



Aan

Coördinatiegroep Westerschelde
Onderzoek en Beheer (CWOB)

Van

Doorkiesnummer

Van Wattel en A. Holland

325
Blz(n)

26 mei 1992

GWWS.91.848x
Document nr.

Ontwikkeling zuurstofgehalten in de Westerschelde bij Schaar van Ouden Doel in de periode 1975 t/m 1991.

1. Conclusie

De meetgegevens, tot en met 1991, van het routinewaterkwaliteitsmeetpunt in de Westerschelde te Schaar van Ouden Doel, geven geen aanleiding de conclusies uit eerder onderzoek [lit. 1 en 2], ten aanzien van de ontwikkelingen in de zuurstofhuishouding op dat meetpunt te herzien. De conclusies waren dat de plotselinge verlaging van het zuurstofgehalte in 1988 en 1989 het gevolg was van relatief hoge wintertemperaturen en een hogere belasting met zuurstofverbruikende stoffen.

2. Inleiding

In het deelrapport 1 van het Beleidsplan Westerschelde "Zuurstofhuishouding en Nutriëntenhuishouding" is de zuurstofhuishouding ter hoogte van Schaar van Ouden Doel tijdens de periode 1975 t/m 1985 beschreven.

Tijdens deze periode is het gemiddelde zuurstofgehalte significant toegenomen, van 0.9 tot 4.6 mg/l. De significante toename is vastgesteld voor een berekende lineaire trend. Vermoed wordt dat deze verbetering het gevolg is van de vermindering van de organische stof belasting.

Als gevolg van hogere zuurstofgehalten, trad een verschuiving op in de onderlinge verhouding van stikstofhoudende stoffen; zo namen Kjeldahl- en ammoniumstikstof af en nam nitriet-/nitraatstikstof toe, terwijl totaalstikstof (als som van Kjeldahl- plus nitriet-/nitraatstikstof) gelijk bleef.

Een belangrijk gegeven daarbij is het volgende: De berekende lineaire trend wordt voornamelijk bepaald door een sprongsgewijze verandering in de gehalten. Het omslagpunt daarvan ligt in de winter van 1980 - 1981; hoewel dat als gevolg van de sterke fluctuaties van de gehalten niet of nauwelijks opvalt, alleen de jaargemiddelde gehalten maken dat duidelijk.

Het jaargemiddelde zuurstofgehalte bij Schaar van Ouden Doel varieerde in de periode 1972 t/m 1980 tussen 0.7 en 3.1 mg/l en in de periode 1981 t/m 1987

tussen 3.6 en 4.8 mg/l.

Telefoon 01180-11851

Postadres postbus 8039, 4330 EA Middelburg

Telefax 01180-16500

Bezoekadres Grenadierweg 31

In 1988 en 1989 zijn de jaargemiddelde zuurstofgehalten daar weer beduidend lager, resp. 2.9 en 2.5 mg/l, om daarna in 1990 en 1991 weer te stijgen naar resp 3.9 en 3.6 mg/l.

In Figuur 1 wordt het kwartaal- en jaargemiddelde zuurstofgehalte over de periode 1975 t/m 1991 weergegeven.

De vraag is: "waardoor worden de grote verschillen aan het eind van de tachtiger jaren veroorzaakt." In [lit 1 en 2] is deze vraag al uitgebreid aan de orde geweest. De beschikbare gegevensset voor dié rapporten was beperkt tot en met het jaar 1989. Inmiddels zijn er gegevens tot en met 1991 voor handen. In deze notitie worden de eerder beschreven hypothesen [lit 1 en 2] getoetst.

3. Opzet van het onderzoek

Op het meetpunt Schaar van Ouden Doel worden routinematig, met een frequentie van éénmaal per twee weken, bemonsteringen uitgevoerd. Er worden dan watermonsters genomen, die zowel door België (IHE) als door Nederland (RIZA) worden geanalyseerd. Verder stroomopwaarts en stroomafwaarts liggen nog een aantal bemonsteringspunten, welke door ieder land apart worden bemonsterd en geanalyseerd. Met behulp van de beschikbare gegevens (voornamelijk die van Schaar van Ouden Doel zelf) is gezocht naar - mogelijke - oorzaken van het dalen en fluctueren van het gemiddelde zuurstofgehalte bij Schaar van Ouden Doel. In tabel 1 zijn de jaargemiddelde waarden van een aantal relevante parameters samengevat.

Tabel 1 Jaargemiddelde waarden van een aantal relevante parameters en de debieten te Schaar van Ouden Doel voor de periode 1975 t/m 1991.

Parameter	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
Temp. in grad. C	13.8	12.8	13.1	12.7	12.6	12.6	12.7	13.0	12.2	12.6	11.6	11.9	11.6	13.6	14.5	14.0	14.0
Zuurst. verz. %O ₂	12	17	16	17	22	20	34	40	46	37	40	40	37	25	25	40	35
zuurstof mg O ₂ /l	1.2	1.7	1.6	1.8	2.3	2.1	3.6	4.2	4.8	3.8	4.2	4.5	4.2	2.9	2.5	3.9	3.6
BZV5a mg O ₂ /l	5.3	6.0	3.9	3.6	3.9	3.3	4.0	3.6	3.1	3.7	3.3	3.0	4.0	2.9	1.4	1.1	1.4
Cl mg Cl/l	4262	7655	5764	5089	4774	3492	2981	4125	4470	3837	4376	4230	2712	2509	4674	6010	4960
NH ₄ N mg N/l	3.6	3.8	3.7	3.0	3.4	2.6	2.5	2.1	1.9	2.3	2.3	2.0	2.0	1.4	.7	.8	1.1
NO ₃ NO ₂ N mg N/l	2.9	2.6	2.4	3.2	3.4	4.2	4.4	4.1	4.1	4.1	4.0	4.5	4.5	4.4	5.1	4.7	4.8
Kj N mg N/l	4.8	4.9	4.7	4.3	5.1	4.1	3.9	3.5	3.3	3.8	4.1	3.4	3.5	3.2	2.0	1.8	2.3
N tot mg N/l	7.7	7.5	7.1	7.5	8.5	8.3	8.3	7.6	7.4	7.9	8.1	7.9	8.0	7.6	7.1	6.5	7.1
P tot mg P/l	1.0	1.2	1.4	1.1	1.2	1.2	1.1	1.0	.9	1.0	1.1	1.0	.9	1.0	.9	.7	.6
PO ₄ P mg P/l	.5	.5	.6	.5	.6	.6	.6	.6	.5	.5	.5	.5	.4	.4	.4	.4	.3
TOC mg C/l				14.7	14.3	14.7	14.5	11.3	9.2	10.8	10.8	8.0		11.9	9.5	8.6	8.3
Zw stof mg/l								67	59	73	91	85	70	125	120	58	88
zicht dm				3.3	3.3			2.7	3.2	2.9	3.0	3.3	2.4	2.8	3.7	3.8	3.6
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Debiet* m ³ /s	125	62	96	93	121	136	160	124	120	148	121	128	182	203	122	97	109

* Voor de zijdelingse belastingen tussen Schelle en Schaar van Ouden Doel is gecorrigeerd, door tot 1987 de debieten te verhogen met 12% en vanaf 1987 met 21%. [lit 3].

Daarbij is gekeken naar de navolgende stoffen of omstandigheden:

- * veranderingen in de meteorologische omstandigheden
- * veranderingen in de zwevend stofgehalten
- * veranderingen in de belasting met zuurstofverbruikende stoffen
- * veranderingen in de rivierafvoer
- * veranderingen in het chloridegehalte
- * veranderingen in het gevoerde beheer

Ook combinaties van bovengenoemde omstandigheden zijn onderzocht.

