

Hoe giftig is regenwater ?

Inleiding

In maart 1994 verscheen van de Dienst Water en Milieu van de provincie Zuid-Holland het rapport Bestrijdingsmiddelen in neerslag in Zuid-Holland (1994) [1]. Uit dit rapport bleek dat alle onderzochte bestrijdingsmiddelen op één of enkele van vier onderzochte locaties (Naaldwijk, Nieuwerkerk, Hillegom en de Korrendijkse Slikken) regelmatig aantoonbaar waren in het regenwater. Voor een vijftiental middelen blijken de grenswaarden voor het oppervlaktewater ontleend aan de notitie



J. DE POORTE
Research Instituut voor
Toxicologie



C. J. VAN LEEUWEN
Research Instituut voor
Toxicologie

Milieukwaliteitsdoelstellingen Bodem en Water (1991) [2] gedurende bepaalde perioden in het jaar overschreden te worden. Voor zes van deze vijftien bestrijdingsmiddelen (dichloorvos, hexachloorbenzeen, β -endosulfan, lindaan, ethyl-parathion en pyrazophos) ligt de gemiddelde jaarconcentratie zelfs boven hun respectievelijke grenswaarde. Geconcludeerd werd dat het nog onduidelijk was wat de milieutoxicologische effecten hiervan zouden kunnen zijn. Wel is bekend dat diffuse verontreiniging door bestrijdingsmiddelen in Nederland een niet onaanzienlijk probleem vormt [3].

In deze literatuurstudie wordt getracht een beeld te vormen van de te verwachten effecten van de betreffende concentraties bestrijdingsmiddelen in het regenwater op waterorganismen. Het onderzoek werd uitgevoerd in het kader van de doctoraalstudie biologie aan de Universiteit van Utrecht van de eerste auteur.

Selectie van de bestrijdingsmiddelen

Uit het rapport van de provincie Zuid-Holland bleek dat zo'n 40 verschillende bestrijdingsmiddelen in het regenwater aantoonbaar waren, waarvan er een beperkt aantal in dit artikel worden geëvalueerd. Op basis van de gemeten concentraties in [1] zijn 18 bestrijdingsmiddelen geselecteerd ter evaluatie. Deze evaluatie omvat een vergelijking van de regenwaterconcentraties met uit een literatuuronderzoek verzamelde toxiciteitsgegevens (LC_{50} -waarden en No Observed Effect Concentrations, NOEC's),

Samenvatting

Hoe giftig is regenwater? In dit artikel wordt een ecotoxicologische risicoschatting gemaakt voor enkele gehalten aan bestrijdingsmiddelen in regenwater, verzameld op 4 locaties in Zuid-Holland, zoals deze eerder in het rapport Bestrijdingsmiddelen in neerslag in Zuid-Holland (1994) [1] van de Dienst Water en Milieu van de provincie Zuid-Holland gepubliceerd zijn. In dit artikel wordt vastgesteld dat bij 8 van de 18 geselecteerde bestrijdingsmiddelen de gemiddelde regenwaterconcentratie de grenswaarde voor oppervlaktewater overschrijdt, terwijl de maximale regenwaterconcentratie 13 maal deze grenswaarde overschrijdt. Bestrijdingsmiddelen waarvan de gemiddelde concentratie in het regenwater boven de 10% van de laagste LC_{50} -waarde liggen zijn dichloorvos, parathion (ethyl) en endosulfan ($\alpha + \beta$). De maximale regenwaterconcentraties van dichloorvos, parathion (ethyl), endosulfan, pyrazophos, azinphos-methyl, mevinphos, diazinon, lindaan, malathion en heptenophos liggen boven de kritische grens van 10% van de laagste LC_{50} -waarde. De maximale gehalten aan parathion (ethyl) en malathion overschrijden de laagste NOEC-waarde. Als de totale belasting van verschillende soorten uitgedrukt wordt in T.U.'s (Toxic Units) dan blijken de maximale regenwaterconcentraties vooral de groepen 'kreeftachtigen' en 'andere aquatische organismen' (vooral waterinsecten) zwaar te treffen; *Daphnia magna* en *Pteronarcys californica* zijn hier goede voorbeelden van.

grenswaarden voor het oppervlaktewater en zelf berekende NOEC's voor een geheel ecosystemen.

