Bewaking van oppervlaktewater met vissen en watervlooien. Praktijkervaringen op Rijn en Maas in de periode 1988-1992

Samenvatting
Bio-alarmsystemen met vis en met watervlooien zijn na vijf jaar toepassing beoordeeld op hun bruikbaarheid in een continu bewakingsprogramma op oppervlaktewater van Rijn en Maas. Beide systemen bleken in de praktijk bruikbaar. Het vissysteem kost minder onderhoud en is minder storingsgevoelig, maar geeft bij de huidige verbeterde waterkwaliteit van de Rijn weinig alarm. Het watervlosysteem geeft vaker alarm, maar is ook gevoeliger voor verstoringen en vergt meer onderhoud. Op de Maas worden praktische problemen vooral veroorzaakt door ophoping van slib en gebrek aan zuurstof.
De alarmdefinitie voor het vissysteem is voorlopig nog gedefinieerd op basis van arbitraire criteria. Voor het watervlosysteem is een statistische alarmdetectie ontwikkeld, waardoor de kans op vals alarm sterk is verminderd.

Inleiding

In eerdere artikelen [Botterweg *et al.*, 1990; V. d. Guchte, 1987; Hendriks & Stouten, 1993; V.d. Putte *et al.*, 1990; Balk, 1992] is duidelijk gemaakt dat biologische bewaking van oppervlaktewater een plaats heeft verdiend naast de chemische monitoring.



DRS F. NOPPERT
Ecologie en Toxicologie
BKH Adviesbureau



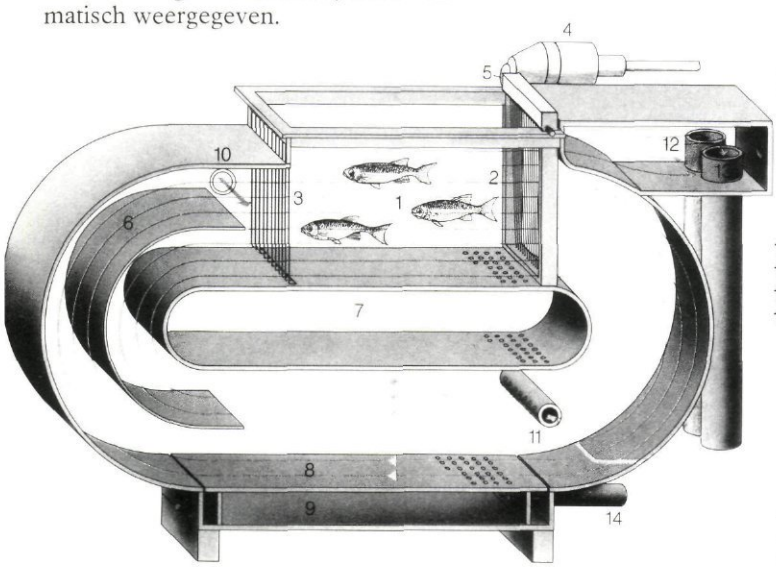
IR. A. J. HENDRIKS
Watersystemen
ecotoxicologie, RIZA

Ten eerste kan slechts een klein deel van in de Rijn en Maas aanwezige chemische stoffen met chemische analyses gedetecteerd worden [Hendriks, 1993] en ten tweede geven de biologische systemen direct een indicatie van de gevaren voor organismen in het water.
Een gedetailleerd overzicht van de resultaten tot nu toe is gegeven in Stouten *et al.* [1993]. In dit artikel worden de praktische ervaringen van vijf jaar toepassing van twee biologische bewakingsystemen op de Rijn en de Maas samengevat.

Detectiemethoden

Vissysteem
Het toegepaste visbewakingssysteem, de AQUATOX-CONTROL van de firma Kerren Umwelttechnik is het zogenaamde Arenabassin, naar een ontwerp van Juhnke en Besch [1971].
In afbeelding 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) gedurende een periode van een week in de testkamer van het systeem geplaatst. De testkamer wordt continu met rivierwater 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 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 achtereen wordt overschreden. Er wordt dan automatisch een watermonster genomen.