Omdat bij jaargemiddelde waarden de seizoensinvloeden niet meer te onderscheiden zijn, is ook gekeken naar de kwartaalgemiddelde waarden. Conform lit 1 is met name het eerste kwartaal van het jaar van belang. Deze zijn in tabel 2 samengevat.

Tabel 2 Kwartaalgemiddelde waarden van een aantal relevante parameters en debieten te Schaar van Ouden Doel in het eerste kwartaal van de jaren 1975 t/m 1991.

Parameter	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
Temp. in grad. C	7.6	5.6	7.3	6.3	3.8	6.5	6.7	5.4	5.3	5.3	2.7	3.1	3.5	7.3	8.3	8.0	6.4
Zuurst. verz. %O ₂	16	25	15	29	18	17	41	46	55	49	45	60	47	40	23	34	32
zuurstof mg O ₂ /l	1.8	3.1	1.7	3.5	2.3	2.1	5.1	5.8	6.9	6.0	5.4	7.7	6.2	4.8	2.6	4.0	4.3
BZV5a mg O ₂ /l	8.8	7.9	6.3	3.4	5.0	2.9	4.1	3.5	2.9	3.2	4.1	3.6	3.1	4.1	1.0	1.0	1.7
Cl g Cl/l	1.3	3.5	5.5	3.2	2.5	2.0	1.2	1.7	2.0	3.0	2.0	3.6	1.7	.7	2.5	3.4	2.5
NH ₄ N mg N/l	4.1	5.3	5.8	4.0	5.4	4.0	3.6	3.6	3.4	3.6	4.2	3.4	3.3	2.5	1.3	1.9	2.7
NO ₃ NO ₂ N mg N/l	2.9	2.4	1.5	3.3	4.0	4.8	5.0	4.1	4.4	4.7	4.3	4.7	5.1	5.2	6.1	5.3	5.3
Kj N mg N/l	5.5	7.1	7.4	5.8	7.3	5.9	5.6	6.0	5.2	5.2	6.7	5.6	5.3	4.9	2.9	3.2	4.3
N tot mg N/l	8.4	9.5	8.9	9.1	11.3	10.7	10.6	10.1	9.6	9.9	11.0	10.3	10.4	10.1	9.0	8.5	9.6
P tot mg P/l	1.2	1.6	2.9	1.3	1.2	1.3	1.4	1.1	.9	1.0	1.2	1.2	.9	1.2	.9	.7	.7
PO ₄ P mg P/l	.3	.3	.5	.3	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.3	.2	.3	.3	.2
TOC mg C/l				19.0	17.9	18.3	19.7	13.8	11.0	13.9	12.9			17.4	14.8	9.3	10.0
CHLfa µg/l				6.0	7.4	7.9	6.3	4.0	4.4	4.3	4.7	2.0	2.0	2.5	3.8	2.9	3.7
Zw stof mg/l								114	71	98	145	146	64	220	181	71	81
zicht dm						2.5		2.0	2.3	2.6	2.2	2.1	2.1	2.3	2.3	2.8	2.8
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Debiet* m ³ /s	215	109	106	128	204	183	244	196	188	193	188	180	250	399	198	160	159

* Voor de zijdelingse belastingen tussen Schelle en Schaar van Ouden Doel is gecorrigeerd, door tot 1987 de debieten te verhogen met 12% en vanaf 1987 met 21%. [lit 1].

4 Veranderingen in de loop der jaren

In hoofdstuk 2 is aangegeven dat er in de loop der jaren een aantal veranderingen zijn opgetreden. In dit hoofdstuk zullen de diverse veranderingen in het kort worden besproken en toegelicht.

4.1 Meteorologische omstandigheden

De voornaamste factor is in dit geval de temperatuur. Een heleboel biologische processen zijn afhankelijk van de watertemperatuur. De watertemperatuur bij Schaar van Ouden Doel is grotendeels afhankelijk van de luchttemperatuur. Dit blijkt uit **Figuur 2** waar de kwartaal- en jaargemiddelde water- en luchttemperaturen van de periode 1975 t/m 1991 op één grafiek zijn uitgezet. Daarbij is te zien, dat de watertemperatuur - met een verschil van enkele graden C - de luchttemperatuur op de voet volgt, zowel op kwartaal- als op jaargemiddelde basis. De thermische belasting is te verwaarlozen.

Verder valt in één oogopslag op, dat de kwartaalgemiddelde water- en luchttemperaturen van de eerste kwartalen van 1988 t/m 1990 beduidend (4 a 5 gr C) hoger zijn dan de jaren daarvoor.

Een andere belangrijke meteorologische factor is de neerslag, die in dit geval voornamelijk gevolgen heeft voor rivierafvoer; dit zal verder onder 3.4 worden behandeld.

4.2 Zwevend stofgehalten

Gegevens over zwevend stofgehalten zijn slechts beschikbaar vanaf 1982. In **Figuur 3** zijn de kwartaalgemiddelde zuurstof- en zwevend stofgehalten in één grafiek uitgezet. Daarbij moet nog worden opgemerkt, dat alle beschikbare gegevens zijn gebruikt, dus ook uitschieters, waarbij enkele onwaarschijnlijk hoge waarden. De hoge concentraties zwevend stof in de eerste kwartalen van 1988 en 1989 en in het laatste kwartaal van 1991, worden dan ook veroorzaakt door enkele in het bestand aanwezige uitschieters (tot waarden van meer dan 600 mg/l).

Overigens is goed te zien dat, op enkele uitzonderingen na, de zuurstofconcentratie stijgt naarmate het zwevend stofgehalte daalt en andersom.

4.3 Belasting met zuurstof verbruikende stoffen

Figuur 4 geeft een overzicht van de kwartaalgemiddelde zuurstof- en N totaal gehalten voor de periode 1975 t/m 1991. In **Figuur 5** wordt hetzelfde gedaan voor de zuurstof- en NH₄ N gehalten.

Op de figuren 4 en 5 is te zien, dat het N totaal in de loop van de tijd vrij constant blijft. De belasting met stikstof-componenten is naar verwachting ook constant geweest. Het NH₄ N is in de loop van de tijd vrij sterk gereduceerd, onder toename van het NO₃ N gehalte - **Figuur 6** - en het zuurstofgehalte.

De daling van NH₄ N is het sterkst vanaf 1988 en loopt gelijk op met de stijging van het zuurstofgehalte.

4.4 Afvoer van de Schelde

De Schelde is een regenrivier waarop ook veel huishoudelijk en industrieel afvalwater en polderwater wordt geloosd. De hoeveelheid afvalwater mag constant worden verondersteld; het polderwater en de rivierafvoer zijn gerelateerd aan de neerslag. Dit houdt in dat, rekening houdend met de najl-effecten, de rivierafvoer voornamelijk wordt bepaald door de neerslaghoeveelheden.

In Figuur 7 zijn de kwartaalgemiddelde zuurstofgehalten en de kwartaalgemiddelde rivierafvoer uitgezet. De kwartaalgemiddelde rivierafvoer is berekend uit de gegevens van 10-daagse en maandafvoeren zoals die zijn gemeten bij Schelle. Hierbij is dus geen rekening gehouden met de zijdelingse aanvoer tussen Schelle en Schaar van Ouden Doel. Op de grafiek is te zien, dat het verloop van de kwartaalgemiddelde afvoer en het kwartaalgemiddelde zuurstof-gehalte, op enkele uitzonderingen na, veel overeenkomst vertonen.

Tevens wordt hierop duidelijk, dat de rivierafvoer in de nattere perioden (wintermaanden) beduidend hoger is dan in de droge perioden (zomermaanden).

4.5 Chloridegehalte

Het chloridegehalte bij Schaar van Ouden Doel staat enerzijds onder invloed van het zeewater, dat via de Westerschelde binnenstroomt en daarmee zorgt voor een verhoging van het chloridegehalte. Anderzijds heeft de bovenstroomse afvoer een verzoetende invloed en zorgt voor een verlaging van het chloridegehalte.

