



Eindrapportage van de milieuresultaten behaald in de Nitraatprojecten (1999-2003)

Deel I. Synthese en conclusies

H.F.M. ten Berge & M.J.D. Hack-ten Broeke



Rapport 75A



Eindrapportage van de milieuresultaten behaald in de Nitraatprojecten (1999-2003)

Deel I. Synthese en conclusies

H.F.M. ten Berge & M.J.D. Hack-ten Broeke

© 2004 Wageningen, Plant Research International B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Plant Research International B.V.

Exemplaren van dit rapport kunnen bij de (eerste) auteur worden besteld. Bij toezending wordt een factuur toegevoegd; de kosten (incl. verzend- en administratiekosten) bedragen € 50 per exemplaar.

Plant Research International B.V.

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317 - 47 70 00
Fax : 0317 - 41 80 94
E-mail : post.plant@wur.nl
Internet : <http://www.plant.wur.nl>

Inhoudsopgave

	pagina
Samenvatting	1
1. Inleiding	3
2. Resultaten	5
2.1 MINAS-overschotten en realisatie van de MINAS-verliesnormen	5
2.1.1 MINAS-overschotten en realisatie van de MINAS-verliesnormen in de melkveehouderij	5
2.1.2 MINAS-overschotten en realisatie van de MINAS-verliesnormen in de open teelten	10
2.2 Werkelijke stikstof- en fosfaatoverschotten op de bedrijfsbalans	13
2.2.1 Werkelijke stikstof- en fosfaatoverschotten op de bedrijfsbalans in de melkveehouderij	13
2.2.2 Werkelijke stikstof- en fosfaatoverschotten op de bedrijfsbalans in de open teelten	15
2.3 Stikstof- en fosfaataanvoer op de bedrijfs- en/of bodembalans	18
2.3.1 Stikstof- en fosfaataanvoer in de melkveehouderij	18
2.3.2 Stikstof- en fosfaataanvoer in de open teelten	19
2.4 Nitraatconcentratie in het bovenste grondwater	20
2.4.1 Nitraatconcentratie in het bovenste grondwater in de melkveehouderij	20
2.4.2 Nitraatconcentratie in het bovenste grondwater in de open teelten	22
2.4.3 Nitraatconcentratie onder natuurgebieden	23
2.5 Relaties tussen indicatoren en de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater, en haalbaarheid van 50 mg/l	24
2.5.1 Relaties tussen indicatoren en de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater, en haalbaarheid van 50 mg/l in de melkveehouderij	24
2.5.2 Relaties tussen indicatoren en de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater, en haalbaarheid van 50 mg/l in de open teelten	31
2.5.3 Uitspoelingsgevoeligheid van lössgronden versus 'droge zandgronden'	35
2.5.4 Suggesties voor toepassing van de hoeveelheid residuaire nitraatstikstof in de bodem in het najaar als beleidsinstrument	36
3. Conclusies	39
3.1 MINAS en melkveehouderij: overschotten en haalbaarheid van verliesnormen	39
3.2 MINAS en open teelten: overschotten en haalbaarheid van verliesnormen	40
3.3 Nitraat in de melkveehouderij: werkelijke niveaus en haalbaarheid van 50 mg/l, en relaties tussen indicatoren en nitraatconcentratie	42
3.4 Nitraat in de open teelten: werkelijke niveaus en haalbaarheid van 50 mg/l, en relaties tussen indicatoren en nitraatconcentratie	44
3.5 Indicatoren voor nitraat	45
3.6 Nitraat in het lössgebied	46
Referenties	47
Bijlage I. Nitraat in cijfers	3 pp.

Samenvatting

De milieuresultaten uit de Nitraatprojecten vertonen een grote variatie – en soms zelfs tegenstellingen - tussen projecten, meetjaren, bedrijven, gewassen en bodemtypen. Toch levert de omvangrijke dataset uit deze projecten voldoende ondersteuning voor de volgende conclusies, weliswaar met het grote aantal kanttekeningen verwoord in de conclusies-sectie van dit rapport.

De MINAS-verliesnormen voor stikstof en fosfaat zijn technisch en economisch haalbaar zowel voor melkveehouders als akkerbouwers en groententelers en andere open-teeltsectoren. Bij een goede bedrijfsvoering leiden de normen niet of nauwelijks tot opbrengstderving of extra kosten. Een jaarlijkse aanpassing van de stikstofverliesnorm met 20-35 kg/ha bleek haalbaar over de periode 1999-2002. Voor kanttekeningen zie conclusies 1 t/m 16.

Het werkelijk stikstofoverschot ligt in de melkveehouderij 60 tot 80 kg/ha hoger dan het stikstofoverschot volgens MINAS. Dit wordt veroorzaakt door de 'diercorrectie', en de vrijstelling voor ammoniakdepositie en eventuele stikstofbinding door witte klaver. Ook in de open teelten zijn de werkelijke stikstofoverschotten vaak veel hoger dan de overschotten op de MINAS-balans. Dat komt ook hier door de vrijstelling voor ammoniakdepositie, en door het afvoerforfait dat met 165 kg/ha (en 205 kg/ha in geval van dubbelteelten) voor een aantal subsectoren veel hoger is dan de werkelijke afvoer; in bollen- en boomteelt speelt ook de aanvoer van stikstof in vrijgestelde producten een rol. De werkelijke fosfaatoverschotten liggen in de melkveehouderij tot 10 kg/ha hoger dan de verliesnorm van 20 kg/ha. Dit is mogelijk door de MINAS-vrije aanvoer van kunstmestfosfaat. In de open teelten overschrijdt het werkelijk fosfaatoverschot de verliesnorm met vaak enkele tientallen kg/ha, afhankelijk van de subsector. Overschrijdingen met 30 tot 60 kg komen voor in de groenten- en bollenteelt, en zijn binnen MINAS mogelijk door de vrijstelling van kunstmestfosfaat en het hoge afvoerforfait van 65 kg/ha. Zie conclusies 3b, 5, 10, en 13-16.

De MINAS-verliesnormen zijn voor de zandgronden te hoog om met redelijke zekerheid een nitraatconcentratie beneden 50 mg/l in het bovenste grondwater te garanderen. Dit geldt voor alle sectoren. Projecten met intensieve nitraatmonitoring geven indicaties voor de benodigde aanscherping: een verlaging met 50 tot 70 kg N/ha voor de melkveehouderij en met (veel) meer dan 100 kg N/ha voor de open teelten. Deze waarden zijn verkregen door regressie op basis van metingen in bedrijven op zand, met vaak een deel van het bedrijfsareaal in Gt-VII of VIII. Proefbedrijven die een grote onderschrijding van de MINAS-verliesnorm realiseerden (Aver Heino; De Marke –80 kg N/ha; Vredepeel akkerbouw –75 kg N/ha; Meterik groenten –100 kg N/ha; Meterik bomen –80 tot –165 kg N/ha), bevestigen deze noodzaak tot drastische verlaging van de toegelaten N-overschotten. Waar enkele proefbedrijven op die wijze nitraatwaarden rond 50 mg/l realiseerden, bleven de meeste daar nog ver boven. De cijfers hebben betrekking op de huidige status van de bodems. Er is onderzoek nodig om nitraat-emissie vanuit opgebouwde organische-stikstofvoorraden in de bodem en uit depositie te kwantificeren, teneinde het effect van verliesnormen op langere termijn vast te kunnen stellen, maar ook om door gericht bodembeheer de verliezen op termijn te kunnen reduceren. Voor kanttekeningen zie conclusies 17 t/m 34.

De grens tussen niet- en wel-uitspoelingsgevoelige gronden is voor grasland niet overtuigend vast te stellen, maar ligt waarschijnlijk bij een gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) van 40 à 50 cm –mv. Deze grens was vaak niet significant en de nitraatconcentratie verschilde tussen aldus gedefinieerde 'natte' en 'droge' groepen slechts circa 20 mg/l. Voor bouwland in melkveehouderijbedrijven lag de grens bij GHG: 40 tot 60 cm –mv, afhankelijk van de dataset. Het verschil tussen 'natte' en 'droge' groepen was daar veel groter en bedroeg steeds circa 50 mg/l. Voor de open teelten (de zandbedrijven in Telen met toekomst) werd vastgesteld dat gronden met GHG > 70 cm –mv als uitspoelingsgevoelig beschouwd moeten worden, en gronden met GHG < 55 cm –mv als niet-uitspoelingsgevoelig. Over beide grenzen (GHG resp. 55 of 70 cm – mv) werd een groot nitraatcontrast van circa 90 mg/l gevonden. Zie conclusies 24, 25, 30 en 32.

Waar de hoeveelheid minerale stikstof in de bodem in het njaar (Nmin) bepaald werd, bleek deze variabele steeds een betere indicator voor de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater (in het daaropvolgende voorjaar) dan enige andere variabele. Voor alle bouwlandgewassen speelt daarnaast bodem- en Gt-informatie een belangrijke rol.

Voor de zandbedrijven in Koeien & Kansen toonden het werkelijk bedrijfsoverschot, het N-overschot op de bedrijfsbodembalans, alsook de totale N-aanvoer op de bodembalans een duidelijk verband met de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie. Zie conclusies 35-38.

In de intensieve sectoren op zand zijn drastische ingrepen in de bedrijfsvoering nodig om de nitraatuitspoeling in voldoende mate te reduceren. Gerichte maatregelen kunnen daarbij effectief zijn. Waar maatregelen echter niet gepaard gaan met een reductie van het overschot op de totale stikstofbalans, moet er rekening mee gehouden worden dat ze de emissieroute verleggen (naar gasvormige verliezen) danwel de opslag van organisch-gebonden stikstof in de bodem tijdelijk verhogen, waardoor nitraatuitspoeling mogelijk wordt uitgesteld in plaats van vermeden.

1. Inleiding

Met dit rapport wordt beoogd de milieu-resultaten samen te vatten die behaald zijn in de projecten welke in de periode 1999-2003 in Nederland zijn uitgevoerd in het kader van het Actieplan Nitraatprojecten, en die hier kortweg worden aangeduid als 'de Nitraatprojecten'. Deze synthesestudie maakt deel uit van zowel de Evaluatie Actieplan Nitraatprojecten, alsook van de Evaluatie Meststoffenwet 2004, en bestaat uit twee delen. Het voorliggende Deel I brengt de belangrijkste milieuresultaten uit de Nitraatprojecten samen. Daarbij is gepoogd om overeenkomsten en verschillen te benoemen. Dit deel bevat ook een opsomming van de belangrijkste conclusies uit de projecten. Deel II omvat een serie hoofdstukken, waarin telkens per nitraatproject de milieuresultaten behandeld worden. Die hoofdstukken zijn opgesteld door de projectleiders of andere direct betrokkenen in de respectievelijke projecten, en vormen het basismateriaal waaruit dit Deel I is 'gedistilleerd'.

Onder milieu-resultaten wordt verstaan: de waargenomen (reducties in) overschotten van stikstof (N) en fosfaat (P_2O_5) op de MINAS-balans en op de werkelijke bedrijfs- en bodembalans van deelnemende bedrijven, mestgiften, residuaire minerale stikstof in het bodemprofiel, en de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater. Tabel 1 geeft een overzicht van de projecten die in het kader van dit rapport zijn beschouwd.

Tabel 1. In deze studie beschouwde projecten.

<u>Regionale projecten</u>	<u>Voorloperbedrijven</u>
Stikstof op Scherp (SOS)	Koeien & Kansen
NIMF	Bioveem I, II
PANFA	Telen met toekomst
Mergelland	
Vel & Vanla	
<u>Proefbedrijven</u>	<u>Proefbedrijven in Telen met toekomst</u>
De Marke	Vredepeel
Aver Heino	Meterik-groenten
Lovinkhoeve	Meterik-boom
Wijnandsrade	Bollen De Noord
<u>Praktijkbedrijven</u>	<u>Indicatoren-onderzoek</u>
Praktijkcijfers 2	Sturen op Nitraat
	<u>Modelverkenningen</u>
	Synthetische modelbedrijven uit onderzoeksprogramma DWK-398

De zgn. Regionale Nitraatprojecten (zie Tabel 1) vormen elk een groep van bedrijven waar gedurende enkele jaren de nadruk lag op beperking van het mineralengebruik, verhoging van de mineralenbenutting, en daarmee op verlaging van de mineralenoverschotten. Deze groep van projecten heeft (voor deze rapportage) als belangrijkste resultaat de behaalde reducties van N en P overschotten opgeleverd, en de mate waarin deelnemers erin geslaagd zijn aan de MINAS-verliesnormen te voldoen. De resultaten worden weergegeven in Deel II-Sectie II.

Ook de 'voorloperprojecten' Koeien & Kansen (melkveehouderij) en Telen met toekomst (open teelten) hadden ten doel de overschotten te reduceren, en leverden inzicht in de haalbaarheid van de MINAS-verliesnormen (Deel II-Sectie IV). Terwijl in de regionale projecten de daadwerkelijke nitraatuitspoeling meestal niet gemeten werd (behoudens binnen enkele subgroepen), waren de bedrijven in de voorloperprojecten opgenomen in het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM), en werd daar dus jaarlijks door het RIVM de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater vastgesteld, op basis van een bemonstering van 48 locaties per bedrijf in zomer of najaar.

Uit de verzamelde data kunnen relaties tussen mineralenbeheer (bemestingsniveau, dierlijke-mestgift, kunstmestgift, N- en P-overschot) en nitraatuitspoeling worden vastgesteld, teneinde de doelmatigheid van de MINAS-verliesnormen - en van nog voor te stellen toedieningsnormen - te kunnen beoordelen. De projecten Koeien & Kansen en Telen met toekomst leverden daartoe geschikte datasets van bedrijfsgemiddelden. Daarnaast vormden deze projecten, samen met Bioveem (biologische melkveehouderij) en enkele proefbedrijven, het substraat voor het project Sturen op Nitraat, waarin een meer gedetailleerde studie werd uitgevoerd naar de invloed van een groot aantal plaats- en tijdgebonden factoren (bodem, gewas, grondwatertrap, weersvariabelen) op de relatie tussen mineralenbeheer en nitraatuitspoeling. Als 'tussenstation' tussen overschot en uitspoeling werd in Sturen op Nitraat veel aandacht besteed aan N_{min}, de hoeveelheid minerale stikstof in de bodem in de herfst. Ook in een aantal praktijkbedrijven binnen de regionale projecten NIMF en SOS werden N_{min}-metingen verricht (Deel II-Sectie II). De samenhang tussen al deze grootheden wordt belicht in Deel II-Sectie IV, en in deze synthese.

In de zomer van 2003 werd bepaald dat het ten behoeve van deze rapportage wenselijk zou zijn om voor alle RIVM-boorpunten gelegen op zandgrond op de bedrijven binnen de projecten Koeien & Kansen en Telen met toekomst een bodemprofielbeschrijving te maken en dus ook de grondwatertrap vast te stellen, teneinde de interpretatie van nitraatconcentraties te kunnen verbeteren. Daartoe werd in oktober een bodemkundige kartering uitgevoerd van die 48 RIVM-boorpunten op 25 bedrijven in deze voorloperprojecten. Tevens werd voor alle nitraatwaarnemingen op zandgrond in deze twee projecten door het RIVM een weerjaarscorrectie (resultierend in de zogenaamde verdunningsindex) uitgerekend, waarna een volledig nieuwe analyse van alle verzamelde nitraatgegevens is uitgevoerd. De resultaten van deze studie staan vermeld in Deel II-Sectie V.

Ter aanvulling op de rechtstreekse analyse van het materiaal bijeengebracht vanuit de Nitraatprojecten, is in deze bundel ook een studie opgenomen (Deel II-Sectie VI) waarin de berekende effecten van normering van het mineralengebruik op zgn. modelbedrijven worden gepresenteerd. Daarmee ontstaat een breder kader voor de beoordeling van voorgestelde normen.

Ook proefbedrijven vervullen een belangrijke rol bij het stellen van een breder beoordelingskader. Van de proefbedrijven behandeld in dit rapport behoort alleen De Marke tot de Nitraatprojecten *sensu stricto*. Daarnaast werd op de bedrijven Aver Heino, Wijnandsrade en de Lovinkhoeve al geruime tijd aandacht besteed aan een efficiënte mineralenhuishouding en relevant materiaal uit deze bedrijven werd daarom ter aanvulling in dit rapport gebruikt (Deel II-Sectie III). Het voordeel van deze proefbedrijven is dat ze soms lange tijdreeksen van éénzelfde locatie opleveren, of dat ze de effecten te zien geven van zeer drastische ingrepen in het mineralengebruik, zoals die op praktijkbedrijven moeilijk gerealiseerd kunnen worden. Naast genoemde proefbedrijven wordt hier ook materiaal aangereikt vanuit de zgn. 'kernbedrijven' in Telen met toekomst (Vredepeel, Meterik, De Noord), dat belicht wordt in het hoofdstuk over Telen met toekomst in Deel II-Sectie IV.

In deze synthese wordt een samenvatting gepresenteerd van de behaalde resultaten. Achtereenvolgens worden de onderstaande aspecten behandeld, als een dwarsdoorsnede door de resultaten behaald in genoemde projecten.

- MINAS-overschotten en realisatie van de MINAS-verliesnormen (Par. 2.1)
- Werkelijke stikstof- en fosfaatoverschotten op de bedrijfsbalans (Par. 2.2)
- Stikstof- en fosfaataanvoer op de bedrijfs- en bodembalans (Par. 2.3)
- Nitraatconcentratie in het bovenste grondwater (Par. 2.4)
- Relaties tussen indicatoren en nitraat in grondwater, en haalbaarheid van 50 mg/l (Par. 2.5)
- Conclusies (Par. 3)

De resultaten voor respectievelijk de melkveehouderij en de open-teeltsystemen worden steeds gescheiden gepresenteerd.

2. Resultaten

Ter documentatie bij onderstaande paragrafen is een aantal kengetallen uit de regionale projecten samengevat in Tabel 2.

2.1 MINAS-overschotten en realisatie van de MINAS-verliesnormen

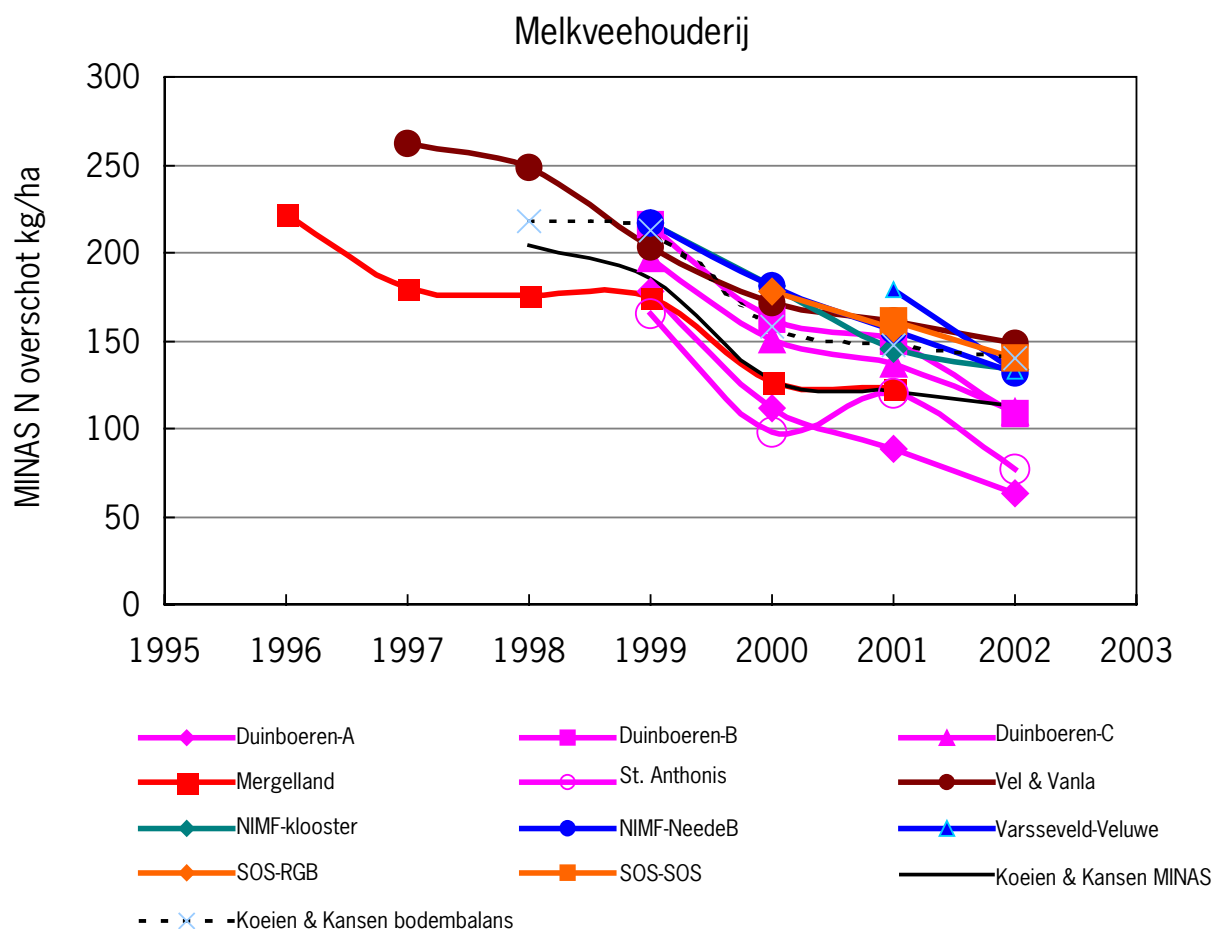
Waar in deze studie de MINAS-verliesnormen ter sprake zijn, betreft het steeds de normen die ten tijde van de Nitraatprojecten als 'eindnormen' of '2003-normen' werden aangeduid. Voor grasland: 180 kg stikstof per ha op niet-uitspoelingsgevoelige gronden, en 140 kg stikstof per ha op uitspoelingsgevoelige gronden. Voor bouwland 100 kg stikstof per ha op niet-uitspoelingsgevoelige gronden en 60 kg stikstof per ha op uitspoelingsgevoelige gronden. Voor fosfaat: 20 kg per ha voor grasland zowel als bouwland, en op alle gronden. Deze verliesnormen werden gehanteerd in combinatie met forfaitaire afvoeren van 165 kg N/ha en 65 kg fosfaat/ha in de open teelten. Bij de vermelde MINAS N-overschotten en verliesnormen voor de melkveehouderij is in dit rapport de zgn. 'diercorrectie' steeds als afvoerpost beschouwd.

2.1.1 MINAS-overschotten en realisatie van de MINAS-verliesnormen in de melkveehouderij

Realisatie van MINAS-normen in regionale projecten en Praktijkcijfers-2

In Praktijkcijfers-2 werd een fraaie jaarlijkse stijging genoteerd van het aantal bedrijven dat de MINAS N-normen haalde. Werd in 2000 genoteerd dat circa 25% van de bedrijven de N-normen haalde, in 2001 steeg dit naar 35% en in 2002 naar 54%. Gemiddeld voldeed de melkveehouderij in Praktijkcijfers-2 in 2002 net aan de MINAS-verliesnorm voor N. Het MINAS N-overschot daalde van 266 kg/ha (in 1997) naar 179 kg/ha (in 2002). Dit kwam vooral door vermindering van het kunstmestgebruik op grasland, dat in 1997 nog 289 kg/ha bedroeg en in 2002 nog maar 163 kg/ha. De verliesnorm voor fosfaat werd in 2002 door 70% van de deelnemers gehaald; het gemiddeld fosfaatoverschot bedroeg toen 31 kg/ha (Beldman *et al.*, 2003).

De meeste van de regionale Nitraatprojecten waren gericht op de melkveehouderij en leveren op het punt van MINAS-realisatie veel informatie. De mate waarin de MINAS-verliesnormen werden gerealiseerd in de onderscheiden projecten is samengevat in Tabel 2. Binnen PANFA werd in het St. Anthonis gebied bij de groep 'snel' (intensief begeleid) 74% genoteerd. Bij de Duinboeren in PANFA bleek het percentage dat de N-normen haalde afhankelijk van het niveau van begeleiding: 100% (groep A), 90% (groep B) en 59% (groep C). In NIMF, SOS en Vel & Vanla lagen de slagingspercentages m.b.t. de N-norm tussen 65% en 77%. In Mergelland haalden minder bedrijven de norm: slechts 44%, waarbij aangetekend wordt dat dit cijfer weer geldt (zoals bij open teelten gemeld) voor de totale groep deelnemers (alle sectoren), en voor het jaar 2001 terwijl de overige projecten over 2002 rapporteerden. De daling van de MINAS N-overschotten over de projectjaren is weergegeven in Figuur 1 (zie ook Tabel 2). De verschillende projecten laten dalingen van 20 tot 35 kg N/ha per jaar zien. Uit de figuur blijkt dat enkele groepen, vooral in PANFA, hun MINAS N-overschotten reduceerden tot lage niveaus van circa 75 kg/ha of minder. In NIMF en Vel & Vanla lagen de eindwaarden hoger, tussen 130 en 150 kg/ha. Hierbij moet bedacht worden dat zowel de fractie van het areaal 'uitspoelingsgevoelig' als de fractie bouwlandareaal alsook de 'diercorrectie' verschilden tussen (deel)projecten, zoals te zien is aan de projectgemiddelde verliesnormen.



Figuur 1. Verloop van het projectgemiddeld MINAS N-overschot in verschillende deelprojecten van de regionale Nitraatprojecten, en in Koeien & Kansen.

De fosfaat-verliesnormen werden gehaald in 70-90% van de melkveebedrijven in NIMF, SOS en Vel & Vanla; de slagingspercentages lagen lager in PANFA en Mergelland: 60-65%. Het gemiddeld fosfaatoverschot volgens MINAS lag voor de onderscheiden deelprojecten tussen 10 en 18 kg/ha (Tabel 2).

Cijfers over de aanvoer van stikstof en fosfaat in de regionale projecten, en over het gebruik van kunstmest, worden vermeld in Par. 2.3.

Realisatie van MINAS-verliesnormen in Koeien & Kansen

In balansjaar 2001 voldeden 13 (76%) en in 2002 15 (88%) van de 17 deelnemende bedrijven aan de MINAS-verliesnorm voor stikstof. Deze norm was in 2002 gemiddeld 150 kg/ha (over alle bedrijven), met waarden tussen 110 en 156 kg/ha voor de zandbedrijven, en tussen 150 en 180 kg/ha voor de overige bedrijven. De onderschrijding was gemiddeld 27 kg/ha (2001) en 37 kg/ha (2002). Er waren echter bedrijven die forse onderschrijdingen van 100 kg of meer realiseerden.

Aan de MINAS-verliesnorm voor fosfaat voldeden in 2002 14 van de 17 bedrijven (gecorrigeerd voor voorraadswijziging). Het gemiddeld fosfaatoverschot volgens MINAS was 9.5 kg/ha, een onderschrijding van de norm met ruim 10 kg fosfaat/ha.

Tabel 2. Kenmerken en resultaten van de vijf regionale Nitraatprojecten.

