

MINISTERIE VAN LANDBOUW
Bestuur voor Landbouwkundig Onderzoek
Rijkscentrum voor Landbouwkundig Onderzoek - Gent
RIJKSSTATION VOOR ZEEVISSERIJ - OOSTENDE
Directeur : P. HOVART

**FYSICO-CHEMISCH ONDERZOEK VAN DE LOZINGSGEBIEDEN
VOOR AFVALSTOFFEN AFKOMSTIG VAN DE BELGISCHE
TITAANDIOXIDEPRODUKTIE IN DE PERIODE 1976 - 1980**

M. BAETEMAN, R. GABRIELS, M. GUNS

Mededelingen van het Rijksstation voor Zeevisserij (C.L.O. Gent)
Publikatie nr. 185/1982

MINISTERIE VAN LANDBOUW
Bestuur voor Landbouwkundig Onderzoek
Rijkscentrum voor Landbouwkundig Onderzoek - Gent
RIJKSSTATION VOOR ZEEVISSERIJ - OOSTENDE
Directeur : P. HOVART

**FYSICO-CHEMISCH ONDERZOEK VAN DE LOZINGSGEBIEDEN
VOOR AFVALSTOFFEN AFKOMSTIG VAN DE BELGISCHE
TITAANDIOXIDEPRODUKTIE IN DE PERIODE 1976 - 1980**

M. BAETEMAN, R. GABRIELS, M. GUNS

Mededelingen van het Rijksstation voor Zeevisserij (C.L.O. Gent)
Publikatie nr. 185/1982
D/1982/0889/6

1. INLEIDING *

Onderhavig rapport is het tweede in de reeks over de mariene monitorings-activiteiten (partim fysico-chemie) op en rond de twee lozingsplaatsen voor afvalstoffen afkomstig van Belgische TiO_2 -produktie en heeft betrekking tot een periode van vijf jaar (1976-80).

Titaandioxide is een wit pigment dat in hoofdzaak wordt aangewend voor het opacifiëren van verven, plastieken, papier, textielvezels en andere produkten. Het industrieel proces bestaat uit een inwerking van ijzer-titanaat met sterk zwavelzuur gevolgd door een hydrolyse van het titaanhydroxide. Het titaandioxide wordt vervolgens door uitwassen gerecupeerd, terwijl het verdunde zwavelzuur samen met de residuele metaalzouten het effluent uitmaken dat wordt geloosd.

Afvalstoffen afkomstig van deze industrietak worden op twee plaatsen in de zuidelijke Noordzee gedumpt (figuur 1).

Op plaats A gebeuren de lozingen sinds 1960 en op plaats B sinds 1970.

De samenstelling van beide afvalstromen is vrij analoog ; zij bevatten 20 à 25 % vrij zwavelzuur en ca 6 % ijzersulfaat als primaire contaminanten. Als secundaire contaminanten zijn er ook sporen zware metalen in de lozingsprodukten aanwezig. De voornaamste hiervan, in oplossing, zijn zink, lood, chroom, nikkel, mangaan, koper en vanadium.

(*) De metingen op zee werden gedeeltelijk uitgevoerd met schepen ter onzer beschikking gesteld door de Beheerseenheid van het Mathematisch Model van de Noordzee en het Scheldeestuarium.

Het transport van de afvalstoffen geschiedt met speciale tankers, die op bedoelde plaats een cirkel met straal van 1 mijl maken. Bij middel van twee rubberuitlaatbuizen worden de stoffen 1 m onder het wateroppervlak in het schroefwater geloosd. De lozing duurt ongeveer 1 uur en grijpt plaats tegen de stroom in, met een ritme van ca 1.800 ton per 24 u.

De hoeveelheden in gebied A varieerden van 170.000 T tot 368.000 T tussen 1976 en 1980 hetgeen een gemiddelde van 304.000 T per jaar betekende, terwijl in gebied B de hoeveelheden schommelden tussen 245.000 T en 293.000 T met een gemiddelde van 267.000 T per jaar tijdens de duur van dit onderzoek.

Bij de lozing van TiO_2 -afvalzuur in zee zijn in eerste instantie volgende effecten te verwachten :

- daling van de pH met als rechtstreeks gevolg stijging van de partieel-druk van CO_2 ;
- oxidatie van divalent ijzer in trivalent ijzer waardoor zuurstofverbruik uit het milieu ;
- toename van de ijzer (III) concentratie in het water ;
- toename van de hoeveelheid materie in suspensie ;
- daling van de saliniteit ;
- penetratie van de afval in de zeebodem ; de dichtheid van de afval-produkten bedraagt ca $1,25 \text{ g/m}^3$, zodat kan worden verwacht dat een gedeelte op de zeebodem terechtkomt onmiddellijk na de lozing. De verblijftijd van een element in het water is immers functie van de sedimentatie en van de biologische absorptie. Het ijzerhydroxide dat gevormd wordt bij de reactie van de afval met het zeewater bezinkt eveneens.

Daar de lozingsprodukten ook sporen zware metalen bevatten en rekening houdend met de grote hoeveelheden die dagelijks worden gestort, kan worden

berekend dat relatief hoge concentraties van deze metalen in een welbepaalde dumpingszone geïntroduceerd worden. Gezien het algemeen bekend is dat vele mariene organismen deze zware metalen kunnen accumuleren dermate dat de opgestapelde hoeveelheden schadelijk zijn voor het dier zelf of voor zijn predatoren waaronder de mens, is het essentieel dat de concentratie van deze metalen in de sedimenten onder controle wordt gehouden om een eventuele onaanvaardbare verhoging te kunnen vaststellen.

In 1976 heeft het Rijksstation voor Zeevisserij een aanvang gemaakt met een mariene ecologische studie die tot doel heeft de staat van verontreiniging op deze dumpingsplaatsen systematisch te inventariseren en onderling te vergelijken. De resultaten van het jaar 1976 die reeds werden gepubliceerd (4) werden volledigheidshalve opnieuw opgenomen.

In de loop van de vijf jaar studie werd het opzet van het onderzoeksprogramma hier en daar gewijzigd met betrekking tot de onderzochte parameters en dit hoofdzakelijk om conform te zijn met richtlijnen van de Commissie van de Conventie van Oslo (20) en van de E.E.G. (9). Deze laatste heeft, speciaal voor de afvalverwijdering van de titaandioxide-produktie een regeling op communautair niveau binnen de Lid-staten doorgevoerd.

De resultaten van het biologisch aspect van dit onderzoek (populatiestudie van vissen, epibenthos en macrobenthische infauna) worden afzonderlijk gepubliceerd (2)(3)(15)(16)(17)(18)(31)(32).

2. MATERIAAL EN METHODEN

2.1. Monsterneming.

Gelijklopend met de biologische waarnemingen van het onderzoek werden de opnamen uitgevoerd per kwartaal, dit om eventuele seizoenschommelingen te kunnen ondervangen.

De monsters werden genomen op 3 plaatsen op en rond de beide lozingsplaatsen.

Bij de keuze van de stations werd rekening gehouden met de NO-waarts gerichte stromingsresultaten voor de Belgische kust. Voor de respectievelijke gebieden werden volgende punten vastgelegd :

A₁ bij 51°49'N, 3°03'E; ZW-waarts van de lozingsplaats A

A₂ bij 51°50'N, 3°10'E; lozingsplaats A zelf op ongeveer 20 zeemijl van de kust

A₃ bij 51°51'N, 3°14'E ; NO-waarts van de lozingsplaats A

B₁ bij 51°29'N, 2°57'E ; ZW-waarts van de lozingsplaats B

B₂ bij 51°30'N, 3°00'E; lozingsplaats B zelf op ongeveer 12 zeemijl van de kust

B₃ bij 51°32'N , 3°06'E ; NO-waarts van de lozingsplaats B

De localisering van de betrokken stations wordt weergegeven in figuur 1.

Op de hoger vernoemde plaatsen werden met een Nansen-fles, voorzien van een kantelthermometer, watermonsters genomen op ca 1 m boven het bodemoppervlak en desgevallend van het oppervlaktewater. Deze monsters werden op een reeks parameters fysico-chemisch onderzocht (zie tabellen en resultaten).

Bij middel van een Van Veen-grijper werden ook sedimentmonsters genomen waarin fysico-chemisch een aantal zware metalen werden gedoseerd, nl.

aluminium, chroom, ijzer en vanadium. Vanaf 1978 werd de dosering van metalen in sedimentmonsters uitgebreid tot nikkel, lood, titaan en zink.

Ingevolge de richtlijn van de E.E.G. met betrekking tot de lozingsvermindering van afvalprodukten afkomstig van de titaandioxide-industrie, werden sinds 1978, jaarlijks, een aantal zware metalen (kwik, cadmium, chroom, koper, ijzer, mangaan, nikkel, lood en zink) in enkele representatieve benthosorganismen bepaald.

2.2. Voorbereiding van de monsters.

Teneinde de monsters een tijd lang te kunnen conserveren, werden ter plaatse, naargelang het geval, een aantal voorzorgsmaatregelen getroffen (1) (27).

2.2.1. Preservatie voor de analyse van ammoniak, nitriet en nitraat.

Om elke verandering in de stikstof balans door de biologische activiteit te verhinderen, werd onmiddellijk gepreserveerd met 0,8 ml/l geconcentreerd H_2SO_4 . De monsters werden bewaard bij $-20\text{ }^{\circ}C$.

2.2.2. Preservatie voor de analyse van fosfaten.

Daar het om betrekkelijk lage concentraties aan fosfaat gaat, werd plastic vermeden (adsorptie aan de wanden). De monsters werden gepreserveerd met 40 mg/l $HgCl_2$ en diepgevroren bewaard.

2.2.3. Preservatie voor de bepaling van silicaten.

De monsters werden steeds in plastic flessen gecollecteerd.

2.2.4. Preservatie voor de analyse van COD.

De monsters werden onmiddellijk met 2 ml/l geconcentreerd H_2SO_4 aangezuurd.

