

# HET BELANG VAN CONTINUE WATERKWALITEITS-METINGEN, TOEPASSING OP DE DENDER

V. VANDENBERGHE, A. VAN GRIENSVEN en W. BAUWENS  
Vakgroep hydrologie en waterbouwkunde  
Vrije Universiteit Brussel

P. GOETHALS en N. DE PAUW  
Vakgroep toegepaste ecologie en milieubiologie  
Universiteit Gent

J. MEIRLAEN, L. VAN VOOREN en P. VANROLLEGHEM  
Vakgroep BIOMATH  
Universiteit Gent

## **BENEFITS OF CONTINUOUS WATER QUALITY MONITORING, APPLICATION ON THE RIVER DENDER**

*During the summer months of 1999, the dissolved oxygen, temperature, conductivity and pH along the river Dender (Belgium) have been measured continuously. Three automated measurement stations have been installed to this purpose. Additional water quality variables (BOD, COC, ammonium,...) have been determined through sampling and subsequent laboratory analysis.*

*In this paper, some of those measurements are presented. Specifically attention is hereby paid to those measurements that deviate from the expected ones. The purpose is to demonstrate the variability of the processes in this river, in time and in space. A first attempt is made to explain some of the observed phenomena.*

## **INLEIDING**

Meestal wordt de kwaliteit van rivieren beoordeeld aan de hand van monsters genomen op regelmatige tijdstippen. Dit kan variëren van bemonstering om het uur tot bemonstering om de paar dagen of zelfs om de paar maanden. Dit is echter niet voldoende voor het bestuderen van processen die verandering teweegbrengen in de kwaliteit van het water op korte tijdschaal, zoals de zuurstofdynamiek bij eutrofiëring of bij pieklozingen. Kritieke situaties zoals tijdelijk zuurstoftekort kunnen onopgemerkt voorbijgaan, maar ondertussen reeds schade aangebracht hebben aan het ecosysteem. Continue metingen geven een duidelijker beeld van het verloop van de variabelen en brengen ook de kortstondige veranderingen in beeld. Indien simultaan op meerdere plaatsen continu wordt gemeten kan bovendien het dynamisch gedrag van het riviersysteem worden bestudeerd.

De studie van de variabiliteit en de complexiteit van de verschillende processen aan de hand van continue metingen kan ook dienen voor het op punt stellen van een optimaal meetnet. Hierbij wordt dan de optimale locatie en frequentie van monsterneming bepaald, in functie van de gegeven doelstellingen (Makela en Meybeck, 1996).

In 1998 werd een interuniversitair onderzoek gestart rond integrale waterkwaliteits-

metingen en modellering. Met de steun van het Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek (FWO) werden in dit kader drie on-line meetstations voor het meten van waterkwaliteitsvariabelen aangekocht. Gedurende ongeveer één jaar bevonden de meetstations zich op de Zwalm bij Brakel. Tijdens deze periode werd er gewerkt aan het verbeteren van de meetopstelling, aan het uitwerken van ijkingprocedures en aan het oplossen van problemen zoals aanslibbing en interferenties. Ook werd een kwaliteitscontrole uitgewerkt en onderhoudsschema's op punt gesteld (Goethals et al., 2000).

Om ervaring op te doen met andere riviertypes werden de stations tijdens de zomer van 1999 naar de Dender verplaatst. In dit artikel worden een reeks meetresultaten op de Dender besproken, met speciale aandacht voor de meetresultaten die afwijken van de verwachtingen. Naast de resultaten van continue metingen worden ook deze van aanvullende meetcampagnes besproken.

## **DE MEETSTATIONS**

Met behulp van een pomp die zich bevindt op een vast peil (in het geval van de Dender ca. 60 cm onder het normaal waterpeil) wordt het rivierwater doorheen een buizenkringloop gepompt die zich bevindt in een

