IV Voorloperprojecten

Hoofdstuk 4 -
Sturen Op Nitraat: nitraatconcentraties in het grondwater en mogelijke indicatoren

M.J.D. Hack-ten Broeke[1], S.L.G.E. Burgers[2], A. Smit[1], H.F.M. ten Berge[3], D. Boels[1], J.J. de Gruijter[1], I.E. Hoving[4], S. Radersma[5], J. Roelsma[1] & G.L. Velthof[1]

[1] Alterra
[2] Biometris
[3] Plant Research International B.V.
[4] Animal Sciences Group - Praktijkonderzoek

Inhoudsopgave

		Pagina
1.	Inleiding	1
2.	Verzamelde gegevens in de periode 2000-2003	3
3.	Resultaten	4
	3.1 Overzicht gemeten nitraatconcentraties	4
	3.2 Waarnemingen nitraat en kandidaatindicatoren per bodem-Gt-gewascombinatie	6
	3.3 Resultaten regressie-analyse op basis van drie meetseizoenen (2000-2003)	11
	3.4 Resultaten van regressie-analyse met mestgift als indicator	12
	3.5 Resultaten van regionale monitoring	14
4.	Conclusies	16
Literatuur		17

1. Inleiding

De Nederlandse mestwetgeving is erop gericht om te voldoen aan de Europese Nitraatrichtlijn met als doelstelling een concentratie in het grondwater van (maximaal) 50 mg/l nitraat. Dit heeft grote gevolgen voor de Nederlandse landbouw. De gemeten concentraties binnen het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid van het RIVM zijn beduidend hoger dan deze norm en om de concentraties te verlagen zijn zodoende maatregelen nodig. Er is veel geïnvesteerd in MINAS als instrument binnen de Nederlandse mestwetgeving en dat heeft zeker rendement gehad, bijvoorbeeld in de zin van lagere stikstofoverschotten (zie de andere hoofdstukken in dit rapport). Tegelijkertijd is ook duidelijk geworden dat er geen eenduidige relatie is tussen MINAS-overschot en nitraatconcentraties in het grondwater en dat er bovendien op veel plaatsen nitraatconcentraties boven de 50 mg/l werden gemeten, waar wel aan MINAS-normen werd voldaan. In plaats van MINAS-normen zal in de toekomst gewerkt moeten worden met gebruiksnormen, conform de uitspraak van het Europese Hof over de Nederlandse mestwetgeving. Ook de relatie tussen N-gebruik (via kunstmest en dierlijke mest) en nitraatconcentraties is niet zonder meer duidelijk. Juist om relaties tussen overschotten en andere indicatoren met nitraatconcentraties in het grondwater in kaart te brengen, is in 2000 gestart met het project Sturen Op Nitraat.

De interesse voor indicatoren voor (het voorspellen van) nitraatconcentraties is dus ingegeven door het mestbeleid. Met name op uitspoelingsgevoelige (droge) zand- en lössgronden is behoefte aan een mogelijkheid om gerichter te 'sturen op nitraat' en om daarmee het milieurendement van maatregelen te verhogen. Tegelijkertijd moet een indicator voor de nitraatconcentratie in het grondwater praktisch hanteerbaar zijn, goed controleerbaar en handhaafbaar en daarmee geschikt als grondslag voor aanvullend N-beleid. Boeren willen gericht kunnen sturen op verlaging van de nitraatconcentratie in het grondwater. Dit geldt in het bijzonder voor voorlopers en deelnemers aan experimenten in waterintrekgebieden. Hiervoor is een geschikte indicator nodig voor nitraatconcentraties op regionaal niveau. Een indicator die geschikt is voor het bedrijfsniveau legt vooraf het verband tussen (gewenste) milieukwaliteit en (gewenste) bedrijfsvoering.

Het onderzoeksdoel van het project Sturen Op Nitraat is in 2000 (Noij *et al.*, 2001) geformuleerd als een meervoudig doel:

1. De ontwikkeling van een indicator of indicatoren voor nitraatuitspoeling die geschikt is:
   - als grondslag voor aanvullend stikstofbeleid,
   - voor management op bedrijfsniveau,
   - als instrument voor gebiedsgericht beheer en
   - voor de monitoring van gebiedsgericht beleid.
2. De toetsing van de indicator op onafhankelijke praktijkbedrijven en in een regionaal nitraatexperiment aan de criteria doelgerichtheid, meetbaarheid en beïnvloedbaarheid.

Binnen Sturen Op Nitraat wordt zodoende gezocht naar verbanden tussen zogenaamde kandidaat-indicatoren voor de nitraatbelasting van het grondwater. De kandidaat-indicatoren binnen Sturen Op Nitraat zijn: N-mineraalgehalte in de bodem in het najaar, N-perceelsoverschot (bodembalans), N-bedrijfsoverschot (bodembalans) en MINAS-overschot, steeds bepaald in het seizoen voorafgaand aan de nitraatmeting. Middels regressie-analyse wordt onderzocht of deze kandidaat-indicatoren, weersgegevens en locatiespecifieke factoren zoals grondsoort, grondwatertrap (Gt) en andere bodemeigenschappen kunnen worden gebruikt voor een voorspelling van nitraatconcentraties.
Deze nitraatconcentraties worden daarmee beschouwd als de meest directe maat om de stikstofbelasting te kwantificeren. Daartoe werd op 34 bedrijven, verspreid over zand- en lössgronden van Nederland, informatie verzameld op 478 proefplekken. De lokaties zijn zo goed mogelijk verdeeld over de verschillende voorkomende grondsoorten, Gt's en gewassoorten. De bijbehorende gegevensverzameling is uitgebreid beschreven door Smit *et al.* (2003).

De ontwikkeling van de indicator levert in totaal drie rapporten op, waarin de resultaten van de analyse van de gegevens worden beschreven. Hack-ten Broeke *et al.* (2003) presenteren de resultaten op basis van het eerste meetseizoen (2000/2001), Burgers *et al.* (2003) die van twee meetseizoenen (2000/2001 en 2001/2002) en

Hack-ten Broeke *et al.* (in prep.) die van van drie meetseizoenen (2000-2003). In dit hoofdstuk zal ook op de gegevens van drie seizoenen worden ingegaan.

Over het regionaal monitoringsconcept is door Roelsma *et al.* (2003) gerapporteerd. De belangrijkste bevindingen komen in dit hoofdstuk ook aan bod in Paragraaf 3.5

2. Verzamelde gegevens in de periode 2000-2003

De indicator-ontwikkeling is gebaseerd op gegevens van 34 bedrijven. Deze bedrijven liggen verspreid over de zand- en lössgronden van Nederland. Er zijn 15 akkerbouw- of vollegrondsgroentenbedrijven, 18 melkveehouderijbedrijven en één gemengd bedrijf. Meer achtergronden zijn te vinden in een rapportage door Smit *et al.* (2003).

