

Evolutie van de nitraatstikstofreserve van akkerbouwpercelen in het voorjaar na abstractie van de weerseffecten

De hoogte van het najaarsnitraatresidu in akkergronden bepaalt in grote mate het risico op nitraatuitspoeling naar het grondwater. Weersinvloeden en perceelsgebonden factoren bemoeilijken de interpretatie van nitraatresidu's in de bodem, en laten niet toe om eenduidige conclusies te trekken met betrekking tot het al dan niet gunstig evolueren van de hoogte van deze residu's.

In het volgende onderzoek werd getracht om klimaatseffecten op het voorjaarsnitraatgehalte in de bodem te identificeren en te isoleren, met het oog op een uitzuivering van de jaarlijkse schommelingen. Dit moet het mogelijk maken om de evolutie die sinds 1989 plaatsvond op een meer nauwkeurige wijze te begroten.

De Bodemkundige Dienst van België bemonstert jaarlijks in opdracht van de Belgische landbouwbedrijven tijdens de winterperiode en in het vroege voorjaar landbouwpercelen om de optimale N-bemesting te bepalen voor de volgende teelt, a rato van ongeveer 20 000 stalen per jaar, en heeft in de loop van de voorbije jaren hierover een uitgebreide databank opgebouwd.

De voorjaarsnitraatstikstofreserve wordt door een groot aantal factoren bepaald waaronder het nitraatresidu in het voorgaande najaar en de uitspoeling tijdens de winterperiode. De omvang van de nitraatuitspoeling hangt in hoge mate samen met de weersomstandigheden en vooral met het neerslagoverschot in de periode voorafgaand aan de staalname. Het nitraatresidu in het najaar wordt o.a. beïnvloed door de N-benutting van de voorteelt welke in relatie staat tot eventuele droogte tijdens het voorgaande teeltseizoen.

In het huidige verkennend onderzoek werd per jaar, over de periode van 1989 tot 2007, de gemiddelde voorjaarsnitraatstikstofreserve in de bodem in het profiel in de bodemlagen tussen 0 en 90 cm onder maaiveld berekend. Via multiple regressie werd het verband gezocht tussen de gemeten nitraatreserves en het neerslagoverschot van de maanden oktober tot februari, evenals het neerslagtekort van de voorgaande zomer. Het jaartal (1989 = 1, 1990 = 2, enz..) werd eveneens betrokken in de analyse.

*Een model dat de voorjaarsnitraatstikstofreserve in het bodemprofiel verklaart op basis van het neerslagoverschot in de periode van oktober tot februari, de droogte van de 3 voorgaande zomers, en het jaartal, blijkt zeer significant te zijn ($R^2 = 0.75$ ***).*

Na verrekening van de weersinvloeden blijkt dat de gemeten voorjaarsnitraatstikstofreserve in de bodem afnam met gemiddeld 1.7 kg $\text{NO}_3\text{-N/ha}$.jaar. Over de periode van 18 jaar betekent dit een vermindering met 31 kg $\text{NO}_3\text{-N/ha}$. Verklaringen hiervoor kunnen o.m. gezocht worden in verbeterde teeltmaatregelen zoals de meer voorkomende inzaai van groenbemesters, meer accurate stikstofbemesting en verschuiving van het drijfmestgebruik naar het voorjaar.