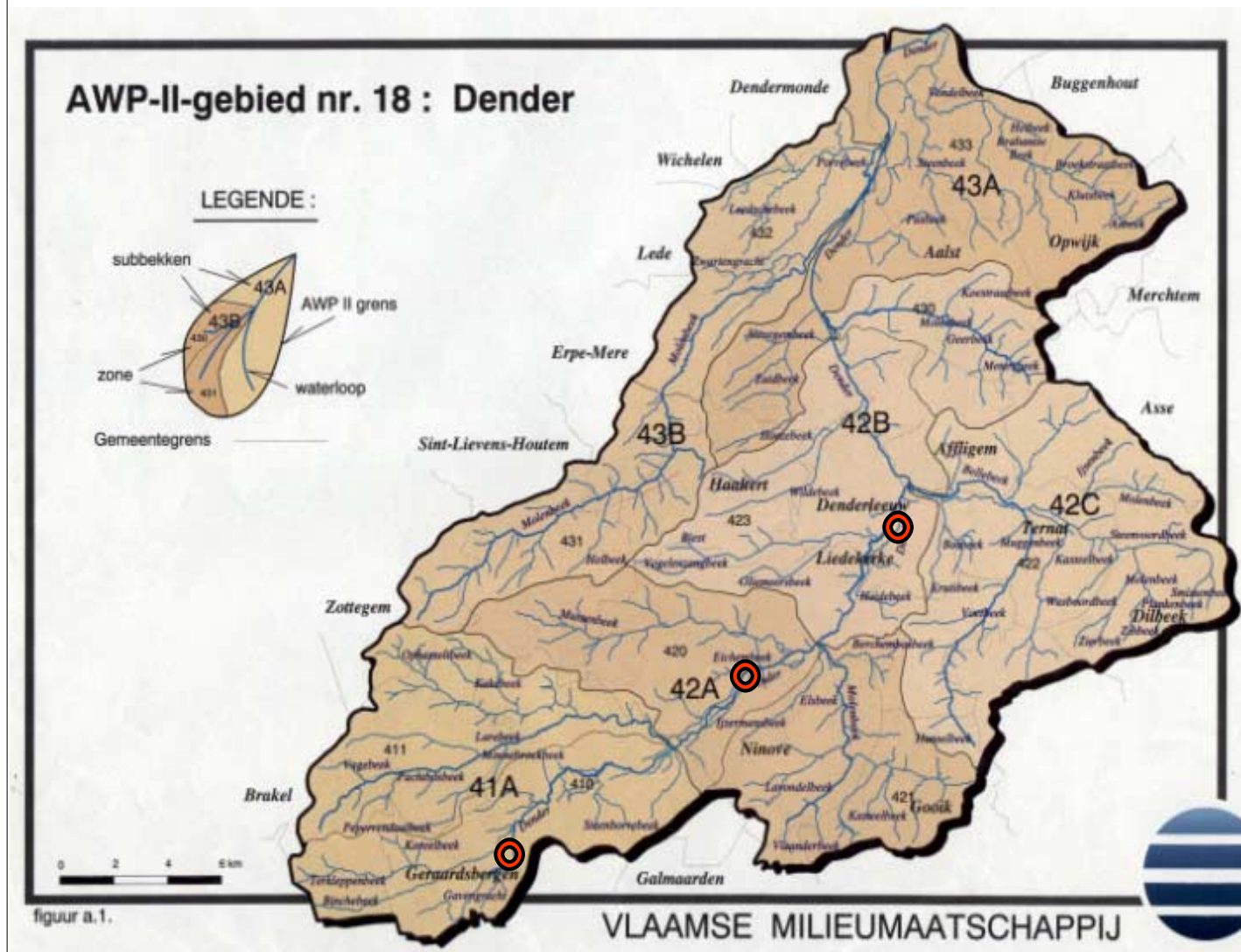
gesloten cabine. Bij het begin van de kringloop wordt de turbiditeit geregistreerd en kan eventueel water afgeleid worden naar een monsternemingstoestel. Na filtratie (100 µm) worden temperatuur, conductiviteit, pH, opgeloste zuurstof en redoxpotentiaal gemeten. Ammonium en nitraat worden gemeten in kleine reservoirs - na menging met een buffervloeistof - met ionselectieve elektrodes. Ook zonnestraling, neerslag en waterpeil kunnen ter plaatse worden gemeten.

Na omvorming worden de signalen naar een datalogger gezonden. Vervolgens worden "Short Message Service" (SMS) berichten via draadloze verbinding naar een centrale computer gestuurd.

Voor een meer gedetailleerde beschrijving van de stations en van de meetprocedures wordt verwezen naar Bols et al. (1999), Goethals et al. (1999), en Van Griensven et al. (2000).

## SITUERING VAN DE MEETSTATIONS

Figuur 1. Situering van de meetstations op de Dender (VMM, 1994).



De metingen vinden plaats op de Dender, net stroomopwaarts van resp. de stuwen te Geraardsbergen, Pollare en Liedekerke-Denderleeuw (Figuur 1).

Het stroomgebied van de Dender beslaat een oppervlakte van 1384 km<sup>2</sup>, waarvan 677 km<sup>2</sup> in Wallonië. De Dender ontstaat in Wallonië door de samenvloeiing te Ath van de oostelijke en westelijke Dender met het kanaal Ath-Blaton. De oostelijke Dender ontspringt in Erbaix op een hoogte van 100 mTAW. De westelijke Dender ontspringt in de streek van Barry op een hoogte van 60 tot 70 mTAW. Bij hun samenvloeiing te Ath situeert de Dender zich ongeveer op 40 mTAW hoogte; bij de monding in de Schelde bedraagt deze hoogte iets minder dan 10 mTAW (Verhoeve, 1976).

Het debiet van de Dender vertoont een zeer onregelmatig regime met zeer lage waarden in de zomerperiode en veel hogere waarden in een regenperiode. Het is een typische neerslagrivier. Om het onstuimig karakter van de Dender onder natuurlijke om-

standigheden te milderen en de Dender bevaarbaar te maken, werden tussen Ath en Dendermonde 14 stuwsluizen aangebracht. Als gevolg hiervan kan de Dender tijdens droge periodes worden beschouwd als een aaneenschakeling van reservoirs met een diepte van 3 tot 5 m, een breedte van 12 tot 50 m en een lengte van 2 tot 8 km. Enkel in geval van grote was worden de stuwen geopend en kan er gesproken worden van natuurlijke stroming (Bervoets et al., 1989).

