

RIVM rapport 607504 007

**Potentieel Aangetaste Fractie
als maatlat voor toxische druk op ecosystemen**

D. van de Meent

augustus 1999

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van het Directoraat-generaal Milieubeheer, Directie Stoffen, Veiligheid, Straling, in het kader van project 607504, Monitoring en Diagnose Ecologische Effecten Stoffen, mijlpaal Evaluatie PAF methodiek.

Abstract

This is the final report of the project Monitoring and Diagnosis Ecological Effects Substances (MEES). It describes the concept of Potentially Affected Fraction (PAF), and discusses the possible applications.

PAF is the fraction of species for which, at ambient concentrations in the environment, the No Observed Effect Concentration (NOEC) is exceeded. PAF is calculated from the parameters of the substance-characteristic Species Sensitivity Distribution (SSD). SSDs are derived by fitting the Cumulative Distribution Function onto the NOECs of species as reported in the literature. PAF can be applied for comparing chemicals on the basis of the toxic stress that they cause. The most important application of PAF is the calculation of toxic stress from mixtures of chemicals. The theoretical combiPAF calculation is used for deriving the fraction of species exposed to above-NOEC concentrations, given exposure from multiple chemicals. Using combiPAF, chemicals are aggregated in a toxicological meaningful way, and the total toxic stress of all chemicals together is assessed. Application of the combiPAF calculation to measured concentrations of heavy metals and pesticides in Dutch soils and surface waters shows that toxic stress can amount to tens of percents; in some situations NOECs are exceeded for over half of the species.

In addition to the (combi)PAF calculation, which starts from measured concentrations of known substances, experimental assessment of PAF is possible for water. PAF measurement is carried out by testing the toxicity of water concentrates. This way, also non-identified chemicals are taken into account. In practice, measured PAFs in water appear to be lower than calculated combiPAFs. This finding has not been fully explained yet.

PAF is interpreted as measure of the toxic stress that substances put onto ecosystems. The relationship of toxic stress with effects on biota -- in terms of species abundances -- is a topic of on-going research. After such a relationship has been determined, it will be possible to quantitatively compare the overall effect of toxic substances with the effects of other stress factors (eutrophication, acidification, etc.).

The concept of PAF has been discussed with scientists and decision makers. Scientists stress that the credibility of (combi)PAF as a measure of toxic stress entirely depends on demonstrated existence of relationship of (combi)PAF with observed effects on ecosystems. Decision-makers see little added regulatory value in application of PAF: quantifying the magnitude of the toxification effect on biota is not expected to shed new light on the issue of toxic substances to such an extent that application of PAF would be considered instead of, or in addition to the existing criteria-setting policy.

The combiPAF concept can be used as a basis for the development of an Environmental Policy Indicator for toxic effects as a monitor of ecosystem toxification. To enable this, this report recommends to concentrate the on-going PAF research onto two items:

1. Quantification of the relationship between toxic stress and observed effects on ecosystems;
2. Reconciliation of calculated combiPAF with measured PAF in water.

Voorwoord

Het PAF concept is niet zonder discussie tot stand gekomen. Ontwikkelaars zagen vooral de wetenschappelijke vooruitgang en de fantastische toepassingsmogelijkheden. Critici zagen vooral de tekortkomingen en de mogelijkheden voor verkeerde interpretatie. Bijna steeds waren de meningen over PAF uitgesproken en extreem. Kennelijk wordt het onderwerp belangrijk gevonden.

Aan de ontwikkeling van het PAF concept is door velen binnen en buiten het RIVM bijgedragen. Ik dank hen allen hartelijk voor deze bijdragen, en noem hier hun namen in alfabetische volgorde, die niet de waarde van hun bijdragen bedoelt te weerspiegelen:

Tom Aldenberg, Rob Alkemade, Joost Bakker, Margriet Beek, Bas van Beusekom, Laurens Brandes, Ton Breure, Jack de Bruijn, Mirjam Collombon, Trudie Crommentuijn, Carl Denneman, Lutger van der Eerden, Arthur Eijs, Albert Espeldoorn, Arie-Jan Folkerts, Marten van der Gaag, Arthur de Groot, Hans van Grinsven, Kees van de Guchte, Timo Hamers, Jan Hendriks, Henri den Hollander, Tjalling Jager, Peter Jesse, Douwe Jonkers, Dick Jung, Dennis Kalf, Rob van de Kamp, Lia Kerkum, Olivier Klepper, Paul Latour, Lowie van Liere, Ton van der Linden, Robert Luttik, Hannie Maas, Wim Mensink, Willie Peijnenburg, Jos Notenboom, Leo Posthuma, Ruth Posthumus, Carla Roghair, Emiel Rorije, Michiel Rutgers, Wilbert Slooff, Aart Sterkenburg, Carlo Strien, Jaap Struijs, Theo Traas, Manon Vaal, Annemarie van Wezel, Rick Wortelboer, Marja Wouterse, Dick de Zwart.

Bilthoven, 28 juni 1999

Dik van de Meent

Inhoud

Samenvatting	6
1. Inleiding.....	8
2. Potentieel Aangetaste Fractie	11
2.1 PAF concept	11
2.2 Technische uitwerking van het PAF concept.....	16
2.2.1 De generieke PAF berekening	16
2.2.2 De doelsoort-specifieke PAF berekening.....	19
2.2.3 De combiPAF berekening voor stoffen samen.....	20
2.2.4 De meting van PAF in watermonsters.....	23
2.3 Enkele recente ontwikkelingen	23
2.3.1 Schatten van parameters van NOEC verdelingen.....	23
2.3.2 Nadere beschouwing combiPAF berekening	25
2.3.3 Modelonderzoek effecten NOEC overschrijding voor soortenverzamelingen.....	27
2.3.4 Empirisch-statistisch verband tussen PAF en KoV	27
3. Commentaren op het PAF concept	30
3.1 Workshop "wetenschap"	30
3.2 Workshop "beleid"	32
3.3 Communicatie met collega-onderzoekers.....	33
3.4 Welke conclusies trekken we hieruit?	34
4. Toepassingsmogelijkheden PAF	36
4.1 Effectgericht milieu- en natuurbeleid voor toxische stoffen	36
4.1.1 Overeenkomsten en verschillen milieu- en natuurbeleid.....	36
4.1.2 Toepassingsmogelijkheden PAF milieu- en natuurbeleid per stof	37
4.1.3 Toepassingsmogelijkheden PAF bij beleid voor stoffen samen.....	39
4.1.4 Toepassingsmogelijkheden PAF in natuur- en milieubeheer	42
4.2 Mogelijk gebruik van PAF in andere kaders.....	43
5. Aanbevelingen.....	45
Literatuur.....	47
Bijlage 1 Verzendlijst	50
Bijlage 2 Workshop wetenschap	52
Bijlage 3 Workshop beleid.....	61

Samenvatting

Dit rapport vormt het eindverslag van het project Monitoring en Diagnose Ecologische Effecten Stoffen (MEES). Het beschrijft het concept van Potentieel Aangetaste Fractie (PAF), en bespreekt de toepassingsmogelijkheden ervan.

PAF is de fractie van de soorten die bij een heersende concentratie in het milieu is blootgesteld boven zijn No Observed Effect Concentratie (NOEC). De PAF wordt berekend uit de kentallen van de voor een stof karakteristieke soortengevoeligheidsverdeling. Deze wordt gevonden door een cumulatieve logistische verdelingsfunctie te fitten op de in de literatuur gerapporteerde NOECs voor verschillende soorten. PAF kan worden toegepast voor het vergelijken van stoffen aan de hand van de toxische druk die zij uitoefenen. De belangrijkste toepassingsmogelijkheid van het PAF concept is berekening van toxische druk van mengsels van stoffen. Via de theoretische combiPAF berekening wordt voor alle aanwezige stoffen samen afgeleid welke fractie van soorten is blootgesteld aan boven-NOEC concentraties. Met deze rekenregel worden stoffen op toxicologisch betekenisvolle wijze geaggregeerd, en wordt de totale toxische druk van de in het milieu aanwezige toxische stoffen bepaald. Toepassing van de combiPAF berekening op gemeten concentraties van zware metalen en bestrijdingsmiddelen in oppervlaktewater en bodem in Nederland laat zien dat de toxische druk in de tientallen procenten kan lopen. In sommige situaties wordt voor meer dan de helft van de soorten een NOEC overschreden.

Voor water is behalve de (combi)PAF-berekening, die uitgaat van gemeten concentraties van bekende stoffen, een experimentele bepaling van de toxische druk mogelijk. De PAF meting gebeurt door toxiciteitstests uit te voeren met geconcentreerd oppervlaktewater. Op deze manier wordt ook de PAF van niet-geïdentificeerde stoffen meebepaald. De gemeten PAFs liggen in de praktijk lager dan de voor dezelfde watermonsters berekende combiPAFs. Voor deze waarneming is nog geen volledige verklaring.

De PAF wordt geïnterpreteerd als maat voor de toxische druk die stoffen uitoefenen op ecosystemen. De gevolgen van de aanwezigheid van toxische druk op de natuur, in termen van het vóórkomen van soorten, is nog onderwerp van onderzoek. Nadat zo'n verband is vastgesteld kan het effect van toxische stoffen op ecosystemen kwantitatief worden vergeleken met de effecten van andere belangrijke milieudrukfactoren (vermesting, verzuring, etc.).

Het PAF concept is besproken in wetenschappelijke en beleidsmatige kringen. De wetenschappelijke reactie is dat de geloofwaardigheid van (combi)PAF als maatlat voor toxische druk geheel afhankelijk is van de aantoonbaarheid van het verband tussen (combi)PAF en in het veld waargenomen effecten. Door milieubeleidsmakers wordt weinig beleidsmatige meerwaarde gezien in de toepassing van het PAF concept. Men verwacht niet dat het cijfermatig zichtbaar maken van de omvang van het vergiftigingseffect op de natuur een zodanig ander licht zal werpen op het toxische stoffenprobleem dat men zou overwegen om PAF te gaan gebruiken in of naast het gevestigde normstellingsbeleid.

De combiPAF methodiek kan als basis worden gebruikt voor de ontwikkeling van een Milieu Effect Indicator voor toxische stoffen, waarmee via berekening en experimentele meting het verloop van de vergiftigingsdruk op ecosystemen kan worden gevolgd. Aanbevolen wordt daarom om het nog doorlopende PAF-onderzoek te concentreren op twee hoofdpunten:

1. Kwantitatief verband leggen tussen toxische druk en in het veld waarneembare effecten
2. Ophelderen van het verband tussen de berekende combiPAF en de PAF meting in water.

1. Inleiding

Waar gaat dit rapport over?

In 1997 werd in een reeks RIVM rapporten [1,2,3,4] het begrip Potentieel Aangetaste Fractie soorten (PAF) geïntroduceerd. PAF is bedoeld als antwoord op een breed gevoelde behoefte om toxische stoffen onder één noemer te brengen. Dit om stoffen te kunnen vergelijken op grond van de omvang van hun milieu-effect, en om de milieu-effecten van stoffen "optelbaar" te maken; via PAF wilde men ook onzekerheden omtrent effecten van toxische stoffen kwantitatief maken, en daarmee bespreekbaar.

De RIVM rapporten, en de toepassing ervan in de Milieu- en Natuurverkenningen van 1997, zijn de start geweest voor discussie in wetenschappelijke en beleidsmatige kring over de mogelijkheden en beperkingen van de PAF methodiek. De discussie heeft geleid tot wijziging van zienswijzen, tot verdere inhoudelijke ontwikkelingen, en tot toepassing van het concept in andere gebieden. Het resultaat is dat de inzichten over de beleidsmatige gebruiksmogelijkheden van de PAF methodiek nu min of meer zijn uitgekristalliseerd.

Doel van dit rapport is om een overzicht te geven van de gebruiksmogelijkheden van PAF, en deze te bespreken in het licht van de kritische kanttekeningen die erbij geplaatst zijn. Dit rapport fungeert daarmee als eindrapportage van het project Monitoring en Diagnose Ecologische Effecten Stoffen (MEES).

Waarom PAF?

De Potentieel Aangetaste Fractie is bedoeld als antwoord op een reeks van vragen met min of meer dezelfde achtergrond:

1. Door het RIVM wordt voor gebruik in planbureau producten gezocht naar een kwantitatieve indicator voor het effect van toxische stoffen op ecosystemen; een maat om t.b.v. het milieubeleid inzake stoffen het effect van "verspreiding" in (kaart)beeld te brengen. Er werd aangesloten bij het gebruik van gevoeligheidsverdelingen, zoals dat tien jaar eerder zijn intrede had gedaan in het normstellingsbeleid [5].
2. Door de directie Stoffen, Veiligheid, Straling van het Directoraat-generaal Milieubeheer (DGM/SVS) wordt gezocht naar verfijning van de Milieubeleidsindicator voor het milieuthema verspreiding, zoals toegepast in de jaarlijkse rapportage over de voortgang van het milieubeleid aan de Tweede Kamer [6, 7]. Recent is door het CBS een dergelijke indicator voorgesteld in het kader van de NAMEA rapportage [8].
3. Voor het internationale milieubeleid was in het kader van UNEP's Wereldmilieuverkenning [9] eerder door het RIVM gezocht naar mogelijkheden om "global toxification" te kwantificeren en voorspellen. PAF als mogelijke indicator voor toxische druk op ecosystemen in achtergrondgebieden werd daar voor het eerst toegepast [10].
4. Door het Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ) en het Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA) is tegelijkertijd een werkwijze ontwikkeld om ecotoxicologische risico's van stoffen op watersystemen te beoordelen [11,12].

5. In OECD verband worden indicatoren voor risico's van bestrijdingsmiddelengebruik ontwikkeld. Aggregatie van stoffen op basis van het PAF concept wordt in dit kader overwogen [13]
6. De introductie van het PAF concept is snel opgepakt in de wereld van produktbeoordeling (Life Cycle Assessment, LCA). Juist daar werd de behoefte aan een gemeenschappelijke noemer voor toxische stoffen het sterkst gevoeld. Enkele jaren geleden is het gebruik van PEC/PNEC ratio's in LCA ingevoerd [14]. Nu wordt bij herhaling in deze wereld gesuggereerd om PAF te gebruiken als basis voor aggregatie toxische stoffen [15,16,17].

RIVM werk

Het PAF concept is uitgewerkt in het RIVM de onderzoeksprogramma's Kartering Ecotoxische Effecten Stoffen (KEES; 1996-1997), en Monitoring en Diagnose Ecologische Effecten Stoffen (MEES; 1998). Het KEES/MEES programma wilde kwantitatief verband leggen tussen concentraties van toxische stoffen in het milieu en het vóórkomen van soorten. Doel hiervan was om het effect van toxische stoffen vergelijkbaar te maken met de effecten van de milieudrukfactoren verzuring, verdroging en vermessing, die al eerder in termen van vóórkomen van soorten werden uitgedrukt.

Dat einddoel is nog niet gerealiseerd; de PAF methodiek is een tussenstation. Nu nog wordt volstaan met het rapporteren van de mate waarin ecosystemen, als gevolg van de aanwezigheid van toxische stoffen, onder druk staan. PAF wordt als indicator van deze toxische druk gezien. In een voltraject wordt de vertaling van toxische druk (PAF) naar vóórkomen van soorten uitgewerkt.

Halverwege het KEES/MEES traject is in twee workshops de PAF methodiek voor commentaar voorgelegd aan vertegenwoordigers van "de wetenschap" en "het beleid". Daarnaast heeft de gebruikelijke nationale en internationale wetenschappelijke communicatie over PAF plaatsgevonden. De ontvangen commentaren en suggesties worden in dit rapport behandeld.

Recente ontwikkelingen

Zienswijzen worden voortdurend bijgesteld naar aanleiding van uitkomsten van studies. Het PAF concept vormt hierop geen uitzondering. Recent onderzoek in en buiten het MEES programma heeft zijn weerslag gehad op de huidige zienswijze. Dat onderzoek wordt hier slechts terloops behandeld. Het gaat hierbij met name om:

- **(Combi)PAF berekening voor veel stoffen.** Voor het berekenen van PAF is kennis nodig van gevoeligheidsverdelingen. Tot voor kort bestond deze kennis slechts voor een klein aantal stoffen, waarvan de toxicologische gegevens in het kader van het afleiden van MTR waarden uitgebreid waren bestudeerd. Recent werk van Luttk en Aldenberg [18], en van De Zwart [19] maakt het mogelijk om goede PAF schattingen te maken voor zeer veel stoffen, ook voor stoffen waarvoor geen normen zijn of kunnen worden afgeleid. PAF berekeningen kunnen nu worden gedaan voor vrijwel alle stoffen die in het milieu voorkomen.

- **Ecologische betekenis PAF.** Klepper *et al.* [20] hebben aan de hand van praktijksituaties, en op theoretisch-modelmatige gronden laten zien dat vertaling van toxische druk naar daadwerkelijke effecten op het vóórkomen van soorten mogelijk is.
- **Empirisch-statistisch verband tussen toxische druk en voorkomen van soorten.** Door De Zwart [21] wordt empirisch verband gezocht tussen toxische druk en het vóórkomen van soorten in het veld. De eerste resultaten wijzen erop dat in de praktijk vertaling mogelijk is.

Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt een overzicht gegeven van wat "het PAF concept", op basis van eerder genoemde technische rapporten [1,2,3,4], aangevuld met recent verworven inzichten. In hoofdstuk 3 worden de commentaren die wetenschappers en beleidsmakers op het PAF concept hebben geleverd samengevat en besproken. In hoofdstuk 4 worden concrete toepassingmogelijkheden van PAF genoemd.

2. Potentieel Aangetaste Fractie

2.1 PAF concept

Drempelwaarden

Voor veel toxische effecten bestaat een drempelwaarde; er is een concentratie waar beneden geen effecten optreden. Boven de drempelconcentratie wordt bij toenemende concentraties een toenemende mate van effect waargenomen. De via laboratoriumexperimenten bepaalde NOEC* geldt als benadering van de drempelconcentratie. Het milieubeleid voor toxische stoffen is gebaseerd op dit drempelwaardeconcept. Men probeert de concentraties in het milieu zo laag te houden dat de NOECs niet worden overschreden: dan is er immers in het geheel geen effect. Voor humaan-toxische effecten kon dit toepassing vinden omdat vaak sprake is van één dominant effect, dat voor verschillende bevolkingsgroepen niet al te zeer verschilt. Het begrip NOEC voor "het" effect op "de mens" kon op die manier worden ingevuld. Voor effecten op ecosystemen kon dit niet altijd. Er moest daarom een wat andere benadering worden gekozen.

HC₅

Ecosystemen bestaan uit veel verschillende soorten, die in gevoeligheid voor een bepaalde stof sterk kunnen verschillen. Bovendien kan de toxische werking verschillen per soort. In ecosystemen zijn er dus NOECs voor verschillende effecten op de verschillende soorten. De verdeling van NOECs van één stof omspannt doorgaans vele orden van grootte[†]. Historisch is in het ecotoxicologische milieubeleid net als in het mensgerichte beleid gestreefd naar concentraties (ruim) beneden de laagste (waargenomen) NOEC. Impliciet hieraan was het uitgangspunt dat een ecosysteem voldoende is beschermd als alle soorten erin beschermd zijn[‡]. Het normstellingsbeleid voor toxische stoffen is o.a. gericht op het beperken van risico's voor ecosystemen [22]; bepaling van het maximaal toelaatbaar risico (MTR) speelt hierbij een sleutelrol. Op grond van de beschikbare toxiciteitsgegevens wordt per stof een concentratie vastgesteld waarbij het risico op nadelige effecten maximaal toelaatbaar is. Uitgangspunt voor de vaststelling van dit MTR vormt de 5^e percentiel van de NOEC verdeling -- de door Van Straalen en Denneman [23] geïntroduceerde "hazardous concentration for 5% of the species" (HC₅). Hieraan ten grondslag lag het "95% beschermingsniveau" advies van de Gezondheidsraad [24]. De Gezondheidsraad stelde dat voor het kiezen van een maximaal toelaatbaar risiconiveau voor ecosystemen onvoldoende wetenschappelijke basis bestond. Bij gebrek daaraan werd de min of meer arbitraire keuze gemaakt om de 5^e percentiel van de

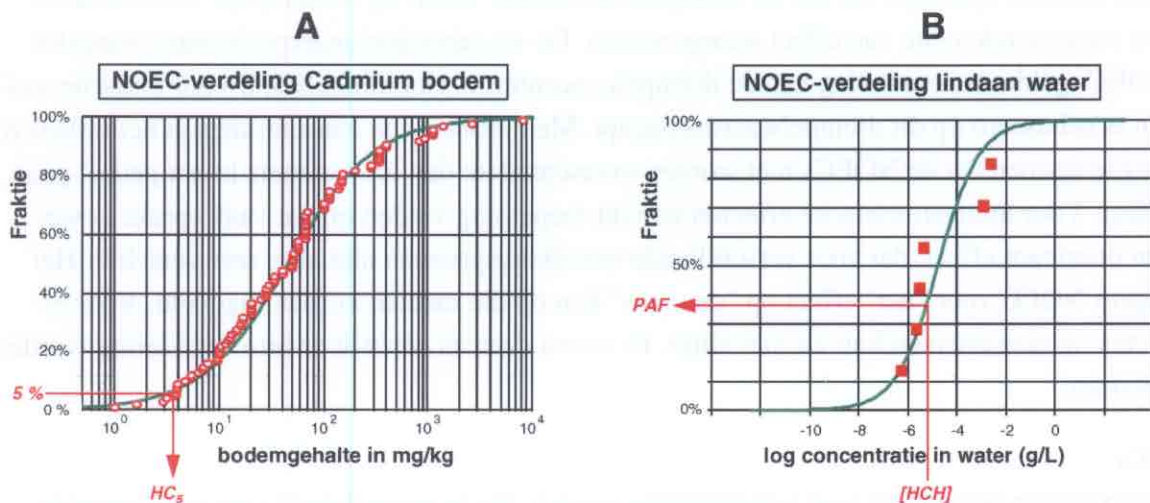
* No-Observed Effect Concentration: de hoogste concentratie waarbij in het laboratorium geen effecten van de stof zijn waargenomen.

† Dit geldt natuurlijk niet alleen voor NOECs; ook andere effectmaten, zoals bv. L(E)C₅₀ hebben diezelfde brede soortengevoeligheidsverdelingen.

‡ Door Van Straalen wordt dit axioma aangeduid als de eerste hoofdwet van de ecotoxicologische risicobeoordeling.

NOEC verdeling hiervoor te nemen: de concentratie waar beneden niet meer dan 5% van alle NOECs valt. Sindsdien zijn MTR en HC₅ bijna synoniem geworden.