Bij het begin van het onderzoek is gekozen voor een gestratificeerde aselecte steekproef met een voor het onderzoek zo gunstig mogelijke verdeling van steekproefplekken over de bedrijven, de voorkomende grondsoorten, grondwatertrappen (Gt's) en geteelde gewassen. De strata zijn gedefinieerd als combinaties van vier factoren, die belangrijk kunnen zijn voor nitraatuitspoeling: bedrijf, grondsoort, Gt-groep en gewasgroep. Voor de stratificatie-factoren grondsoort, Gt en gewas werden de volgende indelingen gekozen :

Indeling in 4 grondsoorten:
L: Lössgronden
Z1: Zandgronden met veel organische stof of een dikke bovengrond (zoals enkeerdgronden, moerige gronden)
Z2: Zandgronden met relatief veel organische stof en een hoog leemgehalte (zoals de meeste beekeerdgronden, sommige gooreerdgronden, zandgronden met een kleidek, keileemgronden)
Z3: Overige zandgronden (sommige beekeerdgronden, meeste gooreerdgronden, podzolgronden)

Indeling in 3 Gt-groepen:
1. GHG (Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand) ondieper dan 40 cm (Gt I, II, II*, IIb, III, III*, V, V*)
2. GHG tussen 40 en 80 cm (Gt IIc, IV, VI)
3. GHG dieper dan 80 cm (Gt IVc, VII, VII* en VIII)

Indeling in 6 gewasgroepen:
g: grasland
m: snijmaïs op melkveehouderijbedrijven,
t: andijvie, boerenkool, bloemkool, chinese kool, knolselderij, korrelmaïs, spitskool, ijsbergsla, CCM en MKS
a: aardappel, koolraap, koolrabi, kropsla, prei, radijs, snijmaïs, spinazie en ui
b: broccoli, knolvenkel, luzerne, peulvruchten, rode kool, spruitkool, suikerbiet, voederbiet en witte kool
r: aardbei, asperge, bospeen, gerst, haver, rode biet, rogge, schorseneer, tarwe, witlof en wortel

Dit leidt tot maximaal 60 combinaties van bodem-Gt-gewas, maar niet alle combinaties komen daadwerkelijk voor. In totaal zijn er 478 proefplekken geloot, verspreid over 47 bodem-Gt-gewascombinaties.

3. Resultaten

3.1 Overzicht gemeten nitraatconcentraties

In de Tabellen 1, 2 en 3 worden de gemiddelden van de gemeten nitraatconcentraties in het voorjaar gegeven evenals de minimum, maximum en mediaan waarde per waargenomen bodemgroep, Gtgroep en gewasgroep.

Tabel 1a. Overzicht van de Nitraatconcentraties (mg/l) per bodemgroep, meetseizoen 2000-2001.

Bodemgroep	Aantal proefplekken	Gemiddelde	Minimum	Maximum	Mediaan
L	30	60.4	0.3	269.6	40.7
Z1	79	82.5	0.0	468.5	56.5
Z2	158	91.1	0.0	519.0	61.3
Z3	206	84.5	0.0	377.7	67.3

Tabel 1b. Overzicht van de Nitraatconcentraties (mg/l) per bodemgroep, meetseizoen 2001-2002.

Bodemgroep	Aantal proefplekken	Gemiddelde	Minimum	Maximum	Mediaan
L	29	53.6	0.4	153.8	52.2
Z1	75	45.4	0.0	227.4	27.8
Z2	158	68.5	0.0	296.6	55.2
Z3	204	66.1	0.0	410.2	55.3

Tabel 1c. Overzicht van de Nitraatconcentraties (mg/l) per bodemgroep, meetseizoen 2002-2003.

Bodemgroep	Aantal proefplekken	Gemiddelde	Minimum	Maximum	Mediaan
L	30	21.2	0.0	93.1	16.1
Z1	76	68.2	0.0	316.7	45.7
Z2	160	74.6	0.0	541.3	53.6
Z3	204	71.8	0.0	410.2	55.9

Opvallend is in Tabel 1 dat in het eerste (1a) en vooral het derde (1c) meetseizoen de nitraatconcentraties op de lössgronden beduidend lager zijn dan op de zandgronden, terwijl dit in het tweede seizoen (1b) helemaal niet duidelijk is. Eveneens valt op dat de mediaanwaarden in alle gevallen lager zijn dan de gemiddelden. Dat duidt erop dat de gemiddelde waarden omhoog worden getrokken door enkele extremen, zoals ook blijkt uit de hoge maximum-waarden.

In Tabel 2 is duidelijk te zien dat het onderscheid tussen de Gt-groepen zeer consistent is. Het bekende effect van 'natte' grondwatertrappen die resulteren in lage nitraatconcentraties en 'droge' grondwatertrappen met hoge concentraties komt goed tot uiting. Alleen in seizoen 3 (Tabel 2c) is het verschil tussen Gt-groep 2 en 3 niet eenduidig (zie ook de mediaanwaarden).

Tabel 2a. Overzicht van de Nitraatconcentraties (mg/l) per Gt-groep, meetseizoen 2000-2001.

Gt-groep	Aantal proefplekken	Gemiddelde	Minimum	Maximum	Mediaan
1	71	50.5	0.0	382.9	25.8
2	185	79.1	0.0	365.0	61.3
3	217	101.1	0.0	519.0	73.5

Tabel 2b. Overzicht van de Nitraatconcentraties (mg/l) per Gt-groep, meetseizoen 2001-2002.

Gt-groep	Aantal proefplekken	Gemiddelde	Minimum	Maximum	Mediaan
1	70	42.6	0.0	296.6	22.8
2	183	60.3	0.0	308.2	44.7
3	212	72.0	0.3	410.2	59.5

Tabel 2c. Overzicht van de Nitraatconcentraties (mg/l) per Gt-groep, meetseizoen 2002-2003.

Gt-groep	Aantal proefplekken	Gemiddelde	Minimum	Maximum	Mediaan
1	72	32.6	0.0	278.3	9.8
2	185	72.7	0.0	359.7	57.3
3	213	78.0	0.0	541.3	55.8

In Tabel 3 is te zien dat in elk van de drie meetjaren de gemiddelde nitraatconcentratie bij grasland het laagste is en bij gewasgroep 't' overduidelijk het hoogst. Tevens is het opvallend dat voor maïs de gemiddelde concentratie elk jaar ongeveer hetzelfde is. Het verschil tussen de overige akkerbouwgewasgroepen (a, b en r) is niet zo duidelijk. De analyse van deze gegevens komt aan bod in de volgende paragraaf.

Tabel 3a. Overzicht van de Nitraatconcentraties (mg/l) per gewasgroep, meetseizoen 2000-2001.

Gewasgroep	Aantal proefplekken	Gemiddelde	Minimum	Maximum	Mediaan
a	88	116.0	0.0	405.7	106.2
b	60	84.2	0.0	237.9	75.4
g	178	65.2	0.0	452.0	34.2
m	72	76.9	0.2	468.5	65.8
r	63	80.0	0.0	519.0	63.6
t	12	226.0	0.4	377.7	279.7

Tabel 3b. Overzicht van de Nitraatconcentraties (mg/l) per gewasgroep, meetseizoen 2001-2002.

