

ECOTOXICOLOGISCHE RISICO'S EN WATERBODEMSANERING (4)

“Saneringsbeslissing Ketelmeer op onjuiste gronden genomen”

In voorgaande artikelen in dit vaktijdschrift werd weergegeven dat nieuwe inzichten aanleiding zouden moeten zijn om de huidige beoordeling van het aquatisch milieu bij te stellen. Ze hebben tevens betrekking op de gedachtegang rondom nut en noodzaak van waterbodemsaneringen ter beperking van ecotoxicologische risico's. In dit artikel wordt hier verder op ingegaan, waarna specifiek de sanering van het Ketelmeer aan bod komt. Op basis van de verkregen inzichten kan de conclusie worden getrokken dat veel waterbodemsaneringen, inclusief die van het Ketelmeer, niet zinvol zijn. Tevens voldoet de saneringsbeslissing voor het Ketelmeer niet aan de voorwaarden die de overheid daaraan zelf stelt.

Waterbodems ontstaan door sedimentatie van zwevende stof in oppervlaktewater, waarbij de kwaliteit van het sediment een afspiegeling is van de kwaliteit van het oppervlaktewater. In het verleden, toen het oppervlaktewater sterk verontreinigd was, werd sterk verontreinigd sediment afgezet. In latere jaren vond door een succesvol emissiebeleid een voortschrijdende verbetering plaats van de kwaliteit van oppervlaktewater en sediment, totdat na verloop van tijd een min of meer constante kwaliteit werd verkregen. De huidige kwaliteit van de toplaag van het sediment is de resultante van de huidige waterkwaliteit, de sedimentatiesnelheid, een door bodemorganismen veroorzaakte menging van recent afgezet materiaal met onderliggend mogelijk meer toxisch sediment, resuspensie, hersedimentatie en diffusieprocessen. Afhankelijk van de omstandigheden kan de kwaliteit van de toplaag, vergeleken met die van het oppervlaktewater, in meer of mindere mate najien. Waterbodems vormen echter een complex systeem, dat een nadere beschouwing waard is.

Fysisch-chemische en biologische processen in de toplaag van de waterbodem

Met uitzondering van een dunne oxische laag aan de bovenzijde is de waterbodem anoxisch. Veelal bevat een sediment zoveel slib en organische stof dat de oxische laag niet dikker is dan één tot twee millimeter. Door de aanwezigheid van sedimentbewonende organismen, met name voorkomend in de laag tot vijf centimeter diepte, kan de

oxische laag echter uitgroeien tot een paar centimeter dikte. In deze oxische zone wordt de concentratie vrij-opgeloste zware metaalionen $[Me^{2+}]$ bepaald door pH-afhankelijke adsorptiereacties. In het onderliggende gereduceerde sediment wordt $[Me^{2+}]$ met name bepaald door sulfideprecipitatie; $[Me^{2+}]$ is dan gering en constant en onafhankelijk van het totaalgehalte van het sediment. Mede door menging van relatief schoon sediment met onderliggend sterk verontreinigd sediment, zou $[Me^{2+}]$ in het poriënwater van de oxische laag hoger kunnen zijn dan in het bovenstaande oppervlaktewater. De concentratie Me^{2+} in het poriënwater van de oxische toplaag wordt dan echter sterk beperkt door hoge diffusiefluxen naar zowel het oppervlaktewater als het onderliggend gereduceerd sediment met een lage $[Me^{2+}]$. Tevens maken sedimentbewonende organismen (zoals tubifex) gangetjes in het sediment, waarbij de organismen het water in de gangetjes actief vervensen met oppervlaktewater en zo hun eigen micro-omgeving creëren. WLDelft Hydraulics heeft dit gesi-

Muggenlarf, gedeeltelijk in sediment, gedeeltelijk in oppervlaktewater.



