

Als waterbeheerder aan de slag met bodemkwaliteit: het stikstofbodemmodel

Merel Hondebrink, Bart Timmermans (Louis Bolk Instituut), Jos Verstraten (melkveehouder), Frank van Herpen (waterschap Aa en Maas)

De waterkwaliteit kan verbeteren door het aanbod van nutriënten en de vraag vanuit gewas beter op elkaar af te stemmen. Daarvoor is een goed begrip van bemesting- en bodemprocessen nodig. Wat er in de bodem gebeurt met stikstof is sterk sturend voor de mogelijke uitspoeling van stikstof naar water. Een bodemstikstofmodel helpt om de risico's voor uitspoeling en betere benutting van stikstof door gewassen inzichtelijk te maken. Het is daarmee een waardevolle aanvulling in de gereedschapskist van een waterbeheerder om bijvoorbeeld te gebruiken in gebiedsprocessen.

In het onderzoeksproject Sensor Gestuurd Boeren (SGB) doen waterschap Aa en Maas samen met de agrarische ondernemers in een klein stroomgebied meerjarig onderzoek naar de bronnen en routes van stikstofverbindingen naar het water. Daartoe is onder meer gewerkt met sensoren om de waterkwaliteit te meten [1]. Het doel hiervan is om de waterkwaliteit in het stroomgebied te begrijpen en te kunnen koppelen aan activiteiten die in het gebied worden uitgevoerd. Dat kan helpen bij het zoeken naar een handelingsperspectief: welke maatregelen zijn op welke plekken en momenten zinvol?

In de samenwerking tussen waterschap en deelnemers bleek dat de communicatie over de variaties in de tijd van stikstofconcentraties per liter water niet goed aansluit bij de dagelijkse praktijk van agrariërs. Het meten van de effecten van maatregelen op een perceel in de naastgelegen sloot is ook niet eenvoudig: het slootwater is een mengsel van het water afkomstig van verschillende percelen, waarbij de concentraties nitraat ook nog eens sterk afhankelijk zijn van weersomstandigheden. Het meten van drainwater of stikstofresiduen (als nitraat en/of ammonium in de bodem) op het perceel zijn dan meer geschikte methoden om directe relaties te leggen tussen de teelt en optredende stikstofverliezen [2].

Binnen SGB is daarom in het voorjaar (voor de teelt, na het uitspoelingsseizoen) en najaar (na de teelt, voor de start van de piek in de uitspoeling) gestart met de monitoring van de minerale stikstof in de bodem (in kg/ha). Naast de gemeten gegevens is er dit jaar ook gebruik gemaakt van een model om stikstof- en organischestofdynamieken in kaart te brengen.

Hoe werkt een bodemmodel?

Voor het onderzoeksgebied is het procesmodel SWAP-ANIMO ingezet [3]. Dit is een zeer uitgebreid procesmodel dat water- en stofbalansen opstelt en inzicht geeft in de omvang van uit- en afspoeling vanaf de percelen naar de sloot. Het is echter niet eenvoudig in gebruik. NDICEA is een praktijkmodel voor koolstof en stikstof. Ook dit model heeft een wetenschappelijke basis en kan gebruikt worden voor zowel de evaluatie als de voorspelling van de dynamiek van stikstof en organische stof in de bodem [4]. Met NDICEA kunnen de opties voor het efficiënt opnemen van stikstof door de gewassen, lage uitspoeling en opbouw van organische stof voor een perceel worden verkend. Berekeningen kunnen worden vergeleken met daadwerkelijke stikstofresiduen in de bodem als die zijn uitgevoerd.

NDICEA kan het schuiven van gewassen in de rotatie of timing van de bemesting doorrekenen om vervolgens de beste optie in de praktijk toe te passen. Het model is relatief makkelijk in gebruik en sinds het najaar van 2022 ook in webversie beschikbaar [5].