In Figuur 8 zijn de kwartaalgemiddelde zuurstof- en chloridegehalten in één grafiek uitgezet. In deze grafiek is goed te zien, dat bij hoge afvoer er ook lagere zuurstofgehalten optreden. Ook het omgekeerde beeld is zichtbaar: lage afvoer met hogere chloridegehalten corresponderen met relatief lagere zuurstofgehalten. De oorzaak hiervan is tweeledig n.l: in zout water lost minder zuurstof op en bij een hoge afvoer bevat het zoete water, na verloop van tijd, een lager gehalte aan zuurstofverbruikende stoffen, waardoor het zuurstofgehalte hoog blijft.

Dat de rivierafvoer grote invloed heeft op het chloridegehalte is goed te zien in Figuur 9. In deze figuur zijn de kwartaalgemiddelde chloridegehalten en de kwartaalgemiddelde afvoeren van de periode 1975 t/m 1991 uitgezet, de verzoetende invloed van de rivierafvoer is daarop duidelijk te zien.

4.6 Beheer

Over het gevoerde beheer stroomopwaarts op Belgisch gebied is niet veel bekend. In de beschouwde periode, 1975 t/m 1991, zijn wel een aantal rioolwaterzuiveringsinrichtingen gereed gekomen, maar slechts een deel van de zuiveringscapaciteit wordt gebruikt. Resultaten van zuivering of sanering van afvalwater zullen zichtbaar moeten zijn in dalende gehalten aan belastende stoffen bij Schaar van Ouden Doel.

5. De relatie van het zuurstofgehalte met andere waterkwaliteitskenmerken

5.1 Temperatuur

De temperatuur, met name de watertemperatuur, heeft vrij veel invloed op het zuurstofgehalte. Bij hogere temperaturen lost er minder zuurstof op in het water en wordt er ook meer zuurstof verbruikt bij de diverse zuurstofverbruikende processen.

De jaargemiddelde watertemperatuur is in 1988 en 1989 resp. 2 en 3 graden hoger dan in de jaren daarvoor. Dit verklaart, volgens lit 1, voor een deel de daling in het zuurstofgehalte in die jaren. Per graad C temperatuurverhoging neemt het zuurstofgehalte (bij verzadiging) met 0.2 mg/l af. De jaargemiddelde watertemperatuur in 1990 en 1991 is gelijk aan die van 1988 en 1989 terwijl het jaargemiddelde zuurstofgehalte in 1990 en 1991 ruim 1 mg/l hoger is dan in de twee jaren daarvoor. Hieruit blijkt, dat ook nog andere oorzaken een minstens even belangrijke rol spelen, bijvoorbeeld de diverse belastingen, zie lit 2. Op jaargemiddelde basis zijn de temperatuurverschillen tussen de jaren op het eerste gezicht niet zo spectaculair. Zeker niet genoeg om de vrij grote verschillen in het jaargemiddelde zuurstofgehalte daaruit te kunnen verklaren. Het lijkt dan ook zinvol om naar de ruwe gegevens, of naar gemiddelden van kortere perioden te kijken. In **figuur 2** zijn de kwartaal- en jaargemiddelde waarden van de lucht- en watertemperatuur in één grafiek uitgezet.

In deze figuur 2 vallen direct twee belangrijke dingen op, n.l:

- * de lucht- en watertemperatuur volgen elkaar op de voet
- * de kwartaalgemiddelde temperaturen van de eerste kwartalen van 1988 - 1990 zijn beduidend hoger (4 a 5 gr C) dan die van de jaren daarvoor, de kwartaalgemiddelde temperatuur voor het eerste kwartaal van 1991 is ± 3 gr C hoger. In **figuur 10** zijn de kwartaalgemiddelde watertemperaturen en zuurstofgehalten in één grafiek uitgezet. Op deze grafiek is duidelijk te zien, dat de hogere kwartaalgemiddelde watertemperaturen in de eerste kwartalen van 1988 - 1991 in de meeste gevallen resulteren in lagere waarden van de kwartaalgemiddelde zuurstofgehalten. Het feit dat deze vergelijking niet helemaal opgaat duidt er op dat ook andere factoren mede bepalend zijn voor het zuurstofgehalte.

5.2 Zwevend stofgehalte

Van het zwevend stofgehalte zijn gegevens bekend vanaf 1982 en de dataset hiervan vertoont in de loop der jaren grote fluctuaties. De gehalten variëren tussen 7 en 607 mg/l; voor de zeer hoge concentratie zijn een aantal vermoedelijke oorzaken te noemen:

- * hoge rivierafvoeren waardoor - tijdelijk - veel slib wordt aangevoerd.
- * baggeractiviteiten ter hoogte van het meetpunt.
- * windkracht en windrichting op de bemonsteringsdag of daags daarvoor.

Het kwartaalgemiddelde zuurstof- en zwevend stofgehalte is in **figuur 3** uitgezet. In deze figuur is te zien dat over het algemeen een verhoging van het zwevend stofgehalte een daling van het zuurstofgehalte tot gevolg heeft.

Wanneer we **figuur 3** en **figuur 7** met elkaar vergelijken blijkt, dat de piek in het zwevend stofgehalte in het voorjaar van 1988 samenvalt met de hoge kwartaalgemiddelde rivierafvoer. De kwartaalgemiddelde rivierafvoeren in het voorjaar van 1986 en 1989 zijn echter niet hoog, maar de kwartaalgemiddelde zwevend stofgehalten wel. Zo wordt de hoge kwartaalgemiddelde concentratie van 1988 grotendeels veroorzaakt door één extreem hoge waarde (op 22 febr. 607 mg/l), terwijl de gemeten concentraties van de eerste kwartalen van 1986 en 1989 wel hoog waren maar veel minder grote verschillen vertonen. Dit betekent dat de zwevend stofconcentratie door meerdere factoren dan alleen de rivierafvoer wordt beïnvloed en dat ook kwartaalgemiddelde waarden niet altijd even betrouwbaar zijn.

Over het organisch stofgehalte van het zwevend stof zijn geen gegevens over een voldoende lange periode bekend. Toch is de samenstelling van het zwevend stof een belangrijke factor, want de organische stofbelasting gerelateerd aan slib wordt op zijn beurt weerspiegeld in de hoeveelheid BZV5.

De zwevend stof concentratie is in hoge mate bepalend voor het lichtklimaat onder water, wat op zich weer consequenties heeft voor een aantal biologische processen.

In de tabellen 1 en 2 is te zien, dat de zwevend stofconcentraties de laatste twee jaren, zowel jaargemiddeld als gemiddeld voor het eerste kwartaal vrij sterk zijn gedaald ten opzichte van de jaren daarvoor.

5.3 Zuurstofverbruikende stoffen en nutriënten

Een maat voor de hoeveelheid zuurstofbindende stoffen is het biochemisch zuurstofverbruik. Dit wordt bepaald door de afname van het zuurstofgehalte te meten in een met zuurstof verzadigd watermonster, dat vijf dagen afgesloten in het donker wordt bewaard bij een constante temperatuur van 20^o C. De aldus bepaalde parameter wordt aangeduid als BZV5, met als dimensie mg O₂/l.

Hoe hoger de concentratie van zuurstofbindende stoffen, hoe groter het BZV5. De voornaamste zuurstofbindende stoffen in de Westerschelde zijn organische verbindingen, afkomstig uit afbraakproducten van huishoudelijk afvalwater, zoals als eiwitten, aminozuren en suikers, gereduceerde anorganische stoffen als ammonium, ijzer(II)zouten en zwavelwaterstof.

