

Monitoring vooroeververdediging Westerschelde 2010: T1 Cluster 1 / T0 Cluster 2

Martine van den Heuvel-Greve, Anneke van den Brink,
Sander Glorius, Cor Schipper, Mario de Kluijver, Marco Dubbeldam

Rapport C031/11



IMARES Wageningen UR

(IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies)

Opdrachtgever:

RWS Dienst Zeeland / RWS Waterdienst
Poelendaelesingel 18
4335 JA Middelburg

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van
Rijkswaterstaat

Publicatiedatum:

Maart 2011

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
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

© 2011 IMARES Wageningen UR

IMARES is onderdeel van Stichting DLO
KvK nr. 09098104,
IMARES BTW nr. NL 8113.83.696.B16

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-V11.2

Foto's op de voorzijde zijn respectievelijk het eigendom van Stichting Zeeschelp, IMARES (Anneke van den Brink) en IMARES (Sander Glorius)

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	5
1. Inleiding	9
1.1 Zware metalen in biota uit de Westerschelde	10
1.2 Uitloging van breukstenen en staalslakken.....	12
2. Kennisvraag	14
3. Methoden	15
3.1 Onderzoek locaties in de Westerschelde	15
3.2 Inventarisatie van flora en fauna op hard substraat	16
3.3 Inventarisatie van fauna in zacht substraat (sediment).....	17
3.4 Determinatie van zware metalen in biota.....	18
4. Resultaten en discussie.....	19
4.1 Inventarisatie van flora en fauna op hard substraat	19
Eulittoraal (getijdenzone).....	19
T0-Cluster 2 (2010)	20
T1-Cluster 1 (2010).....	20
Sublittoraal (zone beneden laagwaterlijn)	22
Infralittorale zone	23
T0-Cluster 2 (2010)	23
T1-Cluster 1 (2010).....	23
Circalittorale zone	24
T0-Cluster 2 (2010)	24
T1-Cluster 1 (2010).....	26
4.2 Inventarisatie van fauna in zacht substraat (sediment).....	26
T0-Cluster 2 (2010)	27
T1-Cluster 1 (2010)	28
4.3 Determinatie van zware metalen in biota.....	29
T0-Cluster 2 (2010)	29
T1-Cluster 1 (2010)	29
Bruinwier <i>Fucus vesiculosus</i>	29
Pollution Load Index (PLI)	29
Vergelijking gehalten met andere data uit de Westerschelde	35
Toxiciteit van enkele zware metalen	37
Vergelijking met normen voor zware metalen in biota	37
5. Conclusies en aanbevelingen	38
5.1 Conclusies	38
T0-Cluster 2 (2010)	38
T1-Cluster 1 (2010)	39
5.2 Aanbevelingen.....	41
6. Kwaliteitsborging	41

7. Referenties	42
Verantwoording	44
Bijlage A. Data infauna	45
Bijlage B. Data zware metalen	49
Bijlage C. Foto's van veelvoorkomende soorten in de Westerschelde	53

Samenvatting

De stromingen in de Ooster- en Westerschelde zorgen lokaal voor erosie van oevers en geulwanden. Om dat proces tegen te gaan worden oevers beschermd door “bestortingen” uit te voeren. Dit gebeurt op die locaties waar deze erosie de stabiliteit van de waterkering in gevaar brengt of de reeds bestaande oeverwerken ondermijnt. De realisering van de vooroeververdedigingen wordt in drie fasen uitgevoerd, de zogenaamde clusters. Cluster 1 is uitgevoerd in 2009-2010. Cluster 2 is gepland voor 2011-2012. Deel 1 hiervan, locatie Hoedekenskerke, is momenteel in uitvoering. Mogelijk vindt er nog een Cluster 3 plaats.

Rijkswaterstaat maakt voor deze dijkversterkingen in de Oosterschelde en Westerschelde gebruik van breuksteen en staalslakken. Door de “bestortingen” zal de lokale flora en fauna in ieder geval tijdelijk verdwijnen. Daarnaast komen er door het gebruik van breukstenen en staalslakken mogelijk zware metalen in het water wat effecten zou kunnen hebben op biota. Middels monitoring worden de effecten van de “bestortingen” in kaart gebracht. Hiervoor wordt er voorafgaand aan de werkzaamheden op de locaties een zogenaamd T0-onderzoek uitgevoerd, waarin zowel de soortendiversiteit van flora en fauna als de gehalten aan zware metalen in een aantal organismen op de te verdedigen vooroevers worden bepaald.

Rijkswaterstaat heeft aan IMARES opdracht gegeven om in 2010 de volgende monitoring uit te voeren:

1. De T0 voor Cluster 2 in de Ooster- en Westerschelde;
2. De T1 voor Cluster 1 in de Ooster- en Westerschelde.

De monitoring is uitgevoerd door IMARES in samenwerking met Stichting Zeeschelp, Deltares en TNO. In dit rapport zijn de resultaten beschreven van de T0 monitoring van Cluster 2 en de T1 monitoring van Cluster 1 in de Westerschelde. Dit rapport is gebaseerd op drie onderliggende rapportages, die meer details bevatten.

Westerschelde - T0 Cluster 2 (2010)

Voorafgaand aan de geplande werkzaamheden voor Cluster 2 op de locaties in de Westerschelde is een T0-onderzoek uitgevoerd in 2010. Dit betreft de locaties Borssele, Ellewoutsdijk (-west, -midden, -oost), en Hoedekenskerke (-zuid, -haven, -noord). De uitkomsten van dit onderzoek kunnen als basis worden gebruikt om monitoring na uitvoering van de oeververdedigingsactiviteiten van Cluster 2 mee te vergelijken. Tijdens de T0 zijn de data voor flora en fauna op hard substraat (epifauna), fauna in zacht substraat (infauna) en gehalten aan zware metalen in een selectie aan epiflora en -faunasoorten vastgelegd.

Epiflora- en fauna:

Het eulittoraal is het gebied dat de gehele getijdenzone bestrijkt. Uit de T0-monitoring blijkt dat de levensgemeenschappen in het eulittoraal van de onderzochte locaties in de Westerschelde een duidelijke afname van het aantal soorten van west naar oost laten zien. Deze afname lijkt het gevolg te zijn van een gradiënt in zoutgehalte. Daarnaast spelen verschillen in blootstelling aan waterbewegingen en de hoogte van de ligging van het voorland een rol. Het aantal soorten op het talud is tevens beïnvloed door verschillende oeververdedigingsactiviteiten die in het eulittoraal van deze locaties zijn uitgevoerd (met uitzondering van Hoedekenskerke-haven).

De sublittorale zone is de zone onder de laagwaterlijn en bestaat uit twee delen. In de bovenste meters dringt voldoende licht door en hier komen planten (wieren) dominant voor (de infralittorale zone). Op grotere diepten is onvoldoende licht aanwezig voor wieren en wordt de gemeenschap gedomineerd door dieren, zoals als de Japanse oester (de circalittorale zone).

In de infralittorale zone op de locatie Borssele komt een gemeenschap voor met een dominantie van wieren. Oostwaarts ontbreken de karakteristieke sublittorale wieren en worden de gemeenschappen gedomineerd door zeepokken en de Japanse oester. Oostelijk van de locatie Ellewoutsdijk-midden gaan de gemeenschappen uit de eulittorale zone direct over in de gemeenschappen van de circalittorale zone.

In de circalittorale zone komen vier gemeenschappen van west naar oost gezôneerd voor. Het aantal soorten binnen de gemeenschappen neemt van west naar oost af. Binnen alle gemeenschappen is de Japanse oester dominant .

Infauna:

Uit de T0-monitoring van Cluster 2 (2010) blijkt dat er voor wat betreft de levensgemeenschappen in de zachte bodem een grote variatie te zien is binnen locaties, dieptes en replica's. Clusteranalyse laat zien dat er drie hoofdgroepen en twee soortenarme varianten aanwezig zijn op de bemonsterde locaties in de Westerschelde, met uitzondering van één station (Hoedekenskerke-zuid), waar geen infauna is aangetroffen in het sediment. In het gebied rond Ellewoutsdijk en Hoedekenskerke zijn op veel diepten de soortenarme varianten gevonden. Het aantal soorten en de dichtheden in dit gebied past niet in de gradiënt die verwacht kan worden in dit deel van de Westerschelde. De samenstelling van de bodemsedimenten en die van het aanwezige macrobenthos wijst op een reeds bestaande verstoring, waarvan de oorzaak niet bekend is.

Zware metalen:

Voor de T0 van Cluster 2 (2010) zijn de volgende soorten bemonsterd: bruinwier, gewone alikruik (slak), Japanse oester, mossel, sponzen, zakpijpen en zeester. In de bemonsterde soorten zijn ijzer, zink en aluminium in de hoogste gehalten aangetroffen. In de zakpijp zijn de meeste metalen in de hoogste concentraties aangetroffen, terwijl in de zeester over het algemeen de laagste concentraties aan zware metalen zijn aangetroffen.

Westerschelde - T1 Cluster 1 (2010)

In 2009 is voor Cluster 1 een T0-monitoring uitgevoerd, waarin de data voor flora en fauna op hard substraat (epifauna), fauna in zacht substraat (infauna) en gehalten aan zware metalen in een selectie aan epiflora en -faunasoorten is vastgelegd, voorafgaand aan de oeververdedigingsactiviteiten. Vervolgens zijn tussen juli en december 2009 de geplande oeververdedigingswerken uitgevoerd. In 2010 heeft de eerste T1-monitoring plaatsgevonden om te bepalen hoe epiflora en -fauna en infauna zich een half jaar na afronding van de werkzaamheden op de nieuwe ondergrond heeft gevestigd. Tevens zijn gehalten aan zware metalen in een selectie aan epiflora en -faunasoorten opnieuw gemeten.

Epiflora en -fauna:

De versterking van de vooroevers heeft in alle habitats, het eulittoraal, infralittoraal en sublittoraal, geleid tot het ontstaan van pioniersgemeenschappen. Pioniersgemeenschappen bestaan uit planten en dieren die zich als eerste in een nieuwe situatie kunnen vestigen.

Op de nieuwe kreukelberm (eulittoraal) is tijdens de T1 in 2010 op alle Cluster 1 locaties een nieuwe pioniersgemeenschap aanwezig. Deze gemeenschap wordt gedomineerd door zeepokken, purperwier en groenwieren. Deze pioniersgemeenschap komt overeen met de pioniersgemeenschap die na de vooroeververdediging in de Oosterschelde is gevonden.

In het infralittoraal zijn staalslakken op de Cluster 1 locaties afgedekt met grove breukstenen. Hier heeft zich een pioniersgemeenschap ontwikkeld die gedomineerd wordt door wier en zeesla. Het substraat is bedekt met zeepokken. Kaal substraat wordt gevormd door dode of afgegraasde zeepokken. Mosselen en de Japanse oester komen niet, of in lage dichtheden binnen de gemeenschap voor.

In het circalittoraal zijn staalslakken op de Cluster 1 locaties gedeeltelijk afgedekt met breuksteen. Op alle stations, onafhankelijk van het type substraat, is tijdens de T1 in 2010 een pioniersgemeenschap gevonden. De gemeenschap wordt gedomineerd door zeepokken en harige mosdiertjes. Het aantal soorten op de staalslakken is vergelijkbaar met die op breukstenen, maar het percentage kaal substraat op staalslakken is bijna twee keer hoger dan op breukstenen.

Het is in dit stadium te vroeg om effecten van de versterking van de vooroever met staalslakken en breukstenen op de levensgemeenschappen op de lange termijn te kunnen evalueren.

Infauna:

Een T0-inventarisatie ontbreekt voor Cluster 1. Tijdens de T1-monitoring van Cluster 1 in 2010 is op één station voldoende sediment aanwezig om een monster te nemen ten behoeve van infauna analyse. In dit monster zijn 13 soorten aangetroffen, met een dichtheid van 7283 individuen per m². Ondanks een ontbrekende T0-monitoring kan geconcludeerd worden dat er binnen een half jaar kolonisatie van bodemsoorten heeft plaatsgevonden op een plek, waar zich een sediment laag op de nieuwe ondergrond heeft gevormd.

Zware metalen:

Voor de T1 van Cluster 1 zijn in 2010 de volgende soorten bemonsterd: bruinwier, alikruik (slak), zeeanjelier en zeester. Evenals in 2009 zijn ijzer, aluminium en zink in de hoogste concentraties aangetroffen in de bemonsterde biota.

Omdat gehalten aan zware metalen binnen wieren de beschikbaarheid in het zeewater reflecteren is aan de hand van het bruinwier *Fucus vesiculosus* een oost-west gradiënt voor zware metalen bepaald in de Westerschelde. Hieruit blijkt dat lagere gehalten aan zware metalen in bruinwieren in het westelijk deel van de Westerschelde worden gevonden en hogere in het oostelijk deel. Dit komt overeen met beschreven gradiënten aan zware metalen in de Westerschelde in de literatuur. Verdere statistische toetsing is per deelgebied uitgevoerd.

Middels een statistische toets is bekeken of er verschillen zichtbaar zijn tussen gehalten aan metalen in soorten op breukstenen en staalslakken, en tussen T1 en T0. De hoeveelheid monitoringsdata is nog beperkt in de T1. Tevens ontbreekt er informatie over spreiding in gehalten aan zware metalen in enkele van de onderzochte soorten in de Westerschelde. Daarom geven deze statistische toetsen met name een eerste inzicht in welke zware metalen mogelijk als probleemstof kunnen optreden bij de oeververdedigingsactiviteiten. Ondanks eventuele statistisch significante verschillen is het te vroeg om vast te stellen of er daadwerkelijke veranderingen zijn opgetreden in gehalten aan zware metalen in de onderzochte organismen. In vervolgmonitoring zal moeten blijken of er daadwerkelijk verschillen zijn tussen gehalten in soorten op staalslakken versus breukstenen, of tussen T0 en T1 / T2 /

In de Westerschelde komen de zeeanjelier en de zeester op zowel breuksteen (T0 2009 – oude ondergrond) als staalslakken (T1 2010 – nieuw bestort) voor. Voor bijna alle metalen zijn in 2009 op de oude ondergrond van breukstenen hogere gehalten aan zware metalen gevonden dan in 2010 op de nieuw gestorte staalslakken. In de zeeanjelier zijn in 2010 op de nieuwe ondergrond van staalslakken hogere gehalten aan molybdeen waargenomen dan in 2009 op de oude ondergrond.

Vergelijking van gehalten aan enkele zware metalen uit in literatuur gerapporteerde gehalten in alikruik en mosselen uit de Westerschelde laat zien dat deze in dezelfde range vallen als in dezelfde soorten in de huidige studie.

Een hoger gehalte aan zware metalen betekent niet automatisch dat er vervolgens effecten van deze metalen optreden in organismen. Hiervoor is van belang om te weten wanneer een zware metaal een effect kan veroorzaken. Dit kan gedaan worden door de gehalten in de organismen te vergelijken met bestaande normen voor biota. Deze zijn echter vrijwel niet beschikbaar. De Kaderrichtlijn Water heeft voor drie prioritaire stoffen een milieukwaliteitsnorm voor biota afgeleid: (methyl)kwik, hexachloorbenzeen en hexachloorbutadieen. Vergelijking met de KRW-norm voor kwik laat zien dat alle monsters beneden deze norm liggen, met uitzondering van drie monsters die rond de norm liggen. OSPAR heeft voor milieutoetsing in het Quality Status Report 2010 gehalten aan kwik, lood en cadmium in mosselen en oesters getoetst aan humane consumptienormen voor deze metalen. Vergelijking van gehalten aan deze metalen in mosselen en oesters uit de Westerschelde met deze normen laat zien dat gehalten aan kwik en lood onder deze norm ligt, terwijl deze voor cadmium rond tot boven de norm ligt. Voor de andere relevante zware metalen zijn geen milieunormen beschikbaar in planten en dieren waardoor geen vergelijking met normen kan plaatsvinden. Een vergelijking met de normen van het Besluit Bodemkwaliteit (BBK) is niet mogelijk aangezien deze normen zijn opgesteld voor toetsing van kwaliteit van bouwstoffen en niet voor het inschatten van toxische effecten in biota.

Voor enkele van de relevante zware metalen is informatie omtrent toxische effecten verzameld. De toxiciteitsgrenzen voor deze zware metalen zijn voornamelijk weergegeven als gehalte in water waarbij een effect optreedt en niet als gehalte in een organisme zelf. Hierdoor kan geen directe vergelijking met de gehalten in biota uit deze monitoring plaatsvinden.

Conclusie en aanbevelingen

De algehele conclusie is dat op de nieuw gestorte ondergrond zich nieuwe pioniersgemeenschappen hebben gevestigd. In het sublittoraal is de samenstelling van de gemeenschap op breuksteen ongeveer gelijk aan die op staalslakken. Op enkele plekken op de nieuwe ondergrond is sediment terechtgekomen waar de eerste bodemdiersoorten zijn aangetroffen. Er is op dit moment geen algemeen geldend patroon te herkennen voor verschillen tussen gehalten in zware metalen in plant- en diersoorten op de nieuwe ondergrond versus de oude ondergrond. Wel lijken de gehalten aan molybdeen in de zeeanjerier hoger te zijn tijdens de T1 van Cluster 1 in 2010 in vergelijking tot de T0 in 2009. Het is op basis van de huidige gegevens niet bekend of dit tot effecten kan leiden. De monitoring in het veld dient verbeterd te worden door 1) referentiepunten mee te nemen, die niet verstoord zullen worden; 2) meer informatie te verkrijgen over de natuurlijke spreiding in gehalten aan zware metalen in biota van de Westerschelde voor een betere interpretatie van de monitoringsgegevens; 3) actief mosselen uit te hangen op de monitoringslocaties, waardoor gestandaardiseerd gehalten aan zware metalen in biota gemeten kunnen worden. Naast monitoring in het veld is het nodig om gerichte accumulatie- en toxiciteitstesten uit te voeren met relevante diersoorten voor een betere risico inschatting van eventuele effecten van deze metalen op biota uit de Westerschelde.

1 Inleiding

De stromingen in de Ooster- en Westerschelde zorgen lokaal voor erosie van oevers en geulwanden. Om dat proces tegen te gaan worden, op die locaties waar deze erosie de stabiliteit van de waterkering in gevaar brengt of de reeds bestaande oeverwerken ondermijnt, oevers beschermd door “bestortingen” uit te voeren. De realisering van de vooroeververdedigingen wordt in fasen uitgevoerd, in zogenaamde clusters. Cluster 1 heeft betrekking op de locaties Schelphoek, Cauwersinlaag en Zuidhoek/de Val in de Oosterschelde, en in de Westerschelde op de locaties Zuidwatering en Borssele (zie Figuur 1). Dit werk is reeds gerealiseerd (zie Tabel 1). Cluster 2 heeft betrekking op de locaties Schelphoek en Burghsluis in de Oosterschelde en de locaties Hoedekenskerke, Ellewoutsdijk en Borssele in de Westerschelde. Realisatie hiervan vindt plaats in 2011 en 2012. Deel 1 hiervan, locatie Hoedekenskerke, is momenteel in uitvoering. Mogelijk vindt er ook nog een Cluster 3 plaats.

Rijkswaterstaat maakt voor dijkversterkingen in de Oosterschelde en Westerschelde gebruik van breuksteen en staalslakken. Beide materialen zijn qua fysische eigenschappen goed geschikt voor dijkverzwaring en voldoen aan de kwaliteitseisen uit het Besluit Bodemkwaliteit. Breuksteen is een natuursteen, die uit steengroeven wordt gewonnen. Breukstenen verschillen van samenstelling. De exacte samenstelling is afhankelijk van de steengroeve waar ze gewonnen zijn. Een staalslak is een steenachtig product, dat overblijft bij de productie van staal. Ook de samenstelling van staalslakken verschilt tussen fabrieken en wellicht ook binnen een fabriek.

Door de “bestortingen” zal de lokale flora en fauna in ieder geval tijdelijk verdwijnen. Soorten die in de bodem leven zullen worden overstort en zich pas weer kunnen vestigen als zich een nieuwe sediment laag vormt op de breukstenen en staalslakken. Daarnaast komen er door het gebruik van staalslakken en breukstenen mogelijk zware metalen in het water wat effecten zou kunnen hebben op biota. Welke metalen uitlogen en in welke mate is afhankelijk van de samenstelling van de breukstenen en staalslakken.

Middels monitoring worden de effecten van de “bestortingen” in kaart gebracht. Hiervoor wordt er voorafgaand aan de werkzaamheden op de locaties een zogenaamd T0-onderzoek uitgevoerd, waarin zowel de soortendiversiteit van flora en fauna als de gehalten aan zware metalen in een aantal organismen op de te verdedigen vooroevers worden bepaald.

