalen: Aluminium, Arseen, Barium, Cadmium, Kobalt, Chroom, IJzer, Koper, Kwik, Molybdeen, Nikkel, Mangaan, Lood, Antimoon, Seleen, Tin en Vanadium.

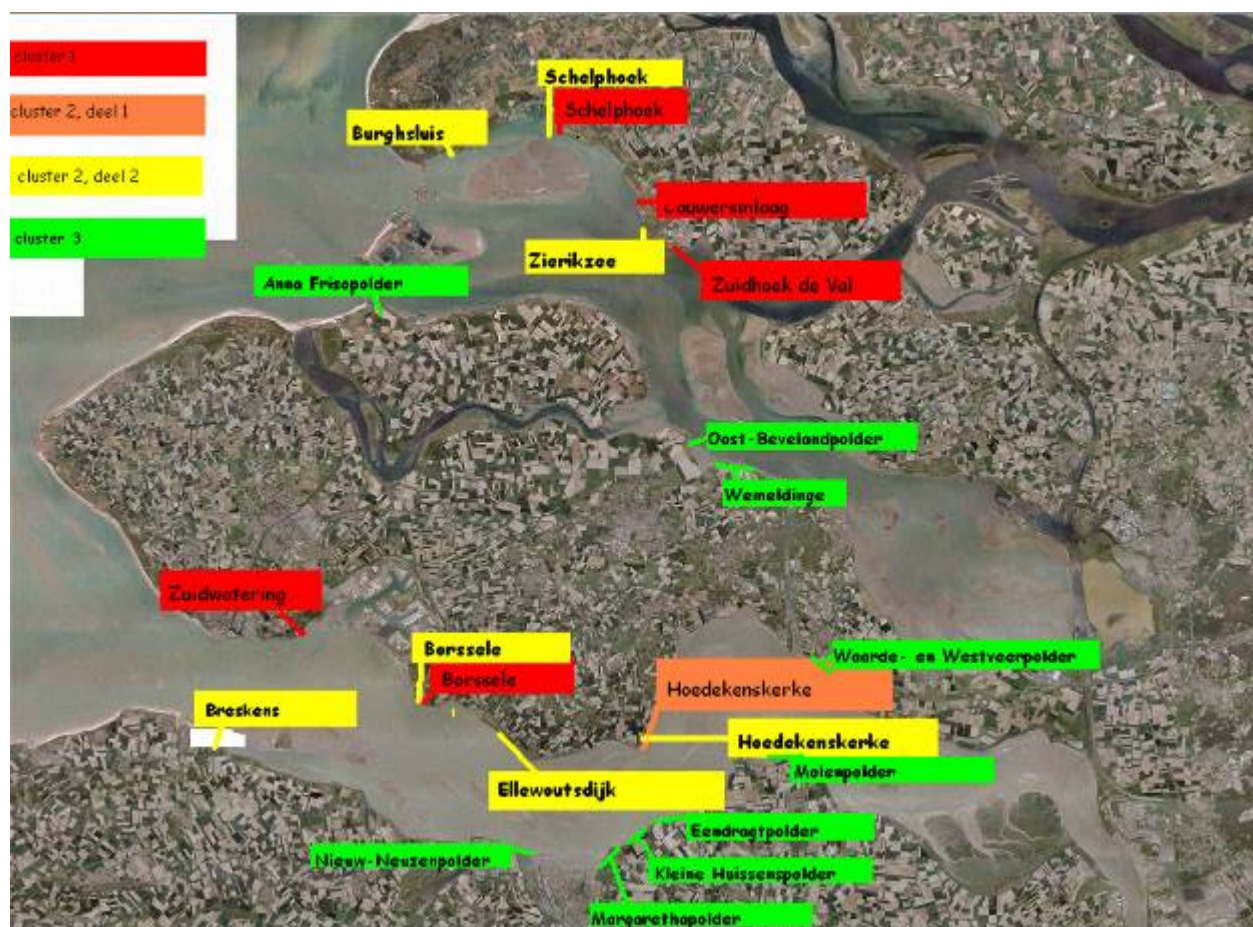
De gemeten schaallengte en gewicht van de kreeften laten een vergelijkbare spreiding zien over de vijf locaties in de Oosterschelde. De resultaten van deze studie geven geen duidelijke uitkomst van de aan- of afwezigheid van directe uitlogingseffecten van zware metalen uit staalslakken op kreeften. Er zijn concentratieverschillen (tot een factor 1.8) waargenomen tussen locaties, maar het is niet duidelijk of dit een effect is van uitloging of gerelateerd is aan natuurlijke en ruimtelijke verschillen in gehalten aan zware metalen in kreeften uit de Oosterschelde. Daarnaast laat een vergelijking met andere soorten bij de Zeelandbrug in 2009 zien (Japanse oester en doorzichtige zakpijp) dat gehalten aan zware metalen voor 12 van de 18 gemeten metalen lager liggen in kreeften en voor 6 van de 18 hoger. Van alle gemeten metalen zijn de gehalten aan koper en zink het hoogst in de kreeften. Dit komt omdat de kreeft beide metalen van nature accumuleert, aangezien ze deze nodig hebben voor biologische processen in hun lichaam (zuurstofbinding in het bloed en metabolisme). De gehalten aan lood, cadmium en kwik in kreeftenscharen zijn op alle locaties ruim onder de norm van het maximaal toelaatbare gehalte voor kreeften, zoals vastgesteld door de Europese Unie.

Dit rapport geeft een eerste inzicht in de gehalten zware metalen in de scharen van kreeften in de Oosterschelde. Het vaststellen van causale relaties in het veld met eventuele uitlogende metalen uit staalslakken en breuksteen is erg lastig vanwege de natuurlijke spreiding aan gehalten zware metalen en ruimtelijke variatie tussen locaties. Een experiment waarbij in gesloten experimentele ecosystemen (mesocosms) de invloed van de staalslakken op gehalten aan zware metalen in kreeften wordt gemeten, zal meer inzicht geven. In het kader van deze studie zijn waardevolle data verzameld die als basis- en vergelijkingsmateriaal kunnen dienen voor vervolg onderzoek.

1. Inleiding

1.1 Achtergrond

Rijkswaterstaat maakt voor versteviging van de vooroevers in de Oosterschelde en Westerschelde gebruik van o.a. breuksteen en staalslakken. Dit is nodig om te voorkomen dat erosie als het gevolg van stroming en getij de stabiliteit van de waterkering in gevaar brengt of de bestaande oeverwerken ondermijnt. De realisering van de vooroeververdedigingen wordt in fasen uitgevoerd, in zogenaamde clusters, te weten cluster 1, 2 en 3 (zie figuur 1).



Figuur 1. Locaties vooroeververdedigingen clusters 1, 2 en 3.

1.2 Aanleiding

De bestortingen hebben gevolgen voor het plaatselijke bodemleven. In voorgaande jaren is onderzoek gedaan naar onder andere mogelijke effecten van uitloging van zware metalen uit breuksteen en staalslakken op bodemdieren (zie monitoringsrapportages: Van den Heuvel-Greve et al., 2010; Van den Heuvel-Greve et al., 2011a; Van den Heuvel-Greve et al., 2011b; Van den Heuvel-Greve et al., 2012; Van den Heuvel-Greve et al., 2013; Tangelder et al., 2014). De monitoring is gericht op sessiele (vastzittende) organismen. Effecten op mobiele organismen zoals kreeften, krabben, (bodem)vissen etc. zijn echter onbekend.

Dit onderzoek richt zich daarom op het verkrijgen van inzicht in de gehalten zware metalen in kreeften op verdedigde vooroevers (staalslakken en breuksteen) en locaties die niet recentelijk verdedigd zijn ("oude bestorting").

1.3 Doel van dit onderzoek

Het doel van dit onderzoek is:

Het beschrijven en vergelijken van het gewicht en schaalengte en gehalten zware metalen in het consumptiedeel (scharen) van kreeften voor vijf locaties in de Oosterschelde op vooroevers die al dan niet verdedigd zijn met staalslakken en breuksteen.

De resultaten van dit onderzoek kunnen gebruikt worden binnen de jaarlijkse monitoring van de vooroevers in de Oosterschelde, maar zijn ook relevant voor onderzoeksprojecten zoals het "Building for Nature" project voor de locatie Schelphoek onder leiding van de Hogeschool Zeeland.

1.4 De Europese kreeft

Met "kreeft" wordt in dit onderzoek de Europese kreeft of zeekeeft (*Homarus gammarus*) bedoeld die voorkomt in de Oosterschelde (Figuur 2).

Leefwijze

Het leefgebied van de kreeft strekt zich uit van net beneden de laagwaterlijn tot zo'n 150 meter diepte (Holthuis, 1991). Kreeften zijn hoofdzakelijk nachtdieren en voeden zich onder andere met schelpdieren, krabben en polychaeten (wormen). Overdag houden ze zich meestal op in schuilplaatsen (zoals een hol tussen de stenen). Ze zijn honkvast en zullen doorgaans gebruik maken van dezelfde schuilplaats of schuilplaatsen en jaaggebied.



Figuur 2 Een kreeft (*Homarus gammarus*) komt dreigend uit zijn hol, op 10 meter diepte in het Grevelingenmeer (Bron: IMARES/ Marijn Tangelder).

De voortplanting vindt plaats tijdens de zomer als de eitjes, die de vrouwtjes bij zich dragen, bevrucht worden door mannelijke kreeften. Het vrouwtje draagt de bevruchte eitjes bij zich aan haar zwempoten tot ze uitkomen, wat ongeveer een jaar kan duren (Prodöhl et al., 2006). De uitgekomen kreeftenlarven zwemmen in de eerste fase van hun leven (tot 20 dagen) vrij door de waterkolom, waarin ze groeien en uiteindelijk overgaan tot leven op de bodem. Binnen 5 tot 8 jaar is de kreeft volwassen en kan hij zich voortplanten (Prodöhl et al., 2006). Kreeften groeien door te verschalen en weer een nieuw exoskelet (schaal) te maken. De mate van groei en verschaling is afhankelijk van de watertemperatuur (Sheehy et al., 1999). Er wordt verondersteld dat kreeften zeer oud kunnen worden. De oudste (waargenomen) kreeft is gevangen tijdens een experiment in het Verenigd Koninkrijk, deze was 72 jaar oud (Sheehy et al., 1999).

Kreeften visserij

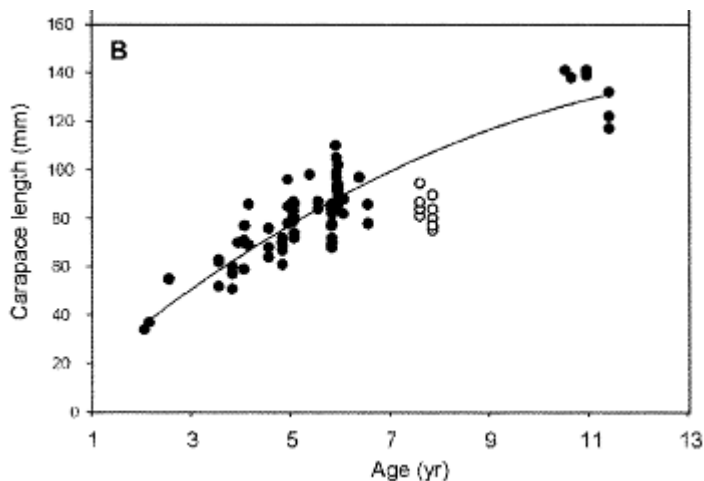
De kreeft wordt in veel landen beschouwd als een delicatessen, waarbij het vlees uit de scharen en poten wordt gegeten. In de Oosterschelde vist een aantal bedrijven beroepsmatig op kreeften door middel van korven. Sinds 1990 is het aantal kreeften in de Oosterschelde toegenomen en daarmee is ook de kreeftenvisserij opgebloeid. Het is niet bekend in welke mate er gevist wordt in de Oosterschelde, omdat er geen exacte bestandschattingen worden gemaakt van de vangst.

