

5 sn 503050

RO190088/1991K/R5

RIZA



**Biologische bewaking van Rijn en Maas :
Ervaringen met vissen en watervlooien 1988-1992**

D.A. Stouten, F. Noppert, F. Balk en A.J. Hendriks

Delft, december 1993

Postbus 5094, 2600 GB Delft
Telefoon 015-625299*
Telefax 015-619326
Bezoekadres: Poortweg 10 Delft

 **bkh adviesbureau**
raadgevende ingenieurs
milieu bouw infrastructuur

INHOUD

	Blz.
VOORWOORD	II
SAMENVATTING	III
SUMMARY	V
1 INLEIDING	1
1.1 Doelstellingen van het project	1
1.2 Mogelijkheden en beperkingen van biologische bewaking	1
1.3 Beoordelingscriteria	2
2 VIS-BEWAKINGSSYSTEEM	3
2.1 Inleiding	3
2.2 Werkingsprincipe	3
2.3 Laboratoriumtesten	4
2.4 Praktijkervaring	6
2.5 Alarmmeldingen	7
2.6 Bruikbaarheid voor het bewaken van oppervlaktewater	8
3 WATERVLO-BEWAKINGSSYSTEEM	9
3.1 Inleiding	9
3.2 Werkingsprincipe	9
3.3 Laboratoriumtesten	10
3.4 Praktijkervaringen	11
3.5 Alarmmeldingen	13
3.6 Bruikbaarheid voor het bewaken van oppervlaktewater	13
4 EVALUATIE: BIOLOGISCHE BEWAKINGSSYSTEMEN OP OPPERVLAKTEWATER	14
4.1 Inleiding	14
4.2 Mogelijkheden	14
4.3 Beperkingen	15
4.4 Toekomst	17
REFERENTIES	19

BIJLAGEN

1	Overzicht van de alarmmeldingen van visbewaking en in verhoogde concentratie aangetroffen stoffen
2	Overzicht van de gemelde calamiteiten in 1988 en 1989 die op de Rijn bij Lobith tot concentratieverhoging hebben geleid
3	Overzicht van in 1990 en 1991 gemelde calamiteiten op de Rijn
4	Overzicht van in 1990 en 1991 gemelde calamiteiten op de Maas

VOORWOORD

Het Bio-alarmproject is in opdracht van het RIZA uitgevoerd door BKH Adviesbureau. Bij het RIZA was de begeleiding in handen van achtereenvolgens de heren drs. C. van de Guchte en ir. A.J. Hendriks. Bij BKH waren de projectleiders de heer dr. ir. I. van der Putte en mevrouw ir. F. Balk. De uitvoering lag bij mevrouw drs. J. Botterweg, mevrouw ing. M. Stouten en de heer drs. F. Noppert. Daarnaast hebben vele personen bijgedragen tot dit onderzoek. Onze dank gaat uit naar de heer P. Adriaens, de heer K. Bol, de heer P. Brandt, de heer P. Meertens, mevrouw I. Mol en mevrouw J. Steenveldt van de meetstations Lobith en Eijsden en tevens naar mevrouw drs. C. Corine Baltus, de heer A. Espeldoorn, mevrouw drs. M. de la Haye, mevrouw H. Maas-Diepeveen en mevrouw R. Mulder (RIZA). Daarnaast zijn bijdragen geleverd door drs. C. van Helmond, ir. M. Hof, drs. P. Okkerman, B. Rietbroek en ir. J. Roos (BKH).

SAMENVATTING

Twee typen bio-alarmsystemen zijn beoordeeld op hun bruikbaarheid in een continu bewakingsprogramma op oppervlaktewater. Beschreven worden de resultaten van 5 jaar ervaring met biologische bewaking op de Rijn en de Maas. De beoordeelde systemen zijn een visbewakingssysteem en een watervlooiensysteem.

Het toegepaste visbewakingssysteem, de AQUATOX-CONTROL van de firma Kerren Umwelttechnik is het zogenaamde Arenabassin, naar een ontwerp van Juhnke en Besch (1971). Dit systeem is gebaseerd op rheotaxis van de gebruikte testvis, de goudwinde *Leuciscus idus*. Het gebruikte systeem met watervlooien is de Dynamische Daphnia-test van Electron Gesellschaft, naar een ontwerp van Knie (1978). Dit systeem is gebaseerd op de zwemactiviteit van de watervlo *Daphnia magna*.

Bij de evaluatie zijn een aantal criteria beschouwd, waaraan een goed functionerend biologisch bewakingssysteem moet voldoen. De criteria zijn in onderstaande tabel vermeld, waarbij is aangegeven of aan het criterium is voldaan.

Tabel 1 Criteria en beoordeling van de biomonitoring systemen

CRITERIA	VISSYSTEEM	WATERVLO-SYSTEEM
1. parameter kwantificeerbaar en continu en automatisch te meten	ja	ja
2. snelle en betrouwbare respons	ja ¹	ja
3. eenvoudig te interpreteren meetsignaal	ja	nee ²
4. technische betrouwbaarheid systeem	matig ³	goed
5. kans op vals alarm	klein	reëel ⁴
6. eenvoudig te bedienen en weinig onderhoud	ja	ja ⁵
7. testdieren gemakkelijk verkrijgbaar/goedkoop	ja	ja
8. testdieren eenvoudig te houden	ja	ja ⁵

VOETNOTEN:

- ¹ behalve bij sterke verzwakking of sterfte.
- ² statische ondergrens niet voldoende; met flexibele alarmgrenzen bestaat nog weinig ervaring.
- ³ door recente verbeteringen nu: goed.
- ⁴ veroorzaakt door gevoeligheid voor verstoringen.
- ⁵ strenge regelmaat is vereist.

Visbewakingssysteem

Een aantal alarmmeldingen op de Rijn en Maas konden in verband worden gebracht met gemelde calamiteiten of verhoogde concentraties van bepaalde stoffen. Tesamen met de mate waarin door het systeem aan de criteria beantwoord is, maakt dit dat het vissysteem voldoende robuust en betrouwbaar is voor toepassing op oppervlaktewater. De gevoeligheid van het systeem evenwel is laag ten opzichte van de concentraties waarin verontreinigingen in de rivieren voorkomen.

Dit betekent wel dat áls er sprake is van een alarm, dit terdege serieus moet worden genomen.

Watervlobewakingssysteem

Doordat pas in een laat stadium in het project een betrouwbaar (flexibel) alarmniveau kon worden ingesteld, is er geen verband aangetoond tussen een alarmmelding en een eventuele calamiteit. Wel is gebleken dat verandering van waterkwaliteit door het systeem snel en betrouwbaar wordt waargenomen. Het watervlooiensysteem is kwetsbaar voor verstoringen door slib in het water, luchtbelvorming en reproductie van de watervlooien.

Biologische bewaking in het algemeen

Tijdens het project is het duidelijk geworden dat biologische bewaking een specifieke plaats verdient bij de beoordeling van de kwaliteit van oppervlaktewater. Door reactie op een totaalbeeld van toxische componenten in het oppervlaktewater kunnen met biologische bewaking calamiteiten of (combinaties van) toxische verbindingen worden gesignaleerd die bij enkel fysisch-chemische analyse over het hoofd worden gezien.

Een biologische reactie kan de aanzet geven tot het uitvoeren van uitgebreidere chemische analyses, waarbij gericht naar de oorzaak van de reactie kan worden gezocht. Bij een grote betrouwbaarheid van de biologische reactie is het echter voor het nemen van maatregelen niet noodzakelijk om stoffen te identificeren.

Vooraf bij bewaking van wateren die binnen een kort tijdsbestek van kwaliteit kunnen wisselen, is biologische bewaking zinvol. Wanneer inzicht in de gemiddelde waterkwaliteit van groter belang is, zijn statische toxiciteitstesten geschikter.

Toekomst van bio-alarmering

Naar aanleiding van Duits onderzoek in de afgelopen 10 jaar zal binnenkort naar alle waarschijnlijkheid aanbevolen worden langs de Rijn de volgende systemen te installeren (in volgorde van prioriteit): watervlosysteem, algensysteem, bacteriesysteem en mosselsysteem. De visbewakingssystemen zijn te duur en bij de huidige belasting minder gevoelig dan de andere systemen.

In nationaal verband wordt er naar gestreefd om de bestaande systemen uit te breiden met algen- en bacteriemonitoren. Dit betekent een verbeterde afspiegeling van de levensgemeenschap in het veld. Daarnaast kan een groter spectrum van potentieel aanwezige stoffen gesignaleerd worden.

Als vervolgens blijkt dat het visbewakingssysteem niet meer informatie oplevert dan de andere monitors, kan dit systeem na verloop van tijd uit het routinepakket worden gehaald.

SUMMARY

Two types of bio-alarm systems for the continuous monitoring of surface water have been evaluated. The report presents the results of 5 years of experience with biological early warning systems monitoring the Rhine and Meuse river water. The systems are a fish-alarm system and a water-flea-alarm system.

The fish system, the AQUATOX-CONTROL of Kerren Umwelttechnik, is a so-called Arena basin model built after a design of Juhnke and Besch (1971). The system is based on rheotaxis of the golden orfe *Leuciscus idus*. The water-flea-system is the Dynamic Daphnia-test of Electron Gesellschaft. This system was developed by Knie (1978) and is based on the swimming activity of the water-flea *Daphnia magna*.

Biomonitoring systems have to meet a number of criteria, in order to function as properly as shown in the table:

Table 1 Criteria and evaluation of biomonitoring systems

CRITERIA	FISH SYSTEM	WATER-FLEA SYSTEM
1. Parameter can be quantified and measured continuously and automatically	yes	yes
2. rapid and reliable respons	yes ¹	yes
3. measured signal easily to interpret	yes	no ²
4. technical reliability	reasonable ³	high
5. chance of false alarm	little	yes ⁴
6. operation simple and little maintenance	yes	yes ⁵
7. test organisms easily obtainable and low costs	yes	yes
8. test organisms easily to raise and/or maintain	yes	yes ⁵

NOTES:

- ¹ except in case of weakening fish or death.
- ² static alarm level insufficient; too little experience with flexible alarm level.
- ³ presently high, due to recent improvements.
- ⁴ because of sensitivity for disturbance of the system.
- ⁵ strictly scheduled maintenance is required.

Fish early warning system

A few alarms on the rivers Rhine and Meuse could be related to calamities reported or increased concentrations of certain chemicals. These alarms and the properties of the system as listed in the table, indicate that the fish system is both solid and reliable for application on surface water. The sensitivity of the system however is low in relation to the concentrations of pollutants found in the river water. This means that if an alarm is given, this has to be taken seriously.

Water-flea early warning system

Only in the last stage of the project, a proper (flexible) alarm level could be installed. Therefore no relation between an alarm and a calamity could be shown.

Changes in water quality however were registered fast and with a high reliability. A matter of concern is that the water-flea system is sensitive for disturbances by sediment in the water, air bubbles and reproduction of the water-fleas. It was shown that proper maintenance and control prevents these problems.