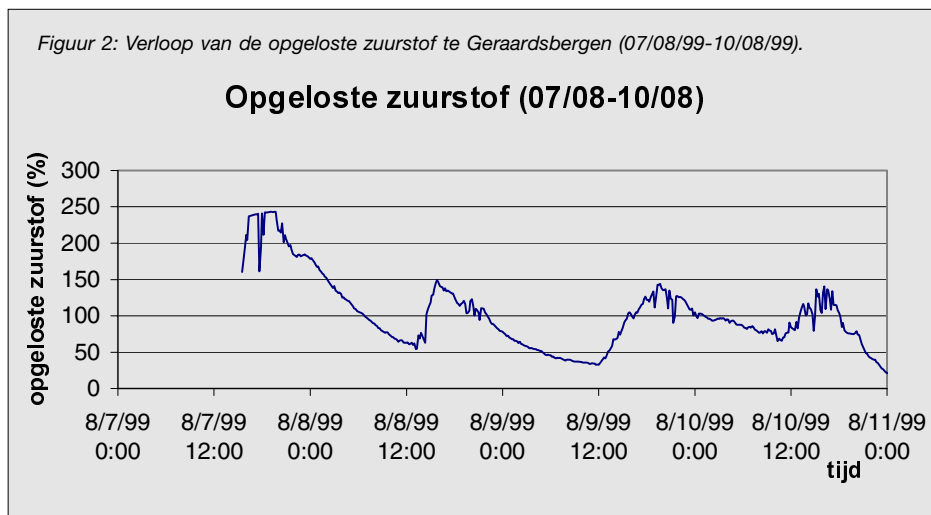
### DE OPGELOSSE ZUURSTOF

Zuurstof in een aquatische omgeving wordt geproduceerd door fotosynthese van algen en hogere planten en wordt geconsumeerd door respiratie van planten, dieren en bacteriën, afbraak van organische stoffen, zuurstofvraag door sedimenten en oxidatie van stikstofcomponenten. Ook is er uitwisseling van de opgeloste zuurstof in het water met de atmosfeer en beluchting ter hoogte van de stuwen en sluisen.

In aanwezigheid van algen of hogere planten vertoont het zuurstofgehalte een dagelijks profiel: tijdens de dag neemt het zuurstofgehalte toe als gevolg van fotosynthese; bij het invallen van de duisternis stopt het fotosyntheseproces en schakelen algen en planten over op respiratie zodat de hoeveelheid opgeloste zuurstof in het water daalt.

Een dergelijk profiel werd waargenomen op de Dender te Geraardsbergen tijdens de periode van 7 tot 11 augustus (Figuur 2). Tijdens deze periode waren de luchttemperaturen begrepen tussen 24 en 26 °C en bleef de watertemperatuur constant: de verschillen tussen de dag en de nacht waren beperkt tot 1 graad Celsius. Alhoewel tijdens deze periode enige neerslag viel, waren er toch voldoende uren zonnenschijn, zodat algenbloei mogelijk was. Als gevolg van de neerslag nam het debiet van de Dender toe.

Figuur 2: Verloop van de opgeloste zuurstof te Geraardsbergen (07/08/99-10/08/99).



volg van afbraakprocessen die plaats vinden op en in de waterbodem. Het relatief belang van dit laatste proces dient verder te worden onderzocht.

Deze profielmetingen worden ook bevestigd door metingen op extra stalen, genomen op 60, 135 en 370 cm diepte op 2 september 1999. In tabel 1 worden de resultaten gegeven van de bepalingen van ammonium en nitraat in deze stalen.

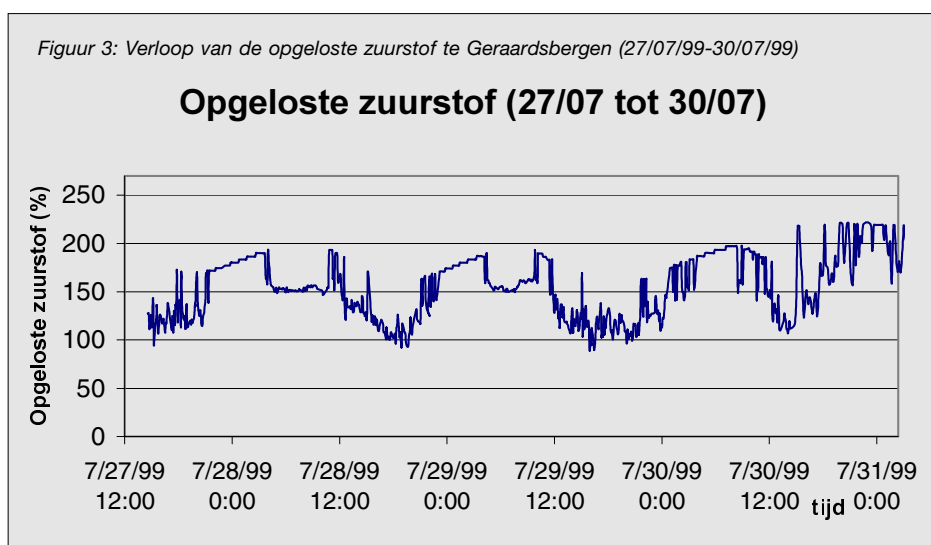
Nabij de bodem worden hogere ammoniumconcentraties vastgesteld, als gevolg van de zuurstofarme condities. De lagere nitrificatie in de onderste lagen zorgt anderzijds voor lagere nitraatconcentraties nabij de bodem.