2.2.5. Preservatie voor de analyse van opgeloste zuurstof.

De monsterneming zelf in BOD-flessen van 300 ml gebeurde met de grootste zorg, zodat geen uitwisseling van zuurstof met de lucht kon plaats vinden.

Teneinde de hoeveelheid aan opgeloste zuurstof in de fles te behouden en de biologische activiteit te stoppen, werd onmiddellijk gepreserveerd met 1 ml 2 % NaN_3 -oplossing, terwijl de fles bewaard werd bij een temperatuur die maximaal die van het collecteren was. De monsters werden binnen de acht uren geanalyseerd.

2.2.6. Preservatie voor de analyse van materie in suspensie.

Om ijzerdepositie op de wanden te beletten, werd aangezuurd met 0,2 ml/l geconcentreerd HCl .

2.2.7. Preservatie voor de analyse van turbiditeit.

Met het doel de monsters langer dan 24 uren te kunnen bewaren, werd 1 g/l HgCl_2 toegevoegd.

2.2.8. Preservatie voor de analyse van ijzer in water.

Teneinde adsorptie van het metaal aan de wanden te voorkomen, werd 5 ml/l geconcentreerd HNO_3 toegevoegd.

2.2.9. Preservatie van sedimentmonsters en van biologisch materiaal.

Alle dito monsters werden diepgevroren bij $-30\text{ }^\circ\text{C}$ bewaard.

2.3. Analysemethoden (11) (27).

2.3.1. Nitraten : werden bepaald met de cadmium-reductiemethode.

Detectielimiet : $100\text{ }\mu\text{g N/l}$

2.3.2. Nitrieten : werden colorimetrisch bepaald met de diazotatiemethode.

Detectielimiet : $1\text{ }\mu\text{g N/l}$

2.3.3. Ammoniakale stikstof : de ammoniak werd vanuit alkalisch midden door middel van versnelde microdiffusie opgevangen in zwavelzuur, waarna

colorimetrisch werd gedoseerd met Nesslerreagens bij 410 nm (33).

Bepaling tot 10 μg N/l.

Het gehalte aan vrij ammoniakgas werd hieruit verrekend in functie van de temperatuur en de zuurtegraad in situ.

Detectielimiet : 0,001 ppm NH_3 .

2.3.4. Orthofosfaat : werd colorimetrisch bepaald volgens de ascorbine-zuurmethode.

Detectielimiet : 10 μg P/l.

2.3.5. Totaal fosfaat : door zure hydrolyse in aanwezigheid van kaliumpersulfaat werd ook het organisch gebonden fosfaat tot orthofosfaat omgezet.

2.3.6. Silikaten : gezien de mogelijke spreiding van het silicaatgehalte in zeewater werden drie methoden met verschillend meetbereik ter beschikking gehouden. Voor de mogelijke hoge gehalten (0-15 mg/l SiO_2) werd de silicomolybdaatmethode voorbereid die nauwkeurig is tot 500 μg Si/l.

Voor de lagere gehalten (0-2 mg/l SiO_2), met een detectielimiet van 25 μg Si/l werd de heteropoly-blauw-methode toegepast.

Voor de nog lagere gehalten (0-200 μg /l SiO_2) werd dezelfde colorimetrische methode gebruikt als voorgaande, doch waarbij een cel van 25 cm werd aangevend. De resultaten konden in dit geval uitgedrukt worden tot 10 μg Si nauwkeurig.

2.3.7. COD : werd bepaald met de dichromaat refluxmethode. Interferentie van chloride werd opgeheven door toevoegen van HgSO_4 vóór refluxen. De bepaling gebeurde titrimetrisch.

Detectielimiet : 10 mg/l.

2.3.8. Oxido-reductiepotentiaal : werd gemeten door een platina electrode in het monster onder te dompelen en de relatieve potentiaal onder stikstof-atmosfeer t.o.v. een V.K.E. als referentie-electrode te bepalen.

2.3.9. Zuurstof-verzadiging : het percentage opgeloste zuurstof ten opzichte van de verzadigingswaarde bij elke temperatuur en chloriniteit werd berekend met de tabel op bladzijde 446 van de Amerikaanse Standard Methods 1975. De opgeloste zuurstof werd ter plaatse polarografisch gemeten met een YSI-zuurstofprobe. De waarden werden in het laboratorium iodometrisch geverifieerd met de azide modificatie van de Winkler-methode. De opgeloste zuurstof is uitgedrukt tot 0,1 mg/l nauwkeurig, de verzadigingswaarde tot 1 %.

2.3.10. Materie in suspensie : na mixen van het monster werd de hoeveelheid gesuspendeerd materiaal spectrofotometrisch bepaald in functie van de licht-doorlaatbaarheid, rechtstreeks steunende op de wet van Lambert-Beer. De hoeveelheid materie in suspensie, afhangende van de concentratie en van het soortelijk gewicht van het gesuspendeerde materiaal, werd uitgedrukt tot 1 mg/l. Vanaf 1978 werd voor deze bepaling overgeschakeld op de centrifugaalmethode ; het gewicht van de droogrest op 105 °C werd gemeten tot 1 mg/l nauwkeurig (Belgische norm NBN 366).

2.3.11. Turbiditeit : werd nefelometrisch bepaald door vergelijking van het teruggekaatste licht na doorgang door het monster en door een standaard onder dezelfde omstandigheden. Het formazinepolymeer, algemeen aanvaard als de turbiditeitsstandaardreferentie suspensie voor water, werd als standaard gebruikt. De resultaten werden uitgedrukt in Formazine Turbiditeitsseenheden tot 1 FTU nauwkeurig.

2.3.12. Bezinkbare stoffen : na 2 uren sedimentatie in een Imhoff-kegel werd het volume bezonken stof uit 1 liter van het monster afgelezen tot 0,1 ml/l (Belgische Norm NBN 312).

2.3.13. Doorzichtigheid met Secchischijf : werd ter plaatse gemeten door diepteaflezing van de Secchisschijf tot op 50 cm.

2.3.14. Totaal ijzer in water : werd bepaald met de Ferrozine methode (28) de hoeveelheid totaal ijzer aanwezig in het monster werd bepaald tot 0,02 mg/l nauwkeurig.

2.3.15. pH : werd gemeten in het laboratorium met een Orion-pH-meter tot 0,01 eenheid en afgerond tot 0,1 eenheid.

2.3.16. Saliniteit : werd gemeten door titratie met een 0,1 N zilver-nitrat-oplossing volgens de methode van Mohr.

2.3.17. Temperatuur : werd rechtstreeks in de monsterfles gemeten ; deze metingen zijn noodzakelijk voor het bepalen van het zuurstofgehalte in procent verzadigingsgraad en van het vrije ammoniakgehalte t.o.v. het totaal ammoniumgehalte.

De resultaten worden weergegeven in appendix.

2.3.18. Zware metalen in sedimentmonsters (*) : werden gemeten t.o.v. standaardreeksen bij middel van atoomabsorptie spectrofotometrie, toestel Techtron AA-5, met vlam of vlamloos met grafiet-oven, naargelang het concentratieniveau (10).

De studie van de fractieverdeling van de sedimentmonsters en van de extractie van de zware metalen werd het eerste jaar van de monitoring uitgevoerd (4). De methode met 5M salpeterzuur (6 uur schudden, 100 °C) werd weerhouden. Daar de fractie tussen 0,09 mm en 0,50 mm steeds voor

(*) Uitgevoerd door R. Gabriëls, Rijksstation voor Sierplantenteelt, C.L.O. Gent.

meer dan 80 % aanwezig is, werd voor een totaalanalyse geopteerd.

2.3.19. Zware metalen in benthosorganismen (*) : de analyses werden in 1978 en 1979 éénmaal per jaar uitgevoerd op een representatief monster bestaande uit ca 10 specimens.

Volgende monsters werden gebruikt :

- schar (Limanda limanda) als vertegenwoordiger van de ichtyofauna,
- heremietkreeft (Pagurus bernhardus), slangster (Ophiura spp.), zeester (Asteria rubens L.) en zwemkrab (Macropipus holsatus L.), als epibenthos-organismen.

De analyse van de zware metalen werd uitgevoerd met atoomabsorptie spectrofotometrie zoals in een vorige publicatie werd beschreven (30).

(*) Uitgevoerd door M. Guns, **Instituut voor Scheikundig Onderzoek**, Tervuren.

3. RESULTATEN

De resultaten van alle analyses per parameter per plaats, per kwartaal en per zone over de vijf jaar zijn samengevat in de tabellen 3 tot en met 30.

3.1. Gemiddelde waarden en spreiding van iedere parameter afzonderlijk voor alle meetpunten van eenzelfde zone samen.

Tabellen 1a en 1b geven een overzicht van alle fysico-chemische parameters onderzocht in het water met de spreiding van de resultaten over de vijf jaren per dumpingsgebied, de gemiddelden per jaar en waar het aantal metingen het toeliet, de standaardafwijkingen op deze gemiddelden.

In de tabellen 2a en 2b zijn de spreiding over de ganse periode, de gemiddelden per jaar en de eventuele standaardafwijkingen op deze gemiddelden, voor de onderzochte zware metalen in de sedimentmonsters vermeld.

Daar waar literatuurgegevens voorhanden zijn, die, volgens de auteurs, als normaal kunnen worden beschouwd voor gebieden die geen speciale omstandigheden kennen, zijn deze in de laatste kolommen weergegeven. Deze referentiegegevens die slechts benaderende schattingen zijn voor het geheel van de wereldzeeën zijn evenwel niet altijd volkomen vergelijkbaar met kuststroken of afgesloten zeeën.