Biomonitoring in general

In the course of the project biological early warning has shown to deserve a specific position in the evaluation of the quality of surface water. By reacting on the total toxicity of all compounds present, biological early warning systems can detect calamities and (combinations of) toxic substances that are missed by physical-chemical analysis.

A biological reaction can trigger more extended chemical analysis. However, with a high reliability of the biological early warning systems, it is not necessary to specify the chemicals before remedial actions are taken.

Biomonitoring is especially worthwhile in waters with rapidly changing water quality. If insight in the average water quality is of greater importance, static toxicity tests are a better option.

Future of biomonitoring

As a result of research carried out in Germany in the past 10 years, it probably will be advised soon to install the following systems along the Rhine (in order of priority): a water-flea system, an algae system, a bacteria system and a bivalve system. The fish early warning systems are considered to be too expensive and less sensitive than the other systems.

On a national scale the aim is to extend the present systems with algae- and a bacteria monitors. This will better represent the ecosystem and a broader spectrum of chemicals can be detected.

If in future it appears that the fish system does not add to the information collected by the other systems, this system can be omitted from the standard monitoring equipment.

1 INLEIDING

1.1 Doelstellingen van het project

Het Bio-alarmproject is onderdeel van het Rijn Actie Programma en is geïnitieerd naar aanleiding van de calamiteit veroorzaakt door het Zwitserse chemieconcern Sandoz. Het programma bevat doelstellingen voor de Rijnwaterkwaliteit, waarbij wordt gestreefd naar het terugdringen van verontreinigingen en de uitbreiding en verbetering van de kwaliteitsbewaking van het Rijnwater.

Doel van het Bio-alarmproject is om een aantal bio-alarmsystemen te beoordelen op hun bruikbaarheid in een continu bewakingsprogramma. Bij het beoordelen van de bruikbaarheid zijn onder andere de gevoeligheid voor toxische verbindingen, het risico van vals alarm, de onderhoudsgevoeligheid, het bedieningsgemak en de technische betrouwbaarheid van de apparatuur betrokken. De voornaamste activiteiten die hebben plaatsgevonden om dit doel te bereiken zijn het testen, installeren en in bedrijf stellen van twee biologische bewakingssystemen. De onderzochte systemen zijn een vis-bewakingssysteem, de Aqua-Tox Control van Kerren, en een bewakingssysteem met watervlooien, de Dynamische Daphnia- test van Elektron Gesellschaft.

Het project is in 1988 opgezet door Rijkswaterstaat-RIZA. De uitvoering is uitbesteed aan BKH Adviesbureau. De ervaringen van elk projectjaar zijn vastgelegd in afzonderlijke jaarverslagen (1988 tot en met 1991). Dit rapport is tot stand gekomen uit de behoefte aan een overzicht van deze ervaringen en de ontwikkelingen die de afgelopen vijf jaar hebben plaatsgevonden.

1.2 Mogelijkheden en beperkingen van biologische bewaking

Onder bio-alarmering wordt in het kader van dit project verstaan:

"Het gebruik van biologische effectparameters bij aquatische organismen om snel een verandering in de toxiciteit van het te beoordelen water te signaleren".

Het signaleren van een plotselinge verandering in een biologische parameter kan om de volgende redenen een belangrijke aanvulling vormen op de traditionele fysisch-chemische bewaking van de waterkwaliteit:

- Het is onmogelijk om alle milieuvreemde stoffen in het oppervlaktewater fysisch-chemisch te detecteren. Bovendien kan slechts een klein deel continu worden geregistreerd.
- Een mogelijk gecombineerde toxische werking van diverse stoffen kan chemisch niet worden gesignaleerd.
- De gemeten concentraties geven niet altijd informatie over de biologische beschikbaarheid of mogelijke effecten op aquatische organismen.
- Stoffen komen soms in concentraties voor die onder de detectiegrens van de chemische apparatuur liggen, maar desondanks toxisch zijn voor aquatische organismen.

Continue bewaking door biologische systemen kent ook een aantal beperkingen:

- Alleen acute effecten kunnen worden geregistreerd. Lange-termijn effecten zijn niet op te sporen of te voorspellen.
- Bij gebruik op oppervlaktewater is geen preventieve werking mogelijk, maar slechts een signalerende en waarschuwende.
- Het is niet altijd mogelijk om de verbindingen die een alarm veroorzaken te traceren.
- Het uitblijven van alarm geeft geen garantie voor de afwezigheid van toxische stoffen.

1.3 Beoordelingscriteria

Er zijn een aantal criteria aan te geven, waaraan een goed functionerend biologisch bewakingssysteem moet voldoen. De belangrijkste zijn:

- 1 De biologische parameter moet kwantificeerbaar zijn en continu en automatisch te meten zijn.
- 2 De respons moet snel en betrouwbaar te detecteren zijn.
- 3 De meetresultaten moeten gemakkelijk te interpreteren zijn.
- 4 Het systeem moet technisch betrouwbaar zijn.
- 5 Het systeem moet zo min mogelijk vals alarm geven.
- 6 Het systeem moet eenvoudig te bedienen zijn en weinig onderhoud vragen.
- 7 Het testorganisme moet gemakkelijk te verkrijgen en goedkoop zijn.
- 8 Het testorganisme moet op eenvoudige wijze te houden of te kweken zijn.

2 VIS-BEWAKINGSSYSTEEM

2.1 Inleiding

In 1988 is op de Rijn, op meetstation Lobith, begonnen met het in de praktijk uittesten van het Kerren vis-bewakingssysteem. Tevens zijn met het systeem in het laboratorium een aantal stofspecifieke testen uitgevoerd. De praktijkperiode op Lobith is tijdens de daaropvolgende projectjaren voortgezet, waarbij het apparaat is ingezet als continue bewakingssysteem. Eind 1989 is er ook een vis-bewakingssysteem geplaatst op de Maas, op meetstation Eijsden. Ook dit systeem is de afgelopen jaren voor continue bewaking ingezet.

In dit hoofdstuk wordt het werkingsprincipe van het systeem uiteengezet en volgt een beknopte weergave van de belangrijkste resultaten uit praktijk en laboratorium. Op basis hiervan worden voor het systeem noodzakelijke randvoorwaarden gegeven en wordt een uitspraak gedaan over de bruikbaarheid van het apparaat als continue bewakingssysteem op oppervlaktewater.

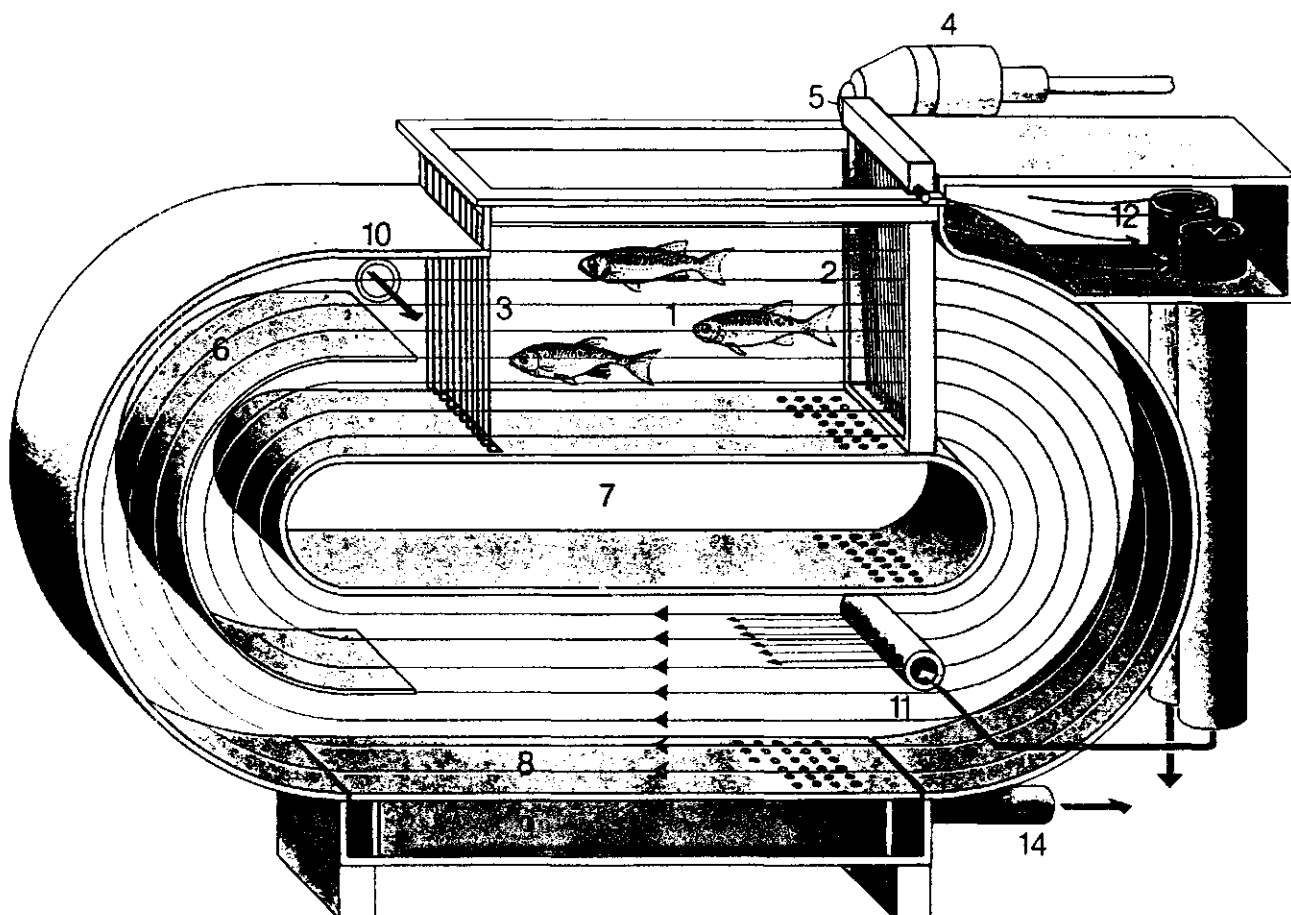
2.2 Werkingsprincipe

Het vis-bewakingssysteem dat is aangeschaft ter bewaking van de Rijn en later ook de Maas, is het zogenaamde Arenabassin naar het ontwerp van Juhnke en Besch (1971). Het systeem wordt in Duitsland gebouwd door de firma Kerren Umwelttechnik. In figuur 1 wordt het systeem schematisch weergegeven.

Het principe van het vissysteem is gebaseerd op rheotaxis, de eigenschap van vissen om in stromend water tegen de stroom in te zwemmen. Om dit gedrag te volgen worden vier goudwindes (*Leuciscus idus*) voor een periode van een week in de testkamer van het systeem geplaatst, die continu met rivierwater wordt doorstroomd. Een aantal keer per uur wordt de stroom kunstmatig versneld. De vissen worden één week in het systeem gebruikt en daarna door nieuwe vervangen. Tijdens de testweek worden de vissen niet gevoerd.