De Europese Unie heeft een wettelijke schaalengte ingesteld voor de kreeften die gevist mogen worden om op deze manier een vitale populatie te kunnen waarborgen. Met ingang van 1 januari 2002 is een schaalengte van 87 mm van toepassing (Europese Gemeenschap, 2006), dit worden maatse kreeften genoemd. Ondermaatse en verschalende kreeften en eidragende vrouwelijke kreeften moeten worden teruggezet. De kreeft mag worden gevangen in de periode van 1 april tot 15 juli.

Leeftijdsbepaling

De schaalmeting kan een maat zijn voor de leeftijd van de kreeft. Een exacte leeftijdsbepaling van de kreeft is lastig, omdat kreeften geen gehoorbeentjes hebben, zoals bij vissen, en de groei en verschaling sterk afhankelijk is van de watertemperatuur. Er is geen exacte maat bekend voor de verhouding tussen schaalengte en leeftijd. Een onderzoek uitgevoerd in Noorwegen met Europese kreeft heeft de relatie tussen leeftijd en schaalengte bestudeerd, zie grafiek in Figuur 3 (Uglem et al., 2005), en laat zien dat dit geen lineair verband is.

Naast schaalmeting wordt ook het gehalte "lipofuscin" in de kreeften gemeten. Lipofuscin is een restproduct van de vertering die wordt opgeslagen in de cellen, omdat deze niet door het lichaam kan worden afgebroken. Leeftijdsbepaling door meten van lipofuscin is nauwkeuriger dan een schaalmeting (Uglem et al., 2005; O'Donovan & Tully 1996). In dit onderzoek zijn geen gehalten lipofuscin gemeten maar is wel schaalengte meegenomen.



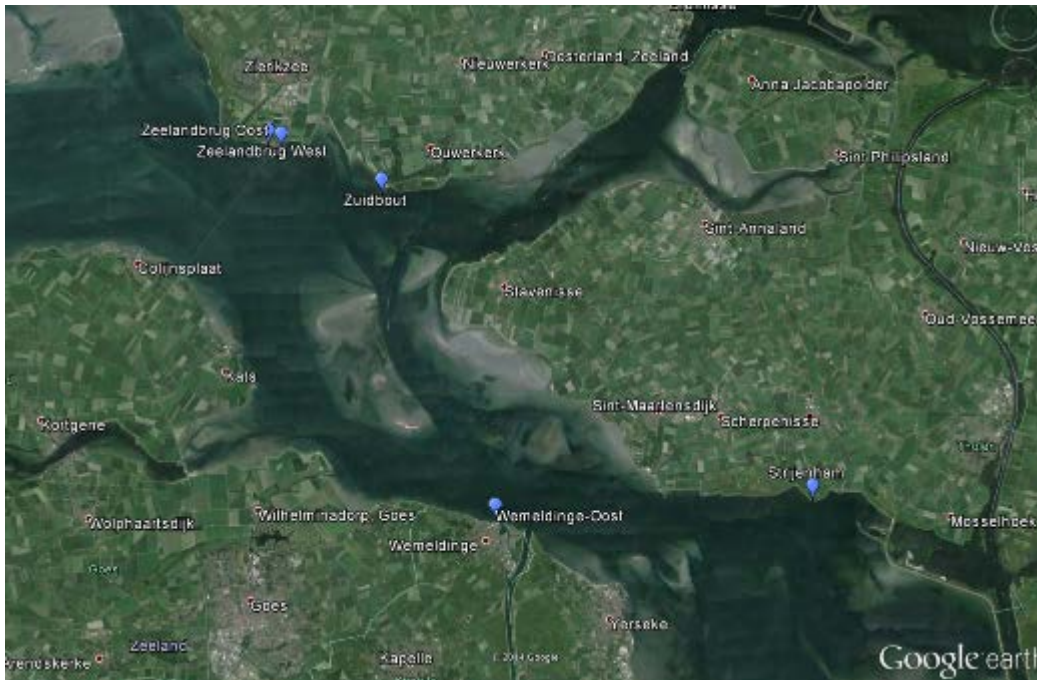
Figuur 3 . De relatie tussen schaalengte (carapax lengte) in mm en de leeftijd in jaren van de kreeft (*Homarus gammarus*).

2. Methoden

2.1 Bemonstering van kreeften

Kreeften zijn gevangen in de periode van 19 – 27 juni 2014 op de volgende locaties: Zeelandbrug (bestort in 2010 met zowel breukstenen (West) als staalslakken (Oost)), Wemeldinge (wordt bestort in Cluster 3), en Zuidbout en Strijenham als referentielocaties. Figuur 4 en

Tabel 1 geven een overzicht en beschrijving van deze locaties. In bijlage A is van elke locatie een kaart opgenomen met een aanduiding van de vislocatie.



Figuur 4. Vislocaties waar de kreeften zijn opgevist m.b.v. kreeftenkooien.

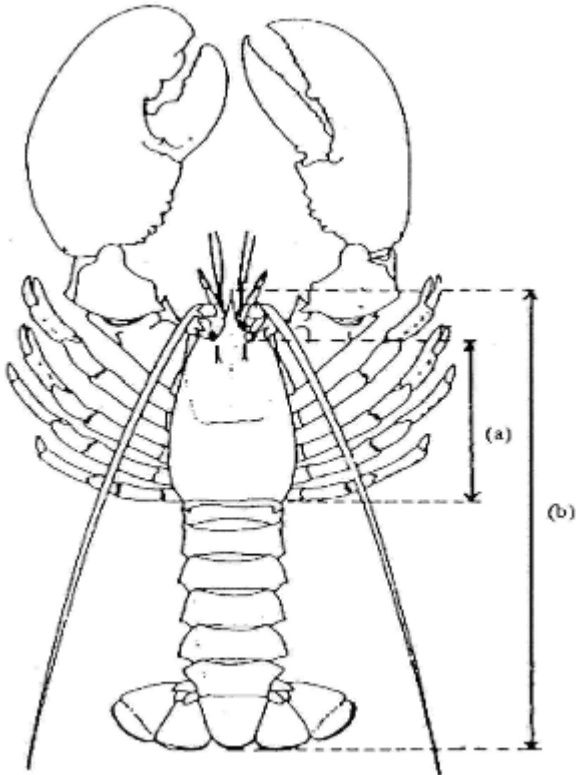
Tabel 1. Beschrijving van de vislocaties.

Nr.	Vis Locatie	Bestorting	Coördinaten		Opmerkingen
			N	E	
1	West Zeelandbrug	Breuksteen op staalslak	51 37,772	003 54,669	Bestort in 2009
2	Oost Zeelandbrug	Staalslakken	51 37,710	003 55,004	Bestort in 2009
3	Wemeldinge	Oude bestorting	51 31,325	004 00,072	Wordt bestort in Cluster 3
4	Strijenham Tholen	Oude bestorting	51 31,285	004 08,509	Referentie locatie
5	Zuidbout	Oude bestorting	51 36,830	003 57,613	Referentie locatie

De bemonstering van de kreeften is gedaan in samenwerking met de vergunning houdende kreeftenvissers ter plaatse. Per locatie zijn vijf willekeurige kreeften geselecteerd vanuit het legale vangst aandeel. De kreeften zijn gevangen door middel van korven met aas die op de bodem zijn geplaatst en enkele dagen later boven water worden gehaald. De kreeften zijn na de vangst direct ingevroren.

2.2 Bepaling van lengte en gewicht

Naderhand zijn ze per individu gewogen en is de schaal opgemeten volgens de lengtebepaling zoals aangegeven in Figuur 5. Hierbij is de lengte van de 'carapax' gemeten, dit komt overeen met deel 'a' in Figuur 5. Alleen het vlees van de scharen (consumptiedeel) is gebruikt voor het bepalen van gehalten zware metalen. De kreeften zijn ingevroren getransporteerd in plastic zakken.



Figuur 5 Lengtebepaling van de kreeft (Homarus gammarus) door bemeten van de lengte van de schaal (a) of de totale lengte exclusief voelsprieten en scharen (b) (Bron: Europese Gemeenschap, 2006). Maatse kreeften hebben een schaallengte (deel a van de kreeft) van 87 mm of groter.

2.3 Analyse methode zware metalen

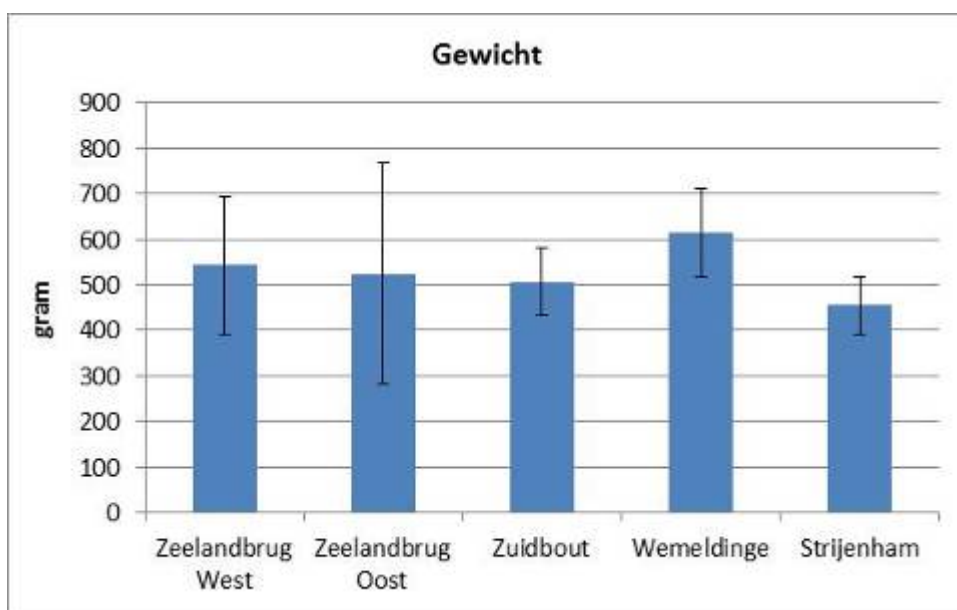
De keuze van de te analyseren metalen voor dit onderzoek is gebaseerd op de lijst die gebruikt is in de eerdere monitoring die in het Besluit Bodemkwaliteit (2007) staan. Het betreft de volgende stoffen: As (arsen), Ba (barium), Cd (cadmium), Co (kobalt), Cr (chrom), Cu (koper), Hg (kwik), Mo (molybdeen), Ni (nikkel), Pb (lood), Sb (antimoon), Se (seleen), Sn (tin), V (vanadium), Zn (zink). Additioneel op deze stoffenlijst zijn ook Al (aluminium), Fe (ijzer) en Mn (mangaan) geanalyseerd, omdat deze metalen ook uit staalslakken kunnen logen (Jonkers, 1987).

De metaalanalyses zijn uitgevoerd door TNO-Triskelion. Na homogenisatie van het vlees uit beide scharen 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 wordt 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 teruggewogen.

