

Modelleren van het effect van maatregelen voor stikstofreductie ter ondersteuning van bekkenbeheerplannen

Inzicht verwerven in de relaties tussen de waterkwaliteitsdoelstelling, de kosten en de effecten van potentiële maatregelen is essentieel voor het opstellen van een bekkenbeheerplan. Voor dit doel is een generische methodologie opgesteld die vervolgens is toegepast op punt- en diffuse stikstofemissiebronnen in het deelbekken van de Kleine Nete.

Met het waterkwaliteitsmodel SWAT wordt bepaald welke emissiereductie vereist is om een gewenste stikstofconcentratie te behalen. Voor de Kleine Nete werd, aan de hand hiervan, een lineair verband vastgesteld tussen de stikstofconcentraties in de waterloop en het niveau van emissiereductie voor zowel diffuse stikstofbronnen als voor puntbronnen.

Vervolgens is de vereiste emissiereductie verdeeld over specifieke maatregelen voor de reductie van puntbronnen en diffuse bronnen en is de kosteneffectiviteit en de totale kost hiervan ingeschat.

Introductie

Het voornaamste instrument van de Europese Kaderrichtlijn Water (2000/EC/60), afgekort KRLW en het Decreet Integraal Waterbeheer (Decreet IWB) van 18 juli 2003 (BS 14 november 2003) om een goede waterkwaliteit te bereiken is het bekkenbeheerplan. Een bekkenbeheerplan bundelt alle aspecten en kenmerken van het bekken, beschrijft de visie op het waterbeheer in het bekken en vertaalt die visie naar concrete acties en maatregelen. Een belangrijke voorwaarde die aan de concrete acties en maatregelen wordt gesteld, is dat de uiteindelijke selectie van maatregelen aantoonbaar de meest kosteneffectieve combinatie is. Bijgevolg bestaat de nood om reeds in de planningsfase de relatie tussen de vooropgestelde goede waterkwaliteit, de geplande maatregelen en hun respectievelijke kost en effect op de chemische en ecologische kwaliteit van de waterloop éénduidig vast te stellen. Voor dit doel is in Vlaanderen het Milieukostenmodel in ontwikkeling voor stikstof, fosfor en chemische zuurstofvraag (Vito en Resource Analysis, 2006). Voor de bestrijding van toxische pollutanten en de verbetering van de ecologische kwaliteit ontbreekt een overzicht nog.

In dit artikel wordt een methode voorgesteld die waterbeheerders toelaat inzicht te verwerven in de relaties tussen de waterkwaliteitsdoelstelling en de kosteneffectiviteit van potentiële maatregelen. Vervolgens is de methode toegepast voor de Kleine Nete met een focus op punt- en diffuse emissiebronnen van stikstof. Het opzet van het onderzoek bestaat erin om beschikbare wetenschappelijke kennis en instrumenten te koppelen aan de beleidsnoden en niet om een bijkomend beslissingsondersteund systeem (BOS) te ontwikkelen.

Beschrijving van de methodologie en het studiegebied

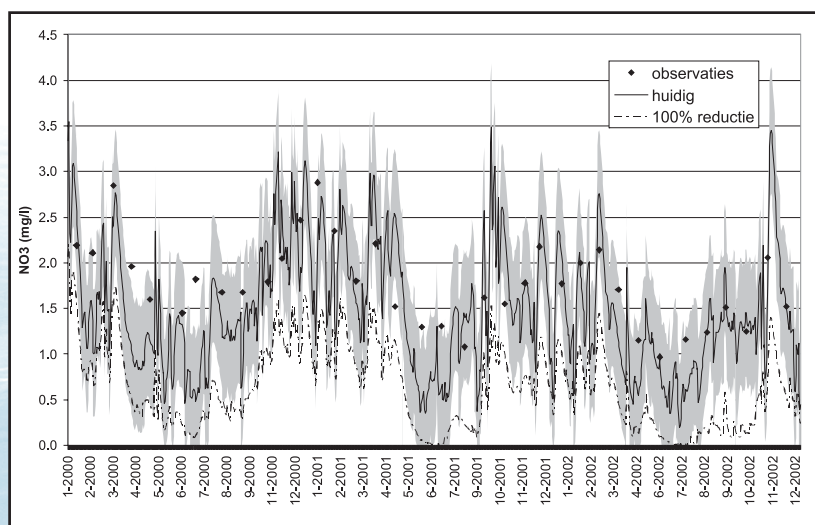
Dit artikel focust op de bovenloop van de Kleine Nete. Het studiegebied situeert zich bovenstrooms van de RWZI Herentals, en omvat naast de bovenloop van de Kleine Nete ook de Wamp en de Zwarte Nete. Het is gekarakteriseerd door lage oppervlakkige afspoeling en een hoge basisafvoer. De grootste nutriëntenbronnen zijn onbehandeld huishoudelijk afvalwater, industriële lozingen en dierlijke mest. Zo wordt het afvalwater van 35% van de bevolking in het bekken van de Kleine Nete op dit moment niet gezuiverd. Verder is er een hoge dichtheid aan dieren gekweekt voor vlees en melkproductie (Mestbank, 2005). Daarom is het belangrijk om emissiereducties van zowel punt als diffuse bronnen in beschouwing te nemen.