Rijkswaterstaat heeft aan IMARES opdracht gegeven om de volgende monitoring uit te voeren in 2010:

1. De T0 voor Cluster 2 in de Ooster- en Westerschelde;
2. De T1 voor Cluster 1 in de Ooster- en Westerschelde.

De monitoring is uitgevoerd in samenwerking met Stichting Zeeschelp, Deltares en TNO.

In dit rapport worden de resultaten beschreven van de T0 monitoring van Cluster 2 en de T1 monitoring van Cluster 1 in de Westerschelde. Dit rapport is gebaseerd op drie onderliggende rapportages, die meer details bevatten: inventarisatie hard substraat (De Kluijver & Dubbeldam, 2011), inventarisatie zacht substraat (Van den Brink & Hartog, 2011), en zware metalen (Glorius & Van den Heuvel-Greve, 2011).



Figuur 1. Geplande vooroeververdedigingen in het Nederlands Deltagebied. De in dit rapport beschreven monitoring betreft de T1 monitoring van Cluster 1 (rood gekleurde locaties) en de T0 monitoring van Cluster 2 (oranje gekleurde locaties) in de Westerschelde.

Tabel 1. Overzicht van de perioden waarin vooroeververdediging binnen Cluster 1 heeft plaatsgevonden in de Westerschelde.

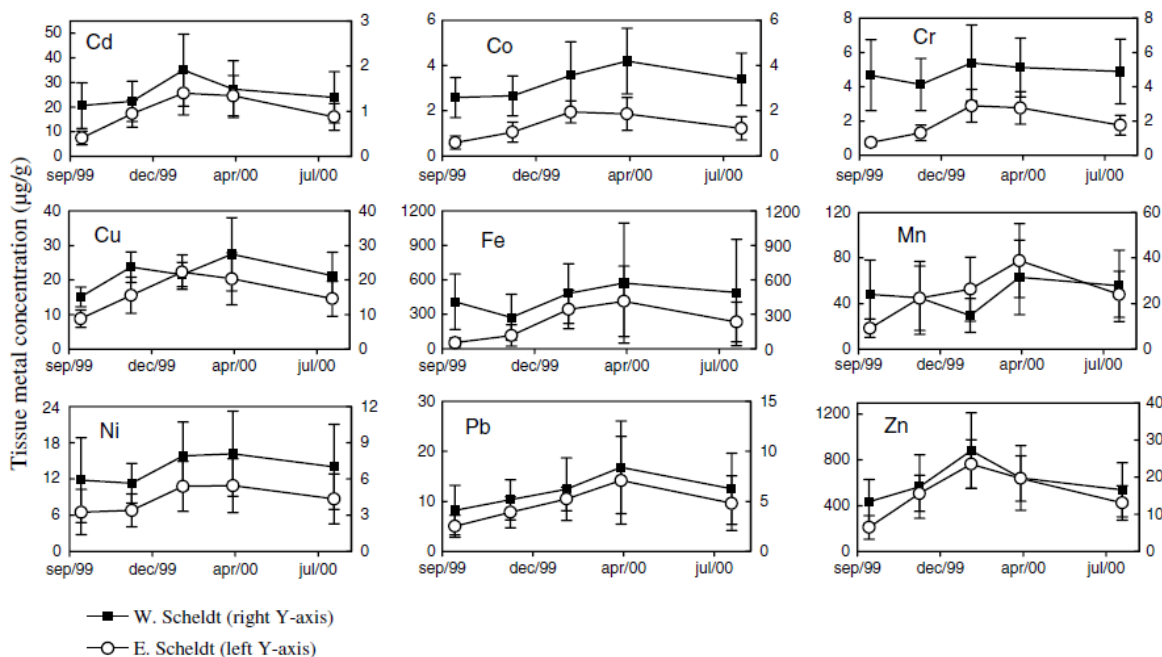
Locaties	Periode vooroeververdediging
Ritthem / Zuidwatering	11/08/2009 – 01/12/2009
Borssele	27/07/2009 – 02/12/2009

1.2 Zware metalen in biota uit de Westerschelde

In de Westerschelde bestaat er over het algemeen een gradiënt met hogere gehalten aan zware metalen in het oostelijk deel van de Westerschelde (stroomopwaarts) en lagere gehalten in het westelijk deel (mondeling), zoals beschreven voor gehalten in onder andere water (Baeyens e.a., 2005), sediment (Van den Heuvel-Greve et al, 2006), mosselen (Mubiana e.a., 2005; Mubiana & Blust, 2006). Gehalten aan zware metalen in een gradiënt verschillen met een factor 1.5 – 6 in mosselen (tabel 2). In alikruiken uit de Westerschelde zijn minder duidelijke gradiënten af te leiden, al zijn deze wel duidelijk voor cadmium (factor 6), kobalt (factor 2-5), koper (factor 2-3) en lood (factor 2)(De Wolf e.a., 2000).

Tabel 2. Geschatte gehalten aan zware metalen in mosselen ($\mu\text{g/g}$ drooggewicht) uit de Westerschelde (Mubiana & Blust, 2006).

Metaal	Locatie Westkapelle (westen)	Locatie Hansweert (oosten)	Factor verschil
As	6,5	10	1.5
Cd	1	5	5.0
Co	0,6	1,5	2.5
Cr	0,9	2	2.2
Cu	5	15	3.0
Fe	50	300	6.0
Mn	5	26	5.2
Ni	0,8	4,6	5.8
Pb	1,8	6,5	3.6
Zn	50	130	2.6



Figuur 2. Variatie aan gehalten aan zware metalen ($\mu\text{g/g}$ drooggewicht), zoals gemeten in mosselen in de periode oktober 1999 – augustus 2000 ter hoogte van Hansweert (Westerschelde) en Wemeldinge (Oosterschelde) (figuur uit Mubiana e.a. 2005).

Gehalten aan zware metalen in biota kunnen verschillen door het jaar heen. Dat komt onder andere door veranderingen in fysiologie van het organisme (voortplanting, groei) en variatie aan gehalten in het water. Deze variatie is verschillend tussen zowel soorten als metalen. Gehalten aan zware metalen in mosselen uit de Westerschelde kunnen bijvoorbeeld variëren met een factor 1.5 – 2, afhankelijk van het desbetreffende metaal (Mubiana e.a. 2005 (zie figuur 2)).

Over het algemeen zijn gehalten aan zware metalen in organismen uit de Westerschelde hoger dan die in organismen uit de Oosterschelde (Mubiana e.a., 2005; Van den Heuvel-Greve, 2009a/b). Echter dit is afhankelijk van de zware metaal én de locatie waar het monster is genomen (Mubiana & Blust, 2006).

Gradiënten in gehalten aan zware metalen in mosselen zijn scherper in de Westerschelde dan de Oosterschelde met in het oostelijk deel hogere gehalten aan zware metalen dan in het westelijk deel (Mubiana & Blust, 2006). Seizoenvariatie lijkt juist weer een grotere rol te spelen in mosselen uit de Oosterschelde in vergelijking tot de Westerschelde (Mubiana e.a., 2005).

1.2 Uitloging van breukstenen en staalslakken

Uitloging van breukstenen en staalslakken kan worden bepaald aan de hand van diffusieproeven (voor vormgegeven bouwstoffen) en met behulp van kolomproeven (voor niet-vormgegeven bouwstoffen). In De Wilde e.a. (2002) wordt uitloging van metalen uit breukstenen en staalslakken beschreven. Hierin wordt geconcludeerd dat de kritische componenten voor niet-vormgegeven breukstenen molybdeen (Mo) en fluoride (F) zijn. Als getoetst wordt als vormgegeven bouwstof is er uitloging te zien van antimoon (Sb), arseen (As), cadmium (Cd), kwik (Hg), molybdeen (Mo), seleen (Se) en tin (Sn). Hierbij dient te worden opgemerkt dat alle resultaten afkomstig zijn van een breuksteen uit één groeve. Voor LD-staalslakken blijkt als niet-vormgegeven bouwstof met name uitloging van barium (Ba), vanadium (V) en fluoride (F) plaats te vinden. In De Wijs & Cleven (2007) staat de monitoring van de kwaliteit van bouwstoffen beschreven in de periode 2003/2004, 2005 en 2006. Hieruit blijkt dat uit breukstenen in de kolomproef met name kobalt (Co) en fluoride (F) uitlogen en daarnaast antimoon, barium, molybdeen, seleen, vanadium en sulfaat. In de diffusieproef zijn vooral seleen en fluoride aangetroffen en daarnaast antimoon, molybdeen, vanadium en sulfaat. Er is niet aangegeven hoeveel en welke soorten breukstenen zijn getest. Voor LD-staalslakken voor de waterbouw is met behulp van de kolomproef met name uitloging van vanadium beschreven en tevens uitloging van antimoon (Sb), barium (Ba), molybdeen (Mo), seleen (Se), fluoride (F). In de diffusieproef is met name uitloging van vanadium geconstateerd en in minder mate antimoon. Ook hier is niet beschreven hoeveel en welke soorten staalslakken zijn geanalyseerd.

Bij de verdediging van dijken in de Oosterschelde en Westerschelde zijn verschillende soorten breukstenen en staalslakken toegepast. Voor breukstenen is met name graniet afkomstig uit Sprimont (België) en Vaulx (België) gebruikt en heeft er hergebruik van uitkomende breuksteen (herkomst onbekend) plaatsgevonden. Er zijn uitloogproeven (kolomproef – NEN7383) uitgevoerd met niet-vormgegeven breukstenen (fijne fractie) afkomstig uit Vaulx (Intron, 2010f). Weliswaar is deze zeer fijne breuksteen uit Vaulx is niet gebruikt bij de bestellingen, maar de vormgegeven breukstenen (40-200 kg en 60-300 kg) van deze groeve zijn wel toegepast. De uitloogproef met het fijne materiaal uit Vaulx geeft hiermee een indicatie van uitloging uit vormgegeven breuksteen uit Vaulx. Het is beiden kalksteen uit dezelfde groeve. Uit de kolomproeven blijkt dat in zoet water m.n. antimoon, barium en molybdeen uitlogen (zie tabel 3). De vormgegeven breuksteen geeft naar verwachting een iets lagere uitloging dan het hier geteste niet-vormgegeven materiaal. Voor de andere toegepaste breukstenen zijn geen uitlooggegevens bekend.

De in de Oosterschelde en Westerschelde toegepaste staalslakken zijn afkomstig van Thyssen/HKM, Corus en Arcelor. In 2010 zijn van deze soorten staalslakken uitlogingsproeven (kolomproef – NEN7383 en diffusieproef – NEN7375) uitgevoerd in zowel zoet als zout water om te bepalen of uitloging in zout water verschilt van zoet water. Uit uitloogexperimenten blijkt dat in zoet en zout water uit de verschillende soorten staalslakken m.n. barium en vanadium uitlogen (zie tabel 3) (Intron, 2010a,b,c,d,e). Incidenteel vindt uitloging van antimoon, cadmium, chroom en molybdeen plaats, ofwel in de kolomproef ofwel in de diffusieproef.

Tabel 3. Uitlooggegevens van zware metalen uit verschillende soorten staalslakken in zoet en zout (Oosterschelde) water en de bijbehorende maximale uitloging zoals vastgesteld in het Besluit Bodenkwaliteit (BBK) (Intron 2010a,b,c,d,e,f). Andere metalen hadden gehalten beneden de detectielimiet.

Parameter	Kolomproef			Diffusieproef		
	Gemiddelde	Gemiddelde	Maximale	Gemiddelde	Gemiddelde	Maximale
	uitloging	uitloging	emissiewaarde	uitloging	uitloging	emissiewaarde
	demiwater	zeewater	BBK	demiwater	zeewater	BBK
	(mg/kg ds)	(mg/kg ds)	(mg/kg ds)	(mg/m ²)	(mg/m ²)	(mg/m ²)
LD-staalslak ARCELORMITTAL						
Barium	3.0	4.0	22	< 2.0	6.5	1500
Vanadium	< 0.1	< 0.1	4.6	8.6	23	460
Antimoon	0.021	0.005*	0.16	< 0.16	< 0.16	8.7
Chroom	< 0.05	< 0.05	0.63	< 2.0	2.0*	120
fosforslak						
Barium	13	6.0	22	9.4	11	1500
Fluoride	23	37	220	150	360	10000
Antimoon	0.034	0.070	0.16	0.016*	0.0165*	8.7
Seleen	< 0.007	0.012*	0.15	< 0.28	0.295	4.8
LD-staalslak THYSSEN						
Barium	2.5	4.7	22	< 2.0	5.6	1500
Vanadium	< 0.1	< 0.1	4.6	11	30	460
Antimoon	0.019	0.022	0.16	< 0.16	< 0.16	8.7
Cadmium	< 0.001	-0.001	0.04	0.042*	0.075*	3.8
Molybdeen	0.02	0.01	1.0	< 0.4	< 0.4	144
LD-staalslak HKM						
Barium	2.4	4.5	22	< 2.0	7.9	1500
Vanadium	< 0.1	< 0.1	4.6	17	34	460
Antimoon	0.03	0.019	0.16	< 0.16	< 0.16	8.7
Cadmium	<0.001	-0.002	0.04	0.042*	< 0.04	3.8
Chroom	< 0.05	0.061*	0.63	2.1*	2.45	120
Molybdeen	0.35	1.5	1.0	0.405*	< 0.4	144
LD-staalslak CORUS						
Barium	1.2	3.1	22	< 2.0	5.3	1500
Vanadium	0.37	0.29	4.6	26	27	460
Antimoon	0.025	0.037	0.16	< 0.16	< 0.16	8.7
Cadmium	< 0.001	-0.001	0.04	0.041*	0.04	3.8
Lood	0.105*	< 0.1	2.3	< 4.0	< 4.0	400
Molybdeen	0.012*	-0.03	1.0	< 0.4	< 0.4	144
Fijn breuksteen Vaulx						
Antimoon	0.11	-	0.16	-	-	-
Barium	0.30	-	22	-	-	-
Molybdeen	0.05	-	1.0	-	-	-
Cadmium	0.001*	-	0.04	-	-	-
Vanadium	0.08**	-	4.6	-	-	-
Zink	0.15**	-	4.5	-	-	-

*Eén van de twee meetwaarden heeft een gehalte beneden de detectiegrens; ** slecht één waarde boven de detectiegrens.

De opname en ophoping van zware metalen door planten en dieren varieert sterk, zowel tussen soorten als tussen metalen. Dit komt o.a. door de voedselstrategie (hoe neemt een organisme zijn voedsel op), filtratiecapaciteit, maar ook de manier waarop organismen omgaan met metalen. Er is weinig bekend in hoeverre soorten zware metalen ophopen door blootstelling aan breukstenen en staalslakken. Soorten kunnen metalen opnemen door uitloging van deze metalen in het water, maar ook door direct contact met de ondergrond. In Jonkers (1987) zijn experimenten beschreven met bodemorganismen en verschillende soorten slakken (fosforslak, koperslak en LD-slak (staalslak)). Hieruit blijkt dat met uitzondering van een enkele soort hogere gehalten aan ijzer, mangaan en chroom, en in enkele gevallen aluminium, zijn aangetroffen na vijf maanden blootstelling aan LD-slakken. In Leewis & Ter Kuile (1985) is tevens weefselonderzoek uitgevoerd en is een hoog gehalte aan ijzer op LD-slak begroeide baksteen-anemoontjes (*Diadumene cincta*) geconstateerd. Sinds de jaren '80 is het hoogovenprocedé gewijzigd, waardoor de fysische en chemische eigenschappen van de hierboven beschreven slakken zijn veranderd. Dit beïnvloedt tevens de uitloging en ophoping van zware metalen uit deze slakken.

2 Kennisvraag

De kennisvragen voor de T0 van Cluster 2 betreffen:

- 1) Welke flora en fauna komen voor op het hard substraat van de vooroevers van de dijken waar dijkversterkingen gepland zijn binnen Cluster 2?
- 2) Welke fauna en gemeenschappen komen voor in het zachte substraat (sediment) van de vooroevers van de dijken waar dijkversterkingen gepland zijn binnen Cluster 2?
- 3) Wat zijn de gehalten aan zware metalen in dominant aanwezige soorten op het hard substraat van de vooroevers van de dijken waar dijkversterkingen gepland zijn binnen Cluster 2?

De kennisvragen voor de T1 van Cluster 1 betreffen:

- 1) Hebben op de Cluster 1 locaties flora en fauna zich kunnen vestigen op het nieuwe hard substraat een half tot één jaar na het aanbrengen van de vooroeververdediging en hoe zijn de aangetroffen soorten te vergelijken met de T0?
- 2) Hebben op de Cluster 1 locaties soorten zich kunnen vestigen in nieuw gevormde zandplekken (sediment) op het nieuwe hard substraat een half tot één jaar na het aanbrengen van de vooroeververdediging en hoe zijn de aangetroffen soorten te vergelijken met de T0?
- 3) Wat zijn de gehalten aan zware metalen in soorten die op het nieuwe hard substraat voorkomen een half tot één jaar na het aanbrengen van de vooroeververdediging op de Cluster 1 locaties en hoe zijn deze gehalten te vergelijken met de T0?

Tabel 4. Raaien binnen de monitoring van oeververdediging Westerschelde in 2010.

Locatie	Cluster	T0	T1	T1 staalslak
Ritthem/Zuidwatering-west	1	2009	2010	2010
Ritthem/Zuidwatering-midden	1	2009	2010	2010
Ritthem/Zuidwatering-oost	1	2009	2010	2010
Borssele	2	2010		
Ellewoutsdijk-west	2	2010		
Ellewoutsdijk-midden	2	2010		
Ellewoutsdijk-oost	2	2010		
Hoedekenskerke-zuid	2	2010		
Hoedekenskerke-haven	2	2010		
Hoedekenskerke-noord	2	2010		

3 Methoden

3.1 Onderzoek locaties in de Westerschelde

De te onderzoeken locaties liggen langs de noordelijke oever van de Westerschelde en bevinden zich bij Ritthem, Borssele, Ellewoutsdijk en Hoedekenskerke (zie figuur 1 en tabel 4). Onder Cluster 1 vallen de locaties Zuidwatering (Ritthem) en Borssele. Onder Cluster 2 vallen de locaties Borssele, Ellewoutsdijk en Hoedekenskerke.

Zuidwatering (Ritthem)

Op de locatie Ritthem zijn voor de T1-inventarisatie drie raaien onderzocht in het gebied waar, in de herfst van 2009, de vooroever is versterkt.

De raaien bevatten verschillende bekledingsmaterialen:

-In 2009 bestaat het talud op de locatie Ritthem-west uit betonzuilen boven de hoogwaterlijn, met basalt eronder. Het talud is uniform in hellingshoek en eindigt in een verhoogde kreukelberm, die in de laatste meters steil af loopt. In het sublittoraal is de oorspronkelijke stortsteen aanwezig, afgewisseld met slibvlakten.

-Op de locatie Ritthem-midden is het talud in 2003 vernieuwd. Onder de betonzuilen is een tussenberm van met gietasfalt geopenetreerde breuksteen aangebracht. Het talud is in de bovenste delen eveneens met gietasfalt geopenetreerd, en lager met fijne breuksteen afgestrooid. De kreukelberm is verhoogd en daalt na drie meter zeer steil. In het sublittoraal is tot NAP -10 meter de oorspronkelijke stortsteen aanwezig. Dieper is de geulwand zeer steil en is er geen hard substraat aanwezig.

-In 2009 bestaat het talud op de locatie Ritthem-oost uit betonzuilen boven de hoogwaterlijn, met basalt eronder. Op de lagere delen van het talud zijn basaltzuilen gestort. De kreukelberm is niet verhoogd en tussen de breukstenen ligt veel fijn breuksteen en/of gebroken zeegrind. Nabij de laagwaterlijn is nauwelijks sprake van stabiel hard substraat. In het sublittoraal is de oorspronkelijke stortsteen aanwezig, afgewisseld met slibvlakten.

Tijdens de versterking van de vooroever in 2010 is het talud op de locaties niet veranderd, maar is de kreukelberm verlengd. Hierdoor zijn in het westelijke vak drie getijdenpoelen ontstaan. In het sublittoraal is de geulwand opgevuld met fijn vulmateriaal waarop staalslakken zijn gestort. In de hogere delen van het circalittoraal, tot circa NAP -10 meter, en in het infralittoraal zijn de staalslakken met breuksteen afgedekt.

