

CONSEQUENTIES VAN WETENSCHAPPELIJKE INZICHTEN

“Normen voor waterbodems en baggerspecie zijn onjuist” (1)

De huidige normstelling in Nederland voor oppervlaktewater is in principe gebaseerd, en moet ook gebaseerd zijn, op concentraties biobeschikbare of vrij-opgeloste stof (bestaande waternormen). Sedimentnormen, die werden afgeleid van waternormen, en de klassenindeling voor baggerspecie zijn gebaseerd op totaalgehalten, die geen relatie hebben met concentraties vrij-opgeloste stof en ecotoxicologische risico's. Daarom zouden sedimentnormen en genoemde klassenindeling moeten worden vervangen door bestaande waternormen. Een dergelijke wijziging betekent in feite geen beleidswijziging, daar de beoordeling niet meer of minder streng wordt, maar wel veel beter. In onderstaand artikel worden deze conclusies voor zowel organische contaminanten als zware metalen onderbouwd.

Organische contaminanten komen in water-sedimentsystemen voor als gebonden aan organische koolstof (OC) van de vaste fase (sediment, zwevende stof), gebonden aan DOC (Dissolved Organic Carbon) en als vrij-opgeloste stof (vrij-opgeloste moleculen in de waterfase). Waterorganismen en sedimentbewonende organismen kunnen organische contaminanten opnemen via de waterfase en in veel gevallen ook via gecontamineerd voedsel, dat kan bestaan uit levende organismen en sediment, waarbij de organische stof in het sediment als voedselbron dient. Onderzoeksresultaten tonen aan dat in de praktijk, onafhankelijk van de wijze waarop stoffen worden opgenomen, een min of meer constante verhouding bestaat tussen het gehalte van een organische contaminant in het organisme (contaminant gebonden aan het vet in het organisme) en de concentratie vrij-opgeloste stof in het (poriën)water ('vetevenwicht'; bioconcentratiefactor). DOC-gebonden stof wordt niet of nauwelijks opgenomen. Voor veel organische contaminanten geldt dat het gehalte in het organisme is gerelateerd aan de mate van toxiciteit. Toxiciteit is daarom gerelateerd aan concentraties vrij-opgeloste stof.

Hogere organismen (zeehonden, otters, vogels) nemen door het eten van organismen in water en sediment eveneens organische contaminanten op. Bij hen is de opname van organische contaminanten veel groter dan de uitscheiding ervan. Het 'vetevenwicht' kan daardoor sterk worden overschreden. Kritische grenzen met betrekking tot het gehalte aan organische contaminanten in de

betreffende hogere organismen kunnen worden herleid tot kritische grenzen voor het gehalte aan organische contaminanten in waterorganismen en sedimentbewonende organismen, die weer kunnen worden gerelateerd aan kritische grenzen voor de concentratie vrij-opgeloste stof. Afhankelijk van de stof liggen de op deze wijze afgeleide kritische grenzen voor de concentratie vrij-opgeloste stof veel lager dan die voor waterorganismen en sedimentbewonende organismen zelf. In dat geval is sprake van