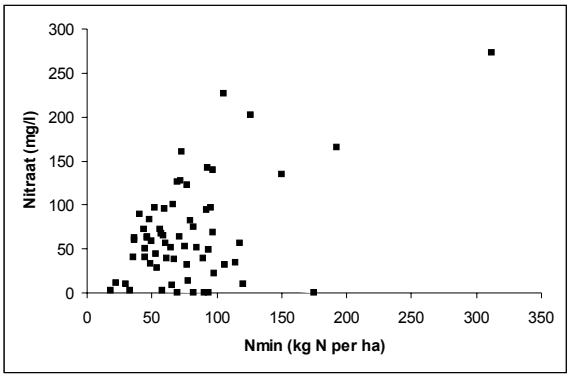
Gewasgroep	Aantal proefplekken	Gemiddelde	Minimum	Maximum	Mediaan
a	76	83.3	0.0	257.6	72.9
b	42	61.6	0.0	258.7	59.9
g	180	48.1	0.0	294.2	38.2
m	77	72.6	0.0	410.2	54.4
r	59	52.0	0.0	263.3	38.8
t	10	136.7	0.0	263.5	139.6

Tabel 3c. Overzicht van de Nitraatconcentraties (mg/l) per gewasgroep, meetseizoen 2002-2003.

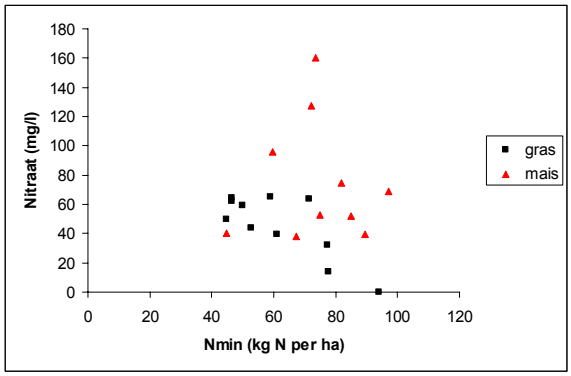
Gewasgroep	Aantal proefplekken	Gemiddelde	Minimum	Maximum	Mediaan
a	88	96.5	0.2	343.8	88.4
b	50	57.7	0.0	541.3	20.0
g	169	51.4	0.0	301.9	34.1
m	61	72.5	0.0	359.7	41.0
r	83	69.2	0.0	217.1	55.9
t	10	182.4	17.8	380.2	166.3

3.2 Waarnemingen nitraat en kandidaatindicatoren per bodem-Gt-gewascombinatie

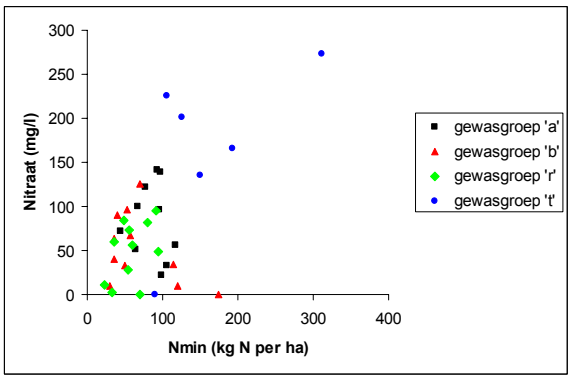
De gegevensverzameling op basis van een gestratificeerde aselecte steekproef heeft onder meer als doel om een optimale verdeling van steekproefpunten over bodem-Gt-gewascombinaties te bewerkstelligen. Zodoende is het ook mogelijk om de waarnemingen te groeperen per bodem-Gt-gewascombinatie. In deze paragraaf zijn alle data steeds gemiddelden over drie jaren per bodem-Gt-gewascombinatie (zogenaamd 'cluster') als deze tenminste zijn gebaseerd op gegevens van meer dan één lokatie. De aldus berekende nitraatconcentraties zijn uitgezet tegen de eveneens gemiddelde kandidaat-indicatoren (Nmin-najaar, perceelsoverschot, bedrijfsoverschot).



Figuur 1a. *Clustergemiddelde nitraatconcentratie versus clustergemiddelde Nmin in het najaar.*

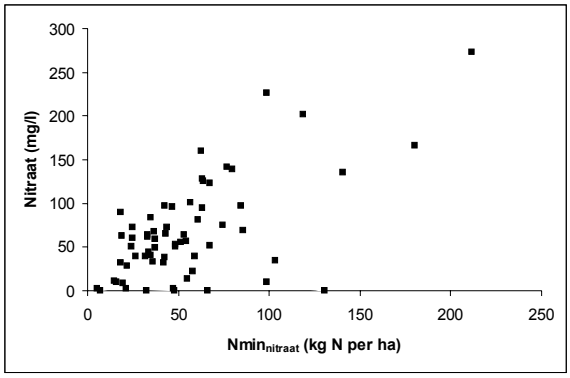


Figuur 1b. *Clustergemiddelde nitraatconcentratie versus clustergemiddelde Nmin in het najaar voor de melkveehouderijbedrijven.*

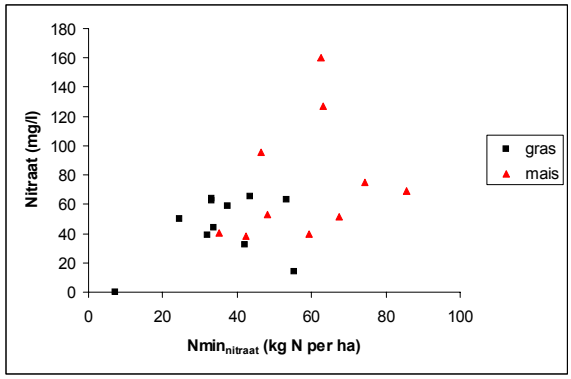


Figuur 1c. *Clustergemiddelde nitraatconcentratie versus clustergemiddelde min in het najaar voor de akkerbouwbedrijven.*

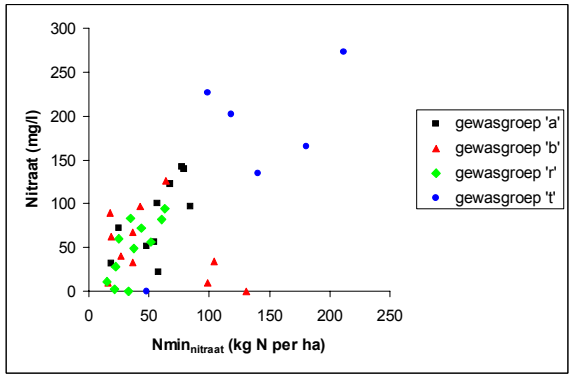
In Figuur 1a is allereerst te zien dat er een redelijk verband lijkt te bestaan tussen de gemeten clustergemiddelde nitraatconcentraties en de clustergemiddelde Nmin-waarden (gesommeerd voor de laag 0 – 90 cm – mv.). Figuur 1b laat echter duidelijk zien dat die relatie voor grasland niet is terug te vinden en voor maïs slechts in beperkte zin. De grafische weergave van de cijfers in Figuur 1c legt vooral de nadruk op de hoge waarden voor gewasgroep 't', maar geeft ook eenzelfde indicatie voor een relatie tussen beide grootheden als Figuur 1a. Figuur 2 is precies hetzelfde als Figuur 1, maar in plaats van Nmin is nu alleen het nitraatgedeelte van de Nmin-meting gebruikt ($Nmin_{nitraat}$). Het verband tussen nitraatconcentraties en $Nmin_{nitraat}$ is beter dan het verband tussen nitraatconcentraties en Nmin (inclusief het ammoniumgedeelte van Nmin).