Borssele

Op de locatie Borssele is één raai onderzocht. Het talud is recentelijk vernieuwd, bestaat uit betonzuilen en eindigt op tussenberm van 14 meter lengte die opgevuld is met breuksteen, basalt en slakken. Het tweede talud bestaat uit met gietasfalt geopenetreerde Vilvoordse kalksteen en Doornikse stenen. De kreukelberm begint op het talud en eindigt op het voorland van stevig zand. In het sublittoraal is stortsteen aanwezig. Door het slechte zicht kon de diepere circalittorale zone niet kwantitatief bemonsterd worden.

Ellewoutsdijk

Op de locatie Ellewoutsdijk zijn twee complete raaien geïnventariseerd (Ellewoutsdijk-west en -midden). Omdat de begroeiing in het eulittoraal verschilt tussen deze locaties is een derde eulittoraal transect bemonsterd, Ellewoutsdijk-oost. De dijken van de Ellewoutsdijkpolder zijn in 1999 vernieuwd. De opbouw van de eulittorale zone is op alle drie de locaties gelijk. Het talud bestaat uit betonzuilen. De horizontale kreukelberm is compleet geopenetreerd met gietasfalt. Nabij de laagwaterlijn loopt de kreukelberm steil

af, en is minder gepenetreerd. In het sublittoraal is stortsteen aanwezig. Door het slechte zicht kon de diepere circalittorale zone niet kwantitatief bemonsterd worden.

Hoedekenskerke

Op de locatie Hoedekenskerke zijn drie complete raaien geïnventariseerd, Hoedekenskerke-zuid, -haven en -noord. De dijken van de Polder Hoedekenskerke zijn in 2006 vernieuwd.

Het talud bestaat uit verschillende bekledingsmaterialen:

- Op de locatie Hoedekenskerke-zuid bestaat het talud uit met gietasfalt gepenetreerd basalt. De kreukelberm bestaat uit grof breuksteen, en loopt steil af naar losse stenen en oesters ertussen op het voorland.
- De havendam van Hoedekenskerke is niet vernieuwd en het talud bestaat uit basalt en Vilvoordse kalksteen. De kreukelberm is verhoogd en loopt steil naar de laagwaterlijn af.
- Op de locatie Hoedekenskerke-noord bestaat het talud in het bovenste deel uit met asfalt gepenetreerd basalt, eronder uit met asfalt gepenetreerd breuksteen. In het onderste deel is het asfalt met slib bedekt. De horizontale kreukelberm bestaat uit breuksteen met een ophoping van slib tussen de stenen. Nabij de laagwaterlijn loopt de kreukelberm steil af. In het sublittoraal is geen hard substraat aanwezig, maar bestaat de begroeiing uit een oester rif op de geulwand. Door het minimale zicht was het niet altijd mogelijk de gemeenschap onder water te kwantificeren en zijn de oesters met aangroei boven water gekwantificeerd.

3.2 Inventarisatie van flora en fauna op hard substraat

De inventarisatie van flora en fauna op hard substraat is uitgevoerd door Stichting Zeeschelp (De Kluijver & Dubbeldam, 2011). De opnamen van de dijkvakken zijn uitgevoerd in raaien, waarbij de opnamen in een rechte lijn zijn uitgevoerd vanaf de hoogwaterlijn (NAP 3.5 meter) tot aan NAP -15 meter. In het eulittoraal (het gebied in de getijdenzone) zijn transecten van de hoog- tot de laagwaterlijn geïnventariseerd. In het sublittoraal (onder de laagwaterlijn) zijn opnamen gemaakt op 3 diepten: 1.5-4.0 meter onder NAP (de infralittorale zone), 5.0-10.0 meter en 10.1-18.5 meter onder NAP (de circalittorale zone). Per diepte zijn, waar mogelijk, zowel breuksteen als staalslak substraten bemonsterd. In de infralittorale en ondiepe circalittorale zone zijn de staalslakken afgedekt met breuksteen en was een bemonstering niet mogelijk.

In het eulittoraal zijn opnamen gemaakt door een kwadrant van 50*50 cm over het substraat te plaatsen, en daarbinnen de bedekkingspercentages van de aanwezige organismen te schatten. Aansluitend op elk kwadrant is een nieuw kwadrant bemonsterd totdat de laagwaterlijn is bereikt. Op deze manier is de complete bedekking aan flora en fauna over de gehele getijdenzone bekend. In de sublittorale zone is gewerkt met stations die op verschillende diepten worden opgenomen. Per station zijn binnen 3 kwadranten (totaal 31 dm²) de bedekkingspercentages van alle sessiele (=vastzittende) organismen die rechtop staan geschat. De organismen zijn voor zover mogelijk onder water gedetermineerd, en uit ieder kwadrant zijn monsters meegenomen voor verdere determinatie onder de microscoop. Vagiele (=bewegelijke) dieren zijn kwalitatief genoteerd.

Om een uitspraak te kunnen doen of er bij de T0/T1-situatie een onderscheid naar verschillende levensgemeenschappen is te maken, is een clusteranalyse uitgevoerd. Vervolgens is een inverse analyse uitgevoerd die een onderscheid mogelijk maakt tussen dominante en karakteristieke soorten binnen elke levensgemeenschap. Zo kunnen jaar op jaar fluctuaties en effecten van verschillende substraten op de ontwikkeling van de levensgemeenschappen onderzocht worden.

In 2010 zijn ook andere locaties in de Westerschelde onderzocht, die als referentie kunnen dienen voor de transecten in de stortgebieden. Eulittorale transecten zijn onderzocht op de oostelijke havendam van de Sloehaven, de westelijke havendam van Ellewoutsdijk, de oostelijke havendam van Waarde en de dijk bij de radarpost oostelijk van Waarde. In het sublittoraal is één station bij Paal, in het verdrinken land van Saeftinghe, bemonsterd.

Voor verdere details, zie De Kluijver & Dubbeldam (2011).

3.3 Inventarisatie van fauna in zacht substraat (sediment)

In dit rapport wordt de T1-Cluster 1 en de T0-Cluster 2 in 2010 beschreven. In 2009 heeft er geen T0-monitoring plaatsgevonden voor infauna in zacht substraat in de Westerschelde. Er zijn dus geen T0-data voor Cluster 1 waar naar gerefereerd kan worden. In het sublittoraal is het macrobenthos van de zachte substraten bemonsterd door Stichting Zeeschelp. De monsterring is uitgevoerd met behulp van steekbuizen op dezelfde diepten als de stations van de harde substraten in de sublittorale zone. Van alle T0-locaties zijn infaunamosters genomen (zie Tabel 5). Op de T1-locaties zijn alleen monsters genomen op plekken waar sediment is gevallen bovenop de het nieuwe substraat van de vooroeververdediging. Per diepte zijn 6 steekbuizen (6,5 cm doorsnede) genomen tot circa 30 cm in de waterbodem. Op elke diepte zijn 2 deelmonsters gemaakt van 3 steekbuizen. Elk deelmonster is vervolgens over 1 mm gezeefd en opgeslagen in plastic flessen met borax gebufferde formaline (4%).

Uitzoeken en determinatie van soorten heeft plaatsgevonden in het IMARES laboratorium in Yerseke. Niet alle organismen konden worden vastgesteld op het niveau van een soortnaam. Oligochaeten (wormachtigen) zijn bijvoorbeeld gegroepeerd en gelabeld onder de familienaam 'Oligochaeta'.

Om te beoordelen of er veranderingen op gemeenschapsniveau zijn opgetreden is een clusteranalyse met de data van de T0- en T1-inventarisatie in 2009 en 2010 uitgevoerd. De analyse is uitgevoerd met logaritmisch getransformeerde data, met het programma MVSP (Kovach, 1999) met de 'Bray-Curtis' coëfficiënt in combinatie met de 'average-linkage' methode.

Voor verdere details, zie Van den Brink & Hartog (2011).

Tabel 5. Infaunamonsters voor T0-Cluster 2 en T1-Cluster 1, zoals deze in 2010 zijn verzameld (zie ook Van den Brink & Hartog, concept 2011).

Cluster	Locatie	Datum	T	Diepte zoals weergegeven in rapport (m)		
				3 m	7 m	15 m
				Daadwerkelijke diepte (m)		
1	Ritthem/Zuidwatering-west	08/06/'10	1			12
2	Borssele	24/07/'10	0	3	7	15
2	Ellewoutsdijk-west	13/09/'10	0	5.5	9.5	
2	Ellewoutsdijk-midden	03/09/'10	0		7.5	15
2	Hoedekenskerke-noord	04/08/'10	0	2.5	6.5	10.5
2	Hoedekenskerke-haven	04/09/'10	0			15
2	Hoedekenskerke-zuid	19/08/'10	0	3	7.5	15

3.4 Determinatie van zware metalen in biota

Voor analyse van zware metalen zijn in 2009 organismen geselecteerd en bemonsterd die representatief zijn voor het leven op hard substraat (Van den Heuvel-Greve, 2009a,b; De Kluijver & Dubbeldam, 2009). Bij voorkeur zijn dit soorten die onlosmakelijk verbonden zijn met hard substraat en naar verwachting ook op andere stortlocaties voorkomen. Zo kunnen locaties onderling vergeleken worden, ook al komen op deze locaties verschillende levensgemeenschappen voor. Daarnaast is een voorwaarde bij de keuze van de organismen dat ze voldoende biomassa hebben voor de chemische analyses en dat ze in voldoende hoeveelheden aanwezig zijn.

In totaal zijn 10 organismen bemonsterd, die behoren tot verschillende taxonomische groepen en die verschillende levenswijzen hebben. Dit betreft het bruinwier *Fucus vesiculosus*, de slak *Littorina littorea* (gewone alikruik), de tweekleppigen *Crassostrea gigas* (Japanse oester) en *Mytilus edulis* (mossel), de anemoon *Metridium senile*, de sponzen *Haliclona oculata* en *Halichondria panicea*, de zakpijpen *Molgula manhattensis* en *Styela clava*, en de stekelhuidige *Asterias rubens*.

De bemonstering is uitgevoerd door Stichting Zeeschelp (De Kluijver & Dubbeldam, concept 2011). Van elke soort zijn per monster meerdere individuen (minstens een tiental tot tientallen stuks) samen genomen voor een mengmonster. De mengmonsters zijn in het veld samengesteld, met uitzondering van de alikruik- en bruinwiermonsters, die (waar duplomonsters zijn geanalyseerd) in het lab zijn gesplitst in twee delen. Waar mogelijk zijn twee monsters per raai genomen en geanalyseerd (duplomonsster) (zie tabel 6 en 7). De organismen zijn bemonsterd, getransporteerd, verwaterd en uitgezocht in kunststof materialen (PE, PP, PVC), de pincetten waren eveneens van kunststof. De biota zijn opgeslagen bij -26 °C, in gewassen, zuur- en demi-gespoelde glazen flessen, afgedicht met ldpe-inlegstop en PP-schroefdeksel. Schelpdieren zijn een nacht verwaterd voordat ze in de vriezer zijn opgeslagen. In totaal zijn in 2009 en 2010 219 monsters geanalyseerd; 127 uit de Oosterschelde en 92 uit de Westerschelde.

De keuze van de te analyseren metalen is gebaseerd op de lijst aan zware metalen die in het Besluit Bodemkwaliteit staan. Deze zijn tevens in de T0 bemonstering van Cluster 1 in 2009 geanalyseerd (Van den Heuvel-Greve, 2009a/b). 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 zijn Al (aluminium), Fe (ijzer) en Mn (mangaan). De metaalanalyses zijn uitgevoerd door TNO 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 wordt gebruik gemaakt van een interne standaard (rhodium).

Om gradiënten aan zware metalen in de Westerschelde en Oosterschelde te kwantificeren is gebruik gemaakt van de Pollution Load Index (Tomlinson et al., 1980). Dit is een maat om de totale belasting aan zware metalen te kunnen vergelijken tussen soorten, locaties en tijdstippen. Er vindt in de PLI geen correctie plaats voor regulering van zware metalen door organismen. Deze Pollution Load Index (PLI) is berekend als de n^{de} machtswortel van het product van n metalen. De Estuary Index (E-PLI) is op dezelfde wijze berekend als de n^{de} machtswortel van het product van n PLI. Omdat antimoon (Sb), seleen (Se) en tin (Sn) vaak onder de detectie-grens liggen, zijn deze metalen niet meegenomen in de berekening. De Pollution Load Index lijkt op basis van de analyse van data van *Fucus vesiculosus* een goede index om de accumulatie van metalen in de verschillende organismen zichtbaar te maken en is eveneens toegepast voor de andere organismen.

Tabel 6. Bemonsterde soorten op locaties van Cluster 2 (T0-bemonstering), het nummer geeft aan of het gehalte aan zware metalen in duplo of enkelvoud bepaald is. - = geen monster verzameld voor de desbetreffende soort.

Locatie / soort	Alikruik	Bruinwier	Zeester	Mossel	Gewei-spons	Brood-spons	Japanse zakpijp	Zakpijp zijker	Japanse oester
Borssele	2	2	2	-	2	2	1	2	2
Ellewoutsdijk-west	1	1	2	-			1	1	2
Ellewoutsdijk-midden	1	-	2	2	2	2	-	-	2
Ellewoutsdijk-oost	2	2	-	-	-	-	-	-	-
Hoedekenskerke-zuid	1	1	-	2	-	-	-	2	2
Hoedekenskerke-haven	1	1	-	1	-	-	-	1	2
Hoedekenskerke-noord	1	1	-	2	-	-	-	2	2

Tabel 7. Bemonsterde soorten op locaties van Cluster 1 (T1-bemonstering), het nummer geeft aan of het gehalte aan zware metalen in duplo of enkelvoud bepaald is. BS = breuksteen, SS = staalslak. - = geen monster verzameld voor de desbetreffende soort.

Locatie / soort	Alikruik	Bruinwier	Zeeanjer	Zeester
Ritthem/Zuidwatering-west	1	1	-	-
Ritthem/Zuidwatering-west (SS)	-	-	2	2
Ritthem/Zuidwatering-midden	1	1	-	-
Ritthem/Zuidwatering-midden (SS)	-	-	2	2
Ritthem/Zuidwatering-oost	1	1	-	-
Ritthem/Zuidwatering-oost (SS)	-	-	2	2

Voor de bepaling van de PLI is de Westerschelde onderverdeeld in drie deelgebieden, op basis van de ligging van de locaties en de concentraties zware metalen:

- Westerschelde-west (Ritthem en Borssele),
- Westerschelde-midden (Ellewoutsdijk),
- Westerschelde-oost (Hoedekenskerke).

Middels een statistische toets is bekeken of er verschillen zichtbaar zijn tussen gehalten aan metalen in soorten op breukstenen en staalslakken, en tussen T1 en T0. De hoeveelheid monitoringsdata zijn nog beperkt in de T1. Tevens is er weinig bekend over de spreiding in gehalten aan zware metalen van een aantal onderzochte soorten in de Westerschelde. Daarom geven deze statistische toetsen met name een eerste inzicht in welke zware metalen mogelijk als probleemstof kunnen optreden bij de dijkversterkingsactiviteiten. Vanwege het lage aantal monsters is gekozen voor de Wilcoxon-Mann-Whitney toets (tweezijdige toetsing) met een significantieniveau van $\alpha''=0.025$.

Voor meer details, zie Glorius & Van den Heuvel-Greve (2011).

4 Resultaten en discussie

4.1 Inventarisatie van flora en fauna op hard substraat

Eulittoraal (getijdenzone)

Het eulittoraal is het gebied dat de gehele getijdenzone bestrijkt. In Figuur 3 is een schematische verdeling van de levensgemeenschappen weergegeven over de eulittorale zone van de monitoringslocaties en de referentielocaties aan de hand van codes. De verklaring van elke code staat in

tabel 8. De transect lengte is afhankelijk van de hellingshoek van het talud en de lengte van de kreukelberm en kan dus per transect verschillen.

De zonering van gemeenschappen in de Westerschelde vertoont een duidelijke geografische verspreiding en wordt beïnvloed door het type dijkbekleding. De levensgemeenschappen in het eulittoraal van de Westerschelde vertonen een duidelijke afname van het aantal soorten van west naar oost (zie figuur 3 en tabel 8). Deze afname lijkt het gevolg te zijn in een gradiënt in het zoutgehalte, maar verschillen in expositie aan de waterbeweging en de hoogte van de ligging van het voorland kunnen de effecten van de zoutgradiënt versterken. De soorten die op de oostelijke transecten aanwezig zijn, komen op de westelijke transecten hoog in de zonering voor.

T0-Cluster 2 (2010)

Op de locatie Borssele zijn in het bovenste deel van het talud betonzuilen geplaatst en is tussenberm opgevuld met breuksteen, basalt en slakken. Op het tweede talud van Vilvoordse kalksteen komt een goede wierbedekking met het blaaswier *Fucus vesiculosus* voor. Op Doornikse stenen onderin het talud en op de kreukelberm zijn zeepokken, de mossel en de Japanse oester dominant.

Op de locatie Ellewoutsdijk bestaat het talud uit betonzuilen en de kreukelberm uit met gietasfalt geopenetreerde breuksteen. Op het talud op de locaties -west en -oost komen *Fucus spiralis* en *F. vesiculosus* gezondeerd voor, op de locatie -midden ontbreken de wieren. In vergelijking met de taluds op de andere locaties is het aantal soorten op de betonzuilen laag. Dominante soorten op de geopenetreerde kreukelberm zijn zeepokken, de mossel en de Japanse oester.

Op de locaties Hoedekenskerke-zuid en -noord bestaat het talud uit geopenetreerd breuksteen, waarop *Fucus spiralis* en *F. vesiculosus* gezondeerd voorkomen. Op de locatie Hoedekenskerke-haven komen basalt en kalksteen binnen het talud voor. Hierop komen de wieren *Blidingia minima*, *Fucus spiralis*, *F. vesiculosus* en *F. serratus* gezondeerd voor. Het aantal soorten op het basalt en kalksteen is hoger dan op het geopenetreerde breuksteen. De kreukelberm op alle drie de locaties bestaat uit los breuksteen, waarop zeepokken en de Japanse oester dominant zijn.

In de lagere delen van de kreukelberm van de westelijke transecten komen, tot en met de locatie Ellewoutsdijk-west, fijne roodwieren op het substraat voor. Op de meer oostelijk gelegen transecten, tot en met Hoedekenskerke-noord, komt alleen het purperwier *Porphyra spec.* voor.

T1-Cluster 1 (2010)

De versteviging van de vooroever heeft effect gehad op de soortensamenstelling van de gemeenschappen op de kreukelberm.

Op de locaties Ritthem-midden en -oost is de kreukelberm verlengd. Op de locatie west komt deze verder uit de kust te liggen, waardoor in het westelijke vak drie getijdenpoelen zijn ontstaan. Op de nieuwe kreukelberm is op alle locaties een pioniersgemeenschap aanwezig. Deze gemeenschap wordt gedomineerd door zeepokken, het purperwier *Porphyra spec.* en de groenwieren *Ulva spec.* en *Enteromorpha spec.* Op de locaties west en midden komen ook jonge *Fucus*-planten voor. Deze pioniersgemeenschap komt overeen met de pioniersgemeenschap die na de versterking van de vooroever in de Oosterschelde is gevonden (Van den Heuvel-Greve e.a., 2011).

Figuur 3. Levensgemeenschappen in de eulittorale transecten van Ritthem/Zuidwatering (Cluster 1: 2009 (T0) en 2010 (T1)), Borssele (Cluster 2: 2010 (T0)), Ellewoutsdijk (Elle(w); Cluster 2: 2010 (T0)) en Hoedekenskerke (Hoed; Cluster 2: 2010 (T0)), en een aantal nabijgelegen referentielocaties in de Westerschelde (Sloeh, Waarde, Paal).

Tabel 8. Verklaring van een aantal van de eulittorale levensgemeenschappen en dominante soorten binnen deze clusters.