De "Van Straalen methode" voor het afleiden van HC₅ maakt gebruik van standaard enkelsoorts toxiciteitstoetsen met water of bodemorganismen. Op grond hiervan worden de ligging en de spreiding van de NOEC verdeling bepaald. Door de voor verschillende soorten gemeten NOECs van een stof wordt een log-logische verdelingsfunctie gefit, waaruit de HC₅ wordt afgeleid.



Figuur 1 Gebruik van NOEC verdelingen in de "Van Straalen methode" voor afleiding van HC₅ (A) en voor berekening van de Potentieel Aangetaste Fractie (B).

PAF

Onder de Potentieel Aangetaste Fractie (PAF), verstaan we het percentage van de soorten dat bij de heersende concentratie van een stof in het milieu is blootgesteld boven de NOEC. Het PAF concept kan worden gezien als "inverse Van Straalen methode"[§]. Uitgangspunt in beide is de cumulatieve NOEC verdeling voor een stof.

In de "Van Straalen methode" wordt de concentratie gezocht waarvoor geldt dat slechts 5% van de soorten een NOEC heeft die lager is dan deze waarde. Indien veel (>>20, **Figuur 1A**) NOECs beschikbaar zijn kan deze 5^e percentiel door telling worden gevonden. Zijn er maar weinig NOECs beschikbaar (<20, **Figuur 1B**), dan moet de 5^e percentiel worden geschat. Vaak ligt de geschatte 5^e percentiel beneden de laagste waarde van de reeks NOECs (zoals in het voorbeeld van **Figuur 1B**). In de praktijk wordt altijd een gefitte verdelingsfunctie gebruikt voor het schatten van de 5^e percentiel (**Figuur 1A**). Bij de PAF berekening vindt het omgekeerde van die bewerking plaats. De gefitte NOEC verdelingscurve wordt gebruikt om bij een gegeven concentratie het percentage van de soorten te vinden waarvoor geldt dat die concentratie hoger is dan de NOEC van **Figuur 1B**). Deze wijze van risicoberekening is al geruime tijd geleden door Van Straalen beschreven [25], maar niet verder uitgewerkt.

[§] Deze benaming is geïntroduceerd door het RIKZ [11]. Naar de aard van de bewerking zou echter de HC₅-afleiding eerder "invers" moeten worden genoemd, en de PAF berekening "voorwaarts". De term "inverse Van Straalenmethode" wordt hier alleen illustratief gebruikt en niet overgenomen.

De PAF berekening kan in principe worden toegepast voor elke stof en voor elk milieucompartment, indien de parameters van de gevoeligheidsverdeling kunnen worden afgeleid. Curve-fitting op de NOECs van enkelvoudige stoffen kan alleen maar met enige betrouwbaarheid als er veel NOECs beschikbaar zijn [26,27]**. De voorbeelden in *Figuur 1* vormen hiervan een realistische illustratie.

Door middel van de PAF berekening worden concentraties van stoffen in het milieu dus eigenlijk ecotoxicologisch gewaardeerd: concentraties worden zodanig geschaald dat vergelijking van stoffen mogelijk wordt op basis van hun potentie om effecten op organismen uit te oefenen.

CombiPAF

Ecosystemen zijn vrijwel altijd blootgesteld aan meer dan één stof tegelijk. Normstellingsbeleid wordt echter gevoerd voor individuele stoffen^{††}; per stof^{‡‡} worden emissiebeperkende maatregelen uitgewerkt. Vanuit het oogpunt van bescherming van ecosystemen zou beleid voor alle toxische stoffen samen de voorkeur verdienen, omdat daarmee de combinatiewerking van stoffen beter in beschouwing zou kunnen worden genomen. Nu is dit slechts bij uitzondering (voor zeer verwante stoffen als PCBs, PAKs, chloorfenolen) het geval^{§§}. Met het stijgen van het aantal stoffen waarvoor milieukwaliteitsdoelstellingen zijn opgesteld^{***}, wordt

** In de praktijk van de normstelling wordt als betrouwbaarheids criterium gehanteerd dat van minstens vier NOECs (uit verschillende taxonomische groepen) een gemeten NOEC beschikbaar moet zijn voordat de methode van curve-fitting met voldoende betrouwbaarheid kan worden toegepast. Is dit niet het geval, dan wordt een andere manier van afleiden van normen gekozen. Niet-ingewijden hechten hieraan gemakkelijk de interpretatie dat de HC₅ wél met grote betrouwbaarheid kan worden afgeleid als er 4 of meer NOECs beschikbaar zijn. Dit is een hardnekkig misverstand. Dit ondanks de waarschuwing van Aldenberg dat bij dergelijke kleine steekproeven de betrouwbaarheid zeer gering is. Bij slechts vier NOECs kan de 95%-onzekerheidsmarge voor de berekende HC₅ enkele orden van grootte bedragen. Uiteraard gelden deze ruime marges ook bij PAF berekening.

†† Naast het maximaal toelaatbaar risiconiveau, MTR, is een verwaarloosbaar risiconiveau, VR, gedefinieerd, dat 100 beneden het MTR ligt. Deze marge is beleidsmatig zo gekozen om rekening te houden met mogelijke gelijktijdige aanwezigheid in het milieu van meer verschillende stoffen samen. Het milieubeleid tracht adequate bescherming aan ecosystemen te bieden door te streven naar VR per stof.

‡‡ Met "stof" wordt in deze context een enkelvoudige chemische verbinding verstaan, hoewel in de zin van de Wet Milieubeheer "stoffen" ook mengsels van individuele chemische componenten kunnen zijn (bv. aardolieproducten).

§§ Ten tijde van de invoering van het MTR/VR stelsel is besloten om beleid per stof te voeren omdat (i) over het afleiden van normen voor mengsels van stoffen wetenschappelijk geen overeenstemming bestond, (ii) het handhaven van normen per stof beter uitvoerbaar werd geacht, en (iii) emissiebeleid voor stoffen samen bestuurlijk ingewikkeld leek. Van een "stof" als "lichte nafta" (een mengsel van een groot en onbepaald aantal verschillende koolwaterstoffen) kan in principe de concentratie (in massa of mol per volume-eenheid) in bv. oppervlaktewater worden vastgesteld. Ook zouden NOEC, HC₅, en MTR van nafta kunnen worden bepaald. Deze gelden dan alléén voor de samenstelling van het koolwaterstofmengsel zoals dat was in het laboratoriumexperiment. De betekenis hiervan voor het milieubeleid is echter beperkt, omdat er geen direct verband is tussen de emissie van "nafta" en de concentratie/effect. Immers, individuele componenten van mengsels verdwijnen met verschillende snelheden uit het milieu. De samenstelling van het mengsel verandert daarvoor, en dus ook de toxiciteit ervan.

*** In het kader van het project Integrale Normstelling Stoffen zijn tot nu toe voor 153 stoffen risicogrenzen (MTR, VR) afgeleid.

de behoefte aan normen op somparameterniveau dringender. Door Rijkswaterstaat zijn in het kader van de Vierde Nota Waterhuishouding voorstellen in deze richting gedaan.

Toepassing van het PAF concept maakt het mogelijk om het effect van gelijktijdige aanwezigheid van mengsels van stoffen op verzamelingen van soorten te beredeneren. De zg. combiPAF kan op grond van theoretisch afgeleide rekenregels worden bepaald [28]. De betekenis van deze combiPAF voor meerdere stoffen is dezelfde als die van PAF voor één stof, nl. de fractie van de soorten waarvoor sprake is van NOEC overschrijding door een (of meer) stof. Dit biedt de mogelijkheid om de ernst van het aanwezig zijn van meerdere stoffen naast elkaar te beoordelen. De berekende combiPAF voor de stoffen samen is vergelijkbaar met de PAF van een enkele stof, en kan worden gespiegeld aan het MTR niveau zoals dat is gekozen voor individuele stoffen.

Zouden van alle soorten in het ecosysteem de NOEC verdelingen van alle aanwezige stoffen beschikbaar zijn, en zouden we de concentraties van alle stoffen kennen, dan zou de fractie soorten met NOEC overschrijding rechtstreeks kunnen worden geteld. In de praktijk ontbreekt veel van deze informatie, en kan de waarde van combiPAF alleen via extrapolerende berekeningen, of via meting worden vastgesteld (zie verder in paragraaf 2.3).

PAF biedt daarmee een toxicologisch betekenisvolle manier om stoffen te aggregeren. Dit is de belangrijkste eigenschap van PAF.

Interpretatie van PAF

De betekenis van PAF is gekoppeld aan de inhoud van het NOEC begrip. Daarbij zijn de volgende zaken van belang:

- **NOEC is éézijdig.** De éézijdige betekenis van NOEC is dat beneden de NOEC geen effect optreedt. Niet meer dan dat. Bij blootstelling aan concentraties boven de NOEC, is dus wél effect mogelijk, maar over de omvang daarvan wordt geen uitspraak gedaan.
- **NOEC heeft betrekking op verschillende effecten.** De normstelling voor toxische stoffen wordt gebaseerd op NOECs voor effecten die van betekenis worden geacht voor het voortbestaan van een populatie. De meest voorkomende NOECs zijn die voor sterfte, reproductie en groei. De NOEC verdelingen waaruit HC₅ -- en dus ook PAF -- worden berekend bevatten deze door elkaar.
- **Generieke soortenverzameling.** De normstelling voor toxische stoffen heeft in beginsel betrekking op alle soorten die in ecosystemen kunnen voorkomen, terwijl maar voor enkele soorten toxiciteitsgegevens beschikbaar zijn. Noodgedwongen worden die soorten opgevat als een representatieve steekproef uit de alle mogelijke soorten (de "generieke soortenverzameling")^{†††}. De hierop gebaseerde PAF is een "generieke PAF".

^{†††} Deze aanname is onderwerp van veel kritiek. Men kan zich voorstellen dat bij de keuze van testsoorten rekening wordt gehouden met voorkennis over de verwachte gevoeligheid van de soort. Bij specifiek werkende stoffen (bv. bestrijdingsmiddelen) moet rekening worden gehouden met aanwezigheid van gevoelige en ongevoelige soorten. De testsoorten zouden juist uit één van de beide groepen kunnen komen. Hoewel er redenen zijn om te verwachten dat de beschikbare NOECs niet representatief zijn voor alle

Voor een enkele soort heeft het gebied beneden de NOEC van het "gevoeligste" effect de duidelijke betekenis dat in dit concentratiegebied de soort "volledig beschermd" is. Voor een verzameling van soorten geldt evenzo dat in het gebied beneden de laagste NOEC van de meest gevoelige soort alle soorten volledig beschermd zijn. Altijd geldt dat de betekenis van het concentratiegebied boven de NOEC beperkt is. Voor dat concentratiegebied geldt alleen dat er geen sprake is van volledige bescherming. Er is effect, maar de aard en de omvang ervan blijven buiten beschouwing. Toch heeft PAF juist betrekking op de concentraties boven de NOEC.

Voor verzamelingen van soorten geeft PAF aan voor welke fractie van de soorten er geen volledige bescherming is. Deze fractie noemen we de Potentieel Aangetaste Fractie. We mogen PAF opvatten als een indicator voor de mate waarin stoffen een toxische druk uitoefenen op soorten. Als voor geen enkele soort een NOEC wordt overschreden (PAF=0%), dan is het systeem vrij van toxische druk. Als voor alle soorten een NOEC wordt overschreden (voor alle soorten druk aanwezig), is de PAF maximaal (=100%).

Toxische druk (PAF) en Kans op Voorkomen (KoV)

De grootte van de fractie soorten met NOEC overschrijding is als zodanig geen maat voor de omvang van het te verwachten effect op ecosystemen. NOEC overschrijding leidt niet automatisch tot het verdwijnen van een soort. Niettemin mag op intuïtieve gronden worden aangenomen dat de effecten op ecosystemen toenemen met toenemende PAF. Het verband tussen PAF en ecosysteem effecten is onderwerp van onderzoek via theoretische en empirisch-statistische weg.

Vanuit een theoretisch-modelmatige benadering wordt gezocht of er effectbeschrijvende parameters in de plaats van NOEC kunnen worden gebruikt die meer rechtstreeks verband houden met de grootte van de populaties en het voortbestaan van soorten. Vanuit een empirische benadering wordt gezocht naar correlatie tussen in het veld waargenomen ecosysteem effecten en de aldaar heersende toxische druk. Wat het kwantitatieve verband is tussen toxische druk en de aard/grootte van ecosysteem effecten zal moeten volgen uit dit type onderzoek.

Het in het KEES/MEES programma gekozen einddoel is om effecten van toxische stoffen te kunnen uitdrukken in termen van vóórkomen van soorten. Hiermee wordt aansluiting gezocht bij de manier waarop voor de milieuthema's verdroging, verzuring en vermessing via de Natuurplannersystematiek [29] ecosysteemeffecten worden beschreven met het begrip kans op voorkomen.

De term Kans op Voorkomen (KoV) blijkt in verschillende betekenissen te worden gebruikt.

- i. In de Natuurplanner wordt met het empirisch-statistische model MOVE [30] voor een specifieke verzameling van een plantensoorten (de doelsoortenverzameling die hoort bij het beschouwde natuurdoeltype) de fractie soorten berekend waarvan, gegeven een bepaalde plaats met bijbehorende milieucondities, de kans om voor te kunnen komen groter

mogelijke NOECs, blijkt in de praktijk van stoffenbeoordeling dat deze afwijkingen moeilijk zijn vast te stellen.

is dan een gekozen drempelwaarde: KoV in MOVE-context, betrokken op een specifieke verzameling van doelsoorten.

- ii. In het KEES/MEES programma geldt eveneens het voorkomen van soorten als eindpunt. Doel is om de invloed van toxische druk op een soort uit te drukken in (vermindering van) de kans dat de soort onder die toxische druk kan (blijven) voorkomen: KoV in algemene betekenis, betrokken op één soort.
- iii. In het verlengde hiervan kan, net als dit in de Natuurplanner wordt gedaan, worden berekend welke fractie van de soorten een gereede kans heeft om voor te komen: KoV in beperktere betekenis, betrokken op een (generieke) verzameling van soorten.

Bij gebruik van de term KoV moet dus worden aangegeven in welke betekenis deze wordt bedoeld. In het vervolg van dit rapport zal de term KoV zoveel mogelijk worden gebruikt in de laatstgenoemde betekenis, omdat dit goed aansluit bij de PAF benadering van het begrip toxische druk. PAF en KoV worden zo beide ingevuld als de fractie van een verzameling van soorten waarvoor geldt dat Zo kan ook betekenisvol worden gesproken over doorvertaling van PAF naar KoV.

In afwachting van de resultaten van het onderzoek naar het verband tussen PAF en KoV beperken we de interpretatie van PAF tot die van "toxische druk", met niet meer dan een vermoeden van de relatie ervan met het daadwerkelijk optreden van effecten op ecosystemen.

2.2 Technische uitwerking van het PAF concept

De vier genoemde RIVM rapporten [1,2,3,4] gaan alle uit van het bovenbeschreven concept dat de fractie van de soorten waarvoor NOEC overschrijding optreedt wordt gebruikt als maat voor toxische druk op ecosystemen. Er wordt onderscheid gemaakt tussen berekening van PAF en meting van PAF.

Bij PAF *berekening* wordt, op de in **Figuur 1B** aangegeven wijze, berekend voor welk percentage van de soorten NOEC overschrijding geldt. De berekeningen starten met concentraties. Dit is in de eerste drie rapporten aan de orde. Het rapport van Klepper en Van de Meent [1] beschrijft de generieke PAF berekening. Het rapport van Luttik *et al.* [2] behandelt de doelsoort-specifieke PAF berekening. Het rapport van Bakker en Van de Meent [3] gaat over het gebruik van de combiPAF berekening als indicator voor stoffen samen.

Bij PAF *meting* wordt de toxiciteit van watermonsters experimenteel bepaald, zonder vast te stellen welke stoffen in het water aanwezig zijn, en in welke concentraties. De toxiciteit wordt uitgedrukt in PAF eenheden. Roghair *et al.* [4] beschrijven hoe dit gaat.

Momenteel zijn deze beide methoden nog niet op elkaar geijkt; dit is nog onderwerp van onderzoek.

2.2.1 De generieke PAF berekening

Generieke PAF wordt berekend uit (i) gemeten of berekende concentraties van toxische stoffen in bodem of water, (ii) biologische beschikbaarheid, (iii) natuurlijke achtergrondgehalten

(metalen), en (iv) de parameters van de NOEC verdeling. De generieke PAF berekening heeft de bedoeling om nauw aan te sluiten bij de normstellingspraktijk, maar wijkt daarvan ook af.

- Net als in de normstelling wordt gebruik gemaakt van de NOEC verdeling van de "generieke soortenverzameling". Net als bij de normstelling wordt bij de generieke PAF berekening niet gelet op de soorten die op de locatie waarvoor de PAF berekening wordt gedaan vóórkomen, of worden geacht daar te kunnen vóórkomen.
- Anders dan in de normstelling, wordt rekening gehouden met biologische beschikbaarheid en natuurlijk voorkomen van de stoffen^{†††}.

Beschikbaarheid

Beschikbaarheidscorrecties worden gemaakt op basis van verschillen in partitie tussen vaste stof en poriewater. Het betreft enerzijds correctie voor verschillen tussen de omstandigheden waaronder de toxiciteitstests in het laboratorium zijn uitgevoerd en de veldomstandigheden, en anderzijds verschillen in beschikbaarheid tussen de verschillende veldlocaties. Voor zware metalen in de bodem worden verschillen in beschikbaarheid hoofdzakelijk beheerst door pH verschillen. Onder veldomstandigheden ligt de pH gemiddeld een hele eenheid lager dan onder de standaard laboratoriumomstandigheden; bij gelijke metaalgehalten is de toxische druk in het veld aanzienlijk hoger dan in het lab.

Achtergrondconcentraties

Met natuurlijke gehalten wordt rekening gehouden door de toename van PAF te berekenen boven de PAF die er van nature al was; de zg. antropogene PAF wordt berekend. De natuurlijke achtergrondconcentraties worden geschat.

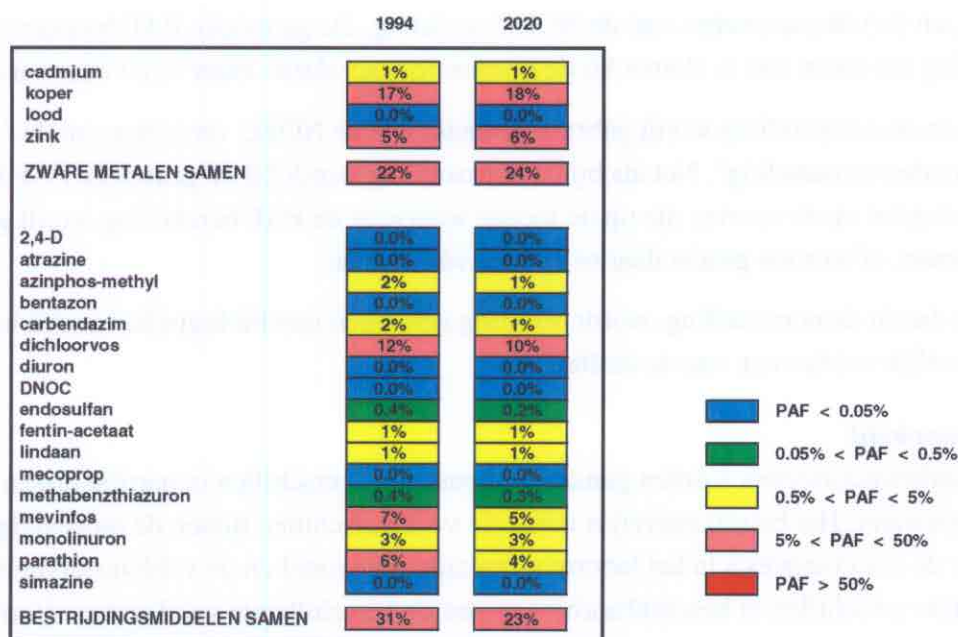
Toepassing generieke PAF berekening

De generieke (combi)PAF berekening is toegepast op zware metalen en bestrijdingsmiddelen in water en bodem in Nederland.

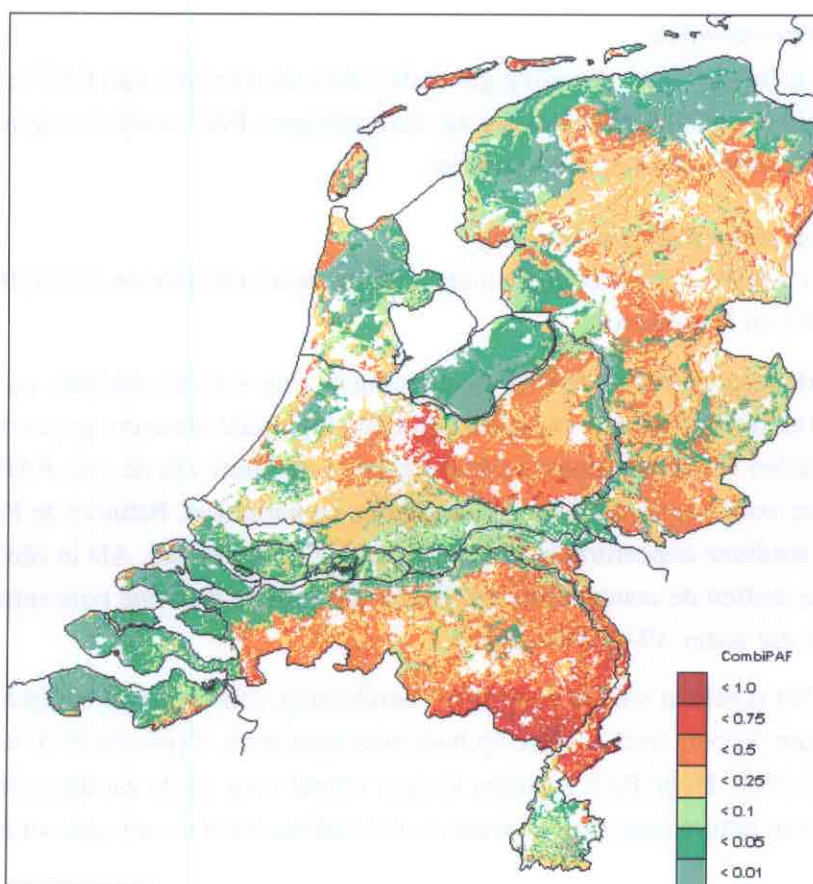
Figuur 2 geeft de resultaten van de PAF berekeningen voor 4 zware metalen en 17 bestrijdingsmiddelen (mediane waarden van meetresultaten regionale wateren; gegevens CIW). Typische PAF waarden voor individuele stoffen liggen in de buurt van de 1%; PAF waarden boven de 5% zijn er voor koper, dichloorvos, mevinfos en parathion. Behalve de PAF waarde die hoort bij de mediane concentratie, is ook de combiPAF berekend. Als in één water van alle beschouwde stoffen de concentratie gelijk zou zijn aan de mediane concentratie, dan zou de combiPAF in dat water 40-45% bedragen.

