

25

KONINKRIJK BELGIË

Ministerie van Volksgezondheid en Leefmilieu

Beheersseenheid van het Mathematisch Model van de

**Noordzee**

Instituut voor ~~Verwantschap~~ onderzoek  
I.R.S. ch

8401 Bredene - Belgium - Tel. 0597 60 37 15

# Evaluatie van de toestand van de Noordzee

November 1987

EVA

Dit rapport werd opgemaakt door dhr. P. D'Hondt\* en mevr. M. Baeteman° in hun hoedanigheid als Belgisch vertegenwoordiger tijdens de vergaderingen van de Scientific and Technical Working Group ter voorbereiding van de Second International Conference on the Protection of the North Sea te Londen op 24 en 25 november 1987. Zij werden hierin bijgestaan door mevr. B. Lauwaert\*, de heren Y. Adam\*, T.G. Jacques\*, J.P. Mommaerts\* en G. Pichot\*.

Hun hulp bij de totstandkoming van dit werk werd door de auteurs ten zeerste gewaardeerd.

\* Ministerie van Volksgezondheid en Leefmilieu, Beheerseenheid Mathematisch Model Noordzee (BMM), J. Wytsmanstraat 14, B-1050 Brussel.

° Ministerie van Landbouw, Rijksstation voor Zeevisserij (RvZ), Ankerstraat 1, B-8400 Oostende.

## EVALUATIE VAN DE TOESTAND VAN DE NOORDZEE

Mijn diensten hebben actief deelgenomen aan de opstelling van het internationaal "Quality Status Report" dat dienst doet als basisdokument voor de Tweede Internationale Konferentie over de Bescherming van de Noordzee, gehouden te Londen op 24 en 25 november 1987 en waarbij ik de Belgische vertegenwoordiging op mij genomen heb.

Bij deze gelegenheid - en zoals ik beloofd had tijdens de studiedag aangaande de Noordzee op 22 november 1986 - heb ik mijn diensten opgedragen het rapport dat ik U hierbij voorstel, voor te bereiden en er een brede verspreiding aan te geven. Dit rapport vormt een coherent geheel van technische en wetenschappelijke gegevens aangaande het Belgisch gedeelte van de Noordzee, op een objektieve wijze van kommentaar voorzien.

Dit referentierapport - het eerste in zijn soort in België - moet dienen als hulpwerktuig bij de beslissingen die aan de basis liggen van een optimaal beheer van onze Noordzee. In dat opzicht, zal het zowel de politieke verantwoordelijken en parlementairen interesseren als de milieugroeperingen, de industriëlen en de onderzoekers gespecialiseerd in de oceanografie van de kustwateren.

Uit het rapport leid ik af dat er voldoende indikaties zijn om te besluiten dat de toestand van de Belgische Noordzeewateren verbetert. Toch blijven er nog tal van problemen onopgelost. Hierbij denk ik aan de toenemende eutrofiëring en de nog steeds belangrijke inbreng via de Schelde. Dit impliceert dan ook dat -ondanks de vastgestelde verbeteringen - nog een lange weg dient afgelegd te worden, wil men de ingezette ommekeer bestendigen.



Ik zou het dan ook zeer op prijs stellen dat dit dokument het onderwerp zou uitmaken van een driejaarlijkse herziening, om me ervan te verzekeren dat de richting die door de regering inzake deze materie werd ingeslagen, wel degelijk wordt aangehouden.

Miet SMET  
Staatssekretaris voor Leefmilieu

## VOORWOORD

*Dit toestandrapport is een bijgewerkte en vervolledigde versie van de Belgische bijdrage tot het "Quality Status Report of the North Sea". Dit Quality Status Report (QSR) (lit.1) is een synthese van de informatie verstrekt door de acht oeverstaten van de Noordzee en vormt de belangrijkste wetenschappelijke achtergrondinformatie voor de "Second International Conference on the Protection of the North Sea" te Londen op 24 en 25 november 1987. Het QSR werd voorbereid door vertegenwoordigers van deze acht landen tijdens meerdere vergaderingen van een Scientific and Technical Working Group.*

*Onderhavig rapport inzake de kwaliteit van de mariene wateren waarover ons land bevoegdheid uitoefent - kortweg de Belgische Noordzee - is gebaseerd op recente gegevens van diverse oorsprong. Enerzijds, zijn er de gegevens uit de regelmatige monitoringcampagnes georganiseerd op nationaal vlak met het oceanografisch onderzoeksschip Belgica in het kader van onder andere het "Joint Monitoring Programme" (JMP) van de Oslo en Parijs Kommissies. Anderzijds kon een beroep worden gedaan op de resultaten uit fundamenteel en toegepast wetenschappelijk onderzoek aan de Belgische universiteiten en wetenschappelijke instellingen van de Staat. Tenslotte zijn er de gegevens van meer administratieve aard, afkomstig van de bevoegde diensten van de betrokken ministeriële departementen.*

*Het rapport tracht een beeld op te hangen van de toestand van het mariene milieu in de Belgische zone, op basis van geselecteerde criteria. Vanzelfsprekend konden niet alle facetten van de Noordzeeproblematiek even diepgaand worden behandeld binnen het bestek van dit werk, temeer daar rekening diende te worden gehouden met een zekere inhoudelijke uniformiteit in de bijdragen van de verschillende landen, om tot een evenwichtig QSR te komen ten behoeve van de International North Sea Ministers Conference.*

*De hierna vermelde gegevens zijn het resultaat van een wetenschappelijke benadering van de gestelde problematiek en dienen ook vanuit dat oogpunt te worden beschouwd. Dit betekent dat cijfers met betrekking tot concentraties en vrachten - wegens de onnauwkeurigheden inherent verbonden aan de waarnemings- of berekeningsmethode - veelal aanzien moeten worden als een aanduiding van de grootte-orde, eerder dan als een weergave van de absolute en exakte waarden. Dit feit heeft niets te zien met een "zich-willen-verschuilen-achter" houding, maar is onlosmakelijk verbonden met elke milieuwetenschap. Zonder aanspraak te*

*willen maken op volledigheid noch op absolute akkuraatheid, vertegenwoordigt dit rapport niettemin de synthese van de voor het ogenblik best beschikbare gegevens en informatie.*

*Tenslotte dient de lezer er zich bewust van te zijn dat het oogmerk van dit rapport niet verder reikt dan een poging tot evaluatie van de kwalitatieve toestand van het marien milieu en de identificatie van eventuele probleemgebieden. Het rapport formuleert dan ook geen beheers- en beleidsopties. Wel wil het een hulpmiddel vormen voor de besluitvorming inzake een efficiënt beheer van het marien milieu.*

## INHOUDSOPGAVE

	blz
<i>VOORWOORD</i>	iii
INHOUDSOPGAVE	ii
1. DE NOORDZEE EN DE MENS	1
2. FYSISCH OCEANOGRAPHIE VAN HET BELGISCH KONTINENTAAL PLAT	4
3. INBRENG VAN ORGANISCHE EN ANORGANISCHE KONTAMINANTEN	8
3.1. Inbreng door rivieren	8
3.2. Direkte lozingen	11
3.3. Atmosferische inbreng	12
3.4. Storting in zee	12
3.5. Operationele lozingen	15
4. ANORGANISCHE, ORGANISCHE, RADIOAKTIEVE EN BAKTERIELE KONTAMINATIE	17
4.1. Anorganische kontaminanten in water, sedimenten en organismen	17
4.2. Organische kontaminanten in water, sedimenten en organismen	23
4.3. Radioactieve kontaminanten	25
4.4. Bakteriële kontaminatie	26
5. EKOLOGISCHE EFFEKTEN	27
5.1. Wijzigingen in de ecosysteemstructuur	27
5.2. Bioakkumulatie in de voedselketen	30
5.3. Visziekten	32
5.4. Stress	33
5.5. Specifieke gevallen	34
6. TRENDS	36
6.1. Trends af te leiden uit milieu-indicatoren	37
6.2. Trends in de concentraties	38
6.3. Trends in de inputs	39

BESLUIT	41
GERAADPLEEGDE LITTERATUUR	43
LIJST VAN TABELLEN	47
LIJST VAN FIGUREN	49
VERKLARENDE WOORDENLIJST	51

## 1. DE NOORDZEE EN DE MENS

De Noordzee is een zone van intense menselijke activiteiten, rijk aan natuurlijke bronnen en omringd door dichtbevolkte landen. De zuidelijke Bocht van de Noordzee en in het bijzonder het deel dat onze kusten bespoelt, vormt hierop geen uitzondering, wel integendeel. De Noordzee boven het Belgisch kontinentaal plat (omslagfiguur en fig.1) is het centrum van drukke commerciële activiteit gericht op de exploitatie van minerale en levende rijkdommen, transport, infrastructuurwerkzaamheden en recreatie.

Verschillende belangrijke centra zijn gelegen langs onze 66 km korte kust en grote industrieën zijn sinds lang gevestigd langs de Schelde, de voor ons land belangrijkste stroom die in zee uitmondt. Het is dan ook niet zo verwonderlijk dat de restanten van de menselijke activiteiten in meerdere of mindere mate uiteindelijk de zee bereiken, via de rivieren, en door de kustlozingen. Deze aanvoer, gekombineerd met de atmosferische inbreng, de operationele en accidentele lozingen van de scheepvaart, de storting in- en verbranding op zee, de ontginnings- en baggerwerken, vormt een belasting voor het ecosysteem van de Noordzee. Het is de taak van de overheid om deze activiteiten te plannen en te beheren, en waar nodig af te remmen of stop te zetten, om het eeuwige konflikt tussen commerciële activiteit enerzijds en de belangen van het marien milieu anderzijds, tot aanvaardbare proporties te herleiden.

De Noordzee is een ondiepe zee in een gematigd klimaat en bijgevolg zeer produktief. Geen wonder dus dat de visserij er een belangrijke plaats inneemt en een niet te onderschatten hernieuwbare economische bron betekent. De ganse Noordzee beslaat slechts 10% van de zeeoppervlakte van de Noordoostelijke Atlantische Oceaan, maar is toch goed voor ruim 25% van de vangst. In 1986 werd in de Belgische havens alleen al 31765 ton vis gelost voor een waarde van +/- 3 miljard B.F. Hierbij is het vooral kabeljauw die op de eerste plaats komt voor menselijk verbruik, terwijl tong ruim 1/3 vertegenwoordigt van het financiële inkomen van de Belgische visserij. Een belangrijk probleem in deze sector is zeker de overbevissing en de mogelijke gevolgen hiervan op het Noordzee ecosysteem.

De rijkdommen voor onze kust bestaan niet alleen uit levende organismen maar evenzeer uit mineralen. Zo was bijvoorbeeld de zand-



en grindontginning voor de bouwindustrie en voor strandopspuiting in 1986 goed voor een slordige 5 miljoen ton.

De Kwintebank, de Thorntonbank en de Gootebank maken deel uit van 2 afgebakende zones waarvoor de overheid concessies verleent en waaraan exploitatievoorwaarden verbonden zijn. De mogelijke impact van de ontginning op de stabiliteit van de bodem en op de benthische fauna vormt hier de negatieve zijde van de medaille en wordt aan de hand van onderzoeksprogramma's nagegaan.

In hetzelfde domein situeren zich ook de baggerwerkzaamheden: onderhoudsbaggerwerken in de havens en de toegangseu len ervan, onderhoud en verdiepen van de vaargeulen in zee en in de Schelde, baggerwerken voor de uitbouw van havens... In 1986 werd 37 miljoen ton zand en slib gebaggerd in onze Belgische wateren. Alhoewel het hier in vele gevallen gaat om een loutere verplaatsing van materiaal van één plaats op de zeebodem naar een andere, moet toch voldoende aandacht worden besteed aan de fysische effecten van deze activiteit, zoals een verstoring van de mikrobiologisch actieve bovenlaag van de sedimenten of de verhoging van de turbiditeit met een mogelijke impact op fotosynthetische capaciteit van de waterkolom. Daarentegen brengt de storting van baggermateriaal afkomstig van de havens wel een reële kontaminatie met zich mee.

In tegenstelling tot andere delen van de Noordzee hoeven we ons in België (nog) geen kopzorgen te maken over de mogelijke milieuproblemen gekoppeld aan de exploitatie van gas- en olieboorplatformen. Dit betekent echter niet dat we niet te kampen hebben met oliebezoedeling onder zijn verschillende vormen, variërend van dunne slierten petroleumprodukten afkomstig van operationele (legale en illegale) lozingen door schepen, tot massale olievlekken te wijten aan ongevallen. Hetzelfde geldt in mindere mate voor de gevaarlijke stoffen andere dan olie (chemikaliën), waarvan het transport over zee nog steeds toeneemt. Het hoeft geen betoog dat onze wateren op dit gebied erg kwetsbaar zijn: er wordt geschat dat zich op elk ogenblik ongeveer 5000 schepen groter dan 100 BRT (bruto register ton) op de Noordzee bevinden, terwijl de nauwe doorgang tussen het vasteland en Groot-Brittannië jaarlijks rond de 2 à 300000 scheepsbewegingen telt. In 1986 werden in de Belgische zeehavens 123 miljoen ton goederen gelost en geladen. Deze cijfers weerspiegelen het belang van het transport over zee en tevens de noodzaak van een efficiënt beheer terzake.

Onze kust is nog steeds een attractiepool voor binnen- en buitenlanders. Ons land telde in 1986 meer dan 30 miljoen overnachtingen waaronder een kleine 10 miljoen buitenlanders. Hiervan neemt de kust meer dan twee derden voor zijn rekening, hetgeen neerkomt op zo'n 1,5 miljoen badgasten per jaar. Dit massatoerisme staat niet enkel in voor een forse bijdrage tot het bruto nationaal produkt, maar is ook verantwoordelijk voor een belangrijk aandeel in de vervuiling zowel van het water als van de duinen en stranden. Alhoewel - op twee rechtstreekse lozingspunten in zee na - alle huishoudelijk afvalwater in zuiveringsstations terecht komt, wordt de verwerkingscapaciteit van sommige installaties in piekperiodes momenteel nog overschreden, hetgeen niet ten goede komt aan de bakteriologische kwaliteit van het zwemwater op die plaatsen. Een verdere doorvoering van het voorziene waterzuiveringsprogramma zal hierin een snelle verbetering teweegbrengen.

Een laatste belangrijke ingreep van de mens op de zee betreft het gebruik ervan als verwijderingsplaats voor afvalstoffen. Het storten van industriële afvalstoffen vormde in de zestiger en begin zeventiger jaren een voor de hand liggend alternatief voor de verwijdering van afval. Sindsdien echter werden de vergunningsvoorwaarden, waaronder het storten werd toegelaten, steeds strenger en stevent men af op een stopzetting van dit soort activiteiten op het einde van dit decennium. Deze internationale tendens - welke zich op nationaal vlak profileert door de bij koninklijk besluit geregelde stopzetting in 1989 van de storting van afvalstoffen afkomstig van de titaandioxyde-industrie - is niet zozeer ingegeven door de waarneming van nefaste effecten voor het milieu, dan wel door het zogenaamde **voorzorgsprincipe**. Door het hanteren van dit principe wil men eventuele toekomstige en nog niet bewezen gevolgen voor het marien milieu vermijden, door de mogelijke oorzaken weg te nemen.

Er bestaan natuurlijk tal van andere interacties tussen de mens en de zee, dan deze enkele die hiervoor kort werden toegelicht. Denken we hierbij bijvoorbeeld aan de Belgische kustzone die enkel in zijn huidige toestand bewaard wordt dankzij de tussenkomst van de mens, en zodoende grotendeels een kunstmatig milieu uitmaakt. De fysionomie van de kust werd grondig gewijzigd door de zeedijk, de staketsels en de haveninstallaties. De voorhaven van Zeebrugge in het bijzonder, oefent een belangrijke invloed uit op de hydrografie en op de sedimentaire balans van dit gebied. Het evenwicht van de stranden wordt kunstmatig beschermd door de golfbrekers. De zandopspuitingen op de stranden van de Oostkust konden slechts worden gerealiseerd met inzet van grote technische middelen. De duinen zelf worden ter plaatse gehouden dankzij een aandachtig beheer gebaseerd op de aanplanting van helmgras. De ganse kustzone - zowel het strand als het kustwater - dankt zijn kenmerken aan menselijke ingrepen, die kaderen in een beheer dat gericht is op het veelvuldig gebruik van zijn natuurlijke rijkdommen ten voordele van de maatschappij.

Hieruit blijkt duidelijk dat een rationeel beheer van de Noordzee niet kan gepland worden zonder rekening te houden met deze menselijke gebruiken, en dat het begrip en de kennis van het marien milieu primordiaal zijn om de respons van het ecosysteem op veranderende menselijke ingrepen te voorspellen en er de optimale oplossingen voor te ontwerpen.

## **2. FYSISCHE OCEANOGRAPHIE VAN HET BELGISCH KONTINENTAAL PLAT.**

### **Geografie**

De Noordzee is gelegen tussen Noorwegen, Denemarken, West-Duitsland, Nederland, België, Frankrijk en Groot-Brittannië. De begrenzing van de Noordzee zoals gedefinieerd door het International Hydrografisch Bureau kan veralgemenend worden omschreven als zijnde: in het zuiden de lijn gevormd door de kortste afstand tussen het vasteland en Engeland dwars over het Nauw van Cales, in het westen de lijn van het meest noordelijke punt van Schotland over de Orkney eilanden tot de Shetlandeilanden, in het noorden de lijn van het meest noordelijke punt van de Shetlandeilanden tot de 61°NB en over deze parallel tot aan de Noorse kust, in het Oosten de lijn tussen Noorwegen en Denemarken als westelijke limiet van het Skagerak.

Op die manier komt men tot een oppervlakte voor de Noordzee van 575000 km<sup>2</sup> of minder dan 1/20000 van de totale wateroppervlakte van de aarde.

Het Belgisch kontinentaal plat - waarvan de definitieve internationale grenzen nog in onderhandeling zijn met onze buurlanden - beslaat ongeveer 3600 km<sup>2</sup>, hetgeen vergelijkbaar is met de oppervlakte van de provincie West-Vlaanderen. Dit is amper iets meer dan een half procent van de oppervlakte van de Noordzee.

### **Geometrie**

De zee die de Belgische kust bespoelt wordt gekenmerkt door een geringe diepte (gemiddeld ongeveer 20 m, en maximum 35 m op het Belgisch kontinentaal plat), evenals door de aanwezigheid van een complex systeem van zandbanken bijna evenwijdig met de kust georiënteerd, en waarvan sommige bloot komen te liggen bij uitzonderlijke laagtijden. Dichtbij de kust bevinden zich tussen de banken vrij nauwe geulen, die bevaarbare doorgangen naar het Schelde-estuarium vormen.

## Hydrodynamische cirkulatie

De halfdagelijkse getijden met twee oscillaties per dag en de dagelijkse getijden die de oorzaak zijn van de ongelijkheid van twee opeenvolgende getijden, vormen het dominant hydrodynamisch fenomeen op het Belgisch kontinentaal plat evenals in de gehele Noordzee.

Ze worden gekenmerkt door een periodieke variatie van het zeeniveau (vertikaal getij) waarvan de amplitude 4 m en meer kan bereiken langs de kust, en door een stromingenpatroon dat varieert in sterkte (tot  $1 \text{ m.s}^{-1}$  en meer) en in richting (horizontaal getij).

De stroming is georiënteerd in een voorkeursrichting: zolang men langs de kust blijft evenwijdig ermee, en volgens een ZW-NO as wanneer men zich naar open zee toe verwijderd. Gedurende een halve getijperiode is de stroming naar het NO gericht (vloed) en vervolgens tijdens de tweede halve getijperiode in de tegenovergestelde zin (eb). De overgang van de ene naar de andere zin gebeurt in een vrij korte tijd (fig.2).

De grootte van de stroming in een gegeven punt varieert met de afstand ten opzichte van de bodem, met gewoonlijk een maximale waarde aan de oppervlakte, terwijl de stroomrichting echter kwasi konstant blijft over de hoogte van de waterkolom.

Het ontstaan van getijdegolven is te wijten aan de versnelling uitgeoefend door de zon en de maan op de watermassa's van de oceanen; deze golven die doordringen tot de Noordzee worden er versterkt door de geometrische structuur (in de vorm van een trechter aan de beide zijden van het Nauw van Calés) en door de aanwezigheid van grote uitgestrektheden met geringe diepte (Duitse Bocht, zuidelijke Bocht).

De periodieke elevatie van het zeeniveau evenals de stromingen, worden beïnvloed door meteorologische fenomenen (wind en variaties in de atmosferische druk). Deze invloed laat zich gelden over de gehele Noordzee en is dus niet gelokaliseerd in het gebied van het Belgisch kontinentaal plat. Aldus worden de stormen die verantwoordelijk zijn voor overstromingsgevaar, veroorzaakt door grote depressies die over het noordelijk gedeelte van de Noordzee trekken en die hevige NW- en W-winden teweegbrengen in het centraal gedeelte ervan.

Naast de cirkulatie met snelle variatie, te wijten aan het getij en de synoptische meteorologie, bestaat er nog een residuele cirkulatie, verantwoordelijk voor de hernieuwing van de watermassa's van het Belgisch kontinentaal plat. Deze residuele cirkulatie vertoont zelf ook seizoenale en jaarlijkse variaties. Gegenereerd door klimatologische fenomenen en door de interacties tussen de topografie en de aan het getij te wijten cirkulatie, wordt ze gekenmerkt door meestal naar het NO gerichte stromingen van enkele  $\text{cm.s}^{-1}$ . Behalve plaatselijk dichtbij de zandbanken en het estuarium, wordt ze bepaald door het debiet van het water dat door het Nauw van Calés passeert.

Dit debiet kan tot  $150000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  oplopen, hetgeen enorm is in vergelijking met een jaarlijks gemiddelde toevoer van de Schelde van  $104 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .

### **Golven en deining.**

De karakteristieken van de oceanische deining met grote golflengte die zich voortbeweegt in de Noordzee, worden progressief gewijzigd onder invloed van de konfiguratie van het bekken dat fenomenen zoals terugkaatsing en refractie veroorzaakt.

Het gebied van het Belgisch kontinentaal plat wordt eerder gekenmerkt door golven waarvan de afstand tussen de toppen van de orde van 50 m is, met een periode van 6 à 7 seconden en die breken op de ondiepten.

De reëel bruikbare waterhoogte, d.w.z. rekening houdend met het effect van de deining, kan een bepalende faktor zijn voor de toegang tot de havens voor sommige vaartuigen met grote diepgang.

### **Sedimenten**

De bodem van het gebied is bedekt met zanden en plaatselijk met slib (fig.3) (lit.2). Tengevolge van de intense beroering onderhouden door de sterke stromingen en door de golven waarvan de invloed zich tot op de bodem laat voelen, worden de sedimenten konstant in suspensie gebracht en gehouden, hetgeen een hoge turbiditeit veroorzaakt (van de orde van enkele tientallen  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$  tot  $200 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  in het kustgebied). Dit is trouwens een van de redenen voor de grijsgroene kleur van het Noordzeewater.

### **Dispersie van de stoffen**

De dispersie van de stoffen (zout, exogene kontaminanten,...) is het gevolg van de menging door de turbulente beroering van het water en van het meevoeren met de stromingen. Ingevolge de geringe diepte is de verticale menging snel en bijna volledig. Voor wat de horizontale menging betreft, is deze vooral actief in de hoofdrichting van de stromingen; daardoor is de menging van de kustlozingen vrij traag en draagt ze bij tot de lokalisatie van de verontreinigingen.

Het Belgisch kontinentaal plat moet als een erg open systeem beschouwd worden, waarin een gedeelte van de verontreiniging wordt aangevoerd samen met de residuele stromingen komende van het Nauw van Calés, en waaruit door het spel van diezelfde stromingen de watermassa's en de kontaminanten naar het noordoosten worden uitgevoerd.

## **Modelisatie**

Het Belgisch kontinentaal plat is dus een systeem dat sterk afhangt van de nabije mariene gebieden en van het geheel van het Noordzeebekken. Zowel uit het oogpunt van de hydrodynamische cirkulatie (getijden, elevaties tengevolge stormen, residuele stromingen), als uit het oogpunt van de dispersie van de stoffen (aanvoer uit het Nauw van Calés, uitvoer naar het noorden van het bekken). Elke voorspelling van haar kwaliteitstoestand vereist een inspanning voor de verwerving van lokale gegevens, van samenwerking met de organismen van de andere oeverstaten, en vooral een modelisatie op grote schaal teneinde de invloeden van nabije en regionale systemen te integreren.

### 3. INBRENG VAN ORGANISCHE EN ANORGANISCHE KONTAMINANTEN

De inbreng of "input" gegevens vermeld in dit hoofdstuk hebben betrekking op het Belgische deel van het kontinentaal plat van de Noordzee, tenzij uitdrukkelijk anders vermeld.

Vooreerst dient te worden opgemerkt dat de berekende jaarlijkse hoeveelheden kontaminanten welke in zee terechtkomen, afhankelijk zijn van een aantal veranderlijke factoren:

- de natuurlijke variaties in de afvoer en het zelf-zuiverend vermogen van de rivieren, evenals in de atmosferische omstandigheden;
- de heersende economische hoog- of laagconjunctuur;
- de impact van verstrengde leefmilieumaatregelen;
- onvoorziene omstandigheden (ongevallen e.d.);
- belangrijke industriële herstructureringen.

Bovendien zijn ook de gehanteerde waarnemings- en berekeningsmethoden veelal een bron van variatie in de resultaten. Vandaar dat in sommige gevallen zowel hoogste en laagste waarden worden opgegeven, waartussen schommelingen kunnen optreden.

#### 3.1. Inbreng door rivieren

Een aantal in omvang en belangrijkheid verschillende rivieren en kanalen vinden hun weg naar de zee. Van oost naar west onderscheidt men:

- de Schelde (eigenlijk uitmondend in Nederlandse wateren);
- het Afleidingskanaal van de Leie (of Schipdonkkanaal), het Leopoldskanaal en het Boudewijnkanaal welke uitmonden te Zeebrugge;
- de Blankenbergse Vaart uitmondend te Blankenberge;
- het kanaal Gent-Brugge-Oostende uitmondend te Oostende;
- het kanaal Duinkerke-Nieuwpoort en de IJzer met monding te Nieuwpoort.

Van deze waterwegen zijn er slechts drie die wezenlijk bijdragen tot de inbreng van contaminanten in de Noordzee:

- de Schelde met een jaargemiddeld debiet van  $104 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  of  $3,28 \text{ km}^3 \cdot \text{a}^{-1}$ ;
- het Afleidingskanaal van de Leie met een jaargemiddeld debiet van  $15 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  of  $0,47 \text{ km}^3 \cdot \text{a}^{-1}$ ;
- de Ijzer met een jaargemiddeld debiet van  $6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  of  $0,19 \text{ km}^3 \cdot \text{a}^{-1}$ .

Het is duidelijk dat zowel kwa jaargemiddelde afvoer als kwa vracht aan contaminanten, de Schelde voor België veruit de belangrijkste inbreng in de Noordzee vertegenwoordigt. Om deze inbreng goed te kunnen evalueren, is het nuttig eerst even dieper in te gaan op de karakteristieken van de Schelde zelf.

De Schelde is een 355 km lange stroom die ontspringt in Frankrijk op de hoogvlakte van Saint-Quentin. Vanaf haar bron gelegen op 95 m hoogte vloeit ze door diverse Franse (Cambrai, Valenciennes) en Belgische steden (Doornik, Gent, Antwerpen) vooraleer zich op Nederlands grondgebied een weg naar zee te banen. Te Gent gaat de Boven-Schelde over in de Beneden-Schelde of Zeeschelde. De overgang naar de Westerschelde tenslotte gebeurt aan de Belgisch-Nederlandse grens. De Westerschelde kan worden omschreven als opgebouwd uit:

- i. een brede trechtervormige monding (de zgn. buiten-delta) met daarin twee belangrijke geulen (Z en N);
- ii. het estuarium, vanaf Vlissingen (km 0) tot aan de Belgisch-Nederlandse grens (km 57), opgebouwd uit enerzijds eb- en vloedscharen (geulen) en anderzijds platen en slikken.

De waterbeweging in het estuarium en in het benedenstrooms gebied van de rivier wordt gekenmerkt door een sterke getijdenwerking. Getijverschillen te Vlissingen schommelen rond 4 m en lopen op tot meer dan 5 m in het Antwerpse, waarna ze afnemen tot ongeveer 2 m te Gentbrugge (km 154) waar het getij gestopt wordt door een sluis.

De belangrijke getijdeninvloed komt duidelijk tot uiting door een vergelijking van het gemiddeld vloedvolume te Vlissingen dat ongeveer  $1 \text{ km}^3$  per getij bedraagt en de jaarlijkse zoetwaterafvoer van de Schelde van +/-  $3,3 \text{ km}^3$  (gebaseerd op een 1949-1986 jaargemiddeld debiet van  $104 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) (lit.3). Deze verhouding verklaart trouwens ook de hoofzakelijk mariene oorsprong van de sedimenten in de Westerschelde.

Een frekwentiedistributieberekening van de zoetwaterdebieten te Schelle tussen 1949 en 1986 toont ons dat het meest voorkomende debiet ligt tussen 40 en  $50 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , alhoewel de jaargemiddelde debieten onderling sterk kunnen variëren: zo bedroeg het jaargemiddelde in 1949 slechts  $43 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  terwijl dit in 1966 opliep tot  $207 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Ook de variaties binnen hetzelfde jaar zijn belangrijk: in 1986 bvb. bedroeg het kwartaalgemiddeld debiet voor het 1ste kwartaal  $161 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , terwijl het 3de kwartaal slechts  $47 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  liet optekenen (lit.3). Deze variaties zijn des te meer belangrijk, daar men kon vaststellen (lit.4) dat



ongeveer 1/3 van de jaarlijkse vracht aan zwevende deeltjes (waaraan zware metalen en andere kontaminanten kunnen geadsorbeerd zijn) getransporteerd worden gedurende in de tijd beperkte (12 % van de totale tijd) periodes van hoge debieten ( $> 150 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ).

Wat het gehalte aan zwevende of gesuspendeerde stoffen betreft, treden grote tijdsgebonden variaties op, met waarden die kunnen schommelen van enkele  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$  tot  $400 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  en meer. De waarden zijn echter meestal vrij konstant voor het ganse estuarium. Vanaf de Belgisch-Nederlandse grens treedt stroomopwaarts een snelle toename van de zwevende stoffen op tot aan het zogenaamde turbiditeitsmaximum, gesitueerd in het Antwerpse.

Het turbiditeitsmaximum is het resultaat van een opeenhoping van suspensiemateriaal aan het uiteinde van de zouttong. Het verschil in densiteit tussen het zeewater en het rivierwater veroorzaakt het ontstaan van een residueel circulatiesysteem in twee lagen (fig.4) (lit.5).

Vaste deeltjes, stroomafwaarts vervoerd door het rivierwater en stroomopwaarts vervoerd (langs de bodem) door het zeewater, convergeren naar het uiteinde van de zouttong. Hier ontstaan opwaartse "ontsnappingsstromingen" die een recyclering van vaste deeltjes in deze zone zullen onderhouden. Hierdoor zullen de residentietijden van deeltjes in het gebied van het turbiditeitsmaximum hoger zijn dan die van de zoetwatermassa's en van de opgeloste stoffen. Bovendien zullen, door de toename van de saliniteit in de buurt van de zouttong (1 à 5%), de kolloïdale deeltjes van continentale oorsprong uitvlokken, daar door het toenemend zoutgehalte de elektrische dubbellaag van de kleideeltjes in elkaar stuikt en elektrostatische afstoting niet meer voldoende is om de Van der Waalse krachten te overwinnen. Hierdoor worden grotere vlokken gevormd met een hogere valsnelheid dan de individuele kolloïdale kleideeltjes. De aldus gevormde vlokken kunnen dan ook deelnemen aan het recyclingssysteem.