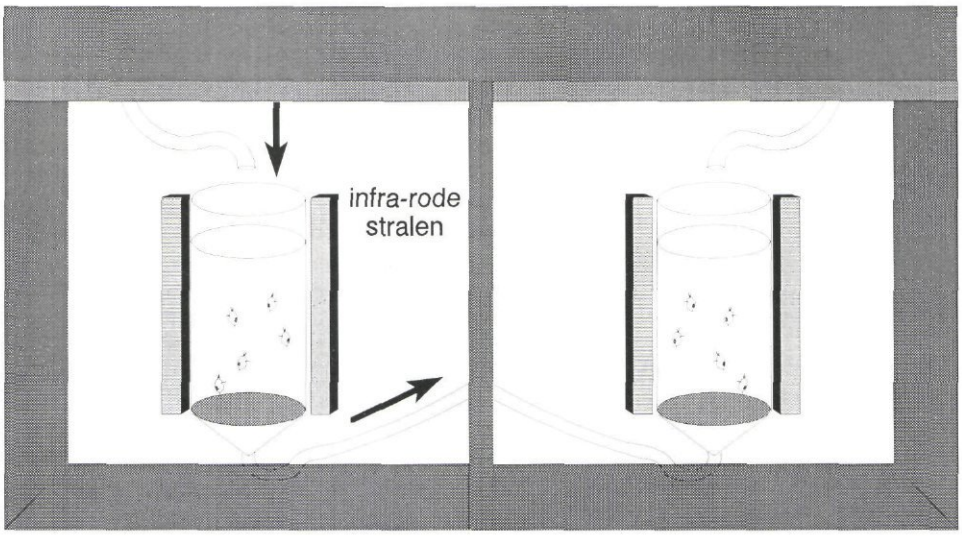


Afb. 1 - Het visbewakingssysteem; doorstroombassin

Watervlosysteem
De 'Dynamische Daphnia-test' is een ontwerp van Knie [1978, 1982] en wordt door de Duitse firma Elektron Gesellschaft gebouwd. Het testsysteem wordt in afbeelding 2 schematisch weergegeven.
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 infrarode lichtbronnen en sensoren. De infrarode 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 vaste ondergrens of bij een bepaald verschil in activiteit tussen beide testkamers. Er is geen systeem voor automatische monstername aanwezig. De watervlooien worden één week in het systeem gebruikt, waarna nieuwe worden ingezet.

Praktijkervaringen

Vissysteem
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 gebaseerd op ervaringen (alarmmeldingen) van de af-



Afb. 2. De Dynamische Daphnia-test van Knie [1978].

Met behulp van infrarode lichtbundels kan de activiteit van Daphnia's in twee cuvetten 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.

gelopen jaren. Op oppervlaktewater blijkt het systeem niet snel een alarm te geven. De concentraties liggen vaak ver onder het niveau dat een reactie veroorzaakt bij vissen.
De kans op vals alarm is relatief klein. 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. Het 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. Het systeem is niet verstoppingsgevoelig. De technische betrouwbaarheid was niet optimaal. De gevoeligheid van het systeem voor aanrakingen van de vissen was aan veranderingen onderhevig en nam in de loop van de tijd af. Oorzaken waren 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 geijkt kan worden. De nieuwe versies van het systeem zijn verbeterd en hebben een goede en constante gevoeligheid. Een regelmatige controle door de fabrikant blijft noodzakelijk om de betrouwbaarheid te garanderen. Na problemen met de goudwindes zijn er afspraken gemaakt met een vaste leverancier over levering van gezonde en onbeschadigde vissen, met een bepaalde lengte en gewicht. Zwakke punten zijn vooral nog het leveren van de vereiste maat en transport van de vissen over langere afstand.
Op de Maas is gebleken dat in de zomermaanden het zuurstofgehalte kan dalen onder de voor vissen kritische grenzen, waardoor stressgedrag kan optreden en de kans op vals alarm wordt vergroot. Dit is verholpen door installatie van een beluchtingssysteem. Een hoog slibgehalte in het Maaswater zorgt voor verstopping van de aanvoerleidingen. Hierdoor moet meer tijd aan controle en onderhoud besteed worden.
Het aantal in de praktijk gevonden alarmmeldingen staan gegeven in tabel I.