Een waterverontreiniging kan verzwakking of desoriëntatie veroorzaken, waardoor verlies aan rheotaxis kan optreden. Ook kunnen de vissen vluchtgedrag gaan vertonen en met de stroom gaan meezwemmen. Door middel van een drukgevoelig rooster achterin de testkamer kan dit afwijkende gedrag worden geregistreerd. Het aantal aanrakingen (impulsen) per testtijd wordt geteld en vastgelegd.

Het apparaat is zodanig in te stellen dat een alarm wordt gegeven als een bepaald vast alarmniveau een aantal maal achtereenvolgend wordt overschreden. Er wordt dan automatisch een watermonster genomen.



Figuur 1 Het vis-bewakingssysteem; doorstroombassin

- | | |
|------------------------|-------------------------|
| 1 testkamer | 8 bodemplaat |
| 2 drukgevoelig rooster | 9 sedimentlade |
| 3 afsluitrooster | 10 toevoer |
| 4 drukregelaar | 11 horizontale aanjager |
| 5 rubber slang | 12 overloop |
| 6 stroomgeleider | 13 afvoer |
| 7 binnenruimte | |

2.3 Laboratoriumtesten

In laboratoriumtesten met het Kerren vis-bewakingssysteem in Nederland en Duitsland werd voor onderstaande stoffen (tabel 1) bepaald bij welke concentratie(s) een reactie van de vissen kon worden gemeten (Botterweg 1988 en 1990). In de tabel is de laagste geteste concentratie weergegeven, waarbij nog een duidelijke reactie was waar te nemen. Bij een aantal testen is het gedrag van de vissen tijdens de uitvoering geobserveerd.

Tabel 1 Resultaten van stofs specifieke testen uitgevoerd met het Kerren vis-bewakingssysteem

Naam stof	Concentratie (mg/l)	Primaire reactie (aantal uren na toediening)	LC _{50,96 h} ¹⁾	Waargenomen gedrag vissen (observatie)
Ammonia ²⁾	1,2	3	0,16-3,4	versuffing/ verlamming
Cadmium ²⁾	0,3	18	0,032-4,6	paniekerig gedrag/stress
3,4-Dichlooraniline ²⁾	0,5	20	7-9	paniekerig gedrag/stress
Dieselolie ²⁾	> 0,05		(120-160)	alleen stress tijdens rustperiode
Disulfoton ²⁾	7,0	18	0,063-4,7	alleen stress tijdens rustperiode
Endosulfan	0,1		0,0003-0,0037	
Endrin	0,02		0,00037-0,0011	
Isophorone ²⁾	0,91	6	145-255	geen observatie uitgevoerd
LAS ²⁾	5,4	7	0,4-0,6	geen observatie uitgevoerd

¹⁾ Gebaseerd op literatuurgegevens voor vissen (vaak verschillende soorten). Bron: Verschuieren 1983, Nikunen 1990, Mance 1987.

²⁾ Door RIZA/BKH uitgevoerde testen (Botterweg 1989 en 1990). Van de andere twee stoffen zijn geen bijzonderheden bekend.

Uit de tabel blijkt dat de gevoeligheid van het systeem voor de meeste geteste stoffen onder of in de buurt van het aangegeven bereik voor de acute toxiciteit in statische toetsen ligt. Bij deze vergelijking moeten wel enkele kanttekeningen worden geplaatst:

- 1 De meeste literatuurwaarden zijn gebaseerd op de acute toxiciteit voor andere soorten vissen dan de hier gebruikte goudwinde. Als ook een waarde voor de goudwinde bekend is, dan ligt deze waarde vaak binnen het aangegeven bereik voor andere vissen, maar ook wel eens daarboven of -beneden.
- 2 Er wordt vergeleken met de effectparameter sterfte (LC₅₀) na 96 uur, terwijl het systeem gebaseerd is op het meten van verzwakking en/of vluchtgedrag van de vissen gedurende korte tijd. EC₅₀-waarden voor immobiliteit zijn voor de betreffende stoffen niet voorhanden.

Het werkingsprincipe van het systeem is gebaseerd op (een verlies aan) rheotaxis, door verzwakking en/of vluchtgedrag. De bedoeling is dat vissen impulsen veroorzaken doordat ze tegen de tralies aan komen, er vanaf zwemmen, weer opnieuw de tralies raken, etc. Uit de testen blijkt dat er stoffen zijn (bijvoorbeeld ammonia) die een verzwakkende of verlamdende werking hebben op de vissen. Sterk verzwakte of verlamde vissen worden door de stroom tegen de tralies gedrukt en zijn niet meer in staat om los te komen. Op deze manier worden geen impulsen veroorzaakt en blijft een alarm uit (dit geldt ook bij dode vissen). In dit geval functioneert het apparaat niet als bewakingssysteem en kan geen alarmering worden verwacht.

Met deze tekortkoming moet in de praktijk rekening worden gehouden. Voor twee stoffen, disulfoton en dieselolie, is ook bij relatief hoge concentraties geen verhoogd aantal impulsen te verwachten, omdat er in experimenten sprake is van normaal zwemgedrag. In de praktijk zijn de concentraties aan olie-achtige verbindingen in het oppervlaktewater vaak te laag (door onder andere verdunningseffecten) om een reactie van de vissen te kunnen verwachten.

Om een duidelijke uitspraak te kunnen doen over de gevoeligheid van het systeem voor toxische verbindingen moeten in feite veel meer stoffen getest worden. Uit de resultaten van de in Nederland uitgevoerde testen kan worden geconcludeerd dat de gevoeligheid van dit systeem voor de meeste geteste stoffen niet erg groot is en dat bij toepassing op oppervlaktewater niet snel een alarm wordt verwacht. Dit geeft tegelijkertijd aan dat een alarmmelding in een veldsituatie zeer serieus genomen moet worden.

2.4 **Praktijkervaring**

Op grond van de praktijkervaringen is het systeem op diverse punten aangepast. Deze aanpassingen zijn vooral voortgekomen uit de wens tot een aantal verbeteringen van technische aard, ter vergroting van het bedieningsgemak bij onderhoud en voor een grotere standaardisatie van het systeem.

Het vissysteem is een eenvoudig te bedienen en relatief weinig storingsgevoelig apparaat, dat onder normale omstandigheden weinig onderhoud vraagt. Voor controle en onderhoud is circa 6 uur per week nodig.

Het huidige alarmniveau is zoveel mogelijk gebaseerd op ervaringen (alarmmeldingen) van de afgelopen jaren. Op oppervlaktewater blijkt het systeem niet snel een alarm te geven. Door verdunningseffecten liggen de concentraties vaak ver onder de gevoeligheid van vissen.

De kans op vals alarm is niet zo erg groot. Resonantie, verstopping van de toevoer, uitval van de pomp en de gewennings-periode na het inzetten van nieuwe vissen kunnen vals alarm veroorzaken. Een regelmatige observatie van de vissen en controle van het systeem vermindert het optreden van vals alarm. Bij de uitvoering van testen is gebleken dat dode en verzwakte vissen geen alarm veroorzaken. Om dit probleem te ondervangen is door de fabrikant een "activiteitsmelder" ontwikkeld.

De storingsgevoeligheid van het apparaat is klein. Zwakke punten waren de pomp, de elektronica en de versterker, die bij beide systemen regelmatig voor storing hebben gezorgd. Het systeem is onder normale omstandigheden niet verstoppingsgevoelig. De technische betrouwbaarheid van het systeem was niet optimaal. De gevoeligheid van het systeem voor aanrakingen van de vissen kan aan veranderingen onderhevig zijn en in de loop van de tijd afnemen. Oorzaken waren met name storingen van het elektronische gedeelte en van de versterker. Verder bleken de systemen onderling niet vergelijkbaar te zijn qua gevoeligheid. Om deze problemen op te lossen is door de fabrikant een methode ontwikkeld waarmee de gevoeligheid geïjkt kan worden. De verwachtingen hiervan zijn positief.

In de nieuwe versies van het vissysteem zijn de zwakke punten aanzienlijk verbeterd en lijkt de gevoeligheid goed en constant. Een regelmatige controle door de fabrikant blijft echter noodzakelijk om de betrouwbaarheid te kunnen garanderen.

Na problemen met de aanlevering en kwaliteit van de goudwindes zijn er afspraken gemaakt met een vaste leverancier over levering van gezonde en onbeschadigde vissen, met een bepaalde lengte en gewicht. Over het algemeen kan de leverancier aan de eisen voldoen. Zwakke punten zijn vooral nog het leveren van de vereiste maat en transport van de vissen over langere afstand.

Uit de praktijkperiode op de Maas is gebleken dat het zuurstofgehalte van het water kritisch is. In de zomermaanden kan het zuurstofgehalte dalen onder de voor vissen kritische grens van 4 mg/l, waardoor stress-gedrag kan optreden en de kans op vals alarm wordt vergroot. Installatie van een effectief beluchtings-systeem is noodzakelijk gebleken. Een incidenteel zeer hoog slibgehalte in het Maaswater zorgt voor problemen door verstopping van de aanvoerleidingen. Hierdoor moet meer tijd aan controle en onderhoud besteed worden.

Op basis van bovenstaande ervaringen kan een aantal voorwaarden worden geformuleerd, die noodzakelijk zijn voor een optimale en efficiënte werking van het vis-bewakingssysteem. Deze voorwaarden zijn:

- 1 Een personele inzet van circa 6 uur per week.
- 2 Automatische verwerking van de meetgegevens.
- 3 IJkmethode voor de gevoeligheid van het systeem.
- 4 Technische controle door de fabrikant.
- 5 Aanwezigheid van een effectief beluchtingssysteem.
- 6 Aanlevering van gezonde en onbeschadigde vissen.

Het vis-bewakingssysteem is in 1992 opgenomen in AQUALARM en het onderhoud en beheer zijn overgedragen aan de hoofdafdeling IO.

2.5 Alarmmeldingen

Na een alarmmelding van de vis-bewaking op Lobith en later ook Eijsden, is het automatisch genomen monster geanalyseerd. In de meeste gevallen is ook een verzamelmonster van de dag ervoor onderzocht, omdat een reactie op bepaalde stoffen of op een lage dosis mogelijk pas enige tijd later optreedt.

De alarmmeldingen die van 1988 tot en met 1991 zijn opgetreden, zijn weergegeven in Bijlage 1. De gemelde calamiteiten op Lobith zijn te vinden in Bijlagen 2 (1988 en 1989) en 3 (1990 en 1991) en op Eijsden (1990 en 1991) in Bijlage 4. In deze bijlagen zijn de concentraties weergegeven van stoffen die ten opzichte van routinemonsters in verhoogde concentratie zijn aangetroffen.