Indien het turbiditeitsmaximum inderdaad gebonden is aan het uiteinde van de zouttong, dan kan men, naar analogie met het gedrag van het longitudinaal saliniteitsprofiel, veronderstellen dat de positie van het maximum (gemiddeld over een getijdencyclus genomen) sterk afhangt van het zoetwaterdebiet.

Dit debiet is een maat voor de weerstand die geboden wordt tegen de stroomopwaartse migratie van de zouttong. Bij konstant zoetwaterdebiet zal deze weerstand des te groter zijn naarmate de natte dwarssektie kleiner is.

De positie van het turbiditeitsmaximum kan dus aan de hand van een empirisch model berekend worden. Voor een zoetwaterdebiet van  $40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (dat het meest frekvent voorkomt, zie hoger) vindt men een turbiditeitsmaximum bij km 85, d.w.z. in het Antwerpse. Dit komt ook zeer goed overeen met de waarnemingen.

Uit hetgeen voorafgaat blijkt duidelijk dat heelwat factoren het uiteindelijk transport van kontaminanten naar zee bepalen (getijden, zoetwaterdebiet, sedimentatieverschijnselen, adsorptie, desorptie, heroplossing...).

Tabel 1 bevat gegevens over de jaarlijkse vrachten aan zware metalen, nutriënten en organische stoffen getransporteerd naar zee door de IJzer, het Afleidingskanaal van de Leie en de Schelde. De cijfers voor de Schelde geven de waarde weer zoals gemeten aan de Belgisch-Nederlandse grens. Het is duidelijk dat dit een zogenaamd "bruto inbreng" in het Westerschelde-estuarium betreft en hoegenaamd niet de netto inbreng in de Noordzee vertegenwoordigt. Het verschil tussen de bruto en de netto inbreng geeft een indicatie van wat in het estuarium weerhouden of verwerkt wordt.

De vrachten in tabel 1 werden berekend aan de hand van het produkt van de jaarlijks gemiddelde debieten en de gemiddelde concentraties van kontaminanten zoals gemeten tijdens de afgelopen jaren (lit.6).

Door verschillende auteurs werden pogingen ondernomen om ook de inbreng in zee van zware metalen vanuit het Westerschelde-estuarium te schatten (= de netto inbreng). De jaarlijkse opgeloste en partikulair vrachten aan zware metalen volgens deze schattingen ingebracht in zee zijn hieronder weergegeven (lit.7):

	opgelost (t.a <sup>-1</sup> )	partikulair (t.a <sup>-1</sup> )
Cd	0,98	0,48
Cu	6,6	5,3
Fe	420	1500
Hg	0,1	0,5
Mn	180	200
Pb	2,3	9,9
Zn	28	32

De inbreng van radioactieve stoffen in het Westerschelde-estuarium via de Zeeschelde, en afkomstig van de lozingen van de nucleaire krachtcentrale te Doel en gedeeltelijk van de kunstmeststoffenindustrie, wordt weergegeven in tabel 2 (lit.8). Het betreft hier terug de inbreng in het estuarium aan de Belgisch-Nederlandse grens en niet de netto inbreng in zee. Uit de studie van de BMM (lit.5) blijkt dat een belangrijk gedeelte van de totale <sup>226</sup>Ra input afkomstig is van de lozingen van de kunstmeststoffenindustrie.

### 3.2. Direkte lozingen

Uitzondering gemaakt voor 2 rioolmondingen respectievelijk gelegen te De Panne, en tussen Koksijde en Oostduinkerke, zijn er geen directe - industriële of andere - lozingspunten aan onze kust. De twee genoemde lozingspunten zijn zogenaamde overstortleidingen waardoor bij overvloedige regenval het overtollige regenwater (dat een gedeelte afvalwater bevat te wijten aan een ondoelmatige scheiding van de oude afvalwater- en regenwaterkollektoren) in zee wordt gespuid. Deze effluënten hebben echter slechts weinig te betekenen in termen van

belasting en hoeveelheid. Inderdaad was de geloosde hoeveelheid van deze lozingspunten over het ganse jaar 1985 kleiner dan het gemiddeld uurdebiet van de Schelde.

### **3.3. Atmosferische inbreng**

De informatieverwerving aangaande de atmosferische inbreng van zware metalen en andere contaminanten in de Noordzee, bevindt zich nog in het beginstadium, zowel in België als in de andere Europese landen. Dit is ook niet zo verwonderlijk, daar deze vorm van verontreiniging veel minder voor de hand liggend is dan, zeg maar, de directe lozing of storting van afvalstoffen in zee. Bovendien is er het bijkomend probleem van de grensoverschrijdende lange-afstands-transporten van de atmosferische polluenten, die een rechtstreeks en ondubbelzinnig verband met de pollutiebronnen bemoeilijken.

Het belang van de atmosferische inbreng wordt nochtans aangetoond door recente schattingen gebaseerd op plaatselijke waarnemingen en geëxtrapoleerd over de ganse Noordzee en over één jaar, waaruit blijkt dat de atmosfeer verantwoordelijk is voor 40 tot 60 % van de Pb inbreng, voor 30 tot 70 % van de Cd inbreng en voor 20 tot 40 % van de Hg inbreng.

Informatie over de atmosferische inbreng voor het Belgisch kontinentaal plat is voorgesteld in tabel 3. De gegevens zijn het resultaat van wetenschappelijk onderzoek en in situ monsternames- campagnes aan boord van het lichtschip Westhinder verankerd in de zuidelijke Bocht van de Noordzee op het Belgisch kontinentaal plat (lit. 9). Deze onderzoeken tonen dat de inbreng in zee voornamelijk via natte uitval (contaminanten verbonden met regendruppels) plaatsvindt. De totale uitval (nat + droog) gegevens in tabel 3 zijn berekend voor een oppervlakte van het Belgisch kontinentaal plat van 3600 km<sup>2</sup>.

### **3.4. Storting in zee**

De inbreng van contaminanten in zee via storting heeft enkel betrekking op industriële afvalstoffen en baggermateriaal. De storting in zee van zuiveringslib afkomstig van waterzuiverings-installaties wordt in ons land niet toegepast.

### 3.4.1. Industriële afvalstoffen

Momenteel bezitten vier Belgische firma's een machtiging tot het storten van industriële afvalstoffen in zee:

- Bayer N.V.: zwavelzure oplossing afkomstig van de  $\text{TiO}_2$ -productie;
- NL Chemicals N.V.: zwavelzure oplossing afkomstig van de  $\text{TiO}_2$ -productie;
- Stauffer Chemical Belgium S.A.: pekeloplossing afkomstig van de bereiding van onkruidverdelgers;
- Ethyl S.A.: pekeloplossing afkomstig van de productie van alkylderivaten voor de chemische nijverheid.

Aan twee andere firma's (Nederlandse Gist & Spiritus Fabriek N.V. en Occidental Chemical N.V.) werd in de loop van voorgaande jaren een verlenging van de machtiging tot storting in zee geweigerd, daar alternatieve verwerkingsmogelijkheden aan land konden worden ingezet. Aan de beide bedrijven die momenteel nog hun afvalzuren van de  $\text{TiO}_2$ -productie in zee storten - en die samen meer dan 99 % uitmaken van de Belgische stortingen van industrieel afval - werd eveneens opgelegd alternatieve verwerkingsmogelijkheden bedrijfsklaar te hebben tegen eind 1989. Deze verplichting werd vastgelegd in een koninklijk besluit van 23 januari 1987 en beide firma's hebben reeds daadwerkelijk de rekonversiewerkzaamheden aangevat.

Ook in andere opzichten zijn er veel veranderingen ten goede opgetreden sedert het begin van de allereerste stortingen in de zestiger jaren:

- de administratieve en technische controle (o.m. installatie van automatische registratiesystemen, de zgn. "zwarte dozen", aan boord van alle stortingsvaartuigen) werd voortdurend opgedreven;
- parallel hiermee werden ook de impactstudies (in situ monitoring, gebruik van mathematische dispersiemodellen en ekotoxiciteitstesten) uitgebreid en veralgemeend;
- in 1983 kwamen de uitvoeringsbesluiten in voege, die een effectieve en volledige uitvoering van het Verdrag van Oslo mogelijk maakten;
- de hoeveelheden in zee gestorte industriële afvalstoffen werden progressief verminderd, zowel in absolute als in relatieve zin (daling van de hoeveelheid afval per eenheid van productie).

Figuur 5 toont de onderlinge verhouding van de vier Belgische stortingen van industriële afvalstoffen in 1986, terwijl figuur 6 deze hoeveelheden aangeeft ten opzichte van de stortingen van de andere Kontrakterende Partijen van het Verdrag van Oslo voor het jaar 1985. In figuur 7 wordt de evolutie weergegeven van de absolute hoeveelheden afval gestort in

zee afkomstig van de  $\text{TiO}_2$ -nijverheid en van de andere industrietakken.

Anderzijds toont figuur 8 hoe de relatieve hoeveelheid afval (per geproduceerde ton  $\text{TiO}_2$ ) is verminderd met 0,34 ton per jaar sedert 1979 als het gevolg van het stopzetten van de storting van de vaste ertsresten en door het gebruik van aangerijkte ertsslakken, samen met de toepassing van verbeterde produktie-technieken. Tabel 4 tenslotte geeft een idee van de ingebrachte hoeveelheden kontaminanten in de Noordzee tengevolge van de stortingen in 1986.

### *3.4.2. Baggermateriaal*

De hoeveelheden zand en slib gebaggerd en gestort in de Belgische kustzone variëren tussen 25 en 50 miljoen ton per jaar, afhankelijk van de uitgevoerde werken. Het grootste deel van dit materiaal is afkomstig van onderhoudsbaggerwerken in de vaargeulen (toegang tot de Westerschelde en tot de havens van Zeebrugge, Oostende, Nieuwpoort en Blankenberge). Deze operaties zijn eigenlijk te herleiden tot een loutere verplaatsing van materiaal, en introduceren geen antropogene kontaminanten in het marien milieu. Het baggermateriaal van de havens daarentegen is meer beladen en vertegenwoordigt een echte input in het marien milieu bij storting.

In 1986 werd 29168049 ton (79 %) zand gebaggerd in de Scheur en de Pas van het Zand (toegang tot de Westerschelde) terwijl 7545151 ton (20%) afkomstig was van de baggerwerken in de voorhaven en de haven van Zeebrugge en in de havens van Nieuwpoort, Blankenberge en Oostende. Slechts 278009 ton (1 %) was in 1986 afkomstig van de toegangseulen tot deze havens. In de onderstelling dat enkel de baggeroperaties in de havens en in de toegangseulen tot deze havens volledig bijdragen tot de exogene input van kontaminanten in het marien milieu (hetgeen een overschatting betekent, daar aldus geen rekening wordt gehouden met de natuurlijk aanwezige elementen in de mineralen zelf) berekent men voor 1986 een input van 2,25 ton Hg; 0,03 ton PCB; 2 36 ton Cr; 195 ton Cu; 9 2 ton Ni; 519 ton Pb en 709 ton Zn.

### *3.4.3. Verbranding op zee van industriële afvalstoffen*

De verbranding op zee van afvalstoffen vormt een wat aparte paragraaf in dit rapport. Vooreerst kan deze praktijk bezwaarlijk als een echte storting in zee in de ware zin van het woord worden gekatalogeerd, en bovendien is het geen activiteit die zich afspeelt voor de Belgische kust, maar wel op het Nederlands kontinentaal plat in een gemeenschappelijk verbrandingsgebied, zo'n 150 km ten NW van Den Helder. Toch kunnen we niet zomaar onopgemerkt voorbijgaan aan deze belangrijke (en controversiële) afvalverwijderingsmethode, temeer omdat ons land hierbij een opmerkelijke rol vervult.

Per jaar worden gemiddeld 100000 ton gechloreerde koolwaterstoffen op zee verbrand aan boord van één der drie verbrandingsvaartuigen (Vulcanus I, Vulcanus II en Vesta) welke in Europa actief zijn.

De afvalstoffen zijn hoofdzakelijk afkomstig van:

- de kunststoffennijverheid (PVC productie);
- de farmaceutische nijverheid;
- de chemische nijverheid (oplosmiddelen en organische basisprodukten);
- diverse bronnen (verfabijtmiddelen; snij- en booroliën; laboratoriumafvalstoffen; spoelresten; reinigingsmiddelen e.d.).

Deze afvalstoffen zijn afkomstig van diverse Europese landen, maar het leeuwenaandeel komt voor rekening van de Bondsrepubliek Duitsland (55%) terwijl het Belgisch aandeel gemiddeld 15 % bedraagt (fig.9). Tussen 80 en 90 % van deze afvalstoffen worden in Antwerpen verzameld en geladen. Het overige deel komt aan boord in Santander (Sp), Le Havre (F), North Shields (U.K.), Rotterdam (NL) of Rafnes (N) (tabel 5).

De input in zee van kontaminanten door de verbranding op zee kan worden berekend op basis van de minimale vernietigingsefficiëntie van 99,9 %, zoals vereist in de Regels inzake Verbranding op zee van de Oslo Kommissie. Voor de verbranding van 100000 ton per jaar geeft dit een inbreng van 100 ton gechloreerde stoffen. In praktijk ligt de vernietigingsefficiëntie rond 99,995 %, hetgeen de input brengt op 5 ton per jaar. Van de zware metalen aanwezig in de te verbranden afvalstoffen, mag men aannemen dat deze onverbrand de schouw van de verbrandingsoven verlaten. Aldus kon de inbreng in de Noordzee in 1985 becijferd worden (lit.10) op 68 kg Hg, 140 kg Cd, 99 kg Cr, 3100 kg Cu, 2100 kg Pb, 3000 kg Ni en 12000 kg Zn.

### **3.5. Operationele lozingen**

Tot nu toe is er geen exploitatie van olie- of gasvelden op het Belgisch kontinentaal plat en ook voor de nabije toekomst zijn er geen concrete plannen hiertoe.

De inbreng van koolwaterstoffen in de Noordzee afkomstig van gas- en olieboorplatformen vormt een belangrijk aandeel van de totale inbreng van koolwaterstoffen en kan oplopen tot 30000 ton per jaar, voor 90 % afkomstig van het gebruik van op oliën gebaseerde boormiddelen (als koel- en smeermiddel van de boren) en in mindere mate van produktiewater (8 %) en ongevallen (2 %).

De inbreng in de Noordzee afkomstig van de scheepvaart beperkt zich niet alleen tot olieprodukten, maar betreft ook verontreiniging door chemische stoffen en door vuilnis.

Het is nagenoeg onmogelijk om precieze cijfers te geven van de lozingen

van olie op het Belgisch kontinentaal plat, vooreerst omdat deze afhangen van een aantal veranderlijke factoren (verkeerspatronen, soort vaartuigen, lading aan boord, lozingskriteria...) en ook omdat de gevolgde routes zich niet beperken tot het Belgisch kontinentaal plat maar zich uitstrekken over de ganse Noordzee en verder. Een realistische schatting gebaseerd op gemiddelde verkeerspatronen en lozingskriteria van MARPOL geeft een jaarlijkse geloosde hoeveelheid voor de Noordzee tussen 1000 en 1500 ton (lit.1).

Onmiddellijk moet hieraan worden toegevoegd dat ook heelwat onwettige lozingen plaatsvinden, waarvoor de schattingen wijd uiteenlopend zijn en schommelen tussen 1100 en 60000 ton per jaar (lit.1) voor de Noordzee. Door verbeterde controlemaatregelen en onder meer het inzetten van toezicht vanuit de lucht, kon in zekere landen een gevoelige reductie van deze illegale lozingen worden waargenomen.

De inbreng van olie afkomstig van ongevallen varieert van jaar tot jaar, maar kan verondersteld worden in de toekomst meer en meer te zullen dalen door maatregelen van verkeersscheidingsstelsels en veranderingen in het ontwerp en de konstruktie van nieuwe tankers.

## **4. ANORGANISCHE, ORGANISCHE, RADIOAKTIEVE EN BAKTERIELE KONTAMINATIE**

### **4.1. Anorganische kontaminanten in water, sedimenten en organismen.**

#### *4.1.1. Metalen in water*

De eerste "georganizeerde" metingen van zware metalen in zeewater op het Belgisch kontinentaal plat gaan terug tot 1971, wanneer het project "Zee" van het "Nationaal Onderzoeks- en Ontwikkelingsprogramma van het fysisch en biologisch leefmilieu met betrekking tot het water" in werking werd gesteld. Vanaf het einde der jaren zeventig werden regelmatige meetcampagnes uitgevoerd voor onze kust en sinds eind '84 gebeuren deze met behulp van het oceanografisch schip Belgica. Deze meetcampagnes vinden plaats om aan de nationale behoeften terzake te voldoen, maar eveneens ter naleving van het "Joint Monitoring Programme" (JMP) van de Verdragen van Oslo en Parijs. Dit programma legt bepaalde verplichtingen op met betrekking tot de frekwentie van de metingen, de te meten fazen en parameters, de analytische methoden, de rapportering en zo meer. Ter aanvulling van deze maandelijkse meetcampagnes, die voornamelijk een inventarisatie als achtergrond voor de evaluatie van de kwaliteit van het marien milieu tot doel hebben, wordt met behulp van de Belgica ook aan wetenschappelijk onderzoek gedaan naar de processen die aan de grondslag liggen van het functioneren van het marien ecosysteem. De resultaten van deze onderzoeken uitgevoerd door vorsers van de Belgische universiteiten, worden aangewend bij de evaluatie van de toestand van onze wateren.

Overeenkomstig de richtlijnen vervat in het JMP hebben de meetcampagnes sinds 1979 zich voornamelijk toegespitst op de zware metalen van de zwarte lijst van de Verdragen van Oslo en Parijs, nl. kwik en cadmium.



De metingen tussen 1979 en 1986 in het kader van het JMP geven gemiddelde waarden in de Belgische kustzone van:

Cd opgelost	: 0,06 $\mu\text{g.l}^{-1}$
Cd partikulair	: 0,01 $\mu\text{g.l}^{-1}$
Hg opgelost	: 0,015 $\mu\text{g.l}^{-1}$
Hg partikulair	: 0,035 $\mu\text{g.l}^{-1}$

De waarden "opgelost" en "partikulair" geven respectievelijk de hoeveelheid zwaar metaal dat zich in oplossing bevindt (= water gefiltreerd door een filter met poriënwijsdte 0,45  $\mu\text{m}$ ) en de hoeveelheid geadsorbeerd aan de partikulaire materie of zwevende stoffen.

De meetresultaten van de individuele meetstations vertonen een vrij grote spreiding in de tijd en in de ruimte. De meetstations gelegen langs de kust in de "pluim" van de Westerschelde vertonen systematisch hogere opgeloste metaalwaarden dan de meer in open zee gelegen stations. Buiten de invloed van de Scheldepluim is deze daling in concentratie bij de verwijdering uit de kust naar open zee toe, niet meer zo duidelijk voor de metalen in oplossing, hetgeen een bewijs is voor de intense menging die de wateren voor onze kust ondergaan. Wel is er een duidelijke daling van de partikulaire metaalkoncentratie uitgedrukt in  $\mu\text{g.l}^{-1}$  met de afstand tot de kust, hetgeen te verklaren valt door de afname van de hoeveelheid zwevende stoffen verder in zee. Recente onderzoeken (lit.11) bevestigen deze waarnemingen. Dit is weergegeven in figuur 10 die tevens een beeld geeft van de opgeloste en partikulaire Cu en Cd concentraties in de Belgische kustzone.

Het is bekend dat verschillende zware metalen een verschillende adsorptie-affiniteit ten opzichte van de gesuspenseerde materie bezitten. Uit de resultaten blijkt inderdaad dat het grootste deel van het totaal Cd-gehalte zich in oplossing bevindt, terwijl voor Hg precies het omgekeerde fenomeen zich voordoet: ongeveer 2/3 van het metaal is geadsorbeerd aan de zwevende stoffen. Vandaar ook dat het belangrijk is het gehalte aan gesuspenseerd materiaal van de geanalyseerde monsters te kennen, wil men de waargenomen distributiepatronen kunnen verklaren. Bovendien is ook de samenstelling van het gesuspenseerd materiaal van belang: de affiniteit voor zware metalen is namelijk groter naarmate de deeltjes kleiner zijn en meer organisch materiaal bevatten.

Vroegere onderzoeken tussen 1979 en 1981 (lit.12) geven hieronder de waarden voor opgeloste en partikulaire zware metalen weer:

	opgelost ( $\mu\text{g.l}^{-1}$ )	partikulair ( $\mu\text{g.l}^{-1}$ )
Hg	0,012	0,035
Cd	0,11	0,02
Pb	3,9	0,36
Zn	6,6	1,30
Cu	2,2	0,24

Zoals reeds gesteld is de spreiding op de gemeten metaalkoncentraties vrij groot, hetgeen grotendeels te verklaren is door de variaties in het gehalte aan gesuspendeerde materie van de gemeten monsters. Een typisch voorbeeld hiervan betreft de waarden voor totaal Hg (opgelost + partikulair) zoals gerapporteerd aan het JMP voor het jaar 1983: de minimum gemeten concentratie bedroeg  $0,011 \mu\text{g.l}^{-1}$  en de maximum concentratie  $0,306 \mu\text{g.l}^{-1}$ , terwijl het gemiddelde  $0,081 \mu\text{g.l}^{-1}$  bedroeg. Deze waarden zijn typische waarden voor kustwateren en zijn trouwens erg vergelijkbaar met de metingen gedaan voor de Nederlandse kust. Vergeleken met open oceaan water (gesteld dat deze vergelijking steek houdt) is de concentratie aan zware metalen in kustwater steeds een faktor 2 tot 10 hoger.

#### 4.1.2. Metalen in sedimenten

Sinds 1976 worden voor de Belgische kust regelmatig sedimenten bemonsterd en onderzocht op hun gehalte aan zware metalen (lit.13). De bemonsteringszones werden gekozen in functie van de stortplaatsen van de afvalstoffen van de titaandioxyde-industrie (zones D1a, D1b en D2 in fig.11 en driehoekige zone in fig.1). Tevens werden een aantal referentiezones bemonsterd (R1 en R2 in fig.11).

Voor de analyse van de zware metalen werden twee extractie-procedures aangewend. De "totale destructie" met waterstoffluoride waardoor het totaal metaalgehalte wordt bepaald, werd vergeleken met een "zachte destructie" met 25 % azijnzuur, waardoor het biologisch beschikbaar metaalgehalte wordt bepaald. Zowel de fraktie  $< 63 \mu\text{m}$  als de fraktie  $< 500 \mu\text{m}$ , welke laatste representatief is voor het totale monster, werd geanalyseerd.

De resultaten van de analyses na totale destructie voor de jaren 1981-1984 worden weergegeven in tabel 6. Voor de verschillende zones worden telkens voor de  $< 63 \mu\text{m}$  en  $< 500 \mu\text{m}$  frakties, de gemiddelde concentraties en de relatieve standaardafwijkingen gemeld.

Uit tabel 6 blijkt onmiddellijk dat - behalve voor Zn - de laagste metaalgehalten gevonden worden in de zone D1, zowel in de  $< 63 \mu\text{m}$  fraktie als in de  $< 500 \mu\text{m}$  fraktie. Dit is niet zo verwonderlijk als we de vergelijking maken met tabel 7 die een overzicht geeft van de samenstelling van de sedimenten in de onderscheiden zones. Voorheen werd reeds gewezen op de affiniteit van zware metalen voor de fijne fraktie, en precies in de zone D1 is het percentage van de sedimentfraktie  $< 63 \mu\text{m}$  het laagst. De referentiezone R2 dicht bij de kust, vertoont de hoogste metaalwaarden en tevens het hoogste percentage aan  $< 63 \mu\text{m}$  materiaal.

Als we de analyseresultaten voor de  $< 63 \mu\text{m}$  fraktie afzonderlijk beschouwen, dan vertonen de sedimenten in de kustzone R1 echter lagere

metaalwaarden dan deze in de zones D2 en R1. Het hogere percentage aan organisch materiaal - dat groter is dan de 63  $\mu\text{m}$  fraktie en dat een bindingseffekt vertoont ten opzichte van metalen - is hiervoor een mogelijke verklaring. In deze gevallen lijkt het aangewezen voor monitoringsdoeleinden de < 500  $\mu\text{m}$  fraktie te analyseren, wil men de kontaminatie van de sedimenten door zware metalen evalueren (lit.14).

De resultaten van de onderzoeken tussen 1981 en 1984 - en bevestigd door onderzoek in de periode 1976 - 1980 waarbij weliswaar een andere extractieprocedure met 5 M salpeterzuur werd doorgevoerd (lit.15)- tonen aan dat er geen direct verband bestaat tussen de storting van afvalstoffen van de  $\text{TiO}_2$ -produktie en de concentratie aan zware metalen in de sedimenten.

De resultaten van de sedimentenanalyse waarbij de zachte destructie werd toegepast, zijn weergegeven in tabel 8 en vormen een bevestiging van de waarnemingen met de harde destructie. De zogenaamde zachte destructie wordt soms aangewend omdat deze verondersteld wordt op een meer selectieve wijze de antropogene metalen op te lossen (in tegenstelling tot de harde destructie die ook de metalen vrijstelt vervat in de mineralen zelf) en eveneens een indicatie zou geven van de metalen die biologisch beschikbaar zijn.

#### 4.1.3. Zware metalen in biota

Het onderzoek van zware metalen in biota - en meer specifiek organismen van hogere trofische niveau's - van de zuidelijke Bocht en de Belgische kust startte in 1971. De laatst gepubliceerde resultaten evenals de Belgische gegevens verworven in het kader van het JMP van de Kommissies van Oslo en Parijs, worden hier opgesomd. De resultaten met betrekking tot de concentraties aan zware metalen in de organismen van lagere trofische niveau's (fyto- en zoöplankton) samen met de kontaminatiemechanismen worden verder behandeld in 5.2.

Kabeljauw (*Gadus morhua*), bot (*Platichthys flesus*), garnaal (*Crangon crangon*) en de blauwe mossel (*Mytilus edulis*) werden als karakteristieke organismen van onze kustzee verkozen om het onderwerp uit te maken van een continue monitoring van de kwaliteit van onze levende rijkdommen. Deze organismen werden trouwens algemeen aanvaard om als vergelijkingsbasis te dienen in het kader van het JMP.

Daarnaast werden een aantal specifieke studies uitgevoerd: een studie gericht op tong (*Solea solea*) tussen 1973 en 1982 (lit.16), een screening van een aantal weinig commerciële soorten in 1980 - 1981 (lit.17) en een studie gericht op verschillende epibenthos- en vissoorten in een stortingsgebied en in referentiezones tussen 1981 en 1984 (lit.13).

Het kan nuttig zijn de bekomen resultaten in het licht van zekere

richtlijnen te evalueren. Aldus werden voor monitoringsdoeleinden in het kader van de Verdragen van Oslo en Parijs richtwaarden opgesteld voor Hg en Cd (tabel 9). Voor Hg in vis zijn gehalten van minder dan  $0,1 \text{ mg.kg}^{-1}$  nat gewicht als "laag", waarden boven de  $0,3 \text{ mg.kg}^{-1}$  als "hoog" te beschouwen. Voor Cd in mosselen is dit respectievelijk 2 en  $5 \text{ mg.kg}^{-1}$ , op een droog gewicht basis. Voor de analyseresultaten van zware metalen in mosselen die verder in dit hoofdstuk besproken worden, kan - ondanks het feit dat de hier onderzochte wilde mosselen niet voor verbruik zijn bestemd - toch ook worden verwezen naar de Nederlandse maximale richtwaarden voor konsumptiemosselen:  $1,0 \text{ mg.kg}^{-1}$  nat gewicht voor Hg en Cd en  $2,0 \text{ mg.kg}^{-1}$  nat gewicht voor Pb.

### *Resultaten*

De gegevens aangaande de monitoring van een reeks metalen in kabeljauw, bot en garnaal tussen 1978 en 1986 (vanaf 1983 voor Cr) worden opgesomd in fig.12 (lit.18 en gegevens JMP '83-'86). Men merkt op dat, voor wat Zn, Cd en Cu betreft, de garnalen meer gekontamineerd zijn dan bot en kabeljauw terwijl dit precies het omgekeerde is voor Cr en Hg waar bot de hoogste concentraties vertoont. Gezien de belangrijke fluktuaties in de concentraties van jaar tot jaar en wegens het vermoedelijk minder betrouwbare karakter van de resultaten tijdens de eerste jaren van het onderzoek, is het moeilijk duidelijke trends te onderscheiden over de periode 1978 - 1986. Nochtans lijkt voor Hg en Cd een daling in de kontaminatie waarneembaar, terwijl dit voor Pb eerder de omgekeerde richting schijnt uit te gaan.

Voor wat betreft de blauwe mossel werden sedert 1978 jaarlijks op drie plaatsen langsheen de Belgische kust wilde mosselen bemonsterd voor de analyse van zware metalen. De resultaten voor de periode 1978 - 1986 worden weergegeven in tabel 10 (lit.19). Opnieuw wordt het moeilijk een trend op te maken voor om het even welk metaal, behalve misschien voor Hg dat in de goede richting schijnt te evolueren. Voor de andere metalen zijn de fluktuaties van jaar tot jaar vrij groot. Niettegenstaande schijnt er de laatste jaren een stijging vast te stellen vooral in de Cr en Ni concentraties. Het zou hier evenwel om een cyclisch verschijnsel kunnen gaan, daar voor de periode 1978 - 1981 duidelijk hogere waarden werden gerapporteerd.

Het is ook interessant de besproken tijdsreeksen voor bot, kabeljauw, garnaal en mossel te vergelijken met deze betreffende tong (fig.13), alhoewel hier de informatie van de jongste jaren niet weergegeven is. Uit de figuur 13 valt geen trend op te maken voor de concentraties aan Hg, Cu en Zn voor de 10-jarige periode 1973 - 1982. Men merkt ook op dat voor de vergelijkbare periode 1979 - 1982 het verloop van de Hg, Zn en Cu concentraties in tong vrij gelijklopend is met deze van kabeljauw en bot in de voorgaande tijdreeksen.

Tabel 11 betreft een studie van de gehalten aan zware metalen bepaald in een aantal weinig commerciële soorten (vissen en schaaldieren), alle bemonsterd in de zuidelijke Bocht in de jaren 1980 - 1981. De resultaten liggen in dezelfde lijn als deze vermeld voor de vorige organismen, met

onder meer dezelfde verschillen tussen schaaldieren en vissen.

Tabel 12 betreft een studie aangaande het kwikgehalte in het spierweefsel van hondshaai (Scyliorhinus canicula) en doornhaai (Squalus acanthias) (lit.20). Uit dit onderzoek is gebleken dat deze twee vissoorten een hoger kwikgehalte hebben in vergelijking met andere soorten. Men ziet ook een duidelijk onderscheid tussen de gehalten in de centrale Noordzee en in de zuidelijke Bocht, m.a.w. de invloed van de kust is duidelijk merkbaar.

Tabellen 13 en 14 geven resultaten weer van de bijzondere monitoring van zware metalen in epibenthos en verscheidene vissoorten uitgevoerd in de stortingsgebieden voor afvalstoffen van de TiO<sub>2</sub>-industrie en in twee referentiegebieden (zie ook 4.1.2. en fig.11). De bekomen resultaten voor de periode 1981 - 1984 zijn coherent met wat men reeds heeft kunnen vaststellen voor dezelfde periode in de eerder besproken studies en monitoring. Voor wat het bijzonder probleem van de stortingen betreft, kan men ook afleiden dat geen duidelijke verschillen worden waargenomen tussen de stortingszones (D1, D2) en de referentiegebieden (R1, R2). Dit werd reeds aangetoond in een vroeger onderzoek voor de periode 1976-1980 (lit.15).

