

Bestuur voor Onderzoek en Ontwikkeling

CENTRUM VOOR ONDERZOEK
IN DIERGENEESKUNDE EN
AGROCHEMIE
Tervuren

CENTRUM VOOR LANDBOUWKUNDIG
ONDERZOEK - GENT
DEPARTEMENT ZEEVISSERIJ
Oostende

223118

Zware metalen in mosselen van de Belgische kust (1979-1997)



Vlaams Instituut voor de Zee
Flemish Marine Institute

W. VYNCKE, P. ROOSE (DVZ, Oostende)

M. GUNS, P. VAN HOEYWEGHEN M. HOENIG (CODA, Tervuren)



A. 06.00/170



Mededelingen van het Departement Zeevisserij
(Centrum voor Landbouwkundig Onderzoek - Gent)
Publicatie nr. 250 - D/1999/0889/1.



00000004960

Samenvatting

Wilde mosselen werden van 1979 tot 1992 ieder jaar op drie plaatsen bemonsterd, nl. te Nieuwpoort (strandhoofd te Nieuwpoort-Bad), Oostende (strandhoofd ter hoogte van de hippodroom) en Blankenberge (pier). Vanaf 1993 werd ook een strandhoofd ter hoogte van Knokke in het onderzoek betrokken. Van 1979 tot 1981 werden mengmonsters van de totale aanwezige populatie genomen. Vanaf 1982 werden vier categorieën mosselen gaande van 2 tot 6 cm gescheiden onderzocht teneinde de invloed van de lengte te kunnen bepalen.

Kwik, cadmium, lood, koper, zink en arseen werden gedoseerd. Met uitzondering van koper en arseen bleken de concentraties aan zware metalen in een periode van achttien jaar met 54 tot 75 % gedaald te zijn. Alleen bij cadmium had de lengte van de mossel hierbij een significante invloed; de kleinere dieren vertoonden een lagere concentratie. Wat de plaats betreft gaven kwik, cadmium en arseen in de bestudeerde periode significante verschillen aan. Voor kwik en cadmium bleek Nieuwpoort de laagste waarden te vertonen. Voor arseen was dit in Blankenberge het geval.

De gemiddelde gehalten van de laatste drie jaren werden als de « actuele » toestand qua belasting van de mosselen met zware metalen beschouwd. Significante geografische verschillen werden voor kwik, cadmium en lood gevonden. Knokke bleek hierbij duidelijk hogere gehalten aan deze metalen te vertonen, hetgeen wijst op de invloed van de Schelde.

Vergeleken met andere gebieden in Europa en de Verenigde Staten bleken de concentraties in mosselen langs de Belgische kust vrij laag uit te vallen.

1. Inleiding

Mosselen (*Mytilus edulis*) worden als plaatsgebonden filterorganismen veelvuldig voor monitoringstudies van contaminanten gebruikt. Het betreft de zgn. « mussel watch » die vanaf de jaren 70 in de Verenigde Staten werd geïntroduceerd (Goldberg, 1975 ; Bryan, 1980 ; Szefer en Szefer, 1985). In het kader van de Verdragen van Oslo en Parijs ter voorkoming van de verontreiniging van de zee worden door België naast vissen en garnalen ook sedert 1979 wilde mosselen in het onderzoek betrokken. Onderhavig rapport handelt over de resultaten voor de jaren 1979-1997. Teneinde seizoeninvloeden, die in een vooronderzoek duidelijk werden vastgesteld, uit te schakelen werd de bemonstering ieder jaar in september uitgevoerd (Meeus-Verdinne *et al.*, 1983).

In een eerste fase werden mogelijke tijdstrends voor de periode 1979-1997 onderzocht. In een tweede fase werd nagegaan of er een verschil in concentraties tussen de bemonsteringsplaatsen kon worden vastgesteld.

Cadmium, koper en zink werden gedurende de ganse onderzoeksperiode bepaald. Kwik en lood werden vanaf 1980 en arseen vanaf 1986 gedoseerd.

2. Experimentele methodiek

2.1. Bemonstering

De mosselen werden tot 1992 ieder jaar op drie plaatsen bemonsterd, nl. te Nieuwpoort (strandhoofd te Nieuwpoort-Bad), Oostende (strandhoofd ter hoogte van de hippodroom) en Blankenberge (pier). Vanaf 1993 werd ook een strandhoofd ter hoogte van Knokke in het onderzoek betrokken.

Van 1979 tot 1981 werden mengmonsters van de totale aanwezige populatie genomen. In navolging van de richtlijnen van de Internationale Raad voor het Onderzoek van de Zee (ICES, 1979 ; 1980) door het Verdrag van Parijs overgenomen (Paris Commission, 1984), werden vanaf 1982 vier categorieën mosselen gescheiden onderzocht : 2,0-2,9 cm, 3,0-3,9 cm, 4,0-4,9 cm en 5,0-5,9 cm. Van iedere categorie werden 40 à 50 specimens genomen. Zij werden gedurende 24 u in circulerend zeewater geplaatst teneinde door auto-epuratie het slib en andere vaste verontreinigingen te verwijderen. Het mosselvlees werd dan uit de schelp verwijderd, uitgelekt en gehomogeniseerd.

2.2 Analyse van de zware metalen

Het gehalte aan zware metalen werd met atoomabsorptie spectrometrie bepaald zoals vroeger beschreven (Meeus-Verdinne *et al.*, 1983 ; Hoenig *et al.*, 1986). De kwaliteitsborging van de analytische bepalingen werd nagegaan aan de hand van resultaten bekomen tijdens de deelname aan verschillende internationale ringproeven : International Atomic Energy Agency in 1985, 1986 en 1989, Internationale Raad voor het Onderzoek van de Zee in 1985 en het QUASIMEME programma van de Europese Commissie. Sedert 1993 worden de gecertificeerde

referentiematerialen DORM-1, DOLT-1 en TORT-1 van de National Research Council of Canada geanalyseerd.

2.3. Verwerking van de resultaten

Tijdstrends werden volgens de best passende lijn met lineaire of curvilineaire regressie bepaald. De significantie van de correlatiecoëfficiënten werd op minimum $p < 0,05$ gesteld.

Om significante verschillen in concentraties tussen de verschillende plaatsen of lengtecategorieën te detecteren werden analyses van de verscheidenheid met twee factoren (two-way ANOVA) uitgevoerd. Het statistisch pakket Prism (Graphpad Software Inc, San Diego, USA) werd aangewend (Motulsky, 1995).

