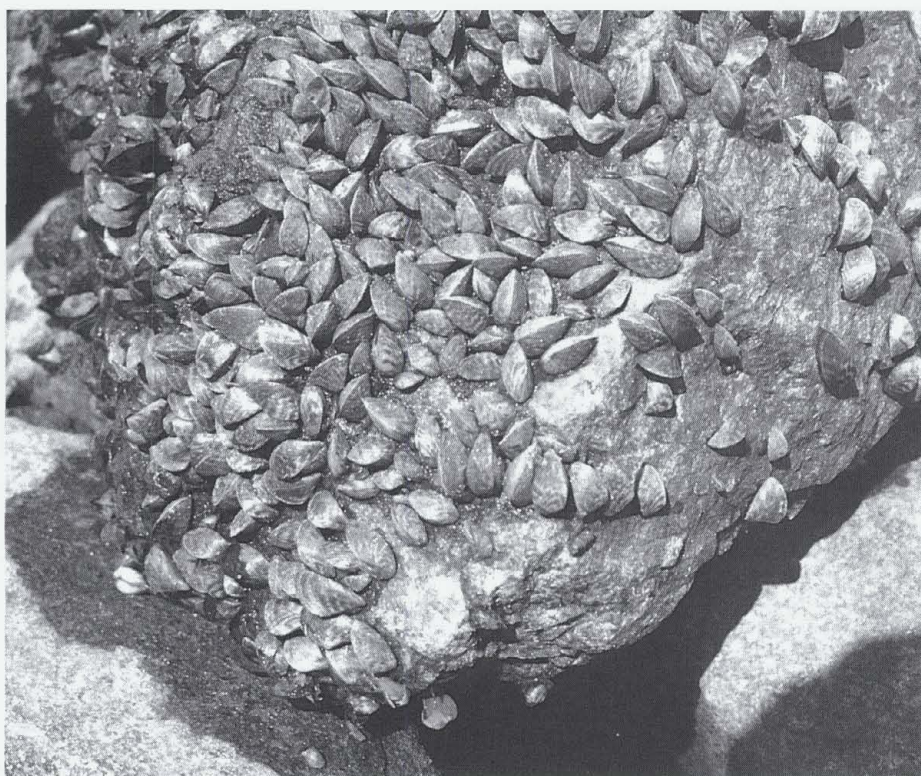




# Ongewervelde dieren als indicatoren voor de waterkwaliteit van de Rijn

Ongewervelde dieren in een rivier zijn niet alleen belangrijk als schakels in voedselketens, maar kunnen tevens dienen als indicatoren voor veranderingen in het milieu (Hellowell, 1986). Harde substraten zijn relatief soortenrijk en, in vergelijking met andere habitats, daarom uitermate geschikt voor monitoringdoeleinden.



## A. bij de Vaate & M. Greijdanus-Klaas

In het algemeen wordt de soortenrijkdom aan ongewervelde dieren in het zomer- en winterbed van een rivier bepaald door het aantal aanwezige habitats en door de fysisch-chemische kwaliteit van het rivierwater en van de waterbodem. De diversiteit aan habitats in de Rijn is als gevolg van bedijkingen en morfologische aanpassingen (o.a. normalisatie, afsnijden van bochten, aanleg stuwen) in de loop der eeuwen sterk afgenomen (De Haas & Breukel, dit nummer). Ook de waterkwaliteit heeft in de

loop der jaren grote veranderingen ondergaan. Door saneringen van afvalwaterlozingen werd de neergaande lijn omgebogen in een opgaande (De Haas & Breukel, dit nummer). De meest recente maatregelen ter verbetering van de kwaliteit van het Rijnwater worden uitgevoerd in het kader van het Rijn Actie Programma (De Wit, dit nummer). Het Rijn Actie Programma gaat verder dan alle voorgaande maatregelen. Niet alleen wordt in internationaal verband een verdere verbetering van de water- en wa-

terbodemkwaliteit nagestreefd, maar tevens wordt beoogd kansen te scheppen voor de terugkeer van plante- en diersoorten door uitbreiding of herstel van geschikte natuurlijke habitats. Aan de hand van een tweetal onderzoeken wordt een overzicht gegeven van de veranderingen die de afgelopen jaren hebben plaatsgevonden in het voorkomen van soorten en daarbij behorende dichtheden van de ongewervelde dieren in de Rijn.