#### *Besluiten*

De studies over het gehalte aan zware metalen in biota van de zuidelijke Bocht laten ons toe te besluiten dat:

- de gehalten afhankelijk zijn van soort tot soort: de schaaldieren en weekdieren vertonen meer neiging tot accumulatie van zware metalen dan vis en, onder de vissoorten, vertoont bot meer neiging tot accumulatie van zekere metalen dan andere soorten;
- de invloed van tellurische bronnen duidelijk merkbaar is. Aldus zijn de gehalten aan zware metalen in organismen van de zuidelijke Bocht hoger dan van die uit de open zee. De stortingsplaatsen van industriële afvalstoffen die meer in open zee liggen, onderscheiden zich niet van de referentiezones, eveneens in open zee gelegen, maar wel van de kustzones onderworpen aan tellurische invloeden;
- over een periode van 5 à 10 jaar het moeilijk blijft een algemene trend vast te leggen, gezien de soms sterke fluktuaties van jaar tot jaar. Alhoewel de cijfers binnen bepaalde grenzen blijven, bestaan er zekere aanmoedigende tekens voor wat betreft de evolutie van Hg en Cd, maar misschien ook een indicatie van hogere contaminatie door Pb in de recente jaren;
- de gehalten in globa laag tot middelmatig te noemen zijn voor Hg en laag voor Cd, als men refereert naar de richtconcentraties die van toepassing zijn in de Kommissies van Oslo en Parijs.

## 4.2. Organische kontaminanten in water, sedimenten en organismen.

### 4.2.1. PCB's in water en sedimenten

Sinds 1983 worden door het Rijksstation voor Zeevisserij de gehalten aan PCB's (polychloorbifenylen) in water en in sedimenten van de Belgische kust regelmatig onderzocht. Uit de groep PCB's die 209 verschillende isomeren bevat, werden 6 isomeren geselecteerd: IUPAC-nummers 28, 52, 101, 138, 153 en 180, en dit in overeenstemming met de ICES en JMP richtlijnen. De concentraties werden gesommeerd als " $\Sigma 6$  PCB's". De gemiddelde concentratie was  $3,76 \text{ ng.l}^{-1}$  in het water en  $3,68 \mu\text{g.kg}^{-1}$  droog materiaal in de sedimenten.

De resultaten van de analyses uitgevoerd op water- en sedimentmonsters genomen tijdens drie campagnes met de Belgica in 1986 in het kader van het JMP geven dezelfde grootte-orden aan. De gemiddelde PCB concentratie in de watermonsters bedroeg  $2,8 \text{ ng.l}^{-1}$  en  $4,07 \mu\text{g.kg}^{-1}$  droog materiaal in de sedimenten.

### 4.2.2. Koolwaterstoffen in water

In 1987 werden, over het Belgisch continentaal plat gespreid, een aantal punten bemonsterd met het oog op de bepaling van het gehalte aan koolwaterstoffen in het zeewater. De concentraties aan totale koolwaterstoffen (KWS) worden weergegeven als  $\mu\text{g.l}^{-1}$  Ekofisk ruwe olie equivalenten en werden bepaald door fluorescentiespektroskopie. Op één uitzondering na lagen de gemiddelde waarden voor alle punten beneden de detectielimiet van 10 ppb. Op het punt, dichtst bij de kust en tevens gelegen in de scheepvaartroute bedroeg de gemiddelde waarde 35 ppb.

### 4.2.3. Organochloorverbindingen in organismen

PCB's en een aantal organochloorpesticiden werden gemeten in bot, kabeljauw, tong, garnalen en mosselen aan de hand van kapillaire gaschromatografie (lit.21). Voor de kwantificatie werden 8 isomeren geselecteerd (IUPAC-nummers: 101, 136, 147, 153, 138, 128, 180 en 170) waarvan de concentraties werden gesommeerd. Zoals voor zware metalen wordt de kontaminatie van plankton met PCB's verder behandeld in 5.2. Van alle organochloorverbindingen zijn de PCB's dominant en maken 75 à 90 % uit van het globale pakket. De resultaten worden weergegeven in de tabellen 15 en 16. De gemiddelde PCB-koncentratie in het spierweefsel varieert van 39,5 ppb in garnalen tot 262,1 ppb in mosselen. Van de groep "DDT en zijn metabolieten" konden alleen p,p'-DDE en p,p'-DDD worden gekwantificeerd. De verschillende organochloorpesticiden zijn aanwezig in concentraties die meestal beneden de 5 ppb liggen, op basis

van spierweefsel. In het kader van het Joint Monitoring Programme worden sinds 1979 organismen uit de zuidelijke Bocht ook op de aanwezigheid van PCB's onderzocht. Het betreft een jaarlijks programma dat volgens welbepaalde richtlijnen wordt uitgevoerd op garnalen (Crangon crangon), mosselen (Mytilus edulis), kabeljauw (Gadus morhua) en bot (Platichthys flesus). Bij de laatste twee organismen gebeuren de bepalingen zowel in het visvlees als in de lever.

Resultaten worden weergegeven in tabel 17 en wijzen op:

- de concentratieverschillen van soort tot soort (bot en mosselen hoog t.o.v. kabeljauw en garnaal);
- gehalten die "middelmatic" tot "hoog" te noemen zijn (overeenkomstig de richtconcentraties zoals gedefinieerd in de Kommissies van Oslo en Parijs, zie tabel 9);
- de stabiliteit van de gehalten over de periode 1979 - 1986.

In de tabel 17 worden de concentraties aan PCB's in de organismen ook uitgedrukt ten opzichte van het gehalte aan vet. Het is namelijk zo, dat PCB's vetoplosbare verbindingen zijn en zich bij voorkeur opstapelen in het vetweefsel van de organismen. De uitdrukking van de resultaten als zogenaamd "vet gewicht" laat toe onderlinge verschillen in concentraties te verklaren op basis van het vetgehalte van de onderzochte organismen.

De studie over wilde mosselen vermeld in 4.2.3. omvat sinds 1980 ook de analyse van PCB's. De evolutie van de gehalten aan PCB 's per jaar wordt weergegeven in tabel 18, waarin de jaargemiddelden en de variatiecoëfficiënten zijn opgenomen. De gehalten bleken aan soms sterke jaarlijkse fluktuaties onderhevig te zijn, zodat geen duidelijke opwaartse of neerwaartse trend kon worden waargenomen.

Globaal genomen heeft het op wilde mosselen uitgevoerde monitoringsonderzoek aangetoond dat de verontreiniging van de Belgische kustwateren door PCB's matig te noemen is.

#### *4.2.4. Koolwaterstoffen in organismen*

De KWS welke aangetroffen worden in het marien milieu kunnen zowel afkomstig zijn van verliezen die optreden bij oliewinning op zee, als van biogene oorsprong. Olie bevat een gans gamma KWS en is rijk aan n-alkanen en aromaten. Ook pristaan en fytaan komen erin voor. In tegenstelling tot fytaan wordt pristaan - evenals een aantal andere KWS zoals n-pentadekaan en n-heptadekaan - ook gesynthetiseerd door plankton.

De kontaminatie door alifatische koolwaterstoffen van organismen van verschillende trofische niveau's werd in 1983 onderzocht. Alkanen, pristaan en fytaan werden geïdentificeerd in lage concentraties in mariene organismen voor de Belgische kust. Resultaten zijn gegeven in tabel 19 (lit.22). De vissoorten die zich met plankton voeden zoals haring, makreel en sprot, bevatten de hoogste koolwaterstofgehalten.

Zoals in het alkaanprofiel van plankton, zijn n-C15, n-C17 en pristaan dominant. Dit wijst op de biogene oorsprong en op de bijdrage van het natuurlijk voedsel als oorzaak van de aanwezigheid van - natuurlijke-KWS in mariene biota. De dominantie van pristaan boven fytaan duidt eveneens op de biogene oorsprong, daar beide stoffen in analoge concentraties voorkomen in ruwe olie. Toch wijst de aanwezigheid van sporen fytaan in alle monsters erop dat het alkaangehalte deels te wijten is aan olieverontreiniging van het mariene milieu.

### 4.3. Radioactieve kontaminanten.

#### 4.3.1. Water

Sinds 1983 wordt  $^3\text{H}$  (tritium) regelmatig voor de Belgische kust bemonsterd. De gemeten activiteit ligt meestal beneden de detectielimiet van  $7 \text{ Bq.l}^{-1}$ . De totale  $\beta$ -radiatie moet in hoofdzaak worden toegeschreven aan  $^{40}\text{K}$  (kalium), een natuurlijke komponent van het zeewater ( $9,25 \text{ Bq.l}^{-1}$  gemiddeld).

In het Schelde-estuarium bedraagt de gemiddelde radioactiviteit veroorzaakt door  $^{226}\text{Ra}$ ,  $0,09 \text{ Bq.l}^{-1}$ .

#### 4.3.2. Organismen

Sinds 1979 wordt jaarlijks een survey uitgevoerd om de radioactieve belasting na te gaan van organismen gevangen voor de Belgische kust (lit.8). Garnalen, schar, wijting, kabeljauw en zeester worden onderzocht op  $^{137}\text{Cs}$  (caesium),  $^{104}\text{Ru}$  (ruthenium),  $^{226}\text{Ra}$  (radium),  $^{232}\text{Th}$  (thorium) en  $^3\text{H}$  (tritium). Bij wijze van voorbeeld wordt in fig.14 de evolutie van het tritiumgehalte in garnaal tussen 1979 en 1986 weergegeven.

De statistische spreiding op de resultaten laat niet toe een dalende of stijgende trend te onderscheiden in de concentraties. Deze blijken zeer laag te liggen (10 maal lager dan in de Ierse Zee) en, op basis van de parameters die gebruikt worden voor de dosisberekening en die vooropgesteld worden door de International Commission for Radiation Protection, kan men stellen dat de inname door het dagelijks verbruik van visprodukten van geen betekenis is vergeleken met de limietwaarden die gelden voor de jaarlijkse aanvaardbare blootstelling van het publiek.



#### 4.4. Bakteriële kontaminatie.

Sedert verscheidene jaren wordt de kwaliteit van het zwemwater aan onze kust gevolgd (lit.23) onder meer met het oog op de controle van de naleving van het KB tot vaststelling van de algemene immissienormen waaraan het zwemwater dient te voldoen. Dit KB is een uitvoeringsbesluit van de voorschriften vervat in de EEG richtlijn 76/160/EEG, die een aantal imperatieve waarden oplegt voor de totale colibacteriën en de fekale colibacteriën, en richtwaarden voor de fekale streptokokken en Salmonella.

In 1986 werden 220 monsters geanalyseerd afkomstig uit 18 badplaatsen langs de Belgische kust. Het aantal monsternames gedurende het badseizoen (1 april - 30 september) per badplaats varieerde tussen 9 en 13. Uit de resultaten voor 1986 kan worden vastgesteld dat het water van de Oostkust (Knokke tot en met De Haan) minder bacteriën bevat en beantwoordt aan de criteria opgelegd door de EEG richtlijn. Met uitzondering van Middelkerke en Oostende-kursaal vertonen alle andere gekontroleerde badzones een bacteriële belasting. Hierbij dient wel te worden opgemerkt dat het hier - op één uitzondering na - telkens gaat over slechts 1 overschrijding (op minimaal 9 monsternames) per badstad over het ganse badseizoen.

Indien we de evolutie van de kwaliteit van het zwemwater in zee evalueren tussen 1983 en 1986 dan blijkt dat de toestand geleidelijk is verbeterd. Dit is zonder twijfel toe te schrijven, aan de verdere uitbouw van de waterzuiveringsinstallaties langs de kust.

## 5. EKOLOGISCHE EFFEKTEN

### 5.1. Wijzigingen in de ecosysteemstructuur.

#### 5.1.1. Eutrofiëring

De toenemende druk uitgeoefend door de antropogene invoer van nutriënten en organische materie in de mariene ecosystemen van de Noordzee kustwateren, heeft een reeks afwijkingen met zich meegebracht die globaal als "eutrofiëring" gedefinieerd worden. Het betreft o.a. wijzigingen in de samenstelling van het fytoplankton, abnormale bloei in de lente en in het najaar met zuurstoftekorten als mogelijk gevolg, vergiftiging van biota en verstoring van zekere belangrijke evenwichten binnen het ecosysteem.

Zowel huishoudelijke als industriële en agrarische bronnen dragen - elk voor ongeveer 30 % - bij tot de toenemende eutrofiëring van onze kustzee, door de continue inbreng van nutriënten (voornamelijk stikstof en fosfor) of niet gemineraliseerde organische materie. De gezamenlijke afvoer van de Westerschelde, de IJzer en het Afleidingskanaal van de Leie bedraagt ongeveer  $4 \text{ km}^3 \cdot \text{a}^{-1}$  en zorgt aldus voor een geschatte input van zowat 40000 ton opgeloste anorganische stikstof (DIN) per jaar (lit.24) (fig.15), of een bijdrage van zowat  $8 \text{ g DIN} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$  voor een voor de Belgische kust gelegen modelgebied van ongeveer  $5400 \text{ km}^2$ .

Dankzij de intense verticale menging en de uitgesproken hydrodynamische cirkulatie in de zuidelijke Bocht van de Noordzee, zijn de voorwaarden minder gunstig voor fenomenen zoals uitzonderlijke "zomerbloei" van mogelijk toxische flagellaten en/of zuurstoftekorten. Niettemin uit de voortschrijdende eutrofiëring zich op andere wijzen, en verscheidene eigenaardigheden in de structuur en de werking van het ecosysteem werden aan de hand van balansstudies en modelisatie geïdentificeerd. Het meest opvallende aspect betreft de overheersende rol die gespeeld wordt door de koloniënvormende flagellaat *Phaeocystis poucheti* gedurende de lentebloei, en dit ten nadele van meer voordelige voedselketens (fig.16) (lit.25 en 26). Aldus wordt de organische materie - gesynthetiseerd door *Phaeocystis* - op een onefficiënte manier gebruikt door de organismen van hogere trofische niveau's en draagt op die manier eerder bij tot de organische belasting van het water en van de sedimenten voor onze kust.

Aan de hand van voormelde balansstudies kan ook vastgesteld worden dat de stikstofluxen gegenereerd door zowel de autotrofische inname als de hermineralisatie door pelagische en benthische heterotrofen, duidelijk groter zijn dan de rivierenafvoer. Inderdaad ligt de grootte-orde voor beide soorten fluxen rond  $20 \text{ g DIN.m}^{-2}.\text{a}^{-1}$  (lit.27).

Besluitend kan men stellen dat het systeemekometa-bolisme nog steeds in grote mate het seizoensgebonden patroon controleert van de DIN zoals dit wordt waargenomen in deze zone, maar dat anderzijds de huidige lading van stikstof voortvloeit uit lang geakkumuleerde onevenwichten van de in- en uitgaande stikstofluxen. Deze stikstoflading kan vandaag dan ook aanzien worden als een overschrijding van wat van een natuurlijk marien ecosysteem mag worden verwacht. Anderzijds kan opgemerkt worden dat geen ander gekende vorm van verontreiniging zulk een massale en uitgebreide impact heeft op het fytoplankton en op de werking van het ecosysteem in zijn geheel.

#### *5.1.2. Wijzigingen in populatieparameters*

Populatieparameters kunnen een gevoelige index zijn van de toestand van een ecosysteem. Hun variatie in de tijd kan zekere invloeden weerspiegelen welke anders onopvallend zouden blijven. Zo is de diversiteit van een gemeenschap - met andere woorden een evaluatie van het aantal soorten ten opzichte van het aantal individuen - één van die uiterst belangrijke populatieparameters.

De benthische fauna, en o.a. het meiobenthos is bijzonder geschikt voor populatiestudies omdat deze, in tegenstelling tot het plankton dat beweegt in en met de watermassa's, vast verbonden blijft met een bepaald gebied.

Vanaf 1977 werd het meiobenthos voor de Belgische kust seizoenaal bemonsterd. Een fase van het onderzoek werd afgerond in 1983. De studie omvatte een kwantitatieve en kwalitatieve analyse van de meiofauna in twee zand-, twee zandige klei- en twee kleigebieden. Zoals hoger vermeld kan de diversiteit van de meiobenthische gemeenschap een maatstaf zijn voor de stress waaraan het milieu onderworpen is. Anderzijds geeft de densiteit (aantal individuen per  $\text{m}^2$ ) van het meiobenthos een goede aanduiding van de toestand van het biotoop.

De evolutie in de totale meiofauna van 1977 - 1983 wordt weergegeven in fig.17 (lit.28). Piekwaarden voor alle parameters werden vastgesteld in de zomer van 1982. In de periode 1977 - 1979 kon een stijgende trend worden vastgesteld voor de meiobenthische diversiteit, de densiteit en de biomassa. Densiteit en biomassa dalen een weinig in de 1980 - 1981 periode en bereiken een maximum in 1982.

Deze studie heeft kunnen aantonen dat, alhoewel een verbetering van de situatie is waar te nemen, de meiofauna in de Belgische kustzone armer is vergeleken met andere plaatsen in de Noordzee.

Bovendien blijkt door vergelijking van het aantal taxa van de meiobenthosgemeenschap in twee verschillende kustgebieden, nl. de Oost- en de Westkust dat een regionaal verschil kan worden vastgesteld dat waarschijnlijk te wijten is aan de invloed van de Westerschelde (fig.18) (lit.28).

### 5.1.3. Verdwijning of niet-voorkomen van zekere diersoorten

#### *Mariene zoogdieren*

Vijftig jaar geleden was de bruinvis (Phocoena phocoena) een algemeen voorkomend marien zoogdier voor de Belgische kust en in de Westerschelde. Oude vissers herinneren zich nog de bruinvissen zwemmend in het kielzog van de schepen. Heden ten dage wordt dit enkel nog gerapporteerd door Belgische vissers voor de Britse kusten.

Het aantal Phocoena phocoena nam stilaan af sedert de Tweede Wereldoorlog en de populatie verdween volledig voor de Belgische kust, op enkele verloren, zieke of dode dieren na, zoals blijkt uit een 50-tal waarnemingen gedurende de laatste 20 jaar.

De eksakte reden voor deze verdwijning is onbekend. De vraag stelt zich of dit fenomeen het onmiddellijk gevolg is van een verminderde weerstand te wijten aan de verontreiniging, of te wijten is aan de migratie van deze populatie naar de Centrale Noordzee tengevolge de toenemende scheepvaartactiviteiten in de zuidelijke Bocht.

Het voorkomen (of beter: het niet-voorkomen) van de grijze zeehond (Halichoerus grypus) voor de Belgische kust vertoont een gelijkaardige evolutie. De grijze zeehond was vijftig jaar terug een algemeen voorkomend marien zoogdier in de Westerschelde en soms konden individuele dieren gezien worden op de zandbanken voor de kust. De jacht op deze dieren in de Westerschelde eindigde met de uitroeiing van de populatie in 1965. De totale verdwijning van de populatie uit de Westerschelde kan aanzien worden als het gekombineerd effect van pollutie, jachtpraktijken en verminderende voedselbronnen.

#### *Zeevogels*

Verscheidene groepen van zeevogels moeten afzonderlijk beschouwd worden in functie van hun ecologie:

1. Meeuwen: maken onder meer gebruik van afval als voedselbron;
2. Sterns: voeden zich met kleinere vissen gevangen langs de kust;

### 3. Noordzee stormvogels, Jan-van-gents, alken: echt open zee vogels die zich voeden met vis.

Van deze drie groepen zijn het vooral de open zee vogels die bijzondere aandacht verdienen, vermits ze zich hoofdzakelijk met vis en plankton voeden. Het dient wel opgemerkt dat deze vogels tendenzen vertonen om eerder in "atlantisch" water van de Noordzee te vissen. In echt "Noordzee" water (op een temperatuurs- en saliniteitsbasis) zijn ze bijna afwezig. Van de twee overblijvende groepen kennen vooral de meeuwen weinig problemen. Integendeel gaan hun populaties in stijgende lijn, in die mate dat ze op bepaalde plaatsen een hinder gaan betekenen. De groep van de sterns ervaart de menselijke storing door de moeilijkheden bij het vinden van een rustige broedplaats.

En dan is er nog het geval van de met olie besmeurde vogels die met de winterstormen en bij zeewind jaarlijks met honderden op onze stranden belanden. Deze vogels werden het slachtoffer van in zee rondrijvende olievlekken of -filmen die door de schepen of boorplatformen werden geloosd. In bepaalde streken van de Noordatlantische Oceaan werden koloniën plaatselijk bedreigd, en voornamelijk de grote lozingen zijn hierbij dodelijk. Momenteel nemen de vogelpopulaties in de Noordzee in aantal toe: in dit gebied bedreigt de schade veroorzaakt door de verontreiniging de soorten dus niet. Indien de aktuele tendens van de illegale lozingen aanhoudt (dalende frekwentie in de Noordzee) zou het aantal door verontreiniging aangetaste vogels eveneens moeten verminderen.

### 5.2. Bioakkumulatie in de voedselketen.

Aan de basis van de voedselketen in het open water, ligt het geheel van organische levende en niet levende mikroskopische gesuspendeerde deeltjes, hoofdzakelijk gevormd door fytoplankton en zijn afbraakprodukten.

Metalen kunnen aktief opgenomen worden door het levende fytoplankton, of passief door adsorptie op gesuspendeerde deeltjes. Het dient opgemerkt, dat kleideeltjes, rijk aan aluminosilikaten of  $Fe^-$  en  $Mn^-$  kolloïden, en afkomstig van de hersuspensie van de sedimenten door getijdestromingen en de afvoer van de Westerschelde, ook een belangrijke rol spelen in de adsorptieverschijnselen.

PCB's worden eveneens geadsorbeerd op en/of opgenomen door partikulaire organische materie (POM) en fytoplankton.

Zulke verschijnselen kunnen de oorzaak zijn van een zekere aanrijking

van de biota aan contaminanten (= bioakkumulatie). Bovendien, kan er een biologische aanrijking langs de voedselketen plaatsgrijpen, daar organismen van lagere trofische niveau's het voedsel vormen voor de organismen van de hogere trofische niveau's.

De kontaminatie van POM en fytoplankton van de Noordzee maakt sedert verscheidene jaren het onderwerp uit van onderzoek.

Tabel 20 vat de resultaten samen van kruisvaarten welke plaatsvonden in 1983 (lit.29). Cu en Zn zijn meestal aangerijkt in de fijne organische gesuspendeerde materie (POM), die zoals hoger vermeld, voor een groot deel afkomstig is van het fytoplankton. Bovendien korreleert de Cd aanrijking met grovere POM die overeenkomt met een zekere fytoplankton soort (Ceratium), hetgeen kan wijzen op een actieve biologische inname. Anderzijds blijkt het dat Pb hoofdzakelijk geassocieerd is met aluminosilikaten en met deze overmaat aan  $Fe^-$  en  $Mn^-$  kolloïdale hydroxiden die een potentieel substraat vormen voor het uitvangen van spoormetalen in het marien milieu.

Voor wat betreft de kontaminatie van POM door PCB's variëren de hoeveelheden PCB's geadsorbeerd op de partikulair materie tussen  $0,15 \mu g.g^{-1}$  en  $1,28 \mu g.g^{-1}$  droog gewicht (lit.30). Deze gehalten blijken echter veel minder variabel indien uitgedrukt per volume zeewater (ongeveer  $6 \mu g.m^{-3}$ ) (tabel 21); dit wijst erop dat de hoeveelheid beschikbare POM haar eigen kontaminatiegraad beïnvloedt.

De kontaminatie van het zoöplankton betreft een stap verder in de voedselketen: de PCB kontaminatieniveau's ( $\mu g.g^{-1}$  droog gewicht) van zoöplankton bemonsterd in de Noordzee worden weergegeven in tabel 22 (lit.31). Hieruit blijkt dat indirecte opname van PCB verbindingen via voeding meer waarschijnlijk is dan directe opname door adsorptie uit het water. Regionale verschillen werden waargenomen welke een hogere PCB kontaminatie van zoöplankton aangaven in de zuidelijke Bocht van de Noordzee vergeleken met de noordelijke Noordzee.

De kontaminatie in hogere trofische niveau's werd eveneens aangepakt (lit.31) zodat men in staat was een globale visie te formuleren en zekere basisregels voor het begrijpen van de Hg en PCB kontaminatie als volgt samen te vatten (fig.19):

Voor wat betreft de Hg concentraties (droog gewicht en vet gewicht):

- weinig of geen aanrijking op de eerste niveau's van de voedselketen;
- een afname van de kontaminatie van partikulair materie naar zoöplankton en vis toe op een vet gewicht basis, hetgeen er op wijst dat een deel van het kwik zich onder een organische vetoplosbare vorm bevindt (methyalkwik bijvoorbeeld);
- een belangrijker aanrijking van vis en zoöplankton naar de zeevogels toe.

Voor wat betreft de PCB's (droog gewicht en vet gewicht):

- de meest PCB's zijn aanwezig in het kompartiment van de partikulaire materie;
- de verdeling tussen water en fytoplankton is rechtstreeks afhankelijk van de lipidenfractie (= vetgehalte) van dit laatste;
- echt open zee vogels zijn erg gekontamineerd met PCB's, klaarblijkelijk geakkumuleerd via de voedselketen.

### 5.3. Visziekten.

De studie over de visziekten werd in België gestart in 1981. Ieder jaar worden commerciële vissoorten van de Belgische kustzone, nl. bot, schol, schar, kabeljauw, wijting en tong, op de aanwezigheid van visziekten onderzocht. In 1983 werden bemonsteringen gedaan in 3 verschillende zones van het Belgisch continentaal plat, nl. een zandwinningszone, een stortingszone en de kustzone. Men kwam tot de volgende bevindingen: epidermale afwijkingen werden vastgesteld bij 4 % van de onderzochte schol en schar, bij 10,6 % van de bot, bij 5,6 % van de kabeljauw en bij 1,2 % van de wijting. De konklusie was dat er geen duidelijk verschil bestaat tussen de verschillende gebieden onderling doch dat het voorkomen van visziekten duidelijk verschilt van soort tot soort (ca. 2 x zoveel bij bot t.o.v. schol, schar, kabeljauw) terwijl het voorkomen van ziekten bij wijting duidelijk minder is.

In samenwerking met een Nederlands onderzoeksteam werd een studie uitgevoerd (1984) over "Visziekten en de mogelijke relatie met pollutie". Hiervoor werd paling bemonsterd tijdens de lente en de herfst, in de Oosterschelde (als referentiezone) en in de Westerschelde. Uitwendige aandoeningen, bloedinfekties, het gehalte aan organochloorresiduen en zware metalen werden genoteerd. Er bleek geen directe relatie tussen de gehalten aan kontaminanten en het voorkomen van visziekten. Merkwaardig echter waren de resultaten van het bacterieel onderzoek. Bloedinfekties bij paling uit de meer verontreinigde zone (Westerschelde) hadden een voorkomen van 80 % tegenover slechts 4 % in de referentiezone (Oosterschelde). Deze bevindingen stonden in rechtstreeks verband met de bacteriële belasting van het milieu.

Met het oog op een beter begrip van de invloed van de biologische konditie van de vis op het voorkomen van visziekten, werd in 1983 een studie gestart op bot (Platichthys flesus). In dit onderzoek werd het verband nagegaan tussen de seizoenale variaties op de biologische konditie en op het voorkomen van inwendige en uitwendige afwijkingen. Er kan nog steeds geen verklaring worden gegeven voor het voorkomen van bepaalde inwendige anomalieën voornamelijk levertumoren.

Tot nog toe zijn de gegevens over de factoren die visziekten kunnen veroorzaken eerder ontoereikend. De wetenschappelijke literatuur meldt zowel natuurlijke (bvb. "paai-stress") als andere oorzaken (bvb. bacteriële kontaminatie, verontreiniging). Voor de Belgische kust is er tot nog toe geen evidentie om het voorkomen en de frekwentie van visziekten in verband te brengen met o.a. afvalstortingen in zee.

Het is echter eveneens duidelijk dat ook op dit terrein nog heel wat kan gedaan worden om te komen tot gestandaardiseerde methoden voor het uitvoeren van visziektensurvey.

#### 5.4. Stress.

In opdracht van de BMM van het Ministerie van Volksgezondheid en Leefmilieu werd de haalbaarheid van een geïntegreerde pollutiemonitoring-strategie langsheen de Belgische kust nagegaan door middel van een aantal stresstesten met mosselen (*Mytilus edulis*) (lit. 32, 33, 34 en 35). De testen omvatten fysiologische metingen vanuit oogpunt van de groei en histologische en chemische analyses van het mosselweefsel.

De fysiologische konditie van mariene organismen wordt door een groot aantal milieufactoren beïnvloed, waaronder "stress" in relatie tot pollutie. Een aantal fysiologische waarnemingen, op niveau van het volledige organisme, kunnen de perfecte weergave zijn van het fenomeen stress. Dergelijke testen geven een directe indicatie van de impact van de verontreiniging op een populatie.

Daarentegen kunnen histochemische indices worden aangewend om structureel-funktionele veranderingen, op het niveau van de cel te ontmaskeren. Deze kunnen zich manifesteren in een vroeger stadium of bij een lager stressniveau.

De combinatie van histochemische methoden en metabolische (fysiologische) waarnemingen moet het dus mogelijk maken om het effect van een specifieke pollutie op het organisme in zijn totaliteit te evalueren.

De belangrijkste konklusies van deze studie zijn de volgende:

- stressindices geven aan dat de konditie van de mosselpopulaties als zeer arm moeten worden beschouwd;
- de concentratie aan zekere zware metalen - en in het bijzonder Hg - in deze mosselen schijnt te zijn afgenomen in het laatste decennium;



- de gegevens kunnen worden geïnterpreteerd als zouden de organische kontaminanten (koolwaterstoffen) voor sommige stressfactoren verantwoordelijk zijn;
- de veronderstelling als zou het Schelde-estuarium een gradiënt veroorzaken van pollutiestress langsheen de Belgische kust, wordt door deze data niet bevestigd. Bepaalde vormen van stress werden in toenemende mate vastgesteld van de Nederlandse naar de Franse grens toe. Dit zou erop wijzen dat ook het Kanaal een bron van pollutie vormt voor het betrokken gebied;
- de concentratie aan titaan in de mosselen neemt oostwaarts af om weer lichtjes toe te nemen in het gebied Knokke-Breskens;
- met uitzondering van titaan, varieert de kontaminatie van de mosselen door zware metalen zeer sterk in tijd en ruimte, zonder dat een duidelijke trend kan worden vastgesteld;
- lokale variaties van korte duur schijnen de bovenhand te hebben op de ruimtelijke stressgradiënten en de seizoenale fluktuaties.

### 5.5. Specifieke gevallen.

Sinds 1976 worden de benthische gemeenschappen (epi- en makrobenthos) en de demersale vissoorten regelmatig bemonsterd, dit zowel in de lozingsgebieden als in de zandwinningsgebieden en de baggerzones voor de Belgische kust. Dergelijke lange-termijn-studies geven een beeld van de levensgeschiedenis en de interacties tussen de verschillende sleutelsoorten. De impact op de gemeenschapsstructuur wordt bestudeerd aan de hand van een aantal indices zoals diversiteit, abundantie en dominantie (zie ook 5.1.2.).

#### *Effekten tengevolge van de lozingen*

Wat de impact van de lozingen betreft, komt men tot de vaststelling dat in de stortingszones, afgezien van de seizoenale fluktuaties, geen abnormale verschuivingen in de samenstelling van de levensgemeenschappen waar te nemen zijn. De dominante soorten blijven dezelfde.

#### *Effekten tengevolge van de zandontginning*

Sinds 1977 wordt in twee gebieden voor de Belgische kust aan zandontginning gedaan. Lokalisatie van die gebieden wordt gegeven in fig.1.

In de zandwinningsgebieden kon op sommige bemonsteringspunten, gelegen in de nabijheid van de effectieve ontginningszones, een sedimentverschuiving worden waargenomen. Het grover worden van het

substraat (meer stenen en grof zand) zou te wijten zijn aan het actief transport van fijn zand naar de effectieve zandwinningsplaatsen. Gelijklopend met de wijzigingen in het substraat, treedt ook een verschuiving op in de benthische levensgemeenschap, t.t.z. bepaalde soorten verdwijnen, andere, meer aangepast aan het grovere materiaal komen in de plaats.

De abundantie in het aantal vissoorten neemt af sinds 1983, in het bijzonder in de onmiddellijke nabijheid van de actieve ontginningszones.