3. Resultaten en discussie

3.1 Tijdstrends

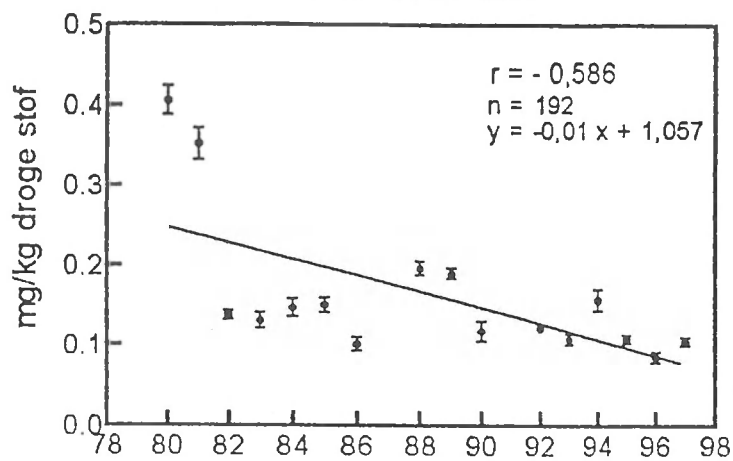
De evolutie van de concentraties aan zware metalen van 1979 tot 1997 wordt in figuren 1 tot 6 weergegeven. Telkens worden de globale resultaten, de gegevens per lengteklasse en deze per bemonsteringsplaats afzonderlijk grafisch voorgesteld.

3.1.1. Invloed van de lengte

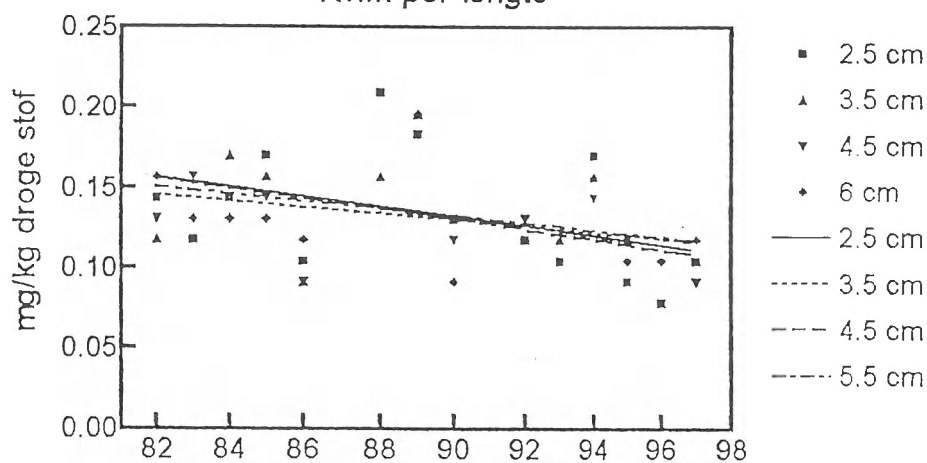
De mogelijke invloed van de lengte werd bepaald enerzijds aan de hand van ANOVA met twee factoren (lengte en tijd) en anderzijds met lineaire regressieberekeningen per lengteklasse (fig. 1 tot 6). Uit beide berekeningen volgde dat alleen voor cadmium significante verschillen voorkwamen. De ANOVA toonde een significant effect van de lengte aan ($p = 0,002$). De lineaire trendberekening gaf een significant verschil in intercepten aan ($p = 0,033$). De concentraties bleken met de lengte te stijgen (fig. 2). Dit betekent dat voor het monitoringonderzoek alleen bij cadmium hetzij een bepaalde lengteklasse, ofwel de vier categorieën dienen bemonsterd te worden. Voor de andere metalen dient theoretisch geen indeling in lengteklassen te worden gemaakt. Uit de ANOVA volgde ook dat er nergens een significante ($p < 0,05$) interactie tussen lengte en tijd was. Dit betekent dat de lengte hetzelfde effect over alle jaren vertoonde. De ANOVA gaf verder voor alle metalen een significante ($p < 0,001$) invloed van de tijd. Dit wordt bevestigd door de dalende trends van alle metalen uitgenomen koper. In dit laatste geval kan dit door de grote jaarlijkse schommelingen (zonder duidelijke trend) worden verklaard.

De invloed van de lengte op de concentraties aan zware metalen werd ook door andere onderzoekers bestudeerd. De resultaten zijn echter dikwijls tegenstrijdig. Wat cadmium betreft vonden Harris *et al.* (1979) en (Riget *et al.* (1996) een stijging van het gehalte met de lengte, hetgeen ook in onderhavige studie werd genoteerd. Phillips (1976) en Cossa *et al.* (1980) daarentegen vonden een negatieve correlatie terwijl Boyden (1977) geen verschil vaststelde. Popham en D'Auria (1983) en Riget *et al.* (1996) vonden een positieve correlatie voor lood, terwijl Schulz-Baldes (1973) en Boyden (1977) een daling vaststelden. Zink bleek voor Philips (1976) en Riget *et al.* (1996) onafhankelijk van de lengte te zijn. Lobel en Wright (1982) vonden echter een positieve invloed, terwijl Boyden (1977) en Cossa *et al.* (1980) een negatieve

