



Edwin van der Pouw Kraan, Grontmij
Mario Maessen, Grontmij
Jack Hemelraad, Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard

Is ecologisch herstel van ondiepe plassen goed te modelleren?

De uitvoering van ecologische herstelmaatregelen in het kader van de Kaderrichtlijn Water is momenteel in voorbereiding. De maatregelen die in de stroomgebied- en waterbeheerplannen zijn genoemd, worden uitgewerkt en uitgevoerd. Bij veel waterbeheerders bestaat echter behoefte aan nader inzicht in de effectiviteit van herstelmaatregelen, zeker nu de financiële middelen schaarser worden. PCLake is een instrument dat de effectiviteit van herstelmaatregelen vooraf in beeld kan brengen.

In dit artikel is voor de Bergse Plassen bij Rotterdam beschreven hoe goed ecologische herstelmaatregelen met behulp van dit instrument te simuleren zijn. In de Bergse Plassen zijn door het Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard vanaf 1997 verschillende herstelmaatregelen uitgevoerd, waarvan de effecten goed zijn gemonitord. Deze monitoringsresultaten zijn vergeleken met de modelresultaten. Hieruit blijkt dat het ecologisch herstel van de Bergse Achterplas met PCLake deels te simuleren is. Het baggeren blijkt echter een moeilijk te modelleren maatregel te zijn.

PCLake is een door het Planbureau voor de Leefomgeving ontwikkeld waterkwaliteitsmodel voor volledig gemengde meren en plassen[1)]. Het model beschrijft de fysisch-chemische en ecologische processen in de waterkolom en de sedimenttoplaag die sturend zijn voor het doorzicht.
Met PCLake is het mogelijk het effect van ecologische herstelmaatregelen vooraf in te schatten. De maatregelen waar in verband met de Kaderrichtlijn Water aan wordt gedacht, zijn onder andere in de Bergse Achterplas uitgevoerd en hebben geresulteerd in een heldere toestand. Deze maatregelen zijn gemodelleerd en de modeluitkomsten zijn vergeleken met de veldmetingen. De resultaten van deze vergelijking zijn in dit artikel beschreven.

De Bergse Plassen en op de achtergrond de Rotte waar zij op afwateren (foto: Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard).



Ecologisch herstel Bergse Achterplas

In de jaren '80 werd geconstateerd dat de Bergse Plassen sterk waren geëutrofieerd. Uit nader onderzoek bleek dat de waterbodem extreem hoge concentraties fosfaat bevatte. Het fosfaat werd nageleverd aan de waterkolom en leidde zo jaarlijks tot een explosieve bloei van blauwalgen. Een andere constatering was dat er geen grote externe belasting van de plas was. Tevens bleek dat de waterbodem verontreinigd was met zink en koper, waardoor een sanering noodzakelijk was.

De volgende maatregelen zijn uitgevoerd en meegenomen in de modellering:

- verwijderen van circa 85.000 kubieke meter chemisch verontreinigd en nutriëntrijk slib in 1997 en 1998;
- volledig baggeren en afdekken van de bodem met zand in 2001 en 2002;
- defosfateren van het inlaatwater bij gemaal Ringdijk vanaf 2003;
- uitdunnen van de visstand in de winterperioden van 2004-2005 en 2005-2006.

De simulatie betreft de periode van ecologisch herstel en de acht jaren ervoor (in totaal 19 jaar). De tabel beschrijft de wijze waarop de invoerwaarden voor deze periode zijn verkregen.

Kalibratie en validatie

De kalibratie baseert zich op de gegevens uit 1990 tot en met 1995. De validatie baseert zich op de gegevens uit 1996 en 1997 tot het eerste moment van baggeren. De kalibratie heeft zich voornamelijk toegespitst op

invoerparameter	waarden
morfologie	
strijklengte	200 meter, aanname als gevolg van aanwezigheid van eilandjes
diepte	2 meter, gemiddelde diepte
vereenvoudigde waterbalans	
in gemaal Ringdijk	dagelijks debiet berekend met een afgeleide relatie tussen het maandelijkse aantal maaluren in 2002-2008 en de maandelijkse netto neerslag
neerslag	dagelijkse gegevens van het KNMI-station Rotterdam
water vanuit de Rotte via de Strekvaart en Voorplas	berekend als sluitpost op basis van het gegeven dat in de Bergse Plassen een vast peil gehanteerd wordt
uit water naar de Rotte via de Voorplas	sluitpost, zie inkomende post
verdamping	1,2 keer verdamping volgens Makkink berekend met FAO-methode[2] op basis van de dagelijkse zonneschijnduur en minimale en maximale luchttemperatuur van het KNMI-station Rotterdam
infiltratie	0,23 millimeter per dag
belasting	
nutriënten	debiet van aanvoer gemeten x berekende of - in het geval van neerslag - aangenomen concentratie van totaal-stikstof en totaal-fosfaat. PCLake berekent op basis van een opgegeven fractieverdeling de belasting van de verschillende nutriëntenfracties.
(an)organisch zwevend stof	debiet van aanvoer x berekende concentratie op basis van drooggewicht en gloeirest
weer en watertemperatuur	
zonnestraling	parameter in de uitvoer van de berekeningsmethode voor de verdamping
windsnelheid	dagelijkse gegevens van KNMI-station Rotterdam
watertemperatuur	gemeten waarden van het zuidelijke meetpunt in Bergse Achterplas
initiële condities	
onder andere bodemsamenstelling en visstand	berekend op basis van literatuurgegevens[3),4),5)]

