

Uit de mest- en mineralenprogramma's

Een eenvoudig denitrificatiemodel?

Aanleiding

Denitrificatie is het microbiële bodemproces waarbij nitraat wordt omgezet in gas-vormige stikstofverbindingen. Denitrificatie treedt alleen op onder zuurstofloze omstandigheden, waardoor neerslagoverschot en grondwaterstand een groot effect (kunnen) hebben op denitrificatie. Naast het gehalte aan nitraat en zuurstof is het gehalte aan gemakkelijk afbreekbare organische stof in de bodem een belangrijke sturende factor; denitrificatie neemt toe naarmate er meer gemakkelijk afbreekbare organische stof aanwezig is in de bodem. Denitrificatie is een zeer complex proces dat onderhevig is aan ruimtelijke en temporele variabiliteit. Dit bemoeilijkt de kwantificering van denitrificatie-verliezen door metingen.

Het Nederlandse mestbeleid is er op gericht om de stikstof- en fosfaatemissies uit de landbouw te beperken, zodat wordt voldaan aan de milieukwaliteits-doelstellingen voor grond- en oppervlaktewater. Hierbij wordt gebruik gemaakt van MINAS, een systeem gebaseerd op verliesnormen (toelaatbare stikstof-overschotten). De hoogte van stikstofverliesnormen in MINAS zijn er op gericht om de belasting van het grondwater met nitraat te beperken tot maximaal 50 mg per liter en de belasting van het oppervlaktewater te verminderen. Een deel van de stikstof uit het overschot zal in de bodem denitrificeren en het restant spoelt uit naar grond- en oppervlaktewater. Voor de onderbouwing van de MINAS-verliesnormen is een goede kwantificering van de denitrificatieverliezen en de verhouding tussen denitrificatie en nitraatuitspoeling bij verschillende combinaties van grondsoort - grondwaterstand - grondgebruik noodzakelijk.

Onderzoek in programma 398-II is gericht op een betere kwantificering van denitrificatieverliezen uit landbouwgronden. Eén van de doelstellingen is het afleiden van een eenvoudige rekenregel waarmee denitrificatie kan worden geschat op basis van eenvoudige meetbare, c.q. met procesmodellen te simuleren, grootheden en bodemeigenschappen.

Keuze van rekenregel

Er is in 2002 een literatuur- en deskstudie uitgevoerd naar rekenregels voor schatting van denitrificatie (Heinen, 2003). Men kan grofweg drie typen rekenregels c.q. modellen voor denitrificatie onderscheiden: 1) microbiële groei modellen, 2) bodemstructuurmodellen, en 3) vereenvoudigde denitrificatiemodellen. Hier richten wij ons op het derde type. In ruim vijftig modelbeschrijvingen uit de literatuur valt op te maken dat in de meeste gevallen twee typen eenvoudige rekenregels worden toegepast:

1. Denitrificatie wordt als een eerste orde afbraakproces verondersteld gereduceerd door bodemomstandigheden: nitraatgehalte, watergehalte, temperatuur, en eventueel zuurgraad.

$$D_a = D_p f_N f_S f_T$$

$$f_N = \frac{NO_3 - N}{K + NO_3 - N}$$

$$f_S = \left(\frac{S - W_1}{1 - W_1} \right)^{W_2}$$

$$f_T = Q_{10}^{0.1(T - T_{ref})}$$

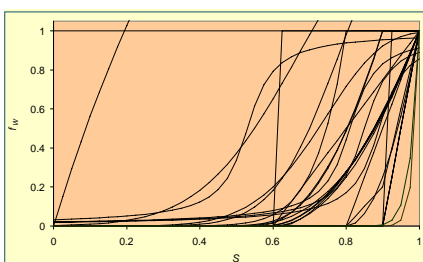
Hierin is

- D_a actuele denitrificatie
- D_p potentiële denitrificatie
- f_N reductie voor NO_3 -N
- f_S reductie voor watergehalte
- f_T reductie voor temperatuur