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.

muleerd. Door de verversing met zuurstofhoudend oppervlaktewater gaan sulfiden van zware metalen in een gereduceerd sediment in oplossing. De hierbij vrijkomende zware metaalionen adsorberen echter direct aan het inmiddels gevormd amorf ijzerhydroxide. Hierdoor kan $[Me^{2+}]$ in het poriënwater van de toplaag zelfs lager zijn dan in het oppervlaktewater. Tevens kan een sedimentbewonend organisme zich gedeeltelijk in de waterkolom bevinden (zie foto). Het is dan ook begrijpelijk dat uit onderzoekresultaten van het RIZA¹ blijkt dat opname van vrijwel alle zware metalen door sedimentbewonende organismen is gerelateerd aan $[Me^{2+}]$ in oppervlaktewater.

Uit metingen blijkt dat concentraties vrij-opgeloste organische contaminanten in oppervlaktewater en poriënwater (toplaag sediment) geen grote verschillen vertonen. Mede op grond van het voorgaande mag de conclusie worden getrokken dat ook de blootstelling van sedimentbewonende organismen aan organische contaminanten in belangrijke mate zal zijn gerelateerd aan concentraties vrij-opgeloste stof in oppervlaktewater.

Beoordeling water-sediment-systemen

Wanneer sedimentbewonende organismen niet aan hogere concentraties vrij-opgeloste organische contaminanten en zware metaalionen worden blootgesteld dan waterorganismen in oppervlaktewater, dan zou de ecotoxicologische beoordeling van het gehele water-sedimentsysteem kunnen



Nauwkeurig baggeren bij de sanering van het Ketelmeer.

worden gebaseerd op gemeten concentraties vrij-opgeloste stof in het oppervlaktewater. Verificatie van de resultaten zou dan kunnen plaatsvinden met behulp van bio-assays, waarbij waterorganismen worden getest in oppervlaktewater. Meting van concentraties vrij-opgeloste stof in het poriënwater van de toplaag van het sediment zou dan achterwege kunnen blijven, evenals het gebruik van speciale bio-assays voor waterbodems.

Een dergelijke werkwijze zou een sterke vereenvoudiging bij de beoordeling en een sterke kostenbesparing opleveren. Het zou tevens goed aansluiten op de Europese Kaderrichtlijn Water, waar de beoordeling van waterbodems in feite buiten beschouwing blijft, mits die richtlijn zou zijn gebaseerd op concentraties vrij-opgeloste stof.

Deze gedachtegang zou geheel correct zijn, als de ecotoxicologische gevoeligheid van sedimentbewonende organismen en die van organismen in oppervlaktewater niet van elkaar zou verschillen. Hoewel dit beleidsmatig ook wordt aangenomen (watervormen gelden ook voor poriënwater), kan deze aanname niet worden geverifieerd door gebrek aan toxiciteitsgegevens. Dientengevolge lijkt het verstandig om bio-assays en accumulatie testen met sedimentbewonende organismen op bescheiden schaal te blijven uitvoeren; dergelijke bio-assays en testen behoren echter wel zo goed

mogelijk aan te sluiten op de omstandigheden in situ¹.

Uit het voorgaande blijkt dat in veel gevallen de kwaliteit van het oppervlaktewater bepalend is voor de kwaliteit van de toplaag van het sediment, terwijl concentraties vrij-opgeloste stof in oppervlaktewater bepalend zijn voor ecotoxicologische risico's met betrekking tot zowel organismen levend in oppervlaktewater als sedimentbewonende organismen. In dergelijke situaties zal sanering van de waterbodem niet zinvol zijn. Hierop bestaan echter uitzonderingen¹, bijvoorbeeld bij verontreiniging van de waterbodem ten gevolge van calamiteiten.

Sanering Ketelmeer

Het aantreffen van sterk verontreinigd sediment in het Ketelmeer (klasse 3 en 4) was begin jaren negentig aanleiding te starten met studies naar een mogelijke sanering van de waterbodem en de bouw van een baggerspeciedepot. In 1996 werd begonnen met de aanleg van een depot (IJsselooog); in 2000 werd de eerste fase van de waterbodemsanering aanbesteed.

Het sterkst verontreinigde sediment dateert uit de periode van 1960-1980². Door emissie beperkende maatregelen nam de mate van verontreiniging van latere afzet-

tingen geleidelijk af tot een min of meer constant niveau in de jaren negentig werd bereikt.

