



Willie Peijnenburg, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu  
 Martina Vijver, Centrum voor Milieuwetenschappen Universiteit Leiden  
 Arjan de Koning, Centrum voor Milieuwetenschappen Universiteit Leiden

# Aanzet voor watertypespecifieke risicogrenzen voor metalen in oppervlaktewater

**Zware metalen overschrijden regelmatig de landelijke normen. Nieuwe wetenschappelijke ontwikkelingen laten echter zien dat als rekening wordt gehouden met (verschillen in) de watereigenschappen die van invloed zijn op de metaal toxiciteit, de daadwerkelijke effecten wel eens minder zouden kunnen zijn dan gedacht. Vooruitlopend op de resultaten van Europese discussies over de risico's van koper en passend binnen de vereisten van de Kaderrichtlijn Water, zijn ondergetekenden nagegaan of het mogelijk is om watertypespecifieke risicogrenzen voor metalen af te leiden die maatgevend zijn voor daadwerkelijk optredende (actuele) effecten. De studie laat zien dat in geval van koper, de typische watereigenschappen in termen van pH en DOC dusdanig zijn dat de risico's van metalen tot een factor 10 lager kunnen zijn dan op basis van de huidige normen wordt verwacht. Dit nodigt uit tot herbezinning over de noodzaak van het nemen van beheersmaatregelen.**

Zware metalen worden gezien als probleemstoffen in oppervlaktewater. Cadmium, lood, nikkel en kwik zijn bijvoorbeeld geselecteerd als prioritair binnen de Kaderrichtlijn Water. Normen voor koper en zink worden regelmatig overschreden in Nederlandse oppervlaktewateren en deze metalen zijn daarmee nationale probleemstoffen. Normoverschrijding impliceert dat (soms kostbare) emissie maatregelen genomen dienen te worden. De vraag is echter of deze emissie maatregelen leiden tot een daadwerkelijke verbetering van de ecologische kwaliteit van het water.

De huidige normen zijn gebaseerd op het toetsen van het opgeloste metaalgehalten aan het Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau (MTR). Nieuwe wetenschappelijke inzichten duiden er op dat deze wijze van toetsen niets zegt over daadwerkelijk optredende ecologische risico's. Deze nieuwe inzichten worden momenteel verwerkt in de Europese risicobeoordelingen van koper, zink en nikkel. De KRW biedt mogelijkheden voor locatiespecifieke risicobeoordeling, zij het dat op dit moment nog geen methodiek is voorgeschreven. Hoewel de discussies over de nieuwe risicogrenzen voor de genoemde metalen nog

niet zijn afgerond, valt te verwachten dat deze discussies zullen leiden tot een methodologie die niet alleen met een beperkte inspanning in de praktijk kan worden gebracht, maar die ook een beter beeld zal geven van daadwerkelijk optredende ecologische risico's. Vooruitlopend hierop hebben Zwolsman en Peijnenburg in 2006 al een aanbeveling gedaan voor een aanpassing van de monitoringprogramma's voor de KRW<sup>1)</sup>, terwijl Zwolsman en de Schamphelaere recent in H<sub>2</sub>O rapporteerden over de resultaten van een veldstudie waarin gemeten metaalgehalten zijn vergeleken met locatiespecifieke risicogrenzen waarin de nieuwe wetenschappelijke inzichten zijn verwerkt<sup>2)</sup>.

In deze bijdrage rapporteren we over de resultaten van een studie waarin we vooruitlopen op de resultaten van de Europese discussies over de nieuwe risicogrenzen voor enkele zware metalen. We zijn nagegaan hoe de locatiespecifieke risicobeoordeling voor koper voor de Nederlandse situatie er in de toekomst zou kunnen uitzien<sup>3)</sup>. Voor de studie hebben we, op basis van karakteristieke watereigenschappen, zes verschillende watertypen gedefinieerd. Vervolgens hebben we voor elk watertype een gevoeligheids- en een onzekerheidsanalyse uitgevoerd met de