Kwik 1980-1997



Kwik per lengte



Kwik per plaats

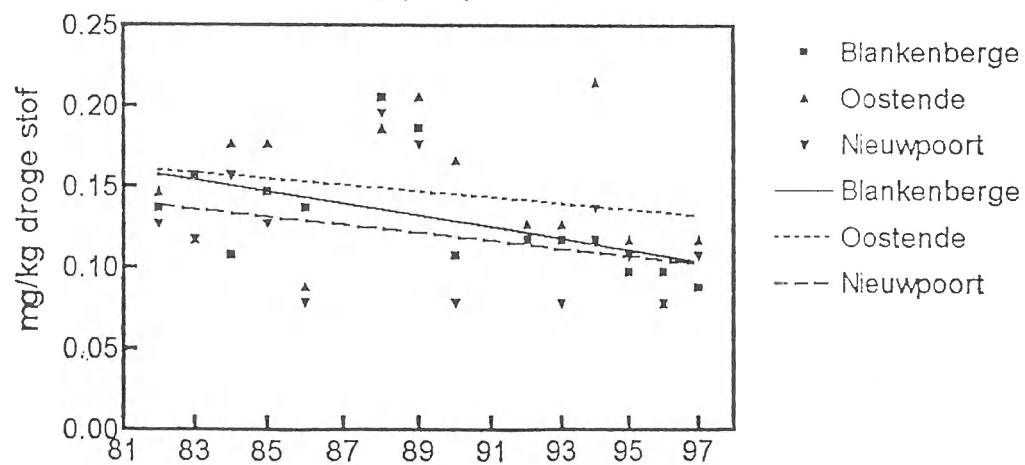


Fig. 1. Tijdstrends voor kwik

Cadmium 1979-1997

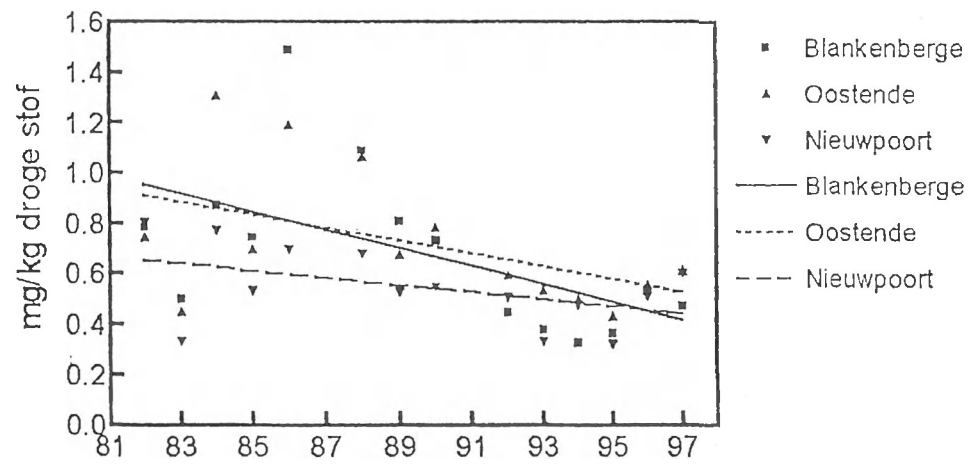
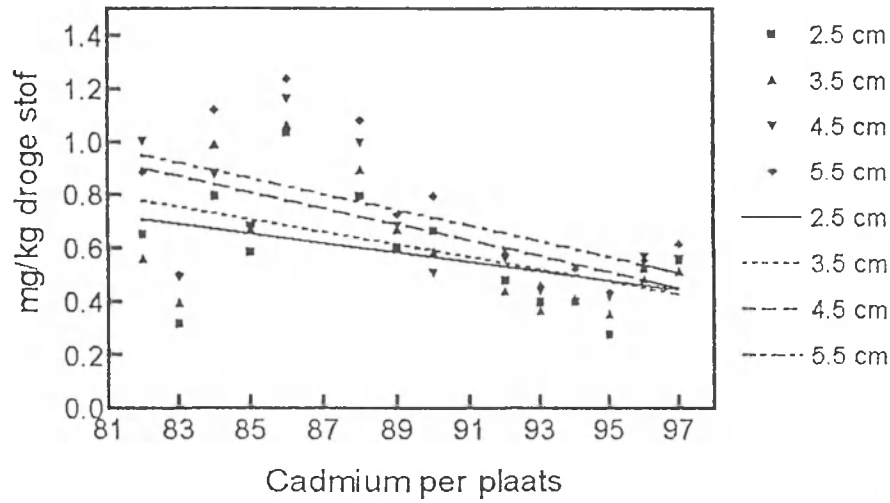
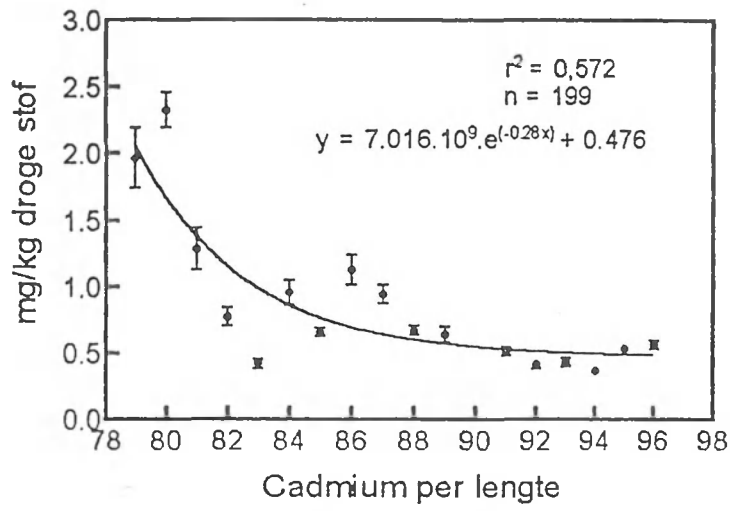


Fig. 2. Tijdstrends in cadmium

Lood 1980-1997

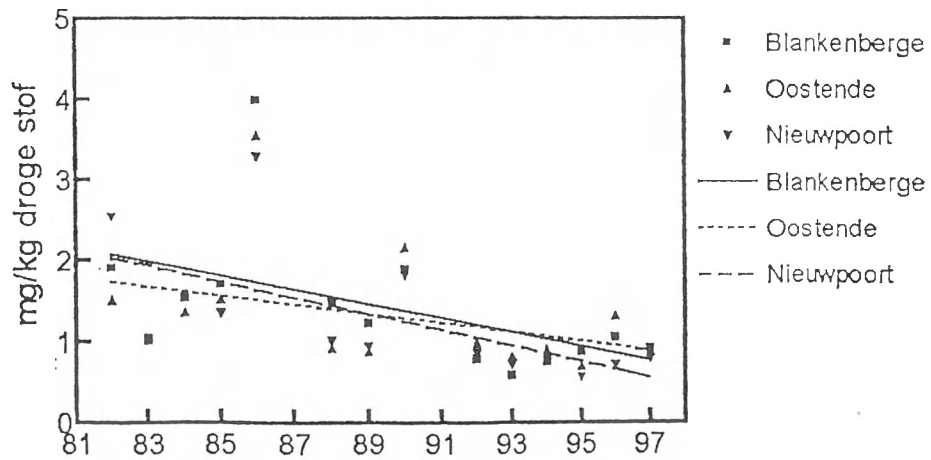
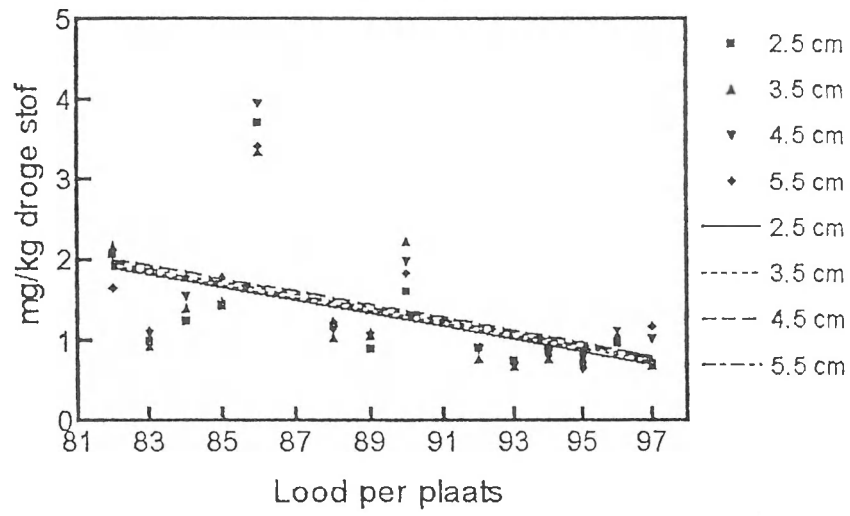
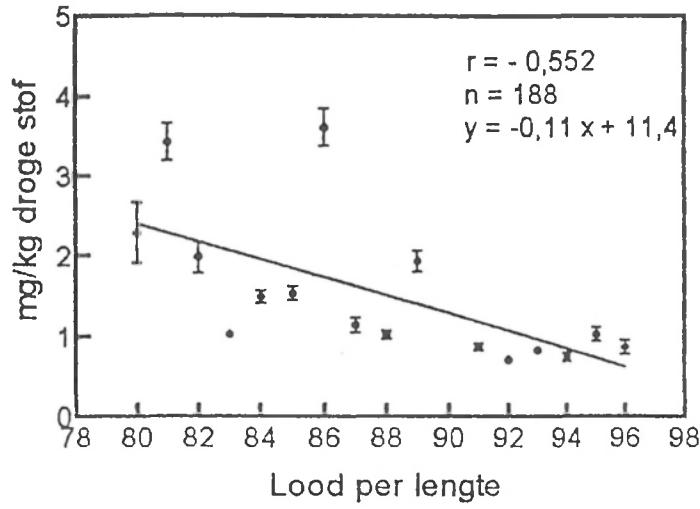
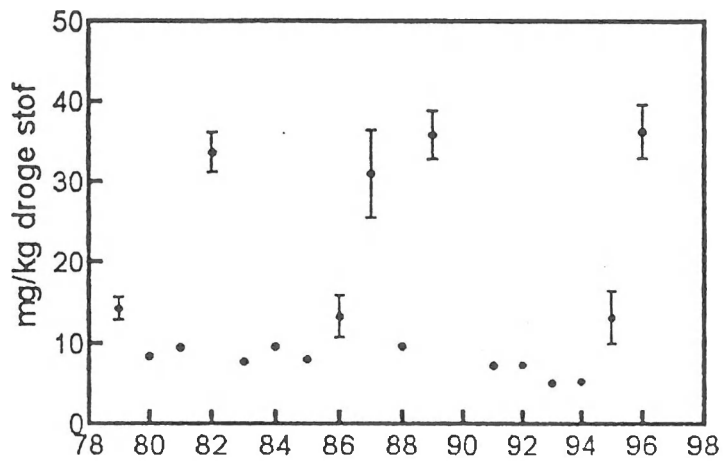
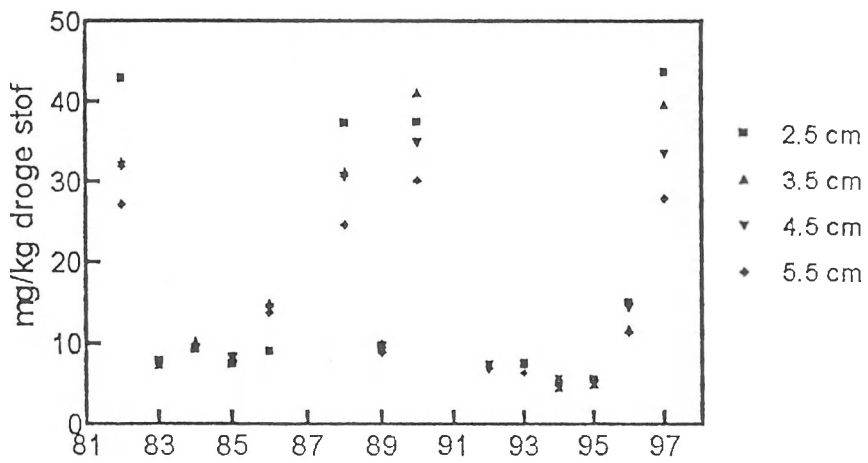