Berekening NOEC's ecosystemen

Om het risico van een bestrijdingsmiddel voor een ecosystemen in te kunnen schatten, zijn berekeningen gemaakt met het Uniform Beoordelingssysteem Stoffen (USES) [4]. Met behulp van dit computerprogramma was het na invoer van de toxiciteitsgegevens mogelijk voor elk bestrijdingsmiddel een PNEC (Predicted No Effect Concentration) uit te rekenen. Met behulp van het computerprogramma USES is voor elke stof aan de hand van de beschikbare toxiciteitsgegevens een PNEC berekend. Om de PNEC van een stof te kunnen berekenen wordt deze gedefinieerd als concentratie waarbij theoretisch 95% van de soorten wordt beschermd [5]. Als er op z'n minst 4 NOEC's beschikbaar zijn afkomstig uit chronische studies met aquatische organismen uit verschillende taxonomische klassen (vissen, kreeftachtigen, algen en één andere klasse) wordt de methode van Aldenberg en Slob [6] gebruikt.

Deze berekeningsmethode werd uitgevoerd voor azinphos-methyl, diazinon, dieldrin, lindaan, malathion en parathion (ethyl). Voor de andere bestrijdingsmiddelen waren minder gegevens beschikbaar. Als er alleen LC_{50} -waarden of minder dan 4 NOEC's beschikbaar zijn maakt USES gebruik van de gemodificeerde EPA-methode [7]. Dit komt neer op het toepassen van vaste extrapolatiefactoren op de laagst beschikbare NOEC of LC_{50} -waarden.

Om de waarde van de voorspellingen van de 'veilige concentraties' of PNEC's door USES goed in te schatten moet bedacht

worden dat in het beste geval de veilige concentratie voor ecosystemen gebaseerd wordt op een statistische berekening met toxiciteitsgegevens van 4 soorten, terwijl in normale aquatische ecosystemen makkelijk enige tientallen tot honderden soorten voor kunnen komen. Zowel bij het toepassen van statistische extrapolatiemethoden [8] als vaste extrapolatiefactoren (gemodificeerde EPA-methode) zijn de onzekerheden zeer groot. De kans op over- of onderschatting van de werkelijke 'No Effect Concentratie' is dan ook aanwezig. Anderzijds moet worden opgemerkt dat uit een vergelijking van PNEC's met resultaten verkregen uit veldonderzoek statistisch geen significant verschil aanwezig was [9].

Resultaten van de literatuurstudie

In tabel I zijn per bestrijdingsmiddel voor elke groep organismen (vissen, kreeftachtigen, algen en overige aquatische organismen) de laagste in de literatuur gevonden LC_{50} en NOEC's weergegeven. Deze waarden zijn onder andere als invoer voor het programma USES gebruikt bij de afleiding van de PNEC's. De waarde van deze PNEC's worden samen met de door de provincie Zuid-Holland gemeten regenwaterconcentraties weergegeven in tabel II.

Om de verhoudingen tussen de gemeten regenwaterconcentraties en de grenswaarden respectievelijk PNEC's uit tabel II aan te geven worden deze twee ratio's in twee afbeeldingen (afb. 1 en 2) getoond. In afbeelding 1 worden de quotiënten van de gemeten regenwaterconcentraties en de beschikbare grenswaarden getoond, terwijl in afbeelding 2 de quotiënten van de regenwaterconcentraties en de PNEC's zijn weergegeven. Deze quotiënten worden voor

TABEL I – Algemeen overzicht van de laagste literatuurwaarden.