### Gevolgen waterkwaliteitsverbeteringen

Sinds 1975 is de levensgemeenschap van ongewervelde dieren op stenen in de overzone van de IJssel gevolgd. Voorzover mogelijk werden jaarlijks in de periode september/oktober op vier locaties (Velp, De Steeg, Olst en Wijhe; fig. 1) vijf stenen bemonsterd. Gekozen werd voor deze periode omdat het water in de rivier dan elk jaar in het algemeen de laagste stand bereikt, zodat met de hand altijd goed gekoloniseerde stenen kunnen worden bemonsterd. Aantallen van de belangrijkste taxa die jaarlijks op de stenen zijn aangetroffen (fig. 2) laten zien dat er in de periode 1975 t/m 1981 een duidelijke toename plaatsvond van de dichtheid (= hoeveelheid dieren per oppervlakte-eenheid). Voor enkele soorten kan worden aangetoond dat rekolonisatie en/of dichtheidstoename samenhangt met een verbetering van de waterkwaliteit (Van Urk, 1981). Zo lijkt de afname van het gehalte aan cholinesterase remmende stoffen een positieve

Driehoeksmosselen op de stenen in de overzone. Uit oogpunt van biomassa jarenlang de belangrijkste ongewervelde diersoort in de Rijn.

invloed te hebben gehad op het voorkomen van insectenlarven (fig. 3, naar Van der Velde et al., 1991). Tegelijkertijd nam in die periode het zuurstofgehalte van het Rijnwater toe, wat er mede toe bijdroeg dat rond 1978 ook weer kokerjuffers (voornamelijk *Hydropsyche con tubernalis* en *Ecnomus tenellus*) in de rivier werden aangetroffen (Van Urk & Bij de Vaate, 1990).

Dichtheidsverschillen in de periode na 1983 (fig. 2) kunnen worden toegeschreven aan natuurlijke schommelingen, o.a. veroorzaakt door jaarlijkse fluctuaties in de afvoer. Ook een ernstige calamiteit als het Sandoz-ongeval (november 1986), waarbij grote hoeveelheden



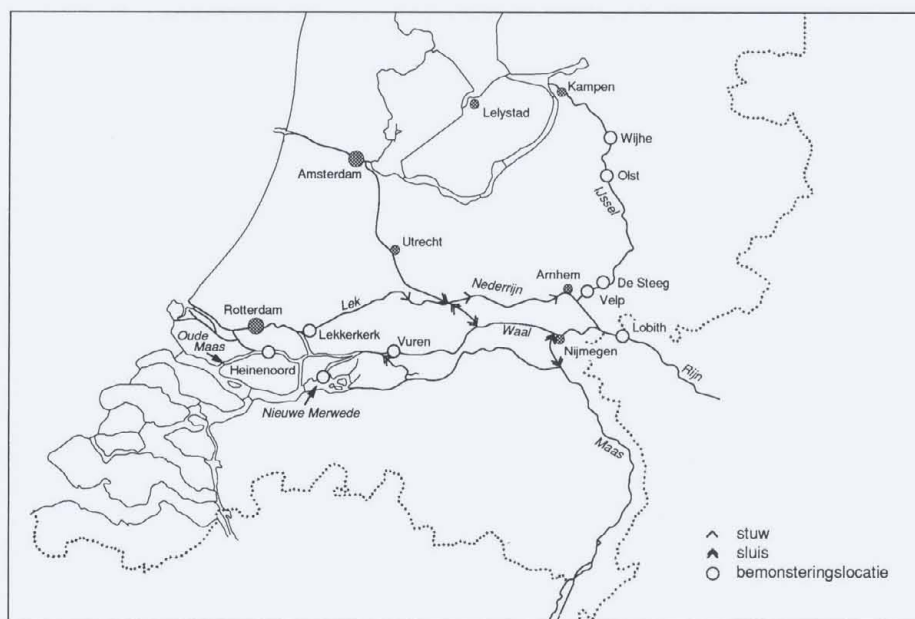


Fig. 1. Bemonsteringslocaties in de Rijn en de Rijntakken.

schadelijke stoffen met bluswater in de Rijn terecht kwamen, heeft invloed gehad. Zo is in figuur 2 duidelijk te zien dat in de twee jaren na het ongeval (1987, 1988) de dichtheid van de ongewervelde dieren beduidend lager was dan daarvoor en daarna. Als gevolg van het ongeval trad benedenstrooms van Bazel niet alleen massale sterfte op onder de vissen, maar ook onder de ongewervelde dieren (De Wit, dit nummer).

