

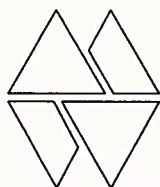
**De sublitorale begroeiing van de  
geulwand-verdediging bij Bath en in het Zuidergat  
in de Westerschelde in 1999**

G.W.N.M. van Moorsel



De sublitorale begroeiing van de  
geulwand-verdediging bij Bath en in het Zuidergat  
in de Westerschelde in 1999

G.W.N.M. van Moorsel



**Bureau Waardenburg bv**

Adviseurs voor ecologie & milieu

Postbus 365, 4100 AJ Culemborg

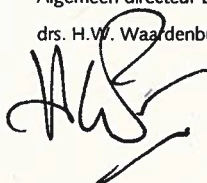
Telefoon 0345 - 512710, Fax 0345 - 519849

e-mail [wbb@buwa.nl](mailto:wbb@buwa.nl) website: [www.buwa.nl](http://www.buwa.nl)

opdrachtgever: Rijkswaterstaat Directie Zeeland

17 april 2000  
rapport nr. 99.59

Status uitgave: eindrapport  
Rapport nr.: 99.59  
Datum uitgave: 17 april 2000  
Titel: De sublitorale begroeiing van de geulwand-verdediging bij Bath en in het Zuidergat in de Westerschelde in 1999  
Samensteller: Dr. G.W.N.M. van Moorsel  
Aantal pagina inclusief bijlagen: 48  
Project nr.: 99.063  
Projectleider: Dr. G.W.N.M. van Moorsel  
Naam en adres opdrachtgever: Rijkswaterstaat Directie Zeeland Postbus 5014, 4330 KA Middelburg  
Referentie opdrachtgever: Orderbon nr./579038/20 juli 1999  
Akkoord voor uitgave: Algemeen directeur Bureau Waardenburg bv  
drs. H.W. Waardenburg  
Paraaf:

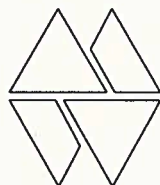


Bureau Waardenburg bv is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Bureau Waardenburg bv; opdrachtgever vrijwaart Bureau Waardenburg bv voor aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

© Bureau Waardenburg bv / Rijkswaterstaat Directie Zeeland

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag worden veeelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden d.m.v. druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever hierboven aangegeven en Bureau Waardenburg bv, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Het kwaliteitssysteem van Bureau Waardenburg bv is door CERTIKED gecertificeerd overeenkomstig ISO 9001.



## Bureau Waardenburg bv

Adviseurs voor ecologie & milieu

Postbus 365, 4100 AJ Culemborg

Telefoon 0345 - 512710, Fax 0345 - 519849

e-mail wbb@buwa.nl website: www.buwa.nl

## Voorwoord

De aanleiding tot deze studie wordt gevormd door de aanleg van geulwandverdedigingen in de Westerschelde.

Bij Rijkswaterstaat bestaat de vraag of deze geulwandverdedigingen begroeid raken met organismen en zo ja in hoeverre deze organismen stoffen opnemen die afkomstig zijn van het substraat waarop zij zich hebben gevestigd. Dit teneinde uitspraken te kunnen doen over de natuurwaarde van dergelijke constructies en om daarmee de toekomst te kunnen kiezen voor een inrichting van de Westerschelde waarbij rekening wordt gehouden met het milieu.

De opdracht werd aan Bureau Waardenburg verstrekt door Rijkswaterstaat Directie Zeeland Werkgroep CMG (Coördinatie Monitoring Geulwandverdedigingen). In de offertefase trad G. Krijger daarbij op als contactpersoon. Tijdens de uitvoering en tussenrapportage was de contactpersoon C.J. Meeuwse. Tijdens de eindrapportage werd het contact verzorgd door A.M. van Berchum.

Het projectteam van Bureau Waardenburg bestond uit de volgende personen:

G.W.N.M. van Moorsel, Projectleider, veldwerk & rapportage.

J. Begeman: veldwerk

R. Munts: determinaties

De analyses van zware metalen werden uitgevoerd door TNO voeding in Zeist.

Voor de determinatie van enkele amphipoden zijn wij dank verschuldigd aan M. Faasse.

Het veldwerk werd uitgevoerd vanaf het onderzoeksvaartuig "Argus" met als schipper de heer Potter. Er was geen meetleider van Rijkswaterstaat aanwezig. Wij danken de schipper en zijn bemanning voor de geboden ondersteuning tijdens de veldwerkzaamheden.

Ik dank A.M. van Berchum voor commentaar op een eerdere versie van dit rapport.

A.M.B.M. Holland attendeerde mij op de MWTL gegevens. J.F. Bakker (RIKZ) was behulpzaam bij het achterhalen van actuele normgegevens.



# Inhoud

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| Voorwoord.....                                                  | 3  |
| Inhoud.....                                                     | 5  |
| Samenvatting.....                                               | 7  |
| 1 Inleiding.....                                                | 9  |
| 1.1 Uitgangspunten .....                                        | 9  |
| 1.2 Doelstelling.....                                           | 10 |
| 2 Materiaal en methoden.....                                    | 13 |
| 2.1 Bemonstering.....                                           | 13 |
| 2.2 Opnamemethodiek.....                                        | 16 |
| 2.3 Analyse schelpdieren.....                                   | 16 |
| 3 Resultaten & Discussie.....                                   | 19 |
| 3.1 Samenstelling substraat .....                               | 19 |
| 3.2 Begroeiing substraat.....                                   | 19 |
| 3.2.1 Beschrijving begroeiing.....                              | 19 |
| 3.2.2 Vergelijking locaties.....                                | 22 |
| 3.2.3 Vergelijking substraten.....                              | 23 |
| 3.3 Gehalten zware metalen en andere stoffen.....               | 23 |
| 3.3.1 Concentraties in het substraat.....                       | 23 |
| 3.3.1 Selectie monsters.....                                    | 24 |
| 3.3.2 Concentraties in oesters van fosforslakken en basalt..... | 25 |
| 3.3.3 Concentraties in mosselen van staalslakken.....           | 30 |
| 4 Conclusies en aanbevelingen.....                              | 37 |
| 5 Literatuur .....                                              | 39 |

Bijlagen: 5





## Samenvatting

In 1999 werden twee geulwandverdedigingen achter in de Westerschelde bemonsterd:

- bij Bath, aanleg geulwandverdediging in 1997
- in het Zuidergat, aanleg geulwandverdediging in 1998

De geulwandverdediging bij Bath werd in 1998 al eerder bemonsterd.

Bij Bath bestond de ondergrond uit stortsteen (basalt) en fosforslakken. In het Zuidergat bleef het substraat op de monsterlocatie beperkt tot uitsluitend staalslakken.

De levensgemeenschap op de geulwandverdedigingen bevatte weinig soorten en was typerend voor een brakwatermilieu.

De dominante organismen op de geulwandverdediging bij Bath waren zeepokken en Japanse oesters. In 1999 was de bedekking door organismen lager dan in 1998. Dit hield waarschijnlijk verband met de hoge sedimentatie ter plekke. Dit zou het gevolg geweest kunnen zijn van baggerwerkzaamheden die in de omgeving werden uitgevoerd.

In het Zuidergat domineerden mosselen.

De twee typen substraten bij Bath, te weten basalt en fosforslakken, kwamen goed overeen qua begroeiing.

De metaalgehalten in oesters die afkomstig waren van beide substraattypen verschilden niet veel van elkaar. Dit was ook niet te verwachten gezien de lage metaalgehalten in basalt en fosforslakken. In vergelijking met andere gebieden waren de metaalgehalten wel hoog. Met name cadmium, zink, nikkel, lood en chroom vertonen extreem hoge waarden. Dit kan samenhangen met watervervuiling maar het kan deels ook worden teruggevoerd op de verwerkingsprocedure.

Het fluorgehalte van oesters afkomstig van Bath was erg hoog. Dit hangt wellicht samen met het hoge fluorgehalte van fosforslakken.



# 1 Inleiding

Op 17 januari 1995 werd het Verdrag inzake de verruiming van de Westerschelde ondertekend. Daarin werd voorzien in de aanleg van ca. 20 km zogenaamde geulwandverdedigingen teneinde de buitenbochten van de hoofdgeulen van de Westerschelde te beschermen tegen uitslijten (De Jong & Van Kleef 1996).

Om de gevolgen van de aanwezigheid van geulwandverdedigingen op morfologische en ecologische aspecten te kunnen volgen dient onderzoek te worden uitgevoerd. Een aspect van dit onderzoek betreft de inventarisatie van de organismen op het harde substraat van de geulwandverdedigingen. In beginsel wordt iedere geulwandverdediging tweemaal geïnventariseerd: in het najaar van het eerste jaar na de aanleg en in het jaar daarna.

De geulwandverdediging bij Bath kwam in oktober 1998 voor het eerst aan bod. Ter plekke van de twee monsterlocaties werd deze verdediging aangelegd tussen november 1996 en juni 1997. Voor de resultaten van het onderzoek uit 1998 wordt verwezen naar Van Moorsel en Waardenburg (1999a). In september 1999 werden beide monsterlocaties opnieuw bemonsterd.

De geulwandverdediging in het Zuidergat werd in september 1999 voor het eerst bemonsterd. Ter hoogte van de monsterlocaties werd deze verdediging aangelegd tussen 11 februari en 4 maart 1998. De kruinbestorting vond plaats tussen 27 en 29 april 1998 (gegevens bestortingskaart).

## 1.1 Uitgangspunten

### Achtergrondinformatie

In 1996 verrichtte Bureau Waardenburg een oriënterende literatuurstudie naar de begroeiing met organismen van geulwandverdedigingen in de Westerschelde (Van Moorsel 1996).

### Opbouw geulwandverdedigingen

De geulwandverdedigingen in de Westerschelde zijn in beginsel opgebouwd uit een drietal substraattypen: fosforlakken (40-200 mm), staalslakken (0-400 mm) en breuksteen (40-200 kg). Breuksteen is tot op -5 m NAP verwerkt in de geulwandverdediging. Daaronder liggen de staal- en fosforlakken aan het oppervlak (Bijlage 1).

Voor een gedetailleerd overzicht van de bestortingen zijn zogenaamde bestortingskaarten beschikbaar. Als Bijlage 2 en 3 zijn bijgevoegd het deel van de bestortingskaart van de geulwandverdediging bij Bath respectievelijk het Zuidergat, waarbinnen de bemonsteringen zijn uitgevoerd. Bij Bath bestond de bestorting uit breuksteen en fosforlakken. In het Zuidergat bleef de bestorting beperkt tot staalslakken.

### Getij

Bij Bath bedraagt de getijdenrange maximaal ruim 6 m, het grootste getijverschil van Nederland. In de periode september - oktober 1999 varieert het hoogwater tussen +1,67 en +3,57 m t.o.v. NAP en het laagwater van -1,33 tot -2,59 m t.o.v. NAP (Getijtafels voor Nederland 1999).

De monsterlocatie in het Zuidergat ligt ongeveer 10 km stroomafwaarts ten opzichte van Bath. Het getijverschil is iets kleiner dan bij Bath maar zal altijd nog ruim 5,5 m bedragen (ter vergelijking Hansweert: in de periode september - oktober 1999: hoogwater tussen +1,51 en +3,08 m; laagwater van -1,24 tot -2,53 m t.o.v. NAP).

Omdat de kruin van de bestorting ongeveer tot NAP loopt betekent dit dat de geulwandverdediging op beide locaties tijdens laagwater, zelfs bij dood tij, gedeeltelijk droogvalt, hetgeen door onze waarneming kon worden bevestigd.

## 1.2 Doelstelling

Doel van het onderzoek is het vinden van een antwoord op de volgende vragen:

- Zijn de gebruikte substraattypen van de geulwandverdediging geschikt als habitat voor hardsubstraatorganismen?
- Wat is het effect van mogelijke uitloging van de substraten op de organismen van het harde substraat?

De eerste vraag wordt beantwoord door te onderzoeken of organismen zich vestigen op de gebruikte substraattypen en zo ja in welke dichtheden. Daarbij wordt ook de soorten-samenstelling onderzocht.

Indien geen vestiging plaatsvindt bestaat in beginsel nog de mogelijkheid dat het substraat op zich wel geschikt is, maar dat de waterkwaliteit verantwoordelijk is voor het ontbreken van soorten. Dit zou goed mogelijk kunnen zijn in de bovenloop van de Westerschelde omdat daar grote schommelingen in de saliniteit plaatsvinden (Bijlage 4) en er tevens een sterk effect kan zijn van vervuiling uit de Schelde. De aanwezigheid van organismen ter hoogte van Bath in 1998 (Van Moorsel & Waardenburg 1999) betekende dat de eerste vraag positief beantwoord kon worden. Dit bood goede perspectieven om een dergelijk onderzoek voort te zetten op locaties meer stroomafwaarts in de Westerschelde.

De tweede vraag wordt deels beantwoord door in de organismen van de harde substraten de gehalten van metalen en andere stoffen te bepalen. Het is mogelijk dat deze verhoogd zijn door de opname van stoffen die door uitloging uit de betreffende substraten vrijkomen.

Zo worden weekdieren zoals oesters gebruikt voor het monitoren van metalen in het milieu, omdat zij deze stoffen in hun lichaamsweefsels concentreren (bioconcentratie). Weefselconcentraties kunnen echter ook afhankelijk zijn van factoren zoals grootte (leeftijd), seizoen, reproductieve status en metabolische activiteit (Mouneyrac *et al.* 1998) en

van genetische verschillen tussen populaties en individuen (Lytle & Lytle 1990). Door middel van controlemonsters, te weten organismen die afkomstig zijn van neutrale substraten uit hetzelfde gebied, wordt getracht zo goed mogelijk voor het effect van dit soort factoren te compenseren. Daarnaast kunnen de gevonden resultaten worden vergeleken met waarden uit de literatuur.