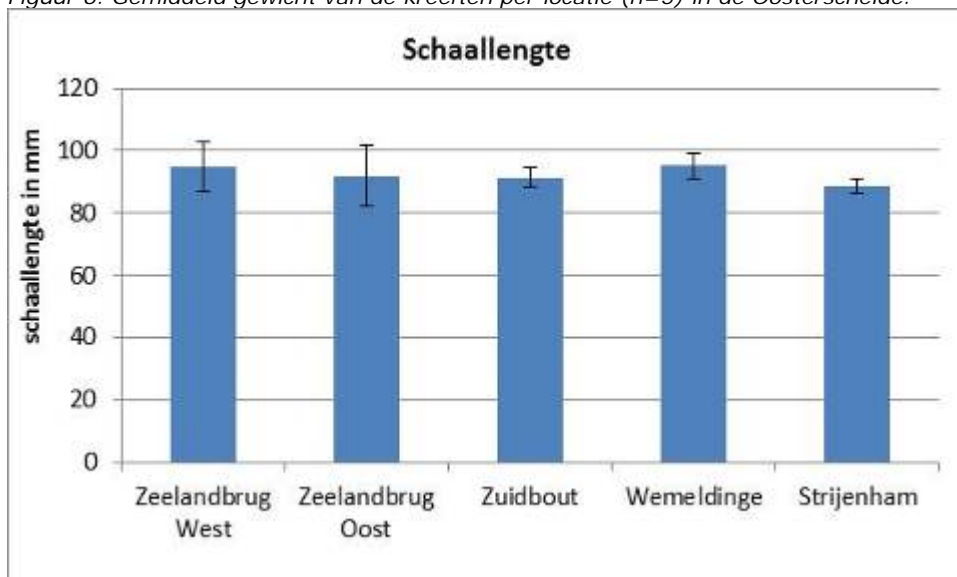
3. Resultaten

3.1 Lengte en gewicht

In Figuur 6 en Figuur 7 wordt een overzicht gegeven van het gemiddelde gewicht en de gemiddelde schaallengte van de kreeften op vijf locaties in de Oosterschelde die tevens bemonsterd zijn voor zware metalen. De ruwe data zijn opgenomen in Bijlage B. De variatie is aangegeven door middel van error bars op basis van standaard error in de figuren. Het gewicht van de kreeften varieerde van 354,1 tot 947,3 gram met een totaal gemiddelde van $528,2 \pm 139,8$ gram. De schaallengte van de kreeften varieerde van 86 tot 109 mm met een gemiddelde van $92,4 \pm 6,1$ mm. De zwaarste en tevens langste kreeft is gevangen bij Zeelandbrug Oost (947,3 gram en 109 mm). De lichtste kreeft is ook gevangen bij Zeelandbrug Oost (386,9 gram), maar dit exemplaar was niet de kleinste.



Figuur 6. Gemiddeld gewicht van de kreeften per locatie (n=5) in de Oosterschelde.

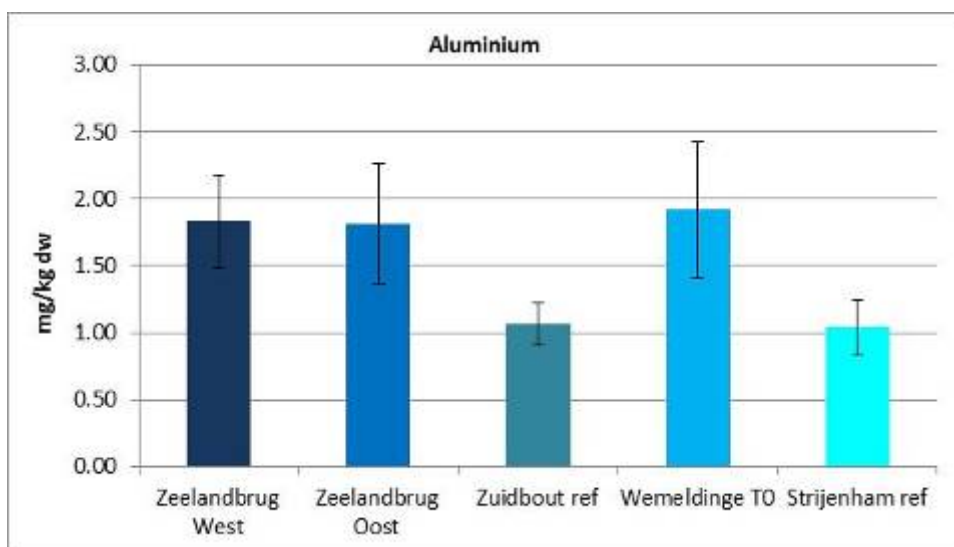


Figuur 7. Gemiddelde schaallengte van de kreeften per locatie (n=5) in de Oosterschelde.

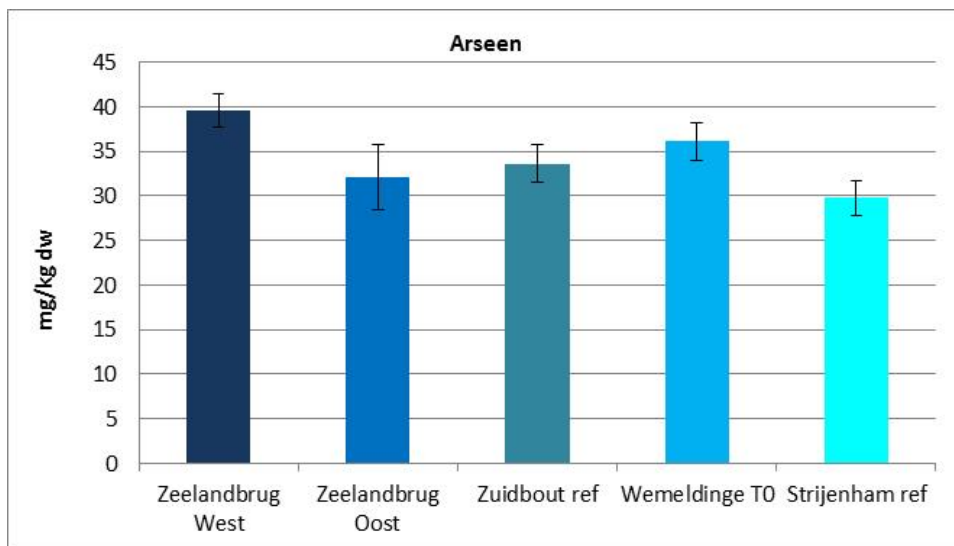
3.2 Zware metalen

De gemiddelde gehalten aan zware metalen in de scharen van kreeften van vijf locaties in de Oosterschelde staan weergegeven in figuur 8 t/m 25. De ruwe data zijn opgenomen in Bijlage C. Figuur 24 geeft een totaal overzicht van de gemeten metalen op alle locaties in één figuur. De variatie is aangegeven door middel van error bars op basis van standaard error in de figuren.

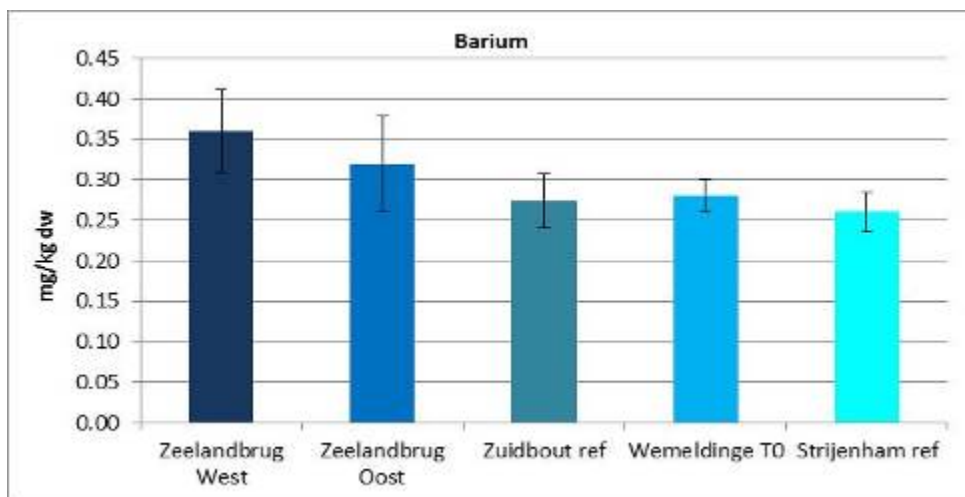
Van de zware metalen zijn de hoogste gehalten in kreeften aangetroffen voor koper (92-261 mg/kg drooggewicht) en zink (171-261 mg/kg/drooggewicht) (zie figuren 14 en 25). Metalen waarvan de laagste gehalten zijn aangetroffen in de kreeften zijn: cadmium (0.06-0.15 mg/kg drooggewicht), kobalt (0.06-0.18 mg/kg drooggewicht) en lood (0.06-0.12 mg/kg drooggewicht) (zie figuren 11, 12 en 20).



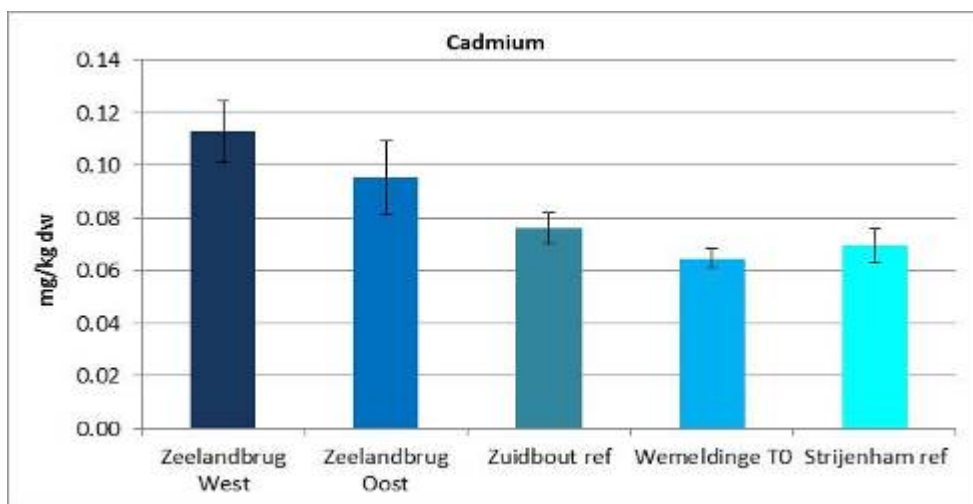
Figuur 8. Gehalten Aluminium(mg/kg droge stof) in kreeftenscharen afkomstig van vijf locaties in de Oosterschelde (juni 2014).



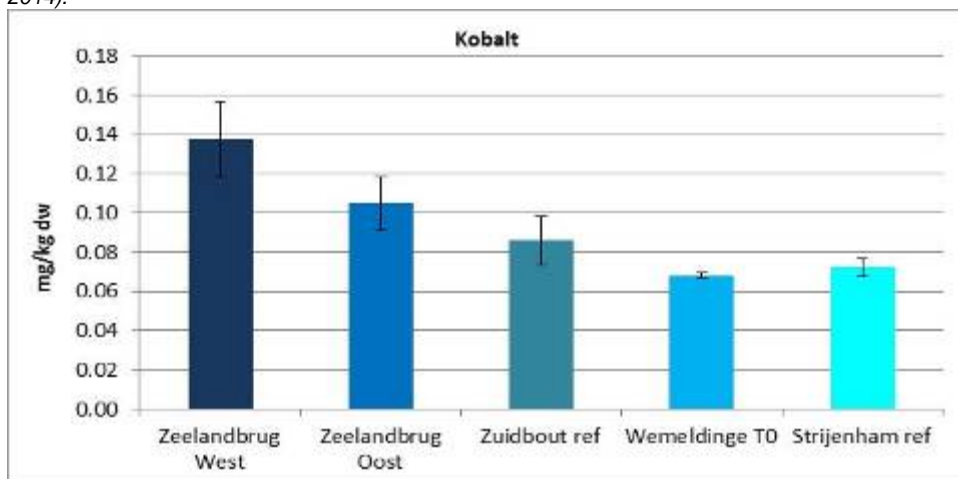
Figuur 9. Gehalten Arseen(mg/kg droge stof) in kreeftenscharen afkomstig van vijf locaties in de Oosterschelde (juni 2014).