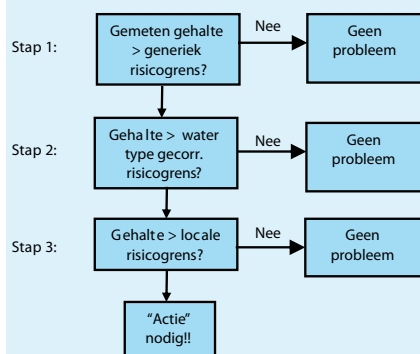
nieuwe Europese risicomodellen. Hierdoor konden we per watertype een nieuwe risicogrens én de onzekerheid in deze risicogrens kwantificeren. De hier gepresenteerde wijze van afleiden van watertypespecifieke risicogrenzen voor koper biedt een doorzicht naar de implementatie van de nieuwste inzichten in de ecologische effecten van metalen in risicobeoordeling, die verder kan worden toegespitst tot een locatiespecifieke beoordeling. Op deze wijze kan in een getrapte benadering de noodzaak van het uitvoeren van maatregelen op een wetenschappelijk verantwoorde manier worden onderbouwd, dusdanig dat de beschikbare schaarse middelen worden uitgegeven voor het daadwerkelijk verminderen van ecologische effecten. De studie beperkt zich tot koper, maar kan op vergelijkbare wijze ook voor nikkel en zink worden uitgevoerd.

## Europese risicobeoordeling

Binnen de Europese Unie wordt momenteel gewerkt aan de risicobeoordeling van enkele zware metalen. Zo heeft het RIVM een rapport opgesteld voor zink, terwijl de koper- en nikkelindustrie vrijwillige risicobeoordelingen uitvoeren die nog geaccordeerd dienen te worden door ter zake kundige vertegenwoordigers van de lidstaten. De risicogrenzen die uit deze beoordelingen

Typierend voor risicobeoordeling is, dat uitgegaan wordt van beheersing van generieke risiconiveaus, waarna stapsgewijs in geval van normoverschrijding ingezoomd wordt op de lokale situatie. Hierbij wordt in toenemende mate gebruik gemaakt van methodieken die toenemen in complexiteit en bewerkelijkheid.

Het algemene schema ziet er als volgt uit:



voortvloeden, dienen op termijn geïmplementeerd te worden in de nationale risicogrenzen, eventueel rekening houdend met specifieke (gebiedseigen) milieukennmerken: de tweedelijns risicobeoordeling.

Hoewel zowel voor de tweede lijnsbeoordeling binnen de KRW als in het geval van de Europese risicobeoordeling op dit moment nog geen methodiek is voorgeschreven waarmee invulling gegeven kan worden aan de locatiespecifieke risicobeoordeling, is het zonneklaar dat het niet verstandig is om te wachten totdat een dergelijke methodiek uitgekristalliseerd is. Daarnaast tekenen de contouren van een methodiek zich nu al duidelijk af. De Europese risicobeoordelingen van metalen worden voor een groot deel gebaseerd op effectmodellen die de chronische toxiciteit kunnen voorspellen voor organismen van verschillende trofische niveaus zoals algen, vissen en watervlooien, op basis van de locatiespecifieke waterkwaliteit. Terwijl de huidige risicobeoordeling enkel rekening houdt met het opgeloste metaalgehalte, houden de nieuwste modellen rekening met waterspecifieke factoren die de toxiciteit kunnen beïnvloeden. Zo is van koper bijvoorbeeld bekend dat het sterk bindt aan opgelost organisch koolstof in de waterfase, terwijl ook bekend is dat aan organisch koolstof gebonden koper niet giftig is voor waterorganismen. Ook de hardheid van het water en de pH zijn bijvoorbeeld van invloed op de toxiciteit van metalen. De nieuwste effectmodellen voor metalen zijn in staat om de invloed van al deze factoren op de metaal toxiciteit te kwantificeren. Deze Biotische Ligand Modellen (BLMs) zijn recent door Zwolsman en de Schampelaere al uitgebreid toegelicht in H<sub>2</sub>O<sup>21</sup>. Aan de andere kant is het echter ook zo dat nog onzekerheden kleven aan de toepassing van BLMs in de risicobeoordeling. De meeste onzekerheden zijn terug te leiden naar gebrek aan toxiciteitsgegevens en

