

DE WATERKWALITEIT VAN DE ZEESCHELDE: EVOLUTIE IN DE VOORBIJE DERTIG JAAR

S. VAN DAMME¹,
P. MEIRE²,
H. MAECKELBERGHE³,
M. VERDIEVEL³,
L. BOURGOING³,
E. TAVERNIERS⁴,
T. YSEBAERT²,
G. WATTEL⁵

THE WATER QUALITY OF THE ZEESCHELDE: EVOLUTION IN THE PAST 30 YEARS

As the river Scheldt has since many years a notorious reputation of being a heavily polluted river, much attention has been paid to the follow up of its waterquality. However, many institutions have been involved in monitoring waterquality parameters which results in many different datasets. For this study nearly all existing sets of data concerning the basic waterquality parameters of the Zeeschelde have been compiled in a single database. By examining the basic waterquality parameters we tried to find out whether an evolution in time of the waterquality is apparent along the Zeeschelde (the Belgian part of the Scheldt estuary, characterised by a brackish and freshwater tidal zone). We also defined the variations of these parameters as good as possible. This study indicates that the tidal variation, in the brackish part, of chloride and dissolved oxygen is very high. Tidal variations of nitrogen components and orthophosphate are also elevated, but those of temperature and pH are neglectable. The seasonal pattern of chloride becomes less pronounced towards the freshwater part, while that of oxygen and orthophosphate remains constant along the longitudinal gradient. The seasonal pattern of

ammonium in the brackish part is the reverse of that in the freshwater part, confirming that oxygen is more deficient in the freshwater part. BOD and nitrate show less variance towards the brackish part. A lateral gradient of chloride has been demonstrated in the brackish part. Much of the variation of the parameters is nevertheless, especially in the freshwater part of the Zeeschelde, due to the poor consistency of the different datasets. Some propositions for improvement are presented. However, an evolution of the waterquality can be seen. The longitudinal profile of the Zeeschelde shows a depression of oxygen, which is slowly disappearing. Combined with an overall increase in oxygen and decrease of BOD, ammonium progressively transforms to nitrate. Moreover, the diminishing depression of oxygen is shifting towards the river Rupel which carries the still unpurified wastewater of Brussels, indicating that the efforts of other cities in purifying wastewater are paying off. Although waterquality is shown to have improved during the past ten years, this improvement is not sufficient when compared with government standards.

INLEIDING

De problematiek van de waterkwaliteit van het Schelde-estuarium is al sinds lange tijd een actueel thema. De reputatie van de Schelde als zwaar vervuilde rivier is daar onafgebroken mee verbonden. Nochtans werd pas vrij laat aandacht besteed aan het opvolgen van waterkwaliteitsparameters. Door Belgische overheidsinstanties werd pas in 1971, in het kader van de Baalhoek Commissie, door de toenmalige Antwerpse Zeediensten (A.Z.), begonnen met het opvolgen van fysico-chemische parameters die de waterkwaliteit bepalen. Voordien werd naast enkele incidentele metingen één coherente meetset uitgebouwd, nl. door De Pauw (1975). De metingen van A.Z. duurden tot in 1986. Toen

werden de metingen deels verder gezet door het Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie (I.H.E.), dat sinds 1976-1977 begonnen was op diverse andere punten metingen uit te voeren. Het meetprogramma van het I.H.E. kende een einde in 1991. De monitoring werd sinds 1986 aangevuld en vanaf 1991 overgenomen door de Vlaamse Milieumaatschappij (V.M.M.) die tot op heden nog steeds de waterkwaliteit van de Schelde volgt. Voor wetenschappelijke doeleinden zijn deze metingen sporadisch aangevuld met andere meetprogramma's waarvan de longitudinale profielen van 1975 t.e.m. 1978, en van 1982 en 1983, uitgevoerd onder leiding van Prof. Dr. Wollast van de Université Libre de Bruxelles (U.L.B.) (Billen et al., 1985), de belangrijkste set uitmaakt.

Vanaf het begin van de jaren '70 volgen studies die in verband staan met de historische of de evolutie van waterkwaliteitsparameters, elkaar steeds regelmatig op. In 1971 verscheen een evaluatie van de toen verslechterende zuurstofhuishouding van de Westerschelde (Roovers, 1971). In 1979 (V.I.B.N.A., 1979) en ook later (Goethals, 1988; Goethals, 1991) bracht de Vereniging van de Industriële Bedrijven van Noord Antwerpen (V.I.B.N.A.) de investeringen van haar bedrijven inzake waterzuivering in verband met de evolutie van de kwaliteit van het Scheldewater. Somville & De Pauw (1982) toonden een duidelijke relatie aan tussen het verloop van zuurstof en minerale stikstof enerzijds en hydrodynamische (debiet) en omgevingsparameters (temperatuur) anderzijds. Billen et al.

1: Universiteit Gent, Faculteit Landbouw en Toegepaste Biologische Wetenschappen, Vakgroep Toegepaste Analytische en Fysische Chemie
2: Instituut voor Natuurbehoud

3: Vlaamse Milieumaatschappij, Bestuur Meetnetten en Onderzoek, Dienst Water
4: Administratie Waterwegen en Zeewezzen, Afdeling Maritieme Schelde

5: Rijksinstituut voor Kust en Zee, Hoofdafdeling Advies en Beleid

Tabel 1: Voorstelling van de verschillende databronnen.

Bron	Jaar	Monsterpunten (km t.o.v. Vlissingen)	Monstername		Meetfrequentie (f) per parameter*													
			t°	pH	Cl	O2	BZV	CZV	NO3	NO2	NH4	Kj-N	PO4	t-P	Spm	chl a		
A.M.S.	1972 - 1986	57; 65,5; 78; 83	B**	V***	V	V	V	V	V		V	V	V	V	V			
		158	B	IV	IV	IV	IV	IV			IV	IV	IV	IV	IV			
	1972 - 1973	73,5	B	V	V	V	V	V			V	V	V	V				
	1976	87,5	B	V	V	V	V	V			V	V	V	V				
Gillard	1946 - 1948	157	O	V	II-III	II-III	I											
I.H.E.	1986 - 1990	54,5	O	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	
	1976 - 1985	55	O	II	II	II	II	II	II	II	II	II	I-II	II	I-II	II	I-II	
	1985 - 1991	57	B	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	
	1987 - 1991	57,5	O	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	
	1976 - 1983	87,5; 85,5; 115; 128	O	II	II	II	II	II	II	II	II	II	I	II	I	I		
	1980 - 1981	85; 88; 92; 108,5; 121,5; 133; 140; 144; 147	O	I	I		I		I	I	I	I		I				
	1984 - 1991	85; 121,5	O	II	II	II	II	II	II	II	I-II	II	II	II	II	I	I-II	
	1977 - 1978	92; 121,5; 140; 147	O	II	II	II	II	II	II	II	I	II				I		
	1977 - 1991	153	O	II	II	II	II	II	II	II	II	II	I-II	II	I-II	I	I-II	
	Leloup & Konietzko	1952	62,5; 63	O		T												
1953		61,5		T	T	T	T											
Massart	1904	62,5			I													
R.I.K.Z.	1964 - 1970	57	B	V	V	V	V	V				V						
	1971 - 1981	57	B	V	V	V	V	V			V	V	V	V	III-V			
	1982 - 1994	57	B	V	V	V	V	V	I		V	V	V	V	V	V	V	
Van Meel	1940	62,5	O			II												
	1951	63		T	T	T	T			T	T		T	T				
	1957	63		T	T	T												
V.M.M.	1989 - 1993	57,5; 65,5; 78; 87,5; 101; 111; 121,5; 130; 147; 153	O	II	II	II	II		II	II	II	II		II	II			
	1995	62,5; 63	O			M				M	M		M		M	M		
U.L.B.	1975 - 1978	57,5; 59,5; 61,5; 64,5; 66,5;	B	II	II	II	II				II	II	II					
		68,5; 71,5; 73,5; 76,5;																
		79; 81; 83; 85; 87,5; 89,5; 92; 94;		II	II	II	II				II	II	II					
		97,5; 100,5; 103,5;		II	II	II	II				II	II	II					
	108,5; 115; 119; 121,5		II	II	II	II				II	II	II						
	1982 - 1983	57,5; 59,5; 61,5; 64,5; 66,5; 68,5;	B	II		II	II				II		II					
	71,5; 73,5; 76,5;																	
79; 81; 83; 85; 87,5; 89,5; 92;		II		II	II					II		II						
94; 97,5; 100,5; 103,5;																		
108,5; 115; 119; 121,5		II		II	II					II		II						

* : t° = temperatuur; Cl = chloride; O2 = zuurstof; BZV = biochemische zuurstofvraag (5 dagen); CZV = chemische zuurstofvraag; NO3 = nitraat; NO2 = nitriet; NH4 = ammonium; Kj-N = Kjeldahl-stikstof; PO4 = orthofosfaat; t-P = totaal fosfaat; Spm = zwevende stof; chl a = chlorofyl a

** : B = monstername uitgevoerd vanop een boot; O = monstername uitgevoerd vanop de oever

*** : I = f < 4 dagen per jaar; II = 4(f < 12 dagen per jaar; III = 12(f < 20 dagen per jaar; IV = III maar met verschillende herhalingen per dag; V = f > 20 dagen per jaar; T = getijcyclus; M = meetcampagne van verschillende dagen met 1 of meer metingen per dag

Tabel 2: Kenmerken en gemiddelde waarden van basiskwaliteitsparameters van de verzamelde getijcycli met minstens 1 bepaling per uur en per parameter.