## 2 Materiaal en methoden

### 2.1 Bemonstering

De monsters bij Bath werden verzameld op 2 september 1999 tussen 15:00 en 16:00 h. Het Zuidergat werd bemonsterd op 3 september 1999 tussen 16:00 en 17:00 h. Het was op dat moment laag water (~ -1,90 m) en het bovenste deel van de geulwand kwam boven water. Deze data werden geselecteerd omdat het doodtij omstreeks deze periode viel zodat de getijstroom minimaal was. De tijden werden geselecteerd rond het tijdstip van kentering. Uit praktische en veiligheidsoverwegingen werd er bovendien de voorkeur aan gegeven het duikwerk bij daglicht uit te voeren.

#### Monsterlocaties

De monsterlocaties bij Bath (Fig. 2.1) werden geselecteerd aan de hand van een bestortingskaart (Bijlage 2). Op deze kaart werden twee locaties geselecteerd:

- 1: oost: representatief voor een bestorting met fosforslakken (50 - 200 mm);
- 2: west: representatief voor een bestorting met breuksteen (10 - 150 mm).

Ter plekke bleek echter dat ook breukstenen aanwezig waren in gebied 1 en fosforslakken in gebied 2. Dit kwam overigens overeen met een door Rijkswaterstaat toegezonden specificatie van het ter plekke aanwezige bestortingsmateriaal.

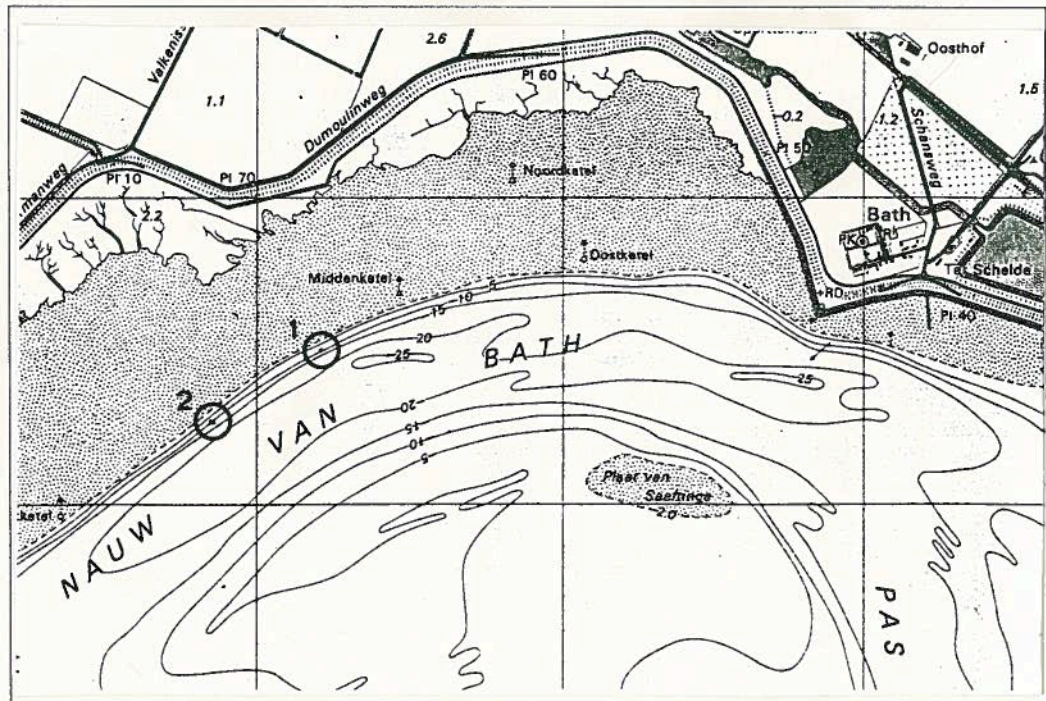


Fig. 2.1. Ligging van de monsterlocaties bij Bath

De monsterlocaties in het Zuidergat (Fig. 2.2) werden eveneens geselecteerd aan de hand van een bestortingskaart (Bijlage 3). Op deze kaart werden twee locaties geselecteerd:

- 1: noordwest en
- 2: zuidoost

Ter plekke bleek dat het enige aanwezige substraat bestond uit staalslakken.

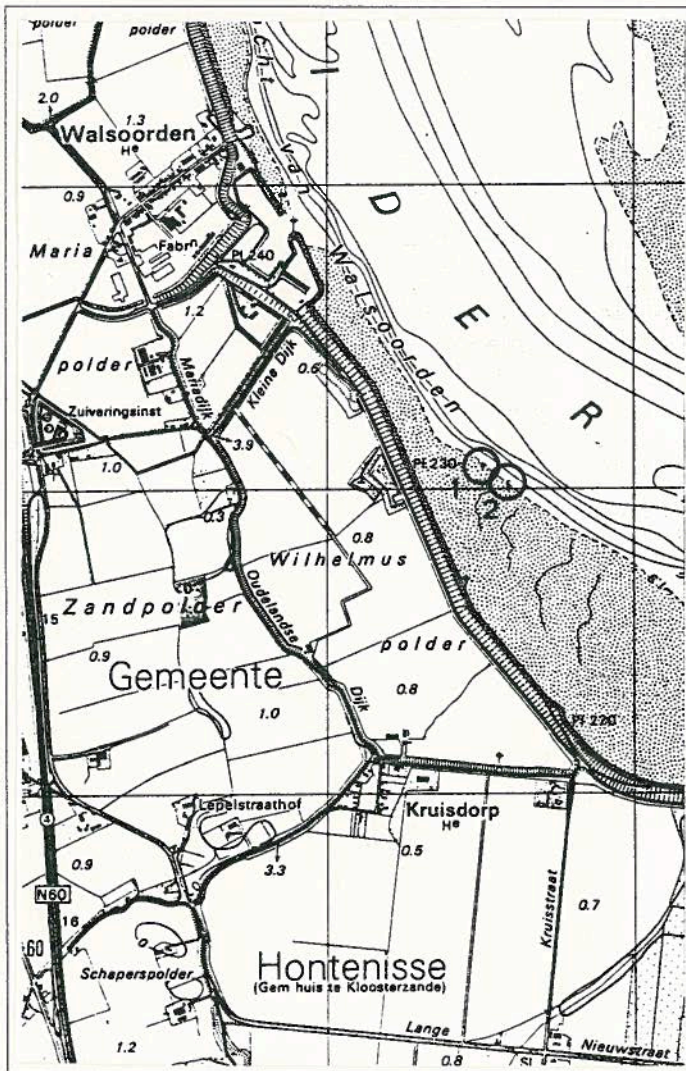


Fig. 2.2. Ligging van de monsterlocaties in het Zuidergat

In Tabel 2.1 wordt deze informatie weergegeven, tezamen met de monstercoördinaten.

De plaatsbepaling geschiedde met dGPS.



De fosforslakken konden worden herkend aan de hand van kleur (grijs) en geur van zwavelwaterstof die vrijkwam bij het breken van dit materiaal. De staalslakken werden gekarakteriseerd door de aanwezigheid van roestplekjes.

De bemonsteringen vonden plaats vanuit een rubberboot die bij de bemonsteringslocaties voor anker ging. De inspectie van de bodem en het verzamelen van materiaal vond plaats door een duiker. Een stand-by duiker bleef in de rubberboot. De duiker daalde af langs een lijn en deponeerde het te verzamelen materiaal in een stalen mand. Deze mand werd door de bemanning van de rubberboot omhoog gehaald. Vanwege het minimale onderwaterzicht maakte de duiker door betasting van de bodem tevens een schatting van de bedekking met hard substraat, substraattipe en grootte.

Tabel 2.1. Geulwandverdediging bij Bath (B) en Zuidergat (Z): monsterlocaties en substraat (type en aanlegdatum)

| Locatie        | B1                                     | B2                                        |
|----------------|----------------------------------------|-------------------------------------------|
|                | 'oost'                                 | 'west'                                    |
| Geografisch    |                                        |                                           |
| N              | 51°23,974'                             | 51°23,878'                                |
| O              | 4°11,025'                              | 4°10,793'                                 |
| RDM            |                                        |                                           |
| N              | 379,540                                | 379,350                                   |
| O              | 71,170                                 | 70,900                                    |
| Boven NAP -5,5 | breuksteen 10-150 mm<br>15-3-'97       | breuksteen 10-150 mm<br>13-3-'97          |
|                | breuksteen 40-200 kg<br>3-6 & 19-6-'97 | breuksteen 40-200 kg<br>21-5 & 13-6-'97   |
| Onder NAP -5,5 | fosforslakken<br>18-11 / 20-11-'96     | breuksteen 10-150 mm<br>09-12 / 11-12-'96 |
|                |                                        | lokaal fosforslakken<br>11-3-'97          |
| Locatie        | Z1                                     | Z2                                        |
|                | 'noordwest'                            | 'zuidoost'                                |
| Geografisch    |                                        |                                           |
| N              | 51°22,568'                             | 51°22,534'                                |
| O              | 4°02,742'                              | 4°02,810'                                 |
| RDM            |                                        |                                           |
| N              | 377,098                                | 377,034                                   |
| O              | 61,508                                 | 61,586                                    |
| Onder NAP 0    | staalslakken<br>11-2 / 4-3-'98         | staalslakken<br>11-2 / 4-3-'98            |

## 2.2 Opnamemethodiek

Bij vergelijkbaar onderzoek in het kader van BIOMON (het programma van Rijkswaterstaat waarbij biologische monitoring van hard substraat wordt verricht) wordt door duikers onder water een schatting gemaakt van de bedekking van de verschillende flora en faunacomponenten, de zg. *Braun-Blanquet opnamen*. Daar waar het onderwaterzicht te slecht is om soorten voldoende te kunnen onderscheiden wordt substraat in de vorm van stenen en oesterschelpen verzameld om de opnamen boven water te maken. Omdat het onderwaterzicht in de Westerschelde minder dan 10 cm was, werd deze laatste methodiek in het kader van dit onderzoek toegepast.

De codering van de klassen die hierbij werd gehanteerd (Tabel 2.2) is afgeleid van die van de schaal van Braun-Blanquet (1964).

Tabel 2.2. Betekenis gehanteerde code Braun-Blanquet (B-B)

| Code<br>B-B | Bedekkingspercentage<br>%                |
|-------------|------------------------------------------|
| r           | < 0,05                                   |
| +           | 0,05 - 0,5                               |
| 1           | 0,5 - 5                                  |
| 2           | 5 - 25                                   |
| 3           | 25 - 50                                  |
| 4           | 50 - 75                                  |
| 5           | 75 - 100                                 |
| o           | bedekking niet bepaald / niet te bepalen |

Bij een hoge bedekking door de Japanse oester (*Crassostrea gigas*) lieten nogal wat individuen los van de ondergrond tijdens het verzamelen. Deze losse individuen werden meegerekend als bijdrage in de bedekking. Bij substraten waarbij slechts een deel boven het zachte substraat uitstak werd alleen de bedekking op dat deel geschat.

## 2.3 Analyse schelpdieren

Het verzamelde materiaal werd binnen 24 uur na verzamelen ingevroren. Monsters van oesters en mosselen werden klaargemaakt door schelpen los te breken / beitelen / trekken van het substraat. Deze monsters werden aangeboden bij TNO Voeding ter analyse.

De zachte delen zijn uit de schelp gehaald en vernalen, waarna de monsters b en e van de locatie Bath (Tabel 3.1) bij elkaar zijn gevoegd omdat de hoeveelheid materiaal niet toereikend was. Vervolgens is een deelmonster gebruikt voor de bepaling van de droge stof (tot constant gewicht bij 105°C).

De monsters zijn ontsloten met salpeterzuur met behulp van een magnetron, volgens TNO voorschrift DAM/LSP/072.

Arseen, antimoon, barium, cadmium, chroom, kobalt, koper, lood, molybdeen, nikkel, seleen, tin, uraan, vanadium en zink zijn in de verkregen oplossingen bepaald met behulp van inductief gekoppeld plasma massaspectrometrie, volgens TNO voorschrift DAS/LSP/067.

Het kwikgehalte is bepaald met behulp van koude damp atomaire fluorescentie spectrometrie volgens TNO voorschrift DAM/LSP/056.

Voor het chloride-, fluoride- en sulfaatgehalte zijn de monsters geëxtraheerd met water en de analyse heeft plaatsgevonden met ionchromatografie, volgens TNO voorschrift AMA/004.

Cyanide is bepaald met behulp van spectrofotometrie volgens TNO voorschrift DANA/LNC/018.



## 3 Resultaten & Discussie

### 3.1 Samenstelling substraat

De monsters werden verzameld tussen 5 en 12 m diepte onder de laagwaterlijn.

Tabel 3.1 geeft een overzicht van de typen monsters die werden verzameld. Voorts geeft de tabel een indruk van het percentage slib en veen zoals dat op de locaties werd aangetroffen.

Tabel 3.1. Bath (B) en Zuidergat (Z), september 1999. Bemonstering en substraatsamenstelling

| locatie | monster | diepte<br>m | type substraat                     | percentage slib<br>% | veen<br>% |
|---------|---------|-------------|------------------------------------|----------------------|-----------|
| B1      | a       | 7,3-7,6     | fosforslakken                      | 65                   |           |
| B1      | b       | 4,5-5,4     | breuksteen (basalt)                | 50                   |           |
| B1      | c       | 9,1-9,7     | fosforslakken                      | 55                   |           |
|         |         | > 10        |                                    | 100                  |           |
| B2      | d       | 8,2-9,4     | breuksteen (basalt) + gruis        | 0                    | 20        |
| B2      | e       | 4,6-6,8     | breuksteen (basalt) (1 fosforslak) | 0                    |           |
| Z2      | a       | 9,1-9,7     | staalslak                          | 25                   |           |
| Z2      | b       | 5,1-6,1     | staalslak                          | 5                    |           |
|         |         | < 5         |                                    | 30                   |           |
|         |         | > 9,7       |                                    | >25                  |           |
| Z1      | c       | 12,5        | staalslak                          | 20                   |           |
| Z1      | d       | 8,2         | staalslak                          | 95                   |           |
| Z1      | e       | 9,1-9,4     | staalslak                          | 50                   |           |

### 3.2 Begroeiing substraat

De meeste substraten waren redelijk begroeid met organismen. Tabel 3.2 geeft een overzicht van de organismen die op de substraten werden aangetroffen met hun bedekking.