Fig. 3. Tijdstrends in lood

Koper 1979-1996



Koper per lengte



Koper per plaats

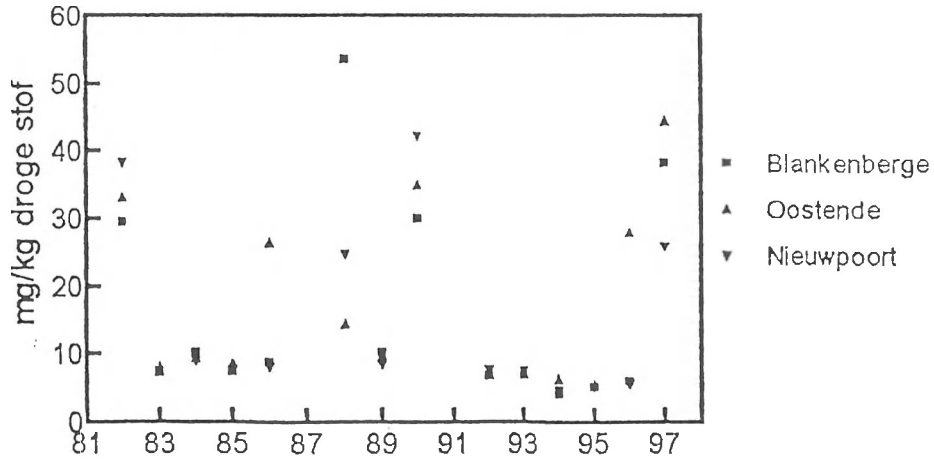
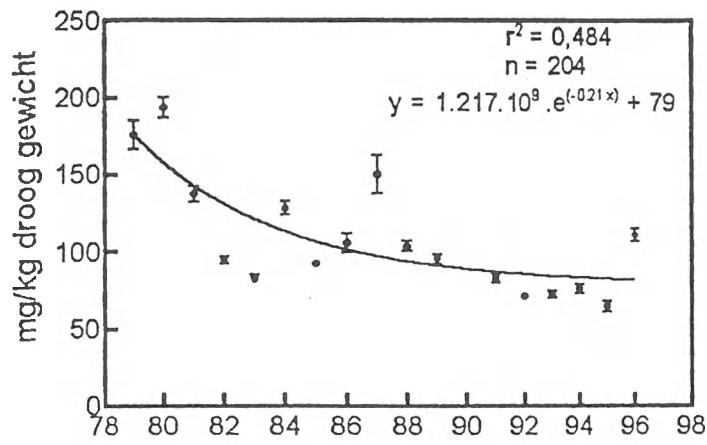
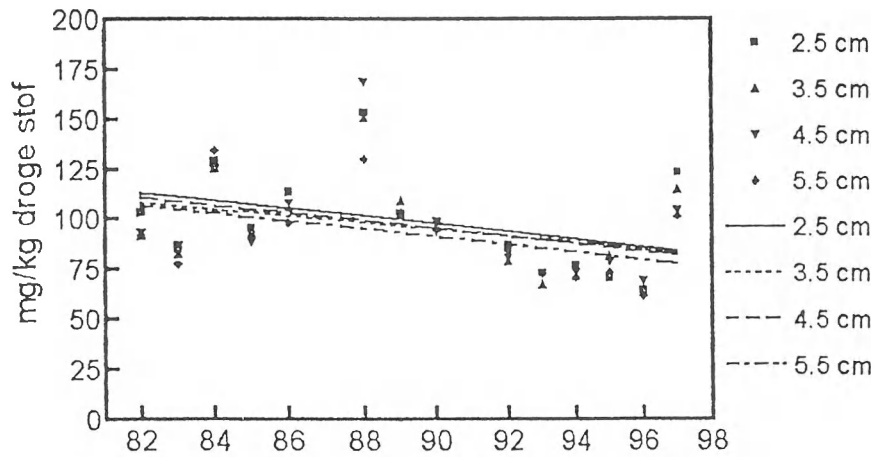