gebrek aan BLMs voor verschillende soorten waterorganismen, daarnaast dient rekening gehouden te worden met onzekerheden die voortvloeien uit natuurlijke variaties in waterkwaliteit. Binnen de risicobeoordelingen wordt dit probleem opgelost door te werken met onzekerheidsfactoren: de risicogrenzen die voor een bepaald water is afgeleid, wordt gedeeld door een onzekerheidsfactor die oploopt naarmate de onzekerheid hoger wordt ingeschat. Om het specifieke gebrek aan BLMs voor 'voldoende' waterorganismen te ondervangen, wordt momenteel gewerkt aan extrapolatiescenario's waarbij BLMs voor een specifiek organisme worden gebruikt om de watertypespecifieke toxiciteit voor een organisme van het hetzelfde trofische niveau te berekenen. De aldus genormaliseerde toxiciteitsgegevens worden vervolgens gebruikt voor het vaststellen van een locatie- of watertypespecifieke risicogrenzen (veelal de HC5 = de metaalconcentratie waarbij 95 procent van de soorten wordt beschermd).

### Stappen

Om watertypespecifieke risicogrenzen te kunnen afleiden, dienen in het licht van het voorafgaande de volgende stappen te worden doorlopen:

- het vaststellen van de verschillende Nederlandse watertypen;
- het kiezen van een normalisatiescenario voor het omrekenen van de beschikbare set aan toxiciteitsgegevens naar elk watertype;
- het uitvoeren van een gevoeligheids- en onzekerheidsanalyse om de variaties in waterkwaliteit te kwantificeren, en om te kunnen vaststellen welke parameters met de meeste nauwkeurigheid gemeten dienen te worden;
- het berekenen van de risicogrenzen per watertype en de onzekerheden in de risiconiveaus.

De VROM-werkgroep VEM heeft in 2004<sup>4)</sup> op basis van metingen van een aantal karakteristieke watereigenschappen (pH, hardheid, DOC, etc.) een zestal watertypen gedefinieerd. De karakteristieken van deze

watertypen zijn weergegeven in tabel 1. De types I-III dekken ongeveer 90 procent van de Nederlandse zoete oppervlaktewateren; de overige types zijn representatief voor de meer extreme wateren.

Alhoewel meerdere normalisatiescenario's voor de Europese risicobeoordelingen worden doorgerekend, wordt ter illustratie hier volstaan met het scenario waarbij de chronische koper-BLMs voor algen, vissen en watervlooien, worden toegepast op alle toxiciteitsgegevens van organismen uit hetzelfde trofische niveau (dit wil zeggen dat de BLM die is ontwikkeld voor één vissoort, wordt toegepast op alle toxiciteitsgegevens van koper voor alle vissen). Hoewel dit onderwerp op dit moment een punt van discussie is, gaan we er verder vanuit dat geen extra veiligheidsfactor behoeft te worden toegepast op de watertypespecifieke HC5-waardes die met dit scenario worden berekend (veiligheidsfactor van 1). Mocht besloten worden tot een andere veiligheidsfactor, dan dienen alle risicogrenzen die hier verder genoemd worden, door deze factor te worden gedeeld.

De gevoeligheidsanalyse liet zien dat de pH en het DOC-gehalte voor de meeste watertypen, de parameters waren die leidden tot de grootste variatie in de HC5-waardes. Daarnaast waren in veel mindere mate het Na- en het Mg-gehalte van invloed. Dit betekent dat het belangrijk is om een goede indruk te hebben van de natuurlijke variatie in pH en DOC van elk watertype. Voor de overige watereigenschappen kan per watertype een gemiddelde waarde worden gebruikt om watertype specifieke risicogrenzen te bepalen. De resultaten van de onzekerheidsanalyse zijn weergegeven in afbeelding 1. Dit is gedaan middels box- en whiskerplots. In een dergelijke plot worden (gaande van boven naar beneden in de figuur) de maximale waarde, de 75-, 50- en 25-percentiel en de minimale waarde geplott. De lengte van de inkeping geeft de onzekerheid in de 50-percentielwaarde weer. Plusjes geven de uitschieters aan.

Tabel 1: Chemische eigenschappen (gemiddelde ± standaarddeviatie) van de verschillende watertypen.