	PANFA	NIMF	SOS	Vel & Vanla	Mergelland
Provincie	Noord-Brabant	Gelderland	Overijssel	Friesland	Limburg
Evt. deelprojecten	St. Anthonis (StA); Duinboeren (Duin) (A, B, C)	Verbredingsproject Nitraat op droge zandgronden; Nitraatmonitoring 't Klooster	Resultaat gerichte Begeleiding (RGB) MINAS Stikstof op Scherp (SOS)	VEL VANLA	Resultaat beloning en Bonus Malus Groen perspectief Voor wat hoort wat
Startjaar	1999/2000	1999	2000 (RGB)	1998 (mineralen)	1996
Eindjaar	2003	2002	2002 (SOS)	2003	2001
Aantal bedrijven	StA. ca 80 Duin:72 (1999) tot 53 (2002)	Klooster 11 Neede-Borculo 24 Varsseveld-Veluwe 20	101	60	92 (1999) 122 (2000) 126 (2001)
Aantal bedrijven rvh/akk rvh: rundveehouderij akk: akkerbouw	In 2002: StA. snel 29/14 StA. breed 33/4 Duin A: 11/0 Duin B: 19/0 Duin C: 17/6	Klooster 11/0 Neede-B. 24/0 Varsseveld-Vel.20/0	Ca 200 rvh (RGB) Ca 85 rvh (SOS) 8 varkensbedrijven (waarvan in deze tabel geen data opgenomen)	60/0	69/23 (1999) 71/51 (2000) 32/42 (2001) in 2001 ook nog 52 gemengde bedrijven
Intensiteit in eindjaar (rvh)	Duin 12657	12700-13600 kg/ha	12200 kg/ha	11500 kg/ha	11-12000 (schatting bij 2.0 GVE/ha)
N-verliesnorm ¹ MINAS-2003	147 kg/ha	152-155 kg/ha	157 kg/ha	176 kg/ha (indien 0% uitspoelingsgevoelig)	120 kg/ha (melkveehouderij)
% voldoet aan ^{1,3} N-verliesnorm MINAS-2003	StA rvh snel 74% StA akk snel 93% (zie opm.) Duin: 100% (A), 90% (B), 59% (C rvh + akk);	In 2002 65%	68% in 2002 (nieuwe 2003 norm)	77%	44% in 2001
% voldoet aan fosfaat-verliesnorm 20 kg P ₂ O ₅	StA akk snel 36% Duin 64% (A), 58% (B), 65% (C rvh)	In 2002 69% ex kunstmest 50% incl kunstmest	in 2002 91% ex kunstmest	79%	60% in 2001

Tabel 2. (vervolg).

	PANFA	NIMF	SOS	Vel & Vanla	Mergelland
Provincie	Noord-Brabant	Gelderland	Overijssel	Friesland	Limburg
Gemiddeld MINAS N-overschot ² start-eind kg/ha	StA rvh snel 165-77 StA akk snel 107-52 Duin A rvh: 178-63 Duin B rvh: 216-108 Duin C rvh: 197-109 Duin C akk: 58 (2000)-90 (2002)	1999-2002 Klooster: 217 – 134 Neede B: 217 – 132 Varsseveld-Vel.: 179 in 2001 en 133 in 2002	205 (RGB,1999) tot 140 (SOS,2002)	1998-2002 263-148	rvh 222 (1996) 123 (2001) (afgeleid uit gerapporteerde bruto overschotten), gemiddelden akkerbouw 67 in 2001; gemengd bedrijf 106 in 2001
Gemiddeld P ₂ O ₅ overschot Eind, kg/ha	StA, rvh snel 20(in km)/15(ex km) StA, akk snel 25 Duin A: 10 Duin B: 18 Duin C: rvh: 13 Duin C: akk: 60	2002, in/ex km 20/10 Klooster 22/13 Neede B 25/13 Varsse-Vel	28/11 (in/ex km)	26/13 (in/ex km)	Niet gerapporteed
Nitraat (mg/l)	StA, waterintrek, = 'Sturen op Nitraat regionaal' medianen: 2002: 138 mg/l 2003: 151 mg/l Duin A, RVM-bedrijfswaarden; gemeten in februari, na weerscorrectie: 2001: 30-120 mg/l 2002: 18-100 mg/l 2003: 17-110 mg/l	Alleen Klooster Gebiedsgemiddelden in mg/l (metingen KIWA): 1989 & 1993: 150-160 2000-2002: 90-110; bouwland in 2002 gemiddeld 123 mg/l en grasland 79 mg/l; 'Sturen op Nitraat regionaal' medianen: 2002: 99 mg/l 2003: 120 mg/l Nmin-studie met SOS	Niet gerapporteed Wei Nmin-studie met NIMF	5 bedrijven à 4 percelen, 'bedrijfs-waarden in 2003: 10-51 mg/l.	'Sturen op Nitraat regionaal medianen 2002: 74 mg/l 2003: 57 mg/l
Opmerking	St. A. areaal Gt VII-VIII onbekend	30% bedrijven die fosfaatnorm niet haalden hebben vaak neventak varkens (vnl. Gelderland)			In 2001 voldoet rvh gemidd. aan verliesnorm; gemengde systemen nog niet. GVE/ha afgenomen van 2.4 naar 2.0 door areaalvergroting

¹ Verliesnorm gemiddeld over alle deelnemende bedrijven; na aftrek van 'tjercorrectie'. Bedoeld wordt de set normen die tijdens de nitraatprojecten als eindnormen werden beschouwd. Zie Par. 2.1.

² N-overschot na aftrek van 'tjercorrectie'.

³ Uiteraard liggen de slagingspercentages wat hoger wanneer de later ingevoerde 'nieuwe-2003' verliesnormen als criterium genomen worden.

Haalbaarheid van MINAS-verliesnormen in de melkveehouderij

In het project Praktijkcijfers-2 werd geconstateerd dat de MINAS-verliesnormen voor melkveehouders realiseerbaar zijn, behalve bij hoge intensiteit en/of op uitspoelingsgevoelige grond. Resultaten uit Koeien & Kansen en De Marke bieden de mogelijkheid dit verder te specificeren. Op De Marke, met vrijwel 100% van het areaal aangemerkt als uitspoelingsgevoelige grond, geldt een MINAS N-verliesnorm van 121 kg/ha. In de jaren 1999-2002 nam het N-overschot op de MINAS-balans gestaag af van 115 (1999) tot 37 (2002) kg/ha. Een onderschrijding dus van momenteel 84 kg/ha. Maatregelen tot aanscherping in deze periode waren o.a. verlaging van de kunstmestgift, en beperking van de beweidingduur. Hier moet benadrukt worden dat de intensiteit op De Marke met 12000 kg melk per ha laag is vergeleken met Koeien & Kansen, waar in 2002 een gemiddelde van 14936 kg/ha werd genoteerd. Zeven van die bedrijven hadden een productie van meer dan 15000 kg/ha, en vijf daarvan zelfs meer dan 19000 kg/ha. Vier van deze vijf bedrijven haalden de MINAS N-normen, en drie voldeden ook aan de MINAS P-norm. De haalbaarheid van verliesnormen voor de melkveehouderij moet steeds bij een veronderstelde intensiteit beschouwd worden, omdat het halen van de normen bij stijgende intensiteit steeds moeilijker wordt. Dat blijkt ook uit de dalingen in melkproductie per ha die vanuit verschillende regionale projecten gerapporteerd werden (zie afzonderlijke projecthoofdstukken, Deel II) en die vaak gerealiseerd werden door grondaankoop. Ter vergelijking met bovengenoemde cijfers uit Koeien & Kansen hierbij de gemiddelde productieniveaus in enkele regionale projecten (steeds laatste projectjaar): 11500 (Vel & Vanla), 12200 (SOS), 12700-13600 (NIMF), en 12650 (Duinboeren in PANFA). In Praktijkcijfers-2 bedroeg de gemiddelde melkproductie 14357 kg/ha in 2002; voor de 91 bedrijven uit dat project die ook al deelnamen in Praktijkcijfers-1 was dat in 13762 kg/ha (in 2002). De samenhang tussen intensiteit, overschot en nitraatmissie wordt verder belicht in Par. 2.5.

Bij beoordeling van haalbaarheid gaat het om de uitvoerbaarheid van maatregelen die genomen moeten worden, en om de kosten van die maatregelen. In Deel II (Sectie VI) worden rekenresultaten gepresenteerd voor modelbedrijven in de melkveehouderij. Om binnen de MINAS-verliesnormen te passen moeten alle doorgerekende bedrijfstypen, afgezien van extensieve bedrijven op veen en natte zandgronden, wel maatregelen nemen om de nutriëntenbenutting te verhogen teneinde binnen de MINAS-grenzen te blijven. Maatregelen zijn het aanhouden van minder jongvee, vanggewassen na maïs, verminderen van de N-gift, verhogen van de melkproductie per koe, verminderen van beweiding, en het verlagen van P-gehalte in krachtvoer, en gebruik van gras/klaver (dit laatste levert niet noodzakelijk verhoogde N-benutting). Al deze maatregelen zijn relatief goedkoop. Uit de berekeningen blijkt dat kleine afwijkingen van 'goede landbouwpraktijk' zich snel vertalen naar te hoge MINAS-overschotten. Het is niet eenvoudig is om bij hoge intensiteit aan de normen te blijven voldoen. Een dure maatregel is mestafvoer. Uit de berekeningen zou blijken dat het, om in geoptimaliseerde systemen aan de MINAS-verliesnormen te voldoen, niet nodig is mest af te voeren bij een productie-intensiteit van 19500 kg melk/ha op niet-uitspoelingsgevoelige gronden, ook niet vanuit het oogpunt van de fosfaat-balans. Op uitspoelingsgevoelige grond is bij 13500 kg/ha nog geen mestafvoer nodig, wel bij 19500 kg/ha. Ook de Koeien & Kansen-bedrijven laten zien dat de mestafvoer onder MINAS-verliesnormen nul of zeer beperkt is, ook bij de genoemde gemiddelde intensiteit van bijna 15000 kg melk/ha. Bij een gemiddelde mestafvoer van circa 4 kg fosfaat/ha (2002) haalde die populatie een fosfaatoverschot van gemiddeld 17.5 kg/ha, na correctie voor eventuele voorraadswijzigingen. Dit overschot is inclusief kunstmestfosfaat, waarvan de aanvoer gemiddeld 8 kg/ha bedroeg. Het gemiddeld fosfaatoverschot volgens MINAS was dus 9.5 kg fosfaat/ha en daarmee ruim beneden de norm van 20 kg/ha. Van de 17 bedrijven voerden er 12 in het geheel geen mest af. Van de vijf zeer intensieve bedrijven (> 19000 kg melk/ha) was er maar één waar het fosfaatoverschot inclusief kunstmest beneden 20 kg/ha bleef zonder mest af te voeren. Op drie van de vijf bedrijven bleef het fosfaatoverschot exclusief kunstmest beneden 20 kg/ha zonder mest af te voeren. Op vier van deze intensieve bedrijven bleef het MINAS N-overschot beneden de verliesnorm zonder mest af te voeren. De MINAS-normen zijn dus haalbaar zonder mestafvoer, ook bij hoge productie-intensiteit. Zonder omhaal moet hierbij wel gesteld worden dat het realiseren van de hoge N-benutting die in deze cijfers besloten ligt - op het niveau van het gehele bedrijfssysteem - groot vakmanschap van de ondernemer vergt, onder meer om de benodigde hoge ruwvoerproductie per ha te realiseren.

Wellicht ten overvloede wordt tot slot gemeld dat in de biologische melkveehouderij (Bioveem; Aver Heino) de MINAS-normen met gemak gehaald worden, hetgeen direct samenhangt met de lage veedichtheid en de MINAS-vrije symbiotische N-binding door klaver.

2.1.2 MINAS-overschotten en realisatie van de MINAS-verliesnormen in de open teelten

Realisatie MINAS-normen in regionale projecten en Praktijkcijfers-2

Vanuit Praktijkcijfers-2 werd gemeld dat in 2002 circa 70% van de zuivere akkerbouwers aan de N-norm voldeed. Vollegrondsgroententelers scoorden lager met 45%. Bloembollen en boomtelers scoorden daarentegen beter met percentages tussen 80 en 90%. In de bloembollen- en boomteelt werd de norm gemiddeld zelfs onderschreden met resp. 70 en 80 kg N/ha. (Het afvoerforfait van 165 kg/ha is daar echter veel hoger dan de werkelijke afvoer.)

Uit de regionale projecten (Tabel 2) is informatie beschikbaar over de akkerbouwers in St. Anthonis en de Duinboeren (beide in PANFA) en in Mergelland. In St. Anthonis voldeed 62% van de 'akkerbouw-snel' groep (intensieve begeleiding) aan de MINAS-verliesnorm van 60 kg N/ha, en 92% van die groep wanneer een norm van 100 kg/ha werd gehanteerd. Hoeveel bedrijven echt voldeden aan de voor hen geldende norm werd niet gerapporteerd, wel werd vermeld dat voor de meeste bedrijven de norm van 100 kg/ha van toepassing was, en er slechts enkele bedrijven waren met percelen aangewezen als uitspoelingsgevoelig. Van de 'akkerbouw-snel' groep voldeed 36% aan de MINAS-fosfaatnorm van 20 kg/ha (excl. kunstmest-P). Het MINAS N-overschot daalde van gemiddeld 107 (in 2000) naar 52 kg N/ha in 2003. In 2003 was het fosfaatoverschot hier gemiddeld nog 25 kg/ha, waarmee dus niet werd voldaan aan MINAS-verliesnorm.

In het Duinboeren-gebied nam ook een groep akkerbouwers deel, maar onder minder begeleiding (Groep C). Hiervan werd niet gerapporteerd welk percentage aan MINAS-normen voldeed. Van die groep was het N-overschot gemiddeld 90 kg/ha bij afsluiting van het project, dus net onder de norm. Het fosfaatoverschot was met 60 kg/ha zeer ver boven de norm.

In Mergelland voldeed 44% van alle deelnemers aan de N-norm, en 60% aan de fosfaatnorm, maar deze cijfers hebben betrekking op de gehele populatie van akkerbouwers en veehouders; resultaten werden niet per sector gepresenteerd.

Realisatie MINAS-verliesnormen in Telen met toekomst

Bovenvermeld beeld wordt gesteund door de resultaten in Telen met toekomst (zie ook Tabel 3). Van de praktijkbedrijven in Tmt voldeden alleen in de boomteelt *alle* deelnemende bedrijven aan de MINAS-verliesnormen voor stikstof, wanneer daarbij de strakke norm voor uitspoelingsgevoelige zandgronden gehanteerd werd (MINAS-overschot 60 kg/ha). Hoewel percentages over kleine aantallen geen generieke betekenis hebben, worden ze hier omwille van overzicht toch gegeven: in de akkerbouw lag het percentage dat aan de 60 kg/ha overschotnorm voldeed tussen 50 (ZW Nederland) en 80 (NO Nederland). In de vollegrondsgroenten was dit lager (25 en 60%) en voor de bollenteelt hoger (80%). Het groepsgemiddeld MINAS N-overschot bleef in alle Tmt-groepen ruim beneden de 60 kg/ha die men in het project als randvoorwaarde hanteerde, behalve in het ZW kleigebied. Daar werd een MINAS-overschot van 105 kg/ha genoteerd. Beide cijfers zijn het gemiddelde over de oogstjaren 2000, 2001, 2002, en zijn berekend zonder meetellen van plantaardige N-bronnen. Worden deze wel volledig meegeteld (ook de vrijgestelde stoffen) dan ontstaan ook voor de groep bollentelers en voor de groententeelt in Midden Brabant overschotten hoger dan 60 kg/ha (Tabel 3).

De MINAS-verliesnormen voor fosfaat werden in de praktijkbedrijven van Telen met toekomst zonder probleem gehaald in de meeste Tmt-groepen (Tabel 3) en de verwachting is dat dit ook voor de brede praktijk geldt. Dit komt vooral door de hoge forfaitaire fosfaatafvoer van 65 kg/ha, die fors hoger is dan de werkelijke afvoer, en door de vrijstelling voor kunstmestfosfaat. Het groepsgemiddelde MINAS-fosfaatoverschot bleef in alle Tmt-groepen elk jaar (2000, 2001, 2002) ruim beneden 20 kg/ha, in de meeste groepen en jaren was dit overschot zelfs negatief. (Zie ook Figuur 4 in Par. 2.2.2.) Hierbij werd als aanvoerposten wel plantaardige compost meegerekend, maar geen kunstmest. Maxima van +12 kg/ha werden in 2001 genoteerd (akkerbouw in zuid-oosten en zuid-westen) Het percentage bedrijven dat per Tmt-groep aan de fosfaatnorm voldeed was steeds hoog (Tabel 3).

Haalbaarheid MINAS-verliesnormen open teelten

De haalbaarheid van MINAS-normen in de praktijk kan op verschillende wijzen beoordeeld worden. De technische haalbaarheid werd getoetst in de proefbedrijven van Telen met toekomst (Vredepeel, Meterik, en De Noord), op grond van daar aangelegde subsystemen, steeds met verschillende mate van mineralenbeperking. In de praktijk spelen vaak andere dan technische overwegingen een rol. Beide aspecten worden hieronder belicht. De bevindingen uit Telen met toekomst worden aangevuld met rekenresultaten voor modelbedrijven die 'goede landbouwpraktijk' toepassen.

Voor de brede praktijk zijn er allereerst de ervaringen met Praktijkcijfers. Vanuit dat project is aangegeven dat de normen voor de zuivere akkerbouw realiseerbaar zijn; dat geldt ook zonder meer voor bollen- en boomtelers, evenals voor vollegrondsgroententelers in ZW Nederland. Akkerbouwers met een intensieve veehouderijtak en vollegrondsgroententelers in ZO Nederland ondervonden ten tijde van Praktijkcijfers-2 nog moeilijkheden, de laatste vooral bij hoog aandeel dubbelteelten.

De visie op de haalbaarheid van de MINAS-verliesnormen vanuit het project Telen met toekomst is hieronder weergegeven. Alle drie proefsystemen voor akkerbouw in Telen met toekomst (de subsystemen op Vredepeel) bleven ruimschoots beneden de 60 kg/ha N-overschotnorm. In het zuinigste systeem werd die norm zelfs met 75 kg/ha onderschreden. Hierbij is overigens wel het behoud van voldoende organische stof een aandachtspunt. In de tijd van de akkerbouw geeft het realiseren van de MINAS-verliesnormen voor stikstof alleen problemen in het *Zuidoosten* en *Zuidwesten*. Stikstofaanvoer in het *Zuidwesten* wordt sterk bepaald door de mestsoort en het tijdstip van toedienen. Dierlijke mest wordt vooral uitgereden in het najaar, zodat de benutting van de toegediende stikstof laag is. In dat geval zijn de verliesnormen voor MINAS moeilijk te realiseren. Het gebruik van dierlijke mest was tot nu toe financieel aantrekkelijk. Bij intensieve vruchtwisseling met noodzaak om land te huren moet in het *Zuidoosten* vaak meer dierlijke mest afgenomen worden dan de MINAS-normen toestaan. Specifiek voor het *Lössgebied* hebben de meerjarige proeven op Wijnandsrade overtuigend aangetoond (Dekker *et al.*, 2003) dat het halen van de MINAS N-norm zoals van toepassing op lössgronden (60 kg/ha) geen probleem oplevert voor de akkerbouw, en dat daarbij geen opbrengstderving plaatsvindt. Er kan dan nog steeds dierlijke mest worden ingezet, die wel zoveel mogelijk in het voorjaar wordt toegediend.

Op het bedrijf Meterik (vollegrondsgroenten) lagen subsystemen die representatief worden geacht voor respectievelijk gespecialiseerde aardbeibedrijven, preibedrijven, en bladgroentenbedrijven. In alle systemen kon voldaan worden aan de 60 kg/ha verliesnorm voor stikstof, en in een aantal gevallen werd de bijbehorende N-aanvoernorm (225 kg/ha) onderschreden met meer dan 100 kg/ha. Voor de brede praktijk wordt hier verondersteld dat de MINAS-verliesnormen ook op de intensieve vollegrondsgroentenbedrijven gerealiseerd kunnen worden, nu een verruiming van de forfaitaire N-afvoer met 40 kg/ha (dus tot een forfait van 205 kg/ha) in dubbelteelten is voorgesteld. Optimaal gebruik van de beschikbare technieken en meststoffen om de aangevoerde N goed te benutten blijft daarbij wel aangewezen. Door gebruik te maken van (MINAS-vrije) plantaardige compostsoorten kan de organische-stofvoorziening van de bodem op peil gehouden worden, een punt van voortdurende zorg bij veel telers in de praktijk. Met plantaardige composten gaan in het algemeen wel hogere kosten gepaard, hetgeen de vanuit milieu-oogpunt gewenste adoptie bemoeilijkt. Berekeningen aan 'modelbedrijven' (Deel II-Sectie VI) hebben daarentegen aangetoond dat zich in geen van de gekozen bedrijfstypen (gespecialiseerde bloemkool-, sluitkool- en spruitkoolbedrijven op klei; bladgewassen- en prei-aardbei-bedrijven op zand) echte problemen voordoen om onder 'goede landbouw praktijk' aan de MINAS-verliesnormen te voldoen. Ook hier blijkt dat dit mogelijk is dankzij de versoepelde regelgeving die in 2003 is ingevoerd m.b.t. hogere afvoer bij dubbelteelten.

Tabel 3. Sector-regio combinaties in Telen met toekomst (Tmt-groepen¹), met aantal deelnemende bedrijven, fractie van het bedrijfsareaal aangewezen als uitspoelingsgevoelig, % bedrijven die voldoen aan MINAS-verliesnormen, en bijbehorende milieu-indicatoren gemiddeld per Tmt-groep.

Sector	Regio	Code Tmt-groep	Grondsoort	Aantal bedrijven ¹	Uitspoelingsgevoeligheid per bedrijf ²	% voldoet aan MINAS-N norm	% voldoet aan MINAS-fosfaatnorm ⁴	MINAS N-overschot ⁸ kg/ha	MINAS N-overschot ⁹ kg/ha	Werkelijk Stikstofoverschot ³ kg/ha	Werkelijk Fosfaatoverschot ^{3,5} kg/ha	Nmin Najaar ⁶ kg/ha	Nitraat ⁷ RIVM mg/l
Akkerbouw	Noordoost-Nederland	Ak-NON	zand	5 (2)	0; (0); 0.3; 0.4; (0.9)	80	80	12	20	90	39	87	27
	Zuidoost-Nederland	Ak-ZON	zand	4	0; 0; 0.1; 1	75	100	-4	-3	125	19	110	107
Vollegroententeelt	Zuidwest-Nederland	Ak-ZWN	klei	5	0; 0; 0; 0; 0	50	80	105	110	190	48	102	8
	Midden-Brabant	Vg-MB	zand	4	0; 0.4; 0.6; 1	25	100	55	134	320	85	119	168
Bloembollen	Zuidoost-Nederland	Vg-ZON	zand	5 (1)	0.1; 0.4; 0.7; 0.7; (0.9)	60	100	20	41	200	10-20	167	210
	Noordwest-Nederland	Bib	zand	6	0; 0; 0; 0; 0	80	60	31	87	275	56	36	7
Boomteelt	Zuidoost-Nederland	Bomen	zand	5 (1)		100	100	-48	-25	120	34	111	169

¹ Tussen haakjes het aantal bedrijven waarop het niet mogelijk was om nitraat in het grondwater te meten vanwege te lage grondwaterstand of een keileemlaag.

² Gewogen bedrijfs-gemiddelde: 0 is niet uitspoelingsgevoelig. 1 is uitspoelingsgevoelig. Indeling voor de boomteeltbedrijven is niet bekend en wordt voornamelijk volledig als uitspoelingsgevoelig beschouwd. Tussen haakjes de bedrijven waar geen nitraat in het grondwater is gemeten.

³ Deze kolom betreft het werkelijk overschot in de teeltcyclus oogst 2000 t/m oogst 2001; echter in Vg-zon het overschotten op de balans in de seizoenen 1999-2000 en 2001-2002, wegens MKZ crisis werd in 2000-2001 slechts een Noverschot van 120 kg/ha gerealiseerd, en een fosfaatoverschot van -15 kg/ha.

⁴ Inclusief fosfaat-aanvoer in plantaardige composten; teeltcyclus 2000-2001.

⁵ Inclusief fosfaat-aanvoer in kunstmest en plantaardige composten; teeltcyclus 2000-2001.

⁶ In 2001.

⁷ In 2002.

⁸ Als aanvoer zijn alleen dierlijke mest en kunstmest beschouwd.

⁹ Als aanvoer zijn dierlijke mest, kunstmest, en alle plantaardige stoffen beschouwd (voor sommige bedrijven leidt dat tot een overschatting van het overschot op de MINAS-balans, omdat die vrijstelling kent voor sommige composten e.d. die hier wel zijn meegeteld).

De subsystemen aangelegd op Kernbedrijf De Noord onderstreepten het gemak waarmee in de bollenteelt de strakke MINAS N-norm van 60 kg/ha gehaald kan worden, terwijl de teelt in het algemeen zelfs een toegestaan verlies van 100 kg/ha heeft: de bollenteelt is immers niet op de uitspoelingsgevoelige gronden gesitueerd. Ook voor de brede praktijk zijn de verliesnormen haalbaar. Dit geldt voor alle bedrijfstypen en regio's, mits er MINAS-vrije composten kunnen worden toegediend ter vervanging van stalmest. De hogere kosten hiervan worden ook hier als een probleem gezien. Bedrijven met hyacint in een nauwe vruchtwisseling (1 op 3) kunnen MINAS maar net halen. Dit komt door de aanvoer van stalmest, wat in hyacint nog steeds noodzakelijk wordt geacht, en door de diepe bouwvoor van 60 cm (door diepploegen) waarin het organisch-stofgehalte in stand wordt gehouden. Rekenresultaten aan modelbedrijven voor de bollenteelt bevestigen bovenstaand beeld. Door de MINAS-vrije composten kunnen alle bedrijven binnen de MINAS-grenzen werken, zij het dat sommige typen aanvullende maatregelen moeten nemen zoals beddenbemesting, fertigatie en het gebruik van speciale meststoffen. Door genoemde maatregelen stijgen de totale bemestingskosten met € 1300 tot € 5400 voor de doorgerekende bollenbedrijven. (Deel II-Sectie VI).

Kernbedrijf Horst liet voor de boomteelt de haalbaarheid van de MINAS N-norm zien, met MINAS N-aanvoeren die aanvankelijk onder de 120 en later zelf s onder de 60 kg N/ha lagen, dus 80 tot 165 kg/ha onder de norm voor droog zand. De brede praktijk kan de normen zonder meer halen, maar de organische stofbalans verdient hierbij blijvende aandacht. Een goede, en goed uitvoerbare oplossing is wederom dierlijke mest geheel of gedeeltelijk te vervangen door plantaardige composten.

Berekeningen zijn uitgevoerd voor modelbedrijven, die zodanig ontworpen zijn dat ze een doorsnede vertegenwoordigen van akkerbouw en vollegrondsgroentenbedrijven in de diverse regio's van Nederland (gebaseerd op Smit *et al.*, 2003). Uitgangspunt daarbij is dat alle bedrijven voldoen aan de MINAS-verliesnormen (2004), terwijl 'goede landbouwpraktijk' wordt gevolgd, dat wil zeggen dat de beschikbare 'MINAS-ruimte' voor N en P niet noodzakelijk wordt opgevuld, maar dat juist voldoende bemest wordt om opbrengstderving te voorkomen. Het MINAS-fosfaatoverschot (dus excl. kunstmest en bij forfaitaire afvoer) ligt dan zowel voor echte akkerbouwbedrijven als voor vollegrondsgroenten vrijwel steeds v er onder de norm van 20 kg/ha, en is meestal zelfs negatief. Voor berekeningen aan de werkelijke fosfaatbalans zie Par. 2.2.2.