Stikstofbodempromessen en uitspoeling

Stikstof is een van de belangrijkste nutriënten in de landbouw, omdat stikstof vaak de beperkende factor is voor gewasopbrengst. Stikstof kan in verschillende vormen in de bodem voorkomen en deze vormen kunnen in elkaar worden omgezet (zie afbeelding 1). De drie hoofdvormen van stikstof in de bodem zijn 1) organisch gebonden stikstof (in bijvoorbeeld eiwitten, restanten plantmateriaal en/of mest), 2) ammonium (NH_4^+) en 3) nitraat (NO_3^-). Het grootste deel van de stikstof in de bodem (~98% van de totale hoeveelheid) komt voor in de organisch gebonden vorm. Het N-leverend vermogen (NLV) is de hoeveelheid stikstof die over langere tijd beschikbaar kan komen uit organische stof. Micro-organismen gebruiken de koolstof uit de organische stof als energiebron en nemen ook de stikstof uit de organische stof op als voedingsstof. Vaak is er voldoende stikstof aanwezig in de organische stof om aan de behoefte van de micro-organismen te voldoen. De overige stikstof die de micro-organismen niet opnemen komt vrij in het bodemvocht in de vorm van ammonium. Dit proces waarbij ammonium vrijkomt heet mineralisatie. Ammonium wordt vrijwel direct door andere micro-organismen omgezet in nitraat. Dit proces heet nitrificatie.

Er is dus relatief weinig ammonium in de bodem aanwezig vergeleken met de hoeveelheid nitraat. De snelheid van deze omzettingen wordt grotendeels bepaald door de aanwezige soorten micro-organismen en de omstandigheden in de bodem (o.a. vocht en temperatuur). Bij bodemtemperaturen lager dan 10 °C vinden er bijvoorbeeld nauwelijks omzettingen plaats in de stikstofkringloop, omdat de micro-organismen dan weinig actief zijn. Micro-organismen hebben ook vocht nodig, dus ook in extreem droge grond zullen weinig omzettingen plaatsvinden. Planten nemen het makkelijkst stikstof op in de vorm van nitraat, maar kunnen ook ammonium opnemen. Soms kunnen planten ook stikstof opnemen in de vorm van kleine, simpele organische structuren. Een plant kan op een bepaald moment maar een bepaalde hoeveelheid stikstof opnemen. Dus een overvloed aan minerale stikstof in de bodem, die niet direct door de plant opgenomen kan worden, is gevoelig voor uitspoeling en vervluchtiging.

Kort gezegd: alle minerale stikstof die in het najaar overblijft (N-residu) kan uitspoelen in de winter of worden vastgelegd in een vanggewas. En de stikstof die in het voorjaar wel in bodem aanwezig is, maar nog niet nodig is voor het gewas kan ook uitspoelen (in een nat voorjaar), waardoor het in het milieu terecht komt. Ideaal gezien is het dus zaak om te zorgen voor lage N-residuen in het najaar en in het voorjaar het aanbod en de vraag van nutriënten zoveel mogelijk op elkaar af te stemmen. Met NDICEA kunnen beheerders hieraan rekenen.



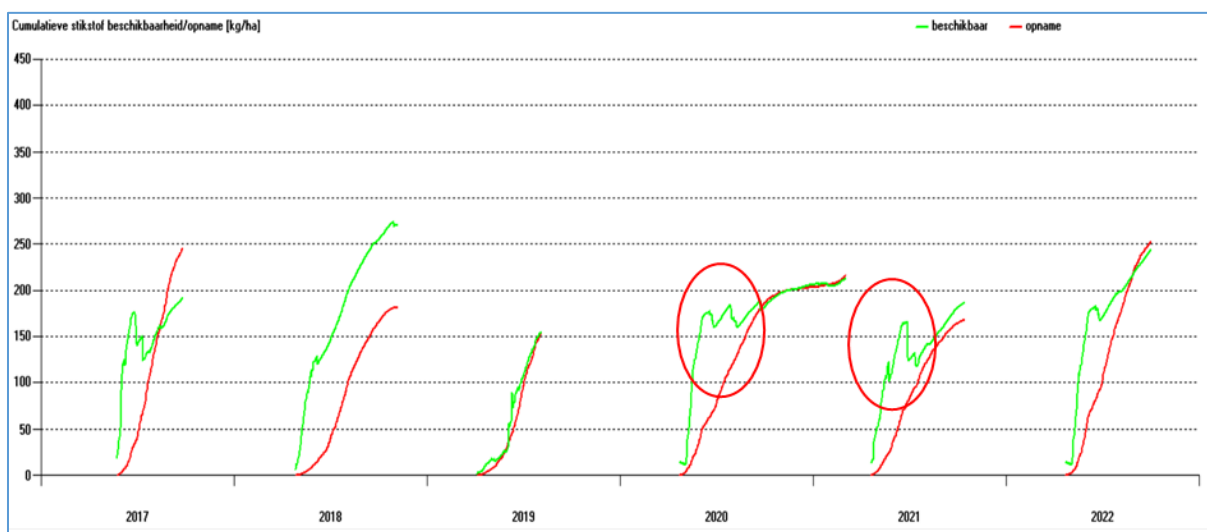
Afbeelding 1. Een bodemprofiel voor een akkerbouwperceel op zandgrond. De bruine laag is de teeltlaag waarin de gewassen wortelen en mineralen opnemen. In het witte zand daaronder is weinig activiteit van de gewassen. Stikstof die daarin terecht komt is niet meer beschikbaar voor groei van het gewas en spoelt uit naar grond- en oppervlaktewater