Figuur 3 toont het resultaat van de combiPAF berekening voor de gezamenlijke toxische druk van cadmium, koper, lood en zink op bodemecosystemen. Typische PAF waarden liggen in de categorie 5-50%. Hoge PAF waarden komen vooral voor op de zandgronden, waar de metaalgehalten van nature laag zijn, en waar de beschikbaarheid voor organismen, als gevolg

^{†††} Bij de afleiding van de nieuwe MTR waarden voor zware metalen is wél rekening gehouden met biologische beschikbaarheid en natuurlijk vóórkomen. Ten tijde van het schrijven van de PAF rapporten was dit nog niet zo.



Figuur 2 Generieke PAFs voor metalen en bestrijdingsmiddelen in regionaal oppervlaktewater. Uit: Nationale Milieuverkenning 4 [31]

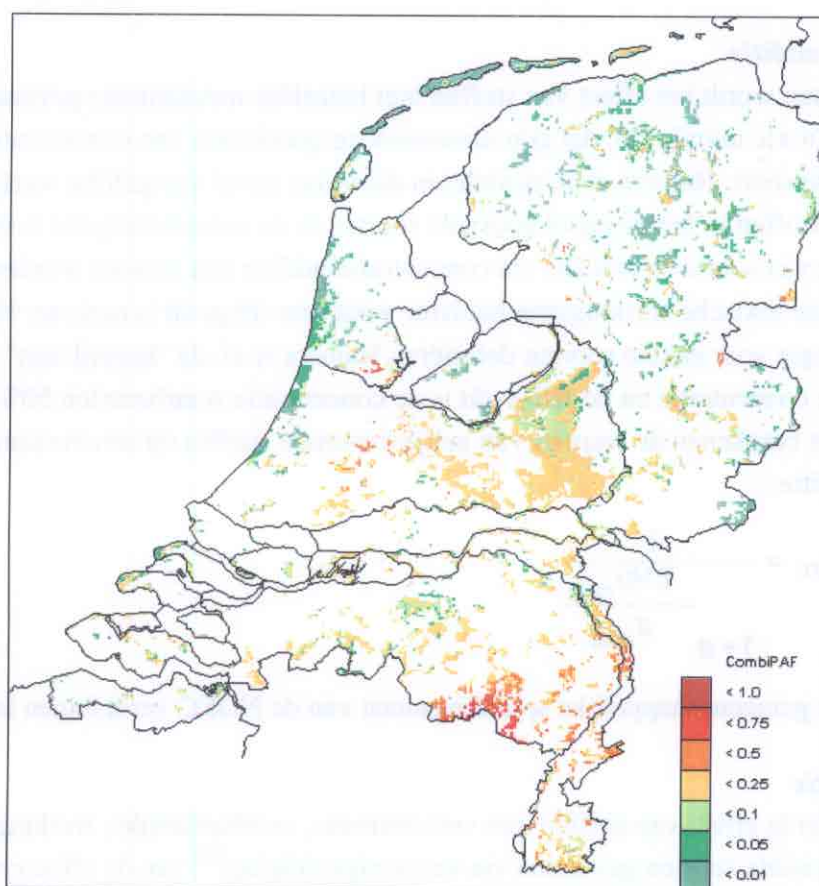


Figuur 3 Generieke PAF in bodemsystemen voor cadmium, koper, lood en zink samen. Op basis van geïnterpoleerde meetresultaten in minerale bodems. Uit: Nationale Milieuverkenning 4 [31].

van de lage pH, juist groot is. Dit resultaat heeft aanvankelijk nogal wat bevreemding gewekt, omdat immers de streefwaarden voor metalen in de bodem niet op grote schaal worden overschreden. Aangezien streefwaarden in beginsel een factor 100 beneden het MTR liggen, zou mogen worden verwacht dat de PAF waarden ver beneden de 5% (=MTR) zou moeten liggen. Hoe kan het dan zijn dat er in de Nederlandse bodems op zo grote schaal een niet onaanzienlijke toxische druk heerst? De verklaring is dat de destijds geldende streefwaarden geen toxicologische betekenis hadden. Men had destijds, bij gebrek aan ecotoxicologische onderbouwing, de streefwaarden gelegd op een niveau waarvan werd vermoed dat daarbij de effecten op ecosystemen verwaarloosbaar waren. De huidige PAF berekening geeft reden om de juistheid van dat vermoeden nog eens kritisch te bezien.

2.2.2 De doelsoort-specifieke PAF berekening

Veel van de doelsoorten in het natuurbeleid behoren tot de vogels en zoogdieren. Van deze dieren wordt verondersteld dat ze toxische stoffen vrijwel uitsluitend via hun voedsel tot zich nemen. Net als bij de normstelling worden rekenregels voor doorvergiftiging toegepast. Hiermee wordt berekend of, gegeven een concentratie in de bodem, vogels en zoogdieren via hun voedsel worden blootgesteld boven hun NOEC. Voor locaties binnen de EHS is zo



Figuur 4 Doelsoort-specifieke PAFs voor vogels en zoogdieren in de EHS. Op basis van dezelfde concentratiedata als **Figuur 3**, berekend via doorvergiftigingsregels, rekening houdend met de voor specifieke locaties aangewezen doelsoorten.

becijferd voor welk percentage van de doelsoortenverzameling dit het geval is (**Figuur 4**). De doelsoortspecifieke berekening is gedaan voor cadmium, koper en zink. Typische PAF waarden voor vogels en zoogdieren liggen in de buurt van de 10%. Vermeldenswaardig is dat cadmium hieraan de belangrijkste bijdrage levert; bij de generieke PAF was dit juist niet zo: daar was de bijdrage van cadmium juist de kleinste van de vier metalen. Dit komt omdat de lichaamsconcentraties van de essentiële elementen koper en zink worden gereguleerd, terwijl het niet-essentiële cadmium zich ophoopt.

2.2.3 De combiPAF berekening voor stoffen samen

De fractie soorten met NOEC overschrijding voor één of meer stoffen wordt berekend volgens de rekenmethode van Hamers *et al.* [28]:

$$\text{combiPAF} = 1 - (1 - \text{PAF}_{\text{narc}}) \cdot (1 - \text{PAF}_A) \cdot (1 - \text{PAF}_B) \cdot \dots \cdot (1 - \text{PAF}_N)$$

Deze methode is gebaseerd op de klassieke toxicologische beschouwingen over het gecombineerde effect van mengsels van stoffen op één soort, nl.

- concentratie-additie voor mengsels van stoffen met hetzelfde werkingsmechanisme
- respons-additie voor mengsels van stoffen met verschillende werkingsmechanismen

Hamers *et al.* hebben dit concept uitgebreid, en toegepast op verzamelingen van soorten.

Concentratie-additie

Bij enkele soorten wordt het effect van stoffen met hetzelfde mechanisme gevonden via sommatie van "toxic units", TU, dat zijn dimensieloze quotiënten van concentraties en LC₅₀ waarden voor de soort. Hamers *et al.* postuleren dat in het geval van gelijke werkingsmechanismen van de stoffen in het mengsel voor alle soorten in de verzameling het overall effect op de verzameling van soorten eveneens via concentratie-additie zou moeten worden gevonden. Het enig bekende toxische werkingsmechanisme waarvoor dit geldt is narcose. Naar analogie met de toxicologie voor enkele soorten definiëren Hamers *et al.* de "hazard unit", HU, als het quotiënt van de concentratie en de HC₅₀ (dit is de concentratie waarbeneden 50% van de NOECs ligt), en berekenen de respons van gelijkwerkende stoffen op een verzameling soorten via HU additie. :

$$\text{PAF}_{\text{narc}} = \frac{1}{1 + e^{-\frac{\sum \text{HU}_{\text{narc}}}{\beta_{\text{narc}}}}}$$

waarbij β_{narc} de gemeenschappelijke spreidingsmaat van de NOEC verdelingen is.

Respons-additie

Het gecombineerde effect van stoffen met verschillende, onafhankelijke, werkingsmechanismen wordt bij enkele soorten gevonden via vermenigvuldiging^{§§§} van de effecten. Het gecombineerde effect van twee stoffen die individueel elk een effect van 50% veroorzaken be-

^{§§§} De achtergrond van de ietwat misleidende benaming "additie" voor dit verschijnsel is mij niet bekend.

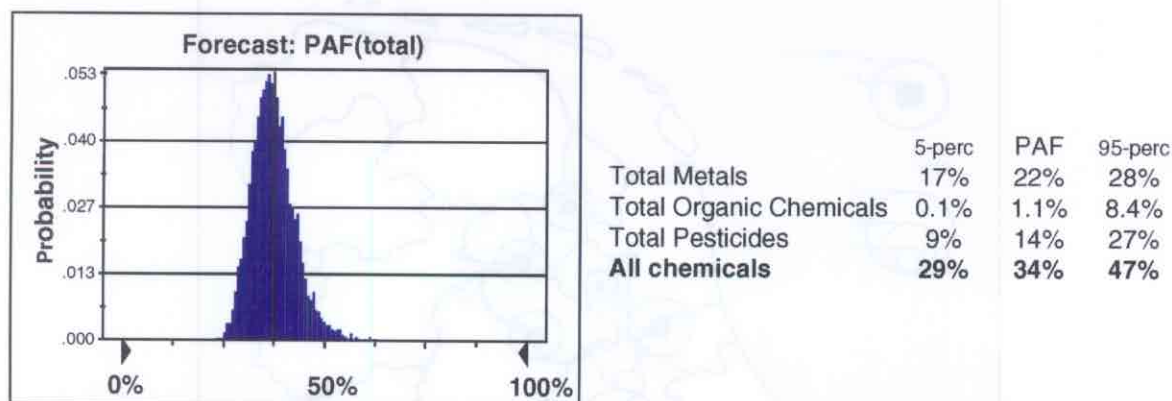
draagt 75% ($0,5 \times 0,5 = 0,75$). Hamers *et al.* pasten dezelfde rekenregel toe op verzamelingen van soorten:

$$PAF_{AB} = 1 - (1 - PAF_A) \cdot (1 - PAF_B)$$

Hamers *et al.* beredeneren dat respons-additie moet worden toegepast op alle overige individuele stoffen, omdat er naast narcose geen enkel ander werkingsmechanisme bekend is dat op alle soorten van toepassing is.

Toepassing combiPAF berekening

De rekenregel van Hamers combineert concentratie-additie voor narcotiserende stoffen met respons-additie voor alle andere stoffen. Deze rekenmethode is toegepast bij het maken van de resultaten die in Fout! Verwijzingsbron niet gevonden., **Figuur 3**, en **Figuur 4** worden getoond. Bakker en Van de Meent [3] hebben de combiPAF berekening toegepast op een grotere reeks van stoffen in totaal 34 stoffen (4 metalen, 18 bestrijdingsmiddelen, en 12 andere organische stoffen). Hierbij waren ook stoffen waarvoor geen betrouwbare concentratiemetingen in het milieu beschikbaar waren, en waarvoor concentratieschattingen op basis van modelberekeningen werden genomen. Op de combiPAF berekening voor stoffen in oppervlaktewater is een onzekerheidsanalyse uitgevoerd. Via Monte Carlo simulatie is onderzocht hoe de onzekerheden in de invoervariabelen (concentraties, α - en β -waarden van de NOEC verdelingen) doorwerken in het eindresultaat (**Figuur 5**).

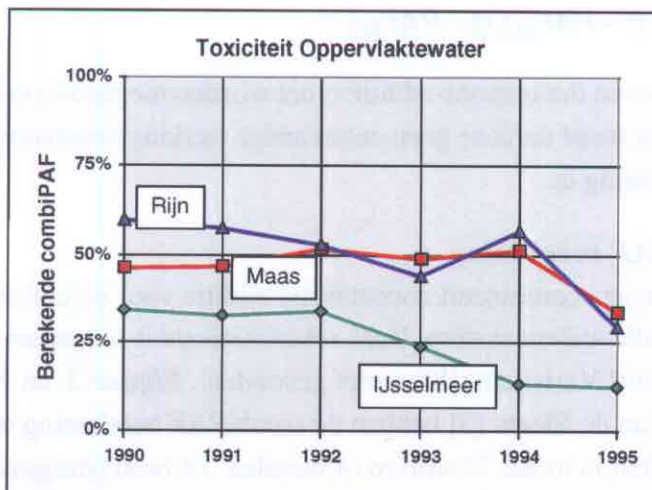


Figuur 5 CombiPAF berekening voor 34 stoffen in water. Onzekerheidsanalyse op het eindresultaat via Monte Carlo simulatie.

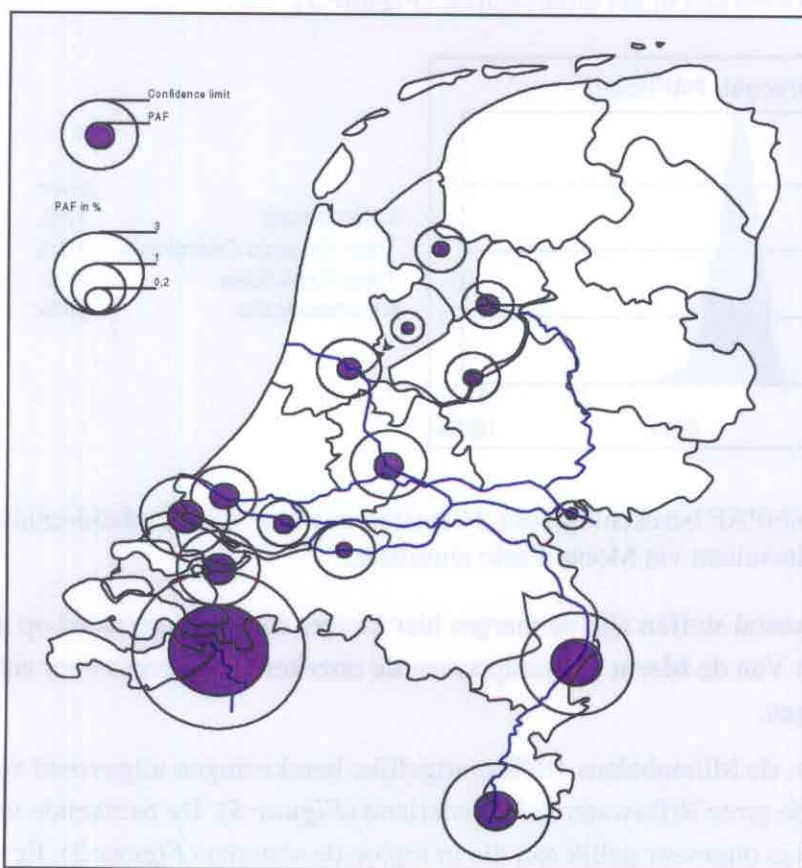
Door het grote aantal stoffen zijn de marges hier kleiner dan werd vermoed op grond van de door Klepper en Van de Meent [1] gerapporteerde onzekerheidsmarges voor enkelvoudige PAF berekeningen.

Recent zijn t.b.v. de Milieubalans 1998 soortgelijke berekeningen uitgevoerd voor de organische stoffen in de grote Rijkswateren in Nederland (**Figuur 6**). De berekende toxische druk in de Rijkswateren is ongeveer gelijk aan die in regionale wateren (**Figuur 2**). Er is een dalende trend in de berekende toxische druk in de Rijn en in het IJsselmeer. Deze is met name het gevolg van de afname van de concentraties van PAK en koper. In de Maas is dit minder duidelijke

lijk. In vergelijking met de geschatte onzekerheidsmarges in de toxische druk berekening zijn de dalingen in Rijn en IJsselmeer groot genoeg om significant te mogen worden genoemd.



Figuur 6 De toxiciteit van Nederlands oppervlaktewater, berekend uit gemeten concentraties van ongeveer 140 verbindingen waaronder zware metalen, bestrijdingsmiddelen en industriële contaminanten. Uit: Milieubalans 1998 [32]



Figuur 7 Resultaten van PAF metingen in Rijkswateren in 1996.

2.2.4 De meting van PAF in watermonsters

Nadeel van de PAF berekening is dat per definitie alleen gelet wordt op bekende stoffen, terwijl niet duidelijk is of er naast deze stoffen nog andere stoffen zijn die effect hebben op organismen. Vooral wordt gevreesd voor de concentratie-additieve narcotiserende activiteit van zeer veel stoffen die in sporenhoeveelheden voorkomen, maar die elk voor zich geen noemenswaardig effect hebben. De PAF meting aan watermonsters komt hieraan tegemoet. Van watermonsters worden m.b.v. XAD-hars concentraten gemaakt. De toxiciteit van de concentraten wordt bepaald met vijf verschillende micro toxiciteitstests. Uit de resultaten ervan wordt afgeleid wat de PAF waarde in het oorspronkelijke watermonster moet zijn geweest. De methode werkt uitsluitend voor organische stoffen (niet voor metalen).

In samenwerking met RIZA wordt de PAF meting uitgevoerd als toxiciteitsmonitoring in de Rijkswateren. Het resultaat van 1996 staat in **Figuur 7**. Typisch bedragen de gemeten PAFs circa 1%. Dat is veel lager dan verwacht mocht worden op grond van de berekende combi-PAF waarden in de rijkswateren. De reden hiervan wordt o.a. gezocht in de niet-optimale opbrengst van de concentratiemethodiek. De meting wordt verder geoptimaliseerd. Uit de metingen blijkt dat de toxiciteit van Maas- en Scheldewater hoger is dan van Rijnwater.

2.3 Enkele recente ontwikkelingen

De technische PAF rapporten zijn medio 1997 gepubliceerd, en in het najaar van 1997 door deskundigen besproken. Sindsdien is het onderzoek verder gegaan. Van enkele recente ontwikkelingen wordt hier kort melding gemaakt omdat de resultaten van rechtstreeks belang zijn voor de gedachtenvorming t.a.v. de gebruiksmogelijkheden van PAF.

2.3.1 Schatten van parameters van NOEC verdelingen

De parameters, α en β , van de NOEC verdelingen van stoffen zijn cruciaal voor toepassing van het HC₅/PAF concept. Vreemd genoeg is aan de kwaliteit van de bepalingsmethoden voor deze parameters nog niet zoveel aandacht besteed. De huidige praktijk is dat α en β via curve fitting worden bepaald uit de voor de betreffende soorten gerapporteerde NOECs. Dit is doorgaans een klein aantal. Door Aldenberg en Slob [26], en recent door Aldenberg en Jaworska [27] is duidelijk gewezen op de gebrekkige betrouwbaarheid van parameterschattingen op basis van dergelijke kleine steekproeven. Er is een opmerkelijke discrepantie met de intuïtie van ecotoxicologen, die de onzekerheden in ecotoxiciteiten als veel minder groot ervaren. Dat zou kunnen komen doordat ervaren ecotoxicologen bij het beschouwen van de testresultaten van een nieuwe stof onbewust hun kennis van andere stoffen meewegen. Een extreem voorbeeld is de situatie waarin van een stof maar voor één soort een toxiciteit is gemeten, en dus per definitie β niet kan worden bepaald omdat er geen standaarddeviatie is. Is in deze situatie niets te zeggen over HC₅ of PAF? Luttik en Aldenberg [18] menen van wél, en maken de ecotoxicologische intuïtie operationeel voor in dit geval de waarde van β te schatten uit de standaarddeviaties van de vele andere stoffen.

Recent is door De Zwart [19] een onderzoek uitgevoerd naar de mogelijkheden om voor stoffen met weinig gerapporteerde NOEC data kennis over α en β te ontleen aan de gegevens over andere eindpunten en andere stoffen. Op basis van een systematisch onderzoek van de AQUIRE database [33] komt hij tot de volgende conclusies:

1. *De chronische NOEC van een stof ligt bij benadering een factor 10 beneden de acute LC₅₀ (Figuur 8A).*

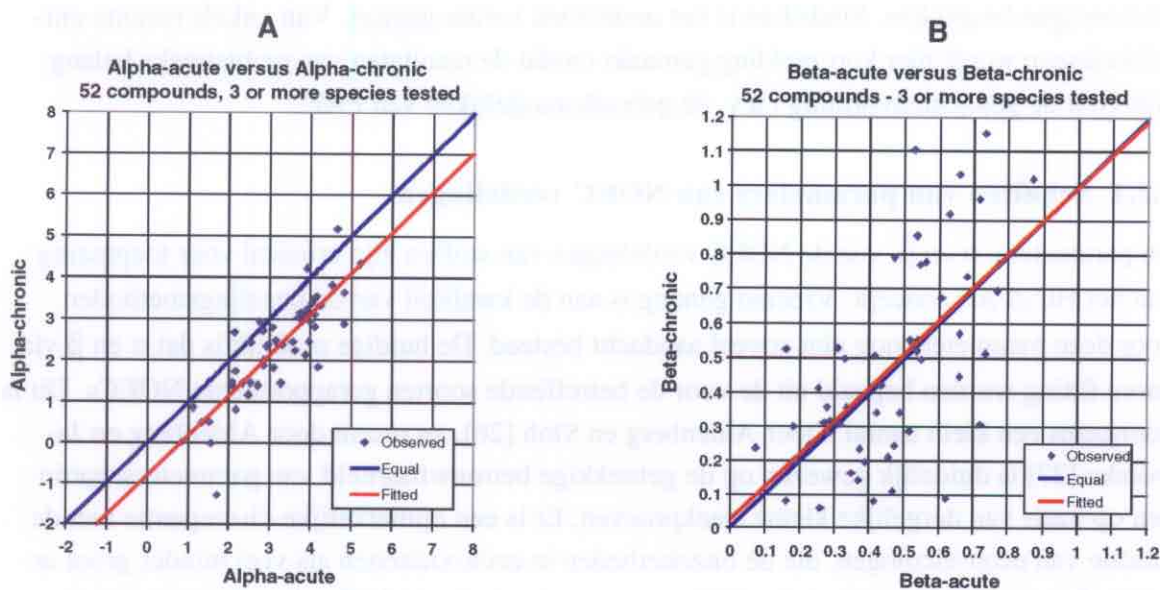
Dit betekent dat bij ontbreken van NOECs de waarde van α kan worden geschat uit de doorgaans in veel grotere mate beschikbare acute toxiciteitsgegevens. Indien veel acute toxiciteitsgegevens beschikbaar zijn en maar weinig NOECs, kan meebeschuwen van de acute data de betrouwbaarheid van de α schatting verbeteren.