### Mogelijkheden voor immigranten

Door in toenemende mate het afvalwater te zuiveren zijn in de afgelopen jaren de lozingen van verontreinigende stoffen uit het huishoudelijk - en industrieel afvalwater sterk verminderd. Dit geldt echter niet of nauwelijks voor de thermische verontreiniging en de lozing van zouten (chloride, sulfaat) en nutriënten (met name stikstofverbindingen). Thermische verontreiniging wordt veroorzaakt door lozingen van koelwater door elektriciteitscentrales en de industrie. Het zout is vooral afkomstig uit de Elzasser kalimijnen en de Duitse bruinkoolmijnen. Tussen 1970 en 1991 schommelde het jaargemiddelde van het zoutgehalte in het Rijnwater bij Lobith tussen de 140 en 240 mg.l<sup>-1</sup>Cl<sup>-</sup>. Extreme waarden van meer dan 300 mg.l<sup>-1</sup>Cl<sup>-</sup> zijn in die periode regelmatig voorgekomen. In 1985 werd zelfs een concentratie van 420 mg.l<sup>-1</sup> Cl<sup>-</sup> gemeten.

Ten opzichte van de situatie rond het begin van deze eeuw is het gemiddelde chloridegehalte met ongeveer een

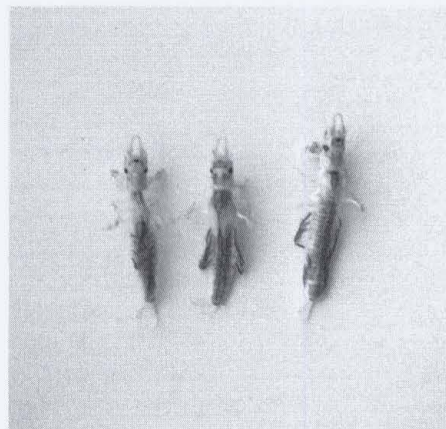
factor 15 en de gemiddelde watertemperatuur met ongeveer 3 °C toegenomen (Wessels, 1984). Door het relatief hoge chloridegehalte zijn betere levensomstandigheden geschapen voor zouttolerante en zoutminnende soorten. Door de hogere watertemperatuur ontstaan betere leefomstandigheden voor warmteminnende soorten. Bovendien is, als gevolg daarvan, hun overlevingskans in de wintermaanden sterk toegenomen. Tevens is er een bevoordeling ten opzichte van (potentiële) autochtone soorten die in het algemeen minder tolerant zijn voor hogere watertemperaturen en daardoor in hun ontwikkeling geremd worden. Soorten die profiteren van de verhoging van het chloridegehalte en de watertemperatuur zijn vaak afkomstig uit brakke milieus en uit zuidelijker streken. Dus zijn het veelal soorten die van oorsprong niet in de Rijn thuishoren. Zij zijn de zogenaamde immigranten of exoten.

### Dominante soorten

Bij de verschillen in dichtheden, zoals die zijn aangetroffen tussen opeenvolgende jaren in de periode na 1983 bij de ongewervelde dieren op de stenen in de IJssel, spelen ook rekolonisatie en de kolonisatie door immigranten een rol. In tabel 1 zijn de dominante en subdominante taxa in de periode 1975-1990 weergegeven. Een taxon is dominant genoemd wanneer het aandeel in het totaal aantal aangetroffen dieren groter was dan 25%. Bij subdominante taxa betrof

het een percentage tussen 10 en 25%. Als overigens de dominantie op soortniveau zou worden bepaald, dan waren in 1990 de dichtheden van de afzonderlijke soorten muggelarven zo laag dat geen ervan tot de groep van de (sub-)dominante taxa kon worden gerekend.

