

E. De Deckere¹,
C. Van Liefvering¹,
J. Baets¹, V. Leloup¹,
C. Schmitt¹, I. Munoz²,
P. von der Ohe³, C. Orendt⁴,
G. Wolfram⁵ en P. Meire¹

Impact van pollutie aan de hand van de diversiteit van macro-invertebraten

De biodiversiteit in aquatische ecosystemen wordt in grote mate bepaald door de habitatkwaliteit, de trofische toestand en de chemische stress ten gevolge van contaminanten. Het is echter onduidelijk of uit de biodiversiteit die in een bekken of op een locatie aanwezig is, kan afgeleid worden welke van deze drie factoren de meest beperkende factor is. In deze studie, uitgevoerd in het Europese project Modelkey, wordt er aan de hand van monitoringsgegevens van een aantal subbekkens van het Schelde bekken gekeken of er een onderscheid gemaakt kan worden in de kwaliteit. Hieruit blijkt dat er in de zwaar verontreinigde bekkens van de Dijle-Zenne en de Bovenschelde minder macro-invertebraten families worden aangetroffen in vergelijking tot het bekken van de Nete, wat onder meer veroorzaakt wordt door pesticiden. Aanvullend is er op een tweetal locaties in respectievelijk het Groot Schijn en de Grote Nete aangetoond dat verontreiniging een duidelijke impact heeft op de diversiteit van macro-invertebraten, waarmee wordt aangetoond dat diversiteit als hulpmiddel kan dienen om impact van pollutie aan te tonen.

¹ Universiteit Antwerpen, Onderzoeksgroep Ecosysteembeheer

² Universiteit van Barcelona, Departement Ecologie, Barcelona, Spanje

³ Centrum voor milieu onderzoek (UFZ), Leipzig-Halle, Duitsland

⁴ Orendt Hydrobiologie, Leipzig, Duitsland

⁵ DWS Hydro-Ökologie GmbH, Wenen, Oostenrijk

Een slechte ecologische toestand en een gereduceerde biodiversiteit van aquatische ecosystemen wordt onder meer bepaald door habitatkwaliteit, trofische toestand en chemische stress ten gevolge van contaminanten. Het aandeel van deze factoren in de verstoring van de levensgemeenschap en de diversiteit van macro-invertebraten is onduidelijk, maar diverse studies hebben het verband reeds aangetoond tussen deze factoren en de afname van het aantal soorten (Linke & Norris, 2003; Kamppinen & Walls, 1999; Reyers & James, 1999). Macro-invertebraten worden binnen de monitoringsprogramma's die ontwikkeld zijn in functie van de Kaderrichtlijn water dan ook beschouwd als een belangrijke indicatorgroep. Een indicatorgroep waarvoor vele indices zijn ontwikkeld om de gegevens te kunnen interpreteren, zoals onder andere de Belgische biotische Index (BBI), maar waarbij in zoete aquatische systemen geen of nauwelijks rekening wordt gehouden met dichtheden en biomassa van de macro-invertebraten in tegenstelling tot brak- en zoutwater systemen. De ratio dichtheid/biomassa blijkt echter een goede indicator zijn voor stress ten gevolge van verontreiniging (Meire & Dereu, 1990). Bovendien blijkt dat voor de interpretatie van de macro-invertebraten gemeenschap op lokaal niveau rekening gehouden moet worden met het feit dat door de lokale karakteristieken reeds van nature een afwijking t.o.v. bepaalde condities kan optreden, waardoor de ervaring van experts en alle taxonomische kennis nodig is voor een juiste interpretatie van de gegevens (Verdonschot, 2006).

In het kader van het Europese project MODELKEY wordt er gekeken naar de mogelijkheid om op basis van de diversiteit van macro-invertebraten, inclusief invasieve soorten, en rekening houdende met zowel dichtheden als biomassa, een idee te krijgen welke factor het meest beperkend is voor de levensgemeenschap. Meer specifiek wordt er gekeken of de impact van pollutie zichtbaar is in de samenstelling van de levensgemeenschap. Hiervoor is er in eerste instante een uitgebreide

analyse gebeurd van de macro-invertebraten monitoringsgegevens in een aantal subbekkens van de Schelde. Deze gegevens zijn ook vergeleken met data van de Elbe en de Llobregat. Het determinatie niveau van deze gegevens is meestal niet gedaan tot op soort. Daarnaast is er op een aantal locaties, in de Grote Nete en het Groot Schijn, zowel bovenstrooms als benedenstrooms van een vervuilingbron een uitgebreide analyse gebeurd van de macro-invertebraten soorten. De aangetroffen macro-invertebraten zijn geanalyseerd met behulp van verschillende biotische indices.

De doelstelling is om aan te tonen dat traditionele monitoringsgegevens een duidelijk onderscheid kunnen geven op grotere schaal, maar dat voor het bestuderen van effecten op lokaal niveau, een grondige analyse van de aanwezige macro-invertebraten een goed inzicht kan opleveren van de mogelijke verstoringen.

