

Troebel water verhelderd

TEKST

Ellis Penning, Deltares
Carlo Rutjes, Grontmij
Liesbeth Bakker, NIOO-KNAW
Menno Genseberger, Deltares
Miguel de Lucas Pardo, Deltares
Gerben van Geest, Deltares

ILLUSTRATIES Deltares, Jelger Herder en Sportvisserij Nederland

Veel ondiepe meren en plassen in Nederland zijn nog altijd te troebel. Hoewel algenbloei vaak als boosdoener wordt beschouwd, speelt de opwerveling van sediment ten gevolge van wind, stroming, (macro) fauna en menselijk gebruik ook een belangrijke rol. Recent onderzoek probeert duidelijkheid te verschaffen in de relatieve bijdrage van de belangrijke spelers in het opwoelingsproces.



Wind maakt groot water troebel.

Het opwervelen van bodemmateriaal hangt in belangrijke mate af van de bodemstevigheid. Hoe steviger een bodem, hoe moeilijker deeltjes vanaf de bodem los komen en in het water gaan zweven. De bodemstevigheid wordt vooral bepaald door het materiaal waar de bodem uit is opgebouwd: zand, veen en klei hebben elk hun eigen karakteristieke bodemstevigheid. Vaak ligt er op deze laag een lossere sliblaag, die voor een groot deel bestaat uit organisch materiaal zoals dode algen, bladeren en veendeeltjes. Actief woelen in deze bodem door macrofauna (bodemdieren), benthivore vis en waterbewegingen ten gevolge van scheepsmotoren, maakt de bodem slapper en meer gevoelig voor opwerveling. Daarnaast zorgen langere perioden van rust tussen verstoringen weer voor versteving van de bodem. Verder kunnen ook waterplanten de bodem verstevenen en –door het invangen van zwevend stof– daardoor bijdragen aan het verminderen van de troebelheid.

Wind

Wind die over het water strijkt wekt golven op. Golven groeien in hoogte en lengte afhankelijk van de strijklengte, windkracht en diepte van een meer. De golfbeweging aan het oppervlak is in feite een cirkelvormige beweging van energie die zich ook richting de bodem verspreidt. Als windgedreven golven de bodem bereiken, zorgen ze daar voor een bodemschuifspanning. Dit is een

heen- en weer gaande 'schurende' beweging van het water langs de bodem. Wanneer deze beweging sterk genoeg is om deeltjes van het sediment in beweging te brengen, kunnen deze van de bodem loskomen en in het water resuspenden. Als een vuistregel geldt dat als de waterdiepte ongeveer 0,5 x de golfhoogte is, de golfbeweging de bodem nog net raakt. Er bestaan diverse rekenmethodes waarmee op basis van de strijklengte, windkracht en waterdiepte kan worden bepaald of en hoeveel bodemdeeltjes loskomen. Verder dient te worden opgemerkt dat vooral grote en ondiepe meren gevoelig zijn voor het vertroebelen door windwerking.

Vis

Er is veel onderzoek gedaan naar het effect van vissen op het opwervelen van bodemmateriaal. Veel van deze proeven zijn uitgevoerd in kleine proefvijvers waar het effect van wind is uitgesloten. Uit onderzoek in kleine (40 bij 25 meter), 1 meter diepe vijvers met een kleibodem blijkt dat er een duidelijk verband is tussen de troebelheid van het water, de hoeveelheid én het type aanwezige benthivore (bodemwoelende) vis. Per 100 kg/ha brasem werd 61 g/m²/dag opgewoeld, waarvan 9 mg/l in suspensie bleef: het merendeel van het opgewoelde materiaal zinkt in deze vijvers dus snel naar de bodem. Ook was er in mei nauwelijks bodemwoeling omdat er dan zoöplankton

(vooral watervlooiën) werd gegeten. Opvallend was het verschil tussen karper en brasem: karper bleek 50% minder bij te dragen aan de vertroebeling van het water dan brasem.

Bij ander onderzoek waar gebruik is gemaakt van uiterwaardenklei als waterbodem, komt naar voren dat verstoring van de bodem door vis of door mechanisch prikken met een stokje, deze bodem gevoeliger maakt voor opwerveling. Vergelijkbare proeven met een organische slib-veenbodem uit Loosdrecht konden dit mechanisme echter niet reproduceren. Ook voor zandbodems is de verwachting dat dit mechanisme niet optreedt doordat zand geen cohesieve eigenschappen heeft. Dit betekent dat de gevoeligheid van de bodem voor opwoeling per bodemtype verschilt.

Bodemdieren

Macrofauna zoals insectenlarven, kreeftachtigen en wormen, levert zowel actief als passief een bijdrage aan de opwerveling van bodemmateriaal. Actieve opwerveling komt onder meer door de 'grotere' macrofaunasoorten zoals rivierkreeften en wolhandkrabben die actief de bodem bewerken in hun foerageergedrag. Zo blijkt uit proeven met rivierkreeften duidelijk dat deze dieren substantieel bijdragen aan de troebelheid van het bovenliggende water.