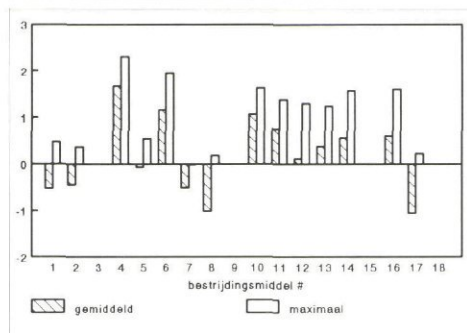
Stof	LC ₅₀ vis (µg/L)	LC ₅₀ kreeftacht. (µg/L)	LC ₅₀ algen (µg/L)	LC ₅₀ ander organisme (µg/L)	NOEC vis (µg/L)	NOEC kreeft- acht. (µg/L)	NOEC algen (µg/L)	NOEC ander organisme (µg/L)
Azinphos-methyl	0,36	0,1	3.600	1,9	0,33	0,1	1800	1,36 1,7 2,0
Diazinon	1,7	0,2	17.400	4,8	0,47	0,2	1000	0,42 1,15
Dichlobenil	4.200	3.700	10	7.000				
Dichloorvos	170	0,028	3.500	0,1	16		4730	30
Dieldrin	0,12	0,4	100	0,5	0,12	32	10	1,4
Endosulfan	0,06	0,1	41.500	0,24	0,2	2,7		
Endrin	0,09	3,0		0,03	0,12			
Fenthion	540	0,40		0,42	320			
Heptenophos	9.300	2,0	35.000		25.000			
Hexachloorbenzeen	50				3,8	5		
Lindaan	2	4,5	1.000	1,0	8,8	4,3	300	1,1 2,2 12 55
Malathion	4,1	0,5		2,6	4	0,008	10.000	0,17 0,008
Mevinphos	11,9	0,16		5			50	
Parathion (ethyl)	18	0,028		0,023	0,17	0,002	15	0,1 0,04
Procymidon	3600							
Pyrazophos	16	0,18	65.000				6.500	
Triazophos	41	3	1.430				100	
Vinclozolin	27.000	4.000	32.000				2.000	

TABEL II – Concentraties van bestrijdingsmiddelen in regenwater [Provincie Zuid-Holland, 1994], streef- en grenswaarden en de met behulp van het programma USES berekende PNEC waarden.

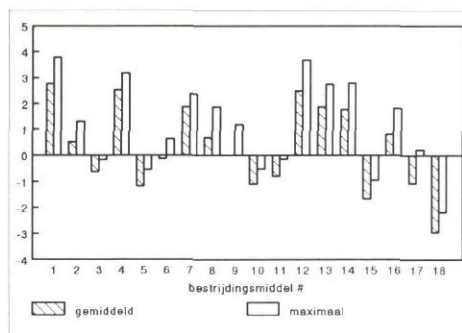
Stof	Stof nr. (#)	Concentratie ng/L		Streefw. opp.water ng/L	Grensw. opp.water ng/L	PNEC ng/L
		gemidd.	maxim.			
Azinphos-methyl	1	1,4-6,0	30-60	0,7	20 ¹	0,01
Diazinon	2	2,0-11	20-70	0,9	30	3,4
Dichlobenil	3	19-24	41-68	–	–	100
Dichloorvos	4	5,0-95	30-400	–	2	0,28
Dieldrin	5	0,9-1,7	4-7	0,07	2	25
Endosulfan ²	6	8,8-14,5	37-89	–	1 ¹	20
Endrin	7	1,4-2,2	5-7	–	7,2 ¹	0,03
Fenthion	8	0-1,9	0-30	–	20	0,4
Heptenophos	9	0-20	0-310	–	–	20
Hexachloorbenzeen	10	2,8-4,1	6-15	–	0,35 ¹	50
Lindaan	11	29-56	160-240	0,2	10	348
Malathion	12	1,0-5,2	20-80	0,04	4	0,017
Mevinphos	13	0-12	0-90	–	5	0,16
Parathion (ethyl)	14	6,3-18	40-190	0,05	5	0,3
Procymidon	15	3,5-78	20-420	–	–	3.600
Pyrazophos	16	1,5-12	30-120	–	3	1,8
Triazophos	17	0-2,6	0-50	–	3	30
Vinclozolin	18	6,7-44	34-260	–	–	40.000

¹ Waarden vermeld in 'Bestrijdingsmiddelen in neerslag in Zuid-Holland'.² De in [1] apart geanalyseerde gehalten aan α - en β -endosulfan zijn bij elkaar geteld om tot één parameter voor endosulfan te komen.