Tot 1980 bleek de Zoetwaterpissebed (*Asellus aquaticus*) de belangrijkste soort te zijn binnen de levensgemeenschap van de ongewervelde dieren op de stenen. In de eerste helft van de tachtiger jaren was dat de groep van de dansmuggelarven met de geslachten *Cricotopus* en *Dicrotendipes* als belangrijkste vertegenwoordigers. De Tijgervloekreeft (*Gammarus tigrinus*), die in 1987 en 1988 dominant was, is een immigrant. In 1964 werd de soort voor het eerst in Nederland aangetroffen (Nijssen & Stock, 1966). Aanvankelijk werden alleen het IJsselmeer en de stagnante wateren in het noorden en westen van ons land door deze soort gekoloniseerd (Pinkster, 1975). In 1982 werden voor het eerst Tijgervloekreeften in de IJssel waargenomen. Zowel in 1987 als in 1988 werden in de IJssel gemiddelde dichtheden aangetroffen van 2000 tot 3000 exemplaren per m<sup>2</sup> bestemd oeveroppervlak. In 1990 was *Corophium curvispinum* (een slijkgarnaal) een nieuwe (sub-)dominante soort. Deze soort, eveneens een immigrant, werd pas in 1987 voor het eerst in het Nederlandse deel van de Rijn, in de omgeving van Tolkamer en Nijmegen, aangetroffen (Van den Brink et al., 1989). Gedurende de daarop volgende jaren vond een sterke uitbreiding van het leefgebied plaats, gepaard gaande met een snelle toename van de dichtheid (Van den Brink et al., 1991).



Larve van de eendagsvlieg *Ephoron virgo*. Na een afwezigheid van bijna 50 jaar komt deze soort sinds 1991 weer in alle Rijntakken voor.



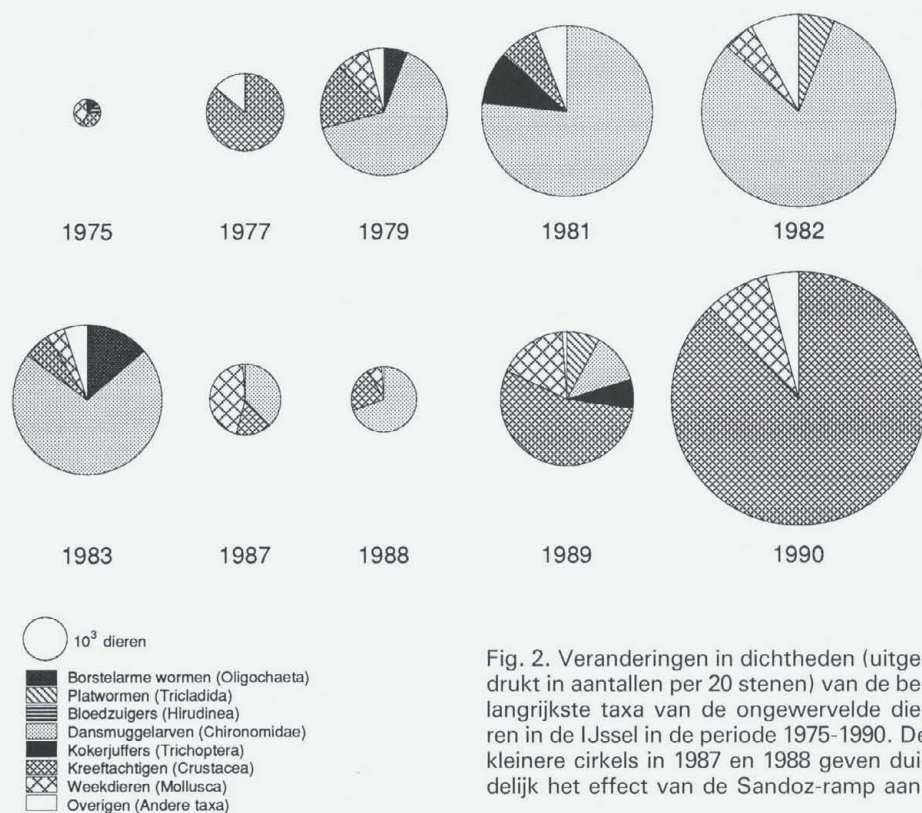


Fig. 2. Veranderingen in dichtheden (uitgedrukt in aantallen per 20 stenen) van de belangrijkste taxa van de ongewervelde dieren in de IJssel in de periode 1975-1990. De kleinere cirkels in 1987 en 1988 geven duidelijk het effect van de Sandoz-ramp aan.

