



AUTEURS



Leonard Osté en Wilko Verweij (Deltares)



Sanne van den Berg en Paul van den Brink (Wageningen Environmental Research)



Tessa Pronk en Milo de Baat (KWR)



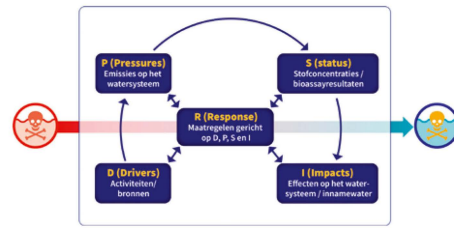
Leo Posthuma en Inge van Driezum (RIVM)

MEER INZICHT IN TOXISCHE DRUK IN HET WATER

Er komt een groeiend aantal chemische stoffen in ons milieu terecht, ook in het oppervlaktewater. Het wordt daarmee voor waterbeheerders steeds lastiger om inzicht te krijgen in de effecten van al die stoffen, en die kennis vervolgens te relateren aan bronnen, zodat de juiste beheersmaatregelen genomen kunnen worden. Hoe maken we toxiciteit van individuele stoffen, stofgroepen en stofmengsels inzichtelijk en hanteerbaar?

De maatschappelijke zorg over chemische stoffen in het milieu heeft zich vertaald in de Kaderrichtlijn Water (KRW) en in actieprogramma's zoals de Nederlandse *Delta-aanpak waterkwaliteit* en het Europese *Zero Pollution Action Plan*. Daarnaast halen specifieke stoffen of stofgroepen de publiciteit. De bekendste zijn de per- en polyfluoralkylstoffen (PFAS), maar ook bestrijdingsmiddelen, melamine, dioxines en geneesmiddelen leiden tot maatschappelijke zorgen. Er ontstaat een gevoel dat het aantal stoffen te groot wordt om te overzien: we gebruiken in Europa ruim 200.000 chemische stoffen, die via verschillende routes (directe lozingen, afvalwaterzuiveringen, uitspoeling uit de bodem en depositie) in het oppervlaktewater terecht kunnen komen. De waterbeheerder staat voor de vraag hoe onwenselijke effecten voorkomen kunnen worden.

Voor circa 150 stoffen zijn normen gesteld via de Kaderrichtlijn Water, maar alle andere stoffen worden beleidsmatig niet getoetst. Het waterkwaliteitsbeheer vraagt een bredere aanpak om tot zinvolle maatregelen te kunnen komen. Het DPSIR model van de KRW (afbeelding 1), is hiervoor het centrale hulpmiddel. Het model ontleent zijn naam aan de vier kennisgebieden die samenkomen bij 'Response'.



Afbeelding 1: Het DPSIR model om chemische verontreiniging van het oppervlaktewater aan te kunnen pakken

Sleutelfactor Toxiciteit

Het project Toxicologie binnen de Kennisimpuls Waterkwaliteit (KIWK-TOX) ontwikkelde voor die kennisgebieden hulpmiddelen voor de praktijk. De bestaande Sleutelfactor Toxiciteit 2016 (ESF-TOX1) is in het project verder uitgewerkt tot de vernieuwde versie, SFT2. Op dit moment wordt gewerkt aan een website die de totale SFT2, inclusief tools en achtergronddocumentatie, logisch en toegankelijk ontsluit. Deze website is binnenkort te vinden op www.sleutelfactor.toxiciteit.nl. De website heeft een deel voor deskundige gebruikers, en ook een deel voor mensen die vooral geïnformeerd willen worden, zoals beleidsmakers en geïnteresseerde burgers.

Met de vernieuwde instrumenten kunnen de 'S' (status) en de 'I' (impact) in het DPSIR model beter worden vastgesteld. Het gaat om 1) de effectmetingen (bioassays), deze meten biologische effecten die representatief zijn voor de ecologische status van het water, zonder dat de toxische stoffen bekend zijn, 2) de chemietool, die gemeten stofconcentraties vertaalt naar toxische druk, 3) de interpretatie van (biologische) effectmetingen en chemische metingen, 4) het identificeren van bronnen (de 'D' en de 'P' in DPSIR) en de mogelijkheden voor het nemen van maatregelen (de 'R' in DPSIR) (adviezen op basis van het chemie- en/of bioassay-spoor).

Dit artikel gaat nader in op deze vier onderwerpen.

Bioassays voor onbekende stoffen

Effectmetingen met bioassays benaderen de impact van chemische stoffen op het ecosysteem door gebruik te maken van biologisch materiaal, variërend van cellen tot kleine aquatische organismen zoals watervlooien. Hiermee worden de gezamenlijke effecten van alle (bekende en onbekende) bioactieve stoffen in het water gedetecteerd. Daarbij reageren de hele organismen op een breed scala aan stoffen met verschillende werkingsmechanismen, terwijl de assays met cellijnen vaak gericht zijn op een specifiek werkingsmechanisme, bijvoorbeeld hormoonverstorende stoffen.