Invoer van PCLake voor de simulatie van ecologische herstelmaatregelen in de Bergse Achterplas.

procesparameters die betrekking hebben op bioturbatie (het door elkaar verplaatsen van sediment door organismen), de valsnelheid van zwevend materiaal, fosfaatimmobilisatie, nitrificatie en mineralisatie van detritus. Daarnaast is een aantal karakteristieken van algen, zoöplankton en zoöbenthos gevarieerd. Met het oog is vastgesteld of de variatie van de parameters goed aansloot op de meetreeks van doorzicht, chlorophyl-a, totaal-fosfaat, totaal-stikstof, (an)organisch zwevend materiaal, ammonium, nitraat en fosfaat.

Simulatie van de maatregelen

De ecologische herstelmaatregelen zijn kort na elkaar uitgevoerd. Hierdoor was het niet mogelijk de procesparameters voor de nieuwe situatie opnieuw te kalibreren. Daarom zijn alleen de componenten waarop de maatregelen direct betrekking hebben, aangepast. Met deze insteek zijn de maatregelen als volgt gesimuleerd.

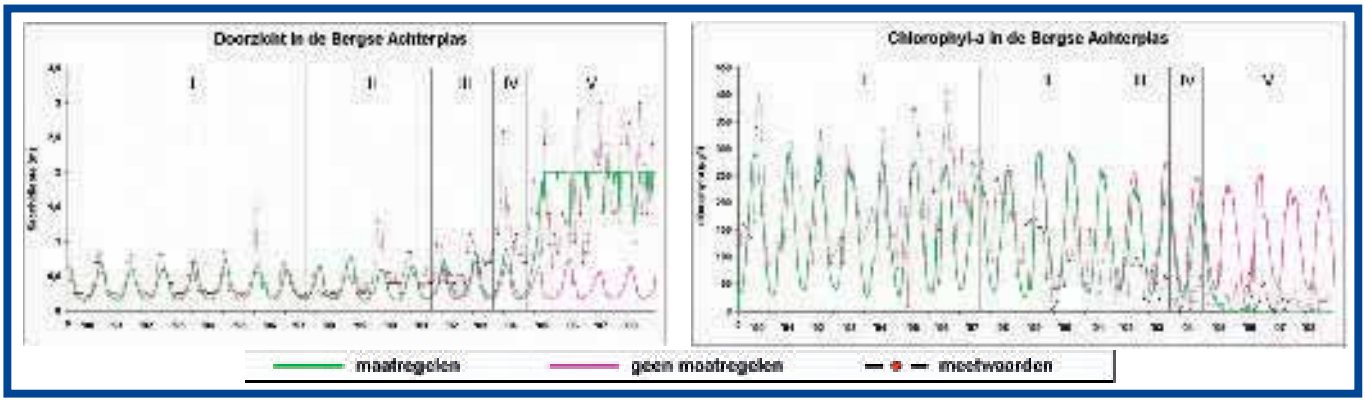
Het baggeren is gesimuleerd door het model op het moment van het baggeren te herstarten met nieuwe bodemeigenschappen. Dit betekent dat voor de hoeveelheden bodemcomponenten, zoals detritus en zoöbenthos, nieuwe beginwaarden zijn opgegeven. Deze zijn berekend door de waarden aan het einde van de voorgaande periode met 20 procent te reduceren, aangezien het baggeren 20 procent van het oppervlak betrof. Daarnaast is voor de verschillende bodemfracties, zoals het drooggewicht, een gewogen gemiddelde berekend van de achtergebleven bovenlaag en de blootgelegde onderlaag. Voor de initiële hoeveelheden van de bodemcomponenten was dit in eerste instantie ook gedaan, maar dat was niet praktisch en had nauwelijks effect.

