

V Kartering

Hoofdstuk 1 -

Gemeten nitraatconcentraties binnen de projecten Koeien & Kansen en Telen met toekomst nader verklaard

M.J.D. Hack-ten Broeke¹, H.F.M. ten Berge² & L.M.W. Akkermans³

¹ Alterra

² Plant Research International

³ Biometris

Inhoudsopgave

	pagina
1. Inleiding en doelstelling	1
2. Beschikbare gegevens	2
2.1 Nitraatconcentraties uit project Koeien & Kansen	3
2.2 Nitraatconcentraties uit project Telen met toekomst	4
3. Resultaten regressie-analyse	7
3.1 Analyse met puntgegevens voor Koeien & Kansen	7
3.2 Analyse voor Koeien & Kansen op bedrijfsniveau	7
3.3 Analyse met puntgegevens voor Telen met toekomst	8
3.4 Analyse voor Telen met toekomst op bedrijfsniveau	9
3.5 GHG-grens voor uitspoelingsgevoeligheid	9
Conclusies	11
Literatuur	12

1. Inleiding en doelstelling

In het kader van de Evaluatie van de Meststoffenwet 2004 is opdracht gegeven tot aanvullend onderzoek met betrekking tot waarnemingen van nitraatconcentraties op puntniveau voor de projecten Koeien & Kansen en Telen met toekomst, voor zover het bedrijven op zandgronden betreft. Dit hoofdstuk beschrijft dit aanvullende onderzoek. Elders in dit rapport zijn verslagen opgenomen van de projecten Koeien & Kansen (Oeneme & Ten Berge, dit rapport) en Telen met toekomst (Langeveld, dit rapport) afzonderlijk. Daarbij wordt voornamelijk ingegaan op bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties, zoals die door het RIVM op basis van mengmonsters van het grondwater zijn bepaald. Ook wordt gekeken naar de relatie van die bedrijfsgemiddelde concentraties met bijvoorbeeld MINAS-overschot, N-overschot of N-aanvoer op bedrijfsniveau. Met name de relatie met bodemgesteldheid en grondwatertrap ontbreekt veelal.

In de aanvullende opdracht zijn in 2003 op alle doorgaans 48 punten per bedrijf, waar RIVM heeft bemonsterd ten behoeve van de mengmonsters, bodemprofielbeschrijvingen gemaakt en is de grondwatertrap (Gt) vastgesteld. Dat betekent dat voor die locaties ook de Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand (GHG) en de Gemiddelde Laagste Grondwaterstand (GLG) bekend zijn. Velthof *et al.* (2004) gaan in op de gegevens van deze bodemkartering, die zijn gebruikt voor een analyse van veranderingen in Gt en veranderingen in de dikte van veenlagen.

In dit hoofdstuk komen de volgende aspecten aan bod:

- A. In hoeverre is het mogelijk om de nitraatconcentraties op puntniveau te voorspellen (middels regressie-analyse) uit bodem-, grondwatertrap- en gewasgegevens al dan niet in combinatie met minerale N in de bodem in het najaar, N-overschot of N-bemesting?
- B. In hoeverre is het mogelijk om de nitraatconcentraties op bedrijfsniveau te voorspellen (middels regressie-analyse) waarbij bekend is welke gewassen en grondwatertrappen binnen dat bedrijf voorkomen en ook weer gecombineerd met informatie over N-overschotten en/of bedrijfsgemiddelde minerale N in het najaar?
- C. Als er een relatie is met grondwatertrap, is het dan mogelijk om met deze gegevens aan te geven welke GHG-waarde de grens aangeeft tussen wel en niet uitspoelingsgevoelige zandgronden?

2. Beschikbare gegevens

Voor de regressie-analyse op puntniveau zijn de volgende gegevens gebruikt:

- nitraatconcentratie, waarnemingen uitgevoerd met Nitracheck
- verdunningsindex, berekend door RIVM op basis van meettijdstip en grondwaterstand ten tijde van de bemonstering
- bodemgroep en Gt-groep-indeling conform Sturen Op Nitraat (zie Hack-Ten Broeke *et al.*, dit rapport)
- GHG
- bewortelbare diepte
- aanwezigheid van veenlaagjes in de bodem

Op perceelsniveau waren de volgende data beschikbaar:

- gewas
- N-overschot op de bodembalans
- N-bemesting (werkzame N-gift en totale N-gift)
- minerale N in de bodem (in het najaar; alleen beschikbaar voor Telen met toekomst)

Aanvullende gegevens op bedrijfsniveau waren:

- MINAS-overschot
- N-overschot op de bedrijfsbodembalans

Tabel 1. Gegevens van een aantal bedrijven in Koeien & Kansen, kartering najaar 2003. Nobs: aantal RIVM-boorpunten; fr1: fractie van de punten met gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) < 40 cm -mv.; fr2 idem met 40 < GHG < 80 cm -mv.; fr3: idem met GHG > 80 cm -mv.; fr50: idem met GHG > 50 cm -mv.; frb: fractie bouwland; BdO: N-overschot op bodembalans van bedrijf, BO-Minas: N-bedrijfsoverschot volgens MINAS. ProdInt: melkproductie-intensiteit. 'Nitraat' heeft steeds betrekking op de nitraatconcentratie bovenste grondwater volgens Nitracheck, gemiddelde van alle boorpunten per bedrijf. Jaar heeft betrekking op moment van nitraatmeting: 2000 (00), 2001 (01), en 2002 (02).