Materiaal en Methoden

Om het nut van macro-invertebraten als indicator voor pollutie aan te tonen zijn er zowel monitoringsgegevens gebruikt voor een analyse op bekkenniveau als veldgegevens van twee locaties in respectievelijk de Grote Nete en het Groot Schijn.

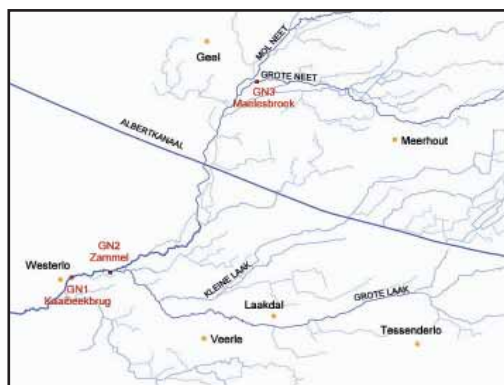
Effect op bekkenschaal

Voor de monitoringsgegevens is gebruik gemaakt van de gegevens in de Modelkey Basin databank, waarin monitoringsgegevens zijn verzameld van een drietal rivierbekkens, namelijk de Elbe, de Llobregat en de Schelde. De gegevens zijn afkomstig van respectievelijk Arge-Elbe, Catalaans water agentschap en de Vlaamse Milieu Maatschappij. In tabel 1 staat een overzicht van de gebruikte gegevens. Alle gegevens zijn gebaseerd op staalnames verzameld met een handnet, maar het determinatie niveau verschilt per rivierbekken (tabel 1). Vanwege het verschil in taxonomische resolutie

Tabel 1: Overzicht van de gegevens uit de Modelkey database die voor deze studie zijn gebruikt.

Bekken	Subbekken	Aantal locaties	Periode	Frequentie	Taxonomisch niveau
Elbe		25	1999-2004	2 x per jaar	Soort
Llobregat		31	1989-1991	2 of 3 x per jaar	Familie
Schelde	Beneden Schelde	46	2000-2004	Jaarlijks*	Familie/Genus
	Boven Schelde	51			
	Dijle Zenne	42			
	Nete	82			

Figuur 1: Locaties waar macro-invertebraten zijn bemonsterd in de Grote Nete, met het referentiepunt Maelesbroek, het licht verontreinigd punt Zammel en het zwaar verontreinigd punt Kaaibeekbrug.

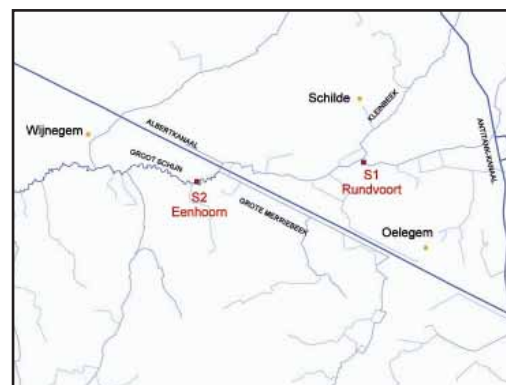


zijn voor de analyse op bekkenniveau alle soorten en genera teruggebracht tot familie niveau in de data. Vervolgens werden de gegevens per locatie gebundeld, zodat er per locatie een lijst was van soorten die er tijdens een of meerdere keren dat er stalen genomen waren aanwezig was.

Een eerste analyse van de data is gedaan met een Bray-Curtis similarity index op basis van de aan- of afwezigheid van de families om te kijken in hoeverre de macro-invertebraten samenstelling varieerde tussen de locaties. Op basis van de similarity index is een hiërarchische cluster routine toegepast om te kijken welke groepen van families op meer locaties binnen een bekken voorkwamen (ANOSIM, analysis of similarities) en om te zien welk percentage de betreffende families de totale macro-invertebraten gemeenschap in het betreffende bekken vertegenwoordigen (SIMPER routine). Al deze bewerkingen zijn uitgevoerd met het programma PRIMER, een statistisch pakket voor biodiversiteitsanalyses (Plymouth Marien Laboratorium, UK, 2001).

Om te kijken of er een mogelijke indicatie is voor de impact van pesticiden op de macro-invertebraten populatie is er de SPEAR (SPECies At Risk) index bepaald per locatie (Liess & Von der Ohe, 2005). De SPEAR index is het aantal voor pesticiden gevoelige soorten of in dit geval families, ten opzichte van het totale aantal. Of een soort gevoelig is voor pesticiden is afhankelijk van hun gevoeligheid voor een bepaalde stof ten opzichte van de gevoeligheid van *Daphnia magna* voor die bepaalde stof.

Figuur 2: Locaties waar macro-invertebraten zijn bemonsterd in het Grote Schijn, met het referentiepunt Rundvoort en het verontreinigde punt Eenhoorn.



