

Achtergronddocument Model BlueScan en toepassing in cases

Inleiding

De Deltafact "Broeikasgasemissies uit zoetwater" beschrijft de huidige stand van kennis op het gebied van broeikasgasproductie en uitstoot uit aquatische systemen. Hierbij ligt de focus op meren en plassen. Deze bijlage geeft nadere informatie over het (prototype) quick-scan instrument BlueScan, waarmee waterbeheerders snel én eenvoudig een eerste inschatting van de uitstoot uit de plassen in hun beheergebied kunnen maken. Verder wordt ingegaan op de toepassing in vier cases.

Waarom een nieuw instrument?

Waterbeheerders hebben de behoefte om de broeikasgasemissies uit specifieke wateren in te schatten, zoals die in het eigen beheergebied. Dit was tot voor kort niet mogelijk, omdat de kennis over emissies (vaak) is gebaseerd op langdurige onderzoeksprojecten onder specifieke condities en er geen instrumenten beschikbaar zijn voor het berekenen van emissies. Vanwege het gebrek aan geschikte instrumenten hebben Witteveen+Bos en Deltares in nauwe samenwerking een quick-scan instrument (BlueScan) ontwikkeld, waarmee waterbeheerders snel én eenvoudig een eerste inschatting van de uitstoot uit de plassen in hun beheergebied kunnen maken (afbeelding 1). Dit is gedaan door eerst alle relevante processen in beeld te brengen en vervolgens gebruik te maken van twee reeds bestaande waterkwaliteitsmodellen. Aan de hand van vier cases is een eerste validatie uitgevoerd.

Vul de referentieparameters in om de uitstoot van broeikasgassen door te rekenen.

diepte **i**
3

strijklengte **i**
250

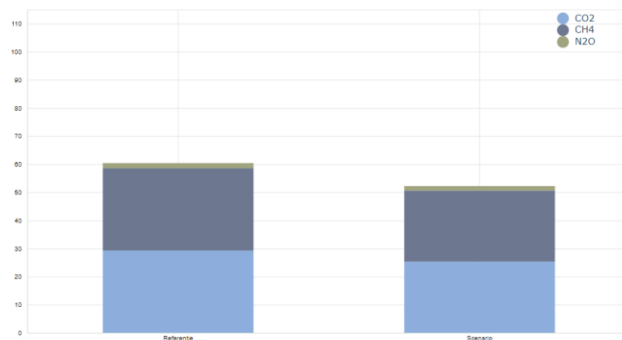
bodemtype **i**
zand

debiet **i**
4

P-belasting **i**
4

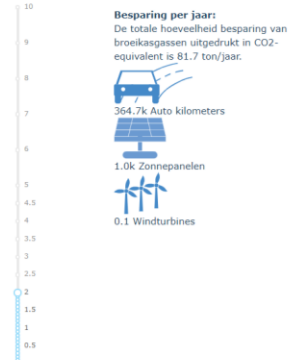
Oppervlakte (ha)
10

Bekijk de broeikasgassen in de grafiek.