bedrijf	jaar	Nobs	nitraat	fr1	fr2	fr3	fr50	frb	BdO	BO-Minas	ProdInt
			mg/l						kgN/ha	kgN/ha	kg melk/ha
Eggi	00	0	*	*	*	*	*	*	*	*	10188
Eggi	01	47	24.2	0.06	0.57	0.36	0.89	0.37	121.7	74.3	12926
Eggi	02	47	21.4	0.06	0.57	0.36	0.89	0.30	121.2	83.5	13462
Hoef	00	0	*	*	*	*	*	*	*	*	15348
Hoef	01	48	79.1	0.25	0.38	0.38	0.65	0.42	146.2	133.9	16413
Hoef	02	48	54.4	0.25	0.38	0.38	0.65	0.38	144.8	198.7	18149
Klei	00	48	92.8	0.04	0.31	0.65	0.94	0.42	201.2	82.1	20241
Klei	01	48	79.3	0.04	0.31	0.65	0.94	0.41	150.8	86.6	20744
Klei	02	48	77.4	0.04	0.31	0.65	0.94	0.41	176.3	111.4	21403
Kuks	00	16	88.1	0.00	0.19	0.81	1.00	0.38	170.7	138.2	11433
Kuks	01	16	84.9	0.00	0.19	0.81	1.00	0.24	185.1	188.0	11424
Kuks	02	16	73.1	0.00	0.19	0.81	1.00	0.24	163.2	95.9	11769
Laar	00	0	*	*	*	*	*	*	*	*	14969
Laar	01	36	72.8	0.19	0.44	0.36	0.81	0.14	126.4	126.6	14853
Laar	02	47	62.8	0.15	0.49	0.36	0.85	0.20	121.0	83.6	11418

Tabel 1. (vervolg).

bedrijf	jaar	Nobs	nitraat	fr1	fr2	fr3	fr50	frb	BdO	BO-Minas	ProdInt
			mg/l						kgN/ha	kgN/ha	kg melk/ha
Menk	00	36	69.2	0.19	0.17	0.64	0.81	0.17	167.3	189.0	13283
Menk	01	46	60.5	0.15	0.15	0.70	0.85	0.19	133.6	106.4	10651
Menk	02	45	44.1	0.16	0.16	0.69	0.84	0.26	119.5	97.2	11718
Pijn	00	47	77.3	0.23	0.57	0.19	0.74	0.34	224.5	182.9	20233
Pijn	01	47	96.4	0.23	0.57	0.19	0.74	0.44	197.2	118.4	15866
Pijn	02	47	82.0	0.23	0.57	0.19	0.74	0.44	174.8	101.1	16503
Post	00	0	*	*	*	*	*	*	*	*	13991
Post	01	28	44.0	0.00	0.64	0.36	0.89	0.51	138.5	142.0	14793
Post	02	36	22.4	0.06	0.58	0.36	0.89	0.34	146.4	123.5	15228
Sche	00	0	*	*	*	*	*	*	*	*	16635
Sche	01	48	100.3	0.06	0.79	0.15	0.83	0.43	163.1	88.2	16890
Sche	02	48	81.6	0.06	0.79	0.15	0.83	0.37	258.8	148.2	21537

2.1 Nitraatconcentraties uit project Koeien & Kansen

Vanuit het project Koeien & Kansen waren voor drie meetjaren (1999/2000, 2000/2001 en 2001/2002) nitraatconcentraties beschikbaar voor in totaal 9 bedrijven, gelegen op zandgronden in Noord-, Oost- en Zuid-Nederland. De nitraatconcentraties zijn door RIVM bepaald ten tijde van de bemonstering voor het vervaardigen van mengmonsters middels Nitrachek. Deze waarnemingen hebben plaatsgevonden in zomer en najaar, dus in 2000, 2001 en 2002. Er zijn in deze studie geen laboratoriumwaarden gebruikt. Een vergelijking van bedrijfsgemiddelde Nitrachek-waarnemingen met bedrijfsgemiddelde laboratoriumbepalingen door RIVM leverde geen grote verschillen tussen beide methoden op. Voor meetjaar 1999/2000 hadden we slechts gegevens van vier bedrijven. Daarnaast geldt niet altijd dat er 48 locaties per bedrijf zijn bemonsterd. Zodoende waren er in totaal 893 waarnemingen beschikbaar voor nadere analyse. Voor de analyse worden deze gegevens gekoppeld aan gewas- en bemestingsgegevens van het jaar voorafgaand aan de nitraatbemonstering. Dat wil zeggen dat de perceels- en bedrijfsgegevens uit groeiseizoen 1999 in de regressie-analyse zijn gebruikt als mogelijk verklarende variabelen voor de in 2000 gemeten nitraatconcentraties en zo verder. De resultaten zijn vermeld in Tabellen 1 en 2.