#### 3.2.1 Beschrijving begroeiing

##### Bath

Op locatie B1 bestond een groot deel van de bodem uit slib (Tabel 3.1). Bij B2 bestond de ondergrond, afgezien van wat veenbonken, volledig uit gestort materiaal.

Tabel 3.2. Begroeiing geulwandverdediging Westerschelde 1999. % bedekking Bath en Zuidergat. Lage bedekking in de vorm van Braun Blanquet coderingen: r, + en o

|                              |                                 |                                         | Bath |    |     |     |     | Zuidergat |     |    |    |    |
|------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------|------|----|-----|-----|-----|-----------|-----|----|----|----|
|                              |                                 | locatie                                 | B1   | B1 | B1  | B2  | B2  | Z2        | Z2  | Z1 | Z1 | Z1 |
|                              |                                 | monster                                 | a    | b  | c   | d   | e   | a         | b   | c  | d  | e  |
|                              |                                 | diepte onder LW (m)                     | 7,5  | 5  | 9,5 | 9   | 5,5 | 9,5       | 5,5 | 13 | 8  | 9  |
|                              |                                 | substraat (Basalt/Fosforslak/Staalslak) | FF   | B  | FF  | B   | B   | SS        | SS  | SS | SS | SS |
| Hydroiden                    |                                 |                                         | +    | +  | +   | +   | +   | +         | +   |    |    |    |
| Wormen                       |                                 |                                         |      |    |     |     |     |           |     |    |    |    |
| Zeeduizendpoot               | <i>Nereis succinea</i>          |                                         | +    | +  | +   | +   | +   | +         | +   | r  | r  | r  |
|                              | <i>Polydora cf. ciliata</i>     |                                         | +    | +  | +   | +   |     | +         |     | +  |    | +  |
| Tweekleppigen                |                                 |                                         |      |    |     |     |     |           |     |    |    |    |
| Japanse oester               | <i>Crassostrea gigas</i>        | levend                                  |      | 1  | 2   | 0,1 | 1   |           | 2   |    |    | +  |
|                              |                                 | †                                       | 5    | 20 | 15  | 5   | 20  |           |     |    |    |    |
| Mossel                       | <i>Mytilus edulis</i>           |                                         | +    | +  | +   | +   | +   | 90        | 10  | 20 | 10 | 10 |
| Am. boormossel               | <i>Petricola pholadiformis</i>  |                                         |      |    |     |     |     |           |     |    | +  |    |
| Kreeftachtigen               |                                 |                                         |      |    |     |     |     |           |     |    |    |    |
| Brakwaterpok                 | <i>Balanus improvisus</i>       | levend                                  | 10   | 10 | 10  | 30  | 30  | 5         | 30  | 10 | 15 | 15 |
|                              |                                 | †                                       | 30   | 40 | 40  | 10  | 20  |           | 30  | 10 | 15 | 15 |
| Brakwaterkrabbetje           | <i>Rhithropanopeus harrisii</i> |                                         |      | r  |     |     | r   | r         |     |    |    |    |
| Strandkrab                   | <i>Carcinus maenas</i>          |                                         |      |    |     |     |     | r         |     | o  |    |    |
| Vlokkreeftjes                | <i>Corophium lacustre</i>       |                                         | +    | +  | +   | +   | +   |           |     |    |    |    |
|                              | <i>Corophium insidiosum</i>     |                                         |      |    |     |     |     | +         | +   | +  | +  | +  |
|                              | <i>Corophium volutator</i>      |                                         | +    |    |     |     | +   |           | +   |    | +  |    |
|                              | <i>Corophium sp.</i>            |                                         |      |    |     |     |     |           | +   |    |    | +  |
|                              | <i>Gammarus salinus</i>         |                                         |      |    |     |     |     | +         |     |    |    |    |
|                              | <i>Melita palmata</i>           |                                         | +    |    | +   |     | +   | +         | +   |    |    |    |
|                              | <i>Melita nitida</i>            |                                         | +    |    |     |     |     |           |     |    |    |    |
|                              | <i>cf. Parapleustes</i>         |                                         | +    | +  | +   | +   | +   | +         | +   |    |    | +  |
| Mosdiertjes                  |                                 |                                         |      |    |     |     |     |           |     |    |    |    |
| Zeevitrage                   | <i>Conopeum seurati</i>         |                                         | 2    | 2  | 2   | 2   | 5   | 75        | 5   | 10 | 5  | 10 |
| Manteldieren                 |                                 |                                         |      |    |     |     |     |           |     |    |    |    |
| Zeiker                       | <i>Molgula manhattensis</i>     |                                         |      |    | +   |     |     | +         | +   | +  | +  | +  |
| aantal soorten levend        |                                 |                                         | 11   | 10 | 11  | 9   | 11  | 13        | 11  | 8  | 8  | 9  |
| aantal soorten levend totaal |                                 |                                         |      |    | 14  |     |     |           |     | 16 |    |    |



De Brakwaterpok (*Balanus improvisus*) had de grootste bedekking, ongeveer 50%, maar vooral bij locatie B1 was een groot deel daarvan dood. De bedekking door de Japanse oester (*Crassostrea gigas*) varieerde van 5 tot 20%, maar het grootste deel hiervan bestond uit lege schelpen. De enige andere soort met een meer dan marginale bedekking was het korstvormende mosdier *Conopeum seurati*.

In 1998 was bij Bath de bedekking met zeepokken en - in sommige monsters - ook met oesters veel hoger. In de tussentijd moeten dus veel zeepokken en oesters zijn doodgegaan. Een oorzaak hiervoor zou kunnen zijn de sterke sedimentatie die ter plekke had plaatsgevonden. Dit zou kunnen samenhangen met baggerwerkzaamheden in de bovenloop van de Westerschelde (het wegbaggeren van een wrak, pers. meded. Potter). Echter de relatief sterke fluctuaties van het zoutgehalte en de temperatuur die bij Bath sowieso aanwezig zijn kunnen eveneens hebben bijgedragen aan de geconstateerde sterfte.

De Zeeduizendpoot (*Nereis succinea*), een polychaete worm, was een soort die profiteerde van het slib dat tussen de schelpen van de oesters werd aangetroffen.

Het aantal soorten bij Bath bedroeg 14.

### **Zuidergat**

Locatie Z1 lag minder geëxposeerd dan Z2. Bij Z1 was een groot deel van het substraat dan ook bedekt met slib (Tabel 3.1).

Op de geulwandverdediging in het Zuidergat had de Brakwaterpok (*B. improvisus*) in het algemeen een hoge bedekking. Ongeveer de helft van de zeepokken was in leven. De Japanse oester (*C. gigas*) ontbrak hier vrijwel maar de Mossel (*Mytilus edulis*) had juist een hoge bedekking. Het diepe monster op locatie Z2 bevatte zelfs een bedekking van 90%. Omdat het mosdiertje *Conopeum seurati* bij voorkeur op mosselschelpen groeit bereikte deze soort een navenant hoge bedekking.

Het totale aantal soorten op de Zuidergatlocatie bedroeg 16.

### **Karakterisering en nieuwe soorten**

Van de bij Bath en in het Zuidergat gevonden soorten is bekend dat ze onder brakwateromstandigheden kunnen voorkomen. Het gaat daarbij om een totaal andere soorten-samenstelling dan bij de fauna van zachte substraten uit hetzelfde gebied (p. 78 in Vroon *et al.* 1997). De meeste soorten van deze typische hardsubstraatfauna werden in het kader van BIOMON ook al bij Kruiningen - verder stroomafwaarts in de Westerschelde - gevonden (Van Moorsel & Waardenburg 1999b). Een aantal typische brakwateramphipoden, te weten: *Melita nitida*<sup>1</sup>, *Corophium lacustre*, *C. insidiosum* en *C. volutator*, was in 1998 ook al bij Bath aanwezig. Nieuwe amphipoden in 1999 waren *Gammarus salinus* en *Parapleustes* sp. De laatste soort doet denken aan *P. assimilis*, maar dat is echter geen vertegenwoordiger van het brakke water. Uit nader onderzoek zal wellicht blijken dat het hier om een verwante soort gaat die moet worden gekarakteriseerd als immigrant, net als *Melita nitida*. In een MWTL bestand met gegevens van het zachte substraat wordt *P. assimilis* in het najaar van 1991 voor het eerst genoemd voor

---

<sup>1</sup> *Melita nitida* werd in de rapportage over 1998 nog aangeduid als *Melita* sp. Dit blijkt een nieuwe soort voor Europa te zijn. Het betreft waarschijnlijk een immigrant uit Noord Amerika. Hiernaar wordt nog aanvullend onderzoek verricht.

de Westerschelde (meded. Stikvoort, RIKZ). Nader onderzoek zal duidelijk moeten maken of het hier om dezelfde soort handelt. Een andere nieuwe soort in 1999 betrof een juveniel van een boormossel (*Petricola pholadiformis* ).

### 3.2.2 Vergelijking locaties

Zowel het aantal soorten als de soortensamenstelling zijn vergelijkbaar. Opvallend is dat *Corophium lacustre* beperkt blijft tot Bath terwijl *C. insidiosum* alleen in het Zuidergat wordt gevonden. Dit hangt samen met het zoutgehalte: beide slijkgarnalen zijn brakwatersoorten, maar de eerste tolereert vrijwel zoet water. Het meer frequente voorkomen van het zakpijpje *Molgula manhattensis* in het Zuidergat kan waarschijnlijk ook worden toegeschreven aan het wat hogere zoutgehalte op deze locatie. Andere verschillen berusten op te weinig monsters om betrouwbare uitspraken over verschillen tussen de twee locaties te doen.

Het meest opvallende verschil tussen Bath en het Zuidergat betreft de dichtheid van de twee belangrijkste schelpdieren te weten oesters en mosselen. Dit hangt echter niet samen met het zoutgehalte. Van de locatie Kruiningen, verder stroomafwaarts, is namelijk bekend dat de oester daar - evenals bij Bath - de grootste bedekking heeft. Het moment dat het substraat beschikbaar komt kan sterk bepalend zijn voor het beginstadium van de successie. De kans is groot dat er tijdens of vlak na aanleg van de geulwandverdediging in het Zuidergat een concentratie aan mossellarven in het water aanwezig was. Deze hebben het beschikbare substraat in korte tijd gemonopoliseerd, zodat er voor de oester maar weinig mogelijkheden overbleven. Op de wat langere termijn valt echter ook in het Zuidergat te verwachten dat de Japanse oester daar de boventoon gaat voeren. Tijdens de bemonstering werden daar tussen de mosselen vooral jonge oestertjes van enkele centimeters doorsnede gevonden.

Tabel 3.3. Samenstelling substraten (mg/kg)

|    | Kalksteen | Basalt | Fosforslak  | LD-slak   |
|----|-----------|--------|-------------|-----------|
| Al | 33600     | 79400  | 17800       | -         |
| Ca | 304300    | 65000  | 335000      | 321000    |
| Cd |           | 0,2    | 0,1         | <0,1      |
| Cr | 11        | 200    | 35          | 1400      |
| Cu | 4         | 100    | 4,2         | 16        |
| Fe | 3500      | 90840  | 1020        | 72000     |
| Mn | 387       | 1549   | 150         | 50000     |
| Ni | 20        | 150    | 10          | 8         |
| Pb | 9         | 5      | 7           | <0,4      |
| U  | 2,2       | 0,6    | 128         | -         |
| V  |           |        |             | 4000-5000 |
| Zn | 20        | 100    | 16          | 14        |
| F  | ?         | ?      | 14000-23000 |           |

gegevens metalen: Jonkers (1987), fluor: CUR (1994)

In 1984 werd de locatie Zimmermanpolder, 3 km ten westen van de huidige Bath locatie, bemonsterd (Waardenburg *et al.* 1984). Een belangrijk verschil met de huidige toestand vormt het destijds ontbreken van de Japanse oester, maar deze soort is pas sinds het begin van de jaren negentig algemeen geworden in de Westerschelde (Van Moorsel 1996).

### **3.2.3 Vergelijking substraten**

Alleen bij Bath kan een vergelijking worden gemaakt tussen twee substraten: breuksteen (basalt) en fosforslakken. Zowel het aantal soorten als de soortensamenstelling zijn vergelijkbaar. Het percentage levende zeepokken op de basaltblokken van B2 is wat hoger dan op de fosforslakken van B1, maar dit is waarschijnlijk een locatie-effect. Het basaltmonster b bij B1 heeft namelijk ook een laag percentage levende zeepokken. Ook in 1998 bleek er weinig verschil te bestaan in de aangroei tussen breuksteen en fosforslakken (Van Moorsel & Waardenburg 1999a). Een probleem vormt echter het voorkomen van beide substraattypen op zowel locatie B1 als B2 waardoor niet kan worden uitgesloten dat verontreinigingen afkomstig zijn van een andere steensoort dan van het substraat waarvan het organisme afkomstig is.

In het Zuidergat kan geen vergelijking worden gemaakt tussen staalslakken en een controlesubstraat. Wel kan worden geconstateerd dat er qua soortensamenstelling maar weinig verschillen zijn tussen Bath en het Zuidergat. In § 3.2.2 is al een verklaring gegeven voor het grootste verschil tussen Bath en het Zuidergat, te weten de hoge mosselbedekking op de laatste locatie. Gesuggereerd wordt dat dit verschil samenhangt met het kolonisatieproces. Toch kan niet worden uitgesloten dat er een relatie is met het gebruikte substraat. Hierover zal meer duidelijk worden als in de toekomst meer gegevens beschikbaar komen over de aangroei van staalslakken.