Varieer met de P-belasting. Gekozen: 2

Bekijk het verschil tussen de referentie situatie en de gekozen P-belasting

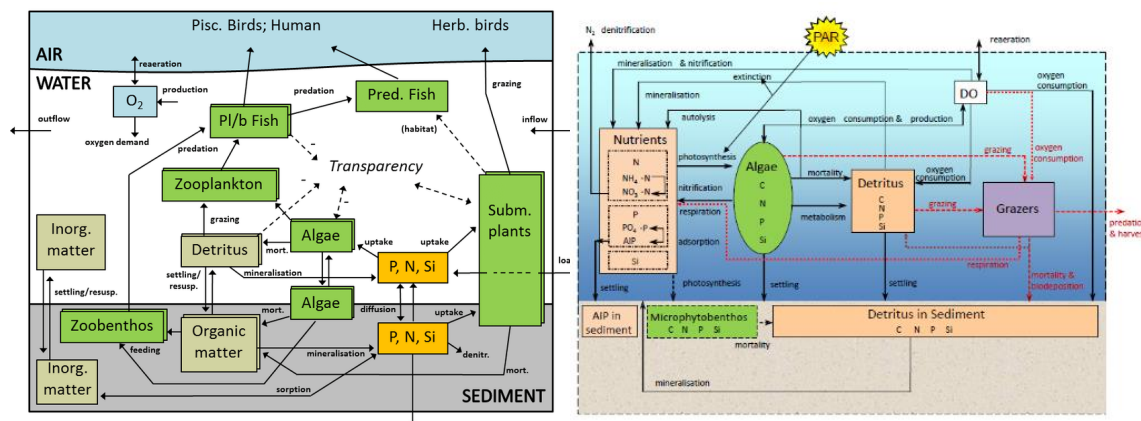


Afbeelding 1. Impressie van het quick-scan instrument BlueScan. In het linkerpaneel kunnen systeemkenmerken worden opgegeven (diepte, strijklengte, bodemtype, debiet, P-belasting en oppervlakte). In het middenpaneel wordt op basis van deze systeemkenmerken de broeikasgasemissies berekend in ton CO₂eq/ha,j, waarbij de referentie de huidige situatie weergeeft en het scenario de verandering als gevolg van aanpassing van de P-belasting. Hierbij wordt geen rekening gehouden met het oppervlakte. In dit voorbeeld is de P-belasting met de verticale schuifbalk aan de rechterzijde van de afbeelding verlaagd van 4 mg/m²,d naar 2 mg/m²,d. In het rechterpaneel is de besparing weergegeven in ton CO₂eq/jaar. Hierbij wordt wel rekening gehouden met het oppervlakte. De besparing is tevens weergegeven in vermeden autokilometers, zonnepanelen en windturbines.

Opzet Model

BlueScan is ontwikkeld op basis van een combinatie van uitkomsten uit de waterkwaliteitsmodellen PCLake (specifiek voor meren en plassen) (Janse 2005) en Delft3D-ECO (een subset van processen uit de Delwaq bibliotheek, waarmee de interactie tussen sediment en water in detail kan worden berekend) (Smits et al. 2013). De kalibratie en validatie is in eerste instantie uitgevoerd door een vergelijking van de uitkomsten van beide modellen. Vervolgens zijn beide modellen ingezet om ook voor specifieke cases de uitstoot van broeikasgasemissies te berekenen. Op basis hiervan is een aanvullende validatie uitgevoerd. Het resultaat is

een zogenaamd metamodel gebaseerd op zeer veel modelberekeningen met PCLake en Delft3D-ECO.



Afbeelding 1. Impressie van de waterkwaliteitsmodellen PCLake (links) en Delft3D-ECO(rechts)

Omdat de broeikasgasemissie van een watersysteem afhangt van een aantal systeem specifieke omgevingscondities (onder andere diepte, strijklengte, nutriëntenbelasting, mate van doorstroming of debiet en sedimenttype) is een groot aantal variaties van deze condities doorgerekend met de modellen. Met deze grote range aan omgevingscondities is de variatie in Nederlandse watersystemen in principe afgedekt. Het metamodel is hierdoor breed toepasbaar.

De modellering van broeikasgasemissies is geen standaard onderdeel van de ecosysteemmodellen Delft3D-ECO en PCLake. Beide modellen missen onderdelen om dat goed te kunnen doen, maar gezamenlijk dekken zij de benodigde componenten grotendeels af (Tabel 1). Zo wordt in PCLake het voedselweb met algen en planten gemodelleerd en bevat Delft3D-ECO/BLOOM een sluitende koolstofbalans inclusief koolstoffluxen in water en bodem.

NB! Het quick-scan instrument BlueScan is ontwikkeld voor meren en plassen. Voor een toepassing in sloten en andere lijnvormige wateren is een alternatief instrument nodig, waarbij de "module" PCLake wordt vervangen door PCDitch. Het waterkwaliteitsmodel PCDitch is specifiek ontwikkeld voor lijnvormige wateren.

Tabel 1. Vergelijking PCLake en Delft3D-ECO op basis van elementen benodigd voor koolstofmodellering.