Effect op lokaal niveau

In het kader van het MODELKEY project zijn er op zowel de Grote Nete als in het Groot Schijn macro-invertebraten staalnames gedaan om de impact van pollutie te bekijken. De locaties op de Grote Nete zijn Maelesbroek, Zammel en de Kaaibeekbrug (figuur 1). Het Maelesbroek is een referentiepunt net bovenstrooms van de monding van de Molse Nete, via waar verhoogde concentraties cadmium en zink worden aangevoerd naar de Grote Nete. Zammel is benedenstrooms de Molse Nete, maar bovenstrooms van de monding van de Grote Laak. Via de Grote Laak wordt het effluent van Tessenderlo chemie groep NV. aangevoerd met een hoog gehalte aan calciumchloride ($\pm 4000 \text{ mg.l}^{-1}$ bij de monding van de Grote Laak), sulfaat (700 mg.l^{-1}), zware metalen, extraheerbare organohalogenen en andere stoffen (Van Liefferinge et al., 1998, 2005). De derde locatie Kaaibeekbrug, benedenstrooms van de monding van de Grote Laak, is dan ook het zwaarst verontreinigd.

Op Groot Schijn zijn er twee locaties gekozen (figuur 2). Het referentiepunt is de Rundvoortbrug. Het verontreinigde punt is Eenhoorn, een locatie net benedenstrooms van de monding van de Grote Merriebeek. De Grote Merriebeek voert ongezuiverd afvalwater aan. Verder worden er verhoogde concentraties van diverse metalen, polyaromatische koolwaterstoffen, polychloorbifenylen en minerale olie gemeten in zowel het sediment als het water van de Grote Merriebeek.

Op alle locaties zijn tien stalen genomen, voorjaar 2005, voor de bepaling van de macro-invertebraten levensgemeenschap. Een staal is een mengeling van drie random genomen cores ((\varnothing 47mm). De stalen zijn vervolgens gefixeerd met formaldehyde en in de weken erna gezeefd over een zeef van 500 μ m, waarna ze gesorteerd zijn en gedetermineerd tot op soort. Vervolgens is voor alle soorten de biomassa bepaald. Voor *chironomidae* en *oligochaeta* is dit gedaan op basis van schattingen, rekening houdende met de lengte en diameter (Van Liefferinge et al., 2006).

Verschillende biotische indexen, zoals de Biotische Sediment Index (BSI; De Pauw & Heylen, 2001), de Belgische Biotische Index (BBI; De Pauw & Vannevel, 1991), de Multi Criteria Analyse (MCA; Den Besten et al., 1995), de Multi metric index (MMI;) en de Oligochaete index voor sedimenten (IOBS; Prygiel et al, 2000) in combinatie met het percentage *tubificidae* zonder setae (TUSP).