## **3.3 Gehalten zware metalen en andere stoffen**

### **3.3.1 Concentraties in het substraat**

Alvorens de metaalgehalten in organismen te kunnen interpreteren dient iets bekend te zijn over de metaalgehalten van de substraten waarvan deze organismen zijn verzameld. Tabel 3.3 bevat een overzicht van de metaalgehalten in basalt en fosforslakken en LD slakken, een soort staalslakken. Ter vergelijking is in Tabel 3.3 ook kalksteen opgevoerd. Voor een overzicht van materiaalkundige, milieu-, ecologische en andere aspecten van deze materialen wordt verwezen naar Bijlage II in Van Moorsel (1996).

De gehalten in het substraat hebben overigens slechts een beperkte waarde als maat voor de invloed op het milieu; minstens zo belangrijk is het om te weten hoeveel van deze stoffen per tijdseenheid in het betreffende milieu uitlogen.

#### **Basalt**

Hoewel basalt als controle werd beschouwd komen bepaalde metalen, zoals chroom en koper en zink, daarin toch in relatief hoge concentraties voor.



### **Fosforslakken**

Fosforslakken bevatten een hoog fluorgehalte: van 14 tot 23 g/kg. In een overzicht van materialen die worden toegepast in oeververdedigingen (CUR 1994) wordt bij de milieuaspecten dan ook met name gewezen op de afgifte van fluoride (Bijlage 2 in Van Moorsel 1996). Daarnaast bevatten fosforslakken hoge gehalten aan fosfor en zwavel. Qua metalen wordt alleen een hoog uraniumgehalte genoemd (Tabel 3.3). De radioactiviteit van fosforslakken ligt overigens in dezelfde orde van grootte als de natuurlijke achtergrondstraling (Jonkers 1987). In uitloogexperimenten (Van der Sloot *et al.* 1986) bleken fosforslakken nauwelijks meetbare hoeveelheden metalen af te geven. De toepassing in zeewater wordt ingegeven doordat daarin minder fluor en uranium wordt afgegeven dan in zoet water (voor sulfaat en zink werd een opname vanuit zeewater in de fosforslak gemeten). In aquaria met fosforslakken werd dan ook geen verhoging van metalen bij de Mossel (*Mytilus edulis*) gevonden (Jonkers 1987).

Het lag dan ook voor de hand dat schelpdieren op fosforslakken geen verhoogde metaalgehalten zouden vertonen ten opzichte van dieren afkomstig van basalt.

### **Staalslak (LD slak)**

De samenstelling van staalslakken is afhankelijk van het productieproces waarvan de slakken het restproduct vormen. LD slakken zijn staalslakken die vrijkomen bij de staalproductie volgens het Linz-Donawitz proces. Met name de hoge concentraties chroom (0,8-3,78 g/kg) en vanadium 4-5 g/kg moeten worden genoemd.

## **3.3.1 Selectie monsters**

De enige soorten die in voldoende hoge dichtheden voorkwamen om aan een analyse van zware metalen en andere stoffen onderworpen te worden waren Mosselen en Japanse oesters.

Het directe contact tussen schelpdieren en substraat verloopt bij oesters via de schelp en bij mosselen via byssusdraden. Daardoor zijn de weke delen goed geïsoleerd van het substraat en kunnen deze bij de analyse eenvoudig uit de schelp worden verwijderd zonder risico op vervuiling van het monster door achtergebleven substraatresten.

### **Bath**

Door de geringe dichtheid aan oesters moest voor breuksteen (basalt) een mengmonster worden samengesteld uit de monsters b en e. De oesters van fosforslakken waren afkomstig uit monster c (*cf.* Tabel 3.1).

### **Zuidergat**

Hier werden twee monsters mosselen samengesteld, beide afkomstig van locatie Z2: ondiep (monster b) en diep (monster a).

In Tabel 3.4 staan de resultaten van de gehalten van de diverse stoffen op basis van drooggewicht die in het schelpdiervlees werden bepaald (bepaling TNO-Voeding). Duplowaarden (Bijlage 4) bleken goed met elkaar in overeenstemming te zijn. Gegevens op basis van natgewicht en een vergelijking met de gegevens uit 1998 staan in Bijlage 5.

### 3.3.2 Concentraties in oesters van fosforslakken en basalt

#### Vergelijking fosforslakken en basalt

Voor de meeste stoffen is er een goede overeenkomst tussen de gehalten in oesters die afkomstig zijn van basalt en van fosforslakken. De metaalgehalten in oesters van fosforslakken liggen gemiddeld 46 % hoger dan in oesters die afkomstig zijn van basalt. Het percentage droge stof was in de oesters van basalt echter 47 % hoger dan in oesters van fosforslakken zodat een groot deel van dit verschil mogelijk hieraan is toe te schrijven. Het grootste verschil wordt gevonden bij uranium: het uraangehalte in oesters van fosforslakken is 72% hoger dan in oesters van basalt. Ten opzichte van de gemiddelde verhoging bij alle metalen is dit weliswaar een bescheiden verschil, maar het zou verband kunnen houden met het hoge uraniumgehalte in fosforslakken (Tabel 3.3).

Tabel 3.4. Bath en Zuidergat 1999. Gehalten van metalen en andere stoffen in vlees van de Japanse oester (*Crassostrea gigas*) en Mossel (*Mytilus edulis*) in µg per g drooggewicht. Bepaling TNO Voeding.

| soort                         |           | oester | oester     | mossel    | mossel    | Analysemethode               |
|-------------------------------|-----------|--------|------------|-----------|-----------|------------------------------|
| locatie                       |           | B1+B2  | B1         | Z2        | Z2        |                              |
| monster                       |           | b + e  | c          | b         | a         |                              |
| diepte (m)                    |           | 5      | 9,5        | 5,5       | 9,5       |                              |
| substraat                     |           | Basalt | Fosforslak | Staalslak | Staalslak |                              |
| As                            | Arseen    | 13,6   | 22         | 10,9      | 13,3      | Ind. plasma msm. DAS/LSP/067 |
| Ba                            | Barium    | 6,1    | 9,1        | 9,4       | 12,5      | Ind. plasma msm. DAS/LSP/067 |
| Cd                            | Cadmium   | 22     | 32         | 7,3       | 6,0       | Ind. plasma msm. DAS/LSP/067 |
| Co                            | Kobalt    | 2,2    | 2,6        | 2,9       | 3,1       | Ind. plasma msm. DAS/LSP/067 |
| Cr                            | Chroom    | 53     | 67         | 101       | 130       | Ind. plasma msm. DAS/LSP/067 |
| Cu                            | Koper     | 364    | 588        | 17,0      | 14,8      | Ind. plasma msm. DAS/LSP/067 |
| Hg                            | Kwik      | 0,19   | 0,25       | 0,30      | 0,22      | koude damptechn. DAM/LSP/067 |
| Mo                            | Molybdeen | 2,3    | 2,9        | 3,4       | 4,7       | Ind. plasma msm. DAS/LSP/067 |
| Ni                            | Nikkel    | 35     | 42         | 75        | 87        | Ind. plasma msm. DAS/LSP/067 |
| Pb                            | Lood      | 6,1    | 9,4        | 7,4       | 8,9       | Ind. plasma msm. DAS/LSP/067 |
| Sb                            | Antimoon  | < 0,3  | < 0,5      | < 0,3     | < 0,3     | Ind. plasma msm. DAS/LSP/067 |
| Se                            | Seleen    | 14     | 22         | 19,6      | 15,6      | Ind. plasma msm. DAS/LSP/067 |
| Sn                            | Tin       | 1,22   | 1,78       | 1,94      | 1,68      | Ind. plasma msm. DAS/LSP/067 |
| U                             | Uranium   | 0,18   | 0,31       | 0,2       | 0,45      | Ind. plasma msm. DAS/LSP/067 |
| V                             | Vanadium  | 3,5    | 5,4        | 8,2       | 11,8      | Ind. plasma msm. DAS/LSP/067 |
| Zn                            | Zink      | 5416   | 8095       | 270       | 197       | Ind. plasma msm. DAS/LSP/067 |
| Cl-                           | Chloride  | 43500  | 67000      | 17500     | 55500     | ionchrom.AMA/004             |
| CN-                           | Cyanide   | 0,86   | 1,27       | 3,2       | 0,84      | Spectr.fot. DANA/LNC/018     |
| F-                            | Fluoride  | 1830   | 2295       | 27        | 34        | ionchrom.AMA/004             |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | Sulfaat   | 6700   | 9800       | 2500      | 8600      | ionchrom.AMA/004             |
| %droge stof (%)               |           | 11,6   | 7,9        | 12,6      | 11,9      |                              |

Tabel. 3.5. Gehaltes metalen in Oesters (*Crassostrea gigas* en *C. virginica*) en Mossel (*Mytilus edulis*). Vergelijking met literatuurgegevens

| metaal  | soort                        | locatie                              | concentratie<br>µg/g dw    | referentie             | opmerking                                                                                          |
|---------|------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Koper   | <i>Crassostrea gigas</i>     | Westerschelde, Fosforslak - Basalt   | 480 - 425<br>588 - 364     | Bath 1998<br>Bath 1999 | "black-foot" disease area<br>1986: 'Green oyster' incident<br>vervuild estuarium<br>controlegebied |
|         |                              | Putai, Taiwan                        | 376                        | Han et al. 1997        |                                                                                                    |
|         |                              | Charting, Taiwan                     | 4400                       | Lee et al. 1996        |                                                                                                    |
|         |                              | Charting, Taiwan                     | 399                        | Lee et al. 1996        |                                                                                                    |
|         |                              | D.P. Wan, Taiwan                     | 49                         | Lee et al. 1996        |                                                                                                    |
|         |                              | Marennes Fankrijk e.a.               | 150-290                    | RNO 1993               |                                                                                                    |
|         |                              | Gironde Fankrijk                     | ~300 - ~2000               | Mouneyrac et al. 1998  |                                                                                                    |
|         | <i>Crassostrea virginica</i> | Potomac, Chesapeake Bay              | 800                        | Daskalakis 1996        |                                                                                                    |
|         |                              | Pascagoula R. - Twin Island          | 176 - 95                   | Lytle & Lytle 1990     |                                                                                                    |
|         |                              | St. Louis Bay                        | 227                        | Lytle & Lytle 1990     |                                                                                                    |
|         | <i>Mytilus edulis</i>        | Westerschelde, Staalslak 5,5 - 9,5 m | 17,0 - 14,8                | Zuidergat 1999         |                                                                                                    |
|         |                              | Westerschelde, MWTL                  | 10,1 - 13                  | Hoedekenskerke 1998    |                                                                                                    |
|         |                              | Kats, Oosterschelde                  | 5,7-18,4                   | Jonkers 1987           |                                                                                                    |
| Cadmium | <i>Crassostrea gigas</i>     | Westerschelde, Fosforslak - Basalt   | 42 - 42<br>32 - 22         | Bath 1998<br>Bath 1999 | vervuild estuarium<br>controlegebied<br>hoogste Cd conc. in Frankrijk                              |
|         |                              | Charting, Taiwan                     | 1,4                        | Lee et al. 1997        |                                                                                                    |
|         |                              | D.P. Wan, Taiwan                     | 1,0                        | Lee et al. 1998        |                                                                                                    |
|         |                              | Marennes Fankrijk e.a.               | 3-6,5                      | RNO 1993               |                                                                                                    |
|         |                              | Gironde Fankrijk                     | ~7,5 - ~30                 | Mouneyrac et al. 1998  |                                                                                                    |
|         |                              |                                      |                            |                        |                                                                                                    |
|         | <i>Crassostrea virginica</i> | Potomac, Chesapeake Bay              | 10                         | Daskalakis 1996        |                                                                                                    |
|         |                              | Pascagoula R. - Twin Island          | 7,6 - 8,8                  | Lytle & Lytle 1990     |                                                                                                    |
|         |                              | St. Louis Bay                        | 13                         | Lytle & Lytle 1990     |                                                                                                    |
|         | <i>Mytilus edulis</i>        | Westerschelde, Staalslak 5,5 - 9,5 m | 7,3 - 6,0                  | Zuidergat 1999         |                                                                                                    |
|         |                              | Westerschelde, MWTL                  | 3,6 - 5,9                  | Hoedekenskerke 1998    |                                                                                                    |
|         |                              | Kats, Oosterschelde                  | 0,34-0,57                  | Jonkers 1987           |                                                                                                    |
| Zink    | <i>Crassostrea gigas</i>     | Westerschelde, Fosforslak - Basalt   | 8100 - 7350<br>8095 - 5416 | Bath 1998<br>Bath 1999 | vervuild estuarium<br>controlegebied                                                               |
|         |                              | Putai, Taiwan                        | 615                        | Han et al. 1997        |                                                                                                    |
|         |                              | Charting, Taiwan                     | 1271                       | Lee et al. 1996        |                                                                                                    |
|         |                              | D.P. Wan, Taiwan                     | 531                        | Lee et al. 1996        |                                                                                                    |
|         |                              | Marennes Fankrijk e.a.               | 2400-2800                  | RNO 1993               |                                                                                                    |
|         |                              | Gironde Fankrijk                     | ~1000--5000                | Mouneyrac et al. 1998  |                                                                                                    |
|         |                              |                                      |                            |                        |                                                                                                    |
|         | <i>Crassostrea virginica</i> | Potomac, Chesapeake Bay              | 8100                       | Daskalakis 1996        |                                                                                                    |
|         |                              | Pascagoula R. - Twin Island          | 5040 - 3650                | Lytle & Lytle 1990     |                                                                                                    |
|         |                              | St. Louis Bay                        | 2770                       | Lytle & Lytle 1990     |                                                                                                    |
|         | <i>Mytilus edulis</i>        | Westerschelde, Staalslak 5,5 - 9,5 m | 270 - 197                  | Zuidergat 1999         |                                                                                                    |
|         |                              | Westerschelde, MWTL                  | 211 - 277                  | Hoedekenskerke 1998    |                                                                                                    |
|         |                              | Kats, Oosterschelde                  | 104-147                    | Jonkers 1987           |                                                                                                    |
| Nikkel  | <i>Crassostrea gigas</i>     | Westerschelde, Fosforslak - Basalt   | 125 - 100<br>42 - 35       | Bath 1998<br>Bath 1999 | vervuild estuarium<br>controlegebied                                                               |
|         |                              | Charting, Taiwan                     | 7,3                        | Lee et al. 1999        |                                                                                                    |
|         |                              | D.P. Wan, Taiwan                     | 9,3                        | Lee et al. 2000        |                                                                                                    |
|         |                              |                                      |                            |                        |                                                                                                    |
|         | <i>Crassostrea virginica</i> | Potomac, Chesapeake Bay              | 2,4                        | Daskalakis 1996        |                                                                                                    |
|         |                              | Pascagoula R. - Twin Island          | 23 - 30                    | Lytle & Lytle 1990     |                                                                                                    |
|         |                              | St. Louis Bay                        | 10                         | Lytle & Lytle 1990     |                                                                                                    |
|         | <i>Mytilus edulis</i>        | Westerschelde, Staalslak 5,5 - 9,5 m | 75 - 87                    | Zuidergat 1999         |                                                                                                    |
|         |                              | Westerschelde, MWTL                  | 3,6 - 5,5                  | Hoedekenskerke 1998    |                                                                                                    |
|         |                              | Kats, Oosterschelde                  | 4,1 - 17,0                 | Jonkers 1987           |                                                                                                    |
|         |                              |                                      |                            |                        |                                                                                                    |
| Lood    | <i>Crassostrea gigas</i>     | Westerschelde, Fosforslak - Basalt   | 7 - 5,5<br>9,4 - 6,1       | Bath 1998<br>Bath 1999 |                                                                                                    |
|         |                              | Marennes Fankrijk e.a.               | 1,5-1,8                    | RNO 1993               |                                                                                                    |
|         |                              |                                      |                            |                        |                                                                                                    |
|         | <i>Crassostrea virginica</i> | Potomac, Chesapeake Bay              | 0,12                       | Daskalakis 1996        |                                                                                                    |
|         |                              | Pascagoula R. - Twin Island          | 40 - <4,4                  | Lytle & Lytle 1990     |                                                                                                    |
|         |                              | St. Louis Bay                        | <4,4                       | Lytle & Lytle 1990     |                                                                                                    |
|         | <i>Mytilus edulis</i>        | Westerschelde, Staalslak 5,5 - 9,5 m | 7,4 - 8,9                  | Zuidergat 1999         |                                                                                                    |
|         |                              | Westerschelde, MWTL                  | 3,7 - 4,5                  | Hoedekenskerke 1998    |                                                                                                    |
|         |                              | Kats, Oosterschelde                  | 2,0-3,1                    | Jonkers 1987           |                                                                                                    |
|         |                              |                                      |                            |                        |                                                                                                    |