Element	PCLake	Delft3D-ECO
Totale hoeveelheid Organische koolstof (TOC)	Algen, waterplanten, en detritus	Algen en detritus (geen waterplanten)
Vorming van methaan (CH ₄) en andere relevante processen	Nee (gedeeltelijke info over koolstofluxen in water en bodem)	Ja (volledige info over koolstofluxen in water en bodem)
Totale hoeveelheid Anorganische koolstof (TIC)	Nee (gedeeltelijke koolstofbalans)	Ja (sluitende koolstofbalans incl chemisch evenwicht CO ₂ en pH)
Sedimentatie en resuspensie	Sedimentatie en resuspensie van algen, detritus, en zwevend stof o.b.v. strijklengte en omwoeling door vis	Enkel netto sedimentatie van algen en detritus; zwevend stof concentraties o.b.v. PCLake runs

Input voor modellen

Het metamodel dat de basis vormt voor het quick-scan instrument (BlueScan) is gebaseerd op ruim 25000 berekeningen, waarvan de helft met Delwaq en de helft met PCLake. De modellen zijn doorgerekend voor een periode van meerdere jaren (respectievelijk 6 jaar voor Delwaq en 20 jaar voor PCLake). De broeikasgasemissie is steeds berekend voor de eindtoestand.

De inputvariabelen zijn als volgt gevarieerd: voor de strijklengtes zijn de volgende waarden doorgerekend: 250, 500, 750, 1000, 1500, 3000, 5000 en 10000 meter. De sedimenttypen zand, veen en klei (op basis van de presets zoals gedefinieerd in Janse, 2005) zijn doorgerekend. Het debiet is gevarieerd op basis van de volgende waarden: 4, 7, 10, 20, 50, 100 en 200 mm/d. De waterdiepte is gevarieerd van 1 tot 4 meter diep met stappen van 0.5 meter. De externe P-belasting is gevarieerd van 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9, 1, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 2, 4, 6, 8 en 10 mg/m²/d.

Andere eigenschappen en instellingen zijn constant gehouden. Zo wordt bijvoorbeeld de stoichiometrie van de nutriëntenbelasting constant gehouden (C/N-ratio=10 : 1 (g/g); N/P-ratio 10:1 (g/g)). Verder zijn er bijvoorbeeld aannames gedaan over de fracties van detritus (snel vs langzaam afbreekbaar) op basis van standaard aannames uit PCLake.

NB! Bepaalde combinaties leverden foutmeldingen en instabiliteit op, waardoor deze uit de dataset zijn gehaald.

Combineren modellen tot BlueScan

Zowel Delft3D-ECO en PCLake zijn gedurende de afgelopen jaren veelvuldig gevalideerd voor verschillende systemen. Delft3D-ECO is specifiek voor deze toepassing aangepast, waarna de resultaten onderling visueel zijn vergeleken voor relevante componenten die in beide modellen beschikbaar zijn, met name de berekende chlorofyl concentraties. Dit heeft geleid tot een aantal aanpassingen in parameterwaarden (o.a. de fractie organisch materiaal in de ingaande waterstroom), waarna de dataset opnieuw is doorgerekend. In dit achtergronddocument worden de uitkomsten hiervan niet verder besproken.

Nadat er voldoende vertrouwen was in de uitkomsten van beide modellen zijn de modelresultaten van Delft3D-ECO en PCLake gecombineerd. Dit is op twee manieren uitgevoerd:

1) de productie en mineralisatie van organisch koolstof wordt berekend met PCLake, omdat deze ook rekening houdt met de omslag tussen algen- of waterplanten-gedomineerde systemen. Deze mineralisatie-flux wordt vervolgens vertaald naar CH₄ en CO₂ emissies op basis van de ratio berekend in Delft3D-ECO. Hierbij wordt de ratio gebaseerd op de ratio zoals die per case is berekend in Delft3D-ECO.

2) de uitstoot van broeikasgasemissies is berekend met Delft3D-ECO en is gecorrigeerd voor de uitkomsten, waarbij PCLake een heldere plantenrijke situatie berekent. Hierbij is het uitgangspunt dat onder plantenrijke situaties de zuurstofconcentraties voldoende hoog zijn om de vorming en uitstoot van CH₄ te voorkomen.