Resultaten

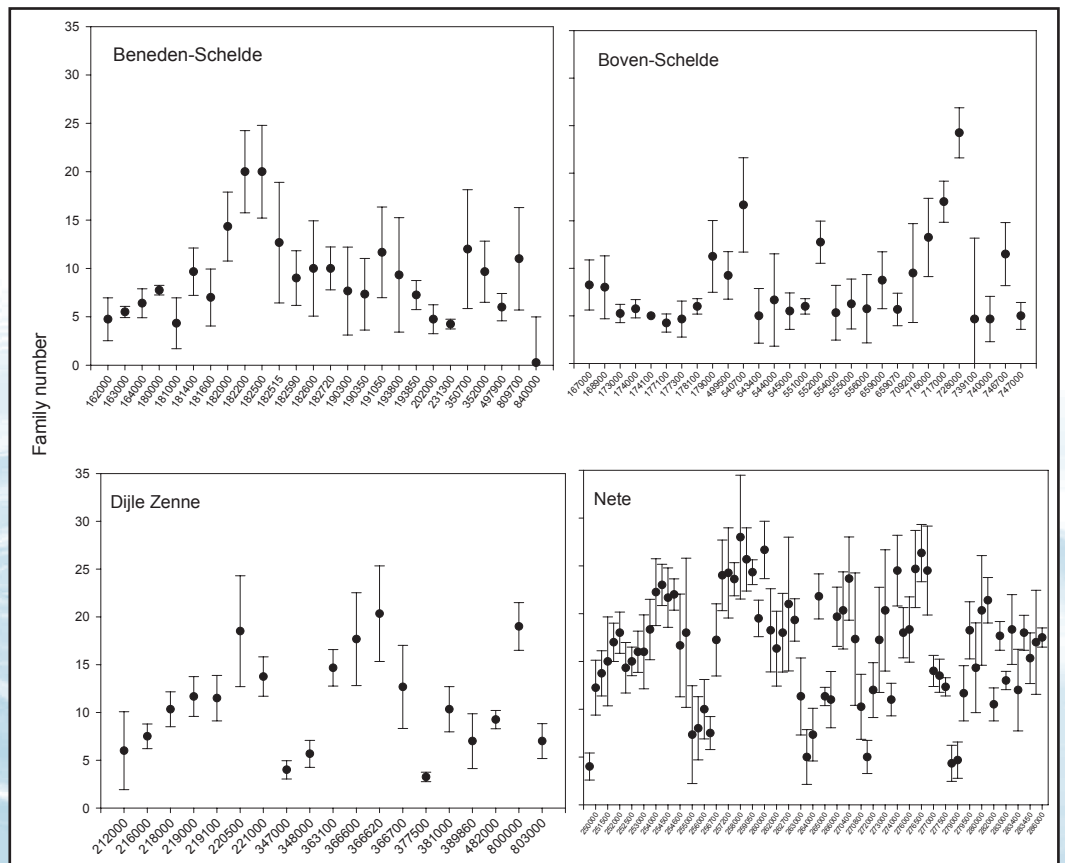
Effect op bekkenschaal

De monitoringsgegevens, waarbij het determinatie niveau in vele gevallen slechts tot op familieniveau is, laten al duidelijke verschillen zien. Het hoogste aantal families zit in alle drie de stroombekkens tussen de 20 en 28 families. In de Llobregat is er een duidelijke afname te zien in het aantal families in stroomafwaartse richting ten gevolge van pol-

lutie. Op het meest bovenstroomse punt zijn 21 families aangetroffen en dit neemt af tot slechts een 9 families op het meest benedenstroomse punt. In de rivier de Elbe is het aantal families constant tussen de 6 en de 14. In de subbekkens worden hogere aantallen aangetroffen. In het Scheldebekken zien we een duidelijk verschil tussen subbekkens die zwaar verontreinigd zijn, zoals het Dijle-Zenne bekken en de Bovenschelde, en het Netebekken dat minder verontreinigd is (figuur 3). In de Nete werd zelfs op een locatie in de Kleine Neet het hoogste aantal families, namelijk 28, aangetroffen. In het bekken van de Benedenschelde en de Bovenschelde werden er op de meeste locaties echter minder dan 10 families aangetroffen, terwijl dit in het bekken van de Dijle en de Zenne varieerde rond de 10 families met enkele dieptepunten in het bekken van de Zenne.

Uit tabel 2 blijkt dat determinatie tot op familieniveau voldoende is om een onderscheid te maken tussen bekkens en zelfs tussen subbekkens, zoals hier is getest met de ANOSIM test. De hoge R-waarden in tabel 2 geven grote verschillen aan, wat voornamelijk tussen de bekkens het geval is. Tussen de subbekkens zijn de waarden kleiner, dus de verschillen kleiner. Algemeen voorkomende soorten in de bekkens van de Beneden-Schelde, Boven-Schelde en Dijle-Zenne blijven beperkt tot een vijftal families, o.a. *Tubificidae*, *Chironomidae* en *Glossiphoniidae* (tabel 3). In het Netebekken zijn er een negental families die domineren, waaronder ook de vijf families die dominant waren in de andere subbekkens. Dit komt overeen

Figuur 3: Gemiddelde aantal families macro-invertebraten op de monitoringslocaties in vier subbekkens van de Schelde gedurende de periode 2000-2004



met de diversiteit van families in de Elbe en de Llobregat, waar weliswaar wel andere families worden aangetroffen naast die vijf families. Verder onderscheidt het Nete bekken zich van alle andere bekkens door de aanwezigheid van verschillende molluscan families namelijk *Physidae*, *Lymnaeidae* en *Sphaeriidae*. Tussen de andere drie subbekkens is geen duidelijk verschil tussen de samenstelling van de families.

Op basis van de SPEAR index, waarbij de aanwezigheid van de soorten wordt gelinkt aan de gevoeligheid voor pesticiden blijkt dat de beperkte hoeveelheid families die voorkomen in de Schelde bekkens onder meer ten gevolge is van de verontreiniging met pesticiden. Er zijn slechts vier locaties waar vijftig procent van de families bekend staan als gevoelig voor pesticiden. Op alle andere

locaties ligt dit aandeel lager (figuur 4). Indien deze beneden de 20% ligt, duidt dit onder meer op een effect ten gevolge van pesticiden.

Effect op lokaal niveau

Als er gekeken wordt naar de kwaliteitsbeoordeling van de macro-invertebraten gemeenschap op de locaties in het Groot Schijn en in de Grote Nete, dan is het duidelijk dat de gebruikte indices geen kwaliteitsgradient vertonen op de twee locaties (tabel 4). Enkel de BBI resultaten voor het Groot Schijn geven een verschil aan tussen de referentie en de verontreinigde locatie, terwijl de IOBS een duidelijke verstoring aangeeft op de twee verontreinigde locaties in de Grote Nete. Indien de biodiversiteit van de locaties echter wordt bepaald met behulp van de Shannon-Wie-

Tabel 2: R waarde voor de vergelijking van de macro-invertebraten families tussen twee (sub)bekkens. E (Elbe), L (Llobregat), BES (Beneden-Schelde), BOS (Boven-Schelde), DZ (Dijle Zenne), N (Nete). Significance level $p \leq 0.001$.