Fig. 4. Tijdstrends in koper

Zink 1979-1996



Zink per lengte



Zink per plaats

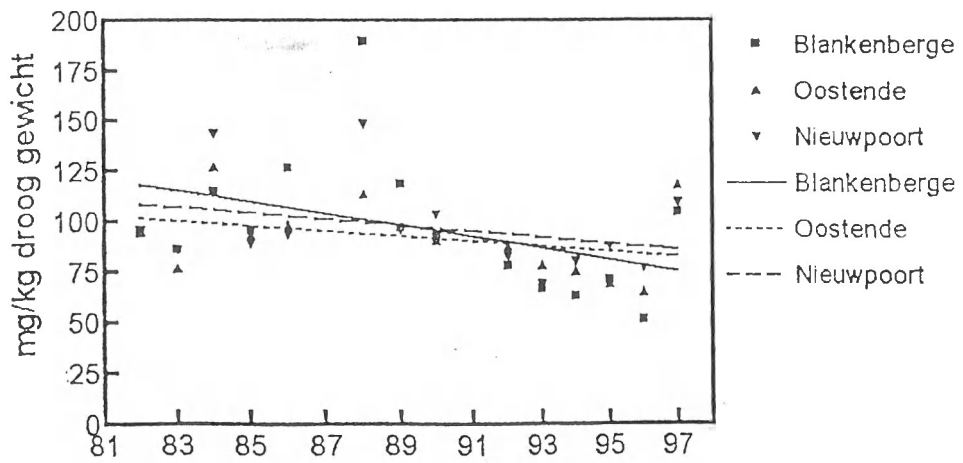
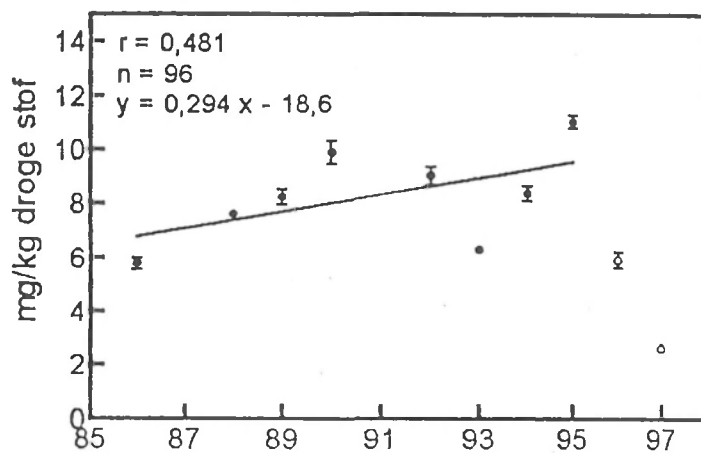
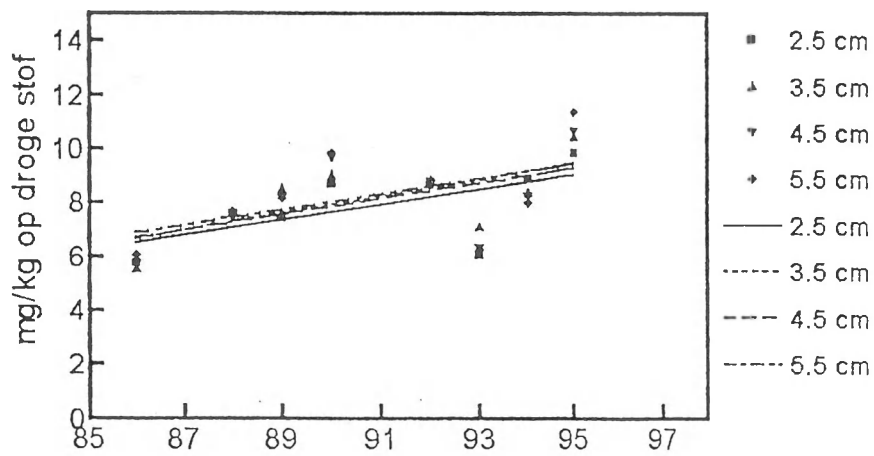


Fig. 5. Tijdstrends in zink

Arseen 1986-1997



Arseen per lengte



Arseen per plaats

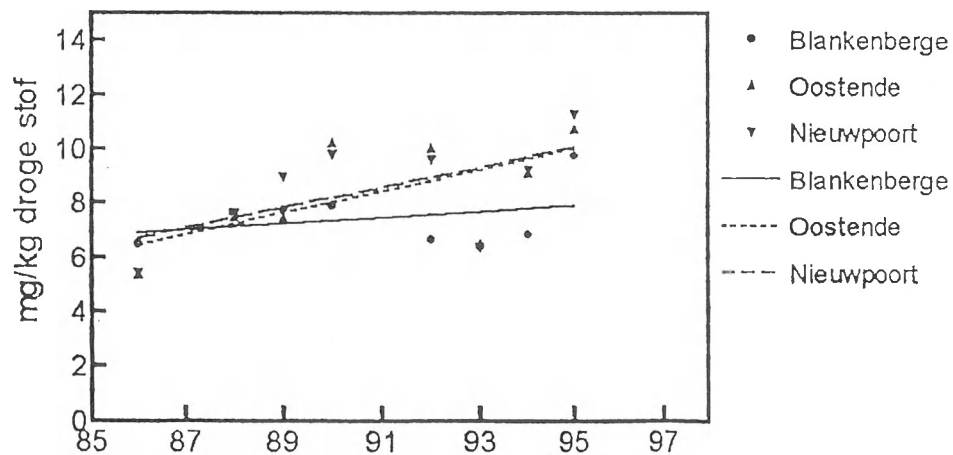


Fig. 6. Tijdstrends in arseen

correlatie rapporteerden. Voor koper werden door Boyden (1977), Cossa *et al.* (1980), Popham en D'Auria (1983) een dalende trend waargenomen. De redenen voor deze dikwijls tegenstrijdige resultaten zijn niet duidelijk. Er kan er evenwel worden op gewezen dat de verschillen in concentraties in het milieu de correlatie lengte-gehalte kunnen beïnvloeden. Zo werd bij lage zinkconcentraties geen lengte-effect waargenomen, terwijl dit voor hogere gehalten wel het geval was (Popham en D'Auria, 1983).