De beschouwing in het eerste deel van dit artikel geldt ook voor het Ketelmeer. Ondanks de relatief hoge sedimentatiesnelheid (circa één centimeter per jaar) zal de kwaliteit van de toplaag van het sediment in het Ketelmeer, vergeleken met de kwaliteit van het oppervlaktewater, waarschijnlijk wat nauwer liggen. Uit het voorgaande blijkt dat aan nut en noodzaak van sanering kan worden getwijfeld. De hierna vermelde onderzoeksresultaten hebben die twijfel verder versterkt.

Organische contaminanten

In de jaren negentig startte het RIZA met desorptie-onderzoek^{3,7} aan sedimenten. De eerste resultaten toonden voor een aantal stoffen aan dat biobeschikbare fracties slechts circa één procent van het totaalgehalte bedroegen. Op grond hiervan werd voorspeld dat de concentratie vrij-opgeloste stof in het poriënwater 100 maal lager zou zijn dan werd verwacht. Om zekerheid te verkrijgen over dit verrassende resultaat werd door het RIZA en het RIVM voor 1,4-DCB het totaalgehalte in het sediment en de concentratie vrij-opgeloste stof in het poriënwater gemeten. Het resultaat van dit onderzoek⁴ bevestigde in 1996 de voorspelling ruim-

schoots: de in situ K_{OC} was 1000 maal hoger dan de generieke K_{OC} ; de concentratie vrij-opgelost 1,4-DCB in het poriënwater was 1000 maal lager dan werd berekend met de generieke K_{OC} . Inmiddels werd dit desorptie-onderzoek voltooid⁷. Voor chloorbenzenen, PAK's en PCB's werden ook voor de top laag van het Ketelmeersediment zeer geringe bio-beschikbare fracties gevonden (0,2-2% van het totaalgehalte). Identieke resultaten werden verkregen bij onderzoek van zwevende stof in de Rijn bij Lobith, hetgeen aanduidt dat sterke sorptie aan recent afgezet sediment niet beperkt is tot het sediment in het Ketelmeer.

Zojuist geschetst beeld werd met een nieuwe meetmethode ter bepaling van concentraties vrij-opgeloste organische contaminanten (extractie met kunststofstrip) bevestigd⁶. Voor het Ketelmeer werden op deze wijze in-situ K_{OC} -waarden bepaald, die circa 100 maal (PAK's), vijf tot 50 maal (PCB's) en meer dan 500 maal (chloorbenzenen) hoger zijn dan generieke K_{OC} 's. Hoge K_{OC} -waarden blijken met name het gevolg te zijn van sterke sorptie van organische contaminanten aan roet, roetachtige stoffen en steenkoolstof⁶. Hoewel roet in lucht schadelijk is voor de volksgezondheid, beschermt het dus het aquatisch milieu.

Eind jaren negentig werd de top laag (0-1 cm en 0-10 cm diepte) opnieuw bemonsterd en geanalyseerd⁸. Getoetst aan normen voor MTR-sediment blijken totaalgehalten van PCB's en PAK's zojuist genoemde MTR-waarden te overschrijden; met name PCB's overschrijden de MTR-waarden soms met meer dan een factor 10. Tevens werden bio-beschikbare fracties gemeten met behulp van desorptietests door middel van éénpunts tenax-extracties. Op basis van biobeschikbare fracties blijken MTR-waarden voor sediment niet (0-1 cm diepte) of slechts in beperkte mate te worden overschreden (PCB's, 0-10 diepte). Uitgaande van biobeschikbare fracties en generieke verdelingscoëfficiënten gelden dezelfde conclusies met betrekking tot overschrijding van MTR-waarden voor water (waternormen).

Veelal werden bij dit onderzoek grotere waarden gevonden voor biobeschikbare fracties en concentraties vrij-opgeloste stof dan bij de hiervoor vermelde onderzoeken^{6,7} van Ketelmeersediment. Naar de oorzaken ervan werd geen nader onderzoek ingesteld, maar de volgende factoren zouden een rol kunnen spelen:

- Tenax-extracties zouden te hoge waarden kunnen opleveren door insluiting van roetdeeltjes;
- Biobeschikbare gehalten kunnen variëren door variërende gehalten aan roet,

roetachtige stoffen en steenkoolstof;

- Éénpunts tenax-extracties zijn minder nauwkeurig dan normale tenax-extracties, waarbij op verschillende tijdstippen wordt geëxtraheerd.