Uit de tabellen in de Bijlagen blijkt dat het in de praktijk vaak niet mogelijk is om de oorzaak van het alarm met behulp van chemische analyses te vinden. Redenen hiervoor kunnen zijn:

- de concentratie ligt onder de detectiegrens van de toegepaste analytische methoden;
- verschillende in lage concentraties aanwezige stoffen hebben een gecombineerde werking;
- er zijn verbindingen verantwoordelijk die chemisch (nog) niet worden gemeten.

Daarnaast blijft het altijd mogelijk dat door toevalsfluctuaties in gedrag de alarmgrens is overschreden (= vals alarm).

Voor een vergelijking van de alarmmeldingen met gemelde calamiteiten wordt verwezen naar Bijlage 2 tot en met 4. Het aantal alarmmeldingen dat jaarlijks door de vis-bewaking wordt gegeven is vrij klein in vergelijking met het aantal gemelde calamiteiten. In een aantal gevallen kon een verband worden gelegd tussen het tijdstip van passeren van de stof bij Lobith of Eijsden en een verhoogd aantal impulsen van de vis-bewaking. Het is niet met zekerheid te zeggen of de gevonden verbindingen afzonderlijk verantwoordelijk zijn geweest voor een alarmmelding of dat er sprake is van een gecombineerd toxische werking. Dat het systeem maar in zo weinig gevallen alarm heeft geslagen komt meestal voort uit de aard van de lozingen. De meeste calamiteiten vonden een eind bovenstrooms plaats, zodat op het tijdstip van passeren vaak nog maar zeer lage concentraties werden gemeten en een reactie van de vissen niet kon worden verwacht. Voor de stoffen die in hogere concentraties passeerden, waren de vissen relatief ongevoelig. Overigens wil het uitblijven van alarmmeldingen niet zeggen dat er geen schadelijke stoffen in het water aanwezig zijn. Vissen reageren niet op alle in verhoogde concentratie aanwezige verbindingen met verlies aan rheotaxis.

2.6 **Bruikbaarheid voor het bewaken van oppervlaktewater**

In paragraaf 1.3 zijn een aantal criteria gegeven, waaraan een optimaal functionerend biologisch bewakingssysteem moet voldoen. Een aantal punten is reeds tijdens de praktijkervaringen aan de orde gekomen (zie 2.4). Hieronder volgt het resultaat bij toetsing van het systeem aan deze criteria:

1	parameter kwantificeerbaar en continu en automatisch te meten	ja
2	snelle en betrouwbare respons	ja, behalve bij sterke verzwakking of sterfte
3	eenvoudig te interpreteren meetsignaal	ja
4	technische betrouwbaarheid systeem	matig (door recente verbeteringen nu:goed)
5	kans op vals alarm	klein
6	eenvoudig te bedienen en weinig onderhoud	ja
7	vissen gemakkelijk verkrijgbaar/goedkoop	ja
8	vissen eenvoudig te houden	ja

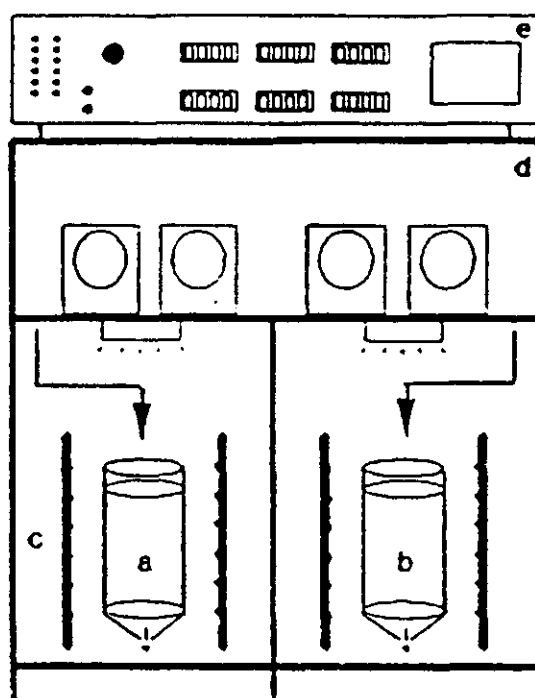
3 WATERVLO-BEWAKINGSSYSTEEM

3.1 Inleiding

Het dynamische daphnia-systeem is begin 1988 voor praktijktesten geïnstalleerd op de Rijn. Naar aanleiding van een aantal praktische problemen is het systeem in 1989 verplaatst naar het laboratorium voor uitvoering van testen. Begin 1990 is een tweede systeem aangeschaft, waarmee de praktijkperiode is voortgezet. Vanaf eind 1990 kon het systeem vrijwel continu worden ingezet.

3.2 Werkingsprincipe

De "Dynamische Daphnia-test" is een ontwerp van Knie (1978, 1982) en wordt door de Duitse firma Elektron Gesellschaft gebouwd. Het testsysteem wordt in de onderstaande figuur schematisch weergegeven.



Figuur 2. De Dynamische Daphnia-test van Knie (1978)

Met behulp van infra-rode lichtbundels kan de activiteit van daphnia's voortdurend worden gemeten. De activiteit in rivierwater kan worden vergeleken met de activiteit in schoon standaard water. In de huidige toepassing worden cuvet a en b beide doorstroomd met rivierwater en fungeren als duplo's.

(a. cuvet rivierwater; b. referentiecuvet; c. infra-rode LED's; d. aanvoer- en afvoerpompen; e. stuur- en informatiepaneel)

Het principe van het systeem is gebaseerd op het meten van de zwemactiviteit van watervlooien met behulp van lichtsensoren. In beide testkamers worden 20 daphnia's ingezet. Aan weerszijden van elke testkamer bevinden zich zes boven elkaar geplaatste infra-rode lichtbronnen en sensoren. De infra-rode lichtbundels worden door de zwembewegingen van de vlooien onderbroken. Het aantal onderbrekingen (impulsen) per tijdseenheid (10 minuten) wordt geregistreerd via een recorder en een datalogger. Een verandering van activiteit door een verontreiniging in het water wordt op deze manier snel waargenomen. Het systeem is uitgerust met twee testkamers om naast het te testen water controlewater mee te laten lopen als referentiemogelijkheid (blanco). In de huidige toepassing worden beide testkamers echter continu met rivierwater doorstroomd (stroomsnelheid is 0,5 l/h), waardoor de test in duplo wordt uitgevoerd.

Op het systeem is in te stellen dat een alarmering gegeven wordt bij overschrijding van een statische ondergrens of bij een bepaald verschil in activiteit tussen beide testkamers. Er is geen systeem voor automatische monsternamen aanwezig. De watervlooien worden één week in het systeem gebruikt, waarna nieuwe worden ingezet.

3.3 Laboratoriumtesten

Met het daphnia-testsysteem van Knie zijn in Duitsland en Nederland stofspecifieke testen uitgevoerd, met als doel de concentratie(s) te bepalen, waarbij nog een duidelijke verandering van de activiteit is waar te nemen (Botterweg, 1988 en 1990; Matthias et al, 1990.; Stouten, 1991 en 1992). Het eindrapport van het Duitse project is nog niet beschikbaar. De tot nu toe bekende resultaten zijn weergegeven in Tabel 2.

Tabel 2 Resultaten van stofspecifieke laboratoriumtesten uitgevoerd met de Dynamische Daphnia-test

Naam stof	Concentratie (mg/l)	Primaire reactie (aantal uur na toediening)	EC ₅₀ 48h ¹ D.magna (mg/l)
Cadmium ²	0,18	10	0,13
3,4-Dichlooraniline ²	3,6	27	0,7
1,2-Dichloorethaan	100		360
Disulfoton	0,1	2	<0,06
Endosulphan	0,4	3	0,51
Fenol	1,0		7,7-23
LAS ²	0,48	3	7,8
Lindane	0,5		0,7 (24 h)
Monochloorbenzeen	20		4,3 (24 h)
Nitrobenzeen	0,004		12
Paraquat ²	> 7,4	4-8	4,8
Parathionethyl	0,005	2	0,002
Pentachloorfenol ²	0,28-0,5	12-16	0,48-1,0 (0,33)
Prophethamphos	0,4	1	
Thiomethon	0,4	3	

¹ Literatuurgegevens voor *Daphnia magna* (Pilli et al. 1989; Verschuieren 1983)

² Door RIZA/BKH uitgevoerde testen (Botterweg 1989, 1990; Stouten 1991)

³ LC₅₀ voor *D. magna* is statische test voorafgaand aan dynamische test

In de tabel is ter vergelijking een kolom met EC_{50} -waarden (immobiliteit) voor *Daphnia magna* opgenomen. Bij vergelijking blijkt voor de meeste stoffen de gevoeligheid van het systeem te liggen in de buurt van de toxiciteitswaarde(n). Voor enkele stoffen is de gevoeligheid van de dynamische test groter, bijvoorbeeld bij LAS, nitrobenzeen en fenol. Ook hier moet worden opgemerkt dat voor een oordeel over de gevoeligheid niet zonder meer op literatuurwaarden kan worden afgegaan. Tijdens de testen is de werkelijke concentratie in de meeste gevallen niet bepaald. Door verschillende factoren (adsorptie, verdamping) kan deze in werkelijkheid hoger of lager zijn. Door voorafgaand aan de dynamische test eerst een statische test uit te voeren, kunnen de resultaten beter worden vergeleken (zie bijvoorbeeld pentachloorfenol). Dit mag ook worden verwacht, aangezien zowel in de statische als in de dynamische test een verlies aan mobiliteit wordt gemeten. Het enige verschil is de duur van de meting (24 of 48 h versus minuten tot enkele uren).

Bij herhaling van een experiment bleek het testresultaat over het algemeen redelijk tot goed reproduceerbaar. De respons van de watervlooien op de verschillende toxische verbindingen was in alle gevallen een verandering van de zwemactiviteit (zowel afname als toename). Bij vergelijking van Tabel 1 (testen met vissen) met Tabel 2 kan worden geconcludeerd dat het systeem met watervlooien voor een aantal van de geteste stoffen gevoeliger is dan het vis-bewakingssysteem.

3.4 Praktijkervaringen

Het testsysteem vraagt redelijk wat onderhoud, met name door aangroei van vuil en slib in de slangen en in de testkamers. Bij uitvoering van controlewerkzaamheden zijn de testkamers niet zo eenvoudig te overzien of bereikbaar. Voor normaal onderhoud en controle van het testsysteem is ongeveer 4 uur per week nodig. Daarnaast kost het kweken van de watervlooien ongeveer 4 uur per week.

Uit testen blijkt dat de gevoeligheid van het testsysteem voor toxische verbindingen beneden of rond de acute (statische) toxiciteit ligt. De kans op een alarm bij calamiteiten op de Rijn is nog niet goed in te schatten. Dit heeft verschillende oorzaken. Er is nog te weinig ervaring met automatische alarmering. Daarnaast zijn er weinig calamiteiten op de Rijn gemeld en is de kwaliteit van het Rijnwater verbeterd.