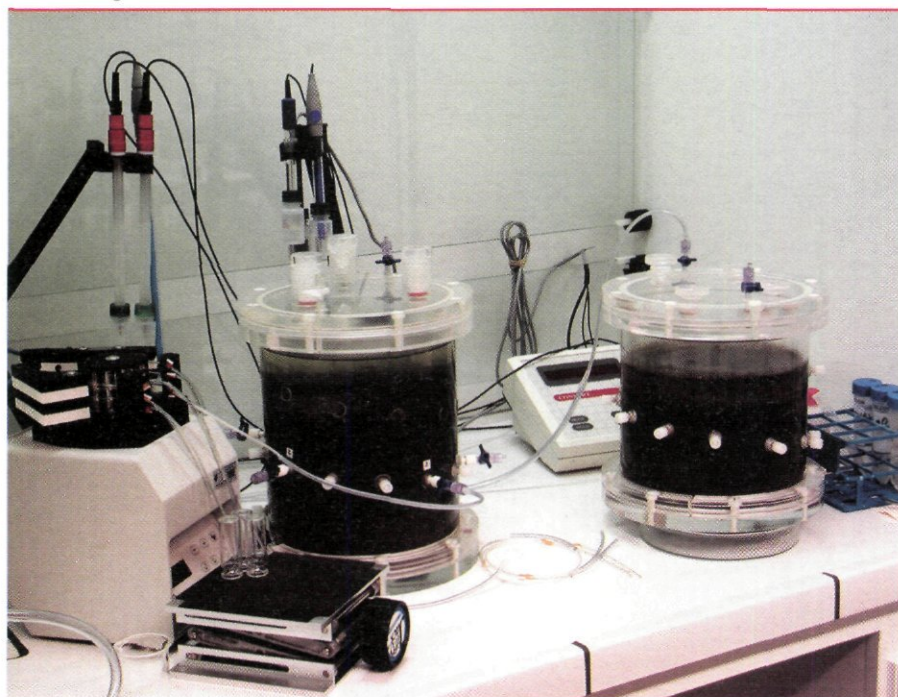
In H₂O nr. 19 uit 2004 werd een rapport van het Advies- en Kenniscentrum Waterbodems (AKWA) van Rijkswaterstaat over normstelling op een aantal hoofdlijnen besproken. Het rapport was gebaseerd op een uitvoerige literatuurstudie en kwam tot stand met medewerking van deskundigen van RIZA, RIKZ, Bouwdienst Rijkswaterstaat, RIVM, WLDelft Hydraulics, Vrije Universiteit en de universiteiten van Utrecht en Wageningen. In een zesluik gaan consultant G. Kamerling, bestuurslid N. de Rooij van het Hoogheemraadschap van Schieland en Krimpenerwaard en G. Cornelissen van de universiteit van Stockholm / het Noors Geotechnisch Instituut, op persoonlijke titel in op de consequenties van een aanpassing van de normen voor saneringsoperaties, werkzaamheden in uiterwaarden in het kader van 'Ruimte voor de Rivier' en de aanpak van bodemverontreinigingen.

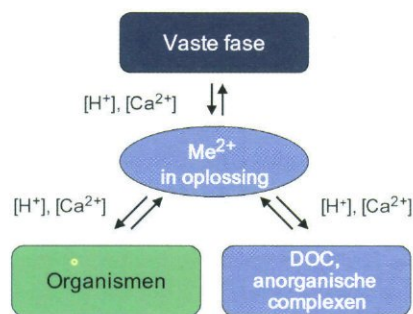
'doorvergiftiging' en wordt de lage kritische waarde als norm aangehouden.

Zware metalen

In water-sedimentsystemen komen zware metalen in allerlei bindingsvormen voor: gebonden in en aan de vaste fase (kleiminenralen, organische stof), gebonden aan DOC (opgeloste organische complexen) en als opgeloste anorganische complexen. Daarnaast komen zware metalen voor als vrij-

De bepaling van concentraties vrij-opgeloste stof in het laboratorium is noodzakelijk voor een juiste beoordeling van de ecotoxicologische risico's.





Afb. 1: Vereenvoudigde en schematische weergave van het vrij-ionmodel.

opgeloste zware metaalionen (Me^{2+}).

Uit onderzoek blijkt dat de opname door organismen van zware metalen via de waterfase vaak goed kan worden beschreven met het vrij-ionmodel (afbeelding 1).

Uit afbeelding 1 blijkt dat opname van zware metalen via de waterfase niet alleen afhankelijk is van de concentraties vrij-opgeloste zware metaalionen, maar ook van de concentratie H^+ en Ca^{2+} in oplossing (respectievelijk $[\text{H}^+]$ en $[\text{Ca}^{2+}]$). De beïnvloeding van de opname van het vrij-opgeloste zware metaalion door organismen door $[\text{H}^+]$ en $[\text{Ca}^{2+}]$ is soortspecifiek en wordt veroorzaakt door competitie om bindingsplaatsen aan biota. Zoals weergegeven in afbeelding 1 spelen $[\text{H}^+]$ en $[\text{Ca}^{2+}]$ om dezelfde reden een belangrijke rol bij het evenwicht (verdelingscoëfficiënt) tussen $[\text{Me}^{2+}]$ gebonden aan de vaste fase en $[\text{Me}^{2+}]$ in oplossing. Indien $[\text{Me}^{2+}]$ door organismen wordt opgenomen, zal het vanuit de vaste fase en de in het water aanwezige complexen in oplossing gaan, daar het systeem streeft naar evenwicht. Veel organismen kunnen zware metalen, behalve via de waterfase, ook via voedsel opnemen. Toch blijkt het gehalte zware metalen in organismen (als resultante van opname, eliminatie, groei en reproductie) vaak te zijn gerelateerd aan $[\text{Me}^{2+}]$, $[\text{H}^+]$ en $[\text{Ca}^{2+}]$; afhankelijk van de situatie kan ook $[\text{Mg}^{2+}]$ een rol spelen. Onderzoek toont tevens aan dat organismen van hogere trofische niveaus (predatoren levend in water) geen hogere gehalten aan zware metalen bevatten dan organismen van lagere trofische niveaus (geen biomagnificatie). Dat zou ook gelden voor hogere organismen, zoals vogels, die waterorganismen en organismen voorkomend in het sediment eten. Mogelijk zijn vogels gevoeliger voor zware metalen dan organismen in water en sediment (mogelijke doorvergiftiging van zware metalen naar hogere organismen).