2.2 Werkelijke stikstof- en fosfaatoverschotten op de bedrijfsbalans

De MINAS-balans verschilt van de werkelijke bedrijfsbalans, door het gebruik van forfaits in plaats van werkelijke waarden, en door het verwaarlozen van bepaalde balansposten. De toelaatbare MINAS-overschotten (verliesnormen) zijn daardoor niet steeds een goede maat voor de totale milieubelasting die mogelijk is binnen het huidige stelsel van forfaits-en-verliesnormen. In deze paragraaf wordt aandacht geschonken aan de werkelijke overschotten op de bedrijfsbalans, teneinde in beeld te brengen hoe die zich verhouden tot de MINAS-verliesnormen.

2.2.1 Werkelijke stikstof- en fosfaatoverschotten op de bedrijfsbalans in de melkveehouderij

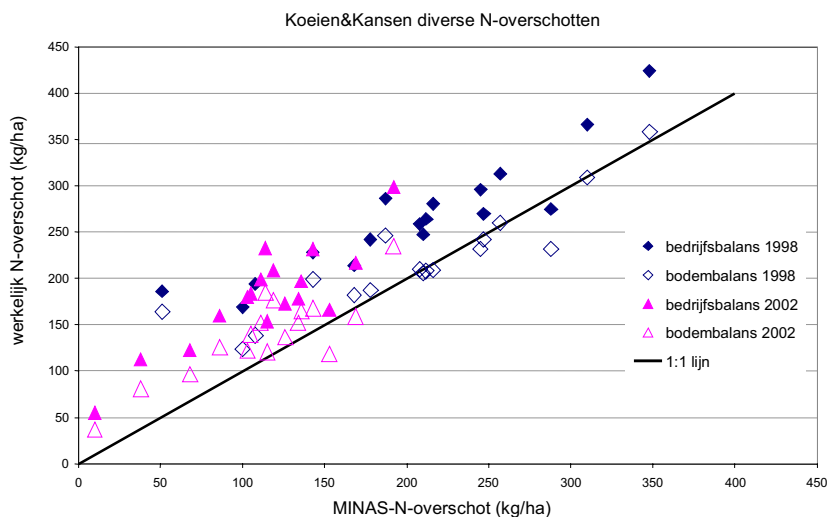
Op melkveehouderijbedrijven bestaat er in het algemeen een groot verschil tussen het N-overschot op de werkelijke bedrijfsbalans en het overschot op de MINAS-balans. De omvang van dat verschil hangt af van onder meer de veebezetting en het areaal grasland, die samen de zgn. 'diercorrectie' bepalen, een term die meestal als afvoerpost op de MINAS-balans genoteerd wordt. Naast de 'diercorrectie' bestaat dit verschil uit N-aanvoer via ammoniakdepositie die in MINAS buiten beschouwing blijft. Op biologische bedrijven maar in toenemende mate ook op gangbare melkveebedrijven zorgt bovendien de N-binding door vlinderbloemigen (vooral klaver, niet in MINAS) voor een verschil tussen beide balans-overschotten. Afhankelijk van genoemde factoren loopt dit verschil in het algemeen op tot 60 à 80 kg N/ha, indien de 'diercorrectie' inderdaad als afvoerpost wordt gehanteerd (zoals steeds in dit rapport; een alternatieve rekensystematiek is deze correctie te beschouwen als een verruiming van het toelaatbaar overschot).

Hieronder volgen ter illustratie enkele cijfers uit melkveebedrijven.

Op De Marke was in de periode 1993-98 het gemiddelde N-overschot op de totale bedrijfsbalans 156 kg/ha, het overschot op de bodembalans 127 kg N per ha, terwijl het gemiddeld MINAS-overschot slechts 69 kg/ha bedroeg. In de periode vanaf 1999 nam het N-overschot op de bedrijfsbalans af van 143 tot 117 kg/ha in 2002 en op de bodembalans van 134 kg per ha tot 78 kg/ha (zie ook Figuur 9). Het bedrijfssysteem van De Marke kent 3 'gewas-typen', namelijk blijvend grasland, tijdelijk grasland en maïs. Het N-overschot op blijvend grasland nam af van 121 kg N per ha in 1993 tot 60 kg N per ha in 2001. Daarbij dient opgemerkt te worden dat het N-overschot van blijvend grasland eerst opliep tot 240 kg N per ha in 1999. Voor tijdelijk grasland waren de N-overschotten in 1993, 1999 en 2001 respectievelijk 197, 221 en 106 kg per ha. Voor maïs lagen de overschotten beduidend lager: 29 kg/ha in 1993 en 34 kg/ha in 2001. Op Aver Heino is overgeschakeld naar biologische bedrijfsvoering en dit heeft geresulteerd in een N-overschot op de bedrijfsbalans van 101 kg per ha in 2000, waar dat in 1997 nog 253 kg N/ha bedroeg.

Het verschil tussen het MINAS-N-overschot en de werkelijke overschotten op respectievelijk de totale bedrijfsbalans en de bedrijfsbodembalans is voor de Koeien & Kansen-bedrijven weergegeven in Figuur 2. Ook hier komt duidelijk naar voren dat de werkelijke overschotten hoger zijn dan de MINAS-overschotten (MINAS-overschot zonder voorraads-correctie; diercorrectie is afgetopt op 2,5 GVE/ha). Het overschot op de bodembalans is kleiner dan dat op de bedrijfsbalans, wegens gasvormige verliezen uit stal en mestopslag. Binnen de Sturen op Nitraat dataset varieerde in 2000 het werkelijk bedrijfsoverschot op de hele set melkveehouderijbedrijven tussen 118 en 322 kg N/ha en in 2001 tussen 110 kg en 343 kg N per ha. Voor overschotten op de bodembalans van percelen gold daar een range van -184 tot +620 kg N/ha in 2000 voor gras, en -104 tot +344 kg N/ha voor maïspcelen. In 2001 waren de minimum en maximumwaarden -34 en +522 kg N per ha voor grasland, en -59 en 313 voor maïs.

Voor fosfaat lieten de Koeien & Kansen-bedrijven zien dat bij een gemiddelde mestafvoer van circa 4 kg fosfaat/ha (2002) het werkelijk fosfaatoverschot gemiddeld 17.5 kg/ha bedroeg, na correctie voor eventuele voorraadswijzigingen. Dit overschot is inclusief kunstmestfosfaat, waarvan de aanvoer gemiddeld 8 kg/ha bedroeg.



Figuur 2. Stikstofoverschot op de Koeien & Kansen-bedrijven in de jaren 1998 en 2002. De werkelijke stikstofoverschotten op de totale bedrijfsbalans en op de bedrijfsbodembalans zijn hier uitgezet tegen het overschot op de MINAS-balans in hetzelfde jaar. Het overschot op de bodembalans is exclusief ammoniakverlies na uitrijden van drijfmest.

2.2.2 Werkelijke stikstof- en fosfaatoverschotten op de bedrijfsbalans in de open teelten

Ook voor de open teelten worden meestal grote verschillen gevonden tussen resp. het overschot op de werkelijke balans en het overschot op de MINAS balans. Dat geldt voor zowel stikstof als fosfaat. De onderstaande analyse (Tabel 4) van het N-overschot op de MINAS-balans en op de totale ('gemeten') N-balans van het bedrijf werd opgesteld door Radersma (2003) voor bedrijven in Telen met toekomst. Zij maakte daarbij gebruik van balansdata uit 2000 en 2001 voor 9 vollegrondsgroentenbedrijven in Zuid-Oost Nederland en Midden Brabant, 14 akkerbouwbedrijven in Noord-Oost, Zuid-Oost en Zuid-West Nederland, en 6 bloembollenbedrijven in Noord West Nederland. De tabel toont ook de grote variatie die er bestaat tussen overschotten op de perceelsbalans, zoals ook al werd geconstateerd voor de melkveehouderij (Sturen op Nitraat-gegevens, Par. 2.2.1). Bedrijfsoverschotten en perceelsoverschotten verschilden niet zozeer naar sector (akkerbouw, vollegrondsgroente, bollen en veehouderij) alswel naar Tmt-groep (regio per sector). Daarom zijn de gegevens verder geanalyseerd met een onderverdeling naar Tmt-groep.

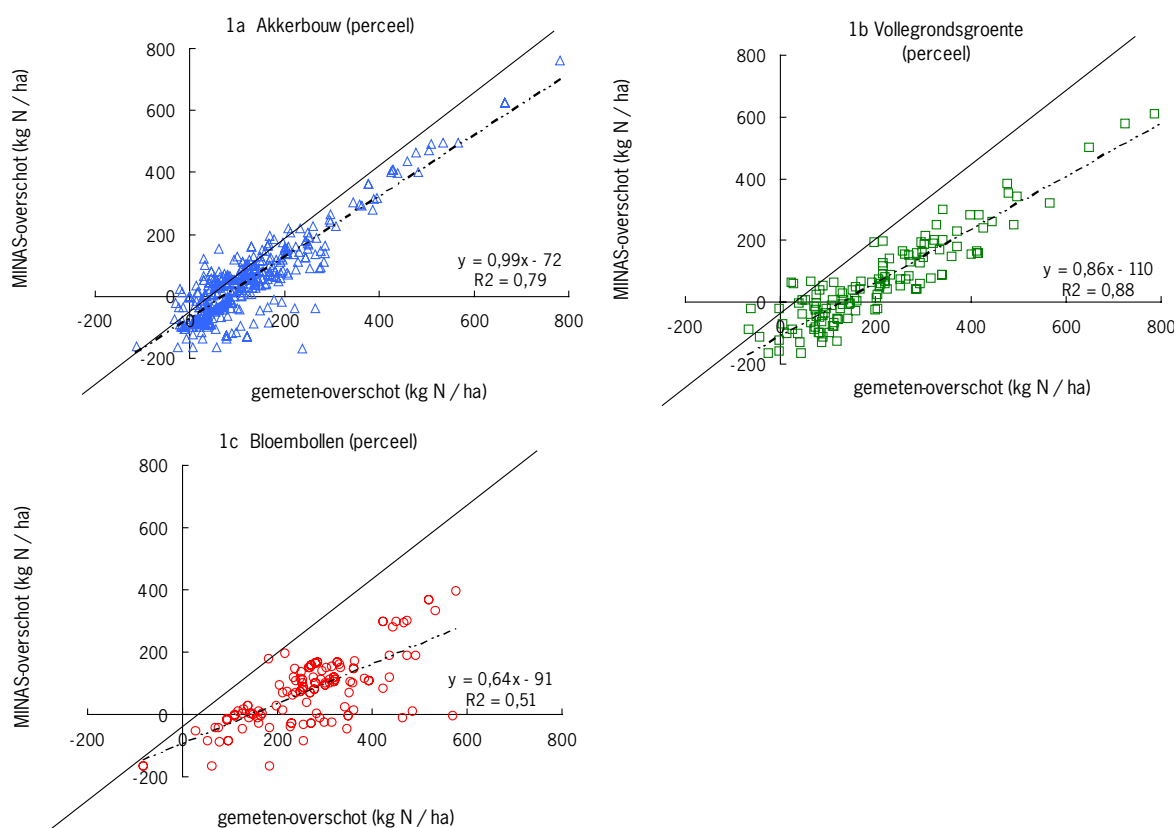
Het verschil tussen Tabel 4A en 4B geeft aan dat MINAS-overschotten over het algemeen een stuk lager liggen dan de gemeten overschotten in akkerbouw-, vollegrondsgroenten- en bloembollenbedrijven. Dit is ook te zien in Figuur 3 waarin per sector de MINAS-overschotten en de gemeten N-overschotten tegen elkaar zijn uitgezet; de puntwaarden in de figuur hebben betrekking op percelen.

*Tabel 4. Het stikstofoverschot op de bedrijfsbalans, het laagste perceeloverschot binnen het bedrijf, en het hoogste perceeloverschot binnen het bedrijf; deze cijfers zijn steeds het gemiddelde over alle bedrijven per Tmt-groep (regio * sector; twee jaren); en het laagste en hoogste bedrijfsoverschot per Tmt-groep. A. volledige balans, B. MINAS-balans. Voor regio-codes zie Tabel 3. Cijfers gemarkeerd met eenzelfde letter zijn niet-significant verschillend. Radersma (2003).*

A. Volledige balans	Gemiddeld bedrijfsoverschot kg N/ha	Perceeloverschot kg N/ha		Laagste bedrijfs- overschot kg N/ha	Hoogste bedrijfs- overschot kg N/ha
		Gemidd. minimum	Gemidd. maximum		
Ak-NON	83 a	-17	220	60	125
Ak-ZON	121	26	218	89	166
Ak-ZWN	171 c	5	490	145	222
VG-ZON	157 bc	48	264	26	249
VG-MB	288 d	82	670	231	412
Bol-NWN	273 d	91	455	221	309
B. MINAS					
Ak-NON	11 a	-124	136	-21	39
Ak-ZON	13 ab	-93	139	-40	147
Ak-ZWN	121 c	-110	443	76	188
VG-ZON	50 b	-86	144	-37	140
VG-MB	123 c	-86	485	42	290
Bol-NWN	99 c	-29	163	-45	299

Zowel intercepts als helling van de regressielijnen verschillen significant van de 1:1 lijn door de oorsprong. Alleen voor de akkerbouw verschilt de helling (0,99, se 0,03) niet significant van 1. Het verschil tussen het MINAS-overschot en het N-overschot op de volledige balans is daar dus onafhankelijk van het overschot-niveau, en bedraagt gemiddeld 72 kg N ha⁻¹ (intercept).

Daarentegen neemt in de vollegrondsgroenten- en bollenteelt het verschil tussen het MINAS-overschot en het overschot op de totale balans toe met toenemend overschot (de hellingen 0,86 (VG) en 0,64 (BOL) zijn significant kleiner dan 1). Het verschil tussen het MINAS-overschot en het overschot op de totale balans kan maar gedeeltelijk verklaard worden uit N-depositie (30-50 kg N ha⁻¹). De rest van het verschil wordt toegeschreven aan het verschil tussen de forfaitaire afvoer (165 kg N ha⁻¹ per geoogst gewas in MINAS; 205 kg/ha voor dubbelteelten) en de kleinere werkelijke afvoer. Dit laatste treedt vooral op in vollegrondsgroenten- en bloembollenteelt. In de bollenteelt is bovendien de aanvoer van stikstof in hulpmateriaal (stro) en compost oorzaak van de extreme verschillen tussen beide balansoverschotten (tot meer dan 250 kg N ha⁻¹).

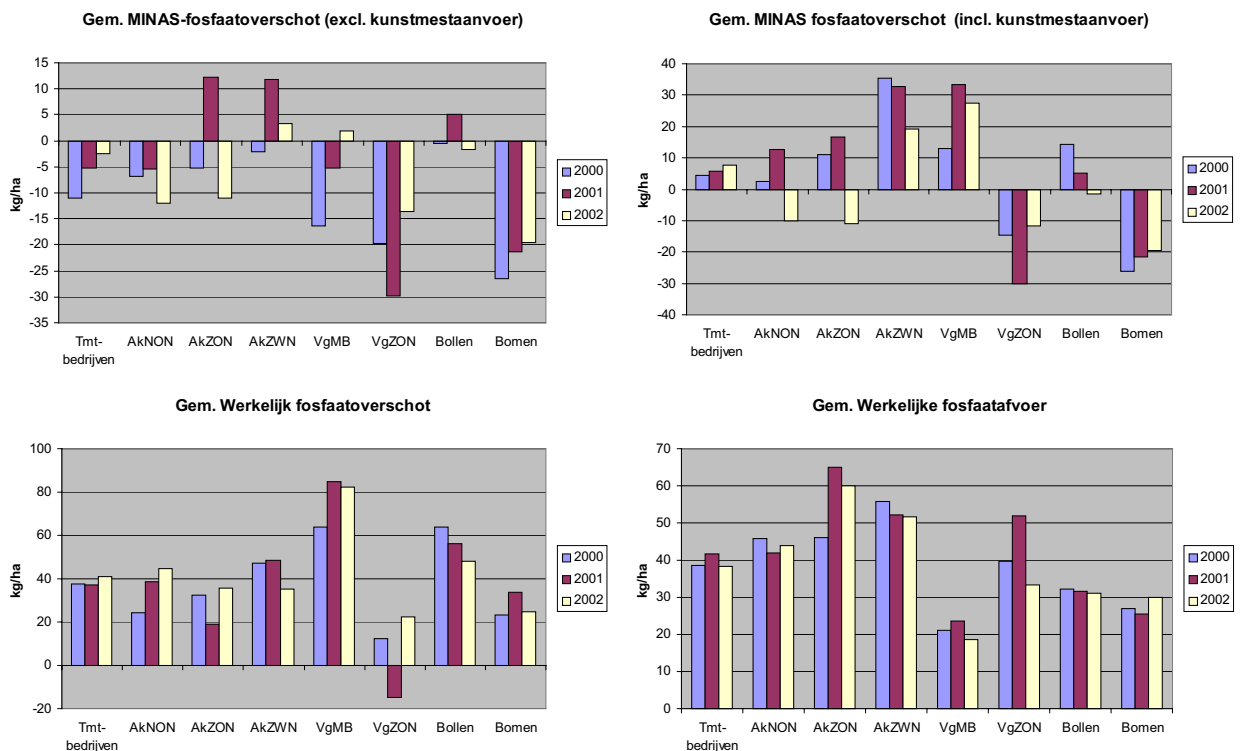


Figuur 3. *Vergelijking tussen N-overschot op de MINAS-balans en N-overschot op de totale balans, voor drie subsectoren in de open teelten. Datapunten hebben betrekking op de perceelsbalans. Het MINAS-overschot op de perceelsbalans werd berekend als het verschil tussen MINAS-aanvoerposten en de forfaitaire MINAS-N-afvoer (165 kg/ha). Radersma (2003).*

De fosfaatoverschotten op de 'werkelijke' (totale) fosfaatbalans van de Telen met toekomst bedrijven lagen in de driejarige meetperiode (2000-2002) meestal tussen 20 en 50 kg/ha, met hogere waarden voor de bollenbedrijven (50-65 kg/ha) en de vollegrondsgroentenbedrijven in Midden Brabant (tot meer dan 80 kg/ha). Dit betreft steeds gemiddelden per Tmt-groep per jaar. Het gemiddelde over alle Tmt-bedrijven schommelde steeds rond 40 kg/ha. Deze niveaus staan in schril contrast met de fosfaat-overschotten volgens MINAS, die zoals gezegd ruim beneden de norm bleven (Par. 2.1.2). De verschillen worden veroorzaakt door de in werkelijkheid lagere afvoer (dan de forfaitaire 65 kg/ha), en door de vrijstelling voor kunstmestfosfaat. De werkelijke afvoer bedroeg in drie van de Tmt-groepen 30 kg/ha of minder, en in drie andere groepen circa 40 kg/ha. Slechts één groep (akkerbouw in het Zuid-Oosten)

bereikte gemiddeld een werkelijke afvoer van 60 kg fosfaat/ha of meer. Figuur 4 illustreert deze cijfers, en toont ook de MINAS-overschotten die zouden ontstaan indien kunstmest in de balans werd opgenomen, maar de forfaitaire afvoer van 65 kg/ha gehandhaafd bleef.

Uit de eerdergenoemde analyse van modelbedrijven (Van Dijk, 2003) zijn de volgende inzichten voortgekomen. Ze hebben betrekking op bedrijven die onder MINAS-randvoorwaarden 'goede landbouwpraktijk' toepassen, dus niet noodzakelijk de beschikbare MINAS-ruimte opvullen. De werkelijke N-overschotten op de bedrijfsbalans bedragen dan voor de akkerbouw in de verschillende regio's van Nederland 80 tot 100 kg/ha (Noordelijke zeeklei; NO Nederland; lössgebied), of circa 120 kg/ha (Centrale zeeklei; ZW kleigebied). In de bedrijfstypen voor ZO Nederland komen waarden van 100 of 120 kg/ha voor. Voor de vollegrondsgroenten-bedrijven ligt het werkelijk N-overschot in de modelbedrijven in de verschillende regio's van Nederland dan tussen 150 en 190 kg/ha. Het werkelijk fosfaatoverschot (kunstmest meegerekend; werkelijke afvoeren gebruikt) in de akkerbouw in de verschillende regio's van Nederland bedraagt volgens deze berekeningen 20 à 30 kg fosfaat/ha (Noordelijke zeeklei; ZW kleigebied; lössgebied), of 40 à 60 kg/ha (Centrale zeeklei; NO Nederland; en ZO Nederland). Op sommige bedrijfstypen in ZO Nederland kunnen echter waarden tot circa 80 kg fosfaat/ha voorkomen. Al deze waarden hebben betrekking op een veronderstelde fosfaattoestand van de bodem van $P_w=25$ tot 30. Bij een fosfaattoestand van $P_w=45$ liggen de overschotten in de akkerbouw een stuk lager: voor de meeste beschouwde bedrijfstypen bedragen de werkelijke fosfaatoverschotten dan circa 20 kg/ha, en bij enkele typen 30 à 40 kg/ha. Daarbij is echter geen rekening gehouden met de extra fosfaatgift die nodig is om deze hoge P_w -waarden op termijn te handhaven. In de vollegrondsgroententeelt liggen bij $P_w=25$ tot 30 de fosfaatoverschotten op de volledige balans meestal boven 50 kg/ha, terwijl op enkele bedrijfstypen het fosfaatoverschot ruim 100 kg/ha (teeltplan prei-broccoli-andijvie-bospeen) of zelfs ruim 150 kg/ha (intensief bladgewassen kleinschalig) bedraagt. Ook hier gelden weer lagere overschotten zodra een hogere fosfaattoestand van de bodem ($P_w=45$) wordt verondersteld, te weten in de range tussen 25 en 50 kg fosfaat/ha, met uitschieters tot 70 kg/ha bij de intensieve bladgroentenbedrijven. Ook hier natuurlijk de kanttekening dat die hoge P_w op termijn niet gehandhaafd blijft bij deze geringere overschotten.



Figuur 4. Fosfaat-overschot volgens MINAS, exclusief en inclusief kunstmestfosfaat, fosfaatoverschot op de totale bedrijfsbalans, en 'werkelijke' (=geschatte) fosfaatafvoer in drie meetjaren, gemiddeld per Tmt-groep (sector*regio combinatie). Voor regio-codes zie Tabel 3.

2.3 Stikstof- en fosfaataanvoer op de bedrijfs- en/of bodembalans

2.3.1 Stikstof- en fosfaataanvoer in de melkveehouderij

In de meeste Nitraatprojecten werd naast de eerder behandelde MINAS-overschotten óók de N-aanvoer op de MINAS-bedrijfsbalans gerapporteerd. Deze bestaat uit de som van de N-aanvoeren in respectievelijk krachtvoer, ruwvoer, kunstmest en dierlijke mest. Het project Praktijkcijfers toonde over de gehele periode 1997-2002 een jaarlijks dalende N-aanvoer op de MINAS-balans van melkveehouderijbedrijven: van 413 (1997) naar 296 kg/ha (2002). Een jaarlijkse besparing op inputs dus van circa 23 kg/ha, dit bij een vrijwel gelijk blijvende (licht gestegen) melkproductie per ha.

Door de regionale projecten werden de volgende cijfers gemeld. In Vel & Vanla daalde de N-aanvoer op de MINAS-balans van 369 (1997/98) naar 228 (2002/03) kg/ha; in Mergelland van 361 (1996) naar 236 (2001) kg/ha. In NIMF werden voor de drie deelgebieden de volgende dalingen genoteerd: in 't Klooster van 438 (1999) naar 314 (2002), in Neede-Borculo van 438 (1999) naar 337 (2002) en in het gebied Varsseveld van 315 (2001) naar 292 (2002). In SOS daalde de N-aanvoer op de MINAS-balans van 323 (2001) naar 277 (2002).

De belangrijkste factor in deze dalingen was het gereduceerd kunstmestgebruik. De kunstmestaanvoer in Praktijkcijfers bedroeg in 1997 nog 244 kg/ha, maar was in 2002 gedaald naar 135 kg/ha. Voor het graslandareaal ging dat gepaard met een daling van 289 naar 163 kg kunstmest-N per ha. In 2002 varieerde de kunstmest-N gift op grasland tussen 146 kg/ha (gemiddelde voor bedrijven met minder dan 12000 kg melk/ha) en 186 kg/ha (bij een melkproductie hoger dan 14000 kg/ha). In PANFA werd voor de melkveehouderij bij de Duinboeren een halvering van 187 (1999) naar 91 (2002) kg kunstmest-N per ha grasland geregistreerd. Het kunstmestgebruik per ha bedrijfsareaal daalde in NIMF voor de drie deelgebieden van 199 naar 138 kg/ha (1999-2002, 't Klooster), van 199 naar 113 kg/ha (1999-2002, Neede-Borculo) en van 156 naar 123 kg/ha (2001-2002, Varsseveld). In Vel & Vanla werden ook forse dalingen gemeld: van gemiddeld 270 kg/ha (1999/00) naar 126 kg/ha (2002/03). Op de melkveebedrijven in Mergelland daalde het kunstmest gebruik gemiddeld van 222-284 kg/ha (1996-97) naar 122 kg/ha (2001). In de meeste projecten werd ook een daling van het krachtvoergebruik gemeld.

Van de Koeien & Kansen-bedrijven zijn N-aanvoercijfers beschikbaar op het niveau van de totale bedrijfsbalans, van de bedrijfsbodembalans, en van respectievelijk de grasland- en bouwlandbalans. De cijfers hebben steeds betrekking op de balans inclusief N-depositie (vandaar dat N-totaal steeds groter is dan de som van N in dierlijke mest en kunstmest) en evt. N-binding door klaver, en zijn samengevat in onderstaande tabel.

Tabel 5. Stikstofaanvoer (N-totaal, N-werkzaam, N-kunstmest, N-dierlijke mest) op de MINAS-balans en op enkele deelbalansen, gemiddeld over de 17 Koeien & Kansen-bedrijven, in twee jaren.

		N-aanvoer	
		1997/98	2002
MINAS-balans	MINAS-balans	353	244
Werkelijke bedrijfsbalans ¹	bedrijfsbalans	400	296
Bodembalans bedrijf ²	N-totaal	497	386
Bodembalans bedrijf ²	N-werkzaam	359	262
Bodembalans bedrijf ²	N-kunstmest	173	86
Bodembalans bedrijf ²	N-diermest ⁴	277	249
Bodembalans grasland ³	N-totaal	594	466
Bodembalans grasland ²	N-werkzaam	433	314
Bodembalans grasland ³	N-kunstmest	222	108
Bodembalans grasland ³	N-diermest ⁴	324	303
Bodembalans bouwland ³	N-totaal	280	252
Bodembalans bouwland ²	N-werkzaam	189	173
Bodembalans bouwland ³	N-kunstmest	53	48
Bodembalans bouwland ³	N-diermest ⁴	182	159

¹ Inclusief ammoniakverliezen.

² Exclusief ammoniakverliezen.

³ Exclusief ammoniakverliezen uit stal en opslag; inclusief ammoniakverliezen tijdens toediening.

⁴ Inclusief N-organisch.