Bron	Datum	Lokatie	Km	Temp (°C)	pH	Cl- (mg/l)	Basiskwaliteitsparameters			Kj-N (mg/l)	PO ₄ ³⁻ (mg/l)
							O ₂ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)		
Van Meel	03/10/51	Liefkenshoek	63	14,9	7,52	1145	4,22	2,96		0,115	
Leloup & Konietzko	19/01/53	Doel	61,5	1,6	7,34	2946	5,25				
Leloup & Konietzko	23/04/53	Doel	61,5	11,4	7,36	6346	3,89				
Leloup & Konietzko	30/07/53	Doel	61,5	19,4	7,45	7529	4,66				
Leloup & Konietzko	15/10/53	Doel	61,5	14,9	7,34	5203	4,13				
N.I.O.O.-C.E.M.O.	04/05/93	Boerenschans	66,5	31,04	7,25	5655	1,63	9,18	3,01		0,460
N.I.O.O.-C.E.M.O.	28/04/94	Boerenschans	66,5	21,69		1845	2,85	8,30	2,12		0,253

(1985) schetsten de stikstofbalans van het Scheldebekken en wezen op de grote efficiëntie van denitrificatie, een natuurlijk proces waardoor een aanzienlijk deel van de stikstofvrucht uit het systeem verwijderd wordt. De Brabander & De Greeve (1988) onderstreepten het belang van het volgen van de evolutie van de waterkwaliteit in het ganse rivierbekken, als basis voor het voeren van een coherent beleid. Ten slotte gaven Van Eck et al. (1991), aangevuld door Klap & Heip (1991), het meest recente en volledige overzicht van emissies, concentraties, gedrag en effecten van verontreinigingen en microverontreinigingen in het bekken en het estuarium van de Schelde.

Uit al deze studies blijkt dat de Schelde nog steeds een vervuilde rivier is, ondanks het feit dat na de periode van extreme verontreiniging in de jaren '70-'80 een verbetering is vastgesteld. Een tweede vaststelling is dat reeds vele metingen in de Zeeschelde zijn verricht, maar dat de verschillende datasets geen coherent geheel vormen. Dit staat in schril contrast met b.v. de homogene dataset van het Rijksinstituut voor Kust en Zee te Middelburg, Nederland (R.I.K.Z.) van het meetpunt aan de Belgisch-Nederlandse grens, waarbij standvastig sinds 1964 tot op heden om de veertien dagen bepalingen zijn uitgevoerd, als onderdeel van hun meetnet in de Westerschelde. Bovendien is gebleken dat de verschillende datasets nog niet integraal zijn samengebracht tot één enkel bestand. De doelstelling van de huidige studie was dan ook alle data met betrekking tot de Zeeschelde te compileren en de trends in enkele basiswaterkwaliteitsparameters te beschrijven. In dit artikel wordt eerst ingegaan op de variabiliteit van de verschillende parameters i.f.v. het getij, het seizoen, en de laterale gradiënt binnen de Zeeschelde. Vervolgens worden de longitudinale en temporele trends gezamenlijk besproken. Gegevens over zware metalen en organische micropolluerende stoffen worden in dit artikel niet besproken; hiervoor wordt o.a. verwezen naar Goethals (1991), Van Eck et al. (1991), Klap & Heip (1991), Lefèvre (1992), Leermakers et al. (1993), Monteny et al. (1993), Van Zoest et al. (1993) en Zwolsman et al. (1993).

MATERIAAL EN METHODE

Studiegebied

Het stroomgebied van de Schelde is zo'n 21.000 km² groot. Aan de Schelde is een zeer groot estuarium systeem verbonden. Het Schelde-estuarium bestaat uit de Westerschelde, het deel van het estuarium gelegen op Nederlands grondgebied tussen de monding (lijn Vlissingen - Breskens) en de Belgisch - Nederlandse grens en de Zeeschelde die zich uitstrekt tussen de Belgisch - Nederlandse grens en Gent. De belangrijkste zijrivieren van de Zeeschelde zijn de Dender, de Rupel en de Durme. De laatste twee zijn eveneens aan het getij onderhevig. Het totale Schelde-estuarium heeft een lengte van zo'n 160 km waardoor het één van de grootste van Europa is. Het omvat bovendien een volledige gradiënt, van een zout- over een brak- naar een zoetwatergetijdengebied. Ook dit is op Europese schaal vrij zeldzaam. Voor een gedetailleerde fysische en ecologische beschrijving van het Schelde-estuarium wordt verwezen naar Heip (1988, 1989), Hummel et al. (1988) en Meire et al. (1992).

Datacompilatie

Bijna alle beschikbare ruwe data van de Zeeschelde zijn samengebracht in een uitgebreid geïnformatiseerd databestand. De parameters die behandeld worden zijn temperatuur, zuurtegraad (pH), chloride, opgeloste zuurstof, biologische zuurstofvraag (BZV), chemische zuurstofvraag (CZV), nitraat, ammonium, Kjeldahl-stikstof, orthofosfaat, zwevende stoffen, en chlorofyl a. De dataset omvat:

- 1) de meetgegevens van overheidsinstellingen: het Rijksinstituut voor Kust en Zee te Middelburg, Nederland (R.W.S.-R.I.K.Z.), de Administratie Waterwegen en Zeewegen, Afdeling Maritieme Schelde (A.M.S.), de Vlaamse Milieumaatschappij (V.M.M.), en het Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie (I.H.E.)
- 2) data van specifieke onderzoeksprojecten door universiteiten of andere wetenschappelijke instellingen: de Universiteit Gent (Gillard, 1950), het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen (Leloup & Konietzko, 1956; Van Meel, 1958), en de Université Libre de Bruxelles (Billen et al., 1985).

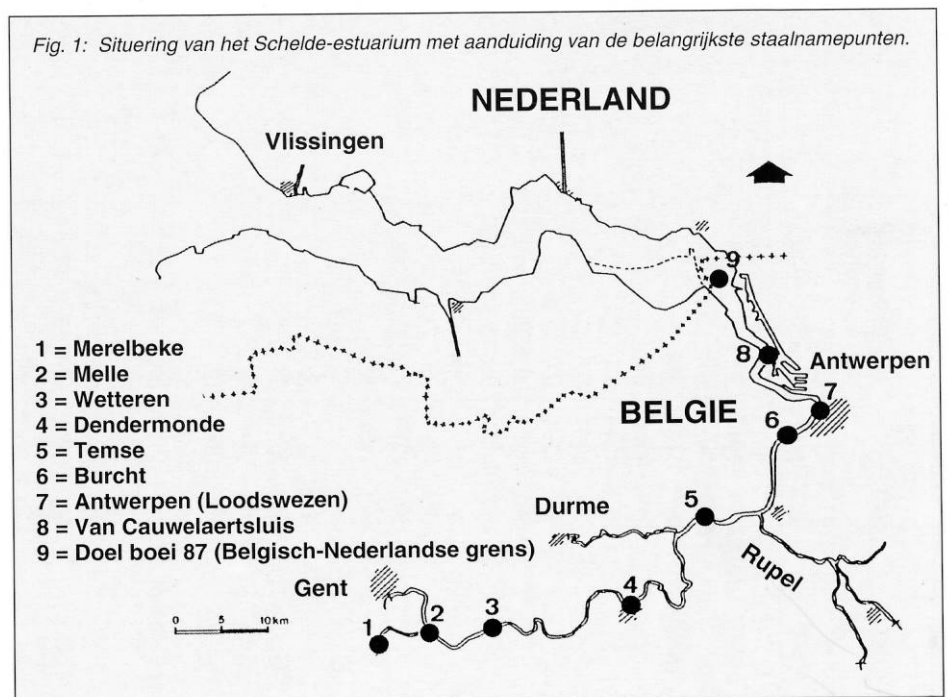


Fig. 2: Variatiecoëfficiënten van temperatuur, pH, chloride- en zuurstofconcentraties over een volledige getijcyclus.

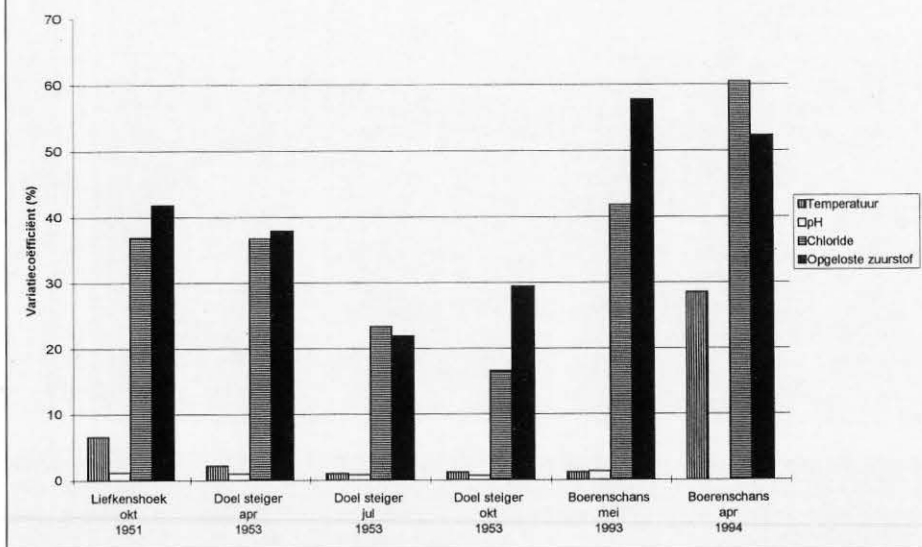
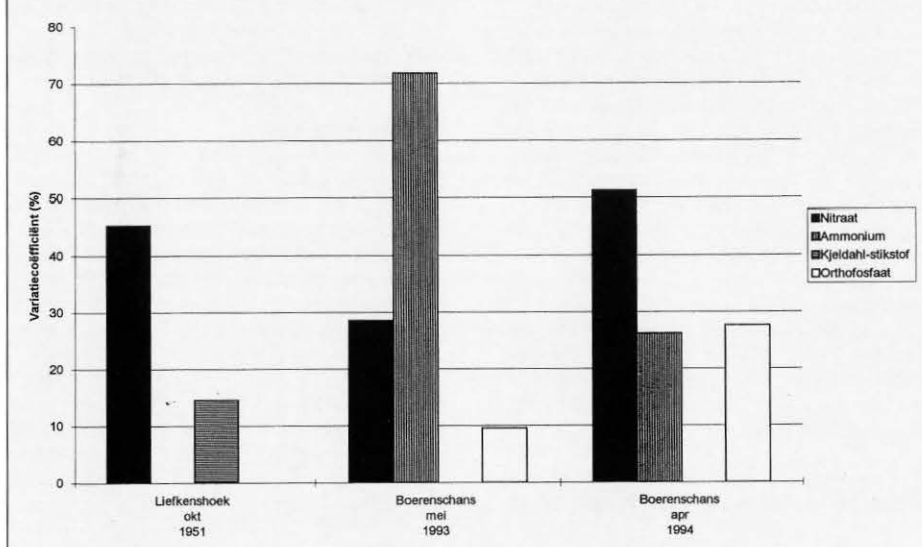


Fig. 3: Variatiecoëfficiënten van nitraat-, ammonium-, Kjeldahl-stikstof- en orthofosfaatconcentraties over een volledige getijcyclus.