Over de kans op vals alarm kan ook nog geen duidelijke uitspraak worden gedaan. Wel blijkt dat het meetsignaal van het systeem vrij gevoelig is voor verstoringen en omgevingsfactoren. Het meetsignaal wordt met name gestoord door controle- en onderhoudswerkzaamheden, het openen van de front-plaat van het systeem, verstopping van de aanvoer en aanzuiging van lucht. Belangrijke omgevingsfactoren zijn de temperatuur van het Rijnwater, het voedselaanbod in de Rijn en de kwaliteit van de gekweekte watervlooien. Stijging van temperatuur en voedselaanbod zijn tijdens de zomer verantwoordelijk voor een toename van de gemeten activiteit door een snellere groei van de watervlooien en het optreden van reproductie.

Door regeling van de Rijnwatertemperatuur op 19 ± 1 °C is een beter vergelijkbare basisactiviteit verkregen gedurende het hele jaar. Het gevolg is wel dat nu vanaf maart tot oktober reproductie voorkomt.

Onder goede omstandigheden treedt reproductie op aan het einde van de testweek en dit veroorzaakt meestal een snelle stijging van de activiteit. Hierdoor is reproductie over het algemeen wel duidelijk als zodanig te herkennen. Vanwege de verstoring van het meetsignaal is het wenselijk een methode te vinden waarmee reproductie kan worden voorkomen.

Bij toepassing op slibrijk oppervlaktewater, zoals op de Rijn, blijkt het daphnia-systeem erg verstoppingsgevoelig te zijn. Zonder een effectief filtersysteem, dat tevens voldoende voedingsstoffen doorlaat, kan het apparaat niet naar behoren functioneren. Een gaswasfles met teflonwattten in combinatie met voorbezinking, is een afdoende methode.

Het systeem is elektronisch/mechanisch zeer betrouwbaar. Op Lobith hebben zich geen belangrijke technische storingen voorgedaan. Het daphnia-systeem in het laboratorium heeft wel een aantal storingen gehad, die echter eenvoudig van aard bleken te zijn.

Een handmatige verwerking van de gegevens tot grafieken kost zeer veel tijd en is daarom geautomatiseerd. De gegevens worden automatisch opgeslagen in een datalogger en een "dedicated" PC en kunnen snel worden verwerkt. Aangezien door lichaamsgroei van de watervlooien de activiteit steeds hoger komt te liggen en de statische ondergrens op 100 blijft, wordt de afstand tussen signaal en grens steeds groter. Hierdoor neemt de kans op overschrijding van de ondergrens af in de loop van de week. Het meetsignaal wordt daarom getoetst aan flexibele alarmgrenzen. Hiervoor is een statistische methode ontwikkeld en ingebouwd in een PC-programma. Hierdoor ontstaat de mogelijkheid voor automatische alarmering, waarbij het signaal van beide cuvetten wordt gebruikt om een "echt" alarm te onderscheiden van een vals alarm.

Het bijhouden van een eigen watervlooienkweek is wenselijk voor de continuïteit van het systeem (beschikking over voldoende jonge watervlooien). Het handhaven van de kweek op het meetstation is niet eenvoudig. Oorzaken hiervan zijn met name het ontbreken van geconditioneerde omstandigheden en de gevoeligheid van watervlooien voor kleine onregelmatigheden in de verzorging. Door de wisselende kwaliteit is de kweek soms juist beperkend geweest voor de werking van het testsysteem. Door verbeteringen in de kweekmethode en door het onderhoud nauwgezetter uit te voeren is goede vooruitgang geboekt. De klimaatregeling is eind 1992 sterk verbeterd.

Op basis van de praktijkervaringen kan voor het Daphnia-bewakingssysteem een aantal voorwaarden worden geformuleerd, die voor een optimale en efficiënte werking noodzakelijk zijn:

- 1 een personele inzet van 8 à 10 uur per week voor systeem en kweek;
- 2 installatie van een effectief filtersysteem;
- 3 automatische verwerking van de meetgegevens met mogelijkheid tot instelling van flexibele alarmgrenzen;
- 4 opzetten en handhaven van een watervlooienkweek;
- 5 regeling van de rivierwatertemperatuur;
- 6 regeling van de omgevingstemperatuur.

3.5 Alarmmeldingen

Het Daphnia-bewakingssysteem heeft slechts gedurende korte tijd (december 1992 - februari 1993) gefunctioneerd met ingestelde alarmgrenzen (flexibel alarmniveau). Deze periode is te kort geweest om een duidelijke alarmmelding als gevolg van een duidelijke alarmmelding als gevolg van een calamiteit in de Rijn waar te nemen.

3.6 Bruikbaarheid voor het bewaken van oppervlaktewater

De belangrijkste respons van watervlooiën op een toxische verbinding of verstoring is een toe- of afname van de activiteit. Een verandering van de activiteit kan met dit systeem snel en betrouwbaar worden waargenomen. Een belangrijk knelpunt van het systeem is echter de gevoeligheid voor verstoringen. De kans op vals alarm wordt hierdoor groot.

Bij toetsing van het Daphnia-bewakingssysteem aan de criteria in paragraaf 1.3 volgt het onderstaande resultaat:

- | | |
|---|---|
| 1 Parameter kwantificeerbaar en continu en automatisch te meten | ja |
| 2 Snelle en betrouwbare respons | ja |
| 3 Eenvoudige interpretatie meetsignaal | nee, statische ondergrens is niet voldoende; met flexibele alarmgrenzen bestaat nog weinig ervaring |
| 4 Technische betrouwbaarheid systeem | goed |
| 5 Kans op vals alarm | reële kans door gevoeligheid voor verstoringen |
| 6 Eenvoudig te bedienen, weinig onderhoud | ja, maar regelmaat is vereist |
| 7 Organisme gemakkelijk verkrijgbaar en goedkoop | ja |
| 8 Watervlooiën eenvoudig te houden en te kweken | ja, maar strenge regelmaat is vereist |

4 EVALUATIE: BIOLOGISCHE BEWAKINGSSYSTEMEN OP OPPERVLAKTE-WATER

4.1 Inleiding

De afgelopen jaren is duidelijk geworden dat biologische bewaking een specifieke plaats verdient in een rij van instrumenten waarmee de kwaliteit van oppervlaktewater gevolgd kan worden. In dit hoofdstuk worden de mogelijkheden en de beperkingen die in het voorgaande aan de orde geweest zijn op een rijtje gezet. Vervolgens wordt hieruit het perspectief voor de toekomst van deze apparaten geschetst.

4.2 Mogelijkheden

1 Slechts een deel van de microverontreinigingen chemisch te identificeren

Hoewel het lastig is om exact aan te geven welk deel van de giftigheid van oppervlaktewater te wijten is aan onbekende stoffen, betreft dit waarschijnlijk een aanzienlijk deel. Hendriks et al. (1993) toonden aan dat minder dan 15% van de giftigheid van geconcentreerd Rijnwater kon worden toegeschreven aan stoffen die chemisch-analytisch (GC-MS) geïdentificeerd kunnen worden.

2 Giftigheid van een deel van de geïdentificeerde microverontreinigingen niet of nauwelijks bekend

In de helft van de tussen 1987 en 1989 gerapporteerde concentratieverhogingen (Schäfer en Breukel 1990) betrof het stoffen waarvan de giftigheid onbekend is gebleven, ook na raadpleging van grote gegevensbestanden (Hendriks 1993).

3 Giftigheid van mengsels in het veld slechts voor een deel af te leiden uit concentraties van afzonderlijke stoffen

Kennis over de giftigheid van veel stoffen is afgeleid van experimenten waarin de stof afzonderlijk is getest onder specifieke experimentele omstandigheden (pH, T, DOC e.d.). Met biologische bewaking wordt echter een beeld gekregen van de giftigheid van alle stoffen bij elkaar onder de heersende omstandigheden in het veld.

4 Alarmmeldingen van biologische bewaking treden op in de buurt dodelijke concentraties en moeten daarom serieus worden genomen

Experimenten hebben uitgewezen dat een groot deel van de geteste stoffen een alarmmelding veroorzaken vanaf ongeveer 1/10 van de concentratie die sterfte bij de helft van de proefdieren teweeg brengt (LC_{50}) (Hendriks en Stouten, 1993; zie ook Tabel 1 en 2). Bij de huidige belasting van een aantal oppervlaktewateren (zie bijvoorbeeld Bijlagen 2, 3 en 4.) zal biologische bewaking niet vaak een alarm afgeven. Als er echter een alarmmelding optreedt, betekent dat een vermindering van de waterkwaliteit die serieus moet worden genomen.

5 Biologische bewaking als efficiënte "trigger" voor uitgebreide chemische (en toxicologische) analyses

Uit punt 1 t/m 4 blijkt dat biologische alarmmeldingen af en toe zullen optreden in oppervlaktewater en dat slechts bij een fractie daarvan bekende stoffen in giftige concentraties zullen worden aangetroffen. Teneinde het belang van een alarmmelding zo goed mogelijk te onderzoeken worden de genomen monsters echter altijd chemisch-analytisch onderzocht (zie Bijlagen) en sinds 1992 ook onderworpen aan statische toxiciteitstoetsen met vissen en watervlooien. Omdat de kans op het aantreffen van stoffen na een alarmmelding nog altijd vele malen hoger is dan na een aselechte monsternamen, fungeert biologische bewaking zo ook als een aanzet tot uitgebreide chemische analyse. In die zin vormt het ook een aanvulling op de chemische bewaking ("screening") bij de meetstations die de laatste jaren ongeveer even vaak als de biologische bewaking een alarmmelding heeft afgegeven (Hendriks en Stouten 1993).

6 Voor het nemen van maatregelen hoeven geen stoffen te worden geïdentificeerd

Hoewel extra informatie in de vorm van verbindingen die in verhoogde concentraties zijn aangetroffen opsporing en aanpak van de oorzaak vereenvoudigt, is deze kennis niet perse nodig voor het nemen van maatregelen. Wanneer een biologisch meetnet voldoende dicht is -bijvoorbeeld een biologische bewaking van grote lozingen op kleine wateren- is opsporing en aanpak zonder identificatie van veroorzakende stoffen mogelijk.

7 Biologische bewaking ook aanvulling op statische toetsen

Biologische bewaking is vooral zinvol wanneer de kwaliteit van het water binnen korte tijd sterk kan verminderen, zoals bij oppervlaktewateren waarin puntbronnen met een hoog risico op calamiteiten. Voor situaties waarin de gemiddelde waterkwaliteit een belangrijke rol speelt, zijn statische toetsen van chronische aard meer geschikt.