Tabel. 3.5. Gehaltes metalen in Oesters (*Crassostrea gigas* en *C. virginica*) en Mossel (*Mytilus edulis*). Vergelijking met literatuurgegevens

| metaal           | soort                        | locatie                                                                            | concentratie<br>µg/g dw         | referentie                                                  | opmerking |
|------------------|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Chroom</b>    | <i>Crassostrea gigas</i>     | Westerschelde, Fosforslak - Basalt                                                 | 185 - 125<br>67 - 53            | Bath 1998<br>Bath 1999                                      |           |
|                  | <i>Crassostrea virginica</i> | Pascagoula R. - Twin Island<br>St. Louis Bay                                       | <1,3 - <1,3<br><1,3             | Lytle & Lytle 1990<br>Lytle & Lytle 1990                    |           |
|                  | <i>Mytilus edulis</i>        | Westerschelde, Staalslak 5,5 - 9,5 m<br>Westerschelde, MWTL<br>Kats, Oosterschelde | 101 - 130<br>1,9 - 3,9<br>0,3-3 | Zuidergat 1999<br>Hoedekenskerke 1998<br>Jonkers 1987       |           |
| <b>Kobalt</b>    | <i>Crassostrea gigas</i>     | Westerschelde, Fosforslak - Basalt                                                 | 0,8 - 1,0<br>2,6 - 2,2          | Bath 1998<br>Bath 1999                                      |           |
|                  | <i>Crassostrea virginica</i> | Pascagoula R. - Twin Island<br>St. Louis Bay                                       | <3,2 - <3,2<br>2,1              | Lytle & Lytle 1990<br>Lytle & Lytle 1990                    |           |
|                  | <i>Mytilus edulis</i>        | Westerschelde, Staalslak 5,5 - 9,5 m                                               | 2,9 - 3,1                       | Zuidergat 1999                                              |           |
| <b>Kwik</b>      | <i>Crassostrea gigas</i>     | Westerschelde, Fosforslak - Basalt                                                 | 0,5 - 0,4<br>0,25 - 0,19        | Bath 1998<br>Bath 1999                                      |           |
|                  | <i>Crassostrea virginica</i> | Pascagoula R. - Twin Island<br>St. Louis Bay                                       | <0,13 - <0,13<br><0,13          | Lytle & Lytle 1990<br>Lytle & Lytle 1990                    |           |
|                  | <i>Mytilus edulis</i>        | Westerschelde, Staalslak 5,5 - 9,5 m<br>Westerschelde, MWTL                        | 0,19 - 0,25<br>0,2 - 0,3        | Zuidergat 1999<br>Hoedekenskerke 1998                       |           |
| <b>Molybdeen</b> | <i>Crassostrea gigas</i>     | Westerschelde, Fosforslak - Basalt                                                 | 3,5 - 3,5<br>2,9 - 2,3          | Bath 1998<br>Bath 1999                                      |           |
|                  | <i>Crassostrea virginica</i> | Pascagoula R. - Twin Island<br>St. Louis Bay                                       | <1,9 - <1,9<br><1,9             | Lytle & Lytle 1990<br>Lytle & Lytle 1990                    |           |
|                  | <i>Mytilus edulis</i>        | Westerschelde, Staalslak 5,5 - 9,5 m                                               | 3,4 - 4,7                       | Zuidergat 1999                                              |           |
| <b>Vanadium</b>  | <i>Crassostrea gigas</i>     | Westerschelde, Fosforslak - Basalt                                                 | 10 - 7<br>5,4 - 3,5             | Bath 1998<br>Bath 1999                                      |           |
|                  | <i>Crassostrea virginica</i> | Pascagoula R. - Twin Island<br>St. Louis Bay                                       | <5,7 - <5,7<br><5,7             | Lytle & Lytle 1990<br>Lytle & Lytle 1990                    |           |
|                  | <i>Mytilus edulis</i>        | Westerschelde, Staalslak 5,5 - 9,5 m                                               | 8,2 - 11,8                      | Zuidergat 1999                                              |           |
| <b>Arseen</b>    | <i>Crassostrea gigas</i>     | Westerschelde, Fosforslak - Basalt                                                 | 4 - 3<br>22 - 13,6              | Bath 1998<br>Bath 1999                                      |           |
|                  | <i>Mytilus edulis</i>        | Westerschelde, Staalslak 5,5 - 9,5 m<br>Westerschelde, MWTL                        | 10,9 - 13,3<br>5,7 - 9,7        | Zuidergat 1999<br>Hoedekenskerke 1998                       |           |
| <b>Mangaan</b>   | <i>Crassostrea virginica</i> | Pascagoula R. - Twin Island<br>St. Louis Bay                                       | 35 - 50<br>34                   | Lytle & Lytle 1990<br>Lytle & Lytle 1990                    |           |
|                  | <i>Mytilus edulis</i>        | Kats, Oosterschelde                                                                | 12-22                           | Jonkers 1987                                                |           |
| <b>IJzer</b>     | <i>Crassostrea virginica</i> | Potomac, Chesapeake Bay<br>Pascagoula R. - Twin Island<br>St. Louis Bay            | 185<br>630 - 882<br>340         | Daskalakis 1996<br>Lytle & Lytle 1990<br>Lytle & Lytle 1990 |           |
|                  | <i>Mytilus edulis</i>        | Kats, Oosterschelde                                                                | 247-547                         | Jonkers 1987                                                |           |
| <b>Aluminium</b> | <i>Crassostrea virginica</i> | Pascagoula R. - Twin Island<br>St. Louis Bay                                       | 246 - 473<br>82                 | Lytle & Lytle 1990<br>Lytle & Lytle 1990                    |           |
|                  | <i>Mytilus edulis</i>        | Kats, Oosterschelde                                                                | 257-498                         | Jonkers 1987                                                |           |

Conversie natgewicht naar drooggewicht:

Lytle &amp; Lytle 1990: DG = 15,8%

Mouneyrac et al. 1998: DG = 15,8%

Gehaltes Mouneyrac et al 1998: onoplosbaar + opgelost, range uit Fig. 5



## Intermezzo

### Reactie van organismen op metalen

Essentiële zware metalen zoals ijzer, kobalt, koper, mangaan en zink kunnen in hogere organismen tot op zekere hoogte goed gereguleerd worden (lood, cadmium en kwik zijn voorbeelden van niet-essentiële metalen). Naast concentratieafhankelijke excretie kunnen metalen ook inter- dan wel intra-cellulair worden opgeslagen. De gehalten die in de organismen worden aangetroffen kunnen afhankelijk zijn van de concentratie, maar ook van de vorm waarin ze in het zeewater beschikbaar zijn. Zo maakt het nogal wat uit of de metalen al of niet gebonden zijn aan een organische stof.

Beeby (1993) beschrijft de reactie van de Mossel (*Mytilus edulis*) op een toename van een metaalconcentratie zoals koper in het milieu. Waarschijnlijk verloopt dit proces bij oesters vergelijkbaar.

In eerste instantie neemt de koperconcentratie in het bloed (de haemolymfe) toe. Als reactie begint de mossel in de cel metallothioneïnen (MTn) te produceren. Dit zijn eiwitten die bescherming bieden tegen metaaltoxiciteit, door metalen zoals koper, zink en cadmium te binden. Als de koperconcentratie verder stijgt wordt er onvoldoende MT aangemaakt en ontstaan er vrije koperionen in de cel, die interfereren met de functie van allerlei eiwitten zoals enzymen. Via een aantasting van de lysosomen ontstaat er uiteindelijk een versnelde turnover van eiwitten. Dit kan zoveel energie vergen dat dit negatieve gevolgen heeft voor processen zoals groei en voortplanting.

Door de regulatiemechanismen zijn schelpdieren bij lage verontreinigingen minder geschikt als indicator van met name de essentiële metalen. In sterk verontreinigde gebieden kunnen metaal-metaal interacties bovendien voor problemen zorgen (Jonkers 1987). Zo induceert cadmium de productie van proteïnen die aan koper binden. Een hoog cadmiumgehalte kan zodoende leiden tot accumulatie van koper (Lytle & Lytle 1990). Ook is aangetoond dat cadmium en kwik de plaats van zink op het metallothioneïne in kunnen nemen (Mouneyrac *et al.* 1998). Het is dus onwaarschijnlijk dat er rechtlijnige verbanden zijn tussen de metaalconcentraties in het milieu en in organismen. Niettemin mag worden aangenomen dat een hogere concentratie in het milieu in grote lijnen samengaat met een hogere concentratie in organismen.

### Verdeling in de weefsels

Ferreira *et al.* (1990) onderzochten waar de verschillende metalen in de Portugese oester (*C. angulata*) terechtwamen. Cadmium, nikkel, zink, koper en mangaan bleken sterk geassocieerd met de mantel en kieuwen en de accumulatie ervan leek sterk te worden beïnvloed door veranderingen in het metabolisme van de oester. De verdeling van lood en chroom daarentegen was sterk gerelateerd aan veranderingen in het milieu. Amiard & Berthet (1996) vonden de hoogste koper- en zinkconcentraties in kieuwen en palpen. Cadmium en lood waren sterker vertegenwoordigd in de viscerele massa.



### Vergelijking 1998 en 1999

In 1998 werden verhoogde gehalten bij fosforslakken vooral gevonden bij fluoride (factor 11) en in mindere mate bij tin (factor 3,5). Het vermoeden rees daarbij dat fluoride zo hoog scoorde door het hoge fluorgehalte van fosforslakken (§3.3.4). In 1999 is het fluorgehalte in oesters van basalt en fosforslakken echter vergelijkbaar, maar wel extreem veel hoger dan in 1998 (Bijlage 5). Bij TNO Voeding is nog navraag gedaan naar dit hoge fluorgehalte, maar daar kon deze concentratie alleen maar worden bevestigd.

### Vergelijking met de literatuur

In Tabel 3.5 worden gegevens over metaalgehalten in de oesters in de Westerschelde vergeleken met literatuurgegevens. In de literatuur worden metaalconcentraties zowel aangegeven als  $\mu\text{g/g}$  drooggewicht als als  $\mu\text{g/g}$  natgewicht. Teneinde een goede vergelijking met literatuurwaarden mogelijk te maken werden in Tabel 3.5 alle waarden zo goed mogelijk omgezet naar gehalten op basis van drooggewicht.

Diverse publicaties melden metaalgehalten in oesters, waaronder ook de Japanse oester (*Crassostrea gigas*). Daarnaast zijn er gegevens over andere oestersoorten uit het geslacht *Crassostrea* zoals de Portugese oester (*Crassostrea angulata*)<sup>2</sup>. Een andere soort die in gematigde wateren gedijt zoals langs de Atlantische kust van Noord Amerika is *Crassostrea virginica*. De reactie van deze soorten op metalen is waarschijnlijk vergelijkbaar.