Voor het prototype instrument is uiteindelijk uitgegaan van de tweede methode, ofwel de berekeningen met Delft3D-ECO vormen de basis en op basis van PCLake wordt gecorrigeerd voor de ecologische toestand (wel of geen planten).

Eerste validatie aan de hand van vier cases

Het model is (globaal) gevalideerd aan de hand van de vier cases, waarvan twee met een goede waterkwaliteit (helder en plantenrijk) en twee met een slechte waterkwaliteit (algen gedomineerd). Het betreft de Dobbeplass (Delfland), Wormer- en Jisperveld (HHNK), Oostmadeplas (Delfland) en Loenderveense plas (Waternet). De Dobbeplass en Loenderveense Plas hebben een goede waterkwaliteit. De Oostmadeplas en Wormer- en Jisperveld een slechte waterkwaliteit.

Er zijn metingen verricht in vier plassen met verschillende belastingen (nutriënten, organische stof) en bodemtypen. De (potentiele) broeikasgasemissie is ingeschat op basis van (o.a.) de water- en bodemsamenstelling en kolomproeven. Tabel 2 geeft een overzicht van de systeemkenmerken van de vier cases, waaronder de externe P-belasting. Dit zijn tevens de kenmerken die gebruikt zijn als input voor het model. Hieronder gaan we in op de opzet van de metingen en de resultaten.

NB! In de Dobbeplass zijn waterkwaliteitsmaatregelen uitgevoerd (rond 2012). Als gevolg hiervan is de externe belasting verlaagd van 1,8 mg/m²,d naar 0,5 mg/m²,d en is het water helder geworden. Er is uitgegaan van de nieuwe situatie.

Tabel 2. Systeemkenmerken van de vier cases en tevens uitgangspunten voor het model.

Systeemkenmerken	Dobbeplass	Wormer- Jisperveld	Oostmadeplas	Loenderveense plas
P-belasting (mg/m ² /d)	0.5	6.6	10	0.2
Waterdiepte (m)	2	1	1.6	2.3
Strijklengte (m)	450	700	300	1500
Bodemtype (-)	klei	veen	zand	veen
Debiet (mm/dag)	4	7	42	4
Oppervlakte (ha)	13.5	140	10	237
N/P-ratio belasting	10	6.6	3.2	10

Opzet pilotmetingen

In deze cases is ervoor gekozen metingen aan met name de waterbodem te verrichten, omdat de validatie een eerste vingeroefening betreft en er op deze manier sneller resultaten over broeikasgasproductie verkregen worden. In mei 2019 zijn in het veld monsters van de slibbodem genomen, die vervolgens gedurende vier weken in het lab geanalyseerd zijn (algemene samenstelling, kolommetingen, Rock-eval, OxiTops).

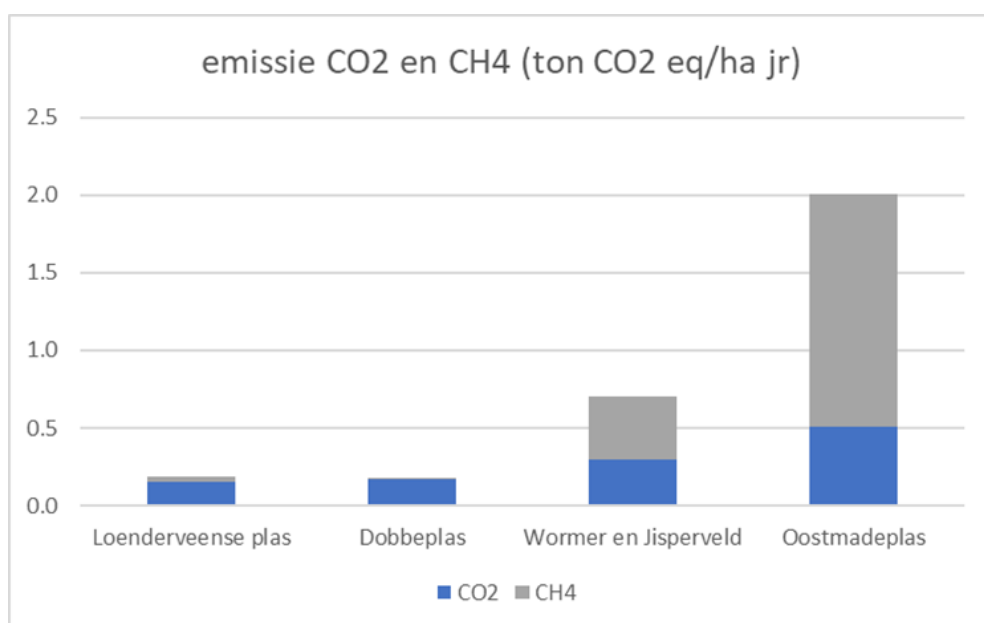
Met deze aanpak wordt vooral de potentiële productie van broeikasgassen aan de waterbodem in beeld gebracht. De processen die in de waterkolom worden zeer beperkt meegenomen. De gemeten gassen geven dus alleen een indicatie voor de uitstoot (potentie), maar zullen afwijken van de daadwerkelijke emissies in het veld (zie ook achtergronddocument metingen).