In een aantal regionale projecten werd ook de aanvoer op de fosfaatbalans van het bedrijf vastgesteld. De hierna gegeven cijfers zijn steeds inclusief de aanvoer in fosfaatkunstmest. In Praktijkcijfers daalde de fosfaataanvoer op de bedrijfsbalans van 92 kg/ha (1997) naar 81 kg/ha (2002), waarvan steeds 50-55 kg/ha in de vorm van krachtvoer en bijproducten. Voor de deelgebieden van NIMF werd in 2002 gemiddeld 83 tot 97 kg fosfaat per ha aangevoerd, waarvan circa 2/3 in de vorm van krachtvoer en bijproducten. In Stikstof op Scherp werd eenzelfde beeld genoteerd, met aanvoeren variërend tussen 77 en 86 kg/ha voor de afzonderlijke deelprojecten (RGB, SOS) en de meetjaren (2000-2002). In Vel & Vanla lag de fosfaataanvoer op de bedrijfsbalans zowel in 1997/98 als vijf jaar later rond de 55 kg/ha, aanzienlijk lager dus dan in voornoemde projecten ondanks dat de gemiddelde productie-intensiteit maar weinig lager lag. De gemiddelde fosfaataanvoer op de bedrijfsbalans in Koeien & Kansen bedroeg 90-100 kg/ha in 1997/98 en zakte naar 60-70 kg/ha in de periode 2000-2002. Deze bedrijven zijn, met bijna 15000 kg melk/ha, in het algemeen intensiever dan die in de regionale projecten.

2.3.2 Stikstof- en fosfaataanvoer in de open teelten

In alle hieronder genoemde projecten worden in de oorspronkelijke rapportages de grote verschillen (met betrekking tot N en P gebruik) tussen tussen regio's en bedrijfstypen onderstreept. Gemiddelden moeten daarom met de nodige voorzichtigheid worden beschouwd.

Bij de zuivere akkerbouwers van Praktijkcijfers-2 (exclusief biologische bedrijven) werd gemiddeld 209 kg N per ha op de MINAS-balans aangevoerd (oogstjaar 2002), waarvan ongeveer de helft in de vorm van kunstmest. De werkzame N-gift bedroeg gemiddeld 161 kg/ha. Er werden voor deze grootheden geen duidelijke trends waargenomen in de gerapporteerde periode (2000-2002). Dat laatste geldt grosso modo ook voor de vollegrondsgroentenbedrijven. In die groep bedroeg de gemiddelde MINAS N-aanvoer 235 kg/ha, waarvan 164 in de vorm van kunstmest-N (oogstjaar 2002). In PANFA daalde onder de 'snelle groep akkerbouw' (14 deelnemers) de gemiddelde N-aanvoer van 252 kg/ha in 1999 naar 217 kg/ha in 2002. In Mergelland werd als gemiddelde N-aanvoer op de MINAS-balans van akkerbouwbedrijven een bedrag van 257 kg/ha gemeld (2001).

Voor fosfaat werd bij de zuivere akkerbouwers in Praktijkcijfers-2 gemiddeld 92 kg fosfaat per ha aangevoerd (oogstjaar 2002), waarvan 35 kg in de vorm van kunstmest. In de vollegrondsgroentenbedrijven waren de overeenkomstige cijfers 66 kg/ha (totaal) en 26 kg/ha (kunstmest). In tegenstelling tot stikstof werd voor de aanvoer van fosfaat op de bedrijfsbalans wel een geleidelijke daling gedurende 2000-2002 waargenomen: in de vollegrondsgroenten van circa 80 naar 60 kg/ha in Noord-Holland, en van circa 115 naar 73 kg/ha in Zuid-Nederland. Een (lichtere) daling werd ook genoteerd voor de akkerbouwbedrijven in sommige regio's: in de Noordelijke en Zuidwestelijke kleigebieden, en op de Zuidelijke zand- en lössgronden (Praktijkcijfers-2). Bij de 'snelle groep akkerbouw' in PANFA werd een fosfaataanvoer geregistreerd van gemiddeld 104 kg/ha in 1999, die daalde tot 90 kg/ha in 2001-2002.

De aanvoer van stikstof en fosfaat in Telen met toekomst staat per regio-groep vermeld in Tabel 6. Het betreft gemiddelden over de periode 2000-2003; er werden gedurende deze jaren overigens geen belangrijke trends waargenomen in het fosfaatgebruik. In het N-gebruik trad wel een – zij het lichte - daling op, gemiddeld over alle bedrijven van 218 (2000) naar 197 kg/ha (2003). De N-aanvoer in plantaardige bronnen (composten e.d.) is hierin niet meegeteld, zo min als in Tabel 6. Deze was steeds 20 kg/ha of aanmerkelijk lager, behalve in de bollenteelt (47 kg/ha) en in de vollegrondsgroenten in Midden Brabant (72 kg/ha) en ZO Nederland (28 kg/ha) (gemiddelden 2000-2003).

Tabel 6. Stikstof en fosfaat-aanvoer per regio-groep in Telen met toekomst. Gemiddelden over alle bedrijven per groep, en over de jaren 2000-2003. DM: dierlijke mest, KM: kunstmest. Voor regio-codes zie Tabel 3.

Code Tmt-groep	Grondsoort	Aantal bedrijven	N-aanvoer ¹ (kg/ha)			P ₂ O ₅ -aanvoer (kg/ha)		
			DM	KM	DM+KM	DM	KM	DM+KM
Ak-NON	zand	5	79	138	218	43	29	71
Ak-ZON	zand	4	110	74	183	60	19	79
Ak-ZWN	klei	5	147	58	205	68	16	84
Vg-MB	zand	4	83	179	262	60	27	87
Vg-ZON	zand	5	36	250	286	18	69	87
Bib	zand	6	69	153	222	35	22	56
Bomen	zand	5	38	207	245	22	41	62

¹ Exclusief ammoniakdepositie.

2.4 Nitraatconcentratie in het bovenste grondwater

2.4.1 Nitraatconcentratie in het bovenste grondwater in de melkveehouderij

Gegevens over de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater zijn beschikbaar uit de regionale projecten: NIMF (gebied 't Klooster) en PANFA (St. Anthonis waterintrekgebied; Duinboeren Groep A). Enkele perceelswaarden werden voorts genoteerd in Vel & Vanla (Zie ook Tabel 2). De onderzoeksprojecten leverden veel gegevens op bedrijfs- en soms perceelsniveau: Koeien & Kansen, De Marke, Aver Heino, Bioveem, en Sturen op Nitraat. Hieronder volgt een samenvatting van deze gegevens. Zie ook Tabel 2.

In het PANFA gebied lagen de nitraatconcentraties (bovenste grondwater; bemonsterd in het voorjaar) in de waterwinning St. Anthonis in 2002 en 2003 op 140-150 mg/l. Het gebied omvat overigens niet alleen melkveehouderijbedrijven. In het Duinboerengebied werden op bedrijfsniveau in de melkveehouderij gemiddelde concentraties gemeten (in februari) tot 110 mg/l in 2002; van de 11 bedrijven lagen echter 8 onder de 80 mg/l.

Slechts twee bedrijven haalden de 50 mg/l norm in drie jaren op rij (metingen in februari 2001-2003). De verklaring van verschillen tussen de bedrijven bleek deels gevonden te kunnen worden in verschillen in grondwatertrappen en het al dan niet scheuren van grasland.

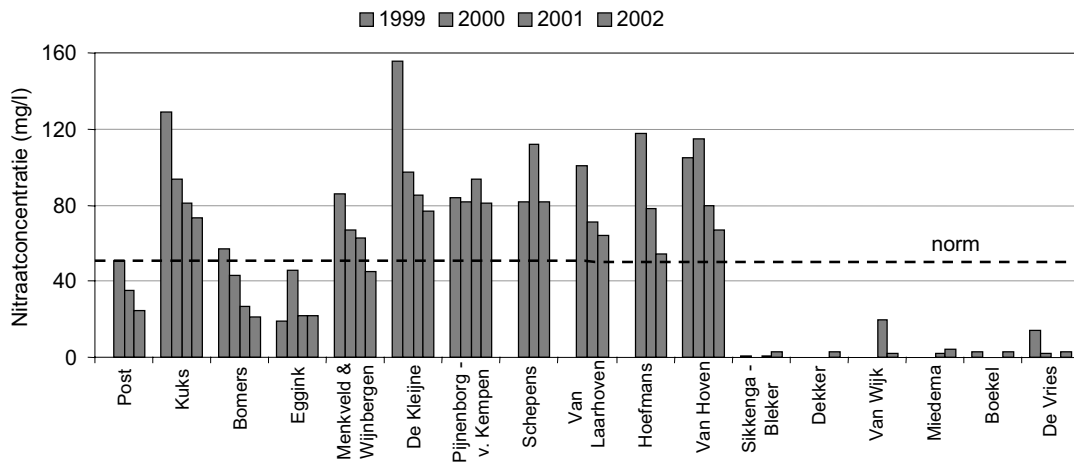
In 't Klooster (NIMF) lagen de nitraatconcentraties in de periode 2000-2002 steeds rond 100 mg/l onder melkvee-bedrijven; dit is een gebiedsgemiddelde waarde (KIWA metingen in het najaar). Deze waarde van 100 mg/l is duidelijk lager dan de waarden aan het begin van de jaren '90, toen circa 200 mg/l als gebiedsgemiddelde waarde genoteerd werd (1989 en 1993). Het percentage van de percelen met gemiddelde waarnemingen beneden de 50 mg/l was in de periode 2000-2002 steeds 16-18%. Ook de voorjaarswaarnemingen binnen Sturen op Nitraat kwamen uit op mediaanwaarden voor de gebiedsconcentraties van 100-120 mg/l in 2002 en 2003.

Voor het Mergelland-gebied zijn ook binnen Sturen op Nitraat waarnemingen verricht in het voorjaar. De mediaanwaarden van de nitraatconcentraties waren in 2002 en 2003 respectievelijk 74 en 57 mg/l. Het is duidelijk dat deze metingen op lössgrond lager zijn dan in de twee eerder genoemde zandgebieden in Brabant en Gelderland in dezelfde jaren.

Binnen het project Vel & Vanla zijn enkele incidentele metingen verricht, waaruit geen conclusies kunnen worden getrokken over de milieu-prestaties op bedrijfsniveau. De metingen die er zijn geven aan dat er binnen dit Friese project vooral waarnemingen zijn gedaan beneden de 50 mg/l norm.

Tijdreeksen van bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties (gemeten in het bovenste grondwater door het RIVM in zomer of najaar) vinden we in Koeien & Kansen (Figuur 5). Zoals verwacht waren de nitraatconcentraties in het grondwater voor de bedrijven op klei- en veengronden zeer laag, omdat uitspoeling daar voornamelijk plaatsvindt in de richting van het oppervlaktewater via de drains. Van de 10 bedrijven op zand voldeden er in 2002 vier aan de 50 mg/l norm. De meeste bedrijven realiseren waarden tussen 40 en 80 mg/l. Tussen 1999 en 2002 zien we op vrijwel alle bedrijven een forse daling van de nitraatgehalten: dalingen met 20 tot 40 mg/l voor de meeste bedrijven, terwijl op enkele bedrijven de nitraatconcentratie met 40-80 mg/l daalde. Worden de waarnemingen gesplitst naar bouwland en grasland, dan geeft de helft van de zandbedrijven voor bouwland (overwegend maïs) een gemiddelde boven 80 mg/l (tot 160 mg/l) te zien, de andere helft ligt daaronder. Onder grasland liggen de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties in de meeste zandbedrijven in Koeien & Kansen tussen 35 en 75 mg/l, onder bouwland tussen 60 en 120 mg/l. Gemiddelden over alle zandbedrijven: 61 mg/l onder grasland, 91 mg/l onder maïsland (gemiddelden over 2000-2002).

In Bioveem-I noteerden vrijwel alle bedrijven een gemiddelde nitraatconcentratie (ruim) beneden 50 mg/l. In Bioveem-II werd in een beperkte studie naar beweidingseffecten op perceelsniveau nitraat bepaald. Bij overwegend weiden lagen de meeste waarden tussen 40 en 80 mg/l, bij overwegend maaien tussen 20 en 40 mg/l, de variatie tussen percelen was echter groot (Deel II, Sectie IV). Voor het verloop van de nitraatconcentratie onder proefbedrijven De Marke en Aver Heino wordt verwezen naar Par. 2.5.1, waar het verband met diverse indicatoren wordt belicht.



Figuur 5. Gemeten nitraatconcentratie (mg/l) op de Koeien & Kansen-bedrijven voor vier jaargangen.

In Sturen op Nitraat werden onder grasland in drie achtereenvolgende jaren (2001-2003) mediaanwaarden per meetseizoen van 34 tot 38 mg nitraat/l genoteerd. Onder maisland lag de mediaan tussen 41 en 66 mg/l. De gemiddelden waren 48-65 mg/l onder grasland, en 72-77 mg/l onder mais, hetgeen het voorkomen van gebruikelijke hoge 'uitschieters' illustreert. De gemiddelden van alle meetpunten per bedrijf lagen in de melkveehouderijbedrijven (vnl. Koeien & Kansen en Bioveem bedrijven) volgens Sturen op Nitraat tussen 25 en 80 mg/l. Voor effecten van grondwatertrap op nitraat wordt verwezen naar Par. 2.5.1.

2.4.2 Nitraatconcentratie in het bovenste grondwater in de open teelten

In de regionale projecten werden geen nitraatconcentraties voor de open-teeltsectoren gerapporteerd. Veel gegevens werden echter verzameld in Telen met toekomst (met kern- en praktijkbedrijven), Sturen op Nitraat, en op de proefbedrijven Lovinkhoeve en Wijnandsrade. De resultaten zijn hieronder samengevat. Zie ook Tabellen 3 en 7.

De nitraatconcentraties gerapporteerd in Telen met toekomst hebben voornamelijk betrekking op 2002, dus balansjaar 2001. In de praktijkbedrijven van Telen met toekomst werden als gemiddelde nitraatconcentraties (over de deelnemende bedrijven per groep) lage waarden gevonden voor akkerbouw in het Noord-Oosten en in het Zuid-Westen, en voor de bollenbedrijven. Daar lagen de waarden ruim beneden 50 mg/l (Tabel 3). Voor de overige groepen werden (groepsgemiddeld) concentraties (ruim) boven 100 mg/l gevonden: dat geldt voor de akkerbouw in het Zuid-Oosten, de vollegrondsgroententeelt zowel in Midden-Brabant als Zuid-Oost Nederland, en de boomteelt (Zuid-Oost). Bij dit contrast speelt niet alleen het hoge N-overschot op de werkelijke balans maar ook de grondsoort en hydrologie een belangrijke rol. De sectoren met hoge waarden liggen op de goed gedraineerde (uitspoelingsgevoelige) zandgronden. De bollenteelt daarentegen vindt plaats bij ondiep grondwater met kunstmatige polderpeilen en er is daar vooral sprake van belasting van het oppervlaktewater. In het Zuid-Westen ligt de akkerbouw op klei; in het Noord-Oosten op veenkoloniale grond waar de nitraatconcentraties in het algemeen relatief laag zijn (hetgeen ook in de melkveehouderij naar voren komt). Dit zijn gronden met veen of moerig materiaal in de ondergrond en het ligt voor de hand dat deze lagen de denitrificatie bevorderen.

De kernbedrijven in Telen met toekomst lieten waarden zien die ook niet allemaal laag genoemd kunnen worden. Op Vredepeel (akkerbouw) lagen waarden voor de diverse subsystemen tussen 55 en 100 mg/l. Op kernbedrijf Meterik werden nitraatconcentraties van 169 (gemiddelde van het bladgroentenbedrijf) en 150 mg/l (gemiddelde van het boomteelbedrijf) gemeten. Bij Meterik wordt aangetekend dat de opbouw van het bodemprofiel zodanig is dat een uitzonderlijk dikke bouwvoor hoge mineralisatie veroorzaakt, die niet volledig ten goede komt aan het gewas en dus voor hoge uitspoeling kan zorgen. Op het Ecologisch Proefbedrijf Lovinkhoeve was het vijfjarig gemiddelde (1997-2001) van de nitraatconcentraties in drainwater circa 30 mg/l. Het betreft een kleigrond (zavelgrond, 38% afslibbaar)

en er was een sterke samenhang met het gewas. De vijfjaargemiddelden (alle drains) waren: 63 mg/l in aardappel, 51 mg/l in de groep tulp/ui/boerenkool, 35 mg/l in suikerbiet, en veel lagere waarden in de overige gewassen (lucerne-gras, granen, maïs). Deze waarden komen overigens goed overeen met waarnemingen uit de jaren '80 op proefboerderij OBS (Nagele). Ook op Wijnandsrade werd een sterke samenhang tussen nitraatconcentratie (in hangwater op löss, bemonsterde laag 135-150 cm – mv.) en het gewas gevonden: 48-72 in aardappel, 33-62 in snijmaïs, en lagere waarden in suikerbiet en winterarwe. Op beide laatstgenoemde proefbedrijven was deze differentiatie te herleiden tot Nmin-waarden (najaar) en N-overschotten behorend bij de onderscheiden gewassen. De laagste Nmin-waarden en nitraatconcentraties behoorden steeds bij de laagste bemestingswaarden, dus Nmin toonde op deze bedrijven ook duidelijk een relatie met de bemesting.

De Sturen op Nitraat dataset geeft per gewasgroep voor de bouwlandgewassen de nitraatwaarden in Tabel 7 te zien. Voor effecten van grondwatertrap op nitraat wordt verwezen naar Par. 2.5.2.

Tabel 7. Nitraatconcentratie in bovenste grondwater in drie meetjaren, Sturen op Nitraat, gemiddelden over alle meetplekken per gewasgroep per jaar.

Gewasgroep	Nitraat bovenste grondwater, mg/l		
	2001	2002	2003
(a) aardappel, koolraap, koolrabi, kropsla, prei, radijs, snijmaïs, spinazie, ui aantal meetplekken: n=76 tot 90	116	83	97
(b) broccoli, knolvenkel, luzerne, peulvruchten, rode kool, spruitkool, suikerbiet, voederbiet, witte kool aantal meetplekken: n=42 tot 60	84	62	58
(r) aardbei, asperge, bospeen, gerst, haver, rode biet, rogge, schorseneer, tarwe, witlof, wortel aantal meetplekken: n=59 tot 83	80	52	69
(t) andijvie, boerenkool, bloemkool, Chinese kool, knolselderie, korrelmaïs, spitskool, ijsbergsla, corn-cob-mix, maïskolvenschroot aantal meetplekken: n=10 tot 12	226	137	182

2.4.3 Nitraatconcentratie onder natuurgebieden

In het bovenste grondwater onder natuurgebieden (voornamelijk bos) werden in gebied 't Klooster (NIMF) nitraatconcentraties gemeten op 13 punten in de jaren 2000-2002. De waarden varieerden tussen 24 en 38 mg nitraat per liter.

2.5 Relaties tussen indicatoren en de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater, en haalbaarheid van 50 mg/l

2.5.1 Relaties tussen indicatoren en de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater, en haalbaarheid van 50 mg/l in de melkveehouderij

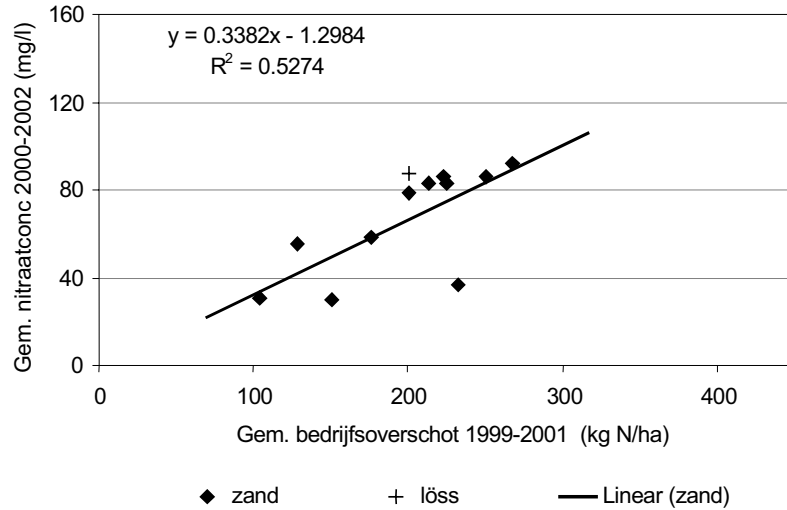
Grootheden die als indicatoren voor de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater beschouwd worden zijn onder meer het MINAS-N-overschot, het werkelijk N-overschot op de totale bedrijfsbalans, en het N-overschot op de bodembalans van het bedrijf. Datasets waaruit relaties kunnen worden vastgesteld tussen dergelijke 'bemestingsvariabelen' en de nitraatconcentratie in grondwater, zijn voor de melkveehouderij beschikbaar uit Koeien & Kansen, De Marke, en Aver Heino. In de regionale projecten, waar soms ook nitraatconcentraties werden gemeten, wordt geen of nauwelijks enige samenhang gevonden tussen dergelijke indicatoren en de nitraatconcentratie; in deze projecten is minder intensief gemeten, zijn de indicatoren minder nauwkeurig bekend, en zijn slechts korte tijdreeksen voorhanden. In sommige gevallen wordt wel gemeld dat het verschil in nitraatconcentraties mede veroorzaakt lijkt door grondwatertrap of al dan niet scheuren van grasland.

Het project Sturen op Nitraat was juist gericht op het identificeren van geschikte indicatoren voor de nitraatconcentratie. Naast de bovengenoemde 'bemestingsvariabelen' werd daar als indicator ook de hoeveelheid minerale N in de bodem in het najaar onderzocht. Dat gebeurde zowel voor gegevens verspreid op proefplekken over heel Nederland alsook voor de gegevens verzameld binnen drie regio-projecten (St. Anthonis, 't Klooster en Mergelland). Het perceelsoverschot als indicator blijft in deze rapportage buiten beschouwing omdat van slechts één meetjaar (2003) goede perceelsgemiddelde nitraatwaarden bekend zijn. De overige variabelen worden hierna behandeld.

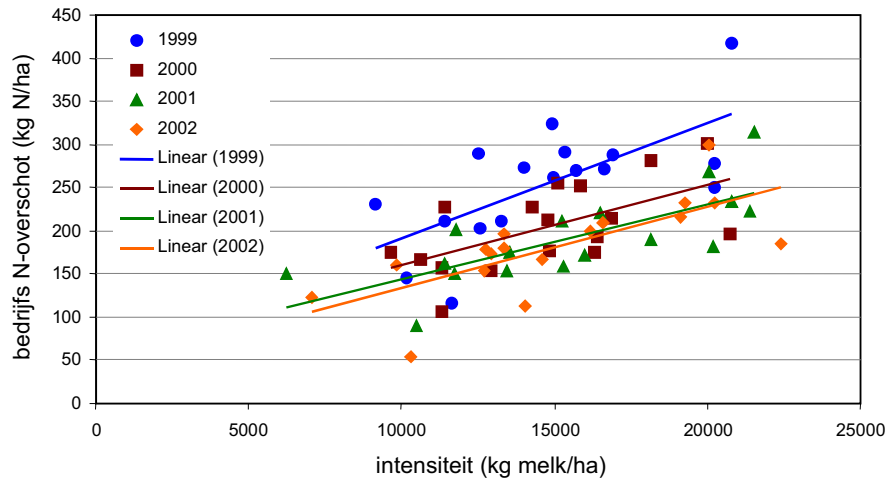
Koeien & Kansen

In Deel II-Sectie IV wordt de mate van samenhang tussen diverse indicatoren en nitraatconcentratie binnen Koeien & Kansen gegeven. Daaruit blijkt dat het MINAS N-overschot slechts een zwakke samenhang vertoont met de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie ($r^2=0.16$). Betere indicatoren zijn het werkelijk bedrijfsoverschot ($r^2=0.46$), en het overschot op de bodembalans van het gehele bedrijf ($r^2=0.50$). Ook de totale N-aanvoer op de bodembalans vertoont een goede samenhang met nitraat ($r^2=0.64$), evenals de aanvoer aan 'werkzame' stikstof ($r^2=0.52$) (r^2 -waarden hebben betrekking op de zandbedrijven inclusief löss, afzonderlijke jaarwaarden onafhankelijk beschouwd). In deze synthese is alleen de figuur overgenomen die het verband toont tussen het driejarig gemiddeld bedrijfsoverschot (werkelijke balans) en het driejarig gemiddelde van de nitraatconcentratie op bedrijfsniveau (Figuur 6).

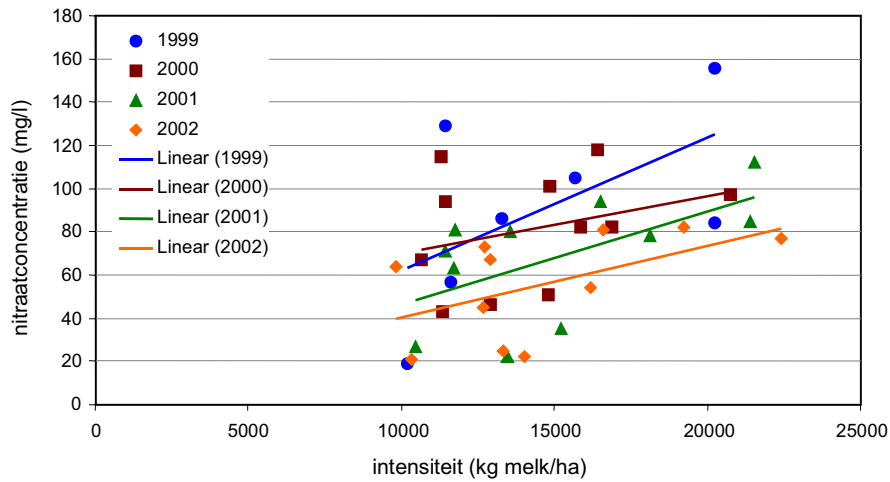
Figuur 7 toont voor opeenvolgende jaren de samenhang tussen intensiteit (melkproductie/ha) en het werkelijk N-overschot op de totale bedrijfsbalans van de K & K-bedrijven. Figuur 8 laat zien dat ook de nitraatconcentratie in zekere mate verband heeft met intensiteit. Hoewel het kennelijk mogelijk was in de loop der jaren het overschot te reduceren bij gelijkblijvende intensiteit (verhoogde N-benutting door verbeterd management), komt toch duidelijk naar voren dat er een positief verband blijft bestaan tussen intensiteit en overschot, en tussen intensiteit en nitraatmissie. De productie-intensiteit is dus een belangrijke determinant van het werkelijk bedrijfsoverschot (binnen de MINAS systematiek wordt dit door de diercorrectie mogelijk gemaakt), en ook van de daarmee samenhangende indicatoren. De hoogste N-benutting op bedrijfsniveau werd in 2002 bereikt (onderste lijn in Figuur 7), bij een N-overschot van circa 9 kg N per 1000 kg melk. Dit komt overeen met een marginale N-benutting van circa 37%. (N-gehalte in melk bedraagt 5.3 kg per 1000 kg melk.).



Figuur 6. Relatie tussen gemiddeld werkelijk bedrijfsoverschot de periode in de periode 1999-2001 en de gemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater over 2000-2002. Koeien & Kansen.



Figuur 7. Stikstofoverschot op de werkelijke bedrijfsbalans versus productie-intensiteit (kg melk/ha) in Koeien & Kansen-bedrijven op zandgrond, in vier jaargangen.