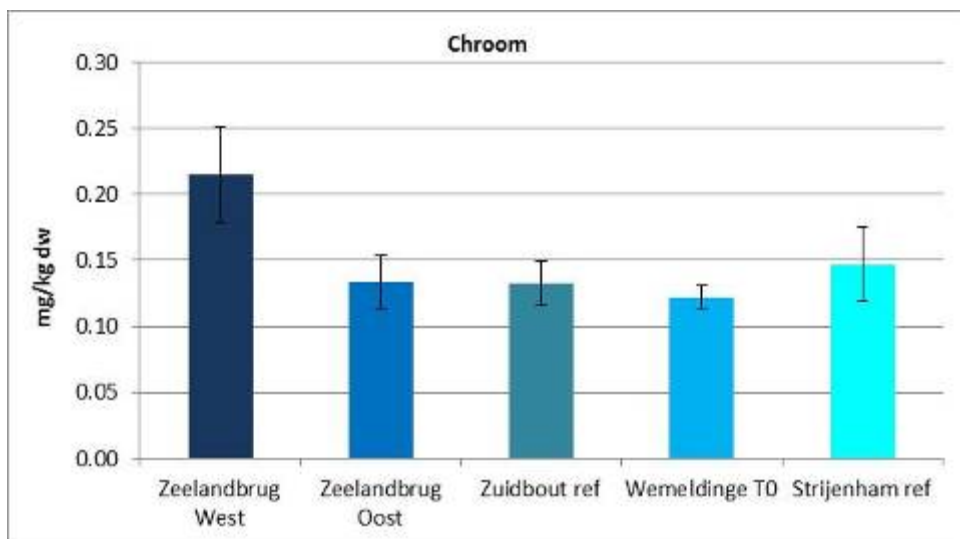
Figuur 10. Gehalten Barium(mg/kg droge stof) in kreeftscharen afkomstig van vijf locaties in de Oosterschelde (juni 2014).



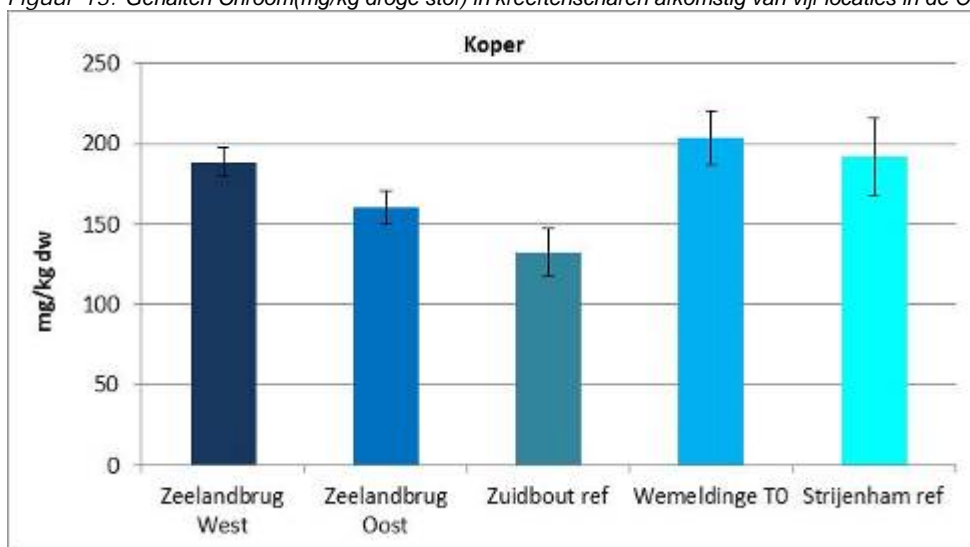
Figuur 11. Gehalten Cadmium(mg/kg droge stof) in kreeftscharen afkomstig van vijf locaties in de Oosterschelde (juni 2014).



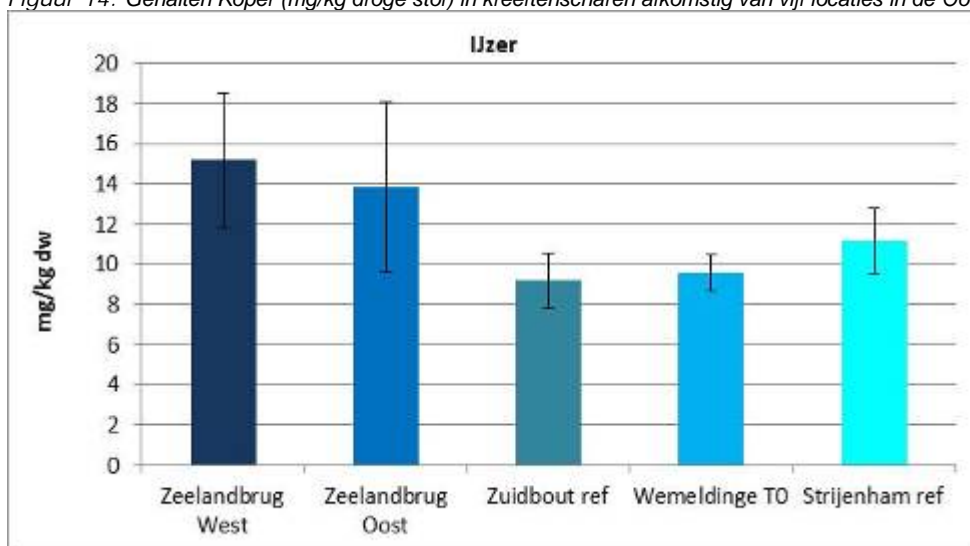
Figuur 12. Gehalten Kobalt(mg/kg droge stof) in kreeftscharen afkomstig van vijf locaties in de Oosterschelde (juni 2014).



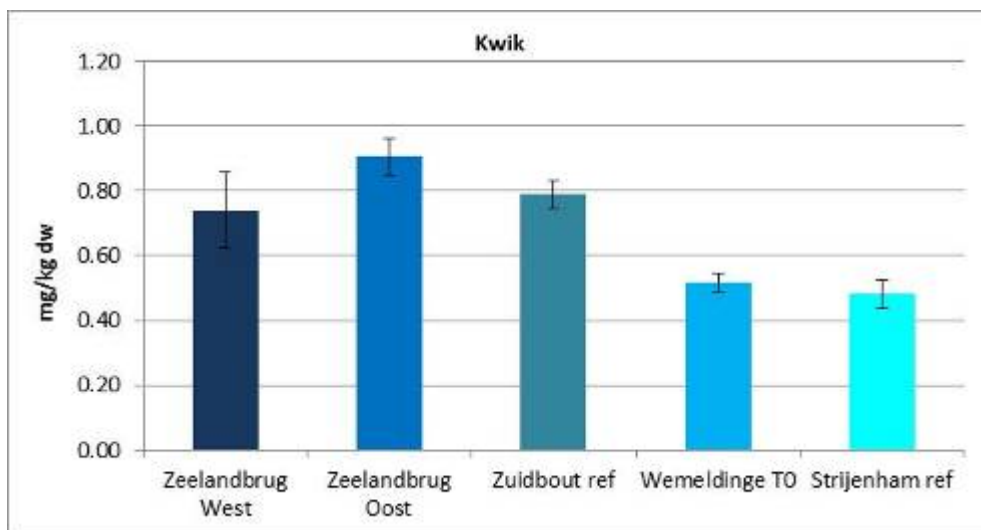
Figuur 13. Gehalten Chroom(mg/kg droge stof) in kreeftenscharen afkomstig van vijf locaties in de Oosterschelde (juni 2014).



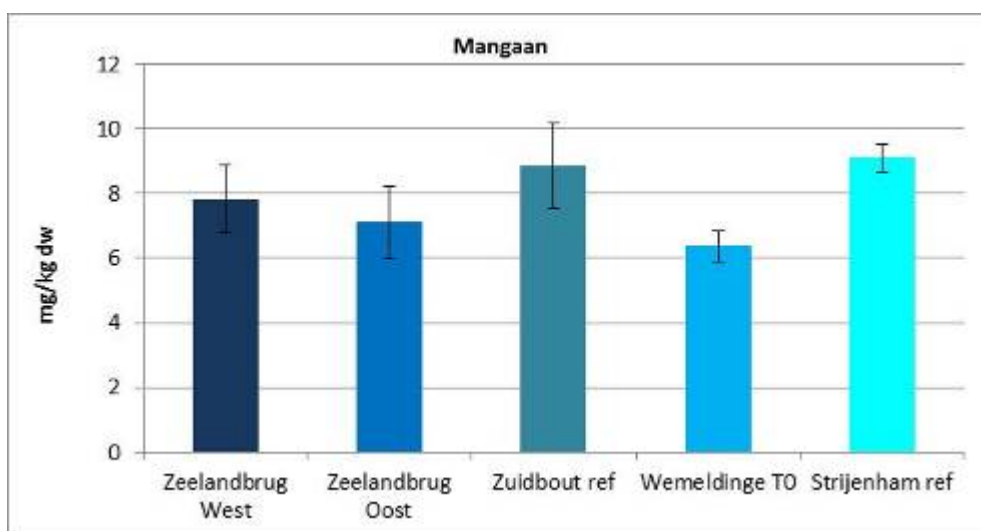
Figuur 14. Gehalten Koper (mg/kg droge stof) in kreeftenscharen afkomstig van vijf locaties in de Oosterschelde (juni 2014).



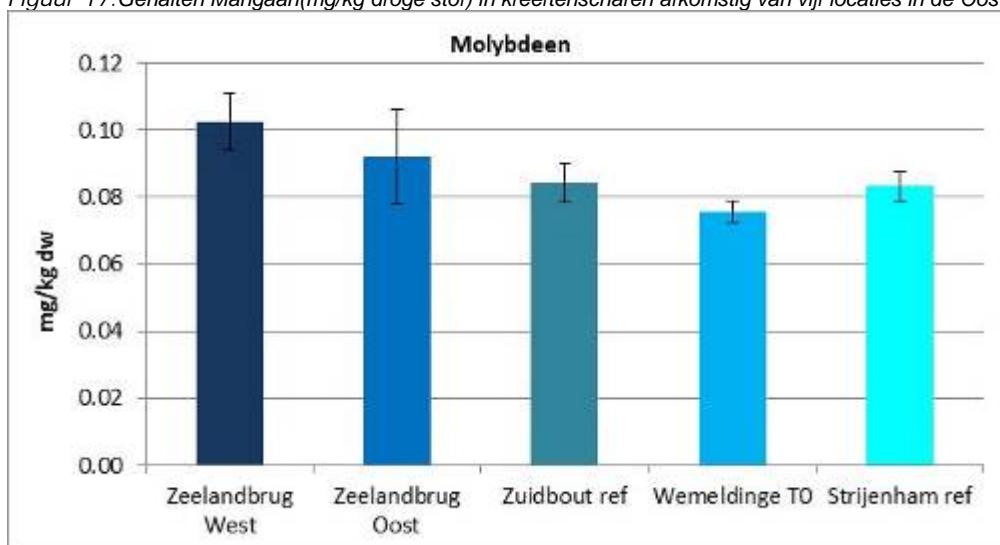
Figuur 15. Gehalten IJzer(mg/kg droge stof) in kreeftenscharen afkomstig van vijf locaties in de Oosterschelde (juni 2014).



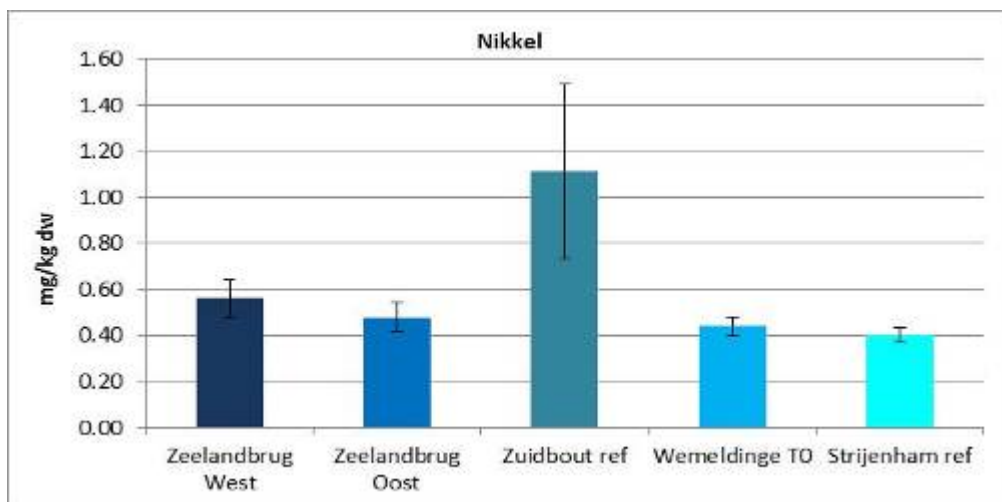
Figuur 16. Gehalten Kwik(mg/kg droge stof) in kreeftenscharen afkomstig van vijf locaties in de Oosterschelde (juni 2014).