Het overgrote deel van deze verbindingen is direct of indirect toe te schrijven aan de lozing van ongezuiverd afvalwater in de Schelde (België). Zo ontstaat de zwavelwaterstof bij reductie van sulfaat door bacteriën die organische stof afbreken. Sulfaat is in zeewater in relatief hoge concentraties aanwezig.

Bij de afbraak van organische stoffen uit huishoudelijk afvalwater komen nutriënten, fosfaat en ammonium weer vrij. De landbouw en de bedrijven zijn tevens bronnen van nutriënten. Ook het TOC (Totaal Organisch Koolstof) wordt door deze belastingsbronnen bepaald.

Vanaf het eind van de zeventiger jaren tot en met 1987 is de BZV5 op jaargemiddelde basis redelijk constant (tussen de 3 en 4 mg/l). In 1987 is er een lichte stijging naar 4 mg/l, daarna van 1988 t/m 1991 meer dan een halvering (tussen de 1.4 en 1.0 mg/l).

Kwartaalgemiddeld vallen deze cijfers iets anders uit dan jaargemiddeld; (figuur 11); op deze figuur is de relatie tussen BZV en zuurstofgehalte goed te zien.

Tabel 1 laat zien dat, vooral de laatste jaren, de jaargemiddelde concentratie van fosfaat en ortho-fosfaat vrij sterk daalt; deze trend is ook te zien in tabel 2, waarin de kwartaalgemiddelde waarden van de eerste kwartalen van het jaar worden gepresenteerd.

In dezelfde tabellen is ook te zien, dat de ammoniumconcentratie na een aanvankelijke vrij forse daling in 1989 en 1990, in 1991 weer toeneemt.

De concentratie nitraat/nitriet blijft in de loop der jaren redelijk constant, evenals de concentratie N-totaal

Het TOC gehalte was van 1978 tot en met 1982 relatief hoog en in de jaren 1986, 1990 en 1991 relatief laag. Het gedrag lijkt op dat van fosfaat.

5.4 Rivierafvoer en chloridegehalte

Zoals reeds onder 3.4 gezegd is de rivierafvoer grotendeels afhankelijk van de neerslag. De rivierafvoer heeft o.a. een directe invloed op het chloridegehalte. Hoe hoger de rivierafvoer, hoe lager het chloridegehalte. Het chloridegehalte is weer van invloed op het zuurstofverzadigingsconcentratie. Een hogere afvoer resulteert in zoeter water met daaraan gekoppeld een hogere zuurstofverzadigingsconcentratie. (figuur 7 en 8)

De verschillen in zuurstofgehalten zijn echter groter dan op basis van de verschillen in zuurstofverzadigingsconcentratie verklaard kunnen worden.

Verschillen in de afvoer kunnen bijvoorbeeld verschillen veroorzaken in de nitrificatiesnelheid; dit is de snelheid waarmee ammonium wordt omgezet in nitraat. De concentratie ammonium en het chloridegehalte speelt daarbij een rol.

6. Resume

Biologische processen zijn vaak gerelateerd aan de watertemperatuur in die zin, dat een verhoging van 10 gr Celsius een verdubbeling van de processnelheid tot gevolg kan hebben. De zuurstofverbruikende processen kunnen daardoor een deel van de opgetreden zuurstofgehalteredaling in 1988 en 1989 verklaren. Dit is ook te zien aan het biochemisch zuurstofverbruik wat na 1988 vrij sterk is gedaald. In een getijdewatersysteem wordt het zuurstoftransport door het water in hoge mate wordt bepaald door de wateruitwisseling over de verticaal.

De reaeratie heeft naar wordt verondersteld geen verandering ondergaan.

Op basis van de jaar- en kwartaalgemiddelde waarden van de tabellen 1 en 2 kan worden vastgesteld dat:

- * Het zuurstofgehalte na een aanvankelijke stijging in het begin van de tachtiger jaren, tot 1987 vrijwel constant is gebleven; in 1988 en 1989 is het zuurstofgehalte vrij sterk gedaald en in 1990 en 1991 weer gestegen.
- * Het debiet van de Schelde was in 1987 en 1988 groter dan normaal.
- * De gemiddelde watertemperatuur lag in de periode 1988 t/m 1991 op jaarbasis 2 á 3 graden C en op kwartaalgemiddelde basis voor het eerste kwartaal 3 á 4 graden C hoger dan de jaren daarvoor.
- * Het BZV is vanaf 1989 drastisch gedaald.
- * Het chloridegehalte is sterk gerelateerd aan het debiet.
- * Het ammonium (NH₄ N) is vanaf 1988 sterk gedaald (in 1991 weer iets hoger).
- * Het nitraat- plus nitrietgehalte (NO₃NO₂ N) vertoont een stijgende lijn.
- * Het Kjeldahl (Kj N) stikstof is vanaf 1989 met ± 30 % gereduceerd.
- * Het N-totaalgehalte (als som van NO₃NO₂ N en Kj N) vertoont vanaf 1989 een geringe daling (als gevolg van de reductie van Kj N).
- * Het P-totaalgehalte vertoont een (vooral vanaf 1989) vrij sterke daling.
- * Het orthofosfaat (PO₄ P) vertoont dezelfde lijn als het P-totaal.
- * Het TOC blijft na een aanvankelijke daling vanaf 1983 redelijk constant, in 1986, 1990 en 1991 relatief het laagst.
- * Het zwevend stofgehalte is redelijk constant met een paar uitschieters in 1988 en 1989.
- * Het doorzicht neemt in de loop van de tijd iets toe.

7. Discussie

De oorzaak van de fluctuaties in het zuurstofgehalte bij Schaar van Ouden Doel is niet eenduidig. Om daarover meer te kunnen zeggen, is getracht relaties van zuurstof met andere stoffen te vinden.

Dit is gedaan door na te gaan of gehalten in een opvolgend jaar hoger of lager zijn dan in het voorgaande jaar. Dit is uitgevoerd bij de reeksen van jaargemiddelden en eerste kwartaalgemiddelden over de periode 1975 - 1991. Als het verloop tussen twee parameters dezelfde kant op is, dan is er sprake van een rechtevenredige relatie en is het verloop tegen gesteld dan is die relatie omgekeerd evenredig. De vergelijking van de meetresultaten onderling zijn in tabel 3 samengevat.

Ook bij deze vergelijking geldt de stelling "uitzonderingen bevestigen de regel", vandaar dat in deze tabel de "uitzonderingen" zijn aangegeven. Er is aangegeven in welke gevallen de evenredigheid niet bestaat. Daarbij moet nog worden opgemerkt dat de evenredigheid waarbij zwevend stof is betrokken niet geheel representatief is, omdat zwevend stof (zie ook tabel 1 en 2) niet in alle voor deze tabel beschouwde jaren is bepaald.

Wanneer we in tabel 3 de "uitzonderingen" nader beschouwen, valt het op, dat een aantal van deze uitzonderingen op een zelfde tijdstip samenvallen.

Dit zou kunnen duiden op een bijzondere situatie zoals bijvoorbeeld een extreem nat of droog jaar, een andere bemonsterings- en/of analysemethode, etc.

Eén van die tijdstippen treedt op tussen de jaren 1980 en 1981, daar zijn de meeste uitzonderingen te zien. Zowel bij de kwartaal- als de jaargemiddelde debieten zijn in 1980 en 1981 ongeveer even groot, de oorzaak van de simultane afwijking zal dan ook bij andere parameters gezocht moeten worden.

Die andere oorzaken zoals een andere bemonsterings- en/of analysemethode komen ook bij het bestuderen van de ruwe gegevensdata niet sterk naar voren.

Uit tabel 3 kunnen wel een aantal stellingen worden geformuleerd, die niet nieuw zijn maar wel worden bevestigd.