	L	BES	BOS	DZ	N
E	0.652	0.625	0.493	0.534	0.447
L		0.609	0.505	0.476	0.550
BES			0.216	0.174	0.302
BOS					0.359
DZ					0.280

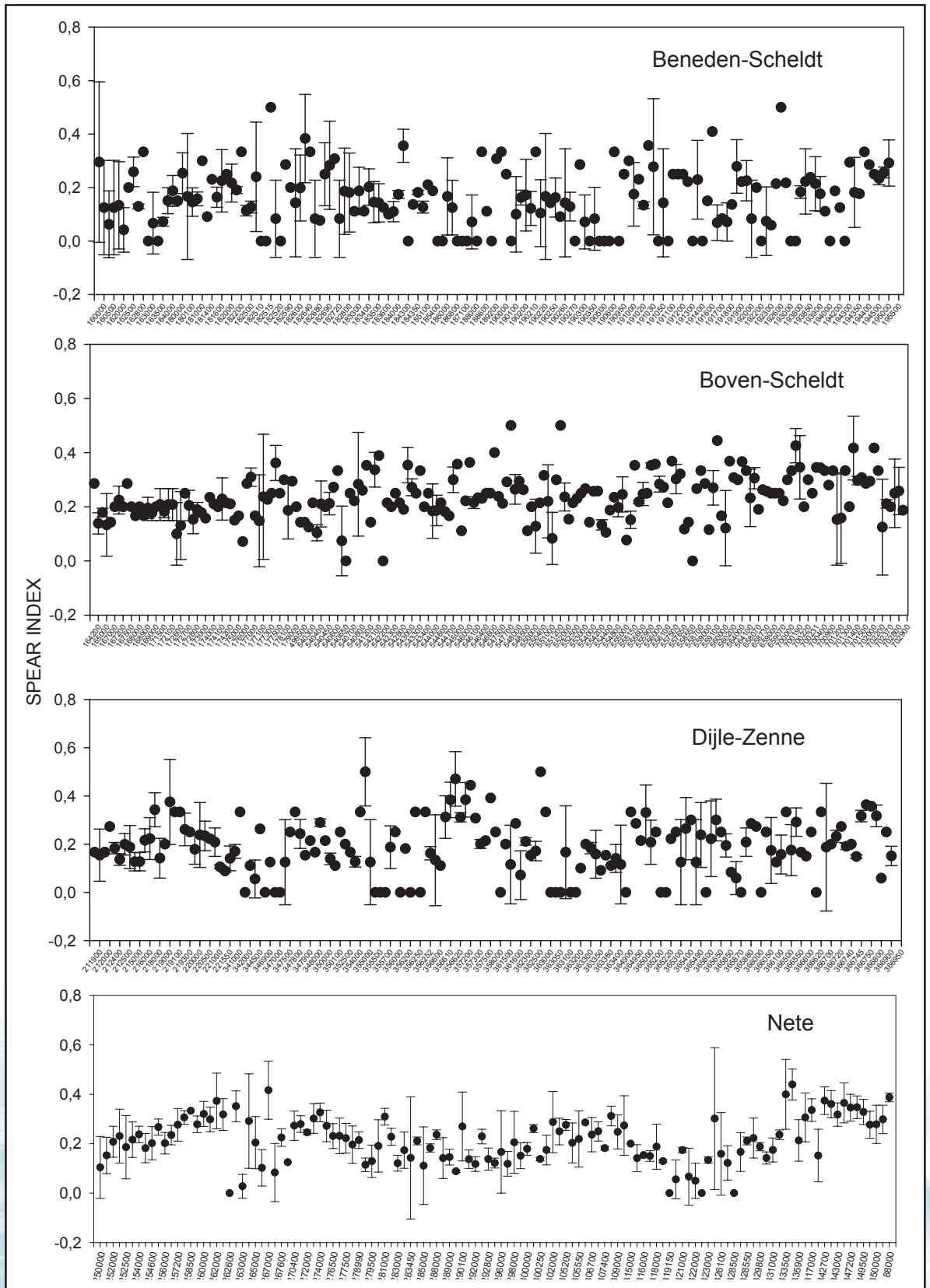
Tabel 3: Families waartoe meer dan 50% van de aangetroffen soorten op de locaties in het subbekken behoren.