Figuur 2a. *Clustergemiddelde nitraatconcentratie versus clustergemiddelde Nmin$_{nitraat}$ in het najaar.*

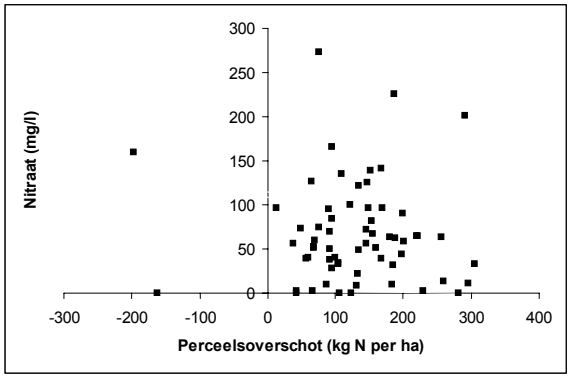


Figuur 2b. *Clustergemiddelde nitraatconcentratie versus clustergemiddelde Nmin$_{nitraat}$ in het najaar voor de melkveehouderijbedrijven.*

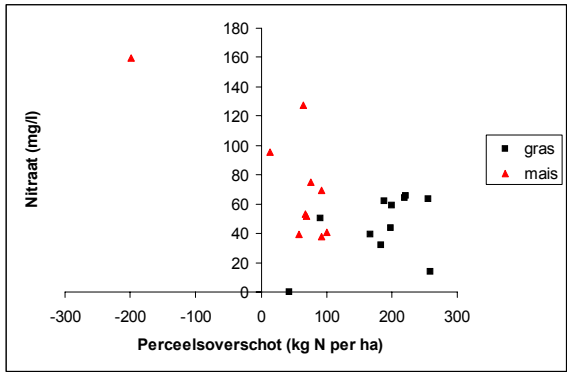


Figuur 2c. *Clustergemiddelde nitraatconcentratie versus clustergemiddelde Nmin$_{nitraat}$ in het najaar voor de akkerbouwbedrijven.*

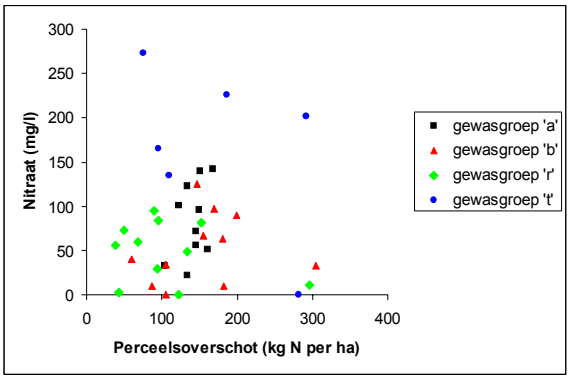
In Figuren 3, 4 en 5 worden de clustergemiddelde nitraatconcentraties uitgezet tegen de verschillende berekende overschotten (eveneens clustergemiddelden van alle 3 jaren), die zijn geïdentificeerd als kandidaat-indicatoren. In Figuur 4 ('werkelijk' bedrijfsoverschot) zijn wel trends waar te nemen in de relatie met nitraatconcentraties, maar voor de andere overschotten is het verband met nitraatconcentraties niet zo duidelijk. Vanwege de aanstaande omschakeling van verliesnormen naar gebruiksnormen is in Figuur 6 overschot vervangen door mestgift (kunstmest + dierlijke mest + weidemest).



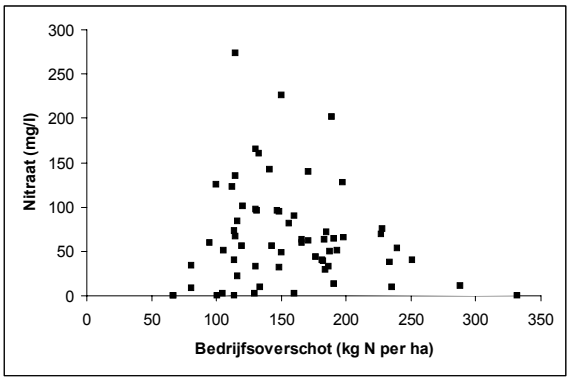
Figuur 3a. *Clustergemiddelde nitraatconcentratie versus clustergemiddeld perceelsoverschot.*



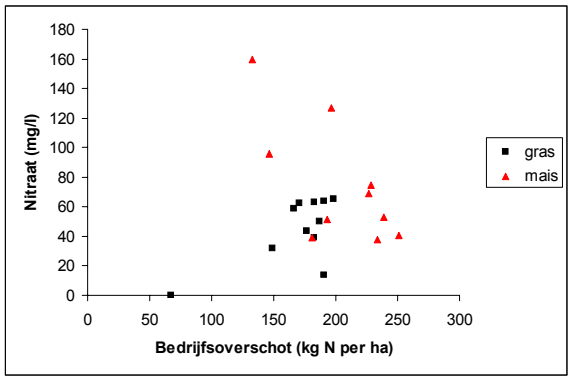
Figuur 3b. *Clustergemiddelde nitraatconcentratie versus clustergemiddeld perceelsoverschot voor de melkveehouderijbedrijven.*



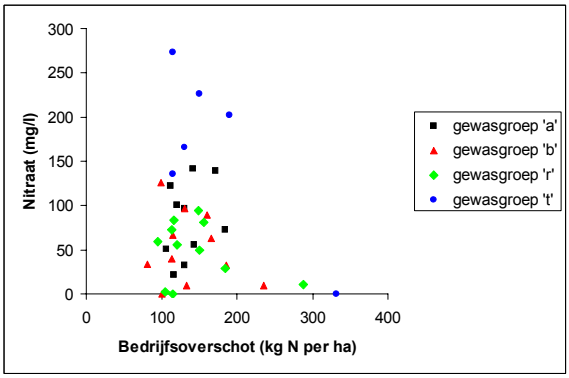
Figuur 3c. Clustergemiddelde nitraatconcentratie versus clustergemiddeld perceelsoverschot voorde akkerbouwbedrijven.



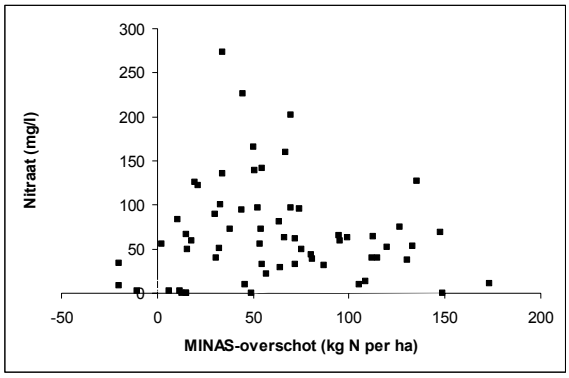
Figuur 4a. Clustergemiddelde nitraatconcentratie versus clustergemiddeld 'werkelijk' bedrijfsoverschot.