Tabel 2. *Nitraat in bovenste grondwater (Nitracheck) per boorpunt, onder grasland en bouwland, in een aantal Koeien & Kansen-bedrijven. Kartering najaar 2003. Nobs: aantal RIVM-boorpunten. 'Nitraat' heeft steeds betrekking op de nitraatconcentratie bovenste grondwater volgens Nitracheck, gemiddelde van alle boorpunten per gewas. Jaar heeft betrekking op moment van nitraatmeting: 2000 (00), 2001 (01), en 2002 (02).*

bedrijf	jaar	Nobs	MAIS			GRASLAND			
			nitraat (mg/l)			Nobs	nitraat (mg/l)		
			mean	min	max		mean	min	max
Eggi	00	0	*	*	*	0	*	*	*
Eggi	01	0	*	*	*	47	24.2	2.6	72.5
Eggi	02	9	5.0	1.8	12.7	38	25.2	2.0	72.0
Hoef	00	0	*	*	*	0	*	*	*
Hoef	01	18	97.3	2.9	266.8	30	68.1	4.3	231.0
Hoef	02	20	62.2	2.1	125.5	28	48.8	2.3	180.8
Klei	00	20	136.1	5.0	320.4	28	61.9	4.6	121.0
Klei	01	20	105.9	2.0	391.0	28	60.2	3.0	148.0
Klei	02	27	98.1	2.2	309.0	21	50.8	2.2	100.8
Kuks	00	5	99.2	44.1	139.5	11	83.1	13.3	178.5
Kuks	01	4	93.0	43.0	122.0	12	82.2	16.0	167.0
Kuks	02	4	93.7	50.4	110.2	12	66.2	6.1	196.8
Laar	00	0	*	*	*	0	*	*	*
Laar	01	5	136.9	76.5	182.2	31	62.4	2.9	142.0
Laar	02	8	154.7	97.7	267.5	39	43.9	2.3	129.2
Menk	00	9	78.2	40.0	127.6	27	66.2	5.0	208.1
Menk	01	14	73.3	11.0	195.0	32	54.8	3.0	198.0
Menk	02	11	49.4	3.1	70.8	34	42.4	2.8	138.4
Pijn	00	13	95.4	5.0	297.6	34	70.4	4.5	274.1
Pijn	01	18	108.8	3.0	252.0	29	88.7	3.0	349.0
Pijn	02	11	107.1	2.5	197.7	36	74.4	2.2	263.4
Post	00	0	*	*	*	0	*	*	*
Post	01	8	92.7	12.7	287.7	20	24.5	2.9	150.4
Post	02	13	33.7	2.3	108.5	23	16.0	2.0	89.7
Sche	00	0	*	*	*	0	*	*	*
Sche	01	20	99.7	3.0	217.0	28	100.8	3.0	266.0
Sche	02	18	75.8	4.2	275.4	30	85.1	2.1	387.6

2.2 Nitraatconcentraties uit project Telen met toekomst

Vanuit het project Telen met toekomst waren er slechts data beschikbaar voor twee meetjaren (2001/2002 en 2002/2003) voor 6 akkerbouwbedrijven en 8 vollegrondsgroentenbedrijven. Opnieuw betreft het hier Nitracheck-waarnemingen voor in principe 48 meetlocaties per bedrijf. Omdat niet altijd 48 locaties zijn bemonsterd waren er 1197 gegevens beschikbaar voor de analyse. Perceels- en bedrijfsgegevens behorend bij de nitraatmetingen van 2002 zijn afkomstig uit oogstjaar oktober 2000-september 2001, en zo verder. De resultaten zijn vermeld in Tabellen 3 en 4.

Tabel 3. Gegevens van een aantal bedrijven in Telen met toekomst, kartering najaar 2003. frv: fractie van de punten waar veenlaagjes voorkomen; fr3: fractie van de punten met gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) >80 cm -mv.; fr70: idem met GHG > 70 cm -mv.; BO: N-bedrijfsoverschot¹; Nw: aanvoer N-werkzaam²; Ntot: aanvoer N-totaal¹. Nmin: minerale N in bodemprofiel in najaar. Nitraatconcentratie heeft betrekking op bovenste grondwater, Nitrachek, gemiddelde van alle boorpunten per bedrijf. Jaar 01: nitraatmeting in 2002; Jaar 02: nitraatmeting in 2003.