*Effekten tengevolge van de baggerwerken voor de toegang tot de havens en het vrijhouden van de scheepvaartroutes*

In deze gebieden vertoont de samenstelling van het sediment een hoog percentage klei, vooral dichtbij de kust waar de getijdestromingen slechts een lage dispersiecapaciteit bezitten. Door de actieve baggeroperaties zijn de hoeveelheden in het water aanwezige gesuspendeerde materie zeer hoog en de doorzichtigheid is laag. De diversiteit van de soorten is in die gebieden zeer klein. De grijze garnaal (Crangon crangon) en de zwemkrab (Macropipus holsatus) zijn de enige dominante epibenthossoorten. Deze gebieden zijn nochtans goede kweekkamers voor de platvissen tong (Solea solea), schol (Pleuronectes platessa) en schar (Limanda limanda).

## 6. TRENDS

In een rapport dat de toestand van de Noordzee behandelt, belandt men vroeg of laat bij de vraag hoe of wat de toestand nu eigenlijk is. En meer in het bijzonder wil men de evolutie in die toestand kennen: verbetert of verslechtert de situatie, of heerst er een status quo? Met andere woorden, men stelt zich vragen over de trends.

Verontreinigingsgebonden trends kunnen vanuit verschillende oogpunten worden beschouwd, naargelang men tijds- of ruimtegebonden evoluties bedoelt. Verder worden hier enkel de tijdsgebonden trends behandeld. Ruimtegebonden variaties werden reeds in vorige hoofdstukken besproken en gaven onder meer aanleiding tot de konklusies dat de nabijheid van de kust zich manifesteert in de waargenomen concentraties.

Tijdsgebonden trends kunnen zich uiten op verschillende wijzen en betreffen een:

- verandering in de structuur en de werking van het ecosysteem;
- wijziging in de contaminatiegraad van water, sedimenten of biota;
- evolutie in de samenstelling, de hoeveelheid en de frequentie van de inputs.

Biologische of ecologische effecten van de verontreiniging op zee blijken dikwijls heel moeilijk of onmogelijk te bepalen tenzij erg ongunstige omstandigheden heersen, bijvoorbeeld tengevolge van een onvoldoende spreiding te wijten aan hydrodynamische processen. Zo is de voortgaande eutrofiëring waarschijnlijk de belangrijkste milieuverstoring in de Belgische kustzee, maar toch is dit fenomeen eerder afgeleid op basis van ekosystemologische beschouwingen, dan louter op basis van lange tijdsreeksen van gegevens. Bovendien zijn verontreinigingsgebonden trends moeilijk te onderkennen omdat ons begrip van de schaal en de oorzaken van natuurlijke ecologische veranderingen nog steeds erg beperkt is. Vandaar dat te verwachten is dat duidelijke trends in de goed doorspoelde zuidelijke Bocht van de Noordzee enkel zullen kunnen vastgesteld worden indien lange tijdsreeksen van parameters voorhanden zijn. Trouwens is de filosofie die ten grondslag ligt aan de regelmatige survey van de kwaliteit van het marien milieu (dat geïnitieerd werd door België in 1977) en aan het Joint Monitoring Programme van de Oslo en

Parijs Verdragen, geïnspireerd op de nood aan deze tijdsreeksen.

Trends in het contaminatieniveau van water, sedimenten of biota kunnen daarentegen makkelijker onderscheiden worden. Hier bestaat echter het probleem van een gebrek aan adequate tijdsreeksen voor specifieke compartimenten van het marien of estuariumsysteem. Als die tijdsreeksen er dan toch zijn, dan bestaat de kans dat - door de verfijning van de analytische technieken - de oudere en de recentere gegevens niet vergelijkbaar zijn, zeker voor weinig gekontamineerde zones.

Het makkelijkst en meest precies te bepalen zijn de trends in de samenstelling, de hoeveelheid en de frequentie van de diverse inputs, daar het hier gaat om fenomenen waarbij de natuurlijke veranderingen van weinig of geen betekenis zijn.

Alhoewel in de hoofdstukken 4 en 5 reeds meerder malen werd verwezen naar het al dan niet voorkomen van trends, volgen hierna ter illustratie nog enkele voorbeelden.

#### 6.1. Trends af te leiden uit milieu-indicatoren.

Zoals reeds gesteld is het uiterst moeilijk veranderingen in de werking en de structuur van het marien ecosysteem eenduidig toe te wijzen aan één of andere vorm van verontreiniging of zelfs aan een combinatie van alle gekende vormen van verontreiniging. Niettemin zijn er fenomenen waarbij dit verband, zo niet bewezen, dan toch met vrij grote zekerheid kan worden toegeschreven aan de verontreiniging. Hierbij denken we aan de toenemende abundantie van het species Phaeocystis poucheti tijdens de jaarlijkse fytoplankton lentebloei, hetgeen een indikator kan zijn voor eutrofiëring tengevolge van de overmatige input van nutriënten in de kustwateren. Ook de verdwijning van de bruinvis en de grijze zeehond uit onze wateren houdt - naast andere factoren - nauw verband met de toenemende verontreiniging.

Een ander fenomeen waar sinds geruime tijd de nodige aandacht wordt aan geschonken, betreft de visziekten. Verschillende buitenlandse onderzoekers beweren een stijging in het voorkomen van bepaalde visziekten (vinrot, tumoren, huidandoeningen) te constateren. Los het feit of dit inderdaad zo is - hetgeen erg moeilijk te controleren valt door een gemis aan betrouwbare statistieken in het verleden - blijft de vraag waaraan deze ziekten te wijten zijn. Is dit een natuurlijk verschijnsel te wijten aan paai-stress, ligt het aan de verontreiniging, of is het een gevolg van stress ontstaan door overbevissing? Voor de Belgische kust kon geen trend worden vastgesteld, evenmin als een verband tussen het voorkomen van de visziekten en verontreiniging te wijten aan de storting van industriële afvalstoffen in zee.

Ook de monitoring van de benthische fauna in de Belgische kustzone tijdens de laatste tien jaar geeft geen duidelijke trends aan. Van parameters zoals densiteit en diversiteit wordt verwacht dat ze een aanduiding zijn van veranderingen in leefmilieu omstandigheden, dus ook van verontreiniging. Figuur 17 (zie 5.2) toont een aantal fluktuaties in de tijd, die schijnen te tonen dat de natuurlijke schommelingen de bovenhand hebben op eventuele verontreiniginggebonden veranderingen. Wel kan men regionale verschillen vaststellen: zand- en grindontginningszones armer, kustzones armer dan open zee, Oostkust armer dan de Westkust.

## 6.2. Trends in de concentraties.

### *Biota*

Zoals kan verwacht worden, hebben de langste beschikbare tijdsreeksen betrekking op de commerciële vissoorten. Zodoende werd vanaf 1978 tot en met 1986 de evolutie van de zware metalen kontaminatie gevolgd in kabeljauw, bot en garnaal gevangen in de Noordzee (fig.12). Spektakulaire trends komen niet te voorschijn uit deze tijdsreeksen, maar het is duidelijk dat - op zijn minst - geen stijging in de kontaminatie door zware metalen werd vastgesteld. Integendeel zien we een daling in de concentraties van Hg en Cd, hetgeen verklaarbaar is door de inspanningen die het laatste decennium werden geleverd in het verminderen van de verontreiniging door deze stoffen. De vastgestelde stijging in de Pb concentratie valt tot nu toe moeilijk te verklaren op basis van het gekende emissiepatroon van Pb.

Het onderzoek op mosselen tussen 1978 en 1986 (tabel 10) en de resultaten van de stresstesten (zie 5.4.) bevestigen grotendeels deze waarnemingen.

Een ander voorbeeld wordt gegeven door de analyse van de veren van zeevogels (Uria aalge) uit verzamelingen in musea. Dit liet toe een beeld op te hangen van de kwikvervuiling van het marien ecosysteem gedurende meer dan een eeuw (lit.31)(fig.20). Een periode van stijgende kontaminatie kan worden vastgesteld met maximale waarden in de periode 1920 - 1970. Daarna volgt een periode van dalende concentraties.

### *Water*

De kwaliteit van zee- en oppervlaktewaters wordt reeds sedert geruime tijd nagegaan in nationale en internationale onderzoeks- en meetkampagnes. De relatief lage concentraties aan kontaminanten en de bijhorende analytische moeilijkheden maken een interpretatie en een vergelijking van de resultaten voor zeewater erg moeilijk. Er is niet enkel - zoals reeds hoger gesteld - de verfijning van de analytische

technieken die een vergelijking met vroegere resultaten onmogelijk maakt, maar bovendien de diversiteit in de wijze van uitdrukking van de resultaten (opgelost, totaal, partikulair, na zachte of harde destructie...) en de afwezigheid van andere nodige parameters (standaardafwijking, saliniteit, hoeveelheid materie in suspensie, temperatuur...) die deze vergelijking sterk hypothekeren. Bovendien verwacht men zich niet aan sterke trends in één of andere zin, daar de Belgische kustwateren goed gemengd zijn en de concentraties meer bepaald worden door de aanvoer door het Kanaal, eerder dan door de inputs van de Schelde of van andere bronnen. Dit wordt bevestigd door betrouwbare en vergelijkbare meetresultaten van de laatste jaren, die een status quo in de concentraties van de kontaminanten aantonen.

De analytische problemen stellen zich veel minder scherp in de relatief meer gekontamineerde wateren van de Westerschelde. De evolutie in de tijd van bepaalde kontaminanten is dan ook duidelijk. Figuur 21 toont de gegevens voor O<sub>2</sub>, BOD<sub>5</sub>, Cd en Pb gemeten te Doel en hun veranderingen tijdens de periode 1977 - 1985 (lit.36). Er is een duidelijke afname voor BOD<sub>5</sub>, Pb en Cd terwijl de zuurstofconcentratie toeneemt. Eenzelfde trend is ook voor andere parameters waar te nemen, zij het soms minder in het oog springend.

Een duidelijk dalende trend kon ook worden aangetoond voor de <sup>226</sup>Ra gehalten tussen 1971 en 1981 (fig.22) (lit.5).

### 6.3 Trends in de ingebrachte hoeveelheden.

Een treffend voorbeeld van dalende trends in de inbreng van kontaminanten in het marien milieu wordt verschaft door de evolutie van de storting van industriële afvalstoffen in zee. Vooreerst valt op te merken dat storting in zee in de loop der jaren niet is uitgegroeid tot een gemakkelijke of bevoorrechte afvalverwijderingsmethode in ons land: niettegenstaande verscheidene supplementaire aanvragen tot storting in zee vertoont het aantal machtigingen tot storting een dalende lijn. Ook de gestorte hoeveelheden tonen een neerwaartse trend voor wat het niet-TiO<sub>2</sub> produktieafval betreft (fig. 7). De totaal gestorte hoeveelheden zullen per 1 januari 1990 met 99 % gereduceerd worden, bij de stopzetting van de stortingen van de afvalstoffen afkomstig van de TiO<sub>2</sub> produktie. Op te merken valt ook (fig. 8) dat de hoeveelheid geproduceerd afval per geproduceerde ton TiO<sub>2</sub> in deze sektor steeds is afgenomen.

De dalende concentraties aan zware metalen in de Westerschelde zoals aangehaald onder 6.2 hebben ook een verminderde inbreng in zee tot gevolg. Hetzelfde kan ook gezegd worden van de directe lozingen van huishoudelijk afvalwater aan de kust die door de oprichting van de Waterzuiveringsmaatschappij van het Kustbekken en de bouw van diverse waterzuiveringsinstallaties tot kwasi nihil zijn teruggebracht. Ook kunnen

we anticiperen op een aantal toekomstige trends: denken we hierbij aan de reductie en in een tweede stap aan de totale stopzetting van het gebruik van loodderivaten in brandstoffen gebruikt voor de aandrijving van motorvoertuigen, dan kunnen we met grote zekerheid stellen dat een belangrijk (het belangrijkste?) deel van de mariene verontreiniging door lood zal wegvallen. Eenzelfde redenering geldt voor de verontreiniging door PCB's, waarvan de productie en het gebruik in nieuwe apparatuur onlangs op Europees vlak werd verboden.

## 7. BESLUIT

In dit rapport werd een evaluatie gemaakt van de kwalitatieve toestand van de Noordzeewateren die onze Belgische kust bespoelen.

De Noordzee boven het kontinentaal plat is een ondiepe produktieve zee onderhevig aan sterke getijdestromingen en bijgevolg gekenmerkt door een hoge turbiditeit en een belangrijk dispersief vermogen. Hoe klein in oppervlakte ze ook moge zijn, toch is deze zee van enorm belang voor de mens, hetgeen zich uit in een brede waaier van activiteiten - elk met hun eigen impact - op en rond de zee.

Het rapport brengt duidelijk tot uiting dat de Westerschelde kan worden beschouwd als de grootste bron voor de inbreng van zware metalen, nutriënten en andere kontaminanten in de Belgische kustzone. Voor enkele zware metalen wordt de atmosferische inbreng van dezelfde grootte-orde geschat, maar de inbreng via de Westerschelde is vele malen groter dan de bijdrage afkomstig van de direkte kustlozingen of van de storting van industriële afvalstoffen in zee.

Uit de onderzoeken voor de Belgische kust blijkt dat de gevonden concentraties aan zware metalen - en in het bijzonder Cd en Hg - in water en sedimenten geen uitzonderlijke waarden vertonen indien vergeleken met andere, typische gehalten voor de Noordzee kustwateren. Wel is er een duidelijke concentratiegradiënt van de kust naar de meer open zee, die duidt op de verontreinigende inbreng vanaf het land, en die bevestigd wordt door de meetresultaten in de mariene biota. De Hg en Cd waarden in biota van de zuidelijke Bocht zijn - alhoewel verschillend van soort tot soort - laag tot middelmatig te noemen vergeleken met de richtwaarden van toepassing in de Oslo en Parijs Verdragen. Voor de PCB's ligt de concentratie in sommige mariene organismen eerder aan de hoge kant. De radioactieve kontaminatie van het kustwater en de sedimenten tenslotte blijkt zeer laag te liggen, terwijl op sommige plaatsen langs de kust een bacteriële belasting werd vastgesteld die echter sinds enkele jaren gunstig evolueert.

Een aantal verontreinigingsgebonden effecten konden worden vastgesteld: hiertoe behoort de voortschrijdende eutrofiëring en de vastgestelde bioakkumulatie in de voedselketen. De verdwijning van de zeehond en de



bruinvis uit onze wateren in de zestiger jaren is eveneens een fenomeen waar de verontreiniging waarschijnlijk niet vreemd aan is. Anderzijds kon geen verband worden aangetoond tussen het voorkomen van visziekten en de storting van industriële afvalstoffen.

Op basis van de waargenomen trends in de kontaminatie en in de inputs kan men globaal gezien stellen dat een status quo situatie in de verontreiniging heerst en dat voor bepaalde stoffen een verbetering is opgetreden. Verwacht wordt dat deze vastgestelde verminderingen in de inbreng van verontreinigende stoffen, zich pas na verloop van tijd zullen vertalen in dalende concentraties en verminderde effecten. Intussen echter worden we geconfronteerd met een aantal fenomenen die onze volle aandacht vergen, en waarvoor inspanningen vereist zijn om de achterliggende oorzaken ervan te doorgronden en deze zo spoedig mogelijk te reduceren of weg te nemen.

Besluitend kan men stellen dat er geen redenen zijn voor alarmistische kreten aangaande de toestand van de Belgische Noordzeewateren, daar er voldoende indicaties zijn dat deze toestand verbetert. Dit impliceert echter terzelfdertijd dat nog een lange weg dient afgelegd te worden, wil men de ingezette ommekeer bestendigen.

## GERAADPLEEGDE LITTERATUUR

1. Quality Status of the North Sea (September 1987) - Report by the Scientific and Technical Working Group prepared for the 1987 International Conference on the Protection of the North Sea, London, 24-25 November 1987.
2. Mommaerts, J.P., Pichot, G., Ozer, J. and Adam, Y. (1984). Nitrogen cycling and budget in Belgian coastal waters: North Sea areas with and without river inputs, in Rapp. P. v. Réun. Cons. Int. Explor. Mer 183: 57-69.
3. Ministerie van Openbare Werken, Bestuur der Waterwegen, Antwerpse Zeediensten (1987). De Afvoer van de Schelde in 1986. Verslag nr. AZ.87/01.
4. Wollast, R. & Maryns, A. (1981). Evaluation des différentes sources de matière en suspension à l'envasement de l'Escaut. Rapport Final au Ministère de la Santé Publique et de l'Environnement.
5. Beheerseenheid Mathematisch Model Noordzee en Schelde-estuarium - BMM. (1985). Invloed van een gipslozing op het cadmium- en radium-226 budget van het Schelde-estuarium-Eindrapport.
6. Ministerie van Volksgezondheid en het Gezin, Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie - Meetnet van de kwaliteit van de Belgische oppervlaktewateren (jaargangen 1980 - 1986).
7. Bayens, W., Wartel, S., Dehairs, F., Decadt, G., Bogaert, M., Gillain, G. and Dedeurwaerder, H., (1982). Distribution, transport and fate of Bi, Cd, Cu, Hg, Pb, Sb and Zn in the Belgian coastal marine environment. Part IV. The river Scheldt as a transport route for heavy metals in the sea, in A. Distèche and I. Elskens (Ed.), Programmatie van het Wetenschapsbeleid, Brussel (Belgium).
8. Ministerie van Volksgezondheid en Leefmilieu. Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie - Radiologisch toezicht van de nucleaire instellingen (jaargangen 1979-1986).

9. Dedeurwaerder, H., Dehairs, F., Xian, Q., Nemery, B., (1985). Heavy metal transfer from the atmosphere to the sea in the Southern Bight of the North Sea, in Progress in Belgian Oceanographic Research, R. Van Grieken and R. Wollast (Ed.).
10. Thirteenth meeting of the Oslo Commission (8-10 June 1987). Draft report on the incineration permits issued and all incineration operations carried out at sea in 1985 - OSCOM 13/8/4.
11. Baeyens, W., Gillain, G., Djenidi, S., Hoenig, M., Wartel, S., Dehairs, F. (1985). Metal flows in, out and through the Belgian coastal waters, in Progress in Belgian Oceanic Research, in R. Van Grieken and R. Wollast (Ed.).
12. Decadt, G., Gillain, G., Dehairs, F., Dedeurwaerder, H., Goeyens, W., Baeyens, W. (1982). Distribution, transport and fate of heavy metals in the Belgian coastal marine environment. Part. II. Spatial, temporal and compartmental distribution in the water column, in A. Distèche and I. Elskens (Ed.), Programmatie van het Wetenschapsbeleid, Brussel (Belgium).
13. Baeteman, M., Vyncke, W., Guns, M., Gabriëls, R.. Heavy metals in water, sediments and biota in dumping areas for acid wastes from the titaniumdioxide industry - ICES, C.M. 1987/E:7.
14. ICES (1983). Report of the ICES Advisory Committee on Marine Pollution 1983, Cooperative Research Report n° 124, International Council for the Exploration of the Sea, Copenhagen.
15. Baeteman, M., Gabriëls, R., Guns, M.. Rapport nr. 185 van het Rijksstation voor Zeevisserij, Oostende.
16. Vyncke, W., Guns, M., De Clerck, R., Van Hoeyweghen, P.- Landbouwtijdschrift nr.5, Jg. 37, september-oktober 1984.
17. Guns, M., Vyncke, W., De Clerck, R., Van Hoeyweghen, P.- Landbouwtijdschrift nr.2, Jg.37, maart-april 1984.
18. De Clerck, R., Guns, M., Vyncke, W., Van Hoeyweghen, P.- Landbouwtijdschrift nr.4, Jg. 37, juli-augustus 1984.
19. Vyncke, W., Guns, M., Baeteman, M., Van Hoeyweghen, P.. Het gehalte aan zware metalen en PCB's in mosselen van de Belgische kust (1982 - 1986) - Landbouwtijdschrift, in druk.
20. Guns, M., Vyncke, W., De Clerck, R., Moermans, R.- Landbouwtijdschrift nr.2, Jg.38, maart-april 1985.
21. Vandamme, K., Baeteman, M. - Landbouwtijdschrift nr.2, Jg.35, maart-april 1982.
22. Vandamme, K. - Landbouwtijdschrift nr.5, Jg.37, september-oktober 1984.

23. Ministerie van Volksgezondheid en Leefmilieu, Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie - De kwaliteit van het zwemwater in België (1986).
24. Billen, G., Lancelot, C., De Becker, E. and Servais, P., in Marine Interfaces Ecohydrodynamics, pp. 429-452, J.C.J. Nihoul, Ed. (Elsevier oceanography series 42, 1986).
25. Lancelot, C., Billen, G., Sournia, A., Weisse, T., Colijn, F., Veldhuid, M.J.W., Davies, A. and Wassman, P.. Phaeocystis Blooms and Nutrient Enrichment in the Continental Coastal Zones of the North Sea, in Ambio, Vol.16, 1, 1987.
26. Daro, M.H. (1985). Field study of the diet, selective and efficiency feeding of the marine copepod Temora longicornis in the Southern Bight of the North Sea, in Progress in Belgian Oceanographic Research, R. Van Grieken and R. Wollast (Ed.).
27. Billen, G. et al. (1976). Chaines Trophiques et cycles des nutriments in Vol.8 du Rapport final du Projet Mer, Ministère de la Politique Scientifique, J.C.J. Nihoul et P. Polk (Ed.)
28. Heip, C., R. and Vincx, M; (1984). Variability and Productivity of Meiobenthos in the Southern Bight of the North Sea, in Rapp. P. v. Réun. Cons. Int. Explor. Mer 183.
29. Dehairs, F., Gillain, G., Debondt, M., Vandenhoudt, A. (1985). The distribution of trace and major elements in Channel and North Sea suspended matter, in Progress in Belgian Oceanographic Research, R. Van Grieken and R. Wollast (Ed.).
30. Delbeke, K., Joiris, C. (1985). Ecotoxicology of organochlorine residues in marine ecosystems, in Progress in Belgian Oceanographic Research, R. Van Grieken and R. Wollast (Ed.).
31. Bouquegneau, J.M., Joiris, C., Delbeke, K. (1985). Marine ecotoxicology: field and laboratory approaches, in Progress in Belgian Oceanographic Research, R. Van Grieken and R. Wollast (Ed.).
32. Herman, P.M.J., Habets, M., Heip, C., Bouquegneau, J.M., Dopagne, C. (1985). Mussel Stress Experiment - Final Report. BMM-UGMM research Contracts nr. 85/16 and 85/17. 26 pp.
33. Herman, P., Vanderstappen, R. (1976). Les niveaux de contamination des poissons, des invertébrés benthiques, de la faune et de la flore des brise-lames. Part I, Ch. I, in: Contamination des produits de la mer (J.C. Nihoul & A. Distèche, eds.). Programme National de Recherche et Développement - Environnement - Eau. Projet mer, Rapport Final, Vol.9: 1 - 112.

34. Dopagne, C., Gervais, P., Bouquegneau, J.M., Biondo, R. (1987). "Mussel Stress Experiment - Belgian coastal zone". Rapport final, Période du 1er juillet 1986 au 30 juin 1987. Etude réalisée pour le compte de l'UGMM Mer du Nord et Estuaire de l'Escaut (Ministère de la Santé Publique et de l'Environnement), Ref. BH/20/86. Université de Liège, Laboratoire d'Océanologie. 87 pp.
35. Herman, P.M.J., Habets, M., Heip, C. (1987). Studie van de jaarcyclus van enkele histochemisch bepaalde indicatoren van pollutie-stress bij de mossel. II. Evaluatie van temporele en ruimtelijke gradiënten langs de Belgische kust. Studie uitgevoerd in opdracht van de BMM Noordzee en Schelde-estuarium (Ministerie van Volksgezondheid en Leefmilieu), Ref. BH/21/86. Rijksuniversiteit Gent, Instituut voor Dierkunde, Sectie Mariene Biologie. 34 pp.
36. Ministerie van Volksgezondheid en van het Gezin, Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie - Evolutie van de waterkwaliteit van de Schelde in de periode 1977 - 1985 (1986).

## LIJST VAN TABELLEN

1. Inbreng in de Noordzee van zware metalen, nutriënten en organische stoffen door drie Belgische waterlopen.
2. Inbreng in het Westerschelde-estuarium van radioactiviteit door de Zeeschelde.
3. Atmosferische inbreng van zware metalen (droge + natte uitval) op het Belgisch kontinentaal plat van de Noordzee.
4. Hoeveelheden kontaminanten gestort in zee in 1986.
5. Totale hoeveelheid afvalstoffen verbrand op zee in 1986.
6. Concentraties aan zware metalen in de sediment frakties  $< 63 \mu\text{m}$  en  $< 500 \mu\text{m}$  (gemiddelden en relatieve standaardafwijkingen).
7. Percentages (gemiddelde en spreiding) van de fraktie  $< 63 \mu\text{m}$ , van het gehalte aan organisch materiaal en van het calciumcarbonaatgehalte in de sedimenten en saliniteit van het bovenliggende water.
8. Frakties aan zware metalen geëxtraheerd met 25 % azijnzuur (berekend als percent van het totaal metaalgehalte).
9. Richtwaarden voor Hg, Cd en PCB's in biota (Verdragen van Oslo en Parijs).
10. Gemiddelde gehalten aan zware metalen in mosselen.
11. Concentraties aan zware metalen in organismen uit de zuidelijke Bocht van de Noordzee (gemiddelden, absolute en relatieve standaardafwijking).
12. Concentraties aan kwik in hondshaai en doornhaai (gemiddelden, absolute en relatieve standaardafwijking).
13. Concentraties aan zware metalen in epibenthos in de  $\text{TiO}_2$ -stortingszones (D1 en D2) en in de referentiezones (R1 en R2).
14. Concentraties aan zware metalen in garnalen en vis (1982).

15. Koncentraties aan organochloorresiduen in het spierweefsel van 5 mariene organismen (gemiddelden, spreiding en standaardafwijking).
16. Koncentraties aan organochloorresiduen in het vetweefsel van 5 mariene organismen (gemiddelden, spreiding en standaardafwijking).
17. Gemiddelde concentraties aan PCB's in organismen (spierweefsel en/of leverweefsel).
18. Gemiddelde gehalten aan PCB's in mosselen.
19. Gehalten aan individuele n-alkanen, pristaan en fytaan in mariene organismen.
20. Gemiddelde samenstelling van klasse-gefractioneerde gesuspendeerde materie en plankton uit het Engels Kanaal, de zuidelijke Bocht en de Centrale Noordzee: hoofd- en spoorelementen.
21. PCB gehalte in partikulair materie.
22. PCB residuen in zoöplankton.

## LIJST VAN FIGUREN

1. Het Belgisch kontinentaal plat.
2. Getijdenellipsen en getijdestromingen voor de Belgische kust berekend aan de hand van het getijdenmodel.
3. Bathymetrie, eigenschappen van de bodemsedimenten en patroon van de erosie-energie voor de Belgische kust.
4. Vorming van het turbiditeitsmaximum.
5. Hoeveelheden Belgische industriële afvalstoffen gestort in de Noordzee in 1986.
6. Hoeveelheden Europese industriële afvalstoffen gestort in de Noordzee in 1985.
7. Fluctuaties in de hoeveelheden industrieel afval gestort in zee, respectievelijk afkomstig van de  $TiO_2$ -industrie en van de overige industrietakken.
8. Evolutie in de tijd van de hoeveelheden afvalstoffen afkomstig van de  $TiO_2$ -industrie, per ton afgewerkt produkt.
9. Hoeveelheden Europese gechloreerde koolwaterstoffen verbrand op de Noordzee in 1986 vanuit Antwerpen.
10. Opgeloste Cu en Cd gehalten en partikulair Cu en Cd gehalten voor de Belgische kust.
11. Stortplaatsen- en bemonsteringszones voor de bepaling van zware metalen in water en in sediment.
12. Evolutie van de zware metalen in kabeljauw, bot en garnaal tussen 1978 en 1986.
13. Fluctuaties in de zware metaalgehalten in tong uit de Noordzee.
14. Evolutie van het tritiumgehalte in garnaal tussen 1979 en 1986.



15. Stikstofbudget voor het Schelde stroomgebied en het Westerschelde-estuarium.
16. Schematische voorstelling van de dominante flux en van nutriënten doorheen de eerste trofische niveau's van de voedselketen van een kustecosysteem.
17. Fluctuaties over lange termijn van het aantal taxa , de totale meiofauna dichtheid en de biomassa van de nematoden in de Belgische kustwateren voor de periode 1977 -1983.
18. Fluctuaties van het gemiddeld aantal taxa van het meiobenthos in het westelijk en in het oostelijk deel van de kustzone.
19. Biologische aanrijking van PCB's via de trofische keten van de Noordzee.
20. Evolutie in de kwikverontreiniging van 1845 tot 1983 zoals weerspiegeld in de veren van zeekoeten (Uria aalge) (gemiddelde, standaardafwijking, aantal monsters).
21. Fluctuaties van de Pb, Cd, BOD<sub>5</sub> en O<sub>2</sub> gehalten in de Schelde te Doel.
22. Fluctuaties van het totaal (opgelost + partikulair) <sup>226</sup>Ra-gehalte in de tijd in Scheldewater te Liefkenshoek bij hoog en bij laag tij.

## VERKLARENDE WOORDENLIJST

n-Alkanen (normaal alkanen): koolwaterstoffen bestaande uit rechte lijnige skeletten van koolstofatomen enkel bezet met waterstofatomen en met algemene formule  $C_nH_{2n+2}$ . Ze vormen een belangrijk aandeel van de verbindingen aanwezig in aardolie.

Al: aluminium

Adsorptie: het vasthechten van een stof aan het oppervlak van een andere vaste stof die zich veelal in fijn verdeelde toestand bevindt.

Antropogeen: een term die gebruikt wordt om een stof of een effect te omschrijven afkomstig van menselijke activiteiten.

Autotrofen: organismen die hun eigen materie kunnen opbouwen ten koste van anorganische hulpbronnen en energie (tegenst.: heterotrofen). In het open water betreft het voornamelijk fytoplankton dat fotosynthese kan uitvoeren.

BOD<sub>5</sub>: biochemisch zuurstofverbruik, geeft een indicatie van de organische verontreiniging van het water.

Benthische fauna of benthos: het geheel van de levende organismen die in, op en vlakbij de zeebodem leven.

Biogeen: een term gebruikt om een stof of een effect te omschrijven van natuurlijke oorsprong.

Cd: cadmium

Cr: chroom

<sup>137</sup>Cs: radioisotoop van caesium.

Cu: koper

DDD en DDE: afbraakproducten van DDT

DDT: een niet-systemisch en persistent insecticide dat bioaccumuleert in (mariene) organismen.

**Demersale vissen:** vissen die op de zeebodem leven of in de nabijheid ervan (platvissen, kabeljauw).

**Desorptie:** het loskomen van een stof van het oppervlak van een andere vaste stof waaraan het geadsorbeerd was.

**Dieldrin:** maakt deel uit van een groep van niet-systemische en persistente chloorhoudende insecticides samen met aldrin, endrin en teldrin.

**Ekosysteem:** het systeem gevormd door biota, scheikundige en fysische veranderlijken behorend tot een zeker natuurlijk geheel en hun onderlinge wisselwerkingen.

**Ekotoxiciteitstesten:** laboratoriumonderzoek waarbij de toxiciteit van bepaalde stoffen voor mariene organismen wordt onderzocht. Door toevoeging van deze stoffen in verschillende concentraties aan het water worden de effecten (mortaliteit, stress,...) op de organismen nagegaan.

**Epibenthos:** het geheel van de invertebraten die vastgehecht op de oppervlakte van de zeebodem leven of die zich erop verplaatsen. Praktisch gezien betreft het de invertebraten die men kan vissen met een trawlnet: schaaldieren (krabben, garnalen), weekdieren (St. Jacobsschelpen), stekelhuidigen (zeesterren), holtedieren (zeeanemonen), sponzen enz...