2. *Er is geen aanwijsbaar verschil tussen de standaarddeviaties van NOECs en acute LC₅₀ waarden (Figuur 8B).*

Dit betekent dat in situaties waarin maar weinig NOECs beschikbaar zijn, maar wél LC₅₀ waarden, toch betrouwbare schattingen kunnen worden gemaakt van β .

3. *Er is een duidelijk verband tussen de standaarddeviaties van NOECs en LC₅₀ waarden en het toxische werkingsmechanisme van de stof (Tabel 1).*

Dit bevestigt het vermoeden van Aldenberg en Luttkik [18] dat de standaarddeviatie van andere stoffen kan worden gebruikt als voor de betreffende stof te weinig gegevens bestaan.



Figuur 8 Verband tussen chronische en acute toxiciteit (A), en verband tussen spreiding in chronische NOECs en acute LC₅₀ waarden (B) voor 52 stoffen, waarvoor de AQUIRE database gegevens bevat voor minstens 3 soorten.

Tabel 1 Verband tussen de waarde van b en het toxische werkingsmechanisme van stoffen, als gevonden uit de AQUIRE database [19]

<i>Toxic Mode of Action</i>	<i>Chemicals</i>	<i>Average Beta</i>	<i>SE</i>
ALKYLATION OR ARYLATION REACTION	4	0.21	0.04
QUINOLINES	2	0.22	0.06
ESTER NARCOSIS	2	0.23	0.00
REACTIONS WITH CARBONYL COMPOUNDS	2	0.25	0.04
DIESTERS	3	0.28	0.06
POLAR NARCOSIS	11	0.29	0.05
UNCOUPLER OF OXIDATIVE PHOSPHORYLATION	5	0.36	0.04
NONPOLAR NARCOSIS	44	0.40	0.03
REACTIVE DINITRO GROUP	3	0.45	0.11
NEUROTOXICANT: DDT-TYPE	3	0.57	0.06
NEUROTOXICANT: CYCLODIENE-TYPE	9	0.58	0.05
CARBAMATES	8	0.58	0.04
ORGANOPHOSPHATES	23	0.71	0.02
NEUROTOXICANT: PYRETHROIDS	3	0.80	0.13

Deze bevindingen hebben grote gevolgen voor de gebruiksmogelijkheden van PAF. Tot nu toe konden door de schaarste aan NOEC gegevens voor maar weinig stoffen met enige betrouwbaarheid PAF berekeningen worden gedaan. Dat beperkte vooral de mogelijkheden om combiPAF berekeningen te doen voor de vele in het milieu aanwezige stoffen. Op basis van het bovenstaande worden de bestaande PAF berekeningen betrouwbaarder, en worden de beperkingen voor combiPAF berekening vrijwel opgeheven. In de eerder gerefereerde combi-PAF resultaten (*Figuur 5, Figuur 6*) is van het bovenstaande gebruik gemaakt.

2.3.2 Nadere beschouwing combiPAF berekening

Concentratie-additie versus respons-additie

De combiPAF rekenregel van Hamers [28] past principieel concentratie-additie toe op narcotiserende stoffen, en respons-additie op alle overige stoffen. Waarom niet ook concentratie-additie op overduidelijke overeenkomstige werkingsmechanismen die zich bij veel (zij het niet alle) soorten voordoen, zoals bijvoorbeeld choline-esteraseremming en fotosyntheseremming? In de praktijk is dit geprobeerd. Het blijkt weinig uit te maken welk combinatiemechanisme wordt aangenomen. Als voor alle stoffen in het milieu de concentratie-additie rekenregel wordt toegepast levert dit doorgaans een resultaat dat maar weinig verschilt van het resultaat dat wordt verkregen bij toepassing van de rekenregel voor respons-additie op alle stoffen.

Bij nadere beschouwing van de berekening is dit niet verwonderlijk. Voor stoffen met een smalle NOEC distributie leidt de concentratie-additieve berekening altijd tot hogere uitkomsten dan de respons-additieregels. Voor stoffen met brede NOEC distributie geldt het omge-

keerde****. Het "kantelpunt" ligt bij een β waarde van ongeveer 0,4. Dat betekent dat voor specifiek reactieve stoffen en voor (polair) narcotiserende stoffen verwacht mag worden dat de concentratie-additieregel tot hogere uitkomsten leidt. Voor stoffen met een specifiek werkingsmechanisme geeft de respons-additieregel hogere uitkomsten. Voor de meeste stoffen is het verschil echter klein. De stoffen waarmee de praktijkervaringen zijn opgedaan hebben β waarden die in de buurt van het "kantelpunt" van $\beta = 0,4$ liggen. Door deze gelukkige omstandigheid hoeft het concentratie/responsadditie dilemma in de praktijk geen probleem op te leveren. Er zijn echter twee meer principiële aspecten aan deze zaak.

Effect bij lage concentraties van veel stoffen

Kunnen zeer lage concentraties -- ruim onder de NOEC -- van stoffen samen effecten veroorzaken? Voor één enkele soort geldt dat, als de stoffen onafhankelijk en langs verschillende mechanismen werken, de combinatierespons nul is ($0 \times 0 \times 0 \dots = 0$), ongeacht het aantal stoffen. In geval van hetzelfde werkingsmechanisme geldt natuurlijk dat veel stoffen samen een concentratie-additief effect kunnen hebben op de soort. Geldt dit ook voor verzamelingen van soorten? Dat is vragen naar de eindigheid van NOEC verdelingen. Is het denkbaar dat reële concentraties van stoffen in het milieu beneden de NOECs van alle soorten liggen? Is er een concentratie denkbaar waarbeneden voor geen enkele soort een NOEC kan liggen? Er is geen toxicologische reden om aan te nemen dat dit zo is^{†††}. Voor de praktijk zou dit betekenen dat bij elke concentratie wel enkele soorten te vinden zijn die een nog lagere NOEC hebben. In dat geval zou gelden dat voor verzamelingen van soorten lage concentraties van veel stoffen samen effect kunnen hebben, ongeacht of concentratie-additie of respons-additie van toepassing is.

Soorten onafhankelijk?

De rekenregel van Hamers *et al.* [28] voor respons-additie bij soortenverzamelingen is alléén juist als de effecten van stoffen onafhankelijk zijn -- d.w.z. dat er geen correlatie is tussen de NOECs van verschillende soorten voor verschillende stoffen. Positieve correlatie tussen soorten leidt ertoe dat NOEC overschrijding voor één soort vaak gepaard zal gaan met NOEC overschrijding voor andere soorten. Dat is zo als stoffen aangrijpen op soortspecifieke aspecten (b.v. op het zenuwstelsel). In dat geval zal de regel van Hamers in het algemeen een te hoge uitkomst geven. De fractie soorten waarvoor geldt dat voor één of meer stoffen de NOEC wordt overschreden zal dan in werkelijkheid kleiner zijn dan de berekende combiPAF.

**** Dit laat zich met een eenvoudig rekenvoorbeeld illustreren. Als twee stoffen in een zodanige concentratie aanwezig zijn dat er van beide 40% effect zal zijn, dan levert respons-additie altijd een gecombineerd effect van $(1 - 0,6 \times 0,6)$ 64% op, ongeacht de waarde van β . In geval van een smalle NOEC verdeling zou concentratie-additie, in overeenstemming met onze perceptie van de werkelijkheid, een hogere combinatierespons opleveren. In geval van een heel brede NOEC verdeling zou concentratie-additie begrijpelijkerwijze juist een lagere combinatierespons opleveren.

††† Door Van Straalen is recent geëxperimenteerd met het gebruik van éézijdig begrensde verdelingsfuncties voor NOECs, waarmee een HC_0 of "ecosysteemNOEC" kan worden gefit. Voor de praktijk van de normstelling biedt dit praktisch bruikbare uitkomsten. Mechanistische gronden om uit te leggen waarom zo'n ondergrens zou bestaan geeft Van Straalen niet.

Bij 100% correlatie tussen de soorten is het zelfs zo dat de overall NOEC overschrijding gelijk is aan de hoogste individuele PAF waarde van de aanwezige stoffen.

Voor Hamers *et al.* was het lastig om te bepalen hoe ernstig de overschatting werkelijk is, omdat (i) de grootte van de correlatie tussen soorten niet bekend is, en (ii) de doorwerking van de correlatie in de PAF berekening niet kon worden berekend. Dat laatste is onlangs gedaan. Via Monte Carlo simulatie zijn combiPAF berekeningen gedaan voor fictieve soortenverzamelingen waartussen correlatie werd verondersteld. Het blijkt dat tamelijk hoge correlaties tussen de soorten moeten worden verondersteld voordat het effect ervan op de berekende combiPAF aanzienlijk wordt.

2.3.3 Modelonderzoek effecten NOEC overschrijding voor soortenverzamelingen

Klepper *et al.* [20] hebben een eenvoudig voedselwebmodel voor het terrestrische milieu opgesteld, waarmee de invloed van toxische druk op het vóórkomen van soorten wordt beschreven. De resultaten van dit model komen goed overeen met waarnemingen aan nematodenpopulaties onder experimentele veldomstandigheden (kunstmatige verontreiniging met koper of zink). Met behulp van het model laten Klepper *et al.* zien hoe effecten op populatieniveau verklaard en voorspeld kunnen worden op basis van de fractie soorten waarvoor de NOEC wordt overschreden. De hoofdbevindingen uit dit werk zijn:

1. Een merkbaar effect op de overall kenmerken van het ecosysteem (totale biomassa, produktie, diversiteit) treedt pas op bij heel hoge PAF waarden, als voor het merendeel van de soorten de NOEC is overschreden. Dit komt omdat deze functies in principe door veel soorten kunnen worden vervuld.
2. Reeds bij heel lage PAF treden aanzienlijke soortenverschuivingen op: gevoelige soorten en verschijnen andere, minder gevoelige soorten nemen de opengevallen plaatsen in.

2.3.4 Empirisch-statistisch verband tussen PAF en KoV

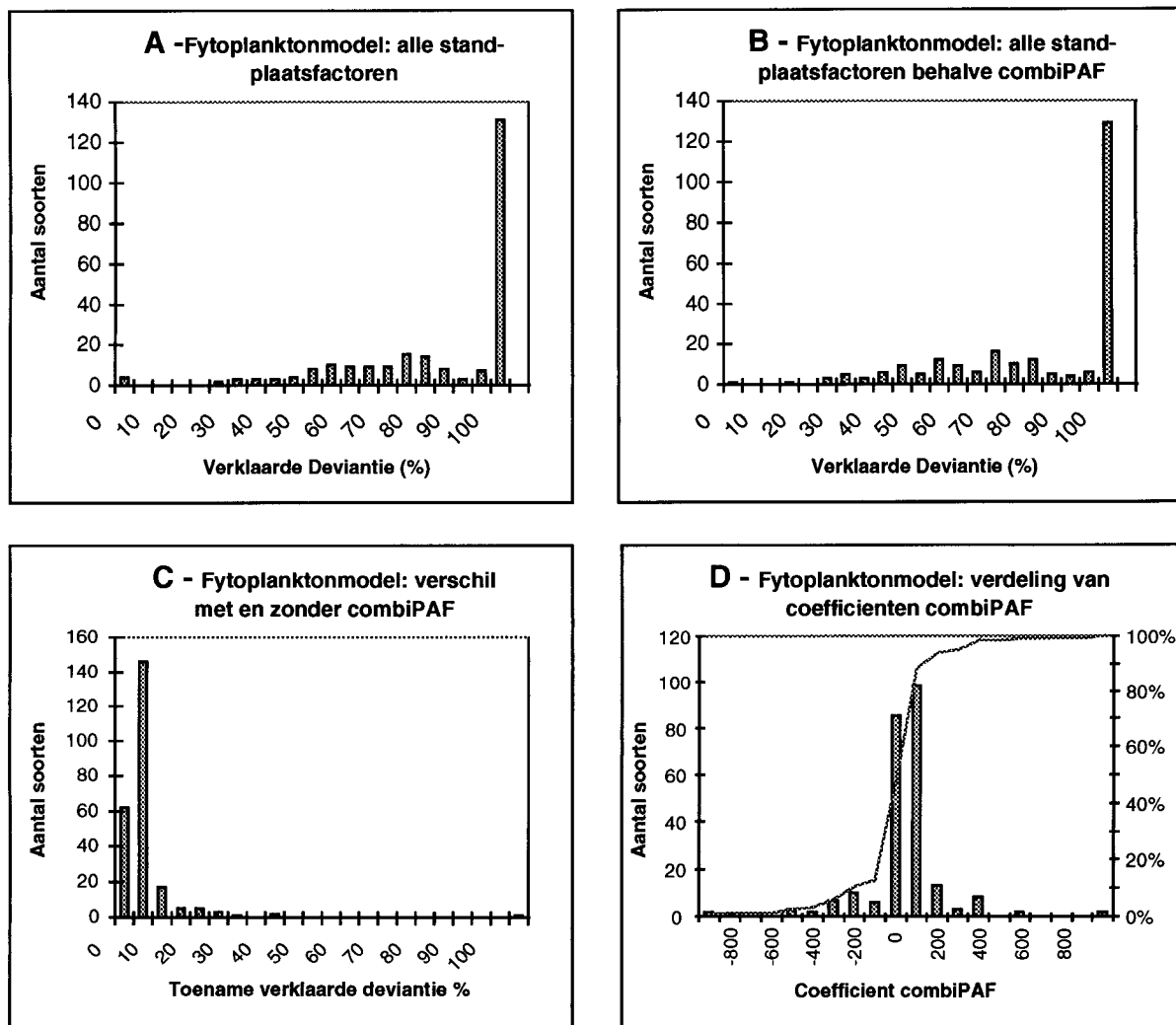
Door De Zwart [21] zijn in het veld waargenomen verschillen in het voorkomen van soorten vergeleken met verschillen in toxische druk. Op deze manier wordt empirisch-statistisch verband gezocht tussen PAF en KoV. Er wordt gekeken naar aquatische en terrestrische systemen.

Zware metalen in de bodem

Veldwaarnemingen van het vóórkomen van plantensoorten worden gelegd naast de berekende toxische druk door zware metalen. De informatie die getoond is in **Figuur 3** wordt gecombineerd met de vegetatie-opnamen op basis waarvan de MOVE regressieanalyse [30] is uitgevoerd. De opzet is om "toxische druk" toe te voegen aan reeds eerder in het model opgenomen drukfactoren (pH, vocht, nutriënten), en zodoende uit te vinden welke rechtstreekse invloed toxische stoffen hebben op de terrestrische vegetatie. Dit onderzoek is in uitvoering.

Bestrijdingsmiddelen in sloten

De kwaliteit van het oppervlaktewater in het Westlandse tuinbouwgebied wordt door het Hoogheemraadschap Delfland gedetailleerd geregistreerd. Bestrijdingsmiddelen blijken regelmatig in hoge concentraties voor te komen. In dezelfde monitoringactiviteit worden biologische waarnemingen gedaan van het vóórkomen van aquatische soorten. Ook worden bioassays met watervlooien uitgevoerd. Het opgebouwde databestand is onderzocht op verbanden tussen toxische druk en vóórkomen van soorten. Voor enkele honderden gemonitorde aquatische soorten (fytoplankton, macrofauna, waterplanten) is gezocht naar verband tussen de abundantie van de soort en de belangrijkste abiotische waterkwaliteitsparameters, waaronder de berekende toxische druk (combiPAF) van bestrijdingsmiddelen. Voor het merendeel van de onderzochte soorten bleek een statistisch significant deel van de waargenomen variantie verklaarbaar vanuit het optreden van toxische druk. In het afgeleide statistisch-empirische model is de invloed van toxische druk vergelijkbaar met die van de overige gemodelleerde abiotische factoren (pH, zuurstof, nitraat/fosfaat, chloride, calcium).



Figuur 9 Toxische druk van bestrijdingsmiddelen als verklarende factor voor de abundantie van 242 fytoplanktonsoorten in oppervlaktewater. Opname van de parameter combiPAF in een multi-lineair regressiemodel geeft significante verbetering (A, B, C); er zijn zowel positieve als negatieve correlaties (D). Uit voorlopige resultaten Delfland-onderzoek De Zwart [21].

Er blijken zowel positieve als negatieve responsies op toxische druk te zijn: sommige soorten verdwijnen onder invloed van vergiftiging, terwijl andere soorten verschijnen. De resultaten van dit onderzoek voor wat betreft de 242 onderzochte fytoplanktonsoorten staan in ***Figuur 9***. Deze bevindingen van De Zwart [21] komen goed overeen met de theoretisch-modelmatige beschouwing van Klepper *et al.* [20].

3. Commentaren op het PAF concept

De medio 1997 uitgebrachte RIVM rapporten met beschrijvingen van het gebruik van PAF [1,2,3,4] zijn aan collega-onderzoekers en beleidsmedewerkers voor commentaar voorgelegd. In het najaar van 1997 werden twee workshops belegd waarin elk van deze groepen deskundigen werden uitgenodigd hun bevindingen te geven.

3.1 Workshop "wetenschap"

In een discussiebijeenkomst op 16 september 1997 hebben ecotoxicologen hun kritische licht over het PAF concept laten schijnen. Vraag was of PAF, als indicator voor toxische druk, een goed (=wetenschappelijk verantwoord) middel is voor het milieu- en natuurbeleid om stoffen en locaties te vergelijken. Voor een verslag van deze bijeenkomst, zie bijlage.

Vragen aan wetenschappers

Er werd apart gevraagd naar elk van de voorgestelde PAF methoden: (i) de generieke PAF, (ii) de doelsoort-specifieke PAF, (iii) de berekende combiPAF, (iv) de gemeten water PAF, als middel om stoffen en locaties te vergelijken. Op elk van deze onderwerpen werden de volgende algemene hoofdvragen gesteld:

- Is dit een wetenschappelijk correct middel voor het voorgestelde doel?
 - heeft PAF voldoende relatie met effecten in het veld om PAF als indicator te kunnen nemen voor toxische effecten?
 - heeft PAF voldoende relatie met de overlevingskans van soorten om PAF als indicator te nemen voor soortenrijkdom?
- Biedt PAF meerwaarde boven beoordeling van PEC/NEC quotiënten?
- Zijn er andere methoden om stoffen en/of locaties vergelijkbaar te maken?
- Is de voorgestelde technische uitvoering wetenschappelijk correct?

Daarnaast werden enkele specifieke vragen gesteld:

- *Bij ii:* Kan de doelsoorten-specifieke PAF dienen als geschiktheids criterium voor aan te kopen natuurterreinen?
- *Bij iii:* Levert combiPAF een correcte afspiegeling van toxische druk door stoffen samen?; is op basis van combiPAF een vergelijking mogelijk met milieudruk vanuit andere stressoren (thema's)?
- *Bij iv:* Biedt de waterPAF meting meerwaarde boven de combiPAF berekening?

Mening van de wetenschappers

De wetenschappelijke gemeenschap toonde zich welwillend, maar kritisch^{****}. Men achtte het concept een welkome aanvulling voor het "beleid" op de bestaande praktijk van het beoordelen van stoffen en situaties, maar men gaf aan dat er nog enkele duidelijke barrières zijn te nemen.

Commentaar naar aanleiding van de algemene hoofdvragen:

- Er was kritiek op het voorgestelde gebruik van de generieke PAF als maatlat voor toxische druk op ecosystemen. Men was van mening dat PAF in vergelijkende zin een bruikbare maat is voor toxische druk, maar dat gebruik in absolute zin moet worden vermeden, omdat de relatie van PAF met werkelijk optredende effecten niet aangetoond is. Men vindt dat, voordat PAF als maat voor toxische druk kan dienen eerst de PAF schaal moet worden "geijkt" op in het veld waargenomen effecten.
- Opmerkelijk is dat men ondanks de inhoudelijke reserve vooral beleidsmatige meerwaarde ziet in het gebruik van PAF.
- Sommigen plaatsten vraagtekens bij de keuze van NOEC verdelingen als uitgangspunt voor de PAF berekeningen. Het argument was dat NOEC slechts iets zegt over de concentraties die lager zijn dan deze waarde (nl. geen effect). Men meent dat het principieel onmogelijk is om iets te zeggen over de effecten die optreden bij concentraties die hoger zijn dan de NOEC. Overigens geldt dit punt van kritiek ook de normstelling, die immers van dezelfde NOEC verdeling uitgaat.
- Ook werden kanttekeningen gemaakt bij het technische concept als zodanig. Sommigen betwijfelden of het concept van toepassing is op stoffen met een specifiek werkingsmechanisme, zoals veel bestrijdingsmiddelen. Men betwijfelt of in dat geval de aanname van een log-logistische NOEC verdeling geldig is. Voorts werd gewezen op de mogelijk grote fouten die aanwezig kunnen zijn in de in de literatuur gerapporteerde lab-gemeten NOECs.
- Verder merkte men op dat PAF slechts iets zegt over de mogelijke directe beïnvloeding van soorten; over interacties tussen soorten wordt niets gezegd. Ook mist men in de generieke PAF het aspect doorvergiftiging.

Naar aanleiding van de specifieke vragen:

- *Bij ii:* Men beoordeelt het in beschouwing nemen van doorvergiftiging als een positief punt, maar ziet verder te weinig absolute betekenis in de doelsoorten-specifieke PAF om deze positief aan te bevelen als geschiktheids criterium bij aankoop van natuurterreinen.
- *Bij iii:* Men toonde reserve over de betekenis van combiPAF in absolute termen, zolang nog niet duidelijk is hoeveel feitelijke aantasting er is bij een gegeven waarde van combi-PAF. Maar men beoordeelde de rekenregel als wetenschappelijk best haalbare wat er te

^{****} De welwillendheid gold niet voor de industrie-vertegenwoordiger. Deze bestempelde de combiPAF kaart voor zware metalen in de bodem --die in de vierde Milieuverkenning is gebruikt, en in dit rapport afgedrukt als Figuur 4 -- als misleidend, omdat daarmee gesuggereerd wordt dat er mogelijk effecten van zware metalen in het veld zouden kunnen zijn, wat hij onwaarschijnlijk acht.

bieden is, met duidelijke wetenschappelijke meerwaarde boven het sommeren van normoverschrijdingsquotienten.