Tabel 1a : Gemiddelden en spreiding dumpingszone A (a)

1978	1979	1980	Normale spreiding (b)
1.020 (430)	620 (190)	300 (130)	< 1-500 (24) ! 4.500 (26)
< 1 - 5	4 (2)	14 (4)	< 0,1 - 50 (24) ! 30 (26)
< 10 - 70	< 10 - 40	< 10 - 20	< 1 - 50 (24)
< 0,001 - 0,002	< 0,001 - 0,001	< 0,001	! 0,01 (26)
60 (20)	50 (15)	40 (5)	<u>±</u> 70 (23)
100 (30)	95 (35)	70 (20)	
100 (60)	50 (20)	75 (30)	20 - 4.000 (26)
160 (30) 200 (65)	220 (60) 220 (50)	190 (30) 205 (30)	synthetisch zee- water : 150 - 200 mg/l
-	115 (20)	185 (40)	
94 (5) 98 (7)	97 (7) 98 (8)	97 (2) 96 (2)	
< 1 - 5	3,5 (1)	-	
700 (130)	750 (250)	900 (250)	
0,07 (0,03)	0,06 (0,02)	0,05 (0,02)	0,002 - 0,02 mg/kg (25)
8,03 (0,14)	8,29 (0,09)	8,22 (0,04)	7,5 - 8,3 (26) 7,8 - 8,5 (8)

Tabel 1 b : Gemiddelden en spreiding dumpingszone B (a)

1978	1979	1980	Normale spreiding (b)
1.080 (390)	670 (260)	230 (80)	< 1 - 500 (24) ! 4.500 (26)
< 1 - 22	13 (3)	9 (3)	< 0,1 - 50 (24) ! 30 (26)
< 10 - 80	< 10 - 40	< 10 - 30	< 1 - 50 (24)
< 0,001 - 0,002	< 0,001 - 0,001	< 0,001	! 0,01 (26)
80 (10)	90 (25)	70 (15)	<u>±</u> 70 (23)
150 (20)	140 (20)	100 (20)	
260 (135)	300 (210)	270 (60)	20 - 4.000 (26)
190 (60)	160 (35)	150 (15)	Synthetisch zeewater : 150 - 200 mg/l
190 (60)	150 (20)	135 (20)	
-	160 (10)	170 (25)	
94 (3)	104 (9)	95 (7)	
96 (2)	106 (10)	99 (8)	
< 1 - 8	5 (2)	-	
300 (160)	250 (220)	200 (50)	
0,06 (0,03)	0,07 (0,05)	0,05 (0,04)	0,002 - 0,02 mg/kg (25)
8,01 (0,05)	8,24 (0,11)	8,07 (0,10)	7,5 - 8,3 (26) 7,8 - 8,5 (8)

Tabel 2a - Gemiddelden en spreiding zware metalen in sediment dumpingszone A (a)

Parameter ($\mu\text{g/g}$)	Spreiding	1976	1977	1978	1979	1980
Al	220 - 850	497 (73)	511 (184)	545 (157)	510 (94)	635 (154)
Cr	1,1 - 7,8	2,8 (0,7)	2,9 (1,2)	4,2 (1,6)	2,5 (0,5)	2,7 (0,6)
Fe	1.030 - 4.340	2.130 (713)	2.330 (1.230)	2.410 (282)	1.860 (650)	2.360 (340)
Ni	2,0 - 3,9	-	-	2,8 (0,5)	3,0 (0)	3,0 (0,7)
Pb	0,9 - 7,7	-	-	2,3 (2,0)	1,6 (0,5)	1,9 (1,1)
Ti	20 - 66	-	-	-	47 (15)	26 (5)
V	1,0 - 7,5	3,3 (0,7)	3,5 (1,9)	5,7 (0,9)	4,1 (1,7)	3,8 (0,8)
Zn	10,5 - 41,0	-	-	20,2 (10,0)	15,1 (3,4)	13,5 (2,1)

(a) Standaardafwijking van het gemiddelde tussen haakjes

Tabel 2b - Gemiddelden en spreiding zware metalen in sediment, dumpingszone B (a)

Parameter ($\mu\text{g/g}$)	Spreiding	1976	1977	1978	1979	1980
Al	450 - 2.630	856 (267)	1.006 (395)	1.377 (597)	1.013 (120)	1.035 (159)
Cr	1,4 - 29,0	7,0 (3,6)	10,0 (4,9)	5,9 (3,4)	17,4 (8,6)	6,3 (0,6)
Fe	4.090 - 25.580	5.800 (1.190)	10.480 (4.780)	10.980 (5.090)	12.200 (7.355)	5.600 (445)
Ni	2,1 - 4,8	-	-	3,2 (0,9)	3,0 (0,1)	3,3 (0,4)
Pb	3,2 - 35,0	-	-	8,1 (8,9)	9,5 (3,2)	10,9 (3,3)
Ti	39 - 88	-	-	-	65 (16)	44 (5)
V	3,0 - 29,0	9,7 (2,3)	17,8 (5,9)	8,4 (4,8)	15,8 (5,7)	12,6 (5,1)
Zn	19,5 - 148,0	-	-	55,0 (34,5)	36,0 (15,3)	26,9 (2,0)

(a) Standaardafwijking van het gemiddelde tussen haakjes

3.2. Afzonderlijke analyseresultaten.

Bij de studie van de afzonderlijke gegevens kan algemeen worden opgemerkt dat er geen seizoensgebondenheid van de resultaten is.

Rekening houdend met literatuurgegevens en met fysico-chemische waarnemingen op andere plaatsen voor de Belgische kust waar geen afval van de TiO_2 -produktie wordt gedumpt (5), kunnen volgende beschouwingen worden gemaakt :

- De gemiddelde gehalten aan nitraten lagen met uitzondering van het jaar '80 alle boven de 500 $\mu\text{g N/l}$, hetgeen niet onmiddellijk schadelijk, doch hoger mag genoemd worden dan de normale zeewater concentraties.

Dezelfde trend van de gemiddelden per jaar wordt weergevonden in de beide dumpingsgebieden. De grote schommelingen van deze parameter die blijken uit de overeenkomstige standaardafwijkingen enerzijds en de pieken welke voorkomen anderzijds, moeten als een algemeen verschijnsel voor de gehele Belgische kustzone in die periode worden gezien.

- Het nitrietgehalte in zee, het intermediaire stadium bij de nitrificatie van ammoniak en bij de denitrificatie van nitraat, fluctueert in normale omstandigheden tussen 0,1 en 50 $\mu\text{g N/l}$; alle gevonden waarden lagen in dit gebied. Nitrietmetingen worden niet zozeer uitgevoerd uit oogpunt van het potentieel toxisch karakter van nitriet dan wel als proef voor de efficiëntie van het nitrificatieproces. Een laag nitrietgehalte nl. minder dan 0,1 ppm of 30 $\mu\text{g N/l}$ wijst op een goede nitrificatie (26).
- Voor de hoeveelheid ammoniumstikstof konden in het jaar 1977 pieken worden vastgesteld tot 420 $\mu\text{g N/l}$ wat zowat acht maal de normale maximum hoeveelheid is die in zee wordt aangetroffen. Deze pieken aan ammoniumstikstof in de beide zones konden voor datzelfde jaar ook nog op andere plaatsen in de zuidelijke Noordzee worden gemeten en werden ook waargenomen door andere Belgische laboratoria (19). Deze abnormale hoge

waarden kunnen dus niet rechtstreeks in verband worden gebracht met de lozingen afkomstig van de titaandioxideproduktie. De gemiddelden aan vrije ammoniak, hetgeen voor de mariene fauna rechtstreeks van belang is, lagen binnen de toelaatbare grenzen. De pieken aan ammoniumstikstof kwamen echter wel overeen met de maximum tolerantie van 0,01 ppm ammoniak.

Er dient te worden opgemerkt dat de drastische pH-verlaging, die volgens waarnemingen in het buitenland gedurende een zeer korte tijdspanne optreedt op het ogenblik van de lozing niet nadelig is voor wat het vrije ammoniakgehalte betreft, gezien in zuur milieu en reeds bij pH = 6 ammoniak onder de ammoniumvorm aanwezig is.

- Voor de fosfaatgehalten zijn geen vaste richtlijnen gekend, doch de resultaten lagen volledig in de lijn van de waarnemingen op andere plaatsen (5) ; over de vijf jaren is ook geen verandering vast te stellen.
- Het normale gehalte van silicaten in zeewater varieert tussen 20 en 4.000 $\mu\text{g Si/l}$ (26) ; alle gevonden waarden lagen in dit gebied.
- De gemiddelde COD-waarden schommelden tussen 150 en 220 mg/l, hetgeen in overeenstemming is met waarnemingen op andere punten (5) en ook overeenkomt met de waarde die voor synthetisch zeewater met hetzelfde chloridegehalte wordt gevonden. Het verschil tussen de oppervlakte- en bodemonsters is te verwaarlozen, hetgeen erop wijst dat er geen verhoogd zuurstofverbruik door oxidatie van divalent ijzer in de trivalente vorm, tegen de bodem kan worden waargenomen.
- Over de redoxpotentialen, slechts bepaald vanaf het jaar '79, kan weinig worden gezegd ; deze parameter, die de organische belasting weergeeft in een bepaald gebied en o.m. kan gebruikt worden om de biologische processen in afvalwaters in het algemeen, te controleren, moet eerder worden gezien als referentie voor andere zones deel uitmakend van het monitoringsprogramma Belgische kust, doch zijn voor de hier besproken gebieden van minder belang.

- De waarden voor opgeloste zuurstof lagen in de buurt van de verzadigingswaarden. Aansluitend met wat voor de COD-waarden werd gevonden, kon hier ook geen vermindering aan opgeloste zuurstof worden vastgesteld, die aan de lozingen kan te wijten zijn. De geringe verschillen t.t.z. iets hogere waarden aan de oppervlakte, zijn niet significant.

Deze bevinding is in overeenstemming met gegevens uit de buitenlandse literatuur.