Zware metalen

Totaalgehalten aan zware metalen in de top laag (0-10 cm diepte) overschrijden MTR-waarden voor sediment soms met meer dan een factor 10. Tevens werden totaalconcentraties zware metalen opgelost in het poriënwater bepaald, die vervolgens werden gecorrigeerd op DOC-gebonden metalen om zodoende een schatting te krijgen van concentraties vrij-opgeloste metaalionen. Deze waarden werden getoetst op de bestaande waternormen (MTR-water), waaruit blijkt dat ze niet worden overschreden⁸.

Effecten bij organismen in relatie tot de verontreiniging

Bij de gepresenteerde onderzoeksresultaten met betrekking tot het Ketelmeer worden effecten bij organismen waargenomen bij veldonderzoek en bij bio-assays voor waterbodems, die gemiddeld genomen niet als ernstig maar als matig geclassificeerd⁸ worden. Tevens wijzen verhoogde gehalten zware metalen en organische contaminanten in organismen op een risico met betrekking tot doorvergiftiging. Deze resultaten zijn in overeenstemming met de relatief lage concentraties vrij-opgeloste organische contaminanten en zware metaalionen in zowel het poriënwater van het sediment (inclusief de top laag) als in het oppervlaktewater zelf (beneden MTR-waarden). Effecten op organismen zijn daarbij niet gerelateerd aan de klassenindeling, omdat de klassenindeling niet is gerelateerd aan concentraties vrij-opgeloste stof in het poriënwater. Er bestaan tevens sterke indicaties dat een belangrijk deel van de effecten op organismen is gerelateerd aan de kwaliteit van het oppervlaktewater.

Conclusie

Volgens het vigerend beleid is sanering pas urgent indien ernstige effecten kunnen worden gerelateerd aan de ernst van de verontreiniging⁹. Voor het Ketelmeer blijkt dat niet het geval te zijn, daar de waargenomen matige effecten samengaan met relatief lage concentraties vrij-opgeloste stof in zowel het poriënwater van het sediment (inclusief top laag) als in het oppervlaktewater zelf. De saneringsbeslissing blijkt dus meer te berusten op de vastgestelde sterke verontreiniging van het Ketelmeersediment (klasse 3 en 4) dan op waargenomen effecten, die niet zijn gerelateerd aan de klassenindeling. Op grond van bevindingen, die in dit artikel

genoemd zijn, kan de conclusie worden getrokken dat de beslissing tot sanering van het Ketelmeer (de eerste fase) voorbarig is geweest. Indien het belang van nieuwe inzichten en resultaten van nieuwe meetmethoden tijdig was onderkend, had de beslissing een andere kunnen zijn en had men enkele honderden miljoenen euro's kunnen besparen. 

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

NOTEN

1. Cornelissen G. en G. Kamerling (2004). Ecotoxicologische risico's en Water-Bodem-Normen; Wat anders?! AKWA. Rijkswaterstaat.
2. Winkels H. (1997). Contaminant variability in a sedimentation area of the river Rhine. Proefschrift Universiteit Wageningen.
3. Vink J. en K. Miermans (2003). Meettechniek voor integrale beoordeling risico's zware metalen in waterbodems. H₂O nr. 6. RIZA.
4. Aernoutse P., A. de Jong en J. Beurskens (1996). Onderzoek naar in-situ dichloorbenzeengehalten in sediment en poriënwater van het Ketelmeer. RIVM. Rapport nr. 502501041.
5. Cornelissen G. (1999). Mechanism and consequences of slow desorption of organic compounds from sediments. Proefschrift Universiteit van Amsterdam.
6. Jonker M. (2004). Black magic in the aquatic environment. Proefschrift Wageningen Universiteit.
7. Ten Hulscher T. (2005). Availability of organic contaminants in lake Ketelmeer sediment. Proefschrift Universiteit van Amsterdam.
8. Lourens J. (2004). Leereffecten sanering Ketelmeer. AKWA-rapport 04.007. Rijkswaterstaat.
9. Van Elswijk M. (2002). Richtlijn Nader Onderzoek voor Waterbodems. AKWA-rapport 01.005.