De metingen kunnen niet geëxtrapoleerd worden naar een jaarlijkse uitstoot, omdat het een eenmalige meting betreft en de seizoensvariatie niet in beeld is gebracht. De resultaten leveren wel inzicht in de relatieve verschillen in broeikasgasproductie van de watersystemen met verschillende waterkwaliteit. Dit is ook het primaire doel van BlueCan in 2019.

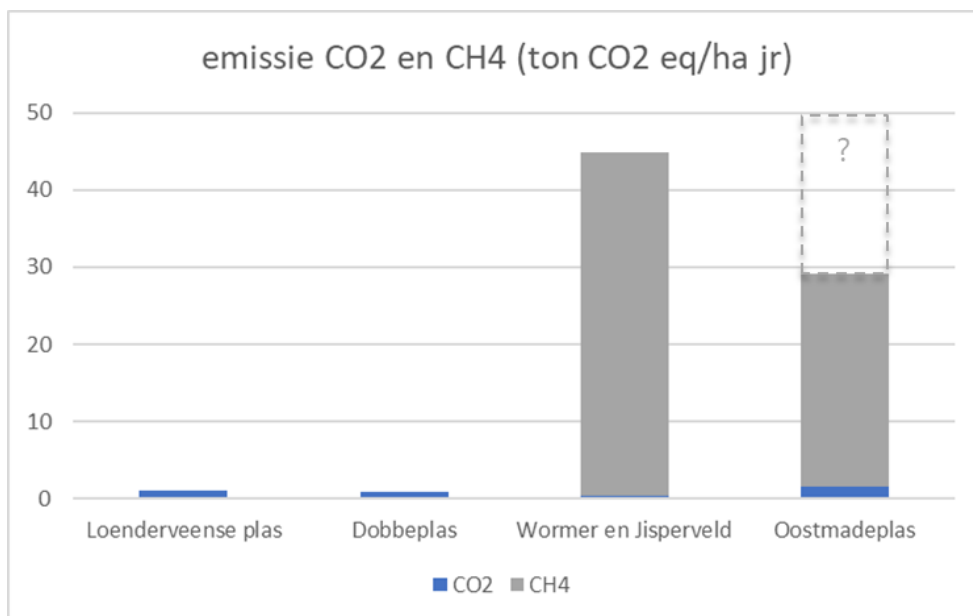
Vergelijking metingen en modelberekeningen

In afbeelding 2 zijn de gemeten emissies uit de vier cases weergegeven. Te zien is dat conform verwachting de broeikasgasemissies uit de watersystemen met een goede waterkwaliteit (Loenderveense plas en Dobbepas) veel lager liggen dan in de watersystemen met een slechte waterkwaliteit (Wormer- en Jisperveld en Oostmadeplas). Het verschil is maximaal een factor 10. De grootste toename in uitstoot van broeikasgassen is te wijten aan de toename in methaanemissie. In afbeelding 3 zijn de met het model berekende emissies weergegeven. De modelresultaten en metingen komen op een aantal zaken overeen. Zo is de totale broeikasgasemissie in de Loenderveense Plas en Dobbepas klein, en heeft de CO₂ uitstoot een even groot of groter aandeel dan CH₄ in deze twee plassen. In het Wormer- en Jisperveld en de Oostmadeplas is de totale broeikasgasemissie juist groot, en is het aandeel van methaan in de totale uitstoot groter dan dat van CO₂.