- * Het chloridegehalte is omgekeerd evenredig met het debiet
- * De zuurstofconcentratie is omgekeerd evenredig met de watertemperatuur
- * De zuurstofconcentratie is omgekeerd evenredig met de nitriet-/nitraatconcentratie
- * De ammoniumconcentratie is omgekeerd evenredig met de nitriet-/nitraatconcentratie
- * De ammoniumconcentratie is omgekeerd evenredig met de watertemperatuur
- * De zuurstofconcentratie is omgekeerd evenredig met de BZV5
- * De zuurstofconcentratie is omgekeerd evenredig met het zwevend stofgehalte
- * De zuurstofconcentratie is omgekeerd evenredig met het debiet

Tabel 3 Vergelijking van een jaar- of kwartaalgemiddelde waarde, van diverse parameters, ten opzichte van het voorgaande jaar

Relatie tot andere stof(fen)	op basis van	Uitzonderingen																		
		1970					1980										90			
		5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1		
02 is omgekeerd evenredig aan Zw stof	Jaar Kwartaal																			
C1- is omgekeerd evenredig aan debiet	Jaar Kwartaal																			
02 is omgekeerd evenredig aan BZV5	Jaar Kwartaal																			
NH4 N is omgekeerd evenredig aan T water	Jaar Kwartaal																			
02 is omgekeerd evenredig aan T water	Jaar Kwartaal																			
NH4 N is omgekeerd evenredig aan NO3NO2	Jaar Kwartaal																			
02 is recht evenredig aan chloride	Jaar Kwartaal																			
N-tot is omgekeerd evenredig aan T water	Jaar Kwartaal																			
02 is omgekeerd evenredig aan debiet	Jaar Kwartaal																			
02 is omgekeerd evenredig aan NO3NO2	Jaar Kwartaal																			
02 is omgekeerd evenredig aan P-tot	Jaar Kwartaal																			
N-tot is recht evenredig aan debiet	Jaar Kwartaal																			

o betekent dat de evenredigheid bestaat

x betekent dat de evenredigheid niet bestaat

Een eenduidige oorzaak van de fluctuaties in de zuurstofgehalten bij Schaar van Ouden Doel is met deze stellingen niet aan te geven; dit komt door de veelheid van samenwerkende of elkaar tegenwerkende processen.

Het staat wel vast, dat de watertemperatuur en de chlorideconcentratie van grote invloed zijn op het zuurstofgehalte, maar daarnaast spelen nog één of meerdere processen een rol die we niet kennen of waarvoor de gegevens ontbreken om die processen te onderkennen.

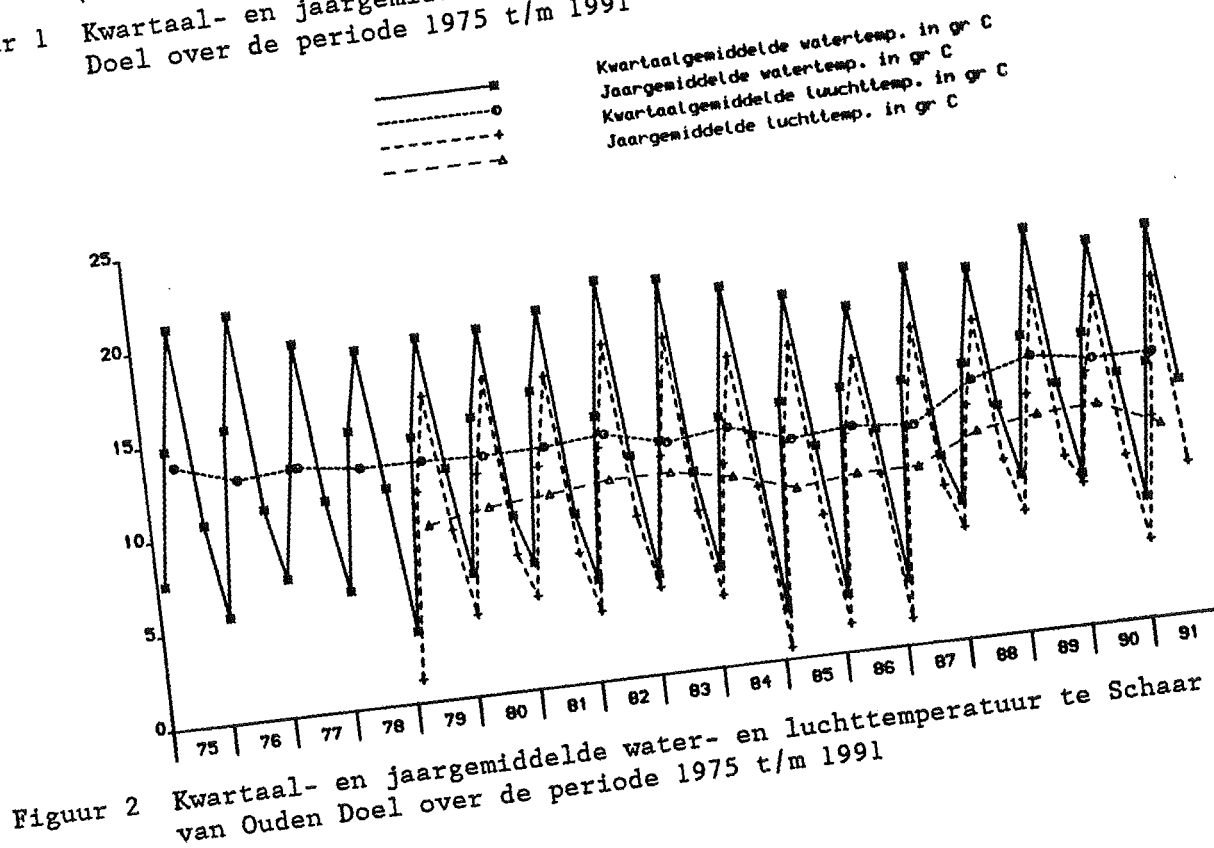
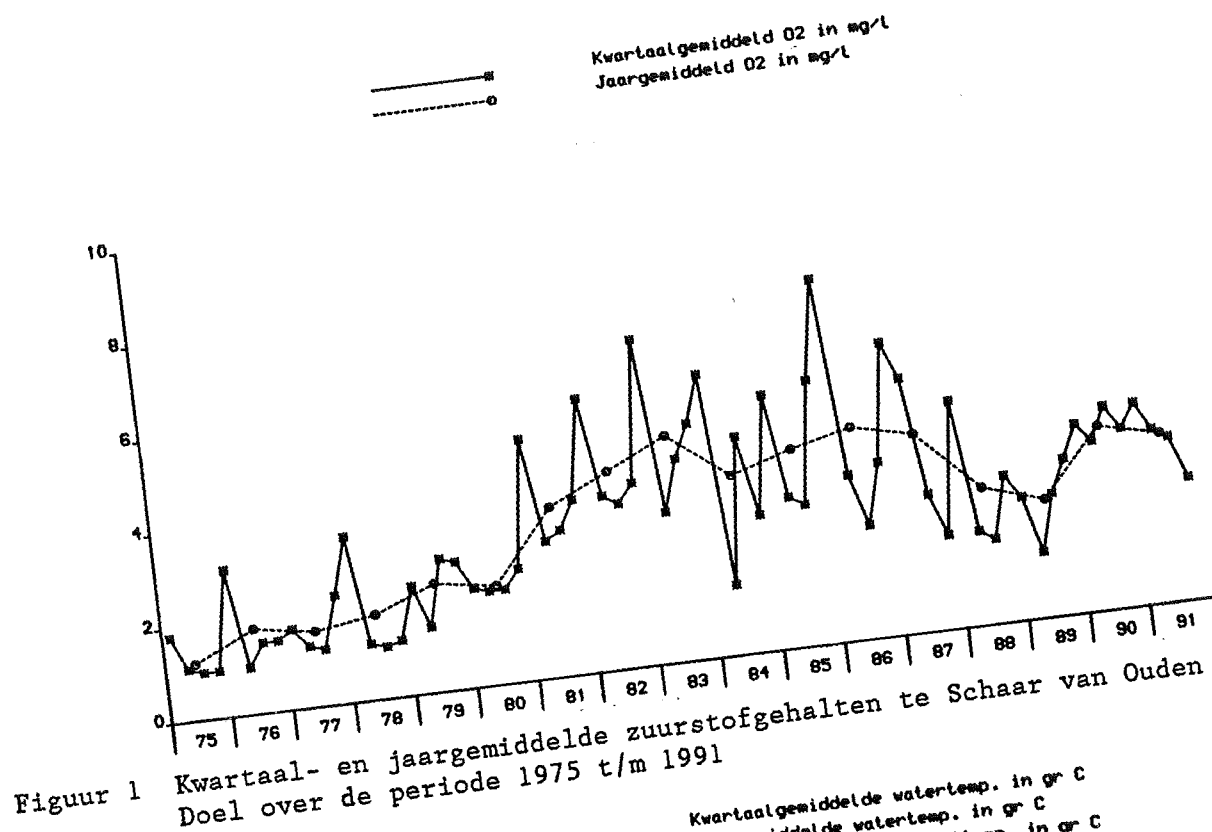
Er zijn diverse pogingen gedaan om combinaties van effecten op de zuurstofconcentratie door te rekenen en zo tot een goede vergelijking met de gemeten zuurstofconcentraties te komen. Zo is er gekeken naar:

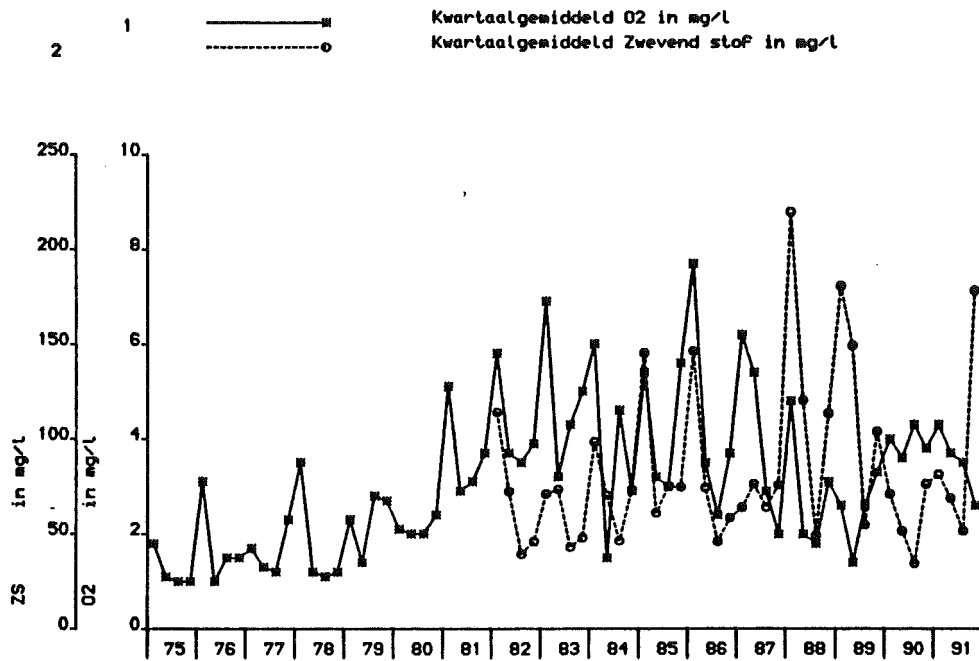
- * de verandering in zuurstofconcentratie als gevolg van de verandering van temperatuur plus debiet.
- * de verandering in zuurstofconcentratie als gevolg van de verandering van temperatuur plus BZV.
- * de verandering in zuurstofconcentratie als gevolg van de verandering van temperatuur plus debiet plus BZV.

Al deze pogingen leverden geen beter resultaat dan dat van de individuele parameters die in tabel 3 zijn aangegeven.

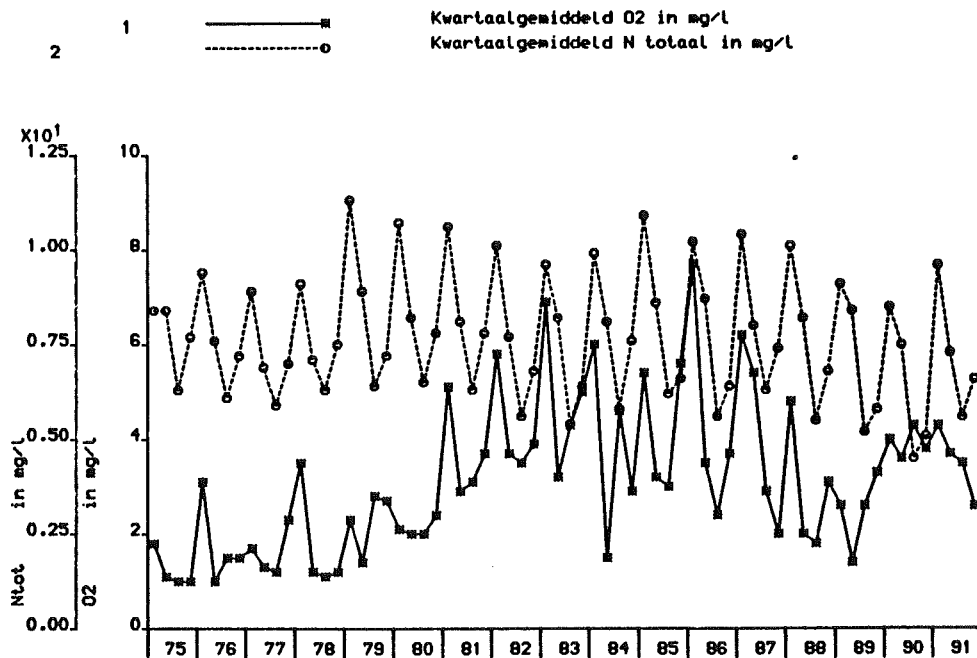
7. Literatuur

- 1 Holland A. (1990) Ontwikkeling zuurstofgehalten in de Westerschelde ter hoogte van Schaar van Ouden Doel. Notitie GWWS-90.13107, Rijkswaterstaat Dienst Getijdewateren Middelburg.
- 2 Holland A, Kramer K (1991) Zuurstofgehalte 1989 bij Schaar van Ouden Doel. Nota GWWS-91.085, Rijkswaterstaat Dienst Getijdewateren Middelburg.
- 3 Wattel G, Lefevre F (1988) Correctiefactor afvoeren Schelde te Schelle als gevolg van de debietverhoging op het traject Schelle / Nederlands-Belgische grens. Notitie GWWS-88.518, Rijkswaterstaat Dienst Getijdewateren Middelburg.