Om het effect van een emissiereductie op de waterkwaliteit te simuleren, is het waterkwaliteitsmodel SWAT2005 (Neitsch et al., 2005) gebruikt. SWAT is een dynamisch model dat afvoeren en waterkwaliteitsvariabelen simuleert met een dagelijkse tijdstap (of lager). Het model van de Kleine Nete is geijkt voor 2000-2002, op basis van dagelijkse debietmetingen en maandelijkse meetreeksen van de stikstofcomponenten (afkomstig van de VMM). De overeenstemming tussen de gemodelleerde tijdreeks en de observaties voor de waterkwaliteit is heel hoog, wat bevestigd wordt door een Nash Sutcliffe Efficiency (NSE) factor van 0.84. De modelering van de waterkwaliteitsvariabelen is aanvaardbaar gegeven de beperkte frequentie van databeschikbaarheid (maandelijks) alsook de aanzienlijke meetfouten op waterkwaliteitsvariabelen. In dit opzicht is een model evaluatie met behulp van de NSE factor minder relevant en kan men beter de model performantie nagaan op basis van gemiddelde waarden of visueel op basis van de tijdsreeksen. De tijdsreeks voor nitraat is weergegeven in Fi-

guur 1. Zoals men kan zien volgen de gemodelleerde waarden de geobserveerde trend en liggen de meeste observaties in het 95% betrouwbaarheidsinterval. De gemiddelde nitraatconcentratie in de waterloop voor de gemodelleerde periode is 1.49mg/l, met een standaarddeviatie van 0.67mg/l tegenover 1.76mg/l gemeten met een standaarddeviatie van 0.46mg/l. Voor totale stikstof bedraagt de gemodelleerde gemiddelde waarde en standaarddeviatie respectievelijk 3.13mg/l en 0.83 tegen 3.48mg/l en 0.95 voor de gemeten waarden. De voornaamste stikstofcomponenten zijn nitraat (46%) en organische stikstof (34%). Op basis van deze resultaten achten we het model geschikt voor het doorrekenen van emissiereducties.

Na ijkning wordt het SWAT model gebruikt om te bepalen welke emissiereductie vereist is om een gewenste stikstofconcentratie te behalen. Het effect van de stikstofreductie is bepaald door vergelijking van de stikstofconcentratie benedenstrooms, vóór en na de emissiereductie. De stikstofemissies zijn gereduceerd in stappen van 10% volgens drie scenario's: 1) reductie van puntbronnen, 2) reductie van diffuse bronnen en 3) reductie van de totale emissie. De toegediende hoeveelheid mest is gereduceerd voor alle jaren in één keer. Hierbij is verondersteld dat de nieuwe evenwichtssituatie ogenblikkelijk wordt ingesteld. Vervolgens is een relatie opgesteld tussen de gemodelleerde concentraties in de waterloop en de respectievelijke emissiereductie. Finaal is de vereiste emissiereductie verdeeld over specifieke maatregelen en is de kosteneffectiviteit hiervan ingeschat.

Figuur 1: Effect van een verlaging van de stikstofemissie op de in SWAT gemodelleerde tijdreeks voor nitraat. De zwarte lijn is de huidige gemodelleerde toestand. De grijze zone geeft het 95% betrouwbaarheidsinterval weer uitgaande van een meetfout op de nitraat observaties van 20%. De zwarte punten zijn de waterkwaliteitsobservaties. De gestippelde lijn is het nul-emissie scenario.