De relatieve verschillen in broeikasgasemissies zijn grotendeels te verklaren door de verschillen in nutriëntenbelasting. Een lage nutriëntenbelasting leidt tot een lage broeikasgasemissie. Dat de berekende broeikasgasemissie in de Oostmadeplas kleiner is dan die in Wormer- en Jisperveld, terwijl de nutriëntenbelasting er juist hoger is), heeft te maken systeemspecifieke condities die nog niet goed in het model zijn opgenomen. In de Oostmadeplas leidt een hoge belasting in Delwaq tot een (te) hoge turbiditeit. De primaire (algen)productie wordt hierdoor gelimiteerd door licht in plaats van nutriënten. In werkelijkheid is de primaire productie hoger en daarmee ook de broeikasgasemissie. Om deze reden is in de afbeelding een aanvullende onbekende broeikasgasemissie ingetekend.



Afbeelding 2. Gemeten emissies op basis van metingen in mei 2019



Afbeelding 3. Berekende emissies op basis van instrument BlueScan

In absolute zin is het verschil tussen metingen (range van 0,2 tot 2 ton CO₂eq/ha,j) en model (range van 0 tot 50 ton CO₂eq/ha,jr) heel groot. Hiervoor zijn meerdere potentiële oorzaken aan te wijzen:

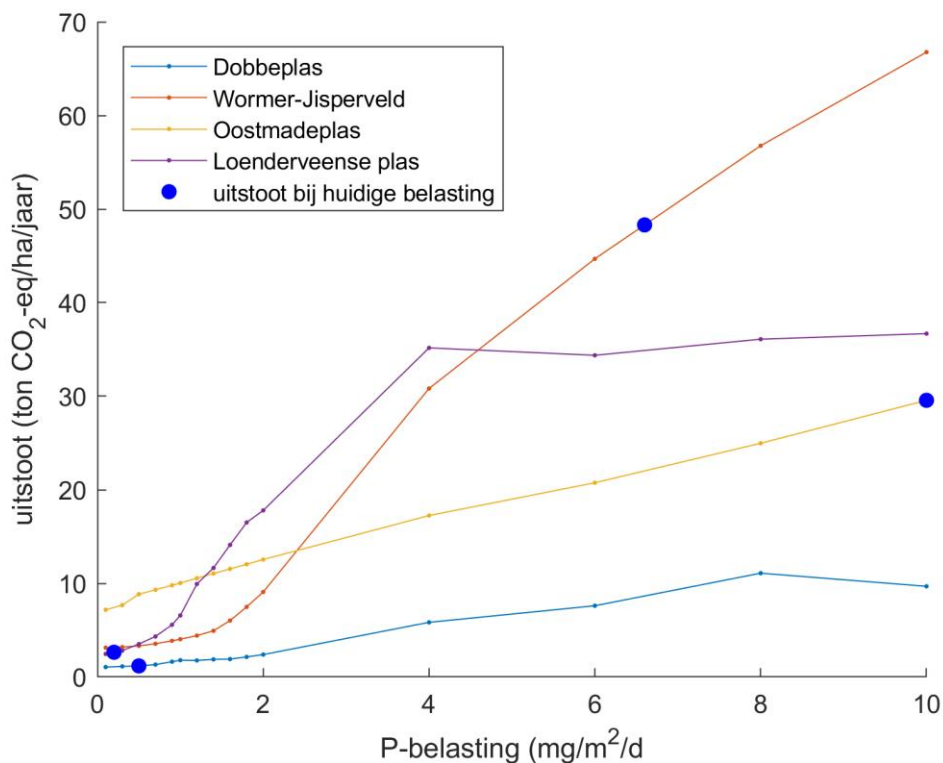
1) het instrument berekent een waarde die gemiddeld is voor het gehele watersysteem. Daarnaast rapporteren we nu de broeikasgasemissie op jaarbasis en voor een watersysteem in evenwicht met de externe nutriëntenbelasting. Het instrument berekent ook daggemiddelde waarden, maar die hebben we nog niet uitgebreid kunnen analyseren. Ten slotte is het instrument nog niet volledig qua processen die van belang zijn voor broeikasgasemissie.