Naast de dichtheid nam in de onderzoeksperiode ook de soortenrijkdom van de ongewervelde dieren op de stenen toe. In figuur 4 is de toename van het aantal aangetroffen taxa, exclusief de borstelarme wormen (*Oligochaeta*), weergegeven voor de periode 1975-1990. Hoewel het beeld niet volledig is, omdat vóór 1979 de muggelaren (*Chironomidae*) en na 1983 de borstelarme wormen niet tot op de soort werden gedetermineerd, mag geconcludeerd worden dat met name in de 70er jaren de soortenrijkdom binnen de betreffende levensgemeenschap aanzienlijk is toegenomen. Deze toename in soortenrijkdom kan voor het belangrijkste deel worden toegeschreven aan de terugkeer van oorspronkelijke bewoners. Een groot deel van deze oorspronkelijke bewoners is overigens nog steeds afwezig (Van den Brink et al., 1990). Een kleine bijdrage aan de soortenrijkdom wordt geleverd door soorten die oorspronkelijk niet in de Rijn thuishoren. Een aantal van deze immigranten is echter wel in naar verhouding groten getale in de Rijn aanwezig en domineert de levensgemeenschap (tabel 1).

Na 1990 is het aantal aangetroffen

soorten ongewervelde dieren in de Rijn en de Rijntakken verder toegenomen. Zo is in 1991 de eendagsvlieg *Ephoron virgo* teruggekeerd (Bij de Vaate & Oosterbroek, 1992). In 1986 werd de soort al in de bodem van de Rijn bij Bonn aangetroffen (Tittizer et al., 1990). In 1992 is op stenen in de oeverzone de vlokreeft *Echinogammarus ischnus* voor het eerst in Nederland aangetroffen (Van den Brink et al., 1993). Ook deze soort werd al eerder in Duitsland in de Rijn waargenomen en is een nieuwe immigrant uit

het Ponto-Kaspische gebied (Schöll, 1990).

### De ruimtelijke verspreiding van soorten

In oktober 1990 zijn op verschillende locaties in de Rijn en alle Rijntakken (fig. 1) de habitats 'stenen in de oeverzone' en 'bodem diepste deel van de rivier' onderzocht op het voorkomen van ongewervelde dieren. Op iedere locatie zijn op beide oevers vijf stenen bemonsterd, terwijl op het diepste deel van de rivier vijf bodemonsters zijn genomen met een hydraulische Van Veenhapper (bemonsteringsoppervlak 1550 cm<sup>2</sup>). Alleen op de locatie Lobith was het niet mogelijk stenen in de oeverzone te bemonsteren vanwege de lage waterstand. Onder water werden daar toen geen stenen meer aangetroffen. De dichtheden van de belangrijkste taxa zijn vermeld in tabel 2. Uit deze tabel blijkt dat  $\geq 85\%$  van de totale levensgemeenschap in beide habitats bestaat uit een betrekkelijk gering aantal taxa. In de beide habitats waren vooral immigrante soorten relatief sterk vertegenwoordigd binnen deze groep van dominante taxa. Zo bereikte de slijkgarnaal (*C. curvispinum*) op een aantal locaties naar verhouding zeer hoge dichtheden (tabel 2). Omdat dit dier woonbuisjes maakt van zwevend materiaal, waren bij grote dichtheden vrijwel alle bemonsterde stenen geheel of gedeeltelijk bedekt met een laag slib. Daardoor is deze slijkgarnaal een geduchte plaatsconcurrent van andere steenbewonende organismen.