Watervlosysteem

Het watervlo-testsysteem vraagt onderhoud door aangroei van vuil en slib in de slangen en in de testkamers. 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 toxiciteit ligt. De vroegere vaste alarmondergrens van 100 is inmiddels vervangen door een nieuwe statistisch onderbouwde alarmdefinitie. Hiermee kunnen echte alarmen door calamiteiten automatisch en continu gedetecteerd worden. Er is nu sprake van een vaste hoge detectiekans en een lage kans op valse alarmen [Noppert & Borcherding, submitted]. De methode wordt momenteel in de praktijk getest. De nieuwe grenzen zijn flexibel en buigen mee met de door groei veroorzaakte trend van het signaal. Hierdoor blijft de kans groot op het detecteren van plotselinge afname in activiteit door de aanwezigheid van een giftige stof. Plotselinge uitschieters omhoog door bijvoorbeeld een verhoogd slibgehalte of door de produktie van jongen veroorzaken geen vals alarm. Het aantal valse alarmen neemt af door een strenge selectie per kanaal en doordat eerst beide kanalen alarm moeten geven voordat er van totaal alarm sprake is. Het meetsignaal wordt 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 vóór een toename van de gemeten activiteit door een snellere groei van de watervlooien en het optreden van reproduktie.
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 reproduktie voorkomt. Bij toepassing op (slibrijk) Maaswater is een filtersysteem nodig dat voldoende voedingsstoffen doorlaat. Een gaswasfles met teflonwatten in combinatie met voorbezinking, is een afdoende methode.
Het systeem is elektronisch/mechanisch betrouwbaar. Op Lobith hebben zich geen belangrijke technische storingen voorge-

TABEL I - *Biologische en chemische alarmmeldingen na gerapporteerde calamiteiten. De gegevens hebben betrekking op de meetstations bij de Rijn (Lobith) en de Maas (Eysden) in de periode 1987-1991.*

	Rijn					Maas				
Jaar	87	88	89	90	91	87	88	89	90	91
totaal	10	10	12	12	8	7	9	6	6	8
chemisch alarm	1	1	4	1	–	6	9	6	4	–
biologisch alarm	[a]	3	4	3	[p]	[a]	[a]	[a]	[p]	2
gemelde ongelukken	54	23	60	30	–	1	0	0	2	–

[a] = visbewaking nog niet geïnstalleerd.
[p] = visbewaking aanwezig, maar minder gevoelig door storingen.
– = gegevens nog niet beschikbaar.

daan. Bij het Daphnia-systeem in het laboratorium is wel een aantal storingen voorgekomen, die echter eenvoudig van aard bleken te zijn.

Het houden van een watervlo-kweek op meetstations is niet eenvoudig. Oorzaken hiervan zijn vooral 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 meer nauwgezet uit te voeren is goede vooruitgang geboekt. De klimaatregeling te Lobith is eind 1992 sterk verbeterd.

Evaluatie

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

Toekomst

Internationale ontwikkelingen

In Duitsland wordt al zo'n 10 jaar op grotere schaal gewerkt met bewaking door vissen en watervlooien waarbij genoemde mogelijkheden en beperkingen worden onderkend [Schmitz, 1994]. Voor het detecteren van meer stoffen en het beschermen van meer soorten, is er een project gestart waarin alle Rijnoever-'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. In 1994 wordt het project afgesloten en naar alle waarschijnlijkheid worden, in deze volgorde van prioriteit, de volgende systemen aanbevolen:
- watervlobewaking (wanneer nog niet aanwezig)
- algenbewaking
- bacteriebewaking.

Als er voldoende financiën aanwezig zijn, kan een mosselbewakingssysteem worden geïnstalleerd.
De geteste visbewakingsystemen zijn relatief duur en bij de huidige belasting van oppervlaktewater blijkbaar niet gevoelig genoeg voor het veroorzaken van alarmen. Het visbewakingssysteem kost echter minder onderhoud en is minder storingsgevoelig. Een groot deel van de stations heeft 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 komen die wel aan de criteria voldoen.
De aanbevelingen zijn gericht aan de Duitse Rijn Commissie, maar zullen waarschijnlijk worden ingebracht bij de Internationale Rijn Commissie.

Nationale ontwikkelingen

De RIZA/RIWA-werkgroep 'Biologische bewaking Nederland' is bezig met visbewaking bij drinkwaterbedrijven die rivierwater innemen. Bij een van deze bedrijven, de WRK, is inmiddels ook een watervlobewaking aanwezig.

Effluenten

Bovenstaande systemen zijn ontwikkeld voor het inzetten op oppervlaktewater. Biologische bewaking kan ook ingezet worden voor de bewaking van effluenten. Gevoelige systemen zijn daarbij in het nadeel omdat zij minder goed zijn opgewassen tegen de extreme fysisch/chemische omstandigheden (o.a. pH en O_2) in effluent. Toepassing van het visbewakingssysteem in het kader van een door de EEG gesubsidieerd project, heeft geleerd dat biologische bewaking in de industriële praktijk technisch haalbaar is [BKH, 1993].