Passieve opwerveling door macrofauna verloopt via twee sporen. ➤

Links: proefopzet met tien kreeften per hectare. Rechts: proefopzet zonder kreeften.



Macrofauna is voedsel voor vissen en andere predatoren. Het foerageren op de aanwezige macrofauna zorgt dan voor extra opwerveling. Daarnaast zorgt hun eigen activiteit voor een losser sediment wat daarna makkelijker kan opwoelen. Deze passieve bijdrage aan opwerveling is goed aangetoond tijdens proeven met sediment uit het Markermeer. Onverstoorde bodemonsters met Markermeersediment werden met radioactieve gammastraling volledig ontdaan van alle aanwezige biologische activiteit. Daarna werd een deel van de monsters weer voorzien van chironomidelarves (larven van de dansmug) en mosselkreeftjes. Vervolgens werd het effect op bodemstevigheid onderzocht. De monsters met fauna bleken gevoeliger voor opwerveling dan die zonder fauna.

Finse proeven geven een goed beeld van de gecombineerde effecten van de hierboven genoemde sporen: in proefbakken werd gevarieerd met combinaties van verschillende hoeveelheden vis en de aan- of afwezigheid van chironomidenlarves in het sediment. De aanwezigheid van chironomiden bleek ook in afwezigheid van vis al te zorgen voor een verhoogde troebelheid. Na toevoeging van vis werd de troebelheid nog hoger. Opmerkelijk is dat in afwezigheid van chironomiden de toevoeging van vis leidt tot een troebelheid die lager is dan de behandeling van alleen chironomiden en geen vis. Van brakke wateren en estuaria is bekend dat het fourageergedrag van aasgarnalen (*Neomysis integer*) eveneens de instabiliteit van het

sediment en de troebelheid van het water sterk kan verhogen. Er blijven echter nog veel vragen over wat vis precies doet in relatie tot de aan- of afwezigheid van macrofauna, zowel in relatie tot de hoeveelheid beschikbare macrofauna en hoe dit voor verschillende meren het best te kwantificeren is.

Boten

In relatief ondiepe plassen kan de schroefstraal van een motorboot de bodem lokaal actief omwoelen. Deze krachten kunnen via diverse rekenmethoden goed worden gekwantificeerd. Uit veldmetingen komt verder naar voren dat dagelijkse en seizoensmatige schommelingen in troebelheid vaak deels terug te voeren zijn op de intensiteit en frequentie van de hoeveelheid boten. Zo bleek in de Bodensee bijvoorbeeld dat in de zomer meer dan 50% van de troebelheid direct kon worden gerelateerd aan de golfenergie afkomstig van boten.

Rekenen

Uit het bovenstaande komt naar voren dat er veel factoren zijn die bijdragen aan de opwerveling van bodemmateriaal. Daarbij staat vast dat de bodemstevigheid en bodemsamenstelling zelf een belangrijke rol kunnen spelen in het wel of niet opwervelen van het bodemslib. Een

aantal van de bovenstaande factoren kunnen (al dan niet met een slag om de arm) worden gekwantificeerd voor individuele meren. Daarvoor is wel informatie over oppervlakte, diepte, windwerking, benthivore visbiomassa, bootbewegingen en de dichtheid aan macrofauna nodig. Om het effect van deze factoren tegen elkaar af te zetten is het van belang om met een gelijke eenheid te rekenen. Voorgesteld wordt om hier een energiemaat voor te gebruiken, in dit geval de hoeveelheid energie die nodig is om een bepaalde hoeveelheid sediment, uitgedrukt in joule (J), op te wervelen. Op grond hiervan wordt het mogelijk te bepalen welke 'woeler' een significante bijdrage levert aan het opwervelen van bodemmateriaal en welke effectieve maatregelen kunnen worden genomen om dit effect tegen te gaan. In deze benadering kan bodemschuifspanning (N/m^2) veroorzaakt door waterbeweging worden omgezet in joule (Nm), daarna te gaan over hoeveel oppervlak van de bodem de horizontale component van de golfbeweging over een bepaalde periode heengaat. Deze wordt ruimtelijk bepaald en alleen meegenomen als deze boven een kritische waarde uitkomt. Per meer is dit dus anders en afhankelijk van de locatie in het meer. De aanwezigheid van waterplanten beïnvloedt die locaties. Door het meten van de metabole activiteit is voor verschillende vissen de energiehuishouding gemeten. Aangezien er niet meer



Amerikaanse rivierkreeften kunnen het water op verschillende manieren vertroebelen.

joule besteed kan worden dan dat er wordt opgenomen zou je met deze waarden een redelijke schatting kunnen maken van de hoeveelheid joule die een vis potentieel gezien de bodem in zou kunnen sturen.

Het is naast deze eerste inschattingen ook van belang wat de frequentie van verstoring is: heeft het sediment de tijd om tussen twee verstoringen door weer naar te zakken of blijft het als gevolg van de beweging continue in de waterkolom? En heeft het sediment tijd om tussen twee verstoringen door te consolideren of niet?