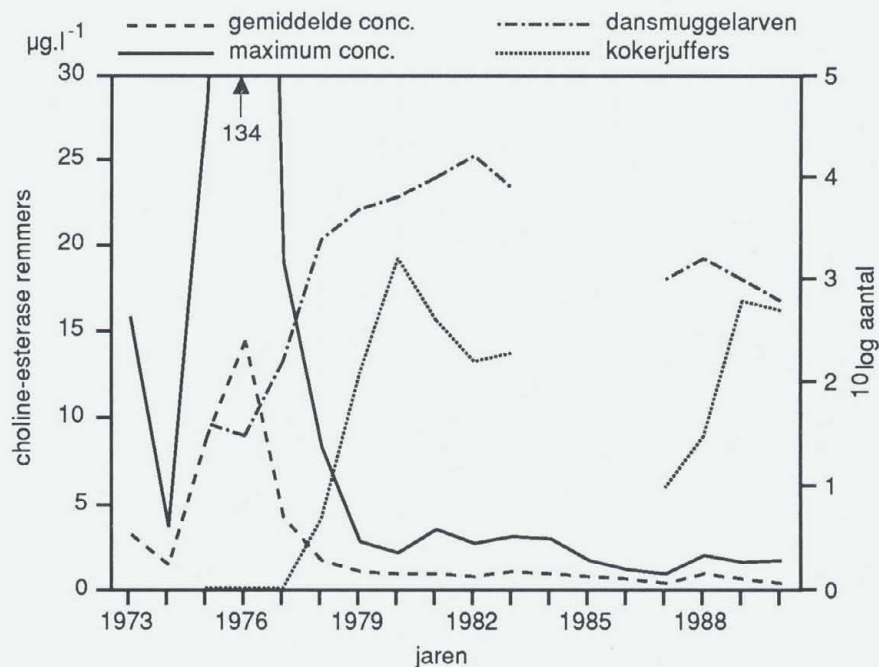
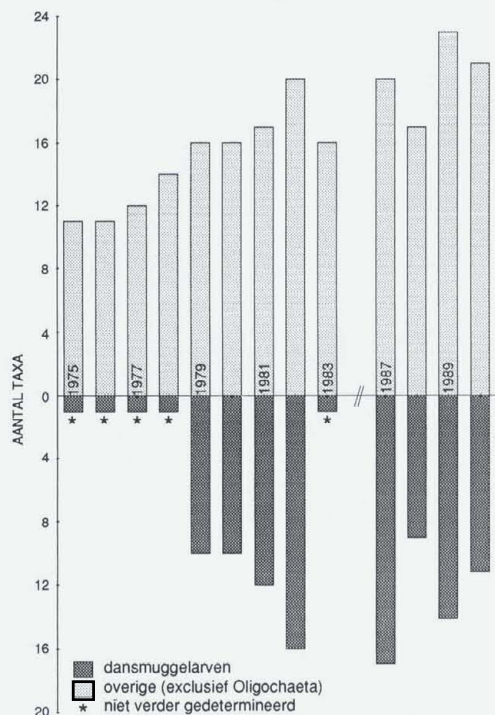


Fig. 3. Het gehalte aan choline-esterase remmende stoffen in relatie tot het aantal aangetroffen larven van muggen en kokerjuffers op de vier onderzoekslocaties (naar Van der Velde et al., 1991).



Fig. 4. Verloop van het aantal aangetroffen taxa van ongewervelde dieren op de stenen in de IJssel, exclusief de Oligochaeta, in de periode 1975-1990. Over de periode 1984 t/m 1986 zijn geen gegevens bekend.



Sinds 1988 wordt in de rivierbodem de Grofgeribde Aziatische mossel (*Corbicula fluminea*) aangetroffen (Bij de Vaate & Greijdanus-Klaas, 1990). Ook deze soort is nieuw voor de Nederlandse fauna. Aanvankelijk werd aangenomen dat een tweede vorm, die vrijwel tegelijkertijd op een andere plaats werd aangetroffen, tot dezelfde soort behoorde. Inmiddels is echter duidelijk geworden dat het om een afzonderlijke soort gaat, de Toegeknepen Aziatische mossel (*C. fluminalis*) genoemd. Thans wordt bovenstrooms in de Rijntakken en in de Rijn voornamelijk de Toegeknepen Aziatische mossel die daar in relatief hoge dichtheden in de bodem voorkomt (tabel 2).

## Herstel van levensgemeenschappen

Een verder herstel van de rivierfauna is enerzijds afhankelijk van de mate waarin de vervuiling en de eutrofiëring nog verder kan worden teruggedrongen. Anderzijds wordt het herstel bepaald door mogelijkheden die er zijn om het zomer- en winterbed van de rivier in een meer na-

tuurlijke staat terug te brengen. Wat betreft dit laatste moet dan vooral worden gedacht aan de ontwikkeling van nevengeulen, oibossen en aan een meer natuurlijke verdediging van de oever.