Tijdens de periode van 17 tot 20 september (Figuur 5) is de normale dag- en nachtcyclus als gevolg van algenbloei opnieuw aanwezig. In het afwaarts meetpunt - Denderleeuw - worden evenwel hogere waarden van de zuurstofconcentratie vastgesteld, ondanks het feit dat er meer ammonium en meer chemische zuurstofvraag (CZV) in het water aanwezig was, met minder nitraat (Tabel 2). Gezien de meer reducerende omstandigheden te Denderleeuw zou een lager zuurstofgehalte worden verwacht. De grotere schommelingen van het zuurstofgehalte te Denderleeuw laten vermoeden dat de algenactiviteit aan de basis ligt van deze ogenschijnlijke tegenstrijdigheid.

Na een korte droge periode, treedt tijdens de periode van 20 september tot 30 september regelmatig neerslag op. Dit leidt tot een grondige wijziging in de toestand van het systeem (Figuur 6). In tegenstelling tot de vorige periode is er vanaf 20 september minder zuurstof te Denderleeuw dan te Geraardsbergen en het verschil tussen beide stations wordt steeds groter. Het algemeen peil van de zuurstofconcentratie is gevoelig gedaald. Riooloverstorten met een vertraagd zuurstofverbruik, verminderde fotosynthese door het wegspoelen van de algen, verminderd zonlicht en lagere instraling zijn de meest plausibele verklaringen voor deze waarnemingen.

De problematiek van de ruimtelijke spreiding wordt ook geïllustreerd aan de hand van een lengteprofiel van de rivier, dat op 17 september werd bemeaten tussen de sluisen van Geraardsbergen en Idegem (Figuur 7). Net opwaarts van de beide stuwen bedraagt het zuurstofgehalte nul (net onder het wateroppervlak). De beluchting door de stuwval doet het zuurstofgehalte bij beide stuwen toenemen tot 40-50% verzadiging. Het gehalte neemt vervolgens relatief snel af tot ca. 30% en blijft over een relatief grote afstand vrij constant bij die waarde. Net opwaarts van de stuw te Idegem bedraagt het gehalte evenwel opnieuw nul. De snelle daling van het zuurstofgehalte opwaarts van de stuw kan een gevolg zijn van de zuurstofvraag afkomstig van aldaar bezonken slib.

Figuur 3: Verloop van de opgeloste zuurstof te Geraardsbergen (27/07/99-30/07/99)



Een totaal verschillend verloop wordt vastgesteld tijdens de periode van 27 tot 30 juli. Hierbij wordt vastgesteld dat de zuurstofverzadiging licht toeneemt tijdens de nacht, gevolgd door een plotse inzinking rond zonsopgang. Verder daalt de zuurstofverzadiging gedurende de hele dag, met uitzondering van enkele piekwaarden.

Tijdens deze periode werd een geleidelijke stijging van de maximale luchttemperatuur vastgesteld van 23 tot 33°C. Als gevolg van de afwezigheid van bewolking was de zonneshijnduur maximaal en daalden de temperaturen 's nachts vrij snel tot ca. 13°C. De debieten van de Dender waren gedurende de volledige periode zeer laag.

De toename van het zuurstofgehalte tijdens de nacht kan vermoedelijk verklaard worden door de afkoeling van de bovenste waterlagen (waarin wordt gemeten). Als verklaring voor de plotse afname van het gehalte in de vroege ochtend wordt gedacht aan een omwisseling van waterlagen, zoals ook in meren kan worden vastgesteld: hierbij zouden de bovenste waterlagen die door de afkoeling zwaarder werden, vervangen worden door dieper gelegen lagen waarin zich minder zuurstof bevindt. Bijkomende

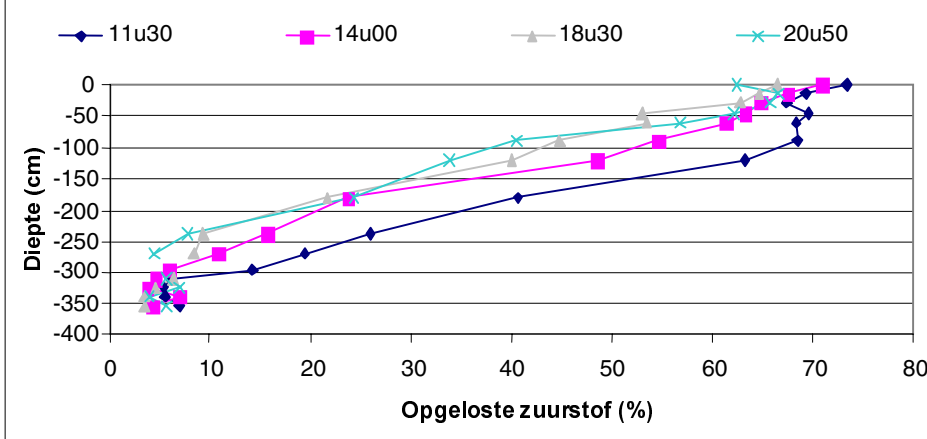
experimentele proeven, alsook gedetailleerde tweedimensionale modelstudies, worden in de toekomst gepland om deze theorie te ondersteunen.

Het bestaan van een zuurstofstratificatie in het rivierwater werd tevens bevestigd door de staalnemingen die plaats vonden op 2 september, opwaarts van de sluis te Geraardsbergen. Hierbij werden de opgeloste zuurstof, de pH en de temperatuur op verschillende tijdstippen bemeaten (Figuur 4).