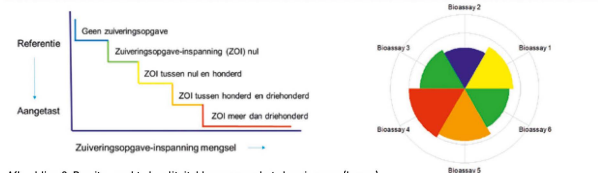
Het bioassay-spoor geeft vooral een algemene beoordeling van een locatie aan de hand van een bemonsterings- en voorbehandelingsprotocol, een basisset stoffen, en een interpretatietool. Er zijn basissets voor oppervlaktewater en twee voor drinkwater ontwikkeld, die stoffen met verschillende toxicologische effecten kunnen detecteren. De interpretatietool zet vervolgens de uitkomsten per bioassay om in een eindscore in vijf categorieën (zie verderop in dit artikel).

Er kunnen goede redenen zijn om af te wijken van de basissets, bijvoorbeeld als een (drink)waterbeheerder een specifieke stofgroep wil bekijken. De selectie en interpretatie van zulk specifiek onderzoek vraagt maatwerk. Hiervoor zijn binnen Sleutelfactor Toxiciteit 2 (SFT2) verschillende hulpmiddelen beschikbaar.

Meer inzicht in toxische druk in het water

16

Chemische verontreinigingsklassen	Geen	Gering	Matig	Sterk	Zeer sterk
Grenswaarden toxische druk (msPAF)	msPAF-NOEC < 0,005	msPAF-NOEC < 0,05	msPAF-NOEC < 0,05 msPAF-EC50 < 0,05	0,05 < msPAF-EC50 < 0,1	msPAF-EC50 > 0,1
In woorden	Begin van hinder bij maximaal 1 op de 200 soorten	Begin van hinder bij maximaal 1 op de 20 soorten	Effecten bij maximaal 1 op 200 soorten	Effecten bij maximaal 1 op 10 soorten	Effecten bij meer dan 1 op 10 soorten



Afbeelding 2. De uitgewerkte kwaliteitsklassen voor het chemiespoor (boven), de zuiveringsopgave-inspanning (ZOI) en het bioassay-spoor

Van chemische stoffen naar toxische druk

Veel beleidskaders zijn gericht op het beoordelen van individuele stoffen. Juist nu het aantal bekende stoffen sterk toeneemt, wordt het belangrijker om (ook) naar het totale mengsel te kijken. De chemietool is in staat om gemeten concentraties te vertalen naar een toxische druk van het mengsel. Dat gaat in 3 stappen: 1) de ingevoerde gemeten concentratie wordt omgerekend naar de biobeschikbare concentratie, 2) de biobeschikbare concentratie wordt omgerekend naar 'directe toxische druk van die stof op aquatische organismen'. Deze toxische druk heeft als eenheid de potentieel aangetaste fractie (PAF) van de organismen die in het systeem kunnen leven. 3) de PAF per stof wordt geaggregeerd naar de fractie aangetaste soorten voor het mengsel (meer-stoffen PAF: msPAF), voor stofgroepen of voor alle stoffen samen.

Het algemene principe van de chemietool is hetzelfde als in de oude ESF-TOX1, maar de manier waarop de nieuwe tool om kan gaan met biobeschikbaarheid is verbeterd en de uitkomsten hebben een hogere betrouwbaarheid. Ook kan makkelijker worden uitgebreid naar meer stoffen als er meer toxiciteitsgegevens beschikbaar komen. Bovendien is de Access-Tool uit ESF-TOX1 vervangen door een 'R-tool' en een interface voor meer gebruikersgemak: betere toegang, makkelijker invoeren van gegevens, en duidelijker interpretatie van de resultaten.

Zuiveringsopgave-inspanning

Ook voor de zuiveringsopgave-inspanning (ZOI) die drinkwaterbedrijven moeten leveren, is een verbeterde berekening van de waterkwaliteit opgesteld. Bij de berekening van de ZOI krijgen stoffen meer gewicht naargelang ze hun streef- of signaleringswaarde voor drinkwater overschrijden, en naarmate ze moeilijker (of juist makkelijker) te zuiveren zijn met eenvoudige drinkwaterzuiveringstechnieken (Pronk et al., 2021). Hoe hoger de ZOI (de status, 'S' in het DPSIR model), hoe meer inspanning de zuivering kost (de impact 'I' in het DPSIR model).

Interpretatie van alle gegevens

Wat zegt een ZOI, bioassay-score of msPAF over de effecten op drink- en oppervlaktewater? Deze interpretatiestap is in SFT2 sterk verbeterd. Voor zowel het chemiespoor als het bioassay-spoor is een interpretatiemethode ontwikkeld die nauw aansluit op de uitgangspunten van de KRW, waarbij de categorieën 'goed' en 'zeer goed' aangeven dat een systeem ecologisch gezond is en dus beschermd moet worden, terwijl de categorieën 'matig', 'onvoldoende' en 'slecht' vragen om maatregelen die de toxische druk verlagen (afbeelding 2). Het chemiespoor gebruikt hiervoor een combinatie van de toxische druk op het niveau 'net geen effect' (msPAF-NOEC) en de toxische druk op het niveau 50% effect (msPAF-EC50). Dit bepaalt in welke van

de vijf categorieën een locatie wordt ingedeeld. Het bioassay-spoor maakt gebruik van effect-signaalwaarden: de grenswaarde waarbij effecten op soorten niet uit te sluiten zijn. Voor elke bioassay wordt hiermee een 'kleur' bepaald. De resultaten worden verwerkt in een taartdiagram. Ook voor de waterkwaliteit met betrekking tot de zuiveringsopgave-inspanning is een vijfkleurenindeling gemaakt. Groen en blauw geven aan dat de benodigde zuiveringsinspanning laag genoeg is. Van oranje tot rood zijn er maatregelen nodig om de ZOI omlaag te brengen.