Inleiding

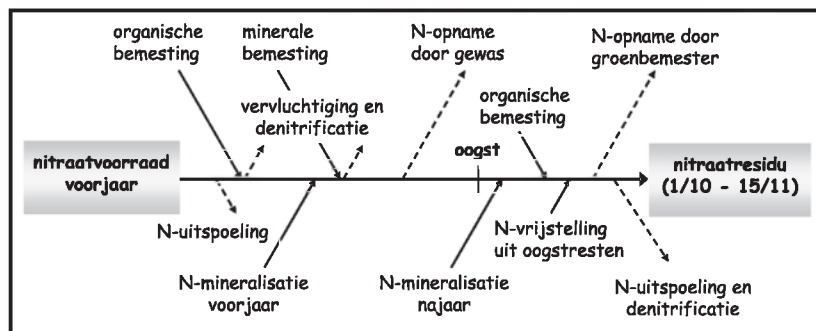
Om tegemoet te komen aan de Europese Nitraatrichtlijn, die de lidstaten er toe verplicht de nodige actie te ondernemen om verontreiniging van grond- en oppervlaktewater door nitraten vanuit de landbouw tegen te gaan, werden door de Vlaamse overheid drie achtereenvolgende Mestactieplannen (MAP) uitgewerkt en geïmplementeerd. Het huidige Vlaams beleid ter zake steunt op drie pijlers: afbouw van de mestproductie, mestexport en een meer rationeel mestgebruik.

Nitraatresidu's, dit zijn de nitraten die aanwezig blijven in het bodemprofiel van 0 - 90 cm na de oogst in het najaar, zijn een goede indicator voor het uitspoelingsrisico door neerslagoverschotten tijdens de winter. Beperking van dit residu is dan ook één van de doelstellingen van het mestdecreet, en sinds 2000 worden de Vlaamse landbouwers onder andere via beheersovereenkomsten aangespoord om de hoeveelheden

nitraat in de bodem zo laag mogelijk te houden. In dit kader voert de Bodemkundige Dienst van België jaarlijks een groot aantal staalnames uit in de periode van 1 oktober tot 15 november, de zogenaamde **EVANIR** stalen (**E**VALUATIE **N**itraat-**R**esidu). Hierbij wordt naast de rapportering van het nitraatresidu ook een evaluatie gegeven van het gemeten cijfer in relatie tot specifieke perceelsgegevens zoals koolstofgehalte van de bouwlaag, teelt- en teeltrotatie. De najaarsnitraatresiducijfers verschillen sterk van jaar tot jaar en op basis van de ruwe data kunnen vooralsnog geen eenduidige conclusies worden getrokken met betrekking tot de eventuele meerjarige evolutie van de residu's. Dit enerzijds omwille van de relatief korte periode waarover deze analyses beschikbaar zijn en anderzijds omwille van de invloed van de weerseffecten die een sterke ruis veroorzaken.

Met betrekking tot de voorjaarsgehalten aan nitraatstikstof beschikt de Bodemkundige Dienst

Figuur 1: Schematische voorstelling van de belangrijkste processen van de stikstofcyclus op perceelsniveau en de factoren die het nitraatresidu beïnvloeden.



van België over een zeer uitgebreide databank die opgebouwd werd op basis van de duizenden stalen die jaarlijks worden genomen met het oog op het formuleren van een specifiek stikstofbemestingsadvies volgens de N-Indexmethode. De nitraatvoorraad in het voorjaar wordt niet alleen bepaald door de hoogte van het najaarsnitraatresidu en het uitspoelingsrisico in de winterperiode maar ook door de maatregelen die werden getroffen om de uitspoeling te beperken. Beleidsmatig zou het bijzonder interessant zijn om deze weersgebonden effecten te scheiden van de impact van deze maatregelen.

In Figuur 1 worden op een tijdslijn de belangrijkste processen van de stikstofcyclus of de stikstofeconomie op perceelsniveau aanschouwelijk gemaakt. Deze figuur wordt reeds meerdere jaren door Bodemkundige Dienst van België gebruikt om de telers te sensibiliseren omtrent de N-problematiek.