Afb. 1 – Logaritmische weergave van de verhouding tussen de gemiddelde en maximale regenwaterconcentraties in de grenswaarde voor het opperlaktewater voor de 18 bestrijdingsmiddelen. De nummering van de bestrijdingsmiddelen komt overeen met die in tabel II.



Afb. 2 – Logaritmische weergave van de verhouding tussen de gemiddelde en maximale regenwaterconcentraties in de PNEC voor de 18 bestrijdingsmiddelen. De nummering van de bestrijdingsmiddelen komt overeen met die in tabel II.



elk bestrijdingsmiddel logaritmisch weergegeven. Alle waarden groter dan nul duiden derhalve op een overschrijding van de grenswaarde of PNEC.

In de afbeeldingen 1 en 2 worden de quotiënten weergegeven gebaseerd op zowel de gemiddelde als de maximale regenwaterconcentratie. Het nummer (#) van het betreffende bestrijdingsmiddel komt overeen met het nummer dat in tabel II vermeld wordt.

Regenwaterconcentraties overschrijden grenswaarden

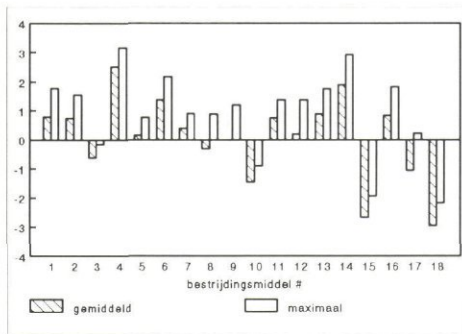
Uit afbeelding 1 blijkt dat bij acht van de achttien bestrijdingsmiddelen de *gemiddelde* regenwaterconcentratie boven de grenswaarde uitkomt; voor dichloorvos, endosulfan ($\alpha + \beta$) en hexachloorbenzeen bedraagt deze overschrijding zelfs meer dan een factor 10. De *maximale* regenwaterconcentratie overschrijdt in totaal dertien gevallen de grenswaarde; één keer met meer dan een factor 100 en zeven keer met een factor groter dan 10.

Regenwaterconcentraties overschrijden PNEC's

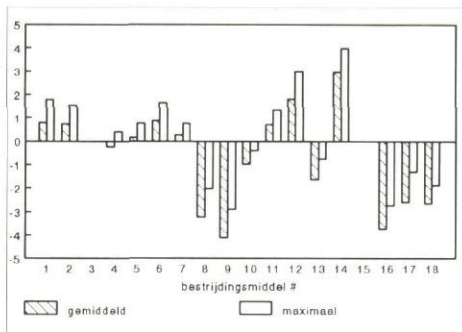
Uit afbeelding 2 blijkt dat de PNEC door de *gemiddelde* regenwaterconcentratie drie maal met meer dan een factor 100 (azinphos-methyl, dichloorvos en malathion) overschreden wordt. De PNEC wordt verder drie maal (endrin, mevinphos en parathion (ethyl)) met een factor groter dan 10 overschreden. De *maximale* regenwaterconcentratie overschrijdt de PNEC drie keer met een factor van meer dan 1000 (azinphos-methyl, dichloorvos en malathion) en drie keer met een factor groter dan 100 (endrin, mevinphos en parathion (ethyl)). De maximale concentraties diazinon, fenthion, heptenophos en pyrazophos overschrijden de PNEC met een factor tussen 10 en 100.

Regenwaterconcentraties benaderen LC₅₀-waarden

Het getal dat in de afbeeldingen 3 en 4 wordt weergegeven geeft aan op welk percentage van de laagst gevonden LC₅₀ of NOEC de gemiddelde en/of maximale regenwaterconcentratie zich bevindt. Hier zijn dus i.t.t. afbeeldingen 1 en 2 geen quotiënten maar percentages (logaritmisch) weergegeven. Voor azinphos-methyl bijvoorbeeld bedraagt de maximale regenwaterconcentratie ongeveer 60% van de laagste LC₅₀. Met andere woorden: de maximale regenwaterconcentratie ligt ongeveer een factor 2 onder de laagste LC₅₀-waarde. Net als in de afbeeldingen 1 en 2 zijn in deze afbeeldingen de waarden logaritmisch weergegeven. Uit de afbeeldingen 3 en 4 blijkt dat



Afb. 3 - Logaritme van het percentage van de gemiddelde en maximale regenwaterconcentraties van de laagste in de literatuur gevonden LC_{50} . Bij waarden groter dan 2 zijn de gemeten concentraties groter dan de laagste LC_{50} . De nummering van de bestrijdingsmiddelen komt overeen met die in tabel II.