Stikstofbalans voor het perceel

Voor acht van de percelen in het onderzoeksgebied van het project Sensor Gestuurd Boeren is NDICEA ingezet. Input voor het model (bv. bemestingen, teeltrotaties, bodemmonsters) is opgehaald aan de keukentafels bij de agrarisch ondernemers. De stikstofbalansen voor de percelen in het gebied waren relatief laag (weinig overschotten). Dit komt doordat de boeren over het algemeen bemesten op de ingeschatte opname van de gewassen. Toch was de uitspoeling niet voor alle percelen even laag. Dit heeft met bodemtype, mestkeuze en gewaskeuze te maken. Scenarioberekeningen met NDICEA geven

echter wel aanknopingspunten om deze verliezen flink te beperken. Extra inzet van groenbemesters en aangepaste bemesting (drijfmest en kunstmest gedeeltelijk vervangen door *slow release* (in dit geval organische korrels) leverde hierdoor in theorie toch nog een aardige beperking van de uitspoeling op.

Alle akkerbouwpercelen die zijn doorgerekend vertoonden in het model voor de zes doorgerekende jaren een afname in organische stof in de bouwvoor. Dit heeft te maken met gewaskeuze, het toepassen van weinig organischestofrijke mest en deels ook met het gebrek aan (informatie over) groenbemesters in de eerste drie jaar van de berekening (wat een mogelijke modelleerfout tot gevolg kan hebben gehad). Op de graslandpercelen is een toename aan organische stof te zien. Dit heeft te maken met opbouw van organisch materiaal door het grasland zelf en het in de meeste jaren ontbreken van grondbewerking.



Afbeelding 2. Voorbeeld van een grafiek die NDICEA als output geeft. Hier is de beschikbare stikstof in de bodem (groen) en opgenomen stikstof door het gewas (rood) gedurende 6 jaar te zien. De twee rode cirkels geven aan dat er in 2020 en 2021 een mismatch in de timing van bemesting is: het nitraat is al wel beschikbaar in de bodem (groene lijn), maar het gewas heeft het nog niet nodig (rode lijn). Als er in die periode veel neerslag valt, is het risico op uitspoeling groot genoeg: verlies van mineralen voor de plant én eutrofiëring in het oppervlaktewater

Afbeelding 2 is een voorbeeld van de cumulatieve stikstofbeschikbaarheid en opname van 2017 tot en met 2022 voor een specifiek perceel binnen het projectgebied van SGB. Op dit perceel werden aardappel (2017), suikerbiet (2018), zaaiui (2019), snijmais (2020), aardappels (2021) en nogmaals snijmais (2022) geteeld. Er is een 40 centimeter dikke teeltlaag met daaronder zand. Er is te zien dat in 2019 tot en met 2022 de hoeveelheid beschikbare stikstof aan het eind van het seizoen en de door het gewas opgenomen hoeveelheid stikstof goed op elkaar aansluiten. Dat wil zeggen dat er aan het einde van de teelt nauwelijks stikstof over was die niet meer door de gewassen benut werd. Dit is erg positief. Toch trad er in de berekeningen in 2020 en 2021 een risico op hoge uitspoeling op. Het is erg lastig dit in de praktijk ook te kunnen meten in het oppervlaktewater van de percelen. Het NDICEA-model biedt inzicht wanneer de uitspoeling van stikstof gedurende de teelt gebeurde. Een van de oorzaken van de uitspoeling lag in de timing van het beschikbaar komen van de bemesting in het eerste deel van de teelt (afbeelding 2, twee rode cirkels). Hier is te zien dat de minerale stikstof in de bodem omhoog gaat, maar niet zo snel door het gewas wordt opgenomen, vooral in het begin van het groeiseizoen. Dit beeld is ook op andere percelen in het gebied te zien. Dit betekent dat er minerale