Naar analogie met de gegevens in de publicatie 'De chemische bodemvruchtbaarheid van het Belgische akkerbouw- en weilandareaal' (Vanden Auweele W. et al., 2004) werd in het huidige onderzoek per jaar, over de periode van 1989 tot 2007, de gemiddelde voorjaarsnitraatstikstofreserve in het bodemprofiel van 0 tot 90 cm onder maaiveld berekend. In dit verkennend onderzoek werd geen onderscheid gemaakt naar teelt of bodemtype. Via multiple regressie werd het verband gezocht tussen de gemeten nitraatreserves en het neerslagoverschot van de maanden oktober tot februari, evenals het neerslagtekort van de voorgaande zomer (april tot en met september) of het gecumuleerd neerslagtekort van de twee of drie voorgaande zomers. Het jaartal (1989 = 1, 1990 = 2, enz..) werd eveneens betrokken in de analyse. De bijdrage van deze laatste factor tot de regressie, indien statistisch significant, geeft een inschatting van de gemiddelde jaarlijkse daling of stijging van de voorjaarsnitraatstikstofreserve, na aftrek van de weerseffecten.

In een vergelijkbaar onderzoek in Nedersaksen vonden Sweigert et al. (2004) een sterke correlatie tussen het nitraatresidu (0-90 cm) in het bodemprofiel (gemiddelde staalnamedatum 9 november) en het neerslagoverschot tijdens de periode van 1 oktober tot aan de staalnamedatum. Ook

de temperatuur in oktober had een significante invloed op het nitraatresidu. Na het wegfilteren van de weerseffecten via de techniek van multiple regressie werd voor de onderzoeksperiode (1992-2002) een significante daling van het nitraatresidu berekend van gemiddeld 3 kg N/ha/jaar, daar waar uit de ruwe data (dit is zonder aftrek van weerseffecten) geen eenduidige conclusies konden getrokken worden met betrekking tot enige evolutie van de hoogte van het residu.

Materiaal en methoden

De Bodemkundige Dienst van België bemonstert jaarlijks in opdracht van de landbouwbedrijven tijdens de winterperiode en in het vroege voorjaar landbouwpercelen om de optimale N-bemestingsdosis te bepalen voor de volgende teelt. De bemestingsadviezen worden opgesteld aan de hand van de N-indexmethode (Geypens et al., 1994) op basis van 18 factoren. Hiertoe worden in de vroege voorjaarsperiode jaarlijks meer dan 20 000 grondstalen genomen van 3 bodemlagen, 0 - 30 cm, 30 - 60 cm en 60 - 90 cm onder maaiveldniveau, waarop onder meer het nitraatgehalte wordt bepaald.

In vergelijking met de stalen die genomen worden in het kader van de EVANIR campagnes, zijn van het N-Indexonderzoek gegevens over een langere periode (meer dan 25 jaar) beschikbaar en zijn de jaarlijks bemonsterde percelen afkomstig van een groter geografisch gebied.

In het kader van de huidige studie werd gebruik gemaakt van de volgende gegevens:

Nitraatreserve in het voorjaar op akkerbouwgronden:

- N-Index stalen van de periode: 1989 – 2007
- Periode bemonstering bodem: 15 januari – 15 maart
- NO₃-N in kg/ha van 0-90 cm van akkerbouwpercelen, voornamelijk suikerbietenpercelen en graanpercelen

Meteodata:

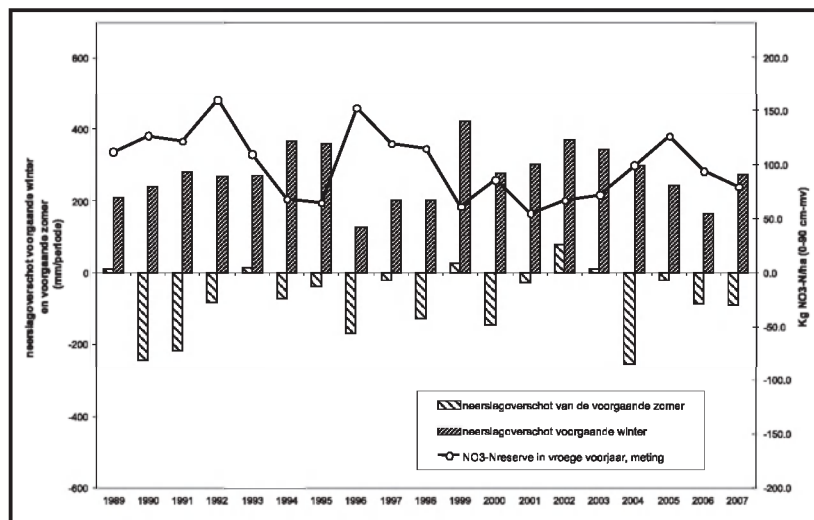
- Neerslaggegevens: dagwaarden Melsbroek (KMI)
- ETo: Penman-Monteith
- Potentieel neerslagoverschot = $\sum R - \sum ETo$
- Winter = oktober tot februari
- Zomer = april – september
- Temperatuur = gemiddelde T° oktober