3.1.2. Invloed van de plaats

Dezelfde statistische berekeningen werden gebruikt om de mogelijke invloed van de bemonsteringsplaatsen Nieuwpoort, Oostende en Blankenberge aan te tonen. Kwik, cadmium en arseen gaven hierbij significante verschillen aan (fig. 1, 2 en 6). Voor kwik bleek Nieuwpoort de laagste waarden te vertonen (intercept significant verschillend met $p = 0,003$ en ANOVA $p < 0,001$) (fig. 1). Ook voor cadmium was dit het geval (beide p -waarden $< 0,001$) (fig. 2). Voor arseen gaf Blankenberge globaal lagere waarden ($p < 0,001$). Voor deze laatste plaats was de tijdstrend trouwens niet significant (fig. 6). Voor koper gaf de ANOVA eveneens een significante invloed op ($p = 0,007$). Uit fig. 4 volgt echter dat er tussen de drie plaatsen geen regelmatig patroon te detecteren was. De ANOVA gaf verder aan dat er tussen plaats en tijd een significante ($p < 0,001$) interactie was. Dit betekent dat de plaats niet ieder jaar hetzelfde effect had. Uit deze berekeningen valt te besluiten dat de monitoring zeker over verschillende plaatsen dient te worden uitgevoerd om de betrouwbaarheid van de resultaten te vergroten.

3.1.3. Globale data

Kwik en lood vertoonden een significante lineaire daling met de tijd. Voor cadmium en zink was dit curvilineair (dalend exponentieel). Voor cadmium, lood en zink bleek de toestand zich evenwel sedert ca 1991 relatief gestabiliseerd te hebben. In de Belgische kustwateren zijn de inputs van de Schelde en het lossen van 6 miljoen m³ baggerspecie afkomstig van de havens van Oostende en Zeebrugge de belangrijkste bronnen voor contaminanten. De in mossel vastgestelde verminderingen in concentratie aan zware metalen werden zeer waarschijnlijk veroorzaakt door een daling van de concentraties in beide bronnen. Tussen 1987 en 1995 daalden de inputs vanuit de Schelde met 15 tot 70 % (Oslo and Paris Commissions, 1992, 1997). In baggerspecie uit de voorhaven van Zeebrugge waren de gehalten 10 tot 60 % lager in 1997 dan in 1989 (Administratie Waterwegen en Zeewezen, Brussel; niet gepubliceerde analysedata).

Voor arseen werd een totaal ander beeld bekomen. Tot 1995 werd een significante stijging vastgesteld, gevolgd door een sterke daling de laatste twee jaren. Uit het onderzoek van de invloed van de plaats (zie 3.1.2.) kon echter worden vastgesteld dat deze stijging alleen te Oostende en Nieuwpoort doorging. Dit zou erop wijzen dat de inputs van arseen gedurende ca tien jaar in deze gebieden stegen om dan plots te dalen. De reden hiervoor is onbekend en zou verder dienen te worden onderzocht. Of dit eventueel toevallig was (twee reeksen metingen) kan wellicht de volgende jaren blijken.

Voor koper werd geen significante tijdstrend waargenomen. De mossel is, zoals sommige andere invertebraten, evenwel in staat om de bioaccumulatie van koper te reguleren, ten minste in gebieden met relatief lage concentraties (Amiard-Triquet *et al.*, 1986; Regoli en Orlando, 1994). Voor zink werd dit eveneens vooropgesteld, maar dit bleek niet het geval te zijn voor de mosselen in onderhavige studie.

Tabel 1. Procentuele vermindering van de gehalten aan zware metalen in mossel t.o.v. de aanvangsconcentraties (mg/kg droog gewicht)

	Aanvangsjaar en concentratie	1997	Vermindering (%)
Kwik	1980 : 0,40	0,1	75
Cadmium	1979 : 2	0,05	75
Lood	1980 : 2,3	0,6	74
Koper	-	-	-
Zink	1979 : 175	80	54
Arseen	1986 : 6	2	67

Tabel 1 vergelijkt de aanvangsconcentraties aan zware metalen met deze van 1997. Hieruit blijkt dat, met uitzondering van koper, de vermindering vrij aanzienlijk was.

Ook in andere landen werden significante tijdstrends gevonden. In Nederland werden dalingen van de concentraties aan kwik en zink in mossel vastgesteld. Tussen 1985-1994 was dit - 21 % voor kwik in de Westerschelde en - 25 % voor zink in het Ems-Dollard gebied (Akkerman, 1997). In Duitsland werd gerapporteerd dat in het buitenestuarium van de Elbe, de meeste contaminanten in mossel sedert 1986 een dalende trend vertonen (Anon., 1997). In Noorwegen (Sørfjord, Oslofjord, Langesundfjord), op de Fladen Ground en in het Kattegat werden voor cadmium dalingen vastgesteld. In het Seine-estuarium daarentegen stegen de concentraties (NSTF, 1993). Voor lood daalden de gehalten in het Kattegat, de Oslofjord, en het Emsestuarium. Er werd hierbij gepostuleerd dat dit te wijten is aan het stijgend verbruik van loodvrije benzine (NSTF, 1993).

3.2. Geografische verschillen

Voor de geografische distributie, waarbij ook de bemonsteringsplaats Knokke in het onderzoek werd betrokken, werden de gemiddelden en hun standaardafwijkingen voor de jaren 1995-1997 (n = 12) bepaald en dit wegens de voorkomende variaties in concentraties. Deze werden als de "actuele" toestand qua belasting van de mosselen met zware metalen beschouwd. Figuur 7 geeft de concentraties grafisch weer. Uit de ANOVA met twee factoren (plaats en lengte) bleek dat voor kwik, cadmium en lood significante verschillen ($p < 0,01$) optraden. Er was geen significante interactie tussen de plaats en de lengte. Deze laatste parameter bleek evenmin significant te zijn, een vaststelling die ook tijdens de periode 1979-1997 werd gemaakt. Uit fig. 7 valt af te leiden dat Knokke duidelijk hogere gehalten aan kwik, cadmium en lood vertoonde. De kleinere afstand tot de voornaamste bronnen voor contaminanten, nl. de Schelde en de baggerloswallen is hier wellicht niet vreemd aan.