stikstof uit mest (in de vorm van nitraat en ammonium) aanwezig is op momenten dat het gewas dit nog niet kan opnemen. Hierdoor kan een groter risico op verliezen van de mineralen voor de plant naar het water ontstaan.

Wat kan de waterbeheerder hiermee?

De uitkomsten zijn tijdens een studiegroep gepresenteerd aan de deelnemers van Sensor Gestuurd Boeren. De agrarische ondernemers vonden het erg interessant en de koolstof- en stikstofbalansen werden als waardevol ervaren. Ook de inzichten over de voor de akkerbouwpercelen negatieve organische stofbalansen, het telen met slechts lage totaaloverschotten aan stikstof, en de analyse van de locaties waar toch nog verliezen optreden in de teelten, vond men erg interessant. Over de uitgewerkte oplossingsrichtingen is veel discussie gevoerd: effect, haalbaarheid, betaalbaarheid. Kortom: bodemstikstofmetingen (N-mineraal, stikstofresidu) en modellen zoals NDICEA zijn een goede intermediair voor discussies over het verbeteren van de waterkwaliteit.

Het verminderen van de uitspoeling van mineralen is een gedeeld belang tussen waterbeheerders en de agrarische sector. Want meer mineralen in een gewas betekent meer opbrengst én minder uitspoeling, dus netto ook een verbetering van de waterkwaliteit. De waterbeheerders hebben een belangrijke rol in de gebiedsgerichte aanpak, waar overheden en lokale partijen in gebiedsprocessen samenwerken aan de opgaven die daar spelen. Bodemstikstofmetingen en -modellen kunnen daarbij een goed hulpmiddel zijn om de brug te slaan tussen bodem en water.

Meer weten over NDICEA?

<https://www.louisbolk.nl/ndicea>

Bart Timmermans, Louis Bolk Instituut; b.timmermans@louisbolk.nl

<https://ndiceaweb.eu/>

Meer weten over Sensor Gestuurd Boeren:

Frank van Herpen, waterstof Aa en Maas; fvanherpen@aaenmaas.nl

Referenties

1. Herpen, F. van *et al.* (2022). 'Praktijkervaringen met nitraatsensoren in oppervlaktewater'. H2O-Online, 2 februari 2022. <https://www.h2owaternetwerk.nl/vakartikelen/praktijkervaringen-met-nitraatsensoren-in-oppervlaktewater>
2. Lukács, S., Rozemeijer, J., Schipper, P., Loon, A. van en Groenendijk, P. (2022). *Handreiking gebiedsgerichte monitoring nutriëntenverliezen vanuit de landbouw*. STOWA. <https://www.stowa.nl/deltafacts/waterkwaliteit/kennisimpuls-waterkwaliteit/handreiking-gebiedsgerichte-monitoring#3141>
3. Schipper, P. *et al* (2022). *Monitoring en modellering in twee pilotgebieden voor gebiedsgerichte aanpak* (KIWK). STOWA. <https://www.stowa.nl/publicaties/monitoring-en-modellering-twee-pilotgebieden-voor-gebiedsgerichte-aanpak-kiwk>
4. Burgt, G.J.H.M. van der, Oomen, G.J.M., Habets, A.S.J., Rossing, W.A.H. (2006). 'The NDICEA model, a tool to improve nitrogen use efficiency in cropping systems'. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* (2006), Volume: 74, Issue: 3 - ISSN 1385-1314 - p. 275-294. <https://www.wur.nl/en/Publication-details.htm?publicationId=publication-way-333438383436>

5. NDICEA (2023). <https://ndiceaweb.eu/>