bedrijf	jaar	frv	fr3	fr70	nitraat kg/ha	BO kg/ha	Nw kg/ha	Ntot kg/ha	Nmin kg/ha
Ak01	01	0.65	0.00	0.07	6.1	77.0	134.0	210.0	47.92
Ak01	02	0.65	0.00	0.08	19.4	81.0	146.0	219.0	103.00
Ak02	01	0.04	0.62	0.70	58.9	137.0	143.0	237.0	34.86
Ak02	02	0.04	0.62	0.70	75.9	104.0	147.0	235.0	40.63
Ak06	01	0.00	0.90	0.98	142.4	96.0	151.0	246.0	46.28
Ak06	02	0.00	0.90	0.98	128.6	88.0	147.0	253.0	70.65
Ak07	01	0.00	0.00	0.12	83.5	192.0	250.0	464.0	55.00
Ak07	02	0.00	0.00	0.13	85.7	122.0	146.0	264.0	67.27
Ak08	01	0.02	0.00	0.00	45.3	93.0	142.0	250.0	43.89
Ak08	02	0.02	0.00	0.00	89.3	137.0	163.0	274.0	134.74
Ak09	01	0.00	0.05	0.16	112.2	171.0	167.0	319.0	54.78
Ak09	02	0.00	0.13	0.27	146.9	203.0	170.0	329.0	73.45
Vg01	01	0.00	0.49	0.51	159.5	343.0	228.0	431.0	83.08
Vg01	02	0.00	0.49	0.51	190.9	312.0	227.0	340.0	38.20
Vg02	01	0.00	0.00	0.08	82.7	270.0	238.0	355.0	54.48
Vg02	02	0.00	0.00	0.11	84.3	340.0	211.0	401.0	91.54
Vg03	01	0.00	0.85	0.96	245.4	408.0	376.0	524.0	156.33
Vg03	02	0.00	0.85	0.96	298.1	365.0	273.0	480.0	300.54
Vg04	01	0.33	0.42	0.60	97.4	251.0	102.0	272.0	42.93
Vg04	02	0.33	0.42	0.60	42.2	239.0	124.0	265.0	27.15
Vg07	01	0.00	0.29	0.41	136.4	75.0	220.0	293.0	71.59
Vg07	02	0.00	0.14	0.21	129.8	56.0	118.0	175.0	151.26
Vg08	01	0.00	1.00	1.00	207.5	97.0	142.0	205.0	66.98
Vg08	02	0.00	1.00	1.00	150.5	111.0	107.0	187.0	71.33
Vg09	01	0.00	0.89	0.95	272.1	199.0	200.0	270.0	162.36
Vg09	02	0.00	0.24	0.40	196.9	197.0	197.0	266.0	191.66
Vg10	01	0.00	0.95	0.95	253.4	26.0	152.0	212.0	32.21
Vg10	02	0.00	0.75	0.81	181.0	355.0	212.0	440.0	127.27

¹ Inclusief ammoniakdepositie.

² Exclusief ammoniakdepositie.

Tabel 4. *Nitratconcentratie in bovenste grondwater, Nitrachek, gemiddelde van alle boorpunten per bedrijf waar resp. geen en wel veenlaagjes in het bodemprofiel werden aangetroffen. Telen met toekomst, kartering najaar 2003. Nobs: aantal RIVM-boorpunten; Gem: gemiddelde; Min: minimum; Max: maximum; Bgem: bedrijfgemiddelde.*

Jaar	bedrijf	Geen veenlaagjes in profiel			Wel veenlaagjes in profiel			Nobs	nitraat Bgem mg/l		
		Nobs	nitraat		Nobs	nitraat					
			Gem Mg/l	Min mg/l		Max mg/l	Gem mg/l			Min mg/l	Max mg/l
2002	Ak01	15	7.9	2.5	57.0	29	5.2	2.5	28.0	44	6.1
	Ak02	45	60.9	9.0	171.0	2	14.0	10.0	18.0	47	58.9
	Ak06	48	142.4	29.0	288.0	0	*	*	*	48	142.4
	Ak07	48	83.5	2.5	296.0	0	*	*	*	48	83.5
	Ak08	47	45.8	2.5	187.0	1	18.0	18.0	18.0	48	45.3
	Ak09	43	112.2	7.0	247.0	0	*	*	*	43	112.2
	Vg01	45	159.5	2.5	341.0	0	*	*	*	45	159.5
	Vg02	48	82.7	2.5	336.0	0	*	*	*	48	82.7
	Vg03	47	245.4	35.0	379.0	0	*	*	*	47	245.4
	Vg04	32	127.8	2.5	361.0	16	36.5	2.5	121.0	48	97.4
	Vg07	17	136.4	26.0	291.0	0	*	*	*	17	136.4
	Vg08	48	207.5	50.0	420.0	0	*	*	*	48	207.5
	Vg09	19	272.1	118.0	378.0	0	*	*	*	19	272.1
	Vg10	21	253.4	91.0	394.0	0	*	*	*	21	253.4
2003	Ak01	17	16.2	2.5	89.0	31	21.1	2.5	114.0	48	19.4
	Ak02	45	76.6	2.5	206.0	2	59.0	26.0	92.0	47	75.9
	Ak06	48	128.6	6.0	295.0	0	*	*	*	48	128.6
	Ak07	48	85.7	2.5	482.0	0	*	*	*	48	85.7
	Ak08	47	91.0	2.5	502.0	1	9.0	9.0	9.0	48	89.3
	Ak09	45	146.9	21.0	305.0	0	*	*	*	45	146.9
	Vg01	45	190.9	2.5	590.0	0	*	*	*	45	190.9
	Vg02	38	84.3	2.5	310.0	0	*	*	*	38	84.3
	Vg03	47	298.1	47.0	650.0	0	*	*	*	47	298.1
	Vg04	32	57.8	2.5	283.0	16	11.1	2.5	108.0	48	42.2
	Vg07	43	129.8	2.5	366.0	0	*	*	*	43	129.8
	Vg08	48	150.5	10.0	326.0	0	*	*	*	48	150.5
	Vg09	25	196.9	69.0	410.0	0	*	*	*	25	196.9
	Vg10	48	181.0	8.0	462.0	0	*	*	*	48	181.0