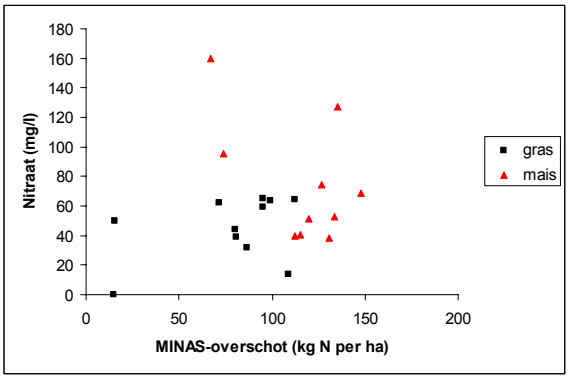
Figuur 4b. Clustergemiddelde nitraatconcentratie versus clustergemiddeld 'werkelijk' bedrijfsoverschot voor de melkveehouderijbedrijven.



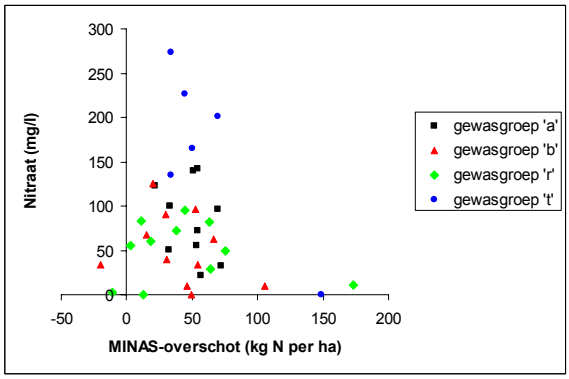
Figuur 4c. Clustergemiddelde nitraatconcentratie versus clustergemiddeld 'werkelijk' bedrijfsoverschot voor de akkerbouwbedrijven



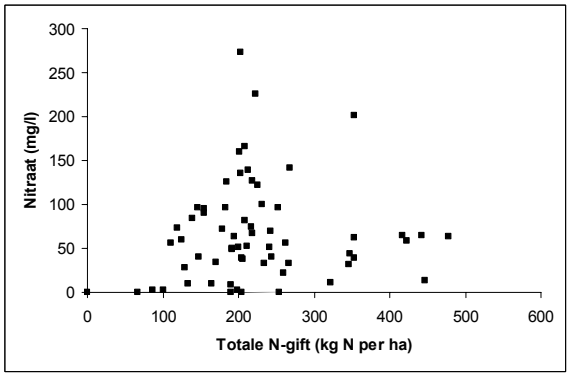
Figuur 5a. *Clustergemiddelde nitraatconcentratie versus clustergemiddeld MINAS-overschot.*



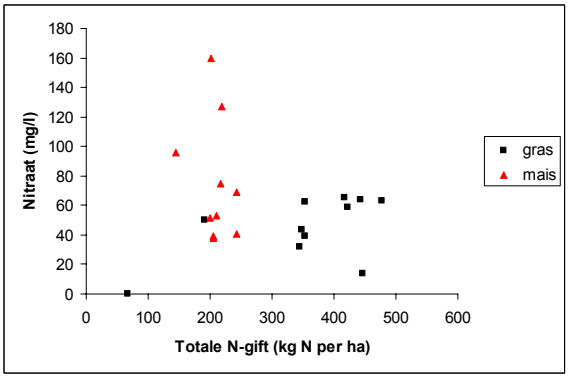
Figuur 5b. *Clustergemiddelde nitraatconcentratie versus clustergemiddeld MINAS-overschot voor de melkveehouderijbedrijven.*



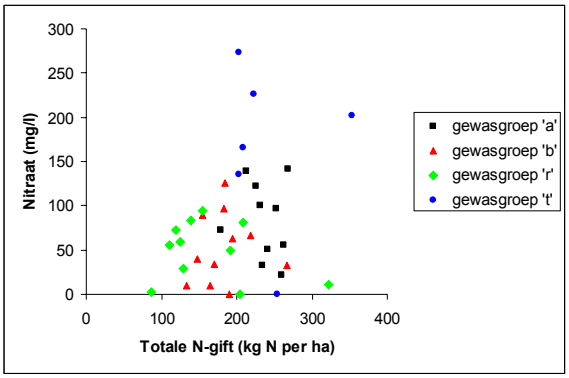
Figuur 5c. *Clustergemiddelde nitraatconcentratie versus clustergemiddeld MINAS-overschot voor de akkerbouwbedrijven.*



Figuur 6a. *Clustergemiddelde nitraatconcentratie versus clustergemiddelde N-bemesting.*



Figuur 6b. *Clustergemiddelde nitraatconcentratie versus clustergemiddelde N-bemesting voor de melkveehouderijbedrijven.*



Figuur 6c. Clustergemiddelde nitraatconcentratie versus clustergemiddelde N-bemesting voor de akkerbouwbedrijven.

De Figuren 1 t/m 6 geven een ruwe schets van het verband tussen kandidaat-indicatoren en nitraatconcentraties, waarbij mogelijke effecten van grondsoort, Gt en bodemeigenschappen op nitraatconcentratie niet naar voren komen. Middels regressie-vergelijking heeft een nadere analyse plaatsgevonden en de resultaten daarvan worden beschreven in Paragraaf 3.3.

3.3 Resultaten regressie-analyse op basis van drie meetseizoenen (2000-2003)

Het doel van de uitgevoerde regressie-analyse is het identificeren van een indicator die geschikt is om op bedrijfsniveau de nitraatuitspoeling te voorspellen. Daartoe zijn met name de kandidaat-indicatoren in ogenschouw genomen als mogelijk verklarende variabelen voor de nitraatconcentratie in het voorjaar. Voorafgaand aan de gegevensverzameling is verondersteld dat een aantal factoren van groot belang zijn voor de nitraatconcentratie, namelijk plaatsgebonden factoren zoals bodem, grondwatertrap en gewas en daarnaast nog tijdsafhankelijke factoren zoals het weer (met name neerslag).

Van de kandidaatindicatoren heeft de hoeveelheid Nmin over het algemeen de hoogste correlatie met nitraat in het voorjaar. Dit gaat vooral op voor het eerste en het derde meetjaar, maar in het tweede meetjaar zijn bij akkerbouw en grasland de correlaties voor perceelsoverschot hoger dan voor Nmin. Als we echter naast de vier vooraf benoemde kandidaat-indicatoren ook de correlatie tussen het nitraatdeel van Nmin in het najaar en de nitraatconcentratie in het voorjaar meenemen, dan blijkt toch weer dat $Nmin_{nitraat}$ altijd de hoogste correlatie vertoont met de voorjaarsmetingen.

