

# ECOLOGISCHE SLEUTELFACTOR TOXICITEIT MICROVERONT- REINIGINGEN: HOE BEPAAL JE DE RISICO'S?

## AUTEURS



Ron van der Oost  
(Waternet)



Leo Posthuma  
(RIVM)



Dick de Zwart  
(RIVM)



Jaap Postma  
(Ecofide)



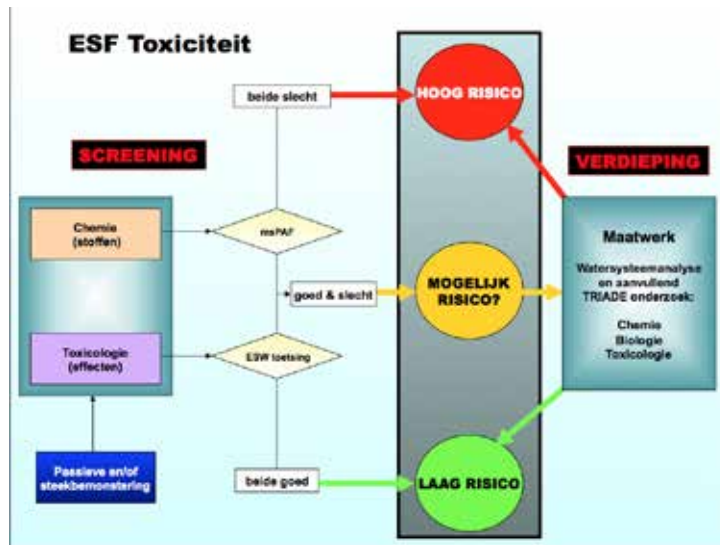
Leonard Osté  
(Deltares)

In het Nederlandse oppervlaktewater worden steeds meer nieuwe stoffen aangetroffen. Veel microverontreinigingen kunnen chemisch geanalyseerd worden, maar het effect van het complexe mengsel op het ecosysteem blijft vaak onduidelijk. De nieuwe *Ecologische Sleutelfactor Toxiciteit* is een praktisch instrument om eenvoudig de ecologische risico's van chemische verontreiniging te bepalen.

Op dit moment zijn er meer dan 100 miljoen stoffen bekend, waarvan een deel in de watercyclus terecht komt. Voor een aantal stoffen zijn waterkwaliteitsnormen opgesteld die zijn vastgelegd in Europese of Nederlandse regelgeving. Die normen vormen de basis voor het beschermen en beoordelen van de waterkwaliteit; zolang de concentratie van een stof aan de norm voldoet, gaat men ervan uit dat die stof niet tot problemen voor de ecologie leidt. Normering kan echter niet alle vragen beantwoorden. Waterbeheerders willen bijvoorbeeld graag weten wat de daadwerkelijke ecologische effecten zijn bij het overschrijden van een norm. Is elke normoverschrijding even erg? En wat betekent het als meerdere normen worden overschreden? Hoe waardeer ik dit breder, in een watersysteemanalyse? In de praktijk blijkt dat de ecologie wel degelijk schade kan ondervinden, ook als de normen niet worden overschreden. Dit is mogelijk omdat duizenden stoffen niet routinematig worden geanalyseerd en omdat voor veel stoffen geen normen bestaan.

Bovenstaande vragen waren voor de Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA) aanleiding om het Amsterdamse watercyclusbedrijf Waternet, RIVM, Deltares en Ecofide de *Ecologische Sleutelfactor Toxiciteit* (ESF-TOX) te laten ontwikkelen.

Niet als vervanging van de huidige normen, maar aanvullend en aansluitend op bestaande beleidskaders en overige ESF's.



Figuur 1  
Schematische weergave van de strategie van de Ecologische Sleutelfactor Toxiciteit (ESF-TOX), met een tweesporen screening voor chemische milieurisico's

Het ESF-TOX model is gericht op ecotoxicologie en vormt de schakel tussen chemie en ecologie. Het maakt deel uit van een set sleutelfactoren, die gezamenlijk een beeld geven van de toestand van waterlichamen.

De ESF-TOX is opgebouwd uit twee sporen. Het ene spoor (chemie) sluit aan op de reguliere metingen van stofconcentraties en werkt met modellen. Het andere spoor (toxicologie) is gebaseerd op het meten van effecten in biologische testen met directe relevantie voor de veldsituatie. De nadruk van beide sporen ligt op vertaling van aangetroffen stofconcentraties en effecten naar de omvang van de milieurisico's.

De resultaten van ESF-TOX worden weergegeven in een verkeerslicht dat aangeeft of het risico voor een ecosysteem hoog, matig of laag is (figuur 1). De twee sporen van de EFS-TOX leveren samen een goede inschatting op van de risico's van microverontreinigingen voor de ecologie. In specifieke en/of complexe situaties kan het echter wenselijk zijn om nader onderzoek te doen met geavanceerde chemische, biologische en toxicologische methoden.