Welke nieuwe soorten ongewervelde dieren in de nabije toekomst het Nederlandse deel van de Rijn zullen (re-)koloniseren kan ten dele worden afgeleid uit gegevens die worden verzameld in het Duitse deel van de Rijn, met name het traject direct bovenstrooms van Lobith. Wat daar weer is teruggekeerd kan mogelijk binnen afzienbare tijd ook ons land weer bereiken. Van de oorspronkelijke soorten scoren de zoetwaterslak *Theodoxus fluviatilis*, de eendagsvlieg *Heptagenia coeruleans* en de wants *Aphelocheirus aestivalis* in dit verband relatief hoog. Daarnaast mag verwacht worden dat het aantal immigranten verder zal toenemen. Wat dat betreft zijn nieuwe kansen geschapen met het gereedkomen van het Main-Donaukanaal dat in 1992 officieel voor de scheepvaart is geopend. Dit kanaal vormt de verbinding tussen de stroomgebieden van de Rijn en de Donau. Verwacht wordt dat migratie van ongewervelde dieren vooral zal plaatsvinden door diersoorten die in staat zijn zich op de romp van binnenvaartschepen te vestigen.

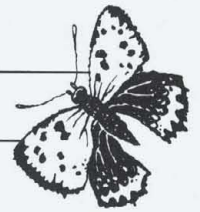
Tabel 1. De dominante (\*\*\*) en subdominante macrofaunataxa (\*) in de IJssel in de periode 1975-1990 (1 = immigrant).

Taxon	75	76	77	78	79	80	81	82	83	87	88	89	90
Bloedzuigers ( <i>Hirudinea</i> )	*	*											
Zoetwaterpissebed ( <i>Asellus aquaticus</i> )	**	**	**	**	*								
Dansmuggelarven ( <i>Chironomidae</i> )		*		**	**	**	**	**	**	**	**	*	
Driehoeksmossel <sup>1</sup> ( <i>Dreissena polymorpha</i> )	*									**		*	
Tijgervlokreeft <sup>1</sup> ( <i>Gammarus tigrinus</i> )										*	*	**	*
Slijkgarnaal <sup>1</sup> ( <i>Corophium curvispinum</i> )													*

## Literatuur

- Brink, F.B.W. van den, G. van der Velde & A. bij de Vaate, 1989. A note on the immigration of *Corophium curvispinum* Sars, 1895 (Crustacea: Amphipoda) into The Netherlands via the river Rhine. Bulletin Zoological Museum University of Amsterdam 11 (26): 211 - 213.
- Brink, F.B.W. van den, G. van der Velde & W.G. Cazemier, 1990. The faunistic composition of the freshwater section of the River Rhine in The Netherlands. In: Biologie des Rheins. Limnologie aktuell 1: 191-216. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York.
- Brink, F.W.B. van den, G. van der Velde & A. bij de Vaate, 1991. Amphipod invasion on the Rhine. Nature 352: 576.
- Brink, F.W.B. van den, B.G.P. Pfaffen, F.M.J. Oosterbroek & G. van der Velde, 1993. Immigration of *Echinogammarus ischnus* (Stebbing, 1906) (Crustacea: Amphipoda) into The Netherlands via the Lower Rhine. Bulletin Zoological Museum University of Amsterdam (in druk).
- Hellawell, J.M., 1986. Biological indicators of freshwater pollution and environmental management. Elsevier Publ., Barking, U.K.
- Nijssen, H. & J.H. Stock, 1966. The amphipod, *Gammarus tigrinus* Sexton, 1939, introduced in The Netherlands (Crustacea). Beaufortia 13 (160): 197-206.
- Pinkster, S., 1975. The introduction of the alien amphipod *Gammarus tigrinus* Sexton, 1939 (Crustacea, Amphipoda) in The Netherlands and its competition with indigenous species. Hydrobiological Bulletin 9: 131-138.
- Schöll, F., 1990. Erstnachweis von *Chaetogammarus ischnus* Stebbing im Rhein. Lauterbornia 5: 71-74.
- Tittizer, T., F. Schöll & M. Schleuter, 1990. Beitrag zur Struktur und Entwicklungsdynamik der Benthalfauna des Rheins von Basel bis Düsseldorf in den Jahren 1986 und 1987. In: Biologie des Rheins. Limnologie aktuell 1: 293-323. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York.





Tabel 2. Gemiddelde dichtheden (per m<sup>2</sup> bodem of besteende oever) van de belangrijkste macrofaunasoorten aangetroffen in het najaar van 1990 in de habitats 'stenen in de oeverzone' en 'diepste deel van de rivierbodem' op verschillende locaties in de Rijn. Tevens is aangegeven welk deel zij uitmaakten van de totale levensgemeenschap (<sup>1</sup> = immigrant).