3. Resultaten regressie-analyse

In deze paragraaf komen allereerst de resultaten voor Koeien & Kansen met betrekking tot regressie-analyse op puntniveau en bedrijfsniveau aan bod en daarna de resultaten van dezelfde analyse voor Telen met toekomst. Tenslotte wordt ingegaan op de GHG-grens voor uitspoelingsgevoeligheid op basis van deze datasets.

3.1 Analyse met puntgegevens voor Koeien & Kansen

Om de nitraatconcentratie op puntniveau te voorspellen zijn er de volgende mogelijke verklarende variabelen:

- meetjaar
- gewas (gras of maïs)
- N-perceeloverschot
- toegediende werkzame N (kunstmest + dierlijke mest)
- toegediende totale N
- grondwaterstand ten tijde van bemonstering
- GHG
- bewortelingsdiepte
- Gt-groep en bodemgroep (beide conform Sturen Op Nitraat) en
- het voorkomen van veenlaagjes

Bij regressie-analyse op puntniveau komen zowel bij gras als maïs geen sterke relaties naar voren en komen de verklaarde varianties nauwelijks boven 10 % uit. Dit geldt voor regressie-analyse met nitraatconcentratie als responsvariabele, maar ook als de logaritme of wortel uit de nitraatconcentratie als responsvariabele worden genomen. Correctie van de nitraatconcentraties door vermenigvuldiging met de verdunningsindex levert ook geen verbetering op. Toevoeging van 'perceel' of 'bedrijf' als verklarende variabelen levert wel een regressie-vergelijking op met verklaarde varianties van 20 % voor 'bedrijf' tot 45 % voor 'perceel'. Dat betekent dat ook geen van de gebruikte variabelen in de regressie-analyse de verschillen tussen percelen en bedrijven kunnen verklaren. Analyses per jaar of per gewas leveren evenmin bruikbare resultaten op.

3.2 Analyse voor Koeien & Kansen op bedrijfsniveau

Voor de regressie-analyse op bedrijfsniveau (met bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie op basis van de Nitracheck-waarnemingen als responsvariabele) waren de volgende mogelijke verklarende variabelen beschikbaar:

- meetjaar
- fractie bouwland binnen het bedrijf
- toegediende totale N
- bedrijfsoverschot
- N-overschot op de bodembalans
- MINAS-overschot
- intensiteit
- fractie van het bedrijfsareaal met Gt-groep 3 (GHG dieper dan 80 cm –mv.)
- fractie van het bedrijfsareaal met Gt-groep 2 (GHG tussen 40 en 80 cm –mv.)
- fractie van het bedrijfsareaal met veenlaagjes in de bodem

Overal waar hier 'fractie van het bedrijfsareaal' staat moet dit gelezen worden als 'fractie van het aantal punten waarvan bodemprofielen beschikbaar zijn' (meestal 48 locaties per bedrijf).

Het regressie-model met de hoogste verklaarde variantie (bijna 43 %) heeft meetjaar, N-overschot op de bodembalans en de fracties met Gt-groep 2 en 3 als verklarende variabelen. Hierbij moet worden opgemerkt dat het model

aangeeft dat hoe meer droge gronden er binnen het bedrijf voorkomen, hoe lager de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie wordt. Dit is onverwacht omdat over het algemeen bij gronden met dieper gelegen grondwaterstanden hogere nitraatconcentraties in het grondwater worden gemeten. Hierbij kan een rol spelen dat het over slechts 9 bedrijven gaat en de dataset onvoldoende representatief is voor dit aspect. Overigens geeft de regressie-analyse aan dat meetjaar en bodemoverschot de belangrijkste bijdragen leveren aan het regressiemodel en alleen de bijdrage van N-overschot op de bodembalans is echt significant. Dat past bij de bevindingen binnen het project Koeien & Kansen (Oenema & Ten Berge, elders in dit rapport). Als de fractie met Gt-groep 2 wordt weggelaten en alleen nog de fractie gronden met Gt-groep 3 (de droogste groep) als verklarende variabele overblijft, is het effect hiervan wel zoals algemeen verwacht: hoe meer Gt-groep 3 voorkomt op het bedrijf, des te hoger is de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie. Een bedrijf met alleen Gt-groep 3 heeft volgens het regressiemodel een bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie die slechts 29 mg/l hoger is dan een bedrijf met alleen Gt-groep 1 en 2.

Het effect van N-overschot op de bodembalans in het regressiemodel is aanzienlijk: bij een stijging van het overschot van 100 kg/ha zal volgens het model de nitraatconcentratie in het grondwater 49 mg/l hoger zijn. Als in plaats van het N-overschot op de bodembalans het 'gewone' bedrijfsoverschot in het regressiemodel zit (verklaarde variantie 39%) is het effect van 100 kg/ha op de concentratie nog 43 mg/l.