Tabel 3: Normen voor de behandelde waterkwaliteitsparameters (VLAREM-Titel II: Besluit van de Vlaamse Regering houdende algemene en sectorale bepalingen inzake milieuhygiëne, Bijlage 2.3.1.)

Parameter	Norm
Temperatuur	A $\leq 25+3^{\circ}\text{C}$
Zuurtegraad pH	A $6,5 \leq \text{pH} \leq 8,5$
Opgeloste zuurstof	A $\geq 5 \text{ mg/l}$
BZV	A $\leq 6 \text{ mg/l}$
CZV	A $< 30 \text{ mg/l}$
Nitraat + nitriet	A $\leq 10 \text{ mg/l (N)}$
Ammonium	G $< 1 \text{ mg/l (N)}$
Kjeldahl-stikstof	A $< 5 \text{ mg/l (N)}$
Orthofosfaat (stromend water)	A $< 6 \text{ mg/l (N)}$
Zwevende stoffen	A $< 0,3 \text{ mg/l (P)}$
Chlorofyl a	A $< 50 \text{ mg/l}$
	G $< 100 \mu\text{g/l}$

A: absolute norm, G: gemiddelde norm

Belangrijke datasets die voor deze publicatie niet tijdig verstrekt konden worden zijn de data van De Pauw (1975) en de data van het Nederlands Instituut voor Oecologisch Onderzoek, Centrum voor Estuarien en marien Onderzoek, te Yerseke, Nederland (N.I.O.O.-C.E.M.O.). Wel werden van De Pauw de enkelvoudige gegevens weerhouden die vermeld staan in De Pauw (1975). Gegevens uit 1904 van Massart (Van Meel, 1984) werden eveneens in het bestand opgenomen.

Waar de vorige datasets hoofdzakelijk tijdseries van vaste monsterpunten omvatten konden de studies uitgevoerd door Leloup & Konietzko (1956) en Van Meel (1958) en twee 24-uursmetingen van het C.E.M.O. gebruikt worden om de variatie in functie van het getij te onderzoeken.

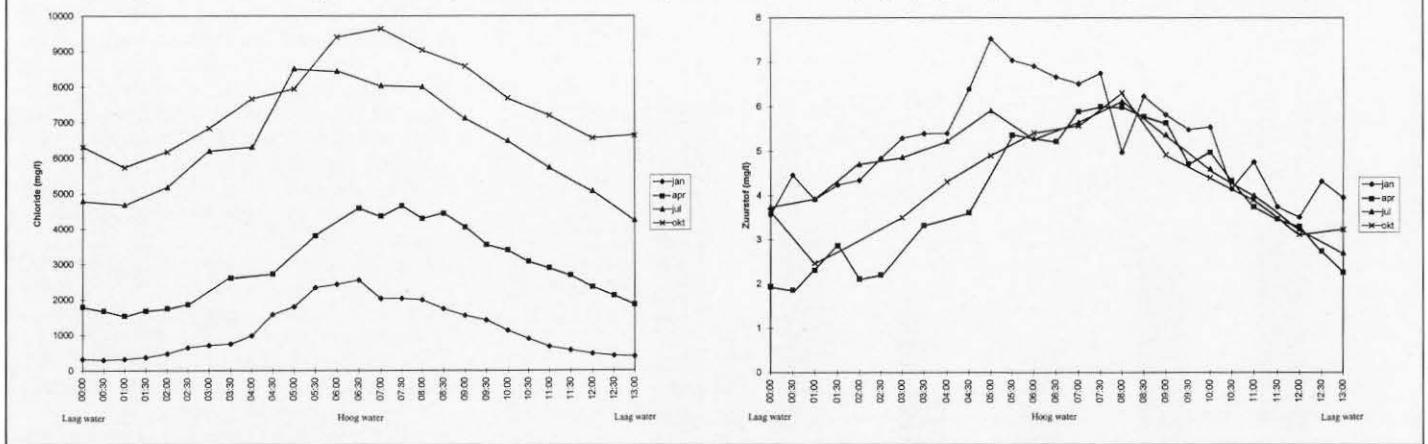
In tabel 1 wordt samengevat welke parameters en welke monsterpunten elke dataset beslaat, alsook welke meetfrequentie doorgevoerd is toegepast. In tabel 2 worden de verschillende getijcycli voorgesteld. Enkele belangrijke monsterplaatsen zijn in kaart gebracht in fig. 1. In de grafieken worden de staalnamepunten aangegeven als de afstand (in km) tot de monding (Vlissingen). Enkele afstanden zijn: Gent 160 km; Dendermonde 121,5 km; Rupelmonding 90 km; Burcht 83 km; Antwerpen Loodswezen 78 km.

Verwerking

In totaal bevat de dataset 5151 staalnames. De data werden opgeslagen in een databestand en de statistische analyses werden uitgevoerd met het statistische verwerkingsprogramma SYSTAT (Wilkinson, 1990). Voor de verwerking en de presentatie van de gegevens werd voor elke parameter gebruikt gemaakt van de gemiddelde waarde van die parameter over de verschillende staalnames. Afhankelijk van de doelstellingen werden verschillende gemiddelden berekend. Alle gemiddelden zijn ongewogen gemiddelden, ofwel jaargemiddelden, ofwel gemiddelden over een periode van 5 jaar, ofwel gemiddelden over alle jaren samen. Om de seizoensvariatie te bepalen werd per staalnamepunt het gemiddelde gemaakt van alle data per seizoen. Wintergemiddelden omvatten de maanden december, januari en februari. Zomergemiddelden omvatten de maanden juni, juli en augustus. De verschillen tussen zomer- en wintergemiddelden langsheen de longitudinale gradiënt werden per staalnamepunt berekend als het verschil tussen de gemiddelden van de zomers en winters van alle staalnames over alle jaren heen.

De longitudinale trendlijnen zijn gecreëerd via 'LOWESS smoothing', tensie 0,5 (Cleveland, 1981). Deze techniek wordt veel gebruikt in tijdserieanalyses. Extreme waarden hebben bij deze methode weinig invloed op de trend. Deze trendlijnen werden per vijfjaarsperiode berekend en in figuren weergegeven. Bovendien werden per staalnamepunt de jaargemiddelden berekend en uitgezet. In deze publicatie worden deze enkel voor het punt Doel, boei 87 weergegeven. Bij de bespreking van de longitudinale en temporele trends worden voor verschillende punten de resultaten van deze analyses eveneens gesitueerd. De desbe-

Fig. 4: Verloop van a) chloride- en b) zuurstofconcentraties gedurende een volledige getijdencyclus (data van Leloup & Konietzko, 1956).



treffende grafieken konden wegens plaatsgebrek niet opgenomen worden. Enkel getijdencycli met minstens 1 waarneming per uur werden gebruikt voor het onderzoek naar de getijvariatie. Hierbij dient vermeld te worden dat langsheen de Schelde verschillende vaste opstellingen staan die continu chloride, temperatuur, en turbiditeit registreren. Deze metingen gebeuren op -1,5 m TAW, terwijl de waterkwaliteitsmetingen die in het bestand zijn opgenomen aan het wateroppervlak zijn uitgevoerd. De reden waarom deze resultaten hier niet behandeld worden is omdat ze niet toelaten de getijvariatie van chloride of temperatuur in verband te stellen met de getijvariatie van andere basiskwaliteitsparameters. Voor het vooropgestelde doel zijn enkel getijdencycli waarbij meerdere parameters simultaan zijn bepaald, van belang.

RESULTATEN

1. Getij- en seizoenvariatie

De verschillende waterkwaliteitsparameters zijn zeer variabel zowel in ruimte als in tijd. In een zeer dynamisch systeem als het Schelde-estuarium, met een zeer uitgesproken getijdebeweging, kan verwacht worden dat deze variatie nog groter is dan in andere minder dynamische systemen. In dit eerste deel worden de beschikbare gegevens geanalyseerd m.b.t. de variabiliteit per staalnamepunt i.f.v. het getij en het seizoen. Vervolgens wordt nagegaan indien er een laterale variatie bestaat tussen de linker- en rechteroever.

Getijvariatie

Om de variaties te wijten aan getijwerking te quantificeren zijn de beschikbare getijdencycli op een rij gezet. Dergelijke volledige getijdencycli waarin verschillende waterkwaliteitsparameters simultaan zijn geregistreerd, zijn schaars. In totaal werden 7 getijdencycli verzameld, alle afkomstig uit de brakke zone van het estuarium. Deze worden voorgesteld in tabel 2. De variatiecoëfficiënten van de basiskwaliteitsparameters over een volledige getijdencyclus zijn weergegeven in fig. 2 en fig. 3. Fig. 4 bevat de puntwaarnemingen van enkele getijdencycli.

De pH vertoont praktisch geen variatie, die van temperatuur is heel gering (gemiddelde variatiecoëfficiënt = 7,5%). Beide vertonen geen tidaal patroon.

De variatiecoëfficiënt van chloride varieert tussen 16 en 65%. Zeer hoge variaties, zoals gemeten te Doel in januari 1953, zijn geen uitzondering. Te Boerenschans in april 1994 wordt eveneens dergelijke hoge variatie bereikt. De getijvariatie van chloride kan dus zeer hoog genoemd worden, althans in deze zone van het estuarium. De waarden van chloride van de getijdencycli van Doel (Leloup & Konietzko, 1956) zijn weergegeven in fig. 4a. Het chloridegehalte neemt toe bij vloed en neemt af bij eb. Dit patroon is identiek voor de cycli te Liefkenshoek en te Boerenschans.

De variatiecoëfficiënt van zuurstof (fig. 2) is in 4 van de 7 gevallen groter dan die van chloride. Zuurstof volgt voor alle cycli hetzelfde patroon als chloride. De waarden voor de cycli van Leloup & Konietzko zijn weergegeven in fig. 4b.