Afb. 4 - Logaritme van het percentage van de gemiddelde en maximale regenwaterconcentraties van de laagste in de literatuur gevonden NOEC. Bij waarden groter dan 2 zijn de gemeten concentraties groter dan de laagste NOEC. De nummering van de bestrijdingsmiddelen komt overeen met die in tabel II.

concentraties van een aantal bestrijdingsmiddelen in regenwater regelmatig de laagste in de literatuur bekende LC_{50} en NOEC's overschrijden dan wel benaderen. Voor dichloorvos, endosulfan en parathion (ethyl) worden de acuut toxische niveaus (ruimschoots) overschreden.

Regenwaterconcentraties benaderen NOEC-waarden

In afbeelding 4 staan de gemiddelde en maximale regenwaterconcentraties als percentage van de laagste in de literatuur gevonden NOEC. De twee hoogste percentages zijn die van parathion (ethyl) en malathion. Het maximale gehalte parathion (ethyl) in regenwater is 9500% van (oftewel 95 keer zo hoog als) de laagste NOEC; de gemiddelde concentratie parathion (ethyl) is 900% van de laagste NOEC. Deze NOEC is bepaald met kreeftachtigen (*Daphnia magna*) in een 21-daagse toets en bedraagt 2 ng/L. Parathion (ethyl) is ten opzichte van de andere bestrijdingsmiddelen een relatief schadelijk bestrijdingsmiddel (zie tabel II). Ook de te verwachten chronische effecten bij vissen zijn niet onaanzienlijk. Zo bedraagt de gemiddelde regenwater-

concentratie 10% en de maximale regenwaterconcentratie 112% van de laagste NOEC (gebaseerd op toetsen met de vis *Lepomis macrochirus*). Hoewel het niet duidelijk is of effecten op vissen optreden lijkt het in ieder geval zeer waarschijnlijk dat parathion desastreuze gevolgen heeft voor populaties van kreeftachtigen.

De maximale regenwaterconcentraties voor malathion zijn ook hoog te noemen. Deze liggen 10 maal hoger dan de laagste NOEC. De gemiddelde regenwaterconcentratie bedraagt 65% van de laagste NOEC verkregen uit proeven met de kreeftachtige *Gammarus pseudolimnaceus*. Voor het insect *Acronetia lycoria* zijn deze percentages respectievelijk 80% en 5%. Gezien de overschrijding van de NOEC door de maximale regenwaterconcentratie zullen naar alle waarschijnlijkheid ook bij deze organismen effecten optreden.

Gemiddelde regenwaterconcentraties en acute effecten nader bekeken

Uit afbeelding 3 blijkt dat de gemiddelde regenwaterconcentratie van dichloorvos ruim (340%) boven de laagste LC_{50} -waarde (voor kreeftachtigen) ligt. Omdat deze gemiddelde concentratie de LC_{50} overschrijdt is het niet onwaarschijnlijk dat diverse populaties nadelig worden beïnvloed. De gemiddelde concentratie parathion (ethyl) is met 78% van de laagste LC_{50} -waarde (voor de larve van een waterbodeminsect) ook hoog te noemen. De concentratie bedraagt 64% van de LC_{50} -waarde voor de watervlo *Daphnia pulex*. Derhalve is het zeer waarschijnlijk dat niet alleen populaties van insecten, maar ook kreeftachtigen worden geschaad. Een ander bestrijdingsmiddel waarbij de gemiddelde regenwaterconcentratie hoog is, is endosulfan ($\alpha + \beta$) met een concentratie van 24% van laagste LC_{50} . Deze laagste LC_{50} (60 ng/L) is bepaald voor de vissoort *Mystus vittatus*, terwijl de laagste LC_{50} voor vier verschillende soorten mikrokreeftachtigen zich bevond in een range van 100 tot 600 ng/L. De gemiddelde concentratie endosulfan ($\alpha + \beta$) (24% van de LC_{50}) zou derhalve schadelijk kunnen zijn voor beide groepen (vissen én kreeftachtigen). Voor het schatten van effecten op lange termijn wordt veelal een waarde gehanteerd van 10% van de LC_{50} . Andere bestrijdingsmiddelen waarvan de gemiddelde regenwaterconcentraties vrij hoog zijn, zijn azinphos-methyl, diazinon, mevinphos en pyrazophos. Deze regenwaterconcentraties bedragen respectievelijk 6,0%, 5,5%, 7,5% en 6,7% van de laagste LC_{50} . Voor deze vier bestrijdingsmiddelen ligt de gemiddelde regenwaterconcentratie dus ongeveer een factor 10 onder de LC_{50} waarde. Wat betreft de persistentie van al de