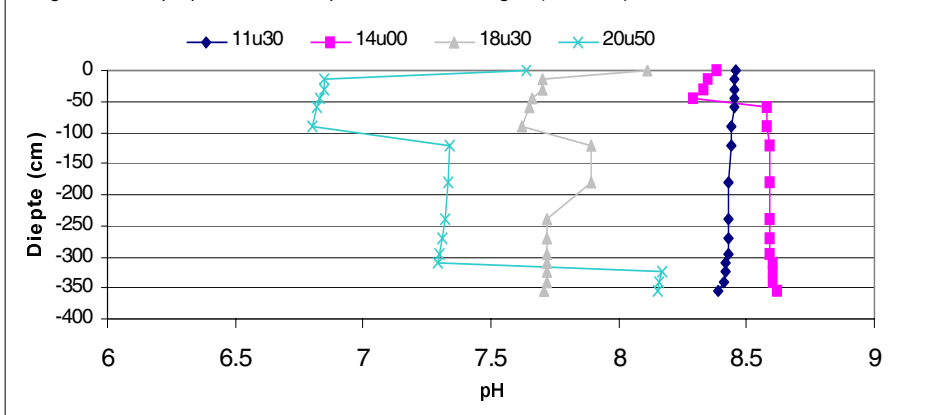
Door lichtmeting werd vastgesteld dat de lichtinval beperkt was tot de bovenste 50 tot 100 cm van het water, met als gevolg dat fotosynthese enkel in deze bovenste zone kon optreden. In deze zone doet zich ook de oppervlaktebeluchting het sterkst voelen, wat de hoge zuurstofconcentraties verklaart. Bij de bodem daarentegen werd vastgesteld dat de waterlaag quasi zuurstofloos was.

De gradiënten van de zuurstofconcentraties zijn het gevolg van zuurstofverbruik door afbraak van organische stoffen over de volledige hoogte van de waterlaag, diffusie van zuurstof van de bovenste lagen naar de diepere lagen en van zuurstofgebruik als ge-

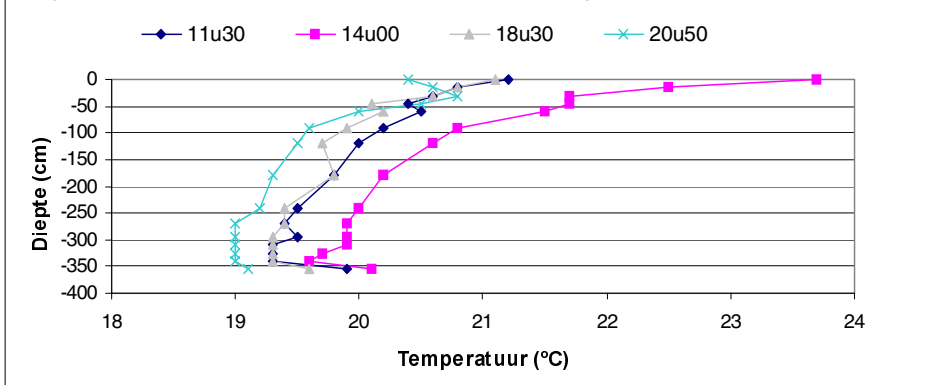
Figuur 4a. Diepteprofiel voor de opgeloste zuurstof te Geraardsbergen (02/09/99).



Figuur 4b. Diepteprofiel voor de pH te Geraardsbergen (02/09/99).



Figuur 4c. Diepteprofiel voor de temperatuur te Geraardsbergen (02/09/99).



Tabel 1. Analyseresultaten van monsters genomen op 02/09/99.

Diepte (cm)	NH <sub>4</sub> -N (mg/l)				NO <sub>3</sub> (mg/l)			
	11u30	14u00	18u30	20u50	11u30	14u00	18u30	20u50
-60	0.94	0.98	0.98	0.97	1.78	1.76	1.77	1.78
-135	0.95	1.06	1.24	1.17	1.72	1.81	1.65	1.64
-370	1.82	2.13	2.22	1.93	1.23	0.89	0.95	0.88

Tabel 2. Concentraties (in mg/l) op 17/09/99.

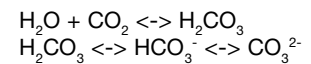
	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	TN	CODfil	CODtot
Geraardsbergen	1.93	2.1	6.43	24.4	23.1
Denderleeuw	3.07	1.23	8.06	27.7	28.4

## DE CONDUCTIVITEIT

Uit Figuur 8 blijkt dat de conductiviteit van het water van de Dender vrij hoog is. De waarnemingen, schommelend tussen 950 tot 1400 mS/cm, zijn meestal hoger dan de norm voor de basiskwaliteit van oppervlaktewateren (1000 mS/cm). De daling van de conductiviteit op 6 augustus kan worden verklaard door verdunning, tengevolge van neerslag op 5 en 6 augustus.