2) vertaalslag van meetresultaten naar broeikasgasemissie van het watersysteem: dit betreft vooral methodische aspecten. Er is nu bijvoorbeeld vooral uitgegaan van de resultaten van kolomproeven, gebaseerd op vijf subsamples per casus in mei 2019. We veronderstellen dat de emissie in de zomer en het najaar hoger is door hogere temperaturen en in verhouding meer afbraak ten opzichte van productie. Daarnaast is sprake van een (soms) grote ruimtelijke variatie in de emissies. Vooral ebullitie verantwoordelijk voor het grootste deel van de broeikasgasemissie treedt lokaal en onregelmatig op.

Uit bovenstaande blijkt wel dat er meer metingen nodig zijn om het model verder te verbeteren en te valideren, bijvoorbeeld in de zomer en het najaar. In deze periode wordt meer broeikasgasemissie verwacht als gevolg van de hogere watertemperatuur en grotere bacteriële activiteit.

NB! Hoewel in de afbeeldingen steeds de eenheid ton CO₂eq/ha,jr is weergegeven betreft het in afbeelding 2 een emissie die gebaseerd is op metingen in mei. Het is dus niet mogelijk deze emissie te extrapoleren naar jaarbasis, zoals de eenheid doet vermoeden. Er is gekozen voor deze eenheid, omdat broeikasgasemissies vaak in deze eenheid worden gerapporteerd. De met het instrument berekende waarden in de afbeeldingen zijn wel jaargemiddeld.

In afbeelding 4 is voor elk van de vier cases nog eens de broeikasgasemissie gegeven bij de huidige externe P-belasting, maar daarnaast ook de gevoeligheid van de broeikasgasemissie voor een toe- of afname in de externe P-belasting. Hieruit blijkt dat de nutriëntenbelasting een grote invloed heeft op de totale broeikasgasemissie van een watersysteem, maar ook dat de gevoeligheid verschilt per systeem. Ten slotte valt op dat de relatie niet "lineair" is. Er is sprake van zogenaamde knikpunten. Dit wordt onder andere veroorzaakt door de ratio tussen CO₂ en methaan uitstoot. Rond het knikpunt neemt het aandeel methaan substantieel toe. Dit laat zien dat een generieke uitspraak over het effect van een waterkwaliteitsmaatregel als belastingreductie niet goed mogelijk is. Het quick scan instrument BlueScan kan deze relatie systeemspecifiek in beeld brengen.



Afbeelding 4. Berekende broeikasgasemissies op basis van instrument BlueScan in relatie tot de externe P-belasting (blauwe punt: huidig)

Conclusie

Met het (prototype) quick-scan instrument BlueScan kunnen waterbeheerders snel én eenvoudig een eerste inschatting van de uitstoot uit de plassen in hun beheergebied maken. We zien in zowel het model als de metingen bevestigd dat de waterkwaliteit een belangrijke relatie heeft met de broeikasgasemissie. Verder geven de huidige modellen inzicht in de voor broeikasgasemissie relevante systeemkenmerken en processen, zoals de vorming van methaan afhankelijk van de helderheid van het water en dominantie van algen. De huidige modellen zijn echter nog onvoldoende geschikt om een betrouwbare absolute berekening te kunnen maken van de hoogte van de broeikasgasemissies in plassen en meren.

Om meer inzicht te krijgen in de relevante processen is het noodzakelijk om meer metingen te verrichten en het modelinstrumentarium te verbeteren door aanvullende kalibratie en validatie.

Literatuur

Janse, J. H. (2005). Model studies on the eutrophication of shallow lakes and ditches. Wageningen Universiteit.

Smits, J. G. C., & van Beek, J. K. L. (2013). ECO: A Generic Eutrophication Model Including Comprehensive Sediment-Water Interaction. PLoS ONE, 8(7).

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0068104>