De tweede keer baggeren met afgraven van zand is eveneens gesimuleerd door het model te herstarten met een aangepaste bodem. Voor de bodemfracties (drooggewicht en dergelijke) zijn waarden gekozen die kenmerkend zijn voor een zandbodem. Op basis daarvan zijn ook nieuwe initiële hoeveelheden voor anorganisch materiaal, detritus en humus berekend. Het is waarschijnlijk dat een deel van het bodemmateriaal na het baggeren en afzanden is achtergebleven. Daarom zijn de hoeveelheden van de biologische componenten in de bodem die in voorgaande periode zijn berekend, met 90 procent gereduceerd. De hoeveelheid nutriënten in het poriewater is gecorrigeerd op basis van de verandering in porositeit.

Voor het simuleren van afvissen heeft PCLake de zogeheten oogstfactor. Deze factor heeft alleen betrekking op volwassen witvis, die het model als bodemwoelende vis beschouwt. In de afvisperioden is deze factor ingesteld op een waarde die afgeleid is van visstandgegevens[4),5)]. Het wegvangen van jonge witvis, die in PCLake planktivoor is, is gesimuleerd met behulp van een tijdsvariabele waarde voor de mortaliteit van jonge witvis. Daarvoor is een vergelijkbare waarde gehanteerd als voor de oogstfactor, omdat beide parameters modelmatig een vergelijkbare werking hebben en planktivore en benthivore vis in dezelfde mate zijn weggevangen. Het defosfateren, een jaar vóór het afvissen, is gesimuleerd door de belasting van totaal-fosfaat via de inlaatbron waar de defosfateringsinstallatie is gerealiseerd, te reduceren met het verwijderingsrendement van deze installatie.

Resultaten

Doordat het doorzicht en de concentratie van chlorophyl-a een belangrijke rol spelen in de ecologische toestand van dit type watersystemen, zijn in afbeelding 1 de modelberekeningen en de gemeten waarden van deze twee parameters weergegeven. De gemeten waarden van het doorzicht en chlorophyl-a vóór het ecologische herstel



***Afb. 1:** Gemeten en met PCLake gesimuleerd verloop van doorzicht en chlorophyl-a in de Bergse Achterplas. De punten verbonden met een stippellijn zijn de meetwaarden. De groene lijn is de gesimuleerde reeks van maatregelen. De roze lijn is een extrapolatie van de kalibratie-validatieaansluiting, ofwel een simulatie zonder maatregelen, ter vergelijking van het effect van de maatregelen in de berekeningen. De Romeinse cijfers staan voor perioden tussen de beginpunten van de maatregelen: (I) kalibratie-validatieperiode, (II) eerste keer baggeren, (III) volledig baggeren en afzanden, (IV) defosfateren en (V) afvissen. Het berekende doorzicht stuit op een 'plafond' vanwege de ingestelde, gemiddelde diepte van twee meter.*

zijn goed gesimuleerd (periode I). Dit geeft aan dat het model goed is gekalibreerd. Het effect van de eerste keer baggeren is opvallend genoeg nauwelijks terug te zien in de berekende waarden (periode II). De lichte toename van het doorzicht die na de eerste keer baggeren is gemeten, komt niet uit de modelsimulatie naar voren. Sterker nog, de reeks met maatregelen valt samen met de reeks zonder maatregelen. Bij chlorophyl-a is wel een klein effect van het baggeren in de modelberekeningen te zien. In de beginjaren na het baggeren is de zomerpiek namelijk iets lager. De gesimuleerde reeks met maatregelen trekt uiteindelijk toch naar die zonder maatregelen. De gemeten sterke daling van chlorophyl-a wordt niet gesimuleerd.

Het volledig baggeren in combinatie met het afzanden heeft wél effect in de modelberekeningen (periode III). Bij chlorophyl-a laat de reeks met maatregelen een toenemende daling zien ten opzichte van de reeks zonder maatregelen. In de gemeten waarden van chlorophyl-a is eveneens een afname waarneembaar. Dat de berekende waarden nog sterk afwijken van de gemeten waarden, heeft alles te maken met de berekeningsresultaten uit de voorgaande periode. In de berekende waarden van het doorzicht is in periode III eveneens een klein effect in de richting van de gemeten waarden te zien. Als gevolg van het defosfateren neemt het berekende doorzicht verder toe en de berekende chlorophyl-a verder af, zoals in de metingen ook gebeurt (periode IV). Dit is deels een gevolg van de tweede keer baggeren (en bij chlorophyl-a ook van autonome ontwikkelingen). Uit een extrapolatie van de tweede baggerfase blijkt het defosfateren echter voor een extra bijdrage te zorgen.