- *Bij iv:* Deze vraag is niet expliciet aan de orde geweest. Uit schriftelijke reacties achteraf blijkt dat men zich makkelijker iets kan voorstellen bij doelsoort-specifieke PAF en gemeten water PAF dan bij generieke PAF. De waterPAF wordt in principe beoordeeld als een welkom instrument om in algemene zin iets te weten te komen over de feitelijke toxische druk.

3.2 Workshop "beleid"

Op 4 november 1997 heeft een groep van milieu- en natuurbeleidsmedewerkers de beleidsmatige bruikbaarheid van de PAF methodiek besproken. Vraag was of PAF, als indicator voor toxische druk, een goed (=beleidsmatig bruikbaar) middel is voor het milieu- en natuurbeleid om stoffen en locaties te vergelijken. Voor een verslag van deze bijeenkomst, zie bijlage.

Vragen aan de beleidsmakers

Er werd weer apart gevraagd naar elk van de voorgestelde PAF methoden: (i) de generieke PAF, (ii) de doelsoort-specifieke PAF, (iii) de combiPAF, (iv) de waterPAF.

Hierover werden de volgende algemene hoofdvragen voorgelegd:

- zijn PAFkaarten een bruikbaar middel om "hot spots" op te sporen?
- bieden PAFkaarten meerwaarde boven concentratie- of normoverschrijdingskaarten?
- zijn PAFkaarten bruikbaar om af te wegen voor welke stof het dringendst beleid nodig is?

Met daarnaast de volgende specifieke vragen:

- *Bij ii:* Vindt u doelsoorten-specifieke PAF's bruikbaar als criterium voor aankoop van natuurterreinen?
- *Bij iii:* Vindt u een op monitoringresultaten of modelberekeningen gebaseerde I_{tox} -bruikbaar om te dienen als effectindicator voor het thema Verspreiding?; Vindt u dat er milieukwaliteitsdoelstellingen voor stoffen samen moeten worden ontwikkeld?
- *Bij iv:* Vindt u de gemeten watertoxiciteit bruikbaar als effectgerichte monitor voor de chemische waterkwaliteit?; Biedt meting van PAF in water meerwaarde boven chemische milieukwaliteitsmonitoring? Is meting van PAF in water een geschikt substituut voor chemische monitoring van eenvoudige organische microverontreinigingen?

Mening van de beleidsmakers

Men is sceptisch tegenover de meerwaarde van PAF voor het milieu- en natuurbeleid. De huidige situatie, waarbij per stof normoverschrijdingsquotienten worden gebruikt als basis voor het nemen van beleidsbeslissingen, wordt nl. niet als bezwaarlijk gezien. Zonder aange-

toonde relatie met daadwerkelijk in het veld optredende effecten zag men nog niet veel in de generieke PAF benadering. Men verwacht meer van gemeten PAF en de combiPAF.

Commentaar naar aanleiding van de algemene hoofdvragen:

- Men ziet in de generieke PAF kartering weinig meer dan een signaleringsfunctie. Niet zo zeer vanwege inhoudelijke twijfels, maar vooral vanwege het ontbreken van duidelijke beleidsmatige meerwaarde. Beleid op basis van normoverschrijding lijkt voor enkelvoudige stoffen geen problemen op te leveren. Normoverschrijdingsfrequenties en normoverschrijdingsquotiënten zijn voldoende om beleidskeuzen te maken. Men ziet niet wat PAF in dit opzicht meer biedt. Men voelt geen behoefte om andersoortige informatie in het beleidsproces voor stoffen te betrekken.
- Tegelijk wordt aangegeven dat het huidige convenantenbeleid voor emissiereducties als onvoldoende ervaren wordt. Er is behoefte aan duidelijker onderbouwing van de normen met argumenten vanuit de effectenhoek. Als zou kunnen worden aangegeven wat de relatie is tussen PAF en omvang van daadwerkelijke veldeffecten, dan zou dit een bruikbare meerwaarde kunnen bieden. Nu mist men echter de doorvertaling naar veldeffecten. Deze slag zou moeten worden gemaakt.
- Men ziet duidelijk meer in doelsoorten-specifieke PAF en gemeten waterPAF. Ook hier blijft de vraag naar doorvertaling naar daadwerkelijk waar te nemen effecten.

Naar aanleiding van de specifieke vragen:

- *Bij ii:* De vraag naar bruikbaarheid van de doelsoorten-specifieke PAF als geschiktheids-criterium bij aankoop van natuurterreinen is niet beantwoord.
- *Bij iii:* Een op gemeten concentraties gebaseerde combiPAF (I_{tox}) wordt (misschien) bruikbaar geacht als effectindicator voor stoffen samen in het thema verspreiding. In een op modelberekeningen gebaseerde combiPAF ziet men weinig.
- *Bij iv:* De gemeten waterPAF geeft gevoelsmatig een betrouwbaarder indruk dan de berekende generieke PAF. Men wenst de gemeten PAF te gebruiken in aanvulling op de resultaten van chemische monitoring, niet als vervanging ervan.

3.3 Communicatie met collega-onderzoekers

Over het PAF concept is op de gebruikelijke manier in kleinere en grotere kring inhoudelijk gerapporteerd [34,35,36,37,38,39,40].

RIVM

De reacties van RIVM collega's waren kritisch. Men waarschuwde voor overinterpretatie van de resultaten. Zolang de relatie van NOEC overschrijding met effecten in het veld niet aangetoond is, moet terughoudendheid m.b.t. de betekenis van PAF kaarten in acht worden genomen. Overheersend was echter de waardering van de mogelijkheid om toxische stoffen onder één noemer te brengen en ze te aggregeren tot toxische druk kaarten. Dit heeft inmiddels geleid tot toepassing in de Natuur- en Milieuverkenningen en balansen.

Andere organisaties

De reacties vanuit andere Nederlandse onderzoekinstellingen zijn van dezelfde aard. Vanuit het waterbeheer wordt vooral waarde gehecht aan combiPAF. De combiPAF berekening aggregereert de vele stoffen die worden gemonitord tot een indicator met een communiceerbare betekenis. De gemeten waterPAF wordt gezien als een welkome aanvulling op de bestaande chemische en biologische monitoring, en maakt inmiddels deel uit van het biologische monitoring netwerk van Rijkswaterstaat.

LCA

In het vakgebied van de Life Cycle Assessment (LCA) is de combiPAF berekening direct aangegrepen als methodiek om toxische stoffen samen te nemen in een ecotoxicologische "impact factor". De drijvende kracht voor toepassing van het nog onrijpe PAF concept was in dit vakgebied bijna te groot. Slechts met moeite konden de LCA collega's ervan worden overtuigd dat de betekenis van PAF per definitie beperkt is tot toxische stoffen. Liever had men een PAF concept ook toegepast op andere milieudrukfactoren, en voor aggregatie over de milieudrukfactoren heen.

Internationaal

De reacties uit internationale wetenschappelijke hoek zijn overwegend positief. De reserve ten aanzien van de nog niet aangetoonde relatie tussen PAF en daadwerkelijk optredende effecten in het veld geldt ook hier. Ook hier geldt dat men enthousiast is over de combiPAF benadering voor aggregatie van stoffen op basis van toxische druk.

3.4 Welke conclusies trekken we hieruit?

Betekenis van PAF

In de eerste plaats is duidelijk geworden dat zeer veel belang wordt gehecht aan het aantonen van de *relatie van PAF met daadwerkelijke effecten op ecosystemen in het veld*. Zonder dát geldt dat er (i) wetenschappelijk gezien teveel vragen zijn om PAF (= de fractie van de generieke soortenverzameling, waarvoor geldt dat er NOEC overschrijding is) met vertrouwen te interpreteren als een indicator voor de omvang van effecten, en dat er (ii) men te weinig beleidsmatige meerwaarde in PAF ziet als aanvullend instrument in het effectgerichte milieubeleid.

Hierbij past de opmerking dat dit ook de intentie in het KEES/MEES programma is. PAF als maatlat voor toxische druk wordt beschouwd als tussenresultaat. Doorvertaling van PAF naar KoV -- langs empirisch-statistische weg of anderszins -- is steeds de bedoeling geweest. De opinie van externe betrokkenen onderstreept de noodzaak hiervan.

Waarde voor beleid

In de tweede plaats is duidelijk geworden dat de *meerwaarde van het gebruik van PAF voor beleidsmakers nog weinig duidelijk* is. Intern bij het RIVM, en in wetenschappelijke kring worden de inhoudelijke voordelen van PAF boven normoverschrijdingsquotiënten hoger gewaardeerd.

Dit kan worden begrepen vanuit de praktijk van het stoffenbeleid, dat sterk is gericht op het formuleren en uitvoeren van overeenkomsten en maatregelen voor individuele stoffen (bv. de lijst van prioritaire stoffen). In dit opzicht gelden afspraken en normen die heel concreet zijn of worden uitgewerkt. In die situatie voldoet toetsing van de feitelijke situatie aan de norm of afspraak goed als middel om de voortgang van het beleid te evalueren. Men voelt voor dit doel geen nadrukkelijke behoefte aan aanvullende instrumenten. Ook niet als dit een inhoudelijke verbetering zou betekenen. Het is begrijpelijk dat in wetenschappelijke kring de inhoudelijke voordelen (systematische behandeling van beschikbaarheid en natuurlijke achtergrond, systematisch meenemen van niet-lineariteit van de dosis-responsrelaties) duidelijker worden onderkend.

Aggregatie van stoffen

In de derde plaats is duidelijk geworden dat de *belangrijkste gebruikswaarde van PAF ligt in de mogelijkheid om stoffen te aggregeren*. De combiPAF berekening op basis van gemeten concentraties biedt een inhoudelijke rationale aan de "optelling" van stoffen die in de gangbare werkwijze met normoverschrijdingsquotiënten niet aanwezig is.

In het huidige milieubeleid is beschouwing van stoffen samen niet erg gebruikelijk. Wellicht is dit het gevolg van het ontbreken van een inhoudelijk verdedigbare werkwijze voor aggregeren van stoffen. Gebruik van combiPAF zou hierin verandering kunnen brengen. Opgemerkt wordt dat ook (en misschien juist!) in dit opzicht onverkort geldt dat de gebruikswaarde van PAF pas volledig beschikbaar zal komen nadat de doorvertaling van PAF naar veldeffecten gemaakt is.

Monitoring

Tenslotte is duidelijk geworden dat, zowel in wetenschappelijke als in beleidmatige kring, de gemeten water PAF als een welkom monitoringinstrument wordt gezien.

4. Toepassingsmogelijkheden PAF

In de loop van de tijd is expliciet en impliciet een aantal mogelijke toepassingen van PAF ter sprake geweest. Deze worden hier gerubriceerd en besproken.

4.1 Effectgericht milieu- en natuurbeleid voor toxische stoffen

4.1.1 Overeenkomsten en verschillen milieu- en natuurbeleid

Milieubeleid en natuurbeleid worden gevoerd door verschillende instanties, beide met onder andere als doel het beschermen van ecosystemen. De PAF methodiek beoogt beide beleidsterreinen te dienen. Enkele kenmerkende overeenkomsten en verschillen zijn hierbij van belang.

Milieubeleid

Het milieubeleid is voorwaardenscheppend. Er wordt gestreefd naar een zodanige milieukwaliteit dat ecosysteemfuncties niet onaanvaardbaar worden gehinderd.

Bij **milieuvreemde, toxische stoffen** wordt bewust getracht om de kans op onaanvaardbare aantasting verwaarloosbaar laag te houden. Normstelling wordt hierbij als beleidsinstrument voor risicobeheersing gehanteerd^{§§§§} [22].

In de normstelling wordt per stof, op basis van toxicologische informatie, een concentratieniveau bepaald waarbij het maximaal toelaatbaar risico voor ecosystemen geacht wordt te zijn bereikt. Rekening houdend met dit MTR worden milieukwaliteitsdoelstellingen vastgesteld. Bij het bepalen van MTR waarden wordt gebruik gemaakt van alle beschikbare informatie over effecten. De zg. "Van Straalen methode" voor het schatten van de 5^e percentiel van de soortengevoeligheidsverdeling, ook bekend als de "Aldenberg/Slob-methode", is hierbij de basisaanpak. Maar er worden ook andere methoden gebruikt om MTR te bepalen, bijvoorbeeld als er niet genoeg toxiciteitsgegevens beschikbaar zijn.

De feitelijke milieukwaliteit en de gewenstheid van maatregelen wordt beoordeeld tegen het licht van de gestelde milieukwaliteitsdoelstellingen. Belangrijk is in dit opzicht dat bij het stellen van normen in beginsel alleen wordt gelet op de situatie dat aan de normen wordt voldaan: de bescherming is dan voldoende; bij normoverschrijding is de bescherming niet voldoende. De omvang van de effecten voor ecosystemen bij het niet-voldoen aan de gestelde milieukwaliteitsnormen wordt meestal niet in de beschouwing betrokken. Deze keuze wordt gedeeltelijk ingegeven door het ontbreken van wetenschappelijke kennis (geen dosis-effectrelaties voor ecosysteemeffecten bij normoverschrijding).

Voor **milieu-eigen stoffen** (nutriënten, zuur, vocht) geldt een andere beleidspraktijk. Hierbij wordt gehandeld op basis van aanvaarding van de bekende of bekend veronderstelde omvang van de ecosysteembeïnvloeding. De na te streven milieukwaliteit wordt gebaseerd op de be-

^{§§§§} Er wordt risico-gebaseerd normstellingsbeleid beleid gevoerd. De semantiek van de term "risico" blijft hier verder onbesproken.

staande (of veronderstelde) kennis van het verband tussen milieukwaliteit en ecosysteemeffecten. Daarom kan aan normoverschrijdingsquotiënten van deze soort met reden een "hoe erg" interpretatie worden gehecht.

Zware metalen vormen een geval apart. Het gaat hier om **milieu-eigen, toxische stoffen**, die bovendien in veel gevallen essentieel zijn. Anders dan voor de milieuvreemde toxische stoffen zijn voor metalen pas kort geleden risico-gebaseerde milieukwaliteitsnormen vastgesteld [41].

Natuurbeleid

Het natuurbeleid is natuurdoeltypegericht. Er is een streefbeeld gevormd van de gewenste locaties, omvang en kwaliteit van de natuur in Nederland. Natuurkwaliteit wordt hierbij uitgedrukt in termen van structuur en functies. Het beleid is zowel gericht op behoud van soorten en de daarbij behorende functies, als op de waardering en beleving van de meer grootschalige, landschappelijke aspecten van de natuur. Er zijn doelen geformuleerd in termen van planten- en diersoorten die op bepaalde plaatsen thuis horen. Er zijn lijsten opgesteld met natuurdoeltypen en daarbij behorende doelsoorten [42]. Het beleid richt zich erop deze doelen zoveel als mogelijk te realiseren. Het voorwaardenscheppende milieubeleid is hierbij welkom, maar niet meer dan één van de instrumenten.

Verschillen milieu- en natuurbeleid

Natuur- en milieubeleid dienen hetzelfde doel en volgen dezelfde weg, maar in de uitwerking zijn er punten van verschil

- Het milieubeleid wordt *generiek* ingevuld; er worden goede voorwaarden gezocht voor *ecosystemen in het algemeen*. Er wordt hierbij niet in de eerste plaats gekeken naar specifieke soorten.
Het natuurbeleid wordt *specifiek* ingevuld; er worden goede voorwaarden gezocht voor *bepaalde soorten*.
- Het milieubeleid is gericht op beperking van risico's van stoffen; er wordt milieukwaliteitsbeleid gevoerd voor die stoffen.
Het natuurbeleid heeft de te realiseren natuur als onderwerp. Het beleid is niet zozeer gericht op specifieke milieudrukfactoren, maar eerder op de milieudruk als totaal.

Het PAF concept sluit daarmee nauw aan bij het milieubeleid, en staat wat verder af van het natuurbeleid.

4.1.2 Toepassingsmogelijkheden PAF milieu- en natuurbeleid per stof

De Potentieel Aangetaste Fractie (PAF) wordt voorgesteld als indicator van de toxische druk die stoffen uitoefenen op ecosystemen. Op basis van PAF kunnen stoffen en locaties ecotoxicologisch correct worden vergeleken. Het PAF concept kan daarmee het stofgerichte milieubeleid ondersteunen door rationale te bieden voor het stellen van prioriteiten en posterioriteiten.

Generieke PAF voor beoordeling van beleidsprioriteiten stoffen?

Gangbaar is om beleidsprioriteiten te baseren op de mate van normoverschrijding. Voor prioritaire stoffen is duidelijk beleid ontwikkeld op basis van vergelijking van de feitelijke milieukwaliteit met maximum toelaatbaar risico (MTR) en streefwaarden (SW). Is de concentratie groter dan de MTR waarde, dan moet daar iets aan worden gedaan. Is de concentratie lager dan MTR, maar boven SW, dan is verbetering gewenst maar niet vereist. Welke meerwaarde biedt het gebruik van PAF in dit opzicht?

Bij vergelijking van de milieukwaliteit met de normen (MTR, SW) geldt in feite alleen de ja/nee interpretatie: is het normoverschrijdingsquotiënt kleiner dan 1, dan is de kwaliteit "voldoende"; bij quotiënten groter dan 1 is de kwaliteit "niet voldoende". Behalve ">1 of <1" aspect bevat het normoverschrijdingsquotiënt in principe geen betekenis. Begrijpelijk is echter dat aan de schaalgrootte (in ruimte en tijd) van de ">1" situatie beleidsmatig betekenis wordt toegekend: "overal en altijd" lijkt immers ernstiger dan "hier of daar soms". In de praktijk is ook onvermijdelijk dat aan de grootte van het quotiënt een "hoe erg" interpretatie wordt gehecht: hoge quotiënten worden als ernstiger beoordeeld dan lage quotiënten****. Lastig is hierbij dat het "hoe erg" aspect van de normoverschrijding geen rationale vindt in de omvang van het effect op ecosystemen: verdubbeling van het normoverschrijdingsquotiënt gaat niet automatisch gepaard met verdubbeling van het effect. Daarvoor zijn verschillende redenen:

- de ecologische betekenis van normoverschrijding is i.h.a. verschillend voor verschillende stoffen, omdat niet alle milieukwaliteitsnormen dezelfde (ecotoxische) basis hebben;
- de betekenis van normoverschrijding is i.h.a. verschillend voor verschillende locaties, omdat bij de huidige wijze van vaststellen van milieukwaliteitsnormen nauwelijks rekening wordt gehouden met verschillen in biologische beschikbaarheid;
- de toxische druk bij gelijke normoverschrijding is i.h.a. verschillend, zelfs als twee normen beide de 5^e percentiel van de NOEC verdeling (=HC₅) als basis hebben, omdat i.h.a. de spreidingen in soortengevoeligheden voor twee stoffen niet gelijk zijn.

De toegevoegde waarde van PAF is dat het ecotoxicologische betekenis geeft aan concentraties. PAF biedt de mogelijkheid om een op potentie voor effecten gebaseerde "hoe erg" interpretatie te hechten aan concentraties. Hierdoor wordt een rationele vergelijking van normoverschrijdingen bij verschillende stoffen, en op verschillende locaties mogelijk. Verschillen in beschikbaarheid, en mogelijke niet-lineariteit van dosis-effectrelaties worden via de generieke PAF berekening in rekening gebracht.

Uit de reacties op deze voorgestelde gebruiksmogelijkheid blijkt dat de meerwaarde hiervan door onderzoekers duidelijker wordt gewaardeerd dan door milieubeleidsmakers. Het vooralsnog ontbreken van een aangetoond verband tussen PAF en waargenomen effecten speelt

**** Natuurlijk is er hier sprake van gekoppelde aspecten. Bij variatie van concentraties in ruimte en tijd geldt in een situatie met gemiddeld hoge concentraties van meerdere stoffen dat er vaker en op meer plaatsen normoverschrijding zal worden geconstateerd dan in een situatie met gemiddeld lage concentraties van maar één stof. In alle situaties geldt echter dat er sprake is van onvoldoende bescherming.

hierbij een belangrijke rol. Voor "het beleid" geldt vooral ook dat milieubeleid per stof inmiddels grotendeels afgesproken en vastgelegd is.

Generieke PAF voor beoordeling beleidsprioriteiten locaties?

Het bovenstaande geldt onverkort ook voor vergelijking van locaties.

Doelsoorten-specifieke PAF als indicator natuurwaarde?

De voortgang van het natuurbeleid wordt gemeten aan de mate van realisatie van de gestelde doelen voor kwantiteit (areaal) en kwaliteit (vóórkomen van doelsoorten). Evaluatie van de abiotische randvoorwaarden die de milieukwaliteit opleggen speelt hierbij een rol. Milieukwaliteit is in dit opzicht nog beperkt tot verzuring, vermisting en verdroging, waarvoor empirisch-statistische dosis-effectrelaties met vóórkomen van (planten)soorten in het veld beschikbaar zijn.

Voor enkele toxische stoffen is daarbij nu de doelsoorten-specifieke PAF voor vogels en zoogdieren beschikbaar. Deze laat zich minder goed vergelijken met de op KoV basis geformuleerde invloed van de andere milieudrukfactoren. Het verband tussen de berekende toxische druk op vogels en zoogdieren en hun feitelijke vóórkomen in de natuur is nog in onderzoek. Empirisch-statistisch aangetoond verband zou de waarde van PAF voor het beoordelen van natuurwaarde sterk verhogen.

Doelsoorten-specifieke PAF als aankoopcriterium natuurterreinen?

Het bovenstaande geldt ook voor deze mogelijke toepassing.

4.1.3 Toepassingsmogelijkheden PAF bij beleid voor stoffen samen

CombiPAF als afspiegeling van toxische druk van stoffen samen?

Beoordeling van de ernst van milieuverontreiniging wordt bemoeilijkt doordat vaak meer dan één stof tegelijk aanwezig is. Dit geldt bijvoorbeeld bij het bepalen van prioriteiten voor bodemsaneringsmaatregelen. Voor beoordeling van de milieukwaliteit voor meerdere stoffen samen is geen betere methode voorhanden dan het optellen van normoverschrijdingsquotiënten. Quotiëntensommen missen echter betekenis in termen van ecotoxicologische effecten. Toepassing van de combiPAF berekening zou dit bezwaar kunnen ondervangen omdat via PAF de ernst van de aanwezigheid van verschillende stoffen samen kan worden uitgedrukt in de potentie voor het uitoefenen van effecten op organismen.

De meerwaarde van de combiPAF berekening boven optelling van normoverschrijdingsquotiënten is in de eerste plaats van wetenschappelijke aard. De wens om een relatie te leggen tussen de combiPAF en daadwerkelijke effecten op ecosystemen blijft. Voor het milieubeleid is de meerwaarde beperkt, omdat (i) milieubeleid in het algemeen per stof wordt gevoerd, en (ii) beoordeling van de ernst van verontreiniging in termen van effecten niet altijd noodzakelijk is.