### Spoor chemie

Bij het chemie-spoor wordt gewerkt met gemeten concentraties (bekende en nieuwe) organische stoffen, metalen en nutriënten. Op basis hiervan worden mogelijke ecologische effecten van het chemische mengsel berekend. Met het begrip 'toxische druk'

wordt de ernst van deze effecten gekwantificeerd die het mengsel kan veroorzaken.

De toxische druk wordt bepaald via dezelfde methode die gebruikt wordt voor de afleiding van waterkwaliteitsnormen, namelijk via een soortengevoeligheidsverdeling (Species Sensitivity Distribution, SSD). Aan de hand van bekende effecten op verschillende organismen wordt voor de normstelling de maximaal aanvaardbare concentratie van een stof bepaald. Bij de ESF-TOX wordt deze analysemethode andersom gehanteerd: met de gemeten stofconcentraties wordt bepaald welk percentage van de waterorganismen hiervan een negatief effect kan ondervinden. Die fractie (van 0 tot 100 procent) wordt aangeduid als de potentieel aangetaste fractie (PAF). Deze toxische druk wordt in de ESF-TOX per stof uitgerekend en vervolgens wordt het effect van alle aanwezige stofconcentraties gecombineerd tot de toxische druk van het hele mengsel (de meer-stoffen PAF, msPAF).

De toxische druk van een locatie wordt berekend met een rekenmodel waarin alle stofconcentraties worden ingevoerd. De berekening van de toxische druk van het chemie-spoor is gebaseerd op acute (snel werkende) toxiciteit, omdat deze vorm van toxiciteit een directe relatie heeft met soortenverlies. Vanzelfsprekend zullen bij toename van de acute toxische druk in een serie watermonsters ook de chronische effecten toenemen.

Microverontreinigingen: hoe bepaal je de risico's?

### Spoor toxicologie

Het toxicologie-spoor geeft met effectmetingen een indicatie of de aanwezige combinatie van stoffen een nadelig effect heeft op waterorganismen. Hierbij wordt zowel de algemene toxiciteit als de specifieke toxiciteit (gericht op een bepaald werkingsmechanisme) bestudeerd.

In dit spoor wordt het ecologische risico beoordeeld met een batterij van vijftien eenvoudige *bioassays*. Dit zijn toxiciteitstesten met levende dieren, planten of cellen. Geselecteerde *bioassays* kunnen door routine-laboratoria worden uitgevoerd of goedkoop worden uitbesteed.

Met deze testbatterij (kosten in 2016 € 2.300 ex BTW) worden de mogelijke risico's van het gehele mengsel van (on)bekende organische stoffen en hun afbraakproducten geanalyseerd. Hiermee krijgt men een completer beeld van de chemische risico's dan met chemische analyses. Om een indicatie van de chronische (langzaam werkende) toxiciteit te geven wordt het water geconcentreerd. Omdat alleen organische stoffen worden geconcentreerd, moeten de toxische druk van metalen en ammoniak met chemische analyses worden bepaald.

Uit de resultaten van bioassays komt niet naar voren welke stoffen de effecten veroorzaken. Om een indruk te krijgen van effecten op de ecologie, worden de resultaten daarom vergeleken met Effect Signaalwaarden (ESW), indicatoren voor ecologische risico's. De gemeten bioassay effecten worden ingevoerd in het SIMONI model (slimme integrale monitoring), dat met de ESW overschrijdingen een 'SIMONI-score' voor milieurisico's berekent.

### De sporen samen of soms apart

Het chemie-spoor en het toxicologie-spoor vullen elkaar aan, zodat een complete beoordeling alleen gemaakt kan worden door beide sporen te doorlopen. Er zijn echter uitzonderingen. Het chemische spoor kan voldoende zijn als er al veel concentraties van microverontreinigingen bekend zijn, maar het ecologische risico hiervan onduidelijk is (bijvoorbeeld door het ontbreken van normen). Omdat bij dit spoor de concentraties van duizenden niet geanalyseerde

stoffen onbekend zijn kan hiermee echter nooit een oordeel 'laag risico' worden gegeven. Het toxicologische spoor kan worden toegepast om een eerste indruk te krijgen van de chemische vervuiling als nog weinig bekend is van een locatie. Met dit spoor kan lastig een oordeel 'hoog risico' worden gegeven zonder identificatie van de stoffen die een effect veroorzaken, maar als een 'laag risico' wordt aangetoond is uitgebreid chemisch onderzoek niet nodig.

### Validatie van de ESF-TOX

Toxiciteit in het watersysteem is een complexe materie, omdat het gaat om zeer veel (onbekende) stoffen, die duizenden soorten waterorganismen kunnen beïnvloeden. De meerwaarde van de ESF-TOX is dat waterbeheerders deze complexe materie op een eenduidige manier kunnen beoordelen. Beide sporen van de ESF-TOX zijn namelijk gevalideerd met vergelijkend onderzoek.

Voor het chemie-spoor werd daarvoor met duizenden monsters uit Nederlandse wateren beoordeeld hoe een toenemende toxische druk effect heeft op de soortenrijkdom van de macrofauna-gemeenschap. De biodiversiteit wordt duidelijk beperkt door mengseltoxiciteit; een acute toxische druk van 10 procent komt overeen met ongeveer 10 procent soortenverlies.