Divalent ijzer wordt bij pH-verhoging geoxideerd in de trivalente vorm. De hoeveelheid aan opgeloste zuurstof die voor deze oxidatie vereist is werd berekend op

$$0,14 \text{ ton O}_2 \text{ voor } 1 \text{ ton Fe}^{2+}$$

dit in overeenstemming met de reacties



Weichart (34) noteerde een zuurstofvermindering, doch was niet in staat om deze kwantitatief uit te drukken. Volgens de waarnemingen van deze laatste auteur komt de zuurstofconcentratie op zijn normale waarde terug binnen de eerste uren na de lozing. Ketchum (12) meldde in zijn rapport aan de "ICES Fisheries Improvement Committee" dat de hoeveelheid zuurstof die verbruikt wordt na de lozing ca 3 à 4 % van de totale voorhanden zijnde hoeveelheid bedraagt.

Uit dit alles kan men concluderen dat bij kalme zee wel een daling van de hoeveelheid opgeloste zuurstof kan optreden doch dat wanneer de dilutie procedures en de hydrografische karakteristieken goed gekozen zijn, er geen problemen kunnen rijzen.

- Voor bezinkbare stoffen werd overal $< 0,1 \text{ ml/l}$ genoteerd.
- Voor materie in suspensie waren de waarden op alle punten over de ganse periode $< 1 \text{ mg/l}$.

- De waarden voor turbiditeit en doorzichtigheid bleven over de gehele periode stationair en zijn vergelijkbaar met waarnemingen in andere zones (5). De schommelingen kunnen enkel worden toegeschreven aan een al of niet hoge turbulentie als gevolg van de weersgesteldheid ; van een verminderde lichtpenetratie kan hier geen sprake zijn.
- Het ijzergehalte in het water varieerde voor zone A van 0,03 tot 0,12 mg/l en voor zone B van 0,01 tot 0,20 mg/l over de vijf jaren. Het gemiddelde gehalte van 0,062 mg/l in zone A over de vijf jaar samen is vergelijkbaar met dat van 0,066 mg/l in zone B, doch ligt voor dezelfde periode 22 % hoger dan het gemiddelde gehalte van 0,050 mg/l in het meer westelijk gelegen gebied van de Belgische kust waar geen TiO_2 -afval wordt geloosd (5). Al deze gemiddelde waarden voor de gehele Belgische kust lagen echter steeds boven het natuurlijk gehalte in zeewater, hetgeen volgens literatuurgegevens 0,020 mg/kg blijkt te zijn (25). Over de vijf onderzochte jaren bleven de gemiddelde waarde per gebied wel stationair.

Geruststellend is wel dat in het buitenland waar analoge lozingen gebeuren en waar veel hogere ijzerconcentraties werden vastgesteld er geen nefaste gevolgen waren. Vaccaro (29) meldde een maximale ijzerconcentratie van 0,8 mg/l in de New York Bight, Weichart (35) noteerde 0,5 mg/l langs de Duitse kust, ter hoogte van Helgoland. Deze concentraties worden ook teruggevonden in kustwateren onder invloed van gepollueerde rivieren.

Het geheel van deze gegevens laat toe te veronderstellen dat de kans tot een verhoging van het ijzergehalte in het water tengevolge van de lozingen van titaandioxide-afval, reëel is. Daarom moet deze parameter zeer goed worden gevolgd en zal er in de toekomst naar gestreefd worden de metingen met nog hogere nauwkeurigheid uit te voeren.

- Abnormaal lage pH-waarden konden niet worden vastgesteld, dit door snelle dilutie (36) en door de bufferende capaciteit van het zeewater ; zolang de grenzen 7,5 - 8,3 niet overschreden worden, zijn geen nadelige effecten te verwachten. Uit onderzoeken in Nederland (22) is gebleken

dat onmiddellijk na de lozing gedurende enkele seconden, in het schroefwater van het schip, pH-waarden konden worden genoteerd van 2,6 doch dat een neutralisatie tot pH 8,3 werd bereikt in ongeveer 5 minuten. Dit is ook in overeenstemming met de bevindingen van de Duitse onderzoekers Ketchum (13) en Weichart (34). Deze laatste auteur vond geen pH-veranderingen tegen de bodem en Lehtonen en Tuunainen (14) meldden dat bij diluties van meer dan 1 : 1.000 geen pH-veranderingen en ook geen zuurstofverbruik kon worden vastgesteld. Aangezien de zeer lage pH-waarden in het water slechts voorkomen gedurende enkele minuten, moet bij voldoende dilutie geen nefast effect worden verwacht.

- Eventuele saliniteitsdalingen werden tot dusver nog niet genoteerd.

=====

Met betrekking tot de zware metalen in de sedimentmonsters kan algemeen worden opgemerkt dat, met uitzondering van Ni waar de waarden nagenoeg gelijk waren in de twee gebieden, de gehalten beduidend hoger lagen in gebied B dan in gebied A. Gezien de afvalstroom in de twee zones zeer analoog is mag daaruit worden geconcludeerd dat de verschillen die worden vastgesteld niet te wijten zijn aan de lozingen, doch dat deze inherent zijn aan de verschillende localisering, waar allerhande territoriale invloeden in het ene gebied anders gaan inwerken dan in het andere.

- De gehalten aan aluminium bleven per gebied over de vijf jaren min of meer constant.
- Het ijzergehalte waarvoor een verrijking van het sediment, uit de aard van de afvalstoffen, het meest voor de hand liggend is, bleef **binnen zekere grenzen** ook constant. Hetzelfde kon ook worden vastgesteld tijdens een onderzoek in de "Duitse Bocht" ter hoogte van Helgoland, waar ook geen noemenswaardige stijgingen in de ijzerconcentratie van de sedimenten konden worden genoteerd (6)(35).

Dezelfde auteur (34) stelde echter wel een verhoging vast van de ijzerconcentratie in de bodemwaters, verschillende uren na de lozing terwijl door Rachor (21) een losse massa ijzertrihydroxide-vlokken boven het bodemoppervlak werd vastgesteld. Resuspensie en zeestromingen zorgen voor een goed transport van deze flocculen buiten de dumpingszone zodat de hydroxides op andere plaatsen kunnen gedeponereerd worden. Dit laatste verschijnsel werd gesuggereerd als zijnde een mogelijke verklaring voor de hoge ijzerconcentraties teruggevonden in Hudson Gorge, aangrenzend aan de dumpingszone van de New York Bight, waar volgens Vaccaro et al. (29) geen ijzeraccumulatie tot stand was gekomen.

- Voor chroom, lood, titaan, vanadium en zink waren de schommelingen tussen de individuele waarnemingen zeer groot hetgeen blijkt uit de overeenkomstige standaardafwijkingen zodat het zeer moeilijk is om hieruit concrete conclusies te trekken. Bovendien zijn er zeer weinig gegevens voorhanden i.v.m. sedimentkarakteristieken m.b.t. de zware metalen en zijn voor nikkel, lood, titaan en zink, de gegevens ook in deze studie te gering in aantal om tot besluiten te kunnen komen. De verkregen resultaten zullen dienen als basismateriaal ter vergelijking met de resultaten van latere studies.

=====

Voor de gehalten aan zware metalen in biologisch materiaal kan enkel worden besloten dat de resultaten globaal genomen eerder lager lagen dan in een onderzochte referentiezone, voor dezelfde periode (5). In een vroegere studie over het gehalte aan zware metalen in mariene organismen uit de bijvangst van de Belgische kustvisserij, konden algemeen genomen eveneens hogere waarden worden gemeten (7).

Er valt op te merken dat de gehalten aan Hg en Cd vermeld in de tabellen 27 tot 30 niet mogen toegeschreven worden aan de TiO_2 -lozingen, doch werden bepaald in het kader van het globale monitoringprogramma Belgische kust.

4. BESLUIT

Algemeen kan worden besloten dat voor de parameters die rechtstreeks invloed van de lozingen van afvalprodukten afkomstig van de titaandioxide-industrie zouden kunnen ondervinden, nl. pH, COD en opgeloste zuurstof, materie in suspensie en/of turbiditeit, saliniteit en ijzeraccumulatie in het bodemmateriaal, geen noemenswaardige evolutie vast te stellen was in de tijd (voor de periode 1976-1980) en geen significante verschillen op te merken vielen in vergelijking met andere zones van de zuidelijke Noordzee (Belgische kust).

De ijzerconcentratie in het water, waar wel een klein verschil kon worden vastgesteld, schijnt hierop een uitzondering te maken. Aangezien het aantal waarnemingen in het betrokken referentiegebied echter veel kleiner is (slechts gegevens over twee jaren), moet dit in de toekomst bevestigd worden.

Daarenboven manifesteerde zich wel een verhoogd gehalte aan nutriënten, meer bepaald nitraten en ammoniumstikstof. Deze stijging t.o.v. normale waarden is niet het rechtstreeks gevolg van betrokken dumpingspraktijken en is trouwens een algemeen verschijnsel voor onze kustzone, doch kan een waarschuwing betekenen voor mogelijke eutroficatieverschijnselen die zich in de toekomst zouden kunnen voordoen en voor mogelijke verstoringen in de dynamica van het ecosysteem. De lozingen moeten daarom van nabij gevolgd worden en er kan niet genoeg worden aangedrongen op een vermindering van elke dumpingspraktijk over het algemeen genomen.