De getijvariatie van nitraat en ammonium is aanzienlijk en soms zelfs groter dan de va-

riatie van chloride (fig. 3). Nitraat volgt hetzelfde patroon als zuurstof en chloride. Ammonium en orthofosfaat daarentegen zijn het hoogst bij laag water en vertonen een minimum bij hoog water. Kjeldahl-stikstof werd enkel door Van Meel geregistreerd, en vertoont in die cyclus geen patroon. De variatiecoëfficiënt van Kjeldahl-stikstof is dan ook gering. De variatie van orthofosfaat is eveneens gering. Van de overige parameters zijn geen gegevens beschikbaar over getijvariatie.

Seizoensvariatie

Seizoenspatronen van verschillende parameters zijn te wijten aan een wisselende rivierafvoer enerzijds en aan een temperatuurvariatie met eraan gekoppeld de activering of intensivering van microbiële processen anderzijds. In deze paragraaf worden de seizoenale verschillen, en niet zozeer de absolute waarden zelf, geanalyseerd. In de figuren 5 t.e.m. 10 zijn de verschillen tussen winter- en zomergemiddelden van verschillende parameters over alle jaren samen uitgezet voor de verschillende staalnamepunten. Deze figuren omvatten dus alle datasets samen.

Fig. 5: Verschil tussen zomer- en wintergemiddelden van temperatuur langsheen de longitudinale gradiënt van de Zeeschelde.

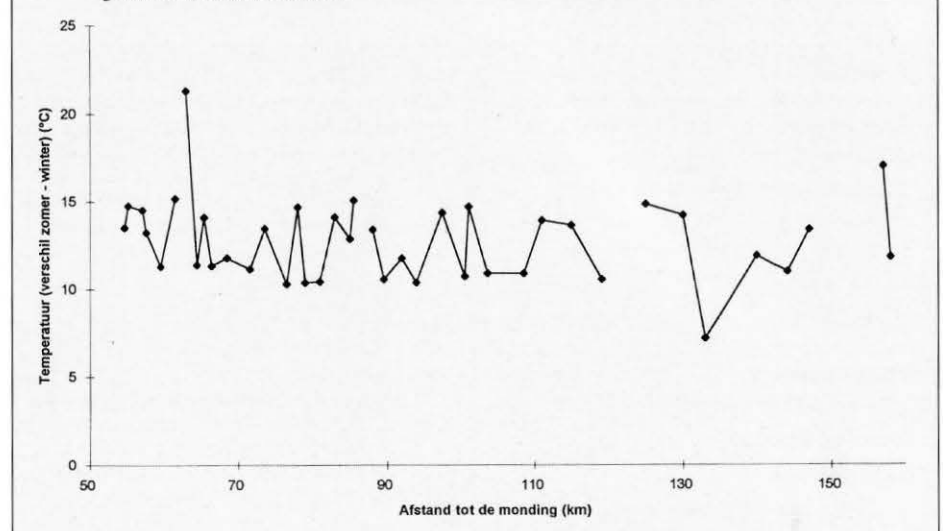


Fig. 6: Verschil tussen zomer- en wintergemiddelden van chlorideconcentraties langsheen de longitudinale gradiënt van de Zeeschelde.

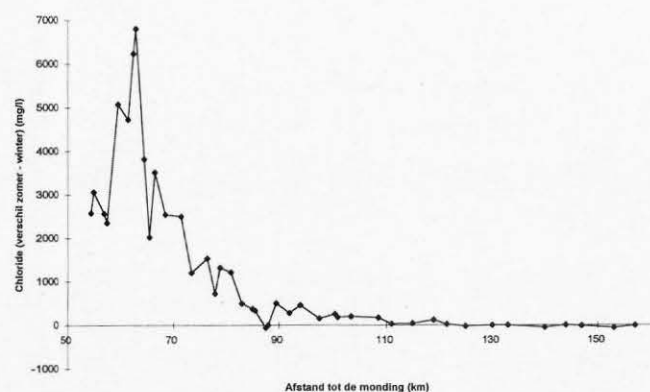
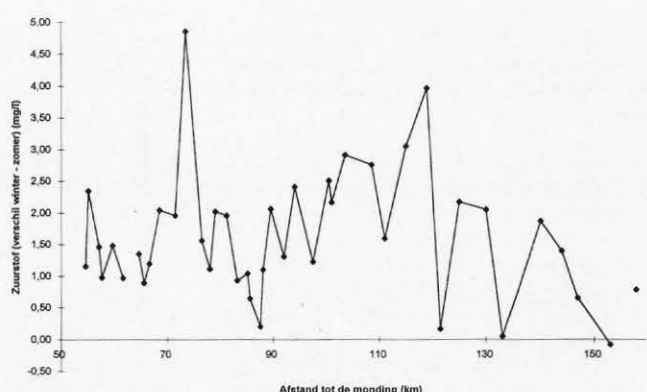


Fig. 7: Verschil tussen winter- en zomergemiddelden van zuurstofconcentraties langsheen de longitudinale gradiënt van de Zeeschelde.



De temperatuur vertoont maxima tijdens de zomer en minima tijdens de winter. Het verschil tussen zomer- en wintertemperatuur schommelt langsheen de longitudinale gradiënt voornamelijk tussen 10 en 15 °C (fig. 5). Er zijn geen indicaties dat het temperatuurverschil tussen winter en zomer een longitudinale gradiënt vertoont. Voor de pH is geen duidelijke seizoendifferentiatie waar te nemen.

Het chloridegehalte in het brakke deel vertoont een grote seizoensvariatie. Dit wordt geïllustreerd door de 4 getijcycli van Leloup & Konietzko (fig. 4). De getijgemiddelde chloriniteit varieert er van 1,145 g/l in januari tot 7,529 g/l in oktober. De seizoensvariatie is het meest uitgesproken in het brakke deel en vermindert naar het zoete deel toe. Stroomopwaarts Dendermonde (km 121) vertoont chloride geen seizoendifferentiatie meer (fig. 6).

De zuurstofconcentratie is groter tijdens de winter dan tijdens de zomer. Het verschil tussen winter- en zomergemiddelde is variabel. Het verschil is meestal 1 à 2 mg/l en vertoont geen duidelijk verschil langsheen de Zeeschelde (fig. 7).

Een heel lichte seizoendifferentiatie is vast te stellen voor BZV, met maxima tijdens de winter en minima tijdens de zomer (fig. 8). Deze differentiatie is over de hele longitudinale gradiënt vast te stellen met dikwijls grotere verschillen in het zoete deel. Voor CZV is deze differentiatie veel minder duidelijk.

De nitraatconcentratie is hoger in de winter dan in de zomer (fig. 9). De seizoendifferentiatie verzwakt naar het zoete deel toe. Het verschil tussen winter- en zomergemiddelden van ammonium vertoont over de longitudinale gradiënt een specifieke trend (fig. 9). In tegenstelling tot nitraat vertoont ammonium in het zoete deel hogere waarden tijdens de zomer. Deze differentiatie verkleint naar het brakke deel toe. Ter hoogte van Antwerpen is seizoendifferentiatie niet zo duidelijk. Stroomafwaarts km 70 vertoont de ammoniumconcentratie steeds uitdrukkelijker een maximum tijdens

de winter. Kjeldahl-stikstof volgt het zelfde patroon van ammonium. Deze parameter is over het algemeen echter in veel mindere mate en op minder plaatsen geregistreerd zodat het parallelisme t.o.v. ammonium niet altijd even goed te zien is.

Orthofosfaat vertoont over het algemeen maxima tijdens de zomer en minima tijdens de winter. Over de longitudinale gradiënt schommelt het verschil tussen zomer en winter tussen 0 en 2 mg/l (fig. 10).

Zowel tijdens de lente, de herfst of de zomer komen pieken voor van chlorofyl a. In het zoete deel komt het zelfs voor dat wintergemiddelden hoger zijn dan zomergemiddelden.

De seizoendifferentiatie langsheen de longitudinale gradiënt, hierboven beschreven voor de verschillende parameters, wordt in fig. 11 - 16 weergegeven voor het punt Doel boei 87 (km 57), gelegen ter hoogte van de Belgisch-Nederlandse grens. Dit staalnamepunt in de brakke zone van het estuarium omvat de meest volledige dataset van de Zeeschelde. De data in deze set zijn afkomstig van het R.I.K.Z., de A.M.S. en het I.H.E. De metingen van de V.M.M. ter hoogte van de grens zijn niet helemaal op dezelfde plaats uitgevoerd, nl. aan de Zandvlietsluis vanop de oever en werden derhalve niet samen met de gegevens van boei 87 verwerkt. Hieruit blijkt enerzijds de grote variabiliteit tussen de seizoenen onderling en anderzijds dat voor sommige parameters de variatie afhankelijk is van de jaargemiddelden. Zo bv. zien we voor zuurstof duidelijk dat de seizoendifferentiatie meer uitgesproken is bij hogere gemiddelde concentraties.

Variatie linkeroever (LO) - rechteroever (RO)

Naast een getij- en een seizoensvariatie kunnen waterkwaliteitsparameters ook verschillen vertonen over de dwarssectie van de rivier. Dit is des te waarschijnlijker naarmate de rivier breder wordt. Daarom werd door de V.M.M. in samenwerking met Rijkswaterstaat in februari-maart 1995 een

meetcampagne uitgevoerd te Lillo (RO) en te Liefkenshoek (LO) waarbij 27 simultaan staalnames werden uitgevoerd. Voor de gemeten parameters die in deze publikatie behandeld worden (chloride, nitraat, Kjeldahl-stikstof, totaal fosfaat en zwevende stof) kon enkel voor chloride een significant verschil (Wilcoxon signed rank test, $Z=-2.03$, $N=27$, $p<0.05$) aangetoond worden. Voor het vaststellen van laterale variatie was de meetcampagne waarschijnlijk te beperkt. Tijdens de meetcampagne was de rivierafvoer door de hevige en aanhoudende regens uitzonderlijk zeer groot.