Deze data worden grafisch weergegeven in volgende tabellen en figuren. In Figuur 2 worden de neerslagoverschotten van de voorgaande zomer in rekening gebracht. In Figuur 3 en in Figuur 4 betreft het de gecumuleerde neerslagoverschotten van respectievelijk de twee en de drie voorgaande zomers (in feite betreft het hoofdzakelijk negatieve overschotten, dus deficiten). De drie figuren verschillen onderling dus enkel wat betreft de neerslagoverschotten in de zomer.

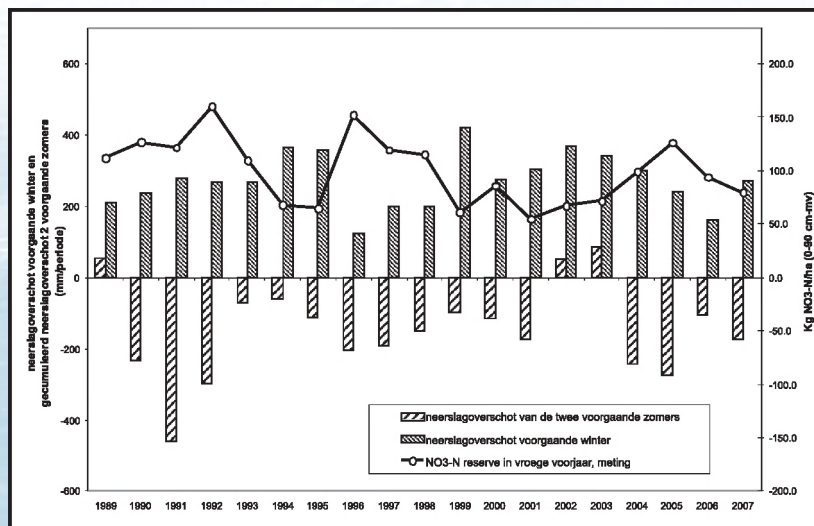
Tabel 1: Basisgegevens voor de regressieanalyse

Jaar	N-residu voorjaar kg NO ₃ -N /ha	Gemiddelde t° oktober °C	Neerslagoverschot			
			voorgaande winter mm	voorgaande zomer mm	2 voorgaande zomers mm	3 voorgaande zomers mm
1989	112.0	11.3	209	11	56	-29
1990	126.7	12.7	239	-244	-233	-188
1991	121.9	12.6	279	-215	-459	-448
1992	160.2	10.6	268	-82	-297	-541
1993	109.8	8.4	269	14	-68	-283
1994	68.2	9.3	367	-73	-59	-141
1995	64.9	13.9	358	-36	-110	-95
1996	152.3	13.9	125	-167	-203	-276
1997	119.3	10.9	200	-23	-189	-226
1998	115.1	10.4	201	-126	-148	-315
1999	61.1	9.6	420	28	-97	-120
2000	85.9	10.7	277	-144	-116	-241
2001	54.7	11.3	303	-29	-173	-145
2002	67.1	14.4	371	78	50	-94
2003	71.9	10.5	342	8	87	58
2004	99.3	7.9	299	-253	-244	-166
2005	126.1	11.7	243	-21	-274	-265
2006	93.9	14.1	164	-85	-106	-358
2007	79.4	14.0	273	-88	-173	-194