Het voorkomen van veenlaagjes in de bodem, de fractie bouwland binnen het bedrijf en de intensiteit van het bedrijf komen geen van allen naar voren als verklarende variabelen. Het MINAS-overschot vertoont in de analyse geen enkel verband met de gemeten concentraties. De correctie van de nitraatconcentraties met behulp van de verdunningsindex geeft ook op bedrijfsniveau geen verbetering van de resultaten te zien.

3.3 Analyse met puntgegevens voor Telen met toekomst

Om de nitraatconcentratie op puntniveau (opnieuw nitracheckwaarnemingen RIVM) te voorspellen zijn er de volgende mogelijke verklarende variabelen:

- meetjaar
- gewas
- N-perceeloverschot
- toegediende werkzame N (kunstmest + dierlijke mest)
- toegediende totale N
- N_{min} in het najaar van het voorgaande jaar
- grondwaterstand ten tijde van bemonstering
- GHG
- wortelingsdiepte
- Gt-groep en bodemgroep (beide conform Sturen Op Nitraat) en
- het voorkomen van veenlaagjes

Hiervan blijken bij de regressie-analyse de volgende variabelen een significante bijdrage te leveren: bodemgroep, voorkomen van veen, N_{min}, gewas, Gt-groep en een bemestingsvariabele. N-perceeloverschot, werkzame N en totale N-gift als 'bemestingsvariabele' alle drie ongeveer hetzelfde resultaat op. De verklaarde variantie komt dan uit op ruim 37 % met een voorspelfout van ongeveer 85 mg/l. Deze resultaten liggen in dezelfde lijn als de resultaten die zijn behaald met regressie-analyse binnen Sturen Op Nitraat (Burgers *et al.*, 2004). Met name de significantie van N_{min}, bodem, Gt en gewas en het voorkomen van veen is vergelijkbaar.

Correctie van de nitraatconcentraties door vermenigvuldiging met de verdunningsindex levert een kleine verslechtering op van het regressiemodel. Door van de nitraatconcentraties de logaritme te nemen of het kwadraat worden de verklaarde varianties verhoogd tot zo'n 40 %.

Voor punten met veenlaagjes in de bodem geldt volgens het regressiemodel dat de nitraatconcentratie gemiddeld 95 mg/l lager is dan voor de punten zonder veen. Het verschil in bodemgroep zit vooral in een behoorlijk verschil tussen de groep met veel organische stof in de bouwvoor (Z1) en de andere zandgronden. De hogere nitraatconcentratie voor de bodemgroep Z1 kan verklaard worden doordat bij dergelijke gronden veelal meer mineralisatie

optreedt. Als hier onvoldoende N-opname door het gewas tegenover staat, kan de uitspoeling daardoor hoger zijn dan op armere gronden. Het verschil tussen Z1 en Z2 is volgens de regressie-analyse maar liefst 57 mg/l. Binnen de gewasgroepen lijkt het erop dat met name de groentegewassen tot hogere nitraatconcentraties in het grondwater leiden. Het effect van de bemestingsvariabelen in het regressiemodel op de voorspelde nitraatconcentratie is bij 100 kg/ha extra werkzame N 19 mg/l, bij N-totaal 10 mg/l en bij N-overschot 13 mg/l. In een regressiemodel met alleen bodem- en Gt-groep, voorkomen van veen en Nmin is het effect van 100 kg/ha Nmin op de voorspelde nitraatconcentratie 25 mg/l.

3.4 Analyse voor Telen met toekomst op bedrijfsniveau

Voor de regressie-analyse op bedrijfsniveau (met bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie op basis van de Nitrameetwaarnemingen als responsvariabele) waren de volgende mogelijke verklarende variabelen beschikbaar:

- meetjaar
- toegediende totale N of werkzame N
- bedrijfsoverschot
- MINAS-overschot
- fractie van het bedrijfsareaal met Gt-groep 3 (GHG dieper dan 80 cm –mv.)
- fractie van het bedrijfsareaal met Gt-groep 2 (GHG tussen 40 en 80 cm –mv.) en
- fractie van het bedrijfsareaal met veenlaagjes in de bodem
- bedrijfsgemiddelde Nmin in het najaar

Deze lijst is niet dezelfde als in Paragraaf 3.2. Voor de analyse van de Koeien & Kansen-dataset waren ook fractie bouwland en intensiteit beschikbaar. Al eerder is opgemerkt dat uit het project Koeien & Kansen geen Nmin-waarnemingen beschikbaar waren.