Cluster	Aantal gemeenschappen	Dominante soorten	Opmerkingen
A	vier	Soortenarm, alleen in A3 komt het klein darmwier <i>Blidingia minima</i> dominant voor	A1 en A3 hoog in de getijdezone voor, A2 en A4 op de tussenberm en in het begin van de kreukelberm met een ophoping van fijn breuksteen
B	zes	Zeepokken	De Japanse oester <i>Crassostrea gigas</i> was altijd aanwezig, maar alleen dominant binnen de B3-gemeenschappen
C	zeven, waarvan twee hoofdgroepen (C1 en C2)	C1: zeepokken en het blaaswier <i>Fucus vesiculosus</i> , en ook vaak de Japanse oester C2: naast bovenstaande soorten komt ook de gezaagde zee-eik <i>Fucus serratus</i> dominant voor	C2-gemeenschappen komen vooral voor op de locaties Ritthem-midden, Sloehaven en Hoedekenskerke-haven
D	twee hoofdvarianten (D1 en D2)	Darmwier en blaaswier D1: ook de kleine zee-eik <i>Fucus spiralis</i> dominant	Gemeenschap D1 komt hoog op het talud voor
F		Blaaswier en zeepokken	De gemeenschappen komen alleen op het talud
G	vijf	Zeepokken en soms de Japanse oester	Komen laag in het eulittoraal en in het sublittoraal voor
H	drie	Zeepokken en de gezaagde zee-eik <i>Fucus serratus</i>	Gevonden op de locaties Ritthem-midden en oostelijke havendam van de Sloehaven
I	vier	Zeepokken en het zeesla	
J	twee	Darmwier <i>Enteromorpha spec</i>	Hoog in de zonering
K	twee	Geen soorten dominant	Hoog in de zonering
M	drie	Blaaswier en het darmwier	Op het talud in het midden en oostelijke deel van de Westerschelde

Sublittoraal (zone beneden laagwaterlijn)

De sublittorale zone is de zone onder de laagwaterlijn en bestaat uit twee delen. In de bovenste meters dringt voldoende licht door en hier komen wieren dominant voor, de infralittorale zone. Op grotere diepten is onvoldoende licht aanwezig voor wieren en wordt de gemeenschap gedomineerd door dieren, de circalittorale zone. De monitoringresultaten staan in figuur 4. De verklaring van elke code staat in tabel 9.

Locatie	2009	2009	2009	2010	2010	2010	2010	2010	2010	2010
Diepte (- NAP)	Ritthem-w	Ritthem-m	Ritthem-o	Borssele	Ellew-w	Ellew-m	Hoed-z	Hoed-h	Hoed-n	Paal
0.0-2.5	I2a			I1	G1				G2	
2.6-5.0		I1	I1			W1b		G2	G2	G4b
5.1-7.5	W1a		W1a	W1b		W1b	G2			
7.6-10.0		W1a			W1b				G2	
10.1-12.5							G2			
12.6-15.0	W1a		W1a							
15.1-17.5										

Locatie	2010	2010	2010
Diepte (- NAP)	Ritthem-w	Ritthem-m	Ritthem-o
0.0-2.5			
2.6-5.0	I2b	I2b	I2b
5.1-7.5	W2		
7.6-10.0			W2
10.1-12.5		W2	
12.6-15.0	W2		W2
15.1-17.5		W2	

Figuur 4. Verdeling van de sublittorale levensgemeenschappen op hard substraat op de T0 (Cluster 1: 2009, Cluster 2: 2010) en T1 (Cluster 1: 2010). Locaties zijn: Ritthem/Zuidwatering (Cluster 1: 2009 (T0) en 2010 (T1)), Borssele (Cluster 2: 2010 (T0)), Ellewoutsdijk (Ellew); Cluster 2: 2010 (T0)) en Hoedekenskerke (Hoed; Cluster 2: 2010 (T0)), en een nabijgelegen referentielocatie in de Westerschelde (Paal). Horizontaal staan de locaties van west naar oost weergegeven, en verticaal staat de diepte ten opzichte van NAP.

Infralittorale zone

T0-Cluster 2 (2010)

In de infralittorale zone zijn op de T0-stations van Cluster 1 (2009) en Cluster 2 (2010) de gemeenschappen I2a, I1 en G1 gevonden (figuur 4). De gemeenschappen in de infralittorale zone vertonen een geografische verspreiding. In de infralittorale zone komt op de locatie Borssele een mondingsgemeenschap voor, met een dominantie van wieren. Oostwaarts ontbreken de karakteristieke sublittorale wieren (o.a., *Ceramium rubrum* en *Polysiphonia nigrescens*), en worden de gemeenschappen gedomineerd door zeepokken en de Japanse oester. Op de locatie Ellewoutsdijk-west komt het purperwier *Porphyra* spec. dominant voor, op de locatie Ellewoutsdijk-midden en Hoedekenskerke komen geen wieren voor, en gaan de gemeenschappen uit de eulittorale zone direct over in de gemeenschappen van de circalittorale zone.

T1-Cluster 1 (2010)

In de infralittorale zone is op de T1-stations van Cluster 1 (2010) gemeenschap I2b gevonden (figuur 4). De locaties waar de vooroever versterkt is liggen in het gebied van de mondingsgemeenschap. Op deze locaties zijn de staalslakken afgedekt met grove breukstenen. Op deze breukstenen heeft zich in 2010 een pioniersgemeenschap ontwikkeld die tot deze substraten beperkt blijft. De pioniersgemeenschap heeft een dominantie van *Ceramium rubrum* en het groenwier *Ulva* spec. en het substraat is bezet met zeepokken. Het darmwier *Enteromorpha* spec. is karakteristiek voor deze gemeenschap. Kaal substraat wordt gevormd door dode of afgegrasde zeepokken. Mosselen en de

Tabel 9. Verklaring van sublittorale levensgemeenschappen en dominante soorten die worden beschreven in figuur 3.

Cluster	Beschrijving
I1	De gemeenschap wordt gedomineerd door <i>Ceramium rubrum</i> en het donker buiswier <i>Polysiphonia nigrescens</i> , en het substraat is begroeid met de Japanse oester <i>Crassostrea gigas</i> en zeepokken. In totaal komen er 39 soorten binnen de gemeenschap voor.
I2a	De gemeenschap wordt gedomineerd door het rood hoorntjeswier <i>Ceramium rubrum</i> , en het substraat is totaal bedekt met de mossel <i>Mytilus edulis</i> . In totaal komen er 16 soorten binnen de gemeenschap voor.
I2b	De gemeenschap wordt gedomineerd door <i>Ceramium rubrum</i> en het zeesla <i>Ulva spec.</i> en het substraat is bedekt met zeepokken. Kaal substraat werd gevormd door dode of afgegraasde zeepokken. Het darmwier <i>Enteromorpha spec.</i> was tot de gemeenschap beperkt. In totaal kwamen er 19 soorten binnen de gemeenschap voor.
G1	De gemeenschap wordt gekarakteriseerd door het purperwier <i>Porphyra spec.</i> Het substraat is begroeid met de Japanse oester en zeepokken. In totaal komen er 10 soorten binnen de gemeenschap voor. Het enige andere wier binnen de gemeenschap is het violet buiswier <i>Polysiphonia violacea</i> .
G2	De gemeenschap wordt gedomineerd door de Japanse oester en de zeepok. De bryozoo <i>Smittoidea cf prolifica</i> is tot de gemeenschap beperkt. In totaal komen er 16 soorten binnen de gemeenschap voor.
G4b	De gemeenschap wordt gedomineerd door de Japanse oester, de zeepok en de wieren <i>Polysiphonia violacea</i> en <i>Ulva spec.</i> Het palingbrood <i>Electra crustulenta</i> is karakteristiek voor deze gemeenschap. In totaal komen er acht soorten voor.
W1a	De gemeenschap wordt gedomineerd door de mossel <i>Mytilus edulis</i> en de Japanse oester <i>Crassostrea gigas</i> . De spons <i>Mycale micracanthoxea</i> en de entoproct <i>Barentsia gracilis</i> zijn tot de gemeenschap beperkt. In totaal komen er 24 soorten binnen de gemeenschap voor.
W1b	De gemeenschap wordt gedomineerd door de mossel, de Japanse oester, zeepokken, de golfbrekeranemoon <i>Diadumene cincta</i> en de hydroïd <i>Obelia bidentata</i> . In totaal komen er 22 soorten binnen de gemeenschap voor.
W2	De gemeenschap wordt gedomineerd door zeepokken en het harig mosdiertje <i>Electra pilosa</i> . In totaal komen er 25 soorten binnen gemeenschap voor.

Japanse oester, dominant ten tijde van de T0-situatie, zijn niet dominant aangetroffen in de pioniersgemeenschap ten tijde van de T1 bemonstering.

Circalittorale zone

T0-Cluster 2 (2010)

In de circalittorale zone zijn op de T0-stations van Cluster 1 (2009) en Cluster 2 (2010) de gemeenschappen W1a, W1b, G2 en G4b, van west naar oost gezôneerd, gevonden (figuur 4). De gemeenschappen in de circalittorale zone vertonen ook een geografische verspreiding. In de circalittorale zone komt op de locaties Borssele en Ellewoutsdijk een gemeenschap voor, die gedomineerd wordt door Japanse oester, mosselen, zeepokken, de golfbrekeranemoon en de hydroïd *Obelia bidentata*. De gemeenschap bij Hoedekenskerke wordt alleen gedomineerd door de Japanse oester en zeepokken.

Tabel 10. Soortensamenstelling op breuksteen in de T0-monitoring van Cluster 1 (2009) op en breuksteen en staalslakken in de T1-monitoring van Cluster 1 (2010). Afkortingen: An - anthozoa, Bi - bivalve, Br - bryozoo, BW - bruinwier, Cr - crustacea, En - entoproct, GW - groenwier, Hy - hydroid, Po - polychaet, RW - roodwier, Sp - spons en Tu - tunicaat.

Periode:		T0-2009	T1-2010	T1-2010
Gemeenschap:		W1a	W2	W2
Materiaal:		breukst	breukst	staalsl
<i>Metridium senile</i>	An	<u>3,22</u>	<u>3,40</u>	<u>2,60</u>
<i>Tubularia indivisa</i>	Hy	<u>1,82</u>	<u>3,60</u>	<u>4,00</u>
<i>Obelia dichotoma</i>	Hy	<u>1,40</u>	<u>0,60</u>	<u>0,53</u>
<i>Clytia hemisphaerica</i>	Hy	<u>0,06</u>	<u>0,15</u>	<u>0,10</u>
<i>Diplosoma listerianum</i>	Tu	<u>2,96</u>	0,00	<u>4,15</u>
<i>Lanice conchilega</i>	Po	<u>0,40</u>	0,15	<u>2,60</u>
<i>Bicellariella ciliata</i>	Br	<u>0,26</u>	0,00	<u>0,13</u>
<i>Bowerbankia spec.</i>	Br	<u>0,06</u>	0,00	<u>0,05</u>
kokerbouwende organismen	Cr/Po	<u>0,46</u>	<u>0,20</u>	0,00
<i>Diadumene cincta</i>	An	<u>1,38</u>	<u>0,35</u>	0,18
<i>Mytilus edulis</i>	Bi	<u>48,08</u>	<u>0,40</u>	0,13
<i>Haliclona oculata</i>	Sp	<u>2,06</u>	0,00	0,00
<i>Crassostrea gigas</i>	Bi	<u>28,60</u>	0,00	0,00
<i>Scrupocellaria scruposa</i>	Br	<u>0,32</u>	0,00	0,00
<i>Sagartia troglodytes</i>	An	<u>0,10</u>	0,00	0,00
<i>Antithamnion plumula</i>	RW	<u>0,10</u>	0,00	0,00
<i>Anguinella palmata</i>	Br	<u>0,08</u>	0,00	0,00
<i>Barentsia gracilis</i>	En	<u>0,04</u>	0,00	0,00
<i>Mycale micracanthoxea</i>	Sp	<u>0,04</u>	0,00	0,00
zeepokken	Cr	<u>2,50</u>	<u>46,65</u>	<u>4,43</u>
<i>Electra pilosa</i>	Br	<u>0,54</u>	<u>3,15</u>	<u>24,28</u>
<i>Farrella repens</i>	Br	0,04	<u>0,15</u>	<u>0,30</u>
<i>Eudendrium ramosum</i>	Hy	0,00	<u>0,15</u>	<u>0,50</u>
<i>Obelia bidentata</i>	Hy	0,00	<u>2,05</u>	<u>2,68</u>
<i>Tubularia larynx</i>	Hy	0,00	<u>0,25</u>	<u>0,10</u>
<i>Sabella pavonina</i>	Po	0,00	<u>0,20</u>	<u>0,35</u>
<i>Molgula occulta</i>	Tu	0,06	<u>0,15</u>	<u>0,25</u>
<i>Calycella syringa</i>	Hy	0,04	<u>0,40</u>	<u>0,18</u>
<i>Sertularia cupressina</i>	Hy	0,00	<u>0,25</u>	0,00
<i>Ceramium deslongchampsii</i>	RW	0,00	<u>0,10</u>	0,00
<i>Molgula manhattensis</i>	Tu	0,00	0,00	<u>0,28</u>
<i>Styela clava</i>	Tu	0,00	0,00	<u>0,05</u>
<i>Ciona intestinalis</i>	Tu	0,00	0,00	<u>0,05</u>
Index		1,355	1,491	2,155
Evenness		0,357	0,384	0,565
Gemiddeld aantal soorten		13,8	14,5	14,3
Totaal aantal soorten		24	19	22
Kaal substraat		22,3	36,7	65,8
Aantal stations		5	2	4

T1-Cluster 1 (2010)

Op de T1-stations van Cluster 1 (2010) is op de locatie Ritthem gemeenschap W2 gevonden (figuur 4). De locaties waar de vooroever versterkt is, liggen in het gebied van de mondingsgemeenschap. Na de stort van staalslakken zijn deze slakken gedeeltelijk afgedekt met breuksteen. Op alle stations, onafhankelijk van het type substraat, is een pioniersgemeenschap gevonden. De gemeenschap wordt gedomineerd door zeepokken en het harig mosdiertje *Electra pilosa*. In totaal zijn 25 soorten binnen de gemeenschap aangetroffen ten tijde van de T1 bemonstering. Het aantal soorten op de staalslakken (22) is vergelijkbaar met die op het breuksteen (19) (tabel 10). Het percentage kaal substraat op de staalslakken is bijna tweemaal hoger dan op breuksteen. De zakpijpen *Molgula manhattensis*, *Styela clava*, *Ciona intestinalis* en *Diplosoma listerianum* en de bryozoa *Electra pilosa* komen in hogere dichtheden voor op de staalslakken dan op breuksteen. Dit komt overeen met de waarnemingen dat bryozoën niet gevoelig zijn voor zware metalen in het substraat, en zakpijpen zelfs een voorkeur kunnen hebben voor ijzerhoudende staalslakken (Jonkers, 1987). De geassocieerde vagiele fauna laat evenmin een verschil tussen staalslakken en breuksteen zien.

Voor verdere details, zie De Kluijver & Dubbeldam (2011).

4.2 Inventarisatie van fauna in zacht substraat (sediment)

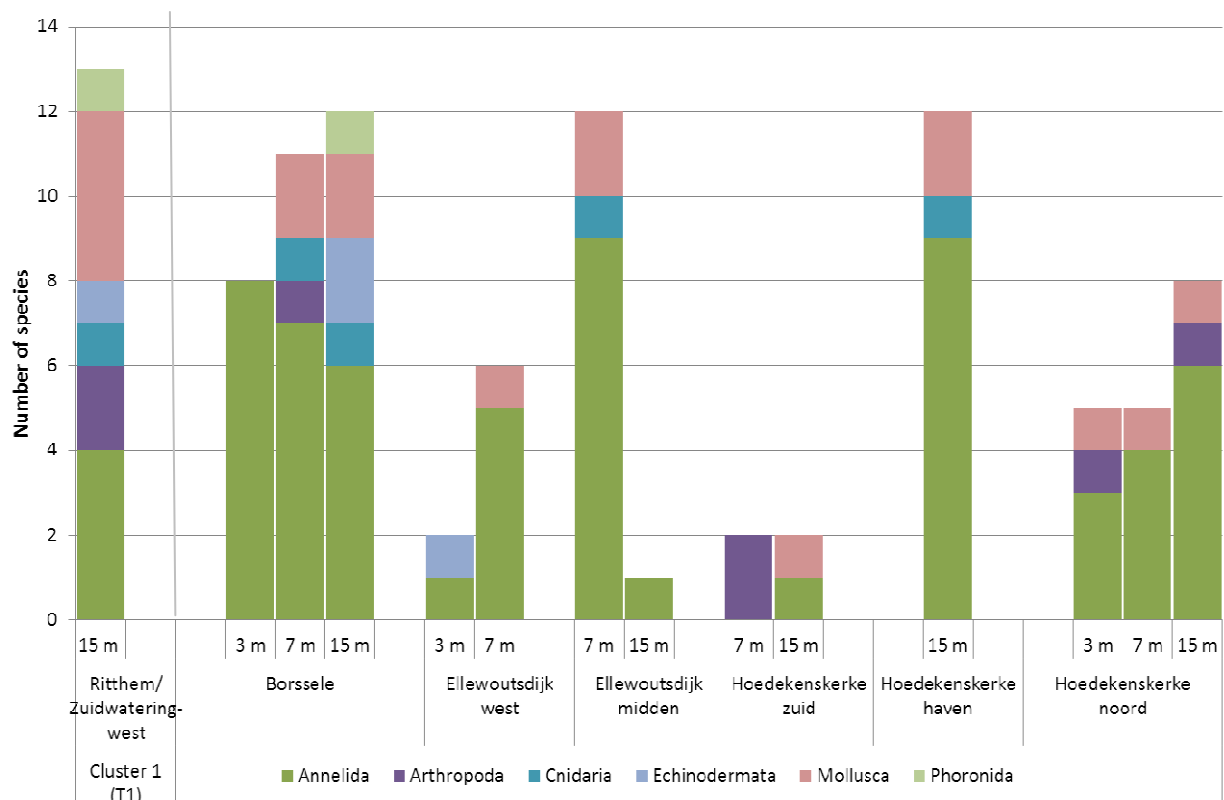
Fauna in de zachte bodem omvat een groot aantal phyla, zoals wormen, neteldieren, kreeftachtigen, stekelhuidigen, weekdieren. In deze rapportage is een beschrijving gegeven van de fauna in zacht substraat ten tijde van de T1-Cluster 1 op één locatie en ten tijde van de T0-op Cluster 2 locaties. Een T0-Cluster 1 (2009) inventarisatie ontbreekt voor infauna in zacht substraat uit de Westerschelde. Na versterking van de vooroevers is er op één van de plekken binnen monitoringslocaties van Cluster 1 (Zuidwatering-west) voldoende sediment neergekomen voor een bemonstering ten behoeve van een infauna inventarisatie.

Er is voor wat betreft de levensgemeenschappen in de zachte bodem een grote variatie te zien binnen locaties, dieptes, replica's van de T0-monitoring van Cluster 1 (2009) en Cluster 2 (2010). Wel valt op dat op alle T0-locaties dominantie en soortenrijkdom van annelida (wormen) het grootste is (figuur 5).

Om te beoordelen of er veranderingen op gemeenschapsniveau zijn opgetreden is een clusteranalyse met de data van de T0- en T1-inventarisatie in 2009 en 2010 uitgevoerd. Het dendrogram levert vijf hoofdgroepen (A-E) en vijf soortenarme varianten (F-J) op (voor details zie Van den Brink & Hartog, 2011). In de T0 van Cluster 2 in 2010 komen drie van de hoofdgroepen binnen de Westerschelde voor (A, D en E) en twee varianten (F en I) (Figuur 6 en tabel 11). In de T1 van Cluster 1 (Ritthem-west) wordt net als in de Oosterschelde gemeenschap D gevonden.

Op grond van de samenstelling van de bodemsedimenten en de saliniteit kan het onderzochte gebied in drie deelgebieden worden onderverdeeld:

- Het westelijke gebied, van Ritthem-west tot en met Borssele, met een hoog zoutgehalte ($>27.5\text{‰}$ S), en zandige bodemsedimenten met een verhoging aan fracties $\leq 90\text{ }\mu\text{m}$;
- Het gebied rond Ellewoutsdijk en het zuidelijke Middelgat (Hoedekenskerke-zuid), met een verlaagd zoutgehalte ($25.5\text{-}27.0\text{‰}$ S), en een accumulatie van fracties $\leq 90\text{ }\mu\text{m}$;
- Het noordelijke Middelgat (Hoedekenskerke-haven tot -noord), met een saliniteit tussen $24.0\text{-}25.3\text{‰}$, en zandige sedimenten.



Figuur 5. Totaal aantal soorten van verschillende phyla zoals waargenomen op de Cluster 2 locaties (T0) (Borssele, Ellewoutsdijk, Hoedekenskerke) en Cluster 1-locatie (T1) (Ritthem/Zuidwatering) in de Westerschelde in 2010, op dieptes van 3, 7 en 15 m.

T0-Cluster 2 (2010)

Voor de T0-situatie in 2010 zijn 6 raaien bemonsterd. Op vier stations is geen macrofauna bemonsterd: op de locatie Ellewoutsdijk-west is de 15 meter waterdiepte niet bereikt, op de locatie Ellewoutsdijk-midden 3 meter is de bodem te hard om met steekbuizen te bemonsteren, en op de locatie Hoedekenskerke-haven 3 en 7 meter is geen sediment op het harde substraat aanwezig.