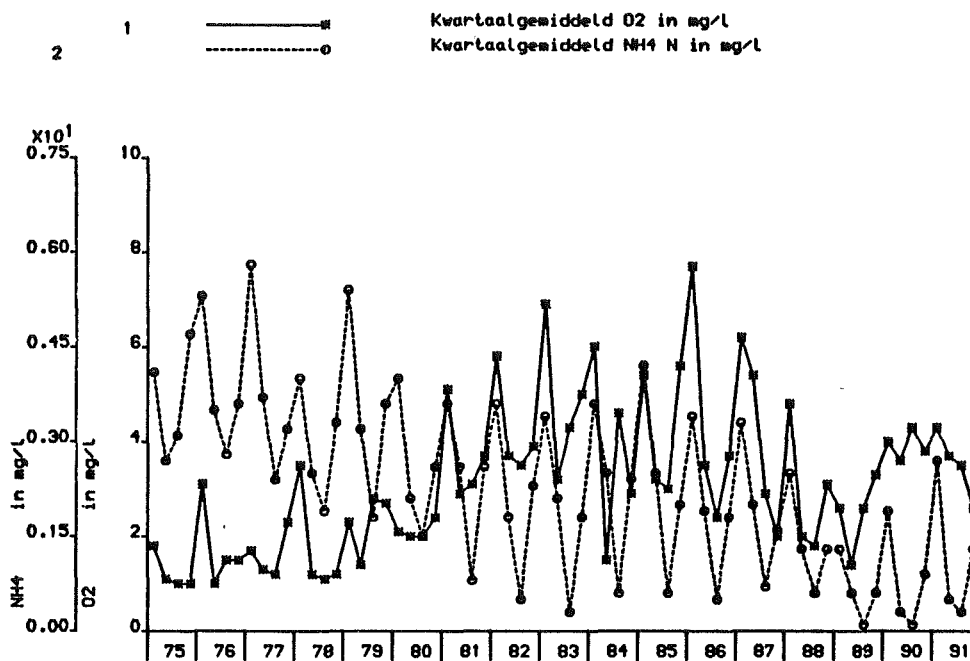




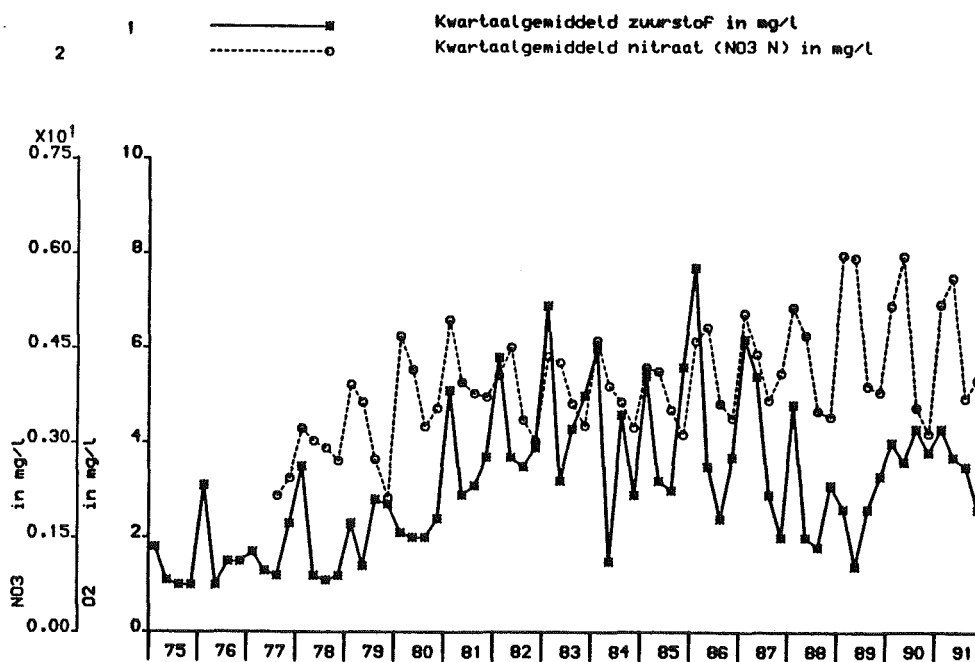
Figuur 3 Kwartaalgemiddelde zuurstof- en zwevend stofgehalten te Schaar van Ouden Doel over de periode 1975 t/m 1991



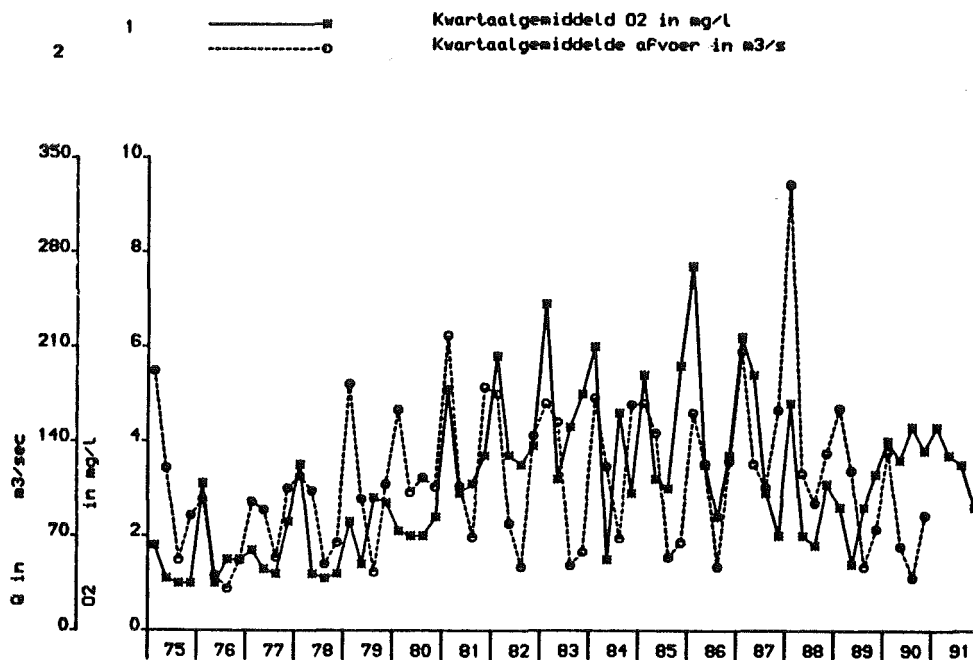
Figuur 4 Kwartaalgemiddelde zuurstof- en N tot gehalten te Schaar van Ouden Doel over de periode 1975 t/m 1991



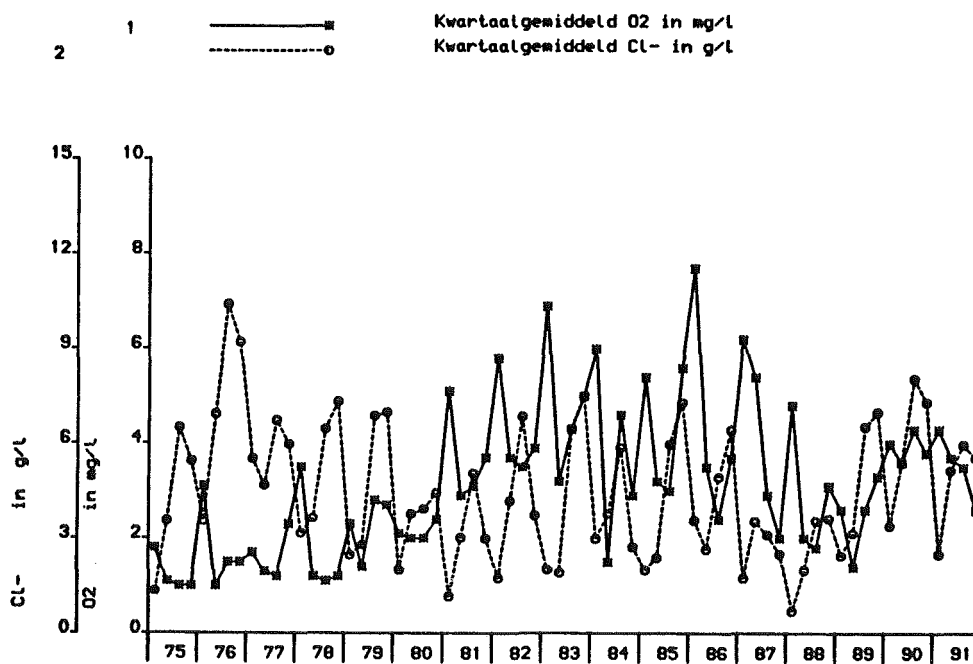
Figuur 5 Kwartaalgemiddelde zuurstof- en NH4 N gehalten te Schaar van Ouden Doel over de periode 1975 t/m 1991