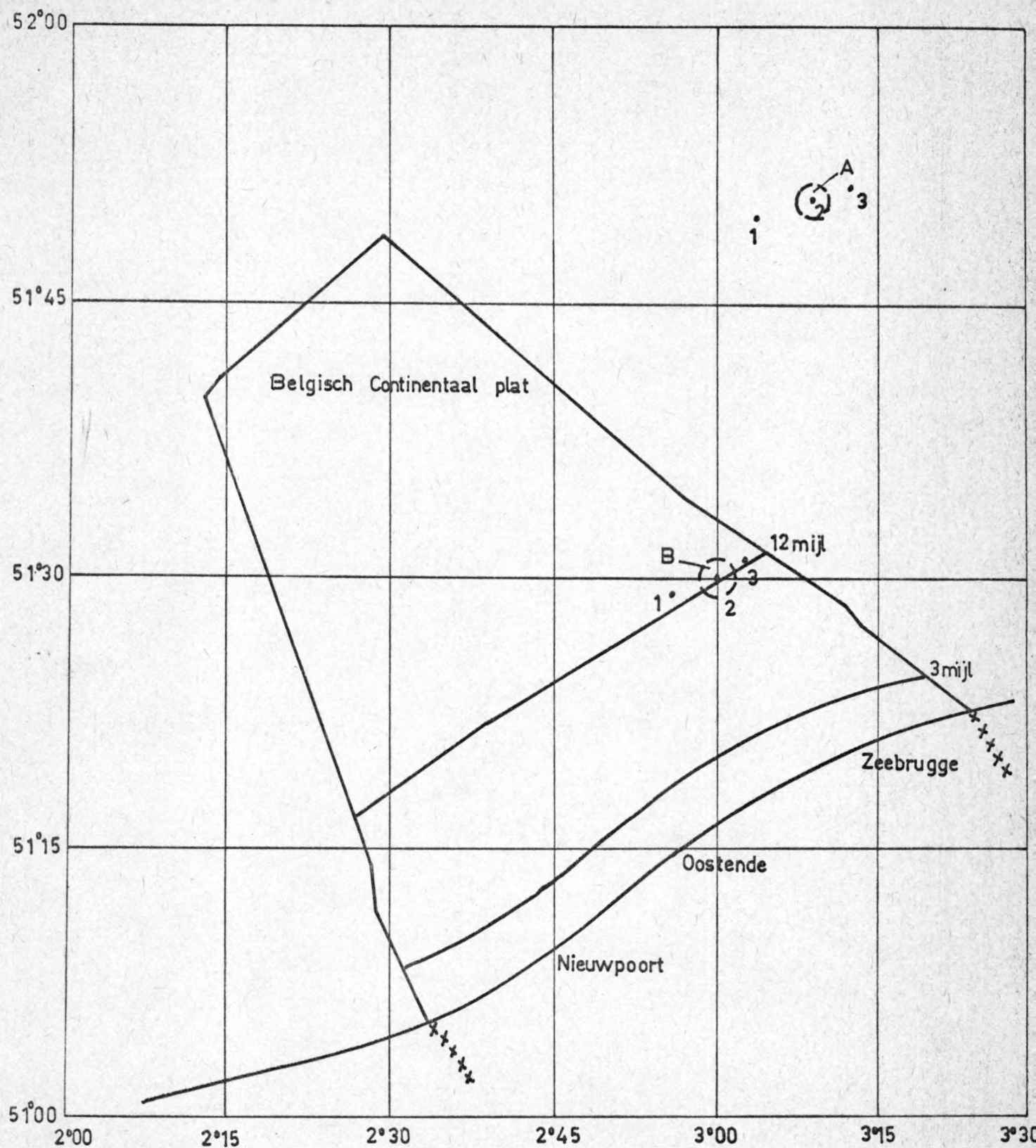


Fig.1 — Localisering van de bemonsterde stations.

Tabel 3

NO ₃ ⁻ (μg N/l)																					
Tijd		1976				1977				1978				1979				1980			
Station		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
A ₁		-	900	-	1.600	1.300	800	900	1.500	1.100	1.800	700	700	600	700	800	300	300	200	-	-
A ₂		-	900	-	1.100	1.400	900	1.000	1.400	1.400	1.500	400	800	900	500	500	900	200	200	-	-
A ₃		-	900	-	1.100	1.200	900	800	1.400	1.200	1.300	800	500	600	500	400	700	400	500	-	-
B ₁		2.200	500	-	1.200	1.400	1.000	1.300	1.000	1.700	1.200	800	800	1.200	600	500	-	300	200	-	-
B ₂		2.100	600	-	1.400	1.100	1.200	1.400	900	1.400	1.300	600	800	800	400	600	-	100	300	-	-
B ₃		2.200	700	-	1.400	1.300	1.100	1.200	1.200	1.300	1.500	400	1.100	900	400	600	-	300	200	-	-

Tabel 4

NO ₂ ⁻ (μg N/l)																					
Station \ Tijd	1976				1977				1978				1979					1980			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
A ₁	-	4	-	4	8	4	4	7	< 1	< 1	5	3	4	3	3	1	21	12	-	-	
A ₂	-	4	-	7	4	6	5	4	< 1	< 1	4	4	4	6	4	3	14	10	-	-	
A ₃	-	4	-	9	3	3	3	6	< 1	< 1	5	3	2	7	3	4	13	12	-	-	
B ₁	4	9	-	2	19	7	8	8	2	1	12	16	12	11	8	-	13	6	-	-	
B ₂	5	8	-	3	21	6	11	4	< 1	4	18	12	18	15	12	-	12	5	-	-	
B ₃	5	10	-	3	17	4	7	4	4	3	13	22	17	11	9	-	8	7	-	-	

Tabel 5

NH ₄ ⁺ (μg N/l)																				
Station \ Tijd	1976				1977				1978				1979				1980			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
A ₁	-	10	-	<10	80	350	60	380	<10	<10	70	50	10	10	30	30	<10	<10	-	-
A ₂	-	50	-	<10	20	280	380	400	10	<10	50	40	30	10	30	10	<10	10	-	-
A ₃	-	10	-	10	40	380	400	420	30	<10	40	30	<10	20	40	10	10	20	-	-
B ₁	<10	40	-	<10	<10	270	120	240	40	<10	20	40	40	40	20	-	30	20	-	-
B ₂	10	<10	-	<10	<10	80	<10	260	40	<10	20	<10	30	<10	30	-	10	<10	-	-
B ₃	<10	40	-	<10	<10	260	<10	220	30	80	60	20	40	<10	10	-	10	30	-	-

Tabel 6 - NH_3 niet geïoniseerd (ppm)

1978			1979				1980			
2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
< 0,001	0,002	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-	-
< 0,001	0,001	0,001	0,001	< 0,001	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-	-
< 0,001	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-	-
< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-	< 0,001	< 0,001	-	-
< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,001	-	< 0,001	< 0,001	-	-
0,001	0,002	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-	< 0,001	< 0,001	-	-

Tabel 7

$PO_4^{3-} - P$ ($\mu g P/l$)																				
Station \ Tijd	1976				1977				1978				1979				1980			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
A ₁	-	40	-	80	60	70	110	70	90	90	70	50	70	40	40	30	30	40	-	-
A ₂	-	70	-	60	70	70	110	70	70	40	40	50	60	50	30	40	40	40	-	-
A ₃	-	40	-	50	60	60	60	70	80	80	70	40	60	50	30	50	40	30	-	-
B ₁	-	20	-	50	40	80	90	70	70	90	90	80	110	110	90	-	70	70	-	-
B ₂	-	20	-	90	40	80	110	70	60	80	70	80	120	100	60	-	80	50	-	-
B ₃	-	20	-	70	40	80	80	100	90	100	80	100	110	70	60	-	90	50	-	-

Tabel 8

Totaal fosfaat (μ g P/l)																				
Station \ Tijd	1976				1977				1978				1979				1980			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
A ₁	-	70	-	140	110	100	140	110	130	50	120	100	140	100	70	70	50	80	-	-
A ₂	-	50	-	100	120	90	120	120	150	80	90	90	150	100	40	80	90	80	-	-
A ₃	-	80	-	100	110	120	80	100	130	110	80	90	140	90	50	100	60	50	-	-
B ₁	-	30	-	80	60	100	120	110	130	130	180	190	190	140	160	-	100	120	-	-
B ₂	-	30	-	130	40	110	160	110	140	130	150	160	160	120	130	-	90	110	-	-
B ₃	-	30	-	110	180	120	160	130	150	130	180	150	140	140	120	-	120	70	-	-

Tabel 9

SiO ₂ (µg Si/l)																				
Station \ Tijd	1976				1977				1978				1979				1980			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
A ₁	-	-	-	-	75	20	50	20	175	60	75	100	75	50	30	30	90	60	-	-
A ₂	-	-	-	-	75	20	30	10	200	75	50	50	75	30	40	40	100	90	-	-
A ₃	-	-	-	-	50	25	25	20	225	75	40	75	75	40	30	50	100	20	-	-
B ₁	-	-	-	-	150	40	200	140	400	300	120	260	590	100	280	-	240	180	-	-
B ₂	-	-	-	-	130	90	180	150	400	320	60	200	500	110	210	-	260	250	-	-
B ₃	-	-	-	-	150	60	160	200	520	210	120	250	610	110	180	-	330	340	-	-

Tabel 10

COD (mg/l)																					
Tijd Station		1976				1977				1978				1979				1980			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
A ₁ - bod.					160	90	180	180	160	160	140	200	260	120	190	290	170	160	-	-	
					150	80	170	180	200	100	290	210	240	100	210	230	220	210	-	-	
A ₂ - bod.					150	90	180	170	170	150	120	200	250	130	190	260	180	230	-	-	
					150	90	190	170	210	100	250	220	260	150	260	250	230	230	-	-	
A ₃ - bod.					160	90	180	180	180	150	120	200	260	140	250	270	210	190	-	-	
					150	90	190	180	220	100	260	220	240	150	280	240	140	200	-	-	
B ₁ - bod.					130	180	150	160	180	190	370	190	120	130	210	-	140	140	-	-	
					130	160	150	150	180	160	340	230	140	130	160	-	140	100	-	-	
B ₂ - bod.					130	170	150	160	190	180	160	180	130	140	210	-	150	180	-	-	
					140	150	140	150	190	160	120	230	150	130	190	-	150	150	-	-	
B ₃ - bod.					140	180	170	160	140	190	130	170	140	150	190	-	140	150	-	-	
					150	140	150	150	160	150	110	230	140	130	180	-	140	140	-	-	