Figuur 8. Bedrijfs-gemiddelde nitraatconcentratie in grondwater versus productie-intensiteit (kg melk/ha) in Koeien & Kansen-bedrijven op zandgrond, in vier jaargangen.

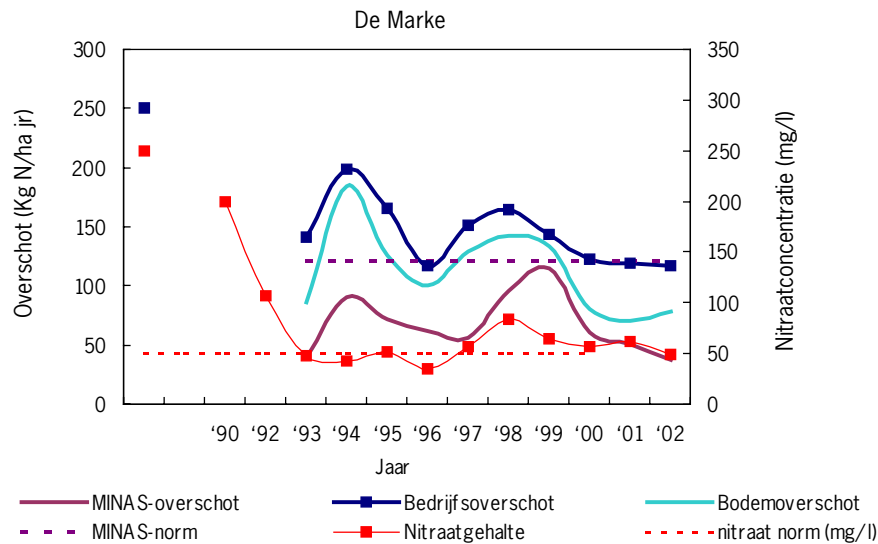
Bij de beoordeling van N-benutting is het relevant te bedenken dat de Koeien & Kansen-bedrijven soms een fors deel van de voederbehoefte dekken door voer-import (26-59% en gemiddeld 38%), hetgeen vanzelfsprekend met relatief hoge N-benutting gepaard gaat: de N-verliezen bij voerproductie komen dan immers niet op het eigen bedrijfsconto. Ter vergelijking met deze figuren worden hier de prestaties van De Marke en Aver Heino genoemd (niet in figuren): N-overschotten van resp. 117 en 101 kg/ha (totale bedrijfsbalans) bij producties van 12000 kg melk/ha (De Marke = 'gangbaar') en 10500 kg melk/ha (Aver Heino = 'biologisch'), en nitraatconcentraties van circa 50 mg/l in beide gevallen (ongecorrigeerd voor weerjaar).

Figuur 8 suggereert dat voor condities zoals die in 2002 gemiddeld voor de zandbedrijven in Koeien & Kansen golden, een intensiteit van 12 à 13000 kg/ha niet overschreden moet worden teneinde een nitraatconcentratie lager dan 50 mg/l te handhaven. (De huidige intensiteit is gemiddeld 14741 kg/ha.) Tevens is vast te stellen welke drempelwaarden voor de diverse indicatoren overeenkomen met de richtwaarde van 50 mg nitraat/l, voor deze groep bedrijven. Bij generalisering moeten deze cijfers met voorzichtigheid gehanteerd worden omdat ze op een beperkte dataset gebaseerd zijn, met bedrijven die elk hun specifieke omstandigheden kennen.

Het areaal uitspoelingsgevoelige grond bedraagt hier (in de zandbedrijven) 13 tot 69% van het bedrijfsareaal (gemiddeld 40%). Bouwland neemt op de zandbedrijven gemiddeld 37% van het bedrijfsareaal in beslag, maar individuele bedrijfswaarden variëren van 14% tot 50%. Bovendien kan er nog sprake zijn van na-ijling (middels N vastgelegd in organische stof) bij de nitraatuitspoeling, en verder is hier geen weerjaarscorrectie toegepast. Wordt na al deze voorbehouden toch voor een aantal grootheden enkelvoudige lineaire regressie uitgevoerd op de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties, dan volgen daaruit de drempelwaarden in Tabel 8, dus de waarden welke niet overschreden mogen worden teneinde een nitraatconcentratie van 50 mg/l te handhaven (bereiken). Ten opzichte van de huidige gemiddelde MINAS N-norm voor deze groep bedrijven (138 kg/ha) betekenen deze een aanscherping van circa 50-70 kg/ha.

Tabel 8. Drempelwaarden van geselecteerde indicatoren waarbij een nitraatconcentratie van 50 mg/l wordt bereikt. Schatting op basis van enkelvoudige lineaire regressie op bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties in Koeien & Kansen.

Indicator	kg N/ha
MINAS-N-overschot	70-90
N-overschot op de totale bedrijfsbalans	140-160
N-overschot op de bedrijfsbodembalans	110-135
N-aanvoer op bodembalans bedrijf	350
N-overschot op de bodembalans van het graslandareaal (overeenkomend met 50 mg/l onder graslandareaal)	200
N-aanvoer op de bodembalans van het graslandareaal (overeenkomend met 50 mg/l onder graslandareaal)	450-500



Figuur 9. Verloop van de nitraatconcentratie, het N-overschot op de bedrijfsbalans, het overschot op de bodembalans en het MINAS-N-overschot op De Marke.

Bij afnemende bodemvoorraden (en afnemende na-ijling via mineralisatie) zullen de giften mogelijk nog wat omhoog mogen ten opzichte van de waarden in Tabel 8. De overschotten zullen daarbij ook stijgen, wegens afnemende opname uit de bodem (afvoer). Dat echter voor dit moment een bovengrens van 160 kg/ha voor het bedrijfsoverschot in Koeien & Kansen geenszins als 'te streng' moet worden gezien, blijkt uit het feit dat in geen van de afzonderlijke meetjaren in enig bedrijf (op zandgronden incl. löss) een bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie beneden 50 mg/l bereikt werd bij een werkelijk bedrijfsoverschot hoger dan 160 kg/ha, behalve op bedrijf Post (veenkoloniale grond).

De Marke en Aver Heino

De genoemde drempel van 160 kg/ha ligt ook fors hoger dan de waarde van 100 – 120 kg/ha die voor zowel De Marke als Aver Heino werd vastgesteld. De Marke heeft wel een groot aandeel uitspoelingsgevoelige grond (vrijwel 100% Gt-VII en VIII, blijkens recente opnamen), en bovendien een groot areaal maïs, hetgeen met droogtegevoeligheid samenhangt. Op De Marke daalde de nitraatconcentratie van circa 200 mg/l bij de start in 1990 via 107 mg/l (1992) tot niveaus rond 50 mg/l die sinds 1994 tot heden gerealiseerd werden. Het MINAS N-overschot op De Marke is nu gedaald tot net onder 40 kg/ha, waarbij dan 50 mg/l juist gehaald wordt (zonder weercorrectie; volgens Boumans *et al.* (2001) en Hack-Ten Broeke (2001) zouden de weergecorrigeerde waarden circa 15 mg/l hoger liggen). Het N-overschot op de bedrijfsbalans is dan 117 kg/ha, en op de bodembalans 78 kg/ha. Figuur 9 geeft een beeld van het tijdsverloop van deze grootheden op De Marke. Het bodemoverschot is exclusief ammoniakverliezen na toediening van drijfmest. De aanvoer van dierlijke mest in het laatste meetjaar bedroeg ongeveer 225 kg N/ha. De totale N-aanvoer naar gras was in dat jaar 435 kg N/ha (inbegrepen weidemest, depositie en N-binding met klaver). De totale N-aanvoer naar maïs was 143 kg N/ha. De aanvoer van werkzame-N bedroeg 230 kg N/ha op grasland en 72 kg N/ha op maïsland.

Ook Aver Heino laat een interessante tijdreeks van nitraatconcentraties zien, zoals die gepaard ging met de omschakeling van een gangbaar naar een biologisch systeem. Werd in 1998 nog 108 mg nitraat/l genoteerd als bedrijfsgemiddelde, dat daalde via 64 mg/l (1999) naar 49 mg/l in 2000-2002, waarbij dan een MINAS N-overschot van ongeveer nul hoorde (7 kg/ha in 2000) en een werkelijk N-overschot (bedrijfsbalans) van circa 100 kg/ha. De daling wordt volledig op het conto van het bouwlandareaal (maïs en evt. andere voedergewassen) geschreven, waar de nitraatconcentratie daalde van 235 ('bouwland es') en 299 ('bouwland bos') mg/l in 1998 naar resp. 41 en 88 mg/l (2002) terwijl de waarden onder grasland vrijwel constant bleven. Hierbij spelen ook verschillen in grondsoort en

waterhuishouding (tussen bouwland en grasland) een rol. De persistentie van de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties in de periode 2000-2002 op zowel De Marke als Aver Heino doet vermoeden dat het niet eenvoudig is de nitraatmissie verder te reduceren.

Sturen op Nitraat

In het project Sturen op Nitraat werden data volgens een andere systematiek en met een ander doel verzameld dan in voornoemde projecten. De Sturen op Nitraat dataset leent zich daardoor primair om de effecten van verschillende factoren op de puntwaarde (meetplek) van de nitraatconcentratie vast te stellen. Daarmee ontstaat een instrument voor het vaststellen van verwachte nitraatwaarden voor combinaties van bodem, grondwatertrap (Gt) en gewas (zogenaamde 'clusters'). Op grond van de puntwaarden worden regressiemodellen opgesteld die dan het gedrag van nitraat per 'cluster' beschrijven. Deze worden opgeschaald naar bedrijfsniveau en eventueel regio-niveau door weging met de relatieve cluster-arealen zoals die in een bedrijf of regio voorkomen. Hieronder wordt een aantal bevindingen bij het vaststellen van deze relaties toegelicht.

De GHG (gemiddeld hoogste grondwaterstand) beïnvloedt de nitraatconcentratie in het grondwater. Bij GHG dieper dan 80 cm –mv (Gt-groep 3) vinden we onder grasland een gemiddelde (over 3 jaren; alle bodemgroepen) nitraatconcentratie van 56.2 mg/l. Bij GHG tussen 40 en 80 cm –mv (Groep 2) wordt vrijwel dezelfde waarde gevonden (57.6 mg/l), en bij GHG ondieper dan 40 cm –mv (Groep 1) een waarde van 38.6 mg/l. Dit zijn gemiddelden zonder correctie voor eventuele verschillen in bemesting of in N_{min} tussen Gt-groepen. Het gemiddelde voor Groep 1 daalt overigens naar 29.8 mg/l, zodra alle proefplekken worden uitgesloten die in de hierna besproken regressie-analyse om een of andere reden (veenlaagjes; löss; plekken zonder N_{min} -waarneming) werden uitgesloten. De nitraatwaarden voor Groepen 2 en 3 werden door deze verkleining van de dataset niet beïnvloed.

Onder maïs werden de volgende gemiddelde nitraatconcentraties gemeten: 70 mg/l (Gt-groep 1), 52 mg/l (Gt-groep 2) en 105 mg/l (Gt-groep 3).

Als grens tussen wel en niet uitspoelingsgevoelige bodems kan in de Sturen op Nitraat dataset voor grasland het best een GHG-diepte van 40 cm –mv worden aangewezen. Deze grens levert het grootste contrast op tussen de gemiddelde nitraatconcentraties aan weerszijden van de scheiding: een verschil van 18 mg/l (totale dataset) of 27 mg/l (verkleinde set). Bij laatstgenoemde set waren de gemiddelde nitraatconcentraties in de 'natte' groep in de drie meetjaren 20 tot 46 mg/l, in de 'droge' groep 50-63 mg/l.

Voor maïs ligt volgens Sturen op Nitraat de grens bij GHG = 60 cm –mv. De gemiddelde nitraatconcentraties aan weerszijden van deze scheiding verschilden 41 tot 56 mg/l in de drie meetjaren, met waarden van circa 50 mg/l in de 'natte' groep en circa 100 mg/l in de 'droge' groep.

Lineaire regressie-analyse voor alle proefplekken op grasland levert een model op dat de nitraatconcentratie beschrijft als functie van het nitraatgedeelte van $N_{min_{nitraat}}$ (de hoeveelheid nitraat-N in de bodem in het najaar, 0-90 cm), Gt-groep en bodemgroep. Al deze variabelen zijn significant en relevant. Voor maïs komt dezelfde combinatie van verklarende variabelen uit de regressie-analyse naar voren. Volgens deze modellen was de gemiddelde respons van nitraat (grondwater) op N_{min} 76 mg nitraat/l per 100 kg $N_{min_{nitraat}}$ onder maïs, en 65 mg nitraat/l per 100 kg $N_{min_{nitraat}}$ onder gras (resultaat 3 meetjaren; proefplekken; zonder bemestingsvariabelen in regressiemodel). Deze helling bleek steeds onafhankelijk van de Gt-groep. Het intercept (de nitraatconcentratie bij $N_{min_{nitraat}}=0$) was echter wél van de Gt-groep afhankelijk, alsook van de bodemgroep. Bij GHG dieper dan 80 cm –mv (Gt-groep 3) varieerde deze interceptwaarde voor gras tussen 28 en 38 mg/l; bij Groep 2 lag de nitraatconcentratie 5.5 mg/l lager (geen significant verschil) en voor Groep 1 nóg eens 12 mg/l lager (wel significant t.o.v. Groepen 2 en 3), dus een totale range van 17.5 mg/l tussen 'natste' en 'droogste' groep. Dit is dus het Gt-effect na correctie voor $N_{min_{nitraat}}$. Voor maïs lag bij GHG > 80 cm –mv de nitraatconcentratie bij $N_{min_{nitraat}} = 0$ - afhankelijk van de bodemgroep - tussen 60 en 66 mg/l; bij GHG tussen 40 en 80 cm was de concentratie maar liefst 44.5 mg/l lager, bij GHG < 40 cm echter 'maar' 42 mg/l lager dan in Groep 3. Ook hier verschilden Groepen 1 en 2 onderling niet significant. De interpretatie van deze hoge intercept-waarden (nitraatconcentratie bij $N_{min_{nitraat}} = 0$) vergt nog nader onderzoek, temeer omdat die – zover ons bekend – nog nooit gevonden werden in proeven met opzettelijk (via opgelegde N-doses) getrapte N_{min} -niveaus. Het bedoelde intercept heeft grote implicaties voor het vaststellen van 'acceptabele' N_{min} -waarden (drempelwaarden).

Vergelijken we de nitraatniveaus volgens dit eenvoudige regressiemodel ($\text{nitraat} = a + b N_{\text{min,nitraat}}$) tussen gras en maïs onderling, dan blijkt dus dat de beide coëfficiënten (het bodem- en Gt-afhankelijke intercept a , en de helling b) bij maïs hoger zijn dan bij gras; bovendien zijn de waarden van $N_{\text{min,nitraat}}$ zelf hoger bij maïs. Het totaal van deze effecten resulteert in de fors hogere nitraatconcentraties in het grondwater onder maïs, zoals hiervoor vermeld (zie ook Par. 2.4.1).

Resumerend vinden we dus zowel in de ruwe (per Gt-groep gemiddelde) nitraatconcentraties als bij de regressie-modellen (die voor verschillen in $N_{\text{min,nitraat}}$ corrigeren) dat onder grasland de nitraatconcentratie in Groep 2 niet significant verschilt van Groep 3, terwijl Groep 1 wel significant lagere waarden laat zien. Onder maïs zijn het Groep 1 en 2 die onderling niet veel verschillen (zeker na correctie voor verschillen in $N_{\text{min,nitraat}}$), terwijl Groep 3 er met veel hogere waarden uit springt. Opvallend bij maïs is dat Groep 2 lagere nitraatwaarden vertoont dan Groep 1 (zonder correctie voor $N_{\text{min,nitraat}}$).

Door deze regressiemodellen op te schalen naar bedrijfsniveau kan worden uitgerekend wat het maximale N_{min} -gehalte op bedrijfsniveau is om met een gewenste zekerheid beneden een zekere gemiddelde nitraatconcentratie te blijven. Dergelijke berekeningen kunnen voor elk specifiek bedrijf worden uitgevoerd, gegeven de samenstelling van het bedrijfsareaal in termen van de respectievelijke cluster-arealen, en het aantal steken dat per cluster genomen wordt om $N_{\text{min,nitraat}}$ vast te stellen. Voorspellingen van het bedrijfsgemiddeld nitraatgehalte – voor ‘een nieuw bedrijf in een nieuw jaar’ - op basis van deze opgeschaalde Sturen op Nitraat relaties (met $N_{\text{min,nitraat}}$) zijn ongeveer even goed als voorspelling op basis van de eerder behandelde empirische overschot-nitraat relaties uit Koeien & Kansen (welke direct op bedrijfsgemiddelde waarden van beide variabelen zijn gestoeld).

Toepassing van bovengenoemde regressiemodellen in de regionale deelprojecten van Sturen op Nitraat (regio's St. Anthonis, 't Klooster en Mergelland) in twee meetjaren toonde aan dat de voorspelde regiogemiddelde nitraatconcentraties in redelijke mate overeenstemden met de gemeten nitraatconcentraties (zie Deel II- Sectie IV).

Voor de Sturen op Nitraat dataset valt op dat geen van de bemestingsvariabelen (MINAS-overschot, werkelijk bedrijfs-overschot, totale N-gift, werkzame N-gift, kunstmestgift, dierlijke mest gift) een significante invloed had op de nitraatconcentratie. Dat geldt binnen elk van de drie meetjaren; ook wanneer de data bijeengevoegd worden; en ook wanneer de data eerst naar bedrijfsniveau geaggregeerd worden. Hierbij één kanttekening: wordt N_{min} uit de regressie weggelaten, dan komt op grasland de totale N gift in dierlijke mest wel als significant naar voren, met een effect van circa 10 mg nitraat/l per 100 kg/ha extra dierlijke-mestgift. Op maïsland werd echter geen samenhang tussen bemestingsparameters en nitraat gevonden, ook niet wanneer N_{min} als regressor weggelaten werd. (Zie ook de discussie op de laatste pagina van deze paragraaf, waar andersluidende resultaten uit Koeien & Kansen besproken worden.)

Overschot-paradox in maïs

In drie onafhankelijk datasets voor maïs werd een ‘omgekeerd verband’ gevonden tussen het N-overschot op de bodembalans en de nitraatconcentratie in het grondwater: dus hogere nitraatgehalten bij lagere overschotten. Betreffende datasets zijn (a) gegevens van 1^e, 2^e en 3^e jaars maïspercelen in wisselbouw op De Marke; (b) proefplekken in maïs, drie meetjaren Sturen op Nitraat; en (c) de N-respons proeven in maïs verzameld t.b.v. de zgn. ‘exploratie-studie’ in Sturen op Nitraat (Ten Berge, 2002). Dit verschijnsel treedt op in samengestelde datasets (d.w.z. sets met data afkomstig van meerdere locaties), en wordt hier aangeduid als ‘de overschot-paradox’. Hoewel de bedoelde negatieve helling meestal niet significant is, wordt het achterliggend mechanisme hier toegelicht omdat dát er in het algemeen (alle gewassen) de oorzaak van is dat een eventueel positieve samenhang tussen overschot en nitraat op zijn minst verzwakt wordt, zo niet geheel teniet gedaan. De jaarlijkse netto stikstofmineralisatie varieert sterk tussen locaties, en heeft een grote invloed op de totale N-opname door het gewas. Is de mineralisatie hoog, dan is de gewasafvoer hoog en daardoor het overschot laag (bij gelijke giften). Hoge mineralisatie gaat echter ook gepaard met grotere verliezen, in gewassen die een groot deel van de vrijgekomen N niet kunnen onderscheppen. Maïs is zo'n gewas, doordat de N-opname-periode veel korter is dan de periode waarover mineralisatie optreedt. Lagere overschotten gaan dan dus gepaard met hogere nitraat-emissie. Dit effect kan natuurlijk ‘overstemd’ worden

door variatie in N-gift, en als deze laatste variatie groot genoeg is kan ook in samengestelde datasets het 'normale' patroon tevoorschijn komen: hogere nitraatwaarden bij grotere overschotten, zoals bij proeven met N-trappen op één locatie.

Resultaten op basis van bedrijven-kartering Koeien & Kansen in najaar 2003

Op negen van de Koeien & Kansen-bedrijven werd in het najaar van 2003 een kartering uitgevoerd om bodemprofiel en grondwatertrap (Gt) vast te stellen op elk van de (meestal 48 per bedrijf) individuele boorpuntlocaties waar door RIVM jaarlijks grondwatermonsters verzameld worden voor de bepaling van nitraat. Op de individuele locaties wordt door RIVM de nitraatconcentratie reeds in het veld geschat met 'Nitrachek', alvorens mengmonsters gemaakt worden waarin uiteindelijk in het laboratorium de nitraatconcentratie wordt gemeten. (Een vergelijking op het niveau van bedrijfsgemiddelden gaf aan dat de Nitrachek waarden niet erg verschillen van de lab-metingen.) Door combinatie van deze nieuwe bodem- en Gt-informatie met de hierboven reeds behandelde variabelen werd gepoogd om de waargenomen variantie in Nitrachek nitraatconcentratie te verklaren. Het betreft een analyse op puntniveau (regressies op in totaal 893 puntwaarden verdeeld binnen negen bedrijven en drie jaren), en een op bedrijfsniveau (regressies op 27 bedrijfswaarden afkomstig uit negen bedrijven en drie jaren; de bedrijfswaarden werden eerst vastgesteld door aggregatie van puntwaarnemingen naar bedrijfsniveau). De regressie-analyse liet zien dat het toepassen van de weerjaarscorrectie (met gebruikmaking van de door RIVM berekende verdunningsfactor) niet tot andere dan onderstaande conclusies leidt. De nitraatwaarden hebben betrekking op de jaren 2000, 2001 en 2002; de 'bemestingsvariabelen' steeds op het daaraan voorafgaande jaar.

Als verklarende variabelen voor de nitraatconcentratie op *boorpuntniveau* werden de volgende variabelen als mogelijk verklarend beschouwd: Jaar, Gewas (gras of bouwland), N-perceeloverschot, toegediende werkzame N (kunstmest + dierlijke mest), toegediende totale N, grondwaterstand ten tijde van bemonstering, gemiddeld hoogste grondwaterstand GHG, bewortelingsdiepte, Gt-groep en Bodemgroep (beide conform Sturen op Nitraat), en het al dan niet vóórkomen van veenlaagjes. Bij regressie-analyse op puntniveau komen geen sterke relaties naar voren en blijven de verklaarde varianties lager dan 10%.

In alle eerder besproken studies werd de Gt-groep steeds gedefinieerd op basis van GHG-intervallen. Zo waren de gemiddelde nitraatconcentratie in Gt-groep 1 (GHG < 40 cm -mv), 2 (40 < GHG < 80 cm -mv) en 3 (GHG > 80 cm -mv) respectievelijk 42, 74 en 67 mg/l (op basis van alle punten, dus grasland én bouwland). De hoogste waarde werd dus in Gt-groep 2 gevonden. Dat is verrassend gezien alle eerdere bevindingen waar Gt-groep 3 steeds hoger scoorde (Sturen op Nitraat; en kartering Telen met toekomst, zie volgende paragraaf). Eén van de doelen van deze kartering was om een duidelijke GHG-diepte ('knip') vast te stellen als grens tussen wel en niet 'uitspoelingsgevoelig', en met behulp waarvan mogelijk een groter deel van de variantie in nitraatconcentratie verklaard zou worden. Als criterium bij het zoeken naar die 'knip' is gelet op een zo groot mogelijk verschil in nitraatconcentraties tussen de twee nieuw ontstane groepen. Op die grondslag kan het beste een onderscheid gemaakt worden tussen enerzijds punten met GHG < 50 cm -mv, anderzijds punten met GHG ≥ 50 cm -mv. Dit gold voor zowel grasland als bouwland (vnl. snijmaïs). De 'natte' groep heeft dan een gemiddelde nitraatconcentratie van 40 mg/l en de 'droge' groep ('uitspoelingsgevoelige') groep van 73 mg/l. (Hierin zijn dan resp. de oude Gt-groepen 1 en 3 opgenomen). Voor grasland apart zijn de gemiddelde concentraties dan 31 tot 42 mg/l ('nat') en 52 tot 75 mg/l ('droog'). Op bouwland werden gemiddelden genoteerd van 36 tot 55 mg/l ('nat') en 84 tot 130 mg/l ('droog') in de verschillende meetjaren. Het gemiddeld contrast over genoemde grens bedroeg 22 mg/l voor grasland en 57 mg/l voor bouwland. De effecten van Gt-groep, van GHG en van de als alternatief te hanteren 'knip'-waarde op de nitraatconcentraties zijn binnen deze dataset niet significant. Het verschil tussen enerzijds Gt-groep 1 en anderzijds de Groepen 2 en 3 bedroeg 16 mg/l.

Analyse op *bedrijfsniveau* levert voor deze dataset (drie meetjaren; 9 K & K-bedrijven) andere conclusies op. Er komt een regressiemodel als beste naar voren met een verklaarde variantie van bijna 43% met als variabelen: Jaar, N-overschot op de bodembalans van het bedrijf, de fractie van de metingen binnen het bedrijf met Gt-groep 2, en de fractie met Gt-groep 3. Hiervan is alleen het N-overschot op de bodembalans significant (de overige variabelen zijn echter vermeld wegens de omvang van hun effect). Volgens deze regressie gaat een stijging van het bodemover-

schot met 100 kg/ha gepaard aan een stijging van de nitraatconcentratie met 49 mg/l. Het overschot op de bedrijfsbodembalans kan vervangen worden door het overschot op de totale bedrijfsbalans (eveneens significant), met dan een lichte daling van R^2_{adj} naar 39%. De helling bedraagt dan 43 mg/l per 100 kg N/ha. Het belang van beide overschot-variabelen als nitraat-indicator strookt met eerdere bevindingen in Koeien & Kansen op bedrijfsniveau, hoewel toen hogere correlaties gevonden werden doordat twee bedrijven met laag overschot (en lage nitraatwaarden) in de dataset waren opgenomen (Deel II-Sectie IV). Wordt productie-intensiteit (kg melk/ha) in de plaats gesteld van bedrijfs- of bodemoverschot, dan ontstaat een beduidend slechter model, deze variabele is niet significant. Het MINAS-overschot scoort nog slechter, en toont in deze analyse geen enkel verband met de nitraatconcentratie ('residual variance of the model exceeds that of the observed data'). Tot slot wordt vermeld dat bij regressies op de 'ruwe' nitraatconcentratie een groter deel van de variantie verklaard werd dan bij gebruik van nitraatconcentraties genormaliseerd met behulp van de eerdergenoemde verdunningsfactor.

Informatie over de grondwatertrappen in het bedrijf blijkt zoals gezegd wel relevant (omvang van het effect) maar niet significant en wanneer de 'droge' fractie van het bedrijfsareaal in een regressiemodel met of zonder N-overschot wordt opgenomen (areaal met Gt-groepen 2 en 3; of areaal met $\text{GHG} \geq 50$ cm), is het effect negatief: een groter areaal in deze groepen verlaagt de nitraatconcentratie. Deze onverwachte responses van nitraat op Gt op bedrijfsniveau zijn niet consistent met de patronen op puntniveau en ontstaan waarschijnlijk door de toevallige samenstelling van de kleine dataset. Een groter aandeel areaal met Gt-groep 3 in het bedrijf heeft wel een verhogend effect op de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie (verschil van 29 mg/l tussen 0% en 100% van areaal in Gt-groep 3), maar ook dit is niet significant.