De kopergehalten in de oesters zijn niet extreem hoog, maar wel typisch voor vervuilde estuaria. In een (relatief) schoon controlegebied kan de koperconcentratie zeker tien keer lager zijn.

De cadmiumconcentratie in de oesters is hoger dan de hoogste gehalten die elders worden aangetroffen.

Opvallend is ook het hoge zinkgehalte, even hoog als de hoogste gehalten die elders in vervuilde estuaria worden gevonden. In het Intermezzo wordt ingegaan op de relatie tussen cadmium en zink. Het is waarschijnlijk dat de cadmiumgehalten zó hoog zijn dat de oesters niet meer in staat zijn om hun zinkgehalten goed te reguleren.

Ook voor nikkel en lood worden hoge gehalten gevonden ten opzichte van andere studies. Voor de overige metalen is het aantal onderzochte referenties te klein om daar goede uitspraken over te doen, maar met name chroom is extreem veel hoger dan de waarden zoals vermeld in Lytle & Lytle (1990).

Basalt en fosforslakken bevatten geen extreem hoge metaalgehalten. Toch hebben de oesters voor een flink aantal metalen wel hoge concentraties. Dit is waarschijnlijk het gevolg zijn van opname uit de waterfase. Als zodanig vormen de oesters een afspiegeling van de vervuiling van de Westerschelde. Het effect van vervuiling op oesters maakt weliswaar geen deel uit van de vraagstelling, maar toch is het nodig hier meer over aan

---

<sup>2</sup> Er zijn sterke aanwijzingen dat het bij de Portugese en Japanse oester in feite om dezelfde soort gaat. Het zou bij *C. angulata* gaan om exemplaren die in vroeger tijden door de Portugezen uit Azië zouden zijn geïmporteerd terwijl *C. gigas* hier meer recent terecht is gekomen.

de weet te komen. Enerzijds om na te gaan welke metaalconcentraties nog door oesters wordt getolereerd. Anderzijds om de in 1998 en 1999 gevonden waarden als referentie te kunnen gebruiken voor oesters die zich op metaalslakken vestigen. Tot nu toe zijn er nog geen noemenswaardige aantallen oesters van metaalslakken verzameld.

In het intermezzo (p. 28) wordt enige achtergrondinformatie gegeven over het mechanisme van de accumulatie van metalen bij weekdieren. Voor wat betreft oesters wordt hieronder nadere informatie verschaft over accumulatie, relatie met de saliniteit en seizoenfluctuaties. Vanuit deze achtergrond kan vervolgens een vergelijking worden gemaakt van de gevonden metaalgehalten met die uit schelpdieren van andere locaties.

*Accumulatie.* Er zijn diverse aanwijzingen dat *C. gigas* relatief hoge metaalgehalten kan bevatten. Met name koper en zink worden vaak genoemd als de metalen waarvoor oesters een uitgesproken voorkeur hebben om deze uit het water te accumuleren (Lytle & Lytle 1990). Rodriguez-Ariza *et al.* (1992) vonden aan de Atlantische kust van Spanje concentraties die 5 - 20 maal hoger waren dan bij twee andere soorten tweekleppigen. Ook Han *et al.* (1997) vonden bij *C. gigas* de hoogste metaalgehalten. In vergelijking met andere weekdieren en platvissen was de zinkconcentratie een factor 1,7 - 208 hoger en die van koper een factor 1,8-375.

Presley *et al.* (1990) onderzochten *C. virginica* langs de kust van de Golf van Mexico. Lokaal werden in de oesters verrijkingen van metalen gevonden en daarbij vielen inter-element correlaties op: verhogingen die meestal bij drie of vier verschillende elementen tegelijk optraden. De combinatie die het meest optrad was een verhoging van zilver, cadmium, koper en zink. Overigens bleek er een slechte correlatie te zijn tussen de metaalgehalten in oesters en de gehalten in het sediment van de verzamellocaties.

*Relatie met saliniteit.* Koper en Zink worden geaccumuleerd in speciale cellen, de zg. amoebocyten. Amiard-Triquet *et al.* (1991) vonden onder brakke omstandigheden een verhoogd aantal amoebocyten en een relatief sterke accumulatie van koper, zink en zilver in oesters (*C. gigas*). Recent hebben Mouneyrac *et al.* (1998) de negatieve relatie tussen zoutgehalte en zware metalen concentraties bevestigd. Zij stelden daarbij echter tevens vast dat deze relatie is terug te voeren op een lichaamsgrootte effect: In een brak milieu blijven oesters klein en kleine oesters hebben hogere gehalten zware metalen dan grote exemplaren.

*Seizoenfluctuatie.* Amiard & Berthet (1996) vonden dat de toename van het lichaamsgewicht tijdens het late najaar en vroege zomer gepaard ging met een afname van de cadmium-, koper-, zink- en loodconcentratie.

### 3.3.3 Concentraties in mosselen van staalslakken

#### Vergelijking dieptes

De concentraties metalen in mosselen afkomstig van beide dieptes in het Zuidergat verschillen onderling weinig (Tabel 3.4). Het grootste verschil wordt gevonden bij uranium: in de mosselen van 9,5 m diepte was de uraanconcentratie ruim twee maal zo hoog als in mosselen van 5,5 m diepte.

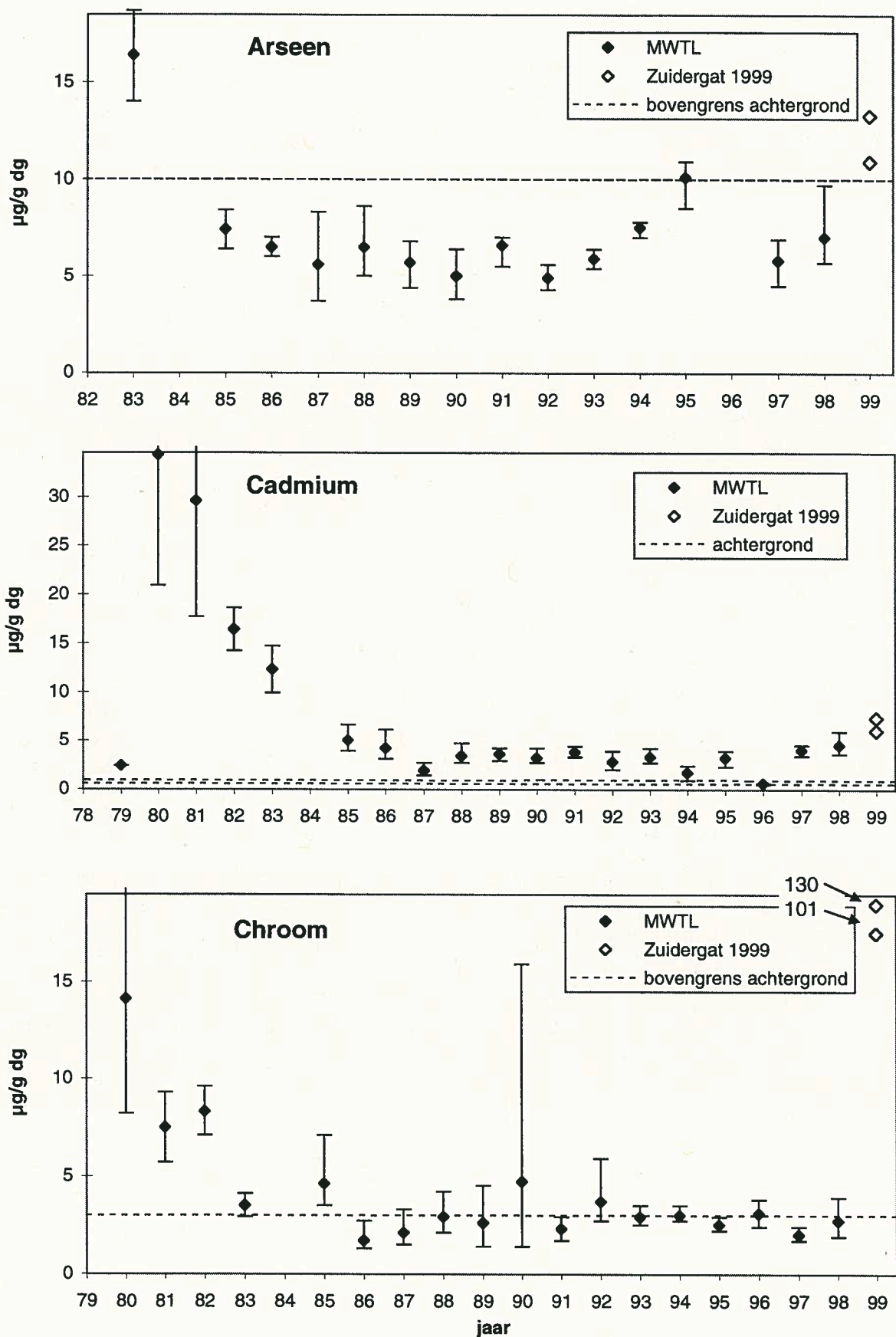


Fig. 3.1a. Mossel (*Mytilus edulis*). Gemiddeld, minimum en maximum gehalte Arseen, Cadmium en Chroom in µg/g drooggewicht. Dichte symbolen: Hoedekenskerke Boei 4 afgeleid uit Jaarboek Monitoring Rijkswateren 1998. Open symbolen: Zuidergat (duplo, deze studie)

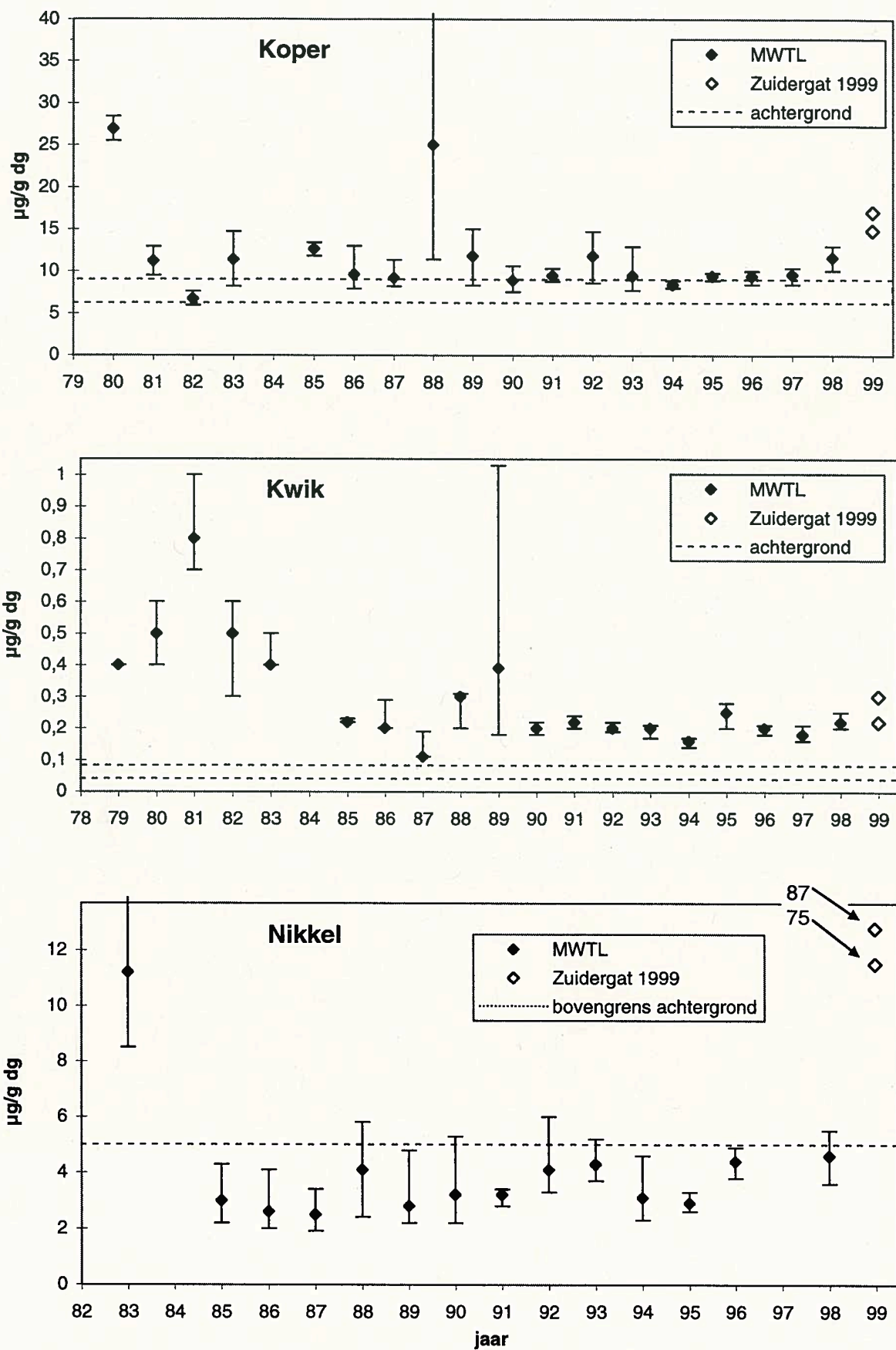


Fig. 3.1b. Mossel (*Mytilus edulis*). Gemiddeld, minimum en maximum gehalte Koper, Kwik en Nikkel in µg/g drooggewicht. Dichte symbolen: Hoedekenskerke Boei 4 afgeleid uit Jaarboek Monitoring Rijkswateren 1998. Open symbolen: Zuidergat (duplo, deze studie)