4.3 Beperkingen

8 Storingen voor een groot deel verholpen maar controle bij respons blijft nodig

Zoals beschreven in hoofdstuk 2 en 3 zijn er gedurende de testperiode storingen opgetreden die samenhangen met zowel de aard van de apparaten als de aard van het oppervlaktewater. Bij hoge afvoer in de Maas slibt het basin met de vissen volledig vol, terwijl het opwarmen van Rijnwater tot de voor watervlooien noodzakelijke 19°C luchtbellens doet ontstaan die weer leiden tot verstopping. Sommige van deze problemen zijn verholpen met technische aanpassingen, andere zijn ondervangen door een andere vorm van onderhoud. Het bewaken van (deels) ongefiltreerd water van wisselende samenstelling met organismen die hun eigen eisen stellen zal ook in de toekomst kunnen leiden tot onverwachte storingen. Zulke problemen verminderen weliswaar de bruikbaarheid van de apparaten maar ervaringen bij de meetstations en elders geven echter aan de storingen vaak goed verholpen kunnen worden.

Teneinde de kans op een vals alarm te verminderen wordt -evenals gebruikelijk is voor de chemische bewaking- een alarmmelding pas als zodanig door de meetstations vrijgegeven na en uitgebreide controle.

9 Keuze van alarmniveaus even pragmatisch als bij chemische bewaking

Zoals beschreven in de voorgaande hoofdstukken, wordt bij biologische bewaking gestreefd naar het definiëren van een niveau van het signaal dat significant afwijkt van het signaal dat wordt voortgebracht bij "normaal" gedrag. Omdat voor de vis-bewaking in normale situaties de ruis te zwak is voor een schatting van het niveau waarop de afwijking statistisch significant is, is hiervoor een pragmatische oplossing gekozen. Als het signaal hoger wordt dan maximaal optreedt in de gewenningsperiode wordt alarm geslagen. Bij de watervlo-bewaking treedt een alarm op wanneer de respons significant afwijkt van het signaal uit de voorafgaande periode. In de definitie van het alarm zijn nog verfijningen aan te brengen, zoals het aantal achtereenvolgende overschrijdingen van de alarmgrens, de tijd die verlopen mag tussen de respons in beide kamers e.d.

Deze grenzen hebben een enigszins arbitrair karakter maar zijn niet minder goed onderbouwd dan (concept-) normen voor alarmniveaus bij de chemische bewaking. Daar spelen pragmatische keuzes geleid door detectiegrenzen en beschikbare toxicologische informatie een even grote rol.

10 Standaardisatie van mechanische en elektronische onderdelen verder verbeteren maar niet noodzakelijk voor een goede bewaking

Zoals verwacht mag worden in een periode van introductie bevatten de vis- en watervlo-bewakingssystemen die in Nederland en Duitsland gebruikt worden verschillende onderdelen. Daardoor is soms sprake van duidelijk verschillende versies. Omdat het alarmniveau echter steeds gebaseerd is op de ervaringen bij een specifiek oppervlaktewater, is dat geen probleem voor de metingen zelf. Teneinde de vergelijkbaarheid in absolute zin te vergroten verdient het echter wel aanbeveling te streven naar ijking van de bewaking op de diverse locaties.

In dit opzicht moet de mogelijkheid tot het nauwkeurig ijken van chemische apparatuur niet worden overschat. Zelfs als van eenzelfde stof met identieke apparatuur dezelfde concentratie wordt gemeten op twee verschillende locaties kunnen de effecten in het ene systeem nihil en in het andere desastreus zijn. De aldus verkregen nauwkeurigheid heeft dan weinig waarde.

11 Variatie in gedrag organismen beperkt nauwkeurigheid maar vergroot de realiteitszin

Naast verschillen in de mechanische en elektronische onderdelen voor registratie van het signaal is er nog de biologische variatie: verschillen tussen soorten, verschillen tussen individuen van één soort, verschillen in gedrag van hetzelfde individu op verschillende momenten (onder invloed van diverse behoeften als voeding, rust) verschillen tussen effectparameters etc.

Om de invloed van deze factoren te verminderen wordt gestreefd naar een parallelle opstelling van systemen met verschillende soorten (zie hieronder) en waar mogelijk gewerkt met kwaliteitseisen (grootte, leeftijd, voedingstoestand e.d.). waaraan individuen moeten voldoen voordat ze ingezet worden in de systemen. Daarnaast heeft het oppervlaktewater zelf natuurlijk invloed op de respons van de organismen maar deze variatie onderstreept juist het belang van biologische bewaking op verschillende locaties en tijdstippen.

12 Affiniteit van het personeel voor biologische bewaking is van groot belang

Zoals aangegeven onder punt 8 t/m 11 is gepoogd de biologische bewaking zoveel mogelijk te laten voldoen aan de -vaak voor chemische apparatuur-opgestelde criteria voor apparatuur op meetstations. Aan de andere kant is ernaar gestreefd het van oorsprong chemisch georiënteerde personeel vertrouwd te maken met gebruik van biologische systemen. Dit is vooral van belang voor het onderkennen van zaken die minder goed in procedures en definities vast te leggen zijn. Vooral bij de beoordeling van een overschrijding van het alarm-niveau is kennis van het systeem en mogelijke oorzaken voor zo'n overschrijding van groot belang. Naarmate biologische systemen meer en meer ingang vinden zal die affiniteit bij taakverdeling en opleidingseisen steeds relevanter worden.

4.4 Toekomst

1 Internationale ontwikkelingen

In Duitsland wordt al zo'n 10 jaar op grotere schaal gewerkt met bewaking door vissen en watervlooien waarbij voornoemde mogelijkheden en beperkingen daar ook als zodanig worden onderkend. Teneinde het spectrum van te detecteren stoffen en te beschermen organismen uit te breiden is er een project in het leven geroepen waarin alle Rijnsoever "Länder", een aantal Duitse instituten en RIZA vertegenwoordigd zijn. In dit omvangrijke project worden zo'n 20 systemen met bacteriën, algen, mosselen, watervlooien en vissen getest. Het project verkeert in een eindfase en naar alle waarschijnlijkheid zal het binnen enkele maanden aanbevelen om op de meetstations voor oppervlaktewaterbewaking langs de Rijn in deze volgorde van prioriteit een

- watervlobewaking (indien nog niet aanwezig)
- algenbewaking
- bacteriebewaking
- mosselbewaking, Duitse systeem (indien voldoende financiën aanwezig zijn)

te installeren. De getest visbewakingsystemen zijn of te duur of bij de huidige belasting niet gevoelig genoeg om te installeren. Een groot deel van de stations heeft echter al een visbewaking staan en zal die waarschijnlijk operationeel houden. Gedurende het project is nog geen bacteriemonitor als voldoende beoordeeld maar de verwachting is dat binnen enkele jaren systemen op de markt zijn die wel aan de criteria voldoen.

De aanbevelingen zijn in eerste instantie gericht aan de Duitse Rijn Commissie, maar het lijkt zeer waarschijnlijk dat de aanbevelingen daarna worden ingebracht bij de IRC.

2 Nationale ontwikkelingen

Vanuit de RIZA/RIWA-werkgroep "Biologische bewaking Nederland" is de afgelopen jaren de introductie van biologische bewaking bij drinkwaterbedrijven die rivierwater innemen ter hand genomen. Bij een van deze bedrijven, de WRK is inmiddels ook een watervlobewaking aanwezig. Min of meer incidenteel schakelt RIVM/TNO een mosselmonitor (de Nederlandse) in voor detectie van verontreinigingen.

3 Ontwikkelingen bij RIZA

Teneinde een groter deel van het spectrum van stoffen te kunnen detecteren en een betere afspiegeling van de complexe levensgemeenschap in het veld te waarborgen zal de komende tijd gestreefd worden naar uitbreiding van de bestaande bewaking met algen- en of bacteriemonitoren. Met deze extra systemen zal voor sommige categorieën van stoffen de respons-tijd verkort en de respons-concentratie verkleind worden. Perspectieven voor biologische bewaking meer in detail:

Watervlobewaking

De technische onvolkomenheden kunnen -conform de praktijk in Duitsland- worden opgevangen met 8-10 uur onderhoud per week door de meetstations. Voor overdracht naar het routinemeetprogramma is nog een voldoende lange testperiode van de nieuw geformuleerde alarmdefinitie nodig. Op de lange termijn kunnen de huidige apparaten wellicht vervangen worden door andere watervlosystemen die minder onderhoud vergen maar nu nog in ontwikkeling zijn.

Algen/bacteriebewaking

Als de watervlobewaking wordt opgenomen in het routinepakket komt er ruimte vrij voor het testen van een algenmonitor en -in een later stadium- een bacteriemonitor. Deze systemen zijn verder geautomatiseerd dan de watervlobewaking en vergen minder onderhoud (ca. 5 uur per systeem per week).

Visbewaking

Zolang de bovengenoemde systemen nog niet routinematig op de meetstations functioneren verdient het aanbeveling het vissysteem in het routinepakket te houden. Als blijkt dat visbewaking over een langere termijn niet meer informatie oplevert dan de watervlo- en/of algenmonitor ligt het voor de hand te zijner tijd (bijvoorbeeld na technische afschrijving) de visbewaking uit het routinepakket te halen.

In een eindfase van het hele programma met ingewerkt personeel zal daarom naar verwachting de tijd benodigd voor biologische bewaking als volgt bedragen:

8 (watervlooiën) + 5 (algen) + 5 (bacteriën) = 18 uur per week per station.

BKH Adviesbureau

REFERENTIES

- Botterweg, J., 1988
Continue signalering van toxische stoffen in het aquatisch milieu met behulp van biologische bewakingssystemen. Literatuurstudie. Adviesbureau BKH in opdracht van DBW/RIZA. Publicaties en rapport 1988-5 van het project "Ecologisch Herstel Rijn", september 1989. DBW/RIZA nota no. 89.002.
- Botterweg, J., 1989
Beoordeling en evaluatie van biologische alarmsystemen op meetstation Lobith. Bio-alarmproject: fase I, 1988. Adviesbureau BKH in opdracht van DBW/RIZA. Publicaties en rapporten 1989-8 van het project "Ecologisch Herstel Rijn", september 1989. DBW/RIZA nota no. 89.045.
- Botterweg, J., 1990
Biologische alarmsystemen: Praktijkervaringen en laboratoriumtesten. Bio-alarmproject fase II, 1989. Adviesbureau BKH in opdracht van DBW/RIZA.
- Hendriks, A.J., 1993
Estimating impact of microcontaminants on species in the Rhine Delta. In voorbereiding.
- Hendriks, A.J., Stouten, M.D.A., 1993
Monitoring the impact of microcontaminants by dynamic Daphnia magna and Leuciscus idus assays in the Rhine Delta: Biological early warning as a useful supplement. Ecotoxicology and environmental safety, in press.
- Hendriks, A.J. et al., 1993
Monitoring impact of XAD-concentrated microcontaminants in the Rhine Delta: A major part of toxic and genotoxic compounds remains unidentified. In press.
- Juhnke, I., Besch, W.K., 1971
Eine neue Testmethode zur Früherkennung akut toxischer Inhaltstoffen im Wasser. Gewasser und Abwasser 50/51, s. 107-114.
- Juhnke, I., Lüdemann, D., 1978
Ergebnisse der Untersuchung von 200 chemische Verbindungen auf akute Fischtoxizität mit dem Goldorffentest, Zeit f., Wasser und Abwasserforschung 11 (5) 79.
- Knie, J., 1978
Der Dynamische Daphnientest - ein automatischer Biomonitor zur Überwachung von Gewässern und Abwässern. Wasser und Boden 12: 310-312.
- Knie, J., 1982
Der Daphnientest. Decheniame Beihefte 26, p. 82-86.