Bij de regressie-analyse zijn een groot aantal aanvullende variabelen meegenomen, waarvoor de veronderstelling geldt dat alle een zekere relatie met nitraatuitspoeling vertonen. De regressie-analyses zijn uitgevoerd voor akkerbouwgewassen, gras en maïs afzonderlijk, omdat er duidelijke verschillen waren tussen akkerbouw en melkveehouderij. Een en ander wordt uitgebreid beschreven door Hack-ten Broeke *et al.* (in prep.)

In alle gevallen (dus voor gras, maïs en akkerbouw) komt de indeling in drie Gt-groepen (zie Paragraaf 2) naar voren als een verklarende factor voor het niveauverschil in de gemeten nitraatconcentraties in het voorjaar van 2001, 2002 en 2003. Ook de indeling in bodemgroep komt naar voren als een verklarende variabele, maar dit is niet voor alle gewassen hetzelfde. Bij akkerbouw levert bodemgroep een significante bijdrage aan het regressiemodel, terwijl bij gras en maïs alleen het onderscheid tussen löss en zand significant is. Tenslotte speelde het al dan niet aanwezig zijn van een veenlaagje in de bodem een rol bij zowel de akkerbouwgewassen als gras en maïs. De aanwezigheid van een veenlaagje verlaagt de verwachte nitraatconcentratie.

Uit de verzamelde Nmin-gegevens komt de hoeveelheid $Nmin_{nitraat}$ in de meetperiode oktober-december, gesommeerd over de drie bodemlagen (i.e. 0-90 cm) als meest verklarende variabele naar voren uit de groep aan Nmin-gegevens. $Nmin_{nitraat}$ speelt in alle gevallen een belangrijke rol in de verklaring van de gemeten nitraatconcentratie. Het is gebleken dat de relatie tussen het nitraatdeel van Nmin in de bodem en de nitraatconcentratie in het grondwater beter is dan die tussen de som van ammonium en nitraat (=Nmin) in de bodem en nitraat in het grondwater. Ook bij gebruik van de berekende bedrijfsgemiddelden (van zowel de nitraatconcentratie als Nmin en $Nmin_{nitraat}$) geldt dat het verband met nitraat duidelijk beter is wanneer alleen de $Nmin_{nitraat}$-fractie gebruikt wordt.

Bij akkerbouw speelt naast Gt-groep en bodemgroep ook de gewasgroepindeling een rol (zie Paragraaf 2). Daarbij is er geen onderscheid tussen de gewasgroepen a, b en r, maar er is wel een verschil van gewasgroep t ten opzichte van de andere 3 groepen (a+b+r) samen. Bij akkerbouw speelt ook het neerslagoverschot in zowel de zomerperiode (1 april tot 1 oktober) als de winterperiode (1 oktober tot 1 april) een rol. Als daarnaast ook de C:N-verhouding in de bouwvoor en de N-gift per gewasgroep wordt toegevoegd, wordt het regressiemodel voor akkerbouw nog iets beter.

Ook voor grasland komt naast Gt-groep en $Nmin_{nitraat}$ de C:N-verhouding in de bouwvoor naar voren als een significante verklarende variabele, ditmaal samen met de potentiële mineralisatie van de bouwvoor. Dit regressiemodel wordt nog iets beter als ook de neerslag in zowel zomer als winter worden toegevoegd voor het voorspellen van de nitraatconcentratie. Een alternatief model voor gras is een regressievergelijking met als verklarende variabelen naast Gt-groep en $Nmin_{nitraat}$ ook de GHG binnen Gt-groep 3 en het al dan niet scheuren van grasland in het voorafgaande najaar.

Zoals gezegd levert voor maïs de regressie-analyse eveneens Gt-groep en $Nmin_{nitraat}$ als verklarende variabelen op. Toevoegen van het neerslagoverschot in de winter, de GHG binnen Gt-groep 3 en de voorvrucht verbetert het regressiemodel. In plaats daarvan kunnen naast Gt-groep en $Nmin_{nitraat}$ ook de neerslagsom in de winter en hot-KCl extraheerbaar ammonium in de bouwvoor dienen als extra verklarende variabelen.

De opschaling naar bedrijfsniveau vindt plaats via de zogenaamde clusterbenadering. Dat wil zeggen dat de ontwikkelde regressie-vergelijkingen worden toegepast voor bodem-Gt-gewascombinaties (clusters) en dat de voorspelling van de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie niets anders is dan het oppervlaktegewogen gemiddelde van de aldus geschatte clustergemiddelden van een bedrijf. Van belang is daarbij dat vooral de voorspelfout van zo'n bedrijfsgemiddelde vele malen lager is dan de voorspelfout op puntniveau. In een aantal rekenvoorbeelden komt naar voren dat de 95%-betrouwbaarheidsintervallen voor de voorspelde nitraatconcentratie dan nog + of – 24 tot 38 mg/l zijn.

3.4 Resultaten van regressie-analyse met mestgift als indicator

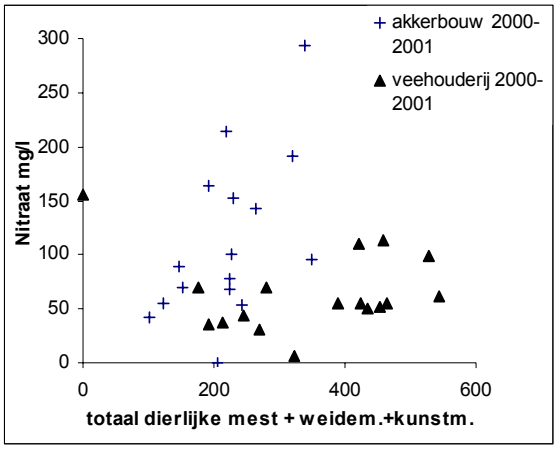
Naar aanleiding van het nieuwe mestbeleid, een nieuw stelsel op basis van gebruiksnormen, zijn er vragen gerezen over de relatie tussen NO_3 in het grondwater en de N-gift, in de vorm van kunstmest, dierlijke mest en weidemest. In deze paragraaf worden deze verbanden onderzocht met behulp van de database van Sturen op Nitraat.

Opnieuw met behulp van regressie-analyse is onderzocht of er een relatie kan worden vastgesteld, ditmaal tussen de mestgiften en de nitraatconcentratie in het voorjaar. Voor grasland is er een zeer zwakke relatie met nitraat in het grondwater als in het regressie-model Gt-groep, bodemgroep en totale N-gift wordt opgenomen (verklaarde variantie 6,2% en standaardfout van 54 mg/l). Het toevoegen van $Nmin_{nitraat}$ in het model verhoogt het percentage verklaarde variantie aanzienlijk (naar 20,6%), het verlaagt de voorspelfout van het model (naar 49,7 mg/l), maar heeft tot gevolg dat er geen relatie meer te zien is met de mestgift. Zonder $Nmin_{nitraat}$ in het model is er wel een significante relatie tussen de N-aanvoer in dierlijke mest (incl. weidemest) en de nitraatconcentratie. Echter, de hellingen zijn niet steil zodat een gift van 100 kg/ha extra een verhoging van 10 of 11 mg/l geeft.