De bevinding (Koeien & Kansen) dat het overschot veel bepalender (voor nitraat) zou zijn dan de hydrologie, staat in sterk contrast met uitkomsten van Sturen op Nitraat, die juist het tegenovergestelde laten zien: de Gt-groep verklaart daar veel van de variantie in nitraatconcentratie, het N-overschot nauwelijks. Een nadere analyse werd uitgevoerd om de oorzaak van dit contrast vast te stellen. Daarbij werden uiteraard alleen de Koeien & Kansen-bedrijven betrokken die in de Sturen op Nitraat-dataset voorkomen, en die bovendien in de hier besproken bedrijfskartering waren betrokken. Ook in deze subset van Sturen op Nitraat kwam echter geen verband met het bedrijfsoverschot naar voren. Omdat in beide studies dezelfde cijfers voor de overschotten werden gebruikt, is het enige verschil tussen deze twee gegevens-sets de nitraatbepaling zelf. De nitraatconcentraties binnen Sturen op Nitraat zijn altijd gemeten in het voorjaar, terwijl de nitraatmetingen die door RIVM in Koeien & Kansen werden verricht betrekking hebben op de zomer of zelfs de herfst. Verder liggen de boorpunten anders verspreid binnen de bedrijven. Hoe deze verschillen leiden tot de contrasterende conclusies is voor ons niet duidelijk.

2.5.2 Relaties tussen indicatoren en de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater, en haalbaarheid van 50 mg/l in de open teelten

Telen met toekomst

Algemene informatie over nitraatgehalten in Telen met toekomst werd in Par. 2.4.2 gepresenteerd. Daarbij bleek al dat de nitraatconcentratie voor de bollenbedrijven en voor de akkerbouw op klei veel lager waren dan voor de overige bedrijven. Deze twee groepen worden daarom niet beschouwd bij het vaststellen van relaties tussen locatie- en beheersfactoren enerzijds en de nitraatconcentratie anderzijds. Voor het eerste meetjaar (nitraatmeting 2002) werd door De Ruijter & Smit (2003) een analyse op bedrijfsniveau gedaan teneinde de samenhang van de nitraatconcentratie met deze factoren vast te stellen (zie ook Deel II, Sectie IV). Deze analyse betreft dus de akkerbouw op zand, alle vollegrondsgroentenbedrijven, en de boomteeltbedrijven. Daaruit kwam naar voren dat de grondwaterstand ten tijde van de nitraatbemonstering een groot deel van de variantie in bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie verklaart: 35% indien al deze bedrijven meedoen. De Gt-groep werd in die analyse niet als zodanig beschouwd. Wel werd het effect van de MINAS-norm – zoals vastgesteld op basis van de formele aanwijzing van het areaal uitspoelingsgevoelige grond in het bedrijf – onderzocht, en die is natuurlijk wel verbonden met het voorkomen van Gt-groepen. Deze norm verklaarde 24% van de variantie. Wordt de hoeveelheid N_{min} (0-90 cm) in het najaar (van 2001) als verklarende variabele toegevoegd, dan stijgt de verklaarde variantie van 35 naar 65% (met actuele grondwaterstand in het model)

en van 24 naar 69% (met de toegekende MINAS-norm als maat voor uitspoelingsgevoeligheid in het model). Enkele van de bemestingsvariabelen (overschot- en aanvoervariabelen) hadden in die studie wel invloed op de nitraatconcentratie wanneer N_{min} niet in de regressie was opgenomen, maar de significantie was sterk afhankelijk van twee datapunten (model met actuele grondwaterstand), of was geheel afwezig (model met MINAS-norm). Verdere details uit die studie worden hier niet overgenomen omdat de analyse op slechts één meetjaar gebaseerd was.

Hieronder volgt een verdergaande zoektocht naar factoren die de nitraatconcentratie in Telen met toekomst bepalen, gebaseerd op resultaten uit Sturen op Nitraat, en op de bodem- en Gt-informatie die in het najaar van 2003 werd verzameld. Deze twee studies hebben wel betrekking op meerdere jaren.

Sturen op Nitraat

Zoals reeds gemeld voor de melkveehouderij in Par. 2.5.1, leent de Sturen op Nitraat dataset zich primair om het effect van verschillende factoren op de puntwaarde (meetplek) van nitraat vast te stellen, d.m.v. lineaire regressie-analyse. De relaties kunnen daarna worden opgeschaald naar cluster- en bedrijfsniveau. De conclusies worden hieronder samengevat voor de open teelten.

Zoals gemeld voor maïs in de veehouderij, geldt ook voor de open teelten dat de GHG (gemiddeld hoogste grondwaterstand) een grote invloed heeft op de nitraatconcentratie. Gemiddeld over alle bodemtypen en gewassen lagen de waarden bij GHG tussen 40 en 80 cm -mv 15 mg/l lager dan in bij GHG dieper dan 80 cm -mv. Voor GHG ondieper dan 40 cm -mv lagen de waarden 63 mg/l lager dan bij GHG dieper dan 80 cm -mv. Dit zijn effecten vastgesteld door middel van lineaire regressie waarbij gecorrigeerd is voor verschillen in $N_{min_{nitraat}}$. Worden de ruwe nitraatconcentraties tussen de drie Gt-groepen vergeleken, dan liggen de waarden in Groepen 2 en 3 60 à 70 mg/l hoger dan in Groep 1, terwijl Groepen 2 en 3 onderling niet significant verschillen (jaarwaarden in Groep 1: 10-48 mg/l; in Groepen 2 en 3: 69-112 mg/l).

De hoeveelheid minerale stikstof in de bodem in het najaar (N_{min}) komt in elk van de drie meetjaren als veruit de beste indicator voor de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater naar voren; beter nog is om alleen het nitraatdeel $N_{min_{nitraat}}$ te nemen. Daarnaast moet in de open teelten rekening gehouden worden met de grondwatertrap, bodemgroep, gewasgroep, de neerslagsom in het groeiseizoen, en het al dan niet voorkomen van veenlaagjes. De relatief goede samenhang van nitraat met N_{min} (veel beter dan in de melkveehouderij) geldt zowel op puntniveau als wanneer data eerst op cluster- of bedrijfsniveau geaggregeerd worden. Opvallend in de analyse op puntniveau is verder dat de verschillen tussen gewasgroepen niet volledig voor rekening van N_{min} komt: na opname van N_{min} in de regressiemodellen voor nitraat resteert nog steeds een gewas-effect. Dit lijkt in strijd met de bevindingen op Wijnandsrade, waar verschillen in N_{min} het gewaseffect op de nitraatconcentratie verklaren, zij het dat aardappel daar een iets 'minder steile' respons van nitraat op N_{min} geeft dan de overige gewassen.

In de eerste twee meetjaren van Sturen op Nitraat (2000/2001 en 2001/2002) bleek geen van de bemestingsvariabelen (MINAS-overschot, werkelijk bedrijfsoverschot, totale N-gift, werkzame N-gift, kunstmestgift, dierlijke mest gift) een significante invloed op de nitraatwaarde te hebben, ook niet wanneer N_{min} uit de regressie werd weggelaten. Door toevoeging van de data uit het meetjaar 2002/2003 ontstaat echter wel een significante invloed van kunstmestgift en N-totaal in dierlijke mest. Gemiddeld over alle jaren en meetpunten (open teelten) is het effect van deze variabelen circa 30 mg nitraat/l per 100 kg/ha kunstmest-N, en 12 mg/l per 100 kg N-totaal in dierlijke mest per ha (wanneer N_{min} niet in de regressie is opgenomen). Opname van $N_{min_{nitraat}}$ in de regressiemodellen verhoogt in alle gevallen de fractie verklaarde variantie. Toch resteert er ook dan nog een effect van kunstmestgift en dierlijke mestgift, weliswaar natuurlijk met een geringer effect (resp. 20 mg/l en 7.5 mg/l per 100 kg toegediende N/ha) doordat een deel van het effect nu voor rekening van N_{min} komt.

De respons van nitraat op N_{min} ligt was 69 mg nitraat/l per 100 kg $N_{min_{nitraat}}$ per ha, als gemiddelde over alle gewasgroepen die in de open teelten beschouwd zijn. (Resultaat drie meetjaren; geen bemestingsvariabelen in regressiemodel). Deze helling is wat lager dan de respons die in Wijnandsrade naar voren komt wanneer de meerjarig gemiddelde nitraatwaarde per gewas wordt uitgezet tegen de bijbehorende N_{min} -waarde (circa 100 mg/l per 100 kg/ha N_{min} -totaal).

Verondersteld wordt dat jaarlijkse mineralisatie uit organische N-voorraden in de bodem sterk varieert tussen locaties en tussen jaren, en dat dit een belangrijke storing oplevert op veronderstelde verbanden tussen bemestingsparameters en nitraatuitspoeling. In N_{min} daarentegen is een deel van die variatie 'uitgedrukt' en dit verklaart de relatief goede samenhang met de nitraatconcentratie.

Voorspelling van het bedrijfsgemiddeld nitraatgehalte – voor een 'nieuw bedrijf in een nieuw jaar' op basis van de Sturen op Nitraat relaties (met cluster-informatie en $N_{min, nitraat}$) is veel beter (kleinere voorspelfout) dan voorspelling op basis van de overschot-nitraat relaties uit Telen met toekomst, die zeer zwak zijn. (Dit in tegenstelling tot de veehouderij, waar voorspelling op basis van de eenvoudige relatie tussen bedrijfsgemiddeld overschot en bedrijfsgemiddeld nitraat ongeveer even goed presteert.) Met behulp van de Sturen op Nitraat relaties kan ook worden uitgerekend wat het maximaal toelaatbare bedrijfsgemiddelde N_{min} -niveau is waarbij een gemiddelde nitraatconcentratie van 50 mg/l niet overschreden wordt. Zie Deel II-Sectie IV.

Resultaten op basis van bedrijven-kartering Telen met toekomst in najaar 2003

Op 14 Telen met toekomst-bedrijven (akkerbouw- en vollegrondsgroentenbedrijven alle op zand) werd in het najaar van 2003 een kartering uitgevoerd om bodemprofiel en grondwatertrap (Gt) vast te stellen op elk van de individuele boorpuntlocaties waar door RIVM nitraat gemeten werd. Door combinatie van deze nieuwe informatie met andere variabelen werd gepoogd om de waargenomen variantie in nitraatconcentratie te verklaren. Het betreft een analyse op puntniveau (regressies op 1197 puntwaarden verdeeld binnen twee jaren en 14 bedrijven), en een op bedrijfsniveau (regressies op de 28 bedrijfswaarden uit twee jaren en 14 bedrijven; alle waarden werden eerst vastgesteld door aggregatie van puntwaarnemingen naar bedrijfsniveau). De nitraatconcentraties hebben steeds betrekking op Nitrameetwaarden. Er werd vastgesteld dat deze niet sterk afwijken van de formele 'lab-analyses' (welke echter alleen als bedrijfsgemiddelden beschikbaar zijn). In de regressie-analyse kwam naar voren dat de weerjaarscorrectie met de door het RIVM berekende verdunningsfactor niet tot andere dan onderstaande conclusies leidt, en vaak zelfs tot een lagere fractie verklaarde variantie leidt. De nitraatwaarden hebben betrekking op de jaren 2002 en 2003, de 'bemestingsvariabelen' steeds op het daaraan voorafgaande oogstjaar (bij nitraat-2002 hoort dus het oogstjaar dat loopt van oktober-2000 t/m september-2001).

Om de nitraatconcentratie op RIVM-boorpuntniveau met lineaire regressie-analyse te beschrijven zijn de volgende variabelen als mogelijk verklarend beschouwd: Jaar, Bedrijf, Perceel, Gewas, N-perceeloverschot, toegediende werkzame N (kunstmest + dierlijke mest; perceel), toegediende totale N (perceel), N_{min} in het najaar van het voorgaande jaar (perceel), grondwaterstand ten tijde van bemonstering, GHG, bewortelingsdiepte, Gt-groep en Bodemgroep (beide conform Sturen op Nitraat) en het al dan niet voorkomen van veenlaagjes in het profiel. Hiervan bleken de volgende variabelen een significante bijdrage te leveren: Bodemgroep, voorkomen van veenlaagjes, N_{min} in het najaar, Gewas, Gt-groep en steeds één van de genoemde 'bemestingsvariabelen' (N-perceeloverschot, werkzame N-aanvoer (perceel) en totale N-aanvoer (perceel)). Deze leveren alle drie ongeveer hetzelfde resultaat op. De verklaarde variantie bedraagt circa 36% bij een voorspelfout (puntniveau!) van ongeveer 85 mg/l. Het toevoegen van Bedrijf als factor verhoogt de verklaarde variantie met circa 10%. Dat wil zeggen dat de verschillen tussen de bedrijven onvoldoende door 'echte' (biofysische) variabelen worden verklaard. Vermeldenswaardige responswaarden (hellingen) van deze regressiemodellen zijn: 19 mg/l per 100 kg aanvoer-N-werkzaam, 13 mg/l per 100 kg N-overschot, en 10 mg/l per 100 kg aanvoer-N-totaal. Een model met alleen Bodemgroep, het voorkomen van veenlaagjes, Gt-informatie en $N_{min, najaar}$ (dus zonder bemestingsvariabelen) levert een respons op van 25 mg nitraat/l per 100 kg N_{min}/ha ($R^2_{adj}=32\%$). Al deze hellingen zijn significant.

Binnen deze groep van punten is gezocht naar een andere indeling van Gt-groep door binnen Gt-groep 2 (met GHG tussen 40 en 80 cm -mv) te zoeken naar een duidelijke GHG-grens ('knip') die de uitspoelingsgevoeligheid bepaalt. Als criterium is daarbij gelet op een zo groot mogelijk verschil in nitraatconcentraties tussen de nieuwe groepen. De gemiddelde nitraatconcentratie in Gt-groep 1 (GHG < 40 cm-mv), 2 (40 < GHG < 80) en 3 (GHG > 80) bedroeg respectievelijk 57, 99 en 178 mg/l. Voor een nieuwe indeling in 2 Gt-groepen met een zo groot mogelijk verschil in nitraatconcentratie kan het beste de grens gelegd worden bij GHG = 70 cm - mv. De 'natte' groep heeft dan een gemiddelde nitraatconcentratie van 81 mg/l en de 'droge, uitspoelingsgevoelige' groep 171 mg/l. Als een nieuwe

tweedeling in Gt-groepen wordt gebruikt als verklarende variabele in regressie-analyse komt de tweedeling met 'knip' bij GHG = 70 cm als beste uit de bus; het effect van een GHG > 70 cm bedraagt dan +59 mg/l. Mede gezien de eerdere bevindingen met STONE en Sturen op Nitraat kan in ieder geval geconcludeerd worden dat gronden met een GHG dieper dan 70 cm -mv zonder meer alle bij de uitspoelingsgevoelige gronden ingedeeld kunnen worden. Indien echter een tweedeling gezocht wordt waarbij de concentraties in de 'natte' groep zoveel mogelijk lijken op de concentraties in de formele Gt-groep 1 (dus gronden met GHG < 40), dan komt de 'knip' te liggen bij GHG = 55 cm -mv. Dan is de gemiddelde nitraatconcentratie in de natte groep (GHG < 55) slechts 65 mg/l, en in de 'droge' groep gemiddeld 151 mg/l. Kortom, alle gronden met een GHG ondieper dan 55 cm -mv zijn dan niet uitspoelingsgevoelig.

Een regressie-model met als verklarende variabelen Bodemgroep, 'droger of natter dan Gt-knip=70', aanwezigheid van veenlaagjes, $N_{\text{min}_{\text{najaar}}}$, N-overschot en Gewas komt duidelijk naar voren dat de hoogste nitraatconcentraties bij bodemgroep Z1 (gronden met veel organische stof) horen, en de laagste (57 mg/l lager!) bij bodemgroep Z2 (relatief leemhoudende gronden). Het verschil tussen het al dan niet aanwezig zijn van veenlaagjes bedraagt volgens deze regressie maar liefst 95 mg/l. Van de gewasgroepen leiden met name de groentegewassen tot hoge concentraties.

Regressie-analyse van deze dataset op *bedrijfsniveau* bevestigt de afwezigheid van een significant 'jaareffect', zoals geconstateerd bij de analyse op puntniveau. Een reeks modellen werd getest met daarin (a) de fractie van de meetpunten met Gt-groep 2 en fractie met Gt-groep 3; of fractie meetpunten met GHG > 70 cm; (b) fractie van de meetpunten met veenlaagjes in het profiel; (c) één van de bemestingsvariabelen: bedrijfs-N-overschot, N-aanvoer op bedrijf, of werkzame-N-aanvoer op bedrijf. Daaruit blijkt dat de verklaarde variantie circa 54% bedraagt in een model met alleen fractie Gt-groep 2, fractie Gt-groep 3, en het voorkomen van veenlaagjes. Het toevoegen van één van de bemestingsvariabelen doet de verklaarde variantie stijgen naar 58,5% (N-overschot; N-aanvoer) of 64,4% (werkzame N-aanvoer). Deze managementvariabelen hebben dus wel enige invloed op de nitraatconcentratie, maar die is klein ten opzichte van het effect van genoemde bodem/hydrologie-kenmerken. Per 100 kg N/ha bedrijfsoverschot stijgt de nitraatconcentratie circa 20 mg/l, per 100 kg/ha N-totaal aanvoer stijgt nitraat circa 22 mg/l, en per 100 kg/ha N-werkzaam stijgt nitraat 46 mg/l. Wordt in plaats van deze bemestingsvariabelen de hoeveelheid N_{min} in het model opgenomen, dan stijgt het percentage verklaarde variantie naar 75%, en de respons op deze variabele bedraagt 57 mg/l per 100 kg N_{min} /ha.

Tenslotte werd deze dataset (14 bedrijven; twee jaren) gebruikt om met behulp van lineaire regressie vast te stellen met welke verwachte bedrijfswaarden van de genoemde 'bemestingsvariabelen' een bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie van 50 mg/l overeenstemt. Daartoe werden de boorpunten met veenlaagjes geëlimineerd (twee bedrijven). Voor die (twee) bedrijven werd de gemiddelde nitraatconcentratie vastgesteld op basis van de overige boorpunten. Het resulterend model beschrijft de nitraatconcentratie als functie van de fractie van het bedrijfsareaal met GHG dieper dan 80 cm -mv, en steeds één van de 'bemestingsvariabelen' (N-overschot; aanvoer N-werkzaam; aanvoer N-totaal; of N_{min}). Hierbij dient vermeld te worden dat in de variabele 'aanvoer N-werkzaam' de depositie van ammoniak niet werd meegeteld, maar wél in de variabelen 'N-overschot' en 'aanvoer N-totaal'; de depositie bedroeg 33 tot 57 kg N/ha. Deze regressiemodellen leverden een verklaarde variantie van achtereenvolgens 49%, 59%, 52%, en 65%, wat lagere waarden dus dan voor eerdergenoemd model waarin de fractie van het areaal met veenlaagjes wel was opgenomen. De responses van nitraat op de mestvariabelen zijn volgens dit gereduceerde model 21, 55, 28 en 61 mg/l, steeds per 100 kg N/ha in de dimensie van resp. de vier genoemde bemestingsvariabelen. Het belangrijkste resultaat van deze exercitie zijn echter de kritische waarden (drempelwaarden) voor de bemestingsvariabelen, in dit geval gedefinieerd als de waarde die, wanneer overschreden, met 50% of 95% zekerheid tot overschrijding van de 50 mg/l grenswaarde voor de nitraatconcentratie leidt. De resultaten zijn vermeld in Tabel 9, voor bedrijven met aangenomen arealen van 0% en 50% uitspoelingsgevoelige grond (GHG dieper dan 80 cm -mv). De schattingsfouten zijn groot, hetgeen tot uiting komt in de grote verschillen tussen de kritische waarden bij resp. 50% en 95% betrouwbaarheid. Overigens dient vermeld te worden dat ook aan deze kritische waarden bij 95% zekerheid weer een betrouwbaarheidsinterval verbonden is.

Verder onderzoek is nodig om vast te stellen of er in deze teeltsystemen inderdaad zulke 'strakke eisen' aan het N-gebruik gesteld moeten worden, d.w.z. óók op langere termijn, óf dat de toelaatbare N-niveaus hier te laag geschat zijn doordat een deel van de nitraat-emissie nog afkomstig is uit mineralisatie van (te) grote bodemvoorraden.

Tabel 9. Kritische waarden voor 'bemestingsvariabelen' bij 50% en 95% kans op overschrijding van 50 mg/l nitraat in bovenste grondwater, voor open-teeltbedrijven (akkerbouw en vollegrondsgroenten) op zandgrond, met verschillend areaal uitspoelingsgevoelige grond. Cijfers gebaseerd op twee meetjaren Telen met toekomst, voor bodems waarin geen veenlaagjes voorkomen (lineaire regressie op bedrijfsgemiddelden; n=28).

kg N/ ha	0% areaal met GHG > 80 cm -mv	0% areaal met GHG > 80 cm -mv	50% areaal met GHG > 80 cm -mv
MINAS-2003 'aanvoernorm'	265	265	245
	Bij 50% kans op overschrijding van 50 mg nitraat/l	Bij 95% kans op overschrijding van 50 mg nitraat/l	Bij 95% kans op overschrijding van 50 mg nitraat/l
N _{min} _{najaar}	34	70	(negatief)
Werkelijk N-overschot bedrijf ¹	42	167	-51
Aanvoer N-werkzaam ²	126	169	72
Aanvoer N-totaal ¹	202	295	107
Verschi ³ t.o.v. MINAS-2003 'aanvoernorm'	-108	-15	-183

¹ Inclusief ammoniakdepositie.

² Exclusief ammoniakdepositie.

³ Berekend als 'aanvoer N-totaal' minus 'MINAS-2003 aanvoernorm' minus ammoniakdepositie (hier gesteld op 45 kg/ha). De uitkomst hiervan heeft de volgende betekenis: indien de verliesnorm met dit bedrag zou worden verlaagd (t.o.v. MINAS 2003), dan nog zou met resp. 50% of 95% zekerheid de drempelwaarde voor nitraat van 50 mg/l in het bovenste grondwater overschreden worden.

2.5.3 Uitspoelingsgevoeligheid van lössgronden versus 'droge zandgronden'

Een beknopte studie (Radersma & De Willigen, 2003), door het Ministerie van LNV opgedragen teneinde eventuele verschillen in uitspoelingsgevoeligheid tussen de droge zandgronden en de lössgronden te kwantificeren, leverde de hieronder genoemde resultaten. Ze zijn gebaseerd op analyse van datasets uit het project Sturen op Nitraat en data uit meerjarige proeven op proefbedrijf Wijnandsrade. Zie Deel II voor meer details.

Analyses van gepaarde waarnemingen (steeds löss versus zand bij gelijk gewas en grondwatertrap) lieten overtuigend zien dat nitraatconcentraties onder löss lager waren dan onder zand (met eveneens GHG dieper dan 80 cm onder maaiveld). Het verschil bedroeg gemiddeld 40% maar dit percentage nam af bij toenemend niveau van de N-gift. Daarom, en ook om het effect van eventueel verschillende overschotten uit te sluiten, werd d.m.v. regressie op de Sturen op Nitraat dataset ook vastgesteld hoeveel de nitraatconcentratie onder löss (in hangwater) lager was dan die onder zand (in bovenste grondwater; GHG dieper dan 80 cm onder maaiveld) *bij gelijk werkelijk N-overschot*. Dat verschil bedroeg circa 34 mg/l. In deze analyse werden alle drie typen zandgronden (die in Sturen op Nitraat steeds als onderscheiden bodemgroepen behandeld werden) 'gepooled', evenals alle data uit de drie meetjaren in Sturen op

Nitrat (nitraatmeting 2001, 2002, 2003). De standaardfout bedraagt 8.8 mg/l; met 95% betrouwbaarheid kan dus gesteld worden dat de nitraatconcentratie onder löss ten minste 16 mg/l lager ligt dan op zand (met GHG dieper dan 80 cm). Het contrast tussen löss en zand verschilt sterk van jaar tot jaar.

Het werkelijk N-overschot op zand was 30-70% hoger dan op löss. Hierbij dient bedacht dat veel van de löss-data afkomstig waren van proefbedrijf Wijnandsrade, terwijl de meeste zand-data van praktijkbedrijven stamden. Een steekproef (tussen Roermond en Maastricht) liet bovendien zien dat een mogelijke oorzaak van dit verschil gelegen is in het bouwplan, waarin op löss meer graan en bieten voorkwamen, terwijl op de zandgronden meer maïs geteeld werd.

Een oorzaak van lager nitraatgehalte onder löss dan onder zand bij eenzelfde N-aanvoer is dat de N-afvoer in gewassen (en dus de N-benutting) hoger is op löss. Dit werd echter alleen bij aardappel en granen geconstateerd. Biet en maïs toonden dit verschil niet.

De verliesnorm voor uitspoelingsgevoelige grond (60 kg N/ha) kan in de akkerbouw op löss gehaald worden zonder opbrengstderving. De nitraatconcentratie onder löss lag gemiddeld bij circa 50 mg/l. Op de droge zandgronden bedroeg in deze studie de gemiddelde waarde circa 80 mg/l. Dit suggereert dat de verliesnormen voor uitspoelingsgevoelig zand eerder gereduceerd zouden moeten worden, dan dat die voor löss verhoogd zouden kunnen worden.

Aan bovengenoemde studie wordt hier toegevoegd, dat in Koeien & Kansen het melkveehouderijbedrijf op löss niet duidelijk afwijkt van het verband dat in dat project werd vastgesteld tussen bedrijfsoverschot en nitraatconcentratie, op basis van de zandbedrijven (incl. löss) (zie Par. 2.5.1 voor dat verband). Daarbij moet wel vermeld worden dat de zandbedrijven slechts ten dele als uitspoelingsgevoelig zijn aangemerkt.

2.5.4 Suggesties voor toepassing van de hoeveelheid residuaire nitraatstikstof in de bodem in het najaar als beleidsinstrument door Eric Hees (CLM) en Dethmer Boels (Alterra)

Het realiseren van de grondwaterkwaliteitdoelstelling op uitspoelingsgevoelige gronden leek met de voorziene extra aangescherpte MINAS-verliesnormen niet haalbaar. Stringentere maatregelen werden noodzakelijk geacht. Tegelijkertijd werd echter niet uitgesloten dat die doelstellingen mogelijk ook met locatie-specifieke management of specifieke maatregelen gerealiseerd zouden kunnen worden. Het onderzoeksproject Sturen op Nitrat werd opgezet om voor die gronden een maatstok (indicator) te ontwikkelen waarmee zowel de boer als de handhaver inzicht krijgen in het actueel nitraatgehalte van het bovenste grondwater. Gekozen is voor een indicator boven directe meting in het grondwater omdat enerzijds de kosten lager zullen uitvallen, anderzijds omdat de indicator een duidelijke relatie heeft met het management, vooral voor die gewassen die een meer dan gemiddelde nitraatmissie veroorzaken. Afhankelijk van het bemonsteringsmoment, weerspiegelt het nitraatgehalte van het grondwater de uitspoeling in een periode die lang niet altijd samenvalt met het jaar vooraf aan de metingen. Uit het project Sturen op Nitrat komt als beste voorspeller van nitraat in het bovenste grondwater in het voorjaar het gehalte minerale stikstof in de bodem tussen 0 en 90 cm in het voorafgaande najaar ($N_{\text{min}_{\text{najaar}}}$) naar voren. (De nitraatfractie hiervan voldoet nog beter, en werd in dit rapport steeds aangeduid als $N_{\text{min}_{\text{nitraat}}}$.) De minerale voorraad stikstof is in de landbouw een door goede boeren wel begrepen grootheid en is daarom hanteerbaar bij het ontwikkelen van management-maatregelen. De bruikbaarheid van de indicator $N_{\text{min}_{\text{najaar}}}$ in het Nederlandse mest- en mineralenbeleid is binnen het onderzoeksproject uitvoerig aan de orde geweest. Daarbij is gekeken naar de uitvoerbaarheid (kosten, nauwkeurigheid en reproduceerbaarheid), handhaafbaarheid en beïnvloedbaarheid (aanknopingspunten voor management). Uit die besprekingen, waaraan vertegenwoordigers van LNV, VROM, LTO-Nederland, VEWIN, de Unie van Waterschappen en het RIVM deelnamen, volgen drie als kansrijk beoordeelde gebruiksopties van de indicator $N_{\text{min}_{\text{najaar}}}$.