- Mance, G, 1987
Pollution threat of heavy metals in aquatic environments. Elsevier, London.
- Matthias, U. et al., 1990
Erfahrungen mit dem Dynamischen Daphnientest-Einfluß von Pestiziden auf das Schwimmverhalten von Daphniamagna unter Labor- und Praxisbedingungen Z. Wasser - Abwasser - Forsch. 23, 193-198.
- Nikunen, E., Leionen, R. en Kultamaa, A., 1991
Environmental properties of chemicals. VAPK Publishing, Helsinki.
- Pilli A., D.O. Carle, B.R. Sheedy, 1989, Aquatic information retrieval data base AQUIRE, Database and Technical Support Document, Environmental Research Laboratory, U.S. Environmental Protection Agency, Duluth MN 55804.
- Stouten, M., 1991
Beoordeling en evaluatie van biologische alarmeringssystemen. Bio-alarm project vervolgfase II, 1990, Adviesbureau BKH in opdracht van RIZA.
- Stouten, M., 1992
Beoordeling en evaluatie van biologische alarmeringssystemen, bio-alarm project fase III, 1991 BKH Adviesbureau in opdracht van RIZA.
- Verschueren, K., 1983
Handbook of environmental data on organic chemicals. Van Nostrand Reinhold Co., New York.

Bijlagen

Bijlage 1

**Overzicht van de alarmmeldingen van visbewaking en
in verhoogde concentratie aangetroffen stoffen**

Tabel a Overzicht van de alarmmeldingen van visbewaking en in verhoogde concentratie aangetroffen stoffen te Lobith

Datum	Gevonden verbinding(en)	Concentratie (µg/l)	LC _{50,96h} (µg/l)	Gemeld als calamiteit?
1988				
15-04-'88	Isophoron	26	145.000-255.000	ja
06-07-'88	Isophoron	3	145.000-255.000	ja
26-10-'88	Tetrachloorethaan	10	12.000-21.000	
	Tetrachloorethaan	0,2	5.000-24.000	
	Fluorantheen	0,4	4.000	
	Pyreen	0,3	2,6	
	Para-oxon-equiv.	1,3		
1989				
06-02-'89	Trioxaan	2,0		
	Fluorantheen	0,5	4.000	
	Pyreen	0,4	2,6	
	Alkoxyalkaan	0,5		
	Terpenoïde	0,5		
	Cholinesteraseremmers	0,8		
23-05-'89	Geen verbindingen in verhoogde concentraties gevonden			
08-06-'89	1,1,2-Trichloorethaan	ca. 1	94.000	
	1,1,2,2-Tetrachloorethaan	ca. 2	37.000	
	2-Nitroaniline	3,1		
	Simazine	0,2	100.000	
	Atrazine	0,5	4.500	
	Metolachloor	0,1		
	Pyrazon	0,2	480	
31-10-'89/	Phenanthreen	0,91	600	
01-11-'89	Fluorantheen	2,08	4.000	
	Fluoreen	0,32	1.000	
	Anthraceen	0,35		
	Pyreen	1,49	2,6	
	Penconazol	0,30	1.000	
	Cholinesteraseremmers	0,56		
1990				
03-01-'90	Trichloorethaan	0,2		
	Atrazine	0,1	4.500	
	Pyrazon	0,2	480	
	Triphenyl phosphineoxide	0,16		26.000
	Cholinesteraseremmers	0,37		
08-02-'90	Vertakte hexanol	9,8	129.000	
	Triphenyl phosphineoxide	0,6	26.000	
	Benzothiazole	0,3	51.000	
	2-Nitroaniline	1,1	5.600	
16-06-'90	Geen verbindingen in verhoogde concentraties gevonden			
1991				
Geen alarmmeldingen				

Bron: Botterweg, 1989, 1990 en 1991; Stouten, 1991 en 1992

Tabel b Overzicht van de alarmmeldingen van visbewaking en in verhoogde concentratie aangetroffen stoffen in Eljdsen

Datum	Gevonden verbindingen	Concentratie ($\mu\text{g/l}$)	$\text{LC}_{50,96\text{h}}$ ($\mu\text{g/l}$)	Gemeld als calamiteit?
1990				
10-07-'90	tetrachlooretheen	0,1		
	benzonitril	0,1		
	benzaldehyde	< 0,1		
	butylated hydroxy toluene	1,8		
	simazine	0,1	100.000	
	atrazine	0,5	4.500	
1991				
13-02-'91	tributylfosfaat	7,4	5.000-9.000	ja
10-08-'91	chloroform	18	2.000	ja

Bron: Stouten, 1991 en 1992

Bijlage 2

**Overzicht van de gemelde calamiteiten in 1988
en 1989 die op de Rijn bij Lobith tot
concentratieverhoging hebben geleid**

Overzicht van de gemelde calamiteiten in 1988 en 1989 die op de Rijn bij Lobith tot concentratie- verhoging hebben geleid

Datum	Stofnaam	Gemeten te Lobith (in µg/l)	LC ₅₀ 96h* (in mg/l)	Waargenomen reactie vis-bewaking
1988				
08-01-'88	Paramethylanisol		1,5	Nog niet geïnstalleerd
15-04-'88	Isophoron	26	145-255	Alarmmelding Lobith
16-06-'88	Epichloorhydrine	10	18-35 (24)	
07-07-'88	Isophoron	0,7	145-255	Alarmmelding Lobith
19-07-'88	Isophoron	1,3	145-255	Verhoogde impulsen
10-09-'88	2,4-Dichloorfenoxypionzuur	3,3		Systeem niet in werking
22-09-'88	Furmecycloz	0,8		
14-10-'88	Metachloor	0,3		
06-11-'88	Benzeen	1,2	0,015-15,1	
27-11-'88	Mecoprop	1,9		
1989				
24-01-'89	N,N-Dimethylaniline	2,9		
29-01-'89	Troxan	2,7		
05-02-'89	Tolueen	1,3	6,41-24	
08-02-'89	Cholinesteraseremmers	0,8		Alarmmelding Lobith
08-02-'89	Ammonium-sulfaat	2,35	310	
09-05-'89	2,6-Di-tertiair-butyl-4-methylfenol	5		
30-05-'89	N-Butylbenzeensulfonamide	4		
01-06-'89	Metolachloor	0,008		
	Pyrazophos	0,18	0,48	
	O-Nitroaniline	3,0		
05-07-'89	Atrazine	0,5	0,87-16 (33)	
	Pyrazon	0,7		
	2-Nitroaniline	3,8		
25-10-'89	1-Ethenyl-2-pyrolidon	20	0,002-112,5 (60-89)	

- * Gebaseerd op literatuurgegevens voor indien mogelijk meerdere vissoorten
Tussen haakjes is de toxiciteit voor de goudwinde weergegeven

Bijlage 3

Overzicht van in 1990 en 1991 gemelde calamiteiten op de Rijn

Overzicht van in 1990 en 1991 gemelde calamiteiten op de Rijn

(De maximale concentraties zijn indicatief)

Datum	Stofnaam	Maximale concentratie (in µg/l)	LC ₅₀ 90 h [*] vissen (in mg/l)	EC ₅₀ 48h ^{**} D. Magna (in mg/l)
1990				
22-01-'90	1,2-Dichloorethaan	< 4	118-430	220
03-02-'90	Acetofenon	5,2	155-236	100
09-02-'90	D-Methoxyaniline	2,3		
28-03-'90	3-Methylpyridine	3,7		
18-04-'90	Chloormethaan	3,5	4,7-4,5	86
	Dichloormethaan	3,5	193-330	220
16-06-'90	Metamitron	1-5	> 100	
24-06-'90	Pentachloorphenate-Na	ca. 120		
24-08-'90	4-Chloor-2-Nitroaniline	3,0		
14-09-'90	Nitrobenzeen	20-30	0,002-112,5 (60-89)	
12-10-'90	N-N-dibutylformamide	< 5,0		
17-12-'90	Isononaanzuur	10		
23-12-'90	Xyleen	0,85		
1991				
14-01-'91	Antrachinon-1,8-Disulfonzuur	< 20		
19-02-'91	Chromaat	≤ 2		
11-05-'91	Triadimeton	0,51	10-50	
01-08-'91	Tert.-Butylmethylether	4		
06-10-'91	Benzeen en	5,3-20	430	
	Tolueen	3,6	0,02-19,6	
12-10-'91	Isobutylacetaat			
31-10-'91	Octabase-hydrochloride			
06-11-'91	Methylacrylaat			

- * Gebaseerd op literatuurgegevens voor vissen (vaak meerdere soorten)
- Tussen haakjes vermeld zijn toxiciteitswaarden voor *Leuciscus idus* (goudwinde)
- ** Gebaseerd op literatuurgegevens voor *Daphnia magna*

Bijlage 4

**Overzicht van in 1990 en 1991
gemelde calamiteiten op de Maas**

Overzicht van in 1990 en 1991 gemelde calamiteiten op de Maas

(De maximale concentraties zijn indicatief)

Datum	Stofnaam	Maximale concentratie (in µg/l)	LC ₅₀ , 96 h* vissen (in mg/l)
1990			
08-04-'90	Cadmium	2,7	0,32-4,6
	Zink	500	0,8-3,78
21-04-'90	Zink	440	
26-04-'90	Zink	> 200	
10-06-'90	Zink	544.00	
	Chloride	150	
	Cadmium	2,9	
12-09-'90	Cadmium	ca. 18,4	
	Fluoride	ca. 0,0002	
30-10-'90	Tributylfosfaat	3,2	5,0-9,0 (7,6)
1991			
18-01-'91	Cadmium	20	0,032-4,6
25-02-'91	2-Ethoxy-ethylacetaat		98 (107-141 ^{**} , 48 hr)
20-04-'91	Tributylfosfaat		5,0-9,0 (7,6 [*])
27-05-'91	Acrilonitril		11,6-33,5 (13-28, 48 hr)
02-06-'91	Zuurstofgehalte		
15-10-'91	Dimethoat		19-60
15-11-'91	Tributylfosfaat		
17-12-'91	Methylpiridines		

* Gebaseerd op literatuurgegevens voor vissen (vaak meerdere soorten)

Tussen haakjes vermeld zijn toxiciteitswaarden voor *Leuciscus idus* (goudwinde)

** Gebaseerd op literatuurgegevens van *Daphnia magna*

PUBLICATIES EN RAPPORTEN VAN HET PROJECT "ECOLOGISCH HERSTEL RIJN EN MAAS"