Het afvissen heeft een sterk effect gehad in de simulatie (periode V). Het berekende doorzicht neemt na de eerste afvissing direct sterk toe, tot op de bodem. Doordat in het model de gemiddelde diepte is ingesteld op twee meter, kan het doorzicht niet groter worden dan twee meter. De berekende waarden voor het doorzicht komen overeen met de gemeten waarden, alleen de toename verliep in praktijk geleidelijker. Chlorophyl-a neemt in de simulatie sterk af na het doorvoeren van de maatregel tot zelfs onder gemeten niveau.

Discussie en conclusie

Met de gekozen modelinvoer en parameterinstellingen zijn de gemeten waarden van het doorzicht en chlorophyl-a vóór het ecologische herstel goed gesimuleerd: de gemeten en berekende waarden voor deze parameters komen goed overeen. De effecten van de beschouwde herstelmaatregelen zijn met wisselend succes te modelleren.

De eerste keer baggeren heeft in de modellering nauwelijks effect, terwijl in werkelijkheid een groot effect op chlorofyl-a en doorzicht waarneembaar was. Het is niet helemaal duidelijk waarom het effect van de eerste keer baggeren niet goed te modelleren is. Het model lijkt enigszins ongevoelig voor veranderingen in de bodem. Alleen sterke veranderingen in de bodemeigenschappen, zoals bij het volledig baggeren en afzanden, hebben effect. Na de eerste keer baggeren kunnen ook interacties op aquatisch-ecologisch niveau zijn ingezet die specifiek zijn voor de Bergse Plassen en die niet goed in het model gevat zijn, of met de gehanteerde parameterinstelling niet goed zijn gemodelleerd. Het gevolg is dat ook het verdere verloop van chlorophyl-a en doorzicht na de andere maatregelen, en dus ook de onderliggende processen, niet exact meer waren te simuleren.

Het berekende effect na het volledig baggeren en afzanden geeft aan dat het herstarten met aangepaste bodemhoeveelheden en -parameters wel een goede manier is geweest voor het simuleren van deze maatregel. Het defosfateren heeft in de berekeningen ook een positief effect gehad, zij het klein. Het geringe effect kan komen, doordat de waterbalans voor de Bergse Plassen niet nauwkeurig genoeg in beeld was, waardoor de fractie inlaatwater is onderschat.

Het effect van afvissen is duidelijk terug te zien in de modellering en is zelfs groter dan in werkelijkheid optrad. Dit komt doordat het effect van afvissen op chlorophyl-a via een verminderde predatiedruk op zoöplankton door jonge vis in de simulatie enigszins is overdreven. Bij het simuleren van het afvissen zijn naast de mortaliteit van jonge vis ook enkele eigenschappen van het zoöplankton aangepast. PCLake beschouwt het zoöplankton namelijk als één soort, terwijl het wegvangen van planktivore vis veelal een verschuiving van kleine naar grote zoöplanktonsoorten teweegbrengt. Uit de literatuur[6] bleek ook, weliswaar niet zo sterk, dat de zoöplanktonsamenstelling in de Achterplas veranderd was als gevolg van het wegvangen van planktivore vis. Het model is echter gevoelig voor de gevarieerde eigenschappen van het zoöplankton, waardoor variatie van deze parameters een groot effect heeft. Bij de gehanteerde waarden dienen ook vraagtekens te worden gezet. Een aanvullende kalibratie van deze waarden was echter niet mogelijk, doordat het verloop van chlorophyl-a vóór het afvissen niet exact kon worden gesimuleerd.

Op grond van de ervaring die hier is opgedaan, lijkt het model geschikt voor het doorrekenen van de effecten van afvissen en defosfateren. De resultaten zijn dan te gebruiken voor een indicatie van de ontwikkelingsrichting en niet zozeer als voorspeller van de absolute kwaliteit. Baggeren lijkt vooralsnog niet eenvoudig te modelleren te zijn. Dit is voor een deel te wijten aan het model, dat echter ook nog in ontwikkeling is.

LITERATUUR

1) Janse J. (2005). Model studies on the eutrophication of shallow lakes and ditches. Thesis Wageningen Universiteit.
2) FAO (1998). Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56.
3) De Jong G. (1992). Integrale eutrofiëringsbestrijding Bergse Plassen: Eindrapportage inventariserend onderzoek. Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard.
4) OVB (2003). Visstandbeheerplan Bergse Plassen 2003-2013.
6) Schaub B. en E. de Bokx (2007). Saneringsmaatregelen Bergse Voorplas en Achterplas 1996-2006: Effecten op fytoplankton en zoöplankton en verschillende omgevingsvariabelen. In opdracht van het hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard.
5) Witteveen+Bos (2006). Ecologisch Herstel Bergse Plassen; De uitdunning van de visstand in 2004-2005.