1. *Binnen het generieke mestbeleid*

De gebruiksnorm voor dierlijke en voor totale N-bemesting wordt voor de uitspoelinggevoelige gronden verlaagd maar aan bedrijven die hiermee niet uit de voeten kunnen (bijv. door een hogere eigen mestproductie), wordt een verfijnde route geboden. Deze ondernemers menen dat zij een grotere hoeveelheid dierlijke mest kunnen aanwenden zonder milieukundige bezwaren. De indicator gebruiken zij om dit aan te tonen. Wanneer de N_{min}-indicator aldus wordt gebruikt, hebben we te maken met een 'achteraf-verantwoording' (najaar) in plaats van een 'vooraf-verantwoording' (gebruiksnorm). De achteraf-verantwoording brengt bijzondere risico's voor het milieu met zich mee. Om deze risico's te minimaliseren, zal de bepaling zo snel mogelijk na het groeiseizoen uitgevoerd moeten worden, zullen de sancties voldoende schrikwekkend moeten zijn én de betreffende ondernemers aan de hand van historische gegevens (bijv. MINAS-resultaten) moeten aantonen dit risico aan te kunnen (vgl. Denemarken). De ondernemer die kiest voor de verfijnde route:

- tekent een derogatieverklaring
- verplicht zich om direct na afloop van het groeiseizoen een N_{min}-bepaling te laten doen
- zal indien de uitslag te veel afwijkt van de grenswaarde, worden gesanctioneerd.

De kosten van monsternamen, analyse en handhaving zijn voor de ondernemer die voor deze route kiest. Overschrijding van de grenswaarde wordt bestraft met bestuurlijke boetes c.q. strafrechtelijke sancties en/of uitsluiting van het verfijnde spoor.¹

2. *Binnen het nieuwe Gemeenschappelijk Landbouw Beleid*

In het hervormde GLB worden aan inkomenstoelagen verplicht (milieu)voorwaarden verbonden (*cross compliance*). De Europese Commissie zal hierbij in eerste instantie uitgaan van de bestaande richtlijnen (waaronder de Nitraatrichtlijn). Daarnaast zijn de lidstaten verantwoordelijk om aanvullende eisen te stellen aan de toekenning van inkomenstoelagen. Denkbaar is dat Nederland bedrijven verplicht om in plaats van grondgebonden forfaitaire waarden voor de voorraad minerale stikstof in de bodem in het voorjaar, gebruik te maken van N_{min}_{voorjaar} bepaling met bemestingsadvies én een N_{min}_{najaar} bepaling als bewijs voor het realiseren van het beoogd milieueffect. De bepalingen worden bijgehouden in een logboek, dat opvraagbaar is voor de premieverlenende overheid. Verzaken van de plichten leidt tot korting op c.q. inhouding van de inkomenstoelagen. In deze optie vormt de indicator dus zowel doelvoorschrift met aanvullende maatregelen (verplicht management-instrument). Een variant richt zich niet op inkomenstoelagen uit de zgn. 1^e pijler van het GLB, maar op toeslagen uit de 2^e pijler. De bron van die toeslagen bestaat uit de instrumenten Regionalisatie (artikel 58) en/of Nationale Reserve (artikel 42). Bedrijven ontvangen een hectaretoeslag vanwege 'natuurlijke handicaps' (in dit geval vanwege uitspoelinggevoelige gronden). In ruil voor deze toeslag neemt de ondernemer een aantal extra bedrijfsmaatregelen (aangepast bouwplan, eerder opstellen, nagewas,..). Monitoring vindt plaats d.m.v. een N_{min}_{najaar} bepaling met grenswaarde. Overschrijding van de grenswaarde leidt tot het korten op c.q. inhouden van de toeslag. Grotere overschrijding leidt tot boetes c.q. strafrechtelijke sancties.

3. *Binnen het gebiedsgerichte beleid*

De regionale grondwaterkwaliteitsbeheerder (provincie) wil in een specifiek gebied (bijv. een intrekgebied) verdergaande milieukwaliteit realiseren. Daartoe wordt, in ruil voor vergoedingen, voor het betreffende gebied een pakket maatregelen vastgesteld (bijv. teeltplan, kortere uitrijperiode, natuur, etc.), waaraan bedrijven - individueel en gezamenlijk - in dat gebied contractueel zijn gebonden (regionaal N-contract). Met een N_{min}_{najaar} worden de effecten van de maatregelen gecheckt. Indien de betreffende grenswaarde wordt overschreden, wordt het pakket maatregelen uitgebreid. De vergoedingen voor de betrokken boeren kunnen worden gedekt uit een zgn. 'drinkwaterpakket' in het nieuwe Plattelands Ontwikkelings Programma.

Om als indicator in het beleid bruikbaar te zijn, zullen protocollen moeten worden opgesteld voor de bepaling en analyse van N_{min}_{najaar}-waarden. Bovendien zullen interventie- c.q. grenswaarden vastgesteld moeten worden. In Sturen op Nitraat wordt hier momenteel aan gewerkt. Inmiddels is wel duidelijk dat gelet op de 'opgeladen' bodems, nog niet één absolute waarde kan worden vastgesteld, maar wel met een relatieve waarde, bijv. een met 10% dalende jaarlijkse waarde (in feite dus om een delta N_{min}_{najaar}) naar het beoogd doel kan worden toegewerkt. Ten aanzien van de handhaving geldt voor de drie opties een verschillend verhaal. Het laat zich aanzien dat in de eerste optie, namelijk binnen het generieke beleid, de handhaving het meest stringent zal dienen te zijn.

¹ Deze optie past goed bij de risicobenadering die de minister van LNV voorstelt in zijn brief van 3 november 2003.

In de twee andere opties (binnen GLB en gebiedsgericht beleid) zijn de consequenties minder dramatisch en verstrekkend en zal de handhaving globaler (bijv. steekproefsgewijs) kunnen zijn. In alle opties komen de kosten van bepaling, analyse, rapportage en handhaving in principe voor de deelnemers.

In 2004 wordt binnen Sturen op Nitraat verder gewerkt aan de toepasbaarheid van de indicator in de praktijk van landbouw en beleid.

Aanbevolen wordt om extra onderzoek te verrichten van bodemprocessen die milieu-effecten van management-aanpassingen vertragen en daardoor het risico meebrengen dat mogelijk onnodig stringente maatregelen worden voorgeschreven.

3. Conclusies

In dit 'synthese'-project zijn antwoorden gezocht op de volgende vijf vragen:

1. Welke resultaten zijn in de Nitraatprojecten behaald ten aanzien van het voldoen aan de MINAS-verliesnormen op proefbedrijven en voorloperbedrijven?
2. Welke resultaten zijn in de Nitraatprojecten behaald ten aanzien van grondwaterkwaliteit (nitraatconcentratie)?
3. Wat is de relatie tussen i) het MINAS-overschot en grondwaterkwaliteit (nitraatconcentratie) en ii) het werkelijk bedrijfsoverschot en de grondwaterkwaliteit (nitraatconcentratie), zoals vast te stellen op basis van de onderzoeksresultaten uit de Nitraatprojecten?
4. Zijn de MINAS-normen haalbaar in de brede praktijk zoals vertegenwoordigd in de regionale projecten en in het project Praktijkcijfers-2?
5. Kunnen de MINAS-verliesnormen gehaald worden in alle sectoren, en in welke sectoren/bedrijfstypen treden nog moeilijkheden op?

Op al deze vragen is in dit rapport ingegaan. De belangrijkste conclusies herhalen we in dit hoofdstuk. Om te beginnen gaan we in Par. 3.1 en 3.2 in op de haalbaarheid van MINAS-verliesnormen (vraag 1, 4 en 5). Daarna besteden we in Par. 3.3 en 3.4 aandacht aan de grondwaterkwaliteit (vraag 2 en 3), en in Par. 3.5 aan indicatoren voor nitraatuitspoeling. Tot slot wordt de nitraatuitspoeling in het lössgebied apart behandeld in Par. 3.6.

Tabel 10. In het gehele rapport worden onder de MINAS-verliesnormen steeds de in deze tabel genoemde normen verstaan, die (voor de open teelten) gehanteerd worden in combinatie met afvoerforfaits van 165 kg N/ha en 65 kg fosfaat per ha. Ten tijde van de Nitraatprojecten golden deze waarden als de zgn. 'MINAS-eindnormen' die met ingang van 2003 in werking zouden treden.

	Stikstof (kg/ha)		Fosfaat (kg/ha)
	niet-uitspoelingsgevoelige gronden (alle overige gronden)	uitspoelingsgevoelige gronden (droge zandgronden en lössgronden)	alle gronden
Grasland	180	140	20
Bouwland	100	60	20

3.1 MINAS en melkveehouderij: overschotten en haalbaarheid van verliesnormen

N.B. In dit rapport wordt de zgn. 'diercorrectie' steeds als afvoerpost op de MINAS balans beschouwd, waardoor het MINAS N-overschot en de MINAS verliesnormen verlaagd zijn ten opzichte van een mogelijke alternatieve rekenwijze die de diercorrectie ter verruiming van de verliesnorm hanteert. Alle hieronder genoemde cijfers zijn op de eerstgenoemde rekenwijze gestoeld.

1. Het is bedrijfstechnisch en economisch mogelijk om de MINAS-verliesnormen in de melkveehouderij te halen, ook bij hoge productieniveaus tot circa 19.000 kg/ha, en bij uitgekiend management is dit mogelijk zonder mest af te voeren. Dit geldt óók voor bedrijven met een areaal dat deels als uitspoelingsgevoelig is aangemerkt, zoals die in de projecten vertegenwoordigd zijn. Voor 'modelbedrijven' met 100% van het areaal gedefinieerd als uitspoelingsgevoelig, moet volgens berekeningen wél mest worden afgevoerd bij dat hoge productieniveau.
2. a. In 2002 haalde circa 55% van de deelnemende bedrijven in Praktijkcijfers-2 de MINAS-verliesnormen voor stikstof. Het aantal bedrijven in de regionale Nitraatprojecten dat aan het eind van het project aan die

verliesnormen voldeed lag tussen 65% en 80% van de deelnemers. In deelgebieden, waar de begeleiding intensief was, werden scores tot 100% genoteerd. In 2002 varieerde het gemiddelde MINAS N-overschot in de melkveehouderij in de deelgebieden van de regionale projecten van 70-120 kg/ha in het zuidelijk zandgebied tot 130-150 kg/ha in het oostelijk zandgebied en Friesland. Het gemiddeld fosfaatoverschot varieerde tussen 10 en 18 kg/ha (excl. kunstmest).

- b. Tussen 1999 en 2002 werden in de regionale projecten dalingen van het MINAS N-overschot gevonden die tussen 20 en 35 kg/ha per jaar lagen. Zowel in Praktijkcijfers-2 als in enkele regionale projecten daalde het gebruik van kunstmest-N met ruim 100 kg/ha.
3.
 - a. Het MINAS N-overschot in Koeien & Kansen werd gereduceerd van gemiddeld 204 kg/ha (1997/1998) naar 113 kg/ha in 2002. Daarmee werd de projectgemiddelde MINAS-norm (150 kg/ha) uiteindelijk met 37 kg/ha onderschreden. Van de 17 bedrijven voldeden er in 2002 15 aan de MINAS N-norm. Er waren bedrijven die de norm met 100 kg/ha of meer onderschreden. Het werkelijk N-overschot op de totale bedrijfsbalans in Koeien & Kansen nam in de periode 1997/1998 tot 2002 af van 266 naar 181 kg/ha; dit correspondeerde met N-overschotten op de bedrijfsbodembalans van 218 (1997/1998) naar 140 kg/ha. De totale N-aanvoer op de bedrijfsbodembalans nam af van 497 naar 386 kg/ha.
 - b. Van de 17 bedrijven voldeden er in 2002 14 aan de MINAS-fosfaatnormen. Het gemiddeld werkelijk fosfaatoverschot (inclusief kunstmestfosfaat) over alle bedrijven in Koeien & Kansen bedroeg in 2002 na voorraadcorrectie 17.5 kg/ha. De aanvoer van fosfaat in kunstmest bedroeg gemiddeld 8 kg/ha. Het MINAS-overschot bedroeg derhalve 9.5 kg fosfaat/ha, dus ruim beneden de norm van 20 kg/ha, dit bij een ruime fosfaatdekking van de veestapel.
 4. In de biologische melkveehouderij worden de MINAS N-normen met gemak gehaald, door de lage veedichtheid en de MINAS-vrije symbiotische N-aanvoer door klaver. Wel moet daar gewaakt worden tegen negatieve fosfaat- en kalibalansen.
 5. Op melkveehouderijbedrijven bestaat er een groot verschil tussen het N-overschot op de MINAS-balans en dat op de werkelijke bedrijfsbalans (d.w.z. op basis van alle aan- en afvoerposten). Ten eerste wordt de zgn. 'diercorrectie' op de MINAS-balans meestal als afvoerpost behandeld, waardoor gerapporteerde MINAS-overschotten met deze term verlaagd zijn. (Zo ook bij alle cijfers in dit rapport; in een alternatieve verrekening wordt deze term voor gasvormige verliezen soms beschouwd ter verruiming van het toelaatbaar overschot). De diercorrectie hangt af van de veebezetting en het areaal grasland. Voorts bestaat het verschil tussen MINAS en werkelijke bedrijfsbalans uit N-aanvoer via ammoniakdepositie die in MINAS buiten beschouwing blijft. Op biologische bedrijven maar in toenemende mate ook op gangbare melkveebedrijven zorgt bovendien de N-binding door vlinderbloemigen (witte klaver) voor een aanvoerpost die in MINAS niet wordt meegerekend. Afhankelijk van deze factoren is het MINAS-overschot 60 à 80 kg N/ha lager dan het werkelijk bedrijfsoverschot (MINAS 'diercorrectie' als afvoerpost gehanteerd).

3.2 MINAS en open teelten: overschotten en haalbaarheid van verliesnormen

6. De MINAS-verliesnormen zijn in de open teelten op zand en löss haalbaar, maar dat is mede het gevolg van vrijstelling voor kunstmestfosfaat en van de in 2003 voorgestelde versoepeling van de regelgeving bij dubbelteelten (N-afvoerforfait 205 kg/ha) en van MINAS-vrije composten in de bollen- en boomteelt.
7. In Praktijkcijfers-2 voldeed circa 70% van de zuivere akkerbouwers (excl. groententeelt, bollenteelt, boomteelt, neventakken) in 2002 aan de MINAS-verliesnormen. Van de vollegrondsgroententelers slaagde circa 45% en van de bollen en boomtelers slaagde 80%-90% erin de MINAS N-normen te halen. De onderschrijding in laatstgenoemde groep was 70 à 80 kg/ha. Vanuit Praktijkcijfers-2 werd gemeld dat de MINAS-eindnormen voor zuivere akkerbouwers, voor de bollenteelt en voor de boomteelt zonder probleem haalbaar zijn, evenals voor groententelers in NW Nederland. Akkerbouwers met een intensieve tak en groententelers in ZO Nederland ondervonden moeilijkheden, vooral bij dubbelteelten.

8. In de rapportages uit de regionale projecten worden de resultaten voor de open-teeltsectoren niet gesplitst naar subsectoren. De slagingspercentages kunnen daarom niet direct vergeleken worden met die welke voor Praktijkcijfers-2 genoemd werden. In St. Anthonis voldeed 62% van de intensief begeleide telers aan de N-verliesnorm voor uitspoelingsgevoelige grond (60 kg/ha) en 92% aan de norm voor overige zandgronden (100 kg/ha). Slechts 36% haalde de MINAS-fosfaatnorm (20 kg/ha). Het MINAS N-overschot bedroeg daar 52 kg/ha in 2003. Het MINAS-fosfaatoverschot bedroeg 25 kg/ha. Bij de Duinboeren was het MINAS N-overschot 90 kg/ha. Het fosfaatoverschot was daar met 60 kg/ha vér boven de norm. De resultaten in Mergelland lijken geringer (minder deelnemers 'geslaagd') maar de cijfers zijn niet separaat gegeven voor veehouderij resp. open teelten.

9. Van de praktijkbedrijven in Telen met toekomst voldeden in 2002 aan de N-verliesnorm voor uitspoelingsgevoelige gronden (dus 60 kg/ha):
- van de akkerbouwers 50% in ZW Nederland en 80% in NO Nederland,
 - van de groententelers 25% in Midden Brabant en 60% in ZO Nederland,
 - van de bollentelers 80%,
 - van de boomtelers 100%.

Het gemiddeld MINAS N-overschot per regio-groep (2000-2002) lag steeds vér beneden de norm voor uitspoelingsgevoelige gronden, behalve in ZW Nederland, waar het MINAS-overschot nét boven 100 kg/ha lag. Tachtig tot 100% van de bedrijven per groep voldeed steeds aan de MINAS-fosfaatnorm, behalve in de bollenteelt (60%). Het gemiddelde MINAS-fosfaatoverschot per groep bleef elk jaar (2000-2002) ruim beneden 20 kg/ha, en was meestal negatief.

10. Het werkelijk N-overschot lag in alle regio-groepen van Telen met toekomst veel hoger dan het MINAS-overschot. Dat komt vooral door het niet meerekenen van depositie in MINAS, door gebruik van een afvoerforfait van 165 kg N/ha (205 bij dubbelteelten), en door de aanvoer van MINAS vrije composten e.d. Het werkelijk fosfaatoverschot (volledige balans) lag door de vrijstelling voor kunstmest-fosfaat en door de hoge forfaitaire fosfaatafvoer in MINAS (65 kg/ha) veel hoger dan het overschot op de MINAS-balans.
11. Meerjarige proeven op Wijnandsrade toonden aan dat ook in het lössgebied in de akkerbouw de verliesnorm van 60 kg N/ha zonder opbrengstderving gehaald kan worden. Er kan dan nog steeds dierlijke mest ingezet worden (handhaving organische stof).
12. De haalbaarheid van scherpere (dan volgens MINAS) verliesnormen voor N werd in Telen met toekomst getoetst op bedrijfssystemen in proefbedrijven ('kernbedrijven'). Voor de akkerbouw (kernbedrijf Vredepeel) bleven alle drie systemen vér onder de MINAS N-norm voor uitspoelingsgevoelige grond (60 kg/ha). De bijbehorende N-aanvoernorm van 225 kg/ha kon zelfs met 75 kg/ha onderschreden worden. Ook in de groententeelt (kernbedrijf Meterik) voldeden alle systemen aan de N-norm, en werd de 225 kg/ha aanvoernorm zelfs met ruim 100 kg/ha onderschreden. In drie meetjaren werden onderschrijdingen van 80 tot 165 kg N/ha voor de boomteelt op kernbedrijf Meterik genoteerd.
13. Onder 'goede landbouwpraktijk' binnen de MINAS-verliesnormen (opbrengstderving vermijden maar normen niet noodzakelijk opvullen) bedraagt het berekende werkelijk N-overschot in de modelbedrijven voor akkerbouw in de verschillende regio's van Nederland 80 tot 100 kg/ha (Noordelijke zeeklei; NO Nederland; lössgebied), of circa 120 kg/ha (Centrale zeeklei; ZW kleigebied). In de bedrijfstypen voor ZO Nederland komen waarden van 100 of 120 kg/ha voor. Voor de vollegrondsgroententeelt in de verschillende regio's van Nederland worden bij 'goede landbouwpraktijk' overschotten berekend tussen 150 en 190 kg/ha. De gemeten groepsgemiddelde waarden voor het werkelijk N-overschot in Telen met toekomst lagen vooral in het ZW akkerbouwgebied en in de vollegronds-groentenbedrijven in Midden Brabant aanmerkelijk hoger dan deze waarden.
14. Het werkelijk fosfaatoverschot varieerde tussen Telen met toekomst groepen van 20-30 kg/ha (boomteelt) tot 80 kg/ha (groenten Midden Brabant) en bedroeg in elk van die drie jaren circa 40 kg/ha gemiddeld over alle Telen met toekomst bedrijven.

15. Onder 'goede landbouwpraktijk' binnen de MINAS-verliesnormen ligt bij een $P_w=25$ tot 30 het fosfaatoverschot in modelbedrijven voor akkerbouw en vollegrondsgroententeelt volgens de huidige MINAS-systematiek (dus excl. kunstmest en bij forfaitaire afvoer) vrijwel steeds ver onder de norm van 20 kg/ha, en is meestal zelfs negatief. Het werkelijk fosfaatoverschot in de akkerbouw bedraagt in deze berekeningen voor de verschillende regio's van Nederland 20 à 30 kg/ha (Noordelijke zeeklei; ZW kleigebied; lössgebied) of 40 à 60 kg/ha (Centrale zeeklei; NO Nederland; en ZO Nederland). Op sommige bedrijfstypen in ZO Nederland kunnen echter ook waarden tot circa 80 kg fosfaat/ha voorkomen. In de vollegrondsgroenten-teelt liggen bij $P_w=25$ tot 30 de fosfaatoverschotten op de volledige balans meestal boven 50 kg/ha, terwijl op enkele bedrijfstypen het fosfaatoverschot 100 kg/ha (teeltplan prei-broccoli-andijvie-bospeen) of 150 kg/ha (intensief bladgewassen kleinschalig) overstijgt. Hoge waarden zijn soms het gevolg van relatief hoge aanvoer van dierlijke mest (ten behoeve van N voorziening) en zijn dan niet noodzakelijk ter dekking van de P-behoefte.
16. Bij een fosfaattoestand gekarakteriseerd door $P_w=45$ liggen de fosfaatoverschotten bij goede landbouwpraktijk in modelbedrijven de akkerbouw een stuk lager (door lager bemestingsadvies) dan bij $P_w = 25$ tot 30: voor de meeste beschouwde akkerbouwbedrijven bedragen de werkelijke fosfaatoverschotten dan circa 20 kg/ha, en bij enkele typen 30 à 40 kg/ha. In de groententeelt dalen de overschotten dan naar 25 tot 50 kg/ha, met uitschieters tot 70 kg/ha bij de intensieve bladgroentenbedrijven. (Uitgangspunt was steeds handhaving van $P_w=45$.)

3.3 Nitraat in de melkveehouderij: werkelijke niveaus en haalbaarheid van 50 mg/l, en relaties tussen indicatoren en nitraatconcentratie

17. Het is over het algemeen zeer moeilijk om op de droge zandgronden aan de norm van 50 mg/l nitraat te voldoen. Dit vereist drastische milieumaatregelen zoals uitgevoerd op proefbedrijven De Marke en Aver Heino.
18. In de regionale projecten zijn slechts beperkt nitraatmetingen gedaan. Via gebiedsmonitoring in het kader van Sturen op Nitraat werden in die projecten de volgende regionale mediaanwaarden vastgesteld (2002-2003): St. Anthonis 140-150 mg/l; 't Klooster 100-120 mg/l en Mergelland 55-75 mg/l. De bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties bij De Duinboeren in PANFA varieerden in de periode 2001-2003 van 17 tot 120 mg/l. Twee van de elf bedrijven haalden de 50 mg/l norm. In gebied 't Klooster (NIMF) daalde de gebiedsgemiddelde nitraatconcentratie (melkveehouderij) van circa 200 mg/l rond 1990 naar circa 100 mg/l in de periode 2000-2002. Onder bos was de gemiddelde nitraatconcentratie circa 30 mg/l (NIMF).
19. In Koeien & Kansen daalden gedurende 1999-2002 zowel de stikstofoverschotten als de nitraatconcentraties. Op de meeste bedrijven nam de nitraatconcentratie in die periode af met 20-40 mg/l, op sommige bedrijven zelfs met 40-80 mg/l. Van de tien bedrijven op zand voldeden er in 2002 maar drie bedrijven aan de 50 mg/l norm. Gemiddeld over deze tien bedrijven en over de periode 2000-2002 bedroeg de nitraatconcentratie 91 mg/l onder bouwland (meeste bedrijven tussen 60 en 120 mg/l), en 61 mg/l onder grasland (meeste bedrijven tussen 35 en 75 mg/l). In alle zes overige bedrijven (klei of veen) bleef de nitraatconcentratie ruim beneden 10 mg/l.
20. De Koeien & Kansen-bedrijven tonen een duidelijk verband tussen intensiteit (melkproductie/ha) en werkelijk N-overschot (alle bedrijven); tussen intensiteit en bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie in grondwater (zandbedrijven); en tussen werkelijk N-overschot en bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie in grondwater (zandbedrijven). Nitraat toont slechts een zwak verband met het MINAS-overschot (niet gecorrigeerd voor voorraadwijziging).
Als het goede verband tussen nitraat en werkelijk bedrijfsoverschot gebruikt wordt om (zonder correcties voor weerjaren, areaal uitspoelingsgevoelig, of areaal bouwland) af te leiden bij welk N-overschot wordt voldaan aan de 50 mg/l nitraatnorm, dan moet het werkelijk bedrijfsoverschot tussen 140 en 160 kg/ha liggen; dat komt overeen met MINAS-overschotten tussen 70 en 90 kg/ha. Dit betekent een aanscherping met 50 tot 70 kg/ha ten opzichte van de gemiddelde MINAS-norm die voor deze groep geldt (138 kg N/ha).

Mogelijk nog aanwezige na-ijling van stikstofmineralisatie ten gevolge van een voorheen zwaardere bemesting kan betekenen dat op termijn hogere overschotten - dan hier genoemd - acceptabel zijn.