Figuur 2: Basisdata: gemiddelde nitraatstikstofreserve, neerslagoverschot voorgaande winter en voorgaande zomer



Figuur 3: Basisdata: gemiddelde nitraatstikstofreserve, neerslagoverschot voorgaande winter en gecumuleerd overschot van de twee voorgaande zomers



Door toepassing van multipale regressieanalyse op deze jaargemiddelden met behulp van Excel werd het verband bestudeerd tussen de hoogte van het voorjaarsresidu enerzijds en de weersparаметers anderzijds. Door ook het jaartal op te nemen als een verklarende variabele werd getracht de gemiddelde jaarlijkse evolutie te isoleren van de weerseffecten. De aldus bekomen cijfers reflecteren de jaarlijkse daling of stijging los van de meteorologische invloeden.

Resultaten

In de regressieanalyses werden de volgende eenvoudige modellen getoetst op hun significantie:

1. $N = f(D_w, D_z, Tokt, Jr)$
2. $N = f(D_w, D_z, Jr)$
3. $N = f(D_w, D_{2z}, Jr)$
4. $N = f(D_w, D_{3z}, Jr)$

met:

N = Voorjaarsnitraatstikstofreserve in kg NO₃-N /ha van 0-90 cm

D_w = Neerslagoverschot winter (mm)

D_z = Neerslagoverschot voorgaande zomer (mm)

D_{2z} = Gecumuleerd neerslagoverschot twee voorgaande zomers (mm)

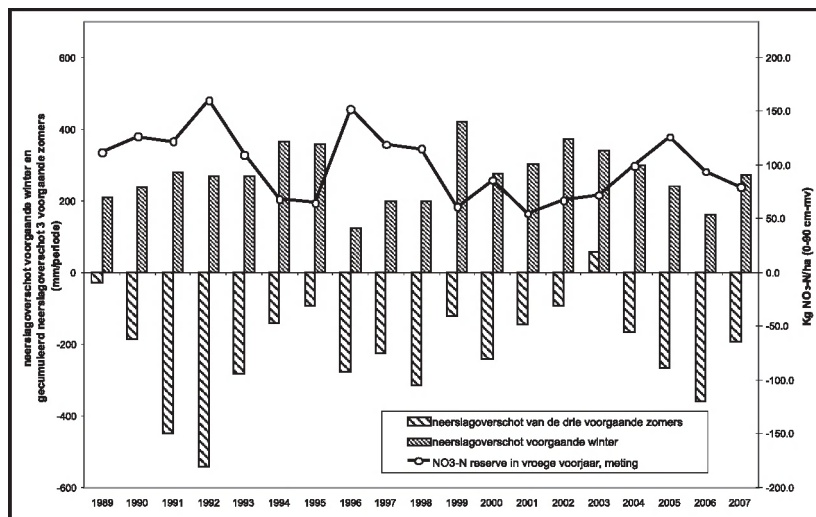
D_{3z} = Gecumuleerd neerslagoverschot drie voorgaande zomers (mm)

$Tokt$ = Gemiddelde temperatuur in oktober van het voorgaande jaar

Jr = Volgnummer jaar

De resultaten van de vier regressieanalyses worden weergegeven in de volgende tabellen.