2. Longitudinale en temporele trends langsheen de Zeeschelde

De verschillende waterkwaliteitsparameters vertonen vaak een duidelijke gradiënt langsheen het estuarium. In deze paragraaf worden deze longitudinale trends gesitueerd en wordt eveneens nagegaan in hoeverre die in de voorbije jaren zijn veranderd. Hiertoe zijn in fig. 17 en 18 de seizoensgemiddelden voor temperatuur resp. chloride over alle jaren samen uitgezet per staalnamepunt. De figuren 19 t.e.m. 23 vertonen de longitudinale profielen en temporele trends van de belangrijkste basiskwaliteitsparameters. Per staalnamepunt werden de vijfjaarsgemiddelden uitgezet. Deze bevatten data uit alle datasets.

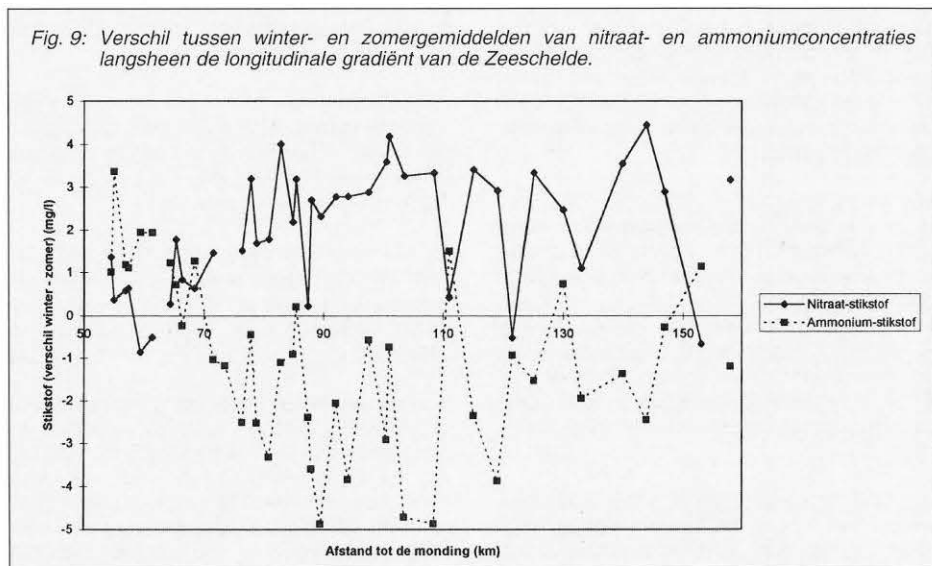
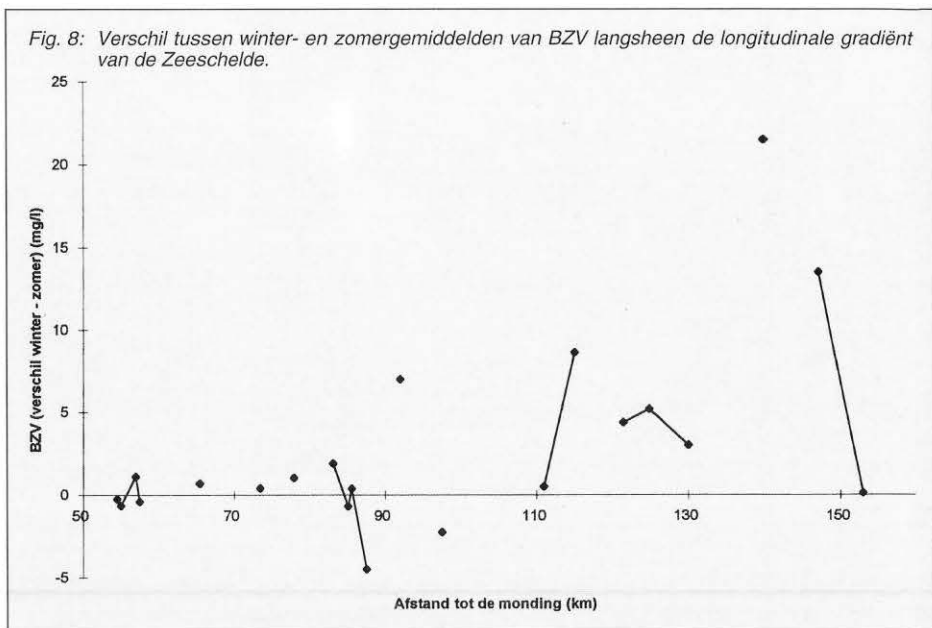
Fig. 17 toont aanwijzingen dat er langsheen de longitudinale as van het estuarium een temperatuursgradiënt bestaat: het water in de omgeving van Gent is enkele graden warmer dan bij de Belgisch-Nederlandse grens. Deze gradiënt verloopt min of meer parallel voor de verschillende seizoenen. De temperatuur vertoont geen temporele trends die de getijvariatie of de seizoensvariatie overstijgt. De pH blijft over de longitudinale gradiënt vrij constant. Enkel te Merelbeke kon tussen 1972 en 1986 een stijgende trend van de pH waargenomen worden, van 7,4 naar 7,7.

De gemiddelde chloriniteit neemt af van $\pm 5,5$ g Cl-/l bij de Belgisch-Nederlandse grens tot ± 1 g Cl-/l te Antwerpen. Te Kruikebeke wordt $\pm 0,4$ g/l als gemiddelde waar-

genomen, waarna de chloriniteit zeer geleidelijk afneemt tot $\pm 0,1$ g Cl-/l. De variatie op de zoutgradiënt van de Zeeschelde wordt kleiner naarmate het zoutgehalte afneemt. Stroomopwaarts Dendermonde is de variatie te verwaarlozen (fig 18). Chloride vertoont geen temporele trends die de getijvariatie of de seizoensvariatie overstijgt.

Het longitudinaal profiel van zuurstof (fig. 19) vertoont over de jaren heen steeds een dieptepunt tussen Antwerpen en de Rupelmonding. De verbetering naar de Belgisch-Nederlandse grens toe verloopt sterker dan de verbetering naar Dendermonde toe. Tussen Dendermonde en Wetteren blijft het zuurstofgehalte dikwijls ongeveer constant. Bij het naderen van Merelbeke neemt de concentratie weer toe. De zuurstofhuishouding ter hoogte van de Belgisch-Nederlandse grens (fig. 11) verslechterde tot in de jaren '70. Vanaf 1975 is de kwaliteit gestaag verbeterd tot in het begin van de jaren '80. Sindsdien vertoont de trend hoogstens een lichte stijging. De jaren '90 volgen deze trend. De vermindering in 1992 heeft zich niet doorgezet. 1993 en 1994 waren globaal gezien goede jaren met een sterke seizoensdifferentiatie. Deze trend lijkt zich in 1995 verder te zetten. Ter hoogte van de Van Cauwelaertsluis (km 65,5) is een onafgebroken stijgende trend (van ± 1 tot $\pm 2,5$ mg/l) te zien vanaf de eerste metingen, d.i. 1972, tot in 1994. Te Burcht (km 83) is deze stijgende trend over de totale periode waarin metingen verricht zijn (1972-1986) eveneens aanwezig (van $\pm 0,5$ tot $\pm 1,5$ mg/l). Te Temse (km 97,5) en te Dendermonde (km 121,5) zijn daarentegen geen significante trends waar te nemen. Te Merelbeke (km 158) nam zuurstof tussen 1979 en 1984 toe van ± 3 tot ± 5 mg/l. Waarden na 1986 ontbreken op die plaats. De trends zijn veel duidelijker in het brakke dan in het zoete deel. Langsheen de longitudinale gradiënt van de Zeeschelde zijn de vijfjaarsgemiddelden van de periode 1991-1995 (meestal zijn daarin slechts de waarden t.e.m. 1993 opgenomen) op uitzondering van Dendermonde hoger dan 2 mg/l. Vooral rond de Rupelmonding betekent dit een gevoelige verbetering t.o.v. de jaren voordien.

BZV en CZV zijn minder frequent gemeten parameters. Vaak is of BZV of CZV bepaald. De profielen zijn dan ook minder duidelijk. De BZV vertoont soms stroomopwaarts een stijgende trend (fig.20). Die gaat meestal gepaard met een toenemende variatie. De waarden voor de periode 1976-1980 zijn, vooral in het zoete deel, hoog ten opzichte van de andere periodes. Te Melle - Merelbeke neemt de BZV in de meeste gevallen weer af en vermindert de variatie. De CZV-gegevens zijn nog beperkter in aantal. De CZV fluctueert over de hele longitudinale gradiënt rond 50 à 60 mg/l. Geen duidelijk profiel tekent zich af. Van 1966 tot 1972-1973 nam de BZV aan de grens toe van ± 5 tot ± 9 mg/l. Van 1973 tot in 1993 is de BZV continu gedaald tot ± 2 mg/l. BZV (fig 12) volgt daarmee de omgekeerde trend van zuurstof. Ter hoogte van de Van Cauwe-



laertsluis is een daling merkbaar van 6 naar 4 mg/l tussen 1970 en 1984, maar hier verloopt de daling niet continu en is de trend minder duidelijk. Te Antwerpen en te Burcht worden ook dalende trends vastgesteld, maar 1985-1986 kende hogere waarden. Op het traject tussen Antwerpen en Merelbeke laten de schaarse metingen geen trend zien. Te Merelbeke is tussen 1973 en 1983 in verhouding tot de grote variatie slechts een lichte daling van 12 tot 8 mg/l te zien met opnieuw hogere waarden in 1985-1986. Dit verloop komt echter overeen met het invers verloop van zuurstof. De CZV-waarden van de jaren '90 wijzen noch op een verbetering, noch op een verslechtering, behalve aan de grens, waar een verbetering merkbaar is. Aan de grens is CZV vooral door het I.H.E. bepaald. Tussen Antwerpen en Temse, maar vooral rond Antwerpen, vertoont nitraat een dieptepunt, dat tijdens de zomer sterk geaccentueerd wordt. Dit dieptepunt bevindt zich dikwijls een tiental km stroomafwaarts van

het dieptepunt in het zuurstofprofiel. De nitraatconcentraties nemen vanaf het dieptepunt sterk toe in de richting van de Belgisch-Nederlandse grens (fig.21). Het longitudinaal profiel vertoont veel overeenkomst met dat van zuurstof. Langsheen de longitudinale gradiënt van de Zeeschelde zijn de vijfjaarsgemiddelden van de periode 1991-1995 voor alle punten stroomafwaarts Antwerpen hoger dan voordien. Stroomopwaarts Antwerpen schommelen die rond 3 mg NO₃⁻ N/l. De periode 1981-1985 vertoont algemeen hogere nitraatwaarden dan de periode 1976-1980. De periode 1971-1975 vertoont dikwijls waarden die daar tussenin liggen, al zijn daar veel uitzonderingen op. Ter hoogte van de Belgisch-Nederlandse grens (fig. 13), ter hoogte van de Van Cauwelaertsluis, ter hoogte van Antwerpen en te Burcht wordt telkens een onafgebroken stijgende trend waargenomen. Te Temse en te Dendermonde zijn geen duidelijke trends waar te nemen. Te Merelbeke wordt van 1973 tot 1984 eveneens een stijgende trend waargenomen.