21. Verder gelden dan bij de nitraatnorm van 50 mg/l een N-overschot op de bodembalans van gehele bedrijf van 110-135 kg/ha; een N-overschot op bodembalans van grasland van circa 200 kg/ha (bij 50 mg/l onder grasland-deel). De N-aanvoer op de bedrijfsbodembalans is dan 350 kg/ha, en de N-aanvoer op grasland 450-500 kg/ha. Deze waarden zijn hoger dan op De Marke, waar circa 100% van het areaal is aangemerkt als uitspoelingsgevoelig (Gt VII en VIII), tegenover gemiddeld 40% in Koeien & Kansen (13% tot 69% in de zandbedrijven).
22. Door het gering aantal bedrijven en de 'ruis' in de gevonden verbanden is voorzichtigheid geboden bij het hanteren van de cijfers en relaties uit voorgaande twee conclusies. Er kan echter ook direct op basis van de data – dus zonder verbanden aan te nemen - geconstateerd worden dat in géén van de meetjaren in enig bedrijf (Koeien & Kansen op zandgronden incl. löss) een bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie beneden 50 mg/l bereikt werd bij een werkelijk bedrijfsoverschot hoger dan 160 kg/ha, behalve in een bedrijf op veenkoloniale zandgrond, een bodemtype waaronder in het algemeen lage nitraatconcentraties worden gevonden.
23.
 - a. De Marke en Aver Heino toonden dat nitraatconcentraties zeer snel (in één à twee jaar) tot circa 50-70 mg/l kunnen dalen wanneer de mineralenaanvoer drastisch gereduceerd wordt. Beide bedrijven laten ook zien dat hier een verdere daling niet gemakkelijk gerealiseerd wordt: op beide bedrijven werden in 2000-2002 steeds nitraatconcentraties rond 50 mg/l genoteerd (bedrijfsgemiddelde zonder weercorrectie).
 - b. Bij dit nitraatniveau wordt een N-overschot op de werkelijke bedrijfsbalans gerealiseerd van 101 (Aver Heino) en 117 (De Marke) kg/ha. Het bijbehorend MINAS-overschot is op De Marke 37 kg/ha (2002) en op Aver Heino 7 kg/ha (2000; biologisch bedrijf met MINAS-vrije klaver-N). Het overschot op de bodembalans van De Marke is 78 kg/ha (2002; exclusief ammoniakverliezen na toediening), bij een totale N-aanvoer van 320 kg/ha op de bodembalans, waarvan circa 220 kg/ha in dierlijke mest. De melkproductie is 12000 kg/ha (De Marke) en 10500 kg/ha (Aver Heino).
24.
 - a. In Sturen op Nitraat (drie meetjaren) lag de nitraatconcentratie onder grasland gemiddeld (over alle meetpunten per jaar) tussen 48 en 65 mg/l (mediaan 34-38 mg/l). Onder maïsland was dit 72-77 mg/l (mediaan 41-66 mg/l). De gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) had volgens Sturen op Nitraat grote invloed op de nitraatconcentratie onder maïs, maar niet onder grasland.
 - b. Onder grasland werd geen significant verschil gevonden tussen de nitraatconcentraties in Gt-groep 2 en 3. Gt-groep 1 toonde circa 20 mg/l (significant) lagere waarden. Dit geldt zowel voor de ruwe data (gemiddelde per Gt-groep) als na correctie voor verschillen in $N_{\text{min}_{\text{nitraat}}}$ (m.b.v. regressie).
 - c. Onder maïs werd een klein verschil in nitraat gevonden tussen Gt-groepen 1 en 2 (met nitraatconcentratie circa 18 mg/l lager in Groep 2), maar Gt-groep 3 onderscheidde zich door een gemiddelde concentratie van circa 100 mg/l (tegenover 70 mg/l in Groep 1). Bij correctie voor verschillen in $N_{\text{min}_{\text{nitraat}}}$ is er geen significant verschil meer tussen Groep 1 en 2, en blijft het contrast t.o.v. Groep 3 fors: een verschil van 42-44 mg/l.
25. De grens tussen wel- en niet-uitspoelingsgevoelige zandgronden is voor grasland niet overtuigend vast te stellen, maar ligt waarschijnlijk bij een gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) van 40 à 50 cm –mv. Het verschil in nitraatconcentratie tussen beide aldus gedefinieerde resp. 'natte' en 'droge' groepen bedroeg circa 20 mg/l. Voor bouwland in de melkveehouderij lag de grens bij 40, 50 of 60 cm –mv, afhankelijk van de dataset, en bedroeg het verschil tussen 'nat' en 'droog' steeds circa 50 mg/l. Het effect van Gt op de nitraatconcentratie volgens regressiemodellen die corrigeren voor verschillen in $N_{\text{min}_{\text{nitraat}}}$ is vergelijkbaar maar circa 10% minder sterk (Koeien & Kansen en Sturen op Nitraat).

26. Bij eenzelfde N-gift leidt een relatief hoge N-mineralisatie ('N-levering uit de bodem') tot hogere gewasafvoer en dus tot een verlaagd overschot, maar tevens tot hogere nitraatemissie. Dit wordt aangeduid als de 'overschot-paradox': lage overschotten gaan dan gepaard met hoge emissie. Omdat de variatie in mineralisatie tussen locaties (en tussen meetjaren) groot is, verzwakt dit mechanisme in grote datasets (van meerdere locaties en/of meetjaren) de 'positieve' samenhang die normaal (bij een olopende reeks van N-giften binnen één proef) bestaat tussen overschot en nitraatemissie. Waar de overschot-paradox dominant is, ontstaat door dit mechanisme een omgekeerd verband tussen overschot en nitraatemissie. De kans op zo'n 'omkering' bestaat vooral wanneer een deel van de uit de bodem vrijgekomen N kan uitspoelen, zoals in maïs waar het N-opnamesizoen kort is ten opzichte van de mineralisatie-periode. Voor maïs werd deze 'omkering' in drie onafhankelijke datasets aangetroffen: (a) bij datasets bestaande uit 1^e, 2^e en 3^e jaars maïspcelen in wisselbouw op De Marke; (b) in de maïs-dataset van Sturen op Nitraat; en (c) binnen een verzameling N-response proeven in maïs.

3.4 Nitraat in de open teelten: werkelijke niveaus en haalbaarheid van 50 mg/l, en relaties tussen indicatoren en nitraatconcentratie

27. In sommige regio's, zoals het Noord-Oostelijk zandgebied en op de kleigronden, is het binnen de akkerbouw mogelijk om nitraatconcentraties in het grondwater te realiseren beneden de norm van 50 mg/l. Naast het grondwaterniveau speelt ook verschil in bodemtype hierbij een rol. In veel studies is gevonden dat ook het gewas bepalend is. Op de zandgronden is het met name voor groentegewassen en dubbelteelten nagenoeg onmogelijk om zonder zeer drastische ingrepen aan de nitraatnorm te voldoen.
28. Praktijkbedrijven in Telen met toekomst toonden in 2002 lage groepsgemiddelde nitraatconcentraties (ruim beneden 50 mg/l) voor de akkerbouw in NO Nederland en in ZW Nederland, en ook voor de bollenteelt. De overige groepen (akkerbouw ZO; vollegondsgroenten in Midden Brabant en in ZO Nederland; en boomteelt) toonden alle hoge nitraatconcentraties (> 100 mg/l). Op de kernbedrijven in Telen met toekomst lagen de nitraatconcentraties tussen 55 en 100 mg/l (akkerbouw systemen op Vredepeel) en 150-170 mg/l (groentensystemen op Meterik). De locatie Meterik is echter wegens het bodemprofiel niet representatief voor de meeste zandgronden in het zuiden. De N-aanvoer in deze proefsystemen lag steeds ruim (tot soms meer dan 100 kg/ha) lager dan volgens MINAS toegestaan op droge zandgronden (225 kg/ha).
29. Voor de 14 van Telen met toekomst bedrijven waar in najaar 2003 extra bodem- en Gt-gegevens zijn verzameld kunnen op basis van lineaire regressie-analyse de volgende conclusies getrokken worden: om de nitraatconcentratie op puntniveau (Nitrathek-waarnemingen RIVM, 2002 en 2003) te voorspellen komen de factoren bodemtype, voorkomen van veenlaagjes, $N_{min_{najaar}}$, gewastype, Gt-groep en een bemestingsvariabele als significant naar voren. Het voorkomen van veenlaagjes leidt volgens dit regressiemodel tot een verlaging van de nitraatconcentratie met maar liefst 95 mg/l. Ook het effect van bodemgroep blijkt groot: in groep Z1 (gronden met veel organische stof) ligt de nitraatconcentratie volgens deze regressie 57 mg/l hoger dan in groep Z2 (relatief leemhoudende gronden).
30. Uit bovengenoemde bodem-opname in Telen met toekomst bleek dat voor een nieuwe indeling in twee Gt-groepen met een zo groot mogelijk verschil in nitraatconcentratie (= uitspoelingsgevoeligheid) de kritische GHG-diepte het best gelegd kan worden bij 70 cm - mv. Mede gezien de eerdere bevindingen met STONE en Sturen Op Nitraat kan geconcludeerd worden dat gronden met een GHG dieper dan 70 cm -mv alle in de klasse 'uitspoelingsgevoelig' ingedeeld kunnen worden. Als daarentegen een tweedeling zodanig moet zijn dat de nitraatconcentraties in de 'natte' groep zoveel mogelijk moeten lijken op die in de 'oude' Gt-groep 1 (met GHG < 40), dan komt de grens te liggen bij GHG = 55 cm - mv. Alle gronden met een GHG ondieper dan 55 cm -mv zijn dan niet uitspoelingsgevoelig. In beide gevallen (GHG 55 of 70 cm -mv) bedraagt het nitraatcontrast tussen 'natte' en 'droge' groep circa 90 mg/l. Na correctie voor verschillen in $N_{min_{nitraat}}$ d.m.v. regressie resteert van dit contrast nog 59 mg/l.

31. Op de Lovinkhoeve (ecologisch; zavel/klei) en Wijnandsrade (gangbaar; löss) werd in meerjarig onderzoek een sterke samenhang gevonden tussen gewas en nitraatconcentratie in resp. drainwater (Lovinkhoeve) en hangwater (Wijnandsrade). Nitraat was het hoogst na aardappel (resp. 63 en 48-72 mg/l). Op beide bedrijven werd tevens een sterke samenhang gevonden tussen gewasgemiddelde $N_{\text{min}_{\text{najaar}}}$ en gewasgemiddelde nitraatconcentraties.
32. In Sturen op Nitraat werd in de gewasgroep met groentegewassen de hoogste nitraatconcentratie gemeten, met jaargemiddelden van 137 tot 226 mg/l (mediaan 139-279 mg/l); in de andere gewasgroepen in de open teelten werden jaargemiddelden van 52 tot 116 mg/l genoteerd (mediaan 20-106 mg/l). De gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) had volgens Sturen op Nitraat een grote invloed op de nitraatconcentraties. Was GHG dieper dan 80 cm onder maaiveld, dan lag de nitraatconcentratie gemiddeld (over alle bodems en gewasgroepen in drie meetseizoenen en na correctie voor verschillen in $N_{\text{min}_{\text{nitraat}}}$) 63 mg/l hoger dan wanneer GHG ondieper dan 40 cm onder maaiveld was.
33. In de open teelten werden slechts zwakke verbanden gevonden tussen enerzijds bemestingsvariabelen, zoals totale N-aanvoer of werkzame N-aanvoer of werkelijk N-overschot op de bodembalans, en anderzijds de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater. Gegevens uit Sturen op Nitraat (proefplekken) toonden een zwak verband tussen mestgift en nitraat, met hellingen van 30 mg/l nitraat per 100 kg/ha kunstmest-N, en 12 mg/l nitraat per 100 kg N-totaal in dierlijke mest (gemiddelde effecten over drie meetjaren). Gegevens uit Telen met toekomst (twee meetjaren, alleen akkerbouw en groentenbedrijven) lieten zien dat een lineair regressiemodel op bedrijfsniveau met alleen bodem- en Gt-informatie een verklaarde variantie behaalt van circa 54%. Wordt hieraan als 'bemestingsvariabele' het werkelijk N-overschot of de totale N-aanvoer toegevoegd, dan stijgt de verklaring naar 58.5%. Gebruikt men in plaats daarvan de aanvoer N-werkzaam, dan wordt 64.4% van de variantie verklaard. Afhankelijk van het al dan niet opnemen van de variabele 'veenlaagjes' in het model, bedragen de effecten van de bemestingsvariabelen op nitraat circa 20 mg/l (per 100 kg N-overschot per ha), circa 25 mg/l (per 100 kg N-totaal aanvoer per ha), circa 50 mg/l (per 100 kg aanvoer N-werkzaam per ha). De variabele $N_{\text{min}_{\text{najaar}}}$ (in de plaats van overschot- of aanvoervariabelen) scoort beter met een verklaring van 75%. De nitraatrespons bedraagt dan circa 60 mg/l per 100 kg N_{min}/ha (totaal N_{min} , dus niet alleen nitraatfractie).
34. Wordt van de in het voorgaande genoemde regressiemodellen de eenvoudigste versie gebruikt om de toelaatbare N-aanvoer (N_{totaal} in mest en kunstmest excl. depositie) vast te stellen die - wanneer overschreden - met 95% zekerheid zal leiden tot hogere nitraatwaarden dan 50 mg/l, dan wordt voor niet-uitspoelingsgevoelige zandgrond een waarde gevonden van 250 kg/ha, en voor een areaal dat voor de helft uit uitspoelingsgevoelige grond bestaat een waarde van 62 kg/ha. Die aanvoerwaarden zijn resp. 15 en 183 (!) kg/ha lager dan hetgeen volgens de MINAS-2003 verliesnormen is toegestaan (cijfers voor bodems zonder veenlaagjes).

3.5 Indicatoren voor nitraat

35. Zowel bij de veehouderij als bij de open teelten kwam in Sturen op Nitraat $N_{\text{min}_{\text{najaar}}}$ (hoeveelheid minerale N in bodemprofiel 0-90 cm in oktober-november) als beste naar voren van alle onderzochte indicatoren voor de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater. Beter nog bleek zelfs de nitraatfractie van $N_{\text{min}_{\text{najaar}}}$ ($N_{\text{min}_{\text{nitraat}}}$), dus N_{min} na weglating van de ammoniumfractie. Deze indicator scoorde duidelijk beter dan bemestingsvariabelen als N-aanvoer of N-overschot. De respons van de nitraatconcentratie in grondwater op deze nitraatfractie in N_{min} bedroeg op basis van alle proefplekken (bodems, Gt-groepen) in drie meetjaren onder grasland 65 mg/l nitraat per 100 kg/ha $N_{\text{min}_{\text{nitraat}}}$; onder maïsland was dit 76 mg/l en in de open teelten 69 mg/l nitraat per 100 kg/ha $N_{\text{min}_{\text{nitraat}}}$. Wat hogere responses werden gevonden in de gewasrotatie op Wijnandsrade.

36. Terwijl in Sturen op Nitraat géén van de bemestingsvariabelen als goede indicator naar voren kwam, óók niet bij de speciale bedrijfsbemonsteringsprocedure toegepast in 2002/2003, was dit in Koeien & Kansen wél het geval. De N-aanvoer (bedrijfsbodembalans) en het N-overschot (bedrijfsbalans; bedrijfsbodembalans) scoorden daar ongeveer even goed (gelijke voorspelfout) als $N_{\text{min}_{\text{nitraat}}}$ in Sturen op Nitraat. De beide datasets blijken sterk te verschillen in de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties, gemeten op dezelfde bedrijven. Deze verschillen vinden hun oorsprong in verschillende bemonsteringstijdstippen, en mogelijk ook in de verschillende bemonsteringsstrategie (selectie van meetlocaties).
37. Regressies op bedrijfsniveau op basis van de jaarlijkse RVM-nitraatmeting en de recente bodemkartering in Koeien & Kansen (najaar 2003) toonden een nitraatrespons van 43 mg/l per 100 kg/ha (N-bedrijfsoverschot) of 49 mg/l per 100 kg/ha (N-overschot op bedrijfsbodembalans). Deze cijfers zijn gebaseerd op 9 bedrijven en drie jaren. De nitraatrespons ligt wat lager wanneer alle (12) zand- en lössbedrijven worden beschouwd in dezelfde periode: circa 35 mg/l per 100 kg/ha overschot op de totale bedrijfsbalans.
38. Analyse van de gegevens van de praktijkbedrijven van Telen met toekomst toont aan dat N_{min} vooralsnog in de open teelten een betere indicator is voor nitraat dan bemestingsvariabelen als N-aanvoer of N-overschot. In de praktijkbedrijven van Telen met toekomst werden de volgende waarden geregistreerd voor (bedrijfsgemiddelde) $N_{\text{min}_{\text{najaar}}}$ (nitraatdeel plus ammoniumdeel, meetdiepte 0-90 cm): voor de vollegrondsgroentenbedrijven 118-167 kg N/ha; voor de akkerbouwbedrijven 53-87 kg/ha (NO Nederland), en 77-132 kg/ha (ZO en ZW Nederland); voor de boomteelt 60-103 kg/ha. De range geeft steeds de variatie tussen meetjaren aan (2000, 2001, 2002). In de bollenteelt werd 27-36 kg/ha genoteerd, de meetdiepte bedraagt hier echter 0-60 cm wegens ondiep grondwater.

3.6 Nitraat in het lössgebied

De volgende conclusies zijn gebaseerd op analyses waarbij data uit Sturen op Nitraat en data uit de meerjarige proef op Wijnandsrade gecombineerd werden (Radersma & De Willigen, 2003).

39. Analyses van gepaarde waarnemingen (steeds löss versus zand bij gelijk gewas en grondwatertrap) lieten overtuigend zien dat nitraatconcentraties onder löss lager waren dan onder zand. Het verschil bedroeg gemiddeld 40% maar dit percentage nam af bij toenemende N-gift. Analyse van de data bij gelijk werkelijk N-overschot leverde hetzelfde beeld op, waarbij de nitraatconcentraties bij löss ongeveer 34 mg/l lager waren dan bij zand. De standaardfout was 8.8 mg/l, zodat met 95% betrouwbaarheid gesteld kan worden dat de nitraatconcentratie onder löss ten minste 16 mg/l lager ligt dan op zand bij gelijk overschot (met GHG dieper dan 80 cm). Voorts werden bij gelijke N-aanvoer lagere nitraatgehalte onder löss gevonden; een mogelijke oorzaak is dat de N-afvoer in gewassen (en dus de N-benutting) hoger is op löss. Dit werd bij aardappel en granen geconstateerd, maar biet en maïs toonden dit verschil niet.
40. De verliesnorm voor uitspoelingsgevoelige grond (60 kg N/ha) kan in de akkerbouw op löss gehaald worden zonder opbrengstderving. (Zie ook Deel II-Sectie 'MINAS-normen open teelten'). De nitraatconcentratie onder löss lag gemiddeld bij 50 mg/l. Op de droge zandgronden bedroeg de gemiddelde waarde circa 80 mg/l. Dit suggereert dat de verliesnormen voor uitspoelingsgevoelig zand eerder gereduceerd zouden moeten worden, dan dat die voor löss verhoogd zouden kunnen worden.

Referenties

In deze rapportage is veelvuldig gebruik gemaakt van de hoofdstukken die per project voor deze studie werden opgesteld om de milieuresultaten uit de afzonderlijke Nitraatprojecten te rapporteren. Die hoofdstukken zijn integraal gebundeld en vormen tezamen Deel-II van deze studie. In dit Deel-II wordt wel gerefereerd aan die bedoelde hoofdstukken, maar ze zijn hieronder niet als referenties opgenomen.

Voorts zijn de onderstaande referenties gebruikt:

- Beldman, A.C.G., G.J.Doornewaard, N.C.Tomson & C.H.G.Daatselaar, 2003.
Strategische plannen getoetst aan de werkelijkheid. 10. Strategie en cijfers Melkveehouderij. Praktijkcijfers-2, De Bilt. 68 pp.
- Berge, H.F.M. ten (Ed.), 2002.
A review of potential indicators for nitrate loss from cropping and farming systems in the Netherlands. Reeks Sturen op Nitraat, 2. Plant Research International Report 31. 144 pp. + App.
- Boumans, L.J.M., B. Fraters & G. van Drecht, 2001.
Nitrate in the upper groundwater of 'De Marke' and other farms. NJAS 49: 163-177.
- Dijk, T.A. van, M.J.G. de Haas & T.S. van Loon, 2003.
Resultaten akkerbouw en vollegrondsgroente 2002. 9. Cijfers en eindrapportage 2000-2002. Praktijkcijfers-2, De Bilt. 103 pp.
- Dijk, W. van, 2003.
Nog ongepubliceerde analyse, uitgevoerd in het kader van onderzoeksprogramma DWK-398-I. Deze studie maakt gebruik van de reeks modelbedrijven zoals gedefinieerd in Smit *et al.* (2003).
- Hack-ten Broeke, M.J.D., 2001.
Nitrate leaching to groundwater at experimental farm 'De Marke' and other Dutch sandy soils. NJAS 49: 195-205.
- Radersma, S., 2003.
Nog ongepubliceerde analyse, uitgevoerd in het kader van DWK-onderzoeksprogramma 398-III.
- Radersma, S. & P. de Willigen, 2003.
Vergelijking van nitraatconcentraties in grondwater onder löss en zand. Verband met stikstof-aanvoer, stikstof-afvoer en stikstof-transport. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Wageningen. 23 pp.
- Ruijter, F.J. de & A.L. Smit, 2003.
Relaties tussen nitraat in het grondwater en de potentiële indicatoren voor nitraatverlies op de voorloperbedrijven van Telen met toekomst. Reeks Telen met toekomst, OVO301.
- Smit, A.L.(ed), Wim van Dijk, Jan Rinze v.d. Schoot, Barthold de Waal, Loes Kater, Remco Schreuder, Winand Hazelaar, Frank de Ruijter, Tom Schut & Michel de Haan.
Maatregelenpakketten om te voldoen aan MINAS2003-eindnormen. Sectoren Vollegrondsgroenten, Bollen & Veehouderij. Gezamenlijk rapport Plant Research International, PPO-AGV, PV, PPO-Bollen.

Bijlage I.

Nitraat in cijfers

Tabel I.1. Kengetallen uit de Nitraatprojecten. 'Nitraat' heeft steeds betrekking op de nitraatconcentratie (mg/l) in het bovenste grondwater. De verschillen tussen getallen zijn niet altijd significant, de responswaarden zijn niet altijd significant verschillend van nul.

SON: Sturen op Nitraat; KK: Koeien & Kansen; Tmt: Telen met toekomst; AKK: akkerbouw; GR: vollegrondsgroententeelt.

	SON gras	KK zand gras	De Marke gras	SON mais	KK zand bouwland	De Marke bouwland	KK zand bedrijf	De Marke bedrijf	SON AKK&GR	Tmt zand AKK&GR puntniveau	Tmt zand AKK&GR bedrijfsniveau
Nitraat (mg/l)											
nitraat gemiddeld	4865	61		72-77	91		68	ca. 50	zie ⁶ Tabel 7	> 100 ¹⁶	
nitraat mediaan	34-38			41-66							
Nitraat in relatie tot grondwatertrap (mg/l)											
nitraat ³ bij Nmin _{nitraat} =0, Gt-groep 1	11-19			17-24					-4 - 0 ⁴		
nitraat ³ bij Nmin _{nitraat} =0, Gt-groep 2	23-32			15-22					27-48 ⁴		
nitraat ³ bij Nmin _{nitraat} =0, Gt-groep 3	28-38			60-66					43-63 ⁴		
nitraat in Gt-groep 1	30 ² / 39			70			42		10-48 ⁵	57	
nitraat in Gt-groep 2	56 ² / 58			52			74		69-111 ⁵	99	
nitraat in Gt-groep 3	56 / 59 ²			105			67		82-112 ⁵	178	
GHG diepte met grootste nitraatcontrast (cm -mv)	40	50		60	50		50			70	
nitraat ⁹ bij GHG kleiner dan grens (nat)	20-46	31-42		ca. 50	36-55		40			81	
nitraat ⁹ bij GHG groter dan grens (droog)	50-63	52-75		ca. 100	84-130		73			171	
gemiddeld contrast over GHG grens	18 / 27 ²	22		ca. 50	57					90	
contrast over GHG grens na Nmin correctie	18			44						59	
Drempelwaarden voor bemesting bij nitraat = 50 mg/l (kg N/ha)											
MINAS N-overschot bij 50 mg/l							70-90	40			42 (167) ¹⁷
N-overschot bedrijfsbalans bij 50 mg/l							140-160	117			202 (295) ¹⁷
N-overschot bodembalans bij 50 mg/l		200 ⁸					110-135	78			126 (169) ¹⁷
N-totaal aanvoer bodem bij 50 mg/l		450-500 ⁸					350				
N-werkzaam aanvoer bodem bij 50 mg/l			435			143					
			230			72					

Tabel I.1. (vervolg).

	Stoptnit gras	KK zand gras	De Marke gras	SON maïs	KK zand bouwland	De Marke bouwland	KK zand bedrijf	De Marke bedrijf	SON AKK&GR	Tmt zand AKK&GR puntniveau	Tmt zand AKK&GR bedrijfsniveau
Response van nitraat op bemesting (mg/l per 100 kgN/ha)											
nitraatrespons ¹ op Nmin _{nitraat}	65			76					69	25 ¹¹	57 ¹⁵ / 61 ¹⁴
nitraatrespons op Nmin	10								12 (7.5) ⁷	13 ¹³	20 / 21 ¹²
nitraatrespons op N-dierlijke mest		24-30					47 / 49 ¹⁰ 34 / 43 ¹⁰				
nitraatrespons op Nbodemoverschot									30 (20) ⁷		
nitraatrespons op Nbedrijfsoverschot											
nitraatrespons op aanvoer N-kunstmest		21-32					39			19 ¹³	46 / 55 ¹²
nitraatrespons op aanvoer N-werkzaam		13-20					30			10 ¹³	22 / 28 ¹²
nitraatrespons op MINAS N-overschot							16				

¹ Regressie zonder bemestingsvariabelen.

² Verkleinde dataset: zonder löss, en zonder punten met veenlaagjes.

³ Aangegeven variatie geeft verschillen weer tussen bodemtypen Z1, Z2, Z3 (driejaarsgemiddelden). De waarden hebben steeds betrekking op het d.m.v. regressie vastgestelde intercept (op de nitraat-as) van de relatie tussen Nmin_{nitraat} en de nitraatconcentratie.

⁴ Exclusief gewasgroep t.

⁵ Inclusief gewasgroep t.

⁶ Tabel 7 geeft de gemiddelde nitraatconcentratie per gewasgroep.

⁷ Tussen haakjes de respons wanneer ook Nmin in regressie is opgenomen.

⁸ Bij 50 mg/l onder graslanddeel van bedrijf.

⁹ Variatie geeft verschillen weer tussen meetjaren.

¹⁰ Tweede cijfer op basis van alleen de negen gekarteerde KK-bedrijven.

¹¹ Model met Nmin, bodemgroep, veenlaagjes, Gt-groep, zonder bemestingsvariabelen.

¹² Eerste cijfer: model met fractie van bedrijfsareaal in Gt-groep 2, fractie in Gt-groep 3, veenlaagjes, en één bemestingsvariabele; tweede cijfer: exclusief plekken met veenlaagjes, regressie met areaal in Gt-groep 3 en één bemestingsvariabele; beide cijfers voor regressie zonder Nmin.

¹³ Model met Nmin, bodemgroep, veenlaagjes, gewasgroep, Gt-groep en één bemestingsvariabele.

¹⁴ Als 12 tweede cijfer, maar met een Nmin i.p.v. bemestingsvariabele in model.

¹⁵ Als 12 eerste cijfer, maar met een Nmin i.p.v. bemestingsvariabele in model.

¹⁶ Groepsgerichte per Tmt-groep.

¹⁷ Toelaatbare waarde voor akkerbouw/groenten op zand zonder Gt-groep 3 in bedrijfsareaal, bij 50% overschrijdingskans van 50 mg/l. Tussen haakjes de toelaatbare waarde bij 95% overschrijdingskans.