bovengenoemde bestrijdingsmiddelen kan gesteld worden dat ze allen een halfwaardetijd in water van enkele dagen hebben. Dit betekent dat ze in het aquatisch milieu in ieder geval lang genoeg aanwezig zijn om een schadelijk effect op de in dat milieu levende organismen te hebben.

Pieken in de regenwaterconcentraties

In het bovenstaande hebben we ons gericht op de betekenis van de gemiddelde concentraties van bestrijdingsmiddelen in regenwater. Hoe ligt de situatie in het geval van de piekconcentraties? De maximale concentratie dichloorvos die is gemeten bedraagt 1430% van de laagste LC_{50} . Dit betekent dat de maximale concentratie dichloorvos ruim 14 keer groter is dan de laagste LC_{50} . Ook de maximale parathion (ethyl) en endosulfan concentraties zijn met 826% en 148% van de laagste LC_{50} -waarden zeer hoog te noemen.

De maximale regenwaterconcentraties komen in een flink aantal gevallen (pyrazophos, azinphos-methyl, mevinphos, diazinon, lindaan, malathion, en heptenophos) boven 10% van de respectievelijke LC_{50} -waarden uit. Voor alle andere bestrijdingsmiddelen met uitzondering van dichlobenil, hexachloorbenzeen, procymidon, triazophos en vinclozolin bevinden de concentraties zich tussen de 1% en 10% van de laagste LC_{50} . De vraag is natuurlijk welk effect de (tijdelijke) overschrijding van de LC_{50} heeft. De maximale regenwaterconcentratie is in het Zuidhollandse onderzoek de hoogste concentratie die gedurende het jaar, verdeeld over zesentwintig perioden van twee weken, op één van de meetlocaties is gemeten. Omdat de meeste bestrijdingsmiddelen maar in een bepaalde periode van het jaar gebruikt worden, zijn de deposities in de periodes rondom de periode waarin de maximale concentratie is gemeten waarschijnlijk ook hoog. De concentratie in de tijd zal naar alle waarschijnlijkheid een soort klokvormige verdeling volgen. De consequentie hiervan is dat de deposities van bestrijdingsmiddelen via regenwater naar alle waarschijnlijkheid voor een langere periode dan twee weken een hoge waarde zullen hebben.

In het algemeen wordt een periode van 96 uur (4 dagen) gezien als maat voor de acute toxiciteit. Bij langere blootstellingstijden spreekt men over (sub)chronische blootstelling. Een periode van 2 weken (en meestal langer) kan derhalve beschouwd worden als een (sub)chronische blootstelling. Voor alle bestrijdingsmiddelen waarvan de maximale regenwaterconcentratie dus boven de 10% van de laagste LC_{50} uitkomt, kan gesteld worden dat

milieutoxicologische effecten te verwachten zijn. Dit geldt dus voor de volgende 10 bestrijdingsmiddelen: azinphos-methyl, diazinon, dichloorvos, endosulfan ($\alpha + \beta$), heptenophos, lindaan, malathion, mevinphos, parathion (ethyl) en pyrazophos. Bij deze concluderende opmerking moet er wel op gewezen worden dat de concentraties gebaseerd zijn op regenwaterconcentraties en niet op oppervlaktewaterconcentraties, er zal zeker nog verdunning van de concentraties bestrijdingsmiddelen in het regenwater door menging met oppervlaktewater optreden.