Figuur 4: Basisdata: gemiddelde nitraatstikstofreserve, neerslagoverschot voorgaande winter en gecumuleerd overschot van de drie voorgaande zomers



Model 1: $N = f(Dw, Dz, Tokt, Jr)$

Deze regressieanalyse levert de volgende vergelijking op:
 $N = 208,18 - 0,273 Dw - 0,044 Dz - 1,684 Tokt - 1,791 Jr$
 waarbij $R^2 = 0,668$

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value
Intercept	208.178173	40.91578855	5.087966792	0.000165319
Jaar	-1.7907807	0.871440972	-2.054965037	0.059038298
Gemiddelde 1 ^o oktober	-1.6838614	2.551458629	-0.659960307	0.519989837
Voorgaande winter	-0.2729815	0.070883313	-3.851139743	0.00176358
Voorgaande zomer	-0.0437108	0.055133449	-0.79281871	0.441112723

Model 2: $N = f(Dw, Dz, Jr)$

Model 2 levert de volgende vergelijking op:
 $N = 185,69 - 0,259 Dw - 0,048 Dz - 1,880 Jr$
 met $R^2 = 0,658$

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value
Intercept	185.6869481	22.21229637	8.359646611	4.98941E-07
Jaar	-1.879518589	0.84465003	-2.225203957	0.041830765
voorgaande winter	-0.259314017	0.066502814	-3.899293907	0.001423277
voorgaande zomer	-0.047552645	0.053783834	-0.884143825	0.390570316

Model 3: $N = f(Dw, D2z, Jr)$

Uit deze regressie vloeit de volgende vergelijking voort:
 $N = 172,68 - 0,244 Dw - 0,078 D2z - 1,76 Jr$
 met $R^2 = 0,739$

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value
Intercept	172.6765	19.15253	9.015859	1.92E-07
Jaar	-1.75997	0.736962	-2.38814	0.030524
voorgaande winter	-0.24421	0.056224	-4.34356	0.000579
2 voorgaande zomers	-0.07784	0.032579	-2.38934	0.030453

Model 4: $N = f(Dw, D3z, Jr)$

Dit laatste model levert de volgende vergelijking op:
 $N = 156,99 - 0,214 Dw - 0,083 D3z - 1,67 Jr$
 met $R^2 = 0,751$

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value
Intercept	156.9926304	22.06120652	7.116230486	3.52846E-06
Jaar	-1.671287792	0.724175089	-2.307850432	0.035678559
voorgaande winter	-0.21351855	0.058889357	-3.625757898	0.002490585
3 voorgaande zomers	-0.082576694	0.031913321	-2.587530589	0.02060389

Uit regressieanalyse 1 kan in tegenstelling tot de resultaten van het Duits onderzoek met betrekking tot de nitraatresidu's in het najaar (Sweigert et al. 2004) geen significant effect worden afgeleid van de oktobertemperatuur, noch van het neerslagoverschot van de voorgaande zomer. Het neerslagoverschot van de voorgaande winter daarentegen is een duidelijk bepalende factor. De jaarsinvloed komt reeds tot uiting, met een gemiddelde jaarlijkse afname van ongeveer 1,8 kg NO_3-N per hectare.

Ook in model 2 blijkt het zomeroverschot van het voorbije jaar geen significante rol te spelen. Het neerslagoverschot van de voorbije winter blijft een sterk bepalende factor. De jaarlijkse gemiddelde afname in dit model bedraagt ongeveer 1,9 kg NO_3-N per hectare;

In de laatste twee modellen blijft het neerslagoverschot van de voorbije winter een determinerende factor voor het voorjaarsnitraatresidu. Bovendien blijkt het gecumuleerde neerslagtekort van zowel de twee als de drie voorgaande zomers wel een significant effect te hebben.

Volgens deze laatste twee benaderingen wordt de gemiddelde jaarlijkse afname van het voorjaarsnitraatresidu begroot op 1,7 à 1,8 kg NO_3-N per hectare.

Conclusies

In deze verkennende oefening werd getracht het effect van de weersgegevens (neerslagoverschot en temperatuur) op de nitraatstikstofreserve in het voorjaar in akkerbodems via regressieanalyse weg te filteren, om na te gaan of deze in de afgelopen jaren enige duidelijke dalende of stijgende trend vertonen. Basis voor dit onderzoek waren de nitraatgehalten zoals gemeten in het kader van de N-Indexmethode en beschikbaar in de databank van de Bodemkundige Dienst van België voor de periode 1989 – 2007.