Resultaten en discussie

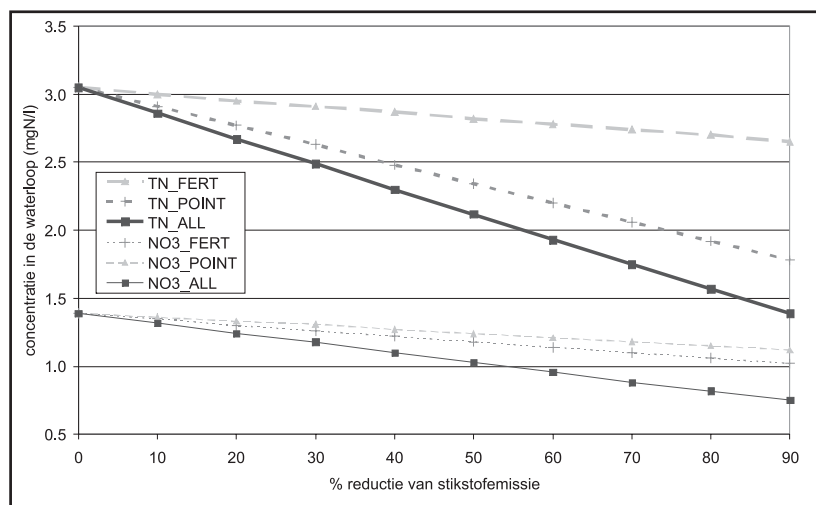
Het effect van een vermindering van de stikstofemissie wordt weergegeven in Figuur 1. Hierbij is de huidige situatie en een nul-emissie scenario afgebeeld. Uit Figuur 1 is af te leiden dat een uniforme emissiereductie voornamelijk leidt tot een sterke verlaging van de basisafvoer in de zomer t.g.v. een afname van nitraat. De basisafvoer bestaat in de zomer immers voornamelijk uit bronnen met een groot aandeel aan nitraat, dat zijn grondwatertoevoer en puntbronzingen. De piekvrachten dalen licht in absolute waarde maar vergroten relatief t.o.v. de basisafvoer. Dit laatste kan verklaard worden door het groeiend aandeel van organische stikstof bij een emissiereductie van de totale stikstof. Organische stikstof is voornamelijk afkomstig van de oppervlakkige afstroming en erosie.

Indien we kijken naar de relatie tussen de gemodelleerde stikstofconcentraties en de respectievelijke emissiereductie, dan stellen we op basis van de SWAT modellering een lineaire relatie vast voor het 3-jarig gemiddelde (zie Figuur 2). Ondanks de non-lineariteit van de beschouwde processen is de waargenomen lineariteit verklaarbaar: de processen in de waterloop zijn insignificant gezien de beperkte transporttijd in de Kleine Nete (kleiner is dan 1 dag). Bovendien leidt de lage buffercapaciteit van de bodem (zandtextuur en laag organische stof gehalte) tot een lineaire afname van nitraatuitspoeling naar het grondwater bij een verminderd mestgebruik.

Met Figuur 2 is eenvoudig te bepalen welke emissiereductie vereist is om de gewenste gemiddelde stikstofconcentratie te bereiken. Ook de maximaal te bereiken waterkwaliteit is hiermee eenvoudig te bepalen. Om de totale stikstofconcentratie bijvoorbeeld met een 0,5 mgN/l te doen dalen tot gemiddeld 2,5 mgN/l, is een totale emissiereductie van 30% vereist evenredig verdeeld over puntbronnen als diffuse bronnen. Indien mestgebruik constant blijft, is een afname van puntbronemissies met 40% vereist. Een emissiereductie enkel met diffuse bronnen, leidt maximaal tot een concentratie van 2,65 mgN/l. Bijkomende maatregelen voor puntbronnen zijn vereist.

Vervolgens is bij wijze van voorbeeld de totale emissiereductie toegewezen aan drie specifieke maatregelen. Deze zijn samen met hun N-verwijderingsrendement, kostprijs en kosteneffectiviteit (CE) weergegeven in Tabel 1. De kosteneffectiviteit wordt berekend als kost uitgedrukt in Euro per kilogram verwijderde stikstof en laat een objectieve vergelijking van de verschillende maatregelen toe. De kostprijzen zijn geschatte gemiddelde jaarlijkse kosten op basis van gegevens van het milieukostenmodel MKM (Vito en Resource Analysis, 2006) en de BBT studie voor mestverwerking (Lemmens et al., 2007). Het N-verwijderingsrendement is een technisch rendement dat gehaald wordt bij een 'goed gebruik' en in 'normale omstandigheden' en wordt berekend op