Taxon	Rijn	IJssel		Lek		Waal		Nieuwe Merwede		Oude Maas	
	Lobith	Velp		Lekkerkerk		Vuren		kmr. 979		Heinenoord	
	bodem	bodem	stenen	bodem	stenen	bodem	stenen	bodem	stenen	bodem	stenen
Borstelarme wormen ( <i>Oligochaeta</i> )	300					280		1.100		750	
Ervtenmossel ( <i>Pisidium spec.</i> )								600			
Grote diepslak ( <i>Bithynia tentaculata</i> )					2.200						
Vijverpluimdrager ( <i>Valvata piscinalis</i> )								2.100			
Kokerjuffer ( <i>Hydropsyche contubernalis</i> )	300										
Dansmuggelarf ( <i>Dicrotendipes gr. nervosus</i> )					1.000				3.200	3.300	
Tijgervlokreeft <sup>1</sup> ( <i>Gammarus tigrinus</i> )	100	3.800	1.900		7.000	100	38.000	660	13.000	160	14.000
Slijkgarnaal <sup>1</sup> ( <i>Corophium curvispinum</i> )	450	800	160.000		1.100	310	300.000		150.000		10.000
Driehoeksmossel <sup>1</sup> ( <i>Dreissena polymorpha</i> )			1.700	75	92.000		3.200		2.400	320	50.000
Grofgeribde Aziatische mossel <sup>1</sup> ( <i>Corbicula fluminea</i> )				500	500					2.500	
Toegeknepen Aziatische mossel <sup>1</sup> ( <i>C. fluminalis</i> )						140					
Jenkins' brakwaterhoren <sup>1</sup> ( <i>Potamopyrgus antipodarum</i> )						150				470	
% van de levensgemeenschap	92	91	99	93	99	92	95	85	99	89	96

Urk, G. van, 1981. Veranderingen in de macroinvertebratenfauna van de IJssel. *H<sub>2</sub>O* 14 (21): 494-499.

Urk, G. van & A. bij de Vaate, 1990. Ecological studies in the Lower Rhine in The Netherlands. In: Kinzelbach, R. & G. Friedrich (eds.), *Biologie des Rheins*. *Limnologie aktuell* 1: 131-145.

Vaate, A. bij de & M. Greijdanus-Klaas, 1990. The Asiatic clam, *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) (Pelecypoda, Corbiculidae), a new immigrant in The Netherlands. *Bulletin Zoological Museum University of Amsterdam* 12 (12): 173-177.

Vaate, A. bij de & F. Oosterbroek, 1992. *Ephoron virgo* (Ephemeroptera: Polymitarcidae) recent aangetroffen in de Rijn. *Entomologische Berichten Amsterdam* 52 (1): 8-11.

Velde, G. van der, G. van Urk, F.W.B. van den Brink, F. Colijn, W.A. Bruggeman & R.S.E.W. Leuven, 1991. Rein Rijnwater, een sleutelfactor in chemisch ecosysteemherstel. In: Hekstra, G.P. & F.J.M. van der Linden (eds.), *Flora en fauna chemisch onder druk*: 231-266. Pudoc, Wageningen.

Wessels, H.R.A., 1984. De temperatuur van de Rijn, 1911-1984. *H<sub>2</sub>O* 17 (18): 396-399.

Aziatische mosselen, recente immigranten in zandige bodems. Links de Grofgeribde Aziatische mossel (*Corbicula fluminea*) en rechts de Toegeknepen Aziatische mossel (*C. fluminalis*).

## Summary

### Macroinvertebrates as indicators of the water quality of the Lower River Rhine

The results of two biomonitoring studies in the Lower Rhine have been used as examples for effects of changes of water quality on the macrozoobenthos. During the past two decades, water quality improved considerably due to the treatment of waste water discharges and reductions of pollutants (e.g. heavy metals and organic micropollutants). Treatment of waste water has resulted in higher oxygen concentrations in the river water. Lowering the concentrations of organic micropollutants (e.g. cholinesterase inhibitors) and the increase of oxygen concentration probably have contributed to the return of several insect species in increasingly higher numbers (fig. 3). However, thermal pollution and concentrations of salts (chloride, sulphate) are still increasing, resulting in new niches specially for allochthonous species. The present dominant macrozoobenthos species in the Lower Rhine are all immigrants (table 1 and 2).

A. bij de Vaate & M. Greijdanus-Klaas  
RWS/RIZA  
Postbus 17  
8200 AA Lelystad