Fig. 10: Verschil tussen winter- en zomergemiddelden van orthofosfaatconcentraties langsheen de longitudinale gradiënt van de Zeeschelde.

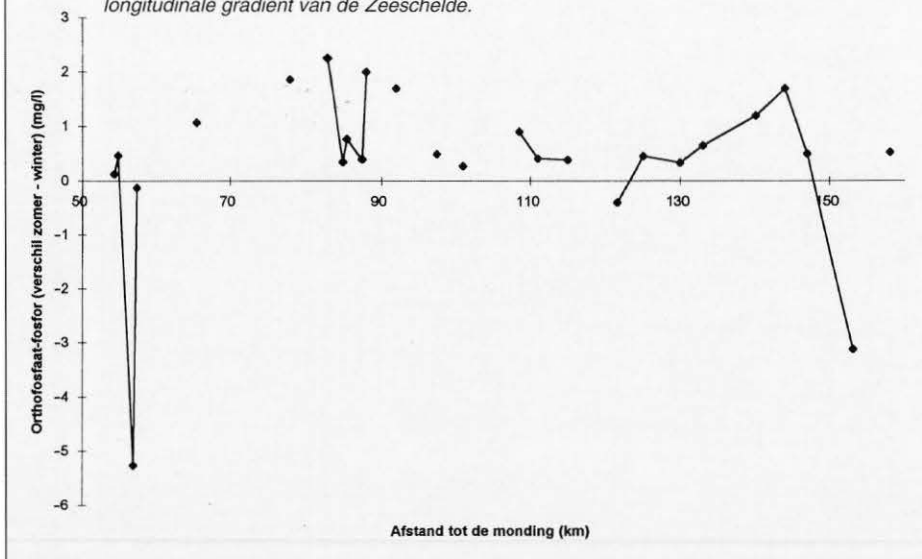


Fig. 11: Seizoens- en jaargemiddelden van zuurstofconcentraties te Doel boei 87 (Belgisch-Nederlandse grens).

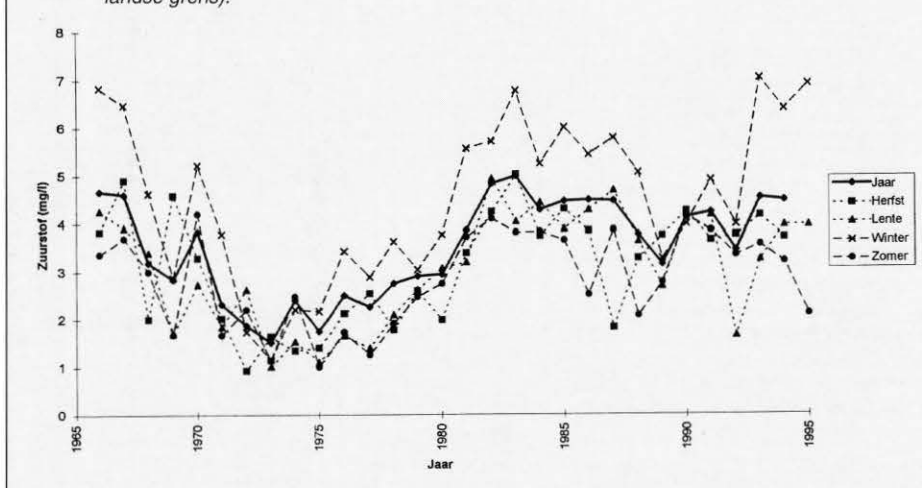
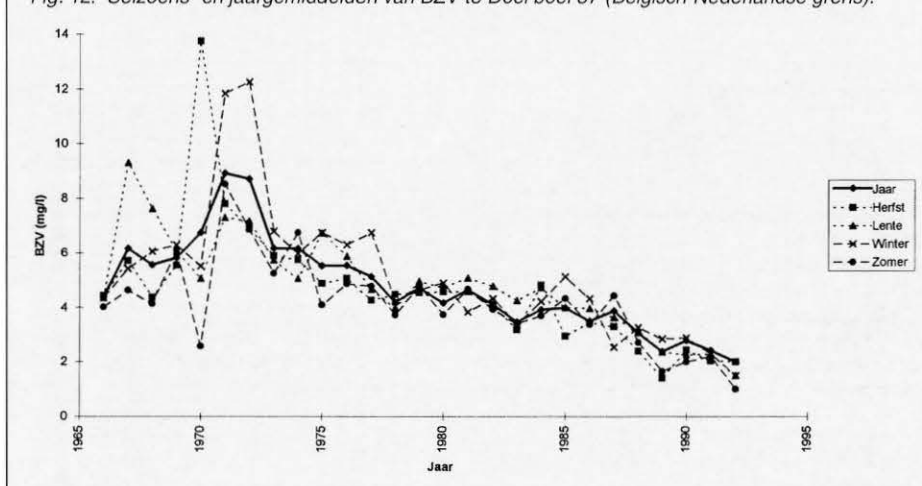


Fig. 12: Seizoens- en jaargemiddelden van BZV te Doel boei 87 (Belgisch-Nederlandse grens).



Ammonium vertoont een duidelijk afnemende trend van zoet naar zout (fig.22). De daling over het brakke traject is veel sterker dan over het zoete traject. Te Me-

relbeke worden iets lagere concentraties vastgesteld dan elders in het zoete deel. Langsheen de longitudinale gradiënt van de Zeeschelde zijn de vijfjaarsgemiddel-

den van de periode 1991-1995 over het algemeen laag. Aan de grens is een duidelijk dalende trend aanwezig (fig. 14), die goed overeenkomt met de trend van BZV. Van 1966 tot 1972-1973 neemt de ammoniumconcentratie er sterk toe (van $\pm 1,5$ naar ± 7 mg $\text{NH}_4^+\text{-N/l}$). Na 1973 neemt de concentratie voortdurend af om vanaf 1989 tot heden op ongeveer dezelfde situatie terug te komen als in 1966-1967. De waarde voor 1995 is vrij hoog, wat normaal is vermits enkel voorjaarsdata zijn verwerkt. De trend aan de grens wordt bevestigd door de metingen ter hoogte van de Van Cauwelaertsluis. Van 1971 tot 1994 neemt de concentratie er progressief af van ± 8 tot ± 2 mg $\text{NH}_4^+\text{-N/l}$. Te Antwerpen waren 1990 en 1991 jaren met een verhoogde concentratie (± 2 mg $\text{NH}_4^+\text{-N/l}$ hoger dan in 1989). Die verhoging is eveneens te zien aan de grens, maar is daar bijna verwaarloosbaar klein.

Kjeldahl-stikstof volgt de trend van ammonium. Deze parameter is over het algemeen in mindere mate geregistreerd zodat de trend minder duidelijk is. Aan de Belgisch-Nederlandse grens is het verloop van Kjeldahl-stikstof tot in 1995 zeer parallel met dat van ammonium (fig. 15). Dat gaat eveneens, maar in iets mindere mate, op voor Antwerpen. Te Merelbeke vertoont de trend van Kjeldahl-stikstof fluctuaties in tegenstelling tot die van ammonium. Op die plaats zijn beide parameters van 1973 t.e.m. 1986 even frequent gemeten.

Orthofosfaat vertoont een dalende trend van zoet naar zout (fig. 23). Merkwaardig zijn de extreem hoge orthofosfaatconcentraties die te Melle gedurende verschillende jaren voorkomen en die zowel door het I.H.E. als door de V.M.M. worden geregistreerd. De evolutie van orthofosfaat is duidelijk. Over de totale longitudinale gradiënt neemt de concentratie van orthofosfaat sinds de jaren '70 licht maar continu af. Dit is o.a. duidelijk te zien aan de Belgisch-Nederlandse grens (fig. 16). De daling wordt sterker in de richting van Gent. De metingen van totaal fosfaat zijn veel geringer in aantal maar vertonen desondanks een zekere graad van parallelisme met orthofosfaat.

Zwevende stof is slechts sporadisch geregistreerd. Geen enkele longitudinale of temporele trend komt tevoorschijn. Ook chlorofyl a is heel weinig geregistreerd. Stroomopwaarts Dendermonde zijn slechts te Melle bepalingen verricht. Daar zijn de chlorofyl a-concentraties hoger dan elders. De variatie is te groot om profielen te kunnen onderscheiden.

DISCUSSIE

Dataset

De hierboven gesitueerde trends, zeker wanneer ze niet uitgesproken zijn, dienen met het nodige voorbehoud te worden geïnterpreteerd. Inderdaad de bekomen resultaten vertonen vaak een grote variabiliteit die deels kan te wijten zijn aan de staal-

namemethodiek en aan de analysemethodes. Van alle gebruikte datasets (vooral de oudere) hebben we momenteel de gebruikte analysemethodes nog niet kunnen achterhalen. In hoeverre het veranderen van analysemethode in de loop der jaren de resultaten beïnvloed, is bijgevolg nog niet uit te maken, maar we vermoeden dat dit geen belangrijke rol speelt.