Identificatie van bronnen

Als uit de interpretatie blijkt dat het nodig is om de toxische druk te verminderen, dient zich de vraag aan welke drivers en pressures de toxische druk veroorzaken. De opzoektafel 'landgebruik - stoffenlijst' is daarvoor een aanzet. Per landgebruik kan daarin opgezocht worden welke stoffen een rol kunnen spelen. Overigens hoeft deze lijst niet alleen 'achteraf' te worden gebruikt, als de metingen al zijn uitgevoerd, maar kan hij ook als leidraad dienen om te bepalen welke stoffen gemonitord moeten worden en welke specifieke bioassays nuttig zijn.

Conclusie

Het KIWK-TOX project heeft een aanpak opgeleverd die toxiciteit inzichtelijk en hanteerbaar maakt. Via de website is een scala aan hulpmiddelen beschikbaar dat de waterbeheerders in staat stelt om de bedreigingen door chemische verontreiniging inzichtelijk te maken. De hulpmiddelen helpen bedrijven en overheden om de effecten per stof, per stofgroep en mengsel van stoffen te wegen. Het instrumentarium kan de komende jaren helpen bij het kiezen van maatregelen en bij het monitoren van effecten van maatregelen.

Leonard Osté en Wilko Verweij (Deltares), Sanne van den Berg en Paul van den Brink (Wageningen Environmental Research), Tessa Pronk en Milo de Baat (KWR), Leo Posthuma en Inge van Driezum (RIVM)

Bronnen

- R. van der Oost, L. Posthuma, D. de Zwart, J. Postma en L. Osté, 2016. Microverontreinigingen: hoe kun je ecologische risico's in water bepalen? ESF Toxiciteit. Water Matters 2016.
- Lemm, J.U., M. Venohr, L. Globevnik, K. Stefanidis, Y. Panagopoulos, J. van Gils, L. Posthuma, P. Kristensen, C.K. Feld, J. Mahnkopf, D. Hering, S. Birk, 2021. Multiple stressors determine river ecological status at the European scale: Towards an integrated understanding of river status deterioration. *Global Change Biology* 27 (9), 1962-1975
- L. Posthuma, MC Zijp, D. De Zwart, D. Van de Meent, L. Globevnik, M. Koprivsek, A. Focks, J. Van Gils, S. Birk. Chemical pollution imposes limitations to the ecological status of European surface waters. *Scientific reports* 2020, vol.10, p.1-12.
- T. E. Pronk, R. C. H. M. Hofman-Caris, D. Vries, S. A. E. Kools, T. L. ter Laak, G. J. Stromberg. A water quality index for the removal requirement and purification treatment effort of micropollutants. *Water Supply* 1 February 2021; 21 (1): 128-145. doi: <https://doi.org/10.2166/ws.2020.289>
- Schuijff, L.M., F.-J. Peng, S.J.P. van den Berg, M.M.L. Dingemans and P.J. Van den Brink (2021). Ecotoxicological tests for assessing impacts of chemical stress to aquatic ecosystems: facts, challenges, and future. *Science of the Total Environment*. 795: 148776.

Meer inzicht in toxische druk in het water

SAMENVATTING

In het kader van de Kennisimpuls waterkwaliteit is de ecologische Sleutelfactor Toxiciteit 1 (ESF-TOX1) doorontwikkeld tot de Sleutelfactor Toxiciteit 2 (SFT2). SFT2 biedt waterbeheerders en drinkwaterbedrijven een verbeterde methode om grip te krijgen op het toenemende aantal chemische stoffen in het oppervlaktewater. Er zijn drie belangrijke verbeteringen doorgevoerd. Ten eerste het verbeteren en gebruiksvriendelijker maken van de chemietool, waarmee concentraties van chemische stoffen worden vertaald naar een toxische druk. Ook is er een raamwerk dat de benodigde zuiveringsinspanning voor de productie van drinkwater verder kwantificeert. De tweede verbetering is die van het bioassay-spoor; er is een vernieuwde basisset bioassays met bijbehorende interpretatietool voor algemene beoordeling, en specifieke bioassays voor specialistisch onderzoek. De derde verbetering betreft de interpretatie. De resultaten van het chemie- en het bioassay-spoor worden verwerkt tot een indeling in een van de vijf categorieën, vergelijkbaar met die van de Kaderrichtlijn Water: geen - geringe - matige - sterke - zeer sterke toxische druk.