**Eutrofiëring:** geheel van de mogelijke verschijnselen die zich kunnen voordoen bij een overdreven aanrijking van een ecosysteem met nutriënten: buitengewone planktonbloei en hun mogelijke konsekventies zoals zuurstoftekorten, vergiftiging van andere biota, onevenwichten in de massabalans van materiefluxen in het ecosysteem; wijzigingen in de samenstelling van de biologische gemeenschappen met als gevolg nieuwe voedselketenpatronen.

**Exogeen:** een term die gebruikt wordt om iets aan te duiden dat van buitenaf komt, iets dat vreemd is aan het betreffend milieu.

**Fe:** ijzer

**Fotosynthese:** natuurlijke synthese van biologische organische materie door plantaardige wezens, met water en koolzuur als natuurlijke hulpbronnen en licht als energiebron.

**Fytaan (2,6,10,14 tetramethylhexadekaan):** koolwaterstof behorende tot de groep der terpenen.

**Fytoplankton:** mariene planten (algen) met meestal mikroskopische afmetingen, die meedrijven met het omringende water. Het aantal en de samenstelling van de soorten verandert met de seizoenen.

**∇HCH (lindaan):** een isomeer van de verbinding hexachloorcyclohexaan, een belangrijk insecticide.

$^3\text{H}$  (tritium): de radioactieve vorm van waterstof

HCB (hexachloorbenzeen): een fungicide voor de behandeling van zaden.

Hg: kwik

n-Heptadekaan: is een normaal alkaan met 17 C-atomen ( $\text{C}_{17}\text{H}_{36}$ ).

Heterotrofen: organismen die afhankelijk zijn van anderen om hun eigen materie te kunnen opbouwen (tegenst.: autotrofen). Het betreft alle planteneters, prooidieren en parasieten. Het zoöplankton, de vissen, de week- en schaaldieren en ook de mariene bacteriën behoren tot de heterotrofen.

Histologisch: betrekking hebbend op de weefselleer.

IUPAC: International Union of Pure and Applied Chemistry. Deze unie werkte in 1957 te Parijs de definitieve regels uit voor de naamgeving van de organische scheikunde.

Kolloïde: stof die zich fijn verdeeld in een vloeistof bevindt, waarbij de deeltjes groter zijn dan een molekule maar kleiner dan die in een suspensie.

Koolwaterstoffen: organische verbindingen die uitsluitend bestaan uit de elementen koolstof en waterstof en die stoffen zoals parafine, benzeen en stookolie omvatten. Sommige zoals benzine worden verkregen door het kraken van grotere molekulen.

Lentebloei: het jaarlijks maximum in de groei van fytoplankton gedurende de lentemaanden. In het geval van eutrofiëring kan dergelijke bloei overdreven rijk zijn.

Mn: mangaan

Makrobenthos: de grootste species waaruit het benthos bestaat (mollusken, wormen, schaaldieren). In praktijk betreft het deze dieren die weerhouden worden door een net waarvan de mazen ongeveer 1 mm zijn.

Marpol: is het akroniem voor het Internationale Verdrag ter voorkoming van verontreiniging door schepen. Het Verdrag heeft als onderwerp het voorkomen van de verontreiniging van schepen afkomstig van vijf belangrijke bronnen: olie (Bijlage I), schadelijke vloeistoffen in bulk (Bijlage II), schadelijke stoffen vervoerd in verpakte vorm (Bijlage III), sanitair afval (Bijlage IV) en vuilnis (Bijlage V), en legt daartoe de nodige regels op. Enkel de Bijlagen I en II zijn momenteel internationaal van kracht.

Meiobenthos: de kleine soorten van het benthos: platwormen, nematoden, polycheten, harpactoïde copepoden, enz... Deze dieren worden weerhouden door een net waarvan de mazen kleiner zijn dan 0,04 mm.

N: stikstof

Ni: nikkel

Nutriënten: zouten van stikstof en fosfor, gewoonlijk in de vorm van nitraten en fosfaten, nodig voor het mariene plantenleven.

n-Pentadekaan: is een normaal alkaan met 15 C-atomen ( $C_{15}H_{32}$ ).

P: fosfor

Pb: lood

PAK: polyaromatische koolwaterstoffen

PCB's (polychloorbifenylen): zeer stabiele gechloreerde koolwaterstoffen die in vele vormen voorkomen en veelvuldig gebruikt worden in de industrie, bvb. in transformatoren en in andere omstandigheden waar brandvertragende isolatiematerialen en hydraulische vloeistoffen nodig zijn.

ppb: parts per billion. Het aantal deeltjes per miljard. Komt overeen met  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ .

ppm: parts per million. Het aantal deeltjes per miljoen. Komt overeen met  $\text{mg.kg}^{-1}$ .

Pelagische vissen: vissen die in de waterkolom bewegen en er zich voeden: ze leggen soms grote afstanden af in scholen (haring, makreel).

Pristaan (2,6,10,14 tetramethylpentadekaan): koolwaterstof behorende tot de groep der terpenen.

$^{226}\text{Ra}$ : radioisotoop van radium

$^{104}\text{Ru}$ : radioisotoop van ruthenium.

Radionuklide: een scheikundig element met onstabiele kern dat vervalt tot een andere vorm (stabiel of onstabiel) met een bepaalde vervalsnelheid (halveringstijd) onder uitzending van een of meer soorten straling ( $\alpha, \beta, \gamma \dots$ ).

$^{90}\text{Sr}$ : radioisotoop van strontium.

$^{232}\text{Th}$ : radioisotoop van thorium.

Ti: titanium

Tellurisch: afkomstig van het land.

Titaandioxyde ( $\text{TiO}_2$ ): wit pigment gebruikt in de bereiding van bijna alle verven evenals in de produktie van plastic, papier, farmaceutica, keramiek, kunstvezels...

Trofisch: wat verband houdt met de voedingswijze (bvb. de trofische keten = de voedselketen).

V: vanadium

Van der Waalse krachten: aantrekkingskrachten tussen de molekulen van een gas, vloeistof of vaste stof.

Verdrag van Parijs: Verdrag ter voorkoming van de verontreiniging van de zee vanaf het land. Het Verdrag trad in werking in 1978 en heeft hetzelfde toepassingsgebied als het Verdrag van Oslo, met dien verstande dat het Verdrag van Parijs zich niet beperkt tot de mariene wateren maar ook de zgn. interne wateren betreft. Het uitvoerend orgaan van het Verdrag is de Kommissie.

Verdrag van Oslo: Verdrag ter voorkoming van de verontreiniging van de zee ten gevolge van het storten vanaf schepen en luchtvaartuigen. Het Verdrag trad in werking in 1974 en heeft de Noordzee en de N.O. Atlantische Oceaan als toepassingsgebied. Het uitvoerend orgaan van het Verdrag is de Kommissie.

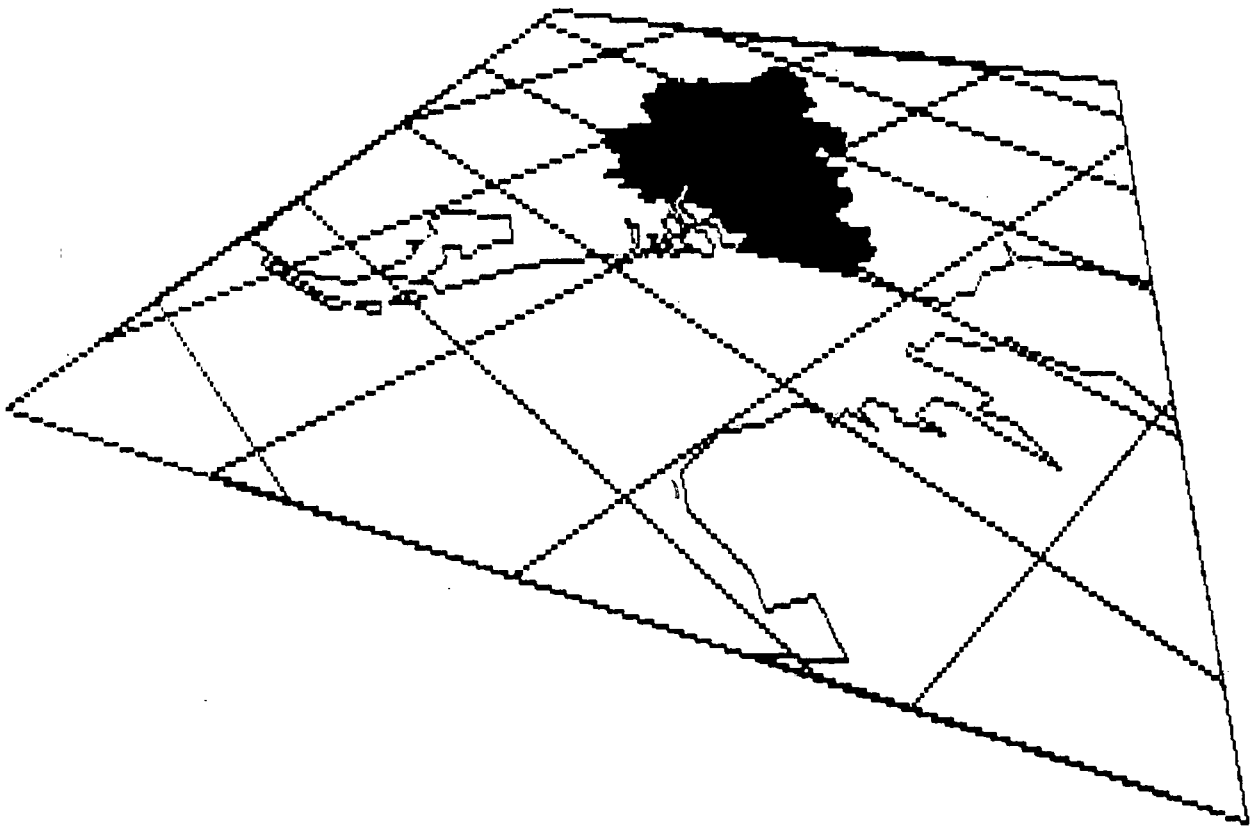
Zn: zink

**KONINKRIJK BELGIË**

Ministerie van Volksgezondheid en Leefmilieu

Beheersseenheid van het Mathematisch Model van de

**Noordzee**

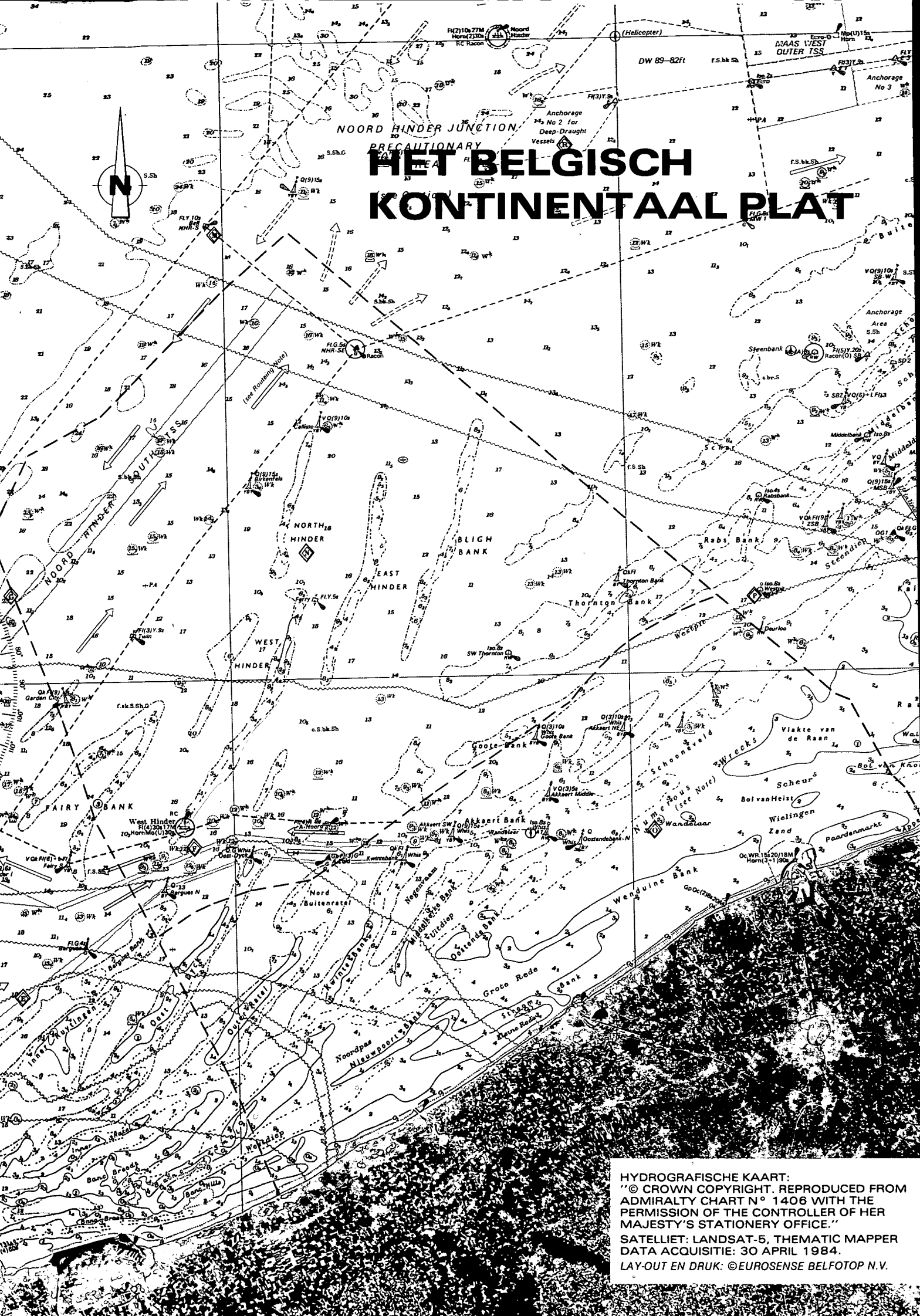


# **Evaluatie van de toestand van de Noordzee**

November 1987

ATIE

# HET BELGISCH KONTINENTAAL PLAT



HYDROGRAFISCHE KAART:  
© CROWN COPYRIGHT. REPRODUCED FROM  
ADMIRALTY CHART N° 1406 WITH THE  
PERMISSION OF THE CONTROLLER OF HER  
MAJESTY'S STATIONERY OFFICE.  
SATELLIT: LANDSAT-5, THEMATIC MAPPER  
DATA ACQUISITIE: 30 APRIL 1984.  
LAY-OUT EN DRUK: ©EUROSENSE BELFOTOP N.V.



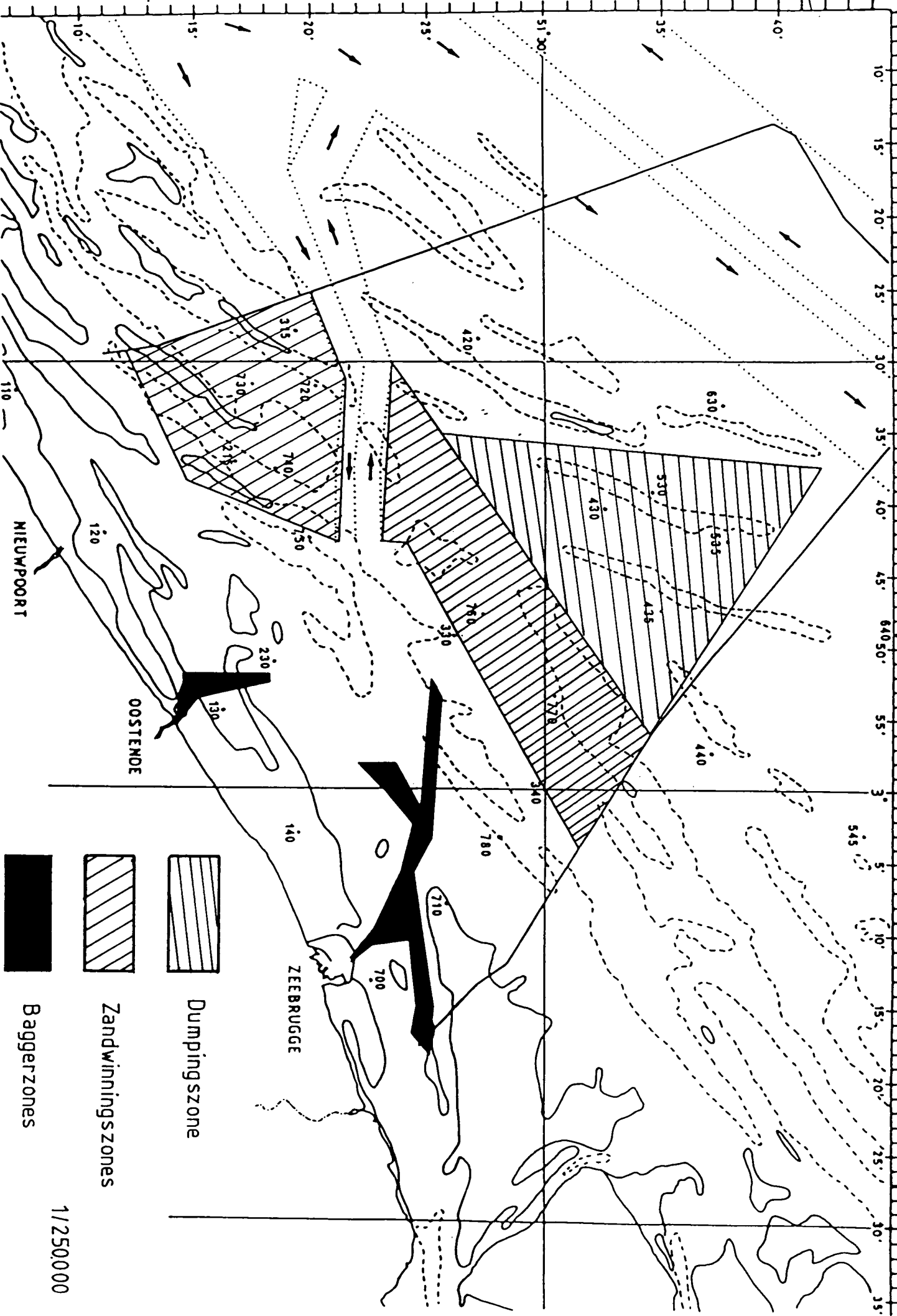
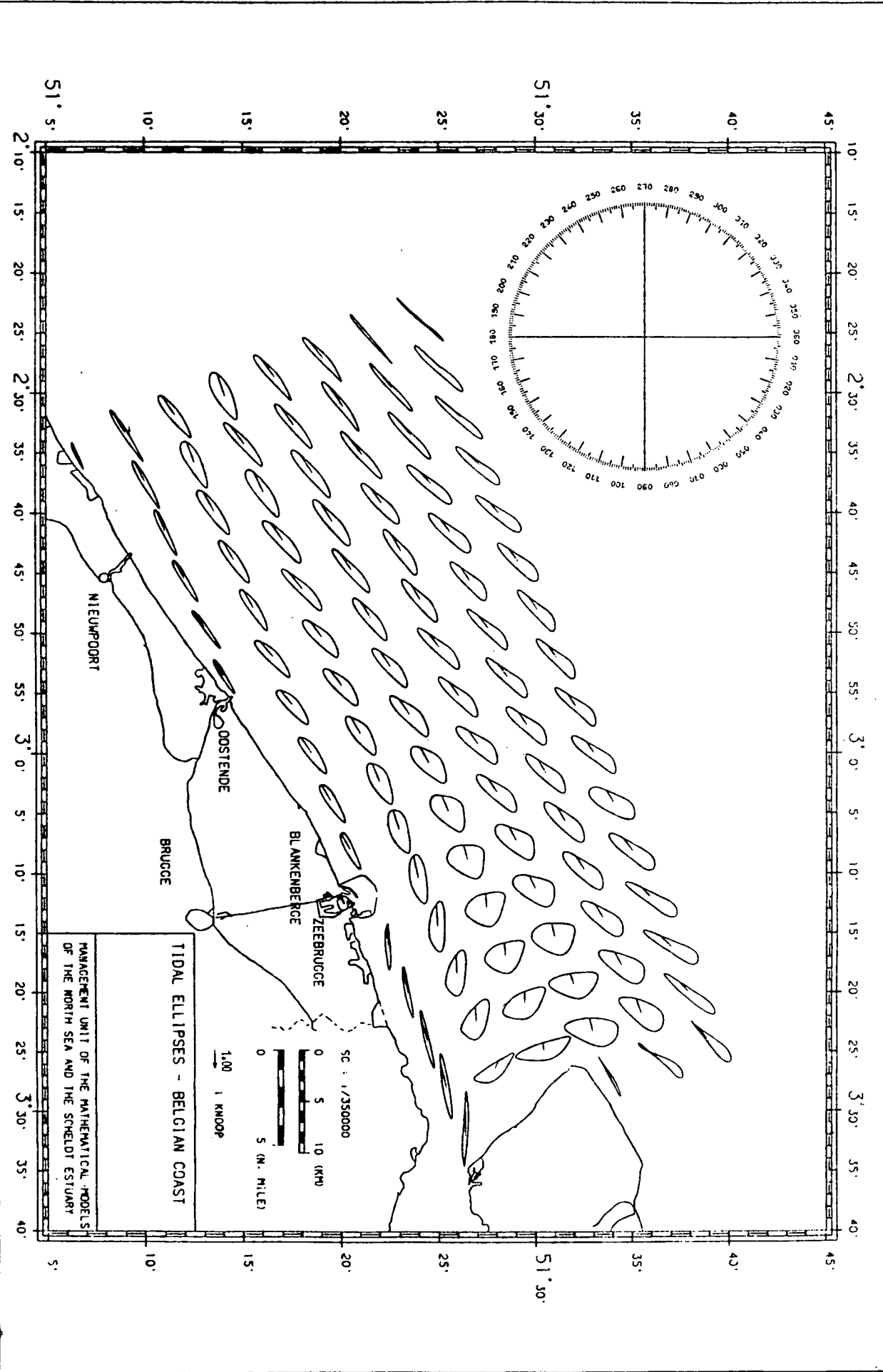


FIG. 1 Het Belgisch kontinentaal plat.

1/250.000

DATE TIME	HW DOOSTENDE	HW DOVER	/	/	DATE TIME	HW DOOSTENDE	HW DOVER	/	/	DATE TIME	HW DOOSTENDE	HW DOVER	/	/	DATE TIME	HW DOOSTENDE	HW DOVER	/	/	



**FIG. 2** Getijdenellipsen en getijdestromingen voor de Belgische kust berekend aan de hand van het getijdenmodel.

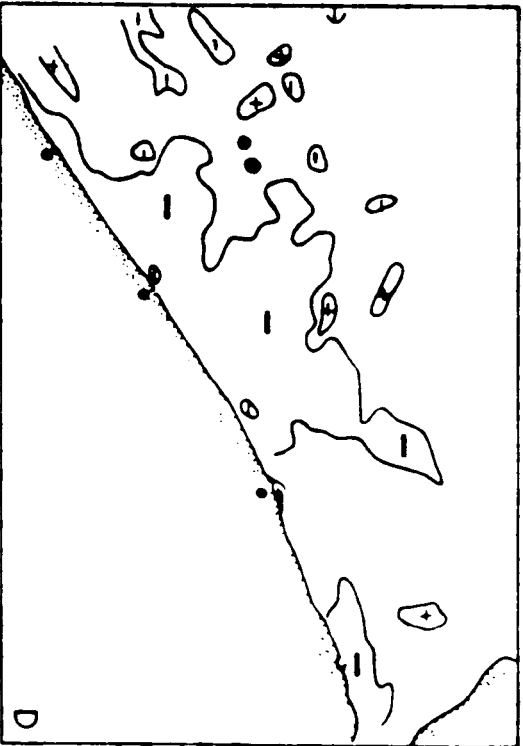
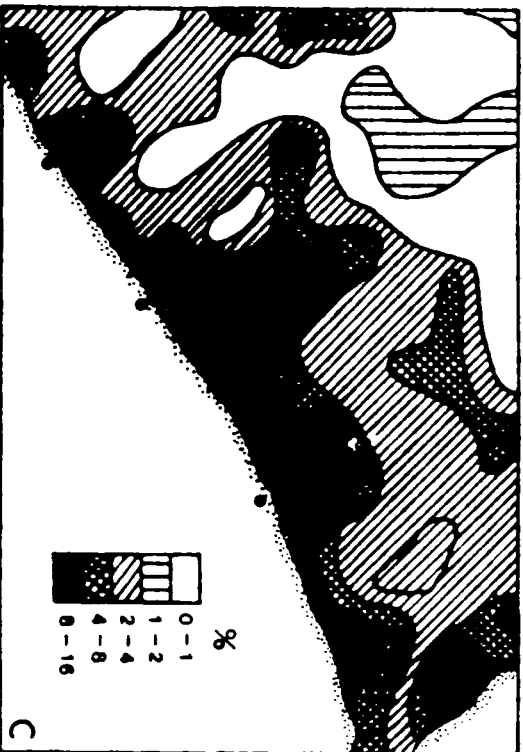
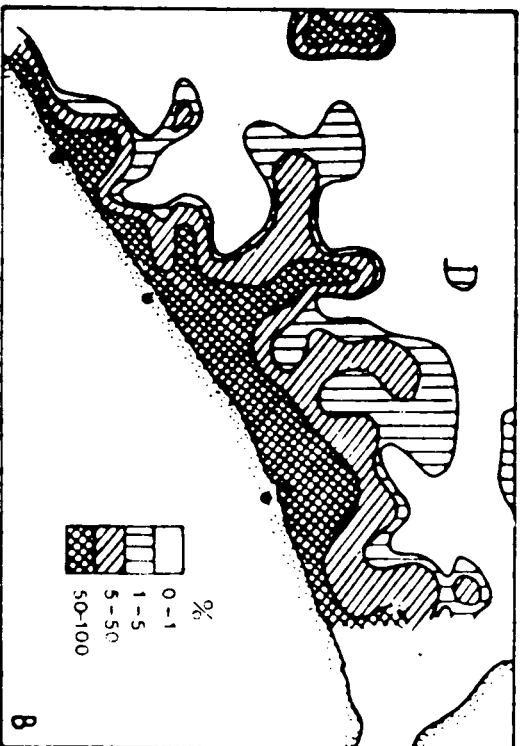
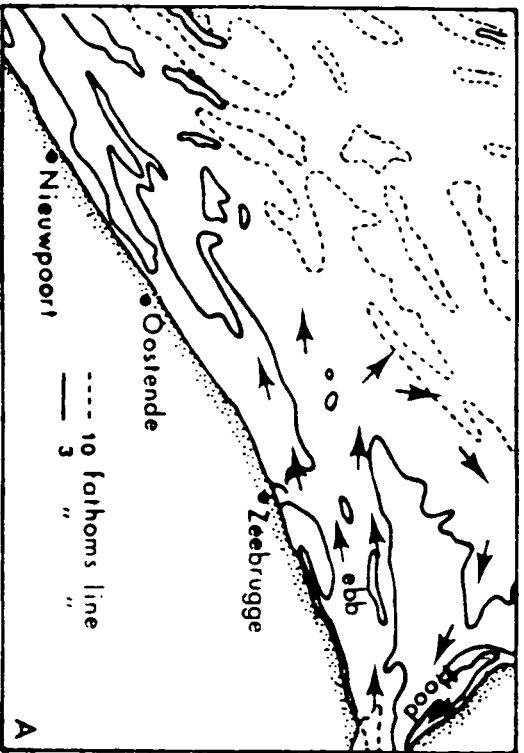


Fig. 3 Bathymetrie, eigenschappen van de bodemsedimenten en verdeling van de erosie-energie voor de Belgische kust. A: dieptepatronen en aanduiding van de vloed en eb waterbewegingen aan de Scheldemonding; B: verdeling van de fijne zand frakties ( $< 74 \mu\text{m}$ ); C: verdeling van het organisch koolstofgehalte van de oppervlakesedimenten na gewichtsverlies bij  $550^\circ\text{C}$ ; D: verdeling van de erosie-energie. Plus- en mintekens duiden respectievelijk op gebieden met maximale en minimale erosie-energie (lit.2).

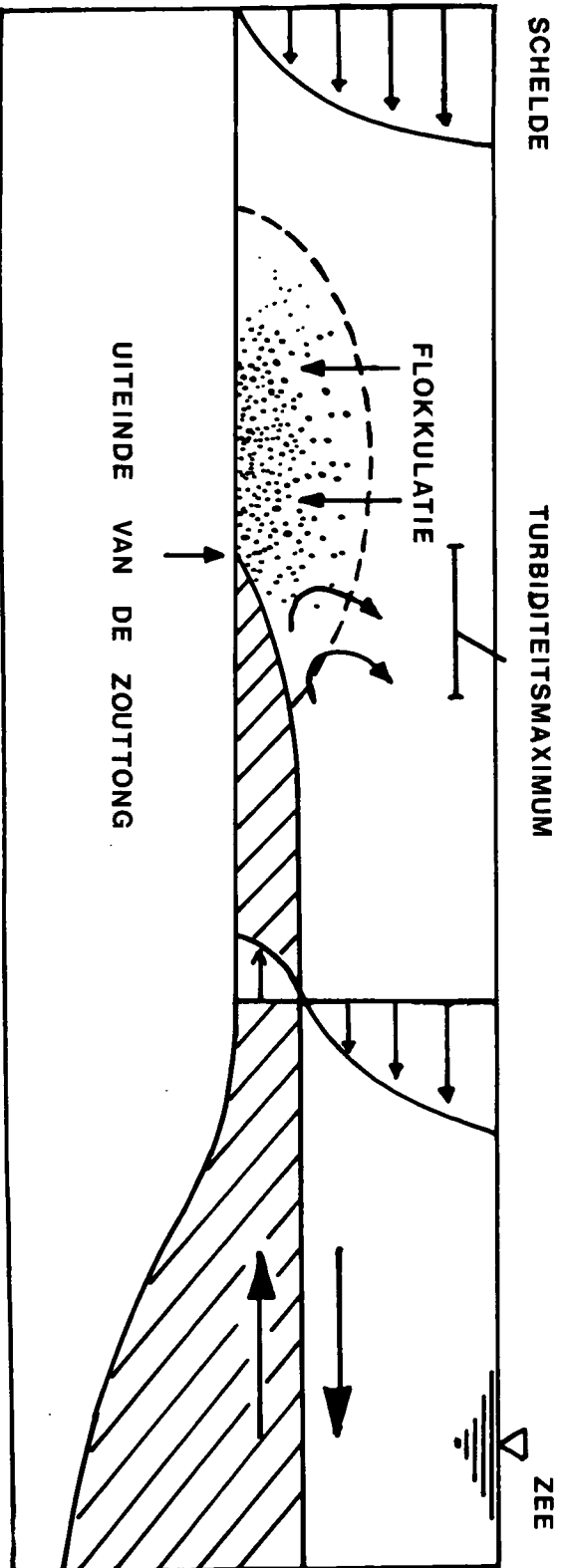


Fig. 4 Vorming van het turbiditeitsmaximum (lit.5).

TABEL 1

Inbreng in de Noordzee van zware metalen, nutriënten en organische stoffen door drie Belgische waterlopen (t.a<sup>-1</sup>) (lit.6)

Parameter	Waterloop Schelde (1)	Ijzer	Afleidingskanaal van de Leie
Debiet (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> .a <sup>-1</sup> )	3248	189	473
Stikstof (x10 <sup>3</sup> )	28	1,6	3,1
Fosfor (x10 <sup>3</sup> )	3,6	0,17	1,4
BOD <sub>5</sub> (x10 <sup>3</sup> )	18	0,96	-
Cadmium	3,2-7,1	0,06-0,11	0,24
Kwik	0,16-1,0	0,03-0,07	0,05
Koper	35-88	0,76-1,4	3,5
Zink	246-390	7,0	21
Lood	24-72	0,95	1,9
Chroom	52-101	0,49	0,95
Nikkel	54-70	1,5	4,5
γ-HCH (x10 <sup>-3</sup> )	58-170	2,3	2,8
PAK (x10 <sup>-3</sup> )	39-448		
PCB (x10 <sup>-3</sup> )	8-32		

(1) De waarden voor de Schelde betreffen de inbreng door de Zeeschelde in het Westerschelde-estuarium, zoals gemeten aan de Belgisch-Nederlandse grens.