	DOC mg DOC/L	pH (-)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	Cl (mg/l)	alkaliniteit (mg CaCO <sub>3</sub> /l)
I. grote rivieren <sup>a</sup>	3.1 ± 0.9	7.7 ± 0.2	70.0 ± 4.8	9.1 ± 1.9	25.5	55.5	120
II. kanalen, grote en kleine meren <sup>b</sup>	8.4 ± 4.4	8.1 ± 0.4	56.6 ± 15.8	19.5 ± 5.5	65.8	120	128
III. kleine rivieren en beken <sup>c</sup>	18.2 ± 4.3	7.4 ± 0.1	75.8 ± 39.0	8.5 ± 0.4	58.4	102	151
IV. polder slootjes <sup>d</sup>	27.5 ± 12.2	6.9 ± 0.8	86.7 ± 28.0	31.9 ± 5.6	60.5	115	265
V. sprenges	2.2 ± 1.0	6.7 ± 0.1	20.3 ± 0.4	6.7 ± 0.4	17.0	31	8.6
VI. zure venetjes <sup>e</sup>	17.3 ± 4.4	5.1 ± 0.8	1.5 ± 0.9	0.8 ± 0.3	3.7	7.0	0.27

<sup>a</sup> Rijn, Maas, Schelde

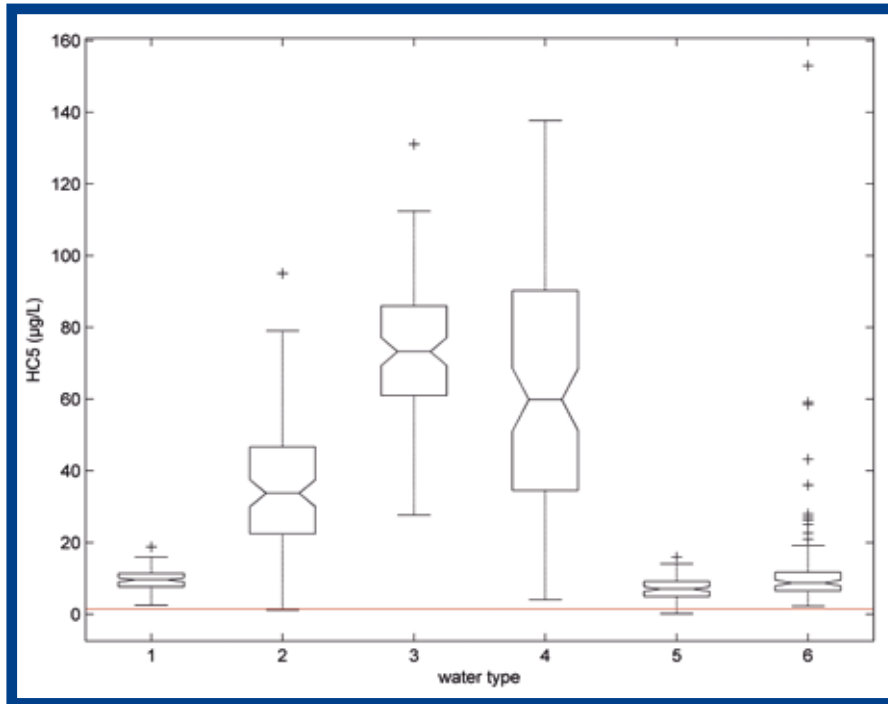
<sup>b</sup> Noordzeekanaal, Amsterdam-Rijnkanaal, IJsselmeer, Markermeer, randmeren, Ketelmeer, Vinkeveense plassen, Oude Venen, Maarseveen Brouwerskolk

<sup>c</sup> Chaamse Beek, Beneden Regge, Amstel, Dommel

<sup>d</sup> Middensloot, Alblasserwaard, Krimpenerwaard, Vijfherenlanden

<sup>e</sup> Springedalse beek

<sup>f</sup> Smitsveen, Reeënveen, Kliplo, Bosveen, Mekelermeer, Ven II, Koolhaar



**Afb. 1:** Variatie van de berekende HC5-waarde ( $\mu\text{g/l}$  opgelost koper) als gevolg van de variatie van de water-eigenschappen in de zes watertypen. Een lage HC5-waarde geeft een watertype weer waarin de gevoeligheid van de waterorganismen groot is voor koper. De rode lijn geeft de huidige generieke kopernorm ( $1.5 \mu\text{g}$  opgelost koper per liter) weer voor het oppervlaktewater in Nederland.

Uitgaande van het hier gebruikte extrapolatiescenario en van een additionele onzekerheidsfactor van 1 (geen extra onzekerheid) is in tabel 2 voor elk watertype de mediane waarde van de HC5 voor koper weergegeven. Daarnaast is ter illustratie van de variatie in de berekende HC5-waarde, de standaarddeviatie opgenomen.