Figuur 2: Op basis van modellering met SWAT wordt een lineaire relatie tussen de gemiddelde gemodelleerde concentraties in de waterloop en de emissiereductie vastgesteld. De concentraties aan totale stikstof (TN) en nitraat (NO₃) zijn weergegeven voor 3 reductiescenario's: FERT (meststoffen), POINT (puntbronnen), ALL (gelijktijdige afname van meststoffen en puntbronnen.)



basis van concentratievermindering voor en na de maatregel. De waarden zijn gebaseerd op het MKM.

De emissies per inwoner-equivalent (IE) en per slachtvarken zijn geschat respectievelijk op basis van de coëfficiënt voor huishoudelijke afvalwaterproductie (10gN/dag/IE) en de excretienormen voor mestvarkens (1 m³ mest/varken/jaar en 8,1 kgN/m³). Voor de omrekening van een verminderd mestgebruik naar een verminderde emissie in het oppervlaktewater is een coëfficiënt van 9% gebruikt.

Tabel 1 Verwijderingsrendement, kostprijs en kosteneffectiviteit van potentiële maatregelen voor de reductie van stikstofemissie

Maatregel	Eenheid	N-verwijderingsrendement	totale kost (€/jaar/eenheid)	Kosteneffectiviteit CE (€/kg N removed)
Aansluiting op RWZI	IE	56-75%	150-415	55-203
Bouw van IBA	IE	20-60%	172-326	146-329
Mestverwerking	m ³ mest	90%-99%	18,2-26,5	25-36

Puur vanuit het standpunt van de waterkwaliteit is het om het even welke maatregel toegepast wordt, zolang de vooropgestelde waterkwaliteit maar worden bereikt. Vanuit economisch standpunt is de meest kosteneffectieve (laagste CE) de meest interessante. In deze toepassing is dit mestverwerking. Bijkomende maatregelen voor puntbronnen, de aansluiting van huishoudens op een rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) of individuele behandeling van afvalwater (IBA) zijn een dure

oplossing. Het is echter niet rechtvaardig (of mogelijk) om alle inspanningen te verwachten in de landbouw. Op basis van de impact van de N-reducties zoals bepaald met het model (Fig2) gecombineerd met de kosteneffectiviteit CE kan nu op vrij eenvoudige wijze de jaarlijkse kost berekend worden om een bepaalde target te halen. Zo heeft de meest kosteneffectieve oplossing om 2,5 mgN/l te behalen in 2015 een totaal kostenplaatje van 5,2 miljoen Euro per jaar. Een meer gelijke verdeling van de inspanningen kost maximaal 1 miljoen Euro meer.

Conclusie

Een lineaire relatie voor de impactbepaling van emissiereductie is geldig voor de Kleine Nete in het geldende interval van stikstofconcentraties. Op basis van de inschatting van kost en effect is vervolgens een 1^{ste} verdeling van de vereiste inspanningen mogelijk. Meer concrete, maatregelen en een meer accurate inschatting van de kosten en effecten zijn echter vereist.

Referenties

- Neitsch S, Arnold JG, Kiniry JR, Williams JR (2005). Soil and Water Assessment Tool.
 Lemmens B, Ceulemans J, Elslander H, Vanassche S, Brauns E en Vrancken K (2007). Beste beschikbare technieken voor mestverwerking: derde editie. VITO.
 Mestbank (2005). Gebaseerd op de online gegevens van de mestbank, www.mestbank.be
 VITO en Resource Analysis (2006). Toepassing milieukostenmodel op het thema oppervlaktewater voor een prioritair bekken, Deel 2: Inventarisatie kosten, rendementen en milieuwinst van potentiële maatregelen en uitschrijven scenario's.

J. Cools^{1, 2},
 P. Vlieghe¹,
 M. Huygens¹ en
 W. Bauwens²

¹ Soresma NV, Poortakkerstraat 41, B-9051 Gent; 09/261 6338
 (E-mail: jan.cools@soresma.be;
pascal.vlieghe@soresma.be;
marc.huygens@soresma.be)

² Vakgroep Hydrologie en Waterbouwkunde, Vrije Universiteit Brussel,
 Pleinlaan 2,
 B-1050 Brussel
 (E-mail: wbauwens@vub.ac.be)