Benedenschelde	Bovenschelde	Dijle-Zenne	Nete
<i>Tubificidae</i>	<i>Tubificidae</i>	<i>Tubificidae</i>	<i>Tubificidae</i>
<i>Chironomidae</i>	<i>Chironomidae</i>	<i>Chironomidae</i>	<i>Chironomidae</i>
<i>Naididae</i>	<i>Glossiphoniidae</i>	<i>Glossiphoniidae</i>	<i>Asellidae</i>
<i>Glossiphoniidae</i>	<i>Asellidae</i>	<i>Erpobdellidae</i>	<i>Lymnaeidae</i>
<i>Nematoda</i>	<i>Psychodidae</i>	<i>Asellidae</i>	<i>Glossiphoniidae</i>
			<i>Physidae</i>
			<i>Erpobdellidae</i>
			<i>Sphaeriidae</i>
			<i>Naididae</i>

Tabel 4: De indicatie voor verstoring van de macro-invertebratengemeenschap op de locaties in het Groot Schijn en de Grote Nete met behulp van de Biotische sediment index (BSI), Belgische Biotische index (BBI), Multi Criteria Analyse (MCA), Multi metric index (MMI) en de Oligochaete index (IOBS-TUSP). - = geen indicatie voor verstoring, + = indicatie voor verstoring, ++ = indicatie voor zware verstoring.

Index	Schijn		Grote Nete		
	Referentie	Vervuild	referentie	vervuild	Zwaar vervuild
BSI	-	-	-	-	-
BBI	-	+	-	-	-
MCA			+	+	+
MMI			-	-	+
IOBS (+TUSP)			-	++	++

Figuur 4: Spear index voor de verschillende locaties in de Schelde



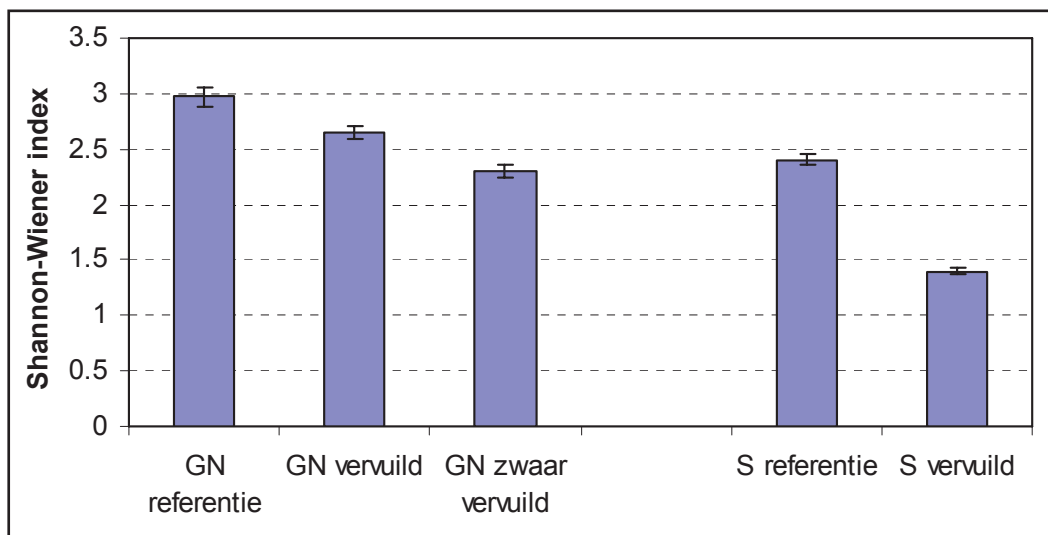
ner index, dan is er een duidelijke afname van de diversiteit te zien langs de pollutie gradienten in beide beken (figuur 5). Er is echter ook een verschil in diversiteit op de twee referentielocaties. De afname van diversiteit wordt ook bevestigd als er gekeken wordt naar de dichtheid en de biomassa in de Grote Nete (figuur 6). Hieruit blijkt dat het grootste gedeelte van de biomassa en de grootste aantallen bepaald worden door de minste soorten op de zwaar verontreinigde locatie, terwijl op de referentielocatie de meeste soorten nodig zijn om 90% van de dichtheid of biomassa te verklaren.