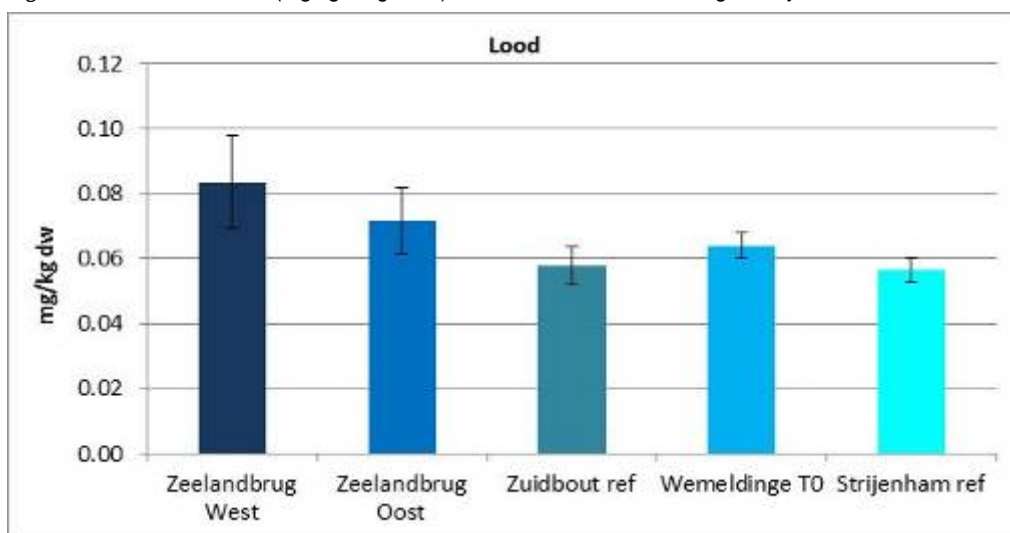
Figuur 17. Gehalten Mangaan(mg/kg droge stof) in kreeftenscharen afkomstig van vijf locaties in de Oosterschelde (juni 2014).



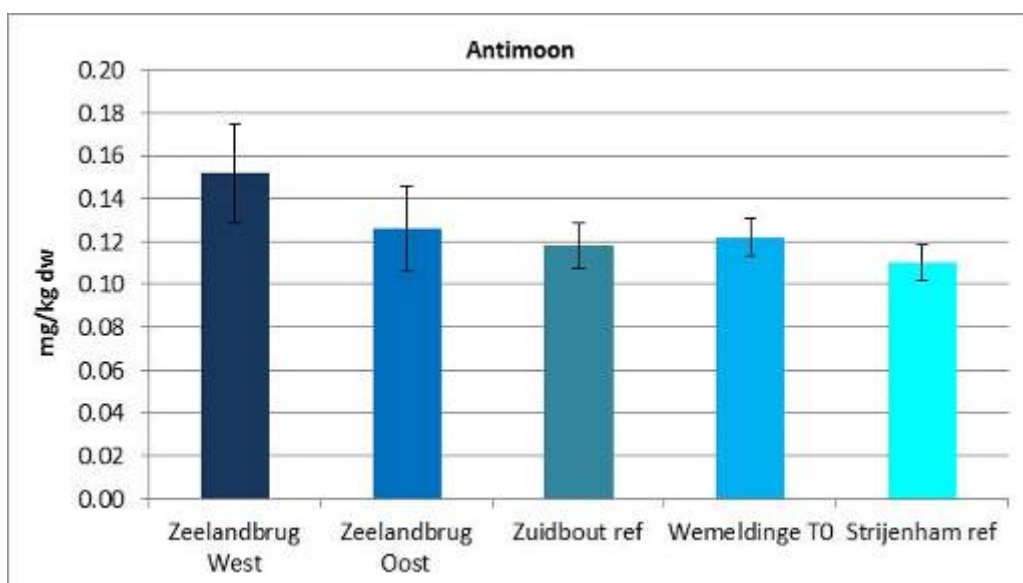
Figuur 18. Gehalten Molybdeen(mg/kg droge stof) in kreeftenscharen afkomstig van vijf locaties in de Oosterschelde (juni 2014).



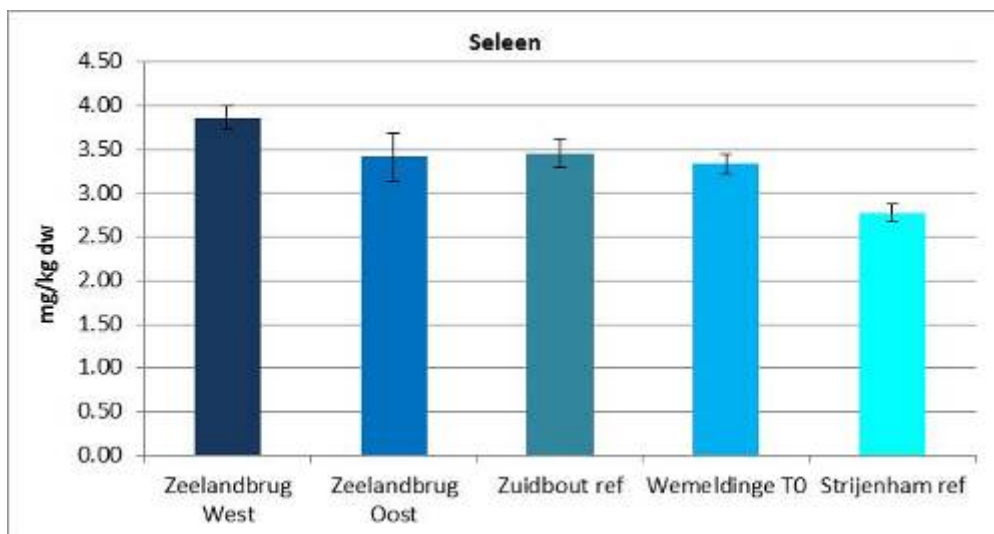
Figuur 19. Gehalten Nikkel(mg/kg droge stof) in kreeftenscharen afkomstig van vijf locaties in de Oosterschelde (juni 2014).



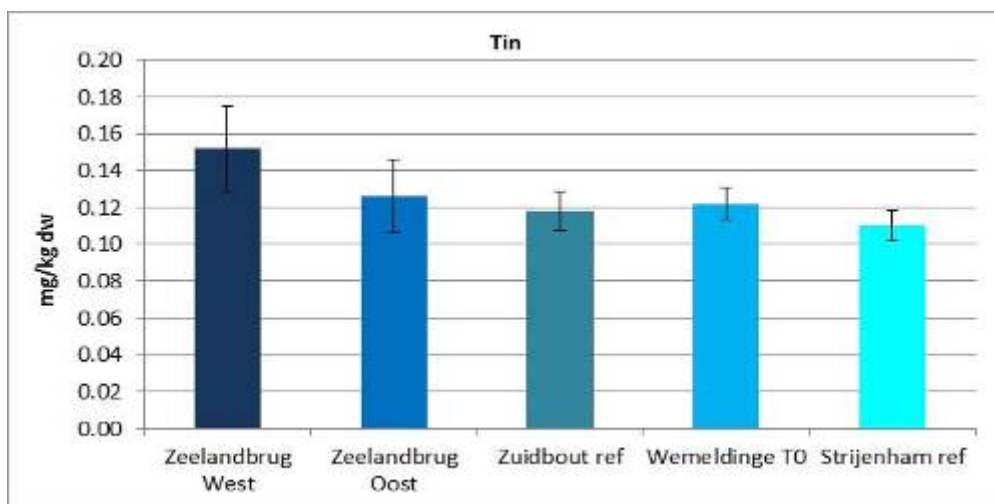
Figuur 20. Gehalten Lood(mg/kg droge stof) in kreeftenscharen afkomstig van vijf locaties in de Oosterschelde (juni 2014)



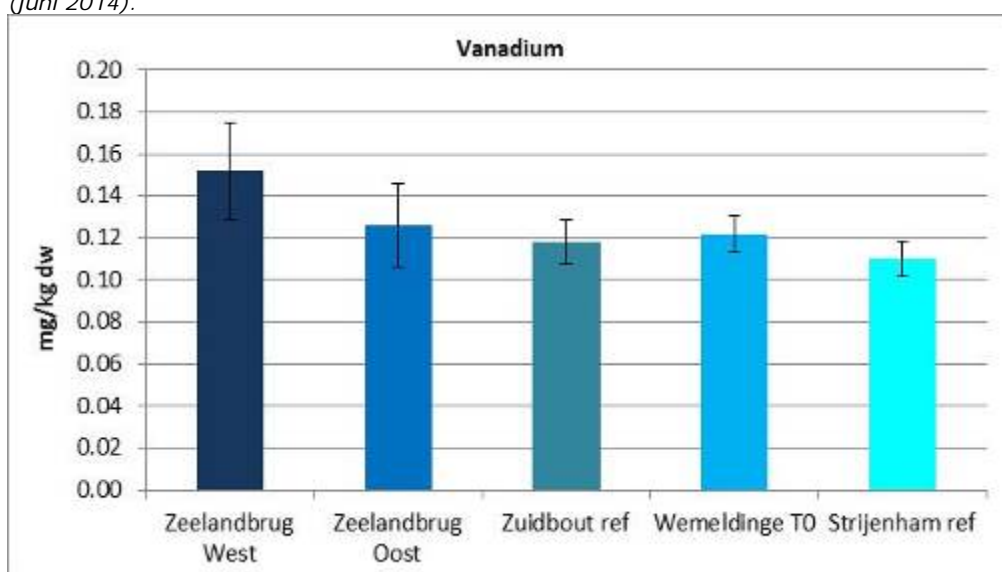
Figuur 21. Gehalten Antimoon(mg/kg droge stof) in kreeftenscharen afkomstig van vijf locaties in de Oosterschelde (juni 2014)



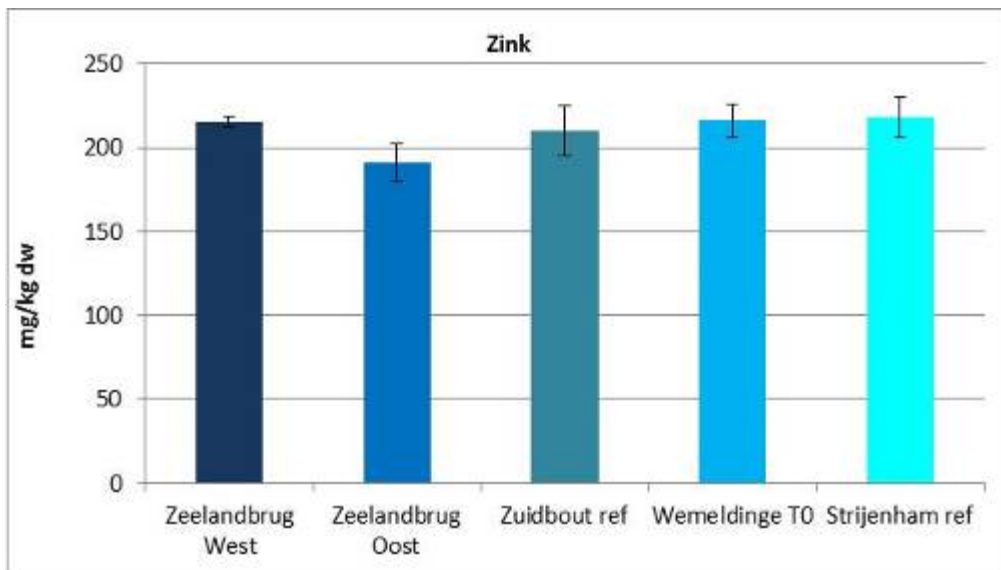
Figuur 22. Gehalten Seleen(mg/kg droge stof) in kreeftenscharen afkomstig van vijf locaties in de Oosterschelde (juni 2014).