CombiPAF als hulpmiddel voor milieubeleid voor stoffen samen?

In het risico-gerichte normstellingsbeleid vormt de gelijktijdige aanwezigheid van stoffen een lastig probleem. Doel van het beleid is om voor alle stoffen samen ecosystemen te beschermen tegen effecten; middel is normstelling per stof. Omdat op verschillende plaatsen en tijdstippen stoffen in sterk wisselende combinaties, en in sterk variërende concentraties voorkomen, is het lastig om voor stoffen samen kwaliteitsdoelstellingen te formuleren. Als oplossing hiervoor wordt per stof de streefwaarde in principe op het VR niveau (=MTR/100) gelegd. Zo wordt op pragmatische wijze rekening gehouden met de aanwezigheid van meer stoffen tegelijk. Of in de praktijk de gezochte mate van bescherming aan ecosystemen wordt geboden, indien voor geen enkele stof MTR overschrijding plaatsvindt, is daarbij een lastig te beantwoorden vraag.

De beschikbaarheid van een werkwijze voor vaststelling van de toxische druk die stoffen samen uitoefenen (de combiPAF berekening) opent nu de mogelijkheid om de potentie voor het uitoefenen van effecten als ingang te kiezen voor risico-gericht beleid voor stoffen samen. Was het ten tijde van het uitbrengen van de nota "Omgaan met Risico's" [22] nog niet uitvoerbaar om MTR voor stoffen samen te formuleren, nu zou iets dergelijks wél kunnen. Ten minste is het nu mogelijk om de toxische druk die stoffen samen uitoefenen te vergelijken met de toxische druk die voor één stof als maximaal toelaatbaar wordt bestempeld. Via combiPAF berekening kan antwoord worden gekregen op de vraag of in de praktijk de gewenste bescherming van ecosystemen wordt bereikt. Bij wijze van toets zou kunnen worden gekeken of de toxische druk van alle stoffen samen beneden een nader te bepalen waarde blijft.

Een voor dit doel geschikte richtwaarde voor toxische druk van stoffen samen zou kunnen worden gevonden via evaluatie van de feitelijke milieukwaliteit op in combiPAF termen. Te denken valt hierbij aan

- de toxische druk die zou worden veroorzaakt door een mengsel van stoffen dat in aantal en onderlinge verhoudingen een afspiegeling is van reële veldsituaties, en waarvan de concentraties zodanig zijn dat voor geen van de stoffen het MTR wordt overschreden
- de toxische druk die zou heersen indien in de bovengenoemde set van stoffen alle concentraties op SW niveau zouden liggen
- de toxische druk die voor enkelvoudige stoffen als maximaal toelaatbaar geldt

Eco-effectindicator voor het thema verspreiding?

In het jaarlijks door de ministers van VROM, EZ, LNV, en V en W aan de Tweede Kamer uit te brengen Milieuprogramma wordt voor rapportage over het thema verspreiding vanaf 1985 de door Adriaanse beschreven thema-indicator [6] gebruikt. Momenteel worden voorstellen gezien om ter vervanging hiervan nieuwe, afzonderlijke indicatoren voor milieudruk (emissies, en milieukwaliteit (concentraties) in te voeren [43]. Overwogen wordt om, in aanvulling hierop, ook een indicator te formuleren voor milieu-effecten (=effecten op soorten/ecosystemen). Kan op basis van combiPAF zo'n eco-effectindicator worden gedefinieerd?

Voor rapportage over de voortgang van het beleid op emissies (=milieudruk) en concentraties (=milieukwaliteit) vraagt om indicatoren op deze beide eindpunten. In het milieubeleid gel-

den hiervoor ook concrete doelen, waaraan kan worden getoetst. Omdat de motivatie voor het voeren van milieubeleid ligt in bescherming van mensen en ecosystemen, lijkt het zinvol om ook op het niveau van effecten op organismen (=milieu-effect) te rapporteren over de met het beleid bereikte resultaten. Concrete beleidsdoelstellingen op het niveau van milieu-effecten zijn echter (nog) niet expliciet geformuleerd, anders dan dat voor milieuvreemde stoffen het beginsel geldt dat ecosystemen gevrijwaard dienen te zijn van effecten.

Overigens zou het bestaan van een eco-effectindicator in termen van daadwerkelijke effecten op ecosystemen als hulpmiddel kunnen dienen bij het formuleren van een beleidsdoelstelling voor milieu-effecten. In analogie met de hierboven geopperde mogelijkheden voor bepaling van richtwaarden voor maximale toxische druk, hier kunnen worden gedacht aan de indicatorwaarde die zou gelden indien voor geen enkele stof het SW niveau wordt overschreden. Een beleidsdoel voor eco-effecten zou verder gebaseerd kunnen worden zijn op een maatschappelijk niet onaanvaardbare grootte van de aantasting van ecosystemen, in het licht van de economische kosten die gemoeid zijn met het handhaven ervan. In het licht ook van de omvang van effecten die voor andere milieudrukfactoren als niet-onacceptabel worden beoordeeld.

Een eco-effectindicator op basis van daadwerkelijke effecten is nu nog niet operationeel. In afwachting hiervan zou nu al gebruik kunnen worden gemaakt van de op basis van waargenomen concentraties berekende toxische druk van alle aanwezige stoffen samen (combiPAF). Het verloop hiervan in de tijd zou een goede indicatie geven van de trend in de omvang van effecten op ecosystemen. Zoals met de voorbeelden in hoofdstuk 2 is geïllustreerd, is deze berekening voor de milieucompartimenten water en bodem goed uitvoerbaar. Zodra de relatie tussen toxische druk en werkelijke effecten op ecosystemen is blootgelegd, kan de stap naar de gewenste indicator worden gemaakt. Daarmee zou een voor rapportage in het Milieuprogramma bruikbare eco-effectindicator voor toxische stoffen gerealiseerd kunnen worden.

Effectindicatoren van het hier voorgestelde type worden ook ontwikkeld door het Natuurplanbureau, als graadmeter voor de effecten van "milieudruk"^{††††} op de kwaliteit van de "natuur"^{‡‡‡‡}. Het Natuurplanbureau wil op deze manier de effecten van alle bekende milieuthema's beschouwen, inclusief het thema verspreiding.

De waarde van zo'n effect-gebaseerde richtwaarde voor toxische druk van stoffen samen zou vooral liggen in de maatschappelijke wens om voor regio-specifieke situaties de ter plaatse gewenste milieukwaliteit bespreekbaar te maken in het licht van overige belangen.

Ook zou zo'n indicator de communicateerbaarheid van wensen voor emissiereducties kunnen vergroten. De indicatoren voor milieudruk en milieukwaliteit vormen een weergave van de mate waarin de afspraken en doelstellingen op deze terreinen zijn gerealiseerd. De mate

^{††††} In het natuurbeleid wordt aan de term "milieudruk" in een andere betekenis gehecht dan in het milieubeleid gebruikelijk is.

^{‡‡‡‡} In het natuurbeleid wordt het begrip "natuur" in ruime zin bedoeld; in het milieubeleid wordt ditzelfde doorgaans met de term "ecosystemen" aangeduid. De kwaliteit ervan wordt gemeten met de Kans op Voorkomen van soorten; er wordt gebruik gemaakt van een lijst van soorten die in dit opzicht indicatief worden geacht. De doelsoorten van het natuurbeleid maken daarvan deel uit.

waarin realisatie van deze doelstellingen bijdraagt aan verbetering van de biotische milieukwaliteit wordt met de druk- en kwaliteitsindicatoren niet direct zichtbaar. Bij het vastleggen van afspraken en doelen hebben immers ook andere aspecten dan effecten op ecosystemen een rol gespeeld. Een eco-effectindicator voor het thema verspreiding zou de onderhandelingen over emissiereducties met de doelgroepen kunnen ondersteunen met effectgerichte informatie, waar argumenten van normoverschrijding aan overtuigingskracht hebben ingeboet.

Onderlinge vergelijking milieudrukthema's?

Sinds lang wordt het milieubeleid per milieuthema gevoerd. Rapportage van de voortgang ervan wordt ook themagewijs gedaan. In het jaarlijkse Milieuprogramma, in de jaarlijkse Milieubalans, en in de vierjaarlijkse Milieuverkenning. Onderlinge vergelijking van de resultaten van de beleidsinspanningen op de verschillende milieuthema's is niet goed mogelijk, omdat de resultaten in de verschillende thema's met onvergelijkbare maten worden gemeten. In het oog springend in dit opzicht zijn de verschillen tussen de thema's klimaatsverandering, verzuring, vermisting en verdroging aan de ene kant, en het thema verspreiding aan de andere kant. Bij de eerstgenoemde thema's gaat het om een betrekkelijk klein aantal milieu-eigen stoffen, waarvoor de beleidsdoelen gebaseerd zijn op duidelijke noties van aanvaardbaarheid van de omvang van effecten. Bij het thema verspreiding gaat het om een zeer groot aantal, in meerderheid milieuvreemde stoffen, waarvoor via normstellingsbeleid de effecten worden geminimaliseerd. Kunnen we de gezamenlijke invloed van toxische stoffen zodanig uitdrukken dat vergelijking van het thema verspreiding met andere milieuthema's mogelijk wordt?

Onderlinge vergelijkbaarheid kan worden bereikt door een vergelijkbare maat te kiezen voor de verschillende thema's. Voor verzuring, verdroging en vermisting is dit al vrij goed gelukt via de MOVE-benadering, waarmee effecten op ecosystemen worden uitgedrukt in termen van Kans op Voorkomen van soorten. De overige thema's staan in vergelijkbaarheid op enige afstand hiervan; verspreiding op de grootste afstand. Door het samennemen van toxische stoffen in een gecombineerde toxische druk maat wordt een groot deel van die onvergelijkbaarheid opgeheven. Zodra de doorvertaling van PAF naar KoV is gemaakt, zal het thema verspreiding vergelijkbaar geworden zijn met de verzuring-verdroging-vermisting combinatie.

Dit is vooral van belang voor rapportage van de toestand van het milieu in de verkenningen en balansen.

4.1.4 Toepassingsmogelijkheden PAF in natuur- en milieubeheer

Gemeten waterPAF voor effect-gerichte milieukwaliteitsmonitoring?

Milieubeheerders controleren de abiotische kwaliteit van het milieu aan de hand van een lijst van chemische stoffen waarvan de concentraties worden bepaald. De lijsten nemen steeds in lengte toe; de met metingen gemoeide kosten stijgen. En het is nog maar de vraag of de uitgebreide chemische monitoring met het oog op het te bereiken doel, nl. bescherming bieden aan het te beheren biotische systeem, afdoende is. In welke mate worden eco-effecten mede veroorzaakt door (i) stoffen waarvan de concentratie beneden de detectiegrens valt, en (ii) stoffen

waarvoor geen geschikte analysemethoden beschikbaar zijn, of (iii) stoffen waarnaar niet wordt gezocht, omdat de aanwezigheid ervan onbekend is?

Als antwoord hierop voor het compartiment water is de gemeten waterPAF als meetmethode beschikbaar. Een principiële beperking van de methode is dat deze momenteel alleen geldt voor organische stoffen. Met de methode bestaat nog maar kort ervaring (in het biologisch monitoring systeem van Rijkswaterstaat sinds 1996), en de aanlooperikelen zijn nog niet geheel overwonnen. Ook is de aansluiting met de berekende combiPAF voor water nog niet optimaal. En ook hier geldt dat doorvertaling van de in PAF-termen uitgedrukte meetresultaten naar KoV-termen een nog te nemen stap is.

De meting is in de huidige opzet tamelijk bewerkelijk, en dus duur. Daartegenover staat dat de informatie-opbrengst eruit zich laat vergelijken met chemische monitoring voor een zeer groot aantal stoffen.

Duidelijk is dat met deze methode aansprekende resultaten worden verkregen, die niet op een andere manier kunnen worden bereikt. Vanuit RIZA en RIVM wordt gepleit voor voortzetting van deze metingen. Uit de reacties van wetenschappers en beleidsmakers is op te maken dat de meerwaarde van het gebruik van deze methode alom wordt onderkend..

Gemeten waterPAF als substituuat voor chemische monitoring?

De ambitie van de ontwikkelaars van de waterPAF methodiek was om hiermee een alternatief te bieden voor de omvangrijke en zeer kostbare chemische monitoring.

Gehoord de reacties vanuit wetenschap en beleid, zal van substitutie voorlopig geen sprake zijn.

Gemeten waterPAF als effecteindpunt voor water?

In de vierde nota waterhuishouding is door Rijkswaterstaat voorgesteld om over te gaan tot het vaststellen van de waterkwaliteit aan de hand van bioassays, zoals de gemeten waterPAF. Er zouden waarden moeten worden vastgesteld op de schaal van uitkomsten die als trigger kunnen fungeren voor nader onderzoek. Voor zover bekend heeft hierover nog geen besluitvorming plaatsgevonden.

4.2 Mogelijk gebruik van PAF in andere kaders

PAF in productbeoordeling (LCA)

Bij beoordeling van de milieu-effecten van producten en diensten wordt in LCA geïnventariseerd welke stoffen er als gevolg van de productie en gebruik in het milieu vrijkomen, en in welke hoeveelheden. Vervolgens worden de effecten van deze emissies gekwantificeerd en geaggregeerd totdat uiteindelijk uitspraken kunnen worden gedaan over het totale effect van productie en gebruik. Zo worden producten en hun alternatieven beoordeeld en vergeleken op grond van hun "impact". In LCA worden alle effecten van alle soorten milieustressoren meegenomen, o.a. de eco-effecten van toxische stoffen. LCA zoekt voor dit doel een middel om alle toxische stoffen te aggregeren op basis van hun eco-impact. Enkele jaren geleden is het gebruik van PEC/PNEC ratio's in LCA ingevoerd [14]. Nu wordt in deze wereld gesugge-

reerd om in plaats hiervan PAF te gaan gebruiken. Het enthousiasme hiervoor heeft zich zo snel ontwikkeld dat het gebruik van PAF in de productbeoordeling een eigen bestaan dreigt te gaan leiden. Men wenste de toepassing van PAF niet te beperken tot toxische stoffen; men zag in PAF een handig concept om dosis-effectrelaties op te stellen voor alle in LCA te beschouwen vormen van "impact". Vanuit het RIVM is met nadruk is gewaarschuwd tegen dit ongeremde gebruik buiten de ecotoxicologische context. Een voorstel voor correct gebruik van PAF ten behoeve van productbeoordeling is voor publicatie in een LCA tijdschrift aangeboden [17].

Het voorstel houdt in dat het gebruik van PAF wordt beperkt tot aggregatie van toxische stoffen. Verder worden aanbevelingen gedaan voor technisch correcte (combi)PAF-toepassing gebruik in de LCA-context.

CombiPAF als indicator van gecombineerd effect bestrijdingsmiddelen?

In OECD verband worden momenteel indicatoren voor risico's van bestrijdingsmiddelengebruik ontwikkeld. In dit kader heeft uitgebreid onderzoek plaatsgevonden van de bestaande mogelijkheden voor dit doel [13]. Hieruit komt naar voren dat er behoefte is aan een wetenschappelijk verdedigbare manier om rekening te houden met de gelijktijdige aanwezigheid van verschillende middelen in het milieu. De combiPAF berekening is de enige methode waarmee aan deze wens tegemoet kan worden gekomen, en is als zodanig in dit kader aanbevolen. Voor toepassing in OECD verband geldt echter eenvoud als het allerbelangrijkste criterium, omdat voor veel OECD-lidstaten de beschikbaarheid van informatie een probleem is. De technische werkgroep, die voor de OECD voorstellen voorbereid voor mogelijke indicatoren voor bestrijdingsmiddelen in water, heeft daarom gekozen voor een minder data-intensieve aggregatiemethode.

5. Aanbevelingen

Relatie van toxische druk met eco-effecten

Het lopende onderzoek naar het verband tussen toxische druk en daadwerkelijk waar te nemen effecten op ecosystemen dient te worden afgerond, en zo nodig uitgebreid. Antwoord moet worden gezocht op de vragen:

1. Is doorvertaling van (combi)PAF naar Kans op Voorkomen van soorten in het veld mogelijk? Welke aanpak is hiervoor het meest geschikt? (theoretisch-modelmatig?, empirisch-statistisch?)
2. Operationaliseer doorvertaling in PAF-KoV relaties voor aquatische en terrestrische ecosystemen, indien nodig per stof of stofgroep

Na bevredigende beantwoording hiervan zal beschrijving en voorspelling van effecten van toxische stoffen op ecosystemen in stappen kunnen plaatsvinden:

- a) Bepaal de concentraties van de aanwezige stoffen
- b) Bereken de PAFs van individuele stoffen en stofgroepen, en bereken de totale toxische druk (combiPAF) van de stoffen samen
- c) Bereken het bij die toxische druk behorende effect in termen van Kans op Voorkomen

Het verdient aanbeveling om de tussenstap van toxische drukberekening expliciet te maken, omdat hiermee de aansluiting bij de traditionele wijze van vergelijking van concentraties met normen behouden blijft.

Mogelijkheden voor toepassing in het milieu- en natuurbeleid dienen te worden bezien op basis van de uitkomsten van hiervan. Van toepassing van berekende toxische druk voor enkelvoudige stoffen dient te worden afgezien zolang er onvoldoende zicht is op de betekenis van toxische druk voor daadwerkelijke effecten op ecosystemen.

CombiPAF-berekening voor aggregatie van stoffen

Los van de uitkomst van het PAF-KoV onderzoek dient de combiPAF rekenmethodiek voor aggregatie van toxische stoffen verder te worden uitgewerkt. Antwoord dient te worden gezocht op de vragen:

- Moeten naast narcose ook andere werkingsmechanismen concentratie-additief worden behandeld?
- Hoe kan bij correlatie tussen soorten respons-additie correct worden verrekend?; hoe groot is de correlatie tussen soorten binnen en tussen taxa?

Naar verwachting zal de combiPAF-berekening kunnen worden gevolgd door een doorvertaling naar effecten op ecosystemen. Ook als dit onverhoopt niet mogelijk zou blijken, verdient deze uitwerking aanbeveling, omdat aggregatie als zodanig zinvol is als middel voor rapportage van de toxische druk van stoffen samen.

Gebruiksmogelijkheid PAF/KoV als eco-effectindicator toxische stoffen

Bij gebleken geschiktheid van PAF als voorspeller van daadwerkelijke effecten op ecosystemen dient uitwerking te worden gegeven aan een over alle toxische stoffen aggregerende graadmeter (combiKoV?) voor ecosysteem effecten van toxische stoffen. Deze graadmeter zou dienst kunnen doen bij wijze van effectindicator voor het thema verspreiding. In elk geval zou deze graadmeter kunnen worden ingezet voor rapportage van de ecosysteem effecten voor toxische stoffen in de natuur- en milieuverkenningen en balansen.

Vergelijkbaar maken van effecten van verschillende milieuthema's

Ten behoeve van de in 2000 uit te brengen vijfde Milieuverkenning dient met behulp van de eco-effectindicator voor toxische stoffen een vergelijking te worden gemaakt tussen de effecten die door de verschillende milieustressoren (thema's) worden veroorzaakt. Antwoord moet worden gezocht op de vragen:

- Hoe kunnen de effecten van de verschillende thema's onder één noemer worden gebracht?
- Hoeveel bedragen de effecten van de verschillende thema's, uitgedrukt in die gemeenschappelijke maat?
- Zijn op basis hiervan de relatieve bijdragen vanuit de verschillende milieuthema's aan het totale effect te kwantificeren?

Voortzetten waterPAF monitoring

Het programma voor meting van waterPAF dient te worden voortgezet. Aandacht moet worden besteed aan de vergelijkbaarheid van de gemeten PAF met de op basis van bekende concentraties berekende combiPAF.

Literatuur

- 1 Klepper, O. & D. van de Meent (1997). Mapping the Potentially Affected Fraction (PAF) of species as an indicator of generic toxic stress. RIVM rapport 607504 001
- 2 Luttk, R., T.P. Traas & H. Mensink (1997). Mapping the Potentially Affected Fraction of Avian and Mammalian Target Species in the National Ecological Network. RIVM rapport 607504 002
- 3 Bakker, J. & D. van de Meent (1997). Receptuur voor de berekening van de Indicator Effecten Toxische Stoffen (Itox). RIVM rapport 607504 003
- 4 Roghair, C.J., J. Struijs & D. de Zwart (1997). Measurement of toxic potency of fresh waters in The Netherlands RIVM rapport 607504 004
- 5 VROM (1990). Notitie Milieukwaliteitsdoelstellingen bodem en water. Tweede Kamer, vergaderjaar 1990-1991, 21 990, nr. 1.
- 6 Adriaanse, A. (1993). Environmental Policy Performance Indicators - A study on the development of indicators for environmental policy in The Netherlands. SDU Uitgeverij, 175 pp
- 7 Zie bv. VROM (1997). Milieuprogramma 1997-2000. Tweede Kamer, vergaderjaar 1996-1997, 20 005, nr. 1-2.
- 8 Gorrée, M. (1998). Verspreiding in NAMEA. CBS-rapport
- 9 United Nations Environmental programme (1997). Global Environmental Outlook. Oxford University press.
- 10 Bakker, J. (1996). Environmental fate and ecological risk of micropollutants. Interfacultaire Vakgroep Energie en Milieukunde, Rijksuniversiteit Groningen. stituut voor IVEM-doctoraalverslag no. 38.
- 11 Kater, B.J en F.O.B. Lefèvre (1996). Ecotoxicologische risico analyse in de Westerschelde. De ontwikkeling en toepassing van het model ERASES. Rapport RIKZ-96.007.
- 12 Beek, M.A. & R.A.E. Knoben (1997). Ecotoxicologische risico's van stoffen voor watersystemen. RIZA rapport 97.064.
- 13 Hart, A. (1997). Review of key characteristics of pesticide risk indicators, used as policy tools. Discussiepaper OECD workshop on Pesticide Risk Indicators, Kopenhagen, 21-23 april 1997.
- 14 Guinée, J.B., R. Heijungs, L.F.C.M. van Oers, A. Wegener Sleeswijk, D. van de Meent, Th. Vermeire & M. Rikken (1996). USES - Uniform System for the Evaluation of Substances: Inclusion of fate in LCA characterisation of toxic releases applying USES 1.0. Int. J. LCA, 1 (3) 133-138.
- 15 Goedkoop, M. & R. Spriensma (1999). The Eco-indicator 98 Methodology Report. Pré Consultants B.V., Amersfoort. Second Draft, 10 May, 1999.
- 16 Udo de Haes, H. & O. Jolliet (1998) Document for SETAC-Europe Working Group on Life Cycle Impact Assessment - 2 (WIA-2): Establishment of recommended life cycle impact categories, characterisation factors and damage functions. 8th Annual Meeting SETAC Europe, april 1998, Bordeaux.
- 17 Van de Meent, D., A.M. Breure & M. Goedkoop (1999). Toxic stress in LCAa by means of Potentially Affected Fraction (PAF). Manuscript for Int. J. LCA.
- 18 Luttk, R. & T. Aldenberg (1997). Extrapolation factors for small samples of pesticide toxicity data: special focus on LD50 values for birds and mammals. Environ. Toxicol. Chem., 16: 1785-1788.