### Betekenis

De HC5-waardes die in tabel 2 zijn weergegeven, kunnen allereerst vergeleken worden met de generieke risicogrens voor koper. Te verwachten valt dat, zonder rekening te houden met een eventuele extra onzekerheidsfactor, een generieke HC5 van ongeveer  $7.3 \mu\text{g/l}$  (met een 50% betrouwbaarheidsinterval van  $6.1$ - $7.9 \mu\text{g/l}$ ) zal resulteren uit de Europese risicobeoordeling van koper. Dit betekent dat de karakteristieken van watertypen II (grote rivieren), III (kanalen en meren) en IV (sloten en kleine stromen) zorgen voor extra bescherming

**Tabel 2:** Mediaan en standaarddeviatie van de berekende HC5-waarde voor koper in de zes verschillende watertypen. De tabel is gebaseerd op tabel 46 in het CML-rapport, met alleen normalisatiescenario 1, de mediane waarde en de standaarddeviatie.

watertype ( $\mu\text{g.l}^{-1}$ )	mediaan ( $\mu\text{g.l}^{-1}$ )	standaarddeviatie
I	9.7	2.9
II	33.8	17.9
III	73.3	18.9
IV	59.9	34.5
V	7.1	3.1
VI	8.8	17.0

van de in deze wateren voorkomende organismen. Deze bescherming komt voort uit het relatief hoge DOC-gehalte van deze wateren, in combinatie met een in het algemeen hoge pH die in geval van koper zorgt voor extra bescherming. Het gevolg is dat voor deze, relatief veel voorkomende, watertypen wellicht volstaan zou kunnen worden met minder ingrijpende beheersmaatregelen: de actuele risico's van koper zijn in deze wateren tot maximaal een factor 10 minder dan op basis van de generieke HC5 wordt verwacht.

Voor de overige watertypen valt uit tabel 2 te concluderen dat hun waterkenmerken dusdanig zijn dat de actuele risico's van koper in deze wateren nagenoeg gelijk zijn aan de generieke risico's. Extra ruimte voor versoepeling van eventuele beheersmaatregelen lijkt er dus in deze wateren nauwelijks tot niet te zijn.

Tabel 2 laat ook duidelijk zien dat de variatie in de risicoschattingen relatief groot is als gevolg van de grote variatie in de water-eigenschappen in ruimte en tijd. Door de natuurlijke variatie in de watersamenstelling zullen deze watertypespecifieke onzekerheden altijd blijven bestaan. De natuur is immers grilliger dan te bevatten in het vrij starre systeem van risicobeoordeling.

### Beperkte inspanning

In het bovenstaande is een uitwerking gepresenteerd van een extrapolatie van de Europese wijze van risico beoordelen van zware metalen naar Nederlandse oppervlaktewateren. De oefening laat zien dat er mogelijkheden zijn om in een getrapte benadering (generiek - watertypespecifiek - locatiespecifiek) dieper in te gaan op de daadwerkelijke risico's van metalen. Nieuwe

wetenschappelijke ontwikkelingen laten dit toe, maar een aantal onzekerheden in de benadering noodzaakt verdere discussies over de meest optimale wijze van implementatie. Het lijkt er echter op dat het met een beperkte inspanning mogelijk is om de noodzaak van ingrijpende en kostbare beheersmaatregelen adequaat te onderbouwen en te prioriteren. Zoals al aangegeven door Zwolsman en de Schampelaere kunnen de resultaten van het KRW-meetprogramma van 2007 hiervoor al als basis dienen.

### LITERATUUR

- Zwolsman J. en W. Peijnenburg (2006). Tweedelijsbeoordeling ecologische risico's in oppervlaktewater. Wat te meten in 2007? Kiwa. Rapport 06.112.
- Zwolsman J. en K. de Schampelaere (2007). Risico's zware metalen in oppervlaktewater lager dan aangenomen. H<sub>2</sub>O nr. 14, pag. 29-31.
- Vijver M. en A. de Koning (2007). Quantifying HC5 using BLMs for Cu in different water types according different extrapolation options: sensitivity and uncertainty analysis. CML. Rapport 175.
- Werkgroep VEM (2004). Eindrapportage Vervolgonderzoek normstelling Essentiële Metalen. Ministerie van VROM.