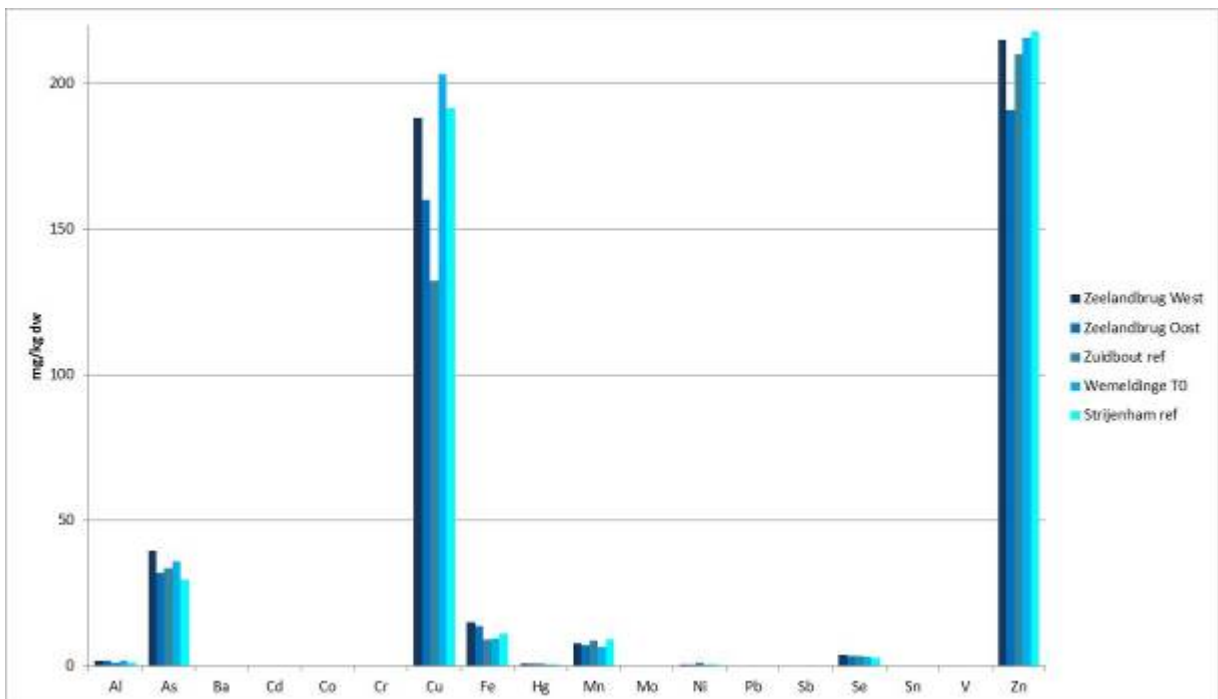
Figuur 23. Gehalten Tin(mg/kg droge stof) in kreeftenscharen afkomstig van vijf locaties in de Oosterschelde (juni 2014).



Figuur 24. Gehalten Vanadium(mg/kg droge stof) in kreeftenscharen afkomstig van vijf locaties in de Oosterschelde (juni 2014).

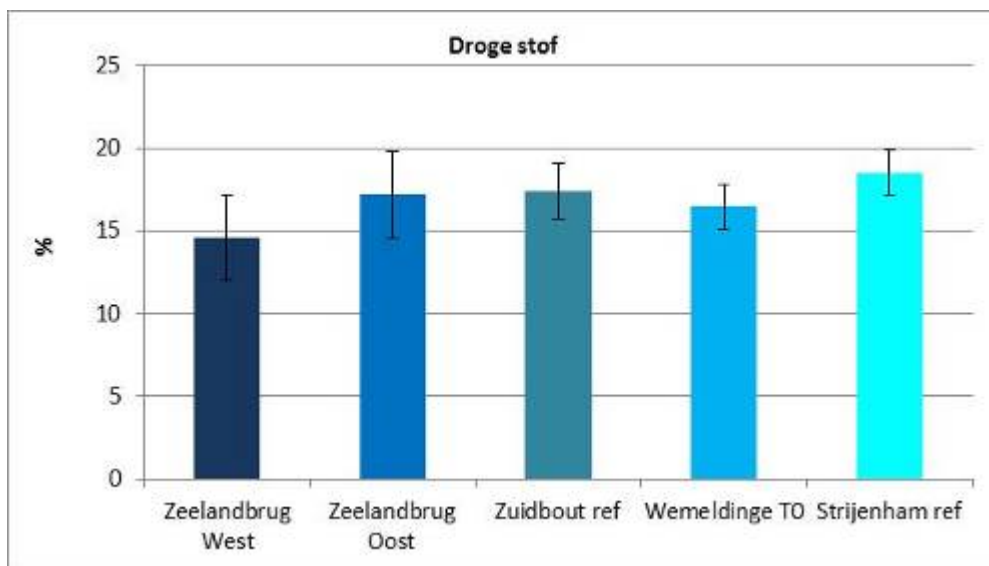


Figuur 25. Gehalten Zink(mg/kg droge stof) in kreeftenscharen afkomstig van vijf locaties in de Oosterschelde (juni 2014).



Figuur 26. Overzicht van alle gemeten zware metalen (mg/kg droge stof) in kreeftenscharen afkomstig van vijf locaties in de Oosterschelde (juni 2014).

3.3 Droge stof



Figuur 27. Gehalten Droge stof (% van natgewicht) in kreeftenscharen afkomstig van vijf locaties in de Oosterschelde (juni 2014).

Figuur 25 geeft het gemiddelde percentage droge stof gehalte van het vlees van de kreeftenscharen voor vijf locaties in de Oosterschelde. De gehalten droge stof voor de vijf locaties zijn vergelijkbaar en variëren van 14,6 % bij Zeelandbrug West tot 18,5 % bij Strijenham.

4. Discussie

In 2010 is de vooroever bij de Zeelandbrug bestort met staalslakken. Ter plaatse van monsterlocatie Zeelandbrug West zijn de staalslakken afgedekt met breuksteen. Op locaties Zuidbout, Wemeldinge en Strijenham is de oude vooroeverbesteding aanwezig.

Lengte en gewicht

De bepaling van lengte en gewicht van de vijf bemonsterde kreeften is uitgevoerd om hiervan een eerste indruk te krijgen. Deze kreeften zijn willekeurig geselecteerd onder de voorwaarden dat het maatse kreeften zijn (schaallengte > 87mm). De gegevens geven dus een indruk van schaallengte en gewicht van maatse kreeften per locatie. De gewichtsbepaling kon niet direct aan boord worden uitgevoerd tijdens het legen van de korven. Dit is naderhand gebeurd nadat de kreeften zijn ingevroren. Door ijsvorming op de kreeften is de gewichtsbepaling daardoor mogelijk iets minder nauwkeurig.

Op basis van de leeftijdsbepalingen uitgevoerd door Uglem et al. (2005) in Noorwegen kan aan de hand van de schaallengte geschat worden dat de gevangen kreeften een leeftijd hebben van 5-7 jaar. Dit gaat uiteraard om een globale schatting omdat leeftijdsbepaling door schaalmeting sterk samenhangt met lokale factoren zoals de water temperatuur. In dit onderzoek is niet gekeken naar geslachtsbepaling en verschillen in schaallengte tussen mannetjes en vrouwtjes kreeften. Of de gevangen kreeften ook representatief zijn is afhankelijk van de mate waarin een kreeft zich verplaatst. Dit hangt samen met lokale omstandigheden zoals aanwezigheid van andere kreeften en ruimte voor een eigen territorium en aanwezigheid van voedsel (Vannini & Cannicci 1995). Een studie door Smith et al. (2001), waarbij kreeften getagd gelabeld en gevolgd zijn in hun natuurlijke habitat, laat zien dat Europese kreeften lange afstanden afleggen. De meeste kreeften (95%) werden opnieuw gevangen binnen een straal van 3,8 km. Op één van de onderzochte locaties was dit slechts 0,8 km. Een andere studie van Smith et al (1999) laat zien dat kreeften actiever en mobieler zijn met een oplopende water temperatuur. Dit suggereert dat kreeften in de zomer grotere afstanden afleggen dan in de winter. Het is dus niet met zekerheid te zeggen of de locatie waar de kreeften gevangen zijn ook hun vaste verblijfplaats is.

Zware metalen

Opvallend zijn de hoge gehalten aan koper (92-257 mg/kg/droge stof) en zink (171-264 mg/kg/droge stof) in de bemonsterde kreeften ten opzichte van andere metalen. Voor beiden metalen is een hoge concentratie te verwachten, omdat kreeften deze metalen van nature accumuleren en nodig hebben voor biologische processen in hun lichaam. Koper is nodig in hun bloed voor het binden van zuurstof (het blauw gekleurde "hemocyanine"), zoals dit bij de mens om ijzer gaat (het rood gekleurde "hemoglobine"). In het weefsel van de scharen is daarom ook koper aanwezig. De koperconcentratie van de kreeft hangt van nature samen met de verschalingscyclus en het voedingspatroon (Devescovi & Lucu, 2003). Zink is essentieel voor het metabolisme van de kreeft (Bryan et al., 1986) en komt daarom voor in hogere concentraties als andere metalen.

De resultaten laten zien dat er lichte verschillen zijn in gehalten zware metalen in kreeften tussen locaties. Metaalconcentraties in biota kunnen ruimtelijk, maar ook in de tijd verschillen zoals onderzocht in een studie naar zware metalen in mosselen in de Westerschelde door Mubiana et al. (2005).

Voor een aantal zware metalen lijken de gehalten bij Zeelandbrug West (cadmium (1,6x), kobalt (1,8x), kwik (1,2x), chroom (1,6x), molybdeen (1,3x) en lood (1,4x)) en Zeelandbrug Oost (cadmium (1,4x), kobalt (1,4x) en kwik (1,5x)) tot een factor 1,8 hoger dan de locaties met een oude bestorting (Zuidbout, Wemeldinge, Strijenham). Het is op basis van de huidige gegevens niet te zeggen of deze verschillen veroorzaakt worden door natuurlijke variatie in gehalten aan zware metalen in kreeften, door een ruimtelijke variatie in gehalten aan zware metalen in de Oosterschelde, of dat deze gerelateerd zijn aan uitloging vanuit staalslakken en breukstenen op de vooroever. Daarvoor zijn data van meer locaties nodig en meerjarige trends.

In 2009-2013 zijn gehalten van zware metalen in Japanse oesters (*Crassostrea gigas*) gemonitord op de pijler van de Zeelandbrug. Een vergelijking van gehalten aan zware metalen in de kreeften bij de Zeelandbrug in 2014 met gehalten in Japanse Oesters in 2009 vóór de bestorting met staalslakken en breukstenen laat zien dat voor de meeste metalen de gehalten in oesters hoger liggen (o.a. molybdeen (29x), aluminium (11x), cadmium (10x), ijzer (10x)). Voor zes metalen liggen de gehalten in kreeften hoger dan in oesters (seleen (10x), arseen (3x), antimoon (3x), kwik (3,5x), koper (1,8x) en kobalt (0,5x)). Voor de doorzichtige zakpijp (*Ciona intestinalis*) zijn in 2009 ook gehalten in zware metalen gemeten ten oosten van de Zeelandbrug. Een vergelijking van de gehalten in deze zakpijp met de gehalten in de scharen van kreeften laat ook zien dat de meeste metalen de gehalten hoger liggen in de doorzichtige zakpijp (o.a. aluminium (43x), barium (43x), kobalt (13x) en mangaan (23x)). Voor zes metalen liggen de gehalten in kreeften hoger dan in de doorzichtige zakpijp (o.a. koper (117x), kwik (41x) en seleen (42x)). Deze verschillen zijn te verklaren, omdat gehalten aan zware metalen in diersoorten verschillen per metaal en per diersoort.