De staalnamemethodiek op zich heeft vermoedelijk een belangrijker impact op de resultaten. De staalnames van het I.H.E. en de meeste van de V.M.M. gebeuren vanop de oever, de staalnames van R.I.K.Z., A.M.S. en U.L.B. daarentegen vanop een schip. Beide bemonsteren dus een verschillende zone van de rivier. Momenteel zijn weinig gegevens voorhanden over laterale variatie in waterkwaliteitsparameters in de Zeeschelde. De data door V.M.M. verzameld nabij Doel tonen een klein verschil aan tussen LO en RO wat betreft chloride. Meer data over de volledige dwarssectie zijn evenwel nodig om meer inzicht te krijgen. Veel belangrijker is waarschijnlijk de standaardisatie t.o.v. het getij. De beschikbare metingen over volledige tijdcycli tonen een hoge variabiliteit aan voor de meeste parameters. Vele data zijn niet op hetzelfde moment t.o.v. het tij bepaald. Op basis van de gepresenteerde resultaten van de gemeten tijdcycli is het dan ook aannemelijk dat dit verantwoordelijk is voor een belangrijk deel van de variatie in de dataset. Volgend voorbeeld illustreert deze variatie voor chloride. Rekening houdend met de variatiecoëfficiënt en het gemiddelde chloridegehalte in de getijcyclus van januari 1953 te Doel kan gesteld worden dat de laagste chloriniteit in Doel ongeveer 0,74 g/l bedraagt. Dit komt overeen met de jaargemiddelde waarde die waargenomen wordt ongeveer 22 km stroomopwaarts, m.a.w. ter hoogte van Burcht. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de getijvariatie van de verschillende parameters slechts indicatieve waarden zijn. Het aantal getijcyclus is te gering en zijn enkel in het brakke deel gesitueerd. Het is bijgevolg onmogelijk aan te duiden op welke manier de getijvariatie varieert langsheen de longitudinale gradiënt. Rekening houdend met de soms hoge stroomsnelheden en het heterogeen karakter van de verschillende inputs van verontreinigende stoffen, laat zich nochtans ook in het zoete deel een beduidende getijvariatie vermoeden. De meeste data van het zoete deel zijn voortgebracht door I.H.E. en V.M.M. Bij de monsternamen is door deze instanties meestal geen onderscheid gemaakt tussen hoog en laag water. Naast de plaats en het tijdstip van de bemonstering is ook de meetfrequentie zeer belangrijk. De beschikbare data tonen een belangrijke seizoenale variatie in de meeste parameters aan. De meetfrequentie van I.H.E. bedroeg meestal slechts 4 metingen per jaar. De V.M.M. heeft veelal een meetfrequentie van 8 metingen per jaar. In het zoete deel vormt de dataset van Merelbeke (1972-1986) hierop een uitzondering, maar dit punt heeft een apart karakter te wijten aan de onmiddellijke nabijheid van een sluis- en stuurcomplex. Deze lage monstere frequentie is vermoedelijk te klein om toe-

Fig. 13: Seizoens- en jaargemiddelden van nitraatconcentraties te Doel boei 87 (Belgisch-Nederlandse grens).

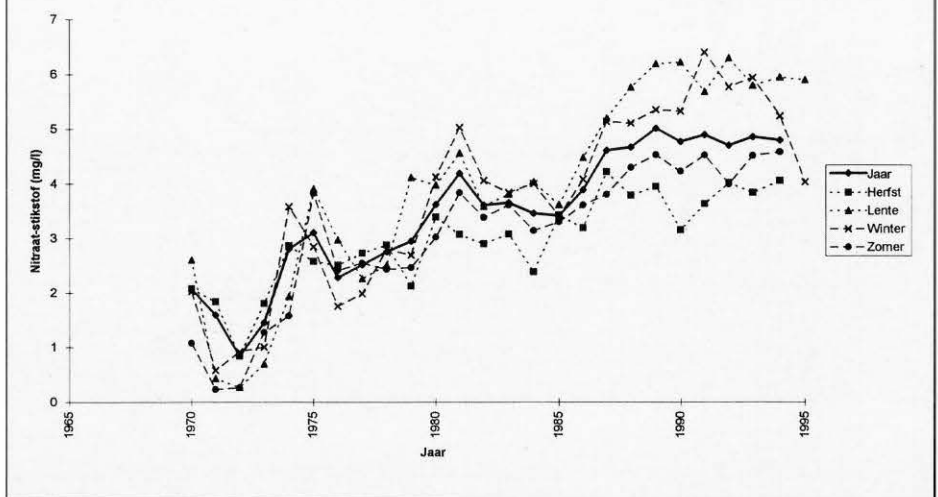


Fig. 14: Seizoens- en jaargemiddelden van ammoniumconcentraties te Doel boei 87 (Belgisch-Nederlandse grens).

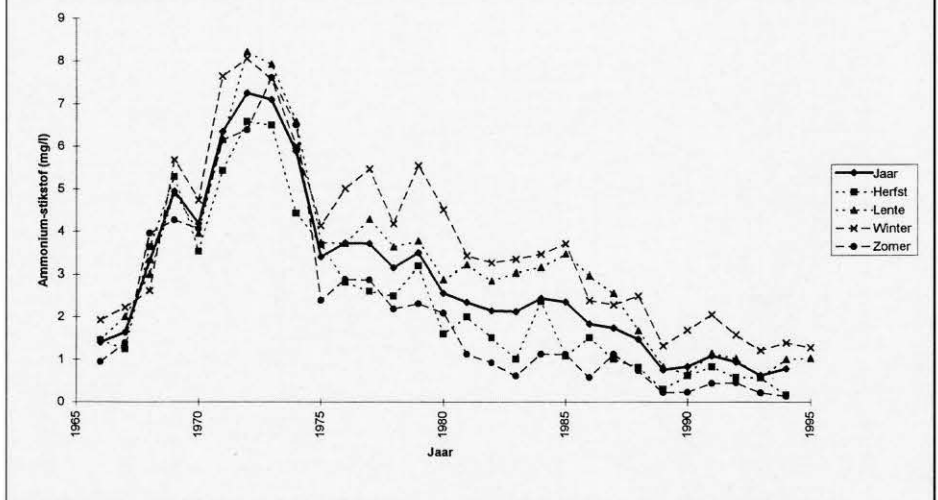
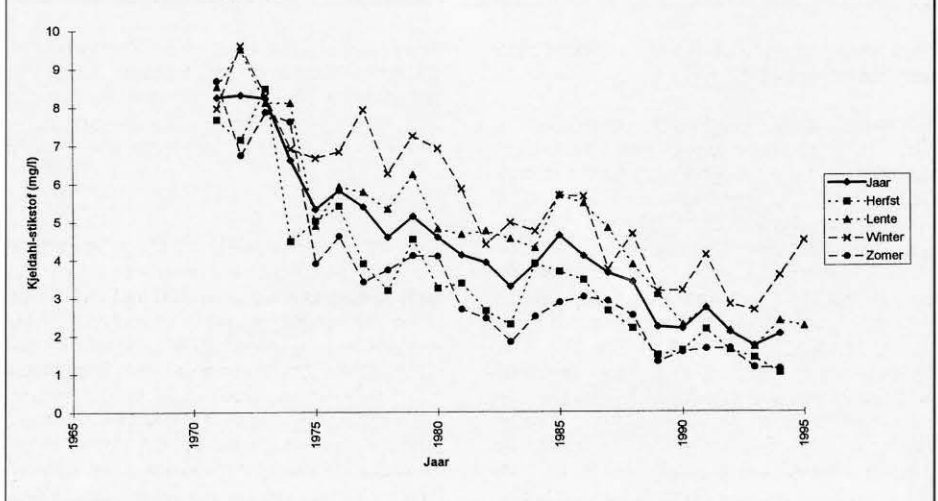


Fig. 15: Seizoens- en jaargemiddelden van Kjeldahl-stikstofconcentraties te Doel boei 87 (Belgisch-Nederlandse grens).



valsvariaties uit te kunnen middelen. Dat in het zoete deel van de Zeeschelde de trends over het algemeen onduidelijk zijn

zou kunnen overeen komen met de werkelijkheid, maar kan even goed te wijten zijn aan het feit dat de dataset van het zoete

Fig. 16: Seizoens- en jaargemiddelden van orthofosfaatconcentraties te Doel boei 87 (Belgisch-Nederlandse grens).

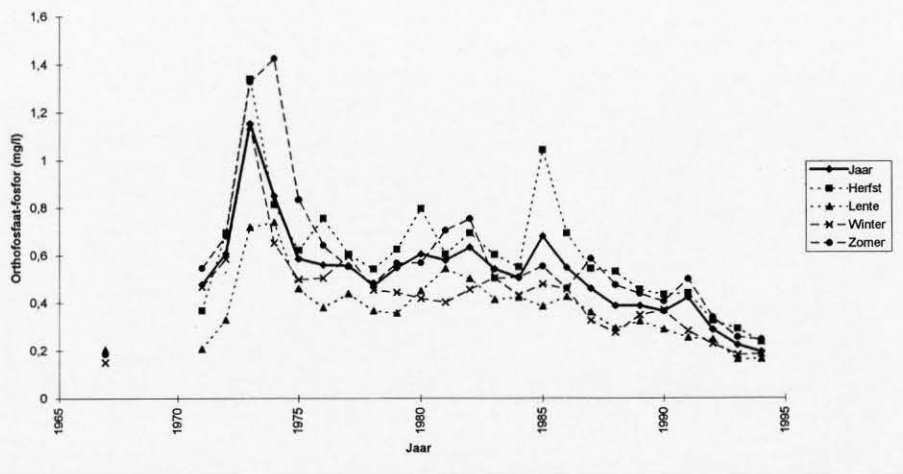
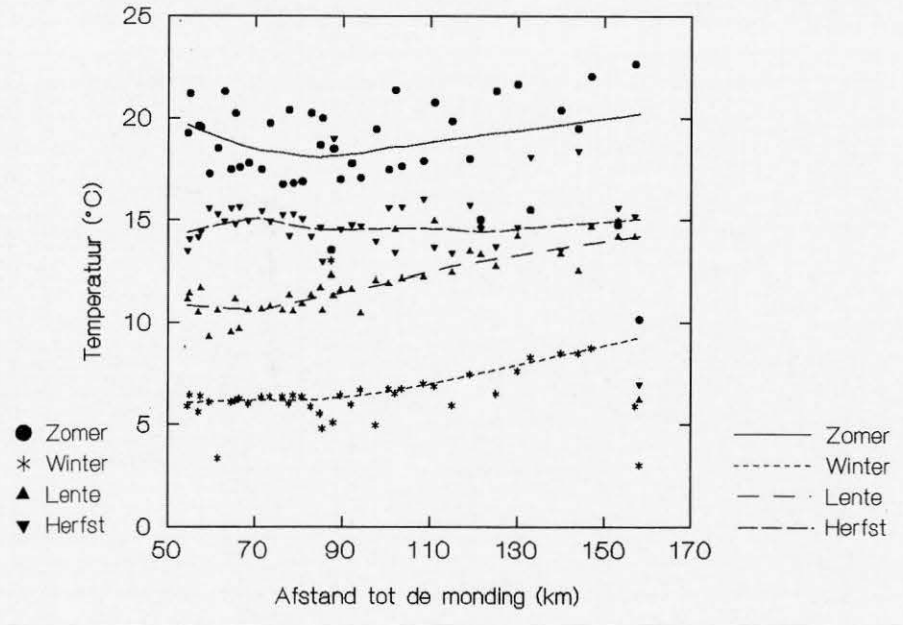


Fig. 17: Longitudinale trends van temperatuur langsheen de Zeeschelde voor de verschillende seizoenen.



deel veel minder coherentie vertoont dan van het brakke deel.