Tabel 11

Oxido-reductiepotentiaal (mV)																					
Station \ Tijd	1976				1977				1978				1979				1980				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
A ₁															130	110	220	180	-	-	
A ₂															150	90	170	170	-	-	
A ₃															110	90	240	130	-	-	
B ₁															160	170	150	170	-	-	
B ₂															160	160	150	170	-	-	
B ₃															150	150	220	180	-	-	

Tabel 12

Opgeloste zuurstof % verzadigingsgraad																				
Station \ Tijd	1976				1977				1978				1979				1980			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
A ₁ - bod.	-	95	-	97	98	100	100	98	95	90	101	94	95	110	89	93	95	100	-	-
- opp.					99	100	100	101	96	91	110	94	96	111	93	93	93	96	-	-
A ₂ - bod.	-	94	-	96	100	98	100	96	96	86	99	94	96	112	90	97	96	99	-	-
- opp.					101	99	100	98	96	90	108	95	97	113	90	99	94	98	-	-
A ₃ - bod.	-	96	-	97	100	99	101	99	96	88	100	94	95	100	90	92	95	99	-	-
- opp.					101	99	103	99	98	90	109	94	97	101	89	93	96	96	-	-
B ₁ - bod.	98	93	-	98	94	92	87	91	94	94	99	89	104	116	90	-	85	94	-	-
- opp.					96	91	95	91	95	96	100	93	104	120	95	-	89	105	-	-
B ₂ - bod.	98	97	-	96	94	91	88	95	94	94	99	91	105	115	94	-	91	104	-	-
- opp.					96	93	96	95	95	95	97	94	106	119	95	-	94	105	-	-
B ₃ - bod.	100	94	-	97	93	93	91	91	93	92	97	93	105	110	94	-	92	101	-	-
- opp.					96	93	95	92	96	95	99	95	106	111	96	-	94	107	-	-

Tabel 13

Turbiditeit FTU																					
Tijd Station		1976				1977				1978				1979				1980			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
A ₁		-	<1	-	5	5	5	<1	<1	<1	<1	2	3	4	4						
A ₂		-	<1	-	6	5	3	<1	3	2	2	5	1	4	3						
A ₃		-	<1	-	8	8	5	<1	3	<1	<1	3	<1	2	3						
B ₁		-	1	-	4	5	5	<1	8	3	4	3	<1	5	6						
B ₂		-	3	-	5	4	3	<1	5	8	4	5	3	3	8						
B ₃		-	1	-	6	5	4	<1	6	<1	3	4	<1	2	5						

Tabel 14

Doorzichtigheid (Secchi cm)																				
Station \ Tijd	1976				1977				1978				1979				1980			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
A ₁	-	-	-	400	700	2.000	950	750	-	700	750	600	400	1.100	900	900	1.050	500	-	-
A ₂	-	-	-	350	700	1.700	700	700	-	700	850	600	400	900	900	700	1.000	900	-	-
A ₃	-	-	-	300	600	1.300	850	600	-	500	900	550	450	600	1.100	700	1.250	800	-	-
B ₁	-	-	-	650	300	300	700	250	250	250	600	200	50	150	600	-	150	150	-	-
B ₂	-	-	-	600	400	250	400	250	250	300	600	100	50	150	600	-	250	250	-	-
B ₃	-	-	-	350	300	300	400	250	300	250	250	100	150	150	450	-	150	200	-	-

Tabel 15

Fe in water (mg/l)																				
Station \ Tijd	1976				1977				1978				1979				1980			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
A ₁	-	0,09	-	0,07	0,05	0,08	0,07	0,05	0,08	0,10	0,03	0,03	0,07	0,07	0,07	0,04	0,08	0,05	-	-
A ₂	-	0,06	-	0,06	0,05	0,05	0,07	0,03	0,08	0,12	0,03	0,04	0,09	0,09	0,05	0,04	0,06	0,03	-	-
A ₃	-	0,08	-	0,06	0,07	0,07	0,07	0,04	0,08	0,08	0,04	0,08	0,07	0,06	0,04	0,06	0,06	0,03	-	-
B ₁	-	0,09	-	0,08	0,06	0,07	0,04	0,04	0,07	0,05	0,05	0,05	0,03	0,15	0,04	0,12	0,12	0,04	-	-
B ₂	-	0,09	-	0,07	0,04	0,12	0,05	0,06	0,10	0,04	0,02	0,07	0,01	0,08	0,05	0,05	0,05	0,02	-	-
B ₃	-	0,08	-	0,06	0,05	0,12	0,05	0,10	0,12	0,05	0,03	0,02	0,01	0,09	0,04	0,20	0,02	0,04	-	-

Tabel 16

pH																					
Tijd Station		1976				1977				1978				1979				1980			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
A ₁		-	7,8	-	8,1	8,0	8,2	8,2	8,1	7,8	8,1	8,1	8,1	8,3	8,4	8,3	8,1	8,2	8,2	-	-
A ₂		-	7,9	-	8,0	8,0	8,2	8,2	8,1	7,8	8,1	8,1	8,1	8,3	8,4	8,3	8,2	8,2	8,2	-	-
A ₃		-	7,9	-	8,1	8,0	8,2	8,2	8,1	7,8	8,1	8,1	8,1	8,3	8,4	8,3	8,2	8,3	8,2	-	-
B ₁		7,8	8,0	-	8,1	7,9	8,2	8,0	8,0	7,9	8,0	8,0	8,0	8,1	8,4	8,2	-	8,0	8,0	-	-
B ₂		8,0	8,1	-	8,1	8,1	8,3	8,1	8,0	8,0	8,0	8,1	8,0	8,1	8,3	8,3	-	8,2	8,0	-	-
B ₃		7,9	8,0	-	8,1	8,0	8,2	8,0	8,1	8,0	8,0	8,1	8,0	8,2	8,4	8,2	-	8,2	8,0	-	-

Tabel 17

Saliniteit ‰																				
Station \ Tijd	1976				1977				1978				1979				1980			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
A ₁	-	33,3	-	34,7	34,2	33,0	33,5	33,8	34,0	33,5	33,6	34,4	34,3	34,0	34,0	34,8	34,8	32,9	-	-
A ₂	-	33,6	-	34,8	34,2	33,1	33,5	34,1	34,1	33,9	34,0	34,3	34,5	34,2	33,8	34,9	34,5	33,1	-	-
A ₃	-	33,4	-	34,6	34,1	33,5	33,3	33,9	33,9	33,5	33,9	34,4	34,7	33,9	34,0	34,8	34,8	33,0	-	-
B ₁	-	32,9	-	34,2	34,3	32,9	32,0	33,7	33,1	33,1	34,1	32,6	34,4	33,5	34,2	-	33,5	33,9	-	-
B ₂	-	32,6	-	34,2	34,2	33,3	32,0	34,1	32,9	32,9	34,1	32,4	32,4	33,8	34,3	-	32,9	33,7	-	-
B ₃	-	32,6	-	34,2	33,6	32,6	32,0	33,3	32,6	33,1	33,1	32,4	32,3	32,8	34,1	-	33,2	33,2	-	-

Tabel 18

Al in sedimenten ($\mu\text{g/g}$ droog gewicht)																					
Tijd		1976				1977				1978				1979				1980			
Station		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
A ₁		-	510	-	410	520	830	220	600	850	510	460	540	-	630	390	-	800	740	-	-
A ₂		-	590	-	410	650	460	310	-	520	420	850	460	-	520	580	-	660	380	-	-
A ₃		-	520	-	540	650	340	-	530	610	490	340	490	-	410	530	-	700	530	-	-
B ₁		730	890	-	1.270	1.330	810	810	800	1.310	830	2.630	1.890	-	980	870	-	840	910	-	-
B ₂		1.040	450	-	680	2.020	850	860	640	1.400	900	700	2.230	-	970	1.110	-	1.290	1.100	-	-
B ₃		870	610	-	1.160	-	960	1.250	740	1.430	970	1.300	930	-	1.200	950	-	1.080	990	-	-

Tabel 19

Cr in sedimenten $\mu\text{g/g}$ droog gewicht																				
Station \ Tijd	1976				1977				1978				1979				1980			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
A ₁	-	3,0	-	3,4	2,1	4,8	1,1	3,4	3,3	4,4	5,2	3,7	-	2,2	1,9	-	3,1	3,2	-	-
A ₂	-	2,3	-	1,9	3,9	1,7	2,8	-	3,9	7,8	5,9	4,8	-	2,4	3,0	-	2,3	1,7	-	-
A ₃	-	3,7	-	2,5	4,0	2,3	-	3,2	2,8	2,2	2,6	3,3	-	3,3	2,3	-	3,0	2,9	-	-
B ₁	4,3	3,8	-	7,0	8,0	17,1	7,5	2,4	4,2	2,0	8,8	4,8	-	17,9	2,8	-	5,7	6,2	-	-
B ₂	5,3	6,2	-	3,5	11,3	10,7	10,2	2,8	9,2	4,8	1,4	9,0	-	15,7	17,3	-	7,0	6,5	-	-
B ₃	8,3	15,0	-	9,4	-	14,1	17,1	8,7	9,4	7,3	10,4	9,4	-	21,6	29,0	-	6,9	5,5	-	-

Tabel 20

Fe in sedimenten $\mu\text{g/g}$ droog gewicht																				
Tijd	1976				1977				1978				1979				1980			
Station	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
A ₁	-	2.420	-	1.290	1.400	2.530	1.030	3.840	2.400	2.600	2.150	1.650	-	1.550	2.050	-	2.420	2.480	-	-
A ₂	-	2.100	-	1.300	4.340	1.530	1.340	-	2.300	2.600	2.550	2.580	-	2.000	2.280	-	2.400	1.700	-	-
A ₃	-	2.630	-	3.030	3.840	1.500	-	1.950	2.600	2.550	2.400	2.620	-	2.100	2.200	-	2.680	2.500	-	-
B ₁	7.340	5.540	-	6.480	7.350	13.240	8.510	5.920	5.670	7.850	8.830	8.050	-	12.330	7.550	-	4.850	5.340	-	-
B ₂	4.660	4.420	-	4.090	9.890	7.450	6.200	9.360	17.350	8.950	5.100	7.500	-	8.030	5.250	-	5.680	6.030	-	-
B ₃	6.910	5.960	-	6.820	-	9.500	16.320	21.550	21.470	11.950	16.250	12.810	-	14.520	25.530	-	5.870	5.900	-	-