Op de locatie Borssele zijn de gemeenschappen E, A en D gevonden (figuur 6). Gemeenschap E is op 3 meter diepte gevonden, hier komen alleen polychaeten binnen het station voor (Tabel 10). Dominant zijn de wapenworm *Scoloplos armiger*, *Nephtys spec.* en *Spiophanes bombyx*. *Glycera tridactyla* is tot de gemeenschap beperkt. Gemeenschap A is op 7 meter diepte gevonden en is verder in alle deelgebieden aangetroffen. De gemeenschap wordt gedomineerd door oligochaeten, de polychaeten *Aphelocheata marioni* en *Heteromastus filiformis*, en de mossel *Mytilus edulis*. In totaal komen er 36 soorten binnen de gemeenschap voor. Gemeenschap D komt op 15 meter voor, en is in de Westerschelde beperkt tot het westelijke gebied. In vergelijking met gemeenschap A neemt de abundantie van oligochaeten sterk af, en namen phoroniden en mollusken sterk toe. De witte dunschaal *Abra alba* is dominant binnen de gemeenschap.

In het gebied rond Ellewoutsdijk en Hoedekenskerke zijn de gemeenschap A en de varianten F en I gevonden. Op één station (Hoedekenskerke-zuid 3 m) zijn geen soorten aangetroffen (figuur 6). Op de locaties Ellewoutsdijk-west en -midden zijn de gemeenschap A en variant F gevonden. Op de locatie Hoedekenskerke-zuid komen geen soorten voor op 3 meter diepte, op 7 meter is variant I gevonden en

	10-Rit-w	10-Bor	10-Elle-w	10-Elle-m	10-Hoe-z	10-Hoe-h	10-Hoe-n
3 m		E	F		-		A
7 m		A	A	A	I		A
15 m	D	D		F	F	A	A

Figuur 6. Schematische verdeling van gemeenschappen in zacht substraat over de monitoringslocaties van Cluster 1 (T1-2010: 10-Rit-w) en Cluster 2 (T0-2010: overige locaties).

Tabel 11. Aantal soorten en dichtheid per phylum binnen de gemeenschappen in zacht substraat van de monitoringslocaties van Cluster 1 (T1) en 2 (T0) in 2010 (zie figuur 6)

Gemeenschap:	A	D	E	F	I	-
Aantal soorten:						
Polychaeten	18	14	8	1	0	0
Mollusken	7	5	0	1	0	0
Crustacea	5	5	0	0	2	0
Echinodermata	2	3	0	1	0	0
Phoroniden	1	1	0	0	0	0
Oligochaeten	1	1	0	0	0	0
Overige groepen	2	1	0	0	0	0
Totaal aantal soorten	36	30	8	3	2	0
Dichtheid n/m2:						
Polychaeten	1215	1189	603	117	0	0
Mollusken	251	519	0	17	0	0
Crustacea	27	234	0	0	151	0
Echinodermata	20	100	0	17	0	0
Phoroniden	57	1959	0	0	0	0
Oligochaeten	1420	33	0	0	0	0
Overige groepen	84	100	0	0	0	0
Dichtheid n/m2	3073.9	4135.3	602.7	150.7	150.7	0.0

op 15 meter variant F. Binnen variant F komen drie soorten voor, en alleen de polychaet *Heteromastus filiformis* is dominant. In variant I komen slechts twee soorten kreeftachtigen voor. In de zandige sedimenten van Hoedekenskerke-noord is alleen gemeenschap A gevonden.

Het aantal soorten en de dichtheden in het gebied rond Ellewoutsdijk en Hoedekenskerke past niet in de gradiënt die verwacht kan worden in dit deel van de Westerschelde. De samenstelling van de bodemsedimenten en die van het aanwezige macrobenthos wijst op een reeds bestaande verstoring. Een mogelijke oorzaak is de aanwezigheid van een stortgebied voor gebaggerd materiaal ten behoeve van de verdieping van de Westerschelde nabij deze locaties.

T1-Cluster 1 (2010)

In 2010 is voor de T1-monitoring de samenstelling van het macrobenthos onderzocht op de Cluster 1 locaties waar staalslakken zijn gestort. Voldoende sediment voor het nemen van een monster ten behoeve van infauna determinatie is alleen aanwezig op het station Ritthem-west op 15 meter diepte. Op deze westelijke locatie is gemeenschap D gevonden (figuur 6). Het sediment in de T1-situatie behoort tot type V, en slechts 6.3% van de fracties is $\leq 90 \mu\text{m}$. Het slibpakket is ongeveer 15 cm dik en ligt op een laag van fijn vulmateriaal. Hoewel een T0-inventarisatie ontbreekt, blijkt er binnen een jaar kolonisatie op te treden in de nieuwe sedimentlaag.

4.3 Determinatie van zware metalen in biota

T0-Cluster 2 (2010)

In Cluster 2 zijn in 2010 de locaties Borssele, Ellewoutsdijk-west, Ellewoutsdijk-midden, Ellewoutsdijk-oost, Hoedekenskerke-zuid, Hoedekenskerke-haven en Hoedekenskerke-noord bemonsterd om de nul-situatie (T0) vast te kunnen stellen. De zware metalen ijzer, zink en aluminium zijn in de hoogste gehalten aangetroffen. In zakpijp (zijker) zijn de meesten metalen (acht) in de hoogste concentraties aangetroffen, in zeester worden over het algemeen de laagste concentraties aan zware metalen aangetroffen.

In Bijlage B staan de gehalten aan zware metalen in soorten van de Cluster 2 monitoring in 2010 (T0) weergegeven. Voor meer details, zie Glorius & Van den Heuvel-Greve (2011).

T1-Cluster 1 (2010)

In Cluster 1 is tijdens de T-monitoring in 2010 de locatie Ritthem-Zuidwatering in de Westerschelde voor het tweede jaar bemonsterd. Op de T1-locatie zijn alleen alikruik, bruinwier, zeeanjer en zeester bemonsterd, de andere soorten zijn niet (in voldoende mate) aangetroffen. Van de bemonsterde soorten blijken bruinwier en alikruik voor de meeste metalen de hoogste gehalten te bevatten. In zeester zijn de voor de meeste metalen de laagste gehalten aangetroffen, met uitzondering van zink en cadmium. In 2010 zijn de metalen ijzer (96-1985 mg/kg ds), aluminium (7-568 mg/kg ds) en mangaan (3-182 mg/kg ds) in de hoogste gehalten aangetroffen.

In Bijlage B staan de gehalten aan zware metalen in soorten van de Cluster 2 monitoring in 2010 (T0) weergegeven. Voor meer details, zie Glorius & Van den Heuvel-Greve (2011).

Bruinwier *Fucus vesiculosus*

Wieren nemen nutriënten direct uit het omgevende water op, onafhankelijk van het type substraat waarop ze groeien (Nienhuis, 1976), waardoor de concentraties van zware metalen binnen de wieren de beschikbaarheid in het zeewater reflecteren (Bryan e.a., 1983; O'Leary & Breen, 1997).

In totaal zijn er 35 monsters verzameld in de lagere delen van de eulittorale zone in de Ooster- en Westerschelde. Om een eerste indruk van de spreiding van de metalen te krijgen is gekeken naar de gemiddelde concentratie in *Fucus vesiculosus* per metaal over de gehele dataset (Tabel 12A en B). Uit de tabel blijkt dat er gradiënten bestaan over de Ooster- en Westerschelde, waardoor het niet mogelijk is een directe statistiek toe te passen op de gehele dataset.

Hogere gehalten in de T1-monitoring (2010) ten opzichte van de T0-monitoring (2010) zijn gevonden voor ijzer, aluminium, lood en vanadium in bruinwier van het westelijk deel van de Westerschelde (Tabel 13).

Pollution Load Index (PLI)

Uit tabel 14 blijkt dat in het bruinwier *Fucus vesiculosus* in de Westerschelde de hoogste concentraties aan zware metalen zijn gevonden in het oostelijke deel, en in de Oosterschelde in het westelijke deel. De PLI is in de T1-situatie in alle deelgebieden hoger dan in de T0-situatie. De hoogste waarde is gevonden in de T1-situatie in de monding van de Oosterschelde. IJzer, aluminium en mangaan leveren de grootste bijdrage aan deze index, gevolgd door arseen, zink en barium.

Tabel 12A. Gemiddelde concentraties van zware metalen (in mg/kg droge stof) in *Fucus vesiculosus* voor de Oosterschelde (A). De gemiddelde concentratie is berekend als het gemiddelde van alle waarden per metaal en per soort (over beide bekken). Waarden in blauw liggen onder het gemiddelde, in oranje erboven, bij niet gekleurde velden liggen de waarden te vaak onder de detectie-grens voor een goede indeling.

A) jaar	2009	2009	2009	2009	2009	2009
Locatie	Schelphoek west	Schelphoek midden	Schelphoek oost	Lokkersnol oost	Zeelandbrug west	Zeelandbrug De Val
Droge stof	25.6	20.1	31.2	45.4	26.4	26.3
As	47.4	53.6	43.3	24.2	29.8	28.9
Cd	0.35	0.36	0.34	0.17	0.22	0.25
Cr	1.15	3.14	4.85	0.29	1.03	0.31
Cu	2.37	3.06	3.91	1.02	4.73	1.36
Hg	0.036	0.049	0.052	0.012	0.020	0.022
Pb	1.20	2.68	3.41	0.40	0.75	0.42
Ni	4.99	5.43	6.08	3.22	5.02	4.62
Zn	31.9	39.6	18.2	21.7	33.8	32.6
Fe	576.3	1532.1	2017.2	55.8	149.6	140.4
Al	365.5	921.6	1365.4	26.7	80.9	77.8
Mn	204.4	266.8	252.3	102.6	149.9	164.6
Sb	< 0.076	< 0.045	< 0.065	< 0.030	< 0.057	< 0.054
Ba	16.2	17.7	23.9	14.9	14.6	13.9
Co	1.77	2.20	2.08	1.26	1.37	1.40
Mo	0.28	0.38	0.44	0.27	0.34	0.26
Se	< 0.16	< 0.20	0.13	< 0.09	0.15	< 0.08
Sn	< 0.23	< 0.30	< 0.21	< 0.13	< 0.25	< 0.23
V	1.88	4.02	5.59	0.62	0.94	0.95

A) jaar	2010	2010	2010	2010	2010	2010	2010	2010	2010	2010	2010	2010	2010	2010	2010	2010
Locatie	Burghsluis west	Burghsluis west	Schelphoek west II	Schelphoek west II	Schelphoek west	Schelphoek west	Schelphoek midden	Schelphoek midden	Schelphoek oost	Schelphoek oost	Lokkersnol oost	Lokkersnol oost	Zeelandbrug west	Zeelandbrug west	Zeelandbrug De Val	Zeelandbrug De Val
Droge stof	29.3	27.0	31.1	30.5	27.1	26.2	25.4	21.5	25.3	26.3	48.1	47.9	37.8	38.1	25.6	24.2
As	34.0	34.4	43.8	48.9	41.0	41.0	34.0	40.0	40.0	42.0	22.0	22.0	22.0	23.0	26.0	26.0
Cd	0.34	0.35	0.42	0.47	0.38	0.40	0.30	0.36	0.49	0.50	0.17	0.16	0.22	0.26	0.24	0.26
Cr	0.81	0.81	2.31	3.35	3.60	2.90	4.10	6.00	2.10	2.00	0.43	0.38	1.30	0.89	0.46	0.38
Cu	1.92	1.82	2.62	2.67	3.60	3.40	3.30	4.60	3.90	3.70	0.90	0.90	1.60	1.50	1.40	< 1.40
Hg	0.025	0.026	0.034	0.035	0.043	0.043	0.042	0.053	0.041	0.038	0.010	0.010	0.017	0.014	0.016	0.026
Pb	1.18	1.34	2.59	2.20	3.40	3.10	3.80	6.30	3.30	3.10	0.44	0.43	16.00	2.60	0.46	0.55
Ni	4.80	5.42	7.24	7.84	7.90	7.80	5.00	6.50	7.40	8.00	3.30	2.90	2.50	3.10	3.30	3.40
Zn	22.6	24.6	31.0	33.4	40.0	38.0	36.0	46.0	45.0	47.0	27.0	25.0	25.0	28.0	26.0	26.0
Fe	388.4	446.3	1115.5	795.9	1631.0	1450.0	2202.0	3638.0	1345.0	1256.0	177.0	200.0	354.0	319.0	228.0	170.0
Al	186.9	229.2	662.4	448.9	854.0	789.0	1130.0	1850.0	663.0	608.0	83.0	93.0	157.0	160.0	107.0	73.0
Mn	188.9	196.3	217.5	258.3	227.0	213.0	208.0	245.0	311.0	321.0	87.0	80.0	142.0	144.0	156.0	164.0
Sb	< 0.068	< 0.074	< 0.064	< 0.085	< 0.074	< 0.076	< 0.079	< 0.093	< 0.079	< 0.076	< 0.042	< 0.042	< 0.053	< 0.053	< 0.078	< 0.083
Ba	19.1	17.7	19.6	20.7	21.0	24.0	18.0	19.0	21.0	22.0	15.0	14.0	14.0	16.0	16.0	18.0
Co	1.58	1.52	2.09	2.25	2.20	2.00	1.60	2.30	2.50	2.50	1.00	1.00	0.94	1.10	1.10	1.10
Mo	0.56	0.58	1.10	1.07	1.00	0.90	0.76	0.82	0.56	0.66	0.21	0.22	0.26	0.24	0.23	0.30
Se	0.12	0.10	0.16	0.15	0.16	0.16	0.18	0.22	0.21	0.19	0.06	0.06	0.05	0.06	0.07	0.08
Sn	< 0.07	< 0.07	0.12	0.10	0.16	0.15	0.18	0.29	0.14	0.13	< 0.04	< 0.04	< 0.05	< 0.05	< 0.08	< 0.08
V	1.89	1.97	4.02	3.66	5.40	4.80	5.50	10.00	5.10	4.70	0.78	0.90	1.20	1.30	1.20	1.10

Tabel 12B. Gemiddelde concentraties van zware metalen (in mg/kg droge stof) in *Fucus vesiculosus* voor de Westerschelde (B). De gemiddelde concentratie is berekend als het gemiddelde van alle waarden per metaal en per soort (over beide bekken). Waarden in blauw liggen onder het gemiddelde, in oranje erboven, bij niet gekleurde velden liggen de waarden te vaak onder de detectie-grens voor een goede indeling.

B) jaar	2009	2009
Locatie	Ritthem west	Ritthem oost
Droge stof	26.5	26.6
As	31.9	33.8
Cd	0.64	0.69
Cr	0.76	0.92
Cu	2.68	3.22
Hg	0.027	0.028
Pb	0.88	0.90
Ni	5.31	8.22
Zn	53.2	66.4
Fe	310.1	354.0
Al	218.2	243.7
Mn	129.6	116.2
Sb	< 0.040	< 0.042
Ba	19.4	23.2
Co	1.15	1.09
Mo	0.26	0.30
Se	< 0.15	< 0.15
Sn	< 0.23	< 0.23
V	1.33	1.41

B) jaar	2010	2010	2010	2010	2010	2010	2010	2010	2010	2010	2010
Locatie	Ritthem west	Ritthem oost	Ritthem midden	Borssele	Borssele	Ellewoutsdijk west	Ellewoutsdijk oost	Ellewoutsdijk oost	Hoedekenskerke zuid	Hoedekenskerke haven	Hoedekenskerke noord
Droge stof	30.4	32.9	41.1	39.3	39.8	29.0	17.2	19.8	24.1	21.9	23.6
As	28.3	33.0	31.8	27.3	27.0	26.6	30.5	24.6	27.1	32.6	31.9
Cd	0.58	0.65	0.45	0.69	0.63	0.10	1.11	1.05	1.35	1.84	2.20
Cr	1.04	2.72	0.92	2.64	1.00	0.17	0.53	0.87	2.42	1.45	3.84
Cu	2.52	3.32	1.89	2.37	2.27	1.16	5.13	5.66	5.07	6.65	7.81
Hg	0.027	0.033	0.024	0.021	0.019	0.023	0.026	0.024	0.023	0.035	0.054
Pb	1.27	1.83	0.68	0.62	0.61	0.09	0.83	0.96	0.85	1.18	2.84
Ni	5.83	5.79	4.20	5.78	6.11	7.82	9.80	7.42	10.89	10.68	10.90
Zn	42.7	44.4	28.8	39.9	38.1	60.7	61.7	43.6	75.8	103.0	126.5
Fe	486.9	950.6	258.9	222.7	177.5	280.4	207.0	268.3	287.5	470.8	1488.5
Al	264.9	568.2	112.5	132.4	93.9	143.9	106.8	133.1	163.2	270.0	763.0
Mn	161.8	182.2	140.6	113.3	106.2	121.7	133.5	110.0	141.8	181.6	251.8
Sb	< 0.066	< 0.061	< 0.049	< 0.051	< 0.050	< 0.069	< 0.117	< 0.101	< 0.083	< 0.091	< 0.085
Ba	19.4	21.9	16.6	21.1	20.2	2.7	23.2	26.1	34.4	36.9	37.2
Co	1.59	1.66	1.23	1.20	1.20	0.15	1.68	1.33	1.42	1.59	2.24
Mo	0.46	0.89	0.49	0.89	0.69	0.62	0.36	0.30	0.29	0.44	0.60
Se	0.14	0.20	0.11	0.10	0.11	< 0.03	0.16	0.16	0.19	0.28	0.38
Sn	0.070	0.12	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.07	< 0.12	< 0.10	< 0.08	< 0.09	0.17
V	1.93	2.82	1.11	1.01	0.98	0.13	1.10	1.16	1.31	1.88	3.99

Tabel 13. Toename van de gemiddelde concentratie van de zware metalen in de T1-situatie ten opzichte van de T0-situatie in het blaaswier *Fucus vesiculosus*. Een factor 1.5 of meer is roze weergegeven.

	Oosterschelde west	Oosterschelde midden	Westerschelde west
As	1.0	0.9	1.0
Cd	1.1	1.0	0.9
Cr	1.5	1.2	1.2
Cu	1.4	0.5	1.0
Hg	1.3	0.9	1.2
Pb	1.8	6.6	1.7
Ni	1.1	0.7	0.8
Zn	1.5	0.9	0.8
Fe	2.1	2.1	2.1
Al	1.8	1.8	1.8
Mn	1.2	0.9	1.4
Ba	1.0	1.1	0.9
Co	1.2	0.8	1.3
Mo	1.1	0.8	1.1
V	1.8	1.3	1.7

Tabel 14. Pollution Load Index voor *Fucus vesiculosus* in de verschillende deelgebieden tijdens de T0- en T1-monitoring van 2009 en 2010, en de Estuary Index (E-PLI).

	west	midden	oost	E-PLI
T0-Oosterschelde	7.3	3.2	-	4.8
T1-Oosterschelde	9.9	3.6	-	6.0
T0-Westerschelde	5.0	4.5	9.1	5.9
T1-Westerschelde	6.0	-	-	-

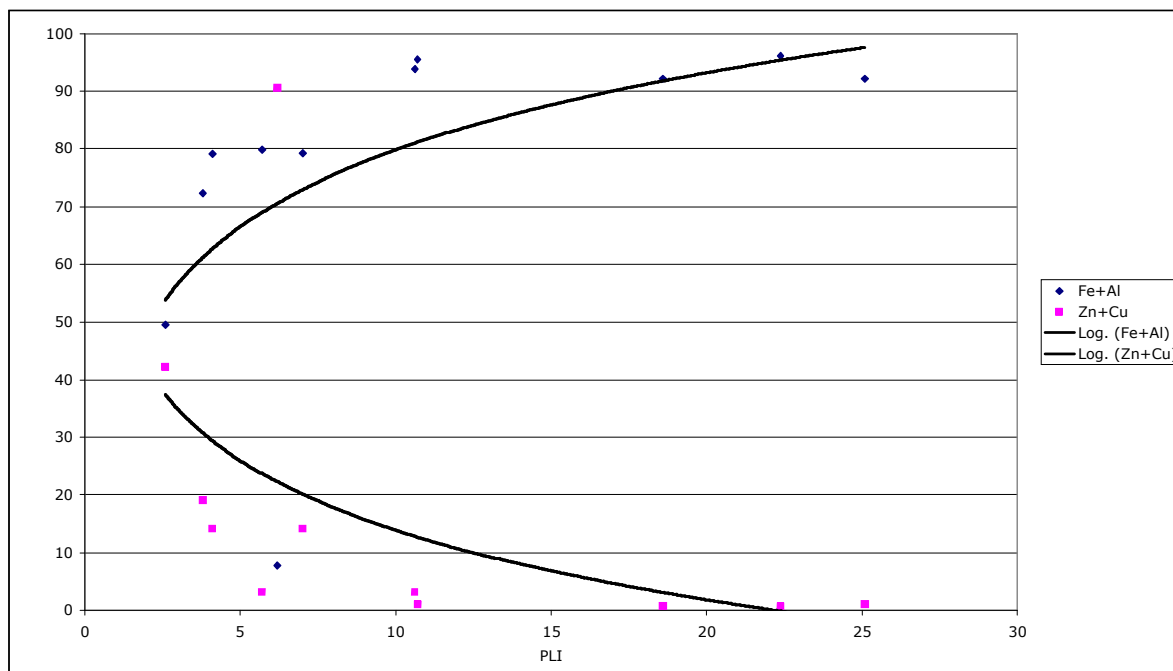
In tabel 15 staat de PLI voor alle bemonsterde soorten weergegeven voor Cluster 1 (T0 en T1) en Cluster 2 (T0). Uit de tabel blijkt dat actieve filter feeders de hoogste concentraties aan zware metalen hebben, gevolgd door de op wieren grazende alikruik *Littorina littorea*. Van de actieve filter feeders heeft alleen de mossel *Mytilus edulis* lagere concentraties dan het blaaswier *Fucus vesiculosus*. De passieve filter feeder *Metridium senile* en de predator *Asterias rubens* hebben ook lagere concentraties dan het blaaswier. Soorten met lage PLI-waarden beschikken over mechanismen om bepaalde metalen te reguleren (op te nemen of te verwijderen). In soorten met een lage PLI-waarde zijn de concentraties zink en koper hoog, terwijl in soorten met hoge PLI-waarden de concentraties ijzer en aluminium hoog zijn (Figuur 7).