Discussie

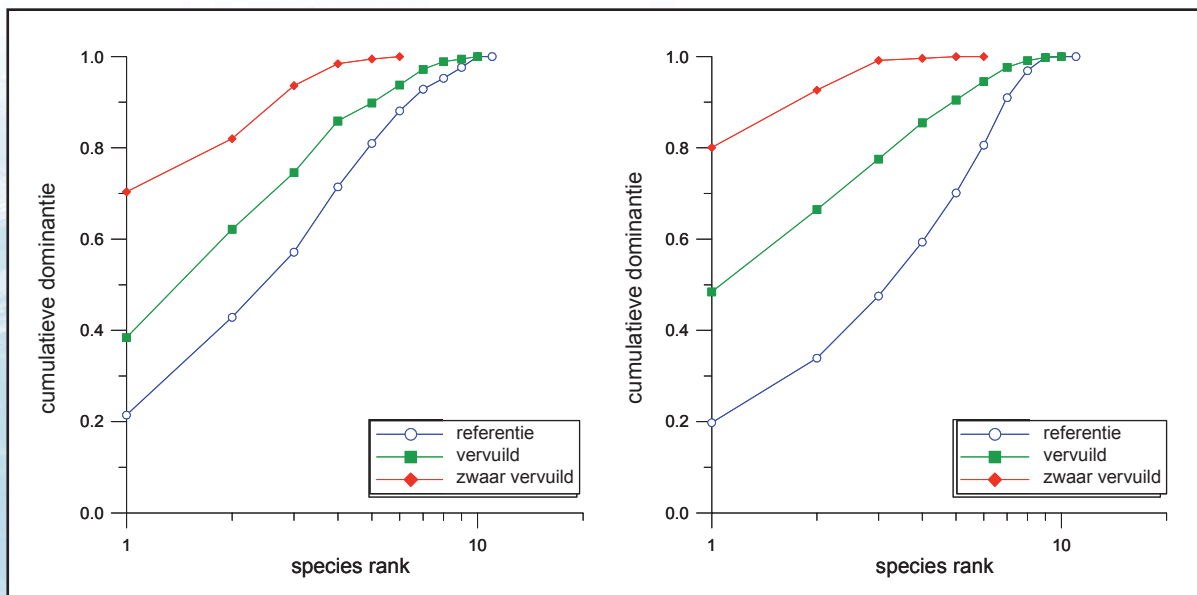
In de huidige monitoringsprogramma's van diverse waterbeheerders is het determinatieniveau van macro-invertebraten beperkt. De meesten worden slechts tot op familie of op genus niveau gedetermineerd, omdat het tot op soort determineren behoorlijk wat expertise en tijd vraagt,

zeker wat betreft de *oligocheata* en *chironomidae*. Ondanks het feit dat er bij een beperkt determinatieniveau waardevolle informatie verloren gaat (Verdonschot, 2006), blijkt uit deze studie dat het toch mogelijk is om de verschillende bekkens te onderscheiden en dat er zelfs een onderscheid is tussen het relatief schone Nete bekken en de drie andere meegenomen vervuilde subbekkens van het Scheldebekken. Aangezien er tussen de drie verstoorde subbekkens geen onderscheid gemaakt kan worden, o.a. door een beperkt aantal families, lijkt het erop dat de natuurlijke verschillen tussen subbekkens verminderen ten gevolge van menselijke verstoringen. Het uiteindelijke determinatieniveau dient in ieder geval afgestemd te zijn op de doelstelling van de monitoring, zoals ook eerder aangegeven door Dodélec et al. (2000) en Gayraud et al. (2003), waarbij determinatie tot op familieniveau voldoende is voor een globale toestands monitoring. Bij de interpretatie kan er van uit gegaan worden dat er minstens 10 families moeten voorkomen, maar dat onder goede omstandigheden zeker meer dan 20 families zouden

Figuur 5: De Shannon-Wiener index waarden voor de locaties in de Grote Nete en het Schijn gebaseerd op de staalnames in het voorjaar van 2005.



Figuur 6: K-dominantie grafieken van de drie locaties in de Grote Nete. De linkse grafiek is gebaseerd op dichtheden, de rechtse op biomassa.



aangetroffen moeten worden. In de Schelde is dit dikwijls niet het geval onder meer ten gevolge van pesticiden.

Voor de bepaling van de impact van een bepaalde verontreinigingsbron kan het best worden overgegaan tot een grondige analyse van de macro-invertebratengemeenschap, waarbij de gemeenschap het best vergeleken kan worden met een ongestoorde locatie in hetzelfde watersysteem, dus bovenstrooms van de verstoringsbron. Diversiteit kan namelijk tussen watersystemen, zelfs binnen een subbekken, verschillen, zoals in deze studie ook het geval is voor het Groot Schijn en de Grote Nete, wat mogelijk kan komen door natuurlijke verschillen. Indien voor de analyse van de gegevens wordt overgegaan tot het gebruik van biotische indices die slechts rekening houden met kwaliteitsindicaties van de groepen op familieniveau, gaat wederom waardevolle informatie verloren en is het onderscheidingsvermogen tussen de verontreinigde en referentie locatie mogelijk te klein, zoals in deze studie is gebleken. Desondanks was er zowel in de Grote Nete als in het Groot Schijn een duidelijke impact van de verontreinigingsbronnen op de macro-invertebratengemeenschap. Dit kwam tot uiting in zowel de biodiversiteit, berekend op basis van de determinaties tot op soortsniveau, en in de k-dominantie grafieken, gebaseerd op dichtheid en biomassa van de verschillende soorten. Pollutie leidt duidelijk tot een lagere biodiversiteit.

De macro-invertebratengemeenschap kan dus goed gebruikt worden om de impact van pollutie na te gaan, maar er moet afhankelijk van de schaal tot op een lager niveau worden gedetermineerd. Het lijkt bovendien aanbevelingswaardig om biomassa en (relatieve) dichtheid als een parameter mee te nemen. De interpretatie van de resultaten kan dan het best gedaan worden met meerdere evaluatie-tools, wat samen met de mogelijke gevoeligheid van bepaalde soorten voor een bepaald type van contaminatie waardevolle informatie kan opleveren om het type van verstoring verder te identificeren. Hiertoe moet er in de toekomst nog wel een betere link gelegd worden tussen gevoeligheidsanalyses van soorten in het labo en de bevindingen in het veld.