Vergelijking met EU consumptienormen

De Europese Unie heeft maximaal toelaatbare gehalten vastgesteld voor het consumptiedeel van kreeften voor lood, cadmium en kwik (Europese Unie, 2006). De gemeten waarden voor lood, cadmium en kwik op de vijf locaties in de Oosterschelde (op basis van vers gewicht) vallen ruim onder het maximaal toelaatbare gehalte (Tabel 2).

Tabel 2. Gemeten gehalten aan lood, cadmium en kwik in kreeft (mg/kg versgewicht) op vijf locaties in de Oosterschelde vergeleken met de normen voor lood, cadmium en kwik in het consumptiedeel van kreeften (max mg/kg versgewicht) (Europese Unie, 2006).

	Lood		Cadmium		Kwik	
	mg/kg versgewicht	max mg/kg versgewicht	mg/kg versgewicht	max mg/kg versgewicht	mg/kg versgewicht	max mg/kg versgewicht
Zeelandbrug West	<0,01	0,5	0,02	0,5	0,12	0,5
Zeelandbrug Oost	<0,01	0,5	0,02	0,5	0,15	0,5
Wemeldinge	<0,01	0,5	<0,01	0,5	0,08	0,5
Strijenham	<0,01	0,5	<0,01	0,5	0,09	0,5
Zuidbout	<0,01	0,5	<0,01	0,5	0,14	0,5

5. Conclusies

Het doel van dit onderzoek was:

Het beschrijven en vergelijken van het gewicht en schaallengte en gehalten aan zware metalen in het consumptiedeel (scharen) van kreeften voor vijf locaties in de Oosterschelde op vooroevers die al dan niet verdedigd zijn met staalslakken en breuksteen.

Lengte en gewicht

De gemeten schaallengte en gewicht van de kreeften laten een vergelijkbare spreiding zien over de vijf locaties in de Oosterschelde. De zwaarste en tevens langste kreeft is gevangen bij Zeelandbrug Oost (947,3 gram en 109 mm). De lichtste kreeft is ook gevangen bij Zeelandbrug Oost (386,9 gram) maar dit exemplaar was niet de kleinste.

Zware metalen

Van de gemeten zware metalen in kreeften in de Oosterschelde zijn de hoogste gehalten aangetroffen voor koper (92-261 mg/kg drooggewicht) en zink (171-261 mg/kg/drooggewicht). Metalen waarvan de laagste gehalten zijn aangetroffen in de kreeften zijn: cadmium (0.06-0.15 mg/kg drooggewicht), kobalt (0.06-0.18 mg/kg drooggewicht) en lood (0.06-0.12 mg/kg drooggewicht).

In dit onderzoek zijn vijf locaties bemonsterd: Zeelandbrug West (breuksteen op staalslakken), Zeelandbrug Oost (staalslakken), Wemeldinge (oude bestorting), Strijenham (oude bestorting) en Zuidbout (oude bestorting). Een eerste vergelijking tussen gehalten zware metalen in kreeften op deze locaties laat geen duidelijke verschillen zien. Gehalten aan een aantal zware metalen lijken voor Zeelandbrug West (cadmium, kobalt, kwik, chroom, molybdeen en lood) en Zeelandbrug Oost (cadmium, kobalt en kwik) tot een factor 1,8 hoger ten opzichte van de locaties met een oude bestorting (Zuidbout, Wemeldinge, Strijenham). Of deze hogere gehalten aan zware metalen binnen de natuurlijke of ruimtelijke variatie valt van gehalten aan zware metalen in kreeften van de Oosterschelde kan op basis van de huidige data niet worden geconcludeerd. Hiervoor zijn meer gegevens nodig. Daarnaast laat een vergelijking met andere soorten bij de Zeelandbrug in 2009 zien (Japanse oester en doorzichtige zakpijp), dat gehalten aan zware metalen voor 12 van de 18 gemeten metalen lager liggen in kreeften en voor 6 van de 18 hoger. De gehalten aan lood, cadmium en kwik in kreeften zijn op alle locaties ruim onder de norm van het maximaal toelaatbare gehalte voor kreeften, zoals vastgesteld door de Europese Unie.

Aanbevelingen

Dit rapport geeft een eerste inzicht in gehalten aan zware metalen in de scharen van kreeften in de Oosterschelde. Op basis van de huidige data kan geen direct verband worden gelegd met gehalten aan zware metalen in scharen van de kreeft en eventuele uitloging van metalen uit staalslakken en breukstenen op de verdedigde vooroevers. Een vaststelling van de aan- of afwezigheid van effecten van uitlogende stoffen op kreeften kan worden onderbouwd aan de hand van een langduriger studie waarbij in gesloten experimentele ecosystemen (mesocosms) de invloed van de staalslakken en breukstenen op de levensgemeenschap en de chemie kan worden vastgesteld, ten opzichte van een controle zonder deze bestorting. In het kader van deze studie zijn waardevolle data verzameld die als basis- en vergelijkingsmateriaal kunnen dienen voor vervolgonderzoek (bv. locatie Wemeldinge als "TO" meting in vergelijking met de jaren na de nieuwe bestorting of vergelijking van de locaties in een langjarige trend).

6. 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 1 april 2017 en is voor het eerst verleend op 27 maart 1997; deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie.

7. Referenties

- Bryan, G.W., Hummerstone, L.G., Ward, E. (1986) Zinc Regulation in the Lobster *Homarus Gammarus*: importance of Different Pathways of Absorption and Excretion. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 66: 175-199
- Devescovi, M. & Lucu, C. (2003) Growth of tissues related to haemolymph copper throughout the moult cycle of the lobster *Homarus gammarus*. *Marine ecology progress series*, 247: 165-172
- Europese Gemeenschap (2006) Verordening (EG) n r. 1967/2006 van de Raad van 21 december 2006 inzake beheersmaatregelen voor de duurzame exploitatie van visbestanden in de Middellandse Zee, tot wijziging van Verordening (EEG) nr. 2847/93 en tot intrekking van Verordening (EG) nr. 1626/94
- Europese Unie (2006). VERORDENING (EG) Nr. 1881/2006 VAN DE COMMISSIE van 19 december 2006 tot vaststelling van de maximumgehalten aan bepaalde verontreinigingen in levensmiddelen. P 20.
- Heuvel-Greve, M.J. van den (2010). TO 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 (2011a). Monitoring vooroeververdediging Oosterschelde 2010: T1 Cluster 1/TO Cluster 2. IMARES Wageningen UR, rapport C029/11.
- Heuvel-Greve, M. van den, A. van den Brink, S. Glorius, C. Schipper, M. de Kluijver, M. Dubbeldam (2011b). Monitoring vooroeververdediging Westerschelde 2010: T1 Cluster 1/TO Cluster 2. IMARES Wageningen UR, rapport C031/11.
- 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, M. Dubbeldam (2013). Monitoring vooroeververdediging Oosterschelde en Westerschelde 2012: T3 Cluster 1. IMARES Wageningen UR, rapport C102/13.
- Holthius, L.B. (1991). FAO Species Catalogue. Marine lobsters of the World. An annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries known to date. FAO Fisheries Synopsis, 125: 13.
- Jonkers, D. (1987) Opname van zware metalen uit en kolonisatie van ovenslakken en beton door benthische mariene organismen. Mariene Zoologie, Rijksuniversiteit Groningen, Groningen, p. 86.
- Mubiana, V.K., Blust, R. (2006). Metal concent of marine mussels from Western Scheldt estuary and nearby protected marine bay, the Netherlands: impact of past and present contamination. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 77:203-210.
- Mubiana, V.K., D. Qadah, J. Meys, R. Blust (2005). Temporal and spatial trends in heavy metal concentrations in the marine mussel *Mytilus edulis* from the Western Scheldt estuary (the Netherlands). *Hydrobiologia* 540: 169
- O'Donovan, V., Tully, O. (1996) Lipofuscin (age pigment) as an index of crustacean age: correlation with age, temperature and body size in cultured juvenile *Homarus gammarus* L. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 207, p 1-14.
- Prodöhl, P. A., Jørstad, K.E., Triantafyllidis, A., Katsares, V. en Triantaphyllidis, C. (2006) European lobster – *Homarus gammarus*, In: "Genetic effects of domestication, culture and breeding of fish and shellfish, and their impacts on wild populations." D. Crosetti, S. Lapègue, I. Olesen, T. Svaasand (eds).", Viterbo, Italy, 12-17th June, 2006, p91-98.
- Schellekens, T., Glorius, S., Van den Heuvel-Greve, M. (2014) Variatie en trends van de gehalten zware metalen op locatie Zeelandbrug. Data rapport 2013. IMARES Wageningen UR. Rapport: C055/014
- Sheehy, M.R.J., Bannister, R.C.A., Wickins, J.F. and Shelton, P.M.J. New perspectives on the growth and longevity of the European lobster (*Homarus gammarus*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 56: 1904–1915
- Smith, I.P., Collins, K.J., Jensen, A.C. (1999). Seasonal changes in the level and diet patterns of activity of the European lobster *Homarus gammarus*. *Marine Ecology Progress Series*, 186: 255-264.
- Smith, I.P., Jensen, A.C., Collins, K.J., Mettey, E.L. (2001). Movement of wild European lobster *Homarus gammarus* in natural habitat. *Marine Ecology Progress Series*, 222: 177-186

- Tangelder, M., Schellekens, T., De Kluijver, M., Van den Heuvel-Greve, M. (2014). Monitoring vooroeerverdediging Oosterschelde 2013. IMARES Wageningen UR, rapport C102/14.
- Uglem, I, Belchier, M. & Svåsand, T. (2005) Age Determination of European Lobsters (*Homarus gammarus* L.) by Histological Quantification of Lipofuscin. *Journal of Crustacean Biology*, 25: 1.
- Vannini, M., Cannicci, S. (1995) Homing behaviour and possible cognitive maps in crustacean decapods. *J Exp Mar Biol Ecol*, **193**:67–91

8. Verantwoording

Rapport C039/15

Projectnummer: 4303107101

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: Drs. Martine van den Heuvel-Greve
Onderzoeker afdeling Delta

Handtekening:



Datum: 25 februari 2015

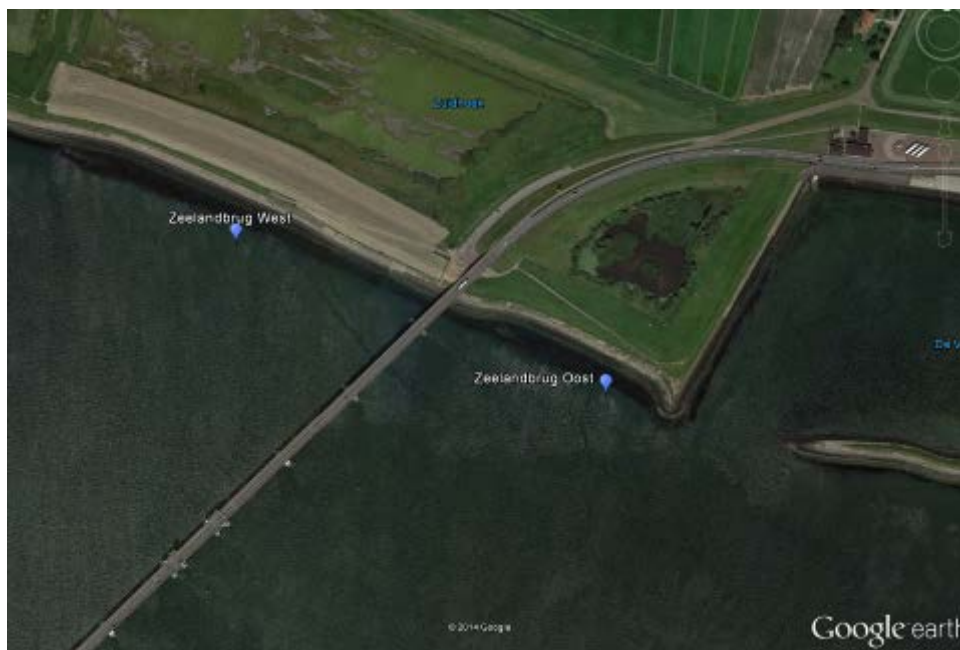
Akkoord: Dr. Robert Trouwborst
Hoofd afdelingen Delta en Aquacultuur