Als er naar de PLI voor alle bemonsterde soorten en deelgebieden wordt gekeken dan blijkt dat de PLI voor bruinwier (*Fucus vesiculosus*) in de Westerschelde iets lager is dan in de Oosterschelde. De PLI is vergelijkbaar voor de Westerschelde (westelijk deel) en Oosterschelde voor de alikruik (*Littorina littorea*) en de zeester (*Asterias rubens*), met uitzondering van de PLI voor de Oosterschelde west breuksteen, die veel hoger is. De PLI voor mosselen (*Mytilus edulis*) en oesters (*Crassostrea gigas*) en deels de zeeanjer (*Metridium senile*) is hoger in de Westerschelde in vergelijking tot de Oosterschelde.

Tabel 15 laat ook zien voor welke soorten onderzocht kan worden of de concentraties van zware metalen verschillen tussen breuksteen en staalslakken. In de Westerschelde komen alleen de zeeanjer *Metridium senile* en de zeester *Asterias rubens* in 2009 voor op breuksteen (oude ondergrond tijdens T0) en in 2010 op staalslakken (nieuwe bestorting). Omdat de locaties waar de vooroever versterkt is binnen verschillende delen van de gradiënt liggen kunnen alleen de organismen op locaties binnen een deelgebied met elkaar getoetst worden.

Tabel 15. PLI (voor As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Ni, Zn, Fe, Al, Mn, Ba, Co, Mo en V) voor de bemonsterde soorten in 2009 en 2010 in de verschillende deelgebieden. Afkortingen: An (anemoon), Bi (tweekleppige), BW (bruinwier), Ech (stekelhuidige), Ga (slak), Sp (spons) en Tu (zakpijp). Achter de taxonomische groep staat de PLI voor alle deelgebieden.

	Oosterschelde					Westerschelde			
	west breukst.	staalsl.	breukst.	midden staalsl.	pijler	west breukst.	staalsl.	midden breukst.	oost br/oester
<u>Actieve filter feeders:</u>									
<i>Ciona intestinalis</i> (Tu - PLI = 25.1)									
2009	35.8	27.4	22.1	-	-	-	-	-	-
2010	23.1	30.2	22.6	25.6	18.1	-	-	-	-
<i>Molgula manhattensis</i> (Tu - PLI = 22.4)									
2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2010	-	-	-	-	-	20.0	-	21.7	26.0
<i>Styela clava</i> (Tu - PLI = 18.6)									
2009	25.6	22.3	-	-	-	-	-	-	-
2010	-	17.9	-	-	14.8	16.5	-	16.8	-
<i>Halichondria panicea</i> (Sp - PLI = 10.7)									
2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2010	-	-	-	-	-	11.6	-	10.0	-
<i>Haliclona oculata</i> (Sp - PLI = 10.6)									
2009	10.4	-	9.9	-	8.2	12.3	-	-	-
2010	-	-	-	-	-	11.4	-	11.8	-
<i>Crassostrea gigas</i> (Bi - PLI = 6.2)									
2009	4.8	-	4.2	-	4.1	7.8	-	-	-
2010	6.4	-	-	-	4.7	7.1	-	9.5	9.9
<i>Mytilus edulis</i> (Bi - PLI = 4.1)									
2009	3.3	-	2.8	-	2.1	10.6	-	-	-
2010	3.0	-	-	-	3.0	-	-	6.7	5.9
<u>Grazer:</u>									
<i>Littorina littorea</i> (Ga - PLI = 7.0)									
2009	7.3	-	4.1	-	-	6.4	-	-	-
2010	6.5	-	5.7	-	-	7.6	-	10.8	10.2
<u>Fotoautotroof:</u>									
<i>Fucus vesiculosus</i> (BW - PLI = 5.7)									
2009	8.4	-	3.2	-	-	5.1	-	-	-
2010	8.9	-	3.6	-	-	5.6	-	4.5	9.1
<u>Passieve filter feeder:</u>									
<i>Metridium senile</i> (An - PLI = 3.8)									
2009	2.8	-	3.6	-	-	8.4	-	-	-
2010	3.3	2.9	-	-	-	-	4.2	-	-
<u>Predator:</u>									
<i>Asterias rubens</i> (Ech - PLI = 2.6)									
2009	6.7	2.8	2.7	-	2.8	2.9	-	-	-
2010	2.5	2.5	1.8	1.8	-	2.2	2.2	2.3	-



Figuur 7. Relatie tussen de Pollution Load Index en de concentraties ijzer/aluminium en zink/koper in de verschillende organismen.

Tabel 16. Gehalten aan zware metalen (in mg/kg droge stof) in de zeeanjer Metridium senile op breuksteen in 2009 (oude ondergrond) en staalslak (nieuw bestort) in 2010 (roze is een statistisch significant verschil tussen gehalten in Metridium in 2009 en 2010).

Jaar	2009	2010
Locatie	Ritthem	Ritthem
n monsters	(BS) 2	(SS) 6
As	52.7	23.2
Cd	0.12	0.06
Cr	3.38	1.29
Cu	41.34	7.10
Hg	0.141	0.122
Pb	2.35	0.67
Ni	5.98	0.80
Zn	265.5	170.3
Fe	1002.8	860.5
Al	515.7	128.3
Mn	45.6	43.8
Ba	1.5	1.0
Co	0.78	0.35
Mo	2.30	2.88
V	2.29	2.68

Tabel 17. Gehalten aan zware metalen (in mg/kg droge stof) in de zeester *Asterias rubens* op breuksteen in 2009 (oude ondergrond) en staalslak (nieuw bestort) in 2010 (roze is een statistisch significant verschil tussen gehalten in *Asterias* in 2009 en 2010).

Jaar Locatie n monsters	2009 Ritthem (BS) 2	2010 Ritthem (SS) 6
As	6.2	7.0
Cd	0.66	0.78
Cr	0.51	0.28
Cu	5.51	4.41
Hg	0.111	0.075
Pb	0.79	0.53
Ni	0.66	0.55
Zn	145.5	153.9
Fe	134.8	111.7
Al	50.2	14.7
Mn	9.4	4.9
Ba	5.3	4.6
Co	0.22	0.18
Mo	2.08	1.84
V	0.45	0.62

De zeeanjerier *Metridium senile*

De zeeanjerier is een passieve suspensie feeder, die zich voedt met zooplankton en grotere planktonische dieren. Deze soort maakt dan ook gebruik van een ander deel van het voedselaanbod dan de actieve filterfeeders.

In zeeanjerieren op breuksteen in 2009 (T0) zijn de gehalten aan arseen, cadmium, koper, lood, nikkel, zink, aluminium en kobalt hoger dan in deze dieren op staalslakken in 2010 (T1). Alleen molybdeen is hoger in de zeeanjerier op de staalslakken (Tabel 16).

De zeester *Asterias rubens*

De zeester *Asterias rubens* is een predator, die op zeepokken, mosselen en ook *Ciona intestinalis* predeert. Uit de literatuur is bekend dat de zeester een betrouwbare indicator is voor verhogingen van de concentraties cadmium (Temara et al., 1996).

In zeesterren op breuksteen zijn in 2009 (T0) de gehalten aan chroom, koper, kwik, lood en aluminium hoger dan in deze dieren op staalslakken in 2010 (T1) (Tabel 17). Er is geen significante hoger gehalte aan zware metalen in zeeanjerieren op staalslakken gevonden tijdens de T1 in 2010 in vergelijking tot de T0 in 2009.

Vergelijking gehalten met andere data uit de Westerschelde

In de literatuur zijn eerder gehalten aan metalen gerapporteerd in alikruik en mossel van de Westerschelde. Wanneer de gehalten aan cadmium, kobalt, ijzer en mangaan in alikruik vergeleken worden met gehalten zoals gemeten in een studie uitgevoerd door De Wolf e.a. (2000) dan blijkt dat gemeten gehalten in zowel T0 Cluster 1 (2009), T1 Cluster 1 (2010) en T0 Cluster 2 (2010) overeenkomen met data uit De Wolf e.a. (2000) (tabel 18). Als gehalten aan cadmium, chroom, ijzer en mangaan in mosselen uit de Westerschelde (Mubiana e.a., 2005; Mubiana e.a., 2006) vergeleken worden

Tabel 18. Gehalten aan metalen in alikruik (*Littorina littorea*) uit de Westerschelde.

Locatie	Metaal	Gehalte (mg/kg d.s.)	Periode	Referentie
Vlissingen tot Bath	cadmium	0.5 – 7.0	1998	De Wolf e.a. 2000
Ritthem/Zuidwatering (west + oost)	cadmium	0.5 – 1.2	T0 Cluster 1 (2009)	Van den Heuvel-Greve (2009)
Ritthem/Zuidwatering (west + midden + oost)	cadmium	0.8 – 1.0	T1 Cluster 1 (2010)	Dit rapport
Borssele tot Hoedekenskerke	cadmium	0.2 – 2.3	T0 Cluster 2 (2010)	Dit rapport
Vlissingen tot Bath	kobalt	0.1 – 3.0	1998	De Wolf e.a. 2000
Ritthem/Zuidwatering (west + oost)	kobalt	0.4 – 0.8	T0 Cluster 1 (2009)	Van den Heuvel-Greve (2009)
Ritthem/Zuidwatering (west + midden + oost)	kobalt	0.5 – 0.8	T1 Cluster 1 (2010)	Dit rapport
Borssele tot Hoedekenskerke	kobalt	0.3 – 2.0	T0 Cluster 2 (2010)	Dit rapport
Vlissingen tot Bath	ijzer	200 – 1600	1998	De Wolf e.a. 2000
Ritthem/Zuidwatering (west + oost)	ijzer	395 – 691	T0 Cluster 1 (2009)	Van den Heuvel-Greve (2009)
Ritthem/Zuidwatering (west + midden + oost)	ijzer	404 – 720	T1 Cluster 1 (2010)	Dit rapport
Borssele tot Hoedekenskerke	ijzer	674 – 1600	T0 Cluster 2 (2010)	Dit rapport
Vlissingen tot Bath	mangaan	20 – 140	1998	De Wolf e.a. 2000
Ritthem/Zuidwatering (west + oost)	mangaan	25 – 39	T0 Cluster 1 (2009)	Van den Heuvel-Greve (2009)
Ritthem/Zuidwatering (west + midden + oost)	mangaan	33 – 51	T1 Cluster 1 (2010)	Dit rapport
Borssele tot Hoedekenskerke	mangaan	40 – 81	T0 Cluster 2 (2010)	Dit rapport

Tabel 19. Gehalten aan metalen in mossel (*Mytilus edulis*) uit de Westerschelde.

Locatie	Metaal	Gehalte (mg/kg d.s.)	Periode	Referentie
Vlissingen tot Hansweert	cadmium	1.0 – 38.9	1979 - 2002	Mubiana e.a. 2005
Vlissingen tot Hansweert	cadmium	1.5 – 6.0	2002	Mubiana & Blust 2006
Ritthem/Zuidwatering- west	cadmium	1.0	T0 Cluster 1 (2009)	Van den Heuvel-Greve (2009)
Hoedekenskerke tot Ellewoutsdijk	cadmium	2.0 – 5.0	T0 Cluster 2 (2010)	Dit rapport
Vlissingen tot Hansweert	chroom	0.7 – 5.4	1983 – 2002	Mubiana e.a. 2005
Vlissingen tot Hansweert	chroom	1.0 – 3.0	2002	Mubiana & Blust 2006
Ritthem/Zuidwatering- west	chroom	0.64	T0 Cluster 1 (2009)	Van den Heuvel-Greve (2009)
Hoedekenskerke tot Ellewoutsdijk	chroom	1.3 - 3.0	T0 Cluster 2 (2010)	Dit rapport
Vlissingen tot Hansweert	ijzer	49 – 572	1996 – 2002	Mubiana e.a. 2005
Vlissingen tot Hansweert	ijzer	80 – 400	2002	Mubiana & Blust 2006
Ritthem/Zuidwatering- west	ijzer	251	T0 Cluster 1 (2009)	Van den Heuvel-Greve (2009)
Hoedekenskerke tot Ellewoutsdijk	ijzer	188 – 617	T0 Cluster 2 (2010)	Dit rapport
Vlissingen tot Hansweert	mangaan	6.3 – 63	1996 - 2002	Mubiana e.a. 2005
Vlissingen tot Hansweert	mangaan	8 – 35	2002	Mubiana & Blust 2006
Ritthem/Zuidwatering- west	mangaan	19	T0 Cluster 1 (2009)	Van den Heuvel-Greve (2009)
Hoedekenskerke tot Ellewoutsdijk	mangaan	4 - 27	T0 Cluster 2 (2010)	Dit rapport

Tabel 20. Normen voor metaalgehalten in biota, die toegepast worden binnen de KRW en OSPAR.

Metaal	Norm	Specificatie	Referentie
(Methyl)Kwik	0,02 mg/kg natgewicht	Voor biota	EC, 2008
Kwik	2,5 mg/kg drooggewicht	Voor mosselen en oesters	OSPAR, 2009
Lood	7,5 mg/kg drooggewicht	Voor mosselen en oesters	OSPAR, 2009
Cadmium	5,0 mg/kg drooggewicht	Voor mosselen en oesters	OSPAR, 2009

met de gehalten in mosselen die zijn gevonden tijdens T0 Cluster 1 (2009) en T0 Cluster 2 (2010), dan blijkt dat deze gehalten in mossel eveneens met elkaar overeen te komen (zie tabel 19).

Toxiciteit van enkele zware metalen

Accumulatie van zware metalen in biota varieert sterk, zowel tussen soorten als tussen metalen. Dit komt o.a. door de voedselstrategie (hoe neemt een organisme zijn voedsel op), filtratiecapaciteit, maar ook de manier waarop organismen omgaan met metalen. Ook de gevoeligheid van biota voor metalen varieert zowel tussen soorten als voor metalen. De ene soort is gevoeliger voor effecten van het ene metaal, terwijl de andere soort gevoeliger is voor effecten van een ander metaal. In Van den Heuvel-Greve e.a. (2011) is een beschrijving gegeven van de karakteristieken en toxiciteit van een selectie van zware metalen (barium, vanadium, molybdeen en cadmium). Toxiciteitsgrenzen zijn vooral weergegeven als gehalte in water waarbij een effect optreedt en niet een gehalte in het organisme zelf, waardoor geen directe toetsing kan plaatsvinden met gehalten in biota uit de Westerschelde. Toetsing aan de normen van het Besluit Bodemkwaliteit (BBK) is evenmin mogelijk aangezien deze normen zijn opgesteld voor toetsing van kwaliteit van bouwstoffen en niet voor het inschatten van toxische effecten in biota.

Vergelijking met normen voor zware metalen in biota

Door het vergelijken gehalten aan zware metalen in de organismen met bestaande normen voor biota kan verder ingeschat worden of een metaal effect kan geven. Normen voor metalen in biota zijn echter vrijwel niet beschikbaar. De KRW heeft voor drie prioritaire stoffen een MilieuKwaliteitsNorm (MKN) voor biota afgeleid: (methyl)kwik, hexachloorbenzeen en hexachloorbutadieen (EC, 2008). De MKN voor (methyl)kwik is vastgesteld op 0,02 mg/kg natgewicht. In ongewervelde dieren is grofweg 50% van het gemeten kwik aanwezig in de vorm van (methyl)kwik. Het natgewicht gehalte aan kwik in organismen is om te rekenen van de drooggewicht gehalten met behulp van het droge stof percentage (zie bijlage B). Als dit natgewichtgehalte wordt gehalveerd kan een vergelijking met de MKN-norm plaatsvinden. Als deze vergelijking wordt gemaakt dan blijken gehalten in alle diersoorten van de T0- (Cluster 2) en T1- (Cluster 1) monitoring in 2010 onder de MKN-norm te liggen, met uitzondering van drie monsters die rond de norm liggen (één alikruikmonster van de T0-monitoring bij Ellewoutsdijk-west in de Westerschelde en twee zeestermonsters van de T0-monitoring bij Schelphoek-west II in de Oosterschelde).

OSPAR heeft voor het Quality Status Report van 2010 drie zware metalen in schelpdieren (mosselen en oesters) bekeken: kwik, lood en cadmium (tabel 20)(OSPAR, 2009). In afwezigheid van een aanbevolen Environmental Assessment Concentration (EAC) voor metalen in biota is er gewerkt met bestaande normen voor schelpdieren voor humane consumptie (EC No 1881/2006). Deze worden standaard weergegeven op natgewichtbasis. OSPAR heeft een standaardomrekening gemaakt van natgewicht naar drooggewicht door het vermenigvuldigen van de natgewichtnorm met het getal vijf, waardoor normen op basis van drooggewicht zijn uitgedrukt (tabel 20). Vergelijking van gehalten aan deze metalen in

mosselen en oesters uit de Westerschelde laat zien dat gehalten aan kwik en lood onder deze norm liggen, terwijl deze voor cadmium rond tot boven de norm ligt. Dat cadmium een mogelijke probleemstof is voor de Westerschelde is al eerder beschreven (o.a. Roex & Van den Heuvel-Greve, 2010).

Voor de andere zware metalen zijn geen normen beschikbaar in planten en dieren waardoor geen vergelijking met normen kan plaatsvinden.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

T0-Cluster 2 (2010)

Voorafgaand aan de geplande werkzaamheden voor Cluster 2 op de locaties in de Westerschelde is in 2010 een T0-monitoring uitgevoerd. De uitkomsten van dit onderzoek kunnen als referentie worden gebruikt voor monitoring na uitvoering van de vooroeerverdedigingsactiviteiten van Cluster 2. In dit rapport zijn de resultaten beschreven van deze T0-monitoring voor Cluster 2. Op basis van de data van de T0-monitoring van Cluster 2 in 2010 kan het volgende worden vastgesteld:

1) Welke flora en fauna komen voor op het hard substraat van de vooroevers van de dijken waar dijkversterkingen gepland zijn binnen Cluster 2?

Over het algemeen vertonen de levensgemeenschappen in het eulittoraal een duidelijke afname van het aantal soorten van west naar oost. Deze afname lijkt het gevolg te zijn van een gradiënt in zoutgehalte, maar verschillen in blootstelling aan waterbewegingen en de hoogte van de ligging van het voorland kunnen effecten van de zout gradiënt versterken. De soorten die op de oostelijke transecten aanwezig zijn komen op de westelijke transecten hoog in de zonering voor. Behalve op de locatie Hoedekenskerke-haven zijn op de monitoringslocaties van Cluster 2 de afgelopen jaren verschillende dijkversterkingswerken in het eulittoraal uitgevoerd. Het aantal soorten op het talud wordt tevens beïnvloed door het type dijkbekleding.

In de infralittorale zone komt op de locatie Borssele een mondingsgemeenschap voor met een dominantie van wieren. Oostwaarts ontbreken de karakteristieke sublittorale wieren en worden de gemeenschappen gedomineerd door zeepokken en de Japanse oester. Op de locatie Ellewoutsdijk-west komt het purperwier nog dominant voor. Op de meer stroomopwaarts gelegen locaties worden geen wieren meer aangetroffen en gaan de gemeenschappen uit de eulittorale zone direct over op gemeenschappen van de circalittorale zone.