TABEL 2

Inbreng in het Westerschelde-estuarium van radioactiviteit door de Zeeschelde (TBq.a<sup>-1</sup>) (1) (lit.8)

Type radioactiviteit/ radionuklide	Gefiltreerd Scheldewater	Ongefiltreerd Scheldewater
Totale $\alpha$ -activiteit	0,303	0,555
Totale $\beta$ -activiteit	9,028	10,804
$\beta$ -activiteit (zonder natuurlijk aanwezig K <sup>40</sup> )	1,702	
<sup>226</sup> Ra	0,100	0,155
<sup>90</sup> Sr	0,059	
<sup>3</sup> H	36,704	

(1) 1 TBq = 27,02 Ci

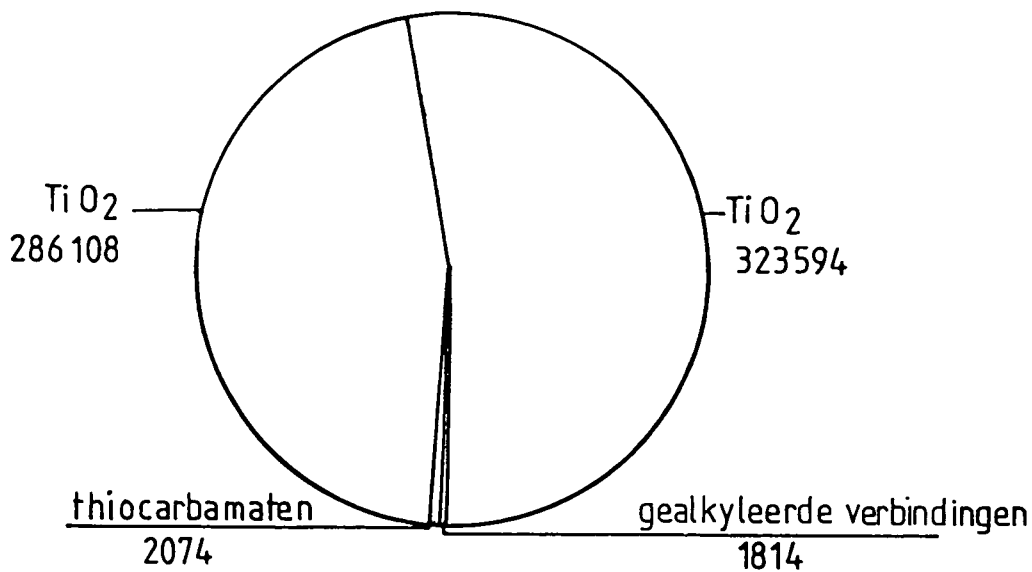
TABEL 3

Atmosferische inbreng van zware metalen (droge + natte uitval) op het Belgisch kontinentaal plat van de Noordzee (t.a<sup>-1</sup>) (lit.9)

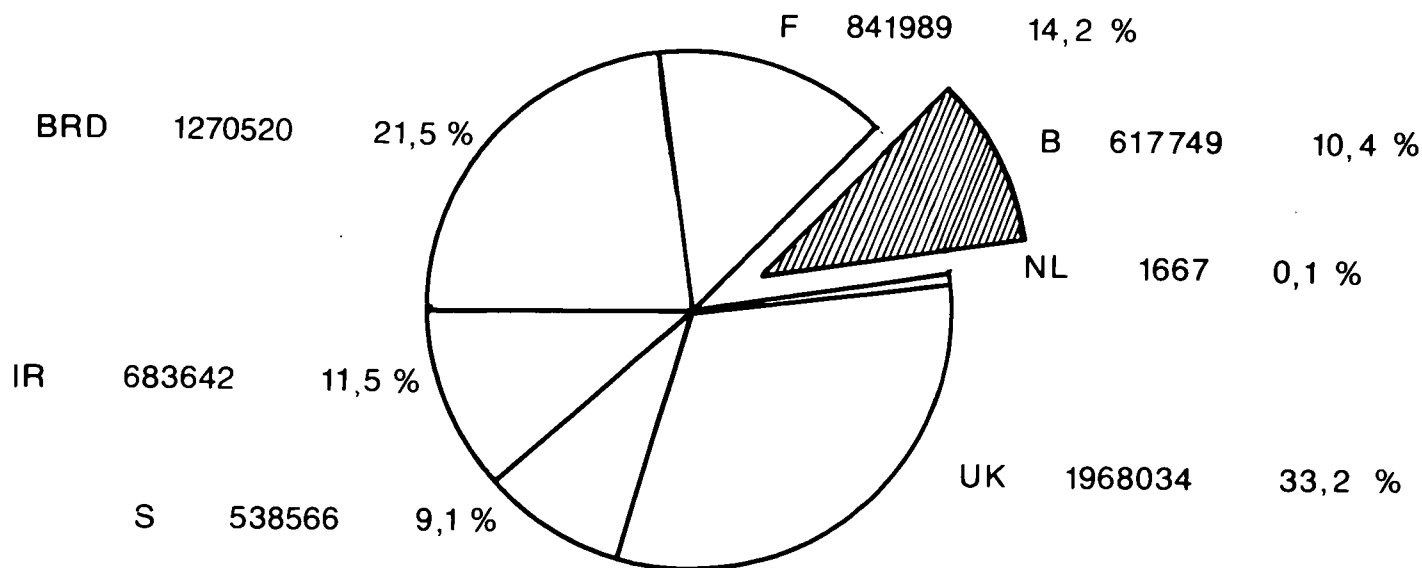
---

Element	Flux (ng.cm <sup>-2</sup> .a <sup>-1</sup> )	Input (t.a <sup>-1</sup> )
Cu	2662	96
Zn	15558	560
Cd	173	6
Pb	1431	52
Mn	635	23
Fe	18030	649

---



**Fig.5** Hoeveelheden Belgische industriële afvalstoffen gestort in de Noordzee in 1986 (t).



**Fig.6** Hoeveelheden Europese industriële afvalstoffen gestort in de Noordzee in 1985 (t).



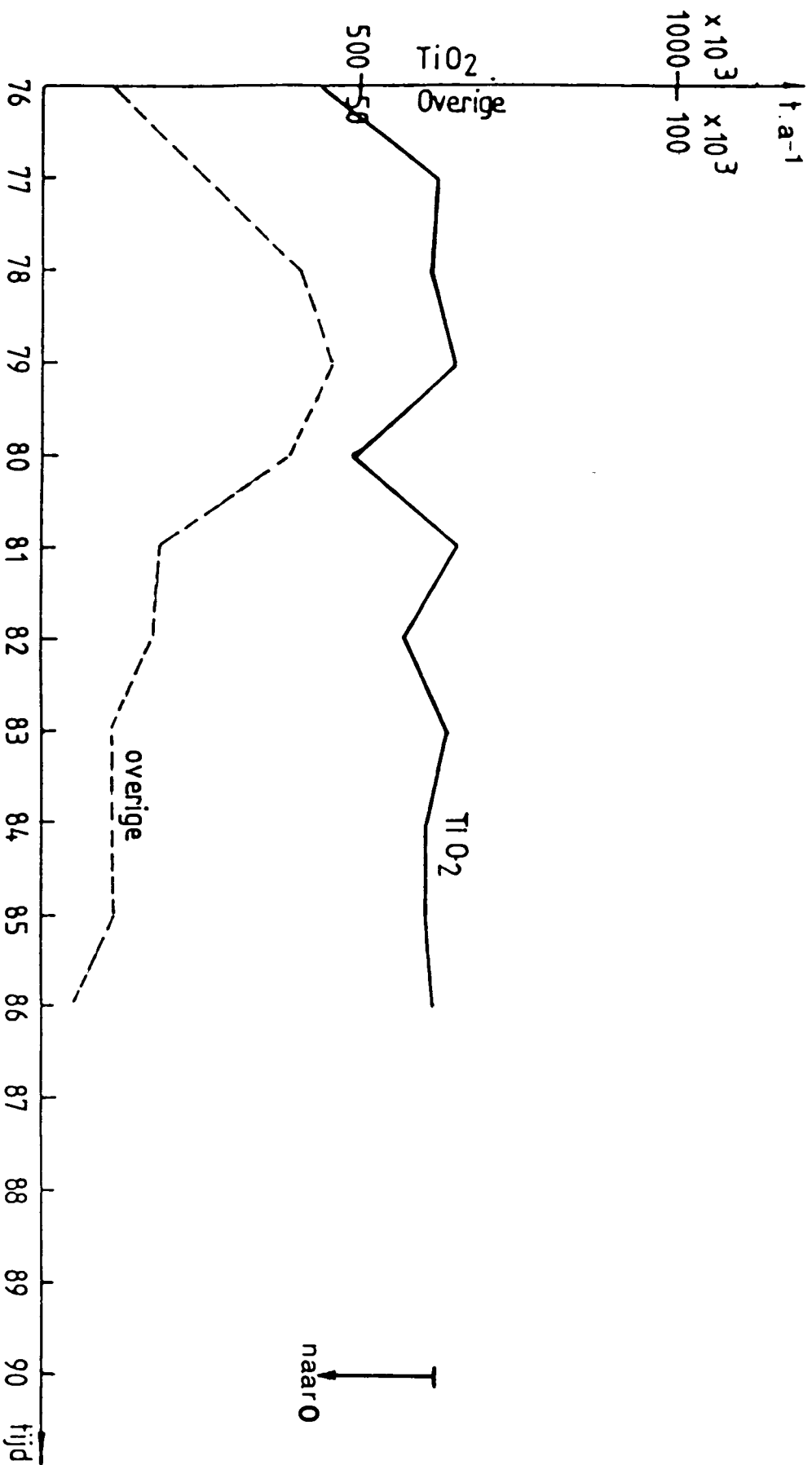


Fig. 7 Fluctuaties in de hoeveelheden industrieel afval gestort in zee, respectievelijk afkomstig van de  $TiO_2$ -industrie en van de overige industrietakken.

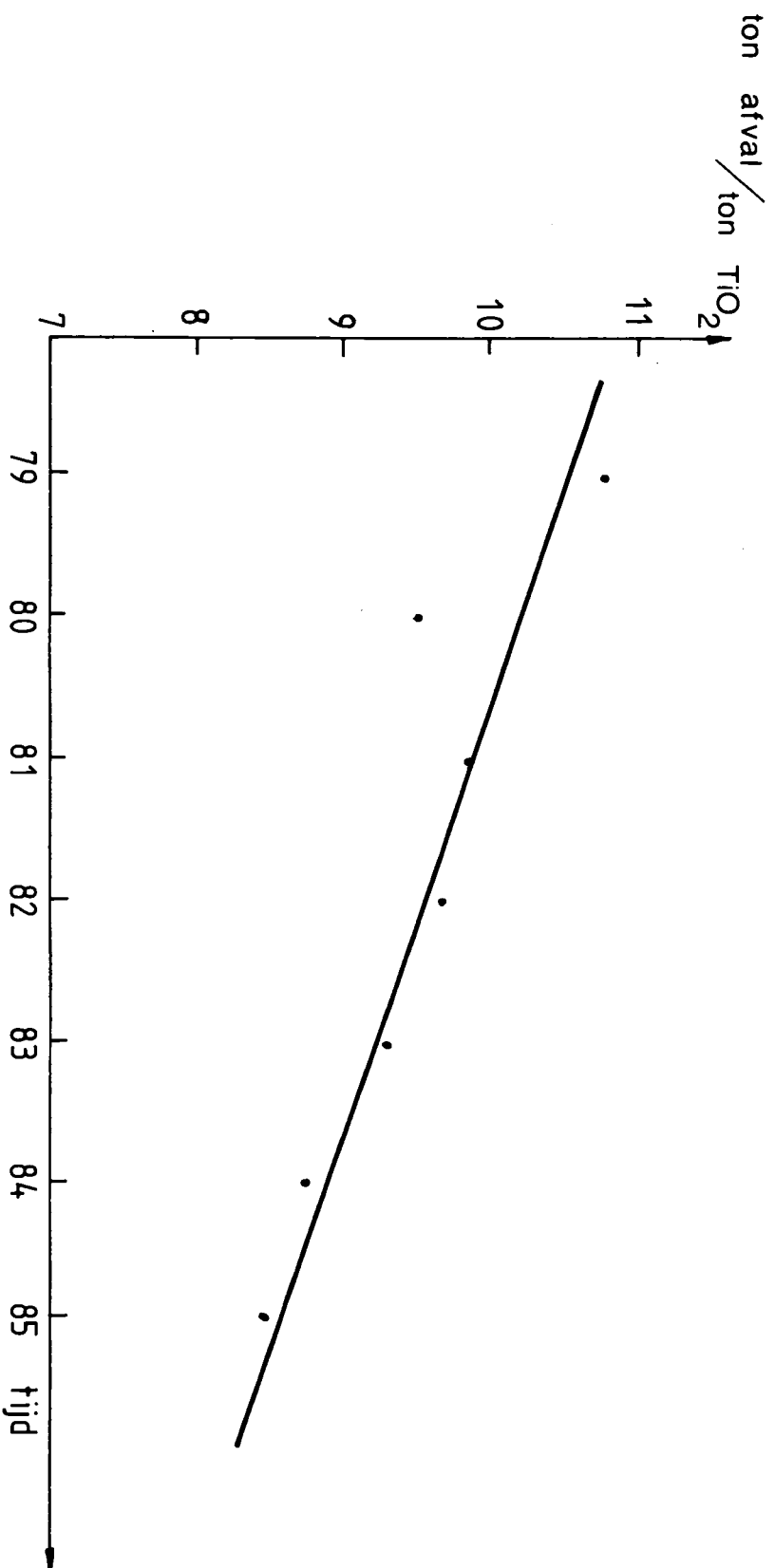


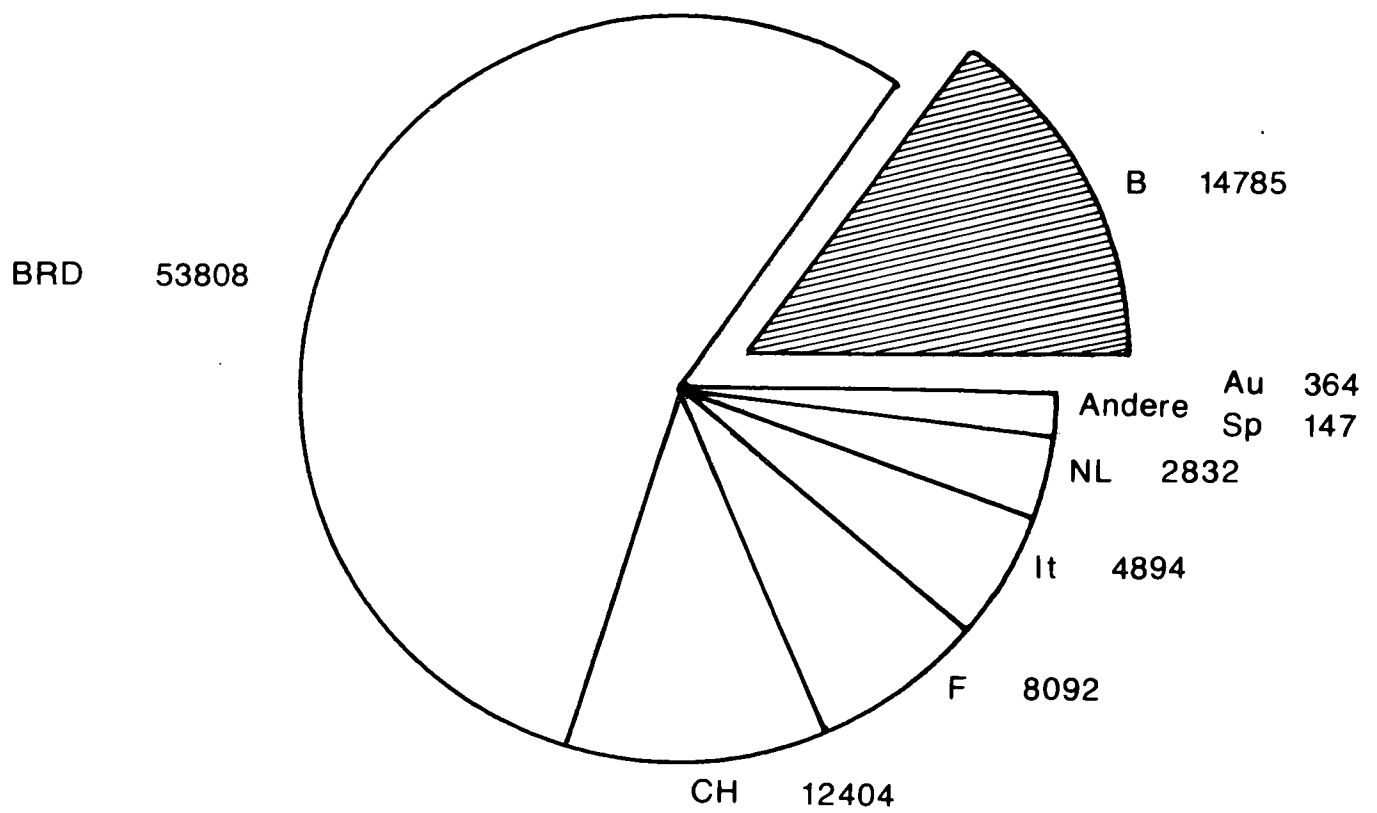
Fig. 8 Evolutie in de tijd van de hoeveelheden afvalstoffen afkomstig van de TiO<sub>2</sub>-industrie, per ton afgewerkt produkt.

TABEL 4

## Hoeveelheden kontaminanten gestort in zee in 1986 (t)

	Firma 1	Firma 2	Firma 3	Firma 4	Totaal	Opm.
TOTALE HOE- VEELHEID AF- VALSTOFFEN	323594	286108	2074	1814	613590	
Bijlage I stoffen						
Hg	$6,5 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$0,9 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-3}$	(1)
Cd	$9,7 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^{-4}$	$24 \cdot 10^{-4}$	(1)
Bijlage II stoffen						
Cu	$3,2 \cdot 10^{-2}$	0,1	$5,0 \cdot 10^{-5}$	$5,4 \cdot 10^{-4}$	$14 \cdot 10^{-2}$	(1)
Zn	1,7	1,7	$9,0 \cdot 10^{-5}$	$2,7 \cdot 10^{-3}$	$34 \cdot 10^{-1}$	(2)
Pb	$5,5 \cdot 10^{-2}$	$6,8 \cdot 10^{-2}$	$9,0 \cdot 10^{-5}$	$4,3 \cdot 10^{-4}$	$12 \cdot 10^{-2}$	(1)
Cr	52	51	$5,0 \cdot 10^{-5}$	$1,8 \cdot 10^{-3}$	103	(2)
Sterke zuren						
(H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	66919	63587			130506	(3)
Sterke basen						
(NaOH)				159	159	(2)
Fe	4919	3758			8677	(3)
Ti	582	572			1154	(2)
V	132	143			275	(2)

Opm.: In de meeste gevallen betreffen de weergegeven vrachten bovengrenzen, gebaseerd op de detektielimieten van de analytische methoden (1) of niet te overschrijden gemiddelden opgenomen in de vergunningen en berekend op 5 opeenvolgende stortingen (2).  
In sommige gevallen (3) zijn de eksakte hoeveelheden beschikbaar.



**Fig.9** Hoeveelheden Europese gechloreerde koolwaterstoffen verbrand op de Noordzee in 1986 (t) vanuit Antwerpen.

TABEL 5

**Totale hoeveelheid afvalstoffen verbrand  
op zee in 1986 (t).**

Vaartuig Laadhaven	Vulcanus I	Vulcanus II	Vesta	TOTAAL
Antwerpen (B)	niet operationeel gedurende 1986	66718	29761	96479
Le Havre (F)		7379	-	7379
Rafnes (N)		6176	-	6176
Northshields (UK)		2100	1654	3754
Moerdijk (NL)		754	-	754
Dordrecht (NL)		1111	-	1111

**GROOT TOTAAL 115653**



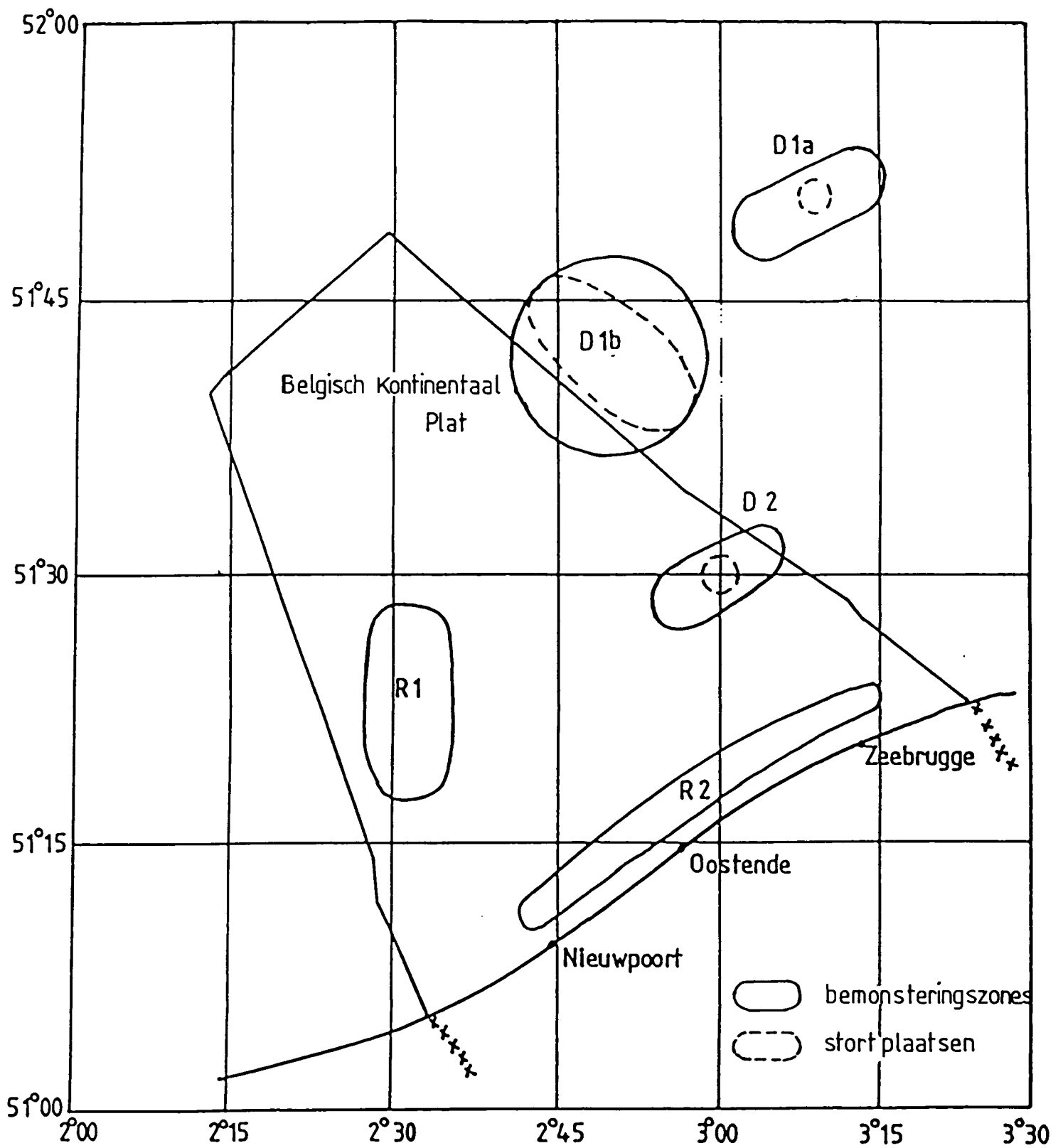


Fig.11 Stortplaatsen- en bemonsteringszones (D: stortingszones, R: referentiezones) voor de bepaling van zware metalen in water en in sediment (lit.13).

TABEL 6

Koncentraties aan zware metalen ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) in de sediment fracties  $< 63 \mu\text{m}$  en  $< 500 \mu\text{m}$  (gemiddelden en relatieve standaardafwijkingen) (Lit.13).

Gebied	Fe		Al		Cr		Ti		Zn		V	
	$< 63 \mu\text{m}$	$< 500 \mu\text{m}$	$< 63 \mu\text{m}$	$< 500 \mu\text{m}$	$< 63 \mu\text{m}$	$< 500 \mu\text{m}$	$< 63 \mu\text{m}$	$< 500 \mu\text{m}$	$< 63 \mu\text{m}$	$< 500 \mu\text{m}$	$< 63 \mu\text{m}$	$< 500 \mu\text{m}$
D 1	20064 (20)	3711 (18)	16460 (44)	8010 (26)	62 (26)	10 (28)	2185 (25)	538 (21)	358 (30)	32 (53)	72 (29)	29 (15)
D 2	31841 (17)	7962 (19)	23169 (24)	8496 (28)	66 (36)	17 (35)	2807 (36)	843 (38)	337 (64)	31 (39)	125 (57)	38 (34)
R 1	27405 (19)	5055 (22)	24194 (47)	8791 (29)	68 (19)	13 (40)	2413 (38)	650 (47)	278 (49)	21 (43)	122 (56)	27 (24)
R 2	24912 (16)	9663 (35)	23101 (45)	13079 (52)	69 (31)	27 (45)	2305 (20)	1268 (50)	223 (64)	52 (75)	90 (45)	47 (55)



TABEL 7

Percentages (gemiddelde en spreiding) van de fractie < 63  $\mu\text{m}$ , van het gehalte aan organisch materiaal en van het calciumcarbonaat-gehalte in de sedimenten en saliniteit van het bovenliggende water (lit.13).

Gebied	< 63 $\mu\text{m}$ (%)	Organisch materiaal (%)	Calciumcarbonaat (%)	Saliniteit (%)
D1a	0,6 (0,1-1,1)	0,26 (0,16-0,34)	3,7 (2,6-5,3)	33,6 (32,3-34,2)
D1b	1,0 (0,8-1,2)	0,34 (0,15-0,55)	7,8 (3,9-14,2)	34,0 (32,3-34,8)
D2	9,8 (1,1-32,5)	1,43 (0,48-3,90)	13,5 (8,2-24,9)	32,9 (30,9-34,5)
R1	2,0 (1,0-6,6)	1,28 (0,27-2,40)	17,7 (11,6-23,8)	32,8 (29,5-34,1)
R2	28,7 (1,3-86,6)	2,54 (0,47-6,15)	18,5 (7,5-34,9)	33,8 (32,6-34,6)

TABEL 8

Frakties aan zware metalen geëxtraheerd met 25 % azijnzuur  
(berekend als percent van het totaal metaalgehalte) (lit.13).

Zone	Fe		Al		Cr		Zn		V	
	< 63 $\mu\text{m}$	< 500 $\mu\text{m}$	< 63 $\mu\text{m}$	< 500 $\mu\text{m}$	< 63 $\mu\text{m}$	< 500 $\mu\text{m}$	< 63 $\mu\text{m}$	< 500 $\mu\text{m}$	< 63 $\mu\text{m}$	< 500 $\mu\text{m}$
D 1	11,4	5,4	3,7	-	21,0	5,0	86,3	10,0	34,7	5,8
D 2	11,8	8,9	2,2	-	22,7	10,6	76,3	25,2	19,0	18,7
R 1	10,3	8,7	1,7	-	14,7	10,0	87,1	23,8	15,6	20,0
R 2	14,4	13,3	1,7	-	21,7	11,8	79,8	44,2	26,7	21,7
x	12,0	9,1	2,3	-	20,0	9,4	82,4	25,8	24,0	16,6

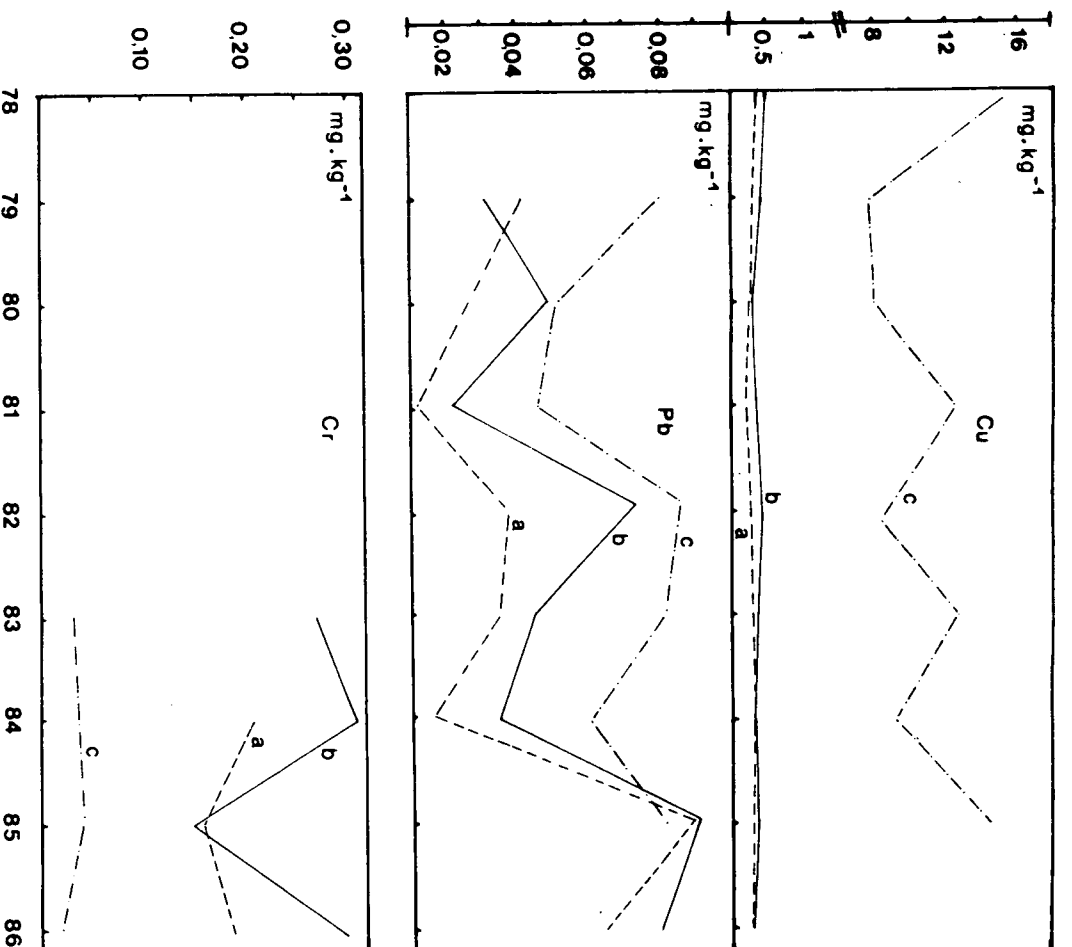
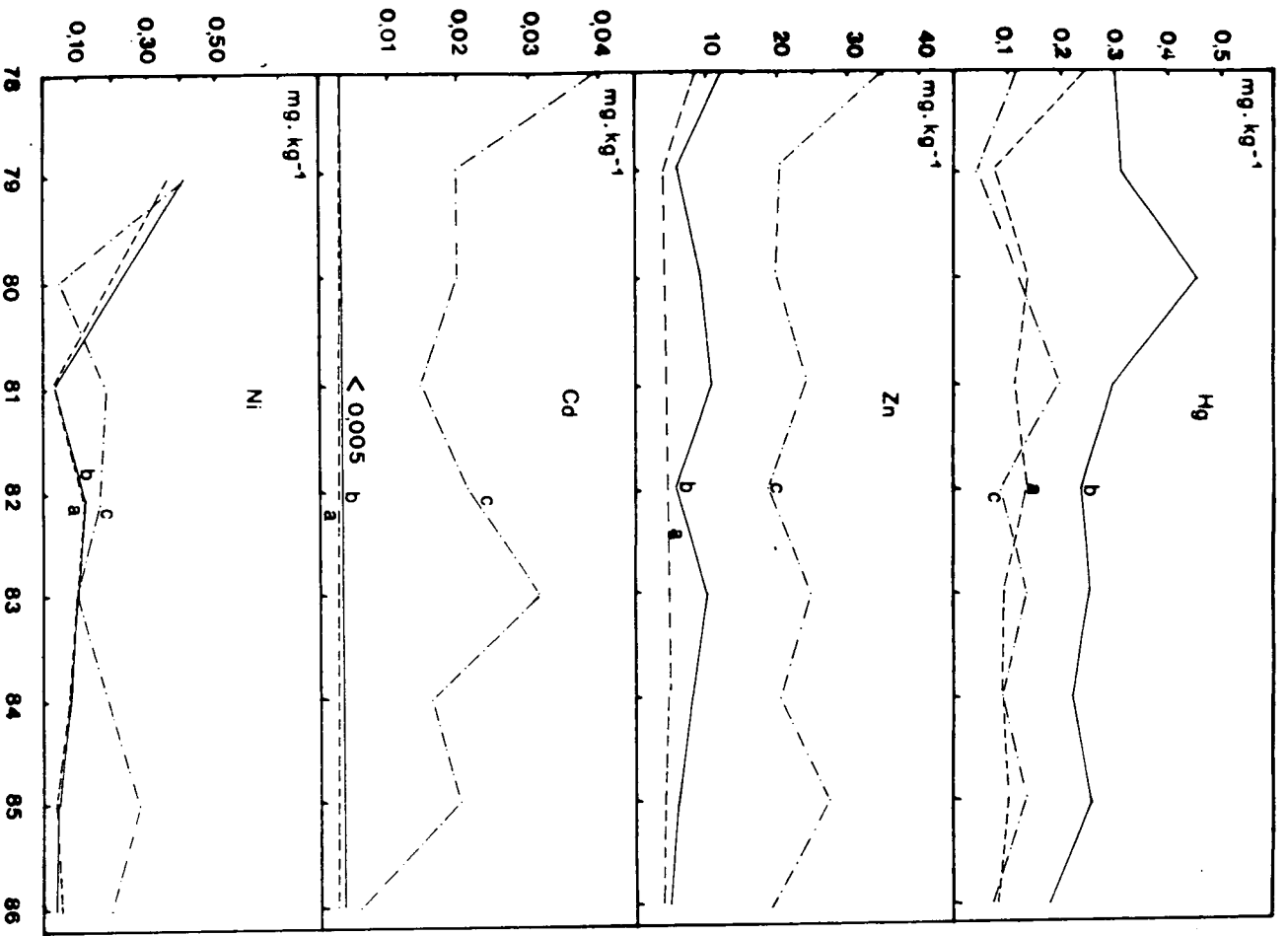


Fig.12

Evolutie van de zware metalen in kabeljauw (a), bot (b) en garnaal (c) ( $\text{mg.kg}^{-1}$  nat gewicht) tussen 1978 en 1986 (lit.18 en gegevens JMP '83-'86).