## DE PH

Over de hele waarnemingsperiode varieert de pH slechts tussen 6.5 en 8.5. Dit is merkwaardig daar gedurende de meeste meetperiodes algenbloei optrad. Deze bloei zou aanleiding moeten geven tot aanzienlijke schommelingen in hoeveelheid CO<sub>2</sub>. Bij fotosynthese stijgt immers het gehalte aan opgeloste zuurstof en wordt CO<sub>2</sub> opgenomen, zodat de pH stijgt door verschuiving van de volgende chemische evenwichten:



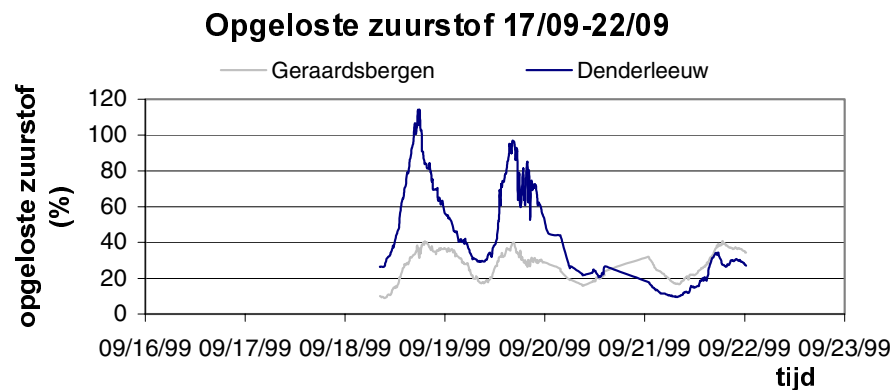
Hieruit kan worden besloten dat het water in de Dender gekenmerkt wordt door een hoge buffercapaciteit. Dit werd bevestigd door staalnamen waaruit blijkt dat de buffercapaciteit 2.8 meq/l.pH bedraagt bij een pH van 6.5 en dat deze nog 0.5 meq/l.pH bedraagt bij een pH van 8. Voor zuiver water waarbij de hoeveelheid CO<sub>2</sub> in het water in evenwicht is met de hoeveelheid CO<sub>2</sub> in de lucht is de piekbuffercapaciteit slechts 0.2 meq/l.pH. (Stumm et al, 1996). Dankzij dit buffersysteem zijn er geen te grote pH-schommelingen geïnduceerd door algenactiviteit.

Het gevolg van de grote buffercapaciteit van de Dender is tweeledig. Vooreerst lijdt de fauna en flora geen bijkomende stress door grote pH-schommelingen of extreme pH-waarden. Anderzijds kan de pH niet meer beschouwd worden als een kwaliteitsindicator. Immers, grote hoeveelheden zuur of base kunnen geloosd worden zonder detectie. De eventuele schade aangebracht door deze producten zijn dan niet het gevolg van de pH-verandering in het water maar van de toxiciteit van het product zelf.

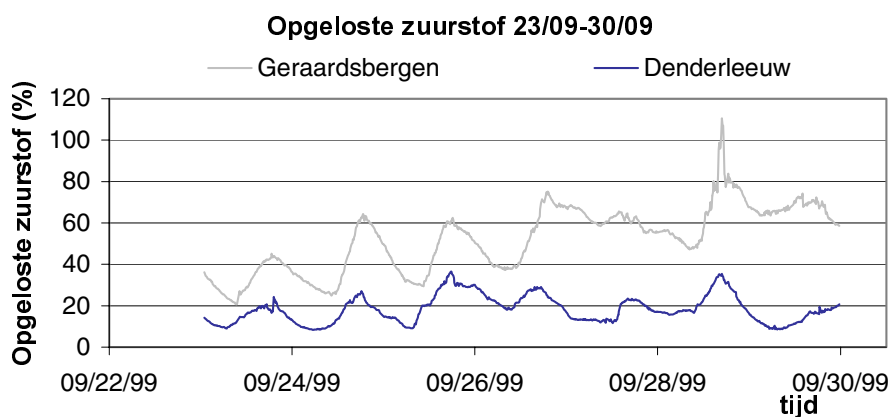
## CONCLUSIES EN DISCUSSIE

De metingen tonen het enorm variabel karakter aan van - in het bijzonder - het zuurstofgehalte in een rivier als de Dender en dit zonder dat er zich tijdens de waarnemingsperiode accidentele lozingen of sluklozingen hebben voorgedaan. De variaties doen zich voor zowel in de tijd als in de ruimte (de lengte en de diepte van de rivier) en worden in de eerste plaats gestuurd door de hydrometeorologische om-

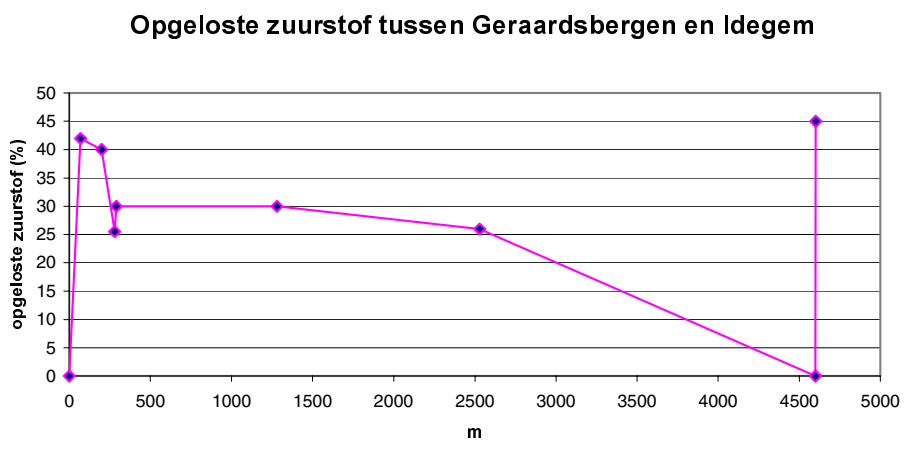
Figuur 5. Verloop van de opgeloste zuurstof te Geraardsbergen en Denderleeuw (17/09/99-22/09/99).