Het gehalte zware metalen in organismen hoeft geen maat te zijn voor toxiciteit. Dit wordt onder meer veroorzaakt door

het vermogen van organismen zware metalen gedeeltelijk te detoxificeren en in een onschadelijke (niet biobeschikbare) vorm 'op te bergen'. De door het organisme op deze wijze onschadelijk gemaakte zware metalen kunnen ook voor een predator in het watersedimentsysteem niet biobeschikbaar zijn, wat mede kan verklaren dat doorvergiftiging bij waterorganismen en sedimentbewonende organismen van ondergeschikt belang is. Ook kunnen door de toxische werking van Me^{2+} op celmembranen de functies hiervan (bijvoorbeeld de opnames van stoffen) worden geblokkeerd. Dit wordt onder meer geconstateerd bij vissen, waarbij Me^{2+} toxisch kan werken door binding aan kieuwmembranen. In dergelijke situaties bestaat geen relatie tussen het gehalte zware metalen in het organisme en de toxiciteit.

Uit veel studies blijkt dat toxiciteit, al dan niet gerelateerd aan zware metaalgehalten in organismen en onafhankelijk van de wijze waarop zware metalen worden opgenomen (waterfase, voedselroute), vaak goed kan worden verklaard uit $[\text{Me}^{2+}]$, $[\text{H}^+]$ en $[\text{Ca}^{2+}]$.

Huidige waternormen

Met behulp van toxiciteitstesten werden per stof concentraties in water bepaald, die zijn gerelateerd aan effecten op waterorganismen. Op basis van de resultaten van deze testen werden per stof waternormen afgeleid: VR (Verwaarloosbaar Risico), MTR (Maximaal Toelaatbaar Risico) en ER (Ernstig Risico). Hierbij wordt ook door het RIVM aangenomen dat de bij de toxiciteitstesten gemeten waterconcentraties betrekking hebben op concentraties biobeschikbare (vrij-opgeloste) stof. Ook de hiervan afgeleide waternormen hebben dus betrekking op concentraties vrij-opgeloste organische contaminanten en vrij-opgeloste zware metaalionen. Dat geldt ook voor waternormen, waarbij het risico op doorvergiftiging werd verdisconteerd.

Zoals uit het voorgaande blijkt, zouden waternormen voor zware metalen echter niet alleen moeten zijn gebaseerd op $[\text{Me}^{2+}]$, maar ook op $[\text{H}^+]$ en $[\text{Ca}^{2+}]$.

In het AKWA-rapport wordt aangegeven dat de betreffende waternormen ten gevolge van meerdere oorzaken zijn omgeven met meer of minder grote onzekerheden. De waternormen kunnen hierdoor zowel te hoog als te laag zijn. Mede hierom zijn betrouwbare bio-assays en veldwaarnemingen noodzakelijk voor de beoordeling van het aquatisch milieu. In een volgend artikel wordt op deze problematiek teruggekomen.

Huidige normen voor waterbodems (sediment)

Voor sedimentbewonende organismen is in het verleden beleidsmatig aangenomen dat VR-, MTR- en ER-waarden voor water (bestaande waternormen) ook gelden voor het poriënwater van sediment. Door gebrek aan toxiciteitsgegevens met betrekking tot sedimentbewonende organismen is deze aanname niet verifieerbaar, maar gevoelsmatig wel verdedigbaar. Voor sedimenten zouden dus concentraties vrij-opgeloste stof in het poriënwater moeten worden gemeten, waarna de resultaten vervolgens zouden moeten worden getoetst op de zojuist vermelde waternormen. Daar concentraties vrij-opgeloste stof in het verleden echter niet of nauwelijks konden worden gemeten, rekende men de per stof vastgestelde MTR- en ER-waarden voor water met behulp van generieke (per stof vaste) verdelingscoëfficiënten om in MTR- en ER-waarden voor sediment (normen gebaseerd op totaalgehalten bij een standaardbodem met tien procent organische stof en 25 procent lutum, weergegeven in mg/kg droog sediment). In tegenstelling tot de bepaling van concentraties vrij-opgeloste stof leverde bepaling van totaalgehalten in sediment geen problemen op. Hierbij werd aangenomen dat totaalgehalten voor sediment als biobeschikbare voorraden stof kunnen worden opgevat, die via generieke verdelingscoëfficiënten direct kunnen worden gerelateerd aan concentraties vrij-opgeloste stof.