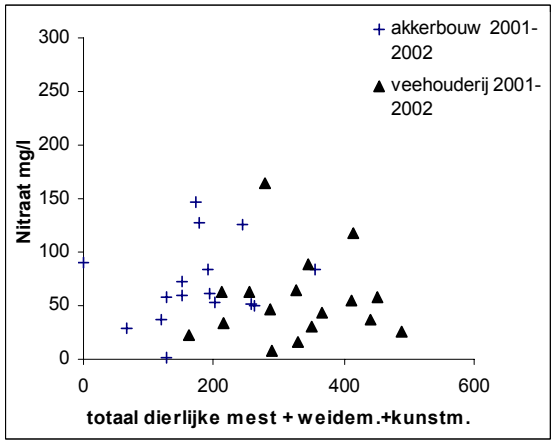
Voor maïs is er opnieuw sprake van een zeer zwakke relatie tussen nitraatconcentratie en N-gift, gecombineerd met Gt-groep en bodemgroep met een verklaarde variantie van 5,0% en een standaardfout van 72,1 mg/l. Het opnemen van $Nmin_{nitraat}$ in het model verhoogt het percentage verklaarde variantie aanzienlijk naar 22,1% en het verlaagt de

voorspelfout van het model naar 65,3 mg/l. De relatie met de mestgift, wanneer deze naast $Nmin_{nitraat}$ in het model is opgenomen, wordt voor kunstmest en dierlijke mest negatief (dus hoe hoger de mestgift, hoe lager de nitraat-concentratie). Ook als de $Nmin_{nitraat}$ niet in het model wordt opgenomen is het verband tussen de nitraatconcentratie en totale N-gift (kunstmest en dierlijke mest) niet significant. De relatie is dan wel positief maar de helling zo laag dat een kunstmestgift van 100 kg/ha extra slechts leidt tot een verhoging van 10 mg/l nitraat.

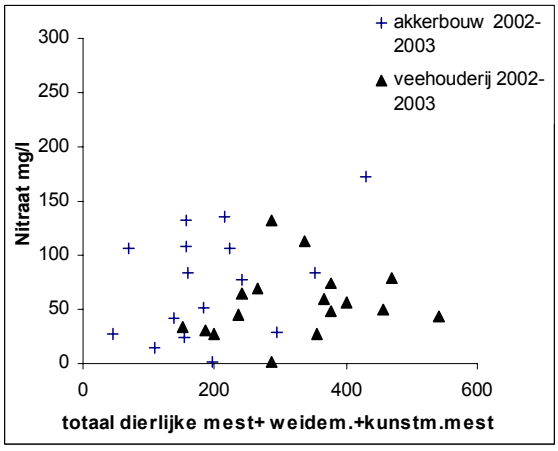
Voor akkerbouw geldt dat de relatie tussen bemesting en nitraatconcentraties aanzienlijk beter is dan bij de melkvee-houderij. Een regressie-model met nitraat weer als responsvariabele en in het model Gt-groep, bodemgroep, gewas-groep en totale N-gift laat een verklaarde variantie zien van 23,2% en een standaardfout van 65,3 mg/l. Het opnemen van $Nmin_{nitraat}$ in het model verhoogt het percentage verklaarde variantie naar 36,7% en verlaagt de voorspelfout van het model naar 59,3 mg/l. Ditmaal blijft ook in het model mèt $Nmin_{nitraat}$ de totale N-gift (kunstmest en dierlijke mest) een significante bijdrage leveren. De helling wordt wel minder steil ten opzichte van een model waarin $Nmin_{nitraat}$ niet in het model is opgenomen. Wordt voorgaande analyse (akkerbouw) uitgevoerd voor data uit alleen de eerste twee meetseizoenen, dan wordt geen significant effect van de N-gift (kunstmest en dierlijke mest) gevonden.



Figuur 7A. *Bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie in het voorjaar in relatie tot totale N-gift (dierlijke mest + weidemest + kunstmest) voor het seizoen 2000-2001.*



Figuur 7B. *Bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie in het voorjaar in relatie tot totale N-gift (dierlijke mest + weidemest + kunstmest) voor het seizoen 2001-2002.*



Figuur 7C. *Bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie in het voorjaar in relatie tot totale N-gift (dierlijke mest + weidemest + kunstmest) voor het seizoen 2002-2003.*

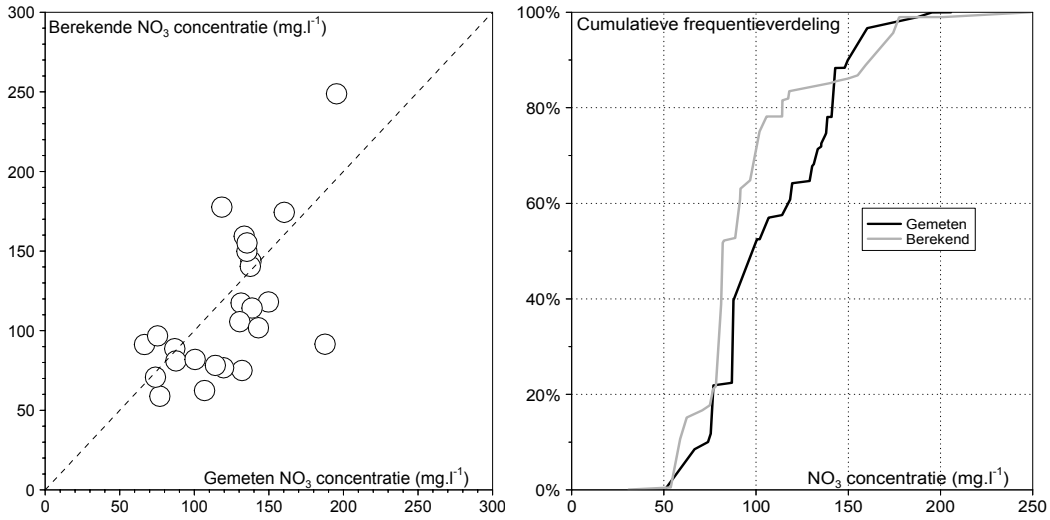
De analyse is gebaseerd op gegevens per proefplek. In Figuur 7 zijn ter illustratie de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties uitgezet tegen bedrijfsgemiddelde mestgiften per jaar. Deze gegevens zijn dus niet dezelfde als waarvoor de regressie-analyse heeft plaatsgevonden en ook niet hetzelfde als de clustergemiddelde waarden in de voorgaande grafieken, die over de jaren heen zijn gemiddeld. Er is in Figuur 7 onderscheid gemaakt tussen akkerbouw en veehouderij en vooral de niveauverschillen in bemesting zijn duidelijk.