Figuur 6. Verloop van de opgeloste zuurstof te Geraardsbergen en Denderleeuw (23/09-30/09/99).



Figuur 7. Verloop van de opgeloste zuurstof tussen de sluis van Geraardsbergen en Idegem op 17/09/99.



standigheden (de vuilvrachten werden meermaals bepaald aan de hand van monsters en waren vrij constant in de tijd).

Voor wat betreft de waargenomen kwaliteit kan worden besloten dat het effect van de algenbloei tijdens de zomer van 1999 wel duidelijk een impact had, doch dat deze niet heeft geleid tot dramatische dalingen van het zuurstofgehalte. Daarentegen heeft de eerste belangrijke neerslag na de droge

zomer geleid tot een gevoelige daling van het zuurstofgehalte als gevolg van de grote lading biologisch zuurstofverbruik die via riooloverstorten in het systeem terechtkwam. Hierbij dient ook rekening te worden gehouden met het wegspoelen van de algen. Daar deze ongunstige situatie gedurende meerdere weken aanhield kan ook worden vermoed dat hierbij traag afbreekbaar materiaal naar de bodem bezonk, met een vertraagde zuurstofvraag vanaf de bo-

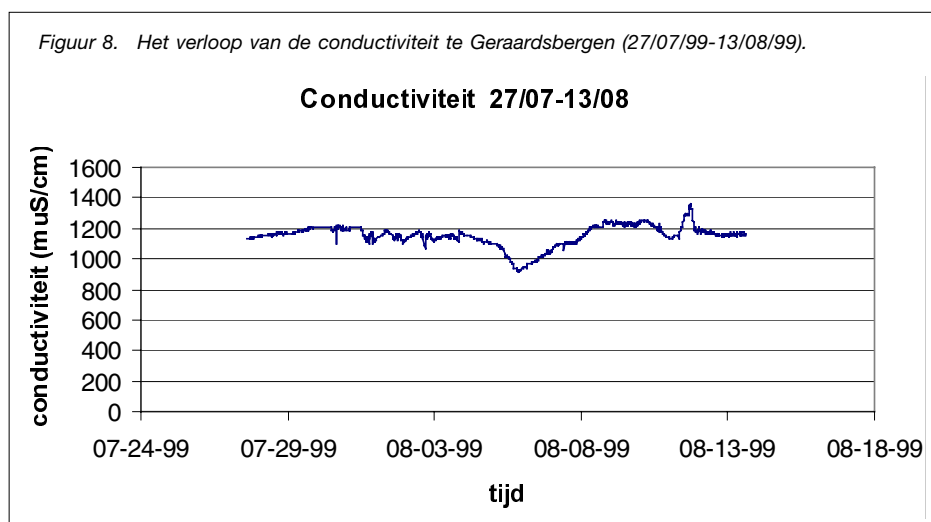
dem als gevolg. De waargenomen stratificatie in de rivier is niet noodzakelijk problematisch en kan in principe bijdragen tot de diversiteit van fauna en flora. Ze wordt echter wel een probleem wanneer zuurstof reeds op geringe diepte limiterend wordt, waardoor de levensruimte voor de fauna wordt beperkt. Vissen waarvan de natuurlijke habitat op grote diepte ligt, zullen aldus in minder goede omstandigheden leven. Verschillende vissoorten leggen hun eitjes op de bodem en eitjes en vissenlarven zijn het meest gevoelig voor zuurstoftekorten zodat de voortplanting van deze soorten in het gedrang komt (Bruylants et al, 1987).

Voor de verklaring van vele fenomenen die werden vastgesteld, dient nog uitgebreid onderzoek te worden verricht. Zo zal aan de hand van modellen worden onderzocht welke processen aan de basis liggen van de waarnemingen en welke de interacties zijn tussen deze processen. Ook worden -doelgerichte - aanvullende metingen gepland tijdens het voorjaar en de zomer van 2000. Toch hielden de auteurs eraan om bepaalde resultaten nu reeds te publiceren omdat zij nopen tot opmerkingen die voor het beleid van praktisch belang kunnen zijn.

Een eerste opmerking betreft de wijze van bemonstering van dergelijke waterlopen naar waterkwaliteitsvariabelen toe. In het licht van de variabiliteit van de waarnemingen in tijd en ruimte kan men zich inderdaad vragen stellen bij de representativiteit van bemonstering met een periodiciteit van ongeveer één maand op een beperkt aantal punten. Zelfs de representativiteit van een gegeven staal als momentopname voor de gegeven plaats van de rivier dient in vraag te worden gesteld indien rekening wordt gehouden met de waargenomen diepteprofielen. Zo bedraagt de diepte-gemiddelde zuurstofconcentratie te Geraardsbergen op 2 september 35 %. Een schepmonster genomen op een diepte van 20 cm onder het wateroppervlak levert evenwel 65 %. Uit de eerste resultaten zou men kunnen besluiten dat op 2 september de waterkwaliteit onder de norm lag terwijl op basis van het tweede resultaat men zou kunnen besluiten dat het zuurstofgehalte als goed kan worden beschouwd.