Dankwoord

Deze studie is mede mogelijk gemaakt door de Europese Commissie in het kader van het project MODELKEY (Contract-No. 511237-GOCE).

Referenties

den Besten, P.J., C.A. Schmidt, M. Ohm, M.M. Ruys, J.W. van Berghem & C. van de Guchte, 1995. Sediment quality assessment in the delta of rivers Rhine and Meuse based on field observations, bioassays and food chain implications. *Journal of Aquatic ecosystem health*, 4: 257-270.

De Pauw, N. & S. Heylen, 2001. Biotic index for sediment quality assessment of watercourses in Flanders, Belgium. *Aquatic Ecology*, 35, 121-133.

De Pauw, N. & R. Vannevel, 1991. Macro-invertebraten en waterkwaliteit. Stichting Leefmilieu Antwerpen.

Dolédec S., J.M. Olivier J.M. & B. Statzner, 2000. Accurate description of the abundance of taxa and their biological traits in stream invertebrate communities: effect of taxonomic and spatial resolution. *Archiv für Hydrobiologie*, 148, 25-43.

Gayraud S., B. Statzner, P. Bady, A. Haybach, F. Schöll, P. Usseglio-Polatera & M. Bachi, 2003. Invertebrate traits for the biomonitoring of European large rivers: an initial assessment of alternative metrics. *Freshwater Biology*, 48, 2045-2064.

Kamppinen, M. & M. Walls, 1999. Integrating biodiversity into decision making. *Biodiv. Conserv.*, 8: 7-16.

Liess, M. & P.C. Von der Ohe, 2005. Analyzing effects of pesticides on invertebrate communities in streams. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 24: 954-965.

Linke, S. & R. Norris, 2003. Biodiversity: bridging the gap between condition and conservation. *Hydrobiologia*, 500: 203-211.

Meire, P.M. & J. Dereu, 1990. Use of the abundance/biomass comparison method for detecting environmental stress: some considerations based on intertidal macrozoobenthos and bird communities. *Journal of Applied Ecology*, 27: 210-223.

Prygiel J, Rosso-Darmet A, Lafont M, Lesniak C, Durbec A, Ouddane B. 2000. Use of oligochaete communities for assessment of ecotoxicological risk in fine sediment of rivers and canals of the Artois-Picardie water basin (France). *Hydrobiologia* 410, 25-37.

Reyers, B. & A. N. James, 1999. An upgraded national biodiversity risk assessment index. *Biodiv. Conserv.*, 8: 1555-1560.

Van Liefferinge, C., W. De Cooman, R. Yseboodt, L. Bervoets, A. Schneiders, L. Clement, E. De Bruyn, P. Meire & R. Verheyen, 1998. Onderzoek naar het effect van de zoutlozingen van Tessenderlo Chemie op het aquatische ecosysteem van de Grote Nete. Visstandsonderzoek, waterbodempkwaliteit & waterkwaliteitsanalyse. Universiteit Antwerpen, studie in opdracht van Tessenderlo Chemie, 99p.

Van Liefferinge, C., P. Meire, A. De Vocht, S. Eersels, S. Van de Broeck, 2005. Impactstudie Tessenderlo Chemie. Universiteit Antwerpen, studie in opdracht van Tessenderlo Chemie, 247 p.

Van Liefveringe, C., Baets, J., Orendt, C., Wolfram, G., Großschartner, M., Höss, S., Muñoz Gracia, I., de Deckere, E. & Patrick Meire, 2006. SD 4.3 Intercalibrated sampling strategy and design. Project Modelkey, Models for Assessing and Forecasting the Impact of Environmental Key Pollutants on Marine and Freshwater Ecosystems and Biodiversity, 51 p.

Verdonschot P.F.M. 2006. Data composition and taxonomic resolution in macroinvertebrate stream typology. *Hydrobiologia*, 566: 59-74.

E. De Deckere, C. Van Liefveringe, J. Baets, V. Leloup, C. Schmitt, en P. Meire

Universiteit Antwerpen, Onderzoeksgroep Ecosysteembeheer, Universiteitsplein 1, Wilrijk 2610, België

contactpersoon: eric.dedeckere@ua.ac.be

I. Munoz

Departement Ecologie, Universiteit van Barcelona, Barcelona, Spanje

P. von der Ohe

Centrum voor milieu onderzoek (UFZ), Leipzig-Halle, Duitsland

C. Orendt

Orendt Hydrobiologie, Brandvorwerkstr. 66, 04275 Leipzig, Duitsland

G. Wolfram

DWS Hydro-Ökologie GmbH, Zentagasse 47, A-1050 Wenen, Oostenrijk