De gemiddelde voorjaarsnitraatstikstofreserve in het bodemprofiel 0-90 cm wordt goed ($R^2 = 0,75^{***}$) verklaard door:

- het neerslagoverschot van de voorgaande periode oktober – februari
- de neerslagoverschotten in de twee/drie voorgaande zomers
- het jaartal

De eventuele invloed van de oktobertemperatuur daarentegen kon op basis van de uitgevoerde analyse niet aangetoond worden.

Na verrekening van deze weersinvloeden wordt de gemiddelde jaarlijkse afname van de voorjaarsnitraatstikstofreserve in de periode 1989 - 2007 begroot op $\pm 1,7 \text{ kg } NO_3-N/\text{ha/jaar}$.

Over de beschouwde periode van 18 jaar betekent dit een vermindering met **31 kg NO₃-N/ha**. Dit is een duidelijk gunstige tendens welke kan wijzen op verbeterde teeltmaatregelen zoals de meer voorkomende inzaai van groenbesters, een meer accurate stikstofbemesting en een globale verschuiving van het drijfmestgebruik naar het voorjaar.

Terwijl het verband tussen nitraatgehalte in het voorjaar en neerslagoverschot in de voorbije winter vanzelfsprekend is, is het effect van de gecumuleerde neerslagoverschotten/deficieten van de twee of de drie voorgaande zomers minder goed te verklaren (mogelijks gecumuleerde effecten van verminderde N-opname door hoofdteelten en nateelten alsook effecten op de stikstofmineralisatie). Deze eerste benaderende analyse van de beschikbare dataset toont evenwel aan dat de exploratie van de beschikbare gegevens uit de databank van de Bodemkundige Dienst van België een zinvolle oefening is, zelfs bij gebruik van eerder eenvoudige statistische technieken.

Om sterker gefundeerde uitspraken te kunnen doen over de evolutie van de nitraatstikstofreserve in het voorjaar is een meer gedetailleerde exploratie van de databank nodig. Hierbij moeten de weersinvloeden meer in detail bestudeerd worden en dienen ook andere, waaronder niet lineaire, modellen getest te worden. Invloed van andere variabelen zoals grondsoort, koolstofgehalte en teeltgegevens dienen in deze verwerking te worden meegenomen. Tevens zijn er mogelijkheden om een vergelijkbaar onderzoek op te zetten voor de nitraatresidumetingen in het najaar naarmate hiervoor meer gegevens beschikbaar komen, om alzo de effecten van het mestbeleid in kaart te brengen en beter te begroten.

Referenties

Geypens M., Vandendriessche H., Bries J. and Hendrickx G., 1994, The N-index expert system, a tool for integrated N-management. 15th International Congress of Soil Science, Acapulco, Mexico. Volume 5a. p. 165-173.

Vanden Auweele W., Boon W., Bries J., Coppens G., Deckers S., Elsen F., Mertens J., Vandendriessche H., Ver Elst P., Vogels N., 2004. De chemische bodemvruchtbaarheid van het Belgische akkerbouw- en weilandareaal 2000-2003. Bodemkundige Dienst van België-VMM-ALT.

Schweigert, P., N. Pinter, and R.R. van der Ploeg. 2004. Regression analyses of weather effects on the annual concentrations of nitrate in soil and groundwater. J. Plant Nutr. Soil Sci. 167, 309-318.

*F. Elsen,
J. Bries,
E. Bomans,
H. Vandendriessche*

Bodemkundige Dienst van België v.z.w.

*W. de Croylaan 48
3001 Heverlee
Tel. 016/31 09 22
Fax 016/22 42 06*

De hoofdauteur ir. Frank Elsen is productgroepverantwoordelijke van de afdeling Onderzoek en Studies en is gespecialiseerd in bodem-waterplantrelaties.