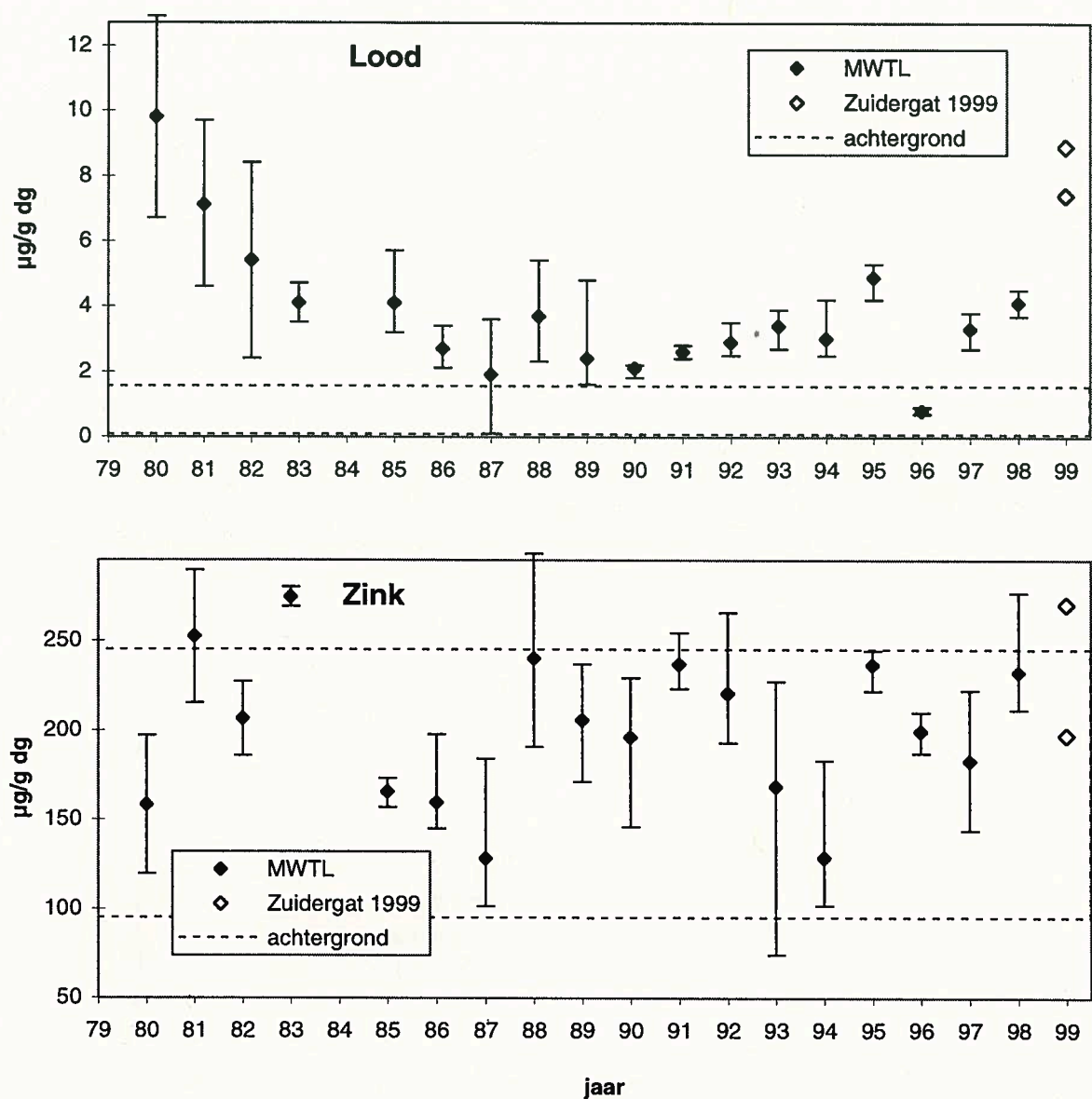


Fig. 3.1c. Mossel (*Mytilus edulis*). Gemiddeld, minimum en maximum gehalte Lood en Zink in µg/g drooggewicht. Dichte symbolen: Hoedekenskerke Boei 4 afgeleid uit Jaarboek Monitoring Rijkswateren 1998. Open symbolen: Zuidergat (duplo, deze studie)

Opvallend is wel het hoge chloride en sulfaatgehalte in de mosselen van de diepe locatie. In de mosselen van 9,5 m diepte was het chloride en sulfaatgehalte ruim drie maal zo hoog als in mosselen die afkomstig waren van 5,5 m diepte. In een estuarium stijgt het zoutgehalte met de diepte, maar het lijkt onwaarschijnlijk dat dat verschil overeenkomt met een factor drie. Voor het cyanidegehalte geldt overigens het omgekeerde: in mosselen van 9,5 m diepte is het cyanidegehalte bijna vier maal lager dan in mosselen van 5,5 m diepte.

### **Vergelijking met de literatuur**

In het kader van de Monitoring van de Waterstaatkundige Toestand des Lands (MWTL) wordt sinds het begin van de jaren 80 het gehalte van een aantal zware metalen in mosselen uit de Westerschelde gemeten. De mosselen voor deze passieve biologische monitoring (PBM) zijn afkomstig van Hoedekenskerke Boei 4. De metaalgehalten die in Fig. 3.1 worden weergegeven zijn afkomstig van een CD-ROM die is gevoegd bij het jaarboek Monitoring Rijkswateren. Tevens worden in deze figuur de metaalgehalten in de mosselen van het Zuidergat (deze studie - 1999) getoond. De MWTL waarde uit 1998 is ook vermeld in Tabel 3.5.

Daarnaast worden achtergrondconcentraties aangegeven. Ranges van achtergrondconcentraties in de mossel (cadmium, kwik, lood, koper en zink) zijn afkomstig van Oskar 1997. Deze waarden worden ook gehanteerd in het Wadden Sea Quality Status Report uit 1999. Voor arseen, chroom, nikkel en zilver werd een bovengrens voor de achtergrondconcentratie gebruikt die afkomstig is van Knutzen & Skei (1992) en vermeld is in Kersten *et al.* (1992). Daarbij dient overigens bedacht te worden dat het moeilijk is om exacte achtergrondconcentraties aan te geven. De omstandigheden waarbij stoffen worden opgenomen of afgegeven door de mossel variëren namelijk afhankelijk van de beschikbaarheid van voedsel, hydrografische omstandigheden, genetische verschillen, en verschillen in de biobeschikbaarheid van metalen.

Voorts werd nog contact opgenomen met het RIKILT in Wageningen. Dit DLO instituut beschikt ook over gehalten van metalen in mosselen uit het Deltagebied uit de periode 1981 tot en met 1994 verzameld in het kader van het Landelijk Platform Kritische Stoffen (LPKS). De gegevens bleken echter voornamelijk afkomstig te zijn uit de Oosterschelde. De enige gegevens die betrekking hadden op de Westerschelde betroffen een aantal radioactieve elementen, maar uranium was daar niet bij.

De metaalconcentraties in de mosselen van het Zuidergat liggen meestal wat hoger dan bij de MWTL metingen en veelal duidelijk boven de achtergrond. In het geval van chroom en nikkel lijkt de concentratie in de mosselen uit het Zuidergat extreem hoog. Chroom ligt een factor 40 boven de achtergrond, nikkel een factor 16, terwijl de MWTL metingen op of onder de norm liggen. Een dergelijke extreme verhoging werd ook gevonden bij de oester.

Uit navraag bij TNO-Voeding (E. de Haan) bleek dat dit gegeven waarschijnlijk berust op de verwerkingsprocedure. Het schelpdiervlees werd uit de schelp verwijderd met behulp van roestvrijstalen materiaal. Verwacht mag worden dat daaruit metalen afkomstig zijn, met name chroom en nikkel, die de monsters hebben verontreinigd. In hoeverre andere metaalgehalten door deze procedure verhoogd zijn is niet bekend, maar dat valt niet uit te sluiten.

Om een dergelijke fout in de toekomst te voorkomen heeft TNO voeding toegezegd in contact te treden met Rijkswaterstaat teneinde de laboratoriumprocedure af te stemmen op hetgeen daar gebruikelijk is. Ten aanzien van het verwijderen van schelpdier-vlees dient in de toekomst gebruik te worden gemaakt van een titaniummes.



## 4 Conclusies en aanbevelingen

De gemeenschappen op de geulwandverdedigingen bij Bath en in het Zuidergat kunnen worden gekarakteriseerd als een typische brakwaterfauna.

Zowel kwalitatief als kwantitatief is er geen onderscheid gevonden in de bedekking door organismen op de oeverbeschermingsmaterialen breuksteen (basalt) en fosforslakken. De vergelijking tussen beide substraten wordt echter vertroebeld doordat ze bij Bath niet in homogene vorm bleken voor te komen: in bestortingen met breuksteen bleken ook fosforslakken voor te komen en andersom.

Qua soortensamenstelling is de begroeiing in het Zuidergat op staalslakken te vergelijken met die op breuksteen (basalt) en fosforslakken bij Bath. De bedekking met mosselen in het Zuidergat is echter sterk verhoogd. Door het ontbreken van een goede controle kan niet met zekerheid worden gezegd of dit het gevolg is van het gebruikte oeverbeschermingsmateriaal. Mogelijk is er sprake van een kolonisatie-effect.

Omdat er op de Zuidergatlocatie alleen staalslakken werden gevonden en de begroeiing voornamelijk uit mosselen bestond terwijl op de fosforslakken en basaltblokken bij Bath de oester domineerde is het niet mogelijk een goede vergelijking te maken tussen de locaties. Wel is het scala waarnemingen ten opzichte van 1998 duidelijk vergroot. Dit biedt een brede basis voor vergelijkingen in de toekomst.

De Japanse oester (*Crassostrea gigas*) bevatte (extreem) hoge metaalconcentraties met name cadmium, zink, nikkel, lood en chroom. Het is waarschijnlijk dat de regulatie van zink grondig is verstoord door de hoge cadmiumconcentratie. Aangezien de onderzochte substraten (fosforslakken en basalt) slechts een laag metaalgehalte hebben kan worden aangenomen dat de verhogingen in oesters voor een deel veroorzaakt worden door vervuiling van de waterfase.

De Mossel (*Mytilus edulis*) bevatte voor de meeste metalen een concentratie die duidelijk boven de achtergrond lag. Voor koper, zink en cadmium was de concentratie beduidend lager dan bij de oester. Onder de brakke omstandigheden die heersen in het onderzoeksgebied is de mossel waarschijnlijk beter in staat de metaalconcentraties te reguleren dan de oester.

Zowel bij de oester als bij de mossel is het gemeten nikkel en chroomgehalte extreem hoog. Deze hoge concentraties zijn waarschijnlijk terug te voeren op een artefact van de monsterbewerking.

Het fluorgehalten in oesters van basalt en fosforslakken bij Bath is sterk verhoogd in vergelijking met het toch al hoge gehalte in 1998. Gezien het hoge fluorgehalte van fosforslakken ligt hier mogelijk een oorzakelijk verband. Vanuit het voorzorgbeginsel lijkt het daarom raadzaam om terughoudendheid te betrachten bij het toepassing van fosforslakken in het mariene milieu.



Aanbevolen wordt om bij de monsterverwerking aan te sluiten op procedures die bij Rijkswaterstaat gebruikelijk zijn.

Aanbevolen wordt om de monsterlocaties zodanig te kiezen dat organismen van meerdere substraten kunnen worden verzameld.

Aanbevolen wordt om bij het kiezen van monsterlocaties rekening te houden met baggerwerkzaamheden in de omgeving.

## 5 Literatuur

- Al, J.P. 1975. Onderzoek milieu-aspecten gebruik staalslakken voor oeververdediging. Rijkswaterstaat, Deltadienst, afd. Milieuonderzoek, nota 75-70
- Amiard-Triquet, C., B. Berthet, & R. Martoja 1991. Influence of salinity on trace metal (Cu, Zn, Ag) accumulation at the molecular, cellular and organism level in the oyster *Crassostrea gigas* Thunberg. *Biol. Met.* 4: 144-150
- Amiard, J. Berthet 1996. Fluctuations of cadmium, copper, lead and zinc concentrations in field populations of the Pacific Oyster *Crassostrea gigas* in the Bay of Bourgneuf (Atlantic coast, France). *Ann. Inst. Oceanogr. (Paris)* 72 (2) 195-207
- Beeby, A.. 1993. Applying ecology. Chapman & Hall, London
- Daskalakis, K.D. 1996. Variability of metal concentrations in oyster tissue and implications to biomonitoring. *Mar. Poll. Bull.* 32 (11) 794-801
- De Jong, S.A. & A. van Kleef 1996. Ontwikkelingen in de Westerschelde prognose voor de komende 25 jaar. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, directie Zeeland/RIKZ Nota AX-96.009/NWL-96.14/RIKZ-96.006
- Dijkzeul, A. 1979. De afgifte van zware metalen en fluoride door diverse oeverbeschermingsmaterialen. Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater (Hoofdafdeling Oppervlaktewater) nota 79025
- CUR 1994. Rapport 168a Oeverbeschermingsmaterialen, Bijlage bij het handboek 'Natuurvriendelijke oevers', Rijkswaterstaat/DWW, CUR Gouda
- Ferreira, A.M., C. Cortes, O.G. Castro & C. Vale 1990. Accumulation of metals and organochlorines in tissues of the oyster *Crassostrea angulata* from the Sado Estuary, Portugal. *Sci. Total Environm.* 97-98: 627-39
- Han, B.L. Jeng, M.S. Jeng, L.T. Kao, P.J. Meng & Y.L. Huang 1997. Rock-shells (*Thais clavigera*) as an indicator of As, Cu, and Zn contamination on the Putai Coast of the black-foot disease area in Taiwan. *Arch. Environm. Contam. Toxicol.* 32: 456-461
- Jonkers, D.A. 1987. Opname van zware metalen uit en kolonisatie van ovenslakken en beton door benthische mariene organismen. RWS, Dienst Getijdewateren – AOBB
- Kersten, M., P.W. Balls, R.J. van Enk, N. Green, K.J.M. Kramer, M. Kriews, F. Monteny, B. Zuurdeeg, I. Akkerman, A. de Vries, A. Moris, J. Ebbing & J.J.G. Zwolsman 1992. Chapter 7 Metals. In: Laane, R.W.P.M. (ed.) 1992. Background concentrations of natural compounds in rivers, sea water, atmosphere and mussels. Report DGW-92.033
- Knutsen, J. & J. Skei 1992. Preliminary proposals for classification of marine environmental quality respecting micropollutants in water, sediments and selected organisms. Norwegian Institute for Water research, Oslo, Doc. O-862602/O-89266, preliminary draft, 22 pp.
- Lee, C.L., H.Y. Chen & M.Y. Chuang 1996. Use of oyster, *Crassostrea gigas* and ambient water to assess metal pollution status of the Charting coastal area, Taiwan, after the 1986 green oyster incident. *Chemosphere*, 33 (12) 2505-2532
- Leewis, R.J. & C. ter Kuile 1985. Ecotoxicologische verkenningen m.b.t. ertsslakken in waterstaatswerken. *Vakbl. Biol.* 65 (13/14) 43-49
- Lytle, T.F. & J.S. Lytle 1990. Heavy metals in the Eastern oyster, *Crassostrea virginica*, of the Mississippi Sound. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 44: 142-148
- Mouneyrac, C., J.C. Amiard, C. Amiard-Triquet 1998. Effects of natural factors (salinity and body weight) on cadmium, copper, zinc and metallothionein-like protein levels in resident populations of oysters *Crassostrea gigas* from a polluted estuary. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 162: 125-135