Een tweede bemerking betreft de zin of de onzin van de berekeningen waarop wordt gesteund voor de berekening van emissienormen. Het is hierbij duidelijk dat de eenvoudige berekeningen, enkel steunend op massabalansen of tijdsafhankelijke modelleringen van de kwaliteit, de waargenomen dynamiek niet kunnen vertalen. Zelfs de courant beschikbare dynamische modellen gaan slechts uit van een 1-dimensionale voorstelling van de rivier en kunnen bijgevolg de waargenomen stratificatie niet weergeven. Ook dient de ruimtelijke verdeling volgens de lengte-as in dergelijke modellen voldoende fijn te worden ingesteld om rekening te houden met de ruimtelijke varia-

Figuur 8. Het verloop van de conductiviteit te Geraardsbergen (27/07/99-13/08/99).



tie. Dit alles vereist een graad van detailering bij de modellering die ver verwijderd is van wat thans gangbaar is, wil men representatieve resultaten bekomen.

Continue meetreeksen van waterkwaliteitsvariabelen in rivieren zijn niet makkelijk te bekomen. De tijd en energie die dergelijke metingen vereisen worden echter gerechtvaardigd door het feit dat enkel continue meetreeksen een representatief beeld schetsen van de waterkwaliteit. Alhoewel slechts een beperkt aantal kwaliteitsvariabelen op betrouwbare wijze continu kunnen bemeaten worden, verschaffen deze vaak voldoende informatie om beslissingen te nemen betreffende de noodzaak tot het nemen van monsternames voor de bepaling van aanvullende variabelen. In dit licht kunnen dergelijke meetstations dan ook gebruikt worden voor het opsporen van bvb. accidentele lozingen. Tenslotte verschaffen enkel hoogfrequente metingen voldoende informatie voor het opstellen en ijken van waterkwaliteitsmodellen.

## DANKWOORD

De auteurs danken het Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek voor het ter beschikking stellen van de fondsen voor de aankoop van de meetstations (Krediet

G.0102.97). Dank zij het FWO en de Onderzoeksraad van de VUB konden ook vorsers op het project worden aangesteld. Verder wordt de Dienst voor Scheepvaart - Afdeling Gent - bedankt voor de logistieke steun bij de plaatsing van de meetstations.

## LITERATUUR

- Bervoets L., Schneiders A. en Verheyen R.F. (1989). Onderzoek naar de verspreiding en de typologie van ecologisch waardevolle waterlopen in het Vlaams gewest. Deel 1 - Het Denderbekken, Universitaire Instelling Antwerpen, 76p.
- Bols J., Goethals P.L.M., Meirlaen J., van Griensven A., Vandenberghe V., Van Vooren L., De Pauw N., Vanrolleghem P.A. and Bauwens W. (1999). Automated measurement stations for river water quality monitoring. Proc.13th Forum Applied Biotechnology. Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent, 64/5a, p.107-110.
- Bowie, G.L., Mills, W.B., Porcella, D.B., Campbell, C.L., Pagenkopf, J.R., Rupp, G.L., Johnson, K.M., Chan, P.W.H., Gherini, S.A. and Chamberlin, C.E. (1985). Rates, Constants and Kinetics Formulations in Surface Water Quality Modeling. U.S. Environmental Protection Agency Athens, GA (EPA-600/3-85-040).
- Bruylants B., Vandelannoote, A. en Verheyen R.F. (1987). De vissen van onze Vlaamse beken

en rivieren, hun ecologie, verspreiding en bescherming, WEL, Antwerpen, 272 p.

Goethals P., van Griensven A., Bols J., De Pauw N., Vanrolleghem P.A., Van Vooren L. and Bauwens W. (1999). Automated measurement stations and water quality modelling. In: Proc. 9th European Congress on Biotechnology, Brussels.

Koninklijk Meteorologisch Instituut van België (1999). Maandberichten klimatologische waarnemingen. Juli 1999; Augustus 1999.

Makela A. and Meybeck M. (1996). Designing a monitoring programme. In: Bartram J. & Ballance R.(Ed.), Water Quality Monitoring. Chapman & Hall, London

Stumm W. and Morgan J. J. (1996). Aquatic chemistry, chemical equilibria and rates in natural waters, Wiley, New York, 1022 p.

Van Griensven A., Debebe A., Moreda F., Vandenberghe V., Bols J., De Pauw N., Goethals P., Meirlaen J., Vanrolleghem P.A., Van Vooren L. and Bauwens W. (2000). Experience and organisation of automated measuring stations for river water quality monitoring. Proc. Conf. Paris 2000, IWA.

Verhoeve D. (1976). De waterverontreiniging in het Denderbekken. Deel 1-Potentiële verontreinigingsbronnen, I.H.E., 29p.

Vlarem II (1995). Besluit Vlaamse Regering, Bijlage 2.3.1. Basiskwaliteitsnormen voor oppervlaktewater.

VMM (1994). Ontwerp - AWP-II Dender en Mark. Erembodegem.

V. VANDENBERGHE ,  
A. VAN GRIENSVEN en W. BAUWENS  
Vakgroep hydrologie en  
waterbouwkunde  
Vrije Universiteit Brussel,  
Pleinlaan 2, B-1050 Brussel

P. GOETHALS en N. DE PAUW  
Vakgroep toegepaste ecologie en  
milieubiologie  
Universiteit Gent,  
J. Plateaustraat 22, B-9000 Gent

J. MEIRLAEN, L. VAN VOOREN en  
P. VANROLLEGHEM  
Vakgroep BIOMATH  
Universiteit Gent,  
Coupure Links 653, B-9000 Gent