3.5 Resultaten van regionale monitoring

Over de regionale monitoring binnen Sturen Op Nitraat is gerapporteerd door Roelsma *et al.* (2003). Het doel van dit deel van het onderzoek was om te bepalen in hoeverre (afgeleide) indicatoren geschikt zijn om een schatting te krijgen van het nitraatgehalte in het grondwater op regionale schaal. De methodiek, waarbij op basis van een indicator (N-mineraal) de nitraatuitspoeling op regionale schaal wordt voorspeld, wordt het regionaal nitraatmonitoringsconcept (RENIM) genoemd. Voor deze berekening zijn de resultaten van de regressiemodellen op basis van gegevens voor de indicatorontwikkeling van twee meetseizoenen gebruikt. De regressiemodellen voor de veeteelt hebben als verklarende variabelen naast de clusterindeling (bodemgroep, Gt-groep, gewas): de hoeveelheid N-mineraal, gemeten in het najaar over de diepte 0-90 cm en de aanwezigheid van een veenlaagje in de bodem. Daarnaast is een constante nodig, die afhankelijk is van de combinatie bodemgroep en Gt-groep. Het regressiemodel voor de akkerbouw kent een extra verklarende variabele, namelijk de neerslagsom in de periode 1 april – 30 september.

Voor de toetsing van het regionaal nitraatmonitoringsconcept zijn drie gebieden gekozen. Twee gebieden liggen op zandgrond ('t Klooster en Sint Anthonis) en één gebied op lössgrond (Mergelland). Voor deze drie gebieden is een indeling in clusters (bodem-Gt-gewascombinaties) gemaakt. Hierbij is gebruik gemaakt van de 1:50 000 bodemkaart en geactualiseerde Gt-kaart voor de indeling naar respectievelijk bodemklasse en grondwaterklasse.

De twee zandgebieden ('t Klooster en Sint Anthonis) laten voor de twee meetseizoenen zien dat de met behulp van RENIM berekende nitraatconcentraties een onderschatting geven van de gemeten waarden. Slechts in één situatie wordt een hogere gemiddelde nitraatconcentratie berekend dan gemeten (Mergelland, meetseizoen 2002-2003). Nadere analyse van de resultaten heeft aangetoond dat een groot deel van deze variatie wordt veroorzaakt doordat een aantal clusters slechts één meetpunt hebben gekend (door het veranderen van het landgebruik van jaar tot jaar kan het voorkomen dat clusters afwijken van het minimum van twee monsterpunten per cluster). Daarnaast hebben uitschieters in de meetwaarden een grote bijdrage op de variatie in de resultaten van de statistische criteria. Door clusters met slechts één meetwaarde buiten beschouwing te laten en vijf procent van de laagste en hoogste meetwaarden eveneens buiten beschouwing te laten wordt een beter resultaat met het regionaal nitraatmonitoringsconcept bereikt. In Figuur 8 is het aldus berekende eindresultaat voor de drie gebieden en twee meetseizoenen gezamenlijk weergegeven. Het door het regionaal nitraatmonitoringsconcept berekende regiogemiddelde nitraatconcentratie laat nog een onderschatting zien ten opzichte van de gemeten nitraatconcentratie, maar deze is in de orde van circa 15% (Roelsma *et al.*, 2003).



Figuur 8. *Gemeten en berekende nitraatconcentratie per cluster (links) en cumulatieve frequentieverdeling van de gemeten en berekende nitraatconcentratie per cluster (rechts) voor de drie gebieden en twee meetseizoenen gezamenlijk voor de variant waarbij 5% van de laagste en hoogste meetwaarden en clusters met slechts 1 meting buiten beschouwing zijn gelaten.*

4. Conclusies

In het project Sturen Op Nitraat is gezocht naar een indicator voor de nitraatconcentratie in het grondwater. Als kandidaat-indicatoren zijn vooraf een aantal variabelen gedefinieerd, namelijk de Nmineraal-voorraad in de bodem in het najaar (Nmin), N-perceelsoverschot, N-bedrijfsoverschot (van de berekende bodembalans) en het MINAS-overschot. Van deze vier mogelijke indicatoren komt Nmin bij regressie-analyse als beste indicator naar voren.

Nadere analyse van Nmin laat zien dat het nitraatgedeelte van Nmin een betere indicator voor nitraatconcentratie in grondwater is dan de 'totale' Nmin (som van nitraat en ammonium in de bodem). Daarnaast komen de indeling in Gt-groepen, gebaseerd op de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) en de indeling in bodemgroepen op basis van organische-stofgehalte en leemhoudendheid van de bodem naar voren als verklarende factoren voor het gemeten niveauverschil in nitraatconcentraties. De nitraatconcentraties zijn het laagst bij de natste Gt's met GHG ondieper dan 40 cm – mv. en de concentraties onder lössgronden zijn over het algemeen lager dan onder de zandgronden.

De N-gift komt in de analyse niet naar voren als belangrijke verklarende variabele, noch het N-overschot. Bij de akkerbouw en vooral veroorzaakt door de gegevens van het derde meetseizoen, heeft de N-gift wel een significant effect op de nitraatconcentratie, maar de nitraatrespons (helling) is gering.

Toepassing van de regressiemodellen binnen het regionaal nitraatmonitoringsconcept levert een geringe onderschatting op van de nitraatconcentraties, maar als gemiddelde zeker een bruikbare voorspelling van nitraatconcentraties in het voorjaar op regionale schaal.

Literatuur

Burgers, S.L.G.E., H.F.M. ten Berge, J.J. de Gruijter, M.J.D. Hack-ten Broeke, I.E. Hoving, S. Radersma, A. Smit & G.L. Velthof, 2003.
Ontwikkeling van een indicator om te Sturen Op Nitraat; Gegevens en regressie-analyse op basis van twee meetseizoenen (2000-2001 en 2001-2002). Wageningen, Alterra. Alterra-rapport 866. Reeks Sturen Op Nitraat 9.

Hack-ten Broeke, M.J.D., S.L.G.E. Burgers, H.F.M. ten Berge, P.L.A. van Enckevort, J.J. de Gruijter, I.E. Hoving, A. Smit & G.L. Velthof, 2003.
Ontwikkeling van een indicator om te Sturen Op Nitraat; Gegevens en regressie-analyse voor het eerste meetseizoen (2000-2001). Wageningen, Alterra. Alterra-rapport 772. Reeks Sturen Op Nitraat 4.

Hack-ten Broeke M.J.D., S.L.G.E. Burgers, A. Smit, H.F.M. ten Berge, J.J. de Gruijter, I.E. Hoving, S. Radersma & G.L. Velthof, in prep.
Ontwikkeling van een indicator om te Sturen Op Nitraat; Gegevens en regressie-analyse op basis van drie meetseizoenen (2000-2003). Wageningen, Alterra. Alterra-rapport ... Reeks Sturen Op Nitraat ..

Roelsma, J., C.W. Rougoor & P.E. Dik, 2003.
Regionaal Nitraatmonitoringsconcept RENIM. Ontwikkeling en toetsing van een eenvoudige methodiek voor het monitoren van de uitspoeling van nitraat naar het grondwater in zand- en lössgebieden. Wageningen, Alterra-rapport 911. Reeks Sturen Op Nitraat 7.

Smit, A., M.J.D. Hack-ten Broeke, H.F.M. ten Berge, S.L.G.E. Burgers, W. Chardon, P.L.A. van Enckevort, J.J. de Gruijter, I.E. Hoving & G.L. Velthof, 2003.
Gegevensverzameling Sturen Op Nitraat; Op zoek naar een indicator. Wageningen, Alterra. Alterra-rapport 658. Reeks Sturen Op Nitraat 3.