Additieve effecten?

Een belangrijk aspect waarmee rekening gehouden moet worden is het feit dat de bestrijdingsmiddelen zeer waarschijnlijk niet afzonderlijk hun toxische effect hebben; organismen worden veelal tegelijkertijd aan meerdere bestrijdingsmiddelen blootgesteld. Organofosfaten hebben als 'target' het acetylcholine-esterase-enzym.

Omdat alle stoffen ongeveer dezelfde target hebben is het niet onredelijk te veronderstellen dat de toxiciteit van verschillende organofosfaat-bestrijdingsmiddelen additief is. Ook bij de aangetoonde organochloor-pesticiden zal, ondanks hun minder specifieke werking, toch waarschijnlijk sprake zijn van additiviteit. In beide gevallen is het waarschijnlijk zo dat vele kleine belastingen één grote maken.

Om een idee te krijgen van de omvang van het additieve effect van de 18 in dit artikel beschreven bestrijdingsmiddelen, kan een schatting van de toxiciteit gemaakt worden op basis van het zogenoemde toxic-unit (T.U.) concept, waarbij de stoffen toxicologisch worden opgeteld.

In formulevorm:

$$T.U. = \frac{Conc._a}{LC_{50\ a}} + \frac{Conc._b}{LC_{50\ b}} + \text{enz.}$$

In feite zou men voor het berekenen van het aantal toxic units moeten beschikken over complete sets aan ecotoxicologische gegevens. Voor een aantal soorten ontbrak een groot deel van deze gegevens. Daarom zijn deze berekeningen ook uitgevoerd voor gegroepeerde soorten (taxonomisch

verwante soorten), hoewel dit theoretisch niet geheel juist is. De resultaten worden getoond in tabel III; een waarde gelijk aan 1 duidt op een gehalte van de bestrijdingsmiddelen dat overeenkomt met een LC₅₀-gehalte. Uit deze tabel blijkt dat gemiddelde regenwaterconcentraties van bestrijdingsmiddelen onder aanname van additiviteit voor de soorten *Daphnia magna* en *Pteronarcys californica* kritiek zijn. Ook voor de groepen kreeftachtigen en andere aquatische organismen (meestal insecten) is de situatie kritiek.

Met nadruk wordt nog eens vermeld dat deze conclusies gebaseerd zijn op concentraties die zich bevinden in regenwater en niet in het oppervlaktewater; door verdunning in het oppervlaktewater zullen de effecten van bestrijdingsmiddelen in regenwater zeker afnemen. Hoe groot de verdunning zal zijn is natuurlijk sterk afhankelijk van de hydrologische situatie. Verder ecotoxicologisch veldonderzoek is hier op zijn plaats.

Conclusies

Uit de analyses van bestrijdingsmiddelen in regenwater door de provincie Zuid-Holland en de hier gepresenteerde ecotoxicologische risicobeoordeling blijkt dat de gehalten aan bestrijdingsmiddelen in de neerslag zeker hoog tot zeer hoog zijn. De gehalten zijn voor sommige bestrijdingsmiddelen zelfs zo hoog dat schadelijke effecten op bepaalde soorten aquatische organismen niet zijn uit te sluiten. Gehalten aan dichloorvos, parathion (ethyl), endosulfan ($\alpha + \beta$) en malathion zijn in regenwater acuut toxisch voor verschillende soorten aquatische organismen. Als de toxiciteit van de bestrijdingsmiddelen aan de hand van toxic units omschreven wordt, blijkt dat de groep 'kreeftachtigen' (waaronder *Daphnia magna*) en de groep 'andere aquatische organismen' (waaronder vooral waterinsecten) het zeker zwaar te verduren zullen hebben. Daarnaast moet vastgesteld worden dat er maar voor een klein deel van de water(bodem)organismen en geen enkele terrestische soort toxiciteitsgegevens beschikbaar zijn. Ook voor de effecten op

de lagere bodemorganismen zoals bijvoorbeeld schimmels, zijn weinig tot geen toxiciteitsgegevens beschikbaar, terwijl de bestrijdingsmiddelen vaak speciaal zijn ontwikkeld om deze organismen te bestrijden. Het gehalte aan bestrijdingsmiddelen in het Zuidhollandse regenwater is zeker zorgwekkend te noemen; vooral omdat regenwater via luchtstromen grote afstanden kan afleggen en zo kwetsbare natuurgebieden kan treffen. De situatie is zeker niet specifiek voor Zuid-Holland. Ook in andere delen van Nederland worden hoge tot zeer hoge concentraties in het regenwater gemeten [10].