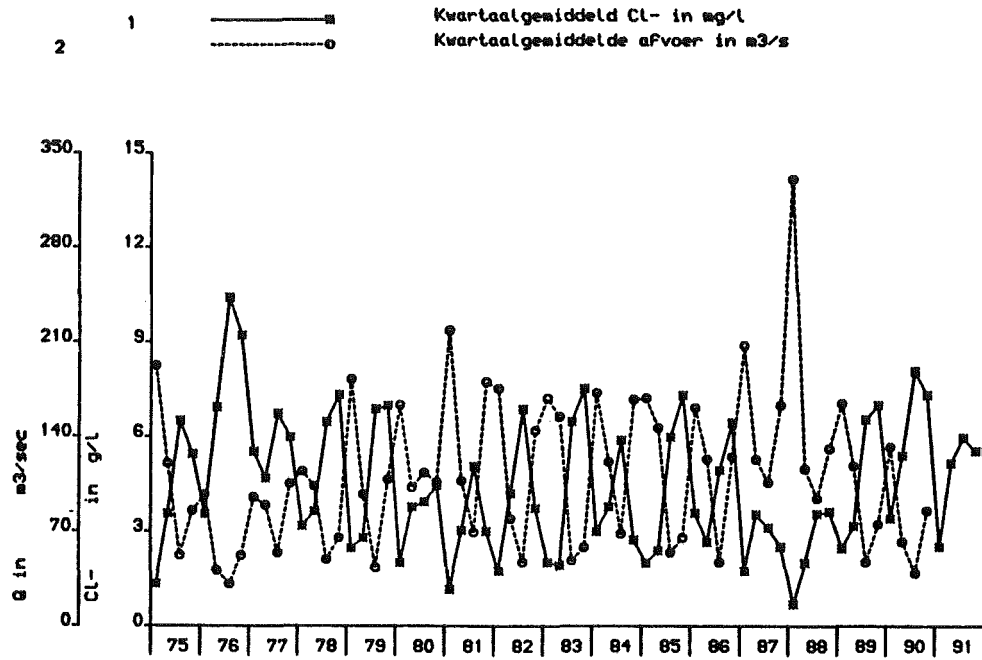
Figuur 6 Kwartaalgemiddelde zuurstof- en NO3 N gehalten te Schaar van Ouden Doel over de periode 1975 t/m 1991



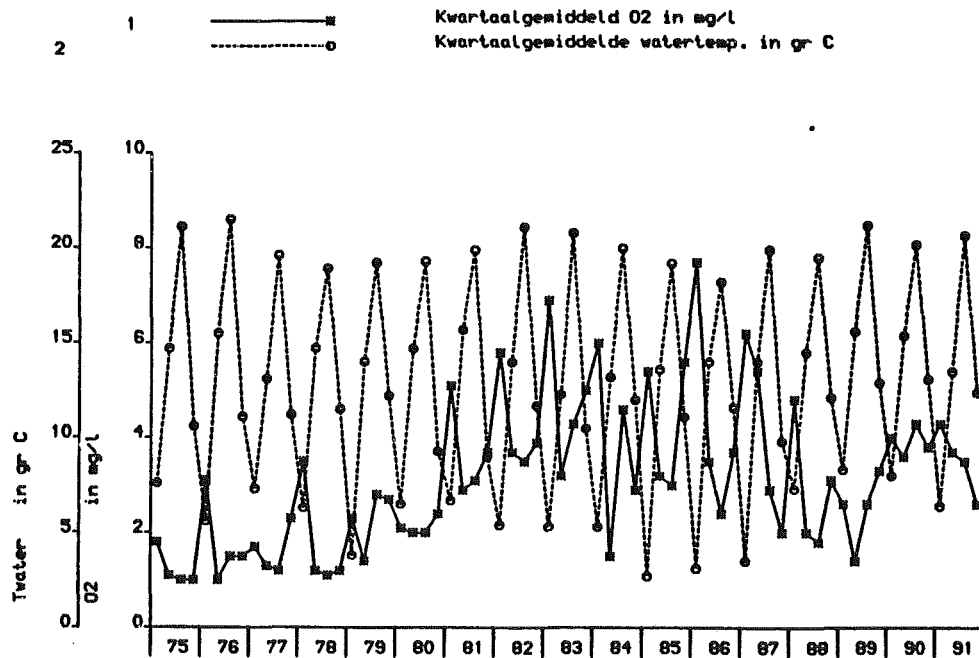
Figuur 7 Kwartaalgemiddelde zuurstofgehalten en de kwartaalgemiddelde rivierafvoer te Schaar van Ouden Doel over de periode 1975 t/m 1991



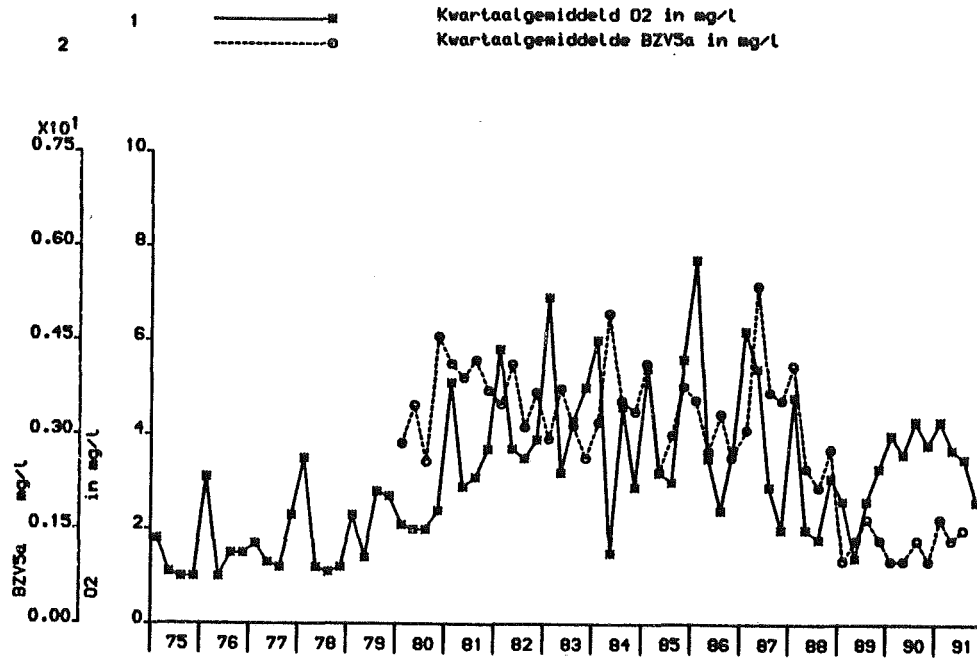
Figuur 8 Kwartaalgemiddelde zuurstof- en chloridegehalten te Schaar van Ouden Doel over de periode 1975 t/m 1991



Figuur 9 Kwartaalgemiddelde chloridegehalten en de kwartaalgemiddelde rivierafvoer te Schaar van Ouden Doel over de periode 1975 t/m 1991



Figuur 10 Kwartaalgemiddelde zuurstofgehalten en watertemperatuur te Schaar van Ouden Doel over de periode 1975 t/m 1991



Figuur 11 Kwartaalgemiddelde zuurstofgehalten en het kwartaalgemiddelde BZV-verbruik te Schaar van Ouden Doel over de periode 1975 t/m 1991