TABEL 9

Richtwaarden voor Hg, Cd en PCB's in biota (Verdragen van Oslo en Parijs).

	Lage waarde	Medium waarde	Hoge waarde
<u>Kwik in</u>			
Visvlees in mg Hg.kg <sup>-1</sup> nat gewicht	< 0,1	0,1-0,3	> 0,3
Weekdieren mg Hg.kg <sup>-1</sup> droog gewicht	< 0,6	0,6-1,0	> 1,0
Schaaldieren mg Hg.kg <sup>-1</sup> nat gewicht	< 0,1	0,1-0,3	> 0,3
<u>Cadmium in</u>			
Mytilus spp. (mossel)			
mg Cd.kg <sup>-1</sup> droog gewicht	< 2	2 - 5	> 5
mg Cd.kg <sup>-1</sup> nat gewicht	< 0,4	0,5 - 1	> 1
Crangon crangon (garanaal)			
mg Cd.kg <sup>-1</sup> nat gewicht	< 0,02	0,02-0,10	> 0,10
<u>PCB's in</u>			
Visvlees	< 0,01	0,01-0,05	> 0,05
Weekdieren	< 0,02	0,02-0,10	> 0,10
Schaaldieren	< 0,01	0,01-0,05	> 0,05
(koncentratie in mg.kg <sup>-1</sup> nat gewicht)			

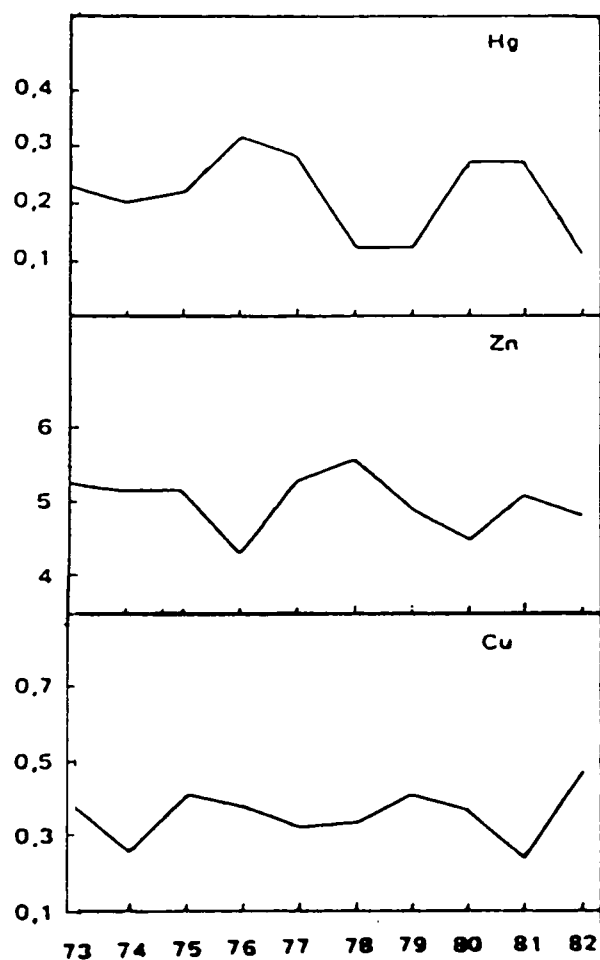


Fig.13 Fluctuaties in de zware metaalgehalten in tong uit de Noordzee ( $\text{mg.kg}^{-1}$  nat gewicht) (lit.16).

TABEL 10

Gemiddelde gehalten aan zware metalen ( $\text{mg.kg}^{-1}$  droge stof) in mosselen (variatiekoëfficiënt tussen haakjes) (lit.19).

	1978-81	1982	1983	1984	1985	1986
Hg	0,3-0,5	0,14 (14,9)	0,14 (26,9)	0,14 (25,4)	0,13 (22,0)	0,09 (30,5)
Cu	7,2-11,0	34,0 (25,2)	8,4 (8,7)	9,1 (8,9)	7,1 (8,4)	15,5 (63,3)
Zn	160-290	97 (9,4)	92 (10,0)	122 (12,0)	83 (7,6)	107 (19,1)
Pb	0,9-7,0	2,00 (33,3)	1,13 (9,1)	1,41 (18,4)	1,37 (29,1)	3,63 (22,2)
Cd	1,5-4,5	0,80 (30,0)	0,47 (29,7)	0,93 (32,0)	0,58 (19,4)	1,17 (33,9)
Cr	1,5-5,0	0,76 (31,6)	0,95 (31,8)	1,18 (34,4)	2,24 (31,2)	2,85 (51,9)
Ni	-	1,20 (10,0)	1,29 (30,0)	1,96 (30,2)	3,26 (26,9)	3,87 (25,2)

TABEL 11

Koncentraties aan zware metalen ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  nat gewicht) in organismen uit de zuidelijke Bocht van de Noordzee (gemiddelden, absolute en relatieve standaardafwijking) (lit.17).

	Hg		Zn		Cu		Pb		Cd		Ni							
	Gem.	s	v (%)	Gem.	s	v (%)	Gem.	s	v (%)	Gem.	s	v (%)						
Wulk (Buccinum undatum)	0,23	0,070	30,4	26,0	8,01	30,8	7,0	3,60	51,4	0,05	0,024	48,0	0,090	0,043	47,8	0,10	0,044	44,0
Noorse kreeft (Nephrops norvegicus)	0,15	0,053	35,3	13,4	1,16	8,6	3,5	1,44	41,1	0,06	0,042	70,2	(a)		0,08	0,031	39,3	
Heremiet kreeft (Pagurus bernhardus)	0,07	0,032	45,4	26,0	2,81	10,8	27,9	2,80	10,0	0,10	0,036	36,8	0,300	0,099	33,0	0,02	0,007	35,3
Schelvis (Melanogrammus aeglefinus)	0,06	0,006	10,5	4,4	0,64	14,7	0,28	0,063	22,5	0,05	0,055	110,0	0,007	0,0012	17,1	0,04	0,013	31,4
Makreel (Scomber scombrus)	0,28	0,220	77,5	4,5	1,24	27,4	0,56	0,113	20,2	0,02	0,007	35,0	0,010	0,0080	80,0	0,07	0,019	27,0
Tarbot (Scophthalmus maximus)	0,19	0,044	23,2	4,1	0,38	9,4	0,26	0,113	43,5	<0,01	-	<0,005	-	-	0,09	0,006	7,1	
Tongschar (Microstomus kitt)	0,10	0,066	66,0	3,6	0,33	9,1	0,28	0,041	14,6	<0,01	-	<0,005	-	-	0,02	0,006	31,4	
Ruige rog (Raja clavata)	0,25	0,072	28,9	5,7	0,66	11,6	0,40	0,053	13,4	0,12	0,026	21,7	(b)		0,09	0,022	24,5	
Koekoeksrog (Raja naevus)	0,13	0,069	53,2	6,2	0,54	8,7	0,35	0,038	10,8	0,07	0,032	45,7	0,005	-	0,07	0,035	50,0	

(a) 5 Waarnemingen beneden de detectielimiet ( $0,005 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ); 5 tussen 0,005 en  $0,008 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$   
 (b) 5 Waarnemingen beneden de detectielimiet ( $0,005 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ); 5 tussen 0,005 en  $0,011 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$

TABEL 12

Koncentraties aan kwik ( $\text{mg.kg}^{-1}$  nat gewicht) in hondshaai en doornhaai (gemiddelden, absolute en relatieve standaardafwijking) (lit.20).

	$\bar{x}$	s	(v)%
Hondshaai ( <i>Scylliorhinus canicula</i> )			
Noordzee			
Centraal	0,90	0,61	67,7
Zuid	1,01	0,58	57,4
Doornhaai ( <i>Squalus acanthias</i> )			
Noordzee			
Centraal	0,26	0,14	53,8
Zuid	0,57	0,26	45,6



TABEL 13

Koncentraties aan zware metalen in epibenthos (mg.kg<sup>-1</sup> nat gewicht) in de TiO<sub>2</sub>-stortingszones (D<sub>1</sub> en D<sub>2</sub>) en in de referentiezones (R<sub>1</sub> en R<sub>2</sub>) (lit.13).

	D <sub>1</sub>				D <sub>2</sub>				R <sub>1</sub>				R <sub>2</sub>						
	81	82	83	84	81	82	83	84	81	82	83	84	81	82	83	84			
<b>Hg</b>																			
Zeester	0,07	0,08	0,08	-	0,08	0,13	0,14	0,10	0,11	0,12	0,09	0,11	0,07	0,11	0,09	0,06	0,08	0,05	
Heremietkreeft	0,06	0,04	0,03	-	0,04	0,07	0,07	0,06	0,06	0,07	0,11	0,05	0,04	0,05	0,06	0,06	0,06	0,05	
Zwemkrab	0,02	-	0,06	-	0,04	0,07	0,07	0,04	0,07	0,06	0,04	0,08	0,02	0,04	0,04	0,03	0,07	0,04	
Slangster	0,04	0,07	0,05	-	0,06	0,07	0,07	0,04	0,03	0,05	0,04	0,06	0,03	0,03	0,04	-	0,04	0,03	0,01
<b>Cd</b>																			
Zeester	0,21	0,30	0,13	-	0,21	0,27	0,45	0,16	0,39	0,32	0,15	0,28	0,11	0,33	0,22	0,14	0,31	0,08	0,18
Heremietkreeft	0,40	0,15	0,07	-	0,21	0,21	0,12	0,10	0,17	0,15	0,27	0,21	0,11	0,09	0,17	0,20	0,15	-	0,16
Zwemkrab	0,25	-	0,03	-	0,14	0,14	0,13	0,07	0,05	0,10	0,17	0,11	0,02	0,06	0,09	0,14	0,12	0,02	0,07
Slangster	0,12	0,23	0,09	-	0,15	0,15	0,22	0,09	0,08	0,14	0,15	0,20	0,09	0,08	0,13	-	0,22	0,10	0,07
<b>Pb</b>																			
Zeester	0,14	0,60	0,92	-	0,55	0,80	1,79	1,23	2,22	1,51	0,48	0,32	0,55	0,32	0,42	0,39	1,43	0,74	0,85
Heremietkreeft	0,07	0,29	0,29	-	0,22	0,13	1,34	0,40	0,47	0,59	0,07	0,25	0,40	0,61	0,33	0,15	0,82	-	0,50
Zwemkrab	0,20	-	0,58	-	0,39	0,07	1,52	0,36	0,37	0,58	0,11	0,30	1,79	0,29	0,62	0,10	0,85	0,30	1,13
Slangster	0,85	0,25	0,30	-	0,47	0,89	1,35	0,30	0,20	0,69	0,07	1,85	0,12	0,11	0,54	-	0,21	0,02	0,08
<b>Fe</b>																			
Zeester	15,3	-	18,3	-	16,8	43,9	-	52,6	84,1	60,2	48,1	-	16,0	175	79,7	36,6	-	33,3	34,9
Heremietkreeft	29,2	-	104	-	66,4	64,7	-	123,8	73,6	87,4	39,6	-	78,8	150	89,5	102,0	-	100,2	101
Zwemkrab	25,7	-	23,4	-	24,6	24,3	-	43,7	61,1	43,0	27,2	-	31,8	36,6	31,9	23,9	-	48,1	103,1
Slangster	1,0	-	17,7	-	9,4	1,7	-	29,5	2,5	11,2	1,0	-	6,0	1,3	2,8	-	-	8,7	10,9
<b>Cu</b>																			
Zeester	2,4	3,0	4,2	-	3,2	3,1	3,8	2,9	3,3	3,3	2,4	2,6	2,6	3,1	2,7	3,0	3,3	3,3	3,2
Heremietkreeft	29,6	21,2	25,8	-	25,5	25,3	27,8	24,3	24,1	25,4	25,2	33,2	20,5	22,1	25,3	31,0	23,6	-	23,6
Zwemkrab	20,0	-	7,2	-	13,6	7,9	8,4	8,4	9,5	8,6	9,0	7,7	5,0	6,6	7,1	8,2	5,8	7,6	7,3
Slangster	2,5	2,4	2,5	-	2,5	2,6	3,1	2,3	2,7	2,7	2,4	3,0	2,5	2,7	2,7	-	3,1	2,3	2,5
<b>Zn</b>																			
Zeester	21,7	54,4	57,4	-	44,5	59,8	82,6	45,8	52,6	60,2	54,1	53,1	28,6	56,4	48,1	27,5	75,0	32,3	44,9
Heremietkreeft	25,4	28,5	30,6	-	28,2	25,6	36,3	29,7	40,5	33,0	23,3	30,1	33,8	32,0	29,8	30,5	33,8	-	32,6
Zwemkrab	35,1	-	27,4	-	31,2	16,4	28,7	23,1	19,9	22,0	19,8	25,0	25,5	25,6	24,0	23,4	26,8	22,8	34,2
Slangster	30,0	-	30,0	-	30,0	54,4	74,4	31,2	30,2	47,6	54,6	55,8	47,8	30,7	47,2	-	50,8	40,5	23,2
<b>Cl</b>																			
Zeester	0,26	0,12	0,09	-	0,16	0,29	0,26	0,19	0,17	0,23	0,31	0,33	0,05	0,28	0,24	0,24	0,28	0,13	0,22
Heremietkreeft	0,02	0,15	0,29	-	0,15	0,10	0,34	0,28	0,16	0,22	0,03	0,28	0,16	0,21	0,18	0,04	0,57	-	0,25
Zwemkrab	0,07	-	0,12	-	0,10	0,01	0,34	0,20	0,13	0,17	0,13	0,28	0,16	0,13	0,18	0,13	0,41	0,10	0,26
Slangster	0,06	0,03	0,08	-	0,06	0,05	0,05	0,03	0,03	0,04	0,05	0,09	0,01	0,03	0,05	-	0,03	0,01	0,02
<b>Mn</b>																			
Zeester	0,40	0,30	0,13	-	0,28	0,20	0,31	0,28	0,16	0,24	0,20	0,27	0,12	0,25	0,21	0,20	0,33	0,17	0,23
Heremietkreeft	0,20	0,66	0,24	-	0,37	0,20	0,32	0,27	0,27	0,27	0,20	0,35	0,50	0,16	0,30	0,10	0,31	-	0,30
Zwemkrab	0,10	-	0,25	-	0,18	0,20	0,32	0,29	0,16	0,24	0,20	0,31	0,12	0,12	0,19	0,10	0,35	0,22	0,41
Slangster	0,20	0,53	0,12	-	0,28	0,30	0,45	0,24	0,20	0,30	0,10	0,38	0,25	0,12	0,21	-	0,33	0,24	0,12

TABEL 14

Koncentraties aan zware metalen ( $\text{mg.kg}^{-1}$  nat gewicht) in garnalen en vis (1982) (lit.13).

	D1	D2	R1	R2
			Hg	
Garnaal	-	0,07	0,07	0,06
Schol	0,03	0,07	0,16	0,09
Bot	0,19	0,34	0,18	0,22
Wijting	0,09	0,09	0,13	0,12
Kabeljauw	0,10	0,11	0,14	0,15
			Cd	
Garnaal	-	0,014	0,013	0,012
Schol	0,009	<0,005	<0,005	0,009
Bot	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Wijting	0,008	0,008	<0,005	<0,005
Kabeljauw	<0,005	<0,005	0,006	<0,005
			Pb	
Garnaal	-	0,15	0,58	0,17
Schol	0,009	0,08	0,07	0,08
Bot	0,06	0,07	0,07	0,07
Wijting	0,06	0,08	0,06	0,07
Kabeljauw	0,05	0,07	0,05	0,09
			Fe	
Garnaal	-	37,5	111,6	35,8
Schol	1,6	2,2	2,7	3,0
Bot	1,8	2,5	2,6	3,2
Wijting	1,3	1,2	0,8	1,6
Kabeljauw	7,3	3,9	7,8	8,3
			Cu	
Garnaal	-	11,1	14,4	10,9
Schol	0,6	0,5	0,5	0,5
Bot	0,5	0,5	0,5	0,6
Wijting	0,5	0,5	0,7	0,6
Kabeljauw	0,5	0,4	0,4	0,5
			Zn	
Garnaal	-	29,5	29,3	26,5
Schol	9,0	7,7	10,1	10,6
Bot	7,9	11,6	11,3	17,1
Wijting	4,6	5,2	4,6	5,9
Kabeljauw	5,0	5,2	5,2	5,9
			Cr	
Garnaal	-	0,40	0,17	0,31
Schol	0,40	0,34	0,50	0,42
Bot	0,18	0,27	0,16	0,28
Wijting	0,34	0,44	0,31	0,36
Kabeljauw	0,20	0,19	0,20	0,44
			Ni	
Garnaal	-	0,29	0,18	0,17
Schol	0,13	0,17	0,17	0,16
Bot	0,15	0,20	0,11	0,13
Wijting	0,15	0,20	0,14	0,17
Kabeljauw	0,07	0,11	0,17	0,12
			Ti	
Garnaal	-	3,18	<0,05	2,83
Schol	<0,05	<0,05	0,13	<0,05
Bot	0,23	<0,05	0,08	0,16
Wijting	0,10	<0,05	<0,05	0,07
Kabeljauw	0,25	0,11	<0,05	0,07

TABEL 15

Koncentraties aan organochloorresiduen ( $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) in het spierweefsel van 5 mariene organismen (gemiddelden, spreiding en standaardafwijking) (lit.21).

Organisme	Residu konzentratie ( $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ nat gewicht)							
	PCB's	HCB	p,p'-DDE	$\alpha$ -HCH	$\beta$ -HCH	dieldrin	p,p'-DDD	
Bot (Platichthys flesus)	- min-max	63,6-371,6	1,1-5,3	1,1-5,3	0,5-3,8	0,8-4,8	1,4-5,4	2,2-3,6
	- $\bar{x}$	222,6	2,4	2,9	2,0	2,1	2,6	2,6
	- s	90,8	1,0	1,3	1,2	1,2	1,1	0,4
Kabeljauw (Gadus morhua)	- min-max	25,1-147,9	0,7-2,8	3,0-6,2	1,2-2,4	0,8-1,9	0,8-3,2	0,9-2,8
	- $\bar{x}$	58,5	1,5	4,0	1,7	1,2	1,4	1,3
	- s	37,2	0,6	0,9	0,4	0,3	0,6	1,1
Tong (Solea solea)	- min-max	29,9-80,5	0,2-2,4	1,5-7,6	0,6-1,5	0,7-1,5	1,8-4,2	0,9-6,9
	- $\bar{x}$	58,1	0,9	4,6	0,9	1,0	2,7	3,5
	- s	19,1	0,9	2,0	0,3	0,3	1,0	1,9
Garmaal (Crangon crangon)	- min-max	25,7-50,4	0,4-4,8	2,8-4,6	-	-	0,6-1,2	-
	- $\bar{x}$	39,5	2,4	3,6	-	-	0,9	-
	- s	7,7	1,4	0,5	-	-	0,2	-
Mossel (Mytilus edulis)	- min-max	249-272	1,6-2,3	4,6-8,4	2,7-3,1	2,7-3,1	5,9-6,6	4,9-8,1
	- $\bar{x}$	262,1	2,0	6,5	2,9	2,9	6,1	6,1
	- s	12,2	0,3	1,8	0,2	0,2	0,4	1,0

TABEL 16

Koncentraties aan organochloorresiduen ( $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) in het  
vetweefsel van 5 mariene organismen (gemiddelden, spreiding en  
standaardafwijking) (lit.21).

Organisme	Residu konzentratie ( $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ vet = ppb)											
	PCB's		HCB		p,p'-DDE		$\alpha$ -HCH		$\gamma$ -HCH		dieldrin p,p'-DDD	
Bot (Platichthys flesus)	- min-max	6100-18000	114-211	111-404	41-267	74-300	97-261	202-276				
	- $\bar{x}$	12300	158	199	138	147	166	160				
	- s	5300	43	95	92	79	54	58				
Kabeljauw (Gadus morhua)	- min-max	3100-16100	82-359	390-678	166-304	105-239	110-405	104-391				
	- $\bar{x}$	7210	197	504	223	160	196	184				
	- s	4140	88	105	47	47	78	104				
Tong (Solea solea)	- min-max	3800-12100	27-235	199-1153	76-218	74-228	226-467	95-737				
	- $\bar{x}$	6950	104	549	119	132	317	380				
	- s	2910	76	263	47	61	90	236				
Garraal (Crangon crangon)	- min-max	1300-2600	24-188	163-228	-	-	31-62	-				
	- $\bar{x}$	2060	127	188	-	-	50	-				
	- s	400	74	21	-	-	10	-				
Mossel (Mytilus edulis)	- min-max	8820-9790	59-80	165-311	89-112	94-107	202-223	161-287				
	- $\bar{x}$	9150	72	230	101	101	212	224				
	- s	550	11	74	15	9	15	89				

TABEL 17

Gemiddelde concentraties aan PCB's (mg.kg<sup>-1</sup>) in organismen (spierweefsel en/of leverweefsel).

Jaar	<u>Crangon crangon</u>		<u>Mytilus edulis</u>		<u>Platichthys flesus</u>		<u>Gadus morhua</u>					
	M	F	M	F	M	F	M	F				
1979	0,08	4,80	-	-	0,11	11,40	-	-	0,08	9,80	5,0	13,90
1980	0,04	2,06	0,26	9,15	0,22	13,30	-	-	0,06	7,21	-	-
1981	0,03	2,11	0,15	6,20	0,13	16,90	1,78	23,20	0,03	3,25	6,72	11,70
1982	0,04	2,00	0,12	4,10	0,16	11,40	2,08	13,50	0,03	5,10	-	-
1983	0,04	2,78	0,17	8,53	0,12	12,31	1,49	17,60	0,03	3,64	4,09	8,40
1984	0,02	1,54	0,19	7,70	0,13	11,14	2,16	11,70	0,06	7,66	6,33	13,36
1985	0,03	1,52	0,19	6,50	0,11	10,97	0,97	15,90	0,03	3,55	5,62	10,27
1986	0,04	2,21	0,14	7,90	0,20	11,52	2,72	13,85	0,03	4,85	5,67	10,69

W = Koncentratie op nat gewicht

F = Koncentratie op vetgehalte

M = spierweefsel

L = leverweefsel

TABEL 18

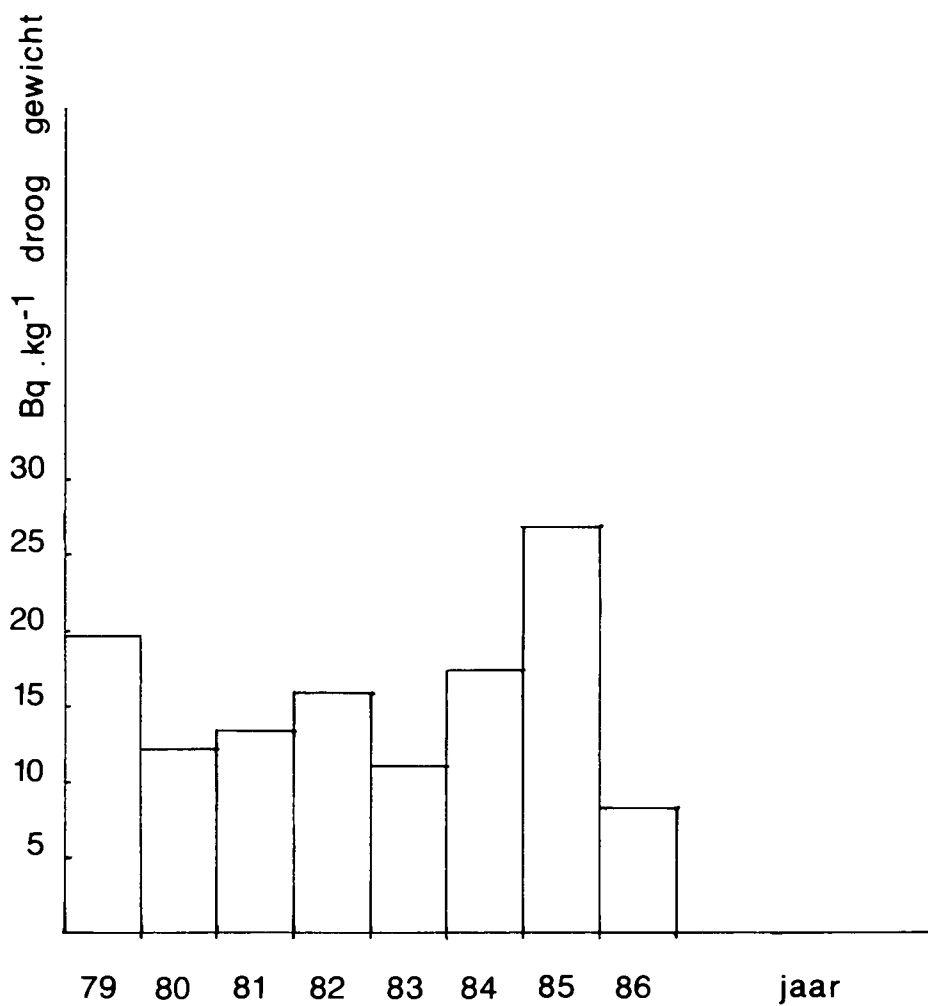
Gemiddelde gehalten aan PCB's (mg.kg<sup>-1</sup> droge stof en vet) in mosselen (variatiecoëfficiënt tussen haakjes) (lit.20).

	1980-81	1982	1983	1984	1985	1986
PCB's (vet)	6,2 - 9,1	4,1	8,6	7,7	6,4	7,9
PCB's (droge stof)	0,74 - 1,0	0,50 (8,0)	0,65 (14,7)	0,70 (14,3)	0,67 (24,5)	0,54 (16,4)

TABEL 19

**Gehalten aan individuele n-alkanen, pristaan en fytaan in mariene organismen (gehalten op produktbasis in ng.g<sup>-1</sup>) (lit.22).**

n-C	Ko-kerworm	Mos-sel	Inkt-vis	Gar-naal	Ma-ring	Sprot	Ma-kreeel	Hors-kreeel	Geep	Smelt	Gron-del	Schar	Tong	Bot	Schol	Steen-bolk	Rode poon	Kabel-jauw	Wif-ting	
																				Ma-kreeel
n-C11	-	8	-	10	8	30	30	8	10	5	9	5	-	-	-	-	-	-	5	4
n-C12	-	12	5	5	5	30	40	8	9	9	5	-	-	-	-	-	-	-	6	6
n-C13	5	12	5	4	20	40	90	7	40	7	6	5	5	8	8	5	5	10	12	4
n-C14	6	13	7	6	6	90	20	7	20	30	6	5	6	5	3	4	7	7	4	3
n-C15	28	30	30	5	160	200	145	7	230	19	8	7	8	12	5	10	15	15	4	4
n-C16	16	20	14	6	110	100	120	100	23	15	16	15	5	30	8	7	20	15	10	6
n-C17	38	40	70	6	320	1000	320	235	500	26	9	12	10	5	2	15	5	5	8	5
n-C18	10	9	23	8	110	340	140	50	50	28	8	12	10	45	8	12	15	15	10	5
n-C19	5	7	18	10	340	960	130	150	84	20	10	10	5	10	5	15	30	15	10	4
n-C20	5	25	15	15	55	200	55	35	20	20	10	10	10	20	15	10	8	7	7	4
n-C21	6	14	9	10	30	50	15	55	25	15	8	30	6	15	3	8	7	10	10	2
n-C22	10	15	5	12	10	50	43	15	20	15	9	25	12	15	6	6	4	10	3	3
n-C23	10	10	5	12	70	40	45	19	35	10	12	30	12	10	2	5	5	5	4	4
n-C24	14	30	10	25	30	30	20	10	25	30	15	15	15	20	4	4	4	6	7	7
n-C25	16	30	15	25	50	15	110	10	20	35	30	10	10	18	10	-	-	10	10	7
n-C26	10	10	15	30	35	10	20	19	20	30	25	5	8	18	10	-	-	8	8	7
n-C27	8	8	12	35	42	8	45	14	15	30	30	12	5	20	5	-	-	8	8	8
n-C28	10	5	10	30	30	10	55	12	20	15	35	20	5	20	8	-	-	10	10	8
n-C29	-	-	10	30	28	10	50	15	25	30	40	20	6	25	15	-	-	15	15	6
n-C30	-	-	5	20	20	8	30	8	15	20	15	10	5	10	12	-	-	20	6	5
Pris-taan	120	130	129	90	2250	3500	600	1100	290	90	168	18	20	36	12	22	26	35	12	12
Fy-taan	6	7	6	10	20	35	9	8	10	6	5	3	4	10	2	5	5	9	4	4



**Fig.14** Evolutie van het tritiumgehalte in garnaal tussen 1979 en 1986 (lit.8).



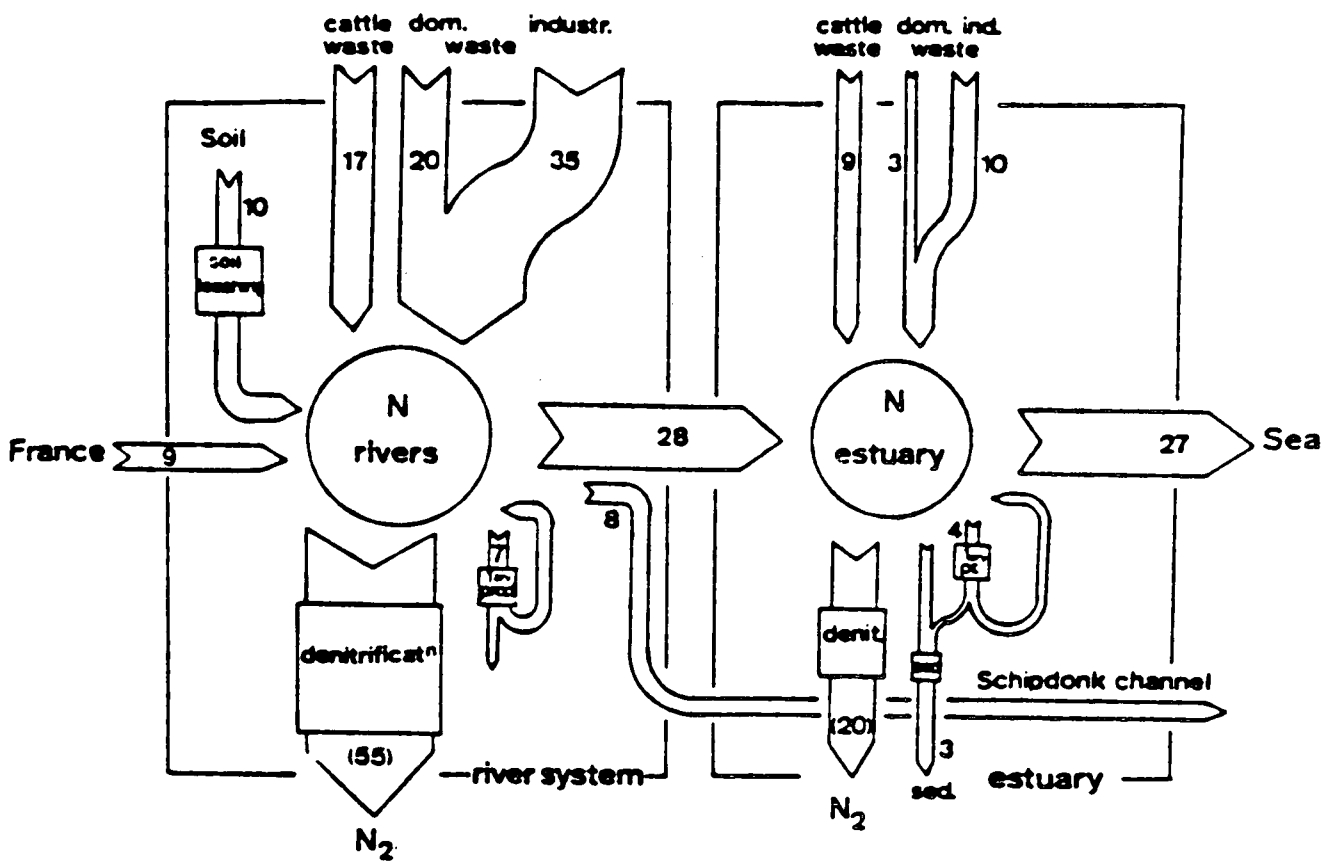


Fig.15 Stikstofbudget voor het Schelde stroomgebied en het Westerschelde-estuariu. De fluxen zijn uitgedrukt in  $10^3 \text{ t.a}^{-1}$  (lit.24).