Al deze vaststellingen wijzen op het belang van een goede monitoring. Het verbrokkelde uitzicht van de dataset van de Zeeschelde, te wijten aan het herhaald overhevelen van bevoegdheden naar andere instellingen, kan in de toekomst vermeden worden. Om de homogeniteit van de dataset van de Zeeschelde te bevorderen kan een procedure voorgesteld worden waarin een selectie van monsterpunten, een tijds kader, methodiek van monsternamen, transport en analyse als leidraad gelden. De monsternamen zou b.v. best gebeuren bij laag water, vanop een boot, en minstens 1 maal per maand. Binnen het project OMES (Onderzoek Milieu Effecten Sigmaplan) dat door verschillende universiteiten en instituten wordt uitgevoerd onder begeleiding en in opdracht van het Instituut voor Natuurbehoud, de Vlaamse Milieumaatschappij, de

Administratie Waterwegen en Zeewezen en de Administratie Milieu, Natuur-, Land- en Waterbeheer wordt gestart met een dergelijke monitoring. Dit zal ook aansluiten op de monitoring in de Westerschelde.

Trends

Ondanks de variaties en de ruisbronnen zijn enkele algemene trends zichtbaar. De verbetering van de jaren '80 lijkt zich in de jaren '90 verder te zetten of toch minstens te stabiliseren. Door de toenemende conventionele waterzuivering van industrieel en huishoudelijk afvalwater is de organische belasting van de Zeeschelde gedaald. Dit heeft een verbetering van de zuurstofhuishouding met zich meegebracht. De minimumconcentratie in het longitudinaal profiel van opgeloste zuurstof wordt de laatste 15 jaar steeds groter. Daarnaast verschuift dit dieptepunt: van Antwerpen in de richting van Rupelmonde. Deze veranderingen zijn

duidelijk te danken aan een toenemende graad van afvalwaterzuivering in het bekken van de Zeeschelde (Dender, Dijle, Demer, Grote Nete, Kleine Nete, etc.) en aan de inspanningen in de Antwerpse regio. In het Brusselse Hoofdstedelijke gewest werd en wordt nog steeds geen afvalwater gezuiverd.

Ook de menselijke ingrepen op de afvoer van de Leie en de Bovenschelde in de regio Gent gedurende de onderzochte periodes zullen een invloed hebben gehad op de evolutie in tijd en ruimte van de Scheldewaterkwaliteit. Het is immers zo dat thans gedurende droge periodes - dus kritische periodes m.b.t. de waterkwaliteit - nauwelijks water van de Leie en Bovenschelde afgevoerd wordt via de Zeeschelde (omwille van het tegengaan van de verzilting van het Kanaal Gent-Terneuzen wordt dit kanaal zo veel mogelijk doorspoeld met dit water). Voor deze publikatie is, in tegenstelling tot vroegere studies, het debiet niet in rekening gebracht. Voor beschouwingen over korte termijn veroorzaakt het ontbreken van debietgegevens een verlies aan interpreteerbaarheid van de evolutie van de waterkwaliteitsparameters (Somville en De Pauw, 1982). Binnen periodes van enkele jaren kan het debiet immers beduidende schommelingen vertonen. Over een periode van 25 à 30 jaar wordt het klimaatdeel in de debietvariatie evenwel grotendeels uitgemiddeld. Een meer gedetailleerde analyse, rekening houdende met het debiet, dringt zich evenwel op.

Naast een verbetering van de zuurstofhuishouding wordt een steeds toenemende omzetting van ammonium naar nitraat waargenomen. Dit verschijnsel is vroeger reeds voorspeld door de modellen van Billen et al. (1990) en Soetaert & Herman (1994). Door een herstel van de zuurstofhuishouding van het water kan nitrificatie, een aëroob proces, beter doorgaan zodat de produktie van nitraat stijgt. Denitrificatie, een hoofdzakelijk anaëroob proces, treedt echter verminderd op zodat nitraat minder omgezet wordt tot gasvormige stikstof. De globale secundaire waterzuivering leidt dus niet noodzakelijk tot een vermindering van de stikstoftoevoer naar zee. Een merkwaardige vaststelling hierbij is de verschillende seizoensdifferentiatie van nitraat en ammonium. Ammonium wordt tijdens de zomer in het zoete deel meer geproduceerd dan geconsumeerd, wat erop zou kunnen wijzen dat preferentieel meer zuurstof ter beschikking staat voor de mineralisatie van organische stikstof naar ammonium dan voor nitrificatie. Dit toont aan dat de zuurstofhuishouding in het zoete deel nog niet voldoende is hersteld. De seizoensdifferentiatie van opgeloste zuurstof vertoont langsheen de longitudinale gradiënt immers geen duidelijk verschil. In het brakke deel wordt de netto produktie van ammonium tijdens de zomer steeds kleiner naar het zoute deel toe, tot er uiteindelijk een steeds toenemende netto consumptie plaatsvindt. De vermenging met zuurstofrijk water uit de Westerschelde maakt de nitrificatie mogelijk. De zone van maximale nitrificatie bevindt zich volgens het MOSES model ter hoogte van de Rupelmonding (Soetaert &

ICBM beperkt is tot de aangelegenheden die de belangen van het Brussels Gewest raken als wateronttrekker in de Maas.

4. CONCLUSIE

De Internationale Commissie voor de Bescherming van de Maas die op 12 mei 1995 (voorlopig, d.w.z. vooruitlopend op de definitieve installatie na bekrachtiging van het verdrag door alle verdragsluitende partijen) te Luik geïnstalleerd werd heeft haar werkzaamheden dus aangevangen.

De contacten die naar aanleiding van de voorbereiding van de verdragen en de oprichting van de ICBM tot stand kwamen hebben tot gevolg gehad dat tussen de partners onderling een zeker maat van vertrouwen is hersteld.

De dialoog is aldus van start gegaan. Nu komt het uiteraard op aan een lang en volhardend werk te verrichten om een en ander nader in te vullen.

J. SMITZ,
Universiteit de Liège
Sart Tilman B5 - 4000 Luik

REFERENTIES

- teksten van de internationale verdragen inzake de bescherming van de Maas en de Schelde, Charleville-Mézières, 1994 (depositaris: Franse Republiek)
- Smitz J.S. (1991), "Case-study d'un bassin versant International: la Meuse", in "La qualité des eaux de surface dans la Communauté européenne". European Water Congress. Antwerpen, publikatie WEL, 1991.



Gemeentekrediet



UITREIKING STUDIEPRIJZEN WEL met de medewerking van de Financieel Economische Tijd

WATER - ingericht door VMM

Laureaat ing. Dirk THYS voor zijn afstudeerwerk "Kleinschalige waterzuivering op heibrand te Westmalle"
Uitgewerkt aan de Ind. Hogeschool Groep T - Leuven

AFVAL - ingericht door INDAVER nv

Laureaat ing. Sebastiaan KOK voor zijn afstudeerwerk "Radio-actief afval uit de bio-medische wereld van Vlaanderen"
aan Ind. Hogeschool van het Gemeenschapsonderwijs - Hasselt

ENERGIE - ingericht door GEA-Happel nv

Laureaat ing. Benedikt WILLEMS voor zijn afstudeerwerk "Studie van LOW NOx oliebrander" aan de Ind. Hogeschool BME - Gent

LEEFMILIEU - ingericht door Antwerpse Rotary Clubs

Laureaat lic. Jozef SIONCKE voor zijn afstudeerwerk "Milieu-waarden onderwijs" aan de Vrije Universiteit Brussel

Eervolle vermelding Studieprijs AFVAL: ir. Alexandra BUEKENS voor haar studie:

"De behandeling van huisafval met het oog op recuperatie en recycling van materialen: een kritische beoordeling van het project te Lemsterland", uitgewerkt aan de Vrije Universiteit Brussel

Eervolle vermelding Studieprijs LEEFMILIEU: ir. Laurent VERSCHUERE voor zijn studie:

"De Fastox: een biosensor met nitrifikanten voor een snelle akute toxiciteitsbepaling", verricht aan de Universiteit Gent.

De uitreiking vond plaats op woensdag 11 oktober 1995 in de lokalen van de Financieel Economische Tijd, te Berchem.



Van links naar rechts: ing. D. Thys, ing. S. Kok, ir. A. Buekens, ing. B. Willems en ir. L. Verschuere, H. Maertens (FET), H. Goossen (Voorzitterjury Leefmilieu), lic. J. Sioncke, Fr. Van Sevencoten (Administrateur-generaal, VMM), M. Bruyneel (v.z.w. WEL), Fr. Parent (Administrateur-generaal, OVAM), L. Van Nuffel (jury Energie)



Uitreiking studieprijs WATER aan ing. Dirk THYS door Fr. Van Sevencoten, administrateur-generaal van VMM, inrichter van de studieprijs WATER