- Ospar 1997. Summary record OSPAR (Oslo and Paris Commissions) 97/15/1, Annex 5
- Presley, B.J., R.J. Taylor & P.N. Boothe 1990. Trace metals in Gulf of Mexico oysters. *Sci. Total Environm.* 97-98: 551-593
- RIKZ, afd. Informatiesystemen 1995. Getijtafels voor Nederland 1996. Sdu Uitgeverij, Den Haag
- RNO 1993. Surveillance du milieu marin. Travaux de Réseau National d'observation. 1993 edn. IFREMER et Ministère de l'Environnement
- Rodriguez-Ariza, A., N.Abril, J.I. Navas, G. Dorado, J. Lopez-Barea & C. Pueyo 1992. Metal, mutagenicity, and biochemical studies on bivalve molluscs from Spanish coasts. *Environm. Mol. Mutagen* 19: 112-124
- Ter Kuile, C. & H.W. Waardenburg 1986. Kolonisatie van natuurlijke en enkele kunstmatige harde substraten door flora en fauna in de Oosterschelde. Bureau Waardenburg, Culemborg (86.06)
- Van der Sloot, H.A., J. Wijkstra & D. Hoede 1986. Milieutechnisch onderzoek aan fosforslak. SECN, contactrapp. ECN-86-37, pp 33
- Van Ellen, T., A.L. van der Kooij & C.L. van der Lugt 1992. Produktinfolbladen over oeverbeschermingsmaterialen. Rijkswaterstaat/DWW, DHV, MAO-R-92015
- Van Moorsel, G.W.N.M. 1996. De aangroei van geulwandverdedigingen in de Westerschelde - een oriënterende studie. Bureau Waardenburg, Culemborg rapp. 96.09
- Van Moorsel, G.W.N.M. & H.W. Waardenburg 1999. De sublitorale begroeiing van geulwandverdediging bij Bath in de Westerschelde in 1998. Bureau Waardenburg, Culemborg rapp. 99.02
- Van Moorsel, G.W.N.M. & H.W. Waardenburg 1999b. Biomonitoring van levensgemeenschappen op sublitorale harde substraten in Grevelingenmeer, Oosterschelde, Veerse meer en Westerschelde. resultaten t/m 1998. Bureau Waardenburg, Culemborg rapp. 99.11
- Vroon, J., C. Storm & J. Coosen, 1997. Westerschelde stram of struis? Eindrapport van het project Oostwest, een studie naar de beïnvloeding van fysische en verwante biologische patronen in een estuarium. Rapport RIKZ 97-023.
- Waardenburg, H.W., G.W.N.M. van Moorsel, A.J.M. Meijer & A.C. van Beek 1984. Vooronderzoek en onderzoeksvoorstellen levensgemeenschappen op hard substraat en visfauna van de Westerschelde. Bureau Waardenburg, Culemborg (84.04)

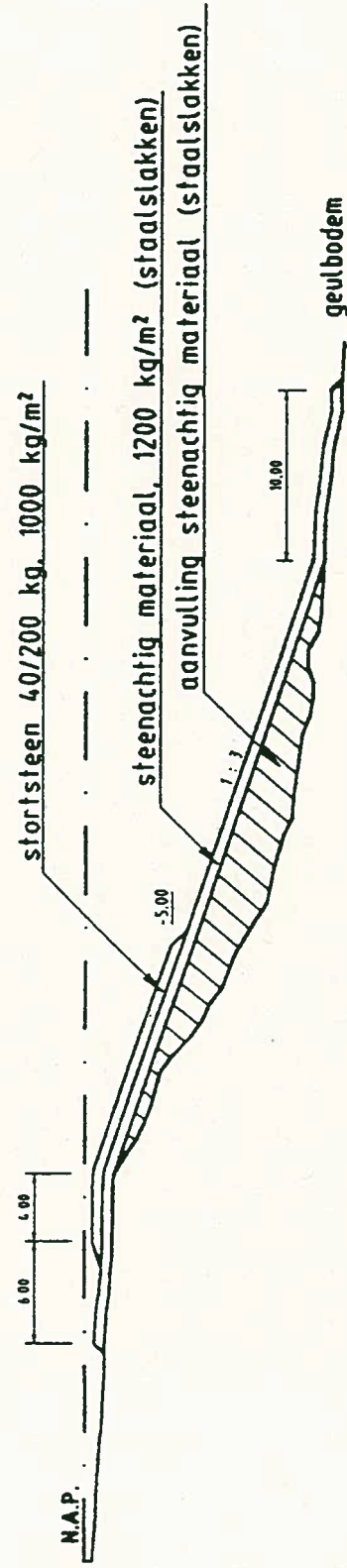
## Bijlagen

- 1 Doorsnede geulwandverdediging
- 2 Bestortingskaart Bath
- 3 Bestortingskaart Zuidergat
- 4 Duplowaarden metaalconcentraties 1999 (drooggewicht)
- 5 Vergelijking metaalconcentraties 1998 met 1999





## dwarsdoorsnede verdediging



Bijlage 1. Dwarsdoorsnede geulwandverdediging Westerschelde  
Bron: Rijkswaterstaat Directie Zeeland afd. n.w.t. (blad nr. ZLNW 1995 1038)





bestorting van steen of  
steenachtig materiaal, 1200 kg/m<sup>2</sup>

X= 61823.91  
Y= 376933.87 6550

STAAND WERK

X= 61518.08  
Y= 377191.69

6900  
6850  
6800  
6750  
6700  
6650  
6600  
11/2 t/m  
4/3 staand bleek  
29/4 breuksteen 40-200 kg  
t/m  
27/4

hoogte kruinbestorting verloopt van  
N.A.P. 2.00m (raainr. 6925 naar  
N.A.P. -0.70 (kruinhoogte bestaand werk raainr. 6925)

aan te brengen dwarsdammen

MEETLIJN WD

IN DE PRAKTIJK AANGEBRACHT

1 UN

# TNO Voeding

Utrechtseweg 48  
Postbus 360  
3700 AJ Zeist  
  
Telefoon 030 - 69 44 144  
Telefax 030 - 69 56 742

Briefnummer: DAM 99-7939/HAAH-eiw  
Datum: 14 december 1999

Pagina 2 van 2

| Code TNO           | 200122199+200122201 | 200122202  | 200122203   | 200122204   |
|--------------------|---------------------|------------|-------------|-------------|
| Code opdrachtgever | 1+2 Oesters         | 3. Oesters | 4. Mosselen | 5. Mosselen |
| Droge stof         | 11,6%               | 7,9%       | 12,6%       | 11,9%       |
| Arseen             | 14,5                | 21         | 10,8        | 12,5        |
| Antimoon           | <0,3                | <0,5       | <0,3        | <0,3        |
| Barium             | 5,5                 | 9,3        | 10,0        | 13,4        |
| Cadmium            | 22                  | 33         | 7,1         | 5,9         |
| Chroom             | 52                  | 73         | 102         | 141         |
| Kobalt             | 2,1                 | 2,8        | 2,9         | 3,1         |
| Koper              | 361                 | 600        | 17,1        | 15,5        |
| Kwik               | 0,19                | 0,25       | 0,30        | 0,23        |
| Lood               | 5,7                 | 9,2        | 7,4         | 8,8         |
| Molybdeen          | 2,2                 | 3,2        | 3,3         | 4,9         |
| Nikkel             | 34                  | 46         | 74          | 100         |
| Seleen             | 13,8                | 20         | 17,3        | 16,1        |
| Tin                | 1,29                | 1,84       | 1,74        | 1,71        |
| Uraan              | 0,20                | 0,26       | 0,37        | 0,48        |
| Vanadium           | 3,8                 | 5,3        | 8,6         | 12,1        |
| Zink               | 5310                | 8420       | 270         | 200         |
| Cyanide            | 0,86                | 1,27       | 3,2         | 0,84        |
| Fluoride           | 1820                | 2310       | 30          | 38          |
| Chloride           | 44                  | 67         | 19          | 55          |
| Sulfaat            | 6,7                 | 9,7        | 2,7         | 8,6         |
|                    |                     |            |             | 8,5         |

Als contractresearchorganisatie op het gebied van *life sciences* is TNO Voeding een kennisschakel tussen fundamenteel onderzoek en toepassingen daarvan op het gebied van voeding, geneesmiddelen en (agro) chemicaliën, met betrekking tot gezondheid, veiligheid en kwaliteit, product- en processinnovatie.

Nederlandse organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek TNO

Op opdrachten aan TNO zijn van toepassing de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, zoals gedeponeerd bij de Arondissementsrechtbank en de Kamer van Koophandel te 's-Gravenhage.

## Bijlage 5

Geulwandverdediging Westerschelde. Gehalte zware metalen ( $\mu\text{g/g}$ ) op basis van natgewicht. vergelijking 1998-1999

| jaar                          |           | 1998   | 1998   | 1999    | 1999    | 1999      | 1999      |
|-------------------------------|-----------|--------|--------|---------|---------|-----------|-----------|
| soort                         |           | oester | oester | oesters | oesters | mossel    | mossel    |
| locatie                       |           | B2     | B1+B1  | B1+B2   | B1      | Z2        | Z2        |
| monster                       |           | e      | b+d+e  | b+e     | c       | b         | a         |
| diepte (m)                    |           | 7      | 7      | 5       | 9,5     | 5,5       | 9,5       |
| substraat                     |           | Basalt | FFslak | Basalt  | FFslak  | Staalslak | Staalslak |
| <hr/>                         |           |        |        |         |         |           |           |
| As                            | Arseen    | 0,2    | 0,3    | 1,6     | 1,7     | 1,4       | 1,6       |
| Ba                            | Barium    | 0,5    | 0,8    | 0,7     | 0,7     | 1,2       | 1,5       |
| Cd                            | Cadmium   | 2,9    | 3,2    | 2,6     | 2,5     | 0,9       | 0,7       |
| Co                            | Kobalt    | 0,07   | 0,06   | 0,26    | 0,21    | 0,37      | 0,37      |
| Cr                            | Chroom    | 9,3    | 13,1   | 6,1     | 5,3     | 12,7      | 15,5      |
| Cu                            | Koper     | 30     | 34     | 42      | 46      | 2,1       | 1,8       |
| Hg                            | Kwik      | 0,03   | 0,035  | 0,02    | 0,02    | 0,04      | 0,03      |
| Mo                            | Molybdeen | 0,25   | 0,25   | 0,27    | 0,23    | 0,43      | 0,56      |
| Ni                            | Nikkel    | 6,8    | 8,7    | 4,1     | 3,3     | 9,5       | 10,4      |
| Pb                            | Lood      | 0,4    | 0,5    | 0,7     | 0,7     | 0,9       | 1,1       |
| Sb                            | Antimoon  | 0,03   | 0,04   | < 0,03  | < 0,04  | < 0,04    | < 0,04    |
| Se                            | Seleen    | 0,6    | 0,75   | 1,6     | 1,7     | 2,5       | 1,9       |
| Sn                            | Tin       | 0,02   | 0,07   | 0,14    | 0,14    | 0,24      | 0,20      |
| U                             | Uranium   |        |        | 0,021   | 0,024   | 0,025     | 0,054     |
| V                             | Vanadium  | 0,5    | 0,7    | 0,4     | 0,4     | 1,0       | 1,4       |
| Zn                            | Zink      | 520    | 575    | 628     | 640     | 34        | 23        |
| <hr/>                         |           |        |        |         |         |           |           |
| Br <sup>-</sup>               | Bromide   | 13,5   | 13,7   |         |         |           |           |
| Cl <sup>-</sup>               | Chloride  | 4180   | 4440   | 5046    | 5293    | 2205      | 6605      |
| CN <sup>-</sup>               | Cyanide   | <0,1   | <0,1   | 0,1     | 0,1     | 0,4       | 0,1       |
| F <sup>-</sup>                | Fluoride  | 0,75   | 8,3    | 212,3   | 181,3   | 3,4       | 4,0       |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | Nitraat   | 17,8   | 19,6   |         |         |           |           |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> | Fosfaat   | 378    | 491    |         |         |           |           |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | Sulfaat   | 683    | 649    | 777     | 774     | 315       | 1023      |