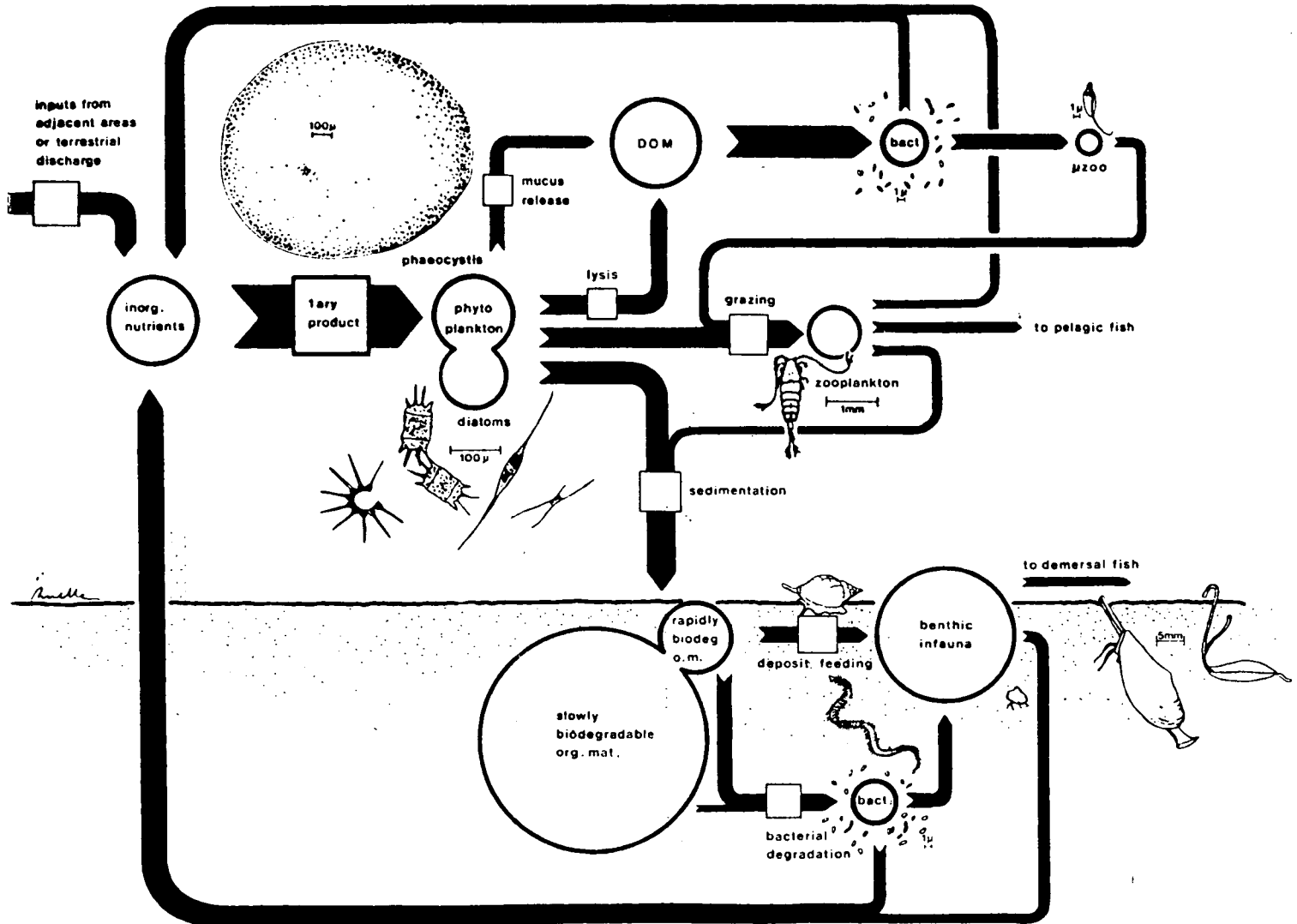


Fig.16 Schematische voorstelling van de dominante fluxen van nutriënten doorheen de eerste trofische niveau's van de voedselketen van een kustecosysteem (lit.25).

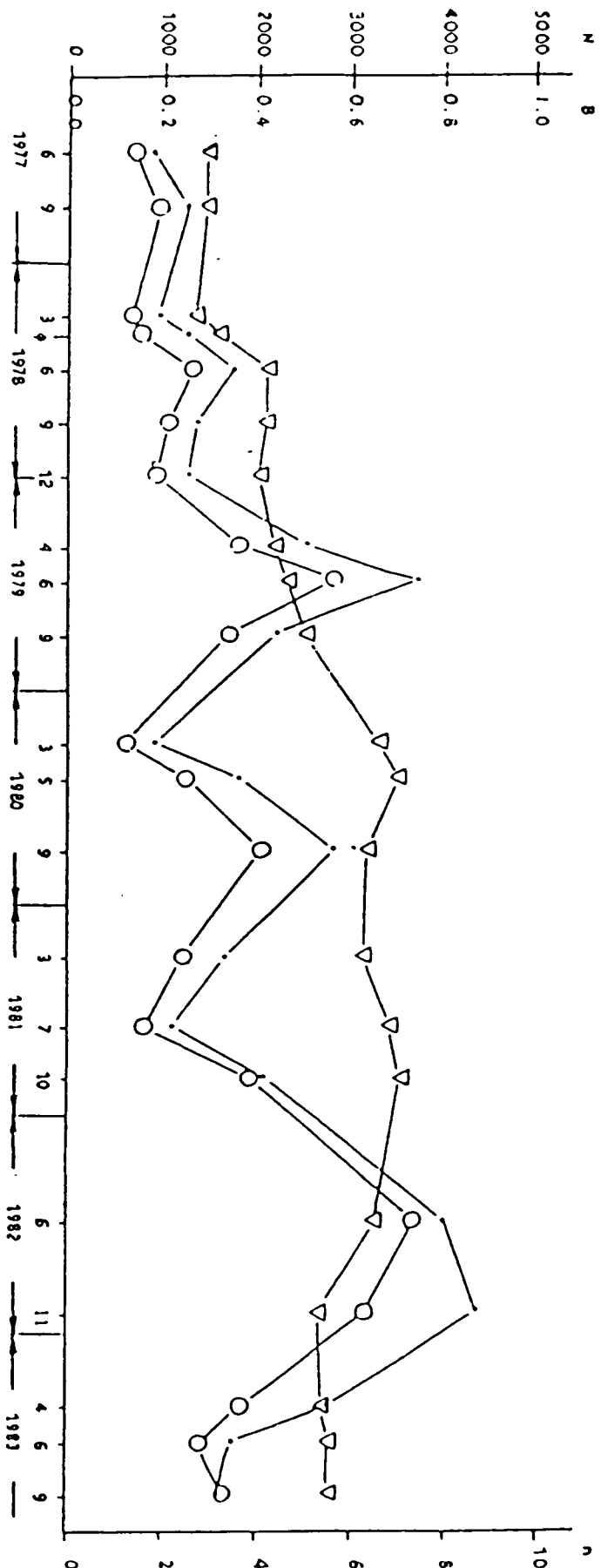
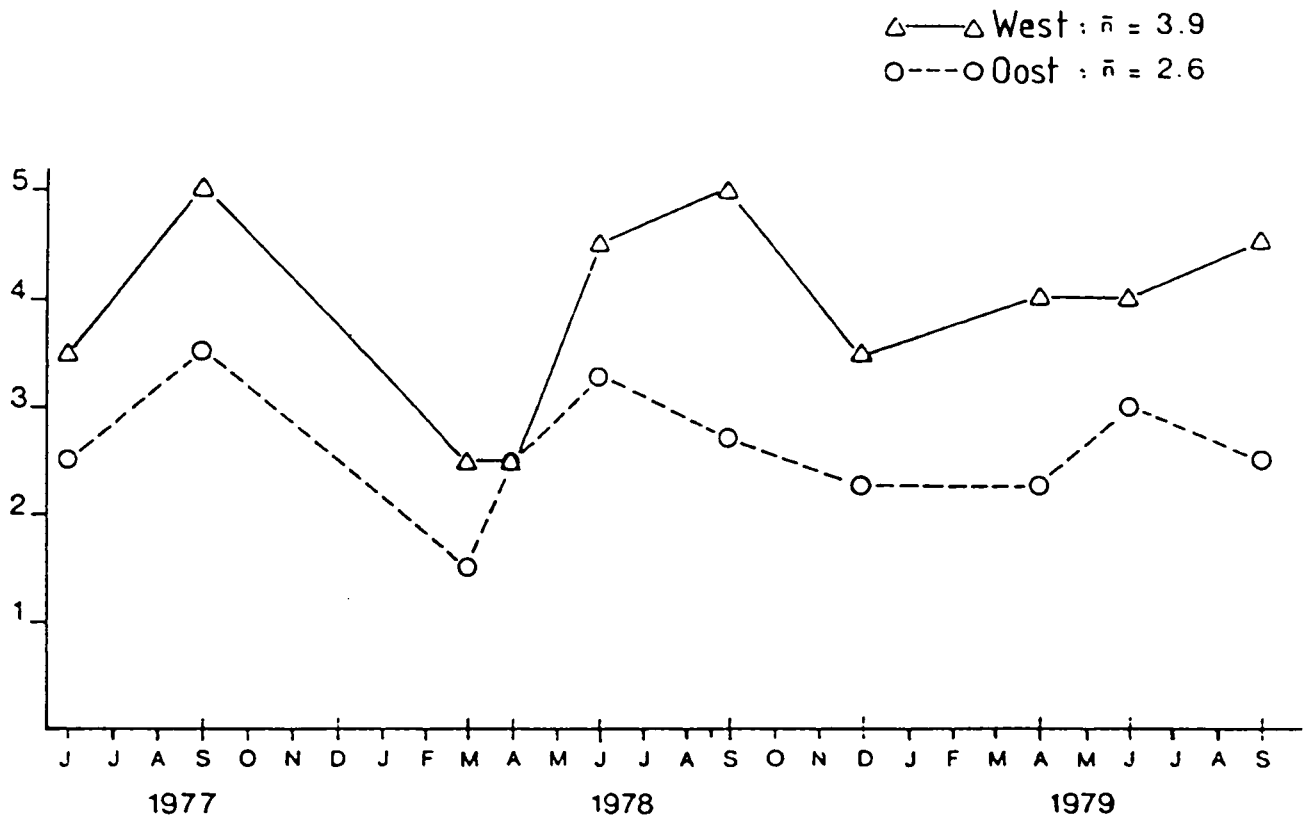


Fig.17 Fluctuaties over lange termijn van het aantal taxa n (△) de totale melofauna dichtheid N (10 cm<sup>-2</sup>) (○) en de biomassa B van de Nematoden (mg droog gewicht.10 cm<sup>-2</sup>) (lit.28).



**Fig.18** Fluktuaties van het gemiddeld aantal taxa van het meiobenthos in het westelijk en in het oostelijk deel van de kustzone (lit.28).

TABEL 20

Gemiddelde samenstelling van klasse-gefraktioneerde gesuspenderde materie en plankton uit het Engels Kanaal, de zuidelijke Bocht en de Centrale Noordzee: hoofd- en spoorelementen.  
(N) = aantal monsters; klasse-afmetingen in  $\mu\text{m}$ ; \*koncentraties in  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  (lit.29).

	KANAAL I				ZUIDELIJKE BOCHT II				CENTRALE NOORDZEE III			
	>0.45	50<<100	100<<215	>215	>0.45	50<<100	100<<215	>215	>0.45	50<<100	100<<215	>215
TPM $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	3.8	0.16	0.12	0.13	7.1	0.23	0.12	0.03	2.1	0.03	0.18	0.05
(1) %	100	4.2	3.2	3.6	100	3.3	1.7	0.5	100	1.4	8.7	1.4
POM $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$	130	51	71	224	66	61	124	339	244	324	368	386
(2)												
Al tot.*	7,026	17,084	14,534	5,525	11,988	11,000	9,153	1,630	461	474	160	179
Fe exc.*	2,994	719	454	500	7,683	5,220	4,163	1,297	712	770	292	345
Mn exc.*	28	0	4	5	228	69	29	31	43	29	37	11
Zn exc.*	433	50	57	108	305	87	130	312	590	211	141	156
Cu exc.*	23	8	10	11	18	8	12	19	30	18	12	22
Pb exc.*	39	55	54	52	71	41	43	32	36	43	26	37
Cd exc.*	1.3	3.4	4.8	2.3	1.1	3.6	3.8	4.3	2.0	9.3	9.6	8.0
(N)	(14)	(7)	(9)	(4)	(10)	(8)	(7)	(5)	(7)	(7)	(12)	(22)

(1) TPM = totale partikulaire materie  
(2) POM = partikulaire organische materie

TABEL 21

PCB gehalte in partikulair materie (mediaanwaarden in  $\mu\text{g.g}^{-1}$  droog gewicht en in  $\mu\text{g.m}^{-3}$ ; n = aantal monsters) (lit.30).

Identifikatie	n	$\mu\text{g.g}^{-1}$ droog gewicht	PCB $\mu\text{g.m}^{-3}$
zuidelijke Bocht, april 1982	5	0,52	5,5
zuidelijke Bocht, mei 1982	7	1,28	6,1
zuidelijke Bocht, oktober 1982	5	0,15	-
zuidelijke Bocht, april 1983	1	0,49	23,9
Engels Kanaal, april 1982	2	0,69	6,5
Engels Kanaal, mei 1982	2	2,40	6,5
Engels Kanaal, oktober 1982	3	0,22	-
Engels Kanaal, mei 1983	1	0,09	4,8

TABEL 22

PCB residuen in zoöplankton (mediaanwaarden in  $\mu\text{g.g}^{-1}$  droog gewicht en vet gewicht; n = aantal monsters) (lit.31).

Identifikatie	n	$\mu\text{g.g}^{-1}$ droog gewicht	PCB $\mu\text{g.g}^{-1}$ vet gewicht
Oostende, juni 1982	1	1,20	6,7
West-Hinder, juli 1982	6	0,35	4,1
West-Hinder, september 1982	5	0,51	6,5
Belgische kust, juni 1983	2	0,86	1,71
zuidelijke Bocht, september 1983	5	1,84	9,43
Engels Kanaal, april 1982	3	0,09	24
noordelijke Noordzee, september 1983	11	0,36	1,82

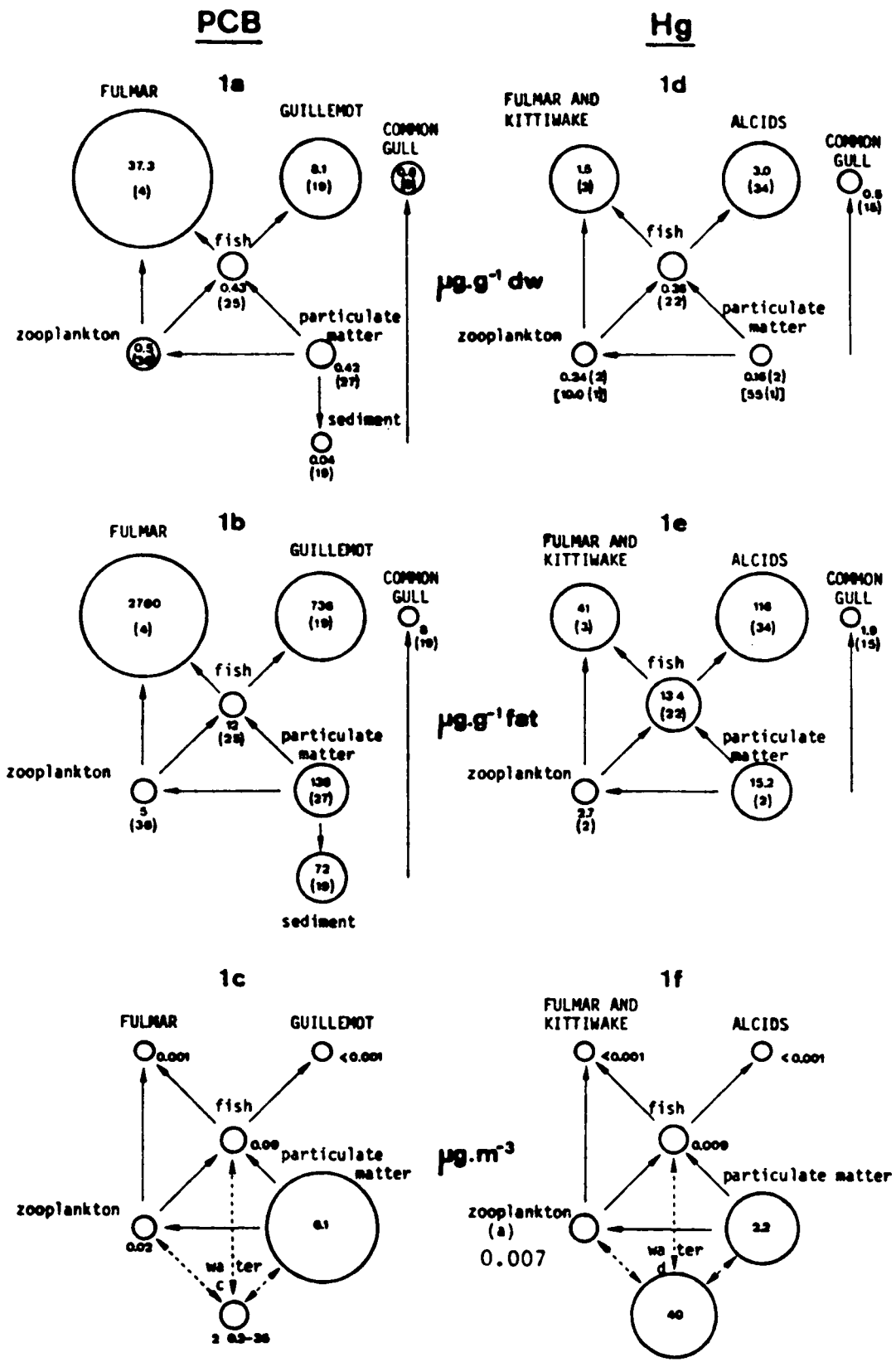


Fig.19 Biologische aanrijking van PCB's (1a, b, c) en kwik (1d, e, f) via de trofische keten van de Noordzee. Kontaminatieniveaus zijn voorgesteld door cirkels: 1a, d:  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  droog gewicht; 1b, e:  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  vet gewicht; 1c, f:  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Voor zeevogels en vis wordt het kontaminatieniveau van spierweefsel beschouwd (lit.31).



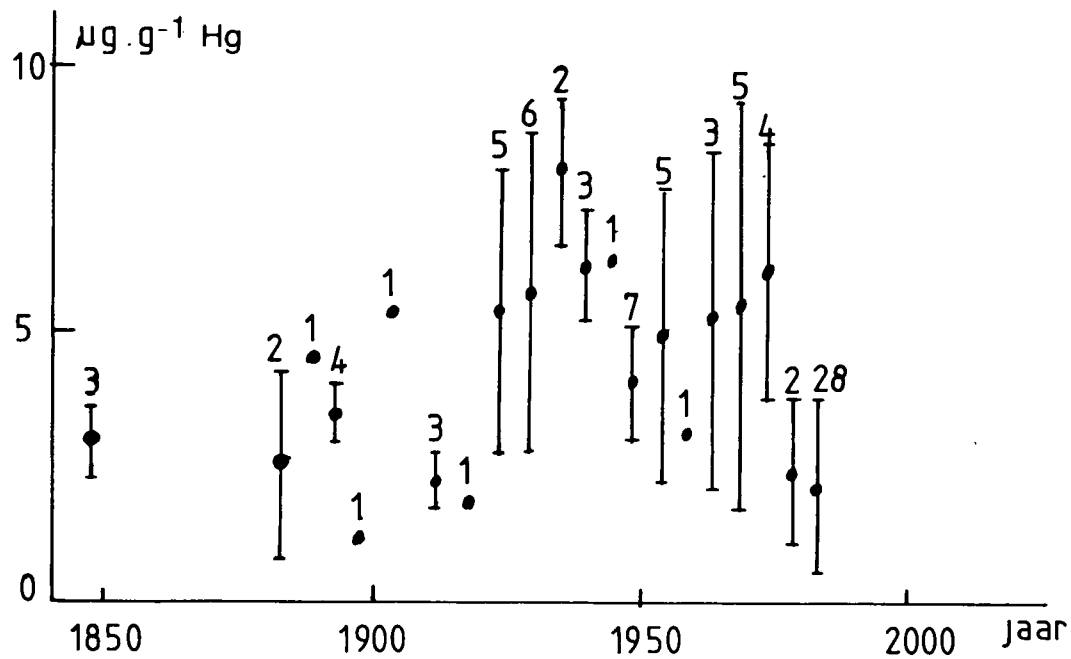


Fig.20 Evolutie in de kwikverontreiniging van 1845 tot 1983 zoals weerspiegeld in de veren van zeekoeten (Uria aalge) (gemiddelde, standaardafwijking, aantal monsters) (lit.31).

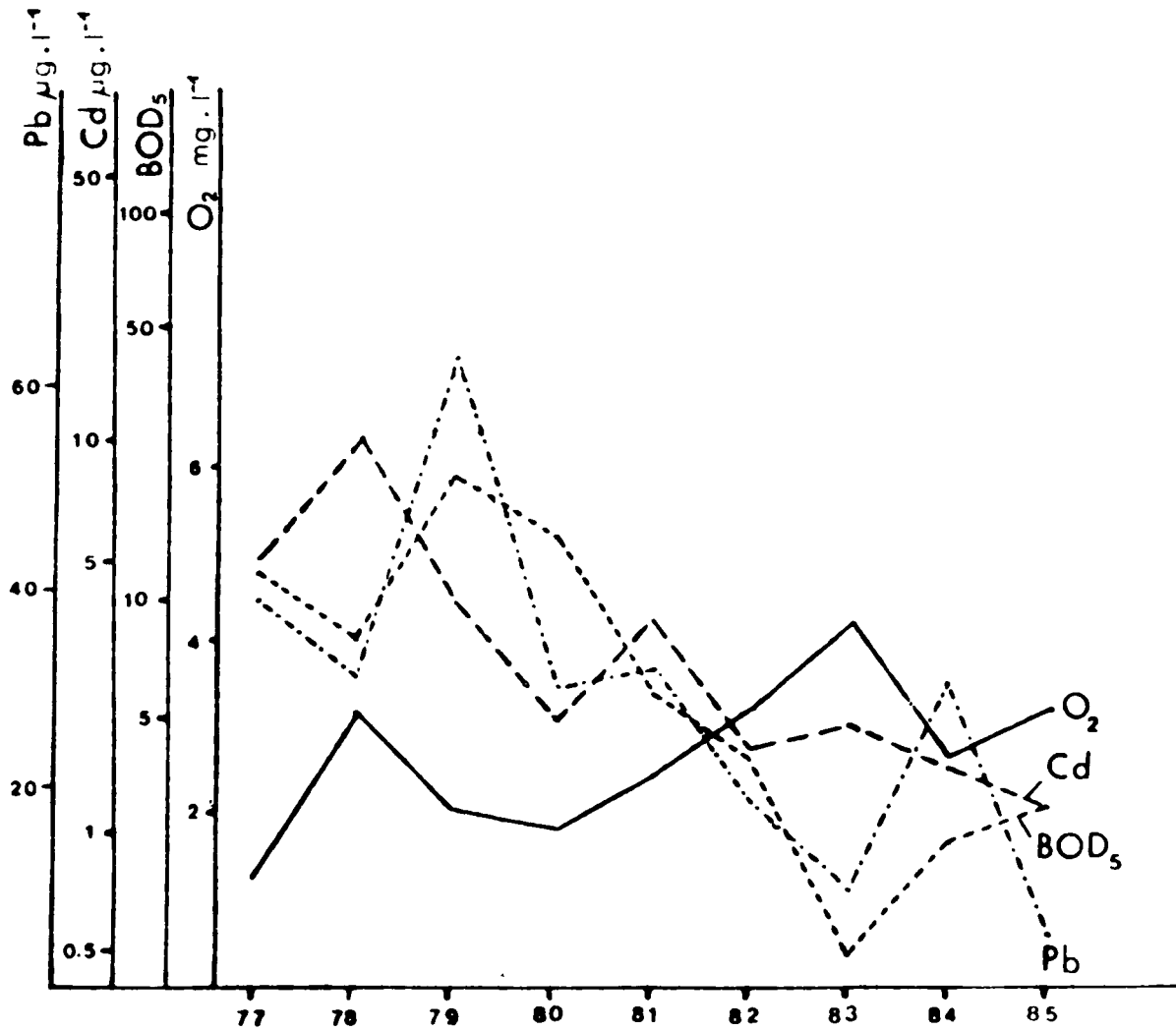


Fig.21 Fluktuaties van de Pb, Cd, BOD<sub>5</sub> en O<sub>2</sub> gehalten in de Schelde te Doel (lit.36).

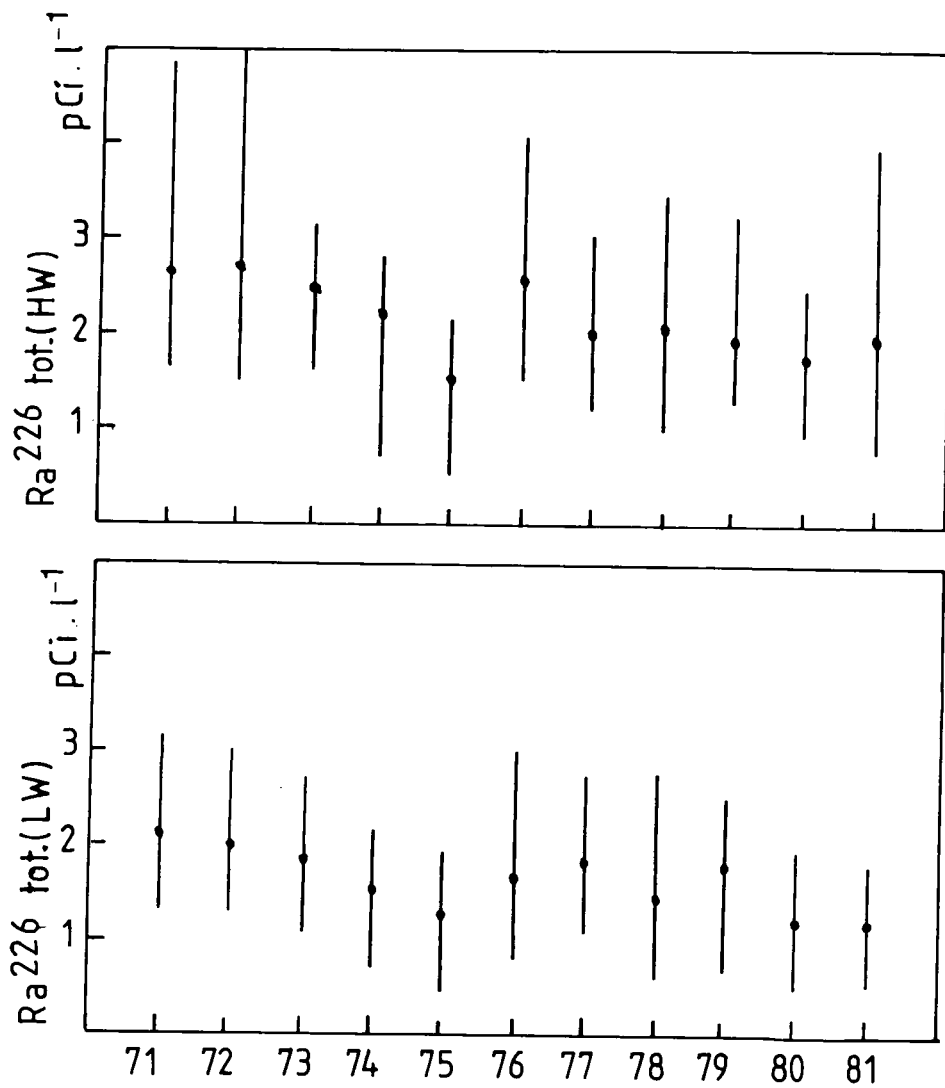


Fig.22 Fluctuaties van het totaal (opgelost + partikulair) <sup>226</sup>Ra - gehalte in de tijd in Scheldewater te Liefkenshoek bij hoog en bij laag tij.  
 (•: gemiddelde; |: spreiding) (lit.5).

19117

Instituut voor Zeevruchtencultuur en onderzoek

Instituut :

Prinsen

8401 Bredene - Belgium - Tel. 059780 37 15