Handtekening:

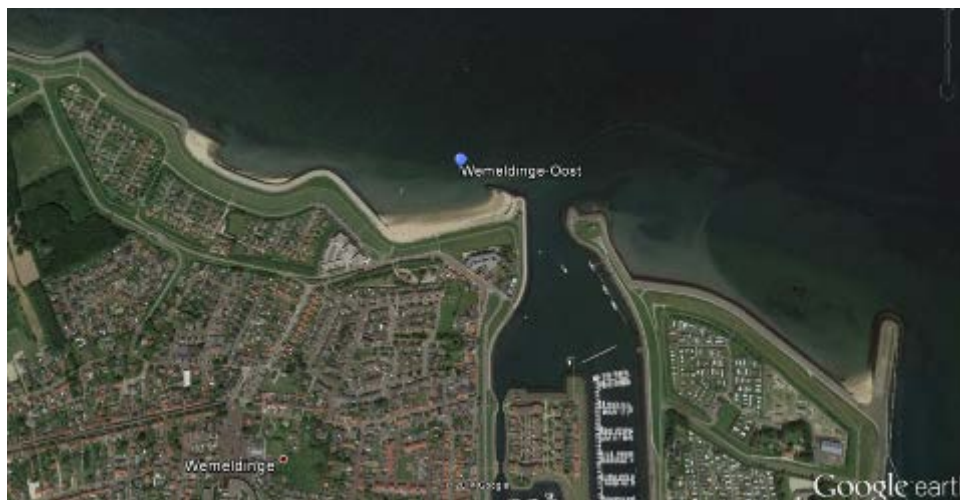


Datum: 25 februari 2015

Bijlage A. Bemonsteringslocaties



Vislocatie Zeelandbrug West (breukstenen op staalslakken) en Oost (staalslakken) (bron: Google Earth).



Vislocatie Wemeldinge Oost (oude oever, wordt verdedigd met staalslakken en breuksteen in 2015) (bron: Google Earth).



Vislocatie Strijenhams (referentielocatie) (bron: Google Earth).



Vislocatie Zuidbouts (referentielocatie) (bron: Google Earth).

Bijlage B. Ruwe data meting lengte en gewicht

vislocatie	aantal kreeften	Locatie	kreeft nummer	gewicht in gram	lengte in mm	opmerking
West Zeelandbrug	1	Zeelandbrug West	2.1	802.4	107	breuksteen op staalslak
West Zeelandbrug	1	Zeelandbrug West	2.2	486.9	94	breuksteen op staalslak
West Zeelandbrug	1	Zeelandbrug West	2.3	410.5	86	breuksteen op staalslak
West Zeelandbrug	1	Zeelandbrug West	2.4	479.8	90	breuksteen op staalslak
West Zeelandbrug	1	Zeelandbrug West	2.5	533.8	97	breuksteen op staalslak
Oost Zeelandbrug	1	Zeelandbrug Oost	3.1	354.1	87	staalslak
Oost Zeelandbrug	1	Zeelandbrug Oost	3.2	492.9	91	staalslak
Oost Zeelandbrug	1	Zeelandbrug Oost	3.3	434.4	86	staalslak
Oost Zeelandbrug	1	Zeelandbrug Oost	3.4	947.3	109	staalslak
Oost Zeelandbrug	1	Zeelandbrug Oost	3.5	386.9	86	staalslak
Wemeldinge stort	1	Wemeldinge	4.1	686.4	98	oude oever
Wemeldinge stort	1	Wemeldinge	4.2	483.1	89	oude oever
Wemeldinge stort	1	Wemeldinge	4.3	542.9	93	oude oever
Wemeldinge stort	1	Wemeldinge	4.4	650.6	97	oude oever
Wemeldinge stort	1	Wemeldinge	4.5	704.8	99	oude oever
Gorishoek	1	Strijenham	5.1	403.9	88	oude oever
Gorishoek	1	Strijenham	5.2	555.8	92	oude oever
Gorishoek	1	Strijenham	5.3	469.9	90	oude oever
Gorishoek	1	Strijenham	5.4	404.4	87	oude oever
Gorishoek	1	Strijenham	5.5	440.6	86	oude oever
Zuidbout	1	Zuidbout	6.1	569.8	95	oude oever
Zuidbout	1	Zuidbout	6.2	501.7	92	oude oever
Zuidbout	1	Zuidbout	6.3	407	87	oude oever
Zuidbout	1	Zuidbout	6.4	468.9	90	oude oever
Zuidbout	1	Zuidbout	6.5	585.4	93	oude oever

Bijlage C. Ruwe data meting gehalte zware metalen en droge stof

Locatie	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg
	[mg/kg dw]	[mg/kg dw]	[mg/kg dw]	[mg/kg dw]	[mg/kg dw]	[mg/kg dw]	[mg/kg dw]	[mg/kg dw]	[mg/kg dw]
West Zeelandbrug	0.98	41	0.20	0.11	0.15	0.08	184	5.1	1.19
West Zeelandbrug	2.33	36	0.40	0.15	0.18	0.25	214	24.7	0.72
West Zeelandbrug	1.27	36	0.30	0.08	0.08	0.29	158	11.4	0.61
West Zeelandbrug	1.68	46	0.40	0.10	0.14	0.25	195	16.8	0.58
West Zeelandbrug	2.89	39	0.50	0.12	< 0.1	0.20	191	17.9	0.60
Oost Zeelandbrug	3.44	31	0.40	0.12	0.12	0.17	176	29.4	0.89
Oost Zeelandbrug	0.72	26	0.20	0.08	0.09	0.08	133	7.0	0.84
Oost Zeelandbrug	1.34	24	0.20	0.08	0.15	0.11	190	15.6	0.81
Oost Zeelandbrug	1.70	35	0.50	0.14	0.10	0.19	151	6.1	1.13
Oost Zeelandbrug	1.86	44	0.30	0.06	0.07	0.12	150	11.2	0.87
Wemeldinge stort	2.80	34	0.30	0.07	< 0.07	0.13	160	11.6	0.46
Wemeldinge stort	2.23	38	0.30	0.07	< 0.07	0.13	176	7.0	0.58
Wemeldinge stort	3.11	29	0.20	0.05	0.06	0.09	213	10.9	0.44
Wemeldinge stort	0.61	41	0.30	0.06	0.07	0.12	257	10.5	0.55
Wemeldinge stort	0.84	39	0.30	0.07	< 0.07	0.14	210	7.8	0.56
Strijenham Tholen	1.12	26	0.30	0.07	0.07	0.16	145	16.3	0.40
Strijenham Tholen	0.73	36	0.20	0.07	0.07	0.25	226	9.6	0.59
Strijenham Tholen	0.65	31	0.30	0.05	0.06	0.11	136	9.8	0.37
Strijenham Tholen	1.79	30	0.30	0.09	0.07	0.11	191	13.3	0.47
Strijenham Tholen	0.90	25	0.20	0.07	0.09	0.10	261	6.7	0.57
Zuidbout	0.87	40	0.30	0.07	< 0.07	0.19	132	13.1	0.76
Zuidbout	1.38	36	0.37	0.07	< 0.07	0.14	108	9.7	0.65
Zuidbout	0.98	28	0.20	0.09	0.10	0.12	164	10.7	0.89
Zuidbout	1.45	30	0.20	0.09	0.12	0.09	166	6.0	0.76
Zuidbout	0.63	35	0.30	0.06	< 0.06	0.12	92	6.4	0.88

Locatie	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	V	Zn
	[mg/kg dw]	[mg/kg dw]	[mg/kg dw]	[mg/kg dw]	[mg/kg dw]	[mg/kg dw]	[mg/kg dw]	[mg/kg dw]	[mg/kg dw]
West Zeelandbrug	3.7	0.07	0.3	0.04	0.08	3.41	0.08	0.08	210
West Zeelandbrug	8.6	0.11	0.6	0.12	0.16	3.85	0.16	0.16	206
West Zeelandbrug	9.1	0.10	0.5	0.07	0.13	4.21	0.13	0.13	216
West Zeelandbrug	9.1	0.10	0.6	0.08	0.17	3.92	0.17	0.17	220
West Zeelandbrug	8.8	0.12	0.8	0.11	0.22	3.92	0.22	0.22	223
Oost Zeelandbrug	10.2	0.14	0.5	0.08	0.15	3.40	0.15	0.15	181
Oost Zeelandbrug	3.5	0.07	0.3	0.04	0.08	3.11	0.08	0.08	174
Oost Zeelandbrug	8.4	0.07	0.49	0.08	0.09	3.25	0.09	0.09	180
Oost Zeelandbrug	6.2	0.11	0.7	0.10	0.19	2.83	0.19	0.19	236
Oost Zeelandbrug	7.2	0.07	0.4	0.06	0.12	4.48	0.12	0.12	184
Wemeldinge stort	7.4	0.08	0.5	0.07	0.13	3.32	0.13	0.13	217
Wemeldinge stort	5.4	0.07	0.5	0.07	0.13	3.72	0.13	0.13	238
Wemeldinge stort	5.8	0.08	0.3	0.05	0.09	3.00	0.09	0.09	178
Wemeldinge stort	5.6	0.07	0.4	0.06	0.12	3.43	0.12	0.12	221
Wemeldinge stort	7.6	0.08	0.5	0.07	0.14	3.19	0.14	0.14	225
Strijenham Tholen	9.8	0.08	0.5	0.07	0.14	2.61	0.14	0.14	197
Strijenham Tholen	9.2	0.08	0.3	0.05	0.09	2.74	0.09	0.09	261
Strijenham Tholen	10.3	0.08	0.4	0.05	0.11	3.03	0.11	0.11	199
Strijenham Tholen	7.8	0.08	0.4	0.06	0.11	2.95	0.11	0.11	231
Strijenham Tholen	8.6	0.10	0.4	0.05	0.10	2.56	0.10	0.10	202
Zuidbout	5.2	0.08	1.00	0.07	0.14	3.78	0.14	0.14	225
Zuidbout	13.2	0.09	0.71	0.07	0.14	3.68	0.14	0.14	242
Zuidbout	9.7	0.10	0.80	0.05	0.10	3.16	0.10	0.10	179
Zuidbout	7.4	0.09	0.46	0.04	0.09	2.97	0.09	0.09	171
Zuidbout	8.7	0.07	2.58	0.06	0.12	3.72	0.12	0.12	233

Locatie	Droge stof
	[%]
West Zeelandbrug	24.2
West Zeelandbrug	12.3
West Zeelandbrug	15.2
West Zeelandbrug	12.0
West Zeelandbrug	9.2
Oost Zeelandbrug	13.0
Oost Zeelandbrug	24.0
Oost Zeelandbrug	22.2
Oost Zeelandbrug	10.3
Oost Zeelandbrug	16.4
Wemeldinge stort	15.2
Wemeldinge stort	15.4
Wemeldinge stort	21.6
Wemeldinge stort	16.2
Wemeldinge stort	13.9
Strijenham Tholen	14.1
Strijenham Tholen	22.3
Strijenham Tholen	18.6
Strijenham Tholen	17.5
Strijenham Tholen	19.9
Zuidbout	14.0
Zuidbout	14.0
Zuidbout	20.0
Zuidbout	22.5
Zuidbout	16.5