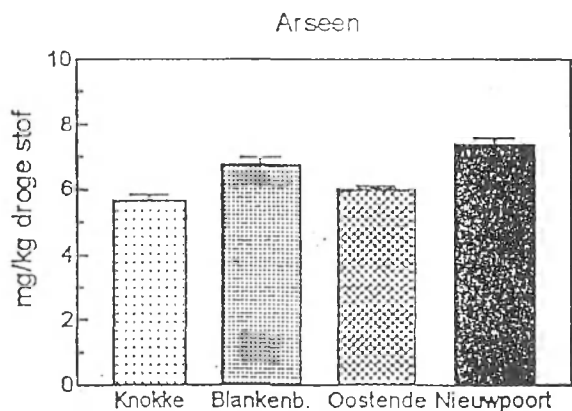
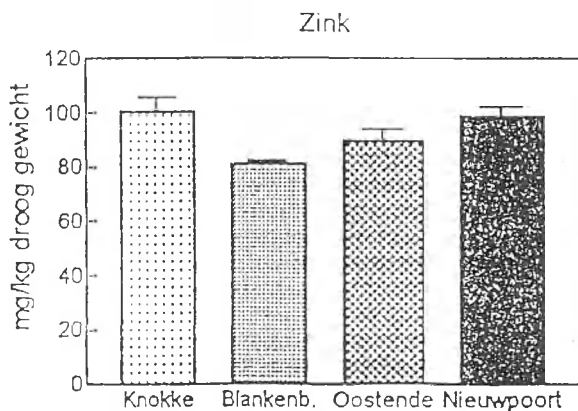
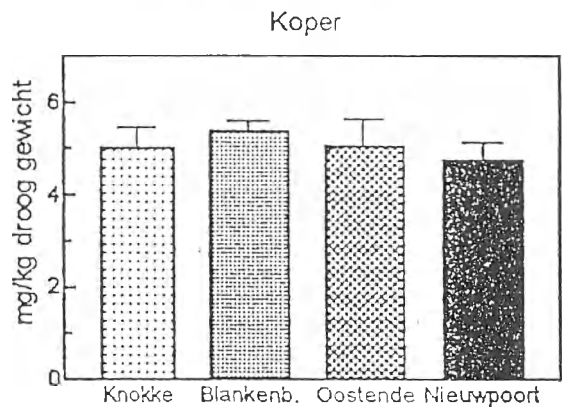
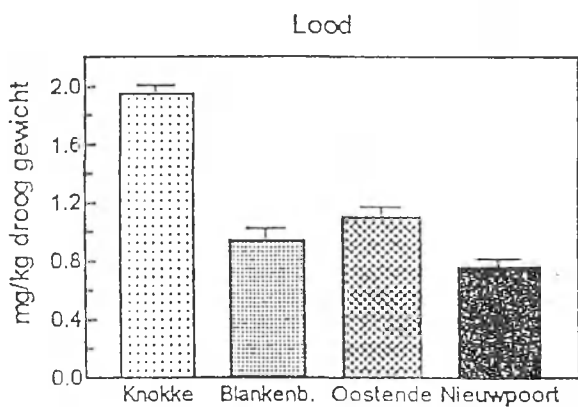
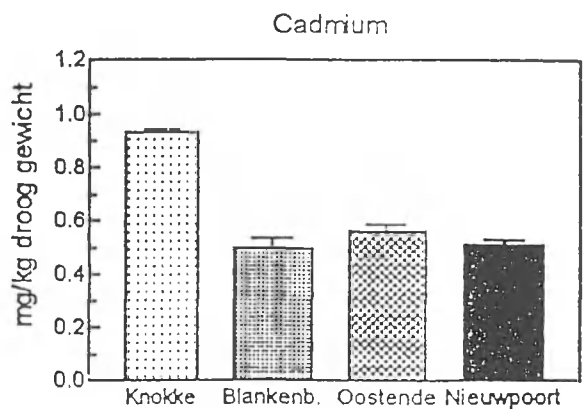
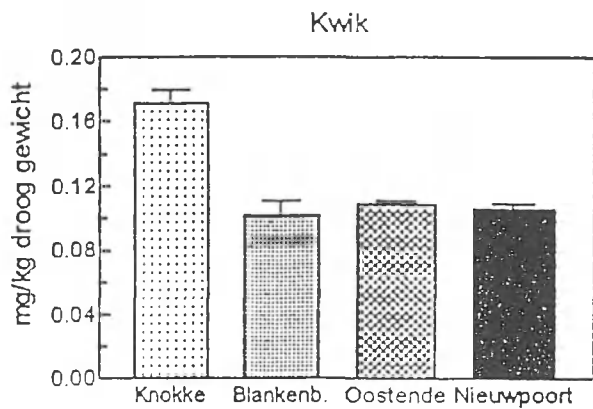


Fig. 7. Concentraties aan zware metalen in mossel 1995-1997 (gemiddelden en standaardafwijkingen in mg/kg droge stof)

Wanneer alleen de plaatsen Blankenberge, Oostende en Nieuwpoort worden beschouwd gaf de ANOVA met twee factoren alleen voor lood een eerder zwak significant verschil aan ($p = 0,08$). Dit wijkt af van de tijdens de periode 1979-1997 genoteerde verschillen, hetgeen wijst op een evolutie van de geografische spreiding van de zware metalen in mossel.

Tabel 2. Statistische gegevens over zware metalen in mossel 1995-1997 (mg/kg droge stof)

	Kwik	Cadmium	Lood	Koper	Zink	Arseen
Aantal analyses	44	44	41	40	44	44
Mediaan	0,12	0,55	0,95	4,9	85,5	6,45
Gemiddelde	0,12	0,60	1,15	5,1	91,2	6,51
Standaardafwijking	0,036	0,209	0,511	1,73	27,31	3,344
Variatiecoëfficiënt (%)	31,0	35,1	44,6	34,3	29,9	51,4

Tabel 2 geeft de globale statistische gegevens voor de huidige concentraties aan zware metalen in mossel van de Belgische kust. De hogere variatiecoëfficiënt voor arseen valt hierbij op. De concentraties aan deze contaminant blijken dan ook aan grotere schommelingen onderhevig te zijn dan de andere. Alle data bleken de normale verdeling te volgen ($p < 0,05$). Dit blijkt trouwens ook uit het geringe verschil tussen mediaan en gemiddelde.

In tabel 3 worden deze concentraties vergeleken met gegevens die in andere landen met analoge "mussel watch" programma's in ongeveer dezelfde periode werden bekomen, nl. Frankrijk (RNO, 1996), de Verenigde Staten (O'Connor, 1996), Nederland (Akkerman, 1997) en Duitsland (Anon., 1997).

Tabel 3. Vergelijking voor zware metalen in mossel tussen België en andere landen (medianen in mg/kg droge stof)

	Periode	n	Kwik	Cadmium	Lood	Koper	Zink
België	1995-97	44	0,12	0,55	0,95	4,9	86
Frankrijk	1992-94	179	0,16	1,00	2,70	7,9	127
USA	1992-94	232	0,12	1,60	1,90	8,5	120
Nederland	1993-95	30	0,15	1,30	2,20	5,8	101
Duitsland	1994-95	50	0,12	0,60	0,90	7,0	80

Vergeleken met deze gebieden bleken de concentraties aan de Belgische kust vrij laag uit te vallen.

De Commissie van het Verdrag van Parijs heeft achtergronds/referentieconcentraties voor een aantal matrices opgesteld (OSPAR, 1997). Het betreft concentraties die aanwezig waren in de preïndustriële periode. Tabel 4 vermeldt deze concentraties voor mossel en vergelijkt deze waarden met deze langs de Belgische kust (1995-1997) aangetroffen. Er valt op te merken dat de gehalten in nat gewicht zijn uitgedrukt.

Tabel 4. Concentraties aan zware metalen in mosselen vergeleken met referentieconcentraties (mg/kg nat gewicht)

	Referentieconcentraties	Belgische kust	Factor
Hg	0,005 - 0,010	0,037	x 3,7
Cd	0,07 - 0,11	0,144	x 1,3
Pb	0,010 - 0,190	0,28	x 1,5
Cu	0,76 - 1,10	1,4	x 1,3
Zn	11,6 - 30	21	-

Uit deze vergelijking volgt dat alleen het gehalte aan zink in het referentiegebied gelegen was. Voor de andere metalen was vooral kwik veel hoger dan de referentie. Er dient evenwel te worden vermeld dat de referentieconcentraties alleen een vergelijkende waarde hebben en niet bedoeld zijn als streefconcentraties voor een ecologisch beleid (OSPAR, 1997).