- 1 - 1988 Ecological rehabilitation of the river Rhine: a proposal for a Netherlands research programme. (RIZA, RIVM, RIVO-DLO)
- 2 - 1988 Fish and their environment in large european river ecosystems; the Dutch part of the river Rhine. W.G. Cazemier, Science de l'Eau 7, 95-114 (1988). (RIVO-DLO)
- 3 - 1988 High rates of denitrification in a storage reservoir fed with water of the river Rhine. W. Admiraal and J.C. van der Vlugt, Arch. Hydrobiol. 113, 593-605 (1988). (RIVM)
- 4 - 1988 Impact of biological activity on detritus transported in the lower river Rhine: an exercise in ecosystem analysis. W. Admiraal en B. van Zanten, Freshwater Biology 20, 215-225 (1988). (RIVM)
- 5 - 1988 Continue signalering van toxische stoffen in het aquatische milieu met behulp van biologische bewakingssystemen - literatuurstudie. J. Botterweg, 31 pp., Den Haag (1988). (RIZA)
- 6 - 1988 Environmental stress in five aquatic ecosystems in the floodplain of the river Rhine. W. Admiraal, E.D. de Ruyter van Steveninck en H.A.M. de Kruif. The Science of the Total Environment 78, 59-75 (1988). (RIVM)
- 7 - 1989 Bioaccumulation in yellow eel (*Anguilla anguilla*) and perch (*Perca fluviatilis*) from the Dutch branches of the Rhine- mercury, organochlorine compounds and polycyclic aromatic hydrocarbons. F. van der Valk, H. Pieters en R.C.C. Wegman. (RIVO-DLO)
- 8 - 1989 Beoordeling en evaluatie van biologische alarmeringssystemen op het meetstation Lobith. Bio-alarm project fase I. J. Botterweg. (RIZA)
- 9 - 1989 Ecologisch herstel Rijn - beleid en onderzoek. Symposium- verslag 26 mei. E.C.L. Martijn (red.). (RIZA)
- 10 - 1989 Summary of results and conclusions from the first phase (1988-1989) of the Netherlands research programme "Ecological Rehabilitation Rhine". J.A.W. de Wit, W. Admiraal, C. van der Guchte and W.G. Cazemier. (RIZA)
- 11 - 1989 Literature survey into the possibility of restocking the River Rhine and its tributaries with Atlantic salmon (*Salmo salar*). S.J. de Groot. (RIVO-DLO)
- 12 - 1989 Literature survey into the possibility of restocking the River Rhine and its tributaries with sea trout (*Salmo trutta trutta*). S.J. de Groot. (RIVO-DLO)
- 13 - 1989 Water- en oeverplanten in het zomerbed van de Nederlandse grote rivieren in 1988. Hun voorkomen en relatie met algemene fysische en chemische parameters. M.M.J. Maenen. (RIZA)
- 14 - 1989 Ecologisch herstel van de Rijnmakrofauna. B. van Dessel. (RIZA)
- 15 - 1989 Comparison of nitrification rates in three branches of the lower river Rhine. Biogeochemistry 8, 135-151. W. Admiraal and Y.J.H. Boermans. (RIVM)
- 16 - 1990 Vegetatie in de uiterwaarden: de invloed van hydrologie, beheer en substraat. M.C.C. de Graaf, H.M. van de Steeg, L.A.C.J. Voeseek en C.W.P.M. Blom. (RIZA)
- 17 - 1990 Chemicals affecting the spawning migration of anadromous fish by causing avoidance responses or orientational disability, with special reference to concentrations in the River Rhine. T.C. van Brummelen. (RIZA)
- 18 - 1990 Biomonitoring met de larven van Chironomiden en kokerjuffers. F. Heinis en T. Krommentuijn. (RIZA)
- 19 - 1990 Changes in plankton communities in regulated reaches of the lower River Rhine. E.D. de Ruyter van Steveninck, W. Admiraal and B. van Zanten. (RIVM)
- 20 - 1990 Fixation of dissolved silicate and sedimentation of biogenic silicate in the lower River Rhine during diatom blooms. W. Admiraal, P. Breugem, D.M.L.H.A. Jacobs and E.D. de Ruyter van Steveninck. (RIVM)
- 21 - 1990 On the potential of basing an ecological typology of aquatic sediments on the nematode fauna: an example from the River Rhine. T. Bongers and J. van de Haar. (RIVM)
- 22 - 1990 Monitoring the toxicity of organic compounds dissolved in Rhine water. D. de Zwart and A.J. Folkerts. (RIVM)
- 23 - 1990 The kinetics of the degradation of chloroform and benzene in anaerobic sediment from the River Rhine. P. van Beelen and F. van Keulen. (RIVM)
- 24 - 1990 Phases in the development of riverine plankton: examples from the rivers Rhine and Meuse. E.D. de Ruyter van Steveninck, B. van Zanten and W. Admiraal. (RIVM)
- 25 - 1990 Typologie en waardering van stagnante wateren langs de grote rivieren in Nederland, op grond van waterplanten, plankton en macrofauna, in relatie tot fysisch-chemische parameters. F.W.B. van den Brink. (RIZA)
- 26 - 1990 Ecologische ontwikkelingsrichting grote rivieren. Aanzet tot kwantitatieve uitwerking van ecologische doelstellingen voor de grote rivieren in Nederland. J.A.M. Vanhemelrijk en A.L.M. van Broekhoven. (RIZA)
- 27 - 1991 Monitoring macroinvertebrates in the River Rhine. Results of a study made in 1988 in the Dutch part. A. bij de Vaate and M. Grejdanus-Klaas. (RIZA)
- 28 - 1991 Voedsel ecologie van vissen in de Nederlandse Rijnakken. P.J.M. Bergers. (RIZA)
- 29 - 1991 Natuurontwikkeling in uiterwaarden. Perspectieven voor het vergroten van rivierdynamiek en het ontwikkelen van oobossen in de uiterwaarden van de Rijn. H. Ducl. (RIZA)
- 30 - 1991 Phytoplankton in the river Rhine, 1989. Comparison between Lobith and Maassluis. R. Bijkerk. (RIVM)
- 31 - 1991 Inventarisatie van en verbeteringsplanning voor de fysieke belemmeringen voor de migratie van vis op de grote Nederlandse rivieren. A.W. de Haas. (RIZA)
- 32 - 1991 Visintrekbaarheden in de Rijn in Nederland. J.A.M. Vanhemelrijk. (RIZA)
- 33 - 1991 Nevegeulen - onderzoek naar de mogelijkheden, de consequenties en de te stellen eisen bij de aanleg van nevegeulen in de uiterwaarden. A.W. de Haas. (RIZA)
- 34 - 1991 The Asiatic clam, *Corbicula fluminea* (Müller, 1774), a new immigrant in the River Rhine. A. bij de Vaate (ed.). (RIZA)
- 35 - 1991 The effects of micropollutants on components of the Rhine ecosystem. Ed. J.A.W. de Wit *et al.* (RIZA)
- 36 - 1991 Aquatische makro-evertebraten in de Duurse Waarden 1989- 1991. A. Klink, E. Martijn, J. Mulder en B. bij de Vaate. (RIZA)
- 37 - 1991 Sensitivity of bacterioplankton in the Rhine river to various toxicants measured by thymidine incorporation and activity of exoenzymes. D.M.J. Tubbing and W. Admiraal. (RIVM)

- 38 - 1992 Schatting van risico's van microverontreinigingen in de Rijn voor groepen organismen van de rivier-AMOEBA. J.W. Dogger, F. Balk, L.L. Bijlmakers en A.J. Hendriks (RIZA)
- 39 - 1992 Macrofauna in de diepe waterbodem van het noordelijk Deltabekken. H.C. Dudok van Heel, H. Smit en S.M. Wiersma. (RIZA)
- 40 - 1992 *Ecological rehabilitation of the Rivers Rhine and Meuse: Netherlands research programme*(1992-1995). Anonymous. (RIZA, RIVM, IBN-DLO, RIVO-DLO, SC-DLO)
- 41 - 1992 Project Ecologisch Herstel Maas. J. Botterweg en W. Silva (RIZA)
- 42 - 1992 Groei en overleving van Vlootende wateranankel (*Ranunculus Fluitans* Lam.) in de Maas: transplantatie en semi-veldexperimenten. M. de la Haye (RIZA)
- 43 - 1992 Microverontreiniging in Blankvoorns en schelpdieren uit de Maas en Maasplassen, 1991. B. van Hattem en S. Dirksen (RIZA)
- 44 - 1992 Vegetaties en het oevermilieu van de Grensmaas: I Veldopname en verwerking van gegevens. D. de Boer (RIZA)
- 45 - 1992 Waterplanten en de Maasplassen: inventarisatie 1990 - 1991. B. Paffens, P. van Avesaath en W. Overmars (RIZA)
- 46 - 1992 De visstand in de Grensmaas. T. Vriese (RIZA)
- 47 - 1992 Methode voor de schatting van milieurisico's in de Gelderse uiterwaarden (RIZA)
- 48 - 1993 Macro-evertetraten op de bodem van het Hollandsch Diep - Haringvliet. A. Klink en H.C. Dudok van Heel. (RIZA)
- 49 - 1993 De morfodynamiek van rivierduinen langs de Waal en de Lek. R.F.B. Isarin en H.J.A. Berendsen. (RIZA)
- 50 - 1993 Ecologisch herstel van de Rijn, van onderzoek naar beleid (1988-1992). *Ecological rehabilitation of the River Rhine*, The Netherlands summary report (1988-1992). G.M. van Dijk en E.C.L. Martijn (eds.). (RIZA, RIVM, IBN-DLO, RIVO-DLO, SC-DLO)
- 51 - 1993 Documentation of zooplankton species in the Lower River Rhine. B. van Zanten and P. Leentvaar. (RIVM)
- 52 - 1993 Monitoring macroinvertebrates in the River Rhine. Results of a study executed in the Dutch part in 1990. A. bij de Vaate and M. Grejdanus-Klaas. (RIZA)
- 53 - 1993 Worden groei, overleving en kieming van Vlootende Wateranankel (*Ranunculus fluitans* Lamarck) in Maaswater beïnvloed door waterstandsfluctuaties? Semi-veldexperimenten. M.A.A. de la Haye. (RIZA)
- 54 - 1993 Paai- en opgroei gebieden voor vis in de Maas. S. Semmekrot en F.T. Vriese. (RIZA)

Aanvragen/requests:

- (RIZA): Institute for Inland Water Management and Waste Water Treatment, P.O. Box 17, 8200 AA Lelystad, The Netherlands.
- (RIVM): National Institute for Public Health and Environmental Protection, P.O. Box 1, 3720 BA Bilthoven, The Netherlands.
- (RIVO-DLO): Netherlands Institute for Fishery Investigations, P.O. Box 68, 1970 AB IJmuiden, The Netherlands.
- (IBN-DLO): Institute for Forestry and Nature Research, P.O. Box 9201, 6800 HB Arnhem, The Netherlands.
- (SC-DLO): The Winand Staring Centre for Integrated Land, Soil and Water Research, P.O. Box 125, 6700 AC Wageningen, The Netherlands.