- 19 De Zwart, D. & D. van de Meent (1998) Regularities observed in species sensitivity distributions. Poster, 19th Annual SETAC Meeting, Charlotte, SC, 15-19 November 1998.
- 20 Klepper, O., T.P. Traas, A.J. Schouten, G.W. Korthals & D. de Zwart (1999). Estimating the effect of exceeding No-Observed Effect Concentrations (NOECs) of persistent toxicants on soil organisms. *Ecotoxicology* (in press).
- 21 De Zwart, D. (1999). AquaMOVE; Statistische exploratie van chemische, hydrobiologische en veldtoxicologische monitoringgegevens, om optredende effecten van toxische druk in oppervlaktewateren aan te tonen. Interne rapportage project 408657NA, "Milieu & Natuur". RIVM, 2 februari 1999.
- 22 VROM (1989). Omgaan met risico's. Bijlage bij het Nationaal Milieubeleidsplan. Tweede Kamer, vergaderjaar 1988-1989, 21 137, nr. 4.
- 23 Van Straalen, N.M. & C.A. Denneman (1989). Ecotoxicological evaluation of soil quality criteria. *Ecotoxicol. Environ. Safety*, 18, 241-251.
- 24 Gezondheidsraad (1988). Ecotoxicologische risico-evaluatie van stoffen. November 1988, Den Haag.
- 25 Van Straalen, N.M. (1990). New methodologies for estimating the ecological risk of chemicals in the environment. Proc. 6th Congress Int. Ass. of Engineering Geology, 6-10 August, Amsterdam. Balkema, Rotterdam
- 26 Aldenberg, T. & W. Slob (1993). Confidence limits for hazardous concentrations based on logistically distributed NOEC toxicity data. *Ecotoxicol. Environ. Safety*, 25, 48-63.
- 27 Aldenberg, T. & J.S. Jaworska (1999) Uncertainty of the Hazardous Concentration and Fraction Affected for normally distributed species sensitivity distributions. *Ecotoxicol. Environ. Safety* (in press).
- 28 T. Hamers, T. Aldenberg & D. van de Meent (1995). Definition Report- Indicator Effects Toxic Substances (Itox). RIVM-rapport nr. 607128001.
- 29 Wiertz, J., J.R.M. Alkemade, B.J.E. ten Brink & W. Ligtoet (1999). Ontwerp Natuurplanner 2.0. Decision support system natuur en milieu. RIVM rapport in voorbereiding.
- 30 Latour, J.B., R.Reiling & W. Slooff (1994). Ecological standards for eutrophication and desiccation: perspectives for a risk assessment. *Water, Air, Soil Pollut.*, 78, 265-277.
- 31 RIVM (1997). Nationale Milieuverkenning 4. Samsom H.D. Tjeenk Willink.
- 32 RIVM (1998). Milieubalans 1998. Samsom H.D. Tjeenk Willink.
- 33 US EPA Duluth. ASTER and AQUIRE databases.
- 34 Hamers, T. & D. van de Meent (1996). Indicator Toxic Compounds (Itox). Presentation 7th Annual Meeting SETAC Europe, Taormina, Italy, May 1996.
- 35 D. van de Meent (1997). Toxische druk in de MV4. Lezing Wetenschappelijke Vergadering RIVM, 16 september 1997, Bilthoven.
- 36 De Zwart, D. (1997). Monitoring the toxicity of surface waters. Poster 7th Annual Meeting SETAC Europe, april 1997, Amsterdam; Poster 18th Annual Meeting SETAC, November 1997, San Francisco.
- 37 Klepper, O., J. Bakker, T.P. Traas & D. van de Meent. (1998). Mapping the Potentially Affected Fraction of species (PAF) as a basis of comparison of ecotoxicological risks between substances and regions. *J. Hazardous Materials*, 61, 337-344.
- 38 Van de Meent, D., J. Bakker & O. Klepper (1997). Potentially Affected Fraction as indicator of toxic stress. Lezing 18th Annual Meeting SETAC, San Francisco, November 1997.

-
- 39 Van de Meent, D. & D. de Zwart (1998). Probabilistic Risk Assessment: combiPAF as indicator of toxic stress. Lezing 8th Annual Meeting SETAC Europe, april 1998, Bordeaux.
 - 40 Aldenberg, T. & J.S. Jaworska (1998). Bayesian extrapolation with bimodal distributions fitted to pesticide toxicity data. Lezing SETAC Europe, april 98, Bordeaux.
 - 41 Interdepartementale Werkgroep Integrale Normstelling Stoffen (1997) Integrale Normstelling Stoffen. Milieukwaliteitsnormen bodem, water, lucht. Rapport VROM 97759/h/12-97
 - 42 Bal, D., H.M. Beije, Y.R. Hoogeveen, S.R.J. Jansen & P.J. van der Reest (1995). Handboek natuurdoeltypen in Nederland. Rapport IKC Natuurbeheer nr. 11, Wageningen.
 - 43 Van de Bovenkamp, G., H. Bronswijk, R. Leewis, E. Noordijk & A. Sterkenburg (1999). De thema-indicator verspreiding (prioritaire stoffen). RIVM rapport nr. 607880 001

Bijlage 1 Verzendlijst

- 1 Directoraat-generaal Milieubeheer, Directie Stoffen, Veiligheid, Straling, t.a.v. dr. C. Plug
- 2 Plv. directeur-generaal Milieubeheer
- 3 D. Jung, DGM/SVS
- 4 M.A. van der Gaag, DGM/DWL
- 5 T. Crommentuijn, DGM/Bo
- 6 A. Eijs, DGM/SVS
- 7 D. Jonkers, DGM/DWL
- 8 K. Vijverberg, DGM/SP
- 9 M. Knops, DGM/SVS
- 10 M. Philippens, DGM/SVS
- 11 J. Worm, DGM/DWL
- 12 H. van der Baan, LNV
- 13 CIW Werkgroep V, t.a.v. J.G.J. Zwolsman, RIZA, Dordrecht
- 14 C. van de Guchte, RIZA, Lelystad
- 15 P. Latour, RIZA, Lelystad
- 16 L. van der Eerden, AB-DLO, Wageningen
- 17 J. Faber, IBN-DLO, Arnhem
- 18 M. Klein, IKC-N, Wageningen
- 19 N. van Straalen, VU, Amsterdam
- 20 E. Udo de Haes, CML, Leiden
- 21 M. Goedkoop, Pré, Amersfoort
- 22 F. Balk, Haskoning, Nijmegen
- 23 M. Beek, RIZA, Lelystad
- 24 R. Bosman, RIKZ, Den Haag
- 25 Th. Brock, SC-DLO, Wageningen
- 26 M Gorrée, CML, Leiden
- 27 J Hermens, RITOX, Utrecht
- 28 T Murk, LUW, Wageningen
- 29 T. Hamers, LUW, Wageningen
- 30 R. Knoben, IWACO, Den Bosch
- 31 A. Ragas, KUN, Nijmegen
- 32 W. van Tilborg, VTBC, Velp
- 33 J. van Wensem, TCB, Den Haag
- 34 Depot Nederlandse Publikaties en Nederlandse Bibliografie
- 35 Directie RIVM
- 36 G. de Mik, s3/4
- 37 F. Langeweg, s5
- 38 W.H. Könemann, CSR

39	R. van den Berg, LBG
40	A. Bresser, LWD
41	A. Opperhuizen, LEO
42	H. Eijsackers, ECO
43	C.J. van Leeuwen, CSR
44	W. Slooff, CSR
45	R. Luttik, CSR
46	A. van Wezel, CSR
47	J. de Bruijn, CSR
48	B. ten Brink, LBG
49	J. Wiertz, LBG
50	R. Alkemade, LBG
51	W. Ligtvoet, LWD
52	R. Wortelboer, LWD
53	T. Aldenberg, LWD
54	R. Reiling, MNV
55	E. Lebret, CCE
56	L van Bree, LEO
57	M. Janssen, LSO
58	H. Canton, ECO
59	J. Struijs, ECO
60	J. Notenboom, ECO
61	C. Roghair, ECO
62	M. Vonk, ECO
63	A. Sterkenburg, ECO
64	T. Traas, ECO
65	D. de Zwart, ECO
66	D. van de Meent, ECO
67	SBD/Voorlichting & Public Relations
68	Bureau Rapportenregistratie
69	Bibliotheek RIVM
70-80	Bureau Rapportenbeheer
81-100	Reserve exemplaren

Bijlage 2 Workshop wetenschap

de wetenschappelijke waarde van het PAF-concept als maatlat voor toxische druk op ecosystemen

verslag van de discussiebijeenkomst van 16 september 1997

Aanwezigen:

T Aldenberg (RIVM/LWD)	D. Jung (DGM/SVS)
R Alkemade (RIVM/LBG)	O Klepper (RIVM/ECO)
F Balk (BKH)	R Knobben (IWACO)
M Beek (RIZA)	R Luttk (RIVM/CSR)
R van den Berg (RIVM/LBG)	D van de Meent (RIVM/ECO)
R Bosman (RIKZ)	T Murk (LUW/TOX)
L van Bree (RIVM/LEO)	A Ragas (KUN)
Th Brock (SC/DLO)	C Roghair (RIVM/ECO)
JHM de Bruijn (RIVM/CSR)	W Slooff (RIVM/MNV, voorzitter)
L van der Eerden (AB/DLO)	A Sterkenburg (RIVM/ECO, verslag)
MA van der Gaag (DGM/DWL)	W van Tilborg (VTBC)
M Gorree (CML)	T Traas (RIVM/ECO)
H van Grinsven (RIVM/LBG)	H Verhaar (RITOX)
R Heijungs (CML)	J van Wensem (TCB)
J Hermens (RITOX)	D de Zwart (RIVM/ECO)
M. Janssen (RIVM/LSO)	

Inleiding

De deelnemers hebben ter voorbereiding op de discussie de vier rapporten toegezonden gekregen die onlangs in het kader van het project 'Kartering Ecotoxische Effecten van Stoffen' zijn verschenen*. Daarnaast is tevoren een lijst met vragen rondgestuurd. De opzet van de bijeenkomst was, aan de hand van deze lijst te komen tot een kritisch-wetenschappelijke discussie over het concept van de Potentieel Aangestaste Fractie PAF. De bijeenkomst werd geopend

* Het betreft de rapporten:

- Klepper & D. van de Meent (1997). Mapping the Potentially Affected Fraction (PAF) of species as an indicator of generic toxic stress. RIVM rapport 607504 001.
- Luttk, T.P. Traas & H. Mensink (1997). Mapping the Potentially Affected Fraction of Avian and Mammalian Target Species in the National Ecological Network. RIVM rapport 607504 002.
- Bakker & D. van de Meent (1997). Receptuur voor de berekening van de Indicator Effecten Toxische Stoffen (Itox). RIVM rapport 607504 003.
- Roghair, J. Struijs en D. de Zwart (1997). Measurement of toxic potency of fresh waters in The Netherlands. RIVM rapport 607504 004.

met een inleidende voordracht door Van de Meent waarin hij de gestelde vragen nader besprak.

Van de Meent legde er nadruk op dat de beoordeling van PAF als een correct middel telkens in de kontekst van de gestelde doeleinden moest worden beschouwd. Een belangrijk algemeen gebruiksdoel van de PAF is, om stoffen en locaties onderling te kunnen vergelijken.

Daarnaast gold voor de discussie rond de doelsoorten-specifieke PAF berekening, of deze ook bruikbaar is ten behoeve van een geschiktheidstoets bij aankoop van natuurterreinen.

Voor de Itox gold daarnaast specifiek, of deze kan worden gebruikt als effect-indicator voor het milieuthema Verspreiding.

Ten aanzien van de gemeten potentiële toxiciteit van oppervlaktewateren gold de vraag, of de gemeten PAF kan worden gebruikt bij wijze van effectmonitoring, als alternatief voor chemische monitoringsmethodieken.

De procedure was (per blok van vragen) als volgt:

1. Na de inleiding van Van de Meent werd de aanwezigen verzocht hun antwoord op de gestelde vragen kenbaar te maken op flip-over vellen die aan de wand waren bevestigd. Hiertoe werden groene stickertjes uitgereikt.
2. Na de eerste beantwoordingronde volgde een ronde waarin argumenten van voor- en tegenstanders, en 'misschien'-stemmers, werden geïnventariseerd.
3. Hierna volgde een antwoordronde, waarin de deelnemers (met rode stickertjes) hun definitieve antwoord op de gestelde vragen konden geven.

De antwoordscores zijn in het hierna volgende argumentenoverzicht opgenomen. Telkens zijn de aantallen 'ja'-, 'neen'- en 'misschien'-stemmers weergegeven als percentage van het totaal aantal uitgebrachte stemmen. Voor dit verslag werd een algemene indruk van de respons op de problematiek die per set van vragen werd aangekaart belangrijker geacht dan de individuele antwoorden per deelvraag. Hierdoor zijn nuanceringen verdwenen die in de toekomst nog nader aandacht zullen vragen. Als bijlage bij dit verslag is een tabel met de ruwe data gevoegd.

Tijdens de rondvraag merkte Van Tilborg op, het prematuur te vinden dat de PAF inmiddels in de MV4 is gepresenteerd in de vorm van de combi-PAF zware metalen.

De bijeenkomst werd beëindigd met de afspraak dat het verslag van de bijeenkomst, na een commentaarronde bij de deelnemers van het overleg, als input zou dienen voor een volgende, in oktober te houden, workshop over het PAF concept met beleidsambtenaren.

Argumenten ‘pro’, ‘contra’ en ‘misschien’ tijdens de discussie n.a.v. de eerste antwoordronde (groene stickers)

Algemeen

De risicobeoordeling van ecotoxische effecten van stoffen aan de hand van het PAF concept werd tijdens de bijeenkomst kritisch op zijn wetenschappelijke merites getoetst. De discussie was zeer diepgaand, en hierbij bleek dat er fundamenteel / theoretisch kanttekeningen bij het concept kunnen worden geplaatst. De argumenten die werden aangevoerd, staan hieronder per vraag nader beschreven.

Er werden kanttekeningen geplaatst bij het gebruik van NOEC-verdelingen. Hierbij werd opgemerkt dat de onzekerheid die hierin bestaat ook voor de normstelling problematisch is.

Met het gebruiksdoel voor ogen (de onderlinge vergelijking van stoffen en locaties) brachten veel deelnemers een nuancering aan op hun wetenschappelijk-kritische oordeel. Een welwillende houding ten opzichte van het gebruik van de PAF kwam tot uiting in de opmerking dat men met het concept ‘kon leven’. Hierbij speelde onder andere de praktische uitvoerbaarheid een grote rol.

Specifiek per vraag

1 Is de berekende generieke PAF, inhoudelijk gezien, een correct middel voor het gestelde doel?

A1 Is er een voldoende sterke relatie tussen PAF en het optreden van effecten in het veld om PAF als indicator kunnen nemen voor de mate waarin ecosystemen worden beïnvloed door stoffen (hogere PAF = meer beïnvloeding)?

Argumenten ‘neen’:

- de relatie geldt niet voor stoffen met een specifiek werkingsmechanisme (zoals bestrijdingsmiddelen)
- theoretisch gezien is het niet duidelijk wat een overschrijding van de NOEC voor X % van de soorten voorstelt; de maatlat is niet gekalibreerd
- naast toxische werkingsmechanismen spelen ook biologische interacties een rol
- de PAF kan alleen als een relatieve maat worden gebruikt (is gebaseerd op te weinig stoffen en te weinig soorten)
- de koppeling model - effect is niet mogelijk omdat het model niet is gevalideerd met veldgegevens
- bij de berekening van de PAF wordt geen rekening gehouden met de vaak grote spreiding in NOEC waarden voor soorten

A2 Is de benaming “toxische druk” voor “mate van beïnvloeding” goed gekozen?

Argumenten ‘ja’ bleken meer aanvullende opmerkingen:

- omdat de PAF de potentiële mate van beïnvloeding aangeeft, kun je ook van toxische druk spreken
- specifiek voor toxische stoffen

Argumenten ‘neen’ bleken gaande de discussie op misverstanden te berusten.

A3 Is PAF recht evenredig met toxische druk?

Argumenten ‘neen’:

- de PAF is wel evenredig met toxische druk, maar niet recht evenredig
- de PAF berekening is methodisch nog niet in orde

A4 Is er een voldoende sterke relatie tussen generieke PAF en “Kans op Voorkomen” om PAF als indicatief te beschouwen voor “soortenrijkdom”?

Argumenten 'neen':

- omdat PAF slechts relatief mag worden gebruikt, kun je hem niet voor een absolute maat als de KOV gebruiken
- ook andere factoren dan toxische stress bepalen de soortenrijkdom
- de PAF rekent met NOEC getallen en dus a priori niet met lethale effecten

A5 Zijn er, voor wat betreft A1-A4, verschillen tussen stoffen (stofgroepen)? En

A6 Zijn er, voor wat betreft A1-A4, verschillen tussen ecosysteemtypen (aquatisch/terrestrisch)?

Opmerkingen:

- ja, wanneer stoffen (stofgroepen) duidelijk verschillende werkingsmechanismen hebben (bijv organofosfaten vs Zn)
- er moet aandacht zijn voor synergistische werking van verschillende stoffen/stofgroepen
- er moet aandacht zijn voor specifieke werkingsmechanismen
- afhankelijk van omgevingscondities is een grote spreiding in NOEC waarden gevonden. Deze kan mede worden toegeschreven aan adaptatie van soorten aan verschillende milieus.

Hierop gaf Klepper aan hoe tenminste de omgevingscondities worden meegenomen voor wat betreft hun effecten op de beschikbare concentraties van stoffen.

A7 Biedt PAF meerwaarde boven PEC/PNEC?

Argumenten 'misschien':

- de meerwaarde van PAF is wetenschappelijk gezien beperkt, maar PAF heeft wel een zekere beleidsmatige meerwaarde
- proportioneel
- vorm van de curve meenemen
- bij een PAF kun je je meer voorstellen dan bij een opgetelde PEC/PNEC
- mits specifieke werkingsmechanismen nader worden uitgewerkt
- mits verder gevalideerd

Argumenten 'ja':

- de PAF is gewoon beter
- de PEC/PNEC richt zich op gespecificeerde stoffen, de PAF heeft een meer integratief karakter
- de PAF indicator heeft een beleidsmatige winst, mits het concept is gevalideerd
- de PEC/PNEC verhouding is een PAF met een rechte lijn

A8 Zijn er alternatieve methoden om stoffen en/of lokaties vergelijkbaar te maken?

Argumenten 'ja':

- er zijn modellen die stoffen en locaties vergelijken op basis van veldgegevens
- de spreiding in de populatie van soorten leggen naast chemische analyses (metalen-MOVE)
- er zijn methodes die zich richten op specifieke werkingsmechanismen van bepaalde stoffen
- te overwegen valt een PAF berekening voor sets van soorten i.p.v. voor de generieke soortenverzameling
- PAF eigenlijk biobeschikbaarheidsweergave
- de beeldvorming uit PAF plaatjes werd als 'te ernstig' ervaren (het oplossend vermogen van de plaatsjes werd als te laag ervaren); er werd voorgesteld de LC50-verdeling te gebruiken als basis voor PAF berekeningen en zo mogelijk nadere correcties in verband met biobeschikbaarheid toe te passen

Resultaten van de stemming: hierbij zijn de totalen per categorie opgeteld. De vragen 1 hebben voor 50% het 'neen'-antwoord gekregen; na de argumentenronde ('rood') trad een lichte verschuiving van 'misschien' richting 'ja' op.

VRAAG 1	ja	misschien	neen
'groen'	20%	30%	50%
'rood'	30%	20%	50%

2 Is de voorgestelde technische uitvoering van de generieke PAF-berekening correct voor het gestelde doel?

A9 Worden verschillen in beschikbaarheid correct behandeld?

Argumenten 'neen':

- voor de beschikbaarheid worden BCF en Kd gebruikt als constanten; deze zijn echter concentratieafhankelijk
- de benadering van de beschikbaarheid via de partitie-coëfficiënt is omstreden; er wordt niet voldoende rekening gehouden met de in de praktijk gevonden stabilisatie van de vrije ionen concentratie op de langere termijn ('aging', er werd verwezen naar een recente rapportage van het waterloopkundig laboratorium aangaande de reactiesnelheidsconstante van opname in lutum)

A10 In welk opzicht niet?

Vraag is tijdens de bijeenkomst overgeslagen

A11 Worden verschillen in natuurlijke achtergrondconcentraties correct behandeld?

Argumenten 'neen':

- het is niet duidelijk wat het aftelpunt is (geologische achtergrond)
- meting van de vrije ionenconcentratie in de bodem is zeer urgent nodig (investering in betere analysetechnieken)

A12 In welk opzicht niet?

A13 Hoe groot schat u de onzekerheidsmarge bij het resultaat van de generieke PAF-berekening?

Vragen A12 en A13 zijn tijdens de bijeenkomst overgeslagen

Hierop gaf Van de Meent een korte reactie. Hij legde er de nadruk op dat bij de beantwoording van de vragen telkens de beïnvloeding door stoffen als randvoorwaarde moest worden gebruikt.

Vervolgens kwam de definitieve beantwoording van de A-vragen aan de orde, in een rode-stickerronde.

Resultaten van de stemming (totalen per categorie opgeteld): De vragen 2 zijn voor het merendeel met 'misschien' beantwoord.

VRAAG 2	ja	misschien	neen
'groen'	0%	80%	20%
'rood'	0%	90%	10%

3 Is de berekende doelsoorten-specifieke PAF voor vogels en zoogdieren, inhoudelijk gezien, een correct middel voor het gestelde doel?

B1 Is de berekende doelsoorten-specifieke PAF een goede maat voor toxische beïnvloeding van specifieke natuurlokaties?