Literatuur

1. Provincie Zuid-Holland (1994). *Bestrijdingsmiddelen in neerslag in Zuid-Holland*. Dienst Water en Milieu.
2. Milieukeurdoelstellingen Bodem en Water (1991). Tweede Kamer der Staten Generaal, 1990-1991, 21990 nr. 1 Den Haag.
3. Leeuwen, C. J. van (1993). *Over ecotoxicologische grenzen*. H₂O (26) 1993, p. 283-292.
4. USES (1994). *Uniform System for the Evaluation of Substances (USES)*. version 1.0. RIVM, VROM en WVC. Den Haag, VROM distributie no. 11144/150.
5. VROM (1990). *Notitie 'Omgaan met risico's'*. Tweede Kamer der Staten Generaal, vergaderjaar 1989-1990, 21137 nr.5.
6. Okkerman, P. C., Plassche, E. J. v. d., Slooff, W., Leeuwen, C. J. van and Canton, J. H. (1991). *Ecotoxicological effects assessment: A comparison of several extrapolation procedures*. Ecotox. Environ. Saf. 21, 182-193.
7. Slooff, W. (1992). *Guidance document; Ecotoxicological effect assessment; deriving maximum tolerable concentrations (MTC) from single-species toxicity data*. Bilthoven RIVM rapport no. 719102018.
8. Aldenberg, T. en Slob, W. (1993). *Confidence limits for hazardous concentrations based on logistically distributed NOEC toxicity data*. Ecotoxicol. Environ. Saf. 25, 48-63.
9. Leeuwen, C. J. van, Plassche, E. J. van de and Canton, J. H. (1994). *The role of field tests in hazard assessment*. In: *Freshwater Field Tests for Hazard Assessment of Chemicals*. Eds. Hill, I. R., Heimbach, F., Leeuwangh, P. Lewis Publ., Chelsea, Mi, 339-453.
10. Boom, L. van en Heijnis, J. D. (1995). *Ernstige verontreiniging van oppervlaktewater en neerslag door bestrijdingsmiddelen in een agrarisch gebied*. H₂O (28) 1995, p. 489-493

Cursus Anaërobe zuivering van industrieel afvalwater

De Stichting Postacademische Onderwijs Gezondheidstechniek en Milieutechnologie organiseert de cursus 'Anaërobe zuivering van industrieel afvalwater'. De cursus vindt plaats op 8, 9 en 10 april 1997 bij de Landbouwniversiteit Wageningen. Nadere inlichtingen: PAO-Delft, mevrouw ir. M. L. Nieuwenhuis, Postbus 5048, 2600 GA Delft, telefoon 015-278 46 18, fax 015-278 46 19, e-mail: m.nieuwenhuis@pao.tudelft.nl.

TABEL III – De blootstelling van het organisme, of de groep organismen, door de gemiddelde en maximale regenwaterconcentraties aan bestrijdingsmiddelen, uitgedrukt in het aantal toxic units (T.U.'s). Voor elk organisme of groep organismen is vermeld voor hoeveel van de achttien bestrijdingsmiddelen er LC₅₀-waarden beschikbaar waren.

Soort/organisme	Toxiciteitsgegevens beschikbaar voor berekening T.U.	Toxic Units gemiddelde regenwater concentratie	Toxic Units maximale regenwater concentratie
<i>Daphnia magna</i>	9/18	1,60	6,87
<i>Gammarus</i>	12/18	0,39	2,34
<i>Pteronarcys californica</i>	11/18	1,04	4,43
Kreeftachtigen	16/18	4,50	24,68
Vissen	18/18	0,34	2,03
Andere aquatische organismen	12/18	1,99	14,13