Verantwoording

De volgende personen hebben een bijdrage aan het onderzoek geleverd (alfabetische volgorde): P. Adriaens, F. Balk, H. Bastiaans, C. Baltus, J. Botterweg, P. Brandt, K. van de Guchte, M. de la Haye, M. Hof, H. Maas, P. Meertens, I. Mol, I. v. d. Putte, J. van Steenveldt, M. Stouten.

TABEL II – *Criteria en beoordeling van de biomonitoring systemen.*

Criteria	Vissysteem	Watervlosysteem
1. parameter kwantificeerbaar en continu en automatisch te meten	ja	ja
2. snelle en betrouwbare responsja[a]	ja	
3. eenvoudig te interpreteren meetsignaalja	nee[b]	
4. technische betrouwbaarheid systeem	matig[c]	goed
5. kans op vals alarm	klein	reëel[d]
6. eenvoudig te bedienen en weinig onderhoud	ja	ja
7. testdieren gemakkelijk verkrijgbaar/goedkoopja	ja	
8. testdieren eenvoudig te houden	ja	ja[e]

[a] behalve bij sterke verzwakking of sterfte.
[b] vaste ondergrens niet voldoende; met flexibele alarmgrenzen wordt ervaring opgedaan.
[c] door recente verbeteringen nu: goed.
[d] veroorzaakt door gevoeligheid voor verstoringen.
[e] strenge regelmaat is vereist bij het onderhouden van de kweek.

Literatuur

Balk, F. (1992). *Bioalarmeren: voorkomen is beter dan genezen.* Voordracht op symposium 'Biomonitoring van toxische stoffen: meet- en regeltechniek van het milieu?' 3 oktober 1991 te Lelystad.
BKH Adviesbureau/RIZA/KERREN, (1993). *Demonstration of biological early warning systems for protection of the environment from toxic industrial waste water discharges.* Contract ACE89/NL7/D20, Demonstration projects – ACE programme in the field of environment (regulation EEC) 2242/87
Botterweg, J. Guchte, C. van de & Breemen, L. W. C. A. van (1990). *Bio-alarmsystemen: een aanvulling op de traditionele bewaking van de waterkwaliteit.* H_2O 22: 788-794.
Guchte, C. van de (1987). *Qualitätsüberwachung der Niederlandische Gewässer: Alarmauslösung durch ein Biologisches Monitorsystem.* RIZA notiz.
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., Maas-Diepeveen, J. L., Noordsij, A & Gaag, M. A. van der (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.
Knie, J. (1978). *Der Dynamische Daphnientest - ein automatischer Biomonitor zur Uberwachung von Gewässern und Abwässern.* Wasser und Boden 12: 310- 312.
Knie, J. (1982). *Der Daphnientest.* Decheniame Beihefte 26, p. 82-86.
Kramer K. J. M. and Boterweg, J. (1990). *Aquatic biological early warning systems, an overview, Bioindicators and Environmental Management.* Academic Press, U. K.
Matthias, U. & Puzicha, H. (1990). *Erfahrungen mit dem Dynamischen Daphientest-Einfluß von Pestiziden auf das Schwimmverhalten von Daphnia magna unter Labor- und Praxisbedingungen Z.* Wasser - Abwasser - Forsch. 23, 193-198.
Noppert, F. & Borcherding, J. submitted. *Alarm limits for a biological early warningsystem based on daphnia movement: a simple stochastic approach.*
Putte, I van, Botterweg, J & Guchte, C. van de (1990). *Evaluation of biological early warning systems in the river Rhine at Lobith, The Netherlands.* Proc. 4th international on environmental contamination, Barcelona 1-4 October 1990.
Schmitz P. (ed.) (1994). *Development, testing, and installation of biotests for water monitoring of the river Rhine, Report of the Working group Wirkungstests Rhein.* Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, Germany.
Stouten, M, Noppert, F, Balk, F. & Hendriks, A. J. (1993). *Bewaking van oppervlaktewater met behulp van biologische systemen: ervaringen met vissen en watervlooien op de Rijn en Maas (1988-1992).* BKH Adviesbureau in opdracht van RIZA.

• • •