Tabel 21

Ni in sedimenten $\mu\text{g/g}$ droog gewicht																					
Tijd Station		1976				1977				1978				1979				1980			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
A ₁										3,0	2,1	2,7	2,7	-	3,0	3,0	-	3,9	3,5	-	-
A ₂										3,3	2,1	3,6	3,3	-	3,0	3,0	-	3,1	2,0	-	-
A ₃										2,7	2,1	2,7	3,3	-	3,0	3,0	-	3,1	2,5	-	-
B ₁										4,8	3,0	3,3	3,0	-	3,1	3,0	-	3,1	2,9	-	-
B ₂										3,0	2,1	2,1	4,5	-	3,1	3,0	-	4,0	3,6	-	-
B ₃										4,4	2,7	2,2	3,3	-	3,0	3,0	-	3,3	3,1	-	-

Tabel 22

Pb in sedimenten $\mu\text{g/g}$ droog gewicht																					
Tijd Station		1976				1977				1978				1979				1980			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
A ₁										4,9	7,7	1,1	1,3	-	1,4	1,0	-	1,0	3,5	-	-
A ₂										1,4	1,8	1,3	1,0	-	1,1	1,7	-	0,9	2,0	-	-
A ₃										1,5	2,7	1,1	1,4	-	1,7	2,5	-	1,0	3,0	-	-
B ₁										4,5	5,3	6,3	3,8	-	11,2	8,5	-	15,0	10,2	-	-
B ₂										35,0	4,8	6,7	3,2	-	8,4	5,6	-	9,0	7,2	-	-
B ₃										13,3	4,3	5,3	4,5	-	14,8	8,3	-	14,9	8,8	-	-

Tabel 23

Ti in sedimenten $\mu\text{g/g}$ droog gewicht																				
Tijd Station	1976				1977				1978				1979				1980			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
A ₁													-	33	35	-	29	33	-	-
A ₂													-	45	65	-	24	20	-	-
A ₃													-	66	38	-	30	22	-	-
B ₁													-	55	48	-	40	51	-	-
B ₂													-	88	53	-	48	38	-	-
B ₃													-	80	63	-	46	39	-	-

Tabel 24

V in sedimenten $\mu\text{g/g}$ droog gewicht																					
Tijd Station		1976				1977				1978				1979				1980			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
A ₁		-	4,0	-	2,5	4,0	4,0	1,0	4,5	6,0	5,5	6,0	5,5	-	2,5	4,5	-	4,5	5,0	-	-
A ₂		-	3,5	-	3,5	7,5	4,0	1,0	-	5,5	3,5	6,0	5,0	-	2,5	6,5	-	3,0	3,0	-	-
A ₃		-	2,5	-	4,0	3,5	2,5	-	3,0	6,5	7,0	6,0	5,5	-	3,0	5,5	-	4,0	3,5	-	-
B ₁		7,5	13,0	-	12,0	15,0	29,0	17,5	8,0	12,5	3,5	6,5	8,5	-	18,0	7,5	-	6,5	9,5	-	-
B ₂		11,5	8,5	-	6,5	14,5	18,0	23,0	11,5	19,5	3,0	5,0	5,0	-	12,5	14,5	-	13,0	9,5	-	-
B ₃		10,0	7,5	-	10,5	-	22,0	21,5	15,5	11,0	6,0	8,0	12,5	-	18,5	24,0	-	19,5	17,5	-	-

Tabel 25

Zn in sedimenten $\mu\text{g/g}$ droog gewicht																				
Tijd Station	1976				1977				1978				1979				1980			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
A ₁									25,0	27,5	14,5	12,5	-	21,5	12,0	-	12,8	15,5	-	-
A ₂									12,0	10,5	13,5	11,5	-	14,0	15,5	-	14,0	10,5	-	-
A ₃									30,0	41,0	15,0	29,5	-	15,0	12,5	-	16,0	12,0	-	-
B ₁									46,0	44,5	77,0	26,5	-	38,5	21,5	-	28,0	25,0	-	-
B ₂									148,0	35,0	31,0	40,0	-	29,0	19,5	-	26,5	24,5	-	-
B ₃									83,0	34,5	62,0	33,0	-	55,0	52,5	-	30,0	27,5	-	-

Tabel 26 - Zware metalen in organisch materiaal, dumpingszone A - 1978 ($\mu\text{g/g}$)

	Soort	Hg	Cu	Pb	Zn	Cd	Cr	Mn	Fe	Ni
A ₁ 22/8/78	Zwemkrabben	0,03	4,09	5,56	15,19	0,03	7,26	3,71	20,50	2,81
	Zeesterren	0,09								
	Heremietkreeft	0,05	21,96	9,04	23,11	0,12	7,83	6,83	40,73	3,91
A ₂ 22/8/78	Zwemkrabben	0,03	5,83	5,48	19,29	0,05	7,21	2,73	9,88	2,76
	Zeesterren	0,08	1,57	5,94	30,83	0,18	7,40	2,35	30,30	2,86
	Slangsterren	0,05	3,20	14,97	46,62	0,05	13,46	6,59	0,50	7,59
	Heremietkreeft	0,02	17,10	6,08	35,70	0,11	8,45	10,50	17,80	2,98
A ₃ 22/8/78	Zwemkrabben	0,02	2,21	4,09	16,41	0,13	4,76	4,01	26,47	2,01
	Zeesterren	0,11	2,23	7,04	26,24	0,12	8,97	3,49	24,92	3,40
	Slangsterren	0,06	3,64	14,63	39,21	0,35	13,15	5,91	0,5	7,17
	Heremietkreeft	0,03	22,76	4,00	25,34	0,27	4,96	7,07	36,18	2,11

Ti < 5 ppm

Zr < 25 ppm

Tabel 27 - Zware metalen in organisch materiaal, dumpingszone B - 1978 ($\mu\text{g/g}$)

	Soort	Hg	Cu	Pb	Zn	Cd	Cr	Mn	Fe	Ni
B ₁ 25/8/78	Zwemkrabben	0,11	11,15	3,50	17,08	0,10	3,71	4,37	22,41	2,25
	Zeesterren	0,21	3,30	7,04	32,90	0,10	10,93	5,14	27,07	3,14
	Slangsterren	0,14	3,37	15,70	50,10	0,04	13,50	13,38	1,92	7,55
	Heremietkreeft	0,15	24,84	5,35	22,32	0,08	7,03	13,90	45,24	25,99
B ₂ 25/8/78	Zwemkrabben	0,09	13,44	2,99	25,02	0,26	3,03	10,21	49,57	1,84
	Zeesterren	0,17	2,16	7,18	33,82	0,16	9,73	3,63	23,36	4,96
	Slangsterren	0,09	3,76	16,61	55,79	0,18	15,24	15,31	0,5	8,08
	Heremietkreeft	0,09	26,48	2,23	27,21	0,33	2,15	4,95	47,49	0,98
B ₃ 25/8/78	Zwemkrabben	0,05	7,92	5,66	20,98	0,10	7,00	8,33	43,14	2,95
	Zeesterren	0,14	3,24	7,03	37,52	0,16	9,38	8,21	59,12	3,12
	Slangsterren	0,05	3,73	15,20	53,75	0,11	13,51	15,91	0,5	7,50
	Heremietkreeft	0,06	26,82	4,57	29,36	0,39	4,21	22,67	81,73	2,21

Ti < 5 ppm

Zr < 25 ppm

Tabel 28 - Zware metalen in organisch materiaal, dumpingszone A - 1979 ($\mu\text{g/g}$)

	Soort	Hg	Cu	Pb	Zn	Cd	Cr	Mn	Fe	Ni
A ₁ 21/11/79	Heremietkreeft	0,02	28,4	1,85	31,6	0,48	3,40	9,48	103	0,96
	Slangster	0,06	3,18	0,25	42,6	0,16	7,13	6,20	0,5	0,32
	Zeester	0,03	2,63	0,34	22,8	0,25	2,50	2,58	93,3	0,30
	Zwemkrab	0,02	13,1	0,20	20,0	0,11	2,70	4,59	42,0	1,17
	Schar	0,05	0,34	0,02	5,35	0,01	0,41	0,16	0,90	0,31
A ₂ 21/11/79	Heremietkreeft	0,02	26,3	0,58	28,0	0,17	2,91	11,7	86,0	0,60
	Slangster		3,04	0,34	50,0	0,25	7,50	6,72	36,2	0,61
	Zeester	0,05	2,22	0,34	26,5	0,25	2,25	4,07	80,6	0,35
	Zwemkrab	0,03	9,76	0,41	21,0	0,11	2,41	7,47	53,3	0,70
	Schar	0,02	0,46	0,04	6,68	0,08	0,52	0,65	5,10	0,29
A ₃ 21/11/79	Heremietkreeft	0,01	23,8	0,27	29,6	0,35	2,61	7,42	59,2	0,65
	Slangster	0,04	2,69	0,28	56,8	0,20	6,14	5,47	37,6	0,53
	Zeester	0,02	2,12	0,46	37,2	0,28	3,00	6,02	150	0,55
	Zwemkrab	0,03	9,70	0,42	19,2	0,11	2,66	5,68	58,8	1,30
	Schar	0,03	0,53	0,04	8,94	0,06	0,50	1,77	2,38	0,39

Tabel 29 - Zware metalen in organisch materiaal, dumpingszone B - 1979 ($\mu\text{g/g}$)