Gerichte maatregelen

Er zijn verschillende manieren bekend om processen ofwel in meer detail te meten, of voor de groepen waarvoor dat nu nog niet in kaart is gebracht een eerste inschatting te maken, bijvoorbeeld voor rivierkreeften, wormachtigen en bootjes. Meer onderzoek naar variatie in tijd van opwerveling door verschillende spelers helpt de kwantificering duidelijker te maken. Door een energiehoeveelheid voor alle groepen op dezelfde manier uit te drukken, zoals in het bovenstaande voorbeeld voor vis en wind is gebeurd, is ook hun bijdrage beter te kwantificeren. Op deze manier kan worden gewerkt aan een objectievere manier om het effect van verschillende woelers tegen elkaar af te zetten. Dit draagt weer bij aan het goed onderbouwen van keuzes voor gerichte maatregelen. **V**

Surf voor de geraadpleegde literatuur naar www.invisionair.nl

Wind, vis en water

Het onderstaande rekenvoorbeeld beschrijft in het kort het effect van wind en vis in een troebel, maar fosfaatgelimiteerd voorbeeldmeer van 1,7 m diep en 1000 ha groot, met een visbestand van 100 kg/ha benthivore vis, een onbekende hoeveelheid rivierkreeften en een gemiddelde recreatiedruk.

Voor het berekenen van de hoeveelheid energie die wind de bodem instuurt boven een kritische waarde voor opwoeling per jaar is van dit meer bekend hoe vaak de golfwerking boven een kritische bodemschuifspanning uitkomt en dus voor opwoeling zorgt. Voor dit meer zijn typische grenswaarden gevonden van 0,1 N/m² voor de bodemschuifspanning en 0,02 m/s voor de horizontale component van de golfbeweging. Per jaar treedt zo'n 10% van de tijd een overschrijding op binnen een gebied van ongeveer 100 hectare. Dit zou neerkomen op een jaargemiddelde van 0,72 J/m²/hr binnen dit gebied.

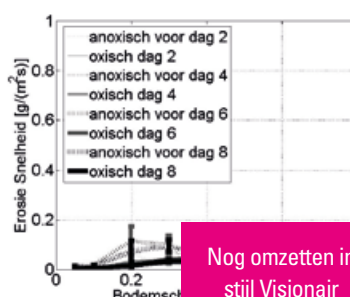
Een karper, in experimentele setting bij 20 °C, gebruikt ongeveer 0,2 liter zuurstof per kilogram lichaamsgewicht per uur en er wordt per liter geconsumeerde O₂ 5 kcal aan energie verbruikt. Dus een karper van een kilo verbruikt 1 kcal per uur (1 Kcal = 4186,8 J). De routine metabole activiteit is naar schatting een factor 2 hoger als de vis actief gaat scharrelen. Als schatting wordt aangenomen dat een vis van 1 kilo 0,1 l O₂/kg/hr kan besteden aan scharrelen (2000 J per uur). De vraag is vervolgens hoeveel energie er van deze 2000 J per uur de bodem ingaat als directe woelactiviteit en op hoeveel vierkante meter dit gebeurt. Immers: de vis moet ook zijn lichaam in stand houden en zwemt 'in een lijn' in plaats van 'in een oppervlak'. Dit wordt geschat op 20% van de totale energievoorraad: dus voor nu op 400 J/m²/hr en waarbij de vis 20% van de tijd actief fourageert in de bodem is, dus gemiddeld 80 J/m²/hr (hoewel dit uiteraard afhankelijk is van de temperatuur en dag/nachtritme). In dit voorbeeldmeer hebben we 0,01 kg/m² vis, dus er gaat jaargemiddeld 0,01*80 = 0,8 J/m²/hr door vis de bodem in.

Voor bootjes is nog nooit een 'jaarrond' berekening gemaakt voor de bijdrage van schroefstralen van de bootbewegingen (uit te drukken in bijvoorbeeld aantal vaaruren per jaar per hectare) aan de daadwerkelijke opwerveling door deze boten. Zo'n berekening behelst veel aannames, maar een schatting maken zou praktisch gezien kunnen. Voor nu laten we deze groep even buiten beschouwing. Wel is van veldmetingen in de Bodensee bekend dat scheepvaart daar in zomerperiodes tot 50% van de totale golfactiviteit kan veroorzaken, dus een even grote bijdrage heeft als de wind (jaargemiddeld dus de helft daarvan).

Als deze berekening met al zijn aannames klopt, draagt vis in dit meer ongeveer even veel aan opwerveling als wind. Vooral nog kan deze berekening eerder als een smaakmaker dan als een uiteindelijk resultaat worden beschouwd, temeer er nog geen zicht is op de bijdrage van macrofauna en de hoeveelheid recreatievaartuigen in het gebied. Het gaat dus meer om de methodiek en denkwijze en deze kan nog veel verder worden aangescherpt.



Nog omzetten in stijl Visionair



Nog omzetten in stijl Visionair

Gevoeligheid van de Markemeerbodem bij een oplopende bodemschuifspanning: links zonder muggenlarven, rechts met muggenlarven.