Generieke versus in situ verdelingscoëfficiënten

Voor organische contaminanten wordt de verdelingscoëfficiënt voor een stof veelal weergegeven als K_{OC} -waarde (concentratie gebonden aan OC vaste fase gedeeld door concentratie vrij-opgeloste stof). De bij de omrekening van waternormen naar sedimentnormen gehanteerde generieke K_{OC} -waarde kan worden opgevat als een mediaanwaarde van in de literatuur vermelde K_{OC} -waarden, die veelal in het laboratorium werden bepaald.

Onderzoek naar desorptie van organische contaminanten bij veldmonsters toont aan dat de biobeschikbare fractie minder dan één procent kan zijn van het totaalgehalte. In een dergelijke situatie blijkt de concentratie vrij-opgeloste organische contaminant in het poriënwater meer dan honderd maal lager te zijn dan zou worden berekend op basis van generieke K_{OC} -waarde; de in situ K_{OC} is meer dan honderd maal hoger dan de generieke K_{OC} . In de afgelopen jaren werden op veel locaties biobeschikbare fracties in sediment en in situ K_{OC} -waarden bepaald. In

vrijwel alle gevallen vindt men dat totaal-gehaltes in sediment slechts voor een deel biobeschikbaar zijn, de in situ K_{OC} 's hoger zijn dan de generieke en de concentraties vrij-opgeloste stof lager zijn dan verwacht op basis van totaalgehaltes en generieke K_{OC} 's. Men vindt daarbij wisselende beelden met betrekking tot de grootte van de biobeschikbare fracties en in situ K_{OC} 's. De oorzaak hiervan is onder meer gelegen in wisselende gehalten roet, roetachtige stoffen en steenkoolstof in het sediment; organische contaminanten vertonen sterke sorptie aan zojuist genoemde stoffen.

Niet alleen Rijkswaterstaat brengt deze nieuwe inzichten onder de aandacht. Inmiddels hebben wetenschappers uit een tiental Europese landen, waaronder Nederland, per brief de noodklok in 'Brussel' geluid. Zij maken daarbij hun diepe bezorgdheid kenbaar met betrekking tot de Europese Kaderrichtlijn Water, die vooralsnog uitgaat van totaalgehaltes organische contaminanten in plaats van concentraties vrij-opgeloste stof, die thans goed kunnen worden bepaald. De Nederlandse overheid zou de ontwikkelde kennis en nieuwe meetmethoden in praktijk moeten brengen en 'Brussel' ervan moeten overtuigen de Kaderrichtlijn Water te enten op wetenschappelijke inzichten en bepaling van concentraties vrij-opgeloste stof.

Voor zware metalen is de verdelingscoëfficiënt K_d het totaalgehalte zware metalen in sediment gedeeld door $[Me^{2+}]$.

K_d -waarden vertonen een grote spreiding, hetgeen wordt veroorzaakt door het feit dat de grootte ervan afhankelijk is van $[H^+]$ en $[Ca^{2+}]$. Daar $[Me^{2+}]$ in de praktijk moeilijk was te meten, werd bij de omrekening van waternormen naar sedimentnormen gewerkt met schijnbare K_d -waarden, waarbij in plaats van $[Me^{2+}]$ de totaalcon-

centratie zware metalen in oplossing ($[Me^{2+}] + \text{DOC-gebonden metalen} + \text{anorganische complexen}$) in rekening werd gebracht. Afhankelijk van het metaal kan K_d veel groter zijn dan de schijnbare K_d (afbeelding 2b).

Uit het voorgaande volgt dat K_d -waarden voor zware metalen een grote variatie kunnen vertonen, de in situ K_d -waarden veel hoger kunnen zijn dan de generieke K_d -waarden en $[Me^{2+}]$ veel lager kan zijn dan wordt berekend op basis van totaalgehaltes en generieke K_d -waarden. Een eenduidige relatie tussen totaalgehaltes aan zware metalen in het sediment en $[Me^{2+}]$ ontbreekt dus (zie afbeelding 2a).

Voorgaande beschouwing heeft betrekking op water-sedimentsystemen, die aëroob zijn. Waterbodems zijn echter veelal, met uitzondering van een dunne toplaag, anaëroob. Onder anaërobe omstandigheden is veelal voldoende sulfide aanwezig om zware metalen kwantitatief neer te slaan als metaalsulfide (vaste fase). $[Me^{2+}]$ is daarbij laag tot zeer laag en onafhankelijk van de concentratie in de vaste fase. Hieruit blijkt dat hantering van K_d -waarden onder anaërobe condities geheel onjuist is.