	Soort	Hg	Cu	Pb	Zn	Cd	Cr	Mn	Fe	Ni
B ₁ 27/07/79	Heremietkreeft	0,06	29,0	0,17	26,6	0,17	1,74	10,5	49,2	0,52
	Slangster	0,06	3,07	1,25	46,6	0,18	7,70	18,3	0,5	0,61
	Zeester	0,11	3,30	0,53	42,8	0,20	4,07	7,48	71,2	0,52
	Zwemkrab	0,05	10,8	0,25	21,7	0,10	3,07	7,43	55,9	0,38
	Schar	0,03	0,85	0,04	7,17	0,03	0,32	1,08	2,40	0,35
B ₂ 27/07/79	Heremietkreeft	0,04	22,3	0,28	31,2	0,10	2,62	21,1	93,5	1,10
	Slangster	0,08	2,58	0,37	46,8	0,26	7,10	15,1	0,5	0,53
	Zeester	0,10	2,78	0,36	43,3	0,22	4,20	8,76	86,5	0,40
	Zwemkrab	0,06	9,40	0,19	26,5	0,15	3,42	9,53	66,5	0,71
	Schar	0,04	0,36	0,02	5,66	0,01	0,17	0,27	1,60	0,20
B ₃ 27/07/79	Heremietkreeft	0,02	18,6	0,42	31,8	0,10	3,70	19,0	115	1,09
	Slangster	0,06	3,07	0,63	52,7	0,24	7,60	23,8	0,5	0,55
	Zeester	0,10	3,48	1,76	53,8	0,16	5,89	21,6	210	0,68
	Zwemkrab	0,06	8,93	0,23	22,9	0,18	2,04	8,37	85,6	0,35
	Schar	0,05	0,49	0,02	6,58	0,05	0,37	0,27	1,82	0,41

Appendix

temperatuur °C																				
Station \ Tijd	1976				1977				1978				1979				1980			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
A ₁ - bod.	-	12,7	-	11,8	7,1	12,5	16,5	14,7	4,5	10,9	17,0	15,5	4,5	10,0	14,2	11,0	7,0	16,0	-	-
- opp.	-	13,2	-	11,8	6,5	12,5	17,1	14,5	4,5	11,1	17,2	15,5	4,5	10,0	14,0	11,0	6,8	16,0	-	-
A ₂ - bod.	-	12,7	-	11,8	6,9	13,0	16,5	14,7	4,5	10,9	17,0	15,7	4,5	9,9	14,1	11,0	7,0	16,0	-	-
- opp.	-	13,5	-	11,8	6,5	13,0	16,9	14,5	4,5	11,2	17,2	15,0	4,5	10,2	13,8	11,0	6,8	16,0	-	-
A ₃ - bod.	-	12,9	-	11,8	6,4	13,5	16,5	14,7	4,5	10,9	17,0	15,5	4,5	9,9	14,3	11,0	7,0	16,0	-	-
- opp.	-	14,0	-	11,8	6,0	13,5	17,1	14,5	4,5	11,2	17,2	15,0	4,5	10,3	14,0	11,0	6,8	16,0	-	-
B ₁ - bod.	4,0	11,8	-	5,7	6,7	12,2	17,8	6,9	4,0	7,8	17,3	14,0	4,3	7,5	17,0	-	6,0	15,9	-	-
- opp.	3,8	12,0	-	5,6	6,4	12,4	17,8	6,7	4,0	7,5	18,0	14,5	4,0	7,5	17,2	-	6,0	16,5	-	-
B ₂ - bod.	4,2	11,8	-	5,8	6,6	12,1	18,0	6,9	3,8	7,8	17,2	14,5	4,3	7,5	17,0	-	6,0	16,3	-	-
- opp.	4,0	11,9	-	5,6	6,3	12,2	18,0	6,5	3,5	7,5	18,0	14,5	4,0	7,0	17,2	-	6,0	16,5	-	-
B ₃ - bod.	4,2	12,0	-	5,7	6,2	12,2	17,8	6,9	3,6	7,8	17,3	14,5	4,3	7,5	17,0	-	6,0	16,2	-	-
- opp.	4,1	12,0	-	5,6	6,2	12,6	17,8	6,7	3,5	7,5	18,0	15,0	4,0	7,0	17,2	-	5,8	16,8	-	-

REFERENTIES

- (1) Annual Book of ASTM Standards - Water (1975) - American Society for Testing and Materials, Philadelphia. U.S.A.
- (2) Anon. (1978) : Rapport : Kronos/MON/BIO/2/77.
- (3) Anon. (1978) : Rapport : N.V. BAYER/1977.
- (4) Baeteman, M. en Gabriëls, R. (1978) : Fysico-chemisch onderzoek van de lozingsgebieden voor afvalstoffen afkomstig van de Belgische TiO_2 -productie in 1976. Mededelingen van het Rijksstation voor Zeevisserij (C.L.O. Gent) Publikatie nr. 151/1978.
- (5) Baeteman, M. (1982) : Mededelingen van het Rijksstation voor Zeevisserij, (C.L.O. Gent) Publikatie nr. 184/82.
- (6) Caspers, H. (1975) : Pollution in coastal waters - Deutsche Forschungsgemeinschaft - Bonn.
- (7) De Clerck, R., Vanderstappen, R., Vyncke, W. en Van Hoeyweghen, P., Landbouwtijdschrift, nr. 3, Jg. 32, mei-juni 1979.
- (8) De Graaf, F. : Handboek voor het tropisch zeewateraquarium.
- (9) E.E.G. - Publikatiebald van de Europese Gemeenschappen nr. L. 54/19-24 van 25.02.78.
- (10) Gabriëls, R. (1975) : Analyse des produits horticoles des mélanges de sols et des eaux d'arrosage par spectrofotometrie de flamme et d'absorption atomique.
Analisis 3 (3), 139-141.
- (11) Hach Analysis Procedures - Methods Manual, Hach Direct Reading - Engineer's Laboratory (1979).
- (12) Ketchum, B.H. (1974) : Report on Representations and Discussion on Disposal of Acid - Iron Wastes Ices Fisheries Improvement Committee.
- (13) Ketchum, B.H. (1974) : Sea Disposal of Acid - Iron Wastes Resulting from the production of TiO_2 .
ICES C.M. 1974/E:52.
- (14) Lehtonen, H. en Tuunainen, P. (1974) : On the effects of effluents from the TiO_2 -industry on the biota and fishery of the coastal area of the Gulf of Bothnia, near Pori, Finland, ICES C.M. 1974/E:45.

- (15) Maertens, D. (1980) : Rapport KRONOS/MON/BIO/3/78.
- (16) Maertens, D. (1982) : Rapport DUMP/MON/BIO/I-1/78.
- (17) Maertens, D. (1981) : Rapport KRONOS/MON/BIO/4/79.
- (18) Maertens, D. (1982) : Rapport KRONOS/MON/BIO/5/80.
- (19) Mommaerts, J.P., Bayens, W. en Decadt, G. (1979) : C.M. 1979/E:60.
Marine Environmental Quality Committee Ref. Biological Oceanography Committee.
- (20) Oslo Conventie - Sixth Meeting of the Oslo Commission, Annex IX -
Monitoring of Sea areas where titanium dioxide wastes are dumped.
- (21) Rachor, E. (1972) : On the influence of Industrial waste Containing H_2SO_4 and $FeSO_4$ on the bottom fauna off Helgoland (German Bight).
In : M. Ruivo (ed) Marine Pollution and Sea Life Fishing News (Books) Ltd London.
- (22) Rijkswaterstaat (1976) : Lozing afvalzuur TiO_2 -productie op de Noordzee.
- (23) Riley, J.P. en Skirrow, G. (1965) - Chemical Oceanography,
Academic Press London - New York.
- (24) Riley, J.P. en Chester, R. (1971) : Introduction to Marine Chemistry
Academic Press, London and New York.
- (25) Rodier, J. (1971) : L'Analyse chimique et physico-chimique de l'eau -
Dunod Paris.
- (26) Spotte, S. (1973) : Marine Aquarium Keeping - J. Wiley & Sons, Inc.
- (27) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater -
Fourteenth Edition (1975).
- (28) Stookey, L.L. : Ferrozine - A new spectrophotometric Reagent for Iron.
Anal. Chem., 42(7), 779 (1970).
- (29) Vaccaro, R.F. ; Grice, G.D. ; Rove, G.T. en Wiebe, P.H. (1972 : Acid-
Iron waste disposal and the Summer distribution of Standing Crops in
the New York Bight - Water Research 6, 231-256.
- (30) Vanderstappen, R.; De Clerck, R. ; Vyncke, W. en Moermans, R. :
Landbouwtijdschrift 31, 331 (1978).
- (31) Van de Velde, J. : Rapport : BAYER MON/BIO/2/76 (Doc. R.v.Z. 77/35).
- (32) Van de Velde, J. : Rapport : KRONOS : MON/BIO/1/76 (Doc. R.v.Z. 77/36).

- (33) Vyncke, W. (1968) : Fishing News International, 7(7), 49-53.
- (34) Weichart, G. (1972) : Chemical and physical investigations on marine pollution by wastes of a titanium dioxide factory - In : Ruivo (ed.), Marine Pollution and Sea Life, London. Fishing News (Books) Ltd, p. 186-188.
- (35) Weichart, G. (1975) : Untersuchungen über die Fe-Konzentration im Wasser der Deutschen Bucht in Zusammenhang mit den Einbringen von Abwässer aus der Titandioxid - Produktion Deutsche Hydrografische Zeitschrift 28(2), 49-61.
- (36) Weichart, G. (1977) : Untersuchungen über die Verdunnung von Abwassern aus der Titandioxid - Produktion bei Einleitung in das Schraubengewasser eines Schiffes. Deutsche Hydrografische Zeitschrift 30(2), 37-45.
- (37) Winter, J. (1972) : Long term laboratory experiments on the influence of ferric hydroxide flakes on the filter-feeding behaviour, growth, iron-content and mortality in *Mytilus edulis* L. In : M. Ruivo (ed.), Marine Pollution and Sea Life, London, Fishing News (Books) Ltd.