Vaak gaven metalen en pesticiden de hoogste bijdrage aan de toxiciteit. Uit de landelijke monitoring van alle waterbeheerders blijkt dat de msPAF van 10 procent in 0,7 procent van de monsters wordt overschreden. In 19 procent van de monsters was wel sprake van toxiciteit maar in mindere mate (msPAF groter dan 0,5 procent).

Het toxicologie-spoor is eerst door Waternet gevalideerd. Met het SIMONI-model werd op drie locaties, waar de waterkwaliteit onder invloed staat van glastuinbouw of van een rioolwaterzuivering een verhoogd milieurisico aangetoond.

Op twee glastuinbouwlocaties werd met de twee verschillende ESF-TOX sporen een verhoogd risico voor de ecologie aangetoond. Zowel de SIMONI-score als de msPAF waren hoger dan de indicatieve grenswaarden. Het SIMONI-model voor effectgerichte risico-analyse wordt vanaf 2016 landelijk gevalideerd.

### Analyse chemische waterkwaliteit met ESF-TOX

Als ESF-TOX wordt toegepast bij de reguliere monitoring komt er naast een toetsing aan de normen van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) ook een inzichtelijke ecologische risicoanalyse beschikbaar. De ESF-TOX is specifiek gericht op het kwantificeren van de ecologische risico's van chemische mengsels, ook als er geen normen zijn.

Dit maakt het mogelijk – bijvoorbeeld als beleids-ondersteuning – om locaties met deze sleutelfactor onderling te prioriteren op basis van milieurisico's. De ESF-TOX is hierbij alleen op de directe ecologische effecten gericht, terwijl de normen ook kijken naar doorvergiftiging via de voedselketen en humane risico's.

Omdat chemische normen altijd een veiligheidsmarge kennen hoeft een geringe normoverschrijding niet meteen tot effecten te leiden. Door de realistische en eenduidige benadering van de ESF-TOX rekenmodellen kunnen toetsingen volgens de KRW-normen daardoor slechter uitvallen dan die met ESF-TOX.

Uit de praktijktoetsingen met het chemie-spoor bleek dat waterbeheerders erg tevreden zijn over het samenvattende vermogen van de ESF-TOX; geen lange tabellen met normtoetsingen per stof, maar één getal voor het ecologische risico. Ook kregen waterschappen meer inzicht in de relatieve risico's van individuele stoffen omdat het rekenmodel aangeeft welke stoffen de hoogste bijdrage aan de toxische druk leveren.

Het Amsterdamse watercyclusbedrijf Waternet heeft er als eerste voor gekozen om het toxicologie-spoor regelmatig in te zetten en de chemische monitoring te beperken.

In de Europese Unie wordt steeds meer gepleit voor integrale monitoring, waarbij naast stoffen ook effecten worden onderzocht. In het Europese project SOLUTIONS worden bijvoorbeeld vergelijkbare bouwstenen ontwikkeld als in de ESF-TOX. De innovatieve aanpak van ESF-TOX lijkt daarom een logische vervolgstap om het gedachtegoed van de Europese Kaderrichtlijn Water te implementeren.

Ron van der Oost  
(Waternet)

Leo Posthuma  
(RIVM)

Dick de Zwart  
(RIVM)

Jaap Postma  
(Ecofide)

Leonard Osté  
(Deltares)

### Literatuur

STOWA, 2016. Leo Posthuma, Dick de Zwart, Leonard Osté, Ron van der Oost en Jaap Postma. Ecologische Sleutelfactor Toxiciteit, deel 1: Methode voor het in beeld brengen van de toxiciteit. STOWA rapport 2016-15a.

José Vos, Els Smit, Dennis Kalf, Ronald Gylstra. Normen voor het waterkwaliteitsbeheer: wat kun, mag en moet je er mee? H<sub>2</sub>O-Online, december 2015.

Microverontreinigingen: hoe bepaal je de risico's?

### SAMENVATTING

Het oppervlaktewater kan verontreinigd zijn met meer dan 100.000 chemische stoffen. Met de huidige wijze van monitoring is het vaak lastig om de risico's van chemische microverontreinigingen voor het ecosysteem te bepalen. Daarom is met de Ecologische Sleutelfactor Toxiciteit (ESF-TOX) een praktisch instrument ontwikkeld waarmee waterbeheerders eenvoudig een analyse van de chemische risico's voor het ecosysteem uit kunnen voeren.

Met een tweesporen-analyse onderzoekt de ESF-TOX zowel stoffen als effecten. Bij het chemische spoor wordt via een modelanalyse met bekende stofconcentraties de toxische druk van het gehele mengsel aan stoffen bepaald. Het toxicologische spoor analyseert de risico's van het hele stofmengsel met biologische effectmetingen (bioassays).

Voor beide ESF-TOX-sporen zijn rekenmodellen ontwikkeld die de chemische toestand van het water aanduiden als goed, twijfelachtig of slecht. Bij een twijfelachtig resultaat is verdiepend maatwerk onderzoek nodig.