Conclusies

Uit het voorgaande blijkt dat noch voor organische contaminanten, noch voor zware metalen een eenduidige relatie bestaat tussen totaalgehaltes in sediment en concentraties vrij-opgeloste stof in het (poriën)water. Totaalgehaltes zijn daarom niet gerelateerd aan ecotoxicologische risico's. Dientengevolge zijn normen voor waterbodems (totaalgehaltes; VR-, MTR- en ER-sediment) niet gerelateerd aan ecotoxicologische risico's. Dat geldt ook voor de klassenindeling voor baggerspecie, die eveneens berust op totaalgehaltes in sediment. De huidige beoorde-

ling van waterbodems en baggerspecie, gebaseerd op meting van totaalgehaltes en toetsing van de resultaten op normwaarden (eveneens totaalgehaltes), is daarom onjuist.

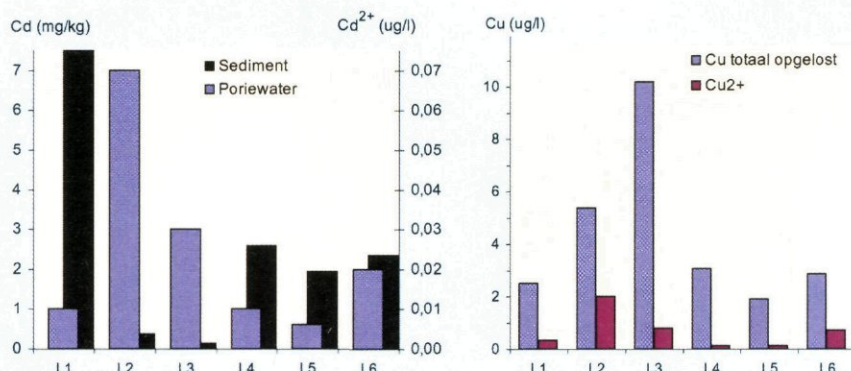
De oplossing is echter eenvoudig: meet de concentraties vrij-opgeloste organische contaminanten en vrij-opgeloste zware metaalionen en toets de resultaten op bestaande waternormen (VR-, MTR- en ER-waarden voor water). Bij deze wijze van meten en toetsen wordt zowel de omrekening naar een standaardbodem als het omrekenen van waternormen naar sedimentnormen met behulp van generieke verdelingscoëfficiënten vermeden. Men verkrijgt daarbij het grote voordeel dat de biobeschikbaarheid van stoffen (locatiespecifiek) reeds in het systeem is verdisconteerd en dus niet meer apart in beschouwing behoeft te worden genomen. De toetsingsresultaten zijn daarbij gerelateerd aan ecotoxicologische risico's.

Deze nieuwe wijze van meten en toetsen houdt in feite geen beleidswijziging in, want het beleid wordt er niet meer of minder streng door. Wel blijkt dat bij de huidige werkwijze ecotoxicologische risico's veelal worden overschat; in veel gevallen worden normen (totaalgehaltes) overschreden, terwijl dat niet het geval is bij toetsing van concentraties vrij-opgeloste stof op waternormen. Dat kan in de praktijk tot grote kostenbesparingen leiden. 

'Ecotoxicologische risico's en Water-Bodem-Normen; Wat Anders?!' is per e-mail op te vragen bij Rijkswaterstaat: (p.d.deboer@bwd.rws.minvenw.nl).

dr.ir. G. Kamerling
dr. G. Cornelissen
drs. N. de Rooij

Afb. 2: De aërobe toplaag van zes waterbodems. Afb. 2a (l.): Geen relatie tussen totaalgehalte Cd in sediment en $[Cd^{2+}]$ in poriënwater; er is een grote variatie in K_d . Afb. 2b (r.): Groot verschil tussen concentraties Cu totaal-opgelost en Cu^{2+} in poriënwater; er bestaan grote verschillen tussen K_d en schijnbare K_d .



Digitale foto's

Als u foto's digitaal wilt doorsturen naar de redactie, neem dan eerst contact op. De resolutie van de foto's moet namelijk minimaal 300 dpi bedragen op de ware grootte in het tijdschrift. Foto's doorsturen met een lagere resolutie heeft geen zin. De beeldschermresolutie van foto's bedraagt meestal slechts 72 dpi.

Gebruik van het programma Powerpoint voor grafisch materiaal wordt afgeraden!