Argumenten 'neen':

- de doelsoorten omvatten slechts een beperkt aantal in het oog springende soorten; er bestaat in deze voorkeur voor de generieke PAF boven de DS PAF
- er zijn nauwelijks NOECs van doelsoorten bekend; de vertaling van bekende NOECs richting doelsoorten is problematisch
- er wordt voorkeur gegeven aan het gebruik van de generieke PAF, tenzij de NOEC van een doelsoort bekend is

Argumenten 'ja':

- ju kunt je iets voorstellen bij de DS PAF
- de DS PAF is voor de betreffende locaties de juiste meetlat
- de DS PAF kan worden gebruikt in aanvulling op de generieke PAF

B2 Is er een voldoende sterke relatie tussen doelsoorten-specifieke PAF en "Kans op Voorkomen" om doelsoorten-specifieke PAF als een indicatief te beschouwen voor "soortenrijkdom"?

Argumenten 'neen':

- het voedselareaal van de doelsoorten kan groter zijn dan de plek waar je iets wilt zeggen over de soortenrijkdom
- de doelsoorten vormen een subset van de generieke soortenverzameling; de DS PAF zegt minder over de toxische druk dan de generieke PAF en is dus minder indicatief voor soortenrijkdom
- ook hier geldt dat de PAF slechts als relatieve maat kan worden gebruikt
- vegetaties worden niet belicht; de gevoeligheid van vegetatie voor stoffen kan het overleven van doelsoorten bepalen

Echter:

- het aspect van doorvergiftiging is een belangrijk pluspunt van de DS PAF

B3 Is er een voldoende sterke relatie tussen doelsoorten-specifieke PAF en "Kans op Voorkomen" om doelsoorten-specifieke PAF te gebruiken als geschiktheids criterium voor verwerving van natuurterreinen?

Argumenten 'misschien':

- omdat de doorvergiftiging een pluspunt is
- maar PAF wordt dan weer absoluut gebruikt
- in de praktijk (verontreinigde natuurterreinen) zegt de PAF weinig

B4 Is het gewenst om de doelsoorten-specifieke PAF berekening apart uit te werken voor zoet- en zoutwatergemeenschappen?

Argument 'ja':

- de doelsoorten zijn verschillend

B5 Is het gewenst om de doelsoorten-specifieke PAF berekening uit te werken voor meer stoffen (andere metalen, bestrijdingsmiddelen,)?

De vraag moet worden gelezen als: Als je vóór een DS PAF zou zijn, zou je dan meer stoffen etc. willen? Argument 'misschien':

- luchtverontreiniging zou daarbij aandacht kunnen krijgen

B6 Is het gewenst om de doelsoorten-specifieke PAF berekening uit te werken voor meer soorten (planten, vlinders, reptielen,)?

Hier gelden dezelfde argumenten als onder B4

B7 Zijn er alternatieve methoden om stoffen en/of lokaties vergelijkbaar te maken?

Hier gelden dezelfde alternatieven als onder A8

B8 Zijn er alternatieve methoden om lokaties te beoordelen op geschiktheid voor natuurfuncties?

Argument 'ja':

- op basis van normoverschrijding, overschrijding interventiewaarden
- op basis van veldwaarneming

B9 Hoe groot schat u de onzekerheidsmarge bij het resultaat van de doelsoorten-specifieke PAF-berekening?

Vraag B9 is tijdens de bijeenkomst overgeslagen.

Resultaten van de stemming (totalen per categorie opgeteld): Een symmetrische verdeling rond 'misschien'. Opvallend is dat de eerste vragen overwegend met 'neen' werden beantwoord, terwijl de laatste met 'ja' werden bestickerd.

VRAAG 3	ja	misschien	neen
'groen'	30%	40%	30%
'rood'	30%	40%	30%

4 Is de combiPAF-rekenwijze een wetenschappelijk correcte manier om het gestelde doel te bereiken?

C1 Is de voorgestelde combiPAF een correcte afspiegeling van de gezamenlijke toxische druk van mengsels van stoffen op ecosystemen?

Anders geformuleerd: Is dit de beste oplossing van de wetenschappelijke wereld om beleidsmakers antwoord te kunnen geven? Argument 'ja':

- de combi PAF is een goede rekenregel, zij het met onzekere realiteitswaarde

Argument 'neen':

- de combi PAF is slechts correct indien geen correlatie bestaat tussen effecten van verschillende stoffen en effecten op verschillende soorten. Gezien de complexiteit wanneer het gaat om natuurlijke stoffen is een PAF die geen rekening houdt met deze correlatie niet aanvaardbaar.

C2 Is Narcotisering het enige toxische werkingsmechanisme dat concentratie-additief moet worden behandeld?

Argument 'neen':

- er zijn groepen van stoffen waarbinnen concentratie-additie voor een beperkte set van soorten geldt, bijvoorbeeld de organofosfaten
- de som van specifiek-werkende stoffen kan overall ook een narcotiserende werking hebben; dit wordt niet meegenomen

C3 Zijn alle andere werkingsmechanismen onafhankelijk?

Argument 'neen':

- denk aan bioactivering
- de basis van de berekening vormt de NOEC verdeling, inherent kunnen afhankelijke werkingsmechanismen niet worden meegenomen (er is alleen kennis over de afhankelijkheid van effecten)

C4 Is er een voldoende sterke relatie tussen combi-PAF en het optreden van effecten in het veld om combi-PAF als indicator kunnen nemen voor de mate waarin ecosystemen worden beïnvloed door mengsels van stoffen (hogere combi-PAF = meer Beïnvloeding)?

Argument 'neen':

- ook de combi PAF is een relatieve maat
- de bedoelde relatie is afhankelijk van de combinatie van stoffen

C5 Zijn er alternatieve methoden om lokaties en/of tijdstippen vergelijkbaar te maken?

Argument 'ja': zie vraag A8.

C6 Biedt combipaf meerwaarde boven het sommeren van PEC/PNEC-ratio's?

Argument 'neen':

- combi PAF kent teveel impliciete aannames

- je gooit informatie weg

Argument 'ja':

- de sommatie van PEC/PNEC ratio's sluit per definitie combinatiewerking uit
- de sommatie van PEC/PNEC ratio's is nietszeggend

C7 Is op basis van combiPAF vergelijking mogelijk van toxische effecten met effecten van andere stressoren?

Argument 'misschien':

- wanneer de effecten van andere stressoren (andere milieuthema's) kunnen worden uitgedrukt in termen van NOECs en PAF

Argument 'neen':

- beïnvloeding thema's is niet meegenomen
- de onnauwkeurigheid in de combi PAF berekening is zo groot dat een vergelijking met andere stressoren niet relevant is

C8 Zijn er alternatieve methoden om milieuthema's vergelijkbaar te maken?

Argument 'ja':

- distance-to-target-achtige benadering
- op basis van veldgegevens

Resultaten van de stemming (totalen per categorie opgeteld): Veel 'misschien'-stemmers, met een verschuiving richting 'neen' na de argumenteronde.

VRAAG 4	ja	misschien	neen
'groen'	20%	50%	40%
'rood'	20%	30%	50%

5 Is de voorgestelde technische uitvoering van de combiPAF-berekening correct voor het gestelde doel?

C9 Zijn modelmatig uit emissies berekende concentraties in lucht, water en bodem geschikt als basis voor een Itox?

Argument 'neen':

- de Itox is dan te zeer afhankelijk van landelijke emissiecijfers
- temporele aspecten (bijv seizoensinvloeden) worden dan niet meegenomen
- er is geen vertrouwen in de vertaling van emissiecijfers naar stofconcentraties in de compartimenten

Argument 'ja':

- (technokratisch) per definitie: je krijgt wat je erin stopt

C10 Hoe groot schat u de onzekerheidsmarge bij het resultaat van de generieke combi-PAF berekening?

Vraag C10 is overgeslagen.

Resultaten van de stemming (totalen per categorie opgeteld): Relatief veel 'ja'-stemmers.

VRAAG 5	ja	misschien	neen
'groen'	70%	20%	10%
'rood'	50%	30%	20%

Argumenten vóór of tegen de vragen 6 en 7 zijn wegens tijdgebrek niet aan de orde geweest; hieronder volgt de uitslag van de groene-stickerronde.

- 6 Is de waterPAF-meting een wetenschappelijk correcte manier om dit gebruiksdoel te dienen?
- D1 Is er een voldoende sterke relatie tussen de gemeten PAF en het optreden van effecten in het veld om de gemeten PAF als indicator kunnen nemen voor de mate waarin ecosystemen worden beïnvloed door stoffen (hogere PAF = meer beïnvloeding)?
- D2 Biedt toxiciteitsmeting meerwaarde boven de combiPAF-berekening van toxische druk?

Resultaten van de stemming (totalen per categorie opgeteld): Relatief veel 'ja'-stemmers.

VRAAG 6	ja	misschien	neen
'groen'	50%	30%	20%
'rood'			

- 7 Is de voorgestelde technische uitvoering van de waterPAF-meting correct voor het gestelde gebruiksdoel?
- A. Zijn de voorgestelde microtoxiciteitstoetsen geschikte eindpunten?
- B. Zijn deze eindpunten meer/minder gevoelig dan de standaard toxttoetsen waarop doorgaans normstelling wordt gebaseerd?
- C. Is de voorgestelde vertaling acuut-chronisch correct?
- D. Acht u de chemische concentratiemethode geschikt voor het gestelde doel?
- E. Hoe groot schat u de onzekerheidsmarge bij het resultaat van de waterPAF-meting?

Resultaten van de stemming (totalen per categorie opgeteld): Er werd overwegend 'misschien' gestemd.

VRAAG 7	ja	misschien	neen
'groen'	10%	70%	20%
'rood'			

Na de bijeenkomst heeft een aantal deelnemers nadere overwegingen rond de PAF-meting toegestuurd:

- in principe goede aanpak om iets algemeen te kunnen zeggen
- de vertaling acuut -> chronisch is niet onrealistisch en vooralsnog bruikbaar
- er bestaat onzekerheid, welke stoffen bijdragen aan de gemeten PAF
- het is onzeker, hoe om te gaan met resultaten van de testbatterij met specifiek werkende stoffen
- het is onzeker hoe de concentratiestap de samenstelling van het mengsel beïnvloedt

Bijlage 3 Workshop beleid

Workshop beleidsmatige gebruiksmogelijkheden van het concept Potentieel Aangetaste Fractie

Verslag van de discussiebijeenkomst van 4 november 1997

Aanwezigen:

C. A. Denneman (DGM/Bo)

R. Luttik (RIVM/CSR)

A. Eijs (DGM/SVS)

M. Philippens (DGM/SVS)

H. Eijsackers (RIVM/ECO)

C. Roghair (RIVM/ECO)

D. Jung (DGM/SVS)

T. Traas (RIVM/ECO)

M. Knops (DGM/SVS)

K. Vijverberg (DGM/SP)

W. Ligvoet (RIVM/LWD)

J. Worm (DGM/DWL)

Inleiding

De opzet van de bijeenkomst was om te komen tot een kritisch beleidsmatige discussie over het gebruik van het concept van de Potentieel Aangetaste Fractie PAF en de meerwaarde van dit concept boven enkele - nu gehanteerde - evaluatiemethoden. De deelnemers hebben ter voorbereiding op de discussie de vier rapporten toegezonden gekregen die in het kader van het project 'Kartering Ecotoxische Effecten van Stoffen' zijn verschenen. Tevens hebben zij een samenvatting van deze rapporten ontvangen welke speciaal voor de discussiebijeenkomst was opgesteld. Ten slotte is een lijst met vragen rondgestuurd (zie bijlage A).

Roghair gaf een korte toelichting op de verschillende typen PAF en hun beoogde gebruiksdoelen. Een belangrijk algemeen gebruiksdoel van de PAF is om stoffen en locaties onderling te kunnen vergelijken. Naast vragen naar gebruiksdoel en meerwaarde waren er enkele specifieke vragen:

- is de doelsoorten-specifieke PAF bruikbaar als criterium voor aankoop van natuurterreinen?
- kan de I_{tox} (een maat voor het gezamenlijke toxisch effect van aanwezige stoffen) gebruikt worden als effect-indicator voor het milieuthema Verspreiding?
- is de meting van PAF in water een geschikt substituut voor chemische monitoring?

Na de toelichting van Roghair werden de deelnemers verzocht om de vragen met betrekking tot de generieke PAF te beantwoorden op flip-over vellen middels stickers volgens de categorieën ja/nee/? (=misschien, geen mening). Bij de toelichting werd duidelijk aangegeven dat het stickeren bedoeld was om tot een discussie te komen (uitslag niet bindend). Na de eerste beantwoordingronde volgde een ronde waarin argumenten van voor- en tegenstanders, en misschien-stemmers werden geïnventariseerd en met elkaar getoetst. Hierna volgde de beantwoording van de volgende drie blokken met vragen middels stickers op flip-over vellen. Vervolgens werden opnieuw per blok toelichtingen en argumenten gegeven en bediscus-

sieerd. Tot slot werden de deelnemers uitgenodigd een top drie te benoemen voor te ondernemen activiteiten op PAF-gebied.

Uit de ruwe versie van de notulen (voor deelnemers op aanvraag verkrijgbaar) werd de volgende samenvatting opgesteld. De resultaten van het stickeren zijn vermeld in bijlage B.

Generieke PAF

Op dit moment heeft het PAF-concept zoals dat nu vastgelegd is met name een signalerende functie. Afhankelijk van de te beschouwen problematiek biedt de PAF wel of geen meerwaarde boven de huidige normstellingsinstrumenten. De gebruikswaarde van de PAF kan aanzienlijk verhoogd worden als het concept voldoende gecalibreerd en gevalideerd wordt.

Twee opvallende type uitspraken waren:

- Het beleid is nu bezig om normstelling te implementeren; er is op dit moment geen behoefte om nieuwe informatie in dit proces te brengen.
- Het huidige reductiebeleid is niet meer voldoende; er is argumentatie nodig vanuit “de effectenhoek”.

Doelsoorten-, combi- en gemeten-PAF

In het algemeen ziet men meer/eerder gebruikstoepassingen voor de doelsoorten-, combi- en gemeten-PAF boven de generieke PAF omdat deze iets toevoegen (doelsoortenblootstelling, combinatietoxiciteit respectievelijk toxiciteit van een onbekende cocktail) aan het generieke concept. De vraag om validatie blijft.

Over de gemeten-PAF werd specifiek gemeld dat deze gevoelsmatig een betrouwbaarder indruk geeft. Wel is het dan belangrijk om eventuele verschillen met de berekende combi-PAF betrouwbaar te kunnen beargumenteren.

Op de specifieke vragen werd als volgt geantwoord:

- De I_{tox} is bruikbaar als signalerende effectindicator voor het thema Verspreiding, juist vanwege zijn relatieve maat.
- De gemeten PAF dient als aanvulling te worden gezien op het instrument chemische monitoring, niet als substituuut.
- (vraag betreffende doelsoorten-specifieke PAF werd niet behandeld)

Verdere ontwikkeling van het PAF-concept

Als top drie voor de verdere ontwikkeling van het PAF-concept werden de volgende aandachtspunten genoemd:

1. Validatie en calibratie van de methodieken.
2. Presentatie van de resultaten (onder andere consistentie in de berekeningen; hoge uitkomsten werken contra-productief).
3. Het vaststellen van een communicatie-strategie, onder andere voor wat betreft de terminologie.

Tevens werd tijdens de discussie het voorstel gedaan om een validatie-exercitie uit te voeren:

-
- Van enkele situaties/monsters met behulp van experimentele methoden de toxiciteit bepalen.
 - Vervolgens de gemeten-PAF waarde bepalen.
 - Tevens de combi-PAF berekenen. Deze informatie plaatsen naast normoverschrijdingsquotienten voor de betreffende monsters.

Bijlage A bij Verslag discussiebijeenkomst 4 november 1997

GEBRUIKSMOGELIJKHEDEN PAF-CONCEPT IN MILIEU- EN NATUURBELEID**1. Generieke PAF**

Resultaten van chemische monitoringnetwerken kunnen worden verwerkt tot generieke PAF-kaarten *per stof*. Deze mogen worden gezien als weergaven van de verschillen in toxische druk die de stof uitoefent op ecosystemen, rekening houdend met de ruimtelijke verschillen in biologische beschikbaarheid, en rekening houdend met eventuele verschillen in natuurlijke achtergrondgehalten.

De relatie van de tot generieke PAF verwerkte meetresultaten met soortenrijkdom in het veld wordt verondersteld aanwezig te zijn, maar is nog niet kwantitatief vastgesteld.

Vraag 1a: Vindt u zulke kaarten bruikbaar als middel om "hot spots" per stof op te sporen?

Vraag 1b: Bieden generieke PAF-kaarten voor dit doel meerwaarde boven concentratie-kaarten?

Vraag 1c: Bieden generieke PAF-kaarten voor dit doel meerwaarde boven normoverschrijdingskaarten?

Vraag 1d: Vindt u generieke PAF-berekening bruikbaar als middel om af te wegen voor welke stof beleid het dringendst nodig is?

Vraag 1e: Bieden generieke PAF's voor dit doel meerwaarde boven normoverschrijdingsquotienten?

2. Doelsoorten-specifieke PAF

De generieke PAF brengt alleen blootstelling via water en bodem in rekening; blootstelling van hogere soorten via voesel (doorvergiftiging) wordt niet meegenomen. Ook wordt geen rekening gehouden met de soorten die op een specifieke lokatie geacht worden voor te komen of er te kunnen voorkomen. Als aanvulling hierop kan voor vogels en zoogdieren op lokaties binnen de ecologische hoofdstructuur de doelsoorten-specifieke PAF worden berekend.

De relatie van de doelsoorten-specifieke PAF met soortenrijkdom in de natuur wordt verondersteld aanwezig te zijn, maar is nog niet vastgesteld.

Vraag 2a: Vindt u zulke kaarten bruikbaar als middel om "hot spots" per stof op te sporen?

Vraag 2b: Bieden doelsoorten-specifieke PAF-kaarten voor dit doel meerwaarde boven concentratie-kaarten?

Vraag 2c: Bieden doelsoorten-specifieke PAF-kaarten voor dit doel meerwaarde boven normoverschrijdingskaarten?

Vraag 2d: Vindt u doelsoorten-specifieke PAF-berekening bruikbaar als middel om af te wegen voor welke stof beleid het dringendst nodig is?

Vraag 2e: Bieden doelsoorten-specifieke PAF's voor dit doel meerwaarde boven normoverschrijdingsquotienten?

Niet alle (landbouw)grond is even geschikt om te worden gebruikt voor ontwikkeling van natuur. Aanwezigheid van toxische stoffen speelt daarbij een rol.

Vraag 2f: Vindt u doelsoorten-specifieke PAF's bruikbaar als criterium voor aankoop van natuurterreinen?

Bijlage B bij Verslag discussiebijeenkomst 4 november 1997

Resultaten van de stemming

vraag	ja	nee	?/misschien
<i>Generiek PAF</i>			
vraag 1a	4	4	1
vraag 1b	3	2	2
vraag 1c	1	3	3
vraag 1d	0	2	6
vraag 1e	0	4	4
<i>Doelsoorten-specifieke PAF</i>			
vraag 2a	5	1	2
vraag 2b	4	1	3
vraag 2c	3	2	3
vraag 2d	2	2	4
vraag 2e	2	2	4
<i>Combi-PAF</i>			
vraag 3a	3.5	3.5	2
vraag 3b	0.5	1.5	6
vraag 3c	4	0	4
vraag 3d	1	1	6
vraag 3e	0	3	5
<i>Gemeten-PAF</i>			
vraag 4a	6	0	2
vraag 4b	3	0	5
vraag 4c	0	5	3

3. CombiPAF

Op basis van PAFs worden stoffen ecotoxicologisch aggregerbaar tot een I_{tox} . Concentratiekaarten van verschillende stoffen kunnen worden verwerkt tot één I_{tox} -kaart voor toxische druk.

De relatie van tot I_{tox} verwerkte meetresultaten met soortenrijkdom in het veld wordt verondersteld aanwezig te zijn, maar is nog niet kwantitatief vastgesteld.

Vraag 3a: Vindt u I_{tox} -kaarten bruikbaar om “hot spots” voor stofgericht milieubeleid op te sporen?

Vraag 3b: Bieden I_{tox} -kaarten voor dit doel meerwaarde boven alternatieve afwegingsmethoden?

I_{tox} kan worden opgevat als een effectindicator voor toxische stoffen samen. Gedacht wordt aan gebruik hiervan, in samenhang met de voorgestelde milieudrukindicator (emissies) en de te ontwikkelen milieukwaliteitsindicator (concentraties), als onderdeel voor een nieuwe milieubeleidsindicator voor het thema Verspreiding. De berekening voor dit doel zou kunnen worden gebaseerd op gelumpte meetresultaten voor een beperkt aantal stoffen in “het water” en/of “de bodem” in Nederland (per gebied?). Desgewenst zou kunnen worden gewerkt met modelmatig berekende concentraties voor een groter aantal stoffen. Dit zou aparte effectindicatoren voor water en bodem opleveren.

Vraag 3c: Vindt u een op monitoringresultaten gebaseerde I_{tox} -bruikbaar om te dienen als effectindicator in een nieuwe thema-indicator voor Verspreiding?

Vraag 3d: Vindt u een op modelmatig berekende concentraties gebaseerde I_{tox} -bruikbaar om te dienen als effectindicator in een nieuwe thema-indicator voor Verspreiding?

Het effectgerichte milieubeleid werkt met kwaliteitsdoelstellingen per stof; voor stoffen samen bestaan geen doelstellingen. Op basis van combi-PAF is ontwikkeling van combi-doelstellingen denkbaar, bv. $\text{combi-PAF}_{\max} = .25\%$.

Vraag 3e: Vindt u dat er milieukwaliteitsdoelstellingen voor stoffen samen moeten worden ontwikkeld?

4. Water PAF-meting

Met de experimentele meting van PAF in water is enige ervaring opgedaan. De vooruitzichten voor volledige ontwikkeling tot een met berekende combi-PAF vergelijkbaar operationeel meetinstrument voor watertoxiciteit op de korte termijn zijn gunstig. De kosten van de metingen liggen op het niveau van een dure chemische analyse.

Vraag 4a: Vindt u de gemeten watertoxiciteit bruikbaar als effectgerichte monitor voor de chemische waterkwaliteit?

Vraag 4b: Biedt meting van PAF in water meerwaarde boven chemische milieukwaliteitsmonitoring?

Vraag 4c: Is meting van PAF in water een geschikt substituut voor chemische monitoring van enkelvoudige organische microverontreinigingen?