2) Welke fauna en gemeenschappen komen voor in het zachte substraat (sediment) van de vooroevers van de dijken waar dijkversterkingen gepland zijn binnen Cluster 2?

Er is voor wat betreft de levensgemeenschappen in de zachte bodem een grote variatie te zien binnen locaties, dieptes, replica's van de T0-monitoring van Cluster 1 (2009) en Cluster 2 (2010). Clusteranalyse laat zien dat er in de T0 van Cluster 2 (2010) drie hoofdgroepen en twee soortenarme varianten aanwezig zijn in de Westerschelde, terwijl op één station (Hoedekenskerke-zuid 3 m) geen soorten zijn aangetroffen. In het gebied rond Ellewoutsdijk en het zuidelijke Middelgat zijn op veel diepten de soortenarme varianten gevonden. Het aantal soorten en de dichtheden in de soortenarme varianten past niet in de gradiënt die verwacht kan worden in dit deel van de Westerschelde. De samenstelling van de bodemsedimenten en die van de aanwezige infauna in dit gebied wijst op een reeds bestaande verstoring.

3) Wat zijn de gehalten aan zware metalen in dominant aanwezige soorten op het hard substraat van de vooroevers van de dijken waar dijkversterkingen gepland zijn binnen Cluster 2?

Tijdens de T0 van de Cluster 2-locaties in 2010 zijn de zware metalen ijzer, zink en aluminium in de hoogste gehalten aangetroffen. In zakpijpen zijn de meesten metalen in de hoogste concentraties aangetroffen, terwijl in zeester over het algemeen de laagste concentraties aan zware metalen zijn aangetroffen.

T1-Cluster 1 (2010)

In 2009 heeft voor Cluster 1 een zogenaamde T0 monitoring plaatsgevonden, waarvan de uitkomsten als referentie kunnen worden gebruikt in toekomstig T1 onderzoek voor deze locaties. Vervolgens is op de locaties binnen Cluster 2 tussen november 2009 en mei 2010 de vooroeververdediging aangebracht. In dit rapport zijn de resultaten van de eerste monitoring na de vooroeververdediging beschreven. Op basis van de data van deze T1-monitoring van Cluster 1 in 2010 kan het volgende worden vastgesteld:

1) Hebben op de Cluster 1 locaties flora en fauna zich kunnen vestigen op het nieuwe hard substraat een half tot één jaar na het aanbrengen van de vooroeververdediging en hoe zijn de aangetroffen soorten te vergelijken met de T0?

De versterking van de vooroevers heeft in alle habitats, het eulittoraal, infralittoraal en sublittoraal, geleid tot het ontstaan van pioniersgemeenschappen. In het sublittoraal is de samenstelling van de gemeenschap op breuksteen ongeveer gelijk aan die op staalslakken. Het is in dit stadium te vroeg om effecten van de versterking van de vooroever met staalslakken en breukstenen op de levensgemeenschappen op de lange termijn te kunnen evalueren.

2) Hebben op de Cluster 1 locaties soorten zich kunnen vestigen in nieuw gevormde zandplekken (sediment) op het nieuwe hard substraat een half tot één jaar na het aanbrengen van de vooroeververdediging en hoe zijn de aangetroffen soorten te vergelijken met de T0?

Een T0-monitoring ontbreekt voor Cluster 1. Tijdens de T1-monitoring van Cluster 1 in 2010 is op één station voldoende sediment aanwezig om monster te nemen ten behoeve van infauna analyse. In dit monster zijn er 13 soorten op het station aanwezig, met een dichtheid van 7283 individuen per m². Hoewel een T0-inventarisatie ontbreekt, blijkt er binnen een jaar kolonisatie op te treden.

3) Wat zijn de gehalten aan zware metalen in soorten die op het nieuwe hard substraat voorkomen een half tot één jaar na het aanbrengen van de vooroeververdediging op de Cluster 1 locaties en hoe zijn deze gehalten te vergelijken met de T0?

Op de locaties in Cluster 1 zijn de soorten alikruik, bruinwier, zeester en zeeanjer verzameld ten behoeve van analyse van zware metalen. Evenals in 2009 zijn ijzer, aluminium en zink in de hoogste concentraties aangetroffen in bemonsterde biota.

Omdat de concentraties van zware metalen binnen wieren de beschikbaarheid in het zeewater reflecteren, zijn mogelijke gradiënten van zware metalen in de Westerschelde bepaald aan de hand van het bruinwier *Fucus vesiculosus*. Hieruit blijkt dat in bruinwieren de laagste gehalten aan zware metalen in het westelijk deel van de Westerschelde worden gevonden. Dit komt overeen met andere gerapporteerde gradiënten van zware metalen in de Westerschelde zoals vastgelegd in de literatuur. Verdere statistische toetsing is per deelgebied uitgevoerd.

Voor 15 metalen, die vaak boven de detectiegrens voorkwamen, is de Pollution Load Index (PLI) bepaald. Dit is een maat om de totale belasting aan zware metalen te kunnen vergelijken tussen soorten, locaties en tijdstippen. Er vindt in de PLI geen correctie plaats voor regulering van zware metalen door

organismen. Aangezien niet alle organismen zware metalen op dezelfde wijze opnemen en kunnen reguleren zijn er verschillen zichtbaar in de PLI van de bemonsterde organismen. Eenvoudig gebouwde actieve filter feeders, zoals zakpijpen en sponzen, hebben hogere PLI waarden, terwijl meer complex opgebouwde organismen lagere PLI vertonen. De sessiele zakpijp *Ciona intestinalis* heeft de hoogste PLI van alle soorten. De zeester *Asterias rubens* heeft de laagste PLI. Binnen een soort kan vervolgens vergeleken worden tussen locaties en tijdstippen.

Middels een statistische toets is bekeken of er verschillen zichtbaar zijn tussen gehalten aan metalen in soorten op breukstenen en staalslakken, en tussen T1 en T0. De hoeveelheid monitoringsdata is nog beperkt in de T1. Tevens ontbreekt er informatie over spreiding in gehalten aan zware metalen in enkele van de onderzochte soorten in de Westerschelde. Daarom geven deze statistische toetsen met name een eerste inzicht in welke zware metalen mogelijk als probleemstof kunnen optreden bij de oeververdedigingsactiviteiten. Ondanks eventuele statistisch significante verschillen is het te vroeg om vast te stellen of er daadwerkelijke veranderingen zijn opgetreden in gehalten aan zware metalen in de onderzochte organismen. In vervolgmonitoring zal moeten blijken of er daadwerkelijk verschillen zijn tussen gehalten in soorten op staalslakken versus breukstenen, of tussen T0 en T1 / T2 /

In de Westerschelde komen de zeeanjer *Metridium senile* en de zeester *Asterias rubens* op zowel breuksteen (T0 2009 – oude ondergrond) als staalslakken (T1 2010 – nieuw bestort) voor. Voor bijna alle metalen zijn in 2009 op de oude ondergrond van breukstenen hogere concentraties gevonden dan in 2010 op de nieuw gestorte staalslakken. In de zeeanjer zijn in 2010 op staalslakken hogere gehalten aan molybdeen aangetroffen dan in 2009.

Vergelijking van gehalten aan enkele zware metalen uit in literatuur gerapporteerde gehalten in alikruik en mossel uit de Westerschelde laat zien dat deze in dezelfde range vallen als in deze organismen uit de huidige studie.

Een hoger gehalte aan zware metalen betekent niet automatisch dat er vervolgens effecten van deze metalen optreden in organismen. Hiervoor is van belang om te weten wanneer een zware metaal een effect kan veroorzaken. Dit kan gedaan worden door de gehalten in de organismen te vergelijken met bestaande normen voor biota of gerapporteerde toxiciteitsgrenzen. Vergelijking van gehalten aan zware metalen in organismen aan bestaande normen en toxiciteitsgrenzen is echter lastig. Er zijn weinig normen voor biota opgesteld en toxiciteitsgrenzen worden met name gerapporteerd op basis van een gehalte in water. De Kaderrichtlijn Water heeft voor drie prioritaire stoffen een milieukwaliteitsnorm voor biota afgeleid: (methyl)kwik, hexachloorbenzeen en hexachloorbutadieen. Vergelijking met de KRW-norm voor kwik laat zien dat alle monsters beneden deze norm liggen, met uitzondering van drie monsters die rond de norm liggen. OSPAR heeft voor het Quality Status Report 2010 gehalten aan kwik, lood en cadmium in mosselen en oesters getoetst aan humane consumptienormen voor deze metalen. Vergelijking van gehalten in mosselen en oesters uit de Westerschelde laat zien dat gehalten aan kwik en lood onder deze normen liggen, terwijl deze voor cadmium rond tot boven de norm ligt. Voor de andere relevante zware metalen zijn geen normen beschikbaar in planten en dieren waardoor geen vergelijking met normen kan plaatsvinden. Vergelijking van gehalten in biota aan de normen van het Besluit Bodemkwaliteit is niet mogelijk aangezien deze normen zijn opgesteld voor toetsing van kwaliteit van bouwstoffen en niet voor het inschatten van toxische effecten in biota.

5.2 Aanbevelingen

De monitoring in het veld dient nog verder verbeterd worden door:

Epifauna:

- Referentielocaties mee te nemen in de monitoring om autonome trends in de Westerschelde te bepalen.

Infauna:

- Referentielocaties mee te nemen in de monitoring om autonome trends in de Westerschelde te bepalen.

Zware metalen:

- Referentielocaties mee te nemen in de monitoring om autonome trends in de Westerschelde te bepalen (eventueel via mosselmonitoring en analyse van biomarkers);
- Variatie aan gehalten van metalen in biota te bepalen in de Westerschelde om beter eventuele toekomstige veranderingen in gehalten aan metalen te kunnen vaststellen;

Naast monitoring in het veld wordt aanbevolen om experimenteel onderzoek uit te voeren om beter risico's van deze stoffen te kunnen inschatten. Dit onderzoek zal zich met name moeten richten op de opname en effecten van enkele metalen (m.n. molybdeen) door soorten, die zich gevestigd hebben op breukstenen en staalslakken.

6 Kwaliteitsborging

IMARES beschikt over een ISO 9001:2008 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer: 57846-2009-AQ-NLD-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 december 2012. 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 Milieu 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.

Dit product is tot stand komen door samenwerking tussen IMARES Wageningen UR (Martine van den Heuvel-Greve, Anneke van den Brink en Sander Glorius), Stichting Zeeschelp (Marco Dubbeldam en Mario de Kluijver) en Deltares (Cor Schipper).

7 Referenties

Brink, A.M. van den, E. Brummelhuis (2009). Data report: T0 monitoring of benthic species of soft bottoms in the Oosterschelde. IMARES Wageningen UR, rapportnummer C135/09.

Brink, A.M. van den, E. Hartog (concept 2011). Data report: monitoring of benthic species of soft bottoms in the Westerschelde: T0 Cluster 2 and T1 Cluster 1. IMARES Wageningen UR, rapportnummer C034/11.

Bryan, G.W., W.J. Langston, L.G. Hummerstone, G.R. Burt, Y.B. Ho (1983). An assessment of the gastropod, *Littorina littorea*, as an indicator of heavy-metal contamination in United Kingdom estuaries. J. mar. biol. Ass. U.K., 63: 327-345.

EC (2008). Richtlijn 2008/105/EG van het Europees parlement en de Raad van 16 december 2008 inzake milieukwaliteitsnormen op het gebied van het waterbeleid tot wijziging en vervolgens intrekking van de Richtlijnen 82/176/EEG, 83/513/EEG, 84/156/EEG, 84/491/EEG en 86/280/EEG van de Raad, en tot wijziging van Richtlijn 2000/60/EG.

Glorius, S.T., M.J. Van den Heuvel-Greve (concept 2011). Datarapport: monitoring van zware metalen in biota – Cluster 1 & cluster 2 – 2010 – Westerscheldebekken. IMARES Wageningen UR, rapportnummer C032/11.

Heuvel-Greve, M.J. van den (2009a). T0 monitoring vooroeververdediging Oosterschelde; cluster 1 - 2009. IMARES Wageningen UR, Rapport C137/09.

Heuvel-Greve, M.J. van den (2009b). Datarapport: T0 monitoring van gehalten aan zware metalen in biotamonsters van de Oosterschelde en Westerschelde. IMARES Wageningen UR, IJmuiden, p. 27.

Heuvel-Greve, M.J. 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-rapport C029/11.

Intron (2010a). Uitloging LD-staalslak HKM in zeewater; invloed van zeewater op de uitloging. Conceptrapport 12 mei 2010.

Intron (2010b). Uitloging LD-staalslak Thyssen in zeewater; invloed van zeewater op de uitloging. Conceptrapport 7 mei 2010.

Intron (2010c). Uitloging LD-staalslak Corus in zeewater; invloed van zeewater op de uitloging. Conceptrapport 7 mei 2010.

Intron (2010d). Uitloging fosforslak in zeewater; invloed van zeewater op de uitloging. Conceptrapport 7 mei 2010.

Intron (2010e). Uitloging LD-staalslak Arcelormittal in zeewater; invloed van zeewater op de uitloging. Conceptrapport 7 mei 2010.

Intron (2010f). Toelatingsonderzoek steenslag in het kader van BRL 9324. Rapport 7 juni 2010.

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.

Kluijver, M.J. De, M.C. Dubbeldam (2009). Levensgemeenschappen op de harde substraten van Schouwen-Duiveland in de Oosterschelde. T0-inventarisatie eulittoraal en vooroever. Stichting Zeeschelp.

Kluijver, M.J. De, M.C. Dubbeldam (2011). Levensgemeenschappen op de harde substraten in de Westerschelde 2010; T0 en T1-inventarisatie eulittoraal en vooroever. Stichting Zeeschelp,.

Kovach, W.L. (1999). MVSP – A Multi Variate Statistical Package for Windows, version 3.1. Kovach Computing Services, Pentraeth, Wales, UK.

Morgan, J.D., D.G. Mitchell, P.M. Chapman (1986). Individual and Combined Toxicity of Manganese and Molybdenum to Mussel, *Mytilus edulis*, Larvae. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 37(2): 303-307.

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: 169-180.

Mubiana, V.K., R. Blust (2006). Metal content 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.

Nienhuis, P.H. (1976). The epilithic algal vegetation of the SW Netherlands. Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek, Yerseke. Rapporten en Verslagen, 1976-5.

O'Leary, C., J. Breen (1997). Metal levels in seven species of mollusc and in seaweeds from the Shannon estuary. Proceedings of the Royal Irish Academy, Biology and Environment, Vol., 97(B), 2: 121,132.

OSPAR (2009). Background document on CEMP Assessment Criteria for QSR 2010.

Roex, E., M. van den Heuvel-Greve (2010). Monitoring van bioaccumulerende, prioritaire KRW stoffen; in water of in biota. Deltares-rapport 1001-0154, 21 januari 2010.

Temara, A., G. Ledent, M. Warnau, H. Paucot, M. Jangoux, P. Dubois (1996). Experimental cadmium contamination of *Asterias rubens* (Echinodermata). Mar. Ecol. Prog. Ser.: 140: 83-90.

De Wijs, J.W.M., R.F.M.J. Cleven (2007). Monitoring kwaliteit bouwstoffen 2006; een vergelijking met de monitoringdata 2003/2004 en 2005. RIVM-rapport 711701062/2007. INTRON-rapport A825210/R20070220.

De Wilde, P.G.M., A.F. Peekel, S.E.J. Buykx (2002). Monitoring milieuhygiënische kwaliteit van bouwstoffen. RIVM-rapport 771402028/2002.

De Wolf, H., T. Backeljau, R. Blust (2000). Heavy metal accumulation in the periwinkle *Littorina littorea*, along a pollution gradient in the Scheldt estuary. Sci. Total Environ. 262: 111-121.

Verantwoording

Rapport C031/11

Projectnummer: 4303101401 - 2010 Vooroever Oosterschelde

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: Diana Slijkerman
Onderzoeker

Handtekening:



Datum: 11 maart 2011

Akkoord: Birgit Dauwe
Hoofd afdeling Delta

Handtekening:



Datum: 21 maart 2011

Bijlage A. Data infauna

Weergegeven zijn de gemiddelde aantallen (n) per soort (aantal per monster en per m²) van twee replica's per transect en per diepte van Cluster 1 (T0-2009 en T1-2010) en Cluster 2 (T0-2010). Avg = gemiddelde.

Locatie	Phylum	Soort	Diepte					
			3 m		7 m		15 m	
			Avg n per monster	Avg n per m ²	Avg n per monster	Avg n per m ²	Avg n per monster	Avg n per m ²
Borssele Cluster 2 (T1)	Annelida	<i>Aphelocheata marioni</i>			0.5	50.2		
		<i>Glycera tridactyla</i>	0.5	50.2				
		<i>Heteromastus filiformis</i>			1	100.5	0.5	50.2
		<i>Lanice conchilega</i>	0.5	50.2	1	100.5	1	100.5
		<i>Nephtys</i> (spec)	1	100.5				
		<i>Nephtys hombergii</i>	0.5	50.2				
		<i>Nereis succinea</i>			0.5	50.2	0.5	50.2
		Oligochaeta			1	100.5	0.5	50.2
		Polychaeta (spec.)	0.5	50.2				
		<i>Polydora pulchra</i>					0.5	50.2
		<i>Pygospio elegans</i>	0.5	50.2				
		<i>Scoloplos armiger</i>	1	100.5	1	100.5	1	100.5
		<i>Spiophanes bombyx</i>	0.5	50.2	0.5	50.2		
	Arthropoda	<i>Carcinus maenas</i>			1.5	150.7		
	Cnidaria	Actiniaria			0.5	50.2	0.5	50.2
	Echinodermata	<i>Asteria rubens</i>					0.5	50.2
		<i>Echinocadium cordatum</i>					0.5	50.2
	Mollusca	<i>Abra alba</i>					0.5	50.2
		<i>Macoma balthica</i>			1	100.5	0.5	50.2
		<i>Mytilus edulis</i>			1	100.5		
	Phoronida	Phoronida					1	100.5
Ellewoutsdijk-midden	Annelida	<i>Aphelocheata marioni</i>			1	100.5		

Locatie	Phylum	Soort	Diepte					
			3 m		7 m		15 m	
			Avg n per monster	Avg n per m ²	Avg n per monster	Avg n per m ²	Avg n per monster	Avg n per m ²
Cluster 1 (T0)		<i>Heteromastus filiformis</i>			1	100.5	0.5	50.2
		<i>Lanice conchilega</i>			0.5	50.2		
		<i>Nephtys</i> (spec)			0.5	50.2		
		<i>Nephtys cirrosa</i>			0.5	50.2		
		<i>Nereis diversicolor</i>			1	100.5		
		<i>Oligochaeta</i>			1	100.5		
		<i>Scoloplos armiger</i>			0.5	50.2		
		<i>Streblospio benedicti</i>			1	100.5		
	Cnidaria	Actiniaria			1	100.5		
	Mollusca	<i>Ensis</i> (spec.)			0.5	50.2		
		<i>Mytilus edulis</i>			1	100.5		
Ellewoutsdijk-west Cluster 1 (T0)	Annelida	<i>Aphelocheata marioni</i>			0.5	50.2		
		<i>Heteromastus filiformis</i>	1	100.5	0.5	50.2		
		<i>Nereis succinea</i>			0.5	50.2		
		Oligochaeta			0.5	50.2		
		Polydora (spec)			0.5	50.2		
	Echinodermata	<i>Asteria rubens</i>	0.5	50.2				
	Mollusca	<i>Mytilus edulis</i>			7.5	753.4		
Hoedekenskerke-haven Cluster 1 (T0)	Annelida	<i>Aphelocheata marioni</i>					1	100.5
		<i>Capitella capitata</i>					0.5	50.2
		<i>Heteromastus filiformis</i>					1	100.5
		<i>Nephtys</i> (spec)					0.5	50.2
		<i>Nephtys caeca</i>					0.5	50.2
		<i>Nereis diversicolor</i>					0.5	50.2
		<i>Oligochaeta</i>					1	100.5
		<i>Polydora cornuta (ligni)</i>					0.5	50.2
		<i>Streblospio benedicti</i>					0.5	50.2

Locatie	Phylum	Soort	Diepte					
			3 m		7 m		15 m	
			Avg n per monster	Avg n per m ²	Avg n per monster	Avg n per m ²	Avg n per monster	Avg n per m ²
	Cnidaria	Actiniaria					0.5	50.2
	Mollusca	<i>Ensis</i> (spec.)					1	100.5
		<i>Macoma balthica</i>					1.5	150.7
Hoedekenskerke-noord Cluster 1 (T0)	Annelida	<i>Aphelocheata marioni</i>	1	100.5	1	100.5	1	100.5
		<i>Heteromastus filiformis</i>	1	100.5	1	100.5	1	100.5
		<i>Nephtys</i> (spec)					0.5	50.2
		<i>Nephtys hombergii</i>			0.5	50.2		
		<i>Oligochaeta</i>	1	100.5	1	100.5	0.5	50.2
		<i>Scoloplos armiger</i>					1	100.5
		<i>Streblospio benedicti</i>					1	100.5
	Arthropoda	<i>Crangon crangon</i>	0.5	50.2				
		<i>Palaemon macrodactylus</i>					0.5	50.2
	Mollusca	<i>Macoma balthica</i>	1	100.5	0.5	50.2	2	200.9
		Unknown					0.5	50.2
Hoedekenskerke-zuid Cluster 1 (T0)	Annelida	<i>Heteromastus filiformis</i>					0.5	50.2
	Arthropoda	<i>Corophium</i> spec.			0.5	50.2		
		Decapoda			1	100.5		
	Mollusca	<i>Macoma balthica</i>					0.5	50.2
Ritthem/Zuidwatering-west Cluster 1 (T0)	Annelida	<i>Heteromastus filiformis</i>					0.5	50.2
		<i>Malacoceros fuliginosus</i>					0.5	50.2
		<i>Oligochaeta</i>					0.5	50.2
		<i>Scoloplos armiger</i>					1	100.5
	Arthropoda	<i>Crangon crangon</i>					1	100.5
	Cnidaria	Actiniaria					0.5	50.2
		Decapoda					0.5	50.2

Locatie	Phylum	Soort	Diepte					
			3 m		7 m		15 m	
			Avg n per monster	Avg n per m ²	Avg n per monster	Avg n per m ²	Avg n per monster	Avg n per m ²
	Echinodermata	<i>Asteria rubens</i>					1	100.5
	Mollusca	<i>Abra alba</i>					2	200.9
		Bivalve spec.					1	100.5
		<i>Ensis</i> (spec.)					0.5	50.2
		<i>Macoma balthica</i>					0.5	50.2
	Phoronida	Phoronida					1	100.5

Bijlage B. Data zware metalen

T1 - Cluster 1

Gehalte metalen op drooggewicht basis in mg/kg, droge stof in %. SS = staalslak, BS = breuksteen.