In Noorwegen wordt voor dit laatste een milieukwaliteitsclassificatie gebruikt. Er bestaan vijf categorieën gaande van "goed" tot "zeer slecht" (Molvær *et al.*, 1997). Voor de categorie "goed" zijn de concentraties voor mossel (mg/kg droog gewicht) : kwik 0,2, cadmium 2, lood 3, koper 10 en zink 200. Wanneer deze concentraties worden overschreden wordt dit als een "overconcentratie" aangezien. Alle Belgische gehalten lagen beneden deze limieten, hetgeen nogmaals wijst op de matige graad van verontreiniging van de mosselen.

4. Conclusies

Algemeen gezien zijn de concentraties aan zware metalen in wilde mosselen in een periode van achttien jaar gedaald. Gezien dit ook in andere gebieden van de Noordzee werd waargenomen wijst dit op een vermindering van de toevoer van contaminanten en zou een aanduiding zijn dat de diverse maatregelen die vooral op internationaal niveau (Verdrag van Parijs, Europese Unie) getroffen werden om deze inputs te verminderen, hun invloed doen gelden.

Geografisch bekeken bleek de Oostkust (Knokke) de hoogste concentraties aan kwik, cadmium en lood te vertonen. Voor koper, zink en arseen was er geen significant verschil te noteren.

Op het gebied van de monitoring bleek de lengte-indeling van de mosselen alleen voor cadmium van belang te zijn. Daar de zware metalen evenwel samen worden bepaald dient de lengtestratificatie van de mosselen te worden behouden. Geografisch gezien dienen de vier bemonsteringsplaatsen langs de Belgische kust verder in het onderzoek betrokken te blijven.

Referenties

Akkerman, I. (1997) : National evaluation report of the joint assessment and monitoring programme 1995 of the Netherlands. Rijkswaterstaat – RIKZ, Den Haag.

Amiard-Triquet, C., Berthet, B., Métayer, C. en Amiard, J. (1986) : Contribution to the ecotoxicological study of cadmium, copper and zinc in the mussel *Mytilus edulis*. 2. Experimental study. *Marine Biology* 92, 7-13.

Anon. (1997) : National comments from Germany on the JMP data for the year 1995. Presented at the "Working group on concentrations, trends and effects of substances in the marine environment" of the Oslo and Paris Commissions, Bonn, november 1997.

Boyden, C. (1977) : Effect of size upon metal content of shellfish. *Journal of the Marine Biology Association UK* 57, 675-714.

Bryan, G. (1980) : recent trends in research on heavy-metal contamination in the sea. *Heelgoländer Meeresuntersuchungen* 33, 6-25.

Cossa, D., Bourget, E., Pouliot, D., Piuze, J. en Chanut, J. (1980) : Geographical and seasonal variations in the relationships between trace metals and body weight in *Mytilus edulis*. *Marine Biology* 58, 7-14.

Goldberg, E. (1975) : The mussel watch – a first step in global marine pollution monitoring. *Marine pollution Bulletin* 6, 111.

Harris, J., Fabris, G., Statham, P. en Tawfik, F. (1979) : Biogeochemistry of selected heavy metals in Western Port, Victoria, and use of invertebrates as indicators with emphasis in *Mytilus edulis planulatus*. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 30, 159-178.

Hoening, M. en Van Hoeyweghen, P. (1986) : Determination of selenium and arsenic in animal tissues with platform furnace atomic absorption spectrometry and deuterium background correction. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry* 24, 193.

ICES (1979) : Report of the ICES Advisory Committee on Marine Pollution, 1978. Cooperative Research Report Nr 84. International Council for the Exploration of the Sea, Kopenhagen.

ICES (1980) : Report of the ICES Advisory Committee on Marine pollution, 1979. Cooperative Research report Nr 92. International Council for the Exploration of the Sea, Kopenhagen.

Lobel, P. en Wright, D. (1982) : Relationship between body zinc concentration and allometric growth measurements in the mussel *Mytilus edulis*. *Marine Biology* 66, 145-150.

Meeüs-Verdinne, K., Van Cauter, R. en De Borger, R. (1983) : Trace metal content in Belgian coastal mussels. *Marine Pollution Bulletin* 14, 198-200.

Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J. en Sørensen, J. (1997) : Classification of environmental quality in fjords and coastal waters. A guide. Norwegian State Pollution Control Authority. Report no. TA-1467, 36 pp.

Motulsky, H. (1995) : *Intuitive Statistics*. Oxford University Press, Oxford.

NSTF (1993) : North Sea Task Force : North Sea Quality Status Report 1993. Oslo and Paris Commissions, Londen, 132 pp.

O'Connor, T. (1996) : Trends in chemical concentrations in mussels and oysters collected along the US coast from 1986 to 1993. *Marine Environmental Research* **41**, 183-200.

Oslo and Paris Commissions (1992) : Monitoring and Assessment. Oslo and Paris Commissions, Londen.

Oslo and Paris Commissions (1997) : Assessment and Monitoring. Oslo and Paris Commissions, Londen.

OSPAR (1997) : Agreed background/reference concentrations for contaminants in sea water, biota and sediment. Joint meeting of the Oslo and Paris Commissions 1997 : summary record, annex 5. Oslo and Paris Commissions, Londen.

Paris Commission (1984) : Fourth and fifth report on the activities of the Paris Commission, Annex 14. Paris Commission, Londen.

Phillips, D. (1976) : The common mussel *Mytilus edulis* as an indicator of pollution by zinc, cadmium, lead and copper. I. Effects of environmental variables on uptake of metals. *Marine Biology* **38**, 59-69.

Popham, J. en D'Auria, J. (1983) : Combined effect of body size, season and location on trace element levels in mussels (*Mytilus edulis*). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* **12**, 1-14.

Regoli, F. en Orlando, E. (1994) : Accumulation and subcellular distribution of metals (Cu, Fe, Mn, Pb and Zn) in the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* during a field transplant experiment. *Marine Pollution Bulletin* **28**, 592-900.

RNO (1996) : Surveillance du milieu marin. Travaux du RNO : Edition 1996. Ifremer et Ministère de l'Environnement, Paris, 32 pp.

Riget, F., Johansen, P. en Asmund, G. (1996) : Influence of length on element concentrations in blue mussels (*Mytilus edulis*). *Marine Pollution Bulletin* **32**, 745-751.

Schultz-Baldes, M/ (1973) : Die Miesmuschel *Mytilus edulis* als Indikator für die Bleikonzentration im Weserästuar und in der Deutschen Bucht. *Marine Biology* **21**, 98-102.

Szefer, P. en Szefer, K. (1985) : Occurrence of ten metals in *Mytilus edulis* L. and *Cardium glaucum* L. from the Gdansk Bay. *Marine Pollution Bulletin* **16**, 446-450.