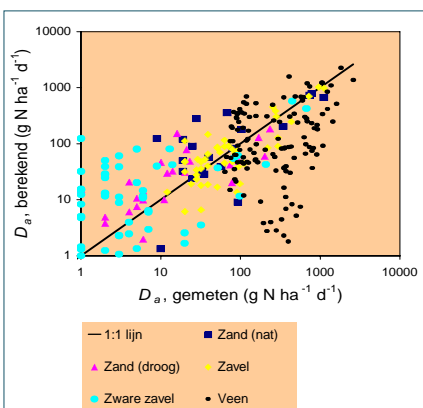
2. Actuele denitrificatiesnelheid wordt berekend als de potentiële denitrificatiesnelheid gereduceerd door bodemomstandigheden (zie kader). De potentiële denitrificatie is gedefinieerd als denitrificatie bij overmaat nitraat onder anaërobe omstandigheden bij een gegeven referentietemperatuur. De reductie door bodemomstandigheden heeft betrekking op nitraatgehalte, watergehalte, bodemtemperatuur en eventueel zuurgraad. De potentiële denitrificatie is goed meetbaar en er zijn in verschillende projecten (o.a. binnen 398) gegevens over potentiële denitrificatie van landbouwgronden beschikbaar. Daarom is in het vervolg van deze studie gekozen voor de rekenregel waarin de actuele denitrificatie wordt geschat op basis van potentiële denitrificatie en reductiefuncties.

Gevoeligheidsanalyse

De reductie door bodemomstandigheden wordt empirisch beschreven als een product van dimensieloze factoren voor watergehalte, nitraatgehalte, bodemtemperatuur en bodem pH. Hoewel er dus redelijke consensus bestaat in de literatuur over een eenvoudige rekenregel, bestaan er grote verschillen in de vorm van de reductiefuncties (Figuur 1). Dit zou er op kunnen duiden dat dergelijke reductiefuncties afhankelijk zijn van grondsoort en bodemgebruik. Voor relatief nauwkeurige schattingen van denitrificatie dienen deze reductiefuncties mogelijk per locatie te worden vastgesteld. Hierbij moet wel worden gemeld dat onderlinge vergelijking van de afzonderlijke reductiefuncties uit verschillende studies niet zuiver is omdat diverse combinaties van reductiefuncties kunnen leiden tot dezelfde overall reductie.



Figuur 1. Zeer uiteenlopende reductiefuncties (y-as) voor verzadigingsgraad (x-as) zoals in literatuur gebruikt.



Figuur 2. Overeenkomst tussen berekende en gemeten actuele denitrificatie na parameter-optimalisatie voor 5 data sets.

Er is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd op de rekenregel, met name op de afzonderlijke reductiefuncties. Hieruit blijkt dat de rekenregel voor schatting van denitrificatie zeer gevoelig is voor de reductiefunctie voor watergehalte. Dit betekent dat de parameters die hierin voorkomen en het watergehalte plus porositeit nauwkeurig bekend moeten zijn. Uit de berekeningen volgt dat de actuele denitrificatie vaak veel lager is dan de potentiële denitrificatie. Voor een zeer groot aantal willekeurig gekozen bodemomstandigheden blijkt dat in 70% van de gevallen de actuele denitrificatie minder dan 15% bedraagt van de potentiële denitrificatie. Ook uit veldmetingen blijkt dat de actuele denitrificatie vaak veel lager is dan de potentiële denitrificatie.

In het onderzoek is een uit de literatuur afgeleide rekenregel getoetst c.q. gekalibreerd met een zestal (waarvan vijf Nederlandse) denitrificatie datasets. Het is mogelijk gebleken om met de rekenregel de waargenomen denitrificatie qua orde grootte te voorspellen, maar het was niet mogelijk om een perfecte overeenkomst te verkrijgen (Figuur 2).

Vervolg

In het vervolg van de studie worden de reductiefuncties voor watergehalte, nitraatgehalte en bodemtemperatuur voor verschillende grondsoorten experimenteel bepaald. De op deze gegevens gebaseerde rekenregel voor denitrificatie wordt getoetst met experimentele gegevens.

Referentie

Heinen M, 2003. A simple denitrification model? Literature review, sensitivity analysis and application. Alterra rapport 690, Alterra, Wageningen, 131 p.

Voor meer informatie:

Dr. ir. M. (Marius) Heinen
 Alterra, Postbus 47, 6700 AA Wageningen
 Tel. 0317-474477
 E-mail: marius.heinen@wur.nl.

Informatieblad 398.23 juni 2003
 Mest- en Mineralenprogramma's 398-I, 398-II, 398-III
 Gefinancierd door het ministerie van LNV
 www.mestenmineralen.nl