Soort	Locatie	Droge stof	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Ni	Zn	Fe	Al	Mn	Sb	Ba	Co	Mo	Se	Sn	V
Alikruik	Ritthem/Zuidwatering-oost	20.7	17	0.91	2.7	117	0.11	1.3	4.1	76	428	189	36	< 0.10	0.87	0.48	1.1	1.4	< 0.10	1.1
Alikruik	Ritthem/Zuidwatering-midden	20.0	21	0.84	4.0	120	0.11	1.2	3.6	79	404	163	33	< 0.10	0.72	0.53	1.7	1.4	< 0.10	1.1
Alikruik	Ritthem/Zuidwatering-west	19.0	21	1.0	4.3	106	0.14	1.9	4.2	80	720	323	51	< 0.11	1.2	0.76	2.7	1.8	< 0.11	1.7
Bruinwier	Ritthem/Zuidwatering-oost	32.9	33	0.65	2.7	3.3	0.033	1.8	5.8	44	951	568	182	< 0.061	22	1.7	0.89	0.20	0.12	2.8
Bruinwier	Ritthem/Zuidwatering-midden	41.1	32	0.45	0.92	1.9	0.024	0.68	4.2	29	259	112	141	< 0.049	17	1.2	0.49	0.11	< 0.05	1.1
Bruinwier	Ritthem/Zuidwatering-west	30.4	28	0.58	1.0	2.5	0.027	1.3	5.8	43	487	265	162	< 0.066	19	1.6	0.46	0.14	0.070	1.9
Zeeanjelier	Ritthem/Zuidwatering-oost (SS)	15.9	20	0.064	0.82	8.5	0.12	0.39	< 0.80	188	261	61	39	< 0.13	0.61	0.38	3.1	5.8	< 0.13	3.2
Zeeanjelier	Ritthem/Zuidwatering-oost (SS)	17.8	23	0.059	0.62	7.4	0.13	0.32	< 0.71	185	211	47	34	< 0.11	0.60	0.32	3.1	6.7	< 0.11	2.6
Zeeanjelier	Ritthem/Zuidwatering-midden (SS)	15.0	27	< 0.067	1.7	6.5	0.13	0.54	< 0.84	159	309	84	36	< 0.13	0.99	0.31	2.5	6.2	< 0.13	1.6
Zeeanjelier	Ritthem/Zuidwatering-midden (SS)	16.2	26	0.062	2.3	6.8	0.11	1.9	0.79	157	652	407	63	< 0.12	1.7	0.40	2.7	6.4	< 0.12	2.2
Zeeanjelier	Ritthem/Zuidwatering-west (SS)	17.7	23	< 0.056	1.3	6.5	0.12	0.45	< 0.72	165	1745	96	53	< 0.11	1.0	0.32	3.0	6.3	< 0.11	5.2
Zeeanjelier	Ritthem/Zuidwatering-west (SS)	15.5	21	< 0.064	1.0	6.9	0.12	0.44	0.96	168	1985	76	37	< 0.13	1.0	0.37	2.9	6.0	< 0.13	1.3
Zeester	Ritthem/Zuidwatering-oost (SS)	24.4	6.8	0.79	0.26	4.1	0.078	0.56	< 0.52	159	127	10	9.2	< 0.082	4.5	0.17	1.7	1.2	< 0.08	1.0
Zeester	Ritthem/Zuidwatering-oost (SS)	24.1	6.2	0.76	0.37	5.0	0.078	0.55	< 0.53	147	130	30	6.4	< 0.083	4.8	0.19	1.6	1.1	< 0.08	1.0
Zeester	Ritthem/Zuidwatering-midden (SS)	22.3	7.2	0.78	0.24	4.4	0.077	0.62	< 0.57	158	106	20	4.5	< 0.090	4.8	0.20	1.9	1.4	< 0.09	0.43
Zeester	Ritthem/Zuidwatering-midden (SS)	22.9	6.9	0.77	0.33	4.5	0.067	0.47	< 0.55	149	96	13	3.5	< 0.087	4.4	0.16	2.2	1.2	< 0.09	0.38
Zeester	Ritthem/Zuidwatering-west (SS)	22.2	7.4	0.75	< 0.22	4.4	0.070	0.41	< 0.57	151	115	< 7.2	2.9	< 0.090	4.4	0.17	1.8	1.2	< 0.09	0.46
Zeester	Ritthem/Zuidwatering-west (SS)	21.5	7.2	0.84	< 0.23	4.0	0.080	0.58	< 0.59	159	96	< 7.5	2.7	< 0.093	4.7	0.17	1.8	1.2	< 0.09	0.43

T0 – Cluster 2

Gehalte metalen op drooggewicht basis in mg/kg, droge stof in %. SS = staalslak, BS = breuksteen.

Soort	Locatie	Droge stof	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Ni	Zn	Fe	Al	Mn	Sb	Ba	Co	Mo	Se	Sn	V
Alikruik	Borssele	19.0	16	1.0	6.3	118	0.15	2.0	6.7	72	860	408	47	< 0.11	1.4	1.1	4.4	2.5	< 0.11	2.0
Alikruik	Borssele	18.9	15	0.76	3.9	129	0.12	1.7	4.5	70	746	362	40	< 0.11	1.3	0.84	4.6	2.1	< 0.11	1.8
Alikruik	Hoedekenskerke-haven	17.9	15	1.2	6.4	143	0.10	1.6	6.9	78	674	321	40	< 0.11	1.2	0.81	1.7	2.9	< 0.11	1.6
Alikruik	Hoedekenskerke-zuid	16.5	16	1.3	6.3	138	0.15	2.1	7.3	79	845	415	64	< 0.12	1.5	1.1	1.8	3.5	< 0.12	2.1
Alikruik	Hoedekenskerke-noord	17.5	18	2.3	8.2	168	0.17	2.7	9.9	84	1302	666	79	< 0.11	2.7	2.0	2.0	4.4	< 0.11	3.3
Alikruik	Ellewoutsdijk-midden	18.3	20	1.4	9.0	122	0.20	2.7	9.3	76	1232	684	68	< 0.11	2.2	1.9	8.4	3.8	< 0.11	3.4
Alikruik	Ellewoutsdijk-oost	17.8	17	1.0	7.2	108	0.13	2.0	7.4	67	814	434	46	< 0.11	1.7	1.1	1.7	2.8	< 0.11	2.2
Alikruik	Ellewoutsdijk-oost	17.7	17	1.2	7.2	106	0.15	2.3	7.8	69	1025	570	56	< 0.11	2.0	1.3	2.1	3.1	< 0.11	2.8
Alikruik	Ellewoutsdijk-west	18.2	2.0	0.16	15	142	0.22	0.34	15	79	1591	866	81	< 0.11	< 0.33	0.25	5.3	0.47	< 0.11	0.44
Bruinwier	Borssele	39.3	27	0.69	2.6	2.4	0.021	0.62	5.8	40	223	132	113	< 0.051	21	1.2	0.89	0.10	< 0.05	1.0
Bruinwier	Borssele	39.8	27	0.63	1.0	2.3	0.019	0.61	6.1	38	178	94	106	< 0.050	20	1.2	0.69	0.11	< 0.05	0.98
Bruinwier	Hoedekenskerke-haven	21.9	33	1.8	1.4	6.6	0.035	1.2	11	103	471	270	182	< 0.091	37	1.6	0.44	0.28	< 0.09	1.9
Bruinwier	Hoedekenskerke-zuid	24.1	27	1.4	2.4	5.1	0.023	0.85	11	76	288	163	142	< 0.083	34	1.4	0.29	0.19	< 0.08	1.3
Bruinwier	Hoedekenskerke-noord	23.6	32	2.2	3.8	7.8	0.054	2.8	11	126	1488	763	252	< 0.085	37	2.2	0.60	0.38	0.17	4.0
Bruinwier	Ellewoutsdijk-oost	17.2	30	1.1	0.53	5.1	0.026	0.83	9.8	62	207	107	134	< 0.12	23	1.7	0.36	0.16	< 0.12	1.1
Bruinwier	Ellewoutsdijk-oost	19.8	25	1.0	0.87	5.7	0.024	0.96	7.4	44	268	133	110	< 0.10	26	1.3	0.30	0.16	< 0.10	1.2
Bruinwier	Ellewoutsdijk-west	29.0	27	0.10	< 0.17	< 1.2	0.023	0.086	7.8	61	280	144	122	< 0.069	2.7	0.15	0.62	< 0.03	< 0.07	0.13
Japanse oester	Borssele	8.6	19	4.0	< 0.58	386	0.16	1.3	< 1.5	3744	189	29	8.3	< 0.23	< 0.70	0.36	20	4.8	< 0.23	0.93
Japanse oester	Borssele	8.8	20	4.1	0.83	294	0.16	1.3	< 1.4	2879	223	48	7.3	< 0.23	< 0.68	0.35	24	4.9	< 0.23	0.92
Japanse oester	Hoedekenskerke-haven	8.8	13	14	0.69	591	0.19	1.6	< 1.4	4344	302	52	24	< 0.23	0.73	0.49	13	7.1	< 0.23	0.70
Japanse oester	Hoedekenskerke-haven	8.2	14	12	< 0.61	402	0.17	1.3	< 1.5	3460	245	45	31	< 0.24	< 0.73	0.44	15	6.9	< 0.24	0.65
Japanse oester	Hoedekenskerke-zuid	7.9	14	13	< 0.64	782	0.23	1.5	< 1.6	6164	326	52	24	< 0.25	< 0.76	0.76	22	7.3	< 0.25	0.85
Japanse oester	Hoedekenskerke-zuid	7.4	13	14	< 0.67	682	0.19	1.6	< 1.7	5079	296	54	21	< 0.27	< 0.81	0.63	20	7.4	< 0.27	0.82
Japanse oester	Hoedekenskerke-noord	7.6	11	17	0.90	825	0.26	2.0	< 1.7	6620	531	124	19	< 0.26	0.93	0.70	8.0	9.0	< 0.26	1.2
Japanse oester	Hoedekenskerke-noord	7.8	11	15	0.87	754	0.22	1.8	< 1.6	5980	447	106	12	< 0.26	<	0.75	7.6	8.6	< 0.26	1.1
Japanse oester	Ellewoutsdijk-west	7.7	12	7.8	< 0.65	410	0.25	1.4	< 1.6	4351	322	37	16	< 0.26	< 0.78	0.51	12	6.0	< 0.26	0.97
Japanse oester	Ellewoutsdijk-west	7.3	16	8.5	0.77	536	0.29	1.7	< 1.7	5281	436	112	33	< 0.27	<	0.69	13	7.1	< 0.27	1.2
Japanse oester	Ellewoutsdijk-midden	7.1	13	7.5	< 0.70	524	0.28	1.7	< 1.8	5633	353	74	17	< 0.28	< 0.84	0.57	7.5	6.3	< 0.28	1.1
Japanse oester	Ellewoutsdijk-midden	6.5	13	8.6	< 0.77	642	0.24	1.4	< 1.9	6321	325	56	21	< 0.31	< 0.92	0.55	6.6	6.4	< 0.31	1.0

Soort	Locatie	Droge stof	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Ni	Zn	Fe	Al	Mn	Sb	Ba	Co	Mo	Se	Sn	V
Mossel	Hoedekenskerke-haven	14.2	10	3.9	1.3	9.5	0.19	1.5	3.4	104	189	46	3.7	< 0.14	0.46	0.93	6.8	6.8	< 0.14	0.71
Mossel	Hoedekenskerke-zuid	14.0	10	4.0	2.0	10	0.21	2.1	3.6	128	272	67	28	< 0.14	0.53	1.1	9.2	6.1	< 0.14	1.2
Mossel	Hoedekenskerke-zuid	13.8	10	3.8	2.7	11	0.19	2.3	5.8	141	270	71	21	< 0.14	0.69	1.0	9.3	5.9	< 0.14	0.93
Mossel	Hoedekenskerke-noord	13.8	9.3	5.0	2.8	11	0.20	2.0	4.7	122	407	155	5.6	< 0.14	0.99	1.1	4.4	6.9	< 0.14	1.5
Mossel	Hoedekenskerke-noord	14.2	9.8	4.9	2.1	10	0.19	2.1	4.2	109	316	106	14	< 0.14	0.84	1.0	4.9	7.1	< 0.14	1.1
Mossel	Ellewoutsdijk-midden	11.1	11	2.0	3.1	11	0.25	1.6	8.1	84	425	140	< 3.9	< 0.18	0.75	1.5	5.2	11	< 0.18	1.7
Mossel	Ellewoutsdijk-midden	11.0	12	2.1	3.0	12	0.28	2.0	9.0	93	617	242	4.4	< 0.18	1.3	1.7	5.8	12	< 0.18	2.3
Spons-geweispons	Borssele	9.5	11	4.0	4.6	17	0.15	12	4.3	79	1728	876	45	0.22	3.7	0.91	2.5	8.7	< 0.21	4.4
Spons-geweispons	Borssele	8.3	9.2	3.5	5.8	18	0.12	14	5.1	74	1940	1030	38	< 0.24	3.8	1.0	2.9	6.9	< 0.24	4.9
Spons-geweispons	Ellewoutsdijk-midden	8.1	11	5.1	6.5	17	0.15	5.6	5.6	62	2475	1419	60	< 0.25	4.4	1.1	1.5	8.0	< 0.25	6.1
Spons-geweispons	Ellewoutsdijk-midden	8.5	11	6.2	5.6	18	0.16	6.2	4.8	58	2125	1198	44	< 0.23	4.3	1.0	1.6	8.5	< 0.23	5.7
Spons-broodspoons	Borssele	10.4	6.2	2.6	12	6.8	0.10	11	4.1	40	3438	1328	81	< 0.19	4.3	1.4	3.4	5.5	< 0.19	6.5
Spons-broodspoons	Borssele	10.7	5.9	3.1	18	6.8	0.11	11	2.4	45	2908	1190	74	< 0.19	3.7	1.4	2.4	5.2	< 0.19	6.2
Spons-broodspoons	Ellewoutsdijk-midden	12.0	5.3	3.1	6.7	7.6	0.094	6.4	4.0	31	2725	1376	132	< 0.17	6.1	2.0	1.2	5.1	< 0.17	6.4
Spons-broodspoons	Ellewoutsdijk-midden	12.2	4.7	2.9	5.9	6.8	0.088	5.5	4.1	27	2159	1013	110	< 0.16	3.9	1.9	1.2	4.7	< 0.16	4.7
Zakpijp-Japanse	Borssele	9.6	7.5	0.28	15	10	0.064	10	10	50	5193	3017	184	< 0.21	7.3	2.5	24	3.7	0.55	14
Zakpijp-Japanse	Ellewoutsdijk-west	11.8	8.3	0.25	10	17	0.085	12	12	62	4041	2125	561	0.25	9.7	4.6	3.4	6.5	0.58	13
Zakpijp-zijker	Borssele	11.5	10	0.36	23	8.3	0.089	12	7.1	63	7607	3652	220	< 0.17	8.4	3.2	16	2.2	0.69	19
Zakpijp-zijker	Borssele	9.3	11	0.41	22	9.2	0.10	13	8.2	57	7741	3934	231	< 0.21	11	3.3	22	2.3	0.75	20
Zakpijp-zijker	Hoedekenskerke-haven	12.0	11	0.51	24	12	0.14	17	9.8	85	9411	5020	399	< 0.17	14	4.6	3.9	2.3	1.1	25
Zakpijp-zijker	Hoedekenskerke-zuid	9.7	12	0.51	28	15	0.17	21	12	88	11245	6857	480	< 0.21	17	5.5	3.8	2.3	1.5	32

Soort	Locatie	Droge stof	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Ni	Zn	Fe	Al	Mn	Sb	Ba	Co	Mo	Se	Sn	V
Zakpijp-zijker	Hoedekenskerke-zuid	11.1	11	0.50	28	15	0.16	19	11	90	11113	6922	459	< 0.18	17	5.6	3.2	2.2	1.4	33
Zakpijp-zijker	Hoedekenskerke-noord	10.7	13	0.53	25	14	0.16	20	11	103	10535	5977	470	< 0.19	17	5.3	1.5	2.9	1.3	28
Zakpijp-zijker	Hoedekenskerke-noord	11.0	13	0.52	27	15	0.16	21	11	107	11043	6355	542	< 0.18	19	5.8	1.5	2.7	1.3	31
Zakpijp-zijker	Ellewoutsdijk-west	8.9	9.8	0.29	27	11	0.10	15	17	113	7046	4317	305	< 0.22	15	4.3	3.9	3.1	0.90	20
Zeester	Borssele	25.7	6.6	0.92	0.28	6.0	0.073	0.68	< 0.49	148	113	16	< 1.7	0.15	6.0	0.20	1.0	1.4	< 0.08	0.41
Zeester	Borssele	25.9	5.9	0.83	0.38	5.1	0.059	0.74	< 0.49	130	151	36	< 1.7	< 0.077	5.9	0.18	1.1	1.2	< 0.08	0.50
Zeester	Ellewoutsdijk-west	23.0	4.5	1.1	0.27	5.0	0.053	0.62	< 0.55	158	131	26	< 1.9	< 0.087	7.7	0.17	0.66	1.4	< 0.09	0.54
Zeester	Ellewoutsdijk-west	24.3	5.2	1.3	0.23	5.6	0.053	0.61	< 0.52	172	154	22	< 1.8	< 0.082	6.9	0.18	0.70	1.5	< 0.08	0.53
Zeester	Ellewoutsdijk-midden	20.7	4.0	1.1	0.45	4.4	0.094	0.83	0.62	137	150	63	< 2.1	< 0.10	8.0	0.22	0.45	1.9	< 0.10	0.76
Zeester	Ellewoutsdijk-midden	21.8	3.9	1.1	0.49	5.6	0.089	0.84	< 0.58	129	179	71	< 2.0	< 0.092	7.1	0.23	0.62	2.0	< 0.09	0.75

Bijlage C. Foto's van veelvoorkomende soorten in de Westerschelde



Alikruik (*Littorina littorea*) © M. van den Heuvel



Bruinwier (*Fucus vesiculosus*) © St.Zeeschelp



Broodspons (*Halichondria panicea*) © St.Zeeschelp



Zeeanjelier (*Metridium senile*) © St.Zeeschelp



Zeester (*Asterias rubens*) © St.Zeeschelp



Mossel (*Mytilus edulis*) © B. van den Heuvel