Uit de regressie-analyse voor de Telen met toekomst-dataset op bedrijfsniveau komt naar voren dat een model voor de nitraatconcentratie met fractie van de meetpunten binnen het bedrijf met veenlaagjes en fractie van de meetpunten binnen het bedrijf met Gt-groep 2 en die met Gt-groep 3 als verklarende variabelen een verklaarde variantie geeft van 54%. (Overigens is de variabele 'fractie met Gt-groep 2' is niet significant en zonder deze variabele wordt de verklaarde variantie van het model slechts 2 % lager.) Een model met N-bedrijfsoverschot of N-aanvoer als extra variabelen scoort met 58,5 % slechts marginaal beter. Wordt in plaats van deze bemestingsvariabelen de werkzame N-aanvoer gebruikt dan ontstaat een wat hogere verklaarde variantie (64,4%). Het effect van deze 'bemestingsvariabelen' in het regressiemodel op de voorspelde nitraatconcentratie is resp. 20 mg/l per 100 kg/ha bedrijfsoverschot, 22 mg/l per 100 kg/ha totale N aanvoer, en 46 mg/l per 100 kg/ha werkzame N aanvoer. Als in plaats van de bemestingsvariabelen de bedrijfsgemiddelde Nmin wordt gebruikt in het regressiemodel, dan stijgt de verklaarde variantie naar 74,8 %. In dat model resulteert een verhoging van Nmin met 100 kg/ha in een nitraatconcentratie in het grondwater die 57 mg/l hoger is.

Het meetjaar en het MINAS-overschot spelen beide geen rol van betekenis voor het verklaren van de gemeten nitraatconcentraties.

3.5 GHG-grens voor uitspoelingsgevoeligheid

Velthof *et al.* (2004) beschrijven een analyse met de meetresultaten van de projecten Sturen op Nitraat, Telen met toekomst en Koeien & Kansen om de Gt-grens voor uitspoelingsgevoelige gronden te vinden. Het gaat daarbij om de beantwoording van de vraag bij welke grondwatertrap (Gt) of GHG de grens tussen uitspoelingsgevoelige en overige gronden kan worden getrokken. In deze paragraaf komt de regressie-analyse voor het identificeren van deze GHG-grens ('knip') voor de aparte datasets van Koeien & Kansen en Telen met toekomst aan de orde. Er is gezocht naar een andere indeling van Gt-groepen door binnen Gt-groep 2 (met GHG tussen 40 en 80 cm –mv.) te zoeken naar een duidelijke knip die de uitspoelingsgevoeligheid bepaalt. Als criterium is daarbij gehanteerd een zo groot mogelijk verschil tussen de nitraatconcentraties in de twee nieuwe Gt-groepen.

In de Koeien & Kansen-dataset is de gemiddelde nitraatconcentratie in de oorspronkelijke Gt-groepen 1, 2 en 3 respectievelijk 42, 74 en 67 mg/l (zie ook Tabel 1). Er is dus geen duidelijk verschil in nitraatconcentratie tussen de Gt-groepen 2 en 3. Toch hebben we ook hier naar een 'knip' gezocht. Voor een nieuwe indeling in twee Gt-groepen met een zo groot mogelijk verschil in nitraatconcentratie kan het beste de grens gelegd worden bij GHG = 50 cm –mv. De 'natte' groep heeft dan een gemiddelde nitraatconcentratie van 40 mg/l en de 'droge, uitspoelingsgevoelige' groep 73 mg/l. Het effect van Gt-groep, en dus ook van GHG en een nieuwe indeling met een knip, op de nitraatconcentraties is binnen deze dataset heel klein. Het is dus moeilijk om hieruit duidelijke conclusies te trekken.

In de Telen met toekomst-dataset is de gemiddelde nitraatconcentratie in Gt-groep 1, 2 en 3 respectievelijk 57, 99 en 178 mg/l. In deze dataset is het verschil tussen de Gt-groepen zoals van tevoren verwacht, namelijk het hoogst in de droogste Gt-groep en er is ook een duidelijk onderscheid in de niveaus van de nitraatconcentraties. Een nieuwe indeling in twee Gt-groepen met een zo groot mogelijk verschil in nitraatconcentratie wordt in deze dataset verkregen bij een GHG van 70 cm –mv. De punten met GHG < 70 cm hebben dan een gemiddelde nitraatconcentratie van 81 mg/l en de groep met GHG > 70 cm heeft een gemiddelde nitraatconcentratie van 171 mg/l. Als de knip zo wordt gekozen dat de nieuwe gemiddelde concentratie voor de natte gronden zo veel mogelijk lijkt op de gemiddelde concentratie van de oorspronkelijke Gt-groep 1 (GHG ondieper dan 40 cm –mv.), dan komt de knip bij GHG = 55 cm –mv. te liggen. De gemiddelde nitraatconcentratie voor gronden met GHG < 55 cm –mv. is dan 65 mg/l en voor de droge gronden is de gemiddelde concentratie dan 151 mg/l.

In de regressie-analyses zoals beschreven in de Paragrafen 3.1 t/m 3.4 zou ook gewerkt kunnen worden met deze nieuwe Gt-indelingen in twee groepen, ingedeeld met een knip bij GHG = 50 cm –mv. voor Koeien & Kansen en met een knip bij GHG = 70 cm –mv. voor Telen met toekomst. Deze nieuwe indeling is dan gebruikt in plaats van de indeling in drie Gt-groepen. De regressie-analyse voor de Koeien & Kansen-data levert slechtere resultaten op als met deze twee nieuwe Gt-groepen wordt gewerkt. Omdat Gt in die regressie-analyse toch al nauwelijks bijdroeg aan het resultaat, kan hier verder geen conclusie aan verbonden worden.

Voor de Telen met toekomst-data geldt dat een regressiemodel met de nieuwe indeling in twee Gt-groepen bijna even goed is als het model met drie groepen. Beide indelingen in Gt-groepen leveren een significante bijdrage aan de verklaring van de gemeten nitraatconcentraties. Dit impliceert dat voor het voorspellen van nitraatconcentraties in het grondwater net zo goed een indeling in twee Gt-groepen kan worden gebruikt (met GHG-grens is 70 cm –mv.) als een indeling in drie Gt-groepen (met GHG-grenzen bij 40 en 80 cm –mv.). Dit geldt in gelijke mate voor de analyses op puntniveau en bedrijfsniveau. Volgens het regressiemodel met twee Gt-groepen hebben gronden met een GHG dieper dan 70 cm –mv. een nitraatconcentratie die gemiddeld 59 mg/l hoger is dan locaties met GHG ondieper dan 70 cm –mv.

Conclusies

Deze studie had tot doel om antwoord te geven op de volgende drie vragen:

1. In hoeverre is het mogelijk om de nitraatconcentraties op puntniveau te voorspellen (middels regressie-analyse) uit bodem-, grondwatertrap- en gewasgegevens al dan niet in combinatie met minerale N in de bodem in het najaar, N-overschot of N-bemesting?
2. In hoeverre is het mogelijk om de nitraatconcentraties op bedrijfsniveau te voorspellen (middels regressie-analyse) waarbij bekend is welke gewassen en grondwatertrappen binnen dat bedrijf voorkomen en ook weer gecombineerd met informatie over N-overschotten en/of bedrijfsgemiddelde minerale N in het najaar?
3. Als er een relatie is met grondwatertrap, is het dan mogelijk om met deze gegevens aan te geven welke GHG-waarde de grens aangeeft tussen wel en niet uitspoelingsgevoelige zandgronden?

Ad 1.

Voor de dataset van Koeien & Kansen is het niet mogelijk gebleken om de nitraatconcentraties op puntniveau te voorspellen met behulp van de genoemde variabelen. Voor de Telen met toekomst-data geldt dat een regressie-model met bodem- en Gt-groep, voorkomen van veenlaagjes in de bodem, Nmineraal in de bodem in het najaar, gewas en bemesting als verklarende variabelen in staat is om de nitraatconcentraties in zomer/najaar op puntniveau te voorspellen met een verklaarde variantie van ruim 37 %.

Ad 2.

Voor de Koeien & Kansen-gegevens op bedrijfsniveau is wel een acceptabele regressievergelijking verkregen. Met meetjaar, N-overschot op de bodembalans en de fractie van het bedrijfsareaal met Gt-groep 3 als verklarende variabelen is een voorspelling van de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie mogelijk met een verklaarde variantie van bijna 43 %. De analyse met de gegevens op bedrijfsniveau uit Telen met toekomst komt uit op een verklaarde variantie van bijna 75 % met als verklarende variabelen in het model: fractie van het bedrijfsareaal met veenlaagjes in de bodem, fractie van het bedrijfsareaal met Gt-groep 2 en Gt-groep 3 en bedrijfsgemiddelde Nmin in de bodem. Het is dus mogelijk om de nitraatconcentraties op bedrijfsniveau te voorspellen. De resultaten van de regressie-analyses zijn echter nog zo verschillend dat niet op voorhand duidelijk is welke gegevens er het meest toe doen. Informatie over bodem en grondwater, Nmin en bemesting komt het duidelijkst naar voren.

Ad 3.

De grens tussen wel en niet uitspoelingsgevoelige gronden is niet eenduidig bij één GHG-waarde te leggen. De gegevens uit Koeien & Kansen leveren een grenswaarde van GHG = 50 cm –mv. op en de Telen met toekomst-gegevens wijzen op een grens bij GHG = 70 cm –mv. Omdat de vraag is gesteld of er een grenswaarde te vinden is binnen Gt VI (met GHG tussen 40 en 80 cm –mv.) kan wel worden geconcludeerd dat deze grens daadwerkelijk tussen 40 en 80 cm –mv. lijkt te liggen. Gronden met GHG dieper dan 70 cm –mv. horen duidelijk wel bij de uitspoelingsgevoelige gronden en gronden met een GHG ondieper dan 50 cm –mv. duidelijk niet. Daartussen is de uitspoelingsgevoeligheid in ieder geval mede afhankelijk van bodemgesteldheid, bodemgebruik of gewas en weersomstandigheden.

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, 2004.

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. Rapport 866. Reeks Sturen Op Nitraat 9.

Velthof, G.L., F. Brouwer, A. Smit & M.J.D. Hack-ten Broeke, 2004.

Bodem- en Gt-kartering in Koeien & Kansen, Telen met toekomst en Sturen op Nitraat. In: Velthof, G.L. Achtergronddocument bij enkele vragen van de evaluatie Meststoffenwet 2004. Wageningen, Alterra. Alterra-rapport 730.2